

CONVENTIONS  
SCIENCES DE LA MER  
BIOLOGIE MARINE

N° 4

1991

Etat des connaissances sur  
*Amusium balloti* (Bivalve, Pectinidé)  
dans les lagons de Nouvelle Calédonie

Jacques CLAVIER

CONVENTION ORSTOM / FIDES

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

CENTRE DE NOUMÉA

ORSTOM

CONVENTIONS  
SCIENCES DE LA MER  
BIOLOGIE MARINE

N° 4

1991

Etat des connaissances sur  
*Amusium balloti* (Bivalve, Pectinidé)  
dans les lagons de Nouvelle Calédonie

Jacques CLAVIER

CONVENTION ORSTOM / FIDES



INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1991

Clavier, J.

Etat des connaissances sur *Amusium balloti* (Bivalve, Pectinidé) dans les lagons  
de Nouvelle Calédonie

Nouméa : ORSTOM. Janvier 1991, 54 p.

*Conv. : Sci. Mer : Biol. mar. ; 4*

OCEANOGRAPHIE BIOLOGIQUE; LAGON; HALIEUTIQUE; MOLLUSQUE MARIN; BIOLOGIE;  
PARASITISME; PRODUCTION HALIEUTIQUE; DYNAMIQUE DE POPULATION; STOCK; GES-  
TION DES PECHES / NOUVELLE CALEDONIE; LAGON NORD

Imprimé par le Centre ORSTOM  
de Nouméa  
Janvier 1991



## **SOMMAIRE**

<b>RESUME</b> .....	3
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	5
<b>1. BIOLOGIE ET ECOLOGIE</b> .....	7
1.1. Présentation de l'espèce, morphologie et anatomie générales .....	7
1.2. Périodes de présence, migrations .....	7
1.3. Influence des facteurs du milieu sur la répartition .....	7
1.4. Reproduction .....	11
1.4.1. Taille à la sexualisation .....	11
1.4.2. Sex-ratio .....	12
1.4.3. Gamétogenèse - Période de ponte .....	14
1.4.4. Ponte et développement larvaire .....	14
1.5. Alimentation .....	15
1.6. Biométrie - Croissance .....	15
1.6.1. Principales relations d'allométrie .....	16
1.6.2. Croissance en hauteur .....	17
1.7. Comportement .....	19
1.8. Interactions avec d'autres espèces .....	21
1.8.1. Prédation .....	21
1.8.2. Parasitisme .....	21
<b>2. ANALYSE SUCCINCTE DE LA PECHERIE MONDIALE</b> .....	26
2.1. Moyens de production et traitement du produit .....	26
2.2. Production, statistiques de pêche .....	26
2.3. Effort de pêche et p.u.e. ....	28

<b>3. DYNAMIQUE DE POPULATION</b> .....	29
3.1. Répartition des populations - Estimation de stock .....	29
3.1.1. Mise en évidence des stocks .....	30
3.1.2. Estimation de la biomasse du stock dans le lagon nord .....	34
3.2. Structure d'âge de la population .....	43
3.3. Coefficients de mortalité .....	43
3.4. Modélisation, rendement par recrue et production de la pêcherie .....	43
3.4.1. Age du recrutement .....	45
3.4.2. Production par recrue .....	45
3.4.3. Production globale .....	46
 <b>4. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT DE LA PECHERIE</b> .....	 47
4.1. Introduction .....	47
4.2. Limitation de l'accès à la ressource .....	48
4.2.1. Limite de taille .....	48
4.2.2. Quotas .....	48
4.2.3. Restrictions sur les périodes de pêche .....	48
4.2.4. Restrictions sur les zones de pêche .....	49
4.2.5. Restrictions sur les engins de pêche .....	49
4.3. Limitation de l'accès à la pêcherie .....	50
4.4. Reconstitution de stocks (repeuplement) .....	50
4.5. Conclusion .....	50
 <b>5. CONCLUSION GENERALE</b> .....	 51
 <b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	 52

## RESUME

Les premières campagnes de prospection menées par l'ORSTOM dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie ont permis de mettre en évidence un stock d'*Amusium balloti* (bivalve pectinidé). L'intérêt manifesté par le Territoire pour cette ressource a conduit le Centre ORSTOM de Nouméa à étudier ce stock et à rechercher l'espèce dans les principaux lagons de la Z.E.E. de Nouvelle-Calédonie. La finalité de ces travaux, financés sur fonds FIDES, est de fournir aux autorités compétentes les éléments nécessaires à la mise en exploitation rationnelle des stocks d'*Amusium balloti* en Nouvelle-Calédonie. Cela requiert une connaissance biologique et écologique minimale de l'espèce. Nous avons donc entrepris de vérifier localement et, le cas échéant, de compléter les données publiées sur les populations d'*Amusium balloti* en Australie.

Dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie, *Amusium balloti* est apte à se reproduire dès la première année, pour une hauteur de coquille de 75 mm environ. Il n'existe qu'une seule période de ponte: elle semble s'étaler entre les mois de juillet et d'octobre, soit pendant la saison fraîche. La croissance de l'espèce est particulièrement rapide: elle atteint une hauteur de coquille moyenne d'environ 80 mm après un an, ce qui représente plus de 80% de son accroissement moyen maximal. La longévité d'*Amusium balloti* peut être fixée à trois ans mais la structure de tailles de la population comporte le plus souvent deux cohortes. Les modèles mathématiques usuels (Von Bertalanffy) peuvent être employés pour décrire la croissance de l'espèce à partir d'une hauteur de 75 mm. Le coefficient instantané de mortalité naturelle d'*Amusium balloti* a été estimé à 1.3.

*Amusium balloti* apparaît comme une espèce relativement sédentaire. Il est cependant susceptible d'accomplir des déplacements particulièrement rapides en nageant en pleine eau. Ce bivalve pectinidé, comme bien d'autres espèces marines, n'échappe pas au parasitisme: environ le tiers des individus observés dans le lagon nord héberge des nématodes dans le muscle. Néanmoins, les kystes ne sont aisément discernables que dans 10 % des cas. De tels parasites sont communément rencontrés chez d'autres mollusques exploités et, à notre connaissance, il n'a pas été signalé de problème consécutif à leur ingestion par l'homme. Au Queensland, il semblerait que la mise en exploitation des stocks d'*Amusium* ait conduit à une diminution du taux de parasitisme par élimination des vieux individus souvent infestés.

D'après nos prospections, *Amusium balloti* est assez commun dans tous les lagons de Nouvelle-Calédonie, mais le seul gisement important est celui du lagon nord. Cinq campagnes d'échantillonnage ont été consacrées à l'estimation et au suivi de la biomasse d'*Amusium balloti* dans ce lagon, entre 1986 et 1990. L'essentiel du stock est réparti sur une surface de 700 km<sup>2</sup> aisément chalutable. La valeur moyenne de sa biomasse a été estimée à environ 3000 tonnes; elle a cependant fluctué entre 1000 et 4600 tonnes selon les périodes, ce qui prouve une grande variabilité dans le recrutement.

La mise en oeuvre des modèles classiques montre que les rendements par recrue les plus élevés sont obtenus pour des hauteurs de coquille inférieures à 75 mm et qu'ils augmentent continuellement avec l'effort de pêche.

Ces points étant précisés, nous avons établi une synthèse des données biologiques correspondant à différentes possibilités d'aménagement d'une pêcherie. Cette liste relève de notre propre démarche; elle n'est pas exhaustive et ne préfigure en aucun cas des mesures qui seront prises. Il s'agit simplement d'une base de discussion, les termes d'une gestion des stocks devant résulter d'une concertation entre les diverses parties intéressées par une exploitation d'*Amusium balloti* (professionnels, économistes, administratifs et biologistes). Nous avons retenu trois grandes catégories d'aménagements: la limitation de l'accès à la ressource, la limitation de l'accès à la pêcherie et l'amélioration de la production. Ils ont été diversement développés; les mesures permettant de restreindre l'accès à la pêcherie sortent notamment de notre domaine de compétence et nous les avons seulement évoquées.

Le stock d'*Amusium balloti* apparaît, au vu de ses caractéristiques biologiques, particulièrement robuste. Sur un plan purement biologique, le principal problème, pour une exploitation, réside dans l'importante fluctuation naturelle du recrutement, qui risque d'être aggravée par une pêche des géniteurs. Il faudra donc s'attendre, au cours d'une exploitation, à un rendement de la pêcherie très variable d'une année sur l'autre, en analogie avec les observations réalisées sur les côtes australiennes. Dans ces conditions, il serait judicieux qu'*Amusium balloti* ne constitue pas la cible exclusive des éventuels exploitants; ils auraient tout intérêt à diversifier leurs activités de pêche.

## INTRODUCTION GENERALE

Le bivalve Pectinidé *Amusium balloti* (Bernardi, 1861) est une espèce Indo-Pacifique (figure 1) connue en Australie et en Nouvelle-Calédonie (Habe, 1964; Dijkstra *et al.*, 1990). Sur la côte est d'Australie, il vit entre 18° et 27° de latitude sud, à des profondeurs comprises entre 20 et 60 m (Dredge, 1988a) alors que sur la côte ouest de ce continent, l'espèce est répartie depuis Broome (18°S, 122°E) jusqu'à Esperance (34°S, 122°E) (Joll, 1988a). En Nouvelle-Calédonie, *Amusium balloti* a été signalé sur l'ensemble du Territoire, soit entre 19°00'S et 22°30'S. Si sa présence reste anecdotique dans le lagon sud-ouest (Buestel *et al.*, 1986), un stock relativement important a été signalé dès 1978 dans le lagon nord (Barro, 1978). En 1985, cette découverte a été confirmée et complétée à trois occasions. Une première campagne de prospection quantitative à la drague du lagon nord et des atolls Huon et Surprise, a révélé l'existence d'*Amusium balloti* au nord de l'archipel des Bélep. L'espèce était présente dans trois échantillons prélevés à une profondeur de 50 m (Richer de Forges et Bargibant, 1985). Une seconde mission destinée à inventorier l'ichtyofaune des fonds meubles du lagon a produit une estimation quantitative des prises en *Amusium* sur 38 stations réparties sur l'ensemble du secteur (Kulbicki, comm. pers.). Enfin, une série de cinq chalutages groupés entre l'île de Yandé et le nord de la Grande Terre a été réalisée dans le cadre du programme SMIB (Substances Marines d'Intérêt Biologique). A cette occasion, des captures totalisant plusieurs centaines de kg ont été effectuées (Bargibant, Menou & Tirard, comm. pers.).

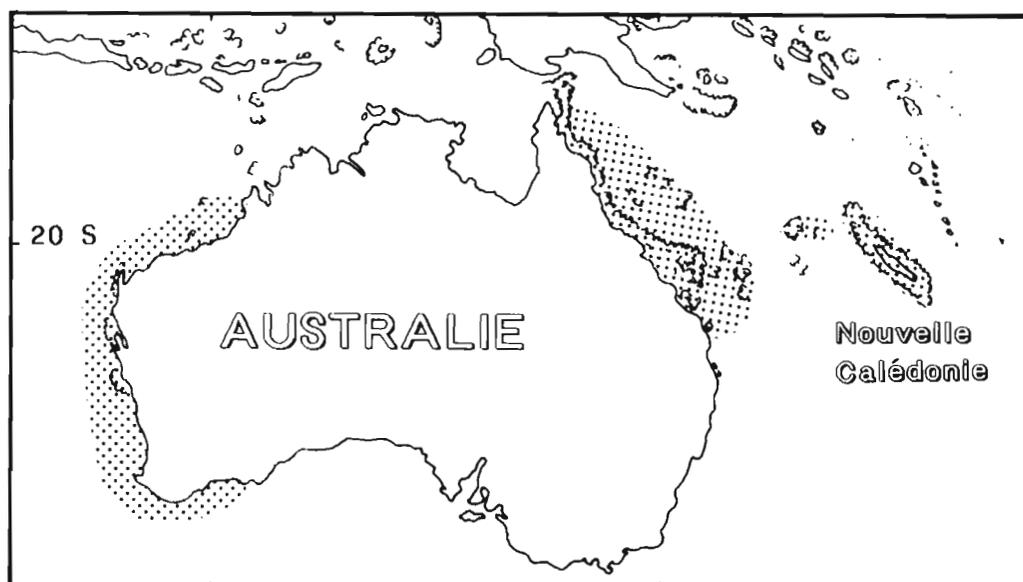


Figure 1. - Distribution géographique d'*Amusium balloti* (en grisé).

L'intérêt manifesté par le Territoire pour cette ressource nouvelle a amené le Centre ORSTOM de Nouméa à programmer une étude du stock du lagon nord et à prospecter les principaux lagons de la Z.E.E. de Nouvelle-Calédonie, pour rechercher d'éventuelles autres populations exploitables. Ces travaux, financés sur fonds FIDES, doivent permettre de jeter les premières bases d'une mise en valeur rationnelle de cette espèce encore inexploitée localement.

Le présent document constitue une synthèse des connaissances actuellement disponibles sur *Amusium balloti*. Nous allons regrouper l'ensemble des résultats obtenus au cours de nos travaux. Nous ferons également de larges emprunts aux données publiées en Australie; elles apportent une contribution essentielle à notre connaissance de l'espèce et elles peuvent souvent être transposées aux lagons de Nouvelle-Calédonie. Nous détaillerons, en premier lieu, les caractères biologiques et écologiques de l'espèce, qui constituent le fondement de tout aménagement d'une pêcherie. Nous analyserons également les caractéristiques des pêcheries australiennes, dont l'expérience acquise après une trentaine d'années d'exploitation, forme une base incontournable. Nous définirons ensuite les premiers éléments de la dynamique des populations dans le lagon nord. Nous tenterons d'établir l'ordre de grandeur de la production à l'équilibre des stocks d'*Amusium*, avant de proposer divers protocoles d'aménagement de la pêcherie. Dans l'état actuel de nos connaissances, ces diverses données ne sauraient constituer qu'une première approche qui devra être confrontée aux résultats d'une exploitation et adaptée en conséquence.

## 1. BIOLOGIE ET ECOLOGIE

### 1.1. Présentation de l'espèce, morphologie et anatomie générales

D'après Habe (1964), le genre *Amusium* est représenté par deux espèces dans la région Indo-Pacifique : *Amusium pleuronectes* et *Amusium japonicum*. Elles sont caractérisées par une coquille de grande taille, fine et de forme générale circulaire. Les valves ne sont pas jointives sur tout leur pourtour et restent béantes près des oreillettes. La surface externe de la coquille est presque lisse, tandis que la face interne des valves s'orne d'un ensemble de petites crêtes rayonnant depuis l'umbo où elles apparaissent progressivement, jusqu'au bord de la coquille. *Amusium japonicum* atteint une taille maximale supérieure à 100 mm et possède un nombre de crêtes compris entre 42 et 54 dans la valve droite. La sous-espèce *Amusium japonicum balloti* présente une coloration brune de la surface externe de la valve gauche, avec souvent des lignes concentriques; les rides internes de la valve droite sont au nombre de 42 à 50. Dans le présent document, nous emploierons la dénomination *Amusium balloti* (Bernardi, 1861), synonyme d'*Amusium japonicum balloti*, conformément au Catalogue des pectinidés des fonds meubles de Nouvelle-Calédonie et des Chesterfield publié par Dijkstra *et al.* en 1990. Cette dénomination présente au moins l'avantage de la brièveté.

Les différents organes mis à nu par ablation de la valve gauche sont présentés à la figure 2. Cette figure permet également de distinguer la différence de coloration entre les gonades mâle et femelle.

### 1.2. Périodes de présence, migrations

Aucun comportement migratoire n'a été mis en évidence chez *Amusium balloti* qui apparaît comme une espèce plutôt sédentaire. En l'absence d'exploitation, les fluctuations de densité sur une zone définie sont liées à des irrégularités dans le recrutement (le recrutement étant l'arrivée de nouveaux individus dans la phase exploitable de la population, correspondant à une acquisition de la taille minimale de capture) et présentent un caractère interannuel.

Une première approche de ce problème de relation stock-recrutement a été proposée par Joll (1988b), pour la zone pêchée près des îles Abrolhos, sur la côte sud-ouest du continent australien. Dans ce secteur, la pêcherie est pleinement exploitée et les variations dans les débarquements reflètent les fluctuations du recrutement, plutôt que des modifications de l'effort de pêche. Le stock de reproducteurs et le recrutement de l'année suivante ont été estimés sur une période de 5 ans. Une grande variabilité dans le recrutement par rapport à l'importance du stock parental a été mise en évidence, un faible recrutement pouvant découler d'un stock important. De fait, la relative brièveté de la période d'observation ne permet pas de tirer de conclusion générale et le problème reste posé.

### 1.3. Influence des facteurs du milieu sur la répartition

Sur les côtes du Queensland, *Amusium balloti* est rencontré sur un substrat sablo-vaseux dont les grains ont un diamètre moyen de 0.125 mm; l'espèce vit préférentiellement sur un sédiment constitué de sables et de petits débris coquilliers avec une taille moyenne des grains comprise entre 0.2 et 0.5 mm. La température de la zone varie entre 18 et 30°C (Dredge, 1988a). Dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie, *Amusium balloti* vit sur des sédiments gris foncé comprenant de 85 à 95% de carbonates et moins de 40% de particules d'un diamètre inférieur à 63 µm (figure 3). La taille moyenne des grains est comprise entre 63 µm et 1 mm (figure 4) (Chevillon & Clavier, 1988; Chevillon, 1990). Ce sédiment forme de vastes étendues; il est l'objet d'une importante bioturbation par les Callianasses, formant une succession de monticules et de dépressions dans lesquelles les *Amusium* se tiennent préférentiellement (figure 5). Ils vivent recouverts d'une fine couche de sédiment (figure 6).

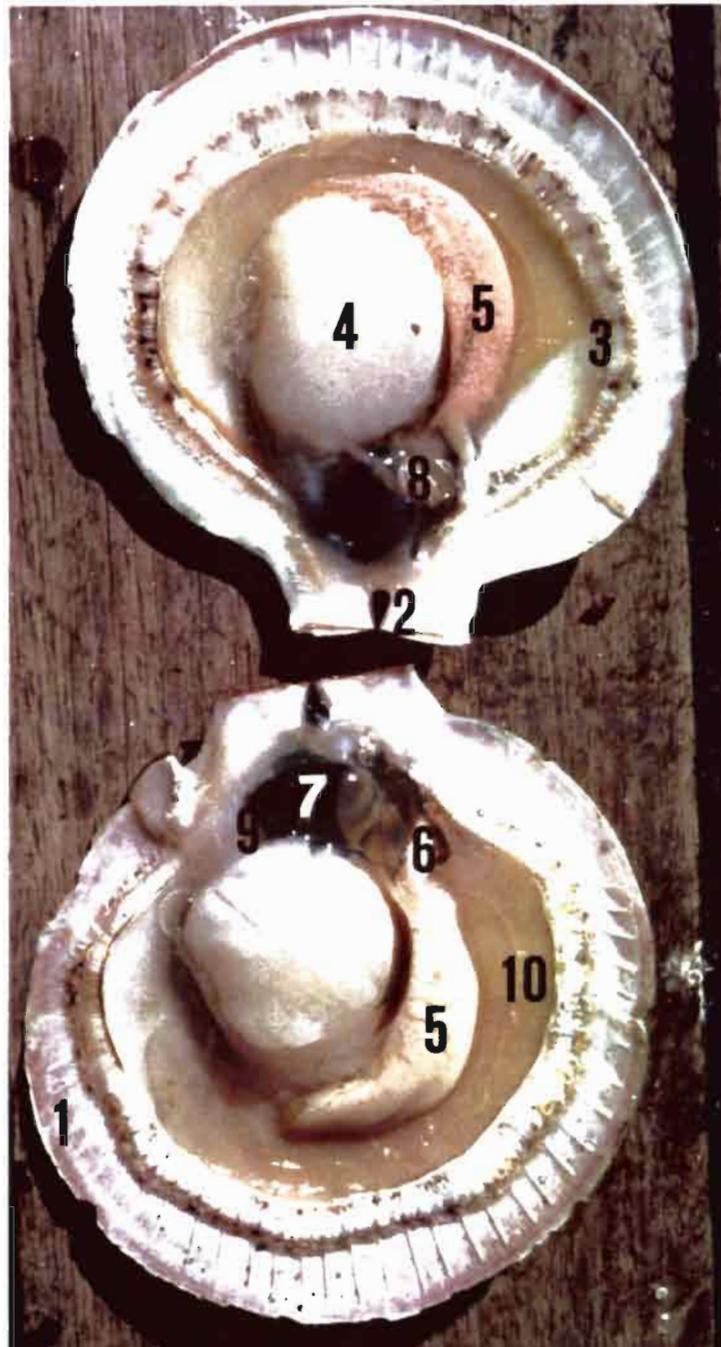


Figure 2. - Anatomie succincte d'*Amusium balloti*. 1- coquille; 2- ligament; 3-manteau; 4- muscles adducteurs; 5- gonade; 6- pied; 7- hépatopancréas; 8- bouche; 9- coeur; 10- branchie. La photo présente une femelle en haut et un mâle en bas (photo P. Laboute)

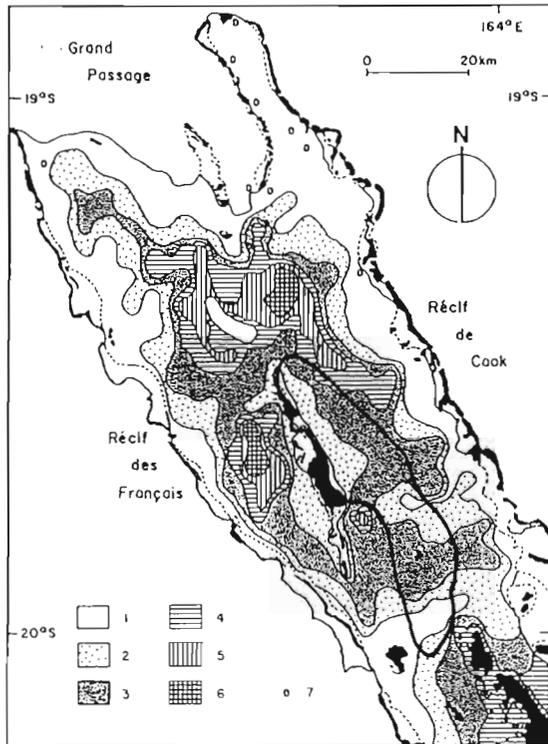


Figure 3. - Carte de répartition de la teneur en vase des sédiments dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie (extrait de Chevillon, 1990). (1 : moins de 10%; 2 : de 10 à 20%; 3 : de 20 à 40%; 4 : de 40 à 60%; 5 : de 60 à 80%; 6 : >80%; 7 : fonds durs. Nous avons indiqué le contour du principal gisement d'Amusium.

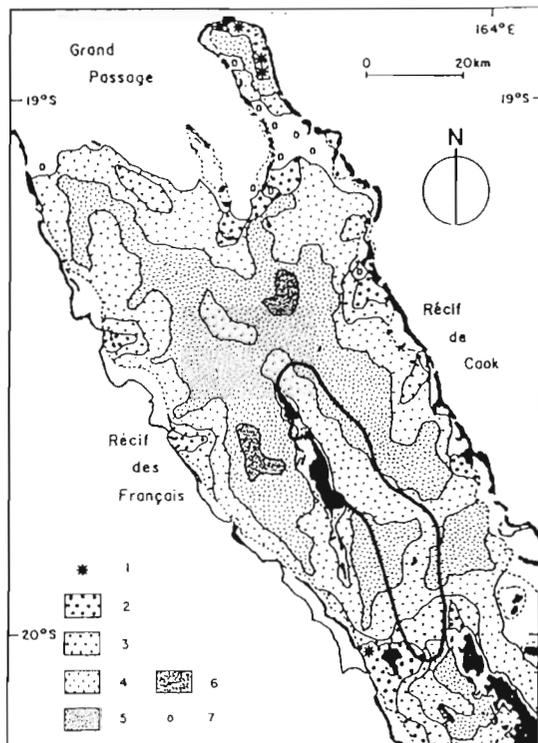


Figure 4. - Carte de répartition des valeurs de la taille moyenne des grains dans les sédiments du lagon nord (extrait de Chevillon, 1990). 1- >2.5 mm (graviers); 2- de 2.5 à 1 mm (sables grossiers); 3- de 1 à 0.5 mm (sables moyens); 4- de 0.5 à 0.25 mm (sables fins); 5- de 0.25 à 0.063 mm (sables très fins); <0.063 mm (vases); 7- fonds durs. Nous avons indiqué le contour du principal gisement d'Amusium.

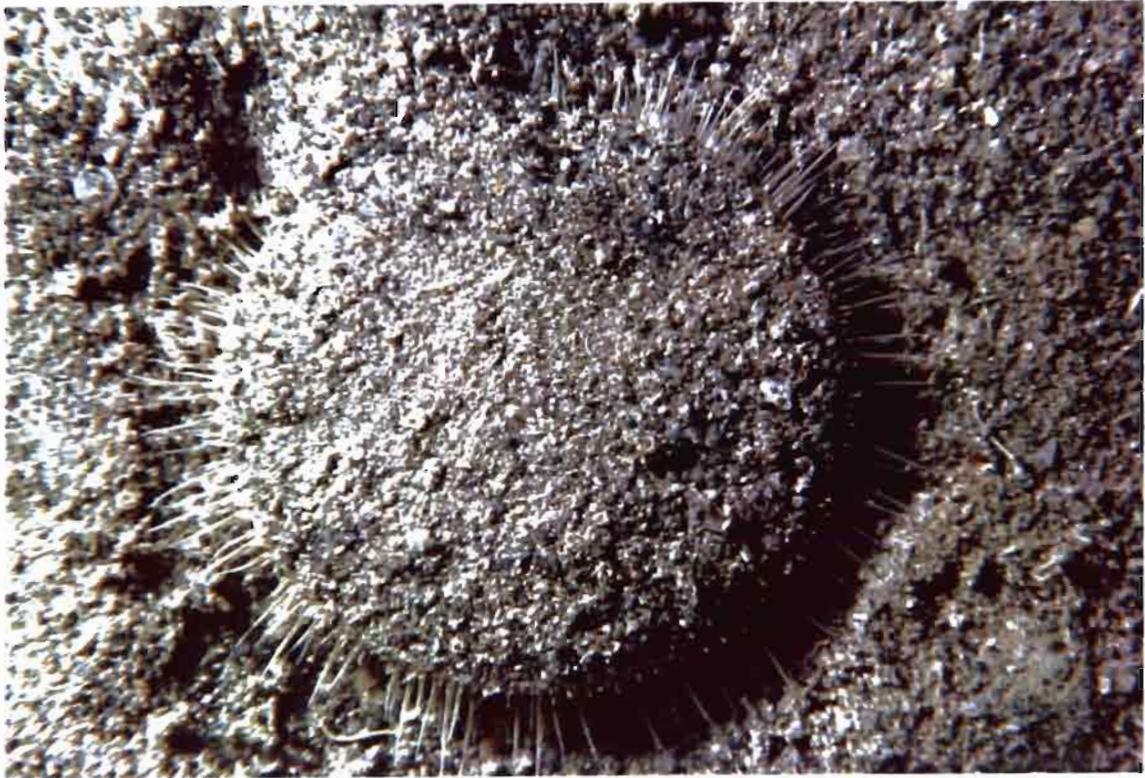


Figure 6. - *Amusium balloti* est une espèce plutôt sédentaire qui se dissimule sous une fine couche de sédiment



Figure 7. - *Amusium balloti* dans son biotope. Il s'abrite dans une petite dépression parmi les terriers de *Callinasses* (crustacés)

En Australie Occidentale, l'afflux de juvéniles d'*Amusium balloti* semble dépendre en priorité de l'hydrodynamisme (Heald & Caputi, 1981). Cette hypothèse a été développée par Dredge (1985a) : il considère que la répartition de l'espèce est principalement liée aux courants de marée et notamment aux vortex qui peuvent se développer dans des conditions particulières. Une relation inverse entre la taille moyenne de la coquille pour une classe d'âge donnée et la profondeur a été mise en évidence en Australie Occidentale (Heald & Caputi, 1981). *Amusium balloti* est particulièrement vulnérable pendant sa phase larvaire. Dredge (1987) a établi une relation négative entre l'abondance du recrutement et la quantité de pluie tombée l'année précédente, au mois d'août, lors de la reproduction. Une baisse de salinité des eaux pourrait donc être préjudiciable à la survie des larves. Nous ne disposons malheureusement d'aucune donnée hydrodynamique sur le lagon nord de Nouvelle-Calédonie.

## 1.4. Reproduction

En l'absence de comportement migratoire, la reproduction est le seul processus de renouvellement d'une population; sa connaissance présente donc un intérêt notable pour la gestion des stocks. Ainsi, il est important de connaître l'âge de première reproduction d'une espèce pour ne pas compromettre la fécondité des stocks par le prélèvement massif d'individus immatures. Cette approche doit être complétée par le calcul des proportions relatives de mâles et de femelles, ces dernières étant classiquement considérées comme plus directement responsables de la production de larves donc du recrutement. Une fois ces points précisés, il convient de détailler les processus de gamétogenèse et de situer la ou les périodes de ponte, avant de décrire le développement larvaire et d'évoquer ses implications potentielles en production de juvéniles pour l'aménagement des stocks ou l'aquaculture.

Le sexe d'*Amusium balloti* ne peut être reconnu par les caractéristiques externes de la coquille. La distinction entre les mâles et les femelles nécessite un examen de la gonade : elle est de couleur rosée chez les femelles et blanchâtre chez les mâles (figure 2). Les valves de la coquille d'*Amusium* n'étant pas jointives, à la période de reproduction, la couleur de la gonade peut être observée sans dissection. Pour suivre l'état de maturation des reproducteurs, nous avons calculé l'indice gonadique suivant :

$$IG = \frac{\text{poids frais de la gonade}}{(\text{hauteur de la coquille})^3} \times 10^6$$

### 1.4.1. Taille à la sexualisation

Nous avons établi à la figure 7 l'évolution de l'indice gonadique (IG) moyen par classe de tailles d'*Amusium*, au début du mois de juillet, lorsque les gonades sont bien pleines. Tous les individus étaient différenciés et, à l'exception des plus petits (première classe de tailles : 65-70 mm), aucune différence significative entre les indices gonadiques ne peut être mise en évidence (ANOVA,  $P > 0.05$ ). Comme nous le verrons dans le paragraphe 1.6.2, *Amusium balloti* atteint une hauteur d'environ 80 mm au bout d'un an; la plupart des individus sont donc susceptibles de se reproduire dès leur première année, lorsque leur taille atteint 70 à 75 mm.

Comme en Australie Occidentale (Heald & Caputi, 1981), les sexes peuvent être différenciés par examen de la gonade à partir d'une taille de 60 mm environ. Au Queensland, où la croissance d'*Amusium balloti* est rapide, la plupart des spécimens atteignent leur maturité sexuelle pour une hauteur de coquille de 90 mm ou plus mais certains individus de 70 mm peuvent être matures.

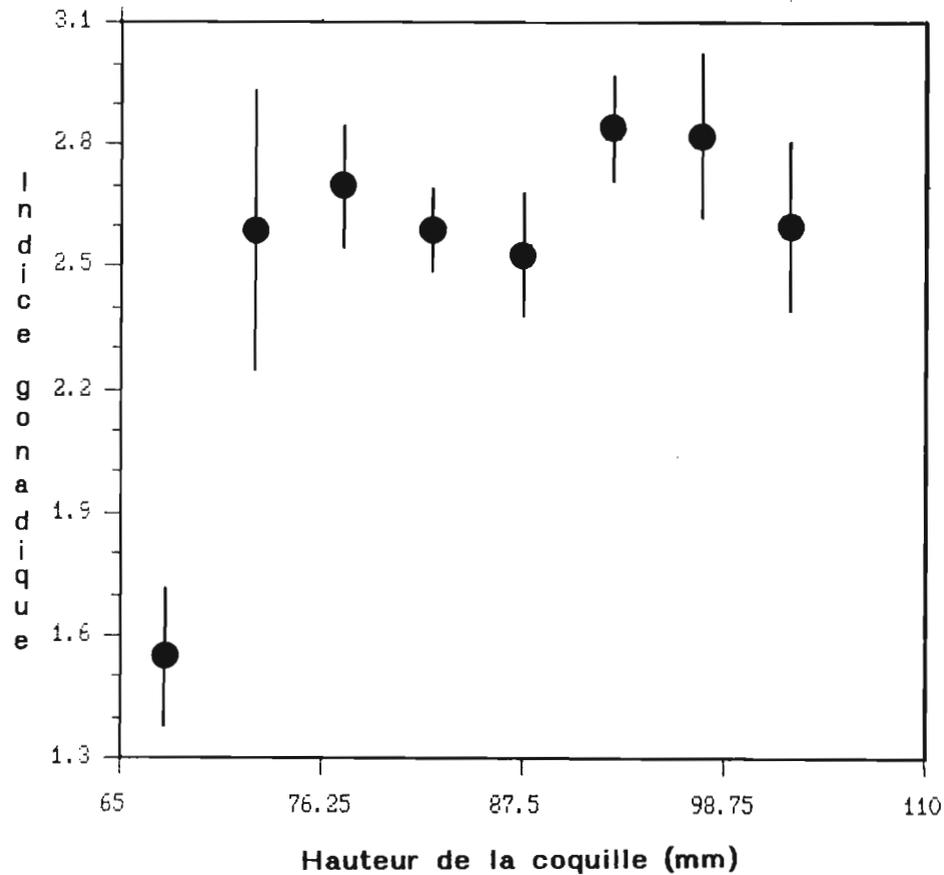


Figure 7. - Indices gonadiques pour diverses hauteurs de coquille, au mois de juillet, juste avant la reproduction. Les barres verticales représentent les erreurs standard à la moyenne.

#### 1.4.2- Sex-ratio

*Amusium balloti* est une espèce gonochorique. Un seul hermaphrodite a été distingué sur l'ensemble des spécimens que nous avons observés. En Nouvelle-Calédonie, la sex-ratio est légèrement déséquilibrée au bénéfice des mâles : sur un échantillon de 3759 individus, nous avons relevé 2052 mâles (54.6%) et 1707 femelles (45.4%), soit une sex-ratio de 1.2:1, significativement différente de 1:1 ( $\chi^2=31.7$ , 1 ddl,  $P<0.01$ ).

Ce résultat diffère de ceux établis en Australie Occidentale comme au Queensland, où la sex-ratio d'*Amusium balloti* n'est pas significativement différente de 1:1 (Dredge, 1981; Heald & Caputi, 1981).

La comparaison des fréquences de tailles chez les mâles et chez les femelles permet une vision plus fine du problème (figure 8). Jusqu'à une hauteur de 75-80 mm correspondant à un âge d'un an environ, les mâles prédominent. En revanche, les femelles sont plus abondantes dans les grandes classes de tailles. L'emploi d'un test d'indépendance global relatif aux proportions (Dagnelie, 1975) permet de conclure à une différence significative entre les fréquences de tailles des mâles et des femelles ( $\chi^2= 31.0$ , 7 ddl,  $P<0.01$ ). Cette différence peut être liée soit à une croissance plus rapide des femelles soit à un hermaphrodisme protandre, chez au moins une partie de la population. Une telle inversion de sexe a déjà été observée chez d'autres pectinidés du lagon de Nouvelle-Calédonie (Balsaux, 1988, Lefort, comm. pers.).

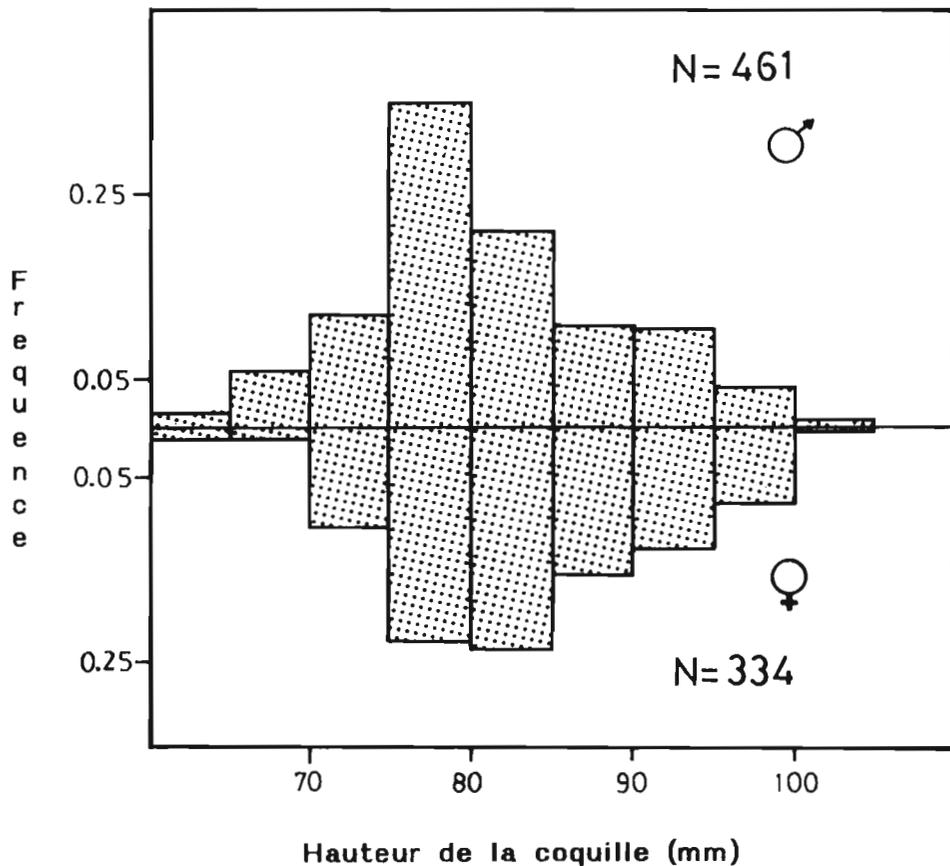


Figure 8. - Histogrammes de distribution de fréquences de tailles chez les mâles et les femelles.

#### 1.4.3. Gamétogenèse - Période de ponte

Le suivi de l'indice gonadique sur une année nécessite des prélèvements réguliers, en général mensuels. Etant données, d'une part, la longue distance entre le lagon nord et Nouméa et, d'autre part, l'absence d'exploitation du stock, nous avons dû nous cantonner à l'examen des échantillons issus de nos campagnes de prospection, soit sur un an : juillet 1986, décembre 1986 et avril 1987. Les valeurs moyennes des indices gonadiques étaient de 2.62 (erreur standard à la moyenne -e.s.- : 0.06) en juillet, de 0.54 (e.s. : 0.01) en décembre et de 0.57 (e.s. : 0.02) en avril. Les valeurs relatives aux mois de décembre et avril ne diffèrent pas significativement (test t,  $P=0.21$ ) contrairement à la valeur du mois de juillet qui est significativement supérieure aux deux autres (test t à une queue,  $P<0.01$ ). Cette différence peut être illustrée par une description rapide de la distribution de la fréquence des indices gonadiques : ils étaient tous inférieurs à 1.5 aux mois de décembre et mars, alors que 95% d'entre eux étaient supérieurs à 1.5 au mois de juillet. En complément, il faut remarquer que le pourcentage d'individus indifférenciés était nul en juillet alors qu'il atteignait respectivement 98.5% en décembre et 75.6% en avril.

Ces premiers résultats prouvent que la ponte d'*Amusium balloti* se déroule entre les mois de juillet, où toutes les gonades étaient bien colorées et turgescents, et de décembre, où pratiquement tous les *Amusium* étaient indifférenciés. La hauteur moyenne des coquilles de la première cohorte, dans les distributions de fréquences de tailles établies au mois de décembre, était de 50 à 60 mm (Clavier & Laboute, 1987). Etant donnée la vitesse de croissance de l'espèce (cf. § 1.6.2), l'essentiel de la ponte doit s'effectuer vers le mois d'août, soit lorsque la température de l'eau est minimale. Cette hypothèse ne préjuge pas de l'existence de pontes secondaires au début de la saison fraîche. Après la ponte, les individus redeviennent indifférenciés, puis la gamétogenèse reprend progressivement au début de l'année suivante. Elle se poursuit rapidement pour assurer un développement des produits génitaux entre le début du mois d'avril et la fin du mois de juin.

La reproduction d'*Amusium balloti* au Queensland a été traitée par Dredge (1981). L'étude de deux populations a montré que la gamétogenèse débute en février lorsque la température de l'eau est maximale, des gonades matures sont communément rencontrées en avril et la ponte pourrait commencer en mai; elle présenterait un pic en août pendant la saison fraîche et serait pratiquement achevée à la fin de septembre. Le nombre d'ovocytes varie selon le poids de la gonade : des valeurs allant de  $3.20 \cdot 10^5$  à  $2.65 \cdot 10^6$  ont été relevées pour des hauteurs de coquille allant de 85 à 107 mm. Les femelles seraient capables de pondre plusieurs fois pendant la saison de reproduction. En Australie Occidentale, d'après Heald & Caputi (1981), l'essentiel de la ponte a lieu entre le début de décembre et la fin de janvier, soit pendant la saison chaude. Ces résultats ont été revus par Joll (1987) qui, après observations histologiques de la gonade et suivi de l'évolution d'un indice gonadique, considère que l'espèce peut se reproduire depuis avril-mai jusqu'en décembre. La période de ponte est décalée aux îles Abrolhos : elle commence en août et se termine en février-mars (Joll, 1988a).

#### 1.4.4. Ponte et développement larvaire

Nous n'avons effectué aucune tentative de reproduction artificielle d'*Amusium balloti* en Nouvelle-Calédonie. En revanche, au Queensland, Rose *et al.* (1988) ont mis au point une technique de ponte et d'élevage pour l'espèce. Les géniteurs sont collectés dans le milieu naturel. Ils sont ensuite nettoyés avec de l'eau de mer filtrée (1  $\mu$ m) et stérilisée sur U.V., à température ambiante (18°C), puis placés dans des récipients contenant 80 l d'eau de mer également stérilisée par passage sur U.V.. La température de cette eau est progressivement accrue de 4 à 6°C. D'une manière générale, cette stimulation provoque la ponte des géniteurs matures en 10 mn. Dès le début de la ponte, les mâles et les femelles sont séparés pour éviter la polyspermie et disposés dans des récipients de 20 l. Les mâles sont laissés ensemble tandis que les femelles sont disposées par lots de 6 individus. La suspension de spermatozoïdes issue de 6 à 10 mâles est ajoutée dans les bacs contenant les oeufs; la quantité ainsi apportée est d'environ 5 ml.l<sup>-1</sup>

pour  $4.10^5$  ovocytes. Le diamètre moyen des oeufs après la ponte est de 63  $\mu\text{m}$ . Après la fécondation, les oeufs sont dénombrés sur échantillons et passés sur une série de tamis en nylon pour isoler des divers détritiques. Les oeufs recueillis sur des tamis de 45 et 26  $\mu\text{m}$  sont placés dans des bacs contenant 4000 l d'eau de mer filtrée sur 1  $\mu\text{m}$  et maintenue à une température de 18-19°C. L'eau des bacs est changée tous les 2 ou 3 jours. A cette occasion, les larves sont recueillies sur un tamis puis nourries après leur retour dans le bac par des suspensions de phytoplancton unicellulaire (*Pavlova lutheri*, *Chroomonas salina*, *Isochrysis galbana* de Tahiti et *Chaetoceros calcitrans*). La concentration de nourriture est vérifiée quotidiennement et augmentée progressivement de 25 à 100 cellules. $\mu\text{l}^{-1}$  au fur et à mesure de la croissance des larves. La densité des larves est progressivement réduite de 8-10. $\text{ml}^{-1}$  à 0.5-2. $\text{ml}^{-1}$ . Avant la métamorphose, les larves sont recueillies sur le fond du bac ou sur des collecteurs en nylon monofilament, puis placées sur des tamis en nylon (maille de 200-250  $\mu\text{m}$ ) suspendus dans des récipients de 500 l. L'eau de ces récipients est changée tous les 2 jours et, outre le phytoplancton déjà cité, le naissain est alimenté avec *Dunaliella tertiolecta* à une concentration de 25 à 50 cellules. $\mu\text{l}^{-1}$ .

La fixation se produit 22 jours après la fécondation, à une taille minimale de 178  $\mu\text{m}$  ; un byssus temporaire peut apparaître mais la fixation n'est jamais permanente. Des expériences en milieu contrôlé ont montré que la ponte se déroule lorsque la température de l'eau est comprise entre 18 et 23°C. Si ces valeurs peuvent être transposées au milieu naturel, les larves ont la possibilité de se disséminer sur de longues distances (Dredge, 1987), ce qui peut partiellement expliquer la large répartition géographique de l'espèce.

### 1.5. Alimentation

Comme tous les pectinidés, *Amusium balloti* est, toute sa vie, un filtreur. Il fait transiter l'eau à travers sa grille branchiale et en extrait sa nourriture. Le plancton ainsi retenu est, soit acheminé vers la bouche, soit rejeté comme les autres particules non ingérées, sous forme de pseudo-fèces enrobés de mucus. Bien que planctonophage, *Amusium balloti* vit en étroite relation avec le fond sur lequel il repose; il n'est pas exclu qu'il puisse ingérer des particules d'origine benthique, après leur mise en suspension.

### 1.6. Biométrie - Croissance.

La croissance, comme la reproduction, est un facteur important à considérer pour l'étude dynamique d'une population. La croissance des mollusques est classiquement abordée par un suivi des dimensions de la coquille (Seed, 1980). Le critère le plus fréquemment retenu est la plus grande hauteur qui, par son accès aisé, peut être relevée en milieu naturel sans porter préjudice au sujet mesuré. L'évolution dans le temps des autres caractéristiques dimensionnelles peut être déduite de ces données de base en appliquant des relations d'allométrie.

La croissance des mollusques en milieu naturel a donné lieu à une abondante littérature (cf. Richard, 1982). La croissance d'*Amusium balloti* a été étudiée en Australie (Heald & Caputi, 1981; Dredge, 1985a; Williams & Dredge, 1985; Joll, 1988c). Ces différents travaux ont, dans la plupart des cas, abouti à une modélisation de la croissance selon la méthode de Von Bertalanffy, appliquée avec succès aux individus adultes.

Nous avons entrepris de préciser les données connues et de vérifier leur adéquation aux populations d'*Amusium balloti* du lagon nord de Nouvelle-Calédonie. Avant d'aborder cette étude de la croissance en hauteur de la coquille, nous allons établir les relations d'allométrie représentant la croissance relative des principaux descripteurs de l'espèce.

### 1.6.1. Principales relations d'allométrie

Les mesures ont porté, au laboratoire, sur des échantillons récoltés en juillet 1986 sur les stations 1, 2, 22, 31 et 45 (cf. § 3.1.2) et congelés. L'effectif total est de 250 soit 128 mâles et 122 femelles.

Sur chaque spécimen, nous avons mesuré la hauteur dorso ventrale de la coquille et sa longueur antéro postérieure (Figure 9), à l'aide d'un pied à coulisse, avec une précision de 0.1 mm. Nous avons ensuite déterminé le poids total, puis après dissection, les poids respectifs de la coquille, du muscle et de la gonade avec une précision de 0.1 g.

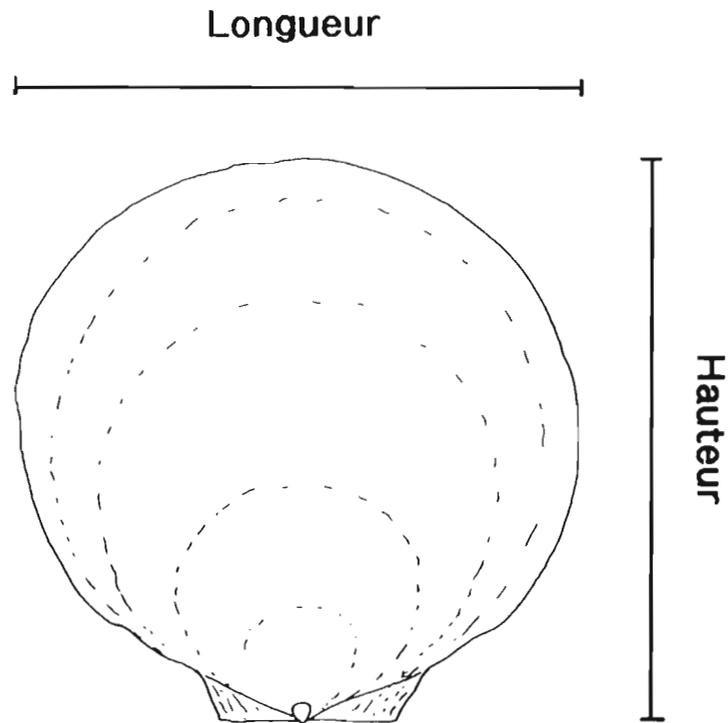


Figure 9. - Mesures prises sur la coquille pour les études de croissance.

Les principales relations morphométriques applicables à *Amusium balloti* dans le lagon nord sont présentées au tableau I. La relation hauteur de la coquille poids total est la suivante :

$$\text{Log Pt} = -5.178 + 3.528 \text{ Log Ht avec } r=0.882$$

Une fois transformée, cette équation devient :

$$\text{Pt} = 6.637 \cdot 10^{-5} \text{ Ht}^{3.528}$$

Le coefficient d'allométrie (3.528) est significativement différent de 3 (test t,  $P < 0.01$ ) et la relation globale entre la hauteur et le poids ne peut être considérée comme isométrique.

Tableau I - Caractéristiques des principales relations morphométriques applicables à *Amusium balloti*.  
Les résultats sont de la forme  $Y = aX + b$ .

relation Y X	coefficient de corrélacion (r)	a	b
Ht-Lt	0.986	6.251	0.922
Pt-Pc	0.979	5.688	2.149
Pt-Pm	0.964	10.174	4.302
Pt-Pg	0.823	13.320	18.162

D'après Joll (1988a), les changements de condition du muscle adducteur sont intimement liés à la reproduction : la part du muscle dans le poids total est minimale lorsque la gonade est à son plus grand développement et vice versa. En Australie Occidentale, le muscle représente de 17 à 25% du poids frais total. Nous obtenons un résultat tout à fait équivalent pour la population du lagon nord, le muscle représentant 23 % du poids frais total à la période de notre échantillonnage. Cette proportion est considérable pour un pectinidé.

#### 1.6.2. Croissance en hauteur

Comme le signalent Heald & Caputi (1981), *Amusium balloti* est une espèce à croissance rapide et à courte durée de vie. La ponte n'étant pas continue, un recours à la décomposition d'histogrammes de distribution de fréquences de longueurs est donc possible, quelle que soit la population. Nous avons mis en oeuvre cette technique pour tenter de décomposer les structures de tailles obtenues lors de nos échantillonnages. Les histogrammes de distribution des tailles sont présentés par Clavier & Laboute (1987) et Clavier *et al.* (1990). Nous avons eu recours pour leur étude, aux logiciels ELEFAN I et II (Electronic LEngth Frequency ANalysis) (Gaynilo *et al.*, 1989) qui permettent de traiter simultanément les distributions de fréquences de tailles relatives à plusieurs périodes de l'année. La modélisation a été classiquement réalisée selon l'équation de Von Bertalanffy. Sa formulation est la suivante :

$$Ht = H_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

Ht est la hauteur à un instant t,  $H_{\infty}$  est la hauteur maximale théorique,  $t_0$  est le temps pour lequel la hauteur est théoriquement nulle et K est une constante.

Le recours au logiciel ELEFAN II autorise une première estimation de  $H_{\infty}$  selon la méthode de Wetherwall (Wetherwall, 1986) modifiée (Pauly, 1986). Nous avons introduit pour cela les mesures de hauteur des coquilles obtenues en juillet 1986, décembre 1986, avril 1987 et juin 1988. Ces mesures ont été distribuées en classes de 5 mm; l'effectif total est de 9156. La méthode de Wetherwall donne une estimation de  $H_{\infty}$  égale à 98.7 mm. Les calculs ont été faits pour les classes de taille supérieures à 75 mm. Cette valeur de  $H_{\infty}$  a été introduite dans le logiciel ELEFAN I et a permis de fixer la valeur la plus probable de K à 1.2 année<sup>-1</sup>.

Nous avons ensuite décomposé les distributions de fréquences de hauteurs des mois de juillet, décembre et avril selon la méthode de Bhattacharya (Bhattacharya, 1957; cf. Sparre *et al.*, 1989 pour des détails sur les applications). En juillet, nous n'avons pu mettre en évidence qu'une seule cohorte avec une hauteur moyenne de 80.1 mm; en décembre, nous avons distingué 2 cohortes, l'une à une hauteur moyenne de 60.6 mm et l'autre à une hauteur moyenne de 87.4 mm; enfin, en avril nous n'avons à nouveau retrouvé qu'une seule cohorte évidente à une hauteur moyenne de 78.5 mm. Considérant que l'essentiel de la ponte d'*Amusium balloti* est effectuée au mois d'août, les âges correspondant à ces diverses hauteurs sont respectivement de 0.9, 0.3, 1.3 et 0.8 années. Le recours à ces couples âge-hauteur permet de calculer une valeur moyenne pour  $t_0$  (Gulland, 1969); elle est de -0.5 année.

En première approche, la croissance d'*Amusium balloti* dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie peut être décrite par l'équation :

$$Ht = 98.7 (1 - e^{-1.2(t+0.5)})$$

pour les spécimens d'une hauteur supérieure à 75 mm. La courbe correspondante est proposée à la figure 10.

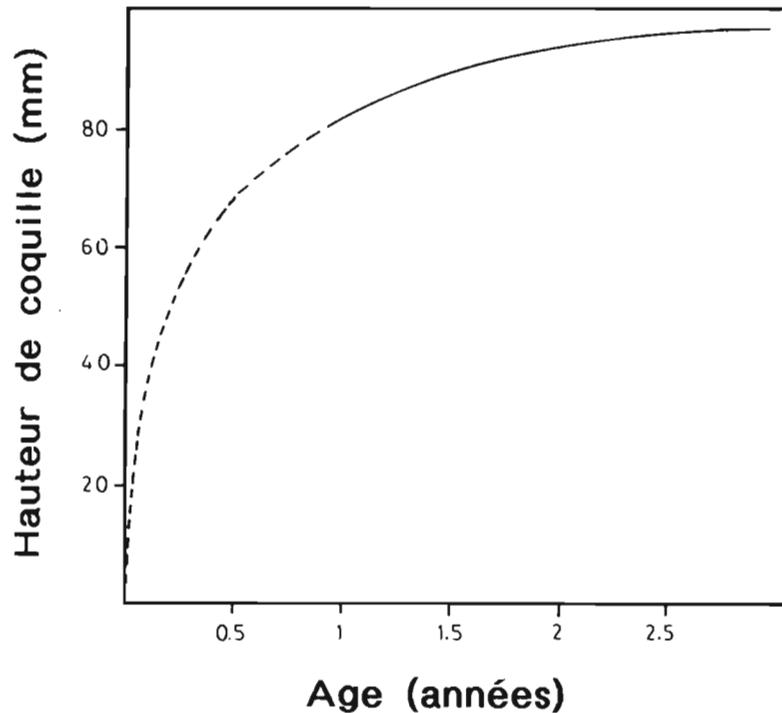


Figure 10. - Courbe de croissance en hauteur de la coquille. Le tracé en trait plein correspond à l'équation de Von Bertalanffy tandis que le tracé en pointillés est hypothétique.

Ces premières estimation de  $K$  et  $H_{\infty}$  pour les populations d'*Amusium balloti* du lagon nord de Nouvelle-Calédonie reposent sur un faible échantillonnage et ne sont données qu'à titre indicatif. Un suivi mensuel des distributions de tailles serait nécessaire pour une approche plus précise. Les valeurs sont proches de celles obtenues en Australie pour la même espèce (cf. § suivants) ou même de celles relatives à *Amusium pleuronectes* aux Philippines (LLana, 1988) pour lequel  $K$  et  $H_{\infty}$  font respectivement 0.94 et 101.8 mm.

En Australie Occidentale, la croissance d'*Amusium balloti* présente une variation saisonnière avec une phase d'accroissement maximale en saison chaude, lorsque la température de l'eau est de 24-25°C et minimale entre avril et août, lorsque la température de l'eau descend à 19-20°C (Heald & Caputi, 1981). Selon ces auteurs, le taux moyen d'accroissement de l'espèce est de 5.5 mm.mois<sup>-1</sup> pour la classe 0+ (individus de moins de un an), de 5.1 mm.mois<sup>-1</sup> pour la classe 1+ et de 3.6 mm.mois<sup>-1</sup> pour les spécimens plus âgés. Joll (1987) considère que la taille de 90 mm est atteinte au bout de 9 à 12 mois, ce qui suggère un accroissement encore plus rapide. Il n'a pas été mis en évidence d'accroissement différent selon les sexes. Les paramètres moyens de l'équation de Von Bertalanffy sont  $K=1.416$  année<sup>-1</sup> ou 1.294 année<sup>-1</sup>,  $H_{\infty}=103.8$  ou 104.1 mm et  $t_0=0.356$  année.

Au Queensland, la croissance d'*Amusium balloti* a été principalement étudiée par Williams & Dredge (1981). Les paramètres estimés pour l'équation de Von Bertalanffy sont les suivants :  $K$  varie entre  $2.678 \text{ année}^{-1}$  et  $3.058 \text{ année}^{-1}$  tandis que  $H_{\infty}$  va de 102.0 mm à 108.5 mm. Dans ces conditions, les individus de 85 mm -taille de première capture- sont âgés de 6 à 9 mois. Ultérieurement, la croissance d'une population isolée d'*Amusium balloti* a été étudiée par Dredge (1985a) au Queensland. Cette population était initialement constituée d'une seule cohorte dont le suivi dans le temps était aisé et a été entrepris avec une fréquence mensuelle. La croissance des mâles et des femelles n'était pas différente. Les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy étaient :  $K=2.330 \text{ année}^{-1}$  et  $H_{\infty}=105.5 \text{ mm}$ . Dredge (*op. cit.*) a également observé un ralentissement de la croissance d'*Amusium balloti* pendant la saison fraîche. Contrairement aux populations d'Australie Occidentale, cette période coïncide, au Queensland, avec celle de la reproduction et il est possible qu'une partie de l'énergie du mollusque soit consacrée à cette fonction au détriment de la croissance.

D'après Dredge (1985b), le marquage procure une estimation de la croissance plus faible que la décomposition d'histogrammes de fréquences de hauteurs des coquilles. Ce phénomène peut être lié à la perturbation occasionnée par le marquage. Le bord de la coquille est extrêmement fragile et il est systématiquement endommagé par le chalut. Les animaux relâchés sont donc stressés et doivent reconstituer leur coquille avant de reprendre leur croissance.

La durée de vie d'*Amusium balloti* est de 3 à 4 ans (Heald & Caputi, 1981) mais, sur le terrain, l'effectif des individus survivant au-delà de la seconde année est minime.

La coquille d'*Amusium balloti* est ornée de séries d'anneaux pigmentés concentriques dont la formation serait quotidienne (Joll, 1988b). Cette caractéristique fournit une méthode d'ageage précise mais longue à mettre en oeuvre. A cet égard, la technique de traitement d'images automatique serait une voie de recherche intéressante.

*Amusium balloti* est donc une espèce à croissance rapide et à durée de vie courte. Le modèle de Von Bertalanffy permet une évaluation correcte de la croissance à partir d'une hauteur de coquille de 75 mm et il pourra être mis en oeuvre lors des études de dynamique de population.

## 1.7. Comportement

*Amusium balloti* peut être très mobile (figures 11 et 12). La nage d'*Amusium balloti* a été étudiée par Joll (1989) à Shark Bay en Australie Occidentale. Contrairement aux autres pectinidés, la vitesse de déplacement et la distance parcourue par *Amusium* augmentent avec la taille. La distance maximale couverte en un seul trait est de 23.1 m, alors que la distance cumulée maximale (4 déplacements successifs) est de 30.8 m. La vitesse de natation des plus grands individus est généralement de  $0.8$  à  $1.0 \text{ m.s}^{-1}$  ( $1.6$  à  $2.0$  noeuds) mais peut atteindre  $1.6 \text{ m.s}^{-1}$  (3 noeuds). Pour notre part, nous avons pu observer plusieurs spécimens fuyant devant le chalut pendant environ quinze secondes à une vitesse de 2 noeuds, ce qui représente un déplacement sur une distance d'une quinzaine de mètres. Un tel comportement individuel justifie pleinement l'emploi du chalut pour l'exploitation d'*Amusium balloti*. L'ouverture des dragues est généralement trop basse pour capturer efficacement l'espèce. En revanche, certains spécimens sont susceptibles de passer sous le bourrelet de fond du chalut et il est préférable de monter un "racleur" sur les panneaux ou sur les bras, afin de "lever" les coquilles quelques mètres devant l'ouverture de l'engin.

Des expériences de marquage ont été entreprises en Australie Occidentale pour définir un éventuel comportement migratoire chez *Amusium balloti* (Heald & Caputi, 1981). Les résultats de ces expériences ne permettent pas de conclure à une quelconque migration de l'espèce sur la zone étudiée, sans préjuger d'une faculté de déplacement à petite échelle.



Figure 11. - *Amusium balloti* en cours de déplacement par 30 m de fond.



Figure 12. - *Amusium balloti* en posture d'alerte, après un déplacement (photo P. Laboute).

Une expérience analogue a été tentée au Queensland par Dredge (1985b) : la plupart des spécimens marqués n'avaient effectué aucun déplacement notable; 2 d'entre eux ont été retrouvés à 5 km de l'endroit où ils avaient été relâchés, après respectivement 300 et 366 jours. Les populations d'*Amusium balloti* peuvent donc être considérées comme sédentaires. De fait, les populations du lagon nord de Nouvelle-Calédonie ont été globalement localisées sur les mêmes emplacements au cours de nos missions de prospection, entre 1986 et 1990.

*Amusium balloti* est particulièrement vulnérable lorsqu'il est exposé à l'air libre. L'entrebaillement permanent des valves de la coquille le rend sensible à la dessiccation. Ce phénomène est accentué par le claquement sporadique des valves qui chasse le peu d'eau contenue dans la cavité palléale (Heald, 1978). Le produit est donc très difficile à conserver vivant hors de l'eau et il est systématiquement conservé dans la glace ou traité à bord en Australie.

## 1.8. Interactions avec d'autres espèces

Peu de données sont actuellement disponibles sur les interactions existant entre *Amusium balloti* et les autres espèces marines. L'essentiel de nos informations porte sur le parasitisme qui peut présenter des implications sur la salubrité ou la valeur marchande du produit.

### 1.8.1. Prédation

Dans certains cas, la prédation peut être intimement liée au parasitisme. Par exemple, Lester *et al.* (1980) ont effectué un rapprochement entre la présence de stades larvaires du nématode *Sulcascaaris sulcata* dans le muscle d'*Amusium balloti* et celle de vers adultes dans l'intestin de la tortue *Caretta caretta*. Il n'ont cependant pas observé de restes d'*Amusium* dans l'estomac de la tortue et ils n'ont pu établir formellement la prédation. Nous n'avons pas recensé d'autre prédateur d'*Amusium balloti* à l'exception de certains poissons Labridés tels *Chaerodon transversalis* qui ont décimé des spécimens marqués que nous avons transplantés dans un parc sous-marin à proximité du Rocher à la Voile, devant Nouméa. En raison de sa vélocité, *Amusium balloti* doit être rarement inquiété par les prédateurs lents comme les gastéropodes perceurs ou les astérides.

### 1.8.2. Parasitisme

En Australie Occidentale, dans les années 70, le nématode parasite *Sulcascaaris sulcata*, affectait environ 60% des *Amusium* de taille commerciale, au détriment de la qualité du produit (figures 13 et 14), ce qui posait notamment des problèmes pour l'exportation. Comme le signale Sandars (1970), "le ver et les tissus environnants doivent être éliminés avant toute mise sur le marché, ce qui accroît le temps nécessaire au traitement et donc son coût". La description de ce ver a été donnée par Cannon en 1978; il a observé un taux de parasitisme moyen de 5.6% au Queensland mais il n'a pu mettre en évidence aucune relation significative entre le nombre de parasites d'une part et la saison ou la taille des hôtes d'autre part.

Pour la première fois, Cannon (1978) a relié la larve de nématode enkystée dans le muscle des pectinidés avec l'espèce *Sulcascaaris sulcata* décrite comme parasite des tortues. D'après cet auteur, le nématode ne pourrait pas se développer naturellement chez les mammifères donc chez l'homme. Cette conclusion a été prudemment reprise par Berry & Cannon (1981). En 1980, Lester *et al.* ont étudié des lésions causées par des nématodes sur des *Amusium* de Shark Bay, en Australie Occidentale. Ces lésions, caractérisées par de petits kystes inclus dans le muscle du bivalve ont été attribuées à deux vers : *Sulcascaaris sulcata* et *Echinocephalus sp.* Des lésions analogues ont été remarquées dans les muscles d'*Amusium balloti* du lagon nord et, en raison des implications potentielles de ce type de parasitisme pour une exploitation, nous allons détailler la morphologie et le mode de vie des nématodes parasites avant d'évaluer leur impact sur les populations de pectinidés.



Figure 13. - Vue générale d'un muscle d'*Amusium balloti* infesté par *Sulcascaris sulcata*.  
La flèche indique l'emplacement du kyste.

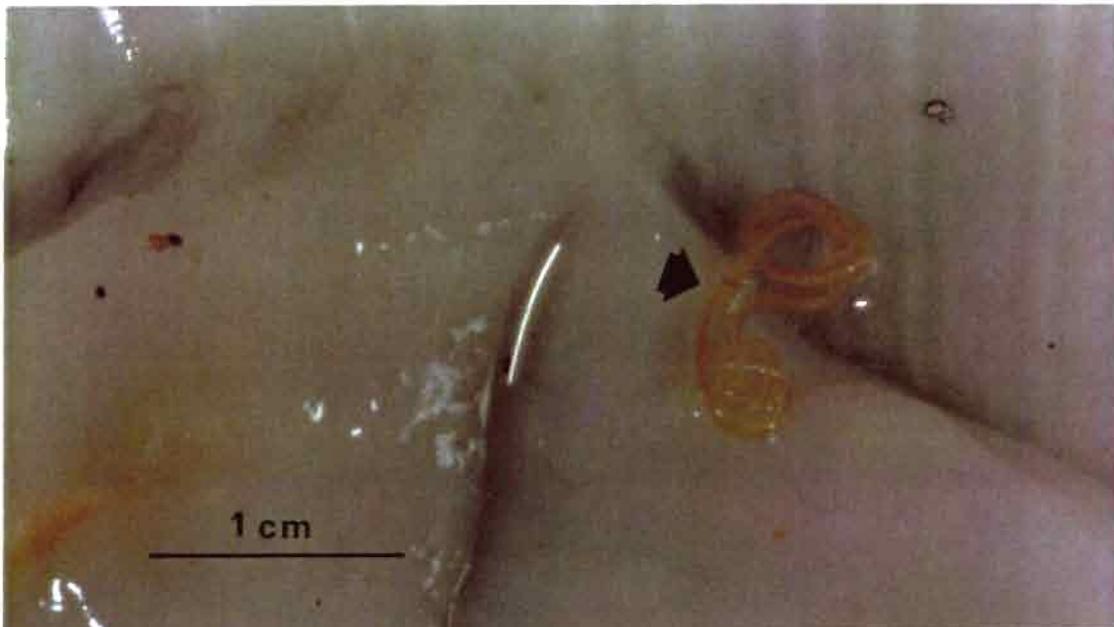


Figure 14. - Aspect de *Sulcascaris sulcata* après ouverture du kyste par dissection du muscle.

Les larves de *S. sulcata* présentent un aspect vermiforme (fig. 14) avec un corps lisse et trois lèvres antérieures. Elles habitent un kyste aplati inséré le plus souvent à la surface du muscle adducteur du bivalve (fig. 13). Ce kyste, de couleur brunâtre, mesure classiquement de 4 à 8 mm de diamètre tandis que la longueur totale du ver, qui y vit enroulé en spirale, va de 20 à 40 mm. Les larves d'*Echinocephalus sp.* sont plus petites et occupent un kyste globuleux où elles sont étroitement pelotonnées. Ces larves peuvent être reconnues à leur tête arrondie et hérissée d'épines. Le kyste, blanchâtre ou jaune clair, présente un diamètre d'environ 1 à 2 mm; il est souvent difficile à distinguer dans l'épaisseur du muscle. D'après L.R.G. Cannon (comm. pers.), *S. sulcata* est morphologiquement très proche des espèces du genre *Paranisakiopsis*.

*Echinocephalus* a été trouvé au stade adulte, dans les valvules spirales des poissons sélaciens. Les hôtes les plus fréquents sont des prédateurs de pectinidés comme les raies et certaines espèces de requins vivant à proximité du fond. Il est vraisemblable que le cycle de l'espèce soit direct entre les bivalves et les poissons (Cannon, comm. pers.) et ce parasite ne semble pas provoquer d'infection chez l'homme.

Le cycle biologique de *Sulcascaaris sulcata* a été décrit par Berry & Cannon (1981) : les nématodes adultes produisent des oeufs dans l'intestin des tortues *Caretta caretta*. Après avoir été rejetés, ces oeufs plus lourds que l'eau, tombent au fond de la mer. Deux mues successives se déroulent à l'intérieur de l'oeuf et produisent une larve au stade III, qui éclôt spontanément. Ce stade larvaire va infester les bivalves et après 3-4 mois, il mue en un stade IV; sa longueur est alors de 5 mm environ. Il peut rester ainsi plusieurs mois avant d'être ingéré par une tortue, dans laquelle il s'attache à la jonction gastro-oesophagique. Là, il mue pour atteindre le stade adulte en 7-21 jours et sa croissance pour atteindre la maturité sexuelle se poursuit pendant environ 5 mois. La durée de l'infestation dans l'hôte intermédiaire, *Amusium balloti* dans le cas qui nous intéresse, est d'environ un an.

*Sulcascaaris sulcata* a également été signalé sur les côtes du Queensland (Dredge, 1985a) où une variation saisonnière de sa présence dans le muscle d'*Amusium balloti* a été mise en évidence. Le taux d'infestation maximal était observé entre les mois de juillet et septembre avec un maximum de 93% en août. Dredge (*op. cit.*) met ce phénomène en relation avec la présence de la tortue *Caretta caretta*, qui agirait comme vecteur de transmission du nématode.

En Australie Occidentale, l'augmentation progressive de la pression de pêche a réduit l'âge moyen de la population, qui se compose désormais essentiellement d'individus juste recrutés (moins de un an). Ce "rajeunissement" de la population a limité la possibilité de développement des larves de *Sulcascaaris sulcata* dans le muscle, ce qui a produit un effet bénéfique sur le rapport de la pêche de *Amusium*, dans la mesure où une plus grande proportion du stock était exportable (Joll, 1988a).

Les premières exploitations expérimentales d'*Amusium balloti* dans le lagon nord de la Grande Terre ont permis de mettre en évidence une infection parasitaire du muscle, considérée comme préjudiciable à la qualité du produit. Ces pêches expérimentales, menées par le VAUBAN au début de 1988, ont ainsi révélé la présence de kystes sur 30 à 40 % des spécimens examinés. Dans ces conditions, il apparaissait essentiel de cerner plus précisément l'extension de la parasitose et de faire le point sur les risques qui lui sont liés, notamment pour les consommateurs.

Nous avons bénéficié de plusieurs séries d'échantillons : outre les prélèvements effectués à bord du VAUBAN à l'occasion de sa campagne de pêche expérimentale en février 1988, des spécimens collectés au début du mois de mai 1988 par P. Laboute dans le lagon nord et en septembre 1988 par N. Baillon dans le lagon de Lansdowne ont été examinés. L'essentiel de nos données provient cependant, d'une part de 16 traits de chalut effectués en juin 1988 (Clavier *et al.*, 1989) et d'autre part de 28 traits de chalut réalisés en mai 1990 (Clavier *et al.*, 1990), lors de campagnes du N.O. ALIS dans le lagon nord. Au laboratoire, deux principaux parasites ont été

décélés et identifiés avec le concours d'un spécialiste australien (L.R.G. Cannon, Queensland Museum). Comme en Australie, tous les échantillons ont révélé la présence de stades IV de larves de *Sulcascaris sulcata* (Nématode Ascaridoïde) et de stades III de larves d'une espèce appartenant au genre *Echinocephalus* (Nématode Spiruroïde).

Les taux de parasitisme observés au cours des différentes campagnes sont indiqués au tableau II.

Tableau II - Taux de parasitisme observés au cours des différentes campagnes d'échantillonnage dans le lagon nord.  
SS : *Sulcascaris sulcata*; EC : *Echinocephalus*; SS+EC : les deux espèces simultanément.

Date	SS	EC	SS+EC
mai 1988	8.0	27.0	34.0
juin 1988	8.8	30.5	35.9
mai 1990	12.2	11.2	20.0

Aucun parasite n'a pu être décelé sur un échantillon de 56 individus prélevés dans le lagon de Lansdowne lors de la campagne de prospection du N.O. ALIS au mois d'août 1988.

Les répartitions géographiques dans le lagon nord des taux d'infestation par *Sulcascaris sulcata* et *Echinocephalus sp.* au mois de mai 1990, sont indiquées aux figures 15 et 16.

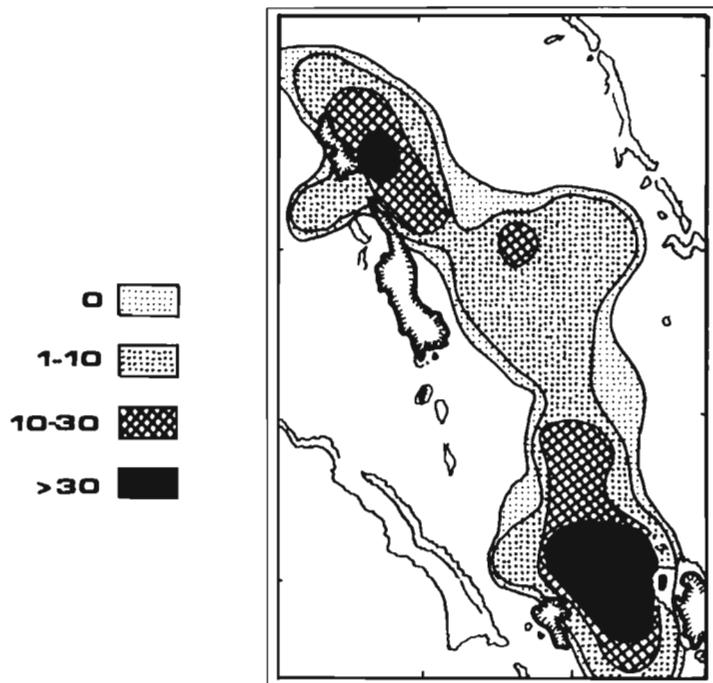


Figure 15. - Distributions des pourcentages de parasitisme par *Sulcascaris sulcata* dans le lagon nord au mois de mai 1990.

Nous observons une nette disproportion entre les secteurs nord qui sont relativement épargnés et le sud de l'aire de répartition des *Amusium*, où les taux de parasitisme dépassent parfois 60%. Cette disproportion peut être reliée à la taille moyenne des spécimens qui était nettement plus élevée dans le gisement sud (90 mm et plus) qu'à proximité des îles Bélep (surtout entre 70 et 85 mm). En effet, en première approche, le taux de parasitisme semble augmenter avec la taille donc avec l'âge des individus, conformément aux observations réalisées en Australie.

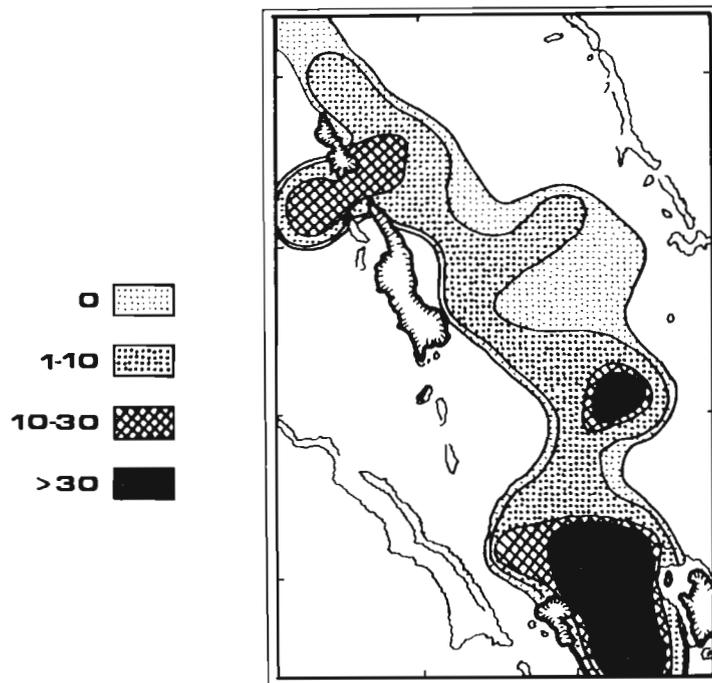


Figure 16. - Distribution des pourcentages de parasitisme par *Echinocephalus sp.* au mois de mai 1990

*Amusium balloti*, comme bien d'autres espèces marines, n'échappe pas au parasitisme. Le tiers, environ, des individus observés dans le lagon nord hébergeait des nématodes dans le muscle mais les kystes n'étaient aisément discernables que dans 10 % des cas. De tels parasites sont communément rencontrés chez d'autres mollusques exploités et, à notre connaissance, il n'a pas été signalé de problème consécutif à leur ingestion par l'homme. Au Queensland, il semblerait que la mise en exploitation des stocks d'*Amusium* ait conduit à une diminution du taux de parasitisme par élimination des vieux individus souvent infestés (Dredge, comm. pers.).

Quoiqu'il en soit, ces diverses données montrent que les parasitoses du muscle ne sont pas particulières à la Nouvelle-Calédonie et qu'elles n'ont pas constitué un problème majeur pour la mise en exploitation du stock d'*Amusium* en Australie. Des mesures curatives ou préventives comme l'élimination de la fraction de muscle infectée à l'aide d'un couteau et la congélation, apparaissent nécessaires et suffisantes pour assurer le maintien de la qualité du produit.

## 2. ANALYSE DE LA PECHERIE MONDIALE

### 2.1. Moyens de production et traitement du produit

En Australie, *Amusium balloti* est pêché au chalut plutôt qu'à la drague. L'emploi de cette technique est justifié par les grandes capacités de déplacement de l'espèce (Joll, 1988c). Au Queensland, la pêche était initialement pratiquée avec l'équipement standard des crevettiers mais les dégâts occasionnés aux chaluts à petites mailles, associés à d'importantes captures accessoires de poissons, ont amené les pêcheurs à accroître la maille de cul jusqu'à 75 mm et à augmenter la résistance du fil. Il n'existe pas de taille minimale légale de capture au Queensland mais les prix baissent rapidement pour des coquilles d'une hauteur inférieure à 85 mm environ. Dans ces conditions, les pêcheurs se sont volontairement imposés une taille limite de 83 à 88 mm.

Les dimensions des chaluts varient selon la taille et la puissance du bateau. A l'heure actuelle, la plupart des bateaux (longueur 15 à 20 m) tirent de 1 à 3 chaluts de 9 à 22 m de corde de dos. De 100 à 120 chalutiers opèrent chaque année au Queensland. Jusqu'à ces dernières années, les campagnes de pêche duraient jusqu'à 5 jours, à l'issue desquels le produit, conservé dans la glace, était débarqué pour être traité en usine. Ce traitement consiste en un épluchage au cours duquel la coquille, les viscères et la gonade sont rejetés. Les muscles sont congelés, puis vendus localement ou destinés à l'exportation (Dredge, 1980). En Australie Occidentale, la totalité des captures était débarquée et traitée à terre jusqu'en 1978 mais depuis cette date, les bateaux effectuent la mise en noix à bord et débarquent un produit surgelé prêt à la vente. Cette méthode est considérée comme la plus performante (Joll, 1988a).

Au Queensland, des méthodes de tri mécanique ont été élaborées pour retenir les coquilles commercialisables et rejeter à l'eau les plus petites. Deux principaux types de trieuses sont mis en œuvre (Dredge, 1985b). La trieuse rotative est un cylindre perforé d'une longueur de 1.5 m sur une largeur de 0.7 m, monté longitudinalement autour de son axe. Cet axe est maintenu sur un cadre avec une inclinaison de 10 à 15° sous l'horizontale. Des perforations d'un diamètre correspondant à la taille des coquilles que l'on désire retenir sont pratiquées tout autour. La rotation est assurée par un moteur électrique, à une vitesse de 25 à 35 tr.mn<sup>-1</sup>. Les coquilles sont chargées par la partie haute du tambour et les spécimens qui traversent les perforations sont immédiatement rejetés à la mer, en espérant qu'ils survivront et poursuivront leur croissance.

La trieuse tabulaire est moins élaborée : elle consiste en une plaque inclinée à 15-35°, perforée à la dimension ad-hoc, sur laquelle les coquilles sont déversées après avoir été séparées des prises accessoires du chalut. Les plus petites passent à travers les trous et sont rejetées à la mer. Cette dernière technique a l'avantage de moins abîmer les coquilles que la trieuse rotative et donc théoriquement, de moins compromettre la survie de celles qui sont retournées à leur milieu naturel. D'après Dredge (1985b), ces techniques de tri n'occasionnent pas plus de mortalité chez les spécimens rejetés qu'un simple tri manuel et ne sont pas plus néfastes l'une que l'autre. La trieuse rotative est plus efficace que la tabulaire et son emploi a été recommandé.

### 2.2- Production, statistiques de pêche

La plus ancienne pêcherie d'*Amusium balloti* semble être celle du Queensland. D'abord considérée comme une prise accessoire par les crevettiers, l'espèce est devenue une espèce-cible au milieu des années 50, lorsque des facilités de traitement du produit se sont progressivement implantées à terre (Dredge, 1980). Les premières statistiques de pêche remontent à 1973. Depuis, les captures annuelles présentent une grande variabilité (figure 17) : par exemple, la quantité de muscle atteignait 1014 tonnes en 1973 alors qu'elle n'était que de 70 tonnes en 1976

avant de remonter à plus de 900 tonnes en 1978 (Dredge, 1985c). De 1980 à 1987, la production moyenne annuelle a été de 750 tonnes environ mais elle a nettement décliné de 1982 (1220 t) à 1987 (450 t) (Dredge, 1988a).

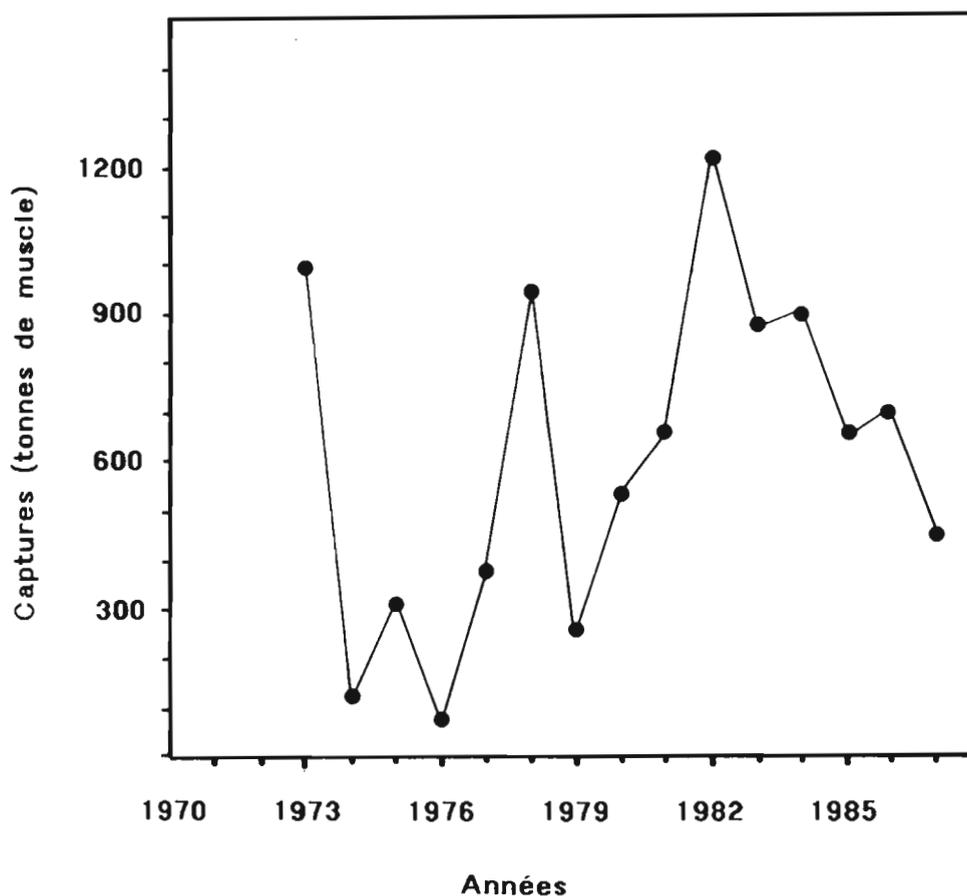


Figure 17. - Evolution des captures d'*Amusium balloti* sur les côtes du Queensland (d'après Dredge, 1980; 1988a). Le tonnage total en poids frais peut être obtenu en multipliant le poids de muscle par 5.

En Australie Occidentale, *Amusium balloti* est connu depuis le début du siècle. Une pêcherie d'*Amusium* a débuté à Shark bay en 1966 (Joll, 1988a). Depuis cette date, la pêcherie locale s'est développée : elle occupait, en 1988, 14 chalutiers à plein temps et assurait une prise accessoire pour 35 crevettiers. Ce nombre de chalutiers reflète une mesure réglementaire prise à l'issue d'études biologiques et visant à restreindre l'accès à la ressource. A titre de comparaison, avant cette réglementation, le nombre de bateaux exclusivement engagés dans le chalutage d'*Amusium* atteignait 26 en 1983. Les rendements de pêche ont augmenté de 1.2 tonnes de muscle en 1966 à 731 tonnes en 1988 (figure 18). En 1967 et 1971, la densité des stocks était trop faible pour permettre une exploitation (Heald & Caputi, 1981). Dans le même secteur géographique, des captures sont également pratiquées près des îles Abrolhos. Le rendement maximal de la pêcherie a été observé en 1984 où il atteignait près de 220 tonnes pour un effectif de

40 chalutiers (figure 19). Le nombre de navires autorisés à pêcher a été limité à partir de 1985 et fixé à 30 à partir de 1986 (Joll, 1988a). D'autres petits stocks d'*Amusium balloti* sont pêchés devant Dampier, Fremantle, dans Geographe Bay et autour de Recherche Archipelago, près d'Esperance.

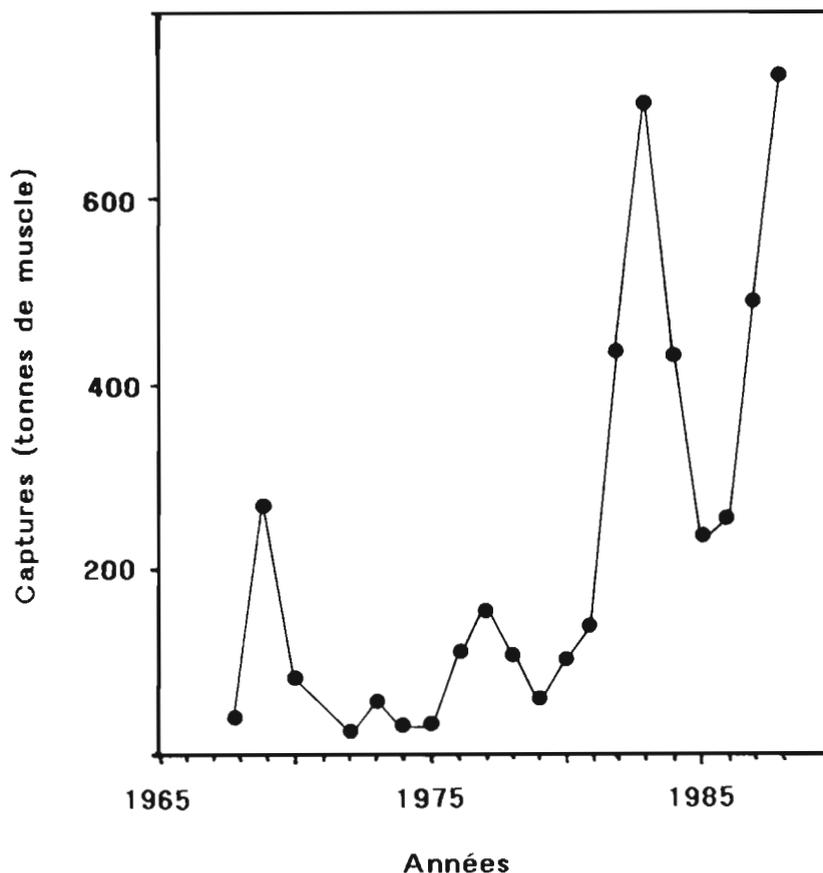


Figure 18. - Evolution des captures d'*Amusium balloti* à Shark bay, Australie Occidentale (d'après Joll, 1988a).  
Le tonnage total en poids frais peut être obtenu en multipliant le poids de muscle par 5.

### 2.3. Effort de pêche et p.u.e.

Au Queensland, *Amusium balloti* est réparti en taches d'un diamètre de quelques kilomètres. Lorsqu'une de ces taches est repérée, les chalutiers travaillent en continu jusqu'à ce que le rendement tombe sous le seuil de rentabilité. Ainsi, Dredge (1988a) cite le cas d'un banc réparti sur une zone de 10 x 10 milles où les rendements de pêche sont tombés de 160 à 16 kg de muscle par heure en 14 semaines. En 1987, les chalutiers ont poursuivi leur activité jusqu'à ce que la prise horaire atteigne 500 bivalves. Cette valeur équivaldrait à une densité d'environ un individu pour 150 m<sup>2</sup>.

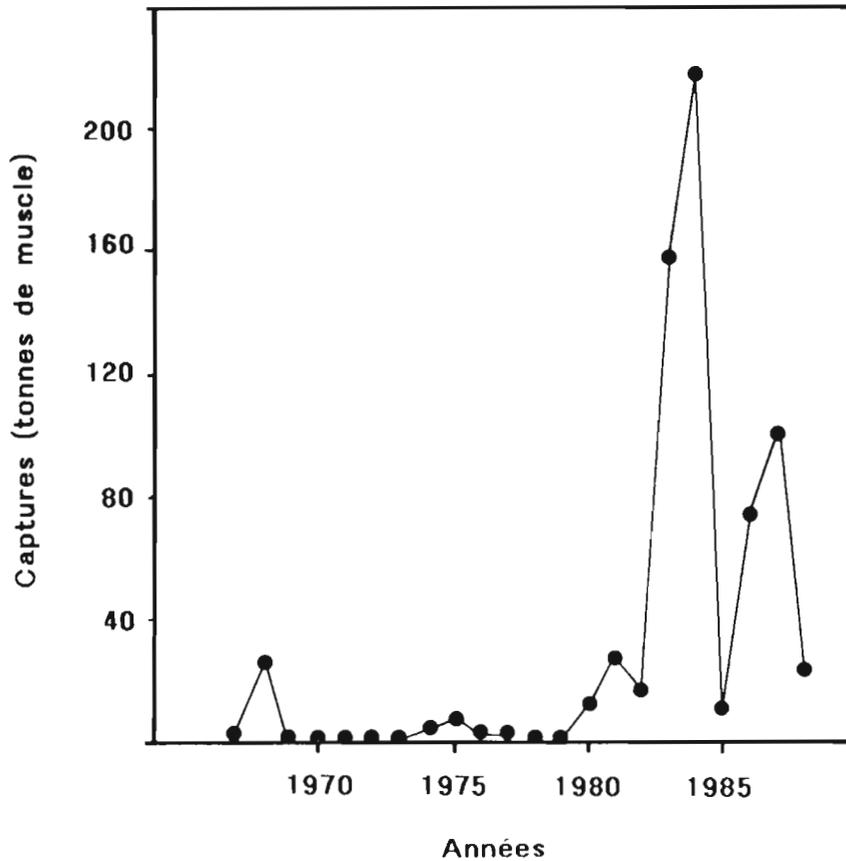


Figure 19. - Evolution des captures d'*Amusium balloti* aux îles Abrolhos, Australie Occidentale (d'après Joll, 1988a).  
Le tonnage total en poids frais peut être obtenu en multipliant le poids de muscle par 5.

### 3. DYNAMIQUE DE POPULATION

La gestion rationnelle d'une ressource passe classiquement par des calculs de production qui nécessitent la connaissance du coefficient  $K$  de l'équation de Von Bertalanffy et de la mortalité naturelle  $M$ . Dans le cas d'un stock inexploité, une première approche permet de proposer divers scénarios pour une mise en exploitation; ils pourront être ajustés ultérieurement en fonction du coefficient de mortalité par pêche  $F$ . Ce dernier paramètre ne peut bien entendu être connu qu'après une mise en exploitation du stock.

#### 3.1. Répartition des populations - Estimation de stock

La première étude quantitative du stock d'*Amusium balloti* dans le lagon nord de la Nouvelle-Calédonie remonte au mois de juillet 1986. Elle a permis de mettre en évidence d'intéressantes concentrations de ce mollusque pectinidé dans le secteur compris entre l'île de Yandé et le nord de l'archipel des Bélep. Cette campagne exploratoire a montré que l'importance du stock pouvait motiver l'intérêt d'éventuels exploitants professionnels (Clavier et Laboute, 1987). De telles campagnes de chalutage dans le lagon nord ont été répétées à quatre reprises, en décembre 1986, avril 1987, juin 1988 et mai 1990 pour, en premier lieu, définir l'extension des zones susceptibles de convenir à une exploitation et, d'autre part, vérifier la pérennité du stock.

L'étude du lagon nord a été complétée par la prospection d'éventuels stocks dans les autres lagons; un effort particulier a été consacré aux lagons de la mer de Corail (Chesterfield, Bellona, Lansdowne et Fairway) qui comportent de vastes surfaces encore peu explorées.

### 3.1.1. Mise en évidence des stocks

Les premières données quantitatives disponibles sur les stocks d'*Amusium balloti* dans le lagon nord sont, d'une part les résultats issus de 5 traits de chalut effectués en décembre 1985 et d'autre part les captures réalisées à l'occasion de 38 traits, au mois de juin 1985 (KULBICKI, non publié). La position de ces divers prélèvements est portée sur la carte de la figure 20. Le dépouillement de ces données fait apparaître une nette frontière bathymétrique pour la répartition de l'espèce dans le lagon nord : elle était quasi absente des prélèvements issus de profondeurs supérieures à 50 m. Les plus forts rendements de pêche ont été obtenus à l'est et au sud-est de l'archipel des Bélep. Ces premières données ont permis de conclure à la présence d'un stock relativement important; elles sont à l'origine des études entreprises par la suite.

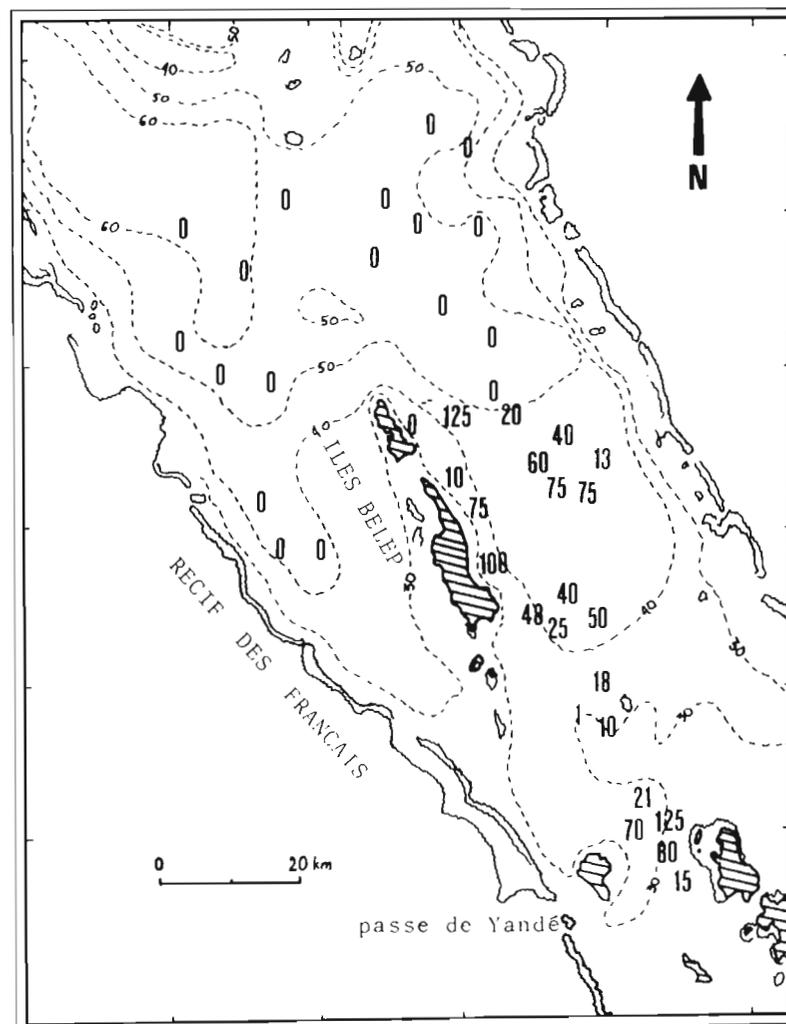


Figure 20. - Résultats des premières missions de chalutages réalisées dans le lagon nord. Les captures obtenues en 30 mn sont indiquées à l'emplacement des traits (extrait de Clavier et Laboute, 1987).

Outre ce stock mis en évidence dans le lagon nord de la Grande-Terre, la présence d'*A-musium balloti* a été signalée dans le lagon sud-ouest de la Grande Terre, sur le banc de Lansdowne (Richer de Forges et Pianet, 1984) et dans les lagons de Chesterfield et de Bellona (Richer de Forges *et al.*, 1988; Richer de Forges, comm. pers.). Le stock du lagon sud-ouest apparaissant minime (Buestel *et al.*, 1986, Lefort, comm. pers.), nous avons porté notre attention sur les lagons de la Z.E.E. situés à l'ouest de la Grande-Terre.

Aucune donnée quantitative n'était cependant disponible sur ces dernières zones et nous avons entrepris d'y préciser l'ordre de grandeur de la ressource sur les secteurs chalutables, des études fines devant, le cas échéant, être réalisées sur les endroits potentiellement exploitables donc possédant une biomasse suffisante, et compatibles avec l'utilisation d'un chalut. Une mission de trois semaines à bord du N.O. ALIS a ainsi été effectuée sous la responsabilité de E. Morize, sur les lagons de Chesterfield, Bellona et Lansdowne (figure 21).

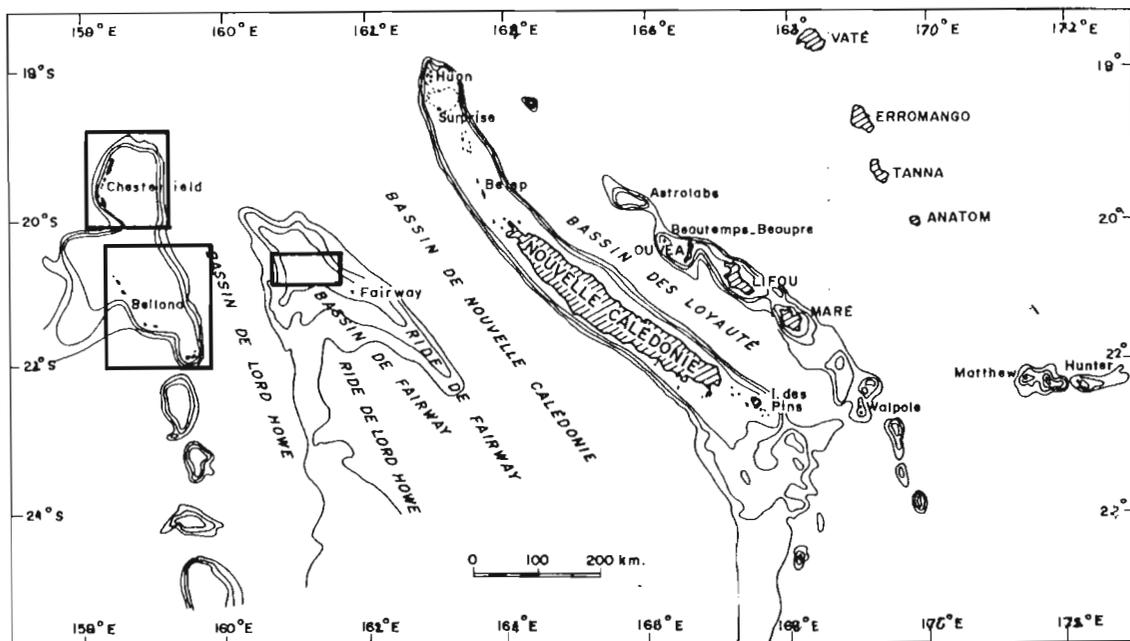


Figure 21. - Position des zones prospectées à l'ouest de la Grande Terre. Les secteurs encadrés correspondent aux figures 22, 23 et 24

Sur le terrain, une reconnaissance au sondeur des fonds chalutables a été suivie, sur les sites favorables, d'un trait de chalut à perche de 4 m d'ouverture. 55 stations ont ainsi été échantillonnées (Clavier *et al.*, 1989)

Le trajet réalisé dans le lagon de Chesterfield n'a guère révélé de fond chalutable : 6 stations seulement ont pu être échantillonnées mais sans prise notable (figure 22). Toute la partie nord du lagon de Bellona est relativement plate et propice au chalutage, contrairement au sud qui recèle de nombreuses "croches" à sa périphérie et une zone centrale assez plate mais avec un fond dur (Furic, comm. pers.).

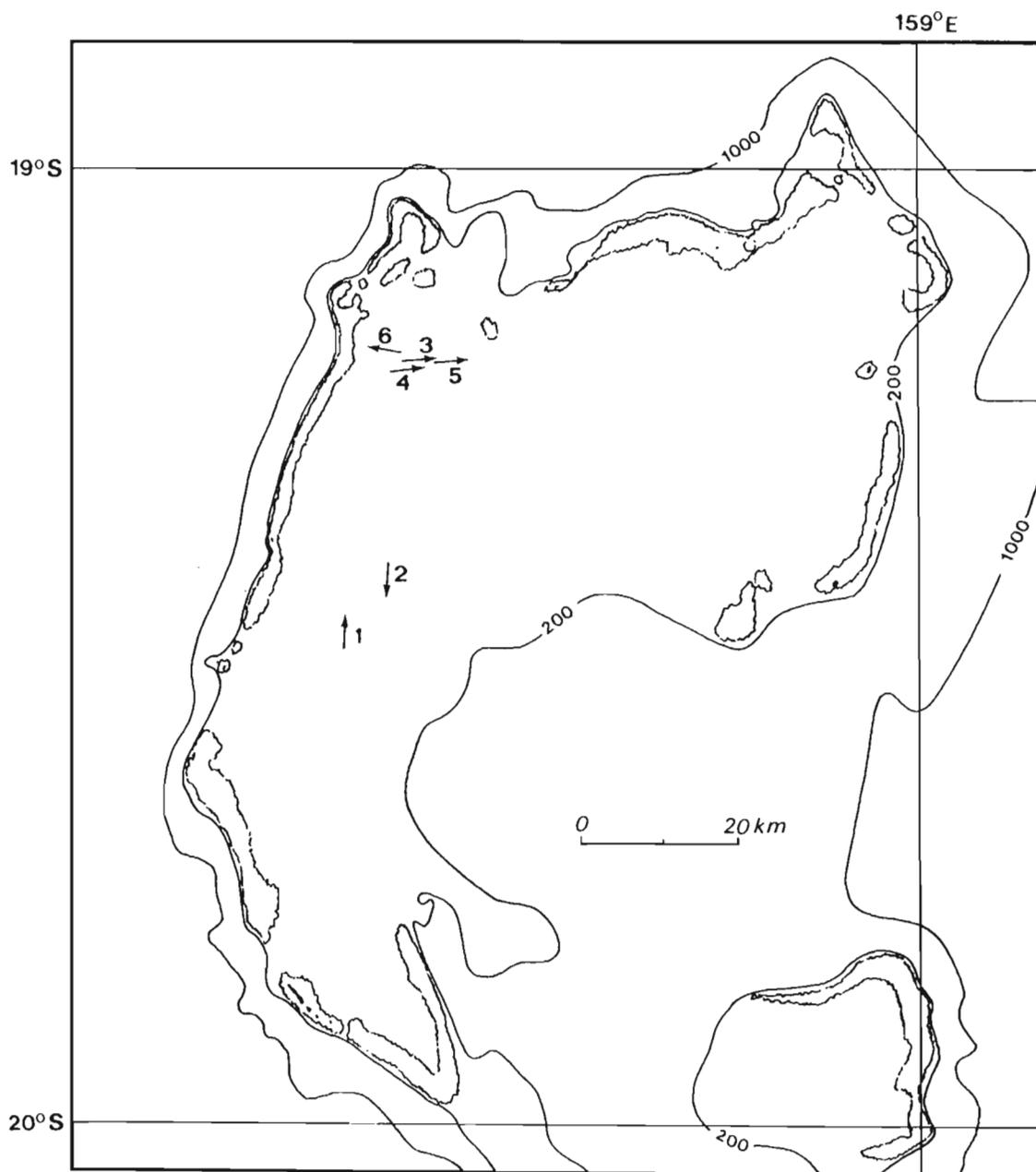


Figure 22. - Positions des stations chalutées dans le lagon de Chesterfield.

Un total de 34 stations a été échantillonné sur Bellona (figure 23). Comme dans le lagon de Chesterfield, *Amusium balloti* était présent mais en très faible quantité.

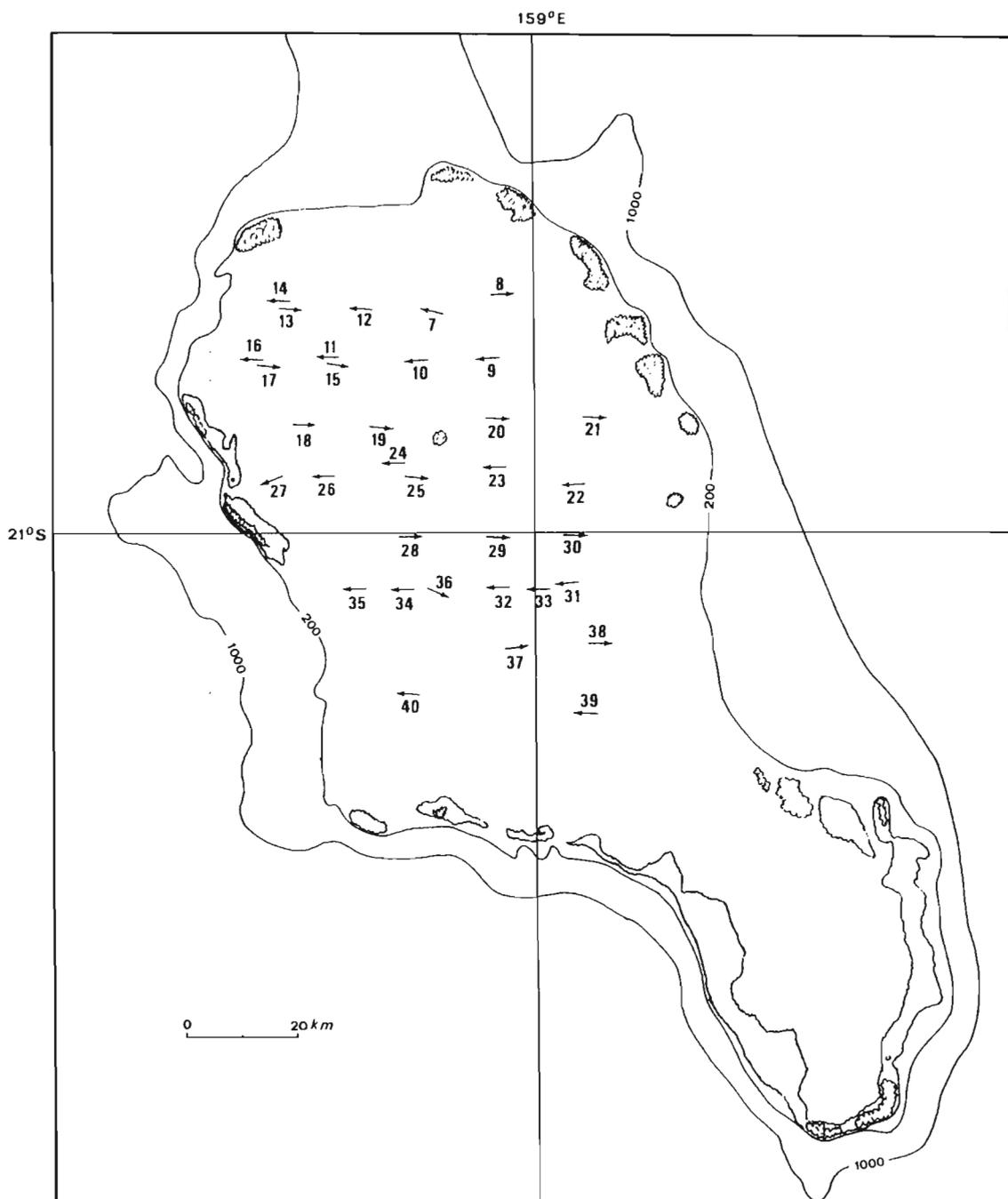


Figure 23. - Positions des stations chalutées dans le lagon de Bellona.

Enfin, seule la partie centrale du sud du lagon de Lansdowne est apparue aisément praticable au chalut, sur des fonds de 80 à 90 m environ. 15 traits y ont été réalisés (figure 24); *Amusium balloti* a été signalé sur seulement trois stations et des quantités notables ont été remontées sur deux d'entre elles.

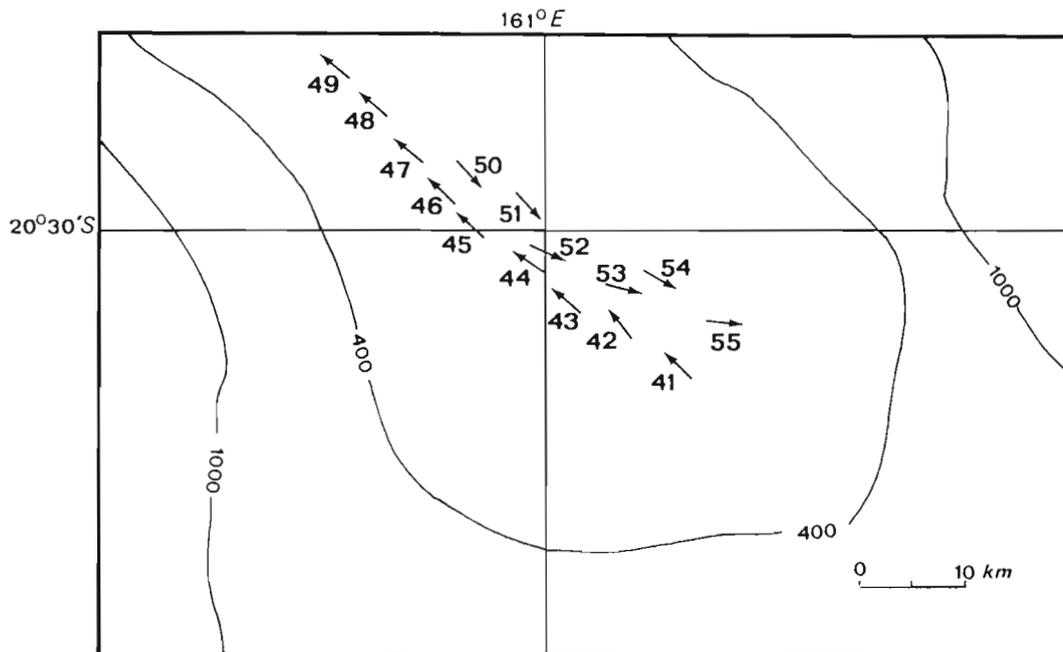


Figure 24. - Positions des stations chalutées dans le lagon de Lansdowne.

Cette campagne de prospection n'a donc pas permis de déceler de stock exploitable d'*Amusium balloti* dans les lagons de Chesterfield et de Bellona. L'espèce était présente sur les deux zones mais toujours en très faible densité. Sans préjuger de la présence possible de petites concentrations d'*Amusium*, l'existence de vastes zones exploitables analogues à celle du lagon nord, est donc fort improbable. Dans le lagon de Lansdowne, un petit stock a été mis en évidence dans la partie sud. L'étroitesse de la zone favorable conjuguée aux rendements de chalutages relativement faibles, ne permet d'accorder qu'une valeur anecdotique à ce stock. En conséquence, le lagon nord de la Grande-Terre apparaît actuellement comme le seul site où *Amusium balloti* est exploitable commercialement dans la Z.E.E. de Nouvelle-Calédonie.

### 3.1.2. Estimation de la biomasse du stock dans le lagon nord

Avant d'exposer les résultats relatifs à l'estimation de la biomasse du stock d'*Amusium balloti*, nous allons détailler le plan d'échantillonnage suivi et décrire les moyens mis en oeuvre (Clavier et Laboute, 1987).

Après examen des données déjà connues sur le stock dans le lagon nord (figure 20), nous avons appliqué notre plan d'échantillonnage sur les secteurs où la hauteur d'eau est inférieure à 50 m, considérant que la biomasse des populations réparties plus profondément est minime. Pour faciliter le travail à la mer et éviter les zones périrécifales riches en massifs de corail

préjudiciables à l'intégrité du chalut, nous nous sommes limités à la zone comprise entre 19°30' et 20°10' de latitude sud. La surface des fonds meubles ainsi délimitée est de l'ordre de 3000 km<sup>2</sup>. Cette surface constitue la population statistique d'où nous allons extraire nos échantillons.

Les données disponibles lors de l'élaboration de notre plan d'échantillonnage ne permettaient pas de situer les zones compatibles avec un travail au chalut. La surface des fonds potentiellement exploitables devra donc être ajustée *a posteriori* en tenant compte de cette importante limitation.

L'élaboration d'un plan d'échantillonnage fonctionnel nécessite toujours un compromis entre les exigences de la théorie et les contraintes d'un travail sur le terrain. L'étude que nous avons menée n'échappe pas à cette règle.

Nous avons appliqué un échantillonnage systématique à l'ensemble de la zone d'étude afin de reconnaître les fonds chalutables et de préciser les zones où *Amusium balloti* vit en fortes densités. La population statistique d'où nous avons extrait nos échantillons, soit une surface de 3000 km<sup>2</sup>, a été identifiée sur la carte bathymétrique du lagon nord (Collot *et al.*, 1988). Nous avons défini au hasard la position de la première unité d'échantillonnage. A partir de cette position, nous avons réparti les points sur un réseau construit selon un maillage de 3 milles. Cette dimension a été fixée arbitrairement pour assurer un effectif suffisant à l'échantillon; elle est également supérieure à l'erreur de positionnement du navire.

Ce plan a été préféré à un échantillonnage aléatoire simple pour deux raisons principales. En premier lieu, il est beaucoup plus aisé à mettre en oeuvre sur le terrain, le navire s'arrêtant à intervalles réguliers le long de routes définies. D'autre part, d'après Dredge (1985a), *Amusium balloti* est réparti en bancs, ce qui engendre un risque d'autocorrélation entre deux unités d'échantillonnage voisines. Dans ces conditions, l'échantillonnage systématique assure une distance minimale entre les unités chalutées; il est alors préférable à l'échantillonnage aléatoire simple qui peut produire des informations redondantes pour les unités d'échantillonnage proches (Scherrer, 1983). Cette technique ne supprime cependant pas l'autocorrélation entre prélèvements voisins.

En juillet 1986, une première phase de l'échantillonnage a été conduite en priorité sur la partie de la zone qui assura les plus forts rendements de pêche au cours des premières études, c'est à dire sur les fonds situés entre le nord de la Grande-Terre, l'archipel des Bélep et le récif de Cook. Cette approche initiale a aidé à circonscrire les secteurs à fortes densités sur lesquels nous avons appliqué un effort particulier. La seconde mission a permis d'achever l'échantillonnage systématique à l'ouest de l'archipel des Bélep, puis de répéter des chalutages sur les zones à fortes densités; cette dernière opération a été systématiquement recommencée au cours des 3 missions suivantes, sauf en juin 1988 où la mission a dû être interrompue pour des raisons de sécurité et 15 stations seulement ont été chalutées.

Sur les sites à forte densité, notre information porte donc sur au moins quatre unités d'échantillonnage par surface de 3x3 milles. Chacune de ces surfaces peut être assimilée à une strate échantillonnée en plusieurs points répartis de manière aléatoire.

Notre plan d'échantillonnage comporte donc trois aspects :

- un échantillonnage systématique des sites chalutables à faible densité ;
- un échantillonnage stratifié des secteurs chalutables à forte densité d'*Amusium balloti* susceptibles de retenir l'attention d'un exploitant;
- un échantillonnage systématique de ce gisement à quatre périodes (3 années).

Nous avons retenu comme unité d'échantillonnage la surface balayée en 30 minutes par un chalut à crevettes de 14 m de corde de dos traîné à une vitesse de 2 noeuds selon une direction nord-sud. Le chalut, à bras très courts, était monté avec une maille de cul de 30 mm; il était

armé d'un "racleur" en chaîne de 10 mm et de 14 m de long fixé à l'extrémité des bras et traînant à quelques mètres devant le bourrelet de fond (figure 25). Cette définition de l'unité d'échantillonnage repose sur des bases essentiellement pragmatiques et correspond à une unité d'effort au sens de Laurec et Le Guen (1981).

Pour estimer l'aire balayée par le trait de chalut, donc quantifier précisément l'unité d'échantillonnage, il nous faut disposer de la largeur sur laquelle travaille l'engin. Nous avons mesuré cette dimension en plongée dans des conditions standard de fonctionnement (vitesse de traîne de 2 noeuds). Nous avons tout d'abord repéré, de chaque côté, l'endroit où les ailes commencent à travailler, puis nous avons tendu et fixé une ligne en nylon entre ces deux points; sa longueur mesurée après la remontée du chalut en surface était de 7 m.

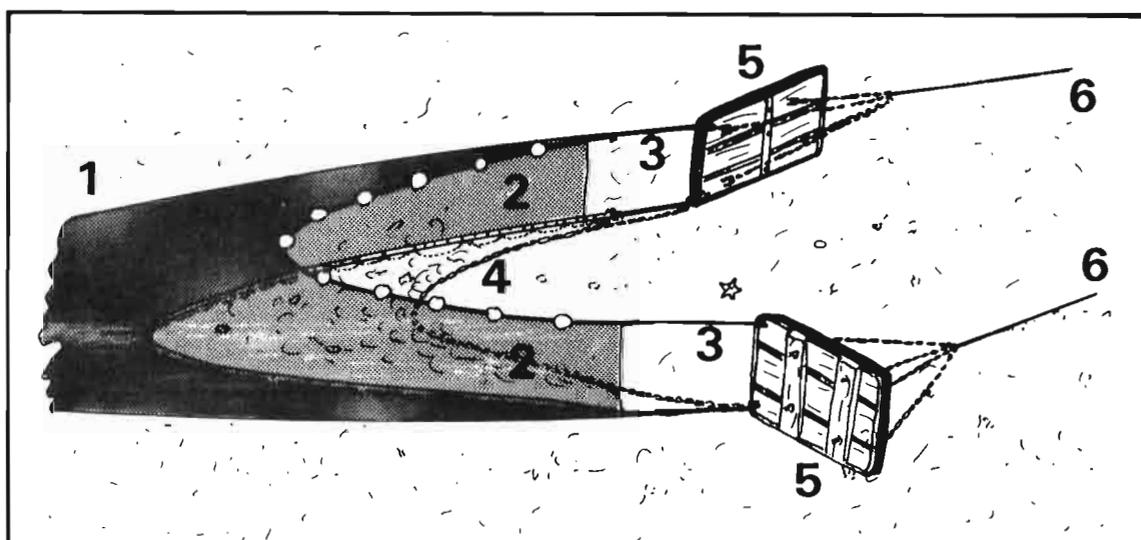


Figure 25. - Représentation schématique du chalut mis en oeuvre pour l'échantillonnage.  
1- poche; 2- ailes; 3- bras; 4- "racleur"; 5- panneaux; 6- funes (extrait de Clavier et Laboute, 1987).

Nous pouvons maintenant fixer l'aire attribuée à l'unité d'échantillonnage théorique : c'est la surface couverte par une ligne de 7 m animée pendant 30 minutes d'une vitesse de 2 noeuds, soit 12964 m<sup>2</sup>. Des écarts plus ou moins importants par rapport à cette valeur peuvent se produire en fonction, par exemple, du courant ou du vent. Pour remédier à cet inconvénient, la position du navire a été relevée au début et à la fin de chaque trait et les prises par unité d'effort ont été ajustées selon la longueur effective du trait, de manière à correspondre à la surface élémentaire retenue.

Sur chaque unité d'échantillonnage correspondant à un trait de chalut, nous avons trié puis pesé la totalité des *Amusium* (figures 26 et 27). La variable de base que nous considérerons dans nos calculs est la biomasse d'*Amusium balloti* exprimée en kg par unité d'échantillonnage, soit sur une surface de 12964 m<sup>2</sup>. Cette variable sera rapportée aux populations d'*Amusium balloti* sur les fonds chalutables du lagon nord, réparties en deux groupes en fonction de la densité de l'espèce. De telles populations-cibles constituent des objectifs théoriques : divers facteurs techniques ou biologiques ne permettront pas d'obtenir des estimations absolues. Nous abordons ces problèmes à l'issue de l'exposé des résultats.

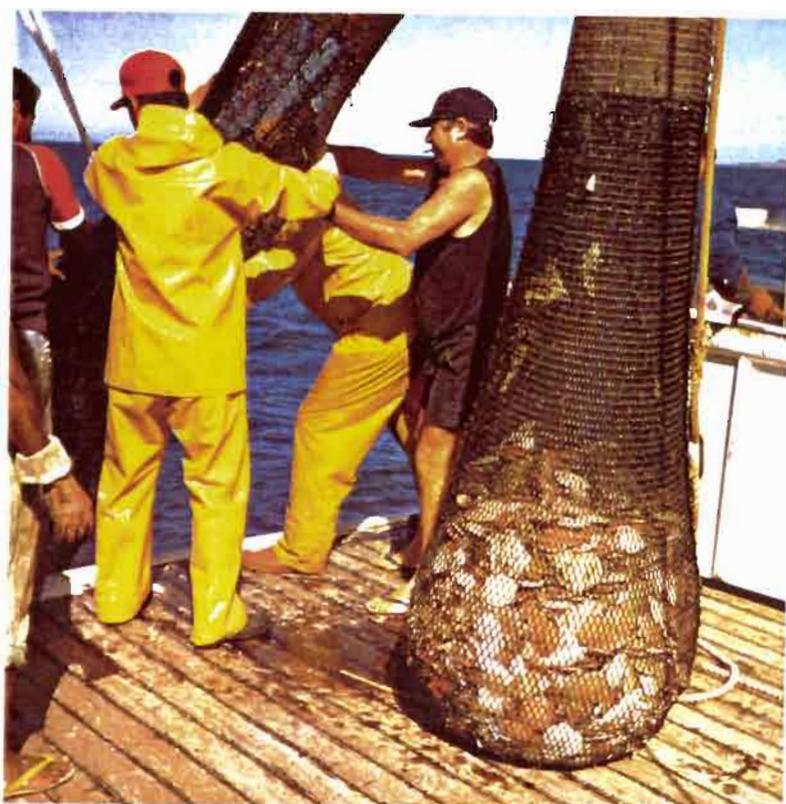


Figure 26. - Arrivée du cul du chalut sur le pont, au cours de l'étude.



Figure 27. - Pendant l'échantillonnage, la prise pour 30 mn de trait a parfois dépassé 300 kg d'*Amusium*. Dans ces circonstances, les espèces accessoires sont souvent peu représentées.

L'échantillonnage systématique des zones à faibles densités d'*Amusium balloti*, comme celui à différentes périodes des zones à fortes densités, a été traité en admettant que la variable étudiée est répartie de manière aléatoire. Dans ces conditions, les estimateurs sont identiques à ceux de l'échantillonnage aléatoire simple; ils ont été détaillés, tout comme les estimateurs relatifs à l'échantillonnage stratifié des zones à fortes densités, par Cochran (1963) et Scherrer (1983).

Les caractéristiques des points chalutés et les rendements de pêche pour 30 minutes de trait sont indiqués par Clavier et Laboute (1987), Clavier *et al.* (1989) et Clavier *et al.* (1990).

Les points visités sont portés sur la carte de la figure 28. Pour une superficie totale de 3000 km<sup>2</sup>, la surface estimée des fonds impropres au chalutage est de 500 km<sup>2</sup> environ, ce qui est remarquablement faible en regard des autres lagons du territoire. Ces secteurs parsemés de massifs coralliens longent le récif des Français et présentent une étendue maximale au sud-ouest des Bélep et au sud de la passe de Yandé. La lecture des bandes de sondeur révèle que les "croches" sont rares et très localisées sur le reste de la zone échantillonnée.

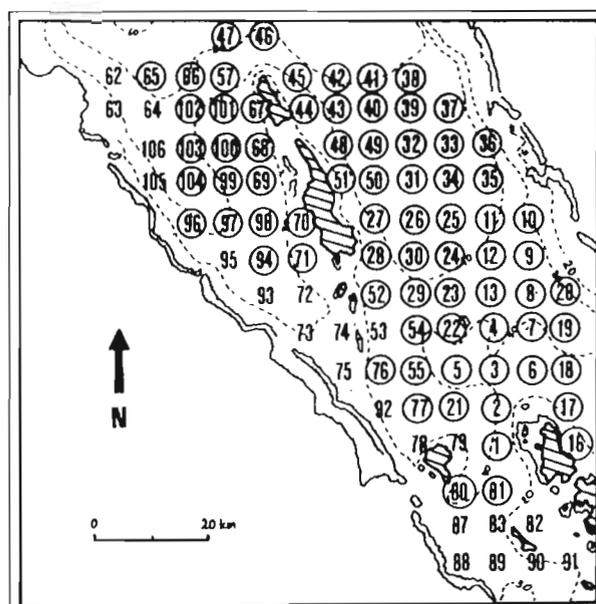


Figure 28. - Position des stations d'échantillonnage (extrait de Clavier et Laboute, 1987).  
Les numéros entourés correspondent aux stations qui ont pu être chalutées.

L'analyse des données montre que des rendements de pêche supérieurs à 5 kg par unité d'échantillonnage ont été obtenus sur 28 stations différentes, lors des premières campagnes de chalutages. Le chiffre de 5 kg par unité d'échantillonnage correspond à la quantité minimale à pêcher pour que l'opération soit considérée comme rentable par l'exploitant. Cette valeur a été calculée à partir des données de Dredge (1988a) qui estime que le seuil de densité compatible avec une exploitation est de 1 bivalve pour 120 ou 150 m<sup>2</sup>. La position des stations potentiellement exploitables est portée à la figure 29. A l'exception de quelques points isolés, l'essentiel du stock d'*Amusium* est réparti sur une bande joignant l'est de l'archipel des Bélep au nord de la Grande Terre. Cette zone couvre une superficie de 700 km<sup>2</sup> environ ; nous l'avons considérée comme la population statistique sur laquelle nous avons appliqué notre échantillonnage stratifié et suivi l'évolution de la biomasse dans le temps (22 stations). Le reste des fonds chalutables (1800 km<sup>2</sup>) a été échantillonné de manière systématique.

Soixante unités de 12964 m<sup>2</sup> ont été échantillonnées sur les sites chalutables à faible densité. La prise moyenne par unité d'échantillonnage a été de 1.342 kg (erreur standard de la moyenne=0.175). La biomasse totale moyenne estimée est de 191 tonnes et pour un risque statistique de 5%, les limites de l'intervalle de confiance de cette moyenne sont 141 et 241 tonnes. Ces valeurs sont très faibles en regard de la surface prospectée ; elles correspondent à quelques taches disséminées çà et là.

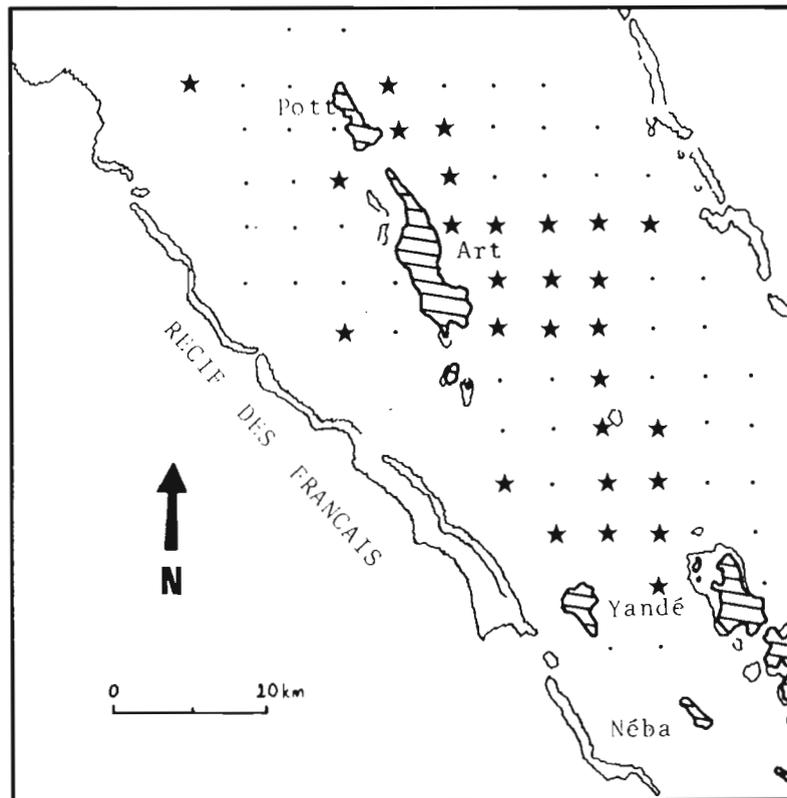


Figure 29. - Positions des stations chalutables à forte densité (étoile) et à faible densité (point).  
(extrait de Clavier et Laboute, 1987).

De trois à douze unités d'échantillonnage ont été prospectées sur chacune des 22 strates définies au sein de la zone chalutable et à forte densité. La prise moyenne par unité de 12964 m<sup>2</sup> a été estimée à 57.1 kg (erreur standard de la moyenne=5.7). La biomasse totale moyenne estimée est de 2991 tonnes et, pour un risque statistique de 5%, les limites de l'intervalle de confiance de cette moyenne sont 2400 et 3582 tonnes. Ces chiffres importants montrent la prééminence de cette zone centrale du lagon : la quasi-totalité du stock est répartie sur 70 000 ha de "fonds à *Amusium*" chalutables.

Ces résultats ont été obtenus à partir de cinq séries d'échantillons prélevés à des dates différentes. Pour vérifier la pérennité de cette tache à forte densité, nous avons calculé la biomasse du stock lors de chaque campagne d'échantillonnage. Les résultats, portés à la figure 30, montrent la grande variabilité naturelle de la biomasse d'*Amusium balloti*; en quatre années, elle a varié d'un facteur supérieur à 4. Pour illustrer ce phénomène, nous avons porté à la figure 31 les densités observées à l'occasion des 4 campagnes où nous avons échantillonné l'ensemble du gisement. Ces résultats prouvent que :

- globalement, la répartition spatiale des fonds à *Amusium* est relativement stable;

- au sein de ce gisement, les biomasses peuvent localement subir de très fortes fluctuations, les cas extrêmes étant observés d'une part à la station 4 où la prise par unité d'effort est passée de 330 kg, fin juin 88 à moins de 1 kg en mai 1990, et d'autre part à la station 44 où, à l'inverse, la prise par unité d'effort est passée de 3.5 à 100 kg pour les mêmes dates.

D'une manière générale, nous pouvons néanmoins discerner trois "noyaux" à densités maximales : deux s'appuient sur les îles Pott et Art dans des fonds d'une quarantaine de mètres, tandis que le troisième couvre une importante superficie autour du récif de l'Arche d'Alliance et jusqu'à l'alignement Yandé-Paaba, sur des fonds compris entre 20 et 40 mètres. La biomasse sur cette dernière zone était très réduite en mai 1990.

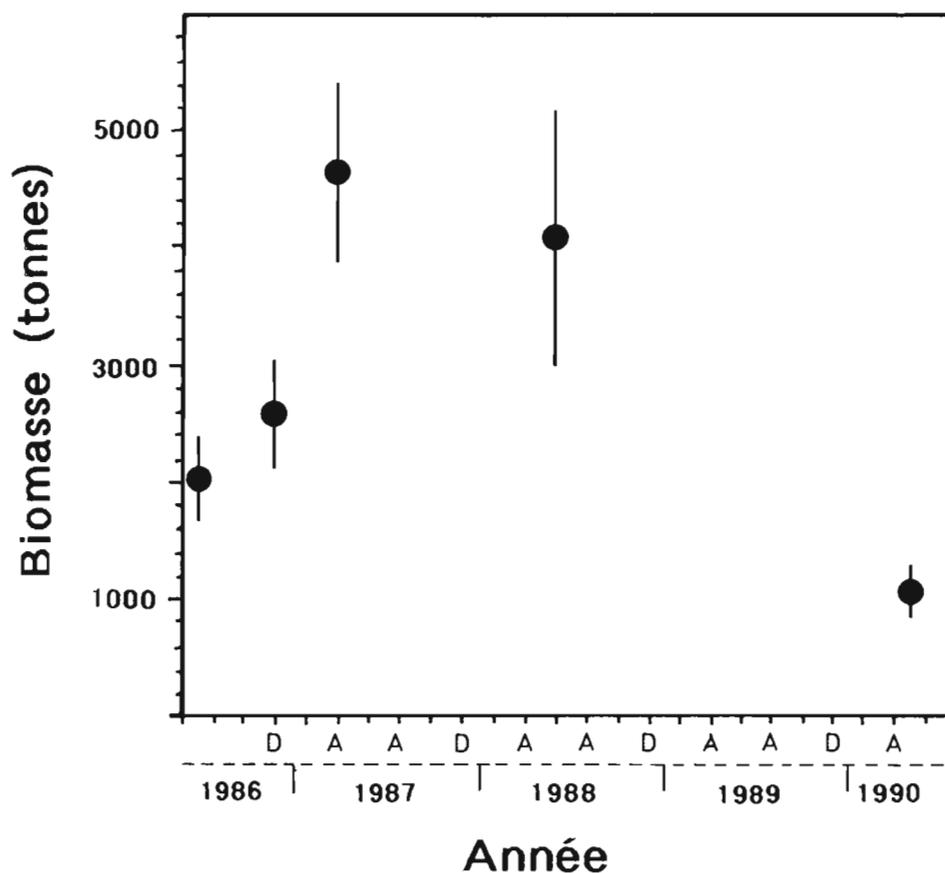


Figure 30. - Estimations de la biomasse du stock sur le gisement d'*Amusium balloti* lors de nos 5 campagnes d'échantillonnage. Les barres verticales représentent les erreurs standard à la moyenne.

A l'issue de l'exposé de ces résultats, il est bon de préciser le caractère relatif des valeurs obtenues et de souligner les erreurs systématiques ou aléatoires dont elles peuvent être entachées. Nous allons passer en revue les principales sources de biais et d'imprécision de nos estimations et tenter de cerner, dans la mesure du possible, leurs influences sur les ordres de grandeur proposés. Nous allons faire appel pour cela à différentes notions relatives à la ressource et à son exploitation : les termes employés correspondent aux définitions de Laurec et Le Guen (1981).

Nous avons déjà évoqué l'identité de notre unité d'échantillonnage avec une unité d'effort. L'estimation de la biomasse du stock obtenue sur chacune de ces surfaces est donc une capture par unité d'effort (c.p.u.e.). Nous avons admis que la c.p.u.e. était égale à la biomasse absolue, ce qui relève peut-être d'une vision optimiste et appelle quelques commentaires.

Il convient notamment de considérer les caractéristiques de l'espèce pêchée. Comme nous l'avons vu au § 1.7, *Amusium balloti* n'effectue pas de migration notable. En conséquence, nous admettons que l'espèce est toujours présente sur les lieux de pêche : elle est donc totalement accessible.

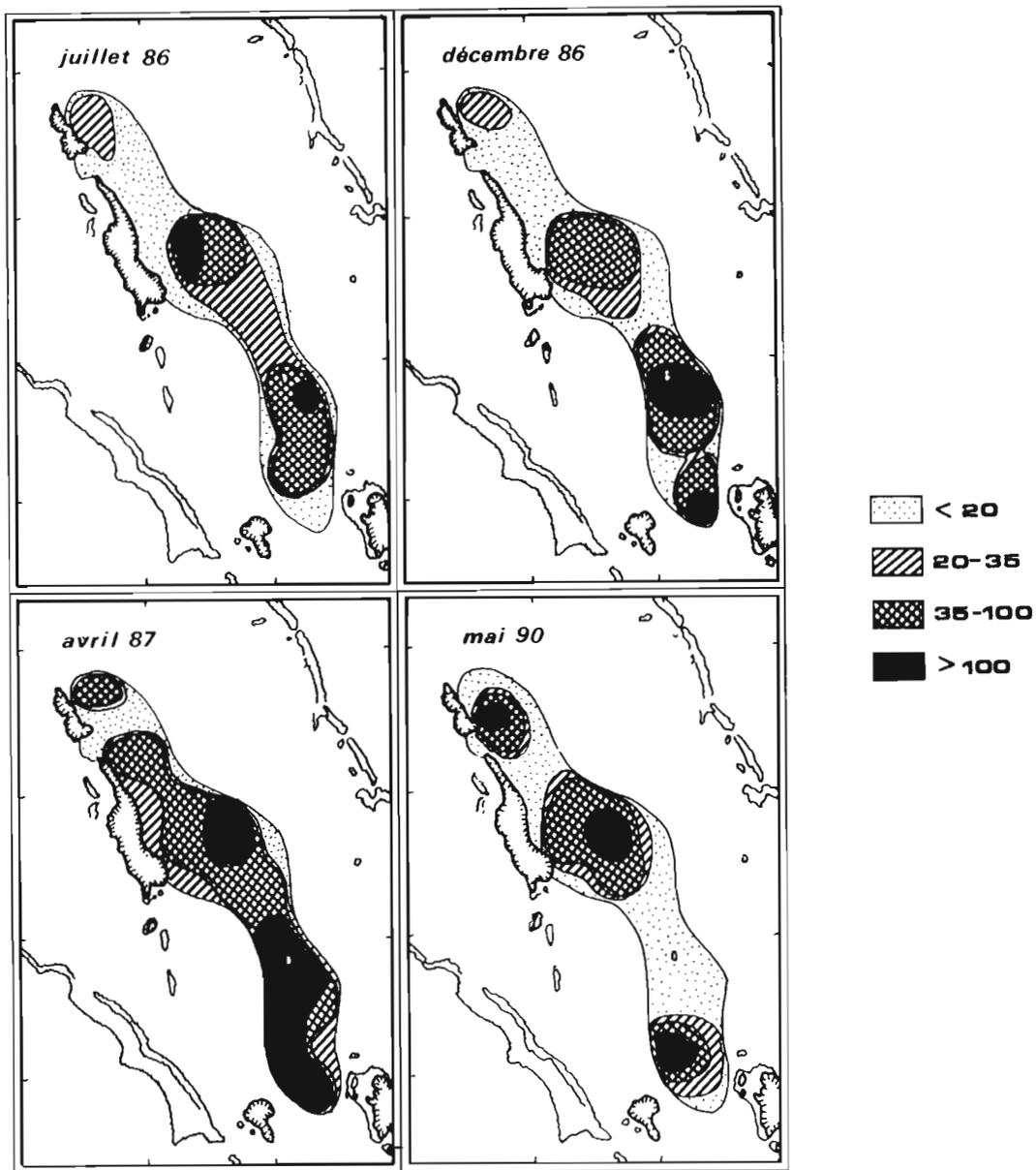


Figure 31. - Répartitions des captures par unité d'effort (c.p.u.e.) sur le gisement d'*Amusium*, lors des 4 principaux relevés. Les c.p.u.e. portées en légende sont exprimées en kg.

D'après nos observations en plongée, *Amusium balloti* vit habituellement posé sur le fond, la valve droite enfouie et la valve gauche recouverte d'une fine pellicule de sédiment. Lorsqu'il est dérangé, l'animal est susceptible de se déplacer rapidement, la coquille étant propulsée par projection d'eau de chaque côté des oreillettes. Ce comportement reste cependant exceptionnel et la plupart des spécimens sont soulevés par le "racleur" et immédiatement happés par l'engin. Nous considérerons que l'évitement actif a été nul ou négligeable pendant notre échantillonnage.

En contrepartie, certains *Amusium* ont la possibilité de passer sous le chalut et de bénéficier ainsi d'un évitement passif. En effet, le bourrelet d'un chalut à crevettes du type utilisé ne frotte pas directement sur le substrat mais s'en écarte d'une dizaine de centimètres ; seule la chaîne qui le double est susceptible de venir en contact avec le fond. Nous avons tenté de préciser l'ordre de grandeur de ce biais en observant en plongée le comportement des bivalves à l'approche du chalut : sur un fond plat, moins de 10% des *Amusium* repérés restaient plaqués sur le fond et évitaient ainsi l'engin. Ce chiffre doit être modulé en fonction de l'irrégularité du fond et il est vraisemblablement supérieur sur des substrats très bosselés. L'évitement passif induit une sous-estimation des valeurs de biomasse que nous avons proposées.

La coquille de l'*Amusium* s'inscrit presque parfaitement dans un cercle ; il est donc peu probable qu'un spécimen puisse passer à travers un filet de maille inférieure au diamètre de ses valves. Le cul du chalut que nous avons utilisé avait une maille étirée de 30 mm : en raison d'une possible irrégularité du filet, nous admettons que l'échappement est nul pour les coquilles d'un diamètre supérieur à 40 mm. Les individus plus petits sont d'un poids minime et le biais lié à l'échappement est négligeable pour nos estimations de biomasse.

L'unité d'échantillonnage retenue correspond à l'aire balayée par le chalut à vitesse constante pendant une période donnée. Nous avons tenté, dans la mesure du possible de respecter un temps de traîne de 30 minutes à une vitesse de 2 noeuds. Néanmoins, il est bien évident qu'un travail à la mer ne permet pas un contrôle absolu de ces paramètres et induit une variabilité aléatoire dans nos résultats. Les bornes attribuées à nos estimateurs pour un risque statistique de 5% sont donc vraisemblablement trop faibles.

Ces principales restrictions nous obligent à émettre quelques réserves sur les chiffres que nous avons proposés : ils ne reflètent que des ordres de grandeur et ne peuvent en aucun cas être considérés comme des valeurs absolues. Nos données permettent cependant d'affirmer l'existence d'un important stock d'*Amusium* dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie : sa biomasse est sans aucun doute suffisante pour retenir l'attention d'exploitants professionnels.

Il est possible qu'une certaine quantité d'*Amusium* soit distribuée sur les sites difficilement chalutables en raison du relief de leur substrat. Nous n'avons pas échantillonné ces populations qui pourraient constituer une réserve de géniteurs. Une étude courantologique du lagon nord est néanmoins indispensable pour étayer cette hypothèse : les fonds impropres au chalutage sont situés au sud et à l'ouest du lagon et il n'est pas possible d'affirmer actuellement que l'hydrodynamisme assure une large dispersion des larves émises dans de tels secteurs. Il conviendra donc de s'orienter, le cas échéant, vers une gestion rationnelle du stock que nous avons mis en évidence.

Au Queensland *Amusium balloti* est réparti en bancs dont la surface unitaire peut atteindre 50 km<sup>2</sup>; ces gisements sont séparés par des zones de faible abondance (Dredge, 1985b). La plus forte densité estimée était de 1.m<sup>-2</sup> (Dredge, 1988a)

### 3.2. Structure d'âge de la population

La durée de vie d'*Amusium balloti* a été estimée à 3 ans. La structure de population est cependant le plus souvent dominée par deux classes d'âge (Clavier et Laboute, 1987, Clavier *et al.*, 1990), comme en Australie Occidentale (Heald & Caputi, 1981). Dans le cas d'une population non exploitée, l'abondance d'une classe d'âge (de taille) est directement liée à l'intensité de la fixation larvaire et à la mortalité naturelle subséquente. Chez *Amusium balloti*, le recrutement d'une classe annuelle semble sujet à de larges variations et la classe correspondant aux individus les plus vieux (plus de 2 ans) peut être dominante.

### 3.3. Coefficients de mortalité

Une estimation du coefficient instantané de mortalité naturelle d'*Amusium balloti* au Queensland a été proposée par Dredge (1985b), à la suite de marquages : la valeur moyenne obtenue sur une base annuelle était de  $M=1.3$ . Un tel chiffre conduit à une survie de 2% après trois ans, ce qui corrobore les résultats de Heald & Caputi (1981) qui accordent une durée de vie d'environ 3 ans à l'espèce. Le suivi par Dredge (1985a) d'une cohorte bien individualisée et non exploitée a fourni une autre estimation de la mortalité naturelle d'*Amusium balloti* au Queensland : sur une base annuelle, elle était de  $M=5.04$ , ce qui est considérable. Ce chiffre a cependant été obtenu pour une population particulière et il doit être considéré avec circonspection. Il prouve cependant la variabilité de la mortalité naturelle.

En raison des fluctuations dans le recrutement de l'espèce et en l'absence de marquage, nous avons estimé la mortalité d'*Amusium balloti* à l'aide de l'équation empirique de Pauly (1980) établie pour les stocks de poissons tropicaux, en dépit des réserves émises quant à son application aux populations de bivalves. La relation est la suivante :

$$\ln M = -0.0152 - 0.279 \ln H_{\infty} + 0.6543 \ln K + 0.463 \ln T$$

$M$  étant le coefficient instantané de mortalité naturelle,  $H_{\infty}$  et  $K$  les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy et  $T$  la température moyenne de l'eau. Pour une température moyenne estimée à 24°C (données ORSTOM Nouméa, non publiées),  $H_{\infty}=98.7$  mm et  $K=1.2$  année<sup>-1</sup>, nous obtenons une valeur de  $M=1.34$ . Ce chiffre est voisin de celui proposé par Dredge (1985b) et de la valeur obtenue aux Philippines pour *Amusium pleuronectes*, une espèce proche d'*Amusium balloti* (Llana, 1988). Nous retiendrons la valeur de 1.3 pour le coefficient instantané de mortalité naturelle dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie.

La mortalité liée à la pêche peut classiquement refléter la part du stock prélevée par l'homme (mortalité par pêche classique  $F$ ) mais elle peut également intégrer des effets pervers tels que la mort de jeunes spécimens (pré-recrutés) sous l'influence des engins de prélèvement. En l'absence de statistique de pêche, nous ne pouvons fixer sa valeur et nous devons considérer plusieurs scénarios.

### 3.4. Modélisation, rendement par recrue et production de la pêcherie

L'étude de la dynamique d'une population exploitée nécessite l'emploi de modèles mathématiques. En biologie des pêches, un modèle vise à décrire dans des termes simples et correspondant à un mode de pensée universel (l'expression mathématique) une généralité souvent fort compliquée et de nature non mathématique. Un modèle, s'il ne peut être faux par essence, ne produit qu'une image plus ou moins fidèle de la réalité, selon sa complexité et son adéquation.

Le but de la modélisation que nous allons appliquer est double :

- préciser les bases dynamiques d'une gestion rationnelle des stocks d'*Amusium balloti*, sans préjuger des termes de cette activité;

- tenter de définir l'ordre de grandeur de la biomasse exploitable dans le lagon nord, à l'équilibre d'une pêcherie.

Nous allons mettre en oeuvre pour cela un modèle simple pour lequel il faut considérer la pêcherie comme étant équilibrée. Les hypothèses de base sont les suivantes :

- le stock est soumis à un schéma d'exploitation constant;
- le nombre d'individus à dépasser annuellement l'âge de recrutement ( $t_r$ ) est le même chaque année;
- les caractéristiques dynamiques du stock (croissance, mortalité) ne varient pas dans le temps.

Ces hypothèses sont contraignantes; elles permettent cependant de proposer une première analyse de la pêcherie et de définir les grands traits de sa mise en exploitation rationnelle.

### 3.4.1. Age de recrutement

La mise en oeuvre des modèles de dynamique de population demande une connaissance de valeurs caractéristiques de l'espèce étudiée. Nous devons ainsi fixer les paramètres de croissance (cf. § 1.6.2) et de mortalité (cf. § 3.3). Il convient également de préciser un âge au recrutement ( $t_r$ ) défini comme "un âge seuil à partir duquel les études suivent de façon détaillée le devenir des animaux" (Laurec & Le Guen, 1981). Dans l'optique d'une estimation globale de la production du stock, l'abondance des individus d'âge  $t_r$  doit être estimée au mieux. Cet âge doit également être suffisant pour autoriser l'emploi des modèles de croissance et de mortalité. Nous avons choisi pour  $t_r$  l'âge correspondant à la hauteur minimale compatible avec le modèle de croissance de Von Bertalanffy, soit une hauteur de 75 mm correspondant à un âge de 0.7 année.

### 3.4.2. Production par recrue

Nous avons calculé la production par recrue ( $Y/R$ ) à l'aide du modèle de Beverton et Holt (1957). Il doit permettre, en première approche, de dégager les grands traits d'une exploitation rationnelle d'*Amusium balloti*, toute gestion fine étant exclue. Nous avons mis en oeuvre le modèle sous la forme :

$$Y/R = F e^{-M(t_c - t_r)} W_{\infty} \sum_{n=0}^3 U_n \frac{e^{-nK(t_c - t_0)} [1 - e^{-(F+M+nK)(t_{\lambda} - t_c)}]}{F+M+nK}$$

F est le coefficient instantané de mortalité par pêche; M le coefficient instantané de mortalité naturelle;  $t_c$  l'âge d'entrée dans les captures;  $t_r$  l'âge de recrutement défini dans le paragraphe précédent;  $W_{\infty}$  le poids maximum théorique selon l'équation de Von Bertalanffy;  $U_n$  une variable qui prend les valeurs  $U_0=1$ ,  $U_1=-3$ ,  $U_2=3$  et  $U_3=-1$  pour  $n=0,1,2$  et  $3$ ;  $t_0$  l'âge théorique nul; K le coefficient d'accroissement de l'équation de Von Bertalanffy;  $t_{\lambda}$  l'âge maximal correspondant à l'espèce.

Cette expression de  $Y/R$  comporte des valeurs définies pour l'espèce ainsi que deux variables qui peuvent théoriquement être modifiées à volonté et correspondent à des paramètres d'exploitation. Ce sont :

- la taille de première capture ( $t_c$ ) qui se rapporte, comme son nom l'indique, à la longueur au-dessous de laquelle on ne peut pas, pour des raisons biologiques ou législatives, pêcher l'espèce;
- le coefficient instantané de mortalité par pêche (F) qui est une mesure de l'intensité de la pêche exercée sur le stock, plus F sera élevé et plus la pêche sera intense, d'une manière globale.

Pour  $t_c$  fixé, chaque valeur de  $F$  procure une estimation de  $Y/R$  et, de même, pour  $F$  fixé, les différents  $t_c$  amènent à des  $Y/R$  distincts. Plusieurs couples de  $F$  et  $t_c$  peuvent conduire à un même  $Y/R$  et il est possible, en faisant varier simultanément ces deux paramètres, d'obtenir des courbes d'égale production appelées isoplèthes de rendement par recrue. Elles permettent d'envisager sur une seule figure les effets des différents scénarios d'exploitation.

Le modèle de Beverton et Holt supposant une croissance isométrique, nous avons calculé  $W_\infty$  à partir de la relation  $W_t = 6.71 \cdot 10^{-5} H t^3$  établie sur 250 couples hauteur de la coquille-poids total. Les paramètres de la courbe de croissance pondérale exprimée selon le modèle de Von Bertalanffy sont donc :  $W_\infty = 64.51$  g,  $K = 1.2$  année<sup>-1</sup> et  $t_0 = -0.5$  année. Le coefficient instantané de mortalité naturelle est  $M = 1.3$ ; l'âge maximum pour l'espèce est  $t_\lambda = 3$  ans et enfin, l'âge de première capture défini dans le paragraphe précédent est  $t_c = 0.7$  année. Nous ferons varier la taille minimale de capture de  $t_r$  à 2 ans et  $F$  de 0 à 8.

Nous avons tracé les isoplèthes de rendement par recrue pour ces différents paramètres à la figure 32. Nous pouvons remarquer que, pour l'intervalle d'âge considéré, la production par recrue croît continuellement lorsque  $F$  augmente, pour toute valeur de  $t_c$  et tend vers une asymptote qui correspond à la biomasse de la cohorte à l'instant  $t_c$ . Les rendements les plus élevés sont obtenus pour la plus petite valeur de  $t_c$  considérée ( $t_c = 0.7$ ). Ces résultats prouvent que la valeur minimale de  $t_c$  choisie est supérieure à l'âge critique ( $t_{cri}$ ) pour lequel la biomasse est maximale.

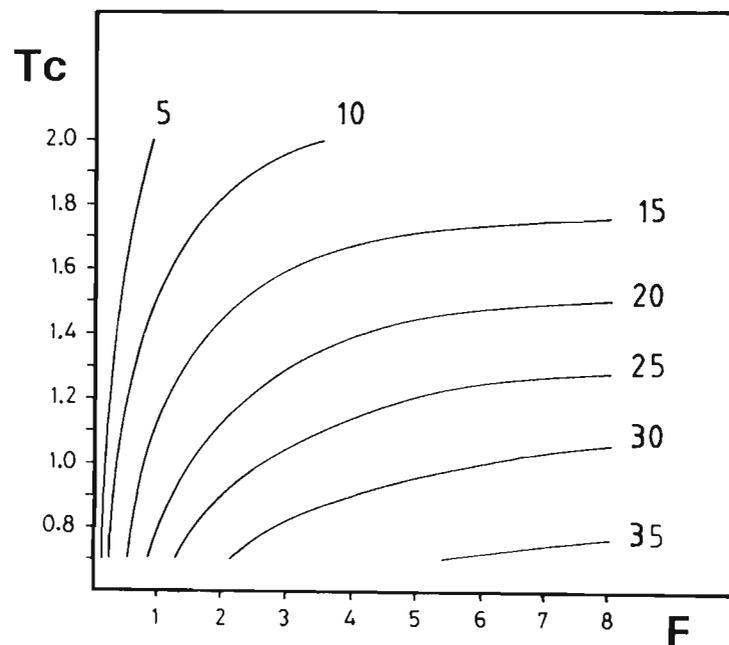


Figure 32. - Isoplèthes de rendement par recrue (en grammes).

A titre d'exemple, nous avons tracé à la figure 33 l'évolution de  $Y/R$  et de  $B/R$  (la biomasse par recrue) avec  $t_c = 0.9$  année (80 mm) pour des valeurs de  $F$  allant de 0 à 3. Ces courbes montrent l'amortissement progressif du rendement lorsque  $F$  augmente. Une augmentation de  $F$  de 1.5 à 3 ne procure ainsi qu'une augmentation de production de 22%; cet accroissement de production n'est plus que de 11% lorsque  $F$  passe de 2 à 3.

En conclusion, ce premier recours aux modèles classiques de dynamique de population ne permet pas de définir d'impératif biologique pour la mise en exploitation du stock. D'après ces données, l'espèce doit être pêchée avec une forte intensité et avec une taille de capture aussi proche que possible de celle qui correspond à l'âge de recrutement que nous avons défini, soit 75 mm. Il convient cependant de préciser que le rendement par recrue diminue progressivement lorsque l'on augmente l'effort de pêche et que les impératifs économiques seront déterminants pour définir une gestion optimale. Une estimation de rendement par recrue a été proposée par Dredge (1985b) pour la pêcherie d'*Amusium balloti* du Queensland. Il a considéré un âge de recrutement de 0.5 à 1 an (24 à 52 semaines soit respectivement une hauteur de coquille de 75 et 98 mm) et une mortalité par pêche (F) variant de 0 à 7.8. Cette modélisation montre que le rendement maximal de la pêcherie est obtenu pour un âge de 28-36 semaines correspondant à une taille de 82 à 90 mm.

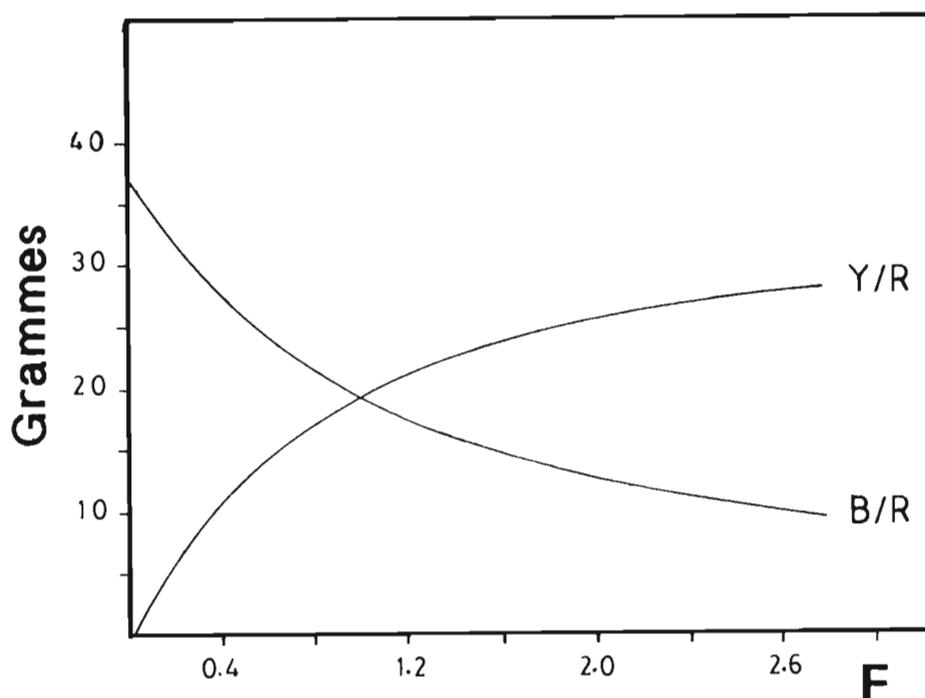


Figure 33. - Evolutions du rendement par recrue (Y/R) et de la biomasse par recrue (B/R), pour une taille minimale de capture de 80 mm (0.9 année) et pour des valeurs de F faibles à moyennes.

### 3.4.3. Production globale

La production par recrue étant précisée, il est théoriquement possible, en la multipliant par le recrutement, de calculer une production globale pour la population. Malheureusement, le recrutement est un paramètre inconnu et, nous l'avons vu, certainement très variable. Il apparaît cependant légitime, de la part de futurs exploitants, d'attendre des précisions sur l'ordre de grandeur de la biomasse de la ressource avant de lancer une exploitation. Nous allons donc proposer une première estimation de production globale à l'équilibre de la pêcherie, tout en soulignant que ces chiffres ne doivent être considérés que comme des ordres de grandeur.

Un certain nombre de formules plus ou moins empiriques a été défini pour estimer, en toute première approche, la production d'un stock à partir de quelques paramètres. Ainsi, Gulland (1971) a proposé la relation :

$$Y = 0.5 M Bv$$

Y étant la biomasse exploitable, M, le coefficient instantané de mortalité naturelle et Bv la biomasse du stock vierge.

Si nous considérons les diverses estimations de biomasses globales proposées au chapitre 3.1 pour le principal gisement d'*Amusium balloti*, avec une valeur de M égale à 1.3, nous obtenons les productions suivantes pour les 5 campagnes d'échantillonnage :

- juillet 1986	1300 tonnes;
- décembre 1986	1600 tonnes;
- avril 1987	3000 tonnes;
- juin 1988	2600 tonnes;
- mai 1990	700 tonnes;

soit une valeur moyenne d'environ 1800 tonnes, ce que nous considérerons comme une hypothèse haute.

Cette équation a été critiquée par plusieurs auteurs. Beddington et Cooke (1983) pensent notamment qu'elle surestime la production d'un facteur 2 ou 3. De fait elle peut être reformulée de la manière suivante (Sparre *et al.*, 1989) :

$$Y = 0.2 M Bv$$

Cette nouvelle équation amène aux productions suivantes :

- juillet 1986	527 tonnes;
- décembre 1986	670 tonnes;
- avril 1987	1206 tonnes;
- juin 1988	1061 tonnes;
- mai 1990	277 tonnes;

soit une valeur moyenne légèrement supérieure à 700 tonnes. Etant données les caractéristiques biologiques de l'espèce, ces productions doivent être considérées comme minimales.

## 4. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT DE LA PECHERIE

### 4.1. Introduction

Un spécialiste n'ayant, en général, qu'une vision partielle des problèmes, il ne nous appartient pas, en tant que biologiste, de fixer les modalités d'exploitation d'une ressource marine. Ces dernières doivent naître d'une harmonisation entre les aspects économiques, socio-économiques et biologiques, concrétisée par une réglementation cohérente et acceptée. Notre domaine de compétence étant ainsi délimité, nous nous contenterons dans cette synthèse, d'exposer les contraintes d'origine biologique qui pourront, ou non, s'avérer prépondérantes selon le schéma et les impératifs retenus à terme pour une exploitation d'*Amusium balloti* dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie.

D'une manière générale, les réglementations qui peuvent être proposées, appartiennent à trois catégories. Les deux premières sont des mesures "passives" et visent à limiter l'accès à la ressource d'une part et à la pêche d'autre part; la troisième est une mesure "active" de la part de l'exploitant; elle consiste à accroître artificiellement la production en intervenant sur le cycle naturel de l'espèce par repeuplement ou modification du milieu.

Nous allons envisager ces types d'aménagements en regroupant, dans chaque cas, les éléments acquis au cours de nos travaux ou disponibles dans la littérature.

## 4.2. Limitation de l'accès à la ressource

### 4.2.1. Limite de taille

La première mesure à envisager pour la gestion d'un stock, et peut-être la plus simple à mettre en oeuvre, est la limitation de la taille de capture. D'un point de vue biologique, une telle démarche vise à maintenir la faculté de reproduction des constituants d'un stock : la longueur minimale de capture ne devra pas être inférieure à celle de première reproduction, soit environ 70 mm pour *Amusium balloti*, qui est sexuellement mature dès sa première année. Sur le plan dynamique, les calculs de rendement par recrue montrent que, pour les hauteurs de coquille supérieures à 75 mm, la production est d'autant plus grande que la taille de première capture est petite.

En conséquence, sur le plan biologique, il n'y a pas d'inconvénient à fixer une taille de première capture relativement faible, le maintien, au moins théorique, de la fécondité du stock demandant à ce qu'elle ne soit pas inférieure à 70 mm. De fait, des critères non biologiques, comme par exemple la valeur marchande, devront être pris en compte pour faire un choix.

Au Queensland, la taille minimale de capture autorisée est de 90 mm (Dredge, 1988b). Aucune limite inférieure de taille n'est imposée par la loi en Australie Occidentale; la taille de capture est largement contrôlée par la maille du cul du chalut d'une part et la date d'ouverture de la pêche d'autre part (exploitation presque exclusive d'individus juste recrutés). Les chaluts à mailles de 100 mm ne capturent guère que les coquilles d'une hauteur supérieure à 80 mm (Joll, 1988a).

### 4.2.2. Quotas

D'un point de vue biologique, le recours aux quotas relève des mêmes préoccupations que la définition d'une taille minimale de capture : il s'agit en priorité de ne pas compromettre le renouvellement du stock par défaut de reproducteurs. En raison de la grande fluctuation inter-annuelle du recrutement d'*Amusium balloti*, il apparaît fort difficile de fixer un quota de pêche définitif. Sur la période où a été réalisée notre étude (1986-1990), la production minimale estimée a fluctué entre 300 et 1200 tonnes environ. *Amusium balloti* est une espèce à courte durée de vie et, en routine, l'exploitation porte sur la cohorte recrutée dans l'année. Dans ces conditions, il est possible par estimation expérimentale de la biomasse du stock, donc du recrutement, avant la saison de pêche, de fixer l'ordre de grandeur du tonnage à prélever. Ces campagnes de surveillance biologique, régulièrement entreprises en Australie Occidentale (Joll, 1988a), sont plutôt destinées à gérer au mieux le recrutement et notamment à lui permettre d'assurer le renouvellement du stock comme nous allons le voir dans le paragraphe suivant.

### 4.2.3. Restrictions sur les périodes de pêche

Il est également possible de limiter l'accès à la ressource en fixant une période de pêche. Le premier facteur à prendre en compte pour cela a encore trait à la reproduction. Considérant qu'il est préférable de capturer un individu après qu'il se soit reproduit, il conviendrait de ne pas pêcher *Amusium balloti* entre le début du mois de juin, période où certains spécimens de la plus jeune génération peuvent atteindre une bonne taille mais ne se sont pas encore reproduits, et la fin du mois d'octobre, où l'essentiel de la ponte a eu lieu.

Un second paramètre se rapporte à la qualité du produit. Comme le signale Joll (1988a), la proportion de muscle dans *Amusium balloti* est minimale lorsque la gonade est à son développement maximal, donc à la période de reproduction. La qualité marchande du produit serait donc minimale pendant la saison fraîche, ce qui confirme l'intérêt d'une limitation de la pêche entre juin et octobre.

Dans le Queensland, aucune contrainte n'est imposée à l'exploitant. En revanche, en Australie Occidentale, les périodes de pêche à l'*Amusium* sont intimement liées à celles de la crevette, dans la mesure où ce mollusque constitue une importante pêche accessoire pour les crevettiers. D'une manière générale, la pêche est autorisée du mois de mai jusqu'au 31 octobre. Habituellement, les chalutiers dont *Amusium balloti* constitue l'activité principale arrêtent leur saison avant les crevettiers, la densité de l'espèce devenant trop faible pour permettre une capture rentable sur cette seule ressource. Ce calendrier légal est aménagé en fonction des résultats des campagnes de surveillance biologique entreprises avant l'ouverture de la saison. Ainsi, en 1985, le stock résiduel était faible et le recrutement minime; en conséquence, la pêche a été ouverte tout le mois de mars pour prélever le stock résiduel au moment où l'indice de condition du muscle est optimal, et réouverte le 1er juillet pour permettre au petit recrutement d'assurer sa reproduction pendant plusieurs mois. Depuis cette période, la date d'ouverture est modulée pour maintenir un stock de géniteurs suffisamment important au moins au début de la saison de ponte (Joll, 1988a). Cette mesure conservatoire est le fruit d'une élémentaire prudence dans la mesure où aucune relation stock-recrutement n'a pu être mise en évidence pour l'espèce (Joll, 1988b). En Australie Occidentale, aucun horaire particulier n'était initialement imposé pour la pêche aux *Amusium*; cependant, depuis la saison 1988, tous les chalutiers de Shark bay doivent limiter leurs activités de pêche à la période comprise entre 5 h et 20 h.

#### 4.2.4. Restrictions sur les zones de pêche

Etant donnée la répartition du stock d'*Amusium balloti* dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie, l'exploitation devra porter en priorité sur la zone à fortes densités définie dans le présent document. D'éventuelles concentrations sur d'autres secteurs pourront, dans un premier temps, assurer une réserve de géniteurs et contribuer au renouvellement du stock. Un suivi à long terme, serait nécessaire pour décider de leur mise en exploitation.

En Australie, la mise en place de réserves destinées à maintenir un potentiel de reproducteurs pour approvisionner les zones exploitées a été envisagée par Dredge (1988a).

#### 4.2.5. Restrictions sur les engins de pêche

Le chalut apparaît comme l'engin de pêche le mieux adapté à la capture d'*Amusium balloti*. D'après notre modélisation du rendement par recrue, la production de la pêcherie augmente rapidement avec l'effort de pêche (considéré comme proportionnel à la mortalité par pêche), puis se stabilise progressivement pour les valeurs élevées. Le meilleur rendement de la pêcherie est donc obtenu par une capture assez rapide qui limite l'effet de la mortalité naturelle sur la biomasse de la cohorte exploitée. Cette capture assez rapide peut résulter de l'emploi d'engins performants sur un petit nombre de bateaux ou de la mise en oeuvre simultanée d'un grand nombre d'embarcations à capacité de capture limitée. Etant donnés les coûts d'exploitation d'un navire de pêche, il est très vraisemblable que la première option procure le meilleur rendement économique.

Comme nous l'avons déjà signalé, le nombre de chalutiers autorisés à pêcher l'*Amusium* en Australie Occidentale est limité, contrairement au Queensland : il est de 14 à Shark Bay et de 30 aux îles Abrolhos. Le remplacement des navires est soumis à autorisation afin de freiner l'accroissement de puissance des moteurs. Le nombre et la nature des chaluts sont aussi contrôlés : à Shark Bay, le maximum autorisé par navire est une paire de chaluts jumelés d'une longueur maximale de corde de dos de 25.6 m; aux îles Abrolhos, 18 navires sont autorisés à mettre en oeuvre des chaluts de 25.6 m, les autres étant limités à 18.3 m. La maille minimale de cul de chalut utilisée est de 100 mm et la taille maximale des panneaux est de 2.29 x 0.91 m pour les deux pêcheries (Joll, 1988a).

### 4.3. Limitation de l'accès à la pêche

Une limitation de l'accès à la pêche vise à préserver les intérêts d'un nombre restreint et contrôlable d'utilisateurs privilégiés, en rapport avec les possibilités de production de la ressource. Deux niveaux de restriction peuvent être envisagés en première approximation, ce sont :

- une simple restriction du nombre de privilégiés, par attribution de licences par exemple;
- une restriction de l'effectif des privilégiés assortie d'un contrôle des zones d'exploitation, par attribution de licences pour un ou des sites de pêche définis.

Cette distribution de la rente associée à la ressource n'intègre que secondairement des considérations d'ordre biologique et sort, à cet égard, de notre domaine de compétence.

### 4.4. Reconstitution de stocks (repeuplement)

Nous avons mis en évidence un stock relativement important d'*Amusium balloti* dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie. Ce stock est actuellement vierge et il apparaît prématuré d'évoquer à son égard la notion de repeuplement qui va, bien entendu, de pair avec celle de dépeuplement. Tout au plus pourrait-on imaginer une amélioration de la production de la pêche par implantation massive de juvéniles dans les fonds favorables. Les techniques de production de juvéniles semblent maintenant contrôlées (Rose *et al.*, 1988) mais, comme le signale Dredge (1987), le nombre de juvéniles nécessaire pour ensemercer une zone de pêche est de l'ordre de plusieurs millions et nous pensons que la rentabilité économique de l'opération est extrêmement douteuse.

Le développement aquacole de la production d'*Amusium balloti* peut également être envisagé mais cet aspect requiert de vastes compléments à nos connaissances, notamment sur le plan biologique, et il apparaît plus raisonnable, en l'état actuel des stocks, de mettre en exploitation les populations naturelles avant de proposer toute alternative, sauf, bien entendu, si elle doit permettre un rendement économique supérieur, ce qui reste à prouver.

### 4.5. Conclusion

Ce chapitre de synthèse nous a permis de passer en revue les principales mesures d'aménagement applicables à un stock naturel d'*Amusium balloti* dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie. La classification que nous avons choisie résulte d'une composition des différentes mesures souvent retenues pour gérer les pêcheries et elle n'est pas limitative. Nous nous sommes principalement étendus sur les restrictions de l'accès à la ressource qui intègrent plus particulièrement les critères biologiques et nous les avons souvent considérées de manière indépendante. La gestion optimale d'une pêche ne pourra cependant résulter que d'une association de ces diverses mesures lorsqu'elles s'avèrent complémentaires, chacune contribuant à maintenir un effort effectif optimal sur le stock.

## CONCLUSION GENERALE

Le stock d'*Amusium balloti* dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie a été mis en évidence par un organisme scientifique (l'ORSTOM), qui a entrepris de définir les premiers termes d'une gestion rationnelle des stocks. Cette approche n'est pas classique, les Organismes scientifiques étant habituellement sollicités à titre d'expert pour des pêcheries déjà en activité, et sou-

vent en difficulté. En l'absence de statistique de pêche, il ne nous a pas été possible de déployer l'intégralité de la panoplie des modèles à notre disposition. Les données que nous avons obtenues nous permettent cependant d'orienter les termes d'une gestion rationnelle des stocks.

La finalité de nos travaux est de fournir aux autorités compétentes les éléments pour décider de la mise en exploitation des stocks d'*Amusium balloti* dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie. Ceci requiert une connaissance biologique et écologique minimale de l'espèce et nous avons entrepris de vérifier localement et/ou de compléter les données publiées sur les populations d'*Amusium balloti* en Australie.

Dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie, *Amusium balloti* est apte à se reproduire dès la première année, pour une hauteur de coquille de 75 mm environ. Il n'existe qu'une seule période de ponte qui semble s'étaler entre les mois de juillet et d'octobre, soit pendant la saison fraîche lorsque la température de l'eau est minimale. La croissance de l'espèce est particulièrement rapide : elle atteint une hauteur moyenne d'environ 80 mm après un an, ce qui représente plus de 80% de son accroissement moyen maximal. La longévité de l'espèce peut être fixée à trois ans mais la structure de tailles de la population comporte le plus souvent deux cohortes. Les modèles mathématiques usuels (Von Bertalanffy) peuvent être mis en oeuvre pour décrire la croissance de l'espèce à partir d'une hauteur de 75 mm. Le coefficient instantané de mortalité naturelle d'*Amusium balloti* a été estimé à 1.3.

*Amusium balloti* apparaît comme une espèce relativement sédentaire. Il est cependant susceptible d'accomplir des déplacements particulièrement rapides en nageant en pleine eau. Ce bivalve pectinidé, comme bien d'autres espèces marines, n'échappe pas au parasitisme. Le tiers, environ, des individus observés dans le lagon nord hébergeait des nématodes dans le muscle mais les kystes n'étaient aisément discernables que dans 10 % des cas. De tels parasites sont communément rencontrés chez d'autres mollusques exploités et, à notre connaissance, il n'a pas été signalé de problème consécutif à leur ingestion par l'homme. Au Queensland, il semblerait que la mise en exploitation des stocks d'*Amusium* ait conduit à une diminution du taux de parasitisme par élimination des vieux individus souvent infestés.

D'après nos prospections, *Amusium balloti* est assez commun dans tous les lagons de Nouvelle-Calédonie, mais le seul gisement important a été repéré dans le lagon nord. Cinq campagnes d'échantillonnage ont été consacrées à l'estimation et au suivi de la biomasse du stock d'*Amusium balloti* dans le lagon nord, entre 1986 et 1990. L'essentiel du stock est réparti sur une surface de 700 km<sup>2</sup> aisément chalutable où la valeur moyenne de la biomasse du stock a été estimée à environ 3000 tonnes en moyenne; elle a cependant varié entre 1000 et 4600 tonnes selon les périodes, ce qui prouve une grande variabilité dans le recrutement.

La mise en oeuvre des modèles classiques montre que les rendements par recrue les plus élevés sont obtenus pour des hauteurs de coquille inférieures à 75 mm et qu'ils augmentent continuellement avec l'effort de pêche.

Ces points étant précisés, nous avons établi une synthèse des données biologiques correspondant à différentes possibilités d'aménagement d'une pêcherie. Cette liste relève de notre propre démarche; elle n'est pas exhaustive et ne préfigure en aucun cas des mesures qui seront prises. Il s'agit simplement d'une base de discussion, les termes d'une gestion des stocks devant résulter d'une concertation entre les diverses parties intéressées par une exploitation d'*Amusium balloti* (exploitants, économistes, administratifs et biologistes). Nous avons retenu trois grandes catégories d'aménagements : la limitation de l'accès à la ressource et à la pêcherie et l'amélioration de la production. Ils ont été diversement développés, les mesures permettant de restreindre l'accès à la pêcherie sortent notamment de notre domaine de compétence et nous les avons seulement évoquées.

En résumé, le stock d'*Amusium balloti* apparaît, au vu de ses caractéristiques biologiques, particulièrement robuste. Le principal problème réside dans l'importante fluctuation naturelle du recrutement qui risque d'être aggravée par une pêche des géniteurs. Il faudra donc s'attendre, au cours d'une exploitation à un rendement de la pêcherie très variable d'une année sur l'autre, en analogie avec les observations réalisées sur les côtes australiennes. Ces problèmes de relation stock-recrutement, et surtout de relation facteurs du milieu-recrutement, constituent un sujet de recherche tout à fait actuel mais qui demande un suivi conjoint des paramètres de l'environnement et de ceux des populations exploitées pendant une longue période, avant d'aboutir à de premiers résultats. Dans ces conditions, il serait judicieux qu'*Amusium balloti* ne constitue pas la cible exclusive de l'exploitant; il aurait tout intérêt à diversifier ses activités de pêche.

Remerciements : Ce travail a été financé par le Territoire de Nouvelle-Calédonie sur fonds FIDES. Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation et tout particulièrement le Commandant Furic et son équipage qui sur le N.O. VAUBAN, puis sur le N.O. ALIS, nous ont apporté une aide précieuse.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Balsaux F., 1988. Etude de la reproduction du bivalve pectinidé *Bractechlamys vexillum* dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. *D.E.A. : Biol. mar. : Univ. Bordeaux I. Nouméa : ORSTOM*, 18 p.
- Barro M., 1978. Rapport de la mission péri-insulaire 1978 n°2. *Nouméa : ORSTOM* : 7 p.
- Beddington J.R., J.G. Cooke, 1983. The potential yield of fish stocks. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 242 : 47 p.
- Bhattacharya C.G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. *Biometrics*, 23 : 115-129.
- Berry G.N., L.R.G. Cannon, 1981. The life history of *Sulcascaris sulcata* (Nematoda Ascaridoidea), a parasite of marine molluscs and turtles. *Int. J. Parasit.*, 11 : 43-54.
- Beverton R.J.H., S.J. Holt, 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *U.K. Minist. Agric. Fish., Fish. Invest.*, 19 : 533 p.
- Buestel D., B.A. Thomassin, C. Mingant, 1984. Prospection "Pectinidés" (Mollusques, Bivalves) dans le lagon S.W. de Nouvelle-Calédonie (région de Nouméa). *Rapp. IFREMER DRV/PE, (4-86)*, 69 p.
- Cannon L.R.G., 1978. A larval ascaridoid nematode from Queensland scallops. *Int. J. Parasit.*, 8 : 75-80.
- Chevillon C., J. Clavier, 1988. Sedimentological structure of the Northern lagoon of new Caledonia. *Proc. 6th int. Coral Reef Symp., Townsville, 8-12 Aug. 1988*, 3 : 425-430.
- Chevillon C., 1990. Biosédimentologie du grand lagon nord de la Nouvelle-Calédonie. *Th. Doct. : Univ. Aix-Marseille II* : 255 p.
- Clavier J., P. Laboute, 1987. Connaissance et mise en valeur du lagon nord de Nouvelle-Calédonie: premiers résultats concernant le bivalve pectinidé *Amusium japonicum balloti* (étude bibliographique, estimation de stock et données annexes). *Nouméa : ORSTOM. Rapp. Sci. tech., Sci. Mer, Biol. mar.*, 48 : 73 p.
- Clavier J., J. Baron & Y. Lefort, 1989. Etude des bivalves dans les lagon de Nouvelle-Calédonie. Etat d'avancement des travaux au 30 novembre 1989. *Nouméa : ORSTOM. Rapp. convention: Sci. Mer : Biol. mar.*, 31 p.

- Clavier J., P. Laboute, Y. Lefort, 1990. Connaissance et mise en valeur du lagon nord de Nouvelle-Calédonie : campagne d'échantillonnage du stock d'*Amusium japonicum balloti* du 14 au 25 mai 1990. Nouméa : ORSTOM. Rapp. Missions : Sci. Mer : Biol. mar., 6 : 33 p.
- Cochran W.G., 1963. *Sampling techniques*. John Wiley & Sons inc., 413 p.
- Collot J.Y., F. Missègue, J.P. Eissen, P. Rigolot, 1988. Bathymétrie de la région du Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie et des récifs d'Entrecasteaux. Paris : ORSTOM. 1 carte.
- Dagnelie P., 1975. *Théorie et méthodes statistiques*. Presses Agronomiques Gembloux. 1, 378 p.; 2, 463 p.
- Dijkstra H.H., B. Richer de Forges, J. Clavier, Y. Lefort, 1990. Pectinidés des fonds meubles dans les lagons de N. Calédonie et de Chesterfield. *Rossiniana*, 46 : 3-10.
- Dredge M.C.L., 1980. Scallops a bonus in southern Queensland. *Aust. Fish.*, Apr. 80 : 5-7.
- Dredge M.C.L., 1981. Reproductive biology of the saucer scallop *Amusium japonicum balloti* (Bernardi). *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 32 : 775-787.
- Dredge M.C.L., 1985a. Growth and mortality in an isolated bed of saucer scallops, *Amusium japonicum balloti* (Bernardi). *Queensland J. Agric. Animal Sci.*, 42 : 11-21.
- Dredge M.C.L., 1985b. Estimates of natural mortality and yield-per-recruit for *Amusium japonicum balloti* Bernardi (Pectinidae) based on tag recoveries. *J. Fish. Res.*, 5 : 103-109.
- Dredge M.C.L., 1987. Scallop research results inconclusive. *Aust. Fish.*, May 87 : 28.
- Dredge M.C.L., 1988a. How far can a scallop population be pushed. *Proc. Austr. Scallop Workshop, Hobart, Australia*. M.C.L. Dredge, W.F. Zacharin and L.M. Joll (Editors), 68-79.
- Dredge M.C.L., 1988b. Traw-induced mortality of juvenile saucer scallops, *Amusium japonicum balloti* Bernardi, measured from video recordings and tag recoveries. *Proc. scallop Workshop, Hobart, Australia*. M.C.L. Dredge, W.F. Zacharin and L.M. Joll (Editors), 103-110.
- Gayanilo F.C.Jr., M. Soriano, D. Pauly, 1989. A draft guide to the compleat ELEFAN. *ICLARM Software*, 2 : 70 p.
- Gulland J.A., 1969. Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. *Man. FAO sci. halieut.*, 4 : 159 p.
- Gulland J.A., 1971. *The fish resources of the ocean*. Fish. News (Book) LTD., London, 255 p.
- Habe T., 1964. Notes on the species of the genus *Amusium* (Mollusca). *Bull. Natl. Sci. Mus. Tokyo*, 7 : 1-5.
- Heald D., 1978. A successful marking method for the saucer scallop *Amusium balloti* (Bernardi). *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 29 : 845-851.
- Heald D.I., N. Caputi, 1981. Some aspects of growth, recruitment and reproduction in the southern saucer scallop, *Amusium balloti* (Bernardi, 1861) in Shark Bay, Western Australia. *Fish. Res. Bull. West. Aust.*, 25: 1-33.
- Joll L.M., 1987. The shark bay scallop fishery. *Fish. Manag. Paper*, 11: 124 p.
- Joll L.M., 1988a. History, Biology and management of Western Australian stocks of the saucer scallop *Amusium balloti*. *Proc. Austr. Scallop Workshop, Hobart, Australia*. M.C.L. Dredge, W.F. Zacharin and L.M. Joll (editors), 30-41.

- Joll L.M., 1988b. Recruitment variation in stocks of the saucer scallop *Amusium balloti* in the Abrolhos islands area. *Proc. Austr. Scallop Workshop, Hobart, Australia M.C.L. Dredge, W.F. Zacharin and L.M. Joll (Editors)*, 61-67.
- Joll L.M., 1988c. Daily growth rings in juvenile saucer scallops, *Amusium balloti* (Bernardi). *J. Shellfish. Res.*, 7 : 73-76.
- Joll L.M., 1989. Swimming behaviour of the saucer scallop *Amusium balloti* (Mollusca ; Pectinidae). *Mar. Biol.*, 102 : 299-305.
- Laurec A., J.C. Le Guen, 1981. Dynamique des populations marines exploitées. Tome I- Concepts et modèles. *Rapp. Scient. Tech., CNEXO*, 45: 117 p.
- Lester R.J.G., D. Blair, D. Heald, 1980. Nematodes from scallops and turtles from Shark Bay, Western Australia. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 31 : 713-717.
- Llana M.E.G., 1988. Growth, mortality and recruitment of the asian moon scallop (*Amusium pleuronectes*) in the Visayan sea, Philippines. *Cont. Tropical Fish. Biol. : Papers by the Participants of FAO/DANIDA Follow-up Training Courses. Venema, S., J. Möller-Christensen and D. Pauly eds.. FAO Fish. Rep. 389, Rome*, 16-24.
- Pauly D., 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CIEM*, 39 : 175-192.
- Pauly D., 1986. On improving operation and use of the ELEFAN programs. Part II. Improving the estimation of  $L_{\infty}$ . *Fishbyte*, 2 : 17-19.
- Richard G., 1982. Mollusques lagunaires et récifaux de Polynésie française. Inventaire faunistique-bionomique-bilan quantitatif-croissance-reproduction. *Th. Doct. : Univ. Paris VI*, 313 p.
- Richer de Forges B., R. Pianet, 1984. Résultats préliminaires de la campagne CHALCAL a bord du N.O. CORIOLIS (12-31 juillet 1984). *Rapp. Scient. Tech. Cent. Nouméa (Océanogr.) ORSTOM*, 32 : 7p.
- Richer de Forges B., G. Bargibant, 1985. Le lagon nord de la Nouvelle-Calédonie et les atolls de Huon et Surprise. *Rapp. Sci. Tech. Cent. Nouméa (Océanogr.) ORSTOM*, 37 : 23p.
- Richer de Forges B., C. Chevillon, P. Laboute, G. Bargibant, J.L. Menou, P. Tirard, 1988. La campagne CORAIL 2 sur le plateau des îles Chesterfield (N.O. "Coriolis" et N.O. "Alis", 18 juillet au 6août 1988). *Nouméa : ORSTOM. Rapp. sci. tech., Sci. Mer, Biol. mar.*, 50 : 68 p.
- Rose R.A., G.R. Campbell, S.G. Sanders, 1988. Larval development of the saucer scallop *Amusium balloti* (Bernardi) (Mollusca: Pectinidae). *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 39 : 153-160.
- Sanders M.J., 1970. The Australian scallop industry. *Austr. Fish.*, 29 : 2-11.
- Scherrer B., 1983. Techniques de sondage en écologie. In : *Stratégies d'échantillonnage en écologie. S. Frontier ed., Masson, PUL.*, 62-162.
- Seed R., 1980. Shell growth and form in the bivalvia. In : *Topics in geobiology, vol. 1. skeletal growth of aquatic organism. D.C. Rhoads and P.A. Lütz, eds., Plenum Press, New York*, 23-67.
- Wetherall J.A., 1986. A new method for estimating growth and mortality parameters from length-frequency data. *Fishbyte*, 4 : 12-14.

Centre ORSTOM de Nouméa  
B.P. A5 Nouméa Cédex Nouvelle Calédonie

© 1991