



Cl. Doe
aquaculture
1976

FAO TECHNICAL CONFERENCE ON AQUACULTURE
CONFERENCE TECHNIQUE DE LA FAO SUR L'AQUICULTURE
CONFERENCIA TECNICA DE LA FAO SOBRE ACUICULTURA

Kyoto, Japan 26 May - 2 June

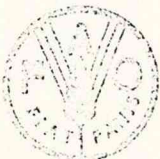
FIR:AQ/Conf/70
February 1976

PROGRES DANS LES TECHNIQUES D'ELEVAGE DES CREVETTES ET LA PRODUCTION DE JUVENILES

par

J. PERROT

Centre National pour l'Exploitation des Océans
39 avenue d'Iéna, 75 016 Paris
France



FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, ROME, ITALY
ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ROME, ITALIE
ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION, ROMA, ITA

881/83145

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1. INTRODUCTION	1
1.1 Orientation du document	1
1.2 Espèces prises en considération	1
1.3 Bases et limites du document	2
2. LES PROBLEMES D'APPROVISIONNEMENT EN JUVENILES	2
2.1 Approvisionnement en juvéniles de pénaeides	2
2.2 Approvisionnement en juvéniles de crevettes d'eau douce	8
3. LES PROBLEMES DE GROSSISSEMENT	9
3.1 Généralités	9
3.2 Grossissement des crevettes pénaeides	10
3.3 Grossissement des crevettes d'eau douce - <u>Macrobrachium rosenbergii</u>	14
4. LES PROBLEMES PATHOLOGIQUES	15
4.1 Pathologie des élevages larvaires	15
4.2 Pathologie du grossissement	15
4.3 Perspectives	16
5. LES PROBLEMES TECHNOLOGIQUES	16
5.1 Choix d'un site	16
5.2 Différents types d'enceintes	17
5.3 Méthodes de récolte	17
6. CONCLUSION	17
7. REFERENCES	18

PROGRES DANS LES TECHNIQUES D'ELEVAGE DES CREVETTES ET LA PRODUCTION DE JUVENILES

Résumé

L'étude fait le point des progrès accomplis ces dernières années dans les techniques d'élevage des crevettes de mer (pénaeides) et de crevettes d'eau douce (Macrobrachium) à l'échelle mondiale.

En ce qui concerne les élevages larvaires de pénaeides à partir de femelles prises dans le milieu naturel, la méthode japonaise en grands volumes avec "bloom" algal est complétée par la méthode américaine de culture séparée d'algues monospécifiques pour une alimentation contrôlée à haute densité. On cherche à disposer d'une alimentation artificielle appropriée dès les premiers stades larvaires.

La maturation et la ponte de géniteurs captifs a été obtenue pour plusieurs espèces de pénaeides en Polynésie et en France métropolitaine; l'exploration des synergies causales correspondantes est en cours. Les élevages larvaires de crevettes d'eau douce ne posent plus de problèmes de principe, mais doivent être optimisés.

FIR:AO/Conf/76/R.12

Pour les crevettes de mer, les techniques de grossissement semi-intensif, déjà opérationnelles en alimentation naturelle, ont bénéficié de la mise au point d'aliments composés, à partir des recherches de base sur les besoins nutritionnels des espèces concernées. Dans la conduite des élevages de cette nature, dont les facteurs principaux d'environnement sont maintenant bien connus, l'importance tenue par le sédiment a été mise en évidence. Par ailleurs, d'intéressantes recherches sont en cours au Japon et aux Etats-Unis sur le grossissement intensif. Le grossissement des crevettes d'eau douce n'entraîne pas de difficultés fondamentales mise à part la très grande hétérogénéité de la croissance.

Les problèmes pathologiques principaux des crevettes concernent à l'heure actuelle surtout les élevages larvaires et post-larvaires. L'identification des agents pathogènes a beaucoup progressé.

La technologie des élevages semi-intensifs en bassins on terre de petites dimensions (inférieurs à 10 ha) donne des résultats homogènes, à rendements limités (3 tonnes/ha par cycle). La technologie d'élevage intensif est encore au stade des recherches.

En conclusion, les progrès accomplis récemment, notamment en généralisant la possibilité de l'élevage, devraient entraîner une nouvelle phase de développement, en particulier dans les pays tropicaux.

PROGRESS IN SERIMP CULTURE TECHNIQUES AND THE PRODUCTION OF JUVENILES

Abstract

The study sums up the progress achieved during the last few years in culture techniques of saltwater shrimps (penaeids) and freshwater shrimps (Macrobrachium) on a worldwide scale.

As far as the culture of penaeid larvae from females caught in the natural environment is concerned, the Japanese method of large quantities of algae "bloom" is supplemented by the American method of separate culture of monospecific algae for controlled feeding at high densities. An attempt is being made to provide for suitable artificial feeding from the first larval stage.

The maturation and the deposition of spawn from captive broodstock has been obtained for several species of penaeids in Polynesia and in metropolitan France; the exploration of corresponding causal synergies is under way. The culture of larvae of freshwater shrimps no longer causes any fundamental problems but should be optimized.

For saltwater shrimps, the technique of semi-intensive fattening, already operational in natural feeding, have benefited from the development of blended foods, from basic research on the nutritional needs of the species concerned. In this type of shrimp culture, where the main environmental factors are well known, the importance of sediment has been clearly demonstrated. Interesting research is under way in Japan and the United States on intensi-

PROGR

Extracto

En el estudio (penaeidos) y camar

Por lo que a su ambiente natural se completa con el mentar a los camar alimentación artificial

En Polinesia y progenitores en cam la puesta; se están dulce no plantea pro

Por lo que se re ya utilizadas con ali alimentos compuestos necesidades nutriciona los sedimentos en este actualidad suficientem investigaciones interes agua dulce no plantea d crecimiento.

En la cría de camar de fases larvales y post mucho.

La cría semi-intensi obtener resultados homogér tecnología de cría intensi

En conclusión, los pro bilidades de la cría de cam en especial en los países t

1. INTRODUCTION

Le présent document a pour objet de faire le point des techniques actuelles d'élevage des crevettes dans le monde, en essayant de dégager les traits essentiels d'un nombre considérable d'informations dont on va s'efforcer d'effectuer une synthèse critique.

Mais avant d'aborder les principaux problèmes que nous aurons à considérer, nous aimerions présenter trois séries d'observations servant à mieux situer les développements ultérieurs.

1.1 Orientation du document

La première observation concerne l'orientation de ce travail. Le but visé, en accord avec les objectifs de la conférence, est de fournir aux participants - qu'ils soient fermiers, industriels, chercheurs, techniciens ou administrateurs - un document exploitable par tous. Pour qu'il en soit ainsi, on s'est efforcé de donner aux questions traitées l'importance respective qu'elles méritent dans la seule perspective de déboucher sur des élevages économiquement rentables, et capables de progrès. Les points de vue scientifique ou technique sont par conséquent subordonnés à une vision qui les dépasse, en les englobant. Il est en effet relativement aisé de réaliser la presque totalité du cycle biologique de la crevette, de quelque espèce que ce soit, dans les conditions du laboratoire; il l'est déjà moins de le faire sur le terrain à des dimensions significatives; il l'est encore moins d'ordonner et d'optimiser à ce niveau les différents facteurs pour en faire, non plus un objet de recherche, mais une activité économique susceptible de développement. C'est pourquoi nous n'omettrons pas d'indiquer soigneusement dans la suite de ce papier les dimensions et l'environnement des résultats obtenus en essayant de les classer en trois grandes catégories correspondant elles-mêmes à trois types d'installations assez aisément différenciables: recherche en laboratoire, expérimentations de terrain dans des installations pilotes, enfin fermes commerciales^{1/}.

1.2 Espèces prises en considération

La seconde observation a pour but de préciser les espèces prises en considération. Historiquement l'élevage des crevettes de mer s'est développé dans la zone indo-pacifique où il est pratiqué depuis de nombreuses années (Bardach, Ryther et McLarney, 1972) selon des modalités simples; il a été entrepris au Japon avec un support scientifique et technique de grande qualité permettant d'atteindre un haut degré de contrôle et des rendements prometteurs (Fujinaga, 1969; Shigueno, 1972). Dans les deux cas, les espèces cultivées, dominantes dans le milieu naturel, ont été des crevettes pénaécides: Penaeus monodon aux Philippines, P. japonicus au Japon essentiellement. Compte tenu des caractéristiques très favorables des pénaécides pour l'élevage (croissance rapide, haute fécondité, bonne résistance générale aux variations de l'environnement, enfin très bon accueil du marché), l'effort principal d'aquiculture de la crevette est actuellement axé sur ce groupe. Outre P. monodon et P. japonicus déjà cités les pénaécides faisant l'objet des principales recherches ou expérimentations sont surtout P. aztecus, P. setiferus, P. duorarum et P. vannamei dans le Golfe du Mexique, P. brasiliensis au Brésil, P. orientalis en Corée, P. merguensis, P. semisulcatus dans la zone Pacifique, P. kerathurus en Atlantique ouest et Méditerranée, P. indicus dans l'Océan Indien. La plupart de ces espèces s'enfouissent dans le sédiment, certaines à un degré moindre comme P. merguensis, cependant toutes sont suffisamment proches du point de vue des exigences physiologiques pour que les techniques d'élevage comprennent un domaine commun assez étendu. Les pénaécides sont des crevettes d'eaux chaudes. Dans le but de disposer d'espèces pouvant être élevées à l'extérieur en eaux froides ou tempérées, certains travaux ont été conduits, en Angleterre, en France et au Japon, sur plusieurs caridées d'eau de mer en particulier Palaemon serratus, Pandalus platyceros et Pandalus borealis. Nous n'y ferons référence qu'à titre secondaire, un certain nombre d'obstacles rendant les perspectives d'élevage de ces espèces assez peu favorables, au moins dans l'avenir immédiat. Par contre elles ont servi de matériel de travail pour mettre au point certaines techniques en particulier en matière de synchronisme des pontes et d'élevage larvaire.

^{1/} Le fait que dans la plupart des cas on suive cette séquence dans cet ordre montre à l'évidence que nous ne sommes qu'au tout début de l'histoire de l'élevage des crevettes. Le principe suivant lequel c'est au terrain à commander la nature et la hiérarchie des recherches n'est pas encore applicable

Un intérêt considérable est porté depuis quelques années en zone tropicale aux crevettes d'eau douce, Macrobrachium, très appréciées par les populations d'Océanie et d'Amérique du Sud en particulier où plusieurs espèces existent dans le milieu naturel. Leur élevage a largement bénéficié des travaux effectués sur les pénaïdes, spécialement en ce qui concerne la reproduction, si bien qu'il apparaît actuellement très prometteur au moins dans un certain cadre que nous essayerons de préciser.

En définitive, dans la suite de ce travail, il s'agira essentiellement de mettre en évidence les progrès des techniques se rapportant d'une part à la culture des pénaïdes, en ce qui concerne les crevettes de mer, d'autre part à celle des Macrobrachium pour les crevettes d'eau douce. Le fait que l'on ait choisi de présenter les problèmes correspondants d'après leur nature (reproduction, grossissement, pathologie, etc.) conduira du même coup à mettre en évidence sous chaque rubrique les similitudes et les différences.

1.3 Bases et limites du document

La dernière remarque de cette introduction est pour signaler les bases et les limites de notre travail. En ce qui concerne la connaissance des faits et des techniques, comme celle des recherches et expérimentations en cours dans le monde entier, nous sommes redevables à tous ceux qui ont bien voulu répondre à notre appel et actualiser considérablement la documentation dont nous disposions. Qu'ils soient ici très vivement remerciés, même si la nécessité de faire "bref" nous conduit dans le corps du texte à réduire les références au strict indispensable. D'un autre côté, l'expérience concrète des problèmes et des difficultés de chaque jour, et si je puis dire, la philosophie de l'élevage en résultant, qui synthétise au sein du CEMEX huit d'années de travail. Elle vient directement du suivi méthodique de recherches et expérimentations de terrain effectuées tant en France (Centre Océanologique de Bretagne et Station de développement de l'Aquaculture de Maguelone en Méditerranée) qu'en zone tropicale (Centre Océanologique du Pacifique à Tahiti, Station d'expérimentation de Saint-Vincent en Nouvelle-Calédonie, station d'expérimentation de Mana en Guyane Française) sur une dizaine d'espèces de pénaïdes et sur deux caridées: Palaeomon serratus en France, Macrobrachium rosenbergii à Tahiti. Sous cet éclairage, la présente synthèse est celle d'une équipe, chercheurs ingénieurs et techniciens eux-mêmes bien insérés dans un tissu de coopération internationale et d'aide mutuelle qui valorise heureusement les travaux accomplis.

2. LES PROBLEMES D'APPROVISIONNEMENT EN JUVENILES

La base de tout élevage est de disposer d'un approvisionnement en juvéniles en quantité voulue, de qualité voulue, au moment voulu. Les moyens d'approvisionnement employés jusqu'ici, pour les crevettes comme d'ailleurs pour les autres espèces marines cultivées, ont comporté par ordre de technicité croissante:

- la capture de juvéniles dans le milieu naturel.
- la production de post-larves à partir de femelles gravides prises dans le milieu naturel.
- la production de post-larves à partir de géniteurs d'élevage.

Nous allons examiner ces différents points, de façon détaillée pour les crevettes de mer et plus succincte pour les crevettes d'eau douce, un certain nombre de techniques étant très voisines.

2.1 Approvisionnement en juvéniles de pénaïdes

2.1.1 Capture dans le milieu naturel

C'est la méthode la plus simple. Elle est utilisée depuis fort longtemps dans la zone indo-pacifique. On peut même souvent à peine parler de capture puisque les jeunes crevettes entrent naturellement dans les estuaires, les étangs côtiers, les mangroves à certaines périodes de l'année, et dans des conditions de marée et de lunaison bien déterminées. Il suffit donc de favoriser cette entrée dans les bassins d'élevage, chaque fois que leur situation et leur agencement le permettent. Dans les autres cas, on pêche les juvéniles à l'aide de filets appropriés.

Cette méthode peut convenir pour des élevages extensifs dans des sites particulièrement favorables. Elle peut aussi être utilisée lorsque l'on désire faire une expérimentation préalable de grossissement avec des espèces locales, avant d'édifier une écloserie. Mais ces limites sont vite atteintes, car elle ne peut répondre aux exigences d'un élevage industriel. D'une part, en effet, les quantités capturées restent aléatoires (à titre d'exemple une expérience répétée deux années de suite en Guyana à l'ouvert du marais de Mana a montré que des pêches systématiques aux mêmes endroits avec les mêmes appareils dans une zone considérée comme particulièrement favorable avaient des rendements qui pouvaient varier de 1 à 30). D'autre part cette pêche est limitée à une certaine période de l'année ce qui conduit à ne pouvoir faire au mieux qu'un cycle de production par an. De plus il n'existe qu'une homogénéité très relative entre les juvéniles capturés qu'il s'agisse de la taille, ou même de l'espèce lorsque plusieurs espèces cohabitent dans le milieu naturel, enfin la date de début d'élevage est impérativement fixée sans qu'elle coïncide forcément avec la période la plus souhaitable.

2.1.2 Production de post-larves à partir de femelles gravides prises dans le milieu naturel

Pour échapper à tout ou partie de ces contraintes, un grand effort de recherche et de technologie appliquées a été déployé d'abord au Japon puis dans un certain nombre de pays pour obtenir les juvéniles nécessaires à partir de la ponte de femelles gravides prises dans le milieu naturel et de l'élevage contrôlé des larves. Les premiers succès ont été obtenus par Fujinaga et ses collaborateurs qui ont établi, puis perfectionné une méthode complète d'élevage de *Panopeus japonicus*, et en particulier la production de juvéniles, à partir des années quarante (Fujinaga, 1942).

ramenée à l'essentiel, la méthode est la suivante: les femelles gravides sont obtenues de la pêche commerciale, si possible à partir de chalutages courts. Après tri et vérification du degré de maturité, elles sont introduites dans des bassins de 60-200 m³ où la ponte s'opère naturellement dans l'une des deux nuits qui suivent. Chaque femelle pond plusieurs centaines de millions d'œufs. Les correspondances entre le nombre de femelles, le volume des bassins et la quantité d'œufs à traiter ont été optimisées expérimentalement, en comptant statistiquement sur la ponte d'une femelle sur deux. Après la deuxième nuit, les mâles sont retirés. L'éclosion a lieu une quinzaine d'heures après la ponte. Alors commence l'élevage larvaire. L'eau est de l'eau de mer naturelle, pompée et filtrée, maintenue par chauffage à une température comprise entre 25°C et 30°C avec une salinité proche de 30‰. La densité initiale des larves au stade "nauplius" est au plus de 100/l. La quantité d'eau est augmentée ensuite régulièrement de telle façon que le volume d'élevage ait doublé au dernier stade "mysis". L'aération est assurée de façon permanente. Les larves subsistent sur leurs réserves vitellines pendant les stades "nauplius", mais elles doivent être nourries dès le premier stade "zoé". Le phytoplancton nécessaire leur est fourni en fertilisant l'eau de mer dès après l'éclosion par l'introduction quotidienne de quantités appropriées de sels minéraux qui provoquent un "bloom" d'algues unicellulaires, et ce, jusqu'au dernier stade "mysis" et même selon certaines pratiques, au-delà.

De la première "mysis" jusqu'à la post-larve (P), la nourriture est ensuite composée de "nauplii" d'*Artemia salina*, de rotifères, et plus récemment de soja (soybean cake) mis au point par Hirata (1972). Puis les post-larves auxquelles on donne à partir du 5 ou 6^{ème} jour de la chair de mollusques finement broyée ou une nourriture composée suivant une formule appropriée séjournent encore de 10 à 20 jours dans l'écloserie avant d'être transportées dans des bassins extérieurs pour y commencer leur grossissement, à un poids de l'ordre de la dizaine de mg.

- 1/ Le développement des larves de pénécides passe par les étapes suivantes: nauplius (5 à 6 stades), zoé (3 stades), mysis (3 stades), puis la larve devient post-larve. Le temps nécessaire pour franchir la totalité des étapes larvaires de l'éclosion à la post-larve est de l'ordre d'une dizaine de jours.

FIR:AQ/Conf/76/R.12

L'ensemble du processus, les expériences correspondantes, et les modalités détaillées de conduite des opérations sont exposés dans le récent livre de K. Shiguono, "Shrimp culture in Japan" (Shiguono, 1975). La méthode japonaise a servi de base à tous les travaux ultérieurs et a été utilisée avec succès pour les espèces de pénaécides abordées. Un certain nombre de modifications ont cependant été soit imposées dans certains cas, soit considérées comme des perfectionnements.

Tout d'abord le processus du "bloom" suppose que l'eau de mer dont on se sert contient les souches des algues unicellulaires les plus appropriées et que le développement algal reste satisfaisant sans contrôle possible autre qu'une action de réponse dans un délai incertain à la quantité de sels minéraux, à l'éclairement et au renouvellement partiel de l'eau. Or, selon les régions du monde envisagées, la qualité de l'eau de mer et la composition du phytoplancton varient assez largement si bien que les résultats peuvent être très différents. C'est pourquoi des efforts ont été entrepris, spécialement aux États-Unis, pour intensifier le contrôle de la nourriture algale d'une part, d'autre part, augmenter la densité des élevages larvaires.

L'essentiel de la méthode actuelle a été mis au point par l'équipe de Galveston (Mock et Neal, 1974). Les algues sont cultivées séparément de façon monospécifique dans de l'eau de mer artificielle de composition constante. Le couple algal le plus souvent préparé et distribué est Skattonema costatum - Tetraselmis, mais d'autres sont envisageables (à Tahiti, le COP utilise Phaeodactylum - Tetraselmis). Bien entendu, la culture des algues est conduite en continu de façon telle que le volume total de la production couvre les besoins de la période d'élevage larvaire avec mise en réserve des algues produites en dehors de cette période. Pour cela les algues non immédiatement utilisées sont concentrées et réfrigérées suivant une technique qui s'est généralisée dans tous les laboratoires et écloséries.

Qu'elles soient d'origine fraîche, ou congelées, les algues ne sont introduites dans les bacs d'élevage qu'en fonction des besoins préalablement calculés. L'équipe de Galveston utilise par ailleurs des bacs à fond conique de petite capacité (2 m³) soumis à une aération intense. La possibilité de distribuer de façon absolument rigoureuse une nourriture contrôlée (algues, puis "nauplii" d'Artemia, etc.) permet d'obtenir une densité d'élevage plus grande ainsi qu'un meilleur taux de survie. D'après Mock (1974), le taux de survie de l'oeuf à la post-larve qui oscille entre 10 et 30 pour cent avec la méthode japonaise atteint de 70 à 80 pour cent avec la méthode de Galveston. Les comparaisons ne sont peut-être pas entièrement superposables car l'élevage larvaire s'interrompt à P2-P3 à Galveston tandis qu'il continue jusqu'à P20-P30 généralement au Japon; surtout les dimensions des opérations ne sont pas les mêmes.

La méthode japonaise a le grand mérite de la simplicité et de l'efficacité sur des grands nombres. Des milliards de post-larves ont été produites depuis quinze ans avec une fiabilité satisfaisante. Elle est particulièrement adaptée au contexte local. La méthode de Galveston, avec un rendement meilleur, serait moins coûteuse en investissements mais nécessite une main-d'oeuvre plus qualifiée. Surtout elle est plus générale puisqu'indépendante, en quelque sorte, des conditions locales. En tout état de cause, l'on peut admettre qu'il n'y aurait plus de problèmes techniques majeurs en ce qui concerne les élevages larvaires si les menaces pathologiques étaient surmontées. On examinera celles-ci dans la section correspondante.

Restent bien sûr les problèmes économiques, c'est-à-dire la nécessité d'améliorer encore les techniques afin de les rendre plus fiables, et en quelque sorte plus "banales" pour diminuer les frais d'un personnel spécialisé. Dans cette perspective, plusieurs directions de recherches doivent être suivies. La première est de dépasser à la fois le "bloom" ou la culture sélective d'algues unicellulaires pour disposer d'une alimentation artificielle adaptée. L'utilisation au Japon de poudre de soja (soybean cake) (Hirata, 1972) et les expérimentations sur aliment composé à base de céphalopode vont dans ce sens. Cette recherche rejoint d'ailleurs une recherche plus générale sur les élevages larvaires de crustacés et poissons, et des progrès ont été aussi accomplis en France dans cette direction.

Une seconde direction de recherche est de progresser dans la connaissance fondamentale des besoins alimentaires des différents stades larvaires, et surtout des conditions optima d'environnement. En particulier, à partir du moment où la nourriture est distribuée (Artemia, puis mollusque ou nourriture composée), le nombre des repas et leur intervalle, en conjonction avec l'éclairement, paraissent jouer un rôle important. De même il n'y a encore que peu d'observations, en dehors de considérations globales, sur l'influence de la salinité aux stades larvaires.

Enfin il y a lieu de privilégier les productions importantes pour diminuer les coûts relatifs. Si en effet le transport de femelles gravides lorsqu'il est d'une certaine durée, n'est révélé écoeuvant, ne permettant pas d'alimenter des écloseries trop éloignées des lieux de capture (les décalages du cycle d'éclairement et donc les écarts de longitude paraissent plus ressentis que les écarts de latitude), par contre le transport de post-larves entre P5 et P20 ne présente pas de difficultés particulières. C'est ainsi que des transports de post-larves de P. japonicus (de l'ordre du million de post-larves) sont régulièrement effectués depuis cinq ans entre le Japon et la France avec des durées de transport qui ont pu atteindre quarante heures, et des taux de survie, dans les plus mauvais cas, supérieurs à 50 pour cent.

Il en résulte un intérêt certain à augmenter la taille des écloseries pour les faire desservir le plus grand nombre possible de fermes de grossissement. Cette tendance ne pourra qu'être renforcée lorsque pourront être envisagées les premières mesures de sélection génétique. Notons encore que les exemples cités ne sont pas exhaustifs et que des travaux de valeur concernant les élevages larvaires de différentes espèces de pénaécides ont été effectués depuis déjà un certain nombre d'années en Grande-Bretagne à Conwy et plus récemment au Mexique à l'Université de Puerto Peñasco à Sonora ainsi qu'en Argentine à Mar del Plata, au Brésil à Natal, aux Philippines, etc.

Signalons enfin dans les travaux français, et bien qu'il ne s'agisse pas de pénaécides mais de caridées, qu'au Centre océanologique de Bretagne à Brest une équipe a réussi d'une part à synchroniser, d'autre part à avancer les éclosions d'oeufs de femelles de Palaeomon serratus en cours de développement embryonnaire.

2.1.3 Production de post-larves à partir de péniteurs d'élevage

La production de juvéniles à partir de femelles capturées dans le milieu naturel, acceptable pour des élevages proches des aires de distribution des espèces concernées et des lieux de pêche importants, n'en présente pas moins toute une série d'inconvénients. D'une part, en effet, de tels élevages restent dépendants des périodes de reproduction naturelle des espèces en cause et les programmes peuvent eux-mêmes être perturbés par des conditions météorologiques peu favorables à des chalutages spécialisés. D'autre part on ne peut envisager d'élevages dans des régions où n'existent pas de stocks naturels d'espèces intéressantes, ou pour des espèces non représentées dans ces stocks, enfin, et peut-être surtout, l'approche génétique est impossible bloquant ainsi l'une des voies les plus prometteuses pour l'amélioration de quelque élevage que ce soit.

D'où l'intérêt considérable porté actuellement aux problèmes de maturation et de ponte de crevettes pénaécides en captivité. Dans ce domaine également Fujinaga a été le premier à rendre compte, mais sans grands commentaires, de l'obtention en captivité de plusieurs générations de Penaeus japonicus, et noté une diminution considérable du nombre d'oeufs pondus à chaque génération. Les travaux n'avaient pas été ensuite poursuivis avec insistance au Japon compte tenu de la facilité pour les éleveurs de ce pays à se procurer des femelles matures dans le milieu naturel. Dans la période récente, au contraire, un certain nombre de travaux et d'expérimentations ont été consacrés en divers pays à la résolution de ces problèmes.

Les résultats les plus significatifs, à notre connaissance, ont été obtenus en France, au Centre océanologique de Polynésie (Agnacep, 1974) d'abord, puis à Maguelone sur la Méditerranée, enfin au Centre océanologique de Bretagne pendant l'été 1975 (résultats non encore publiés).

FIR: 10/Conf/76/R.12

On distinguera dans ce qui suit d'une part les observations effectuées en Polynésie et les résultats obtenus, et d'autre part l'étude des facteurs de maturation telle qu'elle a été menée en France. On essaiera d'en tirer ensuite quelques conclusions avant d'aborder le problème génétique.

2.1.3.1 Observations et résultats en Polynésie

En Polynésie, la maturation et la ponte de généiteurs captifs a été obtenue de façon régulière sur Penaeus merguensis à partir de septembre 1973, puis à un moindre degré, le stock de généiteurs étant beaucoup plus réduit, sur quatre autres espèces Metapenaeus ensis, P. semisulcatus, P. japonicus et P. aztecus.

La majorité des maturations a été obtenue dans des bassins circulaires de 12 m³ (profondeur 1 m) à fort renouvellement d'eau par l'intermédiaire d'un fond drainé. La température varie au cours de l'année de 26°C à 29°C, la salinité est pratiquement constante 34 à 35‰, le pH est voisin de 8,2, la durée d'insolation est de 11 heures en période hivernale, et 15 heures en période estivale; 200 à 300 crevettes sont maintenues dans chaque bassin avec un sex ratio 1:1 bien qu'il semble qu'un pourcentage de 25 pour cent de mâles soit suffisant pour obtenir une fécondation régulière.

Sur P. merguensis pour qui environ un millier de pontes ont été obtenues, les maturations s'observent tout au long de l'année pour les femelles de 6 g et plus. La fécondation est réalisée avant tout signe extérieur de maturation. Des critères précis basés sur la croissance et la couleur des ovaires permettent de sélectionner chaque soir les femelles mûres. La ponte a alors lieu dans la nuit ou la nuit suivant l'isolement des animaux. Les premiers bassins étaient recouverts d'une toile ombrée, réduisant de 60 pour cent l'éclairement.

Les crevettes se tenaient tout le jour dans les parties les plus obscures au pied des parois. Une couverture à 90 pour cent a donné des maturations plus nombreuses. Une expérience avec des bassins maintenus complètement à l'ombre pour moitié et à 60 pour cent pour l'autre moitié a montré que les animaux se tenaient toute la journée dans la partie ombragée et que le taux de maturation était élevé.

Les maturations ont été obtenues avec plusieurs types d'aliments:

- granulés fabriqués localement à base de chair de mollusque (troca) et de farine de poisson
- granulés japonais "Shigueno"
- alimentation mixte: granulés - déchets de bonito.

Le nombre d'œufs pondus est très variable, il croît avec la taille, de 3-4 000 œufs pour une femelle de 6 g, 20 000 pour une femelle de 15 g. Dans le milieu naturel, Tama (1967) signale 100 000 œufs pour les plus grosses femelles de cette espèce (50-70 g) qui n'a donc qu'une fécondité moyenne. Les taux d'éclosion se sont situés entre 10 et 60 pour cent. Plus de 500 000 post-larves ont été obtenues et mises en grossissement.

Des maturations et pontes de la quatrième génération en captivité donnent des résultats stables. Sur les autres espèces, les points importants mis en évidence ont été la constatation d'un âge différent selon l'espèce pour la première maturation, et la nécessité de l'ablation d'un pédoncule oculaire pour obtenir la maturation de P. aztecus.

2.1.3.2 Expérimentations en France métropolitaine

En France, dans le cadre d'un contrat CNEKO - Compagnons de Haguelone, une expérience de maturation contrôlée a été entreprise à Haguelone sur les bords de la Méditerranée, à partir de décembre 1973, sur des généiteurs de P. japonicus provenant d'un élevage réalisé l'été 1973 à partir de post-larves importées du Japon. L'expérience a porté sur 320 animaux

répartis en nombre égal dans 4 bassins circulaires de 5 m de diamètre sous une serre en plastique. Le but était de tester l'influence relative de deux remontées photopériodiques de 8 heures à 16 heures, l'une naturelle sur 6 mois, l'autre accélérée sur 3 mois en correspondance avec deux remontées thermiques de 15 à 24°C l'une sur 6 mois et l'autre accélérée sur 3 mois, tous les autres facteurs restant constants.

L'analyse de la vitellogenèse a été réalisée de façon continue par 4 voies complémentaires dont l'analyse microscopique des gonades (laboratoire du Professeur Vernet) et l'analyse des lipoprotéines de l'hémolymphe (laboratoire du Professeur Trille, à la Faculté de Montpellier).

Des maturations ont été obtenues sur les deux programmes testés avec avance de 2 à 3 mois dans le cas de remontées photopériodique et thermopériodique associées. Un certain nombre de pontes ont suivi, les unes naturelles, les autres provoquées par un choc de pression.

L'extension de ces expériences à l'hiver et au printemps 1975 contrariée à Maguelone par un incendie des installations, mais reprise avec succès à Brest au Centre océanologique de Bretagne par A. Leubier a permis d'obtenir selon une séquence entièrement contrôlée du point de vue température, photopériode, environnement et alimentation, des maturations, pontes naturelles et production de post-larves de P. japonicus (cf. communication séparée).

2.1.3.3 Résultats acquis et perspectives

Les progrès accomplis ont bien entendu bénéficié des travaux effectués antérieurement ou simultanément par d'autres équipes, en particulier sur l'induction de la maturation par l'ablation du pédoncule oculaire (Arnstein et Beard, 1975), la détermination de la maturation par la couleur des ovaires (Brown et Patlan, 1975) et la maturation de Panagus californiensis en captivité (Moore et al., 1974). D'ores et déjà l'on peut dire que ce problème difficile de l'obtention de post-larves à partir de géniteurs captifs, considéré comme l'une des clefs de l'extension des élevages de crevettes, est en voie de résolution.

Outre la possibilité effective d'obtenir des maturations contrôlées, suivies de pontes viables, on a mis en évidence les influences, au moins qualitativement appréciables, mais encore non interprétées du point de vue physiologique

- de la photopériode, et de l'intensité lumineuse
- de l'âge et du poids selon les espèces
- de la température et en particulier de la rapidité de la remontée thermique
- d'un antagonisme croissance-reproduction
- de l'évolution différente des géniteurs primipares et des géniteurs multipares.

Beaucoup de travail reste à faire aussi bien dans l'interprétation des premiers résultats et leur détermination quantitative, que pour répondre à beaucoup d'autres questions. Par exemple, à notre connaissance, la charge, la dimension optimum d'un bassin de géniteurs, l'alimentation, les variations de salinité, les conditions d'isolement (bruit en particulier), le renouvellement de l'eau et la profondeur du bassin (pression, etc., n'ont fait l'objet d'aucune évaluation.

Dans ce domaine, comme dans bien d'autres auparavant, il y a lieu maintenant d'utiliser avec une grande rigueur la méthode factorielle, et à partir de la mise en évidence d'une réponse sans défaillance à la variation d'un facteur ou d'une synergie de facteurs, d'essayer de définir les mécanismes biologiques complexes qui sont impliqués. Alors seulement, on pourra disposer de façon fiable de la technologie appropriée.

FIR:AO/Conf/76/R.12

2.1.3.4 Approche génétique

Peu de choses sont à dire à ce sujet, sinon que les travaux de génétique autres que fondamentaux ne pourront prendre leur essor que lorsque la maturation des géniteurs en captivité sera complètement résolue. Cependant on signalera d'une part les recherches effectuées en Angleterre à Lowestoft sur les poissons (Furdon, 1972) dont la méthodologie pourra utilement servir le jour venu, et d'autre part la fertilisation in vitro d'œufs de Panesus astacus obtenue par les laboratoires de Galveston et Houston (Clark et al., 1973). La réussite de cette dernière expérimentation permet en particulier d'envisager ultérieurement l'hybridation des crevettes pénaeïdes.

2.2 Approvisionnement en juvéniles de crevettes d'eau douce

À l'heure actuelle, tous les élevages de crevettes d'eau douce concernant pratiquement la crevette d'eau douce originaire de Malaisie, Macrobrachium rosenbergii, laquelle a fait l'objet d'études très complètes depuis de nombreuses années, en particulier par Ling (1969) et Fujimura (1966-70), et présente des caractéristiques biologiques intéressantes pour l'aquaculture.

La maturation, la fécondation et la ponte de M. rosenbergii en captivité ne présentent plus de difficultés. De plus, faisant partie du groupe des caridées, les femelles incubent leurs œufs après la ponte si bien que le transport de femelles vivantes et portant des œufs est relativement aisé même sur de longues distances. Aussi l'étude des stades larvaires en a-t-il été facilité même dans des laboratoires éloignés de toute souche naturelle.

On sait précisément que dans la nature M. rosenbergii pond dans les estuaires et que les larves vivent en eaux saumâtres, en passant par onze stades successifs avant de donner des post-larves.

Afin de permettre des cultures de masse, l'attention s'est donc concentrée sur la méthodologie des élevages larvaires, Fujimura (1966) ainsi que Minamisawa et Morizane (1970) en avaient défini les principales exigences. En particulier ils établirent que dans leurs conditions opératoires les meilleurs taux de survie étaient obtenus avec des salinités de 6 à 12‰, et une température de 30°C. L'eau devait avoir un pH de 8,1 et une forte concentration d'algues vertes.

On rendra compte ici très brièvement des observations faites en Angleterre, à Conwy, aux Etats-Unis au Skidaway Institute à Savannah, enfin à Tahiti au Centre océanologique du Pacifique.

2.2.1 Observations faites à Conwy

Forster et Wickins (1972) ont maintenu dans des conditions de laboratoire un stock de deux mâles et onze femelles desquels 500 000 larves viables ont été obtenues en 10 mois, avec un pourcentage final de survie de l'œuf au juvénile de 14 pour cent. Ils signalent le caractère encore aléatoire de l'élevage larvaire.

2.2.2 Observations faites au Skidaway Institute à Savannah

L'objectif de Sick et Beatty (1974) était d'établir les exigences spécifiques de la culture des larves de M. rosenbergii avec l'investissement minimum, ainsi que de mettre au point une formule de nourriture larvaire donnant le maximum de survie. Après étude, le choix s'est porté sur des bacs d'élevage coniques de 60 l. La salinité doit varier selon les stades larvaires (10-16‰). Les meilleurs résultats sont obtenus à des densités de 20-40 animaux/l, les nauplii d'Artemia doivent dépasser 0,7 mg pour obtenir les meilleurs taux de grossissement. Enfin parmi les différentes formules d'aliments composés testés, seul un régime d'Artemia séchée et congelée convient à tous les stades larvaires. Les larves atteignent la métamorphose en 18 jours avec un taux de survie de 57 pour cent. Ces expérimentations restent à l'échelle du laboratoire.

2.2.3 Observations faites au Centre océanologique du Pacifique (COP) à Tahiti

A partir de reproducteurs importés d'Hawaï, du laboratoire de Fujimura, en 1973, on s'est préparé après avoir obtenu le premier cycle complet, de mettre au point une méthode de production de post-larves en grandes quantités, d'abord en bass à fond conique de 500 l, puis en bass de 2,5 m³ à fond conique pour obtenir plus de 60 000 post-larves tous les 45 jours.

Les premiers résultats sont les suivants:

- maturations, fécondations, pontes et éclosions, s'observent toute l'année dans les conditions de Tahiti;
- les techniques de maintien et de manipulation des reproducteurs ainsi que la technologie générale de l'élevage larvaire ne présentent pas en elles-mêmes de grandes difficultés. Dès la première année, 500 000 larves ont été produites et une première génération d'élevage obtenue, un million de larves ont été produites au premier trimestre 1975;
- un aliment particulier a été développé pour obtenir de bonnes maturations;
- il est possible en modifiant les températures de synchroniser les pontes de façon à procéder à des élevages homogènes.

Par rapport à la technique de Fujimura, aucune eau verte ou culture d'algue mono-spécifique n'est utilisée. Par ailleurs il semble préférable de pratiquer des cultures d'*Artemia* séparées afin de calibrer les tailles suivant les stades d'élevage. Enfin on a utilisé une méthode mixte consistant à pratiquer l'élevage en très forte densité (80 larves/l) jusqu'au stade VI et de continuer ensuite en bassin en béton de 7 m³ à densité plus faible jusqu'à la métamorphose. Cependant, en 1975, un blocage de la métamorphose ainsi que des mortalités importantes sont survenues, surtout entre le 9ème et le 15ème jour, sans qu'on ait pu en déterminer véritablement la cause. Ces incidents retardent la normalisation des élevages larvaires.

2.2.4 Discussion

Les exemples ci-dessus (on aurait pu en donner encore plusieurs autres) montrent que les techniques de reproduction et d'élevage larvaires de *M. rosenbergii* sont à peu près satisfaisantes à l'heure actuelle à l'échelle du laboratoire ou des installations-pilotes. A notre connaissance il n'existe pas de production de masse de l'ordre de 1 à 2 millions de post-larves tous les 45 jours, à part peut-être l'écloserie de Fujimura à Hawaï. Aussi les calculs de coût développés par Yung Cheng Sang (1974) pour une écloserie produisant annuellement 16 millions de juvéniles restent-ils encore assez théoriques.

En fait, deux problèmes majeurs ne sont pas résolus. Le premier, et le plus important, est la durée beaucoup trop longue qui existe, en fait, dans une production de masse entre l'apparition des premières post-larves et la métamorphose de la majorité des larves; le second concerne le caractère encore imprévisible de certains aléas, qu'on ne saurait rapporter à un problème de pathologie.

De tels problèmes demandent un effort de recherche certain. Si la crevette d'eau douce rencontre un accueil en général favorable sur le marché, la durée de son grossissement impose que la fourniture de post-larves puisse être assurée à un coût très bas, afin d'aboutir à un prix de revient total compétitif.

3. LES PROBLÈMES DE GROSSISSEMENT

3.1 Généralités

Si l'approvisionnement en juvéniles dans des conditions de fiabilité et d'économie satisfaisantes conditionne la possibilité d'un élevage, c'est la capacité de conduire ces juvéniles

FIR:AQ/Conf/76/R.12

jusqu'à la taille marchande avec un rendement suffisant de tous les facteurs de production qui fonde ou non la "faisabilité" technique et économique de l'aquiculture. En ce qui concerne les crevettes, nous allons examiner cette question centrale en distinguant comme ci-dessus les problèmes des crevettes de mer de ceux des crevettes d'eau douce. Pour chacune des deux catégories nous choisissons de prendre en considération trois types d'élevages que nous appelons en première analyse élevage extensif, élevage semi-intensif et élevage intensif pour traduire à la fois le contrôle croissant exercé sur les facteurs du grossissement ainsi que l'augmentation des charges et rendements correspondants.

3.2 Grossissement des crevettes pénaoïdes

3.2.1 Elevage extensif

On considérera comme élevage extensif une forme d'élevage dans laquelle le contrôle de l'homme est réduit au minimum et n'intervient en particulier ni sur l'alimentation, ni sur le renouvellement et la qualité de l'eau; le meilleur exemple en est donné par les élevages traditionnels de crevettes, *Penaeus monodon*, aux Philippines, et *Metapenaeus* en Malaisie, dans des bassins pris sur la mangrove et façonnés de manière artisanale. Les juvéniles entrent avec le flot ou sont pêchés dans les estuaires. Aucune nourriture n'est distribuée. Dans certains cas, un fertilisant organique est ajouté. Blanco (1970) donne pour de tels élevages aux Philippines un rendement de 1 983 kg/5 ha, soit de l'ordre de 400 kg/ha, sans fertilisation et 900-1 000 kg/ha avec fertilisation.

Sous certains aspects au moins on peut rapprocher de ces élevages l'essai tenté aux Etats-Unis entre 1970 et 1973 par Marifarms Inc., dans une partie de West Bay à Panama City sur une superficie de 10 000 ha enclose par un filet de 5 km. Les résultats furent décevants (Kittaka, non publié), bien qu'une nourriture supplémentaire ait été distribuée. Le rendement global le meilleur ne dépasse pas 20 kg/ha/an. Si un certain nombre de crevettes s'échappèrent en franchissant le filet, il semble bien que l'impossibilité de supprimer efficacement les prédateurs ait été une cause non négligeable de l'échec. Et ceci reste vrai pour tous les élevages extensifs.

Plusieurs auteurs (Latapie et al., 1972; Kittaka et Murray, 1975) ont d'ailleurs mis en évidence que la présence de prédateurs ou de compétiteurs réduisait non seulement le taux de survie, mais aussi le taux de croissance.

Finalement, l'élevage extensif n'apparaît viable à l'heure actuelle qu'au voisinage immédiat de populations naturelles de crevettes, à la condition de se contenter de faibles rendements eux-mêmes très variables d'une année à l'autre.

3.2.2 Elevage semi-intensif

L'élevage semi-intensif correspond aux élevages japonais actuels. Réalisés généralement en bassins de terre de dimensions comprises entre 1 et 10 ha, il suppose un contrôle déjà poussé des facteurs nutritionnels et des facteurs d'environnement, et aboutit à des rendements par cycle de l'ordre de 2-3 tonnes/ha.

Curieusement d'ailleurs, ce type d'élevage n'existe encore qu'au Japon, et reste sensiblement au même niveau de développement, malgré la croissance du marché, sa proximité et les prix élevés pratiqués pour la crevette vivante. Partout ailleurs, on ne peut encore parler que d'installations pilotes, les quelques grands projets américains, soit directement aux Etats-Unis, soit en Amérique centrale, n'ayant pas apporté la preuve de leur rentabilité.

On va s'efforcer d'analyser ci-dessous le degré de contrôle obtenu sur les deux séries de facteurs principaux.

(1) Les facteurs nutritionnels

Comme dans la plupart des cas en aquaculture, l'alimentation des crevettes d'élevage a d'abord fait l'objet d'observations et d'expérimentations pratiques à partir des aliments naturels disponibles dans l'environnement côtier (poissons, mollusques, crustacés), puis de recherches de base sur les besoins alimentaires des animaux à différents stades de leur existence, celles-ci aboutissant à la mise au point d'aliments composés et à la définition de régimes alimentaires.

L'aliment naturel utilisé au Japon de façon courante depuis que Fujinaga a montré son efficacité dans l'élevage des crevettes consiste en chair de mollusque, clam et moule, dont on broie les coquilles. Pour les exploitations qui font du pré-grossissement, généralement pendant une durée d'une cinquantaine de jours après P20, la même nourriture est utilisée, mais sans coquille, et la chair finement broyée, ce qui nécessite un important travail supplémentaire.

Le taux de conversion global constaté pendant la durée d'un élevage, c'est-à-dire en première approximation le rapport entre le poids de nourriture distribué et le grossissement correspondant des crevettes, se situe avec ce type de nourriture autour de 10, avec d'assez larges écarts.

Des expérimentations entreprises au Japon pour déterminer la préférence des crevettes entre plusieurs espèces d'animaux marins ont placé les clams en tête avec ensuite dans l'ordre la chair d'huître, les nécréides, le poulpe, la chair de crevette, le gobie et le maquereau (Liao et Huang, 1970). De nombreuses autres expérimentations ont été faites en d'autres pays, à différentes dimensions. En France à Haguelone le grossissement d'environ une tonne annuelle de P. japonicus est effectué depuis 1972 avec du crabe vert broyé dans de bonnes conditions de croissance, avec un taux de conversion élevé, de l'ordre de 15.

En fait la crevette s'accommode d'un régime alimentaire éclectique; elle est aussi capable de chasser le zooplancton que de dépecer un cadavre, de brouter une algue ou d'ingérer la pellicule superficielle d'un sédiment sable-vaseux comme d'assimiler la chair de n'importe quel animal marin. Le problème de l'aliment naturel est donc essentiellement, en ce qui concerne les mollusques, les crustacés, ou le poisson, un problème de disponibilité, de coût d'acquisition, et de coût de préparation d'une telle nourriture en fonction de son rendement.

Les recherches sur les besoins et le régime alimentaires des pénaécides ont fait de gros progrès dans les dernières années, dans le cadre d'études générales sur les mécanismes et les exigences nutritionnelles des crustacés.

Il n'est pas possible dans le cadre de cette synthèse de mentionner tous ces travaux. Citons en particulier et sans exclusive les équipes japonaises (Faculté des pêches de l'Université de Kagoshima), française (laboratoire Ecole Pratique des Hautes Etudes; Station Marine d'Endoume, Marseille); anglaise (Fisheries Experiment Station, Conwy), et américaine (National Marine Fisheries Service Biological Laboratory, Galveston), appliquées à ces problèmes.

Ont ainsi été mis en évidence:

- le niveau et la qualité des protéines nécessaires,
- le métabolisme des lipides,
- l'équilibre en acides aminés,
- l'équilibre vitaminique,
- l'importance des minéraux sur les enzymes digestives,
- l'importance des stéroïdes.

A partir des résultats obtenus, des aliments composés ont pu être mis au point et font maintenant l'objet de ventes commerciales. Citons en particulier l'aliment développé d'après les travaux et expérimentations de Shigueno au Japon, et celui commercialisé par la Société Relaton Purina aux Etats-Unis. Bien qu'en particulier le taux de protéines de ces deux

FR:AO/Conf/76/R.12

aliments soit sensiblement différent, et que les espèces faisant l'objet des tests soient elles-mêmes différentes (P. japonicus au Japon et P. vannamei aux Etats-Unis), les résultats expérimentaux sont assez voisins quant aux quantités journalières optima (2-4 pour cent du poids de l'animal par jour chez Shigueno et 3 pour cent pour Ralston Purina), ainsi qu'aux taux de conversion (entre 1,6 et 2,5 selon les autres conditions d'environnement) (Shigueno, 1975; Mountain et al., 1974).

L'importance de la disponibilité d'un aliment composé prend toute sa valeur lorsque l'élevage est tenté dans une zone géographique où la nourriture naturelle provenant de la mer fait défaut. En Polynésie, par exemple, où la production de mollusques ou de crustacés aptes à servir d'aliments est pratiquement nulle, l'équipe du Centre océanologique du Pacifique doit pour le moment fabriquer elle-même ses aliments composés à partir des ressources locales. Les protéines nécessaires proviennent soit de farine de poisson, soit de feuilles d'acacia (Leucaena leucocephala). D'autres sources de protéines sont en voie d'expérimentation: aliments pour poulets, escargots (Achatina fulica), levures de pétrole, etc.

Les crevettes acceptent finalement des aliments bien dosés quelle que soit leur origine, à condition que leur conditionnement soit bien adapté. La forme la plus générale est celle de granulés à allure de vermicelle dont la stabilité dans l'eau doit être bonne et le caractère attirant se maintenir tout au long de l'élevage. L'un des problèmes est donc celui du "liant" pour la détermination duquel un certain nombre d'expérimentations permettent désormais de faire un choix (Forster, 1972; Neal, 1973).

(ii) Les facteurs d'environnement

Si pour la commodité de l'analyse, on a séparé les facteurs nutritionnels des facteurs d'environnement, il est clair qu'il y a interaction des uns et des autres et qu'il est impossible de les isoler dans leurs effets.

Les qualités du milieu d'élevage nécessaires ou favorables sont actuellement assez bien connues pour l'essentiel. La température et la salinité dépendent bien sûr du choix du site, et sont optimales pour une température de 25-30°C, et une salinité voisine de 32-35‰. Le pH est un facteur important en particulier dans les zones conchylières sur la mangrove où il est généralement bas. Des valeurs autour de 8 semblent les plus convenables. La hauteur d'eau est jugée satisfaisante entre 1 m et 1,50 m.

Les crevettes consomment relativement peu d'oxygène, mais la quantité d'oxygène dissous doit cependant être constamment surveillée par suite des consommations dues aux autres animaux existant dans les bassins, aux déchets de nourriture, aux déjections, aux algues et au sédiment lui-même. Des valeurs relatives de ces consommations ont été données par Shigueno, montrant dans un cas précis que le sédiment absorbait une quantité d'oxygène double de celle des crevettes en élevage (Shigueno, 1975). A Haguelone, en France, des mesures systématiques ont montré qu'en cours d'élevage l'évolution de l'oxygène dissous était moins liée aux variations de température et d'activité de la photosynthèse qu'aux conditions benthiques régnant dans le bassin, ces conditions précédant elles-mêmes des antécédents du bassin en tant que bassin d'élevage.

On notera en outre que le renouvellement d'eau, sauf à devenir considérable, ne peut avoir d'effet que plusieurs jours plus tard, lorsqu'un déséquilibre est franchi. Une solution à ce problème est le drainage du fond, qui sera examiné dans une section suivante. Mais la mise au point d'une sonde enregistrante à oxygène dissous ou à sulfures dans le sédiment lui-même permettrait de détecter suffisamment tôt les tendances présentées par le bassin. Si la préparation du sédiment, après vidange du bassin, puis sa surveillance et son entretien ont fait l'objet d'observations et de recommandations, peu d'études ont été faites jusqu'ici sur l'effet relatif de différents types de sédiment, selon sa nature, son ancienneté géologique, sa granulométrie, sa compaction, sa porosité, sa couleur, etc.

Nous ferons encore deux remarques sur les facteurs d'environnement.

La première concerne l'influence de la salinité. Des expérimentations en laboratoire ont montré qu'une combinaison de basse température et de faible salinité avaient un effet défavorable sur la croissance (Zein-Eldin et Griffith, 1969); des observations sur le terrain, à la station de Mans en Guyane, ont permis de vérifier que si les juvéniles croissaient correctement à faible salinité jusqu'à une taille voisine de 7 cm, un blocage de croissance survenait ensuite. Ces blocages de croissance ne dépendent pas que de la salinité. En particulier des phénomènes de ce genre, encore inexplorés, sont constatés en Polynésie dans des bassins dont le fond et les parois sont recouverts de feuilles plastiques.

La deuxième remarque concerne précisément le rôle exact de la productivité naturelle dans les bassins d'élevage semi-intensif où l'essentiel de l'alimentation provient d'une nourriture distribuée. Il semble que ce point mériterait des éclaircissements qui ne peuvent encore être donnés. De la réponse dépend en particulier le choix d'un type de bassins permettant une fertilisation efficace.

(iii) Résultats

Une combinaison satisfaisante des différents facteurs examinés conduit en élevage semi-intensif à des rendements qui ne dépassent guère pour un cycle de production 300 g/m² d'eau. Des expériences menées tant au Japon qu'à Maguelone en France, il résulte d'ailleurs qu'il ne sert de rien d'augmenter la charge initiale c'est-à-dire le nombre de post-larves au m². S'il est maintenant généralement recommandé de procéder à un prégrossissement (exemple: la Compagnie Balaton Purina aux Etats-Unis place les post-larves à P2-P3 dans des enceintes de prégrossissement à des densités allant jusqu'à 250 au m². Elles y restent deux mois et atteignent le poids moyen de 2 g), par contre on ne saurait dépasser, dans la technologie actuelle une charge initiale de 20-25 crevettes/m² si l'on veut que chacune d'entre elles atteigne la taille commerciale au bout de 4 mois d'élevage.

Cette limitation des rendements, jointe au coût élevé de la nourriture explique, compte tenu en particulier de la rareté et de la cherté des terrains disponibles, le pâtinement du développement des élevages au Japon et les échecs dans les autres pays. D'où la nécessité de dépasser l'étape actuelle, soit en effectuant annuellement deux ou trois cycles d'élevage comme l'envisagent certains projets en Amérique Centrale (Webber, 1970), et plus généralement dans la zone tropicale, soit en modifiant partiellement ou totalement la technologie pour obtenir des rendements à l'unité de surface nettement supérieurs.

3.2.3 Elevage intensif

Les modifications partielles de la technologie sont pour le moment modestes. Elles visent en particulier le drainage du sédiment. Commencées en 1973 des expériences continuent tant au Centre Océanologique du Pacifique qu'en France en Bretagne et à Maguelone dans des bassins à drainage inversé c'est-à-dire assurant une distribution de l'eau par les drains à travers le sédiment sus-jacent (L'Hareux, 1974).

Les tentatives les plus originales à l'heure actuelle sont d'une part les élevages en silos en cours de développement au Japon à Kagoshima sous la direction de Shiguano, d'autre part les élevages en "raceways" étudiés au laboratoire de Galveston (Mock, 1973); les uns et les autres procèdent de l'idée qu'il faut réaliser un strict maintien de la qualité de l'eau et la faire circuler en abondance.

Dans les silos à double fond de la ferme expérimentale située près de la station de Kagoshima avec un renouvellement d'eau complet chaque jour et une nourriture composée - il a été obtenu une production supérieure à 2 kg/m² (Shiguano, 1975).

Les essais pratiqués à Galveston ont montré la validité de raceways où la circulation de l'eau, l'aération et le nettoyage étaient accomplis par de simples systèmes d'air-lift. Si des gains de poids journaliers intéressants ont été constatés à une charge au m² très importante, le grossissement n'a pas été conduit jusqu'à la taille commerciale.

3.2.4 Perspectives

Pour un certain temps encore l'élevage semi-intensif dans des enclos aménagés ne dépassant pas quelques hectares est celui dont le développement est le plus probable, mais à condition qu'une nourriture composée puisse être fournie à un prix abordable. La meilleure connaissance des conditions d'environnement permettra sans doute d'augmenter légèrement les rendements tandis que la maîtrise de la maturation et de la ponte conduira à organiser deux cycles de grossissement par an chaque fois que les conditions climatiques le permettront. Mais dans un avenir plus ou moins proche, et dans les pays développés, il est certain que s'imposeront progressivement des élevages entièrement contrôlés à très haut rendement.

3.3 Grossissement des crevettes d'eau douce - Macrobrachium rosenbergii

Le grossissement des crevettes d'eau douce a été réalisé ces dernières années au niveau d'installations pilotes de caractère semi-intensif d'abord à Hawaï sous la direction de Fujimura, puis notamment à l'île Maurice, à Tahiti et aux Etats-Unis en Caroline du Sud avec des résultats concordants.

On peut synthétiser ces résultats de la façon suivante:

- nécessité d'un pré-grossissement d'un ou deux mois.
- mise en élevage à la densité de 10-30 individus/m² dans des bassins en terre alimentés en eau de bonne qualité,
- température optimale voisine de 25°C, température létale voisine de 16°C,
- aliment composé sans grandes exigences,
- nécessité absolue de zones d'ombre et d'abris (jacinthes d'eau),
- hétérogénéité de la croissance.

Dans ces conditions on peut espérer, avec une durée d'élevage de la larve jusqu'à la taille commerciale d'environ onze mois, un rendement de l'ordre de 3-4 tonnes/ha. C'est le résultat obtenu par la première installation d'Ota's Ponds à Hawaï démarrée en 1971 sur 7 000 m² environ.

A Tahiti (Centre océanologique du Pacifique) plusieurs centaines de kilogrammes ont déjà été produites et commercialisées dans les conditions suivantes: pré-grossissement en bassins circulaires de 12 m² à la densité de 160 individus/m², grossissement sur une nourriture à base de tourteaux de coprah, de drèches de brasserie et de feuilles d'acacia - curvie moyenne supérieure à 50 pour cent, rendement extrapolé de 2 à 3 tonnes/ha.

Aux Etats-Unis des résultats comparables ont été obtenus au Marine Resources Research Institute de Charleston (Sandifer et Smith, 1975).

Cependant à notre connaissance, et en dehors peut-être des installations de Kenneth Kato's Fish Farms de Pacific Aquaculture à Hawaï, aucune ferme de taille commerciale ne fonctionne encore en routine avec des résultats bénéficiaires. De nombreux projets sont par contre sur le point de démarrer. Citons en particulier celui de Caribe King Shrimp, Inc. à Porto Rico où 36 bassins d'un demi-hectare commencent leur production.

Par contre, des essais d'élevage intensif, sous contrôle total, visent des productions allant jusqu'à 70 tonnes/ha/an sont entrepris par des chercheurs ayant leur propre société (Grajcer à Menlo Park près de San Francisco; Serfling en Californie).

Un développement de l'élevage de la crevette d'eau douce est cependant à prévoir. Il sera limité par la disponibilité d'une eau de qualité à des températures suffisantes, et par la durée de l'élevage, mais sa technologie relativement simple doit lui conférer vite un caractère de grande fiabilité.

4. LES PROBLEMES PATHOLOGIQUES

Les maladies sont l'un des plus importants facteurs susceptibles de contrecarrer le développement d'un élevage. Sans doute exercent-elles leurs effets dans le milieu naturel, mais ceux-ci sont cependant très aggravés en élevage par suite des hautes densités et du confinement des animaux. De grands progrès ont été faits ces dernières années pour identifier les maladies des crevettes et mettre au point les mesures préventives ou curatives les plus appropriées. Citons d'abord l'effort de classification entrepris par Johnson (1975) pour ce qui concerne trois espèces de pénaécides.

L'on envisage ci-dessous d'une part les maladies des élevages larvaires; d'autre part celles concernant les crevettes adultes.

4.1 Pathologie des élevages larvaires

Aux premiers stades de développement c'est-à-dire de l'œuf jusqu'à la "nyctis", l'attaque la plus redoutable paraît être celle d'un champignon du genre Leptodinium dont la prolifération entraîne des mortalités massives. Ces attaques ont été constatées sur trois espèces de pénaécides à Tahiti (Agnacop, 1975) et sur plusieurs autres aux Etats-Unis et au Mexique (Umphlett et Gray, 1975).

Des essais de traitement sont actuellement en cours avec du Troflan et du vert malachite avec apparemment des résultats satisfaisants.

Aux stades suivants, de la nyctis à la post-larve, les animaux peuvent faire l'objet d'attaques de Vibrio qui provoquent des mortalités allant dans certains cas jusqu'à 100 pour cent. C'est ainsi qu'après la mise en évidence depuis plusieurs années de Vibrio spp. sur Penaeus japonicus deux autres espèces ont été isolées aux Etats-Unis sur des larves moribondes de P. setiferus et P. aztecus (Lightner et Lewis, 1975). Les traitements aux antibiotiques sont efficaces s'ils sont effectués à temps.

4.2 Pathologie du grossissement

On peut distinguer dans les atteintes constatées jusqu'ici en cours de grossissement, d'une part les atteintes bactériologiques, d'autre part l'infestation par parasites, enfin l'effet de facteurs d'environnement. Les atteintes bactériologiques ne paraissent pas encore complètement identifiées quant à leurs agents.

Notons la "maladie des points noirs" caractérisée par l'apparition de tâches noires à différents endroits de la crevette avec décoloration des bords latéraux de la carapace abdominale. Cette maladie, constatée sur P. japonicus par Shigeno (1975) et attribuée à un Vibrio, a été observée à Tahiti sur P. aztecus.

Mieux connue ou plus largement observée est la maladie des branchies constatée au Japon sur P. japonicus et plusieurs fois notée sur la même espèce dans les élevages expérimentaux de Maguelone en France, maladie qui se traduit par le noircissement des branchies et l'affaiblissement général des animaux. L'étude bactériologique conduite en France a abouti à l'isolement de plusieurs espèces de bactéries non pathogènes vis-à-vis de l'animal sain. Ceci sous-tend une observation plus générale selon laquelle nombre de maladies ne sont en fait que des manifestations secondaires d'effets d'une mauvaise alimentation ou de la mauvaise conduite des bassins.

Les parasites des crevettes pénaécides ont fait l'objet d'études particulières (Overstreet, 1973) sans qu'un lien direct ait pu être établi jusqu'ici avec un affaiblissement grave des sujets.

En ce qui concerne les facteurs d'environnement l'attention est attirée sur la possibilité de voir contracter la "gas bubble disease" par les juvéniles de pénaécides à la suite d'une sursaturation résultant d'un chauffage de l'eau avec augmentation de pression (Lightner, Saleer et Wheeler, 1974).

FIR:AO/Conf/76/R.12

4.3 Perspectives

À l'heure actuelle, les problèmes pathologiques principaux concernent les élevages larvaires, pour lesquels des mortalités massives sont encore constatées sans possibilités pratiques d'intervention. Aussi un effort accru doit-il être appliqué à la compréhension des phénomènes et à la définition des mesures préventives indispensables (le travail est à peine commencé en ce qui concerne M. rosenbergii).

Jusqu'à plus ample informé, les maladies au cours du grossissement, en élevage semi-intensif, sont la plupart du temps des phénomènes secondaires, susceptibles d'ailleurs dans certains cas d'être efficacement traitées.

Il n'en sera pas de même avec les élevages intensifs du proche futur où les atteintes épidémiologiques risquent d'être beaucoup plus dangereuses. Aussi est-il souhaitable que ce sujet retienne l'attention des spécialistes et qu'une coopération étroite permette à tous de disposer de l'ensemble des observations et résultats d'expérimentations disponibles.

5. LES PROBLÈMES TECHNOLOGIQUES

La plupart des problèmes technologiques ont déjà été évoqués, sinon traités, dans les sections précédentes car ils sont dans une large mesure inséparables des problèmes biologiques. Il n'en reste pas moins que dans bien des cas des solutions alternatives peuvent être prises en considération et qu'il est du plus grand intérêt de les examiner avec le plus grand soin car de leur choix dépend non seulement la réussite physique de l'élevage mais aussi le poids relatif et global des coûts d'investissement et de fonctionnement. On ne leur donnera cependant, ci-dessous, qu'un développement limité, compte tenu du fait qu'ils n'ont pas sensiblement évolué depuis plusieurs années.

5.1 Choix d'un site

(i) Crevettes de mer

Si l'on se place en dehors du cas de l'élevage intensif où, à la limite, toutes les conditions nécessaires peuvent être créées artificiellement, il est clair que les deux facteurs nécessaires, mais non suffisants, pour apprécier la capacité d'une région côtière à soutenir des élevages de pénaoïdes sont la température et la salinité de l'eau de mer. Si la température ne se maintient pas au-dessus de 25°C pendant au moins quatre mois consécutifs, si la salinité descend durablement en dessous de 30‰, il est impensable d'envisager un élevage. Mais si ces conditions primordiales sont réunies, encore en faut-il un certain nombre d'autres.

Tout d'abord l'expérience des dernières années a montré que nous n'étions pas prêts à mettre en culture des portions importantes de milieu naturel quel que soit le type d'enclos utilisé. L'état de la technologie actuelle ne permet guère d'envisager en semi-intensif que des bassins de superficie inférieure à 10 ha et probablement même à 5. L'élevage se faisant sous faible hauteur d'eau et nécessitant un sédiment de bonne qualité, ceci privilégie les côtes alluviales et lagunaires dont au surplus la productivité naturelle est en général élevée. La capacité de disposer d'un aliment naturel en grandes quantités, à proximité immédiate, est un autre facteur de choix.

(ii) Crevettes d'eau douce

La température, la qualité et le débit d'eau douce disponible conditionnent l'élevage. Le choix s'opère ensuite suivant les facilités de construction et de maintenance des bassins, la proximité d'une écloserie (située sur la rive) et des sources d'aliments.

Dans les deux cas, on ne saurait oublier, bien sûr, la distance au point de commercialisation, la nature et le coût des moyens de transport et de conditionnement.

5.2 Différents types d'enclosures

(i) Crevettes de mer

Les enclosures les plus utilisées sont les bassins à fond de terre ou de sable non drainé, avec digues en terre. Alimentés par le jeu des marées ou par pompage, le renouvellement de l'eau reste assez faible (de l'ordre de 1/5ème du volume total par jour). Le pompage, plus coûteux, permet un bien meilleur contrôle des périodes de renouvellement d'eau, et surtout de l'entrée des prédateurs. Les meilleurs bassins sont ceux qui se vident entièrement, permettant ainsi, outre une pêche facile, le nettoyage et l'entretien périodiques du sédiment et la fertilisation. Ces types de bassins sont ceux des fermes japonaises actuelles en exploitation commerciale. Les rendements qui y sont obtenus sont de l'ordre de 2 à 3 tonnes/ha/an.

Pour augmenter les rendements, il faut conjointement augmenter le renouvellement d'eau (donc procéder par pompage - ou bassin réservoir), et utiliser des fonds drainés. Les systèmes utilisés en France à titre expérimental, à Tahiti d'une part, en Bretagne et en Méditerranée d'autre part ont des drainages inversés c'est-à-dire que l'eau circule de bas en haut à travers le sédiment ce qui présente l'avantage de garder un sédiment meuble et toujours bien oxygéné. Mais il ne s'agit encore que d'installations pilotes de quelques ares.

L'utilisation d'enclos en filets, au lieu de digues, pose deux problèmes: le contrôle des prédateurs dont les alevins peuvent pénétrer à travers les mailles, et la salissure du filet. S'il n'y a pas de remède au premier, on peut régler le second de façon satisfaisante par des dispositifs permettant de changer les filets (double rangée de supports de filets - par exemple).

L'élevage en cages qui se pratique avec un si grand succès pour les poissons, et présente d'incontestables avantages puisqu'il ne nécessite pas de pompage et permet une évacuation naturelle des déchets, est une voie d'avenir intéressante. Elle est actuellement testée au Japon sur P. japonicus avec au fond de la cage un fond artificiel remplaçant le sédiment. Cette technique, qui rendrait de nombreux sites propices à l'élevage, conviendrait mieux aux espèces qui s'enferment peu comme P. merguensis.

Enfin rappelons les essais d'élevage intensif en silos de Shiguno, et en raceways de l'équipe de Galveston avec utilisation ou non de circuits fermés, qui visent à atteindre de très hauts rendements dans des conditions de contrôle accrues.

(ii) Crevettes d'eau douce

A notre connaissance les enclosures utilisées pour l'élevage de M. rosenbergii sont jusqu'ici des bassins en terre aménagés en dérivation le long d'un cours d'eau. Le nombre d'élevages est encore insuffisant pour que des diversifications de quelque intérêt aient pu être testées. La forme rectangulaire est généralement adoptée.

5.3 Méthodes de récolte

La récolte ne pose des problèmes que dans les bassins qui ne peuvent être vidés complètement. Dans ce cas la capture par filet piège, dont existent un certain nombre de configurations, ou pêche au petit chalut électrique, ont donné de très bons résultats. Dans les bassins qui se vident, il suffit de placer une grande poche de filet à la sortie de l'évacuation.

6. CONCLUSION

Malgré les efforts déployés pour le progrès des techniques, d'abord au Japon, puis en Angleterre, aux Etats-Unis et en France, l'élevage des crevettes de mer en est encore au stade de l'enfance. En dehors de l'élevage extensif de la zone indo-pacifique, des élevages commerciaux à rendement moyen n'existent en fait qu'au Japon où depuis dix ans leur production globale s'est stabilisée entre 200 et 800 tonnes/an. Les élevages tentés aux Etats-Unis ont

FIR:AQ/Cont/76/R.12

échoué; ceux envisagés en Amérique centrale n'ont pas encore fait leurs preuves et la France n'a volontairement pas dépassé le stade de l'installation pilote tant qu'une hypothèque fondamentale, celle de la maturation et de la ponte de géniteurs captifs n'était pas levée. Ce premier verrou de l'élevage est en voie d'être ôté. D'ici peu de temps on pourra donc envisager la culture de crevettes pénaécides en dehors de leurs aires de distribution naturelle, sous des conditions climatiques favorables au grossissement. Parallèlement les efforts faits sur la mise au point d'une nourriture artificielle ont maintenant abouti à plusieurs formules satisfaisantes. Néanmoins, le piétinement de l'aquaculture de la crevette au Japon, où le problème de l'approvisionnement en juvéniles ne se pose pas, montre qu'il reste à surmonter d'autres obstacles, de nature essentiellement économique. Dans ce pays, où le prix de vente sur le marché de la crevette vivante est le plus élevé du monde, les coûts d'investissement (terrain) et de fonctionnement (aliment) pèsent encore trop lourd pour les rendements atteints, et sollicitent donc un nouveau progrès technologique.

On voit ainsi se dessiner logiquement deux orientations principales pour l'avenir. Dans les pays tempérés, où l'élevage n'est possible à l'extérieur qu'à la saison chaude, les techniques doivent encore faire un pas de plus vers des rendements accrus, avec une fiabilité quasi-totale. Dans les pays tropicaux, où la main-d'œuvre très qualifiée ne sera que progressivement disponible, c'est la possibilité d'un élevage continu avec deux récoltes par an au moyen d'une technologie simple, qui va retenir l'attention.

Il est enfin vraisemblable qu'avec la possibilité de commencer des travaux de génétique, la sélection, et plus tard l'hybridation, feront sentir leurs effets bénéfiques tant au plan de l'aptitude à l'élevage qu'à celui de la résistance aux maladies.

Ce qui est en tous cas certain, même si la date ne peut en être précisée, c'est qu'avec le développement de la population mondiale et la diversification de son alimentation, la crevette d'élevage prendra progressivement le relais de la crevette sauvage dans une croissance générale des produits d'aquaculture. Un bel avenir aussi attend l'élevage de la crevette d'eau douce, dont à certains égards la technique est plus simple, mais pour laquelle les conditions favorables climatiques et géographiques sont en première évaluation, moins largement réparties.

7. REFERENCES

- Aquacop, Maturation and spawning in captivity of penaeid prawns. Proc. Ann. Workshop World
1974 Maricult. Soc., 5
- _____, Premières observations sur les maladies de pénaécides élevés en milieu tropical.
1975 Rapport. COP/1/AQ/75-147 (non publié)
- Arnstein, D.R. et T.W. Beard, Induced maturation of the prawn *Penaeus orientalis* Kishinouye
1975 in the laboratory by means of eyestalk removal. Aquaculture, 5:411-2
- Bardach, J.E., J.H. Ryther et W.O. McIarney, Aquaculture: The farming and husbandry of
1972 freshwater and marine organisms. New York, Wiley, Interscience, 863 p.
- Blanco, G.J., Status and problems of coastal aquaculture in the Philippines. In Coastal
1972 aquaculture in the Indo-Pacific region, edited by T.V.R. Pillay. West Byfleet
Surrey, Fishing News (Books) Ltd., pp. 60-7
- Brown, A. et D. Patlan, Colour changes in the ovaries of penaeid shrimp as a determinant
1974 of their maturity. Mar. Fish. Rev., 36(7):23-6
- Clark, W.H. et al., In vitro fertilization with non-motile spermatozoa of the brown shrimp
1973 *Penaeus aztecus*. Mar. Biol., 22:353-4
- Forster, J.R.M. et J.F. Wickins, The status and potential of prawn culture in the United
1972 Kingdom. Lab. Leaflet MAF, U.K., (27)

- Forster, J.R.M., Some methods of binding prawn diets and their effects on growth and assimilation. J. Cons. OCEM, 34 (2):200-16
1972
- Fujinara, T., Notes on the development of a practical mass culturing technique for the giant prawn Macrobrachium rosenbergii. Paper presented to the Indo-Pacific Fisheries Council, 12th Session, C66/MP 47
1966
- Fujinara, T. et H. Okamoto, Notes on progress made in developing a mass culturing technique for Macrobrachium rosenbergii in Hawaii. In Coastal aquaculture in the Indo-Pacific area, edited by T.V.R. Pillay. West Byfleet, Surrey, Fishing News (Books) Ltd., pp. 313-27
1972
- Fujinaga, M., Reproduction development and rearing of Penaeus japonicus Bate. Jan. J. Zool., 10(2):305-93
1942
- _____, Kuruma shrimp (Penaeus japonicus) cultivation in Japan. FAO Fish. Rep., (57) vol. 3:811-32
1969
- Hirata, H. et al., Preliminary studies on sludgezation of soy cake particles and yeasts. Mar. Fac. Fish. Kagoshima Univ., 22(1):107-12
1973
- Johnson, S.K., Handbook of shrimp diseases. Texas A and M Univ., (SG 75-603):19 p.
1975
- Kittaka, J., Shrimp farming in the netted-off portion of a bay (non publié)
- Kittaka, J. et R.L. Murray, Effect of competitors upon the growth rate of white shrimp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 41(7):35-42
1975
- Latapie, W.R., J.G. Broom et D.A. Neal, Growth rates of Penaeus aztecus and Penaeus setiferus in artificial ponds under varying conditions. Proc. Annu. Workshop World Maricult. Soc., (3):241-54
1972
- L'Herroux, M., Extension de la technique des bassins à double fond aux grandes surfaces d'élevage. Publ. CEMEXO (Sér. Act. Collec.), (1):79-86
1974
- Lightner, D.V., B.R. Salsler et R.S. Wheeler, Gas-bubble disease in the brown shrimp (Penaeus aztecus). Aquaculture, 4:81-4
1974
- Lightner, D.V. et D.H. Lewis, A septicemic bacterial disease syndrome of penaeid shrimp. Mar. Fish. Rev., 37(5-6):25-8
1975
- Ling, S.W., The general biology and development of Macrobrachium rosenbergii (de Man) 1969 FAO Fish. Rep., (57) vol. 3:589-606
- Minamizawa, A. et T. Morizane, Report on study about cultivation technique for freshwater shrimp. Washington, D.C., Office of Foreign Fisheries., U.S. Dept. Interior
1970
- Mock, C.R. et R.A. Neal, Penaeid shrimp hatchery systems. Paper presented to the FAO CARPAS Symposium on aquaculture in Latin America, Montevideo, Uruguay, 26 November-3 December 1974, SE.29
1974
- Mock, C.R., R.A. Neal et B.R. Salsler, A closed raceway for the culture of shrimp. Proc. Annu. Workshop World Maricult. Soc., 4:247-59
1973
- Moore, D.W., R.W. Sherry et F. Montañez, Maturation of Penaeus californiensis in captivity. Proc. Annu. Workshop World Maricult. Soc., 5 (1974) (en cours de publication)

PIR:AQ/Conf/76/R.12

- Mountain, J., H.O. Persyn et A.L. Lawrence, The nutritional response of juvenile shrimp (Penaeus vannamei) to different feeding rates of a prepared dry food (non publié)
- Neal, R.A., Progress toward farming shrimp in the United States. Mar.Fish.Rev., 35(3-4):67-70
1974
- Overstreet, R.M., Parasites of some penaeid shrimp with emphasis on reared hosts.
1973 Aquaculture, 2:405-40
- Purdon, C.E., Genetics and fish farming. Lab.Leaf1.MAFF, U.K., (25):17 p.
1972
- Shigueno, K., Problems on prawn culture in Japan. Tokyo, Overseas Technical Cooperation Agency, 37 p.
1972
- _____, Shrimp culture in Japan. Tokyo, Association for International Technical Promotion, 153 p.
1975
- Sandifer, P.A. et T.I.J. Smith, Development of Macrobrachium aquaculture in South Carolina.
1975 Charleston, Marine Resources Research Institute, S.C. Wildlife Marine Resources Department (non publié)
- Sick, L.V. et H. Beaty, Culture techniques and nutrition studies for larval stages of the giant prawn Macrobrachium rosenbergii. Tech.Rep.Georgia Mar.Sci.Cent., (non publié)
1974
- Umphlett, C.J. et E.M. McCray, A brief review of the involvements of Lagedinium, an aquatic fungus parasite, with arthropods. Mar.Fish.Rev., 37(5-6):61-4
1975
- Webber, H.H., The development of a maricultural technology for the penaeid shrimps of the Gulf and Caribbean Region. Helv.Wiss.Meeresunters., 20:455-63
1970
- Yung Cheng Sang, Economic feasibility of freshwater prawn farming in Hawaii. Sea Grant
1974 Advis.Rep., (04-3-158-29):49 p.
- Zein-Eldin, Z.P. et G.W. Griffith, An appraisal of the effects of salinity and temperature on growth and survival of post-larval penaeids. FAO Fish.Rep., (57) vol. 3:1015-26
1969