

T H E S E

Présentée à

L'UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE II
FACULTE DES SCIENCES DE LUMINY

pour obtenir le grade de

DOCTEUR

par

LEONARDO SANTARELLI CHAURAND

LES PECHERIES DEBUCCIN

(Buccinum undatum L. : Gastropoda) DU

GOLFE NORMAND-BRETON

Éléments de gestion de la ressource

Soutenue le 27 juin 1985, devant la Commission d'Examen

Mr. F. BLANC : Président

Mr. A. AMANIEU

Mr. M. TRAVERS

Mr. A. LAUREC

Mr. Ph. GROS

AVANT-PROPOS

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur le Professeur J.M. PERES qui m'a accueilli à l'Université d'Aix-Marseille en début de 3^{ème} cycle.

Monsieur le Professeur F. BLANC a bien voulu suivre l'évolution de mon travail et me fait aujourd'hui l'honneur de présider ce jury. Je l'en remercie vivement.

Par son enseignement en D.E.A., Monsieur le Professeur M. TRAVERS m'a apporté des connaissances en écologie qui me sont précieuses. Je suis très heureux de sa participation à ce jury de thèse.

Ma très sincère reconnaissance va aussi à Monsieur le Professeur M. AMANIEU pour l'intérêt qu'il a bien voulu porter à mon travail en acceptant de le juger.

Il m'est agréable d'exprimer ma gratitude à Monsieur A. LAUREC qui, malgré des responsabilités très prenantes, a accepté d'évaluer cette étude.

Messieurs L. ANTOINE et J.C. DAO ont joué un rôle essentiel dans la définition de mon sujet de thèse. Qu'ils en soient ici remerciés.

En assurant la direction scientifique de ce travail, Monsieur Ph. GROS m'a fait bénéficier de ses larges connaissances en écologie et mathématiques. Monsieur P. BERTHOU n'a cessé de m'encourager et de contribuer à l'élaboration de cette étude. Leur expérience et leur amitié m'ont été précieuses. Je les en remercie vivement.

Je garderai un très vivant souvenir de l'accueil et de la collaboration des bulotiers et des employés de la criée de Granville. Ma gratitude va en particulier à Monsieur L. TANGUY qui, à travers des liens d'amitié, a su me transmettre une partie de son savoir-faire.

Les analyses isotopiques ont été réalisées grâce à la collaboration de Madame C. VERGNAUD GRAZZINI et de Monsieur J.F. SALIEGE. La réalisation de la couverture, et celle de nombreuses figures, est due à Madame S. GROS. La frappe de cette thèse a été assurée grâce à un système de traitement de texte mis à ma disposition par Messieurs M. SEGONZAC et J.R. LE COZ. Que toutes ces personnes soient ici remerciées.

Je n'aurais pas pu mener à terme ce travail sans l'appui moral et financier de l'Université Nationale Autonome du Mexique. C'est à Messieurs A. AYALA CASTANARES et A. LAGUARDA que je suis plus particulièrement reconnaissant.

the way to being lies in
penetrating the surface
and grasping reality

Erich Fromm

LES PECHERIES DE BUCCIN (Buccinum undatum L. : GASTROPODA) DU GOLFE
NORMAND- BRETON. ELEMENTS DE GESTION DE LA RESSOURCE.

Page

I.- INTRODUCTION

II.- LES PECHERIES DE BUCCIN DANS LE GOLFE NORMAND-BRETON

II.1 Les caractéristiques physiques du golfe	4
II.2 Les origines des pêcheries de buccin dans le golfe	7
II.3 Les secteurs de pêche	7
II.4 Les flottilles	9
II.5 La pêche au buccin	13

III.- LA PRODUCTION, L'EFFORT DE PECHE, LES PRISES PAR UNITE D'EFFORT ET
LE CONTEXTE ECONOMIQUE

III.1 La production: historique - tendances actuelles	17
III.2 L'organisation de la production et les tentatives de régulation du marché	22
III.3 L'effort de pêche	23
III.4 Les sources de variation des prises par unité d'effort (p.u.e.)	29
III.5 Utilisation d'un modèle global	43
III.6 Le compte d'exploitation du "bateau moyen"	52
III.7 Conclusion	63

IV.- DYNAMIQUE DE LA POPULATION: ACQUISITION DES VARIABLES D'ENTREE
DU MODELE STRUCTURAL

Page

IV.1 Eléments de la biologie du buccin	67
IV.2 Estimation de la densité et de l'abondance du stock "commercial"	76
IV.3 Détermination de l'âge individuel à l'aide des stries operculaires	100
IV.4 Etude de la croissance	111
IV.5 Echantillonnage des débarquements: estimation de la structure démographique	115
IV.6 Estimation des coefficients de mortalité et de l'abondance des recrues	130

V.- MODELISATION BIOECONOMIQUE DE LA PECHERIE BULOTIERE
DU PORT DE GRANVILLE

V.1 Description de la dynamique des stocks exploités à l'aide du modèle structural de Ricker	146
V.2 Couplage du modèle de Ricker avec un modèle économique	161

VI.- CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE 1	Histogrammes de distribution de fréquence des hauteurs de la coquille	178
ANNEXE 2	Histogrammes de distribution de fréquence des hauteurs de la coquille par classe d'âge	181
ANNEXE 3	Relation entre la taille individuelle et la vitesse de déplacement	189
ANNEXE 4	Description de la pêcherie de buccin du Wash (Royaume-Uni)	191

IV. - DYNAMIQUE DE LA POPULATION: ACQUISITION DES VARIABLES D'ENTREE DU MODELE STRUCTURAL

IV.1 Eléments de la biologie du buccin

1.1 Inventaire bibliographique

1.2 Sex-ratio, période de reproduction et première taille de maturité sexuelle dans le golfe normand-breton

1.3 Biométrie

IV.2 Estimation de la densité et de l'abondance du stock

2.1 Observation in_situ d'un casier à l'aide d'une caméra sous-marine

2.2 Estimation de la surface de pêche d'un casier et de la densité des buccins dans le secteur "Baie" à l'aide d'une filière expérimentale

2.3 Estimation de la densité et de l'abondance du stock "commercial" dans le secteur "Sauvages" par la méthode de De Lury

IV.3 Détermination de l'âge individuel à l'aide des stries operculaires

3.1 Méthodes

3.2 Résultats et discussion

3.3 Conclusion

IV.4 Etude de la croissance

IV.5 Echantillonnage des débarquements: estimation de la structure démographique

5.1 Présentation du protocole

5.2 Estimation de $T'a$: effectif débarqué par classe d'âge et par secteur géographique entre mars 1983 et février 1984

5.3 Estimation de T' : effectif total débarqué par secteur géographique entre mars 1983 et février 1984

5.4 Résultats et discussion

IV.6 Estimation des coefficients de mortalité et de l'abondance des recrues

6.1 Sélectivité de l'engin de pêche et du tri

6.2 Estimation des coefficients de mortalité et de l'abondance des recrues.

6.3 Estimation de la mortalité globale par pêche dans le secteur "Sauvages"

V.- MODELISATION BIECONOMIQUE DE LA PECHERIE BULOTIERE DU PORT DE GRANVILLE

V.1 Description de la dynamique des stocks exploités à l'aide du modèle structural de Ricker

1.1 Présentation générale du modèle

1.2 Application à la pêche granvillaise

1.3 Résultats et discussion

1.4 Conclusion

V.2 Couplage du modèle de Ricker avec un modèle économique

2.1 Méthodes

2.2 Résultats et discussion

VI.- CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

- ANNEXE 1 Histogrammes de distribution de fréquence des hauteurs de la coquille
- ANNEXE 2 Histogrammes de distribution de fréquences des hauteurs de la coquille par classe d'âge
- ANNEXE 3 Relation entre la taille individuelle et la vitesse de déplacement
- ANNEXE 4 Description de la pêche de buccin du Wash (Royaume-Uni)

III.4 Les sources de variation des prises par unité d'effort (p.u.e.)

4.1 Variations pluriannuelles des p.u.e. (1974 à 1983) considérées comme indice des fluctuations d'abondance des stocks

4.2 Variations saisonnières des prises par unité d'effort

4.2.1 Variations saisonnières des prises par casier
(octobre 82 - décembre 84)

4.2.2 Variations saisonnières des captures/marée/bateau
(mai 83 - octobre 84)

4.3 Effet du temps d'immersion sur les prises par casier

4.4 Conclusion

III.5 Utilisation d'un modèle global

5.1 Présentation générale des modèles globaux

5.2 Application au stock exploité par la flottille granvillaise
(stock 2)

5.3 Résultats et discussion

III.6 Le compte d'exploitation du "bateau moyen"

6.1 Le compte d'exploitation du "bateau moyen" en 1983

6.2 Performances économiques de la pêcherie en 1983.

6.3 Extrapolation à la période 1974-1982

6.4 Résultats et discussion

III.7 Conclusion

LES PECHERIES DE BUCCIN (Buccinum undatum L. : GASTROPODA) DU GOLFE
NORMAND- BRETON. ELEMENTS DE GESTION DE LA RESSOURCE.

I.- INTRODUCTION

II.- LES PECHERIES DE BUCCIN DANS LE GOLFE NORMAND-BRETON

II.1 Les caractéristiques physiques du golfe

II.2 Les origines des pêcheries de buccin dans le golfe

II.3 Les secteurs de pêche

II.4 Les flottilles

II.5 La pêche au buccin

III.- LA PRODUCTION, L'EFFORT DE PECHE, LES PRISES PAR UNITE D'EFFORT
ET LE CONTEXTE ECONOMIQUE

III.1 La production: historique - tendances actuelles

III.2 L'organisation de la production et les tentatives de
régulation du marché

III.3 L'effort de pêche.

3.1 Définition et unités

3.2 Evolution de l'effort nominal à Granville depuis 1974

3.3 Répartition spatio-temporelle de l'effort nominal développé et
des captures débarquées par la flottille granvillaise
en 1983 et 1984

I.- INTRODUCTION

Le buccin (Buccinum undatum L.), appelé aussi bulot ou ran, est un gastéropode prosobranché très commun dans l'Atlantique nord. Il est exploité commercialement par les flottilles artisanales de plusieurs pays européens et du Canada. En France, premier producteur européen (fig. 1), la quasi-totalité de la production de buccin est assurée par la flottille bulotière du golfe normand-breton qui en 1983 a débarqué 3 900 tonnes, soit une valeur marchande de près de 15 millions de francs.

Les points de débarquement sont multiples, mais la moitié de la flottille est concentrée à Granville (18 caseyeurs en 1983) où le développement de l'exploitation du buccin a suivi celle de la praire (Venus verrucosa), bénéficiant ainsi d'infrastructures portuaires et de commercialisation. L'étude du stock de praires, entreprise depuis 1978, a mis en évidence la nécessité de consacrer un effort de recherche aux pêcheries de buccin du golfe normand-breton, au moment où celles-ci faisaient l'objet d'un développement accéléré.

Les études des pêcheries de buccin ont débuté en 1982 par un stage de DEA d'Océanologie et ont été poursuivies dans le cadre de cette thèse, avec le soutien logistique du Centre de Brest de l'actuel IFREMER. Plusieurs considérations pratiques nous ont conduit à concentrer nos efforts sur le stock exploité par la flottille granvillaise. Bien que la plupart des résultats obtenus ne concernent que cette pêcherie, quelques conclusions devraient être généralisables à l'ensemble des pêcheries de buccin du golfe normand-breton. En 1983 et 1984, VERON et HUET ont étudié quelques caractéristiques biologiques du stock exploité par la flottille de la station maritime de Blainville.

Notre étude concerne le stock mais aussi les flottilles qui l'exploitent car l'objectif est de contribuer à prédire l'évolution de la pêcherie afin de proposer quelques mesures d'aménagement.

L'historique et l'évolution actuelle des pêcheries de buccin du golfe normand-breton sont présentées dans un premier temps (les flottilles, l'engin de pêche, la production, les rendements ainsi que quelques données économiques). La deuxième partie de la thèse concerne l'étude du stock exploité par la flottille granvillaise (première taille de maturité sexuelle, croissance, coefficients de mortalité et recrutement). Dans le dernier chapitre, ces données sont introduites dans le modèle de Ricker. Les résultats sont couplés à un modèle économique qui tente d'évaluer la rentabilité de l'exploitation du buccin en fonction de l'évolution de la flottille.

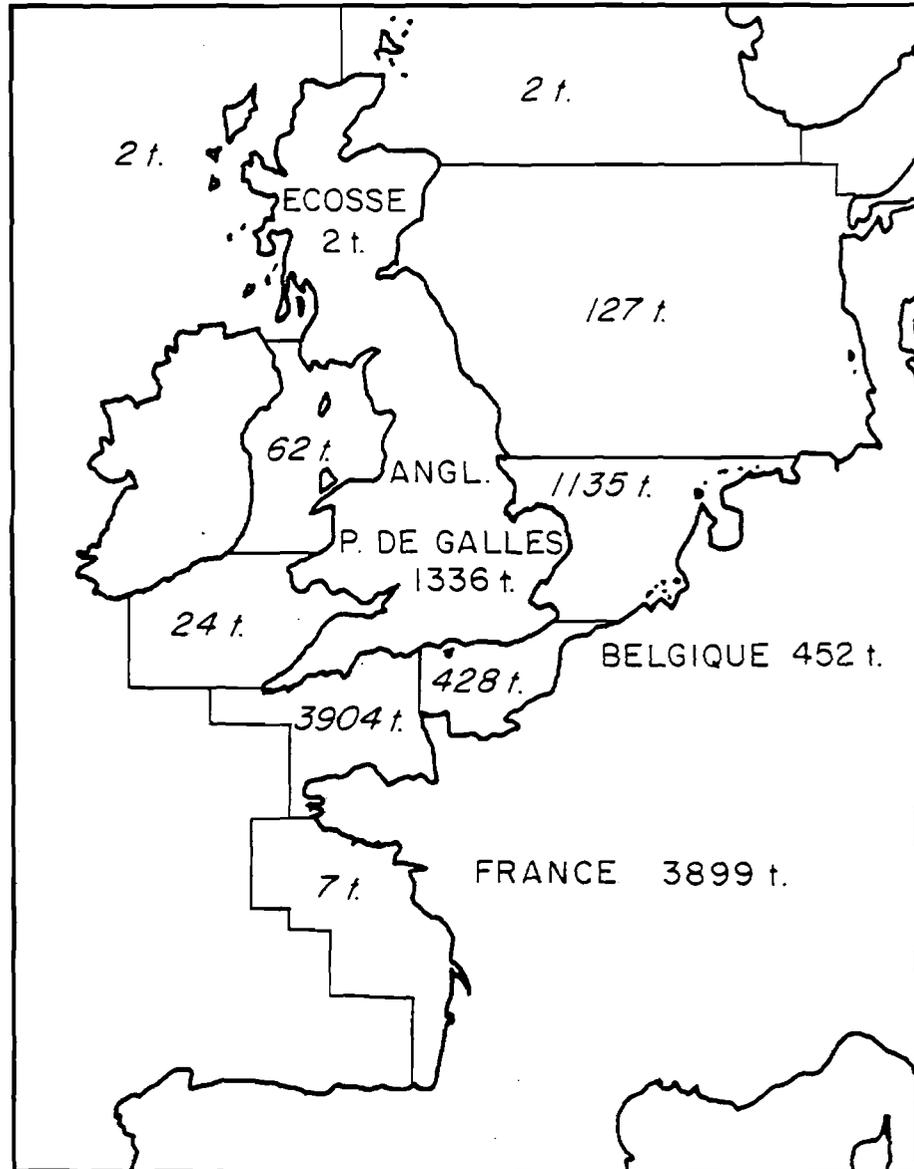


Figure 1.- Production européenne de buccins par pays et par zone en 1983, exprimée en tonnes/an.

CHAPITRE II

LES PECHERIES DE BUCCIN DANS LE GOLFE NORMAND BRETON

- II.1 Les caractéristiques physiques du golfe
- II.2 Les origines des pêcheries de buccin dans le golfe
- II.3 Les secteurs de pêche
- II.4 Les flottilles
- II.5 La pêche au buccin

II.1 LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU GOLFE

Le golfe normand-breton (fig. 2) est une entité géographique limitée par les côtes de Bretagne et du Cotentin. Les traits les plus remarquables sont l'amplitude exceptionnelle des marées (11.5 m de marnage en vive-eau moyenne dans la Baie du Mont St Michel), les profondeurs toujours inférieures à 50 m et les nombreuses îles dont beaucoup ne découvrent qu'à basse mer. Les marées sont de type biquotidien.

L'important brassage des eaux dû aux courants de marée (fig. 3; PINGREE et al., 1985) et à la houle interdit la formation d'une thermocline, et réduit l'amplitude de la variation saisonnière de la température de l'eau à environ 10°C (fig. 4).

La côte ouest du Cotentin bénéficie d'un climat océanique tempéré, très largement influencé par les courants atmosphériques humides et frais venant de l'Atlantique. Les températures mensuelles moyennes de l'air vont de 17.5 °C en août à 5.5 °C en janvier. Les vents sont de dominante nord-ouest et les coups de vents (vitesse 45 km/h) de secteur ouest.

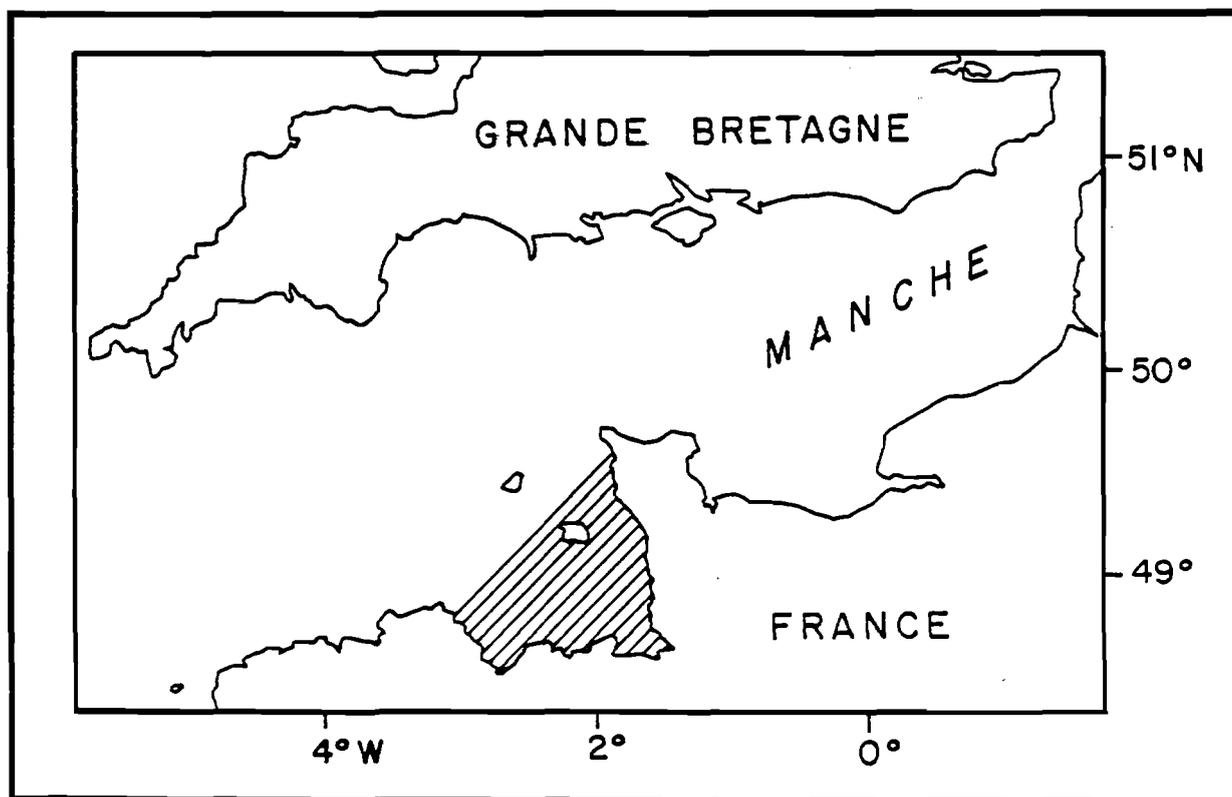


Figure 2.- Situation géographique du golfe normand-breton

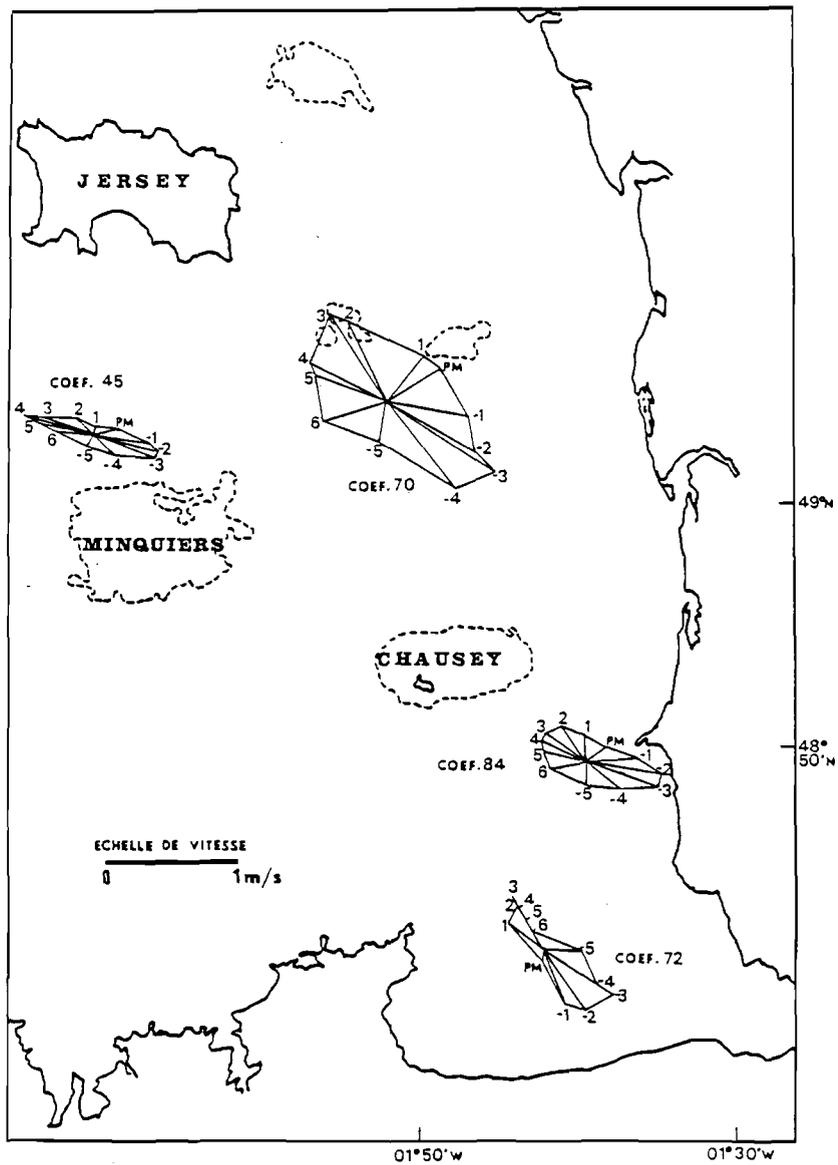


Figure 3.- Courants de marée dans le golfe normand-breton
 (Sources: EDF, Lab. Nat. Hydraul., 1961; LCHF, 1982)

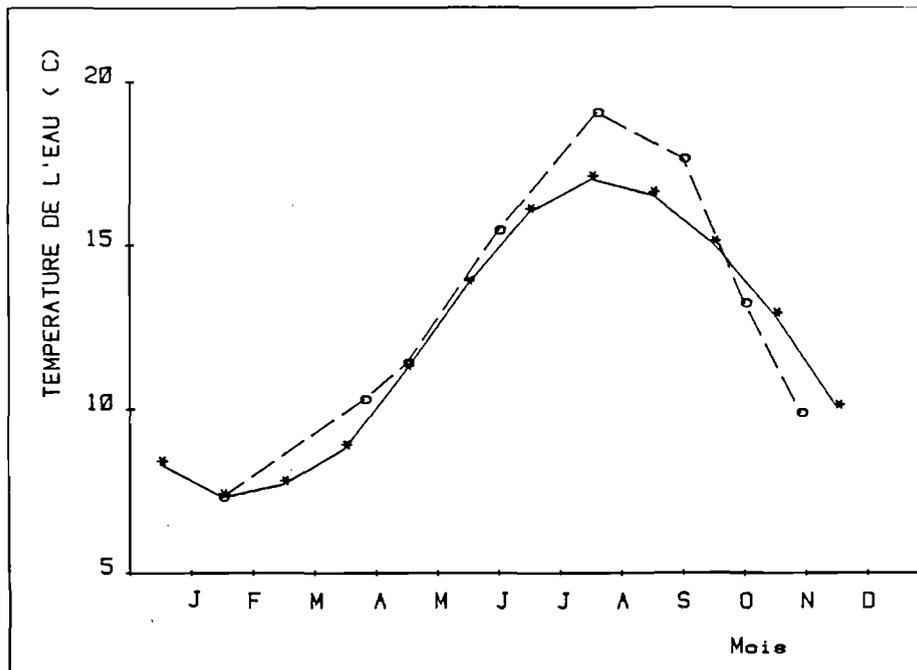


Figure 4.- Variation saisonnière de la température de l'eau de mer. La ligne pointillée représente les valeurs enregistrées en 1982 au sud des îles Chausey (ELGMM, 1983). La ligne continue représente l'évolution de la moyenne mensuelle de la température de fond, calculée par le modèle d'AGOUMI *et al.* (1983) pour la période 1962-1978.

II.2 LES ORIGINES DES PECHERIES DE BUCCIN DANS LE GOLFE

JOUBIN (1911) est l'un des premiers auteurs à décrire la pêche au buccin dans le golfe normand-breton (captures de quelques centaines de kg par an, à pied et à la drague). Déjà au XV^{ème} siècle, les bretons et les normands qui pêchaient la morue sur le Banc de Terre-Neuve utilisaient le bulot comme appât (LE DANDUIS, 1924). Dans l'ouest Cotentin, les premiers casiers à bulot ont été utilisés dans les années cinquante. Depuis cette date, la production annuelle de la zone est passée de quelques tonnes à près de 4000 tonnes en 1983 (soit pratiquement 100% de la production nationale). Cette progression s'accompagne d'un développement technologique (cf. § II.5) et de l'augmentation de l'effectif des flottilles de Granville et de la station de Blainville (1) (cf. § III.3) qui constituent actuellement les points quasi-exclusifs de débarquement. Depuis 1982, une pêcherie tend à se développer sur la côte Nord-Bretagne, particulièrement à St. Malo.

II.3 LES SECTEURS DE PECHE

La population de B. undatum du golfe normand-breton peut être divisée en 3 unités de gestion ou stocks (fig. 5) correspondant aux zones de pêche des flottilles de la station de Blainville (stock 1), du port de Granville (stock 2) et St Malo (stock 3). Ce partage se justifie dans la mesure où les zones de pêche ne se chevauchent pas et que le buccin ne présente ni mouvements migratoires (HANCOCK, 1963; GOWANLOCH, 1926), ni phase larvaire planctonique (cf. § IV.1.1). L'essentiel de notre étude a été centré sur le stock 2, exploité par les bulotiers granvillais. A partir des renseignements fournis par les professionnels et d'observations sur le terrain, cette dernière unité a été divisée en 3 sous-stocks (fig. 5) correspondant à 3 secteurs géographiques:

- le secteur "Baie" (dans la Baie du Mont St Michel)
- le secteur "Sauvages" (au voisinage des Iles Sauvages)
- le secteur "Sud Chausey" (au sud de l'archipel de Chausey)

Cette division en secteurs a pour ambition de se rapprocher du cas

(1): Une station maritime est une unité administrative des Affaires Maritimes. La station de Blainville s'étend de Regneville à St Germain/Ay.

idéal où le stock est un ensemble isolé et homogène qui constitue une entité indépendante d'autres stocks de la même espèce (LAUREC et LE GUEN, 1981), et repose sur la répartition spatiale de l'effort de pêche et sur la mise en évidence de quelques différences biométriques d'un secteur à l'autre (cf. IV.1.3).

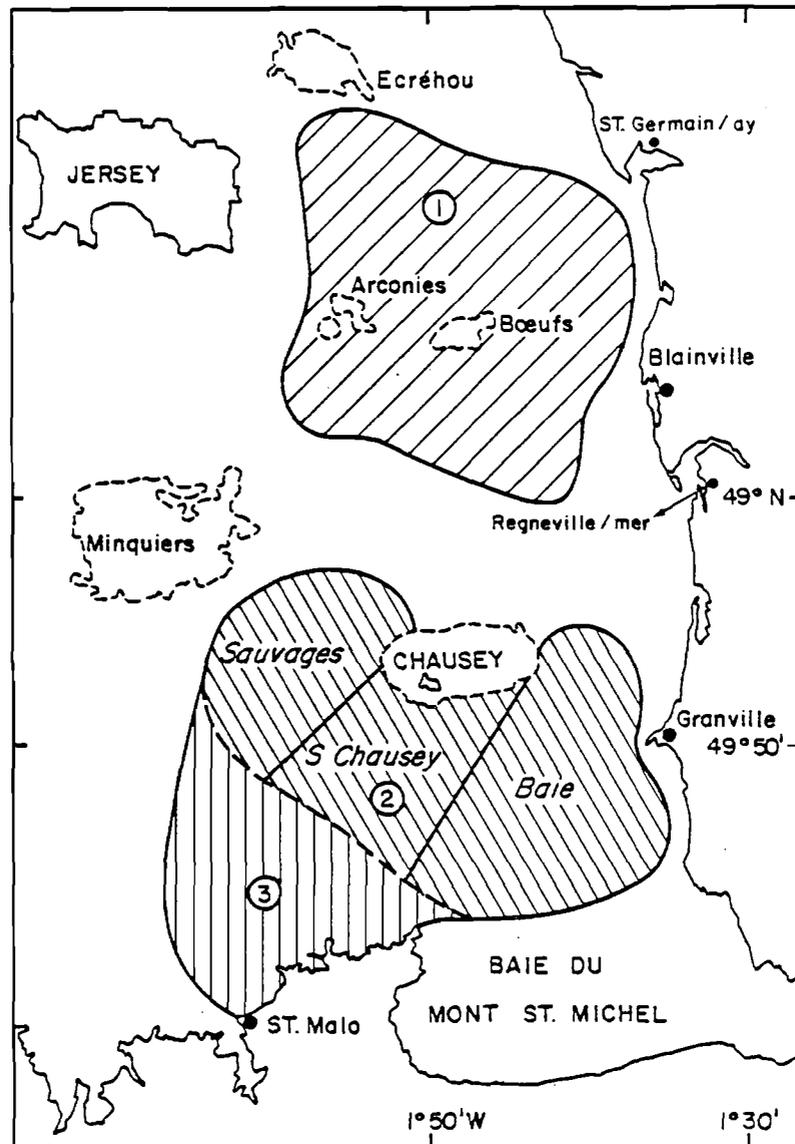


Figure 5.- Zones de pêche du buccin dans le golfe normand-breton. Les zones 1 à 3 sont respectivement exploitées par les flottilles de la station de Blainville, du port de Granville et du port de St. Malo. "Sauvages", "Sud Chausey" et "Baie" sont des secteurs géographiques définis dans la zone 2.

intercepté sur le 21 mai
à l'écueil de la Baie de St. Malo

II.4 LES FLOTTILLES

Dans l'ouest Cotentin le buccin est l'espèce-cible d'une flottille de caseyeurs et représente une activité saisonnière pour plusieurs doris. De plus, il fait partie des captures accessoires des dragueurs de praire de Granville (10% du tonnage global du port). Outre son exploitation commerciale, le buccin est récolté par les pêcheurs à pied aux grandes marées.

1) Les caseyeurs

En 1983, la pêche au buccin représente l'activité quasi-exclusive de 38 bateaux de caractéristiques relativement homogènes (figs. 6 à 8), qui travaillent pratiquement toute l'année à raison de 5 jours par semaine. Dix-huit bateaux exploitent le stock 2 et débarquent au port de Granville. Les débarquements des 17 bateaux qui pêchent le stock 1 s'effectuent dans les différents ports et abris de la côte (station maritime de Blainville). Trois bateaux exploitent le stock 3 à partir de St Malo.

Une partie de la flottille pratique en complément quelques activités saisonnières (pêche aux lignes, élevage de moules, pêche de crustacés et seiches). Certains bateaux interrompent la pêche pendant quelques semaines en été, lorsque les rendements diminuent (cf. § III.4.2).

L'équipage du caseyeur a été de 3 hommes jusqu'en 1979. A partir de cette date, l'introduction des treuils hydrauliques a entraîné la réduction de l'équipage à 2 hommes par bateau.

2) Les doris

Le buccin constitue une ressource d'appoint pour certains conchyliculteurs et pêcheurs de crustacés. En 1983, 14 doris (fig. 9) de la station maritime de Blainville l'exploitent au cours de l'automne.

La flottille est encore en expansion (cf. III.3.2) . Cette tendance devrait s'accroître suite aux problèmes rencontrés actuellement par la pêcherie de praires: en effet, plusieurs pêcheurs de praires envisagent une reconversion partielle vers l'exploitation du buccin.

Le nombre de bateaux de construction récente et spécialisés dans la pêche au buccin s'est accru au cours des dernières années. Les équipages du port de Granville, et en particulier les patrons (souvent d'anciens matelots des dragueurs de praires), sont jeunes. La plupart des patrons sont aussi propriétaires du bateau.

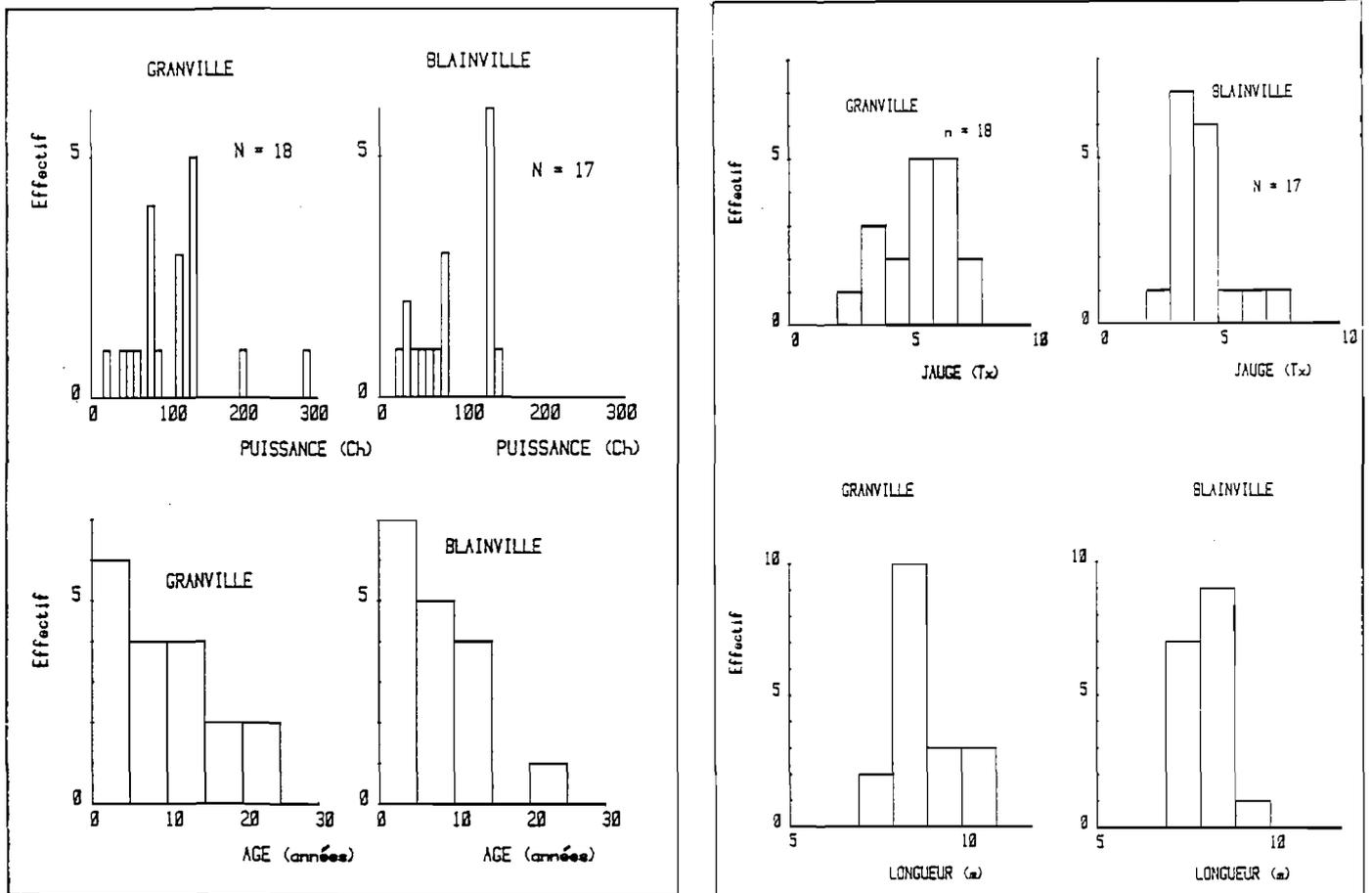


Figure 6.- Age, puissance motrice, jauge et longueur des caseyeurs du port de Granville et de la station de Blainville s/mer



Figure 7.- Au premier plan: trois bulotiers dans le port de Granville



Figure 8.- Bulotier du port de Granville

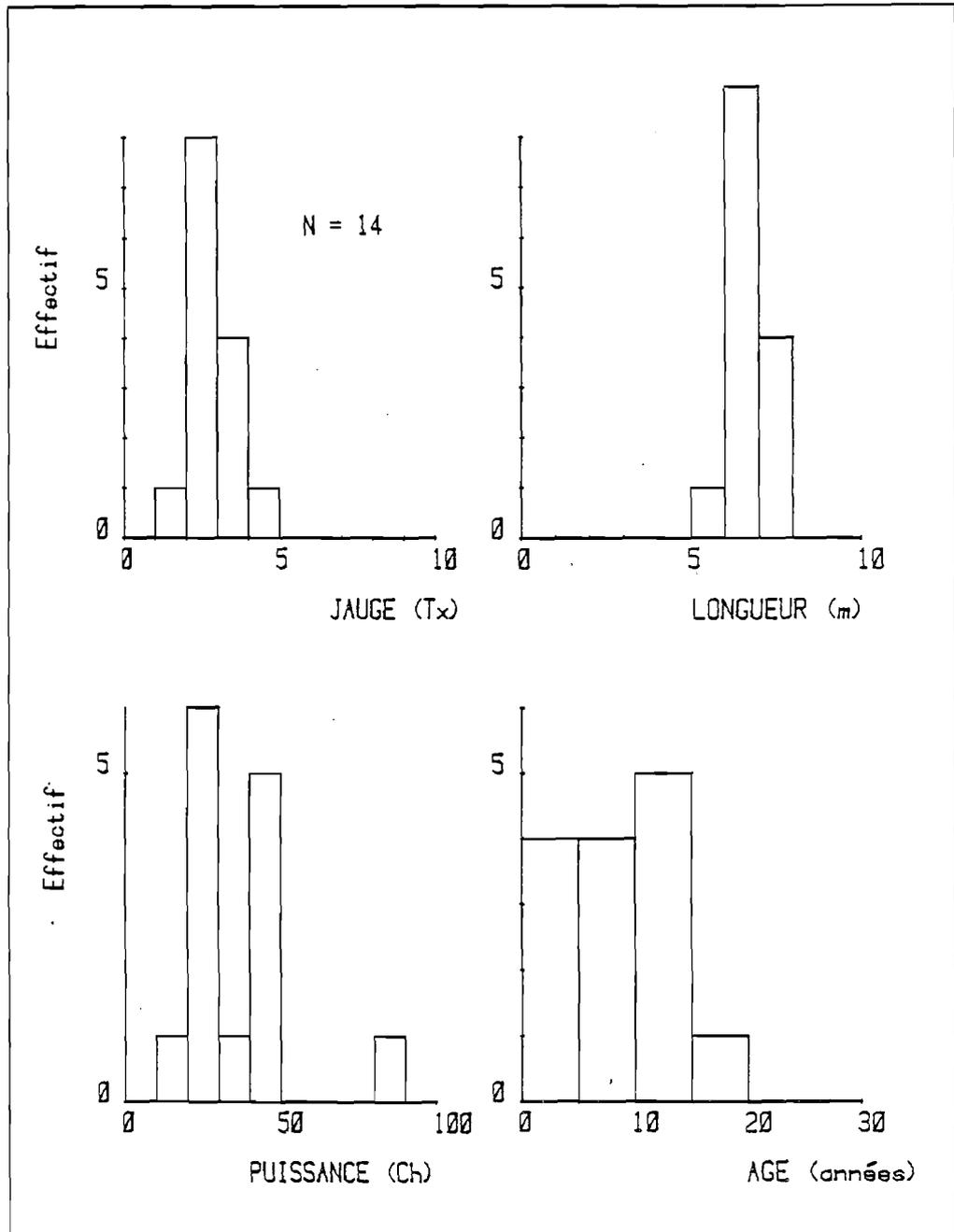


Figure 9. - Caractéristiques des doris qui exploitent saisonnièrement le buccin, et qui débarquent leurs prises dans les différents ports et abris de la station de Blainville

II.5 LA PECHE AU BUCCIN

Jusqu'en 1978, le buccin était pêché avec des casiers en osier, fabriqués artisanalement. Depuis, l'utilisation des casiers en plastique s'est généralisée. Le goulet et le corps sont solidaires et s'articulent sur une base en ciment servant de lest (fig. 10). L'ensemble pèse une douzaine de kilogrammes. En moyenne, chaque bateau dispose de 400 casiers. Ils sont grésés en filières de 50 à 60 unités chacune. L'espacement entre casiers est d'environ 12 m. Depuis 1979, l'utilisation généralisée du treuil hydraulique a considérablement facilité le travail à bord.

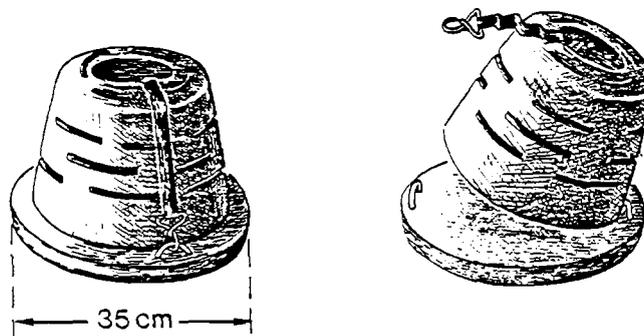


Figure 10.- Casier à buccins (partie supérieure en matière plastique, base en ciment). Pour ouvrir le casier, la bande en caoutchouc est décrochée de la base (schéma de droite)

Le buccin est une espèce nécrophage. Aux débuts de la pêcherie, le poisson était utilisé comme appât ("appât unique"). Depuis 1977, l'efficacité des casiers a augmenté considérablement avec l'introduction d'un "appât double": poisson (roussette: Scylliorhinus canicula) et crabe (Cancer pagurus ou Maja squinado). Les professionnels estiment que l'efficacité a été multipliée par 2. Au Royaume-Uni, HANCOCK (1974) a comparé les efficacités de ces deux appâts (tableau 1). Selon cet auteur, la présence de crabes vivants dans le casier limiterait la capture de buccins. L'addition de crabe mort dans l'appât diminuerait la capture de crabes vivants et augmenterait corrélativement la capture de buccins.

En 1983, les bulotiers granvillais pêchent 4 à 5 jours (ou marées) par semaine. Les heures de pêche sont dictées par celles des marées car

	A P P A T		
	POISSON	CRABE	POISSON + CRABE
Buccins	10.2	22.5	33.8
Crabes vivants	3.6	0.7	1.4
Bernards l'Hermite	1.1	1.8	0.8

Tableau 1.- Nombre moyen de buccins capturés par casier en fonction de l'appât utilisé (d'après HANCOCK, 1974). Les effectifs moyens des prises accessoires sont également indiqués.

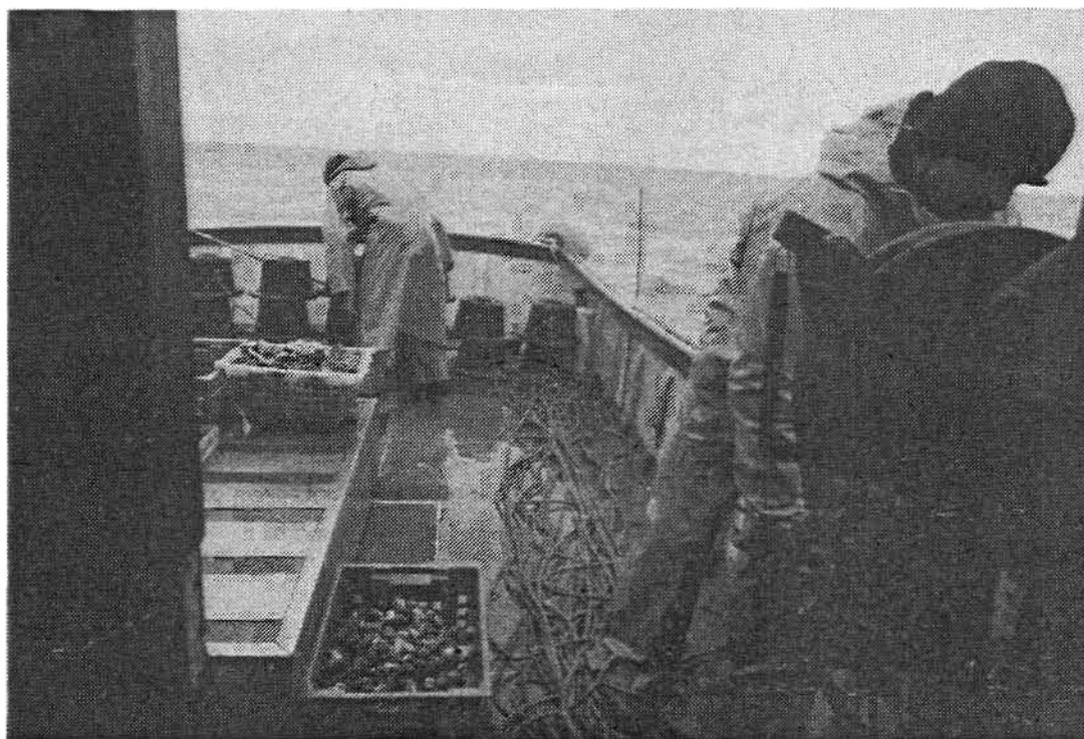


Figure 11.- Remontée de la filière à bord. Le patron reçoit les casiers au treuil (premier plan). Après récupération des buccins, les casiers sont appâtés puis rangés par le matelot (à l'arrière-plan)

les bateaux ne peuvent quitter ou regagner le port qu'avant "l'échouage" (2 h avant la basse mer) ou après "l'afflouement" (2 h après la basse mer). Chaque "marée" (comprise ici dans le sens d'une journée de pêche) dure de 5 à 10 heures dont 1/2 h à 2 h de route vers les lieux de pêche distants de 2 à 15 milles du port. L'activité de la flottille granvillaise (déplacements et pêche compris) s'exerce sur un territoire d'environ 50 000 ha.

L'ensemble des filières d'un bateau est réparti sur une surface de l'ordre de 80 ha. La récupération d'une filière s'effectue comme suit: une des deux bouées qui servent à la repérer (généralement celle qui se trouve sous le courant) est mise à bord. La ligne mère est passée au treuil hydraulique latéral pour relever le lest (environ 20 kg) attaché à l'extrémité de la filière, puis l'ensemble des casiers et enfin le deuxième lest avec sa bouée. Le patron du bateau reçoit chaque casier et le vide dans un bac pendant que le treuil remonte le suivant. Moteur au ralenti, le bateau est maintenu perpendiculairement à la filière. Simultanément, le matelot appâte le casier et le range sur l'arrière du bateau (fig. 11). A la fin de l'opération la filière est prête pour sa remise à l'eau. Le nouveau positionnement (en général à quelques centaines de mètres) est choisi par le patron. Le matelot vire la filière pendant que le bateau se déplace en direction nord-sud. Cette orientation a été fixée par accord entre les professionnels pour éviter les accrochages avec d'autres engins de pêche (filières, dragues ou chaluts). L'ensemble de l'opération dure environ 1/2 h par filière. Au cours de chaque marée elles sont pratiquement toutes relevées.

Outre l'espèce cible, le casier attire aussi des Bernard l'hermite (Eupagurus bernhardus) et des nasses (Nassarius reticulatus). Lorsque le pêcheur juge que la proportion de ces espèces ou des bulots de petite taille est trop élevée, il procède manuellement à un tri sommaire à l'aide d'un bac de criée ou d'un tamis grillagé avec maille d'environ 2 cm. Cette opération élimine la plupart des espèces non désirées et des buccins d'une longueur inférieure à 35 mm. Il faut souligner que ce tri varie selon les secteurs de pêche et n'est pas systématiquement pratiqué. Les rejets, négligeables sur le plan pondéral, peuvent représenter 10 à 15 % des effectifs capturés (cf. § IV.6.1). Le plus souvent, les rejets sont remis à l'eau pendant le retour au port ou à quai et non sur les lieux de pêche.

CHAPITRE III

LA PRODUCTION, L'EFFORT DE PECHE, LES PRISES PAR UNITE D'EFFORT ET LE CONTEXTE ECONOMIQUE

- III.1 La production: historique - tendances actuelles
- III.2 L'organisation de la production et les tentatives de régulation du marché
- III.3 L'effort de pêche.
 - 3.1 Définition et unités
 - 3.2 Evolution de l'effort nominal à Granville depuis 1974
 - 3.3 Répartition spatio-temporelle de l'effort nominal développé et des captures débarquées par la flottille granvillaise en 1983 et 1984
- III.4 Les sources de variation des prises par unité d'effort (p.u.e.)
 - 4.1 Variations pluriannuelles des p.u.e. (1974 à 1983) considérées comme indice des fluctuations d'abondance des stocks
 - 4.2 Variations saisonnières des prises par unité d'effort
 - 4.2.1 Variations saisonnières des prises par casier (octobre 82 - décembre 84)
 - 4.2.2 Variations saisonnières des captures/marée/bateau (mai 83 -octobre 84)
 - 4.3 Effet du temps d'immersion sur les prises par casier
 - 4.4 Conclusion
- III.5 Utilisation d'un modèle global
 - 5.1 Présentation générale des modèles globaux
 - 5.2 Application au stock exploité par la flottille granvillaise
 - 5.3 Résultats et discussion
- III.6 Le compte d'exploitation du "bateau moyen"
 - 6.1 Le compte d'exploitation du "bateau moyen" en 1983
 - 6.2 Performances économiques de la pêcherie en 1983
 - 6.3 Extrapolation à la période 1974-1982
 - 6.4 Résultats et discussion
- III.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous présenterons la dimension historique des pêcheries de buccin du golfe normand-breton (surtout de celle du port de Granville), au travers de l'évolution de la production, de l'organisation des professionnels, et de l'effort de pêche développé. Les prises par unité d'effort (p.u.e.) observées depuis quelques années dans la pêcherie granvillaise sont ensuite utilisées comme indice de l'abondance des stocks exploités. L'effet des variations saisonnières de la capturabilité et du temps d'immersion des casiers sur les p.u.e. est étudié conjointement. Les valeurs de p.u.e. et d'effort sont utilisées pour ajuster un modèle global à la pêcherie granvillaise, et fournir ainsi les premières prévisions de captures à l'équilibre en fonction de l'effort de pêche. Dans la dernière partie nous étudions l'évolution de la rentabilité de la pêche au buccin depuis 10 ans.

III.1 LA PRODUCTION DE BUCCIN: HISTORIQUE-TENDANCES ACTUELLES

La seule série statistique disponible (tableau 2) provient des Affaires Maritimes. Dans les dernières années la fiabilité des données augmente avec la généralisation de la vente en criée. Il est difficile d'apprécier le degré et la constance de l'imprécision des données mais cette série vaut au moins par la tendance qu'elle montre:

- La production nationale se situe en 1983 à 3900 tonnes pour une valeur de 15 millions de F (prix moyen = 4 F /kg). La côte ouest du Cotentin y contribue presque à 100 % .
- Les apports annuels de la station de Blainville (dernière colonne du tableau 2) ont atteint un maximum en 1979 (2800 tonnes). Actuellement ils se situent aux environs de 2000 tonnes.
- Granville a connu un net essor lié au développement de sa flottille, particulièrement sensible depuis 1977 (1973= 352 tonnes; 1982= 1720 tonnes; cf. "Total du port" dans le tableau 2). La fraction des captures vendue en criée (cf. "Total en criée de Granville") a progressé entre 1976 (50%) et 1983 (pratiquement 100%). On constate de même une légère augmentation des captures de buccin en tant que prise accessoire des dragueurs de praires (40 tonnes en 1978; 133 tonnes en 1983; cf. "Pêche à la drague" dans le tableau 2).

Le prix au kg en F constants 1983 (fig. 12) a progressé depuis 1974 avec une augmentation de l'ordre de 50% entre 1974 (3.06 F) et 1982 (4.82 F). Cette évolution contraste avec celle observée pour d'autres produits de la pêche (+10% pour le prix du poisson frais pendant la même période). Cette augmentation s'est produite en dépit d'une progression

P R O D U C T I O N D E B U C C I N S
(T O N N E S)₁

ANNEE	FRANCE ₁ QUARTIER de CHERBOURG ₁		P O R T D E G R A N V I L L E			S T A T I O N D E B L A I N V I L L E		
	Coquillages Divers _{1, 2}	Divers _{1, 2}	V E N T E E N C R I E E			TOTAL DU PORT	V E N T E E N C R I E E	TOTAL DE LA STATION 1
			Pêche au casier	Pêche à la drague	Total			
1966		135						
1967		49						
1968		108						
1969		78						
1970		200						
1971						265		950
1972						330		1075
1973	2090	2084				352		1710
1974	2878	2868				422		2440
1975	2275	2262				666		1510
1976	2476 ³	2469 ³			391	748		1990
1977	3880	3879			341	1239		2600
1978	3758	3747	181	40	221	1190		2500
1979	4138	4103	451	53	504	1300		2800
1980	3520	3497	486	75	561	1180		2308
1981		3715	388	150	730	1500		2214
1982		3911	932	200	1132	1720		2191
1983			1607	133	1740	1940	1230	1921

Tableau 2.- Statistiques de production.

1 Source: Affaires Maritimes

2 Comprend les coquillages autres que moules, praires et huîtres. Inclut donc les buccins.

3 Ces chiffres sont sans doute sous-estimés

(cf. production de Granville et Blainville la même année)

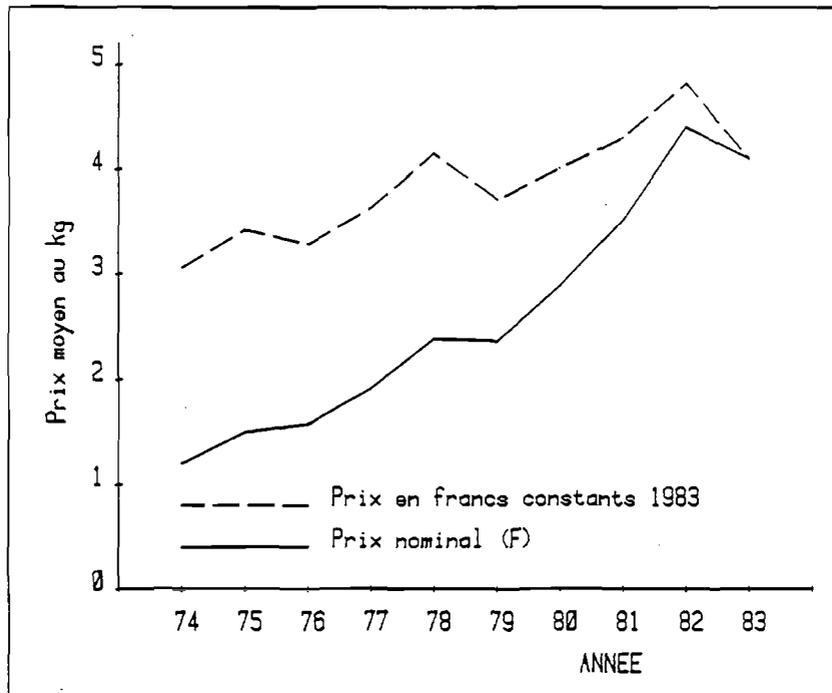


Figure 12.- Evolution de la moyenne annuelle du prix de vente au port de Granville (criée et hors-criée).

D A T E S				a	b	N	r
3	janvier 83	-	20 mars 83	-0.088	6.09	11	-0.72
21	mars 83	-	5 juin 83	-0.227	12.63	11	-0.82
6	juin 83	-	28 août 83	-0.055	5.23	12	-0.32
29	août 83	-	11 décembre 83	-0.243	12.34	15	-0.85
12	décembre 83	-	1 avril 84	-0.130	8.98	16	-0.41
2	avril 84	-	10 juin 84	-0.184	9.26	10	-0.76
11	juin 84	-	19 août 84	-0.349	11.06	10	-0.57
20	août 84	-	28 octobre 84	-0.260	12.95	10	-0.77

Tableau 3.- Résultats de l'ajustement du modèle linéaire: $P = a T + b$
 où: P = moyenne hebdomadaire du prix de vente en criée (F/kg)
 T = production hebdomadaire vendue en criée (tonnes)

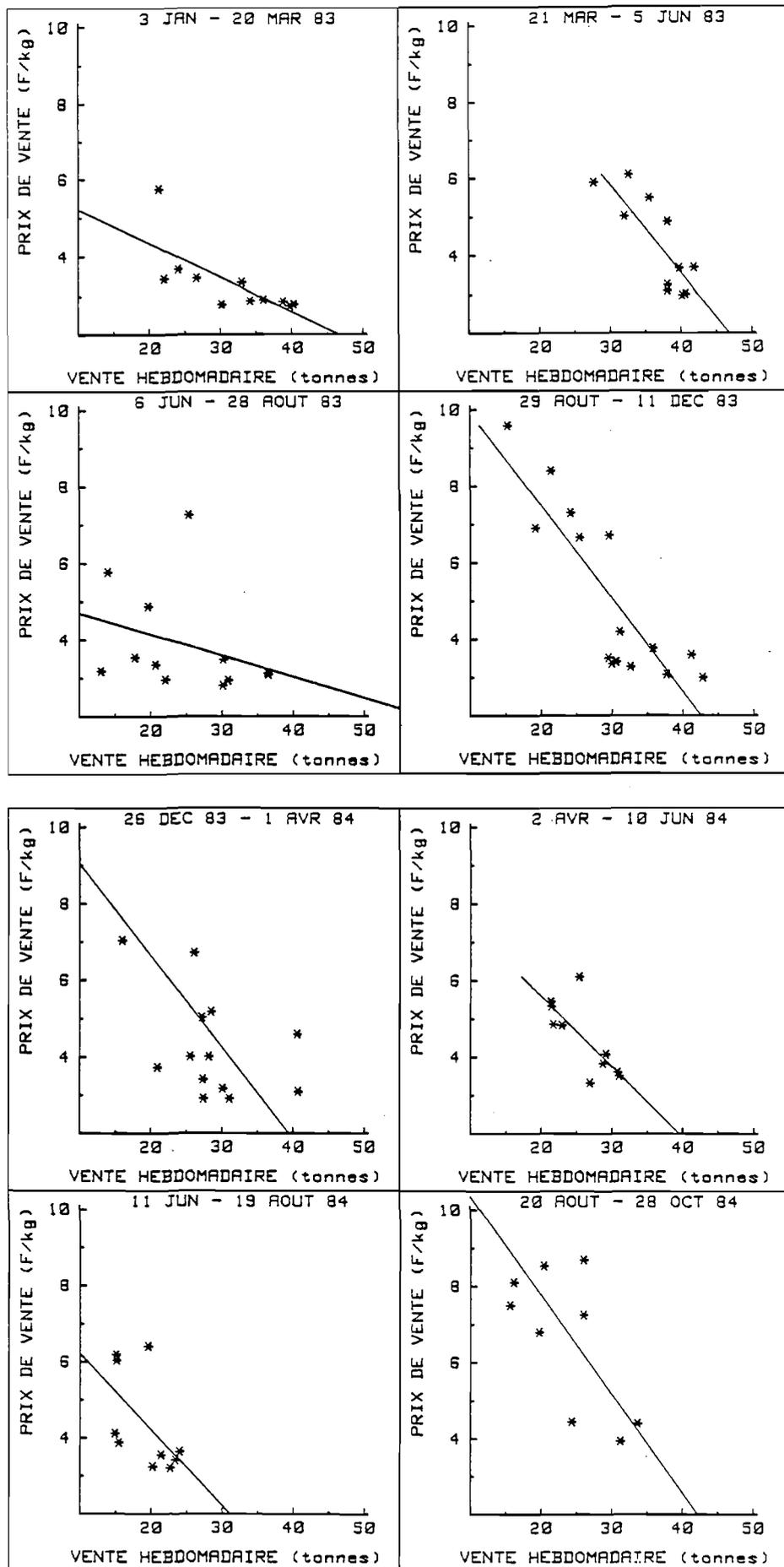


Figure 13. - Relation entre le prix de vente hebdomadaire moyen (ordonnées) et la quantité de bulots vendus en criée la même semaine (abscisses).

de 35% des apports du Cotentin ouest (2900 tonnes en 1974; 3900 tonnes en 1983). Elle est liée à l'expansion des marchés vers l'étranger (notamment la Belgique) et vers la région parisienne, ainsi qu'au développement de procédures de conservation du produit (congélation et cuisson).

En 1982, la généralisation de la vente en criée des captures des bulotiers de Granville a provoqué une augmentation sensible du prix au kg (4.82F en 1983) alors que les prix hors criée étaient presque 40% plus bas. A partir de 1983 le prix moyen en francs constants a diminué de 15 %, révélant ainsi les problèmes du marché de buccin au cours de cette année.

Les variations du prix au kg en fonction du tonnage débarqué ont été étudiées depuis 1983. Cette relation a été établie à l'aide d'une série de données des productions hebdomadaires vendues à la criée de Granville et des prix moyens correspondants; un modèle linéaire a été ajusté sur 8 périodes de 10 à 16 semaines (fig.13; tableau 3). Dans tous les cas la corrélation est négative. Ces résultats expliquent le comportement des professionnels, qui empiriquement ont décidé de limiter la production totale. Le chiffre d'affaires hebdomadaire de la flottille prévu par ces ajustements est fourni par la parabole:

$$CA = T (a T + b)$$

où:

CA = chiffre d'affaires hebdomadaire

T = débarquements hebdomadaires

a et b sont les estimations des paramètres du modèle linéaire (production - prix)

Il est intéressant de signaler que le maximum du chiffre d'affaires ainsi prévu varie, selon la période, entre 93 et 176 KF, alors que la capture hebdomadaire qui correspond au maximum ne varie qu'entre 25 et 34 tonnes/semaine (sauf pour la période juin-août 1983 où elle est de 47 tonnes/semaine).

Quoique jugée adéquate aux objectifs de cette étude, l'analyse de la relation production-prix exposée ci-dessus comporte plusieurs inconvénients:

- les variations de production et des prix dans la station de Blainville ne sont pas pris en considération dans les calculs.
- au lieu d'ajuster un modèle linéaire aux données de chaque période, la relation production-prix pourrait être décrite par un seul modèle qui tiendrait compte des variations saisonnières des prix.

III.2 L'ORGANISATION DE LA PRODUCTION ET LES TENTATIVES DE REGULATION DU MARCHE

Depuis 1971, plusieurs mesures ont été prises par le Comité Local de Pêches Maritimes (CLPM) et la Chambre de Commerce et de l'Industrie (CCIG) de Granville pour améliorer les conditions de commercialisation de la praire. Ainsi, une criée a été mise en place en 1975. Dans les années suivantes, quelques bulotiers granvillais ont utilisé cette filière de vente pour la commercialisation de leur production, tandis que le reste de la flottille continuait à livrer directement aux mareyeurs. Le nombre de bulotiers inscrits en criée a beaucoup progressé à la fin 81. Ainsi la proportion de la production de buccin du port vendue en criée a été de 65% en 1982 et de 90% en 1983. En janvier 1983, une criée aux bulots a été mise en place à Blainville. En fin d'année, elle comptait 22 bateaux inscrits (caseyeurs et doris confondus), représentant 2/3 de la production de la station maritime.

Les bulotiers inscrits en criée ont de plus adhéré à l'Organisation des Producteurs de Basse Normandie (OP). Le prix de retrait était de 2.7 F/kg en 1982 et 2.9 F/kg en 1983. Sur le produit de la vente, chaque bulotier inscrit en criée paye en 1983:

- 1.75 % pour l'équipement de la criée
- 1.75 % pour le fonctionnement de la criée
- 2 % pour la caisse de l'Organisation de Producteurs, qui permet de payer aux pêcheurs les éventuels invendus.

En 1982, d'autres mesures visant à une meilleure organisation commerciale ont été adoptées par les bulotiers (inscrits ou non en criée): la limitation du nombre de jours de pêche (5 jours hebdomadaires) et l'instauration d'un quota de 700 kg par bateau et par jour. Ces quotas sont en fait des "quotas de vente", de telle sorte qu'un bateau ne peut pas vendre plus de 700 kg/jour de vente, mais il peut pêcher plus et vendre l'excédent ultérieurement.

Les problèmes de surproduction de buccin qui se sont présentés en 1983 ont provoqué une mévente en criée, et ont pratiquement vidé les caisses de l'OP. Le système de prix de retrait a dû être modifié à la fin 83: le prix minimum de vente a été fixé à 3.4 F/kg. Lorsque la capture n'est pas vendue, elle est payée au pêcheur au prix de 2.9 F/kg. Les taxes sur le produit de la vente versés à l'OP sont passés de 2 à 3 %. De plus, le nombre hebdomadaire de jours de pêche et les quotas sont modulés en fonction des conditions du marché (3-4 jours de pêche avec des quotas de vente de 400 - 700 kg/ bateau/ jour).

Suite à ces difficultés, plusieurs bulotiers ont quitté la criée. La fraude et la concurrence pour les marchés directs se sont accentués, au détriment des prix.

Actuellement, la profession essaie de se doter d'une réglementation plus complète. Les premiers pas ont été faits vers l'adoption d'un système de licences pour la pêche au buccin. D'autres mesures pourraient suivre, notamment l'instauration d'une taille minimale de commercialisation.

III.3 L'EFFORT DE PECHE

III.3.1 Définition et unités

L'évaluation de l'effort de pêche correspond à la tentative de quantifier le degré d'exploitation d'un stock, dans un laps de temps donné. L'exploitation est plus ou moins efficace, ce qui introduit une distorsion entre l'effort tel qu'il a été déployé (effort nominal) et la ponction réellement subie par le stock (effort effectif) (LAUREC et LE GUEN, 1981).

Dans les pêcheries qui nous intéressent, l'unité d'effort qui s'approche le plus de l'effort effectif (et donc la mieux adaptée au calcul de la mortalité par pêche) est le nombre de casiers relevés par unité de temps.

CADDY (1977) propose plusieurs unités d'effort nominal pour la pêche aux casiers dont trois ont été utilisées dans notre étude:

- le nombre de bateaux armés chaque année pour la pêche au buccin.
- le nombre potentiel de casiers à l'eau, i.e. le nombre de casiers utilisés dans l'année indépendamment de leur fréquence d'utilisation.
- le nombre de marées (bateaux-jours) effectuées par la flottille pendant un intervalle de temps donné (généralement 1 mois ou 1 année).

Aucun "facteur de standardisation" n'a été utilisé. Les variations de la puissance de pêche entre bateaux et entre casiers sont considérées comme négligeables, compte tenu de l'homogénéité du travail en mer, du temps d'immersion des casiers et des moyens mis en oeuvre (types de bateaux, de casiers et d'appât).

III.3.2 Evolution de l'effort nominal à Granville depuis 1974

Grâce aux informations acquises auprès des professionnels, il a été possible de reconstituer l'évolution récente du nombre de bulotiers du port de Granville et du nombre de casiers dans la pêcherie (fig.14). On observe un développement rapide de la flottille à partir de 1978 (à la faveur du plan de relance de la flottille artisanale) avec 2 nouveaux bulotiers par an. A partir de 1980, ce sont 3 à 4 bateaux qui s'intègrent annuellement à la flottille. En 1984 la tendance au développement se poursuit avec 23 bulotiers dans le port à la fin de l'année. De plus, la pêcherie de praires dans la zone connaît actuellement des problèmes de surexploitation et la reconversion prochaine de certains dragueurs de praires en bulotiers n'est pas exclue.

Le nombre de casiers utilisés par la flottille progresse encore plus rapidement: Ainsi, entre 1975 et 1983 le nombre de bulotiers a été multiplié par 4.5 (18 en 1983) et celui des casiers dans la pêcherie par 6 (7 200 en 1983). L'estimation du nombre de casiers relevés en 1983 par

la flottille granvillaise est:

$$R = NB * M * S * J * C = 1\ 440\ 000 \text{ casiers}$$

où:

NB = nombre de bateaux = 18

M = nombre moyen de mois de pêche au buccin/ bateau = 10

S = nombre de semaines/ mois = 4

J = nombre de jours de pêche par semaine = 5

C = nombre de casiers relevés / bateau / jour = 400

A Blainville, le nombre de bulotiers est plus stable. Les nouveaux exploitants sont sans doute attirés par les avantages des infrastructures portuaires de Granville.

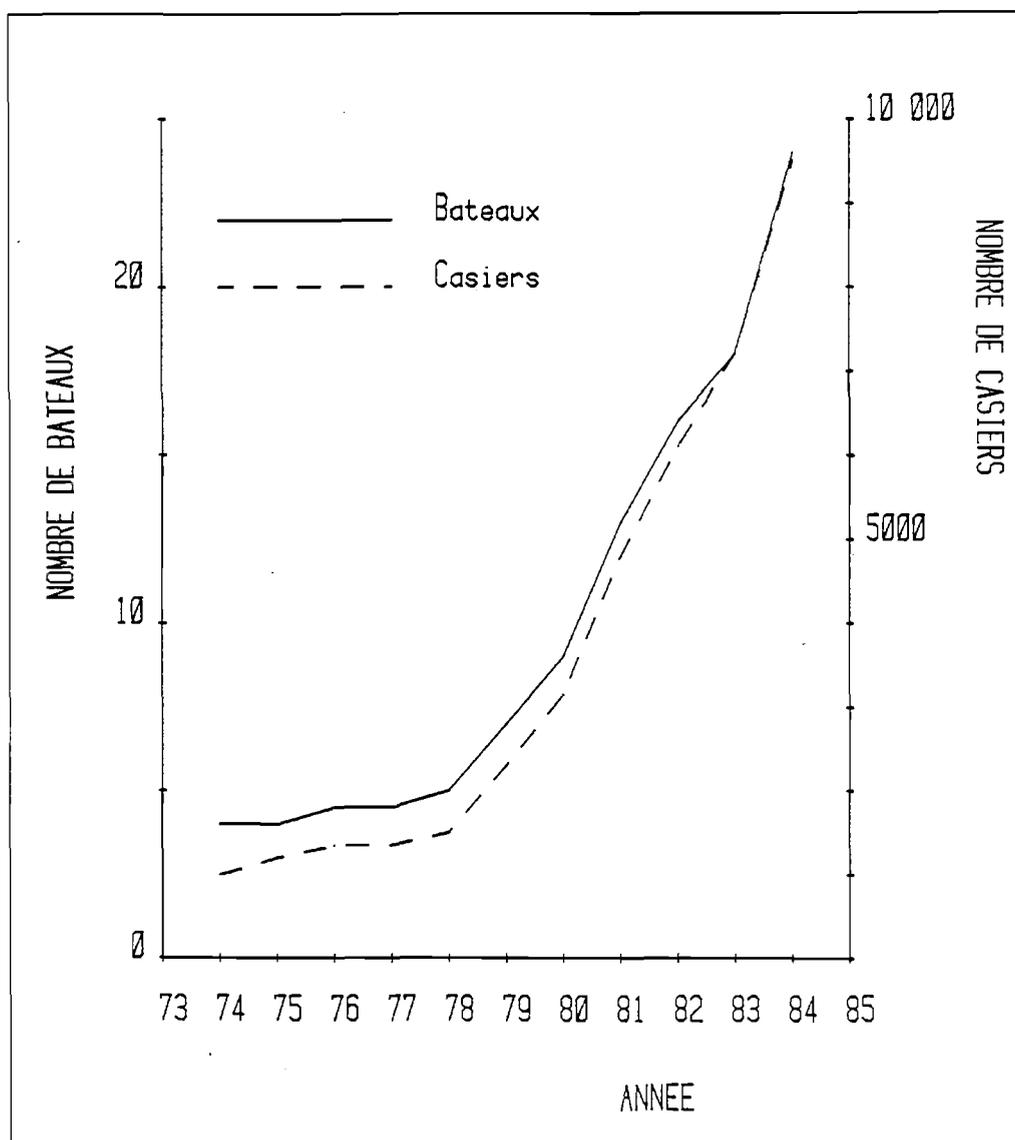


Figure 14.- Evolution de l'effectif et du nombre de casiers de la flottille bulotière du port de Granville

III.3.3 Répartition spatio-temporelle de l'effort nominal développé et des captures débarquées par la flottille granvillaise en 1983 et 1984.

Répartition spatiale et temporelle de l'effort de pêche

Depuis mai 1983, la capture et la zone de pêche journalières de chaque bulotier granvillais ont été enregistrées par le personnel de la criée de la Chambre de Commerce et de l'Industrie de Granville. Ceci a permis d'étudier la répartition spatiale et temporelle de l'effort de pêche à travers l'évolution mensuelle du nombre de marées réalisées dans chacun des 3 secteurs géographiques du stock 2 (cf. § II.3). Ces données ne concernent que la fraction de la production vendue en criée (90% du total du port de Granville en 1983).

Pendant les mois de juillet-àout 1983, l'effort de pêche (mesuré par la proportion de "marées" réalisées dans le secteur) diminue dans la Baie du Mont St Michel alors qu'il augmente aux "Sauvages" (figs. 15a et 16). Ce déplacement est provoqué par la diminution estivale des rendements, plus marquée en Baie qu'ailleurs ("coupure d'été", cf. III.4.2). D'autre part, les conditions météorologiques des mois d'été permettent à plusieurs bulotiers de faire des déplacements plus importants qu'en hiver. A partir du mois d'octobre 83, le pourcentage de marées en Baie remonte pour atteindre un niveau comparable à celui observé aux Sauvages.

Dans les années soixante-dix, la distribution de l'effort était différente. Les informations acquises auprès des professionnels ont permis de reconstituer la distribution spatio-temporelle de l'effort de pêche (fig. 17). En 1974, pratiquement tous les bulotiers étaient concentrés dans le secteur "Baie". La diminution des rendements a provoqué un déplacement géographique de l'effort. Le développement technologique de la flottille (matériaux de construction, puissance des moteurs) a permis à plusieurs bulotiers d'élargir leur saison de pêche aux "Sauvages". Actuellement, les unités qui s'intègrent à la pêcherie travaillent dans ce secteur tout au long de l'année.

Répartition spatiale et temporelle des captures.

Les captures dans chaque zone ont été estimées à partir des bordereaux journaliers de criée précédemment évoqués. Le pourcentage des captures totales pêché mensuellement dans chaque zone (figs. 15b et 16) évolue parallèlement au pourcentage des marées, mais fait aussi apparaître des rendements plus faibles dans la "Baie" tout au long de l'année (cf. III.4.2.1).

Les pourcentages trimestriels des captures vendues en criée de Granville entre février 83 et janvier 84 sont relativement stables (fig. 18). On observe tout de même la diminution estivale, conséquence de la "coupure d'été".

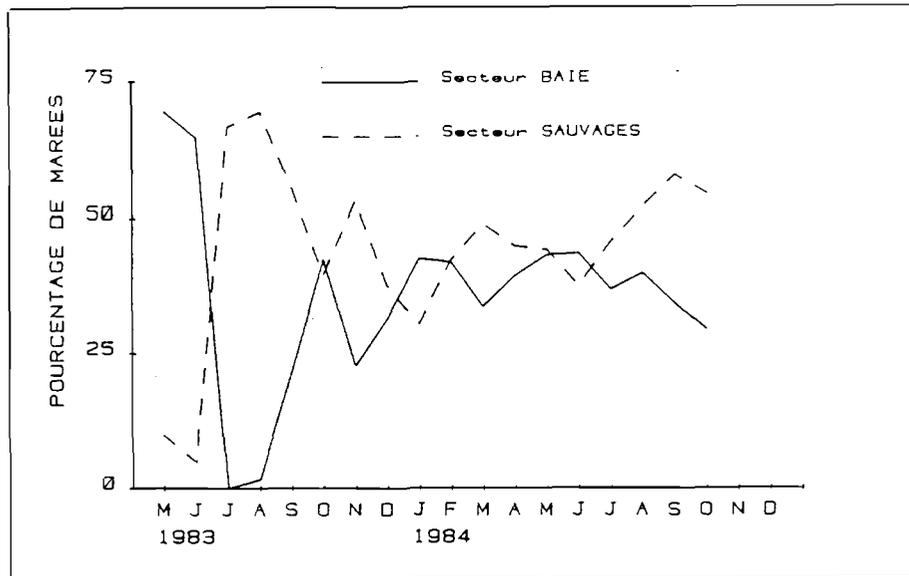


Figure 15a.- Répartition par secteurs de l'effort de pêche (exprimé en % du total de marées) des caseyeurs qui vendent leurs captures en criée de Granville.

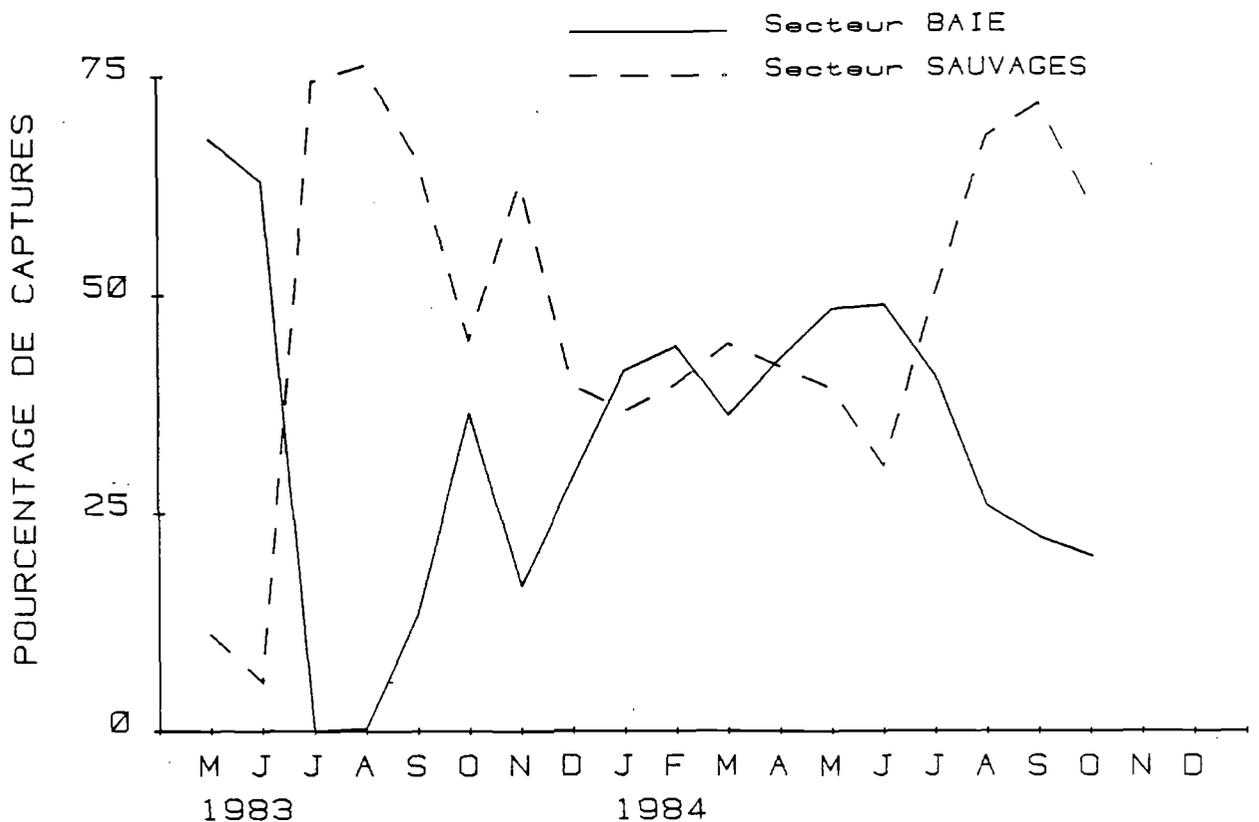


Figure 15b.- Répartition par secteurs des captures (exprimées en %) des caseyeurs qui vendent leurs captures en criée de Granville.

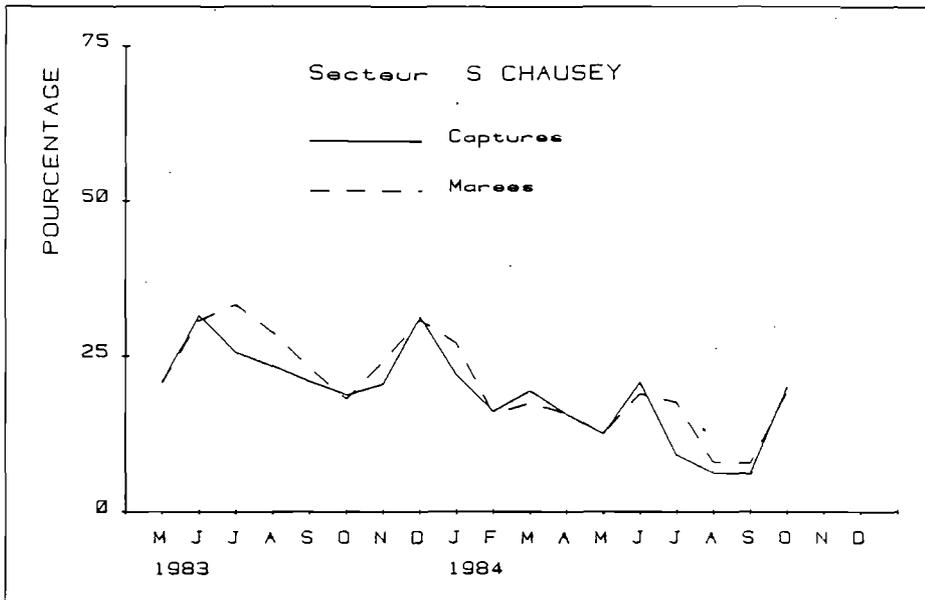


Figure 16.- Pourcentage des captures et des marées totales, réalisées dans le secteur "Sud Chausey" par les caseyeurs granvillais qui vendent leurs captures en criée.

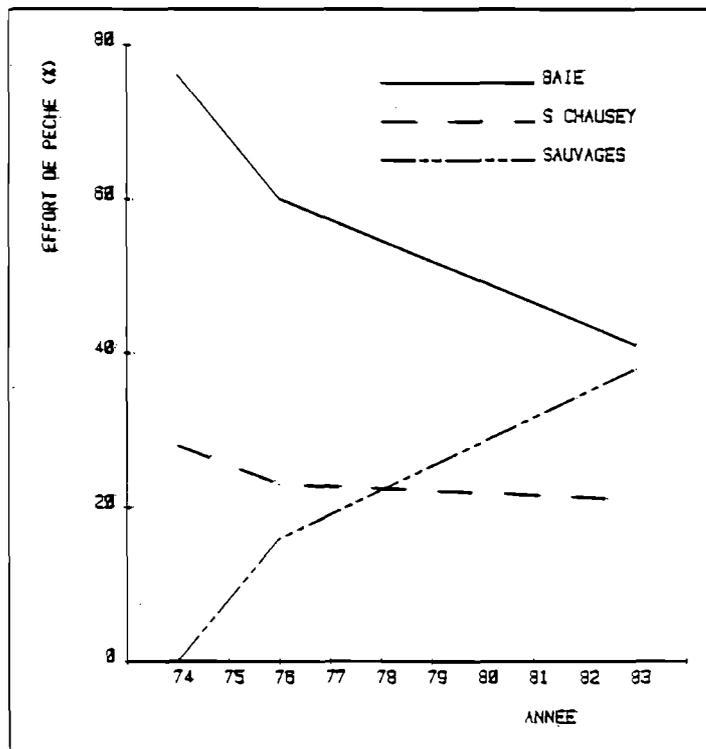


Figure 17.- Evolution de la répartition spatiale de l'effort de pêche (exprimé en pourcentage du nombre de casiers dans la pêcherie).

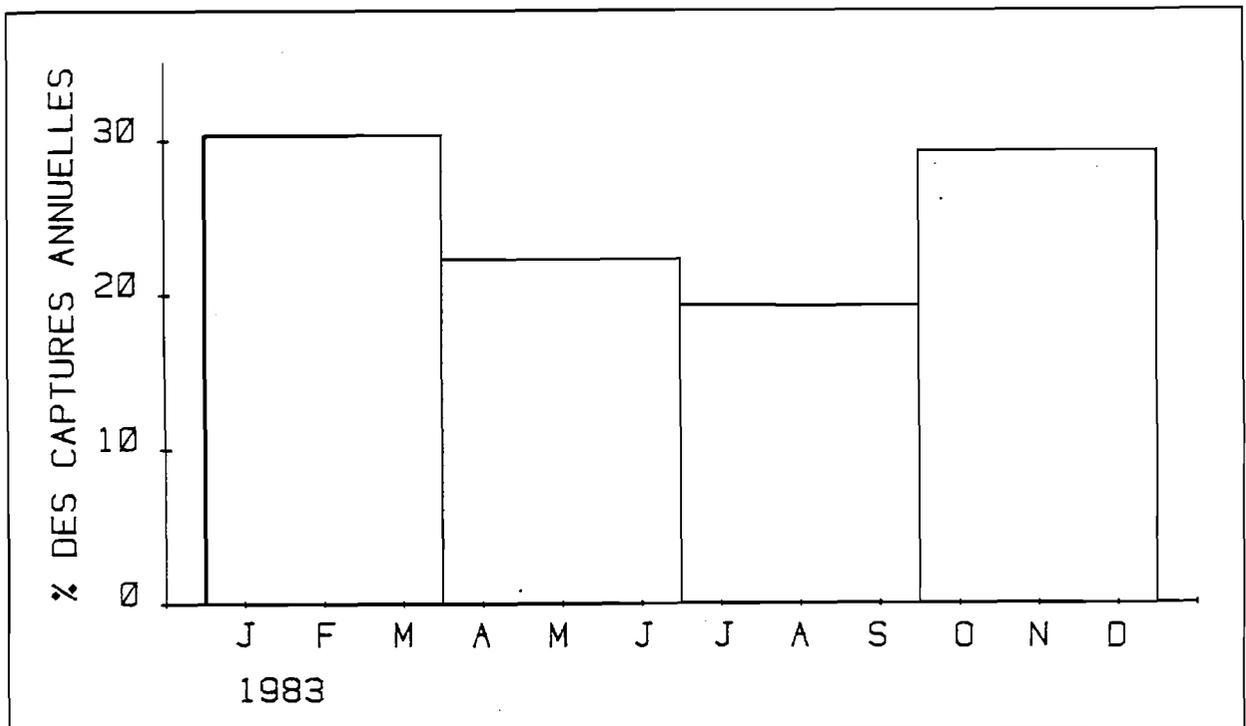


Figure 18.- Répartition trimestrielle (en %) des captures (exprimées en tonnes) vendues en criée par les caseyeurs granvillais

III.4 LES SOURCES DE VARIATION DES PRISES PAR UNITE D'EFFORT

III.4.1 Variations pluriannuelles des p.u.e. (1974-1983) considérées comme indice des fluctuations de l'abondance des stocks

A l'aide des statistiques de production du port de Granville (§ III.1) et d'une estimation de l'effort nominal (§ III.3.2), les prises par unité d'effort (p.u.e.) depuis 1974 ont été calculées (fig. 19). La capture annuelle moyenne par bateau présente un maximum en 1977 (275 tonnes), sans doute lié à l'introduction de l'appât "double" (§ II.5), mais depuis la tendance générale est à la baisse. En effet, la capture/bateau/an a diminué de 50 % en 1983 (100 tonnes) par rapport à 1975. La capture annuelle par casier dans la pêcherie suit une évolution parallèle mais après 1977 la chute est plus marquée (250 kg/casier/an en 1983, soit une diminution d'environ 75%). En outre, les enquêtes auprès des professionnels révèlent qu'à l'origine de la pêcherie, les casiers étaient souvent saturés (environ 5 kg/casier/jour). Depuis plusieurs années, les rendements n'ont cessé de diminuer (tableau 4), malgré l'amélioration temporaire de 1977. La capture journalière d'un casier en 1983 est d'environ 1.7 kg, soit une diminution de 50% par rapport à 1977, et d'environ 80% par rapport aux origines de la pêcherie si on tient compte de l'efficacité relative des appâts utilisés (§ II.5).

L'évolution des prises par unité d'effort de la pêcherie du buccin traduit donc une tendance à la diminution de l'abondance des stocks même si plusieurs facteurs nous éloignent du cas simple de proportionnalité entre les p.u.e. et l'abondance:

- Utilisation des unités d'effort nominal qui n'intègrent pas la progression de l'efficacité des bateaux et de l'engin de pêche.
- Déplacement de l'effort de pêche, car la localisation des zones de pêche a changé au cours du développement de la pêcherie.
- Variations de la composition par tailles du stock.

La diminution de l'abondance des stocks est selon toute vraisemblance attribuable presque exclusivement à l'exploitation dont ils font l'objet. De plus, comme la capturabilité des buccins augmente avec la taille (§ IV.6.1), la pêche provoque la diminution de la taille moyenne dans les stocks. Ainsi, l'évolution des p.u.e. exprime à la fois la diminution de l'abondance et celle de la taille moyenne. Afin d'évaluer les variations de la composition par tailles, nous avons suivi régulièrement la distribution de la hauteur de la coquille (notée H à la figure 43) dans les captures commerciales de la pêcherie granvillaise entre janvier 1982 et mars 1984 (Annexe 1). La taille moyenne et l'écart type ont été estimés pour chaque prélèvement, afin d'étudier leur évolution dans le temps. Mais ces résultats n'ont pu être obtenus direc-

tement à partir des histogrammes dans la mesure où :

- une partie des échantillons a été prélevée avant le tri (de janvier 1982 à février 1983) et le reste dans les captures déjà triées (à partir de mars 1983).
- le tri est très irrégulier, et varie en fonction des secteurs, des bateaux et de la saison.

En conséquence, les histogrammes ont été "standardisés" avant de calculer les statistiques qui les décrivent. Il est montré plus loin (§ IV.6.1) que, le plus souvent, le tri élimine la plupart des individus en dessous de 35 mm de hauteur de coquille. La standardisation choisie consiste à appliquer aux histogrammes une sélectivité en lame de couteau, éliminant tous les individus dont la hauteur de la coquille est inférieure à 35 mm. La fraction ainsi éliminée représente au maximum 20% des échantillons saisis avant le tri à bord, et elle devient négligeable après cette opération.

A partir des histogrammes standardisés, la valeur moyenne des hauteurs et l'écart-type ont été calculés par secteur géographique (fig. 20). L'interprétation des résultats est délicate car plusieurs facteurs interviennent (différences d'un gisement à l'autre, variations saisonnières de la capturabilité). Ils peuvent néanmoins être considérés comme un indice de l'évolution des stocks. L'examen de la figure 20 suggère que la taille moyenne des individus (et son écart-type) diminue dans les stocks exploités par la flottille granvillaise :

La hauteur moyenne aux "Sauvages" et dans le "Sud Chausey", ainsi que les écarts-type aux "Sauvages" et en "Baie", diminuent avec le temps. La taille moyenne en "Baie" est systématiquement plus faible qu'aux "Sauvages", en raison d'un effort de pêche accru dans le secteur de la "Baie", éventuellement accentué par une croissance plus lente dans ce secteur.

TYPE D'APPAT	A N N E E S				
	Avant 1960	1960-1970	1971-1976	1976-1977	1983
POISSON SEUL	5	3	2	-	-
POISSON + CRABE	-	-	-	3.5 à 4	1.5 à 1.9

Tableau 4.- Reconstitution de l'évolution des captures journalières moyennes par casier (en kg), d'après les renseignements fournis par les professionnels.

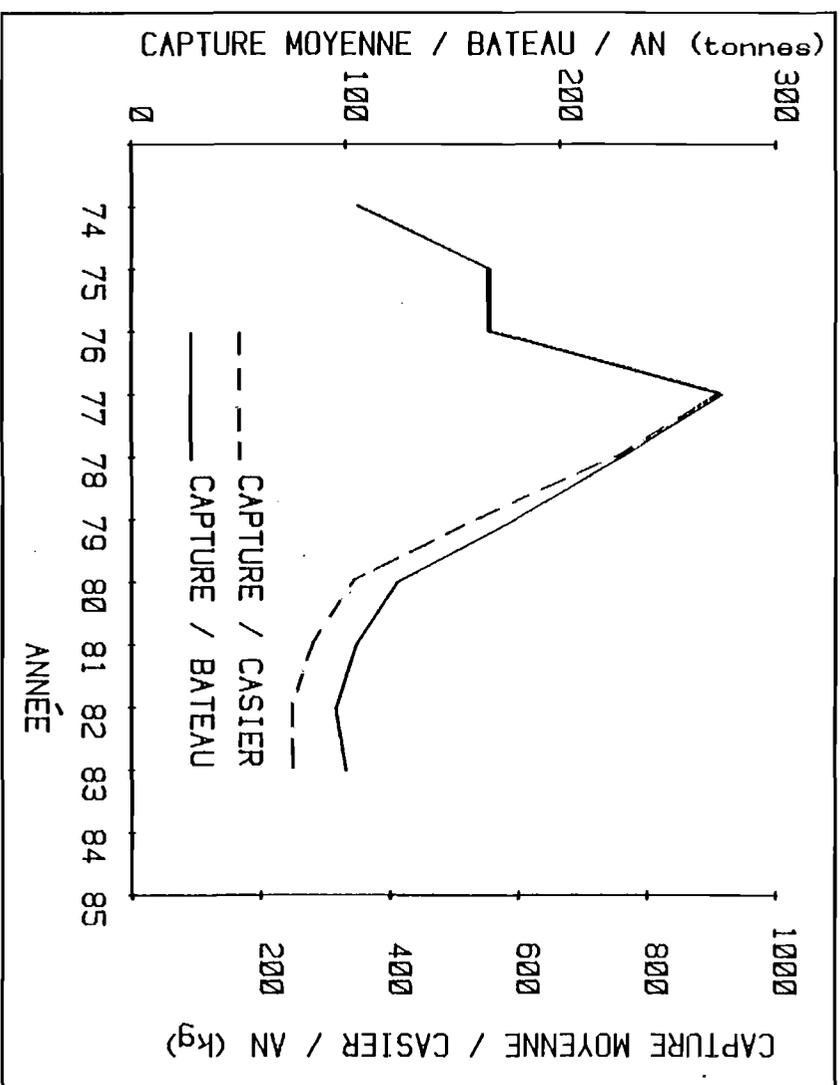


Figure 19.- Prises par unité d'effort nominal des caseyeurs granvillais

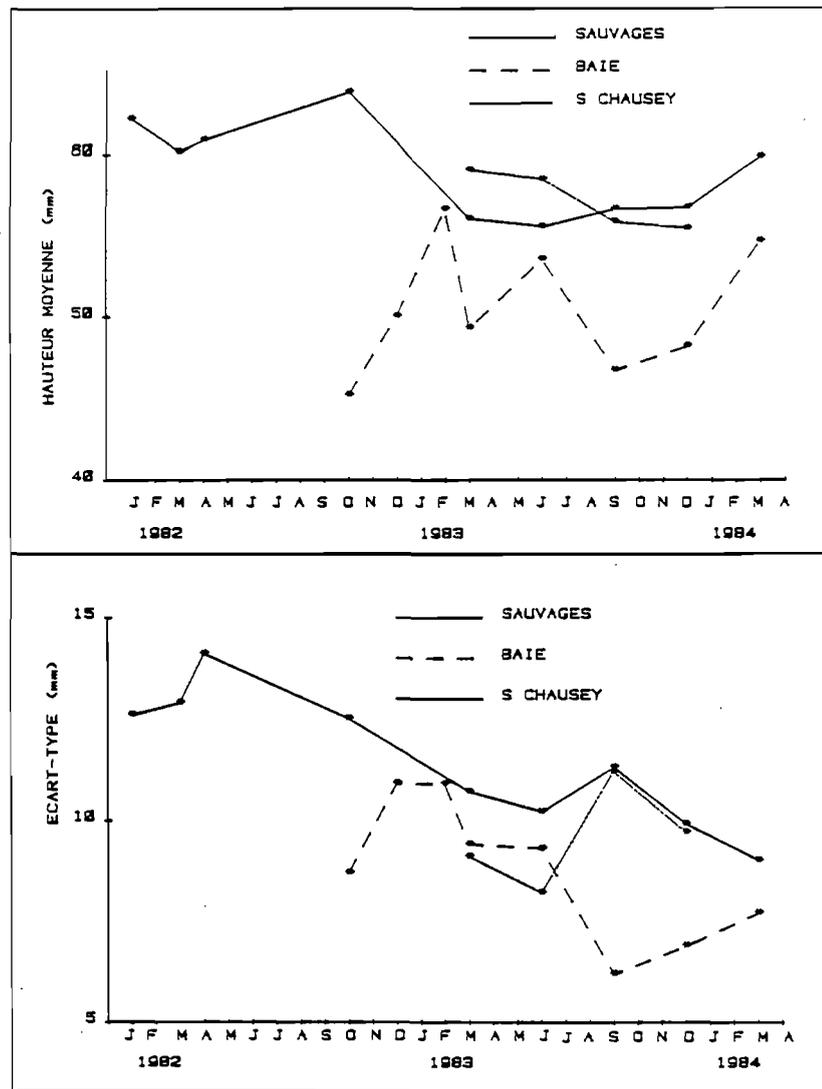


Figure 20.- Evolution de la moyenne et de la dispersion des hauteurs (> 35 mm) de la coquille des buccins dans les captures commerciales

III.4.2 Variations saisonnières des prises par unité d'effort

III.4.2.1 Variations saisonnières des prises par casier (octobre 82 - décembre 84)

A la fin de l'année 1982, quelques carnets de pêche ont été distribués parmi les bulotiers granvillais pour connaître précisément leurs captures et le nombre de casiers relevés chaque jour. Deux bulotiers ont fourni les renseignements demandés:

- un bulotier (le "Gavroche") pêchant dans la zone des "Sauvages" (octobre 82 - décembre 84).
- un bulotier (le "Beaufs") pêchant dans le secteur de la "Baie" (octobre 82 - avril 83).

Les moyennes mensuelles des prises/casier/jour de chaque zone, calculées à partir des renseignements des carnets de pêche, ont été utilisées pour étudier les variations saisonnières des prises par unité d'effort.

La p.u.e. moyenne du j^{ème} jour du i^{ème} mois est calculée comme suit:

$$D_{ij} = C_{ij} / P_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 24, 25 \\ j = 1, 2, 3, \dots, m_i \end{array} \quad \begin{array}{l} i = 1 \text{ pour octobre } 82 \\ i = 25 \text{ pour octobre } 84 \end{array}$$

où:

- m_i = nombre de jours de pêche du mois i
- D_{ij} = p.u.e. moyenne du j^{ème} jour du i^{ème} mois (kg/casier)
- C_{ij} = capture (kg)
- P_{ij} = nombre de casiers relevés

La p.u.e. moyenne du i^{ème} mois (\hat{A}_i) est estimée par la moyenne des p.u.e. journalières:

$$\hat{A}_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} \frac{C_{ij}}{P_{ij}}$$

Aucune pondération n'a été utilisée dans la mesure où le nombre de casiers relevés chaque jour était toujours compris entre 300 et 420.

La variance de \hat{A}_i est estimé par:

$$\hat{V}(\hat{A}_i) = \left(\sum_{j=1}^{m_i} (\hat{A}_i - C_{ij} / P_{ij})^2 \right) / m_i / (m_i - 1)$$

RESULTATS

Evolution mensuelle des p.u.e.

Les p.u.e. mensuelles des secteurs "Baie" et "Sauvages" (fig. 21) varient de manière semblable avec toutefois des valeurs plus faibles (d'environ 15%) dans le secteur de la "Baie".

Dans la série des données disponibles pour le secteur "Sauvages" (fig. 22), les plus fortes valeurs sont observées au début de l'été 83 (3 kg/casier/jour). Elles sont suivies d'une chute très prononcée jusqu'aux valeurs minimales de fin d'été (1kg/casier/jour). A partir d'octobre les p.u.e. progressent vers un nouveau maximum en 1984. Les pêcheurs constatent que cette évolution se produit chaque année, surtout pour ce qui concerne le phénomène de la "coupure d'été". La diminution estivale des rendements est plus marquée en Baie du Mt St Michel. Cela est sans doute liée à l'exploitation intensive que subit ce secteur depuis les origines de la pêcherie (cf. III.3.3). HANCOCK (1967) signale que les p.u.e suivent la même évolution saisonnière dans la pêcherie de Buccinum undatum de la côte sud-est du Royaume-Uni. En effet, les buccins ne peuvent être pêchés au casier que lorsqu'ils sont attirés par l'appât. A partir d'expériences de laboratoire, HANCOCK a montré que les "températures estivales" (l'auteur ne précise pas lesquelles) provoquent une diminution sensible de l'activité alimentaire de B. undatum. Ces résultats peuvent expliquer la diminution des rendements à la fin de l'été et suggèrent la possibilité d'une relation causale indirecte entre la température de l'eau et la capture par casier. De plus, chez d'autres gastéropodes tels Busycon sp., la vitesse de déplacement et la fréquence d'alimentation sont très sensibles à la température de l'eau (KENT, 1983). Il est possible que l'effet de la température soit plus important dans le secteur de la "Baie" où les profondeurs sont plus faibles qu'ailleurs.

Les variations saisonnières des p.u.e. sont donc vraisemblablement la conséquence de différences de capturabilité et non de variations de la densité de la population. En effet, celle-ci peut être considérée comme constante au cours de la période d'observation car le bateau qui a fourni les valeurs de p.u.e. pêche presque toujours dans les mêmes zones du secteur "Sauvages" tout au long de l'année. De plus, HANCOCK (1967) a démontré que B. undatum n'effectue pas de déplacements migratoires. La possibilité d'un biais introduit par la saturation de l'engin est négligeable dans la mesure où celle-ci n'est atteinte qu'aux environs de 4 kg/casier.

Lorsque les p.u.e. demeurent relativement stables au cours de la saison de pêche, il est alors possible de les utiliser directement comme indice de l'abondance du stock. C'est par exemple le cas de la pêcherie des gastéropodes Neptunea pribeloffensis et Buccinum sp. dans l'est de la Mer de Bering (NAGAI, 1975). Pour les pêcheries de buccin du golfe normand-breton au contraire, il est nécessaire d'appliquer une méthode de désaisonnalisation des p.u.e.

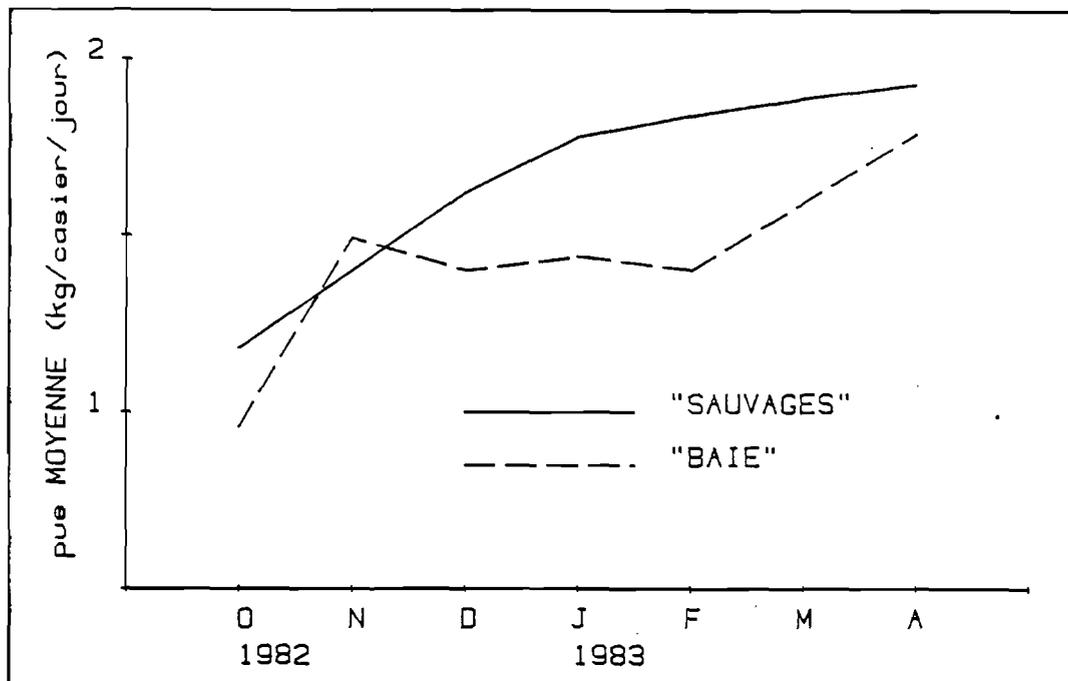


Figure 21.- Captures quotidiennes moyennes (kg/casier), notées dans les carnets de pêche de deux bulotiers: le "Gavroche" (travaillant aux "Sauvages"), et les "Beaufs" (travaillant en "Baie")

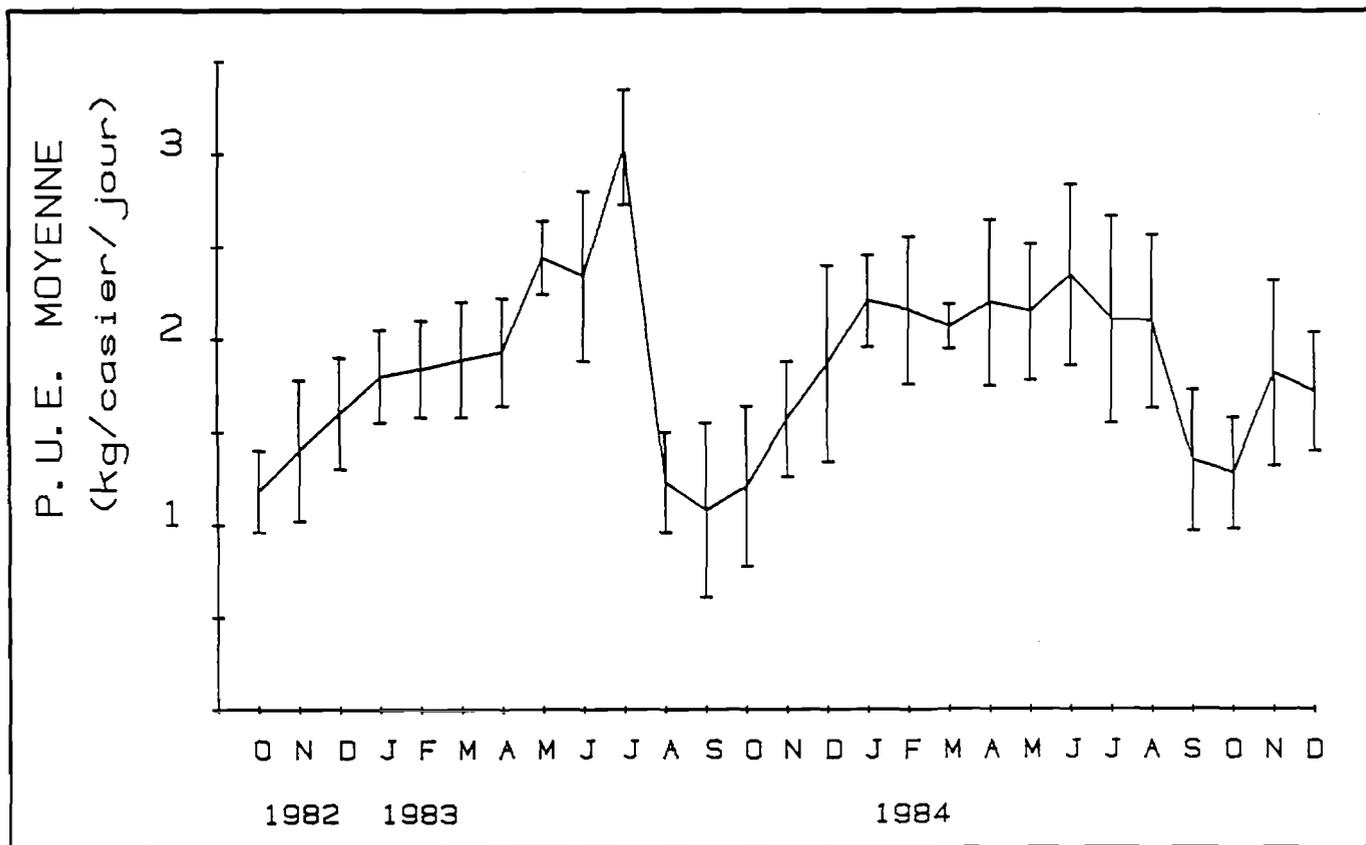


Figure 22.- Moyennes mensuelles des prises journalières (kg/casier) dans le secteur "Sauvages" (± 1 E.S.). Source: carnet de pêche du "Gavroche"

Désaisonnalisation des p.u.e.

Les méthodes de désaisonnalisation des p.u.e. permettent de séparer les différentes composantes de cet indice d'abondance (LAUREC et LE GALL, 1975): tendance annuelle, composante saisonnière et composante résiduelle (inexpliquée). KENDALL (1973 In :LAUREC et LE GALL, 1975) a développé une technique qui fait appel aux moyennes mobiles pour l'identification de ces composantes dans un modèle additif:

$$X(a, i) = M(a, i) + S(a, i) + E(a, i)$$

où:

$a = 1, 2, \dots, Y =$ indice de l'année, où Y est le nombre d'années dans la série étudiée
 $i = 1, 2, 3, \dots, 12 =$ indice du mois

$X(a, i) =$ valeur de la série au mois i de l'année a

$M(a, i) =$ valeur de la tendance annuelle au mois i de l'année a

$S(a, i) =$ valeur de la composante saisonnière au mois i de l'année a

$E(a, i) =$ composante résiduelle

$M(a, i)$ est constante pour tous les mois de l'année a . Elle est estimée par la valeur moyenne de la série dans l'année:

$$M(a, i) = C(a) \quad i = 1, 2, \dots, 12$$

$$C(a) = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} X(a, i)$$

$C(a) =$ composante annuelle de l'année a

Après extraction de la tendance annuelle est obtenue la série Z :

$$Z(a, i) = X(a, i) - M(a, i)$$

La composante saisonnière $S(a, i)$ est la même pour tout a . Elle est estimée par la moyenne des valeurs de la série Z pour le mois i :

$$S(a, i) = \frac{1}{Y} \sum_{a=1}^Y Z(a, i)$$

D'autres méthodes de désaisonnalisation ont été proposées (LAUREC et LE GALL, 1975), en particulier celles qui font appel aux procédures de régression. L'étendue de la série de données disponible dans la pêcherie du buccin ne justifie pas une discussion approfondie sur l'intérêt d'une méthode par rapport à une autre. En conséquence, seuls seront exposés les résultats du filtrage par moyennes mobiles.

La série de données utilisée est celle des valeurs moyennes mensuelles des p.u.e. de janvier 83 à décembre 84. Ces valeurs sont issues du carnet de pêche fourni par le "Gavroche" (fig. 22). La composante annuelle de chacune des deux périodes d'un an (janvier 83 à décembre 83 et janvier 84 à décembre 84) a été estimée:

$$C(1) = 1.856$$

$$C(2) = 1.960$$

Le profil de la composante saisonnière (fig. 23) illustre la variabilité de la capturabilité au cours de l'année. La composante annuelle de 1983 est un peu plus faible que celle de 1984. Aucune diminution de rendements dans le secteur "Sauvages" n'est mise en évidence au cours de la période étudiée. Ces résultats pourront être comparés avec les rendements obtenus dans les années à venir.

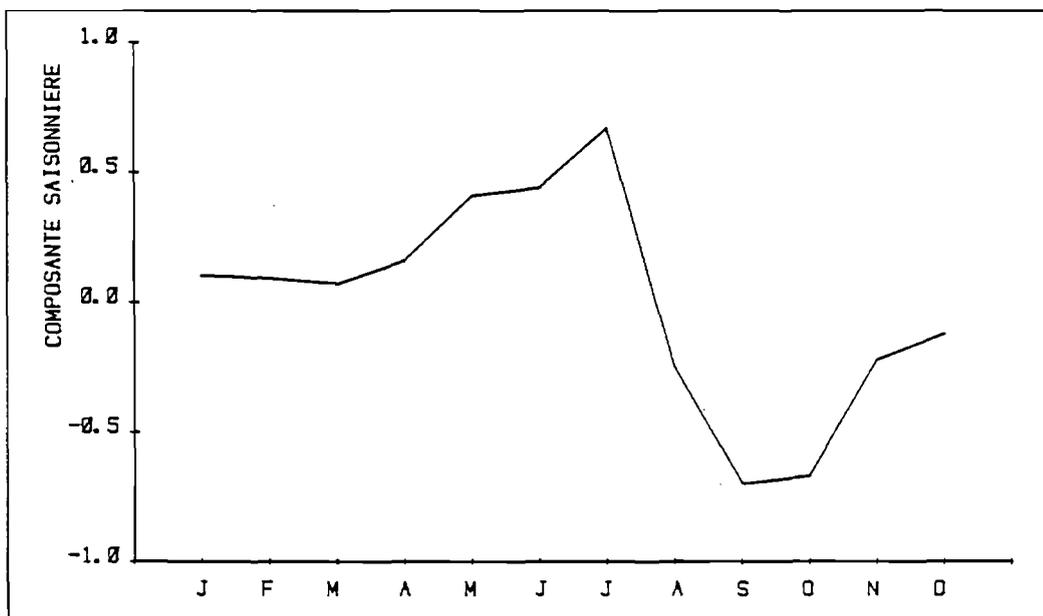


Figure 23.- Composante saisonnière de la série de la figure 22.

III.4.2.2 Variations saisonnières des captures/marée/bateau (mai 83 - octobre 84)

L'information fournie par la criée de Granville (cf. III.3.3) permet de calculer une capture moyenne mensuelle par marée et par bateau. Cette mesure des prises par unité d'effort comporte les inconvénients déjà exposés (cf. III.3.1), dans la mesure où elle ne tient pas compte de la puissance relative des bateaux qui varie, entre autres, en fonction du nombre de casiers utilisés.

Les variations mensuelles de la capture moyenne par marée et par bateau (fig. 24) dans chacun des 3 secteurs géographiques définis précédemment sont comparables à celles des captures par casier et par jour (cf. III.4.2.1) surtout en ce qui concerne la "coupure d'été". Au cours de la période étudiée, les captures aux "Sauvages" sont systématiquement supérieures à celles réalisées en "Baie". Les valeurs observées dans la zone "S Chausey" occupent une position intermédiaire.

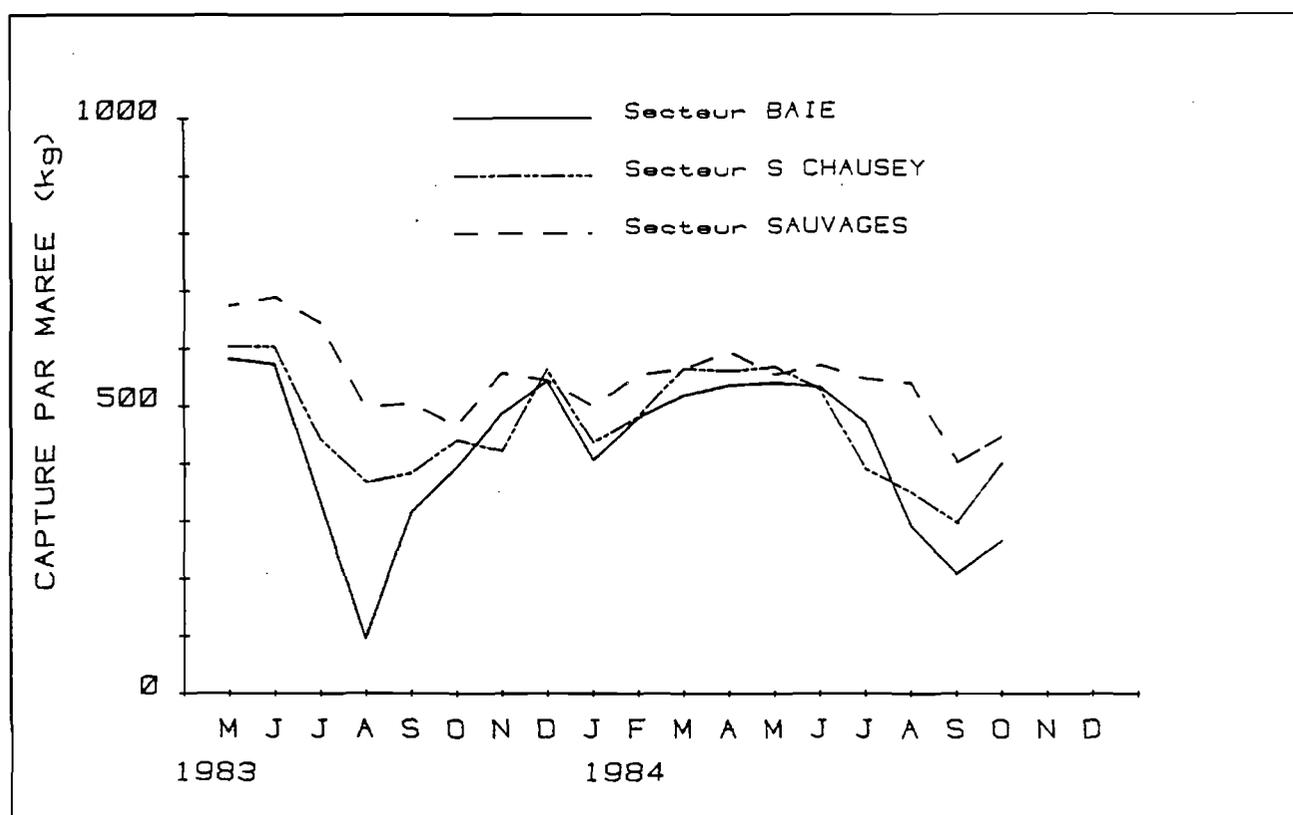


Figure 24.- Prises par unité d'effort (kg/marée) des caseyeurs granvillais qui vendent leurs captures en criée

III.4.3 Effet du temps d'immersion sur les prises par casier

La capture d'un casier est le résultat d'interactions entre les animaux, l'environnement et le casier lui même (BENNETT et BROWN, 1976). Pour utiliser la capture par casier comme indice d'abondance, il faut que la capturabilité soit constante ou que ses variations relatives soient connues. Dans cette optique, la composante saisonnière de la capturabilité a été mise en évidence dans le § III.4.2.1 .

La durée d'immersion du casier est un autre facteur qui doit être pris en compte dans l'étude des prises par unité d'effort (p.u.e.) des pêcheries de buccin. En 1983, la flottille de Granville relevait ses casiers, en règle générale, 5 fois par semaine. Le temps d'immersion était de 24 heures pour 4 marées par semaine et de 72 heures à la levée suivant le week-end. Cette organisation s'étant maintenue tout au long de l'année 1983, l'estimation de la composante saisonnière (cf. § III.4.2.1) n'est pas affectée par les variations de la durée d'immersion. Néanmoins, d'un point de vue pratique pour la pêche, et dans l'optique d'un suivi à long terme de l'évolution des prises par casier, l'effet du temps d'immersion sur les rendements ne peut pas être négligé. La politique de contrôle de la production, engagée en 1984 par les professionnels, les a conduit à moduler le nombre hebdomadaire de jours de pêche (entre 3 et 4). Si cette tendance s'accroît, l'utilisation des p.u.e. comme indice d'abondance devra tenir compte de l'effet de la durée d'immersion.

L'effet du temps d'immersion a été étudié à partir de la série des données journalières de p.u.e. utilisées dans le § III.4.2.1 (octobre 82 - décembre 1984), qui comprend, outre les valeurs de capture et d'effort, le temps d'immersion des casiers. Une méthode très simple a été utilisée où la série des p.u.e. est d'abord lissée par une moyenne mobile: la p.u.e. de l'observation i ($i=1, 2, \dots, 345$; $i=1$ pour le 25 octobre 1982, $i=345$ pour le 29 décembre 1984) est remplacée par la moyenne \overline{pue}_i des 2 observations qui précèdent et des 2 qui suivent l'observation i et dont la durée d'immersion (T_i) est de 24 heures. Ainsi dans la série:

i	1	2	119	120	121	122	123	124	...	344	345
T_i (heures)	24	48		24	24	48	24	48	24		24	24
p.u.e. i (kg/casier)	1.60	1.58		1.72	1.73	1.64	1.70	1.70	1.63		1.65	1.45

la valeur de \overline{pue}_{121} est:

$$\overline{pue}_{121} = \frac{1.72 + 1.73 + 1.70 + 1.63}{4} = 1.695$$

L'écart relatif (E_i) entre la i ème p.u.e. observée et la valeur qui la remplace dans la série lissée est ensuite calculé:

$$E_i = (p.u.e. i - \overline{pue i}) / (\overline{pue i})$$

Dans l'exemple exposé ci-dessus, la valeur de E_{121} est:

$$E_{121} = (1.64 - 1.695) / 1.695 = - 0.032$$

Les valeurs des E_i sont ensuite regroupées selon les durées d'immersion des casiers (fig. 25). Dans l'exemple proposé, la valeur de E_{121} serait regroupée avec les autres observations dont le temps d'immersion était de 48 heures.

Les figures 25 et 26 mettent en évidence la distribution des valeurs des E_i pour chaque valeur de T ainsi que le résultat suivant: les p.u.e. maximales sont obtenues pour une durée d'immersion de 24 heures. Les p.u.e. moyennes diminuent ensuite jusqu'à atteindre le minimum à 5x24 heures (29 % moins qu'à 24 heures). La moyenne des écarts pour 144 heures (6 jours) ne vaut que -10 % alors que d'après la tendance des autres valeurs on pourrait s'attendre à un écart de l'ordre de 35%. Cette divergence est imputable au faible nombre d'observations pour cette durée d'immersion.

Du fait du calcul d'une moyenne mobile, les valeurs des E_i pour une durée d'immersion donnée ne sont pas indépendantes. Ainsi, "l'erreur standard" (tableau 5) est interprétée comme un indice de dispersion qui n'est pas l'erreur standard au sens statistique. La dispersion autour des écarts moyens est très forte et témoigne de l'influence d'autres facteurs (densité sur le fond, conditions météorologiques, courants de marée)

Cette diminution de la capture par casier en fonction de la durée d'immersion peut néanmoins être expliquée:

- La capture d'un casier est fonction de sa surface d'attraction et donc de la distance parcourue par les individus qui rentreront dans le casier. Cette distance est fonction de la chémosensibilité du buccin, mais aussi de sa vitesse de déplacement et du temps pendant lequel le courant se maintient dans la direction où il se trouve. Dans le golfe normand-breton, le cycle de marée se répète deux fois en 24 heures. Il est donc possible que la majorité des individus soit capturée pendant la première période de l'onde M2. Cette hypothèse est confortée par les résultats des observations vidéo (cf. § IV.2.1).

- L'appât est aussi un facteur déterminant de la capture par casier. Les pêcheurs constatent que l'appât ne peut être utilisé plus d'une fois car il perd de son efficacité après avoir séjourné plusieurs heures dans l'eau.

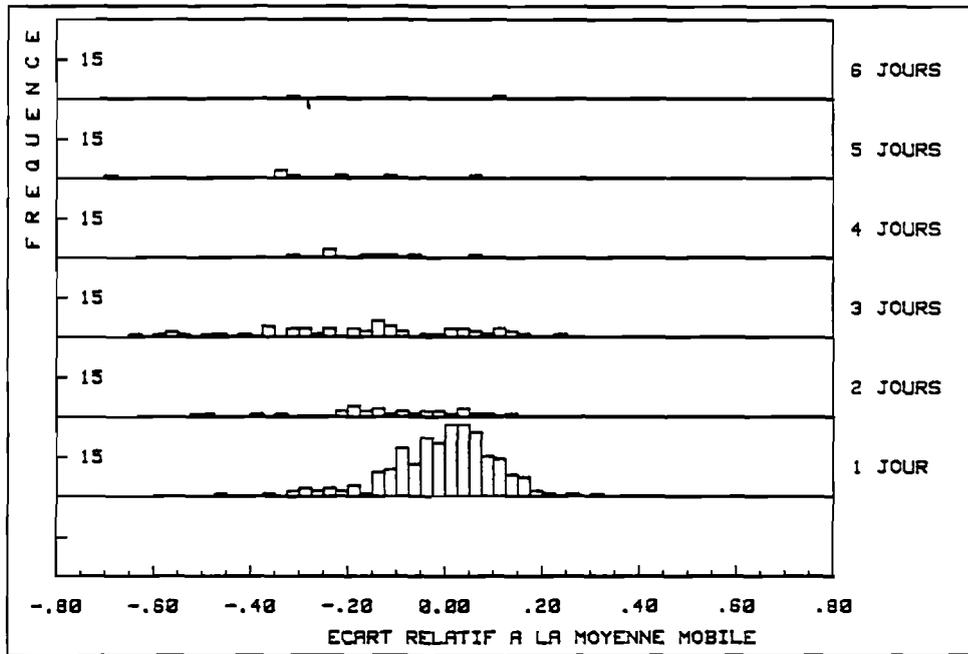


Figure 25.- Distribution des écarts relatifs E_i aux moyennes mobiles \overline{pue}_i (voir texte) pour différentes durées d'immersion des casiers.

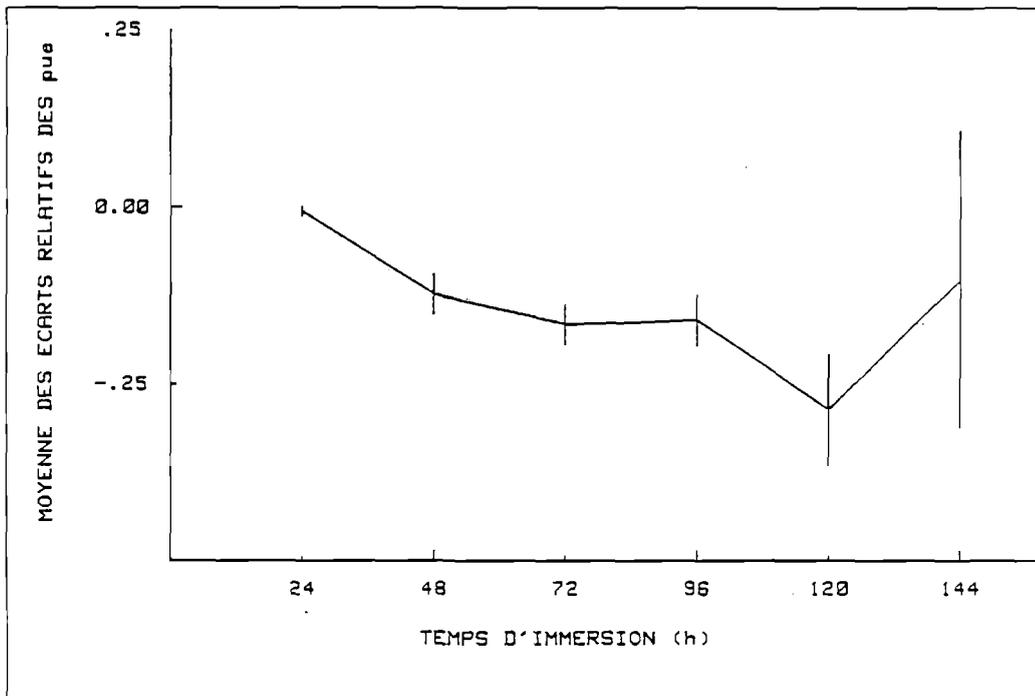


Figure 26.- Ecart relatif moyen à la moyenne mobile \overline{pue}_i en fonction du temps d'immersion (± 1 E.S)

- La forme des casiers complique, mais n'empêche pas complètement les buccins de s'échapper. De plus, la "tenue" de la filière sur le fond est moins bonne après plusieurs jours, ce qui peut provoquer le renversement des casiers.

On peut finalement conclure que la plupart des buccins est attirée pendant le premier cycle de la marée. Au delà de 12 heures, quelques uns rentrent encore dans le casier. Les buccins commencent ensuite à ressortir, sans doute au delà de 24 heures d'immersion mais peut être aussi dès le 2^{ème} cycle de marée.

DUREE D'IMMERSION (heures)	ECART RELATIF MOYEN (Ei)	ERREUR STANDARD	N
24	-0.006	0.007	237
48	-0.123	0.029	30
72	-0.167	0.028	57
96	-0.160	0.037	9
120	-0.287	0.078	8
144	-0.103	0.210	2

Tableau 5. - Ecart relatif moyen à la moyenne mobile \overline{pue}_i en fonction de la durée d'immersion des casiers

III.4.4 Conclusion

Les variations des p.u.e. observées dans la pêcherie granvillaise se décomposent selon plusieurs échelles temporelles:

- 1) A l'échelle pluriannuelle:
une diminution de l'abondance du stock et de la taille moyenne des individus, provoquée par la pêche.
- 2) A l'échelle mensuelle:
une variation saisonnière de la capturabilité avec les p.u.e. minimales en période estivale.
- 3) A l'échelle hebdomadaire:
la durée d'immersion des casiers, avec un maximum des prises par casier pour une durée de 24 heures.

Dans le § III.5, les valeurs de p.u.e. de la période 1974 à 1983 seront utilisées dans l'ajustement d'un modèle global.

III.5 UTILISATION D'UN MODELE GLOBAL

L'évolution pluriannuelle de l'effort et des rendements dans la pêcherie de buccin de Granville a été exposée dans les § III.3.2 et III.4.1. Un modèle global a été ajusté à ces données, afin d'essayer de décrire et prévoir l'évolution des captures dans la pêcherie.

III.5.1 Présentation générale des modèles globaux

Les modèles globaux constituent une approche simple pour prévoir les captures. Le signal d'entrée est l'effort de pêche et la sortie est la taille du stock à l'équilibre (liée aux captures). L'hypothèse de base est qu'à un état du stock, caractérisé par une biomasse B, correspond un équilibre dynamique stable avec le milieu. L'équation de départ est:

$$\frac{1}{B} \frac{dB}{dt} = f(B) = \text{taux d'accroissement relatif instantané}$$

f(B) est une fonction quelconque de B.

Le taux d'accroissement est nul quand $B = B_v$, la biomasse à l'équilibre d'un stock vierge.

La distinction entre les divers modèles repose sur la formulation de f(B); ainsi, dans le modèle dit de Verhulst:

$$f(B) = H(B - B_v) \quad (1)$$

où H est une constante négative

Le modèle de Schaefer ajoute à l'équation (1) le terme $q f B$ qui correspond à la mortalité par pêche:

$$f(B) = H B - K B - q f B = H B - (K + F) B$$

avec $K = B_v H / B$

La biomasse d'équilibre décroît linéairement en fonction de l'effort de pêche. Quand celui-ci est nul, la biomasse d'équilibre est égale à B_v , comme dans l'équation (1).

Souvent, le modèle de Schaefer décrit incorrectement la sensibilité du stock à la pression de pêche. Ces différences proviennent notamment du type de relation entre la taille du stock de géniteurs et l'effectif des recrues entrant dans la phase exploitée (relation stock--recrutement).

Pour généraliser le modèle et tenir compte de ces différences, PELLA et TOMLINSON (1969) ont proposé la relation:

$$f(B) = H B^{m-1} - K - q f \quad (3)$$

où m est un nouveau paramètre:

- m < 2 : la biomasse décroît moins vite que dans le modèle de Schaefer;
- m = 2 : modèle de Schaefer;
- m > 2 : la biomasse décroît plus vite que dans le modèle de Schaefer;

Quand m = 1, et au prix d'une convention mathématique (LAUREC et Le GUEN, 1981), on retrouve un autre cas particulier des modèles globaux: le modèle exponentiel. L'expression (3), qui n'a pas d'intérêt biologique pour m = 1, est remplacée par:

$$f(B) = H \text{Log}(B) - K - q f \quad (4)$$

A l'équilibre, l'expression (3) devient:

$$B^{m-1} = \frac{K}{H} + \frac{q}{H} f \quad (5)$$

et l'expression (4) est égale à:

$$\text{Log}(B) = \frac{K}{H} + \frac{q}{H} f \quad (6)$$

S'il est admis que: $U_e = q B$

- où: U_e = prise par unité d'effort (théoriquement instantanée mais qui dans la pratique est souvent approchée par une moyenne annuelle)
- q = coefficient de capturabilité

les relations (5) et (6) deviennent respectivement:

$$U_e^{m-1} = \frac{q^{m-1}}{H} K + \frac{q^m}{H} f \quad (5')$$

$$\text{Log}(U_e) = \text{Log}(q) + \frac{K}{H} + \frac{q}{H} f \quad (6')$$

Les équations (5') et (6') peuvent encore s'écrire:

$$U_e^{m-1} = \alpha + \beta f \quad (5'')$$

$$\text{Log}(U_e) = \gamma + \delta f \quad (6'')$$

avec :

$$\alpha = \frac{q^{m-1}}{H} K \qquad \beta = \frac{q^m}{H}$$

$$\gamma = \text{Log } (q) + \frac{K}{H} \qquad \delta = \frac{q}{H}$$

Cette dernière transformation permet d'estimer les paramètres des modèles à partir d'une série de couples de données d'effort et prises par unité d'effort (f, U_e), chaque couple de valeurs correspondant à un intervalle de temps qui est généralement l'année. Il y a 3 paramètres pour estimer (5'') (α, β et m), et 2 paramètres pour l'équation (6'') : γ et δ.

Les deux modèles nécessitent que soient satisfaites les conditions suivantes :

- 1) La variable exogène (f) doit exprimer aussi fidèlement que possible l'effort effectif (lui-même étant proportionnel à la mortalité par pêche).
- 2) Les couples (f_i - U_{e i}) doivent représenter des valeurs d'effort et de p.u.e. du stock à l'équilibre.

Dans la pratique, les pêcheries atteignent rarement l'équilibre. Plusieurs palliatifs ont donc été proposés pour obtenir, à partir d'une série (f_i, U_i) dont les U_i ne sont pas les p.u.e. à l'équilibre, une nouvelle série (f_i, U_{e i}) où les U_{e i} sont des approximations des valeurs de p.u.e. qui auraient été observées à l'équilibre pour un effort de pêche f_i. Par exemple, la méthode proposée par WALTER (1975) corrige les valeurs U_i par une quantité fonction du "déséquilibre des p.u.e.". Le déséquilibre est évalué à partir de l'évolution temporelle des p.u.e. La méthode peut être très utile pour l'ajustement du modèle de Schaefer, mais pour m ≠ 2 elle est souvent inexacte.

L'approche de GULLAND (1968) et FOX (1975) consiste, plutôt qu'à corriger les p.u.e., à remplacer les données d'effort par \bar{f}_i , approximations de l'effort réel qui, à l'équilibre, correspondraient aux U_i. Pour le calcul de \bar{f}_i , FOX propose une moyenne pondérée :

$$\bar{f}_i = \frac{(k f_i + (k-1) f_{i-1} + \dots + f_{i-k})}{(k + (k-1) + \dots + 1)}$$

où :

k = nombre d'années pendant lequel une classe d'âge contribue significativement aux captures.

C'est cette seconde méthode qui a été employée préalablement aux ajustements que nous allons maintenant présenter.

III.5.2 Application au stock exploité par la flottille granvillaise (stock_2)

L'effort de pêche nominal déployé par la flottille granvillaise (§ III.3.2) et sa production annuelle (§ III.1; tableau 6) sont connus depuis 1974. Il est difficile de garantir l'exactitude de ces données, mais elles ont tout de même été utilisées pour l'ajustement du modèle généralisé. A cette fin, elles ont d'abord subi deux "prétraitements":

1) La seule mesure d'effort disponible depuis 1974 est le nombre de casiers dans la pêcherie. Afin de tenir compte de l'augmentation d'efficacité provoquée par l'introduction de "l'appât double" en 1977, le nombre de casiers entre 1974 et 1976 a été "corrigé". Trois scénarios ont été envisagés:

- Efficacité relative multipliée par 1.5 lors de l'introduction de l'appât double (l'effort 1974 - 1976 a été divisé par 1.5 avant l'ajustement).
- Efficacité relative a été multipliée par 2.
- Efficacité relative a été multipliée par 3.

2) Les couples (f_i, U_i) , ne sont pas des valeurs à l'équilibre. La méthode de FOX (voir ci-dessus) avec $k=3$ fournit la série (\bar{f}_i, U_i) utilisée pour estimer les paramètres (tableau 6).

L'examen de l'évolution des p.u.e. en fonction de \bar{f}_i (fig. 27) montre que la biomasse du stock est moins sensible à l'augmentation de l'effort qu'il n'est prévu par le modèle de Schaefer. Le choix du modèle généralisé est ainsi justifié.

Nous avons mis au point le programme GENVAR pour l'ajustement du modèle généralisé car le programme PRODFIT proposé par FOX (1975) ne fournit pas d'estimations de variance pour les p.u.e. théoriques.

L'ajustement se fait à partir de l'équation (5''):

$$\hat{U}_i = (\alpha + \beta \bar{f}_i)^{1/(m-1)} \quad (7)$$

L'algorithme à recherche directe (Simplex) de Nelder et Mead (1965) a été utilisé pour trouver les valeurs des paramètres α , β et m qui minimisent la fonction:

$$S(\bar{f}_i; \alpha, \beta, m) = \sum_{i=1}^n W_i (\hat{U}_i - U_i)^2$$

où:

n = nombre d'observations

\hat{U}_i = p.u.e. prévue par le modèle pour un effort \bar{f}_i

W_i = pondération attachée à l'observation i

$$W_i = C_i^{-2} \quad \text{pour une variance relative des écarts à l'ajustement constante}$$

ANNEE	EFFORT NOMINAL (nombre de casiers dans la pêcherie	EFFORT NOMINAL (nombre de casiers corrigé par duplication de l'efficacité depuis 1977)	\bar{f}_i (d'après la méthode de FOX; k= 3)	CAPTURE DES CASEYEURS (tonnes)	U_i (prises par unité d'effort; tonnes / casier)
1974	1 000	500	500	422	0.844
1975	1 200	600	567	666	1.175
1976	1 350	675	621	748	1.205
1977	1 350	1 350	1 000	1 239	1.239
1978	1 500	1 500	1 313	1 150	0.876
1979	2 300	2 300	1 875	1 247	0.665
1980	3 150	3 150	2 592	1 105	0.426
1981	4 800	4 800	3 833	1 350	0.352
1982	6 100	6 100	5 175	1 520	0.294
1983	7 200	7 200	6 433	1 607	0.250

Tableau 6 .- Données utilisées pour l'ajustement du modèle généralisé.

PARAMETRE	VALEUR OPTIMALE	COEFFICIENT DE VARIATION	MATRICE \hat{V} DE VARIANCE - COVARIANCE		
$\hat{\alpha}$	0.676	44 %	8.79 E-02	-9.52 E-05	1.37 E-01
$\hat{\beta}$	0.000348	94 %	-9.52 E-05	1.07 E-07	-1.54 E-04
\hat{m}	0.266	178 %	1.37 E-01	-1.54 E-04	2.26 E-01

Somme de carrés résiduelle = $S^* = 0.242$

Tableau 7.- Résultats de l'ajustement
du modèle généralisé $U_i = (\alpha + \beta \frac{1}{\bar{f}_i})$ (1/(m-1))

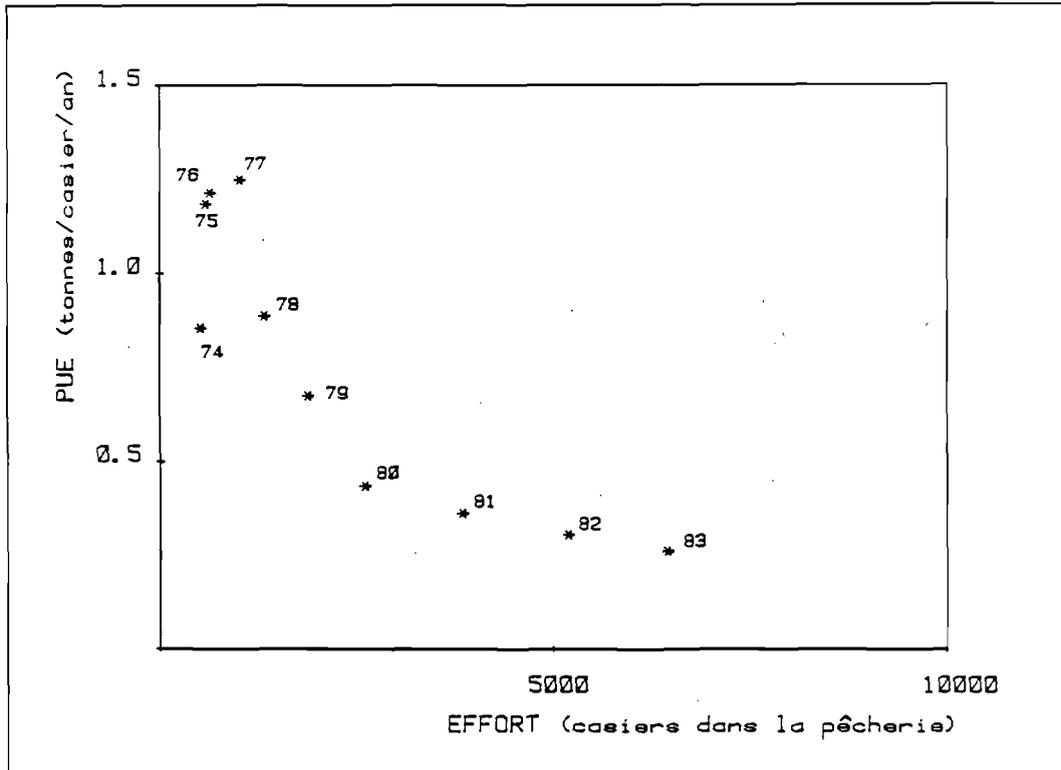


Figure 27 Relation entre \bar{f}_i et les prises par unité d'effort

Parmi les avantages apportés par une pondération qui suppose une variance relative des erreurs constante, FOX (1975) signale le poids plus important accordé aux observations récentes, qui sont souvent, comme dans le cas de la pêcherie de buccin, celles qui sont connues avec plus de précision.

La matrice V de variance-covariance des paramètres est approchée par :

$$\hat{V} = [X' W X]^{-1} \hat{\sigma}^2$$

où :

X est la n x 3 matrice de terme général x_{ij} :

$$x_{ij} = \frac{\partial}{\partial p_j} \hat{U}_i (f_i ; p_1, p_2, p_3)$$

évalué au minimum, i.e. pour $p_1 = \hat{\alpha}$, $p_2 = \hat{\beta}$ et $p_3 = \hat{m}$. Cette matrice réalise une approximation du Hessien de la fonction-objectif $S(f_i ; \alpha, \beta, m)$, en négligeant les termes qui font intervenir les dérivées secondes $\frac{\partial^2 \hat{U}_i}{\partial p_k \partial p_l}$

X' est la transposée de X .

-2

W est la n x n matrice diagonale des pondérations $W_i = U_i$

$\hat{\sigma}^2$

est l'estimation de la variance résiduelle :

$$\hat{\sigma}^2 = S^* / (n - 3)$$

où S^* est la valeur de S au minimum.

La justification précise de cette approximation est présentée dans BARD (1974, chap. VII). Il en existe une version resumée dans le rapport technique de SMITH (1979, chap. 4). L'estimation de V utilisée ici est celle donné par l'équation 4.17 B de ce second auteur.

La variance des p.u.e. théoriques est approchée par (SMITH, 1979) :

$$\hat{V}(\hat{U}_i) = \left(\frac{\partial \hat{U}_i}{\partial p} \right)' \hat{V} \left(\frac{\partial \hat{U}_i}{\partial p} \right)$$

où :

$\frac{\partial \hat{U}_i}{\partial p}$ = vecteur colonne de dérivées partielles de \hat{U}_i (évaluées à l'optimum)

et la variance des captures théoriques à l'équilibre vaut

$$\hat{V}(\hat{C}_i) = \hat{f}_i^2 \hat{V}(\hat{U}_i)$$

avec : $\hat{C}_i = f_i \hat{U}_i$ = capture théorique à l'équilibre

Nous avons effectué ces calculs d'incertitude dans le but d'apprécier le degré de détermination des paramètres, ainsi que pour juger du bien fondé des extrapolations au delà de la plage des valeurs d'effort observées. Ce double souci est néanmoins contrecarré par le non-respect de l'hypothèse d'indépendance:

- il n'est guère réaliste, du fait de l'inertie du système stock-flottille, de considérer comme indépendants les couples (f_i, U_i) voisins. Cela est suggéré par l'allure "structurée" des écarts à l'ajustement (fig. 28).

- De surcroît, le filtrage des f_i par la méthode de FOX rend interdépendants les efforts consécutifs.

Il est donc légitime de ne pas chercher à affiner outre mesure les estimations de variance, sachant que de toutes manières elles devront être considérées avec une extrême prudence.

III.5.3 Résultats et discussion

L'effet du choix de la correction pour l'effort 1974-1976 sur les résultats des ajustements est négligeable. Aussi, seul le scénario "efficacité multipliée par 2" a été retenu.

Les résultats de l'ajustement (tableau 7) font ressortir la mauvaise identification des paramètres m et β (coefficients de variation de 178% et 94% respectivement). D'où une très forte incertitude autour des valeurs théoriques (fig. 29). Etant donné qu'on ne dispose pas d'observations pour la phase de "surexploitation biologique" (celle où l'augmentation de l'effort de pêche provoque une diminution des captures totales), il n'est pas possible actuellement de prévoir, avec le modèle global, à partir de quel niveau d'effort cette phase sera atteinte.

Le modèle ne parvient pas à faire la part entre la réponse biologique du stock et celle qui résulte du déplacement géographique de l'effort depuis quelques années. En effet, il est évident que la chute des p.u.e. a été ralentie par l'exploitation de nouveaux gisements (secteur "Sauvages"; § III.3.3). Ce déplacement de l'effort "ajoute" de la biomasse exploitable tout comme aurait pu le faire un mécanisme biologique du stock. A l'instar de quelques modèles globaux qui intègrent une fonction de variables de l'environnement (FREON, 1983), on pourrait faire intervenir une fonction de la couverture géographique de la flottille afin de tenir compte de cette adjonction de biomasse exploitable.

Les résultats du modèle généralisé montrent cependant que la production totale ne pourrait pas être augmentée de manière durable par l'augmentation de l'effort de pêche, surtout que l'atténuation de la chute des rendements par déplacement géographique de l'effort ne pourra pas se poursuivre indéfiniment. Il demeure que l'incertitude attachée aux prévisions du modèle global incitent à envisager d'autres approches de modélisation qui permettraient, en particulier, d'étudier séparément chaque secteur géographique.

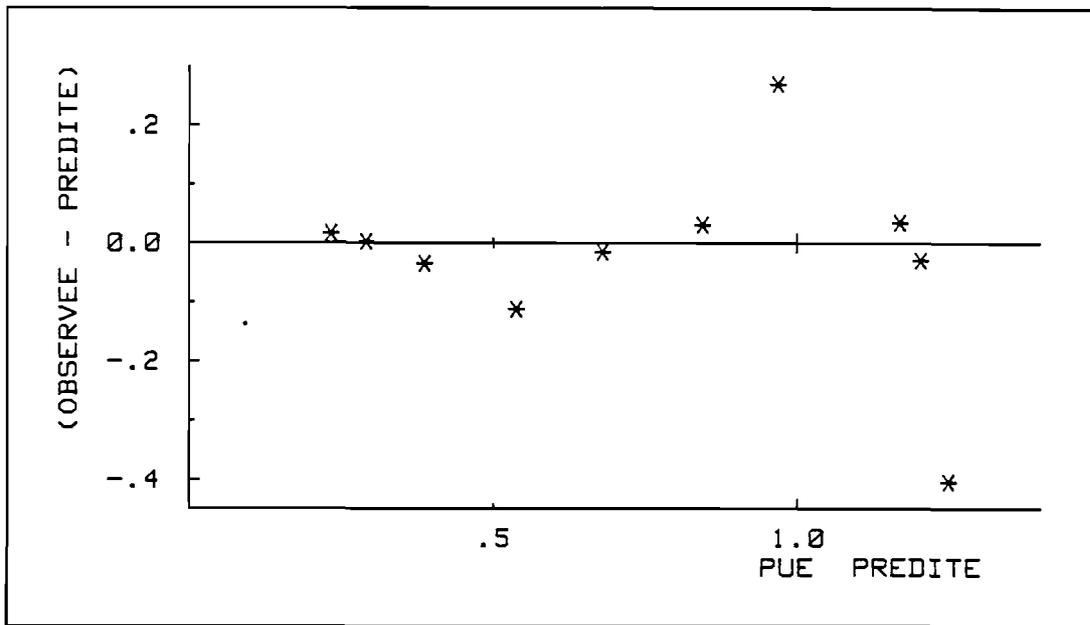


Figure 28.- Ecart à l'ajustement du modèle généralisé

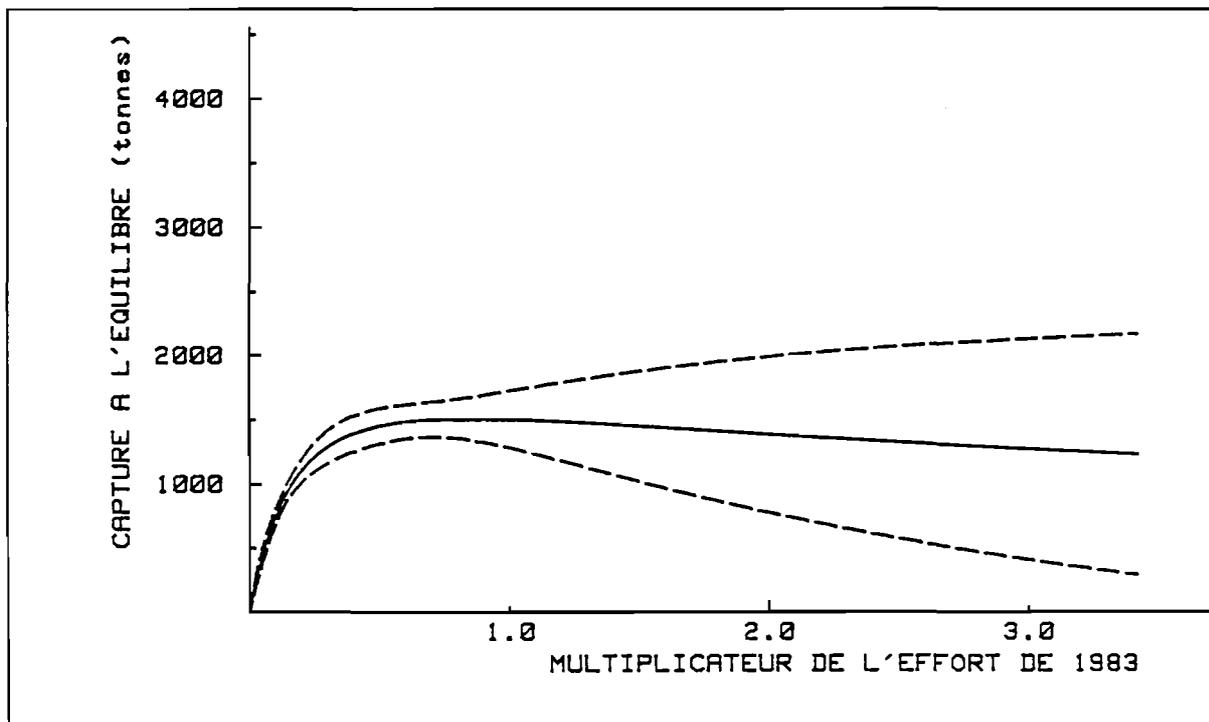


Figure 29.- Captures à l'équilibre prévues par le modèle généralisé (± 1 E.S.)

III.6 LE COMPTE D'EXPLOITATION DU "BATEAU MOYEN"

Une pêcherie doit être analysée non seulement du point de vue biologique mais aussi du point de vue humain et en particulier économique. L'analyse économique introduit des critères de décision indispensables pour la gestion de la ressource. En effet, les inconvénients de l'utilisation d'indices isolés tels que le MSY (Maximum Sustainable Yield) ou de concepts mal définis tels que "conservation de l'espèce" ou "surexploitation" ont été reconnus depuis plusieurs années (GORDON, 1953; CLARK, 1976; LARKIN, 1977).

Quoique notre approche soit essentiellement celle d'un biologiste, il nous est apparu nécessaire d'aborder quelques éléments généraux concernant le fonctionnement économique de la pêcherie, même si les méthodes d'acquisition et de traitement des données ne sont sans doute pas les mêmes que celles auxquelles aurait eu recours un spécialiste.

III.6.1 Le compte d'exploitation du bateau moyen en 1983

Le compte d'exploitation d'un bateau représente l'ensemble de ses performances comptables (LE PICHON, 1978). Nous avons choisi pour référence le compte d'exploitation d'un navire fictif "moyen" de la pêcherie de buccin de Granville en 1983, défini par les caractéristiques suivantes:

longueur: 8.5 m
jauge brute: 5.5 Tx
moteur: 125 Ch
nombre de casiers: 400
nombre de marées par semaine: 5
nombre de mois de pêche par an: 10
chiffre d'affaires: chiffre d'affaires de la pêcherie en 83 (prix moyen de vente en 1983 x débarquements des bulotiers granvillais) divisé par 18 (le nombre de caseyeurs à Granville)

L'utilisation d'un "bateau moyen" se justifie dans le mesure où la flottille bulotière du port est assez homogène (cf. II.4).

Cette procédure a un double intérêt:

- 1) Bien que les performances comptables calculées ne correspondent à aucun des bateaux de la pêcherie, elles constituent un indice qui est sans doute très lié aux performances réelles de beaucoup d'exploitants.
- 2) Les modèles déterministes des populations exploitées évaluent les conséquences d'un schéma d'exploitation donné, avec des valeurs fixes pour les variables du système (e.g. effort de pêche). Dans le chapitre V, les calculs exposés ci-dessous permettront d'analyser, dans un modèle déterministe, l'incidence de certains paramètres pouvant être modulés par la gestion de la pêcherie (en particulier le nombre de bateaux) sur les performances économiques du "bateau moyen".

Les principaux éléments du compte d'exploitation du bateau moyen en 1983 sont les suivants:

- Chiffre d'affaires brut par bateau (CA/B)

$$CA/B = (PM * C) / NB = 411.6 \text{ KF}$$

où : PM = prix moyen = 4.10 F/kg
C = capture = 1 807 000 kg
NB = nombre de bateaux = 18

- Chiffre d'affaires net (CN)

$$CN = CA/B - TC = 391.5 \text{ KF}$$

où : TC = taxes retenues par la criée et l'organisation de producteurs
(3.5% et 2% des ventes en criée respectivement)
= $0.055 * 365.5 \text{ KF} = 20.1 \text{ KF}$

- Frais annuels de production (FP)

$$FP = G + A * CAS = 100 \text{ KF}$$

où : G = frais annuels de gazole
= $(250 \text{ F} / \text{marée}) * (5 \text{ marées/semaine}) * (40 \text{ semaines}) = 50 \text{ KF}$
A = frais annuels d'appats par casier
= $(0.625 \text{ F} / \text{marée}) * (5 \text{ marées/semaine}) * (40 \text{ semaines}) = 125 \text{ F}$
CAS = nombre moyen de casiers par bateau = 400

* - Valeur ajoutée brute (VAB)

$$VAB = CN - FP = 291.5 \text{ KF}$$

- Part équipage (PE)

Dans la pêcherie du buccin, la valeur ajoutée brute est divisée en deux parts égales :

- 1) Salaire de l'équipage (PE)
- 2) Part armement (PA)

$$PE = VAB / 2 = PA = 145.75 \text{ KF}$$

Les rémunérations du patron et du matelot valent respectivement 2/3 et 1/3 de PE. Les charges sociales (ChS) sont prélevées sur la part équipage. Ainsi, la rémunération du patron après charges sociales (Pat) est:

$$\text{Pat} = (2/3 \text{ PE}) - 20 \text{ KF} = 77.2 \text{ KF}$$

et celle du matelot (Mat): $\text{Mat} = (1/3 \text{ PE}) - 17 \text{ KF} = 31.2 \text{ KF}$

La valeur de 31.2 KF se situe en dessous du niveau considéré comme le minimum acceptable par un matelot. Dans la pratique, de telles situations se sont déjà produites en 1983 et quelques patrons ont proposé un minimum garanti de l'ordre de 60 KF, après déduction des charges sociales. Cet aménagement est introduit dans les calculs de telle sorte que:

$$\text{Mat} = 60 \text{ KF}$$
$$\text{Pat} = \text{PE} - 60 \text{ KF} - 20 \text{ KF} - 17 \text{ KF} = 48.8 \text{ KF}$$

- Résultat net comptable (RNC) .

$$\text{RNC} = \text{PA} - \text{CRC} - \text{FFA} - \text{AA} \quad (1)$$

où : CRC = coût annuel de remplacement des casiers .

FFA = moyenne annuelle de frais financiers .

AA = amortissement moyen annuel du bateau .

Les postes à déduire de la part armement dans le résultat net comptable sont :

a) Coût annuel de remplacement des casiers (CRC)

$$\text{CRC} = \text{Pr} * \text{CAS} * \text{CR} = 6.3 \text{ KF}$$

où :

Pr = proportion de casiers à remplacer chaque année = 0.15

CAS = nombre moyen de casiers par bateau = 400

CR = coût d'un casier (35 F) + coût par casier des matériels nécessaires au gréement de la filière = 105 F

b) Frais financiers annuels (FFA)

Les frais financiers annuels sont estimés selon la procédure suivante :

En 1983 , le bateau "type" de la pêcherie coûtait 600 KF. Le financement communément adopté pour l'achat de ces bateaux est :

CA = capital versé par l'armateur au début de l'opération
= 0.25 VI = 150 KF

S = subvention = 0.25 VI = 150 KF

D = dette à rembourser = VI - CA - S = 300 KF

T = durée du remboursement de la dette = 6 ans

VI = valeur initiale du bateau = 600 KF en 1983

Ainsi, on considère qu'au cours de la période de remboursement il y a 6 paiements annuels égaux de D/6 francs (francs nominaux).

Le taux d'intérêt (TI) utilisé dans les calculs est le taux d'intérêt bonifié pour la pêche. Les intérêts payés à la fin de chacune des 6 années (I t) sont calculés sur le reste de la dette (D t) avant paiement de D/6 F correspondant à l'année t :

$$I_t = \text{TI} * D_t$$

$$\text{TI} = 10.5\%$$

$$D_t = D - (D/6) * (t-1)$$

$$t = 1, 2, \dots, 6$$

Nous avons transformé les intérêts en francs constants en appliquant un taux d'inflation annuel de 11% pendant les 6 ans de remboursement :

$$IK_t = I_t / (1.11)^t$$

IK t = intérêts payés , en francs constants , à la fin de l'année t
= frais financiers d'un bateau dans sa t ème année
de remboursement de la dette

Le tableau suivant est obtenu :

Année de remboursement	1	2	3	4	5	6
Intérêts en francs constants	28.4 KF	21.3	15.4	10.4	6.2	2.8 KF

La moyenne des frais financiers annuels en 1983 (FFA) pour les 18 bateaux de la pêcherie granvillaise peut être estimée par :

$$FFA = \frac{\sum_{b=1}^{18} FFb}{18} = 8.5 \text{ KF}$$

où :

b = 1, 2, 3, ..., 18 = indice du bateau
 FFb = frais financiers du bateau b, calculés selon son âge (cf. fig. 6) en supposant qu'un bateau d'âge t est dans sa t-ème année de remboursement. Si l'âge est supérieur à 6 ans : FFb = 0

c) Amortissement annuel moyen du bateau (AA)

C'est une charge résultant de la perte annuelle de valeur subie par l'investissement total réalisé pour l'achat du bateau. Nous l'avons estimé à partir de la moyenne annuelle de perte de valeur au cours d'une période de 6 ans après l'achat.

Comme exprimé antérieurement, un remboursement de D / 6 francs se produit à la fin de chacune des 6 années de remboursement. La valeur en francs constants du paiement de l'année t (PF t) est

$$PF t = (D/6) / (1.11)^t$$

Le capital total (CT, en francs constants) investi par l'armateur est donc :

$$CT = CA + \sum_{t=1}^6 PF t = 361.5 \text{ KF}$$

Connaissant la valeur résiduelle en francs constants du bateau au bout de 6 ans (V6 = 300 KF), on peut estimer la perte de capital (A) subie par l'armateur :

$$A = CT - V6 = 361.5 \text{ KF} - 300 \text{ KF} = 61.5 \text{ KF}$$

L'amortissement annuel moyen est donc :

$$AA = 61.5 / 6 = 10.3 \text{ KF}$$

La substitution de CRC, FFA et AA dans l'équation (1) permet d'estimer le résultat net comptable :

$$RNC = (145.75 - 6.3 - 8.5 - 10.3) \text{ KF} = 120.7 \text{ KF}$$

- Revenu annuel du patron armateur (RPA)

Etant donné que dans la plupart des cas le patron est aussi l'armateur, ses revenus totaux sont estimés par :

$$RPA = RNC + Pat = 120.7 + 48.8 = 169.5 \text{ KF}$$

Le compte d'exploitation du bateau moyen en 1983 est résumé par le tableau ci-dessous:

CA/B	Chiffre d'Affaires Brut		411.6 KF	100 %
TC	Taxes de Criée et Organisation de Producteurs		20.1 KF	4.9 %
CN	Chiffre d'Affaires Net	$411.6 - 20.1 =$	391.5 KF	
FP	Frais de Production:			
	Gazole		50 KF	12.1 %
	Appât		50 KF	12.1 %
VAB	Valeur Ajoutée Brute	$391.5 - 100 =$	291.5 KF	
PE	Part Equipage	145.75 KF		
	Charges Sociales			
			Matelot 17 KF	4.1 %
			Patron 20 KF	4.9 %
	Rémunération			
			Matelot 60 KF	14.6 %
			Patron 48.8 KF	11.9 %
CRC	Remplacement des casiers		6.3 KF	1.5 %
FFA	Frais Financiers		8.5 KF	2.1 %
AA	Amortissement du bateau		10.3 KF	2.5 %
RNC	Résultat Net Comptable	$145.75 - 25.1 =$	120.7 KF	29.3 %
RPA	Revenus annuels du patron-armateur	$= 120.7 + 48.8 =$	169.5 KF	

Les sources d'information qui ont permis d'estimer les paramètres utilisés dans les calculs sont résumés dans le tableau ci dessous.

Paramètre	PM	C	TC	NB	G	A	Cas	Pr	CR	VI	V6	CA	S	TI
Source	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3,4	3,4	3	3	3

1 = Direction des Affaires Maritimes

2 = Criée de la Chambre de Commerce et de l'Industrie de Granville

3 = Entretiens avec les professionnels

4 = Institutions bancaires

III.6.2 Performances économiques de la pêche en 1983.

La valeur annuelle de la valeur ajoutée nette et des "frais totaux" pour l'ensemble de la pêche sont des indices de la rentabilité économique (et non comptable) de l'activité.

- Valeur Ajoutée Nette = Taxes de criée + Rémunération du patron et du matelot + Charges sociales + Frais financiers + Résultat net comptable
= 5 311.8 KF
- "Frais Totaux" = Frais de production + coût annuel de remplacement des casiers + amortissement des bateaux
= 2 098.8 KF

Nous utiliserons les "frais totaux" comme indice de l'ensemble des consommations intermédiaires et de la consommation de capital. Dans une analyse économique complète il faudrait inclure les subventions à l'achat du bateau et au soutien des prix de vente.

III.6.3 Extrapolation à la période 1974-1982

Le compte d'exploitation du bateau moyen et les performances économiques de la pêche en 1983 peuvent être mieux interprétés s'ils sont replacés dans leur contexte historique. Ainsi, quoique la base de données disponibles soit restreinte, les calculs exposés ci-dessus ont été réalisés pour chacune des années de la période 1974 -1982, en modifiant quelques paramètres. Les résultats sont exprimés en francs constants 1983.

- Chiffre d'affaires brut de l'année i (CA/Bi)

$$CA/Bi = (PMi * Ci) / NBi$$

où:

- PMi = prix moyen au kg (cf. § III.1)
- Ci = débarquements de la pêche (kg)
- NBi = nombre de bateaux (cf. § III.3.2)

- Chiffre d'affaires net (CNI)

$$CNI = CA/Bi - TCi/NBi$$

où:

- TCi = taxes de criée et cotisations à l'organisation de producteurs

- Frais annuels de production (FPi)

$$FPi = Gi + Ai * CASi$$

où:

- Gi = frais annuels de gazole
- Ai = frais annuels d'appât par casier
- CASi = nombre moyen de casiers par bateau (cf. § III.3.2)

Gi et Ai ont été estimés par extrapolation ou interpolation à partir des données disponibles, en supposant le même nombre annuel de marées qu'en 1983:

a) Frais annuels de gazole (Gi)

L'année 1983 est utilisée comme année de base. La puissance moyenne en 1983 (fig. 6) est de 125 CV et le coût du gazole par marée est de 250 F. Ainsi, le coût par CV et par marée est de 2 F. D'après les statistiques et les renseignements des professionnels, en 1974 la puissance moyenne était de 65 CV et la distance moyenne aux lieux de pêche environ 50 % de celle de 1983. L'interpolation entre 1974 et 1983 donne le coût relatif du trajet (Ti) jusqu'aux lieux de pêche et la puissance moyenne de la flottille (Pi):

$$\begin{aligned}
 P_i &= (65 + (i-74) * 60/9) \text{ Ch} \\
 T_i &= 0.5 + (i - 74) 0.5/9 \\
 i &= 74, 75, 76 \dots, 83
 \end{aligned}$$

Le prix du gazole (en francs constants 1983) relatif à celui de 1983 (2.10 F/ l) est donné par le rapport:

$$L_i / 2.10 \quad \text{où:}$$

L_i = prix du gazole l'année i

Le prix du gazole (en francs constants) était de 1.50 F/l entre 1974 et 1979, 1.79 F/l en 1980 et 2.10 F/l depuis 1981.

Les frais annuels de gazole au cours de l'année i sont estimés par:

$$G_i = ((T_i * P_i * L_i / 2.10 * 2 \text{ F/Ch}) / \text{marée}) * 200 \text{ marées}$$

b) Frais annuels d'appât par casier (Ai)

En 1983, les frais d'appât sont de 0.625 F/marée/casier. Le poisson y contribue pour 1/3, alors que le crabe y contribue pour 2/3. Etant donné que depuis les années 70, le prix du poisson (en francs constants) a très peu varié et qu'entre 1974 et 1976 seul le poisson était utilisé comme appât, les frais annuels d'appât par casier peuvent être estimés par:

avant 1977:

$$A_i = ((1/3 * 0.625) \text{ F/marée/casier}) * 200 \text{ marées} = 41.67 \text{ F/ casier}$$

à partir de 1977:

$$A_i = ((1/3 * 0.625 + 2/3 * 0.625 * C_i / 1.80) \text{ F/marée/casier}) * 200 \text{ marées}$$

où:

$C_i / 1.80$ = prix relatif (en francs constants) du crabe au cours de l'année i par rapport à 1983.

Les valeurs annuelles de C_i (en francs constants) sont :

Année	77	78	79	80	81	82	83
Prix du crabe (F /kg)	0.95	1.20	1.40	1.67	1.60	1.64	1.80

- Valeur ajoutée brute (VAB_i)
 $VAB_i = C_{Ni} - F_{Pi}$

- Part équipage (PE_i) = part armement (PA_i)
 $PE_i = VAB_i / 2$

Avant 1979, il y avait 3 hommes à bord; la rémunération du patron et de chaque matelot était alors de $2 \times 1/4$ et $1/4$ de PE_i respectivement. Depuis 1979, la plupart des bulotiers n'ont plus qu'un matelot à bord, de telle sorte que la rémunération du patron est égale à $2/3$ de PE_i . Les charges sociales sont supposées les mêmes qu'en 1983.

- Résultat net comptable (RNC_i)

$$RNC_i = PA_i - CRC_i - FFA_i - AA_i$$

où :

$$CRC_i = \text{coût annuel de remplacement de } CAS_i \text{ casiers} \\ = 0.15 * CAS_i * 105 \text{ F}$$

FFA_i = frais financiers

AA_i = amortissement du bateau

Il n'a pas été tenu compte de la modification du coût de remplacement des casiers provoquée par l'introduction des casiers en plastique en 1978.

On ne dispose pas d'éléments permettant d'estimer la moyenne annuelle des frais financiers ou de l'amortissement des bateaux entre 1974 et 1982. Ainsi, dans les calculs seront retenues les valeurs correspondantes à 1983 (8.5 KF/an et 10.25 KF/an respectivement). L'erreur introduite est sans doute négligeable dans la mesure où l'importance de ces postes est assez faible par rapport aux autres frais.

III.6.4 Résultats et discussion

La démarche proposée permet de dégager les principales tendances dans la pêcherie, mais elle procède toutefois de plusieurs approximations:

- 1) Plusieurs paramètres sont extrapolés ou simplement transposés d'une année à l'autre. Dans la plupart des cas, l'utilisation des vraies valeurs aurait accentué la tendance dégagée (e.g. les coûts de construction des bateaux, en francs constants, ont augmenté ces dernières années; cf. tendance des "frais totaux").
- 2) Les activités d'appoint des exploitants ne sont pas prises en compte. Dans le cas des bulotiers, ces activités restent assez limitées à ce jour, mais elles pourraient augmenter dans l'hypothèse d'une aggravation des problèmes économiques ou d'un transfert de l'effort de pêche des dragueurs de praires vers le buccin.
- 3) Il est difficile de comparer les résultats exposés à la situation réelle d'un bateau en particulier.
- 4) L'influence des systèmes connexes à la pêcherie, en particulier le mareyage, n'a pas été étudiée.

Seuls seront exposés les résultats relatifs aux paramètres les plus importants:

- Pour le bateau moyen (performances comptables):
 - * Chiffre d'affaires net
 - * Revenus du patron-armateur
- Pour l'ensemble de la pêcherie (performances économiques):
 - * Valeur ajoutée nette
 - * "Frais totaux"

Nos résultats suggèrent que la pêcherie de buccin suit l'évolution "classique" des pêcheries à accès ouvert (GULLAND et ROBINSON, 1973):

Le chiffre d'affaires net par bateau et par an (fig. 30) se situe entre 300 000 et 550 000 F en 1974 - 1976 . Le chiffre de 1 000 000 F en 1977 -1978 est le résultat de l'augmentation des captures par bateau (suite à l'introduction de "l'appât double" cf. § II.5) accompagnée d'une progression annuelle de plus de 10% du prix de vente . A partir de 1979, les captures individuelles diminuent considérablement (cf. § III.4.1) provoquant ainsi la diminution des ventes nettes par bateau . Cette tendance a été atténuée par les prix de vente élevés de 1982, mais s'accroît à partir de 1983 . Au niveau actuel d'exploitation, l'augmentation de l'effectif de la flottille provoque un accroissement des coûts de production dans la pêcherie (coût marginal d'une unité d'effort) plus important que les revenus supplémentaires engendrés par

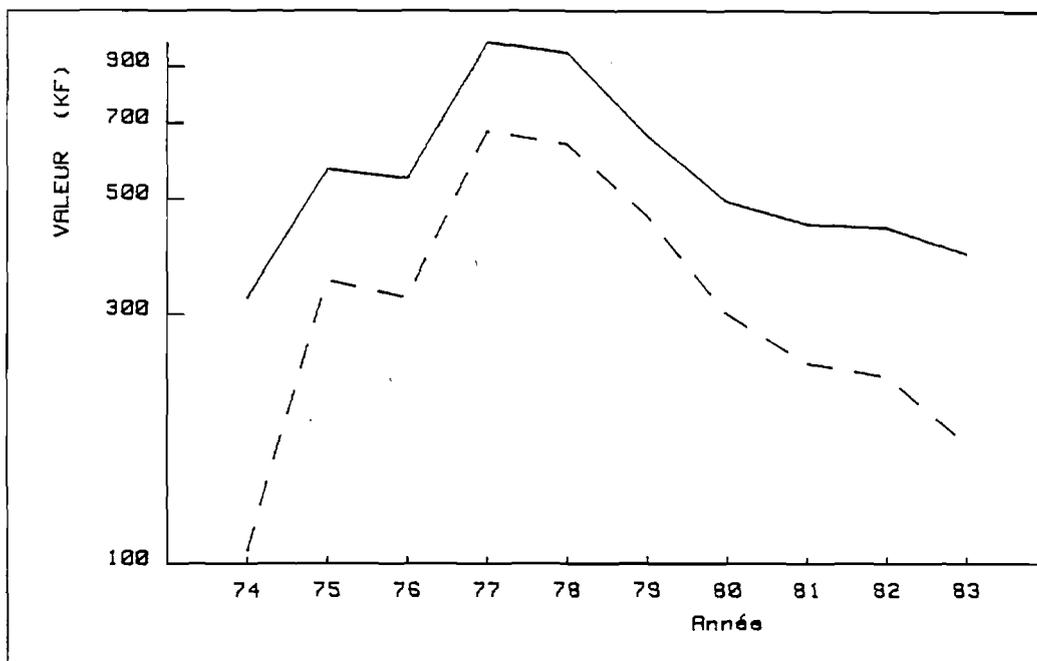


Figure 30.- Performances comptables annuelles du "bateau moyen":
 Chiffre d'affaires net par bateau (ligne continue)
 Revenus du patron-armateur (ligne pointillée)

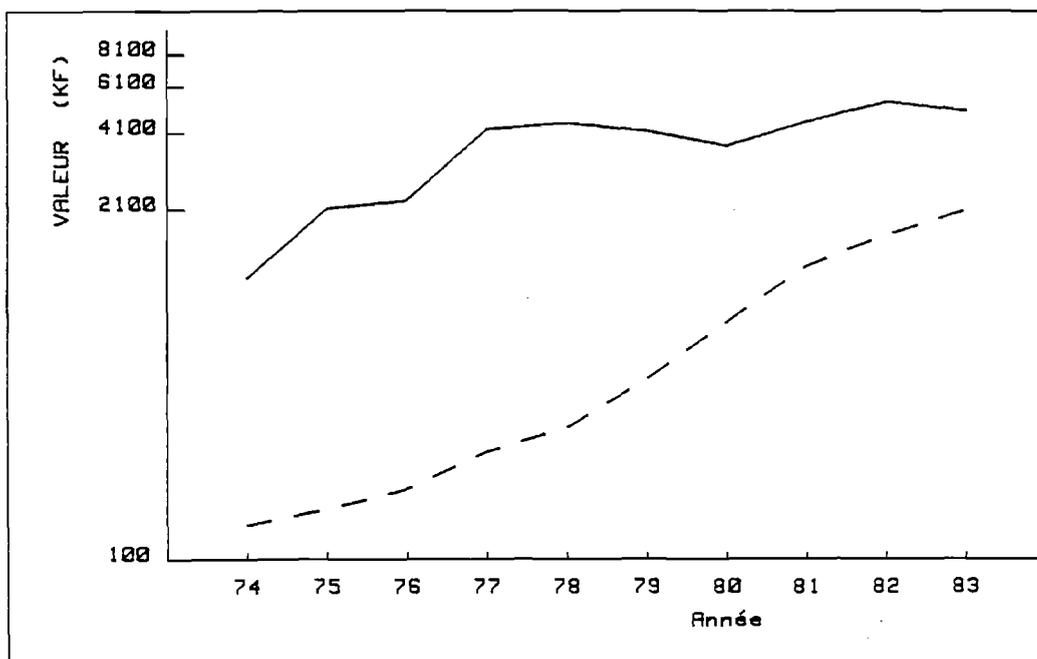


Figure 31.- Performances économiques annuelles de la pêche granvillaise:
 Valeur ajoutée nette (ligne continue)
 "Frais totaux" (ligne pointillée)

celle-ci (revenu marginal). Les revenus supplémentaires sont limités par deux facteurs:

- + l'augmentation de l'effort de pêche entraîne une réduction des rendements (cf. § III.4.1).
- + les limitations de marché imposées par le niveau actuel de demande de cette espèce, contraignent les pêcheurs à diminuer les captures individuelles au fur et à mesure que le nombre de bateaux augmente afin de limiter la production totale (cf. III.2).

Les revenus du patron armateur (fig. 30) sont un indice de la "force d'attraction" des investissements vers la pêche. Comme le chiffre d'affaires, ils atteignent leur maximum en 1977-1978 (675 KF) et diminuent jusqu'à un minimum en 1983 (169 KF). Les bénéfices très élevés obtenus en 77 -78 ont attiré les investissements (cf. III.3.2) : transformation de bateaux, transferts d'équipages d'autres métiers vers la pêche au buccin , demandes de crédit et construction de nouvelles unités. Simultanément les bénéfices ont commencé à diminuer mais la forte inertie du processus entamé (crédits engagés , bateaux en construction) fait que le nombre de bateaux continue d'augmenter au moment même où les marchés semblent arriver à saturation .

La valeur ajoutée nette (fig. 31) n'a pas cessé de progresser depuis 1974. Néanmoins , la progression observée depuis 1977 est beaucoup moins forte que celle de la période 1974 - 1977 . Dans le même temps, les "frais totaux" de la pêche (dont les principaux postes sont le gazole et l'appât) n'ont cessé d'augmenter, surtout à partir de 1978 (fig. 31). En 1974, les "frais totaux" représentaient 12% de la valeur ajoutée nette alors qu'en 1983 ils atteignent 42% . Cette tendance est caractéristique de l'évolution vers la surexploitation économique d'une pêche non régulée.

De même qu'il est possible d'extrapoler à la période 1974-1982 pour reconstruire l'évolution du compte d'exploitation, il suffit de connaître quelques caractéristiques de la flottille et du stock pour tenter une prospective. Dans le chapitre V, ce type d'extrapolation est introduite, ainsi que les prévisions de production du modèle de Ricker, dans un modèle bioéconomique permettant d'évaluer les conséquences de quelques mesures de gestion visant à réguler l'effort de pêche et les caractéristiques de la flottille.

III.7 CONCLUSION

La pêche au buccin est une activité dont la rentabilité a diminué mais qui demeure attractive pour les pêcheurs. La diminution de la rentabilité a pu être atténuée par l'augmentation des prix de vente, résultat d'une meilleure acceptation du produit et de la politique d'ajustement de la production à la demande. Le maintien de la rentabilité s'avère aujourd'hui plus difficile. En effet, étant donné le niveau actuel de production et de demande du produit, on peut s'attendre à un ralentissement de l'augmentation des prix de vente, déjà amorcé en 1983 - 1984. Au cours des dernières années, la profession a essayé de limiter la production totale par le biais de quotas individuels hebdomadaires. Néanmoins, la limitation de la capture individuelle a beaucoup moins d'impact que la progression du nombre de bateaux. En outre, si l'augmentation de l'effectif de la flottille se poursuit (accélérée par la situation précaire de la pêcherie de praire de Granville), la limitation de la production totale ne sera plus possible car, lorsque le seuil de rentabilité de l'activité sera atteint, les pêcheurs ne pourront plus respecter les mesures de régulation. Les problèmes de surproduction se verraient ainsi aggravés.

L'évolution des pêcheries de buccin du golfe normand-breton va dans le sens d'une augmentation considérable de l'effort de pêche. De ce fait, les rendements ont déjà diminué, même s'il ne semble pas que le stock ait atteint une situation critique.

Beaucoup des bulotiers sont sensibles à ces problèmes et ont déjà fait les premiers pas vers l'organisation de la profession. Un des éléments nécessaires pour une telle organisation est l'évaluation de l'effet de différents schémas d'exploitation sur les rendements et la capture totale. Les résultats du modèle global fournissent quelques réponses au problème mais demeurent insuffisants. Aussi, l'utilisation d'un modèle analytique a été envisagée. Dans le chapitre suivant seront présentés les résultats des études préalables à l'application du modèle de Ricker au stock exploité par la flottille granvillaise.

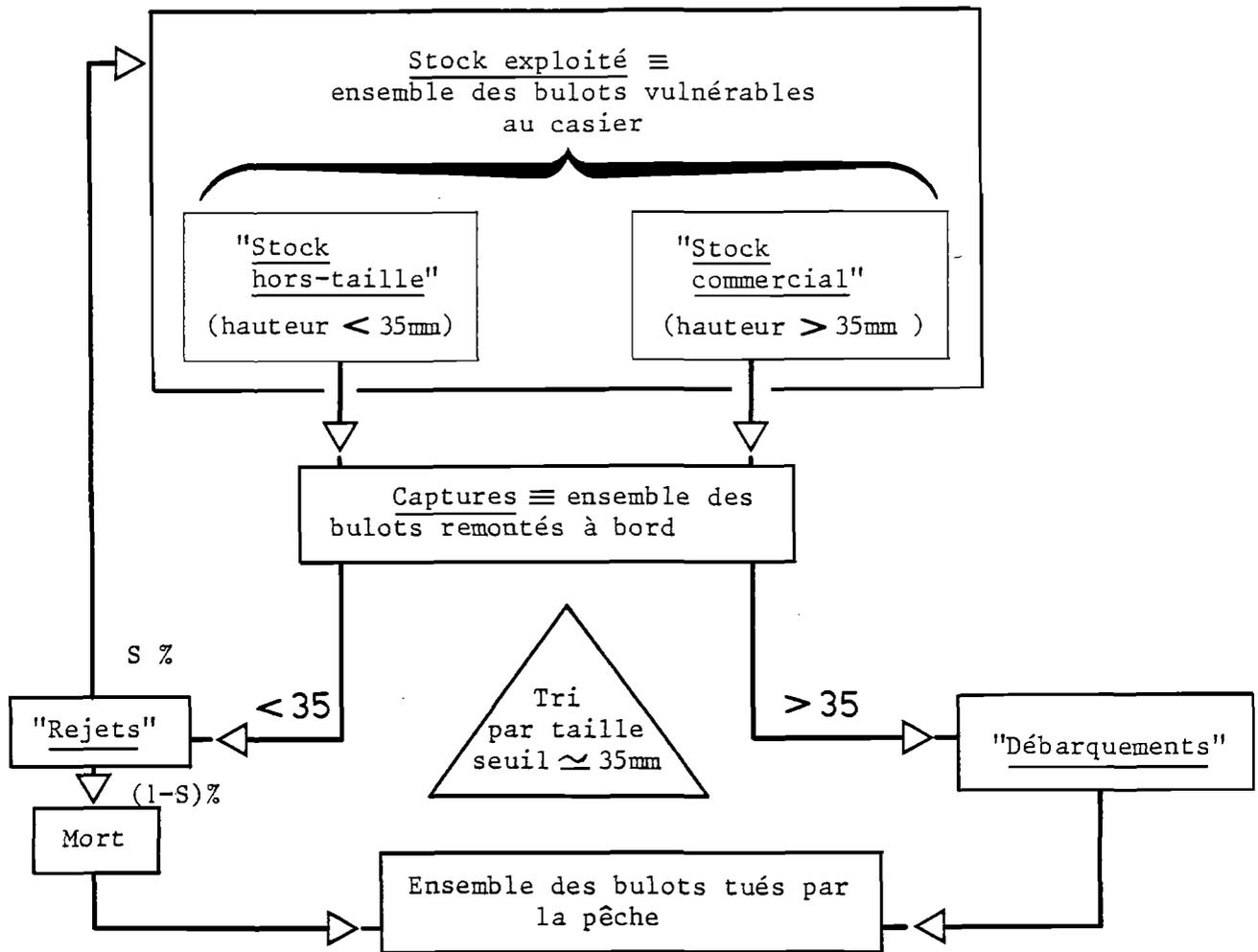
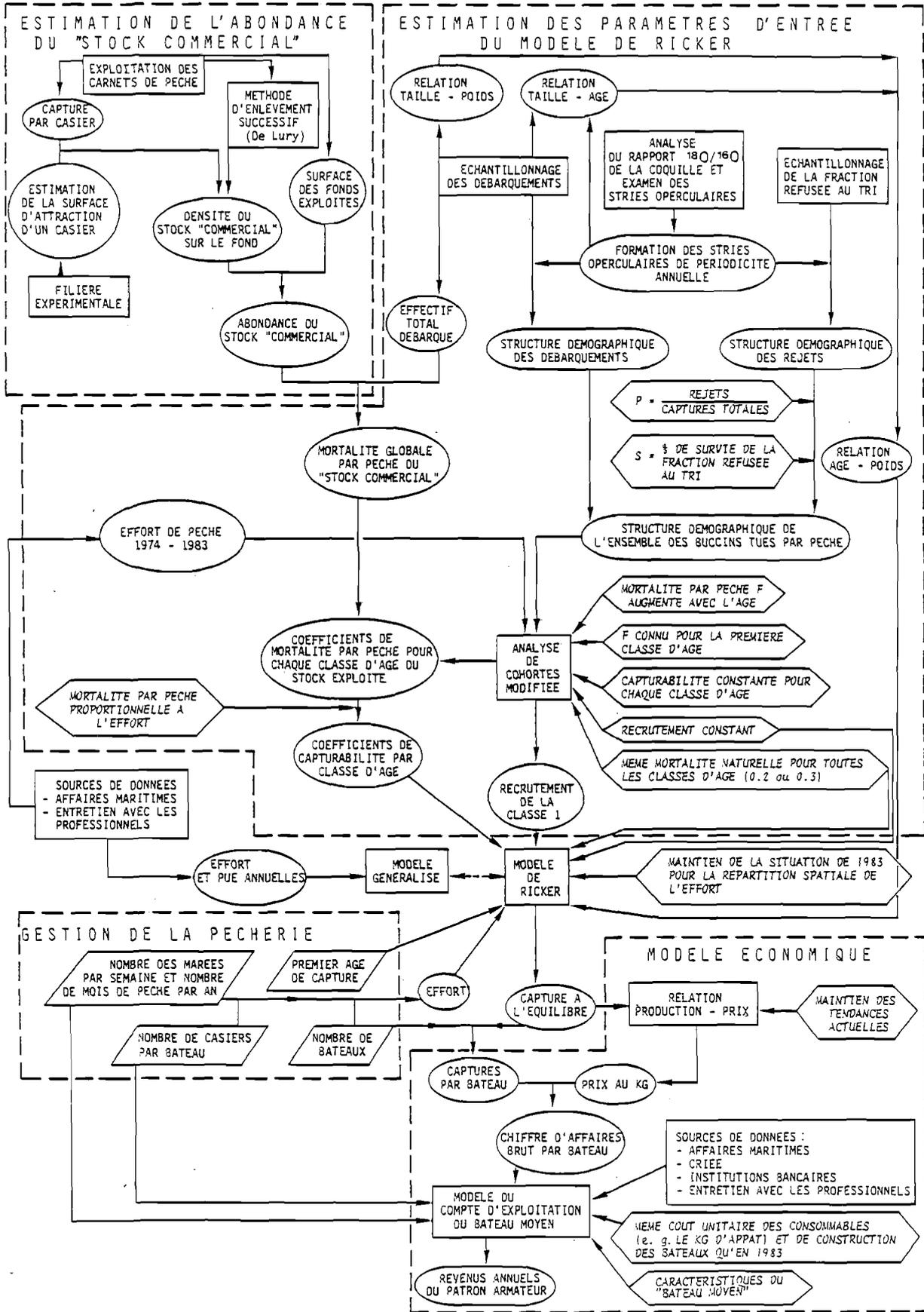


Figure 32 - Définition des principaux termes utilisés dans la figure 33 et dans les chapitres IV et V.

Figure 33 (ci-contre) - Structure des chapitres IV et V
La signification des symboles de l'organigramme est précisée ci-dessous.





CHAPITRE IV

DYNAMIQUE DE LA POPULATION: ACQUISITION DES DONNEES DE BASE (Granville)

IV.1 Eléments de la biologie du buccin

1.1 Inventaire bibliographique

1.2 Sex-ratio, période de reproduction et première taille de maturité du buccin dans le golfe normand-breton

1.3 Biométrie

IV.2 Estimation de la densité et de l'abondance du stock

2.1 Observation in situ d'un casier à l'aide d'une caméra sous-marine

2.2 Estimation de la surface de pêche d'un casier et de la densité des buccins dans le secteur "Baie" à l'aide d'une filière expérimentale

2.3 Estimations locales de la densité et de l'abondance du stock "commercial" dans le secteur "Sauvages" par la méthode de De Lury

IV.3 Détermination de l'âge individuel à l'aide des stries operculaires

3.1 Méthodes

3.2 Résultats et discussion

3.3 Conclusion

IV.4 Etude de la croissance

IV.5 Echantillonnage des débarquements: estimation de la structure démographique

5.1 Présentation du protocole

5.2 Estimation de T'_{a} : effectif débarqué par classe d'âge et par secteur géographique entre mars 1983 et février 1984

5.3 Estimation de T' : effectif total débarqué par secteur géographique entre mars 1983 et février 1984

5.4 Résultats et discussion

IV.6 Estimation des coefficients de mortalité et de l'abondance des recrues

6.1 Sélectivité de l'engin de pêche et du tri

6.2 Estimation des coefficients de mortalité et de l'abondance des recrues.

6.3 Estimation de la mortalité globale par pêche dans le secteur "Sauvages"

IV.1 ELEMENTS DE LA BIOLOGIE DU BUCCIN

Ce chapitre présente un rapide aperçu du cycle biologique du buccin. Dans un premier paragraphe sont rassemblées des informations extraites de la bibliographie. Dans les paragraphes suivants sont présentés nos propres résultats, acquis dans le golfe normand-breton.

IV.1.1 Inventaire bibliographique

Buccinum undatum est très largement répandu dans l'Atlantique Nord jusqu'aux mers sibériennes. Il approche en France la limite sud de sa distribution. HOLME (1966) a étudié la répartition de B. undatum en Manche et dans le Golfe normand-breton (fig 34).

Le buccin est une espèce benthique ubiquiste, avec une préférence pour les sédiments sablo-vaseux. Il est plus commun dans les eaux à salinité marine, à des profondeurs comprises entre la limite des basses mers et une centaine de mètres. GOWANLOCH (1926) a montré, en laboratoire, que la température léthale de l'eau pour l'espèce est d'environ 29°C. B. undatum présente des différences morphologiques selon son environnement (MORSE, 1877; VILLEMEURE et LAMOUREUX, 1975).

Les expériences de marquage réalisées par HANCOCK (1963) et GOWANLOCH (1926) ont montré que les mouvements du buccin sont très limités. Ce dernier auteur a observé un déplacement résiduel moyen de 7 m après une période de liberté d'environ un mois. C'est une espèce nécrophage, qui occasionnellement se nourrit d'animaux vivants (NIELSEN, 1975). Très souvent, le buccin reste immobile et enfoui dans le sédiment mais il réagit rapidement à la présence de nourriture.

Présentation morphologique et anatomique sommaire

Morphologiquement, le buccin se compose de:

- A) la coquille
- B) le corps, divisé lui-même en 4 régions externes:
 - 1. le pied
 - 2. la tête
 - 3. le manteau et la cavité palléale
 - 4. la masse viscérale

A) La coquille. C'est une structure robuste, spiralée, qui atteint une hauteur maximale d'environ 100 mm. Presque toutes les coquilles sont dextrogyres mais quelques coquilles lévogyres ont été signalées. Elle est recouverte par le périostacum, couche de matière organique le plus souvent de couleur jaunâtre. En dessous, la coquille est constituée d'une matrice organique qui est le support des cristaux de carbonate de calcium.

B) Le corps.

1. Le pied. Situé en position ventrale, ce muscle est très développé chez le buccin. Comme chez beaucoup d'autres mollusques, le muscle constitue l'essentiel de la partie comestible. Lorsque l'animal se rétracte, l'ouverture de la coquille est obstruée par l'opercule: disque de chitine placé sur la surface dorsale de la partie postérieure du pied. Chez le buccin, l'opercule est constitué de couches adventives et possède un nucleus marginal à partir duquel divergent les zones d'accroissement (GRASSE, 1968).

2. La tête. Elle porte en position antérieure deux tentacules avec un oeil céphalique à leur base. Entre les tentacules existe une ouverture à travers laquelle sort le proboscis, organe qui renferme la radula.

3. Le manteau et la cavité palléale. Le manteau, dont la marge sécrète la coquille, délimite la cavité palléale dans laquelle divers organes se trouvent en contact direct avec le milieu ambiant:

- le ctenidium, c'est à dire la branchie, se trouve sur le côté gauche de la cavité palléale.
- l'osphradium est un chémorécepteur situé à proximité des organes respiratoires. Il atteint chez le buccin un degré de complexité élevé lui permettant de repérer sa nourriture à distance (BAILEY et LAVERACK, 1963; BAILEY et BENJAMIN, 1968).
- la glande à mucus. Elle protège les tissus de la cavité palléale en véhiculant les particules solides.
- le siphon, situé antérieurement et à gauche, est une extension du manteau qui canalise l'eau vers l'intérieur de la cavité palléale et vers l'osphradium (chémosensibilité directionnelle).

4. La masse viscérale. Maintenu dans la partie la plus interne de la coquille, elle comprend les appareils digestif et reproducteur.

Reproduction

Le buccin est une espèce gonochorique; les différences morphologiques entre les sexes sont bien marquées. Le mâle possède un long pénis (quelques cm chez l'adulte) situé dans la cavité palléale. Dans le secteur de Blainville, VERON et HUET (1983) ont montré que 50% des mâles d'une hauteur totale de la coquille de 5,5 cm avaient un pénis bien développé, et considèrent donc cette taille comme première taille de maturité sexuelle chez les mâles. D'après ces auteurs, la première taille de maturité chez les femelles se situe aussi à environ 5,5 cm. Ceci correspond à la taille des plus petites femelles observées en action de ponte. En outre, leurs résultats montrent que plus de 50% de ces femelles ont une gonade pleinement développée en période de reproduction.

La fécondation est interne. La copulation et la ponte ont lieu en novembre et décembre dans le golfe normand-breton. D'après THORSON (1946), B. undatum se reproduirait pratiquement tout au long de l'année dans les eaux du Danemark, à l'exception des mois d'été. Les oeufs sont

enfermés dans des capsules groupées en amas irréguliers de 2 000 à 15 000 capsules (WEBBER, 1977). Chaque capsule contient de 50 à 2 000 oeufs. La plupart d'entre eux ne sont pas viables et constituent la nourriture des 10 à 20 embryons qui parviennent à l'éclosion (DAKIN, 1912; HANCOCK, 1967; HYMAN, 1967; WEBBER, 1977). D'après THORSON (1946) un maximum de 20 000 individus pourrait éclore de la masse d'oeufs pondus par une femelle. *B. undatum* a un développement direct: il n'y a pas de phase larvaire planctonique, et au moment de l'éclosion les juvéniles ont déjà les caractères morphologiques des adultes.

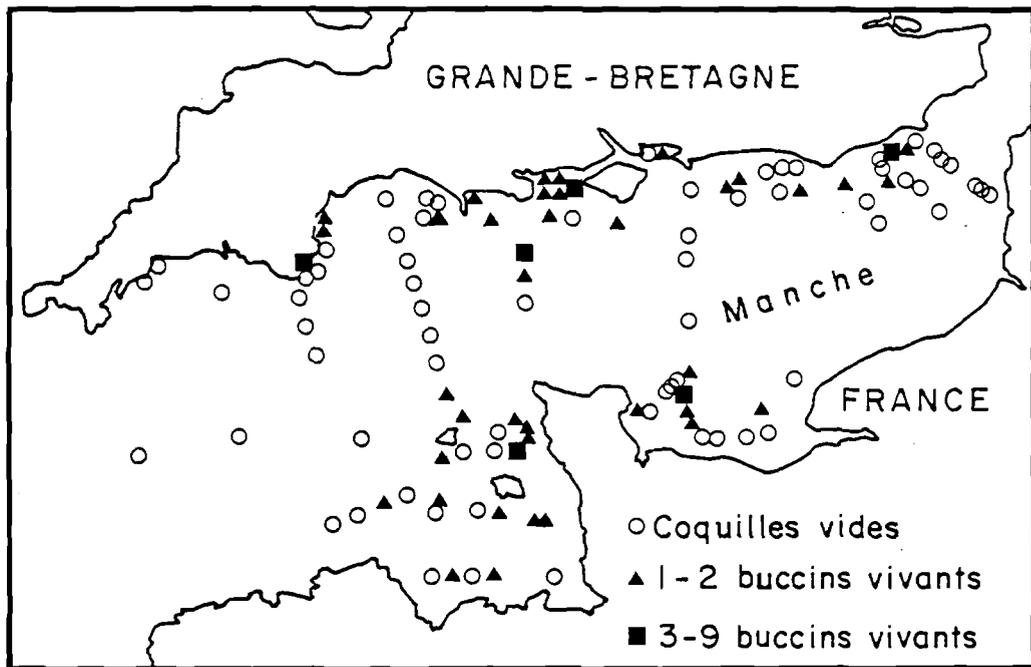


Figure 34.- Abondance relative de *Buccinum undatum* en Manche (d'après HOLME, 1966). Les valeurs sont exprimées en effectif par prélèvement d'environ 0.5 à 1 m².

IV.1.2 Sex-ratio, période de reproduction et première taille de maturité sexuelle dans le golfe normand-breton

Sex-ratio

Chez le buccin, le sexe peut être facilement déterminé car les mâles possèdent un pénis très visible.

Plusieurs prélèvements réalisés entre janvier 82 et mars 84 ont permis d'étudier l'évolution du sex-ratio (nombre de mâles/ nombre de femelles). Il varie entre 0.4 et 2.3 quand il est calculé par classe de 10 mm de hauteur de la coquille (fig. 35) mais il ne varie plus qu'entre 0.9 et 1.3 quand il est calculé pour toutes les tailles confondues (tableau 8). Des résultats comparables sont reportés par KOIE (1969): le sex-ratio du stock non exploité de Gullmanfjord (Suède) vaut 1.17.

Ces valeurs ne sont données qu'à titre indicatif car leur interprétation sort des limites de notre étude.

Période de reproduction

La présence d'oeufs de buccin fixés aux casiers ainsi qu'à d'autres engins de pêche pendant les mois de décembre-janvier montre que la ponte intervient à ce moment de l'année. L'éclosion a sans doute lieu en février-mars, comme l'attestent les nombreuses capsules vides rejetées à la côte à cette époque; dans le même temps les pontes attachées aux casiers disparaissent.

Première taille de maturité sexuelle.

KOIE (1969) a montré que chez le buccin, la taille du pénis (rapportée à celle de l'individu) augmente avec le degré de maturité sexuelle. Chez les mâles prélevés dans les captures commerciales du port de Granville, la taille du pénis des petits individus vaut moins de 20% de la hauteur de la coquille. Au delà d'une taille d'environ 50 mm, ce pourcentage augmente brusquement pour atteindre des valeurs supérieures à 50% (fig.36). Ce critère a été utilisé comme indice de maturité sexuelle: les individus dont la taille du pénis était supérieure à 50% de la hauteur de l'animal ont été considérés comme matures.

La taille MS 50 (celle pour laquelle 50% des individus sont matures) en période de reproduction est souvent utilisée comme mesure de la première taille de maturité sexuelle. Selon ce critère on peut conclure que cette première taille de maturité sexuelle est de 45 à 50 mm pour les buccins mâles du golfe normand-breton.

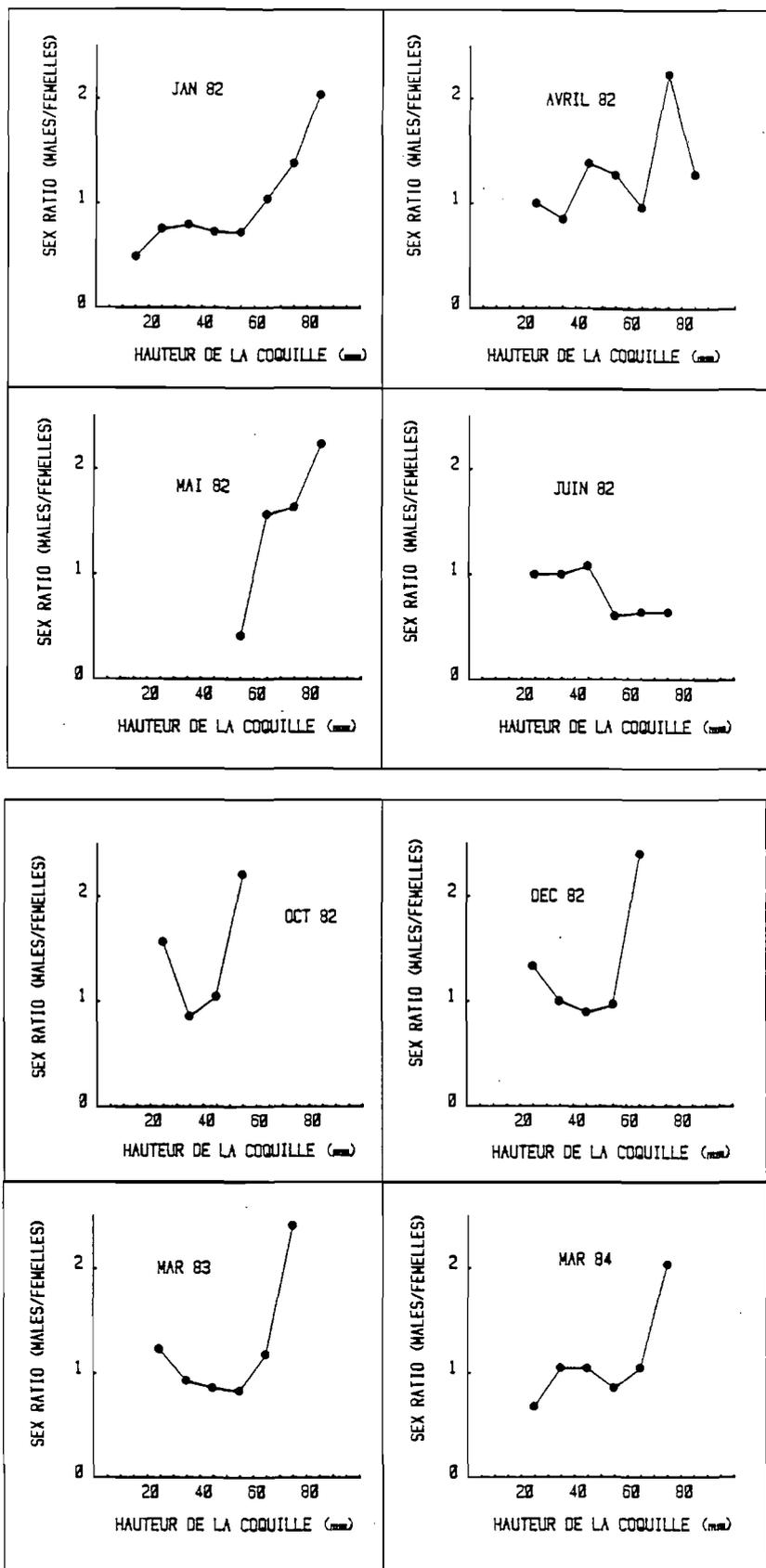


Figure 35.- Sex-ratio par classe de taille de 10 mm, estimé à partir des prélèvements dans les captures commerciales du port de Granville

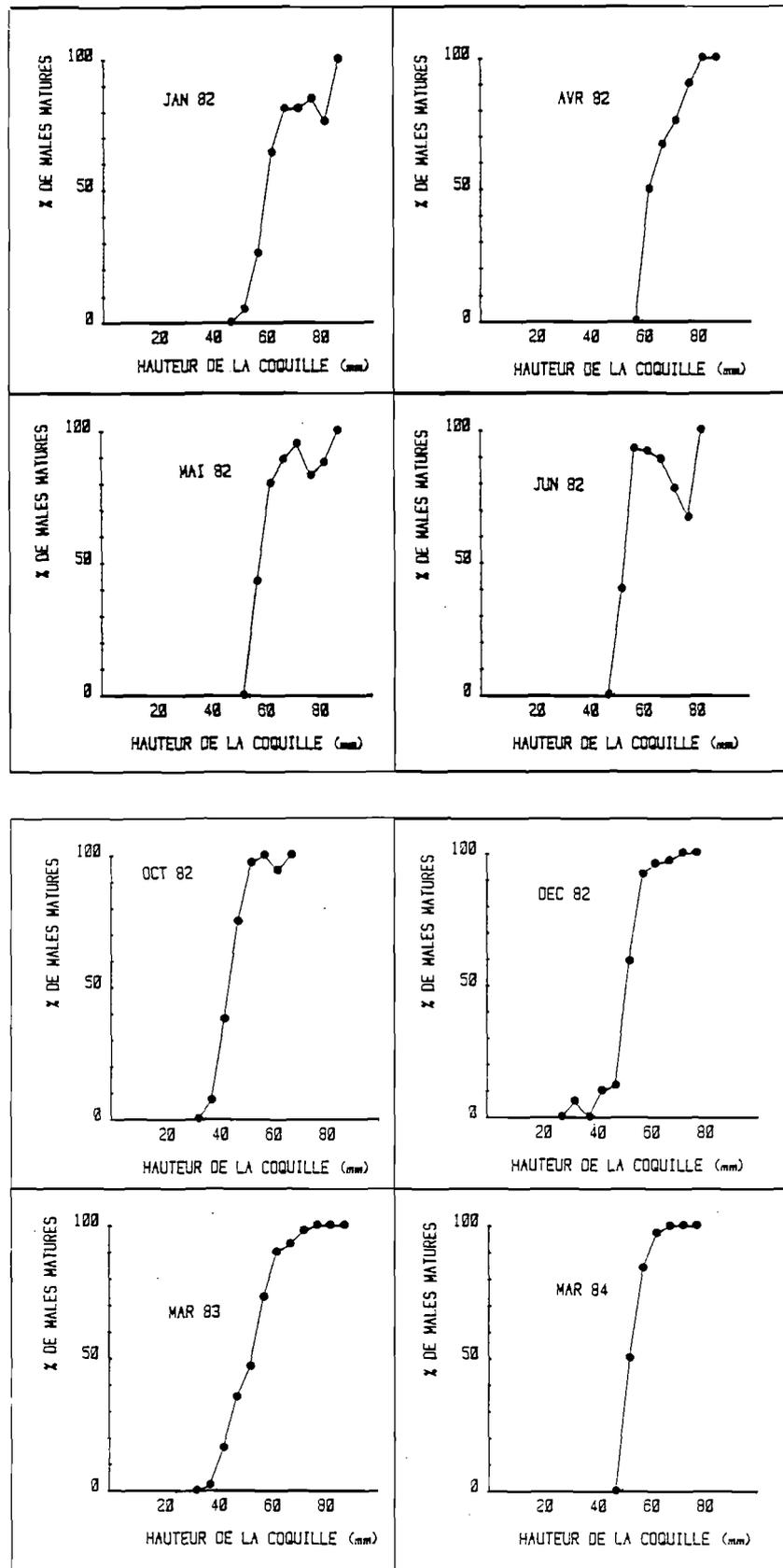


Figure 36.- Variation de la proportion des mâles sexuellement mûrs en fonction de la hauteur de la coquille

Des études réalisées chez Littorina littorea (MOORE, 1937) ont montré que la taille du pénis diminue après la période de reproduction. Les résultats du présent travail suggèrent que le même phénomène se produit chez B. undatum : la figure 37 représente l'évolution saisonnière du MS 50. Au mois d'octobre 82, juste avant la reproduction, cette taille de maturité était de 45 mm alors que pendant les mois de janvier à mai 82 elle variait entre 60 et 70 mm.

Il n'existe pas de caractères sexuels secondaires nets chez les femelles, qui permettraient d'établir leur première taille de maturité. Néanmoins, s'il est admis qu'elle est atteinte au même âge chez les deux sexes, et sachant qu'il n'existe pas de différence de croissance entre ceux-ci (cf. IV.4), alors la première taille de maturité des femelles doit être aussi de l'ordre de 45 à 50 mm. Cette conclusion est confortée par les observations de VERON et HUET (1983) (cf. § IV.1.1).

DATE	JAN82	AVR82	MAI82	JUN82	OCT82	DEC82	MAR83	MAR84
SEX-RATIO	0.95	1.21	1.09	0.87	1.19	1.28	0.96	0.97
N	1162	197	390	701	565	861	2319	430

Tableau 8.- Sex-ratio de B. undatum (toutes tailles confondues), estimé à partir de prélèvements dans les captures commerciales du port de Granville.

IV.1.3 Biométrie

Plusieurs relations biométriques ont été utilisées dans cette étude (cf. § IV.3 et V.1). Elles font appel au modèle de régression linéaire fonctionnelle (RICKER, 1973). Les résultats sont résumés dans le tableau 9.

Dans tous les cas, l'ajustement est bon et les résidus ne montrent pas de tendance. Quelques différences morphologiques ont été constatées d'un secteur à l'autre, mais ne seront pas analysées ici. On soulignera tout de même l'intérêt d'étudier ce type de variabilité morphologique du buccin. Ainsi, HALLERS-TJABBES (1979a; 1979b) détermine le sexe et l'origine géographique de B. undatum par analyse discriminante des caractéristiques morphologiques de la coquille.

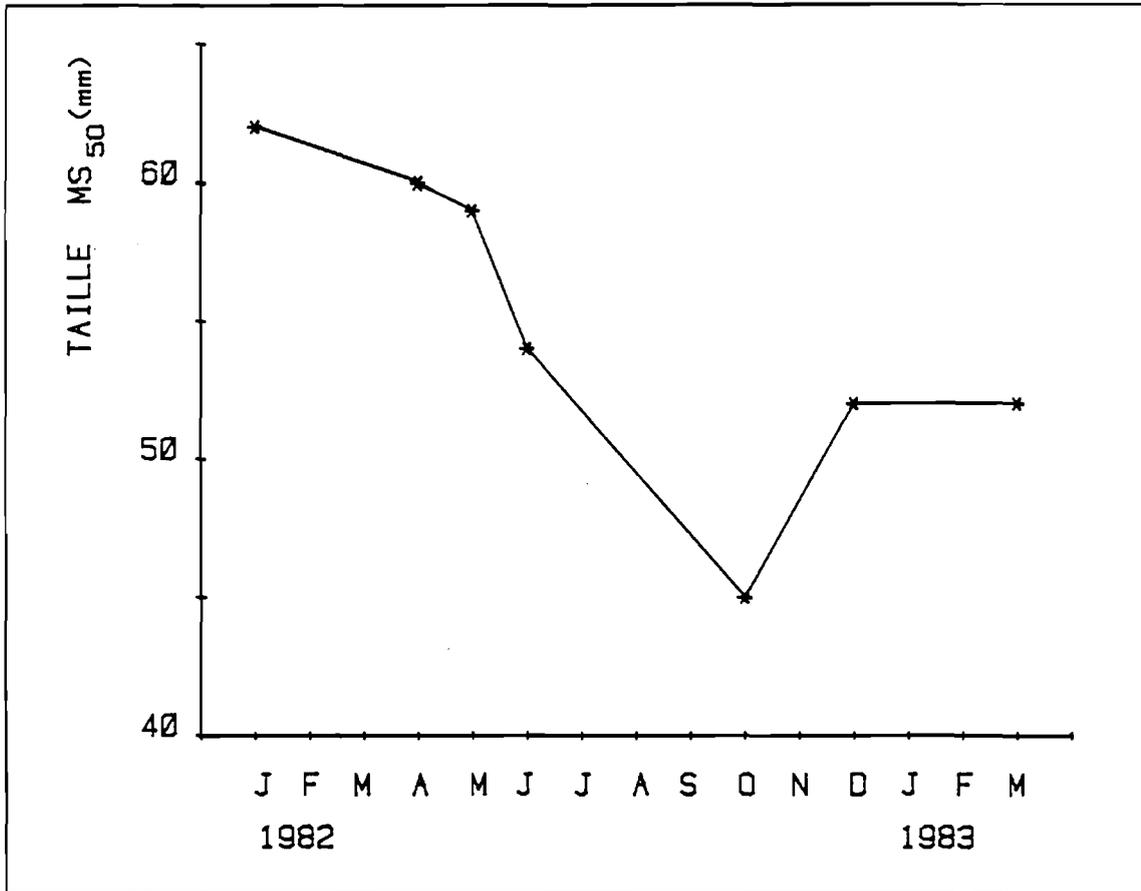


Figure 37.- Variation saisonnière de MS50 chez les buccins mâles du golfe normand-breton

X	Amplitude de variation des x	Y	Amplitude de variation des y	N	Y = a X + b			ORIGINE DES INDIVIDUS		
					b	a	r	D A T E	SECTEUR GEOGRAPHIQUE	
Hauteur Coquille (H) (mm)	14.5 , 83	Rayon Operculaire (R) (mm)	1.6 , 15.2	80	-1.79	0.179	0.979	MAI, JUIN 82 MARS, JUIN 83	BAIE ET SAUVAGES	
Distance Apex-Peristome (A) (mm)	6.5 , 44.5	Rayon Operculaire (R) (mm)	1.6 , 15.2	81	-1.24	0,359	0.972	"	"	
Hauteur Coquille (H) (mm)	14.5 , 75	Largeur Coquille (L) (mm)	8 , 42	45	-0.179	0.580	0.995	"	"	
1)	Log (H)	2.40 , 4.43	Log (Poids frais total (g))	-1.61 , 4.23	137	-9.26	3.04	0.996	JANVIER 82	SAUVAGES
2)	Log (H)	3.22 , 4.23	Log (Poids frais total (g))	0.53 , 3.61	50	-9.43	3.08	0.993	DECEMBRE 82	BAIE
1) + 2)	Log (H)	2.40 , 4.43	Log (Poids frais total (g))	-1.61 , 4.23	187	-9.27	3.05	0.996	JANVIER, DECEMBRE 82	SAUVAGES ET BAIE
3)	Log (H)	2.40 , 4.43	Log (Poids frais de chair (g))	-2.30 , 3.74	81	-11.40	3.43	0.988	JANVIER 82	SAUVAGES
4)	Log (H)	3.22 , 4.23	Log (Poids frais de chair (g))	-0.22 , 2.98	49	-10.81	3.28	0.986	DECEMBRE 82	BAIE
3) + 4)	Log (H)	2.40 , 4.43	Log (Poids frais de chair (g))	-2.30 , 3.74	130	-11.27	3.40	0.988	JANVIER+ DECEMBRE 82	SAUVAGES ET BAIE

Tableau 9.- Relations biométriques chez Euccinum undatum

IV.2 ESTIMATION DE LA DENSITE ET DE L'ABONDANCE DU STOCK

Pour évaluer l'abondance du stock à partir des captures par casier, il est nécessaire de connaître la surface effective de pêche du casier. Cette surface a été estimée à l'aide d'une filière expérimentale. L'observation in situ du fonctionnement d'un casier à l'aide d'un système vidéo a contribué au développement du protocole et à l'analyse des résultats de cette expérience.

Conjointement, la densité de la population a été estimée par une méthode "d'enlèvement successif" ("removal method").

IV.2.1 Observation in situ d'un casier à l'aide d'une caméra sous-marine

Les observations ont été réalisées au Sud Est des Iles Sauvages (profondeur 25 m), le 7 juillet 1983 entre 11:30 et 14:00 heures. Cette date a été choisie en raison du faible coefficient de marée (coef. 60) afin de travailler dans des conditions favorables: courants relativement faibles et bonne visibilité sur le fond (5 - 10 m au moment de l'observation).

La caméra vidéo (fixée sur un bâti) a été placée par une équipe de plongée à environ 50 cm d'un casier d'une filière ordinaire de pêche au bulot. L'appât était celui utilisé habituellement dans la pêche commerciale (crabe et poisson). La filière était orientée du nord au sud (cf. § II.5), et la caméra reliée à bord à un moniteur ainsi qu'à un magnétoscope. Un système de "pan and tilt" permettait d'orienter la caméra sur 360° dans le plan horizontal et sur 60° dans le plan vertical.

RESULTATS ET DISCUSSION

Observation du casier

On a pu constater que:

- le casier reste bien en place sur le fond, grâce à sa base en

ciment et aux faibles courants au moment des observations.

- la forme et le matériau de construction (plastique) limitent l'entrée des Bernard l'hermite.

Comportement des buccins

L'observation a commencé une demi-heure après la mise en place de la filière. Entre ce moment et la fin de l'opération (2.5 h plus tard), l'arrivée des bulots a été continue. L'observation pendant un ou plusieurs jours permettrait d'étudier la fréquence d'arrivée des individus en fonction du temps depuis l'installation du casier sur le fond.

Dans tous les cas, les buccins se déplacent en ligne droite vers le casier, à contre-courant, le siphon dirigé vers l'avant. L'arrivée des bulots est limitée à un secteur de moins de 45° d'un cercle dont le casier serait le centre. Une situation analogue a été mise en évidence par ITO et al. (1981) chez Neptunea arthritica : après marquage, les individus recapturés par un casier provenaient des secteurs opposés à la direction du courant.

Le champ de visualisation était limité à 4 m. Plusieurs buccins ont parcouru au moins cette distance pour arriver au casier.

En prenant des points de repère sur le fond, la vitesse de déplacement de trois individus a été évaluée très approximativement à 20 cm/mn. La taille de ces individus n'est pas connue mais à la fin de l'opération tous les individus capturés par le casier ont été mesurés :

N = 71

Longueur moyenne = 66.2 mm

Ecart-type = 6.0 mm

La vitesse 20 cm/mn correspond donc à une taille de 60 - 70 mm, aucun individu d'une taille inférieure à 55 mm n'ayant été observé.

Dès son premier contact avec le casier, le buccin commence à monter en ligne droite vers l'entrée. En arrivant au bord supérieur, il glisse vers l'intérieur, tout en gardant une partie du pied accrochée au bord. Ni le matériel ni la forme des casiers ne semblent poser des problèmes particuliers à l'ascension des buccins.

Parmi les buccins qui escaladaient le casier, deux sont tombés avant d'atteindre l'entrée. Les chutes ont été provoquées par d'autres individus. Dans les deux cas, les bulots se sont tout de suite redressés et dirigés à nouveau vers le casier.

IV.2.2 Estimation de la surface de pêche d'un casier et de la densité des buccins dans le secteur "Baie" à l'aide d'une filière expérimentale

Le casier n'est généralement pas considéré comme un engin d'échantillonnage quantitatif, car il est difficile de rapporter l'abondance des animaux capturés à une surface connue. Pour pallier cette lacune, ITD et al. (1981) ont tenté d'évaluer l'aire soumise à l'influence de l'appât ("gathering area") en lâchant des Gastéropodes marqués (Neptunea arthritica dont la coquille avait été peinte) à des distances connues du point d'immersion d'un casier. Les résultats de ces auteurs appellent toutefois plusieurs réserves, tenant entre autres au "stress" imposé aux mollusques, ainsi qu'à la longueur du délai écoulé entre le début de l'expérience et la fin des recaptures (13 jours).

Plus prometteuse nous a semblé l'approche de EGGERS et al. (1982), qui postulent que le casier (ou bien encore l'hameçon d'une ligne de fond) exerce son attraction sur les animaux benthiques situés à l'intérieur d'un périmètre circulaire; le problème est alors d'en estimer le rayon. De cette idée s'inspire le protocole décrit ci-après.

MATERIEL ET METHODES

L'objectif de l'étude est d'estimer la surface efficace couverte par le panache attractif du casier dans les conditions habituelles de son utilisation par les pêcheurs. Le matériel employé est donc celui des professionnels: casier à bulots (§ II.5) et appât double (crabe + poisson).

La durée d'immersion des filières vaut en général 24 h, rarement 48 h ou plus (tableau 5, § III.4.3), soit au moins deux périodes de l'onde de marée M2. Dans le golfe normand-breton, la propagation de cette onde, associée au remplissage des baies, engendre une circulation périodique dont le caractère alternatif s'accroît avec la proximité de la côte (fig. 3, § II.1; voir aussi les figures 12 à 14 de PINGREE et al., 1985).

Choix du modèle

L'aire d'influence chimique d'un casier

La géométrie de l'aire balayée par le panache attractif est déterminée par l'orientation préférentielle du balancement de la masse d'eau induit par la marée. En effet, pour un casier isolé immergé dans une eau immobile, la diffusion turbulente horizontale des molécules attractives émises par l'appât engendre sur le fond (supposé plat) une surface circulaire dont le périmètre correspond à un niveau donné de

concentration. Dans une eau animée d'un mouvement de direction et de vitesse constantes, le panache d'influence s'étire sous le courant (OKUBO, 1980); si la direction n'est plus constante, mais que le mouvement est giratoire, le panache aura balayé une zone circulaire après un cycle.

Dans le golfe normand-breton, l'orientation du processus advectif engendré par la marée change en même temps que sa vitesse (fig.3); le mouvement résultant présente en outre un caractère alternatif marqué. L'aire soumise à l'influence du casier pendant une période M2 s'allonge dans la direction des courants les plus intenses, et ne peut donc plus être assimilée à une surface circulaire comme dans le modèle de EGGERS et al. (op. cit.). Il sera considéré ici que le périmètre de la zone d'influence du casier peut être décrit par une ellipse.

Seul est donc défini jusqu'à présent un modèle plausible de la forme de l'aire d'influence chimique du casier, déterminée par les phénomènes physiques d'advection et de dispersion. La frontière de cette zone correspond quant à elle au seuil de chémosensibilité de l'osphradium du buccin. En effet, malgré l'échec des tentatives d'enregistrement de l'activité des nerfs osphradiaux afférents (BAILEY & LAVERACK, 1963), il est aujourd'hui admis que l'osphradium est essentiellement un chémorécepteur. Au surplus, celui du buccin représente la forme la plus élaborée du développement de cet organe chez les mollusques (BAILEY & BENJAMIN, 1968). Il est situé dans une gouttière de la cavité palléale qui canalise le courant siphonal inhalant: cette disposition, jointe à la mobilité du siphon, confère au buccin une chémosensibilité directionnelle (WELLS, 1968).

L'aire de capture effective du casier

Le seuil de concentration des molécules attractives à partir duquel est stimulée l'activité des nerfs osphradiaux étant inconnu (vide supra), la portée du panache attractif de l'appât ne peut pas être déterminée. Toutefois, le problème n'est pas ici de définir la zone soumise à l'influence chimique du casier, mais d'estimer son aire de capture effective: celle à l'intérieur de laquelle chaque buccin détecte l'appât pendant un temps suffisant pour pouvoir l'atteindre. Comme il est probable, compte tenu de l'éthologie du bulot, que la sensibilité de ses chémorécepteurs est élevée, et qu'elle ne constitue pas ici le facteur limitant, il est hautement vraisemblable que l'aire de capture effective est incluse dans l'aire d'influence chimique: celle-ci voit son emprise bornée par le seuil (inconnu) de détection de l'appât, celle-là par les capacités de déplacement du buccin (de l'ordre de 10 cm mn pour des animaux à jeun dans une eau à 6-9 °C; cf. Annexe 3).

Protocole expérimental

Les professionnels utilisent des filières grées de 50 à 60 casiers; la distance entre 2 casiers consécutifs vaut environ 12 m. Quand elles sont mises à l'eau, les filières sont toujours orientées nord-sud afin d'éviter qu'elles ne s'accrochent soit entre elles, soit avec d'autres engins de pêche (dragues, chaluts; cf. § II.5).

La filière expérimentale utilisée dans cette étude a été orientée de la même manière, c'est à dire à environ 70 degrés de l'axe majeur de l'ellipse des courants de marée. Si l'on postule que la surface de capture effective est elliptique, que son grand axe forme avec la filière un même angle de 70 degrés, le problème est alors d'estimer les longueurs des axes de cette ellipse. La question a été résolue en étudiant la variation de la capture par casier en fonction des variations des distances le séparant des deux casiers voisins qui l'encadrent.

La figure 38 représente les aires théoriques de capture effective de quatre casiers (P_1 , ... , P_4) parmi les 50 qui constituent la filière expérimentale. Le casier P_1 est isolé, et contient après 24 h d'immersion une capture maximale théorique C_{max} provenant de la surface $\pi \cdot a \cdot b$ couverte par l'ellipse. Au contraire, sur la zone de pêche du casier P_3 empiètent celles des casiers P_2 et P_4 . Soient I_{23} (d_{23} ; a, b_2) et I_{34} (d_{34} ; a, b) les surfaces de l'intersection des aires de capture des casiers P_2 et P_3 , et des casiers P_3 et P_4 respectivement. La capture théorique \tilde{C}_3 du casier P_3 vaut:

$$\tilde{C}_3 = \frac{C_{max}}{\pi \cdot a \cdot b} \left(\pi \cdot a \cdot b - \frac{1}{2} (I_{23} + I_{34}) \right)$$

Les surfaces I sont calculées comme suit: soit A l'aire du secteur limité par les segments $P_3 L$, $P_3 R$, et par le petit arc LR de l'ellipse entourant le casier P_3 (fig. 38).

$$A = a \cdot b (\theta_L - \theta_R) / 2$$

où les angles θ_L et θ_R , exprimés en radians, valent:

$$\theta_L = \text{Arc cos} (X_L / a) \quad , \quad \theta_R = \text{Arc cos} (X_R / a)$$

avec:

$$X_{L,R} = \left(-k_2 \mp \sqrt{(k_2^2 - 4 k_1 k_3)} \right) / (2 k_1)$$

$$k_1 = \left(\frac{b^2}{a^2} \cotg^2 \phi + 1 \right) / a^2$$

$$k_2 = - \left(\frac{b^2}{a^2} \cotg^2 \phi + 1 \right) \left(\frac{d_{23} \cos \phi}{a^2} \right)$$

$$k_3 = \frac{d_{23}^2 \cos^2 \phi}{2} \left(\frac{b^2}{2a^4} \cotg^2 \phi + \frac{\text{tg}^2 \phi}{2b^2} + \frac{1}{a^2} \right) - 1$$

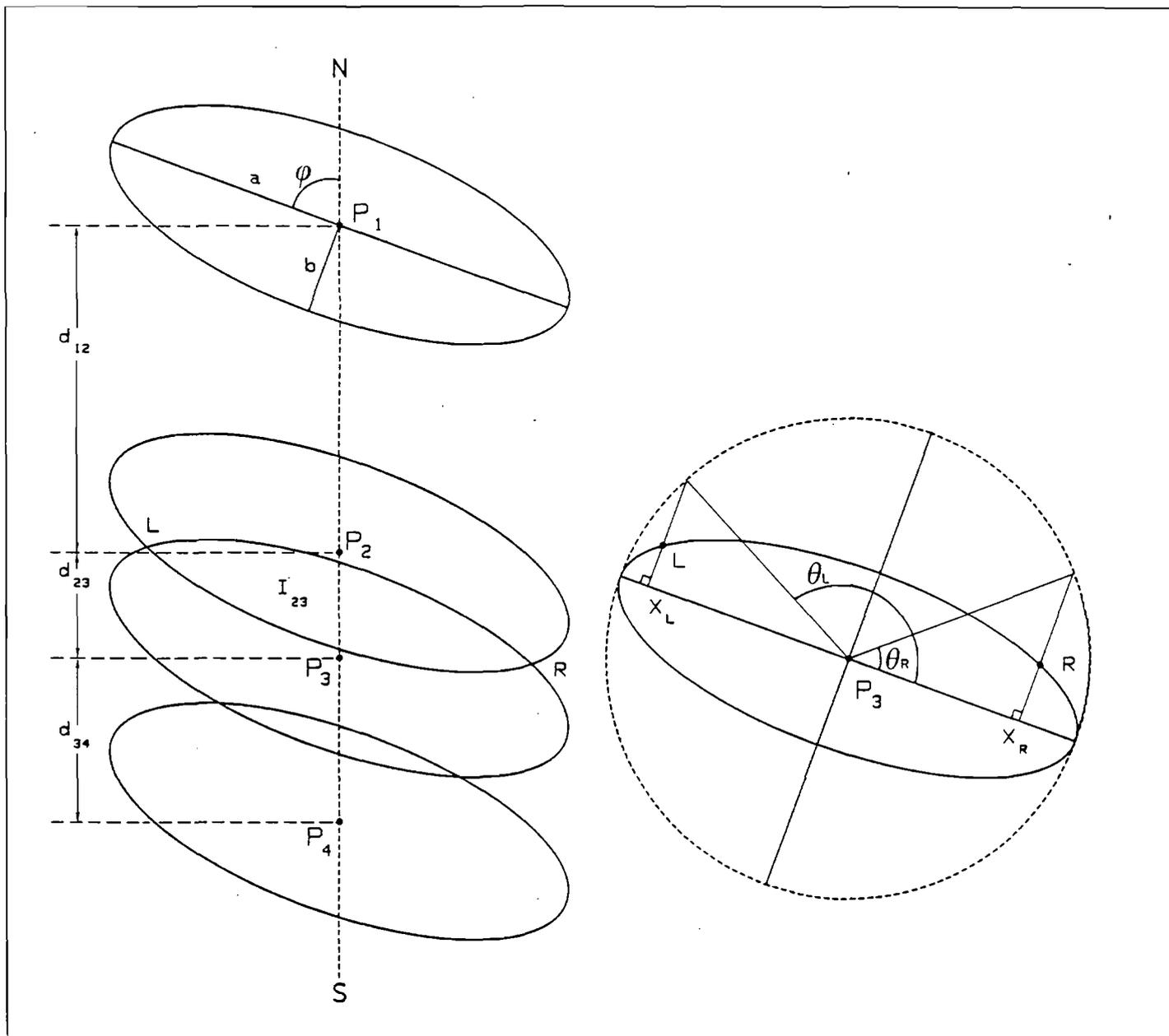


Figure 38.- Modèle des aires de capture effective des casiers de la filière expérimentale, et définition des notations utilisées dans le texte. L'angle ϕ est celui qui forment l'axe majeur de l'ellipse des courants de marée avec la direction nord-sud de la filière. Sur le schéma de droite sont précisés les éléments intervenant dans le calcul de la surface d'intersection I_{23} (voir texte).

De la surface A est ensuite retranchée celle du triangle $P_3 L R$, d'où la valeur de $I_{23}/2$.

Dans la définition des surfaces I, le facteur contrôlé est la distance inter-casiers d (fig. 38). Une gamme de quatre valeurs a été fixée a priori pour disposer les 50 casiers sur la filière expérimentale: 6 m - 11.9 m - 23.8 m et 35.7 m (tableau 10). La seconde (11.9 m) est celle qu'utilisent habituellement les pêcheurs. Une fois gréée, la filière mesure 935 m de long. Afin d'éviter le biais que pourraient induire les variations locales de la densité des buccins, les distances inter-casiers ont été aléatoirement distribuées le long de la filière (tableau 10).

Les expériences ont eu lieu dans le secteur "Baie", à environ 4 milles au large de Granville (48° 50' N, 1° 43' W). La filière a été immergée 3 fois pour une durée de 24 h chacune les 22, 24 et 25 mai 1984, en période de morte-eau (coefficient 40).

Critère d'optimalité et identification des paramètres

Soient trois casiers consécutifs P_i, P_j, P_k ($i = 1, 2, \dots, 48; k = 3, 4, \dots, 50$), et soit \tilde{C}_j la capture théorique du casier j. D'après ce qui précède:

$$\tilde{C}_j = \psi (d_{ij}, d_{jk}; a, b, C_{\max})$$

A la relève de la filière est observée dans le j-ème casier une capture C_j . Les 3 paramètres a (demi grand axe), b (demi petit axe) et C_{\max} (capture d'un casier isolé) sont identifiés en minimisant l'écart quadratique total S entre les captures observées C_j et les captures théoriques \tilde{C}_j :

$$S(a, b, C_{\max}) = \sum_{j=1}^{50} (C_j - \tilde{C}_j)^2$$

Les valeurs optimales a^*, b^*, C_{\max}^* retenues pour calculer l'aire de capture effective du casier et estimer la densité des bulots vérifient donc:

$$S(a^*, b^*, C_{\max}^*) = \min \{ S(a, b, C_{\max}) \}$$

Le minimum de la fonction-objectif S a été atteint à l'aide d'un algorithme d'exploration directe (Simplex de NELDER et MEAD, 1965). La précision de l'estimation des paramètres a été évaluée par la technique du jackknife (cf. EFRON, 1982) employée sous la forme la plus usuelle, i.e. en calculant une pseudo-valeur pour chaque observation C_j . Il faut cependant souligner que les variances de QUENOUILLE-TUKEY ainsi obtenues supposent un échantillonnage aléatoire simple des observations. Or, dans la présente étude, les casiers n'ont pas été posés "au hasard" sur les gisements de buccins; seules les distances entre casiers ont fait l'objet d'une aléatization. En toute rigueur, les variances d'échantillonnage ainsi estimées sont d'interprétation délicate. Elles permettent néanmoins d'apprécier le degré de confiance que l'on peut accorder aux résultats; d'autre part, le jackknife fournit un moyen efficace de détection des valeurs aberrantes (HUBER, 1972).

CAPTURES PAR CASIER

Indice j du casier	Distance au casier j+1	CAPTURES PAR CASIER		
		22 MAI	24 MAI	25 MAI
1	23.8	3.15	3.80	2.25
2	11.9	2.50	2.30	1.65
3	6.0	2.50	2.25	1.40
4	23.8	2.30	2.50	1.35
5	23.8	2.30	2.75	1.40
6	6.0	1.35	1.65	1.50
7	11.9	2.10	1.10	1.45
8	23.8	1.95	1.95	1.05
9	35.7	1.65	3.25	2.50
10	35.7	2.45	2.95	2.70
11	23.8	2.80	2.25	1.30
12	11.9	2.95	2.00	1.95
13	6.0	2.15	1.25	1.65
14	6.0	1.95	1.45	1.60
15	23.8	2.40	1.30	1.40
16	35.7	(1.65)	(2.55)	(0.95)
17	6.0	2.30	1.95	1.40
18	35.7	2.30	1.65	1.20
19	6.0	1.80	2.05	1.60
20	11.9	1.75	2.15	1.00
21	6.0	1.80	2.20	1.15
22	31.5	1.30	2.40	1.65
23	35.7	3.55	2.65	2.05
24	11.9	1.60	2.85	1.25
25	35.7	2.35	2.80	1.75
26	11.9	1.55	(1.15)	1.95
27	23.8	1.75	2.60	1.90
28	35.7	2.10	2.85	1.20
29	23.8	2.65	3.05	1.65
30	23.8	2.00	3.00	1.85
31	23.8	2.20	3.15	2.15
32	23.8	2.60	3.10	2.25
33	11.9	2.60	2.60	2.55
34	23.8	2.10	2.45	2.30
35	35.7	2.00	2.85	3.35
36	23.8	0.40	3.35	(1.35)
37	6.0	2.60	2.45	1.65
38	6.0	0.70	2.85	2.60
39	11.9	1.15	2.10	2.30
40	35.7	1.45	2.85	3.15
41	6.0	2.00	3.90	2.65
42	35.7	1.45	3.35	2.30
43	11.9	1.70	2.85	2.75
44	11.9	1.75	2.25	2.20
45	6.0	1.75	3.25	1.65
46	11.9	1.65	3.10	1.85
47	6.0	1.60	3.65	2.05
48	6.0	1.45	2.75	2.05
49	11.9	1.70	2.75	2.05
50	-	1.05	2.60	2.45

Tableau 10.- Résultats des pêches réalisées avec la filière expérimentale les 22, 24 et 25 mai 1984. Première colonne: indice j du casier. Deuxième colonne: facteur contrôlé, distance au casier j+1 (exprimée en mètres). Trois dernières colonnes: valeurs observées des prises par casier Q_j (en kilogrammes); les données jugées aberrantes sont entre parenthèses.

RESULTATS

Les résultats de l'ajustement du modèle aux captures C_j sont représentés par la figure 39 a,b,c.

Les écarts à l'ajustement des captures observées le 22 mai 1984 apparaissent à la figure 39a (graphe supérieur). L'échelle des abscisses reproduit la disposition physique des casiers sur la filière, et montre l'aléatisme des quatre valeurs choisies pour la distance entre casiers. Les écarts $C_j - \bar{C}_j$ ne manifestent pas de tendance structurée. Deux casiers qui avaient roulé sur le fond (nos. 16 et 36), et fourni des valeurs aberrantes (tableau 10), ont été éliminés. Les variations des prises par casier en fonction du pourcentage de la surface de capture effective non contaminée par les casiers adjacents, sont présentés à la figure 39a (graphe inférieur). Les valeurs optimales a^* , b^* , et C_{\max}^* sont inscrites dans la première colonne du tableau 11.

Pour les expériences des 24 et 25 mai, les phénomènes de microrépartition des bulots ont compliqué l'identification des paramètres. Ainsi, les écarts à l'ajustement du modèle à l'ensemble des captures réalisées le 24 mai (fig. 39b, graphe supérieur) montrent une nette tendance spatiale. De plus, les dix derniers casiers contiennent à peu près tous la capture maximale ($C_{41} - C_{50}$, tableau 10, 2.ème colonne), indépendamment des modifications de la distance les séparant des casiers voisins. Cela est interprété comme résultant de la pose de l'extrémité de la filière (environ 100 m) dans une "tache" de forte densité. Les prises des dix derniers casiers, qui n'apportent aucune information sur les paramètres a et b , ont donc été supprimées de l'ajustement (figure 39b, graphe du milieu). Les résultats du modèle appliqué à la série d'observations C_1, \dots, C_{40} sont illustrés par la figure 39b (graphe inférieur); les valeurs numériques correspondantes sont consignées dans la deuxième colonne du tableau 11. Bien qu'elles n'aient pas participé à l'ajustement, les captures C_{41}, \dots, C_{50} ont évidemment été employées pour estimer l'abondance des buccins.

Les variations locales (i.e., à l'échelle du kilomètre) de la densité des buccins ont également contraint à découper la série des C_j observés le 25 mai: les écarts à l'ajustement global (figure 39c, graphe supérieur) montrent une augmentation des captures à partir du trentième casier. Néanmoins, à la différence du cas précédent, les quantités atteintes ne sont jamais telles qu'elles occultent l'influence des distances entre casiers sur les prises. Les paramètres a , b et C_{\max} ont donc été identifiés en ajustant le modèle à la série C_1, \dots, C_{30} d'une part, et à la série C_{31}, \dots, C_{50} d'autre part (figure 39c, graphes médian et inférieur à gauche et à droite respectivement); tableau 11, 3.ème et 4.ème colonnes).

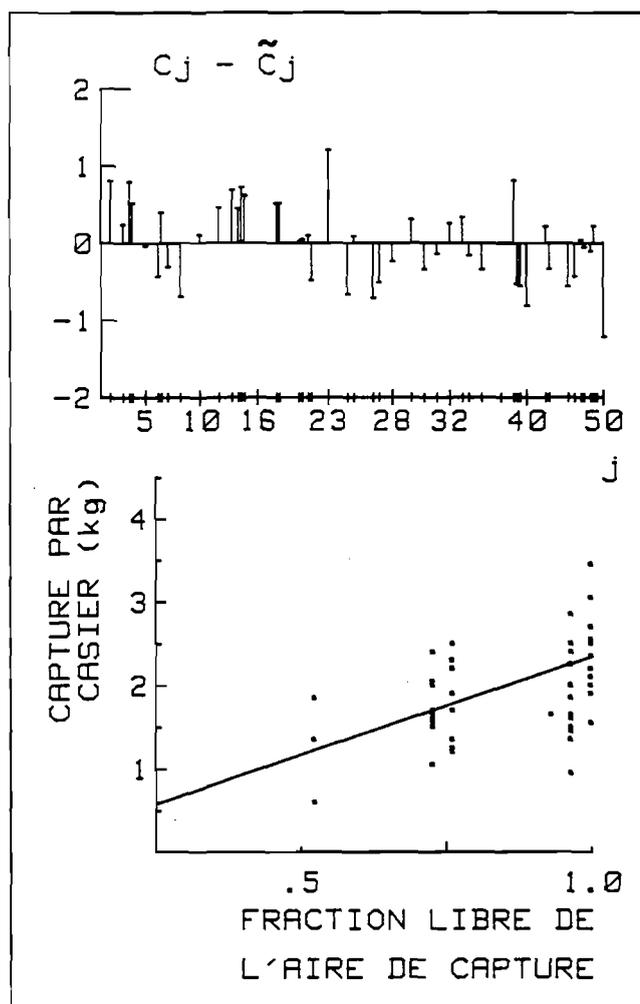


Figure 39a.- Expérience du 22 mai 1984. Graphe supérieur, échelle des abscisses: positions relatives des casiers de la filière expérimentale ($j= 1, \dots, 50$); ordonnées: écarts à l'ajustement. Graphe inférieur: variations de la capture par casier en fonction de la proportion de la surface de pêche non soumise à l'influence des casiers adjacents.

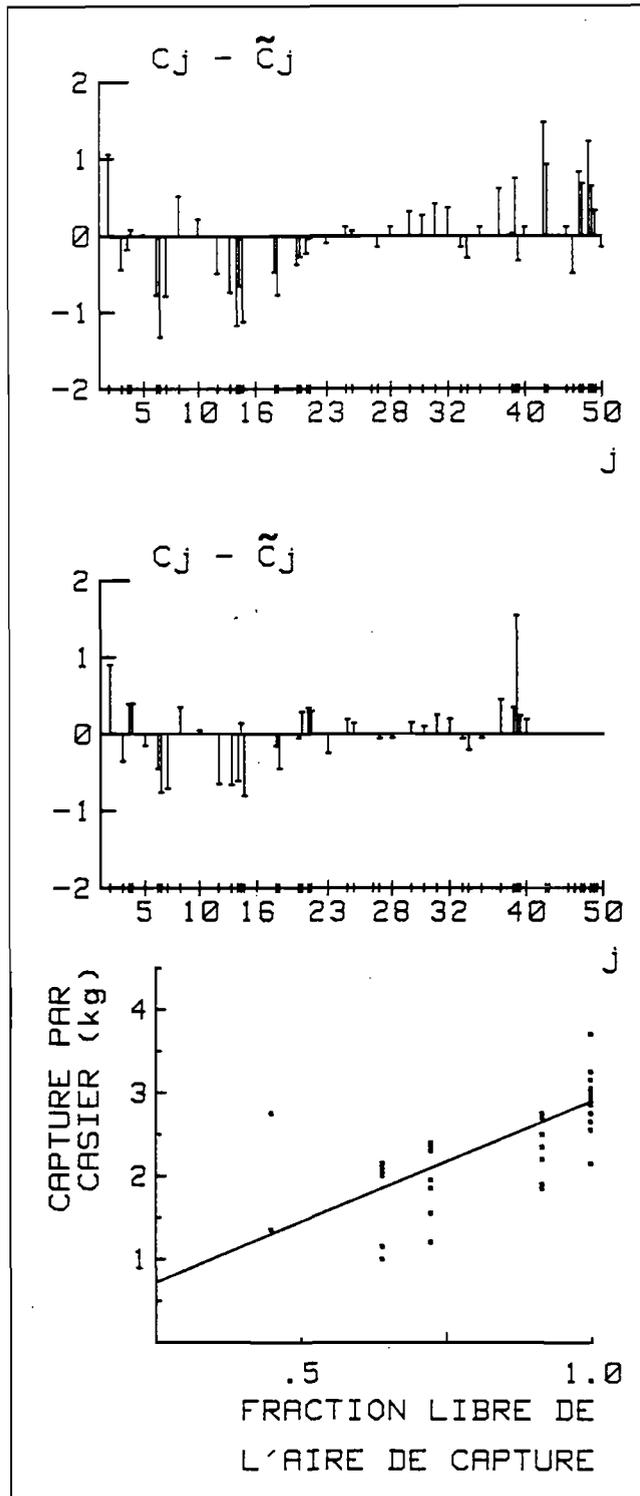


Figure 39b.- Expérience du 24 mai 1984. Le graphe du haut représente les écarts à l'ajustement pour l'ensemble des casiers de la filière. Le graphe du milieu et celui du bas illustrent les résultats obtenus après élimination des captures C_{41} à C_{50} .

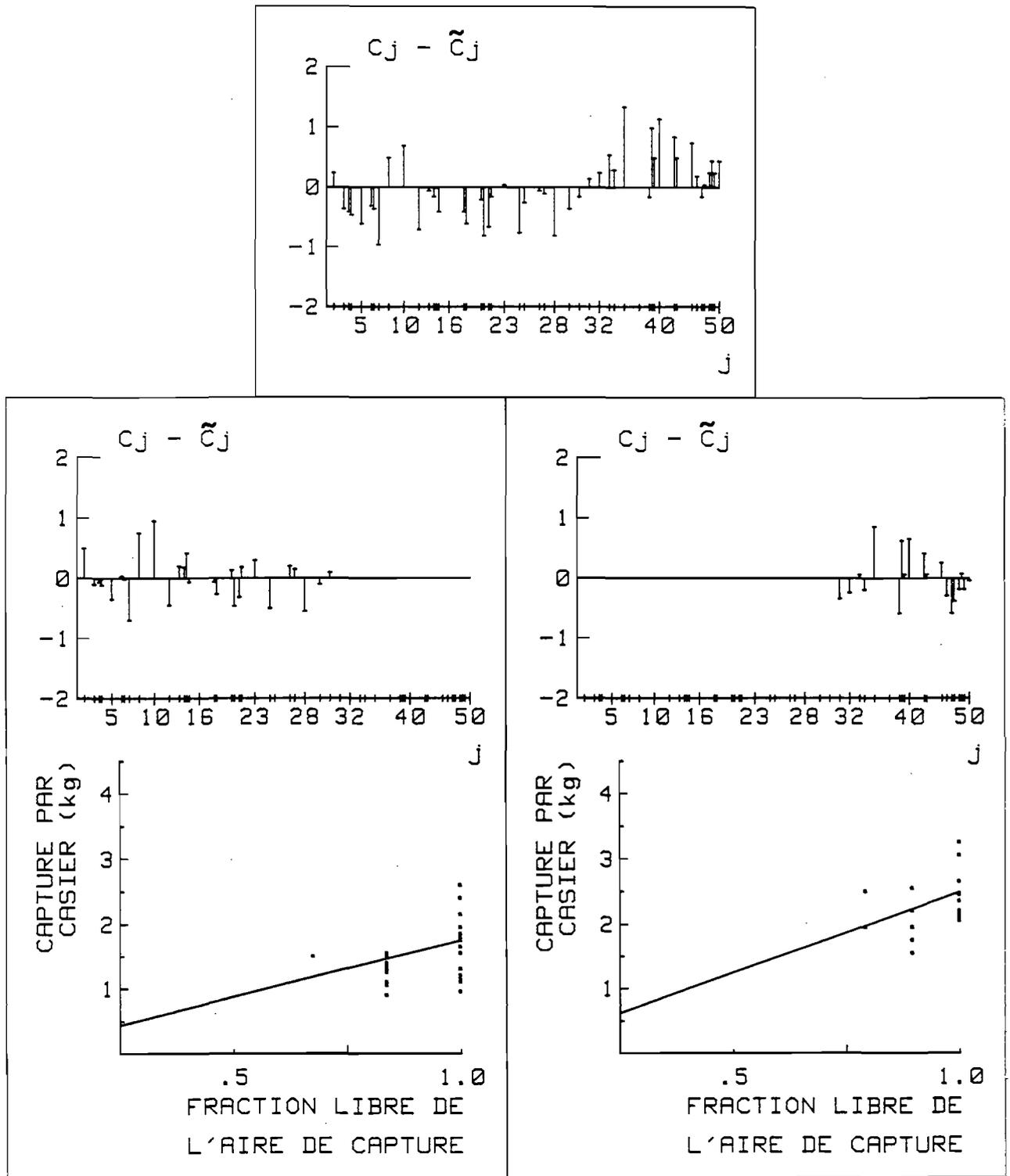


Figure 39c.- Expérience du 25 mai 1984. Graphe supérieur: écarts $C_j - \tilde{C}_j$ pour $j=1, \dots, 50$. Graphes médians et inférieurs: résultats de l'ajustement du modèle aux captures C_1 à C_{30} (à gauche), et C_{31} à C_{50} (à droite).

	22 MAI	24 MAI	25 MAI	
	C ₁ - C ₅₀	C ₁ - C ₄₀	C ₁ - C ₃₀	C ₃₁ - C ₅₀
a* (m)	17.54 (5.93)	20.40 (3.55)	19.57 (5.76)	17.90 (4.23)
b* (m)	6.65 (3.79)	7.80 (1.26)	5.00 (2.19)	4.13 (0.90)
* C _{max} (kg)	2.34 (0.33)	2.90 (0.11)	1.75 (0.14)	2.49 (0.14)
Surface de capture effective d'un casier (m ²)	366.4 (258.3)	500.1 (89.4)	307.2 (86.9)	232.3 (64.0)
Densité des buccins (individus /m ²)	0.351 (0.247)	0.349 (0.062)	0.313 (0.150)	0.590 (0.159)

Tableau 11.- Résultats de l'ajustement aux captures par casier de la filière expérimentale. Lignes 1 à 3: valeurs optimales a*, b* et C_{max}* des paramètres du modèle, et erreurs-standard (entre parenthèses) estimées par la technique du jackknife. Ligne 4: surface de capture effective (estimée) d'un casier. Ligne 5: estimations de la densité des buccins.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les valeurs optimales a^* et b^* déterminées à partir des trois expériences apparaissent cohérentes entre elles. Les rapports b^*/a^* sont de plus compatibles avec la valeur de l'ellipticité des courants de marée, prévue entre 20 et 40 % par le modèle de PINGREE *et al.* (1985, figure 14b) dans la zone étudiée. Enfin, si les bulots se déplacent vers le casier à la vitesse moyenne de 6 m h^{-1} (Annexe 3), et qu'ils se trouvent dans le panache attractif pendant 3 à 4 heures lorsque l'orientation du courant est proche soit de l'W-NW, soit de l'E-SE (figure 3, § II.1), il peuvent alors parcourir une distance correspondant précisément à la longueur a^* du demi grand axe de l'ellipse.

La surface de capture effective du casier vaut donc en moyenne 372.5 m^2 (erreur standard: 98.2 m^2); la variabilité provient vraisemblablement de la simplicité du modèle choisi: outre le fait que l'ellipse ne constitue qu'une approximation de la zone de capture, il n'est pas sûr que l'emprise de la filière soit assimilable à la simple somme des emprises de chaque casier; cette possible synergie n'a pas été prise en compte. Quant aux variations de la capture maximale théorique C_{max} (de 1.75 kg à 2.90 kg), elle est essentiellement attribuable à l'hétérogénéité spatiale de la répartition des buccins. Ayant préalablement établi qu'à un kilogramme de buccins correspondent 55 individus, leur densité moyenne en nombre dans le secteur prospecté est estimée à $0.374 \text{ individus m}^{-2}$ (erreur standard: $0.098 \text{ individus m}^{-2}$); il est difficile de valider cette évaluation en la comparant aux résultats d'autres auteurs, étant donnée la rareté des références disponibles. Au mieux peut on signaler que cette valeur est du même ordre que celles trouvées au Danemark par PETERSEN (1911), ou en Manche par HOLME (1966). Deux sources d'imprécision peuvent néanmoins intervenir:

- S'il est admis que le facteur qui limite la portée du panache attractif est la capacité de déplacement du buccin, et sachant que cette dernière augmente avec la taille de l'animal, alors la vulnérabilité (cf. § IV.6.1) des plus grands individus est supérieure à celle des plus petits. Il s'ensuit que l'aire de capture effective est plus restreinte pour ceux-ci que pour ceux-là, et que les prises par casier offrent une image déformée de la structure démographique des buccins qui détectent l'appât.

- Pour des raisons pratiques, les expériences ont eu lieu par faible coefficient de marée. Les variations de ce facteur ne seraient a priori susceptibles que de modifier l'aire d'influence chimique, mais pas l'aire de capture effective si l'augmentation de la vitesse du courant ne ralentit pas la progression des bulots (qui se dirigent vers l'appât à contre-courant). Ce point mériterait cependant d'être vérifié.

A cet égard, le protocole proposé pourrait faire l'objet de quelques améliorations:

- en augmentant la plage des variations du facteur contrôlé (la distance entre casiers), spécialement dans la gamme des faibles valeurs. Il s'est en effet révélé a posteriori que la proportion de l'aire de capture d'un casier non soumise à la contamination des deux casiers adjacents est toujours supérieure à 50%, le plus souvent à 75% (figure 39 a, b, c). Ce

résultat montre que les pêcheurs ont empiriquement établi un compromis performant entre l'efficacité de la filière (la proportion de recouvrement correspondant à la distance de 12 m est de l'ordre de 10 %) et les contraintes imposées par sa manoeuvre (et aussi par son coût).

- en associant un courantomètre à la filière expérimentale, afin de connaître plus précisément, entre autres, l'orientation de l'axe majeur du courant oscillant à la période M2.

- en examinant la stabilité des résultats lorsque les casiers ne sont immergés que pendant une période M2 (au lieu de deux). En effet, la capture théorique \tilde{C}_3 du casier P_3 (cf. fig. 38) serait alors calculée comme suit:

$$\tilde{C}_3 = C_{\max} (1 - I_{23} / (\pi \cdot a \cdot b))$$

ou bien: $\tilde{C}_3 = C_{\max} (1 - I_{34} / (\pi \cdot a \cdot b))$

le choix de l'expression adéquate étant dicté par l'heure de pose de la filière et par le sens de rotation du courant. Dans la présente étude, la durée d'immersion est celle qui est usuellement adoptée par les professionnels, i.e. 24 h. Aucune de deux formules précédentes n'est donc adaptée au calcul de \tilde{C}_3 , et il a été décidé de comptabiliser dans l'aire de capture effective d'un casier la moitié de chacune des surfaces d'intersections avec les aires des deux casiers adjacents (dans la gamme des distances retenues, les intersections ne font jamais intervenir plus de deux ellipses).

Bien que dépourvue des aménagements inventoriés ci-dessus, la méthode employée conduit à des résultats qui démontrent la possibilité d'échantillonner quantitativement la macrofaune benthique vagile à l'aide d'un engin de capture dormant associé à un attractant organique. L'option choisie a été ici l'identification des paramètres permettant de calculer les aires de capture, en contrôlant les variations de leurs surfaces de recouvrement mutuel; il est donc nécessaire d'utiliser conjointement plusieurs casiers. Cela n'est pas toujours réalisable, particulièrement lorsqu'il faut immerger en milieu profond un matériel coûteux; ainsi, l'évaluation de la densité de l'épibenthos abyssal procède-t-elle de l'utilisation de masses autonomes (DESBRUYERES et al., 1985). Pour définir la zone balayée par les effluves de l'appât, ces auteurs ont décrit le panache attractif à l'aide d'un modèle numérique d'advection-dispersion autour de la source émettrice. Il est à noter que les deux démarches ne sont nullement incompatibles et que, appliquées simultanément ou non, elles offrent une solution spécialement intéressante quand la nature du substrat et/ou l'éthologie de l'espèce-cible interdisent le recours à d'autres techniques d'échantillonnage (e.g. bennes, chaluts).

IV.2.3 Estimation de la densité et de l'abondance du stock "commercial" dans le secteur "Sauvages" par la méthode de De Lury "d'enlèvement successif"

L'analyse de la diminution des prises par unité d'effort provoquée par l'application répétée d'un effort de pêche connu, permet d'estimer, dans une population fermée, la fraction prélevée par une unité d'effort ainsi que la taille initiale de la population (LESLIE et DAVIS, 1939; DE LURY, 1947; OTIS et al, 1978). Cette technique a été utilisée pour estimer la densité de la population de B. undatum dans quelques zones de pêche.

METHODES

Le modèle

A partir de la diminution des prises par unité d'effort dans une population fermée, provoquée par l'enlèvement successif des individus, DE LURY (1947) a développé un des premiers modèles "d'enlèvement successif". La modification proposée par PALOHEIMO (1961) a été retenue, BRAATEN (1969) ayant montré qu'elle conduit à de meilleures estimations que le modèle original de DE LURY:

$$\text{Log } (pue_k) = \text{Log } (q N_0) - q (E_k + 1/2 f_k) \quad (1)$$

$$k = 1, 2, \dots, k$$

- où: k = nombre d'échantillons successifs
 pue_k = prise par unité d'effort dans l'échantillon
 q = capturabilité; fraction de la population enlevée (coefficient instantané) par unité d'effort appliqué pendant l'unité de temps.
 N_0 = taille initiale de la population
 f_k = effort déployé pour prélever l'échantillon
 E_k = effort cumulé jusqu'à l'échantillon k . Il exclut donc l'effort f_k

La régression linéaire entre la variable indépendante $(E_k + 1/2 f_k)$ et la variable dépendante $\text{Log } (pue_k)$, fournit les estimations de la pente $(-q)$ et de l'ordonnée à l'origine $(\text{Log } (q N_0))$.

- Les hypothèses requises par le modèle dans l'intervalle considéré, sont les suivantes:
- 1) absence de pertes et de gains pour la population, mises à part celles provoquées par la pêche.
 - 2) capturabilité faible et constante d'un individu à l'autre.

Ajustement du modèle

Le carnet de pêche du "Gavroche", bulotier pêchant dans le secteur "Sauvages" (cf. II.4.3), fournit 2 séries de données:

- de février 83 à octobre 83: la capture (kg) et l'effort de pêche journaliers (nombre de casiers relevés), ainsi que la localisation approximative du lieu de pêche (observations 1 à 97; fig. 40).
- de novembre 83 à mars 84: la capture et l'effort de pêche journaliers, mais avec la localisation des filières, signalée avec exactitude sur une carte (observations 98 à 179; fig. 41).

Dans cette seconde série de données, 4 périodes de 4 à 5 jours (notées de 1 à 4 sur la fig. 41) pendant lesquelles les filières ont été maintenues exactement au même endroit, ont été identifiées. Au cours de chacune, une diminution journalière des rendements est observée (tableau 12).

Dans la première série (mars-octobre 83, fig.40), les positions géographiques fournies sont approximatives. A partir de l'analyse de la seconde série, il a été considéré que toute série d'au moins 4 valeurs consécutives décroissantes de p.u.e. correspondait à des captures réalisées au même endroit. Ainsi, 7 périodes au cours desquelles les filières n'auraient pas été déplacées sont identifiées (séries 5 à 11, fig. 40 et tableau 13).

Aux valeurs de p.u.e. de la n ème période d'immobilisation des filières ($n = 1, 2, \dots, 11$), l'équation (1) a été ajustée selon le critère des moindres carrés pour obtenir l'estimation de No_n , taille initiale de la population dans la zone pêchée, et de la capturabilité q_n .

L'aire de pêche (S_n) au cours des périodes 1 à 4 a été déterminée à partir de la position journalière des filières (tableau 15). L'aire moyenne de ces 4 périodes (84 ha) a été retenue comme approximation de la surface réelle au cours des périodes 5 à 11.

L'indice d'abondance du stock "commercial" est d'abord obtenu en biomasse car les p.u.e. sont exprimées en kg/casier relevé. L'échantillonnage des débarquements du "Gavroche" a par ailleurs montré qu'il y a en moyenne 45 individus par kg. L'effectif de la population est alors estimé par:

$$No_n \times 45$$

La densité locale du stock "commercial" (individus m^{-2}) est estimée par:

$$D_n = (No_n \times 45) / (S_n \times 10\ 000)$$

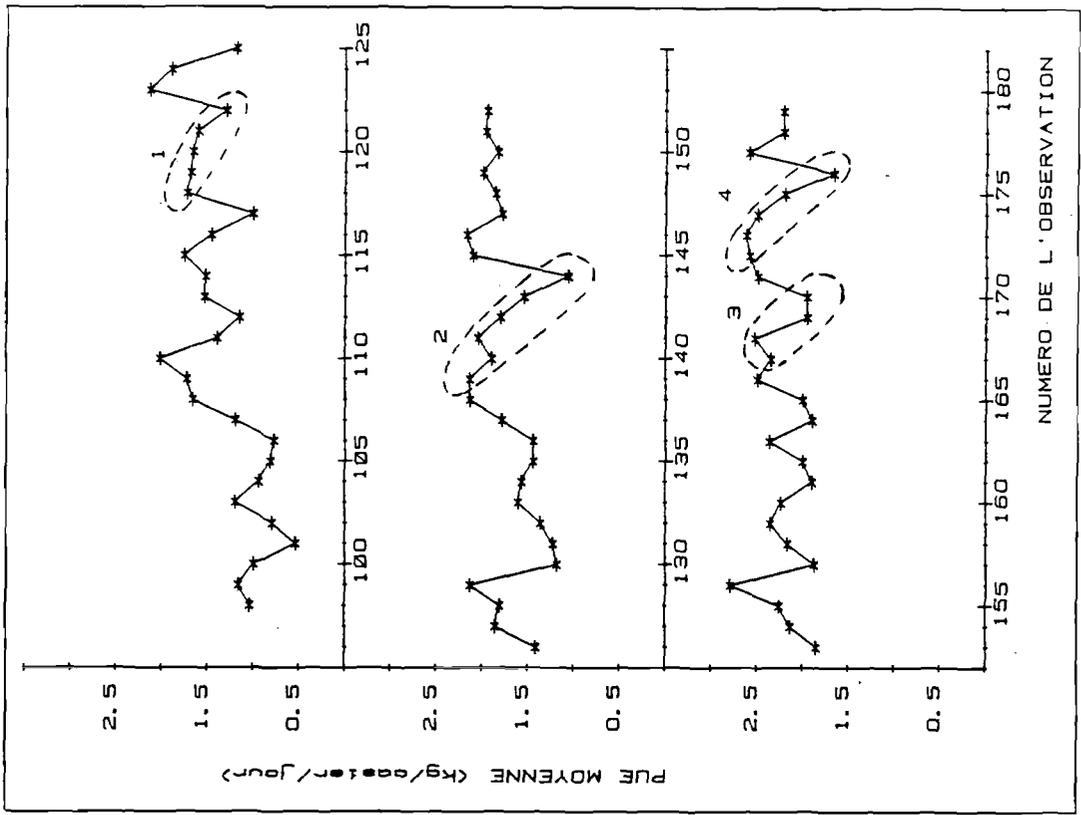


Figure 41.- p.u.e. du "Gavroche" de novembre 1983 à mars 1984. Séries de points 1 à 4: captures réalisées sans déplacer les filières.

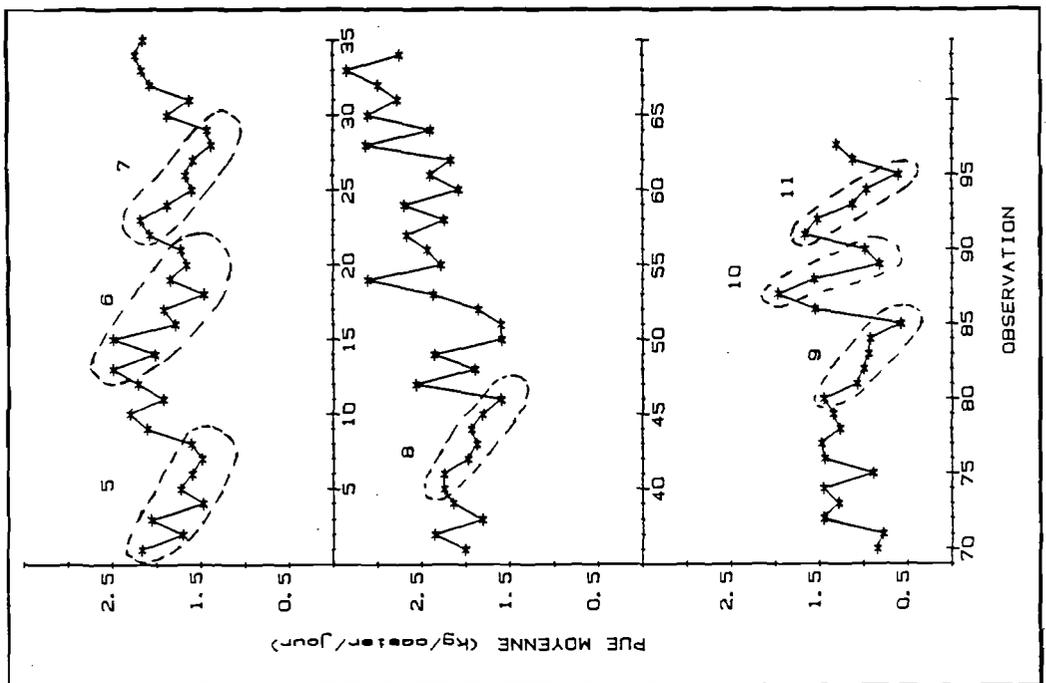


Figure 40.- p.u.e. du "Gavroche" de février à octobre 1983. Séries de points 5 à 11: captures supposées effectuées au même endroit (voir texte).

PERIODE	DATE DE		CAPTURE	EFFORT	pue
	L' OBSERVATION		(kg)	(casiers)	(kg/ casier)
1	NOV	3 83	725	420	1.73
		4	710	420	1.69
		5	700	420	1.67
		6	675	420	1.61
		7	547	420	1.30
2	DEC	5 83	900	420	2.14
		6	800	420	1.94
		7	860	420	2.05
		8	760	420	1.81
		12	650	420	1.55
3	JAN	19 84	800	340	2.35
		23	960	380	2.53
		25	825	420	1.96
		26	825	420	1.96
4	JAN	31 84	1 050	405	2.59
	FEV	1	1 100	420	2.62
		2	600	240	2.50
		3	660	300	2.20
		7	600	360	1.67

Tableau 12.- Données utilisées pour l'ajustement du modèle (1) à chacune des périodes d'immobilisation des filières (novembre 1983 à mars 1984)

PERIODE	DATE DE L'OBSERVATION	CAPTURE TOTALE (kg)	EFFORT TOTALT (casiers)	que (kg/ casier)
5	FEV 23 83	650	300	2.17
	24	820	480	1.71
	25	620	300	2.07
	26	620	420	1.48
	28	520	300	1.73
	MAR 1	480	300	1.60
	2	500	335	1.49
	3	675	420	1.60
	6	MAR 11 83	1 050	420
14		850	420	2.02
15		300	120	2.50
16		750	420	1.79
17		460	240	1.92
18		700	480	1.46
21		775	420	1.85
22		700	420	1.67
23		725	420	1.73
7		MAR 24 83	1 000	480
	25	1 050	480	2.19
	28	600	320	1.88
	29	720	450	1.60
	30	700	420	1.67
	31	700	440	1.59
	AVR 1 83	650	470	1.38
	5 83	630	440	1.43
8	AVR 21 83	810	360	2.25
	22	675	300	2.25
	25	850	430	1.98
	26	450	240	1.88
	27	700	360	1.94
	28	650	360	1.81
	29	675	420	1.61
9	SEP 1 83	700	480	1.46
	2	520	480	1.08
	6	480	480	1.00
	7	456	480	0.95
	9	336	360	0.93
	12	260	450	0.58
10	SEP 14 83	750	380	1.97
	15	700	450	1.56
	19	400	480	0.83
	20	475	480	0.99
11	SEP 21 83	800	480	1.67
	22	550	360	1.53
	23	475	420	1.13
	26	350	360	0.97
	27	295	480	0.61

Tableau 13.- Données utilisées pour l'ajustement du modèle (1) à chacune des périodes d'immobilisation des filières (février à octobre 1983).

RESULTATS ET DISCUSSION

Les estimations de densité qui ont été obtenues ne concernent que les zones de pêche commerciale. D'autre part, l'étude des captures a montré que la sélectivité de l'engin et du tri est presque en "lame de rasoir", de sorte que l'essentiel des débarquements est constitué par les individus dont la hauteur de la coquille est supérieure à 35 mm (cf. § IV.6). Les estimations obtenues ne concernent que cette fraction de la population (stock "commercial" dans la figure 33). Le stock "hors-taille" contribue peu à la biomasse de la population. Quant à sa contribution à la densité, elle demeure inconnue.

Dans chacune des 11 séries, la première des hypothèses requises (i.e. population fermée) semble être satisfaite dans la mesure où la pêche était réalisée sur la même zone pendant un court intervalle de temps (quelques jours). De plus, GOWANLOCH (1926) et HANCOCK (1963) ont montré que le buccin n'effectue pas de déplacements notables.

A l'exception des séries 9 à 11, les estimations de densité sont comprises entre 0.5 à 1 individus m^{-2} (tableaux 14 et 15) et celles de la capturabilité entre 1.5×10^{-4} à 2×10^{-4} . Ces densités sont un peu plus faibles que celles observées par PETERSEN (1911) dans les gisements non exploités de B. undatum du Danemark, où, par une méthode directe, il a obtenu des estimations de l'ordre de 1.3 individus m^{-2} . En ajustant un modèle d'enlèvement successif à partir des prises journalières par casier, ITO et TACHIZAWA (1981) ont obtenu des estimations de 0.3 à 2.84 individu m^{-2} pour le gastéropode Neptunea arthritica.

Pour les observations de septembre (séries 9 à 11), les estimations de densité sont nettement plus faibles (de l'ordre de 0.2 individu m^{-2}). Or, il a été noté précédemment (§ III.4.2) que les p.u.e. à cette époque de l'année diminuent sensiblement en raison d'un ralentissement estival de l'activité alimentaire du buccin. On devrait donc s'attendre à une capturabilité plus faible; en fait, les estimations de capturabilité sont supérieures d'un facteur 3. Le modèle ne s'applique donc pas aux séries 9-11. En effet, l'hypothèse d'une même capturabilité pour tous les individus n'est pas vérifiée car la diminution de l'activité alimentaire frapperait tout ou partie des individus plus ou moins tôt dans la saison, et avec une intensité différente. On se trouve ainsi devant une population dont le degré individuel de "léthargie", et donc de capturabilité, est variable. Il est alors naturel que l'ajustement du modèle (1) fournisse une sous-estimation de la population initiale et une surestimation de la capturabilité.

La sélectivité de l'engin de pêche pourrait être étudiée à l'aide d'une méthode d'enlèvement successif si les p.u.e. étaient exprimées en nombre moyen d'individus par classe de taille (HAMLEY, 1972). Les estimations de taille de la population et de capturabilité seraient

PERIODE (n)	DATES	OBSERVATIONS	NOMBRE D'OBSERVATIONS	r	No _n (kg)	q _n -4 x 10	CAPTURE TOTALE (kg)	EFFORT TOTAL (casiers)	SURFACE S _n (ha)	DENSITE DE LA POPULATION -2 (individus m)
5	FEV 23 83- MAR 3 83	1 - 8	8	-0.70	17 596	1.15	4 885	2 885	84	0.94
6	MAR 11 - MAR 23	13 - 21	9	-0.71	18 367	1.28	6 310	3 360	84	0.98
7	MAR 24 - AVR 5	22 - 29	8	-0.93	14 924	1.48	6 050	3 500	84	0.80
8	AVR 21 - AVR 29	40 - 46	7	-0.95	15 207	1.54	4 810	2 470	84	0.82
9	SEP 1 - SEP 12	80 - 85	6	-0.91	4 743	3.18	2 752	2 730	84	0.25
10	SEP 14 - SEP 20	87 - 90	4	-0.87	3 544	5.88	2 325	1 790	84	0.19
11	SEP 21 - SEP 27	91 - 95	5	-0.97	3 469	6.09	2 470	2 100	84	0.19

Tableau 14.- Résultats de l'ajustement du modèle (1) aux données du tableau 13. De février à octobre 1983 la position des filières n'était pas connue avec exactitude, et il est supposé que 4 valeurs consécutives décroissantes des p.u.e. correspondent à une période d'immobilisation des filières.

PERIODE (n)	DATES	OBSERVATIONS	NOMBRE D'OBSERVATIONS	r	No _n (kg)	q _n -4 x 10	CAPTURE TOTALE (kg)	EFFORT TOTAL (casiers)	SURFACE S _n (ha)	DENSITE DE LA POPULATION (individus m ⁻²)
1	NOV 3 83- NOV 7	118 - 122	5	-0.85	12 685	1.46	3 357	1 680	90	0.63
2	DEC 5 - DEC 12	139 - 143	5	-0.88	13 394	1.67	3 970	2 100	80	0.75
3	JAN 19 - JAN 25	167 - 170	4	-0.81	12 529	2.03	3 410	1 560	75	0.75
4	JAN 31 - FEV 10	172 - 176	5	-0.85	9 749	3.10	4 010	1 725	90	0.49

Tableau 15.- Résultats de l'ajustement du modèle (1) aux données correspondantes à chaque période d'immobilisation des filières. Leur position géographique, enregistrée dans le carnet de pêche du "Gavroche" entre novembre 1983 et mars 1984, est connue de manière précise.

r = coefficient de corrélation entre $(E_t + 1/2 f_t)$ et $\text{Log}(pue_t)$;

No = estimation de l'abondance de la population;

q = estimation du coefficient de capturabilité.

alors obtenues indépendamment pour chaque classe. De plus, cette démarche aurait l'avantage d'éliminer le recours au poids pour le calcul des valeurs journalières des p.u.e. : à la fin d'une période d'immobilisation des filières, la capturabilité d'un kg de buccins n'est pas la même qu'au début, les plus gros individus étant plus vulnérables à l'engin et donc pêchés en premier par les casiers. On peut néanmoins admettre qu'au cours de chaque période, la capturabilité ne diminue pas sensiblement. En effet, le seuil de rentabilité est atteint au bout de quelques jours et conduit à un changement de zone de pêche, de telle sorte que la modification de la composition par tailles doit être très faible.

Les variations de la capturabilité sont un des principaux obstacles à l'utilisation des méthodes d'enlèvement successif. SCHNUTE (1983) a proposé de nouvelles équations qui intègrent ces variations mais elles ne peuvent pas être utilisées dans la pêcherie de buccin car elles supposent un effort de pêche constant. Ce type de contraintes souligne le besoin de mettre au point des modèles qui permettent d'utiliser les informations pouvant être fournies par les pêcheurs professionnels.

IV.3 DETERMINATION DE L'AGE INDIVIDUEL A L'AIDE DES STRIES OPERCULAIRES

La détermination de l'âge individuel est l'approche qui a été retenue pour accéder à la description de la croissance de l'espèce (§ IV.4) et à l'étude de la composition démographique des captures commerciales (§ IV.5).

Chez de nombreux animaux existent des pièces anatomiques dures dont la structure se modifie à intervalles de temps réguliers: e.g., les otolithes des Poissons des mers tempérées, qui montrent l'alternance de dépôts translucides (hivernaux) et opaques (estivaux); la coquille de plusieurs Bivalves présente de même des stries de ralentissement de croissance. Dans ces exemples, la connaissance de l'intervalle de temps qui sépare deux modifications consécutives discernables de la structure permet d'accéder directement à l'âge de l'animal.

L'ornementation de la coquille du buccin ne peut malheureusement pas être interprétée de cette manière. En revanche, des stries apparaissent sur l'opercule constitué de couches adventives (VOVELLE et GRASSET, 1980). Les stries operculaires sont parfois d'identification difficile mais chez la plupart des individus elles peuvent être comptées assez rapidement (environ 1 minute par exemplaire). Vérifier qu'il se forme chaque année le même nombre de stries résoudrait de manière simple le problème de la relation taille-âge chez cette espèce. A cette fin, l'âge a été déterminé par l'analyse des variations du rapport $^{18}O / ^{16}O$ dans le carbonate de la coquille. Cette technique a déjà été appliquée à plusieurs mollusques qui sont l'objet d'une exploitation commerciale: par exemple les Gastéropodes du genre Strombus des Bermudes (WEFER et KILLINGLEY, 1980), ou encore les Bivalves Spisula solidissima (JONES et al., 1983) et Placopecten magellanicus (KRANTZ et al., 1984) de la côte atlantique nord-américaine.

METHODES

Les exemplaires analysés proviennent des captures commerciales des caseyeurs du port de Granville. La démarche suivie pour montrer que le nombre de stries operculaires constitue une mesure de l'âge absolu de ces individus est résumée par la figure 42. La base de temps est fournie par les variations saisonnières de la température θ de l'eau de mer, considérées en première approximation comme sinusoidales et de période $T = 1$ an. Cette simplification conduit à une précision jugée suffisante pour répondre à la question posée, qui est celle de l'appartenance d'un individu à une classe d'âge annuelle. La relation causale R1 est connue: les changements de température du milieu modifient le rapport $^{18}O / ^{16}O$ du $CaCO_3$ précipité au niveau de la zone d'accroissement de la coquille (UREY, 1947). Les variations de ce rapport sont en opposition de phase avec celles de θ . Cette propriété est utilisée par les paléocéologues (relation déductive R2) pour le calcul de paléotempératures (EPSTEIN et al., 1953; RYE et SOMMER, 1980).

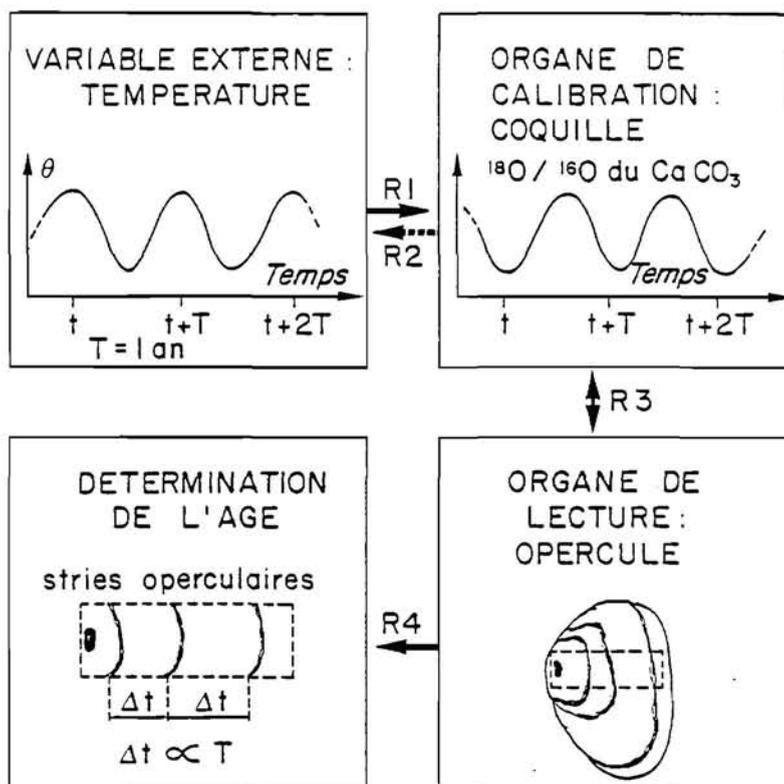


Figure 42.- Relations entre les différentes sources d'information utilisées pour déterminer l'âge individuel des buccins

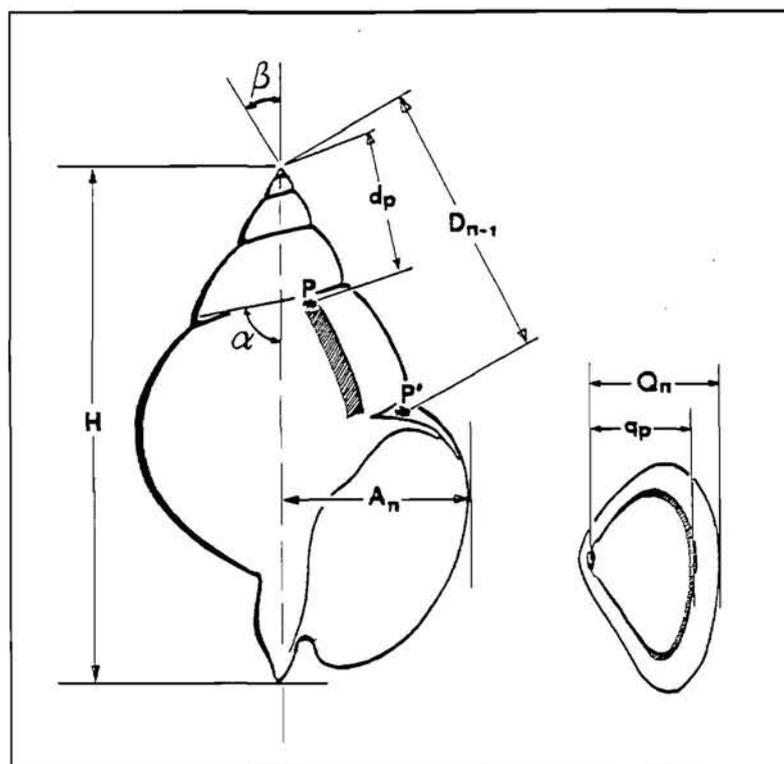


Figure 43.- Vue latérale de la coquille du buccin et définition des dimensions utilisées dans le texte. La coquille est inscrite dans un cône de demi-angle au sommet β ; α est l'angle supposé constant formé en tout point de la suture par la génératrice et la tangente à la spirale. L'indice n désigne le nombre de tours, P, P' : points de microforage

L'approche employée dans le présent travail est la suivante: après contrôle de l'existence de R1 est établie une relation d'équivalence R3 entre la signature isotopique et la signature operculaire. Cet étalonnage conduit à une règle de lecture de l'âge des buccins (relation R4).

A cette fin, trois individus (tableau 16) ont été analysés par des microforages contigus à la suture spirale ; deux d'entre eux sont représentés sur la figure 43 par le symbole * , le microforage P' situé au contact du péristome étant le dernier de la série.

SPECIMEN no.	DATE DE CAPTURE	HAUTEUR (mm)	Q_n / D_{n-1}	NOMBRE DE MICROFORAGES	NOMBRE DE STRIES OPERCULAIRES
1	JAN 82	30	1.68	9	2
2	OCT 82	58	2.21	23	5
3	JUN 83	61	2.16	36	5

Tableau 16.- Description de quelques caractéristiques des trois exemplaires analysés

En chacun de ces points de prélèvement réalisés avec des fraises de 0.8 ou de 1.3 mm, environ 0.5 mg de la couche intermédiaire est recueilli. Sur la composante minérale, formée d'aragonite pure (vérification par diffraction aux rayons X), le rapport isotopique $^{18}O / ^{16}O$ est mesuré au spectromètre de masse (Micromass VG type 903). Le complexe aragonite-matrice organique est maintenu sous vide à la température de 370 °C pendant 1 heure. Le reliquat minéral est oxydé sous vide, à 50 °C, par addition d'acide phosphorique à 100%. La précision de la mesure a été évaluée par analyse de 21 répliqués d'un même gaz: l'écart-type observé vaut 0.08 ‰.

Les valeurs obtenues sont fonction de la température θ . Pour les espèces chez lesquelles le $CaCO_3$ précipite à l'équilibre isotopique, une bonne approximation de la relation est fournie par l'équation de JONES et al. (1983)

$$\theta^{\circ}C = 19.88 - 4.00 (\delta^{18}O_a - \delta^{18}O_w) + 0.08 (\delta^{18}O_a - \delta^{18}O_w)^2$$

avec: $\delta^{18}O \text{ ‰} = \left(\frac{^{18}O / ^{16}O \text{ de l'échantillon}}{^{18}O / ^{16}O \text{ du standard PDB}} - 1 \right) * 10^3$

et où la notation $\delta^{18}O_w$ désigne le rapport isotopique de l'eau de

mer dans laquelle a précipité l'aragonite. Le rapport isotopique de l'aragonite elle-même est désigné par $\delta^{18}O_a$. En fait, seul $\delta^{18}O_a$ est connu, et $\delta^{18}O_w$ est supposé constant. Cette restriction est ici sans incidence car l'objectif n'est pas de reconstituer les variations de θ , qui sont connues.

Au point de microforage P (figure 43) est extrait un matériel de même âge que la bande hachurée représentée sur la coquille, soit par exemple formé dans l'intervalle de temps (t, t + dt). Etant donné que le bord de l'ouverture de la coquille et la marge externe de l'opercule sont élaborés simultanément, il existe donc sur ce dernier une zone d'accrétion annulaire elle aussi formée entre t et t + dt, et représentée par des hachures à la figure 43. Le problème est de pouvoir mettre en correspondance ces deux zones. Pour cela, considérons le microforage P', effectué dans la partie la plus récente de la coquille, i.e. celle qui est contemporaine de la marge de l'opercule. P' est situé à la distance D n-1 de l'apex; l'indice n désigne le nombre de spires, et la largeur du péristome est notée A n (fig. 43). EKARATNE et CRISP (1983) ont montré qu'entre D n-1 et A n existe une relation simple de proportionnalité, qui ne dépend que des angles α et β :

$$A n / D n-1 = \text{constante} = (\exp (2 \pi \cotg \alpha \sin \beta)) \sin \beta$$

Ces deux angles pourraient constituer des caractéristiques de la population. Il suffit ici de considérer qu'ils demeurent constants chez chacun des individus étudiés, à l'exclusion des tout-premiers stades de leur vie. Dans la pratique, cette limitation reste sans conséquence, car il n'a pas été possible de réaliser des microforages exploitables à une distance de moins de 5 mm de l'apex.

Par conséquent, sachant que le rayon Q n de l'opercule (fig. 43) est proportionnel à A n, il vient:

$$Q n / D n-1 = \text{constante}$$

Puisque la valeur du rapport est indépendante de n, la relation est vérifiée quelle que soit la distance dp (> 5 mm) de l'apex au microforage P. Ainsi, au moment où ce dernier était situé au contact du péristome, le rayon de l'opercule valait:

$$q_p = (Q n / D n-1) d_p$$

et la formation de la zone operculaire hachurée (fig. 43) de rayon qp est contemporaine de la précipitation de l'aragonite extraite en P. Réciproquement, si la zone hachurée représente un anneau de ralentissement de croissance, on accède de la même manière au microforage le plus proche du bord de l'ouverture de la coquille formé pendant cette période.

RESULTATS ET DISCUSSION

La présentation des résultats suivra la logique exposée en préambule, et rappelée par la figure 42: il sera vérifié dans une première étape que le profil isotopique de la coquille constitue un enregistrement des variations thermiques saisonnières du milieu. Ce contrôle préalable permet d'accéder à la seconde étape, celle de l'étalonnage des stries operculaires considérées comme un critère d'âge.

Périodicité annuelle des oscillations du $\delta^{18}O_a$ de la coquille:

Les résultats apparaissent à la figure 44, qui montre les variations du $\delta^{18}O_a$ chez les 3 exemplaires analysés. Sur les exemplaires les plus âgés (nos. 2 & 3) sont observées des oscillations assez régulières auxquelles se superpose un faible bruit. L'amplitude moyenne de ces oscillations vaut 1.7 ‰; l'amplitude thermique théorique qui lui correspond est d'environ 7°C (l'incidence du terme quadratique de l'équation de JONES et al., 1983, étant négligeable).

Les températures journalières de l'eau des lieux de pêche prospectés ont été calculées par le modèle d'AGOUMI et al. (1983) pour la période 1962-1979 (cf. § II.1). Suivant un cycle annuel régulier, elles culminent en août-septembre (17.7°C) pour redescendre à leur valeur minimale en février (6.8°C) et elles présentent sur 18 ans une amplitude annuelle moyenne de 10.9°C. La différence avec l'amplitude thermique prévue par l'équation de JONES et al. (1983) est attribuable à plusieurs causes:

- La fréquence quotidienne des données de température permet de localiser exactement les extrêmes; en revanche, il n'est pas assuré que l'on récolte l'aragonite précipitée exactement dans les mêmes conditions. Au surplus, le diamètre du microforage est bien supérieur à l'accroissement journalier. A l'évidence, ces deux facteurs contribuent à réduire l'amplitude thermique calculée.

- L'enregistrement de la température du milieu dans le carbonate de la coquille ne peut être effectif qu'en période de croissance. Or, des arguments seront présentés plus loin en faveur d'un ralentissement estival de cette croissance: la coquille ne conserverait donc qu'une trace très atténuée du maximum thermique, non décelable à l'analyse. Un phénomène analogue a été observé chez Strombus gigas et S. costatus par WEFER et KILLINGLEY (1980).

Etant admis que ces divers facteurs expliquent la sous-estimation de l'amplitude thermique calculée, l'opposition de phase entre les variations saisonnières de la température du milieu et les oscillations du $\delta^{18}O_a$ de la coquille du buccin est donc démontrée. En conséquence, les oscillations observables à la figure 44 sont de périodicité annuelle.

Une preuve supplémentaire est apportée par les valeurs de $\delta^{18}O_a$ aux points 9, 23 et 36 des exemplaires 1, 2 et 3 respectivement (fig. 44). Le carbonate récolté en ces points a précipité immédiatement avant

la capture de l'animal. Sur l'exemplaire no. 1, capturé en janvier, la valeur de $\delta^{18}O_a$ au point 9 est précédée d'une séquence croissante; le point 23 de l'exemplaire no. 2 occupe dans la série des microforages une position intermédiaire; enfin, le point 36 de l'exemplaire no. 3, capturé en juin, correspond à un minimum.

Lecture de l'âge à l'aide des stries operculaires :

A la figure 44 sont également indiquées, sur l'échelle des abscisses, les valeurs prises par la distance entre l'apex et le péristome au moment de la formation des stries operculaires Si. L'examen de cette figure révèle, pour les trois exemplaires analysés, qu'à chaque oscillation annuelle mesurée du $\delta^{18}O_a$ ne correspond qu'une et une seule strie operculaire. Ce résultat établit le mode annuel de formation de cette structure, qui constitue donc un critère d'âge aisément utilisable.

Pour améliorer la précision de la lecture de l'âge, il est nécessaire de savoir, d'une part, si les individus de la population étudiée "marquent" chaque année leur strie de manière relativement synchrone, et d'autre part, de connaître le moment de l'année auquel cet événement se produit. La figure 44 montre que la formation de la strie S2 de l'exemplaire no. 1, est postérieure à l'augmentation et antérieure à la diminution de la température de l'eau de mer: le ralentissement de croissance aurait donc eu lieu au cours de l'été. La même interprétation vaut pour la strie S5 de l'exemplaire no. 2, pour les stries S2 et, dans une moindre mesure, S3 et S4 de l'exemplaire no. 3. Néanmoins, la figure 44 montre également qu'à tout minimum saisonnier de $\delta^{18}O_a$ ne coïncide pas systématiquement une strie operculaire, ce qui suggère que cette dernière ne se formerait pas toujours au même moment de l'année. Afin de résoudre cette question d'une éventuelle variabilité temporelle, les captures provenant des secteurs "Baie" et "Sauvages" ont été échantillonnées une fois par trimestre. Sur chaque individu les stries operculaires ont été dénombrées et la hauteur de la coquille a été mesurée. Les résultats, obtenus à partir de 1423 buccins du secteur "Baie" et 987 du secteur "Sauvages", sont présentés à la figure 45 et dans l'annexe no. 2.

Supposons que tout individu de la population étudiée "marque" sa strie à n'importe quel moment de l'année; plus exactement, que la distribution temporelle de cet événement est uniforme sur l'intervalle (t, t + 1 an). Dans ce cas, la hauteur moyenne de la coquille des individus possédant le même nombre de stries operculaires serait constante. Cette première hypothèse n'est pas compatible avec les résultats présentés à la figure 45.

A l'inverse, supposons que tous les buccins forment leur strie en même temps: la hauteur moyenne de la coquille des animaux possédant n stries augmenterait régulièrement, jusqu'à ce qu'ils "marquent" la

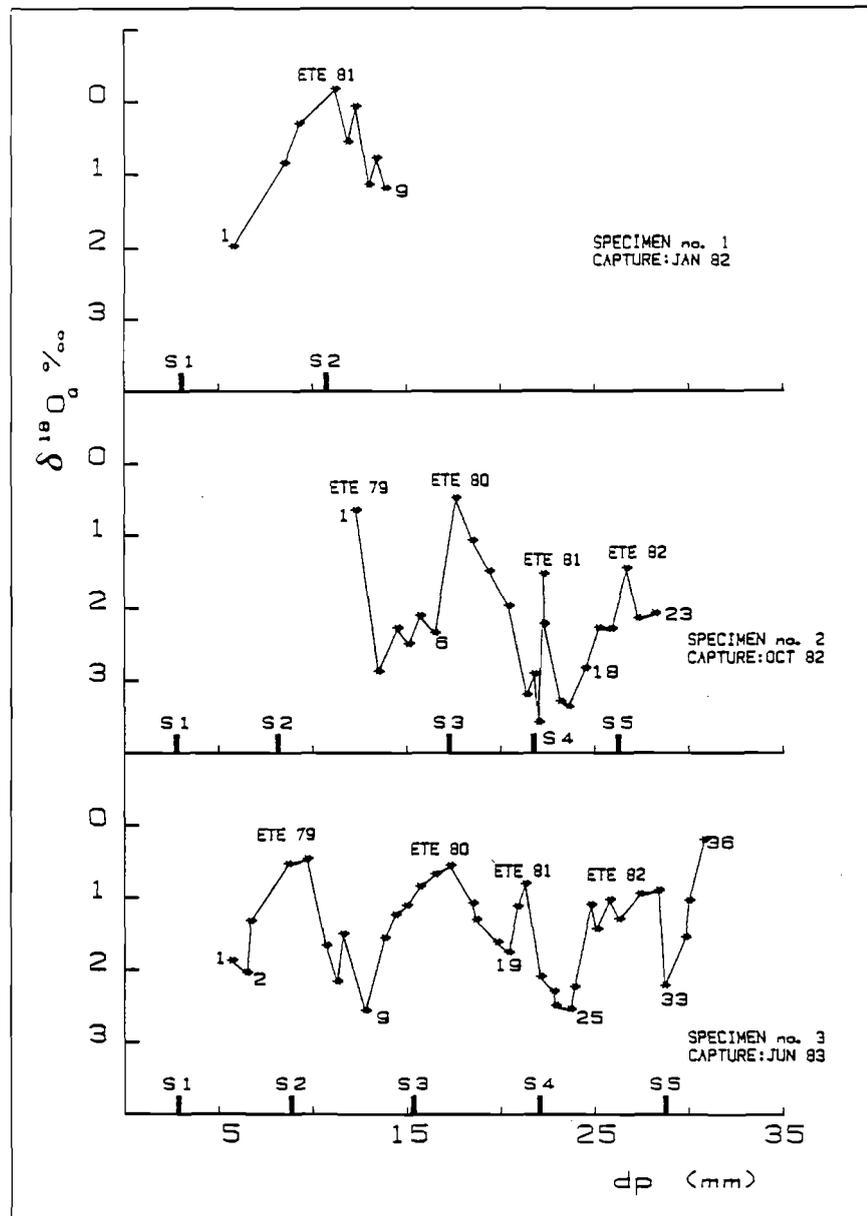


Figure 44.- Variations du rapport $\delta^{18}O_a$ en fonction de la distance dp entre le point de mesure et l'apex de la coquille. Les symboles S1, S2, ... de l'échelle des abscisses indiquent les valeurs prises par dp au moment de la formation d'une strie operculaire

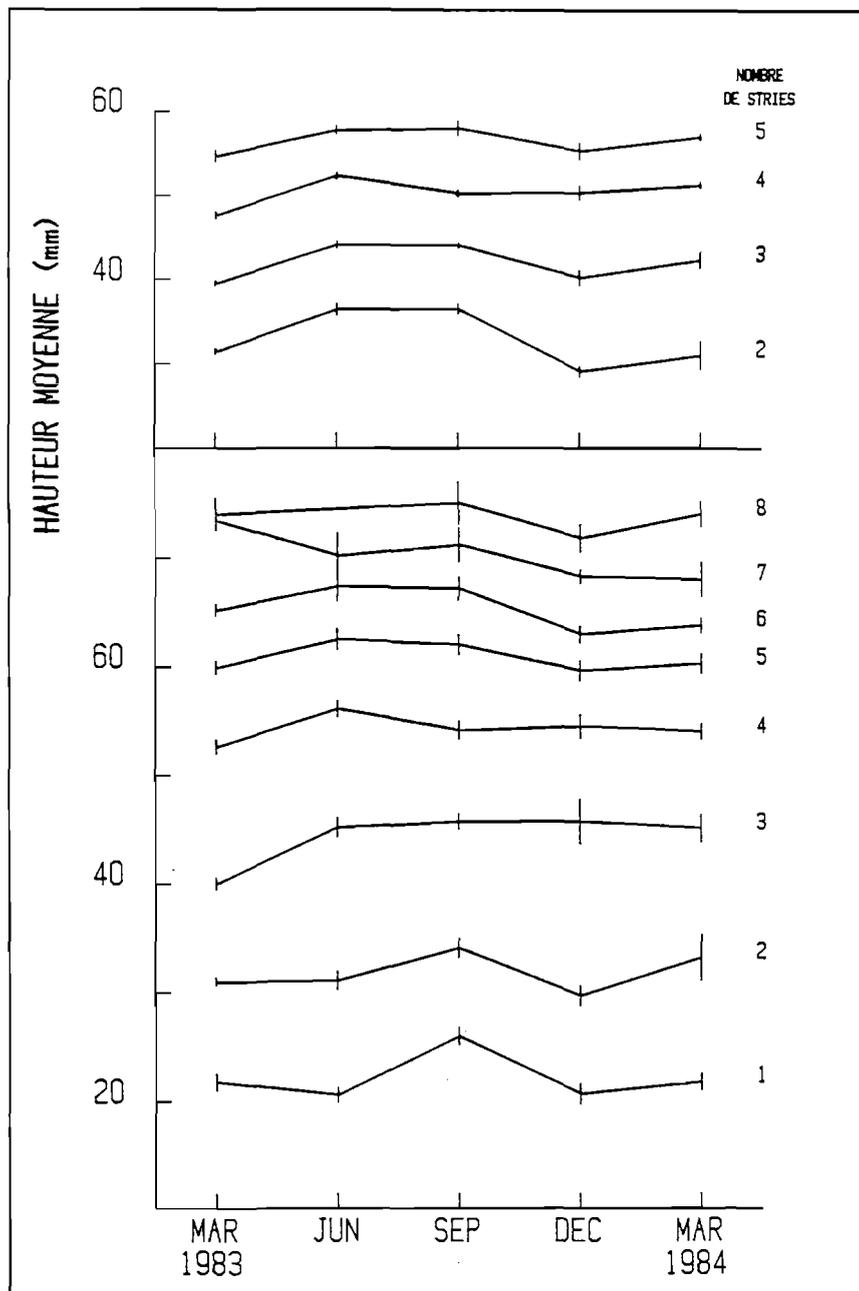


Figure 45.- Evolution trimestrielle de la hauteur moyenne (± 1 erreur standard) de la coquille des buccins possédant le même nombre de stries operculaires. Le graphe supérieur a été obtenu à partir de 1423 individus pêchés dans le secteur "Sauvages", et le graphe inférieur à partir de 987 individus du secteur "Baie"

n+1 ème. A cet instant, la hauteur moyenne du groupe à n stries chuterait car ce groupe serait alors constitué des animaux qui possédaient auparavant n-1 stries. Ensuite, la hauteur de la coquille augmenterait à nouveau. La variation annuelle des hauteurs moyennes intra-groupe n'obéit pas strictement à cette seconde hypothèse. Cependant, une tendance générale se dégage de l'examen de la figure 45: c'est au cours du dernier trimestre (septembre-décembre) que se produit la diminution la plus nette de la hauteur moyenne des buccins possédant le même nombre de stries. Les écarts à cette tendance sont d'interprétation délicate, car ils sont imputables non seulement à la variabilité temporelle d'apparition de la strie, mais aussi aux différences entre les classes d'âge (différence d'abondance par exemple).

Il sera donc finalement admis que la strie operculaire est l'indice d'un ralentissement de croissance qui se produit entre juin et octobre. D'autres arguments confortent cette hypothèse:

- la chute des p.u.e. (captures par casier et par jour) en août-septembre, phénomène bien connu que les pêcheurs appellent "la coupure" (cf. § III.4.2). Les buccins ne sont à nouveau massivement attirés par l'appât qu'au début de l'hiver.

- HANCOCK (1967) observe les mêmes variations sur les côtes sud et est de l'Angleterre où les buccins manifestent une activité extrêmement réduite en été.

Appliquée à l'exemplaire sur lequel a été réalisée la plus longue séquence de microforages, la méthode de détermination de l'âge établie par les résultats ci-dessus procède comme suit: l'exemplaire no. 3 possède 5 stries operculaires. La partie la plus récente de la coquille (point 36, fig. 44) a enregistré une faible valeur de $\delta^{18}O_a$, l'animal ayant été capturé en juin. A cette date, il n'avait pas encore "marqué" de sixième strie. Le profil isotopique obtenu en partant du point 36, et en remontant la suture spirale, montre cinq maxima saisonniers du rapport $\delta^{18}O_a$: dans les zones situées au voisinage des points 33, 25, 19, 9 et 2. Ces zones se sont donc respectivement formées pendant les hivers 1982-83, 1981-82, ... et 1978-79. Il n'a pas été possible de réaliser de microforages dans la partie sommitale de la coquille (au point 1, dp = 5.7 mm). Les informations suivantes permettent néanmoins de déterminer la date de naissance de l'exemplaire no. 3:

- Au mois de février ont été récoltées des capsules contenant des embryons de buccin, qui après quelques jours sont nés au laboratoire. La distance dp moyenne mesurée à l'éclosion vaut 1.2 mm. Dans le golfe normand-breton, cette éclosion a lieu en février-mars (cf. IV.1.2).

- La strie operculaire S1 (fig. 44), à laquelle correspond une distance dp de 2 à 3 mm, est antérieure à l'hiver 1978-79 (microforages 1 et 2, dp de l'ordre de 5 à 6 mm). Par conséquent, la saison la plus vraisemblable de la formation de S1 est l'été 1978.

L'exemplaire no. 3 est donc né au début de l'année 1978, et était âgé d'un peu plus de 5 ans au moment de sa capture. Suivant le même raisonnement, un âge de 2 ans est attribué à l'exemplaire no. 1, et à l'exemplaire no. 2 un âge compris entre 4 et 5 ans.

La strie annuelle se formant entre juin et octobre, l'âge d'un individu possédant N stries operculaires est donné par le tableau suivant:

Date de prélèvement	Age (années)
mars 1983	N
juin 1983	$N + 0.25$
septembre 1983	$N + 0.5$
décembre 1983	$N - 0.25$
mars 1984	N

De plus, sachant que l'éclosion a lieu en mars, il est possible de rattacher tout individu à une classe annuelle:

Date de prélèvement	Classe annuelle
mars 1983	(1983 - N)
juin 1983	(1983 - N)
septembre 1983	(1983 - N)
décembre 1983	$(1983 - N + 1) = 1984 - N$
mars 1984	$(1983 - N + 1) = 1984 - N$

CONCLUSION

BARKER (1964) fut l'un des premiers auteurs à proposer une classification hiérarchique des structures périodiques observables dans la coquille des Bivalves marins: depuis les "couches du premier ordre", dont la formation obéit à un cycle annuel, jusqu'à celles du cinquième ordre, qui sont en phase avec les mouvements biquotidiens de la marée. Bien que le déterminisme en demeure pratiquement inconnu, la correspondance biunivoque entre les rythmes de l'environnement et les divers types d'agencement des microcouches de la coquille apparaît aujourd'hui solidement établie (cf. KENNISH, 1980).

Compte tenu de la longévité parfois considérable atteinte par certains Mollusques (THOMPSON et al., 1980, estiment que celle du Bivalve Arctica islandica dépasse le siècle), et aussi pour des raisons pratiques (e.g. la nécessité de connaître les structures démographiques des stocks exploités), les "patrons" élaborés suivant une périodicité de 340 à 380 jours ont été le plus largement utilisés. Ce sont également ceux qui ont été employés dans le présent travail.

De ce point de vue, les études dévolues aux Gastéropodes demeurent assez rares, à cause de la géométrie plus compliquée de leur coquille, et surtout parce que cette dernière ne montre généralement pas d'ornementation macroscopique à laquelle il soit possible d'attribuer une signification annuelle. Il existe toutefois des exceptions, comme celle des marques de la coquille de Mogodonta lineata (WILLIAMSON et KENDALL, 1981). Mais le plus souvent, la méthode employée pour établir la clef taille-âge est l'analyse de la distribution des fréquences de taille, éventuellement validée par des expériences de capture-marquage-recapture (HASKIN, 1954). Ainsi, parmi les travaux consacrés aux Gastéropodes marins, peuvent être cités les quelques exemples suivants : HANCOCK (1963) : Buccinum undatum ; YAMAGUCHI (1977) : Cerithium nodulosum ; RAO et SARMA (1979) ; Clypeomorus clypeomorus , HUGHES (1980) : Littorina nigrolineata ; RICHARD et SALVAT (1980) : Tectarius grandinatus .

En revanche, l'ornementation de l'opercule peut présenter un aspect comparable à celui des valves des Pélécy-podes, et incite à rechercher un critère d'âge au niveau de cet organe. En ce sens, KUBO et KONDO (1953) ont proposé de déterminer l'âge de Babylonia japonica à l'aide des stries operculaires, sans avoir pu fournir la preuve de la périodicité de leur formation. A un niveau plus fin d'analyse une telle preuve a été récemment apportée par SIRE et BONNET (1984), qui ont mis en évidence par marquage vital les stries de croissance journalière de l'opercule calcifié du Prosobranch Turbo setosus .

L'interprétation des marques visibles sur les pièces exosquelettiques des Mollusques doit donc s'appuyer sur plusieurs approches indépendantes (YAVNOV et IGNAT'EV, 1979). La méthode que nous avons retenue pour résoudre le problème du critère d'âge chez le buccin est celle définie par JONES (1983) comme la "sclérochronologie combinée à l'emploi des isotopes stables". Elle nous a permis de valider une règle de lecture simple, étape préliminaire dont BEAMISH et McFARLANE (1983) ont souligné l'importance.

Il est ainsi montré que la strie operculaire du buccin se forme pendant la période la plus chaude de l'année; elle exprime vraisemblablement un ralentissement estival de l'activité trophique que manifesterait sous nos latitudes cette espèce carnassière d'affinités septentrionales. Ajoutons qu'une certaine variabilité temporelle d'apparition de la strie operculaire a été mise en évidence, mais que cette variabilité est beaucoup moins forte que celle des stries des valves de Spisula solidissima (JONES et al. , 1983) ou de Placogecten magellanicus (KRANTZ et al. , 1984). Dans le cas du buccin, il ne se forme qu'une strie par an, et l'utilité pratique de cette structure pseudopériodique n'est aucunement affectée. Néanmoins, les travaux récents incitent à considérer qu'il est trop souvent attribué à la sclérochronologie un pouvoir de résolution excessif dans la détermination de l'âge individuel. La précision obtenue est toutefois parfaitement adaptée à l'objectif de la présente étude.

IV.4 ETUDE DE LA CROISSANCE

Beaucoup d'études ont été consacrées à la théorie et à la pratique de la description mathématique de la croissance linéaire des espèces. Plusieurs modèles ont été proposés, le plus fréquemment utilisé en dynamique de populations étant celui de Von Bertalanffy. Cela est lié entre autres au fait que plusieurs modèles de production (e.g. celui de Beverton et Holt) utilisent les paramètres de ce modèle de croissance. Son utilisation a soulevé bien des controverses, qui ont notamment porté sur la justification théorique avancée par Von Bertalanffy, mais aussi sur les problèmes statistiques liés à son utilisation (ROFF, 1980). Dans le modèle structural utilisé dans le § V.1, le phénomène de croissance est discrétisé, de sorte qu'il suffit de connaître le vecteur poids-âge propre à l'espèce. Le modèle de Von Bertalanffy a tout de même été ajusté aux résultats du § IV.3 afin de les présenter d'une façon condensée et compatible avec celle qui est encore en usage dans la littérature.

Le modèle de Von Bertalanffy a été ajusté aux données de chacun des 3 secteurs géographiques (Annexe 2) :

$$E(H_{ij}) = f(t_i) = H_{\infty} (1 - \exp(-K(t_i - t_0))) ,$$

où H_{ij} est la hauteur du j ème individu ($j = 1, 2, \dots, n_i$) de la classe d'âge t_i ($i = 1, 2, \dots, k$) d'effectif n_i . L'estimation des paramètres inconnus (H_{∞}, K, t_0) de ce modèle à partir des couples observables (H_{ij}, t_i) nécessite la définition d'un critère d'optimalité. Le plus classique est le critère des moindres carrés (KIMURA, 1980) :

$$S(H_{\infty}, K, t_0) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (H_{ij} - f(t_i))^2$$

dont la minimisation définit les estimateurs \hat{H}_{∞} , \hat{K} et \hat{t}_0 :

$$S(\hat{H}_{\infty}, \hat{K}, \hat{t}_0) = \min_{i,j} \{S(H_{\infty}, K, t_0)\}$$

Dans le contexte linéaire, la meilleure technique pour identifier le modèle :

$$H_{ij} = f(t_i) + \epsilon_j$$

est précisément la technique des moindres carrés, à la condition que soient vérifiées certaines hypothèses (dites de Gauss-Markov) concernant la distribution des résidus ϵ_j ; à savoir :

$$E(\epsilon_j) = 0 \quad \text{et} \quad E(\epsilon_j \epsilon_h) = \sigma^2 \delta_{jh}$$

où δ_{jh} est le delta de Kronecker. Selon ces hypothèses, les résidus ϵ_j constituent k variables aléatoires d'espérance nulle, de même variance σ^2 , et non corrélées entre elles. Au plan pratique, il faut par consé-

quent s'assurer de l'absence d'hétéroscédasticité et d'autocorrélation. Concernant le premier phénomène, les tableaux présentés en annexe 2 montrent que l'amplitude de la dispersion des hauteurs est relativement stable, et compatible avec l'hypothèse d'une variance résiduelle constante. Quant à l'absence d'autocorrélation, elle est assez largement garantie par le protocole d'échantillonnage, ainsi que par le fait qu'aucun rétrocalcul n'a été effectué sur l'un quelconque des buccins de l'échantillon.

Les hypothèses de Gauss-Markov ne spécifient pas la forme de la loi des erreurs. Cependant, pour pouvoir faire des inférences sur les paramètres du modèle, la définition complète de la loi des termes aléatoires de celui-ci est nécessaire. Il sera donc supposé que la distribution des ϵ_j est normale (l'absence de corrélation entre résidus implique alors leur indépendance).

Dans ce cadre, la minimisation du critère des moindres carrés équivaut à la maximisation de la vraisemblance. Il s'ensuit que les estimateurs \hat{H}_∞ , \hat{K} et \hat{t}_0 possèdent les qualités suivantes: ils sont convergents en probabilité et asymptotiquement normaux et de variance minimale.

Les estimations présentées plus loin sont optimales au sens du critère suivant:

$$S(H_\infty, K, t_0) = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{H}_i - f(t_i))^2$$

où \bar{H}_i est la hauteur moyenne des n_i individus d'âge t_i ; (1) et (2) fournissent des estimations identiques pour les paramètres, et très semblables pour les éléments de la matrice V des covariances entre paramètres (KIMURA, 1980). En effet, si les hypothèses énoncées plus haut sont respectées, le remplacement des hauteurs individuelles par leurs moyennes n'entraîne pas de perte d'information appréciable; (2) est donc préféré à (1) car il réduit le temps de calcul. Le second critère présente en outre l'avantage supplémentaire d'être moins sensible que le premier à un éventuel écart à la normalité de la loi des résidus: le théorème de la limite centrale garantit que cet écart sera plus faible pour les \bar{H}_i que pour les ϵ_j . Cela conduira à préférer l'algorithme de TOMLINSON et ABRAMSON (1961) à celui d'ALLEN (1966).

Enfin, si l'on note θ le vecteur colonne $(H_\infty, K, t_0)'$, l'estimation approchée \hat{V} de la matrice V est donnée par:

$$\hat{V} = \hat{\sigma}^2 \left[\sum_{i=1}^k n_i \left(\frac{\partial f_i}{\partial \theta} \right) \left(\frac{\partial f_i}{\partial \theta} \right)' \right]^{-1}$$

expression dans laquelle le symbole ' désigne la transposition, où le vecteur colonne $(\frac{\partial f_i}{\partial \theta})$ est évalué à l'optimum, et où:

$$\hat{\sigma}^2 = S(\hat{H}_\infty, \hat{K}, \hat{t}_0) / (k-3)$$

La justification détaillée de cette approximation est présentée dans BARD (1974, chap. VII).

Le minimum de la fonction-objectif S a été atteint à l'aide d'un algorithme analytique dans lequel la direction de descente est égale à la direction de plus forte pente corrigée, à chaque itération, par une matrice d'une suite récurrente qui converge vers l'inverse du Hessien (FLETCHER, 1980). Les résultats obtenus sont les suivants:

	B A I E	S A U V A G E S	S U D C H A U S E Y
\hat{H}_∞	108.1 (87.4; 128.8)	95.5 (84.1; 106.8)	84.7 (78.5; 90.8)
\hat{K}	0.129 (0.084; 0.174)	0.182 (0.136; 0.228)	0.242 (0.194; 0.290)
\hat{t}_0	-0.68 (-1.08; -0.28)	-0.19 (-0.48; 0.11)	0.02 (-0.27; 0.31)

A l'estimation de chaque paramètre est attaché un intervalle de confiance à 95%, de demi-amplitude $t \sqrt{\hat{v}}$; \hat{v} est l'un des termes diagonaux de \hat{V} , et t la valeur critique de la distribution de Student à $k-3$ d.d.l. pour $\alpha = 0.025$.

Toutefois, ces intervalles sont conditionnels, car chacun ne vaut que pour les deux autres paramètres fixés à leur valeur optimale. Il est donc préférable de déterminer, dans l'espace paramétrique, la surface d'équation:

$$S(H_\infty, K, t_0) = S(\hat{H}_\infty, \hat{K}, \hat{t}_0) (1 + (3/(k-3)) F_{[\alpha; 3, k-3]})$$

qui définit le contour exact de la région de confiance jointe des paramètres, au seuil approximatif de $100(1 - \alpha)\%$ (DRAPER et SMITH, 1966, chapitre 10). La figure 46 représente, pour chaque secteur géographique, l'intersection de cette région avec le plan d'équation $t_0 = \hat{t}_0$. Elle montre que la plage des variations admissibles du couple (H_∞, K) à t_0 fixé est de forme étirée ("banana shaped", selon DRAPER et SMITH). La direction d'allongement maximal correspond en fait à une combinaison linéaire de H_∞ et K faiblement déterminée; cette mauvaise détermination provient de la corrélation élevée qui lie les deux paramètres ($r = -0,9$). Au contraire, la combinaison linéaire qui définit la direction perpendiculaire à celle de plus grand allongement est fortement déterminée, ainsi que l'atteste l'étroitesse des zones hachurées à la figure 46. Autrement dit, lorsque deux des paramètres sont fixés, les variations acceptables pour le troisième sont bien plus faibles que celles indiquées par les intervalles de confiance précédemment calculés. En revanche, l'analyse montre aussi qu'il est possible d'atteindre, dans la direction de moindre détermination, des couples admissibles relativement éloignés de l'optimum.

Aucune différence notable de croissance n'a été observée entre les mâles et les femelles de *B. undatum*, contrairement à ce qui a été observé par MORSE (1877). Ainsi, les équations proposées ci-dessus regroupent les deux sexes.

HANCOCK (1963) a effectué des marquages chez le buccin à Whitstable (Royaume Uni). Ces résultats fournissent des estimations de K et L_{∞} de l'ordre de 0.90 / année et 67 mm respectivement. Les différences constatées par rapport aux résultats obtenus dans notre étude, soulignent la forte variabilité de la croissance chez *B. undatum* d'un gisement à l'autre. VILLEMEURE et LAMOUREUX (1975) rapportent des différences importantes en fonction des conditions du milieu et de la salinité.

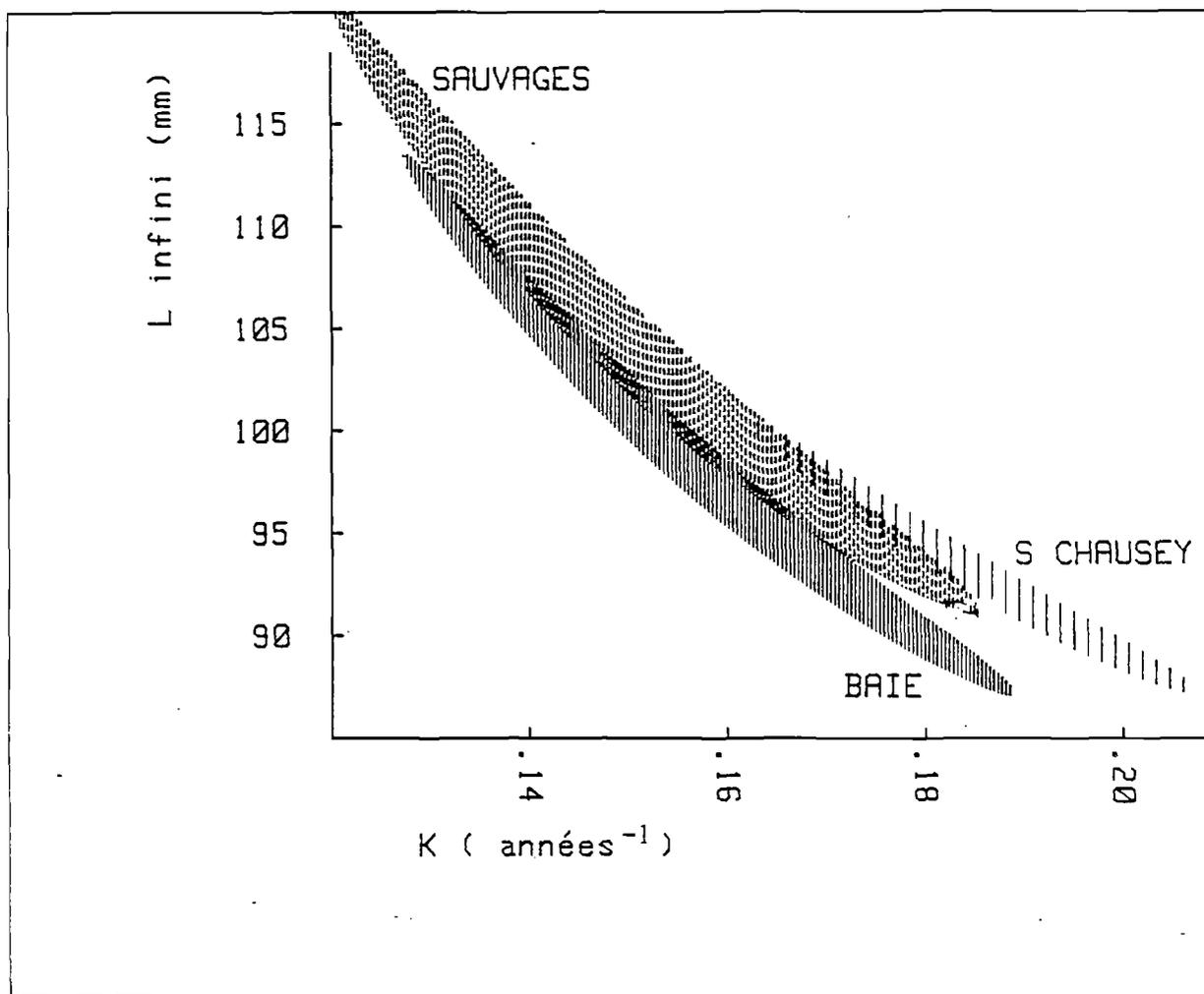


Figure 46.- Contours exacts (au seuil approximatif de 95%) des domaines de confiance attachés aux estimations des couples de paramètres (L_{∞} , K) du modèle de von Bertalanffy ajusté aux données âges-hauteurs des buccins provenant des trois sous-stocks de la zone 2. Chaque contour est conditionnel, t_0 étant fixé à la valeur: -0.43 années.

IV. 5 ECHANTILLONNAGE DES DEBARQUEMENTS: ESTIMATION DE LA STRUCTURE
DEMOGRAPHIQUE

1.- PRESENTATION DU PROTOCOLE

1.1 Partition de la population cible en strates spatio-temporelles

1.2 Sous-échantillonnage dans une strate spatio-temporelle
(secteur x trimestre)

1.3 Stratification par taille de la grappe ij

2.- ESTIMATION DE T_a : EFFECTIF DEBARQUE PAR CLASSE D'AGE ET PAR
SECTEUR GEOGRAPHIQUE ENTRE MARS 1983 ET FEVRIER 1984.

2.1 Estimation du nombre de buccins d'âge a débarqués en criée
par les caseyeurs granvillais dans un secteur x trimestre donné

2.1.1 Estimations dans la strate ijk

2.1.2 Estimation du rapport R_{ij} : effectif par kilogramme des
buccins d'âge a dans la grappe ij

2.1.3 Estimation du rapport R_i : effectif par kilogramme des
buccins d'âge a dans la super-grappe i (ième bateau x jour)

2.1.4 Estimation du rapport R : effectif par kilogramme des
buccins d'âge a dans une strate spatio-temporelle
(secteur x trimestre)

2.1.5 Estimation de $T_{t;a}$: nombre de buccins d'âge a débarqués
par strate spatio-temporelle

2.2 Estimation de T_a : quantité totale de buccins d'âge a débarqués
en criée par les caseyeurs granvillais entre février 1983 et
avril 1984, et provenant d'un secteur géographique donné.

2.3 Modifications apportées à l'estimation de T_a en vue de son
utilisation dans l'analyse de cohortes

3.- ESTIMATION DE T : EFFECTIF TOTAL DEBARQUE PAR SECTEUR
GEOGRAPHIQUE ENTRE MARS 1983 ET FEVRIER 1984

4.- RESULTATS ET DISCUSSION

NOTATIONS UTILISÉES

Dans une strate spatio-temporelle:

N_1 = nombre de super-grappes (bateau jour) qui constituent la strate.

n_1 = nombre de super-grappes échantillonnées.

Dans la super-grappe i ($i = 1, 2, \dots, n_1$)

N_{i2} = nombre de grappes de buccins (~ 0.8 kg) qui constituent le i ème bateau jour échantillonné.

n_{i2} = nombre de grappes échantillonnées.

A_i = nombre de buccins d'âge a dans la super-grappe i .

B_i = poids (en kg) des buccins de la super-grappe i .

$R_i = A_i / B_i$

Dans la grappe ij ($j = 1, \dots, n_{i2}$):

N_{ij3} = nombre de buccins qui constituent la grappe ij . Cet effectif est réparti en 3 strates de taille.

A_{ij} = nombre de buccins d'âge a dans la grappe ij .

B_{ij} = poids (en kg) des buccins de la grappe ij .

$R_{ij} = A_{ij} / B_{ij}$

Dans la strate de taille ijk ($k = 1, 2, 3$):

N_{ijk4} = nombre de buccins qui constituent la strate de taille ijk .

n_{ijk4} = nombre de buccins dont l'âge est déterminé dans la strate de taille ijk .

a_{ijk} = nombre de buccins d'âge a parmi les n_{ijk4} .

A_{ijk} = nombre de buccins d'âge a dans la strate de taille ijk .

1, 2, 3 et 4 sont l'indice du niveau d'échantillonnage

La connaissance de la structure démographique des captures commerciales est un des préalables à l'utilisation de méthodes telles que l'analyse de cohortes. L'objectif de ce chapitre est d'estimer l'effectif total débarqué (ainsi que sa ventilation par classe d'âge) par la flottille du port de Granville, à l'aide d'une procédure d'échantillonnage stratifié et à plusieurs niveaux.

1.- PRESENTATION DU PROTOCOLE

1.1 Partition de la population cible en strates spatio-temporelles

La population cible est celle formée des buccins débarqués en criée (cf. fig. 32) par les caseyeurs granvillais entre février 1983 et avril 1984. Elle est d'abord divisée en trois strates géographiques correspondant aux secteurs de provenance des captures (fig. 47): Baie, Sauvages et Sud Chausey.

Une strate géographique est elle même formée de cinq strates temporelles de 3 mois chacune (février 1983 à avril 1983, . . . , février 1984 à avril 1984; fig. 47).

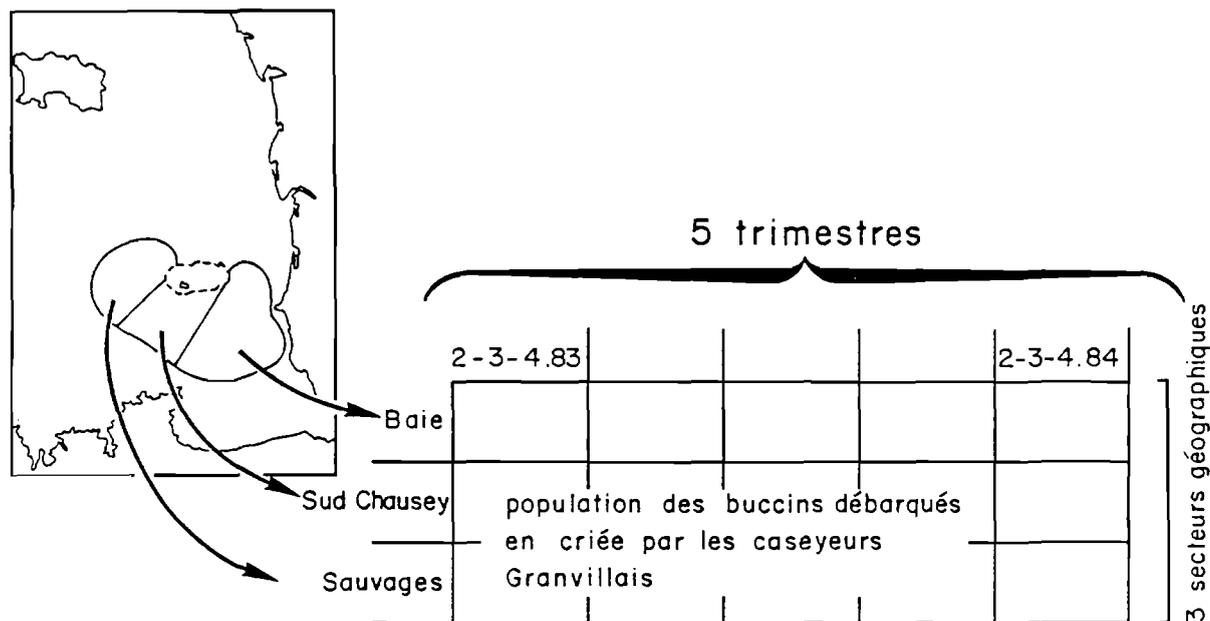


Figure 47.- Stratification de la population cible en 15 secteurs x trimestre

Il faut préciser ici que l'on ne recherchera pas les estimations relatives à la population cible considérée globalement: on ne s'intéressera qu'aux estimations obtenues séparément pour chacun des 3 secteurs géographiques.

1.2 Sous-échantillonnage dans une strate spatio-temporelle
(secteur x trimestre)

Les quinze strates spatio-temporelles ayant été définies, le principal problème est d'aboutir (pour chacune d'elles et indépendamment des autres) aux estimations des paramètres de la strate; étant entendu que les formules de l'échantillonnage stratifié permettent ensuite de remonter aisément aux estimations par secteur géographique. C'est cette question des estimations relatives à un secteur x trimestre qui sera maintenant résolue.

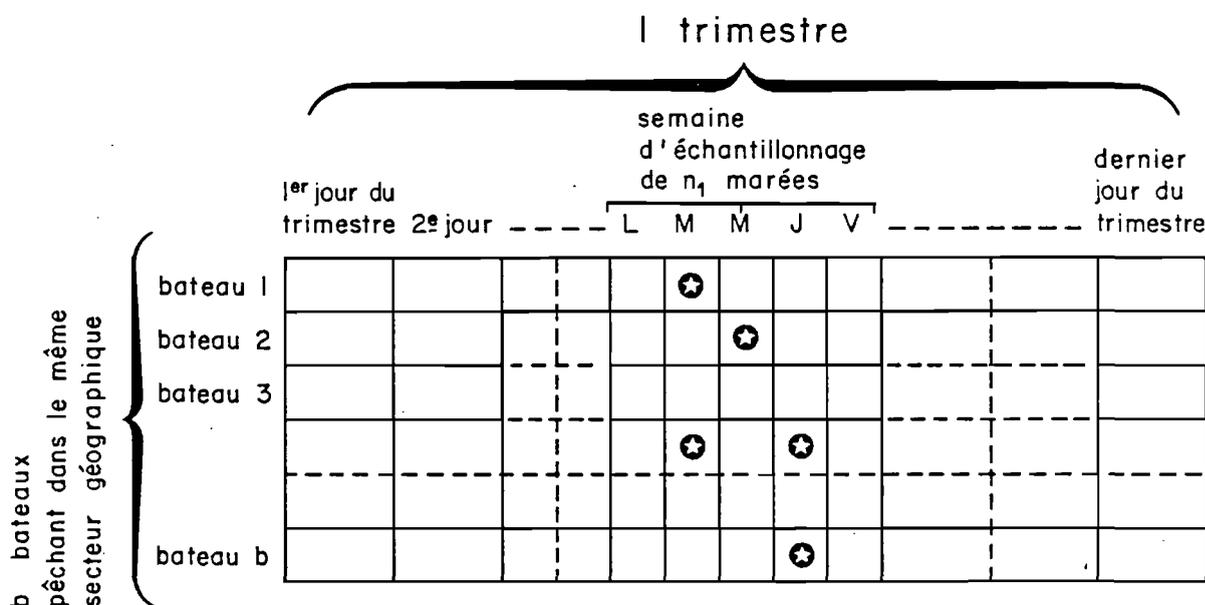


Figure 48.- Partition d'un secteur x trimestre en N_1 super-grappes (N_1 marées)

Chaque secteur x trimestre est partitionné en N_1 super-grappes (fig. 48), qui concrètement correspondent chacune à une marée, i.e. un bateau x jour. La super-grappe est donc définie par l'ensemble de buccins débarqués en criée par un caseyeur après une marée, pêchés dans un secteur et pendant un trimestre donné. Le schéma de sous-échantillonnage prévoit un échantillonnage aléatoire simple (EAS) de N_1 super-grappes parmi les N_1 . Néanmoins, vu les contraintes pratiques de notre étude, les prélèvements ont du être regroupés dans une semaine au cours de chaque trimestre (une semaine en mars, juin, septembre et décembre 1983 et une en mars 1984) si bien que l'EAS fut réalisé parmi les marées de la semaine, tout en supposant qu'il l'était parmi les marées du trimestre. En toute rigueur, cette procédure ne respecte pas

la condition d'indépendance d'un EAS. Son impact n'a pas été étudié, mais on peut admettre qu'il est négligeable car la plus importante source de variabilité, même à l'intérieur d'un secteur donné, est l'origine géographique des captures. Il demeure cependant que le protocole présente à ce niveau une faiblesse, due au fait que les contraintes d'emploi du temps obligent à supposer que la variabilité entre super-grappes, estimée à partir de la semaine d'échantillonnage, constitue aussi une estimation correcte de la variabilité réelle entre les N_1 marées du secteur x trimestre considéré.

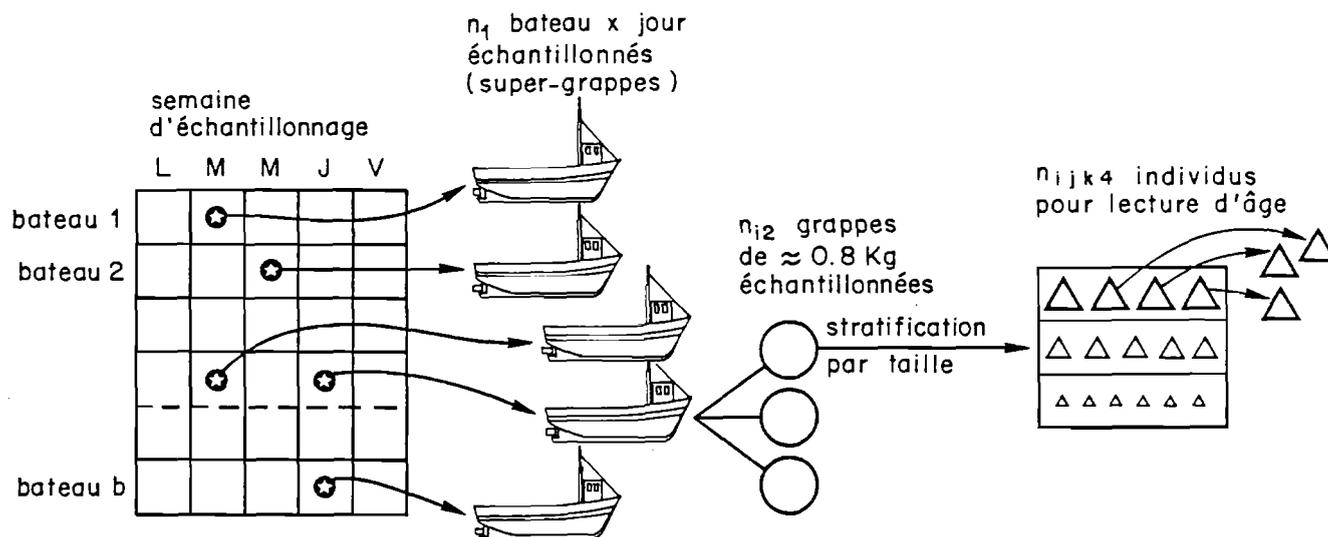


Figure 49.- Sous-échantillonnage dans un secteur x trimestre

Il est clair qu'il est impossible d'étudier exhaustivement chacune des N_1 super-grappes sélectionnées. Aussi le protocole se complète-t-il d'une procédure de sous-échantillonnage dans ces super-grappes. En effet, les buccins d'une marée sont débarqués en caisses d'environ 25 kg. Dans ces conditions, il est impossible d'effectuer un EAS d'individus. On relève alors un échantillon aléatoire de n_{i2} ($n_{i2} = 3$) grappes d'individus parmi N_{i2} ($i = 1, 2, \dots, n_1$) (fig. 49). Chaque grappe est constituée par l'ensemble des buccins d'un échantillon d'environ 0.8 kg prélevé sur toute la profondeur d'une caisse tirée par EAS parmi celles qui constituent le débarquement du bateau x jour. Une grappe ainsi prélevée contient 40 à 50 buccins.

Il faut souligner que dans les débarquements d'un bateau x jour (partitionné en N_{i2} grappes de 0.8kg), les n_{i2} grappes sélectionnées ne sont pas obtenues directement par EAS: c'est la caisse de 25 kg contenant la grappe retenue qui est tirée par EAS. Autrement dit, on admet que la variabilité inter-grappes dans une caisse est négligeable; la variabilité inter-grappes dans une super-grappe est donc implicitement assimilée à la variabilité inter-caisses. Cette simplification permet d'alléger notablement le calcul des estimateurs, dans la mesure où elle revient à supprimer un niveau d'échantillonnage.

1.3 Stratification par taille de la grappe ij

Les N_{ij} individus qui constituent la grappe ij ($i = 1, 2, \dots, n_1$; $j = 1, 2, \dots, n_2$) sont ensuite répartis en 3 strates selon la hauteur de la coquille (< 40 mm; 41 à 65 mm; > 65 mm). Environ un tiers de l'effectif N_{ijk} de chaque strate ijk ($k = 1, 2, 3$) est ensuite prélevé par EAS sans remise (fig.49) et l'âge de chacun de ces n_{ijk4} individus est déterminé par lecture du nombre de stries operculaires (cf. § IV.3). L'erreur qui peut être introduite dans la lecture n'est pas pris en compte dans les estimations de variance. De même, n_{ijk4} n'ayant pas été fixé a priori devrait être considéré comme une variable aléatoire. Néanmoins, compte tenu de la très faible variabilité du nombre d'individus par grappe dans un bateau x jour, n_{ijk4} sera traité comme une constante.

2. - ESTIMATION DE T_a : EFFECTIF DEBARQUE PAR CLASSE D'AGE ET PAR SECTEUR GEOGRAPHIQUE ENTRE MARS 1983 ET FEVRIER 1984

2.1 Estimation du nombre de buccins d'âge a débarqués en criée par les caseyeurs granvillais dans un secteur x trimestre donné

2.1.1 Estimations dans la strate ijk

L'estimation de la proportion d'individus d'âge a dans la ijk ème strate de taille est:

$$\hat{p}_{ijk} = \frac{a_{ijk}}{n_{ijk4}}$$

où:

n_{ijk4} = effectif de l'échantillon prélevé pour lecture d'âge parmi les N_{ijk4} buccins de la strate ijk

a_{ijk} = effectif des buccins d'âge a parmi les n_{ijk4} de l'échantillon ($a < \text{âge(années)} < a + 1$)

La variance de \hat{p}_{ijk} est estimée par:

$$\hat{V}(\hat{p}_{ijk}) = (1 - f_{ijk}) \frac{\hat{p}_{ijk} (1 - \hat{p}_{ijk})}{(n_{ijk4} - 1)}$$

où:

$$f_{ijk} = \frac{n_{ijk4}}{N_{ijk4}}$$

Le bénéfice de la stratification par tailles provient de la relation entre celle-ci et l'âge. Elle conduit, pour un coût fixe, à une diminution de la variance car la taille est une variable corrélée avec l'âge et sensiblement plus rapide à mesurer. Cette démarche est très proche de celle du double échantillonnage (MACKETT, 1963; KIMURA, 1977) ou des "clés âge-longueur".

La strate ijk contient A_{ijk} individus d'âge a , que l'on estime par:

$$\hat{A}_{ijk} = N_{ijk} \cdot \hat{p}_{ijk} \quad ; \quad \hat{V}(\hat{A}_{ijk}) = N_{ijk}^2 \cdot \hat{V}(\hat{p}_{ijk})$$

N_{ijk} étant la taille (connue) de la strate

2.1.2 Estimation du rapport R_{ij} : effectif par kilogramme des buccins d'âge a dans la grappe ij

D'après les formules de l'échantillonnage stratifié (COCHRAN, 1977):

$$\hat{A}_{ij} = \sum_{k=1}^3 \hat{A}_{ijk}$$

$$\hat{V}(\hat{A}_{ij}) = \sum_{k=1}^3 \hat{V}(\hat{A}_{ijk})$$

où: \hat{A}_{ij} = effectif estimé des buccins d'âge a dans la grappe ij .

Chaque grappe échantillonnée est pesée, et son poids total (exprimé en kg) est noté B_{ij} (on rappelle que ce poids est voisin de 0.8 kg). C'est une variable supposée mesurée sans erreur pour une grappe donnée, et le rapport R_{ij} (nombre de buccins d'âge a par kg dans la grappe ij) est estimé par:

$$\hat{R}_{ij} = \hat{A}_{ij} / B_{ij}$$

et l'estimation de la variance de \hat{R}_{ij} vaut:

$$\hat{V}(\hat{R}_{ij}) = (1/B_{ij})^2 \hat{V}(\hat{A}_{ij})$$

2.1.3 Estimation du rapport R_i : effectif par kilogramme des buccins d'âge a dans la super-grappe i (ième bateau x jour)

D'après les formules d'estimation d'un rapport entre deux variables à partir d'un protocole de sous-échantillonnage (COCHRAN, 1977):

$$\hat{R}_i = \sum_{j=1}^{n_{i2}} w_{ij} \hat{R}_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{i2}} \hat{A}_{ij}}{\sum_{j=1}^{n_{i2}} B_{ij}}$$

$$\hat{V}(\hat{R}_i) = \frac{1-f_{i2}}{n_{i2}(n_{i2}-1)} \sum_{j=1}^{n_{i2}} Z_{ij}^2 (\hat{R}_{ij} - \hat{R}_i)^2 + \frac{f_{i2}}{n_{i2}^2} \sum_{j=1}^{n_{i2}} Z_{ij}^2 \hat{V}(\hat{R}_{ij})$$

où :

R_i = estimation du nombre /kg des buccins d'âge a dans les débarquements du bateau x jour i

$$W_{ij} \equiv B_{ij} / \sum_{j=1}^{n_{i2}} B_{ij}$$

$$f_{i2} \equiv n_{i2} / N_{i2} \approx 0$$

$$Z_{ij} \equiv B_{ij} / \hat{B}_i$$

$$\hat{B}_i = \frac{1}{n_{i2}} \sum_{j=1}^{n_{i2}} B_{ij}$$

\hat{R}_i est un estimateur biaisé de R_i mais la théorie de l'estimateur rapport (COCHRAN, 1977) montre que ce biais est négligeable dans la mesure où :

1) A_{ij} et B_{ij} (les variables du rapport) sont fortement corrélées entre elles.

2) La variabilité des B_{ij} d'une grappe à l'autre est faible.

De plus, l'utilisation de R_i a l'avantage d'introduire l'information fournie par les poids B_{ij} . Cette information conduit à un gain de précision dans l'estimation de l'effectif des buccins par classe d'âge.

f_{i2} apparaît en facteur du deuxième terme de la somme dans l'équation (2) pour corriger le biais de l'estimation de la variabilité inter-grappes, car les R_{ij} ne sont pas connus mais estimés (cf. COCHRAN, 1977). Ainsi, la variabilité inter-grappes est surestimée et son estimation inclut "une partie" de la variabilité intra-grappes. Etant donné que f_{i2} est voisin de zéro, le deuxième terme de la somme est négligeable, de sorte que l'estimation de $V(\hat{R}_i)$ ne nécessite que la connaissance de R_{ij} et B_{ij} . Il est tout de même important de choisir, comme nous l'avons fait dans le § 2.1.2, un protocole qui minimise les $V(\hat{R}_{ij})$ dans la mesure où la variabilité intra-grappes sera implicitement comptabilisée dans l'estimation de la variabilité inter-grappes.

2.1.4 Estimation du rapport R : effectif par kilogramme des buccins d'âge a dans une strate spatio-temporelle (secteur x trimestre)

Ayant obtenu \hat{R}_i , qui estime le nombre de buccins d'un âge donné a par kg débarqué de la i ème marée, il est maintenant possible d'estimer R , qui est l'effectif rapporté au kg des buccins d'âge a dans la strate spatio-temporelle formée par la réunion de N_1 marées (super-grappes); ceci à l'aide des n_1 super-grappes sélectionnées pendant la semaine d'échantillonnage, et en faisant appel aux formules déjà employées précédemment pour estimer les n_1 rapports R_i .

$$\hat{R} = \sum_{i=1}^{n_1} W_i \hat{R}_i$$

$$V(\hat{R}) = \frac{1 - f_1}{n_1 (n_1 - 1)} \sum_{i=1}^{n_1} Z_i^2 (\hat{R}_i - \hat{R})^2 + \frac{f_1}{n_1^2} \sum_{i=1}^{n_1} Z_i^2 V(\hat{R}_i)$$

$$\text{où: } W_i \equiv B_i / \sum_{i=1}^{N_1} B_i$$

$$f_1 \equiv n_1 / N_1 \approx 0$$

$$Z_i \equiv B_i / \bar{B}$$

B_i = débarquement du bateau x jour i (kg) ,
établi par enquête auprès des pêcheurs
et à la criée, au moment de
l'échantillonnage

$$\bar{B} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{N_1} B_i$$

Remarque

En toute rigueur, c'est \bar{B}_i qui devrait apparaître dans le calcul de $\hat{V}(\hat{R}_i)$. Etant donné que \bar{B}_i n'est pas connu, on acceptera l'approximation qui consiste à utiliser B_i . Dans le calcul de $\hat{V}(\hat{R})$ on aurait pu utiliser \bar{B} car les N_1 valeurs des B_i (débarquements du bateau x jour) auraient pu être obtenues à partir des renseignements fournis par la criée (cf. § III.3.3). Néanmoins, c'est \bar{B} qui a été utilisé dans la mesure où, au moment d'effectuer les calculs, on ne disposait que du total $\sum B_i$ et non des B_i individuels.

2.1.5 Estimation de $T_{t;a}$: nombre de buccins d'âge a débarqués par strate spatio-temporelle

L'effectif total des buccins d'âge a débarqués au cours du trimestre t ($t = 1, 2, \dots, 5$) et provenant d'un secteur géographique donné est estimé par le produit:

$$\hat{T}_{t;a} = \left(\sum_{i=1}^{N_1} B_i \right) \hat{R}$$

$$\hat{V}(\hat{T}_{t;a}) = \left(\sum_{i=1}^{N_1} B_i \right)^2 \hat{V}(\hat{R})$$

où N_1 désigne le nombre de marées effectuées dans le secteur x trimestre considéré. La valeur de $\sum B_i$ est obtenue à partir des renseignements fournis par la criée (cf. § III.3.3). :

2.2 Estimation de T_a : quantité totale de buccins d'âge a débarqués en criée par les caseyeurs granvillais entre février 1983 et avril 1984, et provenant d'un secteur géographique donné.

L'estimation de $T_{t;a}$ est obtenue de façon indépendante dans chaque strate temporelle (i.e. chaque trimestre). L'effectif T_a des buccins d'âge a débarqués entre février 1983 et avril 1984 (pêchés dans un secteur géographique donné) est donc estimé par:

$$\hat{T}_a = \sum_{t=1}^5 \hat{T}_{t;a}$$

$$\hat{V}(\hat{T}_a) = \sum_{t=1}^5 \hat{V}(\hat{T}_{t;a})$$

2.3 Modifications apportées à l'estimation de \hat{T}_a en vue de son utilisation dans l'analyse de cohortes

L'analyse de cohortes (appliquée séparément aux 3 secteurs géographiques) nécessite les estimations des effectifs débarqués des différentes classes d'âge a ($a = 1, 2, \dots, 10$). Une première correction consiste à ramener les résultats précédemment obtenus pour une période de 15 mois à une période de 1 an. Ainsi \hat{T}_a est-il transformé en \hat{T}'_a , qui estime l'effectif de la classe a débarqué en criée par les caseyeurs granvillais entre mars 1983 et février 1984 :

$$\hat{T}'_a = M \hat{T}_a \quad \hat{V}(\hat{T}'_a) = M^2 \hat{V}(\hat{T}_a)$$

où :

M = (poids des débarquements issus du secteur géographique entre mars 1983 et février 1984) / (poids des débarquements issus du secteur géographique entre février 1983 et avril 1984)

\hat{T}'_a = estimation du nombre de buccins d'âge a débarqué en criée par les caseyeurs granvillais entre mars 1983 et février 1984.

Les valeurs utilisées dans le calcul de M sont issues des renseignements fournis par la criée (cf. III.3.3).

La seconde correction consiste à prendre en compte les débarquements effectués hors criée. Sachant qu'en 1983 les débarquements des caseyeurs qui vendent leur production en criée ont représenté 83% du total du port (cf. § III.1), on estimera que l'ensemble des débarquements du port est :

$$\hat{T}''_a = \left(\frac{1}{0.83} \right) \hat{T}'_a \quad \hat{V}(\hat{T}''_a) = \left(\frac{1}{0.83} \right)^2 \hat{V}(\hat{T}'_a)$$

où :

\hat{T}''_a = estimation de l'effectif des buccins d'âge a , débarqués entre mars 1983 et février 1984 dans le port de Granville, issus d'un secteur géographique donné.

La valeur de \hat{T}''_a pour les différentes classes d'âge est utilisée pour l'analyse de cohortes dans le § IV.6.2.

3. - ESTIMATION DE T^{''}: EFFECTIF TOTAL DEBARQUE PAR SECTEUR GEDGRAPHIQUE ENTRE MARS 1983 ET FEVRIER 1984

Estimation de l'effectif total débarqué par strate spatio-temporelle.

La démarche est très semblable à celle employée pour l'estimation de l'effectif par classe d'âge. Dans la grappe ij on calcule le rapport R_{ij} (effectif total/ kg dans la grappe ij):

$$R_{ij} = N_{ij3} / B_{ij}$$

qui est connu exactement

Le rapport correspondant R_i dans la super-grappe i (marée i) est estimé par:

$$\hat{R}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_{i2}} W_{ij} R_{ij}}{\sum_{j=1}^{n_{i2}} W_{ij}}$$

$$\hat{V}(\hat{R}_i) = \frac{1 - f_{i2}}{n_{i2}(n_{i2} - 1)} \sum_{j=1}^{n_{i2}} Z_{ij}^2 (R_{ij} - \hat{R}_i)^2$$

R_{ij} étant connu exactement, le terme de variance intra-grappes de l'expression (2) du § 2.1.3 est nul.

L'estimation du rapport R dans la strate spatio-temporelle est:

$$\hat{R} = \sum W_i \hat{R}_i$$

$$\hat{V}(\hat{R}) = \frac{1 - f_1}{n_1(n_1 - 1)} \sum_{i=1}^{n_1} Z_i^2 (\hat{R}_i - \hat{R})^2 + \frac{f_1}{n_1^2} \sum_{i=1}^{n_1} Z_i^2 \hat{V}(\hat{R}_i)$$

L'effectif total débarqué par strate spatio-temporelle est estimé par \hat{T}_t :

$$\hat{T}_t = \left(\sum_{i=1}^{N_1} B_i \right) \hat{R}$$

$$\hat{V}(\hat{T}_t) = \left(\sum_{i=1}^{N_1} B_i \right)^2 \hat{V}(\hat{R})$$

Estimation de T: effectif total débarqué en criée par les caseyeurs granvillais entre février 1983 et avril 1984, issu d'un secteur géographique donné.

De même qu'au § 2.2, il vient:

$$\hat{T} = \sum_{t=1}^5 \hat{T}_t$$

$$\hat{V}(\hat{T}) = \sum_{t=1}^5 \hat{V}(\hat{T}_t)$$

Les corrections sont les mêmes que dans l'estimation de l'effectif par classe d'âge:

$$\hat{T}' = M \hat{T}$$

$$\hat{T}'' = \left(\frac{1}{0.83}\right) \hat{T}'$$

$$\hat{V}(\hat{T}') = M^2 \hat{V}(\hat{T})$$

$$\hat{V}(\hat{T}'') = \left(\frac{1}{0.83}\right)^2 \hat{V}(\hat{T}')$$

où :

\hat{T}' = estimation de l'effectif total débarqué entre mars 1983 et février 1984 par les caseyeurs qui vendent en criée, issu d'un secteur géographique donné.

\hat{T}'' = estimation de l'effectif total débarqué entre mars 1983 et février 1984 dans le port de Granville, issu d'un secteur géographique donné.

4.- RESULTATS ET DISCUSSION

Il n'existe pas de différences saisonnières sensibles entre les estimations du rapport R (effectif par kilogramme de buccins d'âge a ; fig. 50) pour un secteur donné. Dans la Baie du Mont St Michel, l'essentiel de l'effectif débarqué est constitué par les individus de 3 à 4 ans, alors que dans les secteurs Sauvages et Sud Chausey 4 classes (3 à 6 ans) représentent la majeure partie des buccins débarqués (fig. 51). Les coefficients de variation sont de l'ordre de 10 % pour les classes d'âge les plus abondantes et de 20 à 80 % pour les autres.

La procédure proposée pour estimer l'effectif par classe d'âge à partir du rapport R est plus satisfaisante que celle qui s'appuierait sur l'estimation de la proportion de chaque classe d'âge. En effet, cette dernière procédure implique qu'en fin de calcul les estimations de la proportion soient multipliées par l'effectif total débarqué. Etant donné que ces deux estimations sont souvent obtenues à partir des mêmes prélèvements, elles ne constituent pas des variables indépendantes. Pour estimer la variance de l'effectif par classe d'âge, il faudrait donc disposer, en plus des estimations des variances de la proportion et de l'effectif total, d'une estimation de la covariance entre ces deux variables.

Les estimations de l'effectif total débarqué (tableau 17) sont de 37, 27 et 18 millions d'individus pour les secteurs Baie, Sauvages et Sud Chausey respectivement. Les coefficients de variation sont de l'ordre de 5%.

L'intérêt d'un protocole d'échantillonnage ne se limite pas à l'estimation d'un paramètre et de sa variance. Il permet aussi d'optimiser la répartition des coûts, en étudiant la sensibilité de la précision aux modifications de l'allocation de l'effort d'échantillonnage. (e.g. HANKIN, 1984). Cela peut être fait analytiquement, mais quand le protocole devient trop compliqué il est alors possible de recourir à des simulations. L'optimisation d'une stratégie d'échantillonnage à plusieurs niveaux nécessite des estimations préliminaires de la variabilité à chacun des niveaux. Celles-ci sont obtenues au cours d'une étude pilote, puis sont affinées ultérieurement. Dans un premier temps, il

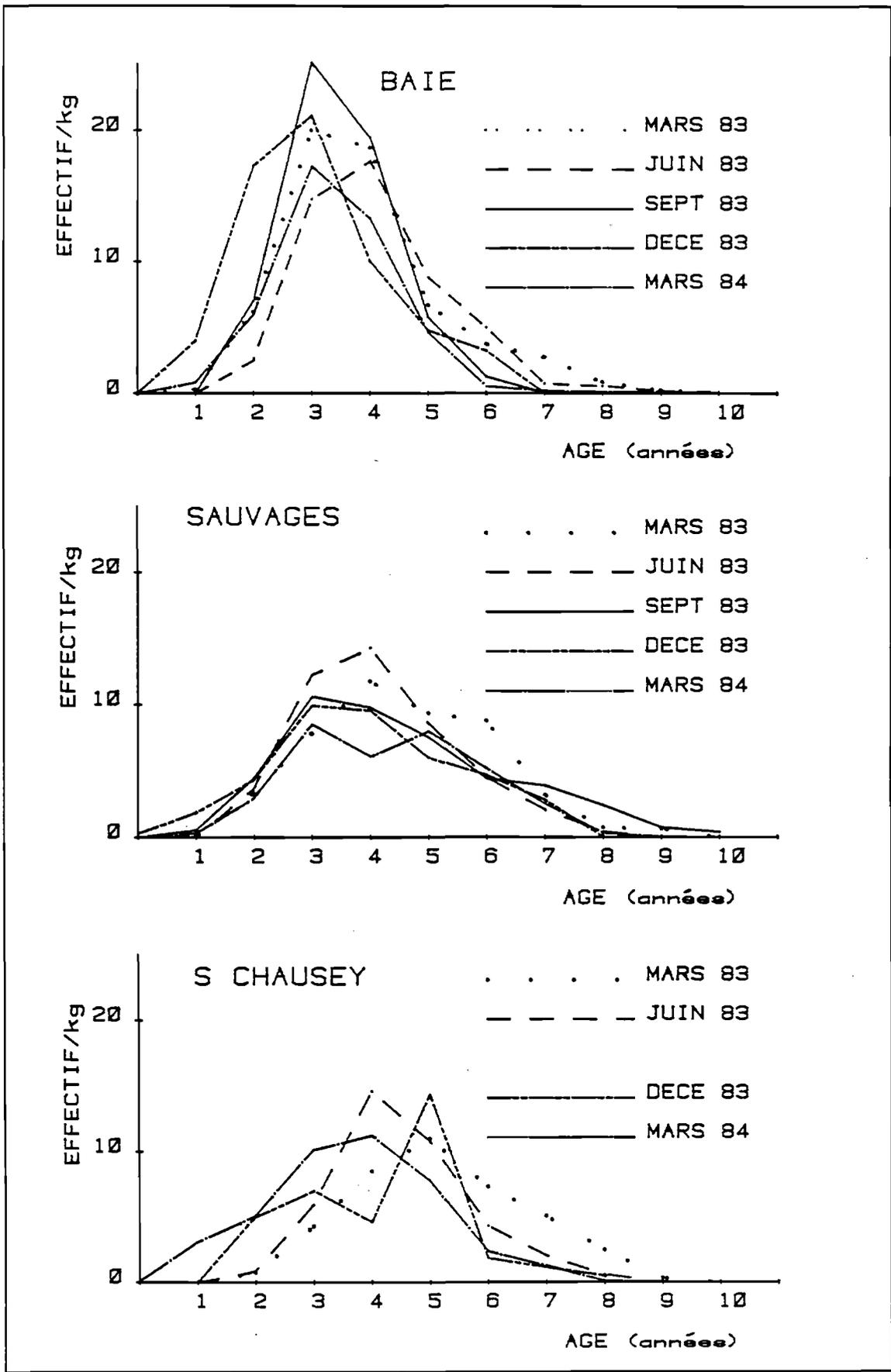


Figure 50.- Variations temporelles des rapports \hat{R} dans chacun des trois secteurs géographiques

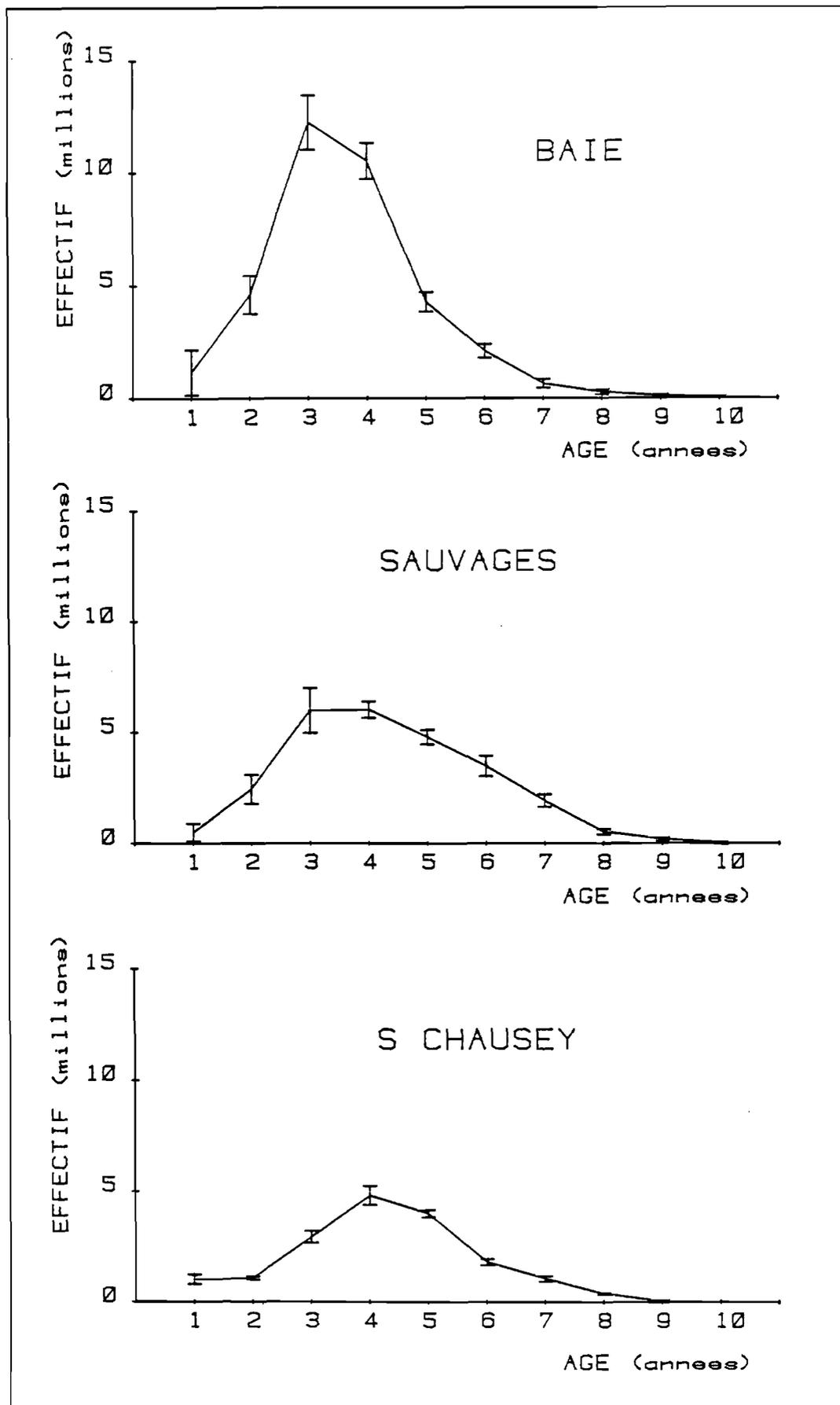


Figure 51.- Estimations par secteur géographique des T'' , l'effectif des buccins d'âge a , débarqués entre mars 1983 et janvier 1984 dans le port de Granville

était prévu d'optimiser le protocole proposé dans ce chapitre mais, suite aux contraintes de temps et aux limitations rencontrées sur le terrain, ce projet a dû être abandonné. Il apparaît cependant opportun de souligner ici quelques points qui mériteraient d'être approfondis:

- L'échantillonnage des rejets s'est révélé particulièrement délicat: même si l'on embarque sur un bulotier, il est très difficile d'évaluer l'abondance des individus qui ont été refusés au tri. Quelques estimations ont tout de même été tentées à partir du tri des captures (cf. § IV.6) mais sans référence à un protocole d'échantillonnage bien défini. Dans le suivi en routine de ces stocks, il serait nécessaire d'affiner ce volet de l'étude, spécialement parce qu'il pourrait fournir des informations relatives au recrutement sur le fond.

- Les choix exposés dans ce chapitre relèvent d'une double détermination: le besoin de connaître la composition démographique des captures commerciales, mais aussi le souhait d'appliquer, dans le cadre d'une thèse, les apports de la théorie de l'échantillonnage. Un protocole, parfois trop compliqué, a donc été élaboré. Il pourrait vraisemblablement être amélioré. Par exemple, considérer une semaine d'échantillonnage (cf. § 1.2) comme une grappe de bateaux-jour et effectuer un EAS de semaines dans l'année. Ce type de protocole éviterait l'approximation du § 1.2 qui accepte le tirage des marées dans la semaine d'échantillonnage comme un EAS parmi l'ensemble des marées du trimestre.

Le protocole proposé exige un minimum de lectures d'âge après chaque échantillonnage des débarquements. Le principe des clés âge-longueur permet d'envisager un double échantillonnage combiné avec un échantillonnage à plusieurs niveaux qui procéderait comme suit:

- échantillonner les débarquements de façon analogue à celle utilisée dans ce chapitre (échantillonnage à plusieurs niveaux) mais pour obtenir des estimations de la proportion d'individus (et de sa variance) de différentes strates de taille.

- un EAS dans les strates permettrait ensuite d'estimer la proportion d'individus d'âge a par strate de taille. En toute rigueur, ces proportions devraient être estimées indépendamment de la première étape. Dans la pratique, les protocoles de double échantillonnage utilisent souvent les mêmes prélèvements aux deux étapes.

- les formules du double échantillonnage (COCHRAN, 1977) fourniraient ensuite les estimations des effectifs totaux par âge et leurs variances. L'intérêt de cette stratégie tient à la possibilité de répéter la première étape sans faire appel à de nouvelles lectures d'âge. Dans ce cas, l'hypothèse implicite est celle d'une proportion d'individus d'âge a par strate de taille inchangée depuis le dernier échantillonnage.

	BAIE	SAUVAGES	S CHAUSEY
Effectif (millions d'individus)	36.500	26.766	17.719
Erreur standard (millions d'individus)	2.104	1.228	0.391

Tableau 17 .- Estimation de T'' par secteur géographique: effectif total des buccins débarqués à Granville entre mars 1983 et février 1984.

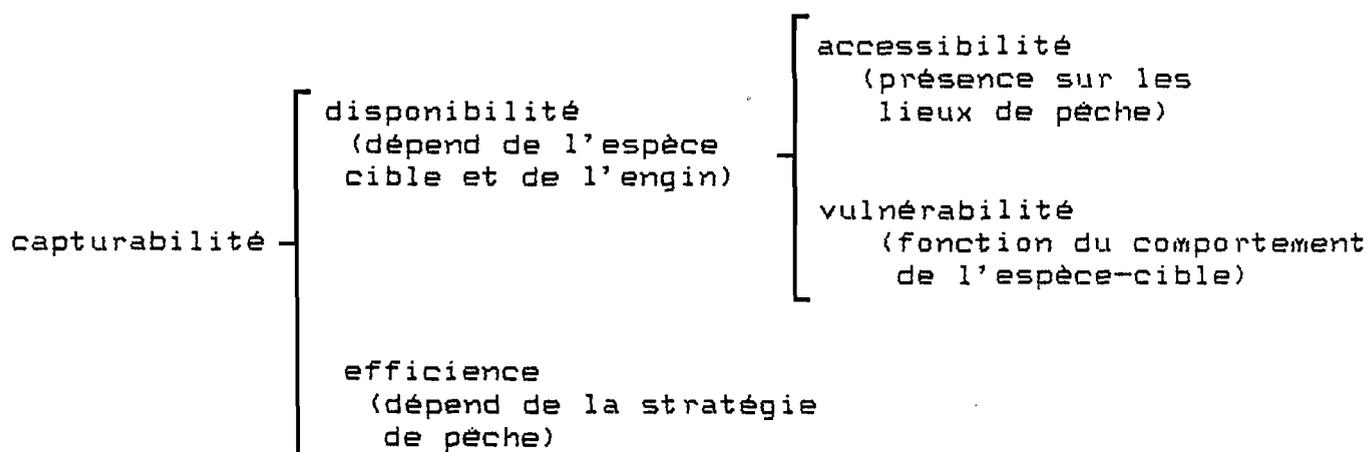
IV.6 ESTIMATION DES COEFFICIENTS DE MORTALITE ET DE L'ABONDANCE DES RECRUES

Les dernières variables d'entrée du modèle structural présenté au chapitre suivant sont les coefficients de mortalité (naturelle et par pêche) et le recrutement. Elles seront estimées par une méthode dérivée de l'analyse de cohortes, compte tenu de la sélectivité de l'engin de pêche et du tri, ainsi que des variations de l'effort de pêche depuis 1974. En fin de chapitre, le coefficient de mortalité globale par pêche, estimé dans le secteur "Sauvages" (seul secteur pour lequel sont disponibles les données nécessaires), est confronté aux estimations des coefficients de mortalité fournis par l'analyse de cohortes.

IV.6.1 Sélectivité de l'engin de pêche et du tri

Sélectivité de l'engin

La sélectivité de l'engin de pêche est le reflet du vecteur de mortalité par pêche dans la mesure où il décrit les variations de capturabilité en fonction de l'âge individuel (ou de la taille). La capturabilité comprend elle même plusieurs composantes (LAUREC et LE GUEN, 1981):



Dans notre étude, la sélectivité de l'engin n'a pas été estimée, mais il est apparu intéressant d'analyser les facteurs qui la déterminent, en vue de son application dans l'estimation des coefficients de mortalité par pêche:

Vu les caractéristiques de la pêcherie (intensité de pêche et répartition des buccins sur le fond) il peut être considéré que l'accessibilité et l'efficience sont constantes pour toutes les classes d'âge. La vulnérabilité dépend de la capacité du buccin à accéder au casier (BENNETT et BROWN, 1976). Si les préférences et l'activité alimentaires sont à peu près constantes pour tous les âges, la vitesse de déplacement (Annexe 3) semble être le facteur déterminant de la capturabilité. Sous

cette hypothèse, la capturabilité, et donc la mortalité par pêche, devraient augmenter avec l'âge. Une telle progression de la capturabilité en fonction de l'âge a déjà été observée chez d'autres espèces pêchées au casier (RICKER, 1975)

Sélectivité du tri

C'est une sélectivité qui agit sur des individus déjà pêchés par le casier (cf. fig.32). Si tous les individus rejetés survivaient, elle viendrait se confondre avec les autres composantes de la capturabilité. Dans le cas contraire, si tous les individus meurent, la capturabilité n'est pas modifiée mais son estimation devient difficile si l'on ne peut pas quantifier l'effet du tri (cf. § IV.6.2).

Dans la pêche au buccin, la pratique du tri est très irrégulière. De nombreux facteurs tels que les conditions météorologiques, la composition des captures, voire l'avis du patron, rendent son étude difficile. Il est néanmoins possible d'en dégager les principaux aspects à partir des résultats de quelques échantillonnages:

- Les animaux rejetés représentent une proportion de l'effectif total pêché variant entre 5 et 25% dans les secteurs "Sauvages" et "Baie" (tableau 18).
- La sélectivité du tri (fig. 52) est presque en "lame de couteau": la hauteur de la coquille en dessous de laquelle les animaux sont rejetés varie entre 30 et 40 mm: au moins 50% des animaux d'une hauteur inférieure à 30 mm (voire 40 mm selon les cas) sont éliminés par le tri. La taille des individus rejetés (fig. 53) varie entre 15 et 40 mm.

"SAUVAGES"

Effectif des rejets		JAN82	MAR82	JUN82	MAR83	JUN83	SEP83	SEP83	SEP83	DEC83
----- X 100		5.8	15.9	4.9	13.7	20.6	8.5	10.9	8.1	30.2
Effectif des captures										

"BAIE"

Effectif des rejets		DEC83	FEV82	MAR83	MAR83	DEC83
----- X 100		23.1	20.9	10.9	2.9	15.6
Effectif des captures						

Tableau 18.- Pourcentage de l'effectif total capturé qui est éliminé par le tri. Chaque observation correspond à l'échantillonnage d'un bateau x jour.

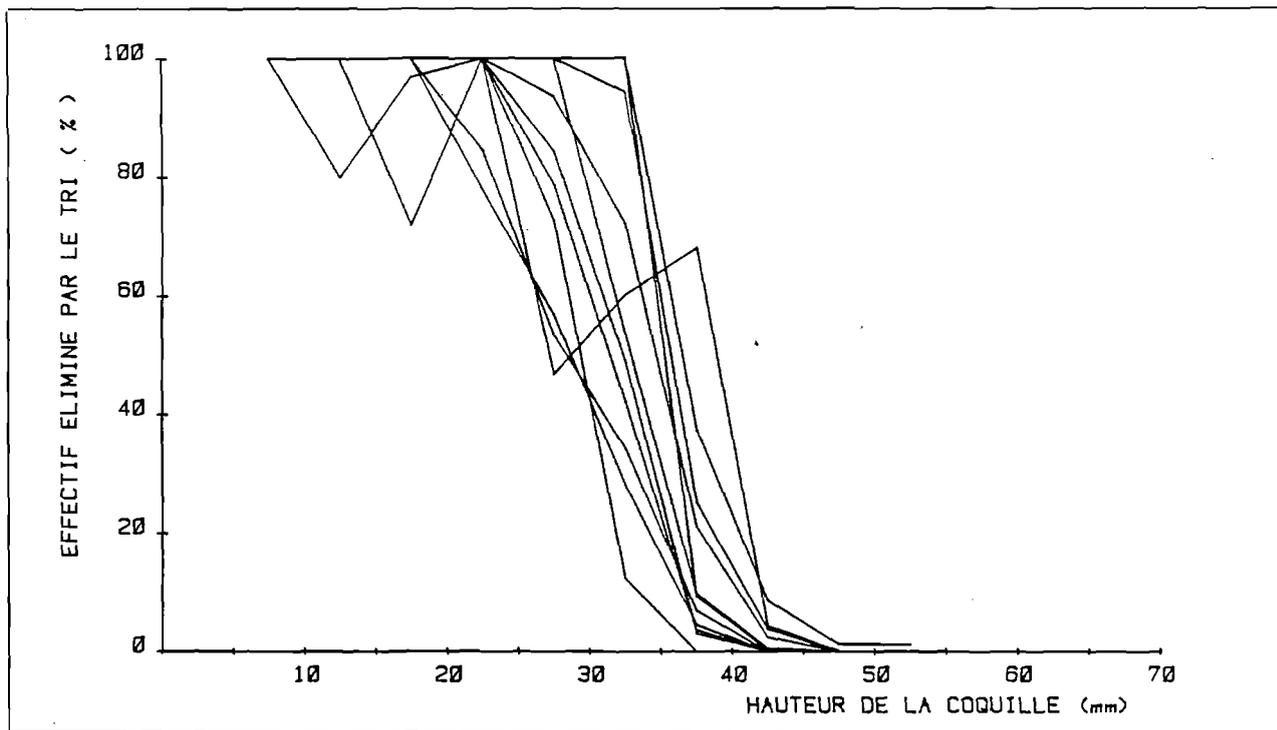


Figure 52.- Sélectivité résultant de l'opération qui consiste à trier sommairement à bord des caseyeurs les buccins capturés. Chaque courbe est obtenue par échantillonnage des débarquements d'un bateau x jour.

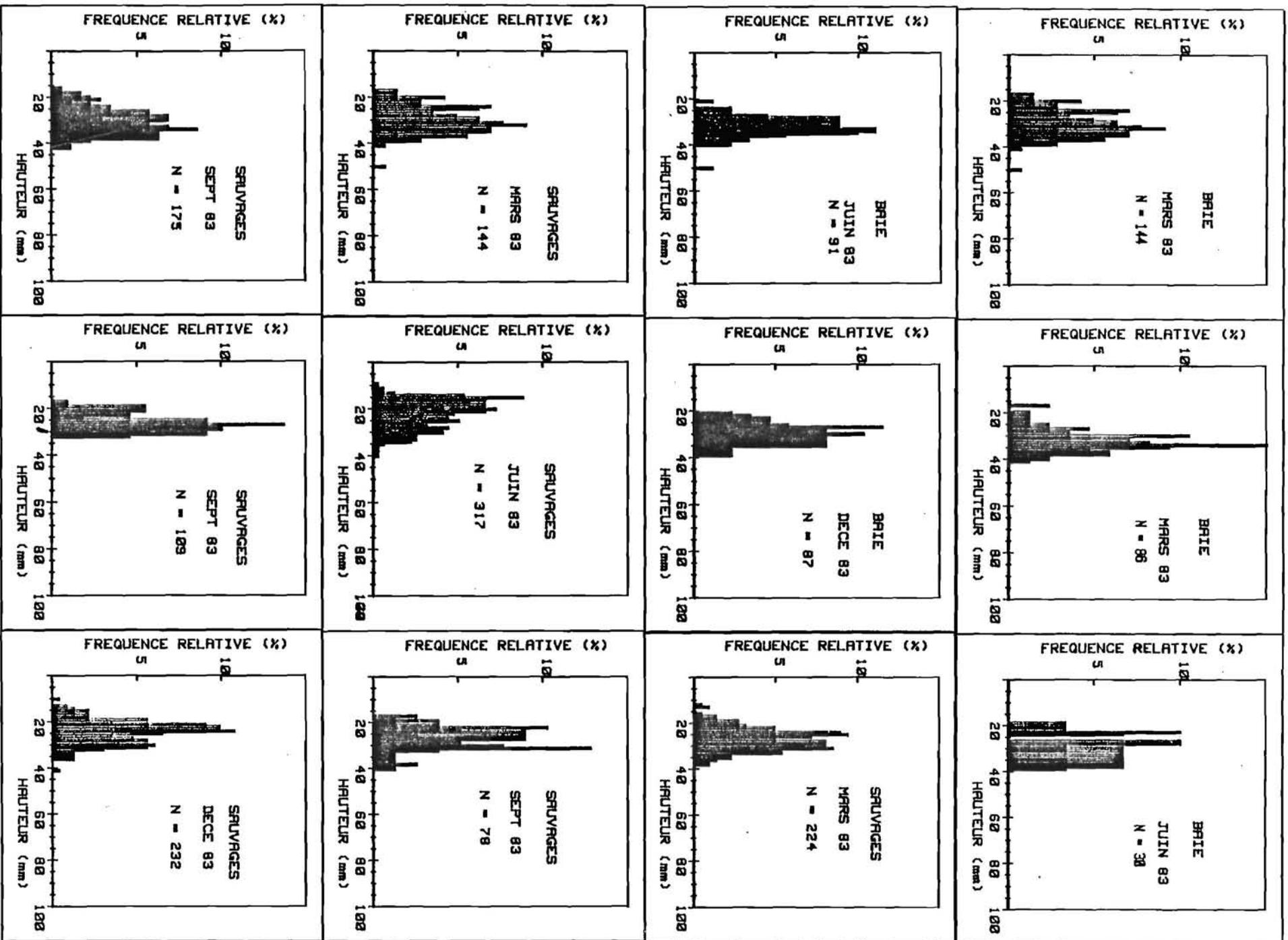


Figure 53. - Structure de tailles de la fraction éliminée par le tri. Chaque histogramme correspond à un bateau x jour

IV.6.2 Estimation des coefficients de mortalité et de l'abondance des recrues

Dans l'étude des stocks exploités la méthode d'analyse de cohortes (GULLAND, 1965) est souvent utilisée pour estimer la mortalité due à la pêche par classe d'âge. Dans le cas de l'étude de la pêcherie de buccin du port de Granville cette méthode n'a pas pu être appliquée car il est apparu que les hypothèses requises n'étaient pas satisfaites. Suivant une suggestion de A. LAUREC, nous avons modifié la méthode afin de pouvoir estimer les coefficients de mortalité par pêche dans chacun des 3 secteurs géographiques de la pêcherie granvillaise.

Les équations de base sont les mêmes que celles de l'analyse de cohortes. L'évolution de la survie d'un groupe d'individus est décrite par une fonction exponentielle décroissante:

$$N_x = N_0 \exp(-Z (x - x_0)) \quad (1)$$

où:

N_x = nombre de survivants à l'instant x

N_0 = nombre d'individus à l'instant x_0

Z = constante dite coefficient instantané de mortalité

Dans le cas d'un stock exploité, Z est la somme de deux termes:

- mortalité naturelle (M)

- mortalité par pêche (F)

$$Z = M + F$$

Selon ce modèle, le nombre d'individus qui meurent pendant le temps T est proportionnel à l'effectif moyen, la constante de proportionnalité étant le taux instantané F dans le cas de la mortalité due à la pêche (MESNIL, 1980). En pratique, l'intervalle est souvent fixé à 1 an. Conformément au théorème de la moyenne, l'effectif moyen est défini comme:

$$\bar{N} = \frac{1}{T} \int_0^T N_0 \exp(-Z x) dx = \frac{N_0}{Z T} (1 - \exp(-Z T))$$

si $T = 1$ an :

$$\bar{N} = \frac{N_0}{Z} (1 - \exp(-Z))$$

Le nombre d'individus capturés et tués par la pêche (C) est alors:

$$C = F \frac{N_0}{Z} (1 - \exp(-Z))$$

Plus généralement, si N_t est l'effectif du groupe d'âge t en début d'année, F_t et M_t (donc Z_t) les coefficients de mortalité pour ce groupe, le nombre C_t d'individus du groupe d'âge t capturés dans l'année est estimé par:

$$C_t = \frac{F_t}{Z_t} (1 - \exp(-Z_t)) N_t \quad (2)$$

Soit R le recrutement de la classe d'âge 1, qui est la première qui apparaît dans les captures de la pêcherie granvillaise; d'après (2):

$$C_{1,j} = \frac{F_{1,j}}{Z_{1,j}} (1 - \exp(-Z_{1,j})) R$$

où:

- $R = N_{1,j}$ = effectif d'âge 1 au début de l'année j
 $C_{1,j}$ = effectif d'âge 1 tué par la pêche l'année j
 $F_{1,j} = q_1 f_j$ = mortalité par pêche de la classe d'âge 1 au cours l'année j
 q_1 = capturabilité de la classe d'âge 1
 f_j = effort de pêche de l'année j

Sous les hypothèses suivantes:

- 1) Recrutement constant,
- 2) Capturabilité constante q_t pour la classe d'âge t ,
- 3) Mortalité naturelle M, constante pour toutes les classes d'âge,

il vient:

$$N_{2,j} = R \exp(- (F_{1,j-1} + M)) \quad (4)$$

$$C_{2,j} = \frac{F_{2,j}}{Z_{2,j}} (1 - \exp(-Z_{2,j})) N_{2,j} \quad (5)$$

avec:

$$\begin{aligned}
 F_{1,j-1} &= q_1 f_{j-1} \\
 F_{2,j} &= q_2 f_j \\
 Z_{2,j} &= F_{2,j} + M
 \end{aligned}$$

et plus généralement pour $t = 2, 3, \dots, D$, où D est l'indice de la dernière classe d'âge dans les captures:

$$N_{t,j} = R \prod_{i=1}^{t-1} \exp(- (q_i f_{j-(t-i)} + M)) \quad (6)$$

$$C_{t,j} = \frac{F_{t,j}}{Z_{t,j}} (1 - \exp(-Z_{t,j})) N_{t,j} \quad (7)$$

Les coefficients de capturabilité par classe d'âge (q_t) peuvent

être estimés si l'on dispose:

- 1) d'une estimation de M .
- 2) de l'effectif tué par la pêche à l'âge t ($t = 1, 2, \dots, D$) au cours de l'année j ($C_{t,j}$).
- 3) d'une estimation (f_a) de l'effort de pêche de l'année a ($a = j, j+1, \dots, j-(D-1)$).
- 4) d'une estimation de q_1 .

Connaissant M , $C_{1,j}$, f_j et q_1 , l'équation (3) fournit une estimation de R . Avec R , q_1 , f_{j-1} et M , l'équation (4) permet d'estimer $N_{2,j}$. La valeur de q_2 qui satisfait l'équation (5) est ensuite trouvée par itération. La même procédure est appliquée avec les équations (6) et (7) pour obtenir successivement les estimations des $N_{t,j}$ et des q_t .

Les coefficients de mortalité par pêche de l'année j sont calculés directement à partir de:

$$F_{t,j} = q_t \cdot f_j$$

Application aux stocks exploités par la flottille granvillaise

Pour chaque stock (Baie, Sauvages et Sud Chausey; cf. § II.3), il est nécessaire de connaître:

- 1) Le coefficient de mortalité naturelle

Son estimation est particulièrement délicate dans le cas d'un stock exploité. Ainsi, dans le présent travail, comme dans beaucoup d'autres études de dynamique des populations, les estimations des coefficients de mortalité naturelle n'ont pu être obtenues. Néanmoins, compte tenu de la longévité de l'espèce (10 ans) et des résultats reportés dans la littérature pour d'autres gastéropodes (PHILLIPS et CAMPBELL, 1974; SPIGHT, 1975), il paraît réaliste de s'appuyer sur les 2 hypothèses suivantes:

H1 : $M = 0.2$ pour toutes les classes d'âge

H2 : $M = 0.3$ pour toutes les classes d'âge

et d'apprécier comment sont modifiées les estimations quand on passe de l'une à l'autre.

- 2) Effectif de chaque classe d'âge tué par la pêche l'année j ($C_{t,j}$; $t = 1, 2, \dots, 10$)

Dans le § IV.5.2 l'effectif par classe d'âge débarqué entre mars 1983 et février 1984 (année j) a été estimé (tableau 19). Si au cours de la période d'échantillonnage des débarquements, la totalité des individus rejetés survit, la "sélectivité" du tri (cf. § IV.6.1) devient une autre composante de la capturabilité. En revanche, si seulement une partie survit, il faudra ajouter aux estimations de l'effectif débarqué par classe d'âge le nombre d'individus qui meurent, mais qui n'apparaissent pas dans les débarquements. Pour ce faire, il faut d'abord connaître l'effectif total rejeté. Les résultats du § IV.6.1

ESTIMATION DES EFFECTIFS PAR CLASSE D'AGE DANS LES DEBARQUEMENTS
(en milliers d'individus)

AGE (années)	BAIE		SAUVAGES		S CHAUSEY	
1	1 146	(1 000)	492	(397)	1 022	(220)
2	4 592	(851)	2 427	(654)	1 073	(78)
3	12 225	(1 216)	5 980	(1 016)	2 940	(274)
4	10 520	(796)	6 012	(373)	4 806	(428)
5	4 278	(437)	4 781	(326)	3 994	(166)
6	2 091	(305)	3 474	(463)	1 806	(144)
7	652	(199)	1 921	(287)	1 054	(131)
8	271	(103)	521	(123)	365	(32)
9	91	(51)	188	(75)	37	(38)
10	26	(18)	58	(45)	-	

Tableau 19.- Estimations de l'effectif débarqué (criée et hors-criée) par classe d'âge entre mars 1983 et février 1984. Les valeurs entre parenthèses sont les estimations des erreurs standard. Ces vecteurs sont utilisés dans l'analyse de cohortes sous l'hypothèse: la survie des individus rejetés était de 100% au cours de la période d'échantillonnage. Dans le cas des hypothèses 50% et 0% de survie, les vecteurs sont obtenus en ajoutant à ces effectifs ceux du tableau 20.

montrent que celui-ci représente un pourcentage P variant entre 5 et 25% de l'effectif total pêché. Ainsi, 2 hypothèses de travail seront retenues sur la valeur moyenne de P: 15% et 25% ("hypothèses P"). Pour un secteur géographique donné, l'effectif total rejeté est estimé par:

$$N = P (T' + N)$$

où:

T' = estimation, pour le secteur géographique, de l'effectif total débarqué entre mars 1983 et février 1984 (obtenue dans le § IV.5.3 ; 37, 27 et 18 millions dans les secteurs "Baie", "Sauvages" et "S Chausey" respectivement)

A partir de N, l'effectif par classe d'âge est ensuite calculé à l'aide des estimations de la proportion de l'effectif de chaque classe d'âge dans les rejets. Ces estimations proviennent d'un protocole beaucoup moins élaboré que celui qui a été utilisé pour l'échantillonnage des débarquements et, qui ne sera pas détaillé ici.

Connaissant l'effectif par classe d'âge dans les rejets, il faut savoir quel pourcentage (S) d'entre eux survit et rejoint le stock (fig. 32). Il y aura ainsi (1-S)% individus à ajouter aux estimations de l'effectif par classe d'âge débarqué du tableau 19 pour obtenir C. Trois hypothèses ont été émises sur S: S= 0%, 50% ou 100% ("hypothèse S").

La combinaison des "hypothèses P" et "S" fournit 6 vecteurs différents d'effectif tué par pêche par classe d'âge, mais qui n'apparaît pas dans les débarquements (tableau 20). En ajoutant ces vecteurs aux estimations de l'effectif par classe d'âge dans les débarquements (tableau 19) on obtient 6 ensembles d'individus tués par pêche (pour chaque secteur géographique) qui seront introduits dans les calculs.

3) Estimation de f_a , effort de pêche de l'année a (a = 1983, ..., 1974).

Dans le § III.3.3 (figure 17), nous avons présenté des estimations de la répartition par secteur géographique de l'effort nominal annuel (nombre de casiers dans la pêcherie) depuis 1974. A partir de ces données et de l'effort de pêche de la période 1974-1983 (3^{ème} colonne du tableau 6), nous avons obtenu le tableau suivant:

SECTEUR GEOGRAPHIQUE	ANNEE (a)										
	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	
	f_a (nombre de casiers)										
Baie	380	405	405	775	810	1190	1525	2180	2565	2950	
Sauvages	0	45	110	265	345	605	940	1635	2340	2735	
Sud Chausey	145	150	155	310	345	505	685	985	1195	1515	

4) On ne connaît pas de q_1 , coefficient de capturabilité de la classe d'âge 1. De la même manière que dans l'analyse de cohortes classique, différentes valeurs de q_1 ont servi de point de départ.

B A I E

P = 15 %

P = 25 %

AGE (années)	Proportion dans les rejets	S = 0 %	S = 50 %	S = 0 %	S = 50 %
1	0.234	1 482	741	2 799	1 400
2	0.470	2 977	1 488	5 623	2 812
3	0.276	1 748	874	3 303	1 651

S A U V A G E S

P = 15 %

P = 25 %

AGE (années)	Proportion dans les rejets	S = 0 %	S = 50 %	S = 0 %	S = 50 %
1	0.432	1 971	986	3 723	1 862
2	0.414	1 889	945	3 568	1 784
3	0.054	246	123	465	233

S C H A U S E Y

P = 15 %

P = 25 %

AGE (années)	Proportion dans les rejets	S = 0 %	S = 50 %	S = 0 %	S = 50 %
1	0.432	1 303	652	2 462	1 231
2	0.414	1 249	625	2 359	1 180
3	0.054	163	82	308	154

Tableau 20.- Effectif tué par la pêche, mais qui n'apparaît pas dans les débarquements. Ces effectifs sont calculés sous différentes hypothèses relatives aux valeurs de P (pourcentage de l'effectif pêché que représentent les rejets) et de S (pourcentage de survie de la fraction rejetée pendant la période d'échantillonnage des débarquements). Ces effectifs sont à ajouter à ceux du tableau 18 lorsqu'une combinaison d'hypothèses (P,S) est retenue.

Pour le "S Chausey", les proportions par âge observées aux "Sauvages" sont utilisées.

RESULTATS ET DISCUSSION

La relation stock-recrutement n'a pas été étudiée. Néanmoins, les caractéristiques biologiques du buccin (espèce benthique à déplacements limités et sans phase larvaire planctonique) suggèrent que l'hypothèse d'un recrutement à peu près stable n'est pas irréaliste. L'absence de variations brutales dans les structures démographiques des captures conforte cette hypothèse dans la mesure où elle suggère qu l'effet des paramètres de l'environnement sur le recrutement est faible.

La validité de l'hypothèse "capturabilité constante pour une classe d'âge" n'a pas pu être appréciée. Elle est surtout sensible à l'unité d'effort retenue pour les calculs, et elle est d'autant plus réaliste que l'unité d'effort est fortement corrélée avec l'effort de pêche effectif. Le nombre de casiers dans un secteur géographique n'est sans doute pas l'unité idéale mais constitue une bonne approximation.

Etant donné que la valeur de q_1 n'est pas connue, il a fallu choisir, pour chaque secteur et combinaison d'hypothèses, la valeur la plus plausible. Il a déjà été dit (§ IV.6.1) que chez le buccin la mortalité par pêche augmente régulièrement avec l'âge. Ainsi, le résultat le plus vraisemblable peut être identifié dans l'exemple de la figure 54. La valeur de q est modifiée itérativement, et au cours des dernières itérations les valeurs de capturabilité des 7 ou 8 premières classes d'âge changent très peu. Ce comportement est analogue à la convergence observée dans la méthode d'analyse de cohortes (MESNIL, 1980).

La méthode proposée est comparable à un analyse de cohortes directe réalisé sur une "pseudo-cohorte" (i.e. l'effectif capturé par classe d'âge au cours d'une année au lieu des captures annuelles d'une cohorte pendant son passage dans la phase exploitée). Elle a l'avantage de ne pas supposer une stabilité de l'effort de pêche. Cette hypothèse est remplacée par la connaissance de l'effort de pêche pendant plusieurs années, et par l'hypothèse, moins restrictive, d'une capturabilité constante par classe d'âge.

Les résultats sont peu sensibles à la valeur du pourcentage des captures rejetées au tri ("hypothèse P"). En conséquence, seul le scénario le plus vraisemblable ($P=15\%$) a été retenu. En revanche, les estimations du niveau de recrutement sont très sensibles aux autres paramètres, en particulier à la mortalité naturelle. Elles varient de 45 à 125 millions d'individus selon le secteur et les hypothèses (tableau 21)

Le taux d'exploitation d'une classe d'âge peut être calculé à partir des coefficients de mortalité. Quoique le secteur "Baie" ait été le plus fortement exploité aux débuts de la pêcherie, en 1983 les taux d'exploitation dans les 3 secteurs sont comparables: 30% à 55% des individus de 4 ans sont tués annuellement par la pêche. Le taux d'exploitation des dernières classes d'âge (de l'ordre de 80%) témoigne d'une exploitation très intense de la ressource.

Les coefficients de mortalité par pêche et par classe d'âge sont calés sur l'effort de pêche de 1983 (7200 casiers dans la pêcherie, 1 400 000 casiers relevés dans l'année; cf. § III.3). Ainsi, dans le modèle de Ricker (§ V.1), la mortalité par pêche et par classe d'âge sera estimée relativement à l'effort de 1983.

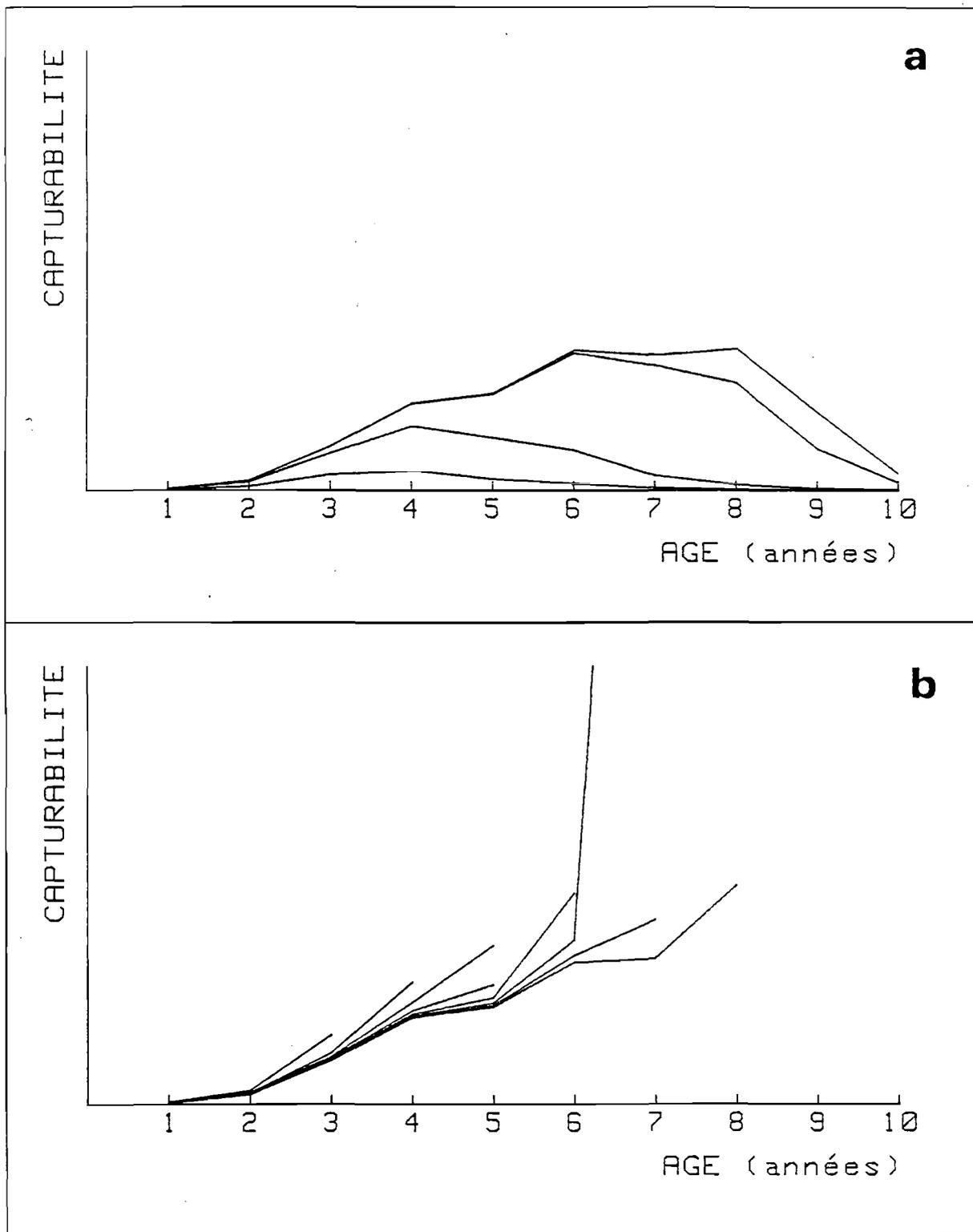


Figure 54.- Estimations des coefficients de mortalité par pêche pour différents valeurs de q_1 (unités arbitraires).
 a) Les valeurs de q_1 sont trop faibles. Ils produisent des séries décroissantes de capturabilité.
 b) Les valeurs de q_1 sont trop fortes. Les captures des dernières classes d'âge sont plus grandes que l'effectif prévu dans la population.

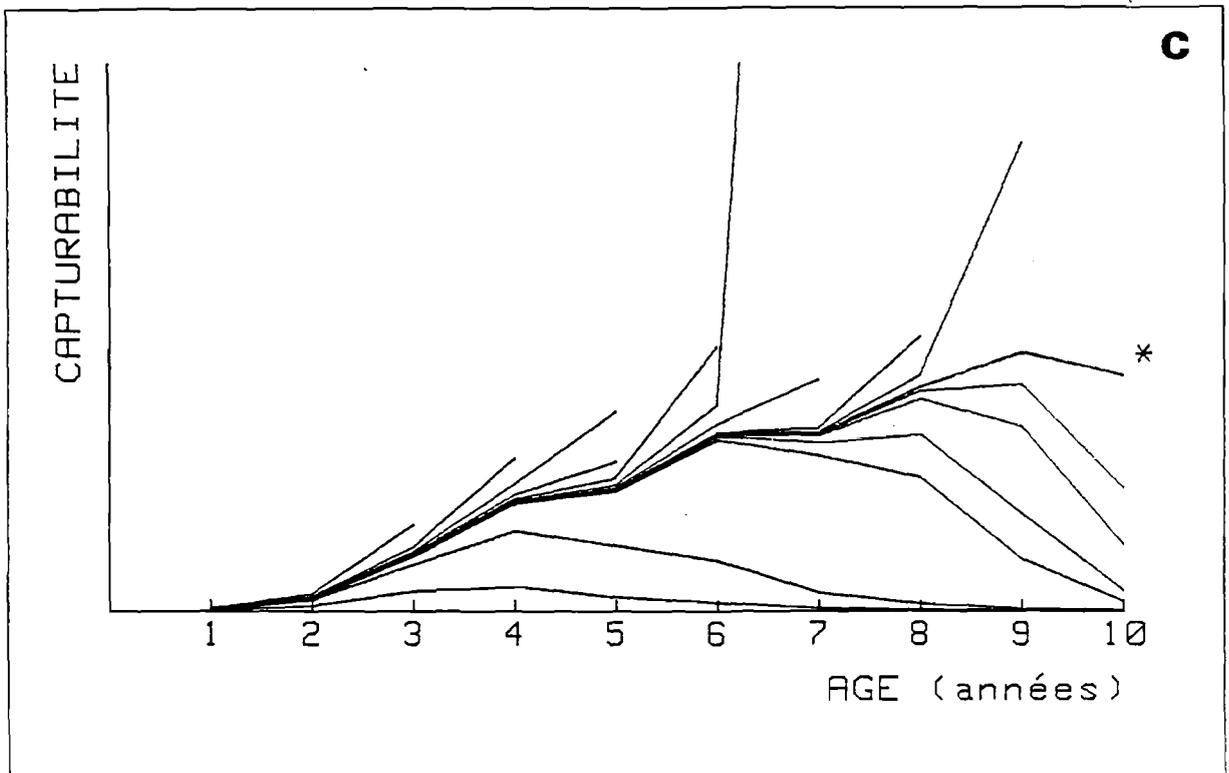


Figure 54 (cont.)

c) Valeurs trop fortes et trop faibles de q_1 , et scénario retenu (*).

<u>B A I E</u>						
	M = 0.2			M = 0.3		
Hypothèse de survie des rejets	0 %	50 %	100 %	0 %	50 %	100 %
RECRUTEMENT (millions d'individus)	63.1	59.9	56.7	87.1	83.4	79.8
AGE (années)	COEFFICIENTS INSTANTANES DE MORTALITE PAR PECHE					
1	0.047	0.035	0.023	0.036	0.027	0.017
2	0.184	0.152	0.118	0.150	0.124	0.095
3	0.576	0.541	0.505	0.496	0.465	0.434
4	1.016	1.003	0.988	0.890	0.879	0.867
5	1.133	1.120	1.105	0.999	0.989	0.977
6	1.643	1.632	1.615	1.460	1.452	1.434
7	1.645	1.645	1.622	1.459	1.464	1.435
8	2.091	2.182	2.096	1.875	1.955	1.839
9	2.568	2.182	2.500	2.320	2.000	2.200
10	2.568	2.182	2.500	2.320	2.000	2.200

<u>S A U V A G E S</u>						
	M = 0.2			M = 0.3		
Hypothèse de survie des rejets	0 %	50 %	100 %	0 %	50 %	100 %
RECRUTEMENT (millions d'individus)	44.1	43.0	41.9	67.2	66.1	65.0
AGE (années)	COEFFICIENTS INSTANTANES DE MORTALITE PAR PECHE					
1	0.064	0.039	0.013	0.043	0.026	0.009
2	0.150	0.115	0.082	0.114	0.085	0.061
3	0.319	0.305	0.291	0.247	0.238	0.288
4	0.509	0.499	0.489	0.412	0.406	0.340
5	0.745	0.736	0.726	0.627	0.621	0.615
6	1.175	1.167	1.158	1.028	1.022	1.016
7	2.000	2.001	1.993	1.797	1.792	1.784
8	2.082	2.153	2.160	1.939	1.944	1.932
9	2.014	2.650	2.860	2.539	2.661	2.602
10	2.014	2.449	2.860	2.539	2.661	2.602

<u>S C H A U S E Y</u>						
	M = 0.2			M = 0.3		
Hypothèse de survie des rejets	0 %	50 %	100 %	0 %	50 %	100 %
RECRUTEMENT (millions d'individus)	29.8	28.9	28.1	44.8	43.9	43.1
AGE (années)	COEFFICIENTS INSTANTANES DE MORTALITE PAR PECHE					
1	0.090	0.066	0.041	0.062	0.045	0.028
2	0.119	0.087	0.055	0.089	0.065	0.041
3	0.222	0.213	0.203	0.177	0.170	0.163
4	0.562	0.556	0.549	0.475	0.470	0.465
5	1.005	0.998	0.989	0.870	0.864	0.857
6	1.102	1.102	1.094	0.979	0.973	0.969
7	1.830	1.862	1.851	1.709	1.698	1.698
8	2.859	2.000	2.000	2.500	2.500	2.500
9	2.859	2.000	2.000	2.500	2.500	2.500

Tableau 21.- Estimations des coefficients instantannés de mortalité par pêche selon différents scénarios. Ces résultats correspondent tous à la même hypothèse : P = 15 %

IV.6.3 Estimation de la mortalité globale par pêche dans le secteur "Sauvages"

La mortalité globale par pêche correspond à la proportion des individus du stock "commercial" (cf. fig. 32) tués annuellement par la pêche, toutes classes d'âge confondues. Ce pourcentage est estimé à partir du rapport:

$$MG = \frac{T''}{P}$$

où:

MG = estimation du taux annuel de mortalité globale par pêche du stock "commercial"

T'' = estimation de l'effectif total débarqué entre mars 83 et février 84, issu du secteur "Sauvages" (obtenue dans le § IV.5.3)
= 26 760 000 individus

P = estimation de l'abondance du stock "commercial" dans le secteur
= D x S

D = estimation de la densité moyenne du stock "commercial" dans le secteur "Sauvages" (cf. §IV.2)
= 0.77 individu m⁻²

S = estimation de la surface du secteur "Sauvages"; obtenue à partir des renseignements fournis par les professionnels
= 71 300 000 m²

l'estimation de MG vaut donc:

$$MG = \frac{26\,766\,000}{54\,901\,000} = 49 \%$$

soit un coefficient instantané de mortalité par pêche de 0.67. Cette estimation, proche de celle obtenue précédemment par une démarche indépendante, conforte les résultats du § IV.6.2 .

CHAPITRE V

MODELISATION BIOECONOMIQUE DE LA PECHERIE BULOTIERE DU PORT DE GRANVILLE

V.1 Description de la dynamique des stocks exploités à l'aide du modèle structural de Ricker

1.1 Présentation générale du modèle

1.2 Application à la pêche granvillaise

1.3 Résultats et discussion

1.3.1 Etude de la capture totale Y à l'équilibre

- Réponse à une modification de l'effort de pêche, toutes choses égales par ailleurs
- Réponse à une modification du premier âge de capture à effort constant
- Production maximale équilibrée

1.3.2 Prévisions relatives au stock de géniteurs à l'équilibre

- Réponse à une modification de l'effort de pêche, toutes choses égales par ailleurs
- Réponse à une modification du premier âge de capture à effort constant

1.3.3 Prévisions du nombre d'individus par kilogramme pêché en régime d'équilibre

1.3.4 Situations de transition

1.4 Conclusion

V.2 Couplage du modèle de Ricker avec un modèle économique

2.1 Méthodes

2.1.1 Modèle biologique (Ricker)

2.1.2 Modèle économique (compte d'exploitation du bateau moyen)

2.2 Résultats et discussion

V.1 DESCRIPTION DE LA DYNAMIQUE DU STOCK EXPLOITE A L'AIDE DU MODELE STRUCTURAL DE RICKER

V.1.1 Présentation générale du modèle

Les modèles structuraux ou analytiques font explicitement intervenir, à la différence des modèles globaux, un certain nombre de mécanismes qui déterminent l'évolution d'un stock exploité. Les individus passent d'abord par la phase de prérecrutement (de la ponte au recrutement). Ensuite, et jusqu'à leur mort, il sont dans la phase recrutée. Cette phase est actuellement beaucoup mieux connue (et donc beaucoup mieux modélisée) que la précédente. Partant d'un effectif recruté, elle fait intervenir la croissance des individus et leur mortalité (naturelle et par pêche), pour fournir des prévisions des captures apportées par tout régime d'exploitation. Ces modèles ne sont pas autorégénérants, car le recrutement est considéré constant ou indépendant des mesures de gestion. Lorsque le recrutement est inconnu, les modèles fournissent des prévisions de rendement par recrue.

La plupart des modèles décrivent l'évolution temporelle d'une cohorte: les prévisions de captures sont donc celles réalisées sur cette cohorte tout au long de sa phase recrutée. A l'équilibre (recrutement, mortalité naturelle et régime de mortalité par pêche constants pendant plusieurs années), la somme de ces captures représente aussi celles qui seraient obtenues annuellement par ponction de l'ensemble des cohortes qui constituent le stock.

Le modèle de Ricker (non autorégénérant) appliqué à la pêcherie de buccin du port de Granville est un modèle déterministe à temps discret. Les variations des coefficients de mortalité et des poids individuels sont donc exprimées par rapport à un temps discrétisé en une série d'intervalles (généralement 1 an):

$$(t_1, t_2), (t_2, t_3), \dots (t_i, t_{i+1}) \dots (t_n, t_{n+1})$$

où: $t_1 = t_r$ = âge au recrutement dans la phase exploitée.

Dans le i ème intervalle (t_i, t_{i+1}) , le nombre de survivants à l'instant t est donné par:

$$N(t) = N_i \exp(-Z_i(t - t_i)) \quad (1)$$

où:

$N(t)$ = effectif de la cohorte à l'instant t

N_i = effectif de la cohorte au début de l'intervalle i

$$Z_i = F_i + M_i$$

F_i = mortalité par pêche pour la classe d'âge i

M_i = mortalité naturelle pour la classe d'âge i . Elle est souvent considérée constante et égale à M pour tout âge.

Les coefficients de mortalité par pêche sont fonction de l'effort de pêche et du premier âge de capture, tous les deux contrôlables par des mesures de gestion.

Pendant le i ème intervalle, C_i individus de la cohorte seront pêchés:

$$C_i = \frac{F_i}{F_i + M_i} (N_i - N_{i+1})$$

Les captures totales (exprimées en nombre d'individus) au long de la vie de la cohorte sont :

$$C = \sum_{i=1}^n C_i$$

où n est le nombre d'années de présence dans la phase recrutée

A l'équilibre, C représente aussi les captures annuelles provenant de l'exploitation du stock

La dérivée par rapport au temps de la capture en poids Y_i dans le i 'ème intervalle vaut :

$$\frac{d Y_i (t)}{dt} = F_i N(t) W(t) \quad (2)$$

$W(t)$, le poids individuel à l'instant t , est calculé par une interpolation linéaire entre t_i et t_{i+1} :

$$W(t) = W_i + a_i (t - t_i) \quad (3)$$

où :

W_i = poids individuel au début de l'intervalle i

$a_i = (W_{i+1} - W_i) / (t_{i+1} - t_i) = W_{i+1} - W_i$ si le pas de discrétisation temporelle vaut 1 an

L'équation (3) est la version "exponential" d'un modèle exponentiel classique.

Après substitution de (3) dans (2) on aura :

$$\frac{d Y_i (t)}{dt} = F_i N_i \exp(-Z_i (t - t_i)) (W_i + a_i (t - t_i)) \quad (4)$$

L'intégration entre t_i et t_{i+1} de (4) (LAUREC et MAUCORPS, 1981) donne :

$$Y_i = \frac{F_i}{Z_i} (B_i - B_{i+1} + a_i \frac{N_i - N_{i+1}}{Z_i}) \quad (5)$$

où :

$$B_i = N_i W_i$$

$$B_{i+1} = N_{i+1} W_{i+1}$$

Les captures totales exprimées en poids (Y) sont :

$$Y = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (6)$$

De même que C (captures en nombre d'individus), la capture pondérale Y s'interprète comme la biomasse prélevée par la pêche sur une cohorte entre le moment où elle est recrutée et celui où elle disparaît (soit qu'elle n'est plus exploitée, soit qu'elle est anéantie). A l'équilibre, Y correspond aussi à la biomasse retirée annuellement de l'ensemble du stock par la pêche.

V.1.2 Application à la pêcherie granvillaise

Chaque secteur géographique (Baie, Sauvages et Sud Chausey) sera traité individuellement. Les variables d'entrée ont été précisées au chapitre précédent. Rappelons les brièvement:

Mortalité naturelle . Comme dans l'analyse de cohortes (§ IV.6.2), deux scénarios sont envisagés: $M=0.2$ ou $M = 0.3$ pour toute les classes d'âge.

Recrutement . Il est supposé constant. C'est l'effectif de la classe d'âge 1, estimé dans l'analyse de cohortes (§ IV.6.2). Pour l'analyse de cohortes, 2 scénarios de mortalité naturelle ($M=0.2$; $M=0.3$) et trois scénarios de survie des individus rejetés au tri pendant la période précédant l'échantillonnage ($S = 0, 50$ et 100%) ont été envisagés. Nous disposons donc de six estimations différentes du recrutement, issues de la combinaison de ces hypothèses (tableau 21).

Poids . Le vecteur W des poids à un âge donné (tableau 22) est calculé à partir du vecteur âge - taille moyenne (§ IV.4) et de la relation taille - poids (§ IV.1.3). Le modèle ne prend pas en compte la dispersion autour de la taille moyenne pour un âge donné, ni l'incertitude attachée à la relation taille-poids.

Vecteur de mortalité par pêche F . Le vecteur de mortalité par pêche (régime de mortalité) associé à l'effort de pêche de 1983 (1' 440 000 casiers relevés annuellement) a été estimé dans le § IV.6.2 pour chacun des six scénarios envisagés (tableau 21). Si la mortalité par pêche est proportionnelle à l'effort (i.e. la capturabilité est supposée constante), on aura:

$$F_i = q_i f \quad (7)$$

où:

f = effort exprimé en nombre de casiers relevés

q_i = capturabilité de la classe d'âge i

Le vecteur q (diagramme de mortalité; LAUREC et LE GUEN, 1981) est calculé à partir des F et de la relation (7). Le régime de mortalité qui correspond à différents niveaux d'effort est ensuite calculé puis introduit dans le modèle. Les variations de la capture totale Y (dans les conditions d'équilibre énoncées précédemment) en fonction de l'effort de pêche (mesuré par un multiplicateur de l'effort de 1983) peuvent ainsi être étudiées, étant entendu que les répercussions d'une modification de l'effort doivent être interprétées en tenant compte du délai nécessaire à l'installation du régime d'équilibre.

L'effet du premier âge de capture a également été étudié: si cet âge vaut j , tous les individus d'âge inférieur à j se voient attribuer une mortalité par pêche nulle dans le modèle. Dans la pratique, ceci correspondrait à un tri de captures en "lame de rasoir" (il est difficile d'agir sur la sélectivité de l'engin).

La situation de la pêcherie en 1983 correspond à un multiplicateur de l'effort égal à 1, avec un premier âge de capture de 1 an. Le modèle

fait varier ces paramètres dans une plage de valeurs pas trop éloignées de celles de 1983 (0 à 3 pour le multiplicateur de l'effort et 1 à 5 ans pour le premier âge de capture), afin de minimiser les risques liés aux extrapolations. Les prévisions de captures sont présentées sous la forme usuelle par des isoplèthes de production à l'équilibre, tracées par interpolation. L'axe des abscisses correspond au multiplicateur de l'effort de 1983, et l'axe des ordonnées au premier âge de capture.

Deux autres variables prévues par le modèle font l'objet de la même présentation:

- le nombre moyen d'individus par kg de capture (paramètre intéressant du point de vue commercial).
- le pourcentage G des géniteurs qu'il y aurait dans le stock si l'effort de pêche était nul, sachant que le premier âge de maturité sexuelle est de l'ordre de 3.5 ans (§ IV.1.2):

$$G = (0.5 N_3 + \sum_{j=1}^{10} N_j) / (0.5 N'_3 + \sum_{j=1}^{10} N'_j) * 100$$

où:

N'_j = effectif de la classe d'âge j à l'équilibre, en absence de pêche, obtenu à partir des résultats du modèle de Ricker avec un effort de pêche nul

Quoique la relation stock de géniteurs-recrutement n'ait pas été étudiée, il est très probable qu'avec un effectif réduit de géniteurs (par rapport au stock vierge, par exemple), le renouvellement du stock serait compromis. En ce sens, le pourcentage G peut être un des critères de décision dans la gestion des stocks.

AGE (années)	B A I E		SAUVAGES		S CHAUSEY	
	HAUTEUR (mm)	POIDS FRAIS (g)	HAUTEUR (mm)	POIDS FRAIS (g)	HAUTEUR (mm)	POIDS FRAIS (g)
1	21.1	1.03	18.5	0.69	17.9	0.62
2	31.6	3.53	31.3	3.43	32.2	3.74
3	40.9	7.76	42.0	8.41	43.5	9.36
4	49.0	13.5	50.9	15.1	52.4	16.5
5	56.1	20.3	58.3	22.9	59.3	24.1
6	62.4	28.1	64.5	31.1	64.8	31.6
7	68.0	36.6	69.7	39.4	69.0	38.2
8	72.8	45.0	74.0	47.3	72.4	44.3
9	77.1	53.7	77.5	54.5	75.0	49.3
10	80.8	61.9	80.5	61.2	77.1	53.7

Tableau 22. Vecteurs âge, taille et poids pour B. undatum

V.1.3 Résultats et discussion

Remarque préliminaire

Dans la présentation des résultats on fera souvent référence à l'hypothèse concernant le pourcentage S survie des rejets. Il faut se rappeler que cette survie correspond à une hypothèse émise lors de l'estimation des coefficients de capturabilité (§ IV.6.2); elle se réfère à la période d'échantillonnage des captures commerciales, et non à une mesure de gestion visant à assurer un certain taux de survie des rejets.

1.3.1 Etude de la capture totale Y à l'équilibre

- Réponse à une modification de l'effort de pêche, toutes choses égales par ailleurs

Pour les conditions de 1983 (multiplicateur de l'effort=1, premier âge de capture = 1 an), le modèle prévoit pour les six scénarios envisagés des captures à l'équilibre de l'ordre de 400 à 450 tonnes, 370 à 400 tonnes et d'environ 270 tonnes dans les secteurs "Baie", "Sauvages" et "Sud Chausey" respectivement (figs. 55 à 57). Ainsi, si les conditions de 1983 sont maintenues, les rendements descendront après la période de transition à environ 60% des valeurs observées en 1983 (voir ci-dessous le paragraphe concernant les phases de transition).

Les résultats montrent que l'augmentation de l'effort de pêche entraîne systématiquement une diminution de la capture totale par rapport à celle qui correspond aux conditions de 1983 (12 à 20% sous l'hypothèse $M=0.2$ et de 6 à 11% pour $M=0.3$; tableau 23; figs. 55 à 57).

La réduction de l'effort dans le Sud Chausey (multiplication par un facteur 0.5 avec $M=0.2$) se traduit par une faible augmentation des captures ou par une diminution de l'ordre de 5%. Au niveau actuel d'effort de pêche correspond la production maximale équilibrée dans ce secteur. Par contre, dans les secteurs Baie et Sauvages cet "optimum" d'effort semble dépassé. En effet, la diminution de moitié de l'effort dans ces secteurs entraînerait une production de 11 à 18% (si $M=0.2$) ou de 0 à 6% (si $M=0.3$) supérieure à celle qui correspond aux caractéristiques de 1983. Le bénéfice potentiel d'une réduction de l'effort dans la Baie et aux Sauvages ne provient donc pas d'une augmentation des captures totales mais de sa contribution au maintien des rendements sans perte de production totale.

La valeur du maximum des captures équilibrées, obtenu en cumulant les captures des 3 secteurs, et avec un même multiplicateur de l'effort (fig. 58), est peu sensible aux hypothèses (environ 1200 tonnes par an, avec 50 à 100% de l'effort de 1983 selon les hypothèses). En revanche, la chute relative de la production quand l'effort augmente est plus accentuée pour $M=0.2$ et pour les faibles valeurs de S. Les prévisions, quoique plus faibles d'environ 15%, sont compatibles avec celles du modèle généralisé (§ III.5).

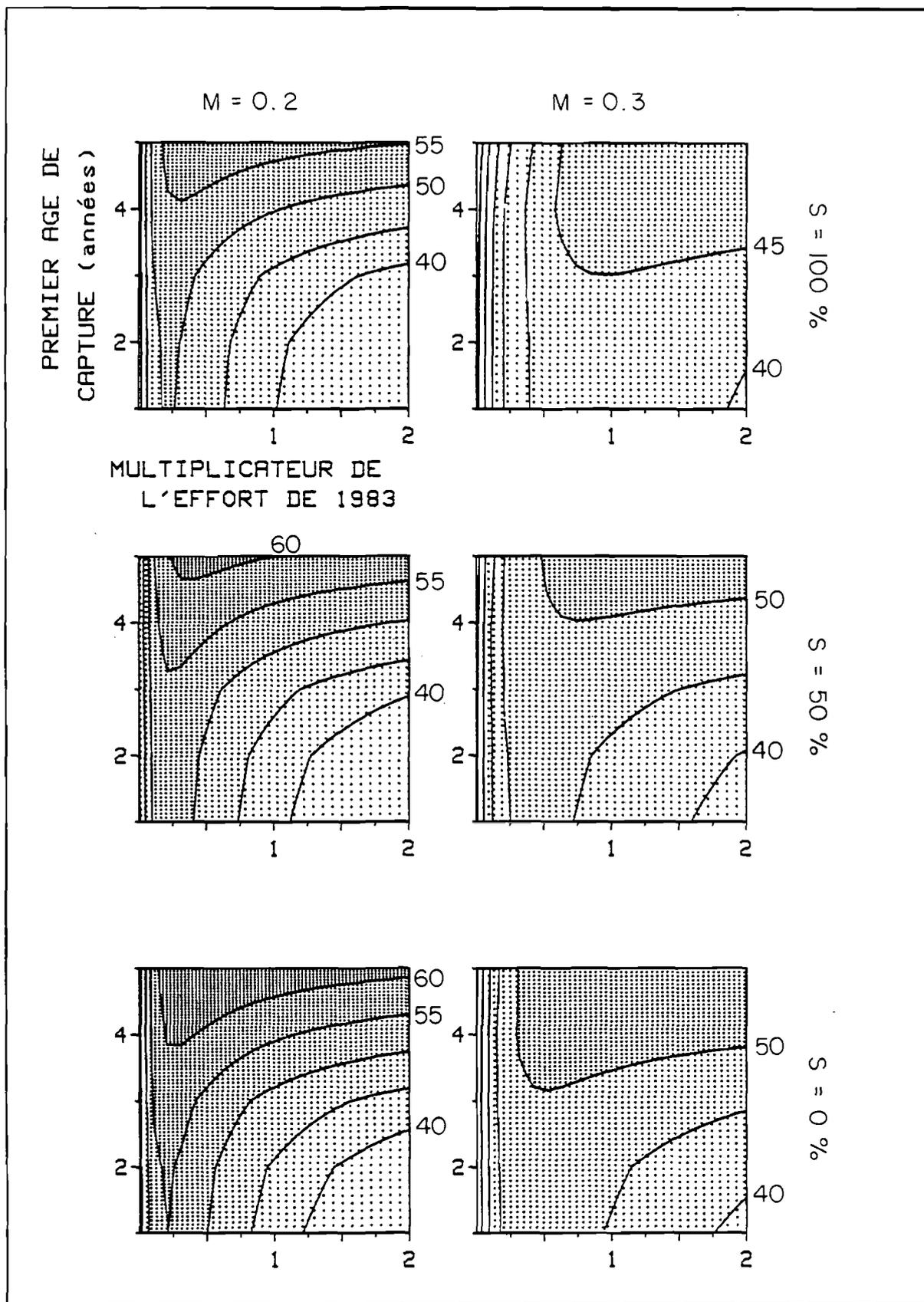


Figure 55.- Captures totales (Y, en dizaines de tonnes) à l'équilibre prévues par le modèle de Ricker pour le secteur "Baie". Différentes hypothèses concernant la mortalité naturelle M et le taux de survie S des rejets sont envisagées. Dans tous les cas, il est supposé que ces rejets représentent 15% des captures

Cette figure, de même que les fig. 56, 57, 59 et 60, ont été réalisées grâce à un logiciel d'interpolation dû à A. MENESGUEN (IFREMER/CB).

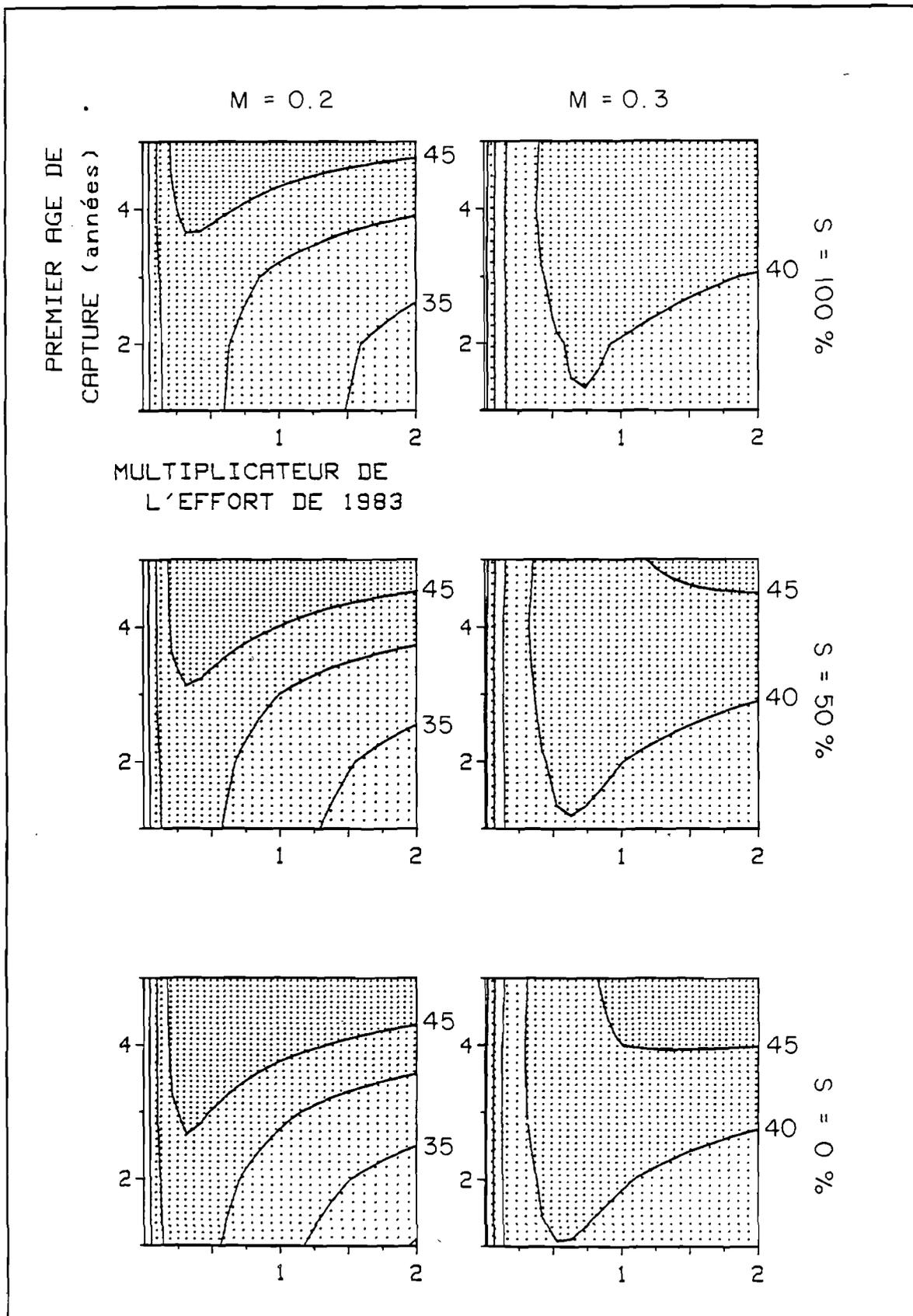


Figure 56.- Captures totales (Y, en dizaines de tonnes) à l'équilibre prévues par le modèle de Ricker pour le secteur "Sauvages". Différentes hypothèses concernant la mortalité naturelle M et le taux de survie S des rejets sont envisagées. Dans tous les cas, il est supposé que ces rejets représentent 15% des captures

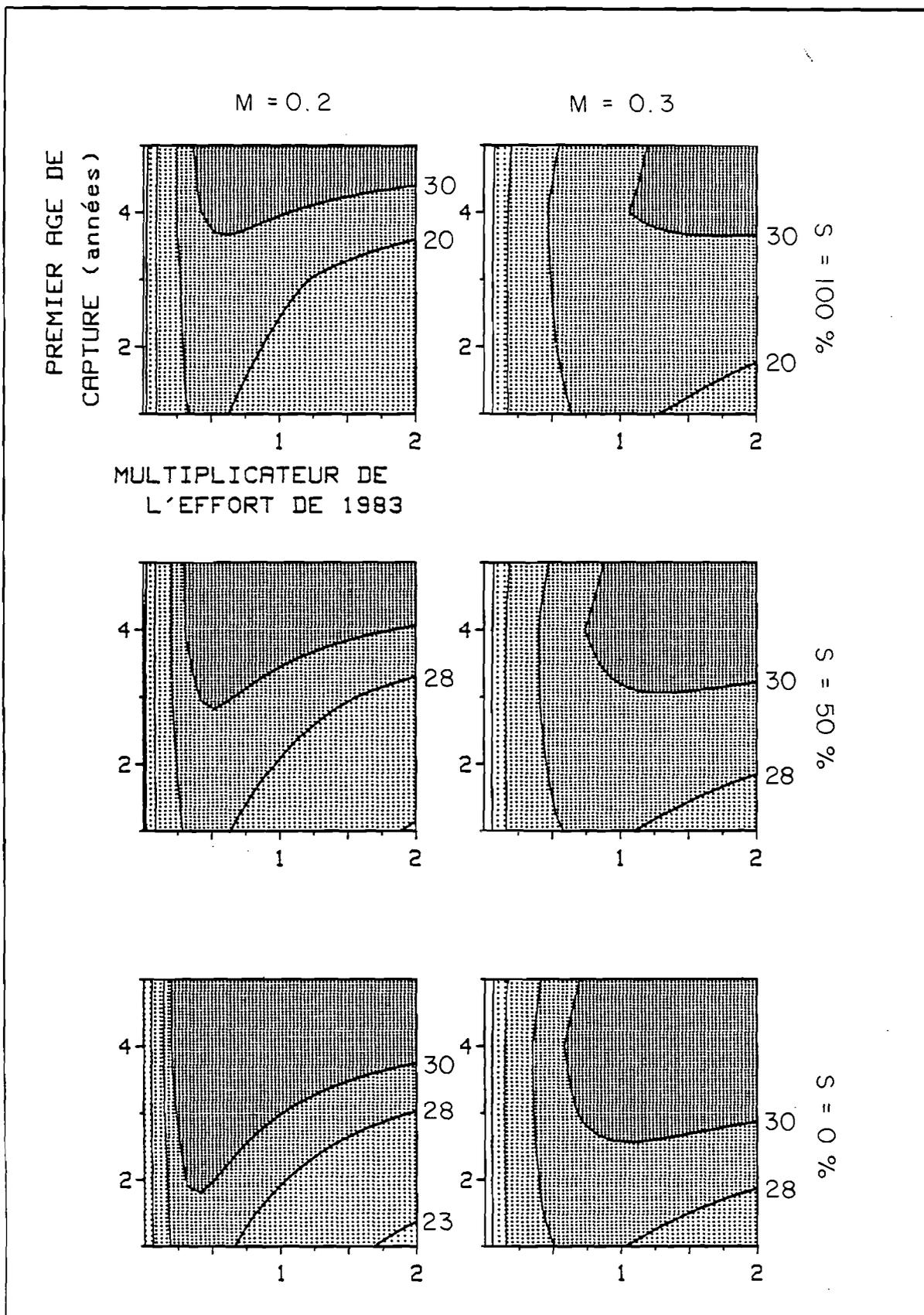


Figure 57.- Captures totales (Y, en dizaines de tonnes) à l'équilibre prévues par le modèle de Ricker pour le secteur "S Chausey". Différentes hypothèses concernant la mortalité naturelle M et le taux de survie S des rejets sont envisagées. Dans tous les cas, il est supposé que ces rejets représentent 15% des captures

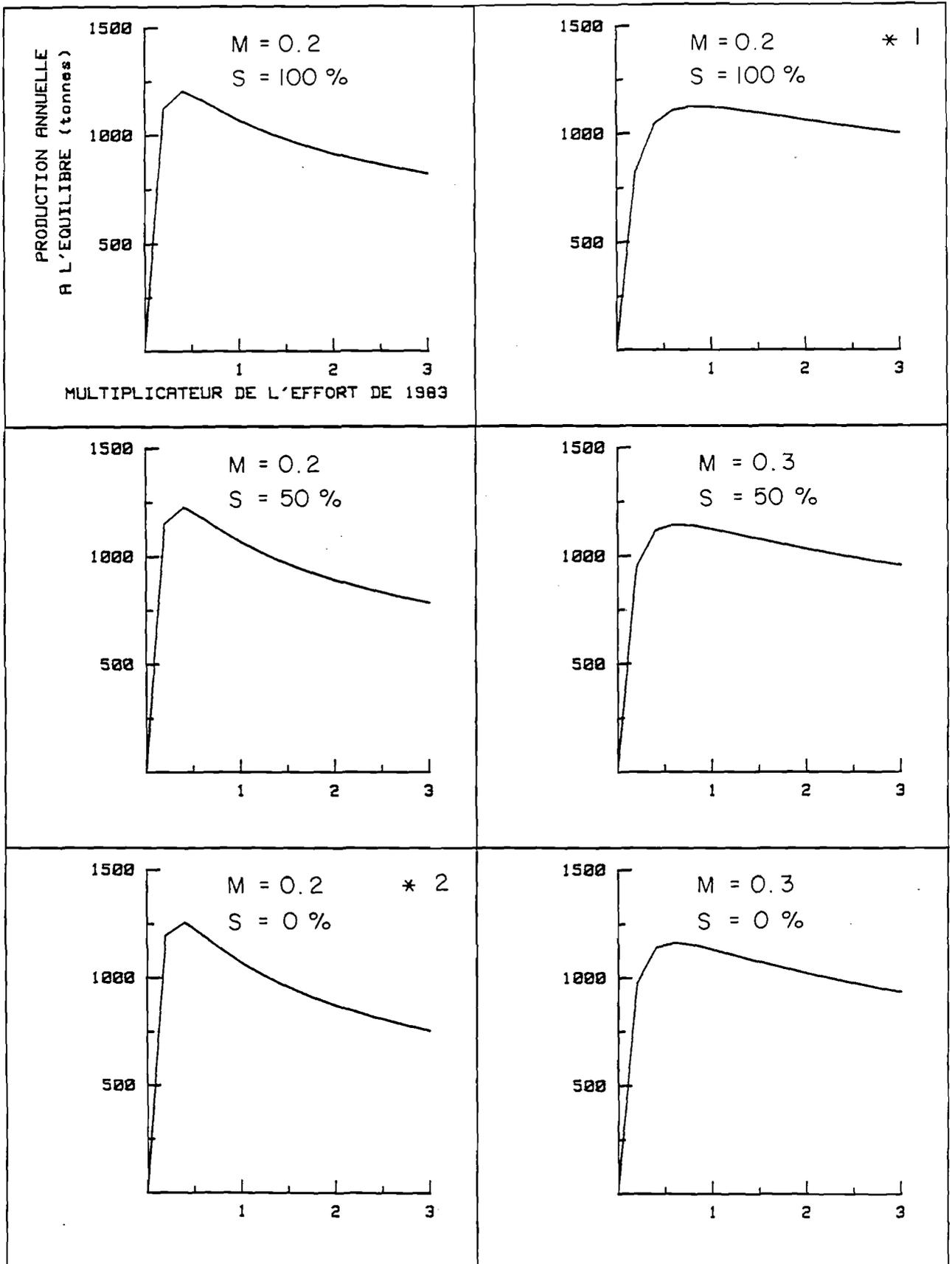


Figure 58. - Prévisions du modèle de Ricker obtenues en cumulant les valeurs de Y (captures totales à l'équilibre) de chacun des 3 secteurs géographiques, sans modification du premier âge de capture de 1983 (1 an). Les hypothèses sont les mêmes que dans les figures 55 à 57.

- * 1 Scénario biologique no. 1 utilisé dans le § V.2
- * 2 Scénario biologique no. 2 utilisé dans le § V.2

B A I E

M	Premier âge de capture	Multiplicateur de l'effort de 1983	"HYPOTHESE S" (voir texte)		
			100 %	50 %	0
0.2	1 an	0.5	+15%	+16%	+18%
		2.0	-16%	-15%	-18%
0.3	1 an	0.5	- 5%	+ 5%	+ 6%
		2.0	- 7%	-10%	-11%
0.2	3 ans	1.0	+ 7%	+11%	+12%
0.3	3 ans	1.0	+ 4%	+ 6%	+ 8%

S A U V A G E S

M	Premier âge de capture	Multiplicateur de l'effort de 1983	"HYPOTHESE S" (voir texte)		
			100 %	50 %	0
0.2	1 an	0.5	+11%	+13%	+15%
		2.0	-14%	-17%	-20%
0.3	1 an	0.5	- 1%	*	+ 2%
		2.0	- 6%	- 8%	-10%
0.2	3 ans	1.0	+ 6%	+10%	+14%
0.3	3 ans	1.0	+ 3%	+ 5%	+ 8%

S C H A U S E Y

M	Premier âge de capture	Multiplicateur de l'effort de 1983	H Y P O T H E S E		
			100 %	50 %	0
0.2	1 an	0.5	+ 5%	+ 8%	+10%
		2.0	-12%	-15%	-17%
0.3	1 an	0.5	- 7%	- 7%	- 2%
		2.0	- 7%	- 9%	- 7%
0.2	3 ans	1.0	+ 6%	+11%	+14%
0.3	3 ans	1.0	*	+ 2%	+ 8%

Tableau 23. Prévisions ponctuelles du pourcentage de gains ou de pertes dans la production totale à l'équilibre par rapport à la production à l'équilibre correspondant aux conditions de 1983

- Réponse à une modification du premier âge de capture à effort constant

La modification du premier âge de capture entraîne des gains dans la production à l'équilibre (tableau 23; figs. 55 à 57). S'il est porté à 3 ans (environ 42 mm de hauteur de la coquille), la capture totale dans les 3 secteurs augmente de 3 à 14% selon les hypothèses.

La tendance est la même pour tous les scénarios, mais le gain attendu est plus fort sous les hypothèses $M=0.2$ et S faible.

- Production maximale équilibrée

D'après le modèle, la production maximale équilibrée (PME) serait obtenue pour un premier âge de capture supérieur à 5 ans. Néanmoins, comme il a déjà été dit, il paraît prudent d'éviter les extrapolations qui impliquent une modification trop radicale de l'état actuel de la pêcherie. Dans l'intervalle des valeurs simulées, la PME est de 1250 à 1500 tonnes ($M=0.2$), ou de 1500 à 1800 tonnes ($M=0.3$). Elle correspond à un premier âge de capture de 5 ans et à un multiplicateur de l'effort de 1983 variant de 0.5 à 2 selon les hypothèses (en particulier celle qui concerne la valeur de M).

1.3.2 Prévisions relatives au stock de géniteurs à l'équilibre

- Réponse à une modification de l'effort de pêche, toutes choses égales par ailleurs

Le modèle prévoit, pour un stock non exploité environ 150, 110 et 70 millions de géniteurs dans les secteurs "Baie", "Sauvages" et "Sud Chausey" respectivement. Avec le régime d'exploitation de 1983, le stock de géniteurs représentera à l'équilibre 25 à 35% du stock vierge dans la "Baie", et 35 à 50 % dans les deux autres secteurs (fig. 59). Ces pourcentages décroissent rapidement quand l'effort augmente. Par exemple, si l'effort est doublé, ils tombent à 15 - 20 % dans la "Baie" et à 20 - 35 % aux "Sauvages" et dans le "Sud Chausey".

- Réponse à une modification du premier âge de capture, à effort constant

Les prévisions du modèle quand le premier âge de capture est modifié sont assez sensibles aux hypothèses qui concernent la valeur de S . Sous l'hypothèse de 100% de survie des individus refusés au tri (voir la remarque ci-dessus concernant cette hypothèse), l'augmentation du stock de géniteurs est négligeable quand le premier âge de capture est de 3 ans. Par contre, sous l'hypothèse $S = 0\%$, le stock de géniteurs augmente de 6 à 8%.

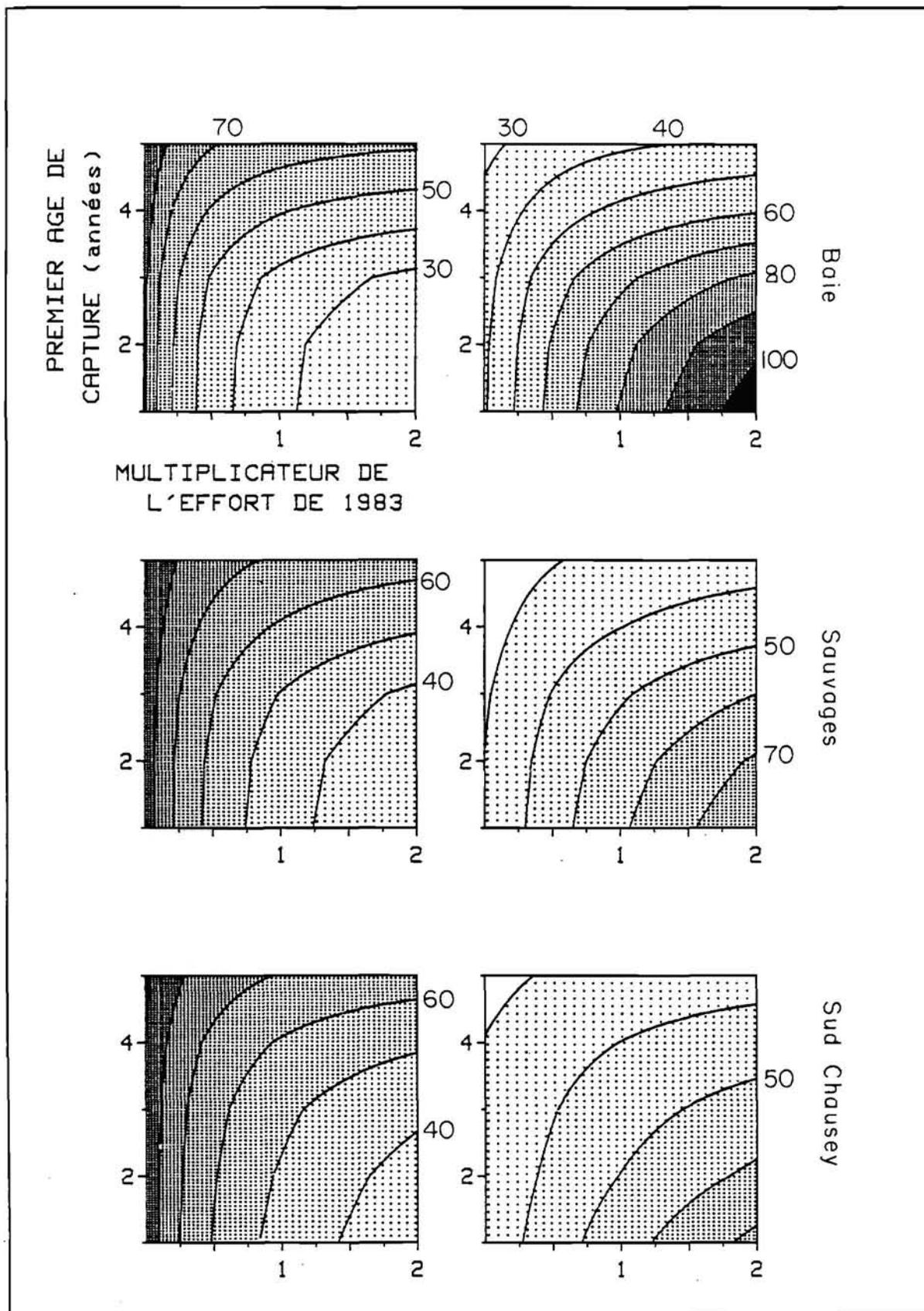


Figure 59. - Prévisions du modèle de Ricker (avec $M=0.3$ et $S=50\%$) dans les 3 secteurs exploités par les bulotiers granvillais. Colonne de gauche: proportions des geniteurs dans le stock vierge; colonne de droite: nombre de buccins par kilogramme pêché.

1.3.3 Prévisions du nombre d'individus par kilogramme pêché en régime d'équilibre

Les prévisions sont peu sensibles aux hypothèses faites sur la mortalité naturelle et la survie des rejets. Dans les conditions de 1983, un kilogramme pêché contient de 65 à 80 individus dans la "Baie" et 50 à 65 individus dans les deux autres secteurs (fig. 59). Le doublement de l'effort de pêche entraîne une forte augmentation: 90 à 110 individus/kg dans la "Baie" et 70 à 90 ailleurs. Dans les deux cas les individus sont d'un calibre difficile à commercialiser actuellement, surtout si les buccins sont destinés à la transformation. En effet, à l'heure actuelle ce sont les buccins de petite taille qui se vendent aux prix les plus bas. Les individus de taille moyenne étant les plus appréciés, le calibre prévu si le premier âge de capture est porté à 5 ans (30 à 35 individus/kg) pose aussi des problèmes de commercialisation.

Situations de transition

Lorsque le régime ou le diagramme d'exploitation varie, le stock ne s'installe pas instantanément à l'équilibre correspondant aux nouvelles conditions. Un délai est nécessaire, d'autant plus grand en général que le nombre de groupes d'âge présents en quantité notable dans les captures (3 à 4 dans les pêcheries de buccin du golfe normand-breton) est élevé. Ce délai dépend aussi de l'intensité des modifications du régime d'exploitation.

L'augmentation de l'effort dans la pêcherie granvillaise entraînerait, à court terme, une légère progression des débarquements totaux. Mais les prévisions du modèle montrent qu'après la phase de transition, les captures totales reviendraient à un niveau plus bas que l'actuel. Etant donné que 3 à 4 classes d'âge constituent l'essentiel des captures, la durée de cette transition serait d'environ 4 ans.

La modification du premier âge de capture (accompagnée du rejet systématique des individus hors taille sur les lieux de pêche) conduirait (à l'équilibre et toutes choses égales par ailleurs) à un léger accroissement du stock de géniteurs et des débarquements. Un premier âge de capture de 3 ans imposerait une phase de transition de 2 à 3 ans au début de laquelle le rejet d'une fraction des captures se traduirait par la diminution des rendements. Le tableau 24 montre que les pertes immédiates en poids pour un premier âge de capture de 3 ans (environ 40 mm de hauteur de la coquille) seraient relativement faibles (de l'ordre de 5%), et qu'elles seraient compensées à moyen terme par l'augmentation des rendements.

	B A I E		S A U V A G E S		S C H A U S E Y	
	P E R T E S		P E R T E S		P E R T E S	
	POIDS (%)	EFFECTIF (%)	POIDS (%)	EFFECTIF (%)	POIDS (%)	EFFECTIF
MARS 1983	0.4	1.6	0.3	1.2	0.4	1.8
	1.4	4.0	2.8	13.4	0.8	3.8
	17.3	33.2	6.0	21.8		
	22.2	39.8				
	4.8	13.9				
	1.5	5.0				
JUIN 1983	4.1	12.1	2.0	8.8	1.3	6.7
	3.2	8.5			0.2	1.3
	2.7	8.4			0.9	4.4
	0.8	2.2				
	0.2	1.0				
SEPT 1983	12.5	24.4	1.0	6.3		
	3.1	7.2	2.1	9.2		
	6.6	14.3	4.1	15.9		
			4.4	19.8		
			1.0	7.5		
DECE 1983	11.0	29.8	0.6	3.3	3.3	12.8
	4.0	11.5	1.2	6.3		
MARS 1984	0.4	1.2	2.0	9.7	3.1	13.7
	1.5	5.8	0.7	5.1		
	1.1	4.5				
	4.7	14.8				
	1.9	5.8				
	0.0	0.0				

Tableau 24. Evaluation des pertes immédiates (en %) provoquées par le rejet systématique des buccins dont la coquille mesure moins de 40 mm de hauteur. Il s'agit d'une estimation de ce qui serait observé aussitôt après l'adoption d'une taille minimale de capture de 40 mm. Chaque couple de valeurs (poids, effectif) est obtenue à partir de l'échantillonnage d'un bateau x jour.

V.1.4 Conclusion

La confiance que l'on peut accorder aux interprétations déduites de l'utilisation du modèle de Ricker dépend étroitement de la validité des hypothèses sur lesquelles il s'appuie. A cet égard, on rappellera que jusqu'à présent le recrutement ne semble pas avoir montré de variations brutales. Il faut en outre signaler la robustesse des résultats vis à vis des variations (dans une gamme de valeurs plausibles) de paramètres d'entrée inconnus tels que la survie des rejets.

D'un autre point de vue, le système ressource-flottille modélisé est clairement défini, dans la mesure où l'exploitation actuelle est pratiquement le monopole d'un seul métier. Enfin, la relative brièveté de la durée attendue d'une situation de transition entre deux équilibres (3 à 4 ans) devrait contribuer à faciliter l'utilisation directe des prévisions du modèle à des fins de gestion.

Les résultats sont tout de même sensibles à l'hypothèse sur la valeur de M. Ainsi, l'intérêt de modifier ou non le premier âge de capture est étroitement lié à cette hypothèse. Il est évident que les gains attendus seront plus importants si la mortalité naturelle est faible.

On peut conclure, avec les précautions d'usage, que:

- I.- L'augmentation de l'effort de pêche entraînerait:
 - a) Une diminution non négligeable des captures totales mais surtout une diminution sensible des p.u.e. .
 - b) Une très forte réduction du stock de géniteurs. Cette situation pourrait éventuellement provoquer une baisse du recrutement, aggravant ainsi la chute des captures.
 - c) Une augmentation du nombre d'individus par kilogramme pêché, qui pourrait poser des problèmes de commercialisation.
- II.- Le secteur de la "Baie" est le plus sensible à l'augmentation de l'effort.
- III.- La diminution de l'effort de pêche n'entraînerait pas d'augmentation notable des captures.
- IV.- L'augmentation du premier âge de capture permettrait d'accroître légèrement les débarquements et le stock de géniteurs.
- V.- La production maximale à l'équilibre (1 250 à 1 500 tonnes selon que l'on envisage le scénario le plus "pessimiste" ou le plus "optimiste") correspond à un premier âge de capture de 5 ans.

Les résultats mettent en évidence des différences entre les stocks de chaque secteur et justifient leur distinction dans les calculs. En revanche, l'aménagement par secteurs ne paraît pas très intéressant à l'heure actuelle, en particulier parce que le déplacement géographique de l'effort qui se produit naturellement (cf. § III.3.3) remplit déjà l'objectif principal que pourrait avoir ce type de gestion.

Dans le chapitre suivant, les prévisions des deux combinaisons extrêmes d'hypothèses (fig. 58) seront utilisées dans une modélisation bioéconomique de la pêcherie.

V.2 COUPLAGE DU MODELE DE RICKER AVEC UN MODELE ECONOMIQUE

L'intérêt d'une approche économique dans la gestion d'une pêcherie a déjà été souligné au § III.6. Il n'est pas possible de suggérer une politique d'aménagement si les données disponibles ne vont pas plus loin qu'une prévision des captures à l'équilibre pour un niveau d'effort de pêche, car la maximisation des débarquements est un objectif qui se trouve en pratique directement modulé par des critères économiques et sociaux: rentabilité de l'activité, nombre d'employés, richesse créée, consommation de biens et de capitaux. Aussi, le modèle biologique (modèle de Ricker) a-t-il été couplé au modèle du compte d'exploitation du "bateau moyen" (exposé en détail dans le § III.6) pour essayer d'évaluer les répercussions économiques de certaines mesures de gestion.

V.2.1 Modèle biologique (Ricker)

Afin de limiter le nombre de combinaisons possibles, la réponse de la production à l'équilibre en fonction de l'effort de pêche est décrite par les deux combinaisons extrêmes des hypothèses développées dans le § V.1 et rappelées à la figure 58 par le symbole *. Le premier scénario prévoit la diminution la plus prononcée de la production suite à une augmentation de l'effort de pêche. Il est supposé que le premier âge de capture est maintenu à 1 an, surtout parce qu'il est clair que sa modification ne produirait pas de changement spectaculaire des productions attendues (cf. § V.1.3.1)

Différentes valeurs de l'effectif de la flottille et du nombre moyen de casiers par bateau ont été testées. L'effort de pêche est calculé à partir de ces deux variables, en supposant que la distribution relative de l'effort entre les 3 secteurs géographiques et la fréquence de relève des casiers sont les mêmes qu'en 1983 (10 mois de pêche, 5 marées par semaine)

V.2.2 Modélisation du compte d'exploitation du "bateau moyen"

Le chiffre d'affaires du "bateau moyen" (cf. III.6.1) est obtenu en divisant par le nombre de bateaux le produit du prix moyen au kg et des débarquements à l'équilibre prévus par le modèle de Ricker.

Les valeurs des paramètres et les calculs sont les mêmes que ceux qui ont permis d'estimer le compte d'exploitation du "bateau moyen" dans le § III.6, mais en introduisant un effectif de la flottille et un nombre de casiers par bateau définis par le scénario envisagé.

Trois possibilités distinctes (notées respectivement prix 1, 2 et 3 à la figure 60) sont envisagées pour le prix moyen annuel au kg (en francs constants 1983):

- a) Prix constant élevé (5.0 F/kg = prix moyen de 1982 + 0.20 F)
- b) Prix constant bas (4.0 F/kg = prix moyen en 1983 - 0.10 F)

c) Relation linéaire entre la production moyenne hebdomadaire et le prix moyen au kg, déduite plus ou moins arbitrairement de la figure 13.

$$\text{Prix (F/kg)} = 9.1 - 0.155 * \text{production moyenne hebdomadaire (tonnes)}$$

la production moyenne hebdomadaire (PMH) est calculée comme suit:

$$\text{PMH} = \text{production annuelle prévue par le modèle de Ricker} / 52 \text{ semaines}$$

Cette droite passe par les points:

20 tonnes/semaine (1 040 tonnes/an)	-	6F/kg
40 tonnes/semaine (2 080 tonnes/an)	-	2.9F/kg

et prévoit un chiffre d'affaires hebdomadaire maximum de 134 KF, pour une PMH de 29 tonnes. Ceci est compatible avec l'évolution des prix en 1983 et 1984 (cf. §III.1).

Les prévisions des revenus du patron-armateur qui correspondent aux conditions d'équilibre pour différentes combinaisons du nombre de casiers par bateau et d'effectif de la flottille seront présentées graphiquement à l'aide d'isoplèthes.

V.2.3 Résultats et discussion

Les résultats présentés à la figure 60 correspondent à des scénarios assez restrictifs, mais les calculs pourraient être modifiés afin de tenir compte des tendances dans les coûts de production, de la structure de la flottille ou des modifications du calendrier de pêche (e.g. adoption d'un système de saison de fermeture de la pêche).

Les prévisions sont très sensibles aux hypothèses sur le prix de vente mais, vu la situation actuelle, il semble exclu qu'à court terme le prix de vente puisse être supérieur à celui envisagé dans les calculs. Les prévisions qui correspondent à l'hypothèse "prix constant élevé" sont très proches de celles obtenues pour des prix variables en fonction de la production. Dans les conditions de 1983 (18 bateaux avec 400 casiers/bateau), les revenus annuels sont à peine de 70 KF. L'augmentation de l'effectif de la flottille conduit à la dissipation de la rente individuelle. Les revenus deviennent négatifs au delà de 24 à 27 bateaux.

La dissipation des revenus est beaucoup plus marquée sous l'hypothèse d'un prix de vente de 4 F/kg. Au delà de 19 exploitants, l'activité devient déficitaire alors que les bénéfiques sont inférieurs à 120 KF à partir de 13 bateaux.

Ce type de modélisation peut contribuer à identifier, d'un point de vue économique, les caractéristiques optimales des bateaux (e.g. CLARK et KIRKWOOD, 1979; HANNESSON, 1983). L'examen de la figure 60 montre qu'à un nombre de bateaux donné correspond un optimum de casiers par bateau qui maximise les revenus (200 casiers/bateau pour une flottille de 18 unités). Par analogie au modèle de BEVERTON et HOLT de production à l'équilibre, on pourrait identifier une ligne de pêche "eumétrique" en joignant les points qui constituent l'optimum pour différents effectifs de la flottille.

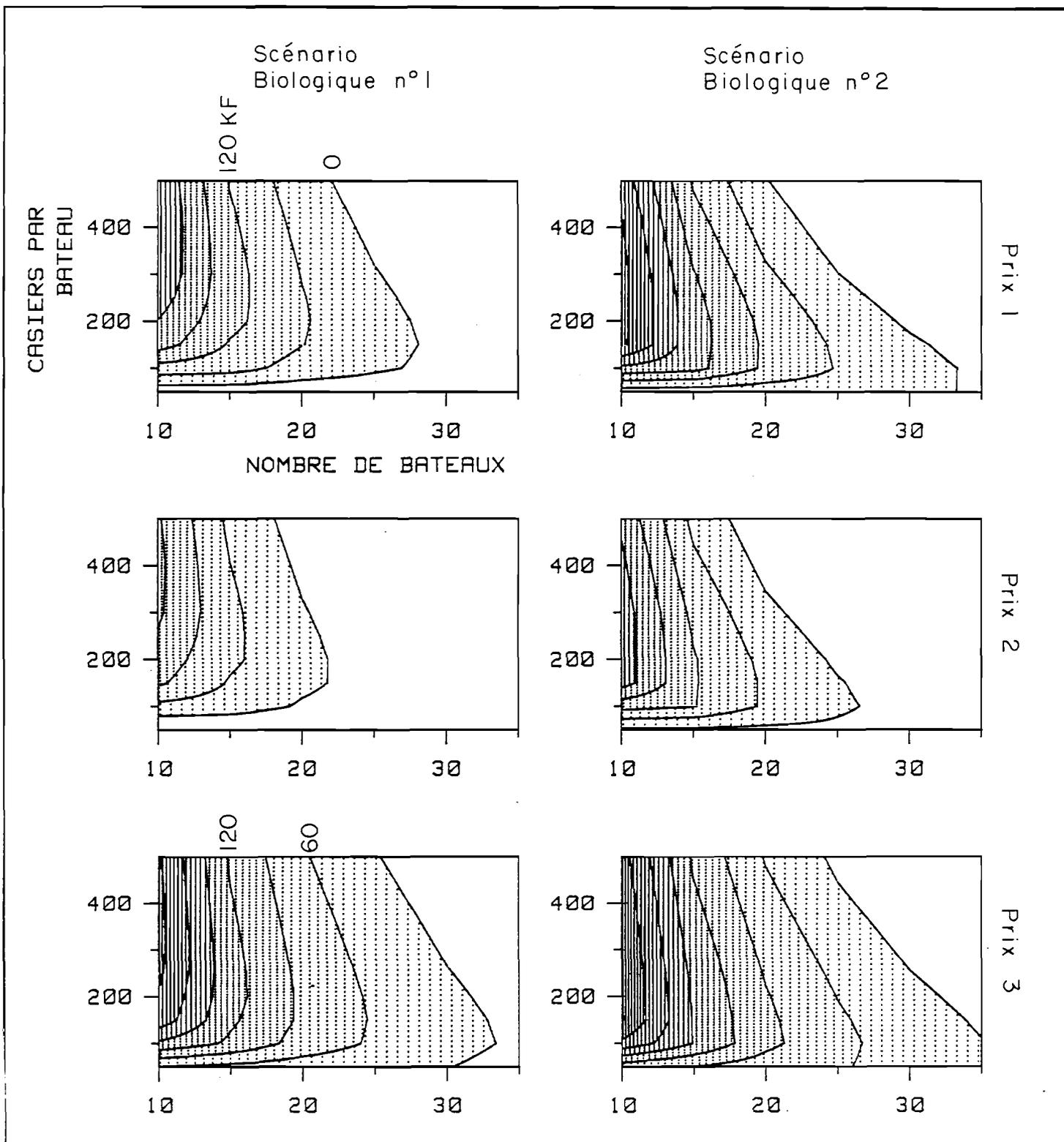


Figure 60.- Revenus annuels à l'équilibre du patron-armateur en fonction de l'effectif de la flottille et du nombre de casiers par bateau. Ces prévisions sont obtenues pour le bateau moyen défini dans le modèle économique; ce modèle est lui même couplé avec le modèle de Ricker, qui calcule la production à l'équilibre en fonction de la pression de pêche exercée par la flottille définie dans le modèle économique.

V.2.4 Situations de transition

Les situations de transition vers l'équilibre seront illustrées par un exemple: la première combinaison d'hypothèses (scénario biologique no. 1, prix = 5.0 F/kg; fig. 60) prévoit, à l'équilibre, une situation déficitaire pour le "bateau moyen" si la flottille est constituée de 24 bateaux avec 400 casiers chacun. En 1985, cet effectif a déjà été atteint et les exploitants rencontrent de plus en plus de problèmes économiques. La phase de transition vers l'équilibre procède de l'interaction de deux phénomènes:

- La réponse biologique du stock: la progression du nombre d'exploitants provoque, dans un premier temps, une augmentation de la production totale. Après une période de transition de 3 à 4 ans (cf. V.1.3.4) elle revient à un niveau inférieur à celui de 1983.

- La réponse économique de la pêcherie: à court terme, l'augmentation de la production observée entraînerait une diminution immédiate du prix moyen de vente. Au cours de la phase de transition, la diminution des rendements vers l'équilibre biologique provoque une chute de la rentabilité vers la situation déficitaire prévue par le modèle. Avant de l'atteindre, les pêcheurs choisiront entre deux options:

- 1) arrêter la pêche au buccin (faillite ou reconversion partielle ou totale vers d'autres espèces),
- 2) augmenter l'effort de pêche individuel.

Cette seconde perspective provoquerait une nouvelle progression de l'effort total exercé sur les stocks, aggravé par une augmentation des coûts de production.

CHAPITRE VI

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Exception faite des données relatives à l'exploitation du buccin au Royaume-Uni (HANCOCK, 1963; HANCOCK, 1967) on ne disposait avant 1982 que de peu d'éléments de comparaison pour l'analyse des pêcheries de buccin du golfe normand-breton. Ce travail avait donc pour objectif de pallier cette lacune, du moins partiellement, et de proposer quelques mesures d'aménagement souhaitables pour tendre vers une exploitation cohérente de ces stocks. L'essentiel de nos résultats concerne la pêcherie granvillaise mais la plupart des conclusions devrait être généralisable à l'ensemble des pêcheries de buccin du golfe.

L'analyse des pêcheries du golfe révèle que les flottilles bulotières ont des caractéristiques assez homogènes, mais il faut tout de même distinguer deux groupes de pêcheurs exploitant des secteurs distincts, et dont le degré d'organisation est très différent:

- les bulotiers disséminés le long des côtes, travaillant de manière plus ou moins indépendante.
- les bulotiers concentrés au port de Granville, qui les premiers ont tenté de gérer l'ensemble de leur pêcherie.

Les pêcheries de buccin du golfe se développent selon le schéma classique : parallèlement à l'augmentation de l'effectif de la flottille, la puissance de pêche individuelle progresse (type d'appât, nombre de casiers par bateau,...). Les rendements n'ont cessé de diminuer et actuellement la production totale stagne. La chute des rendements est plus marquée près des côtes (e.g. dans la Baie du Mont St Michel), provoquant ainsi le déplacement de l'effort vers des gisements plus éloignés. Cette situation favorise l'escalade technologique et se traduit en particulier par une augmentation de la puissance motrice des unités.

En dépit de la forte progression de la production, les prix de vente en francs constants ont sensiblement augmenté jusqu'en 1982. Notre étude a mis en évidence que depuis 1983 les cours hebdomadaires en criée varient en sens inverse du volume des débarqués.

Un système de "licences de pêche" a été mis en place en 1984 mais ne constitue pas un réel mécanisme de limitation de l'accès à la ressource dans la mesure où, contrairement aux objectifs que s'étaient fixés les professionnels (initiateurs du projet), les "licences" sont délivrées sur simple demande et sans aucune restriction.

A partir des données économiques disponibles, l'évolution de la rentabilité de l'exploitation du buccin et des coûts de production a été étudiée pour un bateau fictif moyen. Les bénéfices importants réalisés aux environs de 1977 ont attiré les pêcheurs vers cette activité, mais ces bénéfices diminuent rapidement depuis. Par conséquent, il s'est avéré indispensable de se doter des moyens de prévoir la variation des tonnages débarqués en fonction de l'effort de pêche. A cette fin a été utilisé un modèle global. Ce modèle n'étant alimenté qu'avec une information relativement succincte (efforts et p.u.e. annuels), il n'a pu

fournir en retour que des résultats jugés insuffisants. D'où la mise en oeuvre d'une batterie de méthodes visant à acquérir les données nécessaires à une modélisation analytique.

Ainsi, la détermination de l'âge à partir du nombre de stries operculaires, validée par l'étude des isotopes stables de la coquille, est un outil puissant qui nous a permis d'étudier la croissance de l'espèce et, à l'aide d'une procédure d'échantillonnage stratifié et à plusieurs niveaux, la structure démographique des débarquements de la flottille granvillaise. D'autre part, l'échantillonnage des débarquements a montré une diminution de la taille moyenne des individus capturés d'une année à l'autre. Cette tendance suggère qu'il faut s'attendre à une diminution du stock de géniteurs.

L'absence de données sur la mortalité naturelle et le recrutement, lacunes classiques dans l'étude des stocks exploités, a nécessité le recours à plusieurs scénarios reposant sur un ensemble d'hypothèses plausibles relatives aux caractéristiques biologiques de l'espèce.

L'étude des débarquements et les estimations de la densité de la population suggèrent que le taux d'exploitation du stock "commercial" (individus de plus de 35mm de hauteur) est de l'ordre de 50% par an.

L'utilisation des modèles prévisionnels a été réservée à la pêcherie granvillaise. Les conclusions générales dégagées à partir des résultats du modèle de Ricker sont assez robustes vis à vis des différences entre les scénarios envisagés. Ainsi:

- l'augmentation de l'effort de pêche n'entraînera pas d'augmentation durable des captures totales. A moyen terme, elles pourraient même diminuer légèrement.
- la diminution de l'effort conduirait, à l'équilibre, à une très faible augmentation des captures totales.
- le stock de géniteurs est très sensible à l'augmentation de l'effort de pêche.
- l'adoption d'une taille minimale marchande contribuerait à augmenter le stock de géniteurs.

Les prévisions du modèle économique conçu dans le cadre de ce travail suggèrent que la rentabilité de l'exploitation du buccin ne sera plus assurée à brève échéance, si les tendances actuelles se maintiennent (nombre d'exploitants en augmentation et stagnation du prix de vente).

Aménagement des pêcheries de buccin du golfe normand-breton

Face au fléchissement de la rentabilité de l'exploitation du buccin, provoquée par l'engorgement des marchés et la baisse des rendements, la profession a mis en place des mesures d'aménagement destinées à améliorer les conditions de commercialisation (criées, organisation de producteurs, quotas de vente, "licences"). Mais, en l'absence de mesures nouvelles, la situation actuelle, déjà préoccupante, risque de se dégrader. Les seules mesures commerciales ne suffiront pas à éviter les risques de surexploitation biologique et économique. La gestion de la ressource nécessite des mesures plus restrictives permettant d'assurer le renouvellement du stock et d'en limiter l'accès.

L'exploitation des buccins immatures pourrait compromettre un recrutement qui jusqu'à aujourd'hui paraît relativement stable. L'adoption d'une taille minimale marchande régularisant les pratiques actuelles contribuerait à diminuer ce risque et éviterait le dérapage vers l'exploitation des juvéniles. Cette mesure suppose une discipline des pêcheurs qui doivent impérativement rejeter les buccins "hors-taille" sur les zones de pêche, et implique une révision des méthodes de tri (tri manuel voire tri mécanique en continu).

Une augmentation de l'effort de pêche permettant des mises à terre plus importantes aurait pour effet d'augmenter les invendus et imposerait une nouvelle réduction des quotas individuels. L'étude biologique du stock a montré que ce niveau de production ne pourrait pas être maintenu de manière durable. Dans ces conditions, chaque pêcheur réagirait sans doute à la diminution des rendements par une augmentation de l'effort de pêche (nombre de casiers, jours de pêche) qui contribuerait à accentuer le déséquilibre.

D'autres pêcheries du golfe connaissent actuellement des difficultés, et tendent à une reconversion partielle vers l'exploitation du bulot. Toutefois, à l'heure actuelle, les quantités de buccins débarqués par les dragueurs de praires ne représentent pas une fraction significative de la production totale. Cependant, l'impact de cette concurrence risque de s'accroître dans les années à venir. Il faudra donc, à plus ou moins brève échéance, en tenir compte dans l'étude des stocks ainsi que dans la définition des procédures d'aménagement.

Une des méthodes classiquement utilisées pour limiter l'effort est l'instauration d'une période de fermeture de la pêche. Une telle mesure, qui pourrait encourager la diversification des activités des bulotiers,

s'assortit de plusieurs contraintes. Il faut tout d'abord en évaluer l'incidence sur les marchés actuels de buccin. Il est clair que cette mesure ne suffira pas à limiter l'effort si dans le même temps l'effectif de la flottille continue d'augmenter et si l'effort individuel s'intensifie pendant la saison de pêche.

L'adoption d'un système d'entrée limitée (licences de pêche) engendre des problèmes politiques et sociaux, mais répond bien à la plupart des objectifs de gestion d'une pêcherie. Son efficacité dépend d'une série de mesures complémentaires, destinées à éviter l'augmentation de l'effort de pêche individuel, et suppose une réglementation très complète (CLARK, 1980). En effet, dans les pêcheries ayant adopté un système de licences limitant le nombre d'exploitants, les pêcheurs ont tendance à augmenter leur puissance de pêche individuelle (e.g. la pêcherie de Panulirus longipes cygnus en Australie; MEANY, 1979). Les gestionnaires sont ainsi obligés de réglementer les caractéristiques des bateaux, le nombre et le type des engins de pêche, les quotas individuels et les temps de pêche, sans pour autant étouffer la compétitivité et les innovations susceptibles de permettre une réduction des coûts de production (GULLAND et ROBINSON, 1973).

L'attribution des licences pose un problème complexe: combien et à qui doivent elles être délivrées? dans quelles conditions doit-on autoriser l'augmentation du nombre de licences? La réponse à ces questions doit s'appuyer sur une estimation des bénéfices totaux potentiels, et exige des décisions relatives à leur distribution dans la mesure où le choix du nombre d'exploitants, des taxes sur les débarquements et des mécanismes de transfert des licences, aura des conséquences directes sur les bénéfices par exploitant. Ainsi, dans la pêcherie de langoustes en Australie, l'un des objectifs des gestionnaires est "d'assurer des revenus raisonnables aux pêcheurs" (MEANY, 1979).

La diversité des "intérêts" immédiats, aussi bien que du degré d'organisation des différents groupes de bulotiers du golfe normand-breton, a jusqu'à présent entravé la mise en place et l'impact des mesures d'aménagement. L'avenir de cette pêcherie est largement tributaire d'un consensus de l'ensemble de la profession. En effet, bien que l'on puisse identifier des unités qui géographiquement et biologiquement sont relativement indépendantes, les pêcheries de buccin du golfe sont étroitement liées au plan commercial.

Ce travail a eu pour ambition de contribuer à l'estimation des paramètres nécessaires aux prises de décision. Là s'arrête le rôle du biologiste ou de l'économiste. La mise en oeuvre d'un aménagement effectif de la pêcherie nécessite une claire définition des responsabilités (qui sont les gestionnaires de cette pêcherie?) et du contexte juridique et politique dans lequel elles s'exercent (quelles sont les réglementations envisageables qui peuvent réellement être appliquées?).

RECOMMANDATIONS

Mesures réglementaires

- Instauration d'un système d'entrée limitée dans les pêcheries de buccin du golfe normand-breton, après identification des contraintes juridiques et politiques.
- Limitation de l'évolution de la puissance de pêche individuelle: nombre de casiers, taille des bateaux (longueur ou jauge brute) et puissance motrice.
- Choix et instauration d'une taille marchande minimale légale, et rejet des buccins hors-taille sur les lieux de pêche.

Mesures d'incitation économique

- Incitation au débarquement en criée et à la vente aux enchères publiques des produits pour le soutien et la régularisation des cours.
- Poursuite des efforts, déjà engagés par le CLPM de Granville, de commercialisation des buccins comme produit transformé.
- Evaluation de l'effet du "dégorgement" en mer sur la qualité des buccins.
- Etude de la possibilité de développer un appât artificiel.

Contrôle scientifique

- Dans la perspective d'un aménagement économique de la pêcherie, la récolte et l'analyse des données de production, coûts et prix de vente, devra s'étendre à l'ensemble du golfe normand-breton tout en tenant compte du rôle des flottilles concurrentes (e.g. dragueurs de praires) si leur contribution à la production total augmente.
- Echantillonnage des captures à bord et au débarquement (composition démographique et par tailles) afin d'étudier l'évolution des stocks et les variations de recrutement. A ce sujet, l'interaction avec le programme "Déterminisme du recrutement" devra enrichir les thèmes de réflexion et la méthodologie employée.
- Poursuite de l'étude de l'évolution de rendements à partir des carnets de pêche, afin de détecter les variations d'abondance du stock.
- Poursuite de l'étude de la distribution spatio-temporelle de l'effort et des captures à partir des données de criée.
- Etude des populations des espèces "indésirables" (e.g. pagures) pour, le cas échéant, éviter leur remise à l'eau dans les lieux de pêche.

BIBLIOGRAPHIE

- AGOUMI, A., M.J. ENDERLE, & R.A. GRAS (1983)
Modélisation du régime thermique de la Manche.
Oceanol. Acta , 6 (4): 393-406.
- ALLEN, K.R. (1966)
A method of fitting growth curves of the von Bertalanffy type to observed data.
J. Fish. Res. Board Can. , 23: 163-179.
- BAILEY, D.F. & P.R. BENJAMIN (1968)
Anatomical and electrophysiological studies on the gastropod osphradium
Symp. zool. Soc. Lond. , 23 : 263-268.
- BAILEY, D.F. & M.S. LAVERACK (1963)
Central nervous responses to chemical stimulation of a gastropod osphradium
Nature , 200 : 1122-1123
- BARD, Y. (1974)
Nonlinear parameter estimation.
Academic Press, New York, San Francisco, London, 341 p.
- BARKER, R.M. (1964)
Microtextural variation in pelecypod shells.
Malacologia , 2 : 69-86.
- BEAMISH, R.J. & G.A. MCFARLANE (1983)
The forgotten requirement for age validation in fisheries biology.
Trans. Am. Fish. Soc. , 112 : 735-743.
- BENNETT, D.B. & C.G. BROWN (1976)
The problems of pot immersion time in recording and analysing catch-effort data from a trap fishery.
ICES. Special meeting on population assessment of shellfish stocks.
No 6 : 1-8.
- BRAATEN D.O. (1969)
Robustness of the DeLury population estimator.
J. Fish. Res. Bd. Canada , 26 : 339-355.
- CADDY, J.F. (1977)
Some considerations underlying definitions of catchability and fishing effort in shellfish fisheries, and their relevance for stock assessment purposes.
J. Cons. int. Explor. Mer , C.M. 1977/K:18, 22p.
- CLARK, C.W. (1976)
Mathematical bioeconomics: the optimal management of renewable resources
John Wiley & Sons. New York. London. Sydney. Toronto. 352 p.
- CLARK, C.W. (1980)
Towards a predictive model for the economic regulation of commercial fisheries.
Can. J. Fish. Aquat. Sci. , 37 : 1111-1129

- CLARK, C.W. & G.P. KIRKWOOD (1979)
 Bioeconomic model of the gulf of Carpentaria prawn fishery.
J. Fish. Res. Board Can. , 36 : 1304-1312.
- COCHRAN, W.G. (1977)
Sampling techniques , 3rd edition
 John Wiley & Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto. 428 p.
- DAKIN, WM.J. (1912)
Buccinum .
Proceedings and transactions of the Liverpool Biological Society , 26 :
 253 - 366.
- DE LURY, D.B. (1947)
 On the estimation of biological populations.
Biometrics , 3 : 145-167.
- DESBRUYERES, D., P. GEISTDOERFER, C.L. INGRAM, A. KHRIPOUNOFF & J.P. LAGARDERE (1985)
Répartition des populations de l'épibenthos carnivore dans l'étage profond du Golfe de Gascogne. In : Peuplements profonds du Golfe de Gascogne, Actes Colloques IFREMER, Sous presse.
- DRAPER, N.R., & H. SMITH (1966)
Applied regression analysis.
 J. Wiley & Sons , Inc., New York, London, Sydney, 407 p.
- EDF Lab. Nat. d'Hydraulique (1961)
 Modèle réduit des Iles Chausey. Rapport n° 3: Les conditions naturelles du golfe de St. Malo. Les courants de marée.
- EFRON, B. (1982)
 The jackknife, the bootstrap and other resampling plans.
 CBMS-NSF, Regional conference series in applied mathematics no. 38, SIAM Ed., Philadelphia, Pennsylvania, 92 p.
- EGGERS, D.M., N.A. RICKARD, D.G. CHAPMAN & R.R. WHITNEY (1982)
 A methodology for estimating area fished for baited hooks and traps along a ground line.
Can. J. Fish. Aquat. Sci. , 39 : 448-453.
- EKARATNE, S.U.K., & D.J. CRISP (1983)
 A geometric analysis of growth in gastropod shells, with particular reference to turbinate forms.
J. mar. biol. Ass. U.K. , 63 (4) : 777 - 797.
- ELGMM/CNEXO (1983)
 Rapport EDF. Etude écologique du site Cotentin centre. Vol. I: Présentation générale - Domaine pélagique.
- EPSTEIN, S., R. BUCHSBAUM H.A. LOWENSTAM, & H.C. UREY (1953)
 Revised carbonate-water isotopic temperature scale.
Bull. Geol. Soc. Am. , 64 : 1315 - 1326.
- FLETCHER, R. (1980)
Practical methods of optimization. Vol. 1: unconstrained optimization.
 John Wiley & Sons Inc., Chichester, New York, Brisbane, Toronto, 120 p.

FOX, W.W. (1975)

Fitting the generalized stock production model by least squares and equilibrium approximation.

Fish. Bull , 73 (1) : 23 - 37.

FREON, P (1983)

Production models as applied to substocks depending on upwelling fluctuations.

FAO Fish. Rep./FAO Inf. Pesca , (292) Vol. 3: 1047-1066

GORDON, H.S. (1953)

An economic approach to the optimum utilization of fishery resources.

J. Fish. Res. Bd. Can. , 37 : 1111-1129.

GOWANLOCH, J.N. (1926)

Contributions to the study of marine gastropods. II. The intertidal life of Buccinum undatum , a study in non-adaptation.

Contributions to Canadian Biology and Fisheries , 3 (5): 1-11.

GRASSE, P.P. (ed.) (1968)

Traité de Zoologie. Tome V. Fascicule III. Mollusques gastéropodes et scaphopodes.

Masson et Cie. Editeurs. 1083 p.

GULLAND, J.A. (1965)

Estimation of mortality rates.

Annex to the Report of the Arctic Fisheries Working Group. Hambourg, janvier 1965. Cons Int Explor Mer, Cm 1965/3: 9 p.

GULLAND, J.A. (1968)

Manual of methods for fish stock assessment. Part I.

Fish population analysis FAO Fish. Tech. Pap. FRS/T40 Rev 2: 97 p.

GULLAND, J.A. & M.A. ROBINSON (1973)

Economics of fishery management

J. Fish. Res. Board Can. , 30 : 2042 - 2050

HALLERS-TJABBES, C.C. (1979a)

Sexual dimorphism in Buccinum undatum L.

Malacologia , 10 : 13-17.

HALLERS-TJABBES, C.C. (1979b)

The shell of the whelk Buccinum undatum L.

Kemper. Groningen: 132 p.

HAMLEY, J.M. (1972)

Use of the De Lury method to estimate gillnet selectivity.

J. Fish. Res. Board Can. , 29 : 1636-1638.

HANCOCK, D.A. (1963)

Marking experiments with the commercial whelk (Buccinum undatum)

Int. Comm. for the Northwest Atlantic Fisheries. Special Public. no.4.

North Atlantic Fish Marking Symposium: 176-193.

HANCOCK, D.A. (1967)

Whelks.

M.A.F.F. Laboratory Leaflet (N.S.) no. 15, Fish. Lab. Burnham-on-Crouch, Essex : 1 - 14.

- HANCOCK, D.A. (1974)
Attraction and avoidance in marine invertebrates. Their possible role in developing an artificial bait.
J. Cons. Int. Explor. Mer , 35 : 328-331.
- HANKIN, D.G. (1984)
Multistage sampling designs in fisheries research: applications in small streams
Can. J. Fish. Aquat. Sci. , 41 : 1575-1591.
- HANNESSONN, R. (1983)
Bioeconomic production function in fisheries: theoretical and empirical analysis.
Can. J. Fish. Aquat. Sci. , 40 : 968-982.
- HASKIN, H.H. (1954)
Age determination in molluscs
Trans. New York Acad. Sci. , 16 : 300-304.
- HOLME, N.A. (1966)
The bottom fauna of the English Channel.
J. Mar. Biol. Ass. UK , 46 : 401-423.
- HUBER, P.J. (1972)
The 1972 Wald Lecture. Robust statistics: a review.
Ann. Math. Statist. , 43 : 1041-1067.
- HUGHES, R.N. (1980)
Population dynamics, growth and reproductive rates of Littorina nigrolineata Gray from a moderately sheltered locality in North Wales.
J. exp. mar. Biol. Ecol. , 44: 211-228
- HYMAN, L.H. (1967)
The invertebrates . Vol. 6: Molluscs I.
Mc Graw Hill. 792 p.
- ITO, H. & S. TACHIZAWA (1981)
An estimation of the density of the available stock of the sea snail, Neptunea arthritica , by trap fishing.
Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab. , 46 : 113-118.
- ITO, H., T. WAKUI, Y. TATEUCHI & S. TACHIZAWA (1981)
Observations on the behaviour of the sea-snail Neptunea arthritica towards a trap.
Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab. No 46: 97 - 111.
- JONES, D.S. (1983)
Sclerochronology: reading the record of the molluscan shell.
American Scientist , 71 : 384 - 391.
- JONES, D.S., D.F. WILLIAMS, & M.A. ARTHUR (1983)
Growth history and ecology of the Atlantic surf clam, Spisula solidissima (Dillwyn), as revealed by stable isotopes and annual shell increments.
J. Exp. Mar. Biol. Ecol. , 73 : 225 - 242.
- JOUBIN, L. (1911)
Gisements de coquilles comestibles des côtes de France.
Bulletin de l'Institut Océanographique , 8 (213) : 1-13.

KENNISH, M.J. (1980)

Shell microgrowth analysis. Mercenaria mercenaria as a type example for research in population dynamics. In : Skeletal growth of aquatic organisms. Biological records of environmental changes. Edited by D.C RHOADS & R.A. LUTZ. Plenum Press, New York and London, pp: 255-294.

KENDALL, M.G. (1973)

Time-series.

Griffin. London. 197 p.

KENT, B.W. (1983)

Natural history observations on the busyconine whelks Busycon contrarium (Conrad) and Busycotypus spiratum (Lamarck).

J. moll. Stud. , 49 : 37-42.

KIMURA, D.K. (1977)

Statistical assesement of the age-length key.

J. Fish. Res. Board Can. , 34 : 317-324

KIMURA, D.K. (1980)

Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve.

Fish. Bull. , 77 (4) : 765 - 776.

KOIE, M. (1969)

On the endoparasites of Buccinum undatum L. with special reference to the trematodes

Ophelia , 6 : 251-279.

KRANTZ, D.E., D.S. JONES & D.F. WILLIAMS (1984)

Growth rates of the sea scallop, Paleopecten magellanicus , determined from the 18 O- 16 O record in shell calcite.

Biol. Bull. , 167 : 186-199.

KUBO, I. & K. KONDO (1953)

Age determination of the Babylonia japonica (Reeve) an edible marine gastropod, basing on the operculum.

Journal of the Tokyo University of Fisheries , 39 : 199-207

LARKIN, P.A. (1977)

An epitaph for the concept of maximum sustainable yield.

Trans. Am. Fish. Soc. , 106 : 1-11.

LAUREC, A. & J.Y. LE GALL (1975)

De-seasonalizing of the abundance index of a species. Application to the albacore (Thunnus alalunga) monthly catch per unit effort (c.p.u.e.) by the Atlantic Japanese longline fishery.

Bull. Far Seas Res. Lab. , 12 : 145-169.

LAUREC, A., & J.C. LE GUEN (1981)

Dynamique des populations marines exploitées. Tome I. Concepts et modèles.

Rapp. Sci. Tech. CNEXO n° 45 : 118 p.

LAUREC, A. & A. MAUCORPS (1981)

Dsicrétisation de la croissance pondérale et rendement par recrue.

Cons. Int. Explor. Mer , 1981/H: 37, 18p.

- L.C.H.F. (1982)
Catalogue sédimentologique des côtes françaises. Vol. 3: De la Baie de Seine au Mont St Michel.
- LE DANOIS, E. (1924)
Les conditions de la pêche à la morue sur les bancs de Terre-Neuve.
Office Scientifique et Technique des Pêches Maritimes. Notes et Mémoires N° 35: 47 p.
- LE PICHON, A. (1978)
Les comptes du pêcheur artisan.
Centre d'études et d'action sociales maritimes. 66 p.
- LESLIE, P.H. & D. H. DAVIS (1939)
An attempt to determine the number of rats in a given area.
J. Anim. Ecol., 8 : 94-113.
- LINSLEY, R.M. (1978)
Locomotion rates and shell form in the Gastropoda.
Malacologia, 17 : 193-206.
- MACKETT, D.J. (1963)
A method of sampling the pacific albacore (Thunnus_germo) catch for relative age composition.
Proc. World Sci. Meeting Biol. Tunas, Rel. Sp. FAO fish. Rpt. , 6 : 1335-1366.
- MEANY, T.F. (1979)
Limited entry in the Western Australian rock lobster and prawn fisheries: an economic evaluation.
J. Fish. Res. Board Can. , 36 : 789-798.
- MESNIL, B. (1980)
Théorie et pratique de de l'analyse de cohortes.
Rev. Trav. Inst. Pêches marit. , 44 (2) : 119-155.
- MOORE, H.B. (1937)
The biology of Littorina_littorea . Part I. Growth of the shell and tissues, spawning, length of life and mortality.
J. Mar. Biol. Ass. U.K. , 21 : 721-742.
- MORSE, E.S. (1877)
On a diminutive form of Buccinum_undatum male. A case of natural selection.
Proc. Boston Soc. Natur. Hist. , 18 : 284-287.
- NAGAI, T. (1975)
An analysis of the snail fishing data in the Eastern Bering Sea-I. On the variation of catch per unit effort.
Bull. Far Seas Res. Lab. , 12 : 121-135
- NELDER J.A. & R. MEAD (1965)
A simplex method for function minimization.
The computer journal , 7 : 308-313.

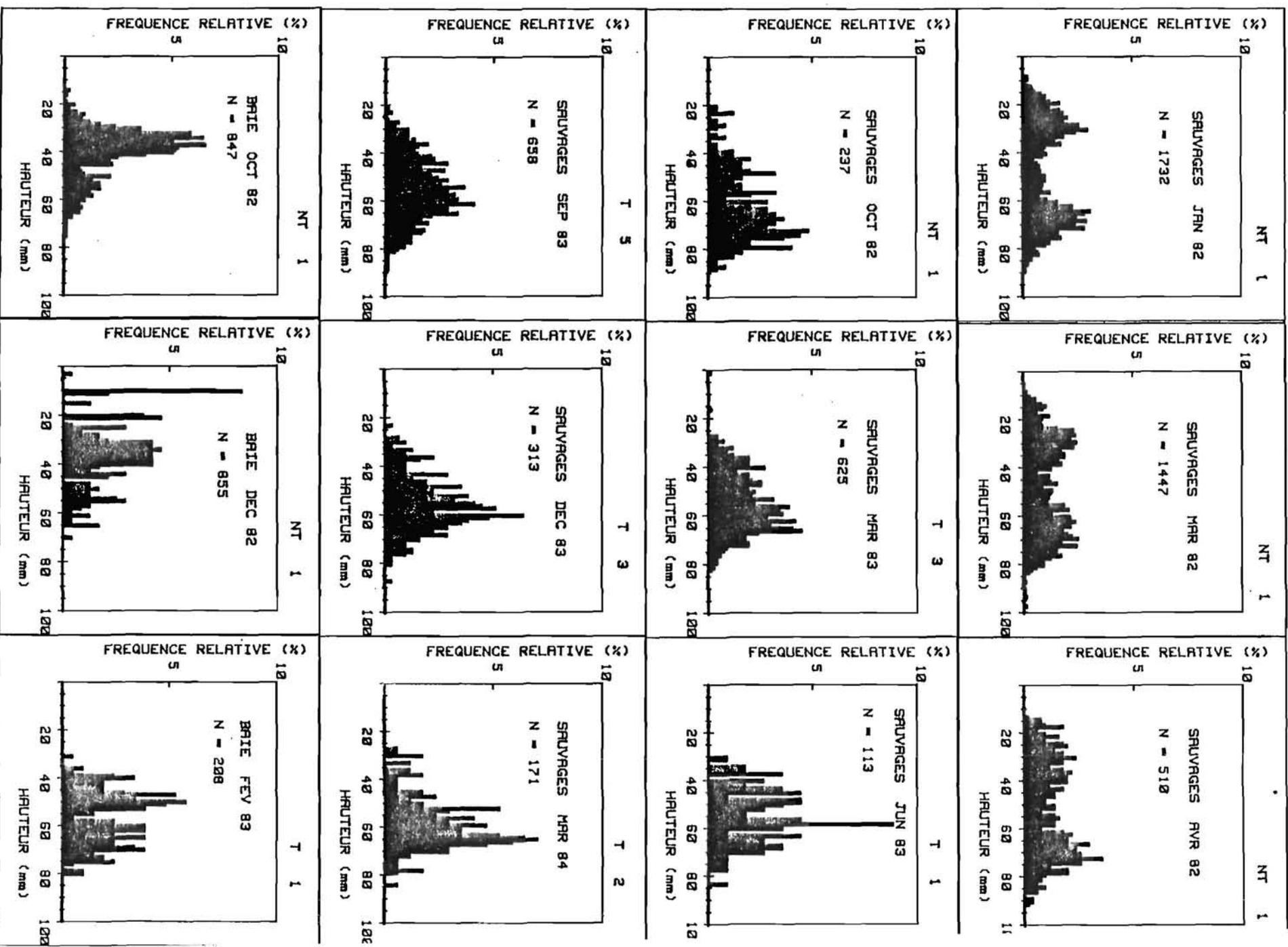
- NIELSEN, C. (1975)
 Observations on Buccinum undatum L. attacking bivalves and on prey responses, with a short review of other Prosobranchs.
Ophelia , 13 : 87-108.
- OKUBO, A. (1980)
Diffusion and ecological problems: mathematical models.
 Biomathematics, Vol. 10, Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, 254 p.
- OTIS, D.L., K.P. BURNHAM, G.C. WHITE & D.R. ANDERSON (1978)
 Statistical inference from capture data on closed animal populations.
 Wildlife Monograph 62. The Wildlife Society Inc., Washington, D.C. 135p.
- PALDHEIMO, J.E. (1961)
 Studies on the estimation of mortalities. 1. Comparison of method described by Beverton and Holt and a new linear formula.
J. Fish. Res. Board Can. , 18 : 645-662.
- PELLA, J.J. & P.K. TOMLINSON (1969)
 A generalised stock production model.
Bull. IATTC , 13 : 419-496.
- PETERSEN, C.G.J. (1911)
 Some experiments on the possibility of combating the harmful animals of the fisheries, especially the whelks in the Limfjord.
 Report of the Danish Biological Station, Vol. 19: 248-259.
- PHILLIPS, B.F. & N.A. CAMPBELL (1974)
 Mortality and longevity in the whelk Dicathais orbita (Gmelin).
Aust. J. mar. Freshwat. Res. , 25 : 25 - 33.
- PINGREE, R.D., G.T. MARDELL & L. MADDOCK (1985)
 Tidal mixing in the Channel Isles region derived from the results of remote sensing and measurements at sea.
Estuarine, coastal and shelf science , 20 : 1-18.
- POPE, J.G. (1972)
 An investigation of the accuracy of virtual population analysis.
Northwest Atlantic Fisheries Research Bulletin , 9 : 65-74.
- RAO, L.M., & D.V.R. SARMA (1979)
 Growth studies on Clypeomorus clypeomorus Jousseaume (Gastropoda : Cerithiidae) from the Visakhapatnam coast.
Indian J. Mar. Sci. , 8 : 12-15.
- RICHARD, G., & B. SALVAT (1980)
 Abondance et croissance de Tectarius grandinatus en Polynésie française.
Haliotis , 10 (2) : 179.
- RICKER, W.E. (1973)
 Linear regressions in fishery research
J. Fis. Res. Board Can. , 30 : 409-434.

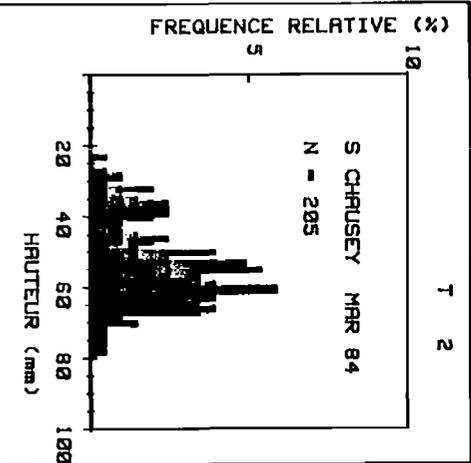
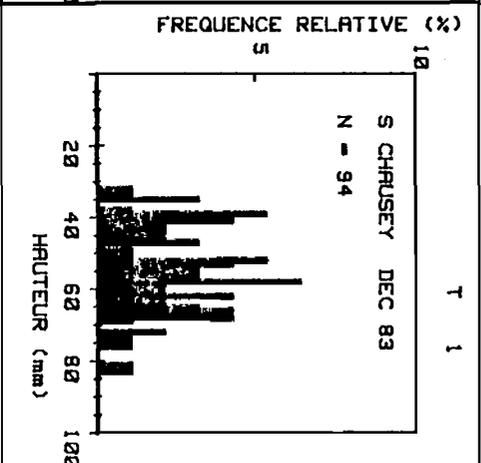
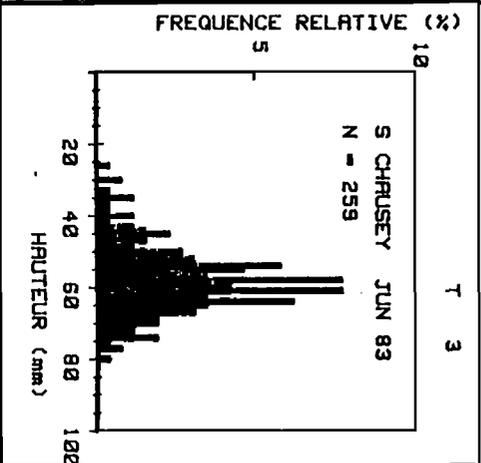
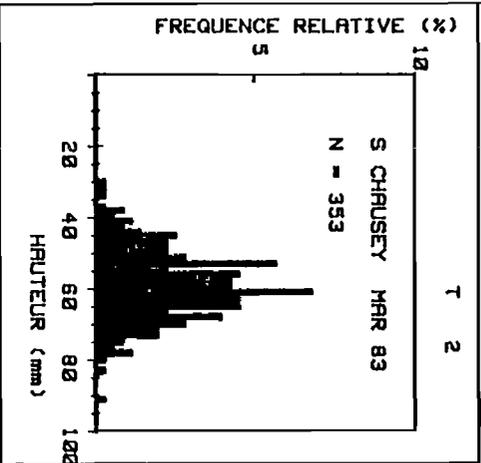
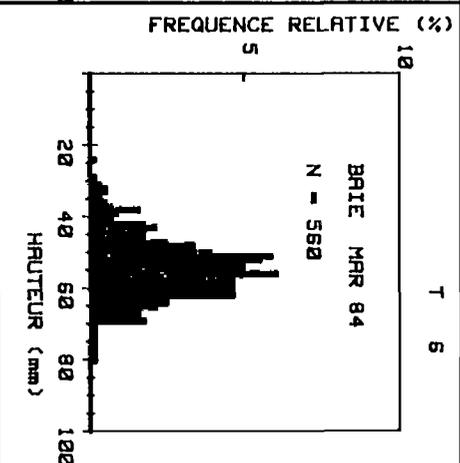
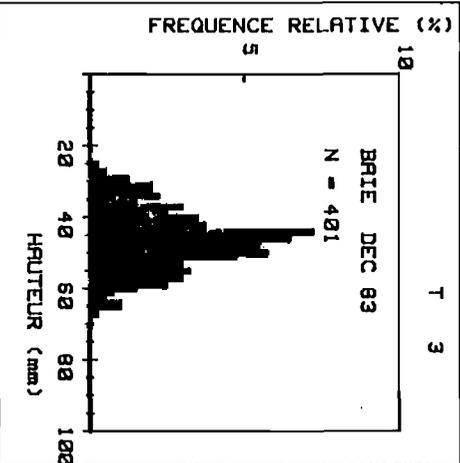
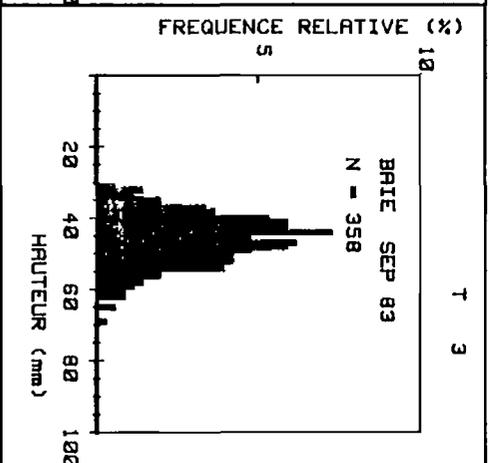
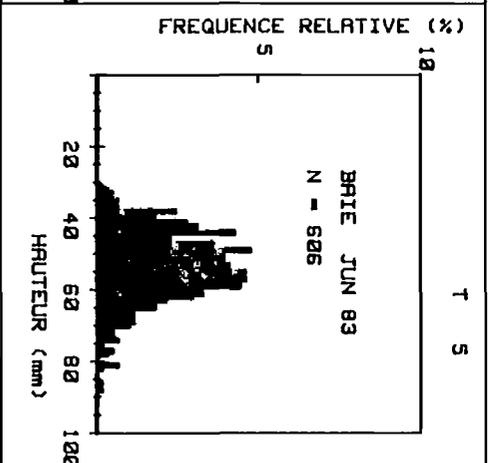
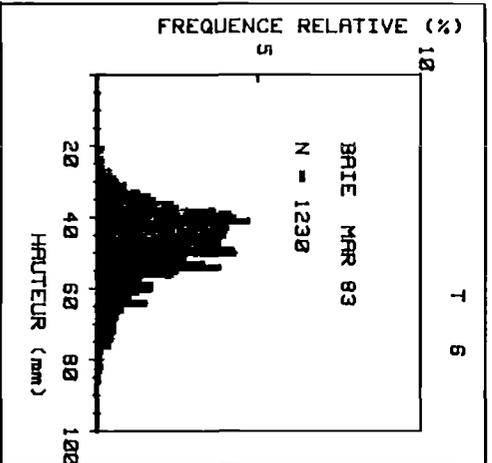
- RICKER, W.E. (1975)
Computation and interpretation of biological statistics of fish populations
 Bull. Fish. Res. Board Can. , 191: 382 p.
- ROFF, D.A. (1980)
 A motion for the retirement of the Von Bertalanffy function.
Can. J. Fish. Aquat. Sci. , 37 : 127-129.
- RYE, D.M. & M.A. SOMMER II (1980)
 Reconstructing paleotemperature and paleosalinity regimes with oxygen isotopes. In : Skeletal growth of aquatic organisms. Biological records of environmental changes. Edited by D.C. RHOADS & R.A. LUTZ, Plenum Press, New York and London, pp: 169 - 202.
- SCHNUTE, J. (1983)
 A new approach to estimating populations by the removal method.
Can. J. Fish. Aquat. Sci. , 40 : 2153-2169.
- SIRE, J.Y., & P. BONNET (1984)
 Croissance et structure de l'opercule calcifié du gastéropode polynésien Turbo setosus (Prosobranchia: Turbinidae): détermination de l'âge individuel.
Mar. Biol. , 79 (1): 75 - 87.
- SMITH, W.R. (1979)
 Parameter estimation in nonlinear models of biological systems.
 Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 889: 90 p.
- SPIGHT, T.M. (1975)
 On a snail's chances of becoming one year old
Oikos , 26 : 9-14.
- THOMPSON, I., D.S. JONES, & D. DREIBELBIS (1980)
 Annual internal growth banding and life history of the ocean quahog Arctica islandica (Mollusca: Bivalvia).
Mar. Biol. , 57 : 25-34.
- THORSON, G. (1946)
 Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates.
Meddel. Komm. Havundersoeg , Ser. Plankton , 4 : 1-523.
- TOMLINSON, P.K., & N.J. ABRAMSON (1961)
 Fitting a von Bertalanffy growth curve by least squares. Including tables of polynomials.
 State of California, Dept. Fish. & Game, Fish. Bull. N° 116: 3-69.
- UREY, H.C. (1947)
 The thermodynamic properties of isotopic substances.
J. Chem. Soc. (London) 1947 : 562 - 581.

- VERON, G. & J. HUET (1983)
La pêche du buccin sur la côte ouest Cotentin . Elements de biologie .
 Rapport ISTPM. 18 p.
- VILLEMEURE, L. & P. LAMOUREUX (1975)
 Inventaire et biologie des populations de buccins (Buccinum undatum L.)
 sur la rive sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent en 1974.
 Min. de l'Industrie et du Commerce. Dir. Pêches marit. Cahiers
 d'information n° 69 : 1-41.
- VOVELLE, J., & M. GRASSET (1980)
 Etude cytologique et histochimique comparée de la formation de
 l'opercule chez les Prosobranches.
Haliotis , 10 (2) : 148.
- WALTER, G.G. (1975)
 Graphical methods for estimating parameters in simple models of
 fisheries.
J. Fish. Res. Board Can. , 32 : 2163-2168.
- WEBBER, H.H. (1977)
 Gastropoda: Prosobranchia. In : Giese, A.C. et J.S. Pearse (eds.).
 Reproduction of marine invertebrates. Vol. VI. Molluscs: Gastropods and
 Cephalopods. Academic Press. 369 p.
- WEFER, G., & J.S. KILLINGLEY (1980)
 Growth histories of strombid snails from Bermuda recorded in their O-18
 and C-13 profiles.
Mar. Biol. , 60 : 129 - 135.
- WELLS, M. (1968)
Les animaux inférieurs
 L'Univers des connaissances no. 35, Hachette éd., Paris, 254 p.
- WILLIAMSON, P., & M.A. KENDALL (1981)
 Population age structure and growth of the trochid Monodonta lineata
 determined from shell rings.
J. mar. biol. Ass. U.K. , 61 : 1011 - 1026 .
- YAMAGUCHI, M. (1977)
 Shell growth and mortality rates in the coral reef gastropod Cerithium
nodulosum in Pago Bay, Guam, Mariana Islands.
Mar. Biol. , 44 : 249-263.
- YAVNOV, S.V., & A.V. IGNAT'EV (1979)
 Shell structure and growth temperature of mollusks, family Mactridae.
Soviet J. Mar. Biol. , 5 (5) : 409 - 414.

A N N E X E 1

Histogrammes des fréquences relatives de la hauteur de la coquille dans les captures de la pêcherie granvillaise. Pour chaque histogramme est précisé en haut et à droite, si les échantillons sont prélevés avant le tri par taille des captures (NT), ou bien après (T). A côté de cette indication est noté le nombre de bateaux échantillonnés.





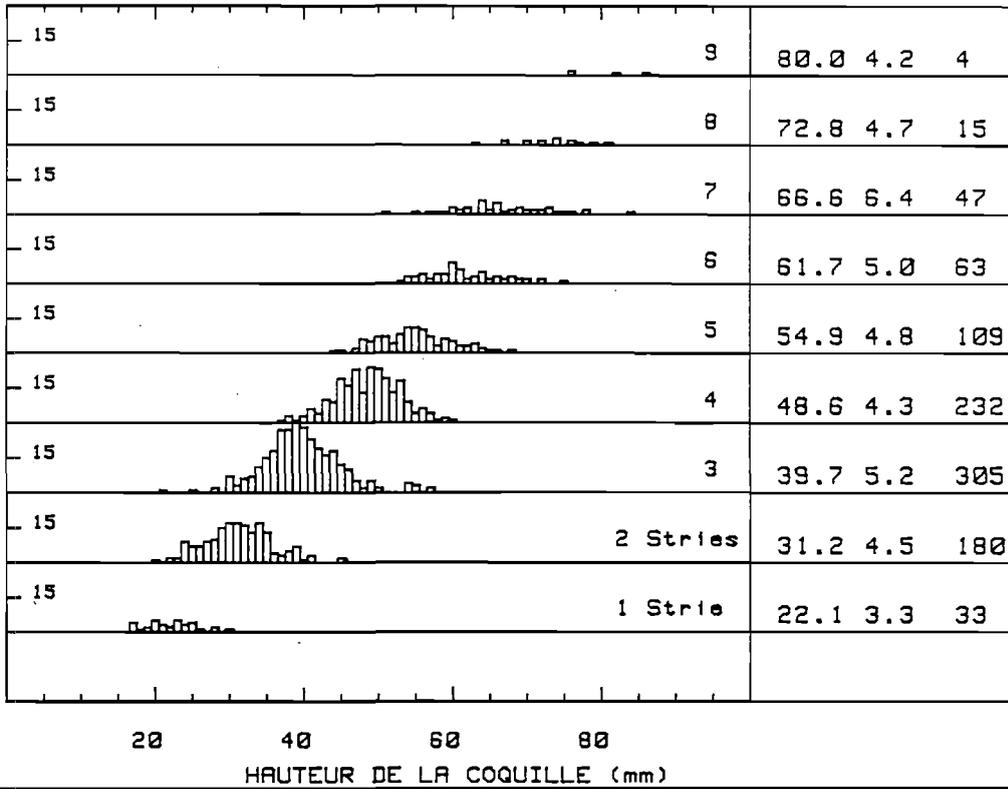
ANNEXE 2

HISTOGRAMMES DE DISTRIBUTION
DES HAUTEURS DE LA COQUILLE
PAR CLASSE D'AGE

BAIE MARS 83

\bar{X} Sx N
(mm) (mm)

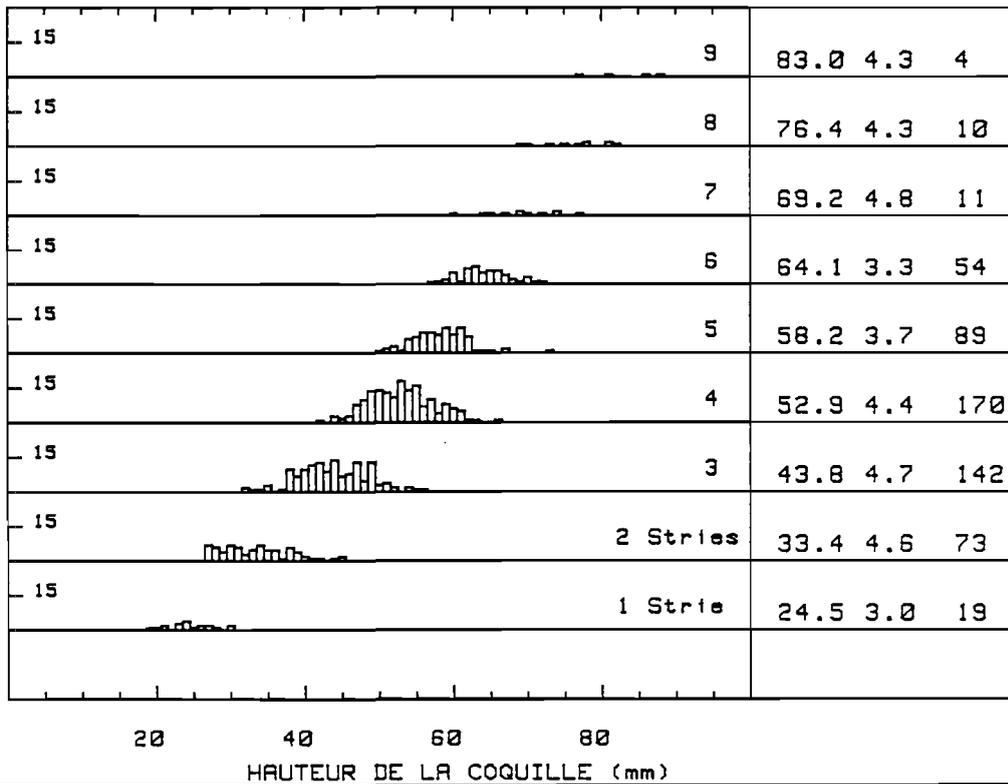
FREQUENCES ABSOLUES

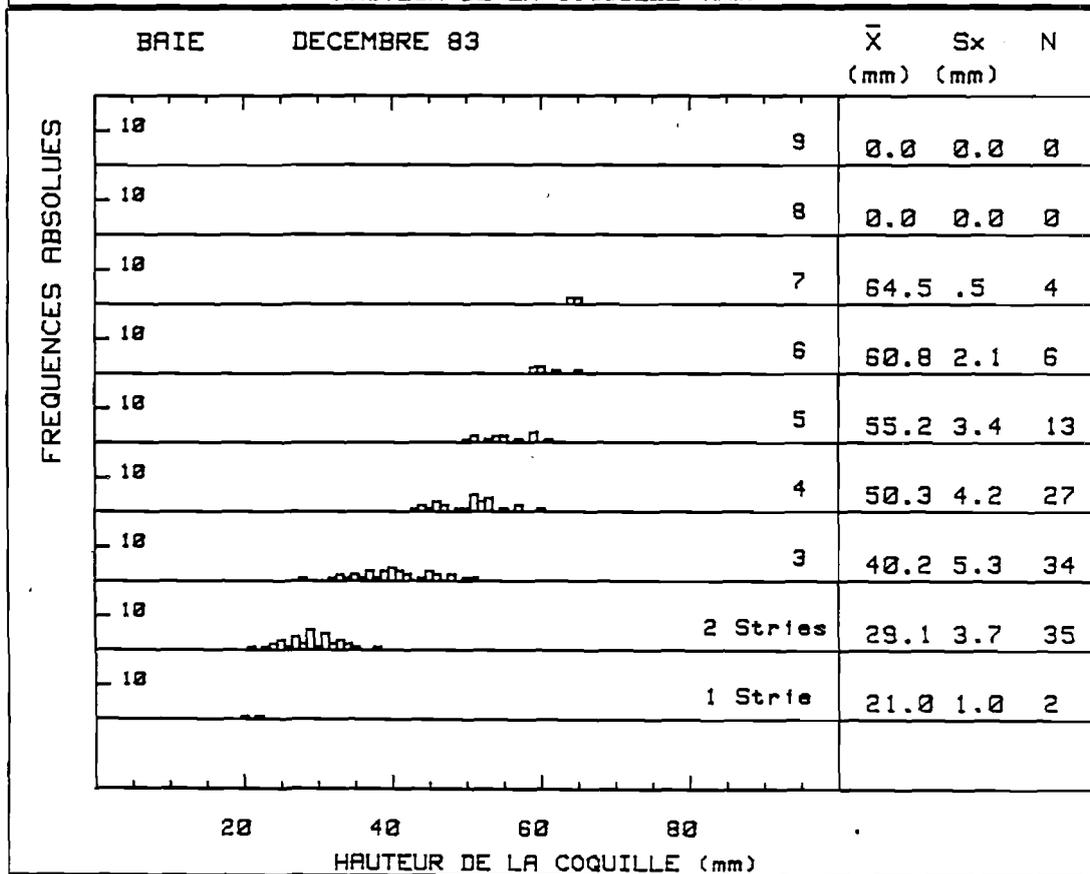
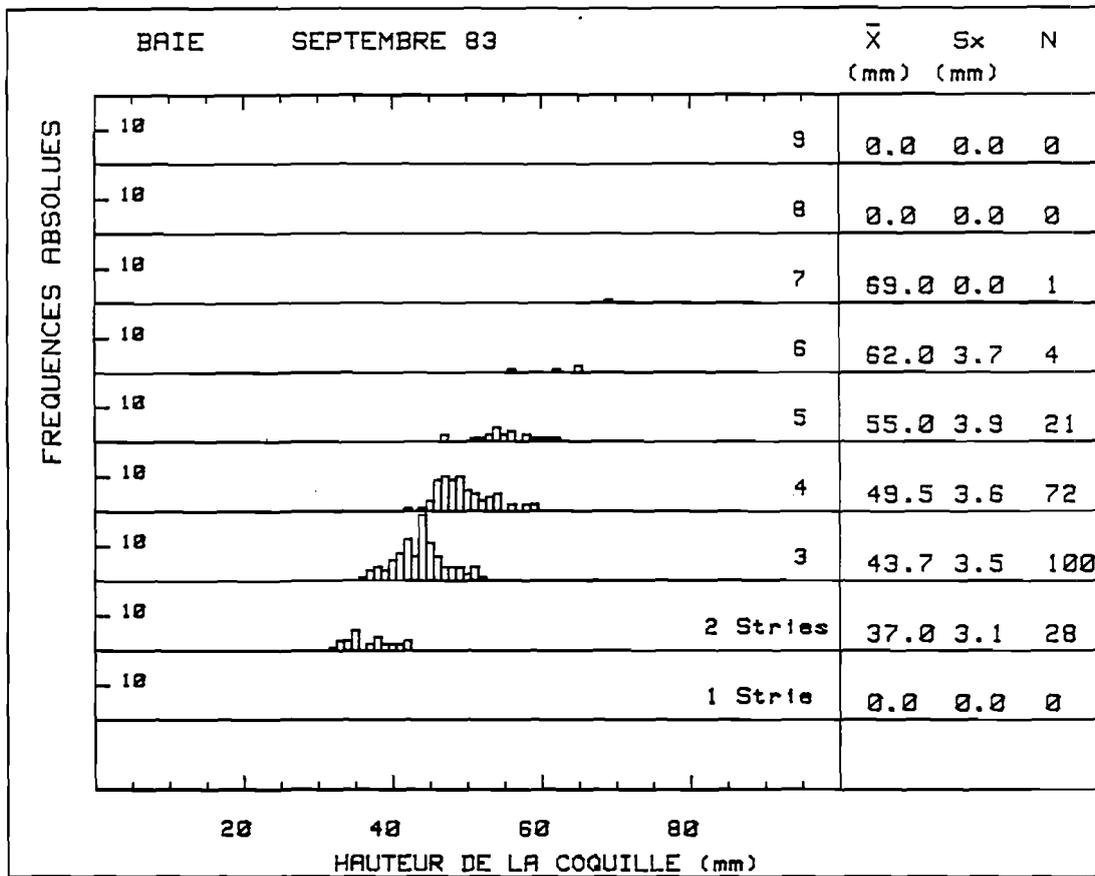


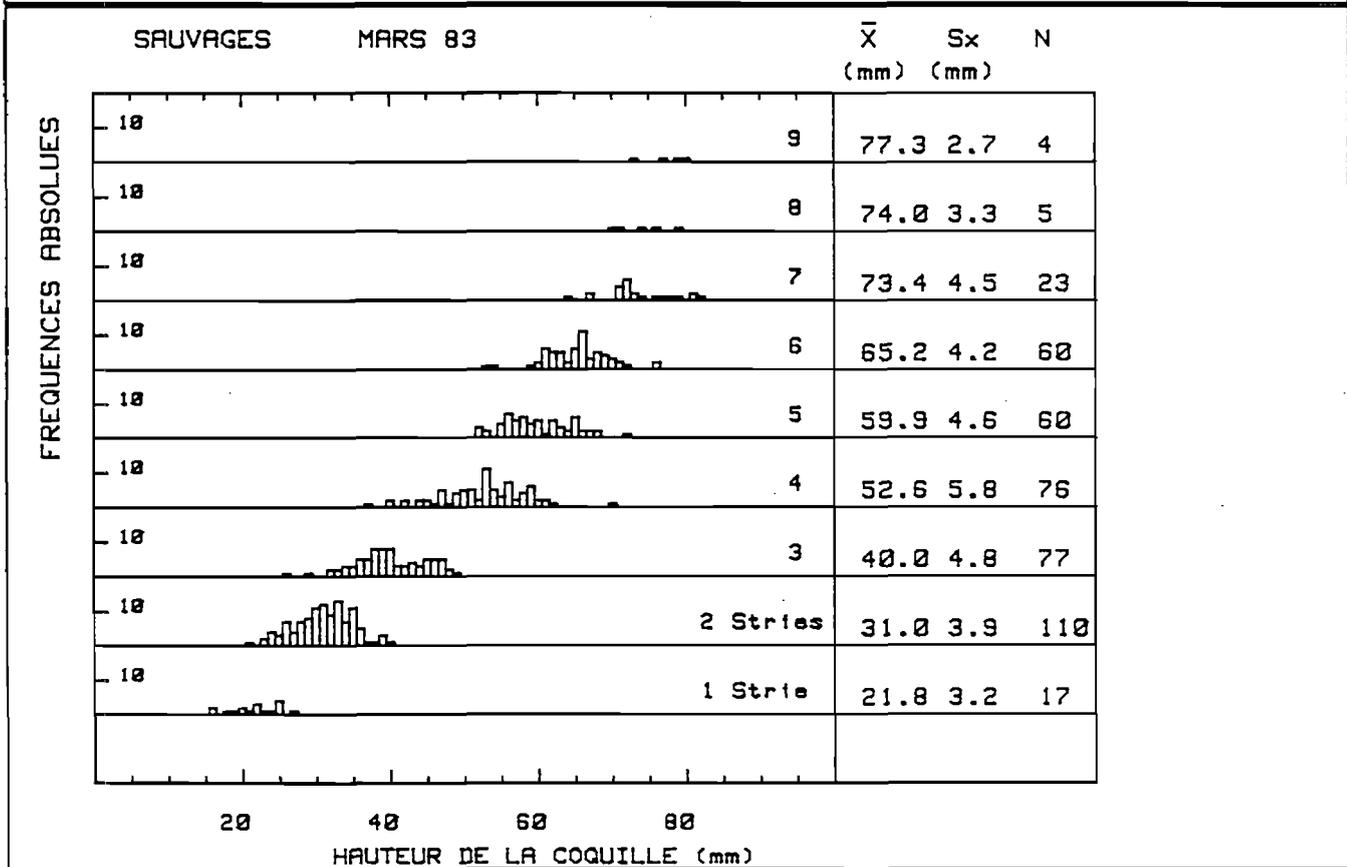
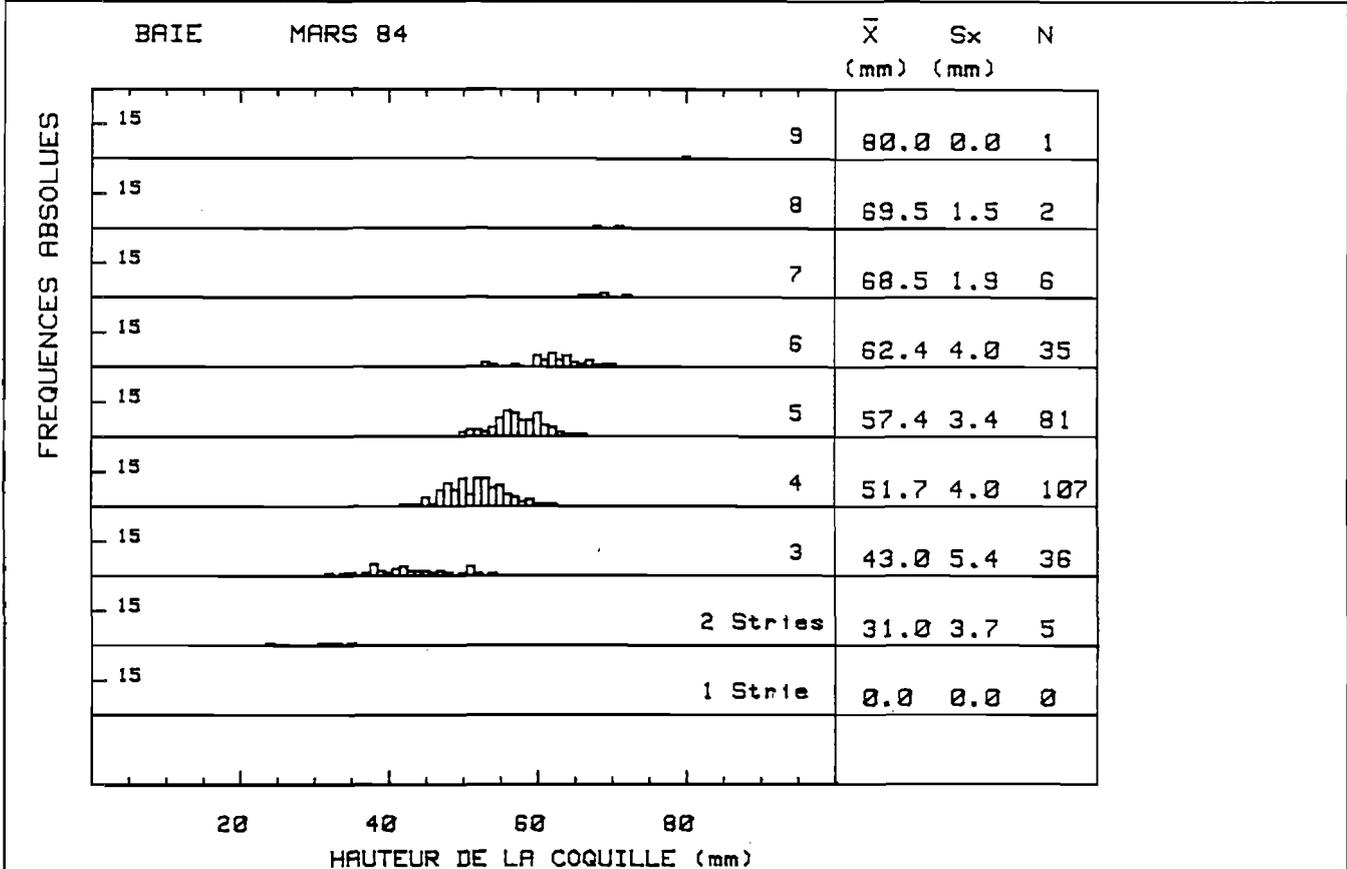
BAIE JUIN 83

\bar{X} Sx N
(mm) (mm)

FREQUENCES ABSOLUES



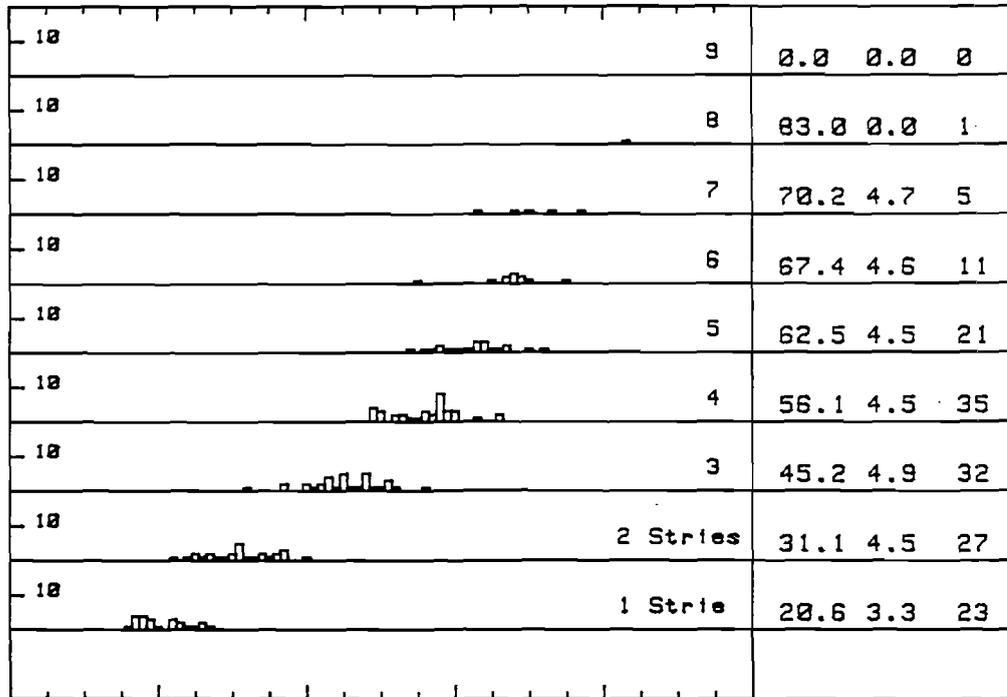




SAUVAGES JUN 83

 \bar{X} Sx N
(mm) (mm)

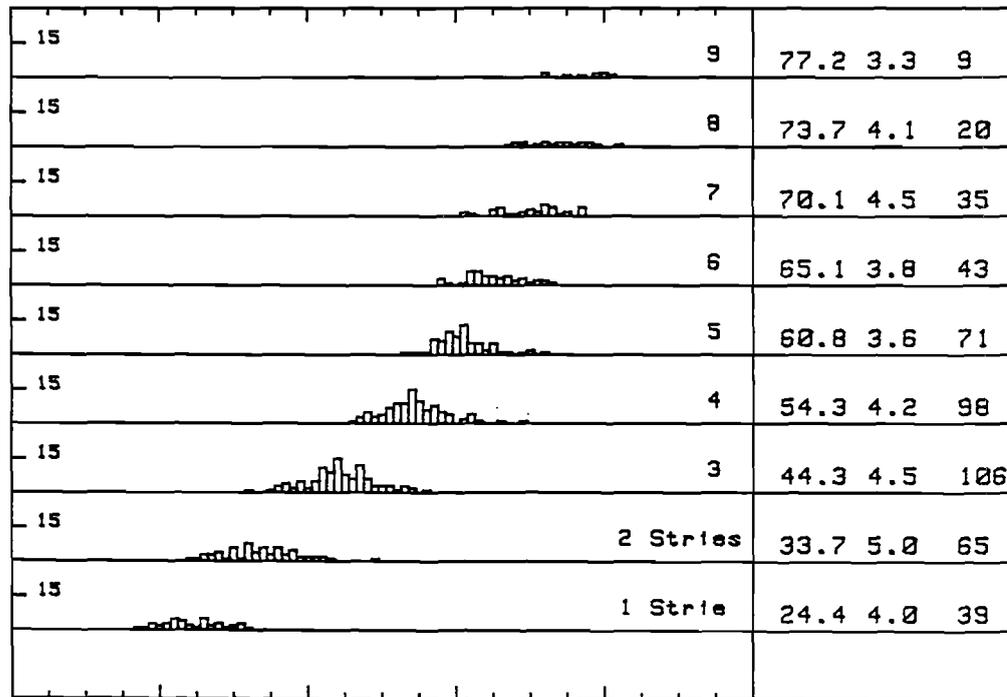
FREQUENCES ABSOLUES

20 40 60 80
HAUTEUR DE LA COUILLE (mm)

SAUVAGES SEPTEMBRE 83

 \bar{X} Sx N
(mm) (mm)

FREQUENCES ABSOLUES

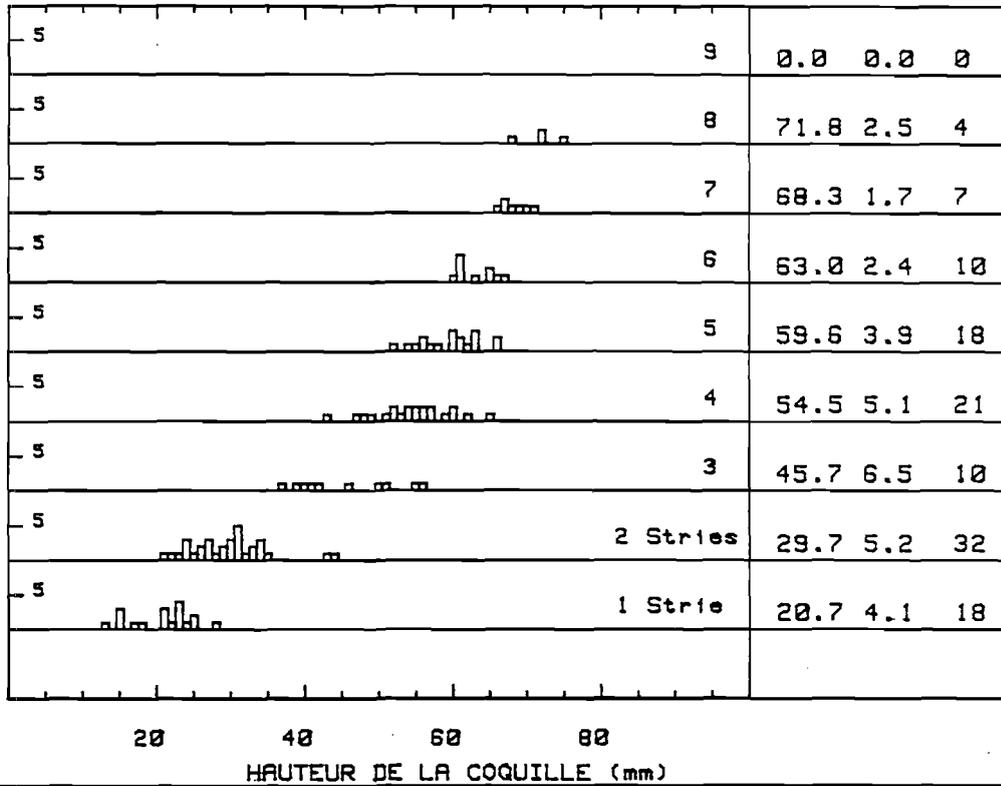
20 40 60 80
HAUTEUR DE LA COUILLE (mm)

SAUVAGES

DECEMBRE 83

 \bar{X} Sx N
 (mm) (mm)

FREQUENCES ABSOLUES

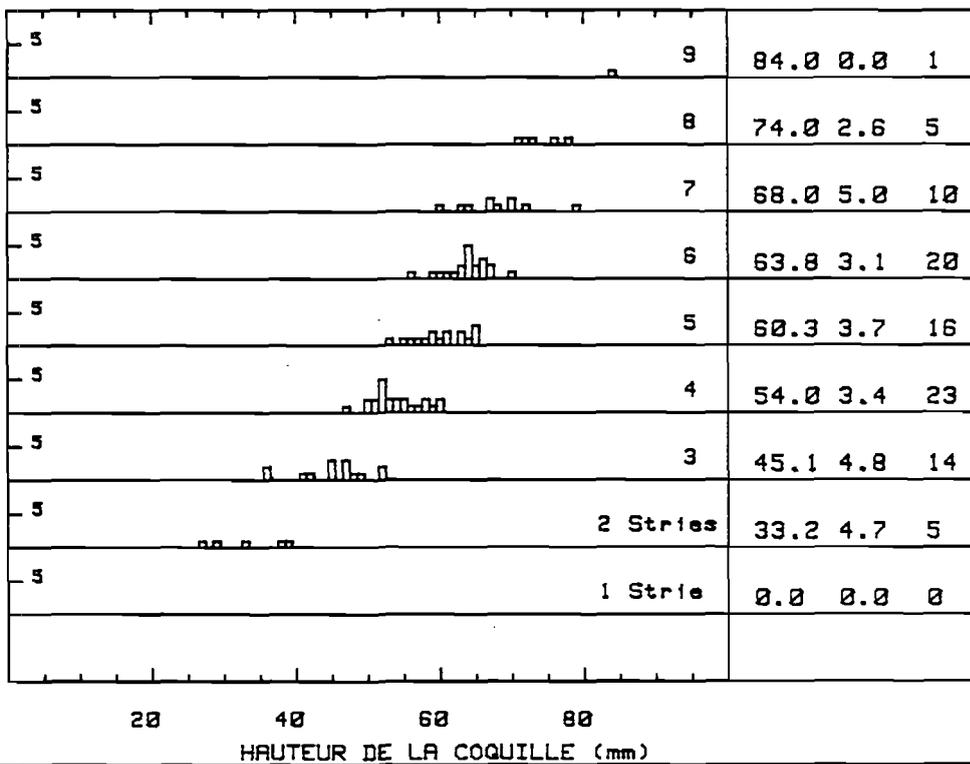


SAUVAGES

MARS 84

 \bar{X} Sx N
 (mm) (mm)

FREQUENCES ABSOLUES

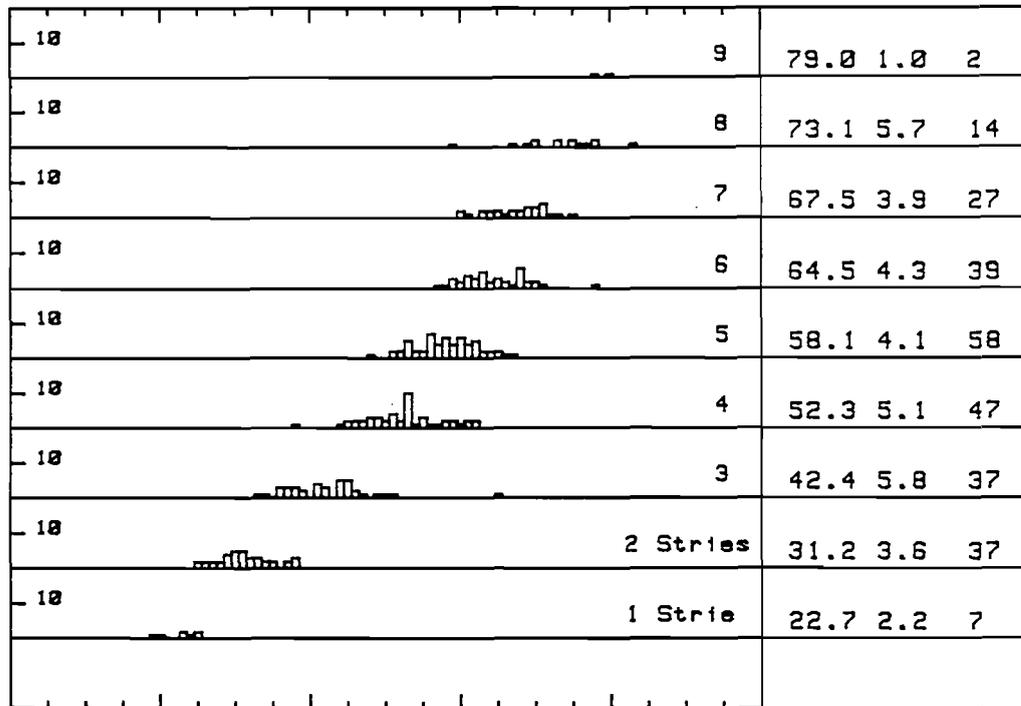


S CHAUSEY

MARS 83

 \bar{X} Sx N
 (mm) (mm)

FREQUENCES ABSOLUES



20

40

60

80

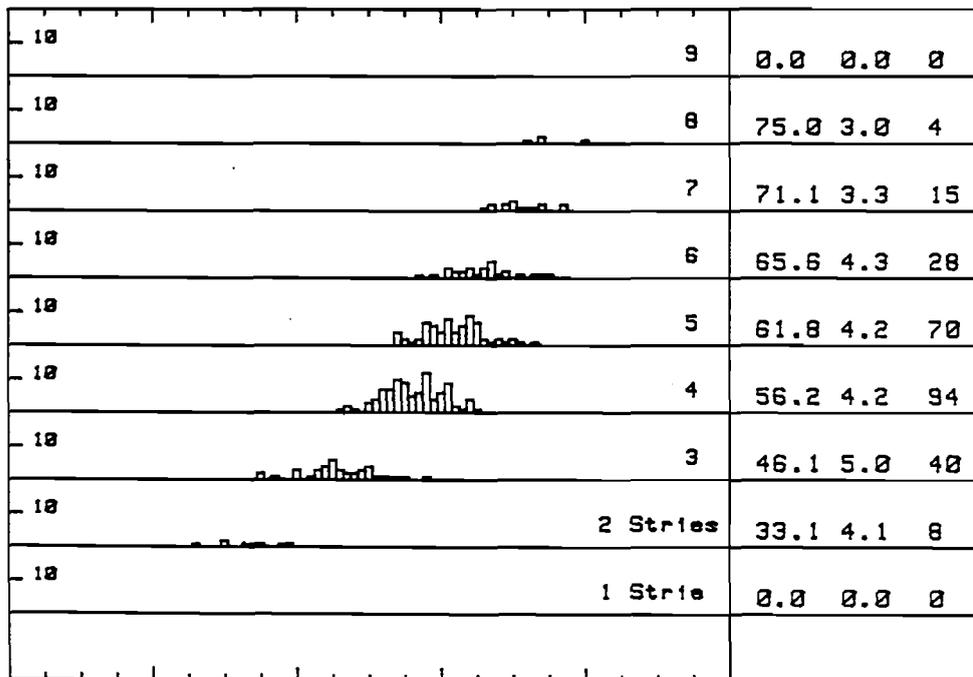
HAUTEUR DE LA COQUILLE (mm)

S CHAUSEY

JUN 83

 \bar{X} Sx N
 (mm) (mm)

FREQUENCES ABSOLUES



20

40

60

80

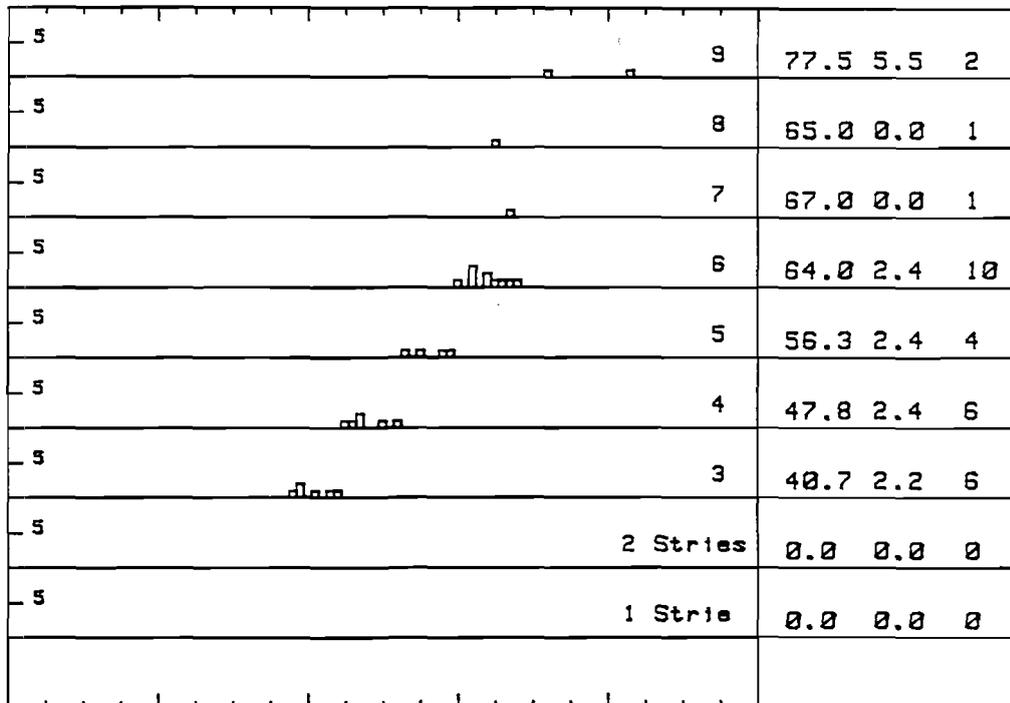
HAUTEUR DE LA COQUILLE (mm)

S CHAUSEY

DECEMBRE 83

\bar{X} Sx N
(mm) (mm)

FREQUENCES ABSOLUES



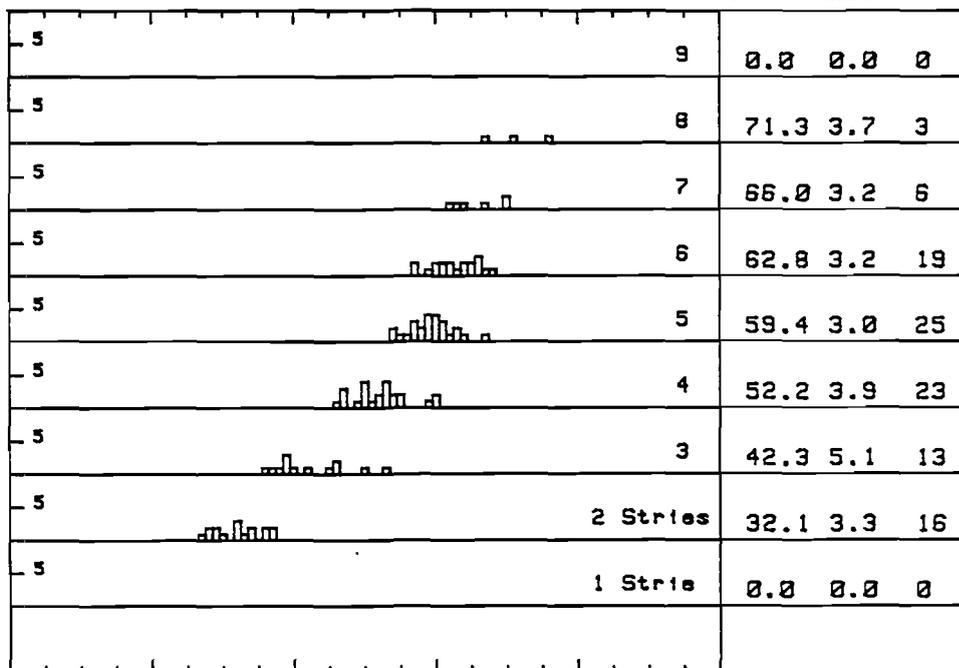
20 40 60 80
HAUTEUR DE LA COQUILLE (mm)

S CHAUSEY

MARS 84

\bar{X} Sx N
(mm) (mm)

FREQUENCES ABSOLUES



20 40 60 80
HAUTEUR DE LA COQUILLE (mm)

ANNEXE 3 RELATION ENTRE LA TAILLE INDIVIDUELLE ET LA VITESSE DE DEPLACEMENT

L'étude de la relation hauteur - vitesse a contribué à l'élaboration du protocole expérimental pour l'estimation de la surface de pêche d'un casier. En outre, elle précise le mode de sélectivité de l'engin: pour une taille donnée, la proportion d'individus capturés est liée à la distance qui peut être parcourue par ces individus pendant que le casier est sur le fond (cf. § IV.6.1)

METHODES

Au mois de décembre 1984, 40 buccins de 20 à 80 mm de hauteur ont été prélevés dans les captures commerciales et placés dans un bac (60 cm de large, 1.8 m de long et 30 cm de profondeur) contenant un lit de 7 cm d'épaisseur de sable grossier et maërl. Au bout de 24 heures tous les individus étaient enfouis dans le sédiment. Un courant d'eau continu a été ensuite créé, orienté suivant la longueur du bac.

Le déplacement des buccins a été provoqué par un morceau de poisson ou crabe (identique à celui utilisé comme appât dans les casiers) placé près de l'arrivée. Pratiquement tous les buccins réagissaient à la présence de l'appât. Pour chaque individu, la vitesse de déplacement V (cm/mn) est calculée à partir de la distance parcourue dans un laps de temps fixé arbitrairement entre 1 et 2 mn. La hauteur de la coquille (H, en mm) de l'individu était également notée.

Les expériences se sont déroulées à 5 dates différentes: 20, 25 et 31 janvier 1984, 2 et 13 février 1984. Pour chaque date, les paramètres du modèle linéaire:

$$V = a H + b$$

ont été estimés par les moindres carrés. D'autre part, le même modèle a été ajusté à l'ensemble des données acquises au cours des 5 jours de l'expérience.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les conditions dans lesquelles se sont déroulées les expériences n'ont pas été suffisamment contrôlées: forte variabilité de la température de l'eau (6 - 9 °C), et du degré de jeûne des buccins. De plus, les mêmes individus étaient repris à chaque date. L'effet du type de substrat n'a pas été étudié. Malgré tous ces inconvénients, la tendance générale qui se dégage est celle d'une vitesse de déplacement qui augmente avec la taille des individus (tableau A3 ; figure A3).

LINSLEY (1978) signale que chez les gastéropodes, la vitesse ne dépend pratiquement pas de la taille de l'individu quand le déplacement résulte d'une activité ciliaire. Par contre, quand le déplacement s'effectue par contractions musculaires de la sole pédieuse, ce qui est le cas chez *B. undatum*, la vitesse peut croître avec la taille de l'animal.

Les vitesses observées au cours de ces expériences sont légèrement supérieures à celles relatées pour d'autres gastéropodes (entre 1 et 6 cm/ mn selon HYMAN, 1967).

DATE	NOMBRE D' INDIVIDUS	MODELE LINEAIRE		
		a	b	r^2
JANV 20	8	0.100	5.06	0.53
JANV 25	8	0.052	4.51	0.57
JANV 31	16	0.086	6.79	0.73
FEVR 2	8	0.129	3.43	0.67
FEVR 15	14	0.052	7.52	0.64
TOUTES DATES CONFONDUES	54	0.083	5.82	0.61

Tableau A3 .- Estimations des paramètres du modèle linéaire:
 $Vitesse (cm/mn) = a \times Hauteur\ de\ la\ coquille\ (mm) + b$

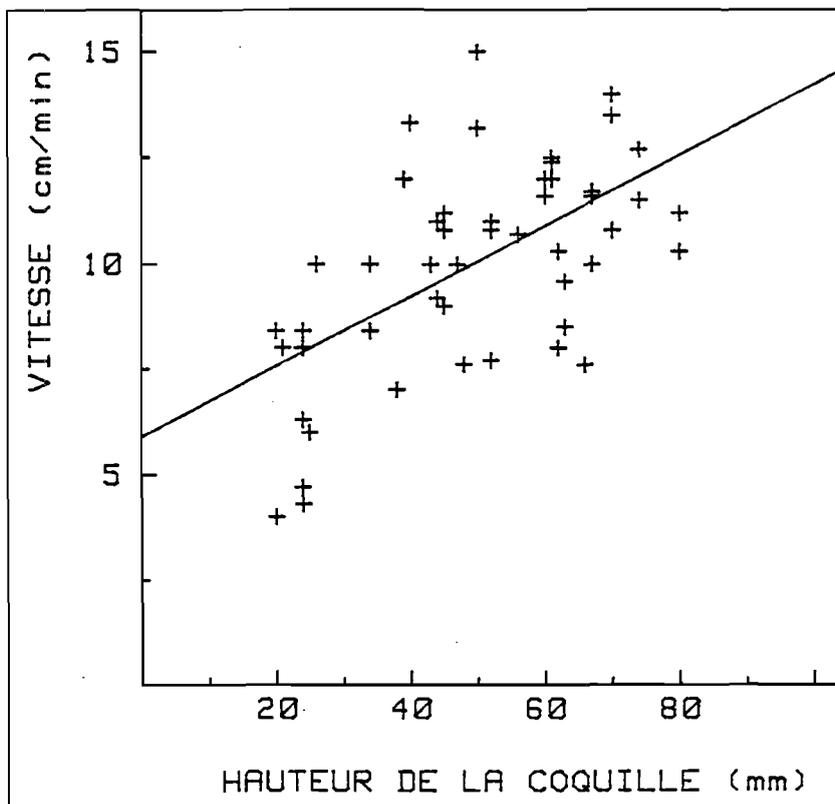


Figure A3 .- Relation entre la hauteur de la coquille et la vitesse de déplacement des buccins sur le substrat

ANNEXE 4 DESCRIPTION DE LA PECHERIE DE BUCCIN DE LA ZONE DU WASH (Royaume Uni)

Quelques renseignements concernant la pêcherie de buccin du Wash (ports de Wells et Brancaster) ont été recueillis au cours d'un stage dans le laboratoire de pêches du MAFF (Ministry of Agriculture Fisheries and Food) à Lowestoft (mai 1983).

Données existantes dans les archives du MAFF

La pêcherie de la zone de Norfolk s'est développée depuis le début de ce siècle. La production annuelle culmine dans la période 1973-1976 (environ 2500 tonnes par an). Depuis 1979 les rendements ont sensiblement baissé. En 1982 les débarquements n'ont été que de 800 tonnes. Entre 1950 et 1982, le nombre de bateaux pêchant le buccin presque toute l'année se maintient de manière plus ou moins stable aux alentours de 10. Depuis les années soixante, les pêcheurs de buccin de la zone ont connu de sérieux problèmes de commercialisation (production supérieure à la demande, concurrence avec d'autres ports).

En 1981, la proportion de jeunes individus (40-50 mm de hauteur de la coquille) était très élevée (fig. A4), et posait des problèmes de commercialisation.

Informations obtenues au cours d'entretiens avec les pêcheurs

Les rendements et la compositions des captures varient beaucoup selon la distance à la côte:

- près de la côte les rendements et la proportion de jeunes individus sont très faibles (cf. fig. A4); de plus, de nombreux pagures (occupant des coquilles de buccin) et de crabes sont pris dans les casiers.
- en s'éloignant de 25 à 30 miles, les rendements s'améliorent tandis que la proportion de pagures et de crabes diminue.

Ces observations suggèrent un déficit de recrutement et une augmentation de la mortalité naturelle près des côtes.

La principale voie de commercialisation du buccin dans la zone est une usine de transformation (les buccins y sont bouillis, décortiqués et congelés). En 1983, le seuil de saturation de cette usine est atteint (arrivée des productions importantes en provenance d'autres ports). Les prix de vente diminuent tout comme les rendements locaux.

Travail expérimental à bord du "M.V. Strandline"

Ce travail avait deux objectifs:

- essai de capture de buccins à l'aide d'une drague.
- utilisation d'une filière expérimentale pour estimer l'efficacité relative des casiers avec des distances variables entre les casiers.

Aucun buccin n'a été pêché à la drague, sans doute parce que l'engin utilisé ne pénètre pas dans le sédiment. En effet, les buccins ne se "désablent" que pendant qu'ils recherchent leur nourriture.

La filière expérimentale était constituée de 20 casiers. La distance entre les casiers valait 3.5, 7.5, 15 ou 30 brasses. Les résultats obtenus, quoique peu exploitables, ont montré que la capture par casier variait en fonction de la distance inter-casiers. Ces résultats ont contribué à l'élaboration du protocole de travail mené avec une filière expérimentale dans le golfe normand-breton (cf. § IV.2.2).

Quelques éléments de comparaison entre la pêcherie de Norfolk, celle de Whitstable (HANCOCK, 1963), et celle du port de Granville sont présentés dans le tableau A4.

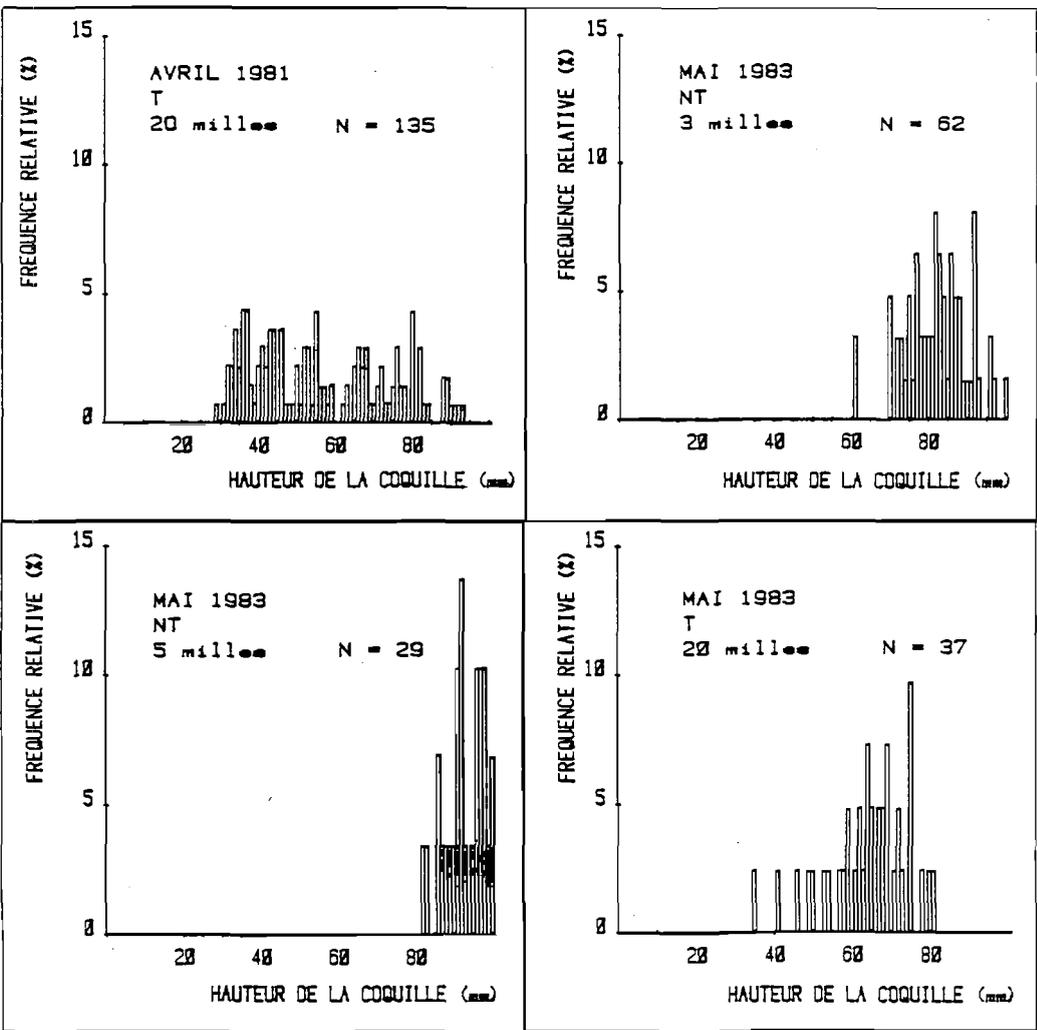


Figure A4.- Distributions de fréquences de taille des buccins dans la pêcherie du Wash. Chaque histogramme correspond à un bateau x jour. Pour chaque histogramme est précisé, en haut et à gauche, si les échantillons sont prélevés avant le tri par taille des captures (NT), ou bien après (T). Sous cette indication est notée la distance du port à la zone de pêche du bateau échantillonné.

	PECHERIE DE NORFOLK, ROYAUME UNI	PECHERIE DE WHITSTABLE, ROYAUME UNI (Hancock, 1963)	PECHERIE DE GRANVILLE (en 1983)
Nombre de bateaux pêchant pratiquement toute l'année	12 (en 1975) 11 (en 1982)	16 (en 1950) 7 (en 1959)	18
Nombre moyen de casiers par bateau	200	150	400
Surface des fonds exploités	65 000 ha		50 000 ha
Production (tonnes)	2 000 (en 1975) 800 (en 1982)	700 (1950) 125 (1959)	1 800
Prix moyen (F/kg)	1.5 (en 1982)		4.8
Capture moyenne par casier et par jour (kg)	5 (en 1973) 2 (en 1983)	0.75 (1959)	1.8
Appât	poisson + crabe (depuis les débuts du siècle)	poisson + crabe	poisson + crabe (depuis 1977)
Nombre de casiers/filière	40		50 - 60
Distance entre casiers (brasses)	14		7
Type de casier	Armature métallique entourée d'un cordage. Base métallique perforée		Plastique avec base en ciment
Coût d'un casier	130 F + 3 heures de travail pour le pêcheur		35 F + peu de main d'oeuvre

Tableau A4.- Quelques éléments de comparaison entre trois
pêcheries de buccin