

THESE de DOCTEUR-INGENIEUR

Présentée
à l'Université Pierre et Marie CURIE
- Paris 6 -

Par
Hechmi MISSAOUI

pour obtenir le titre de DOCTEUR-INGENIEUR

Spécialité : OCEANOGRAPHIE

Mention : BIOLOGIE

Sujet de la thèse : Etude comparative des pêcheries de langoustines en mer
celtique et dans le golfe de Gascogne : biologie, dynamique
et gestion des stocks.

Soutenue le : 19 décembre 1984

Devant le jury composé de :

Messieurs : P. BOUGIS
A. CHARUAU
G. CONAN
J.C. LE GUEN
P. NIVAL
J.P. TROADEC

Président
Examineur
"
"
"
"

THESE de DOCTEUR - INGENIEUR

Présentée
à l'Université Pierre et Marie CURIE
- Paris 6 -

Par
Hechmi MISSAOUI

pour obtenir le titre de DOCTEUR-INGENIEUR

Spécialité : OCEANOGRAPHIE

Mention : BIOLOGIE

Sujet de la thèse : Etude comparative des pêcheries de langoustines en mer
celtique et dans le golfe de Gascogne : biologie, dynamique
et gestion des stocks.

Soutenue le : 19 décembre 1984

Devant le jury composé de :

Messieurs :	P. BOUGIS	Président
	A. CHARUAU	Examineur
	G. CONAN	"
	J.C. LE GUEN	"
	P. NIVAL	"
	J.P. TROADEC	"

A MES PARENTS, QUI ONT CONSENTI
DE LOURDS SACRIFICES AFIN DE ME
PERMETTRE D'EFFECTUER CE TRAVAIL.

AVANT PROPOS

Au début de ce travail, je voudrais exprimer ma vive reconnaissance et mes remerciements aux professeurs et enseignants, aux responsables des organismes, aux nombreux collègues et amis sans lesquels ce travail n'aurait jamais vu le jour.

Monsieur le professeur P. BOUGIS a bien voulu accepter de guider mes travaux. Il m'a prodigué des conseils de plus haut intérêt et a suivi pas à pas l'élaboration de cette thèse. Monsieur le professeur BOUGIS a eu l'amabilité de présider ce jury ; pour tout, qu'il soit chaleureusement remercié.

J'exprime ma profonde reconnaissance à Monsieur A. CHARUAU, responsable, au sein de l'I.F.R.E.MER du programme "langoustine et espèces accessoires en mer Celtique" qui a suivi de très près mes travaux, me faisant part de son expérience en biologie et en dynamique de cette espèce. Il a orienté de façon fructueuse cette étude, par ses suggestions, ses critiques et par ses corrections.

Monsieur G. CONAN, Directeur scientifique du centre de recherches en biologie marine de Moncton (CANADA) m'a fait bénéficier de ses connaissances en dynamique des populations, en statistiques et en informatique. Il a également mis à ma disposition des programmes informatiques et des données pour l'élaboration de cette thèse. De plus, Monsieur G. CONAN a accepté de juger ce travail je lui sais gré des critiques et des corrections qu'il m'a faites, relatives au manuscrit que je lui ai présenté. Qu'il en soit très vivement remercié.

Monsieur J.C. LE GUEN, Délégué de l'O.R.S.T.O.M à Nouméa m'avait apporté un important soutien logistique durant la période de ses activités au Centre Océanologique de Bretagne. Il a participé à l'élaboration du plan de ce travail. Je lui en suis d'autant plus reconnaissant de participer à ce jury.

Je ressens tout particulièrement l'importance dans ce jury, de la présence de Monsieur le Professeur P. NIVAL, spécialiste dans le domaine de modélisation. Je lui adresse mes grands remerciements d'avoir accepté de porter un jugement sur cette thèse.

Monsieur J.P. TROADEC, Directeur de la division des ressources vivantes à l'I.F.R.E.MER, a bien voulu accepter de juger ce travail. Sa présence dans ce jury est pour moi un grand honneur. Je l'en remercie particulièrement.

Je remercie tout particulièrement Messieurs le Directeur de l'I.F.R.E.MER centre de Brest, et le Chef de département de Pêche-Aquaculture de m'avoir permis de réaliser ce travail dans le cadre de cet organisme.

Mes remerciements vont aussi à Monsieur Y. MORIZUR, pour son aide, ses critiques et pour sa correction concernant une partie de la thèse.

Les membres de l'équipe pêche sont toujours disponibles pour m'offrir des discussions utiles à mon travail. Il m'ont offert aussi leur amabilité et leur sympathie. Il m'est agréable de les remercier.

Je dois également beaucoup à l'amabilité du personnel du laboratoire d'Océanologie biologique à l'université de Paris VI, notamment de Mme J. CORRE qui a été toujours disponible pour m'aider. Par ailleurs, la reprographie de cette thèse a été réalisée par M. PLASSART au centre de Brest. Je l'en remercie vivement.

S O M M A I R E

<u>AVANT PROPOS</u>	
<u>RESUME</u>	1
<u>CHAPITRE I</u>	<u>INTRODUCTION</u>3
	1. - Généralités
	2. - Cadre et but de l'étude
<u>CHAPITRE II</u>	<u>PRESENTATION DE L'ESPECE</u>5
	1. - Systématique
	2. - Morphologie générale
	3. - Noms vernaculaire selon les pays
	4. - Distribution géographique et écologique
<u>CHAPITRE III</u>	<u>CARACTERISTIQUES GENERALES DES DEUX PECHERIES</u>13
	1. - Stratégie d'exploitation et réglementation
	2. - Technique des pêches
	2.1. - Le chalut
	2.2. - les bateaux
<u>CHAPITRE IV</u>	<u>STATISTIQUES GENERALES DE PRODUCTION, D'EFFORT ET DE PRISE PAR UNITE D'EFFORT DANS LES DEUX PECHERIES</u>
	1. - Statistiques de production de langoustines20
	2. - Statistiques d'effort et de PUE22
	2.1. - Effort de pêche
	2.2. - Prise par unité d'effort
<u>CHAPITRE V</u>	<u>ECHANTILLONNAGE BIOLOGIQUE ET TRAITEMENT DES ECHANTILLONS</u> ..38
	1. - Collecte des données à la mer38
	1.1. - Introduction
	1.2. - Protocole d'échantillonnage en mer celtique
	1.3. - Méthode d'échantillonnage de langoustines dans le golfe de Gascogne
	1.4. - Discussion et limite de validité de l'échantillonnage
	2. - Traitement des échantillons43
	2.1. - Enregistrement des données de captures
	2.2. - Tracé des histogrammes de fréquences des tailles

CHAPITRE VI

<u>ETUDE DE LA BIOLOGIE DE "NEPHROPS NORVEGICUS" DU GOLFE DE GASCOGNE ET DE LA MER CELTIQUE</u>	56
<u>1.</u> - Introduction	56
<u>2.</u> - Période de ponte	56
<u>3.</u> - Taille de maturité sexuelle.....	59
<u>4.</u> - Le sex-ratio dans les captures	61
<u>5.</u> - La relation taille - poids	64
5.1. - Introduction	
5.2. - Etablissement des relations taille - poids	
5.3. - Discussion et critiques des résultats	
<u>6.</u> - Relation longueur totale - longueur cephalothoracique ..	74
<u>7.</u> - Détermination des périodes de mue	77
7.1. - Introduction	
7.2. - Période de mue des langoustines de la mer celtique	
7.3. - Evolution du pourcentage de mue en fonction de la taille	
7.4. - Discussion et conclusions	

CHAPITRE VII

<u>ESTIMATION DES PARAMETRES DEMOGRAPHIQUES</u>	84
<u>1.</u> - Introduction	84
<u>2.</u> - Méthodes utilisées pour la détermination de la croissance et de la mortalité	84
2.1. - Technique d'analyse de distribution de fréquences de tailles	
2.1.1. - Méthode PETERSEN	
2.1.2. - Technique de HASSELBLAD (1966) : application du programme NORMSEP pour la détermination des âges des langoustines	
2.2. - Autres méthodes.	
<u>3.</u> - La croissance des langoustines dans les deux pêcheries ..	88
3.1. - Introduction	
3.2. - Ajustement des tailles moyennes déterminées à partir de la technique d'HASSALBLAD (1966) en fonction du temps ; utilisation de la loi de Von BERTALANFFY (1938).....	90
3.3. - Estimation de la croissance des langoustines par marquage.....	98
3.3.1. - Introduction	
3.3.2. - Procédure du marquage	
3.3.3. - Recapture des langoustines marquées	
3.3.4. - Ajustement des données de marquage	
3.4. - Critiques et discussions des résultats obtenus pour la croissance :	105
A - concernant les estimations des paramètres	
B - concernant l'allure globale des courbes de croissance	
a) selon les localités géographiques	
b) selon le sexe	
c) selon les techniques d'ajustement	
3.5. - Conclusion	111

4.	- Etude de la mortalité totale	112
4.1.	- Introduction	
4.2.	- Méthodes utilisées pour l'estimation de Z	113
	A - les longueurs moyennes	
	B - la diminution des effectifs des classes d'âge	
4.3.	- Discussion et interprétation des résultats obtenus ..	117
4.4.	- Conclusion	120
5.	- Le recrutement	121
<u>CHAPITRE VIII</u>	<u>GESTION DES STOCKS</u>	122
1.	- Introduction	
2.	- Les modèles globaux	123
2.1.	- Présentation et nature des données	
2.2.	- Historique et formule de base des modèles globaux	
2.3.	- Ajustement des données relatives à la pêcherie du golfe par les modèles globaux	127
2.3.1.	- Modèle de SCHAEFER	127
	A - Données à l'équilibre	
	B - Approche à l'équilibre	
2.3.2.	- Méthode de GULLAND (1961)	132
2.3.3.	- Modèle exponentiel de FOX	134
	A - Données à l'équilibre	
	B - Approche à l'équilibre	
2.3.4.	- Généralisation du modèle de GRAHAM-SCHAEFER: modèle de PELLA et TOMLINSON (1969) ; programme "GENPROD" ..	143
2.3.5.	- Modèle de FOX (1975) ; programme "PRODFIT"	146
2.3.6.	- Discussion et conclusion	148
3.	- Les modèles analytiques	152
3.1.	- Introduction	152
3.2.	- Estimation des rendements et de fécondité par recrue pour les différentes classes d'âges des langoustines	154
3.3.	- Résultats	158
3.4.	- Discussion des résultats obtenus	158
<u>CHAPITRE IX</u>	<u>CONCLUSION GENERALE</u>	164
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	172
<u>ANNEXE</u>		

RESUME

Afin de comparer les paramètres biologiques des populations des langoustines dans la mer celtique et dans le golfe de gascogne, des échantillonnages biologiques réguliers ont été réalisés durant la période de Janvier 1980 - Août 1981 pour la première pêcherie et, de Janvier 1979 - Décembre 1980 pour la deuxième pêcherie. Par ailleurs, dans le but de l'application des modèles globaux pour la pêche du golfe de gascogne, des données d'efforts de pêche et de productions ont été collectées (1973-1983).

Les périodes de ponte et des mues ont été étudiées pour les langoustines de la mer celtique. Ces périodes sont retardées de deux mois et demie par rapport à celles déterminées par CONAN (1978) concernant le golfe de gascogne.

L'évolution du pourcentage des femelles grainées en fonction de la taille céphalothoracique montre que la taille de maturité sexuelle des femelles de la mer celtique est atteinte à 31 mm. Cette taille est très supérieure à celle des langoustines du golfe (23 mm selon MORIZUR, 1980).

En dehors de la période d'incubation, d'après l'analyse des captures expérimentales des langoustines du golfe de gascogne, le sex-ratio a été évalué à 0,5. Dans la mer celtique, il a été étudié à partir des captures commerciales; il a été estimé à 0,63 en faveur des mâles.

Des relations taille-poids ont été établies pour les langoustines fraîches et glacées du golfe de gascogne, et pour les langoustines fraîches de la mer celtique. Une différence significative au seuil de 5 % entre ces diverses relations a été notée.

Une technique de décomposition modale, due à HASSELBLAD (1966), a été utilisée pour évaluer les paramètres (moyenne, écart-type et effectif) de chaque groupe de mue, à partir de la distribution de fréquences des tailles. Les groupes de mue ont été attribués à des groupes d'âges en tenant compte du rythme de mue. L'ajustement des tailles moyennes en fonction des âges des langoustines selon le modèle de croissance de Von BERTALANFFY a permis d'établir les courbes de croissance des langoustines mâles et femelles séparément pour les deux pêcheries. L'examen de ces courbes dans un même intervalle d'observations montre que les mâles grandissent plus rapidement que les femelles. De même, il en résulte que la croissance des langoustines dans le golfe de gascogne est plus élevée que celles de la mer celtique.

Le coefficient de mortalité totale (Z) a été estimé à l'aide de quatre méthodes différentes : deux utilisent les longueurs moyennes et les autres, la diminution des effectifs des classes d'âges au cours du temps. Les valeurs de Z obtenues sont proches pour les deux pêcheries. Une moyenne de 0,65 a été retenue.

Pour la pêche du golfe de gascogne, l'évolution des prises par unité d'effort (P.U.E) en fonction des efforts durant la période de 1973 à 1983 a été étudiée à l'aide des modèles globaux. Les résultats obtenus pour les différents ajustements présentent de mauvaises corrélations. La méthode de GULLAND a été la mieux adaptée pour ajuster nos données. Selon cette méthode, la flottille

aurait dépassé l'effort optimal ainsi estimé.

En vue de comparer les fécondités et les rendements par recrue pour les différentes classes d'âges des langoustines des deux pêcheries, un modèle de simulation, spécialement conçu pour cette espèce a été utilisé . Il apparait que la fécondité par recrue est plus élevée dans la mer celtique, et qu'elle diminue avec l'âge des langoustines dans les deux pêcheries. Dans l'état actuel d'exploitation en mer celtique, la fécondité par recrue aurait diminué de 44% par rapport à celle relative à un stock vierge. Quant aux rendements par recrue, ils sont plus élevés pour les langoustines du golfe de gascogne que pour celles de la mer celtique et sont plus forts pour les mâles que pour les femelles.

CHAPITRE I

INTRODUCTION

INTRODUCTION

1- GENERALITES :

En raison de l'accroissement de la pêche, les ressources halieutiques diminuent de plus en plus et la nécessité de leur exploitation contrôlée s'impose. A cet effet, les biologistes des pêches ont établi les principes d'une gestion des stocks d'animaux marins. Ces principes découlent de la théorie des pêches qui traite de la dynamique et de l'évolution des populations au cours du temps. L'étude dynamique d'une population d'une espèce marine exploitée demande une bonne connaissance de la pêcherie et de la biologie de l'espèce.

La modélisation mathématique des phénomènes est généralement utilisée pour définir les conditions optimales de la gestion des stocks. Les modèles sont de deux types : les modèles globaux ou de production faisant appel à des données historiques de tonnage et d'effort et les modèles analytiques ou structuraux. Le choix de l'un ou l'autre modèle dépend de la nature des données disponibles.

2 - CADRE ET BUT DE L'ETUDE :

Le travail qui suit, entre dans le cadre du programme langoustine entamé depuis 1975 dans le Centre Océanologique de Bretagne (C. O. B.). Les recherches sur l'aménagement des pêcheries des langoustines ont été menées parallèlement au Centre National pour l'Exploitation des Océans (C. N. E. X. O.) et l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (I. S. T. P. M.), regroupés sous l'appellation d'I. F. R. E. M. E. R. depuis 1984. Ces deux organismes travaillent en collaboration étroite avec la profession (patrons, pêcheurs, comités locaux des pêches maritimes, groupement de gestion, criées...). La coordination des travaux au sein de ces divers organismes a été réalisée par le Groupe du Support Général pour la gestion des stocks en milieu marin (G. S. G.) de 1979 à 1982.

La haute valeur commerciale de la langoustine (prix moyen de débarquement 25 F. en 1983 (3e rang des ventes après le merlu et le lieu noir)) a entraîné l'augmentation du nombre de bateaux pêchant cette espèce (550 bateaux en France en 1984).

Ces navires sont de petite taille, en dessous de 20 m, et pêchent sur les vasières côtières avec un maillage dérogatoire. Ils sont souvent accusés de détruire des quantités importantes d'immatures d'autres espèces. Des études ont été réalisées sur toutes les pêcheries européennes depuis le début de la mise en place de la réglementation C.E.E., dans l'optique d'une augmentation généralisée des maillages.

Plusieurs études ont été entreprises depuis 1972. Les plus récentes d'entre elles reviennent à CHARUAU et CONAN (1977), DEPOIS (1977), CONAN (1978), CONAN et MORIZUR (1979), CHARUAU (1979), CLEMENT (1979), MORIZUR (1980), ESPERANDIEU (1980), CHARUAU et Col. (1982). Ces différents travaux sont complémentaires. Certains traitent de la biologie de la langoustine du Golfe de Gascogne, d'autres ont simulé cette pêcherie pour aboutir à des conclusions concernant l'état du stock. Notre travail fait suite à cette série.

1 - Il traitera d'abord des paramètres biologiques de cette espèce en Mer Celtique, sur des données prélevées en 1980 et 1981 et dans le Golfe de Gascogne sur des données de pêche expérimentale durant 1979 et 1980. Nous tenterons ensuite une comparaison de la croissance et de la mortalité de cette espèce dans les deux zones.

2 - Pour porter un diagnostic sur l'état des stocks, en raison de la nature des données disponibles, les évaluations concernant le stock du Golfe seront faites à l'aide de modèle de production et celles du stock de Mer Celtique seront réalisées à l'aide de modèles structuraux.

CHAPITRE II

PRESENTATION DE L'ESPECE .

PRESENTATION DE L'ESPECE

1. SYSTEMATIQUE :

La langoustine est un crustacé décapode de haute valeur commerciale. Sa classification est la suivante :

Phylum : Arthropode
 Classe : Crustacés
 Sous- classe : Malacostracés
 Super-ordre : Eucarides
 Ordre : Décapode
 Sous-ordre : Reptentia
 Section : Macroure
 Super-famille : Nephropoïdoe
 Famille : Nephropidae
 Genre : Nephrops
 Espèce : Norvegicus

2. MORPHOLOGIE GENERALE :

L'aspect général externe d'une langoustine montre deux régions bien distinctes : le céphalothorax et l'abdomen. (Fig. 1)

Le céphalothorax se compose de deux parties : la tête ou céphalon avec des organes sensoriels (yeux, antennes, antennules et pièces buccales) et le thorax sur lequel se greffent 5 paires de pereiopodes.

L'abdomen est formé de 6 segments portant chacun une paire de pléopodes. Sa partie terminale porte un telson avec des uropodes. Le rôle des organes sensoriels de la langoustine reste encore mal connu. La figure 1b montre la face ventrale d'une femelle grainée au moment de la ponte. Les oeufs très nombreux, cachent les pléopodes. Le telson à l'aide de ses uropodes repliés maintient les oeufs agglomérés.

.../...

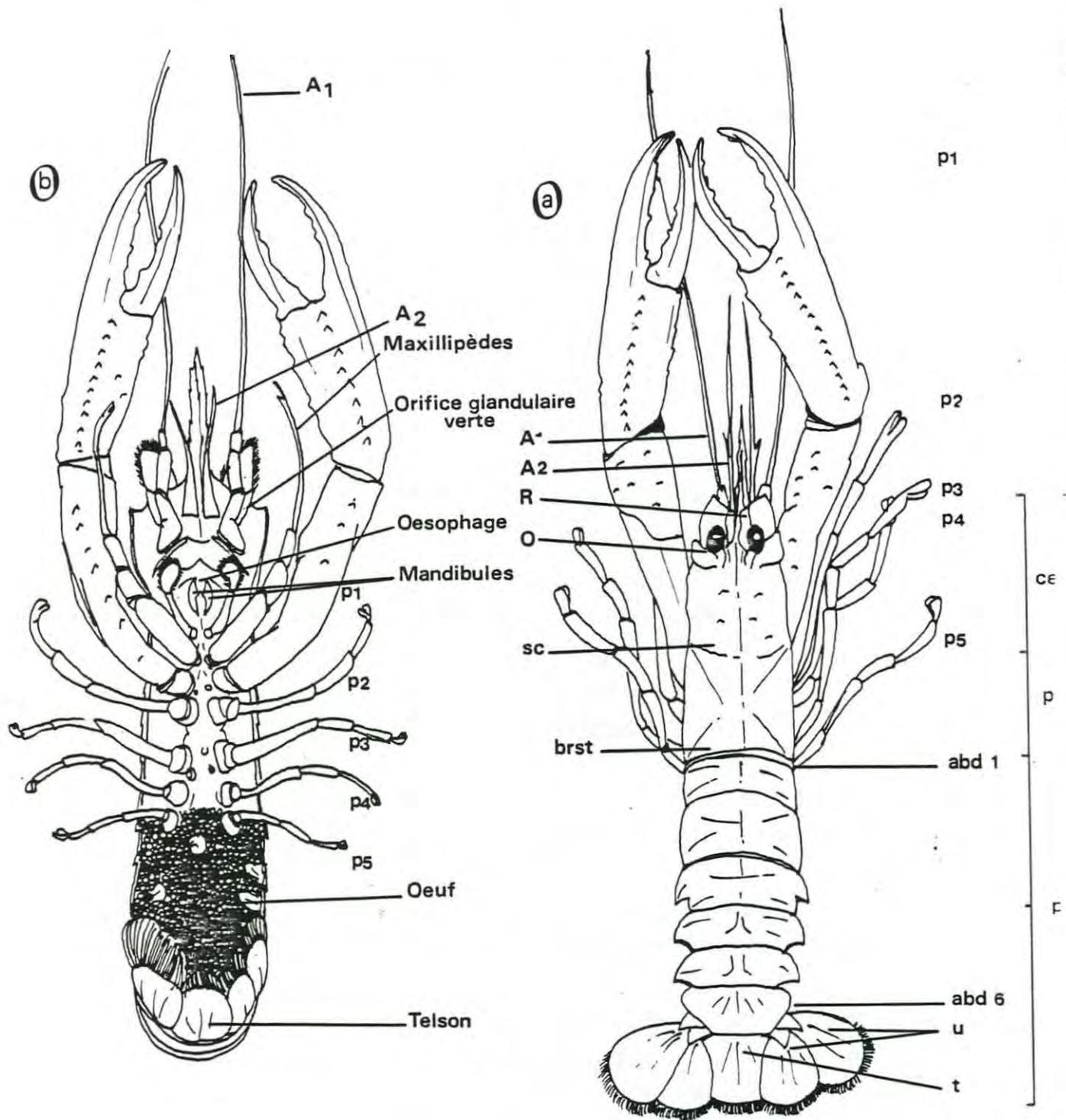


FIGURE 1 : a - Face dorsale d'une langoustine mâle (50,5 mm de Lc)
 b - Face ventrale d'une langoustine femelle grainée (52 mm de Lc)

P1 à P 5	: Périopodes de 1 à 5	Ce	: Céphalon
Abd 1 à 6	: Segments abdominaux	P	: Péréon
U	: Uropode	R	: Rostre
t	: telson	O	: Oeil
A1	: Antennule	Se	: Sillon orvical
A2	: Antenne	brst	: Branchiostégite
Ct	: Cephalothorax	Pl	: Pléon (abdomen)

3. NOMS VERNACULAIRES SELON LES PAYS :

FARMER (1975) donne une longue liste de noms pour la langoustine selon les zones où elle est exploitée. Nous la réduisons à certains pays :

Algérie : Langoustina

Espagne : Langostino, cigala

France : Langoustine, Cacahouet, Arganalle, Grilhed-Sabl (breton)

Italie : Scampo, Scampolo, Astracio

Tunisie : Jaradh el Bahr

4. DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE ET ECOLOGIQUE :

La langoustine est distribuée dans la mer Méditerranée et dans le Nord-Est Atlantique (fig. 2). L'aire de répartition géographique paraît très vaste mais aucun renseignement n'est donné sur l'abondance des stocks et leurs potentialités.

La langoustine vit sur des fonds de 15 à 800 m sur des substrats vaseux et sablo-vaseux de l'Atlantique européen et de la Méditerranée, de l'Irlande à la Tunisie et au Maroc. Dans le Golfe de Gascogne et en Mer Celtique, les pêcheries des langoustines se trouvent autour de l'isobathe de 100 m. Les relations entre sa répartition géographique et les facteurs physico-chimiques des zones qu'elles habitent, sont encore mal connues.

Les facteurs essentiels qui conditionnent la répartition de cette espèce, sont les suivants :

4.1. **Les substrats :**

Le substrat est le facteur limitant la présence de N. norvegicus en un lieu donné. Les langoustines sont des crustacés benthiques, elles ont un comportement fouisseur et vivent dans des terriers. La nature des fonds est décrite par ALFERIVIE (1968), ABBES et WARLUZEL (1970), CONAN (1978)... Il ressort de leur description que les langoustines se concentrent sur les fonds vaseux et sur les faciès à sédiments mélangés d'éléments sableux.

.../...



FIGURE 2 : Distribution spatiale de la langoustine (D'après la F.A.O. avec de légères modifications).

4.2. La température :

La température sur le fond paraît être un facteur important pour la distribution des langoustines. Des observations diverses montrent le rôle de la température. C'est ainsi, que, EIRIKSSON (1970) signale in CHAPMAN (1980), que dans la pêcherie de la Mer d'Islande, les faibles captures en 1968, sont en partie attribuées à la température anormalement faible émanant de l'influx de la dérive glacière arctique durant le printemps. JENSEN (1965) suggère que la langoustine reste dans son terrier, et, ne paraît pas être capturée par les chalûts quand la température de l'eau est en dessous de 5°C. FARMER (1972 a) indique que les températures minimales et maximales qui limitent la répartition spatiale de Nephrops norvégicus sont inconnues. Quelques fourchettes des températures de fonds des zones habitées par la langoustine ont été citées. Elles sont de 7° à 13°C dans la Mer d'Islande FARMER (1972 a), et de 10° à 15°C dans l'Adriatique FARMER (1975). Dans le Golfe et en Mer Celtique, la température varie généralement entre 9° et 11°C. Il semble donc, que la langoustine occupe dans le milieu naturel un habitat dont la température varie entre 5° et 15°C.

4.3. La salinité :

Les effets de ce facteur sur la distribution de la langoustine se résument aussi à quelques observations. HOGLUND (1942) attribue l'absence des langoustines dans la Mer Baltique au fait que, cette espèce est incapable de tolérer de faibles salinités. Les plus faibles salinités sont enregistrées par POULSEN (1946) dans le Kattegat (29 - 30 ‰), les plus fortes par KARLOVAC (1953) dans l'Adriatique (35,86 - 38,77‰).

Par ailleurs, FARMER (1975) signale que la salinité n'apparaît pas comme facteur important dans la distribution de la langoustine. Cette constatation mériterait d'être justifiée.

4. 4. Le taux d'oxygène :

BAGGE et MUNCH PETERSEN (1979) in CHAPMAN (1980) trouvent une importante corrélation négative entre la capture du chalût des langoustines dans le Kattegat, et, la concentration d'O₂ dissous. Ils suggèrent aussi qu'un faible taux d'O₂ dans leurs terriers obligent les langoustines à sortir à la surface de la vase. En outre, selon KITCHING et Col. (1976) qui ont travaillé

.../...

dans une zone marine au Sud de l'Irlande, la langoustine a été trouvée seulement au-dessus de la thermocline à une profondeur de 25 m, le taux plus bas d'oxygène en dessous détruit toute faune benthique durant l'été.

Il apparaît donc, que les langoustines requièrent une concentration minimale d'O₂ dissous mais que ce facteur soit rarement limitant.

4.5. Mode de vie et comportement :

Les langoustines ne quittent leurs terriers que rarement. Elles semblent avoir une activité maximale durant les périodes de faible éclaircissement. Les figures 3 et 4 montrent respectivement les différentes étapes de déplacement de la langoustine dans son terrier et les périodes d'activité en fonction de l'éclaircissement dans le N. E. Ecosse. Il n'est pas exclu, que les périodes durant lesquelles la langoustine est active change selon les zones de pêche.

La densité des terriers dans le N - E d'Ecosse est évaluée à 1 tous les m² (CHAPMAN et RICE 1971). Ces auteurs suggèrent que les langoustines changent souvent de terriers, et, que les terriers trouvés ne sont pas tous occupés par les langoustines, ce qui donne une densité de 1 langoustine tous les 8 m². CONAN (com. pers.), indique des densités de l'ordre de 1 langoustine/m² dans une population non exploitée en Irlande.

La nourriture des langoustines se compose d'éléments très variés. THOMAS et DAVIDSON (1962) ont montré d'après les études des contenus stomacaux, que les polychètes, les crustacés, les mollusques, et, les échinodermes sont les prises préférées de cette espèce. Pour étudier la prédation de la langoustine par les poissons, nous avons examiné les contenus stomacaux d'une cinquantaine de sujets (10 lieux noirs, 10 baudroies, 10 merlus, 10 morues, 10 roussettes) sur la pêcherie de Mer Celtique. Nous avons constaté que la langoustine était la nourriture préférée des morues, alors que les autres espèces étaient ichthyophages.

4.6 - Reproduction et développement embryonnaire :

La reproduction commence par une copulation, cette dernière ne se produit selon LULING (1958), qu'entre un mâle dur et une femelle qui vient

.../...

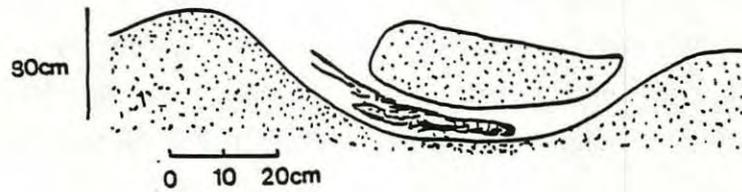


FIGURE 3 : Section longitudinale d'un terrier occupé par une langoustine de 18 cm de longueur totale (D'après DYBERN et HOLSAETER, 1965).

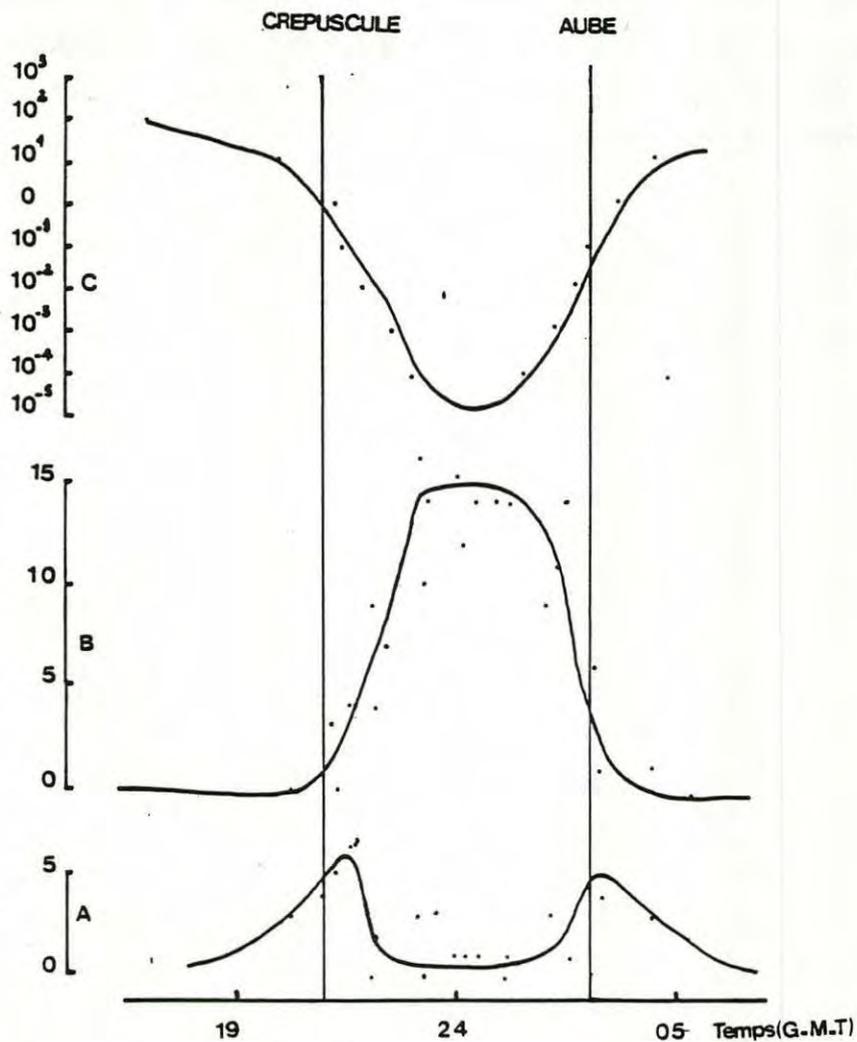


FIGURE 4 : A) Nombre d'animaux sortant de leurs terriers.
 B) Nombre d'animaux s'éloignant de leurs terriers.
 C) Illumination dans le fond.
 Ces observations ont été faites par CHAPMAN et RICE dans les eaux N.E. écossaises (Loch Torridon) au mois de juin à 30 m de profondeur.

de muer et se produit généralement la nuit. Les différentes étapes de ce phénomène ont été décrites par FARMER (1974). Le mâle dépose à l'aide de ses 2 premières paires de pléopodes un spermatophore dans le thélycum de la femelle. Ce spermatophore sera gardé par la femelle jusqu'à la mue suivante et sera perdu avec l'exuvie. Au moment de la ponte, les femelles doivent déjà porter un spermatophore. Notons qu'une femelle ne peut pas être molle et grainée en même temps. Après la ponte, les oeufs sont fixés aux pléopodes sur la face ventrale de l'abdomen où ils seront incubés jusqu'à ce qu'ils éclosent et donnent des larves. La durée d'incubation (7 mois dans le Golfe et 8 en Mer Celtique) des oeufs varie selon les lieux et diminue avec la température de l'eau selon FARMER (1972 a). Les larves des langoustines sont pélagiques pendant 2 à 3 semaines (POULSEN 1946), et nagent librement (FARMER, 1975). Il en résulte que la distribution de ces larves est, en général, largement plus étendue que celle des juvéniles et des adultes. En outre, HILLIS (1972) signale que les larves occupent généralement les mêmes zones que les adultes mais certains courants peuvent être à l'origine de leur distribution anarchique.

CHAPITRE III

CARACTERISTIQUES GENERALES DES DEUX PECHERIES

CARACTERISTIQUES GENERALES DES DEUX PECHERIES

1. STRATEGIE D'EXPLOITATION ET REGLEMENTATION

La pêche du Golfe de Gascogne est fréquentée uniquement par des bateaux français. Il résulte que le diagramme d'exploitation qui est représenté par un maillage de 45 mm est unique. La flotte de pêche exploitant cette zone est homogène.(fig. 5).

La Mer Celtique est subdivisée en deux zones VIIg et VIIh selon le Conseil International pour l'Exploration de la Mer (C. I. E. M.). La zone VIIg, elle-même est divisée en trois zones : VIIg1, VIIg2 et VIIg3. Contrairement à la pêche du Golfe, celle de la Mer Celtique est fréquentée par des bateaux de diverses origines : France, Irlande, Grande-Bretagne. Les bateaux français sont largement majoritaires. Jusqu'en 1977, dans la réglementation de la Commission des pêcheries de l'Atlantique Nord-Est (CNAME), la langoustine était considérée comme faisant l'objet d'une pêche mixte, car sa capture s'accompagne inévitablement de celle d'espèces accessoires (merlu, cardine, baudroie, lieu, merlan, morue). En raison de sa haute valeur commerciale, la langoustine devenait sur toutes les pêcheries, l'objet d'une pêche dirigée mais l'usage d'un maillage dérogatoire de petite dimension autorisé pour sa capture pouvait être détournée vers celles d'immatures des gadidés. Des controverses sont alors apparues et les avis scientifiques divergent concernant le maillage utilisé dans la pêche de la Mer Celtique. La Commission des Communautés Européennes (le CNAME a disparu et la C.E.E. prend sa place) a proposé en Mer Celtique, le passage du maillage de 60 à 70 mm et dans le Golfe de Gascogne de 45 mm à 60 mm. Mais ces propositions n'ayant pas été justifiées scientifiquement, leur application a été retardée jusqu'à maintenant et des études complémentaires demandées.

2. TECHNIQUE DES PECHES :

2. 1 - Le chalut :

En Mer Celtique et dans le Golfe de Gascogne, les chaluts actuellement utilisés pour la capture de N. norvegicus sont des chaluts de fond traditionnels à petite ouverture verticale (fig. 6). Leurs dimensions

.../...

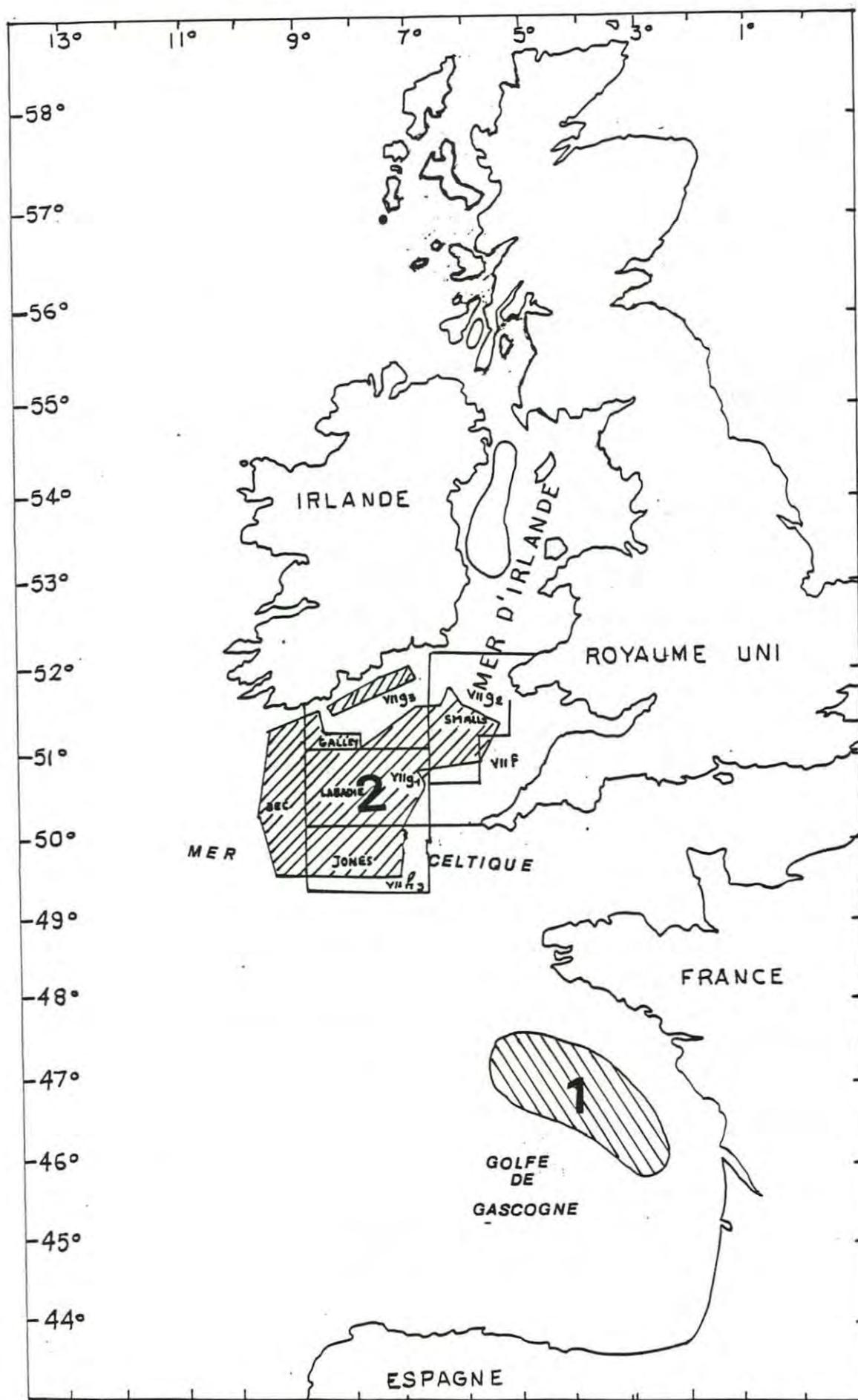


FIGURE 5 : Les pêcheries langoustinières françaises qui concernent notre étude.
 1 - Pêcherie du golfe de Gascogne.
 2 - Pêcherie de la Mer Celtique.

varient suivant la puissance des navires qui les trainent. Ces chaluts à bourrelets lourds et à ralingues très solides, sont étudiés pour travailler sur des fonds accidentés. Signalons, qu'en Mer Celtique, un deuxième type de chalut est utilisé : c'est le chalut "irlandais". Les deux types de chaluts diffèrent surtout par la longueur de leurs ailes.(tab 1).

La structure démographique des captures dépend beaucoup du maillage du chalut, donc de sa sélectivité. Selon CHARUAU (1979), la sélectivité qui est la propriété de retenir les langoustines suivant leur taille ne s'effectue qu'au niveau du cul du chalut. Les ailes, le dos, le ventre et la nature du fibre n'ont pas beaucoup d'effet dans la sélectivité des chaluts à langoustines. Les courbes de sélectivité ont généralement une forme logistique de type :

$$P = \frac{1}{1 + e^{-aL + b}}$$

où P est la proportion retenue, et L la longueur céphalothoracique (tab. 2 et fig. 7). Le facteur de sélectivité (SF) ou encore dit selon ANCELLIN (1965) coefficient de passage est plus élevé dans le chalut français que dans le chalut irlandais (0.5 contre 0.3).

2. 2 -Les bateaux :

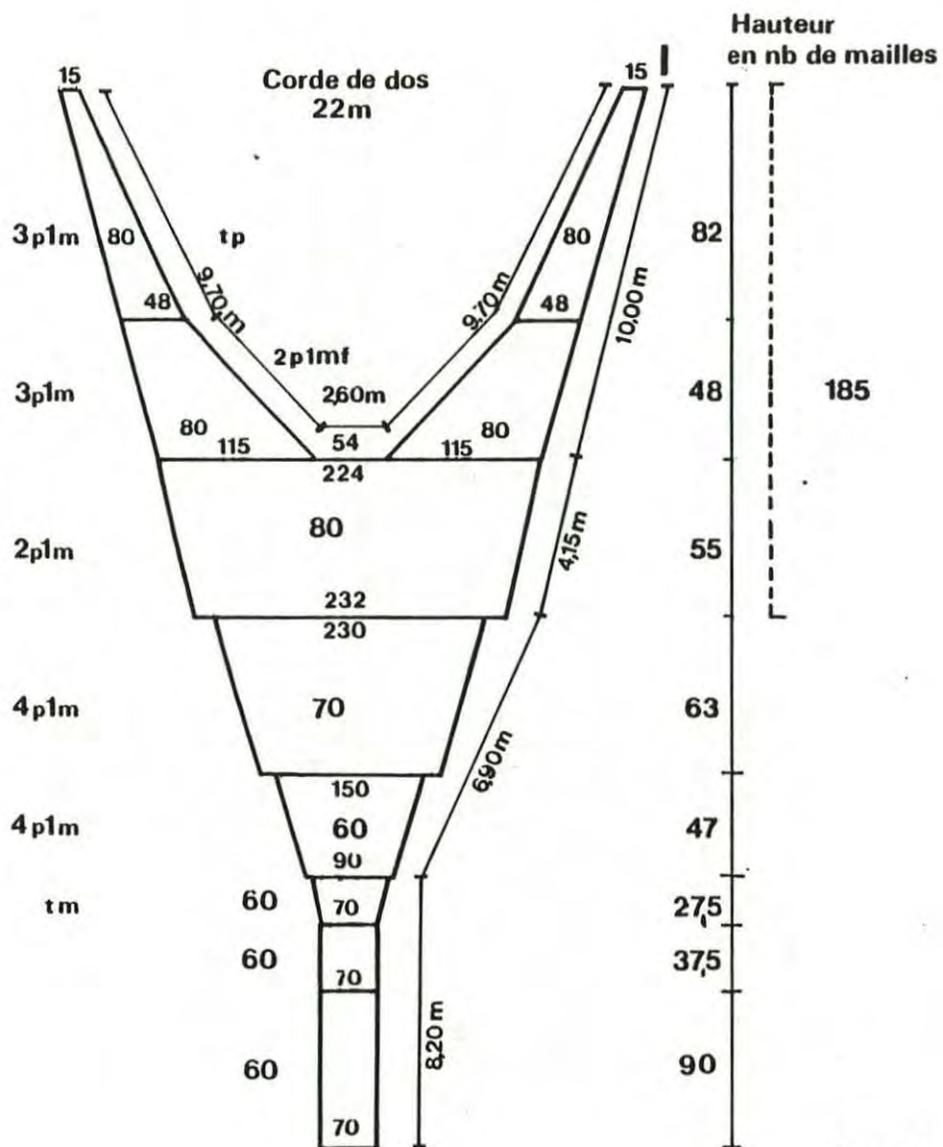
La pêche est artisanale. Les bateaux qui tirent ces chaluts varient beaucoup aussi bien par leurs caractéristiques intrinsèques que par les habitudes de pêche de leurs patrons (tab. 3) :

a) Les bateaux fréquentant la Mer Celtique sont plus grands et plus puissants que ceux du Golfe de Gascogne.

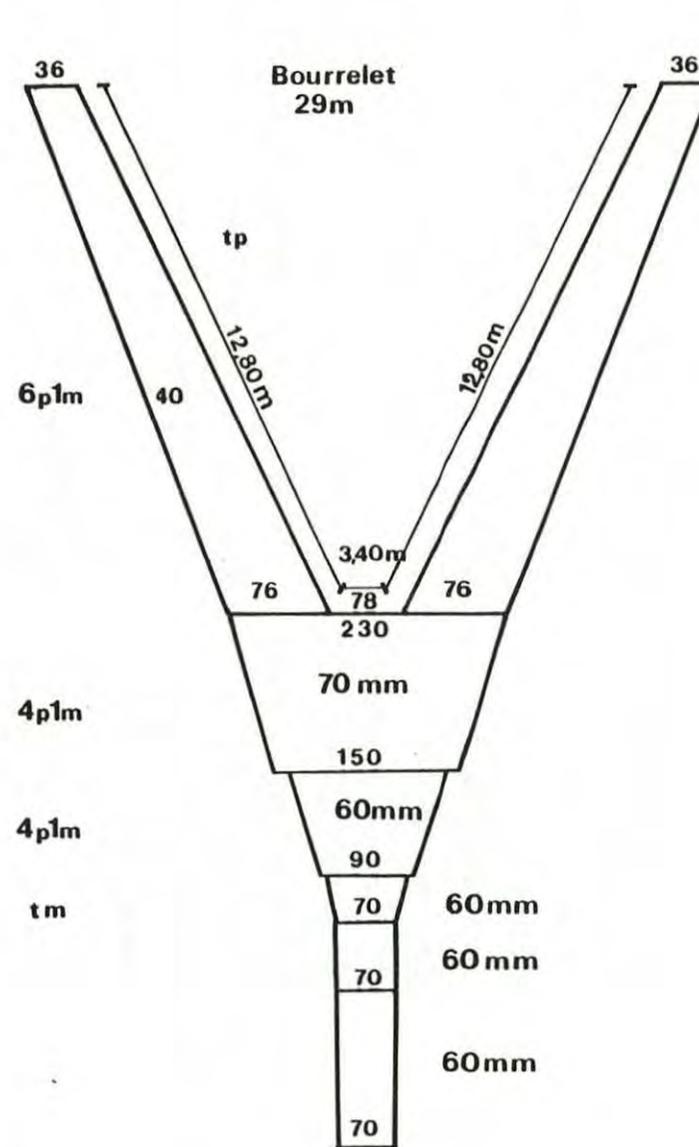
b) Le rajeunissement de la flotille de la Mer Celtique confirme une tendance générale des patrons-pêcheurs à se spécialiser sur cette pêcherie.

c) Les conditions de travail qui sont relativement dures en Mer Celtique sont compensées par une élévation du résultat de l'exercice de ces bateaux : 14,9 % (Mer Celtique) contre 12,5 % du chiffre d'affaires brut dans le Golfe.

DOS DE CHALUT



VENTRE DU CHALUT



Force des fils
Tout en 400 m/kg ou 2500 R-tex

FIGURE 6 : Chalut de fond français pour la pêche de la langoustine.

TABLEAU 1 : Description et résultats de l'expérience de comparaison des captures des chaluts irlandais et français (CHARUAU et COL, 1982)

	IRLANDE	FRANCE
Navire	MIRACULOUS II	VIERGE D'ISSOUDUN
Longueur/jauge/Puissance	19/82/415/ ch	18/50/240 ch
Dimension du chalut : longueur de la corde de dos	48,3 mètres	22 mètres
Textile	Polyéthylène	Polyamide (nylon)
Vitesse de chalutage	2,8 noeuds	3 noeuds
Nombre de traits identiques	12	12
Distance entre les panneaux	59,4 m	36,6m
Distance entre les pointes d'ailes	24,4 m	13,4 m
Ouverture verticale	1,83 m	1,52 m
Longueur des bras	80 m	50 m
Poids pêchés en Kg		
Langoustines	5 308	5 043
merlan	4 488	2 707
morue	606	424

TABLEAU 2 : Valeurs des paramètres de la courbe de sélectivité du chalut en Mer Celtique et au golfe de Gascogne. (CHARUAU ,1979) .

		valeur (a)	valeur (b)	L 50	$SF = \frac{M}{L50}$
ZONE DE PECHE	Golfe de Gascogne Maillage = 42 mm	0,490	- 10,64	21.0	0.50
	Mer Celtique Maillage = 60 mm	0,234	- 6,92	30,5	0,50

L50 correspond à 50% de retenues, et SF est le coefficient de sélectivité

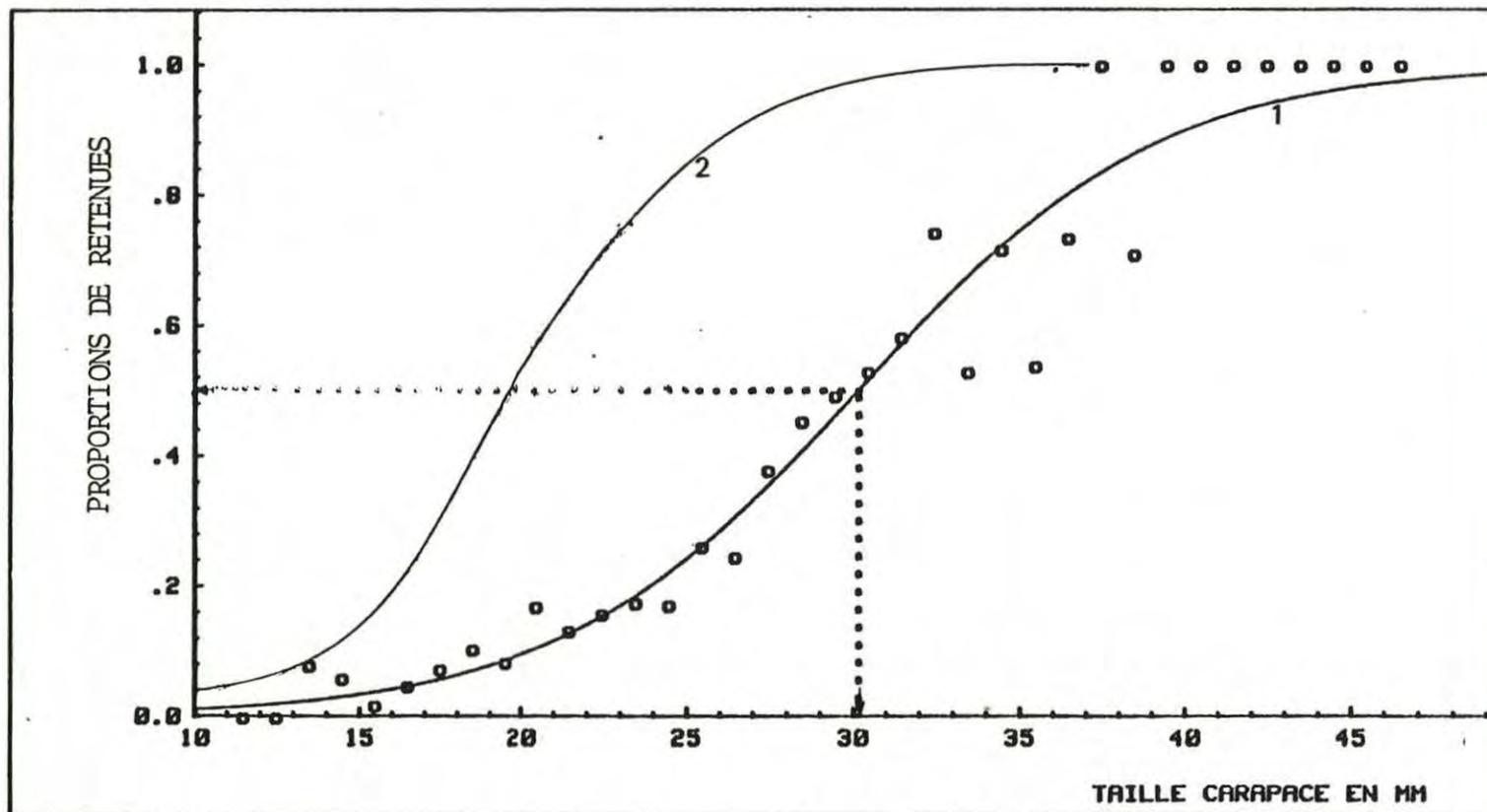


FIGURE 7 : Courbes de sélectivité des chaluts   langoustines (Données CHARUAU , 1979)
 1 - Mer Celtique (maillage 60 mm).
 2 - Golfe de Gascogne (maillage 45 mm).

TABLEAU 3 : Caractéristiques moyennes des deux chalutiers langoustiniers. L'un pêche au Golfe de Gascogne et l'autre en Mer Celtique.
(Source : MISSAOUI 1981) .

	Chalutier cotier Golfe	Chalutier hauturier Mer Celtique
Longueur en m	14	19
Age en années	10 - 11	9
TYPE Artisanal Industriel	Artisan	Artisan
Puissance en Cv	200	350 - 400
Jauge en Tonneaux	29	49
Nombre d'équipage	3 - 4	6
COQUE Bois Acier	80 % bois	50 % bois
Durée de la marée	1 à 2 jours	11 - 15 jours
Nombre de jours de mer	180	215
Chalutage Latéral Arrière	60 % classique	50 % arrière
Maillage du chalut	45 mm	60 mm
Nombre d'heure de route	2 - 4	25 - 30
Profondeur moyenne de chalutage en m	90 - 100	100 - 120
Langoustines commercialisées	Vivantes	Glacées
Chiffre d'affaire (C. A. B.) brut en francs	580 391	1 165 480
* Résultat brut d'exploitation = Part Armement - Frais Armement	12,5 % du C.A.B	14,9 % du C.A.B

* Part Armement = Somme à Partager - Salaires des équipages.
Les Frais d'Armement = Frais d'assurance + Frais de gestion + Entretien de navire + divers.

CHAPITRE IV

STATISTIQUES GENERALES DE PRODUCTION, D'EFFORT ET DE P U E.

**STATISTIQUES GENERALES DE PRODUCTION,
D'EFFORT ET DE P. U. E.**

1. STATISTIQUES DE PRODUCTION DE LANGOUSTINE :

1. 1. Production globale française :

Selon les statistiques du C. C. P. M. (1982, la production totale des langoustines est de 9.262 tonnes rapportant 226.720 mille Francs. Par rapport à l'ensemble de l'industrie des pêches maritimes françaises, ces chiffres représentent 1.3 % en tonnage et 4 % en valeur. Ainsi, la langoustine occupe une place privilégiée (3e derrière le merlu et le lieu noir) dans le classement en valeur des principales espèces exploitées par la flottille française. Les débarquements annuels sont très variables (fig. 8).

Le prix moyen de débarquement élevé (24,48 francs) encourage les patrons pêcheurs à accroître leur effort de pêche. Cette augmentation commence de 1971 et s'arrête en 1973, date à laquelle commence la crise du pétrole. Mais la production augmente cependant, mais à un rythme plus lent jusqu'en 1975. Notons, que la courbe de la variation de l'effort de pêche, (fig. 10), montre une augmentation jusqu'en 1975. A partir de cette année intervient la compétition économique, sous forme d'importations, des langoustiniers français avec ceux de la Grande Bretagne, et de l'Irlande et ceci de 1975 à 1978.

1. 2. Production par pêcherie : (fig.9).

La production française de langoustines est fournie par l'ensemble des ports suivants : Saint Guenolé, le Guilvinec, Lesconil, Loctudy, Concarneau, Saint-Nazaire, les Sables d'Olonnes et La Rochelle, la Turballe, le Croisic, Douarnenez et Audierne. Certains ports orientent leur flottille vers un seul secteur. C'est le cas de Douarnenez et Audierne qui ne pêchent qu'en Mer Celtique ou aussi le cas de Lesconil, Saint-Nazaire, la Turballe et le Croisic qui ne fréquentent que la pêcherie du Golfe de Gascogne.

En ce qui concerne la Mer Celtique, nous disposons d'une série globale de données de tonnages capturés sur une série de 34 années (1950 - 1983)

TAUX DE PROGRESSION EN POURCENTAGE

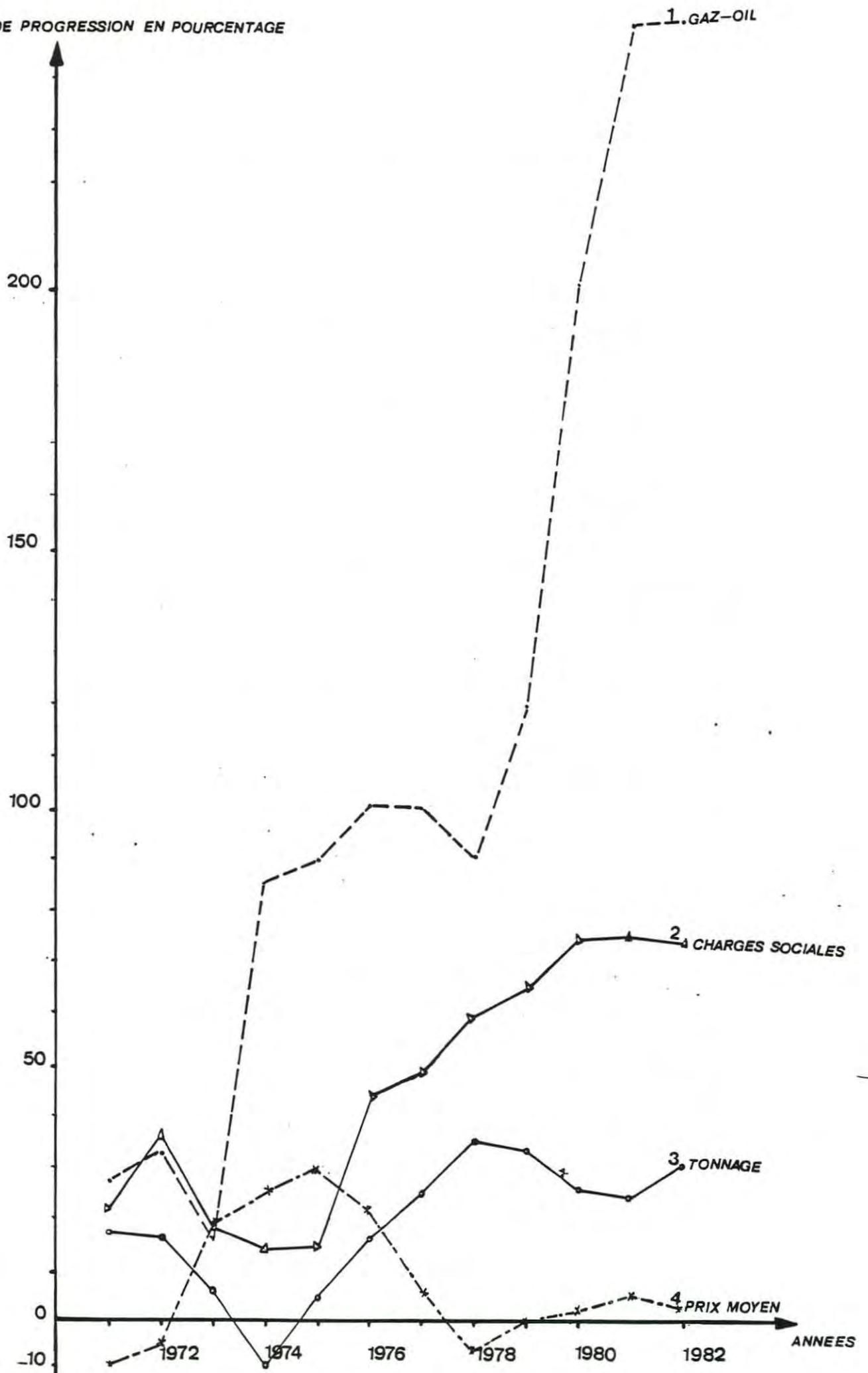


FIGURE 8 : Evolution des taux des progressions en pourcentages en fonction des années :
 1 et 2 - des frais d'exploitation.
 3 - du tonnage.
 4 - du prix moyen.

Pour le Golfe de Gascogne, les données de tonnages ne couvrent qu'une partie de la flottille. C'est celle des bateaux qui sont immatriculés à Concarneau, au Guilvinec, Lesconil et Loctudy. De toute manière, vu que les tonnages débarqués dans ces ports représentent plus de la moitié des tonnages des langoustines capturés par les langoustiniers côtiers pêchant la langoustine dans le Golfe, nous considérerons que nous avons une bonne représentativité de la flottille échantillonnée pour pouvoir suivre l'évolution des captures dans cette zone. Les données de tonnage couvrent une série de 26 années (1958 - 1983). Nous signalons que la première partie des données de tonnage (1958 - 1976) a été utilisée dans CONAN (1978). Nous n'avons qu'à compléter la deuxième tranche à partir des données des criées des ports concernés.

Il est difficile d'interpréter la variation des tonnages au cours du temps sans se référer aux données de l'effort qui seront étudiés ultérieurement. Nous pouvons toutefois faire deux remarques (fig. 9) :

a) Entre 1970 et 1980, l'évolution des débarquements en provenance du Golfe de Gascogne est grossièrement semblable à celle de la Mer Celtique.

b) Depuis 1974, les tonnages en provenance de Mer Celtique diminuent en raison de la baisse du nombre de bateaux. Mais bien que cette activité ait été confrontée aux difficultés économiques actuelles : augmentation du prix du carburant et des charges sociales, ces deux postes représentant selon MISSAOUI (1981) 25 à 30 % du chiffre d'affaires brut des bateaux (fig. 8), la situation n'en reste pas moins saine. Le marché de la langoustine obéit instantanément à la loi de l'offre et de la demande. Quand le tonnage est élevé, on enregistre une valeur faible du prix moyen et inversement (fig. 8). Les résultats bruts d'exploitation de ces navires sont bénéficiaires, et, cet aspect détermine souvent un pêcheur à s'orienter vers la pêche de la langoustine.

2. STATISTIQUES D'EFFORT ET DE PRISE PAR UNITE D'EFFORT :

2. 1. Effort de pêche :

L'effort de pêche est une notion fondamentale pour mener une politique de gestion des stocks d'animaux aquatiques. Son importance vient du fait, qu'elle est le reflet des paramètres biologiques d'une population. La définition générale de l'effort de pêche a été empruntée de POINSARD et LE GUEN (1970) : l'effort de pêche appliqué à un stock d'animaux aquatiques est une mesure de l'ensemble des moyens de capture mis en oeuvre par les pêcheurs sur ce stock, pendant un intervalle de temps déterminé. Cette

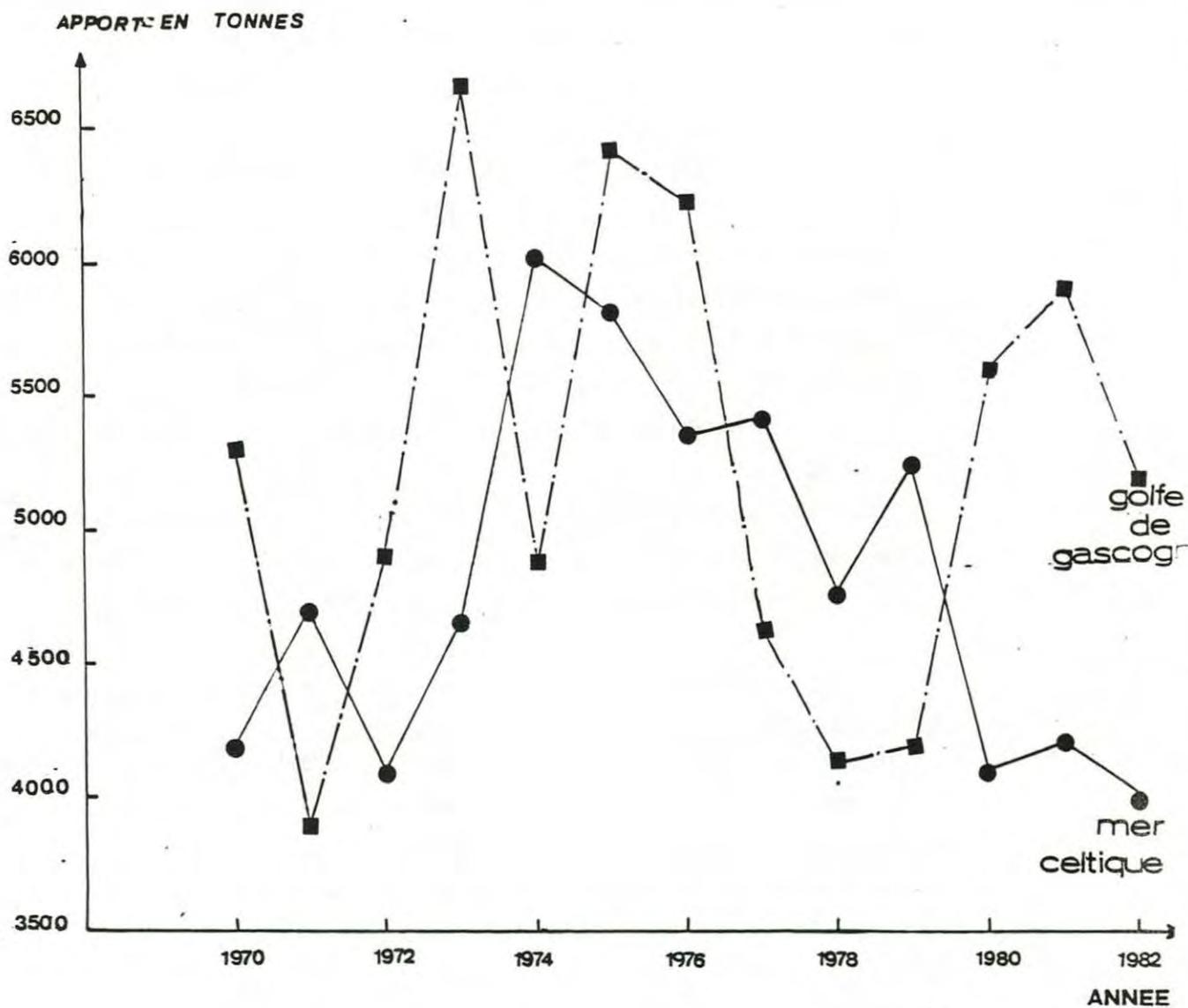


FIGURE 9 : Evolution de la production en tonnes des langoustines en provenance :
 1 - du Golfe de Gascogne.
 2 - de la mer Celtique.

formule proposée et acceptée au congrès du C. I. E. M. (1970) implique selon LAUREC et LE GUEN que l'on tienne compte du nombre des navires et de leurs caractéristiques (taille, jauge, puissance, autonomie, nombre d'hommes à bord), de l'engin de pêche, du niveau d'activité et des capacités humaines en jeu, etc. Elle est cumulée sur une durée choisie.

L'effort de pêche $f = F / q$ où F est le coefficient de mortalité par pêche et q , le coefficient de capturabilité, influe sur la structure démographique d'un stock (croissance, mortalité, recrutement). Le choix de l'unité d'effort dépend du type de pêche, la fiabilité des données étant conditionnée par une bonne collaboration avec la profession.

L'effort de pêche a été exprimé selon les travaux de plusieurs façons : en jours de mer, jours de pêche, nombres d'hameçons immergés, puissance motrice, capacité du stockage des bateaux, jauge brute en tonneaux du bateau, consommation du carburant, nombre de casiers. De toutes les façons, et comme l'a déjà signalé GRANDPERRIN et Col. (1976) in BOUGIS et Col. (1976), l'appréciation exacte de l'effort dépensé est un premier point faible dans la mise en application de la théorie des pêches.

2. 1. 1. Variation au cours des années de l'effort de pêche dans le Golfe de Gascogne.

L'unité d'effort de pêche choisie ici est le jour de mer. Le seul indice permettant de chiffrer l'effort est le nombre de ventes des bateaux obtenu auprès de la criée de chaque port. Si les marées durent une journée, c'est le cas des ports Loctudy, Lesconil et Guilvinec, le nombre de ventes exprime directement le nombre de jours de mer. Si les marées durent de 1 à 2 journées le nombre de jours de mer est obtenu en multipliant le nombre de ventes du port par 1.5. Signalons que les données de 1958 à 1976 ont été fournies dans CONAN (1978). Les données d'effort obtenues durant cette période (1958/1976) ne concernent que les ports du Guilvinec, de Loctudy, de Lesconil et de Concarneau qui produisent 50 % de la langoustine pêchée dans le Golfe. Par ailleurs, les données d'effort sont obtenues par calibrage des efforts en fonction de la P. U. E. de Concarneau, port où l'installation de la criée est plus ancienne.

La variation de l'effort de pêche dans le Golfe de Gascogne est indiquée dans la figure 10. La tendance générale est à la progression jusqu'en 1976, puis le nombre annuel de jours de mer plafonne autour de 34.000.

EFFORT EN JOURS DE MER

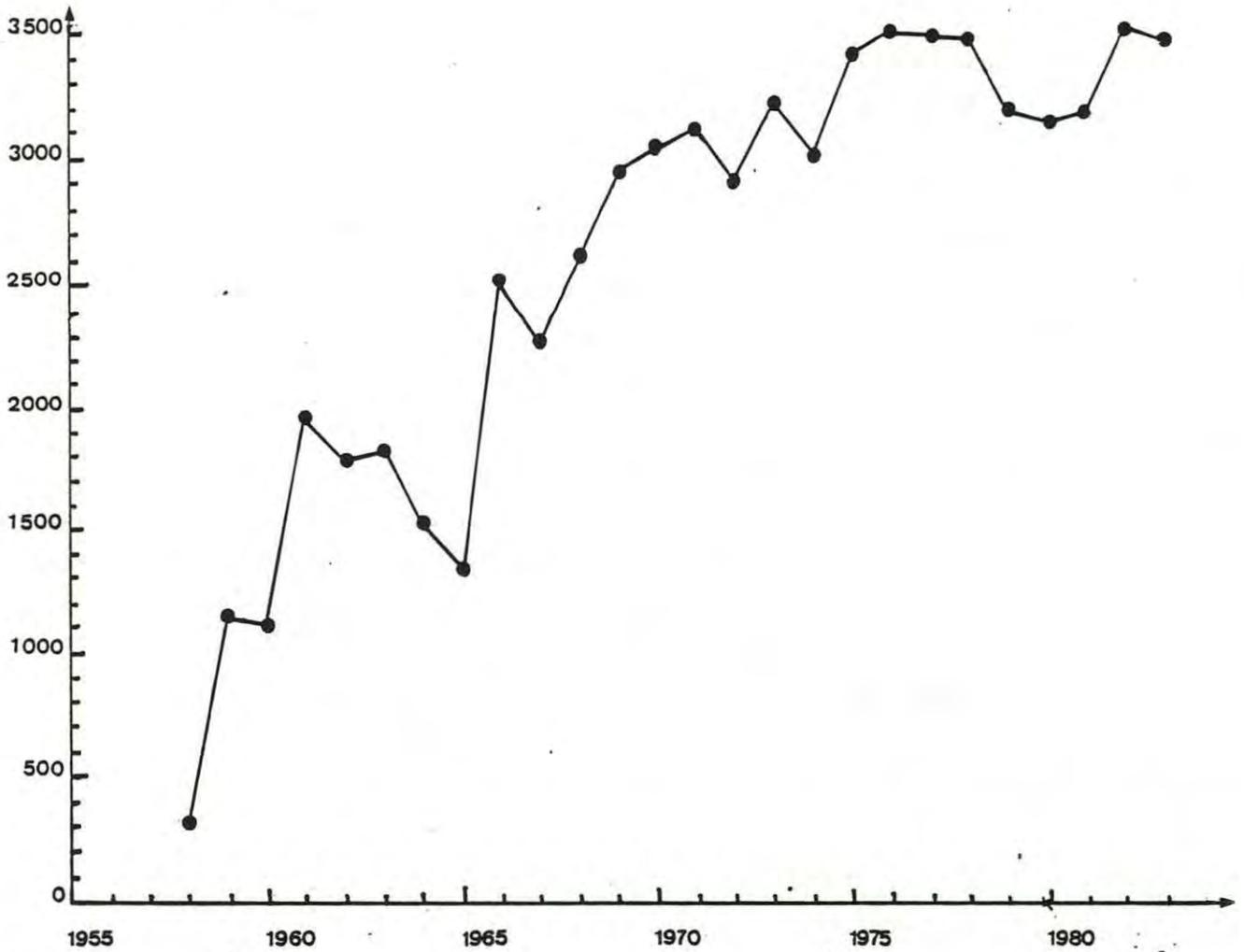


FIGURE 10 : Variation de l'effort de pêche au cours des années dans la pêcherie du Golfe de Gascogne.

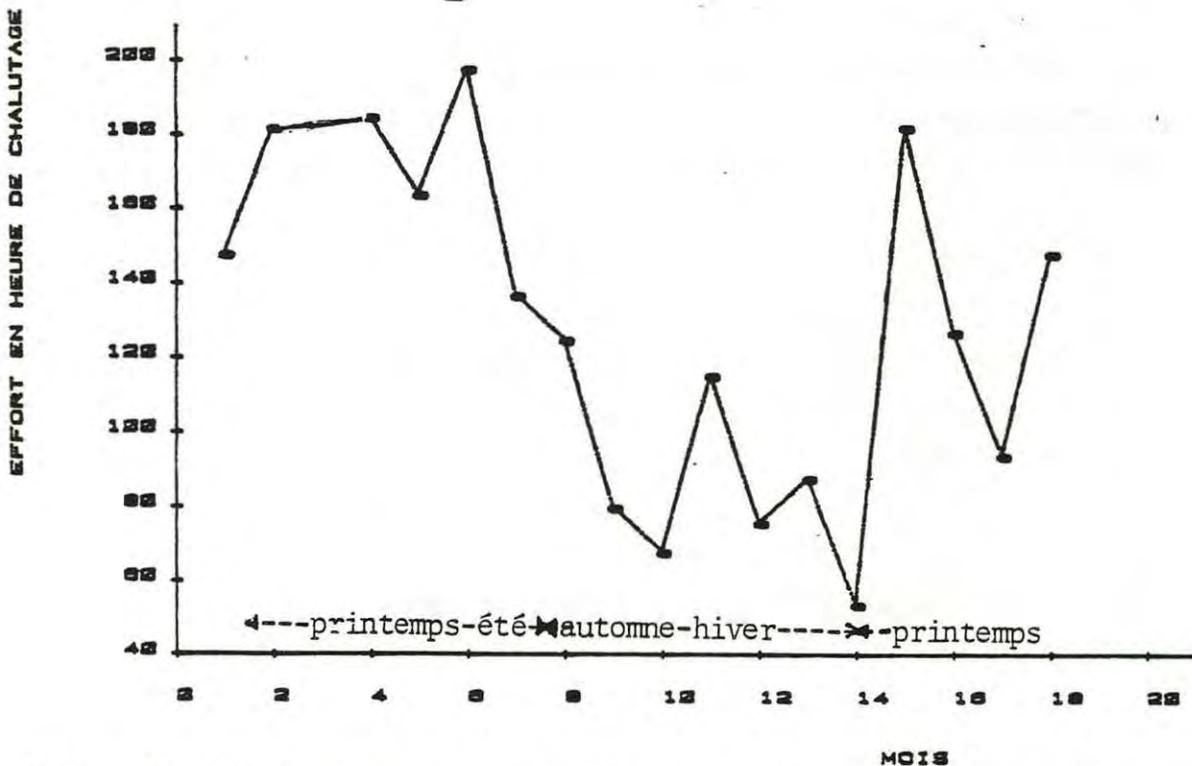


FIGURE 10a : Variation saisonnière de l'effort de pêche dans la pêcherie de la mer celtique.

2. 1. 2. Variation de l'effort de pêche dans la pêcherie de la Mer Celtique.

Ici, l'unité d'effort est le nombre d'heures de chalutage. C'est donc un effort effectif appliqué au stock. L'évolution de l'effort de pêche au cours des saisons (fig.10a) montre qu'au printemps et en été, vu que les conditions climatiques sont bonnes, le nombre de traits est plus élevé. Certaines lacunes existent, elles correspondent à des données incomplètes (échantillonnage fait sur 1 quinzaine par exemple, au lieu d'un mois, etc...)

C'est par exemple, le cas du 3e, 17e, 18e mois. Par ailleurs, une hétérogénéité de la puissance de pêche existe selon les zones de la Mer Celtique.(tab.4)

2. 2. Etude de la prise par unité d'effort :

2. 2. 1. Introduction :

La capture par unité d'effort (C. P. U. E.) est le quotient de la prise (en nombre ou en poids) sur l'effort développé pour exercer une activité quelconque, et, pendant une période donnée. La C. P. U. E. peut être considérée comme un indice d'abondance qui renseigne sur la densité du stock. La densité, rapport de l'abondance à l'aire de pêche considérée (N/A), est reliée selon (GULLAND, 1969) aux captures et aux efforts par la relation suivante :

$$\Delta C = q' \cdot \Delta f \cdot \frac{N}{A} \Rightarrow \frac{1}{f} \frac{dC}{dt} = q \cdot N = q' \cdot \frac{N}{A}$$

q' est une constante de proportionnalité

f est l'effort de pêche.

Dans notre étude, nous nous occuperons du cas simple et notre raisonnement portera sur la variation de la P. U. E. et l'intensité de pêche dans le Golfe de Gascogne, dt représente l'intervalle de temps entre les données (= 1an), et en Mer Celtique $dt = 1$ mois. Nous passons ainsi de l'intensité de pêche à l'effort de pêche.

2. 2. 2. Variation de la capture par unité d'effort au cours des années dans la pêcherie du Golfe de Gascogne.

Les données couvrent 26 années de captures de 1958 à 1983 (tab. 5 et fig. 11). Les données de 1958 à 1976 ont été intégralement relevées de

.../...

TABLEAU 4 : Variation de l'effort de pêche en jour de mer selon les zones de pêches de la Mer Celtique.

TRIMES. ZONES	1980				1981	
	1	2	3	4	1	2
F 1	74	86	94	57		
G 1	1 275	2 638	221	121	685	1 491
G 2	596	1 297	2 617	2 229	1 960	789
G 3	408	327	270	376	196	324
H 3	217	491	185	73	619	1 226

Année	Effort en jours de mer	Production en Kg	P.U.E (Kg/jour)
1958	3227	400030	123.96
1959	11551	1195763	103.52
1960	11272	963004	85.43
1961	19602	1566615	79.92
1962	17870	1150928	64.41
1963	18253	1556968	85.30
1964	15258	1764178	115.62
1965	13553	1221363	90.12
1966	25103	1604104	63.90
1967	22749	1363088	59.92
1968	26189	1837950	70.18
1969	29452	2441640	82.90
1970	30462	1966733	64.56
1971	31168	1852880	59.45
1972	29071	2176440	74.87
1973	32234	3311390	102.73
1974	30107	3311799	110.00
1975	34275	3762853	109.78
1976	35120	3507942	99.88
1977	34900	2744650	78.64
1978	34740	2367700	68.14
1979	31820	2555260	80.30
1980	31410	3263180	103.89
1981	31910	3051110	95.62
1982	35300	2601000	73.68
1983	34706	2419040	78.34

Tableau 5 : Valeurs des efforts ,des prises et des prises par unité d' effort des langoustiniers pêchant dans le golfe de gascogne.Ces données concernent les ports de GUILVINEC ,de LOCTUDY,de LESCONIL et de CONCARNEAU.

P.U.E EN Kg/JOUR DE MER

TEMPERATURE DE SURFACE EN 0°C

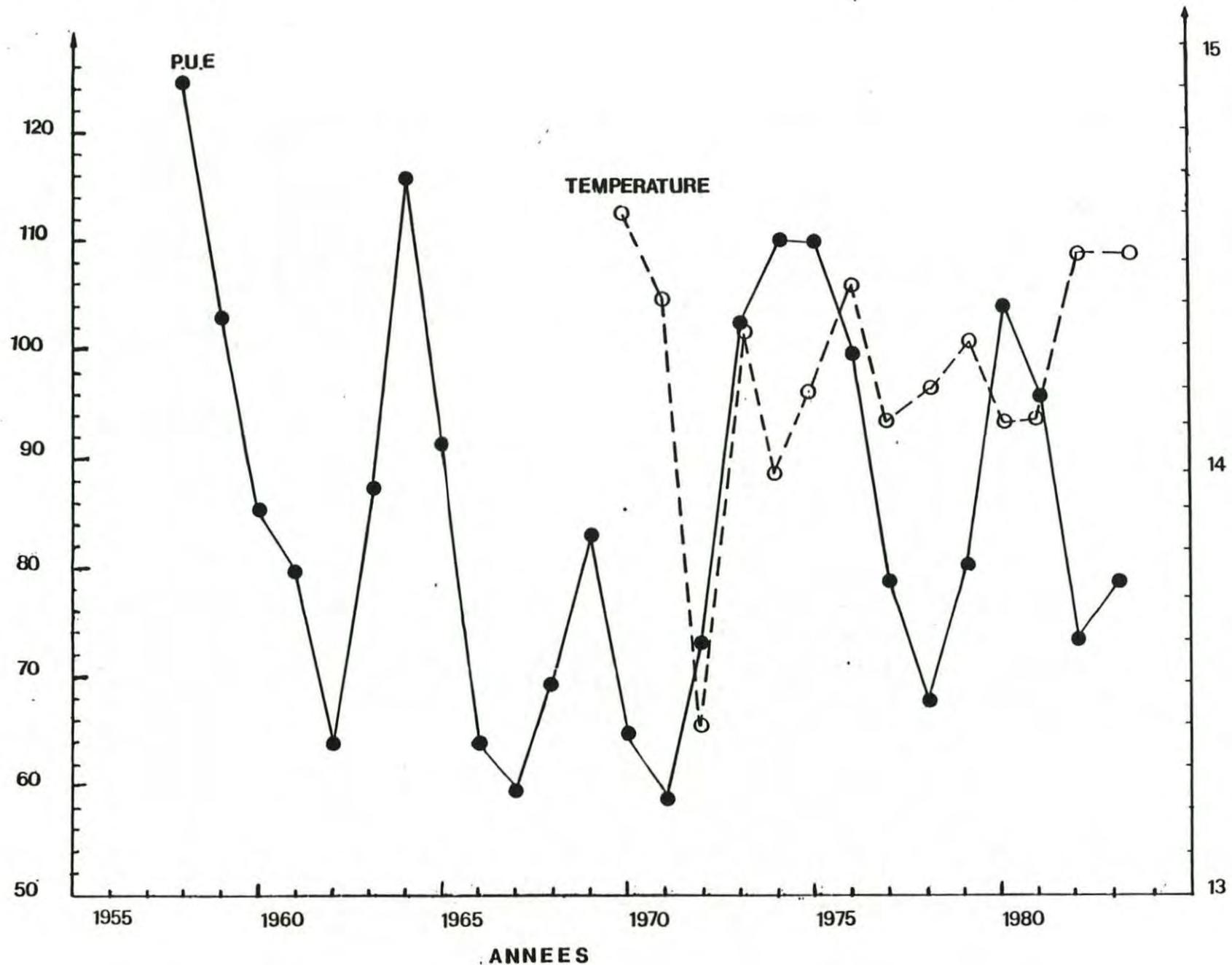


FIGURE 11 : Evolution de la prise par unité d'effort de langoustiniers pêchant dans le Golfe de Gascogne et de la température annuelle de surface de la zone d'action de

CONAN (1978). Nous avons collecté le reste des données auprès des criées et des comités locaux de pêche. A partir de cette figure, on peut faire deux remarques :

- un maximum apparaît tous les 5 ans environ (1958, 1964, 1969, 1974, 1980). Ces pics correspondent à des P. U. E. supérieures à 150 Kg/jour ;
- vers 1969, la valeur atteinte est basse par rapport aux autres maximas.

Ces différents modes correspondant aux fortes valeurs de P. U. E. sont obtenus à partir des zones de forte abondance. Tout se passe comme si les pêcheurs faisaient des prospections au cours du temps (sur une durée voisine de 5 ans) recherchant des zones de pêche où l'abondance des langoustines est forte. Enfin, il semblerait que les deux séries de données proviennent de deux secteurs différents qui auraient été fréquentés, l'un de 1958 à 1972, l'autre de 1973 à 1983. Dans chaque secteur, il existerait des micro-zones qui auraient été prospectées pendant cinq ans.

En effet, le maintien des valeurs des P. U. E. faibles entre 1966 à 1972, a poussé les bateaux à désertier l'ancien secteur (ensemble de zone de pêche selon notre hypothèse) pour explorer un autre. Ce deuxième secteur (Sect. 2) a été exploré à partir de 1971 - 1972. Le même scénario d'exploitation se passe dans ce deuxième secteur. C'est pour cette raison que nous notons deux maximas : l'un en 1975 et le deuxième en 1980.

2. 2. 3. Variation de la P. U. E. en fonction des saisons dans la pêcherie de la Mer Celtique.

La P. U. E. est calculée à partir du nombre de langoustines mâles et femelles capturées par heure de chalutage et ceci durant 18 mois de pêche commerciale. Les données relatives aux 3e, 17e et 18e mois où l'échantillonnage n'était pas complet, ont été supprimées.

La comparaison des courbes de variations de P. U. E. des mâles et des femelles tracées séparément montre que les P. U. E. sont toujours plus élevées chez les mâles que chez les femelles (fig. 12). De Janvier à Août, les variations sont les mêmes, puis de Septembre à Janvier/Février, les valeurs de P. U. E. des femelles restent toujours faibles durant l'incubation.

Dans le but d'étudier les fluctuations du rendement horaire des captures durant les différentes périodes de la journée, nous avons divisé le jour en 3

.../...

périodes, conformément aux heures de travail des pêcheurs :

- le matin de 5 h 30 mm à 10 h 30
- le midi de 10 h 30 mm à 14 h 30
- le soir de 14 h 30 mm à 18 h 30

Par la suite, nous avons calculé le rendement horaire des captures pour chacune des différentes zones de pêche. Les données de captures (poids) qui ont servi aux calculs sont cumulées sur toute la période de l'étude et couvrent tous les bateaux ayant pêché dans les deux zones de pêche : "GALLEY " et "SMALLS". Les résultats sont montrés dans le tableau n° 6.

Il apparaît que les traits de midi sont plus fructueux que ceux du matin, qui eux-mêmes sont plus élevés que ceux du soir. Par ailleurs, (tab. 6) les rendements horaires en langoustines diffèrent selon les zones de pêche de la Mer Celtique. Il est probable que, la variabilité du rendement selon les zones soit liée à la variation de la densité des individus sur le fond. De plus, l'efficacité du chalut peut être variable d'un fond à l'autre.

2. 2. 4 Conclusion

a) l'effort de pêche :

En raison de la différence existant dans la façon de collecter les données d'effort, l'unité n'est pas exprimée de la même manière dans les deux pêcheries.

En effet, dans le Golfe de Gascogne, l'effort de pêche est exprimé en jours de mer. Il correspond bien à nos besoins pour l'application des modèles globaux qui nécessitent des données de tonnages et d'effort sur plusieurs années.

Pour la Mer Celtique, on ne dispose pas de données historiques de l'effort en jours de mer comme c'est le cas pour le Golfe, on ne peut donc utiliser les modèles globaux pour les évaluations dans cette pêcherie. L'unité d'effort (nombre d'heures de chalutage) traduit bien par contre, l'effet de la capturabilité sur la pêche. Pour cette pêcherie, les données d'effort exprimées en jours de mer ne nous sont disponibles que pour les dix huit mois de l'étude. Ces données seront utilisées dans les calculs des rendements par recrue au moment des évaluations du stock de langoustines en Mer Celtique. (Cf. VIII)

..../...

TABLEAU 6 :

Variation du rendement horaire des captures en Kg durant les périodes de la journée dans la partie Nord - Est "SMALL" et dans la partie opposée Nord - Ouest "GALLEY" de la Mer Celtique. (Voir figure 5 pour la situation géographique des zones).

ZONE DE PECHE \ PERIODE DU JOUR	TRAIT DU MATIN	TRAIT DU MIDI	TRAIT DU SOIR
SMALLS	47,05	60,61	38,41
GALLEY	24,80	38,69	26,40

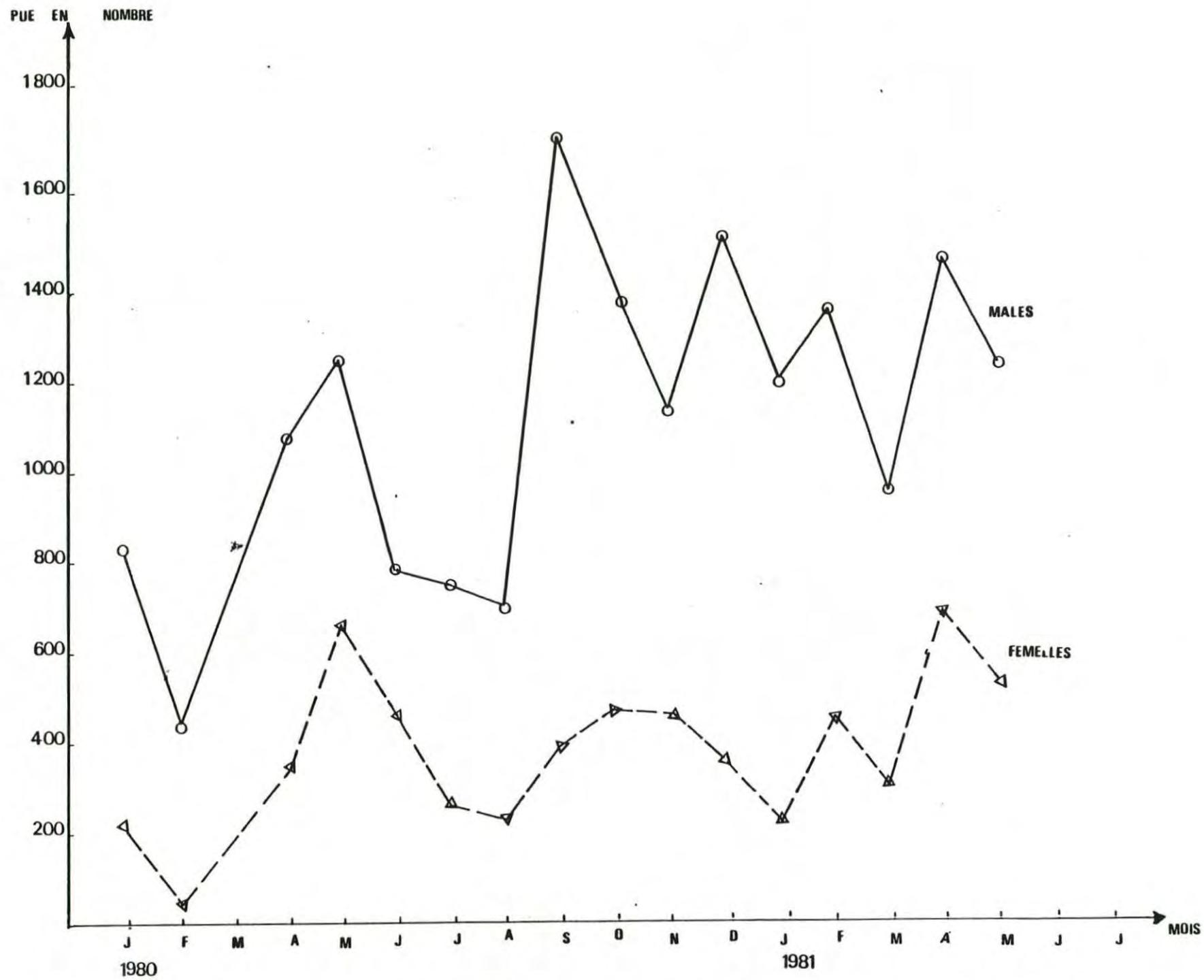


FIGURE 12 : Variation saisonnière de la prise par unité d'effort des langoustiniers pêchant en mer Celtique

b) la prise par unité d'effort :

Ici aussi, il existe une différence dans la définition de ce paramètre selon que l'on est en Mer Celtique, ou, dans le Golfe de Gascogne. Dans la première pêcherie, l'unité de P. U. E. est exprimée par le nombre de langoustines capturées par heure de chalutage, et ceci, séparément pour les deux sexes. Cette unité renseigne mieux sur la densité des individus sur le fond et sur la capturabilité des individus durant les saisons et pendant la durée du jour.

Dans le Golfe de Gascogne, la C. P. U. E. est représentée par le poids des langoustines capturées par jour de mer.

Dans les captures et durant toute la période de l'étude (fig. 12), les mâles sont beaucoup plus nombreux par heure de chalutage. Mais, l'observation détaillée de ces courbes implique l'existence d'un phénomène particulier. En effet, l'intégrale calculée à partir de la différence des courbes (mâles - femelles) et, limitée entre le mois de Janvier et la fin du mois de Juillet, est nettement inférieure à celle entre début Septembre et fin Février. La compréhension de ce fait demande une connaissance sur la biologie de la langoustine. Mais vu que, dans cette pêcherie nous ne nous sommes pas avancés dans les détails, nous nous référons à la langoustine du Golfe. Il est important de signaler qu'elle disparaît des captures après la ponte, c'est-à-dire, au moment où elle est en période d'incubation des oeufs. (CONAN 1978). La diminution du nombre de femelles durant la période d'Août à Février, ne peut être expliquée que par ce phénomène. Leur vulnérabilité par les chaluts diminue et l'on assiste, certains mois (Juillet/Août) à la capture d'une femelle pour cinq mâles.

Par ailleurs, si nous raisonnons seulement au niveau de la variation de P. U. E. des mâles, nous trouverons d'après la figure (12) que les mâles sont plus vulnérables d'Avril à Mai et de Septembre à Octobre, puis de nouveau d'Avril à Mai. Il ne nous semble pas que les différences observées dans les P. U. E. durant les différentes périodes de l'étude soient liées à une variation dans les densités car selon HILLIS (1973), les larves sont pélagiques, et, les post-larves se déposent sur le fond d'une manière anarchique. Ceci prêche à penser que la pêche se fait surtout au hasard, et, les fluctuations des valeurs de P. U. E. ne peuvent être expliquées que par une variation de vulnérabilité : c'est le cas des mois d'Avril/Mai, et, Septembre/Octobre pour les mâles, période coïncidant avec la mue et c'est le cas des mois de Septembre à Février-Mars pour les femelles durant la période d'incubation.

Pour ce qui est de la variation journalière des P. U. E, nous constatons que la capturabilité des individus est maximale au milieu de la journée.

Pour le Golfe, deux séries de données existent : une relative à la pêche expérimentale servant à l'étude de la croissance et de la mortalité, l'autre relative au chalutage commercial, et servant à l'utilisation des modèles globaux.

Le plan de collecte des données des tonnages et des effort établis par CONAN (1978) de 1958 jusqu'à 1976, et à partir des ports de Concarneau, Loctudy, Lesconil et le Guilvinec a permis d'actualiser ces données jusqu'à 1983. L'observation de cette variation au cours des années a montré que les pêcheurs changent de micro-zones de pêche tous les 5 ans environ. Ce changement survient quand le pêcheur de langoustines constate une chute de P. U. E. d'une année sur l'autre. Le temps de recherche de ces micro-zones de pêche demande environ 5 ans. Un changement complet semblerait avoir lieu à partir de 1970. Cette hypothèse de changement brusque du secteur pourra être constatée aussi en observant la courbe qui représente l'évolution du tonnage et de l'effort simultanément, en fonction du temps. Une corrélation significative ($R = 0.904$ avec un d. l. = 24) est trouvée quand nous avons établi la régression entre ces deux variables. La transformation logarithmique de ces données a montré une stabilité de la variance des P. U. E. avec l'augmentation de l'effort. (figure 12a) Ceci tend à prouver que la pêcherie tend à se stabiliser autour d'un point d'équilibre. Par ailleurs, l'augmentation de la production avec l'effort va à l'encontre de l'évolution générale d'une pêcherie qui montre un fléchissement de la production au delà d'un certain effort.

Afin de comparer les moyennes des P. U. E. de ces deux lots, nous allons soumettre les données des prises par unité d'effort à des tests statistiques. Il s'agit de vérifier si l'hypothèse nulle de départ (H_0) est vraie ou non. Elle consiste à supposer que les deux échantillons d'observations des P. U. E. durant les deux périodes (1958 - 1972) et (1973 - 1983) ont des moyennes égales. Si l'hypothèse nulle est acceptée, nous pouvons conclure que les 2 lots de données sont issus d'une même population parente, et que, les différences observées dans les moyennes des P. U. E. ne sont dûes qu'à un changement de secteur de pêche ou à un changement dans le mode d'exploitation. Pour ce faire, il est possible d'emprunter le test T de STUDENT, qui n'est qu'un cas particulier du test F de SNEDECOR- FISHER (méthode d'analyse de variance). Malheureusement, et bien que les variances

.../...

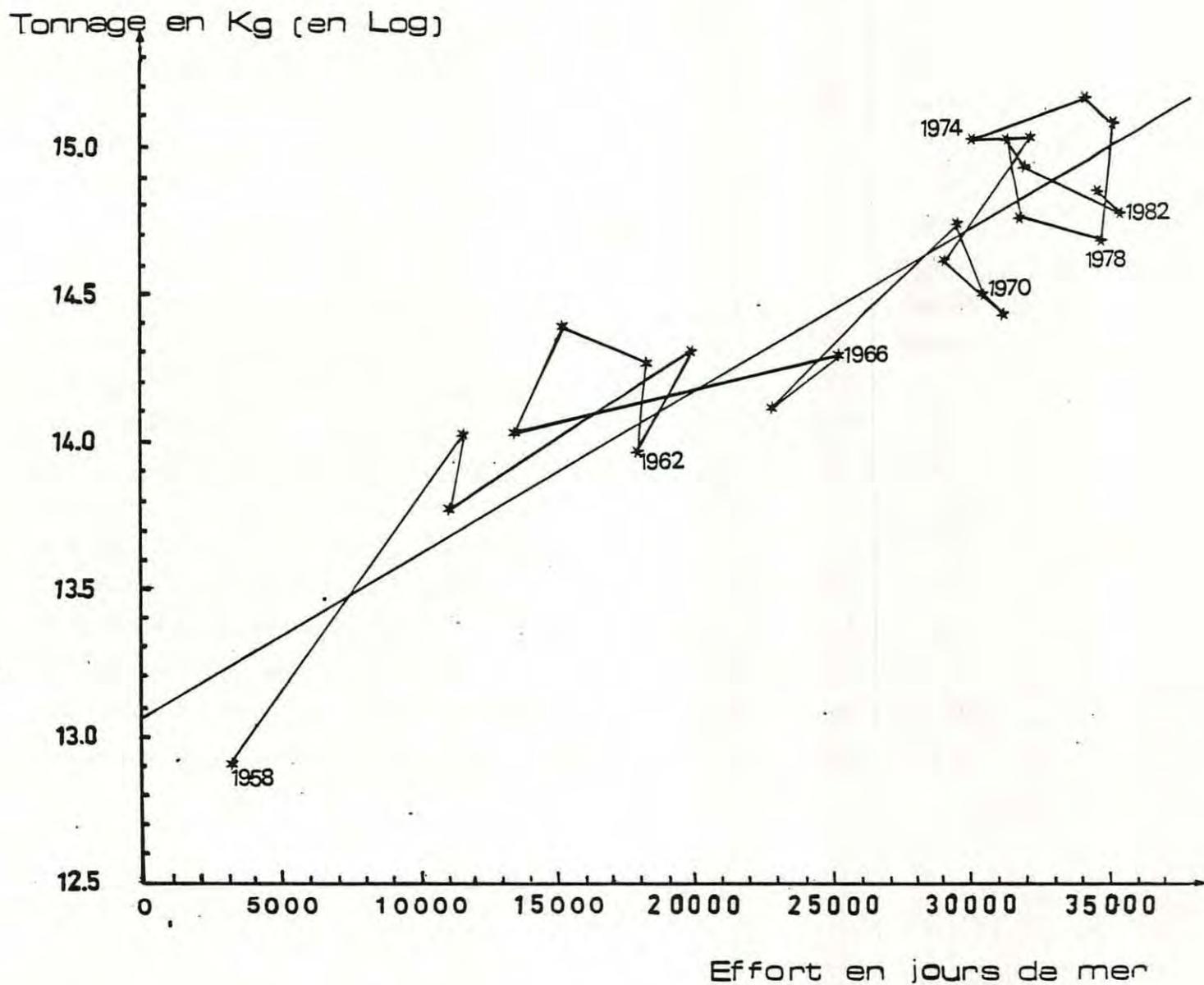


FIGURE 12a: Variation des apports (Kg) en fonction des efforts (jours de mer) durant la période de 1958-1983 dans le golfe de gascone.

soient homogènes (vérifiées par le test de BARTLETT), la distribution des valeurs de P. U. E. n'est pas normale durant ces 2 périodes et les valeurs de P. U. E. sont très hétérogènes. Cette dernière condition n'étant pas remplie pour l'utilisation d'un test paramétrique (loi de STUDENT), nous allons confronter les deux échantillons à un test équivalent mais non paramétrique relatif à 2 échantillons : c'est le test de MANN - WHITNEY. Ce dernier test est un cas particulier du test H de KRUSKALL - WALIS.

L'avantage de ce test, bien qu'il perde en efficacité par rapport à un test paramétrique tel que la loi T ou la loi F, c'est qu'il n'exige pas de condition de normalité et d'égalité de variance ; l'hypothèse bien entendu, est invérifiable avec les effectifs faibles de P. U. E. dont nous disposons ($N_1 = 15$; $N_2 = 11$ tous les deux inférieurs à 30). La différence est non significative pour les deux lots de données pour une probabilité = 0.09.

Ainsi, nous concluons que le choix de l'unité d'effort est acceptable, et que, les deux séries de données sont comparables et issues d'une même population parente. La différence qui existe est due au changement de zone de pêche. Il est certain que si ce changement n'avait pas eu lieu, la prise par unité d'effort aurait considérablement chuté. En effet, l'ancienne zone de pêche, "pêcherie des Glénans" commence à être beaucoup moins fréquentée à partir de 1971 selon les patrons de pêche. Une nouvelle pêcherie est ouverte au large de PENMARCH (AGEAM, 1983). Une corrélation entre les valeurs des P.U.E et celles de la température de surface des eaux de cette zone ne peut pas être retenue dans notre cas comme en témoigne la figure 11.

CHAPITRE V

ECHANTILLONNAGE ET TRAITEMENT DES ECHANTILLONS



ECHANTILLONNAGE ET TRAITEMENT

DES ECHANTILLONS

1 - COLLECTE DES DONNEES A LA MER - ECHANTILLONAGE :

1 - Introduction :

L'échantillonnage est l'opération de collecte des échantillons et des données à partir des populations d'individus. Il existe une population regroupant un ensemble d'objets, que l'on appellera unités ou individus. Le nombre des unités peut être fini ou infini. Faute de pouvoir étudier (peser, mesurer, ...) tous les individus de cette population, on ne peut étudier qu'un nombre limité d'unités en pratiquant un sondage ou un prélèvement au hasard d'individus. L'échantillon est l'ensemble de ces individus.

Les méthodes d'échantillonnage des données ayant servi à notre travail diffèrent selon les besoins de l'étude. En effet, pour suivre la croissance ou la mortalité des langoustines, par exemple : l'échantillonnage a été réalisé régulièrement par des échantillonneurs rémunérés qui embarquent en mer. Le deuxième type d'échantillonnage est celui, que nous avons réalisé auprès des criées (collecte des données tirées des archives, mensurations, et pesées des individus...) ou durant des campagnes de pêche (mensuration, pesée, marquage ...etc)

1. 2 - **Protocole d'échantillonnage des langoustines en Mer Celtique** :

Le travail qui suit, utilise des échantillonnages effectués en mer de Janvier 1980 à Août 1981.

1. 2. 1. Echantillonnage des bateaux :

Deux échantillonneurs embarquent individuellement tous les 15 jours sur un langoustinier commercial choisi au hasard qui fréquente la pêcherie de la Mer Celtique.

Les bateaux de Lorient et de Concarneau n'ont jamais été échantillonnés car l'essentiel de la production est bigoudène. Le quartier bigouden compte pour les 3 ports groupés, Guilvinec, Loctudy et Saint Guénolé : 83 bateaux.

Tous ces bateaux pêchent dans le Nord du 48e parallèle. Pour calculer le taux d'échantillonnage, nous avons utilisé la formule de GULLAND (1969), soit $T_i = n_i/N$ où T_i : taux d'échantillonnage, n_i = nombre de bateaux échantillonnés et N est l'effectif total de la flottille. Sur l'ensemble des bateaux bigouden, environ 35 sont échantillonnés soit alors un $T_i = 35/83 = 0.42$. Le taux d'échantillonnage de la flottille française pêchant en Mer Celtique est de $35/180 = 0.19$. Lors des embarquements des enquêteurs, le taux des traits échantillonnés est de 0.48 pour la flottille bigoudène, soit 0.25 pour un échantillon ramené à l'ensemble de la flottille française en Mer Celtique.

1.2.2. Echantillonnage des zones de pêche :

A priori, les patrons de pêche, quand ils quittent les ports d'attaches respectifs ne savent pas où ils vont pêcher. C'est en cours de route qu'ils échangent par radio les informations sur les lieux de pêche. Au début, la présence d'un bateau dans une zone de la pêcherie est assez aléatoire. Les premiers traits servent de "détection" des zones à forte abondance.

Pendant le temps de pêche, un bateau est rarement isolé. Les langoustiniers pêchent en groupes et il est alors difficile de couvrir l'ensemble de la Mer Celtique. Il en résulte une distribution effective hétérogène de l'effort de pêche selon les zones (voir tableau 4). DESTANQUE (1981) note la prépondérance de deux zones 7G1 et 7G2 qui, à elles seules mobilisent 84 % de l'effort échantillonné. La zone de 7G2 qui inclut le Banc de "SMALLS" est une zone peu accidentée et offre un terrain de chalutage facile à exploiter. Par contre, la zone 7 G1 qui comporte le Banc de "LABADIE" est plus rocheuse, mais elle est connue pour la pêche des grosses langoustines.

1. 2. 3. Importance de la taille de l'échantillon étudié.

Le nombre d'individus prélevés pour être mesurés ou pesés lors d'une opération d'échantillonnage, constitue la taille d'un échantillon. Un millier de traits a été échantillonné depuis le mois de Décembre 1979 jusqu'au mois d'Août 1981. Lors de chaque trait, 50 à 500 langoustines sont prélevées (soit en moyenne 250 langoustines par trait). Le nombre et le poids total de langoustines capturées pendant un trait de chalut, sont déterminés par extrapolation. Environ 75 % des traits d'un bateau échantillonné, ont été prélevés. Pour les traits non échantillonnés, une évaluation du poids et du

.../...

nombre a été relevée. Nous signalons que, le nombre de traits par jour et leurs durées dépendent de l'importance des captures, et, de la durée du jour (ou des saisons). Par ailleurs, la taille de l'échantillon est généralement proportionnelle à la taille de la capture du trait.

1. 2. 4. Tri et mesures à bord du bateau : (fig.13)

A bord du bateau et à chaque capture, une partie des langoustines de la "palanquée" est prélevée. Dans le cas, où la capture est faible, toutes les langoustines sont alors mesurées.

a) Tri des langoustines selon leur sexe et leurs états biologiques (mue - maturité)

La première opération à effectuer juste après le déversement du cul du chalut sur le pont, est le tri des langoustines parmi les autres espèces pêchées. Les langoustines sont classées en sept catégories : mâles normaux - mâles mous - femelles normales - femelles molles - femelles grainées - individus cassés (par sexe).

Le dimorphisme sexuel est net. Sur leurs faces ventrales, juste en arrière des maxillipèdes, le mâle et la femelle portent respectivement un "pétasma" formé de deux pléopodes durs (en forme de petits filaments chez la femelle), et un thélycum visible à l'oeil nu. (Fig. 14).

b) Procédé de mesure des langoustines :

L'administration et les pêcheurs utilisent en général, la longueur totale qui présente l'inconvénient de ne pas être assez précise en raison du manque de rigidité de l'animal. Que ce soit pour l'échantillonnage régulier établi par les échantillonneurs ou pour nos échantillonnages particuliers ; c'est la longueur céphalothoracique (figure 13) qui a été utilisée. Cette longueur a été recommandée par le C. I. E. M. (1974) afin d'être utilisée comme mesure standard servant à l'échantillonnage et aux études biologiques des populations de langoustines. La mesure de la longueur céphalothoracique (l_c) est faite au 1/10 de mm à l'aide d'un pied à coulisse. Pour la rapidité du travail un magnétophone est utilisé pour enregistrer les mesures.

.../...

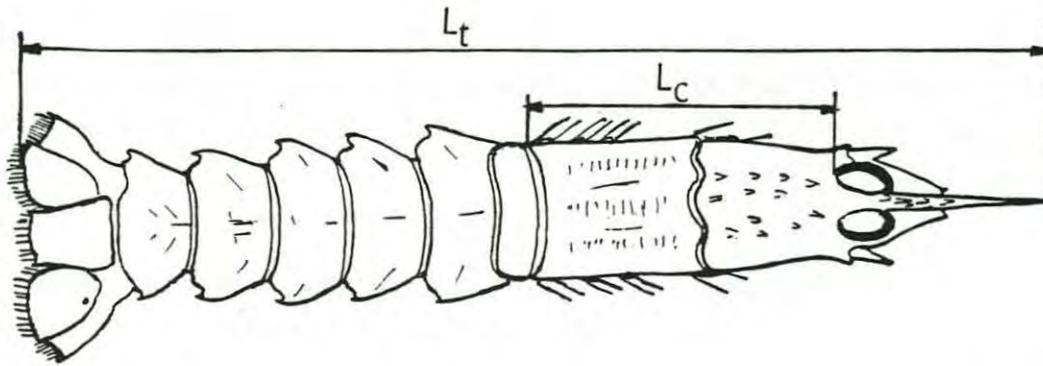


FIGURE 13 : Mesures des longueurs des langoustines pour l'échantillonnage.

Lc : longueur du céphalothorax

Lt : longueur totale.

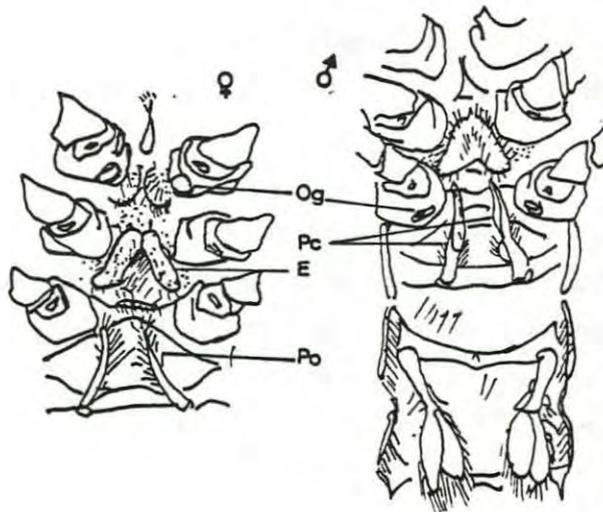


FIGURE 14 : Différenciation sexuelle des langoustines.

O.g. : orifices génitaux.

P.c. : pléopodes copulateurs

E : spermathèque

P.O. : pléopodes ovigères

D'après SARDA et FERNANDEZ (1981).

1. 2. 5. Préparation des feuilles de données.

Une feuille type de données est préparée à chaque sortie. Elle comporte les mesures des échantillons selon leur catégorie et le maximum d'informations sur la pêche. Les renseignements portent surtout sur les lieux de pêche, la durée et l'horaire des traits, l'état de la houle, de la mer, du vent et de la marée.

1. 3. **Méthode d'échantillonnage des langoustines dans le Golfe de Gascogne :**

Elle est tout à fait identique à celle qui a été utilisée en Mer Celtique, et porte sur 18 mois de Janvier 1979 à Août 1980. Notons toutefois, que la maille du chalut expérimental utilisé ici (15 mm) est beaucoup plus faible que celle du chalut commercial (60 mm) pêchant en Mer Celtique. Les tailles des langoustines échantillonnées dans le Golfe de Gascogne sont donc plus faibles que celles de la Mer Celtique. A la différence de la Mer Celtique, où les échantillonnages ont porté sur plusieurs zones de pêche séparées, les prélèvements des données dans le Golfe sont concentrés sur une seule zone.

1. 4. **Discussion et limite de validité de l'échantillonnage :**

Généralement, sur le bateau, il est impossible de mesurer toute la population capturée. C'est pourquoi, on a procédé à un échantillonnage. Mais cet échantillonnage effectué dans les deux pêcheries, peut ne pas être représentatif dans certaines conditions pour deux causes essentielles :

A) En Mer Celtique, la zonation de l'effort d'échantillonnage ne s'identifiera pas obligatoirement à la zonation de l'effort développé par l'ensemble de la flottille au même moment. Des zones pourront donc être sous-représentées et d'autres sur-représentées. Ainsi, s'impose une première hypothèse : constante de croissance dans toutes les zones et une mortalité naturelle invariable selon les zones.

B) Toujours en Mer Celtique, le maillage des chalut est variable selon les bateaux (60/70 mm). A un instant donné, le maillage des bateaux échantillonnés peut être différent du maillage utilisé par la plupart des bateaux de la flottille.

Par contre, l'échantillonnage semble être satisfaisant :

a) Il a été réalisé sur des bateaux commerciaux. Ceci offre l'avantage de recueillir le maximum d'informations sur la pêcherie.

b) Le nombre des navires et des traits (et par conséquent d'individus échantillonnés) est important. En outre, cet échantillonnage a été réalisé durant une période relativement étalée (18 mois) permettant de couvrir un cycle annuel de l'espèce.

2 - TRAITEMENT DES ECHANTILLONS

Une feuille de données où sont inscrites les mesures et les informations générales sur la pêche a été établie pour chaque marée.

La première partie du traitement des données de capture passe par deux étapes: l'enregistrement des données et l'établissement des distributions de fréquences de tailles.

2. 1. Enregistrement des données de capture :

Le premier volet de l'étape n° 1 décrite dans le tableau . (7) consiste à rédiger un programme informatique en BASIC et compatible avec la machine H. P. 9845 B afin d'enregistrer les données pour chaque marée et pour chaque zone. Ces données concernent l'effort de pêche, la nature (molles, grainée, normales...), les mesures, le poids capturé, l'état de la mer... et, ceci séparément pour chaque pêcherie et pour chaque sexe.

Un fichier est donc créé pour chaque marée. Les fichiers des mâles et des femelles sont distincts. Nous avons recommencé l'opération pour toutes les marées du Golfe et de la Mer Celtique. Ainsi, nous avons un cycle annuel des données pour ces deux pêcheries. Pour le Golfe, les données sont groupées par mois et pour la Mer Celtique, elles sont groupées par quinzaine de jours.

2. 2. Tracé des histogrammes de fréquences de tailles:

A partir des données déjà enregistrées sur des fichiers, les histogrammes de fréquences de tailles des langoustines ont été tracés. Les distributions des langoustines molles (blanc), des grainées (hachurées) et des normales (noires) (fig. 15) sont représentées. Le nombre des individus échantillonnés est donc distribué suivant les classes de tailles correspondantes

Pour la Mer Celtique, les échantillons ont été élevés à la pêche totale en fonction de l'effort par quinzaine (fig. 15). Dans le Golfe, il s'agit de la capture totale mensuelle expérimentale (fig. 16).

Ces histogrammes sont l'outil de base pour les différentes analyses figurant de cette étude. Le suivi des modes au cours du temps permettra l'étude de la mortalité et de la croissance des langoustines sur ces deux pêcheries.

TABLEAU 7: Chaîne de traitement de nos données.

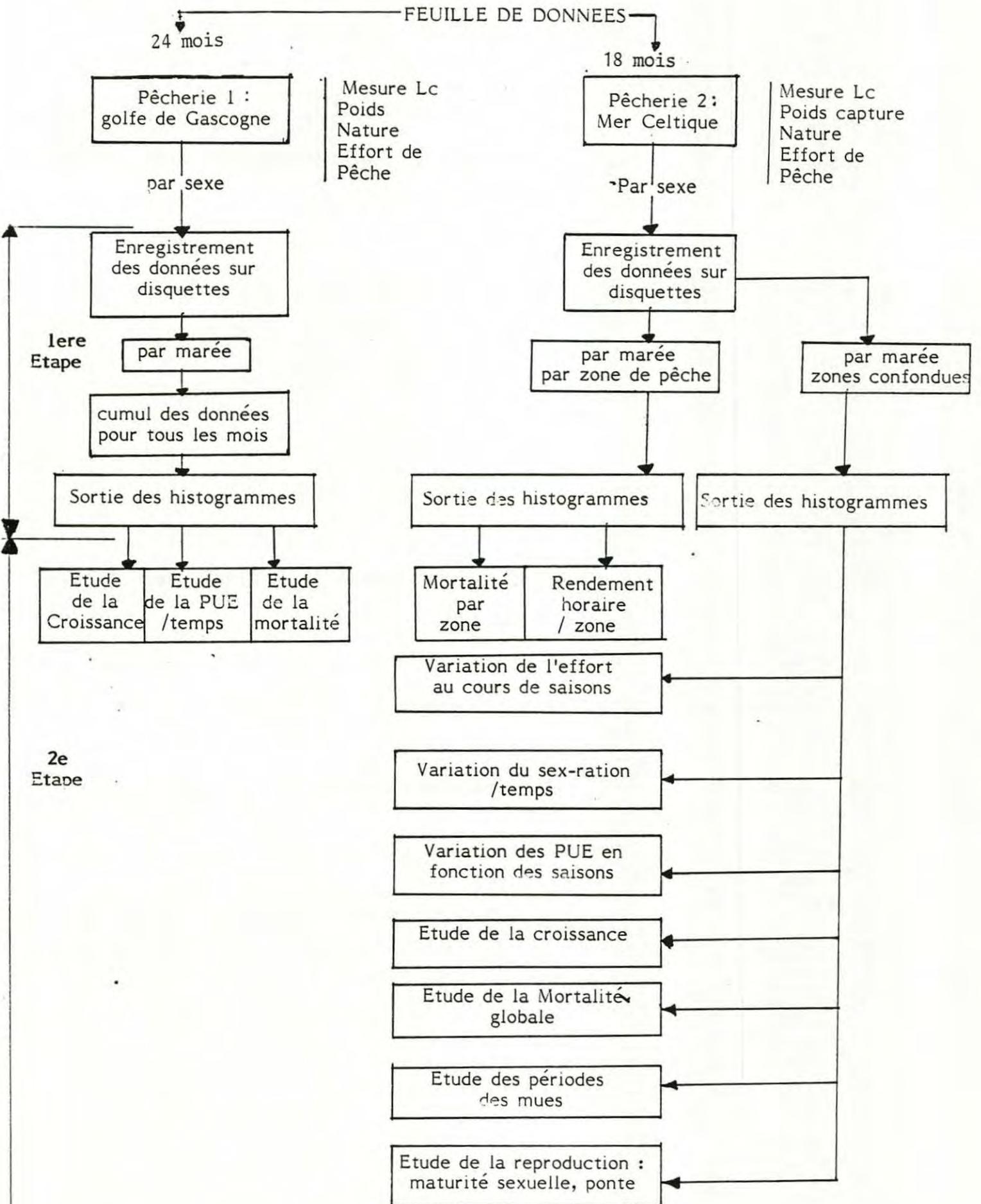


FIGURE 15 :

Distribution des fréquences de tailles des langoustines pêchées durant les périodes d'échantillonnage (1/1/80 au 15/8/81) en mer celtique.

Noir = individus normaux

Blanc = individus mous

hachuré = femelles grainées

x = taille de céphalothorax en mm

y = pourcentage.

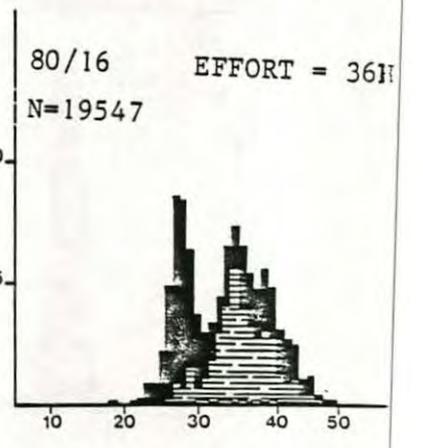
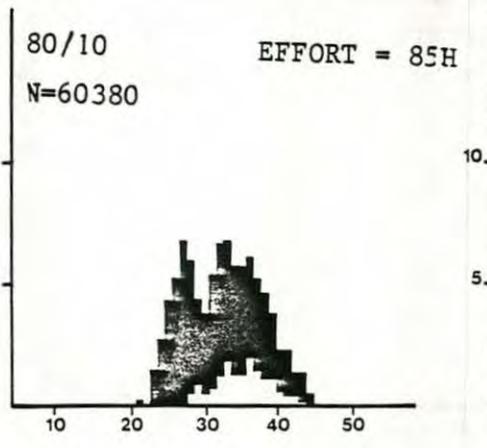
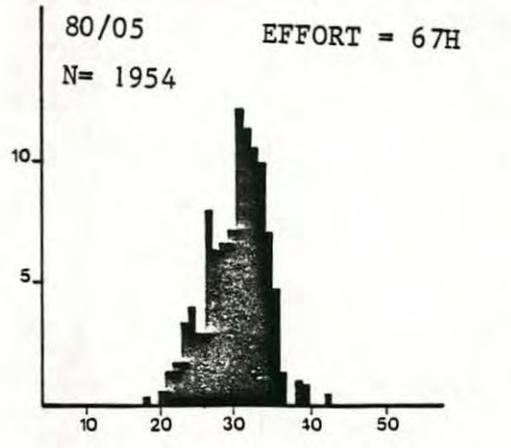
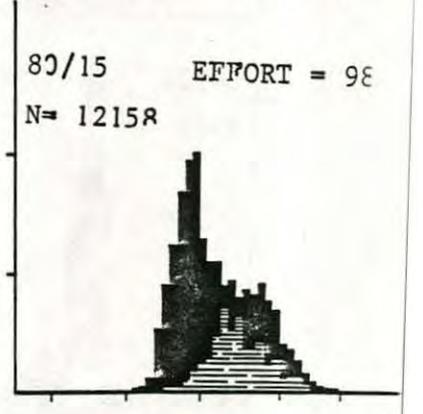
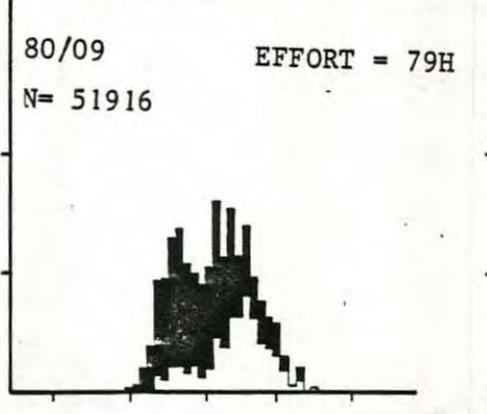
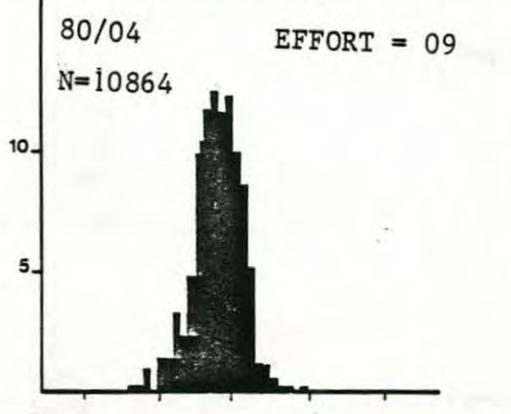
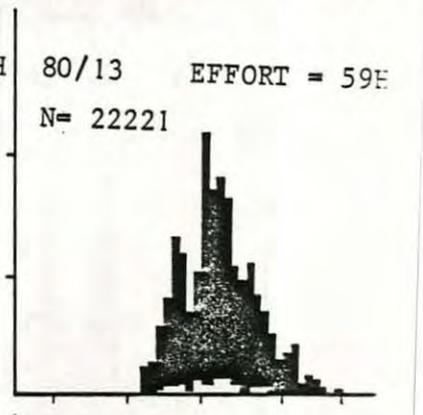
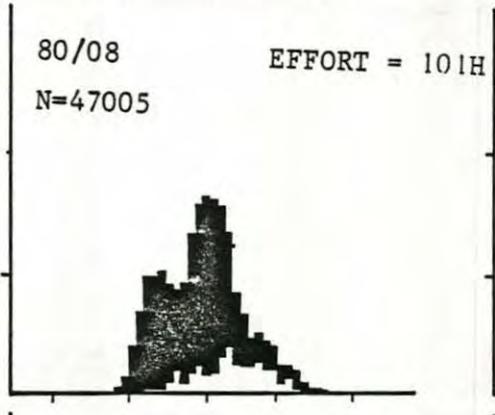
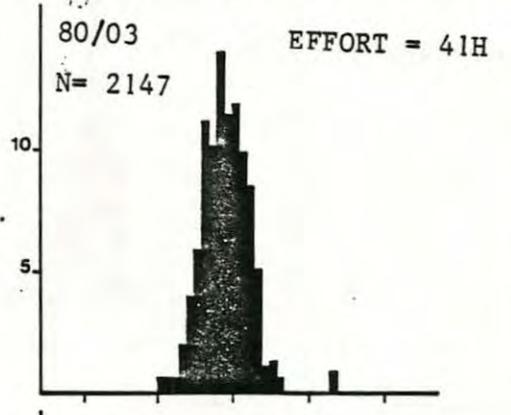
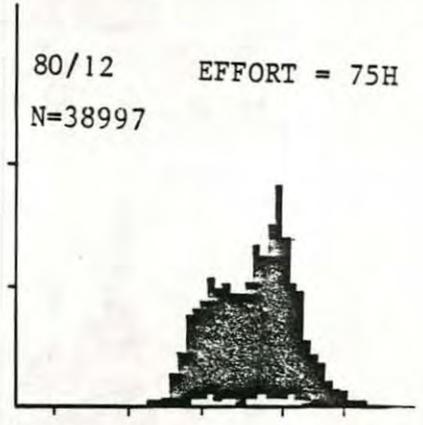
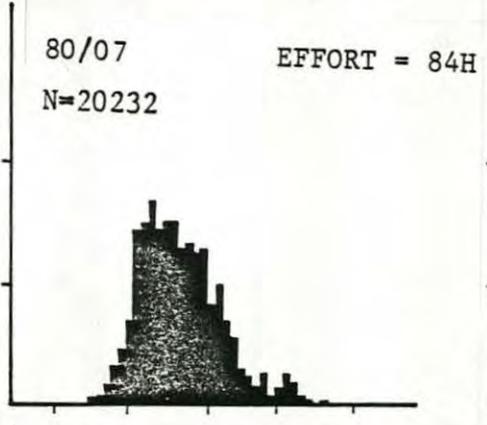
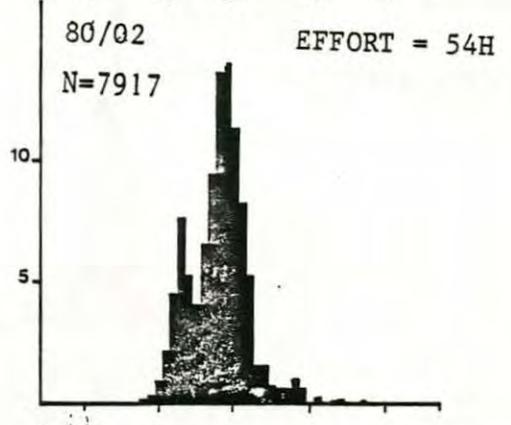
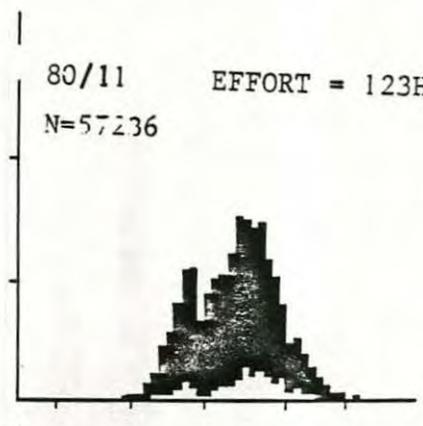
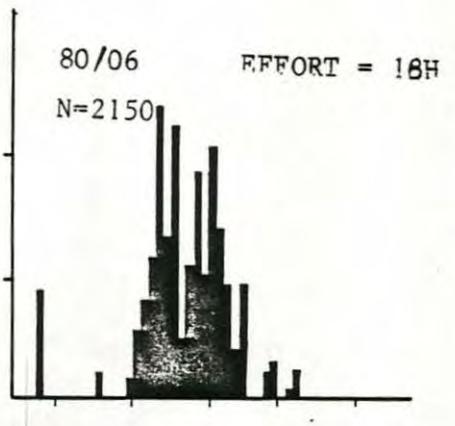
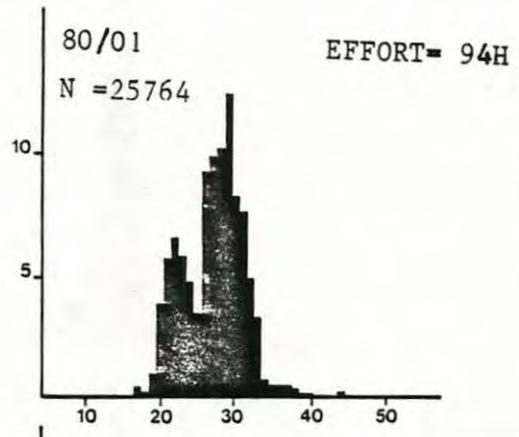
N = Effectif ramené à la pêche totale du bateau échantillonné.

code : L'année 1980 est codée 80. Celle de 1981 est codée 81.

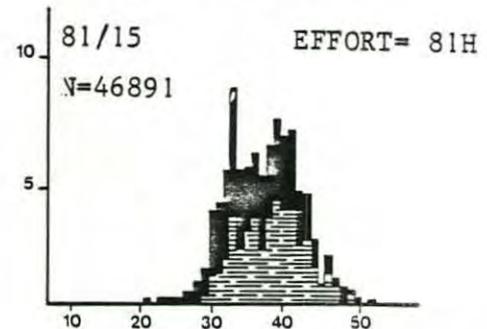
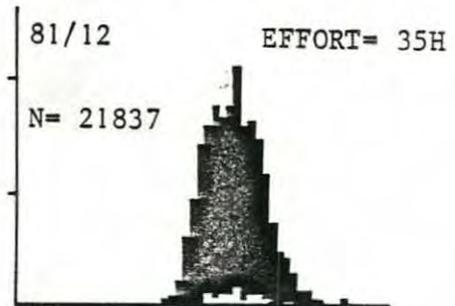
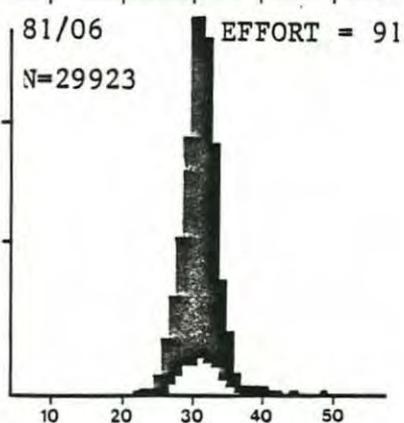
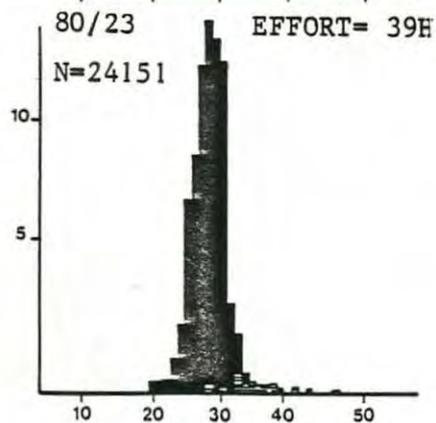
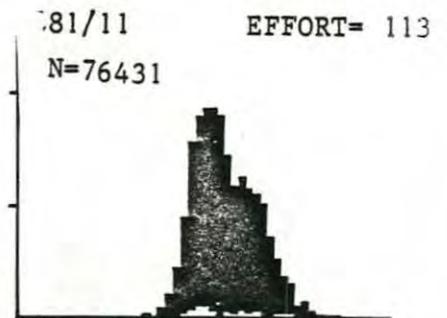
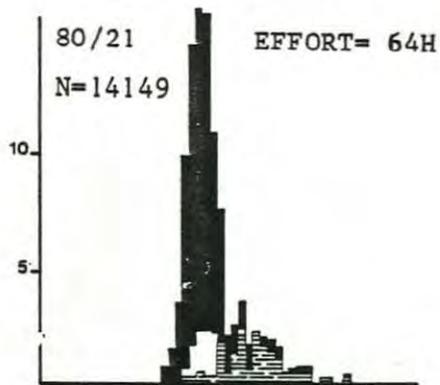
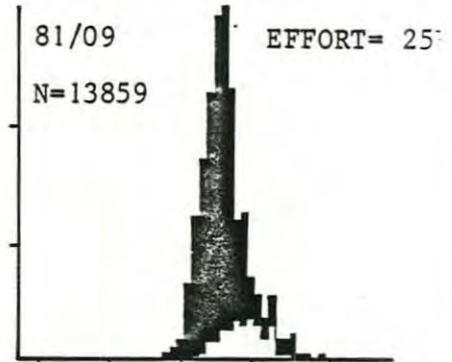
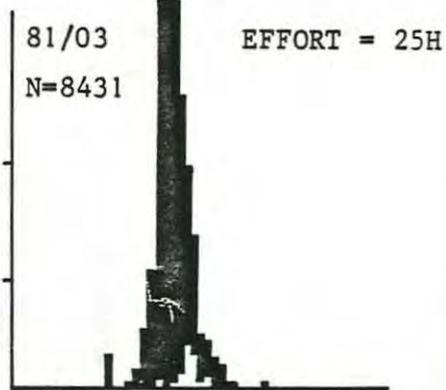
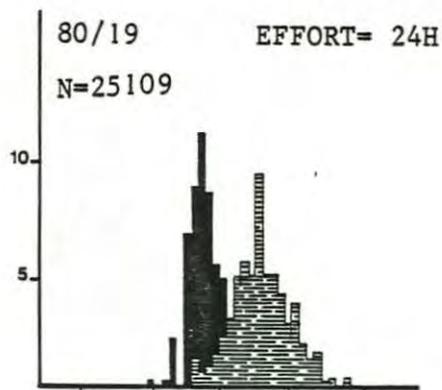
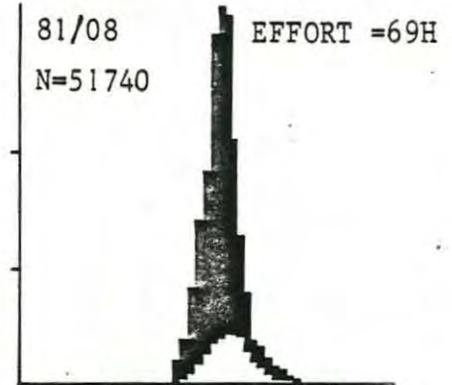
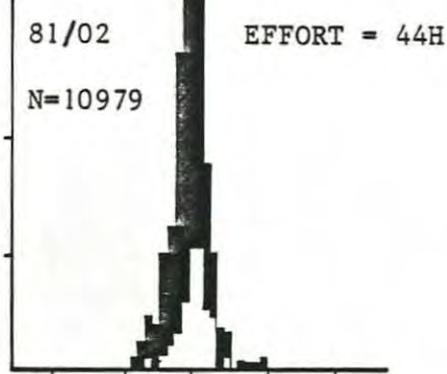
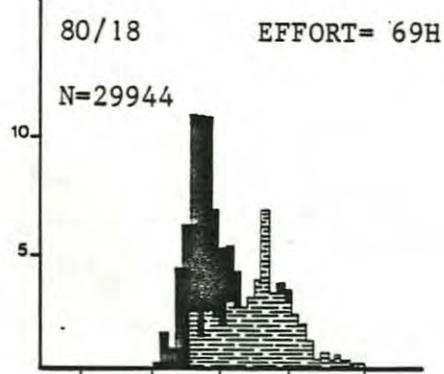
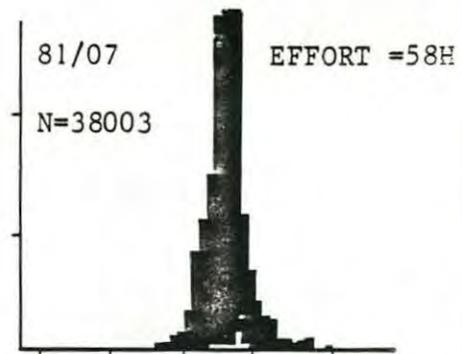
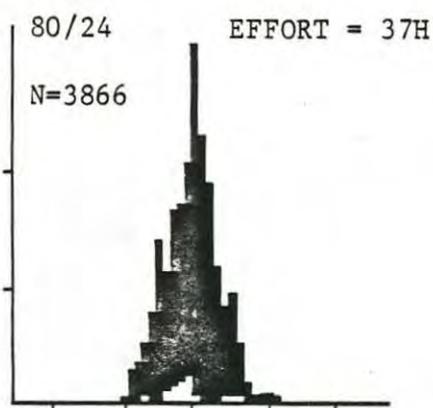
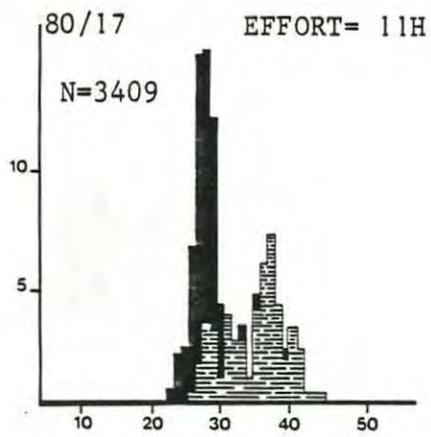
Les quinzaines sont numérotées de 01 à 24 pour chaque année.

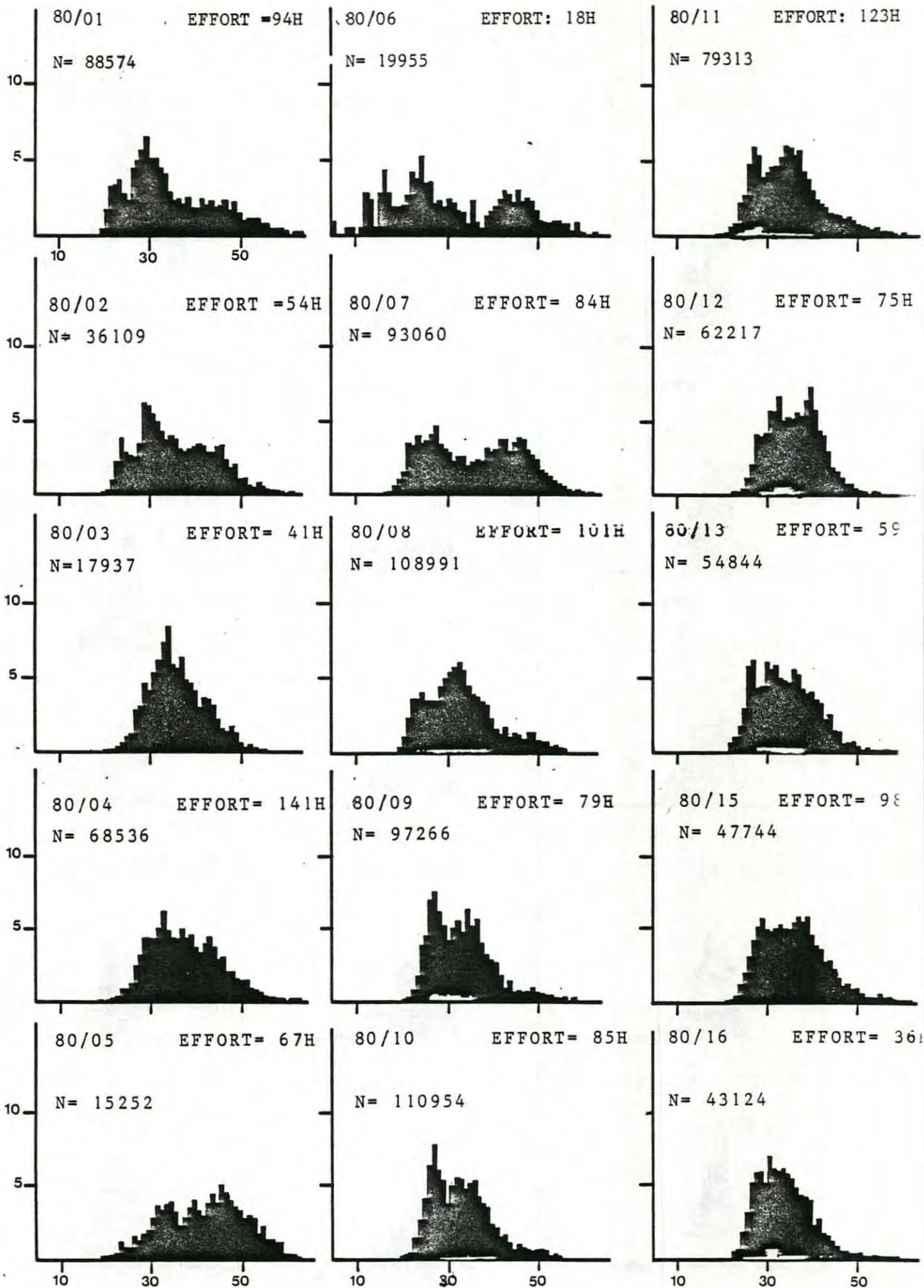
Exemples :

- 80/01 c'est la première quinzaine de l'année 1980.
- 80/02 c'est la deuxième quinzaine de l'année 1980
- Etc...



femelles

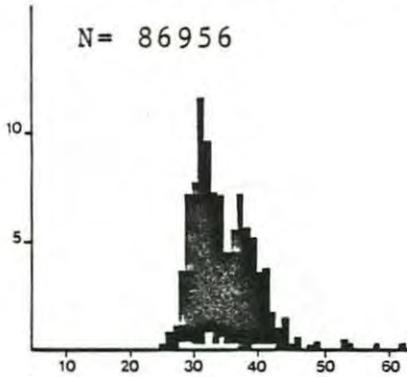




N=82458

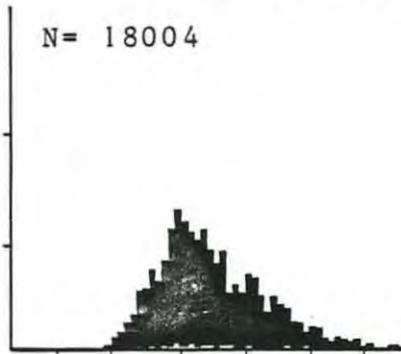
80/17 EFFORT= 11H

N= 86956



80/24 EFFORT= 37H

N= 18004



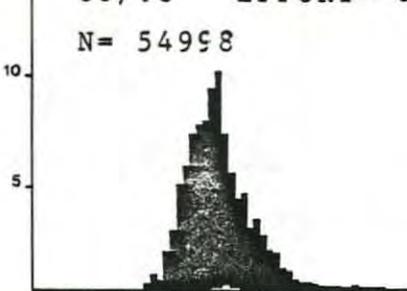
81/08 EFFORT= 69H

N= 106237



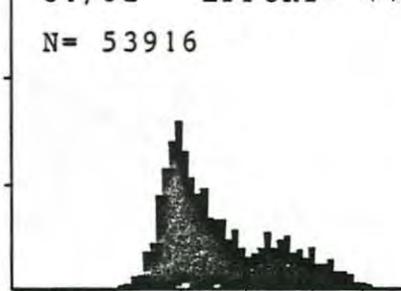
80/18 EFFORT= 69H

N= 54998



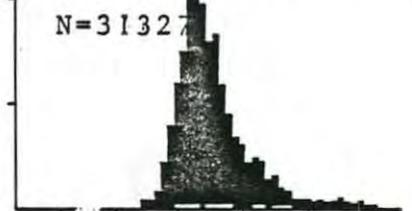
81/02 EFFORT= 44H

N= 53916



81/09 EFFORT= 25H

N=31327



80/19 EFFORT= 24H

N= 6005



81/03 EFFORT= 25H

N= 50634



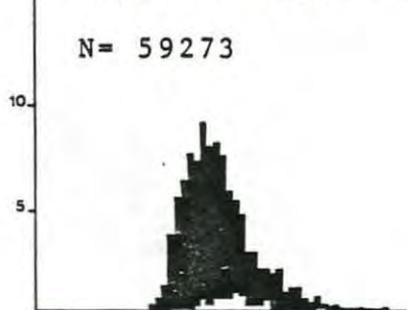
81/11 EFFORT= 113H

N=142535



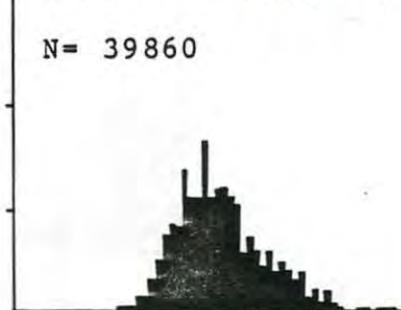
80/21 EFFORT= 64H

N= 59273



81/04 EFFORT= 29H

N= 39860



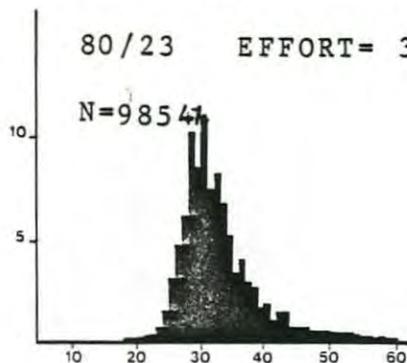
81/11 EFFORT= 35H

N= 36303



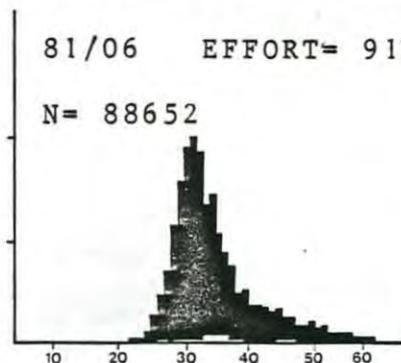
80/23 EFFORT= 39H

N=98541



81/06 EFFORT= 91H

N= 88652



81/15 EFFORT= 81H

N= 105273

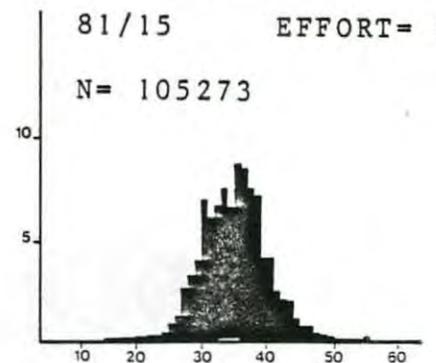
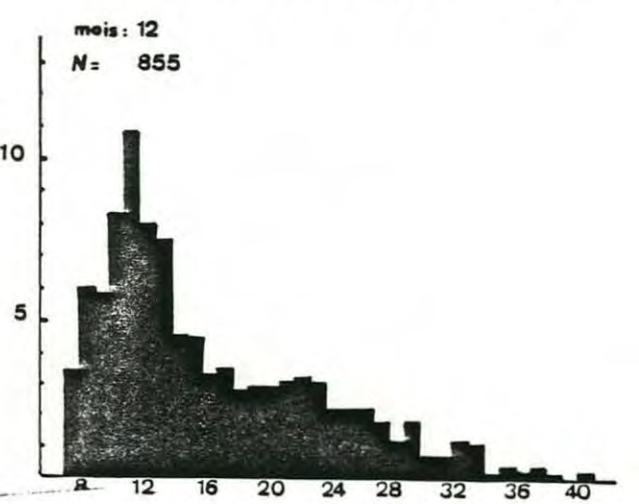
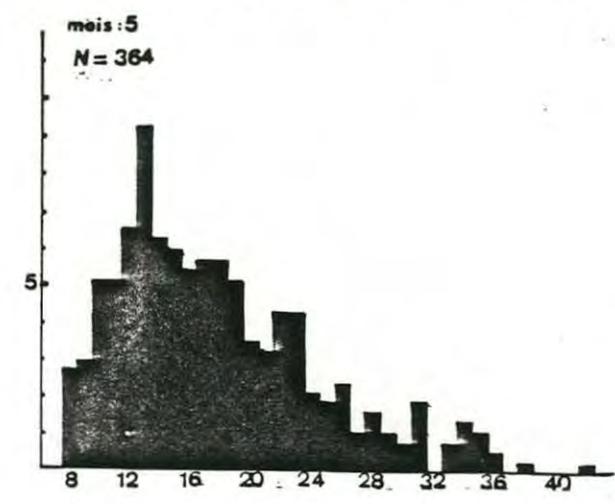
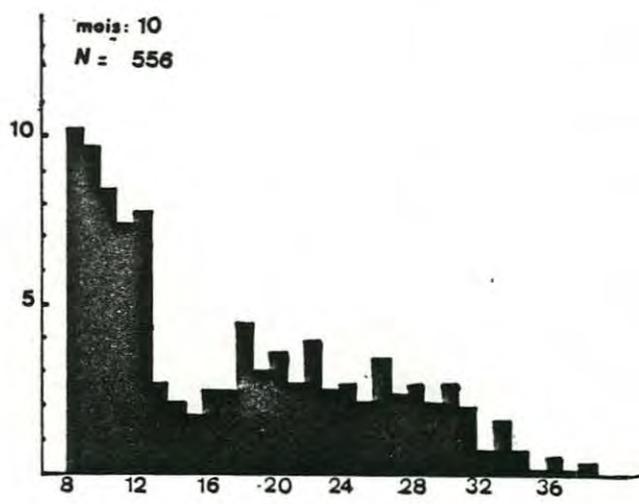
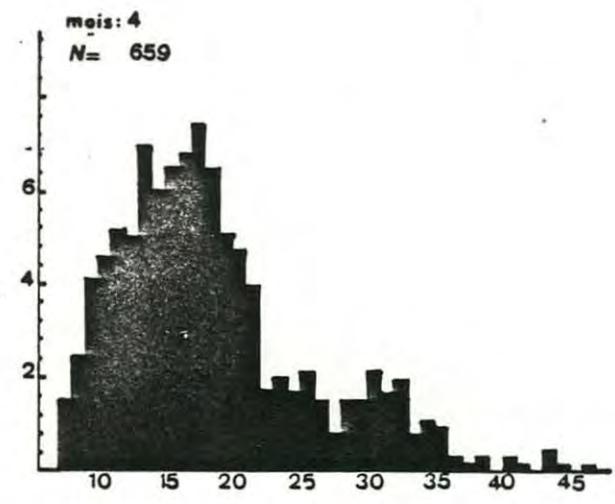
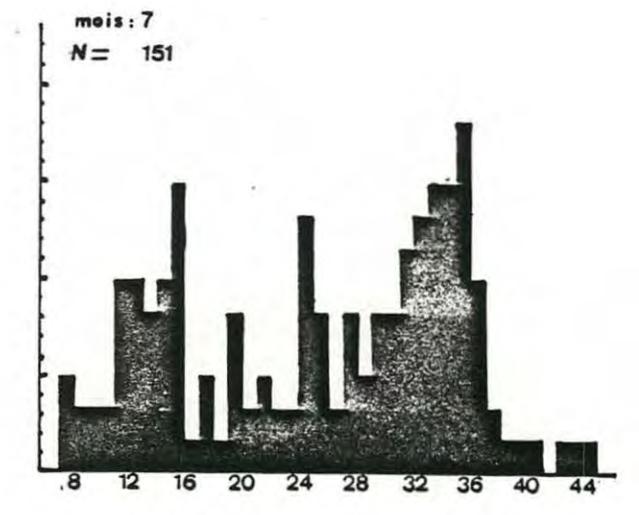
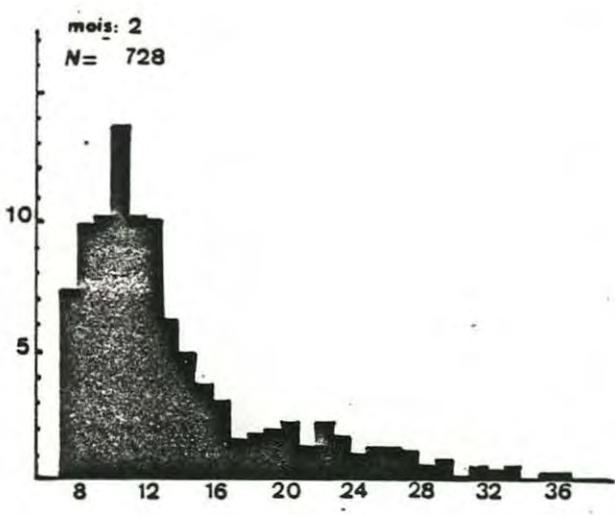
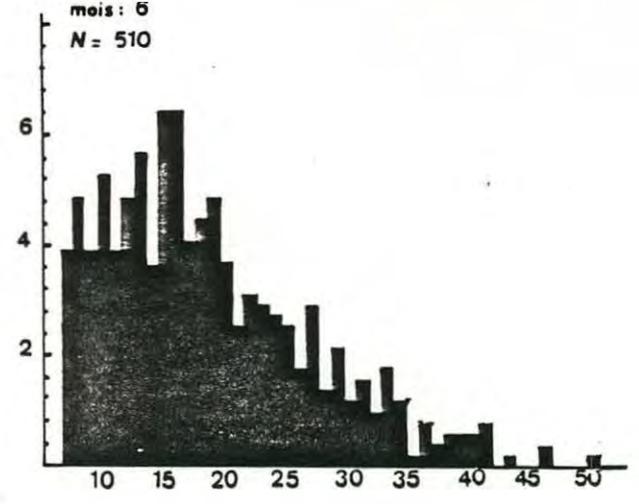
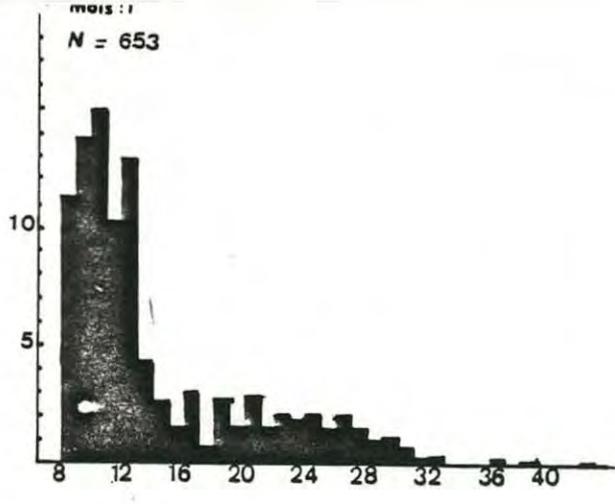


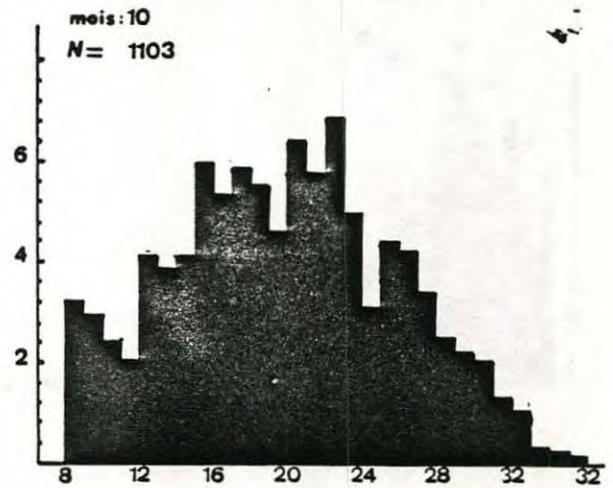
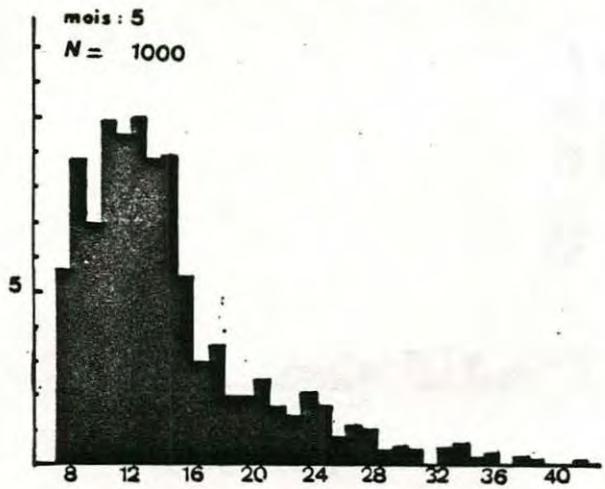
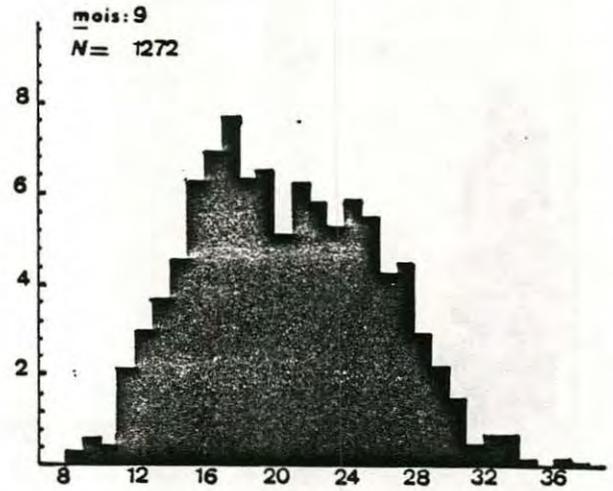
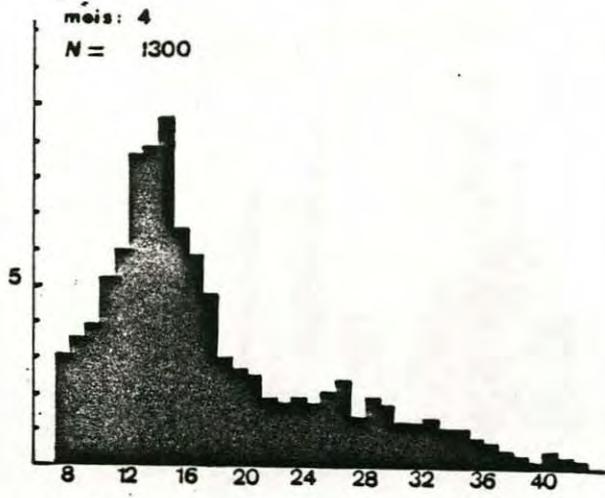
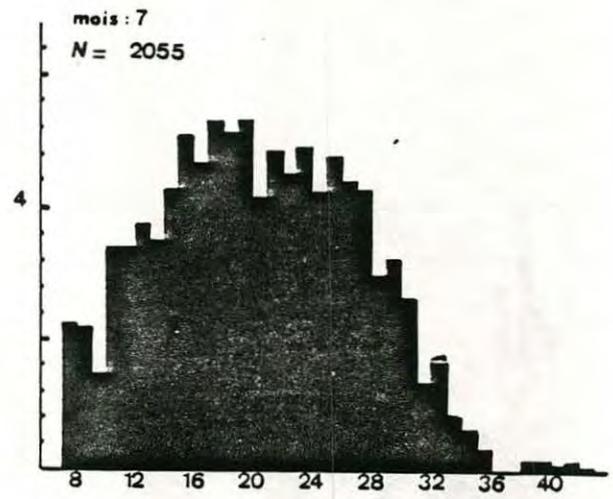
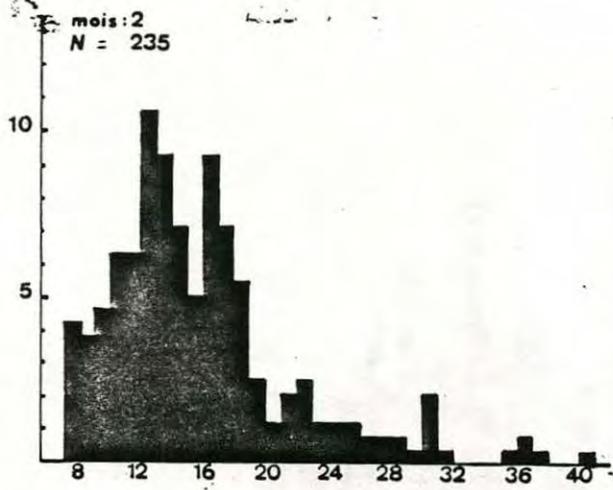
FIGURE 16 : Composition en taille des langoustines capturées dans le golfe de gascogne durant les années 1979 et 1980 à l'aide d'un chalut expérimental (15mm de maillage).

en abscisses : les classes de tailles.

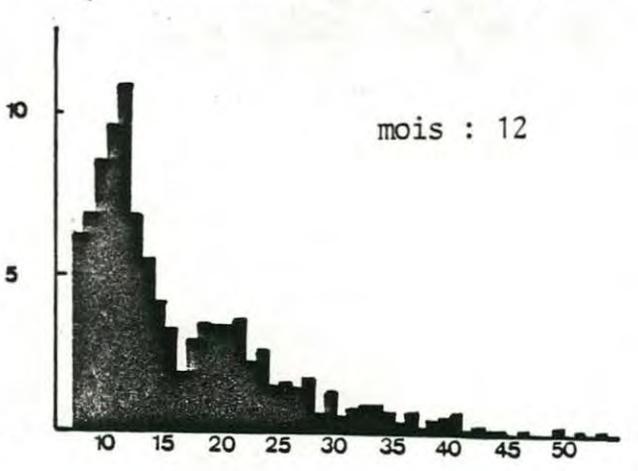
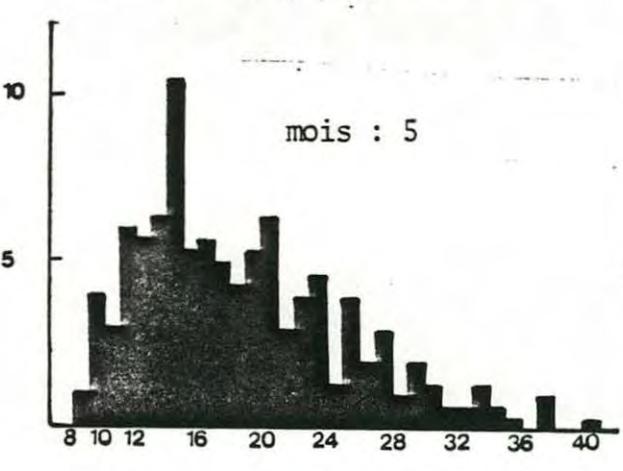
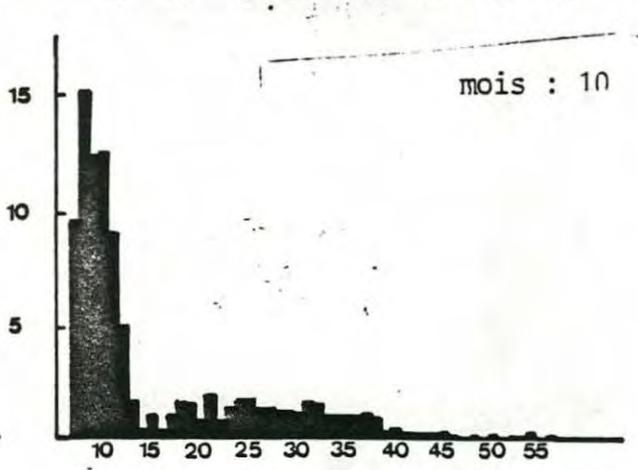
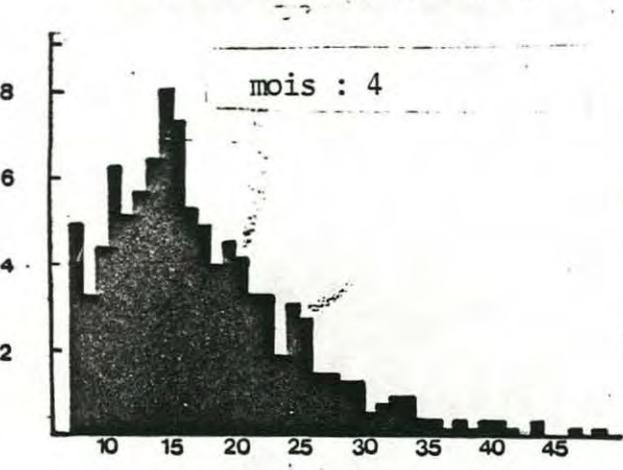
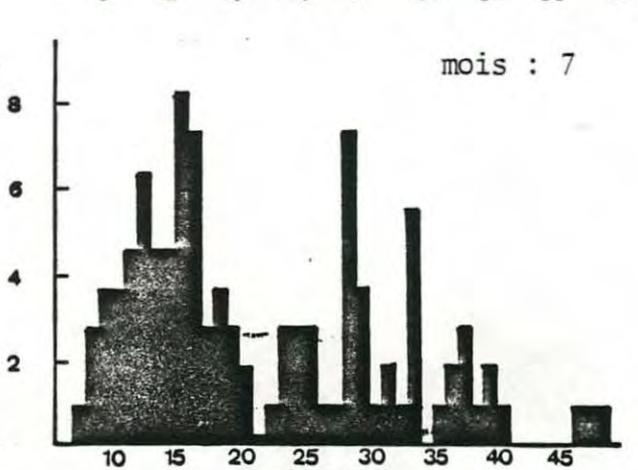
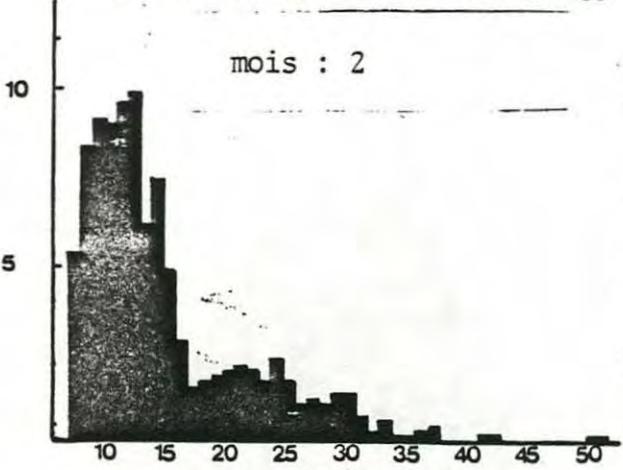
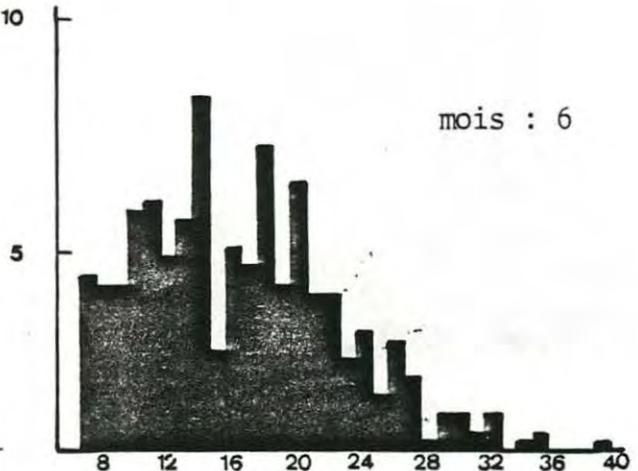
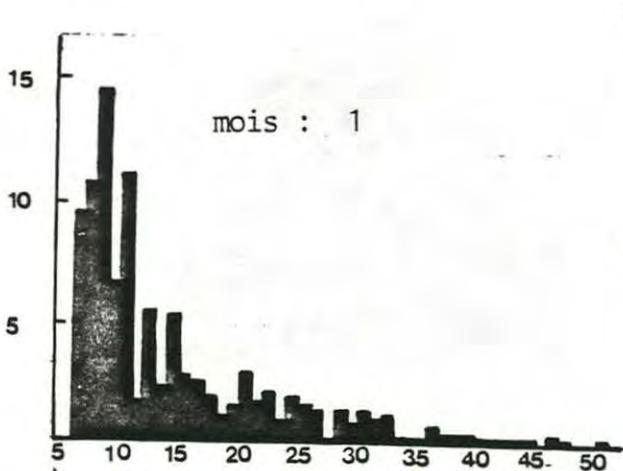
en ordonnées : les fréquences respectives.



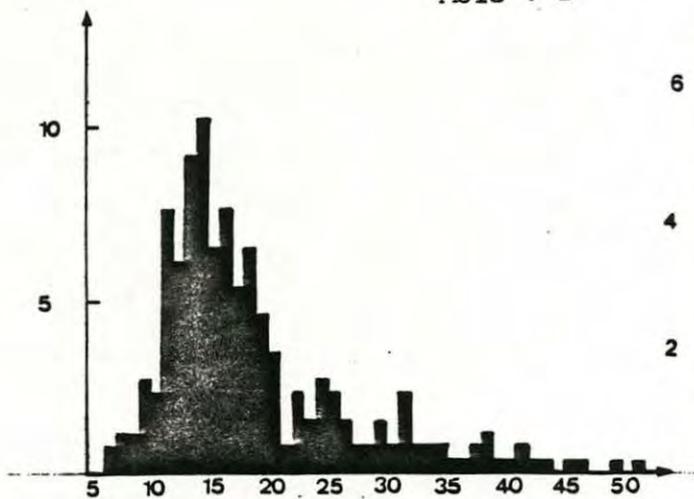
femelles échantillonnées durant l'année 1979



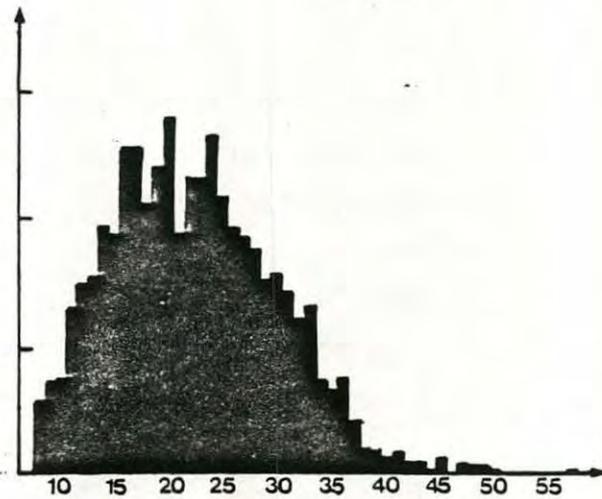
femelles échantillonnées durant
l'année 1980



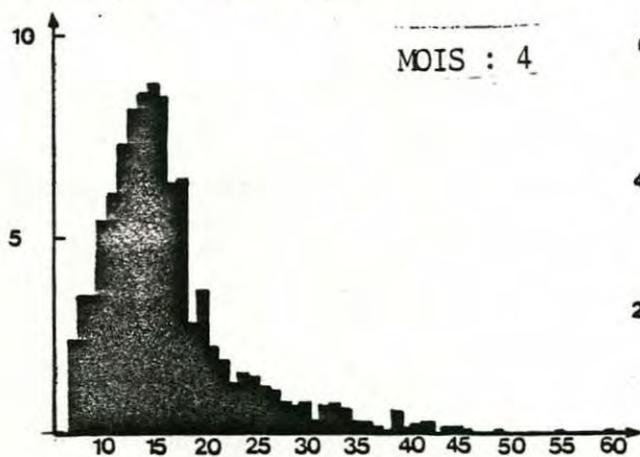
MOIS : 2



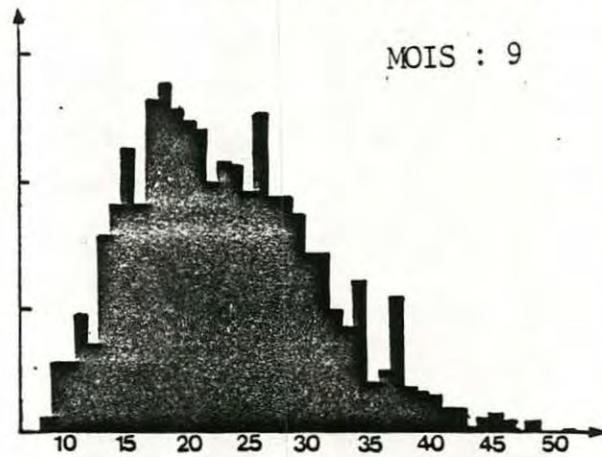
MOIS : 7



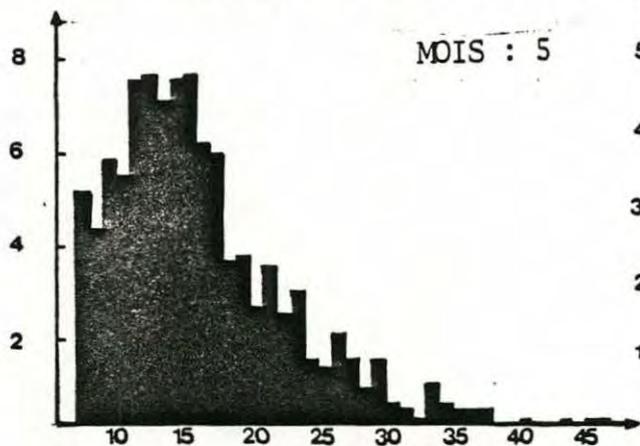
MOIS : 4



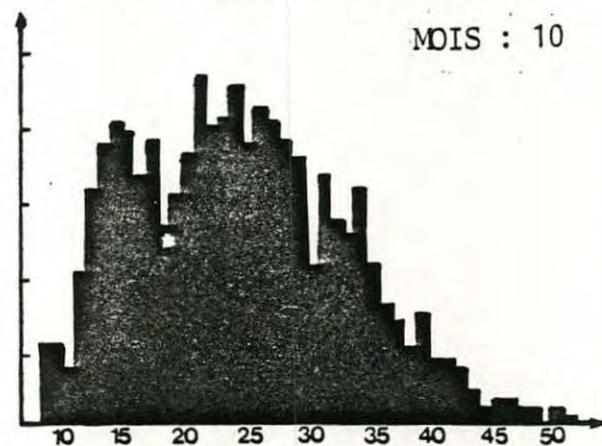
MOIS : 9



MOIS : 5



MOIS : 10



Avant d'entamer l'étude des paramètres biologiques, on notera que dans le Golfe de Gascogne, les premières classes de taille commencent à 9 mm de Lc. Ceci permettra d'avoir de bons renseignements sur la première branche de la courbe de croissance, mais les grands individus manquent. Par ailleurs, les histogrammes obtenus pour la Mer Celtique ne commencent qu'à partir de 20 mm, il est donc difficile de faire une approche exacte de la date de recrutement. Enfin, les modes les plus élevés dans la capture se situent généralement au voisinage de la taille marchande (34 mm).

L'examen des histogrammes de fréquences de taille des langoustines capturées dans le Golfe de Gascogne et dans la Mer Celtique montre deux points communs :

- a) l'intervalle des observations de taille (étendue de la distribution) est plus grand chez les mâles que chez les femelles.
- b) Les modes des histogrammes de taille des mâles et des femelles ne sont pas bien individualisés.

CHAPITRE VI

ÉTUDE DE LA BIOLOGIE DE NEPHROPS NORVEGICUS

DU GOLFE DE GASCOGNE ET DE LA MER CELTIQUE

ETUDE DE LA BIOLOGIE DE NEPHROPS NORVEGICUS

DU GOLFE DE GASCOGNE ET DE LA MER CELTIQUE

1 - INTRODUCTION

Dans ce chapitre qui traite de la biologie de la langoustine dans ces deux pêcheries, ne seront traités que les paramètres biologiques directement déterminables, à partir des manipulations ponctuelles, lors de campagnes en mer ou à partir des histogrammes de fréquence de tailles. Il s'agit de la détermination de la taille de maturité sexuelle, de la période de la ponte, des relations d'allométrie, de la variation du sex-ratio dans le temps, et enfin des périodes de mue.

En fait, notre étude portera surtout sur la détermination de ces paramètres dans la Mer Celtique car, pour le Golfe de Gascogne, nous trouverons dans CONAN (1978), CONAN et MORIZUR (1978) et MORIZUR (1980), le maximum d'informations.

Par ailleurs, nous avons préféré traiter la croissance et la mortalité dans un chapitre différent car pour leur étude, ces paramètres nécessitent des méthodes particulières.

2 - PERIODE DE PONTE DES LANGOUSTINES

Elle est facile à déterminer. Pour ce faire, il suffit de suivre l'évolution du pourcentage des femelles grainées en fonction du temps ; nous avons calculé durant les 18 mois, les valeurs de ces pourcentages pour les langoustines de la Mer Celtique. Les résultats figurent dans le tableau 8. Le rapport de ces valeurs dans un graphique (figure 17) fait apparaître que la période s'étale sur deux mois environ (15 août/15 octobre). Le pic se situe au début du mois d'octobre. Ainsi, nous concluons que la période de ponte des langoustines de la Mer Celtique est plus tardive (de 2 à 2,5 mois) que celle du Golfe de Gascogne qui a lieu selon CONAN (1978) en juillet. En outre, la ponte dans la Mer Celtique est plus concentrée dans le temps.

..../...

TABLEAU 8 : Evolution des pourcentages des langoustines femelles grainées au cours du temps - Mer Celtique.

QUINZAINE	MOIS	♀	GRAINEES %
	80		
1	1)		0
2	2) J		0
3	3)		0
4	4) F		0
5	5)		0
6	6) M		0
7	7)		0
8	8) A		0,97
9	9)		0,17
10	10) M		0
11	11)		0
12	12) J		0
13	13)		0,57
14) J		
15	14)		25,27
16	15) Aout		41,6
17	16)		44,6
18	17) Sept		48,7
19	18)		56,46
20) Oct		
21	19)		16,76
22) Nov -		
23	20)		3,51
24	21) Déc	1981	1,27
25)		
26	22) J		0
27	23)		0,94
28	24) F		0
29)		
30	25) M		0,15
31	26)		0,15
32	27) A		0,18
33	28)		0
34) M		
35	29)		0,42
36	30) J		0,8
37)		
38) J		
39	31)		47,41
40) Aout		
41)		

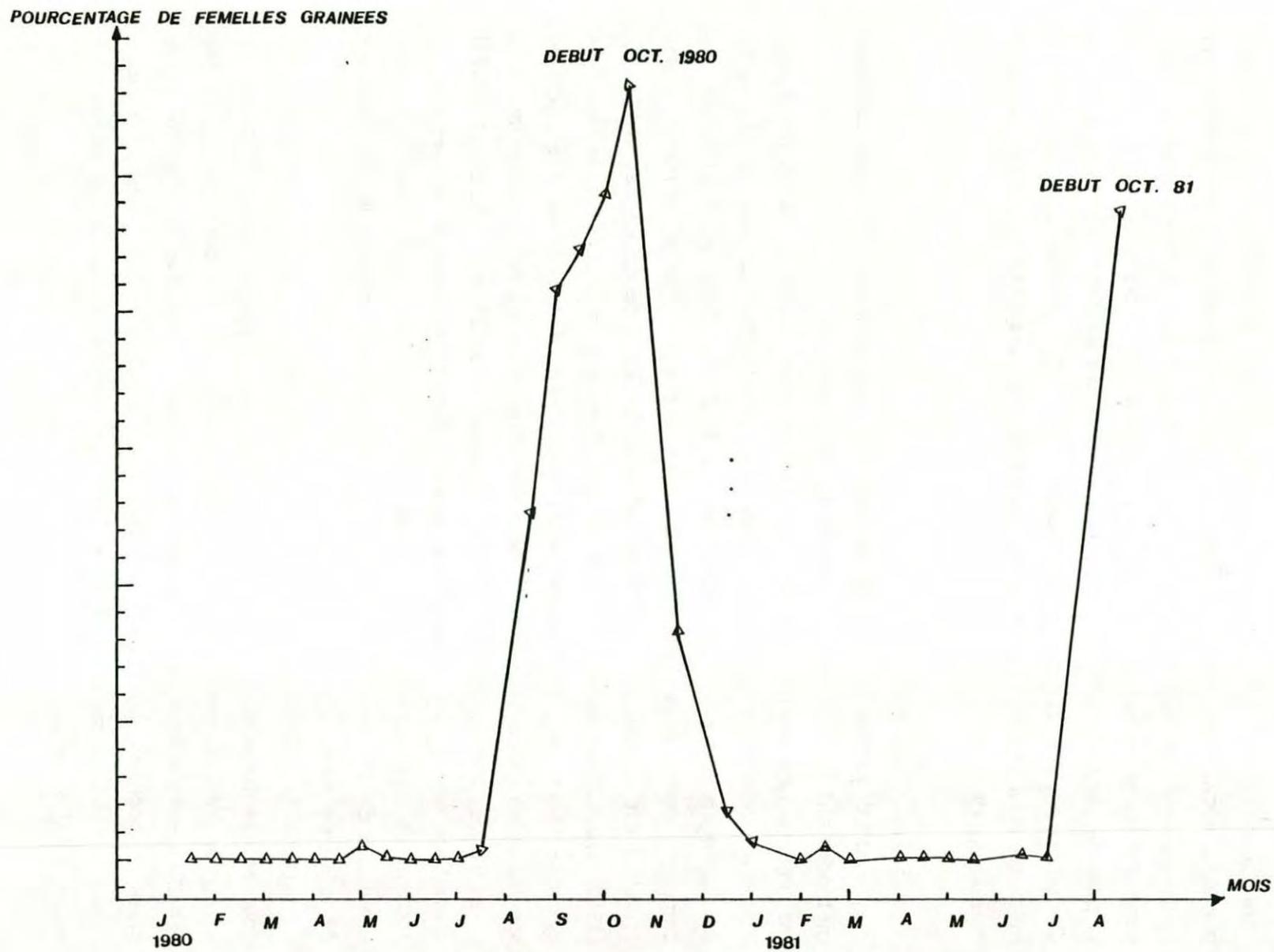


FIGURE 17 : Détermination de la période de ponte des langoustines de la mer Celtique.

3 - TAILLE DE MATURITE SEXUELLE

3. 1. Les mâles :

La taille de maturité sexuelle des langoustines mâles est difficile à déterminer en raison du manque d'indice directement visible sur le corps de l'animal tels que couleur ou développement des gonades comme chez les poissons, etc... Pour l'établir, FARMER (1974 b) a utilisé pour le stock de langoustines de la Mer d'Irlande, le critère des caractères sexuels secondaires (longueur de propodité de la pince ou du pléopode...). Selon le même auteur, la puberté chez le mâle se traduit par une rupture de pente dans les relations d'allométrie entre caractères secondaires. MORIZUR (1980) a appliqué cette méthode et a trouvé une taille de maturité des langoustines mâles du Golfe voisine de 19 mm.

3. 2. Les femelles :

Pour déterminer la taille de maturité sexuelle des femelles, plusieurs méthodes ont été utilisées par différents auteurs selon les régions. Les résultats obtenus varient selon les études et selon les zones.

Les premiers travaux sur la maturité sexuelle des langoustines du Golfe de Gascogne reviennent à FAURE (in C. I. E. M. 1962) qui a effectué une campagne de chalutage en 1959 . Il a constaté que la taille de maturité des femelles est voisine de 26 mm de Lc dans le Golfe de Gascogne. MORIZUR (1980) travaillant dans la région du Sud-Bretagne a utilisé le critère des caractères sexuels secondaires (développement des ovaires, présence de spermatophore dans le thelycum de la femelle, capacité de reproduction...) et a trouvé une taille de "moyenne" maturité à 23 mm. AZZOUZ (1972) travaillant sur la côte tunisienne a enregistré comme valeur de la même taille 100 mm de longueur totale (30 mm de Lc). J. ZAOUALI (com. pers.) a signalé une taille de 105 mm de longueur totale (31 mm de Lc) pour les langoustines de la même zone.

Dans la Mer Celtique, nous avons préféré utiliser le critère du pourcentage femelle ovigères, durant une période de ponte (2 mois). En effet, le dénombrement des femelles grainées par rapport au total des femelles semble être un critère adéquat en Mer Celtique, puisqu'on compte à plusieurs reprises des classes de taille où les femelles sont toutes oeuvées. Cette possibilité manque dans le Golfe de Gascogne, car la ponte est plus étalée dans le temps.

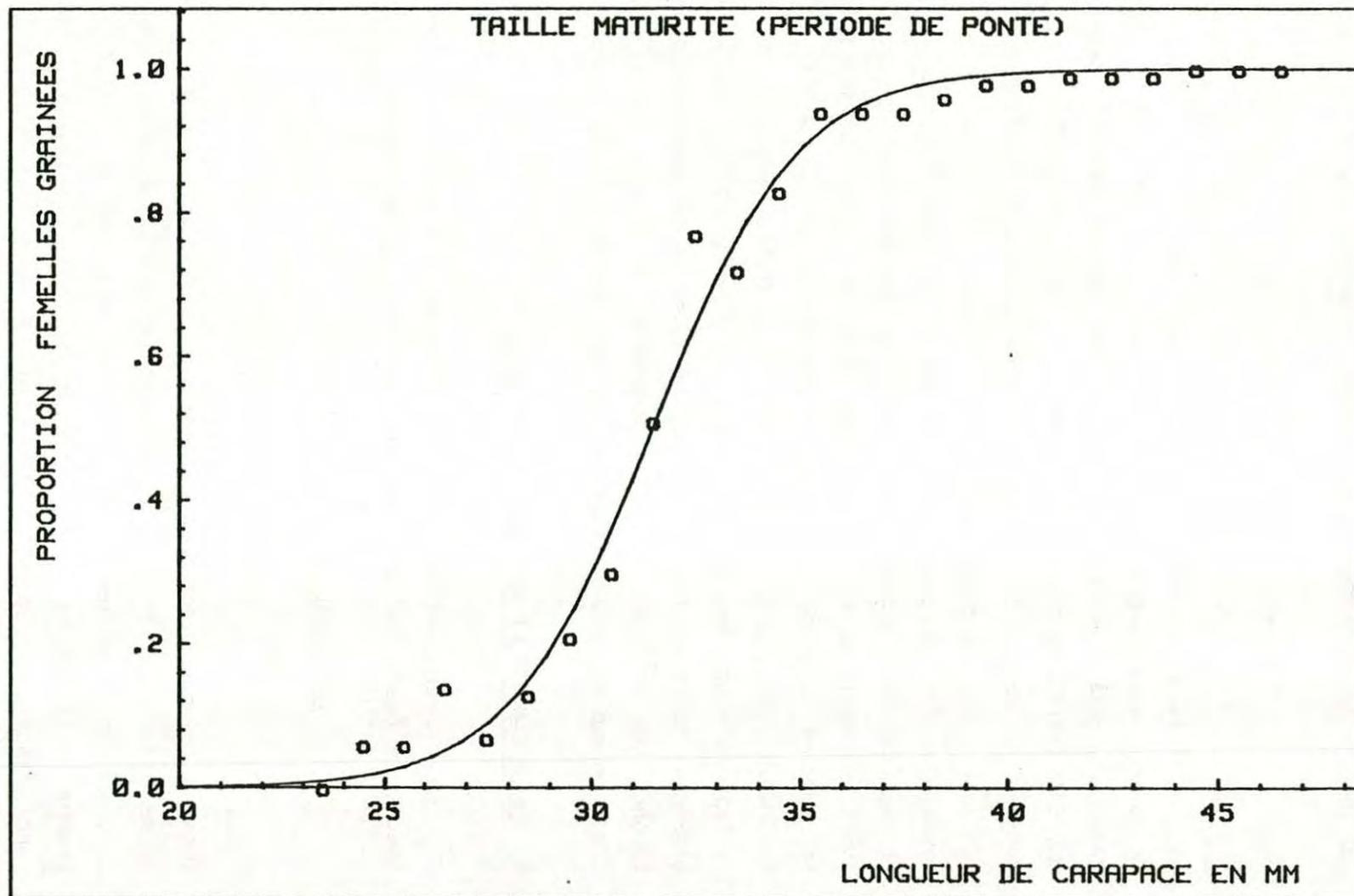


FIGURE 18 : Détermination de la taille de maturité des langoustines de la mer Celtique.

Le dénombrement des femelles grainées par rapport au total des femelles, nous permet de calculer les pourcentages des femelles grainées pour chaque classe de taille. Les données obtenues ont été ajustées suivant une équation logistique non linéaire dont la formule est la suivante :

$$p = \frac{1}{1 + e^{-(a L_c + b)}}$$

où P est la proportion de femelles grainées et L_c est la longueur céphalothoracique (fig. 18). La taille "moyenne maturité" est égale à 31 mm de L_c . Au delà de cette taille, la majorité des femelles sont oeuvées. Selon DO CHI (1978), cette taille représente, en principe, la limite minimale de captures en dessous de laquelle les individus capturés n'auront pas assuré le renouvellement du stock. L'examen simultané de la courbe de maturité sexuelle et des histogrammes de fréquence de tailles que nous avons établis en Mer Celtique, indique qu'une bonne partie des femelles sont capturées avant leur taille de moyenne maturité. Ceci peut causer un déséquilibre pour le maintien du stock et pour son renouvellement. Comme l'a déjà signalé MORIZUR (1980), il est préférable de laisser toutes les langoustines femelles se reproduire une fois dans leur vie. Par ailleurs, une fois que la femelle a atteint la taille de maturité sexuelle et donc qu'elle est susceptible d'être féconde, elle est beaucoup moins capturable pendant la durée où elle incube. C'est ce qui laisse un certain optimisme pour le renouvellement du stock.

4 - LE SEX-RATIO DANS LES CAPTURES.

Le sex-ratio est défini selon des conventions choisies par les auteurs. Dans cette étude, nous avons défini le sex-ratio par le rapport :

$$\text{sex-ratio} = \frac{Q}{Q + Q'}$$

Ainsi, le comportement de la femelle sera mis en évidence. La valeur réelle du sex-ratio a une importance considérable dans les modèles d'évaluation et dans les calculs de fécondité par recrue. Mais, pour simuler d'une manière précise le rendement et la fécondité par recrue, il faut avoir une bonne connaissance du sex-ratio réel sur le fond.

.../...

VALEUR DU SEX-RATIO

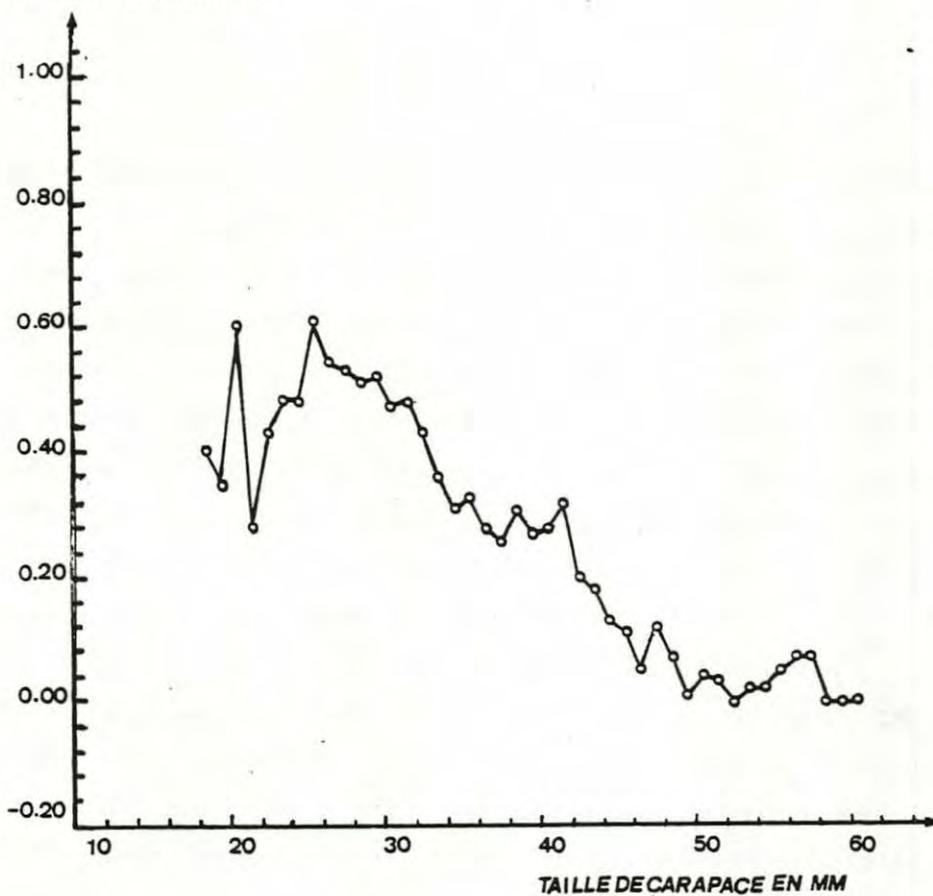


FIGURE 19 : Variation du sex-ratio en fonction de la taille céphalothoracique des langoustines de la mer Celtique.

VALEUR DU SEX-RATIO

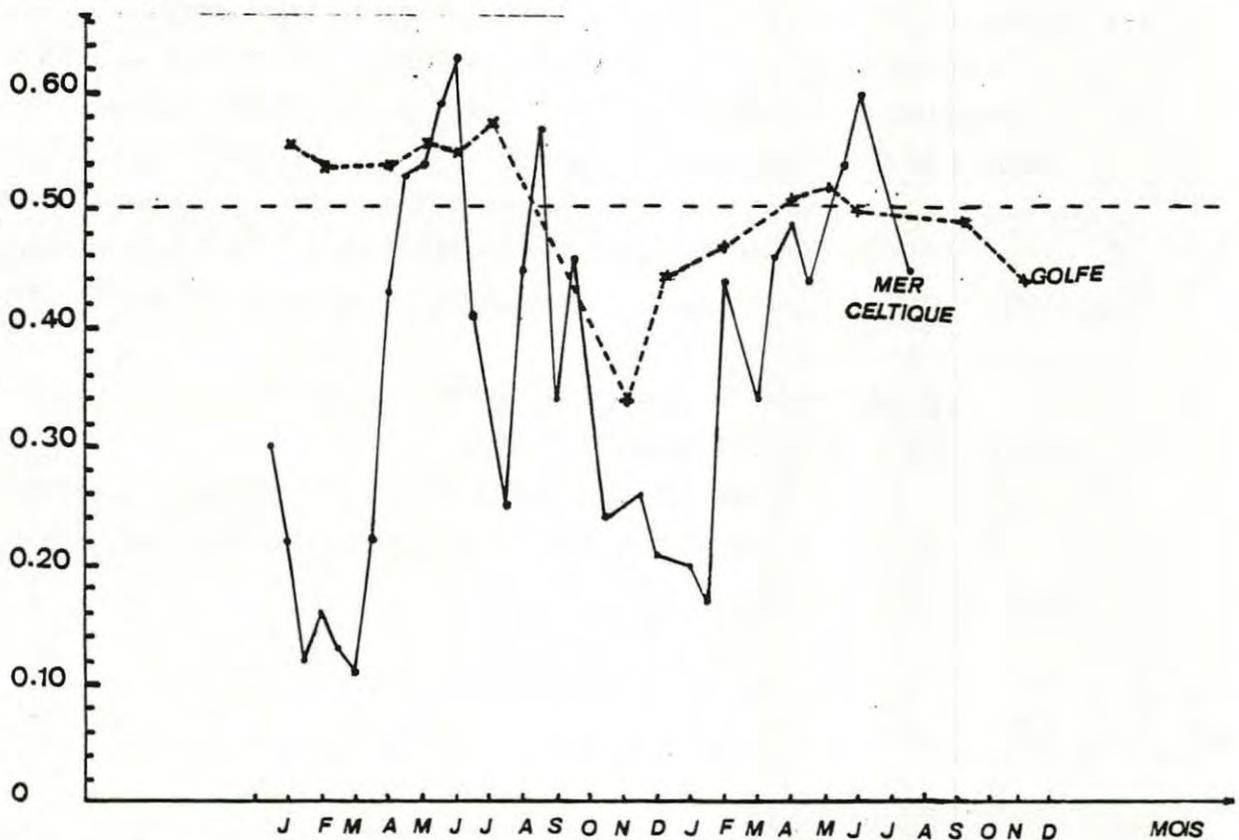


FIGURE 20 : Variation saisonnière de la valeur du sex-ratio pour les langoustines du golfe de Gascogne et les langoustines de la mer Celtique.

En Mer Celtique, nous avons étudié la variation de la valeur du sex-ratio en fonction de la taille céphalothoracique des langoustines. Il ressort (fig. 19) que le sex-ratio dans les captures est à peu près équilibré jusqu'à la taille de maturité, déterminée précédemment (31 mm de Lc). Au delà de cette taille, le nombre de femelles diminue progressivement jusqu'à ce qu'on ne capture que des mâles à des tailles supérieures à 52 mm de Lc. Ceci s'explique, par le fait que les femelles grainées sont protégées naturellement du fait qu'elles disparaissent, selon THOMAS et FIGUEIREDO (1964), FARMER (1975) et CONAN (1978), des captures au moment de l'incubation de leurs oeufs. Nous profitons de l'occasion pour signaler que l'incubation des oeufs dure, en Mer Celtique, 7 à 8 mois, contre 7 mois dans le Golfe. La figure 20 confirme et explique les causes de cette diminution du sex-ratio. En effet, nous avons tracé ensemble les deux courbes de variation du sex-ratio en fonction des saisons ; l'une correspond aux captures commerciales en Mer Celtique et l'autre aux captures expérimentales portant surtout sur les petites tailles des langoustines du Golfe de Gascogne. La confrontation de ces deux courbes montre que :

a) En Mer Celtique, nous avons noté une variation périodique saisonnière de ce paramètre biologique où le seuil de 50 % n'est jamais atteint. Les creux de ces périodes sont enregistrés surtout en hiver et en automne.

b) Dans le Golfe, le sex-ratio est équilibré durant l'ensemble de l'année, car il s'agit de langoustines immatures en grande partie.

Cependant, nous avons enregistré un creux entre le mois de juillet et le mois de mai de l'année suivante (fig. 20), il correspond bien à la période d'incubation des oeufs. Cette constatation n'a pu être faite sur la courbe qui correspond aux captures commerciales des langoustines pêchées au Nord du 48^e parallèle. Il semble donc que le sex-ratio soit équilibré à la naissance et que deux facteurs participent au déséquilibre du sex-ratio en faveur des mâles dans les captures et dans le temps :

- La différence de croissance entre les mâles et les femelles (cf. chapitre VII) favorise la capture des mâles.

- La disparition des femelles durant la période d'incubation.

En conclusion, nous retiendrons que le sex-ratio dans les captures ne représente pas celui du fond.

.../...

5 - LA RELATION TAILLE/POIDS DES LANGOUSTINES.

5.1. Introduction :

La connaissance du taux de croissance pondérale permet si l'on connaît la mortalité, de savoir la taille à laquelle les poissons doivent être exploités avec profit. La relation qui traduit l'isométrie de croissance (le poids varie en raison du cube de la longueur) est du type suivant : $W = kL^3$ où W est le poids d'un individu, L est sa longueur et k est le coefficient de liaison de BORELY. Celle-ci a été remplacée par la formule suivante : $W = aL^b$, où a est fonction de la densité de l'animal, on lui attribue le terme de fonction de condition et où b est un coefficient qui peut prendre une valeur peu différente de 3 en raison d'une croissance allométrique.

Dans notre étude, outre l'intérêt de transformation de la croissance linéaire en croissance pondérale, la relation taille/poids est utile pour ramener les échantillons à la pêche totale des bateaux, puisque les échantillons n'étaient pas pesés à bord.

La transformation logarithmique des longueurs et des poids conduit à une relation de type linéaire $\text{Log } W = \text{Log } a + b \text{ Log } L$. C'est l'équation d'une droite qu'il faut ajuster selon un critère d'écart donné. Les méthodes basées sur les divers critères d'écart et permettant d'ajuster au mieux les nuages des points observés sont au nombre de trois, à savoir : la droite des moindres carrés, la droite des moindres rectangles et la droite des physiciens (axe majeur). Suivant l'incertitude de mesure de chaque paramètre étudié lors d'une expérimentation, on utilise l'une ou l'autre méthode d'ajustement.

Pour ajuster nos données, nous avons suivi dans tous les cas, la recommandation de RICKER (1973) qui consiste à utiliser la droite des moindres rectangles (droite des biologistes ou droite de TEISSIER) car selon cet auteur la régression linéaire prédictive (moindres carrés) a une bonne valeur prédictive des paramètres, mais elle sous-estime systématiquement la valeur de la pente. De plus, la théorie des droites de régression suppose que l'une de deux variables dépend de l'autre par une relation de cause à effet, sans réciprocité. Or, selon RICKER (1973), les deux caractères taille et poids, ne dépendent pas en réalité l'une de l'autre, mais sont tous deux régis par les lois de croissance. La droite fonctionnelle de TEISSIER (1948) que nous allons utiliser, ne nécessite aucune hypothèse sur la dépendance entre les variables.

5. 2. Etablissement des relations taille/poids :

5.2.1 En Mer Celtique

En raison de l'éloignement de cette zone de pêche (environ 30 heures de

route), la langoustine est toujours commercialisée, glacée. Ceci rend délicat l'obtention d'une relation taille/poids sur du matériel frais puisqu'il est extrêmement difficile, voire impossible de peser les langoustines à bord.

Pour ce faire, nous avons récupéré des langoustines fraîches qui ont été immergées dans l'eau contenue dans un grand récipient. Ces langoustines proviennent du dernier trait d'une marée en Mer Celtique. Elles ont donc été immergées dans l'eau depuis la zone de pêche jusqu'au port de débarquement. Notons que le nombre (61) est insuffisant pour pouvoir établir une relation taille/poids très fiable en Mer Celtique. De plus, il ne couvre pas une gamme de taille très étendue (31.5/61.5 mm) car les petites langoustines manquent dans la zone de pêche - LABADIE - où ont été capturées celles-ci.

L'équation de la régression fonctionnelle obtenue après ajustement des couples (L_i , W_i) pour ces 61 langoustines sexes mélangés est la suivante :

$y = - 8.45 + 3.31 x$ où $y = \text{Log } W$ et $x = \text{Log } L_c$ sous forme exponentielle, cette équation devient $W = 0.00021 L^{3.31}$ (fig. 21 et 22). Dans la gamme de taille étudiée, la corrélation est bonne. $R = 0.991$ avec $DL = 59$.

Par ailleurs, CHARUAU et Col. (1982) a établi sur des langoustines glacées provenant de la Mer Celtique, la relation suivante :

$w = 0.000095 L^{3.548}$ (régression prédictive pour une gamme de taille 35 - 61 mm établie au mois de Mars en criée, sans séparation de sexe et pour 363 individus).

5.2.2 Golfe de Gascogne :

CONAN (1978) a déjà établi des relations taille/poids pour les langoustines mâles et femelles séparément pour cette zone de pêche. En raison de leur fiabilité, ces équations ont été retenues par le groupe de travail du C. I. E. M. (1979) pour les études d'évaluation des stocks. Les équations de ces relations s'écrivent :

$W = 0.000392 L^{3.18}$ et $W = 0.000807 L^{2.97}$ respectivement pour les mâles et les femelles.

Pour déterminer un facteur de variation de poids entre une masse de langoustines fraîches et une masse de langoustines glacées, nous avons établi deux relations taille/poids pour les langoustines du Golfe sans séparation de sexe. Le protocole expérimental est le suivant :

25 kg des langoustines du Golfe de Gascogne sont prélevés le jour même de leur pêche, selon toute la gamme de tailles débarquées (19/58 mm L_c).

.../...

POIDS INDIVIDUEL EN GRAMMES

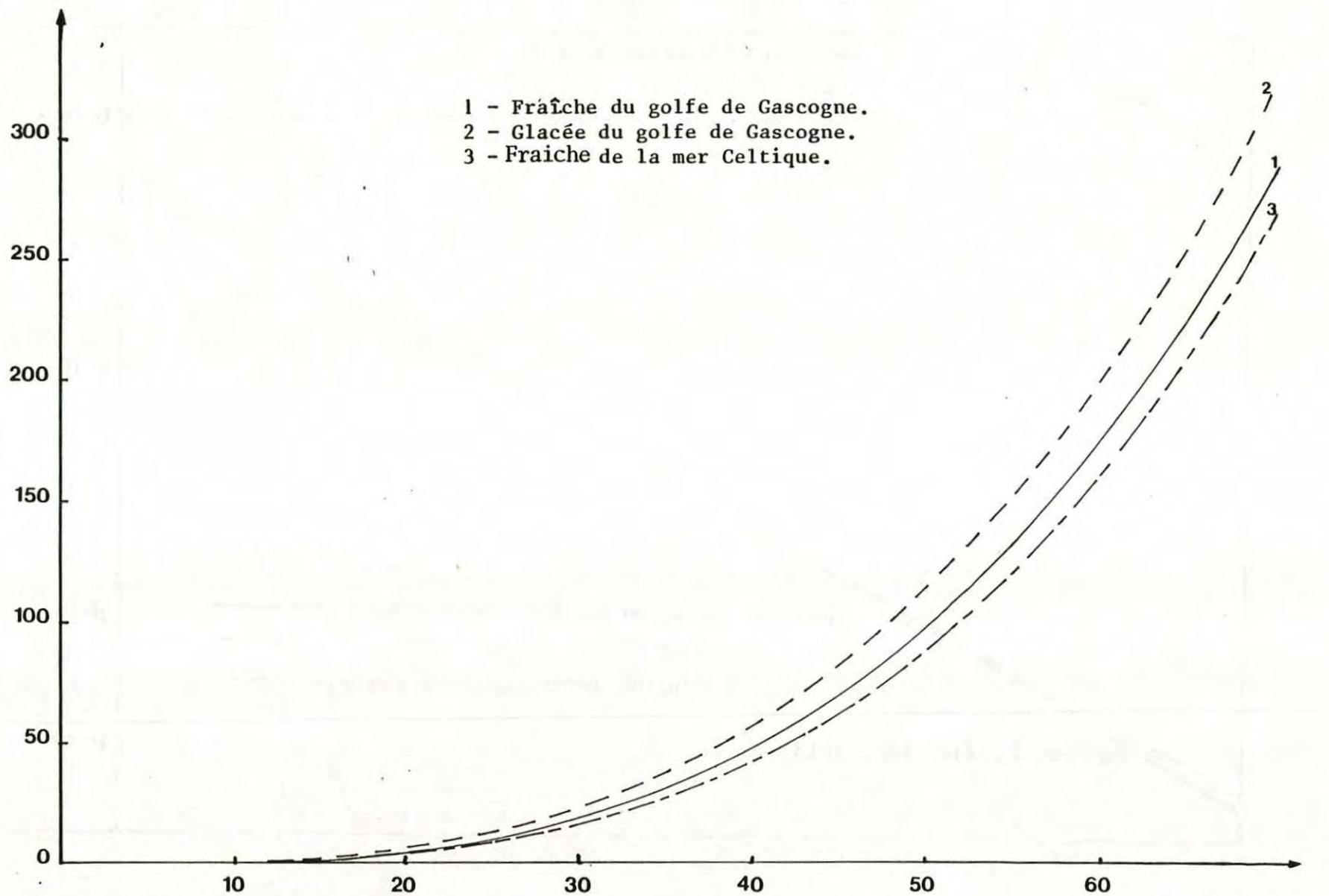


FIGURE 21 : Relations taille-poids des langoustines.

TAILLE DE CARAPACE EN MM

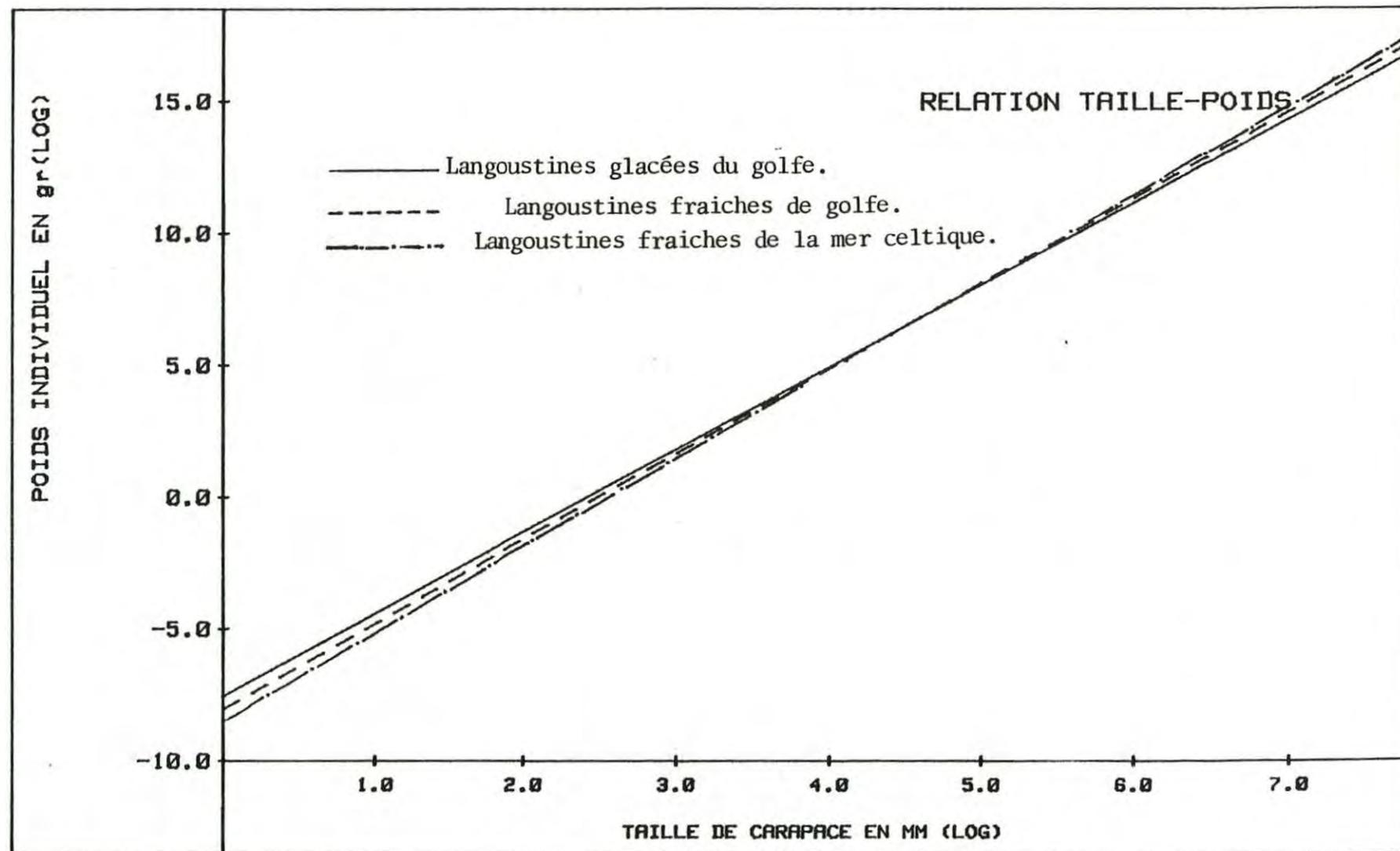


FIGURE 22 : Linéarisation après transformation logarithmique des données des différentes relations taille-poids des langoustines établies précédemment.

Ces langoustines sont mesurées et pesées aussitôt individuellement. Elles seront traitées au métabisulfite de sodium en bain à 4 % pendant 4 minutes avant de les placer dans de la glace en chambre froide.

Après 13 jours, durée moyenne d'une marée de langoustinier hauturier, ces langoustines qui étaient dans la chambre froide sont mises à la température ambiante durant 2 heures ; le temps nécessaire pour la fonte de la glace et laisser égoutter les langoustines. Elles sont à nouveau mesurées et pesées individuellement pour établir la relation taille/poids.

Les langoustines qui manquent de pince ou qui présentent des altérations, ne sont pas prises en compte durant notre expérience. Les deux relations taille/poids avant et après conservation dans la glace, s'écrivent successivement ainsi :

$$W = 0.00033 L^{3.22} \text{ avec } R = 0.985 \text{ et } 762 \text{ degrés de liberté.}$$

$$W = 0.00059 L^{3.11} \text{ avec } R = 0.990 \text{ et } 740 \text{ degrés de liberté. (fig. 21)}$$

et sous forme linéaire : $y = - 8.099 + 3.22x$

et $y = - 7.53 + 3.11 x$ (fig. 22).

5. 3. Discussion et critiques des résultats :

Vu l'importance de cette relation dans les études des évaluations des stocks, les auteurs qui s'intéressent à l'établissement de celles-ci, étaient nombreux et plusieurs équations ont été proposées selon les études et selon les régions (tab. 9).

A première observation, les relations taille/poids des langoustines diffèrent selon les localités géographiques, la nature des langoustines (glacées ou fraîches), le sexe et selon la gamme de tailles étudiés. La variation est de 2.87 à 3.548 pour les valeurs des pentes des droites et de $9,5 \cdot 10^{-5}$ à $6 \cdot 10^{-4}$ pour les valeurs des hauteurs (ou ordonnées à l'origine). Par manque de données pour la plupart des relations, nous n'allons comparer que les coefficients a et b des régressions établies dans la présente étude. Comme l'ont signalé CHARUAU et CONAN (1977) qui ont travaillé sur des données d'accroissement à la mue, la finalité de ce travail n'est pas de rechercher "une loi" biométrique transcendante basée sur des principes d'origine physiologique, mais de comparer les relations moyennes des taille/poids dans différentes populations et suivant la nature du matériel biologique utilisé et éventuellement selon l'âge. Ceci afin de déterminer si une même relation

.../...

TABLEAU 9 : Tableau récapitulatif des relations taille-poids établies pour quelques stocks exploités de langoustines.

AUTEUR	ZONE	RELATION TAILLE -POIDS	SEXE	
CONAN (1975)	GOLFE DE GASCOGNE	$w = 0,00039 Lc^{3.18}$ $w = 0,00081 Lc^{2.97}$	♂ ♀	
ALFONSO - ALLENDE (1976)	Nd OUEST ESPAGNE	$w = 0,0000053 Lt^{3.25}$	♂ + ♀	
SARDA et CABALLIN (1978)	Nd EST ESPAGNE	$w = 0,000157 Lc^{3.41}$ $w = 0,000331 Lc^{3.20}$	♂ ♀	
CHARUAU et Col. (1982)	MER CELTIQUE (glacée)	$w = 0,000095 Lc^{3.55}$	♂	
POPE et THOMAS (1967)	SOTTISH WATERS	$w = 0,000322 Lc^{3.21}$ $w = 0,000684 Lc^{2.96}$	♂ ♀	
SARDA (1981)	EAUX ESPAGNOLES	$w = 0,000138 Lc^{3.44}$ $w = 0,000275 Lc^{3.23}$ $w = 0,000109 Lc^{3.43}$	♂ ♀	$Lc < 27$ mm $27 < Lc < 40$ $Lc > 40$
		$w = 0,0000617 Lc^{3.61}$ $w = 0,000316 Lc^{3.12}$ $w = 0,000813 Lc^{2.87}$	♀ ♂ + ♀	$Lc < 27$ mm $27 < Lc < 40$ $Lc > 40$
NOS TRAVAUX	MER CELTIQUE	$w = 0,000213 Lc^{3.31}$	♂ + ♀	$31 < Lc < 61$ mm
	GOLFE DE GASCOGNE (fraîche)	$w = 0,000033 Lc^{3.22}$	♂ + ♀	$19 < Lc < 58$
	GOLFE DE GASCOGNE (glacée)	$w = 0,000059 Lc^{3.11}$	♂ + ♀	$19 < Lc < 58$

taille/poids sera généralisée pour des études de populations à tous les stocks de langoustines dans leur milieu naturel (tab. 10). La comparaison, par analyse des variances des diverses droites de régression fait apparaître (tab. 11) que, dans certains cas, les variances résiduelles ne sont pas homogènes, et selon SNEDECOR et COCHRAN (1967), il n'est plus possible d'utiliser le test. De plus, les pentes dans d'autres cas sont significativement différentes, c'est ce qui empêche alors de comparer les hauteurs. Une méthode plus générale et ne faisant pas appel à ces hypothèses préalables est la méthode des ellipses de confiance, technique décrite par DRAPPER et SMITH (1966) et développée et programmée en HPL par CONAN en 1978. Il s'agit de construire à partir des données du tableau 10 les intervalles et les ellipses de confiance des coefficients a et b des différentes régressions entre la taille et le poids des langoustines (fig. 23). En dépit du nombre relativement faible des langoustines fraîches de la Mer Celtique faisant apparaître ainsi des régions de confiance de grande surface, nous pouvons conclure qu'il est vraisemblable que des différences significatives entre localité géographique et entre nature du matériel existent. Les ellipses ne se recoupent en aucun cas.

Nous retiendrons alors en nous référant de nouveau à la figure n° 21 que la langoustine glacée gagne du poids par rapport à la fraîche. En effet, quand elle est glacée dans une chambre froide, la langoustine se trouve toujours en contact de la glace et de l'eau : au cours du temps, la glace entre

sous la carapace (TALBOT com. pers.) et la chair de l'animal s'imbibe d'eau. Le résultat final après conservation durant 13 jours, est que l'eau reste dans la chair et une partie de la glace reste sous la carapace, malgré l'égouttage, après leur retrait de la chambre froide. Nous ajoutons que le volume d'eau absorbé, est proportionnel à la taille des individus.

Pour ce qui est de la régression établie pour la Mer Celtique, il est difficile de porter une conclusion vraisemblable car le nombre d'individus échantillonné est faible, surtout qu'il est établi pour une gamme comprenant de gros individus. SARDA (1981) a montré que les relations des tailles - poids des langoustines des côtes espagnoles sont très différentes selon qu'on est en présence d'individus de petite taille ou de grande taille.

TABLEAU 10 : Paramètres des diverses regressions fonctionnelles des poids des langoustines en fonction de la taille de carapace.

NATURE ET ORIGINE DES DONNEES	LANGOUSTINES GLACEES GOLFE	LANGOUSTINES FRAICHES GOLFE	LANGOUSTINES FRAICHES MER CELTIQUE
Pente (b)	3 . 110	3 . 22	3 . 31
Hauteur (a) (en Log)	- 7 . 53	- 8 . 02	- 8 . 45
Effectif (N)	742	764	61
ΣX	2 496 . 98	2 570 . 65	227 . 15
ΣX^2	8 433 . 87	8 682 . 45	847 . 86
ΣXY	7 420 . 46	7 314 . 27	886 . 61
ΣY^2	6 685 . 18	6 351 . 01	937 . 34
ΣY	2 176 . 71	2 142 . 76	236 . 36
R	0 . 990	0 . 985	0 . 991
Variance résiduelle	0 . 00 800	0 . 0 128	0 . 00 63
Variance de (b)	0 . 00 29	0 . 000 39	0 . 00 32
Variance de (a)	0 . 000 3	0 . 00 44	0 . 0 44
Variance de (a,b)	- 0 . 000 9	- 0 . 00 13	- 0 . 0 119
Test t bilatéral à (N-2) d . dl	2,7	2,7	2 . 29
F. Bilatéral $\left(\frac{2}{N-2}\right)$	3 ,0287	3,0 280	3 . 15
Niveau de significativité	0 . 05	0 . 05	0 . 05

TABLEAU 11 : Tableau ANOVA relatif au test d'analyse de variance pour la comparaison des différentes régressions des relations taille - poids. Les valeurs ; de test F bilatéral, de x^2 , des degrés de libertés et des seuils de Significativité (α) correspondantes aux valeurs de F ou de x^2 sont inscrites.

NATURE DE LA COMPARAISON		Langoustines GOLFE	Langoustines Fraîches	Langoustines glacées du GOLFE contre Langoustines fraîches Mer Celtique	Langoustines glacées contre langoustines fraîches GOLFE fraîches Mer Celtique
		Fraiche contre glacée	Golfe contre Mer Celtique		
VARIANCE RESIDUELLE	TEST F ou x^2	1 . 5	1 . 126	1 . 349	32 . 64
	d . d . l .	762 / 740	762 / 59	59 / 740	2
		0 . 000 000 011 *	0 . 5	0 . 0 9 148	0 . 000 000 08 *
PENTE	F	14 . 4	0 . 397	4 . 88	8 . 09
	d . d . l .	1 / 1 502	1 / 821	1 / 799	2 / 1 561
		0 . 00 015	0 . 528	0 . 0 27 **	0 . 000 317
HAUTEUR	F	568 . 89	18 . 3	144 . 78	316 . 72
	d . d . l .	1 / 1 503	1 / 822	1 / 800	2 / 1 563
		0	0 . 000 021	9 . 07 . 10 - 31	0

* $\alpha < 0 . 05$ quand les variances résiduelles ne sont pas homogènes, ni les pentes ni les hauteurs ne peuvent être comparées.

** $\alpha < 0 . 05$ les hauteurs (ordonnées à l'origine) ne peuvent être comparées.

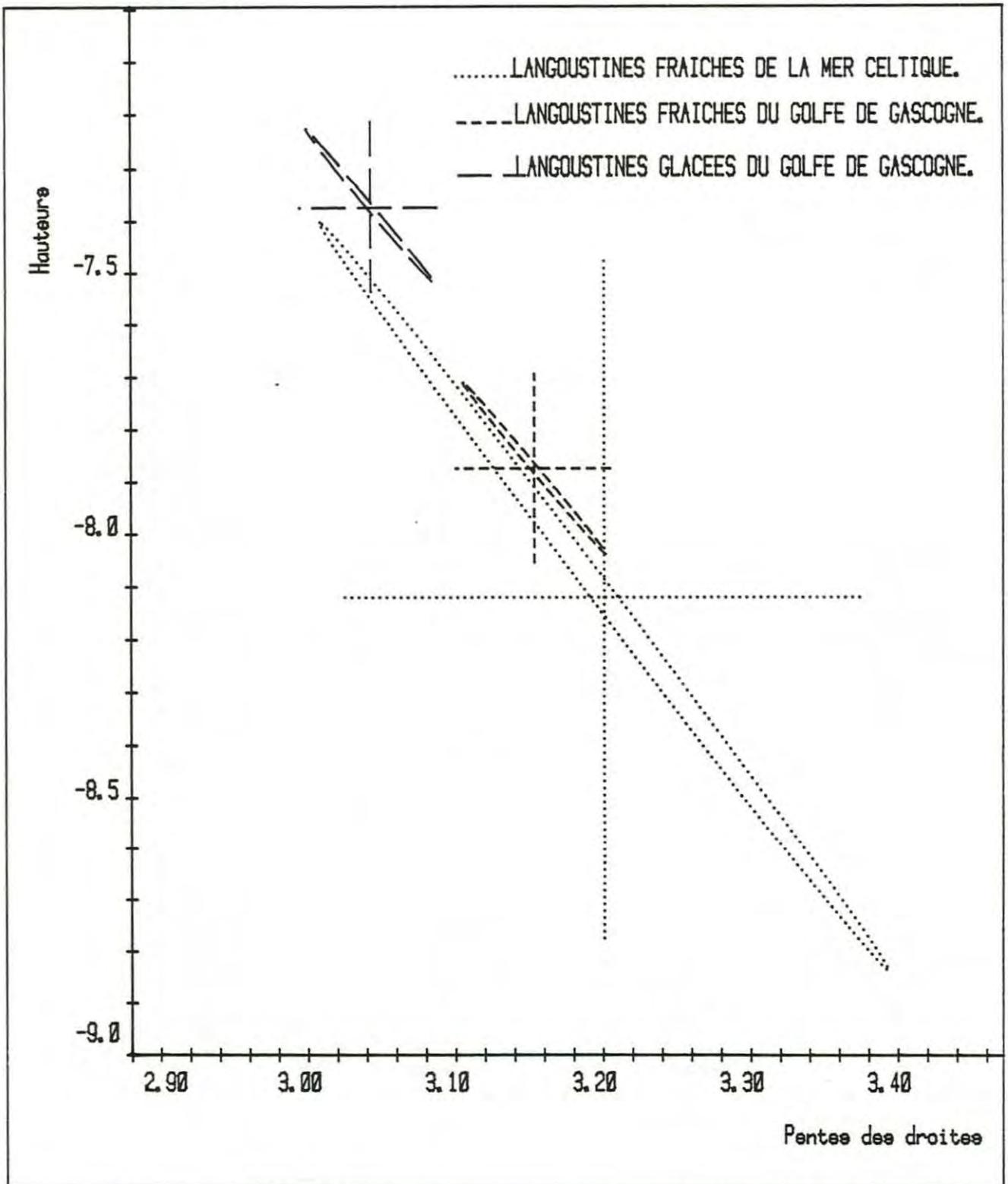


FIGURE 23 : Ellipses et intervalles de confiance pour les coefficients a et b des différentes droites de régressions des poids en fonction des tailles des langoustines. Les relations comparées sont celles qui ont été établies dans notre étude. Voir explication dans le texte.

6 - RELATION LONGUEUR TOTALE (Lt) - LONGUEUR CEPHALO-THORACIQUE (Lc)

La relation Lt/Lc est utile surtout quand nous disposons des données d'échantillonnages collectées par les pêcheurs qui utilisent habituellement la longueur totale pour mesurer la langoustine. En outre, cette relation pourra rendre des services pour les études biométriques. Par contre, celle-ci n'est pas utile pour des calculs d'évaluation de stocks.

Dans le Golfe de Gascogne, nous disposons de la relation de FONTAINE et WARLUZEL (1969) établie à partir de mensurations de 450 langoustines sans distinction de sexe. Cette relation est représentée par l'équation suivante : $Lt = 3.363 Lc - 1,05$. Ces auteurs ont dissocié les mâles et les femelles séparément pour dégager deux équations différentes : une pour les mâles : $Lt = 3.208 Lc + 1.88$ et l'autre pour les femelles : $Lt = 3.35 Lc - 0.89$.

Afin de déterminer la relation liant Lt à Lc pour les mâles et les femelles des langoustines de la Mer Celtique, nous avons fait des mensurations en mer, au dixième de millimètre avec un pied à coulisse pour la longueur de la carapace (Lc), et avec un réglet muni d'un onglet pour la longueur totale (Lt). Pour celle-ci, la mesure était prise de la pointe du rostre à l'extrémité du telson (soies exclues), la face dorsale appliquée sur un plan de manière à éviter tout étirement ou contraction. Nous avons écarté les sujets portant des traces de cassures du rostre ou de blessures sur le corps. Ainsi, nous avons collecté 270 couples de valeurs (Lt., Lc.) (199 mâles et 71 femelles). Les régressions prédictives, établies sur ces données, conduisent aux équations suivantes : $Lt = 3.089 Lc + 6.3$ pour les mâles et $Lt = 3,347 Lc - 1,54$ pour les femelles (fig. 24). Nous avons soumis ces deux droites à un test d'ellipses de confiance pour vérifier si elles sont significativement différentes ou non. L'éloignement des ellipses (fig. 25) montre qu'il y a une différence significative entre les sexes. En tenant compte des différentes relations entre Lt et Lc, on peut écrire simplement $Lt = 3.3 Lc$.

.../...

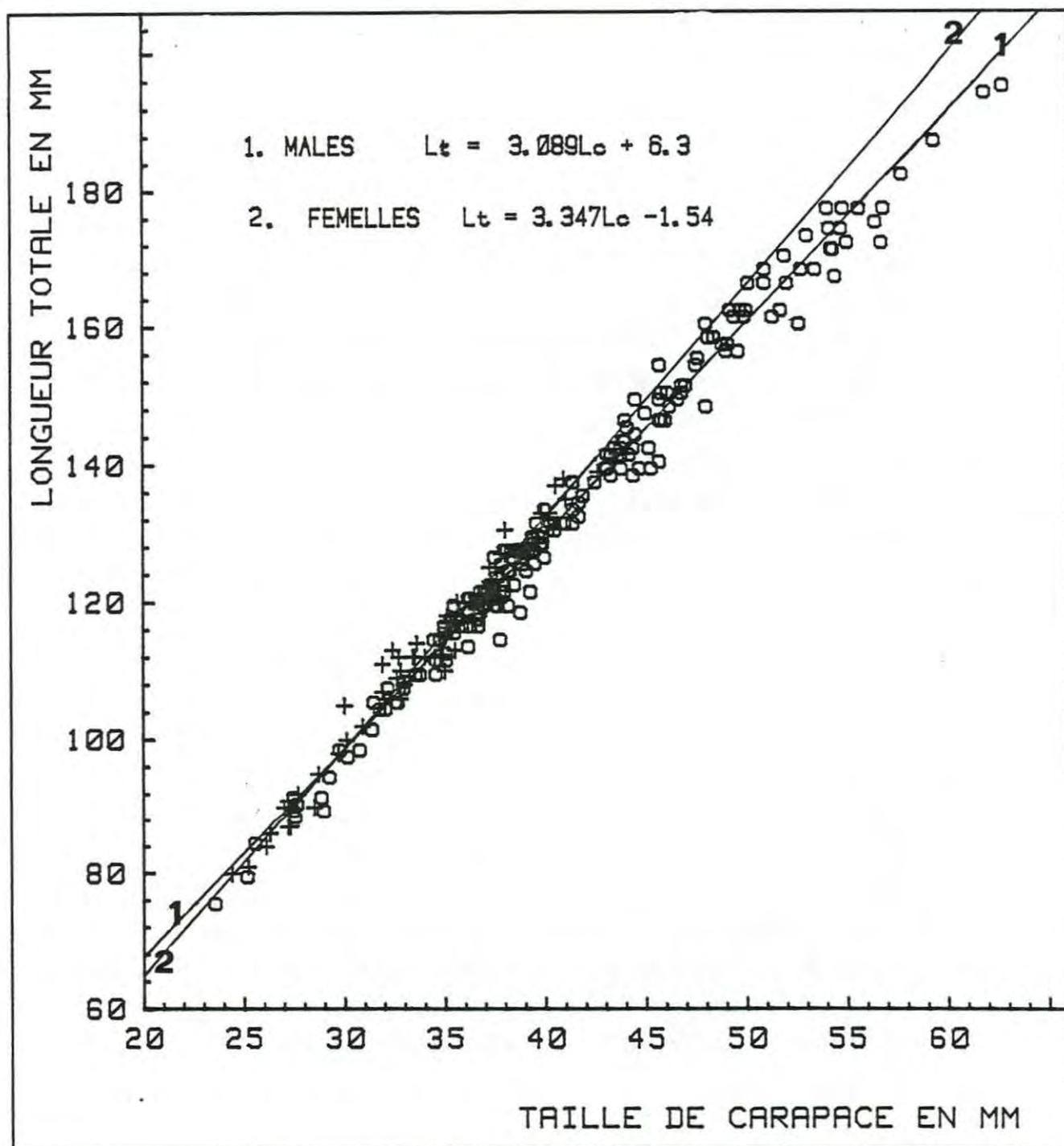


FIGURE 24 : Droites des régressions relatives aux relations entre la taille de carapace la longueur totale des langoustines femelles et mâles de la mer Celtique.

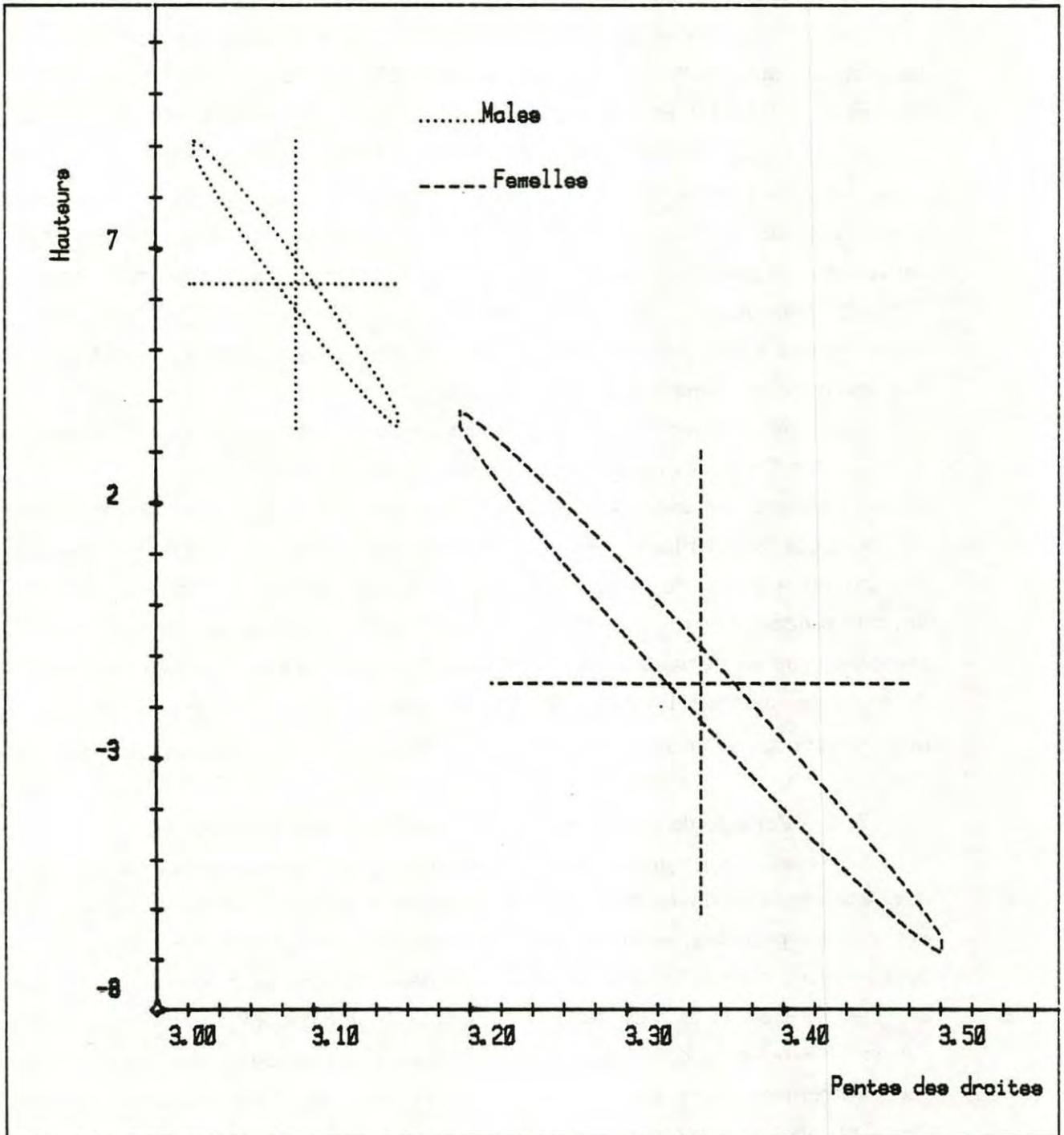


FIGURE 25 : Comparaison des droites des regressions de la longueur totale en fonction de la longueur céphalothoracique des longoustines males et femelles pêchées en mer celtique. $\alpha = 0.05$

7. DETERMINATION DES PERIODES DE MUE DE LA LANGOUSTINE DU GOLFE DE GASCOGNE ET DE LA MER CELTIQUE.

7. 1. - Introduction :

Les principales observations sur le phénomène de mue ont été faites en laboratoire par THOMAS (1965), FARMER (1973), HILLIS (1971, 1973, 1974), FIGUEIREDO (1975) et CONAN (1978). Par ailleurs, CHARUAU (1977) avait pu étudier l'accroissement à la mue en maintenant les individus prêts à muer dans des cages immergées. Les résultats étaient satisfaisants, mais sur une petite échelle. CONAN (1975) a analysé les distributions des fréquences de tailles des langoustines capturées par des chalutiers français pêchant dans le Golfe de Gascogne. Il a conclu qu'à partir de l'âge de 2 ans, les langoustines mâles muent 2 fois par an (une mue en automne et une autre au printemps) et que les femelles muent seulement au printemps.

Pour déterminer le nombre et les périodes des mues des langoustines dans la Mer Celtique, nous avons porté pour chacun des sexes le pourcentage des individus mous en fonction du temps. Nous avons séparé les individus échantillonnés en deux gammes de tailles. La première, concerne les petites classes de taille en dessous de la taille de maturité sexuelle définie précédemment. La deuxième est formée d'individus tous matures. Signalons que le dénombrement des individus mous n'a commencé qu'à partir du mois de mars de l'année 1980 (8e quinzaine). Le tableau 8 montre la correspondance entre les numéros des quinzaines, les mois et les saisons.

7. 2 - Période de mue des langoustines de la Mer Celtique :

L'évolution du nombre des femelles molles immatures de la Mer Celtique (fig: 26) en fonction du temps, fait apparaître plusieurs modes indiquant les éventuelles périodes de mue durant la période considérée. En effet, il est possible que, durant l'année les petites femelles muent au moins deux fois par an. L'apparition de 5 pics durant une année biologique (d'une reproduction à l'autre, c'est-à-dire de Juillet 1980 à Juillet 1981) laisse penser qu'il y a un enchevêtrement entre les périodes de mues pour les différentes zones de la Mer Celtique. Il n'est pas exclu qu'il y ait un décalage des périodes de mue entre les langoustines des différentes zones de la pêcherie de la Mer Celtique. Par contre, il est clairement identifié (fig 27) que les femelles ayant atteint la taille de maturité sexuelle ne muent qu'une seule fois dans l'année au cours de la période du 15 Avril au 15 Mai.

pourcentage d'individus mous

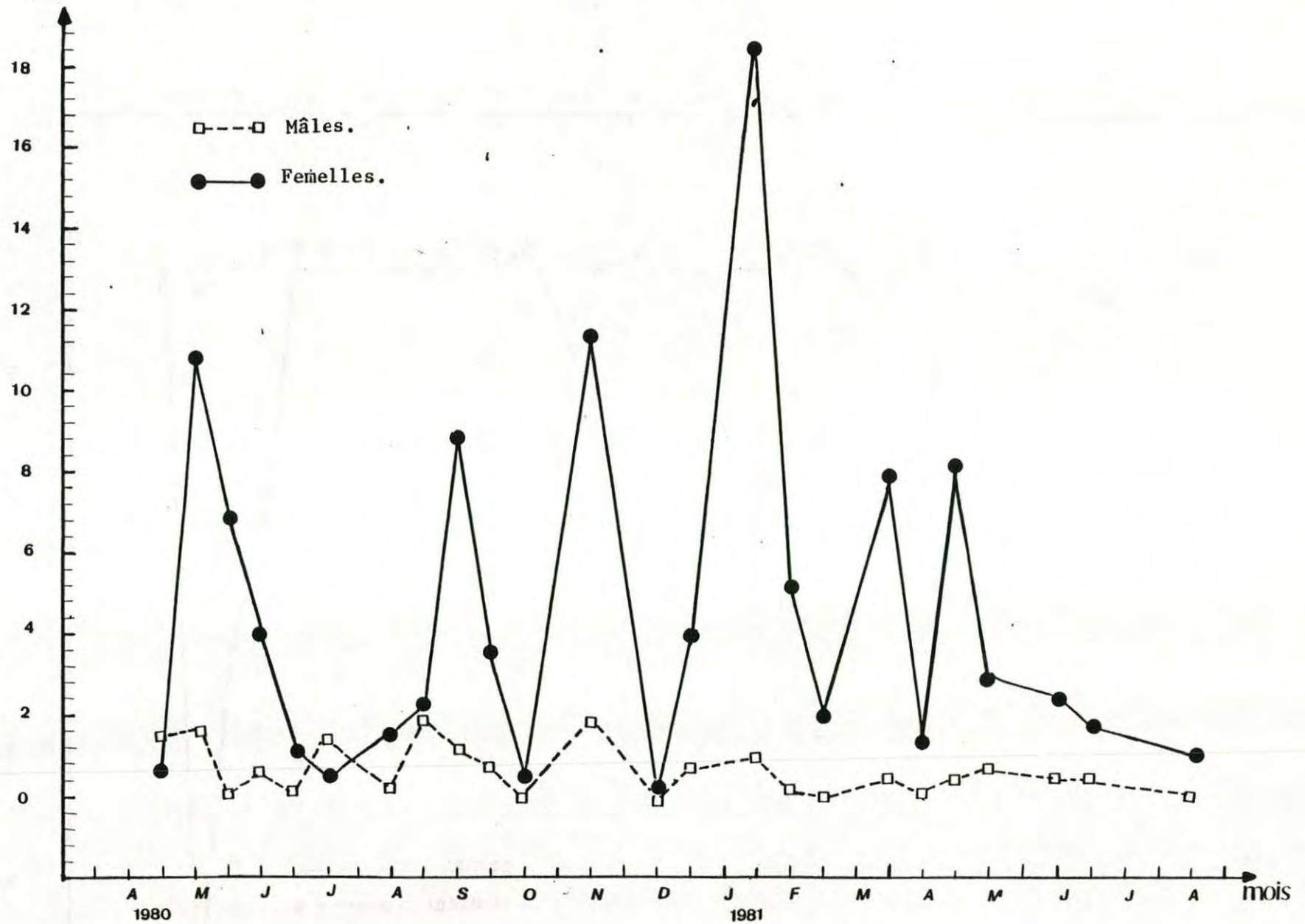


FIGURE 26 : Variation mensuelle du pourcentage des langoustines molles immatures de la mer Celtique.

pourcentage d'individus mous

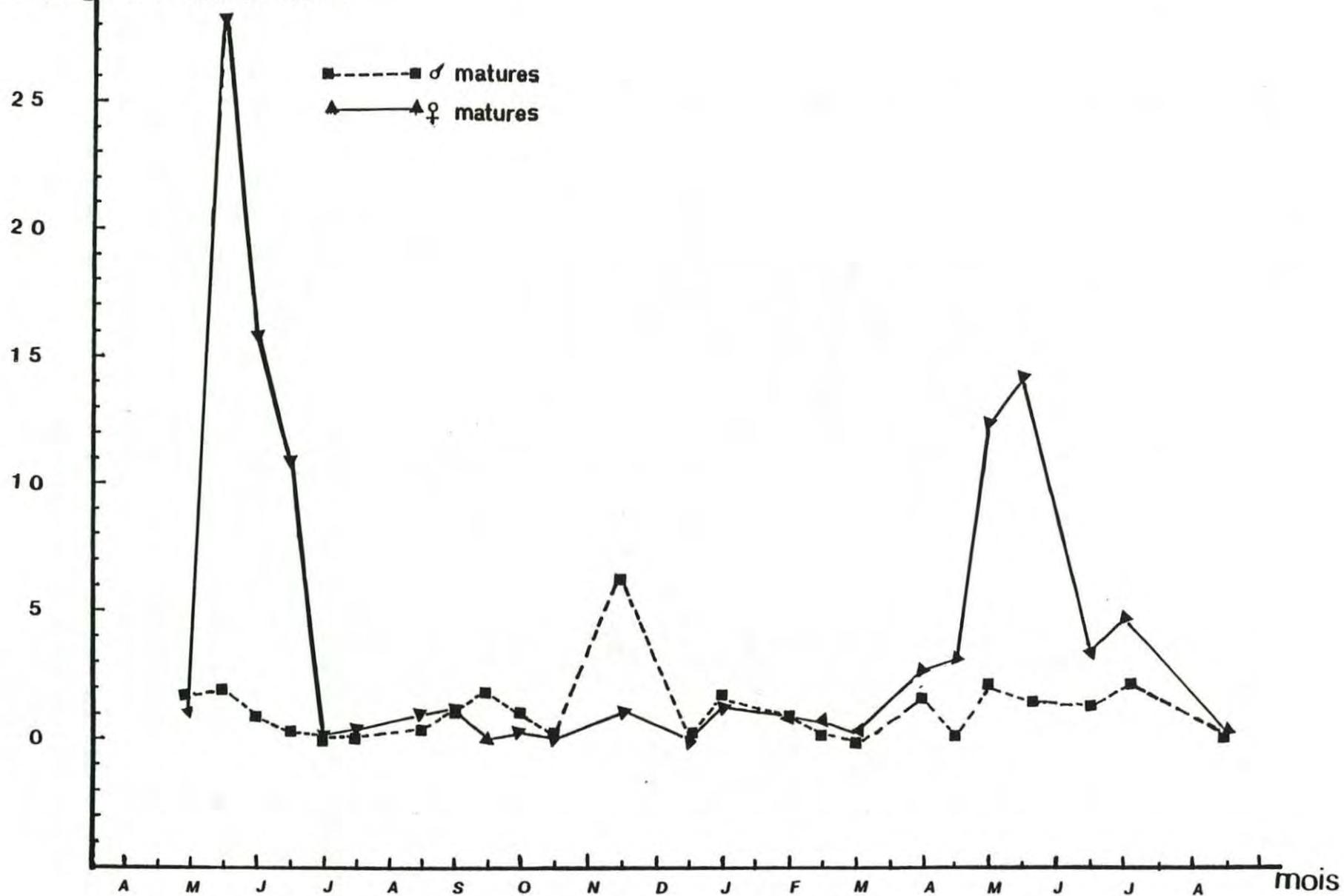


FIGURE 27 : Variation mensuelle du pourcentage des langoustines molles matures de la mer Celtique.

De même , pour étudier les périodes des mue des mâles, nous avons séparé arbitrairement les données des tailles des mâles en deux lots : le premier lot de données comprend des tailles comprises entre 20 et 35 mm de Lc. Dans le deuxième lot, on trouve les tailles supérieures à 35 mm Lc correspondant approximativement, selon notre prévision à la taille de maturité sexuelle des mâles. Les mâles immatures, comme pour les femelles immatures, muent plusieurs fois dans l'année (2 ou plus). Ayant atteint la maturité sexuelle, le nombre de mue, chez les mâles matures, diminue vraisemblablement, mais il est très difficile de déterminer le nombre exact de leurs mues. (fig. 27)

7. 3. Evolution du pourcentage de mue en fonction de la taille :

Afin de connaître le maximum d'informations sur la variation des mues en fonction de la croissance des langoustines, nous avons cumulé les pourcentages des individus mous en fonction de la taille de carapace durant une année (Mars 1980/Avril 1981). Les données cumulées sont présentées séparément pour les mâles et pour les femelles et suivant des intervalles des classes de 5 mm.

Le groupement des classes de tailles pour avoir un intervalle de classe de 5 mm, a pour but de lisser les courbes obtenues. L'allure générale de la courbe (fig. 28), montrant l'évolution du pourcentage d'individus mous en fonction de leur taille de carapace, indique une diminution de la fréquence de mue, lorsque la taille augmente, exception faite pour les femelles de petite taille indiquant que leur comportement est complexe.

7. 4. Discussion et conclusions :

Dans le Golfe de Gascogne, (CONAN, 1975) a avancé que les mâles des langoustines muent 2 fois dans l'année et que les femelles de la même espèce ne muent qu'une seule fois durant la même période. Le rythme de mue est très important si l'on veut faire des études d'évaluation car il influe sur la croissance.

Dans la Mer Celtique, et en ce qui concerne la fréquence de mue, nous pouvons retenir que :

- Les mâles et les femelles immatures muent plusieurs fois dans l'année.
- Les femelles matures ne muent qu'une seule fois (Mai) durant l'année.
- Pour les mâles matures, une seule mue a été identifiée sur 18 mois.

Il est possible que l'on ait manqué une ou deux mues chez les mâles matures.

Les difficultés de détermination exacte des périodes de mue proviennent du fait que les données de capture couvrent plusieurs zones de la Mer Celtique.

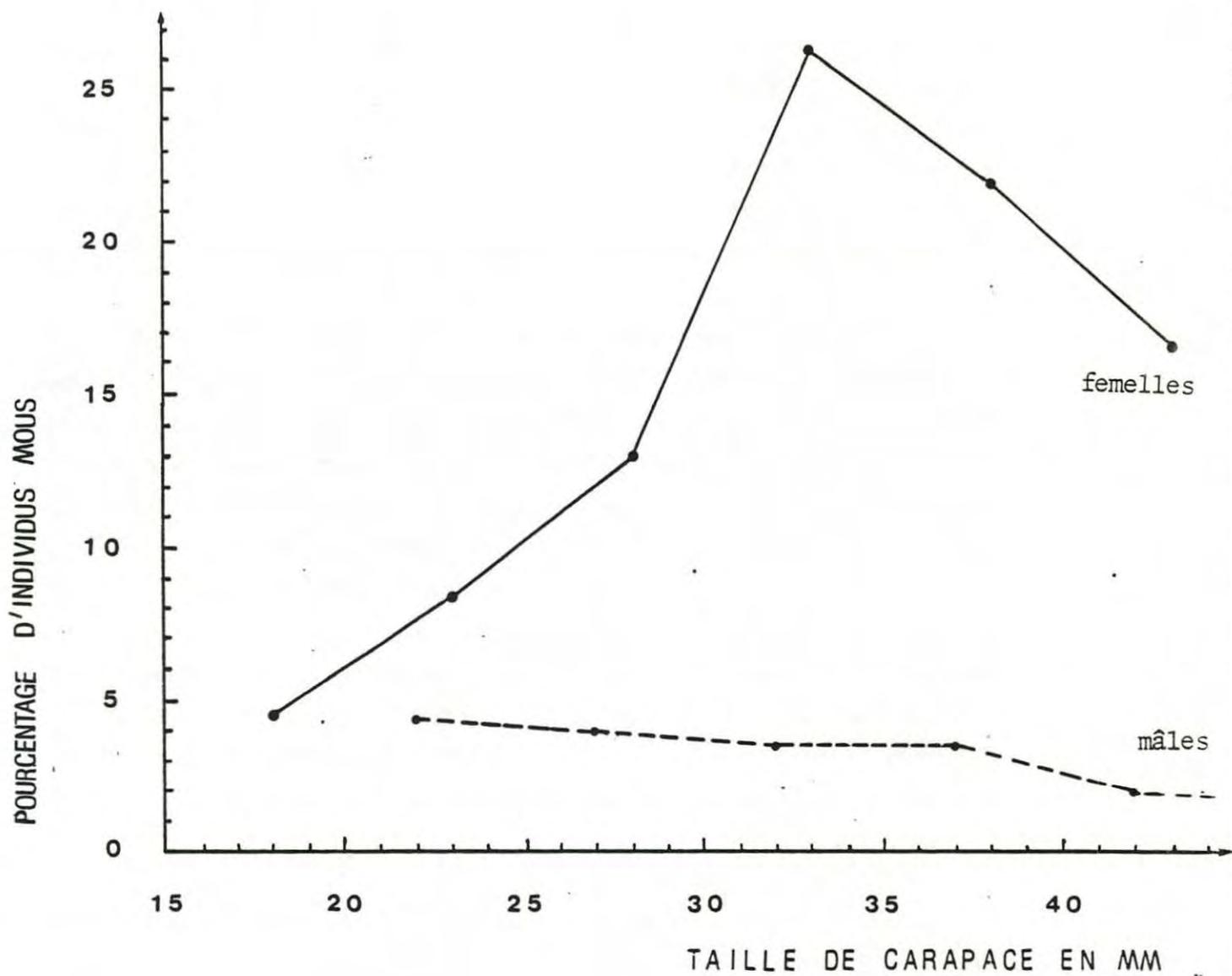


FIGURE 28 : Evolution du pourcentage des langoustines molles de la mer celtique en fonction de la taille céphalothoracique.

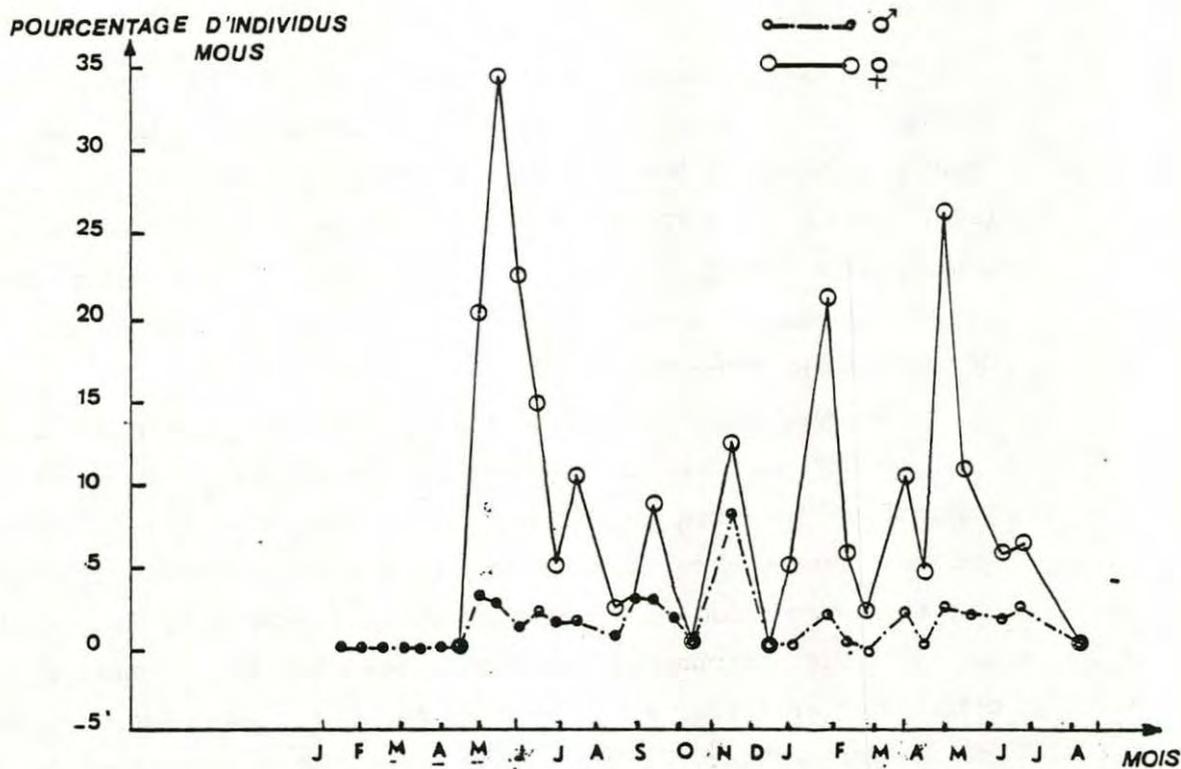


FIGURE 29 : Variation du pourcentage des langoustines molles males et females (matures et immatures confondues) de la mer Celtique en fonction des saisons.

Il est possible, que les périodes de mues soient légèrement décalées d'une zone à l'autre. Ce qui rend les sommets, indiquant les périodes de mues, moins nets. (Fig. 29).

Un retard dans la période de mue des langoustines est prouvé en Mer Celtique. Ce décalage (2 mois) est vraisemblablement dû à la température de l'eau plus basse en Mer Celtique. En effet, AIKEN (1969) cité par REVECHE (1979) signale que l'interaction entre la température de l'eau et la photopériode, provoquerait un signal entraînant la mue des crustacés. Il ajoute qu'en année chaude, les individus muent plus tôt. Ainsi, les périodes de mues peuvent être décalées d'une année sur l'autre.

Par ailleurs, deux problèmes se posent en se référant à la figure 28 :

a) Les pourcentages de femelles molles sont plus élevés que ceux des mâles mous. En effet, puisque la fréquence des mues des mâles est plus élevée que celle des femelles, on s'attend à ce que le pourcentage des mâles mous soit plus élevé que celui des femelles molles. La réponse la plus satisfaisante, est que les mâles normaux sont toujours beaucoup plus nombreux (sex-ratio très déséquilibré en faveur des mâles : 63 %), ce qui sous-estime le pourcentage des mâles. Par ailleurs, la période de mue est étalée dans le temps et le pourcentage résultant est faible. Les femelles normales sont généralement peu nombreuses dans les captures par rapport aux mâles et le pourcentage résultant est fort par rapport à celui des mâles. De toutes façons, la proportion d'individus mous est beaucoup plus faible chez les mâles que chez les femelles. Si l'on intègre les deux courbes de la figure 29, la différence entre les deux sexes est telle que pour une durée du stade mou donné (ex : 22.2 jours, stade voisin à celui utilisé par SARDA (1980), on obtient 200 % de mue chez les femelles pour 2 périodes théoriques de mue (printemps), soit 100 % par période, alors que chez les mâles, ce pourcentage ne s'élève qu'à 39 % pour 2 périodes théoriques de mue et peut être 3 périodes de mues. En effet, il n'est pas impossible que l'on ait manqué une période de mue pour les mâles en 1980. Le pourcentage de mues par période, chez les mâles d'après ces observations, s'élèverait donc au maximum à 20 %, alors qu'il serait de 100 % chez les femelles.

b) Le pourcentage de femelles molles augmente au début (voir figure 28), arrive à un sommet puis diminue. Dans la réalité, et si l'on se réfère aux travaux de CONAN et de GUNDERSEN (1976), sur le homard, on s'attend à ce que ce pourcentage diminue en fonction de la taille céphalothoracique puisque les femelles immatures muent plus souvent que les femelles matures. Il est possible que la vulnérabilité relative des individus mous varie avec la taille. La capturabilité des femelles molles matures serait plus grande que celle des molles immatures ; ce qui s'explique par des besoins en nourriture plus élevés.

CHAPITRE VII

ESTIMATION DES PARAMETRES DEMOGRAPHIQUES

ESTIMATION DES PARAMETRES DEMOGRAPHIQUES

1 - INTRODUCTION :

Le chapitre qui suit traite du problème de la croissance et de la mortalité dans les deux pêcheries. Paramètres de base en dynamique des populations, la croissance et la mortalité des langoustines ont déjà été étudiés dans la partie Nord du Golfe de Gascogne et dans certaines autres zones telles que : la Mer d'Irlande, d'Islande,...

Aucune estimation de ces paramètres n'a été faite en Mer Celtique. Pour mener à des évaluations précises et fiables, les modèles analytiques nécessitent de bonnes approximations de ces deux paramètres. Une fausse estimation de celles-ci, conduit à des interprétations erronées au niveau de la gestion des stocks. Une bonne estimation de la croissance et de la mortalité dépend essentiellement de l'échantillonnage, de la technique utilisée pour leur détermination et de la méthode d'ajustement des données.

En l'absence de pièces dures permanentes, nous avons cherché à trouver une approche de la croissance et de la mortalité par l'analyse des distributions de fréquences de taille et par le marquage.

2 - METHODES UTILISEES POUR LA DETERMINATION DE LA CROISSANCE ET DE LA MORTALITE :

2. 1. **Techniques d'analyse des distributions des fréquences de tailles :**

Ces techniques ont été construites pour être utilisées dans le cas où le dénombrement des anneaux de croissance sur les pièces osseuses, se montre très délicat (cas particuliers pour certains poissons) ou impossible (cas des invertébrés, par exemple). En effet, PETERSEN (1892), confronté à ce problème, a songé à déterminer indirectement l'âge des poissons par l'étude de la distribution de taille (caractère mesurable le plus couramment utilisé) et par la répartition de cette distribution en classe d'âge.

2. 1. 1 Méthode de PETERSEN .

Le principe de la méthode repose sur l'établissement des distributions des

fréquences des tailles. Sur un tracé d'histogramme de fréquence de taille, la méthode de PETERSEN permet de déterminer les caractéristiques de la tendance centrale et de la dispersion de chaque sous-population de la distribution, puis de suivre l'évolution de ce paramètre en fonction du temps. Elle consiste à rechercher les modes (correspondant à des groupes d'âge) successifs dans les distributions de fréquence de taille. Selon DAGET et LE GUEN (1975), ces modes existent chaque fois que les pontes sont groupées en une ou plusieurs périodes relativement courtes ou que la fréquence des pontes présente un ou plusieurs maxima bien nets, chaque année. Selon que l'on observe dans un échantillon une ou plusieurs classes d'âge, la distribution sera unimodale ou polymodale. Dans ce dernier cas, il arrive que les modes soient mal individualisés et dont les groupes d'âge successifs se chevauchent comme il arrive souvent pour les individus âgés ou pour des individus échantillonnés provenant de divers endroits. Les différences de croissance locales, si elles existent, font disparaître les modes si l'on regroupe des échantillons provenant de différentes microzones. GHENO et LE GUEN (1968) ajoutent que la méthode est inapplicable si les pontes sont étalées sur toute l'année si les périodes de ponte sont très rapprochées. Dans ces conditions, il faut décomposer la distribution polymodale en une somme de plusieurs distributions unimodales. Cette dissociation ne sera établie que si nous posons certaines hypothèses que GRAHAM (1956), RICKER (1958) et POSTEL (1973) résument ainsi :

- Une distribution gaussienne de taille des individus nés à la même époque, c'est-à-dire appartenant à la même classe d'âge.
- Une croissance telle que les distributions des tailles modales des diverses classes d'âges apparaissent séparées, ou tout au moins possibles à distinguer.
- Pour avoir une distinction des modes dans la distribution polymodale, un recrutement constant et une mortalité régulière, tout au long de l'année, sont exigés. Signalons que la condition de mortalité régulière est contestée par CONAN (com. pers.).

En revanche, la méthode de PETERSEN offre l'avantage d'opérer sur un ensemble d'échantillons considéré simultanément. Par ailleurs, la méthode de PETERSEN qui, à l'origine n'impliquait pas la normalité des distributions composantes, a été plus récemment améliorée par l'utilisation des méthodes statistiques et mathématiques, rendant plus fiables les résultats obtenus. Ces méthodes sont graphiques [HARDING (1949), CASSIE (1954), TANAKA (1956), BATTACHARYA (1967), GHENO-LE GUEN (1968)] ou numériques dans lesquelles HASSELBLAD (1966), et MAC DONALD et PITCHER (1979), firent adapter diverses courbes d'approches par ordinateur.

En raison du nombre important de données, de la nécessité de rapidité des calculs et de la plus grande précision des résultats qui peuvent être statistiquement testables, nous avons préféré utiliser une méthode numérique, celle d'HASSELBLAD (1966) (Cf. annexe).

2.1.2 Application de NORMSEP :

Démarche suivie pour la détermination de l'âge.

En raison de l'impossibilité de lecture directe de l'âge des langoustines ; le test vérifiant la normalité des composantes dans les distributions des fréquences des tailles, n'est pas réalisé.

Nous rappelons que les données de base qui vont être soumises à l'analyse par ce programme, sont des distributions de fréquence de tailles (histogrammes). Ces derniers couvrent une période de 18 mois en Mer Celtique (Janvier 1980/Août 1981) et une durée de 24 mois dans le Golfe de Gascogne (Janvier 1979/Décembre 1980).

Par ailleurs, il est important de signaler que la relation de l'accroissement à la mue des langoustines de la Mer Celtique, n'est pas encore établie. C'est pour cette raison que la relation établie par CHARUAU et CONAN (1977) pour les langoustines du Golfe, servira de guide dans la dissection des distributions polymodales des histogrammes de fréquences de tailles des langoustines des deux pêcheries.

Sur le plan pratique et pour la dissection de la distribution de la première quinzaine, figure 30, nous repérons les sommets correspondants à des groupes de mue différents, c'est-à-dire groupe d'individus nés et mués à la même période. Tous les individus nés en même temps, vont désormais muer à la même époque. La distance entre deux sommets (ou modes) consécutifs correspond à la croissance entre deux mues. La flèche verticale indique la position du groupe de mue correspondant à une taille donnée. Le suivi de ce groupe de mue d'une quinzaine à une autre durant 18 mois, nous permettra de déterminer la courbe de croissance. Selon la procédure de HASSELBLAD (1966),

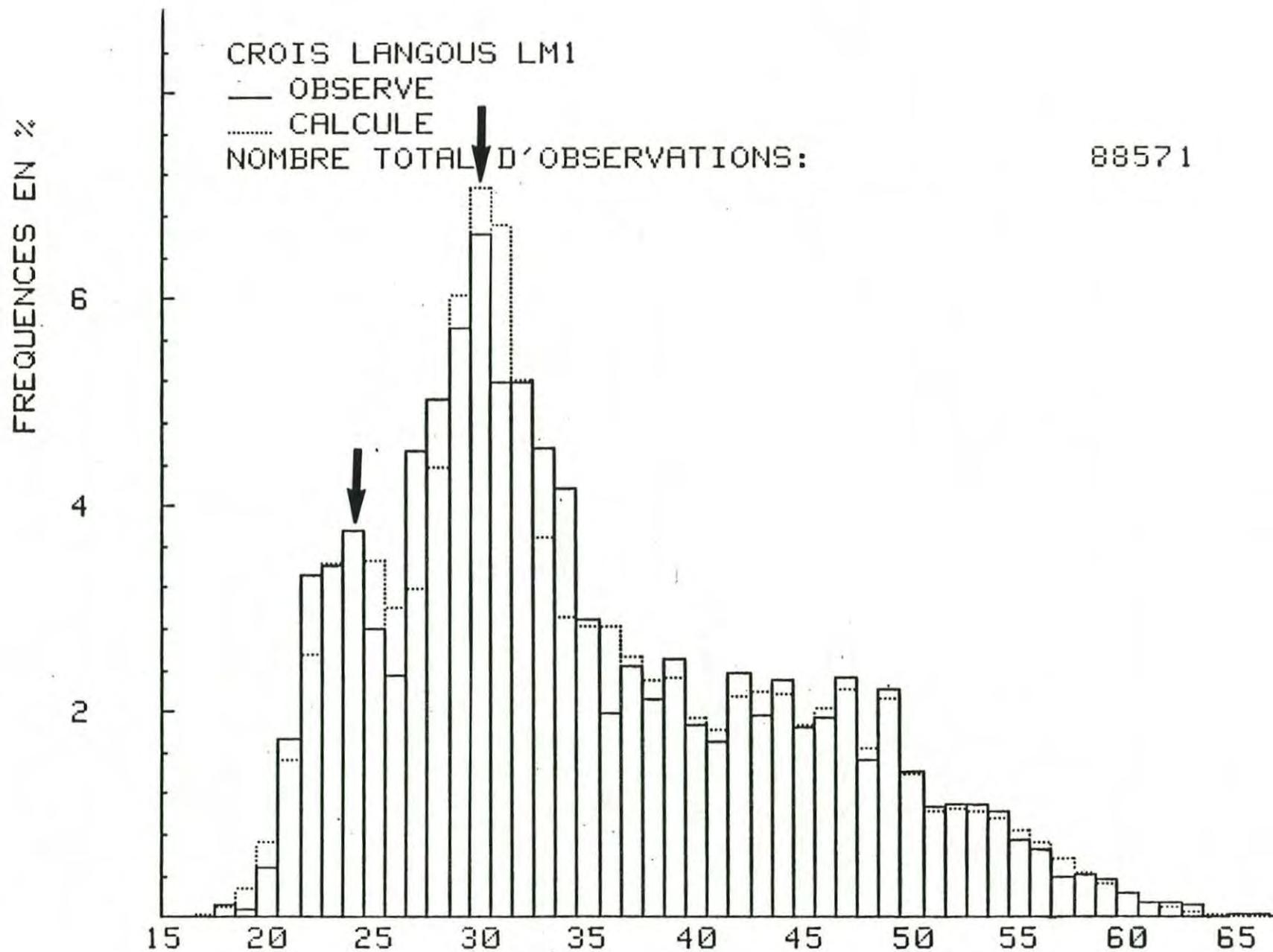


FIGURE 30: - Ajustement de la distribution de fréquences des tailles calculée à l'aide du programme NORMSEP à celle qui est observée pendant l'échantillonnage pour la première quinzaine. (voir texte).

LONGUEUR

le mode qui apparait à la taille de 23/24 mm de Lc, aura pour bornes des paramètres de la composante :

- point de coupure : 26,0 mm
- bornes de la moyenne (23/25 mm)
- bornes de l'écart-type (1/2.5)

Le mode suivant se situe aux environs de la taille de 30 mm. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- . Point de coupure : 33
- . Moyenne : (bornes : 30 et 31)
- . Ecart-type : (bornes : 2 et 4)

et ainsi de suite pour tous les modes... La figure 30 simule la distribution calculée à partir de nos données introduites à celle qui a été à partir des observations de l'échantillonnage. Nous notons dans celle-ci, 10 modes marquant 10 groupes de mues. Ces dix composantes sont caractérisées chacune par leur valeur moyenne, leur écart-type et leur effectif.

La valeur moyenne M de chaque mode est ainsi déterminée. Le même mode se déplace deux fois (après deux mues) chez les mâles et les femelles immatures et une seule fois (après une seule mue) par an chez les femelles matures, conformément à l'hypothèse proposée par CONAN (1975) dans le Golfe. Si l'on repère le mode apparu à 24,0 mm ; son déplacement est montré dans le tableau 12. Ainsi, il passe de 24,12 à 31,7 mm de Lc après 3 mues en 18 mois. Le même schéma est réalisé pour l'ensemble des groupes de mues. (Tab.12, Fig.31)

2-2 Autre méthode : (cf. 3-3) ; marquage des langoustines.

3 - CROISSANCE

3.1 Introduction

De nombreux auteurs se sont penchés par le passé sur les problèmes de croissance de crustacés arthropodes. Les recherches ont le plus souvent été menées dans le but de trouver un modèle adéquat de croissance. Confrontés aux problèmes posés par l'étude de croissance de crustacés, HIATT (1948), KURATA (1962), CHARUAU (1973), CONAN (1975, 1978), DO-CHI (1979), GARCIA (1976), ont ajusté chacun, leurs données de croissance selon un modèle de croissance qui leur semblait le plus conforme. KURATA (1962) attribue la difficulté du suivi de la croissance chez les crustacés à la méconnaissance du modèle de croissance. Les animaux grandissent en général d'une manière continue ; ceci n'est pas le cas chez les crustacés où l'augmentation dans la croissance linéaire et pondérale, ne survient que durant la période qui suit immédiatement la mue.

Pour décrire la croissance des animaux au cours du temps, deux étapes sont nécessaires :

- a) Collecte des données.

MALES NEPHROPS NORVEGIENS - MER CELTIQUE

1980	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4	Mode 5	Mode 6	Mode 7	Mode 8	Mode 9
J [01	24	30	35	37 . 5	44	47	50	53	57
[02	24	30	35	37 . 5	45	48	50 . 5	54 . 5	57
F [03	25	29	34	37 . 5	43 . 5	48	51	55	58
[04	24	29	34 . 5	37 . 5	43 . 5	47	50 . 5	54 . 5	57
M [05	25	30 . 5	35	38 . 5	44 . 5	47	51 . 5	55 . 5	58
[06	24	29	35 . 5	40	45 . 5	47 . 5	53	54	58 . 5
A [07	27	31	37	40	45 . 5	48	51	55	58 . 5
[08	26	30 . 5	37 . 5	40	45	48	52	54	57
M [09	26	30 . 5	36 . 5	40	46 . 5	48	51	55	59
[10	26	30 . 5	36 . 5	41	45 . 5	48 . 5	53 . 5	57	60
J [11	26	30	36 . 5	40	46 . 5	48 . 5	52 . 5	57	60
[12	27	32	36 . 5	41	46	49	53 . 5	57 . 5	60
J [13	26 . 5	30 . 5	36 . 5	40 . 5	46 . 5	50	53 . 5	56 . 5	61
[14									
A [15	28	32 . 5	37 . 5	41	47 . 5	50	54 . 5	57 . 5	61 . 5
[16	28	32 . 5	37 . 5	41 . 5	47 . 5	51	55	57 . 5	61 . 5
S [17	29	33 . 5	37 . 5	41	47	49 . 5	55	58 . 5	61 . 5
[18	28	33	37	42	46 . 5	49 . 5	54	58 . 5	61
O [19	28	32 . 5	36 . 5	42	46 . 5	49	54	57 . 5	61
[20									
N [21	28 . 5	32 . 5	36	42 . 5	46	49	54	58	61 . 5
[22									
D [23	28 . 5	32 . 5	36	42 . 5	46 . 5	49	53 . 5	57 . 5	61 . 5
[24	29	33	36 . 5	42		49	53	58	61 . 5
J [01									
[02	28 . 5	32 . 5	36 . 5	42	46	49 . 5	53 . 5	58 . 5	62
F [03	28 . 5	32 . 5	37	42	46	49 . 5	53	58 . 5	62 . 5
[04	29 . 5	33	37	42	46	49	53 . 5	58 . 5	62 . 5
M [05									
[06	30 . 5	34 . 5	37 . 5	43	46 . 5	50 . 5	54 . 5	58 . 5	62 . 5
A [07	30	35	38 . 5	43 . 5	47 . 5	51 . 5	55	59	63 . 5
[08	31 . 0	35	39	44	47 . 5	52	56	59	65
M [09	31 . 5	35	39	44	48 . 5	52	55	59	64 . 5
[10									
J [11	32	36	39 . 5	44 . 5	49	52 . 5	55	60	65
[12	31 . 5	36 . 5	39 . 5	44 . 5	49	52 . 5	55 . 5	60 . 5	65
J [13									
[14									
A [15	31	35	39 . 5	44 . 5	49	52 . 5	55 . 5	61 . 5	65
[16									

Tableau 12: Valeurs des tailles moyennes déterminées par la technique de HASSELBLAD(1966) , qui vont servir aux tracés des courbes de croissance des langoustines mâles de la mer celtique.

b) Choix d'une expression mathématique permettant de résumer les informations ainsi recueillies et décrivant l'évolution de la taille ou du poids en fonction du temps.

Il existe plusieurs modèles susceptibles de décrire la croissance des animaux en fonction du temps. Nous ne citons ici, que les modèles les plus connus et qui reviennent à PÜTTER (1920), GOMBERTZ (1925), JENSEN (1935) VON BERTALANFFY (1938) et HIATT (1943). Le choix d'un modèle dépend grandement de la qualité de données disponibles. Nous avons utilisé un modèle de croissance très général, celui de VON BERTALANFFY. Par ailleurs, les données de marquage des langoustines seront ajustées à l'aide des techniques de TOMLINSON in ABRAMSON (1971). La méthodologie et les résultats des marquages effectués durant deux campagnes en Mer Celtique, seront exposés ultérieurement.

3.2 Ajustement des tailles moyennes déterminées à partir de la technique d'HASSELBLAD (1966) en fonction du temps ; utilisation de la loi de VON BERTALANFFY (1938) :

VON BERTALANFFY (1938) a présenté une formule mathématique permettant de modéliser (simuler ou aussi représenter) la croissance des organismes marins à l'aide de 3 paramètres : L_{∞} la longueur asymptotique atteinte par les individus, K leur vitesse de croissance et t_0 le temps théorique obtenu quand la taille est nulle. L'équation est de type :

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

A partir de cette équation, ABRAMSON et TOMLINSON (1961) ont établi deux techniques statistiques d'ajustement direct par les moindres carrés des tailles observées en fonction des âges correspondants. Ces méthodes ont été programmées en FORTRAN par TOMLINSON dans ABRAMSON (1971). La technique des moindres carrés que nous avons utilisée, nécessite l'attribution de la longueur L_i pour tout Age t_i et donc $L_i = L_{\infty} [1 - e^{-K(t_i - t_0)}]$ Pour l'ensemble des valeurs dont nous disposons, les calculs se font à chaque fois sur une valeur \bar{L}_i . Le principe d'ajustement consiste à minimiser la somme des carrés suivants : $Q = \sum (L_t - A - BRt)^2$ avec n le nombre total des couples des valeurs $A = L_{\infty}$, $R = e^{-K}$ et $B = -L_{\infty} e^{Kt_0}$.

La croissance de la langoustine de la Mer Celtique ou de celle du Golfe de Gascogne sera étudiée séparément pour les mâles et femelles, mais sans différenciation de mirozones de pêche caractérisant l'une ou l'autre pêcherie.

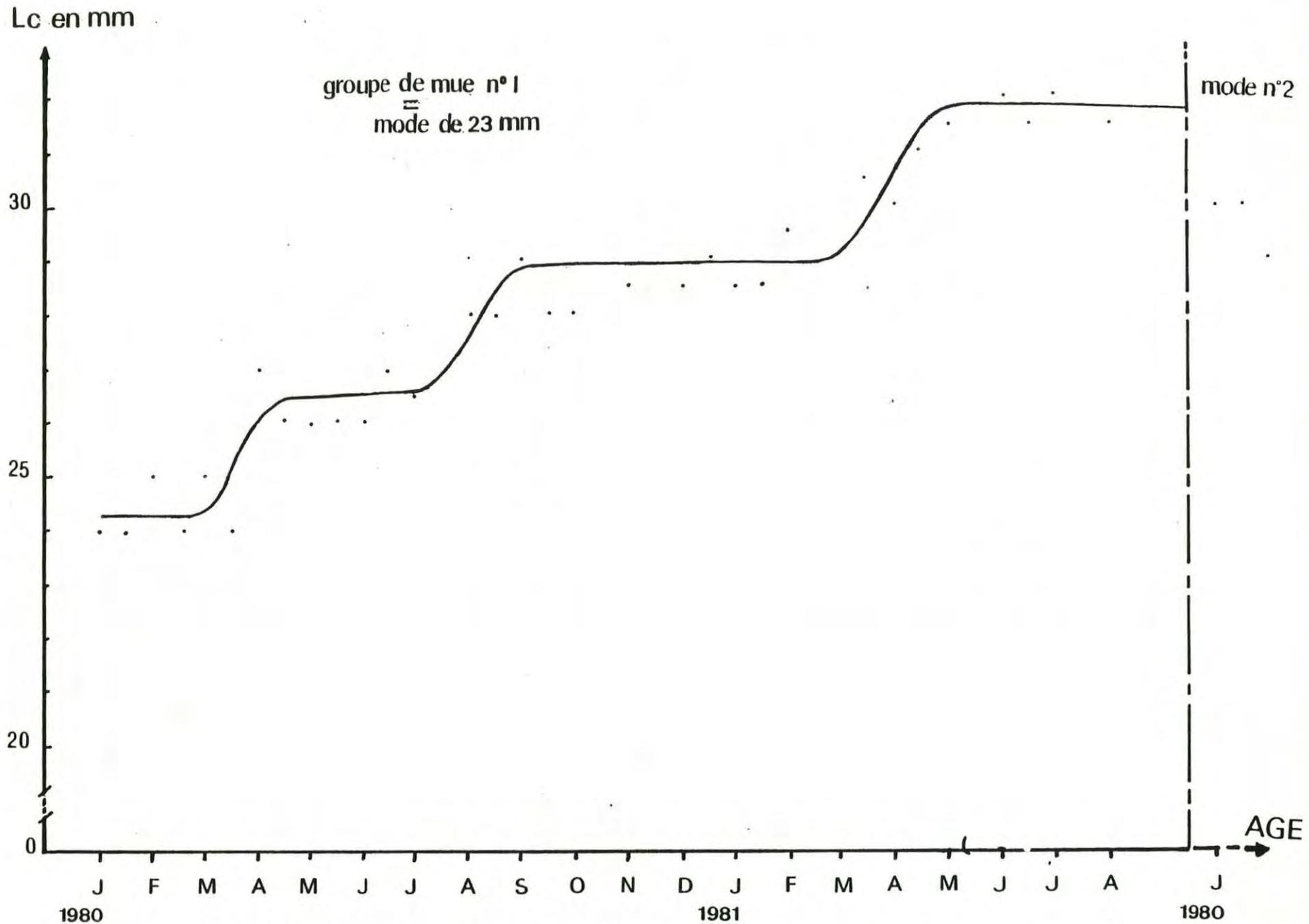


FIGURE 31 : Exemple de filiation modale utilisée dans notre étude montrant le déplacement du premier groupe de mue. Remarquer le début de la coupe de la première mue. Voir l'application dans le texte.

Dans notre travail et pour l'ajustement des données, l'origine du temps a été fixée arbitrairement à l'âge de la première capture. Nous avons ensuite ajusté la valeur de t_0 pour trouver une solution compatible avec une taille initiale des postlarves semblables à celles observées au Golfe de Gascogne. Pour attribuer un âge à chaque mode (groupe de mue), nous avons divisé l'année civile par 24, correspondant au nombre de quinzaines dans une année. Le premier mode aura un âge relatif égal à $1/24$, soit 0.041 an. Il faudrait décaler chacun de ces âges d'environ 2 ans pour obtenir les âges absolus correspondant à l'éclosion.

A) Paramètres des courbes de croissance des langoustines de la Mer Celtique

Les résultats du calcul des paramètres de l'équation de VON BERTALANFFY après traitement des données sur le mini ordinateur se trouvent dans le tableau 13. Notons que deux ajustements ont été réalisés séparément. Le premier à l'aide des tailles au début de chaque mue, le deuxième à l'aide des tailles moyennes observées. Dans un but de comparaison avec les résultats de croissance des langoustines obtenus dans des travaux antérieurs, nous n'allons retenir que les valeurs trouvées à l'aide du premier ajustement. Les deux courbes de croissance correspondantes sont tracées sur les figures 32 et 33 et

Les deux premiers groupes de mue sont facilement discernables dans la distribution des fréquences des tailles des langoustines mâles. Fig.30. L'apparition du premier mode à la taille de 23 mm environ prêche à penser que le recrutement aura lieu en fin décembre et début janvier de chaque année à une taille de 23 mm de Lc. En effet, nous trouverons le même phénomène dans la 24^e quinzaine et au début de l'année 1981.

Nous avons choisi l'âge 0 conformément au critère de GARCIA (1975) à savoir l'âge qui correspond arbitrairement à l'apparition du premier mode en mer dans les captures. C'est pour cette raison que les courbes de croissance débutent à une taille élevée sur l'axe des ordonnées.

Les distributions des fréquences des tailles des femelles sont beaucoup moins étendues que celles des mâles, ce qui rend les décompositions modales

.../...

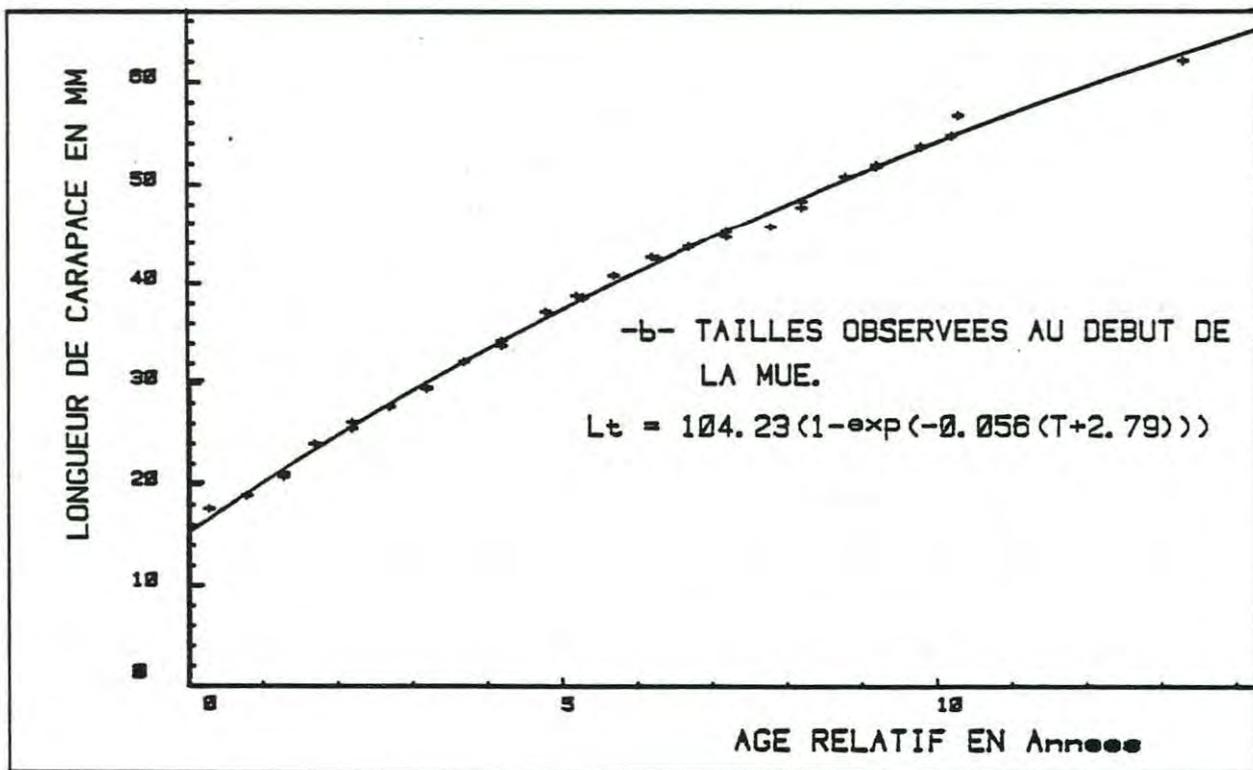
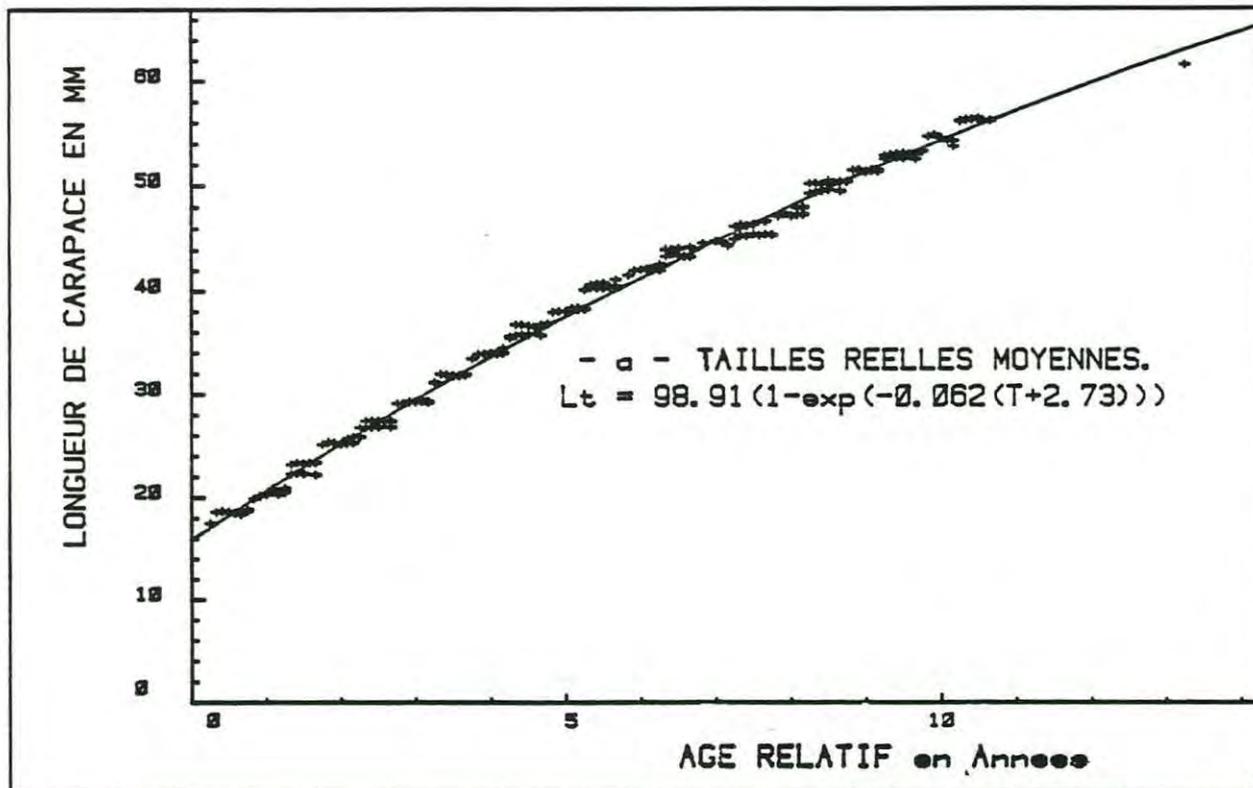


FIGURE 32 : Ajustement selon le modèle de croissance de von BERTALANFFY des tailles en fonction des âges des langoustines mâles de la mer celtique.

En haut : Tailles moyennes observées.

En bas : Tailles au début de la mue.

plus difficiles. Les modes sont peu individualisés. Trois éléments nous ont servi de guide pour séparer les composantes d'une distribution polymodale : la taille d'accroissement à la mue des femelles, CHARUAU et CONAN (1977), la présence d'un fort pourcentage d'individus mous dans un groupe de mue et enfin un fort pourcentage de femelles grainées dans un groupe de mue (ou d'âge).

Regardons le mode situé à 22 mm qui ne change pratiquement pas de place jusqu'à la 8e quinzaine. A la 9e quinzaine, un fort pourcentage d'individus ayant mué apparaît.

Il résulte alors un déplacement de ce mode à partir du mois de mai (9 et 10e quinzaine). Les valeurs exactes des modes sont déterminées par calcul selon la technique de HASSELBLAD (1966). La valeur de ce mode passe donc de 23 à 26 mm à la 9e quinzaine ; il reste relativement stationnaire jusqu'à l'apparition de la nouvelle mue débutant à la 19e quinzaine. Au delà, il passe à 29 mm. En deux mues, il est passé de 23 mm à 29 mm (pour de petites tailles). A la fin de la période de l'étude, c'est-à-dire au mois d'août 1981, il se situe à vers 31 - 32 mm, taille à la maturité sexuelle. Certains des individus sont grainés (voir histogramme de 1981/15e quinzaine). Notons que les femelles grainées disparaissent des captures en automne à la 23e quinzaine (fin novembre). Le recrutement apparaît tous les ans en Janvier à la taille de 23 mm. Aucune estimation de croissance n'a été faite pour les langoustines de la Mer Celtique jusqu'à nos jours. Pour comparer les résultats, nous nous reporterons au chapitre "Marquage".

B - Etablissement des courbes de croissance des langoustines du Golfe de Gascogne.

Pour estimer les paramètres des équations de croissance des langoustines du Golfe de Gascogne, nous avons poursuivi le même schéma de traitement des données que précédemment. Les valeurs des paramètres des courbes de croissance des langoustines mâles et femelles sont reportées dans le tableau 14 . Il existe toutefois, une différence dans les calculs des âges. En effet, pour le Golfe de Gascogne, l'année civile est divisée en 12 au lieu de 24 ; comme c'était le cas pour la Mer Celtique. Les données de taille sont groupées en mois. Ainsi, le premier mode qui apparaîtrait dans la distribution des mâles ou des femelles, aurait un âge de 0.08 an. Les tracés des courbes ajustées selon le modèle de VON BERTALANFFY (fig.34) montrent que la croissance des mâles est supérieure à celle des femelles, constatation signalée déjà par CONAN (1978), CONAN et MORIZUR (1979).

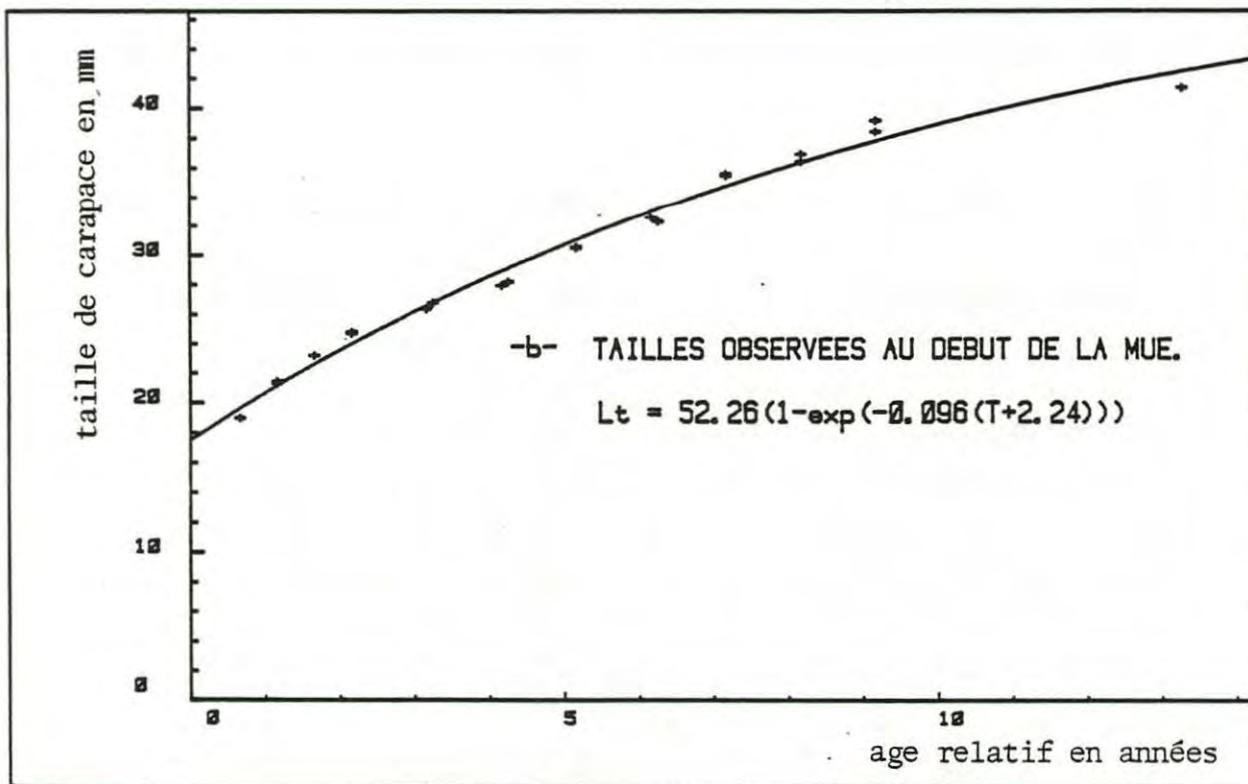
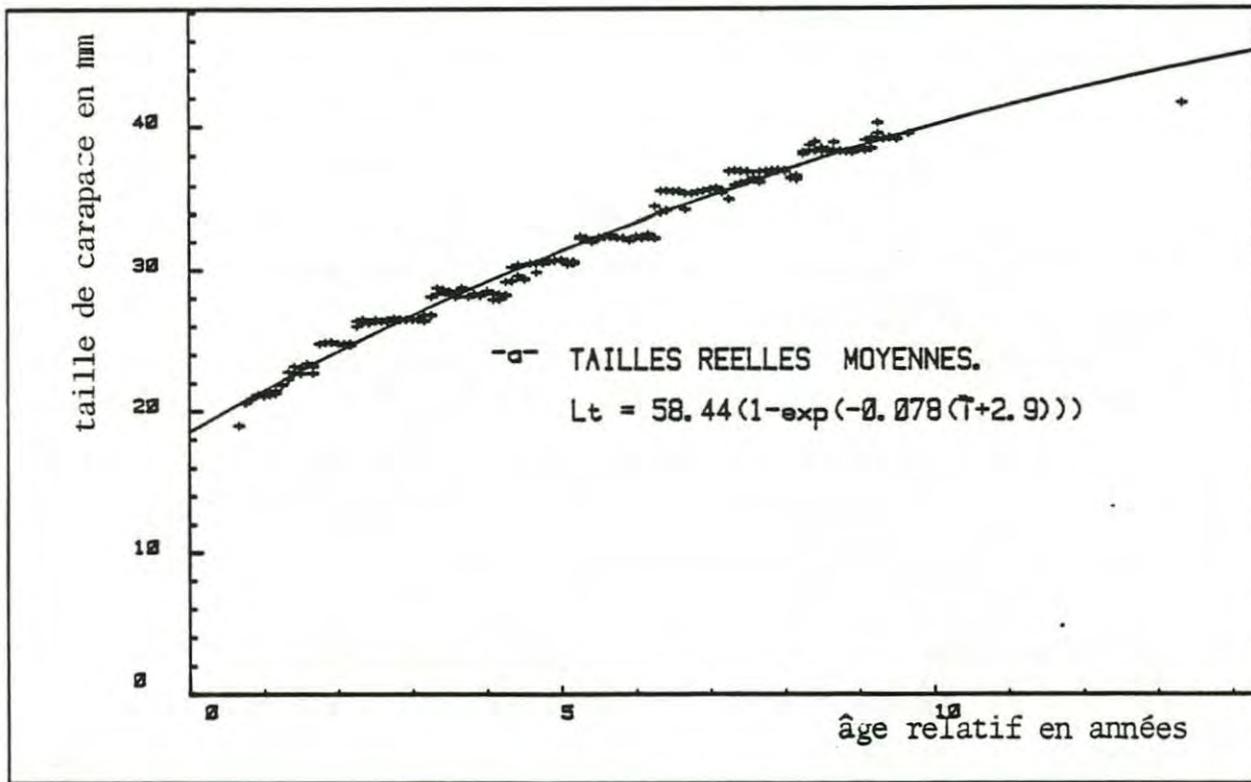


FIGURE 33 : Ajustement selon le modèle de croissance de von BERTALANFFY des tailles en fonction des ages des langoustines femelles de la mer celtique.

En haut : Tailles moyennes observées.

En bas : Tailles au début de la mue.

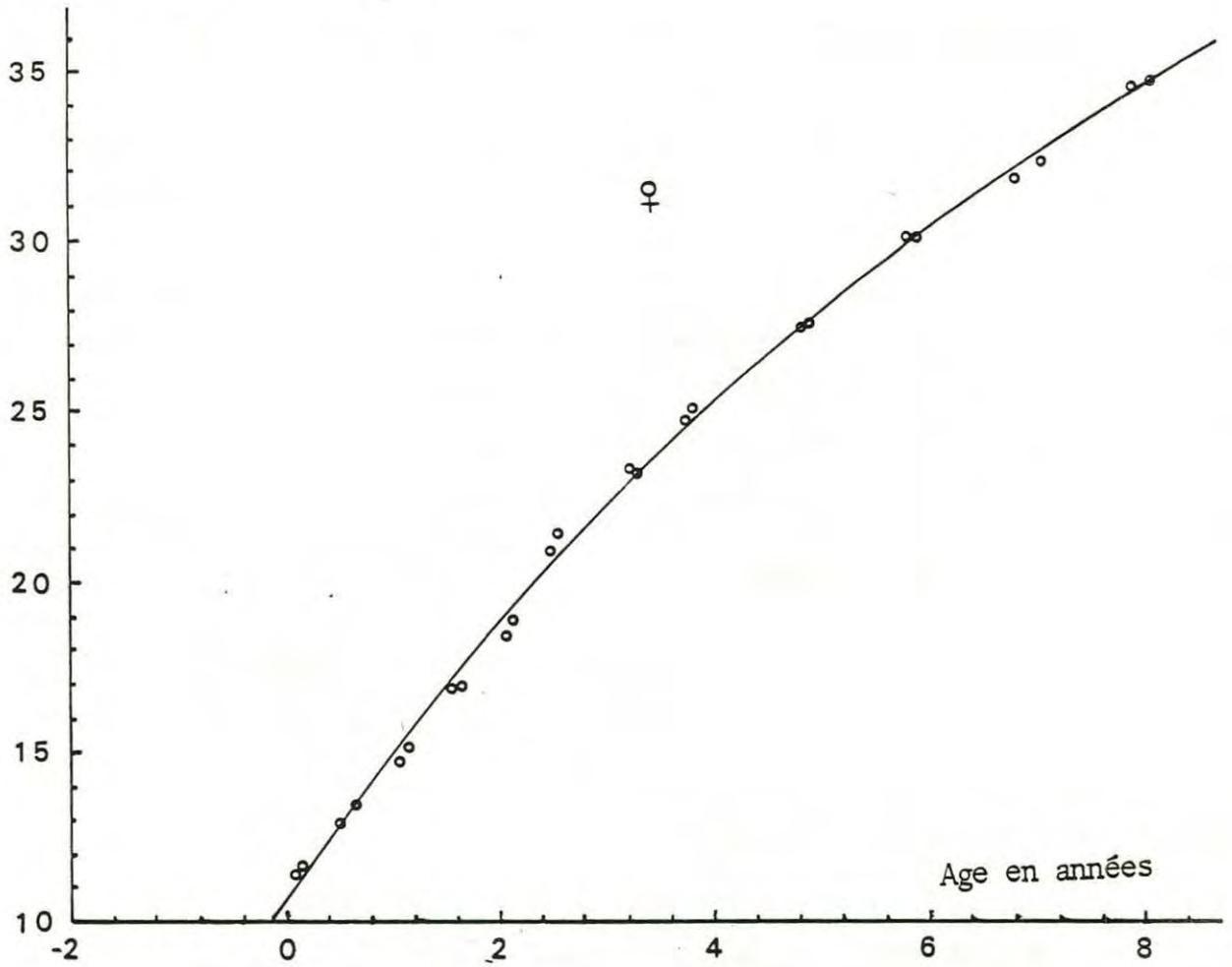
TABLEAU 13 : Paramètres des Courbes de croissance des langoustines de la Mer Celtique

		TYPE D'AJUSTEMENT	
		Taille au début de chaque mue	Tailles moyennes
SEXE	MALES	$L_{\infty} = 104.23$ $K = 0.056$ $t_0 \text{ année} = 2.79$	$L_{\infty} = 98.91$ $K = 0.062$ $t_0 = -2.73$
	FEMELLES	$L_{\infty} = 52.26$ $K = 0.096$ $t_0 = -2.24$	$L_{\infty} = 58.44$ $K = 0.078$ $t_0 = -2.9$

TABLEAU 14 : Paramètres des courbes de croissance des langoustines dans le Golfe de Gascogne.

SEXE		Taille au début de chaque mue
	MALES	$L_{\infty} \text{ (mm)} = 62.92$ $K \text{ (T-1)} = 0.1087$ $t_0 \text{ (année)} = -1.74$
FEMELLES	$L_{\infty} \text{ (mm)} = 50.92$ $K \text{ (T-1)} = 1.12$ $t_0 \text{ (année)} = -2.093$	

Taille de carapace au début de la mue en mm



Taille de carapace au début de la mue en mm

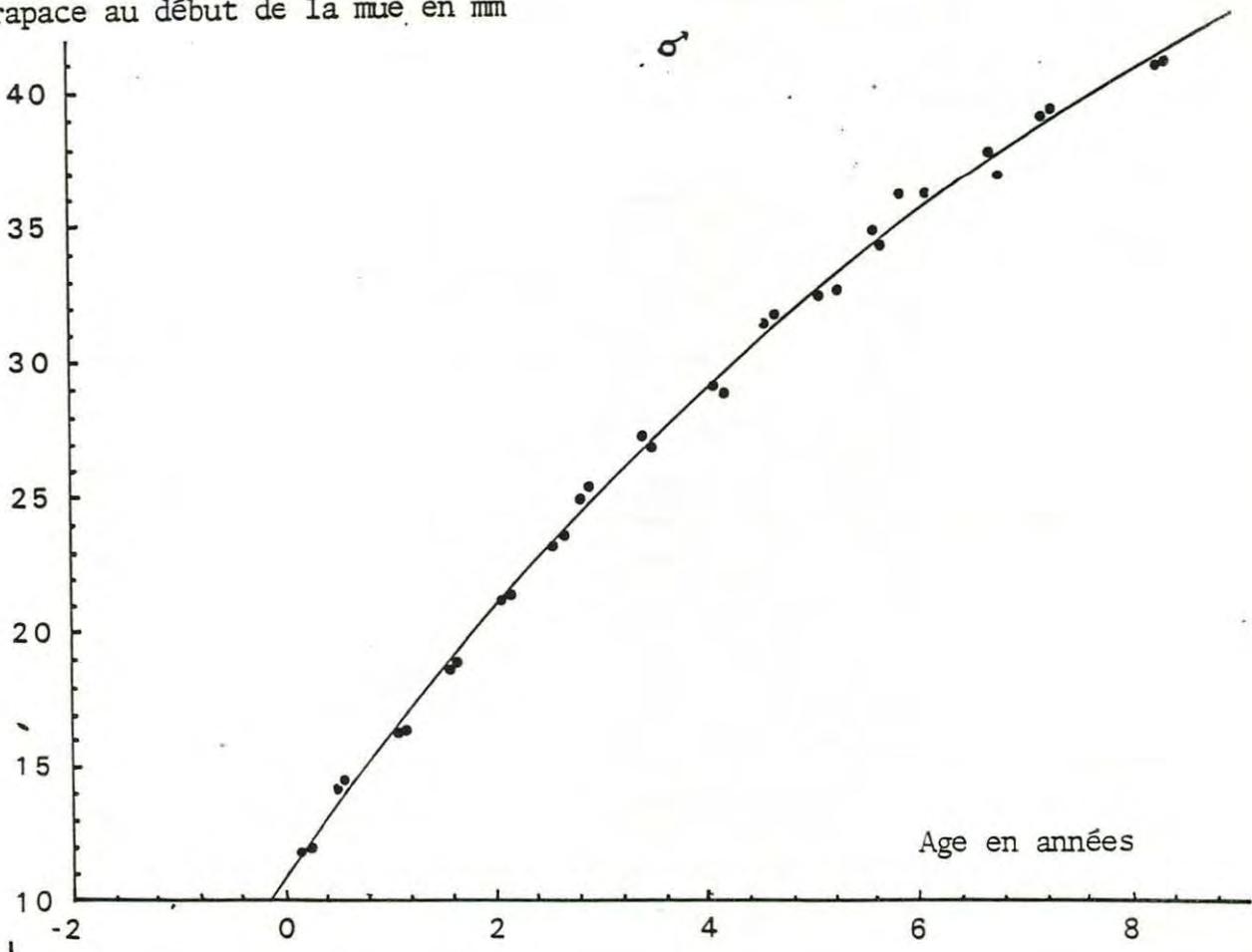


FIGURE 34: Courbes de croissance des langoustines du golfe.

3. 3 - Estimation de la croissance des langoustines par marquage :

3.3.1 - Introduction :

Le marquage est une méthode directe pour estimer les paramètres d'une population aquatique à savoir la taille de la population, ses mouvements, ses migrations, son taux de mortalité, sa croissance, son taux de recrutement...

L'utilisation du marquage reste assujettie à plusieurs hypothèses, dont certaines ne peuvent être vérifiées que difficilement. D'après RICKER (1958), il faut que les individus marqués

- . subissent la même mortalité naturelle que les non marqués,
- . soient aussi vulnérables à la pêche que les non marqués,
- . ne perdent pas leur marque,
- . viennent se mêler au hasard au sujets non marqués.

De plus, il ne doit pas y avoir d'augmentation considérable du recrutement de la population pêchable durant la période où se font les recaptures.

Deux types de marques sont utilisées, les marques externes ou les marques internes, introduites dans la chair de l'animal.

Notons aussi qu'il peut y avoir un double marquage sur le même animal. Pour les crustacés, cette marque supplémentaire (indentation ou brûlage de la carapace) permet de cerner la période de mue (REVECHE 1979) ou permet de déterminer le nombre de marques externes perdues (GARCIA, 1981).

Le but du marquage utilisé dans cette étude, est la détermination de la croissance des langoustines en Mer Celtique.

3.3.2. - Procédure de marquage

Deux campagnes de marquage ont été effectuées dans la Mer Celtique à bord de la "Pélagia", la première en Avril 1982 et la deuxième en Mai 1983. Au total, 6.000 langoustines ont été marquées.

La marque externe est du type "ruban" en plastique habituellement utilisée pour les crevettes. Elle est introduite à l'aide d'une aiguille au travers du corps de la langoustine à la jonction cephalothorax-abdomen dans une zone ne gênant pas la mue (fig. 35). Les deux portions du ruban apparaissent de chaque côté de l'animal et portent des indications pour la recapture. Les langoustines ont été mesurées au 1/10 ème de mm et immergées dans une solutions de vert Malachite pour aseptiser la plaie.

.../...

SEXE	DATE MARQUAGE	NUMERO MARQUE	DATE RECAPTURE	Lc (1)	L c (2)	
M	4 / 1982	1 449	5 / 1984	34	40	.
M	4 / 1983	3 179	4 / 1984	50,6	50,5	.
M	5 / 1983	3 148	5 / 1984	46,8	51,4	.
M	5 / 1983	3 283	3 / 1984	51,8	52	.
M	5 / 1983	3 346	3 / 1984	48,8	53	.
M	4 / 1982	1 095	12 / 1982	50	54,4	.
M	4 / 1982	483	4 / 1983	42	45	.
M	4 / 1982	743	4 / 1983	44	47,5	.
F	4 / 1982	446	5 / 1982	39	42	.
M	4 / 1982	1 909	5 / 1982	45,6	45,6	.
M	4 / 1982	234	5 / 1982	39,0	42,5	.
M	4 / 1982	221	5 / 1982	40,0	43	.
M	4 / 1982	1 967	5 / 1982	45,9	45,9	.
M	4 / 1982	346	5 / 1982		59	.
M	4 / 1982	568	5 / 1982	46	48	.
M	4 / 1982	1 945	7 / 1982	41,1	41,1	.
M	4 / 1982	2 163	4 / 1983	36,7	40,2	.
M	4 / 1982	1 024	5 / 1983	41	49,5	.
M	4 / 1982	188	5 / 1982	42		.
M	4 / 1982	1 832	5 / 1982	43,3		.
M	4 / 1982	296	5 / 1982	43		.
M	4 / 1982	2 371	3 / 1983	35,1		.
M	4 / 1982	997	3 / 1984	54	55	.
M	4 / 1982	242	3 / 1984	41	42	.
M	5 / 1983	3 325	3 / 1984	52,3	55	.
M	4 / 1982	878	2 / 1984	43	46,8	.
M	5 / 1983	3 267	4 / 1984	41,1	48	.
M	5 / 1983	3 112	2 / 1984	54,6	54,6	.
M	4 / 1982	1 632		52	52	.
M	4 / 1983	2 949		40,5	40,5	.
M	4 / 1983	2 013		53,3	53,5	.
F	4 / 1983	964		33,5	33,5	.
M	5 / 1983	5 272	4 / 1984	59,7	60,2	.
M	4 / 1982	1 096	3 / 1983	60	61	.
M	4 / 1982	1 304	3 / 1983	61	61,9	.
M	5 / 1983	4 083		34,6	34,6	.
M	4 / 1982	927		45	45	.
M	4 / 1982	948		41	41	.
M	4 / 1982	1 085		44	44	.
M	4 / 1982	1 824		55	55	.
M	4 / 1982	1 729		47	47	.
M	4 / 1982	739		42	43	.
M	4 / 1982	889		42	42	.
M	4 / 1982	1 736		46,8	46,8	.
M	4 / 1982	966		49	49	.
M	4 / 1982	1 235		53,0	53,5	.
M	4 / 1982	2 196		42,3	42,3	.
M	4 / 1982	1 145		36	36	.
M	4 / 1982	930		41	41	.
M	4 / 1982	1 508		43	43	.
M	4 / 1982	2 314		35	35	.
M	4 / 1982	1 523		33	33	.

TABLEAU 15a: Données brutes concernant les marquages et les recaptures des langoustines de la mer celtique. Les points indiquent les données exploitables.

Ainsi, pour chaque individu, ont été notés : le numéro de la marque, le sexe, la taille de carapace, le nombre de pince, la date de marquage et la zone de pêche.

Selon les rendements des captures lors d'un trait de 2 h 30, le nombre de langoustines marquées, varie entre 150 et 300 langoustines par jour. Soit en moyenne, 60 par trait ont été marquées.

Seules les langoustines les plus vigoureuses ont été marquées et les plus vives d'entre elles, retournées en mer.

3.3.3. Recaptures des langoustines marquées.

Sur les 6.000 langoustines marquées (4.000 mâles et 2.000 femelles), seulement 53 ont été recapturées. (tab.15 a). Notons que toutes les recaptures ont été réalisées par les professionnels. 21 recaptures seulement sont exploitables dont deux sont des femelles. Nous allons donc établir un ajustement pour les mâles sur 19 individus. Le taux de recapture est de $20/6\ 000 = 0.3\ \%$. Ce taux extrêmement faible est dû à :

- une mortalité des individus marqués (prédation, fatigue,...)
- une faible capturabilité des langoustines (séjour dans le terrier)

↓ l'extension de la zone de pêche au moment du marquage.

Il est à noter que CONAN (com. pers.) a trouvé un taux de retour égal à 2 % dans une zone de pêche des langoustines du Golfe de Gascogne. Mais, le nombre des langoustines marquées était trop faible pour pouvoir mener à bien une analyse détaillée de la croissance par marquage.

En Ecosse, CHAPMAN (1982) a trouvé un taux proche du nôtre, égal à 0.8 %, donc très faible.

3.3.4. Ajustement des données de marquage en vue de l'étude de la croissance des langoustines mâles de la Mer Celtique.

Les valeurs retenues pour l'étude de la croissance concernent les individus dont la taille a augmenté pendant la période de liberté. Le nombre de mues annuelles est de 1 ou 2 suivant la taille.

Pour l'étude de la croissance, ces données ont été traitées par deux méthodes :

- Ajustement linéaire : GULLAND
- "BGC4" : ABRAMSON et TOMLINSON.

MARQUAGE LANGOUSTINES MER CELTIQUE

INDICE	TAILLE INITIALE en mm	TAILLE CARAPACE FINALE en mm	PERIODE ECOULEE (unité de temps : 0,5)		ACCROISSEMENT INSTANTANÉ	$\frac{Lt + (Lt + \Delta t)}{2}$
			Année	$\frac{\Delta L}{\Delta t}$		
1	34	40	3	1.5	2	37
2	46.8	51.4	3	1.5	1.533	49.1
3	51.1	52	1	.5	0.9	51.55
4	48.8	53	3	1.5	1.4	50.9
5	50	54.4	3	1.5	1.467	52.2
6	42	44	1	.5	2	43
7	41	49	4	2	2.0	45
8	40	43	2	1	1.5	41.5
9	39	42.5	2	1	1.75	40.75
10	36.7	40.2	2	1	1.75	38.45
11	41	49.5	4	2	2.13	45.25
12	44	47.5	2	1	1.75	45.75
13	54	55	1	.5	1.5	54.5
14	52.3	55	2	1	1.35	53.65
15	43	46.8	2	1	1.9	44.9
16	61	61.9	1	.5	0.9	61.45
17	59.7	60.2	1	.5	0.5	59.95
18	41.1	48	3	1.5	2.3	44.55
19	60	61	2	1	0.5	60.5

Tableau 15b: Renseignements relatifs à l'opération de marquage des langoustines de la mer celtique effectuée durant la période de notre étude.

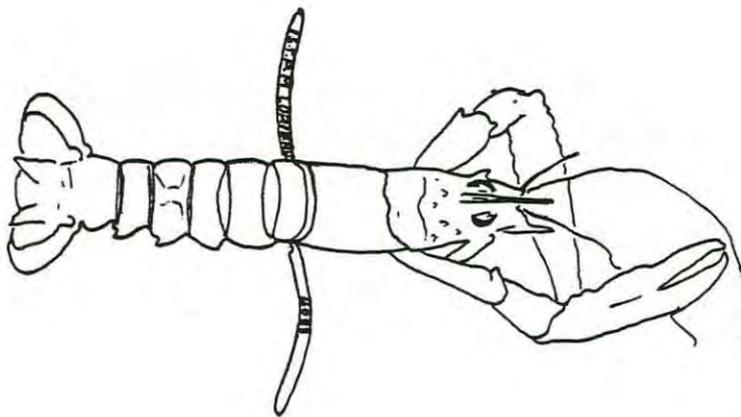


FIGURE 35: Marquage des langoustines. noter la position de la marque par rapport au corps de l'animal.

Pour ajuster les données, nous avons déterminé la durée de la période de liberté (tab. 17). L'unité de temps est le semestre (0.5 an).

a) Méthode de GULLAND :

L'ajustement des données de tailles pour déterminer les paramètres de l'équation de VON BERTALANFFY (L_{∞} et K) sera établi à l'aide de la méthode de GULLAND (1969). Cette méthode, décrite en 1961 par CHAPMAN et attribuée en (1969) à GULLAND, est aussi la méthode des accroissements instantanés. Le principe est de transformer l'équation de VON BERTALANFFY

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

qui peut s'écrire également : $\text{Log}(L_{\infty} - L_t) = -K(t - t_0)$ en dérivant les deux membres par rapport à t :

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = k(L_{\infty} - L_t)$$

ou aussi en remplaçant l'accroissement instantané dL/dt par l'accroissement L durant l'intervalle de temps t , on a la relation :

$$\frac{dL}{dt} = k(L_{\infty} - L_t)$$

si l'on porte en abscisse la longueur moyenne durant un intervalle de temps (t_2, t_1) c'est-à-dire : $\bar{L} = (L_1 + L_2)/2$ et en ordonnée, l'accroissement correspondant

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{L_2 - L_1}{t_2 - t_1},$$

les points sont situés sur une droite de pente $-K$ et coupant T

l'axe des abscisses au point $L = L_{\infty}$. RICKER (1973) recommande d'utiliser la droite fonctionnelle (ou droite de TESSIER) pour établir la régression entre L et l'accroissement correspondant. Cette méthode des accroissements instantanés permet de déterminer conjointement les deux paramètres L_{∞} et K , lorsque les intervalles de temps séparant les mesures de tailles, ne sont pas tous égaux et par conséquent, lorsque la méthode de FORD-WALFORD est en défaut (DAGET et LE GUEN, 1975) (tab. 15 b ; fig. 36).

b) "BGC4"

Les mêmes données relatives au marquage, ont été traitées à l'aide de la technique d'ABRAMSON-TOMLINSON (1969), citée par DAGET et LE GUEN (1975) et programmée par ses auteurs (1971) sous le nom de "BGC4".

ACCROISSEMENT INSTANTANE EN MM

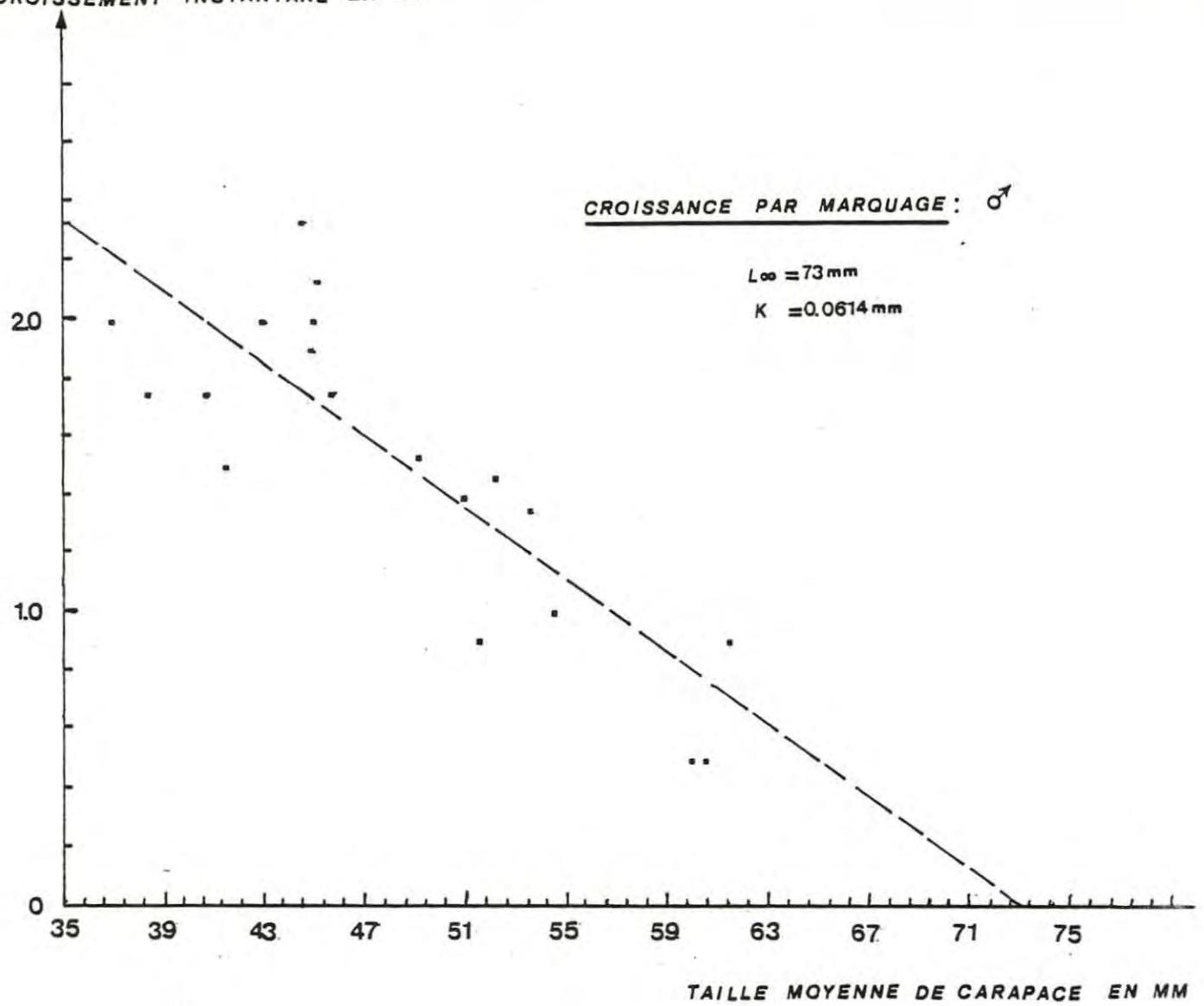


FIGURE 36 : Estimation des valeurs des paramètres de l'équation de von BERTALANFFY par la technique de marquage des langoustines en mer celtique.

ZONE GEOGRAPHIQUE		GOLFE		MER CELTIQUE			
SEXE		MALES	FEMELLES	MALES		FEMELLES	
TECHNIQUE D'AJUSTEMENT DES DONNEES		HASSEBLAD + TOMLINSON (NORMSEP) (BGC 3)		NORM SEP + BGC3	MARQUAGE BGC4 G.lland (1961)		NORMSEP + BGC3
VALEURS DES PARAMETRES	Loo en mm	62,92	50,92	98,9	72,1	73,0	58,44
	K Année -1	0,109	0,112	0,062	0,069	0,061	0,078
	to en Année	- 1,74	- 2,09	- 2,73			

Tableau 16 : Tableau récapitulatif des valeurs des paramètres de l'équation de croissance ajustée par le modèle de VON BERTALANFFY

- Selon le sexe.
- Selon les zones géographiques.
- Selon les techniques d'ajustements des données.

Cette technique est basée sur la méthode d'ajustement par les moindres carrés qui, selon DAGET et LE GUEN (1975) sous réserve que certaines conditions de normalité soient satisfaites, est équivalente à la méthode du maximum de vraisemblance.

Le programme de calcul de Loo et de K. de TOMLINSON ajuste l'équation de VON BERTALANFFY: $L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$ en utilisant des données relatives au marquage. Ceci suppose donc que les données seront présentées sous forme de triplets, à savoir taille initiale (L_t , taille au moment du marquage) taille finale ($L_{t_0 + \Delta t}$: à la capture) et temps écoulé entre les deux opérations (Δt).

en introduisant l'ensemble des triplets ($L_t, L_{t+\Delta t}, \Delta t$) et en utilisant l'équation précédente, le programme minimise la fonction :

$$Q = \sum^n [L_{t+\Delta t} - L_t R^{\Delta t} - A(1 - R^{\Delta t})]^2$$

L'utilisateur du programme introduit la longueur initiale et le temps écoulé (temps de liberté) t . Le programme calcule les longueurs finales : ($L_{t+\Delta t}$), ($L_{t+2\Delta t}$), ($L_{t+3\Delta t}$), ..., ($L_{t+m\Delta t}$).

m est choisi par l'utilisateur. Les résultats sont dressés dans le tableau . La courbe de croissance établie à partir de ces paramètres est tracée à la figure 36 .

3.4. Critiques et discussions des résultats obtenus pour la croissance

Le tableau 16 récapitule les valeurs des paramètres des équations des courbes de croissance établies dans les deux pêcheries, selon les différentes techniques d'ajustement et selon le sexe. Les tracés des courbes correspondant aux diverses équations sont montrés à la figure 37. Il est très important de préciser les gammes des tailles étudiées pour les diverses zones et par les deux méthodes d'analyse avec la décomposition modale et le marquage. Les valeurs des paramètres de l'équation de croissance de VON BERTALANFFY dépendent beaucoup des intervalles d'observation. C'est la raison pour laquelle nous définirons à chaque paragraphe qui va suivre les limites supérieures et inférieures des tailles entre lesquelles seront interprétés les résultats.

A - Les estimations des paramètres :

Extrêmement sensibles aux variations des observations (lecture de l'âge, détermination des tailles, ...) les valeurs des paramètres des équations de VON BERTALANFFY correspondant aux différentes zones de pêche et aux diverses techniques d'ajustement, ne peuvent que fournir des renseignements généraux sur l'allure générale des courbes de croissance. L'interprétation des valeurs doit être faite avec une extrême prudence et la signification biologique des paramètres est discutable. En effet, les artefacts des calculs, les variations des intervalles d'observation dans les échantillons, les variabilités biologiques des individus d'une microzone à l'autre, l'influence des moyens de capture (sélectivité, puissance des bateaux, intensité de pêche...), les variations de capturabilité peuvent faire varier les estimations de ces paramètres. Par ailleurs, KNIGHT (1968), LE GUEN (1970), RICKER (1969) indiquent que la longueur asymptotique n'a pas de sens en biologie. La longueur asymptotique L_{∞} trouvée pour les langoustines mâles du Golfe est de 62.92 mm pour une gamme de taille comprise principalement entre 10 et 40 mm avec une "queue" de distribution allant jusqu'à 55 mm. CONAN et MORIZUR (1979) ont trouvé 76 mm comme taille asymptotique atteinte par les langoustines échantillonnées lors de pêches expérimentales dans le Golfe de Gascogne.

Les deux distributions n'étant pas les mêmes, les deux valeurs de L_{∞} diffèrent. D'ailleurs, ni l'une, ni l'autre n'a atteint la valeur maximale de longueur céphalothoracique observée dans les captures des chalutiers du Golfe. En effet, les pêcheurs ont ramené une langoustine mâle de 85 mm. Ainsi, L_{∞} et L_{\max} (L max) prêtent parfois à confusion. La longueur maximale est dans sa définition selon LE GUEN (1970) la moyenne des tailles des individus ayant terminé leur croissance. La confusion est explicable selon cet auteur d'une part en raison du fait que dans certaines études de croissance L_{∞} et L_{\max} ont des valeurs pratiquement égales mais ce cas n'est pas celui de la langoustine. D'autre part parce que souvent les individus échantillonnés ne comprennent pas d'individus âgés en fin de croissance et dont il est impossible de connaître L_{\max} . Ce dernier cas se produit surtout quand il y a surpêche. Les valeurs de L_{∞} obtenues en Mer Celtique par la méthode utilisée pour les données du Golfe sont de 98.9 mm pour les mâles et 58.44 pour les femelles en Mer Celtique. Ces valeurs absolues élevées résultent du fait que la distribution des tailles dans cette zone est beaucoup plus étalée. Les grandes tailles sont bien représentées jusqu'à 66 mm et dans certains cas un mode

.../...

isolé (fig.33) a été identifié à un groupe d'âge de 13 ans. Ce mode influencera la valeur de Loo. On obtiendra une Loo différente selon que ce mode est placé plus en arrière où plus en avant de 13 ans. De plus, les langoustines continuent à muer même pour les âges les plus élevés (comme pour tous les crustacés, exception faite pour les Majidae) ce qui laisse penser qu'il n'existe pas de croissance asymptotique chez les crustacés et que la valeur de Loo est théorique rendant ainsi le modèle de BERTALANFFY qui à l'origine était théorique, purement empirique.

Ce qui a été dit pour Loo s'applique aussi à K puisque ces deux paramètres sont inversement corrélés. Un problème apparaît si l'on veut utiliser un des deux paramètres seul dans les modèles d'évaluation par exemple (c'est le cas du rapport M/K). Par ailleurs, l'extrapolation des valeurs en dehors de l'intervalle d'observation a déjà soulevé des critiques sévères. Dans de telles conditions les estimations seront biaisées positivement ou négativement.

Pour ce qui est du 3e paramètre t, son effet est d'effectuer une translation la courbe de croissance selon l'axe des abscisses dans les différents graphiques. Notre échantillonnage n'a touché qu'une fraction de temps de la vie d'une cohorte de langoustines. C'est ce qui a amené à trouver une petite valeur de t. (voisine de - 2.5 dans la majorité des cas). L'origine de temps dans les courbes de croissance, (fig.37) est approximativement égale à l'âge de première capture, c'est-à-dire environ 2 ans en âge relatif. De toutes les manières, t ne joue pas toujours un grand rôle dans les calculs de production. Certains modèles de rendement peuvent s'en passer. C'est le cas de modèle de JONES applicable à la langoustine.

Pour conclure, il n'est pas possible à travers les valeurs des seuls paramètres de croissance de juger quelle population des 2 pêcheries grandit le plus vite.

B - L'allure globale des courbes de croissance

Si l'on se réfère aux courbes (fig.37), nous pouvons faire un certain nombre de remarques. Signalons que l'origine de temps pour les différentes courbes a été fixé à - 2 ans. Les âges lus sur les courbes sont donc des âges relatifs :

.../...

a) Les différentes courbes n'ont pas d'asymptotes nettes dans l'intervalle d'observation. En raison de la continuité de la croissance, les courbes du Golfe marquent un palier toujours avant celles de la Mer Celtique.

b) Excepté la courbe de croissance des langoustines mâles échantillonnées dans la Mer Celtique, qui est obtenue à partir des échantillons de petites et de grandes tailles, toutes les autres courbes ont presque une allure semblable. Elles sont décalées l'une par rapport à l'autre sur l'axe des ordonnées. La courbe (fig 37) provient d'une zone relativement exploitée (7G1 et 7G2 surtout) où 84 % de l'effort est échantillonné, ce qui augmente L_∞.

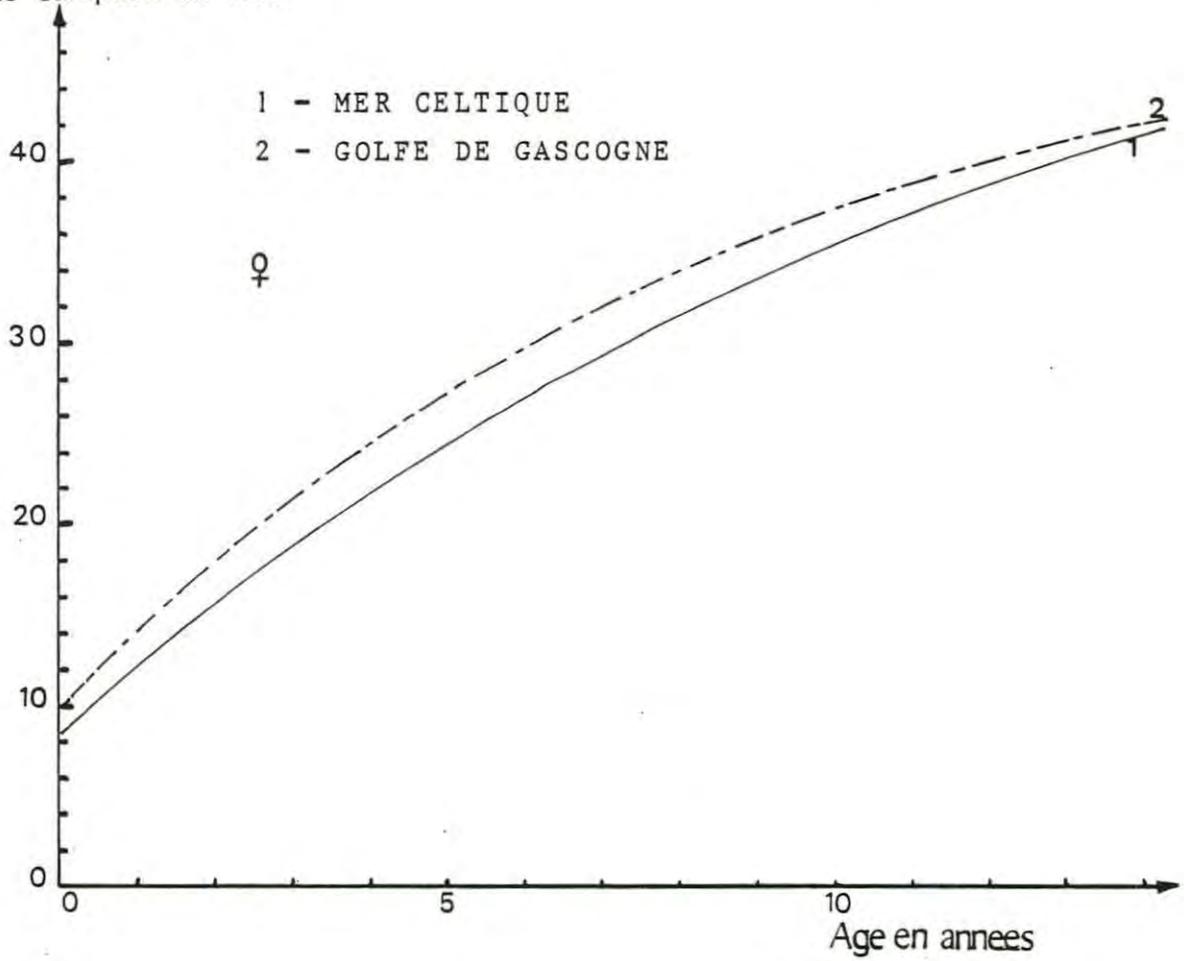
c) Les différentes courbes tendent à se rapprocher vers les âges les plus élevés. La diminution de l'écart entre ces courbes (très visible chez les femelles) est explicable d'une part, par le fait que le rythme de mue diminue (CONAN 1975) au-delà des tailles de maturité et d'autre part, il est possible que l'accroissement à la mue après la maturité soit différent d'une population à l'autre.

d) Les différents tracés sont sous forme d'escalier quand on porte les différents points marquant les observations, cf. figure 33. En effet, le nombre de marches indique le nombre de mues. La combinaison de ces remarques aboutit à un certain nombre de conclusions qui se rapportent à la variabilité de la croissance des langoustines :

- Selon les localités géographiques

Un décalage de temps est toujours noté entre les courbes, celles du Golfe et celles de la Mer Celtique. Les courbes de croissance des langoustines de la Mer Celtique sont dans la majorité des cas plus basses que leurs homologues (pour le même sexe et pour la même technique d'ajustement). Cette différence de croissance peut avoir comme origine une différence dans les fréquences annuelles de mue puisqu'il est largement accepté que la croissance est la résultante entre l'accroissement à la mue et le rythme de mue. Le taux de croissance étant supposé identique et du fait qu'on avait injecté dès le départ la même relation d'accroissement à la mue pour guider l'analyse modale par la technique d'HASSELBLAD, la différence pourrait provenir d'un rythme de mue plus élevé dans le Golfe qu'en Mer Celtique, en raison de la différence de température. En effet, AIKEN (1969) a montré que son augmentation accélère la mue chez le homard et KURATA (1962) qu'elle raccourcit le cycle d'intermue des crustacés en général.

Taille de carapace en mm



Taille de carapace en mm

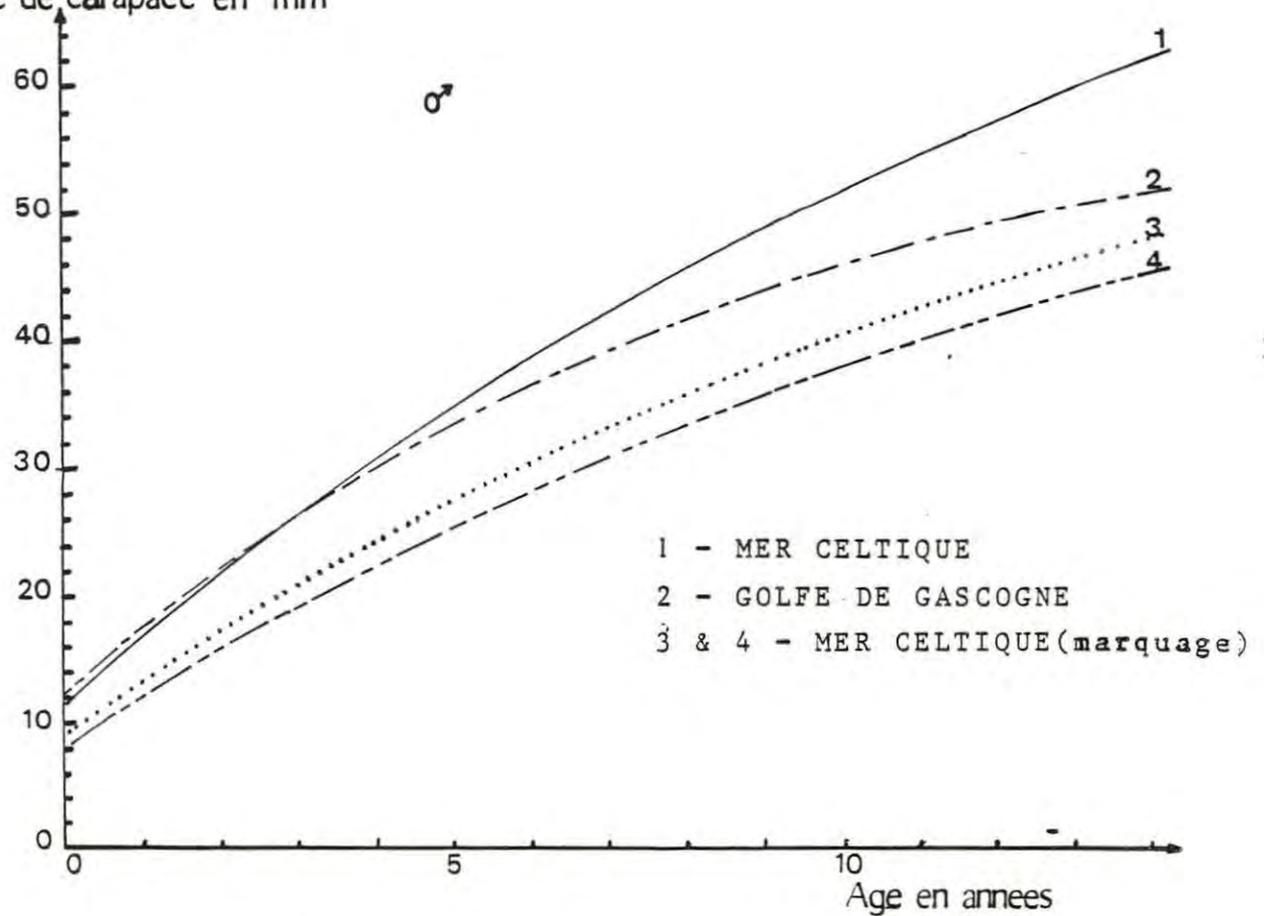


FIGURE 37 : Comparaison des courbes de croissance établies dans cette étude.

Par ailleurs, l'écart enregistré entre les courbes de croissance d'un même sexe se rétrécit vers les âges supérieurs ; ceci donne l'impression que les courbes du Golfe et de la Mer Celtique se rejoignent vers l'âge de 10 ans. En effet, le taux d'accroissement de taille à la mue diminue quand la taille augmente chez les crustacés HEPPEL (1977), MAUCHLINE (1977). Dans les deux cas, nous assistons à une telle diminution, c'est pour cette raison que les courbes de croissance n'atteignent jamais une taille asymptotique nette. En effet, selon RICKER (1969), la variabilité des tailles des individus d'une classe d'âge diminue avec la taille, il en résulte que les individus de petite taille tendent à rattraper les individus de grande taille, ce qui se traduit par une corrélation négative entre les accroissements de taille et d'âge. Le palier ne peut jamais être atteint mais si l'on observe des individus de très grande taille, il est possible que les deux courbes de croissance correspondant au Golfe et à la Mer Celtique, se recoupent. C'est un indice de plus, marquant un rythme de mue différent chez ces deux populations.

Par ailleurs, un retard apparaît dans la taille de maturité sexuelle des femelles langoustines de la Mer Celtique . Il est possible que la maturité sexuelle ne peut se produire qu'après un certain nombre de mues qui se réalisent plus rapidement dans le Golfe que dans la Mer Celtique.

- selon le sexe

Pour un même âge, les mâles (fig.37 ♂) auront toujours des tailles plus grandes que les femelles (fig.37 ♀) pour une méthode d'ajustement identique. La même observation a été faite par CONAN (1975, 1978) et CONAN et MORIZUR (1979). La femelle dépense en général, plus d'énergie que les mâles pour la production des produits génitaux. Par ailleurs, lorsqu'elles sont grainées les femelles sont moins capturables et se nourrissent, vraisemblablement, moins que les mâles. En outre, après la maturité, le rythme de mue selon CONAN (1975) est plus élevé chez les mâles que chez les femelles. Au delà de cet âge, à taille égale les femelles sont toujours plus âgées que les mâles.

Ces différences de croissance entre mâles et femelles ont pour conséquence le resserrement des modes dans la distribution des fréquences de taille des femelles. Par ailleurs, à cela le fait que les femelles de grande taille sont très peu représentées dans la distribution car non vulnérables. Il résulte que les distributions des femelles ont une étendue plus faible et qu'elles sont difficiles à analyser.

- selon les techniques d'ajustement

Les techniques étaient différentes selon le type de données. Pour les tailles modales calculées par la technique d'HASSELBLAD, nous avons utilisé le Programme BGC3 basé sur les moindres carrés pour des intervalles de temps inégaux. Pour les données de marquage, deux ajustements ont été utilisés : par les moindres carrés - programme BGC4 - et par une régression des accroissements instantanés en fonction des tailles moyennes. Cette dernière dite méthode des accroissements instantanés (CHAPMAN, 1961) in RICKER (1979) utilise des intervalles de temps non réguliers. La technique de FORD-WALFORD utilisant des intervalles de temps égaux n'a pas été utilisée. Selon CONAN (com. pers.) elle est à l'origine de biais mathématiques.

Signalons aussi que les données de marquage ne concernent que la Mer Celtique. Les différentes courbes (fig. 37), montrent que les résultats obtenus par les deux méthodes ne sont pas identiques. Seule l'allure des courbes présente un intérêt pour la comparaison, les valeurs des paramètres de l'équation de VON BERTALANFFY ont peu de signification biologique. En effet, les courbes de croissance obtenues par la technique de TOMLINSON montrent une croissance plus rapide que celle obtenue par marquage. En effet, les langoustines marquées sont au début formées d'un mélange de petite et de grande taille. Mais, nous n'avons recapturé que des langoustines de grande taille (entre 34 et 61 mm) qui ont toutes atteint la taille de maturité. Il est probable que les petites langoustines marquées sont mortes. Or, il est admis, MAUCLINE (1977) que l'accroissement en longueur diminue avec la taille chez les crustacés et que cette diminution a une allure hyperbolique. Ceci a pour conséquence que les vieux individus présentent des accroissements faibles et une croissance globale moins importante si l'on veut comparer les résultats de cette méthode avec ceux d'autres méthodes qui utilisent une gamme de taille plus large et où les petits individus sont plus représentés. KURATA (1962) qui a travaillé sur le homard, a montré que la croissance chez les crustacés était progressive au début, arithmétique après et régressive pour les vieux individus. Ces propos nous conduisent à conclure que la croissance calculée par marquage peut être sous estimée.

- 3.5. - Conclusion

En tenant compte des différentes hypothèses et des résultats obtenus nous pouvons conclure que :

- . La croissance par marquage semble être sous-estimée par rapport à celle obtenue par l'analyse modale.

- . Les paramètres des courbes de croissance ne reproduisent pas forcément exactement la réalité de l'espèce. Pour le biologiste, l'allure des courbes est plus intéressante.

- Les courbes de croissance ne sont pas asymptotiques à l'intérieur de l'intervalle des observations.

- La croissance des langoustines dans le Golfe serait plus rapide que celle de la Mer Celtique. Ceci peut être dû aux conditions hydrologiques dans le Golfe favorisant un rythme de mue probablement plus élevé que celui de la Mer Celtique.

- Les mâles grandissent plus vite que les femelles dans les deux secteurs étudiés.

- Le modèle de VON BERTALANFFY utilisé jusqu'ici comme modèle de la croissance ajuste les données de façon globale sans tenir compte de la différence du rythme des mues entre les jeunes, les adultes et les individus âgés.

- Le marquage est essentiel pour l'étude de la croissance mais la recapture malheureusement ne concerne que les gros individus, ce qui a permis de donner des résultats sous-estimés.

4 - ETUDE DE LA MORTALITE TOTALE

4. 1. - Introduction :

La contribution relative de la mortalité naturelle et de la mortalité par pêche à la mortalité totale est un facteur d'importance considérable, dans les techniques d'évaluation des stocks.

En utilisant deux équations différentes pour l'estimation de la mortalité totale, MORIZUR (1982) a résumé les résultats de la mortalité pour quelques stocks de langoustines. Les valeurs trouvées fluctuent selon les différences d'exploitation des stocks.

Pour les stocks inexploités, le coefficient de mortalité totale apparente (Z) varie de 0,12 à 0,46 : Ecosse, Danemark, Islande... Pour les stocks exploités (Golfe de Gascogne, stocks d'Ecosse et d'Islande), le coefficient apparent de mortalité totale varie entre 0,37 en Mer d'Ecosse et 1,13 dans le Golfe de Gascogne.

Par ailleurs, le coefficient apparent de mortalité totale est théoriquement la résultante de l'action simultanée de la mortalité par pêche (F) et de la mortalité naturelle apparente (M). L'évaluation de M

indépendamment de F ou de Z est difficile dans le cas de la langoustine. Dans tous les cas, notre étude porte sur l'estimation de Z dans les différentes zones de la Mer Celtique et dans la pêcherie des Glénans du Golfe de Gascogne.

Il existe plusieurs façons d'estimer les coefficients instantanés de mortalité totale Z pour la dynamique des populations exploitées. Les différentes approches possibles pour l'estimation des mortalités ont été énumérées par RICKER (1975) :

- L'analyse des structures démographiques,
- les marquages
- l'analyse des C. P. U. E./Effort,
- l'analyse des vecteurs de capture, population virtuelle, analyse des cohortes,
- les méthodes approchées dérivant de l'ensemble de ces dernières méthodes.

4. 2. - Méthodes utilisées pour l'estimation de Z :

La mortalité totale Z a été estimée pour l'ensemble de la Mer Celtique et du Golfe de Gascogne et pour des zones plus particulières de Mer Celtique : VIIG1, G2, G3, H3, F1 suivant quatre méthodes décrites ci-dessous. Par convention, les valeurs de Z seront numérotées (tab.17) :

Z1, Méthode de BEVERTON et HOLT.

Z2, Méthode de SSENTONGO et LARKIN.

Z3, Méthode de diminution des effectifs des classes d'âges.

Z4, Méthode de JACKSON.

A) Méthode des longueurs moyennes.

L'estimation des paramètres permettant d'estimer la valeur de la mortalité par la méthode des longueurs moyennes est complexe. Pour trouver la valeur de la longueur de première capture L50 par exemple, il faut avoir recours au tracé de la courbe de sélectivité des langoustines dans la pêcherie. La sélectivité obtenue est très différente de la sélectivité idéale (dite en Tranchet). En effet, généralement pour les poissons la longueur de première capture est choisie comme étant la longueur où le taux de rétention est égal à 50 %. Sur l'histogramme de fréquences de tailles, elle correspond souvent approximativement au premier mode dans les captures. Mais ceci est

..../....

différent pour la langoustine où on a fixé L_s à la longueur correspondant aux taux de retenue égal à 100 %. Ceci est dû au fait que dans la courbe de sélectivité (fig. 7), le taux de rétention du chalut à langoustines croît très lentement en fonction de la longueur céphalothoracique.

Deux formules utilisant les longueurs moyennes seront employées pour estimer Z :

- celle de BEVERTON et HOLT (1956)

$$Z = \frac{K(L_{\infty} - L_m)}{L_m - \bar{L}_c}$$

- et celle de SSENTONGO et LARKIN (1973)

$$Z = \frac{N}{N+1} \cdot \frac{K}{\text{Log} \frac{L_{\infty} - L_c}{L_{\infty} - L_m}}$$

où k et L_{∞} sont les paramètres de croissance, L_m la longueur moyenne dans les captures et L_c la longueur de première capture. Le terme $N / (N + 1)$ est voisin de 1.

B) Diminution des effectifs des classes d'âge (fig.38)

Deux méthodes ont également été utilisées :

- la première est la régression exponentielle des effectifs des classes d'âge

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

Le coefficient de régression obtenu est égal à Z , N_t est le nombre de survivants à la fin de l'année, N_0 le nombre d'individus au début de chaque année.

- la deuxième est celle de JACKSON (1939)

Elle exige une capturabilité constante durant les années. Cette condition est rarement vérifiée, cependant cette méthode présente l'avantage d'être

	MER CELTIQUE		GOLFE DE GASCOGNE				7G1		7G2		7G3		7H3		7F1	
	σ^*	φ	1979 σ^*	1980	1979 φ	1980	σ^*	φ	σ^*	φ	σ^*	φ	σ^*	φ	σ^*	φ
Lc	45.00	45.00	27.50	27.50	27.50	27.50	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
Lm	45.00	45.00	27.50	27.50	27.50	27.50	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
Loo	104.23	52.26	62.56	62.56	50.92	50.92	Loo = 104.23 (φ)				Loo = 52.26 (σ)					
K	0.056	0.096	0.109	0.109	0.112	0.112	K = 0.056 (φ)				K = 0.096 (σ)					
Z1	0.18	0.23	0.22	0.12	0.11	0.12	0.19	0.25	0.12	0.10	0.39	0.25	0.38	0.19	0.35	0.26
Z2	0.23	0.25	0.27	0.17	0.17	0.18	0.31	0.33	0.14	0.15	0.40	0.30	0.38	0.20	0.39	0.28
Z3	0.59	0.63	0.48	0.55	0.59	0.69	0.85	0.90	0.47	0.55	0.54	—	0.44	—	1.01	.95
Z4	0.60	0.64	0.61	0.84	0.67	0.87	0.60	0.64	0.66	0.68	0.53	—	0.71	—	0.71	.72

TABEAU 17 : *Recapitulatif des valeurs estimées du coefficient de mortalité totale (Z) dans cette étude:*

- Selon les zones de pêche.

- Selon les méthodes de calcul . (voir explication dans le texte.)

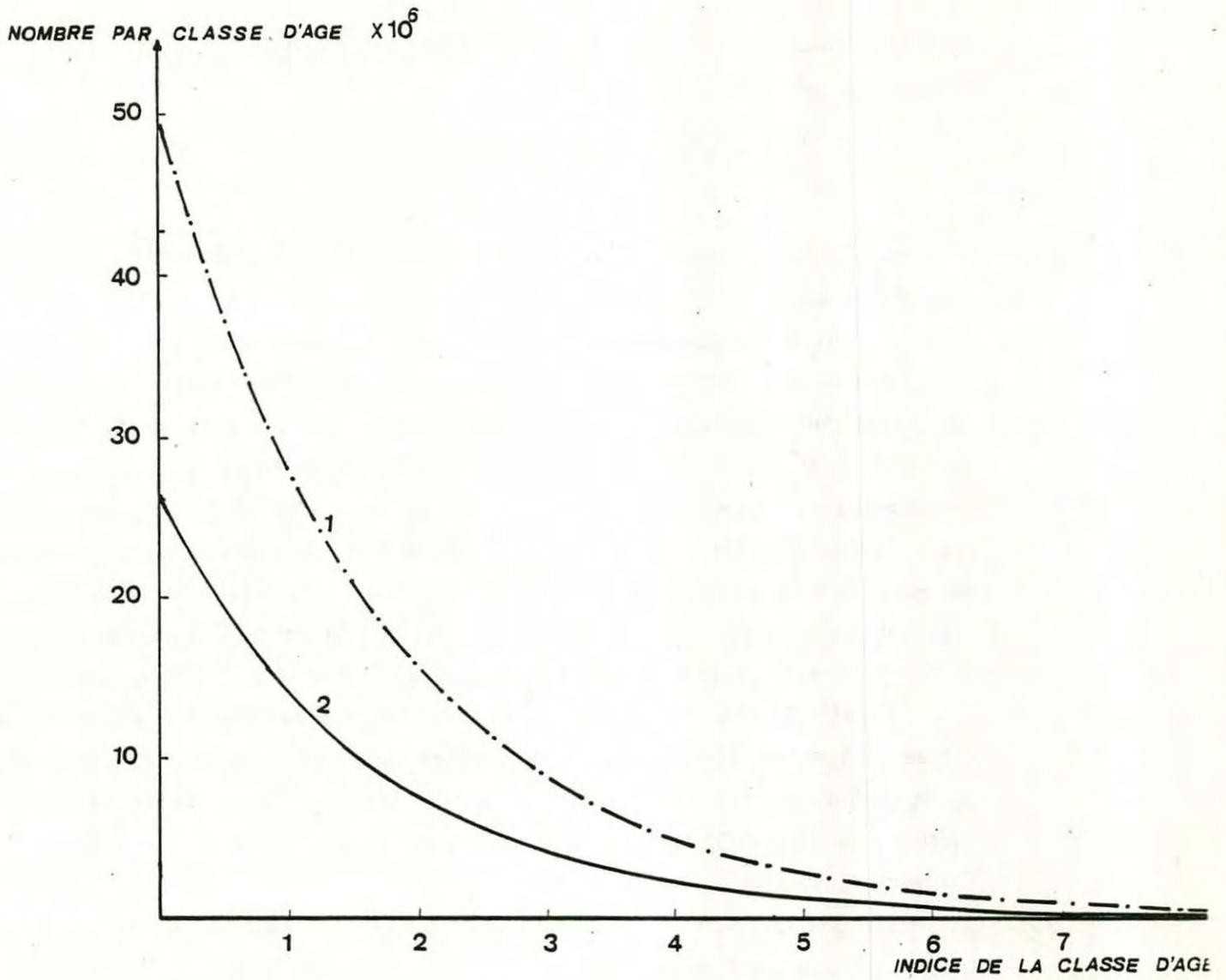


FIGURE 38 : Diminution des effectifs des groupes d'ages en fonction du temps.
 1 : males ; 2: femelles. (mer celtique).

facile à manipuler si l'on fait abstraction du problème de capturabilité. La formule de JACKSON s'écrit :

$$S = e^{-Z} = \frac{\sum_{i=1}^n N}{N_0 + \sum_{i=1}^n N}$$

où S est le taux de survie, et N est l'effectif des différentes classes d'âges.

4. 3. - Discussion et interprétation des résultats (Tab.17) :

Les quatre méthodes requièrent une mortalité constante sur l'intervalle de temps correspondant aux âges considérés. Quand ils sont estimés par les formules d'un même type de technique (longueur moyenne ou utilisation des abondances de classe d'âge), les coefficients de mortalité totale apparente se rapprochent. En effet, pour l'ensemble de la Mer Celtique et sans distinction de sexe, la méthode de BEVERTON-HOLT estime Z à 0.21 (contre 0.25 sur le Golfe de Gascogne), celle de SSENTONGO-LARKIN donne une valeur proche à la précédente, 0.24 dans le Golfe contre 0.30 dans la Mer Celtique.

Parallèlement, la méthode utilisant les régressions des effectifs des classes d'âges en fonction de leurs indices respectifs donne une valeur de Z égale à 0.61 en Mer Celtique (contre 0.58 dans le Golfe de Gascogne). La méthode de JACKSON estime Z à 0.62 dans la Mer Celtique et à 0.75 dans le Golfe de Gascogne.

La comparaison des résultats obtenus par les deux types de méthodes utilisées montre que les valeurs de Z calculées par les longueurs moyennes sont toujours plus faibles que celles obtenues par les méthodes 3 et 4, utilisant les effectifs des classes d'âge.

Par ailleurs, les valeurs obtenues par la méthode de JACKSON et par celle des régressions fonctionnelles des effectifs des classes d'âges au cours d'une année donnent des résultats proches à celles trouvées par les travaux antérieurs. En effet, CONAN (1978) travaillant sur un stock des langoustines du Golfe de Gascogne a trouvé un coefficient de mortalité par pêche $F = 0.7$. De plus, MORIZUR (1982), analysant une distribution des fréquences des tailles différentes de la notre a estimé la mortalité totale des langoustines mâles pêchées en Mer Celtique à 0.7. C'est la raison pour laquelle, nous préférons pour des buts de comparaison ne conserver que les résultats fournis par ces méthodes.

Les méthodes de longueurs moyennes qui, à l'origine étaient destinées à estimer les mortalités des poissons plats ne s'appliquent pas correctement dans notre étude, les coefficients de mortalité totale résultant de ces méthodes ont été vraisemblablement sous estimés. Les difficultés résident d'une part dans le choix de la taille de première capture et d'autre part dans l'utilisation des valeurs de l'équation, de VON BERTALANFFY.

A) Mortalité totale selon les localités géographiques :

Sexes confondus, les coefficients Z sont presque identiques dans les 2 pêcheries. En effet, dans la Mer Celtique, un Z moyen global calculé à partir des valeurs des Z obtenus par les 2 méthodes choisies est égal à 0.62 contre un $Z = 0.67$ dans le Golfe de Gascogne. Pour les micro-zones, il existe des disparités que nous avons mises en évidence en Mer Celtique. En effet, les valeurs de Z fluctuent de 0.47 en 7G2 à 0.9 en 7G1, pour les femelles. D'autres valeurs anormales sont enregistrées dans les zones 7H3 et 7 F 1, mais elles n'ont pas été prises en compte car peu exploitées et donc moins représentatives. Ces fluctuations peuvent avoir plusieurs origines :

- Il n'est pas exclu qu'il y ait une différence entre les croissances dans ces micro-zones comme en témoigne la disparité des distributions de tailles.

- La pêche de Mer Celtique ne semble pas être à l'équilibre car les conditions d'exploitation varient : une même zone n'est pas toujours exploitée par les mêmes bateaux autrement dit, le maillage, le type de pêche, peuvent varier selon les navires. Ces variations spatio-temporelles de Z doivent être prises en considération pour des études d'évaluation des stocks. Car si par exemple, on doit établir une réglementation concernant la zone 7G2, il est recommandé de prendre la valeur de Z qui lui correspond et non une valeur de Z globale pour l'ensemble de la pêche.

B) Variation de la mortalité totale selon le sexe.

Dans la majorité des cas étudiés la mortalité apparente est plus forte chez les femelles que chez les mâles. Un coefficient moyen pour les deux pêcheries et pour les deux sexes a été calculé à partir des valeurs trouvées en utilisant les techniques 3 et 4.

Les coefficients moyens Z estimés sont de 0.6 pour les mâles de la Mer

.../...

Celtique (contre 0.58 pour les mâles du Golfe) et de 0.64 pour les femelles (contre 0.75 pour les femelles du Golfe). Il est probable que les coefficients diffèrent s'ils sont calculés à partir du nombre de langoustines présentes sur le fond (mortalité réelle). Diverses hypothèses peuvent expliquer la différence entre les coefficients de mortalité totale apparente :

* La croissance diffère entre mâles et femelles (cf §3.3) ce qui se traduit par des différences de mortalité.

* La capturabilité est différente entre mâles et femelles (cf 2.2). Les femelles matures disparaissent des captures pendant une longue période.

C'est pour cette raison que les femelles accusent un coefficient de mortalité plus élevé que celui des mâles. Les grosses femelles sont très peu représentées dans les captures : sur l'histogramme des femelles, on note généralement une faible étendue de la distribution des tailles avec une brutale diminution quand on passe de 2 premières classes d'âge aux suivantes.

C) Variation de la mortalité par pêche F et de la mortalité naturelle M et leur contribution relative dans la mortalité totale Z.

Z est égale à la somme de F et M. Soit $Z = F + M$. Il est précieux de connaître avec exactitude la valeur de M, car comme nous l'avons déjà signalé, les calculs de rendements sont très sensibles à ce paramètre (cf chap. gestion des stocks).

Certains facteurs peuvent faire varier spécifiquement M, d'autres F. Les facteurs de premier type concernent surtout les phénomènes de prédation, de cannibalisme et toutes les maladies. Chez la langoustine, l'incidence de ces phénomènes est mal connue. De ce fait, il est pratiquement impossible de déterminer la valeur de la mortalité naturelle d'une manière directe. Les bancs vierges n'existent pratiquement pas dans la Mer Celtique ce qui permettrait de confondre la mortalité totale à la mortalité naturelle. Les caractéristiques de chaque zone sont différentes et en particulier les espèces prédatrices ne sont pas les mêmes. Le cas le plus connu est celui de la morue fréquente dans les captures en Mer Celtique et absente dans le Golfe de Gascogne. La présence ou l'absence de la morue dans une zone influe beaucoup sur la valeur de M car lors des campagnes, nous avons pu constater par l'étude des contenus stomacaux que 70 % de la prédation est le fait de la morue. Ceci laisse

..../...

supposer que M est plus élevé dans la Mer Celtique que dans le Golfe. D'après KINNEAR et LIVINGSTONE (1979) la mortalité par prédation paraît être une composante de la mortalité des rejets car la morue se nourrirait en partie de rejets.

Par ailleurs, la mortalité naturelle n'est pas constante tout au long de l'année. En effet, d'après CONAN (1980), en période de mue M semble augmenter selon les conditions ambiantes.

A l'état actuel, l'estimation de M ne peut se faire qu'après celle de F.

Les facteurs de deuxième type agissent sur la valeur de F. Ces facteurs comprennent la capturabilité, la pression de la pêche, la profondeur de la zone d'action de la pêche, la lumière et son effet sur le comportement des langoustines vis à vis du chalut.

La détermination de la valeur de F est plus facile que celle de M. La valeur de F peut être fournie par plusieurs méthodes telles que le marquage, l'analyse de cohortes, l'utilisation des modèles globaux... Par manque de données, nous n'avons pas pu estimer F. Retenons tout simplement que la mortalité par pêche F varie en fonction de l'heure, de la saison, du maillage, du comportement... La composition des captures varie entre le jour et la nuit (JENSEN, 1965). Elle varie aussi selon la saison et la sélectivité des chaluts.

Le comportement de l'animal semble influencer à la fois les valeurs de F et M. Le comportement fouisseur de la langoustine permet de limiter la mortalité par prédation. Cependant, lorsque la densité augmente le comportement territorial des langoustines limite le nombre de terriers et par conséquent, le nombre d'individus protégés. Les individus à découvert sont fortement soumis à la prédation et à la pêche, alors que les femelles disparaissent pendant toute la durée d'incubation.

4. 4. Conclusion

La mortalité totale a été estimée dans les pêcheries de langoustine du Golfe et de la Mer Celtique. La mortalité totale varie selon le sexe, les zones géographiques de pêche et selon les méthodes d'estimation. Z est évaluée à

.../...

0.60 pour les mâles de la Mer Celtique et à 0.58 pour les mâles du Golfe de Gascogne. Pour les femelles, la mortalité apparente totale semble être plus forte ; elle est estimée à 0.64 en Mer Celtique et à 0.75 dans le Golfe de Gascogne.

Selon les zones géographiques, la mortalité totale diffère également. Ces différences doivent être prises en compte lors de calculs de rendement, si l'on veut établir une réglementation dans une zone bien individualisée. Il n'est pas exclu qu'une des origines de ces différences dans les valeurs de mortalité est la croissance différentielle des langoustines selon les endroits. Par ailleurs, l'estimation de la mortalité dépend beaucoup de la méthode de calcul. Les méthodes des longueurs moyennes conviennent peu à l'estimation de Z . Les méthodes utilisant les effectifs des classes d'âges semblent donner des résultats proches à ceux des travaux antérieurs.

Plusieurs facteurs en particulier le comportement territorial et la faible capturabilité des individus rendent la valeur Z biaisée dans certains cas. De toutes les manières la mortalité calculée n'est qu'une mortalité apparente.

5 - LE RECRUTREMENT :

Dans le Golfe, il a lieu en Juillet à une taille de 21 mm (CONAN, 1978), en Mer Celtique, les jeunes recrues arrivent en Janvier à la taille de 24 mm. La ponte en Mer Celtique est concentrée d'Octobre à Décembre.

.../...

CHAPITRE VIII

GESTION DES STOCKS

GESTION DES STOCKS

I - INTRODUCTION

Dans le but d'analyser la situation des stocks d'animaux aquatiques exploités et l'effet de la pêche sur eux, le biologiste des pêches doit s'exprimer en terme quantitatifs précis (GULLAND, 1969). Deux approches sont actuellement à la disposition des gestionnaires des stocks d'animaux marins pour analyser l'impact de la pêche sur les réserves (stocks) :

- une approche globale ou synthétique utilisant des modèles globaux ou de production excédentaire. GRAHAM (1935), SCHAEFER (1954) et PELLA et TOMLINSON (généralisation du modèle GRAHAM-SCHAEFER, 1969) sont les principaux auteurs de cette approche. Ces modèles sont simples à manipuler. Leur utilisation exige des données statistiques sur plusieurs années, qui concernent les archives historiques des efforts de pêche et les tonnages correspondants.

- une approche analytique où les modèles utilisés sont dits analytiques ou structuraux. Ici, on distingue deux versions : une anglaise dont les auteurs sont BEVERTON-HOLT (1957) et une canadienne dont l'auteur est RICKER (1958). Les deux types de modèles prennent en compte d'une part, la croissance pondérale et la décroissance des effectifs des classes d'âges sous l'action de la mortalité naturelle et par pêche, d'autre part, la procédure des calculs diffère suivant la version. Nous reviendrons ultérieurement à la description de ces modèles, mais nous indiquons toutefois qu'ils sont complémentaires. Les modèles de BEVERTON-HOLT donnent une première approximation des prévisions de rendement en fonction de la mortalité par pêche et de l'âge de première capture. Le modèle de RICKER donne de meilleures estimations de rendement en fonction de l'effort de pêche et de l'âge à la première capture.

Vue la nature des données, l'approche structurale sera envisagée pour les deux pêcheries et l'approche globale seulement pour le Golfe.

.../...

2 - LES MODELES GLOBAUX :

LA PECHERIE DU GOLFE DE GASCOGNE ET L'APPROCHE GLOBALE

2. 1. Présentation et nature des données

Pour le Golfe de Gascogne nous avons à notre disposition deux types de données : à des données de chalutage expérimental que nous avons utilisé pour étudier la croissance et la mortalité, s'ajoutent des données historiques de tonnages et d'effort que nous avons collectées auprès des criées et des comités locaux de pêche. C'est cette dernière catégorie de données qui nous intéressent. Elles couvrent une période de 25 années de 1958 à 1983. La première tranche de données a été empruntée de CONAN (1978) et s'étale de 1958 à 1976. Nous avons actualisé ces données jusqu'à 1983. Signalons que les tonnages et les efforts concernent les ports suivants : Concarneau, Le Guilvinec, Lesconil, et Loctudy. Avant 1977, les criées n'existaient pas dans le quartier de Guilvinec. Les efforts ont été alors calibrés par rapport à la prise par unité d'effort des langoustiniers concarnois. Ceci pourra introduire un biais dans les calculs de l'effort, si les bateaux du port de Concarneau ne représentent pas un effort standard pour l'ensemble de la flotille.

La variation des tonnages débarqués en fonction de l'effort au cours des 25 dernières années est représentée sur la figure 39. Plusieurs points caractérisent ce graphique :

- Le décrochement brusque de la courbe à partir de 1971. (fig.39 pour les prises et fig. 40 a, pour les PUE .).
- entre 1973 et 1983, les points représentant les tonnages en fonction des efforts semblent graviter autour d'un point d'équilibre. La spirale ainsi formée rappelle celle de LOTKA (1926).
- Grossièrement, les données de tonnage et d'effort durant cette période, s'ajustent bien linéairement et positivement. La régression linéaire avec transformation logarithmique des tonnages a donné un coefficient de corrélation $R = 0.904$ pour un degré de liberté égal à 24. La variance des tonnages reste à peu près constante tout au long de la période, (cf. fig.13).
- La première tranche des données 1958/1971 s'ajuste approximativement à une parabole. Notons que CONAN (1978) s'est intéressé à ces données pour appliquer les modèles globaux. Nous reviendrons ultérieurement à ce sujet.

Les points que nous venons de citer soulèvent plusieurs commentaires, et, leur interprétation est souvent difficile. En effet, le décrochement de la courbe en 1971, peut laisser supposer que les données ne proviennent pas des mêmes zones de pêche. De plus, le point n° 3 prévoit toujours une augmentation du tonnage si l'on fournit un effort de pêche élevé et ceci sans interruption. Dans la réalité, il est rare qu'un stock de poissons ou de crustacés, constamment exploité pendant 26 ans ne subisse pas de difficultés d'exploitation. Les recherches théoriques ont en effet, montré qu'il existe pour chaque pêcherie un nombre de journées en pêche (effort de pêche) pour lequel on obtient un tonnage optimal pour la pêcherie sans épuiser à long terme les stocks. Si l'on se maintient autour de ce nombre de journées en mer, les tonnages oscillent d'année en année, mais s'équilibrent autour d'une moyenne stable. L'hypothèse d'une augmentation permanente des tonnages en fonction de l'effort de 1958 à 1983 ne pouvant pas être retenue, nous étions alors amenés à partager les données en deux périodes : la première de 1958 à 1972 et la deuxième de 1973 à 1983. La première partie était déjà étudiée par DEPOË (1977), CONAN, CHARUAU et DEPOË (1977) et CONAN (1978). Les conditions d'exploitation avant et après 1971, n'étant pas les mêmes, en raison d'un changement de maillage de 35 mm à 45 mm, le traitement des données en un seul lot de 1958 à 1983 ne semble pas être justifié.

2. 2. Historique et formule de base des modèles globaux

Ces modèles ont pour origine l'idée de base de VERHULST (1844) à savoir que, tout stock de matière vivante caractérisé par une biomasse P doit posséder un équilibre stable avec son milieu. En effet, VERHULST a établi l'équation de la variation du taux de croissance et la population qui s'écrit

$$f(P) = \frac{dP}{dt} = k1.P.(L-P)$$

où f (P) est le taux naturel de croissance en l'absence de pêche, P est la biomasse du stock. L est l'abondance maximale que peut atteindre la

population dans les conditions d'environnement (espace et nourriture) offertes dans le milieu où il vit et k_1 une constante. L'intégration de cette équation donne

$$P = \frac{1}{1 + b \cdot e^{-k_1 \cdot Lt}}$$

où t est le temps.

Par la suite, de nombreux chercheurs se sont servis de cette équation ayant la forme d'une logistique pour des études portant sur les relations prédateurs/proies. En outre, ces chercheurs dont la liste des noms figure dans SCHAEFER (1954) p. 29, ont décrit la croissance d'une grande diversité d'organismes unicellulaires et même de l'homme. LOTKA (1925) fut le premier à appliquer cette relation dans le domaine de l'halieutique en la combinant avec l'équation liant l'effort de pêche et la biomasse de la population $df/dt = k_2 f(P-b)$ où k_2 est une constante, b est le niveau économique de la population et f est l'intensité de la pêche. L'équation résultante reliant la biomasse à l'effort s'écrit :

$$\frac{dP}{df} = \frac{k_1 P (L - P - q f P)}{k_2 f (P - b)}$$

et, son tracé graphique prend la forme d'une spirale s'enroulant autour d'un pôle asymptotique ayant pour coordonnées $f = k(L/q - b/q)$ et $P = b$. La biomasse oscille autour de la valeur de b . Les oscillations devenant de plus en plus amorties jusqu'à ce que l'effort de pêche s'ajuste et finisse par se stabiliser à la valeur équilibrée $f = k_1/q (L - b)$. Les couples de points entre 1972 et 1983 (fig. 39) rappellent cette spirale. Nous ne rentrerons pas dans les détails de la détermination des paramètres de celle-ci. Toutefois, il est possible de déterminer la prise par unité d'effort optimale, qui correspond à l'effort approprié autour de laquelle les CPUE oscillent. Nous avons pu avoir des renseignements sur ce point en utilisant les modèles de SCHAEFER (1954), GULLAND (1961), PELLA et TOMLINSON (1969) et FOX (1975). En effet, SCHAEFER raisonne en PUE (U) et non en biomasse (P) qui elle est inconnue.

.../...

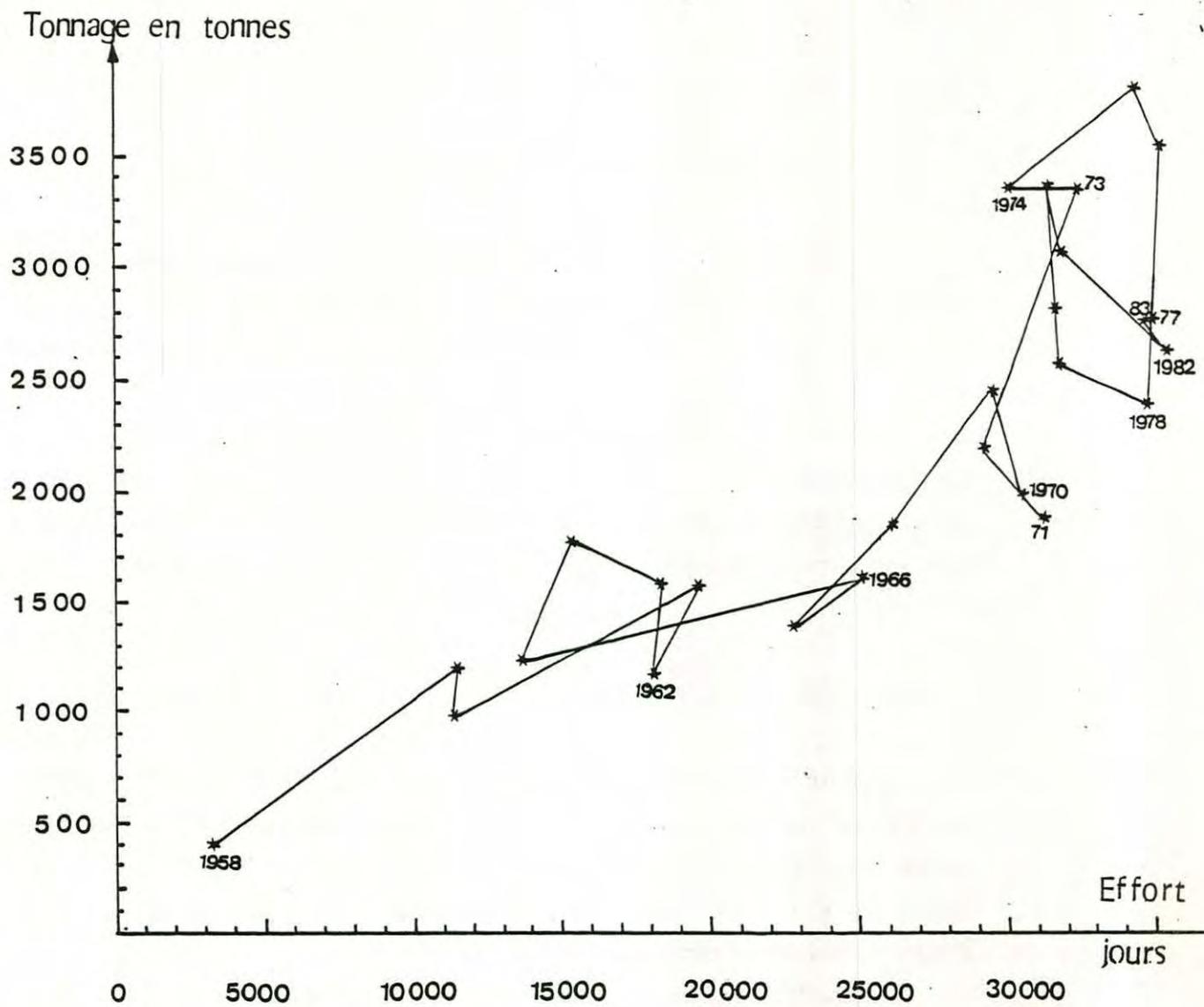


FIGURE 39 : Evolution depuis 1958 jusqu'à 1983 du tonnage des langoustines pêchées dans le golfe de gascogne en fonction des efforts respectifs. Ces données concernent les ports de Loctudy, Lesconil, Le Guilvinec et Concarneau. Voir explication dans le texte.

Pour ce faire, il faut remplacer P par U/q . L'équation de la droite d'équilibre devient

$$F = \frac{k1}{q^2} (U_M - U), \quad U_M = q.L \quad \text{et} \quad U = q.P$$

U_M est la prise par unité d'effort correspondant au stock maximal L , c'est-à-dire la valeur que l'on obtient pour un stock vierge ($f=0$).

La production Y correspondante sera alors équilibrée et donnée par la relation $Y = U \cdot F$ et en remplaçant F par sa valeur, on obtient

$Y = k1/q^2 \cdot U \cdot (U_M - U)$ ou encore $Y = F (U_M - Fq^2/k)$. La production Y est donc représentée en fonction de U ou en fonction de f par une parabole. La prise équilibrée maximale correspond généralement au sommet de la parabole. Elle est obtenue par un effort égal à $f = k1/2q^2 - U_M/2q^2$ et est égale à

$$Y_{\max} = - \frac{k1 \cdot U_M^2}{4 \cdot q^2}$$

SCHAEFER (1954), dans le but de gérer les stocks des thons tropicaux a élaboré un modèle permettant de déterminer les paramètres des équations citées précédemment. Il s'est inspiré de l'équation de VERHULST - PEARL $f(P) = k1 P (L - P)$ pour trouver les valeurs optimales de prises par unité d'effort dans cette pêcherie.

Selon SCHAEFER, dans les conditions d'équilibre, le taux relatif de variation de la biomasse P due aux efforts de la pêche F est égal à :

$$1/P \cdot P / dt = f(P) - F.$$

L'intégration de cette équation sur une année donne

$$P_1 - P_0 = f(\bar{P}) \cdot \bar{P} - F\bar{P}$$

où P est la biomasse moyenne durant l'intervalle de temps considéré en condition d'équilibre $P_1 = P_0$ soit $f(\bar{P}) = F$

3 - AJUSTEMENT DES DONNEES A L'AIDE DES MODELES GLOBAUX

3. 1. Modèle de SCHAEFER

L'idée de SCHAEFER repose sur le fait que la relation entre le taux

.../...

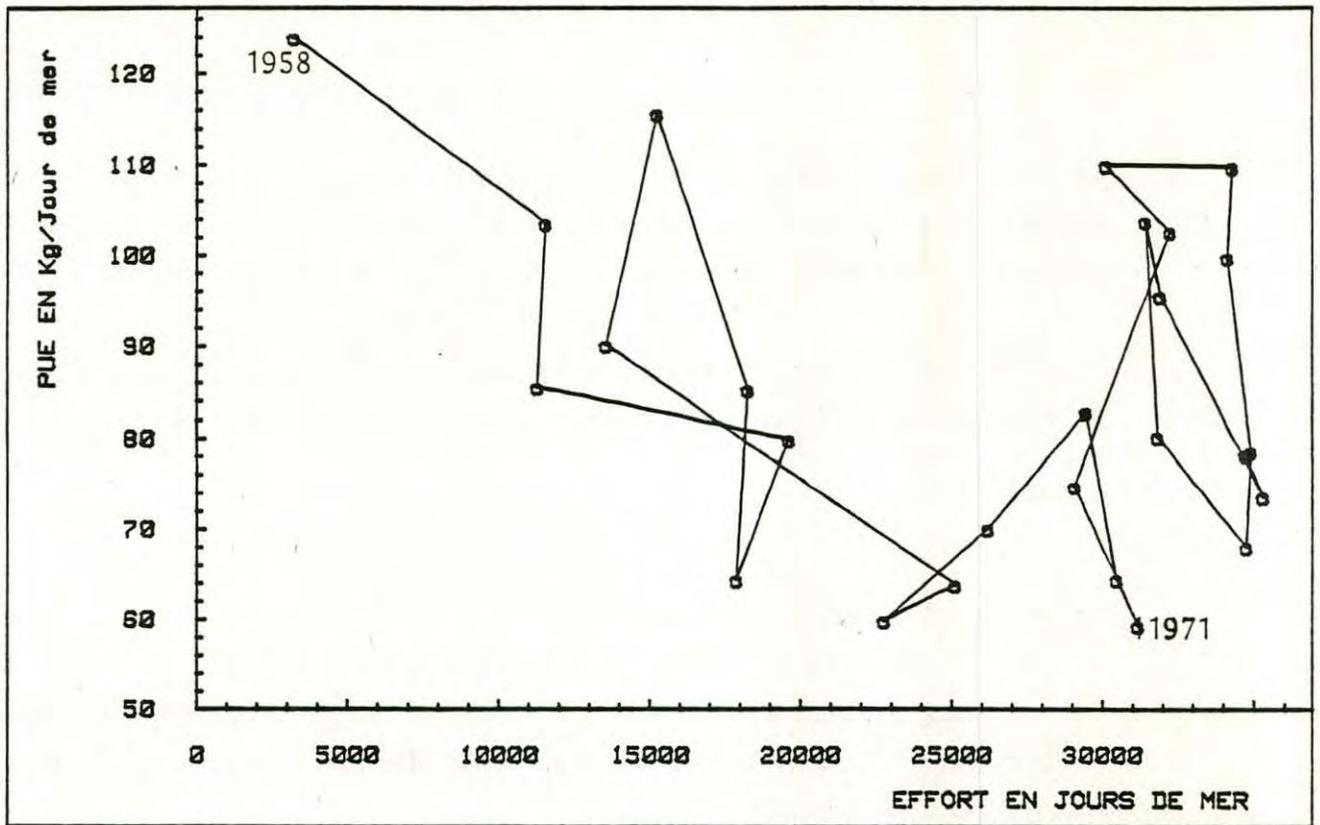


FIGURE 40 a : Evolution générale des PUE en fonction des efforts au cours de la période (1958 - 1983) dans le golfe de gascogne.

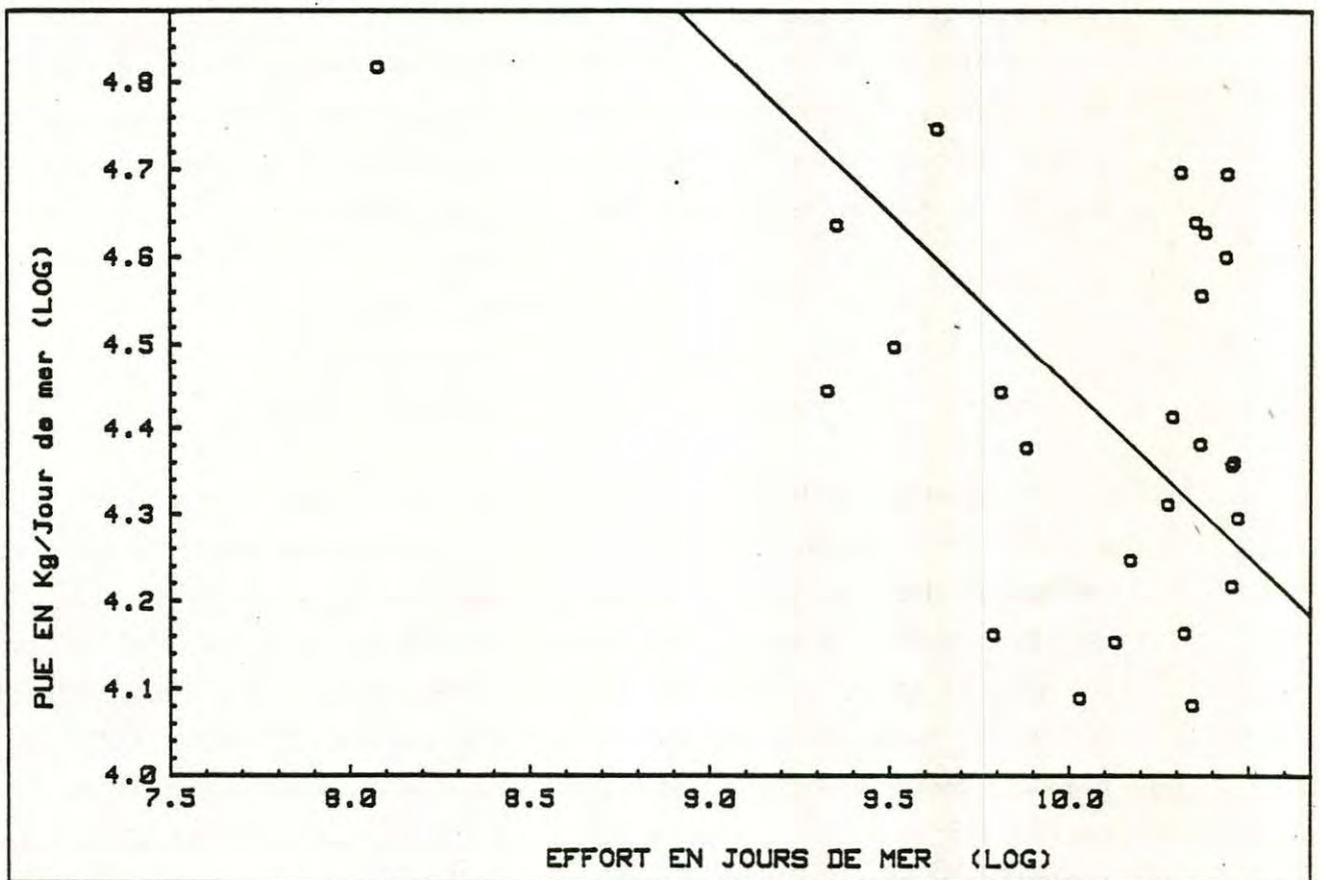


FIGURE 40 b : Regression linéaire des pue en fonction des efforts correspondants pour la période de 1958-1983. Voir commentaire dans le texte.

de croissance naturelle et la biomasse est linéaire. C'est ce qui l'amène à écrire $f(P) = m - kP$, et comme quand P tend vers L , le taux de croissance naturelle tend vers 0, ce qui se traduit par $0 = m - kL$ et donc $m = kL$ soit

$$f(P) = k(L-P) = k(P_{00} - P)$$

Posons $L = P_{00}$, et supposons que nous sommes aux conditions d'équilibre pour substituer $f(P)$ par F . On déduit alors le taux de capture par pêche qui s'écrit :

$$F = K(P_{00} - \bar{P})$$

$$\text{et donc } \bar{P} = P_{00} - F/K.$$

Les captures d'équilibre correspondantes :

$$Y_e = F(P_{00} - F/K) = K\bar{P} (P_{00} - \bar{P}), (Y_e = F\bar{P})$$

Les données de biomasse sont difficiles à obtenir, SCHAEFER préconise un raisonnement sur l'effort et la prise par unité d'effort soit $F_t = qft$ et $\bar{P} = \bar{U}/q$

Les relations de l'équilibre seront :

$$\bar{U} = U_{00} - bf ; Y_e = f(U_{00} - bf); Y_e = 1/b \bar{U}(U_{00} - \bar{U})$$

avec $b = q^2/k$ où f est l'effort de pêche, \bar{U} : prise par unité d'effort moyenne sur l'année, q : coefficient de capturabilité, U_{00} : prise par unité d'effort maximale et b est une constante.

Pour calculer les optimums des efforts, des prises par unité d'effort et de la biomasse optimale, il faut annuler les dérivées des équations exprimant chacun de ces termes. De même, la prise maximale d'équilibre est obtenue en annulant la dérivée de Y_e par rapport à F , soit alors :

$$P_{opt} = P_{00}/2$$

$$f_{opt} = U_{00}/2b \text{ avec } U = U_{00} - bf$$

$$\bar{U}_{opt} = U_{00} - b/2 U_{00}/b = U_{00}/2$$

$$Y_{max} = f_{opt} (U_{00} - bf_{opt}) = U_{00}^2/4b$$

L'ajustement des données d'effort et de prise par unité d'effort se fera à l'aide de l'équation $U = U_{00} - bf$. C'est une simple équation linéaire qui permet d'ajuster les P , U , E en fonction des efforts. Mais cette simplification oblige à négliger certaines hypothèses nécessaires pour l'application de ce modèle. En effet, les données doivent correspondre à des états d'équilibre successifs, condition rarement remplie. Par ailleurs, DEPOIS (1977) rapporte que dans certains cas l'hypothèse d'une linéarité de la relation en U et f n'est pas vérifiée puisque parfois la courbe de production de nombreuses espèces exploitées n'est pas symétrique par rapport à son maximum.

A) Modèle de SCHAEFER dans le cas où les données d'effort et de P. U. E. correspondent à des états d'équilibre.

L'ajustement de la relation $U = U_{00} - bf$ par la méthode des moindres carrées pour les données de l'effort et de la prise par unité d'effort entre les années 1973 et 1983 nous a permis de dresser le tableau.18. Notons que, en raison de l'incertitude concernant ces deux variables, nous avons préféré utiliser la régression fonctionnelle. Les valeurs des efforts et des PUE optimaux calculés sont très optimistes par rapport aux valeurs observées durant la période de 1973 - 1983 et par rapport aux valeurs déduites à partir des données calculées par DEPOIS (1977) et qui concernent la période de 1958 - 1972. La figure 41 montre l'ajustement obtenu pour les données de PUE et d'efforts selon ce modèle pour 1973-1983. Ce mauvais ajustement peut s'expliquer par le fait que nous avons supposé à tort que les valeurs de f et de la PUE correspondent à un état d'équilibre.

B) Modèle de SCHAEFER (1957) : approche à l'équilibre.(Tab.19; Fig.42)

En raison du faible coefficient de corrélation et donc du mauvais ajustement réalisé précédemment, nous allons suivre la démarche de SCHAEFER (1957). En effet, cet auteur recommande de transformer les données pour se rapprocher des conditions d'équilibre. Pour ce faire, nous avons estimé la variation de biomasse P durant une année par interpolation linéaire :
par exemple pour l'année 1974 : $U(1974) = (U_{1975} - U_{1973})/2$, nous dresserons ainsi le tableau des valeurs de l'effort de pêche et des U correspondantes.

Année	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
ΔU_i	17.6	3.53	-5.1	-15,6	-15.9	0.83	17.9	7.66	15.1	-3.64	

Par la suite, il faut ajuster les données de l'effort et les PUE correspondantes durant la période de 1973 à 1982.

Notons que les valeurs de H et K peuvent être obtenues par la résolution d'un système de 3 équations à 3 inconnues après séparation de la gamme de données en deux lots correspondant à deux périodes de temps consécutives. La démarche est longue mais permet de déterminer le coefficient de capturabilité q .

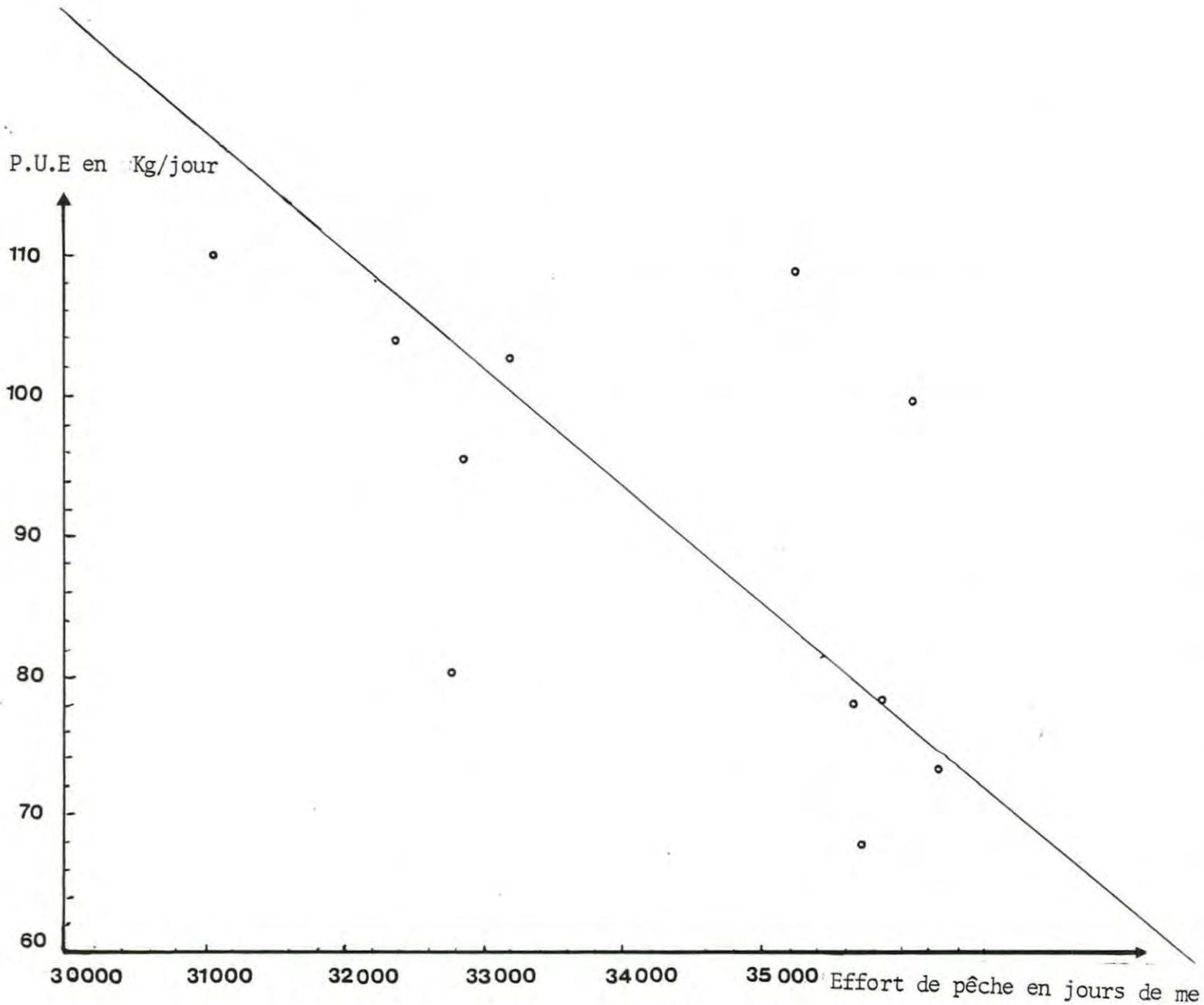


FIGURE 41: Ajustement des P.U.E en fonction des efforts selon le modèle de SCHAEFER pour la période de 1973- 1983. Les données sont supposées à l'état d'équilibre.

Malheureusement, il n'est pas possible, faute de données, de partager la période de 1973 à 1983 en deux séries pour estimer H, K et q. On se contente d'estimer le f_{opt} , la PUE optimale et la production maximale. Nous allons utiliser la régression linéaire fonctionnelle (axe majeur réduit) pour calculer les efforts et les PUE optimums. Cette méthode est simple et offre beaucoup de possibilités statistiques permettant de juger la qualité de l'ajustement. Cette approche à l'équilibre a permis de trouver les résultats suivants :

$$\begin{aligned} f_{opt} &= 36180 \text{ jours} \\ U_{opt} &= 225 \text{ Kg/J} \\ U_{00} &= 450.9 \text{ Kg/j (tab.} \end{aligned}$$

Le coefficient de corrélation ($R = 0.71$) étant plus élevé que celui obtenu pour l'ajustement précédent, nous retenons alors les résultats considérés comme plus fiables. En effet, l'avantage de cette méthode c'est qu'elle tient compte des valeurs de la biomasse à l'année ($i - 1$) et à l'année ($i + 1$). Ainsi les variations brusques des biomasses d'une année à l'autre sont mises en évidence. GULLAND (1961) a développé cette idée, mais il a raisonné sur les efforts et non sur les biomasses.

3. 2. Méthode de GULLAND (1961)

GULLAND (1961) considère que l'effort de pêche appliqué sur un stock n'a de conséquence, qu'après un ou deux ans. C'est pour cela que l'auteur a préféré transformer les efforts plutôt que les PUE. Ainsi la PUE pour chaque année sera attribuée non pas à l'effort f correspondant mais à une moyenne de n efforts successifs. Le choix de n dépend de certaines conditions préalablement acquises pour les modèles globaux, FOX (1974) a résumé ces conditions de la manière suivante :

- Espérance de vie de l'animal étudié de 2 à 4 ans. (ici environ 18 ans)
- Nombre de classes d'âges contribuant significativement aux captures de 2 à 4 ans. (Pour la langoustine, nous avons plus que 3).
- Age de première capture 1 à 3 ans. Les recrues arrivent à 2 ans et l'âge de première capture des langoustines est supérieur à 3 ans.
- Progression de l'effort de pêche de 3 à 4 % par an. C'est approximativement le cas ici.
- Un environnement relativement stable, condition difficile à vérifier.

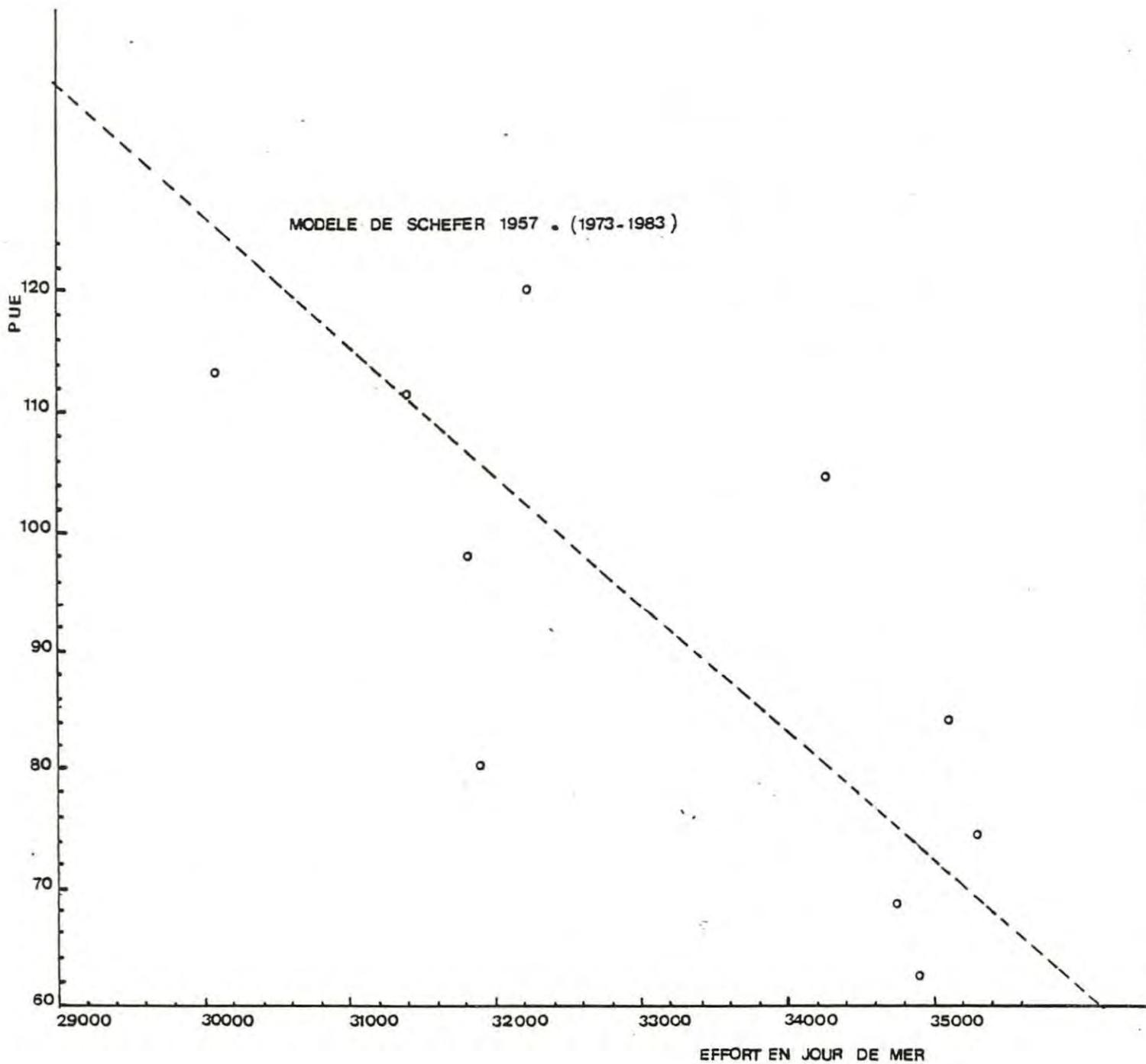


FIGURE 42 : Application de modèle de SCHEFER(1957) pour les données précédentes.
Voir explication dans le texte.

Il est vraisemblable que certaines conditions citées ci-dessus ne sont pas vérifiées, mais nous allons prendre empiriquement $n = 3$. L'effort moyen de l'année i sera $f'_i = [f_i + f_{i-1} + f_{i-2}]/3$. Les valeurs de f'_i calculées pour chaque année et à partir de l'année 1973 sont consignées dans le tableau 21.

Ainsi, nous obtenons des couples de valeurs d'effort et de PUE durant la période de 1973 à 1982 : $(\bar{U}_{1973}, f'_{1973})$, $(\bar{U}_{1974}, f'_{1974})$... $(\bar{U}_{1982}, f'_{1982})$

L'ajustement des données sera effectué de la même manière que celle qui a été utilisée lors de l'ajustement du modèle de SCHAEFER. Le coefficient de corrélation étant plus élevé ($R = 0.8$) que ceux trouvés précédemment, nous retiendrons alors les valeurs des paramètres f_{opt} , U_{opt} et Y_{max} obtenues par la méthode de GULLAND (tab. 20). Les résultats sont optimistes, en effet, pour un effort de 37500 jours de mer (effort actuel voisin de 35000) la prise par unité d'effort optimale sera de 217 Kg/jour (actuellement la moitié de cette valeur). En d'autres termes, il est possible de prélever beaucoup plus avec un effort proche à celui que l'on est en train d'appliquer actuellement sur la pêcherie. Le tracé de la courbe ajustée selon ce modèle est présentée dans la figure 43. Pour pouvoir comparer ces résultats obtenus par la méthode de GULLAND (1961) qui semble jusqu'ici ajuster au mieux nos données, nous allons utiliser d'autres versions de modèles globaux à savoir le modèle exponentiel FOX (1970) et le modèle général de production PELLA et TOMLINSON (1969).

3.3 - Modèle exponentiel de FOX (1970)

Pour construire son modèle, FOX (1970) s'est inspiré du raisonnement suivi par SCHAEFER en ce qui concerne la relation entre le taux de croissance naturelle et la biomasse. La différence est que SCHAEFER considère que cette relation est linéaire, FOX par contre envisage une relation exponentielle entre ces deux variables de sorte que l'équation obtenue s'écrit ainsi :

$$f(P) = m - k \cdot \text{Log } P$$

ou encore si l'on se réfère au

$$f(P) = k(\text{Log } P_{oo} - \text{Log } P).$$

La condition d'équilibre serait donc obtenue pour :

$$F = k(\text{Log } P_{oo} - \text{Log } P) \text{ et donc } P = P_{oo} e^{-(1/K)F}$$

- .../...

Période	U ₀₀	b	R	f opt	U opt	Yopt
1958/72	130	-0.0023	0.77	27236	65	1772222
1973/83	367	-0.0083	0.57	45100	183	82758250

TABLEAU 18: Ajustement à l'aide du modèle de SCHAEFER (1954) données à l'équilibre. Voir explication dans le texte.

Période	U ₀₀	f opt	Uopt	Y opt
1958/72	114.3	34323	57	1961568
1973/83	450.9	36180	255.5	8158590

TABLEAU 19 Modèle de SCHAEFER (1957) Approche à l'équilibre. Approche à l'équilibre par transformation des PUE (voir explication dans le texte).

Période	U ₀₀	f opt	U opt	Y opt	b	R
1958/72	MAUVAIS AJUSTEMENT POUR CETTE PERIODE				+ 0.28	0.189
1973/82	365	37500	217	8137500	- 0.01	0.8

TABLEAU 20 Modèle de GULLAND (1961). Approche à l'équilibre transformation des efforts (voir explications dans le texte).

ANNEE	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
f'i	30824	30470	32205	33167	34765	34923	33823	32260	31713	32873
PUE	102.73	110	109.78	99.99	78.64	68.14	80.3	103.89	95.62	73.68

Tableau 21 : Efforts transformés selon la méthode de GULLAND. (Voir texte)

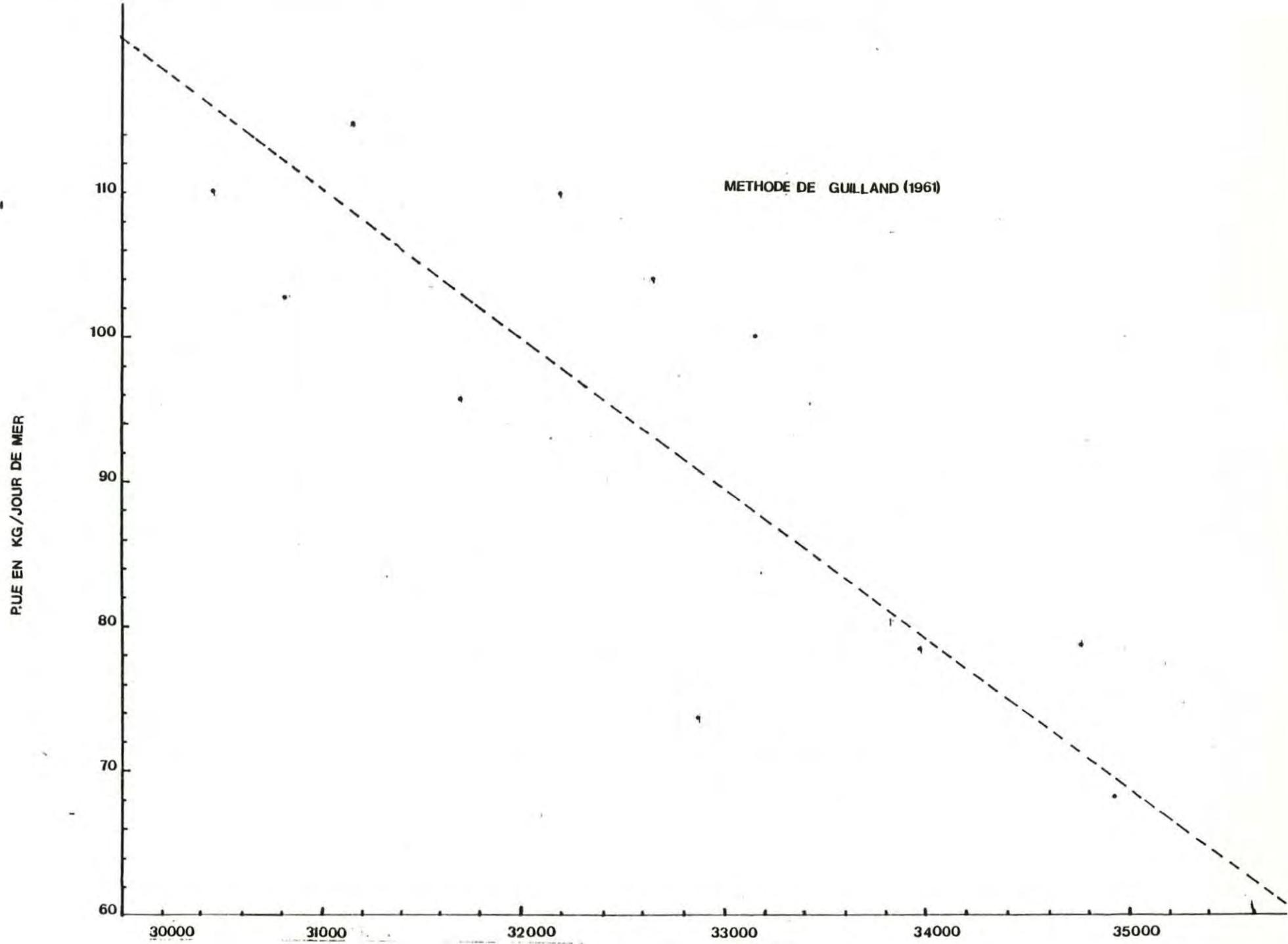


FIGURE 43 : Utilisation de la méthode de GULLAND pour ajuster les données des PUE et des efforts relatives à la période 1973-1983.

soit en raisonnant en \bar{U} au lieu de P,

($\bar{U} = q \bar{P}$) et $F = qf$; $\bar{U} = U_{00} e^{-bf}$
 et la capture d'équilibre :

$$Y_e = U_{00} \cdot f \cdot e^{-bf} \text{ ou } Y_e = 1/b \bar{U} (\text{Log } U_{00} - \text{Log } \bar{U}) \text{ avec } b = q/k$$

Les valeurs optimales des paramètres seront obtenues si l'on annule les dérivées par rapport à chacun de ces termes. La capture maximale équilibrée est calculée à partir de la dérivée de Y_e par rapport à F ;

$(dY_e)/(dF) = P_{00} e^{-F/k} - P_{00} \cdot f/k e^{-F/k}$
 qui s'annule pour un $F_{opt} = k$ d'où $\bar{P}_{opt} = P_{00}/e$

$$Y_{max} = k P_{00}/e \text{ donc } f_{opt} = 1/b, \bar{U}_{opt} = U_{00}/e, Y_{max} = U_{00}/be.$$

Tout comme pour la démarche entreprise par SCHAEFER, FOX envisage deux cas : le premier correspond à des données supposées à l'équilibre, le deuxième transforme les données de PUE pour les ramener à l'équilibre.

A) Modèle de FOX (1970): données à l'équilibre. (Tab.22; Fig.44)

Pratiquement, il faut procéder au calcul des paramètres de l'équation $\bar{U} = U_{00} e^{-bf}$ qui sous forme linéaire donne $\text{Log } \bar{U} = \text{Log } U_{00} - bf$ soit $Y = -bX + a$. C'est l'équation d'une droite linéaire qui sera obtenue par ajustement des couples des valeurs ($\text{Log } \bar{U}$, f) suivants :

ANNEE	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
LOG \bar{U}	4.63	4.70	4.69	4.60	4.36	4.22	4.39	4.64	4.56	4.30	4.36
effort	32234	30107	34275	35120	34900	34750	31820	31410	31910	35300	34706

L'examen des résultats obtenus pour les valeurs de \bar{U}_{opt} (f_{opt} et de U_{00}) (Tab. 22) montrent que le modèle de FOX, tel qu'il est présenté ne s'adapte pas à ces données. Le coefficient de corrélation peu élevé (0.57) et les valeurs très fortes de U_{00} et \bar{U}_{opt} justifient peu l'adéquation de ce modèle. L'équation obtenue :

$$U = 1998 \cdot e^{-0.000094f}$$

.../...

B)- Application du modèle exponentiel pour se ramener à l'équilibre.

La détermination des valeurs des paramètres (U_{00} et b) de l'équation $U = U_{00} \cdot e^{bf}$ pourra se faire comme dans le cas du modèle de SCHAEFER à l'approche de l'équilibre. En effet, le partage des lots de données en deux périodes permet de dresser un système de 3 équations à 3 inconnues permettant de déduire H , K et q . Cependant, notre but n'est pas seulement d'estimer H , K et q , mais de juger de la qualité des ajustements des données. C'est pour cette raison que nous préférons procéder par régression.

Pratiquement, il faut transformer les PUE comme l'a fait SCHAEFER pour ce cas. Le tableau suivant montre les couples des valeurs ($\log \bar{U}_i, f_i$) qui vont servir au calcul des paramètres U_{opt} , f_{opt} et Y_{max} .

ANNEE	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
EFFORT	32234	30107	34275	35120	34900	34750	31820	31410	31910	35300
Log U_i	4.78	4.73	4.65	4.43	4.14	4.23	4.59	4.7	4.39	4.3

Rappelons que SCHAEFER avait suggéré que la taille du stock au commencement de l'année i , $P_i(0)$, peut peut-être être estimé par interpolation linéaire entre les tailles moyennes du stock entre l'année $i-1$ et l'année i :

$$\hat{B}_i(0) = (\bar{B}_{i-1} + \bar{B}_i)/2$$

et la taille du stock à la fin de l'année peut être estimé à :

$$\hat{B}_i(1) = (\bar{B}_i + \bar{B}_{i+1})/2$$

de la même manière, on peut calculer le changement de la taille du stock durant l'année $\Delta \hat{B}_i = (\bar{B}_{i+1} - \bar{B}_{i-1})/2$ soit en changeant les variables :

$$\Delta \hat{B}_i = (\bar{U}_{i+1} - \bar{U}_{i-1})/2q = (\Delta U_i)/q$$

Cette transformation des PUE a permis d'obtenir un meilleur ajustement que le précédent, car le coefficient de corrélation est plus élevé $R = 0.71$ pour un degré de liberté égal à 8. Malheureusement, les valeurs obtenues pour U_{00} et U_{opt} comparés à celles obtenues par la méthode de GULLAND (1961) se montrent peu plausibles. C'est pour cette raison que nous écartons cet ajustement. (Tab. 23 ; Fig. 45).

Période	U ₀₀	b	f optimum	U optimum	R
1958/72	139.7	0.000027	37037	51.4	0.695
1973/83	1998.1	0.000094	36400	264	0.569

TABLEAU 22 Valeurs des paramètres U opt, f opt pour les langoustines du Golfe obtenues par l'utilisation du Modèle de FOX quand les données correspondent à des états d'équilibres successifs.

Période	U ₀₀	f opt	U opt	Y max
1958/72	116.5	51688	42.87	2.215.896
19 /83	1564	36500	728	très élevée

TABLEAU 23 Valeurs des paramètres U opt, f opt, Y max, obtenus par le modèle de FOX (1973)

Approche à l'équilibre : $U = 1564 e^{-0.000086f}$.

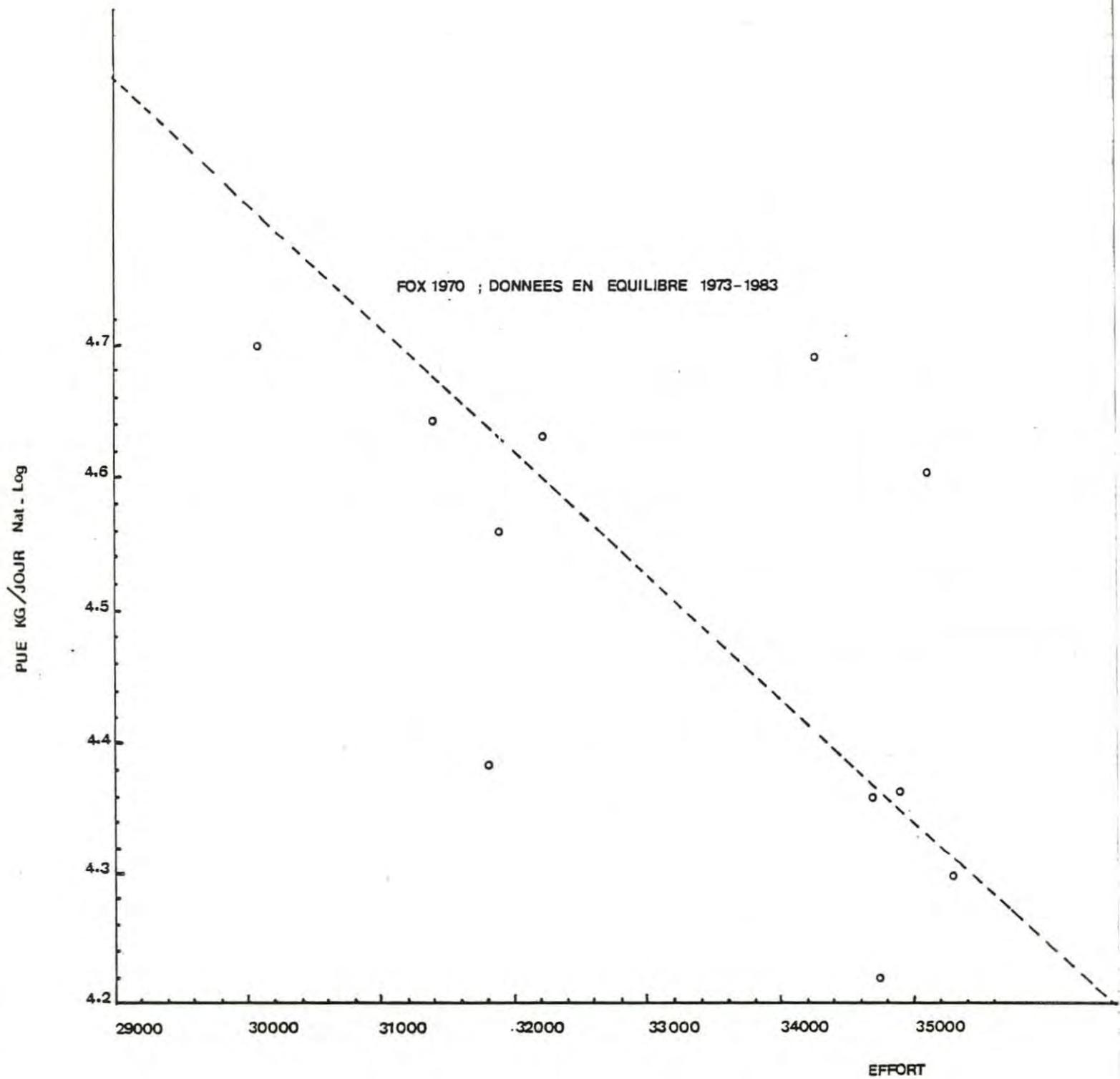


FIGURE 44 : Utilisation du modèle exponentiel de FOX(1970) pour ajuster les couples des valeurs (f_i, pue_i) pour la période 1973-1983. Les données correspondent à des états d'équilibre successifs. (Voir texte).

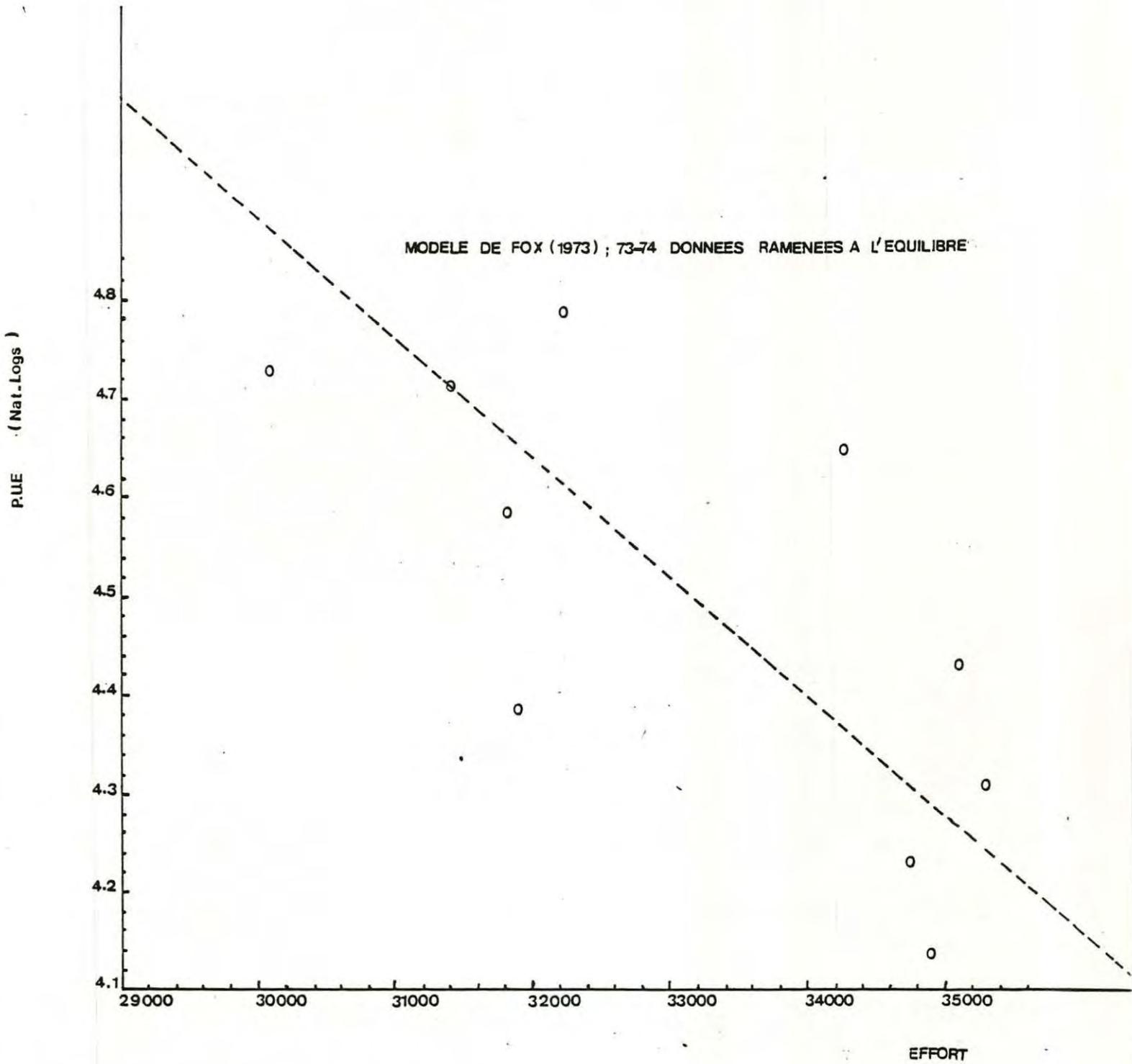


FIGURE 45 : Ajustement des données (f_i, pue_i) à l'aide de modèle de FOX(1974).
 Approche à l'équilibre. Voir texte)

4 - GENERALISATION DU MODELE GRAHAM-SCHAEFER : MODELE DE PELLA ET TOMLINSON (1969).

4. 1. Description du modèle.

PELLA et TOMLINSON ont présenté une forme plus générale pour l'équation reliant le taux de croissance naturelle $f(P)$ et la biomasse P : $f(P) = K (P_{\infty}^{m-1} - P^{m-1})$ avec $m = 2$, on retrouve le modèle de SCHAEFER, et avec $m \rightarrow 1$, on retrouve le modèle exponentiel de FOX. Les conditions d'équilibre du stock se retrouvent quand :

$$F = K (P_{\infty}^{m-1} - \bar{P}^{m-1})$$

$$P = (P_{\infty}^{m-1} - F/K)^{1/(m-1)}$$

$$Y_e = F (P_{\infty}^{m-1} - F/K)^{1/(m-1)} = K\bar{P}(P_{\infty}^{m-1} - \bar{P}^{m-1})$$

exprimés en fonction des indices U et X , ces équations deviennent

$$U = (Y_i^{m-1} - bf)^{1/(m-1)}$$

$$Y_e = f (U_{\infty}^{m-1} - bf)^{1/(m-1)}$$

$$Y_e = (1/b)U (U^m - 1 - U^{m-1})^{1/(m-1)} \text{ avec } b = q^m/K$$

La dérivation de l'équation donnant la capture en équilibre Y_e par rapport au taux de recapture F conduit à calculer successivement les valeurs optimales de f , de U et de Y max.

$$\text{Soit } F_{\text{opt}} = K(m-1/m) P_{\infty}^{m-1}, \quad P_{\text{opt}} = ((1/m)^{1/m-1} \cdot P_{\infty}$$

et $Y_{\text{max}} = K [(m-1)/m] (1/m)^{(1/m-1)} P_{\infty}^m$ et si on raisonne en U :

$$f_{\text{opt}} = (1/b) [(m-1)m] U_{\infty}^{m-1}$$

$$PUE_{\text{opt}} = U_{\text{opt}} (1/m)^{(1/m-1)} P_{\infty}$$

$$Y_{\text{max}} = 1/b \cdot [(m-1)m] (1/m)^{(1/m-1)} \cdot P_{\infty}$$

4-2 Estimation des paramètres.

PELLA et TOMLINSON proposent en période de transition une méthode d'ajustement analogue à celle de SCHAEFER mais plus rigoureuse et plus performante. En effet, grâce à l'adjonction du paramètre m , la

méthode de PELLA et TOMLINSON permet une plus grande souplesse dans l'ajustement des équations mathématiques aux séries d'observations. Elle ajustent aux tonnages observés des tonnages calculés par intégration numérique de la fonction

$[d Y (t)]/dt = qf (t) \cdot P (t)$. La biomasse $P (t)$ au temps t n'est pas directement évaluable, on lui substitue son expression en fonction de l'effort f , du stock initial $P(0)$ et du temps t :

$$P(t) = [(H/K + qf) - (H/K + qf) - P(0)^{1-m}] \cdot e^{-(K + qf)(1-m)t} / (1-m)$$

L'ajustement est obtenu en minimisant par itération la somme des carrés des différences entre captures observées et simulées, ce qui permet l'estimation simultanée des paramètres H , K , q , m et $P(0)$. Le point $[(H, K, q, m, P(0))]$ est défini donc comme meilleur estimateur s'il rend S minimum :

$$S[(H, K, q, m, P(0))] = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

n'est pas le nombre des couples de valeurs et Y_i est le tonnage observé.

PELLA et TOMLINSON indiquent que la valeur de R est maximale quand on a une meilleure estimation des paramètres. R est calculé ainsi :

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i))^2}{n}}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}$$

n est le nombre de couples des valeurs de (Y_i, f_i)

Y : tonnage moyen durant la période considérée et \hat{Y}_i : tonnage simulé durant l'année i .

Cette méthode a fait l'objet d'un programme informatique sous le nom de "GENPROD". CONAN (1977) l'a adapté en langage HPL sur la 9825A. L'estimation de ces paramètres H , K , q , m et $P(0)$ par ce programme nécessite que l'on fournisse outre les données brutes d'effort (f_i) et de tonnage (Y_i), les valeurs de départ pour les différentes valeurs de U_{max} , Y , f_{opt} , $r = P(0)/P_{max}$, N (nombre d'intervalles pour l'intégration), nombre d'itération, et les valeurs essayées de m (tab.24). L'ajustement a été réalisé pour les données de 1973 à 1983.

Nous avons obtenus des résultats suivants (Tab. 25) :

pour $m = 0.8$:

$$H = 31.45,$$

$$Y_{max} = 4012543$$

$$K = 0.89$$

$$U_{00} = 110.96$$

Paramètres utilisés dans GENPROD.	Signification des paramètres et fixation des valeurs de départ.
. N(1)	nombre d'années = 11
. r0	année initiale = 1
. C(I)	captures observées
. E(I)	efforts observés correspondants
. T(I)	intervalle de temps : toujours 1 an
. N(2)	nombre d'intervalles pour intégration = 1
. N(3)	nombre de fois où les valeurs des paramètres D seront divisées par 10 = 2
. D(1)	valeurs de départ de X(1) = 30 000
. G(1)	moyenne des efforts observées = 33 321 (Fopt)
. B(1)	borne inférieure de l'effort = 3 000
. U(1)	borne supérieure de l'effort = 300 000
. D(2)	valeur introduite au départ de q = .00 001
. G(2)	estimation préalable de $q = \frac{U \max}{P \max} = \frac{U \max}{4x (\max \text{ des } Y_i \text{ obs.})} = .0000$
. B(2)	borne inférieure de q = .000 002
. U(2)	borne supérieure de q = .02
. D(3)	valeur de départ de r = $\frac{\text{population init.}}{\text{population finale}} = .7$
. G(3)	estimation préalable de r = .8
. B(3)	borne inférieure de r = 0
. U(3)	borne supérieure de r = 1
. D(4)	valeur de départ de U = 100
. G(4)	estimation initiale de U = 110
. B(4)	borne inférieure de U = 50
. U(4)	borne supérieure de U = 200
. N(4)	nombre de valeurs de m essayés = 6
. M(I)	valeurs essayées de m (.8;1.2;1.4;1.6;1.8;2.2)

Tableau 24 : Valeurs de départ pour les différents paramètres introduits dans le programme "GENPROD".

q = 0.000002
effort opt = 111.321

U opt = 36.04
population = 18.022.400

pour m = 1.6,

H = - 7.2 . 10⁻⁶

Ymax = 30.315.525

q = 2.10⁻⁶

U₀₀ = 110,

K = -0.32

taille population = 25.128.277,

U opt : 50.26

effort opt = 60.321.

L'ajustement est très mauvais car pour les six cas essayés (cf. Tab. 24) la valeur de R n'a dépassé 0.2. La valeur de r est restée constante et égale à 1 dans les 6 cas essayés. C'est pour cette raison que nous avons voulu essayé la méthode d'ajustement proposée par FOX (1973) pour ajuster le modèle GENPROD de PELLA et TOMLINSON.

5 - MODELE DE FOX (1975) : PROGRAMME PRODFIT (Tab. 25) :

FOX (1975), pour ajuster les données de tonnages et d'effort, a utilisé la même équation de base que celle qui a été employée pour PELLA et TOMLINSON (1969) à savoir $HP_t^m - K P_t = q f_t P_t = F_t P_t$

La démarche d'ajustement est analogue à celle de GULLAND (1961) pour le modèle de SCHAEFER (1954). Pour se ramener à l'équilibre, FOX (1975) contrairement à PELLA et TOMLINSON raisonne sur les efforts et non sur les PUE. On évalue cette fois les niveaux d'effort fictifs, qui auraient engendré les tonnages observés. Le programme PRODFIT de FOX possède deux options pour transformer l'effort, soit la méthode des moyennes non pondérées des efforts et dans ces conditions f est calculé aussi :

$$f_i = \frac{1}{T} \sum_{j=1-T+1}^i f_j$$

ou soit en donnant des poids différents aux différents classes d'âge. C'est la méthode des moyennes pondérées des efforts. L'évaluation de l'effort dans ce cas se fera par le calcul de la moyenne pondérée des efforts observés durant n - 1 années antérieures (n est le nombre d'années durant lesquelles un individu

du stock est vulnérable à la pêche). Nous prenons $n = 3$.

$$f_i = \frac{(n f_i + (n - 1) f_{i-1} + \dots + f_{i-n+1})}{n + (n - 1) + \dots + 1}$$

L'ajustement se fait en minimisant par itération la somme des carrés pondérés S des différences entre C. P. U. E. observés précités.

$$S = \sum_{i=1}^{i=n} W_i (U_i - \bar{U}_i)^2 ; W_i = (\bar{U}_i)^2 ; \text{coefficient correcteur selon FOX (1975).}$$

Dans le programme FOX utilise son équation qui lie U à f avec la notation suivante $U = (a + bf)^{1/m} - 1$. L'estimation de q ne peut donc être obtenue qu'après celle de a , b et m qui se fait de même manière que dans le modèle GENPROD. Les valeurs de départ sont : soit introduites par l'opérateur du programme, soit calculées par le programme selon le choix de l'utilisateur.

Nous avons préféré utiliser l'option du programme qui calcule directement les valeurs de départ car le choix de ces valeurs par l'opérateur risque de causer des erreurs de calculs de type (Log 0, racine d'un nombre négatif)

Les calculs ont été effectués à l'aide du programme PRODFIT sur deux machines différentes : l'IRIS 80 avec la version FORTRAN et la HP 9845B avec la version BASIC. Les résultats sont identiques, mais les calculs sont 5 fois plus rapides quand ils sont effectués sur l'IRIS 80.

Pour une valeur de départ : $m = 1$ et $K = 3$ (nombre de classes d'âge significatives dans les captures), nous avons obtenu les résultats suivants :

.../...

	U _{oo}	f _{opt}	U _{opt}	Y _{max}	q	m	a	b	R
1958 /1972	107	44739	50.6	2262691	0.000021	1.74	31.8	0.0003	
1973 /1978	530	51320	147.9	3132146	0.000057	1.61	16.47	0.00006	0.3

Ici aussi, l'ajustement est mauvais, la valeur de R est faible (R = 0.3). Si l'on fait abstraction de la qualité du degré d'ajustement de nos données, le traitement des données de 1973 - 1983 montre des résultats optimistes pour la pêche.

Par ailleurs, la valeur du coefficient de capturabilité q a été calculée selon la méthode des moyennes pondérées des efforts. C'est une valeur globale pour l'ensemble des classes d'âge.

6 - DISCUSSION ET CONCLUSION.

Divers modèles ont été utilisés pour ajuster les données des tonnages aux efforts pour la pêche langoustinière du Golfe de Gascogne pour la période de 1973 à 1983. CONAN, CHARUAU et DEPOIS (1977) ont analysé le même type de données mais pour la période de 1958 à 1972. Ces auteurs ont discuté en particulier du décrochement de la courbe représentant la variation des tonnages en fonction des efforts correspondants en 1971. Le tableau montre les résultats comparatifs de l'ajustement des modèles de production pour les années 1973 à 1983. Les courbes de PUE (Fig.41 à 45) en fonction des efforts traités selon chacune de ces méthodes s'ajustent mal.

Par ailleurs, comme le montre le tableau 26 dressant les valeurs des paramètres de SCHAEFER et de FOX, les coefficients de corrélation R sont

.../...

Modèle	Technique d'ajustement	Valeur de m	PUE max. Kg/jour	PUE opt. Kg/jour	Effort opt. en jour	Prise Ymax en Kg	q	Tests d'ajustement
SCHAEFER à l'équilibre	Régression	2	368	183	45100	$8.3 \cdot 10^6$		R= -0.57 Test t=-2.07 pour b≠0
SCHAEFER Approche à l'équilibre	efforts en transition	2	451	225	36180	$8.2 \cdot 10^6$		R= -0.71 Test t=-2.05 pour b≠0
FOX à l'équilibre	régression	-1	1998	264	36400	$9.6 \cdot 10^6$		R= -0.57 t=-2.02 pour b≠0
FOX Approche à l'équilibre	effort en transition	-1	1564	117	36500	$4.3 \cdot 10^6$		R=-0.71 Test t=-2.4 pour b≠0
SCHAEFER par GULLAND	efforts fictifs ; régression	2	365	217	37500	$8.2 \cdot 10^6$		R= -0.80 t= -4.08 pour b≠0
PELLA et TOMLINSON	efforts en transition : GENPROD	1.6	110	50.3	60321	$3.1 \cdot 10^7$	$2.1 \cdot 10^{-6}$	S=1.59 R= 0.2
PELLA et TOMLINSON par FOX	efforts fictifs : PROFIT	2.1	375	192	22071	$4.3 \cdot 10^6$	$0.9 \cdot 10^{-4}$ $0.1 \cdot 10^{-3}$	SSQ=0.12 ddl=6.00

Tableau 25: Comparaison des résultats obtenus après l'ajustement des données (effort/tonnage) à l'aide de modèles de production.

Les données couvrent la période de 1973/1983. (Voir explication dans le texte)

Modèle	a	b	ddl	R	test t pour b≠0	test t pour b≠1
SCHAEFER à l'équilibre	368	- 0.0083	9	- 0.57	- 2.07	- 440.73
FOX (exponentiel) à l'équilibre.	433	0.0105	9	- 0.56	- 2.02	- 3, 25
SCHAFFER par GULLAND	365	0.0105	9	- 0.81	- 4.02	- 485.4

Tableau 26: Edition statistique des résultats obtenus pour les différentes régressions fonctionnelles utilisées pour l'ajustement des modèles de SCHAEFER et de FOX.

généralement faibles indiquant ainsi que les ajustements sont médiocres. Parallèlement, les valeurs des estimateurs R calculées par le programme GENPROD (PELLA et TOMLINSON, 1969) sont également faibles. Au cours du déroulement de ce programme et afin de trouver le meilleur ajustement possible, nous avons fait varier plusieurs fois la valeur de "m", seul responsable des allures des courbes obtenues ($m = 0.8, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.2$). Malheureusement, aucun des essais n'a été satisfaisant, car les efforts optimaux estimés sont très élevés et correspondent à des PUE optimales calculées très faibles. Toutefois, de meilleurs ajustements sont obtenus à l'aide des techniques utilisant les efforts fictifs ; c'est le cas de la méthode de GULLAND (1961) et celle de FOX (1975) pour le programme PRODFIT. Selon la méthode de GULLAND, l'effort optimal serait de 37 500 jours de mer correspondant à une production maximale de 8 200 tonnes. A l'aide de PRODFIT, nous avons obtenu un effort optimal de 22 071 jours de mer correspondant à une production maximale de 4 300 tonnes. Selon ces deux méthodes, les valeurs des PUE sont proches : 218,6 kg et 194,8 kg. Nous avons préféré raisonner sur une moyenne des deux estimations ; soit un effort optimal de 29 785 jours de mer correspondant à 6 200 tonnes. Ces valeurs comparées à celles obtenues par CONAN, CHARUAU et DEPOIS (1977) sont optimistes. On notera par ailleurs que nous avons forcé les ajustements, c'est à dire insisté au maximum sur l'adaptation des modèles à nos données. Pour ajuster les données à partir de 1958, il faut choisir une ou plusieurs tranches spatio-temporelles cohérentes. En effet, si l'on veut respecter les conditions préalables pour l'application des modèles globaux ; la période de 1972 à 1983 est celle qui répond le mieux à leurs exigences (PELLA et TOMLINSON 1969) (FOX 1975). Au cours de l'année 1970, plusieurs événements sont survenus : un changement de maillage (passage de 35 à 40 - 45 mm), une exploration d'une nouvelle zone de pêche au large de Penmarc'h et un recrutement important en 1969 - 1970 qui s'est probablement manifesté deux ans plus tard par une production importante de langoustines. Depuis cette date, les conditions d'exploitation ont peu varié, c'est ce qui laisse penser que la pêcherie est en équilibre. L'effort de pêche a peu augmenté ces dernières années (+ 11 %

pour une période de 11 ans). Plusieurs explications peuvent être données au mauvais ajustement des données durant la période 1972 - 1983 :

A) Certaines conditions ne sont pas vérifiées pour l'application des modèles globaux. En effet, la capturabilité varie selon le sexe et selon les classes d'âge (jeunes ou âgés). De plus, FOX (1974) suggère que pour utiliser un modèle global qui à l'origine était destiné à ajuster des données sur des espèces "classiques" tel que le thon....:

- . L'espérance de vie de l'animal entre 4 et 8 ans. la langoustine commence par être capturée à 3 ans et vit jusqu'à 18 ans.

- . Le nombre de classes d'âges contribuant de façon significative aux captures de 2 à 4 ans : nous en avons au moins 4.

- . Un environnement relativement stable. Cette condition est difficile à vérifier.

B) Les données utilisées pour cette étude forment le noyau de la spirale de LOTKA (fig .39). Or, pour appliquer le modèle global, type SCHAEFER par exemple, il faut que les données de tonnages en fonction de l'effort aient grossièrement l'allure d'une parabole. Ce qui n'est pas le cas ici. De 1973 à 1975, les captures augmentent en raison de l'accroissement de l'effort de pêche. Puis, malgré un effort de pêche stable, elles diminuent jusqu'en 1978. A ce moment, le stock réagit très vite et on assiste à une augmentation des captures jusqu'en 1980. L'année 1981 est l'année d'équilibre et correspond au noyau de la spirale. Sur toute la période étudiée, les variations de l'effort ont toujours été petites : 4 168 jours est l'amplitude maximale entre 1974 et 1975 (soit 13 %), alors que les captures ont baissé de 1863 tonnes entre 1976 et 1977(soit 50 %).

.../...

3 - LES MODELES ANALYTIQUES

3-1 INTRODUCTION :

Dans le chapitre précédent, nous avons utilisé les modèles de production excédentaire ou modèles globaux qui ne font intervenir que des données historiques d'effort de pêche et de production. Comme CONAN et al. (1977), nous avons constaté que ces modèles s'ajustaient mal aux données de tonnages et d'effort des langoustiniers pêchant dans le Golfe de Gascogne. Nous avons également remarqué que ces modèles ne donnent qu'un ordre de grandeur concernant les valeurs optimales de l'effort et de la production.

Les modèles analytiques sont très utilisés pour rechercher les conditions optimales d'exploitation des stocks d'animaux marins. Dans cette catégorie de modèle, le concept de rendement par recrue est particulièrement intéressant car selon DO-CHI (1978), il sert d'une part, comme outil de travail, et d'autre part, comme élément de réflexion sur la productivité des stocks exploités. En effet, raisonner par recrue, c'est à dire par individu rentrant pour la première fois dans la pêcherie, permet d'éviter la connaissance détaillée de la taille du recrutement. L'équation de base, utilisée dans tous les calculs de production par recrue est celle de la fonction dérivée exprimant le taux instantané de production d'une cohorte* :

$$\frac{dy_t}{dt} = F_t \cdot N_t \cdot \bar{W}_t$$

Y_t est la production totale de la cohorte entre le moment de son recrutement et le temps t .

F_t est le taux instantané de mortalité par pêche au temps t .

N_t et \bar{W}_t sont respectivement l'effectif et le poids moyen des survivants au temps t .

.../...

* cohorte : ensemble d'individus nés à la même période.

Si les mortalités et la croissance restent invariables durant un intervalle de temps limité par t et $t+1$, l'équation précédente s'écrit :

$$Y_{t+1} - Y_t = \int_t^{t+1} \frac{dY}{d\tau} \cdot d\tau = \int_t^{t+1} F_t \cdot N_t \cdot W_t \cdot d\tau = F_t \cdot \int_t^{t+1} N_t \cdot W_t \cdot d\tau$$

Nous avons utilisé les symboles de CLARK (1976) où τ remplace t dans la fonction à intégrer lorsque t et $t+1$ sont les limites de l'intégration de sorte que τ est simplement un symbole pour le temps ; $t \leq \tau \leq t+1$.

Dans toutes les méthodes de calcul de la production, l'effectif survivant est donné par la formule :

$$N_\tau = N_t \cdot e^{-(F+M)\tau} = N_t \cdot e^{-Z_t\tau}$$

Plusieurs équations sont utilisées pour représenter la fonction de croissance W_τ , équations qui entre autre chose, différencient les méthodes de calcul. Deux méthodes sont utilisées pour calculer la production : celle de BEVERTON et HOLT (1957) et celle de RICKER (1958). Elles diffèrent par la forme de l'équation de croissance W_τ retenue et par leurs expressions mathématiques intégrale ou numérique.

JONES (1957) s'est inspiré de la première méthode et a transformé certaines variables dans l'équation de production, pour élaborer une troisième méthode.

Le modèle de RICKER est plus souple pour les calculs de rendement. De plus, il tient compte des variations des paramètres biologiques avec l'âge notamment de la mortalité naturelle apparente et de F . Enfin, il prévoit des réponses aux modifications du régime d'exploitation caractéristiques d'un stock donné et des techniques de pêche employées.

Une version modifiée par CONAN et MORIZUR (1979) du modèle de RICKER sera utilisé dans ce qui va suivre.

3-2 ESTIMATION DES RENDEMENTS PAR RECRUE POUR DIFFERENTES COHORTES :

Nous avons utilisé dans notre travail un modèle de simulation spécialement adapté à la langoustine. Ce modèle programmé par CONAN et MORIZUR (1979), utilise les méthodes d'intégration numérique selon la technique de discrétisation de RICKER. Il décrit le destin des cohortes des langoustines au cours du temps et tient compte pour les calculs de rendements et de fécondité par recrue de la biologie de la langoustine.

Le programme principal appelle plusieurs sous-routines pour la croissance, la mortalité, la sélectivité, la survie des oeufs après l'éclosion, l'intégration numérique d'une courbe gaussienne pour la détermination des paramètres des classes de mue...

Les paramètres relatifs à la biologie de la langoustine sur chaque pêcherie (tab. 27) seront introduits dans le modèle.

Le modèle utilise une équation généralisée pour les évaluations de rendement par recrue Y/N_R qui s'écrit :

$$\frac{Y}{N_R} = \sum_{T=R}^{T=L} \int_T^{T+1} F(t) \cdot N(t) \cdot \bar{W}(t) \cdot dt$$

$F(t)$, $N(t)$, Y sont les paramètres déjà cités. $\bar{W}(t)$ est le poids moyen d'un individu au temps t . N_R est le nombre de poissons recrutés dans le programme,

N_R est fixé à 1000. Le signe \sum indique selon CONAN et MORIZUR (1979) la somme des rendements de chaque groupe d'âge qui est effectuée de l'âge de recrutement $T = R$ jusqu'à l'âge auquel les derniers poissons sont capturés $T = L$.

En fait, les mêmes auteurs considèrent que les croissances et les mortalités spécifiques de chaque groupe d'âge demeurant les mêmes d'année en année de sorte qu'une intégration sur la durée de vie d'une cohorte donnée équivaut à une intégration sur une année pour tous les groupes d'âge présents dans la population, en conséquence avec la notation :

Identification des paramètres		Valeurs des paramètres	
		MER CELTIQUE	GOLFE DE GASCOGNE
* <i>Selectivité</i>		(d'après CHARUAU, 1979)	
$P = \frac{1}{1 + e^{-aLc + b}}$	a	0.234	0.49
	b	0.490	-10.64
* % Rejets	entre 15 et 17 mm	100%	100%
		(CHARUAU et MORIZUR, 1982)	
* <i>Croissance</i>	K	0.096	0.113
$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-K(t-t_0)})$	L_{∞}	52.26	50.00
	t_0	-2.24	-2.10
* <i>Ecart-type</i> (Fig.46)	\bar{a}	-0.0039	-0.0039
$\sigma = aL + b$	b	1.71	1.71
* <i>Mue</i> : printemps	date moyenne	0.44	0.379 (CONAN, 1978)
	variance	0.032	0.0032
automne	date moyenne	0.84	0.792
	variance	0.0002	0.0003
* <i>Taille-Poids</i>	a	0.000213	0.00081
$W = aLc^b$	b	3.31	2.973
* <i>Reproduction</i>			
éclosion	date moyenne	0.25	0.28 (CONAN, 1978)
ponté	date moyenne	0.78	0.56
* <i>Fecundité</i>	a	0.196	0.016
$F = aL^b$	b	2.58	3.19
		(MORIZUR et RIVOALEN, 1982)	
* <i>Accessibilité</i>	début	0.54	0.25 (CONAN, 1978)
à la pêche	fin	0.99	0.68
* <i>Mortalité</i>	M	.3 .4 .3	.3
$N_t = N_0 e^{-(M+F)t}$	F	.4 .3 .3	.4
* <i>Recrutement</i>	R	1000 à 3 ans	1000 à 2 ans

Tableau 27 : Valeurs des différents paramètres introduites dans le modèle de simulation

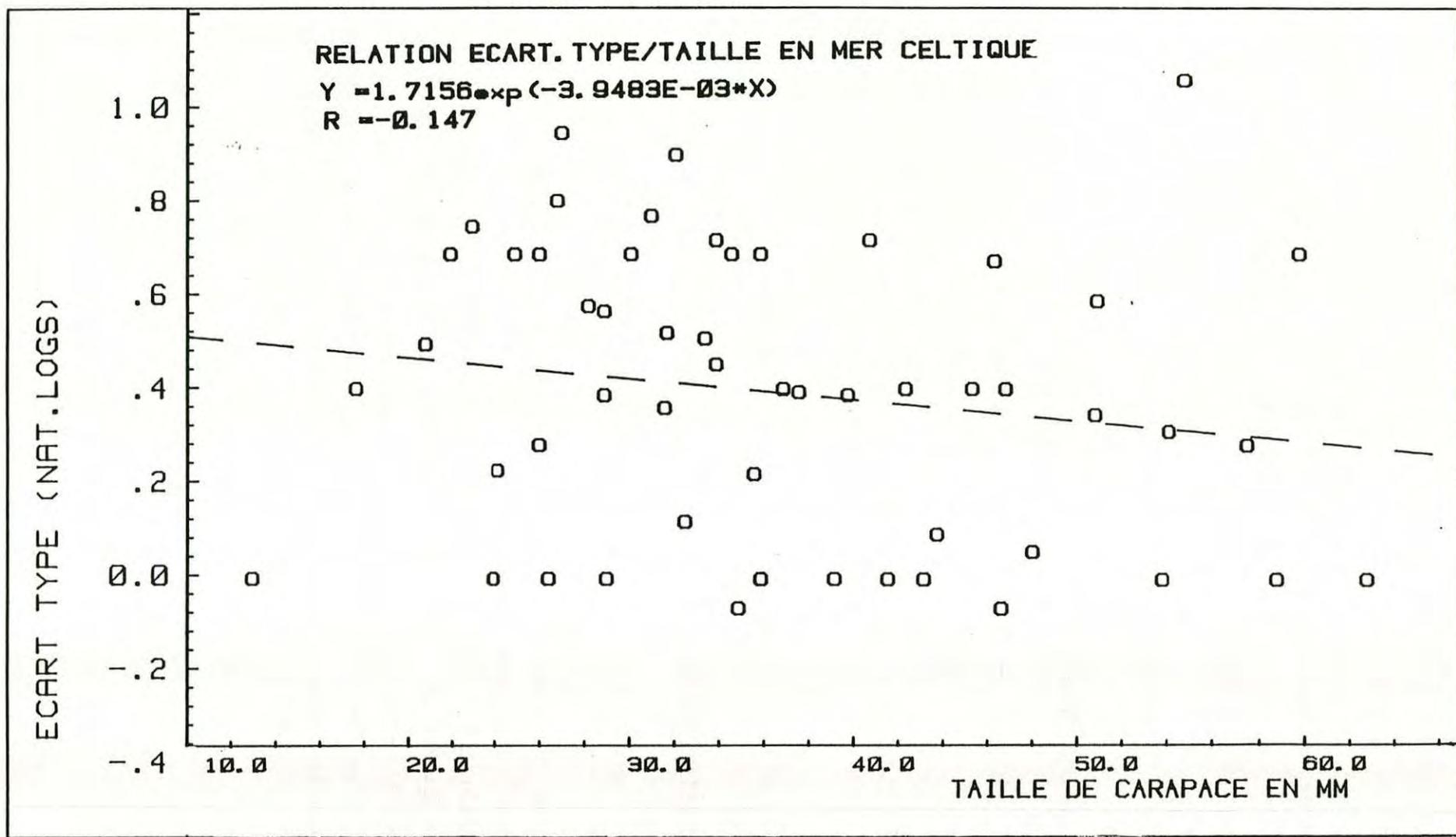


FIGURE 46 : Variation de l'écart-type en fonction de la taille céphalothoracique des langoustines de la mer celtique.

Les calculs se feront en rappelant les différentes sous-routines relatives aux fonctions constituant cette intégrale.

L'intégration numérique des fonctions de rendement et de la fécondité est réalisée par découpage de l'année en 100 intervalles de temps égaux. Cette subdivision en plages d'intervalles (discrétisation) recommandée par RICKER (1958) permet d'éliminer les effets de la variabilité des paramètres biologiques notamment de la croissance et de la mortalité durant l'année. Plusieurs simulations ont été réalisées :

* Pour la Mer Celtique

Femelles

M	=	0.3	et	F	=	0.4	(Tab. 28)
M	=	0.4	et	F	=	0.3	(Tab. 29)
M	=	0.3	et	F	=	0	(cas du stock vierge)(Tab.30)
M	=	0.3	et	F actuel x 2	=	0.7	(Tab. 31)

Mâles

M	=	0.3	et	F	=	0.4	(Tab. 32)
---	---	-----	----	---	---	-----	-----------

*Pour le Golfe de Gascogne

Femelles

M	=	0.3	et	F	=	0.4	(Tab. 33)
---	---	-----	----	---	---	-----	-----------

Ainsi, nous pouvons comparer divers schémas d'exploitation de la langoustine sur les deux pêcheries.

Notons que le calcul de la fécondité par recrue, notion introduite pour la première fois par LE GUEN (1971) a été réalisée selon la définition suivante : la fécondité théorique par recrue est le nombre d'oeufs produits par une recrue sur une année. Ceci équivaut à calculer, comme c'était le cas du rendement par recrue, la somme des fécondités par recrue des différentes classes d'âge.

.../...

3 RESULTATS (tab. 28 à 33) :

Il existe des disparités dans les résultats obtenus selon les différentes simulations. Il convient de signaler que toutes les classes d'âges ne contribuent pas de la même manière à la production d'oeufs et par conséquent de larves. En effet, la production d'oeufs est plus forte pour les petites classes d'âge (Tab. 28 à 31 & 33), constatation obtenue aussi par MORIZUR (1980) pour les langoustines du Golfe de Gascogne.

La comparaison des valeurs contenues dans les tableau 33 et 35 relatives respectivement aux conditions actuelles d'exploitation et au cas où le stock est vierge montre que 44 % des oeufs sont perdus en raison de la pêche. Ces 44 % correspondent à 1 893 larves perdues pour une recrue à la pêcherie. Par ailleurs, si on multiplie l'effort actuel par 2, la perte de larve serait de 52 % correspondant à 2 937 larves.

Il est important de souligner que la mortalité naturelle est beaucoup plus néfaste que la mortalité par pêche (Cf tableaux 28 et 29) pour le renouvellement du stock. En effet, la fécondité et le rendement par recrue ont tous les deux diminué dans le cas où F est plus faible et M plus forte. (M = 0.4 et F = 0.3) par rapport au cas inverse (M = 0.3 et F = 0.4).

Le rendement moyen pondéral global par recrue est plus élevé chez une recrue mâle (3, 4 g) que chez une recrue femelle (0. 87 g) (Voir Tableaux 28 et 32) et ce pour une même forme d'exploitation (M = 0.3 et F = 0.4).

4 DISCUSSION DES RESULTATS :

Les résultats de cette étude permettent d'apporter quelques indications sur le potentiel reproductif des femelles et sur la contribution différentielle des recrues mâles et femelles dans la biomasse du stock de la Mer Celtique. Les valeurs estimées des rendements par recrues et des fécondités par recrue peuvent varier en raison des fluctuations spatiotemporelles de l'effort de pêche.

Par ailleurs, deux remarques générales peuvent être faites :

.../...

	Tableau : 28 M= .3 F= .4				Tableau : 29 M= .4 F= .3			
AGE	A	B	C	D	A	B	C	D
3	0	16.7	415	701	0	20.8	388	654
4	0	15.7	382	491	0	18.3	340	428
5	0	14.1	341	345	0	15.2	284	280
6	.01	12.1	293	241	.01	12.2	227	183
7	.04	10.0	242	168	.02	9.4	176	119
8	.08	8.0	194	117	.04	7.1	131	77
9	0.12	6.3	152	80	.06	5.2	97	50
10	0.13	4.8	116	55	.06	3.7	69	32
11	.12	3.6	86	37	.05	2.6	49	21
12	.10	2.6	64	25	.04	1.8	34	13
13	.08	1.9	46	17	.03	1.2	23	8
14	.06	1.4	34	12	.02	.8	16	5
15	.04	1.0	24	8	.01	.6	11	3
16	.03	.7	17	5	.01	.4	7	2
17	.02	.5	12	4	.01	.3	5	1
18	.02	.4	8	2	0	.2	3	1
19	.01	.2	6	2	0	.1	2	.5
total	.0187	100%	2426		.37	100%	1861	

Participation relative des différentes classes d'âges dans la biomasse et dans la fécondité du stock des langoustines de la mer celtique, selon les cas suivants:

- Tableau 28: M = .3 F= .4

- Tableau 29: M = .4 F= .3

A : Rendement par recrue (Y/R) en grammes.

B et C : Fécondité par recrue en nombre d'oeufs ; (B en pourcentage , C en nombre , par classe d'age)

D : nombre de survivants pour 1000 recrues .

M : Mortalité naturelle

F : Mortalité par pêche.

Age			M= .3 F= .7				M=.3 F=.4	
	D	C	D	A	B	C	D	A
3	778	446	679	0	18.9	394	678	0
4	606	465	462	0	17.2	359	459	.02
5	472	460	314	0	14.9	311	309	.16
6	367	437	213	.02	12.4	258	204	.42
7	287	403	143	.06	9.9	206	132	.59
8	223	363	96	.12	7.6	159	84	.55
9	174	320	63	.16	5.7	119	54	.44
10	135	278	41	.17	4.1	86	35	.35
11	105	238	27	.14	2.9	61	22	.26
12	82	201	17	.11	2.1	43	14	.19
13	64	168	11	.08	1.4	29	9	.14
14	49	140	7	.06	1.0	20	6	.10
15	38	115	5	.04	.7	14	4	.07
16	30	95	3	.03	.5	9	2	.05
17	24	77	2	.02	.3	6	1	.03
18	18	63	1	.01	.2	4	1	.02
19	14	51	1	.01	.1	3	1	.02
		4319		1.03	100%	2082		3.4
	Tableau 30 Femelles		Tableau 31 Femelles				Tableau 32 Mâles	

Valeurs des rendements par recrue et des fécondités par recrue pour les différentes classes d'âges des langoustines de la mer celtique selon des divers schémas d'exploitation :

- Tableau 30 : stock vierge (M= .3 et F= 0)
- Tableau 31 : stock exploité (M= .3 et F= .7) . L'effort actuel a été multiplié par 2.
- Tableau 32 : stock actuellement exploité (M= .3 et F= .4)

Même légende que pour les tableaux précédents.

GOLFE DE GASCOGNE

M=0.3 F=0.4

AGE	A	C	D
3	0	276	703
4	0	277	494
5	0	260	347
6	0.03	232	243
7	0.09	198	170
8	0.16	163	118
9	0.21	128	81
10	0.19	99	55
11	0.16	76	38
12	0.13	56	25
13	0.10	41	17
14	0.07	30	12
15	0.05	22	8
16	0.04	16	5
17	0.03	11	3
18	0.02	8	2
19	0.01	5	1
	1.31	1902	

TABLEAU 33 : FEMELLES

A, C et D ont même signification que dans les tableaux 28 et 29.

A) L'étendue des distributions en âge est plus grande en Mer Celtique, et la participation des classes d'âge les plus élevées n'est pas sous-estimée, la fécondité totale par recrue est donc plus élevée.

B) Le taux de mortalité totale étant plus élevé dans le Golfe, la fécondité par recrue est plus faible.

Ceci a été vérifié en effectuant une simulation avec les paramètres de croissance de la présente étude et avec un taux d'exploitation équivalent à celui appliqué sur la pêcherie de Mer Celtique :

$$E = \frac{F}{F + M} = \frac{0.4}{0.4+0.3} = 0.57$$

La fécondité par recrue globale est plus faible dans le Golfe car les distributions sont moins étendues (Tab. 36)

Par ailleurs, les rendements par recrue sont toujours plus élevés dans le Golfe de Gascogne que dans la Mer Celtique (Tab. 28 et 33). Ceci provient probablement du fait que la croissance des langoustines du Golfe est plus rapide.

Sur l'une et l'autre pêcherie, les rendements par recrue les plus élevés sont obtenus pour la cohorte à l'âge de 9 ou 10 ans. Au delà, ils diminuent jusqu'à s'annuler vers les âges de 17 et 18 ans. 70 % du rendement global est obtenu par les classes d'âge comprises entre 7 et 13 ans. A partir de 13 ans, les langoustines ont un rôle négatif si l'on tient compte du fait qu'elles sont des prédatrices de larves et d'oeufs de langoustines.

Une dernière simulation a été effectuée en changeant le maillage tout en gardant constant l'ensemble des autres paramètres introduits dans le modèle. En effet, le passage du maillage à 70 mm implique un changement des valeurs des paramètres de la courbe de sélectivité. Les résultats de simulation obtenus pour le cas de 70 mm ne diffère pas beaucoup du cas précédent (60 mm). toutefois, il faut noter que dans la réalité, la distribution de fréquence des tailles des langoustines capturées à l'aide d'un chalut de 70 mm de maillage serait différente de celle obtenue pour un maillage de 60 mm. En conséquence, les valeurs de paramètre des courbes de la croissance et de la mortalité peuvent être différentes pour les deux cas. Or, dans notre cas, nous n'avons fait que changer les paramètres de la courbe de sélectivité.

Il est possible alors que le maintien des valeurs des rendements par recrue et de la fécondité par recrue provienne du fait que nous avons travaillé sur une distribution de fréquence de taille unique pour un maillage de 60 et de 70 mm.

.../...

CHAPITRE IX

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Deux pêcheries de langoustines ont été étudiées et comparées. La première est exploitée par des bateaux côtiers français équipés d'un chalut de 45 mm de maillage ; c'est celle du Golfe de Gascogne. La seconde est fréquentée par des bateaux hauturiers d'origines diverses, caractérisés par des chaluts dont le maillage est variable : 60 mm si l'on veut pêcher la langoustine et 80 mm si l'on veut pêcher le poisson ; c'est celle de la Mer Celtique. Nous pouvons maintenant conclure sur les conditions d'exploitation et sur les particularités biologiques de ces deux stocks de langoustines caractérisant chacune de ces deux pêcheries, ainsi que sur les particularités des résultats obtenus.

1 - EXPLOITATION DES DEUX PECHERIES ET PROTOCOLE D'ECHANTILLONNAGE

1. 1. La Mer Celtique : Les conditions difficiles d'exploitation de la pêcherie de la Mer Celtique sont compensées par un résultat brut d'exploitation plus élevé que celui obtenu par les bateaux côtiers pêchant dans le Golfe de Gascogne. Les tonnages ramenés à partir de ces deux pêcheries sont à peu près identiques durant ces dernières années, soit 5 000 tonnes par an environ. Les deux types de pêche : hauturière en Mer Celtique et côtière dans le Golfe de Gascogne ont des situations socio-économiques comparables. Si l'on raisonne globalement, dans l'état, l'économie de la pêche langoustinière en France ne pose pas de problème majeur. Ces conclusions ne sont que les résultats d'une analyse sommaire des données des apports (en tonnage et en valeur) et des coûts d'exploitation des bateaux langoustiniers pris dans leur ensemble. Une étude détaillée, pour ces deux pêcheries est souhaitable afin de définir le bateau type correspondant à chaque pêcherie. Ceci permettrait d'optimiser les rendements tout en diminuant les frais d'exploitation.

Sur le plan biologique, l'analyse nécessite l'examen des paramètres démographiques et de l'évolution des PUE de ces deux stocks. Avant d'aborder les PUE, il est important d'analyser la qualité de l'échantillonnage.

En effet, nous pouvons conclure à ce sujet que le nombre de bateaux et des individus échantillonnés paraissent être suffisants pour permettre une précision adéquate des différentes estimations. La répartition spatio-temporelle des échantillons paraît être conforme à celle de l'ensemble de la pêcherie. Toutefois, il n'a pas été possible d'échantillonner de manière strictement proportionnelle à l'effort de pêche déployé dans chacune des zones. L'effort utilisé est un effort effectif et la PUE résultante a permis de démontrer la différence de capturabilité entre les mâles et les femelles .

1. 2. Le Golfe de Gascogne:

Dans le Golfe de Gascogne, les échantillons ont été prélevés dans une zone bien définie du secteur Nord-Bretagne, les résultats obtenus pour l'étude de la croissance et de la mortalité ne doivent concerner que ce secteur. Par ailleurs, pour l'étude de la prise par unité d'effort dans l'ensemble de la pêcherie, quatre ports importants ont été pris en compte pêchant plus de la moitié du tonnage global de l'ensemble des bateaux du Golfe. Ceci nous permet de conclure que les résultats obtenus après analyse des données d'effort et de PUE dans le Golfe peuvent être considérées comme bonnes. En raison de la différence de but recherché et du manque de données en Mer Celtique, les prises par unité d'effort dans les deux pêcheries n'étaient pas exprimées de la même façon. Dans la Mer Celtique, la PUE exprimée en nombre de langoustines capturées par heure de chalutage est maximale au milieu de la journée. Il est donc préférable, pour ne pas saturer le chalut de diviser la durée du trait de midi en deux périodes de deux heures chacune. Par ailleurs, l'étude saisonnière des PUE toujours dans cette zone prouve que les mâles sont toujours plus capturables que les femelles. De plus, ils ont vraisemblablement une capturabilité maximale en automne et au printemps correspondant à leur périodes de mues. Les femelles deviennent très peu vulnérables entre Juillet et Mars, ainsi la période de non capturabilité des femelles en Mer Celtique (8 mois) est plus longue que dans le Golfe de Gascogne (7 mois selon CONAN 1978). Quant à l'effort, il varie

.../...

en fonction des conditions climatiques. Il est élevé en été, très faible en hiver et moyen durant le reste de l'année. D'un autre côté, la variation au cours des années des PUE des langoustiniers du Golfe de Gascogne exprimées en kg de langoustines capturées par jour de mer permet de conclure que des variations cycliques des PUE apparaissent tous les 5/6 ans. CHAPMAN (1984) trouve le même schéma dans les eaux écossaises et explique ces fluctuations cycliques par des variations périodiques de la température annuelle des eaux de surface, 3- à 6 ans auparavant. Dans notre cas, il n'est pas exclu que durant les années 1970 et 1971, de nouvelles pêcheries locales aient été créées et ont contribué à augmenter les prises par unité d'effort des bateaux. L'hypothèse d'une influence de la température sur la variation de la prise par unité d'effort durant cette période ne peut pas être retenue (VINCENT et Col 1973), la situation thermique depuis 1976 jusqu'à 1978 n'a pas changé sur le plateau continental du Golfe de Gascogne. En outre, la figure 11 montre que les valeurs des températures de surface des eaux du golfe de Gascogne et celles des PUE ne sont pas corrélées.

2 - PARAMETRES BIOLOGIQUES :

2. 1. La maturité sexuelle et la ponte :

En Mer Celtique, la ponte a eu lieu au début du mois d'Octobre et s'étale sur deux mois. Dans le Golfe elle est plus précoce (Juillet selon CONAN, 1978). L'éclosion a lieu en Mai en Mer Celtique c'est-à-dire avec un mois de retard par rapport au Golfe de Gascogne. La taille à maturité sexuelle n'a pas pu être déterminée pour les mâles de la Mer Celtique. Pour les femelles de la même pêcherie, elle a été estimée à l'aide du dénombrement des femelles grainées en fonction de la longueur céphalothoracique, elle est atteinte à 31 mm. MORIZUR (1980) a trouvé 23 mm de Lc comme taille de maturité des langoustines du Golfe de Gascogne.

2. 2. La relation taille poids :

Trois relations d'allométrie ont été établies : deux pour le Golfe et une pour la Mer Celtique. Dans le Golfe de Gascogne, la relation liant la taille au poids des langoustines fraîches est $W = 0,00033 L^{3.22}$. Celle qui lie la taille

.../...

au poids des mêmes langoustines mais glacées s'écrit $W = 0,00059 L^{3.11}$. Ainsi, la langoustine gagne en poids quand elle est glacée. Les langoustines de la Mer Celtique représentant une relation de cette forme $W = 0,00021 L^{3.31}$ paraissent être moins lourdes à taille égale que celle du Golfe de Gascogne. Les différentes relations comparées à l'aide d'un test d'ellipse de confiance montre des disparités dans les valeurs des pentes et des élévations selon les localités géographiques et la nature des langoustines.

2. 3. Le sex-ratio :

Dans les captures commerciales de la Mer Celtique, le sex-ratio est très déséquilibré en faveur des mâles (0.36). La pêche expérimentale en utilisant un petit maillage (15 mm) réalisée dans le Golfe de Gascogne prouve qu'en dehors de la période de la non capturabilité des femelles, c'est-à-dire au moment de la période d'incubation des oeufs, le sex-ratio est équilibré. Ceci laisse à penser que les petites femelles ne sont pas vulnérables à la pêche par les chaluts commerciaux.

2. 4. La relation longueur totale - longueur céphalothorax :

Etablies séparément pour les mâles et les femelles de Mer Celtique, les relations longueur totale en fonction de la longueur du céphalothorax s'écrivent respectivement $LT = 3,089 LC + 6,3$ et $LT = 3,347 LC - 1,54$. Soumises à un test d'ellipse de confiance, ces droites de régression montrent des différences significatives au seuil de 5 % dans les valeurs de la pente et de l'ordonnée à l'origine. Dans le Golfe de Gascogne, la relation valable pour les mâles et les femelles a été déterminée par FONTAINE et WARLUZÉL (1969) : $LT = 3,363 LC - 1,05$.

Ces relations sont très peu utilisées dans les études biologiques. Elles sont par contre très utiles pour les professionnels qui, eux préfèrent mesurer la longueur totale.

2. 5. Les périodes de mue :

Dans le Golfe de Gascogne, le rythme de mue a été discuté dans CONAN (1975). En Mer Celtique, les périodes de mues ont été difficiles à définir en raison du cumul des données de fréquences de taille pour les cinq différentes zones qui forment cette pêcherie. Il semble qu'il existe des différences entre les caractéristiques biologiques dans ces zones. Les périodes de mue des sous-populations paraissent décalées de sorte que les données cumulées montrent des mues qui paraissent se produire toute l'année dans cette pêcherie. L'analyse détaillée des données des fréquences de tailles dans les différentes catégories de mue a permis de conclure que les mâles et les femelles immatures de la Mer Celtique muent plusieurs fois (2 à 3) dans l'année et que les femelles matures muent préférentiellement en Mai. Les mâles de grande taille ne muent qu'une seule fois dans une année contrairement à ceux du Golfe de Gascogne qui muent deux fois. Il est possible que l'on ait manqué une mue chez les mâles matures du Golfe de Gascogne. Il n'est pas exclu non plus que le rythme de mue des langoustines du Golfe de Gascogne soit plus élevé que celui des langoustines vivant en Mer Celtique.

Par ailleurs, le pourcentage des individus mous diminue avec la taille. Il faut toutefois signaler que les femelles molles de petites tailles sont moins vulnérables au chalut que celles de grande taille et que les mâles de petite taille.

2. 6. La croissance :

Elle a été déterminée séparément pour les mâles et les femelles et pour les deux pêcheries. Deux techniques ont été utilisées pour l'étude de la croissance :

- la méthode de HASSELBLAD (1966)
- et le marquage.

L'analyse de fréquences de tailles a fourni de bonnes approximations pour estimer les tailles moyennes de chaque groupe de mue et de son effectif. Il nous a fallu de nombreux essais pour ajuster d'une manière satisfaisante les composantes modales aux distributions de fréquence de tailles observées, à l'aide du programme NORMSEP (ABRAMSON 1971)

.../...

basé sur le calcul du maximum de la fonction de vraisemblance. Le modèle de croissance choisi pour l'ajustement des données dans l'intervalle d'observations a été celui de VON BERTALANFFY. Nous avons utilisé ce modèle faute de disposer d'un modèle spécial aux crustacés où il faut tenir compte des complexités des phénomènes biologiques chez ce groupe : mues périodiques, diminution du rythme de mue en fonction de l'âge. Les valeurs des paramètres des courbes de croissance existent dans les chapitres réservés à ce sujet. Ces valeurs ont été jugées d'un faible intérêt en raison des variations qui existent dans les échantillons. Seules les allures des courbes de croissance qui présentent un grand intérêt pour comparer la croissance des langoustines dans les deux pêcheries. Notons que les résultats de marquage concernent seulement des individus de grande taille, c'est-à-dire des individus constituant la biomasse féconde. La croissance par cette méthode semble être sous-estimée. Il n'est pas très avantageux de procéder par marquage, opération très coûteuse avec un taux de recapture faible pour l'étude de la croissance. Si on compare la croissance de la langoustine de la Mer Celtique et dans le Golfe de Gascogne, l'accroissement à la mue semble le même pour les différentes analyses de l'étude et le rythme de mue plus lent en Mer Celtique.

2. 7. La mortalité totale :

Quatre méthodes différentes ont été utilisées pour estimer la valeur de la mortalité totale apparente de la langoustine en Mer Celtique et dans le Golfe de Gascogne pour les mâles et les femelles. Deux utilisent les effectifs des classes d'âge, ce sont les méthodes de JACKSON (1939) et la méthode de la régression exponentielle prédictrice du nombre d'individus des classes d'âge en fonction de leurs indices respectifs. Les deux autres attribuées à SSENTONGO et LARKIN (1973) et de BEVERTON et HOLT (1956) utilisent les longueurs moyennes dans les captures. Si les premières ont trouvé des résultats proches et conformes à la réalité biologiques de la pêcherie et aux résultats trouvés lors d'autres travaux, les deux dernières, par contre, conviennent peu aux études d'estimation de la mortalité totale des langoustines. Nous avons estimé Z par une moyenne des valeurs obtenues par les deux premières méthodes. Pour le Golfe Z est évalué à 0, 58 pour les mâles et à 0, 75 pour les femelles. Pour la Mer Celtique Z est estimé à 0, 6

.../...

pour les mâles et à 0,64 pour les femelles. Il existe donc des différences dans les valeurs de Z selon les méthodes utilisées. La mortalité totale apparente est plus forte chez les femelles que chez les mâles. En 1980, le taux d'exploitation sur les deux pêcheries, sexes confondus, est à peu près identique et est estimé à 0,65.

2. 8. Les évaluations :

Le type de données relatives à chaque pêcherie étant différent, les évaluations des stocks ont été menées suivant deux approches. Pour le Golfe de Gascogne, l'approche globale n'a pas donné des résultats satisfaisants. Les modèles de SCHAEFER, de FOX et de PELLA et TOMLINSON, qui à l'origine ont été élaborés pour la gestion des stocks de poisson s'ajustent mal aux données relatives à la langoustine. Les degrés d'ajustement, excepté celui obtenu par la méthode de GULLAND qui utilise les efforts fictifs calculés en tenant compte des efforts avant et après l'année observée, sont très faibles. Nous avons estimé l'effort moyen optimal de 29 785 jours de mer, ce qui correspond à une production maximale soutenue de 6 200 tonnes. Ces valeurs impliquent un optimisme pour la production indiquant que le seuil de prélèvement tonnage est encore loin à atteindre. En revanche, l'effort de pêche a dépassé le seuil puisque les bateaux passent aux alentours de 35 000 jours de mer au lieu de 30 000. Signalons que le stock exploité à partir de 1971 semble être au niveau équilibré si l'on se réfère à la spirale de LOTKA

Quant aux évaluations en Mer Celtique, elles ont été faites à l'aide des modèles de rendement par recrue. Plusieurs cas ont été discutés et de nombreuses simulations ont été réalisées dans les deux pêcheries.

- En Mer Celtique la fécondité totale par recrue est plus élevée que dans le Golfe de Gascogne.

- Les rendements par recrue des langoustines du Golfe sont plus élevés que ceux des langoustines de la Mer Celtique. Dans les deux pêcheries, les rendements les plus élevés proviennent des classes d'âge de 9 - 10 ans. Par ailleurs, chez les mâles, les rendements par recrue sont plus élevés que chez les femelles.

- La fécondité par recrue est une fonction décroissante avec l'âge des langoustines.

- Dans les conditions actuelles d'exploitation des langoustines en Mer Celtique (Z compris entre 0,6 et 0,7), la fécondité par recrue est de

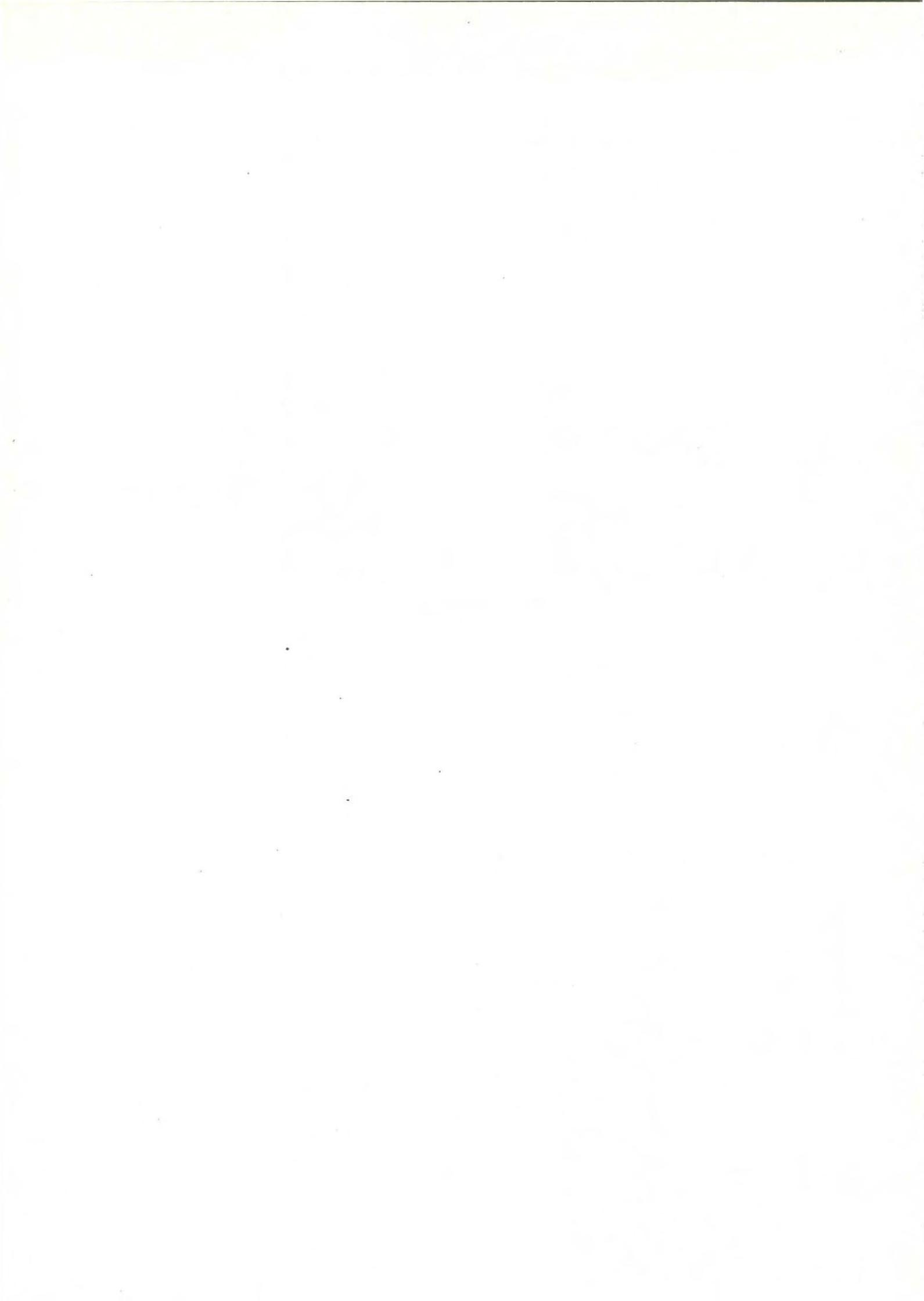
.../...

2 426 oeufs. Elle est inférieure de 44 % à celle obtenue dans le cas où le stock est vierge. Si l'on multiplie l'effort par 2, la perte serait encore plus grande (52 %).

- La mortalité naturelle agit plus fortement et négativement sur la fécondité et le rendement par recrue que la mortalité par pêche.

- Enfin, il convient de préciser que les différents résultats ne font pas apparaître d'indice de surexploitation.

BIBLIOGRAPHIE



BIBLIOGRAPHIE

- ABBES R. et WARLUZEL N. 1970 - Selectivité des chaluts en polyamide dans la pêche de la langoustine. *Rev. Trav. Inst. Pech. Mart.* , 34(1) : 5-16.
- ABRAMSON N.J. 1971 - Computer programs for fish stock assessment. *FAO Fish. Tech.* 101p.
- ABRAMSON N.J. et TOMLINSON P.K. 1961 - Fitting a Von Bertalanffy growth curve by least squares including tables of polynomials. *Calif. Dept. Fish. and Game, Fish. Bull.* , 116:1-69.
- A.G.E.A.M. 1983 - Biologie et aménagement des pecheries de la langoustine. *Doss. de l'A.G.E.A.M.* (1), 20p.
- AIKEN D.E. 1969 - Photoperiod , endocrinology and the crustacean molt cycle. *Sciences* ; 164 : 149-155.
- ARFERLEVIE S. 1968 - Results obtained by geological charting of trawling grounds in the channels of the Northern Adriatic . *Stud. Rev. Gen. Fish. Coun. Medit.* (37): 295-297.
- ANCELLIN J. 1965 - Selectivité des chaluts à langoustines *Nephrops norvegicus* in *Rapp. C.I.E.M.* (1966) p109- 210.
- AZOUZ A. 1972 - Les crustacés comestibles en Tunisie. *Bull. INSTOP.* 1972, Vol. 2 n° 3.
- BAGGE O. and MUNCH- PETERSEN S. 1979 - Some possible factors governing the catchability of Norway lobster in the Kattegat. *Rapp. P.-V. Réun. CIEM n°175:143-146.*
- BERTALANFFY L.V. 1938 - A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.* 10: 181-213.
- BEVERTON R.J.H. and HOLT S.J. 1956 - A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling. *Rapp. P.-V. Réun. C.I.E.M. n°140: 67-83*

- BEVERTON R.J.H. and HOLT S.J. 1957 - On the dynamics of dynamics of exploited fish populations .*Min.Agr.Fish.and Food (U.K) .Fish .Investig.Ser. 2,vol.19,13p.*
- BHATTACHARYA C.G. 1967 - A simple method of resolution of a distribution into gaussian components . *Biometrics,23 (1) : 115-135.*
- CASSIE R.M. 1954 - Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. *Aust.J.Mar.Freshw.Res.5(3): 513-522.*
- C.C.P.M. 1983 - Rapport sur l'industrie des pêches maritimes .*Rapp.Annuel ,38p.*
- CHAPMAN C.J. et RICE A.L. 1971 - Some direct observations on the ecology and behaviour of the Norway lobster *Nephrops norvegicus* .*Mar.Biol., 10(4): 321-329.*
- CHAPMAN C.J. 1980 - Ecology of juvenile and Nephrops .The biology and management of lobsters. *Acad.Press,Vol.2: 143-178.*
- CHAPMAN C. 1984 - Relationship between temperature and scottish Nephrops Landing .*ICES. C.M.1984/K:34 .3p.*
- CHAPMAN D.G. 1961 - Statistical problems in dynamics of exploited fisheries populations . *Proc.Berkely Symp.Math.Stat.Probab.4 ;153-168.*
- CHARUAU A. 1977 - Essai de détermination du taux d'accroissement à la mue de la langoustine dans le milieu naturel.*ICES .Shellfish and Benthos Committee.K25: 6p.*
- CHARUAU A. 1979-- Selectivité des fonds des chaluts en polyamide dans la pêche de la langoustine.*ICES .C.M. 1979 / K:30.*
- CHARUAU A. et CONAN G. 1977 - Croissance à la mue des langoustines ;méthodes d'évaluation ;dimorphisme sexuel et variabilité géographique.*ICES . C.M. 1977/ K:34 .*
- CHARUAU A. et MORIZUR Y. 1982 - Pêcherie de la mer celtique . *Rapp.Region:410p*

- CLARK W.G. 1977 .Les modeles structuraux.*Sem.dynam.pop.CNEXO.Brest 1977 p: 20-32*
- CLEMENT J.C. 1977 - Réalisation d'un modele bio-économique de la pêche de la langoustine de la cote Sud Bretagne.*CIES CM 1979 /K :23*
- CONAN G. 1975 - Periodicité des mues , croissance et cycle biologique de *Nephrops norvegicus* dans le golfe de gascogne .*C.R. Acad. Sc. Paris, sérieD, 281: 1349 - 1352.*
- CONAN G. 1978 - Life story ,growth ,production and biomass modelling of *Emerita analoga* ,*Nephrops norvegicus* and *Homarus vulgaris* (Crustacea,Decapoda) Ph. D; *Thesis , University of California , San Diego ,USA , 349 pp.*
- CONAN G. 1980 - Preliminary estimates of mortality parameters for Norway lobster in Bay of biscay and in the Celtic Sea .*ICES Shellfish Committee C.M. 1977 /K : 35*
- CONAN G. DEPOIS M.N. et CHARUAU A. 1977 - Relations entre la biomasse et la production du stock de langoustines de la région Sud-Bretagne. *ICES C.M. 1977/K :35.*
- CONAN G. et MORIZUR Y. 1979 - Long term impact of a change in mesh size from 45 -50 to 70 mm on yield in weight and fecundity per recruit for Norway lobster populations. Is there a simple solution to a complex problem : a simulation model. *ICES , C.M. 1979/K : 43*
- CONAN G. and GUNDERSEN K.R. 1976 - Growth curve of tagged lobsters *Homarus vulgaris* in Norwegian waters as inferred from relative increase in size at moulting and frequency of moult.*ICES Special Meeting on Popul. Assessm. of Shellfish Committee.Contribution n°5 ICES.*
- DAGET J. et LE GUEN J.C. 1975 - Dynamique des populations exploitées de poisson in Problèmes d'écologie : la démographie des populations de vertébrés. *Lamotte et Bourlière , 443p.,Masson ;Paris,pp.395-443.*

- DEPOIS M.N. 1977 - Mise au point d'un modèle mathématique en vue d'une gestion rationnelle du stock de langoustines de la cote Sud-Bretagne. *Mem. DAA Halieut. ENSA Rennes*. 66p
- DESTANQUE C. 1981 - Etude de la répartition géographique et saisonnière des principales espèces accessoires de la pêche de la langoustine en mer celtique: Analyse de données d'abondance par trait de chalut. *Mem. DAA Halieut. ENSA Rennes* .43p.
- DO CHI T. 1978 - Modèles cinétiques et structuraux en dynamique des populations exploitées. Application aux squilles, *Squilla mantis* (L.) (Crustacé, Stomapode) du Golfe de Lion. *Thèse Doct. d'Etat, Univ. Sci. et Tech. Languedoc*, 272p.
- DRAPPER N.R. et SMITH H. 1966 - Applied regression analysis. *John Wiley and Sons, Inc. New York, London, Sydney*, 407p.
- EIRIKSSON H. 1980 - On the breeding cycle and fecundity of the Norway lobster at South West Iceland. *ICES, C.M. 1970/K:6*.
- ESPERANDIEU D. 1980 - Etude de cohorte des langoustines *Nephrops norvegicus* dans la région de Bretagne Sud. *Mem. DAA Halieut. ENSA Rennes*. 64p.
- FARMER A.S.D. 1972 - The general biology of *Nephrops norvegicus* (L., 1758) (Decapoda: Nephropidae) of the Isle of Man. *Ph. D. Thesis, Univ. Liverpool, U.K.*, 307p.
- FARMER A.S.D. 1973 - Age and growth in *Nephrops norvegicus* (L.) (Decapoda: Nephropidae). *Mar. Biol.* 23: 315-325.
- FARMER A.S.D. 1974 - Relative growth in *Nephrops norvegicus* (L.) (Decapoda: Nephropidae). *J. Nat. Hist.* 8: 605-620.
- FARMER A.S.D. 1975 - Synopsis of biological data on the Norway lobster *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *F.A.O. Fisheries Synopsis* n° 112: 97p.

- FIGUEIREDO M.J. 1975 - Some studies on the growth of early post larvae of *Nephrops norvegicus* (L.) reared from the egg. *ICES Shellfish and Benthos Committee. C.M. 1975/K : 16.*
- FONTAINE B. et WARLUZEL N. 1969 - Biologie de la langoustine du golfe de gascogne *Nephrops norvegicus* (L.). *Rev. trav. Inst. Pech. Marit.*, 33(2) : 223-246.
- FOX W.W.Jr. 1970 - An exponential surplus yield model for optimizing exploited fish populations. *Trans. Americ. Fish. Soc.* 99:80-88.
- FOX W.W.Jr. 1973 - General life story exploited population simulator with Pandalid shrimp as an exemple. *Fish. Bull. U.S. Vol. 71(4):1019-1028.*
- FOX W.W.Jr. 1974 - An review of production modelling. *Doc. Sub. to the workshop on pop. dyn. of Tuna on Sept. 1974.*
- FOX W.W.Jr. 1975 - Fitting the generalized stock population model by least square and equilibrium approximation. *Fish. Bull. U.S. Vol. 73(1):23-26.*
- GARCIA S. 1975 - Marquage de *Penaeus duorarum notialis* en cote d'Ivoire: II et III. Migration, mortalité et croissance. *Doc. Scient. Centre Rech. Océan. Abidjan. Vol. VI, n°1, Juillet 1975: 21-66.*
- GARCIA S. 1976 - Biologie et dynamique des populations de crevettes roses *Penaeus duorarum notialis* Perez-Farfante, 1967 en cote d'Ivoire. *Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille, 237p. + 5 annexes.*
- GHENO Y. et LE GUEN J.C. 1968 - Détermination de l'âge de *Sardinella eba* (Val) dans la région de Pointe-Noire. *Cah. O. R. S. T. O. M, Ser. Océanogr.*, 1:70-82.
- GOMPERTZ B. 1825 - On the nature of the functions expressive of the law of human mortality and on a new mode of determining the value of line contingencies. *Phil. Trans.*, 115, pp. 513-585.
- GRAHAM M. 1935 - Modern theory of exploiting a fishery, and application to North Sea trawling. *J. Cons. perm. int Explor Mer*, 10(2), pp. 264-274.

- GRANDPERRIN R., HUREAU J.C., POSTEL E., LETTACONNOUX R. et TROADEC J.P. 1976 - L'aménagement de la production marine. in Océanographie biologique appliquée - L'exploitation de la vie marine. BOUGIS: et Coll. 1976 .320p Masson. 115-157.
- GROS Ph. 1980 - Revue critique de quelques techniques d'analyse de distribution de fréquence classiquement utilisées en dynamique des populations: Sem Dynam. Pop. C.O.B., Brest 1980, 28p.
- GULLAND J.A. 1969 - Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. I : Analyse des populations. *Manuels FAO de Sciences Halieutiques*, n° 4, VII +160p.
- HARDING J.P. 1949 - The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions .*J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 28(1):141-153
- HASSELBLAD V. 1966 - Estimation of parameters for a mixture of modal distributions .*Technometrics*, 8(3) : 432-444.
- HEPPER B.T. 1967 - On the growth at moulting of lobsters *Homarus vulgaris* in Cornwall and Yorkshire .*J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 47: 629-643.
- HIATT R.W. 1948 - The biology of the lined shore crab *Pachygrapsus crassipes* Randall. *Pacif. Sci.* 2(3) : 135-213.
- HILLIS J.P. 1971 - Growth studies in Nephrops. *ICES, Shellfish and Benthos Committee. C.M. 1971/K : 2. 3p.*
- HILLIS J.P. 1972 - Juvenile Nephrops caught in the Irish Sea .*Nature, London* 237:280-281.
- HILLIS J.P. 1973 - Continued growth studies on captive *NEPHROPS norvégicus*. *ICES Shellfish and Benthos Committee. Communication K27(mimeo): 5p.*
- HILLIS J.P. 1974 - Observations on the growth of *Nephrops norvégicus* .*ICES. Shellfish and Benthos Committee. C.M. 1974/K/: 8, 8p.*
- HÖGLUND H. 1942 - Havskraftan eller Kejsarhummeren .*Nephrops norvegicus* (L.) in Fiskar Fiske Nord. 1: 293-296 .

- JACKSON C.H.N. 1939 - The analysis of an animal populations. *J. Anim. Ecol.*, 8(2): 238-246.
- JENSEN A.J.C. 1965 - Continued investigation on *Nephrops* in the skagerrak, Kattegatt and the North Sea. *ICES .C.M. 1965/K:119*, 4p.
- JONES R. 1974 - Assessing the long term effects of changes in fishing effort and mesh size from length composition data. *Demersal Fish (Northern Committee C.M. 1974/F : 33*.
- KARLOVAC O. 1953 - AN ecological study of *Nephrops norvégicus*(L.) of the high Adriatic. *Izvj. Inst. Oceanogr. Ribarst.*, 5(20) : 1-51.
- KINNEAR J. et LIVINGSTONE K. 1979 - Observations on the feeding of young cod *Gadus morhua* L. on *Nephrops norvegicus* L. in the Firth of Forth. *ICES , C.M. 1979 /K: 33*.
- KITCHING J.A., EBLING F.J., GAMBLE J.C., HOARE R., MCLEOD.A.A.Q.R. et NORTON T.A. 1976 - The ecology of Lough Ine. XIX . Seasonal changes in the Western trough. *J. Anim. Ecol.* 45, 731-758.
- KURATA H. 1962 - Studies on the age and growth of crustacea. *Bull. Hokkaido, reg, Fish. Res. Lab.* , 24: 1-115.
- LAUREC A. et LE GUEN J.C. 1981 - Dynamique des populations marines exploitées. Concepts et modèles. *Rapp. Scient. et Tech. CNEOX n°45*, 118p.
- LE GUEN J.C. 1970 - Dynamique des populations de *Pseudotolithus*(*Fonticulus*) *elongatus*. *Thèse Doct. Etat . Univ. de Paris VI*. 94p.
- LE GUEN J.C. 1971 - Dynamique des populations de *Pseudotolithus*(*Fonticulus*) *elongatus* (Bowd. 1825). Poissons sciaenidae. *Cah. O.R.S.T.O.M., Ser. Océanogr.*, 9(1) : 3-84.
- LOTKA A.J. 1925 - Elements of physical biology., *Williams and Wilkins Co, Baltimore* 460p.
- MACDONALD P.D.M. et PITCHER T.J. 1979 - Age groups from size-frequency data : a versatile and efficient method of analyzing distribution mixture. *J. Fish. Res. Board Can.*, 36(8):987-1001.

- MAUCHLINE J. 1977 - Growth of shrimp ,crabs and lobsters an assessment. *J.Cons. Int.Explor.Mer* , 37 : 162- 169.
- MISSAOUI H. 1981 . Evolution de la situation économique de la peche artisanale française entre 1978 et 1980. *Mem. DAA Halieut. ENSA Rennes* 43p +2annexes.
- MORIZUR Y. 1980 - Reproduction des langoustines *Nephrops norvegicus* dans la région Sud Bretagne. *These de troisième cycle, Univ Paris 6,1980, 115p.*
- MORIZUR Y. et RIVOALEN J.J. 1982 - Fécondité de *Nephrops norvegicus* en mer Celtique:Approche quantitative et qualitative.*I.C.E.S. C.M.1982/K:9. 11p.*
- MORIZUR Y. 1982 - Estimation de la mortalité pour quelques stocks de langoustines *Nephrops norvegicus*. *I.C.E.S. C.M.1982/K:10. p1-19*
- PEARL R. 1925 - The biology of population growth. *Alfred A Knopf ed. New York* 260p.
- PELLA J.J. and TOMLINSON P.K. 1969 - A generalized stock production model. *Bull; IATTC,13,p419-496.*
- POINSARD F. et LE GUEN J.C. 1970 - Observation sur la définition de l'effort de pêche applicable à la pêche de thon de l'Atlantique Tropical Africain. *Doc. sc. centre ORSTOM Pointe Noire,5, 1-8.*
- POPE J.A. et THOMAS H.J. 1967 - Some biometric observations on *Nephrops norvegicus*.*J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 31(2);p:265-271.*
- POSTEL E. 1973 - Théorie des pêches (dynamique des populations exploitées). *Univ. de Rennes,116p.*
- POULSEN E. M. 1946 - Investigation on the Danish fishery for and the biology of the Norway lobster and the deep-sea prawn. *Rep.Dan. Biol.Stn, 48, p: 27-49.*
- PUTTER A. 1920 - Studien uber physiologische Ahnlichkeit. VI.Wachstumsahnlichkeiten.*Pfluger's Arch.,180 :298-340.*

- REVECHE C. 1979 - Gestion rationnelle des fonds à homards de la côte Ouest du Cotentin. *Rapp. sc. tech. C.L.P. Blainville/M* 41p.
- RICKER W.E. 1958 - Handbook of computation for biological statistics of fish populations. *Fish. Res. Bd. Canada Bull.* 119, 300p.
- RICKER W.E. 1973 - Linear regressions in fishery research. *J. Fish. Board Canada Bull.* 30, p:409-434.
- RICKER W.E. 1975 - Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bull. Fish Res. Bd. Canada*, p:191-382.
- RICKER W.E. 1979 - Growth rates and models. *In Fish Physiology* 8(11), p:677-743.
- SARDA F. 1980 - Contrabucion al conocimiento de la biologia de *Nephrops norvegicus* : Estudio del ciclo de intermuda. *Thesa. Doct. en Ciencias Biologicas, Univ. de Barcelona, Espagne.*
- SARDA F., MIRALLES L.M. et PALOMERA I. 1981 - Morfometria de *Nephrops norvegicus* del mar Catalan (NE de Espagna. *Inv. Pesq.* 45(2) p:279-290.
- SCHAEFER M.B. 1954 - Some aspects of the dynamics of population important to the commercial marine fisheries. *Bull. Int. Amer. Trapp. Comm.* 1(2) p:28-56.
- SCHAEFER M.B. 1957 - A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Bull. Int. Amer. Trop. Tuna Comm.* 2(6) p:247-285.
- SSENTONGO G.W. et LARKIN P.A. 1973 - Some simple methods of estimating mortality rates of exploited fish populations. *J. Fish Res. Bd. Canada*, 30; p:695-698
- TANAKA S. 1962 - A method of analyzing a polymodal frequency distribution and its application to the length distribution of the Porgy, *Taenius tumifrons* (T. and S.) *J. Fish Res. Bd. Canada*, 19(16), p:1143-1159.
- TEISSIER G. 1948 - La relation d'allométrie ; sa signification statistique et biologique. *Biometrics*, 4, p:14-53.

- THOMAS H.J. 1965 - The white-fish communities associated with *Nephrops norvegicus* and the by-catch of white fish in the Norway lobster fishery, together with notes on Norway lobster predators. *Rapp. P.-V. Reun. I.C.E.S.* 156,p:155-160.
- THOMAS H.J. 1965 - The growth of Norway lobster in aquaria. *Rapp. P.-V. Reun. I.C.E.S.* 156,p:209-216.
- THOMAS H.J. and DAVIDSON C. 1962 - The food of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus*. *Mar. Res. No. 3*,p:1-15.
- THOMAS H.J. and FIGUEIREDO M.J. 1965 - Seasonal variation in the catch composition of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* around Scotland. *J. I.C.E.S.* 30,p:75-85.
- TOMLINSON P. 1970 - Program NORMSEP - Normal distribution separator. in ABRAMSON N.J. 1971 - Computer programs for fish stock assessment. *FAO Fish. Techn. Pap.*,101
- VINCENT A. 1973 - Les variations de la situation thermique dans le golfe de Gascogne en 1969 et 1970. *Rev. Trav. Inst. Pêches maritimes*,37(1).

ANNEXE



A N N E X E

DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE DE HASSELBLAD (1966)
 DECOMPOSITION DES DISTRIBUTIONS POLYMODALES ;
 UTILISATION DE NORMSEP POUR L'AJUSTEMENT DE NOS
 DONNEES.

Ce n'est qu'à partir de 1969 que l'informatique a été utilisée pour les décompositions modales. Le premier algorithme utilisé est dû à HASSELBLAD(1969) puis à MAC DONALD (1979).

Tous ces auteurs utilisent la fonction de vraisemblance dans leurs analyses.

1- Fonction de vraisemblance

1-2 Formulation du problème

Soit $L(x) = f(\theta)$; la variable x possède une densité ϕ
 loi de la paramètre $\phi = f(x;\theta)$
 variable x

Pour les n valeurs expérimentales : $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$
 sont associées n épreuves $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$

Le problème revient donc à étudier n variables aléatoires indépendantes ayant toutes la même loi de x .

Dans ces conditions, estimer θ , le nombre réel inconnu, c'est lui attribuer une valeur numérique $\hat{\theta}$ fonction des valeurs expérimentales :

Soit $\hat{\theta} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n)$, $\hat{\theta}$ est fonction de n variables réelles.

La méthode de maximum de vraisemblance consiste à retenir pour $\hat{\theta}$ la valeur numérique du paramètre θ qui maximise la densité du résultat observé. Soit alors θ densité de x_1, x_2, x_n sont les valeurs définies déjà plus haut.

.../...

On définit la fonction de vraisemblance de la manière suivante :

$$f(x_i; \theta) = \Phi(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta)$$

La solution recherchée (estimation de $\hat{\theta}$) est la valeur pour laquelle $\hat{\theta}$ atteint son maximum, c'est donc que $\hat{\theta}$ vérifie la condition nécessaire $\frac{\partial \Phi}{\partial \theta} = 0$

1-2 Calcul de fonction de maximum de vraisemblance

Soit I_i : intervalle de classe d'égale amplitude h et supposons que $I_i = (x_i - h, x_i + h)$ et que f_i sont les fréquences absolues respectives des I_i . Chaque intervalle I_i est défini par trois paramètres $\mu_j; \sigma_j; p_j$. La probabilité p_{ij} qu'un élément de π_j soit dans l'intervalle I_i vaut :

$$p_{ij} = \Phi((x_i + h - \mu_j)/\sigma_j) - \Phi((x_i - h - \mu_j)/\sigma_j)$$

La probabilité Q_i qu'un élément de la population appartienne à ce même intervalle I_i vaut :

$$Q_i = \sum_{j=1}^K p_j \cdot p_{ij}$$

A chaque intervalle I_i est associé une probabilité théorique Q_i en fonction de trois paramètres ($\mu_1, \dots, \mu_n, \sigma_1, \dots, \sigma_n, p_1, \dots, p_k$) et un effectif observé f_i .

Q_{i2} est la probabilité qu'un individu de π soit dans I_i

Q_i est la probabilité qu'un élément de π soit dans I_i

Q_i^f est la probabilité que f individus de π soient dans I_i .

Si l'on répète plusieurs fois pour chacun des intervalles, la densité du résultat s'écrit :

$$V = \prod_{i=1}^N Q_i^{f_i}$$

$\log V = L = \sum_{i=1}^N f_i \cdot \log Q_i$; f_i : fréquence observée à la taille i .

Deux méthodes permettent de maximiser L : la méthode de gradient (HASSELBLAD, 1966) et la méthode d'extrapolation directe (MACDONALD et PITCHER, 1979). La première a été utilisée dans la présente étude, elle sera détaillée dans cet exposé.

En effet, pour maximiser L, il suffit de dériver par rapport à chacun des trois paramètres μ , σ et p la fonction L :

$$\left. \begin{aligned} \frac{dL}{d\mu_j} &= \sum_{i=1}^N \frac{f_i}{Q_i} p_j q_{ij} \frac{(x_i - \mu_j)}{\sigma_j^2} = 0 \quad \text{avec } j= 1, \dots, k \\ \frac{dL}{d\sigma_j} &= \sum_{i=1}^N \frac{f_i}{Q_i} p_j q_{ij} \frac{(x_i - \mu_j)^2}{\sigma_j^2} - \frac{1}{\sigma_j} = 0 \quad \text{avec } j= 1, \dots, k \\ \frac{dL}{dp_j} &= \sum_{i=1}^N \frac{f_i}{Q_j} (q_{ij} - q_{ik}) = 0 \quad \text{avec } j= 1, \dots, k-1 \end{aligned} \right\}$$

HASSELBLAD (1966) propose deux approches distinctes pour résoudre ce système. La première est celle qui est basée sur le procédé itératif de NEWTON. GROS (1980) a redécrit cette méthode, nous ne la détaillerons pas dans notre étude. La deuxième est celle qui utilise la plus forte pente ascendante ou dite aussi celle des approximations successives. Celle-ci a été utilisée pour traiter nos données de distributions de fréquences des tailles. Elle a été programmée en FORTRAN sous le nom de NORMSEP par HASSELBLAD (1966) et modifiée par TOMLINSON (1970) et éditée par ABRAMSON (1971). Pour des raisons pratiques ce programme a été adapté en langage HPL par CONAN (1975) et traduit en langage BASIC et complété par une sous-routine de tracé graphique sur le micro-ordinateur 9845 B par CONAN (1980).

L'adaptation BASIC de NORMSEP comporte deux parties distinctes et complémentaires. La première : "INPUTN" permet d'enregistrer les données des tailles et leurs fréquences respectives ainsi que les estimations de départ pour les différents paramètres de chaque composante de la distribution de fréquences des tailles. La deuxième partie estime les paramètres à partir des valeurs introduites dans la première partie.

2- Le programme "NORMSEP"

2-1 Entrée des données "INPUTN"

Pour chaque marée qui dure quinze jours en Mer Celtique et une journée dans le Golfe de Gascogne, un fichier est créé. Dans chaque fichier, sont stockées les mesures (poids ou taille), les renseignements nécessaires concernant chaque marée et les caractéristiques suivantes :

- Le nombre de classes de tailles dans chaque distribution des fréquences.
- La plus petite classe de taille.
- L'intervalle de classe.
- Le nombre d'individus que comporte chaque classe de taille.

Les fichiers sont établis séparément pour les mâles et les femelles et avec différenciation des zones de pêche. Outre les données citées précédemment, nous avons introduit pour chaque composante de la distribution :

- Son point de coupure (figure 47)
- Les bornes inférieures et supérieures entre lesquelles se situe μ .
- Les bornes inférieures et supérieures entre lesquelles se situe σ .

Pour repérer les différentes composantes, on pourra avoir recours aux modes existant dans l'histogramme. L'opérateur du programme doit être prudent car le nombre de composantes introduites dans l'analyse peut être subjectifs si l'on ne dispose pas des données complémentaires indépendantes de la distribution de fréquences des tailles pour estimer à priori le nombre de composantes. Dans notre cas, la distance entre deux modes successifs est égale à la valeur de l'accroissement à la mue. Cette dernière établie pour le Golfe de Gascogne, servira aussi de guide dans la décomposition des distributions de fréquences des tailles des langoustines de la Mer Celtique. Cette relation d'accroissement à la mue est très utile surtout quand il y a enchevêtrement des modes provenant du fait que parmi les petits individus, il s'en

trouve quelques uns provenant de la cohorte suivante et parmi les plus grands quelques uns provenant de la cohorte précédente.

La précision de position des points de troncature est obtenue en choisissant le point qui correspond à la valeur de x (taille) en laquelle l'influence de deux composantes π_j et π_{j+1} s'équilibrent. Ce point correspond selon HASSELBLAD (1966) et COHEN (1966) au point d'inflexion dans les estimations graphiques de HARDING (1946) ou de CASSIE (1954)...

Il est à noter que certains groupes de mue peuvent manquer dans certaines distributions. Nous en tiendrons compte dans les ajustements afin de ne pas confondre certains groupes avec d'autres.

2-2 Estimation des paramètres:"NORMSH"

A partir des données introduites dans un fichier à l'aide du premier programme, NORMSH réalise les estimations des paramètres μ , σ et p pour chaque composante après avoir calculé la valeur maximale de L par la méthode de forte pente ascendante. Il utilise pour cela des tables de HALD pour la loi normale tronquée unilatéralement.

Les valeurs des tailles seront transformées en logarithmes. L'axe des abscisses sera incrémenté de 1 à 1 mm et la valeur $x - 1$ sera égale à . 5 et celle de $h = . 5$.

La première composante est ainsi définie (π). De l'ensemble de distribution π , le programme soustrait π pour procéder de la même manière que précédemment afin de détecter les paramètres de la deuxième composante, etc... jusqu'à la dernière (figure 47).

La maximisation de L nécessite la détermination de ces $3k - 1$ valeurs recherchées précédemment. La solution (μ_j, σ_j, p_j) du système de ces $3k - 1$ équations réalise un maximum de la fonction L . Elles sont obtenues en annulant les dérivées partielles du logarithme de L par

.../...

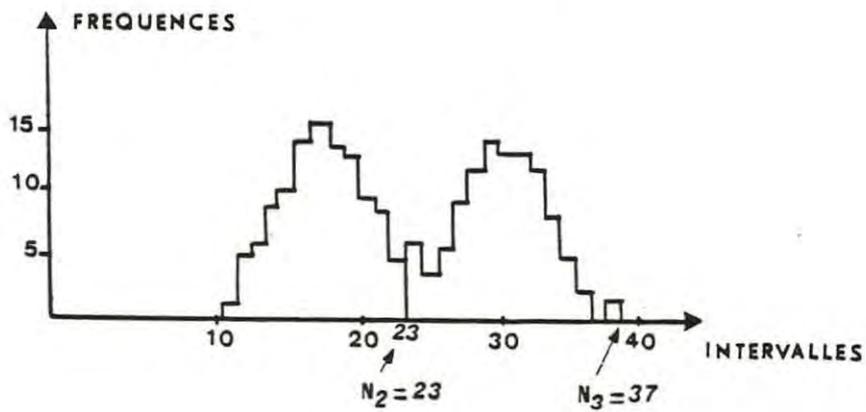
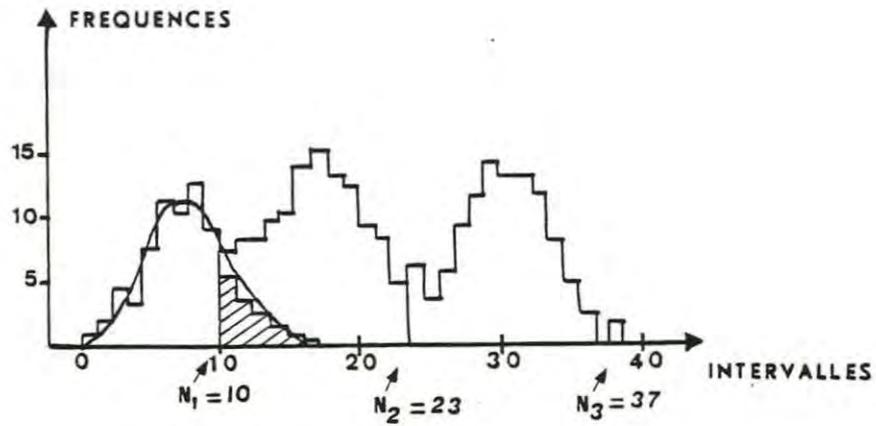


FIGURE 47 : Technique de décomposition modale de HASSELBLAD(1966):

A- Histogramme de fréquences et position de point de troncature N_1, N_2, N_3 , relatif à chacune des composantes.

B- Meme histogramme auquel on a enlevé la première composante gaussienne. (d'après DO CHI, 1978).

rapport à ces $3k - 1$ paramètres. Cette résolution se fait par itérations successives. A chaque itération, la progression se fait selon la direction du vecteur gradient.

Chaque évaluation nécessite le calcul de $N.k$ termes et demanderait donc à chaque itération $(N + 1) K$ appels de sous programme de calcul de la fonction de répartition de la loi normale.

Une valeur approchée de L peut être obtenue en remplaçant p_{ij} (probabilité qu'un élément de π_j soit dans l'intervalle I_i) par q_{ij} , sachant que $p_{ij} \approx q_{ij}$ avec

$$q_{ij} = \frac{1}{\sigma_j \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x_i - \sigma_j)^2}{2\sigma_j^2}\right)$$

Le but de l'introduction de q_{ij} dans l'expression de L facilite selon GROS (1980) le calcul de ses dérivées partielles.

Le nombre maximal prévu d'itérations dans les programmes est fixé à 125. Plus le nombre de composantes dans une distribution est grand, plus le temps nécessaire à chaque itération est élevé et plus la durée de recherche de L est longue. 125 itérations demanderaient autour de 35 mn de calcul sur la HP 9845 B et ceci pour un seul fichier. Il est préférable de fixer des limites (bornes pour les différents paramètres) telles que les estimations des paramètres au cours des itérations ne heurtent ces limites. Au cours des itérations, il arrive que la précision du calculateur limite les calculs, lorsque la valeur des estimations des paramètres varie très peu. Au niveau du calcul de la fonction de vraisemblance, il peut apparaître une erreur de type $\sqrt{0}$ ou Log d'un nombre négatif. Cette erreur peut être évitée en utilisant des valeurs approchées lorsque le seuil de précision du calculateur est atteint. Le programme d'origine ne peut pas utiliser plus de 10 composantes gaussiennes, mais il est possible de redéfinir cette limite.

Un bon ajustement peut être testé visuellement (figure 30) lorsque la distribution simulée se superpose à celle qui est observée.