

BILAN DES ESSAIS

DE GROSSISSEMENT EN MARAIS

DES CREVETTES *Penaeus japonicus* et *P.orientalis*

I. OBJECTIFS	3
II. MATERIEL ET METHODES	9
A. Prégrossissement intensif précoce en nurserie	9
1. Structure d'élevage	9
a) Bacs	9
b) Filtre biologique	9
c) Accessoires - Thermorégulation	10
2. Préparation du filtre biologique	10
3. Suivi des paramètres physico-chimiques	11
4. Alevinage	11
5. Renouvellement d'eau	12
6. Alimentation	12
a) Ration	12
b) Nauplii d'artémia	12
c) Artémia congelé	12
d) Aliment granulé	12
7. Suivi de la croissance	13
a) Méthode d'échantillonnage	13
b) Mesures et interprétation	13
8. Etat général des crevettes - Estimation des mortalités	13
9. Transfert aux bassins de grossissement	13
B. Prégrossissement-Grossissement en bassins extérieurs	14
1. Enceintes d'élevage	14
2. Préparation du bassin	14
3. Paramètres physico-chimiques	15
a) Suivi de routine	15
b) Mesures particulières	15
4. Gestion hydraulique	16
5. Alimentation	16
a) Ration	17
b) Composition des granulés	18
c) Mode de distribution	19
d) Evaluation de la part de production naturelle	19
(1) Contenus stomacaux	19
(2) Evaluation par les isotopes naturels du carbone	19
6. Suivi de la croissance	20
a) Méthodes d'échantillonnage	20
b) Interprétation - Analyse	21
7. Estimation de la survie	21
8. Etat général des crevettes	21
9. Récolte - Expédition	22
a) Méthodes de récolte	22
b) Tri des crevettes	22
c) Stockage avant expédition et après la saison de croissance	23
d) Conditionnement	23
10. Conduite des grossissements de salmonidés en période hivernale	24
11. Conduite des élevages simultanés de palourdes	24
C. COUTS DE PRODUCTION	25
1. Collecte des données	25
a) Fonctionnement	25
b) Investissement	25
2. Analyse	25

III. RESULTATS	26
A. Prégrossissement intensif - Nurserie	26
1. Paramètres physico-chimiques de l'eau	26
a) Température	26
b) Salinité	26
c) pH	26
d) Oxygène dissous	27
e) Azote ammoniacal - Azote nitreux	27
2. Consommation en aliment	27
3. Croissance - Dispersion des tailles	28
4. Etat général - Survie	30
B. Grossissement en bassins de terre	31
1. Paramètres physico-chimiques de l'eau	31
a) Température	31
b) Salinité	31
c) Oxygène dissous	31
d) pH	32
e) Azote ammoniacal, nitreux	32
f) Azote nitrique - Phosphate - Silicates	32
g) Phytoplancton - Turbidité	33
2. Conditions du sédiment	34
a) Teneur en matière organique	34
b) Consommation en oxygène du sédiment	34
c) Algues macrophytes - Phanérogames	34
3. Consommation en aliment	35
4. Comportement alimentaire - Part de la production naturelle	37
5. Croissance	39
a) Croissance jusqu'au poids moyen de 0,5-1g	40
b) Croissance au-delà de 1g	42
c) Arrêt de croissance	44
6. Dispersion des tailles	45
7. Etat général des crevettes	46
8. Survie	47
a) Résultats des évaluations de densité à la drague électrique	47
b) Survies finales	49
9. Méthodes de récolte et de tri - Résultats des essais de stockage	49
10. Résultats des essais conduits sur <i>P.orientalis</i>	50
11. Résultats des grossissements alternés crevettes-salmonidés	51
12. Résultats des grossissements mixtes crevette-palourde	52
13. Résultats obtenus par les éleveurs	52
C. Coûts de production	55
1. Nurserie	55
2. Grossissement	55

IV. DISCUSSION	56
A. Prégrossissement	56
1. Nurserie - Bassins extérieurs	56
2. Alimentation en nurserie	57
3. Densité - Forme du bac en nurserie	57
4. Température	57
5. Durée en nurserie	58
B. Grossissement	59
1. Contrôle des algues macrophytes	59
2. Gestion du milieu d'élevage	59
3. Alimentation et densité	59
4. Température et croissance	60
5. Influence des valeurs extrêmes de la salinité et de la température	60
6. Récolte - Commercialisation	60
7. Introduction d'autres espèces	60
8. Grossissement mixte crevettes-palourdes	61
9. Grossissement alterné crevettes-salmonidés	61
C. Choix du niveau d'intensification	62
V. CONCLUSIONS	63

LISTE DES SCHEMAS

DEMARCHE GENERALE DANS LA MISE AU POINT DES ELEVAGES	3
STRUCTURE DE LA NURSERIE	10
DRAGUE ELECTRIQUE	21

LISTE DES TABLEAUX

Principaux objectifs des essais de Prégrossissement	6
Principaux objectifs des essais de Grossissement	7
Compositions des granulés utilisés en grossissement	18
Température de l'eau lors des prégrossissements intensifs en nurserie	26
Salinité lors des prégrossissements intensifs en nurserie	26
pH lors des prégrossissements intensifs en nurserie	27
Valeurs maximales en azote ammoniacal et nitreux dans les bacs de prégrossissement intensif (mg/l)	27
Rations alimentaires des prégrossissements intensifs en nurserie	28
Croissance et poids moyens des prégrossissements intensifs en nurserie	29
Survies finales des prégrossissements intensifs en nurserie (%)	30
Croissances avec et sans production naturelle	39
Densité apparente à la drague électrique	47
Densités apparentes suivant la longueur du trait de drague et la pente de la berge	48
Survies en fin de grossissement (%)	49
Survies en fin de stockage après récolte	50

LISTE DES FIGURES

Ration journalière en granulé en fonction du poids moyen	17
Indice de consommation du granulé en fonction du poids moyen	17
Ration journalière en fonction du jour d'élevage en prégrossissement intensif (Bac de 8m ³ , 10 post-larves/l, 1990)	28
Poids moyen en fonction du jour d'élevage en prégrossissement intensif (Bac de 8m ³ , 10 post-larves/l, 1990)	29
Somme des températures supérieures à 17°C en bassins de grossissement	31
pH de l'eau et concentration en phytoplancton par fluorimétrie dans un bassin de grossissement	33
Indice de consommation du granulé en fonction du poids moyen (élevages à haute densité)	35
Indice de consommation du granulé en fonction de la survie	36
Parts de l'aliment et de la production naturelle dans la biomasse de crevettes évaluées par le carbone au cours de l'année 1987 dans deux bassins de 500 et 1000m ²	38
Poids moyen en fonction du jour d'élevage à faible et forte densité	39
Croissance spécifique moyenne jusqu'à 0,5g en fonction de la température moyenne	40
Gain de poids journalier moyen au cours des 30 premiers jours de grossissement en fonction de la somme de degrés-jours >17°C	41
Gain de poids moyen hebdomadaire au-delà de 0,5-1g en fonction de la densité	42
Charge au 90ème jour de grossissement en fonction de la densité	43
Poids moyen en fonction de la somme des degrés-jour >17°C pour les élevages à densités élevées	44
Dispersion relative des longueurs en fonction du poids moyen	45
Dispersion relative des tailles et croissance	46
Evolution de la densité apparente dans un bassin et essai de modélisation	48
Nombre d'élevages de crevettes par région de 1985 à 1990	52
Surface en élevage par région, de 1985 à 1989	53
Production de crevettes en bassins, par région, de 1985 à 1989	53

BILAN DES ESSAIS DE GROSSISSEMENT EN MARAIS DES CREVETTES *Penaeus japonicus* et *P.orientalis*

Introduction

L'élevage de la crevette fait l'objet d'essais sur les côtes françaises depuis 1967. Les élevages réalisés à Palavas et Maguelone (Languedoc) à partir de 1973 concluaient qu'il était possible d'atteindre un poids moyen supérieur à 15g au cours de la saison estivale, à des densités initiales de quelques unités à quelques dizaines de post-larves par mètre-carré (annexe 1). La croissance était fonction de la qualité de l'aliment distribué : du crabe broyé et congelé, puis un granulé de formule spécifique, ont permis d'atteindre des charges finales supérieures à 200g/m². De 1980 à 1984 des essais de grossissement étaient réalisés sur la côte Atlantique, à Noirmoutier (annexe 2, Calvas 41) puis en Charente-maritime et dans le Médoc. Le bilan dressé de la filière "crevette tempérée" en 1984 aboutissait aux conclusions suivantes, pour la phase de grossissement :

- l'espèce *P.japonicus* grossit rapidement dans les marais côtiers de l'Atlantique à des densités de quelques crevettes par mètre carré, et atteint ou dépasse le poids moyen de 15g au cours de la saison estivale ; lors des essais la survie était variable mais la fréquence des valeurs supérieures à 60% permettait d'envisager de les obtenir en routine de production ;

- les problèmes identifiés :

- détermination de la capacité biotique du milieu,
- maîtrise de la fertilisation,
- contrôle des algues macrophytes,
- travail du fond des bassins, afin de maintenir une qualité favorable ;
- variabilité de la survie ;

- le transfert de la technique devait être réalisé en étroite collaboration avec les conseillers aquacoles régionaux ; une phase préalable de validation de la filière sur différents sites devait être réalisée, élevages à faible densité chez quelques candidats éleveurs sous contrôle et avec un suivi des équipes de l'IFREMER ;

- les actions de recherche prioritaire :

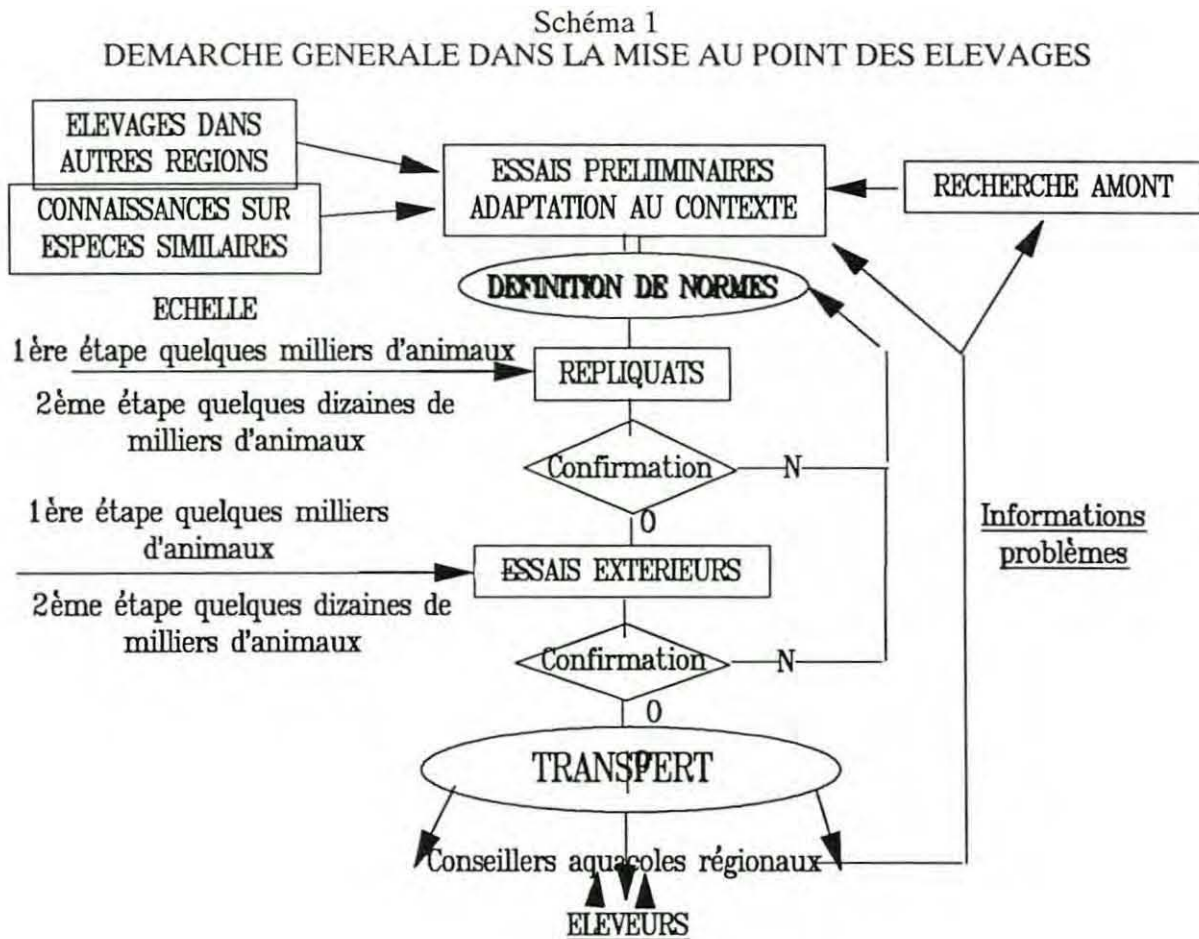
- essais de nouvelles espèces comme *P.orientalis*,
- mise au point d'aliments composés adaptés à un élevage semi-intensif, où la production naturelle joue un rôle important,
- étude de la dynamique des populations, dans le but d'une évaluation des impacts des peuplements forcés en lagunes.

En zone tempérée la production est saisonnière et les coûts plus élevés qu'en zone tropicale. La filière dépend donc du maintien d'un prix de vente élevé. La saison de croissance est limitée et les températures deviennent létales peu après que la taille de commercialisation soit atteinte : la mise en marché ne peut durer que quelques semaines, et son allongement faciliterait la commercialisation, surtout sur la période estivale, lorsque les consommateurs sont proches du lieu de production et disposés à ce type de consommation.

Le présent rapport analyse les résultats obtenus de 1985 à 1990 par AQUALIVE.

I. OBJECTIFS

La démarche générale des travaux est résumée dans le schéma 1.



Les programmes étaient déterminés par les objectifs généraux du programme (établir une méthode d'élevage de la crevette adaptée à l'environnement des marais côtiers) et les moyens disponibles. Il n'était pas possible d'explorer toutes les méthodes d'élevage envisageables. Les choix étaient faits chaque année :

- en vue de perfectionner une filière choisie initialement de manière empirique, à partir des résultats publiés et de l'expérience acquise par ailleurs,
- après l'analyse des résultats obtenus chez les éleveurs, réalisée avec ceux-ci et les conseillers aquacoles.

1) Zootechnie :

- méthode de suivi du stock de crevettes (croissance, densité-survie, évaluation du stock commercialisable et de la date de début de commercialisation),
- normes d'élevage (ration, densité et charges limites),
- gestion du milieu d'élevage (renouvellement d'eau, aération, contrôle des algues macrophytes),
- éradication des prédateurs et compétiteurs,
- méthodes de récolte et de conditionnement ;

2) Ecologie et Ethologie

- comportements alimentaires (rythmes nyctéméraux, sources alimentaires préférentielles),
- part de la production naturelle dans l'alimentation et la nutrition en conditions extensives ou semi-intensives en bassins de terre, en fonction de l'âge
- stimulation de la production naturelle par des apports d'engrais organiques ou minéraux ;
- capacité d'osmorégulation, dans le cadre de la mise au point d'une méthode d'évaluation de l'adaptation aux conditions d'élevage ;

3) Intensification en monoculture et polyculture

- intensification progressive par augmentation de la densité en déterminant les charges, au-delà desquelles la conduite de l'élevage devenait plus difficile et aléatoire ;
- augmentation des revenus par adjonction d'autres espèces (grossissement hivernal de salmonidés en alternance, grossissement mixte crevette-palourde) ;

4) Prégrossissement

- réduction des aléas de survie par un prégrossissement sur site ; les bilans annuels réalisés avec les conseillers aquacoles et les éleveurs concluaient que les aléas de survie étaient la cause essentielle de variabilité des résultats des élevages, et aboutissaient à l'hypothèse d'une mortalité dans les jours suivant la mise à l'eau des post-larves.
- avancement de la date de première commercialisation : les aléas climatiques entraînaient une marge d'incertitude sur la date d'alevinage, de la mi-Mai aux premiers jours de Juin, avec la contrainte d'une date fixée plusieurs mois à l'avance pour la livraison de post-larves des écloséries ; l'alevinage était généralement programmé autour du 5 Juin, en perdant le bénéfice de réchauffements précoces.

De 1987 à 1990 était essayé le prégrossissement précoce (Mai) en conditions contrôlées, praticable à proximité des lieux de grossissement et des grossissements de post-larves et de juvéniles prégrossis étaient menés en parallèle, afin de mesurer l'intérêt technique et économique du prégrossissement précoce.

5) Diversification

- test de grossissement de *P.orientalis*.

L'objectif ultime étant le transfert d'une technique de production à des éleveurs, une analyse économique était faite à chaque étape. Le petit nombre des données, collectées sur quelques années et un seul site, et les moyens disponibles limitaient celle-ci aux coûts de production. Ils étaient comparés aux prix de vente constatés lors de la vente des produits de la station et par les éleveurs. L'analyse tentait d'intégrer cette filière dans l'ensemble des activités des exploitants de marais, et conditions socio-économiques les plus caractéristiques.

Tableau 1
Principaux objectifs des essais de **Prégrossissement**

1986

Prégrossissement en conditions non contrôlées : comparaison de l'intensif en bassin à fond drainé et de l'intensif "moulinette" sans fond meuble

1987

Prégrossissement intensif en nurserie :

- élevage en milieu contrôlé (épuration de l'eau sur filtre biologique en circuit fermé, chauffage)
- méthode de suivi du milieu d'élevage et du stock
- densité 1 post-larve/l

1988

Prégrossissement intensif en nurserie :

- augmentation de la densité (5 post-larves/l)
- méthode de distribution d'aliment
- traitement de l'eau d'élevage en circuit fermé sur filtre sous pression

1989

Prégrossissement intensif en nurserie :

- confirmation de la méthode d'élevage (mode de distribution de l'aliment, ration)
- comparaison de deux modèles de filtres biologiques (ouvert et sous pression)
- premier test de bac cylindro-conique

Comparaison avec les élevages réalisés par deux entreprises privées, dans des conditions similaires (une suivant les mêmes normes en bacs de 50m³, l'autre travaillant en circuit ouvert et ne nourrissant qu'avec de l'artemia congelé ou frais)

Détermination des coûts de production

1990

Prégrossissement intensif en nurserie :

- augmentation de la densité (10 et 22 post-larves/l)
- comparaison de deux types de bacs (race-way et cylindroconique)
- réduction de la ration alimentaire

Comparaison avec les élevages réalisés par deux entreprises privées, dans des conditions similaires (une suivant des normes similaires en plus petits volumes à coût d'investissement minimal, l'autre travaillant en circuit ouvert et ne nourrissant qu'avec de l'artemia congelé ou vivant)

Détermination des coûts de production, intégration de ceux-ci dans l'ensemble de la filière

Tableau 2
Principaux objectifs des essais de **Grossissement**

1985

Zootecnie de *P.japonicus* en marais à densité 5/m² : confirmation des résultats des années antérieures et poursuite de la mise au point des méthodes de suivi du stock et du milieu d'élevage ; essais en parallèle sur la station et cinq sites de la côte Atlantique.

Alimentation de *P.japonicus* à la densité de 5/m² :
- comparaison de trois aliments spécifiques
- influence des aliments démarrage

Participation au programme d'évaluation de la productivité secondaires des bassins et de recherches de critères d'évaluation de la qualité du sédiment, en pénéculture extensive et semi-intensive (programme CREMA)

Augmentation de la production naturelle : comparaison de plusieurs modes de fertilisation

Méthodes de récolte et de conditionnement

Grossissement alterné crevette-salmonidé : premier essai

1986

Zootecnie de *P.japonicus* en marais à densité 5/m² : idem 1985

Intensification : premier essai à densité 15/m²

Alimentation de *P.japonicus* à la densité de 5/m² :
- comparaison de deux aliments
- détermination de la part des proies vivantes

Augmentation de la production naturelle : fertilisation par du fumier de bovins

Méthodes de récolte et de conditionnement

P.orientalis : essais de grossissement en marais atlantiques

Grossissement alterné crevette-salmonidé : deuxième essai (bassin de 4 000m²)

1987

Intensification : densités initiales 20 et 40/m²

Alimentation de *P.japonicus* à la densité de 5/m² :
- confirmation des résultats de l'année antérieure sur la part des proies vivantes
- étude du comportement alimentaire par détermination des proies (espèces, quantité) présentes dans le bol alimentaire au long de la journée, à différentes tailles (CREMA)
- comparaison de deux aliments en conditions intensives.

Grossissement alterné crevette-salmonidé : troisième essai (bassin de 4 000m²)

1988

Intensification : confirmation des normes arrêtées lors des années antérieures, sur deux bassins de 4 000m²

Augmentation de la production naturelle : confirmation de l'efficacité de la fumure mixte minérale-organique (guano ou fiente de poulet)

Grossissement mixte crevette-palourdes : essais menés en parallèle avec deux sites (Loire Atlantique et Charentes)

1989

Intensification : confirmation des normes arrêtées lors des années antérieures, dans un bassin de 4 000m² sur la station et par suivi des résultats obtenus par deux entreprises privées voisines (11 bassins de 4 500 à 12 000m²)

Augmentation de la production naturelle : en collaboration avec des éleveurs privés et le CREMA, détermination de la variabilité des conditions du milieu et de leur incidence sur les paramètres physico-chimiques et le phytoplancton dans les bassins d'élevage, par suivi de bassins aquacoles de cinq sites du marais Breton (Vendée, Loire-Atlantique)

1990

Intensification : essai sommaire d'un granulé spécifique importé de Taïwan

Amélioration de la survie : confirmation de l'intérêt de l'alevinage avec des juvéniles prégrossis (amélioration de la survie et avancement de la date de première commercialisation), essais conduits sur six sites de la côte Atlantique

Augmentation de la production naturelle : confirmation des normes d'élevage et performances zootechniques établies l'année antérieure au CREMA avec un granulé non spécifique à faible teneur en protéine, en collaboration avec des éleveurs, le CREMA, les conseillers aquacoles des Pays de Loire et de Charente-Maritime, le LEPE de Guérande, le CETA-crevette de Charentes et le SEPAMAM au Verdon, sur une dizaine de sites de la côte Atlantique.

De 1987 à 1990, parallèlement aux essais réalisés sur Aqualive, le personnel de la station, a participé au suivi des élevages des exploitants de marais par les conseillers aquacoles, essentiellement en Pays de Loire, pour des raisons de distance.

II. MATERIEL ET METHODES

A. Prégrossissement intensif précoce en nurserie

1. Structure d'élevage

L'eau était épurée sur un filtre biologique en circuit fermé avec les bacs d'élevage, en 1987, avec un apport d'eau de mer extérieure journalier (48% du volume d'élevage), de 1988 à 1990, avec un apport d'eau douce ou d'eau de mer pour ajuster la salinité (0 à 20% du volume d'élevage par jour).

a) Bacs

Trois types de bacs étaient utilisés :

- cylindriques de 10m³, 1987,
- de type raceways de 8m³, 1988 à 1990,
- cylindro-coniques de 2m³, 1989 et 1990,

b) Filtre biologique

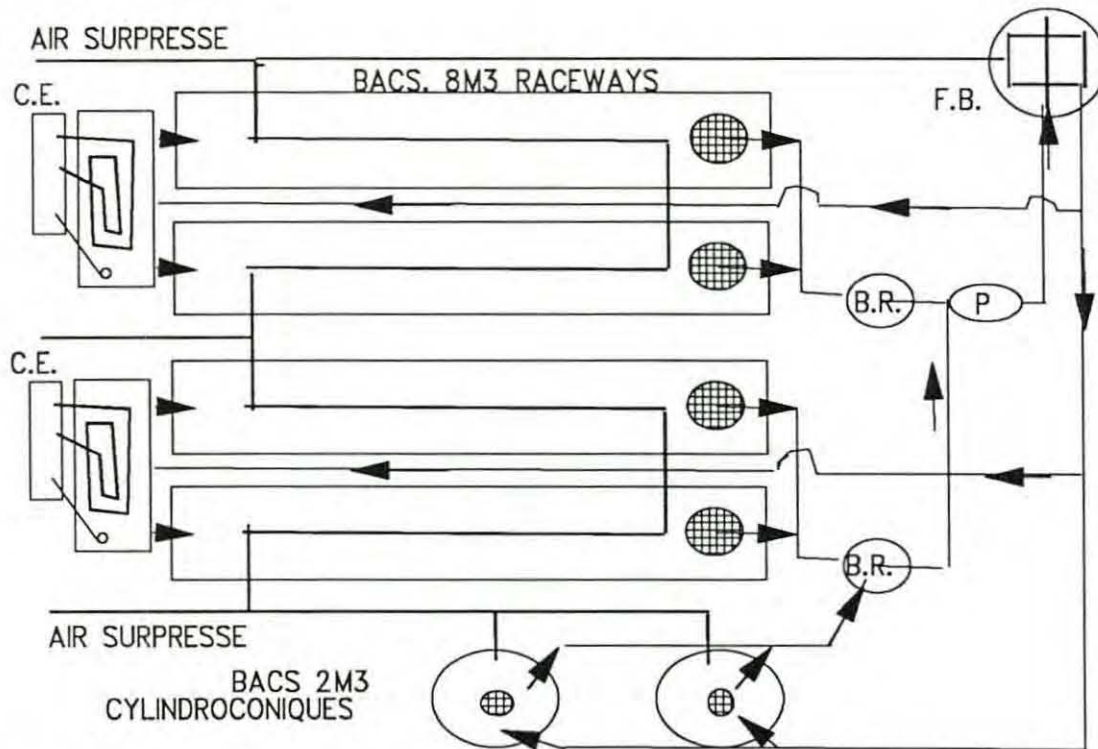
Partant des résultats obtenus au COP, à Palavas et Aqualive, trois modèles étaient définis et montés, utilisant l'argile expansée comme support de la flore nitrifiante :

- 1987, colonne ouverte, de 1m de diamètre intérieur, remplie sur 1,5m de hauteur de matériau de granulométrie 1-2mm, servant de filtre mécanique et biologique (volume d'élevage 30m³, nombre de post-larves 30 000)
- 1988-1989, filtre sous pression, de volume intérieur total 500l, rempli de 150 à 170l d'un matériau de granulométrie 1-2mm, servant de filtre mécanique et biologique (volume d'élevage 16m³, nombre de post-larves 88 000),
- 1988-1989, colonne ouverte, de 1m de diamètre intérieur, remplie de 200l d'un matériau de granulométrie 10mm, à travers lequel la plupart des particules passait (volume d'élevage 16m³, nombre de post-larves 83 000) ; en 1990 ce même filtre était rempli de 680l de matériau 10mm et de 120l de 1-2mm (volume d'élevage 64m³, nombre de post-larves 300 000).

Suivant la granulométrie du matériau filtrant, le rapport de son volume sur le volume d'élevage était de 2% à 3,5%, en proportion de sa surface spécifique, décroissante avec la granulométrie.

Tous les modèles pouvaient être rincés avec de l'eau de mer souterraine, et des diffuseurs d'air permettaient une aération forcée ou un brassage, avant rinçage.

Schéma 2
STRUCTURE DE LA NURSERIE



P= pompe de circulation
C.E.=Chauffage électrique F.B. = Filtre Biologique B.R.= Bac de reprise

c) Accessoires – Thermorégulation

Les évacuations des bacs d'élevage étaient munies de filtre en toile à bluter, destinés à éviter la fuite des post-larves ; leur maille était de $200\mu\text{m}$ au cours des premiers jours d'élevage puis de $350\mu\text{m}$, $500\mu\text{m}$, 1mm , en fonction de la taille.

Un brassage de l'eau était assuré par de l'air surpressé injecté par des diffuseurs d'air ou des rampes de bullage disposés au fond des bacs.

La température pouvait être maintenue au-dessus de 20°C par des résistances électriques, placées dans le bac d'élevage ou dans un bac situé en amont dans le circuit. Ces résistances étaient commandées par une thermistance placée à proximité de la résistance électrique. Leur puissance : 1987 6kW pour les 3 bacs de 10m^3 , 1988 et 1989 3kW par bac de 8m^3 , 1990 3kW par paire de bacs de 8m^3 , 1989 et 1990 500W par bac de 2m^3 .

2. Préparation du filtre biologique

Elle consistait à favoriser l'implantation d'une population bactérienne nitrifiante : sur la colonne de dégazage-oxygénation de l'eau souterraine de la nurserie se maintenait une telle population ; en faisant circuler de l'eau souterraine "dégazée" pendant au moins trois semaines sur le filtre biologique, celui-ci était en mesure d'épurer les quantités d'azote ammoniacal secrétées par les post-larves. L'efficacité du biofiltre était contrôlée : il devait pouvoir oxyder 10mg/l d'azote ammoniacal en 24 heures (circulation en circuit fermé, débit d'air 1 à $2\text{ m}^3/\text{h}$).

Un nettoyage préalable du matériau filtrant consistait à le rincer avec de l'eau douce, puis à le

chlorer à 1g/m^3 de chlore actif, pendant 24 heures ; la neutralisation du chlore résiduel était faite au thiosulfate de sodium. Un brassage avec de l'air surpressé améliorait l'élimination des particules organiques.

3. Suivi des paramètres physico-chimiques

La température était mesurée une à deux fois par jour à l'aide d'un thermomètre de précision. Les minima et maxima journaliers relevés sur un thermomètre mini-maxi, au préalable étalonné à l'aide d'un thermomètre de précision.

La salinité était mesurée quotidiennement, par conductimétrie.

L'oxygène dissous était contrôlé périodiquement en plusieurs points du circuit d'eau, avec une sonde polarographique.

Le pH était mesuré quotidiennement à l'aide d'un pH-mètre électronique.

Les concentrations en azote ammoniacal et nitreux étaient contrôlées quotidiennement, en fin de journée, par colorimétrie au spectrophotomètre (méthodes normalisées pour l'eau de mer).

4. Alevinage

Il était réalisé avec des post-larves d'écloserie :

- 1987, de 31 jours (25mg), provenant de l'écloserie de Palavas,
- 1988, de 3 à 5 jours (0,8-1mg environ), provenant des écloséries de Palavas ou Mariaude, et de 25 jours (14mg) provenant de l'écloserie de Palavas,
- 1989 et 1990, 5 jours (0,5-1mg environ), provenant de l'écloserie Mariaude.

Les transports étaient réalisés en sacs plastiques étanches de 30 litres, remplis de 10 litres d'eau de mer et 20 litres d'oxygène ; les sacs étaient placés dans des boîtes en carton double couche (emballages de transport du vin). Des nauplii d'artémia étaient mis dans les sacs pour permettre aux post-larves de se nourrir et limiter le cannibalisme.

Les estimations des nombres étaient faites :

- lors de l'emballage à l'écloserie :
 - pour les plus petites tailles par comptages sur neuf à quinze échantillons aliquotes prélevés dans des bassines de 50 litres fortement brassées, chacune contenant au plus 15 000 post-larves (comportement planctonique),
 - pour les plus grosses tailles par pesée de l'ensemble des crevettes et comptage sur trois échantillons pesés de la même façon (comportement benthique),
- à la nurserie, 24 heures après l'arrivée, par comptage exhaustif du nombre de post-larves dans 12 à 24 échantillons aliquotes, prélevés dans les bacs à l'aide de pots à eau de 2l.

5. Renouvellement d'eau

1987 : circuit fermé sur filtre biologique, avec un renouvellement d'eau continu, 48% du volume d'élevage par jour, jusqu'au 21ème jour d'élevage, puis 200 à 500%, du fait de la dégradation des conditions du milieu.

1988 à 1990 : circuit fermé, complément d'eau douce ou d'eau de mer pour ajuster la salinité (seule compensation de l'évaporation = 1 à 2% du volume d'élevage/jour en eau douce).

6. Alimentation

Les essais avaient pour objectif d'adapter les normes établies à Palavas à un élevage plus long. L'alimentation comportait :

- en 1987, granulé frais fabriqué localement (VITAMAX), puis granulé sec (GLUCAL), tous deux distribués en cours de journée ;
- en 1988, granulé (ACAL) complété dans certains cas par des nauplii d'artémia ou de l'artémia adulte congelé, distribués en cours de journée ; lors des deux derniers essais la distribution de granulé était nocturne et celle d'artémia diurne ;
- en 1989 et 1990, granulé (GLUCAL) au cours de la nuit, nauplii d'artémia et artémia adulte congelé, au cours de la journée.

a) Ration

Elle était calculée en fonction de l'accroissement quotidien de la biomasse en utilisant un indice de conversion de 0,8 (poids sec d'aliment/accroissement de biomasse en poids frais).

b) Nauplii d'artémia

Ils étaient distribués au cours des deux ou trois premiers jours d'élevage (≥ 100 /post-larve/jour).

c) Artémia congelé

Cet aliment était utilisé à partir de 1988. Il était distribué dans la journée, en plusieurs repas. Aucune préparation particulière n'était faite. Origine Salins du Midi.

d) Aliment granulé

Trois formules étaient utilisées :

- 1987, VITAMAX, aliment frais, distribué en plusieurs repas dans la journée, préparé quotidiennement, mélange de calmar congelé, crevettes de marais fraîches et moules décortiquées et d'aliment granulé pour poissons.
- 1988, aliment larvaire ACAL (France Aquaculture) distribué en continu dans la journée,
- 1989 et 1990, aliment démarrage GLUCAL broyé et tamisé de 1-2mm (Dievet) distribué en continu au cours de la nuit.

7. Suivi de la croissance

La détermination du poids des post-larves était difficile du fait de la rétention d'eau dans les pleures et branchies. Le mode opératoire était le même de 1987 à 1990 : les valeurs obtenues permettaient de comparer les bacs entre eux.

a) Méthode d'échantillonnage

En cours d'élevage, pour chaque bac, des échantillons étaient prélevés en plusieurs points des bacs à l'aide d'une épuisette à maille très fine, et regroupés pour les mesures de poids et longueur.

Lors de la récupération des juvéniles prégressis plusieurs échantillons étaient prélevés en début, milieu et fin de pêche.

b) Mesures et interprétation

Pour la détermination du poids moyen, la pesée était effectuée sur un nombre suffisant d'individus pour que le poids total égoutté fut supérieur ou égal à 0,1g. Les crevettes étaient pesées sur papier filtre, toutes ensemble, puis comptées une à une ; le papier filtre, qui avait retenu la plus grosse part de l'eau interstitielle, était pesé et son poids servait de tare.

Des mesures de longueurs étaient réalisées, afin d'évaluer la dispersion des tailles (écart-type/longueur moyenne %). Par comparaison entre les valeurs obtenues en cours d'élevage et à la récolte, il était possible de vérifier que la méthode d'échantillonnage dans le bac n'était pas sélective.

8. Etat général des crevettes – Estimation des mortalités

Aucune méthode d'estimation du nombre de crevettes en cours d'élevage n'était essayée. Seule l'observation régulière dans les bacs permettait de détecter des cadavres et de déterminer les périodes de mortalités.

L'état général était évalué plusieurs fois par jour sur des échantillons de 5 à 10 crevettes prélevés en plusieurs points du bac : état de réplétion des estomacs (0, 1/2, 1), taille des antennes (0, 1), état des pattes (0, 1).

9. Transfert aux bassins de grossissement

Il était effectué en récupérant les juvéniles lors de la vidange des bacs par pêche à l'épuisette, puis dans une nasse placée sur le tuyau d'évacuation.

La détermination du nombre était réalisée par pesée de toutes les crevettes par paquets de quelques dizaines de grammes, et comptage exhaustif sur 3 à 9 paquets, répartis régulièrement tout au long de la récolte. Le nombre total était estimé par une règle de trois.

B. Prégrossissement et Grossissement en bassins extérieurs

1. Enceintes d'élevage

Les bassins d'Aqualive étaient creusés dans l'argile, de 400 à 4500m², de profondeur moyenne 1m, de forme rectangulaire. L'arrivée d'eau et l'évacuation étaient généralement opposées.

L'eau entrant dans le bassin était filtrée sur maille de 0,5mm, en sortie de bassin sur 0,5 ou 1,2mm.

A partir de 1986 dans les bassins à plus forte charge, l'eau était aérée mécaniquement en période nocturne.

Des essais de prégrossissement à haute densité en bassins circulaires de 10m³ en polyester armé et en bassin de 100m² à alimentation par fond drainant, étaient réalisés en 1986, en parallèle avec des essais à faible densité en bassins de terre. Le fond drainant était constitué, du haut vers le bas, d'une couche de sable, séparée de la couche inférieure par un tissu non tissé routier, d'une couche de graviers dans laquelle était noyée des drains routiers. La surface était de 100m² et la forme rectangulaire allongée. L'alimentation était faite à partir d'un canal maintenu en charge, assurant un renouvellement d'eau permanent. L'eau, amenée sur toute la surface du bassin par les drains routiers noyés dans la couche de graviers, percolait à travers le fond de sable. L'évacuation était fermée par une grille de maille 1mm.

2. Préparation du bassin

Elle avait trois objectifs, éradiquer les prédateurs ou compétiteurs, minéraliser la matière organique accumulée au cours de la précédente campagne, et favoriser le développement du phytoplancton et de bactéries sur laquelle les proies des crevettes (macrofaune et méiofaune benthique) se nourrissaient.

L'éradication des poissons était réalisée en 1986, 1987 et 1988 par épandage de roténone, trois semaines avant la mise à l'eau des post-larves, suivant le protocole défini en 1983 et suivant les recommandations de l'étude sur la dégradation de ce produit en eau de mer (Marcaillou-Le Baut 31). Par la suite les assecs hivernaux garantissaient l'absence de poissons. Dans le cas de flaques persistantes, celles-ci étaient aspergées avec une solution d'hypochlorite de sodium du commerce (351 Cl/l).

La minéralisation de la matière organique accumulée lors de la campagne précédente était assurée par des assecs soit hivernaux de plusieurs mois, soit printaniers de quelques semaines. Dans certains cas l'assec n'avait pu être que de quelques jours.

Le développement du phytoplancton était favorisé par le relargage des sels nutritifs résultant de la minéralisation de la matière organique, accumulée lors des élevages précédents. L'élimination des algues macrophytes, après l'assec, au râteau, était nécessaire pour éviter leur développement au détriment du phytoplancton. Suite aux études menées par le CREMA de 1985 à 1987 (Hussenot 19), des épandages d'engrais organique et minéral étaient systématiques, après la mise en eau, réalisée quelques semaines avant l'alevinage. Dans certains essais ce protocole ne pouvait pas être suivi.

3. Paramètres physico-chimiques

Ils variaient au cours des années, en fonction de l'évolution de la technique d'élevage et des connaissances acquises sur le milieu. Comme dans la plupart des élevages aquacoles, l'essentiel de l'effort portait sur l'évolution de la masse d'eau. Ceci semblait insuffisant et une première approche de suivi du sédiment était tentée, suite aux travaux du CREMA.

a) Suivi de routine

Il ne concernait que la masse d'eau.

Mesures quotidiennes :

- températures, maximale et minimale, avec un thermomètre maxi-mini étalonné à l'aide d'un thermomètre de précision,
- jusqu'en 1988, turbidité de l'eau au disque de Secchi, le matin et le soir,
- oxygène dissous, avant 8h30, afin de déterminer la valeur minimale de la journée, avec une sonde polarographique à compensation de température,
- pH, vers 17h00, afin de déterminer la valeur maximale de la journée, avec une sonde pH-métrique,
- chlorophylle A active, à partir de 1987, par mesure directe au fluorimètre sur un ou deux échantillons d'eau du bassin.

Mesures hebdomadaires ou plurihebdomadaires :

- salinité, par conductimétrie, ou densimétrie,
- azote ammoniacal et azote nitreux, par spectrophotométrie, par les méthodes normalisées pour l'eau de mer.

b) Mesures particulières

Sur la masse d'eau :

- évolution de l'oxygène dissous (et du pH) sur des cycles de 24 heures, pour confirmer la périodicité de ces paramètres sur la journée et sur quelques jours, et comparer l'efficacité de trois modèles d'aérateurs mécaniques (AQUALIVE 16) ;
- en 1989, dans le cadre d'un programme de suivi du milieu d'élevage réalisé sur plusieurs sites d'élevage, et afin de détecter les périodes de carence en sels nutritifs essentiels (plus particulièrement pour les Diatomées), des dosages d'azote ammoniacal, nitreux, nitrique, de phosphate et de silicates étaient effectués par le CREMA, sur des échantillons prélevés toutes les deux semaines à l'arrivée d'eau et dans le bassin (Gautier 29).

Sur le sédiment :

- matière organique dans le sédiment, par mesure de la perte au feu, en début et fin d'élevage, afin de déterminer :
 - l'évolution de ce paramètre, jugé représentatif de la "qualité" du sédiment, au cours de l'élevage (Hussenot & Feuillet-Girard 50),
 - l'existence de valeurs critiques,
 - l'influence de la distribution d'aliment ;
- calcium total, par calcimétrie Bernard, afin de comparer les bassins d'élevage entre eux (par leur capacité à tamponner l'évolution du pH et indirectement de l'oxygène dissous) ;
- consommation en oxygène dissous de l'eau et du sédiment, successivement en plusieurs points du bassin sur quelques jours, par mesure de l'évolution de l'oxygène dissous dans une cloche sans

fond, opaque, de quelques dizaines de litres, enfoncée dans le sédiment ; la consommation de la masse d'eau était évaluée par mesure le même jour de l'évolution de l'oxygène dissous dans une cloche close de 21 litres, aux mêmes heures que lors des mesures sur le sédiment ; les valeurs obtenues devaient être comparées à celles obtenues dans d'autres élevages aquacoles.

4. Gestion hydraulique

Lors des essais de prégrossissement intensif les renouvellements d'eau étaient :

– bacs de 10m³, circuit ouvert pendant la première semaine, renouvellement d'eau continu, suivant le bac, 1m³/h (10% du volume) ou 0,27m³/h, puis renouvellement une fois par jour de 5 à 10% du volume d'élevage (système "moulinette") ; les bacs étaient aérés par injection d'air surpressé près du fond par des tuyaux percés de petits trous ;

– bassin de 100m², circuit ouvert, renouvellement d'eau de 200 à 600 % du volume d'élevage par jour.

Dans les bassins en terre le renouvellement de l'eau était soit continu, depuis une réserve, soit discontinu, à marée haute, à travers une réserve ou en prise directe sur l'étier. Le débit de renouvellement variait de 0 à 100% du volume d'élevage par jour.

5. Alimentation

Les normes courantes en pénéculture étaient appliquées et deux voies explorées sommairement :

– confirmation des normes en élevages semi-intensif, à densité croissante, avec un granulé de formule performante,

– valorisation et stimulation de la production naturelle de proies, par l'utilisation d'engrais organiques et minéraux et de granulés non spécifiques.

a) Ration

Elle était calculée par deux méthodes, utilisant chacune des valeurs de référence tirées des publications sur l'élevage de la crevette au Japon :

- ration, exprimée en pourcentage de la biomasse, en fonction du poids moyen (figure 1),
- indice de consommation (figure 2), avec la prévision d'accroissement de biomasse.

Figure 1

Ration journalière en granulé en fonction du poids moyen

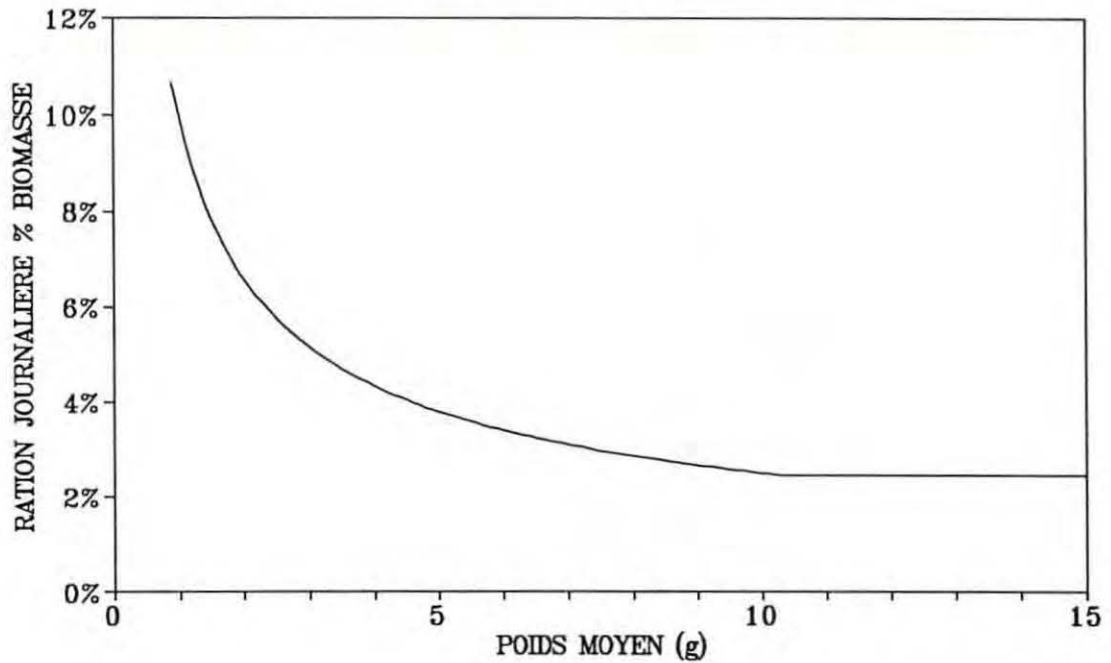
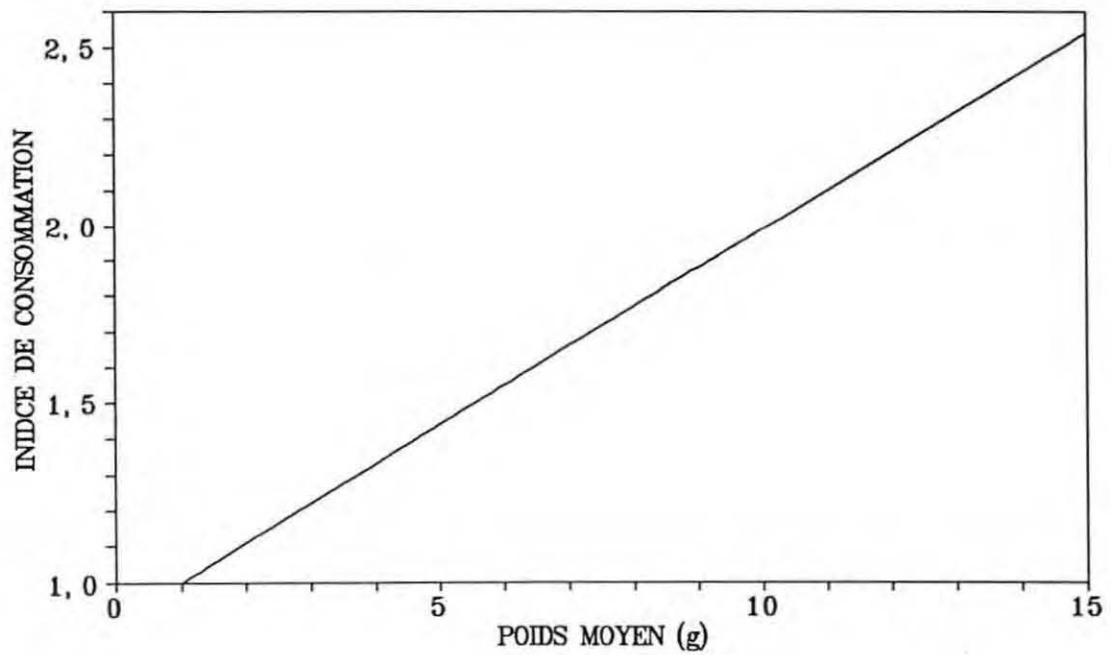


Figure 2

Indice de consommation du granulé en fonction du poids moyen



Les valeurs avaient été définies pour des conditions d'élevage particulières (type de granulé, densité, température, salinité, etc.) particulières et ne tenaient pas compte des proies que les crevettes trouvaient dans les bassins. Ce paramètre était difficile à normaliser car variable, suivant l'année, le site, les apports en engrais, organiques ou minéraux, ou aliments. Seule une approche pragmatique permettait de fixer une valeur "correcte", à défaut d'être optimale.

Dans les deux méthodes la connaissance de la biomasse était un préalable. Celle-ci était estimée par le produit du poids moyen et du nombre de crevettes présentes dans le bassin : le premier terme était estimé sur des échantillons, le second "au juger", puis par une méthode d'évaluation de la densité par drague électrique, mise au point en 1986-88 et décrite plus loin.

b) Composition des granulés

Lors des essais de prégrossissement intensif quatre aliments étaient utilisés : l'aliment frais VITAMAX et le granulé Nippai (importé du Japon) mélangés, puis le granulé GLUMOD, avec une période transitoire de mélange VITAMAX-GLUMOD.

Dans les bassins en terre elles étaient de trois types, suivant que le granulé était destiné à des élevages à densité faible (<10/m²) ou élevée (>10/m²) :

Tableau 3
Compositions des granulés utilisés en grossissement

Densité Noms	faible			élevée
	CARPE C35 (composition en % M.S.)	GLUMOD	GLUMASS	GLUCAL
Norseamink		25	11	18,75
CPSP		14,5	14,5	9,5
Farine crevette		12	5	18
Pruteen		0	16	0
Gluten de blé		10	12	14
Levure bière		14	14	0
Levure lactique		0	0	8
Tourteau soja		10	12	10
Farine de calmar		0	0	10
Huile foie de morue		4	4	3,5
Lécithine		1	1	1
Concent.prot.luzerne		2	2	0
Générol		0,5	0,5	0,25
Phosphore disodique		4,5	4,5	4
Composé vitaminique		2,5	2,5	2,5
Remoulage		0	1	0,5
Protéines	40,5	55,6	54,5	60,2
Lipides	10,7	12,5	10	11,5
Cendres	13,7	12,9	15,9	13,9

Le granulé CARPE C35 non spécifique était utilisé en 1990 lors d'essais de stimulation de la production naturelle, dans dix sites de la côte Atlantique, à la suite de l'élevage expérimental du CREMA avec cet aliment.

Le granulé GLUMASS était utilisé lors des essais d'évaluation de la production naturelle dans l'alimentation des crevettes, réalisés en 1986 et 1987.

Le granulé GLUMOD était utilisé dans les bassins témoins au cours des mêmes essais, par de nombreux éleveurs privés. Il était fourni par des fabricants privés et ses ingrédients pouvaient

différer de ceux indiqués ici.

Le granulé GLUCAL était utilisé sur Aqualive et par quelques éleveurs privés. Il était fourni par un fabricant privé et ses ingrédients pouvaient différer de ceux indiqués ici.

c) Mode de distribution

Elle était faite après le coucher du soleil, tous les jours, sauf un ou deux jours de jeûne hebdomadaire, à partir de 1987, pour les poids moyens supérieurs à 5g. Suite aux résultats de l'étude sur les rythmes alimentaires nyctéméraux, menée par le CREMA (Reymond et Lagardère 63) confirmant les observations en laboratoires (Nakamura & Echavarría 57) 1/3 de la ration journalière était distribué avant 09h00 dans les bassins à plus haute densité.

Lors des essais de grossissement à faible densité, sur granulé non spécifique, la distribution était faite en fin d'après-midi, quotidiennement

d) Evaluation de la part de production naturelle

Cette étude était conduite par deux voies complémentaires : par comparaison de la faune benthique et du bol alimentaire et par mesure de la part de carbone et d'azote des tissus de la crevette provenant de l'aliment. Les études étaient conduites respectivement par une équipe du CREMA en 1987 (J.P.Lagardère et H.Reymond 62, 63) et des stagiaires, en 1986 et 1987 sous la direction de l'équipe nutrition de l'IFREMER (Rollet 10, Cam 12). Les principes des méthodes :

(1) Contenus stomacaux

Des prélèvements de crevettes et de macrofaune et méiofaune benthique étaient faits à intervalle régulier dans des bassins d'élevage. Les espèces présentes dans l'estomac des crevettes étaient déterminées, ainsi que celles du bassin. Étaient comparés les pourcentages de chaque espèce. Le volume total du bol alimentaire et les parts respectives des volumes des proies et du granulé étaient évaluées en fonction de la taille et de l'heure de la journée pour chaque taille échantillonnée.

(2) Evaluation par les isotopes naturels du carbone

La méthode était basée sur la constatation que les rapports des isotopes naturels du carbone ($^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$) et de l'azote ($^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$) augmentaient le long de la chaîne alimentaire et étaient stables pour chaque maillon. La crevette consommait soit des proies vivantes, soit du granulé, de manière non exclusive. Les rapports isotopiques des proies étaient mesurés et un granulé était fabriqué, de rapport isotopique nettement différent des précédents : par une règle de trois il était possible de déterminer les parts respectives de chaque source alimentaire (Anderson 33, Anderson & Parker 34, Schroeder 66, Schroeder et al. 67).

Deux correctifs étaient nécessaires :

– les proies ingérées par la crevette changeaient de nature du fait de sa croissance, mais aussi par l'évolution naturelle des populations ; les rapports isotopiques variaient suivant le type de proies ; il était nécessaire de connaître celles-ci et de mesurer les valeurs spécifiques de chacune ;

– une part non négligeable du carbone et de l'azote de l'aliment granulé passait dans le milieu (refus alimentaires, fèces, excrétion), était fixée dans la chaîne trophique et en partie réingérée par la crevette ; il était nécessaire de déterminer la part d'aliment granulé directement digérée par la crevette ; ceci était réalisé par l'évaluation de sa digestibilité en petits bacs et in situ dans les bassins d'élevage (utilisation de granulé marqué à l'oxyde de chrome).

6. Suivi de la croissance

Il était effectué par mesure régulière du poids moyen d'échantillons de crevettes. La croissance était un moyen de comparer les essais entre eux et un résultat zootechnique important. Ce suivi était aussi destiné à ajuster la ration en granulé.

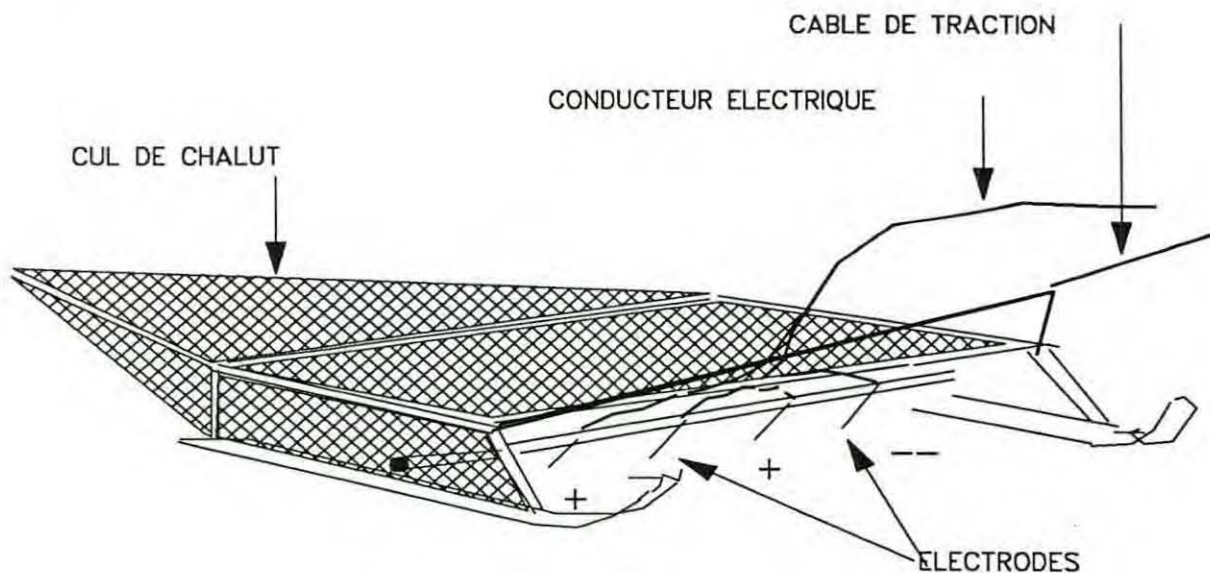
a) Méthodes d'échantillonnage

Tous les échantillonnages avaient lieu dans la journée, lorsque les crevettes étaient enfouies dans le sédiment ou posées sur le sédiment.

Epuisette : ouverture 40 à 50cm, maille 3 à 5mm ; méthode traditionnelle de récolte des crevettes en profondeur réduite, utilisée avec succès dans les bassins aquacoles. Afin d'améliorer son efficacité, le sédiment était remis en suspension à l'aide d'un jet d'eau, fixé sur la barre inférieure : les crevettes étaient expulsées du sédiment où elles étaient enfouies.

Drague électrique : les crevettes tétanisaient sous l'effet d'un champ électrique de fréquence quelques Hertz, et de tension minimale 12V (Le Men 52 ; ceci les faisait sauter hors du sédiment, et il était alors aisé de les récupérer. Une drague était définie, mise au point au cours des essais (schéma 3) et utilisée en routine. De 1986 à 1989 la largeur utile était de 0,9m, puis de 1989 à 1990 de 0,5m. Le générateur d'impulsions était un poste à souder, remplacé en 1989 par un générateur autonome, importé de Taïwan.

Schéma 3
DRAGUE ELECTRIQUE



b) Interprétation – Analyse

La croissance était calculée en gain de poids journalier spécifique (Cp) :

$$C_p = \frac{\ln(P_2) - \ln(P_1)}{(J_2 - J_1)}$$

P₂ est le poids moyen au jour J₂, et P₁ à J₁

Les valeurs obtenues étaient rapportées au poids moyen.

7. Estimation de la survie

Dans certaines situations, la drague électrique permettait de déterminer la densité en nombre de crevettes par mètre-carré, et ainsi de suivre l'évolution du nombre de crevettes vivantes (Hussenot et al. 51).

Pour chaque bassin la drague était tirée en travers, sur plusieurs lignes parallèles, équidistantes. Pour chaque trait de drague, le nombre récupéré était comptabilisé, rapporté à la surface couverte par la drague (longueur du trait x largeur de la drague) ; la moyenne des valeurs obtenues était utilisée pour évaluer la densité. Par ce moyen il était possible de déterminer la survie en cours d'élevage.

8. Etat général des crevettes

La capacité d'osmorégulation s'était révélée bien corrélée à la capacité des post-larves à supporter des variations de salinité et température (Bouaricha 40, Charmantier et al. 44). Des crevettes étaient mises à salinité plus faible (ou plus forte) que la normale, et la pression osmotique dans l'hémolymphe était mesurée : la capacité d'osmorégulation était la différence entre les pressions osmotiques intérieure et extérieure. Les conditions de mesure étaient constantes (stade du cycle d'intermue, temps de passage à la salinité plus basse ou forte, valeurs de ces salinités) (Charmantier et al. 43, 44). Afin de vérifier l'hypothèse selon laquelle ce paramètre physiologique pouvait être un bon indicateur de l'état général des juvéniles, en 1989 et 1990 une étude était menée par le laboratoire d'Ecophysiologie des Invertébrés Aquatiques de Montpellier : il était mesuré sur des échantillons de crevettes prélevées à intervalle régulier dans un bassin de la station, et une fois dans d'autres bassins, différant par la densité, la salinité, l'alimentation, etc..

9. Récolte – Expédition

La méthode de récolte était définie et mise au point en fonction de trois contraintes :

- éviter toute gêne excessive affaiblissant les crevettes et réduisant leur capacité de survie lors du transport ; la crevette impériale pouvait survivre hors de l'eau plusieurs jours, à condition d'être maintenue en atmosphère humide et à température inférieure à 17°C. Le prix de vente était plus élevé si la crevette bougeait sur l'étal.
- permettre des pêches partielles ; le marché de ce produit était réduit et la mise en marché de quantités importantes en une période très courte aboutissait à un prix de vente plus bas que par une commercialisation étalée sur plusieurs semaines de petits lots, tous les deux ou trois jours.
- trier les crevettes par tailles, afin d'éviter des disparités trop fortes, souvent jugées préjudiciables à l'image de marque du produit.

a) Méthodes de récolte

Les différentes méthodes connues pour les crevettes pénéides avaient fait l'objet d'essais au cours des campagnes d'élevage jusqu'en 1986.

Vidange : en tenant compte du comportement vespéral de l'espèce, le bassin était mis en vidange au coucher du soleil et les crevettes collectées dans une poche de filet placée au débouché du bassin, à l'extérieur, dans une zone plus profonde du canal d'évacuation, afin que les crevettes restassent dans l'eau.

Piège fixe : un seul type était utilisé, le guangui méditerranéen, monté seul ou en capéchade, aux mêmes heures que la pêche par vidange.

Drague électrique : l'engin utilisé pour l'échantillonnage l'était aussi pour la récolte. Une drague de largeur 2m était testée.

b) Tri des crevettes

Une méthode mise au point pour la chevette d'eau douce *Macrobrachium rosenbergii* était adaptée à la crevette impériale : les animaux récoltés étaient placés dans une cage rectangulaire, dont les parois étaient en grillage plastique, de maille 13,5, 15 ou 18mm (côté, dimension intérieure), facilement obtenus dans les coopératives ostréicoles. Cette cage était placée dans le bassin d'élevage, dans l'intervalle de temps de plusieurs heures, entre la récolte, effectuée après le coucher du soleil et l'expédition, au matin : les crevettes suffisamment petites pour passer à travers la maille retournait dans le bassin, les plus grosses restaient enfermées. Les essais étaient destinés à mesurer le poids de sélection des trois mailles disponibles sur la marché et préciser la méthode.

Des tris multiples par cages de mailles croissantes emboîtées les unes dans les autres étaient aussi testés.

c) Stockage avant expédition et après la saison de croissance

La commercialisation réalisée par petits lots à intervalles serrés et réguliers était plus facile. Chaque récolte demandait un personnel nombreux. Une des solutions était de stocker dans un bac de petite dimension, facile à pêcher, les crevettes pendant les quelques jours nécessaires pour commercialiser le résultat d'une grosse pêche. Dès que la température descendait en-dessous de 15°C la récolte nécessitait beaucoup plus de main d'oeuvre, du fait de l'inactivité relative des crevettes : il pouvait être intéressant de récolter les crevettes avant cette baisse de température et de les commercialiser dans les semaines suivantes. Pour ces deux raisons des essais de stockage à haute densité (plus de 500g/m²) étaient réalisés de 1985 à 1988. Ils étaient réalisés dans des bacs de 100m², 10m² et 2m², à fond de sable. L'aspect général était noté à intervalles réguliers de quelques jours, et la survie lors de la récupération finale.

En 1987 un bassin d'élevage (500m² en terre) était vidé et récolté totalement, remis en eau et des crevettes y étaient remises, à faible densité (2/m²), dans la même journée. Il était alimenté en eau souterraine (13°C). La survie était évaluée à la drague électrique chaque semaine et la récolte au rateau électrique réalisée début Décembre. L'objectif était d'évaluer le stockage après récolte partielle du bassin, en vue d'étaler la commercialisation sur quelques semaines supplémentaires.

d) Conditionnement

Le transport à sec en vif sur une longue distance était une pratique courante pour cette espèce au Japon. Elle n'était pas directement applicable en France (disponibilité et coût des matériaux, coût en main d'oeuvre). Une méthode plus simple était mise au point, utilisant des matériaux localement disponibles à faible coût. Le boitage était isotherme, en polystyrène expansé de volume intérieur 5l,

percé pour permettre une circulation d'air (emballages de poissons). Les crevettes étaient disposées en deux couches superposées, séparées et calées par un matériau gardant l'humidité (toile de jute et/ou goémon) ; une couche de glace (1 à 2 litres) était disposée au fond de la boîte, séparée des crevettes par du papier journal ou du goémon pour maintenir une température basse (5–13°C). L'eau de fonte de la glace limitait les moyens de transport aux camions de maréyage et interdisait le transport aérien. Le prix élevé du produit et la demande potentielle des pays européens éloignés pouvaient justifier ce type de transport. La glace carbonique, facilement disponible en France, était testée.

10. Conduite des grossissements de salmonidés en période hivernale

Les deux espèces élevées : la truite arc-en-ciel, *Salmo gairdneri*, et le saumon coho *Onchorynchus kisuth*.

L'alevinage était réalisé, à partir du 15 Octobre avec des alevins de 150g, achetés à des piscicultures de Bretagne. Elles seules pouvaient fournir des smolts résistant au passage direct en eau de mer (AQUALIVE 2).

La ration alimentaire était constituée de granulé du commerce, ajustée suivant le comportement des poissons, montrant un appétit plus ou moins important suivant la température de l'eau.

Lors des périodes de gelée, l'hivernage était assuré par injection d'eau souterraine salée dans un tunnel d'hivernage, placé dans le bassin (AQUALIVE 1).

La récolte partielle était faite au filet trémail, puis par vidange du bassin et récupération à l'évacuation.

11. Conduite des élevages simultanés de palourdes

Une seule espèce de palourdes était testée, *Venerupis semidecussata*, dite palourde japonaise, dont l'élevage était développé dans les marais Atlantique depuis une dizaine d'années.

Afin d'assurer une synchronisation entre le grossissement de crevettes et celui des palourdes, la taille de semis optimale de ces dernières était évaluée à 25mm : la taille commerciale pouvait être atteinte avant la fin de l'année.

Les naissains de palourdes étaient placés en poches ostréicoles, à moitié enfouies dans le fond des bassins, au mois de Mars. Au cours du mois de Juin, les palourdes étaient sorties des poches et semées à la volée dans les mêmes bassins, dès que la taille était jugée suffisante pour résister aux prédateurs.

Des échantillonnages bimensuels étaient faits, afin d'évaluer la taille moyenne (longueur et épaisseur), le volume de 30 palourdes et l'indice de condition de Walne et Mann (poids sec de chair/poids de la coquille x 10³) étaient déterminés.

Afin de vérifier l'inocuité de la méthode sur la salubrité des palourdes par des bactéries pathogènes, détectées dans le granulé distribué aux crevettes, des comptages bactériens étaient réalisés (coliformes fécaux, *Vibrio* totaux, *Vibrio parahémolyticus*, salmonelles) par les laboratoires de contrôle de l'IFREMER à Nantes, sur les palourdes, mensuellement.

La récolte était réalisée après celle des crevettes à l'aide d'une drague prêtée par la station IFREMER de Bouin.

C. COÛTS DE PRODUCTION

1. Collecte des données

a) Fonctionnement

Lors des essais conduits sur Aqualive ou en collaboration avec des éleveurs, les quantités de post-larves, d'aliment, d'énergie et de de petit matériel étaient mesurées et comptabilisées.

Les temps de travaux étaient évalués, en distinguant les opérations de mise au point et recherche, et de routine d'élevage.

b) Investissement

La base était les coûts de construction de la station, et des exploitations aquacoles les plus récentes en zone de marais.

Les coûts des équipements étaient ceux de la station, ou communiqués par les fournisseurs habituels de l'aquaculture.

2. Analyse

A partir des résultats des essais, une évaluation des coûts par kilogramme de crevettes de taille commercialisable était faite, pour les consommables (alevins, aliments, énergie, petit matériel divers) la main d'oeuvre directe (nombre d'heures de travail x salaire horaire, chargé des charges sociales et congés payés) et les amortissements des infrastructures et équipements correspondant à une unité d'élevage.

Des simulations étaient faites pour le calcul des amortissements des infrastructures générales (prise d'eau, canal d'amenée d'eau, lignes électriques, bâtiments d'exploitations, voies d'accès, tracteurs, voitures, etc.) et les coûts de gestion (téléphone, entretien général, démarchage commercial, secrétariat, comptabilité, etc.).

III. RESULTATS

A. Prégrossissement intensif – Nurserie

1. Paramètres physico-chimiques de l'eau

a) Température

Tableau 4
Température de l'eau lors des prégrossissements intensifs en nurserie

Année	Moyenne	Extrémums journaliers	
		Mini.	Maxi.
1987	23,2	22,5	24
1988	23		
1989	23,5	18,5	25,5
1990	22	16	24,5

Les valeurs les plus faibles étaient obtenues en début et fin d'élevage, lors des transferts depuis l'écloserie et vers les bassins de grossissement, pour acclimater les post-larves puis les juvéniles.

b) Salinité

Tableau 5
Salinité lors des prégrossissements intensifs en nurserie

Année	Moyenne	Extrémums journaliers	
		Mini.	Maxi.
1987	33,4	31,8	34,5
1988	27	25	35
1989	29	19	35
1990	29	24	37

Les valeurs les plus fortes étaient obtenues en début d'élevage, mais surtout en fin, lors des transferts vers les bassins de grossissement : elle était volontairement remontée pour être proche de celle des bassins. De 1988 à 1990, suite aux résultats obtenus à Palavas, et aux travaux du laboratoire d'Ecophysiologie des Invertébrés Aquatiques de l'Université de Montpellier, la salinité était ajustée à 25g/l en cours d'élevage, valeur proche du point d'isoosmoticité de l'espèce (Bouaricha 40, Charmantier et al.43, Castille & Lawrence 42).

c) pH

Tableau 6
pH lors des prégrossissements intensifs en nurserie

Année	Moyenne	Extrémums journaliers	
		Mini.	Maxi.
1987	7,89	7,4	8,3
1988	8,1	7,9	8,3
1989	8,2	8	8,3
1990	8,06	7,8	8,3

Les valeurs les plus élevées étaient toujours obtenues en début d'élevage, par la suite une décroissance régulière était observée, au long des élevages, généralement jusqu'à 7,9. Les valeurs inférieures observées en 1987 précédaient des arrêts de croissance et mortalités.

d) Oxygène dissous

Les valeurs étaient exceptionnellement inférieures à 80% de la saturation, en 1987 après le 20ème jour d'élevage.

e) Azote ammoniacal – Azote nitreux

Année	Valeurs maximales (mg/l)	
	N (NH ₃ -NH ₄)	N (NO ₂)
1987		0,65
1988	< 0,3	< 0,2
1989	8m ³	0,6
	2m ³	1,9
1990	0,47	0,08

Les valeurs les plus élevées observées en 1987 précédaient des arrêts de croissance et les mortalités.

Le rendement du biofiltre était mesuré par le rapport des concentrations d'azote ammoniacal en sortie sur sortie. Les valeurs étaient supérieures à 40%, sauf en 1987 après le 20ème jour d'élevage.

2. Consommation en aliment

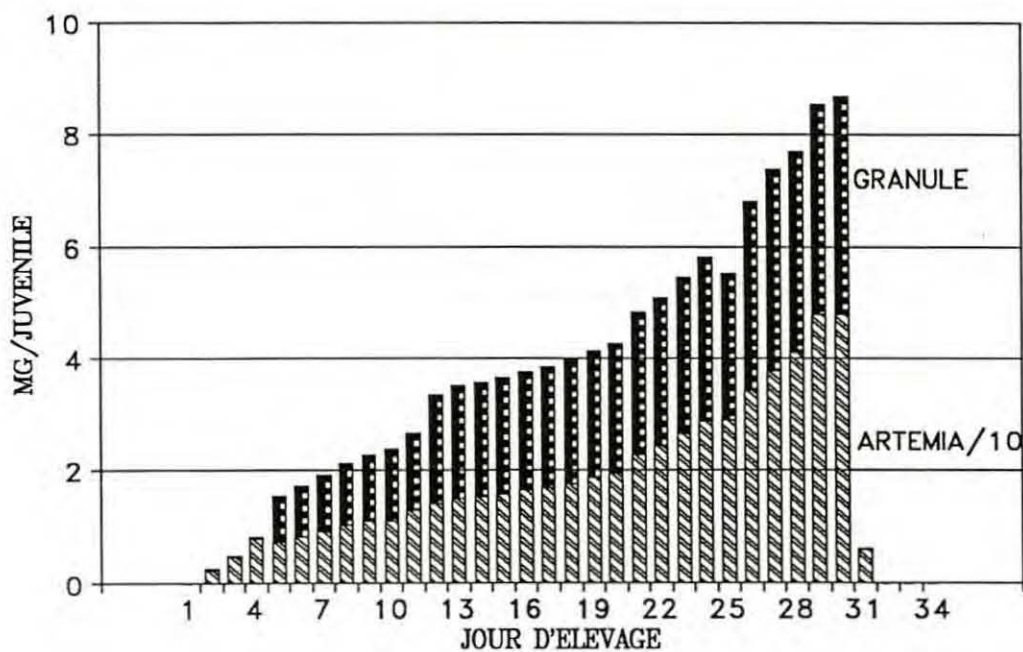
Elle est donnée en ration totale distribuée au cours de l'élevage, pour 10 000 post-larves alevinées. Afin de permettre une comparaison des essais entre eux, de durées et survies inégales, la ration totale sur les 25 premiers jours est aussi donnée pour 10 000 juvéniles récoltés en fin d'élevage (tableau 8). Pour 1988 les résultats ne sont pas indiqués car ils seraient sans signification du fait des survies très faibles.

Tableau 8
Rations alimentaires des prégrossissements intensifs en nurserie

Année	Ration totale (kg) pour 10 000 post-larves		Ration de J1 à J25 (kg) pour 10 000 juvéniles	
	VITAMAX Artémia	granulé	VITAMAX ou Artémia	granulé
1987	1,3±0,14	0,85±0,1	3±0,19	2±0,2
1989				
Bacs 8m ³	3,8±0,6	0,38±0,08	6,4±0,5	0,6±0,03
Bac 2m ³	4,6	0,7	4,5	0,7
1990				
Bacs 8m ³				
Densité 4/l	4,4	0,39	4,5±0,2	0,45±0,07
10/l	2,9	0,29	3,7±0,4	0,4±0,03
Bacs 2m ³				
Densité 22/l	2	0,22	4,3±0,3	0,45±0,03

La ration augmentait fortement après le 20ème jour d'élevage, parallèlement à l'augmentation de biomasse, qui devenait forte en valeur absolue.

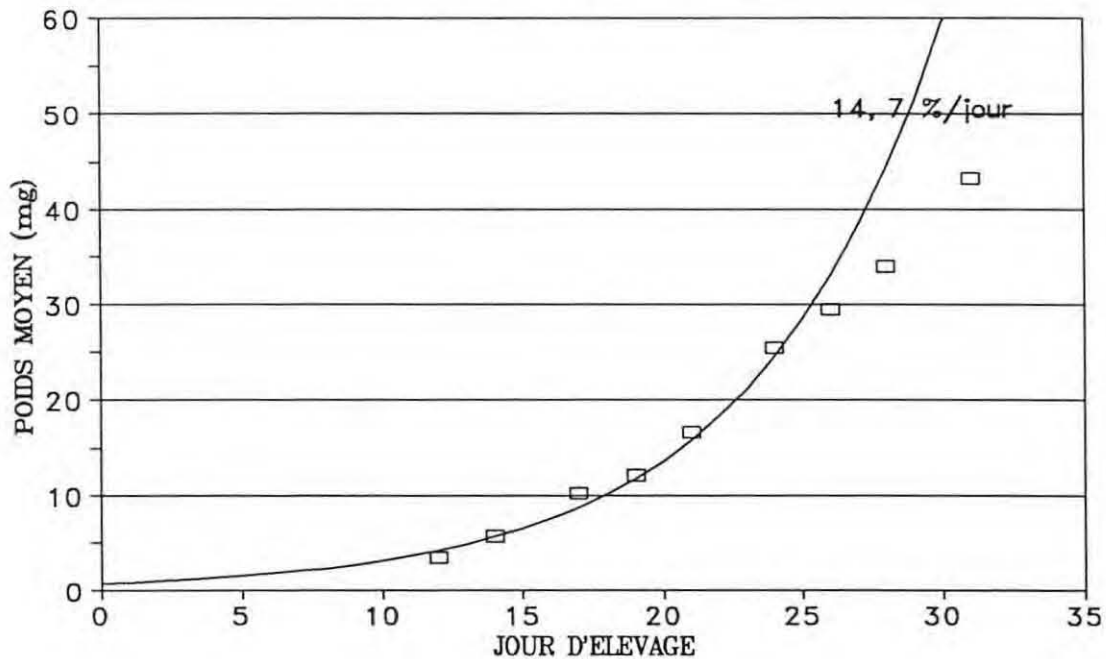
Figure 3
Ration journalière en fonction du jour d'élevage
Bac de 8m³ 10 post-larves/l 1990



3. Croissance – Dispersion des tailles

Le modèle de croissance exponentielle ajustait bien les données dans la plupart des cas sur les 25 premiers jours d'élevage ; par la suite la courbe s'infléchissait. En 1987 cet infléchissement était apparu au 20ème jour d'élevage, synchrone de la montée de la concentration en azote ammoniacal et la baisse atypique du pH, et précédait des mortalités. En 1988 les survies et croissances étaient très faibles dans certains bacs.

Figure 4
Poids moyen en fonction du jour d'élevage
Bac de 8m³ 10 post-larves/l 1990



Afin de permettre des comparaisons entre essais, de durées variables, les croissances étaient exprimées en gain de poids journalier, en pourcentage du poids moyen (tableau 9).

Tableau 9
Croissance et poids moyens des prégrossissements intensifs en nurserie

Année	Gain de poids journalier (%)	Poids moyen (mg)		
		initial	final	J
1987	11 ±0,7 (J1-J20)	25	380±40	28
1988	13 ±5	1	74±25	34
1989	16 ±2	2	89±3	27
1990				
Densité 4/l	15 ±0,5	1	39±3	31
10/l	16,5±0,5	1	65±3	33
22/l	13,5±1	1	26±3	20

Le coefficient de dispersion des tailles augmentait avec la taille, dans tous les élevages qui étaient contrôlés, en moyenne de 5–10% (premières mesures possibles) à 12–30% (transfert aux bassins). Les valeurs les plus élevées étaient obtenues en 1988 et dans les bacs ayant présenté les plus fortes

mortalités et les valeurs les plus faibles en 1987 (densités les plus faibles) et 1989 (croissances les plus fortes).

4. Etat général – Survie

L'état général n'était fortement dégradé (estomacs vides, antennes coupées, pattes coupées ou nécrosées, "cannibalisme" ou nécrophagie) qu'en 1987, après le 20ème jour d'élevage et 1988, dans les bacs qui n'étaient pas nourris la nuit. Dans ces derniers cela se traduisait surtout par un "cannibalisme" (ou nécrophagie ?) visible le matin. En 1988 l'état général était amélioré dès qu'une distribution d'aliment était réalisée la nuit. En 1989 et 1990 l'état général n'était médiocre que dans quelques bacs et uniquement les jours suivant l'arrivée des post-larves. En 1990 des différences entre bacs étaient notées : en race-ways, aux densités les plus faibles (4/l) l'état général était moins bon qu'aux plus fortes (10/l), et en bacs 2m³ il était excellent pendant les deux premières semaines et se dégradait par la suite, sans arriver au niveau de 1988, le plus médiocre observé. Cette dégradation entraînait la décision de récolter les bacs de 2m³ en premier ; pour une durée plus longue la survie aurait été sensiblement plus basse.

Les valeurs de survie étaient entachées de deux incertitudes : mortalité lors du transport et incertitudes sur le nombre de post-larves à l'écloserie. Leur distribution dans les bacs de la nurserie était au hasard, parfois agrégative et il n'était pas possible d'estimer avec une incertitude inférieure à 10% le nombre de post-larves mises en élevage. L'évaluation des "pertes" liées au transport était, en 1988, 1989 et 1990, de 0 à 25%. En 1985 étaient réalisés des comptages lors du chargement des post-larves en écloserie et à l'arrivée sur le site de grossissement : les pertes avaient varié de 10 à 24% suivant l'expédition. Avec ce correctif, les survies au cours des élevages étaient en 1989 et 1990 de 45 à 68% (valeurs entre parenthèses dans le tableau 10).

Tableau 10
Survies finales des prégrossissements intensifs en nurserie (%)

Année	Jours	moyenne	minimale	maximale
1987	28	45	36	49
1988	35	23	1	57
1989				
Bacs 8m ³	27	52(62)	47(57)	56(68)
Bac 2m ³	27	94		
1990				
Bacs 8m ³				
Densité 4/l	32-34		45(50)	50(55)
Densité 10/l	28-31		50(55)	55(60)
Bacs 2m ³				
Densité 22/l	25-28		40(45)	45(50)

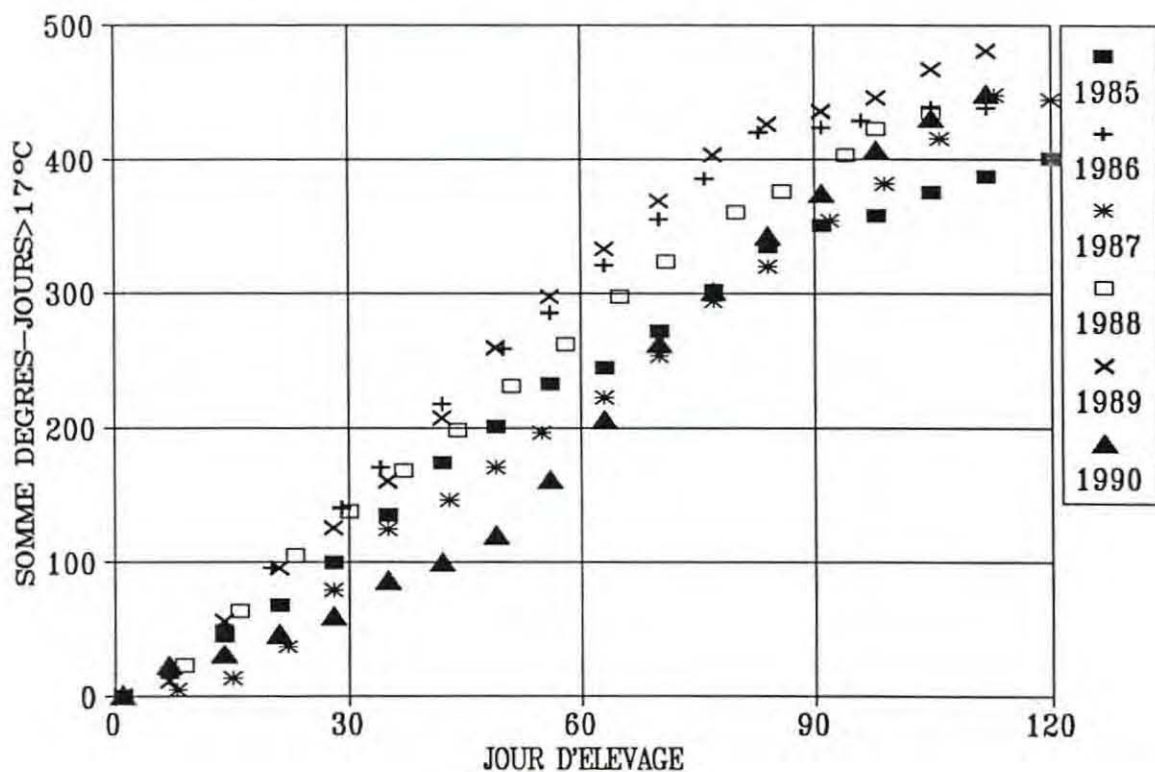
B. Grossissement en bassins de terre

1. Paramètres physico-chimiques de l'eau

a) Température

D'une année sur l'autre le réchauffement en Juin et le refroidissement en Septembre étaient plus ou moins précoces. La figure 5 donne les sommes cumulées hebdomadaires de températures supérieures à 17°C (limite inférieure de croissance), tous les élevages ayant débuté entre le 1 et le 6 Juin.

Figure 5
Somme des températures supérieures à 17°C en bassins de grossissement



b) Salinité

Les valeurs étaient supérieures à 32g/l dans tous les essais. Elles augmentaient au cours des essais, par évaporation. Elles atteignaient 40g/l sur quelques semaines lors de l'année la plus sèche, 1990.

c) Oxygène dissous

Dans la plupart des élevages les concentrations n'étaient inférieures à 2mg/l qu'en fin de nuit pendant quelques jours, quelque'était la densité en crevettes.

En 1986 la mort brutale des algues macrophytes dans le bassin à plus forte densité entraînait une chute des concentrations en-dessous du seuil critique de 1mg/l et l'anoxie totale n'était évitée que

par la mise en place d'aérateurs. En 1987 une mortalité totale était observée dans un bassin : à une poussée forte du phytoplancton succédait sa mortalité, entraînant une anoxie totale sur plusieurs heures ; en l'absence d'aérateurs il n'était pas possible de la compenser. A partir de 1988 dans les bassins où la densité était supérieure à 6 ind./m² des aérateurs fonctionnaient toutes les nuits, permettant de maintenir une concentration en oxygène supérieure à 4mg/l.

La concentration en oxygène suivait deux cycles superposés, de périodicités :

- 24 heures, maxima en plateau (150 - >200% de la valeur de saturation), de 16h00-17h00 à 19h00-20h00, minima au lever du soleil,
- 6 à 9 jours, correspondant au développement des populations successives de phytoplancton ; les minima journaliers oscillaient de plus de 60% de saturation en oxygène à moins de 30%.

Ces observations sur les bassins de la station étaient complétées par celles réalisées en 1989 sur cinq autres sites dans le Marais Breton en Vendée et Loire-Atlantique (Gautier 29): les cycles étaient de même période, mais les amplitudes variaient avec le site. Les renouvellements d'eau les plus forts modifiaient l'évolution du phytoplancton et donc celle de l'oxygène.

d) pH

La photosynthèse avait un effet indirect sur le pH par fixation du gaz carbonique. Les valeurs suivaient une évolution parallèle à celles de l'oxygène : maxima supérieurs à 8,5 en fin d'après-midi, et minima de 8 à 8,3 en fin de nuit. Les périodicités étaient les mêmes. En l'absence de phytoplancton la photosynthèse des algues macrophytes avait le même effet (figure (?)).

e) Azote ammoniacal, nitreux

En débüt d'élevage et lors des renouvellements d'eau importants les concentrations étaient de 5 à 10 micromoles/l. Hormis ces périodes elles étaient inférieures ou égales à 1 micromole/l.

Dans deux essais conduits à forte densité (1987 charge 250g/m², 1988 charge 150g/m²) un pic d'azote ammoniacal (135 et 80 micromoles/l) suivi d'un pic d'azote nitreux, de même valeur, était détecté, successif à un effondrement du phytoplancton. Dans les deux cas, celui-ci faisait suite à une remise en suspension du sédiment par une aération mécanique exceptionnellement forte et prolongée sur plusieurs jours. Des pics similaires mais de moindre amplitude étaient notés, successifs à des baisses brutales de la concentration en phytoplancton en 1986 et 1989.

f) Azote nitrique - Phosphate - Silicates

Les résultats des mesures effectuées en 1986 et 1989 :

- nitrate : concentration faible (1 micromoles/l),
- phosphate : 1 à 7 micromoles/l, provenant surtout du sédiment du bassin, non limitant pour le développement du phytoplancton, aux concentrations d'azote observées,
- silicates : 4 à 26 μ atomgr/l, provenant du sédiment du bassin et des apports extérieurs, non limitant pour le développement du phytoplancton, aux concentrations d'azote observées.

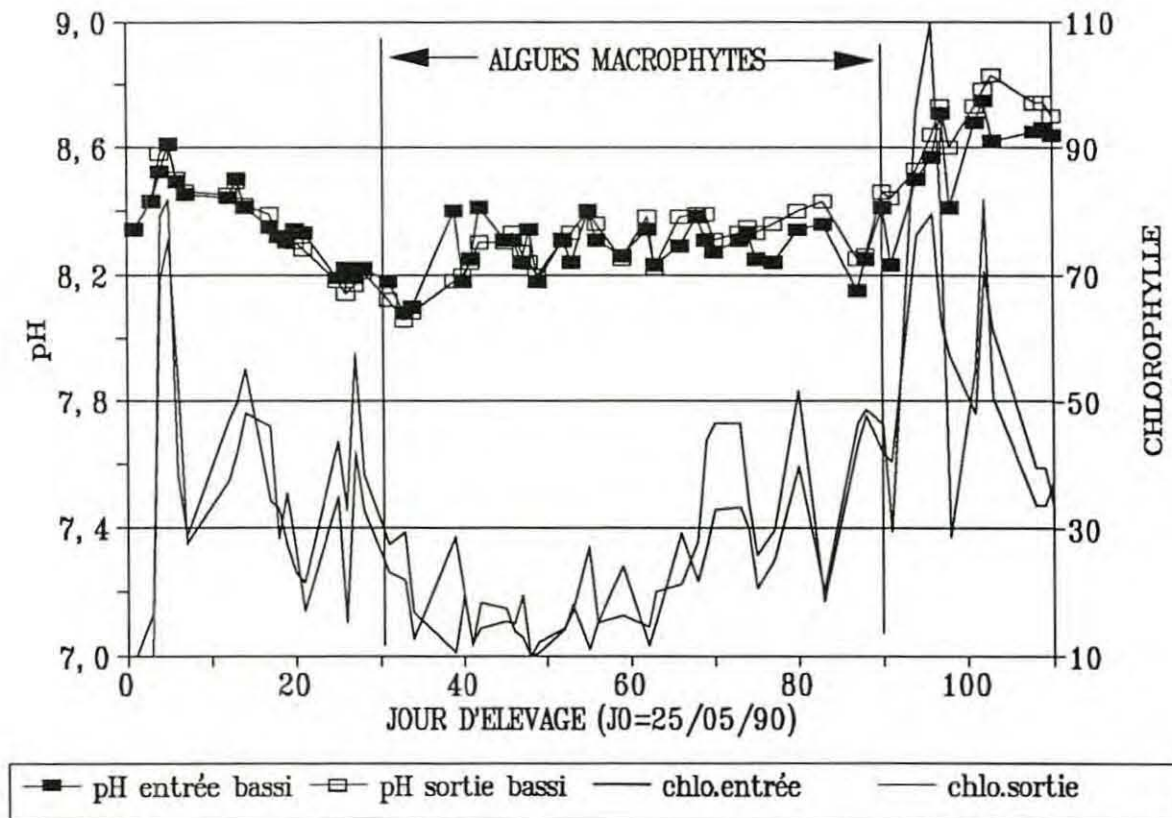
g) Phytoplancton - Turbidité

Les mesures de turbidité de l'eau au disque de Secchi ne permettaient pas d'interpréter l'évolution du phytoplancton : il n'y avait aucune corrélation avec celles de fluorimétrie. Une turbidité de l'eau était systématiquement observée dans les bassins brassés par des aérateurs qui maintenaient en

suspension des particules du sédiment. A densités élevées les crevettes devaient avoir une part significative dans cette mise en suspension.

Les suivis de chlorophylle effectués par fluorimétrie directe de l'eau des bassins, montraient des concentrations en chlorophylle A active très variables suivant les bassins, avec des pics marqués. Soit ceux-ci étaient synchrones des pics observés sur les courbes de pH (et proportionnels), soit il n'était pas possible de détecter de synchronisme. Dans ce deuxième cas les bassins étaient tapissés d'algues macrophytes ou de phytobenthos. Ceci est illustré dans la figure 6.

Figure 6
pH de l'eau et concentration en phytoplancton par fluorimétrie
(bassin de 4 000m² 1989)



Dans la plupart des bassins de la station, les coques étaient présentes chaque année en grand nombre (densités estimées en 1988 et 1989, par comptage exhaustifs sur six à dix carrés de 0,25m² : 100 à 650). La disparition systématique du phytoplancton après le 30ème jour d'élevage pouvait être attribuée à leur consommation.

2. Conditions du sédiment

a) Teneur en matière organique

Par mesure de la perte au feu elle variait de 7 à 10%, en moyenne par bassin, avec des extrêmes de 5 à 11%. Il n'y avait pas de différence significative suivant la densité en crevettes, mais parfois une évolution avec la charge, pour les valeurs les plus fortes de celle-ci.

b) Consommation en oxygène du sédiment

Résultats des mesures effectuées en 1988 et 1989 en périodes de charge maximale, supérieure à 120g/m^2 : moyennes pour chaque bassin 350 à $450\text{mgO}_2/\text{m}^2/\text{h}$ (3 à 4 mesures) extrêmes 150– $900\text{mgO}_2/\text{m}^2/\text{h}$.

c) Algues macrophytes – Phanérogames

Les essais étaient tous marqués par des développements plus ou moins importants d'algues macrophytes. Deux bassins étaient envahis par des ruppias (phanérogames marines).

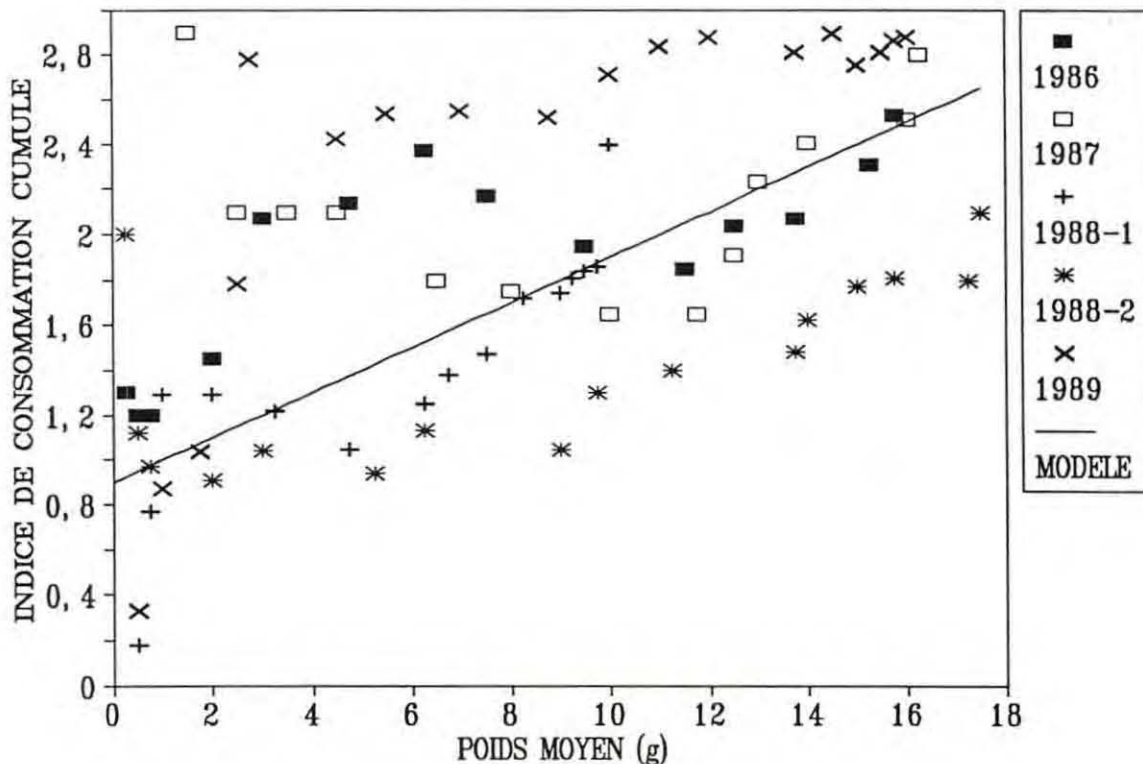
Au développement des algues succédait une mortalité rapide et totale s'accompagnant d'une chute brutale des concentrations en oxygène dissous. Lorsqu'elles se développaient le phytoplancton disparaissait. Elles représentaient donc une nuisance et plusieurs méthodes de contrôle ou d'éradication étaient testées. Elles ont fait l'objet de plusieurs rapports scientifiques et techniques, (Rouillard et al. 15, AQUALIVE 17, Pierre 9) dont voici les principales conclusions :

- plusieurs espèces, appartenant surtout au groupe des algues vertes, étaient présentes dans les bassins ; les populations avaient un développement cyclique, certaines liées à la saison ;
- les vitesses de fixation de l'azote ammoniacal d'espèces phytoplanctoniques et de macrophytes fréquemment dominantes dans les bassins étaient comparées en conditions de laboratoire ; les premières présentaient des valeurs significativement inférieures, même si les secondes étaient placées en lumière très atténuée ;
- les vitesses de croissance et de fixation de l'azote d'une espèce d'algue macrophyte dominante dans les bassins, étaient mesurées à divers niveaux d'éclairement ; l'énergie lumineuse minimale pour que la photosynthèse fut supérieure à la respiration, était très faible ; elle était inférieure à celle observé au fond des bassins de 1,2m de profondeur avec un phytoplancton assurant une turbidité très forte (10–15cm au disque de Secchi) ;
- la seule présence dans les bassins d'une population très dense de phytoplancton ne suffisait pas à limiter le développement des algues macrophytes ;
- le brouillage de l'eau par mise et maintien en suspension du sédiment argileux limitait le développement des algues macrophytes, ou aboutissait à leur disparition ; ceci pouvait être réalisé par un jet d'eau balayant librement le fond, ou le brassage de l'eau par des aérateurs.

3. Consommation en aliment

La figure 7 établie avec les données des élevages les plus intensifs montre que les différences au modèle étaient parfois importantes, plus particulièrement lors des ralentissements de croissance. Dans la majorité des élevages à haute densité la ration au cours des premières semaines était volontairement supérieure à la norme afin de favoriser la production naturelle. L'élevage 88-2 était conduit dans un bassin en prise directe sur l'étier, tous les autres dans des bassins alimentés à partir d'une réserve d'un hectare.

Figure 7
Indice de consommation du granulé en fonction du poids moyen
(élevages à haute densité)

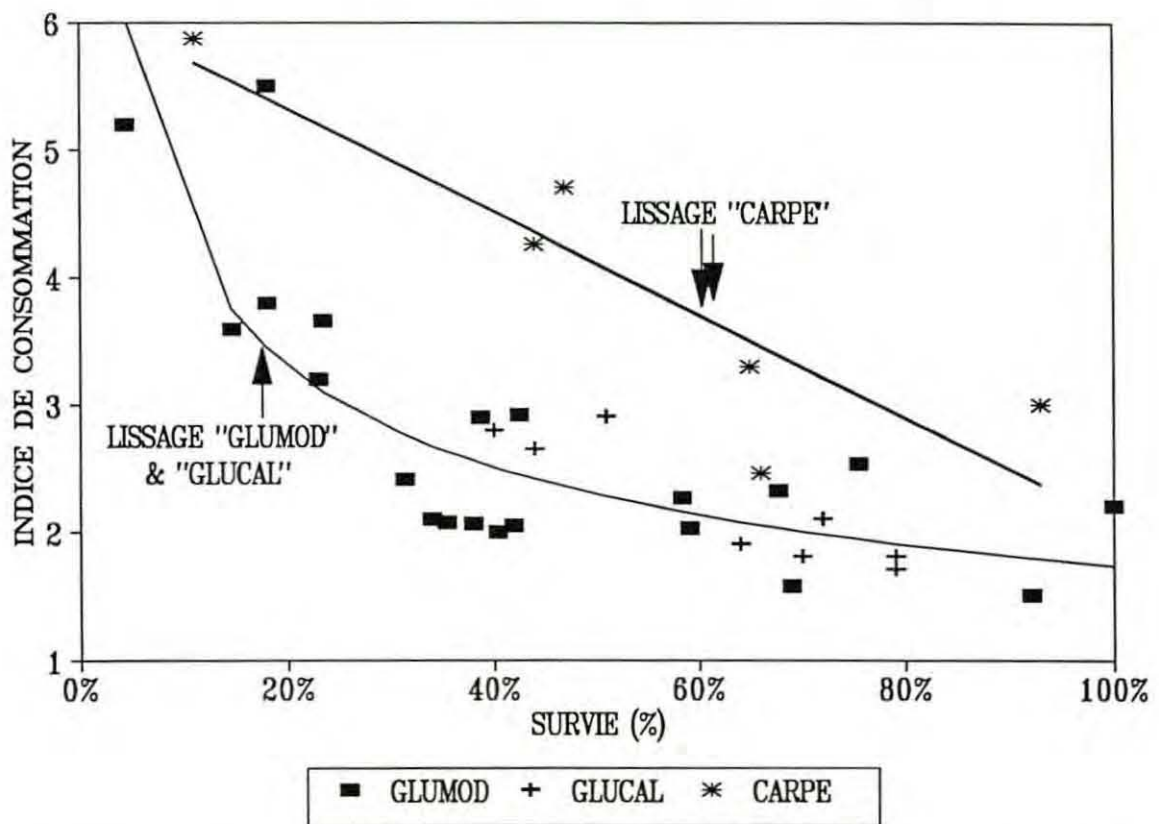


La consommation en granulé par unité de crevettes produite (indice de consommation) était d'autant plus forte que la survie était faible (figure 8). Pour l'ensemble des données et pour chaque type de granulé les corrélations sont significatives.

La ration était calculée en fonction d'une survie espérée (60% ou plus) : si la réalité était moins favorable, l'indice de consommation du granulé ne pouvait qu'être supérieur à la valeur espérée. Lorsque la mortalité était précoce et détectée dès le deuxième mois d'élevage (évaluations de survie à la drague électrique ou en plongée) l'augmentation de l'indice de consommation n'était pas proportionnelle au surcroît de mortalité.

Il n'y a pas de différence significative entre les granulés GLUMOD et GLUCAL : le premier était généralement utilisé à des densités plus faibles. Les valeurs avec les aliments GLUMOD et GLUCAL sont significativement inférieures à celles avec l'aliment carpe.

Figure 8
Indice de consommation du granulé en fonction de la survie



La ration journalière maximale était de 4g/m^2 pour les élevages à densité inférieure à 6m^2 . Pour les élevages à haute densité elle dépassait $5\text{g/m}^2/\text{j}$ pendant plusieurs semaines, avec un maximum de 14 à la densité de 20m^2 et de 10 à 12m^2 .

Il n'y a pas de corrélation significative entre densité et indice de consommation en granulé : la nature du granulé variait avec la densité, d'autant plus adaptée aux besoins nutritionnels de l'espèce que la densité était élevée.

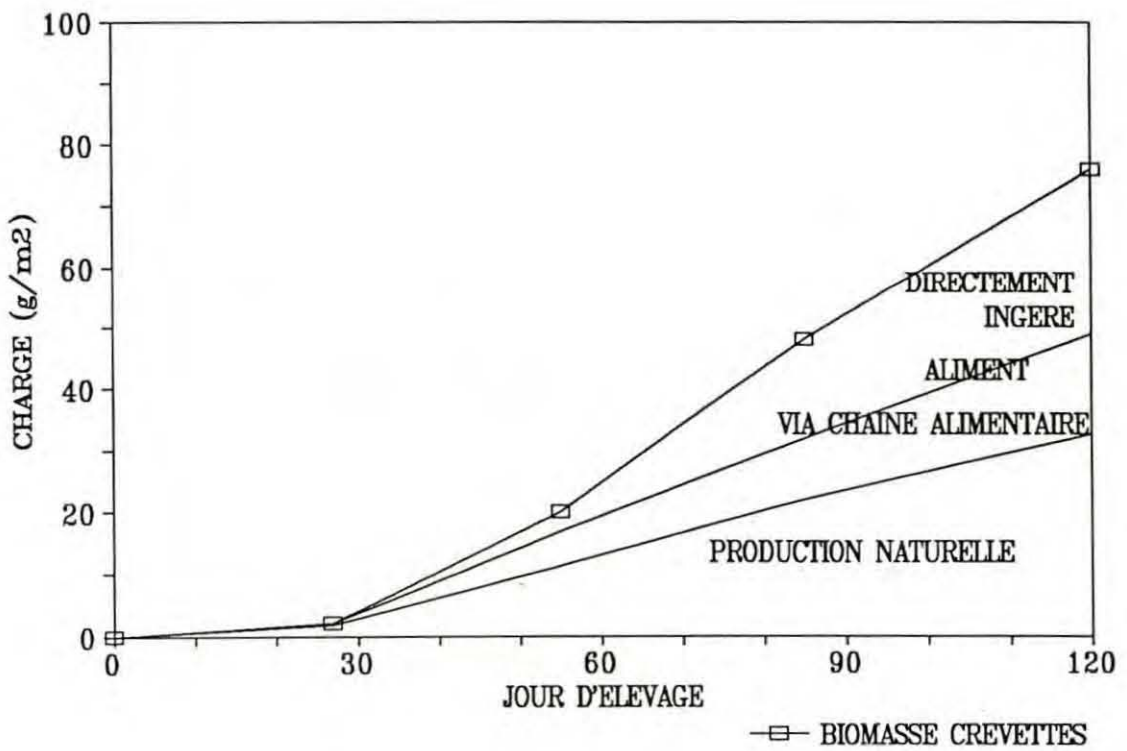
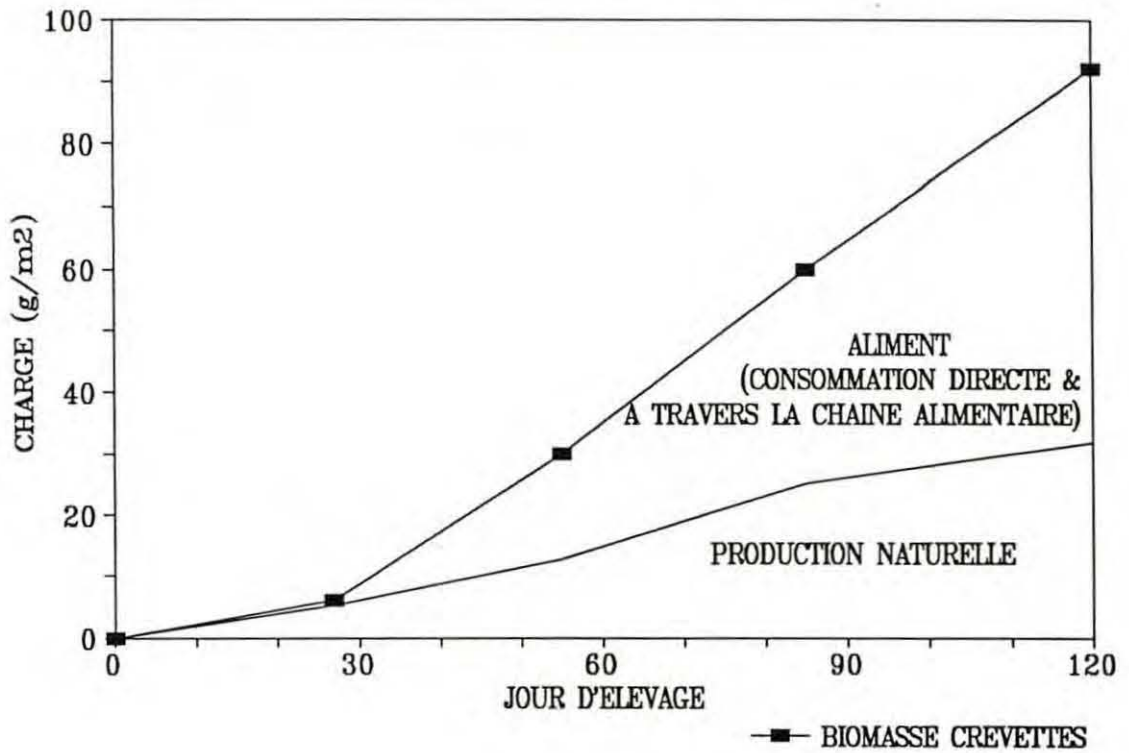
4. Comportement alimentaire – Part de la production naturelle

Les résultats pratiques de l'étude menée par le CREMA (Reymond & Lagardère 62 63) peuvent être résumés :

- jusqu'au poids moyen de 5g la consommation alimentaire était importante tout au long de la journée, et au-delà essentiellement en début et fin de nuit, se prolongeant deux à trois heures après le lever du soleil ;
- à la densité de quelques crevettes par mètre carré, le bol alimentaire était constitué en majorité de proies très diverses, de la macrofaune et de la méiofaune ;
- les espèces ingérées dominantes variaient dans le temps (et avec la taille).

Ce rôle de la production naturelle était confirmé en 1986 et 1987 par la détermination de l'origine du carbone dans les tissus de la crevette (figure 9). Les résultats sur les isotopes de l'azote n'étaient pas interprétables.

Figure 9
 Parts de l'aliment et de la production naturelle dans la biomasse de crevettes
 évaluées par le carbone
 au cours de l'année 1987 dans deux bassins de 500 et 1000m²



Une autre confirmation était donnée par des élevages menés à haute densité sur Aqualive en 1987, dans un bassin de terre géré de façon habituelle et deux bassins à fond de sable alimentés en eau à travers le fond, dans lesquels la production naturelle était estimée négligeable. Dans le tableau 11 sont données les gains de poids hebdomadaires moyens entre 0,5 et 3g :

Tableau 11
Croissances avec et sans production naturelle

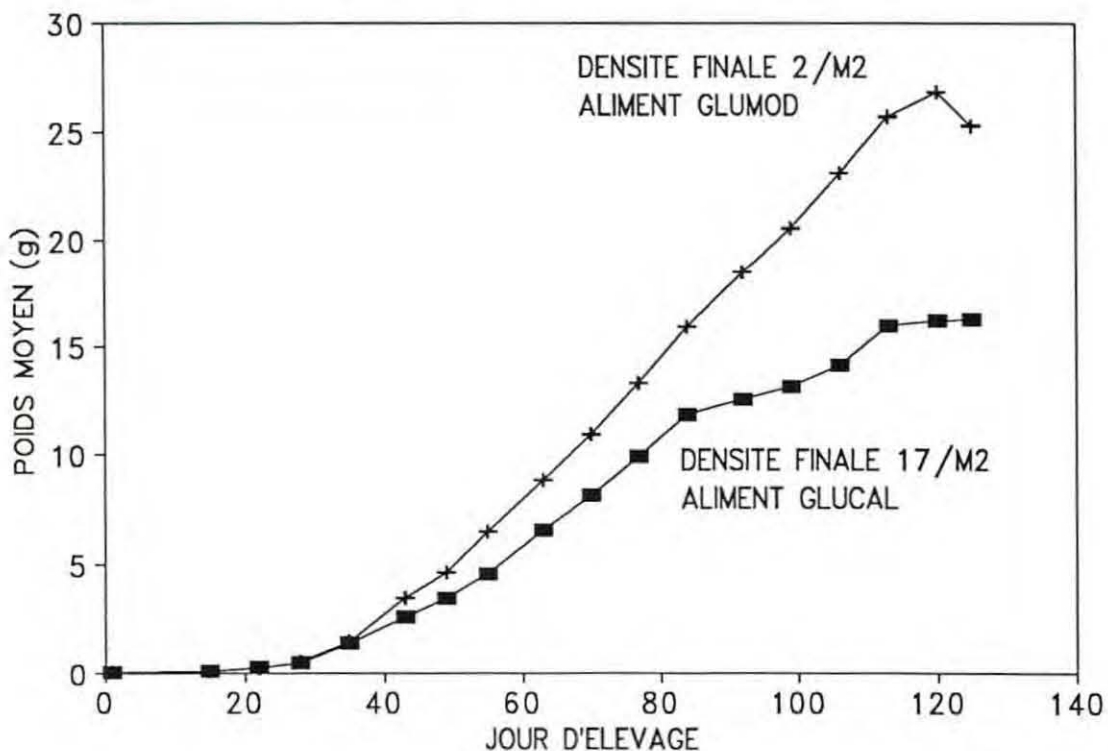
	aliment	Densité (nombre/m ²)	Gain de poids moyen hebdomadaire (g)
Bassin de terre 1 000m ²	GLUMOD	24	0,95
Bassins fond de sable 100m ²	GLUCAL	23	0,9
	GLUMOD	21	0,35

5. Croissance

La forme des courbes de poids moyen en fonction du temps est sigmoïde. Les essais de modélisation de la croissance aboutissent à distinguer trois phases successives :

- jusqu'au poids moyen de 0,5-1g : croissance spécifique constante (croissance exponentielle),
- au-delà de 0,5-1g : gain de poids constant,
- arrêt de croissance : généralement après que la température soit passée en-dessous de 17°C de façon continue.

Figure 10
Poids moyen en fonction du jour d'élevage à faible et forte densité



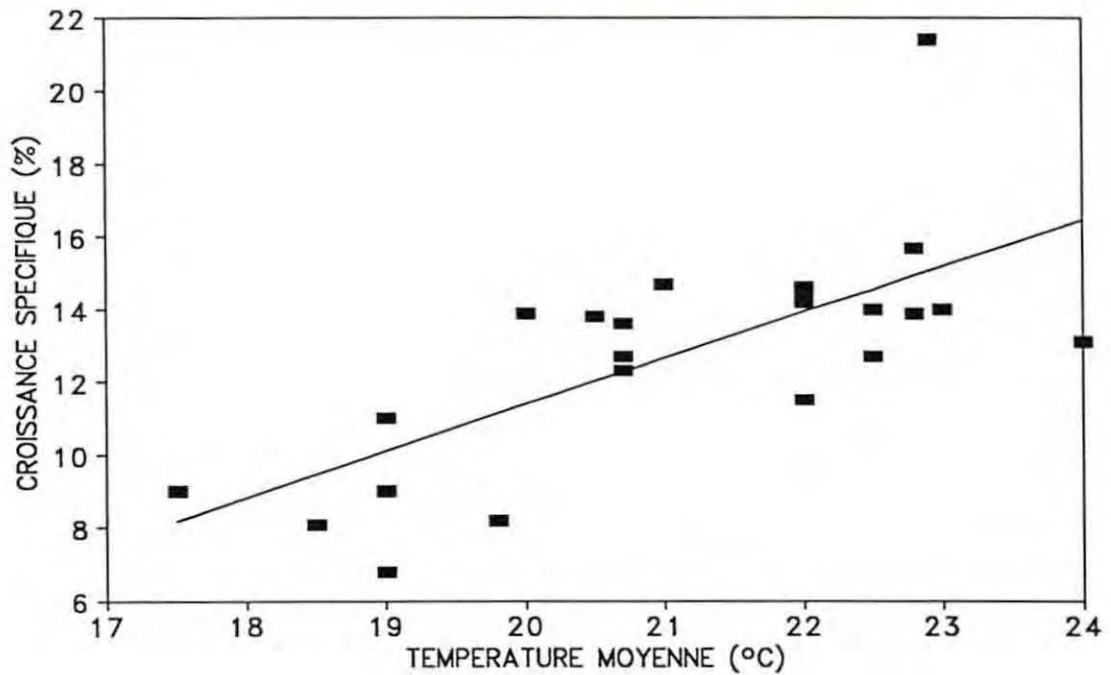
Dans de nombreux élevages l'arrêt de croissance était antérieur au refroidissement automnal.

a) Croissance jusqu'au poids moyen de 0,5-1g

Il n'apparaît pas de corrélation avec la densité.

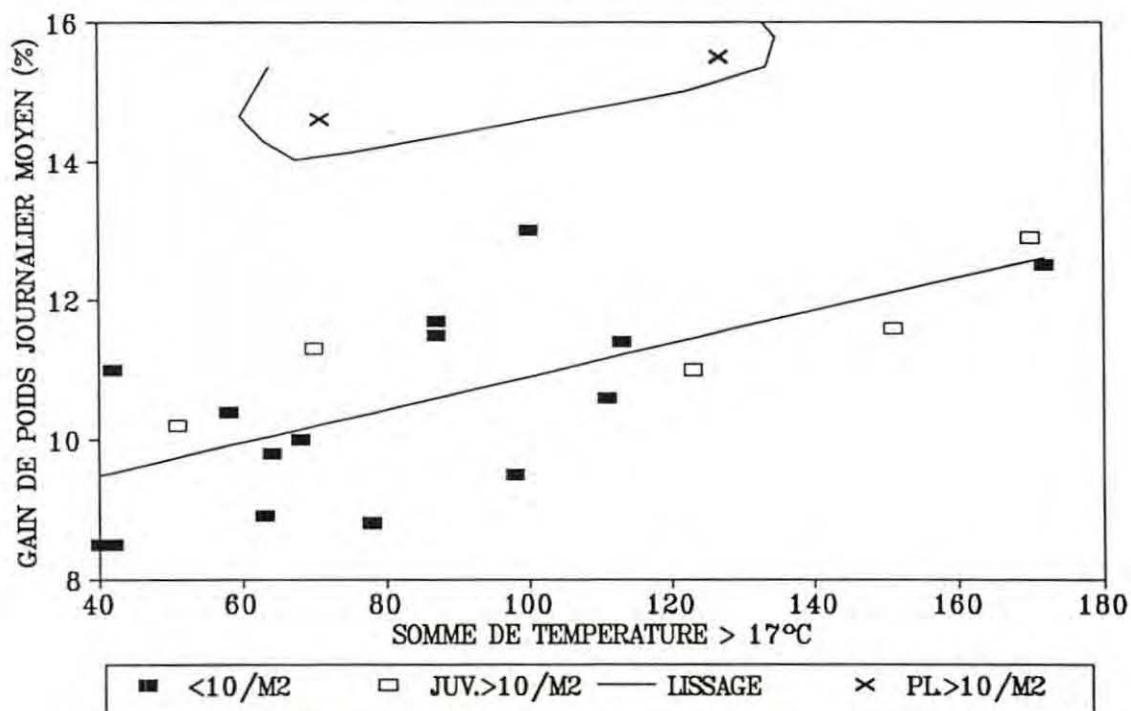
La température semble avoir un effet positif (figure 11) avec une forte variabilité des résultats autour de la droite d'ajustement. L'incertitude sur le poids moyen ($\pm 5\%$ à $\pm 20\%$) n'explique qu'en partie cette variabilité.

Figure 11
Croissance spécifique moyenne jusqu'à 0,5g
en fonction de la température moyenne



Certaines années la température était inférieure à 17°C pendant plusieurs jours : la croissance était alors a priori nulle, mais pas négative. Pour cette raison la température est exprimée en somme de degrés-jours (>17°C) dans la figure 12. Lors de certains élevages le premier échantillonnage n'était fait qu'au 30ème jour, pour un poids moyen supérieur à 0,5g ; afin de pouvoir les intégrer, la croissance est calculée sur les trente premiers jours d'élevage. Les deux valeurs significativement supérieures aux autres étaient observées dans les bassins alevinés avec des post-larves, nourris sur aliment démarrage GLUCAL et à densités élevées. Les autres bassins nourris dès les premiers jours sur aliment démarrage étaient alevinés avec des juvéniles de 25mg ou plus ; leur croissance n'est pas significativement différente de la moyenne, quelque soit la densité.

Figure 12
Gain de poids journalier moyen au cours des 30 premiers jours de grossissement en fonction de la somme de degrés-jours >17°C



Les croissances lors des prégrossissements intensifs en bassins étaient inférieures à celles dans les élevages menés en parallèle à faible densité :

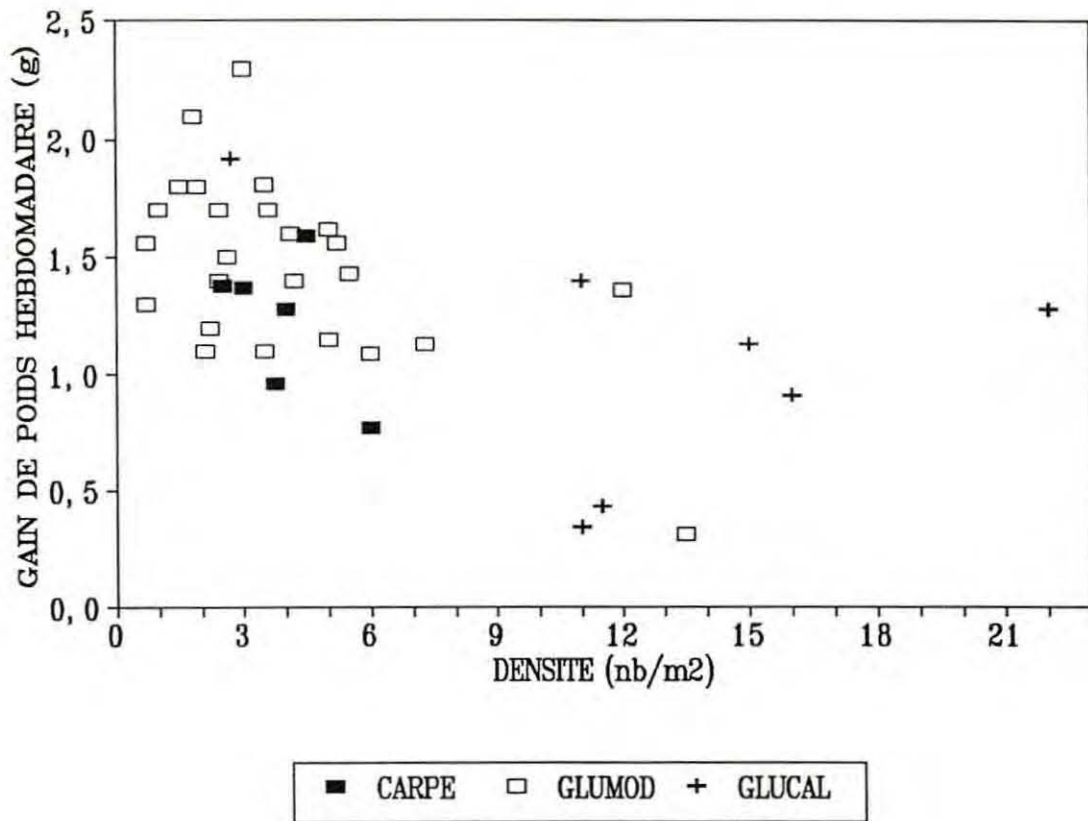
Tableau 12
Croissance lors des prégrossissements à haute densité (1985)

	Densité moyenne (nb/m ²)	Poids moyen (g)		Croissance spécifique (%)
		alevinage	30 jours	
Bassin race-way	100	0,01	0,35	12
Bacs circulaires "moulinettes"	800	0,01	0,075	6,7
Moyenne bassins en terre faible densité	2-12	0,01	0,5±0,05	14,1±0,4

b) Croissance au-delà de 1g

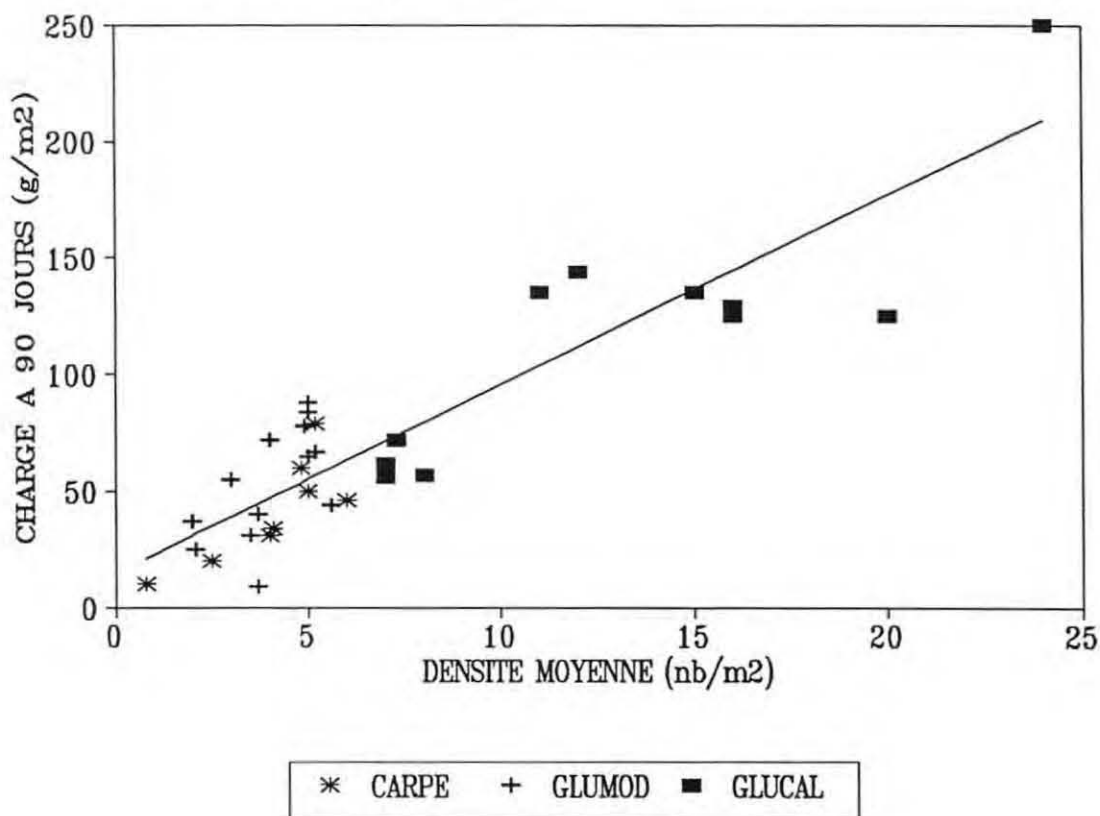
L'accroissement de poids moyen est généralement constant ou peut-être considéré comme tel (figure 10). La figure 13 donne les valeurs obtenues en fonction de la densité. Il n'apparaît aucune corrélation significative.

Figure 13
Gain de poids moyen hebdomadaire au-delà de 0,5-1g
en fonction de la densité



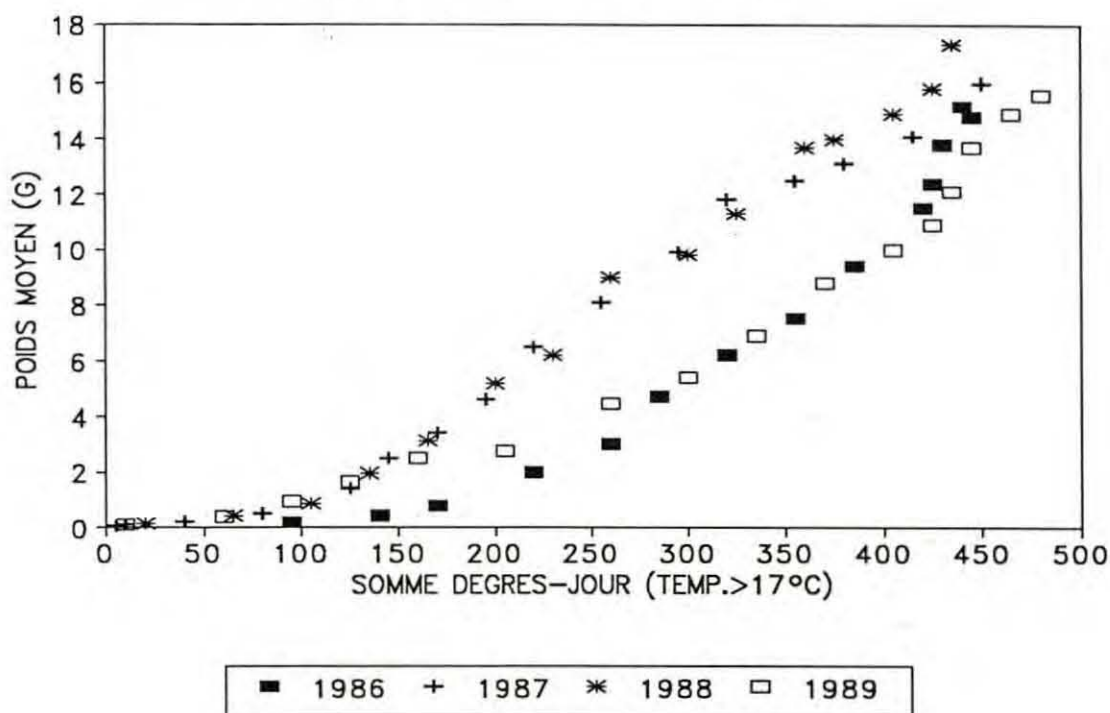
La figure 14 est établie en prenant les élevages pour lesquels la densité au 90ème jour d'élevage était connue avec une marge d'incertitude inférieure ou égale à 15%, soit par évaluation à la drague électrique, soit si la survie finale était supérieure à 60%. Le choix du 90ème jour est déterminé par la pratique de récoltes à partir de ce jour dans plusieurs élevages. La corrélation est hautement significative et la pente de la droite d'ajustement est inférieure à 11g, moyenne des poids moyen à cet âge : ceci est une autre approche de l'influence de la densité sur la croissance. Les conditions d'élevage étaient différentes suivant la densité : les aliments étaient de trois natures (CARPE, GLUMOD, GLUCAL) et une aération mécanique était systématique dans les bassins à densité élevée. La variabilité des résultats autour de la droite d'ajustement est supérieure à l'incertitude sur les valeurs.

Figure 14
Charge au 90ème jour de grossissement en fonction de la densité



Lors de l'analyse aucune corrélation significative n'apparaît entre le gain de poids hebdomadaire et la température. Dans le cas particulier des essais conduits à forte densité, la courbe de poids moyen en fonction de la somme de degrés-jours ($>17^{\circ}\text{C}$) (figure 15) permet de conclure que la température n'a pas d'influence, dans la gamme des valeurs observées sur Noirmoutier de 1986 à 1989 (valeurs moyennes de Juillet à mi-Septembre 21 à 23°C).

Figure 15
Poids moyen en fonction de la somme des degrés-jour $>17^{\circ}\text{C}$
pour les élevages à densités élevées



En 1985 lors des élevages menés en parallèle à densités similaires, alimentés avec du granulé GLUMOD, la croissance était d'autant plus forte que le nourrissage avait été précoce. La consommation en granulé en était sensiblement augmentée.

Age 1er repas (jours)	25	45	61	61
Croissance hebdomadaire (g)	1,3	1,1	1,05	0,9
Densité finale (nb./m ²)	2,6	2,6	2,4	2,2
Rendement (g/m ² /j)	0,5	0,4	0,36	0,29
Indice de consommation du granulé	2,6	2,9	2	2

c) Arrêt de croissance

Il se produisait dans la plupart des cas après que la température soit passée sous la barre des 17°C ; le délai était de quelques jours à plus d'une semaine.

Dans les élevages où l'arrêt se produisait avant la baisse de température les charges étaient variables de 5 à 75g/m^2 . Les charges les plus faibles correspondaient aux bassins extensifs, sans aucun apport d'aliment ou d'engrais organo-minéral.

Il était noté un arrêt de croissance précoce dans certains bassins recevant de l'aliment :

– en 1985 et 1986 dès que la charge dépassait 25 à 45g/m^2 , dans les bassins recreusés récemment (en 1989 et 1990 dans des bassins "neufs" ayant reçu une fumure organo-minérale et/ou

de l'aliment dès le premier jour la charge atteignait ou dépassait 50g/m² sans que fut noté un infléchissement ou un arrêt de croissance).

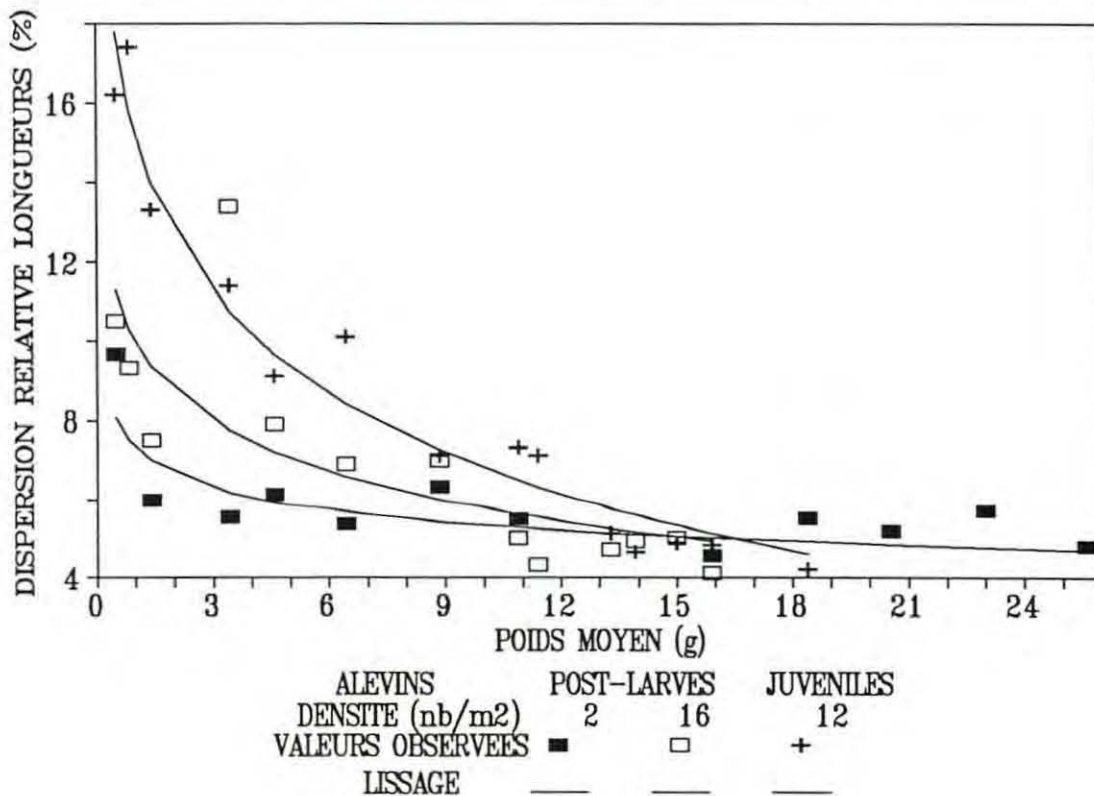
- tous ceux caractérisés par un développement excessif d'algues macrophytes, ou une réduction du sédiment (odeur de soufre, dégagement de méthane).

Les données disponibles ne permettent pas de caractériser les arrêts de croissance dans chaque cas et donc d'établir une hiérarchie des causes possibles.

6. Dispersion des tailles

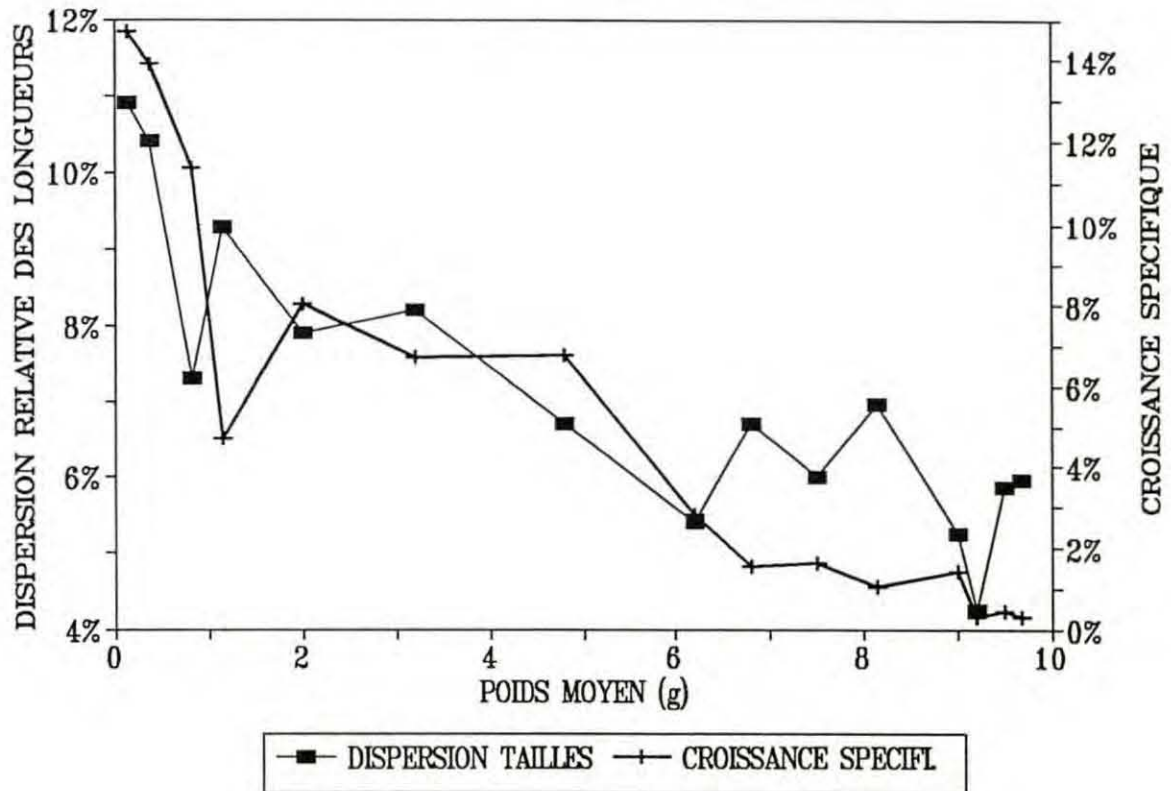
La figure 16 est établie avec les valeurs de la dispersion relative des longueurs totales, obtenues lors des échantillonnages, dans deux trois élevages. Elles diminuaient avec la taille. Il n'est pas noté de corrélation avec la densité. Dans les bassins alevinés avec des juvéniles prégressis la dispersion était plus forte en début d'élevage puis s'approchait des valeurs observées dans les bassins alevinés avec des post-larves provenant d'écloserie.

Figure 16
Dispersion relative des longueurs en fonction du poids moyen



Les baisses ou arrêts de croissance s'accompagnaient d'une augmentation passagère de la dispersion relative des tailles (figure 17). Ce phénomène n'était pas observé lors de la baisse de température automnale.

Figure 17
Dispersion relative des tailles et croissance



Aucune corrélation significative n'est trouvée entre densité et dispersion relative. Le nombre de données disponibles est peut-être trop réduit.

7. Etat général des crevettes

Les capacités d'osmorégulation étaient réduites dans deux situations :

- lors de la mise en suspension de particules argileuses par le brassage mécanique de l'eau par les aérateurs ; l'effet néfaste des particules argilo-sableuses était confirmé par des essais en laboratoire ;
- en 1990 dans des bassins extérieurs à la station, où la salinité était supérieure à 40g/l et la température à 25°C ; ces mêmes élevages étaient marqués par des mortalités anormalement élevées lors des récoltes.

En 1990, pour un élevage à forte densité, un granulé spécifique était importé de Taïwan : la croissance était très faible dès les premières semaines, puis stoppée après le 45ème jour d'élevage ; l'état général des crevettes était le plus mauvais observé sur la station (chair et carapaces molles, pigmentation terne) ; les conditions du milieu étaient similaires à celles des années antérieures.

8. Survie

a) Résultats des évaluations de densité à la drague électrique

Avant le poids moyen de 1g les crevettes n'étaient pas prises en nombre significatif par la drague.

En 1988 et 1989 les résultats étaient les suivants :

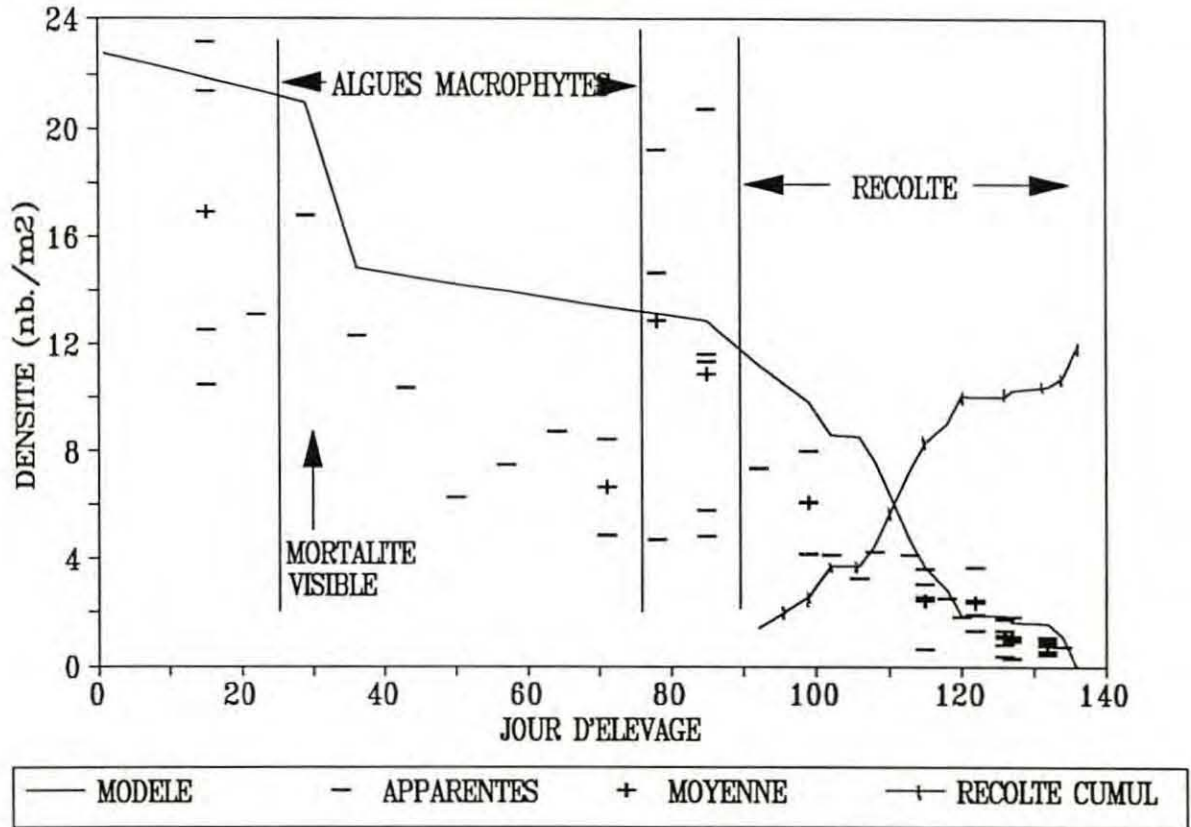
Tableau 13
Densité apparente à la drague électrique

Localisation	Jour d'élevage	Densité apparente	Densité réelle		Efficacité de la drague
			initiale	finale	
1988 Aqualive 500m ²	51	3,8±0,8	6	3,8	0,95
	92	3,5±1			0,90
Aqualive 500m ²	29	4,9±0,2	6	4,8	1,00
	43	4,6±2			0,90
	92	3 ±1			0,60
	106	3,3±1,2			0,70
Aqualive 4000m ²	78	11 ±3	17	14	0,75
Noirmoutier 4500m ²	30	7,8±3,4	12	8	0,60
	94	5,3±1,9			0,55
1990 Olonne 2 500m ²	28	2,3±0,7	6	3,6	0,55
	49	2,2±0,7			0,50
	71	1,7±0,5			0,50
Aqualive 500m ²	59	2,6±0,2	7,8	3,7	0,65
	67	2,2±0,4			0,55
	88	2,4±1,1			0,60
Aqualive 500m ²	59	2,4±0,8	6,2	5,8	0,40
	67	2,4±0,4			0,40
	88	1,6±0,5			0,25

L'efficacité de la drague est calculée en supposant une mortalité régulière et continue pour chaque essai ; les valeurs sont donc très approximatives et ne sont destinées qu'à montrer les variabilités entre bassins.

Un suivi plus systématique était fait en 1989 sur un bassin de 4000m². Les résultats sont résumés par la figure 18. En présence d'algues macrophytes la drague était rapidement colmatée et la densité apparente anormalement faible. Ce phénomène était constaté dans tous les bassins. La modélisation est faite en tenant compte des observations faites en plongée, lors des échantillonnages et à partir des données de récolte. Cette concomitance entre forte densité des algues macrophytes et présence de crevettes mortes était fréquemment observée sur Aqualive ou à l'extérieur, avec un suivi serré de la population.

Figure 18
Evolution de la densité apparente dans un bassin et essai de modélisation



La longueur du trait et la pente de la digue influent sur l'efficacité de la drague, comme le montre les résultats des évaluations réalisées en 1989 dans le bassin de 4 000m² d'Aqualive (tableau 14). Les crevettes étaient d'un poids moyen de 15g et le bassin était libre d'algues macrophytes.

Tableau 14
Densités apparentes suivant la longueur du trait de drague et la pente de la berge

	densité apparente	Nombre de traits
longueur du trait 38m	1,05±0,1	31
105m	0,85±0,3	3
berge haute et abrupte	0,85±0,3	12
berge basse et pente douce	1,55±0,4	12

Chez les éleveurs en Pays de Loire et Charente-Maritime les mêmes observations étaient faites : colmatage de la drague par les algues macrophytes, efficacité variable suivant la texture du sédiment et la conformation du bassin.

b) Survies finales

La variabilité était élevée, plus dans les élevages alevinés avec des post-larves ou juvéniles provenant directement d'écloserie que dans ceux alevinés avec des juvéniles prégressis localement (tableau 15). Les valeurs moyennes ne sont pas significativement différentes du fait de ces variabilités.

La comparaison effectuée par paire (élevages menés en même temps sur le même site) permet de conclure à une différence significative, de valeur moyenne 25% (± 15).

Tableau 15
Survies en fin de grossissement (%)
(moyenne et erreur standard, minima-maxima)

Année	Site	Origine des alevins	
		Écloserie	Prégressissement local
1985	Aqualive	44 \pm 10 (15-70) 13 élevages	
1986	Aqualive	28 \pm 20 (5-75) 7 élevages	84
1987	Aqualive	24 \pm 14 (0-40) 5 élevages	
1988	Aqualive	79	71 \pm 6 (64-78) 4 élevages
1990	Morbihan	32 \pm 14 (10-49) 5 élevages	59 \pm 16 (38-85) 5 élevages
	Guérande	50	45
	Aqualive	47	93
	Marais Breton	19 & 66	44
	La Guachère	100	66
	Saint-Hilaire	11	61
	Olonne	100	66 & 95
	Seudre	42	78
Ensemble		43	65
	F(1,24) = 6,7 n.s.		

9. Méthodes de récolte et de tri – Résultats des essais de stockage

Les méthodes de récolte ont fait l'objet de notes détaillées : le choix dépend du contexte (type d'entreprise, volume commercialisé, conditions générales du bassin, etc.).

La mise en application des méthodes de tri passif aboutissaient à la définition des poids moyens de sélection des trois tailles de maille :

13,5mm – 8,5g 15mm – 11,5 18,5mm – 18g

Les résultats des essais de stockage sont résumés dans le tableau tableau.:

Tableau 16
Survies en fin de stockage après récolte

	densité (nb/m ²)	durée (jours)	aliment	survie (%)	répliquats
1985					
Bac 4m ² fond nu	150	3	NIPPAI	91	2
Enclos dans les bassins	100	5	NIPPAI	92	3
1986					
Bac 10m ² fond nu	150	3	GLUMOD	98	2
Bac 10m ² fond nu	200	3	GLUMOD	98	2
Bassin fond de sable 100m ²	200	7	GLUMOD	98	1
1987					
Bassin de terre 500m ²	3	67 (6/10-15/12)	GLUCAL	44	1

Lors des stockages de courte durée la survie était élevée, les pertes correspondant aux crevettes ayant été blessées ou en mue lors de la récolte. La consommation d'aliment n'était bonne qu'en bassin à fond de sable.

Lors du stockage de plus longue durée des évaluations de densité étaient réalisées chaque semaine : elle baissait de façon significative début Décembre, lors d'un coup de froid abaissant la température du bassin à 4°C la nuit. L'utilisation de l'eau souterraine permettait de la maintenir jusqu'alors au-dessus de 8°C. Lors de la récolte finale au rateau électrique il était observé que toutes les crevettes étaient enfouies dans les zones les moins réduites, sur les berges. Les années suivantes cette observation était systématique dans tous les bassins récoltés après de fortes baisses de température. L'observation de traces nombreuses d'oiseaux échassiers (héron, aigrette) et de rats de marais, sur les berges permet de supposer que les mortalités par prédation aviaire ou murcine étaient élevées.

Une autre constatation lors des stockages prolongés à faible température était l'apparition de nécroses à partir de la deuxième ou troisième semaine. Ceci rendait les crevettes invendables.

10. Résultats des essais conduits sur *P.orientalis*

Ils sont résumés dans le tableau suivant, dans lequel sont reportés ceux obtenus à Palavas en 1988 en grossissement mixte avec *P.japonicus*.

Tableau 17
Résultats des élevages de *P.orientalis*

Site	Superficie (m ²)	Densité initiale (nb/m ²)	Survie (%)	Poids moyen final (g)	Rendement (g/m ²)	I.C.
Aqualive 1986	500	8	14	10	11	26
	500	16	13	10	20	30
	1250	2	51	12	12	7,5
Palavas 1988	1200	0,7 (2)	56 (53)	15 (15)	6 16	0,9
	1700	0,5 (2)	61 (43)	18 (28)	6 (20)	1,4

(les valeurs entre parenthèses correspondent à *P.japonicus* ; l'alimentation était composée de granulé et de moules broyées, l'indice de consommation de l'aliment distribué a été calculé en prenant le poids de granulé et 1/5 du poids de moules)

11. Résultats des grossissements alternés crevettes-salmonidés

Les élevages étaient conduits de 1986 à 1988. Les principaux résultats :

	Densité initiale	Survie (%)	Poids moyen final (g)	Charge finale (g/m ²)	I.C.
1986 Crevette	15	75	16	178	2,5

1986-87 Truite arc-en-ciel
1 0

mortalité totale par panne d'électricité et de groupe électrogène lors d'un coup de froid

1987 Crevette

Bassin couvert d'une couche épaisse d'algues macrophytes dès la mise en eau, inutilisable, laissé à sec pendant tout l'été

1987-88 Saumon coho

1 (180g)	80 (+6 invendable)	500 (<250g invendus)	400	1,8
-------------	-----------------------	-------------------------	-----	-----

1988 Crevette

18	79	9,5	138	1,8
----	----	-----	-----	-----

(ration en granulé maintenue volontairement plus basse qu'à l'habitude)

Résultats obtenus par un éleveur privé au cours de l'hiver 1987-88 avec la truite arc-en-ciel :

1,2 (250g)	95	1100	1150	1,8
---------------	----	------	------	-----

12. Résultats des grossissements mixtes crevette-palourde

Les résultats zootechniques pour les crevettes étaient similaires à ceux obtenus en monoélevage :

Densité initiale	survie (%)	Poids moyen final (g)	Charge finale (g/m ²)	I.C.
7,5	71±10	15±1	80±13	1,8±0,1

Pour la palourde :

50	65±6	12±1	400±45
----	------	------	--------

Pour la palourde les résultats étaient perturbés par la présence d'une population importante de coques (>100/m²) qui ont exercé une pression de compétition sur le phytoplancton. 80% de la biomasse de palourde était de taille commerciale (>35mm).

Les coliformes fécaux totaux étaient toujours à une densité inférieure à 300/g de chair+eau interstitielle. Les *Vibrio parahemolyticus* et salmonelles n'étaient jamais détectés.

13. Résultats obtenus par les éleveurs

Ils sont résumés dans les figures 19, 20 et 21.

Figure 19
Nombre d'élevages de crevettes par région de 1985 à 1990

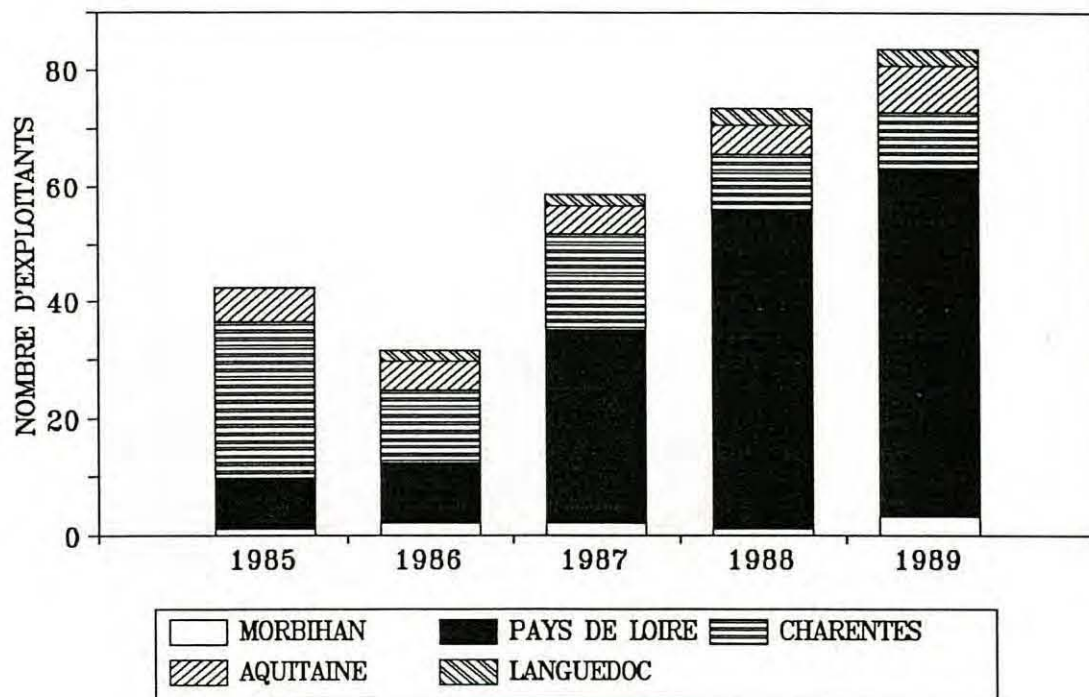


Figure 20
Surface en élevage par région, de 1985 à 1989

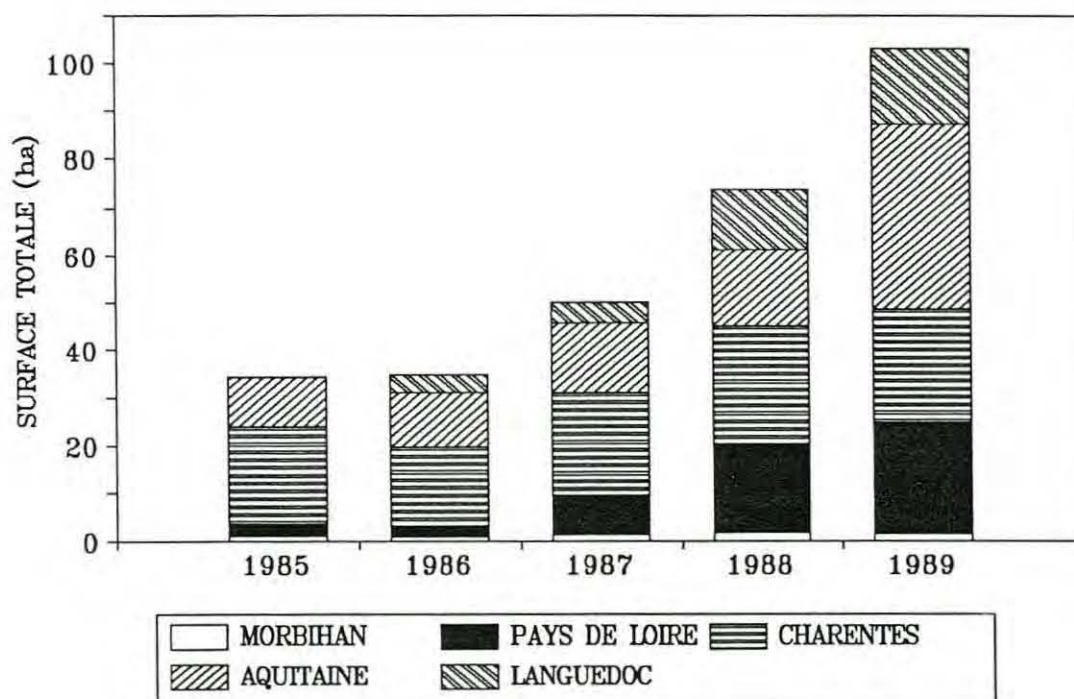
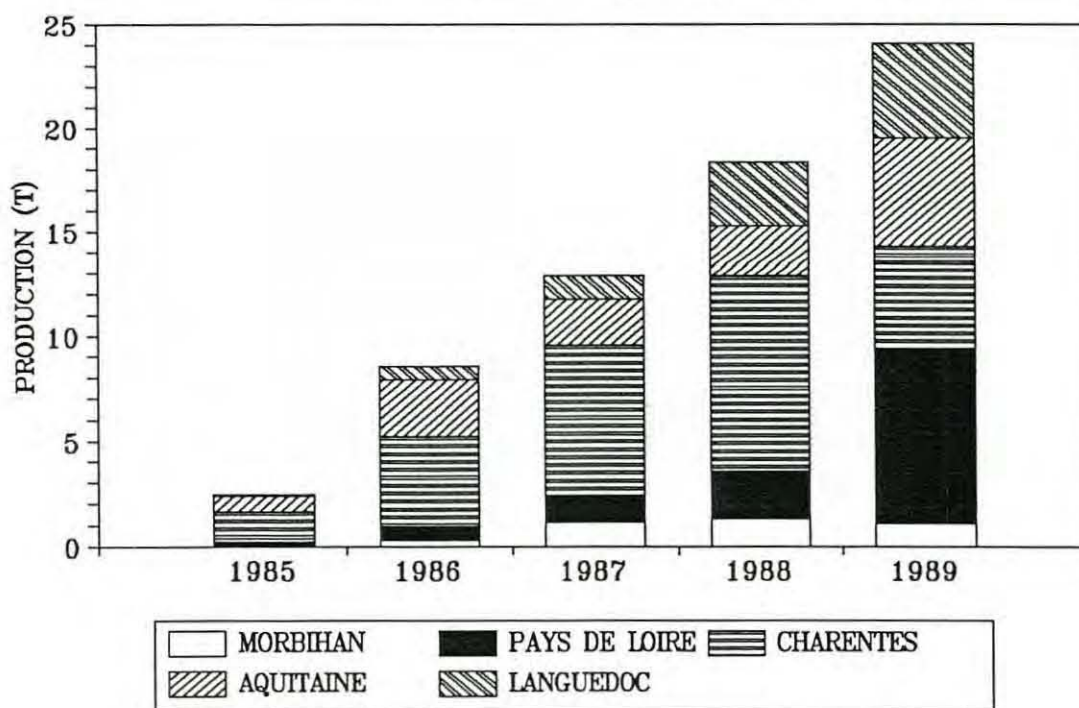


Figure 21
Production de crevettes en bassins, par région, de 1985 à 1989



Les chiffres de production ne comportent pas Aqualive.

Les informations collectées par les conseillers aquacoles sont plus détaillées et nombreuses, et une

analyse approfondie est disponible dans les compte-rendus des bilans interrégionaux annuels. Les points essentiels :

- progression rapide de la production jusqu'en 1987, par une augmentation du nombre d'exploitants et des rendements, puis stagnation globale, confirmée par les estimations de production de 1990 (22T) ; la réduction de certaines régions était compensée par la progression d'autres ;
- survies et rendements plus faibles que ceux attendus après les résultats des essais réalisés au cours de la phase expérimentale, sans que n'apparaisse de raison majeure ;
- très grande variabilité des résultats entre entreprises et année ; une des raisons invoquées était la variabilité de survie après l'alevinage ;
- depuis 1988 le nombre total d'exploitants reste stable, les nouveaux venus compensant les désaffections ;
- les exploitations ont des caractéristiques régionales propres, liées au contexte socio-économique et à la disponibilité des terrains ; en Pays de Loire, Morbihan et Charentes les exploitations sont au plus de quelques hectares, et en Aquitaine (Médoc) et Languedoc-Roussillon de quelques dizaines d'hectares ;
- les types d'exploitations sont très variés et peuvent être classés en :
 - "jardinage aquacole", activité annexe d'un propriétaire de marais dont la profession est extérieure au marais ou d'un retraité,
 - spéculation complémentaire d'une exploitation conchylicole,
 - entreprise saisonnière,
 - entreprise intégrant l'écloserie.

Une analyse socio-économique reste à faire.

C. Coûts de production

1. Nurserie

Une analyse de coût était réalisée en 1990 avec le Centre de Gestion Agricole de Challans sous les hypothèses suivantes :

– pour réduire le poids de la saisonnalité, le prégrossissement était réalisé par une entreprise en activité d'appoint, les frais fixes (infrastructures, personnel permanent, frais de gestion et de commercialisation, etc.) étant partagés avec d'autres activités similaires (télécaptage et/ou prégrossissement de mollusques, prégrossissement de poissons, stockage de mollusques avant commercialisation, etc.), pratiquées le reste de l'année ; plusieurs entreprises de ce type étaient apparues depuis quelques années sur la côte Atlantique ;

– les équipements spécifiques étaient amortis sur la seule activité de nurserie de crevettes et le supplément de travail pour certaines opérations (récolte et transfert des juvéniles prégrossis) était assuré par du personnel saisonnier ou par des heures supplémentaires du personnel de l'entreprise, à charge de la seule activité de nurserie de crevettes.

Le surcoût de la nurserie était par juvénile mis en bassin de grossissement :

- 0,67F, dans le cas d'un atelier artisanal produisant 115 000 juvéniles,
- 0,38F, dans le cas d'un atelier produisant 1 100 000 juvéniles.

Dans les deux cas le principal poste était les post-larves. Le coût d'une mortalité précoce liée au transport était donc élevé. Le calcul supposait d'émettre des hypothèses sur les risques de pertes accidentelles, très discutables dans l'état actuel des techniques et de l'expérience acquise. Les conclusions étaient d'un surcoût par juvéniles de 0,4F dans le premier cas et de 0,14F dans le second.

2. Grossissement

Les évaluations du coût par kilo de crevette commercialisée, effectuées à partir des résultats de la station étaient de 110F à partir de juvéniles prégrossis et de 130F à partir de post-larves, en élevage à haute densité.

A faible densité sur aliment de type CARPE les performances étaient très dépendantes du site et les estimations de prix de revient très variables (100F à 180F).

IV. DISCUSSION

A. Prégrossissement

1. Nurserie – Bassins extérieurs

En 1987 et 1988 les normes de nurserie étaient en cours de détermination et les résultats médiocres : il est justifié de ne pas en tenir compte pour évaluer la méthode. Les survies et croissances obtenues chez des éleveurs privés en 1989 et 1990 étaient égales ou supérieures à celles d'Aqualive pour ces mêmes années. Elles servent de base de jugement de l'utilité du prégrossissement intensif en nurserie.

Les évaluations de survie en bassins de terre au cours des premières semaines étaient trop imprécises pour déterminer la différence de survie entre nurserie et bassins de terre, sur cette période. Le surcoût de la nurserie doit être comparé à l'augmentation de survie et du gain in fine. Tel qu'il est estimé ci-dessus ce surcoût équivaut à une amélioration d'au moins 10% de la survie finale : les différences de survies étaient en moyenne de 25%, entre grossissements menés à partir de post-larves provenant d'écloserie et d'alevins prégrossis localement. Les conseillers aquacoles des Pays de Loire aboutissaient à des conclusions similaires à partir des résultats de la campagne de 1990 : la survie moyenne était 55% dans les élevages alevinés avec des post-larves prégrossies localement et de 30% avec des alevins provenant d'écloserie (26–27% avec les post-larves de 6–9, 9–12, 12–14mg, et 43% à 14–20mg), et le poids récolté par alevin était de 7g contre 4,2g (3,2–3,6g avec les post-larves de 6–9, 9–12, 12–14mg, et 6,4g à 14–20mg).

Lors des élevages de 1990 quelques bassins étaient alevinés deux semaines avant les autres avec des juvéniles prégrossis localement, et la commercialisation pouvait être commencée dès la mi-Août. Le prix de vente constaté jusqu'à la mi-Septembre était généralement supérieur à celui de la période ultérieure. Il est difficile d'intégrer ce gain commercial dans les analyses car les quantités commercialisées et le nombre de bassins étaient réduits. Un autre élément n'est pas intégré dans l'analyse car difficile à chiffrer : la principale mortalité était successive au transport des post-larves depuis l'écloserie. Elle était dans quelques cas supérieure à 50%. En bassins de terre le constat ne pouvait être établi au mieux que lors de l'arrivée des post-larves sur le bassin et plus souvent lors de la première évaluation de survie, au 30ème jour de grossissement. Dans le premier cas un nouvel envoi depuis l'écloserie n'était possible que quelques jours après, au plus court. Dans le deuxième cas un réalevinage aboutissait à la production de crevettes de petite taille et à un cannibalisme des nouvelles par les survivantes du premier arrivage : la production était fortement réduite ; une simulation conclue à une perte financière. En nurserie ces mortalités éventuelles étaient constatées début Mai et il était possible de réapprovisionner auprès de l'écloserie, avec la perte d'une semaine de croissance.

En l'absence de séries longues de données sur le prégrossissement intensif en nurserie il est impossible de déterminer les taux de risque de cette méthode.

Le prégrossissement intensif en bassins était a priori une méthode plus rustique pour résoudre le même problème. Les survies et croissances en bacs de type "moulinette" étaient trop médiocres pour que cette méthode fut poursuivie. Dans le bassin aleviné avec 100 post-larves/m², les croissances et survies n'étaient pas différentes de celles constatées dans les bassins de terre. Dans les bassins succédant à ces essais les survies étaient très supérieures à celles des autres essais. Il resterait à tester les possibilités d'avancer l'alevinage en utilisant l'effet de serre (couverture des bassins avec une toile plastique). Les données disponibles sont insuffisantes pour faire une analyse de coût ou d'utilité de cette méthode.

2. Alimentation en nurserie

En 1988 la distribution d'aliment au cours de la nuit était suivie d'une amélioration très sensible de la

croissance et de la survie. Par facilité technique cette ration nocturne était composée de granulé ; il resterait à comparer cette alimentation mixte avec l'artémia congelé seul.

L'optimisation de la quantité resterait à faire. Avec les valeurs de croissance et d'indice de consommation obtenues la ration préconisée semble proche de l'optimum.

3. Densité – Forme du bac en nurserie

Entre 1989 et 1990 un doublement de la densité (5 à 10 post-larves/l) et une réduction de la ration en aliment n'étaient pas accompagnés d'une baisse de la survie ou d'une altération de l'état général des crevettes ; la croissance et l'indice de conversion de l'aliment étaient plus faibles. Il resterait à tester des densités plus élevées.

Des essais en bac cylindroconique il peut être conclu que ce type de bacs est utilisable à une densité initiale de 20 post-larves/l et pour un poids moyen final au plus de 30mg. Ceci reste à conforter par des élevages plus longs et à d'autres densités. A Palavas en 1988 dans une structure identique sur les 20 premiers jours après la métamorphose, les performances étaient moins bonnes à la densité de 40/l qu'à 20/l, et très voisines à 10 et 20/l.

4. Température

Les essais étaient conduits à une température moyenne de 23°C. Lors des essais conduits à Palavas en 1987 et 1988 (Avalle comm.personnelle) sur les 20 premiers jours suivant la métamorphose il n'était pas noté de différence significative de croissance entre 19 et 23°C (12,5%±1,5 et 14%±3,7 de gain de poids moyen journalier), par contre une forte différence entre 23 et 26°C (19%±1,8). Les survies étaient meilleures à 26°C, mais les différences n'étaient pas significatives du fait de la forte variabilité des valeurs ; il serait nécessaire de refaire des essais. L'intérêt de conduire les élevages à plus haute température devrait être jugé par rapport au coût du chauffage. Celui-ci était réduit en 1989 et 1990 par l'ensoleillement et les températures supérieurs à la moyenne.

5. Durée en nurserie

A partir de post-larves de 1mg le poids moyen de 20mg était atteint en fin de deuxième semaine et les crevettes pouvaient être transférées aux bassins de grossissement si les conditions le permettaient. Pendant les deux semaines suivantes, la croissance était égale à celle dans les bassins de terre aux mêmes tailles. Au-delà du 25ème jour apparaissait une baisse sensible de croissance. Il semble donc justifier de fixer à 30 jours la durée maximale du prégrossissement, sans qu'un prolongement de quelques jours ne semble préjudiciable à la survie. Avec les données climatiques disponibles la date au plus tôt pour l'alevinage serait le 20 Mai et la date au plus tard le 5 Juin. Une mise en élevage au 5 Mai assurerait de disposer de juvéniles d'au moins 20mg à la date au plus tôt et n'obligerait pas à dépasser la limite de sécurité de 30 jours en nurserie, pour un transfert en bassins au plus tard. Ces dates sont des indications à adapter aux conditions climatiques locales.

B. Grossissement

1. Contrôle des algues macrophytes

Aucune méthode n'était totalement efficace. La présence d'une population phytoplanctonique dense ne limitait pas toujours leur développement. La remise en suspension du sédiment semblait affaiblir les crevettes et dans certains bassins n'avait d'effet sur les macrophytes qu'après plusieurs semaines, sans qu'il ne soit possible de déterminer dans quelle mesure leur disparition lui était liée. Des études sur la physiologie des algues et la compétition entre microphytes et macrophytes sont nécessaires pour comprendre la variabilité des résultats obtenus et les évolutions naturelles des populations végétales dans les bassins.

2. Gestion du milieu d'élevage

Pour les bassins à faible charge les variations des minima en oxygène dissous étaient directement liées à l'évolution du phytoplancton, par référence aux observations menées sur Aqualive et plusieurs autres sites. Les anoxies étaient observées indépendamment de la charge.

L'apport d'eau extérieure permettait généralement un développement du phytoplancton, par les éléments nutritifs qu'elle contenait, et évitait une anoxie. Mais en milieu d'été les eaux extérieures étaient souvent pauvres en nutriments.

Le risque d'anoxie nocturne était aggravé par la plus forte demande en oxygène du sédiment liée à l'accumulation de matière organique (algues macrophytes et phytoplancton mort, fécès des crevettes et granulé non consommé). Le renouvellement d'eau était insuffisant pour le compenser. Seul l'utilisation d'aérateurs mécaniques permettait de l'éviter. Plusieurs études concluent à l'intérêt économique des aérateurs en bassins de grossissement de crevettes (Shigueno 68 69, Engle 47). Le choix du modèle et de la puissance dépendent des dimensions du bassin et de la nature du sédiment (Aqualive 16, Rogers & Fast 64).

Les conséquences des valeurs faibles chroniques de concentration en oxygène lors d'un maximum d'activité trophique ne sont pas connues. Une étude similaire à celle menée sur *P.vannamei* serait nécessaire (Aquacop 35). Le comportement plus fouisseur de *P.japonicus* doit la rendre plus sensible aux conditions réduites du sédiment. Des études seraient nécessaires sur l'effet d'un milieu réducteur, de concentrations faibles d'hydrogène sulfuré et de méthane.

3. Alimentation et densité

Avec les aliments de type CARPE ou GLUMOD les meilleurs rendements étaient de 75g/m². Avec un aliment contenant de la farine de calmar les rendements dépassaient 100g/m², pour des poids moyens similaires à la récolte. Dans le premier cas l'hypothèse la plus vraisemblable était que la production naturelle du bassin était limitante. Les rendements étaient variables suivant le site et l'année, en relation avec les variabilités de celle-ci. La densité optimale d'alevinage dépend de la capacité trophique du milieu plus que de la taille et date de commercialisation.

Dans tous les cas une distribution précoce d'aliment (ou d'engrais organo-minéral assurait une croissance meilleure, en stimulant la production naturelle de proies ; les études menées sur Aqualive confirment les résultats obtenus sur d'autres espèces : à une charge voisine de 100g/m², 30 à 60% du carbone des tissus provient de la production naturelle du bassin, une part de celui-ci étant fourni par l'aliment et recyclé par une chaîne alimentaire complexe (Anderson 33, Anderson & Parker 34, Cheng Sheng Lee & Shlesser 45, Hunter et al. 49, Moriarty et al. 56, Schroeder et al. 67 Sthal 70). La part de carbone des proies dans les tissus des crevettes était moins importante que dans le bol alimentaire : ceci était probablement lié à une moins bonne digestibilité que l'aliment (Anderson 33). Une étude similaire menée avec l'azote conclue à une part plus faible de la production naturelle dans les apports azotés (Anderson 33).

4. Température et croissance

La température ne semble pas avoir influé sur la croissance, hormis la période où elle est proche de sa valeur limite inférieure (17°C). La variabilité des performances était plus liée à celle de la production naturelle. La gamme des températures moyenne était de 18 à 25°C. Ceci est en accord avec l'absence de différence significative entre les croissances observées le long de la côte Atlantique, à conditions égales par ailleurs. La différence était dans la durée de la période de température favorable à la croissance, s'allongeant du Morbihan au Médoc et à la Méditerranée.

5. Influence des valeurs extrêmes de la salinité et de la température

En 1989 et 1990 la température et la salinité ont atteint ou dépassé les limites admises pour l'espèce. Les croissances sur beaucoup de sites étaient inférieures à celles des années antérieures (bilan des élevages en Pays de Loire, Bitaud & Hervé 39), sans qu'il fut possible d'éliminer un effet indirect par réduction de la production naturelle.

Une observation ponctuelle sur la capacité d'osmorégulation et les mortalités dès que les crevettes étaient manipulées (Bilan des élevages en Pays de Loire 1989 et 1990 et communications personnelles d'éleveurs du Morbihan et Vendée) permettaient de détecter un effet négatif des températures élevées, couplées généralement à des salinités supérieures à 38g/l.

6. Récolte – Commercialisation

Les méthodes mises au point sont artisanales ; elles permettent de traiter quelques dizaines de kilos par jour et par personne. Le passage à une plus grande échelle supposerait une mécanisation. Le prix de vente élevé du produit contraint à une présentation particulièrement soignée, qui nécessite une main d'oeuvre nombreuse et qualifiée.

7. Introduction d'autres espèces

Les résultats obtenus avec *P.orientalis* étaient au mieux similaires à ceux avec *P.japonicus* et la première était moins résistante aux manipulations. Les essais réalisés en Italie avec *P.monodon* (Ponticelli et al. 61) confirmaient que cette espèce ne trouvait pas sur les côtes d'Europe une température suffisamment élevée. L'optimum thermique de cette espèce est supérieur à 25°C comme le montrait les travaux de la station de Saint-Vincent en Nouvelle-Calédonie.

Le coût d'introduction d'une nouvelle espèce semblait donc disproportionné avec l'importance de la filière et les bénéfices attendus.

8. Grossissement mixte crevettes-palourdes

Les essais réalisés sur Aqualive étaient peu nombreux mais confirmaient ceux obtenus en Charente-Maritime (Bilan interrégional des élevages de crevettes 1988), Vendée (Bilan des élevages 1988 en Pays de Loire) et sur Guérande (Bitaud & Hervé 37). Il n'y a pas d'incompatibilité entre les deux espèces, et l'utilisation de granulé n'entraîne pas le développement de bactéries pathogènes pour l'homme, qui pourraient être accumulées par la palourde. Les revenus étaient l'addition de ceux tirés par chaque espèce, sans que ne fut apparu d'effet de synergie (meilleure production de palourdes par augmentation du phytoplancton lié à l'apport de nutriments pour les crevettes, stabilisation du phytoplancton par broutage par les palourdes).

Deux techniques étaient essayées : les deux espèces dans le même bassin (Aqualive, LEPE-Guérande), ou dans des bassins séparés (Charente-Maritime) entre lesquels l'eau circulait, à l'aide

d'une pompe de circulation. Les infrastructures et équipements étaient plus réduits et simples dans la première ; les opérations d'élevage (mise à sec des bassins de grossissement de palourdes pour limiter le développement des algues macrophytes, récoltes, etc.) et le contrôle de la production et de l'utilisation du phytoplancton étaient plus faciles dans la deuxième.

Le choix de la méthode et les normes d'élevage doivent être adaptés à chaque site (productivité naturelle, électrification, commercialisation).

9. Grossissement alterné crevettes-salmonidés

Des deux espèces de salmonidés essayées la truite arc-en-ciel donnait les meilleures croissances. Le développement de cette filière était arrêté par la baisse des prix de vente. Lors des essais sur Aqualive un développement exceptionnel des algues macrophytes était constaté, et au LEPE de Guérande (Bitaud & Hervé 37) l'effet contraire était observé.

C. Choix du niveau d'intensification

L'intensification n'était possible qu'avec :

- une aération mécanique nocturne nécessitant une ligne électrique et un groupe électrogène de secours,
- la possibilité de renouveler l'eau même lors des morts d'eau, au moyen d'une pompe à faible hauteur manométrique et gros débit,
- un granulé spécifique contenant de la farine de calmar.

Ces trois éléments sont nécessaires, mais non suffisants comme le montrent des échecs de sociétés privées. Les deux premiers limitent l'intensification à certains sites, le troisième la rend dépendante des choix des fabricants de granulé, contraints de fabriquer de petites quantités d'un granulé comportant un ingrédient difficile à trouver et onéreux. L'analyse des coûts montre que la rentabilité ne peut pas être assurée par le seul grossissement de crevettes et il doit être combiné à d'autres filières : ses performances sont liées à son niveau de priorité dans l'ensemble des activités de l'entreprise (disponibilité du personnel et des équipements, efforts consacrés à la commercialisation).

Les résultats obtenus sur Aqualive et sur plusieurs sites en 1990, permettaient de définir les limites de l'élevage à faible densité avec un granulé non spécifique ou spécifique sans farine de calmar, confirmant les bilans des années antérieures (Bilans interrégionaux des élevages de crevettes 1986 Le Grau du Roi Déc.1986, 1987 Nantes Déc.87, 1988 Rochefort Fév.1989, 1989 Nantes Janv.1990).

Les paramètres d'environnement technique (caractéristiques hydraulique et hydrobiologique du site, niveau de productivité naturelle, voies d'accès, électrification) et économique (dimension de l'exploitation, coût des infrastructures, autres activités de l'entreprise, capacités de commercialisation) sont très variables et il faut réaliser une analyse économique dans chaque cas afin de déterminer le niveau d'intensification potentiel.

V. CONCLUSIONS

Les principales conclusions des études menées sur Aqualive peuvent être résumées dans les points suivants :

- la survie moyenne dans les bassins alevinés avec des post-larves prégrossies localement a été supérieure de 25% à celles des bassins alevinés directement d'écloserie ; sous condition de pratiquer le prégrossissement intensif dans une structure existante en activité d'appoint, cette pratique peut apporter des avantages économiques sensibles aux entreprises.
- les normes pour un prégrossissement intensif en nurserie :
 - la ration préconisée ici semble proche de l'optimum, à en juger par les valeurs de croissance et d'indice de consommation obtenues ;
 - la forme du bac conditionne l'homogénéité de la densité en particules alimentaires et en post-larves et les résultats de croissance et survie ; dans des bacs cylindroconiques, à une densité initiale de 20/l le poids moyen final peut être de 30mg en 30 jours et la survie de 50% au moins ;
 - il semble justifié de fixer à 30 jours la durée maximale du prégrossissement, sans qu'un prolongement de quelques jours ne semble préjudiciable à la survie ; avec les données climatiques disponibles la date au plus tôt pour l'alevinage serait le 20 Mai et la date au plus tard le 5 Juin ;
- la gestion du milieu d'élevage pour le grossissement :
 - aucune méthode essayée ne s'est révélée totalement efficace pour limiter le développement des algues macrophytes (turbidité liée au phytoplancton, provoquée par le brassage de l'eau) ;
 - pour les bassins à faible charge les variations des minima en oxygène dissous sont directement liées à l'évolution du phytoplancton et des anoxies sont observables indépendamment de la charge ;
 - à plus forte charge le risque d'anoxie nocturne est aggravé par la plus forte demande en oxygène du sédiment et des aérateurs mécaniques sont nécessaires pour l'éviter ; les résultats d'Aqualive confirment ceux de nombreuses autres études sur son intérêt économique ;
- les normes en bassin de grossissement :
 - la température est favorable à la croissance de Juin à Septembre du Morbihan à la Méditerranée, avec une durée sensiblement plus longue en Médoc et Méditerranée ;
 - avec les aliments de type CARPE ou GLUMOD les rendements sont au mieux de 75g/m², avec un aliment contenant de la farine de calmar les rendements peuvent dépasser 100g/m², pour des poids moyens similaires à la récolte, de 13 à 25g ;
 - une distribution précoce d'aliment stimule la production naturelle du bassin et assure une croissance plus forte en début d'élevage : ceci ne peut avoir que des effets bénéfiques sur le poids moyen à la récolte ;
 - la ration journalière en aliment, pour une densité inférieure à 5/m² peut être constante tout au long de la période de croissance et de l'ordre de 1g/m²/j, modulable suivant le site et les facilités de gestion du milieu ; pour des densités plus élevées la ration en granulé spécifique doit être ajustée à la densité réelle ;
 - l'élevage alterné crevettes estival-salmonidés hivernal pose des problèmes de gestion du milieu et la rentabilité est limitée par le prix de vente très bas des salmonidés ; l'élevage mixte crevettes-palourdes est réalisable et il n'est pas apparu de contamination des coquillages au cours des différents essais réalisés ; son intérêt dépend directement de l'évolution du prix de la palourde ;
- l'introduction de nouvelles espèces serait d'un coût élevé sans que ne soit apparu d'avantages.

En 1990 un bilan était dressé avec les conseillers aquacoles et des représentants des éleveurs; les principales conclusions en ont été :

- après une période d'engouement pour une filière qui semblait bien adaptée aux marais atlantique, et dont le produit se vendait un prix élevé, des difficultés sont apparues, liées à l'alimentation et à des mortalités aléatoires et fortes ;
- les causes de mortalité :
 - transport des post-larves de l'écloserie aux bassins de grossissement sur une longue distance, la plus lourde de conséquence,
 - valeurs extrêmes de température et salinité, en année très chaude et sèche,
 - anoxies successives à des eutrophies excessives du bassin,
 - prédation par les oiseaux et les rats par température faible ;
- un prégrossissement des post-larves en Mai, à proximité des bassins de grossissement, est recommandé pour pallier en partie au risque de mortalité initial ; il peut faciliter la gestion des bassins et avancer la période de commercialisation ;
- la quantité d'aliment granulé consommé par l'ensemble des éleveurs est faible, et devrait le rester encore à court et moyen terme ; certains composants indispensables sont onéreux et difficiles à approvisionner ; les fabricants ne sont donc pas incités à faire un effort particulier et soutenu sur ce granulé ; en l'absence de ces composants dans l'aliment les croissances sont souvent faibles ou nulles dès que les charges finales atteignent 70g/m^2 ;
- dans l'immédiat il est recommandé aux éleveurs de limiter leurs objectifs de charge maximale à $45-70\text{g/m}^2$, suivant le site, et de développer la production de proies, par l'utilisation de granulés non spécifiques (exemple carpe) ;
- la gestion du milieu est un élément essentiel du succès des élevages ; la grande diversité des conditions du milieu nécessite la mise en place de programmes de recherche sur les sites d'élevage ; ce programme est à mener sous la coordination scientifique du CREMA, en collaboration avec les Universités et les conseillers aquacoles ;
- les évaluations réalisées sur le marché potentiel de ce produit aboutissent à la conclusion que les perspectives de développement de cette filière resteront limitées, à court et moyen terme (Bilan interrégional campagne 1988).

Les possibilités du marché devraient être nuancées devant les perspectives de développement des ventes de crevettes en Europe (Nambiar 58).

REFERENCES

RAPPORTS TECHNIQUES ET RAPPORTS DE STAGE

(Compte-rendus des essais conduits de 1985 à 1990)

1985

- 1 AQUALIVE – Utilisation de l'eau salée souterraine en aquaculture : l'expérience d'Aqualive – Rapport technique ronéotypé 43p., Déc.1985
- 2 AQUALIVE – Grossissement de truites en eau de mer, influence de la salinité au transfert sur la survie – Rapport technique ronéotypé 10p. – Janvier 1986
- 3 AQUALIVE – *Penaeus japonicus* Campagne 1985 Résultats préliminaires – Rapport technique ronéotypé 125p. Décembre 1985
- 4 CONNEFROY D. – Grossissement de *Penaeus japonicus* en élevage semi-intensif – Aqualive Campagne 1985 – Rapport de stage ronéotypé 93P.+ann. Décembre 1985
- 5 SOEBERT C. – Essais de stockage de crevettes vivantes *Penaeus japonicus* – Rapport de stage à Aqualive ronéotypé 32p. Décembre 1985

1986

- 6 GLIZE P. – Elevage de pénéides : prégrossissement-grossissement de *Penaeus japonicus*, essais de grossissement de *P.orientalis*. Campagne 1986 – Rapport de stage à Aqualive ronéotypé 151p. Décembre 1986
- 7 ISAZA L. – L'élevage de *Penaeus japonicus*. Prégrossissement – Grossissement – Rapport de stage à Aqualive ronéotypé 91p.+ann. Décembre 1986
- 8 LIZET F. – Projet d'installation aquacole en marais atlantique : élevage semi-intensif de *Penaeus japonicus* – Rapport de stage à Aqualive ronéotypé 47p. Décembre 1986
- 9 PIERRE M.J., AQUALIVE – Les algues macrophytes en marais aquacoles – Rapport d'étude à la Région Pays de Loire 60 p. Décembre 1986
- 10 ROLLET P.E. – Détermination des contributions relatives de la productivité naturelle et de l'aliment granulé à la ration alimentaire de la crevette *Penaeus japonicus* élevée en conditions semi-intensives – Rapport de stage à Aqualive ronéotypé 79p. Octobre 1986

1987

- 11 BRAULT A.-M. – Elevage semi-intensif de *Penaeus japonicus* dans les marais de l'Atlantique – Rapport de stage à Aqualive ronéotypé 111p. Janvier 1988
- 12 CAM D. – Détermination des contributions relatives de la productivité naturelle et de l'aliment granulé à la ration alimentaire de la crevette *Penaeus japonicus* élevée en conditions semi-intensives (2ème campagne) – Rapport de stage à Aqualive ronéotypé 58p+ann. Septembre 1987

1988

- 13 AQUALIVE – Grossissement alterné de crevettes impériales et salmonidés en bassins. Essais conduits de 1986 à 1988 – Rapport d'étude à la Région Pays de Loire ronéotypé 55p. Décembre 1988

- 14 AQUALIVE – Grossissement mixte crevette–palourdes en marais. Essais conduits en 1988 – Rapport d'étude à la Région Pays de Loire 70p. Janvier 1989
- 15 ROUILLARD I., ROBERT J.M., AQUALIVE – Contrôle des algues macrophytes (2ème partie) – Rapport d'étude à la Région Pays de Loire ronéotypé 55p. Août 1988
- 16 AQUALIVE – Test comparatif de différents types d'aérateurs en bassin de grossissement de crevettes impériales dans les marais atlantiques – Rapport technique ronéotypé 13p. Janvier 1989
- 17 AQUALIVE – Contrôle des algues macrophytes (troisième partie) – Rapport d'étude à la Région Pays de Loire ronéotypé 13p. Mars 1989
- 18 AUFORT J.-P. – Contribution à l'étude de l'élevage de la crevette japonaise *Penaeus japonicus*. Approche expérimentale et économique du prégrossissement intensif et de l'élevage mixte crevettes–palourdes en marais – Rapport de stage à Aqualive ronéotypé 62p+ann. Septembre 1988
- 19 HUSSENOT J. – Fertilisation par apport organo–minéral pour la production de bloom phytoplanctonique dans les bassins à fond de terre des marais atlantiques – Rapport technique H88-01 CREMA L'HOUMEAU ronéotypé 20p. Fév.1988

1989

- 20 AQUALIVE – Comptage des post–larves de crevettes *Penaeus japonicus* – Rapport technique ronéotypé 7p. Juin 1989
- 21 AQUALIVE – Essais de calibrage de crevettes impériales *Penaeus japonicus* après récolte – Rapport technique ronéotypé 11p. Décembre 1989
- 22 AQUALIVE – Compte–rendu des essais de grossissement réalisés sur Aqualive en 1989 – Rapport technique ronéotypé 16p. Décembre 1989
- 23 AQUALIVE – Prégrossissement de *P.japonicus* en circuit fermé thermorégulé : campagne 1989 – Rapport technique ronéotypé 36p. Janvier 1990
- 24 AQUALIVE & Centre de Gestion des Exploitations agricoles de Challans – Estimation du prix de revient de juvéniles prégrossis de crevettes impériales en nurserie suivant deux types d'entreprises – Rapport technique ronéotypé 14p. Janvier 1990

1990

- 25 AQUALIVE – Prégrossissement intensif des crevettes impériales. Compte–rendu des essais 1990 – Rapport technique ronéotypé 32p. Juillet 1990
- 26 AQUALIVE – Compte–rendu des essais de grossissement réalisés sur Aqualive en 1990. Rapport technique ronéotypé 19p. Décembre 1990
- 27 AQUALIVE – Compte–rendu de la réunion de bilan "Grossissement de la crevette impériale *Penaeus japonicus*" tenue à Nantes le 18 Décembre 1990 – Document ronéotypé 29p. Mars 1991

RAPPORTS INTERNES IFREMER

- 28 AQUALIVE – Grossissement de crevettes *Penaeus japonicus* dans les marais de l'Atlantique. Résultats des essais d'intensification 1986 à 1988 – Rapports internes de la Directions des

Ressources Vivantes de l'IFREMER DRV-89.029-RA/Noirmoutier. Document ronéotypé
20p. Juillet 1989

- 29 GAUTIER D.- Etude comparative de la qualité du milieu de bassins aquacoles de crevettes et palourdes chez des éleveurs du marais breton (Vendée & Loire Atlantique) - Rapports internes de la Direction des Ressources Vivantes de l'IFREMER DRV-89.042-RA/CREMA-L'Houmeau & RA/Noirmoutier. Document ronéotypé 57p.+ann. Décembre 1989
- 30 HUSSENOT J. - Application des recherches de fertilisation et stimulation dans l'élevage de la crevette impériale (*Penaeus japonicus*) - Rapports internes de la Directions des Ressources Vivantes de l'IFREMER DRV-89.008-RA/CREMA L'HOUMEAU . Document ronéotypé 14p. Février 1989
- 31 MARCAILLOU-LE BAUT C. - Etude de la dégradation et de la toxicité de la roténone en milieu marin - Rapports internes de de la Direction de l'Environnement et des Recherches Océaniques de l'IFREMER DERO-87.12-MR/NANTES . Document ronéotypé 19p. 1987

BILANS INTERREGIONAUX

Les campagnes de production de 1985 à 1989 ont fait l'objet d'un suivi par les conseillers aquacoles. Les résultats en étaient analysés en commun afin d'orienter les programmes de recherche et de modifier les recommandations aux éleveurs. Chacune de ces réunions a fait l'objet d'un compte-rendu dit de "Bilan Interrégional" :

- campagne	1985, réunion	26/11/85	La Rochelle	IFREMER
-	1986	5/12/86	Le Grau du Roi	CEPRALMAR
-	1987	14/12/87	Nantes	SMIDAP
-	1988	26-27/1/89	Rochefort	SEMDAC
-	1989	15/2/90	Nantes	SMIDAP

PUBLICATIONS

- 32 AKIO HONMA - Aquaculture in Japan - Japan FAO Association - 81pp. - 1980
- 33 ANDERSON R.K. - Determination of the sources of nutrition in shrimp culture using natural variations in stable isotope ratios of carbon and nitrogen - World Mariculture Soc. Ann. Meeting, Published abstracts, Guayaquil Ecuador, Janv. 1987
- 34 ANDERSON R.K., PARKER P.L. - A $^{13}C/^{12}C$ tracer study of the utilisation of presented feed by a commercially important shrimp *Penaeus vannamei* in a pond growout system - J. World Mariculture Soc. 18-3:148-155, 1987
- 35 AQUACOP - Effects of dissolved oxygen concentration on survival and growth of *Penaeus vannamei* and *P. stylirostris* - World Mariculture Soc. Annual Meeting, Published abstracts, Honolulu Hawaï, Fév. 1988
- 36 BARILLARI A., SCOVACRICCHI T., LIBERTINI A. - Physico-chemical variations of sediment during a shrimp and clam earthen pond farming experiment - EIFAC/FAO Symposium on Production enhancement in still water pond culture, Prague Czechoslovakia, 15-18 May 1990
- 37 BITAUD G., HERVE P. - Essai de polyélevage en culture marine - Aqua Revue 11:22-24, Février-Mars 1987
- 38 BITAUD G., HERVE P. - Etude sur le polyélevage en marais saumâtre - Rapport à la Région Pays de Loire, document ronéotypé 37p. - 1988

- 39 BITAUD G., HERVE P. – Pénéiculture en pays guérandais : bilan de six saisons d'élevage – Aqua Revue 37:21–25, Juin–Juillet 1991
- 40 BOUARICHA N. – Ontogénèse de l'osmorégulation chez la crevette *Penaeus japonicus* – Thèse de doctorat de Physiologie, Biologie des Organismes et des Populations, Université Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc, Juin 1990
- 41 CALVAS J. – Bilan des premiers essais d'élevage de la crevette *P.japonicus* dans les marais de la côte Atlantique – Aquarevue 2,8–13, 1985
- 42 CASTILLE F.L.Jr – LAWRENCE A.L. – The effect of salinity on the osmotic, sodium and chloride concentrations in the hemolymph of euryhaline shrimp of the genus *Penaeus* – Comp.biochem.Physiol. Vol.68A:75–80, 1981
- 43 CHARMANTIER G., CHARMANTIER–DAURES M., BOUARICHA N., THUET P., AIKEN D.E., TRILLES J.P. – Ontogeny of osmoregulation and salinity tolerance in two decapod crustaceans : *Homarus americanus* and *Penaeus japonicus* – Biol.Bull. 175:102–110, August 1988
- 44 CHARMANTIER G., BOUARICHA N., CHARMANTIER–DAURES M., HUET P., TRILLES J.P., EQUIPE MERA de Palavas – Tolérance à la salinité au cours du développement larvaire et post-larvaire de *Penaeus japonicus* – Equinoxe 17:20–22, 1987
- 45 CHENG SHENG LEE, SHLESSER R.A. – Production of *Penaeus vannamei* in cattle enriched ecosystems in Hawaiï – J.World Mariculture Soc.15:52–60, 1984
- 46 CRUZ–RIQUE L.E. – Recherches sur la nature et le mode d'action d'un "facteur de croissance" extrait du calmar, dans la nutrition des crevettes pénéides (Crustacea, Decapoda) – Thèse de doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale – 125p.+ ann.– 1987
- 47 ENGLE C.R. – An economic comparison of aeration devices for aquaculture ponds – Aquacultural Engineering, Elsevier Science Pub. p.193–207, 1989
- 48 GOULEAU D. – Cycles journaliers de la silice dissoute dans les eaux libres d'un bassin aquacole, rôle respectif des diatomées et du sédiment – J.Rech.Océanogr. Vol.13 N.1&2:55–58, 1988
- 49 HUNTER B., PRUDER G., WYBAN J. – Biochemical composition of pond biota, shrimp ingesta and relative growth of *Penaeus vannamei* in earthen ponds – J.World Mariculture Soc. 18.3:162–174, 1987
- 50 HUSSENOT J., FEUILLET–GIRARD M. – Crevettes et sédiment – Aqua Revue N°17:25–28, Février–Mars 1988
- 51 HUSSENOT J., FAIVRE C., HATT P.J., BLACHIER P., GUILLAUT M. – An autonomous trawl to determine the biomass of a shrimp pond of *Penaeus japonicus* – Poster session, Aquaculture Europe, Dublin Eire, 10–12 Juin 1991
- 52 LE MEN R. – Une drague électrifiée pour la capture des crevettes d'élevage – Equinoxe 22:8–13, 1989
- 53 LUMARE F. – *Penaeus japonicus* : biologia e allevamento – *Penaeus japonicus*, biologia et sperimentazione, Regione veneto, Ente di Sviluppo Agricolo Veneto, p.13–193, 1988
- 54 LUMARE F., ANDREOLI C., BELMONTE G., CASOLINO G., COTTIGLIA M., DA ROS L., PISCITELLI G., TANCIONI L. – Growing studies on *Penaeus japonicus* (Decapoda

- Natantia) in management and environmental diversified conditions – Riv.IT.PISCIC.ITTIOP. – A.XXI N.2:42– 52, Aprile Maggio Giugno 1986
- 55 MARANGOS C., ALLIOT E., BROGREN C.H., CECCALDI J.H. – Nycthemeral variations of ammonia excretion in *Penaeus japonicus* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) – Aquaculture 84:383–391, 1990
- 56 MORIARTY D.J.W., COOK H.L., ROSLY BIN HASSAN, THANABAI M. – The contribution of primary production and meiofauna to food chains based on bacteria in penaeid prawn aquaculture ponds – Malaysia coastal aquaculture development, FAO, pp.161–181, 1984
- 57 NAKAMURA K., ECHAVARRIA I. – Artificial controls of feeding rythm of the prawn *Penaeus japonicus* – Nippon Suisan Gakkaishi 55(8)1325–1329, 1989
- 58 NAMBIAR K.P.P. – The european shrimp market, with particular reference to cultured shrimp – Technical and economic aspects of shrimp farming M.B.New & Tarlochan Singh ed., Proceedings of the Aquatech90 Conference, Kuala Lumpur Malaysia, p.274–284, 11–14 Juin 1990
- 59 PALMEGIANO G.B., SCOVACRICCHI T., VILLANI P.CASOLINO G., MAROLLA V. – Artificial diet and stocking density effects in a pilot scale shrimp farming plant experiment – EIFAC/FAO Symposium on Production enhancement in still water pond culture, Prague Czechoslovakia, 15–18 May 1990
- 60 PISCITELLI G., SCALERA LIACI L. – Preliminary findings about feeding patterns of *Penaeus japonicus* Bate in the lagoon of Lesina (southern Italy) – Oebalia vol.IX N.S.:55–64, 1983
- 61 PONTICELLI A., CORBARI L., CAGGIANO M., ALIBERTI A. – Growth experiments with *Penaeus monodon* in southern Italy in semi-intensive culture – Aquaculture a biotechnology in progress, European Aquaculture Society, Bredene Belgium, p.415–419, 1989
- 62 REYMOND H., LAGARDERE J.P. – Feeding rythms and food of *Penaeus japonicus* Bate (Crustacea, Penaeidae) in salt marsh ponds : role of halophilic entomofauna – Aquaculture 84:125–143, 1990
- 63 REYMOND H., LAGARDERE J.P. – Rythme alimentaire de *Penaeus japonicus* (Bate), (Crustacea, Penaeidae) en marais maritimes – C.R.Acad.Sci.Paris, t.307, Série III:407–413, 1988
- 64 ROGERS G.L., FAST A.W. – Potential benefits of low energy water circulation in Hawaiïan prawn ponds – Aquaculture Engineering 7:155–165, 1988
- 65 SCHROEDER G.L. – Stable isotope ratios as naturally occuring tracers in the aquaculture food web – Aquaculture 30:203–210, 1983
- 66 SCHROEDER G.L. – Sources of fishes and prawn growth in polyculture ponds as indicated by dC analysis – Aquaculture 35:29–42, 1983
- 67 SCHROEDER G., COHEN D., STERN S., RA'ANAN Z., SAGI A., ZIDON J. – Contribution of natural food as a main source of prawn growth : observations based on stable carbon isotope analyses. World Mariculture Soc. Annual Meeting, Plublished abstracts, Reno Nevada, Jan.1986
- 68 SHIGENO K. – Problems in prawn culture – Aquaculture series 19 – A.A.Balkema, Rotterdam – 1979

- 69 SHIGENO K. – Intensive culture and feed development in *Penaeus japonicus* – Proceedings of the first international conference on the culture of penaeid prawns/shrimps, Iloilo City Philippines 1984, p.115–122, SEAFDEC Aquaculture Department 1985
- 70 STAHL M.S. – The role of natural productivity and applied feeds in the growth of *Macrobrachium rosenbergii* – Proc. World Maricult. Soc. 10:92–109, 1979
- 71 STOKES A., SANDIFER P.A., HOPKINS J.S. – Effects of pond size and management practices on intensive culture of *Penaeus vannamei* in South Carolina – World Aquaculture Soc. Annual Meeting, Published abstracts, Guayaquil Ecuador, Jan.1987

ANNEXE 1

Bilan des élevages de crevettes *Penaeus japonicus* réalisés à Palavas
de 1973 à 1983

ESSAIS DE GROSSISSEMENT DE P. JAPONICUS
CONTROLÉS PAR LA DEVA DE 1972 À 1980

INTRODUCTION : Stratégie adoptée

1 - GROSSISSEMENT SEMI-INTENSIF

- Bassins : Superficie, nature du fond, renouvellement de l'eau
- Charges
- Prégrossissement
- Performances survie-croissance : grossissement
- Alimentation et pathologie
- Essais d'hivernage
- Conclusion

2 - GROSSISSEMENT INTENSIF

- Origine du grossissement intensif
- Description du Mitsui-Norin et projets d'utilisation
- Performances survie-croissance
- Principaux problèmes : nourriture, pathologie
- Conclusion

3 - EXTENSIONS PAR F.A. OU SANS F.A. DE L'ELEVAGE P. JAPONICUS
EN EUROPE

PINIA (Corse) - SIME (Sicile) - LUMARE (Lessina) -
Espagne - Tunisie.

ESSAIS DE GROSSISSEMENT DE P. JAPONICUS
CONTROLES PAR LA DEVA
DE 1972 A 1982

C. CAHU

INTRODUCTION

Lorsque les premiers essais de grossissement de P. japonicus sur le littoral français ont lieu en 1967 et sont repris d'une façon suivie à partir de 1972, l'élevage de cette espèce se pratique déjà au Japon suivant 3 filières : élevage de type extensif, de type semi-intensif et de type intensif. Les courbes de croissance que l'on est susceptible d'obtenir sont connues, ainsi que l'importance de différents paramètres écophysologiques : température, qualité du sédiment principalement. Il apparaît donc que P. japonicus peut être élevée pendant une partie de l'année sur le littoral français, méditerranéen en particulier. La stratégie que l'on décide d'adapter est la suivante : ensemencement des post-larves au mois de mai, grossissement pendant 6 mois de saison chaude de façon à obtenir la taille commercialisable (que l'on estime alors à 15 jours), pêche en octobre.

Les premiers essais doivent être faits à partir de postlarves provenant du Japon et la date de livraison est en fait déterminée par la saison de ponte naturelle de P. japonicus au Japon. L'ensemencement ne peut guère avoir lieu avant Juillet et on associe alors à ces premiers essais P. kerathurus, espèce locale méditerranéenne, les postlarves ou les ♀ matures provenant d'Espagne. La comparaison des taux de croissance aboutit à l'abandon de P. kerathurus, d'autant plus qu'à partir de 1975, on devient autonome pour la production de postlarves de P. japonicus, grâce à la maîtrise de la reproduction en captivité et de l'élevage larvaire.

Le CNEXO dirige les essais de grossissement par l'intermédiaire du Centre de la DEVA/SUD, auquel il associe différents partenaires :

- 1967 : Compagnie Générale Transatlantique, dans l'Ile des Embiez
- 1972 : Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est,
Société Civile pour l'Exploitation Agricole,

- 1973 —> 1982 : Les Compagnons de Maguelone (Centre d'Aide par le Travail).

Les élevages sont d'abord de type semi-intensif puis, à partir de 1977, des essais sont faits en intensif.

I - GROSSISSEMENT SEMI-INTENSIF

1 - Bassins

Superficie : 4 bassins expérimentaux au CAT Maguelone de 2000 m, 1700 m², 1200 m², 600 m².

1 bassin 2000 m² à la DEVA.

Sédiment : le fond des bassins est constitué d'un sédiment meuble, souvent vaseux mais non réduit. Un aménagement a été fait sous forme d'un apport de sable sur une partie du bassin (1/3 - 1/2), pour permettre aux animaux de s'enfouir dans un sédiment leur convenant, en ménageant une zone repas.

Profondeur : 1 m d'eau.

Renouvellement : 40 % par jour en moyenne avec augmentation en cas de problèmes (algues, mortalité massive).

2 - Charges

Les densités d'élevages initiales retenues sont de 10 à 40 Pl/m². Un premier essai réalisé en 1972 avec 80 et 66 animaux/m² n'a pas été renouvelé car les performances étaient mauvaises.

3 - Prégrossissement

L'intérêt d'un prégrossissement de P11 à P130 (postlarves âgées de 1 à 30 jours) en dehors des bassins de grossissement apparaît rapidement. Il permet de :

- limiter la mortalité des animaux pendant cette phase de 50 % à 30 %, la mortalité étant principalement liée à la température, un peu faible à cette époque, et aux prédateurs ;

- connaître le nombre d'animaux qui entrera en grossissement, donnée importante pour la gestion en eau des bassins, le calcul de la ration

alimentaire et pour connaître les taux de survie que l'on peut espérer au cours d'un grossissement ;

- augmenter le prix de vente de la postlarve.

Ce prégrossissement conduit à garder les animaux 40 jours en éclosérie-nurserie (10 jours éclosérie + 30 jours nurserie) et demande une disponibilité supplémentaire en bassins (charge nurserie : 50 000 P1/10m³). Un autre problème que soulève le prégrossissement est celui du transport : il est beaucoup plus contraignant de transporter des P130 que des P13 et P14.

4 - Grossissement : performances croissance - survie

	Nombre P1 initial	% Survie	Poids moyen final (g)	Production
1972	49 000 P.j 247 000 P.k	38,5 25	5,5 3	0,192 T
1973	142 000	51	14,31	1 T
1974	670 000	33	6,46	1,5 T
1975	300 000	49	13,3	2 T

Tableau 1 - Essais de grossissement dans les bassins de Maguelone de 1972 à 1975. Elevage semi-intensif.

Ces premiers essais, menés avec un nombre significatif de postlarves donnent des résultats très prometteurs : un rendement de 2 à 4 tonnes/ha constitue une bonne valeur pour un élevage de Pénéides en semi-intensif. Il est évident que l'on se situe un peu en-deça du poids que l'on avait pour objectif d'atteindre : 15-20 g.

Après ces 4 années et bien que l'on dispose de postlarves produites localement et à une date intéressante, aucun progrès sensible n'est enregistré. Au contraire, les performances chutent légèrement et la production stagne autour de 1 T/an. De 1976 à 1982, aucune amélioration technologique n'apparaît et une grande variabilité des résultats est notée, due aux variations

climatiques ou à une gestion du bassin mal appropriée : des problèmes de réduction du sédiment apparaissent très rapidement lorsque la quantité de nourriture n'est pas ajustée aux besoins. Il faut en effet préciser qu'il est difficile de connaître la survie des animaux en cours d'élevage : l'échantillonnage quantitatif est impossible (crevettes enfouies dans la journée et en grande partie la nuit), et l'estimation de la mortalité est très difficile (on retrouve rarement les animaux morts).

5 - Alimentation - pathologie

Les premiers essais sont faits avec du crabe vert frais, ramassé sur place et grossièrement broyé grâce à la main d'oeuvre fournie par le CAT. Mais l'alimentation apparaît comme le point de blocage n° 1 : le taux de conversion du crabe vert étant très élevé, des tonnages considérables sont nécessaires au cours d'une production et son prix s'accroît à cause des manipulations et du stockage par congélation (2 F/kg en 1975 contre 0,50 jusqu'alors).

Des essais avec des aliments composés ont lieu en 1976. Des améliorations constantes de ce granulé permettent de se rapprocher des performances de croissance obtenues avec de l'aliment frais, et la survie est meilleure (moins de dégradation du sédiment qu'avec le crabe vert, produisant beaucoup de déchets). Mais le coût de ce granulé ne permet pas d'envisager son utilisation constante au cours d'une production.

Les problèmes de pathologie n'apparaissent pas clairement dans les essais de grossissement, contrairement à ce que l'on observe chez les géniteurs maintenus en zone reproduction (bassins de 10 m³) pendant l'hiver atteints de Fusarium. Mais dans certains bassins, des mortalités massives restent mal expliquées.

6 - Essais d'hivernage

Des tests d'hivernage (grossissement ou stabulation) avec P. japonicus et P. kerathurus sont entrepris afin de voir si on peut utiliser des postlarves produites tardivement pour rentabiliser des bassins inexploités l'hiver (température tombant jusqu'à 6°C). 10 000 animaux de 5 g lâchés en Octobre sont repêchés en mai avec un taux de recapture de 23 % et à un poids moyen de 12,3 g. L'ensemencement de postlarves au même moment ne permet pas de survie > 0,4 %.

7 - Conclusion

Il apparaît dès 1976 que les résultats obtenus en élevage de type semi-intensif n'évoluent pas et que la rentabilité n'est pas atteinte.

Les solutions proposées pour se rapprocher de la rentabilité sont :

- diminuer le coût du granulé,
- mettre au point un élevage haute densité.

II - GROSSISSEMENT INTENSIF

Des tests de grossissement en système intensif sont réalisés à la DEVA, de 1977 à 1982.

1 - Origine du grossissement intensif

Le grossissement de type intensif, déjà pratiqué au Japon, est au point au niveau technologique et biologique : les rendements atteignent 25 T/ha. Mais c'est déjà en 1976 la seule filière qui ne soit pas rentable malgré le marché exceptionnel de P. japonicus au Japon.

Il faut signaler que cette filière est souvent utilisée dans le cadre de la valorisation des effluents de centrales thermiques, dans l'intention d'utiliser les bassins toute l'année et non seulement pendant la saison chaude et de doubler ainsi la production.

2 - Bassins type Mitsui-Norin conduit à la DEVA

Un premier projet, construction d'un bassin de 530 m² (prix 400 KF tout équipé en 1975) est rapidement abandonné. Le projet retenu est le suivant :

- surface du bassin : 100 m²
- renouvellement d'eau : 400 % /jour
- objectif de production : 260 kg (26 T/ha).

Les calculs montrent que cette technique est à la limite de la rentabilité : coût élevé du pompage, de l'aliment, amortissement de la construction. Différentes idées sont avancées pour l'utiliser quelques mois de plus dans l'année. Il pourrait assurer le prégrossissement des alevins de loups et daurades jusqu'en Avril puis le prégrossissement des crevettes destinées au Mitsui et aux étangs jusqu'en juin.

3 - Grossissement : performances survie-croissance

Année	Initial		Final		Survie (%)	Durée (jours)	Poids pêché (kg)	Indice de conversion
	Densité (c/m ²)	Pm (g)	Densité (c/m ²)	Pm (g)				
1977	220	0,4	172	8,2	78	168	141	1,54
1978	252	0,4	91	10	36,1	182	91	3,47
1979	220	0,08	113,7	10,6	51,7	176	121	3,11
1980	270	0,02	41,9	18,6	15,5	186	78	5,45
1981	250	0,17	91,2	8,1	36,5	153	75	4,09
1982	200	0,04	59,1	12,2	30	203	72	5,69

Tableau 2 - Essais de grossissement en intensif dans le bassin type Mitsui-Norin.

Ces résultats apparaissent comme tout à fait corrects en termes de rendement : 7 à 14 T/ha/an. Mais on ne parvient qu'à un poids individuel insuffisant (< 10 g) si l'on veut obtenir une survie acceptable (> 30 %). Le système semble saturé avec une charge de 1 kg/m² et la mortalité ou un ralentissement de croissance tendent à maintenir cette charge.

4 - Principaux problèmes : nourriture - pathologie

L'aliment utilisé est du granulé, formulé par le CNEOXO. Son taux de conversion est élevé : 3 à 5,45 dans ces conditions d'élevage intensif et son prix reste supérieur à 10 F/kg. Contrairement à celui dont disposent les éleveurs japonais, ce granulé n'est pas entièrement adapté aux besoins des crevettes. En élevage semi-intensif, la production primaire et secondaire du bassin constitue un complément de nourriture et masque les carences de ce granulé. En élevage intensif, un apport de nourriture fraîche doit être effectué périodiquement.

Des problèmes de pathologie, mal identifiés, sont survenus sur ces animaux affaiblis, provoquant parfois une mortalité massive.

5 - Conclusion

Au terme de 6 ans d'expérience, il ressort que le système intensif est loin de la rentabilité : la taille des animaux obtenus est insuffisante, l'objectif de rendement n'est pas atteint, le coût de l'alimentation est trop élevé. L'élevage intensif de P. japonicus doit être abandonné en France au profit d'un élevage semi-intensif ou extensif qui limitera l'importance du facteur nourriture (son coût, son impact sur le grossissement).

III - EXTENSIONS

Dès 1979, le groupe CNEOX-FRANCE AQUACULTURE démarre des projets de fermes de production mixtes lours-crevettes en France (Pinia en Corse) mais également à l'étranger (Sime - Sicile). Ce sont d'ailleurs les premiers projets réalisés par F.A. avant de s'implanter en milieu tropical. Des bassins type MITSUI sont alors prévus pour les crevettes dans l'un et l'autre projet et les premières postlarves doivent être fournies par la DEVA. Les résultats décevants obtenus dans le Mitsui de la DEVA et le fait que l'on dispose en Sicile d'un site intéressant font abandonner ce projet d'élevage intensif. En effet, le projet Sicile est implanté sur un site de vastes salines désaffectées. Sans aménagement des bassins, on obtient en une saison d'élevage extensif des animaux de 40 g de poids moyen. Dans les conditions naturelles, les ♀ sont matures de Mars à Octobre.

Ceci constitue d'ailleurs l'idée de départ du CEPRALMAR pour un élevage extensif de P. japonicus dans les étangs du Languedoc-Roussillon, commencé dès 1981. De même, plusieurs sociétés italiennes et plus tard espagnoles se lancent avec succès dans cet élevage, dans des zones non aménagées (lagunes, salines).

CONCLUSION

Bien que la rentabilité d'un élevage de P. japonicus en Europe méridionale ne soit pas démontrée en 1982 et malgré les points de blocage rencontrés, peu d'espèces ont un avenir à court terme aussi prometteur. En effet, quelle autre espèce (en dehors du genre Penaeus) peut atteindre la taille commercialisable en 6 mois sous nos latitudes ? Toutes les phases du cycle de vie

de P. japonicus sont maîtrisées : reproduction, élevage larvaire, grossissement. Si des problèmes subsistent au cours du grossissement, ils sont davantage d'ordre zootechniques (choix des bassins d'élevage, ajustement des rations alimentaires), technologiques (pompage, utilisation des marées) ou socio-économiques (organisations de professionnels) que biologiques. Seul le problème de l'amélioration du granulé, pour en diminuer le coût et le rendre plus performant, reste du ressort du laboratoire.

ANNEXE 2

Bilan des élevages de crevettes *Penaeus japonicus* réalisés à Aqualive

1980 à 1983

JOURNEE EVALUATION PROGRAMME CRUSTACES TEMPERES

BREST 26 SEPTEMBRE 1984

GROSSISSEMENT EXTENSIF ET SEMI-INTENSIF DE LA CREVETTE IMPERIALE (*Penaeus japonicus*) DANS LES MARAIS ATLANTIQUES

par Jérôme HUSSENOT * Station IFREMER - AQUALIVE
BP 59 85330 Noirmoutier (France)

1. Introduction

La maîtrise de la reproduction en France de *Penaeus japonicus* (LAUBIER-BONICHON 1976), la mise au point d'un aliment sec expérimental (AQUACOP 1976) et les résultats des premiers essais d'élevage dans les marais atlantiques (LEBOUX 1974) nous ont incité à entreprendre sur la station CNEOX - AQUALIVE des tests de grossissement sur cette espèce à partir de 1980.

2. Travaux entrepris à la station AQUALIVE de 1980 à 1983 [cf. tableau

1980 : Test de grossissement semi-intensif effectué en fin d'été. Excellente survie et bonne croissance en enclos fond de sable avec aliment sec expérimental.

1981 : - Comparaison de croissance à 3 densités de type semi-intensif. Possibilité d'atteindre en 5 mois des crevettes de 12 - 13 g avec des survies de l'ordre de 50 % pour des charges départ de 10 - 20 individus par m². Croissance très réduite pour la charge de 42 individus par m² (figure 1)
- Recherche d'un produit ichtyotoxique à base de roténone pour l'élimination préalable des prédateurs (anguilles) permettant le lâcher de post-larves de plus petite taille. Détermination des seuils létaux et de la biodégradabilité du produit (laboratoire de toxicologie ISTPM Nantes) [cf. tableau 2].

1982 : Essai d'élevage de type extensif complété en fin d'élevage. Disponibilité en proies naturelles abondante dans la première phase d'élevage. Croissance identique en extensif (2,6 / m²) et en semi-intensif (16 / m²) sur granulé durant le mois de juin. En extensif, obtention de crevettes de 12 g fin août sans apport de nourriture, et de crevettes de 19 g début octobre avec complémentation de granulé en septembre. Survie de 55 % pour des post-larves lâchées à 500 mg, sans traitement roténone.

* : adresse actuelle : CREMA L'HOUMEAU - Case 5 - 17137 NIEUL SUR MER

- 1983 : - Vérification de la faisabilité technique d'un élevage extensif complétement, sur fond de vase d'une ancienne saline, à charge initiale de 5,9 / m². Survie de 66 % pour des post-larves lâchées à 118 mg, avec traitement initial à la roténone. Blocage de croissance enregistré mi-août à 11,7 g de poids moyen correspondant à une biomasse de l'ordre de 45g/ m². Reprise de croissance après distribution de granulé permettant d'atteindre 16,5 g début octobre, soit une biomasse de 65g/ m² (figure 2).
- Test de toxicité du composé roténone sur des post-larves (Penaeus japonicus) de 72 mg pour un éventuel traitement sélectif en cours d'élevage.
 - Test d'élevage associé palourdes-crevettes en semi-intensif et extensif complétement. Croissances très semblables des crevettes avec ou sans palourdes. La biomasse finale en crevette a atteint 140g/m² en semi-intensif avec une survie de 70 % en moyenne à partir de post-larves de 28 mg. Le contrôle de la végétation macrophyte a toutefois été beaucoup plus délicat en semi-intensif en raison d'un développement plus important et plus diversifié (figures 2 et 3).
- 1984 : Assistance au prédéveloppement de l'élevage extensif et extensif complétement dans les marais atlantiques. 6 opérations ont été menées avec la collaboration scientifique et technique de l'ADACO, du CEPRALMAR et de l'IFREMER. Les élevages ont été effectués pour l'extensif à des charges départ de 1,4 à 2,4 crevettes par m² et pour l'extensif complétement à des charges de 5 à 6 crevettes par m². Tous les bassins ont été initialement traités à la roténone selon la technique mise au point par AQUALIVE. Les productions totales obtenues en kg par hectare ont été très variables selon l'état initial des fonds, avec des résultats très décevants pour des bassins neufs. En extensif pur, elles ont varié de 131 kg / ha à 294 kg / ha. En extensif complétement, elles ont atteint de 154 kg / ha à 590 kg / ha. La fertilisation des bassins doit faire l'objet de recherches et de mise au point. Ce travail est au programme 85 de la station IFREMER / AQUALIVE.

3. Données technico-économiques sur l'élevage de Penaeus japonicus

3. 1. Calendrier de travail proposé à l'éleveur de crevette japonaise

Hiver : assec

Avril : fertilisation et traitement anti-prédateur

Mai-juin : mise en eau des post-larves à température supérieure à 15 °C

Août : début possible de commercialisation

Octobre : pêche finale des élevages

3. 2. Suivi de l'élevage à effectuer par l'éleveur

- . Echantillonnage régulier pour contrôle de croissance
- . Apport de fertilisation ou d'aliments selon la filière
- . Contrôle de la qualité d'eau, température, salinité, oxygène, transparence
- . Renouvellement des eaux
- . Entretien des grilles de filtration d'entrée et de sortie
- . Contrôle des crabes verts par pêche au casier appâté

3. 3. Filières d'élevage envisagées

Elevage extensif (pur ou complémenté)

- . Charge départ : 1 à 5 / m² selon la productivité du bassin
- . Fertilisation souhaitable (à caractère encore expérimental)
- . Production escomptée: 100 à 500 kg / ha
- . Poids moyen final : 15 à 20 g
- . Survie : 60 à 80 %
- . Elevage associé : palourdes à exclure pour maintien du bloom planctonique

Elevage semi-intensif

- . Charge départ : 5 à 20 / m²
- . Apport d'aliment sur la plus grande partie de l'élevage
- . Production escomptée : 500 à 1500 kg / ha
- . Poids moyen final : 10 à 15 g
- . Survie : 50 à 70 %
- . Elevage associé de palourdes envisageable à moyen terme (avec réserve)

3. 4. Essai de budget prévisionnel pour une unité de 10 hectares en élevage extensif (production moyenne de 300 kg par hectare)

Selon la productivité naturelle du bassin, l'élevage devra être envisagé avec ou sans fertilisation.

L'annexe fournit le détail d'un budget prévisionnel d'exploitation avec 3 hypothèses de production obtenue à l'hectare. L'hypothèse moyenne permettrait d'atteindre l'équilibre charges-recettes avec toutefois un poste personnel, calculé au plus juste.

Il est à noter que la charge en personnel est calculé sur une période d'activité de 6 mois.

Cet essai de budget prévisionnel montre la nécessité d'atteindre une production hectare minimum de 300 à 400 kg par hectare.

4. Conclusion

L'élevage de la crevette impériale dans les marais atlantiques se présente après 4 années de recherche en première place dans les possibilités de développement à court terme.

Les filières proposées ne présentent aucun blocage technique pour pouvoir être transférées, mais la faisabilité économique reste encore à démontrer.

Des productions minimum de 400 kg en élevage extensif semblent nécessaires pour envisager la création d'une exploitation spécifique nécessitant les investissements énumérés. Par contre, l'utilisation d'exploitations comportant des bassins en état et envisageant cette activité dans un cadre de complément est possible.

Les recherches envisagées à partir de 1985 sur la fertilisation et la préparation des fonds de bassins devraient permettre d'atteindre dans les années à venir des productions à l'hectare de 400 kg et même davantage permettant la création de fermes d'élevage extensif de crevettes dans les marais atlantiques.

La poursuite des expérimentations semi-intensives utilisant un aliment sec, accompagnée des mises au point techniques nécessaires sur la distribution automatique nocturne, la tenue à l'eau du granulé, etc, ... pourrait permettre de proposer une intensification des élevages à moyen terme et atteindre des productions proche de 1 000 kg / ha.

BIBLIOGRAPHIE

- AQUACOP. (1976) Résultats expérimentaux sur Penaeus japonicus : spécificité des besoins en protéines et acides gras.
FAO. Technical Conference on Aquaculture, KYOTO, 26 mai-2 Juin 1976 :
- HUSSENOT J. (1983a) Technologie aquacole en marais : destruction des poissons prédateurs par la roténone.
Document Aqualive, rapport technique 83 T02 - 5 pp
- HUSSENOT J. (1983 b) Des possibilités d'aquaculture semi-intensives à court terme dans les marais salés du Centre Ouest : trois filières d'élevage en court d'expérimentation à la station CNEXO / AQUALIVE de l'Ile de Noirmoutier.
Journées d'information et de travail sur l'aquaculture dans les marais maritimes du littoral atlantique. La Rochelle 28.09.1983
- HUSSENOT J., et KERARON A. (1983) Budget prévisionnel pour une production d'environ 3 tonnes de crevettes impériales sur 5 hectares de marais en élevage semi-extensif.
Document CNEXO / AQUALIVE - 2 pp
- KERARON A. (1983) Contribution à l'élevage de la crevette (Penaeus japonicus) en marais atlantique à la station CNEXO / AQUALIVE de Noirmoutier.
D.E.S.S Cultures Marines, Université de Caen - 44 pp + annexes
- LASSUS P. (1981) Résultats d'analyse toxicologique sur la roténone.
Document ISTPM - 7 pp
- LAUBIER-BONICHON A. (1976) Reproduction contrôlée chez la crevette japonaise Penaeus japonicus .
Conférence technique FAO, KYOTO - FIR.AQ / Conf. 76 / E.38 6 pp
- LEDOUX O. (1974) Essais d'élevage sur le domaine de Certes : anguilles, civelles, crevettes, truites.
Colloque sur l'Aquaculture, 22-24 octobre 1973, Brest.
Pub. CNEXO série Actes de Colloques n° 1 : 409-417

RESULTATS DES TESTS DE GROSSISSEMENT MENES A LA STATION AQUALIVE

(ILE DE NOIRMOUTIER) SUR LA CREVETTE IMPERIALE (P. JAPONICUS) ENTRE 1980 ET 1983

ANNEE	FILIERE D'ELEVAGE *	NOMBRE DEPART PAR m ²	POIDS MOYEN DEPART EN GRAMMES	ELEVAGE ASSOCIE PALOURDES	ALIMENT	SURFACE EN m ²	SUBSTRAT V: VASE S: SABLE	BASSIN A: ANCIEN N: NEUF	HAUTEUR D'EAU EN CM	RENOUVELL MOYEN EN % PAR JOUR	ANTI-REJATEUR E: ENCLOSES R: ROTENONE	DUREE D'ELEVAGE EN JOURS	NOMBRE FINAL PAR m ²	POIDS MOYEN FINAL EN GRAMMES	SURVIE EN %	TAUX DE CONVERSION ALIMENT Ø	BIOMASSE FINALE EN KG/HA
1980	S.I	6,7	7,45	NON	NRMT	18	S	N	30-60	10-20	E	61	6,0	13,16	90,0	2,9	789
1981	S.I	10	0,44	200/m ²	+ CASIC I MORUJAP	50	S	N	30-60	10-20	E	161	6,5	12,97	64,6	2,4	840
1981	S.I	20	0,44	200/m ²	+ CASIC I MORUJAP	50	S	N	30-60	10-20	E	161	6,5	11,80	32,3	3,3	760
1981	S.I	42	0,44	500/m ²	+ CASIC I MORUJAP	18	S	A	30-60	10-20	E	161	18	6,14	43,2	6,7	1110
1982	E.C	2,6	0,50	200/m ²	GLUMIN 20.08.82	43	S	A	30-60	10-20	E	120	1,4	19,02	55,0	-	260
1983	E.C	5,9	0,12	NON	GLUMOD 02.09.83	990	V	A	30-60	30-40	E + R	170	3,9	16,53	65,8	3,7 sur 49 jrs	650
1983	E.C	5,0	0,03	NON	moules depuis 02.09.83	100	V	A	30-60	30-40	E + R	144	4,0	14,98	79,0	0,4 sur 49 jrs	595
1983	E.C	5,0	0,03	50/m ²	moules depuis 02.09.83	100	V	A	30-60	30-40	E + R	144	4,1	14,84	82,2	0,4 sur 49 jrs	610
1983	S.I	15	0,03	50/m ²	moules	100	V	A	30-60	30-40	E + R	144	10,4	12,54	69,0	0,55	1300
1983	S.I	15	0,03	50/m ²	GLUMOD	100	V	A	30-60	30-40	E + R	144	10,4	13,46	69,0	2	1400
1983	S.I	15	0,03	NON	GLUMOD	100	V	A	30-60	30-40	E + R	144	10,8	12,92	72,2	1,9	1400

* E : extensif , E.C : extensif complémente , S.I : semi-intensif

Ø : sec / humide (moules : 4 % du poids brut)

SEUILS LETAUX DU COMPOSE ICTHYOTOXIQUE
AGRI 2001 A BASE DE ROTENONE EMULSIFIABLE (6,7 %)

Source : LASSUS / ISTPM 1981 - 1983

<u>Espèce</u>	concentration produit en mg/l	% de mortalité	temp.
<u>Gobie</u> Potamoschistus minutus	0,1	30 % en 96 h	16 °
	0,5	100 % en 24 h	16 °
<u>Epinoche</u> Gasterosteus aculeatus	0,1	60 % en 96 h	16 °
	0,5	100 % en 24 h	16 °
<u>Civelle</u> Anguilla anguilla	0,01	0 % en 96 h	16 °
	0,05	100 % en 24 h	16 °
<u>Crevette blanche</u> Palaemonetes varians	10	80 % en 96 h	16 °
	30	100 % en 48 h	16 °
<u>Copépode</u> Tigriopus brevicornis	3	6 % en 96 h	20 °
	120	100 % en 96 h	20 °
<u>Artémie</u> Artemia salina	0,1	46 % en 96 h	20 °
	0,5	100 % en 72 h	20 °
<u>Crevette impériale</u> Penaeus japonicus de poids moyen 72 mg	5,0	0 % en 96 h	20 °
	8,0	20 % en 06 h	16 °
	8,0	55 % en 96 h	20 °
<u>Huitre creuse</u> Crossostrea gigas de jeune âge	10	0 % en 168 h	16 °
	20	0 % en 168 h	16 °
<u>Moule</u> Mytilus edulis	10	0 % en 168 h	16 °
	20	5 % en 120 h	16 °

DOSE CONSEILLÉE D'UTILISATION DU PRODUIT : 0,5 à 1,0 mg / l

REJET DES EAUX TRAITÉES APRES 7 JOURS

figure 3 : élevage 1/2 intensif - Station AQUALIVE - Noirmoutier 1983

	Enclos P ₅ (—)	Enclos P ₆ (---- <th>Enclos P₇ (---)</th>	Enclos P ₇ (---)
Surface	100 m ²	100 m ²	100 m ²
Densité initiale	15 / m ²	15 / m ²	15 / m ²
Poids initial	28 mg	28 mg	28 mg
Densité finale	10,36 / m ²	10,4 / m ²	10,83 / m ²
Poids final	12,54 g	13,46 g	12,92 g
Survie	69,0 %	69,0 %	72,2 %
Charge finale	130 g / m ²	140 g / m ²	140 g / m ²
Taux de conversion scc/humide	0,55	2	1,86
association palourdes	oui	oui	non

Sédiment : vase

