



Régime alimentaire de deux Gobiidae (Pisces ; Teleostei) sympatriques *Gobius bucchichi* et *Millerigobius macrocephalus* des Bouches de Bonifacio

Jean-Luc BOUCHEREAU et Olivier GUELORGET

Laboratoire d'Hydrobiologie Marine et Continentale (U.M.R-5556),
Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc,
cc 93, Place E. Bataillon, F-34095 Montpellier Cedex 5, France;
Fax: (33) 4 67 14 37 19 ; e-mail: bouchero@hyd.univ-montp2.fr.

Résumé : Le régime alimentaire de *Gobius bucchichi* et de *Millerigobius macrocephalus* a été étudié à partir d'échantillons prélevés dans la Réserve des Iles Cerbicales et Lavezzi. Le spectre alimentaire de *G. bucchichi* est très étendu (13 catégories de proies) et n'est pas fondamentalement différent de celui (17 catégories) décrit dans le Golfe du Lion. Les indices alimentaires utilisés (coefficient de vacuité, prise d'aliments Qn, pourcentage de présence PP, pourcentage numérique N et pourcentage en points P) mettent en évidence chez *G. bucchichi* une diminution de la prise alimentaire et une augmentation du nombre des estomacs vides avec la taille, traduisant une modification du comportement alimentaire au cours de la croissance et une modification de la position de l'espèce dans le milieu (place dans la colonne d'eau). La prédominance des petites proies (Copépodes) dans les estomacs des juvéniles, et de proies plus grandes (Décapodes, Gastéropodes, Bivalves, Polychètes, poissons) dans ceux des adultes est en accord avec ces observations. Le comportement trophique de *M. macrocephalus* varie aussi avec l'âge; il ne comprend que six types de proies et est peu différent de celui défini en Méditerranée Occidentale. Les régimes alimentaires de ces deux espèces sont fondamentalement différents. Cependant, la présence de sédiments et de débris végétaux dans les estomacs indique que ces gobies sont aussi des consommateurs de méiofaune benthique et d'algues.

Abstract: Diet of two sympatric Gobiidae (Pisces; Teleostei) *Gobius bucchichi* and *Millerigobius macrocephalus* from the Mouth of Bonifacio.

Samplings of *Gobius bucchichi* and *Millerigobius macrocephalus* in the Cerbicales and Lavezzi Islands Reserve allowed the study of the diet of these Gobiidae. The diet range of *G. bucchichi* is very wide (13 items consumed) and not fundamentally different from the one (17 items) described in Banyuls-sur-Mer. The food indices used (vacuity coefficient, food intake Qn, occurrence frequency PP, numerical N and point P percentages) show a decrease of food intake and an increase of empty stomachs with increasing size of specimens, suggesting a change in the feeding behaviour of *G. bucchichi* during growth and a change of its position in the ecosystem (place in the water column). The predominance of small preys (copepods) in the juveniles stomachs, and of greater preys (decapods, gastropods, bivalves, polychaetes, fishes) in those of adults is in agreement with these observations. The diet of *M. macrocephalus* depends on age. It comprises only six types of items, and is not so different from that defined for Western Mediterranean. The diets of these two species are fundamentally different. However, the presence of sediment and plant fragments in stomachs confirms that these gobies are also benthic fauna and seaweeds consumers.

Keywords : Mediterranean, Corsica, *Gobius bucchichi*, *Millerigobius macrocephalus*, diet.

Reçu le 7 mars 1998; accepté après révision le 30 juin 1999.

Received 7 March 1998; accepted in revised form 30 June 1999.

Introduction

Gobius bucchichi Steindachner, 1870, (Fig. 1a) a une répartition principalement méditerranéenne, mais fréquente aussi la Mer Noire et les côtes d'Algarve au Portugal. Il vit près des côtes, dans des milieux sableux ou vaseux, qui sont proches d'herbiers (Miller, 1986). Il trouve parfois refuge dans des anémones telle que *Anemonia viridis* (Abel, 1960). Son régime alimentaire a été peu étudié et serait, d'après De Casabianca & Kiener (1969) et Gibson (1968), essentiellement composé de Polychètes, Mollusques et Crustacés.

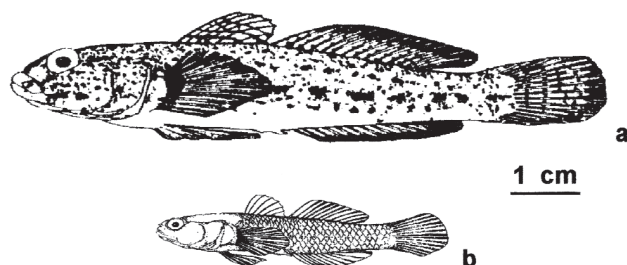


Figure 1. a : *Gobius bucchichi*, d'après Miller (1986) ; LT maximum : 100 mm (Miller, 1986) ; b : *Millerigobius macrocephalus*, d'après Bouchereau & Tomasini (1989) ; LT maximum : 43,5 mm (Miller, 1986).

Figure 1. a: *Gobius bucchichi*, after Miller (1986); maximum total length LT:100mm (Miller, 1986); b: *Millerigobius macrocephalus*, after Bouchereau & Tomasini (1989); Maximum total length: 43.5 mm (Miller, 1986).

Millerigobius macrocephalus (Kolombatović, 1891) (Fig. 1b), présent en Adriatique et en Mer du Levant, a été récemment découvert en Mer Egée et en Corse (Bouchereau & Tomasini (1989). Ce gobie vit dans les milieux côtiers peu profonds (4 mètres) et dans les lagunes à fonds rocheux (Miller, 1986). D'après Ramos Espla & Perez-Ruzafa (1987) son spectre alimentaire se compose en mer Mineure (Méditerranée occidentale), d'Amphipodes et de petits Crustacés.

Le but de ce travail est de décrire les régimes alimentaires de *Gobius bucchichi* et de *Millerigobius macrocephalus*. En Corse, les deux espèces sont sympatriques et localisées dans un site relativement clos où elles sont en constante compétition avec d'autres gobies tels que *Gobius cobitis* Pallas, 1811, *Chromogobius zebratus zebratus* (Kolombatović, 1891) (voir Pampoulie et Bouchereau, 1996) et *Chromogobius quadrivittatus* (Steindachner, 1863), (voir Camus et al., 1987), ainsi qu'avec de nombreuses autres espèces *Lepadogaster lepadogaster* (Bonnaterre, 1788), *Salaria pavo* (Risso, 1810), *Syngnathus abaster* Risso, 1826, (voir Bouchereau et al., 1989). Dans ce travail, nous comparons les spectres alimentaires de ces deux Gobiidae et tentons d'évaluer

l'effet de la présence de nombreuses autres espèces de la même famille sur leur comportement alimentaire.

Matériel et méthodes

Les régimes alimentaires de *Gobius bucchichi*, et de *Millerigobius macrocephalus* ont été étudiés à partir d'échantillons de 275 et 43 individus respectivement, provenant de la Réserve naturelle des Iles Cerbicales et Lavezzi (Corse). Les récoltes, réalisées en octobre 1990, avaient pour but de compléter l'inventaire de l'ichtyofaune locale.

I. Le site de prélèvement

La hauteur de la colonne d'eau échantillonnée est de 1 mètre (Bouchereau et al., 1989). Tous les individus capturés viennent d'une passe, aire de transition de 200 m² environ entre une zone à mode battu et une anse (Cara di Sgisgia) à mode calme, située au nord-est de l'île Lavezzi (Fig. 2). Elle est soumise à des courants relativement forts, et offre de nombreux refuges et abris sous roches, du fait de la complexité topographique de ses rochers. Le substrat, sable ou rochers ensablés, est le plus souvent recouvert d'algues *Cystoseires*. La densité de l'ichtyofaune y est très élevée (Camus et al., 1987).

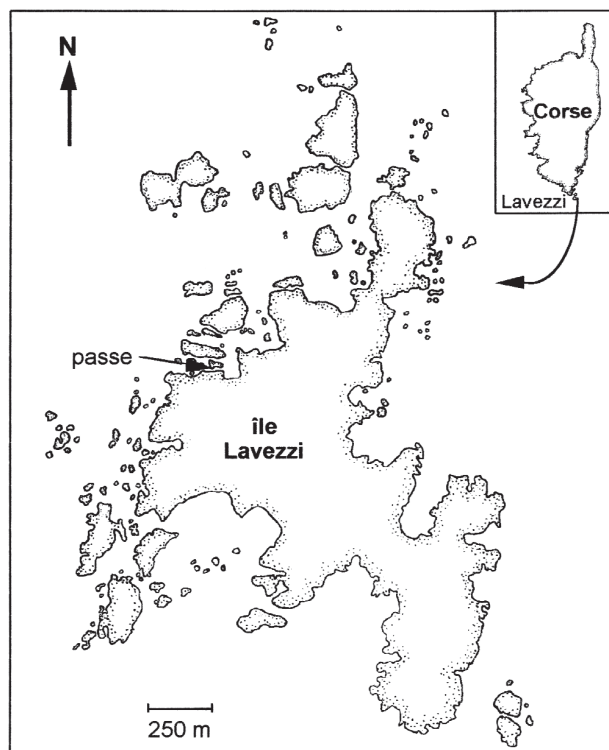


Figure 2. Site de prélèvement sur l'île Lavezzi.

Figure 2. Sampling sites at Lavezzi Island.

II. Récolte, conservation et analyse des données

1. Récolte de matériel

L'échantillonnage des poissons a été réalisé au moyen d'un anesthésiant, la roténone, préalablement mélangé à du sable pour faciliter sa distribution et la rapidité de son action dans l'eau (Pampoulie & Bouchereau, 1996). Le mélange est libéré dans le milieu après mise en place de filets, isolant les zones prospectées, afin d'éviter l'échappement des poissons momentanément atteints. Les individus sont ensuite capturés au moyen d'épuisettes, et conservés dans une solution de formol à 8 %. La zone d'étude est examinée plusieurs fois par plusieurs opérateurs afin de s'assurer qu'aucun poisson n'échappe à l'échantillonnage.

2. Mesures

La longueur totale (LT) de tous les individus a été mesurée au millimètre inférieur à l'aide d'un ichtyomètre, précis au demi-millimètre. L'intervalle des classes de tailles utilisé (10 mm pour *G. bucchichi* et 2,5 mm pour *M. macrocephalus*) est défini d'après l'effectif de l'échantillon et la taille des individus capturés. Le nombre d'individus traités par classe de tailles est voisin de dix pour *G. bucchichi* et de cinq pour *M. macrocephalus*. La largeur de la bouche (Lb) a été mesurée au pied à coulisse au 2/100^e de mm. Ces mesures permettent de calculer la taille relative de la bouche $RL = Lb/LT$. Les masses éviscérées (MV) sont pesées au milligramme près.

3. Prélèvement des estomacs et analyse des contenus stomacaux

Les estomacs des individus ont été extraits par section au niveau de l'œsophage et de la deuxième pliure de l'estomac, puis conservés dans du formol à 10 %. Les proies des contenus stomacaux ont été identifiées à la loupe binoculaire et comptées.

Fondée sur celles de Villiers (1979) et de Joyeux et al. (1991), la méthode d'analyse des contenus stomacaux a été décrite par Pampoulie & Bouchereau (1996). Cinq indices ont été retenus et appliqués aux individus groupés par classe de taille :

- le coefficient de vacuité (CV): cent fois le nombre d'estomacs vides (Nv) par rapport au nombre total d'estomacs examinés (Nt)

$$CV = 100 \cdot (Nv/Nt);$$

- le pourcentage de présence (PP) des proies dans les contenus stomacaux: cent fois le nombre d'estomacs examinés possédant la catégorie de proies i (Nti) par rapport aux nombre d'estomacs contenant des proies (Np)

$$PP = 100 \cdot (Nti/Np);$$

- le pourcentage numérique (N): cent fois le nombre de proies dans une catégorie i (Ni) par rapport au nombre total de proies (Npt)

$$N = 100 \cdot (Ni/Npt);$$

Pour le calcul des deux autres indices, le pourcentage en points (P) et l'indice Qn, nous avons utilisé la méthode numérique des points (Hynes, 1950; Pillay, 1952) modifiée (Tableau 1). Cette méthode attribue à chaque proie un certain nombre de points en fonction de l'état de réplétion de l'estomac du prédateur et de la masse observée de la proie en cours de digestion. Dans cette approche, à chaque espèce ou groupe zoologique sont attribués un certain nombre de points, proportionnels, à la taille (masse) moyenne de ces animaux comme s'ils n'étaient pas digérés. Cette méthode permet une meilleure évaluation de la prise de nourriture basée sur les restes digérés. Le nombre de points attribués reflète donc, dans cette mesure, la réplétion au moment où les proies ont été avalées. Les détails de cette méthode sont décrits par Joyeux et al. (1991) et Pampoulie & Bouchereau (1996).

Tableau 1. Points attribués aux proies de gobies d'après leur digestibilité et leur taille, selon Joyeux et al., (1991) et Pampoulie & Bouchereau (1996).

Table 1. Points given to preys of gobies according to their digestibility and size, after Joyeux et al., (1991) et Pampoulie & Bouchereau (1996).

Proies	Points	Proies	Points
poissons	100,0	Foraminifères	1,0
Polychètes	40,0	Mollusques	1,0
Oligochètes	40,0	écailles	1,0
Turbellariés	40,0	débris animaux	1,0
Décapodes	25,0	débris végétaux	1,0
Amphipodes	10,0	divers	1,0
Isopodes	10,0	Ostracodes	0,5
Cumacés	10,0	Copépodes	0,5
insectes	5,0	œufs	0,5

- le pourcentage en points (P): cent fois la somme des points des proies ingérées de la catégorie i (Pi) par rapport au total des points de toutes les proies ingérées

$$P = 100 \cdot (Pi/Points\ totaux);$$

- l'indice Qn (prise d'aliments ou qualité de l'alimentation): cent fois le nombre total de points des proies de toutes catégories par rapport au produit du nombre total d'estomacs examinés par leur masse vide moyenne Mvmoy

$$Qn = 100 \cdot [Points\ totaux/(Nt \cdot Mvmoy)]$$

Les indices CV et Qn sont étudiés parallèlement car ils indiquent respectivement le nombre d'estomacs possédant de la nourriture et la qualité de celle-ci. L'indice Qn évite en même temps de prendre en compte les effets dus aux variations de l'état de réplétion. Il en est de même pour N et P qui montrent respectivement pour une classe de taille, l'importance numérique d'une catégorie de proie et l'estimation de la biomasse ingérée (ce qui évite de peser

chaque proie). L'indice PP nous renseigne sur la présence ou l'absence d'une catégorie de proies dans une classe de taille.

La comparaison statistique des régimes alimentaires porte sur le pourcentage de présence (PP); elle est réalisée à l'aide du test non paramétrique du coefficient de corrélation de Spearman (R_s) corrigé (Fritz, 1974). Cette méthode permet de comparer les régimes des juvéniles et des adultes de chaque espèce, dans les intervalles de tailles respectivement de 10-22,5 mm et 22,5-37,5 mm pour *M. macrocephalus*, et de 20-50 mm et 50-120 mm pour *G. bucchichi*. Elle permet aussi une comparaison interspécifique.

Des problèmes d'interprétation se posent pour certains indices; par exemple, il est difficile de savoir si une valeur élevée des pourcentages de présence PP ou numérique N est due à une grande abondance de proies dans le milieu ou à un choix du prédateur. Des prélèvements supplémentaires de matériel benthique réalisés en même temps que l'échantillonnage, pourraient apporter plus d'informations sur l'abondance des espèces dans le milieu. L'inconvénient du coefficient de vacuité réside dans la difficulté d'estimation du degré de remplissage de l'estomac, tandis que celui des indices P et Qn se trouve dans leur liaison à la valeur attribuée aux proies par l'observateur.

Résultats

I. Régime alimentaire de *Gobius bucchichi*

Le spectre alimentaire de *G. bucchichi* est indiqué dans le tableau 2.

1. Coefficient de vacuité CV et prise d'aliments Qn

Le CV varie de 0 à 50 %. Il est relativement faible (12 %) pour l'ensemble des classes de tailles (Fig. 3) à l'exception de celles des 75 mm et des 95 mm où il atteint respectivement 50 % et 0 %. L'indice Qn varie de 0,5 à 14,0 %; il diminue rapidement avec l'accroissement de la taille (Fig. 3), ce qui correspond à une baisse de la prise d'aliments au cours de la croissance de *G. bucchichi*.

2. Pourcentage de présence PP

Les Copépodes, Amphipodes et œufs sont les proies les plus consommées par *G. bucchichi*, quelle que soit la classe de taille (Tableau 2a). Ils sont représentés dans plus de 85 % des classes et atteignent des fréquences élevées dans les premières classes (LT < 65) pour les deux premières catégories de proies, et dans des grandes tailles pour la troisième (LT > 55), alors que les poissons, Décapodes et Bivalves sont peu représentés et apparaissent dans les estomacs des grands individus. Turbellariés, Foraminifères, Cumacés, insectes, et Isopodes sont peu fréquents (20 % < PP < 40 %) et n'apparaissent que dans certaines classes de tailles, constituant ainsi des proies occasionnelles.

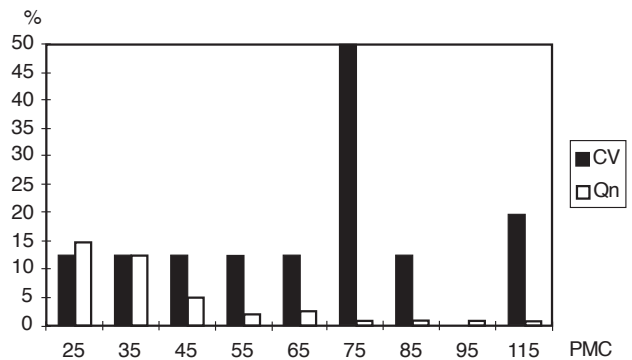


Figure 3. Evolution du coefficient de vacuité (CV) et de l'indice Qn (prise d'aliments) de *Gobius bucchichi* (île Lavezzi, octobre 1990) en fonction des points médians (PMC) des classes de tailles de 10 mm. Le PMC 115 correspond à la classe de taille 100 - 130 mm.

Figure 3. Evolution of the vacuity coefficient (CV) and Qn index (food intake) of *Gobius bucchichi* (Lavezzi Island, October 1990) according to median points (PMC) of 10 mm size classes. PMC 115 corresponds to size class 100 - 130 mm.

Polychètes et Gastéropodes sont présents dans 50 % des classes et sont fréquents dans les estomacs des grands individus.

3. Pourcentage numérique N

A l'exception des Copépodes pour lesquels N atteint des valeurs variant entre 70 et 90 % chez les petits individus, le pourcentage numérique (Tableau 2b) de chaque catégorie de proies est relativement faible (10 à 30 %) dans toutes les tailles sauf la classe des 75 mm où il peut atteindre 50 %.

4. Pourcentage en points P

Avec la méthode des points (Tableau 2c), les Amphipodes constituent 30 à 90 % de la biomasse ingérée par les poissons de petite taille (LT < 65 mm); ils ont une valeur maximale chez ceux de 55 mm de LT. La biomasse ingérée est généralement faible (0-20 %) quelle que soit la catégorie de proie consommée, excepté celles des poissons et des Décapodes.

5. Comparaison du régime des juvéniles et des adultes

D'après le résultat du test non paramétrique de Spearman sur les pourcentages de présence des différentes proies consommées par *G. bucchichi* (Tableau 3), il existe chez cette espèce une différence significative ($R_s = 0,2416$) entre les régimes alimentaires des adultes et des juvéniles.

Avec l'âge *G. bucchichi* modifie le choix de ses proies. Bien qu'il n'existe pas d'augmentation relative de la taille de la bouche (Lb) par rapport à la longueur totale du corps (LT) au cours de la croissance (un test t conclut à l'absence de différence significative, au seuil de 0,01 entre le rapport moyen RL des juvéniles et celui des adultes), la taille plus grande de la bouche permet aux adultes d'ingérer de plus grosses proies.

Tableau 2. Variation des indices alimentaires chez *Gobius bucchichi* : (a) pourcentage de présence PP, (b) pourcentage numérique N et (c) pourcentage en points P (c) des diverses catégories de proies selon la classe de taille. PMC : point médian de classe (intervalle de classe: 10 mm) ; PMC 115 correspond à la classe 100-130 mm ; (d) valeur des pourcentages des proies indiquées en a, b et c.

Table 2. Variation of food indices for *Gobius bucchichi*: (a) percentage of occurrence PP, (b) percentage in number N, (c) percentage in points P of the different items according to size class. PMC: size class median point (class interval: 10 mm); PMC 115 corresponds to class 100-130 mm; (d) values of the different percentage indicated in a, b and c.

a

Proies/PMC	25	35	45	55	65	75	85	95	115
Copépodes									
Amphipodes									
Œufs/ovocytes									
Turbellariés									
Cumacés									
Insectes									
Écailles									
Isopodes									
Polychètes									
Oligochètes									
Gastéropodes									
Foraminifères									
Décapodes									
Bivalves									
Poissons									

b

Proies/PMC	25	35	45	55	65	75	85	95	115
Copépodes									
Amphipodes									
Œufs/ovocytes									
Turbellariés									
Cumacés									
Insectes									
Écailles									
Isopodes									
Polychètes									
Oligochètes									
Gastéropodes									
Foraminifères									
Décapodes									
Bivalves									
Poissons									

c

Proies/PMC	25	35	45	55	65	75	85	95	115
Copépodes									
Amphipodes									
Œufs/ovocytes									
Turbellariés									
Cumacés									
Insectes									
Écailles									
Isopodes									
Polychètes									
Oligochètes									
Gastéropodes									
Foraminifères									
Décapodes									
Bivalves									
Poissons									

d

	%
	81 à 100
	61 à 80
	41 à 60
	21 à 40
	01 à 20
	0

II. Régime alimentaire de *Millerigobius macrocephalus*

Le spectre alimentaire de *M. macrocephalus* est indiqué dans le tableau 5.

1. Coefficient de vacuité CV et prise d'aliments Qn

L'indice CV varie de 0 à 40 %, et présente trois modes (Fig. 4), qui correspondent aux classes de tailles 17,5 mm < LT < 20 mm (40 %), 25 mm < LT < 27,5 mm (33,3 %) et 30 mm < LT < 32,5 mm (25 %). L'indice Qn varie de 1,2 à 162,0 % et diminue avec l'augmentation de la taille (Fig. 4) ce qui met en évidence une diminution de la prise d'aliments au cours de la croissance de ces prédateurs.

2. Pourcentage de présence PP

Les Copépodes et les Ostracodes sont les proies le plus souvent rencontrées (80-100 %) dans les contenus stomacaux de *M. macrocephalus* (Tableau 5a), quelle que soit sa taille, tandis que les Gastéropodes, Amphipodes et Bivalves sont présents (jusqu'à 40 % et souvent plus) chez les individus de grande taille (LT > 23,75 mm).

Un test t de comparaison de la taille relative de la bouche des juvéniles et des adultes conclut à l'existence d'une différence significative, au seuil de 0,01, en faveur des adultes. *M. macrocephalus* adulte peut ainsi modifier son régime alimentaire en faveur de proies plus grandes (Tableau 4).

3. Pourcentage numérique N

Le pourcentage en nombre des différentes proies (Tableau 5b) est généralement faible (10-30 %). Toutefois, les Copépodes représentent 50 à 90 % de l'effectif des proies présentes dans les estomacs observés pour les classes de tailles inférieures à 23,75 mm, les Amphipodes, Ostracodes, Bivalves, insectes et les Gastéropodes restant peu abondants (20 à 40 % de l'effectif des proies) chez les animaux de taille supérieure à 23,75 mm.

4. Pourcentage en points P

Avec la méthode des points (Tableau 5c), la biomasse ingérée est généralement faible (10 %). Les Bivalves et Gastéropodes représentent 50 % de la biomasse ingérée pour les classes LT = 23,75 et 31,25, alors que les Amphipodes constituent la majeure partie de cette biomasse chez les grands individus (90 % pour LT = 28,75; 70 % pour LT = 36,25).

5. Comparaison du régime des juvéniles et des adultes

D'après le résultat du test non paramétrique de Spearman sur les pourcentages de présence des

Tableau 3. Comparaison du régime alimentaire des juvéniles et des adultes de *Gobius bucchichi*, (île Lavezzi, octobre 1990). PP = pourcentage de présence ; Rs = coefficient de corrélation de Spearman appliqué sur PP, n indique les effectifs.

Table 3. Comparison between the diet of juveniles and adults of *Gobius bucchichi*, (Lavezzi Island, October 1990). PP = percentage of occurrence; Rs = Spearman's correlation coefficient applied on PP.

Proies	Juvéniles (20 à 50 mm) n = 23 PP	Adultes (50 à 130 mm) n = 43 PP
Amphipodes	78,3	53,5
Copépodes	91,3	37,2
écaillés	0,0	34,9
œufs	26,0	30,2
Décapodes	0,0	25,6
Gastéropodes	8,6	14,0
Polychètes	0,0	14,0
Oligochètes	4,3	9,3
Bivalves	0,0	9,3
Isopodes	4,3	7,0
turbellariés	13,0	4,7
poissons	0,0	4,7
insectes	4,3	2,3
Cumacés	8,6	0,0
T = 0,8624 avec 12 ddl	Rs = 0,2416	p>0,5

Tableau 4. Largeur moyenne de la bouche Lbmoy (en mm), longueur totale moyenne du corps Ltmoy (en mm), rapport moyen RL (=Lb/LT), et variances δ^2 calculés à partir de 10 juvéniles et 10 adultes de *Gobius bucchichi* et de *Millerigobius macrocephalus*.

Table 4.- Mean width of the mouth Lbmoy (in mm), mean total body length Ltmoy (in mm), mean ratio RL (=LB/LT), and variances δ^2 calculated from 10 juveniles and 10 adults of *Gobius bucchichi* and *Millerigobius macrocephalus*.

espèce n = 10	<i>G. bucchichi</i>		<i>M. macrocephalus</i>	
	juvéniles 20-49,5 mm	adultes 50-130 mm	juvéniles 10-22,4 mm	adultes 22,5-37,4 mm
Ltmoy	37,1	75,4	17,8	27,9
$\delta^2(\text{mm}^2)$	19,6556	44,26667	3,5111	7,2111
Lbmoy	0,3252	0,6328	0,1390	0,2580
$\delta^2(\text{mm}^2)$	$1,673.10^{-3}$	$5,586.10^{-3}$	$0,540.10^{-3}$	$1,420.10^{-3}$
RL	$8,781.10^{-3}$	$8,378.10^{-3}$	$7,765.10^{-3}$	$9,233.10^{-3}$
δ^2	$3,364.10^{-7}$	$1,567.10^{-7}$	$2,555.10^{-7}$	$10,111.10^{-7}$

différentes proies consommées par *M. macrocephalus* (Tableau 6), il existe une différence significative ($R_s = 0,6866$; $p > 0,05$) entre les régimes alimentaires des adultes et des juvéniles.

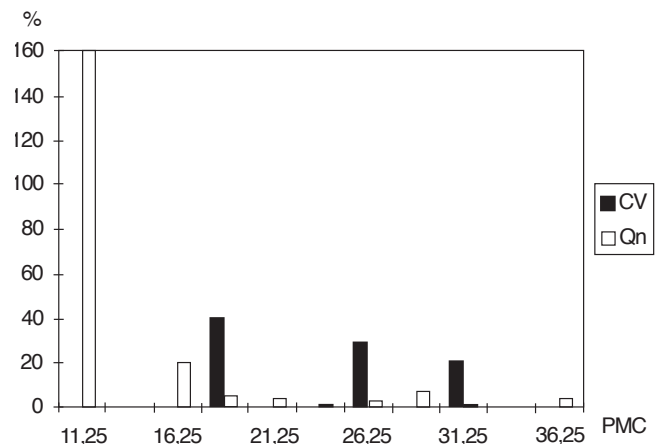


Figure 4. Evolution du coefficient de vacuité (CV) et de l'indice Qn (prise d'aliments) de *Millerigobius macrocephalus* (île Lavezzi, octobre 1990) en fonction des points médians (PMC) des classes de tailles (2,5 mm).

Figure 4. Evolution of the vacuity coefficient (CV) and Qn index (food intake) of *Millerigobius macrocephalus* (Lavezzi Island, October 1990) according to median points (PMC) of 2.5 mm size classes.

6. Comparaison des pourcentages de présence des proies chez les deux espèces

La comparaison des pourcentages de présence des différentes catégories de proies consommées par les juvéniles (Tableau 7) de *G. bucchichi* et *M. macrocephalus* montre une différence significative ($R_s = 0,1820$) de régime alimentaire chez les juvéniles de ces deux espèces. Il en est de même pour les adultes, $R_s = 0,2734$ (Tableau 8). Les régimes alimentaires des deux espèces sont donc significativement différents pendant toute leur vie.

Discussion

Le spectre alimentaire de *G. bucchichi* établi au cours de cette étude (Tableau 2) est très étendu (13 catégories de proies); il n'est pas fondamentalement différent de celui (17 proies) décrit pour l'espèce par Gibson (1968), à partir d'individus capturés en avril-mai dans la région de Banyuls-sur-Mer. Le spectre alimentaire (6 types de proies consommées) de *M. macrocephalus* (Tableau 4) est proche de celui défini pour la même espèce par Ramos Espla & Perez-Ruzafa (1987) en Méditerranée occidentale; ces auteurs n'ont cependant pas noté la présence de sédiment dans les estomacs examinés. Les valeurs du coefficient de vacuité (2 à 9 %) trouvées par Gibson (1968) pour *G. bucchichi* sont plus faibles que celles que nous avons relevées (0,5 à 50 %); ce qui peut provenir du fait que les prélèvements ont eu lieu à des saisons différentes (Banyuls-sur-Mer: avril-mai; Lavezzi: octobre). Il est possible que le régime de *G. bucchichi* varie au cours de l'année. En effet,

Tableau 5. Variation des indices alimentaires chez *Millerigobius macrocephalus* : (a) pourcentage de présence PP, (b) pourcentage numérique N et (c) pourcentage en points P des diverses catégories de proies selon la classe de taille ; PMC : point médian de classe (intervalle de 2,5 mm), pas d'individus capturés dans les classes 13,75 et 33,75 mm ; (d) : valeurs des pourcentages des proies indiquées en a, b et c.

Table 5. Variation of food indices for *Millerigobius macrocephalus*: (a) percentage of occurrence PP, (b) percentage in number N and (c) percentage in points P of the different items according to size class; PMC: 2.5 mm size class median point, no specimen caught in size classes 13.75 and 33.75 mm; (d) values of the different percentages indicated in a, b and c.

Proies/PMC	11,25	16,25	18,75	21,25	23,75	26,25	28,75	31,25	36,25
Copépodes									
Insectes									
Ostracodes									
Amphipodes									
Bivalves									
Gastéropodes									

Proies/PMC	11,25	16,25	18,75	21,25	23,75	26,25	28,75	31,25	36,25
Copépodes									
Insectes									
Ostracodes									
Amphipodes									
Bivalves									
Gastéropodes									

Proies/PMC	11,25	16,25	18,75	21,25	23,75	26,25	28,75	31,25	36,25
Copépodes									
Insectes									
Ostracodes									
Amphipodes									
Bivalves									
Gastéropodes									

d	%
	81 à 100
	61 à 80
	41 à 60
	21 à 40
	01 à 20
	0

la baisse de température du milieu à l'approche de l'hiver entraîne une diminution du métabolisme des gobies, qui, après avoir constitué leur réserves (sous forme de cordons graisseux dans la cavité abdominale) mangent moins. Toutefois, les valeurs notées ici restent proches de celles observées pour *Gobius niger* dans la lagune de Mauguio (12 à 40 %) par Joyeux et al. (1991), mais sont différentes de celles (8 à 11 %) trouvées en Adriatique par Fabi & Frogliia (1983).

L'évolution du coefficient de vacuité CV et de l'indice Qn en fonction des tailles croissantes (Fig. 3) met en évidence une diminution de la prise alimentaire ou un choix alimentaire de *G. buccichi*. Les indices PP, N, P utilisés conjointement et les tests statistiques de comparaison, en

Tableau 6. Comparaison du régime alimentaire des juvéniles et des adultes de *Millerigobius macrocephalus*, (île Lavezzi, octobre 1990). PP = pourcentage de présence ; Rs = coefficient de corrélation de Spearman appliqué sur PP, n indique les effectifs.

Table 6. Comparison between the diet of juveniles and adults of *Millerigobius macrocephalus* (Lavezzi Island, October 1990). PP= percentage of occurrence; Rs = Spearman's correlation coefficient applied on PP, n is the number of specimens.

Proies	Juveniles (10 à 22,4 mm) n = 18 PP	Adultes (22,5 à 37,5 mm) n = 12 PP
Copépodes	77,8	58,3
Ostracodes	22,2	50,0
Amphipodes	5,6	25,0
Bivalves	0,0	25,0
Gastéropodes	0,0	8,3
insectes	5,6	0,0
	Rs = 0,6866	p>0,05

nous renseignant sur la taille des proies, confirment ces deux possibilités. En effet, le pourcentage de présence (Tableau 2a) montre l'existence prépondérante de petites proies (Copépodes et Amphipodes) dans les estomacs des juvéniles et de proies plus grandes (Décapodes, Gastéropodes, Bivalves, Polychètes, poissons) dans ceux des adultes. Les pourcentages numérique N et en points P (Tableau 2b, c) montrent que les proies de grande taille, bien que consommées en petit nombre, constituent une part élevée de la biomasse totale ingérée par les grands poissons. En effet, les Amphipodes sont le plus souvent majoritaires dans le contenu stomacal des juvéniles, 10 à 70-90 % pour N (Tableau 2b), tout en représentant 30 à 70-90 % de la biomasse ingérée P (Tableau 2c), alors que les Bivalves et les poissons, non consommés par les

juvéniles ne représentent que 10 % des proies présentes N (Tableau 2b) dans les estomacs des adultes, et 10 à 50 % de la biomasse ingérée P (Tableau 2c). *G. buccichi* modifie donc son comportement alimentaire au cours de sa croissance (Rs = 0,2416). Ce changement de régime alimentaire est aussi observable chez *M. macrocephalus* (Rs = 0,6866) avec des catégories de proie différentes (Tableau 6): Copépodes préférentiels chez les juvéniles, Ostracodes et surtout Bivalves et Gastéropodes chez les adultes, sans que la biomasse soit modifiée.

Du point de vue énergétique, la recherche et la collecte de petites proies par les gobies adultes sont des comportements coûteux alors que la consommation de proies plus grandes, rendue possible par la plus grande taille de la bouche, est

Tableau 7. Comparaison du régime alimentaire des juvéniles de *Gobius bucchichi* et de *Millerigobius macrocephalus* (île Lavezzi, octobre 1990). PP = pourcentage de présence ; Rs = coefficient de corrélation de Spearman appliqué sur PP.

Table 7. Comparison between the diet of juveniles of *Gobius bucchichi* and *Millerigobius macrocephalus* (Lavezzi Island, October 1990). PP = percentage of occurrence; Rs = Spearman's correlation coefficient applied on PP.

Proies	<i>G. bucchichi</i> (20 à 50 mm) n = 23 PP	<i>M. macrocephalus</i> (10 à 22,4 mm) n = 18 PP
Copépodes	91,3	77,8
Amphipodes	78,3	5,6
œufs	26,0	0,0
Turbellariés	13,0	0,0
Gastéropodes	8,6	0,0
Cumacés	8,6	0,0
Insectes	4,3	5,6
Isopodes	4,3	0,0
Oligochètes	4,3	0,0
Ostracodes	0,0	22,2
T = 0,5554 avec 9 ddl	p>0,5	Rs = 0,1820

Tableau 8. Comparaison du régime alimentaire des adultes de *Gobius bucchichi* et de *Millerigobius macrocephalus* (île Lavezzi, octobre 1990). PP = pourcentage de présence ; Rs = coefficient de corrélation de Spearman appliqué sur PP.

Table 8. Comparison between the diet of adults of *Gobius bucchichi* and *Millerigobius macrocephalus* (Lavezzi Island, October 1990). PP = percentage of occurrence; Rs = Spearman's correlation coefficient applied on PP.

Proies	<i>G. bucchichi</i> (50 à 130 mm) n = 43 PP	<i>M. macrocephalus</i> (22,5 à 37,5 mm) n = 12 PP
Amphipodes	53,5	25,0
Copépodes	37,2	58,3
écaillés	34,9	0,0
œufs	30,2	0,0
Décapodes	25,6	0,0
Gastéropodes	14,0	8,3
Polychètes	14,0	0,0
Bivalves	9,3	25,0
Oligochètes	9,3	0,0
Isopodes	7,0	0,0
poissons	4,7	0,0
Turbellariés	4,7	0,0
Insectes	2,3	0,0
Ostracodes	0,0	50,0
T = 0,9848 avec 12 ddl	p>0,3	Rs = 0,2734

plus rentable. Ceci s'accompagnerait d'une modification de l'occupation territoriale sur le fond et dans la colonne d'eau.

Ce comportement a déjà été établi pour des gobies de grande taille comme *G. cobitis* (Gibson, 1970; De Casabianca & Kiener, 1969), ou *G. niger* (Vaas et al., 1975; Joyeux et al., 1991). Ces deux espèces possèdent un régime alimentaire relativement proche de celui de *G. bucchichi*.

En ce qui concerne *M. macrocephalus*, la taille de la bouche d'un adulte étant comparable à celle d'un juvénile de *G. bucchichi* (Tableau 4), son régime alimentaire est constitué de petites proies appartenant à quelques catégories (Tableaux 7, 8). Ces observations suggèrent que *M. macrocephalus*, à cause de sa petite taille et en raison d'une compétition avec les autres espèces évolue probablement toute sa vie dans un habitat plus restreint, où il consomme les petites proies qui y vivent. Les stratégies alimentaires de ces deux gobies ne sont donc pas identiques.

La présence de *G. cobitis* sur le même site (Camus et al., 1987; Bouchereau et al., 1989) ou celles de *Chromogobius quadrivittatus* et *C. zebratus zebratus* (Pampoulie et Bouchereau, 1996) se traduisent probablement par une compétition alimentaire avec *G. bucchichi* semblable à celle observée entre *Pomatoschistus microps*, *P. minutus* et *G. niger* dans la lagune de Mauguio (Joyeux et al., 1991). La présence de ces espèces ne semble pas affecter *M. macrocephalus*. La modification du comportement trophique en fonction de la taille peut être une adaptation à la compétition interspécifique. Cela a pu être démontré en élevage pour *Pomatoschistus microps* et *P. minutus* (Edlund & Magnhagen, 1981; Magnhagen & Wiederholm, 1982). D'après ces auteurs, *P. microps* et *P. minutus* ont un spectre alimentaire similaire quand ils sont observés séparément, mais consomment préférentiellement des proies différentes quand ils sont présents ensemble sur un même site. *P. microps* semble dominé puisqu'il change de spectre alimentaire et ainsi n'entre pas en concurrence avec *P. minutus* (Edlund et Magnhagen, 1981). Nous suggérons que *G. bucchichi* modifierait son comportement alimentaire et sa position dans la colonne d'eau à cause des autres espèces, concurrentes potentielles pour les ressources alimentaires; il assurerait ainsi la protection de sa niche écologique. La capture de Bivalves, Gastéropodes, Copépodes harpacticoïdes par *G. bucchichi*, et de Copépodes harpacticoïdes et Amphipodes par *M. macrocephalus* permet de penser que ces gobies sont aussi des prédateurs de la meiofaune benthique comme le confirme la présence de sédiment et de débris végétaux dans les contenus stomacaux.

Cette étude montre clairement que les contenus stomacaux de deux espèces sédentaires liées au même biotope peuvent varier de manière significative. Il a été établi que les spectres alimentaires et les stratégies alimentaires de ces deux espèces sympatriques sont fondamentalement différents quelle que soit la taille des individus. Cela est lié à la différence morphologique et à la

différence de taille des espèces aptes à s'attaquer à des proies différentes. Les différences observées sont également liées à la place que chacune des deux espèces occupe dans cet écosystème d'apparence homogène quoique diversifié.

Les espèces sédentaires ont une position bien déterminée dans les écosystèmes littoraux. Les contenus stomacaux de ces espèces, essentiellement prédatrices d'espèces benthiques (Guelorget et al., 1983) peuvent représenter un échantillonnage significatif de la zonation biologique du milieu (Guelorget et al., 1983; Guelorget & Perthuisot, 1983). Ainsi, les contenus stomacaux des poissons peuvent être des traceurs pertinents de l'organisation biologique d'un système paralique (Guelorget & Perthuisot, 1984). Ils pourraient témoigner de la place de l'espèce dans le milieu, et plus généralement dans l'ensemble des écosystèmes paraliques où les conditions environnementales sont très fluctuantes et la zonation très marquée.

Le travail d'inventaire évoqué en introduction a pu être réalisé dans le cadre d'une étude de l'inventaire de l'ichtyofaune de la Réserve du Parc naturel des Iles Lavezzi et Cerbicales (progr: PNR/JMC/MFB/n°307). Cette institution a exceptionnellement autorisé l'usage de la roténone.

References

- Abel E.F. 1960. Liaison facultative d'un poisson (*G. buccichi* Steindachner) et d'une anémone (*Anemonia sulcata* Penn) en Méditerranée. *Vie et milieu*, **11** (4): 517-531.
- Bouchereau J.-L. & Tomasini J.-A. 1989. Note sur la présence de *Chromogobius zebratus* (Kolombatović, 1891) et de *Millerigobius macrocephalus* (Kolombatović, 1891) (*Teleostei*; *Percomorphi*; *Gobioidi*; *Gobiidae*) sur les côtes de Corse, France. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, **114**: 105-110.
- Bouchereau J.-L., Tomasini J.-A., Fernex J.-L. & Miniconi R. 1989. Inventaire ichtyologique et évaluation quantitative de quelques espèces cibles de Labridés, Serranidés et Sparidés des Iles Lavezzi. *Travaux Scientifiques du Parc naturel et Réserves naturelles de Corse*, **24**: 1-34.
- Camus P., Joyeux J.-C., Vianet R., De Buron I. & Robert F. 1987. Etude du peuplement ichthyique péri-insulaire des Iles Lavezzi. *Travaux Scientifiques du Parc naturel et Réserves naturelles de Corse*, **11**: 1-50.
- De Casabianca M. L. & Kiener A. 1969. Gobiidés des étangs corses: systématique, écologie, régime alimentaire et position dans les chaînes trophiques. *Vie et Milieu*, Sér. A, **20** (3): 611-634.
- Edlund A. M. & Magnhagen C. 1981. Food segregation and consumption suppression in two coexisting fishes, *Pomatoschistus minutus* and *P. microps*: an experimental demonstration of competition. *Oikos*, **36**: 23-327.
- Fabi G. & Froglija C. 1983. Food and feeding of *Gobius niger* L. in the central Adriatic Sea. *Procès-Verbaux du Conseil International pour l'Exploration Scientifique de la Méditerranée*, **28** (5): 99-102.
- Fritz E. S. 1974. Total diet comparison in fishes by Spearman rank correlation coefficients. *Copeia*, **1**: 210-214.
- Gibson R. 1968. The food and feeding relationships of littoral fish in the Banyuls region. *Vie et Milieu*, Sér. A, **19**: 447-456.
- Gibson R. 1970. Observation on the biology of the giant goby, *Gobius cobitis* Pallas. *Journal of Fish Biology*, **2**: 281-288.
- Hynes H.B.N., 1950. The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*) with a review of methods used in studies of the food of fishes. *Journal of Animal Ecology*, **19**: 36-58.
- Guelorget O., Frisoni G.F. & Perthuisot J.P. 1983. Caractérisation écologique des milieux en domaine paralique. Critères de choix des paramètres utiles. *Bulletin d'Ecologie*, **14**, 1: 25-34.
- Guelorget O. & Perthuisot J.-P. 1983. *Le Domaine Paralique. Expressions Géologiques, Biologiques et Economiques du Confinement*. Presses de l'Ecole Normale Supérieure, Paris, 136p.
- Guelorget O. & Perthuisot J.P. 1984. Indicateurs biologiques et diagnose écologique dans le domaine paralique. *Bulletin d'Ecologie*, **15**, 1: 67-76.
- Guelorget O., Perthuisot J.P., Lamy N. & Lefebvre A. 1993. Structure et organisation de l'étang de Thau d'après la faune benthique (macrofaune et meiofaune) Relations avec le confinement. *Oceanologica Acta*, **17**, 1: 105-114.
- Joyeux J.-C., Tomasini J.-A. & Bouchereau J.-L. 1991. Le régime alimentaire de *Gobius niger* Linné, 1758 (*Teleostei*, *Gobiidae*) dans la lagune de Mauguio, France. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie*, **12**: 57-69.
- Magnhagen C. & Wiederholm A. M. 1982. Habitat and food preferences of *Pomatoschistus minutus* and *P. microps* (*Gobiidae*) when alone and together: an experimental study. *Oikos*, **39**: 152-156.
- Miller P.-J. 1986. Gobioidi in: Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean (Whitehead P.-J.-P., Bauchot M.-L., Hureau J.-C., Nielsen J., Tortonese E., éd), U.N.E.S.C.O., **III**: 1019-1085.
- Pampoulie C. & Bouchereau J.-L. 1996. Eléments de systématique et de biologie de deux gobiidés (Poissons, Téléostéens) *Chromogobius quadrivittatus* (Steindachner, 1863) et *Chromogobius zebratus zebratus* (Kolombatović, 1891) des Bouches de Bonifacio (Corse, France). *Ichthyophysiological Acta*, **19**: 153-178.
- Pilay T.V.R., 1952. A critic of the methods of study of food fish. *Journal of the Zoological Society of India*, **4**: 185-200.
- Ramos Espla A. & Perez-Ruzafa A. 1987. Presencia de *Millerigobius macrocephalus* (Kolombatović, 1891) (*Teleostei*: *Gobiidae*) en el Mediterraneo occidental, con notas sobre su biologia. *Anales de Biología*, **11** (Biología Animal, 3): 31-35.
- Vaas K. F., Vlasblom A. G. & De Koeijer J. 1975. Studies on the black goby, *Gobius niger* L., in an English south-coast bay. *Journal of Fish Biology*, **27**: 417-429.
- Villiers L. 1979. Contribution à l'étude de la nutrition et de ses aspects énergétiques chez les formes juvéniles de *Deltentosteus quadrimaculatus* (Pisces, *Gobiidae*). Thèse de 3^e cycle, Paris VI: 175 p.