

## Contribution relative de la productivité naturelle et de l'aliment composé dans la nutrition de *Penaeus japonicus* élevé en conditions semi-intensives

Daniel Cam<sup>(1, 2)</sup>, Pierre-Étienne Rollet<sup>(1)</sup>, André Mariotti<sup>(3)</sup> et Jean Guillaume<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> IFREMER, Centre de Brest, BP 70, 29280 Plouzané, France.

<sup>(2)</sup> Adresse actuelle : Ferme marine d'Aleria, 20270 Aleria, France.

<sup>(3)</sup> Université P. M. Curie, INRA, Laboratoire de Biogéochimie isotopique, 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France.

Reçu le 27 décembre 1990; accepté le 22 avril 1991.

---

The relative contribution of natural productivity and formulated food in the nutrition of *Penaeus japonicus* reared in semi-intensive conditions.

Cam D., P.-E. Rollet, A. Mariotti, J. Guillaume. *Aquat. Living Resour.*, 1991, 4, 175-180.

### Abstract

The relative contribution of natural productivity and of artificial diet in the nutrition of *Penaeus japonicus* reared in semi intensive pond aquaculture was studied in the Island of Noirmoutier (Atlantic coast of France) using two complementary methods: the isotopic labelling of carbon (stable isotopes) and chromic oxide. The first method gave an estimation of the cumulated contribution of both foods and the assay of chromium in the feces of shrimps caught in the pond and kept in tanks allowed an estimation of the intake of compound food. With the combination of both methods, it was shown that compound diet fed from the stocking time plays but a limited role during the first weeks, but its contribution increases later untill becoming essential. On the other hand, the distribution of compound food has a constant positive influence on the "natural" productivity of the pond. Its participation to overall productivity may reach 30% of total biomass.

**Keywords :** *Penaeus*, aquaculture, productivity, stable isotops, carbon.

### Résumé

Deux études préliminaires ont été conduites en vue de déterminer dans quelles proportions l'aliment distribué et la productivité naturelle des marais atlantiques interviennent dans la ration alimentaire de *Penaeus japonicus* en élevage semi-intensif (île de Noirmoutier). Deux méthodes ont été utilisées simultanément : le marquage par les isotopes stables du carbone sur les tissus des crevettes et sur certains composants de la productivité, ainsi que la récupération de fécès marqués à l'oxyde de chrome. Il est apparu que l'aliment composé joue un rôle minime en début d'élevage; sa participation à la ration alimentaire augmente par la suite jusqu'à devenir essentielle en fin d'élevage. Par contre, il joue un rôle fertilisant primordial pour la conservation et la longévité de la richesse naturelle du bassin, sa participation globale à la productivité pouvant atteindre 30 % de la biomasse totale.

**Mots-clés :** *Penaeus*, aquaculture, productivité, isotopes stables, carbone.

## INTRODUCTION

L'élevage de la crevette impériale *Penaeus japonicus* en conditions semi-intensives est pratiqué à petite échelle sur toute la zone de marais du littoral atlantique français (Hussenot, 1987). Son développement se heurte à des coûts de production trop élevés, liés en partie au poste alimentation. Ces marais sont réputés pour la richesse de leur productivité naturelle, richesse qui se retrouve dans les bassins d'élevage. L'objet de l'étude présentée ici est de déterminer dans quelle mesure cette productivité intervient aux côtés de l'aliment distribué dans l'alimentation des crevettes mises en élevage. Il faut en outre noter que l'aliment non consommé et les fécès peuvent servir de fertilisant organique après assimilation par divers niveaux trophiques du bassin, notamment par les bactéries (Moriarty et al., 1983).

Deux méthodes ont été employées pour estimer les contributions respectives de la productivité et de l'aliment. La première méthode repose sur le suivi des isotopes stables du carbone sachant que, chez un animal, le rapport entre les teneurs en  $^{12}\text{C}$  et  $^{13}\text{C}$  ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  noté  $\delta^{13}\text{C}$  par Craig, 1957) dans l'organisme est directement lié au  $\delta^{13}\text{C}$  de l'aliment. Elle a déjà permis d'effectuer des études sur le flux de carbone dans divers écosystèmes aquatiques (Estep et al., 1985; Rodelli et al., 1984), et d'étudier le régime alimentaire de poissons et de crustacés en élevage semi-intensif (Anderson et al., 1987; Shan et al., 1987; Schroeder, 1987); elle a été préférée à l'analyse des contenus stomacaux car elle permet de suivre les divers maillons de l'écosystème du bassin. La seconde méthode est fondée sur l'indigestibilité de l'oxyde de chrome et permet de déterminer la quantité d'aliment ingérée par les crevettes en bassins pendant de courtes périodes.

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

### Élevage des animaux

Cette étude a été réalisée sur des bassins en terre de 1 m de profondeur d'une superficie de 500 à 1 000 m<sup>2</sup> à la station IFREMER de Noirmoutier (côte atlantique de la France).

Dans le premier essai, trois bassins sontensemencés en post-larves de 20 jours (PL 20) de *Penaeus japonicus* aux densités de 15 par mètre carré (bassins A et B) et 2 par mètre carré (bassin C).

Pour le second essai, l'année suivante, trois bassins sontensemencés aux densités de 20 (bassin D), 10 (bassin E), et 3 (bassin F) post-larves par mètre carré. Les animaux proviennent d'une écloserie commerciale et sont au stade PL 22, à un poids moyen de 25 mg (30 jours après la métamorphose).

Les bassinsensemencés à 2 et 3 PL par mètre carré correspondent à une filière extensive : aucun aliment n'y est apporté, les crevettes se nourrissent unique-

ment sur la productivité naturelle, et servent de « Référence Productivité ».

Dans les autres bassins (A, B, D, E), en plus de la productivité présente, les crevettes reçoivent, à partir du 15<sup>e</sup> jour (J15), un aliment expérimental dont la composition figure sur le tableau I. La composition de cet aliment a été établie pour que  $\delta^{13}\text{C}$  soit le plus éloigné possible de celui de la productivité; il contient notamment une matière première à  $\delta^{13}\text{C}$  très négatif, le PRUTEEN<sub>ND</sub>, obtenu à partir de bactéries dont le carbone dérive de méthane fossile.

Pour les deux essais, des post-larves ont été élevées dans des bacs de 60 l, recevant un flux continu d'eau de mer, et nourries avec le seul aliment artificiel. Ces animaux sont dénommés par la suite « Référence Aliment ».

### Dosages

Des prélèvements de crevettes entières sont effectués régulièrement à intervalles de 30 jours dans les différents bassins. Les échantillons sont placés en étuve pendant 24 h à 105°C et conservés après broyage en sacs plastiques hermétiques. Le carbone est extrait sous forme gazeuse selon la méthode de Dumas et  $\delta^{13}\text{C}$  (exprimé en ‰) est mesuré par spectrométrie de masse. Tout au long de l'élevage, pour chaque prélèvement expérimental (exp.), la contribution X de l'aliment à la formation des tissus est calculée par application de la formule :

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{exp}} = (\delta^{13}\text{C}_{\text{réf. aliment}}) X + (\delta^{13}\text{C}_{\text{réf. productivité}})(1 - X) \quad (1)$$

Les analyses sont pratiquées sur les crevettes elles-mêmes (animaux entiers) afin de contourner le phénomène de concentration des isotopes lourds dans les tissus. En effet, les réactions cataboliques favorisent les isotopes légers, ce qui se traduit par une augmentation moyenne du  $\delta^{13}\text{C}$  de 1 ‰ dans les tissus à chaque maillon de la chaîne alimentaire (Schroeder, 1983).

La valeur X désigne le carbone fixé après ingestion directe de l'aliment, mais aussi après assimilation de proies ayant profité en partie du recyclage de l'aliment non consommé. Cette productivité, dite « secondaire », peut être étudiée à travers le suivi du  $\delta^{13}\text{C}$  des espèces de la macrofaune benthique susceptibles d'être ingérées par les crevettes : insectes, crustacés et annélides essentiellement (Reymond et Lagardère, 1988 et 1990). Ces espèces sont prélevées en milieu naturel en début d'essai (Référence Productivité) et, en cours d'élevage, dans le bassin E. On fait alors l'hypothèse que leur  $\delta^{13}\text{C}$  ( $\delta^{13}\text{C}$  productivité) est la somme pondérée du  $\delta^{13}\text{C}$  de la part productivité qui est mesuré, et du  $\delta^{13}\text{C}$  de la part aliment qui n'est qu'estimé (on ne peut nourrir ces proies avec des granulés). On admet alors que dans ce cas la variation de  $\delta^{13}\text{C}$  a été de 1 ‰ (Schroeder, 1983).

En d'autres termes on utilise l'équation :

$$\delta^{13}C_{\text{prod}} = (\delta^{13}C_{\text{réf. productivité}})Y + (\delta^{13}C_{\text{productivité second.}})(1 - Y) \quad (2)$$

où  $\delta^{13}C_{\text{prod.}}$  et  $\delta^{13}C_{\text{réf. productivité}}$  ont été mesurés et  $\delta^{13}C_{\text{productivité second.}}$  est calculé comme indiqué ci-dessus. Le rapport  $(1 - Y)/Y$  de la productivité secondaire à la productivité primaire dans les proies est alors appliqué au cas des crevettes : le carbone de la productivité secondaire, calculé par la formule  $(1 - X) ((1 - Y)/Y)$  peut alors être déduit du carbone total de l'aliment; on obtient ainsi le carbone de la consommation directe.

Sur les bassins D et E, la consommation est calculée à deux reprises (J60 et J90) par collecte des fécès des crevettes venant d'ingérer un aliment supplémenté en oxyde de chrome. Des essais préalables ont permis de vérifier l'absence de lessivage de l'oxyde de chrome (Leavitt, 1985). Le jour de la mesure, l'aliment marqué est distribué et des lots de 40 à 60 crevettes sont pêchés dans chaque bassin par tranches de 2 heures au cours de la phase nocturne d'activité alimentaire. Les animaux sont placés dans des bacs afin de récolter les fécès, les peser, et suivre l'évolution du taux de défécation. La quantité de  $Cr_2O_3$  contenue dans les fécès est dosée par spectrophotométrie d'absorption (Bolin, 1952); elle permet de déterminer la quantité d'aliment ingérée et le taux d'ingestion. La digestibilité de l'aliment est mesurée sur animaux stabulés en bacs de 60 l et nourris d'aliment supplémenté avec 1% de  $Cr_2O_3$  (Tacon *et al.*, 1984). Cette donnée supplémentaire permet d'estimer pour les animaux des bassins D et E la part de fécès provenant de l'aliment et la part complémentaire provenant de la productivité.

**RÉSULTATS**

*Essai 1.* — Seuls les bassins B et C servent à l'expérimentation; une forte mortalité accidentelle étant constatée dans le bassin A au 26<sup>e</sup> jour d'élevage.

*Essai 2.* — L'élevage se déroule sans difficulté sur les bassins D et E. Les crevettes ont une croissance excellente, passant de 25 mg à 20 ou 22 g en 123 jours dans les bassins D et E respectivement. Toutefois une mortalité importante apparue sur le bassin extensif F y limite les mesures de  $\delta^{13}C$  au jour 60; la valeur de  $-12,7\text{‰}$  obtenue est conservée comme «Référence Productivité» pour la suite de l'expérimentation (on suppose la valeur de  $-12,7\text{‰}$  obtenue est conservée comme «Référence Productivité» pour la suite de l'expérimentation (on suppose qu'après 60 jours les crevettes ont acquis le  $\delta^{13}C$  de leur régime alimentaire naturel).

Les principaux résultats concernant les mesures de  $\delta^{13}C$  sont rapportés sur les *tableaux* 2 et 3 pour les essais 1 et 2 respectivement.

**Tableau 1.** — Composition de l'aliment expérimental.

*Composition of the experimental diet.*

Matières premières (%)	
Farine de poisson 72 (Norseamink <sub>ND</sub> )	10
Concentré de protéine soluble de poisson (CPSP 80 <sub>ND</sub> )	9
Farine de crevette	13
Pruteen <sub>ND</sub>	18
Gluten de blé	12,0
Levure de bière	13
Tourteau de soja	12,0
Huile de foie de morue	4,5
Lécithine de soja	1,0
Concentré protéique de luzerne (PX <sub>1 ND</sub> )	0
Mélange de stérols (General <sub>ND</sub> )	0,5
Phosphate disodique hydraté	4,5
Pré-mélange vitaminique	2,5
Remoulage	
Analyse (%)	
Matière sèche	91,3
Protéines totales (méthode Kjeldahl)	57,4
Lipides totaux (méthode Floch)	11,9
Cendres	11,1

**Tableau 2.** — *Essai n° 1.* Taux de l'isotope stable du carbone  $\delta^{13}C$  (‰) des post-larves *Penaeus japonicus*, mises en élevage dans les bassins A, B et C, et des aliments naturels disponibles (productivité naturelle).

*Trial 1. Stable carbon isotope ratios  $\delta^{13}C$  (‰) of target post-larvae of *Penaeus japonicus*, breeding in A, B and C ponds, and available natural foods (natural productivity).*

Temps (jours)	J0	J26	J88	
<i>Crevettes P. japonicus</i>				
Post-larves (PL)	-30,2	-	-	
Bacs « Référence Aliment » (**)	-	-22,7	-**	
Bassin A (15 PL.m <sup>-2</sup> )	-	-14,4	-	
Bassin B (15 PL.m <sup>2</sup> )	-	-	-21,2	
Bassin C (2 PL.m <sup>-2</sup> )	-	-12,9	-11,6	
« Référence Productivité »				
Productivité naturelle				
<i>Palaemonetes</i> sp.	Bassin A	-15,3	-15,9	-14,0
	Bassin C	-	-9,9	-
Crabes	-17,2	-	-	
Zooplancton	-18,8	-23,3	-19,8	
Algues macrophytes	Bassin A	-15,5	-20,5	-18,0
Sédiment	-26,0	-	-	

\* Voir texte

\*\* Mesure non effectuée : valeur supposée égale à celle de J26.

L'accroissement de  $\delta^{13}C$  entre l'aliment et les crevettes qui l'ont consommé exclusivement est de 2,3 et 2,7‰ dans les essais 1 et 2 respectivement au lieu du 1‰ observé par Schroeder (1983).

Le  $\delta^{13}C$  des crevettes «Référence Productivité» (bassins C et F) est plus élevé de 10‰ que celui des lots «Référence Aliment». Au 30<sup>e</sup> jour, dans les bassins A, D et E, le  $\delta^{13}C$  a une valeur proche de celle observée dans les bassins extensifs; cette valeur tend

**Tableau 3.** — Essai n° 2. Taux de l'isotope stable du carbone  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) des post-larves *Penaeus japonicus*, mises en élevage dans les bassins D, E et F, et des aliments naturels disponibles (productivité naturelle).

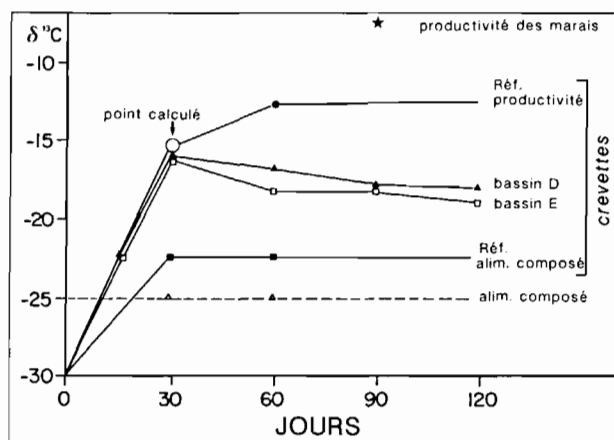
Trial 2. Stable carbon isotope ratios  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) of target post-larvae of *Penaeus japonicus*, breeding in D, E and F ponds, and available natural foods (natural productivity).

Temps (jours)	J0	$\delta^{13}\text{C}$ Aliment — -25,1				
		J15 <sup>(a)</sup>	J30	J60	J90	J120
<i>Crevettes P. japonicus</i>						
Post-larves	-30,2					
Bac « Réf. Aliment »			22,5	-23,5		
Bassin D (20 PL.m <sup>-2</sup> )		-22,8	-16,0	-18,2	-18,3	-19,0
Bassin E (10 PL.m <sup>-2</sup> )		-22,9	-16,1	-16,9	-17,9	18,2
Bassin F (3 PL.m <sup>-2</sup> )			-15,0	-12,7		
Productivité naturelle (bassin E) <sup>(b)</sup>						
<i>Palaemonetes</i> sp.			12,1	17,3	16,9	-18,5
<i>Crangon</i> sp.			10,5	-16,4	-17,4	-16,2
Mysidacées			-14,1	-17,3	-16,8	..
Amphipodes			-16,4	18,0	-16,8	-
Larves chironomes			-16,3	-17,7	-	-
Moyenne			-13,8	-17,3	-17,0	-17,3
Écart-type			2,6	0,6	0,3	-

<sup>(a)</sup> Début du nourrissage.

<sup>(b)</sup> Prélèvement en milieu naturel au temps J30.

cependant à évoluer au cours de l'élevage pour se rapprocher de celle des crevettes « Référence Aliment » (fig. 1).



**Figure 1.** — Évolution du  $\delta^{13}\text{C}$  dans l'organisme des crevettes des lots «référence productivité», «référence aliment» et des bassins D et E au cours du temps (essai n° 2).

Time course evolution of  $\delta^{13}\text{C}$  in organisms of shrimp from lots "référence productivité", "référence aliment" and from ponds D and E (trial n.2).

Les résultats des dosages de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  et l'estimation de l'aliment ingéré de l'essai 2 figurent dans le tableau 4. La part de l'aliment dans les fécès y apparaît réduite (moins de 30 % dans tous les cas). Les taux d'ingestion moyens mesurés sont de 1,4 % à 60 jours et 1 % à 90 jours, les taux de nourrissage pratiqués étant de 5,5 et 3 % respectivement; plus de 65 % de l'aliment distribué ne paraît donc pas avoir été

consommé directement par les crevettes à ce stade de l'élevage.

On peut noter que, parmi les compétiteurs, on observe une diminution du  $\delta^{13}\text{C}$  qui se stabilise en fin d'expérience vers  $-17$ ‰ (tabl. 3). Le  $\delta^{13}\text{C}$  moyen des prélèvements en milieu naturel est de  $-13,8$ ‰, valeur correspondant à celle de la « Référence Productivité », compte tenu du « saut » de l'ordre de 1‰ entre chaque étape de la chaîne. Sur le tableau 5 sont retracés les parts relatives de l'aliment et de la productivité dans l'apport de carbone aux tissus de crevettes pour les bassins A, B, D et E. Il apparaît que la part de l'aliment, faible en début d'élevage (15 %), augmente régulièrement au cours du temps bien que des fluctuations notables apparaissent d'un bassin à l'autre. Il faut noter aussi que la productivité secondaire représente dans le bassin E un tiers du total.

## DISCUSSION

L'emploi de l'aliment expérimental à  $\delta^{13}\text{C}$  très différent de celui de la productivité naturelle a permis de suivre l'évolution de la contribution relative des sources de carbone. Les crevettes ont progressivement acquis un rapport isotopique proche de celui de leur ration par combinaison de deux phénomènes : croissance et renouvellement de la matière vivante (Anderson, 1987). Les post-larves ont été mises en eau avec un  $\delta^{13}\text{C}$  très négatif ( $-30,2$ ‰) et, durant le premier mois d'élevage, ce rapport s'est fortement rapproché de celui de leur régime alimentaire. Il faut

**Tableau 4.** — Teneur en oxyde de chrome des fécès et données calculées avec ces valeurs (essai n° 2).*Chromic oxyde content of feces and values calculated with these data (trial n.2).*

Bassin	Temps (jours)	Teneur moyenne en Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> fécès (%)	Part estimée aliment dans les fécès (pour CUD MO* = 75 %)	Taux de défécation moyen ‰ biomasse	Taux d'indigestion moyen % biomasse
D**	J60	1,52	18,0	2,72	1,36
	J90	2,89	28,4	1,24	1,01
E**	J60	1,39	14,8	3,46	1,43
	J90	2,17	20,7	1,57	0,91

\* Coefficient d'utilisation digestive apparent de la matière organique.

\*\* Voir tableau 3.

**Tableau 5.** — Contribution relative de la productivité naturelle (PN), de la productivité induite (PI) et de l'aliment composé (AI) à la croissance des crevettes (répartition des sources de carbone en %).*Percent contribution of natural productivity (PN), induced productivity (PI) and formulated food (AI) to growth of shrimps (repartition of carbon sources in %).*

Essai n° 1	Temps (jours)	% Contribution à la croissance		
		(PN)	(AI*)	
Bassin A (15 PL.m <sup>-2</sup> , forte mortalité)	J26	84,7	15,3	
Bassin B (15 PL.m <sup>-2</sup> )	J88	13,5	86,5	
Essai n° 2	Temps (jours)	% Contribution à la croissance		
		(PN)	(AI*)	(PI)
Bassin D (20 PL.m <sup>-2</sup> )	J30	86,7	13,3	
	J60	42,7	57,3	
	J90	41,7	58,3	
	J120	34,4	65,6	
Bassin E (10 PL.m <sup>-2</sup> )	J30	85,3	14,7	—
	J60	56,2	15,1	28,7
	J90	45,8	33,8	20,4
	J120	42,7	35,6	21,7

\* Incluant la productivité induite : bassins A, B et D.

noter que le suivi du  $\delta^{13}\text{C}$  sur des animaux consommant soit l'aliment complet (Référence Aliment), soit la productivité (Référence Productivité) est discutable, la productivité n'étant pas rigoureusement identique d'un bassin à l'autre; elle nous paraît cependant préférable au calcul du  $\delta^{13}\text{C}$  à un niveau trophique donné à partir de celui du niveau supérieur, puisque la variation de  $\delta^{13}\text{C}$  est apparue très différente de celle donnée par la littérature (2,3 ou 2,7 au lieu de 1 ‰).

Le premier essai a surtout fourni les paramètres expérimentaux permettant des mesures fiables, et le second essai a apporté des résultats sur la contribution effective des différentes sources de carbone.

A 30 jours, la valeur du  $\delta^{13}\text{C}$  mesurée est de  $-16$  ‰ dans les bassins D et E, ce qui correspond à une contribution de l'aliment de 14 %; cette part,

très réduite, est en accord avec la richesse du milieu constatée lors des observations quotidiennes : l'efflorescence phytoplanctonique était excellente et les prélèvements d'individus de la faune benthique ne posaient aucun problème. Les crevettes représentaient une biomasse très faible et satisfaisaient leurs besoins avec la production naturelle; le granulé distribué n'est intervenu qu'à titre de complément. De plus, après seulement 2 semaines de nourrissage, le bassin ne profitait pas encore sensiblement de l'effet fertilisant des restes d'aliment et des fécès; la contribution de 14 % peut être attribuée au granulé consommé directement.

Par la suite, la contribution de l'aliment à la synthèse des tissus augmente fortement; elle reste stable pendant les deux derniers mois d'élevage, atteignant 55 % dans le bassin E et 60 % dans le D, pour des charges respectives finales de 80 et 110 g/m<sup>2</sup>. On peut donc considérer que, à cette période, la faune est presque épuisée et que l'essentiel de la nourriture provient de l'aliment. Ces conclusions sont voisines de celles de Lilestrom *et al.* (1987) qui ont conduit une étude similaire en eau douce sur la chevrette *Macrobrachium rosenbergii*.

Toutefois, du fait d'une charge d'élevage double dans le bassin D, une évolution différente est apparue entre les deux bassins. L'étude de la part d'aliment dans les fécès révèle qu'à 60 jours cette part, quasiment identique dans les deux cas, est voisine de 15 %. A 90 jours, elle augmente légèrement dans le E, tandis qu'elle se différencie dans le D pour atteindre 28 % (tabl. 4). Le recoupement avec les résultats  $\delta^{13}\text{C}$  permet des interprétations intéressantes.

Après 60 jours d'élevage, la productivité des deux bassins reste élevée et la contribution directe de l'aliment stagne à 15 %, le reste provenant de l'apparition de la productivité secondaire. Dans le D, celle-ci connaît un fort développement : à charge double et rationnement identique, les quantités d'aliment non consommé et de fécès sont donc plus fortes; le bassin profite davantage de l'effet fertilisant et son  $\delta^{13}\text{C}$  évolue plus vite vers celui de la « Référence Aliment ».

A 90 jours, pour une charge de l'ordre de 50 g/m<sup>2</sup>, la part d'aliment consommé directement augmente dans le bassin D tandis que le  $\delta^{13}\text{C}$  reste stable : ce

milieu s'appauvrit, la faune du bassin n'a plus le temps de se développer; les productivités primaires et secondaires régressent pour atteindre l'épuisement en fin d'élevage. Dans le E, l'évolution est plus progressive et l'augmentation de biomasse s'équilibre mieux avec le renouvellement de la productivité; en fin d'élevage l'alimentation est indispensable mais le milieu n'est pas encore épuisé; la contribution de l'aliment à la productivité a joué un rôle essentiel dans le maintien de la richesse du milieu : après 120 jours, 22 % de la chair des crevettes proviennent de la productivité secondaire.

Bien que toutes les observations aillent dans le même sens, il faut préciser que cette étude ne concerne que deux bassins et que les mesures n'ont pu être répétées, si ce n'est de façon approximative dans le temps, ce qui empêche tout calcul statistique. La disponibilité en bassins et la lourdeur des expériences faisant appel au  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ont empêché la multiplication des répétitions et donc l'interprétation statistique des résultats. Ces essais doivent donc être considérés comme préliminaires. Ils sont néanmoins confirmés par une étude de contenus stomacaux réalisée sur le bassin E qui révèle que l'aliment ingéré ne dépasse pas 4 % du volume stomacal jusqu'à 90 jours d'élevage, avec 40 % du volume occupé par des proies vivantes (Reymond et Lagardère, 1990).

## CONCLUSION

Les deux étapes ont permis de vérifier la validité de la méthode du suivi du  $\delta^{13}\text{C}$  pour la mesure des contributions respectives des deux sources de nourriture que sont la productivité naturelle et l'aliment distribué. En ce sens elles sont en plein accord avec l'étude de Lilyestrom *et al.* (1987). Notre travail démontre en outre l'intérêt du couplage de cette mesure avec la récolte d'oxyde de chrome fécal. Certes notre approche n'est pas très éloignée de celle des auteurs précédents qui avaient couplé la mesure du  $\delta^{13}\text{C}$  avec l'analyse des contenus stomacaux, mais la mesure de l'ingestion d'aliment composé plutôt que de nourriture naturelle présente l'avantage de se référer à un aliment de composition et de valeur nutritive constante et connue.

Sur un plan pratique, nos résultats montrent le rôle joué par la productivité naturelle dans l'alimentation de *Penaeus japonicus* élevée en conditions semi-intensives dans les marais de la côte atlantique au cours des premiers mois d'élevage; ils suggèrent que l'on pourrait stimuler la productivité avant de distribuer de l'aliment complet, par emploi d'un aliment, même inadapté aux crevettes, qui serait consommé par la faune naturelle ou par fertilisation des bassins.

## RÉFÉRENCES

- Anderson R. K., P. L. Parker, A. Lawrence, 1987. A  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  tracer study of the utilization of presented feed by a commercially important shrimp, *Penaeus vannamei*, in a pond growout system. *J. World Aquac. Soc.*, **18**, 148-155.
- Bolin D. W., R. P. King, E. W. Klosterman, 1952. A simplified method for the determination of chromic oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) when used as an index substance. *Science*, **116**, p. 634.
- Craig H., 1957. Isotopic standards for carbon and oxygen and correction factors for mass-spectrometric analysis of carbon dioxide. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **12**, 133-149.
- Estep M. L., S. Vigg, 1985. Stable carbon and nitrogen isotope tracers of trophic dynamics in natural populations and fisheries of the Lahontan Lake system, Nevada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **42**, 1712-1719.
- Hussenot J., 1987. Réalités et perspectives d'une aquaculture semi-intensive de poissons et de crevettes dans les marais salants de la côte atlantique française. *Oceanis*, **13**, 247-261.
- Leavitt D. F., 1985. An evaluation of gravimetric and inert marker techniques to measure digestibility in the American lobster. *Aquaculture*, **47**, 131-142.
- Lilyestrom C. G., R. P. Romaine, P. Aharon, 1987. Diet and food assimilation by channel catfish and Malaysian prawns in Polyculture as determined by stomach content analysis and stable carbon isotope ratios. *J. World Aquac. Soc.*, **18**, 278-288.
- Moriarty D. J. W., H. L. Cook, R. Bin Hassan, M. Thanabal, 1983. Primary Production and meiofauna in some penacid prawn aquaculture ponds at Gelang. *Malay. Agric. J.*, **54**, 37-51.
- Reymond H., J. P. Lagardère, 1988. Rythme alimentaire de *Penaeus japonicus* (Bate) (Crustacea, Penaeidae), en marais maritime. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **307**, ser. III, 407-413.
- Reymond H., J. P. Lagardère, 1990. Feeding rhythms and food of *Penaeus japonicus* Bate (Crustacea, Penaeidae) in salt marsh ponds: role of halophitic entomofauna. *Aquaculture*, **84**, 125-143.
- Rodelli M. R., P. J. Gearing, N. Gearing, N. Marshall, A. Sasekumar, 1984. Stable isotope ratio as a tracer of mangrove carbon in Malaysian ecosystems. *Oecologia*, **61**, 326-333.
- Shan J., L. Chang, X. Gua, Y. Fang, Y. Zhu, X. Chon, F. Zhon, G. L. Schroeder, 1987. Observations of feeding habits of fish in ponds receiving green and animal manures in Wuxi, People's Republic of China. *Aquaculture*, **46**, 111-117.
- Schroeder G. L., 1983. Sources of fish and prawn growth in polyculture ponds as indicated by  $\delta^{13}\text{C}$  analysis. *Aquaculture*, **35**, 29-42.
- Schroeder G. L., 1987. Carbon and nitrogen budgets in manured fish ponds on Israel's coastal plain. *Aquaculture*, **62**, 259-279.
- Tacon A. G. J., A. M. P. Rodrigues, 1984. Comparison of chromic oxide, crude fibre, polyethylene and acid insoluble ash as dietary markers for the estimation of apparent digestibility coefficients in rainbow trout. *Aquaculture*, **43**, 391-399.