

## INFESTATION COMPARÉE DE *LIGULA INTESTINALIS* (CESTODA: DIPHYLLOBOTHRIDAE) CHEZ DEUX POISSONS CYPRINIDÉS : *RUTILUS RUBILIO* ET *SCARDINIUS ERYTHROPHthalmus* DANS DEUX RETENUES DE BARRAGES EN TUNISIE

BAHRI-SFAR L.\*, HADDAOUI N.\*, BOUZID W.\*, ESSETTI I.\*, QNINBA A.\*\* & BEN HASSINE O.K.\*

**Summary:** COMPARED PARASITIC INFECTION OF *LIGULA INTESTINALIS* (CESTODA: DIPHYLLOBOTHRIDAE) IN CYPRINIDAE SPECIES: *RUTILUS RUBILIO* AND *SCARDINIUS ERYTHROPHthalmus* IN TWO DAM RESERVES IN TUNISIA

Monitoring quantitative parameters of parasitism by *Ligula intestinalis* (Cestoda: Diphylobothridae) was performed by examining 516 fish belonging to two introduced freshwater species: *Rutilus rubilio* (350 individuals) and *Scardinius erythrophthalmus* (166 individuals). These fish were collected in two dam reserves in Tunisia, Sidi Salem and Nebhana. The analysis of the aquatic bird's composition in these two reserves revealed the existence of piscivorous bird species that were previously reported as final host of *Ligula*. Monitoring the bird's composition highlighted higher relative abundance and frequency in Sidi Salem than in Nebhana dam reserve. The analyses of the prevalence, mean intensity and abundance of the parasite revealed the most important values in roach, *Rutilus rubilio* which seems to be the preferential second intermediate host of the parasite *Ligula intestinalis* in these environments. Comparative analysis of parasitism in both explored sites suggests that *Ligula intestinalis* presents two different strategies of infestation. In Sidi Salem reserve, which is larger than Nebhana and containing an important and diversified piscivorous species, the parasite infects a maximum of host individuals with low parasite mean intensity values. However, at Nebhana, which is a smaller reserve, the parasite infects fewer individuals than Sidi Salem but with higher mean intensity. The highest prevalence values were recorded in large size classes of roach species in Sidi Salem reserve.

**KEY WORDS:** *Ligula intestinalis*, *Rutilus rubilio*, *Scardinius erythrophthalmus*, parasitism, dam reserve, Tunisia.

### Résumé :

Le suivi des paramètres quantitatifs du parasitisme par *Ligula intestinalis* (Cestoda : Diphylobothridae) a été réalisé par l'examen de 516 spécimens appartenant à deux espèces introduites de poissons d'eau douce : *Rutilus rubilio* (350 individus) et *Scardinius erythrophthalmus* (166 individus). Les échantillonnages ont été réalisés dans deux retenues de barrages, Sidi Salem et Nebhana en Tunisie. L'analyse de la composition spécifique de l'avifaune piscivore dans ces deux retenues a révélé l'existence d'espèces d'oiseaux déjà décrites dans la littérature comme étant des hôtes définitifs de la ligule. Le suivi de l'avifaune dans les deux plans d'eau a montré une abondance relative et une fréquence plus élevées dans la retenue de Sidi Salem que dans celle de Nebhana. L'analyse des prévalences, des intensités moyennes et de l'abondance du parasite a révélé des valeurs plus importantes chez le gardon, *Rutilus rubilio* qui semble donc le second hôte intermédiaire préférentiel de *Ligula intestinalis* dans ces milieux. L'analyse comparée de la parasitose, dans les deux retenues prospectées, suggère que la ligule présente deux stratégies différentes d'infestation selon le plan d'eau. À Sidi Salem, grande retenue dont la superficie est plus importante que celle de Nebhana et qui de plus abrite une avifaune piscivore plus importante et beaucoup plus diversifiée, le parasite infeste le maximum d'individus hôtes avec des charges parasitaires faibles. En revanche, à Nebhana, petite retenue, le parasite infeste moins d'individus hôtes qu'à Sidi Salem, mais avec des intensités moyennes beaucoup plus élevées. L'analyse de la prévalence en fonction de la taille et de l'âge au niveau de la retenue de Sidi Salem a révélé des valeurs plus élevées dans les grandes classes de taille chez le gardon.

**MOTS CLÉS :** *Ligula intestinalis*, *Rutilus rubilio*, *Scardinius erythrophthalmus*, parasitisme, barrage, Tunisie.

## INTRODUCTION

L'introduction d'espèces allochtones de poissons est pratiquée un peu partout dans le monde pour les besoins de l'aquaculture. Celle-ci a différents objectifs : l'élevage de nouvelles espèces, la création

de nouvelles pêcheries, l'occupation de « niches vacantes » (Cowx, 1997), l'installation d'espèces fourrages pour les carnivores ou encore la lutte biologique (Welcomme, 1988).

De nombreuses introductions ont été des succès surtout économiques (barbeau, sandre), d'autres ont eu des conséquences écologiques néfastes, à savoir la dégradation des environnements hôtes (Cowx, 1997), la rupture des communautés hôtes soit par prédation directe (Nijssen & De Groot, 1974 ; Mc Dowall, 1984 ; Cowx, 1997), soit par compétition (Welcomme, 1967 ; Noble, 1980 ; Cowx, 1997) ou encore à travers la cascade trophique (Welcomme, 1988). De plus, l'introduction d'une nouvelle espèce implique, si aucune

\* Unité de Biologie, Ecologie et Parasitologie des Organismes Aquatiques, Faculté des Sciences de Tunis, Campus universitaire, 2092, Tunis, Tunisie.

\*\* Université Mohamed V – Agdal, Institut Scientifique, Département de Zoologie et Écologie Animale. B.P. 703 – 10106, Rabat, Maroc.  
Correspondance : Lilia Bahri-Sfar  
Tél. : 00 216 71872600 – Fax : 00 216 71885480  
E-mail : lilia.bahri@gmail.com

mesure prophylactique n'est prise, l'introduction, dans le nouveau milieu de ses agents pathogènes et de ses parasites (Allardi, 1984 ; Welcomme, 1988 ; Allendorf, 1991 ; Keith & Allardi, 1997).

Les retenues de barrages tunisiens ont fait l'objet d'opérations d'introduction dont les premières dateraient d'environ une quarantaine d'années (Zaouali, 1981). Certaines introductions ont échoué alors que d'autres se sont traduites par des expansions considérables des stocks.

Actuellement, les plans d'eau des retenues de barrages, dans le nord et le centre du pays, sont peuplés de poissons à valeur commerciale directe (consommation humaine) ou indirecte (poissons fourrages pour des espèces carnivores). Ces poissons comprennent des espèces autochtones (barbeau, anguille) et des espèces introduites du Sud de l'Europe, appartenant principalement à la famille des Cyprinidés (carpe commune, gardon, rotengle) (Losse *et al.*, 1991 ; Kraiem, 1992).

Parmi les parasitoses associées aux Cyprinidés figure la ligulose (Moisan, 1956 ; Dubinina, 1980 ; Weeks & Perlington 1986 ; Loot *et al.*, 2001a). En Tunisie, *Ligula intestinalis* (Linnaeus, 1758) a été récolté sur le gardon, *Rutilus rubilio* (Bonaparte, 1837) et le rotengle, *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) (*in* Losse *et al.*, 1991). Ces espèces ont déjà été décrites comme étant des hôtes secondaires de la ligule (Manilla *et al.* 1984 ; Ökter 2003 ; Stojanovski *et al.* 2006). Deux hypothèses peuvent être avancées quant à la présence de la ligule dans les retenues tunisiennes d'eau douce : l'introduction des plérocercoides avec le second hôte intermédiaire (poissons Cyprinidés) ou la libération des œufs par les oiseaux piscivores migrateurs, qui viennent régulièrement séjourner dans les plans d'eau douce tunisiens. Dans les deux cas, cela suppose que toutes les conditions, favorables au déroulement du cycle de développement du parasite, se trouvent réunies dans ces milieux et notamment la présence du premier hôte intermédiaire, généralement un crustacé copépode (Loot *et al.*, 2001a).

Dans le présent travail, nous nous proposons de suivre les paramètres quantitatifs du parasitisme (prévalence, intensité moyenne et abondance) de deux populations des deux espèces de poissons Cyprinidés, dans deux retenues de barrages tunisiens, Sidi Salem et Nebhana, puis de les comparer en tenant compte de la composition spécifique de l'avifaune aquatique locale.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### SITES D'ÉTUDE

Afin de réaliser cette étude, deux sites correspondant chacun à une retenue de barrage ont été prospectés. Le premier est représenté par la

retenue de Sidi Salem située dans la région septentrionale de la Tunisie avec une superficie de 4 300 ha et une profondeur moyenne de 10 m (Figure 1). Elle abrite aussi bien des poissons autochtones (*Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758) ; *Barbus callensis* Valenciennes, 1842 ; *Pseudophoxinus callensis* (Guichenot 1850) ; *Aphanius fasciatus* (Valenciennes, 1821) et *Pomatoschistus minutus* (Pallas, 1770)) que des espèces introduites (carpe commune, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 sous ses deux formes, miroir et écailleuse ; gardon, *Rutilus rubilio* (Bonaparte, 1837) ; rotengle, *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) et sandre, *Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758) (Losse *et al.*, 1991)). Le deuxième correspond à la retenue du barrage Nebhana qui est une petite retenue (540 ha) et est alimentée par l'Oued Nebhana (Figure 1). Elle se distingue par l'absence de végétation aquatique immergée ou émergée (Losse *et al.*, 1991) et une ichthyofaune à faible densité, caractérisée par la fréquence de grands spécimens (Losse *et al.*, 1991).

### RÉCOLTE DES POISSONS

Dans les deux sites, la collecte des poissons a été effectuée durant une année, du mois de juin 2004 jusqu'au mois de mai 2005, à raison de deux campagnes par saison. Dans les deux retenues, les poissons ont été capturés durant toutes les campagnes de pêche avec des filets professionnels monofilament (40 mm de côté de maille) habituellement utilisés par les pêcheurs, mais aussi au moyen de filets multimailles scientifiques (les mailles étaient respectivement de 15, 26, 40, 50, 60 et 80 mm de côté de maille) que nous avons fournis aux pêcheurs. Toutefois, durant la période de repos biologique (mars, avril, mai), seuls les filets scientifiques ont été utilisés suite à l'arrêt de la pêche professionnelle à cette époque de l'année. En outre, l'échantillonnage a été plus fréquent dans la retenue de Sidi Salem que dans celle de Nebhana où la pêche professionnelle est occasionnelle et où la population des pêcheurs est beaucoup moins importante.

Les poissons récoltés ont été d'abord triés par espèce. Ils ont été ensuite mesurés et pesés. La correspondance âge/taille des poissons examinés des deux espèces dans la retenue de Sidi Salem a pu être réalisée (Tableau II) grâce aux travaux de Djemali (2005).

Un examen de la cavité abdominale de chaque poisson récolté a été réalisé pour la recherche des larves plérocercoides. Les ligules rencontrées ont été dénombrées et nous avons calculé la prévalence, l'intensité moyenne et l'abondance (Margolis *et al.*, 1982 ; Bush *et al.*, 1999).

### PROSPECTIONS ORNITHOLOGIQUES

Les campagnes de prospections relatives à l'avifaune ont été mensuelles. L'identification a été réalisée à l'aide d'un télescope Kowa TSN1 (grossissement 20 × 60) et

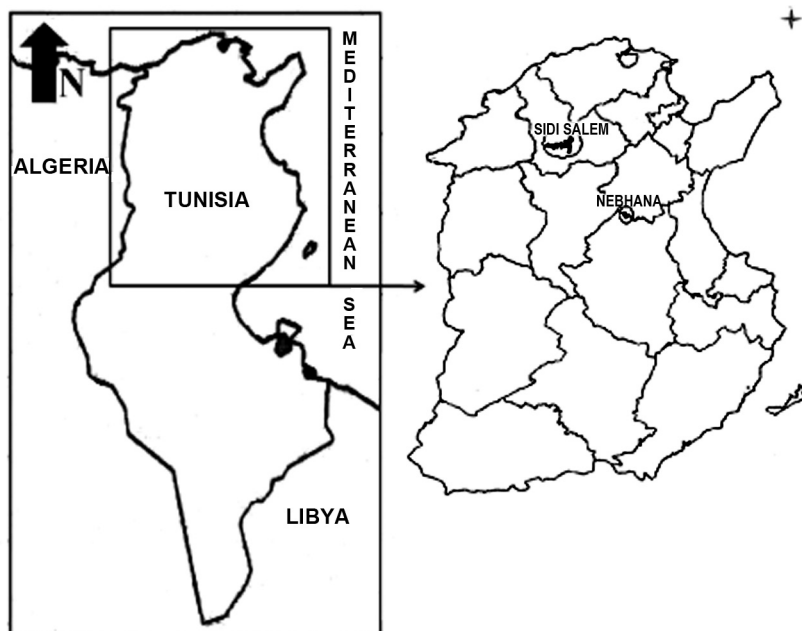


Fig 1. – Sites d'échantillonnage du gardon, *Rutilus rubilio* et du rotengle, *Scardinius erythrophthalmus*.

d'une paire de jumelles (10 × 50). Toutes les espèces d'oiseaux ont été recensées. Leurs effectifs ont été notés. Seules les espèces entièrement ou partiellement piscivores ont été retenues pour la présente étude. Les statuts phénologiques des espèces considérées ont été déterminés. Bien que le balbuzard pêcheur, *Pandion haliaetus* (Linnaeus, 1758) ne soit pas réellement une espèce d'oiseau d'eau, il a été pris en considération dans cette étude, du fait de son régime alimentaire exclusivement piscivore.

#### ANALYSES STATISTIQUES

Les tests statistiques ont été réalisés grâce au logiciel PASW Statistics 18 (version d'évaluation). La normalité des distributions a été vérifiée avec le test Shapiro-Wilk. La comparaison des intensités moyennes et des abondances a été réalisée par le test de Kruskal-Wallis et le test de Mann-Whitney. Les prévalences ont été testées par le test  $\chi^2$  de Pearson. Les corrélations ont été analysées par la régression linéaire de Pearson.

## RÉSULTATS

#### LES POISSONS RÉCOLTÉS

Les campagnes de pêches effectuées nous ont permis de récolter, au total, 350 gardons et 166 rotengles (Tableau I). Dans les deux retenues prospectées, les effectifs des individus collectés des deux espèces, relatifs à chaque classe de taille et d'âge, sont présentés dans le Tableau II. La difficulté pratique de collecte des petits poissons sur les rivages de la retenue de Sidi Salem où ces derniers semblent abonder

Sites	Espèces	nt	P %	A (SD)	np	IM (SD)
Sidi Salem	Gardon	271	14,8	0,42 (1,25)	40	2,9 (1,94)
	Rotengle	95	4,2	0,07 (0,36)	4	1,8 (0,50)
Nebhana	Gardon	79	5,1	0,32 (1,62)	4	6,3 (4,34)
	Rotengle	71	1,4	0,05 (0,47)	1	4

$n_t$  : Effectif des poissons examinés ;  $n_p$  : Effectif des poissons parasités ; P : Prévalence % ; IM : Intensité moyenne ; A : Abondance , (SD) : Ecart-type.

Tableau I. – Effectifs des poissons examinés, parasités, et paramètres épidémiologiques de la Ligulose chez le gardon et le rotengle dans les retenues de barrages de Sidi Salem et de Nebhana.

(Djemali, 2005), ajoutée à la sélectivité des engins de pêche utilisés, explique l'absence de poissons de taille inférieure à 15 cm dans notre échantillonnage.

L'analyse de la structure en classes de taille, dans notre échantillonnage, montre la prédominance, de la classe de taille (18-20) pour le gardon et ceci au niveau des deux retenues prospectées alors que pour le rotengle, cette classe de taille ne prédomine qu'au niveau de nos récoltes à Sidi Salem (Tableau II). En effet, dans la retenue de Nebhana, la classe de taille la plus fréquente pour le rotengle est comprise entre 22 et 24 cm (Tableau II).

La correspondance âge/taille, pour les échantillons provenant de Sidi Salem, montre une prédominance des gardons âgés de 2+. En ce qui concerne les rotengles de Sidi Salem, les poissons récoltés appartiennent aux deux classes d'âge 2+ et 3+. L'absence des rotengles de grande taille pourrait s'expliquer par un biais introduit par l'engin de pêche, associé probablement à une sur-exploitation déjà mentionnée par Djemali (2005).

COMPOSITION SPÉCIFIQUE  
DE L'AVIFAUNE AQUATIQUE  
DES DEUX RETENUES DE BARRAGES PROSPECTÉES

Dans la retenue de Sidi Salem, différentes espèces d'oiseaux d'eau ont été identifiées. Parmi celles-ci, plusieurs sont exclusivement ou à dominance piscivore (qu'elles soient sédentaires, hivernantes ou migratrices de passage), certaines s'avérant très fréquentes (Tableau III). À côté de ces espèces, d'autres, qui ont un régime mixte à base d'invertébrés et de poissons, fréquentent également cette retenue. Dans la retenue de Nebhana, l'avi-faune aquatique est beaucoup moins diversifiée (Tableau III). Les espèces piscivores sont peu fréquentes ou rares avec de faibles effectifs.

PARASITISME PAR LA LIGULE

• Prévalence globale

L'examen de la cavité générale des gardons et des rotengles récoltés a permis de collecter, dans les deux sites prospectés, la forme larvaire plérocercoides de *Ligula intestinalis*. Ces larves ne présentent pas la même longueur. En effet, celle-ci, qui varie de 4 à 44 cm, refléterait le temps de séjour de la ligule dans la cavité abdominale du second hôte intermédiaire, séjour qui peut fluctuer de quelques mois à plusieurs années (Moisan, 1956 ; Loot, 2001).

Sur les gardons examinés dans la retenue du barrage de Sidi Salem, la prévalence globale calculée est de 14,8 % alors qu'elle est significativement plus faible dans la retenue du Barrage de Nebhana où elle est égale à

5,1 % ( $\chi^2 = 5,23$  ; ddl = 1 ;  $P < 0,05$ ). Ceci n'est pas le cas pour le rotengle chez lequel la différence de prévalence entre les deux retenues n'est pas significative. De plus, la prévalence observée chez le gardon de Sidi Salem (Tableau 1) est significativement plus importante ( $\chi^2 = 7,40$  ; ddl = 1 ;  $P < 0,01$ ) que celle relevée, dans cette retenue, chez le rotengle (4,2 %).

Quant au niveau de la retenue de Nebhana, nous avons observé une prévalence plus importante chez le Gardon que chez le rotengle mais la différence demeure non significative (Tableau II).

• Prévalence selon la taille de l'hôte

L'analyse de la prévalence de la Ligulose en fonction des classes de taille ( $\chi^2 = 35,52$  ; ddl = 5 ;  $P < 0,001$ ) et d'âge ( $\chi^2 = 41,22$  ; ddl = 3 ;  $P < 0,001$ ) de l'hôte montre une différence hautement significative dans le cas du gardon de la retenue de Sidi Salem. En effet, une infestation précoce s'observe dans la classe de taille (16-18) correspondant à la classe d'âge 1+ (Tableau II) suivie d'une augmentation significative des valeurs de la prévalence dans les grandes classes de taille (test de Pearson  $r = 0,86$ ). Toutefois, des valeurs plus faibles de la prévalence sont notées dans les classes de taille (18-20) et (20-22) qui correspondent à des poissons âgés de 2+ (Tableau II). Dans le cas du rotengle, seuls les poissons, appartenant aux deux classes de taille (18-20) et (20-22) et correspondant aux classes d'âge 2+ et 3+, sont infestés par la ligule dans notre échantillonnage (Tableau II). Aucune différence significative de prévalence n'est relevée entre ces deux classes de taille.

	Classes	Gardon				Rotengle				
		n	P %	I (SD)	A (SD)	n	P %	I (SD)	A (SD)	
Sidi Salem	Classes de taille	[16-18]	6	16,7	1,0	0,17 (0,40)	13	0	0	0
		[18-20]	114	6,1	2,7 (1,49)	0,17 (0,74)	42	4,8	1,5 (0,7)	0,07 (0,43)
		[20-22]	95	12,6	2,8 (1,49)	0,34 (1,02)	36	5,6	2,0 (0,0)	0,11 (0,35)
		[22-24]	46	30,4	3,4 (2,59)	1,04 (2,11)	4	0	0	0
		[24-26]	8	50	2,0 (0,81)	1,00 (1,19)	0	0	0	0
		[26-28]	2	100	3,0 (2,82)	3,00 (2,82)	0	0	0	0
	Classes d'âge	1+	3	33,3	1,0	0,33 (0,57)	0	0	0	0
		2+	222	8,6	2,7 (1,45)	0,23 (0,86)	46	4,3	1,5 (0,7)	0,06 (0,33)
		3+	42	40,5	3,1 (2,43)	1,29 (2,19)	49	4,1	2,0 (0,0)	0,08 (0,39)
		4+	4	75	2,7 (2,08)	2,00 (2,16)	0	0	0	0
Nebhana	Classes de taille	[16-18]	5	80	6,3 (4,34)	5 (4,69)	5	0	0	0
		[18-20]	28	0	0	0	2	0	0	0
		[20-22]	21	0	0	0	12	0	0	0
		[22-24]	7	0	0	0	37	2,7	4,0	0,11 (0,66)
		[24-26]	7	0	0	0	12	0	0	0
		[26-28]	11	0	0	0	3	0	0	0

n : effectif de chaque classe ; P : prévalence % ; IM : intensité moyenne ; A : abondance ; (SD) : écart-type.

Tableau II. – Paramètres épidémiologiques de la ligulose en fonction de la taille et de l'âge des gardons et des rotengles récoltés dans les retenues de barrages de Sidi Salem et de Nebhana.

Régime alimentaire	Statut phénologique					
	Sédentaire		Hivernant		Migrateur de passage	
	Sidi Salem	Nebhana	Sidi Salem	Nebhana	Sidi Salem	Nebhana
<b>Piscivore exclusif</b>	<i>Alcedo atthis</i> (L.) E(1-5) / F(50%)		<i>Phalacrocorax carbo</i> (L.) E(20-70) / F(67%)* <i>Pandian haliaetus</i> (L.) E(1) / F(17%)*	<i>Phalacrocorax carbo</i> (L.) E(2-5) / F(33%)*		
<b>Piscivore dominant</b>	<i>Podiceps cristatus</i> (L.) E(20-40) / F(90%) <i>Tachybaptus ruficollis</i> (Pallas, 1764) E(12-30) / F(90%) <i>Ardea cinerea</i> L. E(15-30) / F(90%) <i>Egretta garzetta</i> (L.) E(8-25) / F(90%)	<i>Podiceps cristatus</i> (L.) E(3-8) / F(40%) <i>Tachybaptus ruficollis</i> (Pallas, 1764) E(2-10) / F(40%) <i>Ardea cinerea</i> L. E(2-6) / F(30%) <i>Egretta garzetta</i> (L.) E(3-10) / F(30%)	<i>Podiceps nigricolis</i> Brehm, 1831 E(11-20) / F(43%)* <i>Egretta alba</i> (L.) E(5-10) / F(43%)* <i>Sterna sandvicensis</i> Latham 1787 E(3-5) / F(37%)* <i>Sterna caspia</i> (Pallas, 1770) E(1-2) / F(37%)*	<i>Podiceps nigricolis</i> Brehm, 1831 E(1-2) / F(28%)* <i>Sterna sandvicensis</i> Latham 1787 E(1-2) / F(25%)*	<i>Ixobrychus minutus</i> (L.) E(3-10) / F(20%) <i>Nyctycorax nyctycorax</i> (L.) E(2-8) / F(20%) <i>Ardeola ralloides</i> (Scopoli, 1769) E(7-20) / F(30%) <i>Ardea purpurea</i> L. E(2-6) / F(20%) <i>Gelocbelidon nilotica</i> (Gmelin, 1789) E(2-5) / F(30%) <i>Sterna birundo</i> L. E(1-2) / F(20%) <i>Sterna albifrons</i> Pallas, 1764 E(4-10) / F(50%) <i>Cblidonias niger</i> (L.) E(3-8) / F(40%) <i>Cblidonias leucopterus</i> (Temminck, 1815) E(4-10) / F(30%) <i>Cblidonias hybridus</i> (Pallas, 1811) E(3-7) / F(40%)	<i>Gelocbelidon nilotica</i> (Gmelin, 1789) E(2-3) / F(20%) <i>Sterna albifrons</i> Pallas, 1764 E(2-4) / F(30%) <i>Cblidonias niger</i> (L.) E(1-3) / F(20%) <i>Cblidonias leucopterus</i> (Temminck, 1815) E(1-2) / F(20%)
<b>Mixte</b>	<i>Bubulcus ibis</i> (L.) E(10-20) / F(70%) <i>Larus michabellis</i> Naumann, 1840 E(12-30) / F(80%)	<i>Larus michabellis</i> Naumann, 1840 E(3-10) / F(30%)	<i>Actitis hypoleucos</i> (L.) E(6-10) / F(100%)* <i>Tringa ochropus</i> L. E(4-6) / F(100%)* <i>Himantopus himantopus</i> (L.) E(10-35) / F(100%)* <i>Larus genei</i> Brème, 1839 E(8-20) / F(83%)* <i>Larus minutus</i> Pallas, 1776 E(1-2) / F(33%)* <i>Larus ridibundus</i> L., 1766 E(8-20) / F(75%)* <i>Larus fuscus</i> L. E(2-5) / F(67%)*	<i>Larus minutus</i> Pallas, 1776 E(1) / F(17%)* <i>Larus ridibundus</i> L., 1766 E(2-6) / F(37%)*	<i>Ciconia nigra</i> (L.) E(1-2) / F(10%) <i>Ciconia ciconia</i> (L.) E(8-30) / F(40%)	

E : effectifs minimum et maximum observés ; F : fréquence relative en pourcentage.

\* Fréquence = (nombre d'observations / nombre de mois d'hivernage de l'espèce) × 100.

Tableau III. – Composition spécifique de l'avifaune aquatique observée dans les deux retenues de barrages prospectés.

En revanche, au niveau de la retenue de Nebhana, seuls les jeunes gardons examinés de la classe de taille (16-18) sont parasités avec une prévalence élevée atteignant 80 % (Tableau II). Dans le cas du rotengle, l'infestation est moins importante et n'a été observée que chez les poissons appartenant à la classe de taille (22-24).

- Intensité moyenne globale

Les valeurs de l'intensité moyenne, relevées chez les deux espèces dans la retenue de Sidi Salem, sont faibles (Tableau I). Elles sont plus élevées chez le gardon (2,9) que chez le rotengle (1,8) mais de manière statistiquement non significative (test de Mann-Whitney). Il en est de même pour le gardon et le rotengle à Nebhana (6,3 *vs* 4).

La comparaison des intensités moyennes entre les deux sites étudiés montre qu'au niveau des échantillons de Nebhana, les intensités moyennes relevées (Tableau 1) sont plus importantes (6,3 *vs* 2,9 chez le gardon et 4 *vs* 1,8 chez le rotengle). Cependant, ces différences ne sont significatives que dans le cas du gardon (U de Mann-Whitney = 34,5 ;  $P < 0,05$ ).

- Intensité moyenne selon la taille

Dans la retenue de Sidi Salem, nous n'avons pas relevé de différences significatives entre les valeurs des intensités moyennes (Tableau II) des différentes classes de taille (Kruskal-Wallis,  $P = 0,77$ ) ou d'âge du gardon ( $P = 0,64$ ). De même, aucune différence significative, entre les valeurs de l'intensité moyenne chez les deux classes de taille du rotengle de Sidi Salem, n'a été mise en évidence. Dans la retenue de Nebhana, l'unique classe de taille de gardons infestés (16-18) présente une valeur de l'intensité moyenne élevée (6,3).

- Abondance globale

Dans les deux retenues étudiées, les abondances globales de la ligule sont plus importantes chez le gardon que chez le rotengle (Tableau I). Cette différence n'est significative que dans la retenue de Sidi Salem (U de Mann-Whitney = 11490 ;  $P < 0,01$ ). La comparaison entre les deux sites montre une abondance du parasite, plus importante dans la population du gardon de Sidi Salem que celle observée chez les gardons de Nebhana (U de Mann-Whitney = 9712 ;  $P < 0,05$ ).

- Abondance selon la taille

Chez le gardon de la retenue de Sidi Salem, des différences significatives ont été mises en évidence entre les valeurs de l'abondance pour les différentes classes de taille (test de Kruskal-Wallis,  $P < 0,001$ ) et d'âge ( $P < 0,001$ ). Une corrélation positive entre les valeurs de l'abondance et les classes de taille ( $r = 0,86$ ) a été notée pour les échantillons de gardon de la retenue de Sidi Salem (Tableau II).

## DISCUSSION

L'étude des paramètres parasitologiques globaux (prévalence, intensité moyenne et abondance), au niveau des deux sites prospectés, a révélé que le gardon semble constituer le second hôte intermédiaire préférentiel de *Ligula intestinalis*. En revanche, le rotengle semble constituer un hôte intermédiaire secondaire.

Le gardon, *Rutilus rubilio* possède une répartition géographique limitée au sud de l'Europe où il est à présent considéré comme une espèce menacée, en raison de la perte progressive de son habitat (Crivelli, 2006). En Tunisie, lors des introductions des deux espèces (gardon et rotengle) dans les retenues de barrages, les effectifs du gardon étaient plus importants (Losse *et al.*, 1991). L'évaluation actuelle des stocks des deux espèces dans la retenue du barrage de Sidi Salem montre que le rotengle est plus abondant que le gardon (respectivement 48 % contre 6 %) (Djemali *et al.* 2003). Or, dans l'ensemble de nos récoltes, les gardons sont plus abondants que les rotengles, ce qui peut être expliqué par un problème d'échantillonnage. En effet, il est connu que gardons et rotengles se déplacent en bancs monospécifiques, peu compacts. Il est fort probable qu'au cours de notre échantillonnage, les pêcheurs ont capturé plus de bancs de gardons que de rotengles.

Plusieurs autres espèces de Cyprinidés ont été signalées comme étant des seconds hôtes intermédiaires de *L. intestinalis* comme le gardon commun (*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)), l'ablette (*Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758)), le vairon (*Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758)), la brème commune (*Abramis brama* (Linnaeus, 1758)), la brème bordelière (*Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758)), le goujon (*Gobio gobio* (Linnaeus, 1758)) ainsi que plusieurs espèces du genre *Barbus* (Barson & Marshall, 2003 ; Dejen *et al.*, 2006 ; Bouzid *et al.*, 2008). Parmi ces espèces, le gardon commun, *Rutilus rutilus* a été signalé, par différents auteurs et dans plusieurs localités, comme étant l'hôte préférentiel de *Ligula intestinalis* (Bean & Winfield, 1992 ; Loot *et al.*, 2001a ; Bouzid *et al.*, 2008). D'après Loot *et al.* (2006), l'abondance des hôtes potentiels affecterait fortement la spécificité locale de la ligule. En effet, dans les plans d'eau du Sud-Ouest de la France, *Rutilus rutilus* est l'espèce la plus fréquente, elle co-existe avec plusieurs autres hôtes potentiels. Cependant, elle est la seule ou la principale espèce parasitée par la ligule dans ces plans d'eau (Loot *et al.*, 2001a). Dans la retenue de Sidi Salem, et malgré sa faible densité, *Rutilus rubilio* constitue l'hôte préférentiel de *Ligula intestinalis*. En effet, la permissivité de l'hôte et son comportement seraient aussi des facteurs déterminants de la variation de l'intensité de l'infestation parastiaire (Tanguay & Scott, 1992).

Dans cette étude, la différence de prévalence observée, entre le gardon et le rotengle, est probablement liée au comportement alimentaire différent de ces deux espèces. En effet, le gardon possède un régime alimentaire constitué essentiellement de plantes et d'invertébrés et est davantage basé sur le zooplancton chez les stades jeunes (Balestrieri *et al.*, 2006 ; Svanback *et al.*, 2008). Quant au rotengle, il semble posséder un régime davantage basé sur les macrophytes (Prejs & Jackowska, 1978).

La valeur de la prévalence globale du parasite, chez les deux espèces de poissons, et particulièrement chez le gardon, est beaucoup plus importante dans la retenue de Sidi Salem que dans celle de Nebhana. Quant à la valeur de l'intensité moyenne, elle est plus élevée chez le gardon dans la retenue de Nebhana que dans celle de Sidi Salem. Les abondances observées, dans les deux retenues sont faibles, mais demeurent cependant plus importantes chez le gardon de la retenue de Sidi Salem. Ces résultats nous amène à penser que la ligule intestinale présente deux stratégies parasitaires selon le plan d'eau. À Sidi Salem, le parasite infeste le maximum d'individus hôtes avec des charges parasitaires faibles. En revanche, à Nebhana, *L. intestinalis* parasite moins d'individus hôtes qu'à Sidi Salem mais avec des charges parasitaires plus élevées.

Ces résultats mettent ainsi en exergue l'impact des différences des conditions du milieu sur le parasitisme. En effet, Sidi Salem est une vaste retenue dont la superficie est 8,2 fois plus grande que celle de Nebhana, qui abrite en outre, une avifaune diversifiée qui assure un large spectre d'hôtes définitifs potentiels, susceptibles de favoriser la transmission de la ligule. De plus, parmi les plans d'eau douce tunisiens, la retenue du barrage de Sidi Salem est celle qui possède la biomasse piscicole la plus importante (Losse *et al.*, 1991). Ce milieu offre, par conséquent, une opportunité au parasite pour se propager et achever son cycle parasitaire en infestant plusieurs individus hôtes. En effet, une prévalence élevée n'est que le reflet de la réunion de toutes les conditions nécessaires et favorables pour qu'un parasite puisse boucler son cycle et prospérer.

De ce point de vue, la retenue de Sidi Salem semble offrir un milieu beaucoup plus propice pour le développement du parasite que celui du plan d'eau du barrage de Nebhana. Cette dernière possède une superficie moins importante que celle de Sidi Salem. Elle héberge une avifaune piscivore beaucoup moins diversifiée que celle observée à Sidi Salem avec des effectifs plus faibles, ce qui réduit considérablement les chances du parasite *L. intestinalis* d'assurer sa transmission. Par conséquent, le parasite infeste moins d'individus hôtes qu'à Sidi Salem, mais avec des charges parasitaires beaucoup plus élevées afin de compenser les faibles prévalences en augmentant le nombre de propagules (œufs) libérés

par les hôtes définitifs infestés. En effet, l'agrégation parasitaire favoriserait la transmission par prédation, ce qui contribue au succès du parasite (Hudson *et al.*, 1992 ; Combes, 1995). Ainsi, pour contrecarrer les conditions défavorables au développement du parasite dans la retenue de Nebhana, des adaptations, capables d'optimiser le succès de passage d'hôte à hôte (Combes, 1995) auraient été sélectionnées, augmentant ainsi les chances de transmission du parasite. Cette sélection affecterait des gènes ou des combinaisons de gènes impliqués dans ce processus de favorisation (Combes, 1995). Cependant, bien que ce procédé de sélection soit mentionné par les parasitologues, d'autres facteurs, liés à l'éco-biologie des jeunes gardons dans la retenue de Nebhana ou encore à la densité et à la répartition du premier hôte intermédiaire, peuvent intervenir et faciliteraient ainsi la transmission parasitaire.

Les résultats obtenus, suite à l'étude ornithologique, montrent la présence, de manière fréquente à Sidi Salem et peu fréquente à Nebhana, d'un certain nombre d'espèces (le grand Cormoran, *Phalacrocorax carbo* (Linnaeus, 1758) ; l'aigrette garzette, *Egretta garzetta* (Linnaeus, 1758) ; le héron cendré, *Ardea cinerea* Linnaeus, 1758 et le grèbe huppé, *Podiceps cristatus* (Linnaeus, 1758)) déjà décrites comme étant des hôtes définitifs de *Ligula intestinalis* (Moisan, 1956).

Au sud de la France, le grèbe huppé, *Podiceps cristatus*, serait l'hôte définitif de la ligule, en raison d'une certaine constance de sa population, mais aussi en raison de la taille et de l'amplitude d'ouverture de son bec, correspondant à la taille moyenne des poissons (Loot *et al.*, 2001a). Cette espèce sédentaire est présente aussi bien dans la retenue de Sidi Salem que dans celle de Nebhana. Sa présence au niveau de la retenue de Sidi Salem est quasi permanente avec souvent d'importants effectifs. Le grand Cormoran, *Phalacrocorax carbo*, pourrait constituer également une espèce déterminante dans la transmission du parasite puisque des adultes de *Ligula intestinalis* ont déjà été observés chez cette espèce en Sicile (Gallo & Guercio, 1979). Le grand Cormoran étant fréquent dans la retenue de Sidi Salem (Tableau III).

Cette hétérogénéité spatiale de la ligulose met en évidence sa plasticité et son opportunisme. Ainsi, son mode d'infestation montre des particularités qui sont directement liées aux conditions environnementales de chaque localité (Kennedy & Burrough, 1981). Face à un éventail d'espèces, pouvant constituer ses hôtes intermédiaires, la ligule serait capable de présenter une réponse adaptative aux conditions locales afin d'accomplir son cycle parasitaire. Ceci expliquerait la diversité des hôtes intermédiaires et les stratégies différentes de ce parasite selon les milieux.

Dans la retenue de Sidi Salem, les valeurs des paramètres parasitologiques, en fonction des classes d'âge du gardon, montre une infestation précoce qui débute chez

les poissons âgés de 1+. Cette infestation surviendrait suite à une ingestion de crustacés copépodes du zooplancton (premiers hôtes intermédiaires hébergeant la forme procercoïde), qui semble constituer la proie préférentielle et principale des jeunes gardons. En effet, le gardon possède un régime alimentaire omnivore à dominance animale (Losse *et al.*, 1991). Les plus jeunes sont essentiellement zooplanctonophages et se nourrissent surtout de larves d'insectes et de zooplanctones. Ils ingèreraient, par conséquent, un maximum de copépodes infestés. De plus, à ce stade, le jeune poisson est beaucoup plus sensible à l'infestation (Manilla *et al.*, 1984 ; Loot *et al.*, 2001a). Les poissons âgés de 2+ présentent des prévalences faibles mais des intensités moyennes plus élevées. Dans les classes d'âge 3+ et 4+, une augmentation des valeurs de la prévalence a été observée. Ainsi, d'après ces résultats, l'infestation aurait lieu à toutes les classes d'âge. Toutefois, une mortalité sélective se produirait chez les poissons de petite taille, fortement infestés. Ces derniers finiraient par être capturés par l'hôte définitif (Loot *et al.*, 2001a) ou mourraient, suite aux effets pathogènes importants du parasite. À ce stade, la pathogénicité de la ligule semble, en effet, très importante (Manilla *et al.*, 1984).

La présence, chez le même poisson, de ligules de différentes tailles traduirait des infestations répétées des poissons hôtes. Ainsi, un séjour prolongé du gardon dans le milieu augmenterait l'opportunité de rencontrer le parasite et de se réinfester. Dans ce cas, les propagules dont sont issus les plérocercoides appartiendraient à des générations différentes. Loot *et al.* (2001a,b) rapporte que, en milieu naturel et expérimental, le taux d'infestation varie selon l'âge du gardon commun, *Rutilus rutilus*, les individus 1+, 2+ et 3+ étant majoritairement infestés alors que les classes d'âge 4+, 5+ et 6+ montrent des prévalences plus faibles dans le milieu naturel. Arme & Owen (1968) ont également rapporté que l'infestation expérimentale du *Rutilus rutilus* de plus de 13 cm de long est peu fréquente. Ces auteurs ont expliqué cette observation par le régime alimentaire des jeunes poissons, basé sur une capture de petites proies planctoniques (à l'inverse des individus plus âgés qui ingèreraient rarement du zooplancton) mais aussi par la mortalité sélective des individus les plus infestés. De ce fait, beaucoup de juvéniles, massivement parasités, ne survivraient pas pour atteindre le stade adulte. Dans les milieux que nous avons prospectés, les infestations ne sont pas limitées aux juvéniles mais semblent survenir tout au long de l'âge du poisson. Des réinfestations ont été déjà observées chez la tanche, *Tinca tinca* dans le lac Mogan en Turquie (Ergonul & Altindag, 2005) ainsi que chez le gardon, *Rutilus rubilio* dans le lac Campotosto en Italie (Manilla *et al.*, 1984). Ces possibles réinfestations sont attribuées à un changement du comportement alimentaire durant la vie du poisson (Manilla *et al.*, 1984). En outre, les adultes fortement

infestés échapperaient à la mortalité, soit en raison d'une immunité acquise plus importante, soit en raison d'une absence d'ingestion par l'hôte définitif à cause de l'indétermination entre la taille de la proie et l'ouverture du bec de l'oiseau (Manilla *et al.*, 1984).

Dans le cas de la retenue de Nebhana, seuls les poissons de petite taille entre 16 et 18 cm étaient infestés et présentaient des charges parasitaires importantes. Cette agrégation de plérocercoides se produirait suite à une importante ingestion de copépodes parasités qui serait liée à une stimulation de l'appétit de l'hôte par le parasite (Loot *et al.*, 2001b). Ce parasitisme intense induirait des modifications phénotypiques et comportementales (Loot *et al.*, 2001b) chez l'hôte intermédiaire entraînant soit son élimination par mortalité directe et/ou sa capture par les oiseaux ichtyophages. Ceci expliquerait l'absence, dans notre échantillonnage, de poissons porteurs de la ligule et dont la taille dépasserait 18 cm.

Pour conclure, les résultats obtenus, dans le cadre de ce travail, suggèrent l'existence de réponses écologiques et évolutives distinctes entre les deux associations locales hôtes-parasites et révèlent les capacités d'adaptation du parasite aux conditions environnementales dans deux milieux différents nouvellement colonisés.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été financé par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique tunisien. Nous tenons à remercier le personnel de la Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture et de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer au Ministère de l'Agriculture. Les auteurs adressent un remerciement particulier au "referee" pour ses remarques pertinentes.

## RÉFÉRENCES

- ALLARDI J. Introduction et acclimatation de poissons d'eau douce en France : historique et bilan. *EIFAC Technical Paper*, 1984, 42, 427-435.
- ALLENORF F.W. Ecological and genetic effects of fish introductions: synthesis and recommendations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1991, 48, 178-181.
- ARME C. & OWEN R.W. Occurrence and pathology of *Ligula intestinalis* infections in British Fishes. *Journal of Parasitology*, 1968, 54, 272-280.
- BALESTRIERI A., PRIGIONI C., REMONTI L., SGROSSO S. & PRIORE G. Feeding ecology of *Leuciscus cephalus* and *Rutilus rubilio* in southern Italy. *Italian Journal of Zoology*, 2006, 73, 129-135.
- BARSON M. & MARSHALL B.E. The occurrence of the tapeworm *Ligula intestinalis* (L.), in *Barbus paludinosus* from a small dam in Zimbabwe. *African Journal of Aquatic Science*, 2003, 28, 175-178.



- BEAN C.W. & WINFIELD I.J. Biological and ecological effects of a *Ligula intestinalis* (L.) infestation of the gudgeon, *Gobio gobio* (L.). Lough Neagh, Northern Ireland. *Journal of Fish Biology*, 1989, 34, 135-147.
- BOUZID W., ŠTEFKA J., HYPŠA V., LEK S., BEN HASSINE O.K., SCHOLZ T. & LOOT G. Geography and host specificity : Two forces behind the genetic structure of the freshwater fish parasite *Ligula intestinalis* (Cestoda: Diphylobothriidea). *International Journal of Parasitology*, 2008, 38, 1465-1479.
- BUSH A.O., LAFFERTY K.D., LOTZ J.M. & SHOSTAK A.W. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. Revisited. *Journal of Parasitology*, 1997, 83, 575-583.
- COMBES C. Interactions durables : écologie et évolution du parasitisme, Masson, Paris, 1995, 524 p.
- COWX I.J. L'introduction d'espèces de poissons dans les eaux douces européennes : succès économiques ou désastres écologiques ? *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 1997, 344-345, 57-77.
- CRIVELLI A.J. *Rutilus rubilio*, In. 2008 IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. <www.iucnredlist.org>, 2006.
- DEJEN E., VIJVERBERG J. & SIBBING F.A. Spatial and temporal variation of cestode infection and its effects on two small barbs (*Barbus humilis* and *B. tanapelagi*) in Lake Tana, Ethiopia. *Hydrobiologia*, 2006, 556, 109-117.
- DJEMALI I. Evaluation de la biomasse piscicole dans les plans d'eau douce tunisiens : Approches analytiques et acoustiques. Thèse de doctorat. Institut National des Agronomes Tunisiens, Tunisie, 2005, 206 p.
- DJEMALI I., KRAÏEM M.M., CADIC N., PROTEAU J.P., EL ABED A., JARBOUI O. Evaluation de la biomasse piscicole en eau douce par écho-prospection : application à la retenue de Sidi Salem. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer*, 2003, 30, 23-32.
- DUBININA M.N. Tapeworm *Cestoda Ligulidae* of the fauna of the USSR. Amerind Publishing Company (Eds), New Delhi, India, 1980, 320 p.
- ERGONUL M.B. & ALTINDAG A. The occurrence and dynamics of *Ligula intestinalis* in its cyprinid fish host, tench, *Tinca tinca*, in Mogan Lake (Ankara, Turkey). *Vet. Med. - Czech*, 2005, 50, 537-542.
- GALLO C. & GUECIO V. Ulteriori osservazioni epizootologiche su un episodio di ligulosi larvale nella tinca in Sicilia. *Rivista di Parasitologica*, 1979, 40, 177-177.
- HUDSON P.J., DOBSON A.P. & NEWBORN D. Do parasites make prey vulnerable to predation? Red grouse and parasites. *Journal of Animal Ecology*, 1992, 61, 681-692.
- KEITH P. & ALLARDI J. An assessment of freshwater fish introductions in France. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 1997, 344-345, 181-191.
- KENNEDY C.R. & BURROUGH R.J. The establishment and subsequent history of a population of *Ligula intestinalis* in roach *Rutilus rutilus* (L.). *Journal of Fish Biology*, 1981, 19, 105-126.
- KRAÏEM M. Révision de l'inventaire des poissons d'eau douce de Tunisie. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles Tunisie*, 1991/1992, 20-21, 98-100.
- LOOT G. Dynamique de la relation interspécifique : Gardon (*Rutilus rutilus* (L.)) – Ligule (*Ligula intestinalis*(L.)). Thèse de doctorat. Université de Toulouse III, France, 2001, 185 p.
- LOOT G., FRANCISCO P., SANTOUL F., LEK S. & GUÉGAN F. The three hosts of *Ligula intestinalis* (Cestoda) life-cycle in Lavernose-Lacasse gravel-plit, France. *Archiv für Hydrobiologie*, 2001a, 152, 511-525.
- LOOT G., BROSE S., LEK S. & GUEGAN J.F. Behaviour of Roach (*Rutilus rutilus* L.) altered by *Ligula intestinalis* (Cestoda: Pseudophyllidea) afield demonstration. *Freshwater biology*, 2001b, 46, 1219-1227.
- LOOT G., PARK Y.S., LEK S. & BROSE S. Encounter rate between host species determines host selection in complex parasite life cycle. *Biological Journal of the Linnean Society of London*, 2006, 89, 99-106.
- LOSSE G.F., NAU W. & WINTER M. Le développement de la pêche en eau douce dans le nord de la Tunisie. Projet de la coopération technique « Utilisation des barrages pour la pisciculture », Deutsche GTZ GmbH (Eds), 1991, 418 p.
- MANILLA G., ALBERTINI D., FALASCA M.P. *Ligula intestinalis* (L., 1758) Gmelin, 1790 (Cestoda: Ligulidae) in *Rutilus rubilio* (Pisces: Cyprinidae) of Campotosto Lake. *Rivista di Parasitologia*, 1984, 45, 263-279.
- MARGOLIS L., ESCH G.W., HOLMES J.C., KURIS A.M. & SCHAD G.A. The use of ecological terms in parasitology. (Report of an ad hoc committee of the American Society of Parasitologist). *Journal of Parasitology*, 1982, 68, 131-133.
- Mc DOWALL R.M. Exotic fishes: the New Zealand experience, i : Distribution, biology, and management of exotic fishes, Courtenay W.R. Jr. & Stauffer J. Jr. (Eds), Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA, 1984, 99-177.
- MOISAN P. La Ligulose des poissons d'eau douce. Thèse de Doctorat vétérinaire, Paris, 1956, 58 p.
- NIJSEN H. & DE GROOT S.J. Catalogue of fish species in the Netherlands. *Beaufortia*, 1974, 21, 173-207.
- NOBLE L.E. The history, status and identification of cichlid fishes in the southern United States. College Station, A and M University, Texas, Ph.D. dissertation, 1980, 104 p.
- ÖKTENER A. A checklist of metazoan parasites recorded in freshwater fish from Turkey. *Zootaxa*, 2003, 394, 1-28.
- PREJS A. & JACKOWSKA H. Lake macrophytes as the food of roach *Rutilus rutilus* and the rudd, *Scardinius erythrophthalmus* L. I. Species composition and dominance relations in the lake and food. *Ekologia Polska*, 1978, 26, 429-438.
- STOJANOVSKI S., HRISTOVSKI N., CAKIC P. & BAKER R.A. Preliminary Investigations on the Parasitic Crustacea of Freshwater Fishes from Macedonia. Conference on water observation and information system for decision support-BALWOYS. Article. pp. Ohrid, 2006.
- SVANBACK R., EKLOV P., FRANSSON R. & HOLMGREN K. Intraspecific competition drives multiple species resource polymorphism in fish communities. *Oikos*, 2008, 117, 114-124.
- TANGUAY G.V. & SCOTT M.E. Factors generating aggregation of Heligmosomoides polygyrus (Nematoda) in laboratory mice. *Parasitology*, 1992, 104, 519-529.

- WEEKES P.J. & PENLINGTON B. First records of *Ligula intestinalis* (Cestoda) in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, and common bully, *Gobiomorphus cotidianus*, in New Zealand. *Journal of Fish Biology*, 1986, 28, 183-190.
- WELLCOMME R.L. 1988. International introductions of inland aquatic species. *FAO Fisheries Technical Paper*, 1988, 294, 318 p.
- WELLCOMME R.L. Observations on the biology of the introduced species of *Tilapia* in Lake Victoria. *Revue de zoologie et de botanique africaines*, 1967, 76, 249-279.
- ZAOUALI J. Problèmes d'aquaculture : eaux saumâtres et potentiel aquacole. *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 1981, 58, 93-103.

Reçu le 25 juin 2009

Accepté le 19 mai 2010