

# Les échanges internationaux de crevettes pénéidés vivantes entre les pays du Pacifique, de l'Atlantique et de l'Europe

A. MICHEL \*

*Résumé : Le développement considérable de l'élevage des crevettes de la famille des Pénéidés au niveau mondial a entraîné, depuis une vingtaine d'années, un accroissement des échanges et du commerce international de ces crustacés. Ces échanges portent sur les œufs, les larves et les reproducteurs des espèces les plus intéressantes pour l'élevage. Les principaux échanges ont concerné :*

– *Penaeus japonicus* du Japon vers l'Europe, les îles du Pacifique et l'Amérique du Sud ;

– *P. monodon* du Sud-Est asiatique vers presque tous les pays tropicaux ;

– *P. vannamei* et *P. stylirostris* des pays de la côte ouest-Pacifique d'Amérique Centrale et du Sud vers les Etats-Unis d'Amérique, les îles du Pacifique Sud ainsi que vers les pays de la côte atlantique des Amériques et certains pays africains.

*Dans les années 1980, l'aboutissement des recherches d'équipes américaines et françaises a permis d'élever des stocks de reproducteurs en captivité, ce qui a abouti à l'introduction pérenne de certaines espèces hors de leur zone de répartition naturelle et au développement de nouveaux élevages dans des régions jusqu'alors non productrices.*

*Le commerce lié à ces transferts d'espèces a été facilité par l'absence de législations ou leur non-application dans la plupart des pays concernés. Ces pratiques, si elles ont permis un développement très rapide des élevages, ont pu aussi contribuer à la dissémination d'agents pathogènes.*

*Depuis que les producteurs ont été confrontés à de graves épizooties, qui ont entraîné une mortalité massive à l'échelle mondiale, le marché s'oriente vers le commerce de post-larves issues de stocks de reproducteurs élevés en captivité chez lesquels les maladies connues sont bien contrôlées. On devrait donc assister à un abandon progressif du commerce des animaux du milieu naturel, toujours susceptibles d'introduire un nouvel agent pathogène.*

*La mise au point de diagnostics permettant le contrôle permanent des stocks de reproducteurs élevés localement en captivité, ainsi que la sélection de souches résistantes aux principaux agents pathogènes, seront les défis majeurs des années à venir.*

**MOTS-CLÉS :** Agents pathogènes – Animaux aquatiques – Commerce international – Crevettes pénéidés – Transferts d'espèces.

---

\* Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER), Direction des ressources vivantes, 155 rue Jean-Jacques-Rousseau, 92138 Issy-les-Moulineaux, France.

## INTRODUCTION

L'élevage des crevettes a connu, depuis le début des années 1980, un développement considérable lié à une demande en augmentation constante des trois grands marchés importateurs que sont les Etats-Unis d'Amérique, le Japon et l'Europe. De nombreux pays en développement de la ceinture tropicale, qui disposaient de sites favorables, ont vu dans ces marchés des conditions particulièrement propices pour acquérir des devises fortes en valorisant leurs zones littorales souvent peu développées et en utilisant une main d'œuvre peu formée et à faible coût. Ce développement très rapide a entraîné une prolifération des fermes d'élevage qui ont rapidement été confrontées à des problèmes de disponibilité en post-larves pour l'ensemencement de leurs bassins et ont cherché à sélectionner les espèces les mieux adaptées aux diverses conditions environnementales des sites de production.

C'est donc le développement de l'aquaculture qui a suscité des échanges puis un commerce de crevettes vivantes à différents stades de leur cycle biologique. Les transferts ont été facilités par la possibilité de transporter de grandes quantités de larves par voie aérienne à un coût acceptable. Différents types de transfert ont eu lieu, correspondant à des besoins et à des contraintes qui ont évolué dans le temps.

L'impact de ces transferts sur les problèmes de pathologie rencontrés dans les élevages est difficile à préciser, dans la mesure où les maladies résultent le plus souvent d'interactions complexes entre les crevettes, les conditions environnementales et les conditions d'élevage. Ce n'est que dans certaines conditions très particulières, comme celles des îles du Pacifique Sud où toutes les espèces en élevage ont été introduites récemment, que l'on est désormais en mesure de cerner l'influence de certains facteurs.

Cet article se propose donc d'apporter des éléments d'information sur les points précédents, et d'en tirer des conclusions concernant le contrôle de ces transferts qui, jusqu'à présent, échappaient assez largement aux différentes législations prises par les pays producteurs, eux-mêmes de plus en plus conscients des risques que ces pratiques entraînent. Nous examinerons les causes des transferts et l'évolution de la situation, plus particulièrement entre les pays du Pacifique, de l'Atlantique et de l'Europe.

## ÉLEVAGE DES CREVETTES

Les statistiques de la production mondiale de crevettes de 1980 à 1992 (23, 30) montrent bien l'accroissement très rapide de la production, puisque l'on est passé de 50 000 tonnes en 1980 à plus de 700 000 tonnes en 1992. Les évaluations pour les trois dernières années font état d'une décroissance en 1993 induite par une forte mortalité dans certains pays producteurs (Chine, Indonésie et Equateur), suivie d'une remontée en 1994 (27) et 1995. Cependant, les statistiques annuelles ne sont pas directement comparables, car des superficies nouvelles entrent en production chaque année, leurs récoltes venant compenser les pertes observées dans d'autres zones exploitées depuis plus longtemps. Il est souvent constaté qu'après de bonnes productions initiales on assiste à des baisses de rendement qui touchent parfois des zones entières et peuvent entraîner l'abandon de l'élevage.

Traditionnellement pratiqué dans les tambaks indonésiens, l'élevage des crevettes s'est propagé à partir de 1980 dans les pays d'Amérique du Sud et du Sud-Est asiatique et continue de nos jours à s'implanter dans d'autres pays comme l'Inde ou encore Madagascar. On observe donc maintenant une répartition géographique très large des élevages, que l'on trouve dans tous les pays de la ceinture tropicale ayant des façades maritimes, à l'exception du continent africain qui reste encore en marge de ce développement.

Parmi les nombreuses espèces de crevettes marines, seules celles de la famille des Pénéidés font l'objet d'une exploitation commerciale. Les espèces prédominantes sont, dans l'ordre d'importance : *Penaeus monodon*, *P. chinensis*, *P. indicus* et *P. merguensis* pour les pays de l'Océan Indien et du Pacifique, et *P. vannamei* et *P. stylirostris* pour les pays d'Amérique centrale et du Sud (29).

Les trois grands marchés importateurs sont le Japon, les Etats-Unis d'Amérique et l'Europe, avec un fort taux de croissance pour ce dernier ; on constate aussi une croissance rapide des marchés régionaux.

Pour les Amériques, les principaux pays producteurs sont l'Equateur, la Colombie, le Panama, le Honduras, le Mexique, le Pérou, le Costa Rica, le Venezuela, Belize ainsi que les Etats-Unis d'Amérique et Hawaï. Ces deux dernières zones, si elles ne représentent pas un tonnage considérable, jouent un rôle important comme plaque tournante dans le transfert des crevettes exotiques et en particulier de *P. vannamei*.

## **BESOINS EN POST-LARVES POUR L'ÉLEVAGE DES CREVETTES**

Le développement des élevages entraîne un besoin élevé en post-larves. Celles-ci, capturées d'abord dans le milieu naturel, sont maintenant produites pour partie en écloserie (11). Pour produire 100 000 tonnes de crevettes il faut, avec une survie moyenne de 40 %, 17 milliards de post-larves si l'on vise des animaux de 15 grammes, poids commercial moyen. En comparaison, pour produire le même tonnage de Salmonidés de deux kilos il faut seulement 50 millions de juvéniles. Ce besoin entraîne une très forte pression des producteurs pour se procurer des post-larves, quel qu'en soit le moyen, car rien ne coûte plus cher dans l'exploitation d'une ferme que l'entretien de bassins vides.

## **CYCLE DES CREVETTES PÉNÉIDÉS**

Les crevettes pénéidés (33) ont une durée de vie de l'ordre de deux à trois ans selon les espèces. Les reproducteurs maintenus en captivité ne sont féconds que pendant quelques semaines à quelques mois, ce qui implique leur fréquent renouvellement. La fécondité est par contre très élevée : selon son espèce et sa taille, une femelle peut pondre de 150 000 à 1 000 000 d'œufs. Ceux-ci éclosent après une douzaine d'heures sous forme de nauplii (six stades en 48 heures) qui ont la particularité de vivre sur leurs réserves. Après trois stades zoé herbivores et trois stades mysis, les larves atteignent le stade post-larve où elles passent encore par plusieurs mues avant d'êtreensemencées dans les bassins (9, 21). La petite taille des nauplii et des post-larves

permet des transports de masse dans des volumes d'eau limités (plus de 100 000 nauplii, et de 10 000 à 20 000 post-larves dans quelques litres d'eau selon la durée du transport). Le transport des reproducteurs est plus délicat et les pertes peuvent être importantes en cas d'allongement fortuit de la durée du transport.

Les prix d'achat varient considérablement en fonction de l'offre : les reproducteurs se vendent entre 30 et 1 000 francs pièce, les nauplii de 3 à 5 francs le mille et les post-larves entre 12 et 50 francs le mille.

## CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉLEVAGE

Les cycles d'élevage sont de courte durée (entre 4 et 7 mois suivant les températures des sites), d'où l'intérêt en zone tropicale de disposer de post-larves toute l'année (3). La croissance s'effectue en bassins avec digues en terre dont les superficies vont de quelques milliers de mètres carrés à quelques dizaines d'hectares suivant les techniques employées et le mode d'élevage, intensif (jusqu'à 20 tonnes à l'hectare), semi-intensif (de 2 à 4 tonnes à l'hectare) ou extensif (quelques centaines de kilos à l'hectare). Le renouvellement d'eau se fait par pompage (5 à 30 % par jour) ; en outre, des dispositifs d'aération sont utilisés en système intensif. La récolte a lieu par vidange totale des bassins et récupération des animaux en sortie de moine de vidange par des systèmes de filets et de pompage.

Malgré des dispositifs de filtration, le remplissage et le renouvellement de l'eau des bassins conduisent toujours à l'introduction d'œufs ou de juvéniles d'espèces locales, qui coexistent avec les animaux élevés et peuvent introduire des agents pathogènes ou servir d'hôtes réservoirs. D'autre part, quelles que soient les précautions prises, il est pratiquement impossible de garantir qu'aucune crevette ne s'échappera dans le milieu naturel (14), avec les risques que cela comporte dans le cas d'élevage d'espèces non indigènes : transfert d'agents pathogènes aux espèces natives et possibilité d'hybridation.

L'alimentation est à base d'aliments granulés secs, avec parfois un apport complémentaire de nourriture fraîche (poissons, crabes et crustacés de valeur non commerciale) ; ce dernier apport peut aussi entraîner l'introduction d'agents pathogènes. Il en est de même de certaines pratiques de fertilisation organique, point de départ de la prolifération de certains parasites.

Tous les élevages sont fortement dépendants des conditions d'environnement (température, salinité, pollutions diverses), d'autant que les fermes sont souvent implantées en zones d'estuaire où les fluctuations du milieu et les risques liés aux retombées des activités anthropiques sont les plus élevés.

## ORIGINE DES POST-LARVES

Les élevages de crevettes ont fait et font encore largement appel à la capture des post-larves sauvages. Les producteurs sont donc confrontés à leur présence saisonnière et à la variabilité de leur abondance annuelle, et ils ont donc à gérer des conflits avec les pêcheurs. Cette situation a abouti, dans les années 1980, au développement de grandes écloséries de production utilisant des femelles capturées en mer prêtes à pondre. Certains éclosiers ont appris à induire la maturation en captivité d'animaux

capturés adultes mais non matures, en contrôlant les conditions d'élevage, en particulier la photopériode, et en pratiquant une épédonculation unilatérale qui lève l'inhibition d'une hormone contrôlant l'ovogenèse secondaire. Plus récemment, certaines écloséries ont pu constituer directement des stocks de reproducteurs par élevage complet en captivité (1, 2).

L'utilisation de post-larves ou d'adultes provenant du milieu naturel représente une source permanente d'introduction d'agents pathogènes dans les élevages. De nombreuses études ont montré que les populations sauvages étaient souvent porteuses de parasites (microsporidies) ou de virus. Ce type de pratique rend donc très difficile la distinction entre les maladies introduites par cette voie dans les élevages et celles qui peuvent provenir du transfert d'animaux venant d'autres zones ou non indigènes.

Les écloséries sont donc capables à la fois de révéler, d'amplifier puis de disséminer des pathogènes du milieu naturel, et d'y ajouter des agents pathogènes directement « sélectionnés » par certaines pratiques d'élevage (l'utilisation abusive d'antibiotiques, par exemple).

## DIFFÉRENTS MODES DE TRANSFERTS

On peut distinguer deux grandes catégories de transferts qui correspondent à deux périodes distinctes. L'histoire précise de ces transferts est toutefois mal connue, dans la mesure où ils ont souvent été effectués en dehors de tout contrôle.

Dans certains pays, les producteurs disposaient d'espèces locales dont les performances en élevage étaient médiocres : survie aléatoire, croissance lente, grande sensibilité à la densité de peuplement, manque de robustesse. Dans d'autres pays, les conditions environnementales ou de sites étaient favorables, mais il n'existait aucune espèce d'intérêt commercial.

Cette situation a conduit, de 1970 à 1985, à de nombreux essais d'espèces hors de leur zone naturelle d'habitat. Ces transferts, portant généralement sur un petit nombre d'individus en provenance quasi directe du milieu naturel (post-larves sauvages ou issues de parents sauvages), ont été effectués par des laboratoires gouvernementaux ou privés à des fins de recherche mais aussi en vue de démontrer la faisabilité technique et économique de tels projets d'élevage.

On doit noter qu'à l'exception de certains pays comme l'Australie qui, très tôt, avaient inclus dans leur législation l'interdiction de toute importation d'espèces animales et végétales étrangères, il n'existait pratiquement aucune règle concernant le mouvement de crevettes vivantes entre pays. Les autorités sanitaires, dans le meilleur des cas, demandaient simplement un certificat d'origine précisant que les animaux en question étaient indemnes de toute maladie connue. Mais cela ne correspondait à aucune réalité précise dans la mesure où ce domaine était largement inexploré et où aucune méthode de diagnostic n'existait pour les quelques agents pathogènes déjà répertoriés.

Cette situation a largement évolué et la plupart des pays se sont maintenant dotés d'un arsenal législatif leur permettant, en théorie, de contrôler l'introduction d'espèces de crevettes non indigènes. Le principal problème reste l'application de ces règles, et force est de constater que, même en Australie où la législation est la plus restrictive et où une très grande vigilance est exercée, on a signalé des introductions frauduleuses.

Une des conséquences de ces premiers transferts a été le contrôle progressif de la constitution de stocks en captivité par des équipes scientifiques françaises (1, 2) et américaines (9), afin d'augmenter les possibilités de transfert et de raccourcir les distances entre les pays récepteurs et les pays d'origine : les laboratoires des îles Hawaï et de Tahiti ont pu ainsi servir de centres de dissémination secondaire pour certaines espèces du Sud-Est asiatique.

Depuis 1985, ce sont les besoins en post-larves de l'espèce la plus utilisée en élevage, à savoir *P. vannamei* dans les Amériques, qui entraînent des transferts importants de reproducteurs et surtout de nauplii et de post-larves entre les différents pays producteurs.

Les premiers mouvements ont été des transferts de nécessité, certains pays, certaines zones ou certaines fermes ayant eu à un moment donné des besoins importants qu'ils n'arrivaient pas à satisfaire localement : absence saisonnière de post-larves dans le milieu naturel, dysfonctionnement des écloséries. Les pressions très fortes exercées par les producteurs dans ce type de situation conduisent à des dérogations d'autorisation d'importation ou à des échanges frauduleux.

A ces échanges qui se perpétuent s'ajoutent des transferts de post-larves issues de souches sélectionnées. Il s'agit de souches SPF (*specific pathogen free*) ou HH (*high health*), c'est-à-dire de post-larves provenant de reproducteurs indemnes d'agents pathogènes connus, développées sous l'égide du programme américain d'élevage de crevettes marines (13, 20, 24, 25, 34, 35), et de souches résistantes à certains virus. Si les résultats obtenus avec les souches SPF en termes de vitesse de croissance sont bons, on constate en revanche des survies variables en raison de recontaminations fréquentes dès les premiers mois d'élevage. En ce qui concerne les souches résistantes, les premiers résultats obtenus sur une souche de *P. stylirostris* élevée à Tahiti depuis plusieurs générations sont très prometteurs, à la fois en termes de survie et de croissance.

L'espèce *P. vannamei* et ses souches de différentes origines géographiques ont été ainsi largement disséminées dans tous les pays d'Amérique du Sud ; ces mouvements sont toujours d'actualité car le maintien de stocks en captivité est encore peu pratiqué en routine par les écloséries de la région. Cette espèce y est maintenant présente sur toutes les côtes atlantiques des pays tropicaux.

Les risques liés à cette dissémination sont donc toujours largement présents, mais ces transferts restent la base de l'activité commerciale.

## PRINCIPAUX ÉCHANGES

Les premiers élevages de crevettes à partir de post-larves d'éclosérie ayant été réalisés au Japon par Fujinaga en 1959, c'est tout naturellement l'espèce *P. japonicus* qui a fait l'objet des premiers échanges vers de nombreux pays européens et américains. L'espèce a été introduite en France en 1968, en Italie en 1979, et à Tahiti, en Nouvelle-Calédonie, au Brésil, à Guam et à Hawaï entre 1972 et 1980. Le relais a été pris par des laboratoires ayant maîtrisé la reproduction en captivité (Etats-Unis d'Amérique, France) à partir de 1975, avec des introductions en Tunisie, au Maroc et au Sénégal.

Pour les espèces *P. vannamei* et *P. stylirostris*, provenant de la côte Pacifique d'Amérique du Sud et centrale, il y a eu dès 1970 des envois de sujets reproducteurs

et de post-larves du Panama, de l'Equateur et du Mexique vers le Texas, la Floride, les îles Hawaï, le Brésil, la Colombie, Tahiti, la Nouvelle-Calédonie et plus tard la Caroline du Sud et l'Afrique.

Une fois les stocks constitués en captivité dans certains de ces pays, des transferts ont eu lieu en retour à partir de ces mêmes stocks, avec des introductions dans d'autres zones comme le Sud-Est asiatique ; Panama et plus récemment Hawaï et le Texas ont joué le rôle de plaque tournante pour la dissémination de *P. vannamei*.

L'espèce du Sud-Est asiatique, *P. monodon*, qui offre l'avantage d'atteindre des grandes tailles en élevage, a elle aussi été introduite dans de nombreux territoires : Texas, Floride, Brésil, Equateur, Mexique, Tahiti, Nouvelle-Calédonie, Sénégal, Guinée, îles Hawaï, Antilles, îles Fiji.

## PRINCIPAUX AGENTS PATHOGÈNES AFFECTANT LES CREVETTES

Le nombre d'agents pathogènes affectant les élevages de crevettes augmente chaque année, en particulier en ce qui concerne les virus (16). Les larves et les animaux en croissance ne sont pas affectés de la même manière (5, 12, 17).

Les différents stades larvaires sont surtout sensibles à des attaques bactériennes, en particulier des vibrioses, qui se manifestent par des nécroses externes ou internes déclenchées le plus souvent par une flore opportuniste qui devient progressivement pathogène. Une modification des équilibres aurait lieu sous la pression des conditions d'élevage et de l'utilisation d'antibiotiques ; l'uniformité des phénomènes rencontrés dans toutes les écloséries tend à confirmer cette hypothèse. Des attaques fongiques (*Lagenidium* et *Sirolopidium*) sont signalées ; elles sont généralement saisonnières et plus fréquentes dans certains sites.

On constate aussi des affections virales, notamment chez *P. vannamei* qui est particulièrement sensible à *Baculovirus penaei*. La transmission est verticale et l'infection des reproducteurs peut être révélée par la présence de polyhédres d'inclusions virales dans les fèces.

La mortalité est d'autant plus importante que les attaques se produisent sur les stades larvaires les plus jeunes. Pour résoudre ces problèmes, les écloséries doivent appliquer des règles de gestion rigoureuses mettant en œuvre des vides sanitaires très réguliers afin de limiter les risques d'installation d'un agent pathogène. En l'absence de tests diagnostiques de routine, les écloséries qui utilisent des nauplii importés courent toujours le risque d'introduire un agent pathogène si les précautions nécessaires n'ont pas été prises par le fournisseur.

En grossissement, on rencontre aussi de nombreux cas de vibriose quand les conditions d'élevage se détériorent. Des microsporidies peuvent aussi, dans certaines zones, être à l'origine d'une certaine mortalité. Les plus graves problèmes proviennent cependant des infections virales que l'on retrouve dans tous les élevages de monde. *P. vannamei* est particulièrement sensible à l'influence de la nécrose hypodermique et hématopoïétique infectieuse (*infectious hypodermal and haematopoietic necrosis* : IHHN) ; cette maladie, lorsqu'elle n'entraîne pas de mortalité directe, provoque des ralentissements de croissance, des déformations et de très fortes disparités de taille (4, 18). La mortalité consécutive à une maladie d'apparition récente, connue sous le nom

de « syndrome de Taura » et longtemps attribuée à des pollutions par pesticides, est maintenant expliquée par la présence d'un nouveau virus (8, 10).

Il reste que les causes premières de l'apparition de ces virus demeurent largement inconnues et font l'objet de discussions entre les différents spécialistes. Toutefois, il est certain que les conditions environnementales et leurs variations, ainsi que le stress lié à l'élevage, jouent un grand rôle dans l'émergence des maladies virales.

## IMPACT DES TRANSFERTS

Potentiellement, tous les transferts évoqués ci-dessus ont pu entraîner la propagation, d'une zone à l'autre, d'agents pathogènes connus ou inconnus, dont certains se révèlent seulement maintenant (28). Il faut toutefois reconnaître qu'en l'absence de connaissances suffisantes sur leur existence et de techniques de diagnostic, il était pratiquement impossible d'identifier l'origine d'un agent pathogène donné.

Quand les animaux proviennent du milieu naturel, aucune recherche systématique d'agents pathogènes n'est effectuée sauf, depuis une date très récente, pour diagnostiquer la présence éventuelle de certains virus chez les crevettes destinées à la reproduction. Il faut aussi savoir que le stockage des reproducteurs ou des stades larvaires dans les installations avant expédition peut également être à l'origine de contaminations secondaires qui participent à la propagation des maladies.

Toutefois, ce sont les conditions d'élevage et les variations de l'environnement qui paraissent le plus souvent être à l'origine de la mortalité. L'intensification des élevages, les fermes construites les unes à côté des autres sans schéma directeur d'alimentation en eau et surtout de canalisation des rejets, la dégradation progressive des fonds de bassins, une alimentation excédentaire ou inadaptée ainsi que le stress lié à l'environnement sont des facteurs à prendre en compte. Leur somme, à un moment donné, peut dépasser le seuil de tolérance des crevettes, d'où l'émergence de maladies que l'on ne peut pas relier à un facteur précis. La cause est donc multifactorielle et les combinaisons qui conduisent au dépassement du seuil de tolérance sont multiples. On constate, notamment, que la multiplication des fermes dans la même région génère rapidement des phénomènes d'auto-pollution, c'est-à-dire que l'on assiste alors à la dissémination et au recyclage rapide d'un agent pathogène présent dans un bassin. Les eaux de rejet sont en effet repompées dans le système d'élevage avant d'avoir eu le temps de se régénérer et de perdre leur potentiel pathogène.

Les nauplii ou les post-larves achetés par une écloserie auprès de centres spécialisés de production peuvent être porteurs d'une souche de bactérie pathogène, ce qui entraîne un risque de contamination durable pour l'ensemble de l'écloserie qui va les mettre en élevage. C'est ainsi que des écloseries qui, sur certains sites, avaient obtenu de très bonnes productions sur plusieurs années, ont subitement rencontré des problèmes de mortalité alors que la gestion sanitaire était restée la même.

L'impact sur le milieu naturel est plus facile à suivre dans les zones où il existe des pêcheries naturelles de crevettes. C'est ainsi que de nombreuses crevettes *P. vannamei* ont été repêchées sur les côtes de Caroline du Sud suite à l'introduction de cette espèce pour l'élevage (30, 31, 32). Il ne semble pas toutefois que l'espèce se soit installée, les conditions de température n'étant pas favorables. On a aussi signalé la présence de

*P. monodon* dans des captures sur la côte ouest-africaine, conséquence des essais d'élevage effectués dans la zone littorale.

## ÉTUDES DE CAS : ÎLES HAWAÏ, POLYNÉSIE FRANÇAISE, NOUVELLE-CALÉDONIE

Certaines îles du Pacifique où il n'existait, avant le début des élevages, aucune espèce locale de Pénéidés d'intérêt commercial, ont vu l'introduction de nombreuses espèces dont certaines sont reproduites en captivité depuis de nombreuses générations. Il s'agit des îles Hawaï, de la Polynésie française et de la Nouvelle-Calédonie. Dans ce dernier cas il existe quelques espèces locales, mais en faible abondance, et ne donnant lieu à aucune pêcherie.

En Polynésie française, l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) a conduit depuis 1972 un programme de recherche systématique des espèces les mieux adaptées pour l'élevage en milieu tropical. Plus de quinze souches appartenant à onze espèces, *P. occidentalis*, *P. aztecus*, *P. japonicus*, *P. merguensis*, *P. vannamei*, *P. semisulcatus*, *Metapenaeus ensis*, *P. stylirostris* (Mexique, Equateur, Panama), *P. monodon* (Fiji, Philippines, Malaysia), *P. indicus* et *P. chinensis*, ont été ainsi introduites dans les mêmes installations d'élevage et chacune a été reproduite en captivité pendant au moins quelques générations. Sont maintenant élevées en routine :

- une souche de *P. vannamei* introduite en 1975 de Panama,
- une souche de *P. stylirostris* (1990, par l'intermédiaire d'une souche originaire du Mexique introduite en Nouvelle-Calédonie en 1981),
- une souche de *P. monodon* originaire des îles Fiji (1988),
- une souche de *P. indicus* originaire des Philippines (1981).

Dans ces conditions d'élevage, on aurait pu s'attendre à l'émergence de nombreuses maladies liées aux diverses introductions. En fait, on a observé des problèmes de vibriose, en élevage larvaire et en croissance, analogues à ceux des autres régions, ce qui montre bien qu'ils sont liés aux conditions d'élevage. On a aussi constaté des attaques fongiques en élevage larvaire mais aucune attaque due à *Baculovirus penaei* n'a été observée en éclosion. Quant à *P. stylirostris*, il a développé une résistance au virus de l'IHHN qui décime cette espèce dans sa zone géographique normale. De même, la souche de *P. monodon* originaire des îles Fiji n'est pas porteuse du *B. monodon*, bien que certaines des souches importées du Sud-Est asiatique aient révélé sa présence.

Après quatre ans de bons résultats obtenus avec *P. vannamei* dans une ferme commerciale de Tahiti, mettant en œuvre une technique très intensive donnant des rendements annuels de 20 tonnes par hectare dans des bassins unitaires de 1 000 m<sup>2</sup>, les taux de survie se sont dégradés sans qu'aucun pathogène particulier n'ait pu être mis en cause ; cette situation n'a pas pu être redressée malgré un contrôle rigoureux des conditions d'élevage. Ce n'est que par un changement d'espèce, à savoir *P. stylirostris*, que les survies et les rendements initiaux ont été rétablis. Au même moment, l'élevage de *P. vannamei* continuait à donner de bons résultats dans les bassins du Centre océanologique du Pacifique en mode de gestion discontinu. Le problème serait donc dû à une interaction, à terme, de facteurs liés à l'espèce et à la

ferme d'élevage ; le changement d'espèce suffirait à le résoudre, ce qui, comme dans le cas des écloséries, semble indiquer l'action d'une flore pathogène très adaptée à l'espèce et se multipliant sous la pression des conditions du site et des méthodes d'élevage.

A Hawaï (6), plusieurs espèces ont été introduites au cours des vingt dernières années et utilisées par des sociétés privées à des fins commerciales. Cela a été le cas de *P. japonicus*, dont l'exploitation a été interrompue pour des raisons de rentabilité, et de *P. stylirostris*, élevée en système super-intensif en *race-ways* sous serre et confrontée à de fréquentes apparitions de foyers d'IHHN qui ont décimé les élevages. Malgré les vides sanitaires et les précautions draconiennes prises dans le contrôle des stocks de reproducteurs, ces attaques virales n'ont pu être ni prévenues ni contrôlées, et la société a dû arrêter ses activités. L'élevage de la troisième espèce, *P. vannamei*, se développe avec plus de succès en modes semi-intensif et intensif sur la base d'une utilisation de souches exemptes d'agents pathogènes connus, d'une production des post-larves à partir de stocks dûment examinés et d'une vigilance dans les écloséries afin que toutes les précautions soient prises pour éviter l'introduction d'agents pathogènes. Cette approche séduisante s'est heurtée jusqu'à présent à des apparitions imprévues d'IHHN, ce qui a contraint les éleveurs à détruire les premiers stocks, à faire un vide total de l'éclosérie et à recommencer l'élevage ; plus récemment, une atteinte par le virus du « syndrome de Taura » a pu être observée (8, 10). On s'aperçoit donc de la difficulté de mettre en pratique le concept de souches exemptes d'agents pathogènes dans l'état actuel des techniques de diagnostic et de contrôle des stocks.

En Nouvelle-Calédonie, toutes les fermes utilisent une seule souche d'une seule espèce non indigène, *P. stylirostris*, introduite en 1981. Depuis cette date, l'espèce est reproduite localement, à raison de trois générations (en moyenne) en deux ans, sans aucune nouvelle introduction. On se trouve donc en présence d'une souche qui a subi une forte pression de consanguinité, les stocks étant issus de croisements frères-sœurs. Au niveau des élevages, toutes les précautions ont été prises pour éviter des contaminations entre les fermes, très éloignées les unes des autres. Il existe plusieurs écloséries et les techniques de croissance sont du type semi-intensif avec des densités de 20 à 30 crevettes/m<sup>2</sup>. Après une très bonne montée en puissance et des rendements annuels dépassant les trois tonnes par hectare, l'ensemble des fermes est confronté depuis 1993 à une baisse des taux de survie (décroissance de 55 % à 20-30 %) qui pourrait mettre en péril la rentabilité des opérations. La mortalité se manifeste à chaque changement de saison lorsque la température varie rapidement et affecte souvent plusieurs fermes au même moment, les animaux devenant très sensibles aux diverses manipulations. Plusieurs hypothèses étiologiques sont en cours d'examen, dont l'une de nature virale.

Des conditions d'élevage à priori très favorables et l'absence d'introduction d'animaux sur une longue période ne suffisent donc pas à éviter l'apparition de maladies. Comme dans le cas de Tahiti on se trouve ici face à un problème qui se développe dans le temps au niveau de chaque ferme. Cette hypothèse est confortée par les résultats différents obtenus à partir de post-larves issues de la même éclosérie : un très bon taux de survie peut être observé dans une ferme nouvellement construite, alors qu'une mortalité importante est observée dans une autre, plus ancienne.

Les résultats obtenus à partir de sujets reproducteurs maintenus en captivité mettent en évidence :

- la difficulté de contrôler des stocks en captivité en l'absence de tests diagnostiques fiables ;
- une variabilité des capacités de résistance à certains agents pathogènes au cours des générations successives ;
- l'émergence de problèmes de maladie liés au vieillissement des installations de production.

## **LÉGISLATIONS CONCERNANT L'IMPORTATION DE CREVETTES VIVANTES**

Les législations qui existent concernant les échanges de crevettes vivantes sont souvent calquées sur celles développées pour les animaux terrestres. Elles exigent généralement un certificat sanitaire émis par le pays d'origine et délivré par les services officiels (le plus souvent les Services vétérinaires ou de l'agriculture). Ces services n'ont, la plupart du temps, aucune compétence en pathologie aquacole ni les moyens d'examen appropriés. Si la compétence existe, elle n'est pas toujours reconnue officiellement et la réglementation ne prévoit pas le cas d'un certificat émis par un expert indépendant. Ce type de certificat devient donc une formalité purement administrative qui alourdit les procédures de routine et peut entraîner des effets pervers (retard dans les transports), voire encourager la falsification des certificats.

Toutefois, des législations de plus en plus restrictives sont mises en œuvre par les pays qui souhaitent protéger leur activité d'élevage et qui possèdent des souches locales intéressantes (22). Pour les pays qui n'ont pas accès localement à ces souches, l'importation de nauplii ou de reproducteurs reste souvent la règle. Le contrôle est toujours très difficile dans ce contexte, car la preuve de l'absence d'agents pathogènes chez les animaux importés ne dépend souvent que du certificat d'origine. La très forte pression exercée par les producteurs qui veulent essayer la nouvelle espèce ou la nouvelle souche « miracle » ou simplement ensemercer leurs bassins, est souvent un facteur décisif dans les dérogations accordées et explique aussi l'existence d'importations frauduleuses.

Les règles internationales du code du Conseil international pour l'exploration de la mer (*International Council for the Exploration of the Sea* : ICES) concernant les introductions sont souvent inapplicables dans la mesure où leur strict respect entraîne des délais incompatibles avec les besoins réels. Ces règles nécessitent également le contrôle complet des stocks de sujets reproducteurs en captivité, ce que très peu d'entreprises sont capables de maîtriser au niveau commercial (15, 28).

## **CONCLUSIONS**

Si l'on veut diminuer les risques liés aux transferts, il apparaît nécessaire de procéder à la formation, dans chaque pays, de pathologistes compétents, capables de diagnostiquer les maladies décrites à ce jour et connaissant le problème des épizooties

au niveau mondial, de façon à pouvoir prendre les mesures les plus appropriées. Dans le cas d'importations régulières et massives de post-larves, une stratégie d'échantillonnage devrait être appliquée en routine.

L'information sur les problèmes rencontrés paraît être aussi l'un des meilleurs moyens de limiter les importations non contrôlées, car elle place les producteurs devant leurs responsabilités. C'est certainement la peur d'introduire des virus qui a empêché l'importation récente de *P. monodon* en Colombie, alors qu'elle était autorisée depuis 1992 à la demande de certains producteurs. Suite à l'expérience acquise, il apparaît nécessaire de protéger de toute importation les pays qui, comme Madagascar par exemple, se lancent depuis peu dans les élevages de crevettes à partir de stocks locaux jusqu'à présent sains, et de les inciter à maîtriser le plus rapidement possible la constitution de stocks en captivité.

L'arrêt des transferts d'opportunité ne sera réellement possible que quand chaque pays producteur sera capable de produire dans ses propres écloséries la quantité de post-larves dont il a besoin pour ensemercer l'ensemble de ses fermes. Ces post-larves seront issues de stocks élevés en captivité, génération après génération, et testés en routine pour la détection d'agents pathogènes avec stricte obligation de détruire tout lot suspect. Cela implique que des trousseaux de diagnostic utilisant les techniques les plus récentes de la biologie moléculaire (sondes nucléiques et utilisation de l'amplification en chaîne par polymérase) soient disponibles dans les écloséries, faciles à mettre en œuvre et à un coût acceptable pour l'économie du système (26, 7, 19).

Cette approche devrait être systématiquement adoptée à mesure que les premiers travaux de sélection génétique qui commencent à être conduits dans plusieurs pays porteront leurs fruits.

Pour préparer cette nouvelle et importante étape de l'histoire de l'élevage de la crevette, il faut que chaque pays, en association étroite avec ses producteurs, se dote de la capacité de contrôler ses propres stocks de reproducteurs. Ce contrôle est nécessaire pour les raisons suivantes :

- c'est le seul moyen d'éviter l'introduction régulière d'agents pathogènes en provenance du milieu naturel, qui sera toujours très difficile à contrôler dans les opérations de routine ;
- c'est le passage obligé de toute approche d'amélioration génétique ; celle-ci devrait se généraliser dans les années à venir, très certainement par la sélection, dans chaque contexte, des souches les plus adaptées et les plus résistantes à certains agents pathogènes ;
- c'est le seul moyen de surveiller en permanence la santé des futurs reproducteurs et de prévoir une prophylaxie efficace.

Les transferts et les risques qui leur sont liés seront alors minimes ; l'introduction raisonnée d'une souche ne se fera que dans le cas où les avantages l'emporteront largement sur un risque faible et contrôlé.

\*

\* \*

## INTERNATIONAL TRADE OF LIVE PENAEID SHRIMPS BETWEEN COUNTRIES IN THE PACIFIC AND ATLANTIC REGIONS AND IN EUROPE. – A. Michel.

*Summary: The tremendous development of penaeid shrimp culture across the world over the past twenty years has led to international trade in eggs, larvae and spawners of the best shrimp species for aquaculture. Trade has involved, in particular, the following species:*

– *Penaeus japonicus* from Japan to Europe, the Pacific Islands and South America

– *P. monodon* from South-East Asia to almost all tropical countries

– *P. vannamei* and *P. stylirostris* from countries along the Pacific coast of South and Central America to the United States of America, the islands of the South Pacific, countries along the Atlantic coast of the Americas and certain countries in Africa.

*In the 1980s, research conducted by American and French teams enabled the breeding of stocks of spawners in captivity. This resulted in the establishment of lines of captive broodstock outside natural areas of distribution, and the development of new breeding farms in previously unproductive regions.*

*Trade related to movements of these species is facilitated by the absence of legislation in most countries; even when such legislation does exist, it is not always applied. These practices have led to the rapid development of world shrimp production, but have also contributed to the dissemination of pathogens.*

*In recent years, the occurrence of serious epizootics – occasioning heavy losses world-wide – has led to a more cautious approach involving trade of post-larvae obtained from captive broodstock in which thorough control measures have been implemented for known diseases. Trade in wild shrimp will probably be abandoned progressively, to avoid the risk of introducing new pathogens.*

*The main challenges for research in the near future are the development of diagnostic tools, to enable continuous control of captive broodstock, and the selection of strains which are resistant to the principal pathogens affecting these species.*

**KEYWORDS:** Aquatic animals – International trade – Pathogens – Penaeid shrimps – Species transfer.

\*  
\* \*

## EL COMERCIO INTERNACIONAL DE CAMARONES PENEIDOS VIVOS ENTRE LOS PAÍSES DEL PACÍFICO, DEL ATLÁNTICO Y DE EUROPA. – A. Michel.

*Resumen: El considerable desarrollo de la acuicultura de los camarones de la familia de los Peneidos a nivel mundial ha conllevado, en los dos últimos decenios, un incremento de los intercambios internacionales de estos crustáceos. Esta actividad implica el movimiento de huevos, larvas y*

reproductores de las especies más interesantes para la producción, en especial las siguientes:

– *Penaeus japonicus*, desde Japón hacia Europa, las islas del Pacífico y América del Sur;

– *P. monodon*, desde el sureste asiático hacia la casi totalidad de países tropicales;

– *P. vannamei* y *P. stylirostris*, desde los países de la costa Pacífica de América Central y del Sur hacia Estados Unidos, las islas del Pacífico y los países de la costa Atlántica del continente americano y de algunos países africanos.

Durante los años 1980, los resultados cosechados por equipos de investigadores americanos y franceses permitieron la cría de reproductores en cautividad, lo que a su vez hizo posible la introducción duradera de ciertas especies fuera de su área de distribución natural, así como el desarrollo de nuevas actividades de cría en regiones hasta entonces no productoras.

La ausencia de legislación específica, o su deficiente aplicación en la mayoría de países implicados, facilitan el comercio ligado a este movimiento de especies. Aunque tales prácticas han permitido el rápido desarrollo de las actividades de cría, es posible que hayan contribuido también a la diseminación de agentes patógenos.

Desde que los productores han debido enfrentarse a virulentas epizootias, causantes de mortalidad masiva a escala mundial, el mercado se orienta hacia el comercio de individuos post-larvales, descendientes de reproductores criados en cautividad y sometidos a controles para todas las enfermedades conocidas. Así pues, en buena lógica deberíamos asistir al abandono progresivo del comercio de ejemplares salvajes, susceptibles en cualquier momento de introducir un nuevo agente patógeno.

La puesta a punto de métodos de diagnóstico que permitan el control permanente de reproductores criados localmente en cautividad, así como la selección de cepas resistentes a los principales agentes patógenos constituyen los retos más importantes de los próximos años.

**PALABRAS CLAVE:** Agentes patógenos – Animales acuáticos – Camarones peneidos – Comercio internacional – Traslado de especies.

\*  
\* \*

### BIBLIOGRAPHIE

1. AQUACOP (1979). – Penaeid reared broodstock: closing the cycle of *P. monodon*, *P. stylirostris* and *P. vannamei*. *Proc. World Maricul. Soc.*, **6**, 123-132.
2. AQUACOP (1983). – Constitution of broodstock, maturation, spawning and hatching systems for penaeid shrimps in the Centre Océanologique du Pacifique. *In* Crustacean aquaculture, CRC handbook of mariculture (J.P. McVey, édit.), Vol. 1. CRC Press, Boca Raton, Floride, Etats-Unis d'Amérique, 105-121.
3. AQUACOP (1985). – Overview of penaeid culture research: impact on commercial culture activity. *In* Proc. of the First international conference on the culture of penaeid shrimps (Y. Taki, J.H. Primavera & J.A. Llobrera, édit.). Southeast Asian Fisheries Development Center, Aquaculture Department, Iloilo, Philippines, 3-10.

4. BELL T.A. & LIGHTNER D.V. (1983). – The penaeid shrimp species affected and known geographic distribution of IHHN virus. *In* Proceedings of the first international conference on warm water aquaculture. Crustacea (W.A. Rogers, G.L.R. Day & A. Lim, édit.). Brigham Young University, Hawaï, Etats-Unis d'Amérique, 280-290.
5. BROCK J.A. (1991). – Selected issues concerning obligate pathogens of non-native species of marine shrimps. *In* Proc. of the conference workshop 'Introductions and transfers of marine species: achieving a balance between economic development and resource protection'. Hilton Head Island, Caroline du Sud, Etats-Unis d'Amérique, 165-172.
6. BROCK J.A. (1991). – A brief overview of some historical and current issues concerning Penaeid shrimp introductions into Hawaii. *In* Proc. of the conference workshop 'Introductions and transfers of marine species: achieving a balance between economic development and resource protection'. Hilton Head Island, Caroline du Sud, Etats-Unis d'Amérique, 187-189.
7. BROCK J.A. (1992). – Current diagnostic methods for agents and diseases of farmed marine shrimp. *In* Diseases of cultured penaeid shrimp in Asia and the United States (W. Fulks & K.L. Main, édit.). The Oceanic Institute, Honolulu, Hawaï, Etats-Unis d'Amérique, 209-231.
8. BROCK J.A., GOSE R., LIGHTNER D.V. & HASSON K. (1995). – An overview on Taura syndrome, an important disease of farmed *Penaeus vannamei*. *In* Proc. of the special session on shrimp farming, Aquaculture '95 (C.L. Browdy & J.S. Hopkins, édit.). World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiane, Etats-Unis d'Amérique, 84-94.
9. BROWDY C.L. (1992). – A review of the reproductive biology of *Penaeus* species: perspectives on controlled shrimp maturation systems for high quality nauplii production. *In* Proc. of the special session on shrimp farming, Aquaculture '92 (J.A. Wyban, édit.). World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiane, Etats-Unis d'Amérique, 22-51.
10. CHAMBERLAIN G.W. (1994). – Taura syndrome and China collapse caused by new shrimp viruses. *World Aquaculture*, **25** (3), 22-25.
11. FEGAN D.F. (1992). – Recent developments and issues in the penaeid shrimp hatchery industry. *In* Proc. of the special session on shrimp farming, Aquaculture '92 (J.A. Wyban, édit.). World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiane, Etats-Unis d'Amérique, 55-70.
12. FLEGEL T.W., SRIURAIATANA S., WONGTEERASUPAYA C., BOONSAENG V., PANYIM S. & WITYACHUMNARNKUL B. (1995). – Progress in characterization and control of yellow-head virus of *Penaeus monodon*. *In* Proc. of the special session on shrimp farming, Aquaculture '95 (C.L. Browdy & J.S. Hopkins, édit.). World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiane, Etats-Unis d'Amérique, 76-83.
13. GJEDREM T. & FIMLAND E. (1995). – Potential benefits from high health and genetically improved shrimp stocks. *In* Proc. of the special session on shrimp farming, Aquaculture '95 (C.L. Browdy & J.S. Hopkins, édit.). World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiane, Etats-Unis d'Amérique, 60-65.
14. HIGHTOWER M. & TREECE G. (1991). – Non-native marine shrimp culture in Texas: background issues and regulatory response. *In* Proc. of the conference workshop 'Introductions and transfers of marine species: achieving a balance between economic development and resource protection'. Hilton Head Island, Caroline du Sud, Etats-Unis d'Amérique, 191-196.

15. INTERNATIONAL COUNCIL FOR THE EXPLORATION OF THE SEA (ICES) (1988). – Codes of practice and manual of procedures for consideration of introductions and transfers of marine and freshwater organisms. ICES Research Reports, No. 159, Copenhagen, Denmark, 44 pp.
16. LIGHTNER D.V. (1990). – Viroses section: introductory remarks. *In* Pathology in marine science (F.O. Perkins & T.C. Cheng, édit.). Academic Press, New York, Etats-Unis d'Amérique, 3-6.
17. LIGHTNER D.V., BELL T.A. & REDMAN R.M. (1989). – A review of the known hosts, geographic range and current diagnostic procedures for the virus diseases of cultured penaeid shrimp. *In* Advances in tropical aquaculture, Actes du Colloque AQUACOP IFREMER, Vol. 9, Tahiti, 113-126.
18. LIGHTNER D.V., BELL T.A., REDMAN R.M. & PEREZ L.A. (1991). – A collection of case histories documenting the introduction and spread of the virus disease IHNV in penaeid shrimp culture facilities in northern Mexico. *In* Proc. of the international Symposium on the effects and transfers of aquatic species on resources and ecosystems (C.J. Sinderman, édit.). Special publication of the World Aquaculture Society, 97-105.
19. LIGHTNER D.V., POULOS B.T., BRUCE L., REDMAN R.M. & MARI J. (1992). – New development in penaeid virology: application of biotechnology in research and disease diagnosis for shrimp viruses of concern in the Americas. *In* Diseases of cultured penaeid shrimp in Asia and the United States (W. Fulks & K.L. Main, édit.). The Oceanic Institute, Honolulu, Hawaï, Etats-Unis d'Amérique, 233-253.
20. LOTZ J.M., BROWDY C.L., CARR W.H., FRELIER P.F. & LIGHTNER D.V. (1995). – USMSFP [United States Marine Shrimp Farming Program] suggested procedures and guidelines for assuring the specific pathogen status of shrimp broodstock and seed. *In* Proc. of the special session on shrimp farming, Aquaculture '95 (C.L. Browdy & J.S. Hopkins, édit.). World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiane, Etats-Unis d'Amérique, 66-75.
21. MOTOH H. (1985). – Biology and ecology of *P. monodon*. *In* Proc. of the First international conference on the culture of penaeid shrimps (Y. Taki, J.H. Primavera & J.A. Llobrera, édit.). Southeast Asian Fisheries Development Center, Aquaculture Department, Iloilo, Philippines, 27-36.
22. NORMAS OFICIALES MEXICANAS (1993). – Norma N° NOM-010-PESC-1993. *In* Diario Oficial, Primera Sesión, 16 août 1994. Secretaría de Pesca, Mexico, 47-57.
23. ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE (FAO) (1995). – Review of the state of world fishery resources: aquaculture. FAO Fisheries Circular No. 886, FAO, Rome, 127 pp.
24. PRUDER G.D. (1991). – The United States marine shrimp farming program. *In* Proc. of the conference workshop 'Introductions and transfers of marine species: achieving a balance between economic development and resource protection'. Hilton Head Island, Caroline du Sud, Etats-Unis d'Amérique, 183-186.
25. PRUDER G.D. (1994). – High health shrimp stocks: an advance, an opportunity, but not a panacea. *World Aquaculture*, **25** (3), 26-28.
26. REDDINGTON J. & LIGHTNER D.V. (1994). – Diagnostics and their application to aquaculture. *World Aquaculture*, **25** (3), 41-48.
27. ROSENBERRY B. (1994). – World shrimp farming 1994. *Aquaculture Digest*, San Diego, Californie, Etats-Unis d'Amérique, 32 pp.

28. SINDERMAN C.J. (1991). – Principal issues associated with the use of non-native shrimp species in aquaculture. *In Proc. of the conference workshop 'Introductions and transfers of marine species: achieving a balance between economic development and resource protection'*. Hilton Head Island, Caroline du Sud, Etats-Unis d'Amérique, 149-153.
  29. STERN S. (1995). – Shrimp farming industry in Ecuador. *In Proc. of the special session on shrimp farming, Aquaculture '95* (C.L. Browdy & J.S. Hopkins, édit.). World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiane, Etats-Unis d'Amérique, 35-39.
  30. TOMPKINS D. (1991). – Responses of the regulatory community to marine shrimp introductions: South Carolina. *In Proc. of the conference workshop 'Introductions and transfers of marine species: achieving a balance between economic development and resource protection'*. Hilton Head Island, Caroline du Sud, Etats-Unis d'Amérique, 197-198.
  31. WENNER E.L. & KNOTT D.M. (1991). – Occurrence of Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, in coastal waters of South Carolina. *In Proc. of the conference workshop 'Introductions and transfers of marine species: achieving a balance between economic development and resource protection'*. Hilton Head Island, Caroline du Sud, Etats-Unis d'Amérique, 173-181.
  32. WHETSTONE J.M. (1991). – The shrimp fisheries and shrimp farming in South Carolina. *In Proc. of the conference workshop 'Introductions and transfers of marine species: achieving a balance between economic development and resource protection'*. Hilton Head Island, Caroline du Sud, Etats-Unis d'Amérique, 155-159.
  33. WICKINS J.F. (1976). – Prawn biology and culture. *Oceanogr. mar. Biol. ann. Rev.*, **14**, 435-507.
  34. WYBAN J.A. (1992). – Selective breeding of specific pathogen free (SPF) shrimp for high health and increased growth. *In Diseases of cultured penaeid shrimp in Asia and the United States* (W. Fulks & K.L. Main, édit.). The Oceanic Institute, Honolulu, Hawaï, Etats-Unis d'Amérique, 257-268.
  35. WYBAN J.A., SWINGLE J.S., SWEENEY J.N. & PRUDERG D. (1992). – Development and commercial performance of high health shrimp using specific pathogen free (SPF) broodstock *Penaeus vannamei*. *In Proc. of the special session on shrimp farming, Aquaculture '92* (J.A. Wyban, édit.). World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiane, Etats-Unis d'Amérique, 254-260.
-