

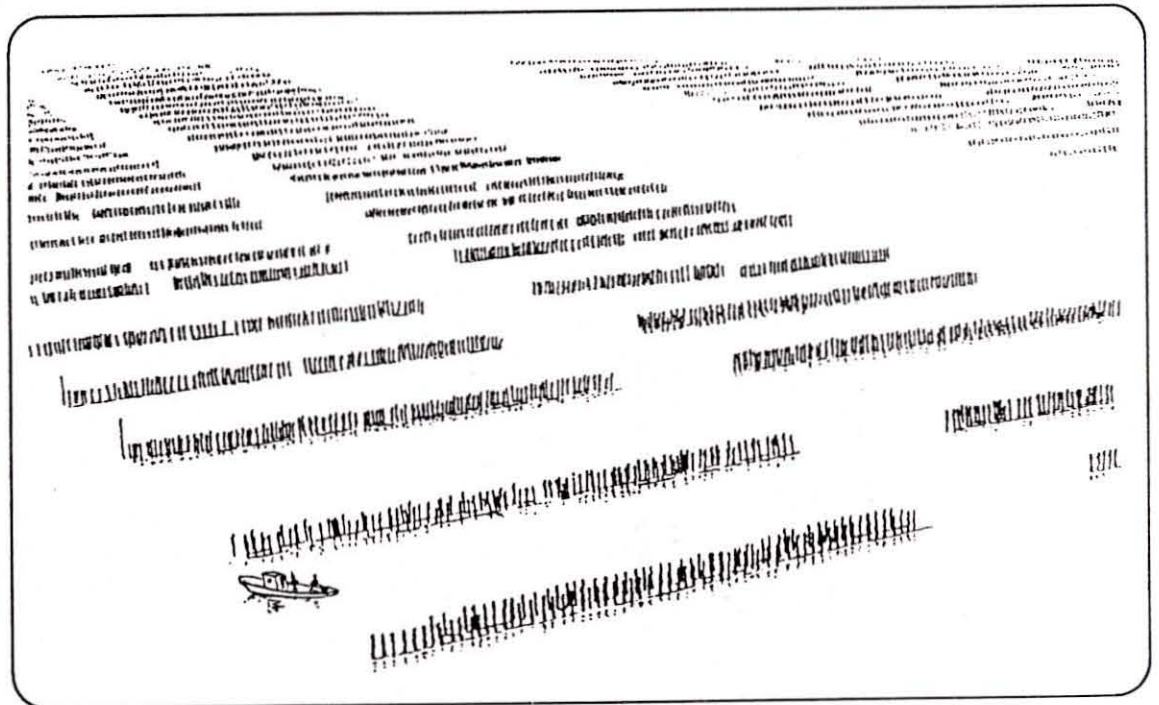
ESTIMATION DES STOCKS DE MOULES DANS LE
PERTUIS BRETON EN 1988

IFREMER
BIBLIOTHEQUE
LA TREMBLADE



Marie-José DARDIGNAC-CORBEL

Joseph MAZURIE



35408.
H. SORBEAU
DARF.
368.

INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

Adresse :
 IFREMER
 Place du Séminaire
 L'HOUMEAU
 17137 NIEUL SUR MER

DIRECTION DES RESSOURCES VIVANTES

DEPARTEMENT RESSOURCES AQUACOLES

STATION/LABORATOIRE L'HOUMEAU

AUTEURS (S) :		CODE :
Marie-José DARDIGNAC-CORBEIL Joseph MAZURIE		DRV-89.018-RA/ L'HOUMEAU
TITRE :		date : 1989
ESTIMATION DES STOCKS DE MOULES DANS LE PERTUIS BRETON EN 1988		tirage nombre :
		Nb pages :
		Nb figures :
		Nb photos :
CONTRAT (intitulé)		DIFFUSION
N° _____		libre <input type="checkbox"/>
		restreinte <input type="checkbox"/>
		confidentielle <input type="checkbox"/>

RESUME

Suite à l'étude réalisée en 1987, un plan d'échantillonnage à 3 degrés a été adopté pour l'estimation des biomasses de moules en élevage dans les bouchots du Pertuis Breton.

La biomasse présente dans l'ensemble du Pertuis a été estimée à 14 000 tonnes avec une précision de 5,5 %.

ABSTRACT

Following a study achieved in 1987, a 3 stage sampling plan was adopted to estimate the biomass of mussels cultivated on the stakes of the "Pertuis Breton.

The estimation carried out in 1988 was extended to the whole Pertuis Breton and the biomass was assessed to 14 000 tons with a precision of 5,5 %.

mots clés : moules, bouchots, biomassa, sampling

key words : mussels, biomass, sampling



SOMMAIRE

- 1 - INTRODUCTION

- 2 - STRATEGIES UTILISEES EN 1987 ET 1988
 - 2.1. Stratégie 1987
 - 2.2. Stratégie 1988

- 3 - RECUEIL DES DONNEES

- 4 - RESULTATS

- 5 - COMPARAISON DES RESULTATS 1987 ET 1988.

- 6 - OPTIMISATION
 - 6.1. Optimisation du plan 1988 à 3 degrés
 - 6.2. Comparaison avec des tirages indépendants
 - 6.3. Bilan

1 - INTRODUCTION

En 1987 une estimation des stocks de moules en élevage a été réalisée dans un petit secteur du Pertuis Breton. Son premier objectif était de mettre au point une stratégie d'échantillonnage adaptée à ce mode de culture : une méthode a donc été choisie et son optimisation a permis de déterminer pour différentes précisions l'effort à consentir (Mazurié et Dardignac-Corbeil, 1988).

Compte tenu des résultats de ce pré-échantillonnage, le plan adopté en 1988 a été légèrement modifié et une nouvelle optimisation réalisée. L'estimation a concerné la totalité des bouchots du Pertuis Breton.

Dans le présent rapport nous rappellerons la stratégie adoptée en 1987 et décrirons celle utilisée en 1988. Les résultats obtenus seront ensuite présentés et, pour le secteur déjà étudié, comparés avec ceux de l'an passé ; puis les résultats de l'optimisation seront exposés.

Auparavant, redécrivons brièvement les bouchots du Pertuis Breton. Ils représentent près de 373 km et s'étendent le long du littoral entre La Tranche sur Mer et la Pointe de Digolet, sur une superficie d'environ 940 hectares (Fig. 1). Trois grandes zones peuvent être distinguées :

- la zone de La Tranche, entre La Tranche et la Pointe d'Arçay ;
- la zone de l'Aiguillon, entre l'embouchure du Lay et la Pointe de l'Aiguillon ;
- la zone de Marsilly, au sud de l'anse de l'Aiguillon.

Les biomasses de ces trois secteurs ont été évaluées séparément et la biomasse totale du Pertuis Breton calculée en assimilant ces secteurs à des strates.

En 1987 seule la zone de Marsilly avait été étudiée.

2 - STRATEGIES UTILISEES EN 1987 ET 1988

2.1. Stratégie 1987

La stratégie utilisée en 1987 a conduit à l'estimateur de biomasse suivant :

$$B = \left[N_1 \overline{M_1} \overline{h_1} (\overline{St_1} - \overline{Sp}) + N_2 \overline{M_2} \overline{h_2} (\overline{St_2} - \overline{Sp}) \right] \overline{D}$$

N_1 et N_2 : nombre de bouchots garnis respectivement dans la strate à la mer et la strate à terre

$\overline{M_2}$: nombre moyen de pieux garnis dans un bouchot de la strate à terre

$\overline{h_2}$: hauteur de moules moyenne par pieu de la strate à terre

$\overline{M_1} \overline{h_1}$: hauteur de moules moyenne par bouchot de la strate à la mer (échantillonnage à 2 degrés)

$\overline{St_1}$ et $\overline{St_2}$: section moyenne totale (moules + pieux nus) dans chaque strate

\overline{Sp} : section moyenne des pieux nus dans l'ensemble des deux strates

\overline{D} : densité moyenne des moules, dans l'ensemble des deux strates

Les densités et les sections de pieux nus ont été sélectionnées à l'aide d'un échantillonnage aléatoire simple (EAS). Pour les autres paramètres il y a eu stratification de la zone étudiée avec EAS dans chaque strate, excepté pour les hauteurs qui ont fait l'objet d'un échantillonnage à deux degrés dans l'une des strates (comptage des pieux et mesure des hauteurs dans le même bouchot). Les estimations (hormis celle des hauteurs) ont été successives et indépendantes (1 tirage pour le nombre de pieux, 1 tirage pour les sections, ...etc.).

2.2. Stratégie 1988

L'optimisation réalisée à partir des données recueillies en 1987 nous a conduit à considérer que la meilleure stratégie serait très probablement de lier les trois variables M (nombre de pieux d'un bouchot), h (hauteur moules) et St (section totale) par un tirage à 3 degrés :

- tirage de bouchots pour comptage de pieux ;
- tirage d'un pieu de chacun de ces bouchots pour mesure de la hauteur ;
- sur ce pieu mesure de 3 circonférences totales.

Nous avons effectivement adopté ce plan avec cependant comme différences : tirage de deux pieux dans chaque bouchot et mesure de deux circonférences sur chaque pieu.

Cette stratégie conduirait, pour chaque strate, à l'estimateur suivant si les sections de pieux nus étaient estimées à l'endroit même des sections totales après enlèvement des moules :

$$B = N M h \overline{(\overline{St} - \overline{Sp})} \overline{D}$$

Comme les estimations de sections de pieux nus sont faites indépendamment sur des pieux différents, l'estimateur devient :

$$B = N M h (\overline{St} - \overline{Sp}) \overline{D}$$

En ce qui concerne la densité, il est bon de rappeler ici que dans le Pertuis Breton les moules frayent la plupart du temps en mars et sont alors très maigres. La ponte terminée, elles profitent des blooms planctoniques printaniers pour commencer à accumuler de nouvelles réserves et ont généralement retrouvé en juin une qualité qui permet leur mise en marché. Ainsi, pendant la période avril-mai on observe une variation considérable de la condition des moules, et corrélativement de leur densité, qui ne se stabilisera qu'à la fin du printemps ou au début de l'été. Il ne nous paraît pas judicieux de prendre en compte dans nos estimations de biomasses un paramètre dont l'évolution est aussi rapide et importante à l'époque où ces estimations sont réalisées. L'évaluation des quantités de moules peut se faire simplement à l'aide du volume lequel, se modifiant beaucoup moins vite pendant la période considérée, sera en fait un indicateur plus précis. Il sera toujours possible de convertir ensuite ce volume en poids à l'aide d'une densité effectuée à une période fixée à l'avance, par exemple juste avant le début des ventes, c'est-à-dire en mai ou juin.

Les calculs de précision seront donc réalisés sur le volume net de moules en élevage :

$$V_M = N M h \overline{(\overline{St} - \overline{Sp})}$$

$$= N \overline{V_M}$$

$$\text{Var}(V_M) = N^2 \text{Var}(\overline{V_M})$$

Calcul de $\text{Var}(\overline{V_M})$:

Nous avons affaire à un échantillonnage à 3 degrés avec unités primaires de tailles inégales. Par conséquent (Scherrer dans Frontier, 1983) :

$$\text{Var}(\overline{V_M}) = \frac{1}{n} (1-f_1) s^2 + \frac{1}{nN} \sum \frac{M_i^2}{m_i} (1-f_{2i}) s_i^2 + \frac{1}{nN} \sum \frac{M_i}{m_i} \sum \frac{K_{ij}^2}{k_{ij}} (1-f_{3ij}) s_{ij}^2$$

N : nombre total de bouchots occupés
 n : nombre de bouchots échantillonnés
 f_1 : n/N
 s^2 : variance du volume de moules d'un bouchot
 M_i : nombre de pieux d'un bouchot
 m_i : nombre de pieux échantillonnés (= 2)
 f_{2i} : m_i/M_i
 s_i^2 : variance dans le bouchot i du volume de moules d'un pieu
 K_{ij} : nombre de sections sur un pieu (très grand)
 k_{ij} : nombre de sections échantillonnées (= 2)
 f_{3ij} : k_{ij}/K_{ij}
 s_{ij}^2 : variance entre les deux sections de moules d'un même pieu

Comme chaque section de moules est calculée par la différence entre la section totale St_{ij} et la section moyenne d'un pieu nu \bar{S}_p , estimées indépendamment, on a :

$$S_{ij}^2 = \text{Var} (St_{ij}) + \text{Var} (\bar{S}_p)$$

3 - RECUEIL DES DONNEES

Il a eu lieu entre le 29 avril et le 2 juillet.

Comme en 1987, le nombre total de bouchots a été obtenu à partir de photos aériennes et le nombre de bouchots occupés déterminé en éliminant, après un comptage exhaustif sur le terrain, tous les bouchots de captage et tous ceux ayant moins de dix pieux garnis de moules.

L'échantillonnage a été réalisé de la manière suivante : numérotation des bouchots sur les photos, suivie d'un tirage sans remise. Dans chaque bouchot tiré, comptage des pieux occupés puis choix de deux pieux au hasard pour mesure de la hauteur de moules. Sur chacun de ces pieux mesure de deux circonférences totales. Les circonférences de pieux nus, quant à elles, ont été mesurées soit dans le bouchot où nous nous trouvions si des pieux non garnis étaient présents, soit lorsque nous en rencontrions sur notre trajet, ce tirage étant assimilé dans nos calculs à un EAS. Par ailleurs, du fait que les pieux ne sont renouvelés que tous les 5 ou 6 ans, nous avons considéré que les données recueillies l'année précédente dans la zone de Marsilly restaient valables pour ce secteur. Nous avons donc repris les sections dont nous connaissions l'origine (strate à terre ou strate à la mer) et nous les avons ajoutées aux mesures effectuées en 1988.

Pour ce qui est de la densité, nous avons gardé la méthode adoptée en 1987 : choix de pieux de forme la plus régulière possible pour minimiser les erreurs d'estimation du volume total, puis pesée des moules pêchées et mesures des circonférences et hauteurs pour le calcul du volume de pieu nu.

4 - RESULTATS

Les résultats sont présentés dans les tableaux qui suivent.

Pour la conversion des volumes en poids nous avons utilisé en 1987 la densité observée le 12 juin à Marsilly : $632,39 \text{ kg/m}^3$. En 1988 nous avons trouvé $523,27$ le 29 avril à Marsilly et $619,77$ le 30 juin à l'Aiguillon. Nous n'avons pu vérifier si à la même époque, la densité différait d'un secteur à un autre. Nous avons retenu le chiffre de $619,77$ pour l'évaluation des tonnages dans tous les secteurs.

L'unité utilisée pour les mesures est le mètre.

Nous avons maintenu les deux sous-strates délimitées en 1987 à Marsilly (Fig. 2) et défini trois sous-strates à l'Aiguillon (Fig. 3). Le secteur de La Tranche n'a pas été stratifié.

Le résultat pour l'ensemble du Pertuis Breton est :

Volume total de moules $V_M = 22\ 620 \text{ m}^3$
Var (V_M) = 386 106
Précision 95 = 5,49 %
Soit une biomasse de 14 020 tonnes.

	Strate à terre	Strate à la mer
<u>Nombre de bouchots</u>		
B. vides.....	110	51
B. captage.....	77	30
B. élevage occupés.....N.....	325	729
B. échantillonnés.....n.....	18	73
<u>Pieux nus</u>		
Taille échantillon.....	19	80
Section moy. d'1 pieu nu \bar{Sp}	0,0125	0,0146
Var (\bar{Sp}).....	$0,498 \cdot 10^{-6}$	$0,276 \cdot 10^{-6}$
Précision 95.....	11,33 %	7,21 %
<u>Volume moules V_M (m³)</u>		
Var (V_M).....	10096	36664
Précision.....	19,02 %	9,04 %
<u>Tonnage</u>	655	2626

Tableau 1 - Secteur de Marsilly

	Strate 1	Strate 2	Strate 3
<u>Nombre de bouchots</u>			
B. vides.....	117	17	1
B. captage.....	68	81	3
B. élevage occupés....N.....	725	356	271
B. échantillonnés....n.....	47	35	26
<u>Pieux nus</u>			
Taille échantillon.....	23	22	26
Sect. moy. \bar{S}_p	0,0174	0,0171	0,0181
Var (\bar{S}_p).....	$2,343 \cdot 10^{-6}$	$0,881 \cdot 10^{-6}$	$0,676 \cdot 10^{-6}$
Précision 95.....	17,62 %	10,95 %	9,07 %
<u>Volume moules V_M (m³)</u>			
	2625	2517	2722
Var (V_M).....	13698	16792	21142
Précision 95.....	8,92 %	10,30 %	10,68 %
<u>Tonnage</u>			
	1627	1560	1687

Tableau 2 - Secteur de l'Aiguillon

<u>Nombre de bouchots</u>	
B. vides.....	248
B. captage.....	115
B. élevage occupés.....N.....	1654
B. échantillonnés.....n.....	95
<u>Pieux nus</u>	
Taille échantillon.....	66
Sect. moy. \overline{Sp}	0,0189
Var (\overline{Sp}).....	$0,333 \cdot 10^{-6}$
Précision 95.....	6,09 %
<u>Volume moules V_M (m³)</u>	9464
Var (VM).....	287713
Précision 95.....	11,33 %
<u>Tonnage</u>	5865

Tableau 3 - Secteur de La Tranche

	1987	1988
Nb bouchots élevage occupés	750	729
<u>Nombre pieux</u>		
Nb moyen/bouchot \bar{M}	105,22	99,64
Var (\bar{M}).....	13,662	6,891
Précision 95.....	7,03 %	5,27 %
<u>Pieu nu</u>		
Section moyenne \bar{S}_p	0,0146	0,0146
Var (\bar{S}_p).....	$0,281 \cdot 10^{-6}$	$0,276 \cdot 10^{-6}$
Précision 95.....	7,25 %	7,21 %
<u>Section totale moyenne</u>		
(moules + pieu) \bar{S}_t	0,0505	0,0432
Var (\bar{S}_t).....	$1,917 \cdot 10^{-6}$	$1,341 \cdot 10^{-6}$
Précision 95.....	5,48 %	5,36 %
<u>Hauteur</u>		
Haut. moy/pieu \bar{h}	2,135	2,043
Var (\bar{h}).....	$7,24 \cdot 10^{-3}$	$2,88 \cdot 10^{-3}$
Précision 95.....	7,97 %	5,26 %
<u>Volume moules (m³) V_M</u>		
Var (V_M).....	6146	4237
Précision 95.....	163438	36664
	13,16 %	9,04 %

Tableau 4 - Secteur de Marsilly. Résultats 1987 et 1988 dans la strate à la mer.

5 - COMPARAISON DES RESULTATS 1987 ET 1988

Cette comparaison ne peut être faite que pour le secteur de Marsilly et nous n'avons considéré que la strate à la mer. Le tableau 4 indique les valeurs trouvées pour chacune des variables entrant dans le calcul de la biomasse, et met en évidence une précision bien meilleure en 1988 sur le volume de moules.

Le tableau montre une valeur plus faible de ce dernier en 1988. Cette diminution s'explique par un nombre plus petit de bouchots garnis (729 au lieu de 750 en 1987), et une charge en moules de ces bouchots moins importante. En effet, si la section moyenne d'un pieu nu n'a pas varié, en revanche tous les autres paramètres ont diminué :

- nombre de pieux garnis par bouchots (99 au lieu de 105),
- section de moules (0,0287 m² au lieu de 0,0359),
- hauteur de moules sur les pieux (2,043 m au lieu de 2,135).

6 - OPTIMISATION

L'optimisation se propose de déterminer la meilleure stratégie d'échantillonnage, c'est-à-dire celle qui donne la meilleure précision, pour un coût donné, ou le coût minimum pour une précision donnée.

6.1. Optimisation du plan 1988 à 3 degrés

Il s'agit de déterminer les nombres optimaux de bouchots, de pieux par bouchot et de sections par pieu.

Cochran (1977) calcule des nombres optimaux par la méthode de Cauchy-Schwartz, valable en supposant les grappes pieux et les super-grappes bouchots de taille égale.

Ces conditions n'étant pas respectées, nous aurons recours à une autre méthode. Montrons qu'à effort constant la variance du volume de moules est minimale pour $n_h = 1$ et $n_s = 1$. Prenons comme effort 1 marée, soit environ 120 minutes de travail sur bouchots, parcours d'un bouchot à l'autre exclu.

En sortant n_h et n_s de la formule de Var (V_M) donnée plus haut, on obtient pour le secteur de Marsilly, strate à la mer :

$$\text{Var} (V_M) = \frac{N^2}{n} \left(4,74 + \frac{0,583}{n_h} + \frac{0,00292}{n_h n_s} \right)$$

Quelles que soient les valeurs de n_h et de n_s , les 2^e et 3^e termes sont quasiment négligeables devant le premier :

$$\text{Var} (V_M) \simeq \frac{N^2 \times 4,74}{n}$$

L'équation de coût s'écrit :

$$C = n [c_1 + n_h (c_2 + n_s c_3)]$$

avec :

$c_1 = 90$ secondes (temps de trajet le long du bouchot pour inventaire et repérage des pieux)

$c_2 = 50$ secondes (30 sec. pour l'amarrage et 20 sec. pour la mesure de la hauteur)

$c_3 = 10$ secondes (mesure de la circonférence)

En extrayant n de cette équation et en le reportant dans l'équation de la variance, on obtient :

$$\text{Var} (V_M) = \frac{N^2 \times 4,74}{C} [90 + n_h (50 + 10 n_s)]$$

Cette fonction de 2 variables, n_h et n_s , est une fonction croissante quand n_h ou n_s varie.

Elle prend donc sa valeur minimale pour $n_h = 1$ et $n_s = 1$.

Pour ces valeurs et $C = 120$ minutes, on a :

$$n = 48 \text{ et } \text{Var} (V_M) \sim 52\,000$$

6.2. Comparaisons avec des tirages indépendants (1987)

Ayant réalisé un plan de tirages liés, il est possible de le comparer ensuite par calcul à un plan de tirages indépendants alors qu'une comparaison dans l'ordre inverse n'est pas possible.

Est-il préférable de tirer les bouchots pour dénombrement, les pieux pour mesure de hauteurs et de sections indépendamment les uns des autres (comme en 1987 dans la strate à terre) ou au contraire de lier au maximum ces tirages au sein d'un échantillonnage à 3 degrés (comme en 1988).

La comparaison effectuée précédemment sur les données 1987 et 1988 de Marsilly, strate à la mer, ne répond pas strictement à cette question car les variances ont pu changer et les efforts d'échantillonnages ne sont pas identiques.

Prenons à nouveau un effort d'échantillonnage égal à 1 marée et calculons la précision obtenue avec la stratégie indépendante sur le volume de moules à partir des données recueillies en 1988 dans le secteur de Marsilly, strate à la mer.

$$V_M = N \bar{M} \bar{h} \bar{S}_M$$

$$\begin{aligned} \text{Var } V_M &= (N \bar{h} \bar{S}_M)^2 \text{Var } (M) / n_M \\ &+ (N \bar{M} \bar{S}_M)^2 \text{Var } (h) / n_h \\ &+ (N \bar{M} \bar{h})^2 \text{Var } (S_M) / n_s \end{aligned}$$

(termes en produits de variance négligés)

Le coût de cette estimation, mesuré en temps de travail sur les bouchots, peut s'écrire :

$$C \text{ indep.} = n_M c_M + n_h c_h + n_s c_s$$

Pour les valeurs numériques retenues ($c_M = 1,5$ mn, $c_h = 1,4$ mn et $c_s = 1,24$ mn), la méthode du multiplicateur de Lagrange (cf. rapport IFREMER DRV 88/002) aboutit aux nombres optimaux :

$$n_M = 26 \quad , \quad n_h = 27 \quad , \quad n_s = 35$$

Avec ces nombres optimaux, la variance de V_M prend approximativement la valeur 138 000, supérieure à la variance trouvée dans le plan à 3 degrés (52 000). Ce dernier plan est donc le meilleur.

6.3. Bilan

La stratégie optimale déterminée à partir des résultats 1987 et 1988 de la strate à la mer de Marsilly consiste donc en un échantillonnage à 3 degrés :

- tirage de bouchots,
- mesure de 1 hauteur de pieu sur chaque bouchot tiré,
- mesure de 1 section totale sur le pieu choisi.

Cette stratégie est suffisamment avantageuse pour que l'on puisse penser qu'elle restera la meilleure dans toutes les zones et durant les années à venir. En mesurant une seule hauteur par bouchot et une seule section par pieu, on ne pourra plus calculer les 2^e et 3^e termes de la variance, mais on pourra les considérer comme négligeables devant le 1^{er} terme.

Enfin, le tirage des bouchots a été réalisé jusqu'à présent par échantillonnage aléatoire simple. Il nous semble plus simple et sans inconvénient statistique important de le remplacer par un tirage systématique.

Bibliographie

- Cochran W.G., 1977. Sampling techniques. 3 rd Edition, Wiley and sons, New York, 413 p.
- Mazurié J. et Dardignac-Corbeil M.J., 1988. Estimation des stocks de moules dans le Pertuis Breton en 1987. IFREMER, rapport interne DRV-88002 - RA/L' Houmeau.
- Scherrer B., 1983. Techniques de sondage en écologie. In : Stratégies d'échantillonnage en écologie, S. Frontier, ed. by Masson et les Presses de l'Université de Laval, p. 63-162.

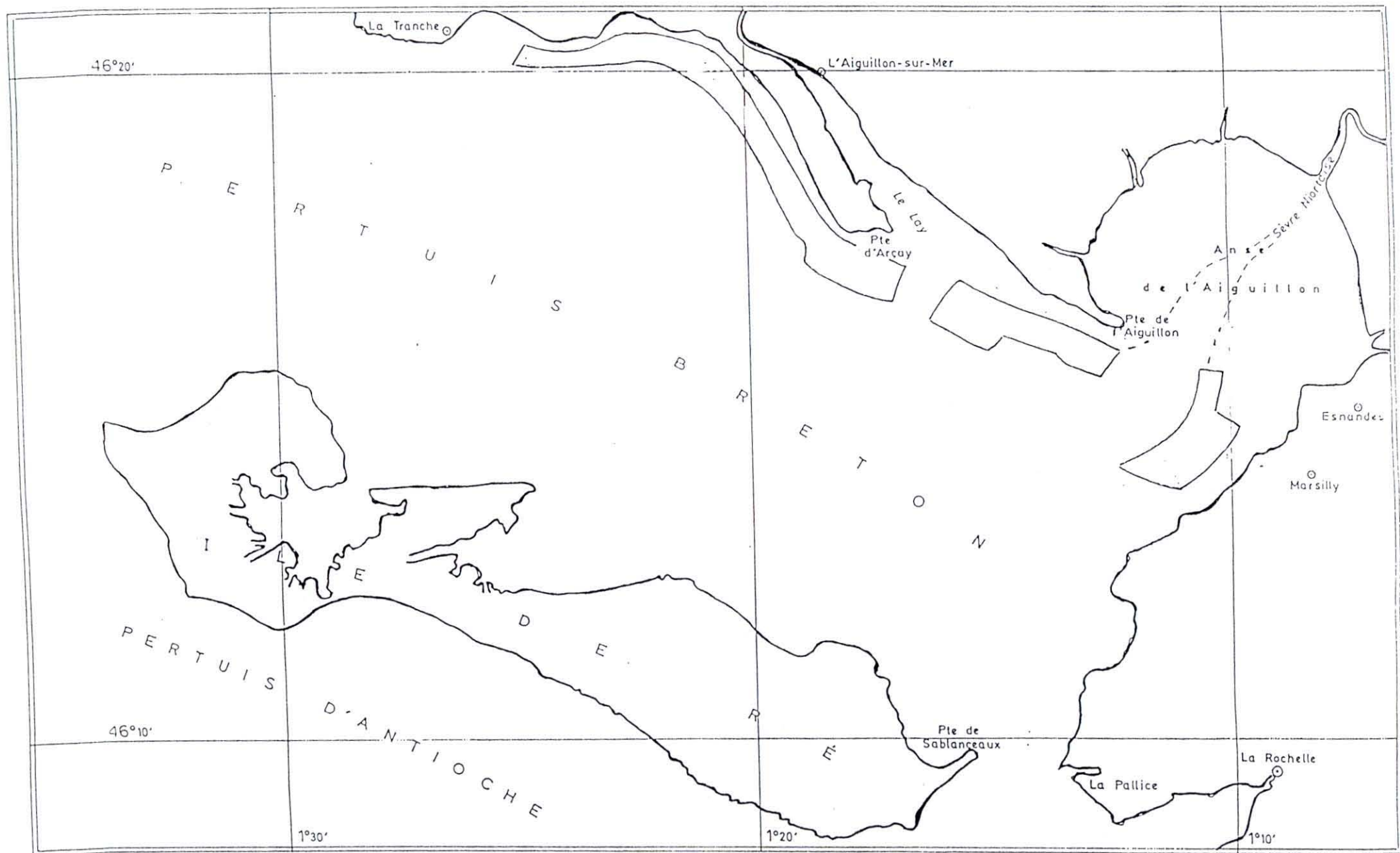


Fig. 1 - Emplacement des bouchots à moules dans le Pertuis Breton

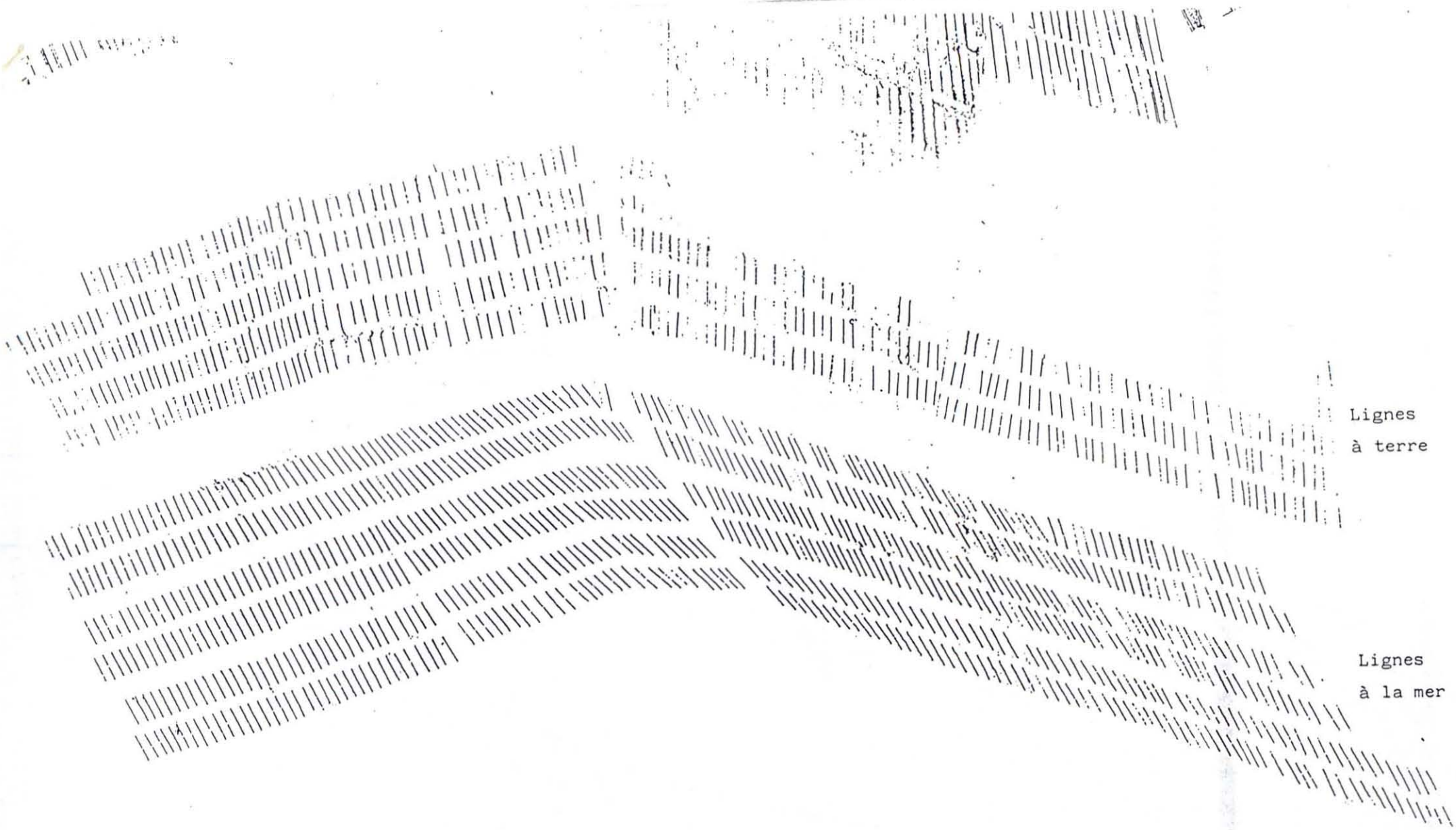


Fig. 2 - Zone de Marsilly. Deux strates délimitées