

Étude comparative de l'infestation de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* par *Anguillicoloïdes crassus* dans deux biotopes de salinité différente

*Comparative study of the European eel *Anguilla anguilla* infestation by *Anguillicoloïdes crassus* in two biotopes from different salinity*

M. Tahri 

Département des Sciences de la Mer, Faculté de la Nature et des Sciences, Université Chadli Bendjedid, El Tarf, B.P. 73, El Tarf 36000, Algérie
mardjatahri4@gmail.com, tahri-mardja@univ-eltarf.dz

Résumé – Depuis au moins le début des années 1980, l'abondance continentale de l'anguille européenne a décliné à travers toute son aire de répartition, les causes avancées sont très nombreuses vues la complexité de son cycle biologique. Parmi les différentes menaces, nous citons les parasites qui détériorent l'état général du poisson l'empêchant ainsi de retourner sur son lieu de naissance pour boucler son cycle de reproduction et donc met en danger la pérennité de l'espèce. L'objectif premier de ce travail est de comparer l'infestation parasitaire par le nématode *Anguillicoloïdes crassus* des anguilles vivant dans 2 biotopes de salinité différente : le lac Oubeïra (eau douce) et la lagune Mellah (eau salée) (extrême Nord-Est de l'Algérie). Les taux d'infestation des anguilles capturées au cours des 3 années de suivi avoisinent les 4 % dans la lagune alors qu'ils sont 16 fois plus élevés dans le lac. En ce qui concerne les signes d'inflammation, toutes les anguilles du lac montrent des œdèmes et exsudats de cet organe alors que celles capturées au niveau de la lagune sont indemnes. Ces résultats nous permettent de conclure que la salinité est un facteur – sans doute déterminant – pour la survie de ce parasite et nous mène à proposer d'utiliser le sel comme moyen naturel pour le contrôle de cette parasitose.

Mots-clés – *Anguilla anguilla*, lutte biologique, sel, parasite, Méditerranée

Abstract – The European eel is an endangered species, due to various threats, mainly parasites of the swim bladder. The primary objective of this work is to compare the parasitic infestation of eel swim bladders living 2 different biotopes – depending on salinity. We captured eels living freshwater and brackish water (over 3 years). Fish are transported fresh to the laboratory, measured, dissected and then swim bladders removed and parasites identified. At the end we calculated the epidemiological index. The infestation rates, parasitic charges and abundances in the Lake and the Lagoon are 67.16% versus 4.26%, 7.46 versus 2.89 parasites by swim bladder and 4.94 versus 0.21 parasites by eel respectively. Concerning inflammatory signs, all eels living the Lake show edema and exudates of this organ while those captured in lagoon are unharmed. Thus, the salinity is a factor – no doubt

decisive – for the survival of this parasite and leads us to propose the use of salt as a natural means for the control of this parasitosis.

Key words – *Anguilla anguilla*, biological control, salinity, parasite, Mediterranean

1 Introduction

L'anguille européenne *Anguilla anguilla* Linnée 1758 est une espèce migratrice amphihaline thalassotoque. Elle est longtemps apparue comme une espèce commune représentant une composante majeure des milieux aquatiques littoraux et continentaux, notamment dans les zones les plus proches des estuaires (Moriarty & Dekker, 1997; Feunteun *et al.*, 1998, 1999; Baisez *et al.*, 2000; Baisez, 2001). En 1984, les travaux du Groupe National Anguille mettaient en avant la situation préoccupante de l'espèce et la possibilité, à terme, d'une remise en cause de sa pérennité (Anonyme, 1984a, 1984b). Ce constat s'appuie sur plusieurs faits touchant notamment à la réduction des indices d'abondance de l'anguille : diminution de la production des pêcheries, résultats d'inventaires continentaux... etc. (Castelnaud *et al.*, 1994; Guerault *et al.*, 1991; Bruslé, 1990; Desaunay & Guerault, 1997). En effet, la baisse du recrutement a commencé dès les années 1970 et des alertes claires sur la dégradation de l'état de l'espèce et de ses habitats ont été données dès 1984 dans le cadre du premier groupe national anguille (Briand *et al.*, 2006b). Cette raréfaction a conduit à considérer cette espèce comme en dehors de ses limites de sécurité biologique et les activités de pêche associées comme non durables (ICES, 1999) et à lui

attribuer le statut d'espèce en danger critique d'extinction UICN (Pike *et al.*, 2020).

De nombreux facteurs défavorables s'exercent sur les populations d'anguilles et réduisent de façon importante le nombre d'individus capables de subir la maturation physiologique, les rendant inaptes à entreprendre la migration de retour vers l'aire de ponte dans la mer des Sargasses. Ces facteurs peuvent être anthropiques tel que la réduction des habitats disponibles due à diverses perturbations : construction de barrages, disparition des zones humides, dégradation des milieux aquatiques, recalibrage des cours d'eau, etc. (Feunteun, 2002) ou naturels tels que la prédation et les infestations parasitaires, principalement l'anguillicolose causée par le nématode hématophage *Anguillicoloïdes crassus* Kuwahara, Niimi & Itagaki, 1974. Ce parasite est signalé largement en Europe et en Afrique du Nord (Adam *et al.*, 2008) depuis les années 1980. Il cause d'importants dommages sur la vessie nataoire (Würtz & Taraschewski, 2000; Lefebvre *et al.*, 2002a), les lésions observées se manifestent principalement sous forme d'abrasion de la villosité, œdème, hyperplasie épithéliale (Dezfuli *et al.*, 2021); ce qui entraîne une réduction de la lumière de cet organe et des mortalités directes au stade anguille jaune (Baruš & Prokeš, 1996; Lefebvre *et al.*, 2002b). De plus, la grande capacité

de reproduction d'*A. crassus* a révèlé que *A. anguilla* ne possède pas de mécanismes de défense efficaces contre ce redoutable parasite (Kantzoura *et al.*, 2021). D'autres part, il induit de fortes mortalités au sein des populations d'anguilles, que ce soit dans les élevages intensifs, en association avec des infections bactériennes secondaires ou en milieu naturel, en association avec des stress abiotiques. En outre, l'infestation diminuerait les capacités de retour des géniteurs vers les sites de ponte et donc la diminution du recrutement des civelles. Ce ver aurait également un effet sur l'expression de certains gènes, causant une diminution de la capacité de l'anguille à résister au stress environnemental, notamment aux pollutions (Fazio *et al.*, 2008). La migration des larves infestantes à travers la paroi de la vessie nataoire engendre des perforations irréversibles de cette dernière impactant ainsi le contrôle de la flottabilité et du gradient de pression (Weclawski *et al.*, 2013; Barry *et al.*, 2014; Newbold *et al.*, 2015).

Après reproduction sexuelle du ver dans la vessie nataoire de son hôte; les œufs éclosent à l'intérieur de la femelle adulte donnant des larves L2 qui migrent vers le tractus intestinal *via* le conduit pneumatique pour être excrétées avec les matières fécales (Didžiulis, 2013). Les larves sont ensuite transmises trophiquement à divers hôtes intermédiaires, comme le zooplancton (généralement des copépodes Cyclopoidea et Calanoidea) ou les poissons herbivores. Chez l'hôte intermédiaire, le parasite se développe en larves infestantes L3 qui, une fois

ingérées, parasitent l'anguille en tant qu'hôte définitif. Le parasite migre à partir du système intestinal en perforant le tissu conjonctif et les muscles pour atteindre la vessie nataoire (Heitlinger *et al.*, 2009). Le nombre de parasites dénombré dans la vessie nataoire peut varier entre 10 et 70 spécimens/poisson (Jousseau *et al.*, 2021).

Dans de nombreux pays, les taux d'infestation ont atteint très rapidement des prévalences variants entre 12,79 et 55,36 % au Maroc (Loukili & Belghyti, 2007), entre 3,66 et 44 % en Tunisie (Dhaouadi *et al.*, 2014; Gargouri Ben Abdallah & Maamouri, 2006) et entre 52 et 77 % en France (Lefebvre *et al.*, 2002a). Depuis son introduction dans l'aire de répartition de l'anguille européenne, plusieurs études ont été faites afin de préciser le taux de contamination, de suivre l'évolution spatio-temporelle du parasitisme et d'évaluer son impact sur la croissance et les capacités de migration de son hôte vers la zone de reproduction. Certains auteurs rapportent des corrélations négatives entre la salinité et la prévalence d'*A. crassus*, ce qui a amené les ichtyologistes à proposer le sel (moyen naturel) comme moyen de lutte contre ce ravageur (Jakob *et al.*, 2009b; Lefebvre & Crivelli, 2012). C'est dans cette optique que ce travail a été envisagé dont l'objectif premier est de comparer l'infestation parasitaire des vessies nataoires d'anguilles vivants dans 2 biotopes de salinité différentes et de décrire par la suite l'évolution spatio-temporelle de ce parasite allochtone chez son hôte.

2 Matériel et méthodes

2.1 Zones d'étude

2.1.1 Le lac Oubeïra

Le lac Oubeïra (36°50' N ; 08°23' E) lac d'eau douce d'origine naturelle occupant une superficie de 2200 hectares de forme subcirculaire, est situé au centre d'un bassin versant de 9900 hectares, à 4 kilomètres à vol d'oiseau de la mer. C'est également un bon exemple d'une zone humide représentative, rare et unique de la région méditerranéenne situé dans un complexe de zones humides qui viendrait en troisième position après ceux du Delta de l'Ebre en Espagne et la Camargue en France (Boumezbeur, 2003) (Fig. 1). Le lac Oubeïra est en forme de cuvette à fond plus ou moins plat légèrement incliné vers le nord, d'origine naturelle ayant une profondeur maximale de 4 m, la profondeur moyenne étant de 1,24 m. Le lac contient un volume de vase de 30 207,685, 30 m³, par contre son volume d'eau varie selon les saisons. Le substrat est entièrement composé d'argile de Numidie datant du Tertiaire, avec la présence tout autour du lac de dépôts récents du Quaternaire. Il a été utilisé comme exploitation piscicole de type extensif par l'Office National De Pêche et d'Aquaculture (ONDPA) qui a procédé à son repeuplement en Cyprinidés (diverses espèces de carpes) en 1985 et 1991. Sur le plan climatologique, le lac se place dans l'étage sub-humide à hiver chaud, avec des vents permanents à dominance Nord-Ouest. La pluviométrie annuelle moyenne est située entre 700 et 800 mm et s'étale essentiellement du début du mois d'octobre jusqu'à la fin mars. La région

est caractérisée par deux saisons, l'une sèche de mai jusqu'à septembre et l'autre humide de septembre à avril. La température de l'eau varie de 8,8 à 15,2 °C au mois de janvier. Les eaux du lac sont très turbides surtout en hiver (10 à 15 m au disque de Secchi en 1976) avec un pH variant entre 8 et 10,65.

2.1.2 La lagune El Mellah

La lagune El Mellah (36°55' N ; 08°13' E), est située dans la zone Nord-Ouest du Parc Nationale d'El Kala et est classée réserve intégrale et site Ramsar d'importance internationale depuis 2004. Ce plan d'eau a une superficie de 860 ha, communique avec la mer par un chenal de 900 m, il est unique en Algérie et est probablement celui dont le fonctionnement écologique est le plus compliqué (Fig. 1). Les eaux de la lagune hébergent un peuplement piscicole relativement diversifié, composé de 38 espèces appartenant à vingt familles, dont la majorité (71 %) sont des migrateurs marins lagunotrophes. Les espèces sédentaires ne représentent que 24 % de la richesse ichtyologique totale du milieu. Il s'agit essentiellement de petits poissons appartenant aux familles des gobiidés, blenniidés et syngnathidés. Enfin, deux poissons dulçaquicoles pénètrent dans cette lagune ; il s'agit de l'Athérine et de l'anguille. Seules 7 espèces sont très communes : *Atherina boyeri*, *Anguilla anguilla*, *Chelon labrosus*, *Liza aurata*, *Mugil cephalus*, *Sparus aurata* et *Dicentrarchus labrax*. Les quatorze espèces communes comprennent 6 sédentaires, 6 résidentes temporaires et 2 visiteuses dulçaquicoles.

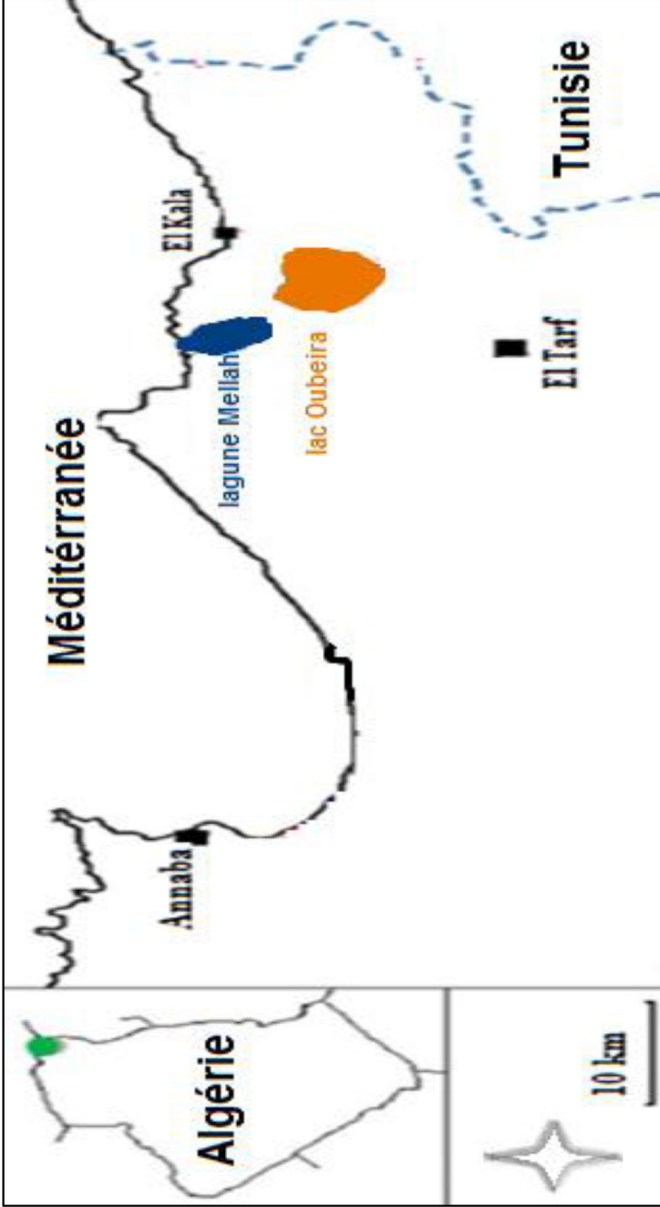


Fig. 1. Localisation des 2 sites d'étude.

Fig. 1. Localisation of both sampling sites.

Tableau I. Campagnes d'échantillonnage réalisées entre 2015 et 2017 sur chacun des sites.
Table I. Data sampling conducted between 2015 and 2017 in each site.

Lac Oubeïra	<i>N</i>	Lagune Mellah	<i>N</i>
Hiver 2015–2016	72	Automne 2016	38
Printemps 2016	63	Hiver 2016–2017	60
		Printemps 2017	49
Total	135		147

Les espèces peu communes, au nombre de 6, sont réparties entre sédentaires (2) et résidentes temporaires (4). Les visiteurs marins exceptionnels sont *Apogon imberbis*, *Coris julis*, *Belone belone*, *Lichia amia* et *Mullus surmuletus* (Chaoui *et al.*, 2006).

2.2 Capture et traitement des anguilles

La zone d'étude ne bénéficie d'aucune gestion hydraulique et le recrutement des anguilles se fait par voie naturelle. Plusieurs campagnes de prélèvements (Tab. 1), ont eu lieu sur une période de 3 ans. Une fois capturées à l'aide de nasses déposées depuis des embarcations (pêche artisanale), les anguilles sont acheminées au laboratoire où elles sont mesurées (au millimètre près) et pesées (au gramme près).

2.3 Détermination des différents stades de vie continentale

En plus des mesures morphométriques précédemment effectuées, les diamètres oculaires gauches et droits (verticaux et horizontaux) ainsi que la longueur de la nageoire pectorale ont été mesurés pour la détermination des 5 stades de vie continentale selon Durif *et al.* (2005) (phase de croissance « SI et SFII », stade pré migrant « FIII » ;

stade migrant femelle « FIV et SFV » et male « SMII »).

2.4 Calcul des indices parasitaires

Après éviscération des anguilles, les vessies natatoires ont été prélevées et les parasites dénombrés et identifiés sur la base de leurs caractères morpho-anatomiques sous stéréo-microscope (Olympus SZX 10).

Enfin, les indices épidémiologiques classiques (Prévalence, Intensité et Abondance) ont été calculés selon Bush *et al.* (1997) ;

- Prévalence% = nombre d'anguilles infestées / nombre total d'anguilles capturées × 100 ;
- Intensité d'infestation = nombre total de parasites / nombre d'anguilles infestées ;
- Abondance = nombre total de parasites / nombre total d'anguilles capturées.

Le parasitisme par *A. crassus* a été déterminé en fonction de l'espace (sites d'échantillonnage), du temps (saison de prélèvement) et du stade de vie de l'hôte.

2.5 Mesure de la salinité

La mesure *in situ* de la salinité (à une profondeur moyenne de 50 cm) s'est déroulée le plus rapidement possible

Tableau II. Mesures morphométriques des anguilles capturées tout au long du suivi ($n=282$).**Table II.** Morphometry of eel captured during the study ($n=282$).

Site	Taille (cm) Min–Max	Taille moyenne ± écart-type	Poids (g) Min–Max	Poids moyen ± écart-type
Lac Oubeïra	39,1–69,3	55,98 ± 5,76	91,2–589,63	323,74 ± 98,24
Lagune Mellah	25,1–113	45,97 ± 9,2	68,17–2641,79	175,03 ± 241,66

sans perturber l'échantillon, à l'aide de la mallette multi-paramètres préalablement étalonnée HORIBA U 5000 G.

2.6 Analyse statistique

Après confirmation de la normalité des données, des comparaisons statistiques ont été réalisées sur les paramètres morphologiques afin de valider les différences observées entre les sites de capture.

Le test-t de Student a été utilisé pour faire ressortir une éventuelle différence entre les 2 saisons d'échantillonnage dans le lac Oubeïra.

L'analyse de variance (ANOVA) a été appliquée pour la comparaison des données biométriques (Lt et Wt) entre les 3 saisons de prélèvement dans la lagune Mellah.

3 Résultats

3.1 Structure de la sous population échantillonnées

Les données sur les tailles et poids des anguilles capturées sont résumées dans le [tableau 2](#), la classe dominante est 40–50 cm et 50–60 cm, respectivement pour la lagune et le lac ([Fig. 2](#)).

Les individus capturés dans le lac Oubeïra sont beaucoup plus grands que ceux de la lagune ; ceci est conforté par l'analyse statistique qui a révélé une différence très hautement significative

entre les tailles ($t=10,83$; $p < 0,001$) et les poids ($t=6,66$; $p < 0,0001$) des anguilles capturées dans les 2 sites. Dans le lac Oubeïra, des différences dans la répartition saisonnière des tailles ($t=2,09$; $p=0,04$) et des poids ($t=2,8$; $p=0,006$) des individus échantillonnés sont notées entre l'hiver 2015–2016 et le printemps. Enfin, dans la lagune Mellah, l'analyse de variance (ANOVA) a montré des différences très hautement significatives entre les tailles (ANOVA Chi Sqr. = 23,21 ; $p=0,00001$) et poids (ANOVA Chi Sqr. = 14,48 ; $p=0,0007$) des anguilles pêchées durant les 3 saisons de prélèvement (automne 2016–hiver 2016/17 et printemps 2017).

3.2 Le parasitisme par *Anguillicoloïdes crassus*

Dans le lac Oubeïra, *A. crassus* ne semble épargner aucun stade. En revanche, le nombre de parasite le plus élevé est observé chez les individus en phase de croissance (SFII) ainsi que chez les femelles argentées (261 et 218 spécimens, respectivement). Dans la lagune par contre, le nématode est davantage présent chez les anguilles immatures (SI et SFII) et jaunes (SFIII) ([Fig. 3](#)).

Le nématode *A. crassus* infeste 2/3 des anguilles prélevées dans le lac (67,16 %, $n=135$) alors qu'il est rencontré chez moins de 5 % ($n=147$) des anguilles de la lagune ([Fig. 4](#)).

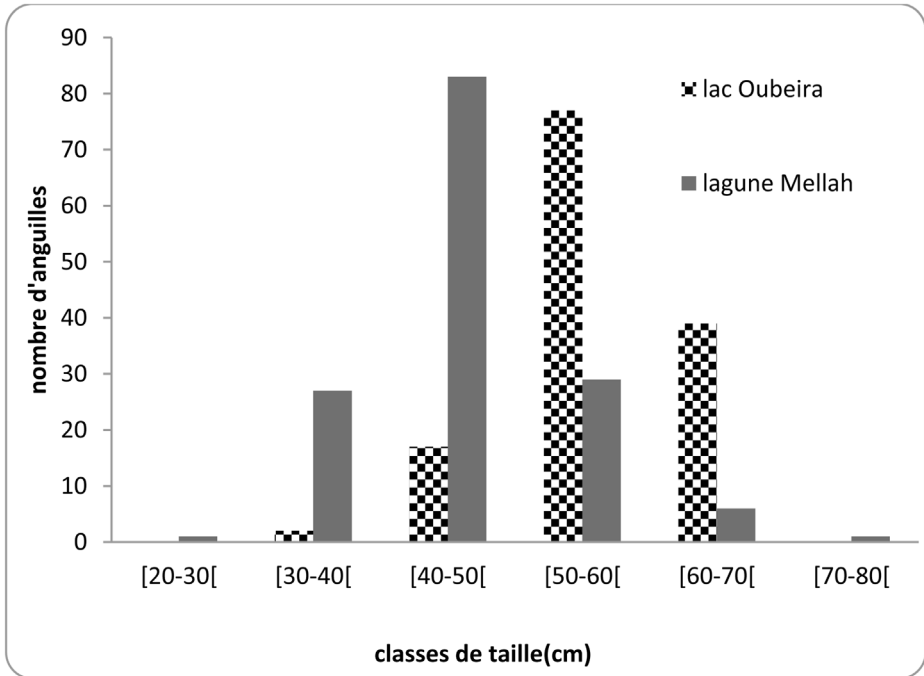


Fig. 2. Distribution des classes de taille des anguilles capturées entre 2015 et 2017 pour chacun des sites.
Fig. 2. Length classes distribution of eels captured between 2015 and 2017 for each site.

Le calcul des charges parasitaires fait ressortir la présence de 2,89 parasites par vessie nataoire dans la lagune et plus du double dans le lac (7,5 parasites par vessie nataoire) (Fig. 5).

3.3 Effet de la salinité sur le parasite

Lorsque la salinité est très basse (0,2‰) au niveau du lac Oubeira durant les 2 premières campagnes de prélèvements, le nématode hématophage est très abondant chez son hôte (plus de 4 parasites par anguilles); par ailleurs, lorsque les taux de salinité augmentent (entre 25 et 34‰) dans la

lagune Mellah, le nombre de parasite s'effondre à moins de 0,5 parasite par anguille (Fig. 6 et Tab. 3).

4 Discussion

La taille et le poids des spécimens capturés dans la lagune Mellah et le lac Oubeira durant la période d'étude (hiver 2015-printemps 2017) varient entre 25,1–82,5 cm et 39,1–69,3 cm et entre 68,17–2641,79 g et 91,2–589,63 g, respectivement. En ce qui concerne les stades d'argenture, les mâles (SMII) et les immatures (SI et SFII) sont plus présents dans la lagune (34, 50 et 42 poissons respectivement); alors

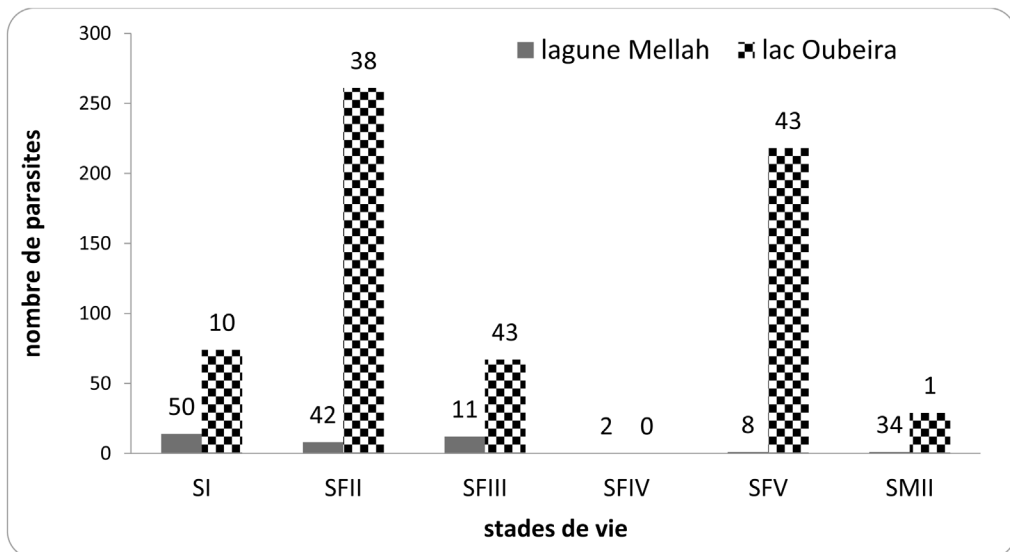


Fig. 3. Nombre de parasites en fonction des stades de vie de l'hôte.

Fig. 3. Parasite number per host life stage.

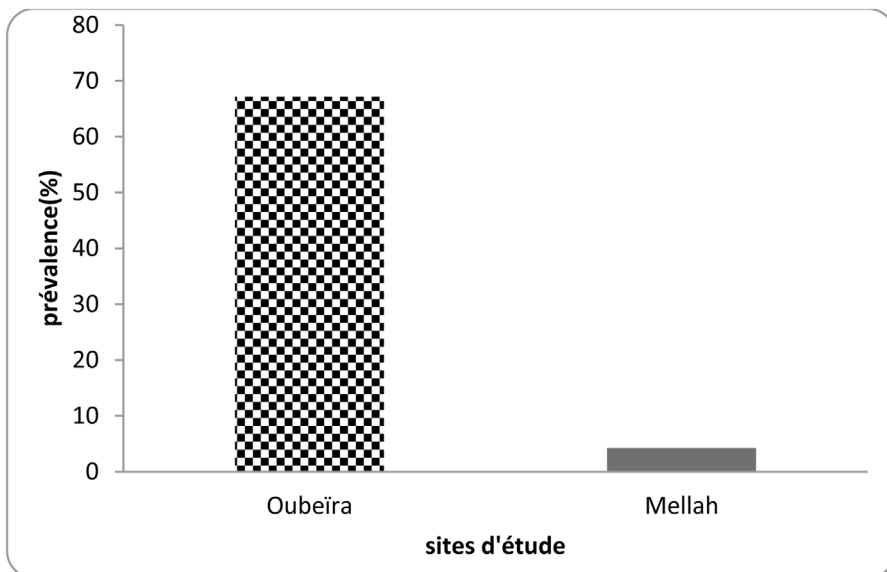


Fig. 4. Taux d'infestation globaux du parasite identifié.

Fig. 4. Parasite prevalence in both sites.

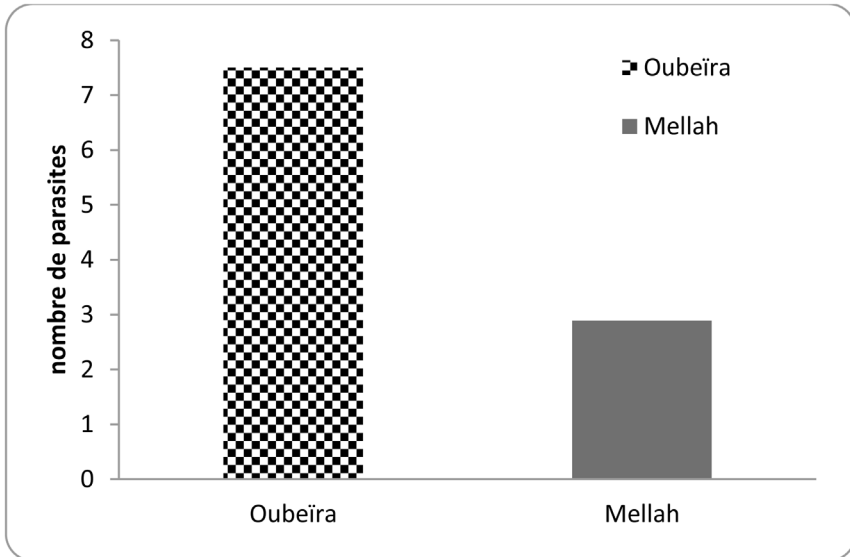


Fig. 5. Intensité d'infestation parasitaire dans les 2 sites d'étude.

Fig. 5. Parasite Intensity in each study site.

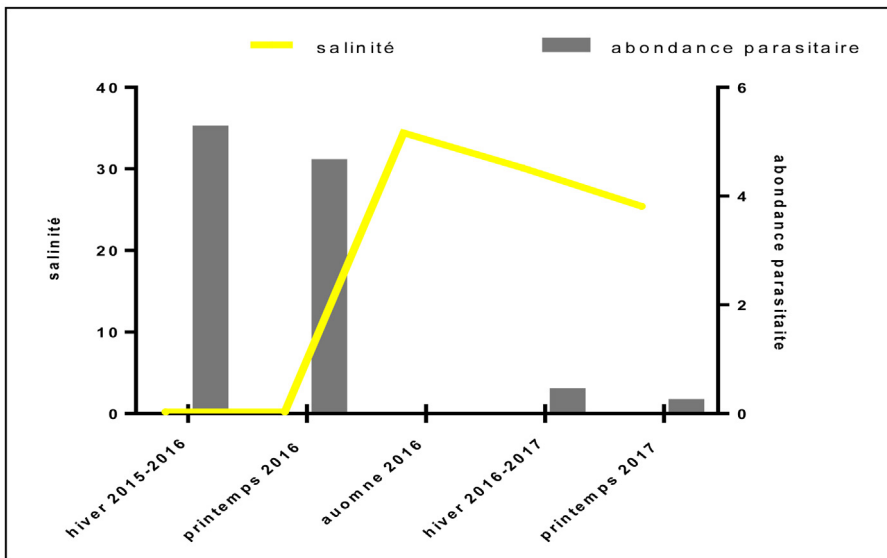


Fig. 6. Variation de l'abondance parasitaire en fonction de la salinité dans les 2 sites.

Fig. 6. Parasite abundance variation by water salinity in both sites.

Tableau III. Salinité (‰) et indices épidémiologiques de l'infestation des deux sites d'étude.
Table III. Salinity and epidemiological index in each site.

Site	Date	Nombre d'anguilles	Salinité (‰)	Prévalence (%)	Intensité parasitaire	Abondance parasitaire
Lac Oubeïra	Hiver 2015–2016	72	0,2	59,72	8,79	5,25
	Printemps 2016	63	0,2	74,6	6,21	4,63
	Automne 2016	38	34,43	0	0	0
Lagune Mellah	Hiver 2016–2017	60	30,1	6,67	5	0,42
	Printemps 2017	49	25,43	6,12	3,66	0,22

que le tiers des anguilles capturées dans le lac sont des femelles argentées (SFV = 43). De plus, l'analyse statistique a révélé une différence significative inter-saisonnière et inter-spatiale entre les tailles et poids des individus échantillonnés.

Vøllestad (1992) en comparant les tailles des anguilles argentées échantillonnées dans 38 sites répartis sur l'ensemble de l'aire de distribution de l'espèce, a estimé que la taille moyenne des femelles argentées en Europe était 63,23 cm (min–max : 45–86,3 cm). Ailleurs dans le monde, l'anguille femelle japonaise *Anguilla japonica* mesure à maturité $61,4 \pm 4,05$ cm (Tzeng & Iizuka, 2003). Les tailles les plus élevées sont observées dans le Saint-Laurent, chez l'espèce américaine *Anguilla rostrata* (85,3 cm) par Verreault & Dumont (2003) ou en Tasmanie chez l'anguille australienne *Anguilla australis* (94,5 cm) par Sloane (1984). Une taille maximale (133 cm) de l'anguille européenne a été notée chez une femelle échantillonnée dans un lac hollandais (Dekker, 1998). Nos résultats sont confortés par ceux de Boudjadi (2010) qui rapporte, dans le lac Oubeïra, des tailles d'anguilles comprises entre 31 cm et 89,4 cm ;

contrairement à Tahri (2009) qui signale, chez les anguilles de l'estuaire du Mafragh, des tailles variant de 24 cm à 74 cm. Au Maroc, selon El Hilali (2007) et Wariaghli (2013), la population de l'estuaire du Sebou et du Loukous, est constituée de petits individus de tailles et poids respectifs de 200 mm/12 g (Sebou) et 200–400 mm/50–200 g (Loukous).

Les taux d'infestation par le nématode hématophage *A. crassus* dans les 2 sites d'étude montrent qu'il infeste 2/3 des anguilles prélevées dans le lac (67,16 %) et moins de 5 % des anguilles de la lagune. Dans le lac Oubeïra, Tahri *et al.* (2016) fait ressortir que ce nématode infeste pratiquement la moitié de la sous-population étudiée (50,44 %), à raison de $7,04 \pm 3,18$ et $3,74 \pm 2,04$ parasites par vessie et par anguille, respectivement. Des constatations proches sont rapportées par Boudjadi *et al.* (2009) dans l'estuaire du Mafragh ($P = 46\%$, $A = 2,02$ vers/poisson examiné) et par Djebbari *et al.* (2009) dans les plans d'eau douce (Tonga et Oubeïra) du Parc National d'El Kala, l'auteur confirme d'ailleurs qu'il y a 4 à 5 fois plus de vers au niveau de ces sites que dans la lagune (les taux d'infestation n'excèdent pas 5 %).

Au Maroc (estuaire du Sebou) et en Tunisie (lagune Ghar El Melh), [El Hilali \(2007\)](#) et [Habbechi et al. \(2012\)](#) enregistrent des prévalences de 55,36 % et de 3 % et des intensités moyennes d'infestation de 1,92 et 1,06 parasite/vessie natatoire respectivement.

Concernant l'abondance parasitaire, nous avons relevé plus de 4 parasites par anguilles peuplant le lac Oubeira (où la salinité avoisine 0,2‰); en revanche, chez les spécimens vivant dans la lagune Mellah (salinité variant entre 25 et 34‰), le nombre de parasite noté est 8 fois moins. Un facteur sans doute déterminant pour le développement et la survie du parasite, est la salinité du milieu, par la création de conditions éco-physiologiques inappropriées ou non-optimales à l'accomplissement de son cycle de vie. En effet, la survie du parasite, que l'on considère le stade libre L2 ou les adultes ([Kirk et al., 2000a](#)), baisse lorsque cette dernière augmente. [Lefebvre et al. \(2003\)](#) mettent en évidence une relation négative entre les indices parasitaires (prévalence, intensité moyenne et abondance moyenne) des anguilles argentées et la salinité (prévalence de 52 % en eau saumâtre à 77 % en eau douce). De même, en Bretagne Sud, les prévalences sont supérieures pour les anguilles vivant dans des milieux peu salés (> 90 %) comparées à celles vivant dans des conditions estuariennes (15 %) ([Sauvaget et al., 2003](#)). La même tendance est observée dans 4 lagunes de Tunisie ([Gargouri Ben Abdallah & Maamouri, 2006](#)).

La salinité joue le rôle de barrière à la contamination par *A. crassus* qui semble être principalement un parasite

d'eau douce; par conséquent, on peut envisager d'utiliser la salinité comme outil naturel de lutte contre cette parasitose. Le maintien du caractère salé dans les marais côtiers grâce à l'amélioration des échanges avec la mer est une piste pour une gestion intéressante ([Sauvaget et al., 2003](#)). De plus, la salinité élevée a un impact négatif direct sur les stades libres du parasite en réduisant l'éclosion des œufs, la survie des larves infestantes ou indirectement en limitant le spectre de l'hôte intermédiaire ou paraténique ([Kirk et al., 2000a](#); [Lefebvre & Crivelli, 2004](#)); donc le sel pourrait être administré à titre curatif ou préventif surtout dans les bassins d'élevage.

RÉFÉRENCES

- Adam G., Feunteun E., Prouzet P. & Rigaud C., 2008. L'anguille européenne Indicateurs d'abondance et de colonisation. Quaeed : Projet Indicang, Eds., 393 p.
- Anonyme, 1984a. Groupe National Anguille. Rapport de synthèse. Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture, Ministère de la Mer. Ronéo, 60 p.
- Anonyme, 1984b. Groupe National Anguille. Rapports thématiques. Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture, Ministère de la Mer. Ronéo, 219 p.
- Baisez A., 2001. Optimisation des suivis des indices d'abondance et des structures de taille de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) dans un marais endigué de la côte atlantique. Relations « espèces-habitats ». Thèse de doctorat, Université Toulouse III, Cemagref, Bordeaux, 396 p.
- Baisez A., Rigaud C. & Feunteun E., 2000. Hétérogénéité de répartition de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.)

- observée par pêche électrique dans un marais endigué de la côte atlantique française (Marais breton). *Cybium* 24: 23–32.
- Barry J., Mcleish J., Dodd J.A., Turnbull J. F., Boylan P. & Adams C.E., 2014. Introduced parasite *Anguillicola crassus* infection significantly impedes swim bladder function in the European eel *Anguilla anguilla* (L.). *J. Fish Dis.* 37: 921–924.
- Baruš V. & Prokeš M., 1996. Length-weight relations of uninfected and infected eels (*Anguilla anguilla*) by *Anguillicola crassus* (nematoda). *Folia Zool.* 45(2): 183–189.
- Boudjadi Z., 2010. État de santé de l'anguille *Anguilla anguilla*, peuplant deux hydrosystèmes de l'extrême Nord-Est Algérien (cas de l'estuaire du Mafrag et du lac Oubeïra). Thèse de doctorat, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie, 246 pp.
- Boudjadi Z., Tahri M., Djebari N., Hamza I. & Bensouilah M., 2009. Étude de l'infestation des anguilles (*Anguilla anguilla*) par le nématode (*Anguillicola crassus*) dans l'estuaire du Mafrag (Algérie). *Mésogée* 65: 59–66.
- Boumezeur A., 2003. Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar, Réserve intégrale du lac Oubeïra, Wilaya d'El Tarf. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction Générale des Forêts, 7 pp.
- Briand C., Baisez A., Bardonnet A., Beaulaton L., Feunteun E., Laffaille P., Lambert P., Porcher J.P., Prouzet P., Rigaud C. & Robinet T., 2006b. Connaissances, outils et méthodes pour la mise en place de plans de gestion de l'anguille (*A. anguilla*) dans les bassins versants français. Rapport d'expertise scientifique et technique du Groupe « Anguille » du GIS Poissons Amphihalins (GRISAM), Paris.
- Bruslé J., 1990. L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*), une espèce jugée commune jusqu'à la dernière décennie, mérite-t-elle d'acquiescer aujourd'hui le statut d'espèce menacée? *Bull. Soc. Zool. Fr.* 114: 61–73.
- Bush A.O., Lafferty K.D., Lotz J.M. & Shostak A.W., 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J. Parasitol.* 83: 575–583.
- Castelnaud G., Guerault D., Desaunay Y. & Elie P., 1994. Production et abondance de la civelle en France au début des années 90. *Bull. Fr. Pêche et Piscic.* 335: 263–288.
- Chaoui L., Kara M.H., Faure E., Quignard J.P., 2006. L'ichtyofaune de la lagune du Mellah (Algérie Nord-Est): diversité, production et analyse des captures commerciales. *Cybium* 30(2): 123–132.
- Dekker W., 1998. Long-term trends in the glass eels immigrating at Den Oever, the Netherlands. *Bull. Fr. Pêche et Piscic.* Conseil Supérieur de la Pêche, Paris (France) 349: 199–214.
- Desaunay Y. & Guerault D., 1997. Seasonal and long term changes in biometrics of eel larvae: a possible relationship between recruitment variation and north Atlantic ecosystems productivity. *J. Fish Biol.* 51: 317–339.
- Dezfuli B.S., Maestri C., Lorenzoni M., Carosi A., Maynard B.J. & Bosi G., 2021. The impact of *Anguillicoloides crassus* (Nematoda) on European eel swimbladder: histopathology and relationship between neuroendocrine and immune cells. *Parasitol.* 148: 612–622. DOI: [10.1017/S0031182021000032](https://doi.org/10.1017/S0031182021000032).
- Dhaouadi R., Sghaier A., Aloui N., Rejeb A., Tarhouni D., Dargouth M.A. & Amara A., 2014. Étude de l'infestation de l'anguille européenne, *Anguilla anguilla*, par le

- nématode *Anguillicoloides crassus* dans la lagune de Ghar El Melh (Nord de la Tunisie). *Mar. Life* 18: 17–24.
- Didžiulis V., 2013. NOBANIS–invasive alien species fact sheet–*Anguillicoloides crassus* (Weber 2000), pp. 1–11.
- Djebbari N., Boudjadi Z. & Bensouilah M., 2009. Infestation de l'anguille *Anguilla anguilla* L., 1758 par le parasite *Anguillicola crassus* Kuwahara, Niimi & Itagaki, 1974 dans le complexe de zones humides d'El Kala (Nord-Est algérien). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie* 31(1): 45–50.
- Durif C., Dufour S. & Elie P., 2005. The silvering process of *Anguilla anguilla*: a new classification from the yellow resident to the silver migrating stage. *J. Fish Biol.* 66(4): 1025–1043.
- El Hilali M., 2007. L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L., 1758) dans le Bas-Sebou: Biologie et infestation par *Anguillicola crassus*. Thèse de doctorat, Université Mohamed V, Rabat, Maroc, 201 p.
- Fazio G., Sasal P., Lecomte-Finiger R., Da Silva C., Fumet B. & Moné H., 2008. Macroparasite communities in European eels, *Anguilla anguilla*, from French Mediterranean lagoons, with special reference to the invasive species *Anguillicola crassus* and *Pseudodactylogyrus* spp. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.* 390-391: 1–6.
- Feunteun E., 2002. Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): An impossible bargain. *Landsc Ecol. Eng.* 18(5): 575–591.
- Feunteun E., Acou A., Guillouët J., Laffaille P. & Legault A., 1998. Spatial distribution of an eel population (*Anguilla anguilla*) in a small coastal catchment of northern Brittany (France). Consequences of hydraulic works. *Bull. Fr. Pêche et Piscic.* 349: 129–139.
- Feunteun E., Rigaud C., Elie P. & Lefebvre J.C., 1999. Les peuplements piscicoles des marais littoraux de l'ouest de la France : un patrimoine à gérer ? *Bull. Fr. Pêche et Piscic.* 352: 63–79.
- Gargouri Ben Abdallah L. & Maamouri F., 2006. Spatio-temporal dynamics of the nematode *Anguillicola crassus* in Northeast Tunisian lagoons. *C. R. Biol.* 329: 785–789.
- Guerauld D., Lecompte Finiger R., Desauvay Y., Biagiatti S., Beillois P. & Grellier P., 1991. The glass-eel arrivais in the Vilaine estuary (Northern Biscay Bay) through the year 1990: demography features and early life history. Communication Working Group on Eel, CECPI/FAO, Dublin (Irlande), Ronéo., 28 p.
- Habbechi B., Kraiem M.M. & Elie P., 2012. Study of European eel (*Anguilla Anguilla* L., 1758) contamination by *Anguillicoloides crassus* in some Tunisian hydro-systems: Its impacts on growth parameters. *Cybiurn* 36(3): 417–433.
- Heitlinger E.G., Laetsch D.R., Weclawski U., Han Y.S. & Taraschewski H., 2009. Massive encapsulation of larval *Anguillicoloides crassus* in the intestinal wall of Japanese eels. *Parasites Vectors* 2: 1–11.
- ICES, 1999. Joint EIFAC/ICES Working Group on Eel. In: *EIFAC, Occasional Paper*, Vol. 34, pp. 31, Silkeborg.
- Jakob E., Hanel R., Klimpel S. & Zumholz K., 2009b. Salinity dependence of parasite infestation in the European eel *Anguilla anguilla* in northern Germany. *ICES J. Mar. Sci.* 66: 358–366.
- Jousseau T., Rousset J.M., Beaulaton L., Bardonnat A., Faliex E., Amilhat E., Acou A., Feunteun E. & Launey S., 2021. Molecular detection of the swim bladder parasite *Anguillicola crassus* (Nematoda) in fecal samples of the endangered European eel *Anguilla anguilla*. *Parasitol. Res.* 120: 1897–1902.

- Kantzoura V., Sapounidis A., Kouam M.K., Kolygas M.N., Krey G., Koutrakis E., 2021. *Anguillicola (Anguillicoloides) crassus*: Morphometric characteristics and pathogenicity in eels (*Anguilla anguilla*) in Greece. *Vet. Parasitol.: Reg. Stud. Rep.* 25: 100586. DOI: [10.1016/j.vprsr.2021.100586](https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2021.100586).
- Kirk R.S., Kennedy C.R. & Lewis J.W., 2000a. Effect of salinity on hatching, survival and infectivity of *Anguillicola crassus* (Nematoda: Dracunculoidea) larvae. *Dis. Aquat. Org.* 40: 211–218.
- Lefebvre F. & Crivelli A.J., 2004. Anguillicolosis: dynamics of the infection over two decades. *Dis. Aquat. Org.* 62(3): 227–232.
- Lefebvre F. & Crivelli A.J., 2012. Salinity effects on anguillicolosis in Atlantic eels: a natural tool for disease control. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 471: 193–202.
- Lefebvre F., Contournet P., Priour F., Soulas O. & Crivelli A.J., 2002a. Spatial and temporal variation in *Anguillicola crassus* counts: results of a 4 year survey of eels in Mediterranean lagoons. *Dis. Aquat. Organ.* 50(3): 181–188.
- Lefebvre F., Contournet P., Crivelli A.J., 2002b. The health state of the eel swimbladder as a measure of parasite pressure by *Anguillicola crassus*. *Parasitol.* 124: 457–463.
- Lefebvre F., Sergeant E., Acou A., Lecomte Finiger R. & Crivelli A.J., 2003. Recruitment of glass eels (*Anguilla anguilla*) on the French Mediterranean coast: a comparative analysis of biometric and pigmentation characteristics during the 1974–1975 and 2000–2001 sampling seasons. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 368: 85–96.
- Loukili A. & Belghyti D., 2007. the dynamics of the nematode *Anguillicola crassus*, Kuwahara 1974 in eel *Anguilla anguilla* L. (1758) in the Sebou estuary (Morocco). *Parasitol. Res.* 100: 683–686.
- Moriarty C. & Dekker W., 1997. Management of the eel. *Fish. Bull. Dublin* 15: 110.
- Newbold L.R., Hockley F.A., Williams C.F., Cable J., Reading A.J., Auchterlonie N. & Kemp P.S., 2015. Relationship between European eel *Anguilla anguilla* infection with non-native parasites and swimming behaviour on encountering accelerating flow. *J. Fish Biol.* 86: 1519–1533.
- Pike C., Crook V. & Gollock M., 2020. *Anguilla anguilla*. The IUCN Red List of Threatened Species, e. T60344A152845178.
- Sauvaget B., Fatin D. & Briand C., 2003. Contamination par *Anguillicola crassus* de cinq populations d'anguilles (*Anguilla anguilla*) du littoral de Bretagne Sud (France). *Bull. Fr. Pêche et Piscic.* 368: 21–26.
- Sloane R.D., 1984. Distribution, abundance, growth and food of freshwater eels (*Anguilla* spp.) in the Douglas River, Tasmania. *Mar. Fresh W. Res.* 35: 325–339.
- Tahri M., Crivelli A.J., Panfili J. & Bensouilah M., 2016. Health status of the swim bladder of the European eel *Anguilla anguilla* in northeastern Algeria's Lake Oubeïra. *Inter. J. Fish. Aquat. Stud.* 4 (1): 364–369.
- Tahri M., 2009. Les parasites de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* peuplant l'estuaire du Mafrag. Mémoire de Magistère, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 122 p.
- Tzeng W.N. & Iizuka Y., 2003. Identification and growth rates comparison of divergent migratory contingents of Japanese eel (*Anguilla japonica*). *Aquaculture* 216: 77–86.

- Verreault G. & Dumont P., 2003. An estimation of American eel escapement from the Upper St. Lawrence River and Lake Ontario in 1996 and 1997. In: *Biology, Management, and Protection of Catadromous Eels* (D.A. Dixon, Ed.). *American Fisheries Society Symposium* 33, Missouri, pp. 243–251.
- Vøllestad L.A., 1992. Geographic variation in age and length at metamorphosis of maturing European eel: environmental effects and phenotypic plasticity. *J. Anim. Ecol.* 61: 41–48.
- Wariaghli F., 2013. Étude écotoxicologique et parasitologique chez l'Anguille (*Anguilla anguilla* L.) dans les estuaires marocains: Sebou et Loukkos (Atlantique). Thèse de doctorat, Université Mohamed V, Maroc, 190 p.
- Weclawski U., Heitlinger E.G., Baust T., Klar B., Petney T., Han Y.S. & Taraschewski H., 2013. Evolutionary divergence of the swim bladder nematode *Anguillicola crassus* after colonization of a novel host, *Anguilla anguilla*. *BMC Evol. Biol.* 13.
- Würtz J. & Taraschewski H., 2000. Histopathological changes in the swimbladder wall of the European eel *Anguilla anguilla* due to infections with *Anguillicola crassus*. *Dis. Aquat. Organ.* 39: 121–134.