



Aptitude à l'élevage des post-larves de poissons coralliens

Patrick Durville^{1,2}, Pierre Bosc³, René Galzin², Chantal Conand¹

Introduction

Jusqu'à présent, le développement de l'aquaculture a porté principalement sur des élevages intensifs et sur des espèces carnivores à forte valeur marchande destinées à la consommation. Certaines exploitations à haut rendement s'étant révélées néfastes pour l'environnement (Kautsky *et al.*, 1998) ou discutables en terme de rentabilité (Naylor *et al.*, 2000), il semble qu'à l'avenir, on s'intéresse davantage, soit à de nouvelles espèces comme les herbivores et les détritivores qui se nourrissent à un niveau moins élevé de la chaîne alimentaire, soit au développement de nouvelles facettes de l'aquaculture, depuis la production de poissons pour la pêche de loisirs ou pour la reconstitution des stocks naturels, jusqu'à la sélection d'espèces pour les laboratoires ou les aquariums. Ces possibilités sont autant de pratiques qui montrent le potentiel existant en matière de ressources aquatiques encore sous-exploitées, notamment en milieu tropical. Quelques types d'élevages marginaux ne représentent pour l'instant qu'une petite production en tonnage mais peuvent néanmoins s'avérer très rentables. C'est par exemple le cas de la production de poissons d'ornement qui peut constituer une activité économique non négligeable (Tauji, 1998 ; Dufour, 2002).

La maîtrise de la reproduction n'est pas toujours nécessaire et certaines productions aquacoles utilisent directement des jeunes individus capturés en mer, puis placés en élevage (Deniel, 1973 ; Rimmer, 1998). En Méditerranée, les Italiens prélèvent traditionnellement depuis la Turquie jusqu'au Maroc, les juvéniles de muges, de daurades et de loups, qui sont mis en grossissement dans des "valli" de l'Adriatique (Barnabé, 1991). C'est également la règle pour le milkfish, *Chanos chanos*, pour lequel certains pêcheurs en Extrême-Orient se sont spécialisés depuis plus d'un siècle dans la capture des jeunes individus qui sont ensuite transférés dans des unités d'élevage (Smith, 1981). Au Japon, ce sont les juvéniles de sérieole, *Seriola quinqueradiata*, capturés au large sous des algues flot-

tantes, qui sont utilisés pour le grossissement en cage (Kuronuma et Fukusho, 1984). C'est donc un moyen encore très répandu d'approvisionnement des structures de production. Cette pêche est peu coûteuse et facile à pratiquer, mais les récoltes obtenues sont variables d'une année sur l'autre et une mauvaise saison risque de compromettre la production de toute une année (Lequenue, 1984).

Récemment, des expérimentations aquacoles ont également eu lieu avec des poissons coralliens capturés dans le milieu à l'état de post-larves (Dufour, 2002 ; Durville, 2002), c'est à dire au dernier stade de leur développement larvaire, qui correspond pour la plupart des espèces au moment de leur migration du milieu pélagique vers les récifs. Ces captures sont possibles grâce à la mise au point de nouvelles techniques telles que les "filets de crête" (Dufour, 1992 ; Riclet, 1995) ou les "pièges lumineux" (Milicich *et al.*, 1992 ; Hendricks *et al.*, 2001). A La Réunion, de nombreux individus ont ainsi été capturés lors d'une étude sur la colonisation des platiers de l'île par les post-larves de poissons (Durville *et al.*, 2002). Parallèlement à cette étude et afin d'appréhender les possibilités d'adaptation à l'élevage de ces poissons coralliens à ce stade particulier de développement, plusieurs espèces ont été placées en captivité.

Matériel et méthodes

Le choix des espèces étudiées en captivité

Le choix des espèces a été conditionné par le résultat des collectes. Chaque fois qu'il a été possible de capturer, sur une même période d'échantillonnage, à l'aide des filets de crête, plus d'une trentaine d'individus d'une même espèce, ces poissons ont été placés en bassins de grossissement. Cette limite minimale de trente poissons a été considérée comme suffisante pour obtenir des résultats statistiquement valables et correspondait à un nombre de poissons susceptibles d'être capturés sur une même période et ayant donc

1. Université de La Réunion, Laboratoire d'Ecologie Marine, BP 7151, 15 avenue René Cassin, 97715 Saint-Denis Messag. 9, La Réunion - (patrick.durville@univ-reunion.fr)
2. École Pratique des Hautes Études, ESA 8046 CNRS, Université de Perpignan, 66860 Perpignan Cedex, France.
3. Association Réunionnaise pour le Développement de l'Aquaculture, ZI Les Sables, 97427 Etang-Salé, La Réunion.

théoriquement le même âge. Douze espèces représentant huit familles différentes ont ainsi été sélectionnées (tableau 1).

Les moyens techniques utilisés pour la mise en élevage

Les poissons capturés dans cette étude sont des post-larves, c'est-à-dire des individus proches de la métamorphose. A ce stade de développement, ils n'ont plus de réserves et se nourrissent dans le milieu, les nageoires sont formées et la nage est active (Leis et Trnski, 1989). Pour les élever, nous avons donc choisi des options techniques classiques, proches de l'élevage intensif en éclosérie. Les poissons sélectionnés sont placés dans des bassins en verre de 0,2 m³ de volume net (1,2 x 0,4 x 0,5 m). La "charge" au début de l'expérimentation, c'est-à-dire la biomasse en poids frais par unité de volume, varie de 2,5 à 1 125 g m⁻³ suivant les espèces. Pour ne pas dépasser un seuil critique fixé à 1 500 g m⁻³, le grossissement des plus gros individus se poursuit dans des bassins en polyester rectangulaires de 2 m³ de volume net (2 x 1 x 1,2 m). L'eau de mer, renouvelée en permanence (circuit ouvert), est directement pompée dans le milieu à raison de 5 à 10 renouvellements par jour. Seul un système rudimentaire de filtration sur mousse synthétique est installé. Un brassage constant de l'eau est assuré par une arrivée d'air sur diffuseur. L'éclairage provient de la lumière du jour et n'excède pas 500 lux. Le fond des bassins est siphonné partiellement tous les jours afin d'enlever les déchets les plus grossiers. Ils sont vidés et nettoyés entièrement tous les 28 jours, après avoir retiré les poissons. Le fort taux de renouvellement d'eau et la faible densité dans les bassins visent à placer ces derniers dans un cadre optimal.

Concernant l'alimentation, la nourriture distribuée devait répondre à de nombreuses exigences dont les

principales sont une granulométrie adaptée à la taille de la bouche et une composition couvrant les besoins nutritionnels des poissons. Des efforts importants de recherche ont été réalisés durant ces dernières années de manière à mettre au point des aliments artificiels destinés aux individus de petite taille, tels que les juvéniles de poissons marins. Quelle que soit la nourriture, naturelle ou artificielle, les exigences ne changent pas énormément (Barnabé, 1991), les poissons ont besoin de protéines, de lipides, parfois de glucides, de minéraux, de vitamines et de facteurs de croissance (Guillaume *et al.*, 1999). Les individus placés en élevage dans cette étude sont, au stade de post-larves, suffisamment développés pour être capables d'accepter une nourriture artificielle (Barnabé, 1988 ; Foscarini, 1988), néanmoins, une phase d'acclimatation appelée "sevrage" s'est révélée nécessaire. Durant cette période transitoire de 7 à 21 jours, qui n'est pas prise en compte dans les données de croissance, des aliments frais à base de *nauplii* d'*Artemia salina* vivants, de morceaux de crevettes et de poissons frais, bien assimilés et très énergétiques (New, 1986), sont progressivement remplacés par un aliment artificiel sous forme de granulés extrudés, de marque "Biomar", spécialement conçue pour les jeunes poissons marins. Le traitement par déshydratation et par pression à haute température confère à cet aliment une meilleure digestibilité et une meilleure assimilation. Il est composé de protéines (52 %), de lipides (15 %), de cendres (9%) et de fibres (1 %) ainsi que des vitamines A (20 000 UI kg⁻¹), D3 (2 500 UI kg⁻¹) et E (200 mg kg⁻¹), permettant de couvrir, dans la majorité des cas, l'essentiel des besoins de ces animaux. La distribution s'effectue, grâce à des distributeurs automatiques, de façon continue sur 8 heures, ce qui permet d'améliorer la prise d'aliment dans le cas d'espèces encore peu domestiquées dont le comportement alimentaire est aisément perturbé. De plus, les poissons juvéniles qui ont une capacité d'absorption très faible et une digestion rapide, doivent être alimentés en permanence (Guillaume *et al.*, 1999).

Tableau 1. Familles, espèces, auteurs et régimes alimentaires à l'âge adulte (d'après Vivien, 1973), des post-larves capturées lors de la colonisation des platiers et étudiées en bassins de grossissement. Le classement suit la classification taxonomique.

Famille	Espèces	Auteur	Régime alimentaire à l'âge adulte
Monodactylidae	<i>Monodactylus argenteus</i>	Linné 1758	Omnivore
Gerreidae	<i>Gerres acinaces</i>	Bleeker 1854	Carnivore
Pomacentridae	<i>Stegastes nigricans</i>	Lacepède 1802	Omnivore
Pomacentridae	<i>Chromis viridis</i>	Cuvier 1830	Carnivore
Pomacentridae	<i>Dascyllus aruanus</i>	Linné 1758	Carnivore
Pomacentridae	<i>Chrysiptera glauca</i>	Cuvier 1830	Omnivore
Labridae	<i>Stethojulis albovittata</i>	Bonnaterre 1788	Carnivore
Scaridae	<i>Scarus sordidus</i>	Forsskål 1775	Herbivore
Mugilidae	<i>Valamugil cunnesius</i>	Valenciennes 1836	Omnivore
Acanthuridae	<i>Zebrosoma desjardini</i>	Bennet 1835	Herbivore
Acanthuridae	<i>Naso unicornis</i>	Forsskål 1775	Herbivore
Balistidae	<i>Rhinecanthus aculeatus</i>	Linné 1758	Carnivore

Les périodes de contrôle et le suivi des élevages

La durée de l'élevage est fixée à 7 périodes de 28 jours, soit 196 jours au total. Cette durée d'environ six mois correspond, en général en aquaculture intensive, au passage des poissons juvéniles à la phase de grossissement (Frelin, 1994). Tous les 28 jours, les poissons sont systématiquement anesthésiés avant d'être comptés, pesés et mesurés. Le produit anesthésiant utilisé est l'essence de girofle mélangé à l'eau de mer à raison de 0,05 ml l⁻¹ (Durville et Collet, 2001). Ce procédé permet de diminuer considérablement le risque de pathologie à la suite de stress, de blessures ou d'accidents dus aux manipulations (Keene *et al.*, 1998). Les paramètres biologiques

étudiés ont été choisis afin d'estimer la survie, la croissance et la rusticité de quelques espèces de poissons coralliens. Pour cela, différents indices classiquement utilisés en élevage (Guillaume *et al.*, 1999) ont été calculés et nous permettent de discuter la réaction de ces post-larves et juvéniles placés en captivité :

- le taux de survie spécifique (TS) : c'est le paramètre le plus important qui renforce la validité des résultats obtenus sur l'ensemble de l'étude. Un comptage du nombre d'individus par espèce est donc effectué tous les 28 jours. Il est ainsi possible de suivre la survie de chaque espèce pendant toute la durée de l'expérimentation en calculant le taux de survie spécifique défini comme le pourcentage d'individus vivants par rapport au nombre initial d'individus mis en élevage.
- La ration alimentaire journalière (R) : chez les jeunes individus, elle est généralement comprise entre 1% et 5 % de la biomasse (Lequenne, 1984). Dans notre travail, cette ration quotidienne fixée au départ à 3 % de la biomasse, est rééquilibrée et ajustée chaque jour en fonction des observations. Elle est diminuée de 10 % lorsqu'il reste des aliments sur le fond des bassins ou augmentée quotidiennement par tranche de 10 % jusqu'à réplétion des poissons. Une ration alimentaire journalière est relevée tous les 28 jours. Elle représente la quantité de nourriture ingérée par jour et s'exprime en pourcentage du poids de nourriture (poids sec) par rapport à la biomasse (poids frais) au temps t.
- L'indice de conversion (IC) : c'est-à-dire le rapport entre le poids d'aliment sec consommé et le gain de poids frais (Barnabé, 1988), encore appelé taux de transformation (Food Conversion Ratio), est évalué pour chaque espèce tous les 28 jours. Il est très utilisé en aquaculture où il s'agit d'optimiser la quantité de nourriture par rapport à la croissance de l'animal.
- La croissance observée en captivité : c'est à la mise en grossissement (t^0), après la période de sevrage, que les poissons sont pesés et mesurés individuellement pour obtenir leur poids initial (poids frais non éviscéré exprimé en grammes et noté P) et leur taille initiale (longueur standard exprimée en millimètres et notée LS). Par la suite, un suivi est effectué tous les 28 jours. Les poissons ne sont pas nourris ce jour là.
- Le taux de croissance spécifique (TCS) : il est défini comme le gain de poids journalier du poisson exprimé en pourcentage de son poids au temps t (Priede et Secombes, 1988). Il est calculé pour chaque espèce après 196 jours d'expérimentation.
- Les relations taille-poids : pour une grande majorité d'espèces, l'évolution du poids en fonction de la longueur suit une équation théorique de type puissance (Pauly, 1997) et peut s'écrire sous la forme : $P = a \cdot LS^b$. Pour les espèces étudiées, les paramètres "a" et "b" ont été calculés sur la période de grossissement ainsi que le coefficient de détermination (R^2) pour chaque courbe de tendance. Plus ce coefficient est proche de 1, plus l'évolution du poids en fonction de la taille suit donc cette courbe théorique.
- Le coefficient de variation (Cv) des poids : calculé pour chaque espèce, tous les 28 jours s'exprime en pourcentage et représente la variabilité du poids des poissons par rapport à la moyenne. Plus celle-ci est faible et/ou stable en fonction du temps, plus le lot étudié tend à devenir homogène et plus l'espèce peut être considérée comme capable de s'acclimater au milieu artificiel.

Résultats

La survie des espèces en captivité

Pour deux d'entre elles (*Gerres acinaces* et *Stethojulis albobittata*), des taux de survie très faibles sont apparus dès les premières périodes de grossissement et leur élevage n'a pu être mené à terme. Les observations obtenues sur ces espèces sont donc incomplètes et probablement biaisées par des conditions de captivité inadaptées. Elles ne seront pas prises en compte dans la suite de cette étude. Pour les dix autres espèces, la méthode d'élevage utilisée a permis d'atteindre, après plus de 6 mois de grossissement, des taux de survie variant de 60 % (*Scarus sordidus*) à 92 % (*Monodactylus argenteus*, *Stegastes nigricans*) (tableau 2). Malgré une taille très petite ($6,5 \pm 0,7$ mm), et la fragilité probable des post-larves de *Monodactylus argenteus*, cette espèce présente l'un des meilleurs taux de survie, alors que d'autres comme *Zebrasoma desjardini*, qui possède des post-larves de plus grande taille ($21,6 \pm 2$ mm) et *a priori* plus résistantes, ont un taux de survie moins élevé (87 % après 196 jours). La survie dépendrait alors plus de l'espèce que de la taille initiale de mise en grossissement.

Les phases les plus fragiles sont les premières périodes de grossissement avec des taux de survie qui diminuent chez *Scarus sordidus* (78 %) ou chez *Chromis viridis* (80 %) après seulement 28 jours d'élevage. Pour chaque espèce, le taux de survie a ensuite tendance à augmenter et à se stabiliser après une certaine de jours de captivité entre 90 % et 100 %. Le taux de survie étant croissant avec l'âge des poissons, on peut admettre que l'acclimatation aux conditions d'élevage, mais aussi la robustesse des individus est donc fonction du temps. Il est à noter également que certaines mortalités observées sont généralement intervenues de façon ponctuelle et sont à mettre en relation avec certaines défaillances techniques (alimentation d'eau ou arrivée d'air), ou après une baisse brutale de la température (passage d'une perturbation tropicale). Elles auraient donc pu être en partie évitées.

L'alimentation des poissons en captivité

La ration alimentaire

La ration alimentaire varie continuellement en fonction du temps et mis à part les facteurs externes qui peuvent influencer la prise d'aliment (température, stress, maladie, milieu), elle est directement proportionnelle au poids du poisson. Le tableau 3 présente la ration alimentaire journalière obtenue en fonction du temps chez les 10 espèces étudiées. Elle varie de 3,1 % à 20 % de la biomasse au début du grossissement (t^0),

alors qu'à la fin de l'expérimentation (t^{196}), elle n'est plus que de 1,5 à 5 % de la biomasse. Pour toutes les espèces, les besoins alimentaires journaliers sont donc proportionnellement plus élevés durant les premières phases juvéniles et diminuent progressivement en fonction de la croissance de l'individu.

Une analyse des besoins suivant les espèces montre que la plus forte variabilité interspécifique de la ration alimentaire journalière est observée au début de l'expérimentation, notamment chez les espèces de petite taille et donc de faible poids comme *Monodactylus argenteus* ou *Scarus sordidus* ; ceci pourrait signifier que les besoins quantitatifs, exprimés par rapport à la biomasse, sont inversement proportionnels au poids du poisson durant la période juvénile, c'est-à-

dire qu'une espèce de faible poids aurait relativement besoin de plus de nourriture qu'une autre plus grosse.

Les indices de conversion

Les indices de conversion (IC), qui représentent la quantité de nourriture nécessaire pour augmenter le poids d'une unité pour chaque période de grossissement, varient suivant les espèces et les périodes de croissance de 0,9 à 10 (tableau 4). Cet indice est évidemment plus intéressant en terme d'élevage lorsque la valeur est petite, puisqu'elle indique un faible apport de nourriture pour une croissance importante, mais il montre aussi l'adaptation d'une espèce à un type de nourriture ; plus celle-ci "profite" de l'aliment distribué, plus l'indice de conversion est faible. Les

Tableau 2. Pourcentage de poissons survivants en fonction du temps pour les douze espèces étudiées sur une période de 196 jours d'élevage avec indication de l'effectif initial (Ei).

Temps (jours)	<i>Monodactylus argenteus</i> Ei = 50	<i>Gerres acinaces</i> Ei = 50	<i>Stegastes nigricans</i> Ei = 50	<i>Chromis viridis</i> Ei = 30	<i>Dascyllus aruanus</i> Ei = 30	<i>Chrysiptera glauca</i> Ei = 30	<i>Stethojulis albobittata</i> Ei = 50	<i>Scarus sordidus</i> Ei = 50	<i>Valamugil cunnesius</i> Ei = 50	<i>Zebrasoma desjardinii</i> Ei = 30	<i>Naso unicornis</i> Ei = 30	<i>Rhinecanthus aculeatus</i> Ei = 30
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
28	94	74	100	80	83	100	52	78	100	93	93	97
56	94	27	94 *	77	83	93	8	66	94	87 *	93	90
84	92	14	94	67	83	93	0	62	94	87	93	90
112	92	0	94	67	83	90	0	60	94	87	93	90
140	92	0	94	67	80	87	0	60	94	87	87	87
168	92	0	92	63	80	87	0	60	94	87	87	87
196	92	0	92	63	77	87	0	60	90 *	87	87	87

* Défaillance technique expliquant en partie la baisse du taux de survie.

Tableau 3. Ration alimentaire journalière obtenue : pourcentage du poids de nourriture (poids sec) par rapport à la biomasse (poids frais) au temps t.

Temps (jours)	<i>Monodactylus argenteus</i>	<i>Stegastes nigricans</i>	<i>Chromis viridis</i>	<i>Dascyllus aruanus</i>	<i>Chrysiptera glauca</i>	<i>Scarus sordidus</i>	<i>Valamugil cunnesius</i>	<i>Zebrasoma desjardinii</i>	<i>Naso unicornis</i>	<i>Rhinecanthus aculeatus</i>
0	20,0	3,6	4,2	3,6	5,7	20,0	14,9	6,5	3,1	4,7
28	6,8	5,1	8,1	6,6	4,8	5,0	8,2	4,3	2,3	3,9
56	4,2	6,3	5,7	5,0	4,6	6,8	4,7	3,4	2,1	3,7
84	2,1	4,8	6,1	4,0	3,8	7,9	4,3	2,8	3,0	2,7
112	1,8	4,2	6,3	4,1	4,0	7,2	4,3	2,5	3,2	2,8
140	1,5	4,0	5,6	4,1	3,6	5,0	3,8	2,7	3,7	2,9
168	1,5	3,5	5,4	4,1	2,8	3,6	3,1	2,6	3,5	3,1
196	1,5	3,1	5,0	4,1	3,1	3,1	3,1	2,6	3,4	3,3

Tableau 4. Indices de conversion en fonction du temps pour les dix espèces étudiées et indices de conversion moyens (IC moy.) pour une période de 196 jours.

Temps (jours)	<i>Monodactylus argenteus</i>	<i>Stegastes nigricans</i>	<i>Chromis viridis</i>	<i>Dascyllus aruanus</i>	<i>Chrysiptera glauca</i>	<i>Scarus sordidus</i>	<i>Valamugil cunnesius</i>	<i>Zebrasoma desjardinii</i>	<i>Naso unicornis</i>	<i>Rhinecanthus aculeatus</i>
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	0,9	3,0	2,0	3,0	2,0	1,3	1,8	1,5	1,1	2,1
56	0,9	2,3	5,0	4,0	2,5	2,5	1,4	1,6	1,4	3,0
84	0,9	2,2	7,0	5,0	2,0	2,5	1,4	2,2	2,1	1,7
112	1,0	3,0	8,0	5,0	5,0	3,6	1,7	2,3	3,1	2,2
140	1,0	3,1	4,5	3,5	2,3	2,5	1,9	2,8	3,4	2,7
168	1,4	2,4	10,0	8,0	2,8	1,7	1,9	2,9	3,9	5,3
196	1,5	2,6	6,5	9,0	4,3	2,0	2,5	3,0	3,9	7,0
IC moy.	1,1	2,7	6,1	5,4	3,0	2,3	1,8	2,3	2,7	3,4

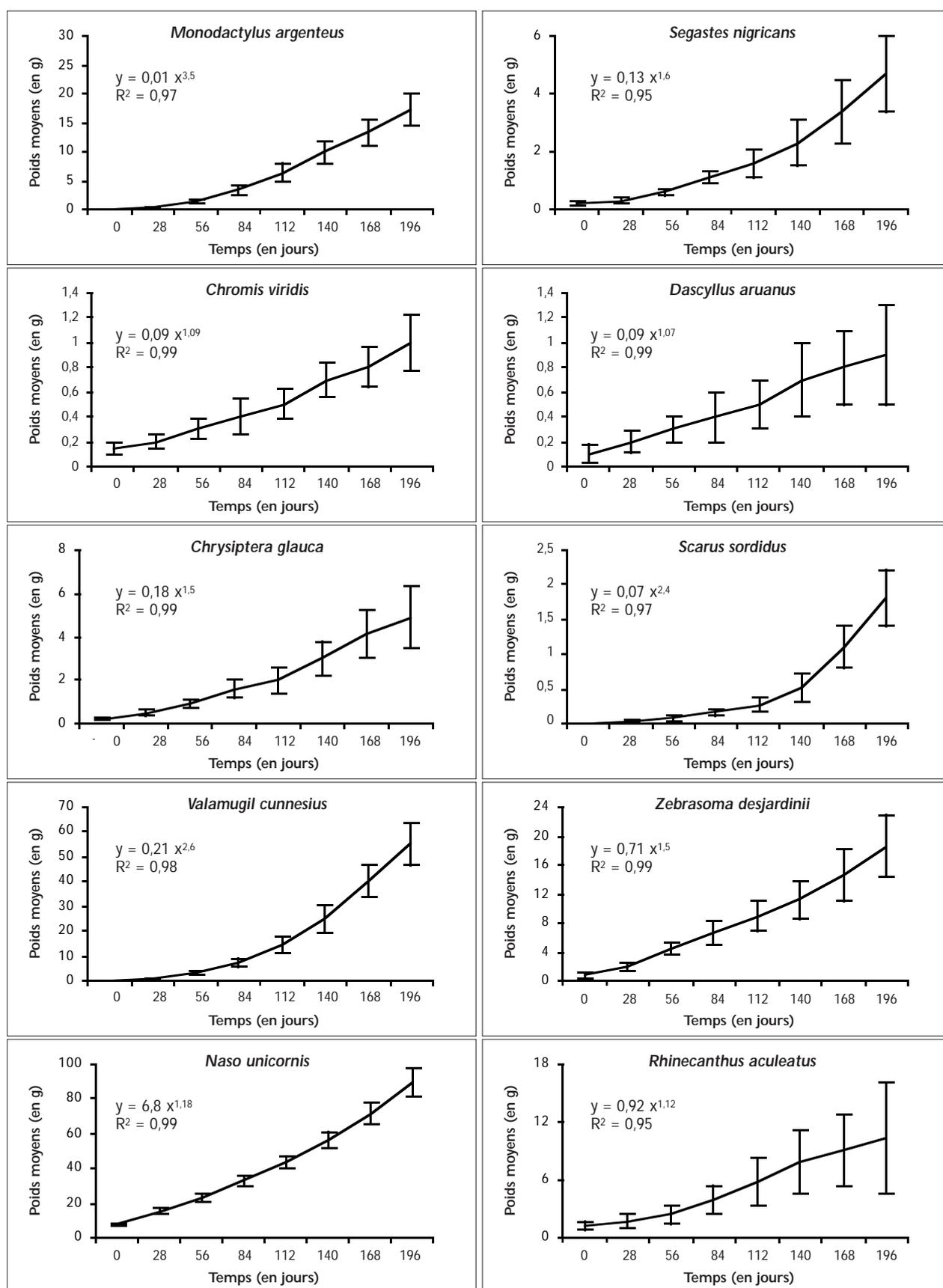


Figure 1. Évolution des poids moyens en fonction du temps, pour les dix espèces étudiées. Puis équation de la courbe de tendance et coefficient de régression (R^2).

Tableau 5. Equations des droites montrant l'évolution de la racine carrée des poids moyens en fonction du temps pour les dix espèces étudiées. Puis indication du coefficient de régression (R^2).

Espèces étudiées	Équations des droites	Coefficient de régression, R^2
<i>Monodactylus argenteus</i>	$Y = 0,60x - 0,57$	0,99
<i>Stegastes nigricans</i>	$Y = 0,24x + 0,07$	0,98
<i>Chromis viridis</i>	$Y = 0,09x + 0,24$	0,99
<i>Dascyllus aruanus</i>	$Y = 0,09x + 0,25$	0,98
<i>Chrysiptera glauca</i>	$Y = 0,25x + 0,19$	0,99
<i>Scarus sordidus</i>	$Y = 0,17x - 0,19$	0,93
<i>Valamugil cunnesius</i>	$Y = 1,01x - 0,99$	0,98
<i>Zebrasoma desjardinii</i>	$Y = 0,48x + 0,50$	0,99
<i>Naso unicornis</i>	$Y = 0,93x + 1,94$	0,99
<i>Rhinecanthus aculeatus</i>	$Y = 0,32x + 0,69$	0,98

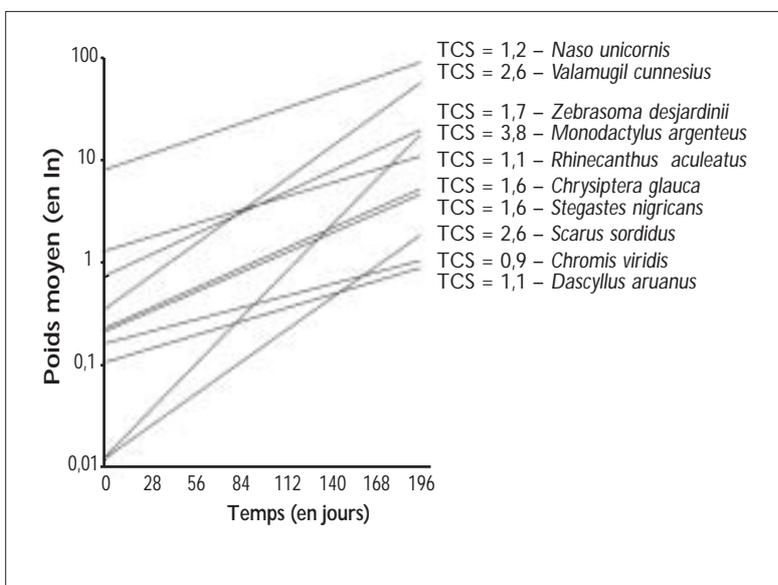


Figure 2. Droites exprimant la croissance des dix espèces étudiées et indication du taux de croissance spécifique (TCS) exprimé en % par jour.

espèces étudiées qui présentent un bon indice de conversion moyen sur une période de 196 jours d'élevage sont *Monodactylus argenteus*, *Valamugil cunnesius* et *Zebrasoma desjardinii*. La première espèce a même un indice de conversion inférieure à 1 durant les premières phases de grossissement, c'est-à-dire que le gain de poids est supérieur à l'apport de nourriture. Ce phénomène a déjà été observé chez le tilapia, le poisson chat ou le loup avec des indices de conversion pouvant aller jusqu'à 0,9 (Barnabé, 1991). De plus, *Monodactylus argenteus* étant de très petite taille au début du grossissement ($6,5 \pm 0,7$ mm à t^0), il est tout à fait possible que ce poisson ait pu se nourrir de toutes les matières nutritives présentes dans l'eau du bassin renouvelée en continu. Les espèces qui montrent un indice de conversion plus fort sont *Dascyllus aruanus* et *Chromis viridis* avec respectivement 5,4 et 6,1 comme résultats moyens sur 196 jours, ce qui pourrait provenir d'une mauvaise adaptation aux conditions d'élevage.

La croissance des poissons en captivité

Calcul des courbes de croissance à partir des poids moyens

La croissance d'un poisson peut être définie simplement comme l'augmentation du poids avec le temps. L'évolution des poids moyens en fonction du temps pour les dix espèces étudiées suit une série de courbes ascendantes qui se rapprochent globalement du type puissance avec des coefficients de détermination (R^2) supérieurs à 0,95 (figure 1). Une transformation de type racine carrée nous permet d'effectuer une linéarisation de ces données et ainsi d'uniformiser et de comparer les résultats (tableau 5). La pente des droites obtenues, qui représente la vitesse de croissance par rapport au poids initial, est comprise entre 0,09 et 1,01. Les espèces ayant la plus forte vitesse de croissance

sont *Valamugil cunnesius*, *Naso unicornis* et *Monodactylus argenteus*, alors que celles qui présentent la plus faible vitesse de croissance sont *Dascyllus aruanus* et *Chromis viridis*, ce qui confirmerait les résultats précédents sur l'adaptation difficile de ces deux dernières espèces.

Le taux de croissance spécifique

Sur une courte période comme celle appliquée dans cette étude (196 jours d'élevage), l'accroissement de la biomasse peut être considéré comme une fonction linéaire du temps, ce qui nous permet de définir un taux de croissance spécifique journalier (figure 2). Les résultats obtenus varient selon les espèces de 0,9 à 3,8 % d'augmentation de poids par jour. Celles qui présentent le meilleur taux de croissance spécifique sont *Monodactylus argenteus* (3,8 %), *Valamugil cunnesius* (2,6 %) et *Scarus sordidus* (2,6 %) alors que *Chromis viridis* montre le taux le plus bas (0,9 %).

Les relations taille-poids obtenues dans les conditions d'élevage

Il est couramment admis que le poids (P) d'un poisson de forme fusiforme est proportionnel au cube de sa longueur (LS). L'équation peut s'écrire sous la forme $P = a \cdot LS^b$, où le paramètre "b" est proche de 3 (Pauly, 1997). On peut vérifier que cette formule s'applique à la majorité des espèces étudiées, sauf pour *Dascyllus aruanus* et *Chromis viridis* qui montrent des résultats différents (tableau 6). Le poids de ces espèces serait très faible par rapport à la taille, ce qui pourrait signifier comme précédemment que ces poissons n'ont pas eu un développement normal dans les conditions d'élevage proposées.

La rusticité des espèces étudiées

Barnabé (1991) désigne sous le terme de "rustique" la capacité d'une espèce à survivre et à croître dans des conditions différentes du milieu, à supporter les manipulations (tris, traitements) et les altérations diverses des conditions d'élevage. Cette capacité peut être appréciée par le suivi du coefficient de variation (Cv) des poids pour chaque période de grossissement. Si celui-ci diminue proportionnellement et/ou se stabilise, on peut considérer que les animaux s'adaptent correctement aux conditions d'élevage. C'est le cas de *Monodactylus argenteus*, *Valamugil cunnesius*, *Zebrasoma desjardinii* ou *Naso unicornis* (figure 3) dont le coefficient de variation se stabilise vers 10 à 20 % autour de la moyenne après environ 6 mois d'élevage. Pour d'autres espèces, les écarts à la moyenne sont en augmentation (40 % chez *Rhinecanthus aculeatus* et 30 % chez *Chrysiptera glauca*) ou montrent des écarts à la moyenne très variables en fonction du temps comme *Scarus sordidus*, *Chromis viridis*, *Dascyllus aruanus*, et *Stegastes nigricans*. Ceci dénote une croissance hétérogène et discontinue au sein d'un même lot et donc une certaine difficulté de la part de ces poissons à s'adapter aux conditions expérimentales.

Discussion

La survie des post-larves en captivité

Le pré-grossissement est un terme précis en aquaculture qui désigne une étape consistant à amener un alevin de quelques grammes jusqu'à un poids de plusieurs dizaines de grammes (Frelin, 1994), ce qui est le cas général dans cette étude. Les différences fondamentales entre pré-grossissement et grossissement concernent surtout la sensibilité et la fragilité des poissons juvéniles vis-à-vis de l'environnement biotique ou abiotique : il y a un gradient très net, une progression de la résistance et de la robustesse des individus depuis la phase larvaire la plus fragile jusqu'au stade adulte (Barnabé et Lecoq, 1987). Pour les poissons d'eau de mer, il n'y a pas de données précises sur la survie aux différents stades de croissance. En élevage, les stades larvaires, plus fragiles, n'excèdent pas 70 % de survie, alors que pour les stades adultes et juvéniles, on obtient couramment 90 % de survie, voire 98 % chez les Salmonidae par exemple (Laird et Needham, 1989). Le but de notre expérimentation était d'évaluer l'adaptation aux conditions d'élevage de certaines espèces de poissons coralliens à partir de post-larves capturées dans le milieu. Outre les aspects de croissance et d'état de santé des poissons difficiles à appréhender, le taux de survie montre sans ambiguïté l'adaptation des animaux à la captivité. Sur les douze espèces étudiées, seules deux d'entre elles, *Gerres acinaces* et *Stethojulis albobittata*, ont montré des mortalités importantes dès la mise en élevage et n'ont pas pu être maintenues au delà de 84 jours de grossissement. Les dix autres espèces ont pu être élevées avec des taux de survie variant de 60 % à 92 % après plus de 6 mois de captivité. De façon générale, un résultat supérieur à 70 % est courant en phase de grossissement, mais il peut être beaucoup plus élevé et atteindre des valeurs proches de 90 % chez certaines espèces coralliennes (Job *et al.*, 1997). Il serait donc

Tableau 6. Nombre d'individus échantillonnés et paramètres "a" et "b" de la relation taille poids $P = a \cdot LS^b$ établis pour les dix espèces en élevage (le poids frais est exprimé en g et la longueur standard est exprimée en cm), ainsi que le coefficient de détermination (R^2) pour la courbe de tendance établie sur la période d'élevage.

Espèce	Nombre d'individus pesés et mesurés	Paramètre a	Paramètre b	Coefficient de détermination, R^2
<i>Monodactylus argenteus</i>	374	0,046	2,96	0,99
<i>Stegastes nigricans</i>	380	0,036	3,16	0,97
<i>Chromis viridis</i>	176	0,074	2,30	0,87
<i>Dascyllus aruanus</i>	201	0,118	1,61	0,80
<i>Chrysiptera glauca</i>	223	0,090	2,41	0,93
<i>Scarus sordidus</i>	277	0,031	3,03	0,97
<i>Valamugil cunnesius</i>	380	0,025	2,95	0,99
<i>Zebrasoma desjardinii</i>	213	0,067	2,89	0,97
<i>Naso unicornis</i>	220	0,066	2,82	0,98
<i>Rhinecanthus aculeatus</i>	218	0,136	2,45	0,95

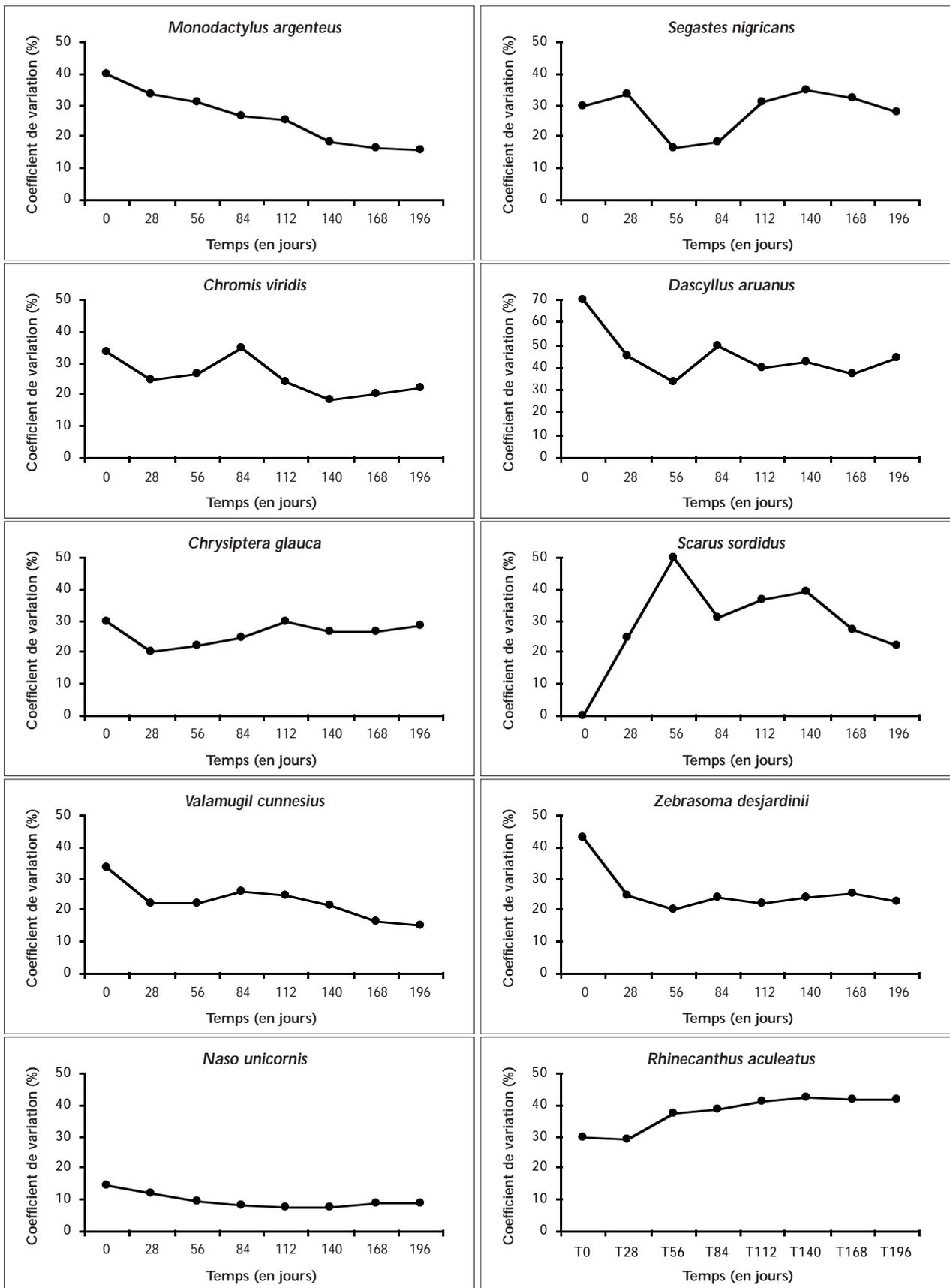


Figure 3. Évolution du coefficient de variation (Cv) en fonction du temps, pour les dix espèces étudiées.

possible, à partir de post-larves de poissons récifaux mis en élevage, d'obtenir des résultats de survie proches de ceux atteints par les espèces classiques utilisées en aquaculture.

L'alimentation des post-larves et juvéniles de poissons coralliens

Les résultats sur l'alimentation ne sont donnés ici qu'à titre indicatif et pourront servir de base à d'autres études plus approfondies sur les besoins alimentaires des jeunes poissons coralliens. Il s'est avéré relativement facile d'acclimater et de sevrer les post-larves capturées dans le milieu naturel. L'alimentation proposée couvrirait essentiellement les besoins alimentaires de poissons carnivores, or, parmi les espèces sélectionnées, trois sont considérées à l'âge adulte comme des herbivores stricts (*Scarus sordidus*, *Zebbrasoma desjardini*, *Naso unicornis*). Elles se sont pourtant rapidement adaptées à un régime alimentaire à base de granulés extrudés riches en protéines. Certains auteurs comme Lassuy (1984) avaient déjà remarqué que *Stegastes nigricans* pouvait être carnivore en phase juvénile et herbivore par la suite, alors que d'autres au contraire comme Lefevre (1991), observent dans le milieu, que la plupart des jeunes poissons, notamment les Acanthuridae, les Siganidae et les Pomacentridae adoptent de façon précoce le comportement alimentaire des adultes ; les habitudes alimentaires de la vie pélagique restent toutefois importantes avec la présence constante d'un grand nombre de copépodes dans les contenus stomacaux. Les poissons seraient donc capables d'une grande adaptation alimentaire au stade juvénile. Il reste à savoir si cette alimentation peut être poursuivie sur du long terme dans un cadre de production et si cette adaptation forcée est réversible.

On sait par ailleurs, que l'activité métabolique chez les poissons est inversement proportionnelle à la taille. Les petits poissons ont une croissance plus rapide en terme d'augmentation de poids par jour et leurs besoins en protéines sont très élevés. Nous observons donc naturellement que la ration alimentaire journalière varie en fonction de la taille des poissons mis en grossissement. Dans notre étude, elle est très importante au début de l'expérimentation et peut atteindre 20 % de la biomasse chez certaines espèces (*Monodactylus argenteus*, *Scarus sordidus*). Elle semble ensuite se stabiliser, quelle que soit l'espèce considérée, autour d'une moyenne de 2 à 4 % de la biomasse, après une centaine de jours d'élevage. Bien que nos résultats ne soient obtenus qu'avec un type d'aliment, des valeurs du même ordre se retrouvent couramment sur les tables de rationnement des espèces classiques d'aquaculture et seraient donc valables pour les poissons coralliens au stade juvénile.

Les indices de conversion ou taux de transformation sont intéressants en matière de production lorsqu'ils sont inférieurs à 3, comme chez la truite, le saumon, la daurade, le loup, le turbot ou l'anguille. Ils sont mauvais à partir de 4 à 8 comme chez le thon ou la sériole (Barnabé, 1991). La démarche de notre expérience

n'était pas d'obtenir des indices de conversion performants, mais simplement d'acquérir des données sur la biologie et les capacités des poissons coralliens. De faibles indices de conversion ont néanmoins été observés sur *Valamugil cunnesius*, *Zebbrasoma desjardini* et *Scarus sordidus* qui sont des poissons pouvant atteindre plusieurs kilos à l'âge adulte. Bien que des expériences complémentaires sur l'alimentation soient nécessaires afin de valider nos résultats, ces poissons pourraient peut-être devenir des candidats potentiels pour une forme d'exploitation aquacole. Pour les autres espèces, moins "performantes" en terme de transformation, il se peut que la nourriture distribuée ait été mal adaptée. En effet, une croissance faible et des indices de conversion élevés, comme chez *Dascyllus aruanus* et *Chromis viridis*, peuvent indiquer que ces poissons sont sous-alimentés ou qu'ils assimilent mal la nourriture proposée. Le régime alimentaire naturel de ces poissons est essentiellement constitué de zooplancton (Vivien, 1973), donc riche en acide gras (Sargent *et al.*, 1989). D'autres types de nourritures que celle choisie dans cette expérimentation seraient alors peut être mieux adaptées à ces espèces.

La croissance des post-larves et juvéniles en captivité

La connaissance de la croissance des espèces est une donnée de base pour l'étude de la dynamique des populations. Elle permet, entre autres, de connaître le poids théorique d'un individu à un âge donné et ainsi d'évaluer la biomasse d'une espèce ou d'un groupe d'individus. Pour les dix espèces étudiées, les courbes de poids moyen présentent des équations se rapprochant le plus du type puissance. Elles ne concernent ici, qu'un temps limité du développement des poissons au stade juvénile. Il est donc normal d'obtenir des croissances importantes qui s'atténueront ensuite au fur et à mesure de l'âge des individus pour s'approcher à une fonction sigmoïde telle que les décrivent les modèles de Gompertz ou de Von Bertalanffy (Muller Feuga, 1990).

Les taux de croissance spécifiques, qui permettent de mieux apprécier le potentiel de croissance des poissons, montrent ici une certaine variabilité selon les espèces considérées. Les meilleurs taux, indiquant une croissance rapide, sont obtenus par *Valamugil cunnesius* (2,6 %), *Scarus sordidus* (2,6 %) et surtout *Monodactylus argenteus* qui a un taux de croissance de 3,8 % par jour sur une période de plus de 6 mois, ce qui montre les performances de cette espèce en terme de croissance juvénile. Les valeurs couramment relevées en aquaculture sont comprises entre 0,5 et 3 % (Barnabé, 1991) et des taux de croissance spécifiques aussi élevés sont rarement atteints. Des valeurs de 4 à 5 % ont déjà été obtenues pour des juvéniles de *Morone saxatilis*, mais dans des conditions expérimentales particulières (Harmon et Peterson, 1994).

Les données obtenues sur la taille et le poids des poissons durant la croissance permettent d'établir des relations taille-poids qui sont importantes en halieutique, particulièrement pour estimer la biomasse à partir

d'évaluations des longueurs. Elles sont souvent obtenues à partir des échantillons de pêche et concernent donc des poissons adultes d'intérêt commercial. Nous apportons ici quelques éléments sur ce type de relation à des stades de développement peu étudiés. Le paramètre "a" dépend de la gamme de mesure utilisée et donc de la période de croissance considérée ; il est difficilement interprétable par comparaison d'une étude à l'autre. En revanche, le paramètre "b", même s'il n'est pas calculé avec le même type de longueur, donne une idée du développement du poisson. S'il diffère beaucoup de 3 (moins de 2,5 et plus de 3,5), il peut être considéré comme douteux ou basé sur un intervalle de longueurs trop restreint (Carlander, 1969 ; Pauly, 1997). Cette constante obtenue dans notre étude pour les 10 espèces placées en élevage est comparée avec des données obtenues *in situ* sur plusieurs récifs coralliens (tableau 7). On constate une certaine similitude entre les différents résultats, sauf peut être pour *Dascyllus aruanus*, *Chromis viridis* et *Rhinecanthus aculeatus* qui montrent un poids beaucoup plus faible que les poissons observés dans le milieu. Ceci confirmerait que ces espèces ne se développent pas correctement dans les conditions d'élevage proposées.

Concernant la rusticité des post-larves de poissons coralliens. Parmi les dix espèces étudiées, au moins quatre d'entre elles (*Monodactylus argenteus*, *Valamugil cunnesius*, *Zebbrasoma desjardinii* et *Naso unicornis*), acceptent correctement les conditions

d'élevage alors que *Dascyllus aruanus*, *Chromis viridis* et *Scarus sordidus* ont montré des difficultés d'adaptation. D'autres espèces comme *Rhinecanthus aculeatus* et *Chrysiptera glauca* présentent un écart des poids individuels de plus en plus important en fonction du temps, ce qui est classique chez les poissons territoriaux où une partie du stock constitué d'individus dominants grossit toujours plus vite que les autres (Barnabé, 1991). Pour limiter ce phénomène, des tris périodiques sont généralement effectués en pisciculture pour séparer les poissons de taille ou de poids différents.

Conclusion

De façon générale, les connaissances sur les premiers stades de développement des poissons marins tropicaux sont encore limitées. Nous apportons ici des éléments sur la biologie de quelques espèces peu étudiées, à des stades de développement peu connus. Le fait de travailler sur des espèces nouvelles et d'utiliser des techniques variées dans des conditions particulières, permet de tester, d'expérimenter et de faire évoluer les protocoles d'élevage. Barnabé (1991) fait remarquer que lorsque des méthodes sont employées pour certaines espèces, il est vraisemblable qu'elles se révèlent aussi efficaces pour d'autres.

L'objectif de ce travail était d'appréhender les capacités d'adaptation et les possibilités d'élevage de

Tableau 7. Comparaison des paramètres "a" et "b" de la relation taille-poids obtenus sur les mêmes espèces ou sur des espèces du même genre, dans différentes études.

Espèces étudiées ou espèces du même genre	Nombre d'individus mesurés	Gamme de mesures (en cm)	Type de longueur*	Paramètre a	Paramètre b	Lieu de l'étude	Auteur(s) et date
<i>Monodactylus argenteus</i>	374	0,6 – 9,0	LS	0,046	2,96	La Réunion	Durville (présente étude)
<i>Monodactylus argenteus</i>		2,0 – 18,5	LF	0,033	2,92	Nlle-Calédonie	Letourneur et al, (1998)
<i>Stegastes nigricans</i>	380	1,3 – 5,8	LS	0,036	3,16	La Réunion	Durville (présente étude)
<i>Stegastes nigricans</i>		0,7 – 12,6	LT	0,022	3,08	La Réunion	Letourneur (1998)
<i>Stegastes nigricans</i>		2,5 – 12,5	LF	0,168	2,36	Nlle-Calédonie	Letourneur et al, (1998)
<i>Chromis viridis</i>	176	0,9 – 3,3	LS	0,074	2,30	La Réunion	Durville (présente étude)
(esp. voisine <i>C. atripectoralis</i>)		3,5 – 9,0	LF	0,020	3,21	Nlle-Calédonie	Letourneur et al, (1998)
<i>Dascyllus aruanus</i>	201	0,9 – 4,1	LS	0,118	1,61	La Réunion	Durville (présente étude)
<i>Dascyllus aruanus</i>		2,3 – 9,0	LT	0,028	3,03	La Réunion	Letourneur (1998)
<i>Dascyllus aruanus</i>		2,4 – 6,5	LF	0,071	2,63	Nlle-Calédonie	Letourneur et al, (1998)
<i>Chrysiptera glauca</i>	223	1,1 – 5,5	LS	0,090	2,41	La Réunion	Durville (présente étude)
<i>Scarus sordidus</i>	277	0,6 – 4,6	LS	0,031	3,03	La Réunion	Durville (présente étude)
(esp. voisine <i>S. frenatus</i>)		10,6 – 29,5	LS	0,027	3,06	Australie	Choat et Axe (1996)
(esp. voisine <i>S. ghobban</i>)		6,8 – 49,5	LF	0,016	3,04	Nlle-Calédonie	Letourneur et al, (1998)
<i>Valamugil cunnesius</i>	380	2,2 – 16,6	LS	0,025	2,95	La Réunion	Durville (présente étude)
<i>Valamugil cunnesius</i>			LS	0,016	2,88	Afrique du Sud	Van Der Elst (1981)
<i>Zebbrasoma desjardinii</i>	213	1,9 – 7,6	LS	0,067	2,89	La Réunion	Durville (présente étude)
(esp. voisine <i>Z. veliferum</i>)		4,0 – 26,5	LF	0,033	2,85	Nlle-Calédonie	Letourneur et al, (1998)
<i>Naso unicornis</i>	220	4,9 – 14,2	LS	0,066	2,82	La Réunion	Durville (présente étude)
<i>Naso unicornis</i>		18,5 – 60,0	LF	0,021	2,98	Nlle-Calédonie	Letourneur et al, (1998)
<i>Naso unicornis</i>		6,5 – 10,8	LT	0,032	2,78	La Réunion	Letourneur (1998)
<i>Naso unicornis</i>		5,0 – 45,7	LS	0,085	2,84	Australie	Choat et Axe (1996)
<i>Rhinecanthus aculeatus</i>	218	1,6 – 7,7	LS	0,136	2,45	La Réunion	Durville (présente étude)
<i>Rhinecanthus aculeatus</i>				0,017	3,10	Micronésie	Smith et Dalzell (1993)

* LS = longueur standard, LF = longueur à la fourche, LT = longueur totale

quelques espèces coralliennes à partir des post-larves capturées dans leur milieu. Or, la meilleure preuve d'adaptation d'une espèce est la "réussite" de son élevage. Le fait qu'elle puisse s'alimenter correctement, grossir et survivre dans des conditions artificielles montre des capacités d'acclimatation certaines. C'est le cas pour dix des douze espèces étudiées, dont l'élevage sur 196 jours a pu être mené à terme. Certaines comme *Valamugil cunnesius*, ou *Naso unicornis*, présenteraient éventuellement des caractéristiques d'élevage à finalité alimentaire, car ce sont des poissons de grande taille à forte croissance et à faible taux de conversion. D'autres, comme *Monodactylus argenteus*, *Stegastes nigricans*, *Zebrosoma desjardini* ou *Rhinecanthus aculeatus* ont des taux de survie élevés et seraient alors susceptibles d'être utilisées dans un cadre de production à des fins diverses.

Généralement la finalité des recherches sur les poissons en captivité est de pouvoir, à terme, maîtriser leur cycle biologique ; ceci est particulièrement délicat pour la plupart des poissons marins qui passent par un ou plusieurs stades larvaires de très petite taille et d'une grande sensibilité aux facteurs externes. C'est pour ces raisons que peu d'espèces font actuellement l'objet d'un élevage entièrement maîtrisé, notamment dans le domaine corallien. Cette étude montre que le grossissement des post-larves de poissons est possible dans des conditions classiques d'élevages intensifs, ce qui ouvre des perspectives nouvelles dans de nombreux domaines comme l'aquaculture, la recherche ou l'aquariologie. Dans un cadre de gestion des milieux, cette pratique peut permettre une production à partir des post-larves capturées en mer de façon contrôlée (Quinitio, 1999 ; Sadovy, 2001), tout en diminuant les pressions de pêche qui s'exercent sur les stocks d'adultes (Williams, 1996 ; Bell *et al.*, 2000). Certains auteurs préconisent également des actions systématiques dans le but d'augmenter la productivité d'un récif : les post-larves capturées dès leur arrivée seraient placées en grossissement et réintroduites plus tard dans le milieu en augmentant ainsi considérablement leurs chances de survie (Dufour et Galzin, 1992 ; Beets et Hixon, 1994).

Remerciements

La réalisation de cette étude a été possible grâce au concours de D. Desprez (ARDA) et M. C. Hoareau (ARDA). Cette étude a été financée par l'ARDA (Association Réunionnaise pour le Développement de l'Aquaculture), le Laboratoire d'Ecologie Marine (ECOMAR) de l'Université de la Réunion et la Région Réunion.

Références

- Barnabé, G. 1988. Rearing bass and gilthead bream. p. 647-688. In: Barnabe G. (ed). Aquaculture vol. 2. New York: Ellis Horwood.
- Barnabé, G. 1991. Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. Coll. TEC & DOC. Lavoisier (ed). 489 p.
- Barnabé, G. and Lecoz, C. 1987. Large scale cage rearing of the European Sea-bass *Dicentrarchus labrax* (L.) in tropical waters. Aquaculture 66:209-221.
- Beets, J. and Hixon, M.A. 1994. Distribution, persistence and growth of groupers (Pisces, Serranidae) on artificial reefs in the Virgin Island. Bulletin of Marine Science 55:470-483.
- Bell, J., Doherty, P. et Hair, C. 1999. Capture et élevage du poisson de récif corallien au stade post-larvaire : des débouchés pour les nouvelles entreprises artisanales. Ressources marines et commercialisation. Bulletin de la CPS 6:31-34.
- Carlander, K.D. 1969. Handbook of freshwater fishery biology. Iowa: Iowa State University Press.
- Choat, J.H. and Axe, L.M. 1996. Growth and longevity in Acanthurid fishes: An analysis of otolith increments. Marine Ecology Progress Series 134: 15-26.
- Deniel, C. 1973. Nutrition et croissance du jeune turbot, *Scophthalmus maximus* L. Thèse 3ème cycle, Université de Brest. 247 p.
- Dufour, V. 1992. Colonisation des récifs coralliens par les larves de poissons. Thèse Université Pierre et Marie Curie, Perpignan. 188 p.
- Dufour, V. 2002. Programme de collecte et d'élevage de post-larves de poissons récifaux pour le marché de l'aquariologie. Ressources marines et commercialisation, Bulletin de la CPS 10:31-32.
- Dufour, V. et Galzin, R. 1992. Le recrutement des poissons récifaux de Polynésie Française, impact sur la dynamique des peuplements et conséquences sur la gestion des stocks. Cybium 16(4):267-277.
- Durville, P. et Collet, A. 2001. L'essence de girofle utilisée comme anesthésiant chez les juvéniles de poissons marins tropicaux. Ressources marines et commercialisation, Bulletin de la CPS 9:17-19.
- Durville, P. 2002. Colonisation ichtyologique des platiers de La Réunion et biologie des post-larves de poissons coralliens. Thèse Université de la Réunion, Université de Perpignan. 180 p.
- Durville, P., Bosc, P., Galzin, R. et Conand, C. 2002. Colonisation d'un récif frangeant de l'île de La Réunion par les larves de poissons coralliens. Oceanologica acta 25:23-30.
- Foscarini, R. 1988. A review: Intensive farming procedure for seabream (*Pagrus major*) in Japan. Aquaculture 72:191-246.
- Frelin, P. 1994. L'Aquaculture. Collection "Que sais-je". Paris: Presse Universitaire de France. 127 p.
- Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P. et Metailler, R. 1999. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. INRA (ed), Documents INRA-Ifremer. 489 p.
- Harmon, P. and Peterson, R. 1994. The affect of temperature and salinity on the growth of striped bass (*Morone saxatilis*). Bulletin of the Aquaculture Association of Canada (2):45-47.

- Hendricks, I.E., Wilson, D.T. and Meekan, M.G. 2001. Vertical distributions of late stage larval fishes in the nearshore waters of the San Blas Archipelago, Caribbean Panama. *Coral Reefs* 20:77–84.
- Job, S., Arvedlund, M. and Marnane, M. 1997. Culture of coral reef fishes. *Austasia Aquaculture* 11(3):56–59.
- Kautsky, N., Folke, C., Rönnbäck, P. and Troell, M. 1998. The ecological footprint: A tool for assessing resource use and development limitations in aquaculture. *EC Fisheries Cooperation Bulletin* 11(2):5–7
- Keene, J.L., Noakes, D.G., Moccia, R.D. and Soto, C.G. 1998. The efficacy of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research* 29:89–101.
- Kuronuma, K. and Fukusho, K. 1984. Rearing of marine fish larvae in Japan. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. 109 p.
- Laird, L. et Needham, T. 1989. Aquaculture des salmonidés en eau de mer. p. 653–674. In: *Aquaculture, G. Barnabé, Vol. 2, Tec. & Doc.* Paris: Lavoisier.
- Lassuy, D.R., 1984. Diet, intestinal morphology and nitrogen assimilation efficiency in the damselfish *Stegastes lividus*, in Guam. *Environmental Biology and Fishes* 10:18–393.
- Lefevre, A. 1991. Dynamique de l'installation des juvéniles de poissons sur les récifs coralliens (Moorea, Polynésie française). Thèse Université Paris VI. 148 p.
- Leis, J.M. and Trnski, T. 1989. The larvae in Indo-Pacific shorefishes. New South Wales University Press, Sydney, and University of Hawaii Press. 371 p.
- Lequenue, P. 1984. Les fermes marines. Edisud. 124 p.
- Letourneur, Y. 1998. First length-weight relationships of some marine fish species of Reunion Island, SW Indian Ocean. *Naga, ICLARM Quarterly* 21(4):37–39.
- Letourneur, Y., Kulbicki, M. and Labrosse, P. 1998. Length-weight relationships of fish from coral reefs and lagoons of New Caledonia, south-western Pacific Ocean: An update. *Naga, ICLARM Quarterly* 21(4):39–46.
- Milicich, M.J., Meekan, M.G. and Doherty, P.J. 1992. Larval supply: a good predictor of recruitment of three species of reef fish (Pomacentridae). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 86:153–166.
- Muller Feuga, A. 1990. Modélisation de la croissance des poissons en élevage. *Rapports Scientifiques et Techniques de l'IFREMER*, 21. 51 p.
- Naylor, R.L., Goldberg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. and Troell, M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405:1017–1024.
- New, M.B. 1986. Aquaculture diets of post larval marine fish of the super-family Percoidae, with special references to sea-bass, sea breams, groupers and yellowtail: A review. *Kuwait Bulletin of Marine Science* 7:75–151.
- Pauly, D. 1997. Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. Cépaduès (eds). 287 p.
- Priede, I. and Secombes, C. 1988. The biology of fish production. p. 32–68. In: L. Laird and T. Needham (eds). *Salmon and trout farming*. New York: Halsted Press. 271 p.
- Quinitio, G.F. 1999. The status of seed production of grouper and other coral reef fishes in the Philippines. p. 155–162. In: *Proceedings of the Workshop on Aquaculture of Coral Reef Fishes and Sustainable Reef Fisheries*, Kota Kinabalu, Sabah, 6–10 December.
- Riclet, E. 1995. Colonisation récifale par les poissons autour de l'île de Moorea en Polynésie française. *Rapp. DEA, Université Pierre et Marie Curie*. 40 p.
- Rimmer, M., 1998. Aquaculture des loches et des lutjans à Taiwan. *Ressources marines et commercialisation, Bulletin de la CPS* 4:39–43.
- Sadovy, Y. 2001. Résumé de l'enquête régionale sur l'approvisionnement en alevins/fretins pour l'aquaculture de la loche en Asie du Sud-Est. *Ressources marines et commercialisation, Bulletin de la CPS* 8:22–29.
- Sargent, J., Henderson, R.J. and Tocher, D.R. 1989. The lipids. p. 153–218. In: J.E. Halver (ed). *Fish Nutrition*, second edition, Academic Press.
- Smith, I.R. 1981. The economics of the milkfish fry and fingerling industry of the Philippines. *ICLARM Tech. Rep.* 1. 146 p.
- Smith, A. and Dalzell, P. 1993. Fisheries resources and management investigations in Woleai Atoll, Yap State, Federate States of Micronesia. *Inshore Fisheries Research Project*. South Pacific Commision. Noumea, New Caledonia. 64 p.
- Tauji, E. 1996. Aquarium fish market boom bodes well in Isles. *The Honolulu Advertiser*, 31 March 1996.
- Van Der Elst, R. 1981. A guide to the common sea fishes of southern Africa. Cape Town: C. Struik. 367 p.
- Vivien, M.L. 1973. Contribution à la connaissance de l'éthologie alimentaire de l'ichtyofaune du platier interne des récifs coralliens de Tuléar (Madagascar). *Théthys suppl.* 5:221–308.
- Williams, M.J. 1996. Transition in the contribution of living aquatic resources to sustainable food security. p. 1–58. In: S.S. De Silva (ed). *Perspectives in Asian Fisheries*, Asian Fisheries Society, Makati City, Philippines.

