

UNIVERSITE DE CAEN

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES

RAPPORT DE STAGE

Estimation des stocks de Moules (*Mytilus edulis* L.)
de gisements naturels et de culture sur bouchots
dans la baie de BOURGNEUF (Année 1988).

Josianne LEFRANCOIS

décembre 1988

Laboratoire Régional de Conchyliculture Loire-Gironde
Station IFREMER de BOUIN - Polder des Champs 85230 BOUIN

Responsable scientifique : Jean-Pierre BAUD.



U N I V E R S I T E D E C A E N

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES

R A P P O R T D E S T A G E

Estimation des stocks de Moules (*Mytilus edulis L.*)
de gisements naturels et de culture sur bouchots
dans la baie de BOURGNEUF (Année 1988).

Josianne LEFRANCOIS

décembre 1988

Laboratoire Régional de Conchyliculture Loire-Gironde
Station IFREMER de BOUIN - Polder des Champs 85230 BOUIN

Responsable scientifique : Jean-Pierre BAUD.

R E M E R C I E M E N T S

Ils s'adressent tout d'abord à J.P. BAUD, J. Haure, M. NOURRY, D. BAUD et P. GLIZE qui tous ont participé à la réalisation de cette étude à la station IFREMER de BOUIN.

Je n'oublierai pas non plus R. BLANCHARD pour la mise à disposition de son bateau, J. MARCHAND de la Faculté de biologie marine de Nantes pour le prêt de la benne Smith et Mac Intyre, M.J. DARDIGNAC et J. MAZURIE de l'IFREMER de La Rochelle pour leurs conseils sur l'étude des stocks mytilicoles. C. BACHER de l'IFREMER de La Tremblade pour la mise au point du plan d'échantillonnage et des calculs et R. CHEVALIER pour les corrections statistiques de cette étude.

Je remercie également M.F. RIAND pour son aide à la réalisation des figures et S. NOUHANT pour la dactylographie de ce rapport.

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
- INTRODUCTION	6
- CHAPITRE I : <u>La baie de Bourgneuf : présentation du site</u>	9
1. Situation géographique	9
2. Circulation et renouvellement des eaux	11
3. Nature des fonds	14
4. Développement des implantations conchylicoles	15
4.1. L'ostréiculture	16
4.2. La mytiliculture	16
4.3. La vénériculture	18
5. Conclusion.	18
- CHAPITRE II : <u>Les gisements naturels de moules.</u>	21
Introduction	21
1. Matériel et méthodes	22
1.1. Matériel de prélèvement	22
1.2. Techniques d'échantillonnages et d'estimation des stocks	24
1.2.1. Concepts statistiques	24
1.2.2. Critères de stratification	25
1.2.3. Gisements intertidaux	25
1.2.3.1. Plan d'échantillonnage	25
1.2.3.2. Effort d'échantillonnage	28
1.2.3.3. Estimations par strate	29
1.2.3.4. Estimation du stock total	29
1.2.4. Gisements subtidaux	30
1.2.4.1. Plan d'échantillonnage	30
1.2.4.2. Réalisation de l'étude	32
1.2.4.3. Estimation du stock	32
1.2.5. Total des gisements naturels	33
1.3. Biométrie	34
1.3.1. Histogrammes de tailles	34
1.3.2. Structures d'âges	34
1.3.3. Relations taille-poids	35
1.3.4. Répartition du stock entre les classes de taille	35
2. Résultats	35
2.1. Estimation du stock	35
2.2. Etude du stock	37
2.2.1. Distribution des tailles	37
2.2.2. Structures d'âges	40
2.2.3. Relations taille-poids	41

2.2.4. Répartition du stock par classes de tailles.	44
3. Discussion	45
3.1. Méthodologie	45
3.1.1. Optimisation des précisions sur les estimations	45
3.1.2. Améliorations envisageables	48
3.2. Evolution du stock	50
3.3. Compétition : conséquences de la régression des stocks de moules	52
3.4. Exploitation du stock de moules	53
3.4.1. Situation actuelle	53
3.4.2. Historique	54
3.5. Conclusion.	55
- CHAPITRE III- <u>Les bouchots à moules</u>	56
Introduction	56
1. Méthodologie : échantillonnage et calcul des estimations	57
1.1. Variables étudiées et unité d'échantillonnage	57
1.2. Plan d'échantillonnage	58
1.2.1. Stratification	58
1.2.2. Echantillonnage par degrés.	59
1.3. Estimation du stock	61
1.3.1. Volume brut total	61
1.3.2. Volume net total	63
1.3.3. Conversion du volume en biomasse	64
1.4. Réalisation de l'étude	65
1.4.1. Recueil des données	65
1.4.2. Effort d'échantillonnage	65
2. Résultats	68
2.1. Estimation des stocks	68
2.1.1. Densité : biomasse de moules par unité de volume	68
2.1.2. Estimation des stocks totaux par secteur	68
2.1.3. Rendement par pieu	71
2.2. Biométrie	72
2.2.1. Distribution des tailles	72
2.2.2. Structures d'âges	73
2.2.3. Relations taille-poids	74
2.2.4. Répartition du stock par classe de tailles	76
3. Discussion	77
3.1. Méthodologie	77
3.1.1. Stratégie globale d'échantillonnage	77
3.1.2. Relations effort-précision	79
3.1.2.1. Estimation de la densité	79

3.1.2.2. Estimation du volume brut	79
3.1.2.3. Estimation du volume des pieux vides	82
3.1.2.4. Conclusion	82
3.1.3. Période d'échantillonnage	82
3.2. Importance du stock mytilicole dans l'écosystème de la baie de Bourgneuf	82
3.3. Exploitation des bouchots	83
3.4. Conclusion	85
- CONCLUSION GENERALE	86
- BIBLIOGRAPHIE	88

I N T R O D U C T I O N

La conchyliculture s'est traditionnellement implantée dans des bassins relativement fermés, abrités des tempêtes mais ayant pour corollaire un renouvellement limité des eaux et donc de la capacité nutritionnelle du milieu.

L'étude empirique des écosystèmes conchylicoles a été entreprise en différents sites ostréicoles (Marenne-Oléron, baie de Bourgneuf, bassin d'Arcachon, étang de Thau) ou mytilicoles (baie de l'Aiguillon, étang de Thau) par des estimations annuelles des stocks en élevage, des productions commercialisées et le suivi des performances de croissance et de survie de l'espèce élevée. Cette approche peut être complétée par une analyse historique des rendements (fig. 1) qui permet quelquefois de mettre en évidence une stagnation de la production au-delà d'un certain stock en présence comme à Marennes-Oléron (Héral, 1986).

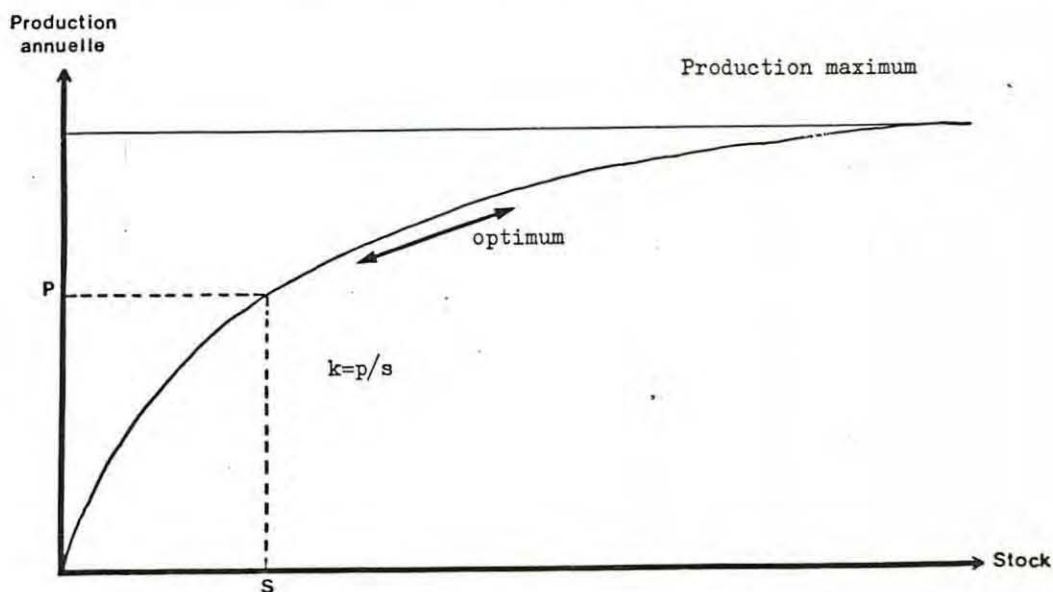


Fig. 1 : Evolution de la production annuelle, en fonction du stock en élevage dans le bassin de Marennes-Oléron, d'après Héral (1986).

En Baie de Bourgneuf, un déséquilibre entre charge en bivalves filtreurs et potentialité du milieu à les nourrir se traduit par des performances de croissance et d'engraissement irrégulières et relativement basses des huîtres *Crassostrea gigas*. Cela a pour conséquence un allongement du cycle d'élevage qui peut atteindre quatre ans (fig. 2).

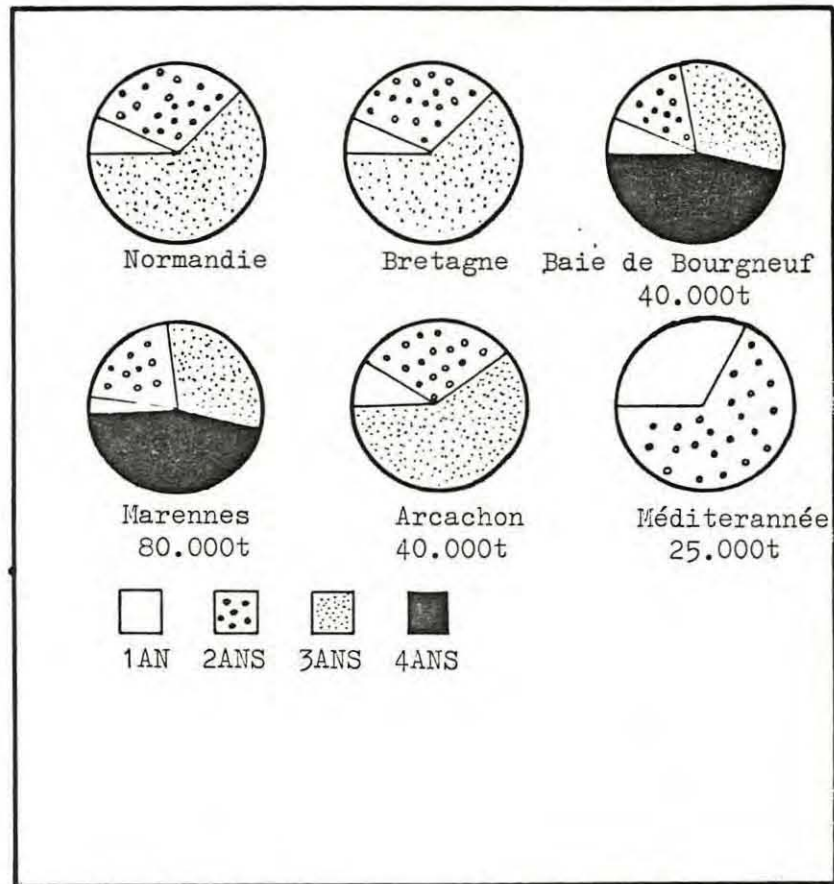


Fig. 2 : Comparaison en classes d'âges des stocks d'huîtres creuses en élevage dans les différentes régions ostréicoles françaises en période de stock maximum (été), d'après Mazurié (1988).

De plus, la faible rotation des stocks, révélée par un rapport production commercialisée sur biomasse en élevage de seulement 0,3 induit une mauvaise rentabilité économique des élevages et un accroissement des risques d'épizootie. Cette surcharge globale limite également les possibilités de diversification conchylicole. Il en est ainsi de la vénériculture puisque la taille marchande des palourdes n'est pas atteinte après deux ans d'élevage dans la partie sud de ce bassin alors qu'elle est dépassée dans les autres sites (tab.1). Les palourdes élevées en baie de Bourgneuf présentent en outre, un faible indice de condition (Baud et al, 1988).

Tab. 1 : comparaison entre différents sites des longueurs et poids moyens au terme de deux ans d'élevage (1985-1986) de palourdes japonaises *Ruditapes philippinarum* issues d'un même lot et cultivées selon les mêmes critères zootechniques in Baud et al (1988).

SITE	LONGUEUR MOYENNE	POIDS MOYEN
BRETAGNE	45,0 mm	23,0 g
ARCACHON	40,8 mm	19,1 g
MARENNES-OLERON	39,6 mm	14,9 g
BAIE DE BOURGNEUF	32,4 mm	9,86 g

Les seuls stocks de mollusques en élevage ne justifient pas totalement cet état de déséquilibre. Il semblerait que d'autres organismes filtreurs, qui utilisent la même ressource trophique, entrent en compétition pour le partage de la nourriture disponible avec les espèces élevées.

En baie de Bourgneuf, la principale espèce compétitrice des élevages conchylicoles est la moule *Mytilus edulis* (Baud et Haure, 1988 b.).

Au niveau physiologique, le taux de filtration de *M. edulis* est comparable à celui de l'huître *C. gigas*, soit 3 à 5 litres/heure/gramme de chair sèche (Deslous-Paoli et al. 1987) mais la rétention par la moule des particules alimentaires (entre deux et huit microns de diamètre) est plus efficace (Winter, 1978 ; Widdows, 1978) (fig. 3).

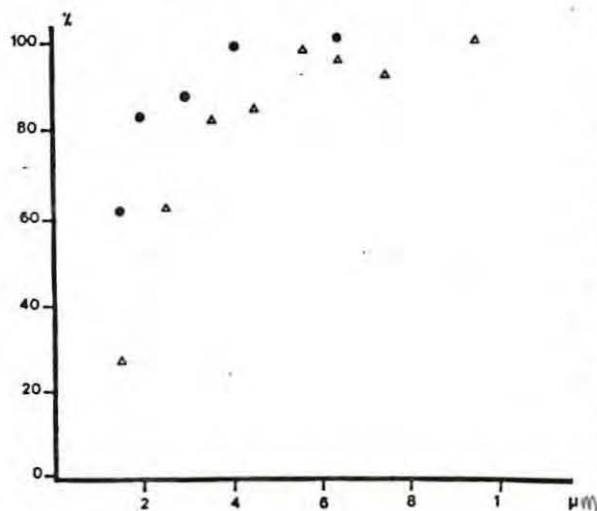


Fig. 3 : Pourcentage de rétention des particules en fonction de leur taille chez la moule *Mytilus edulis* (●) et chez l'huître *Crassostrea virginica* (Δ). D'après Vahl, 1973 ; in Winter, 1978).

La présente étude cherchera à estimer :

- le stock de moules de gisements naturels et son évolution par rapport aux précédentes évaluations réalisées au cours des années 1986 et 1987
- le stock de moules cultivées sur bouchots dont l'importance relative par rapport à l'ensemble des bivalves de la baie n'est pas connue.

De plus, le choix et la mise en oeuvre d'une stratégie d'échantillonnage propre à chacune de ces estimations seront discutés.

Enfin, une explication des interactions entre les différents stocks de bivalves connus sera tentée, débouchant sur des propositions de mesures de gestion propres à améliorer la croissance des coquillages en baie de Bourgneuf.

CHAPITRE I : La baie de Bourgneuf : présentation du site.

1. Situation géographique

La baie de Bourgneuf s'étend sur 340 km² au sud de l'estuaire de la Loire (fig. 4).

Elle communique avec l'océan Atlantique par deux passes de dimensions très inégales :

- 12 km entre la pointe Saint-Gildas et l'Herbaudière, au nord de l'île de Noirmoutier
- 0,8 km entre Fromentine et le sud de l'île de Noirmoutier.

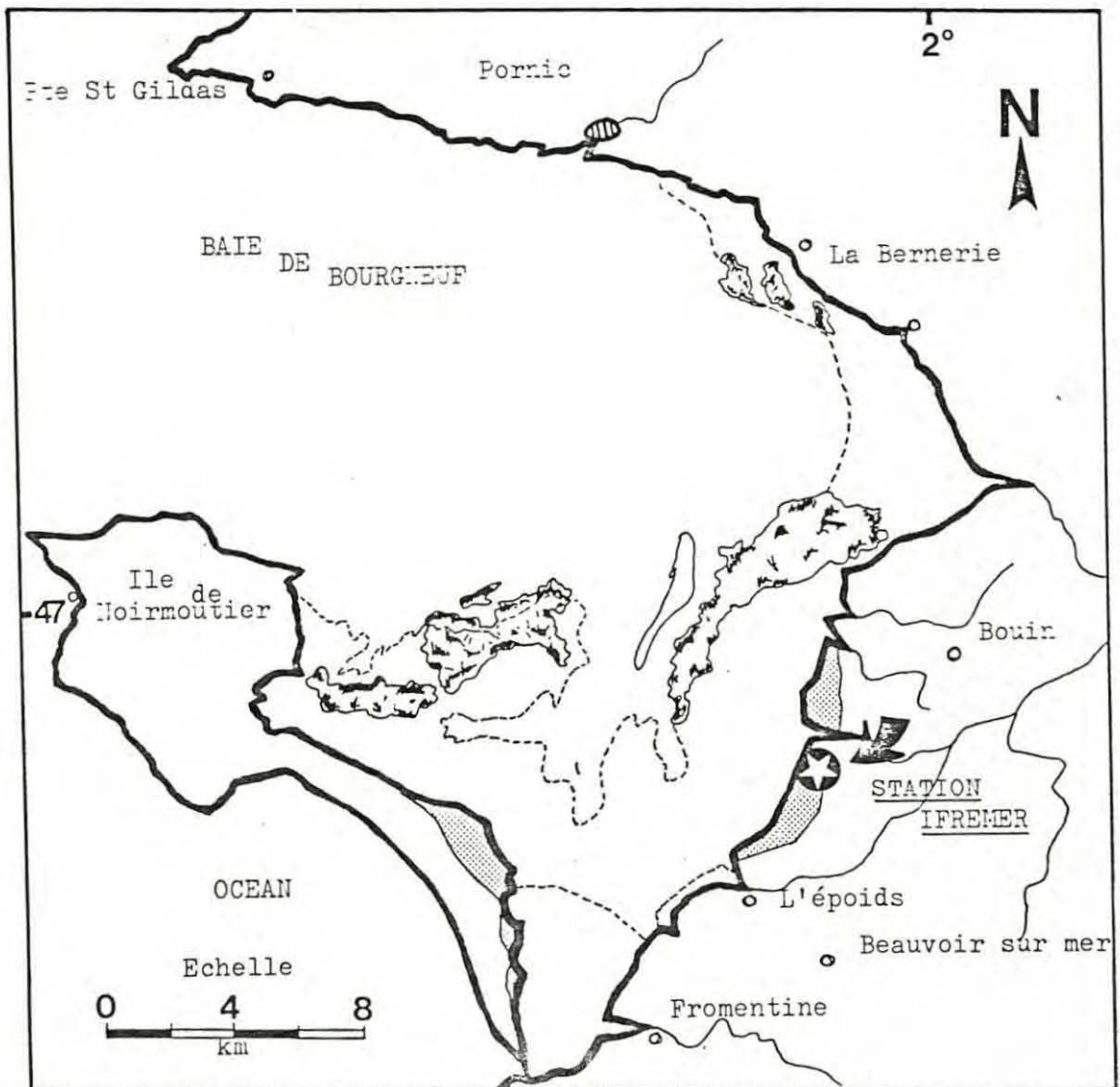
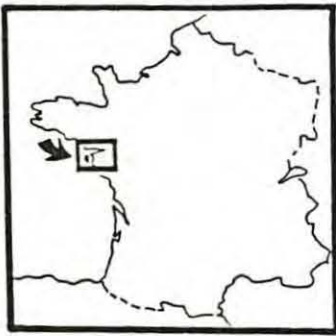


Fig. 4 : Situation géographique de la baie de Bourgneuf.

2. Circulation et renouvellement des eaux

La marée qui se propage à travers la large ouverture située au nord assure l'essentiel du renouvellement des eaux. L'onde y est amplifiée par le rétrécissement en entonnoir de la baie qui fonctionne comme un système de "pompe à marée" (fig. 5).

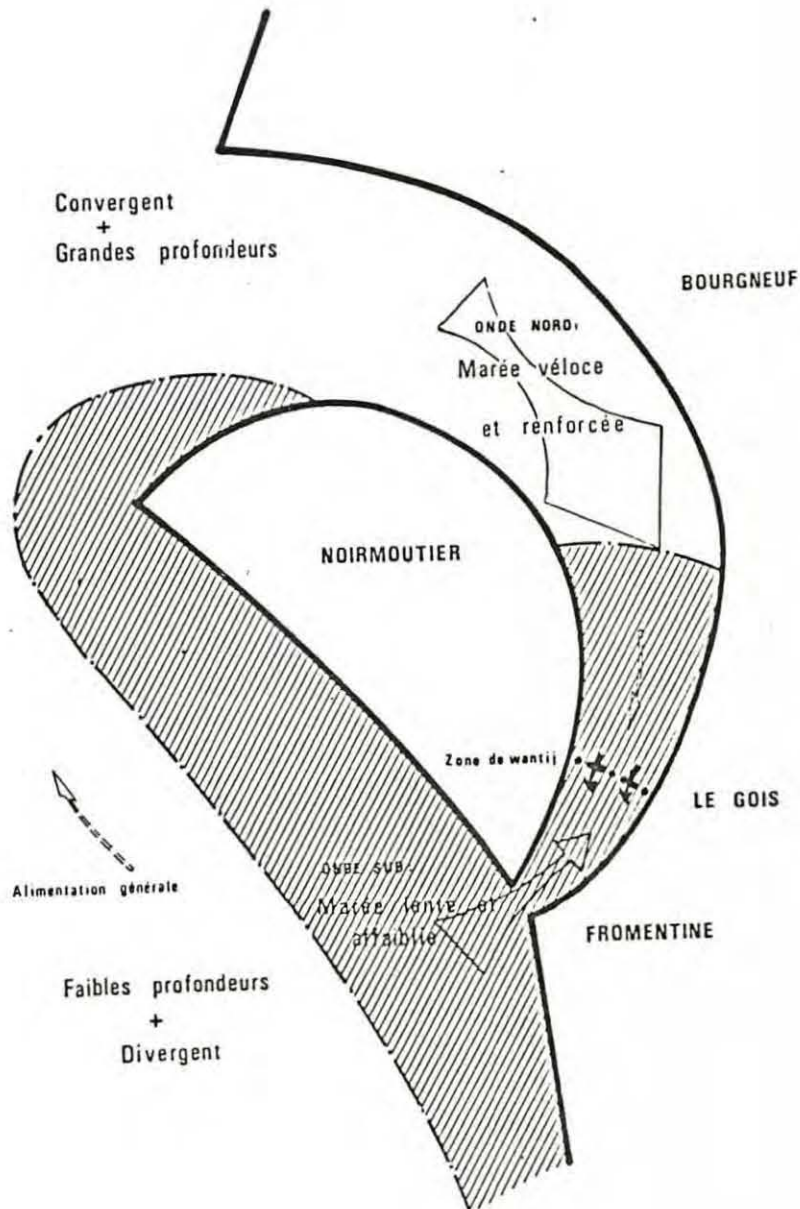


Fig. 5 : Schématisation des courants de marée en baie de Bourgneuf - système de "pompe à marée" in L.C.H.F. (1986).

Le flot, tourbillonnaire à l'entrée nord se heurte au continent et s'oriente vers le sud. A mi-marée, ce courant repousse le flot sud après submersion du gois (exhaussement du fond à la rencontre des deux courants). Jusqu'à la renverse de la marée, les eaux circulent du nord vers le sud dans l'ensemble de la baie sauf devant l'Herbaudière (fig. 6 et 7). La vitesse moyenne des courants est de 3 m.S^{-1} en vive eau et de $0,4 \text{ m.S}^{-1}$ en morte eau.

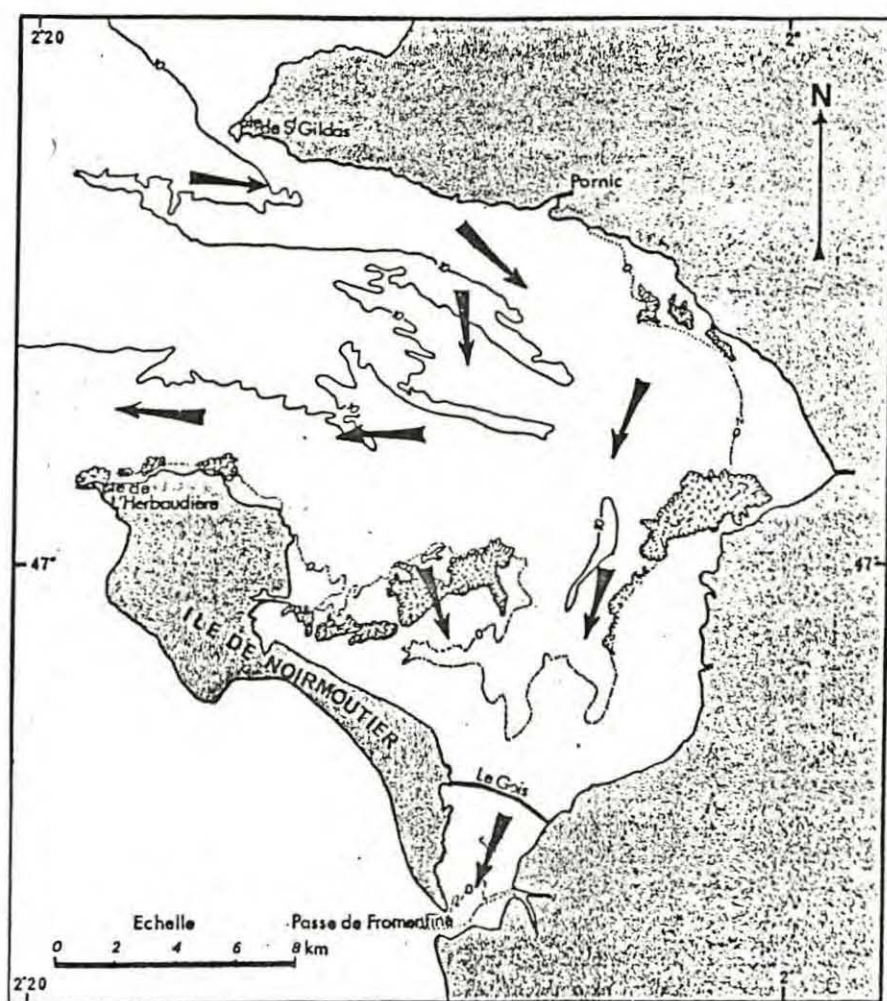
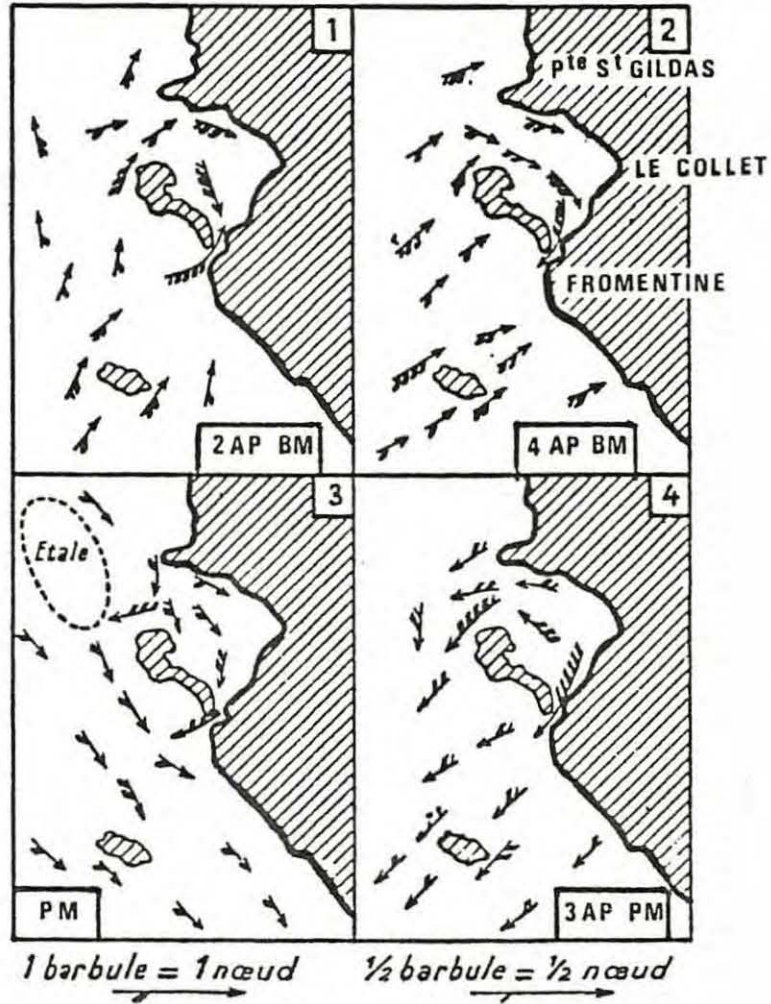


Fig. 6 : Propagation du flot une heure avant la pleine mer in Gouleau (1968).



1. Deux heures après la basse mer : la rencontre du flot du N. et du flot du S., très violents, au fond de la baie de Bourgneuf. — 2. Quatre heures après la basse mer : la victoire du flot du N. à Fromentine. — 3. Pleine mer : le mouvement général vers le S.-E., sauf au chenal de la Grise et à Fromentine. — 4. Trois heures après la pleine mer : la violence du jusant à Fromentine; le mouvement général vers le S.-O.

Fig. 7 : Champs de courants en baie de Bourgneuf (en vive eau) d'après Papy (1948).

Le renouvellement du volume de la masse d'eau estimée à (3.10^9 m^3) pour la totalité de la baie de Bourgneuf atteint 15 % en morte eau et 40 % en vive eau (LCHF, 1986).

3. Nature des fonds

Peu de données sédimentologiques sur les fonds de la baie sont disponibles. On pourra, cependant, retenir de la description de Gouleau (1968) que la granulométrie des sédiments s'affine du nord au sud et d'ouest en est (fig.8).

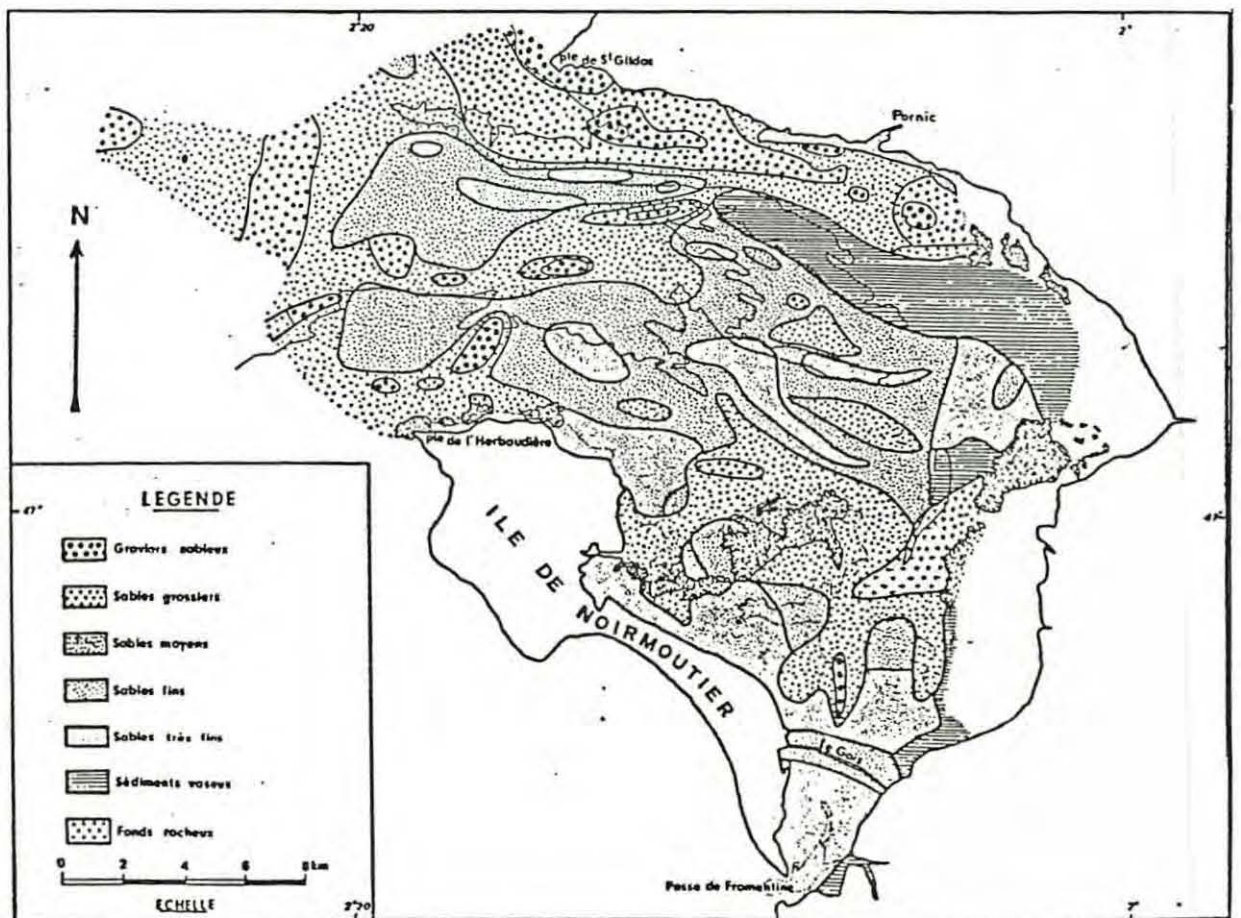


Fig. 8 : Carte sédimentologique de la baie de Bourgneuf in Gouleau (1968).

Le chenal du Fain, profond de 20 m en moyenne, interrompt un long plateau rocheux situé au centre de la baie avec les roches de Bouin à l'est, de la Préoire, de la Vendette et de Riberge à l'ouest.

Cette barre rocheuse marque la limite entre :

- une zone nord, toujours immergée, entaillée par trois chenaux (13 à 17 m de fond)
- une zone sud, où d'importants apports sédimentaires ont façonné de grandes étendues planes, découvrant à marée basse (le marnage est de 2,5 m en morte-eau et de 6 m en vive-eau).

La circulation des eaux et la nature des fonds de ce plateau composé de roches et de graviers, présentent des conditions favorables à la constitution de gisements moulières.

4. Développements des implantations conchylicoles

L'ostréiculture et la mytiliculture dans la baie sont des activités peu antérieures à 1950.

L'extension des surfaces ostréicoles, concédées sur l'estran, s'est poursuivie jusqu'à la crise des années 1971-1972 provoquée par l'épizootie de l'huître portugaise *Crassostrea argulata* (fig.9). La substitution à *C. argulata* de l'huître japonaise *C. gigas* s'est accompagnée de l'abandon des techniques d'élevage à plat pour l'élevage en surélevé assurant de meilleurs rendements.

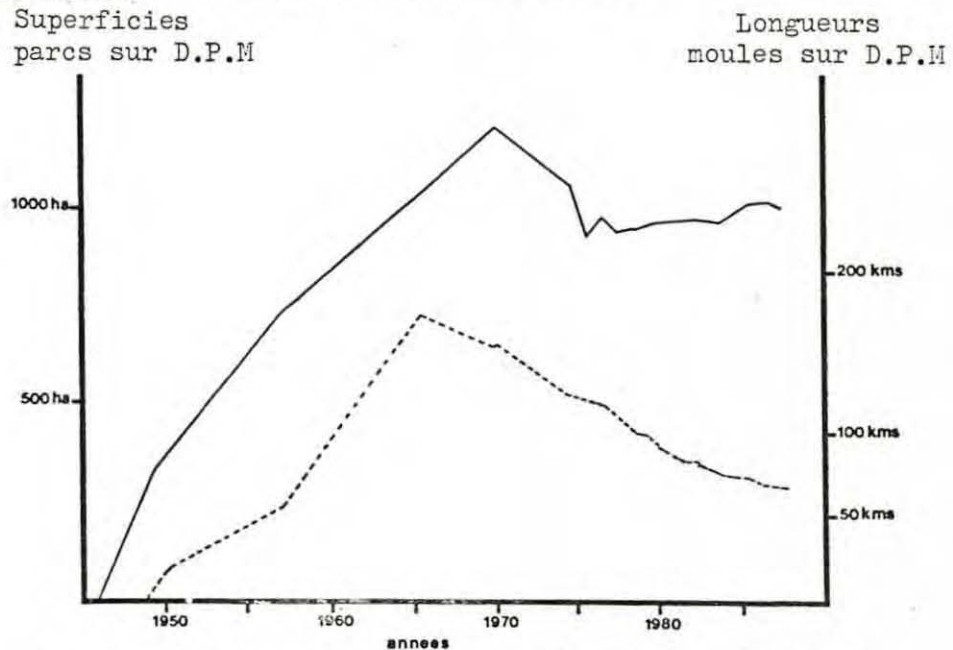


Fig. 9 : Evolution de la conchyliculture dans le quartier de Noirmoutier : (—) superficies ostréicoles sur DPM ; (---) longueurs mytilicoles. Source Affaires Maritimes de Noirmoutier.

Les cultures de moules sur bouchots ont été volontairement limitées depuis 1965.

La vénériculture, beaucoup plus récente, reste marginale.

4.1. L'ostréiculture

C'est la principale activité conchylicole de la baie avec 2532 parcs, essentiellement destinés à l'élevage de *Crassostrea gigas* en surelevé.

Les 1060 ha d'estran concédés (source affaires maritimes de Noirmoutier) sont répartis :

- pour 850 ha d'entre eux au sud de la barre rocheuse médiane où le vaste estran est protégé des vents d'ouest et du nord-ouest par l'île de Noirmoutier
 - et pour 210 ha le long de la côte nord-est
- 60% de ces surfaces sont réellement exploitées.

Le volume du stock en élevage avec 40 000 tonnes a peu varié depuis 1982. 12 à 14 000 tonnes d'huîtres sont commercialisées chaque année, ce qui représente environ 10 % de la production française (Saint-Félix et al, 1983 ; Baud et Hommebon, 1987a ; Baud et Haure, 1987b).

Soulignons aussi que l'activité ostréicole crée 1900 emplois permanents.

4.2. La mytiliculture

Les bouchots sont situés de part et d'autre de la barre rocheuse (fig.10) :

- au nord ouest le lotissement de Maison Blanche, jouxtant l'île de Noirmoutier
- au nord est, les pieux, implantés à proximité de l'embouchure du Falleron, sont regroupés en deux petits lotissements : le Fiol et la Northe.

Les 18 850 m concédés sur le lotissement de Maison Blanche sont destinés à l'élevage sur pieux et au captage du naissain sur cordes. Le surplus de naissain est vendu dans d'autres régions mytilicoles de Bretagne ou de Normandie, exemptes de captage.

Les bouchots du Fiol et de Northe, respectivement 10 800 m et 5 000 m, ne sont exploités que pour l'élevage.

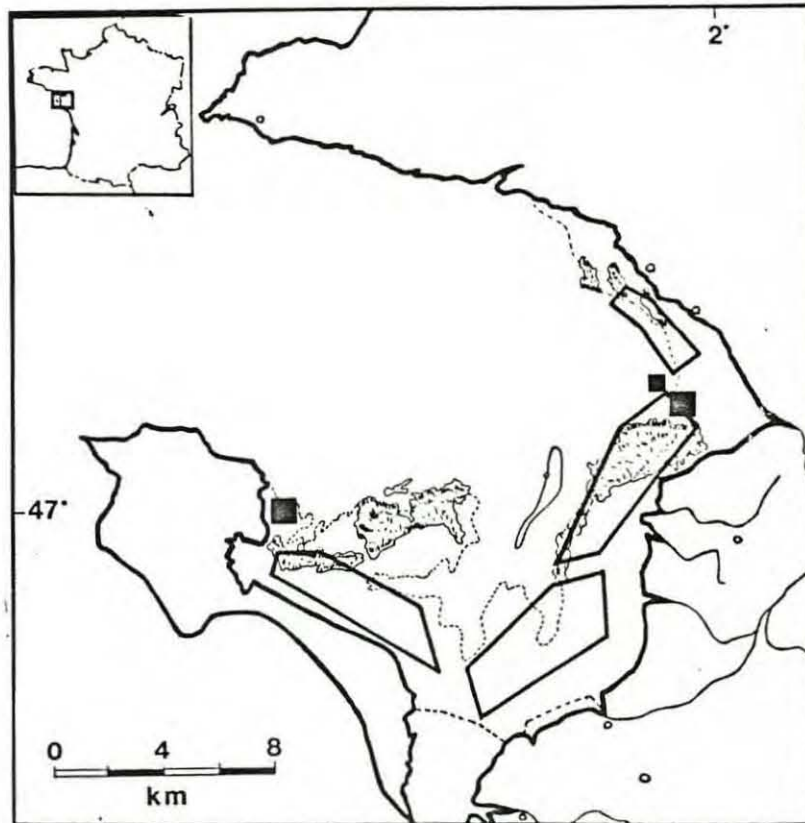


Fig. 10 : Situation des bouchots à moules (■) et des parcs ostréicoles (▭) en baie de Bourgneuf.

Les lotissements sont soumis à une restructuration depuis quelques années (fig.11), le secteur de Maison Blanche restant le plus convoité. Aucune extension n'est prévue afin de limiter les risques d'envasement (source Affaires maritimes).

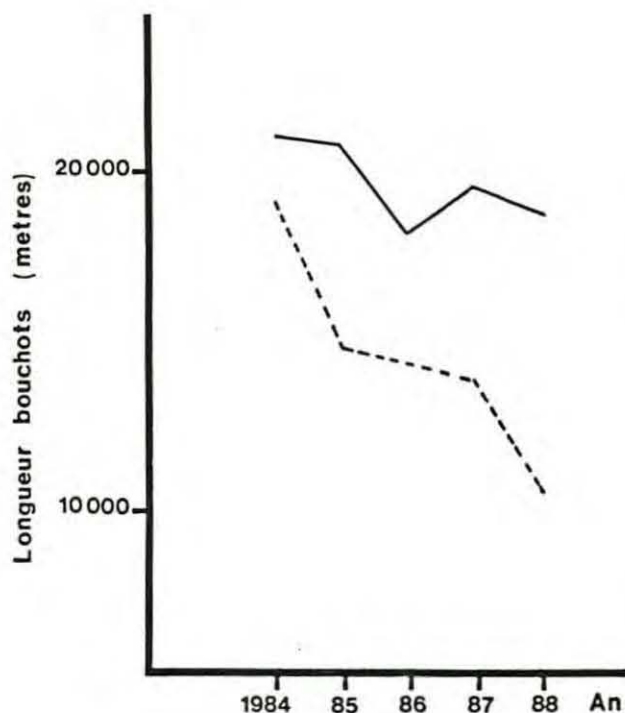


Fig. 11 : Evolution des longueurs de bouchots concédés de 1984 à 1988 sur les lotissements de Maison Blanche (—) et du Fiol (----).

4.3 La vénériculture

Les premiers parcs pour l'élevage de la palourde *Ruditapes philippinareum* ont été créés en 1983.

Dix neuf concessions, d'une superficie totale de 15,2 ha, sont situés sur les lotissements ostréicoles du Gril et de Gresseloup, au sud de la baie.

Les croissances irrégulières des palourdes, pour l'obtention de la taille marchande, enregistrées ces dernières années font qu'actuellement seuls cinq hectares sont réellement exploités et ce malgré le développement de plusieurs écloséries-nourriceries locales.

5. Conclusion

Les élevages ostréicoles et vénéricoles se concentrent principalement dans le sud de la baie sur des sites abrités et d'accès faciles.

Les gisements de moules, situés en amont, s'interposent entre cette zone favorable à la conchyliculture et le flot pénétrant principalement par le nord (fig.12).

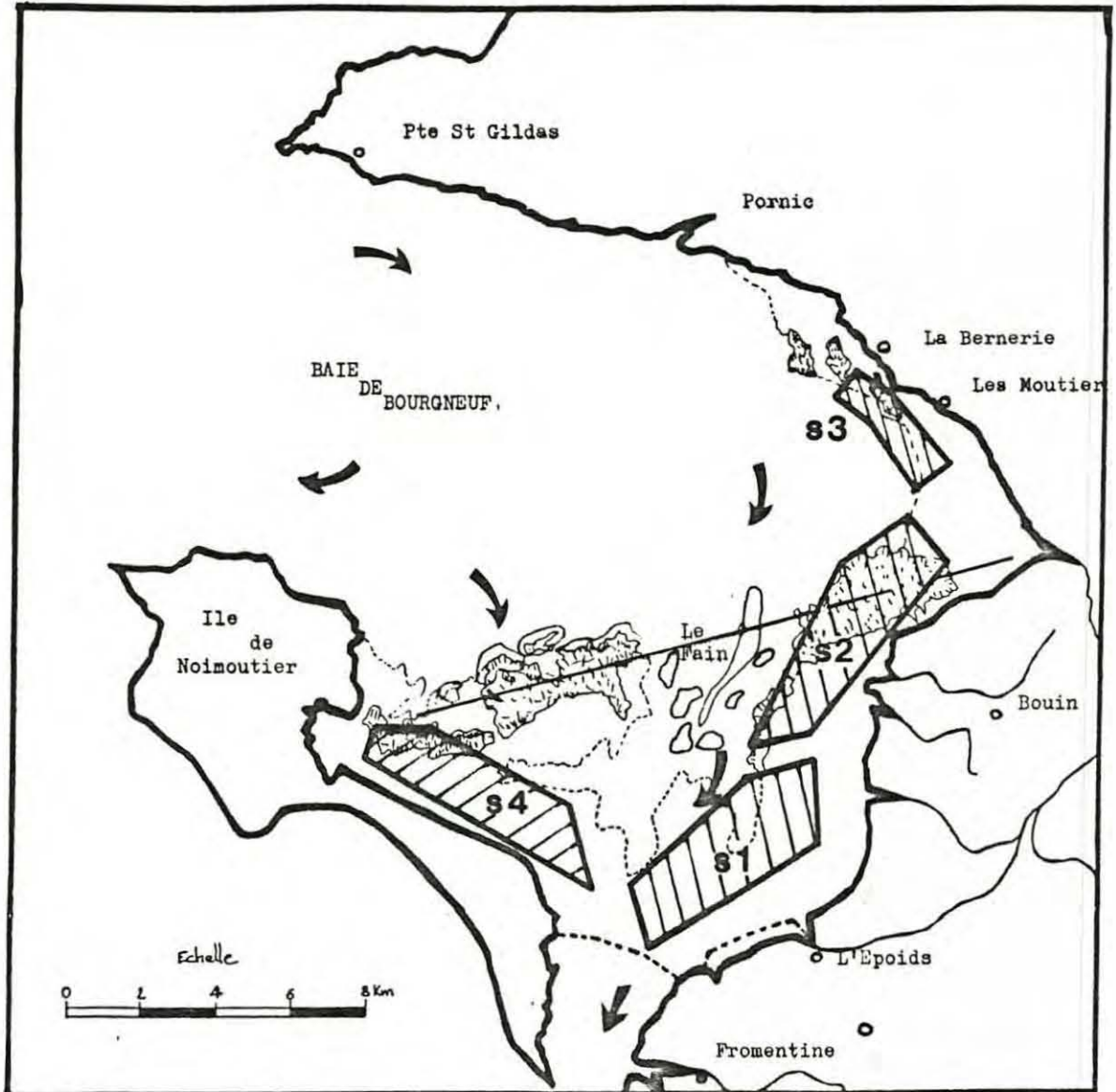


Fig. 12 : Situation de la barre rocheuse colonisée par les moules en baie de Bourgneuf par rapport aux parcs ostréicoles et aux sens de renouvellement des eaux (←).

Il est donc primordial d'évaluer la quantité de moules présentes sur ces gisements naturels mais aussi sur les bouchots, prolongeant vers le nord ouest et vers le nord est la moulière naturelle, pour estimer le degré de compétition trophique exercée à l'encontre des élevages situés en aval, afin d'améliorer la gestion des élevages existants.

- CHAPITRE 2 : Les gisements naturels de moules

Introduction

Cette étude a pour principal objectif l'estimation globale du stock de moules. Les gisements colonisent des fonds rocheux ou meubles barrant la baie de Bourgneuf d'ouest en est (fig.13).

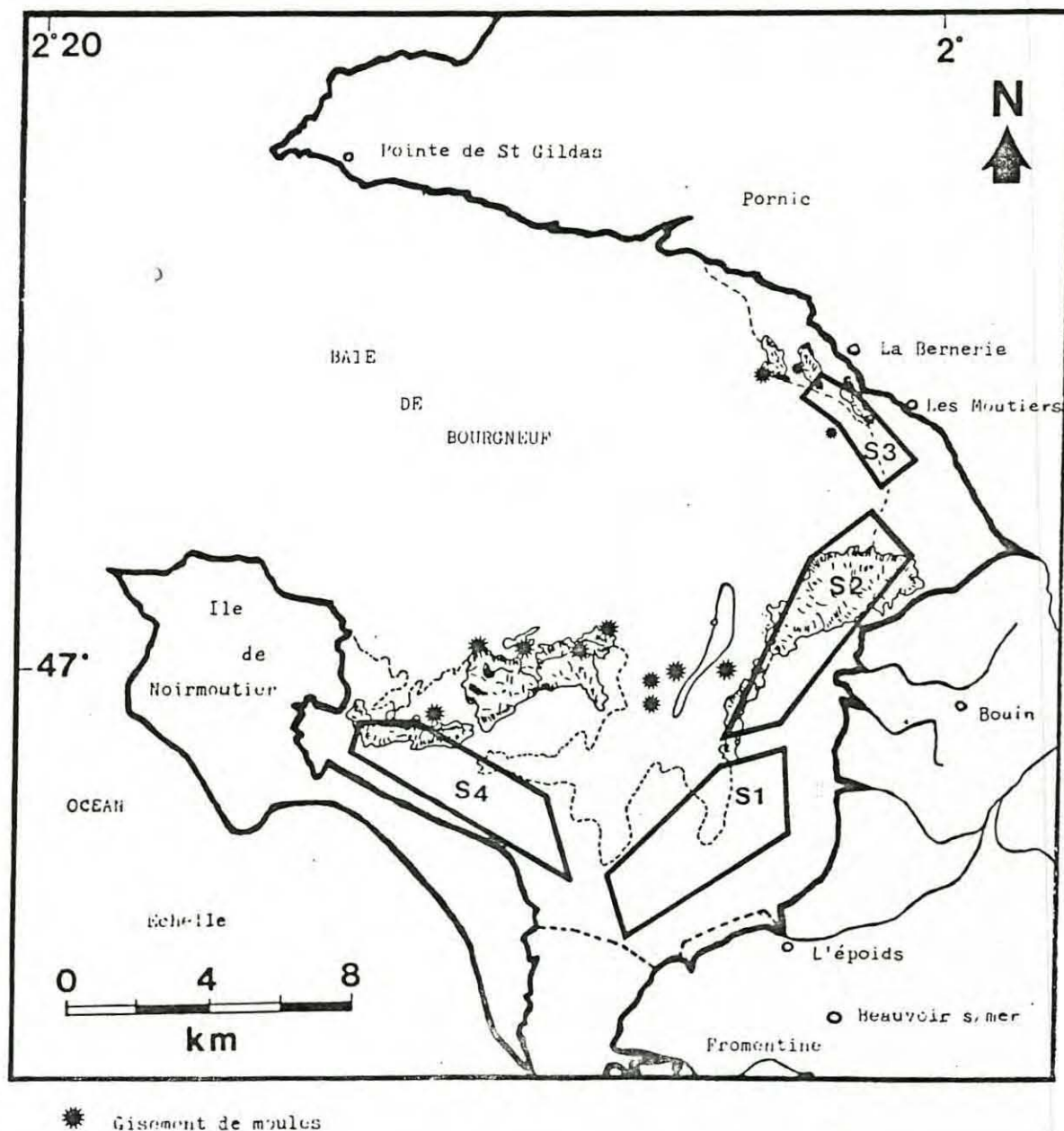


Fig. 13 : Situation approximative des gisements naturels de moules en baie de Bourgneuf.

A cet effet des sondages ont été entrepris in situ, en zone subtidale et intertidale, suivant un plan d'échantillonnage tenant compte des études effectuées sur le même site en 1986 et 1987 par Baud et Haure (1988 a et b).

Deux types d'erreurs sont indissociables de cette estimation de stock :

- une erreur systématique dépendant de l'engin de prélèvement qui selon son efficacité biaisera plus ou moins les échantillons récoltés
- une erreur d'échantillonnage ou variance, proportionnelle à l'hétérogénéité de la population et d'autant plus faible que l'effort d'échantillonnage sera important.

On cherchera à réduire ces erreurs par :

- le choix de la technique de prélèvement
- l'élaboration d'un protocole d'échantillonnage donnant le meilleur compromis entre le coût et la précision.

Les échantillons prélevés serviront, par ailleurs, à analyser la composition en taille et en âge de la population.

Enfin, à la suite de ces résultats et de ceux des deux campagnes précédentes, nous aborderons l'évolution et l'exploitation de ce stock de moules.

1- Matériel et méthode

1.1. Matériel de prélèvement

Le matériel nécessaire au prélèvements doit posséder les qualités suivantes :

- précision et homogénéité de la surface échantillonnée
- absence ou du moins réduction du biais (reproductibilité du prélèvement quelque soit la nature du fond)
- facilité de mise en oeuvre
- faible coût en investissement et en fonctionnement.

Ainsi le choix du matériel s'est orienté vers deux types d'outils :

- une benne en zone subtidale (gisements toujours immergés)
- un cadrat en zone intertidale (gisements exondables).

Dans les deux cas, l'unité d'échantillonnage est égale à un dixième de mètre carré.

La benne utilisée est du type Smith et Mac Intyre (S.M.I), déjà employée, entre autres pour les estimations de stocks de bivalves non cultivés à Marenne-Oléron (Sauriau, 1986) et pour les moules de la baie de Bourgneuf en 1986 et 1987 (Baud et Haure, 1988 b).

Cette benne est constituée d'un bâti assurant une bonne assise de l'engin sur le fond (fig.14). Les mâchoires pénètrent en position ouverte dans le sédiment. Elles se ferment par déclenchement des ressorts, prélevant un échantillon d'un dixième de mètre carré sur 10-15 cm de profondeur. Son poids élevé (72 kg à vide) rend indispensable l'utilisation d'un treuil pour son maniement. Cet engin est pratique et fiable pour travailler quantitativement sur différents sédiments, des vases aux sables grossiers (Hily, 1976 ; Massé et al, 1977) mais si des galets empêchent la fermeture complète des mâchoires, une partie de son contenu peut s'échapper à la remontée. Dans ce cas, le prélèvement doit être annulé et refait (Sauriau, 1986). Les travaux de Dowling en 1979 indiquent que la variabilité des espèces épibenthiques, comme notamment les moules, peut être surestimée.

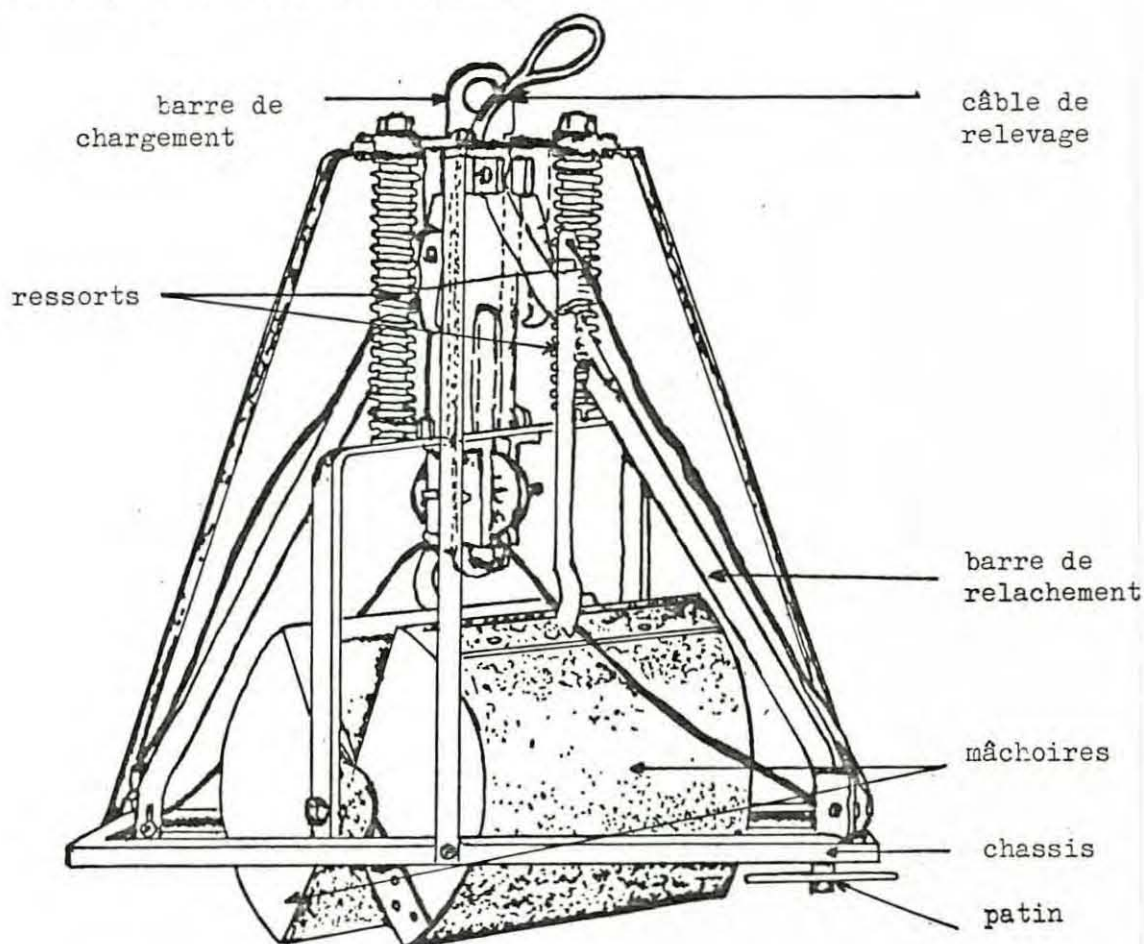


Fig. 14 : Schéma de la benne Smith & Mac Intyre (d'après Smith et Mac Intyre, 1954).

L'essai d'une benne plus légère (8 kg), de type Eckman (fig.15), s'est révélé vain sur des sédiments autres que vaseux.



Fig. 15 : Schéma de la benne Eckman.

Le cadrat est composé d'un cadre de bois formant un carré d'arête interne égale à 31,6 cm. Le biais engendré par cet outil peut être considéré comme quasi nul.

1.2. Techniques d'échantillonnage et estimation des stocks.

1.2.1. Concepts statistiques

- La population cible correspond aux gisements recensés à partir d'informations obtenues auprès de pêcheurs les exploitant, à la suite de prospections sur le terrain (en zone intertidale seulement) et des deux précédentes campagnes (1986 et 1987).

- La population statistique est égale à la surface de chaque strate ou de chaque unité primaire (définies aux paragraphes 1.2.3 et 1.2.5)

- L'unité d'échantillonnage est de 0,1 m².

- Les variables aléatoires étudiées sont de deux types: quantitatif et qualitatif.

Paramètre quantitatif, la biomasse de moules vivantes dans un dixième de mètre carré.

Paramètre qualitatif, la présence ou absence de moules dans un dixième de mètre carré suit une loi binomiale $\mathcal{B}(1,p)$, également appelée loi de Bernoulli.

1.2.2 Critères de stratification

Les premiers critères de stratification seront bathymétriques et géographiques.

On distinguera :

- une strate composée de gisements intertidaux où les moules sont directement accessibles par basse mer de vive-eau (coefficient supérieur à 70) : gisements de la Préoire, de la Vendette, de Riberge et des Sableaux,
- une strate composée de gisements subtidaux, plus proches du chenal du Fain et toujours immergés.

Dans chacune de ces deux strates, le mode de prélèvement (cadrat ou benne), le plan et l'effort d'échantillonnage différeront.

On bénéficiera ainsi des facilités de prélèvement et de localisation des moules exondées.

Pour cette étude la figure 16 résume le plan d'échantillonnage appliqué pour chaque strate géographique et bathymétrique.

1.2.3. Gisements intertidaux (exondables)

1.2.3.1. Plan d'échantillonnage

Ces gisements (fig.17) s'étendent sur différents sédiments (roches, sables, graviers) et sur différents étages bathymétriques. Ils ont été découpés en sous-unités plus homogènes. Chacune des strates correspond à un banc de moules séparé d'un autre par un espace plus ou moins important où les moules sont absentes. Cette stratification s'adapte parfaitement aux particularités du terrain. Elle est susceptible, en outre, d'améliorer la précision finale sur le stock.

En outre pour accroître encore la précision, il est possible d'estimer indépendamment la surface colonisée par les moules et leur densité (dont la variance est diminuée puisque les prélèvements nuls ne sont pas comptabilisés)

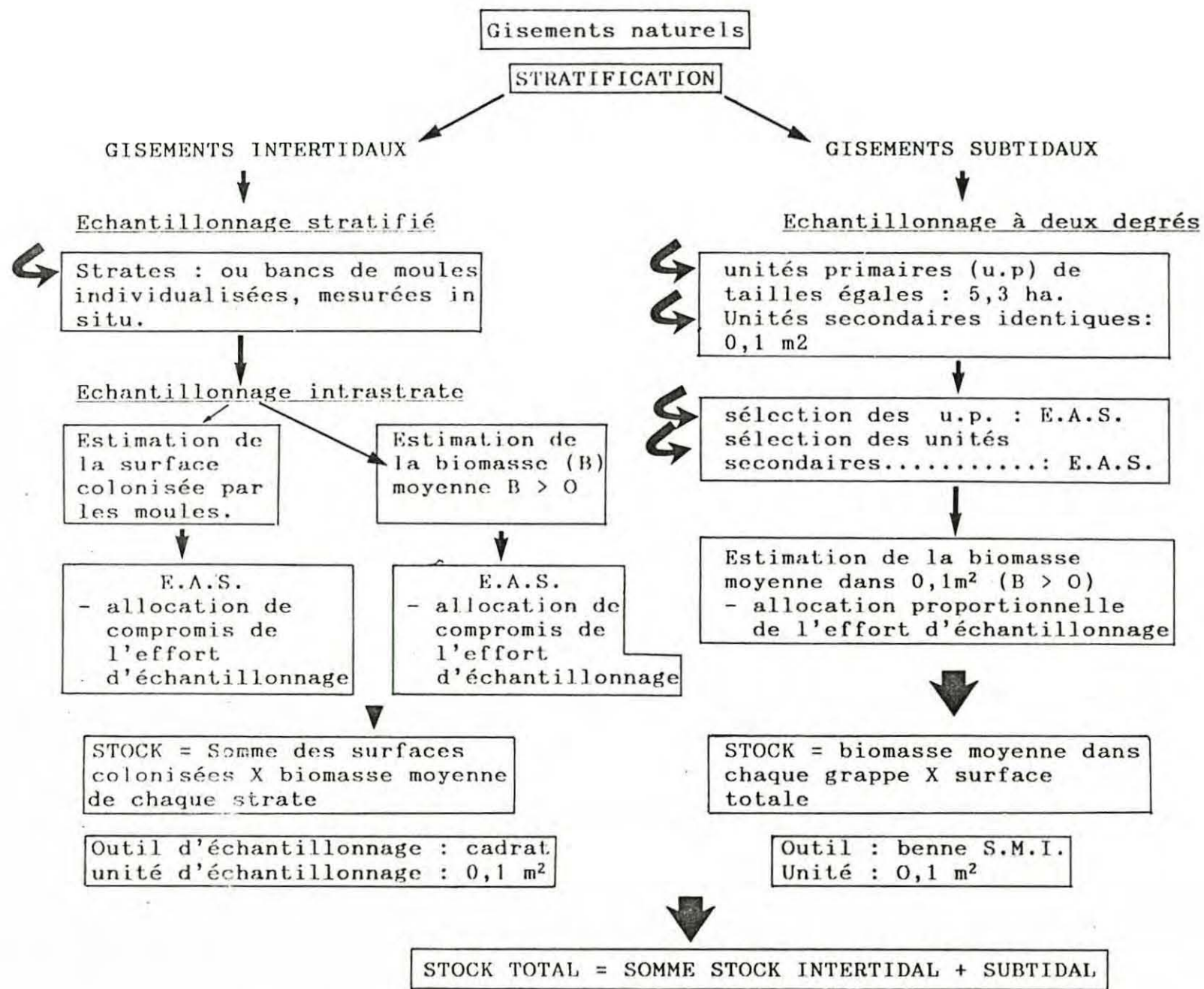


Fig. 16 : Résumé des plans d'échantillonnages appliqués dans chaque strate.



Fig. 17 : Localisation des zones intertidales prospectées (▨).

1.2.3.2. Effort d'échantillonnage

L'échantillonnage a nécessité onze marées de quatre heures entre le 8 mai et le 1er août, soit 116 heures pour un total de 29 personnes/jour.

42 sous-strates, représentant une superficie totale de 71 ha, ont ainsi été individualisées. Ce morcellement reflète l'hétérogénéité du site et l'étalement des échantillonnages dans le temps. En effet, une sous strate doit être mesurée et sondée au cours d'une même marée.

1.2.3.3. Estimations par strate

a) Surface totale (ST_k)

Contrairement à Walker et Nicholson (1986) qui ont évalué les surfaces totales de gisements naturels de moules (banc de West Gat dans le Wash GB) par photographies aériennes, cette technique n'a pu être mise en oeuvre en baie de Bourgneuf. En effet des clichés au 1/5000, pris en 1986 lors d'une campagne d'estimations des stocks ostréicoles, à la verticale des gisements exondés de moules se sont révélés inexploitable, les moules n'étant pas discernables parmi les rochers et les algues, la surface a dû être estimée in situ. A cet effet, les côtés de chaque sous strate, circonscrites dans une figure géométrique aussi régulière que possible, sont mesurés au pas (un pas = un mètre).

b- Surface colonisée par les moules (SC_k)

avec $SC_k = p_k \times ST_k$
 $p_k = n'_k / n_k$
 n'_k : nombre de cadrat où les moules sont présentes
 n_k : nombre total de cadrats.

La proportion p_k est estimée par E.A.S. Pratiquement, on se fixe, pour chaque prélèvement et aléatoirement, une direction et une distance (en nombre de pas) au terme de laquelle est déposé le cadrat. Les échantillons, sont effectués à raison d'une vingtaine par hectare. L'effort peut être accru si la variabilité est importante car cet échantillonnage est relativement rapide à faire.

L'E.A.S. présente un net avantage par rapport à l'échantillonnage systématique pour le calcul de la variance qui est donnée par la formule :

$$VSC_k = \frac{p_k (1 - p_k)}{n_k} \times ST_k^2$$

c- Densité

Une moyenne de six prélèvements d'un dixième de mètre carré par hectare sont récoltés suivant un E.A.S.

Après tri et élimination des divers épibiontes, les échantillons sont pesés et dénombrés au laboratoire après un court stockage en dégorgeoir.

La densité moyenne est égale à :

$$\bar{d}_k = \frac{1}{m_k} \sum_{i=1}^{m_k} d_{ik}$$

d_i : poids net de moules dans le prélèvement i

m_k : nombre de prélèvements.

La variance correspondante s'écrit :

$$V_{dk} = \frac{S_k^2}{m_k}$$

$$\text{avec } S_k^2 = \frac{1}{m_k - 1} \sum_{i=1}^{m_k} (d_{ik} - \bar{d}_k)^2$$

d- Stock

Le stock de chaque strate est égal au produit de la densité moyenne par la surface colonisée :

$$S_k = S_{ck} \times \bar{d}_k$$

La surface colonisée et la densité moyenne étant indépendantes l'une de l'autre, la variance sur le stock sera :

$$V_{sk} = V_{skc} \times \bar{d}_k^2 + V_{\bar{d}_k} \times S_{ck}^2 + V_{sck} \times V_{\bar{d}_k}$$

La précision du stock est exprimée en pourcentage telle que :

$$P_s = \frac{t \sqrt{V_{sk}}}{s_k} \times 100$$

ou $t = 1,96$ pour un intervalle de confiance de 95 %. Cette même valeur sera utilisée pour tous les calculs de précision ultérieurs et la précision sera notée P_{95} .

1.2.3.4. Estimation du stock total

Le stock intertidal est égal à la somme des stocks de chaque strate, la variance sur ce stock étant aussi donnée par la somme des variances de chaque strate.

$$\text{La précision est } P_{95} = \frac{1,96 \sqrt{\sum_{k=1}^x V_{sk}}}{\sum_{k=1}^x s_k}$$

où x = nombre de strates.

Elle peut aussi être calculée par la racine carrée de la somme pondérée des précisions élevées au carré de chaque sous strate.

1.2.4. Gisements subtidaux

1.2.4.1. Plan d'échantillonnage

La zone concernée reste toujours immergée mais sa profondeur est généralement inférieure à 10 m.

Située entre les roches de la Préoire à l'Ouest et celles de Bouin à l'Est, elle a été circonscrite par commodité dans des limites linéaires puis divisée en 129 surfaces de 5,3 ha totalisant une superficie de 683,7 ha (fig.18).

Chaque carré de 230 x 230 m correspond à 0,5 x 0,5 cm sur la carte SHOM n° 5039 à l'échelle 1/46300.

Il constitue une unité primaire d'échantillonnage.

Des considérations pratiques et économiques plus que statistiques nous ont fait opter pour un échantillonnage à deux degrés, basé sur un système ramifié et hiérarchisé d'unités primaires et secondaires. En facilitant la collecte des données, ce plan réduit les coûts de déplacement ce qui est appréciable lorsque la population est géographiquement étendue. En revanche, à nombre de prélèvements égaux, les estimations sont moins précises que celles obtenues par un E.A.S. ou par un échantillonnage systématique (Scherrer, 1983).

On applique successivement deux échantillonnages aléatoires:

- un premier tirage de n unités parmi les N unités primaires, avec $N = 129$ carrée de 5,3 ha
- et un second tirage de M unités parmi les M unités secondaires de chaque u.p., avec $M = 53,10^5$ dixièmes de mètre carré.

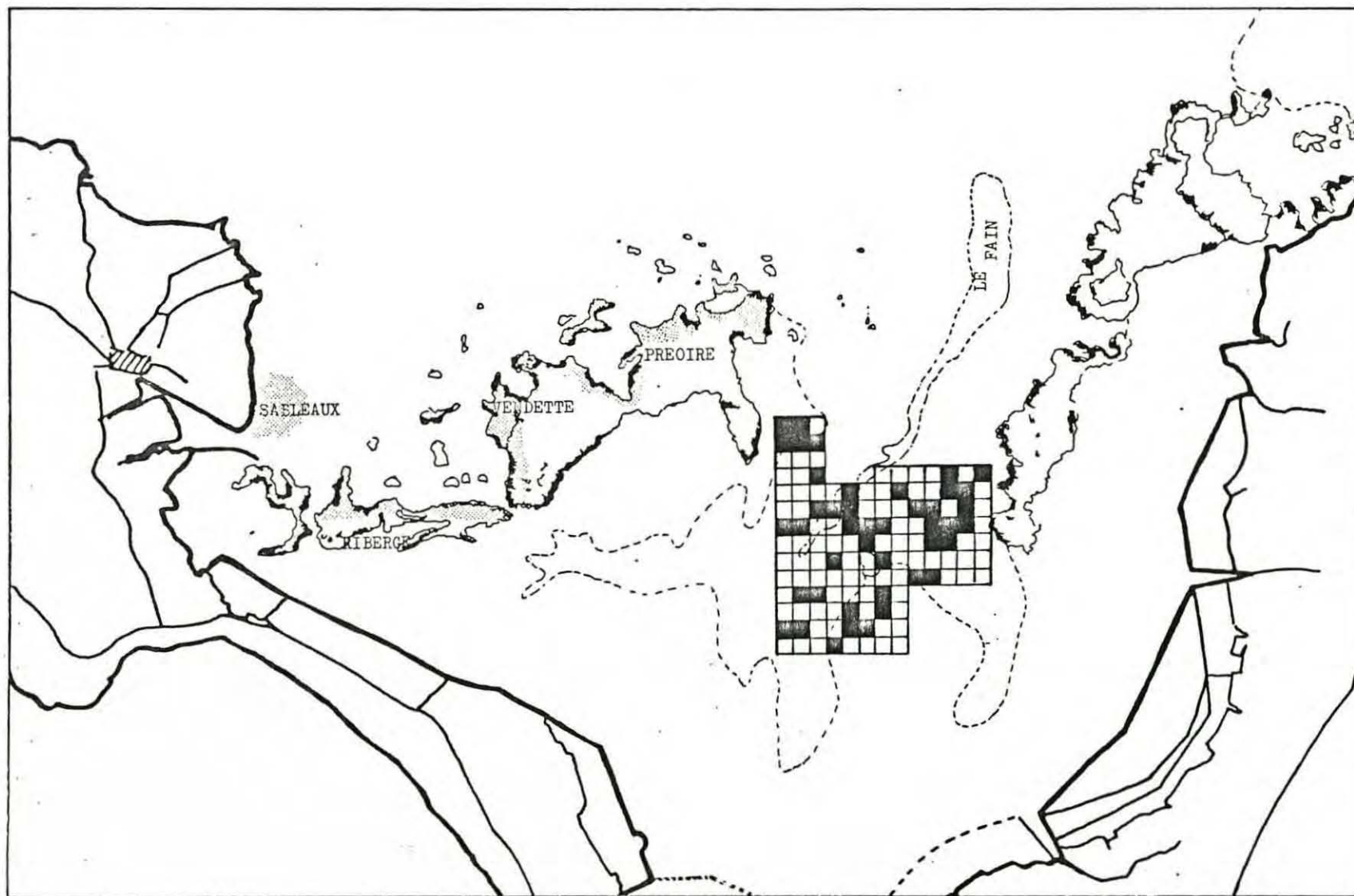


Fig. 18 : Localisation de la zone subtidale sondée.
 Un carré représente 5,3 ha.
 ■ carrés sélectionnés par E.A.S.

1.2.4.2. Réalisation de l'étude.

a- moyens

Les prélèvements sont effectués avec la benne SMI à partir d'une embarcation de professionnel spécialisé dans la pêche des moules de fond et équipé à cet effet.

b- effort d'échantillonnage

La rare disponibilité du bateau et le coût de mise à disposition (1 000 F pour 6 heures) ont fait que l'effort d'échantillonnage a été restreint à deux sorties, les 20 juin et 13 juillet avec à chaque fois trois personnes à bord, soit au total 54 heures en mer.

L'échantillonnage a porté sur trois prélèvements d'un dixième de mètre carré dans le tiers des unités primaires (43 u.p. échantillonnées sur les 129 préalablement définies).

c- sélection des unités échantillonnées

La sélection des unités primaires résulte d'un tirage aléatoire sans remise. Les coordonnées géographiques de l'unité primaire tirée sont relevées. Le bateau s'y positionne, se stabilise et les trois échantillons sont prélevés en profitant de la dérive de l'embarcation.

d- traitement des échantillons

On note pour chaque prélèvement

- la présence ou l'absence de moules vivantes, éventuellement de coquilles vides
- la nature du sédiment
- les autres organismes récoltés, notamment les prédateurs des moules (astéries...).

Les moules sont conditionnées en sachet et étiquetées pour être pesées et dénombrées ultérieurement (après tri et élimination des épibiontes).

1.2.4.3. Estimation du stock

Tous les prélèvements ij , qu'ils soient nuls ou non, sont pris en compte pour estimer la densité moyenne dans chaque u.primaire i car le calcul de la variance intragrappe impose un nombre d'unités secondaires au moins égal à deux.

Les notations et calculs suivants sont tirés de Scherrer (1983). Ils sont simplifiés puisque toutes les unités primaires sont de même grandeur.

Soit $i = 1$ à $n = 43$ unités primaires échantillonnées
 $j = 1$ à $m = 3$ unités secondaires échantillonnées
 y_{ij} : biomasse du prélèvement j de la grappe i .

La densité moyenne dans la grappe i est :

$$\bar{y}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_{ij}$$

Pour les 43 unités primaires, la densité moyenne vaut :

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

et la variance correspondante :

$$v(\bar{\bar{y}}) = \frac{1 - \frac{n}{N}}{n} S_1^2 + \frac{\frac{n}{N} \left(1 - \frac{m}{M}\right)}{mn} S_2^2$$

avec la variance intergrappes :

$$S_1^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - \bar{\bar{y}})^2$$

et la variance intragrappe :

$$S_2^2 = \frac{1}{n(m-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$$

Le stock est donné par :

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

$N = 129$ $ST = 5,3$ ha

et sa variance par :

$$V(\hat{Y}) = (NST)^2 \times V(\bar{\bar{y}})$$

La précision se calcule comme précédemment par :

$$Pgs = \frac{1,96 \sqrt{V(\hat{Y})}}{\hat{Y}} \times 100$$

1.2.5. Total des gisements naturels

On obtient le stock total en additionnant les stocks subtidaux et intertidaux. Le calcul de sa variance est donc la somme des variances.

1.3. Biométrie

Trente moules (ou le total si l'effectif est inférieur à trente), prises au hasard dans chaque prélèvement, sont mesurées au pied à coulisse selon l'axe antéro-postérieur de la coquille au dixième de millimètre près et pesées au dixième de gramme près.

- Il est ainsi possible d'établir pour chaque strate :
- l'histogramme des tailles
 - les structures d'âges
 - la relation taille-poids
 - la répartition du stock entre les différentes classes de taille.

1.3.1. Histogrammes de tailles

Les longueurs mesurées sont regroupées en classes de 5mm dont les effectifs sont pondérés :

- par l'effectif total du prélèvement
- puis par l'effectif total de la strate (gisements intertidaux) ou de la grappe (gisements subtidaux).

1.3.2. Structures d'âge

Les stries d'arrêt de croissance des coquilles s'étant révélées délicates à interpréter, la décomposition en classes d'âges a été approchée par la méthode graphique de Batthacharya (1967 in Hamon, 1983 et Parrache, 1985).

A chaque abscisse x , point médian de la classe de taille d'amplitude h , correspond une ordonnée

$$y = \Delta \lg Z = \log Z(x+h) - \log Z(x)$$

avec $Z(x)$ et $Z(x+h)$ effectifs des classes de point médian x et $x+h$ respectivement.

Chaque droite, de pente négative, ainsi obtenue se rapporte à une composante de la population

$$\text{dont la moyenne est } \mu_r = \lambda_r + \frac{h}{2}$$

$$\text{et la variance } \sigma_r^2 = d \frac{(h \cotg \theta)}{2} / x b^2 - \frac{h}{12}$$

λ_r : point d'intersection de la droite r avec l'axe des abscisses

θ : angle formé par la droite r et l'axe des abscisses

b : échelle de l'axe des abscisses

λ : échelle de l'axe des ordonnées.

1.3.3. Relations taille-poids

De la forme : $W = b L^a$ (W : poids total, L : longueur, a et b : coefficients d'allométrie), elle est linéarisée après transformation logarithmique :

$\log W = a \log L + \log b$, relation à laquelle les valeurs observées (W_0, L_0) sont ajustées.

Le poids total pris en compte cumule le poids des valves, de l'eau intervalvaire et des tissus.

Les coefficients a et b varient au sein d'une même espèce. La croissance pondérale est allométrique si a est différent de 3.

La comparaison de a à 3 et des différentes valeurs de a entre elles se fait par l'intermédiaire d'un test Student :

- a est significativement différent de 3 si :

$$t_{pe} > t_c \text{ avec la valeur observée } t_{pe} = \sqrt{\frac{(a - 3)^2}{\text{var } a}}$$

et t_c , t de student à $n-2$ degrés de liberté pour un intervalle de confiance de 95 % ; n : nombre d'observations

- a_1 et a_2 sont significativement différents si :

$$t_{pe} > t_c \text{ avec } t_{pe} = \sqrt{\frac{(a_1 - a_2)^2}{\text{var } a_1 + \text{var } a_2}}$$

et t_c , t de Student à $n_1 + n_2 - 4$ degrés de liberté à 95 %.

Les observations étant toujours bien supérieures à 30, t_c est estimé par la loi normale $N(0,1)$, soit $t_{c95} = 1,96$.

1.3.4. Répartition du stock entre les classes de tailles

La biomasse relative à chaque classe de taille est estimée à partir de l'effectif et de la relation taille - poids, appliquée au point médian de la classe.

2. Résultats

2.1. Estimation du stock

Le stock global est compris entre 3.400 et 10.000 tonnes. Le tableau 2 rassemble les résultats obtenus et les précisions correspondantes.

Tab. 2 : résultats et précisions des estimations de stock
1988.

(1) valeur indicative calculée par nombre prélèvements
positifs/nombre total de prélèvements.

	Surface étudiée ha	Surface recouverte par les moules ha	Densité t/ha	Stock t.
Gisements intertidaux	70,9	33,5 ± 9 %	63,9 ± 12 %	2140 ± 15 %
Gisements subtidaux	683,7	132,5 (1)	34,4	4550 ± 71 %
Total gisements naturels	754,6	166.	40,3	6700 ± 49 %

La situation des gisements recensés est localisée sur la carte ci-après (fig.19).

Le stock de moules en secteur découvrant représente entre 18 et 72 % du total. La densité moyenne sur la surface colonisée par les moules est évaluée entre 54,4 et 73,6 tonnes par hectare.

Ces moules colonisent les rochers (mais aussi leurs excavations sableuses, de la Préoire ($1\ 540 \pm 18\ %\ t$), de la Vendette ($200 \pm 7\ %$). S'y ajoutent les gisements des Sableaux, au large de la jetée du port de Noirmoutier et sur un substrat sableux comme leur non le souligne, avec 400 tonnes $\pm 13\ %$.

Les moules des gisements situés en zone subtidale se rencontrent surtout sur des fonds de gravier qu'elles contribuent à envaser par biodéposition. Seules treize des quarante trois u. primaires échantillonnées comportent au moins un prélèvement positif. La variance intergrappe contribue pour 75 % à la variance totale alors que la variance intragrappe y concoure pour 25 %.

2.2. Etude du stock.

2.2.1. Distribution des tailles

Les histogrammes ont été établis pour les différents sites étudiés (fig. 20). Les distributions présentent de un à trois modes se regroupant plus ou moins. Les petites tailles (naissain) sont surtout abondantes sur les rochers découvrants de la Préoire et de Riberge, le naissain se fixant principalement sur des substrats dépourvus de moules adultes.

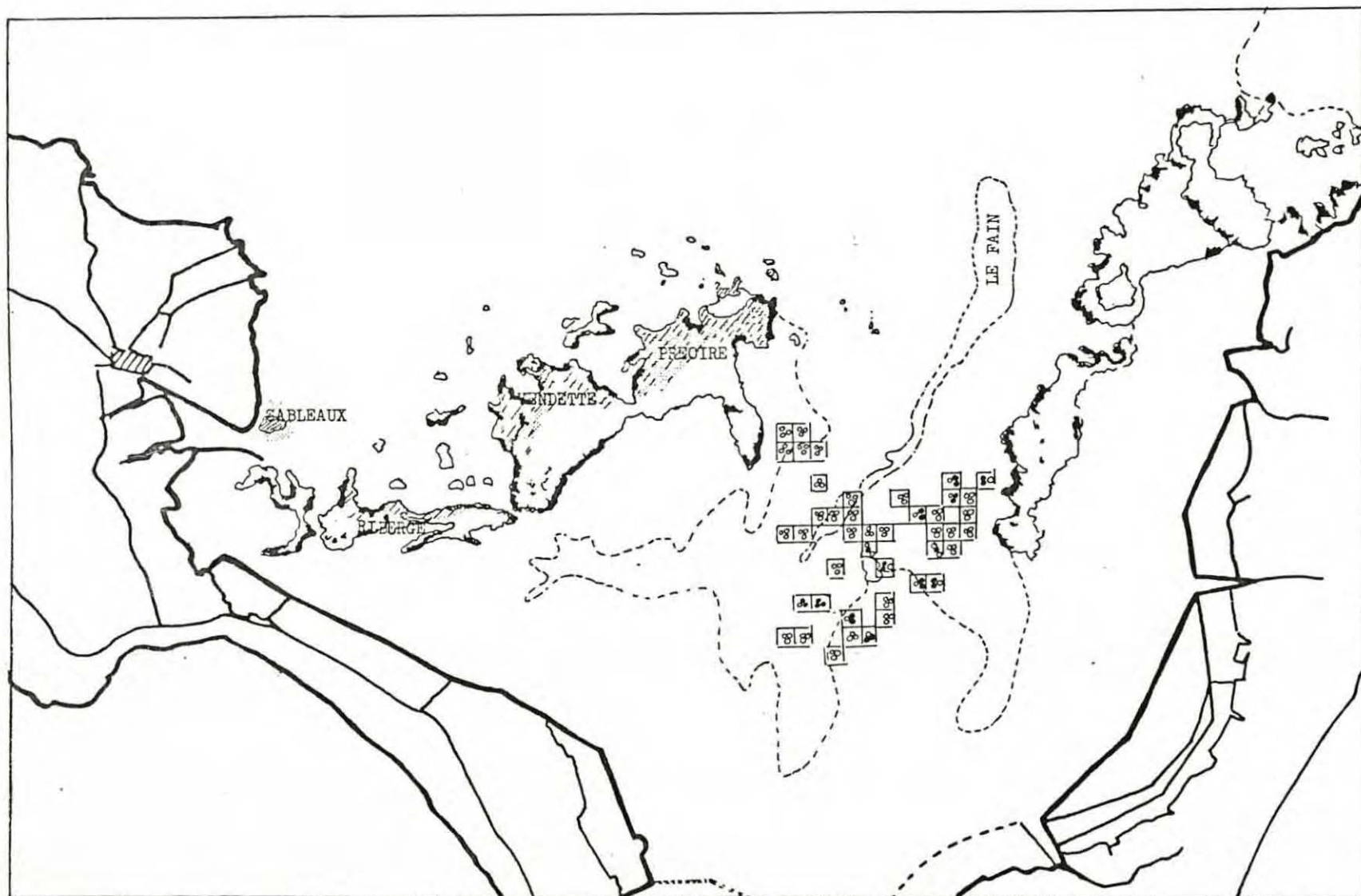


Fig. 19 : Localisation des gisements de moules recensés en 1988 :
 (///) gisements exondables, □ gisements subtidaux,
 ○ prélèvement négatif, ● prélèvement positif.

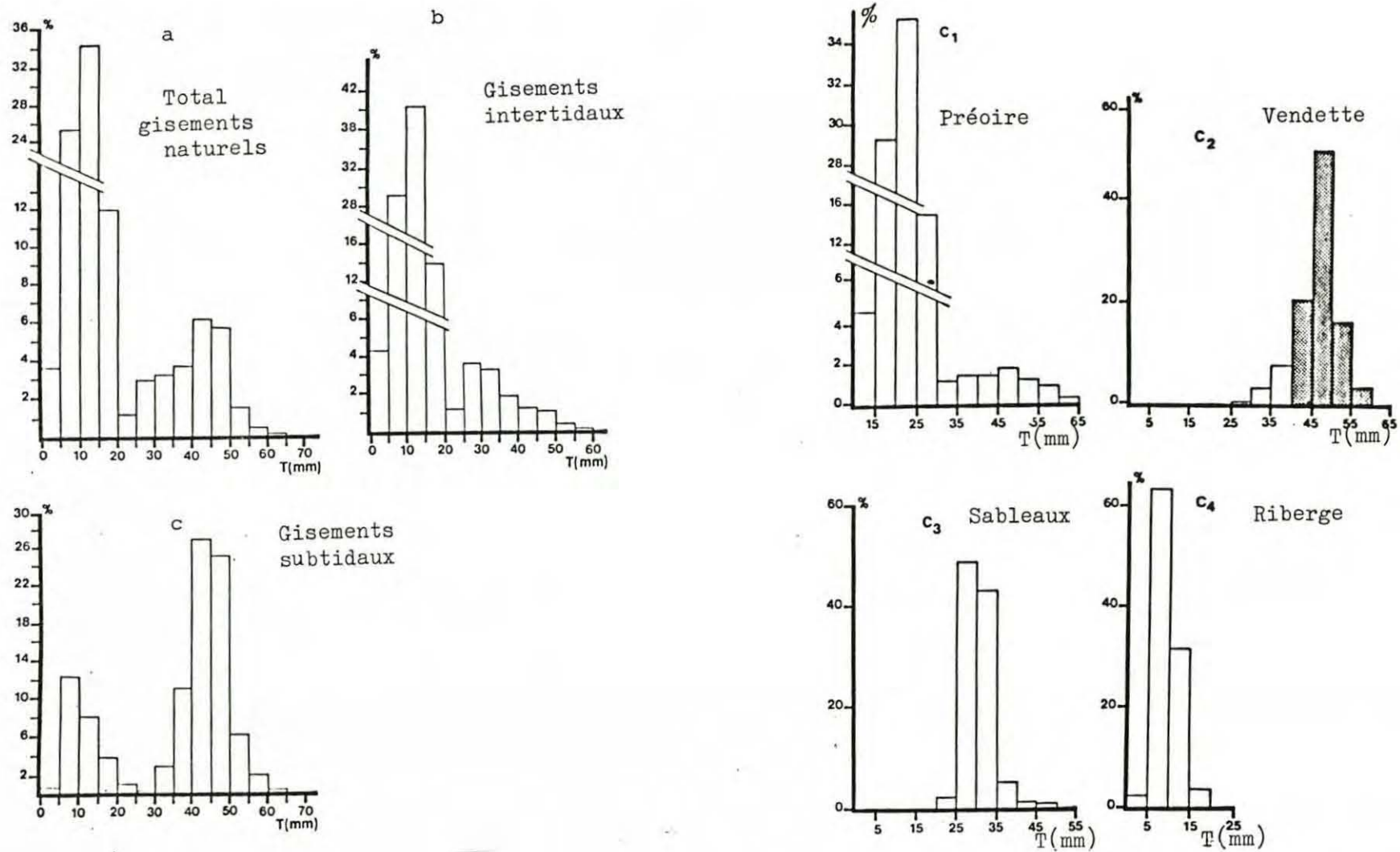


Fig. 20 : Distribution des fréquences de tailles
 a- total gisements naturels
 b- gisements subtidaux
 c- gisements exondables
 c1 : Préoire, c2 : Vendette, c3 : Sableaux,
 c4 : Riberge

2.2.2. Structures d'âges

Il ressort de l'analyse graphique, faite pour les deux secteurs, intertidal et subtidal (fig.21), trois "sous-populations" que l'on assimilera à des classes d'âge dont la distribution est supposée normale.

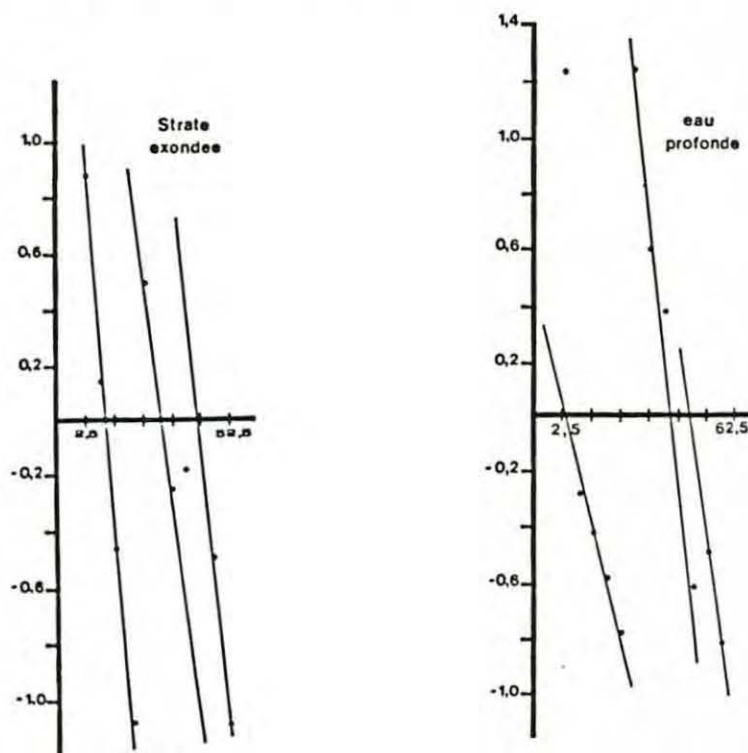


Fig. 21 : Représentation graphique de la décomposition de Battachaya. Une droite représente une composante de la population.

La longueur moyenne et l'intervalle de confiance associé sont calculés pour chacun de ces groupes (tab. 3).

Tab. 3 : Estimation des longueurs moyennes pour chaque classe d'âge.

CLASSE D'AGE	LONGUEUR MOYENNE (mm) ET INTERVALLE DE CONFIANCE ¹	
	GISEMENTS INTERTIDUAUX	GISEMENTS SUBTIDUAUX
0'	12 ± 4 mm	5 ± 7 mm
1'	31 ± 5 mm	13 ± 4 mm
2'	44 ± 4 mm	49 ± 5 mm

(1) donné avec un risque d'erreur de 5 %

Il existe probablement des moules plus âgées mais très minoritaires dans la population.

Le Gallo (1972) constate que le naissain se fixe du mois de février au mois de novembre mais qu'un maximum de captages apparaît en juin. Si l'on prend comme date origine le 1er juin, les moules mesurées seraient âgées de 0 à 2 mois (classe 0), 12 à 24 mois (classe 1) et 24 à 26 mois (classe 2).

L'imprecision observée sur les longueurs moyennes est due à :

- l'échelonnement des prélèvements sur une période où la croissance du naissain, n'est pas négligeable
- l'étalement du recrutement
- les différences de croissance, individuelles et intersites.

Tout ceci rend difficile la comparaison des deux secteurs pris en compte même si les moules restant constamment immergées semblent avoir une croissance plus rapide. Ces résultats demandent à être vérifiés par une technique de lecture directe de l'âge. Cela nécessiterait le suivi soit de la formation des arrêts ou ralentissements de croissance sur la coquille, soit l'interprétation des dépôts successifs des couches de nacre, visibles sur des coupes transversales (Lutz, 1976).

2.2.3. Relations taille-poids

Les relations sont données dans le tableau 4 et représentées sur les figures 22, 23 et 24.

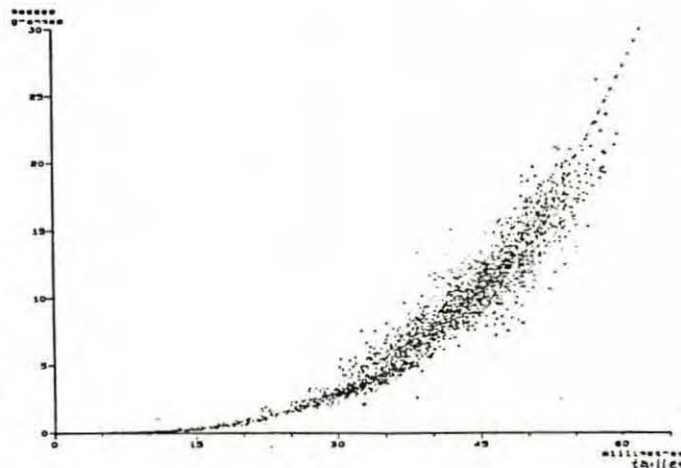


Fig. 22 : Représentation graphique de la relation taille-poids des gisements exondables.

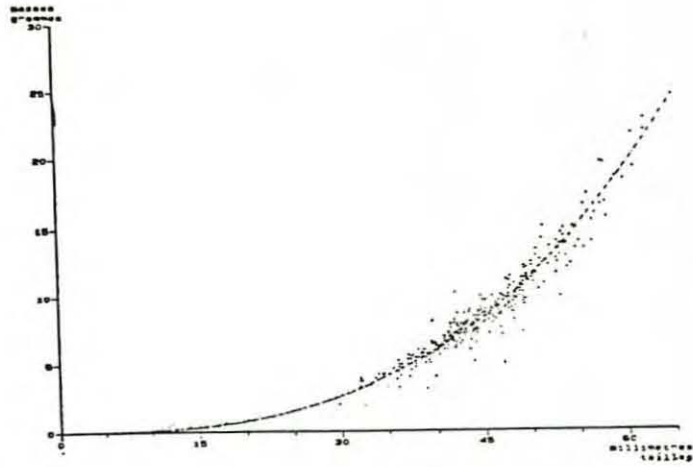


Fig. 23 : Représentation graphique de la relation taille-poids des moules des gisements subtidaux.

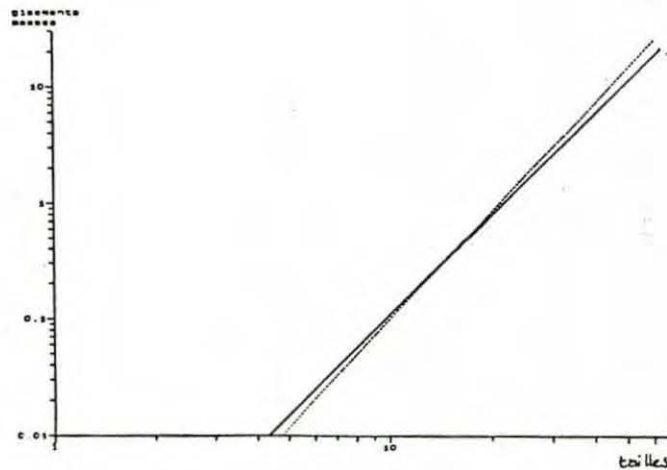


Fig. 24 : Représentation graphique des relations taille-poids linéarisées.
 — gisements subtidaux
 ---- gisements intertidaux

Tab. 4 : Relations taille-poids calculés pour les moules des
gisements intertidaux et subtidaux.

SITE	n	l	a	lag b	Relation L - W
Gisements Intertidaux	4009	0,99	$3,10 \pm 0,01$	$-4,10 \pm 0,02$	$W = 8,10^{-5} L^{3,10}$
Gisements Subtidaux	409	0,99	$2,88 \pm 0,03$	$-3,84 \pm 0,04$	$W = 1,5 \cdot 10^{-4} L^{2,88}$

L : longueur antéro-postérieure de la coquille en mm

W : poids total en grammes

n : nombre de couples (L, W)

l : coefficient de corrélation.

Les intervalles de confiance sont donnés pour un risque
d'erreur de 5 %.

Les deux valeurs de a sont significativement différentes l'une de l'autre ($t_{pe} = 13,5$ et est donc supérieur à 1,96 valeur critique pour un risque d'erreur de 5 %) et différentes du coefficient d'isométrie ($a > 3$ pour les moules intertidales et $a < 3$ pour les moules subtidales). Le poids, supérieur pour une taille identique, des moules vivant sur l'estran s'explique par le fait que leurs coquilles sont plus épaisses (dépôts de nacre) ce qui est généralement le signe d'une croissance ralentie.

2.2.4. Répartition du stock par classes de tailles

Cette décomposition (fig.25) montre que les moules de taille marchande (supérieure ou égale à 40 mm) représentent près de 90 % du stock subtidal et moins de 40 % du stock exondable, le tonnage potentiellement exploitable pour la commercialisation s'élève ainsi à 4800 tonnes dont 4000 en zone subtidale. Le stock de naissain est, en revanche, particulièrement important en secteur exondable (23 % du stock mesure moins de 25 mm soit, près de 500 tonnes). Cependant les conditions trophiques et la prédation par les astéries, plus ou moins abondantes suivant les années, peut réduire considérablement le stock à taille adulte de cette classe d'âge.

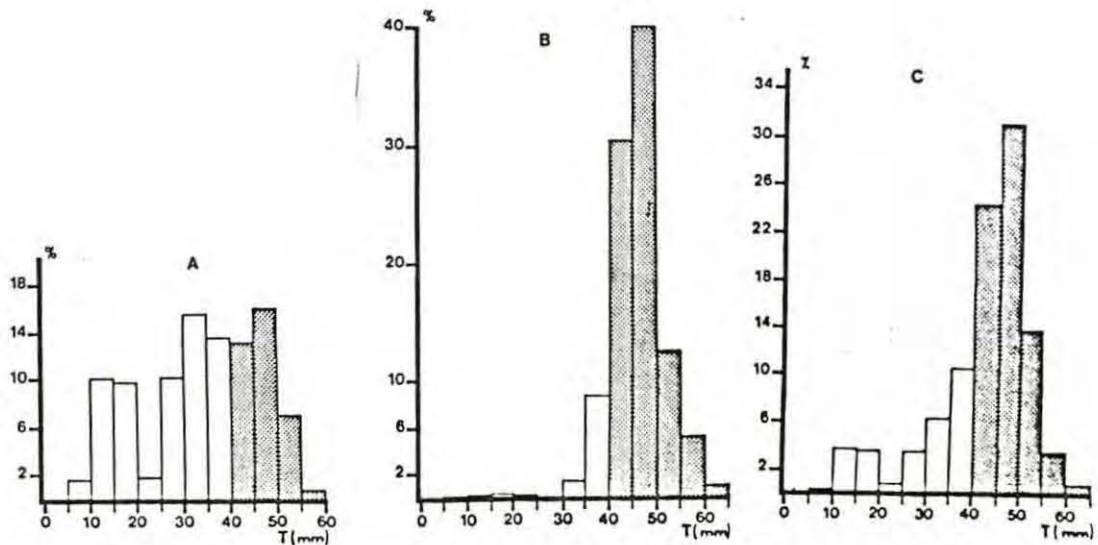


Fig. 25 : Répartition des stocks de moules par classes de tailles.

- a- gisements exondables
- b- gisements toujours immergés
- c- total gisements naturels.

3. DISCUSSION

3.1. Méthodologie

3.1.1. Optimisation des précisions sur les estimations

Rappelons brièvement les techniques d'échantillonnage utilisées pendant les trois années successives sur les gisements mouliers de la baie de Bourgneuf.

- en 1986, les trois strates géographiques définies ont toutes été sondées avec la benne S.M.I. après tirage aléatoire de positions du bateau (carrés de 5,3 ha).
- En 1987, deux strates, l'une exondable et l'autre subtidale, ont été échantillonnées à marée basse à l'aide d'un cadrat pour la première et avec la benne S.M.I. pour la seconde toujours immergée.
- En 1988, la stratification bathymétrique et géographique entre secteur exondable et secteur subtidal a été reprise. La technique d'échantillonnage des gisements Exondés est la même qu'en 1987. Un échantillonnage à deux degrés a été appliqué dans la strate subtidale.

Le tableau 5 rassemble les efforts d'échantillonnage mis en oeuvre et les précisions obtenues pour ces trois études.

Tab. 5 : Tonnages, précisions obtenus et efforts d'échantillonnage exercés sur les stocks de moules de la baie de Bourgneuf en 1986, 1987 et 1988.

	STOCK EXONDABLE			STOCK SUBTIDAL			STOCK TOTAL		
	TONNAGE	PRECISION	EFFORT	TONNAGE	PRECISION	EFFORT	TONNAGE	PRECISION	EFFORT
1986	10 100 T	± 80 %	1 prélèvement dans 20% des carrés(2 strates)	29 930 T	± 59 %	1 prélèvement dans 20% des carrés	40 000 T	± 49 %	45 heures
1987	3 500 T	± 23 %	44 heures	20 370 T	± 53 %	1 prélèvement dans 29% des carrés 56heures	23 870 T	± 45 %	100 heures
1988	2 140 T	± 15 %	116	4 550 T	± 71 %	54heures 3 prélèvements dans le tiers des carrés	6 700 T	± 49 %	170 heures

Ce bilan montre que les estimations finales restent très imprécises puisque données à 45 % ou 49 % près malgré un effort d'échantillonnage accru.

Si la stratégie d'échantillonnage utilisée en 1987 et 1988 améliore nettement la précision de l'estimation du stock exondable (100 % en 1986 pour 23 % en 1987 - 1988), elle implique un effort d'échantillonnage (en nombre d'heures) six fois supérieur mais n'exige pas un matériel lourd et peut donc être mise en oeuvre sans la location d'un bateau équipé d'un treuil suffisamment puissant et qui reste peu disponible.

Par contre, la faible précision constatée sur le stock subtidal durant ces trois études respectivement 59 %, 53 % et 71% pour 1986, 87 et 88 peut-être imputée à une plus grande dispersion des moules et à une diminution du stock.

Ces variations importantes de surface et de densité d'une année à l'autre rendent impossibles l'optimisation de l'effort d'échantillonnage, contrairement à ce qui est pratiqué pour l'estimation des stocks ostréicoles par exemple.

Si l'on optimise les valeurs (n) et (m) dans le cadre d'un échantillonnage du deuxième degré tel qu'il a été appliqué cette année, la précision tend vers 36 % si $n = 129$ (pour $m = 3$) (fig. 26 a et c) et vers 62 % si m tend vers l'infini (pour $n + 43$) (fig. 26 b).

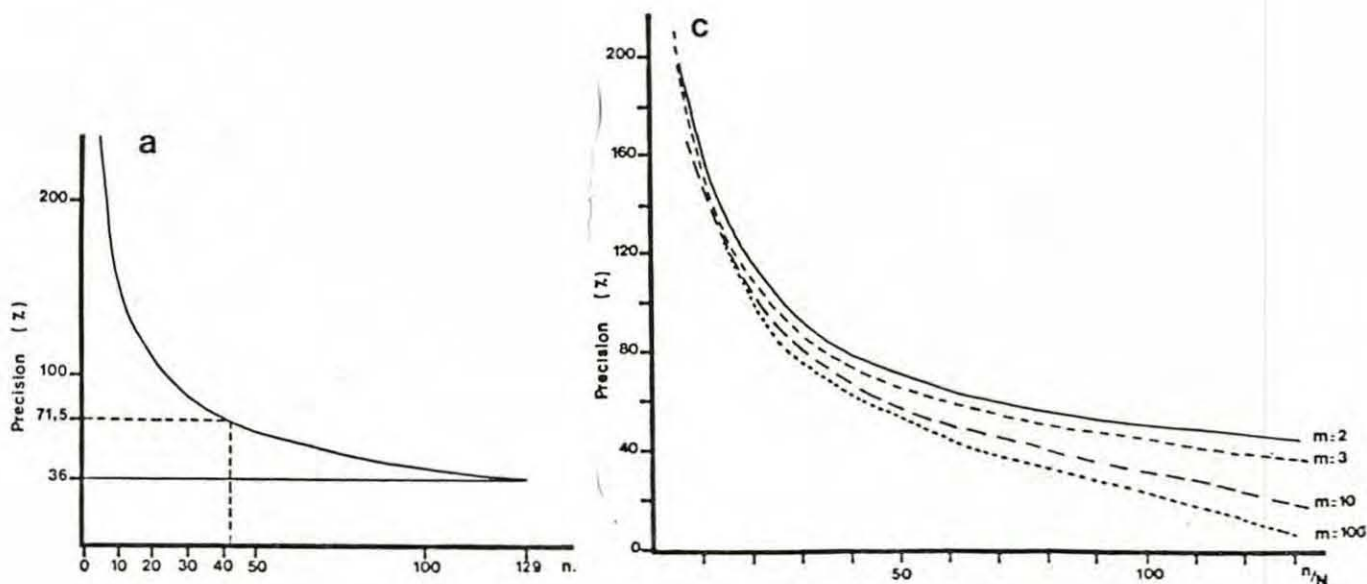


Fig. 26 (a et c) : Optimisation de la précision en fonction des efforts d'échantillonnage n et m.

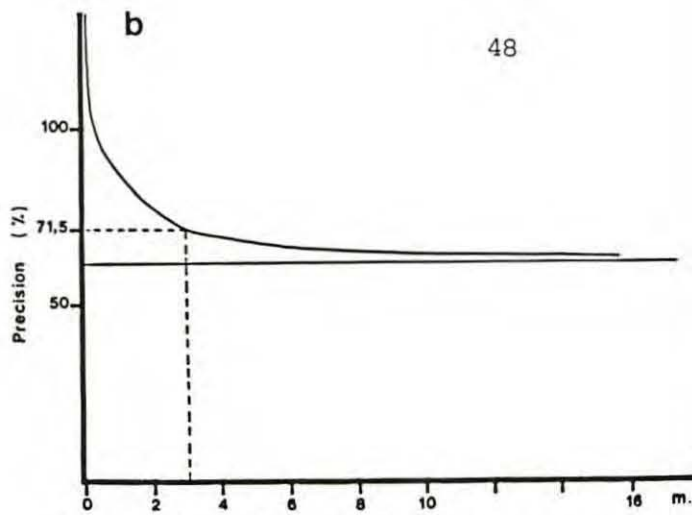


Fig. 26 (b) : Optimisation de la précision en fonction des efforts d'échantillonnage n et m .

Ainsi en conservant des unités primaires de 5.3 ha, le nombre de prélèvements m dans les n unités primaires tirées peut être optimisé par la formule suivante :

$$m \text{ opt} = \frac{S_2}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2/m}} \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$$

avec S_1^2 = variance intergrappe

S_2^2 = variance intragrappe

$m^1 = 3$

C_1 = temps nécessaire au déplacement d'une unité primaire tirée à une autre.

C_2 = temps de prélèvement pour une unité secondaire.

On obtient $m_{opt} = 2,53 \sqrt{C_1/C_2}$.

Si l'on considère que tous les prélèvements sont effectués les uns à la suite des autres, le rapport C_1/C_2 devient égal à 1 et donc m_{opt} à 2,53.

En prenant C_1/C_2 égal à 2, valeur plus réaliste, alors m_{opt} est égal à 3,58.

Le choix de trois prélèvements par unité primaire en 1988 s'avère donc proche de l'optimum.

Il en est de même pour la valeur de n qui devrait être augmentée considérablement pour apporter des gains de précision significatifs.

3.1.2. Améliorations envisageables

En reprenant, la distribution entre gisements découvrants et gisements constamment immergés, il apparaît que :

- si l'estimation du stock exondable est relativement précise, il serait souhaitable d'en diminuer le coût (en heures).

Selon la méthode de Walker et Nicholson en 1986, l'échantillonnage de la surface colonisée, calculée à partir de la fréquence d'enjambées passant effectivement au-dessus des moules, le long de transects de directions aléatoires apporterait un gain de temps susceptible de réduire l'effort d'échantillonnage. Une autre solution envisageable serait de sélectionner des bancs tests ou des radiales pour un suivi de routine (Lemoine et al. 1988).

- L'estimation du stock subtidal est peu précise faute d'une délimitation correcte des gisements.

En 1986, Sauriau parvient à une estimation plus précise des stocks de bivalves de gisements naturels dans le bassin de Marennes-Oléron après stratification selon des critères bio-sédimentaires et allocation optimale de l'effort d'échantillonnage dans les 68 strates définies, dont la variabilité est évaluée par un pré-échantillonnage.

A cet effet, une connaissance plus détaillée des fonds de la baie de Bourgneuf est un préalable indispensable.

Ainsi, un pré-échantillonnage, précédant de peu l'étude effective du stock, permettrait en tout cas de mieux localiser les moules et d'optimiser l'effort en fonction de la variabilité observée.

L'utilisation d'un "échantillonneur" couvrant une surface supérieure à celle de la benne SMI (un dixième de mètre carré) pourrait donner une meilleure estimation de la dispersion des moules. Cependant une benne prélevant un quart de mètre carré, comme la benne de type Hamon par exemple, suppose un équipement logistique beaucoup plus lourd. Une autre solution consisterait à utiliser une drague, engin traditionnel pour pêcher les moules de fond, comme instrument d'échantillonnage. Cependant la drague risque d'induire un biais non mesurable dans le sens d'une sous estimation du stock si le relief du fond est accidenté, si les courants sont violents ou encore si la poche se remplit rapidement de matériaux divers (Morin, 1984).

Reste qu'une estimation, si imparfaite soit-elle, de l'abondance des moules à la drague (rendement horaire) pourrait être intéressante dans le cadre d'une préétude.

Dans l'ensemble la méthodologie exposée requiert toujours un effort d'échantillonnage important.

3.2. Evolution du stock

Pour réaliser une estimation annuelle optimale du stock de compétiteurs, il est nécessaire :

- que le stock soit à son niveau maximum (compétition trophique la plus critique),
- que la période d'échantillonnage soit aussi brève que possible pour éviter les variations dues à la croissance, au recrutement ou à la diminution des stocks par mortalité naturelle et par pêche,
- que l'étude soit faite tous les ans à la même époque.

Cependant, des contraintes pratiques (disponibilité personnelle, accès à marée basse de vive-eau sur les gisements exondés et faible disponibilité du matériel pour échantillonner les gisements profonds) font que l'étude sur le terrain s'est déroulée du 18 mai au 1er août 1988, intervalle de temps pendant lequel le stock a pu subir des gains (recrutement, croissance) ou des pertes (mortalité naturelle et par pêche).

La comparaison avec les années antérieures n'est pas évidente puisque les précédents échantillonnages ont eu lieu en novembre 1986 et en septembre 1987.

Sans oublier ces remarques préalables, on retiendra toutefois que si entre 1986 et 1987 la diminution n'est pas statistiquement significative, la comparaison des résultats 1987 et 1988 ou plus encore 1986 et 1988 révèle une diminution évidente du stock total de moules en baie de Bourgneuf (fig.27).

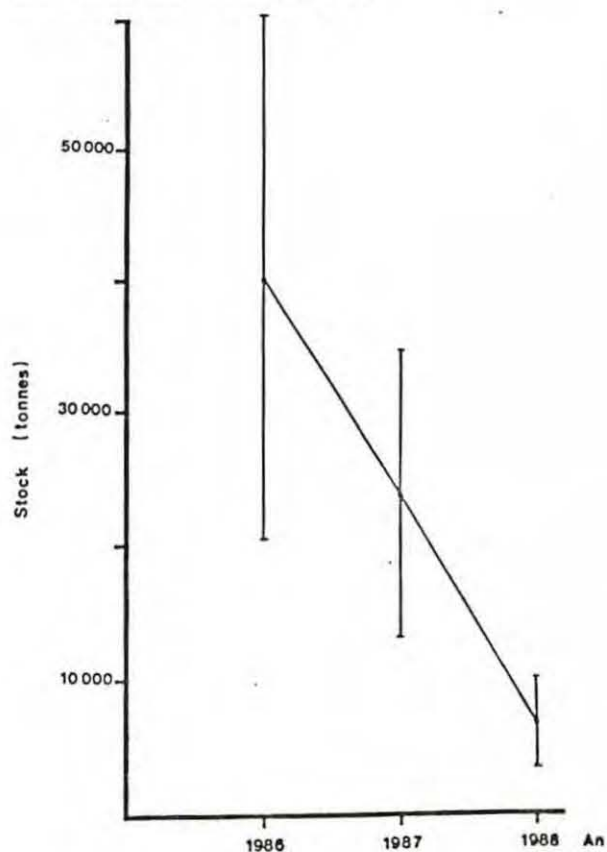


Fig. 27 :
Evolution du stock
entre 1986 et 1988 :
Estimations annuelles
données avec un
intervalle de confiance
de 95 %.

Tout comme les tonnages, les surfaces colonisées par les moules régressent nettement de 1986 à 1988 (fig.28).

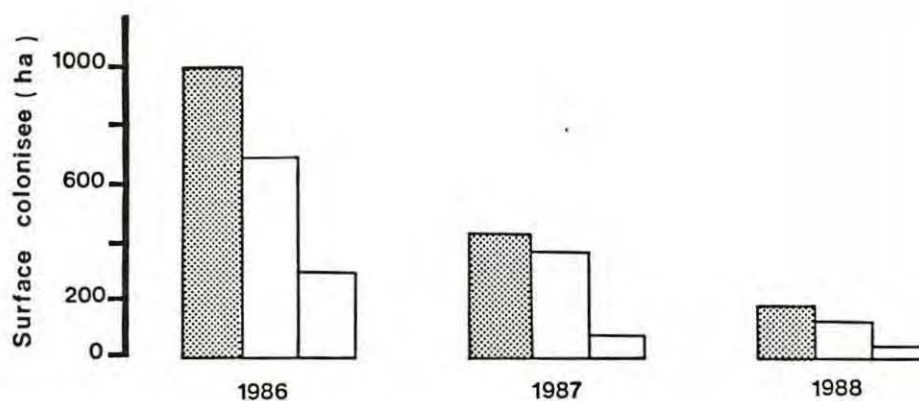


Fig. 28 : Evolution des surfaces colonisées par les moules de gisements naturels entre 1986 et 1988.

La chute des stocks apparaît donc plus comme la conséquence directe d'une réduction de l'étendue des gisements que de leur densité.

On note dans la littérature que les gisements naturels de moules connaissent fréquemment des fluctuations d'abondance (Morin, 1984 ; Mazurié et Dardignac, 1988).

Marteil et al. (1979) soulignent l'action perturbatrice des prédateurs et notamment l'étoile de mer *Asterias rubens* sur la reconstitution des gisements naturels de moules. En baie de Bourgneuf, la présence de grandes quantités d'étoiles de mer sur les sites où dominent le naissain d'une part et d'autre part les pêches de naissains et d'adultes de taille marchande pourraient expliquer en partie la régression globale de ce gisement depuis trois ans.

Enfin, les aléas du recrutement peuvent être expliqués par diverses causes climatiques perturbant la reproduction et la survie des larves ou physiques (remaniement du fond par les engins de pêche rendant impossible la fixation ou la survie du naissain).

Il est remarquable que cette année l'essentiel du recrutement provient des sites exondables alors qu'en 1986 (estimation des stocks en novembre) c'était le contraire (fig.29). Deux hypothèses, non exclusives l'une de l'autre, expliqueraient ce phénomène :

- 1- redistribution du naissain, fixé en zone exondée, qui arraché de son substrat par l'action mécanique des vagues durant les fortes tempêtes d'automne ensemeence la zone subtidale.
- 2- fixation du naissain en périphérie des fortes concentrations d'adultes (compétition intraspécifique pour l'espace) contribuant ainsi à l'étalement des gisements.

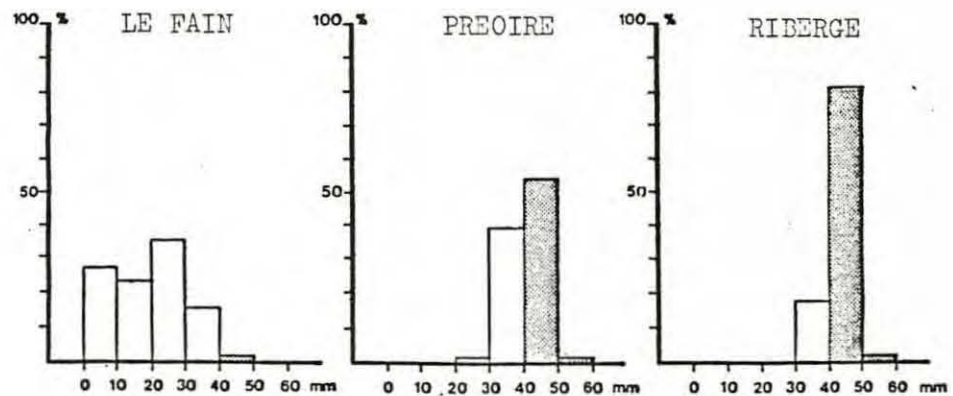


Fig. 29 : Distribution des fréquences de tailles sur les gisements de moules de la baie de Bourgneuf en novembre 1986.

3.3. Compétition : conséquence de la régression des stocks de moules

En 1987, Baud et Haure (sous presse) ont observé un accroissement des densités ostréicoles dans le sud de la baie (secteurs S1 et S4 en aval des gisements mouliers) alors que la densité stagnait dans les secteurs S2 et S3 en amont des gisements par rapport aux estimations de densités 1986 (Baud et Hommebon, 1987) (fig. 30).

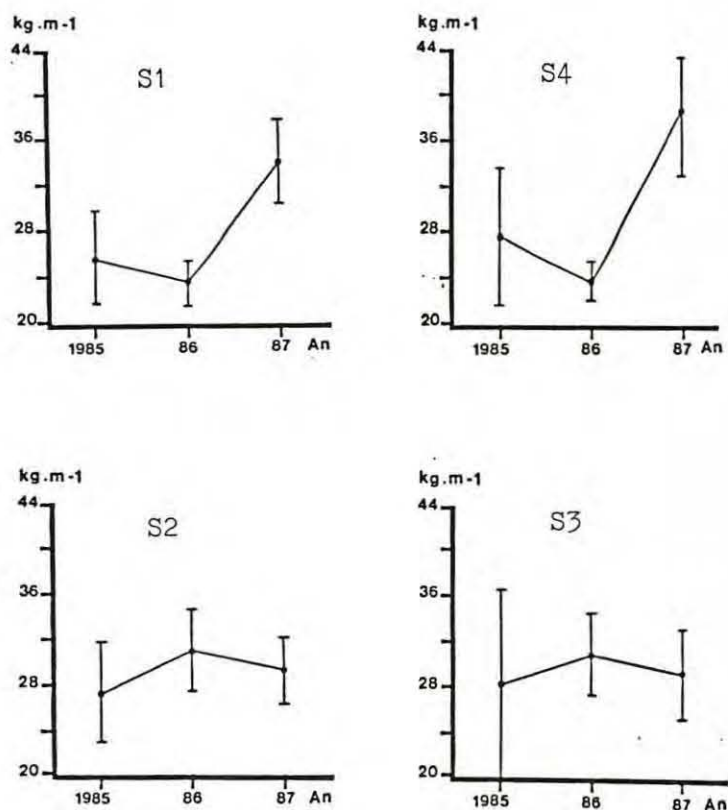


Fig. 30 : Evolution des densités d'huîtres en élevage de 1985 à 1987 dans les quatre secteurs ostréicoles localisés dans la figure 12.

En 1987, la production d'huîtres en poche (tenant compte de la croissance pondérale et de la mortalité) reste cependant faible avec en moyenne une augmentation de biomasse de 1,7 kg entre mars et novembre (Baud et Haure, 1988). Les conséquences de la régression du stock de moules sur l'amélioration de la pousse des huîtres demandent cependant à être confirmées par les résultats de suivi de la croissance des huîtres en 1988.

3.4. Exploitation du stock de moules

3.4.1. Situation actuelle

La pêche porte sur des moules de taille marchande (supérieur à 40 mm), vendues pour la consommation directe ou reparquées (en vrac), et sur du naissain destiné à fournir les élevages à plat de certains estuaires bretons.

La réglementation actuelle précise qu'une seule drague, pouvant être relevée au treuil de dimension maximum : ouverture 80 cm et profondeur 60 cm de maillage minimum 40 mm, est autorisée pour la pêche des zones non découvrantes alors que sur l'estran les moules doivent être ramassées manuellement (à la fourche généralement).

Les statistiques des affaires maritimes du quartier de Noirmoutier sont les seuls chiffres disponibles pour estimer la prises mensuelles et annuelles des moules de pêches.

Ces données restent très fragmentaires quant à la récolte du naissain. Celle-ci est estimée à 400-500 tonnes par an (de mars à juin principalement), au prix de vente moyen de 0,55 F du kilo.

Les évaluations de productions de moules de taille marchande sont plus précises puisque déterminées par relevés mensuels.

Entre janvier et septembre 1988, les débarquements ont été estimés à 3 719 tonnes dont 1 000 tonnes pour le seul mois de mai alors qu'en 1987 ils n'étaient globalement que de 1 552 tonnes (fig. 31). Le prix de vente s'élève à 2,5 F le kilo une fois trié et à 1 F/kg en vrac.

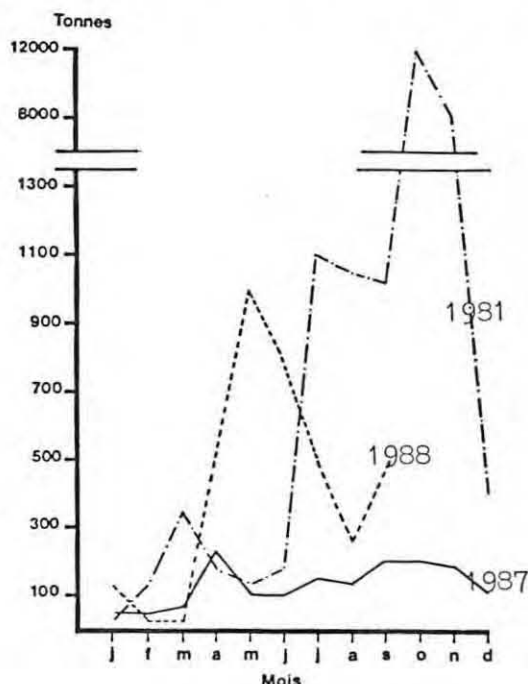


Fig. 31 : Evolution des productions mensuelles de moules de pêche dans le quartier de Noirmoutier en 1981 (année exceptionnellement abondante), 1987 et 1988. Source : Affaires Maritimes de Noirmoutier.

3.4.2 Historique

Les données des affaires maritimes remontent jusqu'en 1961. L'évolution de la courbe (fig. 32) témoigne de l'irrégularité des débarquements qui dépendent plus de l'existence de débouchés commerciaux que de l'abondance réelle des moules.

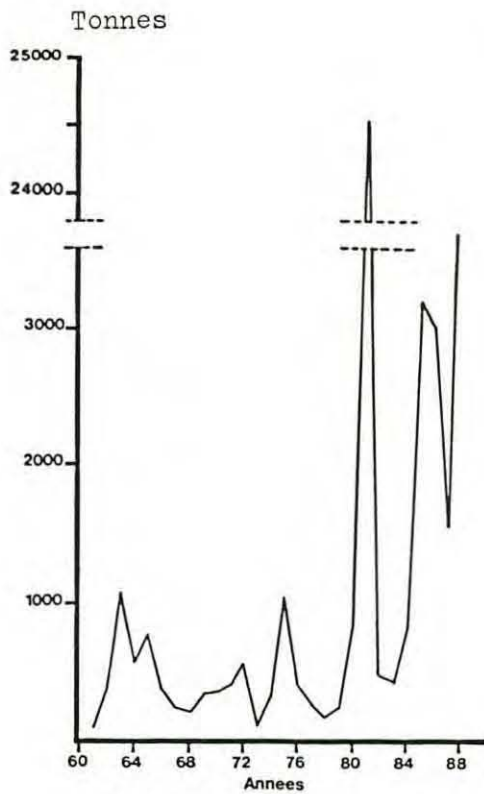


Fig. 32 : Evolution des productions annuelles de moules de pêche dans le quartier de Noirmoutier de 1961 à 1988. Source : Affaires Maritimes de Noirmoutier.

Il est bien évident que cette dernière condition est néanmoins indispensable pour assurer une forte production comme celle enregistrée en 1981 avec 24 500 tonnes.

Si l'exploitation de ces moules est bénéfique aux élevages d'huîtres et peut fournir un revenu d'appoint aux ostréiculteurs ou pêcheurs qui la pratiquent, elle n'est pas sans soulever des difficultés de gestion liées aux fluctuations d'abondance et commerciales d'autre part. Le problème commercial majeur réside dans la fréquence d'infestation de la moule par un crustacé décapode *Pinnotheres pisum*, vivant dans sa cavité palléale. Ce crustacé peut parfois induire des lésions branchiales et par voie de conséquence provoquer un amaigrissement de l'hôte dont la fonction de filtration est perturbée. Il est de plus très peu apprécié des consommateurs.

La récente mise au point d'un procédé susceptible d'éliminer le copépode *Mytilicola intestinalis*, parasite intestinal des moules, par SANOFI et IFREMER pourrait par ailleurs être efficace à l'encontre de *P. pisum*, ce qui, le cas échéant favoriserait la commercialisation des moules de fond.

3.5. Conclusion

Malgré l'imprécision des estimations, une régression statistiquement significative du stock de moules depuis deux an a été mise en évidence.

Cette régression peut être attribuée à la fois à l'exploitation intensive par pêche, à la prédation par les astéries et aux aléas de recrutement.

Quoiqu'il en soit elle semblerait bénéfique à la croissance des huîtres cultivées dans le sud de la baie, en aval des gisements moulières. L'impact de cette compétition trophique demande cependant à être confirmée.

CHAPITRE 3 : Les bouchots à moules

INTRODUCTION

Les bouchots sont composés de pieux enfouis dans le sédiment à mi-hauteur et découvrant aux basses mers de vives-eaux.

En baie de Bourgneuf, ils sont alignés suivant une direction nord-sud et destinés :

- soit à l'élevage avec une disposition en ligne de pieux de 100 mètres, parfois de 50 à 200 m de long,

- soit au captage du naissain avec quatre lignes de pieux, plus espacés les uns des autres (fig.33).

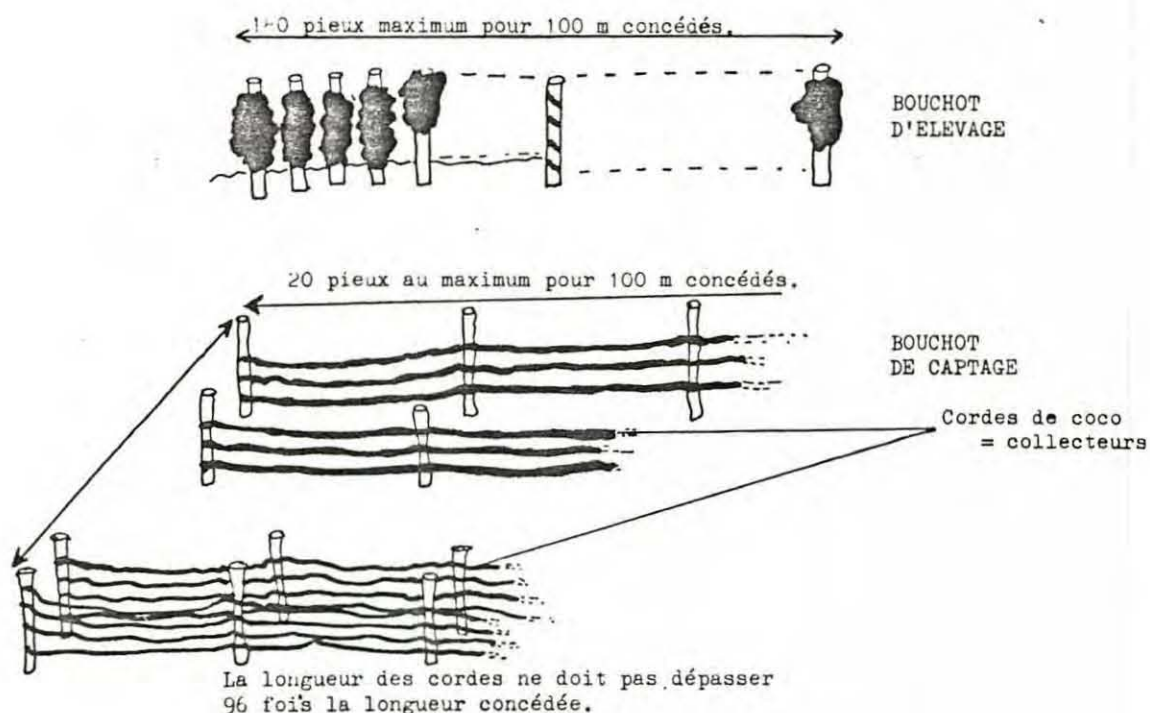


Fig. 33 : Représentation d'un bouchot d'élevage et d'un bouchot de captage. Réglementations correspondantes. Source : Affaires maritimes de Noirmoutier.

Entre chaque pieu sont tendues les cordes durant la période de captage du 15 février au 15 septembre au plus tard.

L'élevage se pratique en Baie de Bourgneuf sur trois lotissements d'Ouest en Est : Maison Blanche, le Fiol et la Northe (cf. Chap. 1.4.2.) alors que le captage n'est pratiqué qu'à Maison Blanche.

Pour cette première estimation des stocks mytilicoles en baie de Bourgneuf, seuls les bouchots d'élevage (où le naissain peut aussi se fixer) seront pris en compte. D'ailleurs, la plupart des cordes sont enlevées en juin ou juillet pour être expédiées dans d'autres centres mytilicoles ou pour servir à garnir les pieux des élevages locaux. Elles ne représentent pas dans tous les cas une biomasse importante.

La réalisation de cette étude implique le choix d'une stratégie d'échantillonnage minimisant les coûts (en temps et en prélèvements) pour une précision maximum.

Nous ne reviendrons pas sur le calcul des précisions déjà exposé dans le chapitre portant sur les gisements naturels.

Il en est de même en ce qui concerne les études biométriques dont seuls les résultats seront donnés. Ces résultats seront confrontés comme les estimations de biomasse aux autres données disponibles : statistiques de production recueillies par les Affaires Maritimes, rendements et stocks déterminés dans d'autres régions mytilicoles.

1. Méthodologie : échantillonnage et calcul des estimations

1.1. Variables étudiées et unité d'échantillonnage

Le pieu est l'unité d'échantillonnage la plus pratique à prendre en compte dans cette étude. La biomasse unitaire pourra être estimée par l'intermédiaire de son volume ou de sa hauteur, paramètres dont les estimations n'impliquent pas de prélèvements susceptibles d'être préjudiciables aux cultures en place.

On minimisera encore le nombre de prélèvements nécessaires en décomposant la biomasse moyenne par pieu en :

- volume x densité (poids par unité de volume)

plutôt qu'en :

- hauteur x poids par unité de hauteur,

ce dernier paramètre ayant une variabilité supérieure (Mazurie et Dardignac, 1988).

D'ailleurs cette première option est utilisée par Mazurie et Dardignac (1988) pour estimer le stock mytilicole du Pertuis Breton en Charente-Maritime et par Gros et al. (1988) pour celui de l'anse de Morieux (Côtes du Nord).

Le volume d'un pieu garni, assimilé à un cylindre, se calcule par le produit :
hauteur x section.

Le volume net de moules s'obtient en retranchant de ce volume brut le volume occupé par le pieu vide.

Une fois estimée la biomasse moyenne par pieu, reste à évaluer le nombre de pieux garnis, estimation pour laquelle le bouchot s'avère être une unité d'échantillonnage obligatoire.

En résumé, différentes mesures seront faites pour estimer :

- le nombre total de bouchots
- le nombre de pieux garnis par bouchots
- le volume brut par pieu
- le volume du pieu vide
- le rapport de conversion biomasse/volume, l'ensemble de ces données permettant de calculer la biomasse totale des moules en élevage.

1.2. Plan d'échantillonnage

1.2.1 Stratification

On distinguera deux secteurs de production :

- d'une part le lotissement de Maison Blanche dans le sud ouest de la baie avec 18 850 mètres concédés
- d'autre part l'ensemble Fiol - Northe au nord est avec 10 800 + 5 000 mètres concédés

Cette stratification se justifie :

- par la situation respective des deux secteurs et donc par leurs possibilités d'accès,
- par une exploitation à priori plus intensive dans le secteur de Maison Blanche alors que le Fiol est, pour partie, en voie d'abandon,
- et enfin par l'intérêt de comparer les résultats propres à chacun de ces deux secteurs.

Le même plan d'échantillonnage sera appliqué dans ces deux strates mais avec un effort légèrement différent.

1.2.2. Echantillonnage par degrés

L'estimation non indépendante des différentes variables est moins précise qu'une estimation indépendante à nombre d'unités échantillonnées égal (Scherrer, 1983 ; Mazurie et Dardignac, 1988).

Cependant Mazurié et Dardignac (1988) recommandent finalement cette première stratégie qui en réduisant considérablement les temps d'accès aux pieux permet d'en échantillonner un grand nombre dans un temps donné. Ce choix est également fait par Gros et al. (1988).

Trois échantillonnages aléatoires seront appliqués successivement, il s'agit donc d'un échantillonnage à trois degrés :

- 1- tirage parmi les bouchots recensés pour dénombrement des pieux
- 2- tirage d'au moins deux pieux (minimum pour le calcul de la variance) dans chacun de ces bouchots et mesure de la hauteur de moules garnissant les pieux sélectionnés
- 3- tirage d'au moins deux sections totales sur les pieux choisis auparavant.

La section moyenne d'un pieu vide et la densité sont estimées indépendamment, chacune par un E.A.S.

Le plan d'échantillonnage est résumé dans la figure 34:

Première sortie sur le lotissement :

- Recensement des N bouchots d'élevage ayant plus de dix pieux garnis.



tirage aléatoire sans remise
de n bouchots parmi les N
recencés.



Seconde sortie :

- sur les n bouchots tirés
 dénombrement du nombre M_i de pieux garnis
 E.A.S. : mesure de la hauteur de moules K_{ij} sur m_i pieux
 E.A.S. : mesure de k_{ij} circonférences sur les même
 m_i pieux.
- Mesure de T circonférences de pieux nus par E.A.S.
- prélèvement de Z volumes par E.A.S.

Fig. 34 : plan d'échantillonnage appliqué dans chacun des deux secteurs de bouchots.

1.3. Estimation du stock

Pour chacun des deux secteurs considérés, on calculera :

1.3.1 Volume brut (moules et pieux) total

Les formules des estimateurs pour un échantillonnage à trois degrés sont données par Scherrer (1983).

Les notations sont les suivantes :

- n unités échantillonnées parmi les N unités primaires :
bouchots recensés
- m_i unités échantillonnées parmi les M unités secondaires :
pieux
- k_{ij} unités échantillonnées parmi les K_{ij} unités tertiaires :
volumes élémentaires.

dans chaque pieu j du bouchot i.

Le volume élémentaire est une section totale ST de 1 cm de

hauteur, exprimé en cm³, il s'écrit : $ST = \frac{C_T^2}{4\pi}$

avec C_T : circonférence totale.

Enfin K_{ij} est égal à la hauteur de moules sur le pieu i_j.

Les estimations des moyennes et variances par degré sont données dans le tableau 6.

Tab. 6 : formules de calcul des moyennes et des variances pour chacun des trois degrés d'échantillonnage.

	MOYENNE	VARIANCE	DEGRE D'ECHANTILLONNAGE
Volume élémentaire par pieu ij : $y_{iju} = S_T = \frac{C_T^2}{4\pi}$	$\bar{y}_{ij} = \frac{1}{K_{ij}} \sum_{u=1}^{K_{ij}} y_{iju}$	$S_{3^2 ij} = \frac{1}{K_{ij}-1} \sum_{u=1}^{K_{ij}} (y_{iju} - \bar{y}_{ij})^2$	Troisième
Volume du pieu ij : $\hat{Y}_{ij} = K_{ij} \times \bar{y}_{ij}$	$\bar{y}_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} \hat{Y}_{ij}$	$S_i^2 = \frac{1}{m_i-1} \sum_{j=1}^{m_i} (\hat{Y}_{ij} - \bar{y}_i)^2$	Deuxième
Volume du bouchot i : $\hat{Y}_i = \frac{M_i}{m_i} \sum_{j=1}^m \hat{Y}_{ij}$	$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{Y}_i$	$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{y})^2$	Premier

Le volume brut total des moules est estimé par :

$$\hat{Y} = \frac{N}{n} \sum_{i=1}^n \frac{M_i}{m_i} \sum_{j=1}^m \frac{K_{ij}}{k_{ij}} \sum_{u=1}^{k_{ij}} y_{iju}$$

et sa variance par :

$$\text{Var}(\hat{Y}) = \frac{N^2}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right) S^2 + \frac{N}{n} \sum_{i=1}^n \frac{M_i^2}{m_i} \left(1 - \frac{m_i}{M_i}\right) S_i^2 + \frac{N}{n} \sum_{i=1}^n \frac{M_i}{m_i} \sum_{j=1}^m \frac{K_{ij}^2}{k_{ij}} \left(1 - \frac{k_{ij}}{K_{ij}}\right) S_{3ij}^2$$

Le premier terme : $\frac{N^2}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right) S^2$ correspond à la variance interbouchots.

Le second terme : $\frac{N}{n} \sum_{i=1}^n \frac{M_i^2}{m_i} \left(1 - \frac{m_i}{M_i}\right) S_i^2$ correspond à la variance entre les pieux de chaque bouchot.

Le troisième terme : $\frac{N}{n} \sum_{i=1}^n \frac{M_i}{m_i} \sum_{j=1}^m \frac{K_{ij}^2}{k_{ij}} \left(1 - \frac{k_{ij}}{K_{ij}}\right) S_{3ij}^2$

correspond à la variance entre les sections d'un même pieu.

1.3.2. Volume net de moules total

Le volume élémentaire d'un pieu vide est $S_{0t} = \frac{C_{0t}^2}{4\pi}$.

La moyenne vaut $\bar{S}_0 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T S_{0t}$,

la variance $V(y_0) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{(S_{0t} - \bar{S}_0)^2}{T-1}$

avec T : nombre de circonférences C_0 mesurées.

Le volume élémentaire brut est

$$\bar{Y} = \bar{S}_T = \hat{Y}/K_0, \text{ la variance } V(\bar{S}_T) = \frac{1}{K_0^2} \text{ var } (\hat{Y})$$

avec $K_0 = N\bar{M}K$

$$\bar{M} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_i \quad : \text{ nombre moyen de pieux par bouchot.}$$

$$\bar{K} = \frac{1}{n\bar{M}} \sum_{i=1}^n M_i \bar{K}_i \quad : \text{ hauteur moyenne de moules par pieu.}$$

$$\bar{K}_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} K_{ij} \quad : \text{ hauteur moyenne de moules par pieu de bouchot } i.$$

Le volume élémentaire net moyen est :

$$\bar{S} = \bar{S}_T - \bar{S}_0$$

$$\text{Var } (\bar{S}) = \text{Var } (\bar{S}_T) + \text{Var } (\bar{S}_0)$$

Le volume net moyen par pieu est :

$$\bar{V}_p = \bar{S} \times \bar{K}$$

$$\text{Var } (\bar{V}_p) = \text{Var } (\bar{S}) \times \bar{K}^2$$

Le volume net moyen par bouchot est :

$$\bar{V}_B = \bar{V}_p \times \bar{M}$$

$$\text{Var } (\bar{V}_B) = \text{Var } (\bar{V}_p) \times \bar{M}^2.$$

Le volume net total est :

$$V = \bar{V}_B \times N$$

$$\text{Var } (V) = \text{Var } \bar{V}_B \times N^2$$

1.3.3. Conversion du volume en biomasse

La biomasse moyenne par unité de volume est :

$$\bar{B} = \frac{1}{z} \sum_{x=1}^z B_x$$

z : nombre de prélèvements.

$$\text{Var } (\bar{B}) = \frac{1}{z} \sum_{x=1}^z \frac{(B_x - \bar{B})^2}{z - 1}$$

Le stock par strate s'écrit : $S = \bar{B} \times V$
 sa variance : $\text{Var } S = \text{Var}(\bar{B}) \times V^2 + \text{Var } V \times \bar{B}^2 + \text{Var } V \times \text{Var } \bar{B}$

Le stock mytilicole total et sa variance s'obtiennent par la somme des stocks et des variances de chacun des deux secteurs.

1.4. Réalisation de l'étude

1.4.1. Recueil des données

Tous les déplacements se font en bateau pour accéder au site d'étude et pour effectuer les différentes mesures alors qu'il reste de 50 cm à 1 mètre d'eau par rapport aux pieds des bouchots.

Il s'est avéré nécessaire d'effectuer deux sorties sur chaque secteur :

- la première au cours des 9 et 10 juin 1988, permettant de recenser les bouchots d'élevage ayant au moins dix pieux garnis (les autres sont considérés comme négligeables pour le stock).
- la seconde au cours des 2 et 3 août 1988, pour mesurer après tirage aléatoire (sans remise) les bouchots précédemment recensés et les différents paramètres tels que :
 - . le nombre de pieux garnis par bouchot,
 - . les circonférences et hauteurs de pieux garnis pris au hasard dans le bouchot tiré, et pour prélever les unités de volumes (2,2 litres en l'occurrence) indispensables pour déterminer la densité (fig. 35).

1.4.2. Effort d'échantillonnage

Le tableau 7 récapitule les efforts exercés aux différents niveaux d'échantillonnage pour chaque secteur.

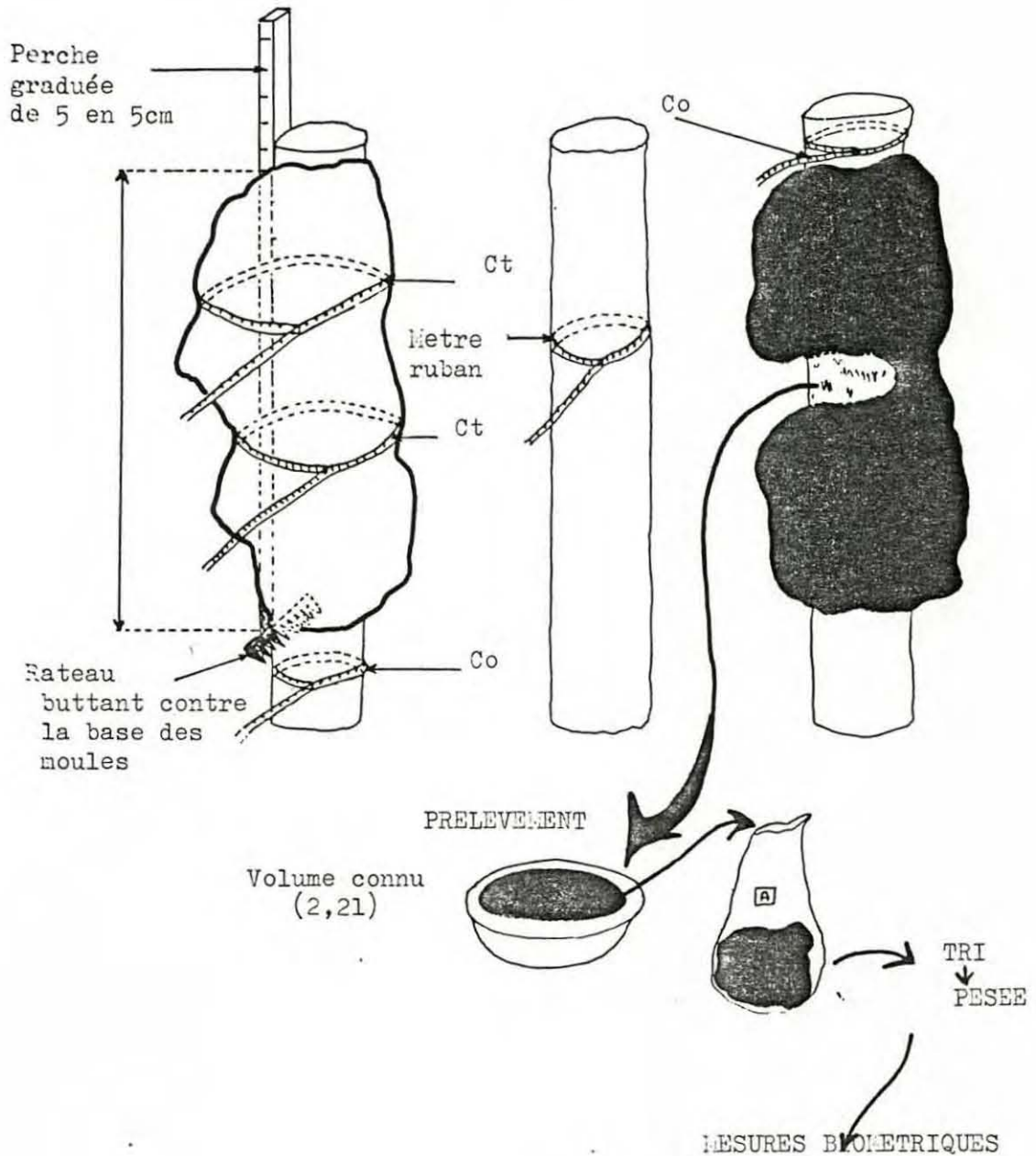


Fig. 35 : Illustration de la méthode de prélèvement des moules et de l'estimation des différentes sections sur bouchot.

Tableau 7 : Efforts d'échantillonnage exercés dans les deux secteurs de bouchots.

	Maison Blanche	Fiol et Northe	TOTAL
Nombre de bouchots échantillonnés sur nombre bouchots recensés n/N	30/194	14/72	44/266
n/N x 100	15,4 %	19,4 %	16,5 %
<u>Estimation du volume brut par pieu :</u>			
- nombre de pieux échantillonnés dans chacun des n bouchots	3	2 à 3	2 à 3
- nombre total de pieux échantillonnés	90	38	128
- nombre de circonférences k_{ij} mesurées par pieu	2	2	2
<u>Estimation du volume de pieux vides</u>			
- nombre de circonférences mesurées sur les pieux vides (une par pieu)	83	29	112
<u>Estimation de la densité :</u>			
nombre de prélèvements de 2,2 l	20 (4 X 5)	10 (2 X 5)	30
<u>Effort total :</u>			
- recensement	3 heures	3 heures	
- échantillonnage	5 heures	3 heures	
- personnel	2x3 personnes	2x3 personnes	
- bilan	16x3=48 heures	12x3=36 heures	84 heures

2. Résultats

2.1. Estimation des stocks

Toutes les précisions sont données avec un coefficient de sécurité de 95 %.

2.1.1. Densité : biomasse de moules par unité de volume

Les moyennes estimées sur 20 prélèvements à Maison Blanche et 10 au Fiol - Northe sont données dans le tableau 8 avec la précision correspondante.

Tab. 8 : densité de moules triées en kg/dm³ par secteur

SITES	Maison Blanche	Fiol et Northe	Global
Densité de moules (kg.dm ⁻³)	0,662 ± 5 %	0,690 ± 3,5 %	0,671 ± 3,6 %

On constate qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux secteurs et que l'estimation est relativement précise.

2.1.2 Estimation des stocks totaux par secteur

Le calcul du stock dans chacun des deux secteurs fait appel à la densité, estimée au paragraphe précédent, et du volume net de moule.

Ces résultats ainsi que des données intermédiaires tels que le nombre de bouchots recensés, le nombre de pieux garnis par bouchot et le volume brut sont donnés dans le tableau 9.

Tab. 9 : Résultats des estimations des stocks mytilicoles

	MAISON BLANCHE	FIOL ET NORTHE
Nombre de bouchots recensés (N)	194	72
Nombre moyen de pieux garnis par bouchot (M)	133,5 ± 14,6%	97,8 ± 27,8 %
Nombre total de pieux garnis : N x M	25 899 ± 14,6 %	6 991 ± 27,8 %
Volume brut par secteur (m ³)	1 863 ± 17,5 %	383 ± 26,6 %
Volume net par secteur (m ³)	1 148 ± 28,7 %	261 ± 39,1 %
STOCK (tonnes)	760 ± 29,2 %	180 ± 39,4 %
STOCK TOTAL (tonnes) Baie de Bourgneuf	940 ± 25 %	

Le stock mytilicole total en élevage de la baie de Bourgneuf a donc été estimé entre 705 tonnes et 1175 tonnes en été 1988.

Ces moules occupent entre 22 202 et 38 578 pieux.

On constate donc que le stock des bouchots de Maison Blanche contribue pour environ 80 % du stock total de la baie de Bourgneuf alors que l'ensemble Fiol-Northe n'en représente que 20 %.

Les différents termes de la variance sur le volume brut sont regroupés dans le tableau 10.

Tab. 10 : importance des différents termes de la variance sur le volume brut.

	MAISON BLANCHE		FIOL ET NORTHE	
	Valeur absolue	%variance totale	Valeur absolue	%variance totale
1. Variance inter-bouchots	27 189,6	97,881 %	2 660	98,216 %
2. Variance entre les pieux d'un même bouchot	586,9	2,113 %	46,6	1,72 %
3. Variance entre les sections d'un même pieu	1,7	0,006 %	1,7	0,062 %
Variance totale	27 778,2	100 %	2 708,3	100 %

Les variances associées aux mesures des pieux sont négligeables par rapport à la variance interbouchots. La distribution du nombre de pieux garnis par bouchot, principale source de variabilité, est représentée sur la figure 36.

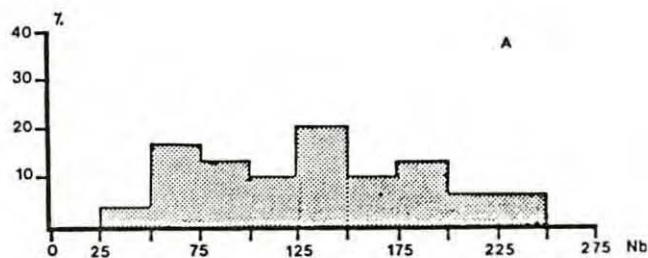
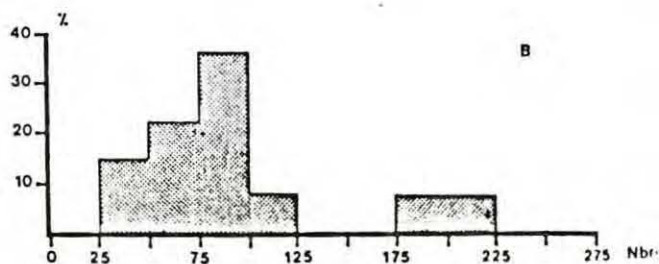


Fig. 36 :
Distribution du nombre de pieux garnis par bouchot
a- Maison Blanche
b- Fiol-Northe



2.1.3. Rendement par pieu

Les moyennes calculées par pieu pour chacun des deux secteurs sont présentées dans le tableau 11.

Tab. 11 : estimations de la moyenne des différents paramètres mesurés par pieu et par secteur.

	MAISON BLANCHE	FIOL ET NORTHE
Hauteur moyenne de moules (cm)	144,1 ± 14,6 %	126,7 ± 33,2 %
Section totale (cm ²)	499,5	430,1
Section du pieu vide (cm ²)	191,7 ± 6,3 %	138,1 ± 10,1 %
Volume brut (dm ³)	72,0 ± 17,5 %	54,5 ± 26,6 %
Volume net (dm ³)	44,4 ± 28,7 %	37,0 ± 39,4 %
Biomasse (kg)	29,4 ± 29,2 %	25,5 ± 39,4 %

Par rapport à l'estimation des précisions sur chaque paramètre, seule la section des pieux vides peut être considérée comme significativement différente entre les deux secteurs.

La biomasse moyenne de moules garnissant un pieu serait comprise entre 21 et 38 kg à Maison Blanche et entre 16 et 36 kg au Fiol - Northe.

2.2. Biométrie

2.2.1 Distribution des tailles

La comparaison des histogrammes (fig.37) met en évidence l'abondance du recrutement sur les bouchots de Maison Blanche, secteur qui d'ailleurs est également exploité pour le captage du naissain.

De plus, on constate que la variabilité des classes de taille est plus importante pour les moules de bouchots que pour les moules de gisements naturels.

Moins de 10 % des moules ont atteint la taille marchande (40 mm) sur les bouchots de Maison Blanche alors que cette proportion approche les 40 % sur ceux du Fiol et de la Northe.

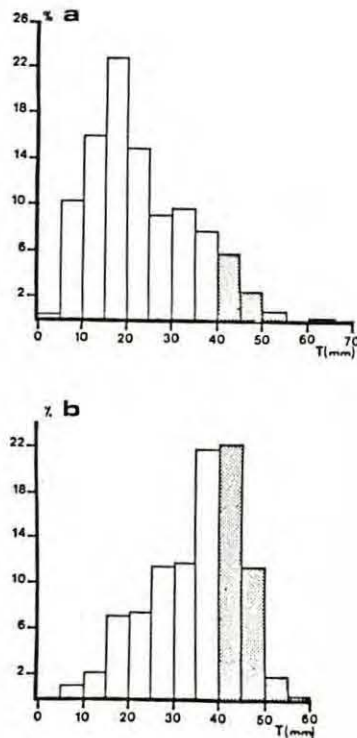


Fig. 37 : Distribution des fréquences de tailles.
 a) Maison Blanche
 b) Fiol-Northe.

2.2.2. Structure d'âges

D'après l'analyse graphique de Battacharya (fig. 38), deux classes d'âges 0 et 1 an seraient présentes sur le site de Maison Blanche alors qu'elles seraient au nombre de trois 0,1 et 2 ans sur le secteur Fiol-Northe.

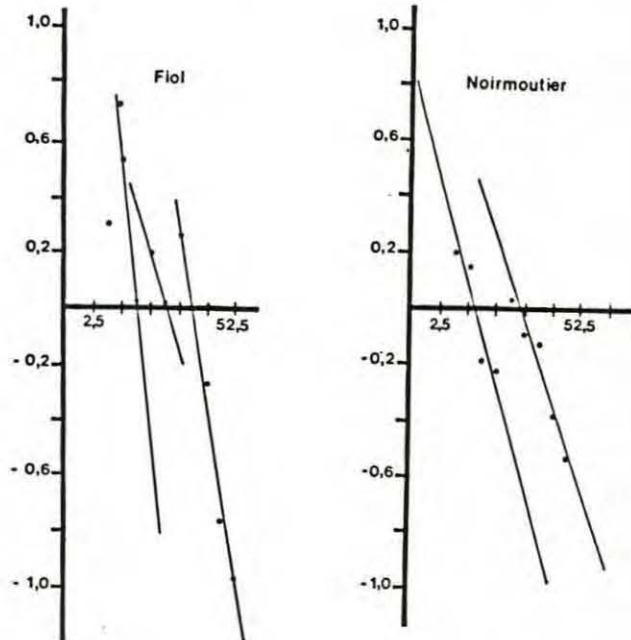


Fig. 38 : décomposition de l'histogramme de fréquence de taille par la méthode graphique de Battacharya.

Les longueurs moyennes pour chaque groupe d'âge sont données dans le tableau 12.

Tab. 12 : longueurs moyennes et intervalles de confiance associés pour chaque classe d'âge sur les bouchots de Maison Blanche prélevés le 2 août et ceux du Fiol et Northe prélevés le 3 août 1988.

SITE CLASSE D'AGE	MAISON BLANCHE	FIOL ET NORTHE
0	18 ± 7 mm	20 ± 4 mm
1 an	34 ± 7 mm	31 ± 7 mm
2 an	inexistante	40 ± 5 mm

Les croissances des classes d'âge 0 et 1 an : des deux sites ne sont pas significativement différentes. L'imprécision sur les longueurs moyennes résulte probablement de l'étalement sur plusieurs mois du recrutement ou/et des différences de croissance selon la hauteur (et donc du temps d'immersion) sur le pieu, elle peut résulter également de la compétition nutritionnelle des moules sur un même pieu au dépend des plus petits individus.

L'abondance de moules âgées de plus de 2 ans sur le secteur Fiol - Northe fait que la fréquence des moules de taille marchande y est supérieure par rapport à celle observée à Maison Blanche à l'époque de notre étude.

2.2.3. Relations taille-poids

Les relations allométriques et les courbes correspondantes sont regroupées dans le tableau 13 et sur les figures 39, 40 et 41.

Tab. 13 : Relations taille-poids : $W = bL^a$ sur les moules de bouchot par secteur.

SITE	n		a	log b	RELATIONS taille-poids
Bouchots de MAISON BLANCHE	1 166	0,99	2,82 ± 0,02	- 3,70 ± 0,03	$W = 2,10^{-4}$ $L^{2,82}$
Bouchots du FIOL et de LA NORTHE	600	0,99	2,73 ± 0,03	- 3,63 ± 0,05	$W = 2,4 \cdot 10^{-4}$ $L^{2,73}$

W : poids total en grammes

L : longueur antéro-postérieure de la coquille en mm

a, b : coefficients d'allométrie

n : effectif de couples (L, W)

l : coefficient de corrélation.

Les coefficients a sont significativement différents d'un site à l'autre ($t_{pe} = 4,73 > 1,96$) et strictement inférieures à 3. Notons aussi qu'ils sont différents des valeurs calculées pour les gisements naturels. Ces différences traduisent l'effet des conditions trophiques et hydrologiques locales.

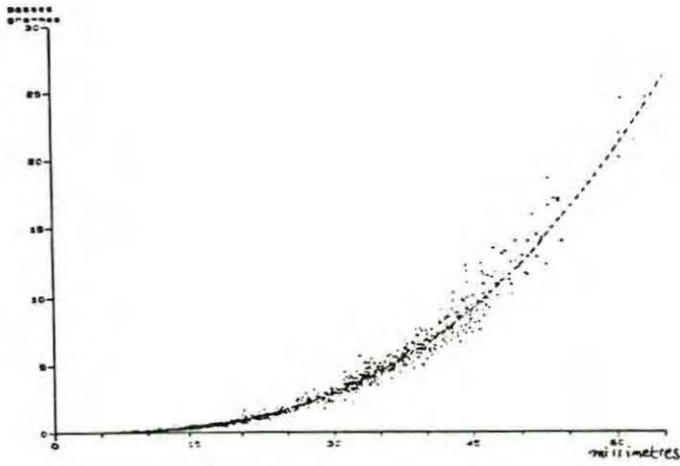


Fig. 39 : Représentation graphique de la relation taille-poids des moules des bouchots de Maison Blanche.

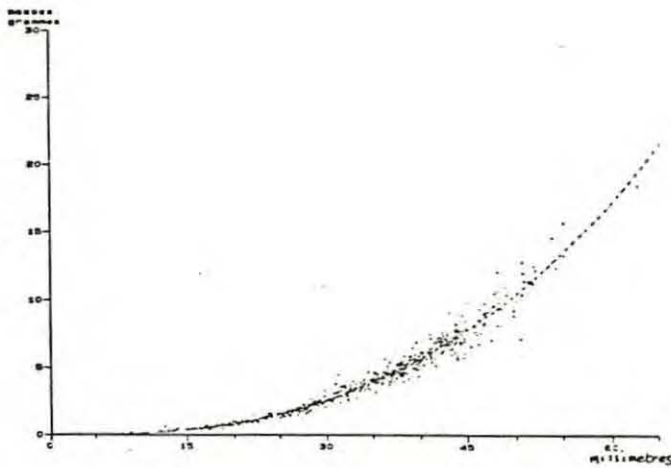


Fig. 40 : Représentation graphique de la relation taille-poids des moules des bouchots de Fiol-Northe.

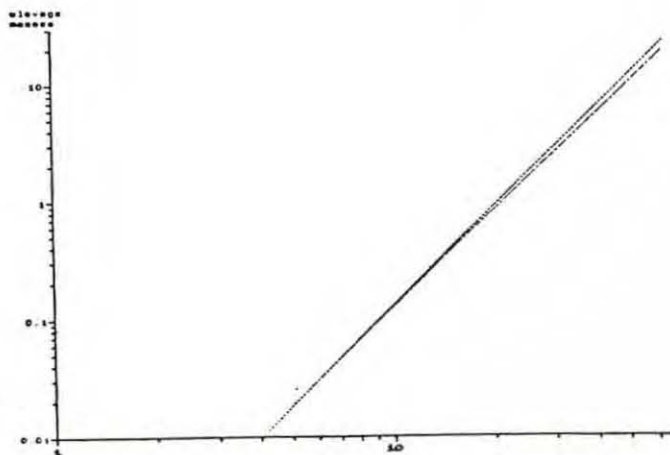


Fig. 41 : Représentation graphique des relations taille-poids linéarisées des moules des bouchots de Maison Blanche du Fiol-Northe - - - - -

2.2.4. Répartition du stock par classe de taille

Sur le secteur de Maison Blanche, 38 % du stock est commercialisable (moules mesurant plus de 40 mm) soit 290 tonnes.

Dans la zone du Fiol-Northe, cette proportion s'élève à 60 % soit 110 tonnes (fig. 42).

Au total, les 400 tonnes commercialisables en août représentent environ 40 % du stock.

En prenant en compte, la précision de 25 % calculée sur l'estimation du stock, le rapport production/biomasse instanné serait compris entre 0,3 et 0,5.

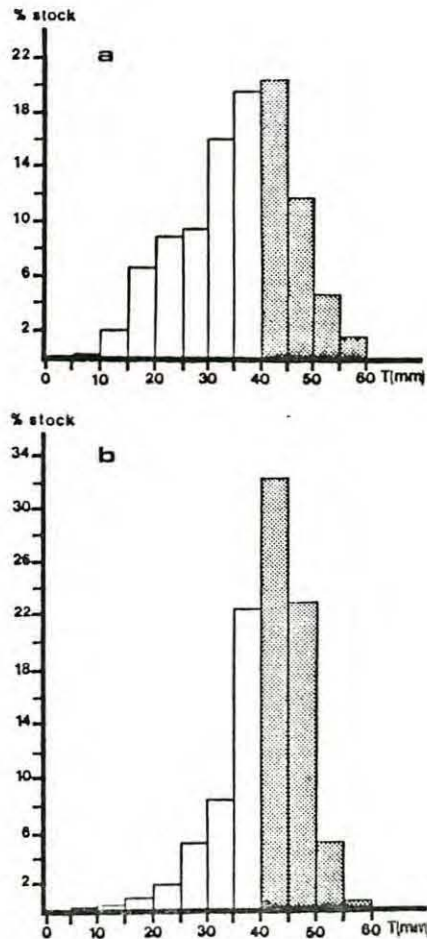


Fig. 42 : Répartition des stocks de moules de bouchots par classe de tailles
 a- bouchots de Maison Blanche
 b- bouchots du Fiol-Northe.

3. Discussion

3.1 Méthodologie

3.1.1 Stratégie globale d'échantillonnage

D'après le tableau 14, regroupant les efforts et résultats d'études comparables (estimant, rappelons le, le volume puis la densité), on constate que, malgré un effort d'échantillonnage (rapporté au nombre de bouchots ou au stock) supérieur, l'estimation finale des stocks mytilicoles de la baie de Bourgneuf reste légèrement moins précise.

Ce manque de précision peut s'expliquer :

- par une perte de précision liée à une estimation non indépendante des composantes du volume insuffisamment compensée par l'accroissement de l'effort. En effet, coût identique, une meilleure précision est obtenue lorsque les variables sont indépendantes et qu'il existe une corrélation positive (Scherrer, 1983).
- par une grande hétérogénéité entre les pieux ou entre les bouchots.

Le chapitre suivant se propose d'analyser les différentes causes d'imprécision observées en cherchant à optimiser effort et précision dans le cadre de cette étude.

Tab. 14 : Stratégies, efforts et précisions pour trois estimations de stocks mytilicoles par l'intermédiaire d'estimations du volume et de la densité.

SITE MYTILICOLE	PERTUIS BRETON (1)	ANSE DE MORIEUX (2)	BAIE DE BOURGNEUF (3)
Recensement bouchots	sur le site	sur le cadastre	sur le site
<u>Stratégie d'échantillonnage</u>	stratification topographique (terre, large)	stratification topographique et longitudinale	stratification géographique
	estimation indépendante des différents paramètres - nombre de pieux par bouchot - hauteurs de moules - sections totales - sections pieux vides - densités (sauf pour les hauteurs dans la strate du large)	- échantillonnage par degrés (hauteurs, stations totales, sections vides) - unités d'échantillonnage (U.E.): - 2 m de bouchot (3 ou 4 pieux) - densité : estimations dans 1 seul établissement	- échantillonnage par degrés (effectif pieu par bouchot, hauteurs, totales) - unité d'échantillonnage : le pieu - estimations indépendantes : - sections vides - densité
	E.A.S. pour les différentes estimations	E.A.S. tirage - bouchots - U.E.	E.A.S. tirage - bouchots - U.E. - densité, sections vides
<u>Effort d'échantillonnage</u> % bouchots échantillonnés	9 %	10 %	16,5 %
% unités d'échantillonnage mesurées	-	0,2 %	0,3 à 0,5 %
Prélèvements densité	30	12	30
<u>Effort global</u> nombres heures sur le site X nombre personnes	105	45	84
<u>Résultats</u>			
- densité	0,632kg/dm ³ ± 3,7%	0,72kg/dm ³ ± 3,7%	0,671kg/dm ³ ± 3,6%
- stock	4 722 tonnes ± 14 %	3 591 tonnes ± 20 %	940 tonnes ± 25 %

1) Mazurie et Dardignac (1988)

2) Gros (1988)

3) Cette étude.

3.1.2. Relations effort-précision

3.1.2.1. Estimation de la densité

La précision obtenue dans cette étude sur la densité est suffisante mais le nombre de prélèvements pourrait être réduit sans perte notable (fig. 43).

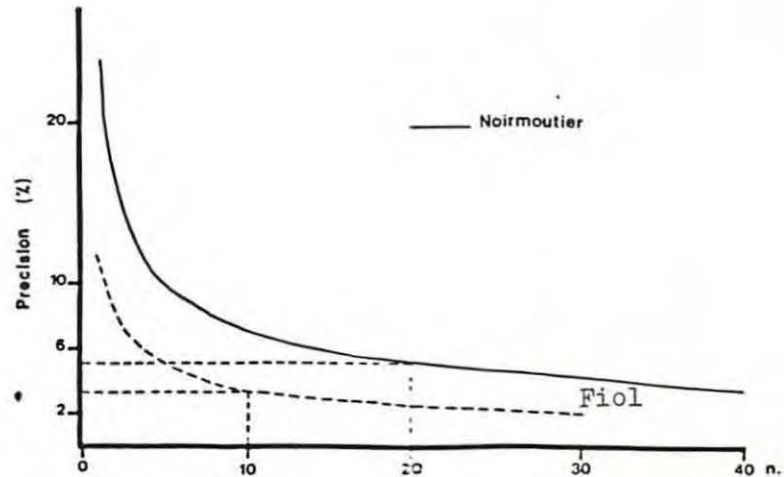


Fig. 43 : Evolution des précisions de la densité (biomasse par unité de volume) en fonction du nombre de prélèvements.

Par ailleurs, la constance du rapport poids net de moules sur poids brut du prélèvement fait qu'il est envisageable de diminuer considérablement le temps consacré au tri des prélèvements.

3.1.2.2. Estimation du volume brut

1- Effort d'échantillonnage n/N

(nombre de bouchots échantillonnés/nombre recensé).

Sur le secteur de Maison Blanche, cette précision pourrait approcher les 10 % en doublant l'effort d'échantillonnage, impliquant donc une sortie supplémentaire sur le site (fig. 44).

Elle atteindrait les 15 % sur le secteur Fiol-Northe en échantillonnant 30 bouchots, sans coût supplémentaire puisque réalisable en une marée.

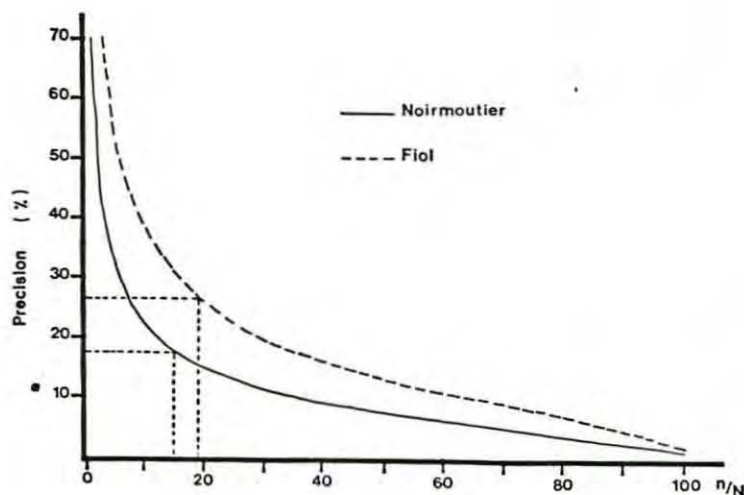


Fig. 44 : Evolution des précisions calculées sur l'estimation du volume brut en fonction de l'effort d'échantillonnage (n/N).

2- Effort d'échantillonnage m_i : nombre de pieux par bouchot

En négligeant la variance sur les sections moyennes des pieux et donc en se ramenant à un échantillonnage à deux degrés, l'effort optimum peut se calculer selon la formule donnée par Scherrer (1983) :

$$m_{opt} = \frac{S_2}{\sqrt{S_b^2 - S_2^2/m}} \sqrt{C_1/C_2}$$

avec :

la variance intra unité primaire (l'u. primaire correspond au bouchot) :

$$S_2^2 = \sum_{i=1}^n \frac{M_i}{M_0} S_2^2 i$$

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

La variance inter unité primaire :

$$S_b^2 = \frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 (\bar{y}_i - \bar{\bar{y}})^2}{M^2 (n - 1)}$$

m : effort exercé au cours d'un prééchantillonnage ou comme ici au cours de l'étude de référence.

Les coûts :

C₁ : temps nécessaire au déplacement le long du bouchot choisi (environ 100 m) + temps de passage d'un bouchot tiré à un autre.

C₂ : temps de mesure des hauteurs et circonférences sur les m_i pieux.

En prenant : C₁ 15 min et C₂ 5 min
soit C₁/C₂ = 3

On obtient :

m opt = 0,76 pour Maison Blanche
et m opt = 0,57 pour Fiól-Northe.

Cependant, dans le cadre d'un échantillonnage à deux ou trois degrés il est indispensable que m soit supérieur ou égal à 2 pour le calcul de la variance intra unité primaire.

Ces calculs permettent de conclure à l'inutilité d'échantillonner plus de deux pieux par bouchot, qui, en moyenne, est assez homogène.

3- Effort k_{ij} : nombre de circonférences mesurées par pieu

La variance associée à cette mesure peut être négligée dans le calcul de la variance sur le volume total (cf. paragraphe 2).

Multiplier ces mesures n'apportera pas un gain sensible de précision finale mais il semble préférable de conserver au moins deux mesures par pieu pour cerner plus justement le cylindre, imparfait, formé par les moules.

3.1.2.3. Estimation du volume des pieux vides

Ce volume pourrait être estimé pour chaque pieu garni échantillonné, permettant de calculer directement le volume net de moules.

3.1.2.4. Conclusion

Seule l'augmentation de l'effort n/N permettra de préciser l'estimation du stock mytilicole de la baie de Bourgneuf.

Afin de réduire la variabilité interbouchots, il est possible d'envisager une stratification basée sur la longueur concédée ce qui isolerait, notamment, une strate constituée de bouchots de 50 m (situés en limite du lotissement de Maison Blanche).

3.1.3 Période d'échantillonnage

Les variations saisonnières du stock en élevage dépendent :

- du cycle biologique de la moule avec, entre autres, une diminution de poids probable après la ponte
- des pratiques culturales : ensemencements à des fins d'élevage ou récoltes pour la vente.

L'échelonnement des ventes entre juin et février rend délicate toute extrapolation afin de déterminer la période où la biomasse serait maximale.

Une solution consisterait à répéter l'estimation plusieurs fois au cours de l'année en choisissant des périodes supposées critiques.

3.2. Importance du stock mytilicole dans l'écosystème de la baie de Bourgneuf.

Ce stock est estimé à 940 tonnes \pm 25 %, soit :

- moins d'un cinquième du stock constitué par les moules des gisements naturels en 1988, année où il est apparemment à un niveau très faible ;

- et environ 2 % du stock conchylicole total de la baie (les 40.000 tonnes d'huitres en représentant pour l'année 1988 l'essentiel).

Ces chiffres montrent que le stock de moules de bouchot est faible comparé au stock d'huîtres cultivées ou au stock de la moulière naturelle.

La situation des bouchots, en amont des parcs ostréicoles, nous incite cependant à la prudence quant à déterminer leur impact. De plus, les exhaussements des fonds par sédimentation autour des implantations mytilicoles peuvent néanmoins perturber la circulation des eaux et donc le renouvellement des ressources alimentaires en aval.

3.3. Exploitation des bouchots

Statistiquement, on ne peut pas différencier la biomasse par pieu calculée pour chacun des deux secteurs : Maison Blanche d'une part, Fiol-Northe d'autre part même si elle apparaît supérieure pour le lotissement de Maison Blanche. Lotissement qui, d'ailleurs, semble mieux entretenu si l'on tient compte de la moindre usure des pieux, apparemment renouvelés plus fréquemment.

Rappelons aussi que le secteur de Maison Blanche est particulièrement intéressant pour le captage du naissain dont la production annuelle est évaluée à 750 km de cordes (à 2,50 F le mètre) par les Affaires Maritimes.

La vente des moules de taille marchande se fait après 18 à 30 mois d'élevage comme en atteste la présence de deux, voir de trois classes d'âges sur les bouchots, la longueur des moules de 14 mois restant en majorité inférieure à la taille marchande.

Les récoltes s'échelonnent principalement entre juin et décembre (fig. 45).

La croissance des moules et la durée d'élevage sont comparables à celles observées par Boronhanarat (1986) dans le bassin de Marenne Oléron.

En revanche, les temps d'élevage sur pieux sont de 15 à 30 mois dans le Pertuis Breton (Dardignac et Mazurie, 1988) et de seulement 12 à 21 mois en Baie du Mont Saint-Michel (Berthomé et al, 1987).

La biomasse fixée sur chaque pieu : en baie de Bourgneuf (20 à 38 kg à Maison Blanche, 15 à 35 kg au Fiol-Northe) est inférieure à celle estimée pour les bouchots du Pertuis Breton à une époque similaire : 54 kg \pm 12,4 % (Mazurie et Dardignac, 1988).

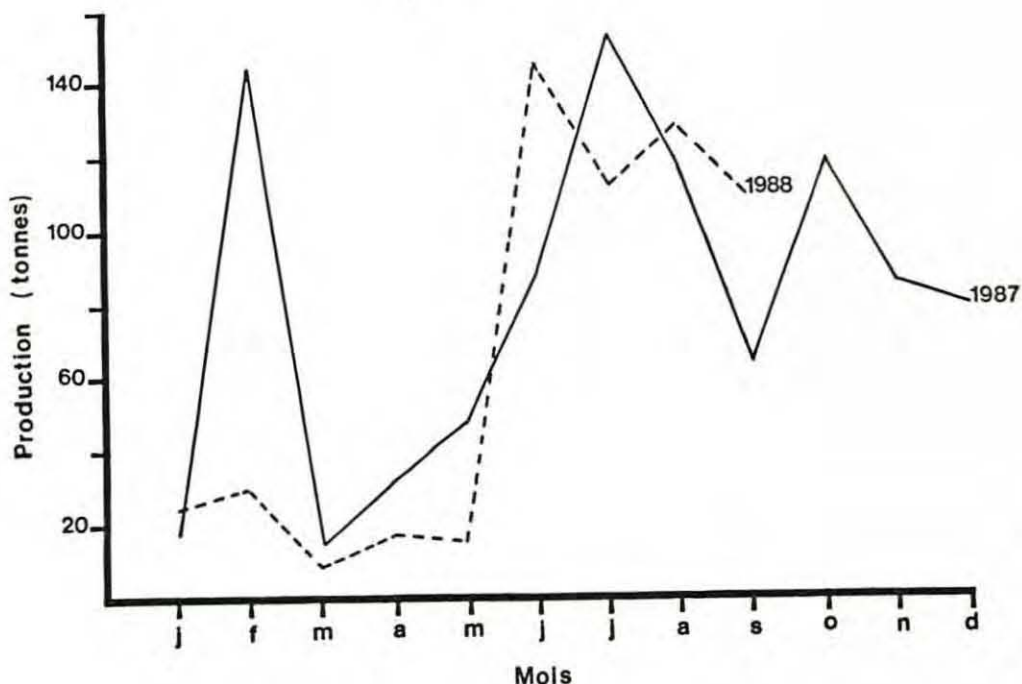


Fig. 45 : Productions mensuelles de moules de bouchot dans le quartier de Noirmoutier en 1987 et en 1988.
Source : Affaires Maritimes de Noirmoutier.

Des indications de 38 à 58 kg par pieu en baie du Mont St Michel (Berthomé et al, 1987) et de 38 à 67 kg à Marenne-Oléron (Boronthanarat (1986), confirment la faible charge des pieux de la baie de Bourgneuf.

Les seules statistiques de production disponibles sont celles des affaires maritimes, établies à partir des ventes d'étiquettes sanitaires. Outre l'imprécision relative associée à ce mode de calcul, elles confondent la production de la baie (Northe non comprise puisque sur le quartier de St Nazaire, mais probablement négligeable) et celle des lotissements mytilicoles situés le long de la côte atlantique de l'île de Noirmoutier (La Guérinière et la Frondière).

La production ainsi estimée approcherait les 1000 tonnes, avec 973 tonnes en 1987 et 571 tonnes entre janvier et septembre 1988 (à 5 - 6 F le kilo).

Si l'on évalue la production de moules commercialisables à 20 kg par pieu (source affaires maritimes), la production annuelle 88 - 89 serait de :

- 440 à 600 tonnes pour le secteur de Maison Blanche (22 118 à 29 680 pieux garnis)

- 100 à 180 tonnes pour le secteur Fiol-Northe (5 084 à 8 898 pieux garnis) soit au total 540 à 780 tonnes.

Le rapport Production (1) de l'année sur biomasse (B) en août serait compris entre 0,6 et 0,8.

3.4. Conclusion

La précision sur le stock pourrait être accrue en accentuant l'effort d'échantillonnage sur l'estimation du nombre de pieux par bouchot ou en procédant à une stratification basée sur les largeurs concédées.

D'autre part, il est envisageable d'évaluer seulement le volume dans le cadre d'un suivi annuel vu la constance de la densité.

La restructuration des bouchots, envisagée depuis quelques années en baie de Bourgneuf, se traduira probablement par une stagnation voire une diminution des stocks.

Comme ils ne représentent qu'une faible part des stocks de bivalves dans la baie, ils pourront vraisemblablement être négligés pour des évaluations de stock ultérieures. La croissance des moules de bouchots est assez faible comparativement à d'autres régions mytilicoles.

Reste l'intérêt économique lié au captage du naissain sur cordes, activité qui n'implique qu'un très faible prélèvement du potentiel trophique de la baie dans la mesure où elle n'est pas dépendante d'un abondant stock reproducteur (gisements naturels).

C O N C L U S I O N G E N E R A L E

Avec un stock de moules sauvages estimé entre 3 400 et 10 000 tonnes en 1988, on constate que les gisements naturels de la baie de Bourgneuf ont fortement regressé depuis 1986, première année d'évaluation.

Parallèlement, on assiste à une amélioration sensible de la croissance des huîtres cultivées en aval de ces gisements moulières, croissance néanmoins toujours faible. Reste que cette tendance confirme la compétition exercée par les moules dont les stocks ont pu atteindre un tonnage équivalent à celui des huîtres cultivées (40 000 \pm 9 % tonnes) en 1986.

Les stocks de moules de bouchot, quantifiés pour la première fois en baie de Bourgneuf, représentent avec moins de 1 200 tonnes une proportion négligeable de l'ensemble des bivalves cultivés ou de gisements naturels.

La possible valorisation de l'estran, particulièrement vaste dans le sud de la baie donc en aval des gisements moulières, par des élevages plus rémunérateurs (vénériculture notamment) ou du moins par une meilleure productivité ostréicole souligne l'intérêt de la gestion des stocks de bivalves.

Cette régulation peut, principalement, être entreprise :

- par une limitation des charges ostréicoles
- et par une exploitation régulière des gisements moulières.

La limitation des charges ostréicoles semble se mettre en place depuis la récente création de comités de bancs dont le rôle sera de définir les règles d'exploitation propres à chaque secteur.

La généralisation de techniques telles que :

le captage naturel avec des collecteurs en lamelles permettant un détroquage précoce suivi d'un prégrossissement en nourricerie (Baud, 1988) et le télécaptage (Joly et al., 1988) pourrait favoriser le contrôle de la quantité de naissain et une sélection des huîtres les plus poussantes ("tête de lot") pour la croissance ultérieure sur estran.

Quant à la gestion des gisements moulières, elle pose divers problèmes liés à l'irrégularité du recrutement et aux difficultés de commercialisation. La valeur marchande des moules de fond, très faible actuellement, pourrait sans

doute être accrue si l'on améliorait la qualité des moules par élimination du petit crustacé (*Pinnotheres pisium*). Une étude conjointe SANOFI - IFREMER est en cours sur le traitement chimique de ce parasite.

Quoiqu'il en soit, cette pêche reste une activité accessoire, pratiquée par des pêcheurs (filets) ou par des ostréiculteurs.

En conclusion, l'avenir conchylicole de cette baie ne peut être pleinement assuré que si les ostréiculteurs et les mytiliculteurs se concertent et acceptent de travailler ensemble avec l'aide des scientifiques pour malgré les difficultés multiples d'application, réduire les stocks d'élevage et de gisements naturels afin d'améliorer la croissance et l'engraissement de leurs coquillages destinés à la vente.

B I B L I O G R A P H I E

- Baud, J.P., 1988. Le collecteur à lamelles, vers une rationalisation de l'élevage d'huîtres creuses. Note interne IFREMER. 5 p.
- Baud, J.P. et Haure, J., 1988a. Rapport provisoire. Estimation et gestion des stocks conchylicoles. Richesse nutritive des secteurs de production de la baie de Bourgneuf en 1987. SMIDAP-IFREMER. 16 p.
- Baud, J.P. et Haure, J., 1988b. Estimation des stocks de moules de gisements naturels dans la baie de Bourgneuf en 1986. DRV.88.012.RA/Bouin. IFREMER. 32 p.
- Baud, J.P., Haure, J. et Hommebon, P., 1988. Diversification de la production conchylicole. Approche d'une stratégie d'élevage de palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) dans la région de la baie de Bourgneuf. Rapport IFREMER. DRV.88.024.RA/Bouin.
- Baud, J.P. et Haure J., 1987. Estimation des stocks d'huîtres cultivées dans la baie de Bourgneuf en 1986. Rapport IFREMER. DRV.87.020.RA/Bouin. 32 p.
- Baud, J. et Hommebon, P., 1987. Estimation des stocks d'huîtres creuses en élevage dans la baie de Bourgneuf en octobre 1985. Rapport IFREMER. DRV.87.002/RA/Bouin.
- Berthomé, J.P., Le Mao, P., Rey, H. et Nguyen, D., 1987. Aménagement de la baie du Mont Saint Michel : les possibilités de développement de la vénériculture. Rapport IFREMER. DRV..87.011.CSRU/Nantes. pp : 67-138.
- Boromthanasat, S., 1986. Les bouchots à *Mytilus edulis Linnaeus* dans l'écosystème estuarien du bassin de Marennes-Oléron (FRANCE). Aspects biologiques et bioénergétiques. Th. doctorat de spécialité en océanologie université d'aix. marseille II. 142 p.
- Deslous paoli, J.M., Héral, M., Gouilletquer, P., Boromthanasat, W., Razet, D., Garnier, J., Prou, J., et Barillet, L., 1987. Evolution saisonnière de la filatration de bivalves intertidaux dans des conditions naturelles. Océanis : 575-579.
- Gros, P. et coll., 1988. Planification et déroulement de la mission EUPHORBE 5. Estimation de la biomasse cultivée des moules dans l'anse de Morieux. Rapport interne IFREMER n° DERO 188.20/EL.
- Hamon, P.Y., 1983. Croissance de la moule, *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) dans l'étang de Thau. Estimation des stocks de mollusques en élevage : Thèse d'état - mention sciences. U.S.T.L. Montpellier. 331 p.

- Héral, M., 1986. Evolution et état du cheptel ostréicole dans le bassin de Marennes-Oléron : intérêt d'une régulation. Rapport IFREMER DRV.86.06.AQ/TREM : 35 p.
- Hily, C., 1976. Ecologie benthique des pertuis charentais. Th. doctorat de 3ème cycle université de Bretagne occidentale. 236 p.
- Le Gallo, J.Y., 1972. Recherche sur les variations saisonnières de l'épifaune en baie de Bourgneuf. Th. 3ème cycle université de Nantes : 63 p.
- Lemoine, M., Desprez, M. et Ducrottoy, J.P., 1988. Exploitation des ressources en bivalves de la baie de Somme. Aménagement de la pêche à pied et état de la ressource en coques. Rapport scientifique et technique IFREMER n° 8. 177 p.
- Marteil et al. 1979. La conchyliculture française - 3ème partie : l'ostréiculture et la mytiliculture. Rev. Trav. Inst. Pêches marit ., 43 (1) : 5-130.
- Masse, H., Plante, R., et Reys, J.P., 1977. Etude comparative de l'efficacité de deux bennes et d'une suceuse en fonction de la nature du fond. In Biology of benthic organisms. 11 th. E.S.M.B. Galway, october 1976 : 433-441.
- Mazurié, J. et Dardignac-Corbeil, M.J., 1988. Estimaion des stocks de moules dans le pertuis breton en 1987. Rapport IFREMER. DRV-88.002 - RA/L'HOUMEAU. 25 p.
- Mazurié, J., 1988. Stratégies d'échantillonnage en conchyliculture. Rapport IFREMER DRV.88.001.RA/LA TREMBLADE. 77 p.
- Morin, J. 1984. Gestion rationnelle des ressources biologiques de l'Est Cotentin. Les gisements moulières : Rapport scientifique et technique Comité Local des Pêches de l'Est Cotentin. 87 p + annexes.
- Parache, A., 1985. Contribution à l'étude de la croissance de *Mytilus edulis* var. *galloprovincialis* LMK. Influence des conditions du milieu. Th. spécialité océanologie Faculté des sciences de Luminy : 249 p.
- Saint-Félix, C., Baud, J.P. et Hommebon P., 1984. Diversification de la production conchylicole : élevage de la palourde japonaise en baie de Bourgneuf. Sciences et Pêche. bull. Inst. Scient. Techn. Pêches. Marit. n° 244 à 346 2-22.

- Sauriau, P.G., 1986. Echantillonnage des populations naturelles de Mollusques compétiteurs trophiques des huîtres cultivées *Crassostrea gigas* du bassin de Marennes-Oléron : aspects méthodologiques. CM 1986/K : 30 p. Comité des Mollusques et Crustacés CIEM.
- Scherrer, B., 1983. Techniques de sondage en écologie in "stratégies d'échantillonnage en écologie". Sous la direction de Fontier, S. Masson (Ed) pp : 63-162.
- Sornin, J.M., 1982. Influences des installations conchylicoles sur l'hydrologie et la morphologie des fonds. Rev. Trav. Inst Pêches Marit., 45 (2) : 127-139.
- Walker, P. et Nicholson M.D., 1986. The précision of estimates of mussel biomass by zig-zag survey. C.M 1986/K : 6. International Council for the exploration of the sea.
- Widdows, J., 1978. Combined effects of bodysize, food concentration and season on the physiology of *Mytilus edulis*. J. Mar. biol. Ass. U.K. 58 : 109-124.
- Winter, J.E., 1978. A review on the knowledge, of suspension feeding in Lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. Aquaculture, 13 : 1 - 33