

LA MOULE EN AQUACULTURE

REALITES ET PERSPECTIVES



C. N. E. X. O.

C. O. B.

LA MOULE EN AQUACULTURE

REALITES ET PERSPECTIVES

M. MERCERON - Octobre 1974

LA MOULE EN AQUACULTURE
REALITES ET PERSPECTIVES

A - INTRODUCTION

En agriculture, le passage de l'élevage traditionnel à l'élevage dit industriel a été rendu possible, entre autres éléments, par la disponibilité régulière d'un aliment de qualité suffisante et bon marché. Pour son développement, l'aquaculture des animaux carnivores requerra également la disponibilité d'un aliment présentant les mêmes avantages. Il ne servirait de rien de produire de fortes quantités de stades juvéniles en écloserie si nous n'étions pas aptes à assurer leur croissance ultérieure dans des conditions économiquement satisfaisantes. Il n'est donc pas prématuré de se pencher sur ce qui pourra être le ou les aliments qui répondront à cette exigence. Nous limiterons évidemment cette étude au cadre des régions tempérées et nous laisserons de côté les régions chaudes qui ont des possibilités particulières.

Parmi les produits d'origine marine susceptibles de constituer un aliment, les bivalves filtreurs présentent un certain nombre d'avantages sur les autres. En général, ils sont d'une haute valeur nutritive. Ils sont pour la plupart immobiles, donc facilement pêchables. Leur résistance aux manipulations, leur stockage facile sont connus. Parmi eux, la moule Mytilus edulis présente des avantages particuliers. Nous négligerons de parler de M. galloprovincialis dont on ne sait s'il s'agit réellement d'une espèce ou seulement d'une race géographique de l'espèce précédente.

La moule a une forte teneur en protéines comme le montre le tableau ci-dessous. Ces chiffres montrent la grande variabilité des analyses qui est probablement due au choix d'animaux en état d'engraissement très différent.

	de LAMBERT		de BARDACH & RYTHER	
	Moule	Huitre	Moules espagnoles	Clams et huîtres
PROTIDES	11 %	7 %	13 %	1 à 5 %
LIPIDES	1,25 %	2 %	2,4 %	0,1 à 0,6%
GLUCIDES	4 %	4 %	8 %	1 à 2 %
CENDRES	1,30 %	1 à 2 %	} QSP	QSP
EAU	82 %	82 %		

Les chiffres de BARDACH et RYTHER concernant l'huître sont probablement faux. La quasi totalité des auteurs indiquent 5,5 à 10 % de protéines pour celle-ci.

Pour un poids brut donné, la moule a un poids de chair relativement favorable.

	MYTILUS EDULIS	CRASSOSTREA
Poids de chair humide	50 %	16 %
Poids de la coquille	25 %	} 84 %
Poids de l'eau intervalvaire	25 %	

50 % du poids de chair représentent pour la moule un maximum. Plus couramment on trouve des valeurs de 35 à 40 %.

C'est un animal bien implanté en Europe. La France pratique son élevage depuis le 13e siècle. Des progrès spectaculaires et récents ont été faits en Espagne avec le développement de son élevage sous radeau. Le prix du Kg de moule est bien plus bas que celui des autres mollusques.

Le tableau suivant regroupe quelques chiffres indicatifs de base.

	MOULE	HUITRES TOUTES ESPECES	
Production mondiale en T	300.000	650.000	
	MOULE	<u>C. gigas</u>	<u>O. edulis</u>
Production française en T	50.000	100.000	15.000
Prix / Kg en Francs	1,50	4	10
Chiffre d'affaires de la production française, en millions de francs	75	400	150

Les approvisionnements en naissain de moule sont abondants, réguliers, et à faible prix. Ce prix équivaut à celui de son ramassage sur les bancs naturels et à son transport éventuel (0,80 F / Kg à l'étang de Thau). La rusticité de la moule tant à l'état larvaire qu'à l'état adulte en font un animal naturellement répandu sur les côtes. Sa dominance naturelle semble limitée, au moins partiellement, par le comportement larvaire à la métamorphose. En effet, à ce moment, la larve est fortement phototrope et se fixe de ce fait dans des zones superficielles, où les conditions d'existence sont médiocrement favorables à la croissance et à l'engraissement. L'élevage y supplée en effectuant la transplantation favorable.

Cet animal jouit d'une très grande acceptabilité vis-à-vis des consommateurs potentiels. Il est couramment utilisé avec succès dans les élevages de laboratoires.

Les études qui seraient menées, à propos de la moule, sur sa biologie, ses rendements et leur optimisation, seraient bénéfiques aux aspects généraux des notions de transferts d'énergie entre niveaux trophiques, tels qu'ils ont été définis dans le programme ECOTRON. Celui-ci prévoit d'obtenir au niveau trophique secondaire, dans le domaine benthique, la croissance maximale, en conditions thermiques naturelles, des mollusques commercialement exploités dans un volume d'eau minimum avec recherche des meilleurs rendements de transformation.

Il y a conjonction d'un certain nombre de facteurs positifs qui rend cette espèce à priori attrayante. Nous verrons plus loin si les données de sa biologie et de ses élevages, ainsi que les données économiques, nous portent dans le même sens.

B - B I O L O G I E

RAPPEL DES DONNEES BIOLOGIQUES

La tolérance thermique des moules est large : de 0 à 26° C.

Elles présenteraient la particularité de régler leur taux de pompage en rapport linéaire avec la température en tre 0 et 22° C, ceci à l'encontre d'autres bivalves filtreurs qui présentent une relation directe, mais sous forme de paliers, (cf. schéma N° 1)

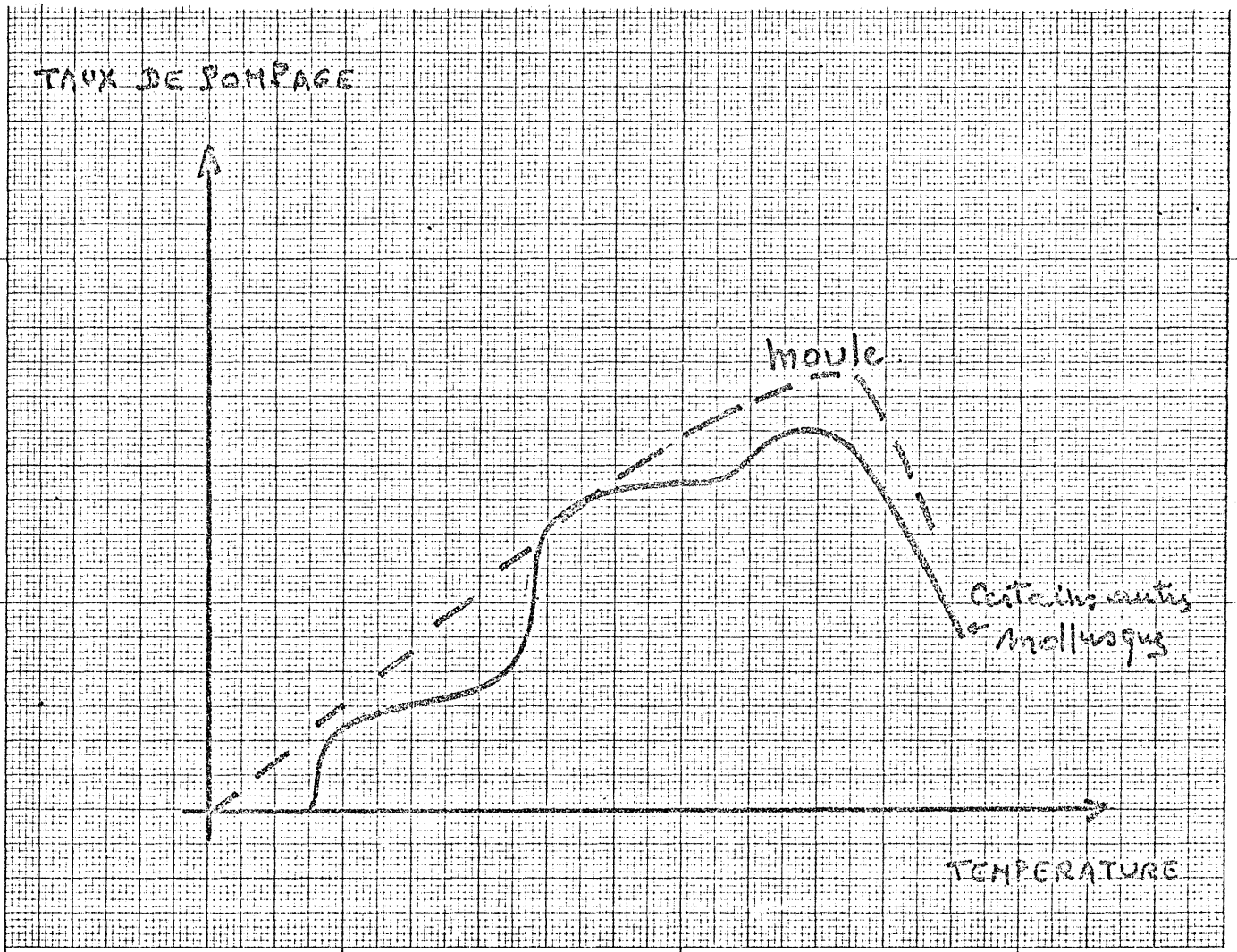
La tolérance vis-à-vis de la salinité est également large : de 4 - 5 ‰ à plus de 40 ‰. Les meilleures croissances sont obtenues dans les eaux salées.

Très abondante sur les côtes européennes, elle vit depuis le haut de la zone intertidale jusqu'à une profondeur de quelques mètres. Elle est attachée à des substrats durs. La croissance et la teneur en chair sont très différentes selon l'endroit où elle vit. Dans les hauts niveaux, la croissance est très lente, et l'animal est maigre du fait du déficit alimentaire causé par son émerision fréquente. Au fur et à mesure que l'on descend dans les niveaux, on trouve un produit à croissance plus rapide et en meilleure condition.

La maturité sexuelle se produit à 1 an. Les sexes sont séparés. La fécondation est externe et la totalité du développement larvaire se passe en phase planctonique libre. Celle-ci dure de 10 à 40 jours environ, selon les conditions du milieu. La ponte des gamètes se fait au printemps, à la montée de température. Une deuxième ponte a lieu en automne sur la côte atlantique espagnole.

Au moment de sa fixation, la larve est à la fois géotrope et phototrope, ce qui l'induit à s'établir préférentiellement dans les parties hautes du littoral. La qualité du substrat semble secondaire : algues, hydroïdes, etc ... Après une première fixation, la moule se détache, est entraînée par les courants puis se refixe. Elle peut se fixer et se détacher ainsi plusieurs fois. A la taille de 1 mm à 1,5 mm elle s'installe définitivement, en général sur un banc de moules plus âgées ou dans une anfractuosité. Il y a naturellement des nurseries séparées des lieux de croissance.

SCHEMA N°1



La période de récolte se situe à l'automne et en hiver, au moment où l'animal présente le maximum de réserves, réserves qui sont destinées à être transformées au printemps en produits sexuels.

Les divers marchés de la moule demandent des produits assez différents, quant à leur taille.

- France atlantique et Manche : 4 - 5 cm
- Grande Bretagne : 6 - 7 cm
- Espagne et France méditerranéenne : 8 - 9 cm

La valeur globale des facteurs édaphiques d'une région détermine une croissance maximum et une taille limite pour chaque variété.

Le plus important de ces facteurs semble être la nourriture disponible sous forme de phytoplancton.

Le gradient de qualité des moules dans la zone intertidale le met en évidence. On remarque que parmi les zones favorables, celles qui sont favorables à la croissance sont parfois distinctes de celles favorables à l'engraissement. La salinité et la température sont également des facteurs influençant la croissance.

La lumière a une influence marquée. La pénombre est bénéfique.

Parmi les ennemis des moules on peut distinguer les prédateurs, les compétiteurs et les agents pathogènes. Parmi les prédateurs, l'étoile de mer commune et le crabe vert (Asterias rubens et Carcinus moenas) sont les plus importants. Le crabe vert s'attaque particulièrement aux moules de moins de 2,5 cm. Il est probablement responsable en fait de la limite inférieure de la répartition naturelle de l'espèce.

Les compétiteurs sont nombreux : balanes, vers tubicoles, bryozoaire, ascidies, éponges sont compétiteurs sur le plan de l'occupation du substrat et sur celui de la nourriture.

Un agent pathogène est particulièrement important : Mytilicola intestinalis. C'est un crustacé parasite du système digestif. L'épidémie, partie de Méditerranée, est passée en Europe de l'Ouest il y a peu de temps, et elle se tient actuellement au Danemark et dans les Iles Britanniques. L'infestation présente une gradation étendue d'intensité. Avec quelques parasites, l'animal ne souffre guère. Avec une dizaine ou une vingtaine, il est maigre et sa croissance est ralentie. Au dessus, c'est souvent léthal.

En prenant certaines précautions pour limiter l'infestation, on peut pratiquer l'élevage dans les zones contaminées.

C - M É T H O D E S D ' É L E V A G E

Trois types d'élevage coexistent dans le temps, mais sont séparés géographiquement :

- l'élevage sur pieux ou bouchots,
- l'élevage à plat sur le sol,
- l'élevage sur cordes suspendues.

1°/ L'élevage sur bouchot est le plus ancien. Il aurait été introduit en Baie de l'Aiguillon au 13e siècle par un écossais. Il est actuellement pratiqué sur les côtes françaises atlantiques et manchoises. Les centres principaux sont la baie de l'Aiguillon et celle du Mont St Michel. Dans la baie de l'Aiguillon, au mois d'Avril - Mai, le naissain se fixe sur les pieux les plus bas, découvrant rarement (Fig. 1). Six mois après, la taille moyenne du maissain est de 2 cm. Il est détaché et calibré. La fraction la plus belle (3 - 4 cm) est fixée sur des bouchots plus hauts (Fig. 2). Le reste est remis à la pousse en bas. Pour réinstaller les moules, on les entortille dans un filet de façon à réaliser un boudin que l'on enroule en spirale sur les bouchots (Fig. 3). Durant 1 an, on les démarrie au fur et à mesure de leur croissance et on les réinstalle sur des bouchots situés de plus en plus haut par rapport au niveau de la mer. Après un an, les plus précoces atteignent la valeur marchande de 4 - 5 cm. Le reste du contingent atteindra cette taille dans les 6 mois suivants. Pour obtenir un produit de 4 - 5 cm, en partant du petit naissain, il faut donc de $1\frac{1}{2}$ an à 2 ans.

Le captage est inexistant dans la baie du Mont St Michel et les mytiliculteurs de cette région achètent leur naissain dans la région de La Rochelle. A cet effet, les mytiliculteurs rochelais disposent des cordes à toronnage désséré, en surface, près des bancs naturels de moules. Après fixation du naissain, ces cordes seront transportées en Bretagne à l'automne, pour y être mise à l'élevage de la même façon.

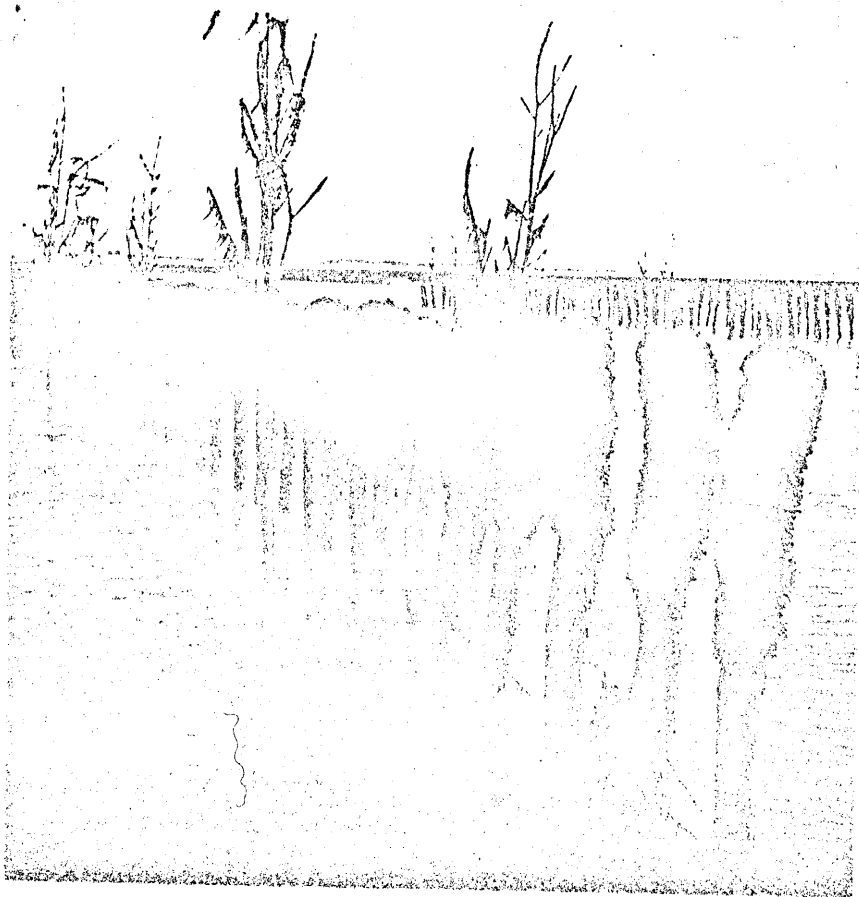


FIGURE 1

Bouchots collecteurs

FIGURE 2

Bouchots de
grossissement
(1er type)

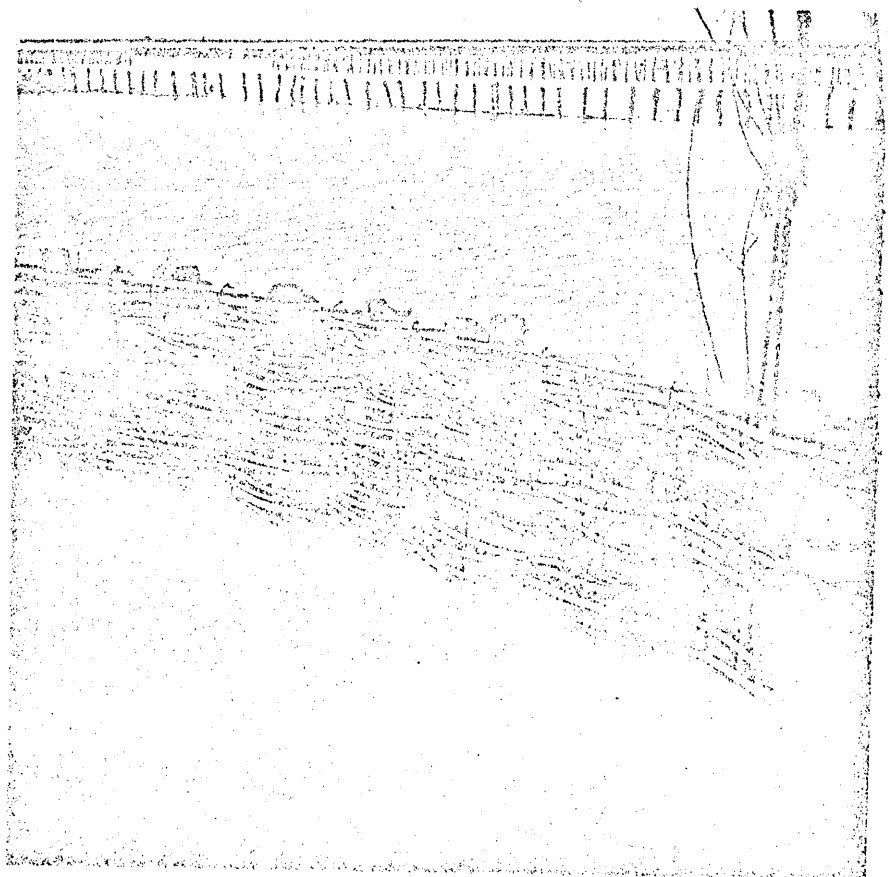


FIGURE 3

Bouchots de grossissement
(2e type)



Cette méthode présente certains avantages : l'accessibilité aisée du produit à travailler, l'accoutumance du produit à l'assec surtout juste avant sa commercialisation ce qui le rend apte à voyager sans pertes, la faible exposition du produit à ses prédateurs. En effet, on dispose à la base de chaque bouchot un collier de plastique qui empêche les crabes et les étoiles de mer de monter.

L'inconvénient principal naît du fait que les animaux sont très fréquemment hors de l'eau et de ce fait se nourrissent peu, ont une croissance et une condition inférieures à ce qu'elles pourraient être. De plus, cette technique demande une main d'oeuvre conséquente.

Les essais de ce type d'élevage qui ont été réalisés en Grande Bretagne n'ont pas été totalement satisfaisants.

RYTHER (1969) indique pour l'élevage sur bouchots des rendements de 5 tonnes de chair / an / hectare, soit en poids brut 10 T/ ha / an.

BARDACH ET RYTHER (1972) indiquent des rendements au Mont St Michel de 4,5 tonnes brutes / an / hectare.

La production des bouchots français est de 35.000 tonnes.

2°/ La méthode dite "à plat" est pratiquée au Danemark, en Allemagne Fédérale et surtout en Hollande.

Le naissain est récolté sur des lieux naturels de fixation où la croissance est mauvaise. Il est ressemé dans des zones favorables puis récolté lorsqu'il a atteint une taille marchande.

Jusqu'en 1950, la Zélande (delta de la Meuse et de l'Escaut réunis) produisait 80 à 90.000 tonnes. Une infestation de Mytilicola fit chuter la production de 70 %. Les centres d'élevage se déplacèrent dans le Waddezee (Frise hollandaise) où l'infestation est limitée.

Au printemps, le naissain se dépose en bancs sur les "flats", parties vaseuses ou sableuses plates découvrant à chaque marée et formant les berges de chenaux. Ces "flats" font partie du domaine public.

Le ressemis est fait sur des parcs situés dans les chenaux. Le marnage, de 1,5 m, assure un bon renouvellement d'eau. Celle-ci est naturellement riche. Les écarts thermiques saisonniers sont amplifiés de 3 ou 4° par rapport à ceux de la Mer du Nord. Une dessalure de quelques degrés pour mille par rapport à la mer intervient de temps en temps. Les parcs sont disposés perpendiculairement à l'axe du chenal. Ils ont 5 à 10 hectares de superficie et sont concédés par le gouvernement.

La récolte du naissain sur les "flats" se fait à l'automne ou au printemps suivant, à une taille de 1 à 2,5 cm. On sème à raison de 30 T / ha. Les meilleurs fonds donnent des moules marchandes 2 saisons après, les autres en 3.

Au cours de leur élevage, elles sont redraguées et ressemées plusieurs fois tant pour les éclaircir que pour contrôler les prédateurs notamment les étoiles de mer qui peuvent occasionner de grosses pertes.

Les moules élevés de cette façon sont constamment dans leur milieu nourricier et en profitent pleinement. De plus, les grandes surfaces traitées ont permis une mécanisation dès à présent assez poussée (Fig. 4).

Néanmoins, un travail de désenvasement régulier est nécessaire car la moule dépose énormément. De plus, les prédateurs doivent être contrôlés en permanence. Les rendements obtenus sont de 24 à 50 tonne brutes / ha / an selon WAUGH.

La production hollandaise, entièrement tributaire de cette méthode, est supérieure à 100.000 tonnes / an.

3°/ L'élevage sur cordes suspendues présente deux variantes :

a - sur table fixe

Il est ainsi pratiqué par la plupart des pays d'Europe méditerranéenne : France, Espagne, Italie, Yougoslavie.

Il s'agit d'un bâti de poutres de bois ou d'acier enfoncé dans le fond et émergeant de 1 à 2 mètres de l'eau. Le bâti supporte des cordes sur lesquelles sont fixées les moules. Les moules sont disposées en gaine autour de la corde et maintenues par un filet peu résistant qui disparaîtra lorsque les moules seront de nouveau fixées par leur byssus. Des éclaircis-

FIGURE 4

Dutch mussel boat
and dredges.

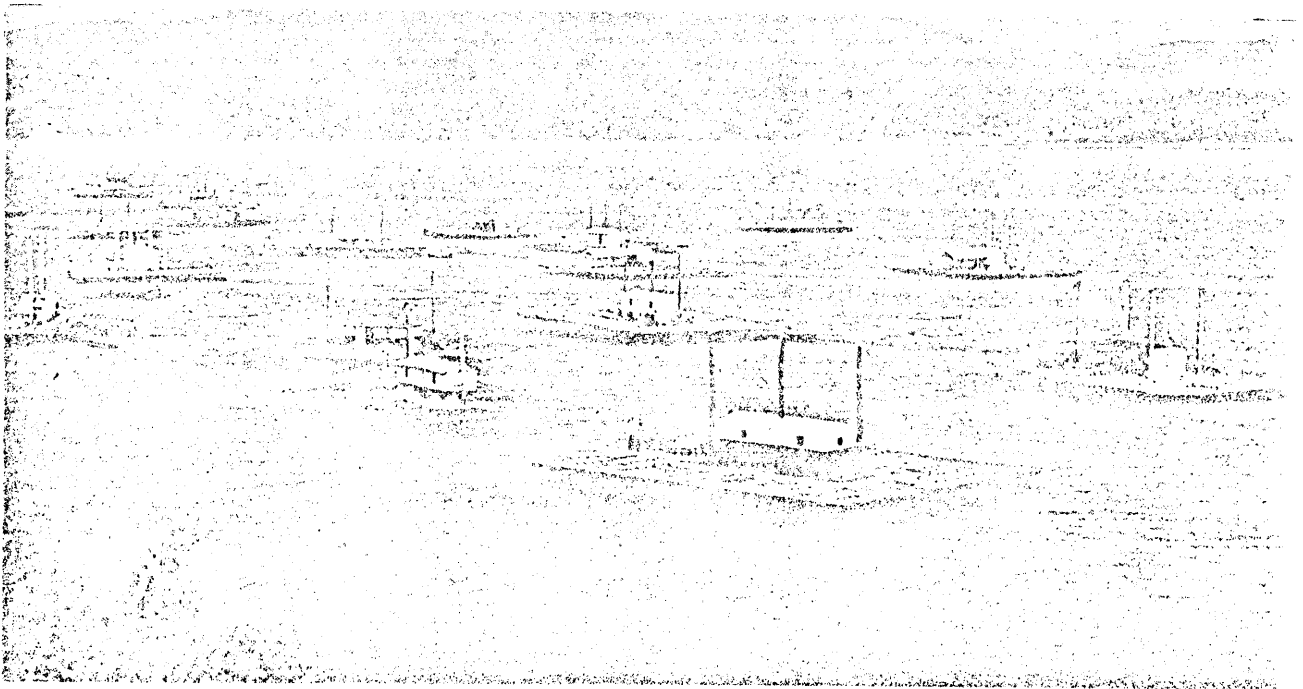
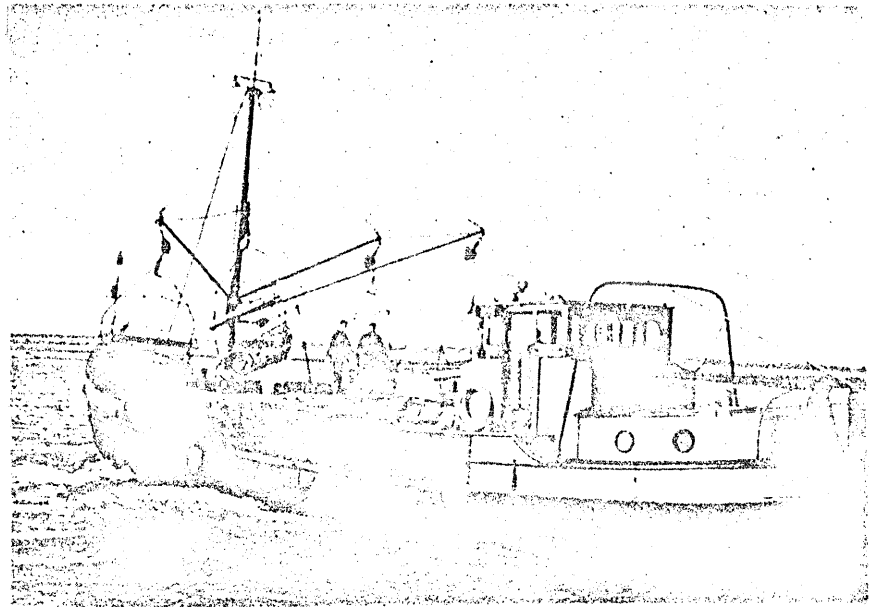


FIGURE 5 - Rafts in the Ria de Vigo

sements sont là aussi nécessaires au fur et à mesure de la croissance.

Deux cas se présentent :

- soit le naissain provient du captage et est mis à la pousse précocement (Naples, Toulon, Yougoslavie ...). Des tailles de 6 à 7 cm sont atteintes en 15 mois à 2 ans à Toulon.
- soit le naissain mis à la pousse a déjà pris une bonne taille (2 à 4 cm) dans la nature avant d'être à proprement parler élevé. C'est pratiqué dans le lac Fusaro en Italie et à l'étang de Thau. A Fusaro, du naissain de 6 mois mis à la pousse est récolté 9 mois après. A Thau, du naissain naturel (de la "graine" ou "demi-moule") de 3 à 4 cm, agé d'un an sans doute, arriverait à sa taille marchande en 4 à 5 mois de corde.

b - sur radeau

C'est une méthode démarquée de l'ostréiculture japonaise. Elle s'est développée très rapidement en Espagne, dans les rias de Galice précisément, depuis la fin de la dernière guerre. L'Espagne a ainsi conquis le premier rang mondial en mytiliculture (Fig. 5). Le principe de la méthode est analogue au précédent. Les cordes chargées de moules sont suspendues à un bâti de bois, mais celui-ci est flottant et ancré. Il évite à la marée. Les dimensions sont en général de 400 m² pour 500 ou 600 cordes. La longueur des cordes varie de 3 à 10 mètres selon le fond. Elles ne doivent jamais le toucher.

La ponte principale a lieu en Mai. Le naissain se fixe sur les cordes. Au mois d'Octobre, elles atteignent 3 à 4 cm, on commence à les démarrier. Un an plus tard, les moules auront 7,5 à 9 cm et seront récoltées et vendues. Une ponte secondaire a lieu en automne. Ce naissain se fixe sur les rochers. Il est récolté au printemps à 1 cm de long et donnera, 15 mois après, un produit marchand.

Dans les rias espagnols de Galice, les conditions du milieu sont spécialement favorables. Une forte productivité phytoplanctonique est associée à des fortes températures : de 9 à 21 °C.

Les systèmes à cordes permettent d'exploiter la totalité de la tranche d'eau et de profiter au maximum du renouvellement de nourriture par le courant. Les moules sont à l'abri des prédateurs. Mais les investissements sont assez conséquents et le système demande du travail.

Les rendements atteints sont très élevés. Un radeau espagnol de 600 cordes produit environ 50 à 60 T brutes / an. On compte une charge de 10 radeaux / hectare, soit 500 T / ha. Il faut dire que le milieu des rias espagnols est particulièrement riche. Les rendements atteints à Thau sont inférieurs : de l'ordre de 50 T brutes / an pour des tables de 1000 cordes. La production française en Méditerranée atteint 12.000 tonnes. La production espagnole atteint 150.000 tonnes dont 94 % sous radeau.

Cette méthode a été essayée par l'Office des Pêches autour de 1960 sur la côte atlantique française, sans succès semble-t-il. Les rendements obtenus étaient substantiellement inférieurs à ceux de Galice (cf. Marteil, Brienne). Des essais ont également eu lieu en 1969 dans un loch écossais. La croissance était lente.

4°/ Si l'on compare les rendements et les tonnages obtenus avec les différentes méthodes d'élevage, on obtient le tableau suivant :

PAYS	METHODE DOMINANTE	RENDEMENTS	TONNAGE TOTAL DU PAYS
FRANCE	Bouchots	5 à 10 T/Ha	47.000 T
HOLLANDE	A plat	24 à 50 T/Ha	100.000 T
ESPAGNE	Sur radeau	600 T / Ha	150.000 T

* Les chiffres donnés ici sont indicatifs.

Si l'on compare les vitesses de croissance dans les différentes régions on obtient le graphique représenté sur le schéma N° 2.

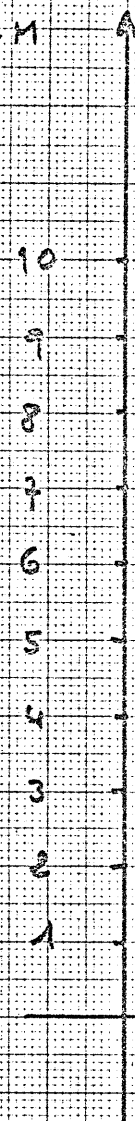
Il est difficile de cerner ce qui revient à la méthode et ce qui revient aux conditions du milieu dans les différences de rapidité de croissance. La même remarque peut être faite à propos des rendements. Néanmoins, il est très probable que le méthode de suspension sous radeaux est la meilleure quant au rendement à l'unité de surface. Cela recoupe d'ailleurs les résultats que l'on obtient à propos des rendements en ostréiculture. Les meilleurs chiffres sont obtenus avec des cultures suspendues : 20 - 25 T / Ha pour l'huître japonaise sous radeaux ou sous "long-line".

Les perspectives de développement de la mytiliculture peuvent s'inscrire dans deux contextes différents :

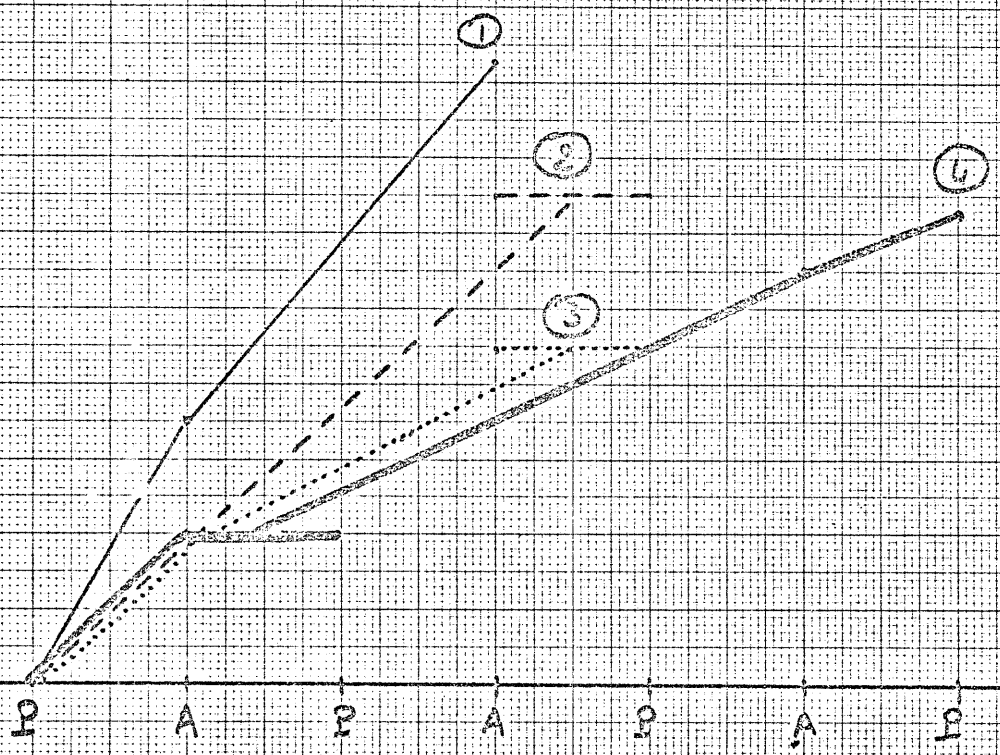
- soit dans celui d'une consommation humaine directe, à l'état frais ou en conserve,
- soit dans celui d'une source de protéine à bon marché susceptible de couvrir les besoins alimentaires futurs des élevages aquicoles ou dans celui d'un concentré protéinique consommable par l'homme.

SCHEMA N° 2

TAILLE CM



- ① GALICE (Radcau)
- ② MÉDITERRANÉE (Table)
- ③ ATLANTIQUE (Bouchot)
- ④ HOLLANDE (A plat)



P = Printemps
A = Automne

D - MOULE = SOURCE DE PROTEINES = ALIMENT FOURRAGE

C'est une question qui a été abordée par JOYNER & SPINELLI. Les essais de farine qu'ils ont réalisés ont donné un produit sec contenant 70 % de protéines sans mauvais goût, avec un rendement de 7 % par rapport au poids brut. Il convient de replacer ces données dans leur contexte économique général.

Les farines de poissons ont une teneur en protéines de 65 à 70 %. Les concentrés protéiniques actuellement sur le marché ont des taux protéiniques de l'ordre de 80 %.

- Composition du "concentré protéinique de moule" -

Test or component	Test value or concentration
Protein efficiency ratio (*) 3,6
Protein	70,0 %
Ash	12,0 %
Lipid	0,2 %
Carbohydrate (glycogen)	15,0 %
Fluoride	5 p.p.m.

Le produit obtenu par Joyner & Spinelli serait donc à rapprocher plutôt des farines (cf. tableau ci-contre). Celles-ci ont un prix de gros d'environ 2,50 F /Kg.

(*) $\frac{\text{Poids frais acquis}}{\text{Poids d'ingéré protéique}}$

Considérant que le rendement $\frac{\text{farine de moule}}{\text{moule brute}}$ est de 7 % et que le prix

de gros de la moule est de 1,40 F, on obtient une composante matière première de 20 F dans chaque Kg de farine de moule. A cela viennent s'ajouter les coûts de fabrication qu'on peut estimer approximativement semblables à ceux des autres farines, ou concentrés, et que nous négligerons ici dans les comparaisons.

Pour devenir compétitive, la farine de moule devrait donc être fabriquée à partir d'un kilo de moule vendu à 0,17 ou 0,18 F soit 8 fois moins cher que le coût actuel.

Lors du récent développement de la mytiliculture galicienne, les tonnages sont passés de 65.000 tonnes en 1962 à 150.000 tonnes en 1968. Dans le même temps, les prix ont été divisés par deux. Une multiplication par 2,30 des tonnages a réduit les prix de moitié.

Le marché est d'ailleurs fortement demandeur. Le point d'étranglement réside surtout dans les espaces disponibles pour l'élevage dans nos régions. (Bardach et Ryther).

La disparité entre le prix de la protéine - farine de poisson (ainsi que celui des protéines - pétrole qui s'implante dans le marché à 3 ou 4 F / Kg) et celui de la protéine - farine de moule est très forte. Les éléments que nous possédons ne laissent pas prévoir une évolution favorable à la moule dans la comparaison.

Si, néanmoins, des essais d'alimentation à base de farine de moule devaient être faits, le Danemark fabrique ou a fabriqué de la farine de moule.

La question pourrait se poser en termes plus positifs dans des régions chaudes tropicales et équatoriales par exemple, où la main d'oeuvre est meilleur marché qu'en Europe Occidentale, où de la place est encore disponible, où des déficits alimentaires existent, en travaillant éventuellement des espèces différentes de Mytilus edulis.

E - MOULE : CONSOMMATION HUMAINE SOUS FORME ENTIERE

Le développement de la mytiliculture peut aussi se concevoir dans le simple but d'augmenter les tonnages produits pour la consommation traditionnelle. Nous venons de voir que le marché est demandeur. Il l'est spécialement en France où le commerce extérieur de la moule est purement importateur. En plus de sa production propre, la France importe pour sa consommation 40.000 tonnes de moules de Hollande et 7.000 tonnes d'Espagne (FAO - 1972). D'autres auteurs indiquent 30.000 tonnes en provenance de l'Espagne. Quoiqu'il en soit, le commerce extérieur français est déficitaire et, à 1,40 F / Kg, cela représente 66 millions de francs.

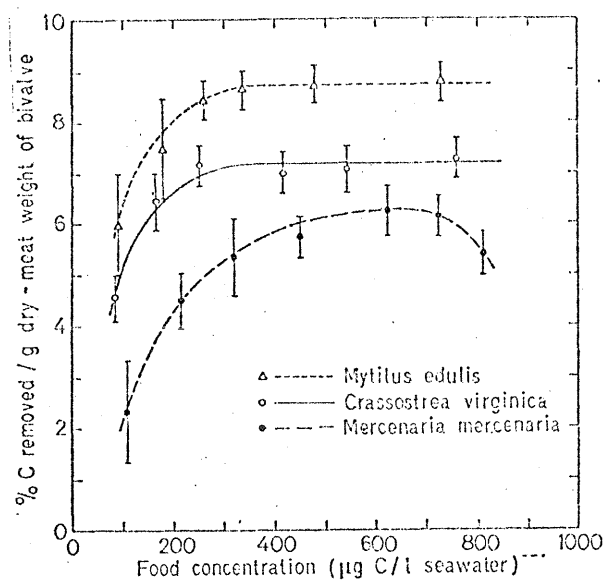
La technique mytilicole la plus apte à un développement est sans doute la suspension sous radeaux.

Au cas où des résultats plus favorables que ceux de l'Office des Pêches seraient désirés, cette technique requerrait des sites présentant les caractéristiques suivantes : forte productivité phytoplanctonique, pollution chimique très limitée, abri de la houle, existence de courants, température assez haute surtout en hiver, profondeur supérieure à 3 mètres au moins.

Cet ensemble de conditions se trouve réuni à des degrés divers dans les lacs et étangs lagunaires de la France méditerranéenne, Corse comprise, et dans les estuaires et rias des rivières atlantiques et manchaises (abers et rade de Brest en particulier). Ces sites sont en général déjà exploités, soit en mytiliculture suspendue (France méditerranéenne) soit en ostréiculture. Il semble que la disponibilité des terrains à priori favorables soit donc restreinte. Les possibilités de cohabitation entre mytiliculture et ostréiculture pourraient être sondées. La prudence serait de règle en la matière, car la moule, filtreur très puissant, risquerait de surclasser l'huître en la privant de nourriture et en l'ensasant à la fois.

F - MOULE : ORGANE DE TRANSFERT D'UN NIVEAU TROPHIQUE A L'AUTRE

C'est un fait établi que la moule a la capacité de pompage et de filtration la plus importante parmi les bivalves filtreurs d'importance commerciale, à égalité de poids de chair. Tenore et Dunstan l'ont confirmé par des études précises. (Voir schéma ci-dessous);



Mytilus edulis, *Crassostrea virginica*, and *Mercenaria mercenaria*. Mean \pm 1 standard deviation of feeding rate (% C removed/g dry-meat weight of bivalve) of mussel, oyster, and clam at different levels of food concentration

Son taux de biodéposition (excrétion fèces et pseudo fèces) est aussi le plus élevé comparé à celui du clam ou de l'huître creuse.

De ce point de vue, l'étude de la moule présente un réel intérêt en tant que maillon de la chaîne alimentaire, possédant certaines caractéristiques accusées comme celles dont nous venons de parler. Sa robustesse est un atout de plus pour en faire un animal d'expérience.

Sur le plan de son rendement en tant qu'agent de transformation du phytoplancton en chair, la moule n'est pas bien placée. Le clam, suivi de l'huître creuse l'emporte (cf. Tenore, Goldman et Clarner).

(Cf. tableau ci-après)

Data on the growth, feeding, and efficiencies of the mussel, oyster and clam grown in large experimental tanks from 29th June to 14th September, 1972.

	<i>Mytilus edulis</i>	<i>Crassostrea virginica</i>	<i>Merccenaria mercenaria</i>
Number of animals	600	500	300
Number dead	34	18	2
Growth measurements:			
initial average length (cm)	3.23	4.83	4.26
final average length (cm)	3.75	5.60	4.44
initial average dry meat weight (g)	0.2584	0.4254	0.7366
initial total dry meat weight (g)	155.04	212.70	220.98
% carbon	40.56	43.27	42.55
initial total carbon (g)	67.09	86.27	94.03
final average dry meat wt increase (g)	0.1144	0.2513	0.4240
final total dry meat wt increase (g)	68.640	125.650	127.200
final total carbon increase (g)	29.701	50.964	54.124
Average incoming food ($\mu\text{g C/l}$)	535	595	575
Total feeding rate (% C removed by total animals)	82.1	73.8	63.8
Feeding rate (average $\mu\text{g C/l}$ removed per g C of animal ¹)	5.3575	3.9283	3.0308
Total available food (g/C of sea water + culture)	361.33	375.62	358.15
Total food filtered by animals (g/C)	296.65	277.21	228.50
→ Gross ecological efficiency (%) ²	10.01	18.38	23.69
→ Gross food chain efficiency (%) ³	8.22	13.56	15.12

¹ Average total weight of animals (clam = 121.09 g; oyster = 111.95 g; mussel = 81.94 g) calculated by averaging initial and final total weights.

² Gross ecological efficiency = net production of bivalve/food filtered.

³ Food chain efficiency = net production of bivalve/food supplied.

Le clam, introduit par petites quantités dans certains estuaires français semble, pour des raisons qui restent à déterminer, végéter plutôt que s'étendre. L'huître américaine est assez semblable à l'huître japonaise que nous connaissons depuis peu en France. Elle y a pris en peu de temps une place plus importante que l'était celle de la portugaise. La crise actuelle de l'huître plate l'y aide d'ailleurs.

Si l'on essaye d'illustrer ces notions de charges à l'hectare, de prix, de flux, de rendements énergétiques entre niveaux primaire et secondaire, on peut comparer le transfert et la transformation dont il est question à un tonnage donné de pétrole brut que l'on veut raffiner.

A cet effet, on dispose de trois possibilités :

- la première, la moule, est une vieille raffinerie de capacité importante (5,3) ayant un mauvais rendement pondéral (8,2 %), sortant seulement du fuel lourd de bas prix (1,40 F/Kg). Elle a cependant l'avantage d'occuper très peu de surface au sol (500 T/Ha).

- la deuxième, l'huitre creuse, est une raffinerie plus moderne, de capacité un peu inférieure (3,9). Son rendement est bien meilleur (13,5 %), elle sort de l'essence ordinaire (4 à 10 F / Kg). Elle occupe une surface plus grande.
- la troisième raffinerie, le clam, est ultra moderne, de petite capacité (3,0). Son rendement est presque optimum (15,1 %). Elle ne sort que des produits très raffinés se vendant cher (les clams se vendent à la pièce). Elle est étendue (charge maxima des clams en chair / Ha : inconnue mais assimilable aux huîtres à plat = 5 T / Ha). Cf. Schéma N° 3.

En poussant la comparaison, on peut remarquer que plus le produit est raffiné, plus la part d' "emballage" dans le produit livré est forte.

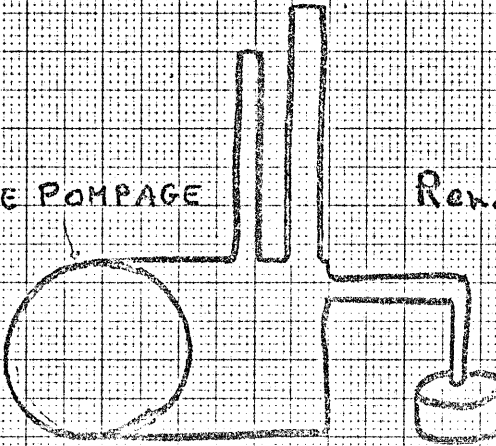
Animal	<u>Poids de la coquille</u> Poids total
Moule	50 %
Huitre japonaise	84 %
Clam	Inconnu, mais à l'évidence important.

Moule

TAUX DE POMPAGE

5,3

Rendement énergétique = 8,2%



= 1,40 F/kg brut

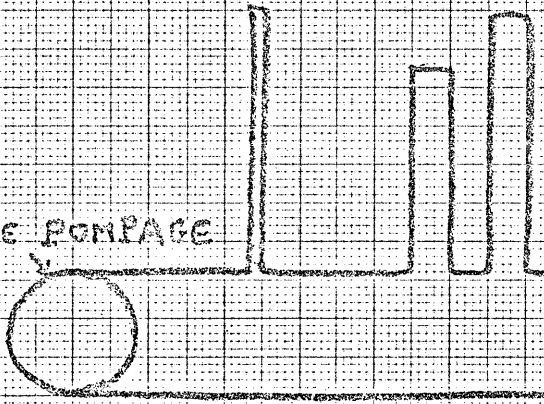
Production annuelle / unité de surface = 500 T/ha

Huitre

TAUX DE POMPAGE

3,9

Rendement énergétique = 13,5%



4 F/kg brut

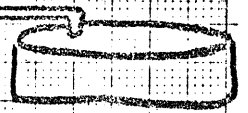
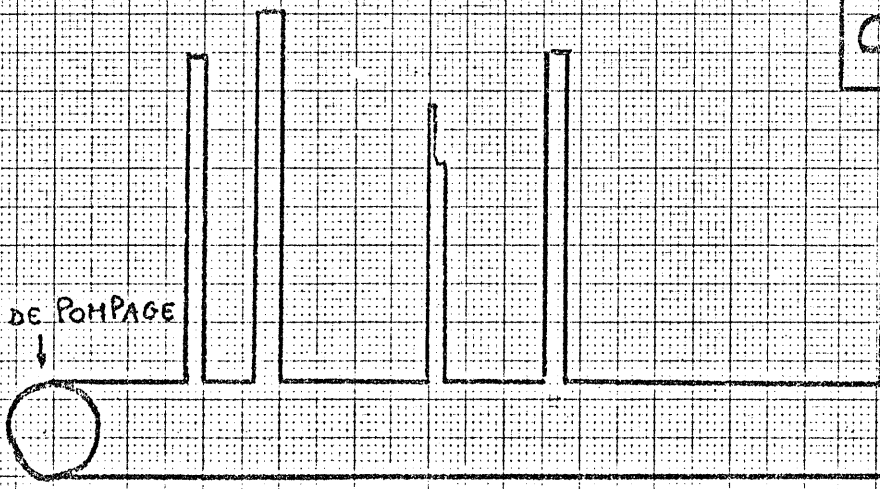
Production annuelle / unité de surface = 25 T/ha

CLAM

TAUX DE POMPAGE

3,0

Rendement énergétique = 15,1%



Production annuelle / unité de surface = 5 T/ha

Prix élevé

G - C O N C L U S I O N

Le développement de la mytiliculture en France est concevable dans l'optique de la consommation en entier, à condition de trouver des terrains disponibles et probablement de réduire les coûts de production.

Si le but poursuivi est de faire de la moule une source de protéine à bas prix, il est possible que des perspectives dans les pays en voie de développement soient découvertes après une étude particulière.

La rusticité et le fort appétit de l'animal en font un sujet d'expérimentation valable dans un système écologique pilote de type Ecotron.

M. MERCERON

Octobre 1974

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

- BARDACH (J.E.) RYTHER (J.H.) Mac LARNEY (W.O.) 1972
Aquaculture . The farming and husbandry of freshwater and marine organisms.
Wiley Interscience, N.Y., 868 p.
- BRIENNE (H.) 1960
Essai de cultures de moules sur cordes dans le pertuis breton
Science et Pêche, N° 83 - 84, 4p.
- F A O Yearbook of fishery statistics 1972
- JOYNER (T.) SPINELLI (J.) 1969
Mussels : a potential source of high quality protein
Comm. Fish. Rev., Aug - Sept. 1969, p 31-35
- LAMBERT (L.) 1939
La moule et la mytiliculture
A. Guillot, Versailles, 55 p.
- MARTEIL (L.) 1961
Un essai de culture de moules sur cordes en Loire-Atlantique de 1959 à 1961
Science et Pêche, N° 94, 5 p.
- MASON (J.) 1972
The cultivation of the European mussel, Mytilus edulis Linnaeus
Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., Vol. 10, p 437

- RYTHER (J.H.) 1969
The potential of the estuary for shellfish production
Proc. Nat. Shellf. Assoc., Vol. 59, p 18 - 22
- TENORE (K.R.) DUNSTAN (W.M.) 1973
Comparison of feeding and biodeposition of three bivalves at different
food levels.
Mar. Biol., Vol. 21, p 190 - 195
- TENORE (K.R.) GOLDMAN (J.C.) CLARNER (J.P.) 1973
The food chain dynamics of the oyster, clam and mussel in an aquaculture
food chain.
J. Exp. Mar. Biol. Ecol., Vol. 12, p 157 - 165
- WAUGH (G.D.) 1966
A crop from the sea
Geogr. Mag., Lond., Vol. 39, p 263 - 267
-