



Conseil Régional  
Provence-Alpes-Côte d'Azur

**VALORISATION DES POTENTIALITES  
CONCHYLICOLES EN REGION  
PROVENCE ALPES COTE D'AZUR**

**"LA MYTILICULTURE DANS L'ANSE DE CARTEAU"**

par Alain PARACHE

Contrat IFREMER/PARIS -  
Conseil Régional Provence Alpes  
Côte d'Azur n° 88-1-210800/F



VALORISATION DES POTENTIALITES  
CONCHYLICOLES EN REGION  
PROVENCE ALPES COTE D'AZUR :

LA MYTILICULTURE DANS L'ANSE DE CARTEAU

par

Alain PARACHE\*

*Travail réalisé dans le cadre du contrat IFREMER/PARIS - Conseil  
Régional Provence Alpes Côte d'Azur n° 88-1-210800/F*

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été élaboré et réalisé grâce à l'aide ponctuelle mais efficace :

- des laboratoires CSRU de Marseille et IFREMER de Sète; je tiens à remercier en particulier le personnel du laboratoire R.A. pour sa participation lors de l'estimation-terrain des stocks en élevage,

- du laboratoire IFREMER d'Arcachon, en particulier D. MAURER et J.P. Dréno, pour leurs conseils et leur aide lors du traitement mathématique des résultats de l'étude des biomasses en élevage,

- du laboratoire IFREMER de la Tremblade, en la personne de M. FORGET qui a effectué, sous la direction de S. BAUGRIER, l'analyse des constituants biochimiques,

Enfin, cette étude n'aurait pu être faite sans l'aide financière du CONSEIL REGIONAL PROVENCE ALPES COTE D'AZUR et de l'IFREMER.

S O M M A I R E

REMERCIEMENTS ..... 2

INTRODUCTION ..... 6

PREMIERE PARTIE : GENERALITES ET METHODES

1 - HISTORIQUE ..... 6

2 - SITUATION ET SITE ..... 9

3 - METHODES D'ETUDE ..... 12

    3-1 Enquêtes-terrain ..... 12

    3-2 Le captage ..... 12

    3-3 La production pondérale ..... 12

    3-4 La croissance ..... 13

    3-5 La biomasse en élevage ..... 13

    3-6 La production commercialisable ..... 13

DEUXIEME PARTIE : RESULTATS et DISCUSSIONS

1 - LA MYTILICULTURE DANS L'ANSE DE CARTEAU ..... 15

    1-1 Quelques généralités ..... 15

    1-2 Les problèmes ..... 15

    1-3 Les pratiques culturelles ..... 16

2 - LE CAPTAGE : densité et structure de taille ..... 17

3 - LA PRODUCTION PONDERALE ..... 27

    3-1 L'indice de condition ..... 27

    3-2 La composition biochimique ..... 31

    3-3 La croissance pondérale ..... 31

4 - LA PRODUCTION COMMERCIALISABLE .....	39
TROISIEME PARTIE : ESTIMATION DES STOCKS EN ELEVAGE	
1 - INTRODUCTION .....	60
2 - METHODES D'ETUDE .....	60
2-1 Période et date d'échantillonnage .....	60
2-2 Stratégie d'échantillonnage : choix préliminaire ....	61
2-3 Technique d'échantillonnage .....	61
2-3-1 La stratification .....	62
2-3-2 L'échantillonnage à deux degrés .....	64
* définition de l'unité primaire .....	64
* l'unité secondaire .....	66
3 - REALISATION PRATIQUE .....	69
3-1 Moyens matériels .....	69
3-2 Tirage des points .....	69
3-3 Difficultés rencontrées .....	71
4 - RESULTATS .....	71
4-1 Biomasse totale en élevage .....	71
4-2 Estimation sommaire des quantités de moules non prises en compte dans l'échantillonnage .....	71
5 - CONCLUSIONS .....	75
6 - ANNEXES : Notations et formules .....	76
6-1 Système de notation .....	76
6-2 Echantillonnage-terrain .....	77
* sur chaque strate .....	77
* sur l'ensemble des strates .....	78

QUATRIEME PARTIE

CONCLUSION GENERALE .....	79
REFERENCES CITEES .....	82
ANNEXES .....	85

## INTRODUCTION

— En 1979, trois pêcheurs professionnels de Port-Saint-Louis du Rhône décidaient de tenter des expériences de captage de naissains de moules sur cordes dans l'anse de Carreau. Deux concessions, pourvues d'installations mobiles (radeaux), leurs étaient accordées par le Port Autonome. Les résultats furent concluants : 27 tonnes en 1979, 90 T en 1980 et 170 T en 1981. La tempête de novembre 1982, en détruisant la plus grande partie des installations, montrait la fragilité des radeaux, peu résistants aux mers fortes. Ils sont remplacés en 1983/84 par des structures fixes, de meilleur rapport, les tables. La capacité de production estimée la première année s'élevait à 2400 tonnes, chaque table pouvant supportée théoriquement jusqu'à 3000 capteurs (contre 350 par radeau).

Dès la première année (1985), la production des tables mytilicoles de l'anse de Carreau confirmait le potentiel trophique élevé de cet écosystème (Folack, 1986), caractérisé par un recrutement régulier et dense de moules dont la croissance est rapide et l'indice de condition élevé (Parache et Massé, 1987; Morchid, 1987). La biomasse en élevage issue des captages de fin d'hiver, période de recrutement la plus intense, peut être commercialisée avant la fin de la première année de vie des moules (Parache, 1987a), mais un produit de meilleure qualité peut être obtenu après environ 18 mois d'élevage (Massé et Grentz, 1987).

En 1985, la production était estimée à environ 2000 tonnes pour un nombre de tables en exploitation de 30. Au cours de l'automne 1986, 35 tables supplémentaires étaient construites, avec un objectif à court terme de 3000 tonnes/an, gérée par une coopérative de 30 membres, la COPAPORT. A moyen terme, la concession peut théoriquement abriter 270 tables.

Dans le but de valoriser ce nouveau bassin conchylicole en extension et éviter les risques de développement incontrôlés, une convention d'étude de l'anse de Carreau a été passée, entre le CONSEIL REGIONAL PROVENCE ALPES COTE D'AZUR et l'IFREMER. Dans un premier temps, il s'agissait d'apporter une assistance à la Profession pour assurer un développement rationnel des élevages; dans un second temps, de situer les potentialités de façon à produire les quantités adaptées aux capacités trophiques du site dans les meilleures conditions de rentabilité.

A moyen terme, cette étude devrait permettre de définir les mesures d'une gestion globale des stocks.

## PREMIERE PARTIE : GENERALITES ET METHODES

### 1 - HISTORIQUE

La plus grande partie du delta du Rhône est demeurée pendant très longtemps sauvage, isolée et abandonnée. Si la tour Saint-Louis a été construite en 1737, jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, elle ne protège que quelques pêcheurs, qui viennent faire des campagnes saisonnières

dans ce secteur, mais n'y résident pas. La ville de Port-Saint-Louis du Rhône ne commence à se peupler qu'à partir de 1881 pour connaître ensuite un essor relativement constant, fondé sur les activités maritimes et portuaires (PENNEC, 1986).

L'industrialisation du secteur de Fos s'intensifie à partir de 1966 avec le creusement de trois darses, celui d'un chenal de navigation profond (-20 m) donnant accès à deux quais (minéralier et pétrolier). Jusque vers 1980, les pêcheurs professionnels n'y sont pas très nombreux; ils arment surtout au chalutage ou au lamparo. Les gisements de moules sont exploités pour leur "graine" (naissain), principalement par les mytiliculteurs de l'étang de Thau, les moulières riches de l'étang de Berre permettant de répondre à la demande locale.

A partir de 1980, la situation évolue. Le commerce maritime n'offre plus assez d'emplois, la zone industrielle de Fos connaît une récession croissante de ses activités, la pêche aux petits métiers commencent à éprouver des difficultés, la richesse de l'étang de Berre décroît, d'où la tentation de créer des emplois dans de nouvelles entreprises locales.

En raison du potentiel conchylicole important de certains secteurs du golfe de Fos (Figure 1), en particulier l'anse de Carteau, et après des premiers essais concluants de captage de naissains de moules (1979/82), une Coopérative Aquacole regroupant 30 pêcheurs professionnels de Port-Saint-Louis du Rhône s'est constituée (la COPAPORT), avec pour but la commercialisation des coquillages à taille adulte. La concession obtenue, de 2000 m de long et 530 m de large, représente une surface d'environ 107 hectares. Elle est située sur des fonds de 4 à 8 m, au sud du chenal d'accès au port de Carteau (Figure 2). Subdivisée en 30 lots de 250 m de long et de 135 m de large, chaque lot est équipé par la Coopérative de neuf tables à moules, de 50 m de long et 15 m de large (Figure 3).

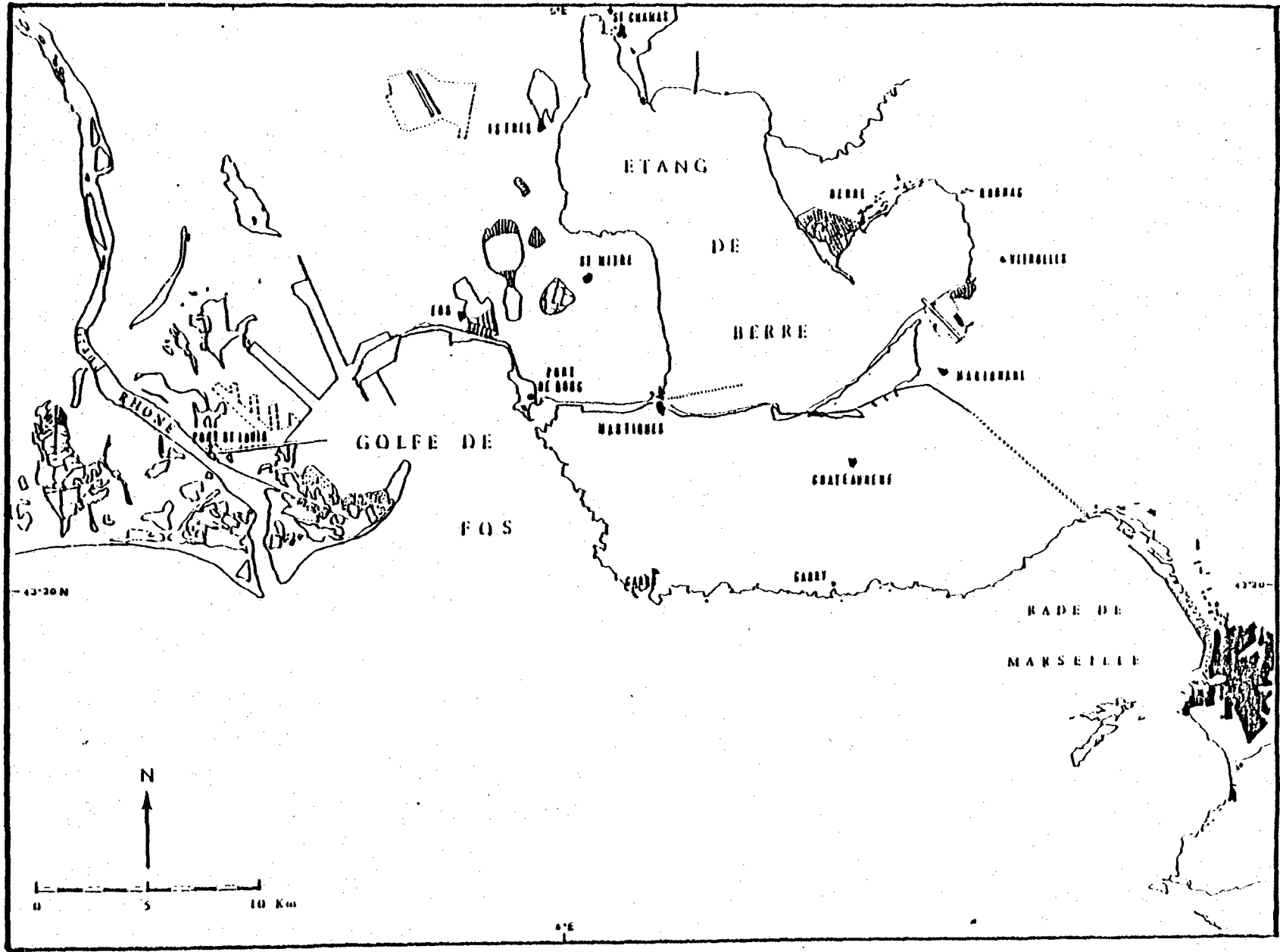
Par rapport à la technique mise en oeuvre dans l'étang de Thau, les tables ont été renforcées pour assurer leurs pérennités : plus longue et plus large, elles sont munies de 44 rails au lieu de 32, plantés à 7 m de profondeur au lieu de 5 m.

Le projet (1982) avait été décomposé en 2 phases :

- la première prévoyait le captage de naissain et son pré-grossissement jusqu'à 4 cm pour un nombre de tables limité à 30;
- la seconde prévoyait l'extension du nombre des tables de 30 à 270, pour arriver à un potentiel estimé de 27 000 tonnes par an de moules adultes (40 Kg/corde et 3000 cordes par table).

Les débouchés pour écouler la production des 30 premières tables (environ 3600 tonnes de naissains) ne posaient pas de problème, la demande des bassins voisins (étang de Thau, rade de Toulon, étangs Corses) était estimée à 4000 tonnes. Mais les moules, en grossissant rapidement sur les cordes, surchargeaient les tables et les mytiliculteurs revendiquent, dès 1985, le droit à l'élevage jusqu'à la taille marchande. Satisfaction leur est donnée dès le printemps 1986, par une autorisation temporaire de commercialisation des moules de l'anse de Carteau, assortie d'un contrôle permanent de la qualité des produits par l'IFREMER (CSRU-Marseille). La mise en





service d'une Station de Purification communale, la "Saint-Louisienne", en septembre/octobre 1988, permet la commercialisation régulière de moules offrant toutes garanties de salubrité.

## 2 - SITUATION ET SITE

Depuis l'embouchure du Rhône jusqu'au canal de Caronte (débouché de l'étang de Berre), la découpe de la côte, fermée au Sud par le They de la Gracieuse, constitue le golfe de Fos. Les rivages Nord et Ouest du golfe sont des côtes basses, formées par les apports du Rhône. La côte devient accore vers l'Est, à partir de Port-de-Bouc.

Dans la partie occidentale du golfe de Fos, l'anse de Carteau est une zone de petits fonds. Le tracé actuel de cette partie Ouest du golfe de Fos (Figure 1) résulte des nombreux remaniements provoqués par les apports du Rhône et par l'action de la mer qui transfèrent sables, vases et graviers sur des distances plus ou moins grandes (Annexe 1). L'anse de Carteau aurait pu devenir un étang si la progression du they de la Gracieuse n'était pas contrôlée (Figure 2).

D'un point de vue hydrologique, le golfe de Fos reçoit, selon le régime des vents dominants, des apports d'eaux douces ou saumâtres en provenance de l'embouchure du Rhône, quelques apports rhodaniens transitant par le canal Saint-Louis et par le canal du Rhône à Fos. Le canal de Caronte, qui véhicule les eaux de l'étang de Berre, adoucies depuis 1966 par le déversement durancien (E.D.F. Saint-Chamas), s'écoule dans le golfe de Fos. L'importance des nappes dessalées dépend de la gestion de diverses écluses et du fonctionnement saisonnier de la centrale hydroélectrique de St-Chamas.

L'anse de Carteau, largement ouverte vers le N/NE, montre une situation hydrologique extrêmement variable régie par une interférence entre courants de vent et de marée. Ces interférences sont à l'origine de gyres dont le sens de rotation s'inverse avec les régimes de vents dominants (Grentz, 1987). Les situations sans vent sont très rares dans ce secteur, les régimes dominants étant de secteur NW à NNW (31% du total des vents en 1984) et E-SE (22%, d'après Folack, 1986). Sous certaines conditions, le renouvellement de la masse d'eau serait rapide (24 heures). Mais, la circulation est erratique et la vitesse des courants, hétérogène, oscille en moyenne entre 1,5 et 13,3 cm/s (Grentz, 1987).

Ainsi, la zone des tables conchylicoles est soumise à une circulation cellulaire par régime de Mistral et de SE pouvant expliquer une des causes de la richesse trophique de ce milieu (Grentz).

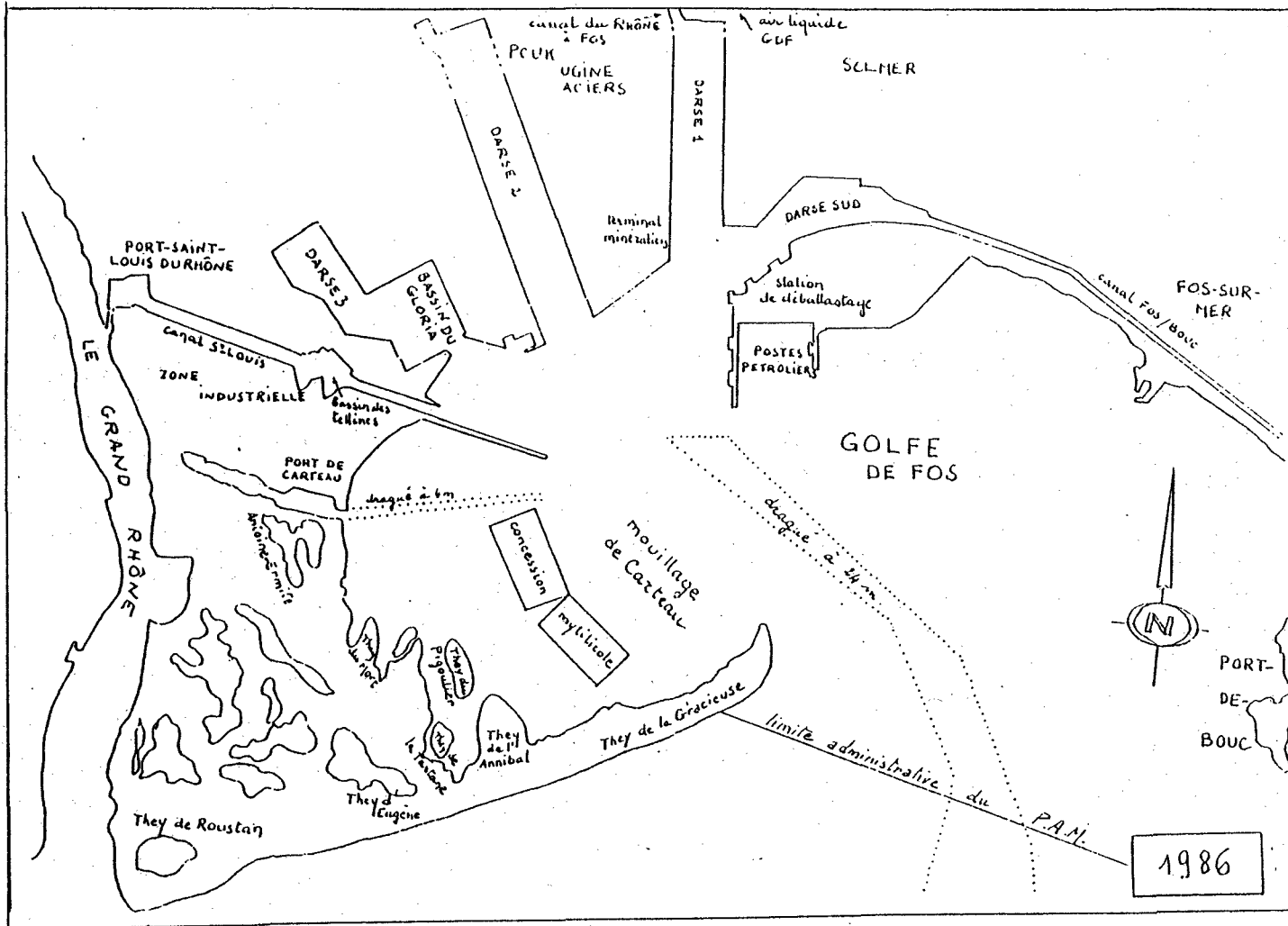


FIGURE 2.- Présentation du site de Carteau  
(d'après Pennec, 1986)

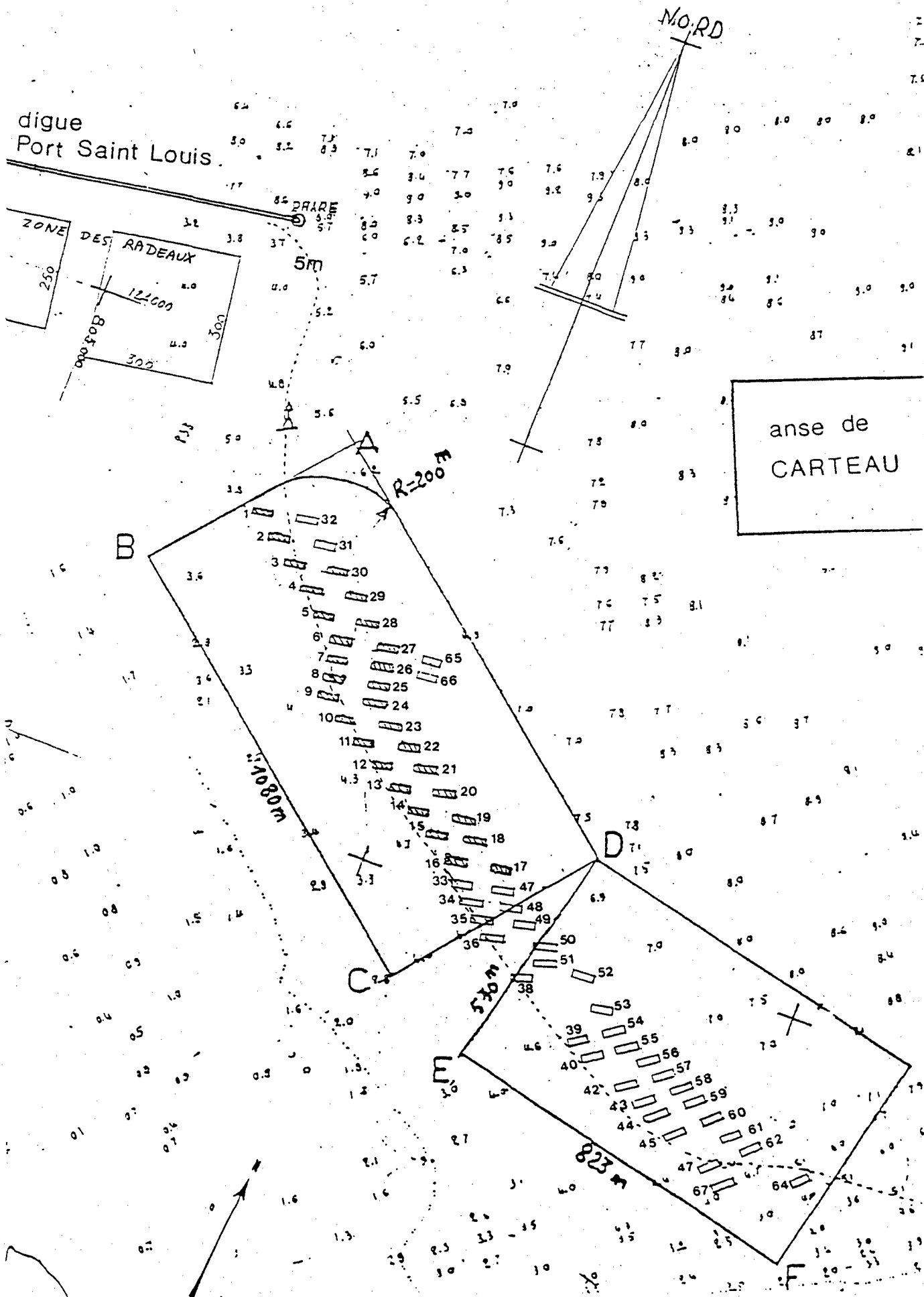


FIGURE 3.- Localisation des concessions mytilicoles (ABCD, DEFG) dans l'anse de Carreau et répartition officielle des tables d'élevage

### 3 - METHODES

#### 3-1 Enquêtes-terrain

Une série d'enquêtes ont été conduites chez les mytiliculteurs et avec leurs collaborations, en particulier au cours de leurs sorties habituelles. Un protocole-résumé de la nature des interventions est donné en Annexe 1. Le but recherché était, dans un premier temps, d'acquérir une bonne connaissance des élevages existants et des problèmes rencontrés par la Profession. Dans un second temps il s'agissait, à partir des acquis, d'établir une stratégie d'échantillonnage ayant pour objectif une rationalisation des élevages dans l'anse de Carreau.

#### 3-2 Le captage

La fixation du naissain a été étudiée dans 6 tables d'élevage réparties sur toute la surface de la concession mytilicole. Le positionnement de ces tables a été décidé à la suite d'un premier travail effectué par le laboratoire IFREMER de Marseille, pendant la période d'avril 1987 à septembre 1988 (tables n° 1, 14 et 64). Des tables ont été rajoutées, à la suite des premiers résultats des enquêtes-terrain : table n° 65, considérée comme une très bonne table en raison de sa situation, ouverte vers la mer (en zone plus profonde, 7 m) et à l'abri des vents dominants; la table n°52, soumise à l'action directe des vents dominants, le captage y serait très important, la production médiocre; la table 44, au sud-ouest de la concession, est en mode relativement calme, protégée de l'action des vents dominants par un alignement de tables.

Des cordes en fibre synthétique, comparables à celles utilisées par des mytiliculteurs, ont été suspendues à 3 des 4 extrémités de chacune des tables retenues (cordes d'environ 3 m, munies d'un corps mort). Une corde est relevée (et remplacée) après environ 15 jours, puis 3 semaines et parfois 5 semaines.

Une estimation de la densité et de la composition en taille sont effectuées, par analyse d'un segment de corde, de 5 à 15 cm. La longueur (axe antéro-postérieur) est mesurée, au micromètre oculaire pour les individus d'une taille inférieure à 4 mm, au pied à coulisse à 0,1 mm près pour les autres. Les histogrammes de distribution de fréquences sont construits avec un intervalle de classe de 2 mm, selon une méthode déjà utilisée (Parache, 1985; Parache et Massé, 1987).

#### 3-3 La production pondérale

L'évolution de la production pondérale d'individus de taille commerciale est étudiée dans chacune des 6 tables, tous les 15 jours environ. Pour ce faire, un pool de 25 individus, compris entre 60 à 70 mm de longueur antéro-postérieure, est prélevé par station, et les mesures suivantes effectuées : masse de chair et de coquille sèches, indice de condition de Metcoff et Needler (poids chair sèche/volume intervalvaire x 1000), composition biochimique

élémentaire.

Les protéines sont dosées par la méthode de Lowry et al. (1951), les glucides totaux et le glycogène par la méthode de Dubois et al. (1956) et les lipides extraits et purifiés par la méthode de Bligh et Dyer (1951) sont dosés par la méthode de Marsh et Weinstein (1966).

### 3-4 La croissance

Les tables 66 et 64 représentent deux secteurs de production différente (respectivement 3 récoltes par an, 1 à 2 récoltes maximum dans les tables "du bas", selon enquêtes) et de leur situation (respectivement par 7 m de fond et relativement abritée des coups de mer, par 5 m de profondeur et en zone très agitée). La table 67 représente un secteur qui semble soumis à l'effet combiné d'un courant de surface par Mistral (dominant et fréquent) et d'un ressac de compensation en profondeur (de direction SE), à l'origine de mortalité naturelle indirecte, très importante (d'après enquêtes); la table 56 en position intermédiaire.

La table 6 a également été retenue, pour comparaison avec l'étude faite en 1984/85, dans le but d'estimer l'influence de la montée en charge sur la production d'une table : 64 tables exploitées en 1988/89, 30 en 1984/85.

La table 36 se situe en position intermédiaire, dans un site probable de réimplantation, ou d'implantation nouvelle, de tables mytilicoles.

Sur le plan pratique, 8 cordes sont immergées par table et la montée en charge est suivie régulièrement, sans dédoublement (il s'agit de comparer des secteurs), à partir du captage de fin d'hiver. L'échantillonnage, mensuel à trimestriel, a été fait par analyse d'une corde par table (E.A.S. sans remise, d'une corde sur les huit).

La corde sélectionnée, dans chaque table, est pesée entière, puis dégrappée. Sur un échantillon représentatif sont étudiés : la distribution des tailles (calibreuse professionnelle), l'indice de condition par catégorie de moules identifiées.

La position des cordes dans chaque table, à l'origine (janvier 1989) n'a pas fait l'objet d'un tirage aléatoire simple après numérotation des différentes positions dans une table car l'accès à l'intérieur des tables était impossible avec le bateau disponible. Dans chaque table échantillonnée, les cordes ont donc été disposées sur les barres extérieures (embouts).

### 3-5 La biomasse en élevage

La méthodologie a été précisée dans le chapitre "RESULTATS" car elle a été choisie à partir des premières observations (enquêtes).

### 3-6 La production commercialisable

Chaque mytiliculteur possède en moyenne 2 tables d'élevage

situées dans des secteurs différents, appartenant ou non à un même secteur des surfaces concessionnées (tirage au sort, effectué par le Groupement des mytiliculteurs). Les tables sont gérées en fonction du temps que l'éleveur consacre à cette activité par rapport à d'autres, annexes ou principales, et en fonction des demandes (vente).

De ce fait, à un échantillonnage au hasard de n table(s) par secteur (tirage aléatoire simple) a été préféré un échantillonnage dans la "population" de professionnels. En effet, un tirage aléatoire simple de tables par secteur expose l'expérimentateur à une sous-estimation des phénomènes : d'une part, il n'est pas aisé de définir une limite à chaque secteur s'il existe; d'autre part, une table peut n'être utilisée que pour gérer une autre table. En choisissant un certain nombre de professionnels (une dizaine), disposés à un travail de collaboration (prêt de "cordes" d'élevage), l'échantillonnage, bien que proche du type "à choix raisonnés", pourra être assimilé au type aléatoire : le choix est fondé sur un caractère subjectif et ne devrait pas biaiser la variable mesurée (poids d'une corde par catégorie de taille de moules : graine ou "Petites", demi-moule ou "Moyennes", moules marchandes ou "Grosses". On peut évidemment penser que les professionnels les plus sérieux seront en fait ceux échantillonnés, ce qui introduit un biais. Mais, l'échantillonnage dans la "population" de mytiliculteurs a été effectué sans connaître la position de leur(s) table(s) dans les concessions ABCD et DEFG.

Prévu sur un cycle complet d'élevage, cet échantillonnage devrait permettre d'optimiser le rendement d'une table.

Un premier marquage de "cordes" d'élevage a été fait en janvier/février 89 (2 à 4 cordes/catégorie, telle que définie par l'exploitant, et par table); leur origine est notée (sur les dires de l'éleveur). Mensuellement est mesuré le poids total de chaque "corde" marquée. Tous les 2 mois, une corde/catégorie et par table est analysée, avec l'accord du professionnel concerné, et un échantillon représentatif est calibré au moyen d'une dégrappeuse/laveuse/calibreuse, chez un professionnel. Les proportions de graine ("Petites"), demi-moule ("Moyennes") et commerciales ("Grosses) sont calculées; une évaluation de la qualité des moules de taille commerciale est faite.

En fonction de l'activité professionnelle saisonnière, si la catégorie marquée est dédoublée, ou calibrée, puis remise en élevage, de nouvelles marques sont apportées, et ainsi de suite...

Les tables ainsi échantillonnées et les catégories "marquées" sont : table 1 (P,M); 32 (P,M); 3 (P,M); 5 (P,M,G); 7 (P,M); 8 (P,M); 65 (P,M,G); 66 (P,M); 10 (P = M, C); 12 (P,M); 14 (P); 16 (P,M); 17 (P,M); 36 (P); 53 (M); 55 (P,M); 57 (M); 43 (P,M); 47 (P); 61 (P,M,-G); 67 (P,M); soit au total 21 tables mytilicoles réparties sur toute la surface concessionnée et environ 80 "cordes" (situées en bordure de table en raison de l'impossibilité d'accès à l'intérieur des tables, avec le bateau utilisé).

## DEUXIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Remarque : par commodité, on appellera cordes tous types de filières en suspension dans une table, avec ou sans moules.

### 1 - LA MYTILICULTURE DANS L'ANSE DE CARTEAU

#### 1-1 Quelques généralités

La mytiliculture dans l'anse de Carreau comprend une population d'environ 30-35 parqueurs possédant entre 0,5 et 2,5 tables pour un total de 64 tables, en 1988/89.

"Centre de captage", activité dominante durant les premières années (1982 à 1987), l'anse de Carreau est devenue rapidement un véritable "centre de production". Sa pérennité est confortée, depuis l'automne 1988, par la mise en service, de deux stations de purification des coquillages (l'une communale, la "Saint-Louisienne", l'autre privée). Si certains professionnels, peu nombreux, continuent à vendre du naissain (étangs corses, baie des Tamaris, Thau), il s'agit le plus souvent de moules prégrossies (3-4 cm). La plupart ont opté pour la moule marchande, commercialisée pour une taille en moyenne de 6-7 cm, en raison des capacités de production de cette zone : du naissain capté au printemps pouvait être totalement commercialisé dès le premier hiver, en 1984/85 (Parache et Massé, 1987). On notera, également, une petite production de moules dites "à farcir" (de taille supérieure à 8 cm, certains individus mesurant plus de 11 cm), commercialisée localement (restauration).

#### 1-2 Les problèmes

Les enquêtes mettent en évidence l'existence a priori de plusieurs secteurs différenciés par leur capacité de production :

\* les tables situées dans la concession ABCD (la plupart ont été implantées en 1984/85, première tranche) seraient plus productives que celles de la concession DEFG (2ème tranche implantée à partir de 1986). De plus, la production serait la plus importante pour les tables soumises à l'influence de la "mer ouverte". Les professionnels parlent de tables "du haut" et "du bas" :

\* dans les "tables du bas", l'effet des vents dominants, de secteurs Nord à Ouest, se traduit par un emmêlement des cordes et/ou la rupture de certaines (Annexe 5). Du "côté terre", ces vents dominants induisent la formation d'un "ressac" (courant de compensation, de direction opposée aux vagues, en profondeur) liée à une remontée rapide du fond au Sud de l'anse, à l'origine des problèmes soulignés. Un envasement des "cordes" et la présence de nombreuses compétiteurs (balanes, serpulidés, ascidies, etc...) sont observés dans cette zone (tables 64, 67, 47, 45, ... ?); aux dires



des professionnels concernés, ces compétiteurs limiteraient la croissance des moules à partir d'une certaine taille (? 50 mm). Notons que le captage y serait par contre important. Cet envasement serait également dû à une remise en suspension de vases fluides très fines dont l'origine peut être expliquée par les dragages systématiques des couloirs inter-tables, pour la récolte des huîtres plates, et autres "coquillages", effectués au "gangui".

\* dans les "tables du haut", des différences sensibles de production, de l'ordre de 30%, existeraient entre les tables situées "côté mer" et celles situées "côté terre" ; mais, la production serait très satisfaisante, avec en général 2 récoltes par an, voire certaines années favorables jusqu'à 3, contre seulement une récolte par an dans les tables "du bas".

### 1-3 Les pratiques culturelles

Les activités mytilicoles dans l'anse de Carteau peuvent être résumé dans le schéma suivant :

captage - printemps → 1er tri en août → vente notable Noël

captage fin printemps → 1er tri en automne → 2nd tri en mars

↓  
captage - été/automne → tri début/printemps → vente en été

Les récoltes : la première permet de couvrir la demande des fêtes de fin d'année, la seconde couvre les ventes estivales, les plus importantes; lorsque les conditions printanières sont très favorables, une 3ième récolte permet une vente dès la fin du printemps, de moules à croissance rapide, mais avec une faible tenue sur les étals (coquille fragile).

En ce qui concerne la pose des capteurs, malgré un recrutement très important depuis la fin de l'hiver et jusqu'à la fin du printemps (Parache, 1987a), le nombre de collecteurs suspendus en hiver serait peu important et ne servirait qu'à compléter des tables déjà surchargées de "chaussettes" de moules en élevage ("Petites", "Moyennes",...). Comme le soulignent les "parqueurs", le captage est tel qu'il constitue en fait une gêne car les moules en élevage sont régulièrement recouvertes par du naissain dont ils ne savent plus que faire. Le rapport gain/coût ne serait pas intéressant à cause du trop faible nombre de tables exploité par chaque éleveur. Ceci justifie la nécessité d'obtenir un nombre minimum de 3 tables par exploitant, et jusqu'à 5, afin de gérer au mieux ces fixations importantes de larves.

Dans cette situation, la plupart des éleveurs préfèrent remettre en élevage, après calibrage, les naissains appelés "pizouline", fixés en été, et issus des dernières fixations de larves de fin de printemps, plutôt que de poser des collecteurs vierges, tout au long de l'année. Selon eux, ce naissain est plus robuste; il est

vrai que la vitesse de croissance estivale étant plus lente que celle du printemps (Parache et Massé, 1987), les coquilles sont plus robustes. Toutefois, les mytiliculteurs, qui commercialisent également le naissain, suspendent des collecteurs principalement au cours des mois de novembre/décembre; une estimation, effectuée dans 8 tables, le 30/11/88, donne ainsi un taux d'occupation des capteurs dans la table compris entre 30 et 90 % (59,4 % en moyenne).

## 2 - LE CAPTAGE : densité et structure de taille

En raison de son intérêt commercial, le cycle biologique de Mytilus galloprovincialis a fait l'objet de nombreuses études dont une revue est donnée par Parache (1985). Le cycle de reproduction conditionne directement le calendrier des recrutements de jeunes moules; sa connaissance est indispensable au maintien des stocks en élevage, car en France la mytiliculture repose uniquement sur la collecte du naissain naturel.

Sur le littoral du golfe de Fos, le cycle de reproduction de M. galloprovincialis a été étudié en détail dans des populations naturelles en fonction de conditions de milieu (Parache, 1988b); dans l'anse de Carreau, le cycle sexuel des moules a été précisé par Morchid et Massé (1987), sur les tables mytilicoles, et le recrutement analysé par Parache (1987a), dès le démarrage de l'activité mytilicole dans ce secteur.

En 1989, les fixations de naissains sur les cordes de captage s'observent dès le mois de février et atteignent leur maximum pendant les mois d'avril et mai (Fig. 4). Pendant cette période, l'intensité de fixation est comprise entre 5000 et plus de 10 000 naissains par mètre de corde, avec un captage plus important dans les premiers 50 cm, formant un "galbe" caractéristique.

Il n'apparaît pas véritablement de pics correspondant aux différentes cohortes de moules présentes dans la population. Ceci est dû à une importante variabilité de la croissance à l'intérieur des classes d'âge. Il faut rappeler, également, la capacité trophique élevée du site (Folack, 1986 et 1987; Parache et Massé, 1987; Greutz, 1989), favorables à une restauration rapide des gonades, et des émissions successives sont probables.

Des différences peuvent être observées en fonction de la situation des tables considérées (Fig. 5) :

- dans les tables n°44 et 65, le taux de fixation est également intense dans le bas des cordes;
- les densités sont les plus élevées dans la table 65, ouverte vers la mer, mais à l'abri des vents dominants, les plus faibles dans la table 1, la plus proche du port de Carreau, très à l'abri;
- le pic de densité se déplacent dans le temps et dans l'espace : en février à la table 65 (14 460 naissains/m), en mars à la table 64 (7550), en avril pour la table 14 (10 400), en mai dans les tables 44 et 1 (9767 et 6583).

Sur les collecteurs, les classes de taille centrées les mieux

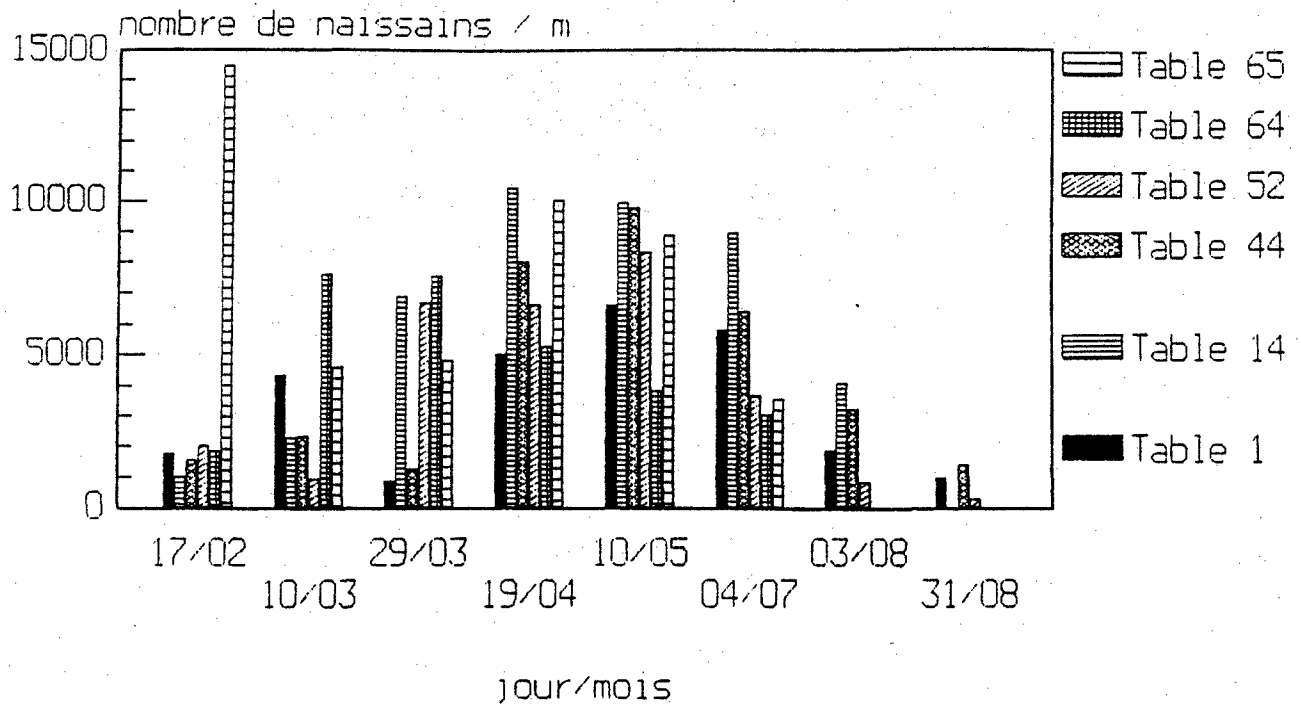


Figure 4.- Intensité du captage de moules, en 1989, dans l'anse de Carteau, en fonction de la position des tables d'élevage, exprimée en nombre de naissains par mètre.

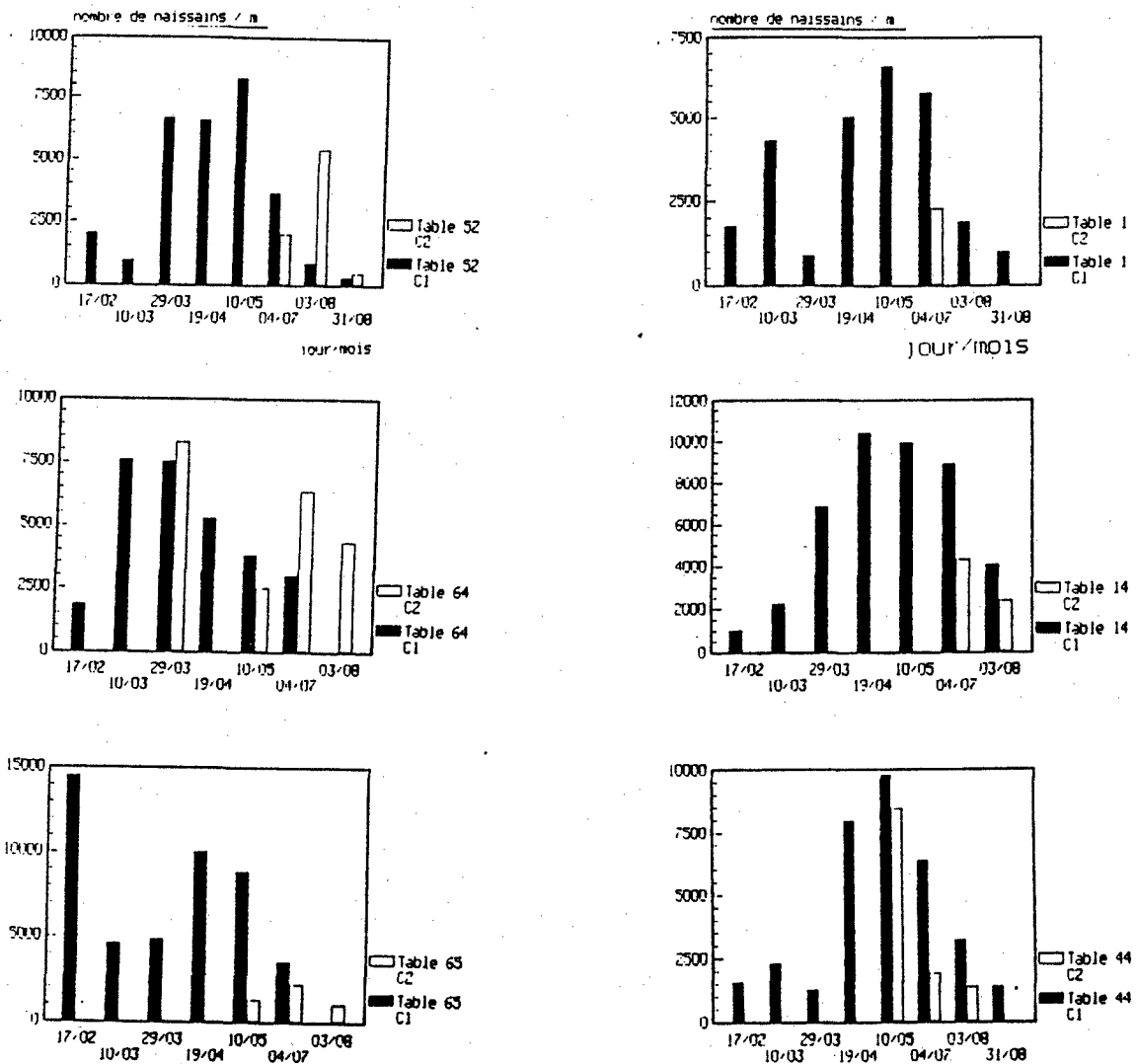


Figure 5.- Intensité du captage de moules, en 1989, dans l'anse de Carteau, par table d'élevage, exprimée en nombre de naissains par mètre de corde.

FIGURES 6A à 6F

Histogrammes de fréquences de taille du naissain de moule, après 3 semaines d'immersion des collecteurs-cordes (C2 = après 5 semaines), en 1989, en fonction de la position des tables dans l'anse de Carteau (Fig. 6A, table 1 ; Fig. 6B, table 14 ; Fig. 6C, table 44 ; Fig. 6D, table 52 ; Fig. 6E, table 64 ; Fig. 6F, table 65).

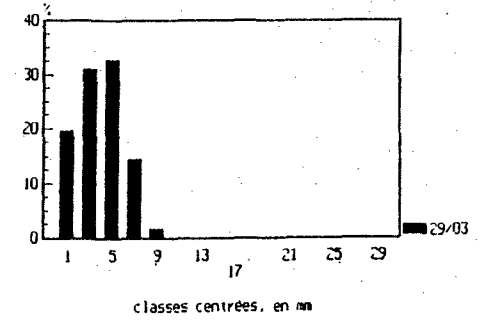
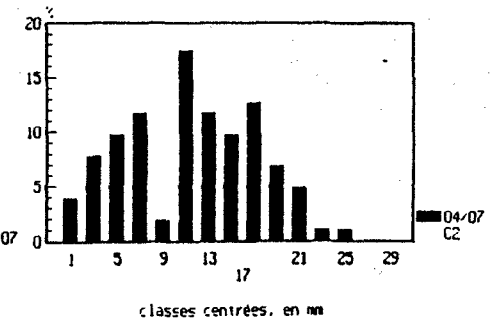
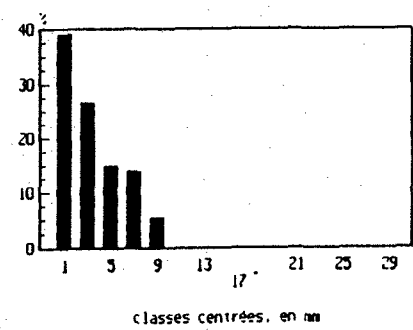
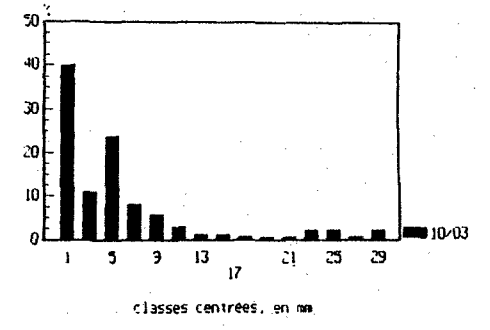
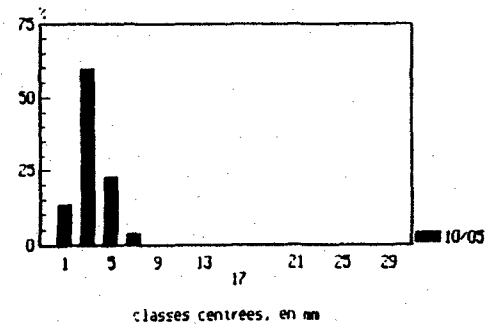
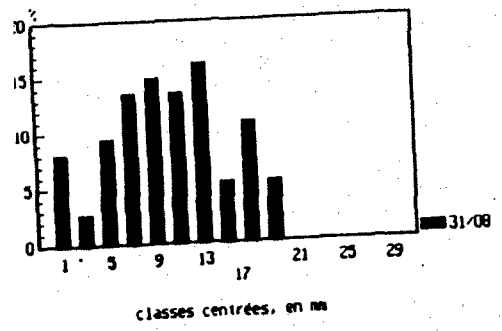
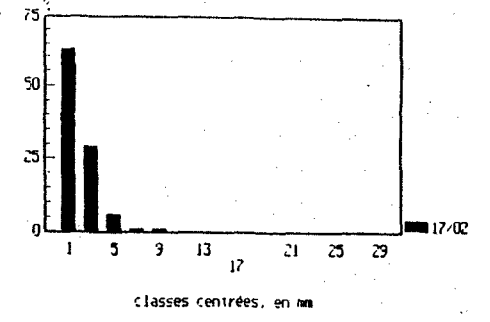
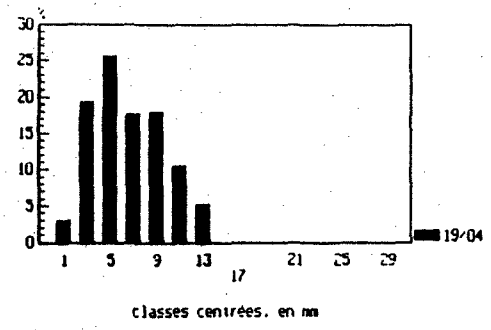
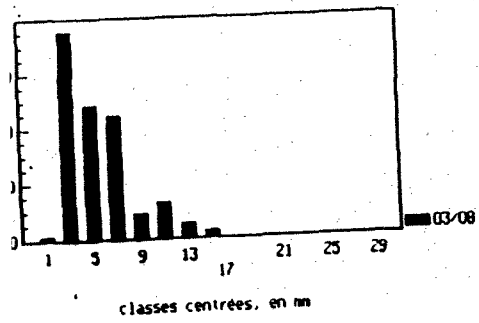


FIGURE 6A.- Table 1

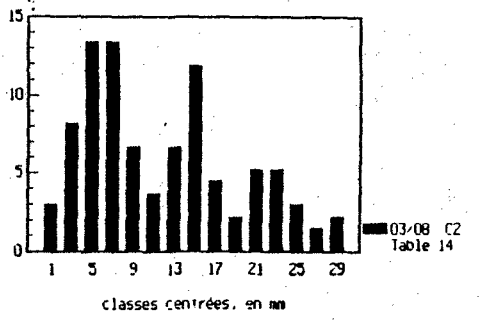
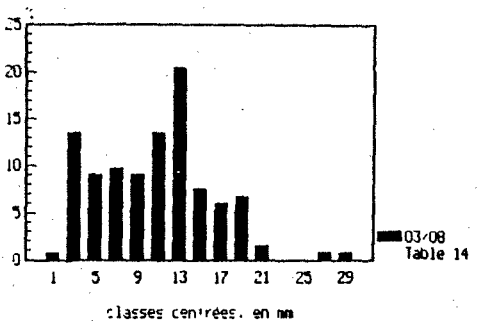
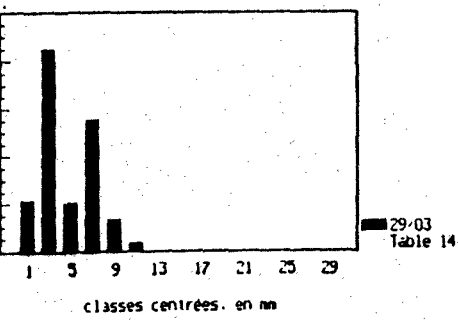
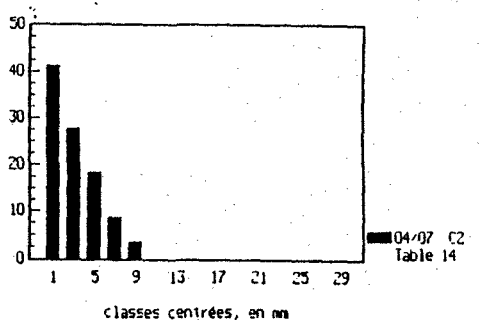
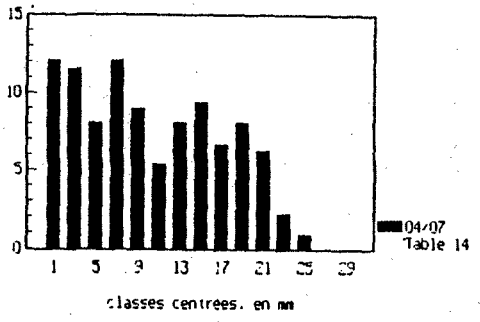
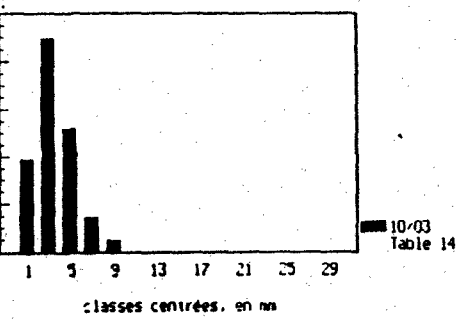
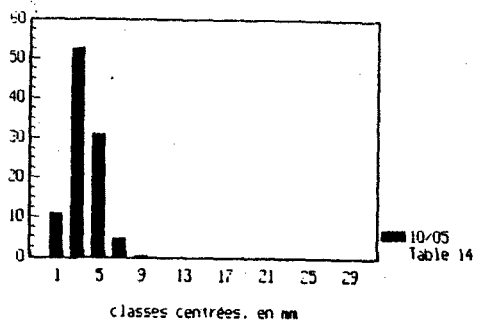
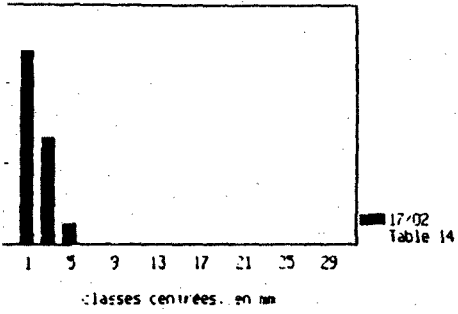


FIGURE GB.- Table 14

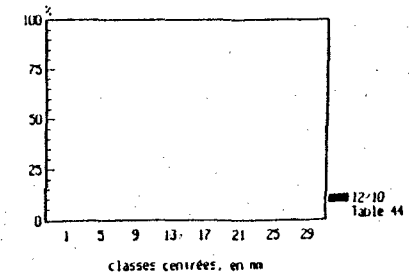
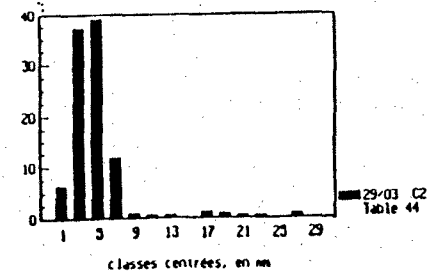
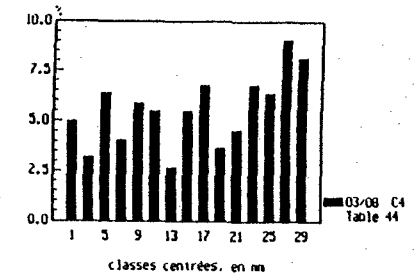
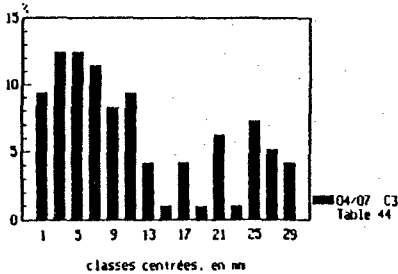
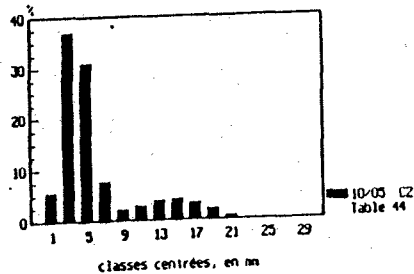
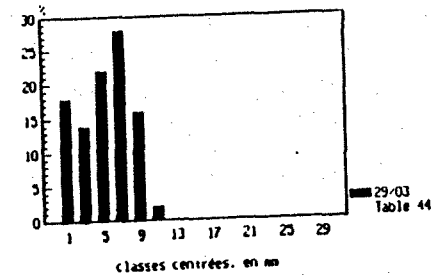
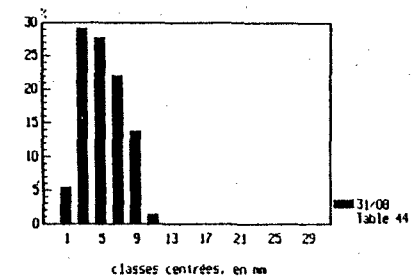
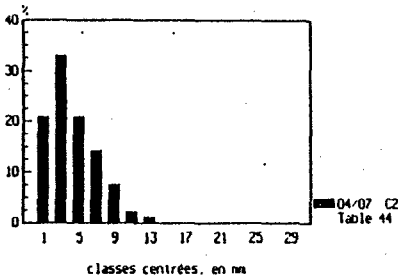
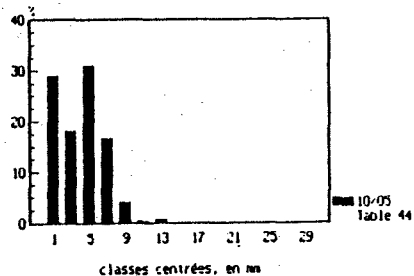
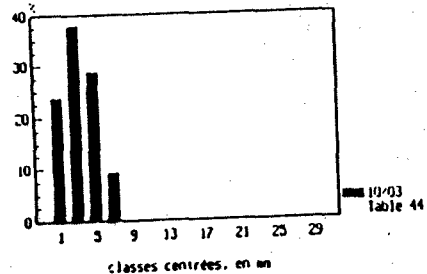
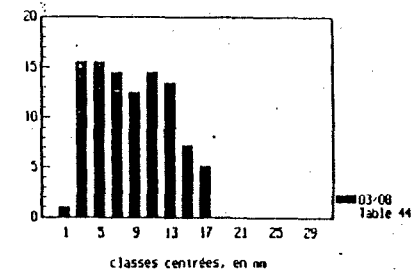
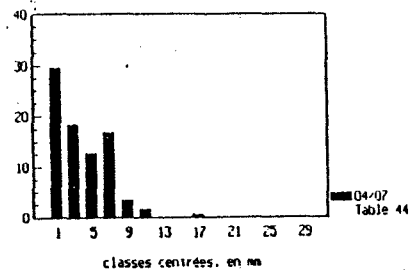
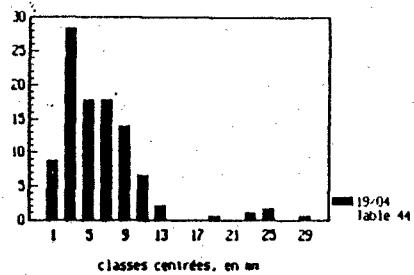
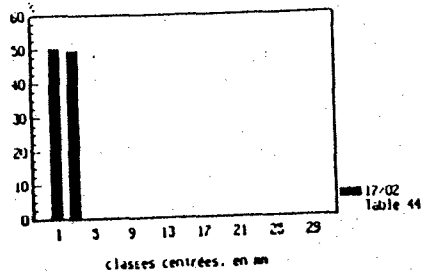


FIGURE 6C.- Table 44



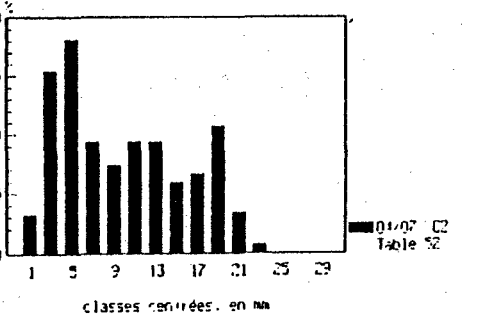
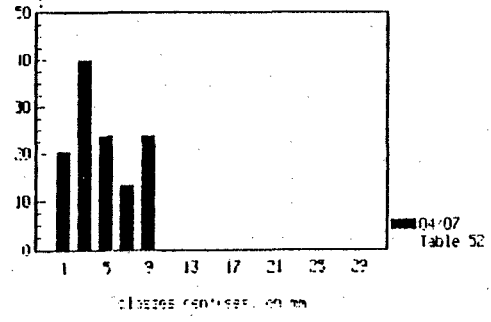
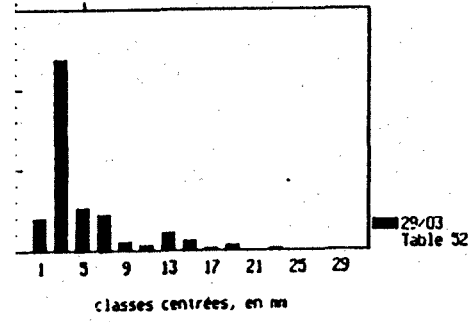
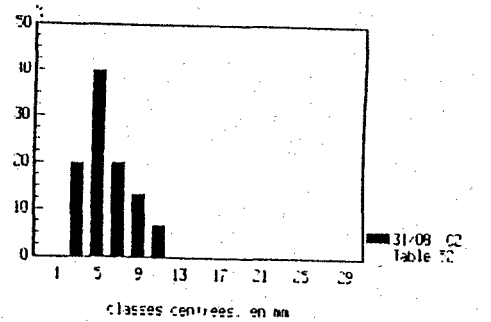
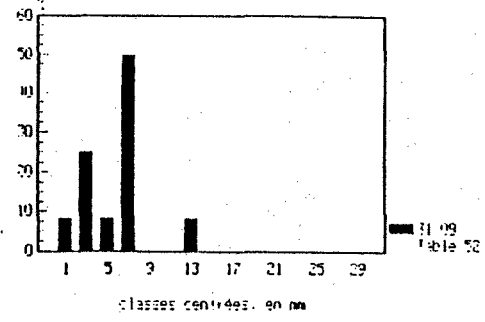
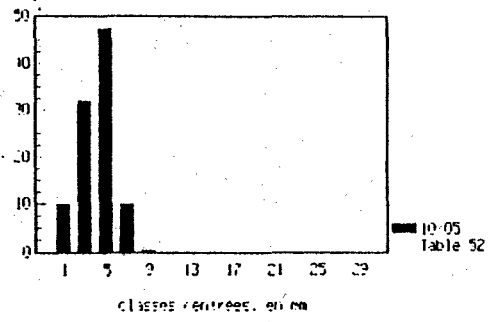
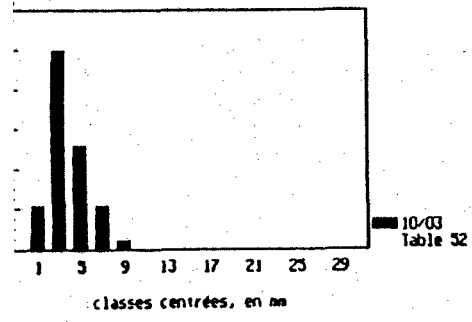
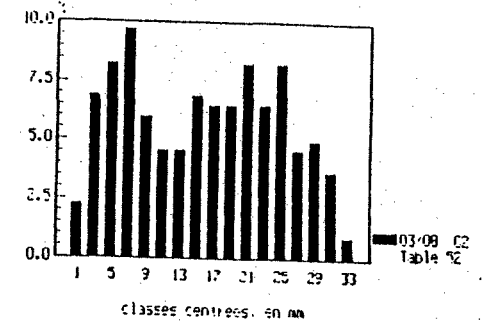
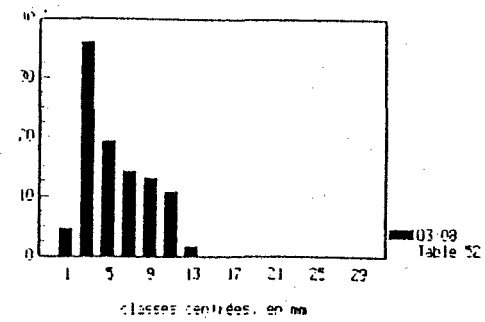
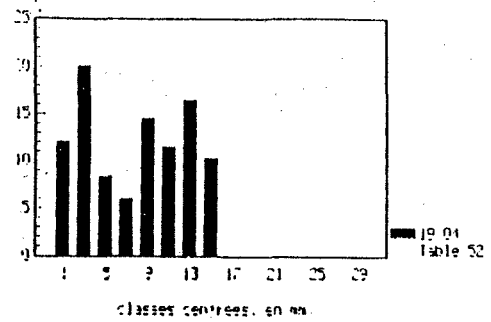
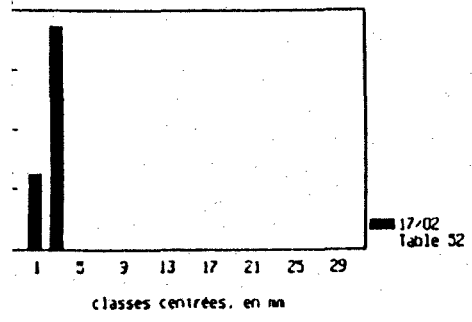


FIGURE 6D.- Table 52

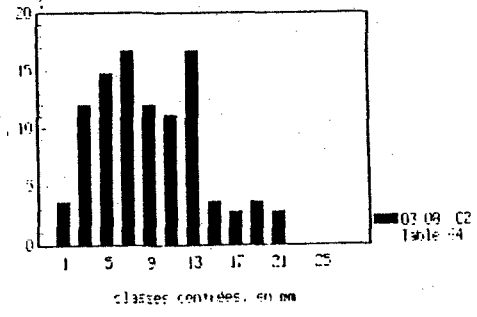
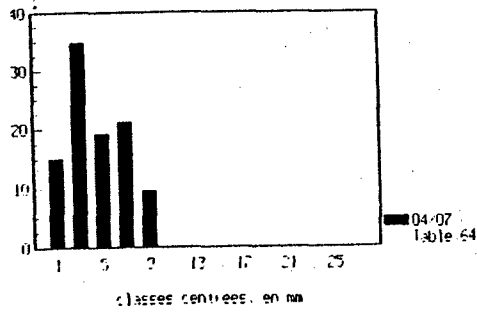
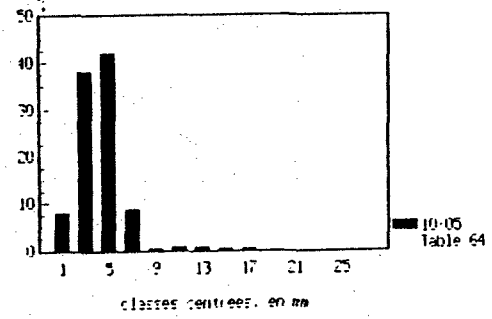
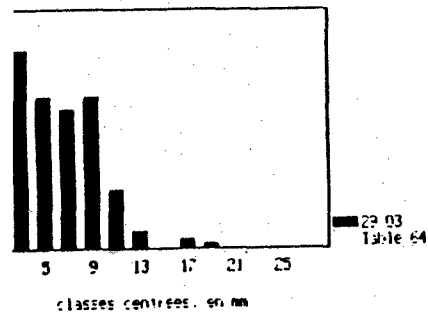
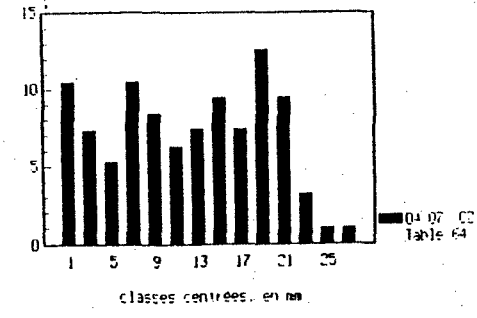
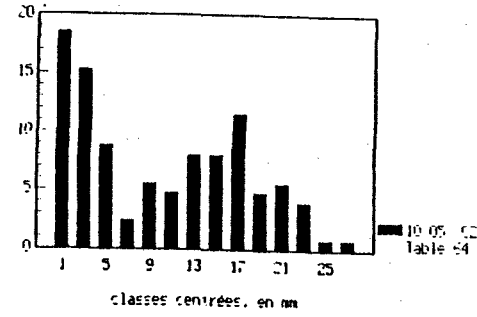
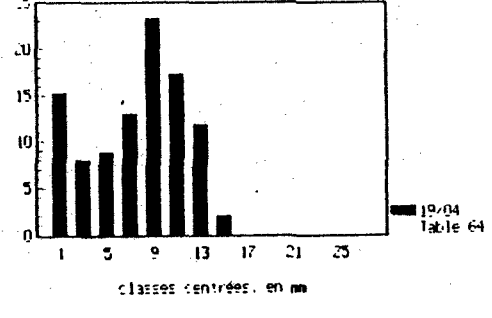
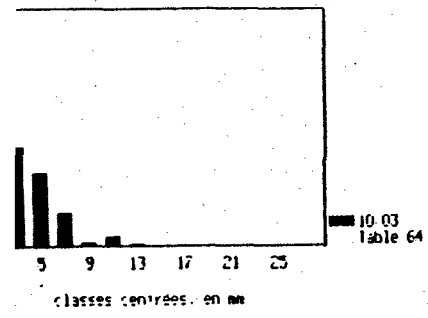
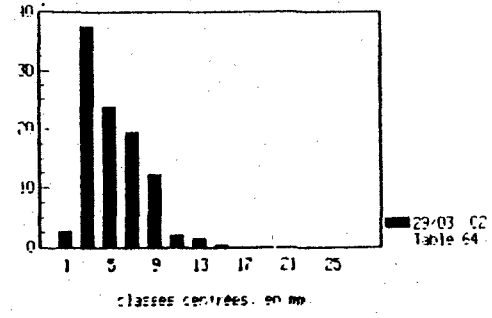
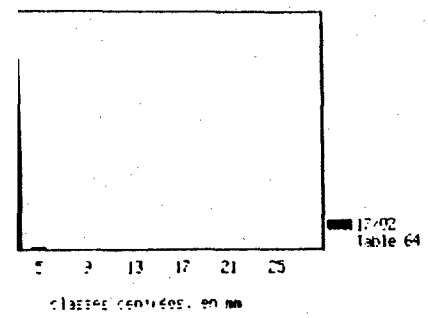


FIGURE 6E.- Table 64

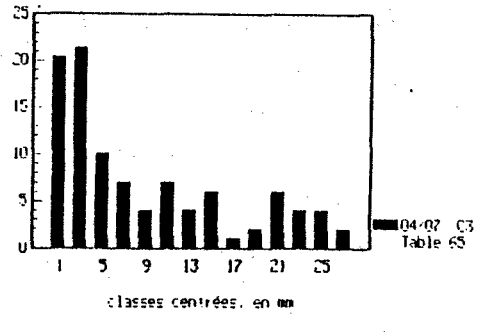
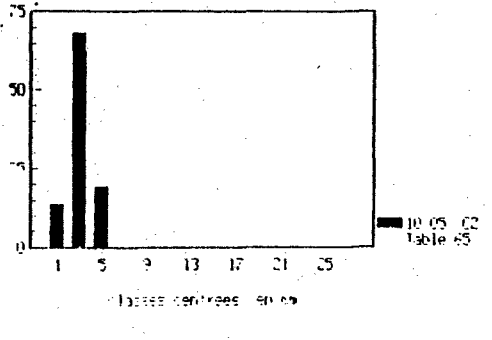
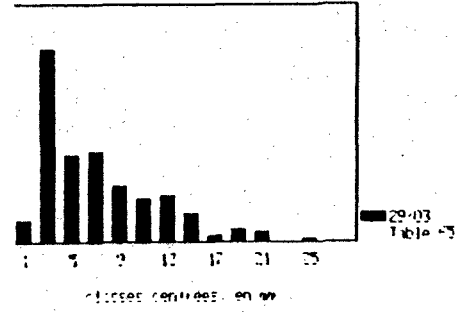
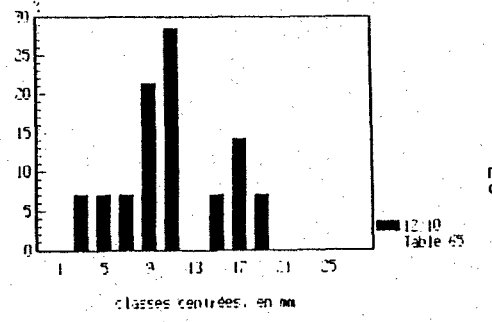
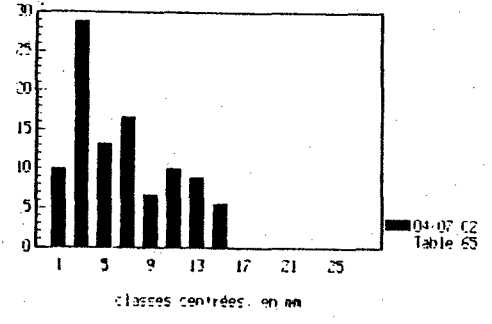
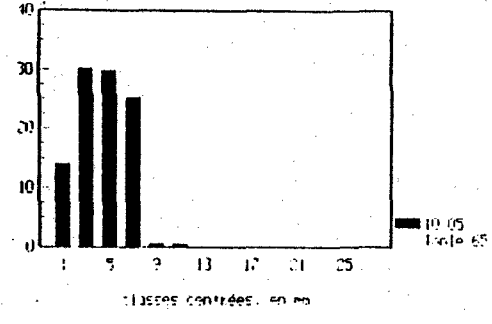
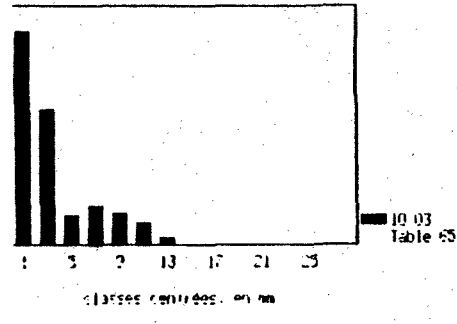
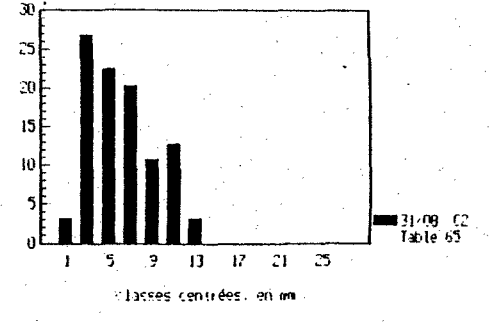
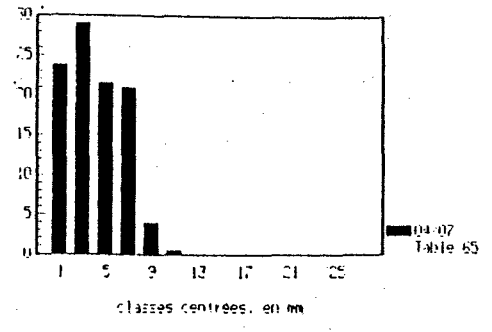
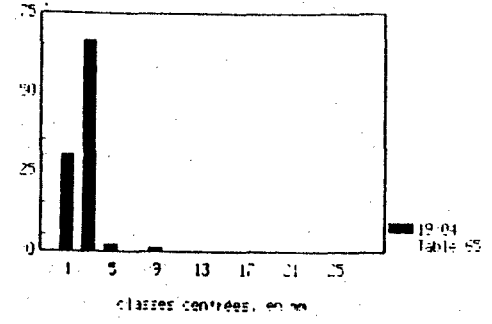
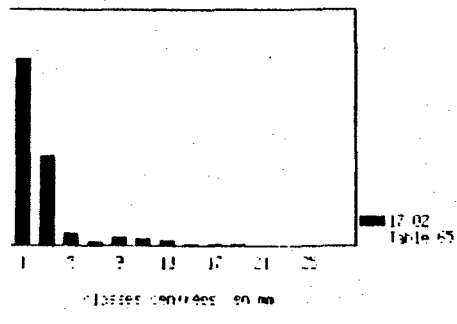


FIGURE 6F.- Table 65

représentées vont de 1 et 7 mm pour les capteurs posés pendant 3 semaines, et de 7 à 13 mm pour les cordes posées pendant 5 semaines (Fig. 6A à 6F). La taille moyenne du naissain capté varie peu d'une table à une autre : entre 1,9 et 2,5 mm en février, compris entre 3,4 et 4,4 mm en mai, il est proche de 7 mm ( $s=1,7$ ) en été pour les cordes posées 3 semaines, il est 12,7 mm ( $s=2,8$ ) après 5 semaines.

En ce qui concerne la durée d'immersion de 15 jours, elle s'est révélée insuffisante, malgré l'utilisation de cordes de captage spéciales, également utilisées par des professionnels, et dont l'efficacité avait été démontrée en 1984/85. Composées de touffes de fibres synthétiques (Annexe 5), afin de faciliter la fixation des larves pédivéligères, ces cordes se sont révélées moins efficaces, en 1989, que de simples cordes, que l'on immerge environ 15 jours avant la période présumée de captage, pour qu'elles "salissent".

Les fixations de larves de moules sont variables aussi bien en fréquence dans le temps qu'en quantité : en 1989, on note un captage moyen proche de 7700 naissains/m entre avril et mai, 3800/m en février. En 1987, ce nombre était en moyenne de 2130 entre avril et juillet (Console et Zeitoun, 1988). En 1984/85, au cours des deux premières années d'exploitation sur tables (au nombre de 30), les fixations, importantes en avril (7500/m), étaient suivies de 3 captages secondaires, en juin-juillet (6200/m), en septembre/octobre (5500/m), enfin en décembre/janvier 1985 (4700/m).

### 3 - LA PRODUCTION PONDERALE

#### 3-1 L'indice de condition

Pour une même taille, le poids d'un individu varie au cours de l'année suivant sa bonne ou mauvaise condition en rapport avec son activité de nutrition et de reproduction.

L'évolution saisonnière de l'indice de condition d'un animal standard permet de déterminer la qualité des moules en mesurant l'importance de la masse de chair par rapport au volume de la coquille (indice de Mettler-Needler) ou à son poids (indice de Waln-Mann).

L'évolution de ces deux indices a été étudiée dans le temps et dans l'espace, en retenant les 6 tables considérées pour l'étude du captage. Les animaux, de taille marchande (6-7 cm), prélevés sur les cordes d'élevage des mytiliculteurs, reflètent ainsi les pratiques culturelles.

L'évolution temporelle met en évidence un cycle annuel relativement marqué, avec des valeurs élevées en été, plus faibles en début d'hiver, un petit pic en février (Fig. 7 et 8). Dans certaines tables (ex n°14, n°52), l'indice de condition reste élevé jusqu'au mois de décembre.

Les indices les plus élevés, correspondant à l'état de réplétion maximum de la gonade, les premières émissions auraient lieu en février, suivies d'autres en avril, en août et enfin en automne. Le cycle annuel est peu marqué à la table 52 (en mer ouverte), les pon-

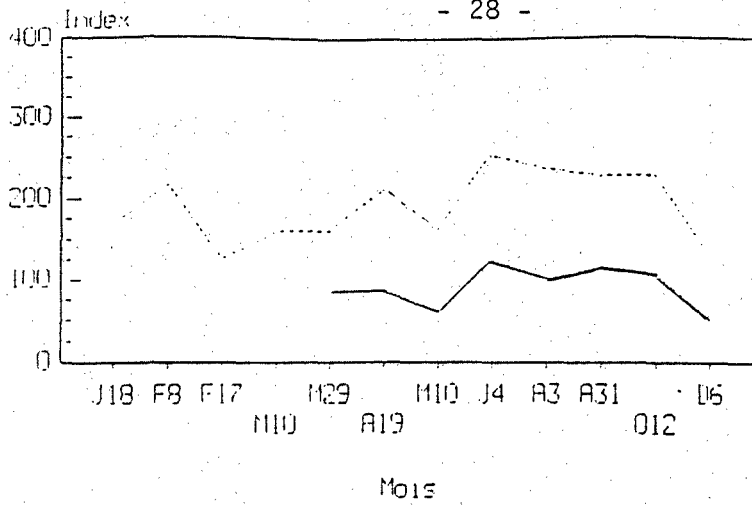


Table 1

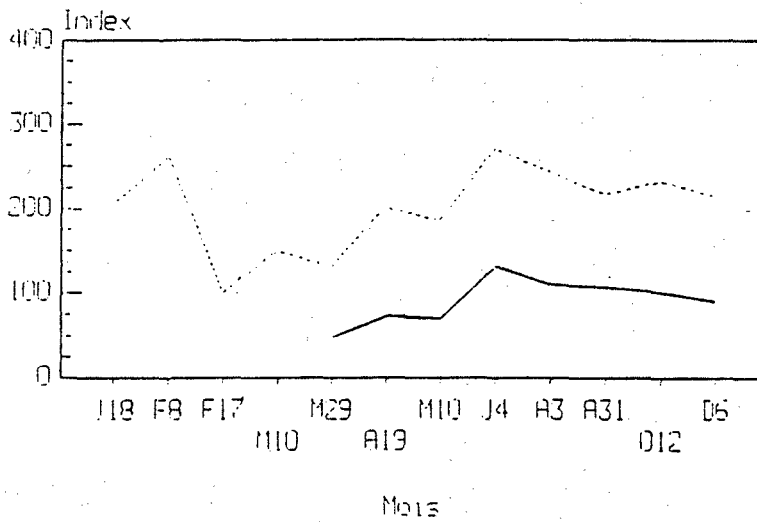


Table 14

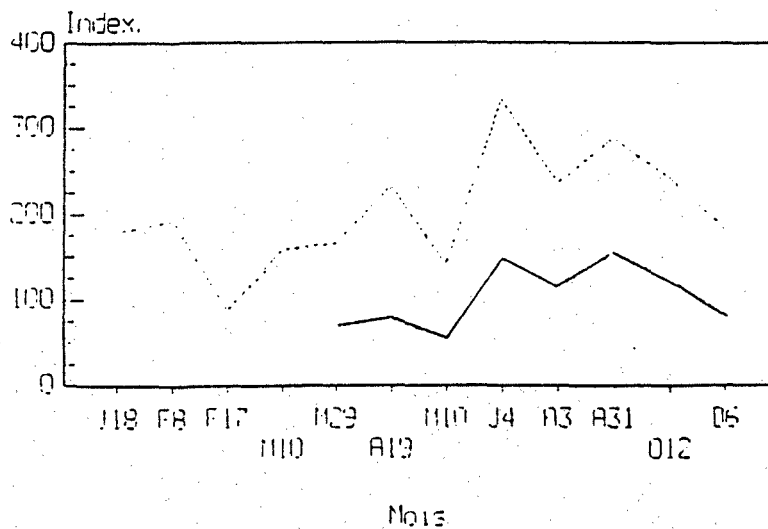


Table 44

FIGURE 7A.- Evolution mensuelle de 2 indices de condition des moules élevés dans l'anse de Carteau, en 1989, en fonction de la position des tables (— indice de Metcoff/Needler,

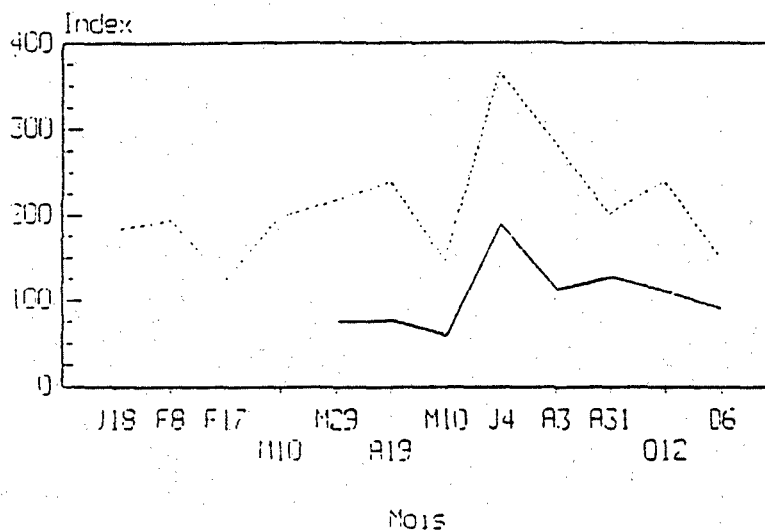
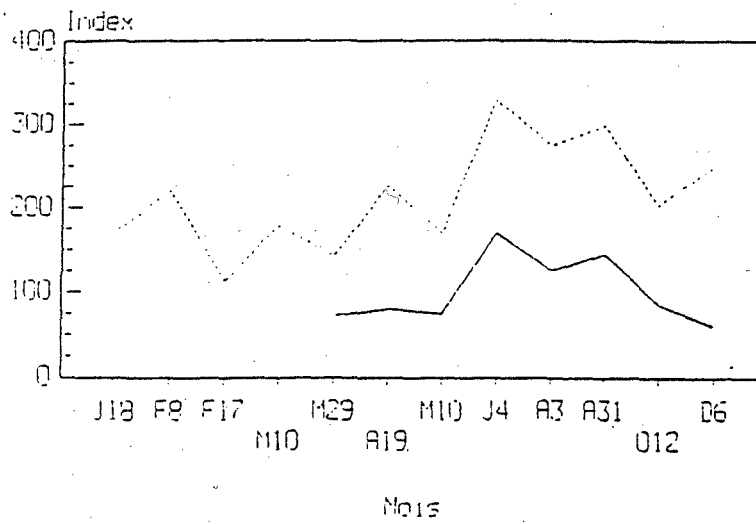
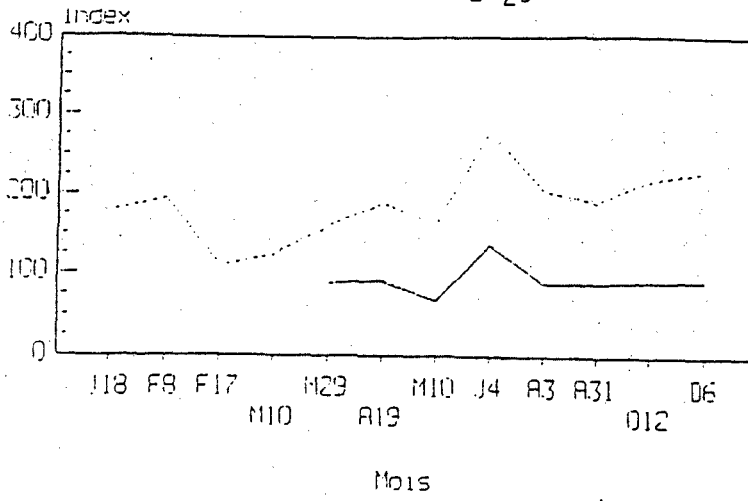


FIGURE 7B.- Evolution mensuelle de 2 indices de condition des moules élevées dans l'anse de Carteau, en 1989, en fonction de la position des tables (— indice de Metcoff/Needler, ----- de Waln/mann).

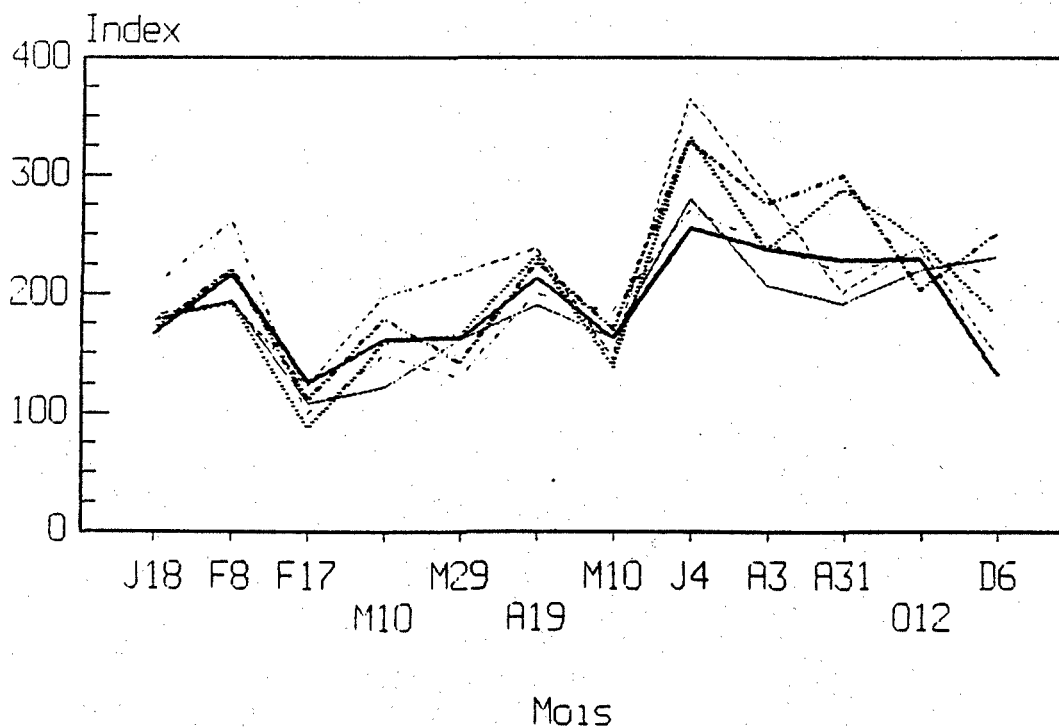
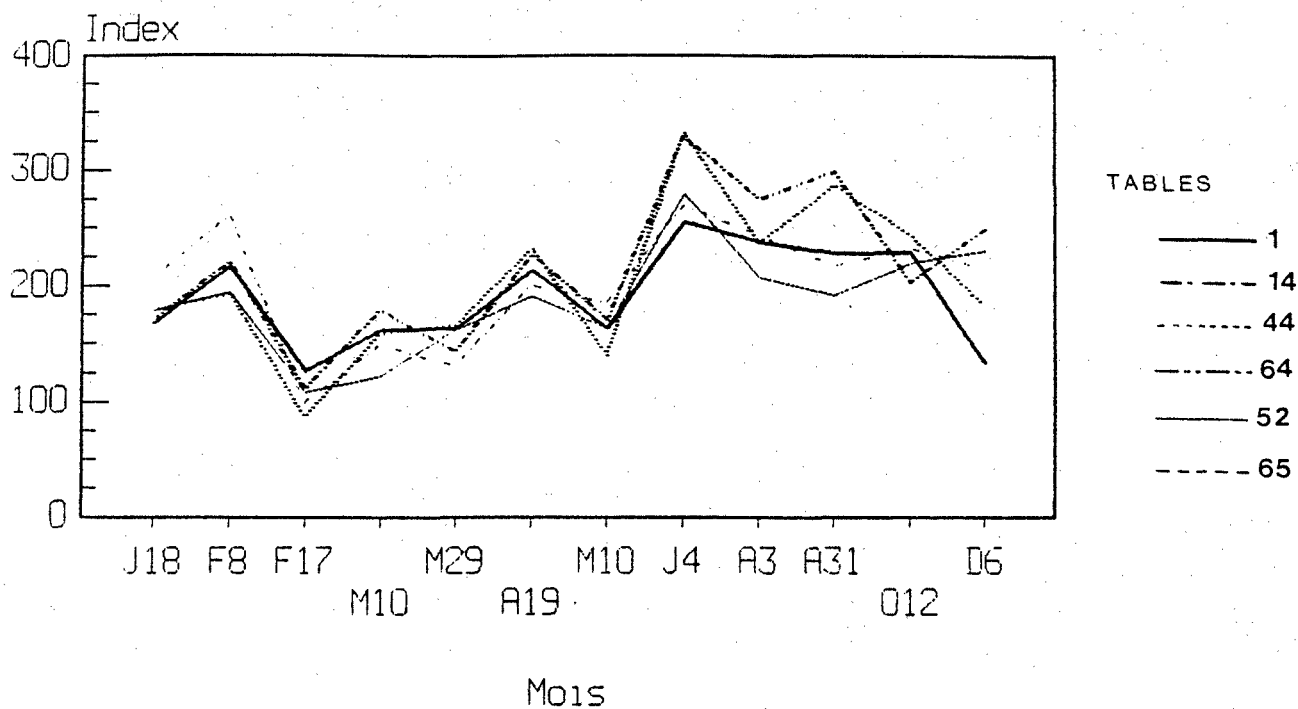


FIGURE 8.- Evolution spatio-temporelle de l'indice de condition de Waln et Mann (1975), en 1989 dans l'anse de Carteau, respectivement dans 3, 4, 5, et 6 des tables d'élevage échantillonnées.

tes seraient limitées aux mois de février et d'août. La table 65, en mer ouverte mais à l'abri des vents dominants, présente un cycle bien marqué, avec une alternance de périodes de pontes et de restauration des gonades.

Si on considère que l'indice de Metcuff doit être au moins égal à 80 pour que les moules répondent aux critères de qualité en vigueur, la commercialisation doit pouvoir s'effectuer pendant 4 à 7 mois, de mars/avril à octobre/novembre selon la situation des tables. Les indices sont supérieurs à 100 de juillet à octobre pour les moules des tables 1, 14, 44 et 65, en juillet/août à la table 64, en juillet à la table 52.

### 3-2 La composition biochimique

Si l'indice de condition permet de mettre en évidence l'évolution des réserves indépendamment de l'accumulation de matériel due à la croissance (Bodoy et al., 1986), parallèlement, l'évolution des composés biochimiques de la chair reflète assez précisément le phénomène de régulation métabolique en rapport avec le cycle sexuel de l'animal (Gabbot, 1975; Shaffee, 1978; ... ; in Parache, 1988).

L'analyse des variances montre un effet "saison" significatif ( $p < 0,001$ ); à l'inverse, l'effet "table", non significatif ( $p > 0,05$ ), indique qu'il n'y a pas de différence quant à la teneur des composants entre les tables analysées (Fig. 9A à 9D).

Les pourcentages de glucides totaux varient de 3% environ à plus de 40% du poids sec. Le glycogène suit globalement une évolution similaire à celle des glucides totaux. Il représente généralement de 65 à 100% des sucres (Fig. 9A et 9B).

Ces sucres évoluent peu de décembre 1988 à mars 1989; ils s'élèvent progressivement pour atteindre leur maximum en juin/juillet, puis reviennent, en décembre 1989 à un taux comparable à l'année précédente. L'augmentation simultanée de l'indice de condition, de fin mai à juillet, traduit un accroissement de la chair par rapport à la coquille et indique une période de croissance importante. Durant cette période, les animaux accumulent le glycogène qu'ils utiliseront dès la fin de l'été pour le redémarrage de la gamétogénèse.

Parallèlement à la diminution des teneurs en glucides, les lipides augmentent sensiblement du mois d'avril/mai (6-7%) jusqu'au mois de février où elles atteignent leurs valeurs maximales, comprises entre 8% (table 44) et 16% (table 64) du poids sec (Fig. 9C). Leur évolution est synchrone de celle de l'indice de condition. La ponte se traduit par une chute marquée des valeurs, de l'hiver au printemps, alternée de phases de restauration.

Comparativement aux données disponibles dans d'autres secteurs, ou pour d'autres bivalves, et déterminées selon la même méthode, les teneurs en protéines sont faibles (Fig. 9D), toujours inférieures à 42% du poids sec, avec moins de 30% en début d'été.

### 3-3 La croissance pondérale



FIGURES 9A à 9D

Fluctuations de la composition biochimique de moules marchandes, de taille standard, au cours d'un cycle annuel, en fonction de la situation des tables mytilicoles dans l'anse de Carteau (Fig. 9A, % glucides ; Fig. 9B, % glycogène ; Fig. 9C, % lipides ; Fig. 9D, % protéines).

FIGURE 9A.- Pourcentage des glucides dans la chair sèche des moules.

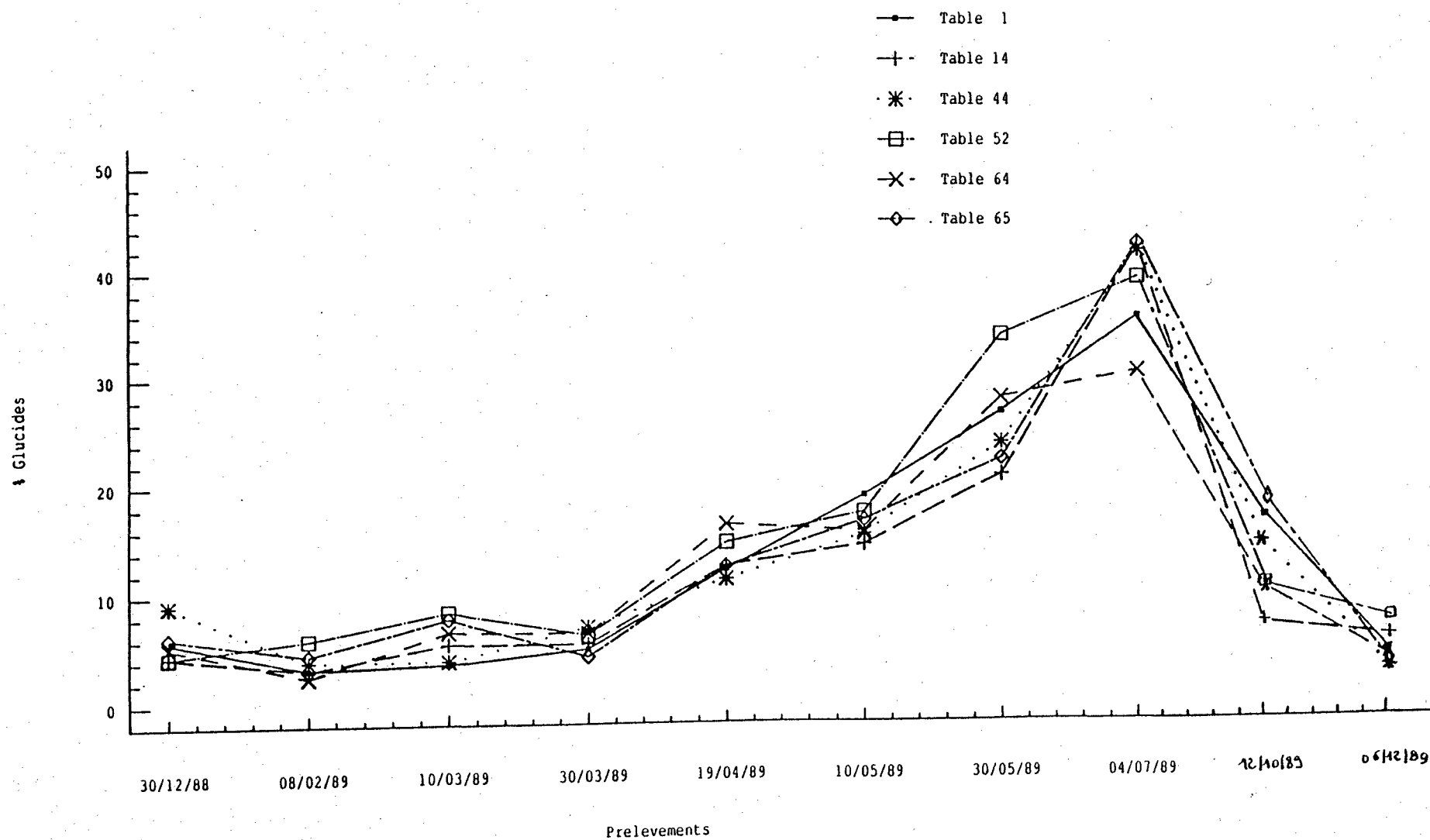


FIGURE 9B.- Pourcentage de glycogène dans la chair sèche des moules.

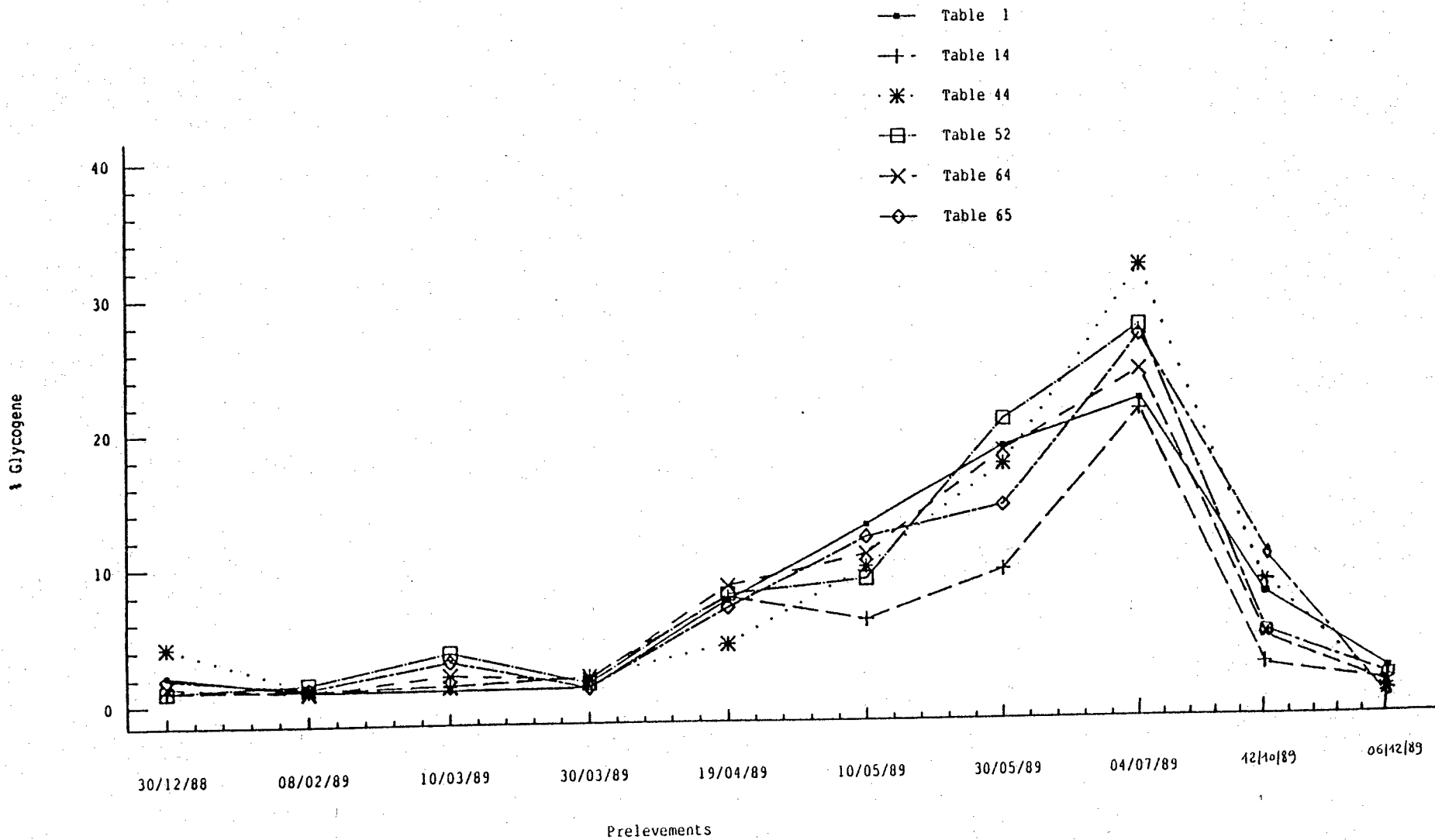


FIGURE 9C.- Pourcentage des lipides dans la chair sèche des moules.

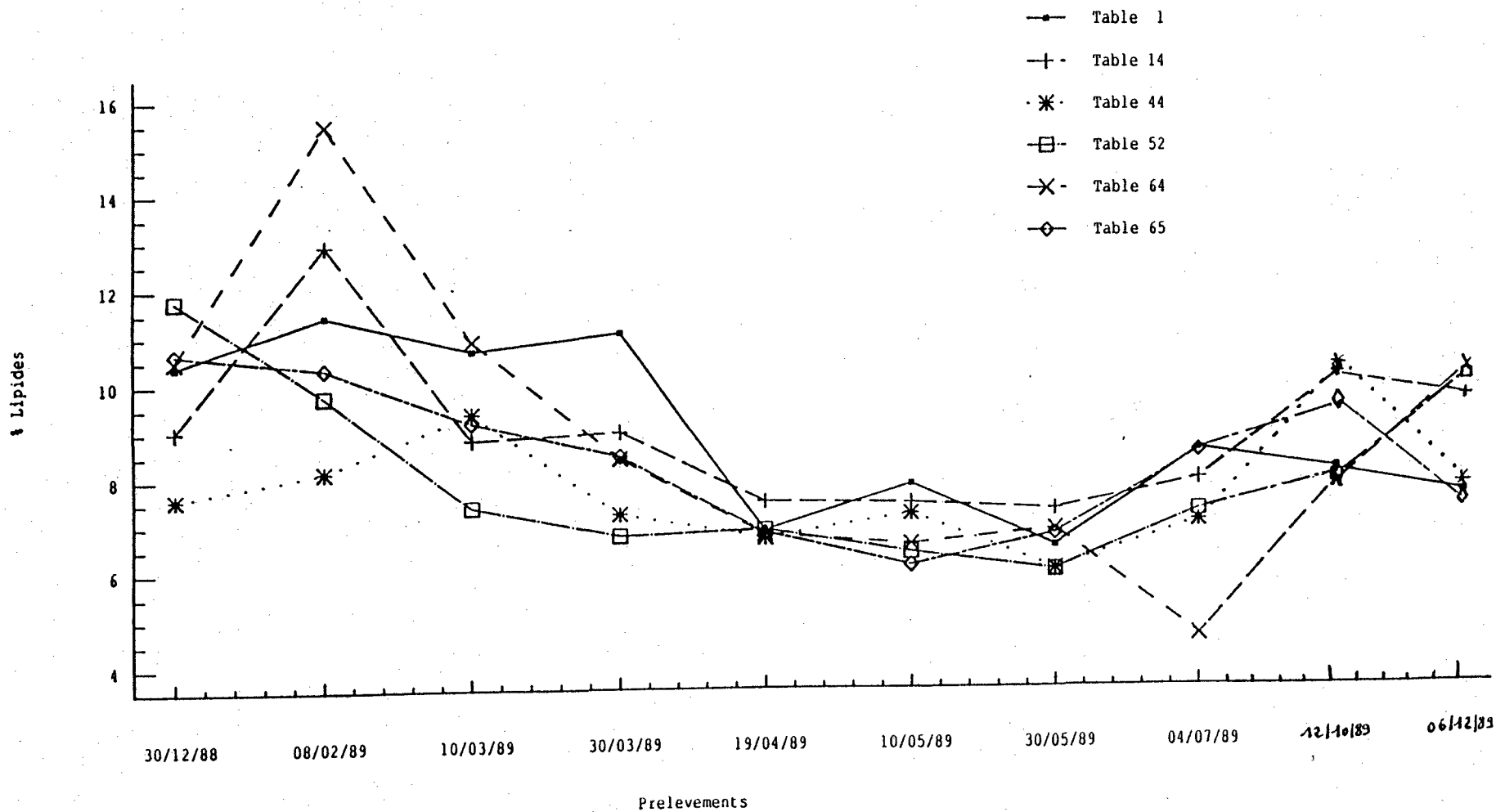
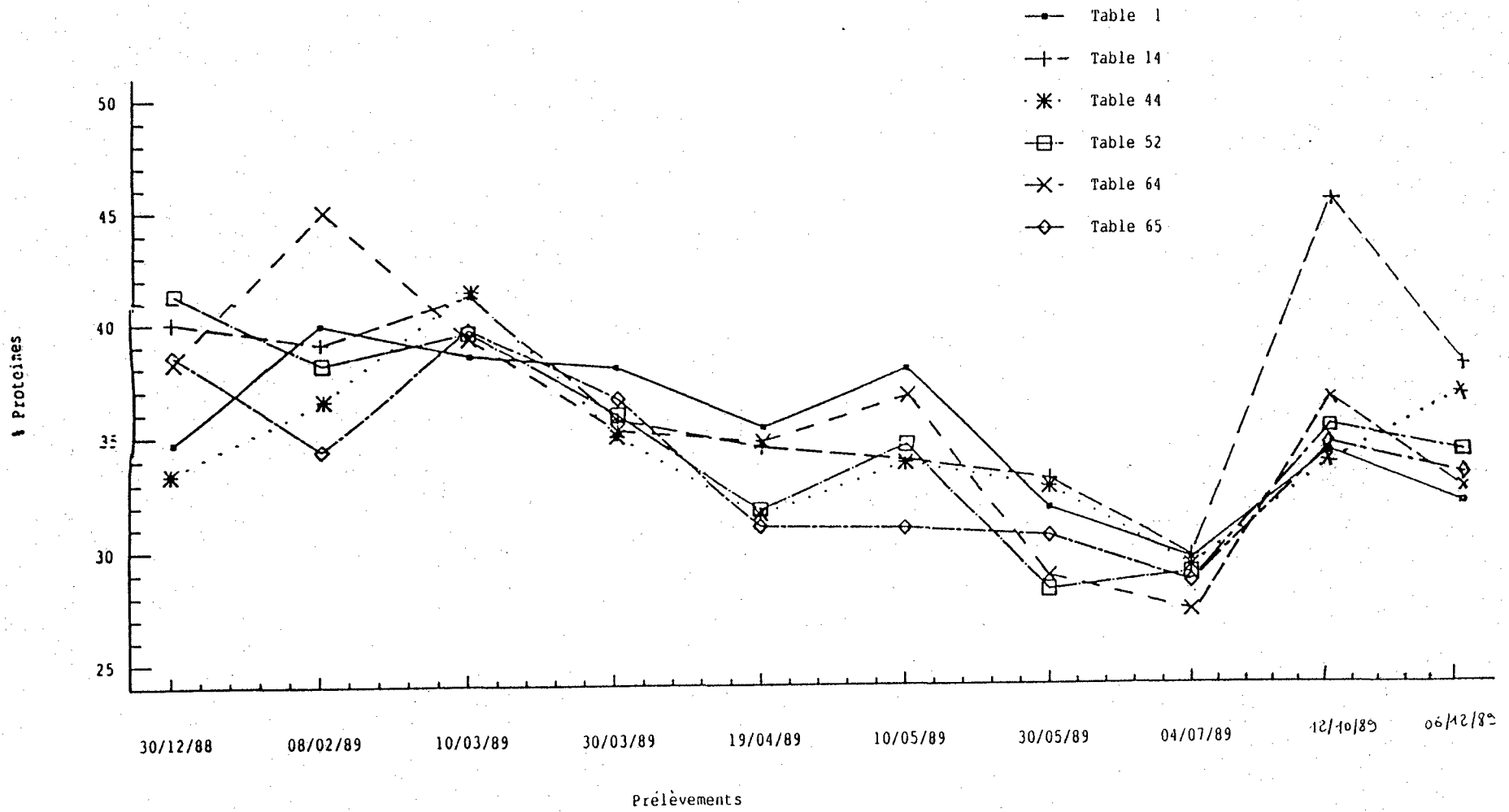


FIGURE 9D.- Pourcentage des protéines dans la chair sèche des moules.



La montée en charge des cordes, entre le début et la fin de l'étude, révèlent certaines différences de croissance entre les sites; mais, les résultats obtenus sont insuffisants et ne permettent pas de conclure. En effet, d'une part le captage a été tardif sur nos cordes neuves, immergées fin décembre (premières fixations en avril); d'autre part, des tables, considérées comme peu rentables et plus ou moins "abandonnées" (tables "du bas"), ont été déplantées dès le mois d'août 1989, pour les raisons déjà plusieurs fois soulignées. Certaines de nos cordes marquées ont pu être transférées dans d'autres tables, mais les conditions initiales n'étaient plus respectées; d'autres ont disparues. En outre, de nouvelles tables étaient implantées dans des secteurs disponibles (par exemple, entre la n°36 et 38, entre 38 et 39).

L'analyse globale des évolutions pondérales (Fig. 10) mettent cependant en évidence la nécessité du dédoublement en fin d'été, avant le retour de conditions hydrodynamiques (vents) défavorables, à l'origine d'une perte de biomasse importante (dégrappage et chute vers le fond). Dès le mois d'août, pour les tables exposées (n° 60, remplaçant la 64 déplantée), un coup de vent peut induire des pertes importantes, plus tardivement, pour des tables plus à l'abri (n°44).

Ces mortalités, artificielles, ont fait l'objet de plusieurs estimations après marquage de cordes d'élevage dès l'annonce d'un coup de vent fort, et vérification après retour au calme : dans les tables "du bas", ouvertes vers la mer, et pour des forces de vent de 7 à 8 (une fois par mois par mois environ, et plus de 300 jours de vents par an dans ce secteur géographique), les pertes annuelles dépassent les 30% par table, avec un gradient décroissant vers les tables situées en mode abrité (moins de 5%).

Dans les tables, on observe la prolifération d'épibiontes divers (balanes, ascidies, algues, et petites faunes associées), particulièrement abondant sur les moules élevées dans les tables du bas, et avec une plus grande diversité apparente. Comme l'indique Raimbault repris par Paquote et Moriceau (1987), l'abondance des épibiontes est un bon indicateur de la richesse du milieu, ce qui se traduit dans l'étang de thau, par de meilleurs résultats de croissance.

La production d'une corde semble d'ailleurs plus importante dans les tables "du bas" mais nécessitent, parallèlement, des dédoublements, ou calibrage, plus fréquents. Se pose alors le problème de la surface d'élevage disponible, insuffisante avec un nombre de table inférieur à 2 !

En ce qui concerne la qualité des moules, l'influence des facteurs nutritionnels est importante, et une étude de la nourriture disponible, sous ses différentes formes, effectuée simultanément, aurait été utile. Mais, l'évolution comparée des composants biochimiques, de l'indice de condition, ne mettent pas en évidence de différences importantes entre les tables analysées.

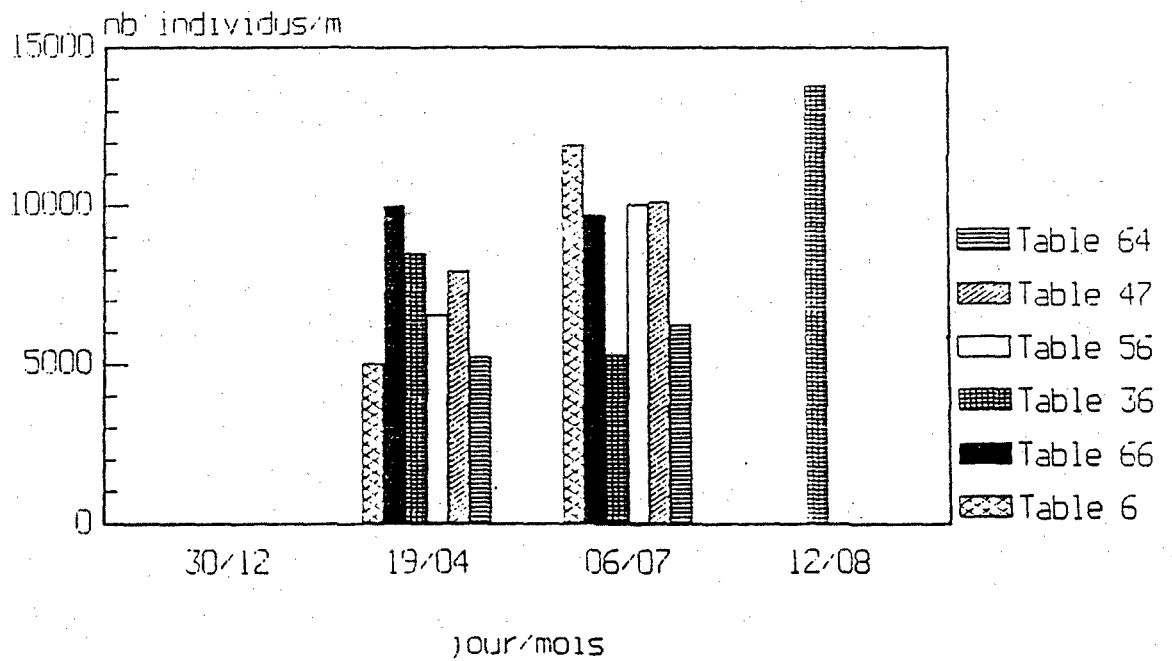
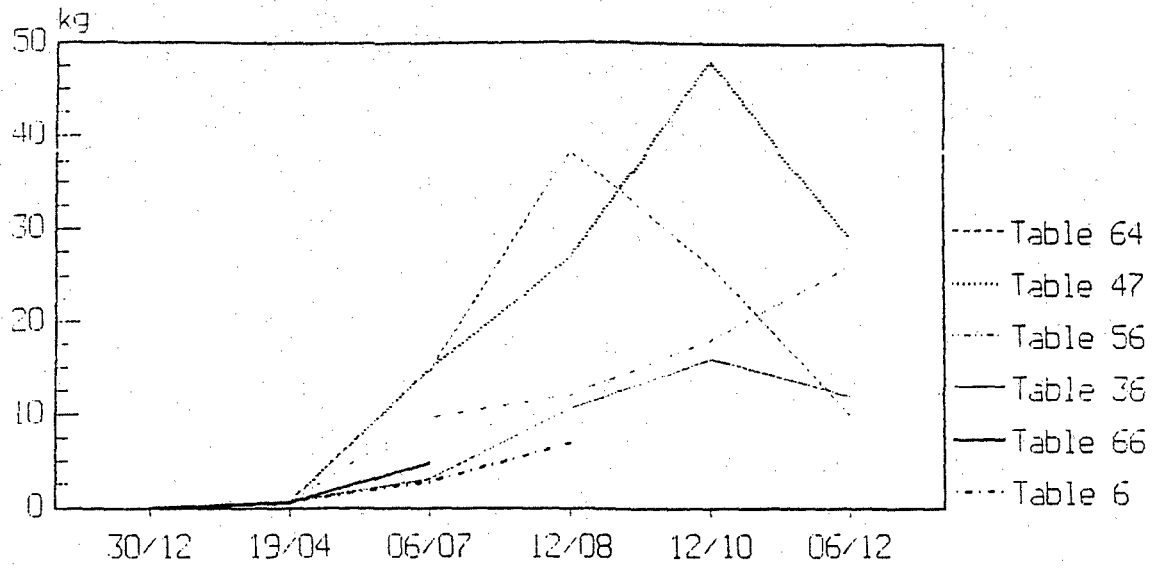


FIGURE 10.- Evolution temporelle du poids total d'une corde de captage de 4 m, immergée dans différents sites de l'anse de Carteau, et, en parallèle, de la densité des moules sur cette corde.

#### 4 - LA PRODUCTION COMMERCIALISABLE

Les périodes de ventes les plus importantes sont estivales, au moment où les moules d'Espagne disparaissent des marchés et le tourisme s'accroît. La fuite directe est parfois importante et l'analyse des seuls cahiers de production disponibles (stations de purification) est insuffisante pour estimer la quantité commercialisable.

Les observations relatives à l'étude de la production de moules, à partir d'un suivi de la croissance, n'ont pas permis d'estimer l'incidence de la montée en charge sur la production potentielle d'une corde d'élevage, en fonction de la situation des tables dans la concession, les fixations ayant été tardives en 1989.

L'estimation suivante, basée sur l'évolution spatio-temporelle de la composition en taille d'une corde d'élevage, donnent une idée du rendement de cette corde.

Ce rendement, pour une corde appartenant à la catégorie "Petites" en janvier 1989, est présenté pour 4 tables de la strate A (fig. 11 et 12), 2 de la strate B (fig. 13 et 14), 3 de la strate C (fig. 15 et 16), 2 de la strate D (fig. 17 et 18). La stratification adoptée est présentée dans la figure 19; elle fait suite à la série d'enquêtes effectuées au préalable au sein de la profession mytilicole (Annexe 2).

Quelle que soit la table, en février, une corde de la catégorie "Petites" (appellation professionnelle), n'est jamais constituée uniquement de naissains prégrossis, mais contient une proportion non négligeable de demi-moules et de moules marchandes. Ainsi, selon les tables, 5 à 50 % des moules sont de la catégorie "Petites" (moules captées en été/automne 1988), 30 à 80% sont "Moyennes" (captage de printemps 1988) et 1 à 38 % sont "Grosses" (captage de fin d'hiver 1987/88).

Cette variabilité élevée rend difficile la comparaison du rendement d'une corde de naissains en fonction de la position des tables ou des strates, mais certaines estimations peuvent être faites.

Ainsi, environ 75%, 50%, 70% et 80% des moules de la catégorie "Moyennes" sont commercialisables après 4 mois d'élevage, respectivement dans les strates A, B, C et D. Le poids moyen d'une corde, de 14 Kg en janvier/février, est de 55 Kg en été; le pourcentage de moules commerciales est proche de 50% pour les cordes de la strate A, 20% pour celles de la strate B, environ 36% pour celles des strates C et D. Mais, parallèlement, le captage est plus important dans ces deux dernières strates.

Globalement, il semble que 30 à 60 % des moules captées au printemps sont de taille commercialisable dès le premier hiver, selon que le captage est plus proche de l'hiver ou de l'été. Les naissains captés de l'été à l'automne (fixations sporadiques), sont appelés "pizoulines" par les professionnels; ils constituent environ 70 % des "Petites" en hiver, avant le début du captage de printemps.



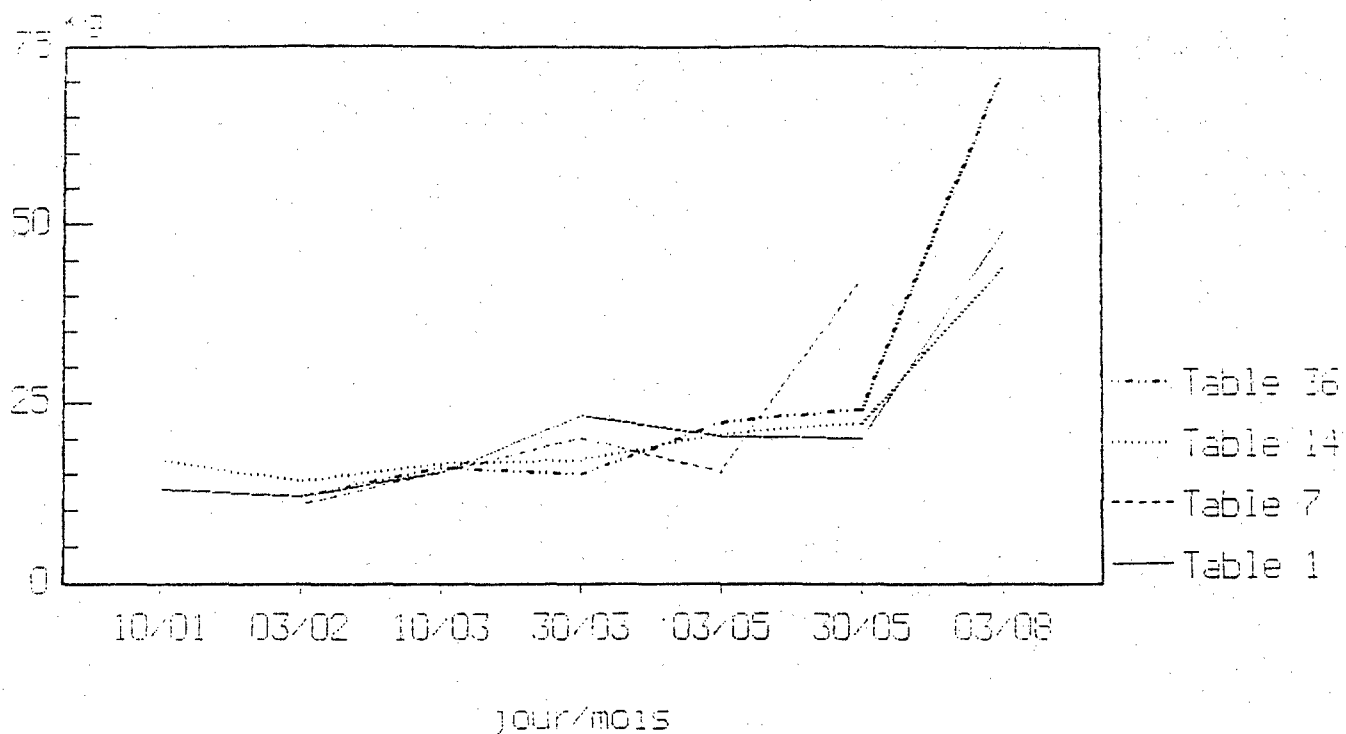


FIGURE 11.- Fluctuations mensuelles du poids total d'une "corde" d'élevage de naissains prégrossis, appartenant à la catégorie "Petites" (strate A, tables 1, 7, 14 et 36).

Elles constitueront environ 30% des premières ventes estivales.

A partir d'août 89, les cordes sont dédoublées, ou calibrée, par les professionnels. De nouvelles marques avaient été apportées sur les "cordes" remises en élevage (cf. fig. 12). Il aurait été intéressant de poursuivre cette étude afin d'estimer, de la même façon, la production commercialisable en automne-hiver. Cette période, caractérisée par des vents plus forts (secteurs N à W et SE à SW), serait à l'origine de pertes importantes, par dégrappage. La durée de l'étude ne permet pas de l'évaluer. Le rendement des tables pour un cycle complet d'élevage (15-18 mois) n'a pu donc être estimée.

FIGURES 12A à 12D

Evolution du rendement d'une corde d'élevage de la catégorie "Petites" en fonction de sa localisation dans la concession mytilicole, dans la strate A (Fig. 12A, table 1 ; Fig. 12B, table 7 ; Fig. 12C, table 14 ; Fig. 12D, table 36). Le rendement est exprimé en % par catégorie, après calibrage sur trieuse professionnelle (P "petites", M "moyennes" et G "grosses" ou "marchandes").

Table 1, le 03/02/89 (Wp=12 kg, s=0,8)

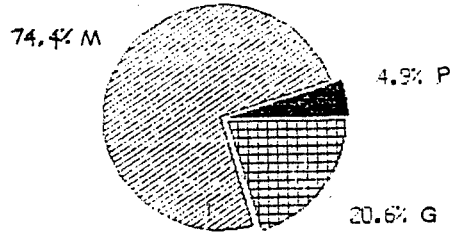


Table 1, le 30/03/89 (Wp=23 kg, s=1,2)

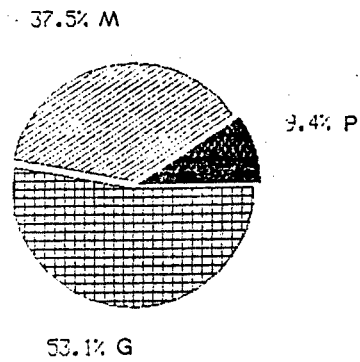


Table 1, le 30/05/89 (Wp=20 kg)

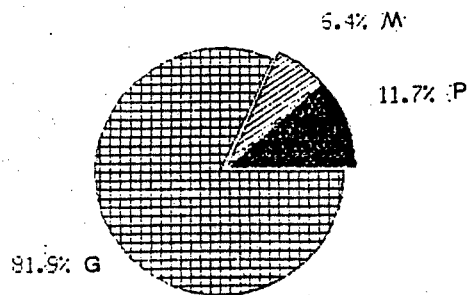


Table 1, le 03/08/89 (Wp=49 kg)

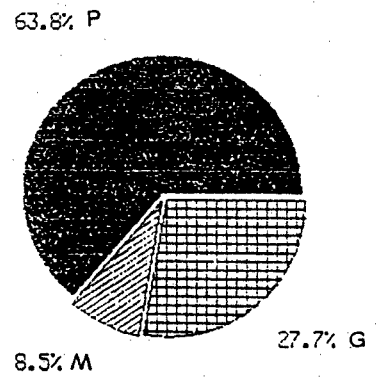


FIGURE 12A.- Table 1

Table 7. 1e 03/02/89 (Up=10.7 kg, s=2.6)

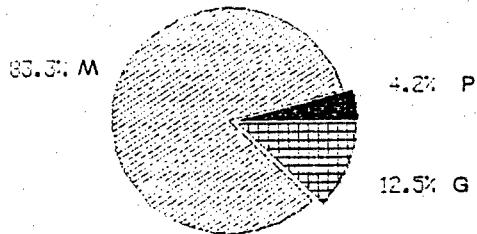


Table 7. 1e 30/03/89 (Up=20 kg)

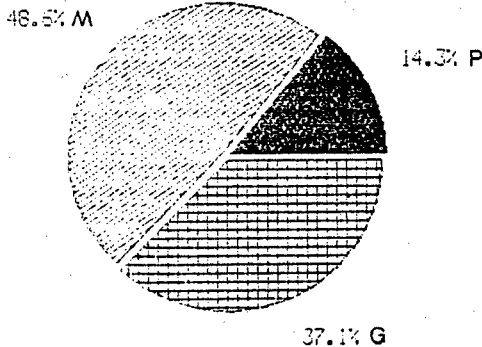


Table 7. 1e 30/05/89 (Up=42 kg)

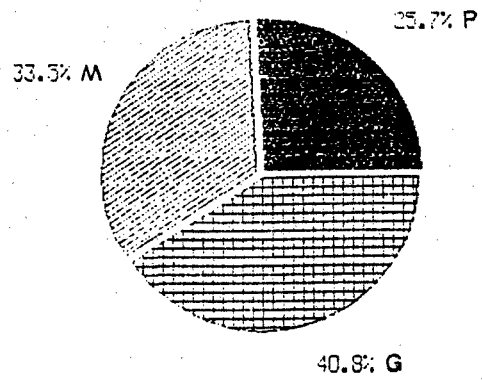


Table 7. 1e 03/08/89 (Up=31.5 kg)

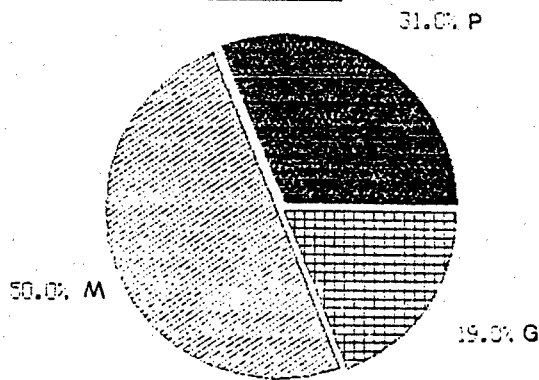


FIGURE 12B.- Table 7

Table 14, le 03/02/89 (Up=14 kg)

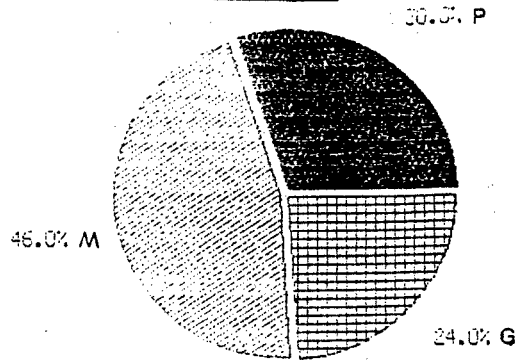


Table 14, le 30/03/89 (Up=17 kg)

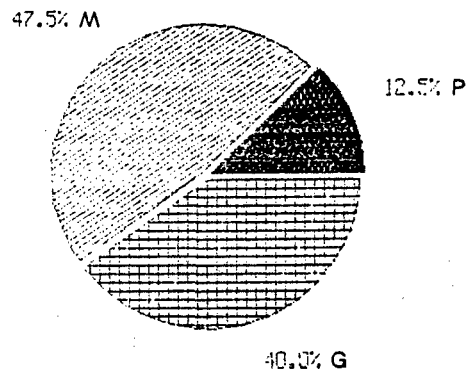


Table 14, le 30/05/89 (Up=22 kg)

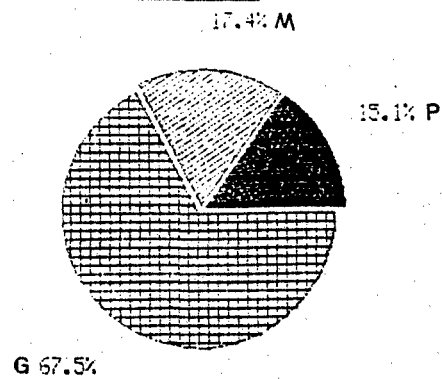


FIGURE 12C.- Table 14

Table 36, le 03/02/89 (Up=12 kg)

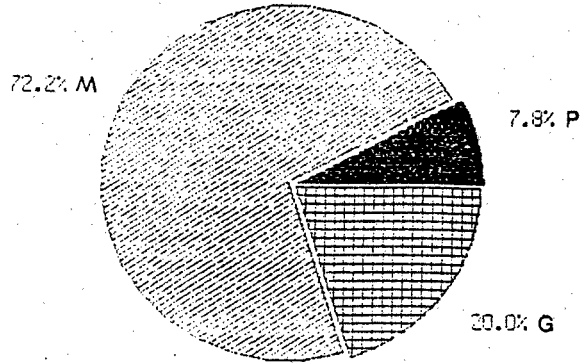


Table 36, le 30/03/89 (Up=15 kg)

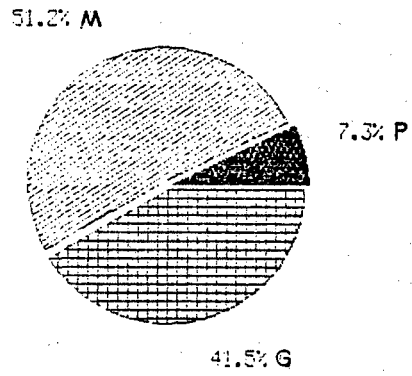


Table 36, le 30/05/89 (Up=24 kg)

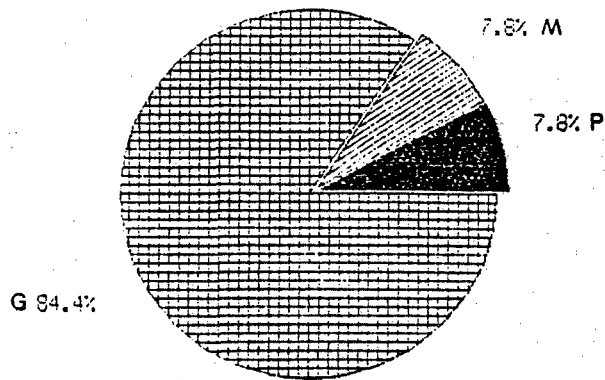


FIGURE 12D.- Table 36

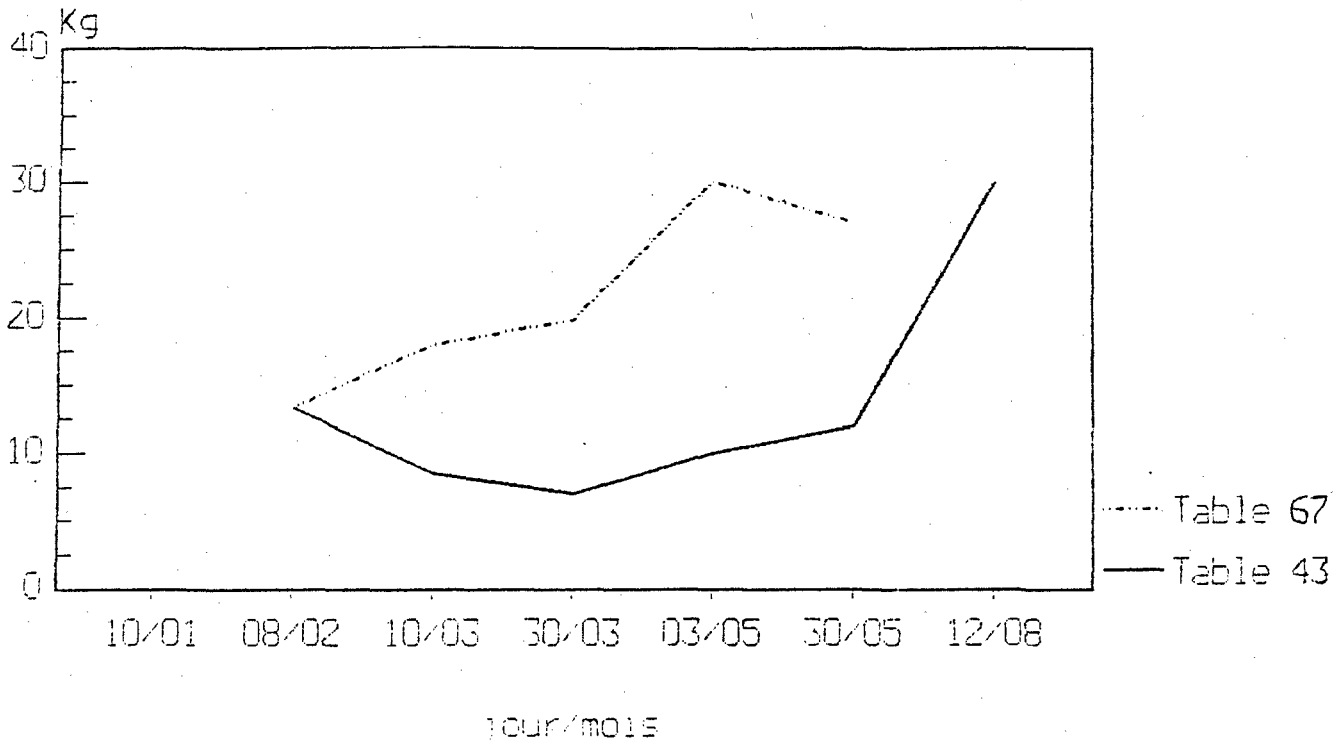


FIGURE 13.- Fluctuations mensuelles du poids total d'une "corde" d'élevage de naissains prégrossis, appartenant à la catégorie "Petites" (strate B, tables 43 et 67).



FIGURES 14A et 14B

Evolution du rendement d'une corde d'élevage de la catégorie "Petites" en fonction de sa localisation dans la concession mytilicole, dans la strate B (Fig. 14A, table 43 ; Fig. 12B, table 67). Le rendement est exprimé en % par catégorie, après calibrage sur trieuse professionnelle (P "petites", M "moyennes" et G "grosses" ou "marchandes").

Table 43. le 30/03/89 (Up=7 kg)  
Strate B

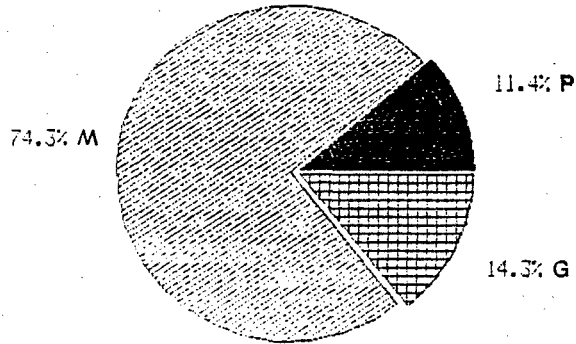
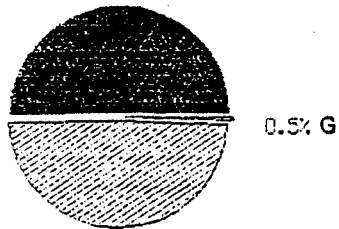


Table 43. le 08/02/89 (Up=13,3 kg)  
Strate B

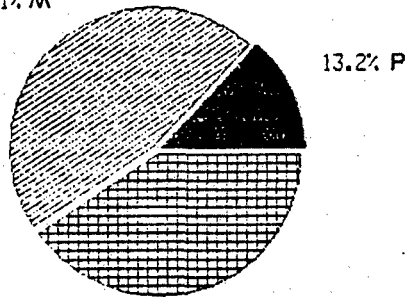
50.1% P



49.4% M

Table 43. le 30/05/89 (Up=12 kg)  
Strate B

46.1% M



40.6% G

FIGURE 14A.- Table 43

Table 67, le 03/03/89 (Up=13.3 kg)  
Strate B

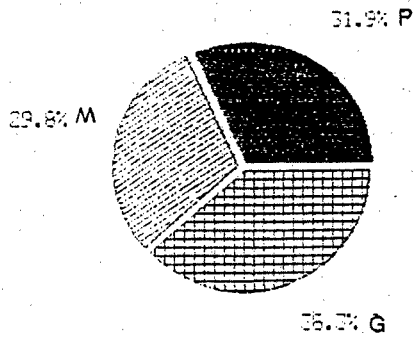


Table 67, le 30/03/89 (Up=19.8 kg)  
Strate B

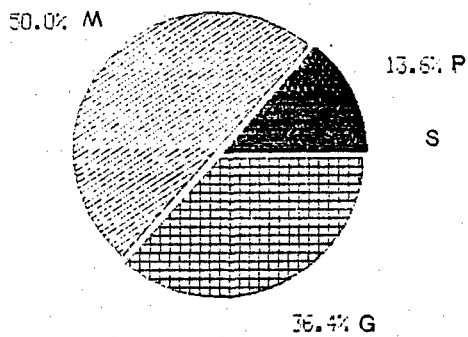


Table 67, le 15/05/89 (Up=30 kg)  
Strate B

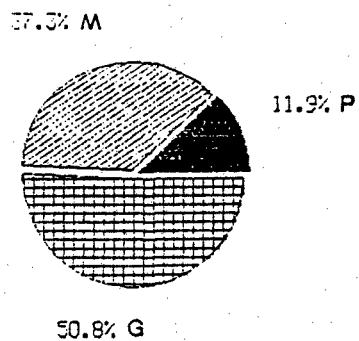
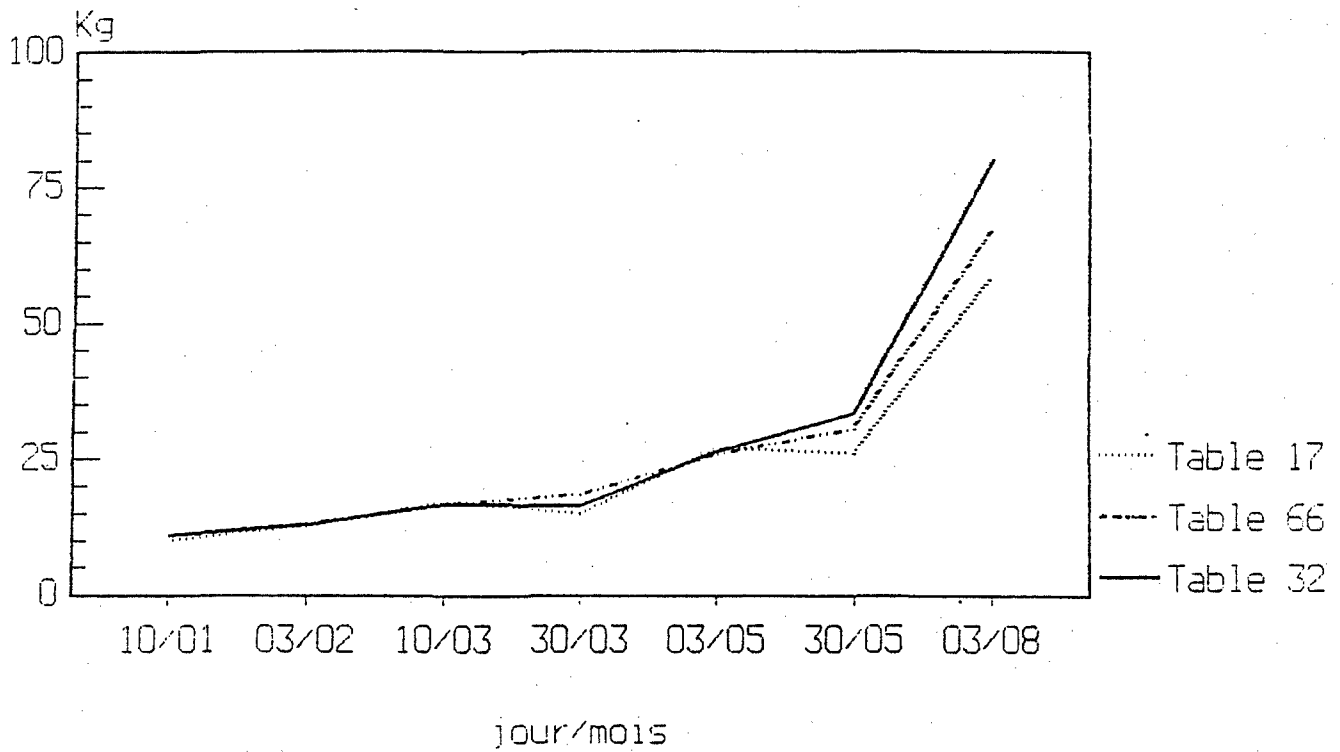


FIGURE 14B.- Table 67



**FIGURE 15.-** Fluctuations mensuelles du poids total d'une "corde" d'élevage de naissains prégrossis, appartenant à la catégorie "Petites" (strate C, tables 17, 32 et 66).

FIGURES 16A à 16C

Evolution du rendement d'une corde d'élevage de la catégorie "Petites" en fonction de sa localisation dans la concession mytilicole, dans la strate C (Fig. 16A, table 17 ; Fig. 16B, table 32 ; Fig. 16C, table 66). Le rendement est exprimé en % par catégorie, après calibrage sur trieuse professionnelle (P "petites", M "moyennes" et G "grosses" ou "marchandes").

Table 17. 1a 07/02/89 (Up=16 kg)  
Strate C

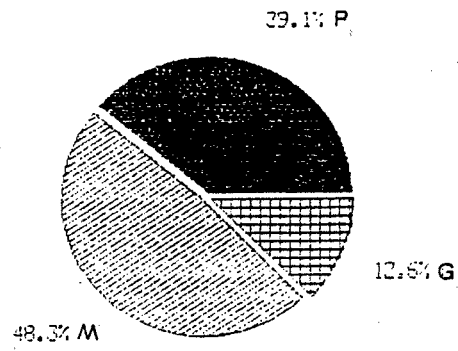


Table 17. 1e 30/03/89 (Up=15 kg)  
Strate C

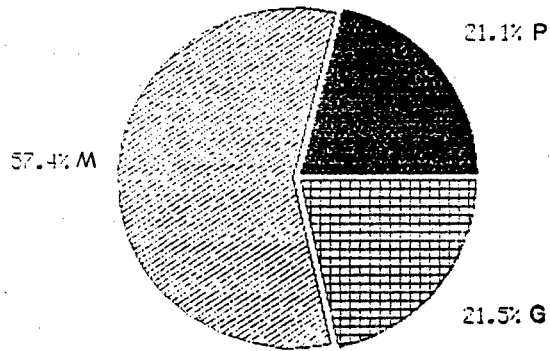


Table 17. 1e 30/05/89 (Up=26 kg)  
Strate C

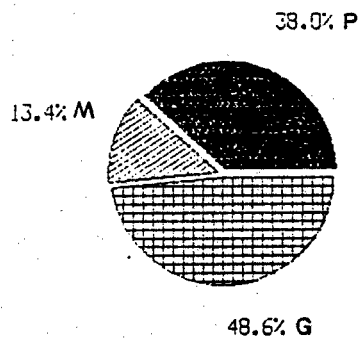


FIGURE 16A.- Tables 17

Table 32, le 03/02/89 (Up=13 kg)  
Strate L

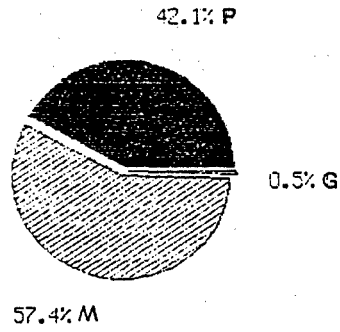


Table 32, le 30/03/89 (Up=16,5 kg)  
Strate L

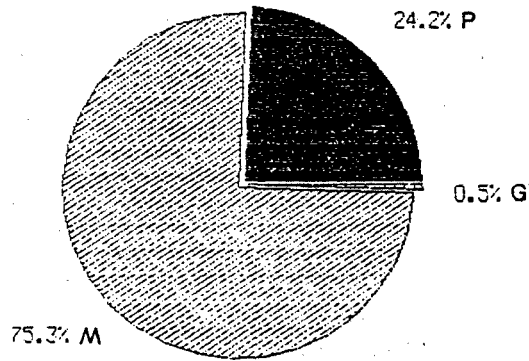


Table 32, le 30/05/89 (Up=33,5 kg)  
Strate L

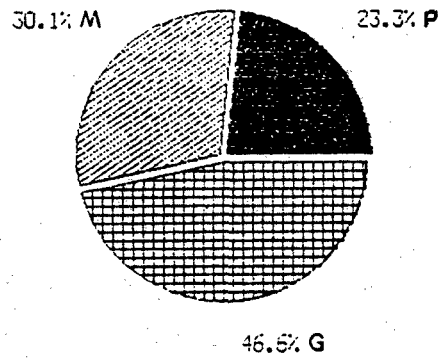


FIGURE 16B.- Table 32

Table 66. 1e 05/02/89 (Up=13 kg)  
strate C

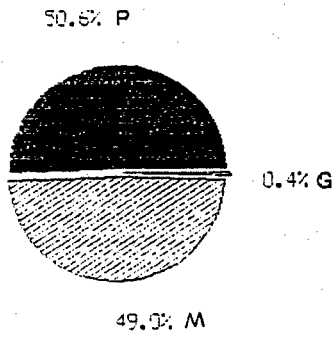


Table 66. 1e 30/03/89 (Up=18.5 kg)  
strate C

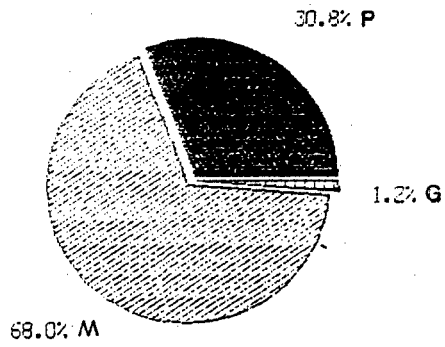


Table 66. 1e 30/05/89 (Up=25.3 kg)  
strate C

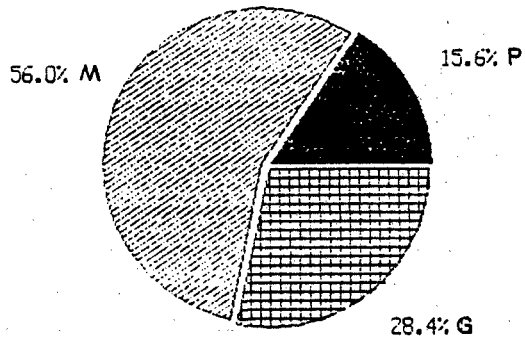


FIGURE 16C.- Table 66



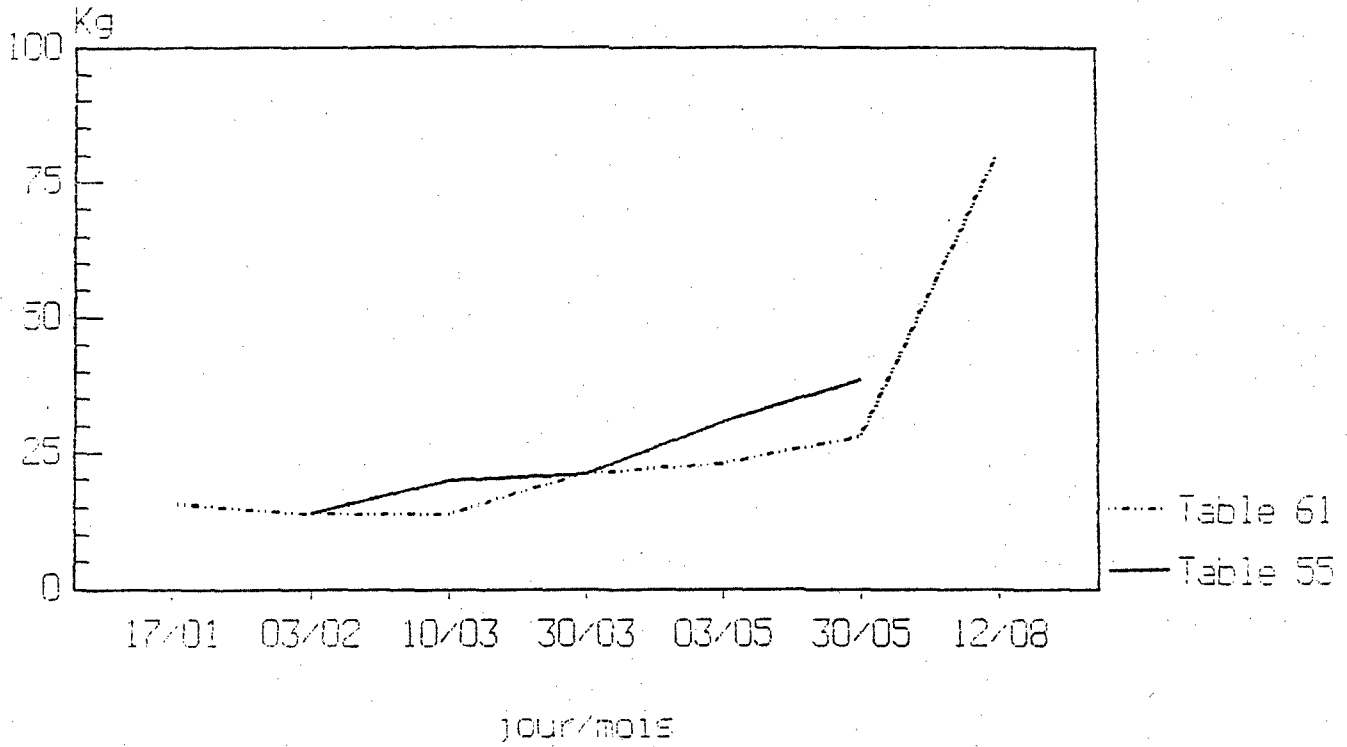


FIGURE 17.- Fluctuations mensuelles du poids total d'une "corde" d'élevage de naissains prégrossis, appartenant à la catégorie "Petites" (strate D, tables 55 et 61).

FIGURES 18A et 18B

Evolution du rendement d'une corde d'élevage de la catégorie "Petites" en fonction de sa localisation dans la concession mytilicole, dans la strate D (Fig. 18A, table 55 ; Fig. 18B, table 61). Le rendement est exprimé en % par catégorie, après calibrage sur trieuse professionnelle (P "petites", M "moyennes" et G "grosses" ou "marchandes").

Table 55. le 03/02/89 (Up=14 kg)  
Strate U

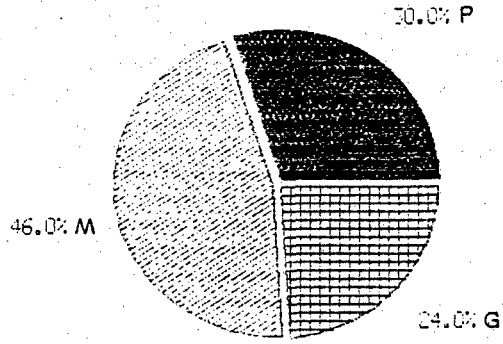


Table 55. le 30/03/89 (Up=21 kg)  
Strate U

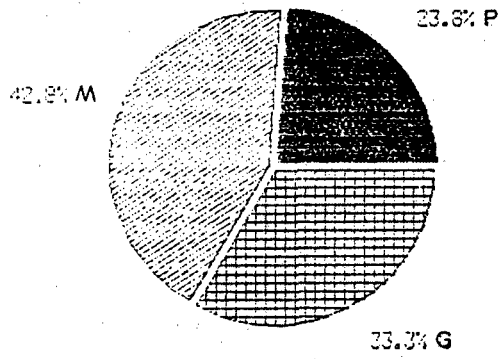


Table 55. le 30/05/89 (Up=38.5 kg)  
Strate U

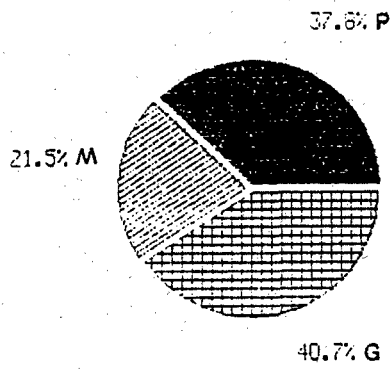


FIGURE 18A.- Table 55

Table 61, le 03/02/89 (Up=13.6 kg)  
strate U

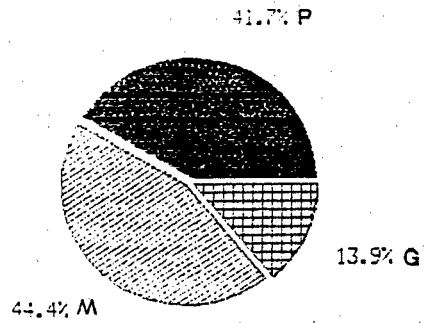


Table 61, le 30/03/89 (Up=21 kg)  
strate U

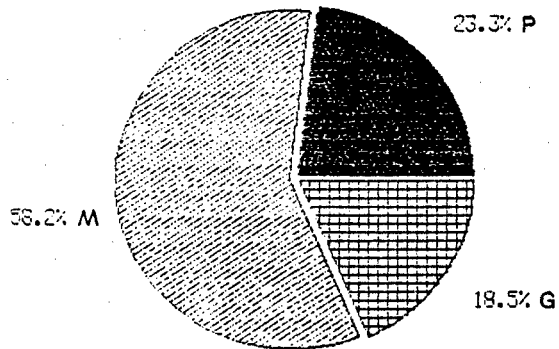


Table 61, le 30/05/89 (Up=28 kg)  
strate U

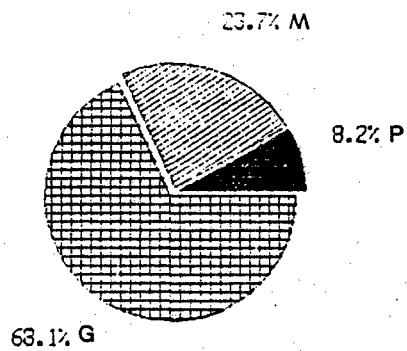


FIGURE 188.- Table 61

## TROISIEME PARTIE : ESTIMATION DES STOCKS

### 1 - INTRODUCTION

La zone de Carreau constitue un nouveau bassin conchylicole en extension. Pour valoriser au mieux cette zone et assurer une production sur des bases solides, en évitant les risques liés à la surcharge (affaiblissement des cheptels), une estimation de la biomasse en élevage, indispensable dans une perspective de gestion rationnelle des stocks, a été tentée. A terme, le but est d'essayer d'optimiser le rendement des élevages, information intéressant fortement la profession.

### 2 - METHODES D'ETUDE

#### 2-1 Période et date d'échantillonnage

Une seule estimation pouvait être réalisée dans l'année. Pour ce faire, il convenait de choisir une époque où les moules étaient peu manipulées et la biomasse subissait peu ou pas de variation. La meilleure période se situe en fin de printemps et avant l'été, comme le montre le calendrier des activités mytilicoles établi à la suite d'enquêtes chez les professionnels de Carreau (cf. Deuxième partie, Chap. 1). A cette époque (juin), les naissains captés en fin d'hiver viennent d'être dédoublés; les sujets captés en fin de printemps/été de l'année précédente ont été dédoublés ou calibrés au cours de l'hiver, pour la vente estivale, la plus importante (tourisme).

Ainsi, en juin, peuvent se trouver simultanément sur les tables d'élevage :

- des naissains de 1 à 6 mois;
- de la demi-moule d'environ 9 à 12 mois;
- de la moule moyenne à grosse de 1 à 2 ans;
- mais également du "tout venant" (mélange des 3 catégories précédentes); en effet, les mytiliculteurs de ce secteur ne pratiquent pas à proprement parlé de captage au sens strict du terme. Les périodes de fixations sont très étalées, de l'hiver à l'été et jusqu'en automne (le repos sexuel est très court, Morchid, 1987; Parache, 1987). Le naissain, abondant, devient rapidement un handicap pour l'éleveur qui doit pratiquer dédoublages et/ou calibrages qui nécessiteraient une plus grande surface d'élevage, c'est-à-dire un nombre de tables, par producteur, au moins égal à quatre (moins de 2 en 1989).

Une partie de la biomasse en élevage peut échapper à l'échantillonnage; c'est le cas des cordes dites de "tout venant", leur poids individuel dépassant largement les 100 kg (cordes non travaillées, composées de moules de toutes tailles). Lors de leurs émergences pour la pesée, des grappes de moules sont arrachées et les pertes, parfois importantes, sont difficiles à estimer.

De plus, lorsque le vent est fort (un Mistral de force 5 à 7 est fréquent dans ce secteur), les pertes induites peuvent être importantes, surtout dans les tables "du bas" (jusqu'à 30 % de la

biomasse en suspension, plus de 50% du temps de travail).

Pour pouvoir effectuer le travail d'échantillonnage sur le terrain dans de bonnes conditions (accès à l'intérieur des tables, temps de travail suffisant, pesées aisées), il est nécessaire d'opérer par mer relativement calme, à l'aide de bateau rapide, à pont dégagé (type "barge" des professionnels, Annexe 5), et par binôme.

Compte tenu de l'ensemble de ces impératifs, une première période était retenue, entre le 15 et le 30 juin 1989, mais l'échantillonnage était effectuée les 19-20-21 juin.

## 2-2 Stratégie d'échantillonnage : choix préliminaire

Le but étant d'estimer la biomasse totale de moules en élevage, la population étudiée est l'ensemble des tables concédées à la mytiliculture (Figure n° 19).

Les méthodes utilisées s'inspirent de celles mises en oeuvre dans d'autres bassins conchylicoles (Bodoy et Geairon, 1987; Maurer et al., 1987; Mazurié et Dardignac-Corbeil, 1988; Dardignac-Corbeil et Mazurié, 1989), mais différent de celles utilisées par Hamon et Tournier (1981; 1984/86) dans l'étang de Thau, dont les structures d'élevage sont comparables (tables). En effet, d'une part, on ne comptait que 64 tables d'élevage à Carreau en 1989 pour 2500 à Thau; d'autre part, l'activité mytilicole encore naissante du secteur de Carreau (premières implantations de tables en automne 1984) se traduit par des pratiques culturelles diverses. Nouvelle profession issue d'une reconversion complète (industries en déclin du complexe de Fos) ou partielle (pêche aux Petits Métiers), chaque parqueur met en valeur sa concession en fonction du nombre de table qu'il possède, de leur localisation et du temps qu'il consacre à la mytiliculture par rapport à d'autres activités (pêche, ramassage de coquillages). Ainsi, le nombre de cordes suspendues et les catégories de moules en élevage varient d'une table à une autre, chaque exploitant chargeant ses tables "à sa façon".

Remarque.- En ce qui concerne les activités annexes, si la pêche tend à disparaître avec la diminution constante des apports malgré un effort croissant, le ramassage des populations naturelles de palourdes ou d'huîtres plates constituent, pour certains parqueurs, un gain non négligeable.

## 2-3 Technique d'échantillonnage

Compte tenu des moyens disponibles (coûts en nombre de personne/jour), une seule démarche a été suivie. Elle fait abstraction du stock de moules fixées sur les rails, éléments constitutifs d'une table d'élevage (44 par table), bien que l'objet, pour certains parqueurs, d'un ramassage annuel à bi-annuel (vente des sujets marchands et remise en élevage des plus petits).

L'objectif du sondage est d'estimer, avec la meilleure précision possible, la biomasse totale de moules en culture sur cordes sur l'ensemble des 64 tables d'élevage. Cette information n'est actuellement pas disponible, tout au plus possède-t-on quelques quantifications assez vagues qui permettraient d'en avoir une idée approximative (Parache 1987; Massé et Grentz, 1989).

Les enquêtes-terrains ont mis en évidence la nécessité de procéder à un plan d'échantillonnage de type "stratifié" combiné à l'échantillonnage "à deux degrés". En effet, d'une part, on ne pouvait tirer aléatoirement dans une population de cordes difficilement recensables : il fallait procéder en deux temps, tirage aléatoire de tables ("grappes"), puis dans ces tables, second tirage aléatoire de cordes, ou de carrés, ou de barres, ou autres ("éléments"). D'autre part, on ne pouvait pas ne pas tenir compte des premiers résultats des enquêtes-terrain effectuées chez et avec les professionnels et distinguant, globalement, quatre secteurs géographiques, en fonction de caractéristiques bathymétriques et météorologiques. La stratification de la population, à condition d'une certaine homogénéité au sein des strates (?), permettait d'augmenter la précision en la combinant à l'échantillonnage à 2 degrés (Scherrer, dans Frontier, 1983: Maurer et al., 1987 et 1988).

Les techniques d'échantillonnage citées sont développées ci-dessous, les formules afférentes présentées en fin de chapitre.

Le choix d'une méthode d'échantillonnage d'une population implique la définition des unités qui la composent, en l'occurrence les tables mytilicoles et les cordes d'élevage. Les principes de l'échantillonnage stratifié à deux degrés au sens défini par SCHERRER dans Frontier (1983) semble les mieux adaptés pour répondre à la question posée. En effet, d'une part, l'échantillonnage stratifié permet de découper la population de tables en k strates plus homogènes, à condition de retenir l'hypothèse selon laquelle la situation des tables d'élevage influe sur la production de moules. D'autre part, l'échantillonnage par degré est relativement peu contraignant car il ne requiert pas la liste complète, ou un agencement particulier, des éléments de la population; en outre, il se combine aisément à l'échantillonnage stratifié.

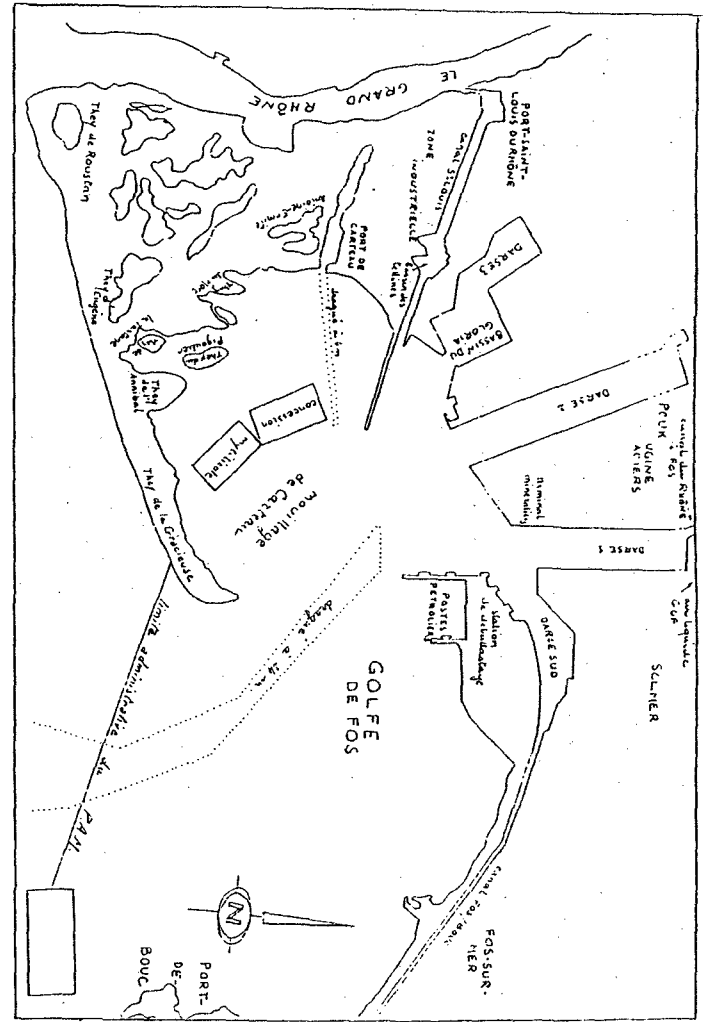
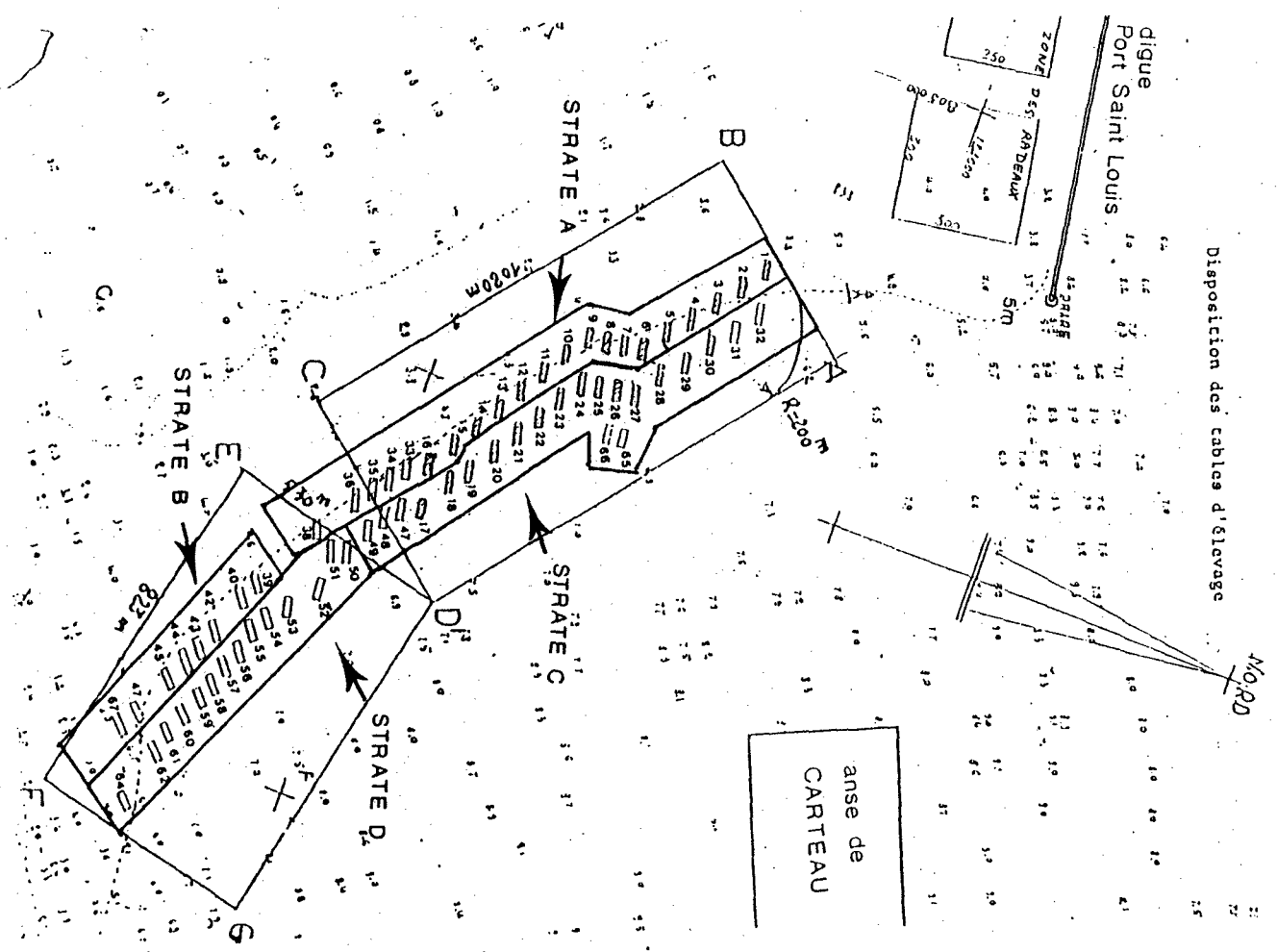
### 2-3-1.- La stratification

L'échantillonnage stratifié permet d'augmenter la précision et réduire le biais lorsqu'il porte sur une population hétérogène subdivisée en sous-populations (strates) relativement homogènes et échantillonnées indépendamment les unes des autres (Gulland, 1966, in Maurer et al., 1987).

Dans l'anse de Carteau, la stratification a été appliquée à des zones géographiques choisies en fonction de connaissances empiriques acquises au cours d'une période d'enquêtes-terrain, effectuées au sein de la profession mytilicole (Annexe 2). La concession mytilicole a été découpée en 4 secteurs géographiques : A, B, C et D (Fig. n° 19) :

- secteur A : tables 1 à 16 et 33 à 38;
- secteur B : tables 39 à 47, 67 et 64;
- secteur C : tables 17 à 32, 47 à 49 et 65 à 66;
- secteur D : tables 50 à 62.

Les secteurs A et C représentent a priori la zone de pleine



Disposition des cables d'élevage

FIGURE 19.- Stratification retenue lors de l'estimation des stocks en élevage dans l'anse de Carteau, à partir de critères bathymétriques et géographiques (----- isobathe 5 m).



exploitation, à l'abri des vents dominants de secteur Nord à Ouest (Mistral dominant), avec un secteur A sur l'isobathe 5 m a priori moins productif que le secteur C (6-7-8 m de profondeur) plus ouvert sur la mer. Dans les secteurs B et D, bien qu'exploités, on notait un abandon progressif de certaines tables, pour au moins deux raisons. La première concerne les tables dites "du bas" (secteur B, isobathe 5 m), proches d'une zone de remontée rapide du fond au SSE, à l'origine d'une remise en suspension de particules fines défavorables à la croissance des moules (contre-courant de compensation de vents de type Mistral). La seconde cause d'abandon est à mettre en relation avec la situation de certaines tables, directement soumises aux vents dominants (secteur D); les courants de houle créés sont à l'origine de pertes importantes (ruptures ou enlacements complexes de cordes, chutes de grappes de moules (Annexe 5).

L'effort d'échantillonnage par strate a été réalisé avec une allocation proportionnelle à la taille des strates (nombre de tables qu'elle contient).

#### 2-3-2 - L'échantillonnage à deux degrés

"La population comprend N unités, appelées unités primaires, qui se composent chacune de  $M_i$  unités plus petites, appelées unités secondaires. L'échantillonnage à deux degrés consiste à réaliser deux échantillons aléatoires : le premier d'effectif  $n$  se rapporte aux unités primaires, le second d'effectif  $m_i$  comporte  $m_i$  des  $M_i$  unités secondaires de chaque unité primaire sélectionnée."

Il s'agit de préciser quels sont les éléments (carrés, barres, cordes) et les grappes (tables) qui existent au sein de la population.

#### \* Définition de l'unité primaire

La table correspond à un regroupement artificiel d'éléments naturels comme par exemple les cordes d'élevage; elle peut également correspondre à un regroupement artificiel d'éléments artificiels, comme par exemple les couloirs, ou les carrés, ou les barres, composées de cordes d'élevage.

Une table est constituée de 44 rails plantés verticalement dans le sédiment, supportant des travées horizontales sur lesquelles sont fixées les 50 barres (ou 52 barres) auxquelles sont fixées les cordes (Fig. 20).

Les tables sont gérées par "carré" (30 carrés par table, 5 segments de barre de 5 m par carré) et par "couloir", soit dans la largeur (10 couloirs de 3 carrés), soit dans la longueur (3 couloirs de 10 carrés). En général, le nombre de cordes par segment de barre est constant dans un même couloir mais peut varier dans une même table selon le couloir. Ce nombre varie également d'une table à une autre (Annexe 3).

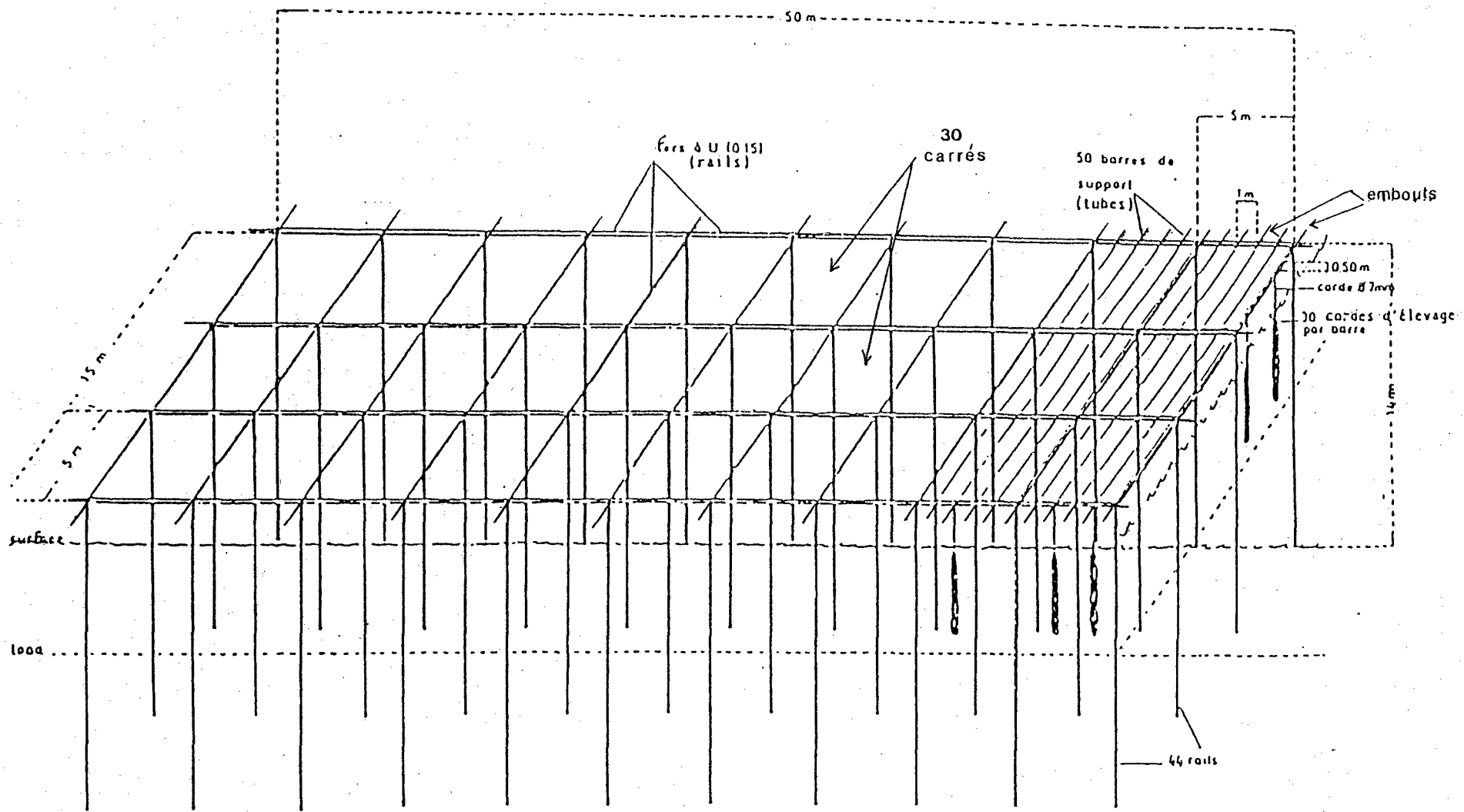


FIGURE 20.- Schéma de la structure d'une table mytilicole dans l'anse de Carteau.

Remarque :

- les rails ont une longueur immergée variable suivant la situation bathymétrique des tables. Les moules fixées sur ces rails font l'objet d'une exploitation (près d'une tonne de moules (?) pour 4 rails après 2 années), plus ou moins régulière (en période creuse : septembre/octobre, mais surtout janvier/février); après calibrage, les individus de taille non commercialisable sont mis en élevage.

- les deux extrémités d'une même barre (50 ou 52 barres par table) sont ou ne sont pas utilisées; lorsqu'elles le sont, les "cordes" (leur nombre est en général constant pour les extrémités d'une même table) qui y sont fixées appartiennent à la même catégorie de moules que le carré qu'elles prolongent; ou bien ce sont des capteurs, en particulier à l'approche de l'hiver (captage principal en hiver/printemps). Ainsi, un carré contient en principe la même catégorie de moules et a fortiori un segment de barre de 5 m (1er élément de travail d'un carré). Par contre, l'extrémité des 5 segments de barres d'un même carré peut soutenir des cordes de catégories différentes de celles du carré.

Ces deux entités (rails et extrémités de barres par table) devaient faire l'objet de 2 échantillonnages accessoires séparés, du type aléatoire simple (sans remise) par strate : EAS après numérotation de l'ensemble des rails présents dans une strate, ou des tables sélectionnées par l'échantillonnage principal; EAS après numérotation de l'ensemble des cordes présentes sur les extrémités des tables d'une même strate, ou des tables sélectionnées... Seules les extrémités de barres, objet d'une activité régulière, ont été échantillonnées.

Sachant que l'objectif visé est l'estimation de la biomasse totale à un instant donné sur l'ensemble des tables exploitées, la table se révèle être un niveau obligé du processus de sélection aléatoire des unités d'échantillonnage. C'est toutefois une entité trop vaste pour pouvoir être appréhendée en totalité, et il est nécessaire de la fractionner en sous-unités (unités secondaires) permettant une saisie simple et rapide de la variable mesurée (une masse de moules).

\* L'unité secondaire = unité d'échantillonnage élémentaire

Une première partition envisageable de la table mytilicole en sous-ensembles a priori plus homogènes consiste à regrouper les cordes en fonction des catégories de moules en élevage (stratification de la population). Cette solution ne sera pas retenue car elle nécessite un effort d'échantillonnage supplémentaire, d'une part très coûteux (pré-échantillonnage en plongée des catégories en élevage). D'autre part, l'appartenance à une catégorie est fonction de l'observateur (variable qualitative). En outre, une reconnaissance de surface a montré la difficulté d'accès entre les cordes d'une même table.

Ces faits amènent à penser que l'unité d'échantillonnage élémentaire la plus naturelle semble être la corde d'élevage. Mais, le recensement exhaustif des cordes, condition nécessaire à leur sélection aléatoire, est difficilement réalisable. Outre le caractère fastidieux et coûteux de cette opération, les pratiques d'exploita-

tion font que le nombre de cordes par table est une variable aléatoire : l'effectif varie au cours du temps et d'une table à une autre (Annexe 3).

Il apparaît plus judicieux de tenir compte de la structure régulière des tables, comprenant 50 (ou 52) barres et délimitants 30 carrés de 5 m x 5 m; un carré renferme en principe une même catégorie de cordes de moules suspendues sur 5 segments de barres de 5 m. Une barre traverse 3 carrés et peut donc soutenir, théoriquement, jusqu'à 3 catégories de moules différentes (on fait abstraction des prolongements de barres hors carrés, objet d'un échantillonnage accessoire). Sachant qu'il y a jusqu'à 70 cordes par carré, et en moyenne entre 24 et 42 cordes par barre, carrés et barres sont des entités encore trop vastes ou peu homogènes pour pouvoir saisir simplement et rapidement la valeur de la caractéristique mesurée (biomasse de moules).

L'unité d'échantillonnage élémentaire UE qui nous a semblé convenir le mieux est la fraction de barre de longueur 5 m qui constitue l'élément unitaire de gestion d'un carré. Dans ce cas, les éléments de la population ne sont pas des entités naturelles :

1 UE = 1/3 de barre = 1/5 de la longueur de barre par carré et environ 1/150 de la longueur totale de barres d'une table, dans le périmètre délimité par les carrés.

D'après Green (Frontier, 1983) les plus petites unités sont généralement les meilleures car la précision des estimations est habituellement améliorée; il convient que le rapport de la surface ou du volume de l'entité examinée à la surface ou le volume de l'unité échantillonnée soit inférieur à 0,05. Cochran (*in* Frontier) choisit la taille des unités en fonction de deux critères : le coût et la variance, à partir de l'analyse de pré-échantillons et d'UE différentes, et en excluant les frais de déplacements d'une unité à l'autre.

Pour déterminer le nombre d'unités secondaires à échantillonner, une estimation des coûts (temps-argent), nécessaires pour effectuer chaque degré (C1 = 1er degré, C2 = 2ième degré), a été réalisée préalablement. Elle a porté sur 5 tiers de barres tirés aléatoirement dans une table "pleine" (n°32) :

C1 = temps mis pour repérer et accéder, dans une table, aux UE; il est en moyenne de 5 minutes (1 mn pour l'accès au 1/3 de barre et 4 mn pour accéder à une autre UE;

C2 = temps mis pour effectuer les pesées par UE dans n UE par table.

Le nombre de cordes par UE est compris entre 0 et 14, mais il est en moyenne compris entre 8 et 12 (Annexe 3). La mesure du poids total d'une UE peut être faite en moyenne en 14,5 minutes (s=2,0), soit un temps moyen par corde de 87,4 secondes (s= 15,6); le poids moyen de tiers de barre, de 298,9 kg (s=33,9), correspond à un nombre moyen de 10 cordes (Tableau suivant). La valeur de C2 a été fixée à 20 minutes, plus vraisemblable dans le cas d'un intervenant non-averti.

soit, par table,  $C1 + C2 = (5' \times m) + (20' \times m)$

Il reste à déterminer le nombre  $m$  d'unités secondaires UE à échantillonner par table en fonction des coûts.

Pds par corde (s)	Nb de corde par 1/3 barre analysé	Pds par 1/3 barre analysé	Temps pour peser 1 corde (s)	Temps total
25,3 kg (5,6)	10	253	72" (17)	12'
27,7 kg (9,8)	10	276,5	81" (30)	12'
29,5 kg (9,2)	10	295	81" (30)	13'30
31,9 kg (7,7)	10	319	90" (19)	15'30
35,1 kg (2,7)	8	281	113" (17)	13'

Estimation du temps nécessaire pour effectuer la pesée des cordes appartenant à 1/3 de barre (le 10/03/89, table 32, par mode calme)

Au niveau de l'échantillonnage en général, au total 6 personnes pouvaient se rendre disponibles pendant un maximum de 3 jours. En supposant un minimum de 6 heures par jour, le nombre d'heures-travail potentiel sera :

$$6 \text{ h.} \times 3 \text{ j.} \times 3 \text{ éq.} = 54 \text{ heures-travail}$$

Les temps d'accès inter-table, d'accès à la concession mytilicole, ont été négligés, le nombre d'heures-travail/jour pouvant être aisément ramené à 7 heures), il vient :

$$54 / (25 \text{ m}) = \text{nombre } n \text{ d'unité primaire échantillonnée}$$

Il aurait été intéressant d'effectuer un pré-sondage pour déterminer la fonction de coûts permettant d'optimiser la valeur de  $m$  (biomasse moyenne par UE et variance d'échantillonnage de l'estimateur). En l'absence de moyens suffisants (argent-temps), une approche empirique de la valeur de  $m$  a été effectuée. Sachant qu'une

table peut contenir jusqu'à 3 catégories de cordes de moules (petites, moyennes, grosses) mais qu'une UE n'en contient pas plus qu'une, la variance associée aux mesures propres à une UE est négligeable (variance intra-UE) en regard des sources d'incertitude associées à l'estimation de la biomasse totale des moules dans une table (variance inter-UE). L'allocation de l'effort devait donc porter sur un nombre minimum de 3 UE par catégorie théorique et sur un nombre minimum de 3 mesures par catégorie, soit  $m = 9$  UE par table (correspondant à 45 m de barre sur les 750 m possible, soit un rapport de 0,06) :

$$\text{ainsi, } C1 + C2 = 25' \times 9 = 225'$$

$$\text{et } n = (54 \times 60') / 225' = 14,4 \text{ tables}$$

L'allocation proportionnelle au nombre de tables par strate porte l'échantillonnage à 15 tables :

- strate A (21 tables) :	5 tables	(4,80 selon calcul)		
- " B ( 8 tables) :	2 "	(1,80 "	" "	)
- " C (21 tables) :	5 "	(4,80 "	" "	)
- " D (13 tables) :	3 "	(2,97 "	" "	)

### 3 - REALISATION PRATIQUE

#### 3-1. Moyens matériels

Au niveau de l'échantillonnage en général, 3 équipes de 2 personnes et 3 bateaux (du type de ceux utilisés par les professionnels, c'est-à-dire permettant un accès rapide à l'intérieur des tables), à raison de 6 heures minimum par jour pendant 3 jours consécutifs sont nécessaires. Chaque équipe est munie du matériel de pesée (peson dynamométrique 0-100 kg et baille ajourée), d'une tablette "étanche" et d'une fiche d'enquête, d'un plan détaillé de la position des tables dans l'ensemble de la concession, enfin d'un plan détaillé de la composition d'une table (exprimée en UE numérotée, les numéros à échantillonner étant bien précisés, Annexe 4).

#### 3-2. Tirages des points

Le nombre de tables à échantillonner par strate est défini en fonction de l'effort total (15 tables échantillonnées sur l'ensemble des strates).

Dans chaque strate, un tirage aléatoire simple (EAS) des tables (sans remise) est effectué grâce à un générateur de nombre aléatoire. Dans chacune de ces tables est mesuré le poids total de moules en suspension par UE (il s'agit de peser individuellement toutes les cordes présentes dans chaque UE) après EAS (sans remise) des unités d'échantillonnage.

Remarque : sachant qu'il y a jusqu'à 3 catégories de cordes par table, les catégories auxquelles appartiennent les cordes échantillonnées dans chaque UE ont pu être notées (estimation visuelle de la catégorie : Petites, Moyennes, Grosses) sans que cette valeur intervienne dans la formulation.

Strate	Nombre de tables	Nb de tables vides	Nb de tables analysées		Taux moyen de 1/3 de barre occupés (écart-type) (%)
			prévu	fait	
A	21	0	5	5	83,8 (20,2)
B	9	1	2	2	47 (2,7)
C	21	0	5	6	89,1 (17,3)
D	13	1	3	3	80 (20,7)
Total	64	2	15	16	

Tableau 1 : Nombre de table et nombre d'embouts par strate.

	Tables sans embout	Embouts	Tables complètes
Biomasse totale	2 080,16	284,8	2 364,96
I.C. à 95%	405,3	70,4	411,36
Précision	19,48	24,72	17,39

Tableau 3 : Répartition de la biomasse totale.

Strate	Nb de table	% de 1/3 barre occupé (écart type)	% d'embouts occupés (écart type)
A	21	84,1 (8,3)	83,5 (9,0)
B	9	46,9 (2,4)	35,6 (31,4)
C	21	79,9 (6,5)	78,7 (17,6)
D	12	83,5 (9,8)	83,2 (9,5)

Tableau 4 : Taux d'occupation des tables et des embouts

### 3-3. Difficultés rencontrées

La table tirée au sort est mal exploitée et les UE contiennent des cordes dont le poids est très élevé; ces cordes, de captage à l'origine, sont munies d'un corps mort et n'ont pas été "travaillées". Elles constituent ainsi une quatrième catégorie de moules en suspension dite "tout-venant"; leurs poids dépassent souvent les 80 kg. Il en est fait une estimation sommaire, la masse du corps mort (1 à 5 kg) étant négligée.

L'UE tirée au sort est absente ou ne contient pas de corde; on le note et on en prend une autre à proximité; les UE ainsi "inversées" sont peu nombreuses (Tabl. 1).

## 4 - RESULTATS

Les résultats sont présentés dans les tableaux 2, 5 et 6.

Les calculs ont été réalisés à partir d'une estimation effectuée d'une part sur le périmètre des tables d'élevage proprement dit, et donc n'incluant pas les extrémités des barres situées hors de ce périmètre, d'autre part sur ces extrémités, appelées "embouts" (cf. Fig. 20).

### 4-1 Biomasse totale en élevage

La biomasse étudiée a été estimée à environ 2400 tonnes, avec une précision de 17,4 % (Tabl. 2).

Les 63 tables en exploitation (sur 64 disponibles) montraient un taux d'occupation proche de 72 %, correspondant à un nombre total de cordes de 71 000, soit un poids moyen de 34 kg (Tabl. 4 et 5).

Selon le secteur considéré dans la concession mytilicole, la biomasse par table variait de 25 à 48 tonnes, le nombre de cordes de 700 et 1250 en moyenne.

L'estimation des catégories de moules en élevage, effectuée visuellement lors de chaque pesée, montre que les "embouts" (Tabl. 6 et Fig. 21) contiennent pour 31,4 % des moules de la catégorie "Petites" et pour 34,6 % des cordes "non travaillées" (Tout-venant). Dans les tables, 39,2 % des moules appartiennent à la catégorie "Moyennes" et 17,7 % sont commercialisables (catégorie "Grosses"); le pourcentage de "Tout venant" reste élevé (27,9 %).

La conversion pour le passage en biomasse par catégorie donne un poids moyen par corde de 16,4 kg (s= 1,3) pour les "Petites", de 20,9 kg (s=3,1) pour les "Moyennes" et 36,8 kg (s=10,3) pour les moules commercialisables.

### 4-2 Estimation sommaire des quantités de moules non prises en compte dans l'échantillonnage

Pour approcher l'ensemble de la biomasse de moules présente dans l'anse de Carteau et intervenant dans le bilan trophique général, l'estimation faite précédemment n'a pas pris en compte les moules "sauvages" fixées sur les rails, au nombre de 44 par table,

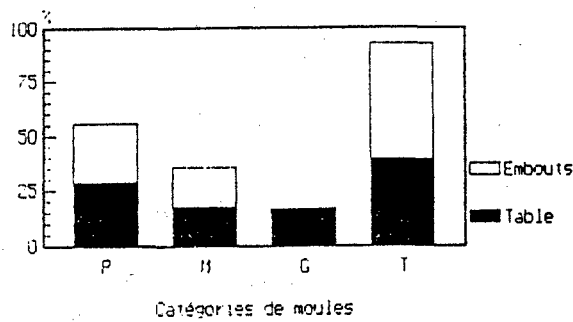
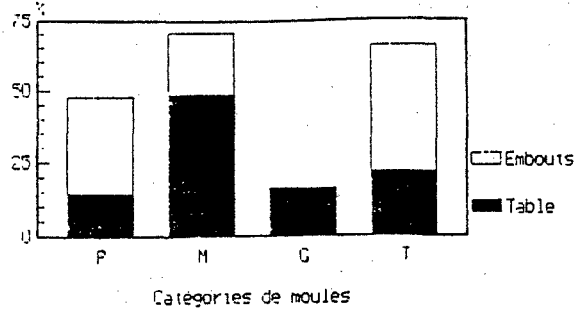


	Table sans embout		Embouts		Tables sans embout	Embouts	Tables + embouts	
	Kg	Kg	Kg	Kg	tonnes	tonnes	tonnes	
Strate	Poids moyen d'1/3 de barre $\bar{y}$ (écart-type)	Poids moyen d'une table $\bar{y}$ (écart-type)	Poids moyen d'un embout $\bar{y}$ (écart-type)	Poids moyen d'une table $\bar{y}$ (écart-type)	Poids total $\hat{Y}$ (écart-type)	Poids total $\hat{Y}$ (écart-type)	Poids total $\hat{Y}$ (écart-type)	
A	N = 21 n = 5	240,32 (43,46)	30 436,05 (6 598,92)	42,93 (10,61)	3 597,33 (1 107,46)	639,15 (138,57)	75,54 (23,25)	714,69 (140,50)
B	N = 9 n = 2	279,31 (74,36)	20 459,45 (6 473,53)	61,33 (8,71)	4 538,67 (644,91)	184,13 (58,26)	40,85 (5,8)	224,98 (58,54)
C	N = 21 n = 6	268,78 (26,83)	36 464,44 (5 364,06)	41,32 (10,33)	4 132,03 (1 053,85)	765,75 (112,64)	86,77 (22,13)	852,52 (114,79)
D	N = 12 n = 3	328,07 (63,45)	40 926,40 (7 204,84)	80,03 (10,21)	6 802,94 (1 247,21)	491,11 (86,46)	81,63 (14,96)	572,74 (87,74)
Total	N = 62 n = 16				2080,16 (206,79)	284,8 (35,9)	2364,96 (209,88)	

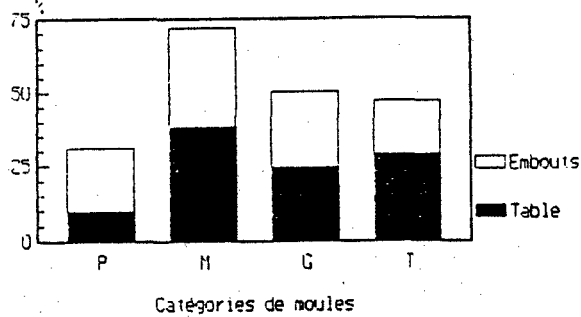
**Tableau 2 :** Résultats des biomasses sur chacune des strates, pour les tables sans embouts, pour les embouts, et pour l'ensemble des tables.

Biomasse totale = 2364,96 ± 1,96 × 209,88

Précision : 17,39 %



Strate C



Strate D

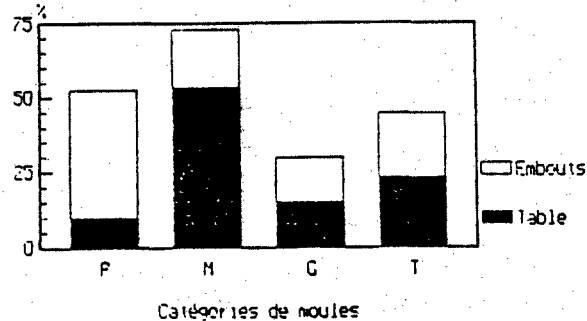


FIGURE 21.- Répartition selon les strates considérées (A, B, C et D) des différentes catégories de moules en élevage sur table dans l'anse de Carteau (juin 1989) : à l'intérieur du périmètre d'une "table" (délimité par les 4 rails les plus extérieurs) ; à l'extérieur de ce périmètre ("embouts").

Strate	Nb tables occupées	Nombre de cordes	Ecart type	Nb moyen de cordes par table
A	21	25 469,5	3 348,5	1 212,8
B	9	6 013,7	501,7	668,2
C	21	25 888,4	3 323,8	1 232,8
D	12	13 594,3	1 693,6	1 132,85
Total	63	70 965,9	5 037,8	1 126,4
IC à 95%		9 874,1		
Précision		13,9 %		

Tableau 5 : Nombre de cordes d'élevage par strates.

Strate	P	M	G	" Tout-venant "
A	16,6	26,0	23,7	32,6
B	15,7	17,6	31,0	44,1
C	14,8	19,8	39,6	40,7
D	18,5	20,2	52,8	62,6
moy.	16,4	20,9	36,8	
écart-type	1,3	3,1	10,8	

Tableau 6 : Estimation de la biomasse moyenne d'une corde d'élevage par catégorie de moules (P petites, M moyennes, G grosses), et par strate (exprimée en Kg).

ni celles des gisements naturels.

Rappelons que, outre les moules, l'anse de Carteau est également exploitée pour ces populations naturelles de palourdes (Ruditapes decussatus) et d'huîtres plates qui sont pêchées, les premières à la vue, les secondes à la drague. Notons que des essais d'élevage, tentés sur chacune de ces deux espèces par les professionnels permettent d'envisager des productions intéressantes dans un avenir proche. En ce qui concerne les gisements naturels, des études sont menées par le Centre d'Océanologie de Marseille et l'IFREMER.

Les moules fixées naturellement sur les rails constituant chaque table font l'objet d'une exploitation régulière. Leur importance peut être évaluée à partir des données moyennes précédemment estimées, en considérant chaque rail comme une corde théorique appartenant à la catégorie "Tout venant".

Sachant qu'une table est constituée de 44 rails :

- les moules fixées sur les rails constitueraient une biomasse de 30,1 t dans la strate A (poids moyen d'une corde "tout-venant" 32,6 kg),
- dans la strate B, le poids moyen est de 44,1 kg, soit une biomasse estimée à 17,5 t,
- elle est de 37,6 t dans la strate C (poids moyen 40,7 kg),
- et de 35,8 t dans la strate D (62,6 kg de poids moyen).

Ainsi, aux 2365 tonnes répertoriées précédemment, il faut au minimum ajouter  $30,1 + 17,5 + 37,6 + 35,8 = 121$  t, soit un total présent dans la concession mytilicole de l'anse de Carteau de 2486 t de moules, pour la période retenue.

## 5 - CONCLUSIONS

L'estimation des biomasses exploitées à partir de l'EAS indépendant pratiqué sur les tables pour les 1/3 de barre, puis pour les embouts, ne permet pas de comparer les strates; en effet, dans chaque strate, la variance inter-table est supérieure à la variance intra-table. La comparaison des poids moyens des tables entre strate est dangereuse car la variance de leur estimation est toujours très élevée. En outre, variance et moyenne proviennent du calcul à 2 degrés.

Le nombre moyen de 1/3 de barre pesé varie entre 3 et 9 selon qu'il s'agit de l'EAS pratiqué sur la table sans embout ou sur les embouts uniquement; le calcul d'optimisation sur ce nombre montre qu'il suffisait d'en peser entre 0,3 et 0,6 pour un même coût.

Dans le cas des embouts, en tenant compte de la variance de la biomasse obtenue par strate, l'allocation optimale pour des coûts unitaires égaux donne le nombre de table à échantillonner :

- 6,2 pour la strate A
- 0,7 " " " B
- 5,9 " " " C
- 2,3 " " " D

Dans le cas de la table sans embout, l'allocation optimale de

l'effort total donne 7,2 tables pour la strate A, 1,3 pour B, 5,9 pour C et 2,6 pour D.

Le pourcentage d'occupation des tables (Tableau 4) est tel que le poids moyen d'une table reflète a priori les différences dans le % d'occupation plutôt que les différences entre les tables.

Les estimations pourraient donc être affinées en "sautant" le 1er degré correspondant aux tables. Ceci revient à diminuer la variance inter-table dans chaque strate, qui est la principale source d'imprécision des résultats.

Une meilleure stratégie consisterait très probablement à numérotter, in situ, les 1/3 de barre occupés (nombre total - nombre inoccupé) dans chaque table appartenant à une strate, puis les numérotter, enfin faire un EAS dans ce nombre total; ceci revient à considérer une population de 1/3 de barre par strate. Mais, la validité de cette hypothèse reste à démontrer. De même se pose la question de la validité de la stratification, qui doit faire l'objet d'une attention particulière. En effet, l'analyse de l'évolution de la production pondérale, de la croissance et de la production commercialisable en fonction de la localisation des tables ne tendent à montrer que peu de différence.

L'évolution de la biomasse demeure toutefois un des éléments essentiels nécessaire à la mise en place d'une gestion rationnelle des élevages. Ainsi, dans le cas d'une extension progressive des surfaces d'élevage, sa connaissance, associée à celle de la capacité de production des mollusques cultivés, devraient permettre de définir, à terme, la limite à ne pas dépasser.

## 6 - NOTATIONS ET FORMULES

### 6-1 Système de notation

N effectif de la population : nombre d'unités primaires = nombre de tables d'élevage par strate

n effectif de l'échantillon = nombre de tables d'élevage échantillonnées

$f = f_1 = n / N$  taux d'échantillonnage des unités primaires

$M_i$  nombre d'unités secondaires composant la  $i$  ième unité primaire = nombre total de tiers de barre occupés par table échantillonnée

$m_i$  nombre d'unités secondaires échantillonnées dans la  $i$  ième unité primaire = nb de tiers de barre échantillonnés par table (jusqu'à 9)

$f_{2i} = m_i / M_i$  taux d'échantillonnage des unités secondaires dans la  $i$  ième unité primaire

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{N} \quad \text{nombre moyen d'unités secondaires par unité primaire}$$

$$\hat{M} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \quad \text{estimation du nombre moyen d'unités secondaires par unité primaire}$$

$$M_0 = \sum_{i=1}^n M_i \quad \text{nb total d'unités secondaires par unité primaire}$$

### 6-2 Echantillonnage - terrain (variables quantitatives)

L'échantillonnage qui a été effectué est un échantillonnage à 2 degrés avec unités primaires de tailles inégales, sélectionnées selon l'aléatoire simple. La formulation est donnée par Scherrer dans Frontier (1983) :

\* sur chaque strate

$$y_i = \sum_{j=1}^{m_i} y_{ij} / m_i \quad \text{poids moyen d'une unité secondaire dans la } i \text{ ième unité primaire}$$

$y_{ij}$  est la valeur de la  $j$  ième unité secondaire dans la  $i$  ième unité primaire

$$\bar{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^{m_i} y_{ij}}{m_i} \quad \text{estimation du poids moyen d'une unité secondaire dans la strate}$$

$$v(\bar{y}) = (1/N - 1/n) \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{M_i}{M^2} (y_i - \bar{y})^2 + \frac{1}{nN} \sum_{i=1}^n \frac{M_i}{M^2} \left( \frac{1}{m_i} - \frac{1}{n_i} \right) s_i^2$$

$$\text{avec } s_i^2 = \frac{1}{m_i - 1} \sum_{j=1}^{m_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$$

Remarque : le biais de  $\bar{y}$  décroît rapidement avec l'augmentation de  $n$  ( $N$  est petit, mais sa valeur est connue)

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i y_i}{n}$$

estimation non biaisée du poids moyen par unité primaire

$$v(\bar{y}) = \frac{1 - f_1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (M_i y_i - \bar{y})^2}{n - 1} + \frac{\sum_{i=1}^n M_i (1 - f_{2i}) s_i^2}{m_i n N}$$

$$\hat{Y} = N \bar{y}$$

estimation non biaisée de la biomasse par strate

$$v(\hat{Y}) = N^2 v(\bar{y})$$

\* sur l'ensemble des strates

l'indice h indique le numéro de la strate

$$\hat{Y} = \sum \hat{Y}_h \quad v(\hat{Y}) = \sum v(\hat{Y}_h)$$

L'allocation entre les strates étant proportionnelle, selon Satterthwaite (1946) in Cochran (1977), repris par Scherrer (dans Frontier, 1983), le nombre de degrés de liberté ne est approximativement égal à :

$$ne = \frac{\sum_{gh} s_{yh}^2}{\sum_{gh} \frac{s_{yh}^4}{nh - 1}} \quad \text{où } gh = \frac{N_h (N_h - n_h)}{n_h}$$

$N_h$  effectif dans chaque strate (nb de tables dans la strate h)

$n_h$  effectif de l'échantillon de chacune des strates,  $s_{yh}^2$  sa variance

$y_h$  moyenne de la strate h

$\bar{y}$  moyenne de la population

## QUATRIEME PARTIE

### CONCLUSION GENERALE

La production d'un bassin semi-fermé est limitée souvent par la capacité trophique du milieu et, à partir d'une certaine biomasse, il y a diminution de la croissance et de la qualité des mollusques. Une analyse de l'évolution de l'ostréiculture dans le bassin de Marennes-Oléron (Anonyme, 1986) a mis en évidence un allongement notable de la durée d'élevage et une augmentation des mortalités courantes en relation directe avec une surexploitation de la productivité de l'écosystème. En Normandie, les bouchots du Vivier-sur-mer ont été restructurés, le nombre de pieux divisé par deux, permettant une reprise des croissances les années suivantes.

Dans l'anse de Carteau, l'activité mytilicole est naissante; la croissance et la qualité de la chair des moules sont très satisfaisantes, exceptée une teneur moyenne en protéines relativement basse en 1989 (environ 30% de la masse sèche). L'indice de condition de Metcoff-Needler est alors élevé (>125); quelle que soit la situation de la table dans la surface concessionnée, les moules de Carteau répondent aux critères de qualité en vigueur puisqu'elles dépassent largement la valeur-seuil de 80. La qualité de la chair des moules est comparable à celle analysée en 1984/85, pour un nombre de tables de 30 (Parache et Massé, 1987).

La position de la table dans la concession ne joue pas un rôle prépondérant. Cependant, on a pu observer et mesurer des différences quant à la gestion des tables, en fonction de leur situation (tables dites "du haut" et "du bas", concessions ABCD et EFGH). Ainsi, la nécessité d'un dédoubleage fréquent dans les tables situées dans la concession Sud (influence indirecte des vents dominants sur le maintien de la biomasse en élevage) posait le problème, soit d'une restructuration de la concession, soit d'une augmentation des surfaces d'élevage. Certains professionnels décidaient, dès l'été 1989, de déplanter puis replanter leur table dans un secteur plus à l'abri, dans l'attente du financement nécessaire à l'accroissement du nombre de tables, théoriquement de 270, à terme.

La biomasse de moules en élevage sur tables (63 en 1989), effectuée à la fin du printemps, a été estimée à environ 2500 tonnes, avec une précision de l'ordre de 17,4%; le nombre de cordes en élevage est proche de 71 000, le poids moyen estimé à 34 Kg par corde. Environ 25 % des moules en élevage sont de taille marchande à cette époque; le complément pourra être commercialisé de l'automne (30%) à l'hiver (40%).

La production commercialisable après 1 an d'élevage est proche de 65% pour un captage printanier et 75% pour un captage en fin d'hiver. Sur un cycle complet d'élevage (16-18 mois), la production potentielle est supérieure à 2 000 t.



S'il convient de rester prudent dans une prospective de gestion rationnelle des stocks, il est probable que le doublement du nombre de tables ne pose pas tant un problème de qualité ou de quantité de moules produites, mais plutôt un problème de commercialisation de la biomasse produite.

En effet, des enquêtes, menées au cours de l'automne/hiver 1988/89, témoignent d'une difficulté générale d'organisation des ventes. Le G.I.E., créé pour gérer la Commercialisation des moules, ne regroupe qu'une douzaine de producteurs pour une population de 30-35 mytiliculteurs, en 1989. Ce G.I.E. assure 90% de la production commercialisée à la sortie de la Station de Purification communale "la Saint-Louisienne" (400 tonnes en 1989, en moyenne 39 t/mois, s=24). En sortie de production, les prix, de l'ordre de 4,5 à 5 FF/kg, sont de 6 à 7 FF/kg à la distribution; le passage en Station de Purification, obligatoire dans cette zone, classée "insalubre", coûte 1,4 FF/kg. Ce coût supplémentaire explique les fuites de production vers d'autres stations de purification, de coût inférieur (Toulon, Sète, et, depuis mi-89, Martigues-Pontheau). De même, les ventes directes sont notables, les fuites difficilement contrôlables, malgré la nécessité de Bons de Transports Insalubres. Les ventes "en gros" ou "en cordes" (naissains, demi-moules), à des éleveurs de l'étang de Thau, de Toulon ou/et en Corse, sont la plupart du temps faites à un prix très bas (moins de 4 FF/kg). Ces pratiques sont à l'origine de mésententes, parfois "houleuses", et du manque de cohésion à l'intérieur de la profession.

L'obtention d'un premier label ("moules Royales" de Carteau) dans les années 1986/87 avait permis une relance des ventes. Mais, la présence estivale, maintenant quasi-annuelle, du Dinophysis, décale la commercialisation vers une période à plus faible potentiel d'achat. Ainsi, au cours de l'été 1989, la prolifération de ce dinoflagellé a provoqué le blocage des ventes, entre le 15 juin et le 23 août 1989. La montée de la tension générale remettait alors en question l'extension de la mytiliculture dans l'anse de Carteau, basée sur une commercialisation surtout estivale. En 1990, la peur du "Dinophysis" s'est traduit par la vente massive, dès le printemps, de moules "en cordes" (catégories "Petites" à "Moyennes"), bradées aux éleveurs de la région de Sète). En fait, l'interdiction des ventes a été plus précoce en 1990 (15 mai à fin juin), et la commercialisation estivale importante (en moyenne 100 t/mois par le seul G.I.E.). A l'approche de l'automne, les parcs étaient "vides" de moules marchandes; les éleveurs, malgré la demande, ont été obligé d'attendre le mois de novembre 90 pour pouvoir vendre de nouveau, une seconde petite récolte, tout juste commercialisable.

Dans l'avenir, il conviendra donc d'élargir les périodes de ventes, ce qui implique de rationaliser les méthodes d'élevage pour faciliter l'étalement des productions.

La production commercialisée officiellement en 1989 a été estimée par les Affaires Maritimes à un peu plus d'un millier de tonnes de moules de taille marchande, plus 300 t de naissains.

Le problème posé actuellement est la différence entre

production commercialisée et production commercialisable; en effet, malgré l'augmentation du nombre de tables (environ 105, en décembre 1990) et de parqueurs (une cinquantaine à ce jour), les Affaires Maritimes n'observent pas d'accroissement de la production apparente (Thébault, comm. pers.). Les demandes de subventions pour le financement d'une quatrième tranche (100 tables supplémentaires) se heurtent à ce problème.

Pourtant, la mise en valeur des potentialités mytilicoles, élevées (captage dense, croissance rapide, très bonne qualité de la chair), nécessite un doublement de la surface individuelle d'élevage (au minimum 4 tables par exploitant).

Mais, il serait souhaitable que cette augmentation du nombre de table soit effective à l'échelle individuelle, c'est-à-dire d'un exploitant. En effet, cet accroissement est souvent synonyme d'une augmentation du nombre de parqueurs, à l'encontre d'une gestion rationnelle des élevages et des productions potentielles.

Dans cette perspective de gestion, la rationalisation du travail à terre est également indispensable. Or, la profession se heurte à une difficulté de site, pour l'implantation de structures centralisées, du type "complexe conchylicole". Le travail à terre s'effectue encore dans des "cabanes" très vétustes; les implantations sont anarchiques, le terrain est privé ou communal et nécessite des autorisations annuelles; l'électricité et l'eau courante sont absents (groupes électrogènes); les rejets organiques, sources potentielles de pollution, sont multiples; l'accès à la Station de Purification implique des manipulations répétées (en bateaux, en camions). Ces aléas, auxquels s'ajoutent les problèmes de commercialisation et l'effet Dinophysis, sont certainement à l'origine de la plupart des fuites de production.

Le calcul du rendement moyen d'une table, pour un cycle complet d'élevage, pourrait permettre de mesurer la production potentielle du site exploité. Le rapport entre la biomasse commercialisée et la biomasse en élevage permet de s'en faire une idée. Mais, d'une part, la diversité des pratiques d'élevage liée à une activité mytilicole récente, souvent complémentaire d'autres activités annexes, le manque d'organisation commerciale, une première année de fonctionnement de la Station de Purification et l'absence de réseau fiable d'acquisition de statistiques, affectent l'évaluation de la production commercialisée. D'autre part, si la production commercialisable permet de s'en rapprocher, son estimation nécessitait une étude plus longue (un cycle complet d'élevage).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Bligh E.G. et Dyer W., 1959 - A rapid method of total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. Physiol., 37 : 911-917.

Bodoy A. et Geairon P., 1987 - L'élevage de l'huître creuse à Marennes-Oléron en 1987 : estimation des stocks cultivés. Rapport interne IFREMER DRV-88-011-RA/TREM : 19 p.

Bodoy A., Prou J; et Berthome J.P., 1986 - Etude comparative de différents indices de condition chez l'huître creuse (Crassostrea gigas). Haliotis, 15 : 173-182.

Console J.J. et Zeitoun C., 1988 - Action du laboratoire C.S.R.U. de Marseille dans l'anse de Carteau (hors suivi exceptionnel). Rapport interne IFREMER 1438/88 CHTM/ET : 7 p. + fig.

Dardignac-Corbeil M.J. et Mazurié J., 1989 - Estimation des stocks de moules dans le Pertuis Breton en 1988. Rapport interne IFREMER DRV-89.018 RA/L'HOUMEAU : 17 p.

Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A. et Smith F., 1956 - Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem., 28 : 350-356.

Folack J., 1986 - Variations mensuelles de la biomasse et de la production du phytopancton d'une zone côtière d'intérêt aquicole : "Anse de Carteau - Golfe de Fos". Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Océanogr. biol., Univ. Aix-Mars. II, 2 tomes : 170 p.+ fig./Tabl.

Folack J., 1987 - Variations mensuelles de la biomasse et de la production de phytoplancton d'une zone côtière d'intérêt aquicole (Anse de Carteau - golfe de Fos). J. Rech. Océanogr., 12 (3-4) : 68-69.

Folack J., Berland B. et Massé H., 1987 - Variations nyctémérales des constituants biochimiques de la matière organique particulaire : glucides, protéines et lipides d'une zone côtière méditerranéenne (golfe de Fos, France). J. Rech. Océanogr., 12 (3-4) : 94-96.

FORGET M., 1990 - Composition biochimique de la chair de la moule de Méditerranée Mytilus galloprovincialis élevée dans l'anse de Carteau. Rapport de stage de B.T.A., L.E.C. IFREMER La Tremblade.

Frontier S., 1983 - Stratégies d'échantillonnage en écologie. Coll. MASSON, Les Presses de l'Université Laval-Québec PUL : 494 p.

Grenz C., 1987 et 1989 - Quantification et destinée de la biodéposition en zone de production conchylicole intensive en Méditerranée. Rapport de synthèse: Contrats IFREMER-DERO 86/142001 - 87/142002 : 82p.

- Grentz C., Massé H., Morchid A. et Parache A., (sous-presse) - Bilan des échanges entre biomasse et milieu dans une table mytilicole en mer Méditerranée. Intern. Council Explor. Sea, ICES 1989, EMEM 72 : 8 pp.
- Lowry O.M., Roseborough N.I., Farrand A.L. et Randall R.T., 1951 - Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem., 193 : 263-275.
- Hamon P.Y. et Tournier H., 1981- Estimation de la biomasse en culture dans l'étang de Thau (été 1980). Sciences et pêche, Bull. Inst. Pêches marit., n°313 : 25p.
- Hamon P.Y. et Tournier H., 1984 (1986) - Evolution de la biomasse de mollusques en élevage dans l'étang de Thau de 1980 à 1984. Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 48 (1 et 2) : 33-44.
- Marsh J.B. et Weinstein D.B., 1966 - Simple charring method for determination of lipid. J. Lip. Res., 7 : 574-576.
- Massé H. et Grentz C., 1989 - Etude de l'écosystème de la zone conchylicole de Carteau (Golfe de Fos). Rapport contrat GIS-ARM. IFREMER n° 87.3.220.066 : 61 pp.
- Maurer D., Borel M. et Dreno J.P., 1987 - Estimation de la biomasse d'huîtres Crassostrea gigas en élevage dans le bassin d'Arcachon (été 1985). Rapport interne IFREMER DRV 87-017 : 32p. RA/ARCACHON.
- Maurer D., Parache A. et Dreno J.P., 1988 - Estimation de la biomasse d'huîtres Crassostrea gigas (étés 1986 et 1987). Rapport interne IFREMER DRV - 88.025 - RA/ARCACHON : 24 p.
- Mazurié J. et Dardignac-Corbeil M.J., 1988 - Estimation des stocks de moules dans le Pertuis Breton en 1987. Rapport interne IFREMER DRV-88.002-RA/L'HOUMEAU : 30 p.
- Morchid A., 1987 - La reproduction des moules Mytilus galloprovincialis Lmk en élevage dans le golfe de Fos. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Océanologie, Univ. Aix-Marseille II : 1-109.
- Morchid A. et Massé H., 1987 - Valeur énergétique des tissus de la moule Mytilus galloprovincialis (Lmk) en période de reproduction dans une baie eutrophe des côtes méditerranéennes françaises. Haliotis, 16 : 159-171.
- Paquette P. et Moriceau J., 1987 - Croissance et indice de condition de l'huître plate Ostrea edulis élevée en mer et en étang sur la côte méditerranéenne. Haliotis, 16 : 427-437.
- Parache A., 1985 - Contribution à l'étude de la croissance de Mytilus galloprovincialis (Lamarck). Influence des conditions de milieu. Thèse Doct. Sci., Océanologie, Univ. Aix-Marseille II, 250 pp. multigr.

Parache A., 1987 - Recrutement et croissance des moules (Mytilus galloprovincialis) sur les tables conchylicoles de l'anse de Carteau (Golfe de Fos), en 1984 et 1985. Colloque Aquaculture Europe'87 (résumé).

Parache A., 1988 - Influence du réchauffement lié au fonctionnement d'une centrale électrique sur le cycle de reproduction de Mytilus galloprovincialis (Martigues-Ponteau, Méditerranée Nord -Occidentale). Haliotis 16.

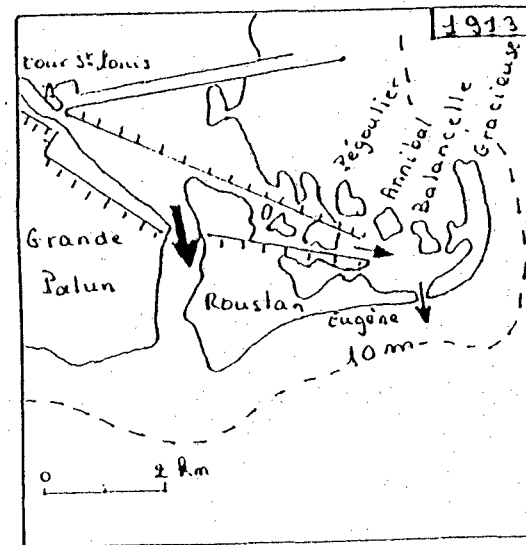
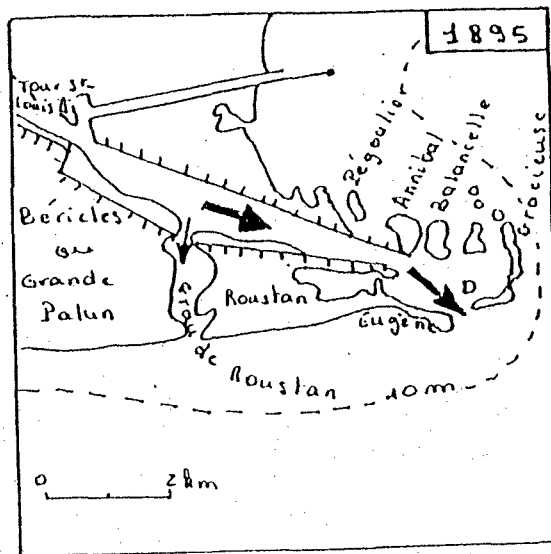
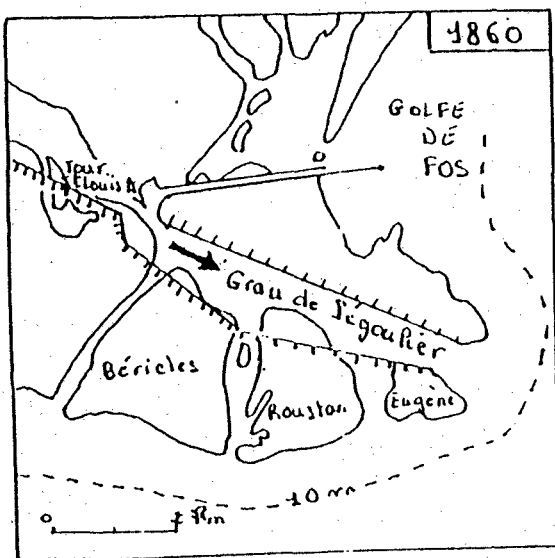
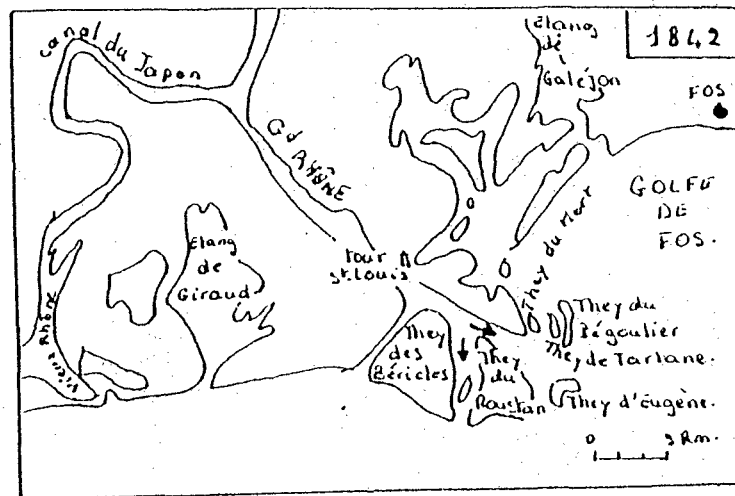
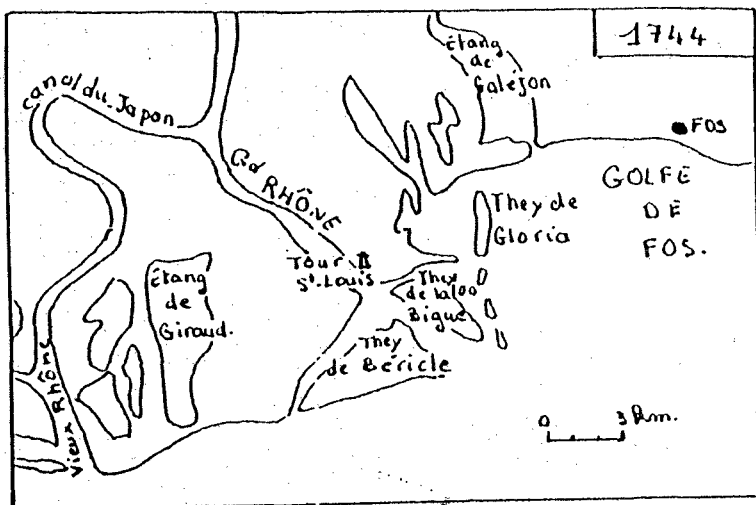
Parache A. et Massé H., 1987 - Influence des facteurs du milieu sur le cycle biologique de moules en élevage sur corde, dans l'anse de Carteau, en 1985 (Côte méditerranéenne française). Haliotis 17 : 137-147.

Pennec A., 1987 - La salubrité des moules d'élevage de l'anse de Carteau (Golfe de Fos). D.E. Pharmacie, Faculté de Pharmacie de Marseille : 70 p.

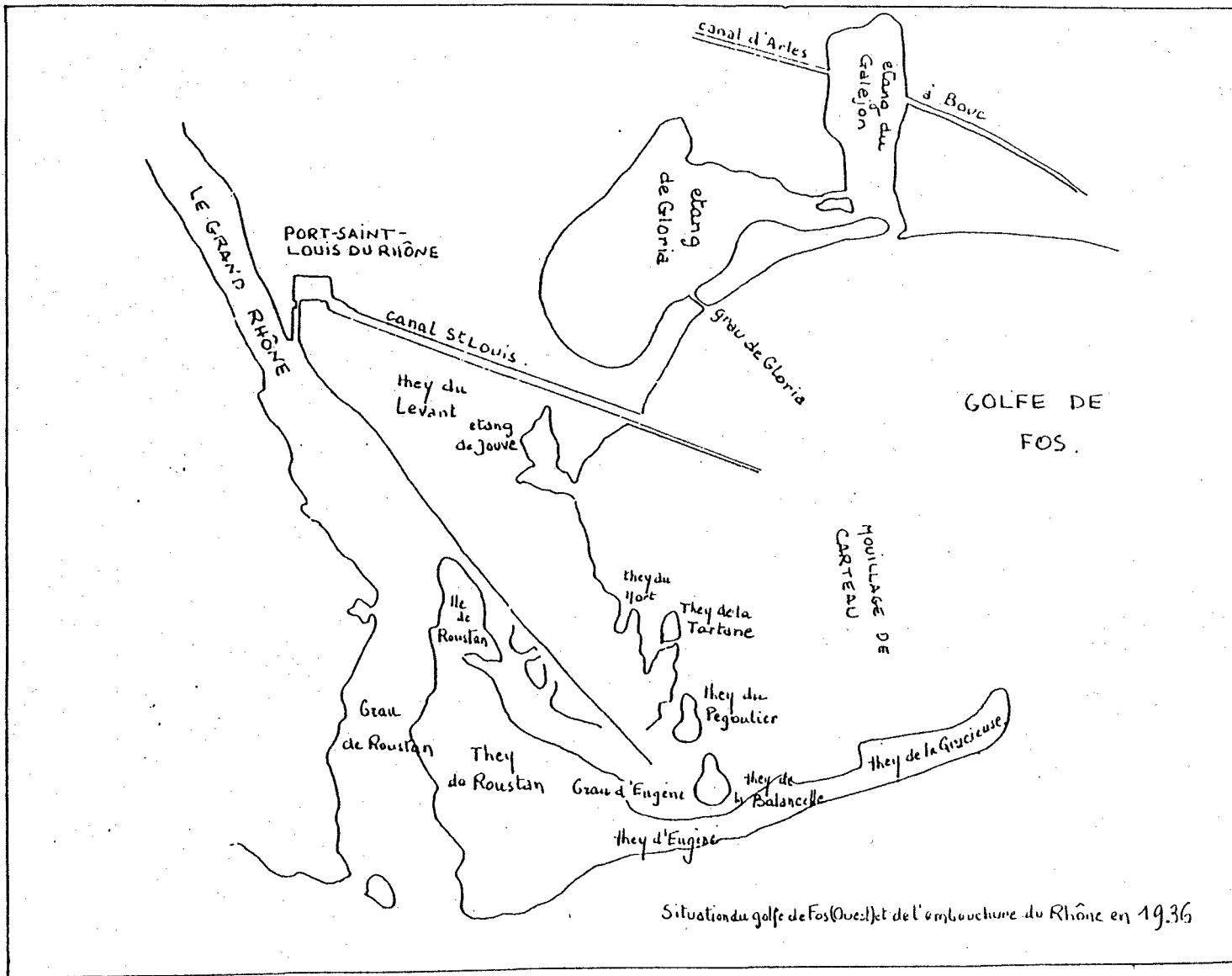
ANNEXE 1

Evolution géomorphologique du golfe de Fos, de 1744 à 1936

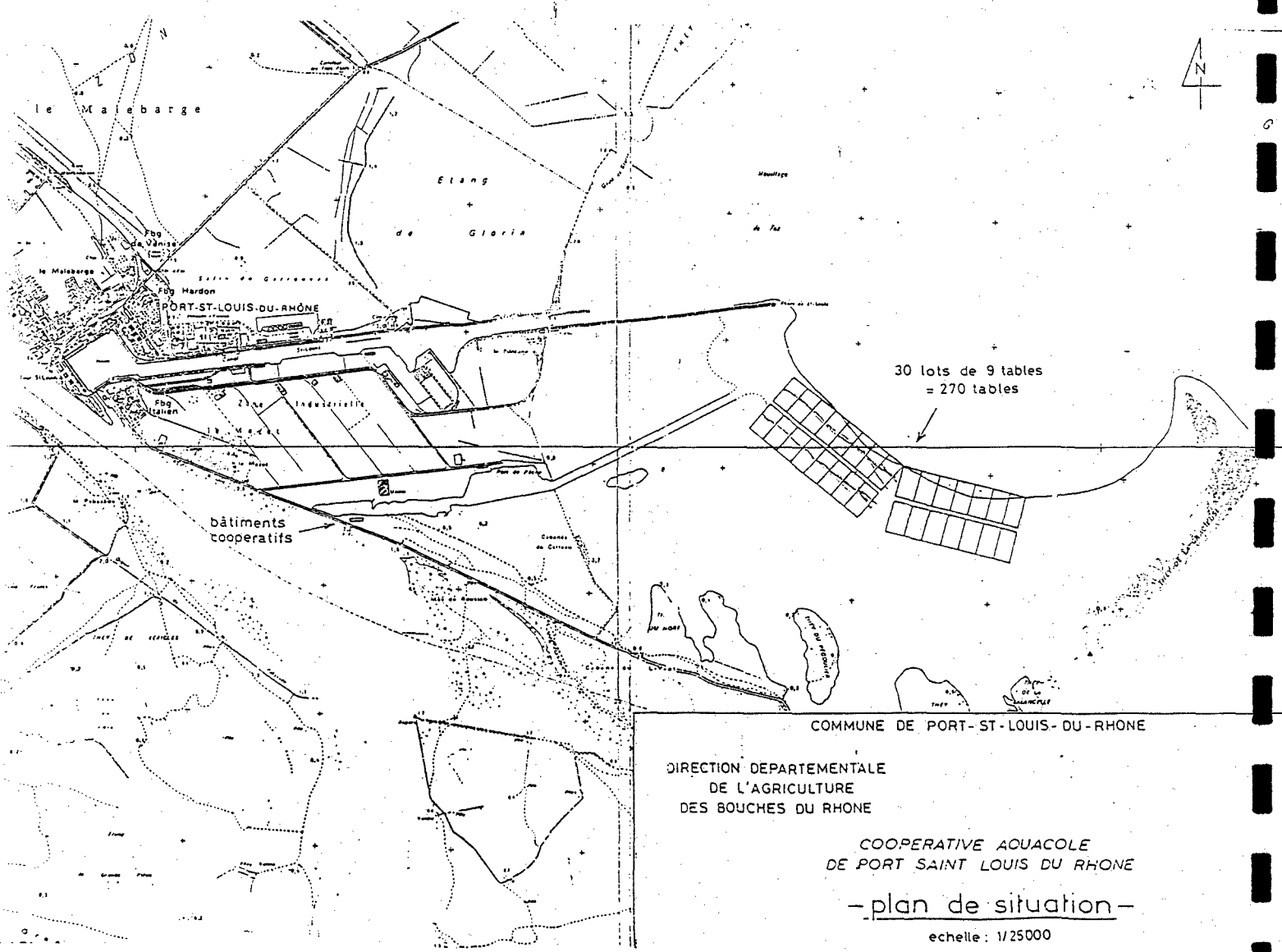
(D'après VERNIER, repris par PENNEC, 1987)



Evolution du golfe de Fos (Ouest) et de l'embouchure du Rhône de 1744 à 1913.  
(d'après VERNIER, F.)







DIRECTION DEPARTEMENTALE  
DE L'AGRICULTURE  
DES BOUCHES DU RHONE

COOPERATIVE AQUACOLE  
DE PORT SAINT LOUIS DU RHONE

- plan de situation -

echelle : 1/25000

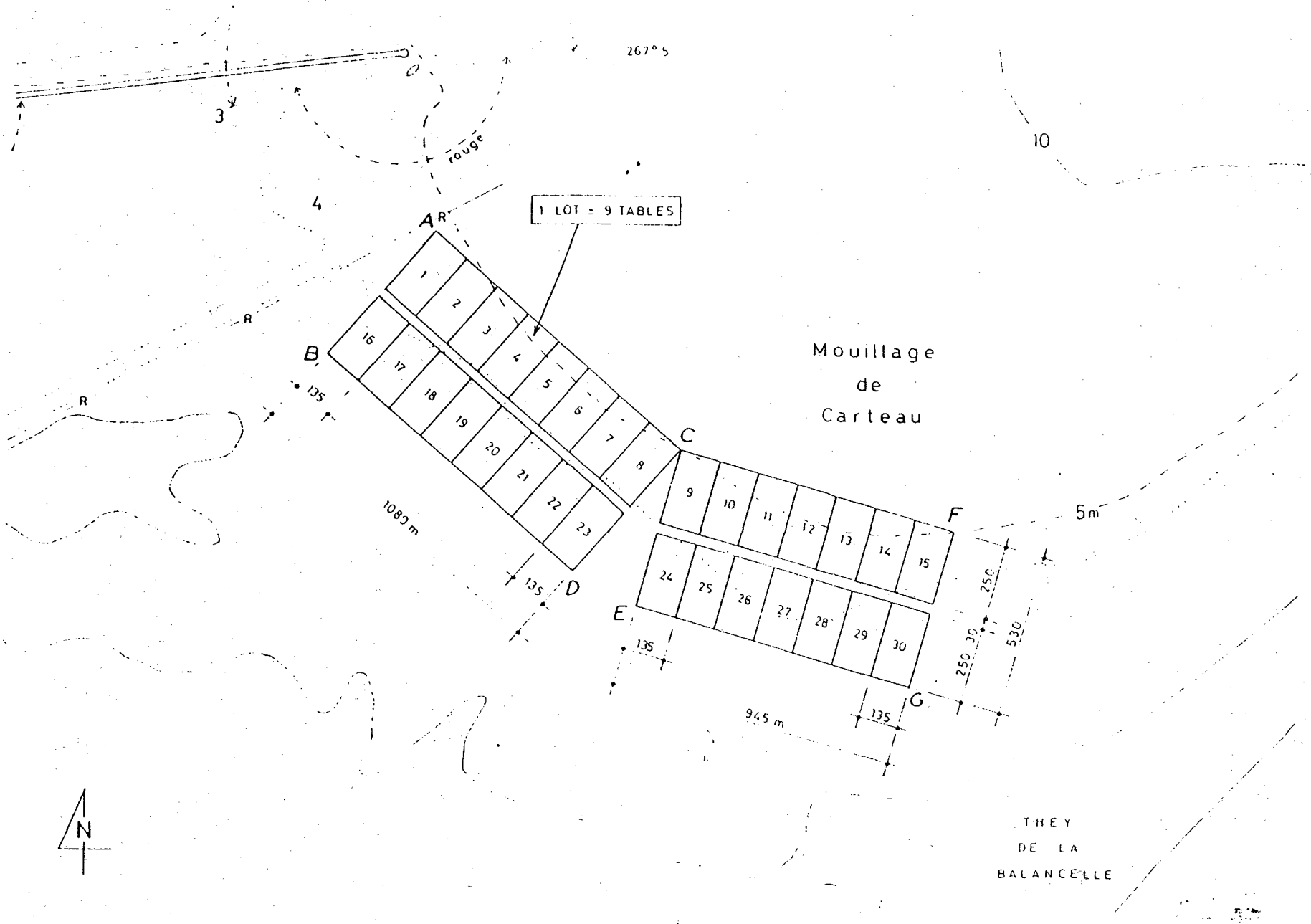
267° S

rouge

1 LOT = 9 TABLES

Mouillage  
de  
Carteau

THEY  
DE LA  
BALANCELLE



ANNEXE 2

Protocole d'enquêtes effectuées auprès de la Profession mytilicole de l'anse de  
Carteau, en 1988/89.

ANSE DE CARTEAU

Activité mytilicole

plein temps  mi-temps  autre cas

nombre de table :                      numéros :

Sortie en bateau

nombre/jour ?                      vers quelles heures ?

durée ?                      tous les jours ?

Agencement des tables	n°	n°	n°
Nombre de corde à l'extérieur			
" " " par 1/3 de barre			
Nombre total de cordes (ce jour)			
" " " carrés vides (ce jour)			
" " " ou de barres vides			
Longueur des cordes ou des tubulaires			

en ce moment

Activité mytilicole (description rapide)

en mer : vous travaillez  par carré et par couloir dans la largeur   
 autre façon (préciser) longueur

à terre : après dédoubleage (dégrappage grossier manuel, sans utiliser la machine), vous utilisez  le tubulaire (maille )  
 la marseillaise  
 ces deux types  
 le noir fil

après calibrage (dégrappage et calibrage à l'aide de la machine), vous utilisez  le tubulaire (maille )  
 la marseillaise  
 ces deux types  
 le noir fil

Remarque

Vous estimez que votre table n°                      est bonne  moyenne  mauvaise   
n°                                                                    
n°                                                                 

Cochez les cases quand c'est le cas

remise en  
élevage  
↑

Méthodes de travail

EPOQUES	MOIS du DEDOUBLAGE (sans dégrappage)		ou du CALIBRAGE MACHINE (travail machine)		Poids moyen d'1 chaussette
	1er	2ème	1er	2ème	
si CAPTAGE début du printemps					
si CAPTAGE fin du printemps					
si CAPTAGE en automne					
autre (à préciser)					

Nombre de récolte par an :

	Quand ?	% marchande	% demi-moule
Première récolte			
Deuxième récolte			
Troisième récolte			

Les catégories de moules en élevage dans chaque table (en pourcentage par catégorie, ou en nombre de carrés, ou de cordes, ou ...) :

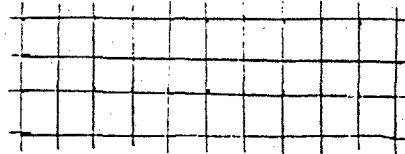
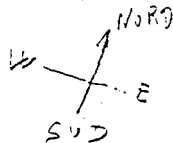
TABLE n°	GRAINE	1/2 MOULE	COMMERCIALE	AUTRE

en ce moment

Si vous avez plusieurs tables :

vous utilisez { une table principalement pour le captage (n°  
une autre principalement pour le grossissement (n°

vous travaillez autrement; veuillez dans ce cas indiquer sur le schéma suivant (d'une table d'élevage) par des lettres C la position en général des capteurs, et par M celle des "chaussettes" pour le grossissement :



Questions, remarques

\* puis-je suspendre des cordes marquées (bouchon orange, type filet de pêche) sur votre (vos) table(s) ?  oui  non  
si oui, jusqu'à combien (6-8 maximum) ?

\* puis-je marquer certaines de vos cordes en élevage (maximum 2 par catégorie de taille de moules) ?  oui  non

\* dans le cadre des problèmes liés au "ressac" observé par Mistral dans les tables "du bas", rencontrez vous les phénomènes suivants : envasement ? cordes embrouillées ? casses ? pertes importantes de moules ? présence de "dents de chien" en quantité anormale ? de faux violets ? parasites ? autres problèmes ? (préciser la ou les tables)

\* la production d'une table mytilicole varierait en fonction de sa localisation. Vos remarques, suggestions, questions... à ce propos sont les bienvenues. Je vous prie de les noter ici :

### ANNEXE 3

Estimation dans chaque table de la concession mytilicole (LI = n° table) :

- du nombre moyen de cordes par 1/3 de barre (TIER), par embout (BOU) ;
- du nombre total de cordes dans chaque table (TOTA) ;
- du pourcentage d'inoccupation dans chaque table (VIDE), (sorties des 07/11/88 (R = A) et 30/11/89 (R = B).

DATE	LI	TIER	BOU	TOTA	VIDE	R
7/11/88	01	8.0	1.0	1308	0.1	A
7/11/88	02	10.0	2.0	1676	2.3	A
7/11/88	03	10.0	1.0	1516	4.6	A
7/11/88	04	10.0	1.0	968	40.0	A
7/11/88	05	10.0	1.0	1574	2.0	A
7/11/88	06	10.0	0.5	1032	33.6	A
7/11/88	07	10.0	1.0	978	39.1	A
7/11/88	08	10.0	1.0	1575	2.0	A
7/11/88	09	10.0	2.0	1528	11.0	A
7/11/88	10	10.0	1.0	1419	11.8	A
7/11/88	11	10.0	3.0	1244	31.8	A
7/11/88	12	10.0	1.0	1588	1.2	A
7/11/88	13	10.0	1.0	1330	6.2	A
7/11/88	14	9.0	1.0	1368	6.6	A
7/11/88	15	10.0	0.1	680	65.6	A
7/11/88	16	10.0	1.0	634	57.7	A
7/11/88	17	10.0	1.0	1553	3.4	A
7/11/88	18	10.0	2.0	1716	0.1	A
7/11/88	19	10.0	1.0	770	52.1	A
7/11/88	20	10.0	1.0	1182	26.5	A
7/11/88	21	10.0	1.0	1554	3.3	A
7/11/88	22	10.0	1.0	1475	8.3	A
7/11/88	23	10.0	1.0	1537	4.4	A
7/11/88	24	10.0	1.0	1164	27.6	A
7/11/88	25	10.0	1.0	1372	14.7	A
7/11/88	26	10.0	1.0	1045	27.6	A
7/11/88	27	10.0	1.0	1262	12.8	A
7/11/88	28	10.0	1.0	717	55.4	A
7/11/88	29	10.0	0.1	728	50.7	A
7/11/88	30	10.0	1.0	1363	5.6	A
7/11/88	31	10.0	2.0	1694	1.3	A
7/11/88	32	10.0	2.0	1440	16.1	A
7/11/88	33	10.0	3.0	1552	14.9	A
7/11/88	34	10.0	2.0	1554	9.4	A
7/11/88	35	10.0	0.1	1010	32.7	A
7/11/88	36	10.5	2.0	1404	18.2	A
7/11/88	38	10.0	2.0	263	83.6	A
7/11/88	39	10.0	2.0	988	41.9	A
7/11/88	40	10.0	1.0	1025	35.9	A
7/11/88	42	10.0	2.5	1755	0.8	A
7/11/88	43	10.0	2.0	1712	0.8	A
7/11/88	44	10.0	2.0	1716	0.1	A
7/11/88	45	10.0	2.0	1126	27.7	A
7/11/88	47	10.0	2.0	1217	28.4	A
7/11/88	46	10.0	2.0	1632	4.9	A
7/11/88	48	10.0	2.0	1738	0.1	A
7/11/88	49	10.0	1.5	905	28.7	A
7/11/88	51	10.0	2.0	1578	0.8	A
7/11/88	52	10.1	2.0	1549	9.7	A
7/11/88	50	10.0	2.0	1476	31.2	A
7/11/88	51	10.0	2.0	1216	29.1	A
7/11/88	53	10.0	1.5	1557	6.3	A
7/11/88	55	10.0	2.0	1474	14.1	A
7/11/88	56	10.0	2.0	442	74.2	A
7/11/88	57	10.0	0.0	1716	0.1	A
7/11/88	58	10.0	2.0	1548	9.2	A



Page 2

DATE	LI	TIER	BCU	TOTA	VIDE	R	
7/11/88	59	10.0	1.0	350	27.7	A	
7/11/88	60	10.0	0.2	1388	22.6	A	
7/11/88	61	10.0	3.0	1824	0.1	A	
7/11/88	62	10.0	2.0	1716	0.1	A	
7/11/88	64	13.0	2.0	1639	19.5	A	
7/11/88	65	9.0	0.1	1350	0.1	A	
7/11/88	66	10.0	1.0	606	62.3	A	
7/11/88	67	10.0	2.0	1398	13.0	A	
**/**/**		**.*	*.*	****	**.*		Sum
7/11/88		10.0	1.5	1305	20.7		Ave
/ / 0		0.2	0.5	****	**.*		Var
/ / 0		0.5	0.7	383	21.9		Sdv
7/11/88	01	8.0	0.1	263	0.1	A	Min
7/11/88	67	13.0	3.0	1824	83.6	A	Max

Number of Observations: 64

Page

1

DATE	LI	TIER	BOU	TOTA	VIDE	R
30/11/88	01	8.0	1.0	1316	0.1	B
30/11/88	02	9.0	2.0	1454	8.1	B
1/11/88	03	9.0	1.0	1508	0.1	B
30/11/88	04	9.5	1.0	963	37.4	B
30/11/88	05	12.0	1.0	1908	0.1	B
30/11/88	06	8.5	0.1	1113	13.3	B
30/11/88	07	10.5	1.0	1342	20.4	B
30/11/88	08	7.0	1.0	1117	1.8	B
30/11/88	09	10.0	1.5	1647	0.1	B
30/11/88	10	10.5	2.0	1645	7.8	B
30/11/88	11	11.0	2.0	1594	14.3	B
30/11/88	12	8.5	1.0	1341	3.1	B
30/11/88	13	9.5	1.0	1485	3.1	B
30/11/88	14	10.5	1.0	1536	8.7	B
30/11/88	15	11.5	0.1	352	79.6	B
30/11/88	16	10.0	1.0	990	38.1	B
30/11/88	17	9.0	1.0	1379	7.2	B
30/11/88	18	10.0	1.5	1633	3.0	B
30/11/88	19	10.5	1.0	685	59.9	B
30/11/88	20	7.0	1.0	963	17.9	B
30/11/88	21	10.0	2.0	1659	4.3	B
30/11/88	22	10.5	1.5	1592	9.5	B
30/11/88	23	11.0	1.0	1730	7.1	B
30/11/88	24	10.0	1.0	1197	28.7	B
30/11/88	25	10.0	1.0	1232	24.5	B
30/11/88	26	12.0	1.0	918	52.6	B
30/11/88	27	9.5	1.0	891	42.8	B
30/11/88	28	8.0	1.0	586	48.3	B
30/11/88	29	8.5	1.0	1403	34.0	B
30/11/88	30	8.0	1.0	1274	3.9	B
30/11/88	31	10.0	2.0	1582	3.1	B
30/11/88	32	10.5	2.0	1660	12.8	B
30/11/88	33	11.5	3.0	2000	1.6	B
30/11/88	34	10.0	2.0	1538	9.9	B

DATE	LI	TIER	BDU	TOTA	VIDE	R
30/11/88	35	9.5	2.0	992	39.2	B
30/11/88	36	8.0	2.0	528	62.5	B
30/11/88	38	9.5	2.0	446	72.7	B
30/11/88	39	9.5	2.0	1148	29.7	B
30/11/88	40	9.0	0.1	809	40.4	B
30/11/88	42	9.5	2.0	1605	3.4	B
30/11/88	43	10.0	2.0	1714	1.1	B
30/11/88	44	10.5	2.0	1800	0.1	B
30/11/88	45	8.0	0.1	1200	18.3	B
30/11/88	47	13.5	2.0	2003	11.6	B
30/11/88	46	9.5	2.0	1658	0.1	B
30/11/88	48	10.0	2.0	1714	1.1	B
30/11/88	49	8.0	2.0	788	44.8	B
30/11/88	51	10.0	2.0	1425	17.8	B
30/11/88	52	10.0	2.0	1624	6.3	B
30/11/88	50	10.0	2.0	1184	31.7	B
30/11/88	53	9.0	2.0	1266	19.9	B
30/11/88	54	9.5	1.5	1597	0.1	B
30/11/88	55	9.0	2.0	1491	5.7	B
30/11/88	56	10.0	2.0	983	43.3	B
30/11/88	57	10.0	2.0	1734	0.1	B
30/11/88	58	7.5	2.0	1243	8.1	B
30/11/88	59	9.0	2.0	411	74.0	B
30/11/88	60	9.0	2.0	1266	19.9	B
30/11/88	61	9.5	2.5	1680	1.7	B
30/11/88	62	10.5	1.5	1760	0.1	B
30/11/88	64	10.5	1.5	1653	8.7	B
30/11/88	65	8.0	0.1	1232	0.1	B
30/11/88	66	8.5	1.5	591	59.6	B
30/11/88	67	8.0	2.0	1208	15.4	B
**/**/88		**.*	*.*	****	**.*	Sum
29/88/87		9.6	1.5	1313	19.4	Ave
**/**/88		1.5	0.4	****	**.*	Var
3/82/80		1.2	0.6	400	21.5	Edv
1/11/88	01	7.0	0.1	352	0.1	Min
30/11/88	67	13.5	3.0	2003	79.6	Max

Number of Observations: 64

ANNEXE 4

Echantillonnage des stocks en élevage : fiches-terrain.



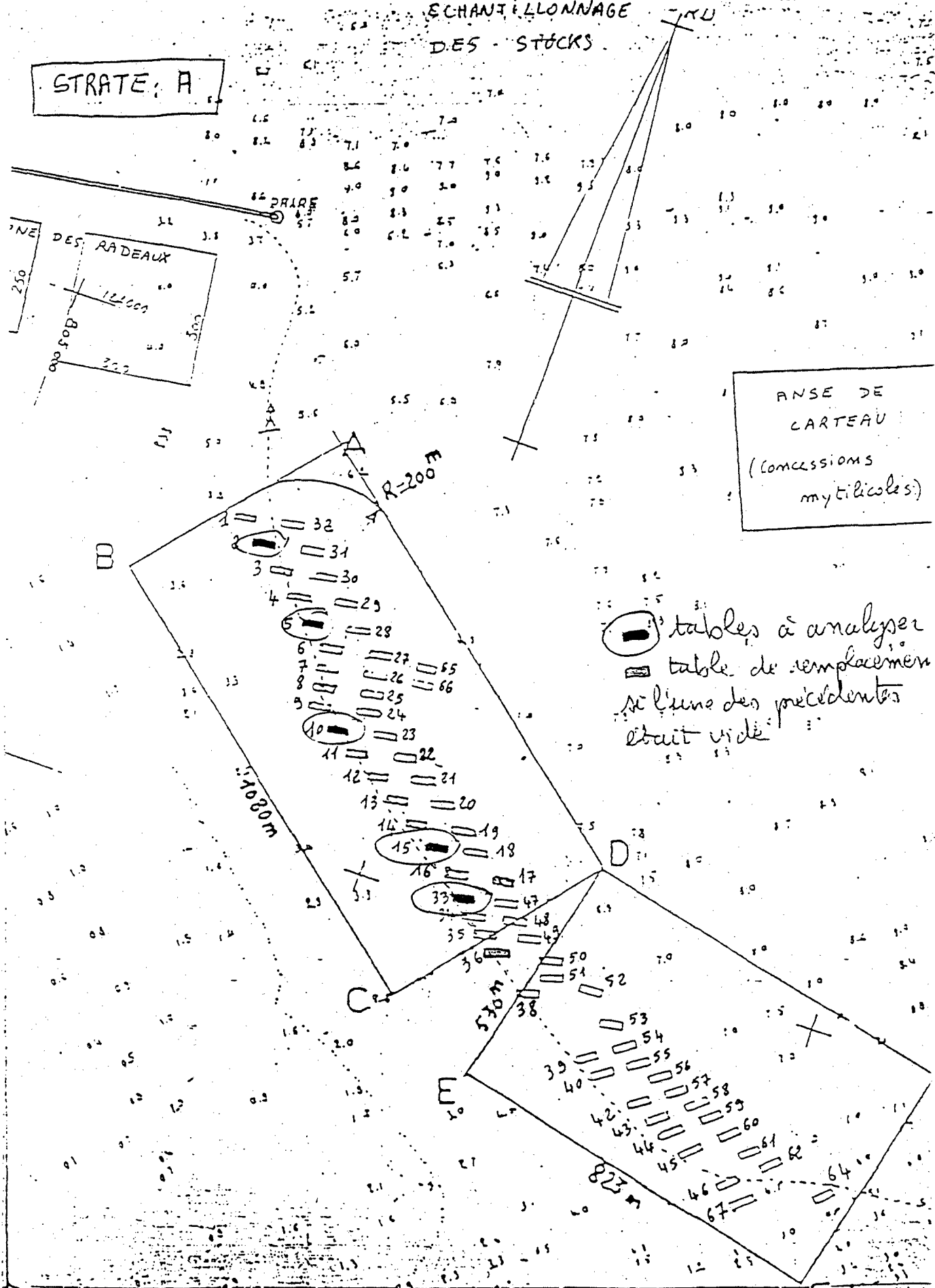
# ECHANTILLONNAGE DES STOCKS

STRATE A

ZONE DES RADEAUX  
12/1000  
2000

PRARE

ANSE DE  
CARTEAU  
(CONCESSIONS  
MYTILICOLES)



○ tables à analyser  
 □ table de remplacement  
 si l'une des précédentes  
 était vide

DATE:

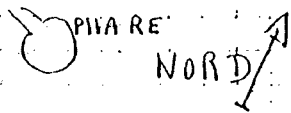


Table n°: 2  
strate: F



Dans chaque U.E. (encadrée en rouge et numérotée) :

- mesurer le poids total de chaque "corde" pour toutes les "cordes" présentes
- noter la nature des mailles (petites, moyennes, grosses, mélangées) par "corde"
- si absence de "cordes" sur l'U.E., prendre l'U.E. voisine (mais le noter sur le schéma)
- si autre chose que des mailles (ex huîtres), prendre l'U.E. voisine " " " "

Noter toutes observations qui vous sembleront utiles

## ANNEXE 5

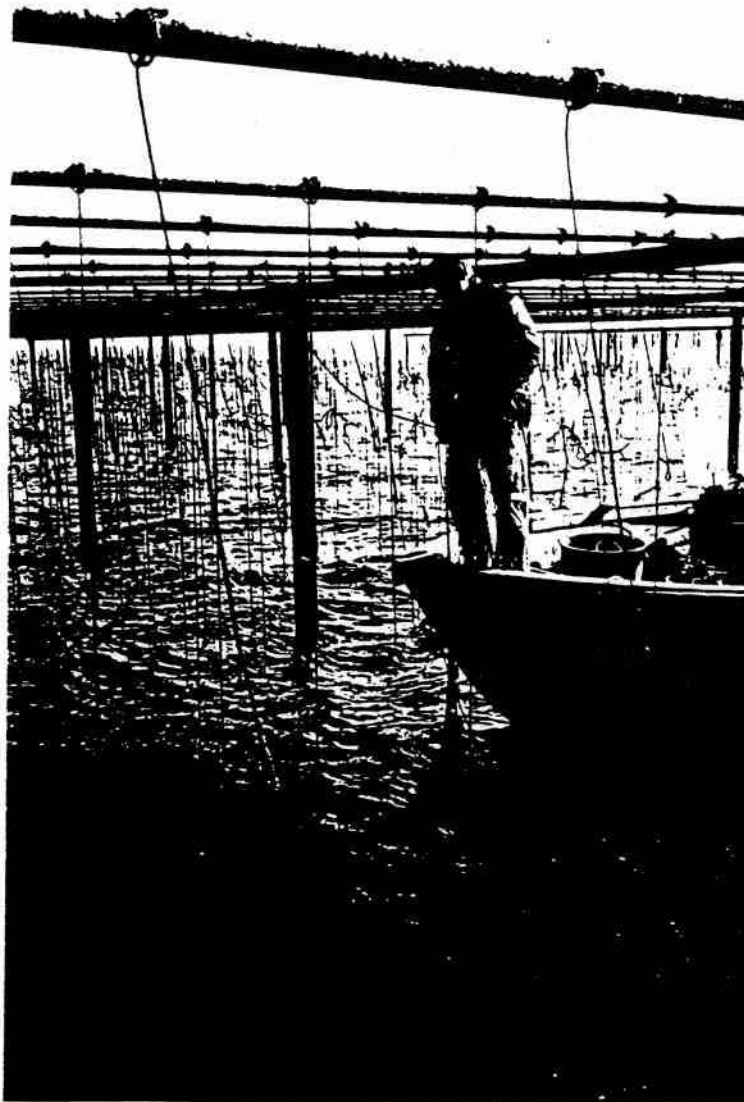
Echantillon de photographies du site mytilicole de Carteau et de certaines de ses particularités.

- \* Vue générale des tables de l'anse de Carteau (Photo 1)
- \* Technique de travail sur une table (Photo 2)
- \* Vue d'une "corde" d'élevage (environ 70 kg), lors de l'estimation des stocks en juin 1989 (Photo 3)
- \* Une "corde" de demi-élevage (environ 30 kg) (Photo 4)
- \* Exemples de l'incidence des vents dominants sur la tenue des "cordes" de moules en élevage dans les tables exposées (strate D) : emmêlements, ruptures, dégrappages (Photos 5, 6, 7 et 8)
- \* Dans les tables dites "du bas" (strate B), les compétitions spatiale et trophique sont importantes (nombreuses salissures) (Photo 9)
- \* Au premier plan, un rail, élément constitutif d'une table d'élevage (44 au total) ; au second plan, un des types de cordes de captage utilisé dans l'anse de Carteau (Photo 10)





①



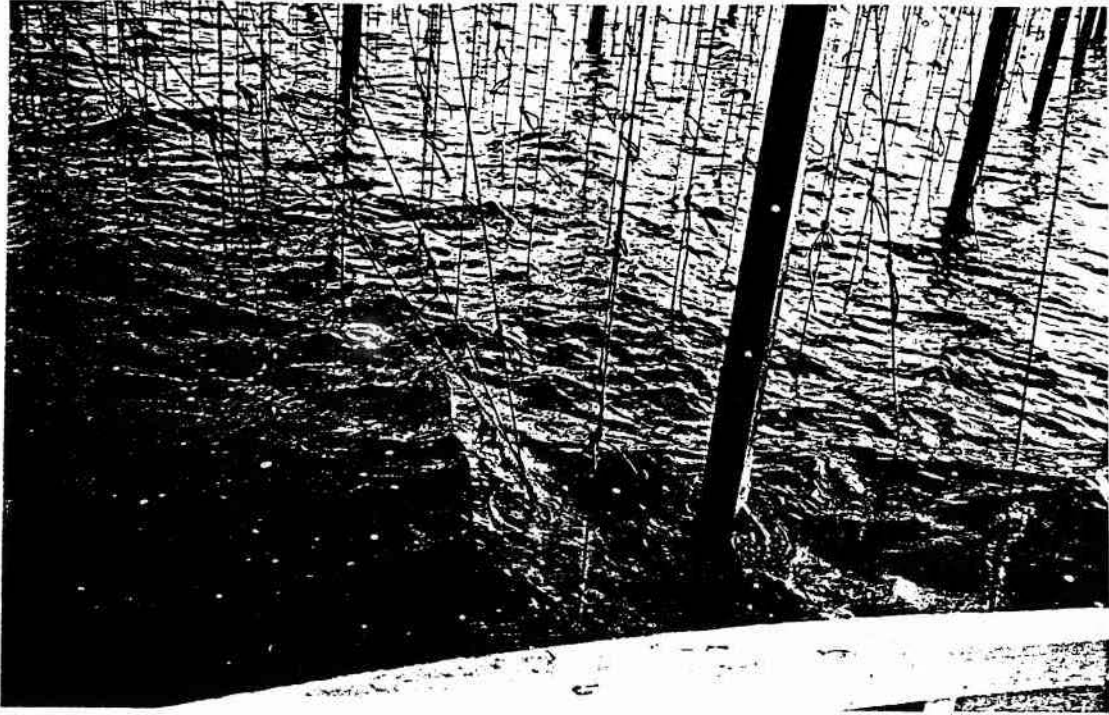
②



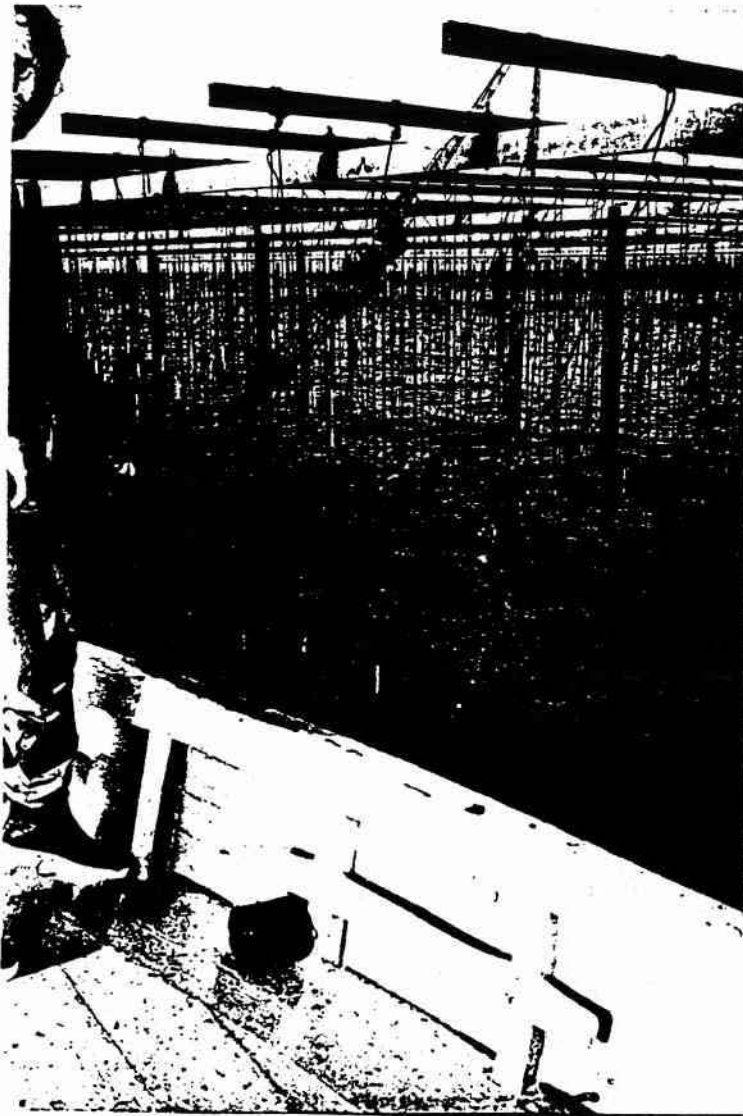
3



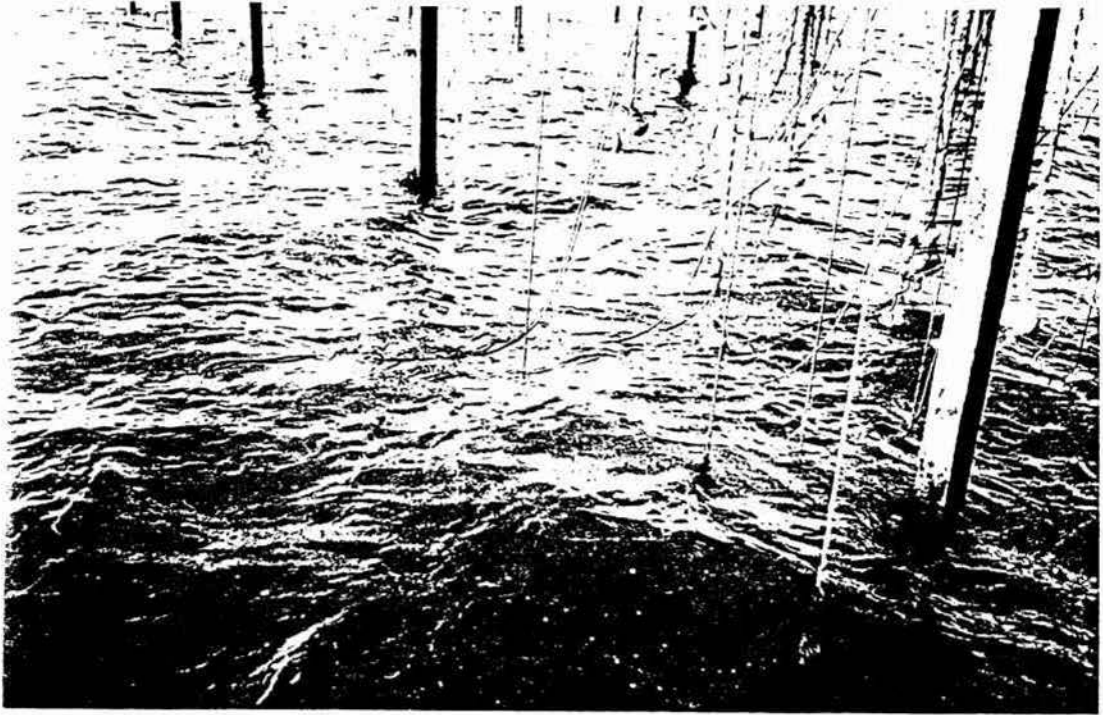
4



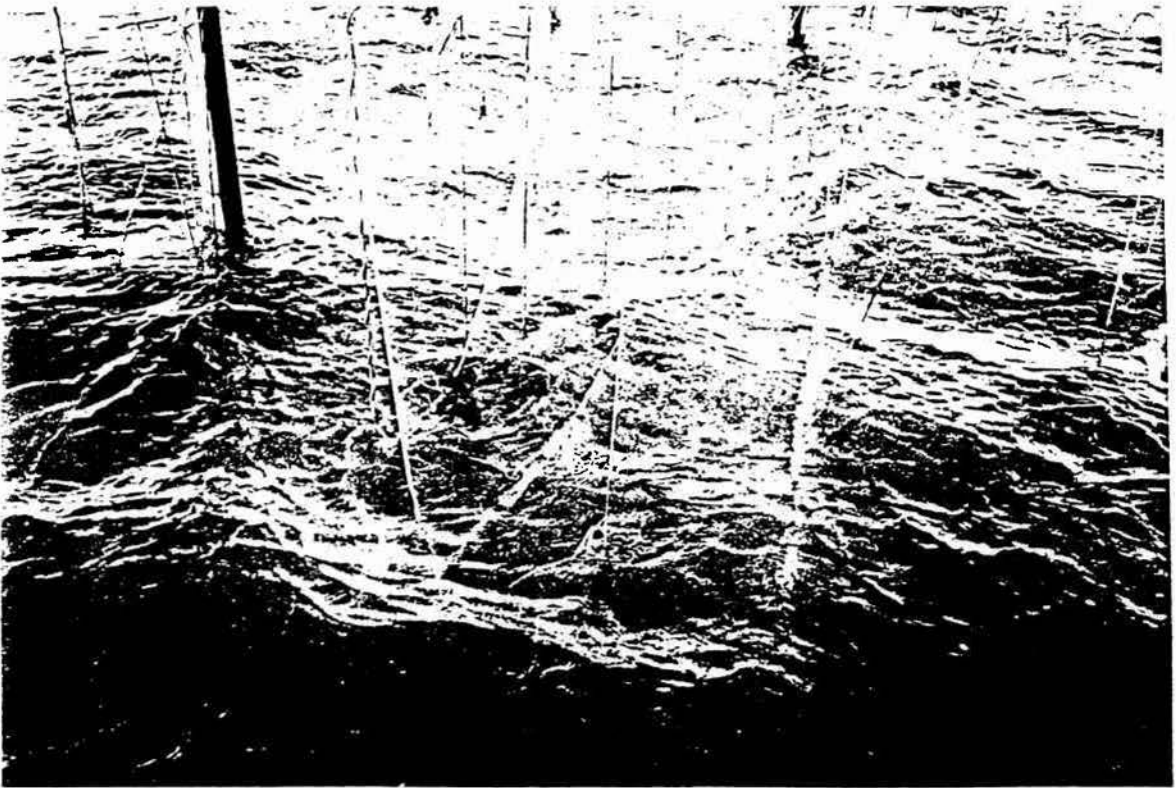
5



6



7



8



10



9

ANNEXE 6

Intitulé de la réunion du 13/12/88 organisée conjointement par la REGION PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR et l'IFREMER (laboratoires de Sète et de Marseille) à l'intention des mytiliculteurs de l'anse de Carteau.



Station de Sète



Provence-Alpes-Côte d'Azur

Conseil Régional

OPERATION MYTILICULTURE DANS  
L'ANSE DE CARTEAU.

CONVENTION IFREMER - REGION PACA.

La zone de Carreau constitue un nouveau bassin conchylicole en extension. Pour valoriser au mieux cette zone et assurer une production sur des bases solides, une étude de l'évolution des stocks serait très utile. En 1987, une première série de données a été acquise (suivi du milieu - indice de condition) par le laboratoire IFREMER de Marseille. Le Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur et l'IFREMER ont jugé indispensable de compléter ces travaux et ont passé une convention intitulée : "Valorisation des potentialités conchylicoles en région Provence-Alpes-Côte d'Azur".

L'objectif général de l'opération IFREMER-Région PACA en mytiliculture vise à rationaliser au mieux les élevages :

- au niveau global : vérifier l'impact de l'ensemble des élevages sur le milieu en comparant l'évolution de la production pondérale et des rendements (croissance, engraissement, mortalité) à celle de la quantité des stocks en élevage ; ainsi dans le cas d'une extension progressive des élevages, il serait possible de définir la limite à ne pas dépasser,
- au niveau d'une entreprise : comment utiliser au mieux une table donnée.

Ce travail suppose :

1. Une bonne connaissance des élevages existants : méthode de travail des exploitants - cycle de production, etc... Pour



cela, une collaboration des professionnels est indispensable dans la mesure où ce travail ne peut se faire que par enquêtes au cours de leurs sorties habituelles.

2. Une série d'échantillonnage concernant les stocks en place et la production commercialisée :

- . Quantité des stocks en élevage en fonction des diverses catégories (naissain, demi, grosse),
- . évolution de cette biomasse (croissance - rendements - mortalité) dans le temps et dans l'espace,
- . production commercialisée.

3. Des expériences complémentaires qui nécessiteront la suspension de cordes sur certaines tables :

- . captage de naissain en fonction des saisons, de la profondeur, de la localisation des tables,
- . croissance en fonction des sites.

Toutes ces données sont nécessaires pour rationaliser les élevages et utiliser au mieux les riches possibilités de la zone de Carreau.

Dans cette perspective de gestion, l'adhésion et la collaboration des professionnels sont indispensables. Cette note préparatoire à la réunion d'information\* projetée situe le travail envisagé. Nous souhaitons pouvoir en discuter plus en détail avec la profession, toutes les questions et suggestions étant les bienvenues.

\* réunion le 13/12/88

Le Responsable du Laboratoire  
Ressources Aquacoles.

Le Directeur de l'Office  
Régional de la Mer.