



Haliotis, 12, 1982

p. 71 à 90

CROISSANCE ET MORTALITE NATURELLE DES TROCAS
(*Trochus niloticus* L.) DE NOUVELLE CALEDONIE
(Mollusca, Gastropoda)

par

William BOUR*, Francis GOHIN*, et Philippe BOUCHET**

* Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
B.P. A5, Nouméa (Nouvelle Calédonie)

** Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris
Laboratoire de Malacologie, 55 rue Buffon 75005-Paris

ABSTRACT: GROWTH AND NATURAL MORTALITY OF THE NEW CALEDONIAN *Trochus niloticus*

Trochus from New Caledonia are fished and exported for the mother of pearl market. These gastropods live in shallow water, on coral reefs. Growth rate was estimated using tagging and recapture method in six different locations. Von Bertalanffy growth curve's parameters K and L_{∞} were estimated for each station. In order to compare their growth rates, it was found that a common L_{∞} value can be selected. Therefore, only K values can be used to compare the growth rates between stations.

The mean growth curve, calculated for New Caledonia, is described by the following values: $K = .19$ and $L_{\infty} = 13.3$ cm. The resulting size/age relation is in accordance with those described by different authors, despite the variability underlined above and the geographical distribution of the different experiments.

Dead tagged trochus shells found during the experiment, allowed to calculate a rough estimation of trochus natural mortality. Mathematical model used gave a mean value of m equal to 0.078.

The estimation of the former parameters and the use of different possible fishing mortalities allowed to develop a yield per recruit model which takes into account the relationship between size and price. According to this model, optimal economic yield per recruit level would be reached for a 9 cm diameter shell at first catch. Any fishing rules should consider this result among others for an optimal management of New Caledonia trochus stock.

RESUME :

La croissance des trocas est étudiée par marquage et recaptures successives, en six stations différentes. Les paramètres K et L_{∞} de la courbe de croissance de Von Bertalanffy sont estimés pour chaque station. La courbe de croissance moyenne, établie pour la Nouvelle-Calédonie, est définie par les valeurs: $K = 0,19$ et $L_{\infty} = 13,3$ cm.

La recapture des trocas marqués, trouvés morts au cours de l'expérience, a permis d'établir une première estimation de la mortalité naturelle des trocas; le modèle mathématique utilisé aboutit à une valeur moyenne de m égale à 0,078.

L'estimation des paramètres de croissance et de mortalité naturelle, ainsi que l'utilisation de plusieurs valeurs de la mortalité par pêche plausibles, ont permis d'ébaucher un modèle d'évaluation du rendement par recrue, tenant compte également de la relation taille/prix des coquilles de trocas. Le modèle montre que le rendement en valeur par recrue optimum serait atteint pour une taille à la première capture de l'ordre de 9 cm.

INTRODUCTION :

La Nouvelle-Calédonie, entourée par un vaste lagon, constitue un important réservoir de trocas du Pacifique. Les coquilles sont exploitées dans toutes les productions artisanales ou industrielles faisant appel à la nacre naturelle. Ce gros coquillage se récolte très facilement, parfois dans quelques centimètres d'eau, ce qui rend le stock exploitable très vulnérable. La pêche est parfois intensive en Nouvelle-Calédonie car la demande de

coquilles de trocas reste soutenue et cette activité se présente comme une possibilité de revenu supplémentaire appréciable pour beaucoup d'habitants du littoral. Dans la perspective de mesures de protection à prendre dans le futur, c'est en premier lieu sur la croissance qu'ont porté les efforts de recherche.

1. LA PECHE DES TROCAS EN NOUVELLE-CALEDONIE

La récolte des trocas pour l'exportation de coquilles remonte à 1907. La figure 1 montre l'aspect irrégulier de cette activité car elle apparaît comme un recours en cas de crise dans l'industrie du nickel. La dernière crise des années 70 a entraîné un niveau record des captures ; près de 2 000 tonnes de coquilles en 1978.

2. ESSAIS DE PROTECTION DU STOCK CALEDONIEN

GAIL soulignait déjà en 1958 que la Nouvelle-Calédonie était l'un des plus gros producteurs de trocas du Pacifique. Après l'éclipse dû au "boum minier", elle tend à dominer le marché, ainsi qu'en témoignent les chiffres du tableau 1.

Tableau 1 - Quantité de coquilles de trocas (en tonnes) exportées par différents pays du Pacifique Sud.

	Nouvelle Calédonie	Vanuatu *	Fidji	Iles Salomons	Polynésie Française	Papouasie Nouvelle-Guinée	Ponape Micronésie
1972	0	?	?	562	126	496	112
1973	85	?	556	461	261	512	93
1974	317	88	256	245	72	335	0
1975	112	170	168	514	0	228	237
1976	473	213	254	566	13	?	27
1977	1052	98	278	401	107	?	92
1978	1992	?	180	266	?	?	79

* Ex - Nouvelles-Hébrides.

Le niveau élevé des captures, le nombre de pêcheurs (plus de 2000 en 1955) ont conduit les autorités à réglementer cette exploitation. Depuis 1911, différentes mesures ont été essayées (RISBEC 1930) : la taille minimale a varié entre 8 et 10 cm de diamètre et la pêche a été fermée pendant l'été austral de manière épisodique. La remise en question fréquente de la réglementation dénote une certaine inadéquation à protéger durablement le stock. Seule une connaissance approfondie de la biologie des trocas permettra d'atteindre cet objectif.

3. ETUDE DE LA CROISSANCE PAR MARQUAGE

La méthode du marquage, avec remise en liberté dans le milieu naturel et recaptu-

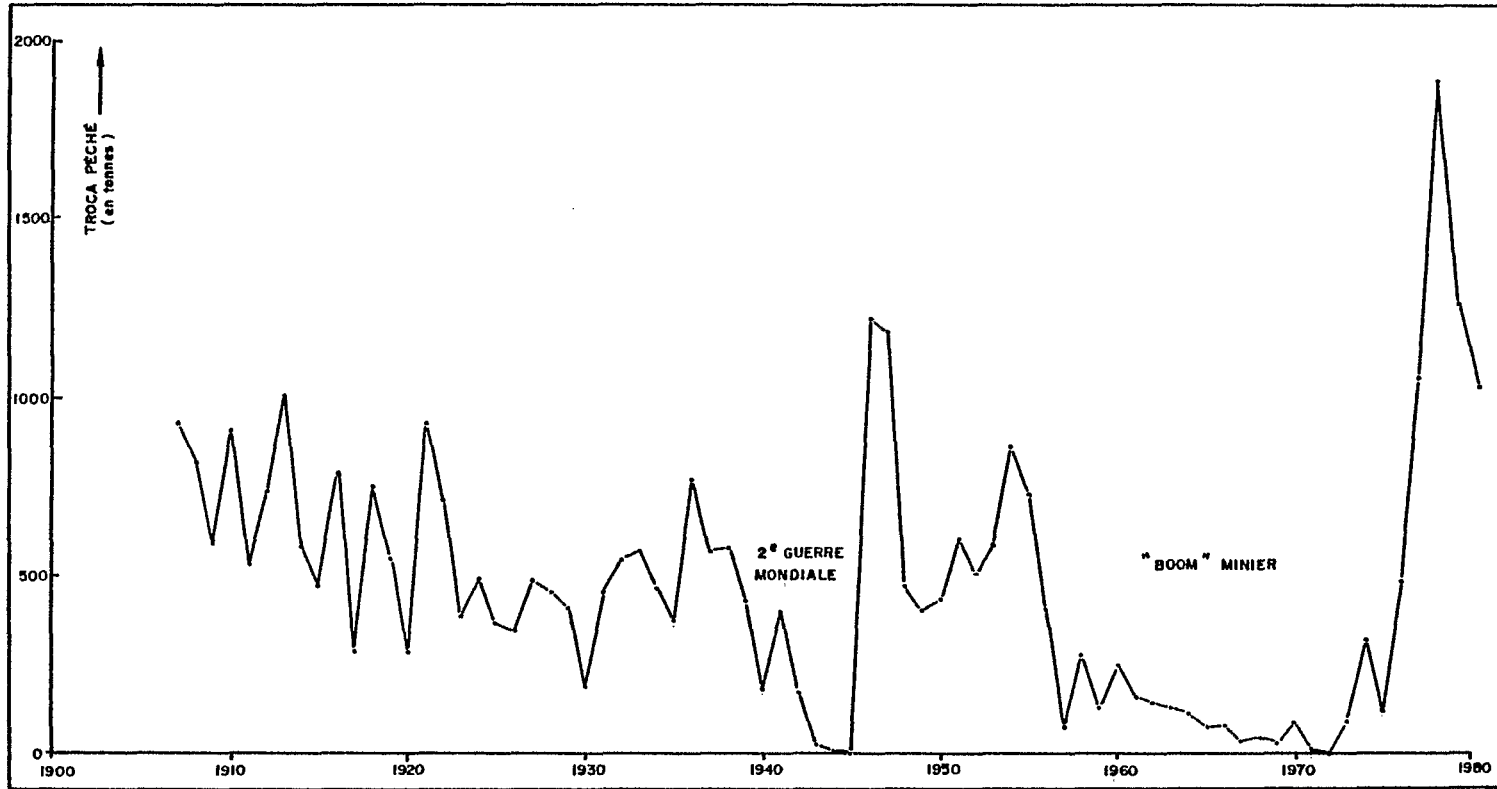


FIGURE 1 ÉVOLUTION DES QUANTITÉS ANNUELLES DE TROCAS EXPORTÉS PAR LA NOUVELLE CALÉDONIE DEPUIS 1907

res périodiques, est une méthode de choix pour des animaux faciles à recapturer et relativement sédentaires. Cette technique donne de bonnes informations sur la croissance, lorsque les taux de recaptures ne sont pas négligeables, et peut fournir, par ailleurs, quelques indications sur les déplacements des animaux.

3.1. Opérations de marquage

La technique utilisée est voisine de celle décrite par GAIL (1958) qui, après divers essais, a retenu le marquage des coquilles avec des rondelles colorées, fixées par un rivet sur la dernière spire.

Nous avons préféré individualiser chaque coquille par une étiquette plastique portant un numéro. La fixation est réalisée par une vis après perforation de la coquille à l'aide d'une perceuse électrique (fig.2).

Les trocas supportent très bien l'exondation pendant quelques heures ce qui permet d'effectuer les opérations de marquage à terre ou sur le pont d'un bateau. Le diamètre maximum à la base de la coquille est noté pour chaque troca, avant sa remise en liberté.

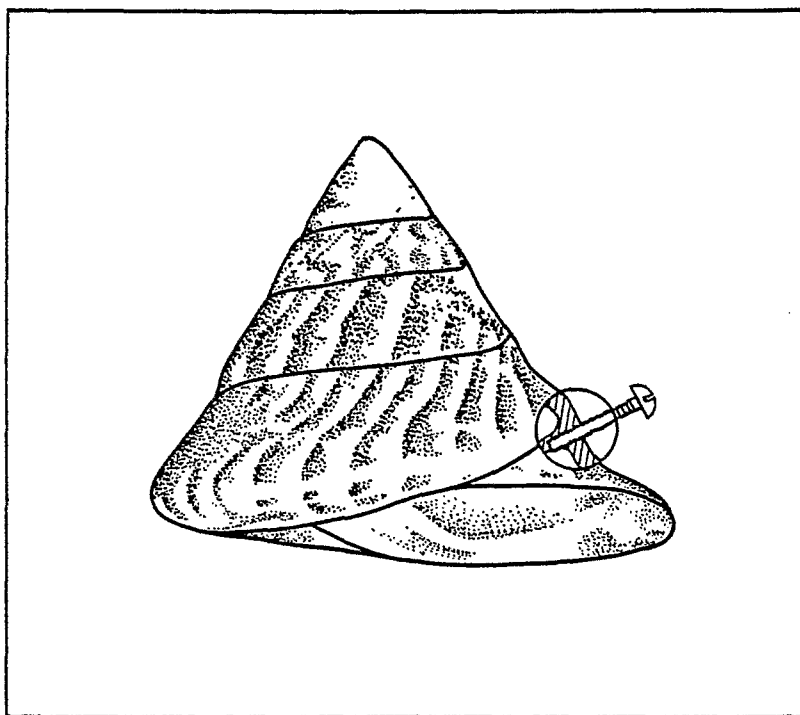


FIGURE 2 POSITION DE LA VIS EN TEFLON, ADOPTÉE POUR LIMITER LA PERTURBATION DE LA CROISSANCE, DUE AU MARQUAGE

3.2. Stations de marquage et données statistiques des recaptures

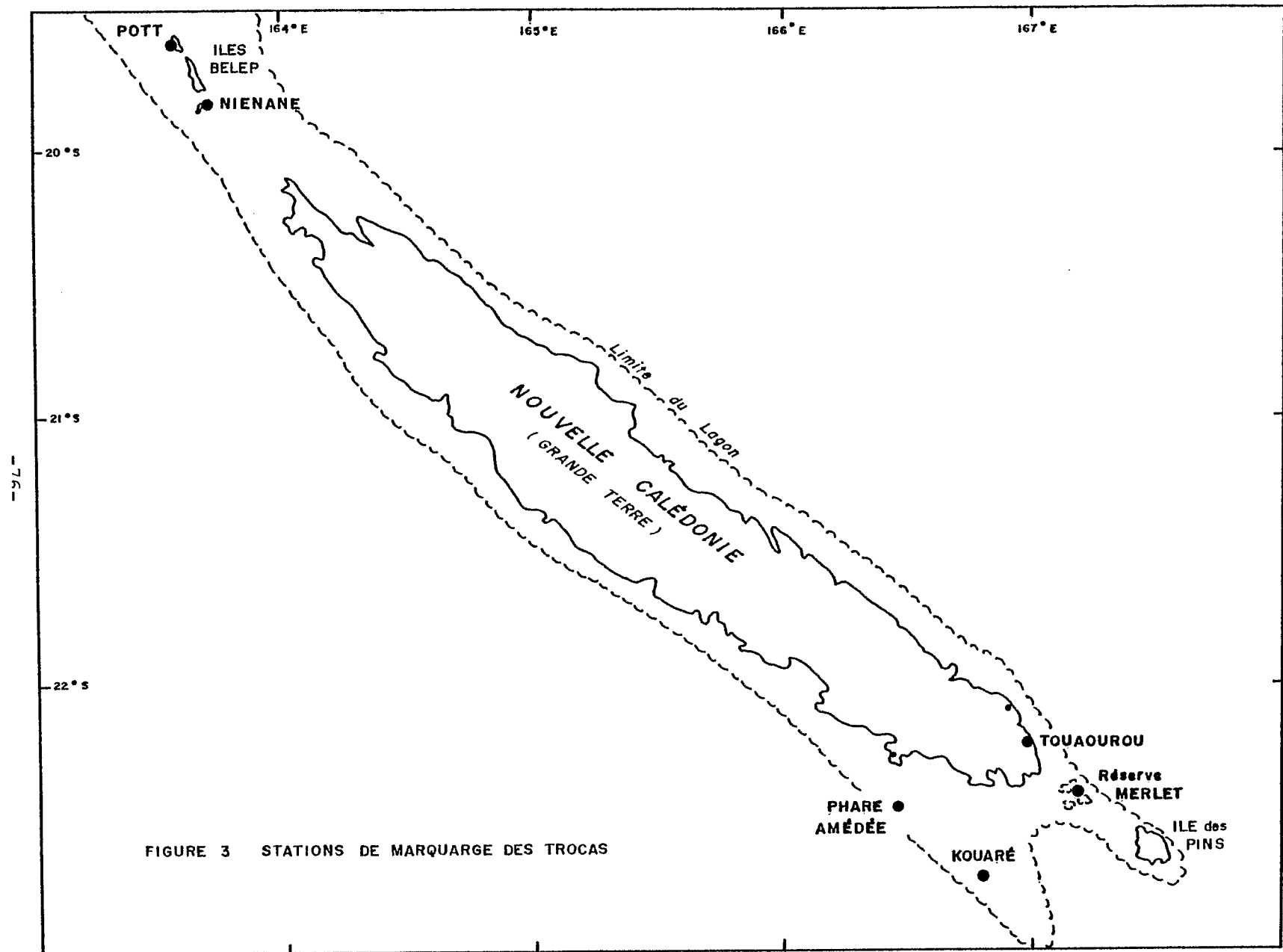
Les marquages ont pu être réalisés en six stations du Territoire (fig.3). Le choix géographique a été commandé par les possibilités de visites périodiques et par l'absence théorique de pêche, comme au Phare Amédée ou à la Réserve biologique MERLET.

Le tableau 2 résume les opérations de marquage et de recaptures pour ces six stations.

Tableau 2 - Résumé des opérations de marquage et recaptures de trocas
entre juin 1978 et octobre 1981.

* Les trocas recapturés vivants sont remis en liberté après mensuration.

Stations	N° marquage	Nombre trocas marqués TM	N° recapture	Temps liberté depuis marquage (mois)	Nombre de Trocas recapturés *		Total trocas recapturés T R	Taux de recapture TR / TM %
					Vivant V	Mort M		
PHARE AMEDEE	1	107	1	5	39	11	50	47
			2	8	23	2	25	23
			3	15	6	0	6	6
	2	96	1	6	42	3	45	47
			2	9	40	2	42	44
			3	13	21	0	21	22
RESERVE MERLET	1	122	1	10	44	9	53	43
			2	18	17	3	20	16
			3	38	3	1	4	3
	2	35	1	8	16	2	18	51
			2	28	11	1	12	34
KOUARE	1	133	1	11	27	3	30	23
			2	21	2	0	2	2
TOUAOUROU	1	90	1	2	11	0	11	12
			2	4	11	1	12	13
NIENANE	1	180	1	10	35	1	36	20
POTT	1	162	1	10	13	8	21	13
TOTAL		931						



3.3. Etablissement d'une courbe de croissance

Le modèle de Von Bertalanffy a été utilisé car il s'adapte généralement bien, en prenant quelques précautions, aux données de croissance observées et peut être facilement utilisé ensuite dans les modèles d'évaluation des stocks. Sans reprendre dans le détail la théorie, bien décrite dans GULLAND (1969), nous pouvons dire que l'équation de Von Bertalanffy permet d'évaluer des taux de croissance pour une tranche de vie de l'animal étudié qui nous intéresse et d'établir une relation moyenne taille/âge utile à la législation de la pêche.

L'équation générale pour une dimension linéaire L de l'animal est :

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

Les trois paramètres à définir sont :

- a) L_{∞} : valeur de L pour un taux de croissance nul ; en effet, $\frac{dL}{dt} = K(L_{\infty} - L)$ est nul pour $L = L_{\infty}$
- b) K : constante proportionnelle à la vitesse de croissance. Elle caractérise la rapidité avec laquelle l'espèce étudiée croît en taille vers sa valeur maximale.
- c) t_0 : âge théorique pour lequel $L = 0$.

t_0 ne peut être évalué qu'en connaissant une date approximative de la naissance, donc en ayant une idée sur la période de ponte. Ce n'est pas notre cas, nous aurons donc pour la courbe de croissance une échelle d'âges relatifs dont l'origine est inconnue. Néanmoins, les pontes obtenues par HESLINGA (1979) dans des conditions artificielles, et suivies jusqu'à l'âge de 4 mois, donnent une relation taille/âge absolue permettant de calculer t_0 ; les trocas âgés de 4 mois mesuraient en moyenne 7,8 mm de diamètre ; en admettant que le modèle de Von Bertalanffy s'applique aux jeunes âges, nous obtenons $t_0 = 0,05$ an, environ 18 jours. L'erreur sur l'âge ne doit donc pas dépasser quelques semaines en fixant arbitrairement $t_0 = 0$.

3.3.1. Estimation de L_{∞} et K

Chaque opération de marquage a fourni un fichier rendant compte de la croissance observée du diamètre maximum des coquilles, pour la ou les recaptures effectuées à chaque station.

En cas de recaptures successives, les trocas marqués ont pu être mesurés plusieurs fois car ils étaient remis en liberté après mensuration. Afin d'éliminer au maximum l'effet du traumatisme du marquage, les calculs ont pris en compte, au-delà de la première recapture, la taille mesurée lors de la recapture précédente et la durée de liberté correspondante plutôt que la croissance cumulée depuis le marquage.

Pour les coquilles âgées, nous avons parfois enregistré des croissances négatives ; la tentation est forte d'éliminer de telles données mais ce serait alors privilégier les erreurs de lecture par excès, donc d'augmenter artificiellement le rythme de croissance.

3.3.2. Résultats obtenus

La méthode de TOMLINSON a été appliquée aux données de chaque station de marquage, puis aux données regroupées. Le tableau 3 présente les couples (L_{∞} , K) obtenus dans chaque cas :

Tableau 3 - Couples de valeurs (L_{∞} , K) pour les différents lieux de marquage et tous lieux confondus.

Stations	L_{∞}	K
Phare Amédée 1	12,97	0,15
Phare Amédée 2	12,41	0,22
Merlet 1	12,60	0,28
Merlet 2	13,13	0,30
Kouaré	11,09	0,54
Touaourou	8,49	0,62
Niénane	12,69	0,11
Pott	8,68	0,48
Toutes stations confondues	13,30	0,16

Les paramètres K et L_{∞} sont très variables d'une station à l'autre. C'est une situation normale puisqu'ils permettent d'ajuster au mieux le modèle de Von Bertalanffy aux données observées pour des échantillonnages de trocas fort différents. En effet, les classes de tailles échantillonnées varient d'une station à l'autre et les sites choisis pour les marquages présentent des différences.

Phare Amédée : cuvettes récifales près du tombant d'un récif frangeant. Zone calme.

Merlet : cuvettes récifales d'un récif du large, environnées de corail vivant. La zone est soumise à l'agitation du ressac.

Kouaré et Pott : dalles récifales de récifs frangeants. Zone assez battue.

Niénane : éperon d'éboulis rocheux non coralliens. Zone abritée.

Touaourou : platier de récif frangeant. Zone calme.

3.3.3. Comparaison des croissances obtenues dans différents sites

Afin de comparer les croissances entre les différentes stations, il a paru intéressant de fixer L_{∞} à la valeur 13,3 cm calculée pour l'ensemble des données.

Deux raisons essentielles autorisent cette généralisation :

1°/ Le modèle $L = 13,3 (1 - \exp(-Kt))$ n'a plus qu'un paramètre (K) inconnu ; il continue néanmoins à décrire de façon satisfaisante la croissance des animaux quel que soit leur classe de taille.

La figure 4 permet de voir comment se répartissent les croissances observées et la courbe moyenne calculée avec $L_{\infty} = 13,3$ et le $K = 0,24$, obtenue pour la station Merlet. Les taux de croissance observés pour chaque trocas marqué se répartissent fort bien autour du modèle, quelques soient les classes de tailles.

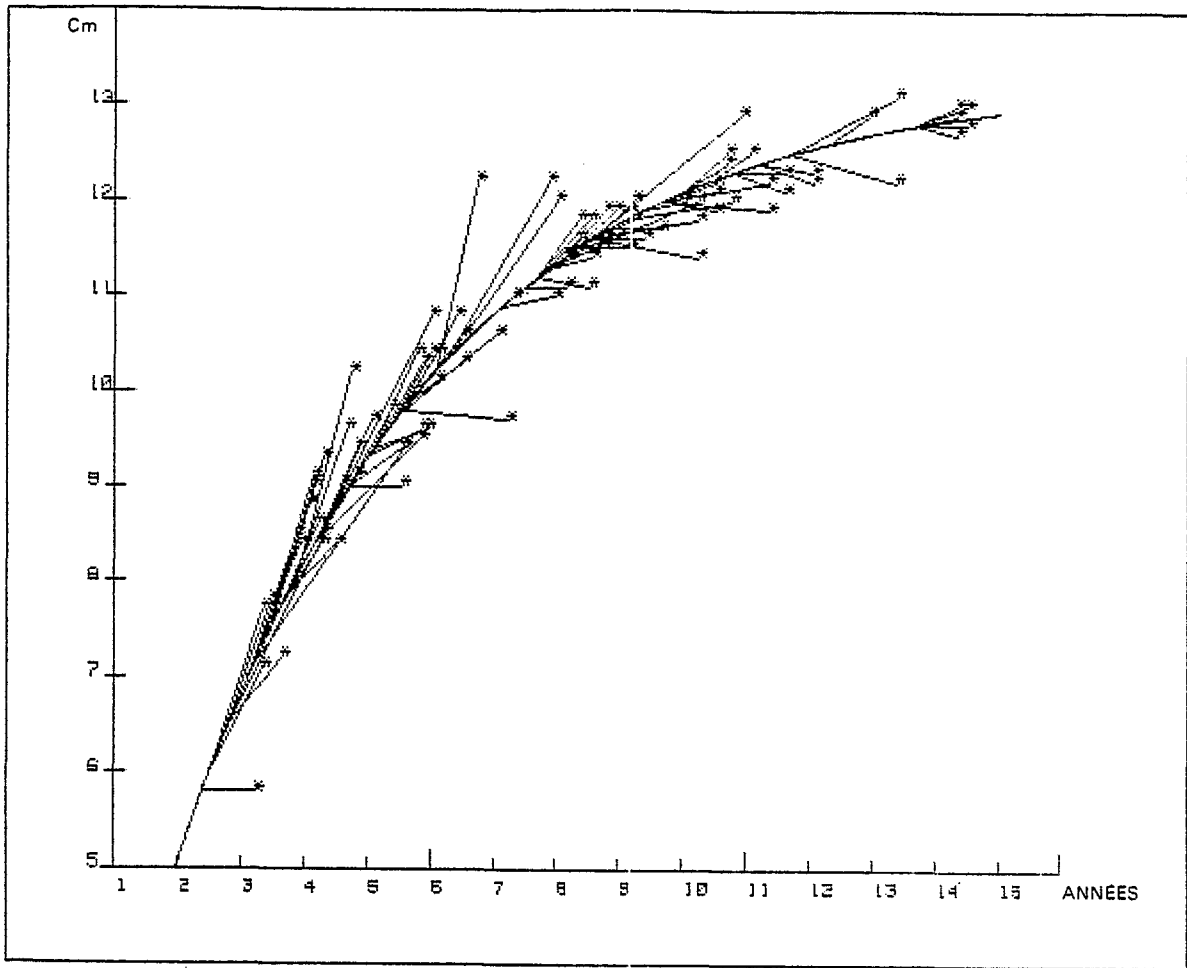


Figure 4 - Taux de croissance observés et courbe de croissance calculée pour la Station MERLET.

2°/ Les comparaisons entre stations devraient se faire en comparant les croissances dans des intervalles identiques de tailles observées et sans hypothèse sur les paramètres. Hélas ! en raison du nombre réduit des marquages à chaque station, les classes de tailles observées se recouvrent peu ; il est donc nécessaire de créer un modèle qui permette d'extrapoler en dehors de l'intervalle d'observation, pour comparer les stations entre elles.

L_{∞} étant fixé à 13,30, le paramètre K a été calculé pour les stations typiques d'un site déterminé. La méthode "Jackknife" (MILLER, 1974) permet de donner à K un intervalle de confiance qui, bien qu'approximatif, donne un ordre de grandeur du véritable intervalle de confiance (tableau 4).

Tableau 4 - Comparaison du paramètre K pour différents sites

Stations	Nature du site	K (int.conf. à 95 %)
Touaourou	Platier Récif frangeant	0,28 ± 0,04
Phare Amédée	Cuvettes récifales Récif frangeant	0,15 ± 0,03
Merlet	Cuvettes récifales Récif du large	0,24 ± 0,04
Kouaré	Dalles récifales Récif frangeant	0,15 ± 0,03
Niénane	Rochers non coralliens	0,10 ± 0,02

En première approximation, la croissance des trocas a été plus rapide à Touaourou et Merlet qu'au Phare Amédée, à Kouaré et Pott. Elle semble particulièrement lente à Niénane.

Les sites où ont été effectués les marquages ne sont pas caractéristiques de faciès récifaux bien précis : il serait hasardeux de généraliser mais nous pouvons dire qu'il n'est pas étonnant d'observer une croissance plus rapide sur platier et cuvettes récifales, zones généralement fréquentées par les trocas. Les rochers non coralliens ne semblent pas très favorables mais c'est un site rarement rencontré envahi par les trocas.

3.3.4. Choix d'une courbe de croissance moyenne pour les trocas de Nouvelle-Calédonie et comparaison avec les croissances obtenues par d'autres auteurs.

Nous avons vu précédemment qu'un paramètre L_{∞} commun à toutes les stations ne modifiait que dans une très faible mesure la concordance croissance théorique-données observées, pour toutes les classes de tailles ; le choix d'une courbe de croissance moyenne conduit à sélectionner une valeur de K, également commune. Le traitement de l'ensemble des données, celles de Niénane exclues car le site composé de rochers est très particulier, a donné :

$$K = 0,19$$

Nous pouvons ainsi établir un tableau taille/âge et le comparer à ceux décrits par d'autres auteurs (Tableau 5).

Tableau 5 - Accroissements annuels du diamètre des coquilles de trocas obtenus par différents auteurs.

AGE Relatif (ans)	GRAND DIAMETRE (cm)				
	MOORHOUSE 1932 Gde. Barrière	RAO 1936 Iles Andaman	ASANO 1940 Ile Palau	GAIL 1958 Nlle. Calédonie	BOUR et al. 1982 Nlle. Calédonie
t	2,5 à 3			3,5	3,5
t + 1	5 à 6	5	5	6,5	5,4
t + 2	7,8	5 à 8	7,6	8,0	7,0
t + 3		8 à 10	8,8	9,5	8,2
t + 4) 10 à 11		11,0	9,2
t + 5			10,0		
t + 6) 11 à 12			10,6
t + 7			11,2		
t + 8) 12 à 14			11,6
t + 9			11,9		
t + 10					12,2
t + 11					12,4

La comparaison est faite au niveau des accroissements annuels, à partir d'un temps t, car aucun des auteurs cités ne prétend connaître l'âge absolu des trocas.

La lecture du tableau 5 met en évidence une assez bonne concordance des croissances obtenues par différents auteurs. Tous ont utilisé la mesure périodique du grand diamètre des coquilles mais les techniques ont varié et, surtout, les localisations géographiques sont parfois fort éloignées les unes des autres.

Les accroissements publiés par GAIL (1958) pour des trocas néo-calédoniens sont plus élevés que ceux fournis par notre courbe moyenne mais ils sont très voisins des accroissements décrits par la courbe obtenue pour la station Touaourou seule (fig.5). Il est possible que les marquages effectués par GAIL aient eu lieu dans des sites aussi favorables que celui de Touaourou et représente ainsi un cas particulier ; la publication de GAIL ne fournit pas d'éléments permettant de trancher.

4. ETUDE DE LA MORTALITE NATURELLE

Dans chacun des secteurs où ont été effectuées les mesures de croissance par recapture, plusieurs trocas marqués ont été recapturés morts. On a élaboré un modèle tenant compte du fait que ces animaux laissent sur place, après leur mort, une coquille vide.

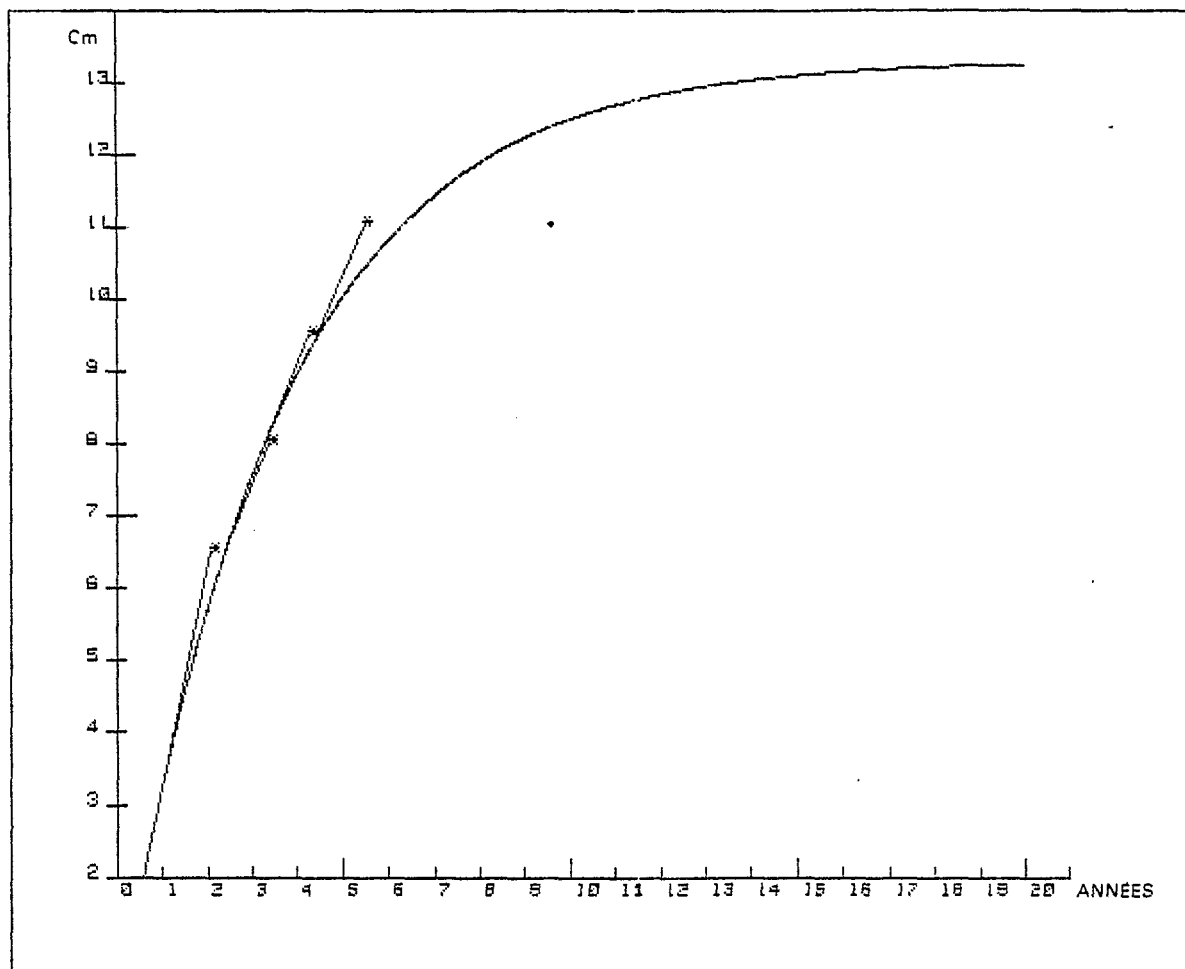


Figure 5 - Taux de croissance observés par GAIL (1958) comparés à la courbe de croissance calculées pour TOUAOUROU.

4.1. Présentation du modèle

On considérera dans la présentation du modèle trois pêches de recapture sur un échantillon de N trocas marqués.

a) Les paramètres de mortalités et de migration

- m : taux de mortalité naturelle, supposé indépendant de l'âge du troca.
- F : taux de "disparition" du secteur de marquage. Il comprend la mortalité par pêche, la migration hors de la zone prospectée, la dissimulation totale (c'est-à-dire le fait pour l'animal de se cacher de façon si efficace qu'il ne pourra plus jamais être vu), la perte de marque.

Ainsi sachant que le troca est vivant dans la station de marquage à l'instant t_0 , 3 événements sont possibles à l'instant t .

1) Le troca est vivant et sur le lieu de marquage

$X(t - t_0) = \exp(- (F + m) (t - t_0))$ est la probabilité de cet évènement.

2) Le troca est mort de mort naturelle (et par hypothèse resté sur les lieux de marquage)

$M(t - t_0) = \frac{m}{m + F} (1 - \exp(- (F + m) (t - t_0)))$

3) Le troca a disparu

$F(t - t_0) = \frac{F}{m + F} (1 - \exp(- (F + m) (t - t_0)))$

b) Les paramètres de recapture

Certains trocas ne sont pas vus lors de la première pêche de recapture mais lors de la seconde ou la troisième. On déduit de cela de précieux renseignements sur les taux de recapture p_1, p_2, p_3 .

c) Les différents cas possibles lors des pêches de recapture

Les 3 états suivants sont possibles

2 = le troca est vu vivant

1 = le trocas est vu mort

0 = le trocas n'est pas vu

On notera (I,J,K) les 3 états successifs d'un animal lorsqu'il y a eu 3 pêches de recapture.

T_1, T_2, T_3 sont les temps écoulés en mois entre le marquage et la première pêche, la première pêche et la seconde, la seconde et la troisième.

Les 12 cas suivants se sont présentés lors des pêches de recaptures ; leurs probabilités sont explicitées :

$$p(1) : P(2,0,0) = X(T_1) p_1 \{ F(T_2) + X(T_2) Q_2 \{ (F(T_3) + Q_3 (1 - F(T_3))) \} + M(T_2) Q_2 Q_3 \}$$

$$p(2) : P(0,0,0) = F(T_1) + M(T_1) Q_1 Q_2 Q_3 + Q_1 X(T_1) \{ F(T_2) + M(T_2) Q_2 Q_3 + Q_2 X(T_2) (F(T_3) + (1 - F(T_3)) Q_3) \}$$

$$p(3) : P(2,2,0) = p_1 p_2 X(T_1 + T_2) \{ F(T_3) + (1 - F(T_3)) Q_3 \}$$

$$p(4) : P(1) = p_1 M(T_1)$$

$$p(5) : P(2,2,2) = p_1 p_2 p_3 X(T_1 + T_2 + T_3)$$

$$p(6) : P(0,2,0) = q_1 p_2 X(T_1 + T_2) \{ F(T_3) + (1 - F(T_3)) Q_3 \}$$

$$p(7) : P(2,1) = p_1 p_2 X(T_1) M(T_2)$$

$$p(8) : P(0,1) = q_1 p_2 M(T_1 + T_2)$$

$$p(9) : P(2,0,1) = X(T_1) M(T_2 + T_3) p_1 q_2 p_3$$

$$p(10) : P(0,2,2) = X(T_1 + T_2 + T_3) q_1 p_2 p_3$$

$$p(11) : P(0,0,2) = X(T_1 + T_2 + T_3) q_1 q_2 p_3$$

$$p(12) : P(2,0,2) = X(T_1 + T_2 + T_3) p_1 q_2 p_3$$

3 autres cas sont possibles : (2,2,1), (0,2,1), (0,0,1).

4.2. Méthode d'estimation des paramètres

L'échantillon de N trocas suivra une loi multinomiale de probabilités $p(1), \dots, p(12)$.

Si $n(i)$ est le nombre de trocas dans le cas i , on a :

$$P(n(1), \dots, n(12) / p_1, p_2, p_3, m, f) = \frac{\pi p(i)^{n(i)} \times N!}{n(1)! \dots n(12)!}$$

On cherchera les valeurs $(p_{o1}, p_{o2}, p_{o3}, m_o, f_o)$ maximisant la valeur $P(n(1), \dots, n(12) / p_1, p_2, p_3, m, f)$.

Ces valeurs seront celles de l'estimateur χ_o du maximum de vraisemblance. Cet estimateur a été obtenu en utilisant la méthode de Newton. La convergence vers l'extremum est effectuée par itération $\chi_{n+1} = \chi_n - (H(\chi_n))^{-1} G(\chi_n)$ où χ_n est l'estimateur au $n^{\text{ième}}$ pas de l'itération, $G(\chi_n)$ le gradient en χ_n et $H(\chi_n)$ la matrice des dérivées partielles du second ordre.

4.3. Résultats

Après avoir calculé χ_o , on a comparé les résultats observés (c'est-à-dire le nombre de trocas observés correspondant à chaque cas possible) aux valeurs moyennes prédites à partir de l'estimateur χ_n . En effet, N étant le nombre d'individus échantillonnées, le nombre de trocas observés dans le cas i de probabilité

$P(i/P_o1, P_o2, P_o3, m_o, f_o)$ sera d'espérance $N \times P(i/P_o1, P_o2, P_o3, m_o, f_o)$.

Les tableaux 6 (stations ayant donné lieu de 2 pêches de recapture) et 7 (stations à 3 pêches de recapture), exposent ces résultats.

Une valeur moyenne m de la mortalité naturelle mensuelle a été calculée de la façon suivante :

$$m = \frac{(.0098 \times \sqrt{63} + .0072 \times \sqrt{58} + .005 \times \sqrt{24} + .0039 \times \sqrt{36} + 0.007 \times \sqrt{20})}{(\sqrt{63} + \sqrt{58} + \sqrt{24} + \sqrt{20} + \sqrt{36})}$$

m est la valeur moyenne des mortalités calculées par station ponctuées par la racine carrée du nombre de trocas vus. Le taux annuel est alors égal à : $1 - \exp(-.0068 \times 12) = .078$.

La valeur moyenne obtenue constitue une estimation très plausible de la mortalité naturelle. Faute d'un nombre suffisant de trocas marqués et recapturés, il n'est toutefois pas possible de mieux la préciser et de lui donner un intervalle de confiance.

5. ETUDE DU RENDEMENT PAR RECRUE DANS LA PERSPECTIVE D'UNE EXPLOITATION OPTIMALE

5.1. La notion de rendement par recrue

La notion de recrutement, c'est-à-dire le processus par lequel la fraction juvénile de la population s'intègre à la partie "pêchable" est dans notre cas tout à fait artificielle et indépendante d'un facteur saisonnier ou autre, contrairement à de nombreuses espèces. Le recrutement se fait de façon continue, les pontes étant étalées dans le temps et les animaux fixés dès leur premier âge sur les lieux de pêche. Dans le modèle que nous nous

Tableau 6

	MERLET		TOUAOUROU		KOUARE	
	Nombre de trocas marqués	35		92		141
Nombre de trocas vus au moins une fois.	24		20		36	
Intervalle de temps en mois : T1 ; T2.	7,7 ; 20		2 ; 2,3		10,6 ; 10	
Nombre de trocas dans les différents cas :	Prédits	Réels	Prédits	Réels	Prédits	Réels
2,0	7.9	7	7.7	8	31.3	31
0,0	10.4	11	72.2	72	104.9	105
2,2	9.3	9	3.0	3	1.5	2
1	.8	2	.2	0	2.8	3
0,2	4.3	5	8.2	8	.3	0
2,1	1.3	1	.1	0	.1	0
0,1	1.0	0	.7	1	.1	0
Paramètres						
P1		.68		.27		.85
P2		.97		.72		.16
m		.0050		.0070		.0039
f		.028		.407		.118

Notation :

2 : le troca est vu vivant

1 : le troca est vu mort et retiré de la station

0 : le troca n'est pas vu

N.B. : Le point décimal "anglo-saxon" (Ex : .028) a été utilisé pour éviter les confusions avec la description des cas possibles (Ex : 2,0,1).

Tableau 7

(1) en plaçant ceux qui ont été retrouvés sans étiquette dans des cas estimés.

(2) en considérant non vus ceux qui ont perdu leur étiquette.

	MERLET		PHARE AMEEDÉ 1		PHARE AMEEDÉ 2	
	Nombre de trocas marqués	122		107		96
Nombre de trocas vu au moins une fois.	63		61		58	
Intervalles de temps en mois : T1 ; T2 ; T3.	10; 7,7;20		5;3;7		6;3;4	
Nombre de trocas dans les différents cas	Prédits	Réels (1) (2)		Prédits	Réels	Prédits Réels
2,0,0	27.9	33	28	20.3	22	10.2 11
0,0,0	61.1	59	64	49.3	46	38.9 38
2,2,0	13.4	7	10	12.1	13	15.5 14
1	7.3	9	9	6.8	11	2.4 3
2,2,2	2.4	6	3	2.8	1	13.9 16
0,2,0	1.9	4	4	4.9	7	5.6 7
2,1	1.7	2	2	1.4	0	.7 0
0,1	.9	1	1	2.1	2	1.1 2
2,0,1	1.4	1	1	1.1	0	.1 0
0,2,2	.4	0	0	1.1	2	5.0 3
0,0,2	.2	0	0	.9	0	.5 1
2,0,2	1.5	0	0	2.2	3	1.3 1
Paramètres						
P1	.87			.71		.73
P2	.62			.56		.91
P3	.67			.43		.65
m	.0098			.024		.0072
f	.0669			.102		.0781

proposons de développer, nous avons fixé une taille seuil (LR) à partir de laquelle le devenir des animaux sera étudié en détail. L'individu sera considéré "recruté" lorsqu'il a atteint LR (6 cm). Ensuite il sera soumis à une mortalité naturelle que nous supposerons à taux constant puis à une mortalité par pêche lorsqu'il dépassera la taille LP (taille à la lère capture).

5.2. Les paramètres du rendement par recrue

- La courbe de croissance en longueur

$$L(t) = L_{\infty}(1 - e^{-kt}) \quad L \text{ est exprimé en cm.}$$

et son inverse donnant l'âge en fonction de la longueur

$$T(L) = \frac{1}{k} \log \left(\frac{L_{\infty}}{L_{\infty} - L} \right), L_{\infty} = .13.3, K = .24$$

La valeur de K choisie est une valeur acceptable dans le cas d'un milieu favorable aux trocas, c'est-à-dire propice à la pêche.

- La courbe de croissance en poids

$$P(t) = aL(t)^b = aL_{\infty}^b (1 - e^{-kt})^b$$

P est exprimé en gramme ; a = 0.30 et b = 2.95.

Les paramètres de la relation diamètre - poids de la coquille vide ont été estimés à partir d'un échantillon de 267 trocas provenant de Touaourou et du Phare Amédée.

- La mortalité naturelle m ; m = .078.

- La mortalité par pêche F.

Soumis aux taux de mortalité globale $Z = m + F$ et

si N_0 est le nombre d'individus au temps t_0 , le nombre d'individus survivant au temps t est :

$$N(t) = N_0 e^{-Z(t - t_0)}$$

$F = .6$ et $F = .4$ donnent les taux de survie au bout de 2 ans : 25 % et 37 % respectivement. L'effort de pêche (d'après des observations empiriques de la survie), se situant actuellement dans l'intervalle (0.4, 0.6) suivant les secteurs.

- La valeur commerciale

3 classes ont été considérées.

1°/ La meilleure catégorie = animaux de moins de 10 cm

$$V(t) = 1.3 P(t)$$

2°/ La seconde catégorie : animaux de plus de 10 cm et moins de 12 cm

$$V(t) = 1.15 P(t)$$

3°/ La troisième catégorie : animaux de plus de 12 cm

$$V(t) = P(t)$$

5.3. Le rendement en valeur par recrue

Si LP est la longueur à la première pêche, l'individu sera soumis à la mortalité naturelle entre les temps T (LR) et T (LP).

Le taux de survie à la taille LP sera donc :

$$N (T (LP) - T (LR)) = e^{-m(T (LP) - T (LR))}$$

On obtiendra, en fonction de la taille LP, le rendement par recrue suivant :

$$R (LP) = e^{-m(T (LP) - T (LR))} \int_{T(LP)}^{\infty} V (t) \frac{F}{m + F} N (t - T (LP)) dt$$

L'intégration a été effectuée de façon numérique sur ordinateur.

5.4. Résultats

La figure 6 montre, en fonction de la taille minimale LP, le rendement en valeur qu'il est possible d'obtenir lorsque F = .5 .

On s'aperçoit alors qu'il est intéressant d'augmenter LP jusqu'à 11 cm, la croissance en poids étant supérieure à la mortalité naturelle. Cependant il est certain que la demande en coquilles âgées ne serait pas suffisante et que les cours de celles-ci baisseraient. Augmenter LP de 8 cm (actuel) à 9 cm serait déjà appréciable pour le rendement.

Un autre aspect très important du passage de LP = 8 cm à LP = 9 cm est le gain réalisable en biomasse féconde. Si un animal est mature à 7 cm (environ 3 ans) il atteindra 8 cm 6 mois plus tard et 9 cm un an à un an et demi plus tard. Le temps où la ponte est possible est quasiment nul dans le premier cas alors qu'il ne l'est plus dans le second cas. D'autre part, les animaux de 9 cm émettent un nombre de gamètes bien supérieur à celui des animaux de 8 cm.

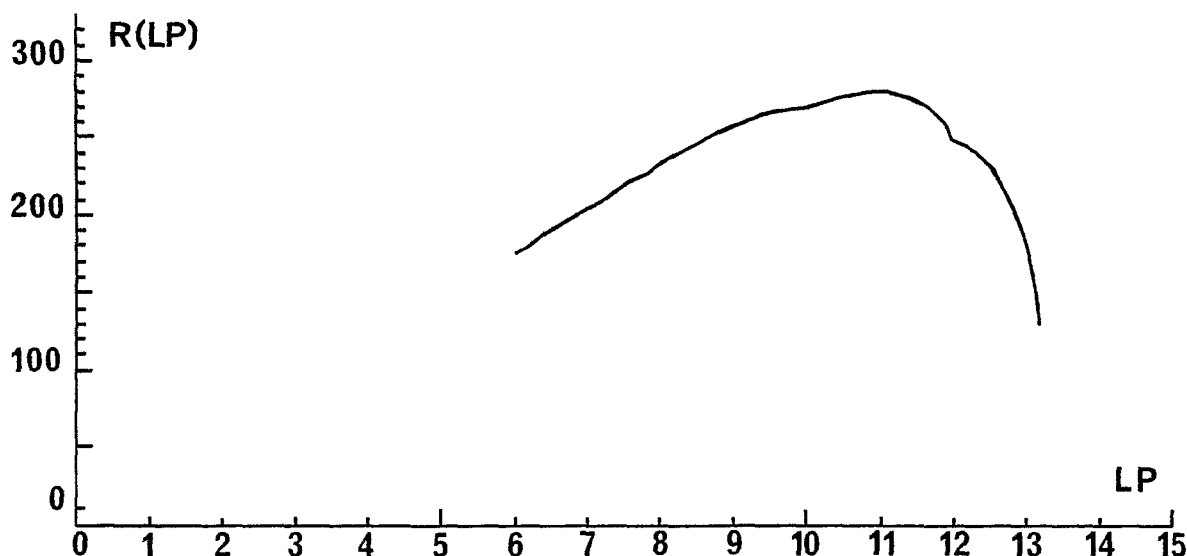


Figure 6 - Rendements en valeur par recrue en fonction de la taille à la première capture. (K = .24, m = .078, F = .5).

CONCLUSION

La technique du marquage des coquilles s'est révélée efficace pour mesurer le rythme de croissance des trocas ; en effet, des taux de recaptures non négligeables ont pu être obtenus, même après de nombreux mois de liberté et beaucoup de coquilles ont été recapturées plusieurs fois.

La croissance des trocas semble très variable suivant les conditions de l'environnement ; nous avons mis en évidence le rôle de leur situation sur le récif mais il est vraisemblable que d'autres facteurs tels que les caractéristiques hydrologiques et l'agitation de l'eau, ont une action décisive sur le rythme de la croissance. Des travaux ultérieurs sont à envisager pour préciser ces facteurs externes mais, dans un premier temps, la croissance moyenne calculée montre un net ralentissement après 6 à 7 ans d'âge.

Le récif barrière quand il est étroit apparaît moins favorable et serait le plus vulnérable dans ce cas. Il paraît opportun, dans un premier temps, d'augmenter la taille minimale à la première capture et peut-être d'interdire momentanément la pêche. La première mesure entraînera, après un délai assez court, une augmentation des tonnages pêchés et de la biomasse féconde. La seconde mesure permettra le maintien de la population de trocas dans des zones où elles sont fortement menacées. Dans un proche avenir, il n'est pas impossible d'espérer obtenir une production de juvéniles à partir d'une éclosure et de procéder au repeuplement du lagon Calédonien.

o
o o

NOTA BENE : Ce texte est la version condensée, en particulier pour la partie mathématique, d'un document multigraphié du laboratoire d'océanographie du Centre ORSTOM de Nouméa. Il peut être obtenu sur simple demande à l'auteur principal.

BIBLIOGRAPHIE

- ANGOT (M.), 1958 - Trochus research in New Caledonia . S.Pac.Comm.Quart.Bull., 4 : 25-33
- ASANO (N.), 1940 - On the growth of top shell. Journ.Fish., Tokyo, 35 (4) : 92-98
- BOUCHET (P.) et BOUR (W.), 1980 - The trochus fishery in New Caledonia. S.Pac.Comm.Fish. News, 20 : 9-12
- DEVAMBEZ (L.), 1960-1957 - Trochus transfer to Cooks apparently successful. S.Pac.Bull., 10:31-36
- GAIL (R.), 1958 - Contribution à l'étude du trochus en Nouvelle-Calédonie. Rapport O.R.S.T.O.M. Nouméa, (polycopié), 37 p.
- GAIL (R.) et DEVAMBEZ (L.), 1958 - Selected annotated bibliography of trochus. S.Pac.Comm. Tech.Pap., 111, 17 p.
- GULLAND (J.A.), 1969 - Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie : analyse des populations. Manuels FAO de science halieutique, 4, 160 p.
- HESLINGA (G.A.), 1980 - Report on Palau's trochus hatchery projet. S.Pac.Comm.Fish.News, 20:4-8
- JONES (R.), 1966 - Manuel sur les méthodes d'évaluation des stocks ichthyologiques. 4è partie. Le Marquage. FAO Fish.Techn.Pap., 51 suppl. 1, 104 p.
- JOSSE (E.), LE GUEN (J.C.), KEARNEY (R.), LEWIS (A.), SMITH (A.), MAREC (L.) et TOMLINSON (P.K.), 1979 - Croissance des bonites à ventre rayé. Doc.occ.C.P.A., 11, 83 p.
- LE GUEN (J.C.), 1973 - Croissance des Albacores (Thunnus albacares). Doc.Scient.CRO Abidjan, IV (3) : 1-28 .
- Mc GOWAN (J.R.), 1957 - Trochus studies in U.S. Trust Territory. S.Pac.Comm.Quart.Bull., 7:22-26
- Mc GOWAN (J.R.), 1958 - The trochus fishery of the trust territory of the Pacific Island. Unpubl.Rept.High.Commissioner, U.S. Trust Territory of the Pacific Island, 46 p.
- MILLER (R.G.), 1974 - The Jackknife - a review. Biometrika, 61 : 1-15.
- MOORHOUSE (F.W.), 1932 - Notes on Trochus niloticus . Sci.Rept.Gt.Barrier Reef Exped., 1928-1929, 3 (5) : 145-155 .
- PEARSON (R.G.), 1980 - Assessment and management of Fisheries for sessile Invertebrates . Seminar on Marine and coastal processes in the Pacific. Port Moresby 1980. 42 p.
- RAO (H.S.), 1936 - Observations on the Growth and longevity of Trochus niloticus Linn. in the Adaman Islands. Records of the Indian Museum, Calcutta, 38 : 473-499 .
- RAO (H.S.), 1937 - On the habit and habitats of Trochus niloticus Linn. in the Adaman Seas. Records of the Indian Museum. Calcutta, 39 (part I) : 47-82.
- RAO (H.S.) et RAJA (K.C.K.E.), 1936 - Statistical Study of the Data of Growth in Shelles of Trochus niloticus Linn. in Andaman waters. Records of the Indian Museum. Calcutta, 38: 500-503 .
- RICKER (W.E.), 1975 - Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Journal Fish.Res.Board of Canada, Bull.191, 382 p.
- RISBEC (J.), 1930 - Etude d'un mollusque nacrier, le troque (Trochus niloticus L.) . Faune des Col.Frang., tome 4, fasc.2 : 149-189 .
- STOJKOVICH (J.O.) et SMITH (B.D.), 1978 - Survey of the edible marine shellfish and sea urchins on the reefs of Guam. Aquatic Wildl. Resources Div., Guam Dept. Agric., Tech. Rept., 2, 65 p.