UNIVERSITÉ CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA VIE, DE LA SANTÉ ET DE L'ENVIRONNEMENT (ED SEV)

FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES

Année : 2013 N° d'ordre : 70

THÈSE DE DOCTORAT

Spécialité : Écologie et gestion des écosystèmes

Présentée par :

Éphigénie Ndew DIONE

THÈME

SYSTÉMATIQUE ET BIOÉCOLOGIE DES NÉMATODES PARASITES DES MUGILIDAE **DES ESTUAIRES DU SÉNÉGAL**

Soutenue le 27 décembre 2013 devant le jury composé de :

Président :	М.	Ousmane	FAYE	Professeur Titulaire	FST/UCAD
Rapporteurs :	MM.	Cheikh Tidiane	BA	Professeur Titulaire	FST/UCAD
		Jean-Marc	ÉCOUTIN	Chargé de Recherches (HDR)	IRD/France
		Рара	NDIAYE	Professeur Titulaire	IFAN/UCA
Examinateurs :	Mme	Khady	DIOUF	Chargée de Recherches	IFAN/UCA
	MM.	Malick	DIOUF	Maître Assistant	FST/UCAD
		Ngor	FAYE	Maître de Conférences	FST/UCAD

D D

DÉDICACES

Je dédie ce travail

A la mémoire de mon père Raymond rappelé à Dieu le 01 janvier 2005. Je regrette papa de n'avoir pas pu réaliser mes projets pour toi, mais c'est la volonté divine. Tous ceux qui t'ont connu ne peuvent pas oublier ta chaleureuse personnalité. Que Dieu, par sa miséricorde, t'accueille dans son paradis céleste.

A mon cousin René Gondé Faye, à ma belle-mère Anna Siga Thiaw, à mon homonyme Marie Agnès Ndew Fall et à maman Clotilde Coumba Faye.

Que la terre leur soit légère !

A ma maman Jacqueline Mbaye qui s'est chargée des tâches les plus difficiles et qui n'a ménagé aucun effort pour ma réussite. J'ai toujours trouvé auprès de toi réconfort, sécurité et confiance qui me poussent chaque jour à aller de l'avant. Que ce travail puisse être l'expression de ma profonde gratitude et de ma reconnaissance. Longue vie à toi, chère mère !

A mes frères Christian, Roger, François et Maixent, à mes sœurs Rosalie, Marie Madeleine, Jeanne, Béatrice, Justine et Dorothée, à mes belles sœurs Chantal et Marthe pour l'aide, les conseils, le soutien et les encouragements qu'ils ne cessent de m'apporter. L'union fait la force !

A mon cher époux Lazare Lamane Thiaw pour sa compréhension, ses sacrifices et son soutien permament à tous les niveaux, mais aussi pour les moments de réconfort. Spéciale dédicace à nos enfants adorés Aristide et Débora. Vous avez supporté mes multiples absences de longues durées tout en restant toujours sages. Je vous admire.

AVANT-PROPOS

Ce travail a été successivement réalisé dans le laboratoire de Parasitologie générale et le laboratoire de Biologie évolutive, Écologie et Gestion des écosystèmes de la faculté des Sciences et Techniques de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Il m'est agréable de rendre hommage au Dr Malick Diouf qui m'a fait confiance en acceptant de codiriger cette thèse. En dépit de vos nombreuses responsabilités, vous m'avez constamment encouragé pour surmonter les difficultés et avec un souci constant de respecter ma liberté d'initiative, vous n'avez pas ménagé votre peine, chaque fois qu'il s'est agi de m'aider à éclairer les résultats de mes recherches. Si j'ai pu apprécier l'efficacité de votre aide et de vos conseils, je ne dirai jamais assez combien je vous suis reconnaissante de la confiance que vous m'avez témoignée. Sans vous, ce travail n'aurait jamais vu le jour.

Veuillez bien trouver ici l'expression de ma respectueuse admiration et l'assurance de ma profonde gratitude.

Monsieur le Professeur Cheikh Tidiane Bâ a bien voulu m'accueillir dans son laboratoire pour y préparer d'abord le DEA puis cette thèse. Après avoir promptement accepté de m'encadrer et m'avoir proposé le présent sujet de thèse, vous en avez facilité sa mise en œuvre par votre implication personnelle dans les travaux et vos fréquentes recommandations. Au-delà de votre rigueur, c'est votre simplicité et votre franche collaboration qui, certes, ont permis de mener à bien ce travail. Vous n'avez ménagé aucun effort pour la correction du manuscrit malgré vos multiples occupations. Soyez-en remercié.

Mon travail n'aurait également pas pu voir le jour sans l'aide effective et sans réserve du Professeur Ben Sikina Toguébaye, responsable du laboratoire de Parasitologie générale. Il m'a accordé toutes les facilités pour le réaliser. Je ne saurai comment le remercier.

Il m'est particulièrement agréable d'adresser mes vifs remerciements à monsieur le Professeur Ousmane Faye, pour l'honneur qu'il me fait d'accepter la présidence de ce jury de thèse.

Par la même occasion, je tiens à remercier madame Khady Diouf et messieurs Jean-Marc Écoutin, Ngor Faye et Papa Ndiaye d'avoir bien voulu juger mon travail et faire partie du jury. Je saisis cette opportunité pour remercier très sincèrement toutes les personnes qui, individuellement ou collectivement, à titre personnel ou professionnel, nous ont apporté leur excellente contribution. Je ne saurais cependant ne pas citer mesdames Rokhaya Senghor, Ami Sène, Aïssatou Bâ et Joséphine Mbaye et messieurs Serge Morand, Michel Sarr, Daouda Diouf, Alassane Sarr, Jean Fall, Oumar Lo, Oumar Sadio, Pierre Claver Pouye, Amadine Ngom, Ferdinand Diatta, Ousmane Sonko, Niane, Mame Cor Faye, Raymond Ndione, Mamour Touré et Fawrou Sèye.

Je ne pourrais également manquer d'exprimer mes félicitations personnelles à tous mes camarades de promotion, de l'élémentaire à l'université en passant par les cycles moyen et secondaire. Je voudrais spécialement mentionner Madeleine Faye, Germaine Mbengue, Nafissatou Bâ, Moussa Mbaye, Louise Marcelline Cabral, Massayer Boniface Kodjo, Yvan Emmanuel Tine, Oulimata Kane, Aïcha Coly, Maïmouna Kane, Fatou Senghor, Ousmane Diamé, Mamour Touré, Arfang Diamanka, Aibatou Diop et Abdoulaye Bâ.

A tous mes amis, je voudrais dire un grand merci pour l'aide précieuse que vous m'avez apporté surtout dans les moments difficiles : Pathé Ndiobo Thiaw, Gana Ndiaye, Alioune Ndour, Fatou Diop, Clotilde Faye, Espérance Fatou Tine, Simone Faye, Marie Louise Dione, Cécile Ngom et Charlotte Ngom.

Je tiens à remercier tous le personnel administratif et enseignant des lycées Samba Dione de Gandiaye et Lamine Guèye de Dakar. Permettez-moi de citer mesdames Awa Diouf, Ndèye Ndambo Diène, Nana Thiom, Awa Fall, Mbenda Seck, Rokhaya Sall et messieurs Cheikh Sène, Boubacar Diallo, Yacinthe Diouf, Bacary Sarr, Mor Dia, Abdoulaye Dieng et Ndongo Samb.

Que ceux qui m'ont aidé ou soutenu durant ce travail et que j'ai pu involontairement oublier veuillent bien m'excuser et soient assurés de ma sincère sympathie et ma profonde gratitude.

Enfin, je voudrais adresser un vif remerciement à ma belle famille pour sa compréhension, sa collaboration et son soutien. Merci pour tous les sacrifices que les uns et les autres ont faits pour m'aider à réaliser cette thèse. Je ne pourrai ne pas citer tonton Martin Thiaw, maman Véronique Mboye Faye, maman Ndèye Thiaw, Armand Dione, Sophie Dione, Odile Dione, Hélène Coumba Thiaw, Guy Ali Thiaw, Simone Basse Thiaw et François Thiaw.

Sommaire

INTRODU	ICTION	. 1
PREMIÈR	E PARTIE : MATÉRIEL ET MÉTHODES	.7
СНАРІТ	RE 1 : PRÉSENTATION DES ZONES D'ÉTUDE	.7
I. C	adre géographique	.7
II. C	aractéristiques morpho-dynamiques et physico-chimiques des estuaires sénégalais	s 8
III.	Végétation dans les estuaires sénégalais	15
CHAPIT	RE 2 : PRÉSENTATION DES MULETS DES ESTUAIRES SÉNÉGALAIS	17
I. C	lassification	17
II. C	aractéristiques de la famille des Mugilidae	17
III.	Biologie et écologie des espèces examinées	19
IV.	Distribution des mulets au Sénégal	24
CHAPIT	RE 3 : MÉTHODES D'ÉTUDE DES NÉMATODES	26
I. M	léthode d'échantillonnage des mulets	26
II. R	echerche et étude morphologique des nématodes	28
III.	Étude de la Richesse spécifique en nématodes	29
IV.	Détermination des paramètres écologiques	29
V. A	grégation parasitaire	32
VI.	Effet du poids, de la taille et du sexe des hôtes et de la saison sur le parasitisme.	33
VII.	Étude histopathologique	33
VIII.	Logiciels de traitement et d'analyse de données	35
DEUXIÈM	IE PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION	36
CHAPIT	RE 1 : ÉTUDE MORPHOLOGIQUE DES ESPÈCES DE NÉMATODES	
RENCO	NTRÉES	37
I. P	résentation des résultats globaux	37
II. D	escription des stades adultes de Cucullanus djilorensis n. sp	38
III. D	escription des stades larvaires d'Anisakidae	49
CHAPIT	TRE 2 : DISTRIBUTION DES NÉMATODES DANS LES POPULATIONS DE	
MULET	S DES ESTUAIRES DU SÉNÉGAL	61
I. R	ichesse spécifique en nématodes	61
II. V	ariabilité spatiotemporelle de l'infestation	63
III.	Taille et poids des espèces de mulets venant des estuaires de la Casamance, du	
Salour	n et du Sénégal1	05

IV. Effet de la taille, du poids et du sexe de l'hôte et de la saison sur	le parasitisme 110
V. Étude histopathologique	
VI. Discussion	
CONCLUSION	
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
WÉBOGRAPHIE	

Liste des abréviations

DGPRE : Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en EauPCCM : Programme de Conservation Côtière et MarineUICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

Liste des figures

Figure 1. Localisation des côtes et des estuaires du Sénégal	8
Figure 2. Forme générale et caractères taxonomiques des Mugilidae	18
Figure 3. Liza dumerili	20
Figure 4. Liza falcipinnis	20
Figure 5. Liza grandisquamis	20
Figure 6. Mugil bananensis	23
Figure 7. Mugil cephalus	23
Figure 8. Mugil curema	23
Figure 9. Les grandes catégories écologiques dans les peuplements de poissons estuarien	S
d'Afrique de l'Ouest	25
Figure 10. Schéma du filet maillant	27
Figure 11. Cucullanus djilorensis n. sp	39
Figure 12. Larve d'Anisakis sp. parasite de mulets	50
Figure 13. Larve de <i>Contracaecum</i> sp. parasite de mulets	54
Figure 14. Cycle évolutif des Anisakidae	55
Figure 15. Distribution de la richesse spécifique parasitaire parmi les populations hôtes e	n
fonction de la localité	62
Figure 16. Prévalence d'Anisakis sp. parasite de L. grandisquamis, M. bananensis, M.	
cephalus et M. curema	64
Figure 17. Prévalence de <i>Contracaecum</i> sp. parasite de <i>L. dumerili</i> , <i>L. falcipinnis</i> et <i>L</i> .	
grandisquamis	66
Figure 18. Prévalence de <i>Contracaecum</i> sp. parasite <i>M. bananensis</i> , <i>M. cephalus</i> et <i>M.</i>	
curema	68
Figure 19. Prévalence de Cucullanus djilorensis n. sp. parasite M. curema	68
Figure 20. Variation de l'abondance moyenne d'Anisakis sp. parasite de L. grandisquami	s et
M. bananensis	70
Figure 21. Variation de l'abondance moyenne d'Anisakis sp. parasite de M. cephalus et M	1.
curema	72
Figure 22. Variation de l'abondance moyenne de Contracaecum sp. parasite de L. dumer	<i>ili</i> et
L. falcipinnis	74
Figure 23. Variation de l'abondance moyenne de Contracaecum sp. parasite de L.	
grandisquamis et M. bananensis	76

Figure 24. Variation de l'abondance moyenne de <i>Contracaecum</i> sp. parasite de <i>M. cephalus</i>
et <i>M. curema</i>
Figure 25. Variation de l'abondance moyenne de <i>Cucullanus djilorensis</i> n. sp. parasite de <i>M</i> .
curema
Figure 26. Répartition saisonnière des individus d'Anisakis sp. dans les sites d'infestation
chez L. grandisquamis, M. bananensis et M. cephalus originaires des estuaires de la
Casamance, du Saloum et du Sénégal
Figure 27. Répartition saisonnière des individus d'Anisakis sp. dans les sites d'infestation
chez M. curema originaire des estuaires du Saloum et du Sénégal
Figure 28. Répartition saisonnière des individus de Contracaecum sp. dans les sites
d'infestation chez L. dumerili, L. falcipinnis et L. grandisquamis originaires des estuaires de
la Casamance, du Saloum et du Sénégal
Figure 29. Intensité moyenne d'Anisakis sp. parasite de L. grandisquamis, M. bananensis, M.
cephalus et M. curema
Figure 30. Intensité moyenne de Contracaecum sp. parasite de L. dumerili, L. falcipinnis et L.
grandisquamis95
Figure 31. Intensité moyenne de Contracaecum sp. parasite de M. bananensis, M. cephalus et
<i>M. curema</i> 97
Figure 32. Intensité moyenne de Cucullanus djilorensis n. sp. parasite de M. curema97
Figure 33. Patron parfaitement emboité obtenu en considérant les localités hôtes et les
espèces parasites
Figure 34. Patron parfaitement emboité obtenu en considérant les espèces hôtes des
différentes localités et les espèces parasites 103
Figure 35. Patron parfaitement emboité obtenu en considérant les espèces hôtes de la
Casamance et les espèces parasites
Figure 36. Patron parfaitement emboité obtenu en considérant les espèces hôtes du Saloum et
les espèces parasites
Figure 37. Patron imparfaitement emboité obtenu en considérant les espèces hôtes de
l'estuaire du Sénégal et les espèces parasites104
Figure 38. Taille et poids des individus de L. dumerilli originaire des estuaires de la
Casamance, du Saloum et du Sénégal en fonction du sexe106
Figure 39. Taille et poids des individus de L. falcipinnis originaire des estuaires de la
Casamance, du Saloum et du Sénégal en fonction du sexe106

Figure 40. Taille et poids des individus de L. grandisquamis originaire des estuaires de la
Casamance, du Saloum et du Sénégal en fonction du sexe107
Figure 41. Taille et poids des individus de <i>M. bananensis</i> originaire des estuaires de la
Casamance, du Saloum et du Sénégal en fonction du sexe107
Figure 42. Taille et poids des individus de M. cephalus venant des estuaires du Saloum et du
Sénégal en fonction du sexe
Figure 43. Taille et poids des individus de M. curema originaire des estuaires de la
Casamance, du Saloum et du Sénégal en fonction du sexe109
Figure 44. Encapsulation des larves d'Anisakis sp. dans le rein (a) de M. bananensis avec 2
(b) ou 3 (c) larves dans chaque capsule112
Figure 45. Encapsulation des larves d'Anisakis sp. dans le rein (a) et le foie (b) de M.
cephalus112
Figure 46. Encapsulation des larves de <i>Contracaecum</i> sp. dans le mésentère (Més.) de <i>M</i> .
<i>curema</i>
Figure 47. Fixation des larves de <i>Contracaecum</i> sp. sur les filaments ovariens de <i>L</i> .
grandisquamis
Figure 48. Encapsulation des larves de Contracaecum sp. dans l'ovaire de L. dumerili 114
Figure 49. Nécrose des ovocytes formant une croûte114

Liste des tableaux

Tableau 1. Tableau récapitulatif des résultats obtenus
Tableau 2. Comparaison des caractères morphométriques de la nouvelle espèce à ceux des
espèces du genre Cucullanus décrites à travers le monde
Tableau 3. Longueur des larves d'Anisakis sp. parasites de L. grandisquamis et M.
bananensis en provenance de l'estuaire de la Casamance
Tableau 4. Longueur des larves d'Anisakis sp. parasites de L. grandisquamis, M. bananensis,
<i>M. cephalus</i> et <i>M. curema</i> en provenance de l'estuaire du Saloum
Tableau 5. Longueur des larves d'Anisakis sp. parasites de L. grandisquamis, M. bananensis,
<i>M. cephalus</i> et <i>M. curema</i> en provenance de l'estuaire du Sénégal
Tableau 6. Mensurations des larves de Contracaecum sp. parasites des mulets en provenance
des estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal53
Tableau 7. Comparaison des caractères morphométriques (mm) des larves de Contracaecum
sp. décrites chez les différents mulets et chez d'autres poissons
Tableau 8. Richesse spécifique moyenne en nématodes des différentes populations hôtes 62
Tableau 9. Probabilités de colonisation et de présence des larves d'Anisakis sp. suivant le
sexe des hôtes
Tableau 10. Probabilités de colonisation et de présence des larves d'Anisakis sp. suivant le
site d'infestation
Tableau 11. Probabilités de colonisation et de présence des larves de Contracaecum sp.
suivant le sexe des hôtes
Tableau 12. Probabilités de colonisation et de présence des larves de Contracaecum sp.
suivant les organes infestés
Tableau 13. Probabilités de colonisation et de présence de Cucullanus djilorensis n. sp.
suivant de <i>M. curema</i>
Tableau 14. Probabilités de colonisation et de présence de Cucullanus djilorensis n. sp.
suivant le niveau d'infestation
Tableau 15. Indice de dominance des espèces parasites dans les populations-hôtes
Tableau 16. Indice de dominance des espèces parasites dans les populations-hôtes en
fonction des saisons
Tableau 17. Coefficient d'agrégation d'Anisakis sp. dans les différentes populations hôtes 100
Tableau 18. Coefficient d'agrégation de Contracaecum sp. dans les différentes populations
hôtes

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le parasitisme est une relation d'exploitation qui constitue l'un des modes de vie les plus réussis (Palm & Klimpel, 2007). Plus de la moitié de toutes les espèces animales et végétales de la terre sont des parasites et, probablement, aucun organisme n'échappe aux infections parasitaires durant sa vie. Comprenant approximativement 256 familles et plus de 40 000 espèces connues, les nématodes constituent l'un des groupes d'invertébrés le plus riche en espèces et le plus abondant. Ils sont libres ou parasites d'animaux ou de végétaux. Les nématodes parasites de poissons ont fait l'objet de plusieurs études. Ils sont généralement ectoparasites, mésoparasites ou endoparasites. Les espèces décrites à travers le monde se répartissent dans 3 ordres, 20 familles et 103 genres.

La plupart des travaux de recherche sur la nématofaune des poissons effectués à travers le monde sont le plus souvent d'ordre systématique : en Asie (Nagasawa & Moravec, 1995 ; Moravec *et al.*, 1998, 2003, 2004 ; Hirasawa & Yuma, 2003 ; Petter & Sey, 1997), en Amérique (Gonzáles-Solis & Moravec, 2004 ; Caspeta-Mandujano *et al.*, 1999, 2000 ; Carney & Dick, 2002 ; Moravec *et al.*, 1997b ; Choudhury *et al.*, 2004 ; Cremonte *et al.*, 2002 ; Navone *et al.*, 1998 ; Likely & Burt, 1992 ; Martins *et al.*, 2005 ; Ramallo, 2005 ; Shields *et al.*, 2002 ; Sardella *et al.*, 1997) et en Europe (Frantova & Moravec, 2003 ; Kall *et al.*, 2004 ; Laimgruber *et al.*, 2005 ; Levsen & Berland, 2002 ; Moravec & Malmqvist, 1977 ; Køie & Fagerholm, 1995 ; Petter & Radujkovic, 1986 ; Petter *et al.*, 1974 ; Rokicki *et al.*, 1993 ; Valovaia, 1977...). Cependant, durant ces dernières décennies, les traits de vie (cycle biologique et relations hôte-parasite) de ces nématodes parasites de poissons ont été abordés (Køie, 2000 ; Valles-Rios *et al.*, 2000 ; Coyner *et al.*, 2003 ; Bergmann & Motta, 2004 ; Klimpel et al., 2004).

En Afrique, les travaux sur les nématodes parasites de poissons ont porté sur les thèmes susmentionnés (Amin, 1978 ; Boomker, 1982, 1993, 1994 ; Boomker & Petter, 1993 ; Campanat-Rouget, 1957, 1961 ; El Alfi, 2005 ; Kabre & Petter, 1997 ; Moravec & Van As, 2004 ; Petter & Baudin-Laurencin, 1986 ; Vassiliades & Chevalier, 1973 ; Vassiliades & Troncy, 1973, 1974...). Treize familles de nématodes comprenant 39 genres sont identifiées. Vingt-quatre et 23 genres sont respectivement présents en eau douce et de mer, avec 8 genres communs aux deux milieux : *Capillaria, Contracaecum, Cucullanus, Goesia, Philometra, Philometroides, Rhabdochona* et *Raphidascaris*.

Au Sénégal, les recherches sur les nématodes parasites de poissons ont débuté dans les années 50 avec les travaux de Campanat-Rouget. Ces investigations ont été surtout orientées vers les poissons pêchés aux larges des côtes. En revanche, les nématodes parasites de poissons d'eau douce n'avaient jamais fait l'objet de recherches systématiques approfondies. Ce n'est que vers les années 70 (Petter *et al.*, 1979 ; Petter & Baudin-Laurencin, 1986 ; Vassiliades, 1970, 1972, 1973, 1975, 1982 ; Vassiliades & Chevalier, 1973 ; Vassiliades et Diaw, 1978 ; Vassiliades & Petter, 1972, 1981 ; Vassiliades & Troncy, 1973, 1974), avec les recherches sur les poissons pêchés dans différentes localités du pays (fleuve Sénégal, lac de Guiers, Fandène, Casamance et Kolda) que des descriptions de nouvelles espèces ont vu le jour. Cependant, à notre connaissance, des études de ce genre en eau saumâtre n'ont jamais été abordées.

Les nématodes de la famille des Anisakidae sont parasites de plusieurs espèces de poissons de mer, d'eau douce et d'eau saumâtre incluant *Mugil cephalus*. Leur distribution est mondiale et les poissons leur servent d'hôtes intermédiaires (Bomker, 1982 ; Farjallah *et al.*, 2006, 2008 ; Umehara *et al.*, 2006 ; Abowei et Ezekiel, 2011 ; Quiazon *et al.*, 2011 ; Rosas-Valdez *et al.*, 2007 ; Tantanasi *et al.*, 2012) ou encore d'hôtes définitifs (De Oleivera Rodrigues *et al.*, 1975 ; Nuchjangreed *et al.*, 2006).

Les larves d'Anisakidae sont présentes dans différents organes des poissons notamment les muscles (Olivero-Verbel *et al.*, 2005 ; Martins *et al.*, 2005 ; Valero *et al.*, 2006 ; Rello *et al.*, 2009 ; Suzuki *et al.*, 2010 ; Abattouy *et al.*, 2011). Leur présence dans la chair diminue la valeur marchande de l'hôte mais augmente le risque de contamination par consommation de poissons crus ou mal cuits.

Durant ces dernières années, les investigations sont surtout orientées sur ces larves qui constituent un groupe à risque pour la santé humaine. En effet, les larves L3 d'Anisakidae provoquent chez l'homme une maladie appelée anisakidose qui devient anisakiase si les larves appartiennent au genre *Anisakis* (Audicana & Kennedey, 2008). L'anisakiase se manifeste par des granulomes éosinophiles, des réactions allergiques parfois sévères (Chord-Auger *et al.*, 1995 ; Pecquet *et al.*, 2002), ou encore de douleurs abdominales et/ou de pseudo obstruction de l'intestin (Dominguez-Ortepa *et al.*, 2003). Cette helminthozonose est observée au Japon avec plus de 2500 cas/an, en Europe principalement en Espagne, au Norvège, aux Pays Bas, au Royaume-Uni, en France avec environ 500 cas/an (Audicana *et al.*, 2002); Fuentes *et al.*, 2002), aux Etats-Unis d'Amérique avec 50 cas/an (Audicana *et al.*, 2002). Actuellement, 14 000 cas d'anisakiase dont 95% au Japon sont recensés (Audicana *et al.*, 2002), la transmission du parasite étant clairement en relation à la consommation de poissons

infestés crus ou insuffisamment cuits. Néanmoins en Afrique, une détection clinique de cette maladie reste très rare.

Bien que provoquant des effets pathogènes plus ou moins importants chez les poissons (Bomker, 1982 ; Murphy *et al.*, 2010 ; Abowei & Ezekiel, 2011) et constituant des problèmes de santé publique (Sher *et al.*, 2003 ; Caballero *et al.*, 2011 ; Daschner *et al.*, 2011 ; Gonzáles *et al.*, 2005, 2010, 2011), les larves d'Anisakidae jouent des rôles importants. En effet, elles sont utilisées comme étiquettes biologiques (marqueurs génétiques) pour identifier les stocks ou les sub-populations de poissons pélagiques et démersaux (Mattiucci, 2006 ; Mattiucci *et al.*, 2007 ; Braicivich & Timi, 2008 ; Rebecca *et al.*, 2011). Elles constituent également des marqueurs biologiques de la pollution marine car ayant la possibilité d'accumuler 300 fois plus de métaux lourds que leurs hôtes (Hogue & Peng, 2003 ; Pascual & Abollo, 2005).

Des études immunologiques portant sur les réponses cellulaires provoquées par ces parasites chez les oiseaux (Nemeth *et al.*, 2012), les mammifères (Cattan *et al.*, 1976 ; Migaki *et al.*, 1982 ; Spraker *et al.*, 2003) y compris l'homme (Chord-Auger *et al.*, 1995 ; Cuéllar *et al.*, 2010 ; Daschner *et al.*, 2011 ; Gonzalez *et al.* 2010, 2011), et les poissons (Munday *et al.*, 2003 ; Longshaw *et al.*, 2004 ; Murphy *et al.*, 2010 ; Abowei & Ezekiel, 2011 ; Buchmann, 2012) sont faites à travers le monde. En Afrique, des études histopathologiques chez des poissons appartenant à plusieurs familles ont été réalisées, mais des investigations sur l'effet des Anisakidae sur les mulets est une première en Afrique, spécialement au Sénégal.

En aquaculture, le problème de la pathologie liée aux parasites se pose avec toute son acuité. Les nématodes déterminent des pathologies ralentissant la croissance et augmentant le taux de mortalité de leurs hôtes, et constituent par conséquent un facteur limitant de la réussite de la productivité des fermes aquacoles (Belghyti *et al.*, 1994).

Les Cucullanidae constituent une très grande famille de nématodes parasites décrits à travers le monde (Rasheed, 1968 ; Soota, 1983 ; Hasegawa *et al.*, 1991 ; Moravec *et al.*, 1997 ; Morand & Rigby, 1998 ; Caspeta-Mandujano *et al.*, 1999 ; Timi & Lafranchi, 2006). Elle comprend trois genres : *Cucullanus* Mueller 1777, *Dichelyne* Jägerskiöld 1902 et *Neocucullanus* Travassos, Artigas & Pereira 1928 (Petter, 1995). Approximativement, 160 espèces sont décrites pour le genre *Cucullanus*. Ce genre est largement distribué en Afrique et certaines de ses espèces ont été trouvées chez des poissons d'eau douce et marins (Campana-

Rouget, 1957, 1961 ; Vassiliades & Troncy, 1974 ; Vassiliades, 1982 ; Al-Bassel, 2003 ; Bayoumy *et al.*, 2008).

Les lagunes et estuaires côtiers sont des écosystèmes clés, peu étendus (environ 6% de la surface du globe), mais qui produisent 26% des ressources alimentaires totales de la biosphère (Guélorget *et al.*, 1998). Une exploitation intensive de la productivité naturelle croissante de ces écosystèmes est faite par les pêcheurs locaux (Kapetsky, 1984).

En Afrique de l'Ouest, la zone littorale et ses ressources représentent une composante essentielle pour le développement économique des pays. En effet, près de 60% des populations s'y concentrent et de nombreuses activités économiques y sont réalisées. La pêche artisanale y occupe notamment une position centrale. La richesse en espèces observée dans les estuaires de l'Afrique de l'Ouest est la résultante de deux phénomènes antagonistes avec la pénétration de faune ichtyologique respectivement d'origine marine et continentale (www.idéecasamance.net). Au Sénégal, les ressources estuariennes sont essentiellement constituées de poissons (environ 104 espèces en moyenne) dont les Mugilidae représentés par 6 ou 7 espèces suivant les milieux, de crustacés (crevettes et crabes) et de mollusques (huîtres, arches, volute, rochers, mélogènes). La production annuelle de poissons dans les eaux estuariennes est de 30 000 à 50 000 tonnes. La part des ressources halieutiques dans l'alimentation des populations est très importante et augmente constamment. Ces ressources contribuent jusqu'à 70 voire 90% des apports en protéines.

Les espèces de la famille des Mugilidae communément appelées mulets ou encore muges sont des poissons ayant de grands intérêts alimentaire, économique et écologique. En effet, ils sont abondants dans les estuaires sénégalais et sont bien représentés dans les débarquements (Anonyme 2005, 2009 ; Bousso, 1991 ; Ndour, 2003). Véritable source de protéines, les mulets sont consommés frais ou transformés (poissons séchés « tambadiang ») par les populations locales. Ils sont également très appréciés et ont subi ces dernières années une surexploitation pour des besoins d'exportation. Vu leur importance économique, ils font souvent l'objet d'une pêcherie spécialisée (Albaret & Legendre, 1985 ; Albieri *et al.*, 2010 ; Wang *et al.*, 2010 ; Durand *et al.*, 2012).

Les mulets ont été très tôt utilisés en aquaculture car ils offrent beaucoup d'avantages : ils sont eurythermes, euryhalins, se nourrissent d'aliments peu coûteux et grossissent rapidement. Leur caractère euryhalin permet de les élever dans des milieux variés, qui vont de l'eau sursalée à l'eau douce et en polyculture avec un grand nombre d'espèces. *Mugil* *cephalus* est l'espèce la plus communément élevée en raison de son caractère cosmopolite, son adaptabilité à l'eau douce ainsi que ses performances de croissance (www.idéecasamance.net).

Les muges sont des poissons présents en permanence dans les écosystèmes côtiers, estuariens ou lagunaires qui constituent leur domaine de prédilection. Ces milieux estuariens sont des environnements très instables où les conditions écologiques varient dans l'espace et dans le temps. Leur conservation est l'un des plus grands défis pour l'humanité. C'est dans cette optique que des chercheurs de nombreux pays du nord et du sud ont initié un programme appelé Programme *Mugil*. Ce dernier consiste à utiliser *Mugil cephalus* comme indicateur de l'état de santé des estuaires. Par ailleurs, les Mugilidae jouent un rôle écologique important dans ces écosystèmes car ils sont des consommateurs primaires (Tantanasi *et al.*, 2012).

Compte-tenu des divers rôles importants que jouent les mulets, en particuliers *Mugil cephalus*, de l'importance écologique qu'ont les espèces de la famille des Anisakidae et du danger que constituent les nématodes parasites tant pour les poissons que pour l'homme, nous nous sommes intéressés à l'étude descriptive et bioécologique des nématodes parasites des mulets du Sénégal. De plus, malgré l'importance économique et écologique des mulets au Sénégal, il y a peu d'information sur leur nématofaune. Dans le but d'approfondir les connaissances sur les nématodes parasites des mulets du Sénégal, nous nous sommes proposé d'étudier leur taxinomie et leur écologie. Les objectifs généraux (O. G.) de cette étude sont au nombre de trois et sont déclinés chacun en 1 ou 2 objectifs spécifiques (O. S.).

- O. G. 1 : Connaître les espèces de nématodes parasites des mulets des estuaires sénégalais
 - ✓ O. S. 1.1. : Identifier les nématodes rencontrés
 - ✓ O. S. 1.2. : Décrire les espèces
- O. G. 2 : Comparer le parasitisme par les nématodes des mulets
 - ✓ O. S. 2. 1. : Etudier la distribution des populations de parasites dans les populations hôtes des différentes localités
- O. G. 3. : Comprendre les interactions entre les parasites et leurs hôtes
 - ✓ O. S. 3. 1. : Etudier l'influence de la taille, du poids, du sexe de l'hôte et de la saison sur le parasitisme
 - ✓ O. S. 3. 2. : Caractériser les lésions provoquées par les parasites

Cette étude a permis d'obtenir des résultats qui sont présentés dans ce document comportant deux parties avec une section introductive et une conclusion.

La première partie est consacrée aux matériels et méthodes et comprend trois chapitres.

Le premier chapitre porte sur la présentation des milieux d'étude. Dans ce chapitre, nous présentons les estuaires du Sénégal en donnant leur situation géographique, leurs conditions physico-chimiques, leur mode de fonctionnement et leur végétation.

Dans le deuxième chapitre, les espèces de poissons choisies dans le cadre de cette étude sont présentées en apportant des informations relatives à leur biologie et à leur écologie.

Le troisième chapitre traite des méthodologies d'étude des nématodes parasites, de leur distribution dans les populations d'hôtes des différents estuaires et de l'effet de paramètres biologiques relatifs aux poissons et de la saison sur le parasitisme.

La deuxième partie porte sur les résultats et discussion et est structurée en deux chapitres.

Dans le premier chapitre, la taxonomie des nématodes parasites de mulets originaires des estuaires sénégalais est abordée. Une étude descriptive des nématodes a été menée et a donné lieu à un article (Dione *et al.*, 2014a) publié dans Comparative Parasitology.

Le deuxième chapitre traite de leur écologie. Une analyse comparative de la distribution des nématodes dans les populations d'hôtes, une étude de l'effet de la saison, du poids, de la taille ou du sexe des hôtes sur le parasitisme et une étude histopathologique ont été effectuées. Elles ont fait l'objet de deux articles (Dione *et al.*, 2014b,c) publiés dans Journal of Biology and Life Science.

PREMIÈRE PARTIE : MATÉRIELS ET MÉTHODES

CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION DES ZONES D'ÉTUDE

PREMIÈRE PARTIE MATÉRIEL ET MÉTHODES

CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION DES ZONES D'ÉTUDE

I. Cadre géographique

Situé à l'extrême ouest du continent africain, le Sénégal s'étend sur une superficie de 196 720 km2. Il est limité au Nord et Nord-Est par la Mauritanie, au Sud-Est par le Mali, au Sud par la Guinée et la Guinée Bissau et à l'Ouest par l'Océan Atlantique. Le Sénégal occupe la partie méridionale du bassin sédimentaire sénégalo-mauritanien régulièrement incliné vers l'ouest en direction de l'Océan Atlantique.

De relief plat, le Sénégal est essentiellement constitué de plaines et de plateaux qui sont traversés par le réseau hydrographique fossile du Ferlo (Sénégal), du Sine et du Saloum et entaillés plus profondément par la Gambie et la Casamance.

Cette position ajoutée à son histoire géologique confère au pays une grande diversité d'écosystèmes dont les écosystèmes aquatiques qui regroupent les écosystèmes fluviaux et lacustres et les écosystèmes côtiers constitués des zones estuariennes et deltaïques des fleuves susmentionnés.

Les estuaires du Sénégal, du Saloum et de la Casamance constituent les sites choisis dans le cadre de cette étude (Figure 1). Rattaché au domaine continental, l'estuaire se définit comme une zone d'interface entre les milieux continental et marin. Chaque estuaire est un système physique et écologique dynamique et unique, incluant des zones humides, des méandres sans cesse remodelés au gré des courants, des charges de matières en suspension apportées par le fleuve, et selon la nature du contexte géologique et du bassin versant, le climat, les vents et les interventions humaines historiques et contemporaines.

Ces estuaires sénégalais constituent des milieux différents dont le régime est soumis à l'action conjuguée des marées et des courants de salinité. Ils appartiennent à deux types de systèmes fluviaux : les systèmes locaux (Casamance et Saloum) et les systèmes sous-régionaux (Sénégal) (Bousso, 1994).



Figure 1. Localisation des côtes et des estuaires du Sénégal (Sall, 1982 modifié)

II. Caractéristiques morpho-dynamiques et physico-chimiques des estuaires sénégalais

II.1. Estuaire de la Casamance

La région naturelle de la Casamance a des limites qui tiennent à la fois à la nature et à l'histoire. Ces limites sont à l'Ouest l'océan Atlantique, à l'Est la rivière Kuluntu (affluent du fleuve Gambie), au Nord la Gambie, et au Sud la Guinée Bissau. Cette région d'une superficie de près de 30 000 km² porte le nom du fleuve de 360 km de long qui la traverse. Cette partie la plus méridionale du Sénégal est caractérisée par une vallée d'une grande étendue envahie par la mer avec un bassin versant de 14 000 km² (www.idéecasamance.net). La basse vallée du fleuve est constituée par un étroit estuaire, aux rivages bordés de mangroves, qui a une longueur de 220 km.

II.1.1. Climat

Le climat est de type tropical humide (subguinéen) et se caractérise par l'alternance d'une saison sèche pouvant être froide ou chaude et d'une saison des pluies chaude et humide. La température connaît des variations journalières, mensuelles, saisonnières et annuelles. Ainsi, en saison sèche froide, de novembre à mars, avec l'influence des masses d'air boréales, les moyennes thermiques mensuelles varient entre 23 et 26°C. En saison sèche chaude précisément aux mois d'avril et mai, avec l'installation de l'air austral chaud, la température moyenne mensuelle se situe entre 27 et 29°C. Durant la saison chaude et humide de juin à octobre, la température moyenne oscille entre 26 et 28°C.

La Casamance est la région la plus arrosée du Sénégal, avec une précipitation moyenne à Ziguinchor de 1397 mm entre 1918 et 2010. Les normales pluviométriques connaissaient une nette régression allant de 1522 mm en 1918-69 à 1141 mm en 1970-92. Cependant une hausse est notée à partir de 1993 avec une moyenne de 1366 mm (www.idéecasamance.net).

II.1.2. Salinité

La ria Casamance est un estuaire inverse, avec une forte salinité augmentant vers l'amont jusqu'à atteindre 170 (idéecasamance.net). Cette salinité est tributaire de l'apport d'eau marine, de l'évaporation et principalement de la pluviosité locale (Albaret, 1987).

II.2. Estuaire du fleuve Saloum

Le Sine-Saloum n'est ni un delta, ni même véritablement un estuaire ; il n'est aujourd'hui qu'une ria dont le chenal est exclusivement parcouru par les eaux marines (Marius, 1979). Il ne communique avec aucun cours d'eau en amont, et les pluies constituent le seul apport d'eau douce. L'estuaire occupe un bassin versant de 29 720 km² avec un relief plat en général et de pente faible, inférieur à 0,55‰, favorisant ainsi la remontée profonde de la mer. La surface en eau est de 90 000 ha (Bousso, 1996).

Situé à 100 km au sud de Dakar, entre 13°55' et 14°10' Nord et 16°03' et 16°50' Ouest, le delta du Saloum comprend trois systèmes hydrologiques qui sont, du nord au sud, le Saloum, le Diomboss et le Bandiala. Le système hydrologique du Saloum a une longueur d'environ 130 km et de largeur maximale de 2 km au sud de Niodior. Il présente, après la rupture de la flèche de Sangomar en 1987, deux embouchures situées à Sangomar et à Lagoba. En effet, le Saloum a une direction sud-nord sur environ 13 km à partir de la mer, puis se dirige vers le nord-est jusqu'à Foundiougne. De Sangomar à Foundiougne, la profondeur du chenal est généralement supérieure à 13 m et peut parfois dépasser 25 m au niveau des fosses. En amont de Foundiougne, le Saloum prend une direction nord puis est jusqu'à Kaolack. Dans ce tronçon, la largeur excède rarement 500 m et la profondeur diminue, restant le plus souvent inférieur à 8 m (Ngom, 2005).

Le Diomboss, long de 68 km et large de 2,5 km en considérant les deux bras, a une embouchure relativement large de 4 km et présente généralement une direction nord-est. Son chenal est plus ou moins profond pouvant parfois atteindre 10 m. Cependant, des profondeurs de 25 m sont notées dans certaines fosses (Ngom, 2005).

Le Bandiala, situé plus au sud, a une longueur d'environ 34 km et est large de 1 à 2 km. De direction nord-nord est, il est nettement plus étroit et plus court que le Saloum et le Diomboss. Le Bandiala est aussi le moins profond avec des fonds qui atteignent rarement 10 m (Ngom, 2005).

Ces systèmes hydrologiques Saloum, Diomboss et Bandiala sont interconnectés et forment deux groupes d'îles distincts : les îles du Gandoul au nord et les îles Betanty au sud. Ces îles sont séparées par de petits chenaux, les bolong en nombreux îlots généralement habités (Bousso, 1996).

II.2.1. Caractéristiques climatiques

De type soudanien, le climat du Sine-Saloum est caractérisé par deux saisons bien distinctes : une longue saison sèche et une courte saison des pluies. La saison sèche, froide de novembre à mars et chaude d'avril à juin, est marquée par une dominance des alizés maritimes frais issus de l'anticyclone des Açores et de l'harmattan issu de l'anticyclone de Libye en maghrébien. Ces vents dominants sont respectivement de directions nord-nord-ouest et nord-est. La saison des pluies, chaude et humide, s'étend de juillet à octobre et est marquée par le passage de la mousson, vent chaud et humide en provenance de l'anticyclone de Saint Hélène et de direction ouest-sud-ouest. Le régime pluviométrique est unimodal et la pluviométrie présente des irrégularités interannuelles. Depuis les années 1920, la pluviométrie a baissé, d'abord lentement jusqu'en 1961, et plus sévèrement durant ces dernières décennies. Les effets combinés d'une pluviométrie faible, d'une évaporation importante et d'un gradient (pente) faible dans le bas estuaire ont conduit à une augmentation considérable de la salinité et à une inversion du gradient de salinité. Mais à partir de 2005, la pluviométrie a connu une certaine hausse (Gning, 2008), ce qui a provoqué une baisse de la salinité surtout en saison des pluies puisque le seul apport d'eau douce est les eaux de pluies. Selon Gning (2008), si cette situation perdure, certaines hypothèses sur l'irréversibilité de l'état du Sine-Saloum pourraient être remises en cause.

II.2.2. Caractéristiques géomorphologiques

Quatre unités géomorphologiques sont distinguées dans le bassin du Sine-Saloum. Ce sont: les vasières, les tannes, les cordons sableux et les amas coquillers.

Les vasières sont localisées sur la bordure immédiate des « bolongs » et des principaux bras. Elles sont caractérisées par des dépôts de sédiments, formés d'un mélange complexe de sable ou de vase et de débris organiques calcaires, sur lesquels se développe la mangrove.

Les tannes sont de basses terrasses inclinées faisant suite à la vasière à mangrove. Ils comprennent les « tannes nus » inondables ou à efflorescences salines et les « tannes herbus ». Selon Diop (1980), ces formations présentent un faciès sur sable marin typique et un autre sur matériel fin caractéristique des milieux fluvio-lagunaires.

Les cordons sableux sont des parties de la terre ferme qui séparent les influences marines de celles du Sine-Saloum. Ils se subdivisent en deux grands ensembles : les cordons des îles du nord, étroits et discontinus, et ceux des îles du sud plus étendus et plus larges.

Les amas coquillers sont des témoins de l'activité humaine. Ils sont liés à l'exploitation de deux mollusques : *Senilia senilis* et *Gryphea gasar*.

II.2.3. Caractéristiques hydrologiques

II.2.3.1. Salinité

La salinité dans l'estuaire du Sine-Saloum est fortement tributaire de la pluviométrie et de l'évaporation, car l'estuaire est entièrement parcouru par l'eau de mer et les eaux de

ruissellement constituent les seuls apports d'eau douce (Gning, 2008). Sur l'ensemble du delta, la salinité est nettement supérieure à celle de l'eau de mer; elle croit régulièrement du sud au nord, c'est-à-dire du Bandiala au Saloum et de l'aval vers l'amont (36-70) selon la saison et la distance à l'embouchure. Ainsi, dans le Saloum, et à une extension dans le Diomboss, cette salinité croît vers l'amont quelle que soit la saison. Dans le Bandiala, la salinité diminue pendant et juste après la saison des pluies grâce aux apports d'eaux douces (Simier *et al.*, 2004).

II.2.3.2. Température

Dans l'estuaire du Sine-Saloum, la température moyenne de l'eau oscille entre 21°C et 32°C selon les périodes de l'année et augmente d'aval en amont (Simier et *al.*, 2004). Les maxima thermiques sont enregistrés entre juin et octobre et les minima, entre décembre et février. Les différences de température dans les principaux bras ne sont pas très importantes.

II.2.3.3. Turbidité

La turbidité dans l'estuaire du Saloum diminue en période de flot en même temps que la salinité. En période de jusant c'est le phénomène inverse qui est observé (Ngom, 2005). La transparence de l'eau est fortement liée à l'abondance de matières organiques en suspension provenant de la mangrove. Ainsi, en saison sèche froide, la transparence est élevée, ce qui correspond à une faible quantité de matières organiques en suspension tandis qu'en saison sèche chaude et en saison des pluies, les concentrations plus ou moins fortes de chlorophylle font que la transparence diminue. La transparence est plus élevée dans le Diomboss que dans les autres bras du fleuve. Dans le Bandiala, de l'aval vers l'amont, la transparence est généralement croissante alors que dans le Saloum ce paramètre diminue vers l'amont (Simier et *al.*, 2004).

II.2.4. Caractéristiques hydrodynamiques

L'estuaire du Saloum fonctionne de manière inverse. Ce fonctionnement est lié au déficit pluviométrique enregistré ces dernières décennies entrainant une réduction des apports d'eau de pluies.

Selon Diop (1990), la durée et la vitesse du flot sont supérieures à celles du jusant dans le Saloum et le Diomboss, contrairement au Bandiala. Le flot dure 16h 30' (de 16h 30' à 9h) avec une vitesse de 112 cm/s alors que le jusant ne dure que 7h (de 9h 30' à 16h 30') avec une vitesse de 105 cm/s (Diop et *al.*, 1983). Les faibles apports d'eau douce, l'évaporation importante et l'inertie des zones adjacentes (mangroves, tannes et « bolongs ») jouant le rôle de réservoir expliquent la prédominance du flot sur le jusant. Ces zones s'opposent à l'entrée de l'eau de mer dans l'estuaire lors de la haute marée. Il en découle un retard dans le remplissage en amont du Saloum. Le retard accusé dans le vidange de ces zones signifie également que le courant dans le chenal est encore en jusant alors que le niveau marin est déjà en train de s'élever (Ngom, 2005)

II.3. Estuaire du Fleuve Sénégal

Né des régions montagneuses guinéennes, le fleuve Sénégal parcourt 1800 km avant de se jeter en mer au sud de la ville de Saint Louis par une embouchure unique large de 400 à 500 m. Il est situé entre 10°30 et 17°30 de latitude nord respectivement en Guinée et en Mauritanie et entre 7°30 et 16°30 de longitude ouest. Son bassin couvre une superficie de 300 000 km2 et comprend trois régions principales, le haut-bassin, la vallée et le delta, qui diffèrent fortement par leurs conditions topographiques et climatologiques.

Le delta, partie terminale du fleuve, correspond à la zone estuarienne où le bassin fluvial est envahi par les eaux marines. Avant l'aménagement du barrage hydro agricole de Diama, la marée remontait le cours du fleuve jusqu'au village de Diouldé Diabé situé à 450 km de l'embouchure, et la langue salée jusqu'à Podor. La zone estuarienne était alors beaucoup plus vaste qu'elle ne l'est actuellement ; le fleuve y alimentant de nombreuses zones d'inondation occupées par des vasières à mangrove (Camara, 2008). Les travaux d'aménagement réalisés dans la zone, avec la construction du barrage de Diama en 1986, ont donc entrainé une réduction de la superficie de l'estuaire qui est limité en amont par le barrage de Diama, et en aval par l'embouchure du fleuve caractérisée par une extrême mobilité. Ce milieu saumâtre est constitué de deux marigots en rive droite en aval du barrage, du Djeuss barré au niveau de Dakar-Bango, de petits affluents comme le Khor et le Marméal qui recoupent le Sénégal en amont de Gandiole, du petit bras du fleuve entre la Langue de Barbarie et l'île de Saint-Louis et enfin du complexe lagunaire situé entre Saint Louis et Gandiole.

II.3.1. Climat

Le climat dans l'estuaire du fleuve Sénégal est de type sahélien avec une saison des pluies chaude et une saison sèche froide et chaude. La zone est néanmoins constamment balayée par les alizés maritimes du nord-ouest, ce qui contribue à adoucir le climat. Les températures moyennes annuelles sont respectivement 16°C pour les mois les plus froids et 30°C pour les mois les plus chauds. La pluviométrie est faible, mal répartie dans le temps et est de l'ordre de 250 mm en moyenne annuelle. Les pluies sont réparties sur une courte durée de deux à trois mois (mi-juillet à mi-octobre selon Seck (2004) et fin juin-fin septembre selon Anonyme 2 (2007)).

II.3.2. Géomorphologie

De topographie basse, le delta du fleuve Sénégal est principalement constitué de plaines, parfois inondées et de bas plateaux. Il comprend également des dunes rouges continentales ou « ogoliennes » qui sont remplacées par des cordons sableux vers le littoral.

II.3.3. Salinité

La salinité de l'eau dans l'estuaire est fortement tributaire de l'ouverture ou de la fermeture des vannes du barrage. Ainsi en saison sèche, lorsque les vannes sont fermées, le taux de salinité avoisine celui de l'eau de mer (35). En revanche, en saison des pluies, avec l'ouverture des vannes qui permet d'évacuer les eaux de crue, la salinité connaît une baisse variable suivant l'espace : les taux de salinité les plus élevés sont obtenus à l'embouchure du fleuve et les plus faibles, en amont, au niveau du barrage de Diama (Dia, 2000).

II.3.4. Turbidité

La turbidité est sous l'influence de la marée et des eaux de crue. Ainsi, pendant la période des hautes eaux, l'eau dans l'estuaire devient très trouble. Cela est dû aux importants apports de limons par les eaux fluviales après l'ouverture des cluses. Mais, lorsque les vannes sont fermées et que la marée monte dans la zone estuarienne, la transparence de l'eau devient élevée.

II.3.5. Hydrodynamisme

A l'opposé des estuaires du Saloum et de la Casamance, l'estuaire du Sénégal a un fonctionnement normal contrôlé par le fleuve et la marée dont les actions ne sont pas les plus importantes. Les apports fluviaux, en se déposant sur le rivage interne de la Langue de Barbarie, ont tendance à l'édifier. Ainsi, le fleuve contribue, de manière plus ou moins importante, à la construction de la flèche littorale dont l'érosion est fortement occasionnée par les eaux de crue. Cette érosion entraine la rupture complète de la flèche et la création d'une nouvelle embouchure.

Comme pour la salinité, le principal déterminant de l'hydrodynanisme estuarienne est le barrage de Diama. En période de crue, avec l'ouverture des vannes, l'estuaire est envahi par les eaux douces du fleuve et en période de basses eaux, lorsque les cluses sont fermées, ce milieu subit l'influence de la marée océanique.

III. Végétation dans les estuaires sénégalais

Les écosystèmes estuariens du Sénégal sont caractérisés par une végétation particulière, la mangrove. Cette dernière est définie comme étant l'ensemble des formations végétales, arborescentes ou buissonnantes qui colonisent les atterrissements intertidaux marins ou fluviaux des côtes tropicales (Marius, 1985). Ces formations végétales sont caractérisées par des adaptations morphologiques et physiologiques qui leur permettent de coloniser les littoraux des eaux influencées de manière périodique par les eaux saumâtres ou marines (Ngom, 2005). La mangrove est un écosystème important qui tire sa particularité et son importance de sa biodiversité et de ses fonctions écologiques et économiques.

La répartition des écosystèmes de mangroves au Sénégal est calée sur la position des différentes unités hydrologiques que sont le fleuve Sénégal, le Sine-Saloum et la Casamance. Ce qui fait que trois systèmes de mangrove se différencient nettement au Sénégal : celui de l'embouchure du fleuve Sénégal, celui du Saloum et celui de la Casamance (Anonyme 1, 2007 ; UICN, 2007).

La mangrove des estuaires de la Casamance et du Sine-Saloum, est composée de six espèces appartenant à trois familles, les Rhizophoracées, les Verbénacées et les Combrétacées.

Les Rhizophoracées se caractérisent par leurs racines échasses, partie très importante de la plante, entre lesquelles se fixent les sédiments et par leurs propagules qui sont vivipares. Cette famille comprend le genre *Rhizophora*, le plus représenté dans les écosystèmes de mangrove du Sénégal, qui comporte trois espèces. Ces dernières sont, par ordre de représentativité croissant, *R. mangle*, *R. racemosa* et *R. harrisonii* (Faye et al., 2010). *R. racemosa* constitue la mangrove haute (taille pouvant atteindre 20 m) et occupe les bordures des chenaux, les formations plus étendues de *R. mangle* et *R. harrisonii* constituent en arrière la mangrove basse. Du fait de leur forte ressemblance morphologique, ces trois espèces se distinguent difficilement. Toutefois, leur identification au niveau spécifique est possible grâce à leur inflorescence qui est biflorale, multiflorale condensée (4 à 16 fleurs) et multiflorale non condensée (32 fleurs au minimum) respectivement pour *R. mangle*, *R. racemosa* et *R. harrisonii* (Ndour, 2005).

Les Verbénacées, représentées par une seule espèce Avicennia africana (Avicennia nitida), se situent à la limite supérieure des vasières. Cette espèce présente des adaptations aux fonds vaseux asphyxiants et à la salinité. En effet, elle possède des racines, appelées pneumatophores, qui croissent verticalement hors de la vase (géotropisme négatif) et dont une partie émerge. Ces pneumatophores ont un rôle respiratoire. Les feuilles sont pourvues de glandes sécrétrices qui permettent d'éliminer le surplus de sel absorbé par les racines.

Les Combrétacées moins abondantes sont représentées par les espèces *Conocarpus erectus* et *Laguncularia racemosa* qui colonisent une zone immergée qu'à haute marée.

La mangrove de la Casamance est, sur le plan floristique, plus riche et plus dense que celle du Saloum. Son étendue est également plus vaste (100 000 hectares contre 90 000 pour le Saloum) (UICN, 2007).

La mangrove de l'estuaire du fleuve Sénégal est d'importance mineure en comparaison des mangroves de la Casamance et du Saloum. Elle couvre une superficie de quelques dizaines d'hectares et est localisée entre l'embouchure et un bief situé en amont de St-Louis. De densité faible à éparse et d'une hauteur dépassant rarement 5 m, elle est constituée de deux espèces : *Rhizophora racemosa* et *Avicenia africana*.

CHAPITRE 2 : PRÉSENTATION DES MULETS DES ESTUAIRES Sénégalais

CHAPITRE 2 : PRÉSENTATION DES MULETS DES ESTUAIRES SÉNÉGALAIS

I. Classification

La classification adoptée est celle du Système d'Information Taxonomique Intégré (SITI) (http://www.itis.gov). La position systématique est la suivante :

Règne : Animal Embranchement : Cordés Sous-Embranchement : Vertébrés Classe : Actinoptérygiens Ordre : Mugiliformes Sous-Ordre : Percoidés Berg, 1940 Famille : Mugilidae Cuvier, 1829

II. Caractéristiques de la famille des Mugilidae

Les Mugilidae constituent une famille de poissons dont plusieurs espèces sont communément appelées mulets ou muges. Selon le Système d'Information Taxonomique Intégré (SITI), c'est l'unique famille des Mugiliformes. Elle comprend principalement des espèces marines côtières qui sont largement distribuées dans toutes les mers tropicales, subtropicales et tempérées (Albaret & Legendre, 1985 ; Durand et al., 2012). Très euryhalins, ces poissons colonisent les milieux hypersalés et remontent dans les eaux douces du cours inférieur des fleuves. Suivant les espèces, la reproduction a lieu en mer (le plus souvent) ou dans les estuaires et lagunes. Ce sont des poissons hétérosexuels chez lesquels le gonochorisme est la règle générale, bien que l'existence d'individus hermaphrodites ait été signalée en quelques occasions (Albaret & Legendre, 1985). Essentiellement phytophages et détritivores, ils se nourrissent sur le fond qu'ils sucent ou broutent. En effet, les mulets obtiennent leur énergie des premiers maillons de la chaîne trophique. Ils disposent d'un filtre pharingobranchial complexe qui, associé avec un système de racleur branchial, leur permet d'avaler tout aussi bien une variété de microorganismes et de matière organique détritique que de nourritures plus grandes comme des algues, des larves d'insectes et de petits mollusques. Ces poissons effectuent des migrations tout au long de leur cycle biologique et évoluent dans des zones indispensables pour la croissance, l'alimentation ou la reproduction.

Les mulets sont des poissons allongés fusiformes dépourvus de ligne latérale, au corps comprimé latéralement à sa partie postérieure et recouvert d'écailles dentelées petites ou grandes. La tête est large et aplatie dans le sens dorso-ventral, le museau obtus et court, la bouche plutôt petite, terminale et infère. Les dents sont petites, difficilement visibles. Les deux nageoires dorsales sont courtes et bien séparées l'une de l'autre ; la première se compose de 4 épines minces. Les pectorales sont situées assez haut sur les flancs et les pelviennes sont en position abdominale. Des écailles modifiées (processus axillaire) peuvent être présentes au dessus des nageoires pectorales et pelviennes. Les mulets sont généralement des poissons aux flancs argentés, avec parfois des reflets dorés, et une partie dorsale plus sombre. Ils possèdent un estomac en forme de gésier à parois épaisses (Figure 2).



Figure 2. Forme générale et caractères taxonomiques des Mugilidae (Thomson, 1981)

Les différences morphologiques et anatomiques qui permettent de distinguer les espèces sont peu nombreuses et souvent difficilement perceptibles ; d'où une certaine confusion dans la taxonomie de ce groupe tant au niveau des genres qu'au niveau des espèces. Cela a valu plusieurs révisions taxonomiques de la famille (Schultz, 1946 ; Thomson, 1997 ; Ghasemzadeh, 1998 ; Nelson, 2006). Selon Eschmeyer & Fricke (2011), il existe 20 genres valides dans la famille des Mugilidae, mais un tout nouveau renseignement venant du Système d'Information Taxonomique Intégré (SITI) (http://www.itis.gov/) a permis de retenir 16 genres actuellement reconnus et valides. Les genres *Liza* et *Mugil* sont les plus représentés au niveau mondial car ils constituent 40% de la richesse spécifique dans la famille

(Eschmeyer & Fricke, 2011). En Afrique de l'Ouest, ils sont les seuls présents dans les milieux saumâtres et sont souvent abondants (Albaret & Legendre, 1985).

Le choix des espèces présentées ci-dessous repose sur leur abondance relative dans les estuaires sénégalais, leur utilisation comme l'une des principales ressources alimentaires et sur leur adaptabilité à des milieux différents rendant leur pisciculture possible.

III. Biologie et écologie des espèces examinées

III.1. Liza dumerili Steindachner, 1870 (Figure 3)

Cette espèce est rencontrée dans l'Atlantique Est, de la Mauritanie à l'Afrique du sud et dans la partie ouest de l'océan Indien, de la Mozambique à l'Afrique du sud. Elle fréquente les milieux d'eau saumâtre (estuaires, lagunes et zones saumâtres) et d'eau douce (rivières et ruisseaux).

Elle se nourrit principalement de plancton et de détritus et occupe les niveaux trophiques 2,2-2,79 (Diouf, 1996). Les individus de *L. dumerili* possèdent de petites dents qui conviennent parfaitement à l'ingestion du substrat sableux.

III.2. Liza falcipinnis Valenciennes, 1836 (Figure 4)

La répartition de *L. falcipinnis* va de la Mauritanie à la rivière du Congo et à l'Angola. Cette espèce évolue aussi bien dans les eaux marines et saumâtres que dans les rivières. Elle utilise comme principale nourriture les plantes (algues et diatomées) et les détritus et occupe le niveau trophique 2,3 (Blay, 1995). Aux stades larvaire et juvénile, *L. falcipinnis* est prédateur et se nourrit essentiellement du zoobenthos (crustacés benthiques, ostracodes et autres invertébrés benthiques.

III.3. Liza grandisquamis Valenciennes, 1836 (Figure 5)

C'est une espèce qui est rencontrée dans l'Atlantique Est, de la Mauritanie à la Guinée équatoriale. Elle habite les eaux côtières peu profondes, les estuaires et les lagunes à eau saumâtres, y compris les mangroves et les rivières. Se nourrissant préférentiellement la nuit,



Figure 3. Liza dumerili (Dione, 2013)



Figure 4. Liza falcipinnis (Dione, 2013)



Figure 5. Liza grandisquamis (Dione, 2013)

L. grandisquamis ingère principalement des débris de plantes en broutant le substrat (King, 1986).

III.4. Mugil bananensis Pellegrin, 1928 (Figure 6)

Mugil bananensis est distribué de la Mauritanie à l'Angola mais aussi dans les îles Canaries entre Gibraltar et Mauritanie. Cette espèce fréquente les eaux côtières et estuariennes et se nourrit de phytoplancton et de détritus à l'état adulte, occupant ainsi le niveau trophique 2,77 (Diouf, 1996). Les larves et les juvéniles se procurent une nourriture constituée principalement du zoobenthos, du zooplancton et de crustacés benthiques (ostracodes et crustacés non identifiés).

III.5. Mugil cephalus Linnaeus, 1758 (Figure 7)

C'est l'espèce la plus cosmopolite des eaux côtières des mers des zones tropicales, subtropicales et tempérées. Sa répartition va de la Californie (Etats-Unis) au Chili dans l'Est du Pacific, du Japon à l'Australie dans le Pacific Ouest. Dans la partie ouest de l'océan Indien, l'espèce est distribuée de l'Inde à l'Afrique du sud. Dans l'Atlantique Ouest, sa distribution va de la Nouvelle Ecosse (Canada) au Brésil, de la baie du Cap de Morue (Etats Unis) au sud du Golf du Mexique et dans l'Atlantique Est, de la baie de Biscay à l'Afrique du sud, y compris les mers méditerranéenne et noire. L'espèce est présente dans la mer d'Okhotsk, dans la partie sud-ouest de la mer Baltique et au sud de la Nouvelle Zélande.

Mugil cephalus ou mulet jaune est une espèce côtière qui pénètre fréquemment les estuaires et les rivières. Il est capable de supporter des températures élevées, des variations de salinité et une certaine pollution organique. Il forme des bancs sur le fond sableux ou vaseux entre 0 et 10 m de profondeur. Son activité est principalement diurne. Il se nourrit du zooplancton au stade larvaire, de détritus, d'algues microscopiques et d'organismes benthiques aux stades juvénile et adulte. Cette espèce constitue un lien écologique important dans le flux d'énergie entre les niveaux trophiques bas et une large variété de poissons et d'oiseaux piscivores. La reproduction a lieu en mer à différentes périodes de l'année suivant les localités (Ameur *et al.*, 2003). Les femelles libèrent 0,8 à 2,6 million d'œufs (ovocytes) dans l'eau de mer qui seront fécondés par les cellules reproductrices mâles. L'âge de première maturité sexuelle est 3 à 4 ans correspondant à une taille moyenne de 58 cm.

La migration du mulet jaune est fortement tributaire de son cycle de développent. En effet en début de saison chaude, une certaine proportion de juvéniles agés quittent les estuaires et se regroupent sur les fonds côtiers jusqu'à la fin de la saison chaude. A ce moment, ils entament leur migration vers la mer en bancs le long du littoral. Cette migration pourrait être associée aux périodes de hautes eaux des fleuves et est appelée migration des « durs intestins » car les intestins des mulets sont vides. Les mulets en migration vers la mer ne se nourrissent ni pendant la migration des « durs intestins », ni durant la migration de reproduction.

Considéré comme le plus abondant téléostéen marin dans le monde (Thomson, 1963 ; Odum, 1970), *M. cephalus* revêt une importance économique considérable et est également une véritable espèce de récréation (Collins, 1985 ; El Cafsi *et al.*, 2003 ; Bacheler *et al.*, 2005). En effet, il est vendu frais, séché, salé et frits et ses œufs sont vendus frais or fumés. Ce poisson est également utilisé dans la médecine chinoise.

III.6. Mugil curema Valenciennes, 1836 (Figure 8)

Mugil curema est présente à l'ouest de l'Atlantique, de la Nouvelle Ecosse, mais est peu commune au nord du Cap de Morue, en Argentine. Dans l'Est de l'Atlantique, sa distribution va de l'Espagne à la Namibie. Dans le Pacific Est, la répartition de l'espèce va de la Californie au Chili.

Il habite les côtes sableuses et les étangs littoraux, mais se rencontre aussi dans les fonds vaseux des estuaires et des lagunes. Il peut également être présent dans les rivières et les récifs coralliens. Les juvéniles sont fréquents dans les eaux côtières et peuvent migrer dans les estuaires et les lagunes côtiers. Ils se nourrissent d'algues microscopiques ou filamenteuses et de juvéniles d'organismes planctoniques. La reproduction se déroule à différentes périodes de l'année suivant les zones géographiques. Le plus souvent, cette reproduction a lieu de la fin de l'hiver à l'été (Albieri *et al.*, 2010). Cette espèce pond plusieurs million d'œufs pourvus d'un important jaune d'œuf. Elle est ovipare, les œufs sont pélagiques et non-adhésifs. Très utilisé dans la consommation humaine, ce poisson est vendu frais ou salé. *M. curema* est une importante ressource économique supportant beaucoup de petites activités à travers la pêche et l'aquaculture (Albieri *et al.*, 2010; Wang *et al.* 2010).


Figure 6. Mugil bananensis (Dione, 2013)



Figure 7. Mugil cephalus (Dione, 2013)



Figure 8. Mugil curema (Dione, 2013)

IV. Distribution des mulets au Sénégal

Les estuaires du Saloum et du Sénégal ont une richesse spécifique respective de 114 et 111 espèces, donc sont les milieux estuariens les plus riches en Afrique de l'Ouest après la lagune d'Ebrié en Côte d'Ivoire qui présente 153 espèces. L'estuaire de la Casamance possède une richesse spécifique plus faible (86 espèces) (Diouf, 1996). Les Mugilidae constituent, dans ces trois estuaires du Sénégal, un des taxons les plus fréquents et les plus abondants. Six espèces sont signalées dans chacun de ces estuaires : *Mugil bananensis* Pellegrin, 1928, *Mugil cephalus* Linneaeus, 1758, *Mugil curema* Valenciennes, 1836, *Liza dumerili* Steindachner, 1870, *Liza falcipinnis* Valenciennes, 1836 et *Liza grandisquamis* Valenciennes, 1836. Toutefois, dans l'estuaire du Saloum, il existe une septième espèce, *Liza bandialensis* (Diouf, 1991; Ngom, 2005) que nous n'avons pas rencontrée.

Les espèces de mulets pêchées dans les trois estuaires sénégalais appartiennent à deux catégories bioécologiques selon qu'elles présentent des affinités avec le gradient marin (Figure 9) :

- les espèces estuariennes d'origine marine (Em) que sont L. dumerili, L. falcipinnis, L. grandisquamis et M. curema. Nées en milieu marin, ces espèces ont effectué une migration, sans retour, dans les estuaires. Elles sont parfaitement adaptées au milieu estuarien et y passent une partie de leur cycle biologique pour se nourrir ou se reproduire ;
- les espèces marines-estuariennes (ME) comprenant *M. bananensis* et *M. cephalus*. Ces espèces se rencontrent dans les mers et les estuaires. Leur migration s'effectue donc vers les estuaires. *Mugil bananensis* et *M. cephalus* ont habituellement une reproduction qui se déroule en mer, ce qui les différencie du groupe précédent. Seuls les alevins gagnent les estuaires et les lagunes où ils vont trouver l'habitat, la nourriture et la protection contre les prédateurs. Les géniteurs restent en mer après la ponte (Ameur, 2003), ce qui fait que la population de ces espèces est essentiellement constituée de larves et de juvéniles dans les estuaires.

Toutes ces espèces sont considérées comme des résidents partiels dans les mangroves, car elles sont associées aux mangroves durant leur stade larvaire et juvénile ou pendant leur vie adulte.



Figure 9. Les grandes catégories écologiques dans les peuplements de poissons estuariens d'Afrique de l'Ouest (Albaret, 1999). APL : abondance des populations lagunaires # rares, ## abondantes, ### très abondantes ; R : reproduction lagunaire ; D. L : distribution lagunaire V = vaste, L = limité, S = saisonnière, P = permanente ; E : euryhalinité # faible, ## forte, ### quasi-totale.

CHAPITRE 3 : MÉTHODES d'étude des nématodes

CHAPITRE 3 : MÉTHODES D'ÉTUDE DES NÉMATODES

I. Méthode d'échantillonnage des mulets

Les poissons ont été pêchés dans les estuaires des fleuves Sénégal, Saloum et Casamance. Les points de collecte des poissons sont Saint-Louis, Djilor, Bakassouk, Haere, Hitou et Niomoune (Figure 1). A Saint-Louis et à Djilor, nous avons fait appel à des personnes ressources pour la collecte des mulets alors qu'à Bakassouk, Haere, Hitou et Niomoune, nous l'avons réalisée nous-mêmes. Dans les différents milieux, les échantillonnages se faisaient de façon régulière par trimestre, ce qui a fait que dans chaque milieu nous avons effectué trois prélèvements en saison sèche et un en saison des pluies.

I.1. Engins et techniques de pêche utilisés

C'est la pêche artisanale qui est essentiellement pratiquée dans les estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal. Les techniques de pêche utilisées sont les sennes de plage et les filets maillants.

I.1.1. Les sennes de plage

Ce sont des engins qui sont considérablement évolués avec l'apparition des fibres synthétiques: dimensions largement augmentées, longévité accrue, permettant le passage d'un régime d'exploitation saisonnier à un régime plus continu. Les sennes nécessitent généralement un espace particulier pour être halées (bancs de sable notamment). Elles ont une puissance de pêche élevée. Les captures sont généralement multispécifiques, bien qu'il existe un type spécialisé pour la pêche des Mugilidae, la senne de plage opane (*mbal law opane*).

La senne a une longueur de 400 à 500 m, elle est montée par les pêcheurs de Fambine, Ndangane et Fayaco. La hauteur du filet peut atteindre 7,5 m. Le maillage, homogène, est de 28 mm. L'engin est presque entièrement construit avec le même type de fil (2220 m/kg) sauf quelques fois dans les zones où il est très vulnérable. Plus le filet est haut, plus il est efficace, (Bousso, 1996).

Les pêcheurs utilisent une embarcation et un moteur hors-bord pour une sortie de pêche. Les sennes de plage mobilisent des équipages importants (8 à 40 personnes).

L'utilisation de la pirogue *ngueth* est plus fréquente. L'engin est utilisé le jour comme la nuit, quel que soit l'état de la marée. Il est plus efficace en période de reflux. Les zones privilégiées sont les *bolong*, les fonds côtiers, les bras du fleuve et les passes (Bousso, 1996).

I.1.2. Les filets maillants

La pêche au filet maillant est basée sur une nappe de filet placée entre deux laringues, l'une étant plombée, l'autre flottante maintenant le filet en surface.

La zone d'action des filets maillants est la passe c'est-à-dire la zone située entre le chenal principal et l'extrémité de la berge, mais ils peuvent également être utilisés sur le canal. La pêche a lieu la nuit et l'une des caractéristiques de cette technique est qu'elle est ambulante. L'engin est actionné par trois pêcheurs (Figure 10) :

- le capitaine d'embarcation se charge de manœuvrer la pirogue ;
- les deux autres pêcheurs s'occupent du mouillage et du relèvement du filet.

La longueur du filet est variable, elle peut atteindre 200m voire plus. Nous avons utilisé des mailles de diamètre variable fluctuant entre 8 et 40mm.



Figure 10. Schéma du filet maillant

I.2. Identification et Dissection des poissons

Les poissons collectés dans les estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal ont été identifiés grâce aux clés de Diouf (1991) et de Levêque *et al.* (1992). Ils appartiennent à la famille des Mugilidae et se répartissent dans deux genres et six espèces.

Nous avons effectué des dissections quotidiennes qui se sont étalées sur plusieurs mois. Pour chaque individu, la longueur totale, la longueur à la fourche ont été déterminées à l'aide d'un ichthyomètre, le poids total et le poids éviscéré, à l'aide d'une balance de précision. L'ouverture de la cavité abdominale s'est faite en pratiquant une incision depuis l'anus et en remontant jusqu'à la bouche. Les viscères sont vidés dans le bac à dissection et le sexe déterminé. Après cela, différents organes (branchies, œsophage, estomac, caeca, intestin et leurs contenus, cavité générale, rein, foie, gonades) de ces poissons ont été prélevés, mis dans des boîtes de Pétri et examinés à la loupe binoculaire. L'estomac, les cœcums pyloriques et l'intestin sont séparés et ouverts longitudinalement dans des boîtes de Pétri. Avant d'être ouvert, l'intestin est déroulé dans le bac à dissection et sectionné en trois parties : antérieure, moyenne et postérieure.

II. Recherche et étude morphologique des nématodes

II.1. Recherche des nématodes

L'examen des différents organes (œsophage, estomac, caeca, intestin et de leur contenu, cavité générale, rein foie, gonades) a été fait à la loupe binoculaire. Chaque organe a été ouvert et minutieusement observé à la loupe. Les nématodes ont été également recherchés dans la chair des poissons en dilacérant les muscles dans de l'eau sous une loupe binoculaire. Des photos in situ d'organes parasités y ont également été prises.

Les nématodes trouvés ont été mis dans des salières contenant de l'eau. Avec une plume et des pinceaux, ils sont enlevés de la capsule où ils étaient logés, nettoyés puis conservés dans des tubes étiquetés contenant de l'éthanol 70%. Sur chaque étiquette, le nom de l'hôte, la date, le lieu de récolte et l'organe dans lequel le parasite a été trouvé sont marqués.

Le nombre de parasites de chaque espèce et leur position dans l'hôte ont été mentionnés dans un cahier.

II.2. Étude morphologique des nématodes

Les vers ont été montés entre lames et lamelles dans une goutte de lactophénol qui permet leur éclaircissement et observés au microscope photonique type Nikon et les dessins ont été réalisés à la chambre claire. Pour les larves d'*Anisakis* sp., à cause de leur grande taille, seule la longueur est mesurée à la loupe binoculaire. Elle est exprimée en mm.

Quant au genre *Contracaecum* sp., l'habitus est dessiné à la chambre claire au faible grossissement et la longueur déduite de mesures effectuées grâce à un curvimètre. Le diamètre maximal du corps, la longueur de l'œsophage, sa largeur, la longueur et la largeur de l'appendice ventriculaire, la longueur et la largeur du cæcum intestinal, la longueur de la queue ont été tous mesurés au microscope photonique, en général à l'objectif à immersion. Ils sont exprimés en mm.

Les critères morphométriques utilisés pour la détermination spécifique du genre *Cucullanus* sp. sont :

- la longueur du corps, exprimée en mm, qui est un paramètre mesuré à la loupe binoculaire;
- la largeur (ou diamètre maximal) du corps, la longueur de l'œsophage et sa largeur, la distance anneau nerveux-extrémité antérieure, la longueur de la queue, la distance vulve-extrémité postérieure, la taille des œufs, qui ont été mesurés au microscope photonique et sont tous exprimés en µm.
- le rapport longueur spicule/longueur corps (Lg. sp. / Lg. c).

III. Étude de la Richesse spécifique en nématodes

Pour connaître la richesse spécifique moyenne dans une population hôte, nous avons d'abord évalué le nombre d'espèces parasites qu'héberge chaque individu hôte puis calculé la moyenne à partir des valeurs obtenues.

IV. Détermination des paramètres écologiques

Pour étudier le parasitisme, nous avons considéré les populations composantes de parasites c'est-à-dire les populations parasitaires que l'on trouve dans les populations hôtes et la communauté composante c'est-à-dire tous les parasites découverts dans une population hôte. Chaque poisson hôte est une mesure répétée comme tout quadrat sur un sol forestier, ce qui permettra de calculer différents paramètres écologiques.

Les termes écologiques prévalence (P), abondance moyenne (Am) et intensité parasitaire moyenne (Im) ont été calculés selon Margolis *et al.* (1982). Les valeurs de

l'abondance et de l'intensité moyennes sont accompagnées d'écart-type. Dans une population hôte donnée, la prévalence d'une espèce parasite correspond à sa fréquence.

IV.1. Prévalence

La prévalence (P) ou taux de parasitisme est le rapport en pourcentage du nombre d'hôtes infestés (N) par une espèce de parasite donnée sur le nombre de poissons examinés (H).

P(%) = N/H * 100

IV.2. Abondance moyenne

L'abondance moyenne (Am) correspond au rapport du nombre total d'individus d'une espèce parasite (n) sur le nombre total de poissons examinés (H). Am = n/H

IV.2.1. Répartition des parasites dans les sites d'infestation en fonction de la saison

Chez les différentes populations d'hôtes, le pourcentage des individus d'*Anisakis* sp. et de *Contracaecum* sp. dans leurs sites d'infestation respectifs a été calculé suivant la saison. Pour ce faire, nous avons calculé, pour chaque espèce hôte, le rapport en pourcentage du nombre d'individus parasites trouvés dans chaque organe sur le nombre total d'individus parasites de l'hôte. Les résultats ont ensuite été graphiquement représentés sous forme de diagramme en secteurs.

IV.2.2. Calcul de probabilité de colonisation et de présence des parasites dans les hôtes

Des parasites ont été recherchés dans 4 sites différents dans l'organisme de chaque individu d'une espèce. Les 4 sites sont le mésentère, le foie, le rein et la cavité générale. L'observation d'un parasite dans chacun des sites est alors un phénomène aléatoire puisque qu'on ne peut pas prédire avec certitude la présence d'un parasite dans l'un des 4 sites avant

de l'observer dans le site considéré. Le nombre de possibilités de présence d'un parasite chez un individu est égal 4 correspondant à 4 événements complémentaires de probabilité :

- \rightarrow **p**_{més} : la probabilité de colonisation ou de présence d'un parasite dans le mésentère ;
- > **p**_{ov} : la probabilité de colonisation ou de présence d'un parasite dans les ovaires ;
- **p**_{foie} : la probabilité de colonisation ou de présence d'un parasite dans le foie ;
- > p_{rein} : la probabilité de colonisation ou de présence d'un parasite dans le rein ;
- p_{cav} : la probabilité de colonisation ou de présence d'un parasite dans la cavité générale.

La distribution de probabilités de colonisation ou de présence d'un parasite obéit ainsi à une loi multinomiale notée M (n, p_{més}, p_{ov}, p_{foie}, p_{rein}, p_{cav})

Le nombre de parasites par individu et par site est consigné dans un tableau de contingence qui a permis de calculer la probabilité de colonisation suivant la formule cidessous :

P = nombre d'individus d'un parasite dans un site/nombre total d'individus chez les individus examinés.

Ce tableau de contingence a ensuite été transformé en un tableau binaire (absence/présence). La probabilité de présence dans chaque site est donc calculée suivant la formule suivante :

P = nombre de présence d'un parasite dans un site/nombre total de présence chez les individus examinés.

L'étude des probabilités de colonisation et de présence des parasites en fonction du sexe des hôtes et du site d'infestation permettra d'étayer les résultats sur leur abondance moyenne.

IV3. Intensité parasitaire moyenne

L'intensité parasitaire moyenne (Im) correspond au rapport du nombre total d'individus d'une espèce parasite (n) sur le nombre de poissons infestés (N). Im = n/N

IV.4. Indice de dominance

L'indice de dominance (D) de chaque espèce parasite dans la communauté composante a également été calculé. Il correspond au rapport en pourcentage du nombre d'individus d'une espèce parasite (n) sur le nombre total d'individus (toutes espèces confondues) (Ni).

D(%) = n/Ni*100

Pour déterminer les différences de l'intensité parasitaire moyenne suivant la saison et de l'abondance moyenne suivant la localité, la saison, le sexe ou le site d'infestation, nous avons utilisé le test non paramétrique de Kruskal-Wallis (KW) ou celui de Wilcoxon. La signification de ces analyses statistiques est établie à 0,05.

V. Agrégation parasitaire

L'agrégation des parasites, phénomène très répandu en écologie, est leur mode de distribution dans les populations hôtes. Elle peut être étudiée pour tous les parasites, micro et macroparasites. Elle peut concerner une espèce parasite : c'est l'agrégation intra spécifique ou plusieurs espèces : c'est l'agrégation inter spécifique.

V.1. Agrégation intra spécifique

Il existe plusieurs méthodes de quantifications des populations de parasites telles que le rapport variance sur abondance, le paramètre de la distribution binomiale négative k, l'index de « discrepancy » D ou encore la loi puissance ou loi de Taylor. Nous avons utilisé la première méthode car elle est plus simple et permet non seulement de mesurer le degré d'agrégation des parasites mais d'apprécier leur effet régulateur sur leurs populations hôtes. Facilement calculable, ce rapport fournit une estimation de la variation des niveaux d'infestation relative à la moyenne de l'infestation dans l'échantillon hôte (Poulin, 1993) :

$$R = Var (Am)/Am$$

où Var (Am) est la variance de l'abondance et Am, l'abondance moyenne.

Si R est égal à 1, il s'agit d'une distribution poissonienne. S'il est inférieur à 1, la distribution des parasites est sous-dispersée ou régulière. Enfin, si R est supérieur à 1, cela correspond à une agrégation des parasites.

V.2. Agrégation inter spécifique

Pour étudier l'agrégation d'une communauté de parasites dans des populations hôtes, il faut construire des patrons emboîtés. Un patron emboîté est une matrice ou un échiquier correspondant à une organisation simple des communautés où chaque sous-assemblage pauvre en espèces est un sous-ensemble parfait d'un assemblage plus riche. Pour le construire, il faut procéder de la manière suivante :

- ordonner les populations hôtes de la gauche vers la droite, avec les populations hôtes hébergeant le maximum de parasites à gauche ;
- ordonner les espèces de parasites du sommet à la base, avec les espèces de parasites occupant le maximum de localités en haut de la matrice ;
- matérialiser la présence des parasites par une couleur.

VI. Effet du poids, de la taille et du sexe des hôtes et de la saison sur le parasitisme

Nous considérons l'intensité ou charge parasitaire comme étant une variable à expliquer ou variable réponse et le poids ou la taille, la saison et le sexe sont des variables explicatives. Parmi les variables explicatives, il y a une variable continue qui est le poids ou la taille et deux variables catégoriques ou facteurs, la saison et le sexe, qui sont à deux niveaux. Une relation de régression linéaire permet d'étudier l'effet de la taille, du poids et/ou du sexe de chaque hôte et de la saison sur la charge parasitaire. La signification des données est établie à 0,05.

VII. Étude histopathologique

Des prélèvements ont été effectués sur les différents organes parasités en vue d'une étude histologique. Le matériel a été inclus, coupé et coloré suivant les procédés classiques :

- 1^{er} bain d'éthanol à 95% pendant 4 heures ;
- > 2^{ème} bain d'éthanol à 95% pendant 3 heures ;
- ➢ 3^{ème} bain d'éthanol à 95% pendant 3 heures ;

- ➢ 1^{er} bain de butanol pendant 4 heures ;
- ➢ 2^{ème} bain de butanol pendant 3 heures ;
- > 3^{ème} bain de butanol pendant 3 heures.

Le matériel a été maintenu dans de la butyparaffine pendant 14 heures.

- > 1^{er} bain de paraffine pendant 4 heures;
- > 2^{eme} bain de paraffine pendant 3 heures ;
- > 3^{ème} bain de paraffine pendant 3 heures.

La mise en bloc s'est fait immédiatement après le 3^{ème} bain de paraffine dans des « barres de Leuckart » posées sur une plaque de verre. La paraffine neuve et préalablement filtrée est d'abord versée dans le moule. Après formation d'une fine pellicule de paraffine au contact du moule, le matériel est mis à son tour dans le moule et orienté. Pour une meilleure adhésion du matériel au milieu d'inclusion, la paraffine qui l'entoure a été réchauffée. Les blocs sont ensuite étiquetés puis refroidis.

Des coupes de 5 à 7 μ m d'épaisseur sont réalisées deux à trois jours après la mise en bloc, au moyen de microtome à paraffine de type Minot. Elles ont ensuite été étalées et collées à l'albumine sur des lames nettoyées à l'éthanol 95%. Le séchage s'est fait à l'étuve à paraffine à 60°C.

Les lames préalablement chauffées ont été colorées suivant la technique du Trichome de Masson :

- 1^{er} bain de toluène pendant cinq minutes ;
- ➢ 2^{ème} bain de toluène pendant cinq minutes ;
- 1^{er} bain de butanol pendant cinq minutes ;
- ➤ 2^{ème} bain de butanol pendant cinq minutes ;
- un bain d'éthanol 95% pendant cinq minutes ;
- un bain d'éthanol 70% pendant cinq minutes ;
- lavage à l'eau courante pendant cinq minutes ;
- coloration à l'hématoxyline de Groat pendant deux à cinq minutes ;
- lavage à l'eau distillée pendant cinq minutes ;
- coloration à la Fushine-acide-ponceau pendant cinq minutes ;
- lavage à l'eau acétique ;
- coloration à l'orangé G pendant cinq minutes ;

- lavage à l'eau acétique ;
- coloration au vert lumière acétique ;
- lavage à l'eau acétique.

Déshydratation et montage :

- ➤ un bain d'éthanol 70% pendant cinq minutes ;
- un bain d'éthanol 95% pendant cinq minutes ;
- > 1^{er} bain de butanol pendant cinq minutes ;
- ➢ 2^{ème} bain de butanol pendant cinq minutes ;
- > 1^{er} bain de toluène pendant cinq minutes ;
- > 2^{eme} bain de toluène pendant cinq minutes.

Le montage des lames a été fait au baume de Canada aussitôt après leur sortie du toluène et leur séchage à plat dans l'étuve à 60°C.

VIII. Logiciels de traitement et d'analyse de données

Nous avons utilisé les logiciels Microsoft Office Word 2007 pour la saisie des données et Microsoft Office Excel 2007 pour le calcul de moyenne et d'écart-type. Ce dernier nous a permis également de tracer certains graphiques. Le logiciel R a été utilisé pour l'analyse statistique des données et également la représentation graphique de la longueur totale ou du poids total en fonction du sexe.

DEUXIÈME PARTIE : Résultats et Discussion

DEUXIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans cette deuxième partie, nous présentons les résultats de l'étude de la systématique et de la bioécologie des nématodes chez les mugilidae des estuaires du Sénégal. Elle est subdivisée en deux chapitres et chaque chapitre comprend différentes parties.

Dans le premier chapitre, nous allons faire, après une présentation des résultats globaux de cette étude, une description des nématodes adultes puis larvaires parasites des mulets.

Le deuxième chapitre traite de l'écologie parasitaire. Il s'agit là de voir la distribution des nématodes dans les populations de mulets d'abord en déterminant la richesse spécifique en nématodes, ensuite en spécifiant des paramètres écologiques (prévalence, abondance et intensité moyennes et indice de dominance) et enfin en étudiant l'agrégation intra et interspécifique. Il s'agit également d'étudier l'influence de la saison et de paramètres liés aux hôtes sur le parasitisme et de caractériser les lésions provoquées par les parasites.

CHAPITRE 1 : ÉTUDE MORPHOLOGIQUE DES ESPÈCES DE NÉMATODES RENCONTRÉES

CHAPITRE 1 : ÉTUDE MORPHOLOGIQUE DES ESPÈCES DE NÉMATODES RENCONTRÉES

I. Présentation des résultats globaux

Les résultats globaux obtenus dans le cadre de cette thèse sont consignés dans le tableau 1 cidessous. Le nombre d'individus examinés de certaines espèces est faible et statiquement leur échantillonnage n'est pas représentatif. Mais nous avons tenu à présenter ces résultats parce que c'est une première étude et que certaines de ces espèces ayant un effectif faible ont hébergé des parasites. L'étude de la nématofaune révèle la présence de nématodes larvaires appartenant aux genres *Anisakis* et *Contracaecum* et de nématodes adultes du genre *Cucullanus* dans les populations de mulets des estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal.

Localité	Espèce hôte	Nombre de	Nombre de	Nombre de larves	Nombre d'individus de
		poissons	larves d'Anisakis	de Contracaecum	Cucullanus djilorensis
		examinés	sp.	sp.	n. sp.
	L. dumerili	16	0	15 (3)	0
Casamance	L. falcipinnis	3	0	0	0
	L. grandisquamis	179	7 (7)	54 (2)	0
	M. bananensis	1	1 (1)	26 (1)	0
	M. curema	2	0	0	0
	L. dumerili	60	0	3254 (60)	0
	L. falcipinnis	88	0	1838 (54)	0
Saloum	L. grandisquamis	30	3 (2)	95 (18)	0
	M. bananensis	28	27 (18)	212 (19)	0
	M. cephalus	129	81 (51)	421 (45)	0
	M. curema	112	57 (45)	1518 (75)	23 (12)
	L. dumerili	63	0	265 (27)	0
	L. falcipinnis	86	0	75 (18)	0
Sénégal	L. grandisquamis	21	3 (3)	0	0
	M. bananensis	12	54 (10)	104 (4)	0
	M. cephalus	167	710 (133)	348 (31)	0
	M. curema	9	18 (7)	1 (1)	0

Tableau 1. Tableau récapitulatif des résultats obtenus

Les valeurs entre parenthèses correspondent au nombre de poissons parasités

II. Description des stades adultes de Cucullanus djilorensis n. sp.

II.1. Position systématique

La classification adoptée est obtenue à partir du site http://www.gbif.org/species/2284230. La position systématique est la suivante :

Règne : Animal
Embranchement : Nématodes
Classe : Secernentea
Ordre : Ascaridida
Famille : Cucullanidae Cobbold 1864
Genre : Cucullanus Muller 1777
Espèce : Cucullanus djilorensis n. sp. Dione et al., 2014

II.2. Caractères généraux

Ce sont des nématodes, de couleur blanchâtre, de taille moyenne, recouverts d'une cuticule épaisse présentant de fines stries transversales. L'ouverture buccale, perpendiculaire à l'axe du corps, est formée de deux valves latérales délimitées par un bourrelet cuticulaire portant une collerette membraneuse garnie de nombreux petits denticules. En vue apicale, la tête porte deux paires de papilles céphaliques et une paire d'amphides. L'œsophage musculaire est dilatée à sa partie antérieure formant une pseudo capsule buccale semblable à un entonnoir avec un revêtement cuticulaire interne épais. Il est aussi large que l'œsophage glandulaire qui s'ouvre dans l'intestin par une structure semblable avec trois valves. L'anneau nerveux, situé à la limite du tiers antérieur de l'œsophage, est intermédiaire entre le pore excréteur et les déirides. L'extrémité caudale des deux sexes est conique et se termine par un petit processus digitiforme plus prononcé chez la femelle. Les ailes caudales sont absentes (Figure 11).



Figure 11. *Cucullanus djilorensis* n. sp. 1 : région antérieure de la femelle, vue ventrale ; 2 : extrémité céphalique de la femelle, vue apicale ; 3 : œuf ; 4 : région vulvaire de la femelle, vue latérale droite ; 5 : région postérieure de la femelle, vue latérale doite ; 6 : région postérieure du mâle, vue latérale doite ; 7 : région postérieure du mâle, vue ventrale droite.

II.3. Mensurations des spécimens de Cucullanus djilorensis n. sp.

Male: 1 holotype

Longueur du corps : 8,5 mm ; sa largeur dans la partie moyenne : 290 ; longueur de l'œsophage : 960 ; largeur de l'œsophage : 175 ; anneau nerveux : 340 de l'extrémité antérieure ; le pore excréteur est situé à mi-chemin entre l'extrémité antérieure et l'anneau nerveux ; les déirides sont localisés à la limite antérieure du tiers postérieur de l'œsophage ; longueur de la queue : 190 ; spicules sub-égaux, longueur du spicule gauche : 910 ; longueur du gubernaculum : 100 ; il y a 11 paires de papilles cloacales céciles, disposées de la manière suivante : 4 paires pré-cloacales, 4 ad-anales et 3 post-anales ; la ventouse pré-cloacale est présente.

Males paratypes (n = 7)

Longueur du corps : 7,88 (4,2-10) mm ; largeur dans la partie moyenne : 302,5 (180-380) ; longueur de l'œsophage : 852 (570-1000) ; largeur de l'œsophage : 153,2 (90-201) ; pore excréteur : 149,25 (105-178), anneau nerveux : 308 (210-360) et déirides : 564,75 (394-687) de l'extrémité antérieure ; longueur de la queue : 177 (125-200) ; longueur du spicule gauche : 675 (388-880) ; longueur du spicule droit : 628 (388-800) ; longueur du gubernaculum : 97,83 (32-130) .

Femelle : 1 allotype

Longueur du corps : 11 mm ; largeur dans la partie moyenne : 460 ; longueur de l'œsophage : 1060 ; anneau nerveux : 410 de l'extrémité antérieure du corps ; le pore excréteur est situé à mi-chemin entre l'extrémité antérieure et l'anneau nerveux ; les déirides sont localisés à la limite antérieure du tiers postérieur de l'œsophage ; longueur de la queue : 260 ; la vulve se situe à 6 mm de l'extrémité postérieure, elle est légèrement postérieure à la moitié du corps et possède des lèvres saillantes. Les gonades, bien développés, sont amphidelphes et les deux cornes utérines contiennent beaucoup d'œufs d'environ 95 de long et 50 de large.

Femelles paratypes (n = 13)

Longueur du corps : 10,86 (9-13,5) mm ; largeur dans la partie moyenne : 445 (360-500) ; longueur de l'œsophage : 1028 (930-1130) ; largeur de l'œsophage : 191,11 (157-210) ; pore excréteur : 188,67 (168-214) ; anneau nerveux : 386 (350-430) ; déirides : 688,11 (630-746) ; queue : 294,17 (260-370) ; distance vulve-extrémité postérieure : 4,29 (3,5-6) mm ; longueur moyenne des œufs : 86,5 (78-95) et leur largeur moyenne : 52,5 (50-55) .

II.4. Taxonomie

Matériel type : 1 male holotype, 1 femelle allotype Zoologie des Invertébrés Terrestres (Z.I.T.) / IFAN 011I. 7 males et 13 femelles paratypes Z.I.T. / IFAN 012I.

Origine géographique : Djilor (Iles du Saloum) (14°20'N; 16° 42'W) Fatick/Senegal.

Date de collecte : 19 - 02 - 2005

Hôte : Mugil curema

Site d'infestation : Intestin

Prévalence : 11,93% (13/109).

Intensité : 1,7 (22 adultes dont 8 mâles and 14 femelles).

Etymologie : Le nom d'espèce « *djilorensis* » est donné en référence à l'origine géographique de l'hôte.

II.5. Discussion

Les Cucullanides sont des parasites intestinaux particuliers ayant une cavité buccale hautement développée formée à partir de l'œsophage. Leur développement et leur transmission restent mal connus surtout lorsqu'ils concernent des espèces ayant des hôtes marins. Primitivement hétéroxène, ce groupe utilise les vertébrés comme hôtes intermédiaires, mais pour certaines espèces, l'hôte intermédiaire est remplacé par une courte phase dans l'hôte définitif.

La famille des Cucullanidae Cobbold, 1864 comprend deux sous-familles : la sousfamille des Campanarougetiinae et celle des Cucullaninae. Cette dernière regroupe trois genres : le genre *Cucullanus* Muller, 1777, le genre *Neocucullanus* Travassos *et al.*, 1928 et le genre *Dickelyne* Jägerskiöld, 1902. Ces genres sont des parasites de poissons d'eau douce, saumâtre et de mer partout dans le monde (Caspeta-Mandujano, 1999).

Le genre *Cucullanus* parasite généralement les poissons d'eau douce, estuariens et marins, et rarement les tortues aquatiques. Il comprend le plus souvent des espèces, de taille moyenne ou grande avec une cuticule épaisse, qui ont une morphologie presque identique et plusieurs d'entre elles sont mal décrites, ce qui fait que leur comparaison est souvent difficile. Néanmoins, certains auteurs défissent comme critères de comparaison la position systématique de l'hôte (Petter, 1974 ; Moravec *et al.*, 2005, 2008 ; Park & Moravec, 2008 ; González-Solís *et al.*, 2007) ou la répartition géographique de l'espèce parasite (Lafranchi *et al.*, 2004 ; Cabañas-Carranza & Caspeta-Mandujano, 2007 ; Moravec *et al.*, 2008). Vu le nombre peu important d'espèces décrites chez les mulets et l'ancienneté des travaux de recherche sur les Cucullans en Afrique, nous avons pris en compte les deux critères sus mentionnés, mais aussi nous avons comparé nos spécimens avec quelques espèces décrites durant cette dernière décennie dans d'autres localités à travers le monde.

Chez la plupart des espèces de *Cucullanus* décrites, le pore excréteur est postérieur à l'anneau nerveux. Campanat-Rouget (1957), utilisant cette position du pore excréteur comme critère de classification, précise que cet organe est toujours situé derrière l'anneau nerveux. En revanche, la position antérieure du pore excréteur à l'anneau nerveux a été une fois constatée par Törnquist (1931) chez *C. sphaerocephalus*. Il faut noter que cette information n'était pas confirmée par cet auteur. De même, le présent travail révèle que le pore excréteur est localisé entre l'extrémité antérieure et l'anneau nerveux. Par ce travail, nous découvrons donc que le pore excréteur peut être antérieur à l'anneau nerveux. Cet important caractère

distingue d'emblée nos spécimens des autres espèces de *Cucullanus* excepté *C*. *sphaerocephalus* qui diffère par ses spicules petits et de même longueur.

Parmi les espèces appartenant au genre *Cucullanus*, 13 ont été trouvées chez les poissons d'eau douce et de mer en Afrique : *Cucullanus barbi* Baylis 1923, *Cucullanus baylisi* Campanat-Rouget 1961, *Cucullanus clarotis* Baylis 1923, *Cucullanus chrysophrydis* Gendre 1927, *Cucullanus dodsworthi* Barreto 1922, *Cucullanus elongatus* (= *C. smedleyi*) Smedley 1933, *Cucullanus gendrei* Campanat-Rouget 1957, *Cucullanus hians* Dujardin 1845, *Cucullanus longicollis Stossich 1899, Cucullanus mauritanicus* Gendre 1927, *Cucullanus murenophidis* Campanat-Rouget 1957, *Cucullanus pulcherrimus* Barreto 1918 et *Cucullanus tripapillatus* Gendre 1927 (Campanat-Rouget, 1957, 1961 ; Vassiliades et Troncy, 1974 ; Vassillades, 1982 ; Al-Bassel 2003 ; Bayoumy *et al.*, 2008). Certaines de ces espèces, *Cucullanus smedleyi* (= *C. elongatus*), *Cucullanus mauritanicus* et *Cucullanus tripapillatus*, ont ensuite été reclassées dans le genre *Dichelyne*, c'est pourquoi nous ne les avons pas pris en compte pour la comparaison avec nos spécimens.

Au point de vue morphologique, nos spécimens ressemblent à *C. baylisi, C. chrysophrydis, C. dodsworthi,* et *C. pulcherrimus.* Cependant, ils s'en distinguent par un certain nombre de caractères dont la position antérieure du pore excréteur à l'anneau nerveux, le nombre et la disposition des papilles caudales, la longueur des spicules entre autres (Tableau 2).

La présence d'un nombre faible de papilles caudales (6 paires : 2 pré cloacales, 2 ad anales et 2 post anales) sépare principalement *C. baylisi* de nos spécimens. *C. chrysophrydis* présente 3 paires de papilles précloacales et 4 paires de papilles post cloacales, ce qui le différencie de nos spécimens qui en ont respectivement 4 et 3. Le rapport longueur spicules/longueur corps (0,073) de cette espèce est différent de celui de la nouvelle espèce (0,088).

Nous avons également comparé nos spécimens avec les spécimens de *C. dodsworthi* retrouvés chez *Lagocephalus laevigatus* et chez *Sphoeroides testudineus* au Sénégal par Campana-Rouget en 1957, mais aussi avec ceux qui ont été découverts et redécrits par Hugo & Aguirre-Macedo (2011) chez *Sphoeroides testudineus* au Brésil. En plus de la position du pore excréteur, *C. dodsworthi* diffère de nos spécimens par la présence de membrane latérale s'étendant chez les mâles de l'extrémité antérieure jusqu'en avant de la première paire de papilles ad cloacales et par l'existence de de trois paires de papilles pré cloacales (Campana-Rouget, 1957 ; Hugo & Aguirre-Macedo, 2011) et d'une simple papille pré cloacale (Hugo & Aguirre-Macedo, 2011). La membrane latérale des femelles de *C. dodsworthi* s'étend de la

région céphalique à l'anus (Hugo & Aguirre-Macedo, 2011). Cette structure les sépare des femelles de *C. djilorensis*.

Cucullanus pulcherrimus se distingue de *C. djilorensis* par ses spicules qui sont égaux et plus petits et par la possession de 3 paires de papilles précloacales.

A notre connaissance, aucun mulet n'a été mentionné comme hôte de ces espèces parasites en Afrique. Par ailleurs, 4 espèces, *C. bioccae* Orecchia & Paggi, 1987, *C. dodsworthi* Barreto, 1922, *C. mugili* Belous, 1965 et *C. spirocaudus* Lee, 1984 ont été trouvées chez les Mugilidae respectivement en Italie (Orecchia & Paggi, 1987; Merrella & Garripa, 2001), en Floride (Skinner, 1975), en URSS (Belous, 1965) et en Chine (Li, 1984). *C. bioccae* et *C. dodsworthi* ont parasité *Mugil cephalus*, *C. mugili* a été trouvée chez *Mugil soiuy* et *C. spirocaudus* chez *Liza haematocheila*. C'est pour la première fois que le genre *Cucullanus* est trouvé chez *Mugil curema* qui constitue un hôte nouveau.

Cucullanus bioccae présente un pore excréteur situé nettement derrière l'extrémité postérieure de l'œsophage. Il a des spicules égaux. Ses papilles cloacales ont aussi une disposition différente de celles de nos spécimens: trois paires de papilles pré cloacales avec la première paire pouvant occuper des positions variables, 4 paires de papilles ad anales dont 3 paires subventrales et 1 paire latérale située au même niveau que la paire postérieure ad cloacale, et 4 paires de papilles post cloacales dont 2 latérales et 2 ventrales. Les spécimens de *C. dodsworthi* trouvés chez *M. cephalus* (Skinner, 1975) sont plus petits que ceux qui ont été trouvés par Campanat-Rouget (1957) chez *Lagocephalus laevigatus* et chez *Spheroides testiduneus*. Néanmoins, les rapports du corps et l'arrangement des papilles cloacales étaient identiques pour ces deux groupes de spécimens.

La comparaison de *C. djilorensis* n. sp. avec *C. spirocaudus* ne se fera que pour les mâles car nous ne disposons que de leurs mensurations. Les mâles de *C. spirocaudus* diffèrent des mâles de *C. djilorensis* n. sp. par leur corps long, le nombre faible de paires de papilles caudales (7) et leur disposition : 2 paires de papilles pré cloacales, 2 paires à côté de l'ouverture cloacale et 3 paires post anales. Il s'en distingue également par la forme en Y du gubernaculum et ses spicules égaux (Tableau 2).

Cucullanus djilorensis n. sp. a été comparée avec des espèces de *Cucullanus* décrites en eau douce ou marine et que Lopez-caballero *et al.* (2009) ont cités dans leur article. La position antérieure du pore excréteur chez nos spécimens constitue un caractère distinctif. *C. grandistomis* présente le même nombre de paires de papilles caudales (11) avec une disposition identique à celles de *C. djilorensis* n. sp. Toutefois, son corps moins long et ses spicules égaux la distinguent de la nouvelle espèce.

Toutes les autres espèces de *Cucullanus* utilisées par Lopez-Caballero *et al.*, 2009 dans leur discussion diffèrent de *C. djilorensis* n. sp. soit par un nombre plus petit de paires de papilles caudales (*C. armatus*, *C. angeli*, *C. australiensis*, *C. bagre*, *C. brevispiculus*, *C. caballeroi*, *C. carioca*, *C. cirratus*, *C. colossomi*, *C. genypteri*, *C. longipapillatus*, *C. marplatensis*, *C. mexicanus*, *C. micropapillatus*, *C. oceaniensis*, *C. palmeri*, *C. pargi*, *C. parvus*, *C. pauliceae*, *C. pinnae*, *C. pseudoplatystomae*, *C. quadrii*, *C. scianae*, *C. theraponi*, *C. trachinoti*, *C. zungaro*), soit par une disposition différente des papilles caudales (*C. bonaerensis*, *C. mogi*) et des spicules pouvant être plus longs (*C. filiformis*, *C. pedroi*, *C. robustus*, *C. rougetae*) ou plus courts (*C. heliomartinsi*, *C. laurotravassosi*, *C. pimelodellae*). Récemment, une nouvelle espèce *C. angeneiosus* (Elane *et al.*, 2010) est décrite chez un poisson d'eau douce, *Ageneiosus ucayalensis*. Cette espèce se distingue essentiellement de nos spécimens par le nombre et la disposition des papilles caudales, la présence d'une papille impaire et par ses spicules plus petits (Tableau 2).

Eu égard aux caractéristiques spécifiques permettant de distinguer les espèces de *Cucullanus* décrites chez les Mugilidae ou récemment décrites à travers le monde, nous considérons que les spécimens décrits dans cette présente étude appartiennent à une nouvelle espèce nommée *C. djilorensis* n. sp.

Tableau 2. Comparaison des caractères morphométriques de la nouvelle espèce à ceux des espèces du genre Cucullanus décrites à travers le monde

Espèces de Cucullanus			C. barbi		
	C. djilorensis n. sp. (n=22)	C. ageneiosus	Baylis 1923	C. baylisi	C. bioccae
		Elane et al. 2010 (n=7)		Campanat-Rouget 1961 (n=30)	Orecchia & Paggi 1987 (n=56)
Hôte	Mugil curema	Ageneiosus ucayalensis	Barbus bunny	Synodontis shall	Mugil cephalus
Famille	Mugilidae	Auchenipteridae	Cyprinidae	Mochocidae	Mugilidae
Localité	Fleuve Saloum, Sénégal	Baie de Guajará, Belém, Pará, Brézil		Lac Albert	Lac Sabaudia, Italie
Environnement	Saumâtre	Saumâtre	Eau douce	Eau douce	Saumâtre
Longueur totale					
8	4,2-10	3,65–8,94 (8,94)	15,5	5,07-8,77	10,03-14,44
Ŷ	9-13,5	10-12 (12)	19	5,45-11,75	13,00-21,00
Longueur de l'œsophage					
8	0,57-1	0,51–0,57 (0,57)	1,7	0,56-0,93	1,05-1,20
Ŷ	0,93-1,13	0,94–1 (0,98)	1,9	0,92	1,16-1,34
Anneau nerveux					
8	0,21-0,36	0,30–0,31 (0,30)	0,5-0,58	0,32-0,37	0,37-0,43
Ŷ	0,35-0,43	0,32–0,34 (0,32)		0,28-0,41	0,41-0,49
Déirides					
8	0,39-0,68	0,53–0,62 (0,56)	0,82	0,69	1,02-1,24
Ŷ	0,63-0,74	0,57–0,75 (0,65)	1,02	0,69	1,14-1,30
Pore excréteur					
3	0,10-0,17	0,54–0,61 (0,61)	0,67	0,58	1,68-2,10
Ŷ	0,16-0,21	0,65–0,80 (0,69)	0,85	0,46-0,60	1,83-2,29
Position de la vulve	Postéquatoriale	Postéquatoriale			Postéquatoriale
Longueur des spicules		0,14–0,18 (0,18)	1,30	0,40-0,60	0,78-1,27
Droit	0,38-0,80				
Gauche	0,38-0,88				
Longueur du gubernaculum	0,03-0,13 (en forme de V)	0,08–0,10(0,08)	0,10	0,09-0,12	0,11-0,16 (triangulaire)
Disposition des papilles	11 p : 4 pr / 4 ad (3sv-1L) / 3 po (2sv-	10 p : 5 pr (sv) / 5 po (3sv-2L)	11 p : 3 pr / 4ad (3sv-1L) /	11 p : 3 pr / 4 ad (1L-3sv) /	11 p : 3 pr / 4 ad (3sv-1L) /
	1L)	+ 1 ad impaire	4 po	4 po (1L-1v-2sv)	4 po (2L-2sv)
Lèvres cloacales	Saillantes	Non saillantes			
Référence		Elane et al. (2010)	Campanat-Rouget (1957)	Campanat-Rouget (1961)	Orecchia & Paggi (1987)

Tableau 2 suite

Espèces de Cucullanus	C. clarotis	C. chrysophrydis	C. dodsworthi	C. gendrei	C. hians
	Baylis 1923	Gendre 1927 (n=3)	Barreto 1922 (n=20)	Campanat-Rouget 1957 (n=21)	Dujardin 1845
Hôte	Synodontis shall	Pagellus bogaraveo	Sphoeroides testudineus	Syacium micrurum	Conger vulgaris, Muraena
Famille	Mochocidae	Sparidae	Tetraodontidae	Bothidae	Anguilliformes
Localité	Nil, Soudan	Mauritanie	Bahia de Guanabara, Brézil	Sénégal	Sénégal
Environnement	Eau douce	Marin	Marin	Marin	Marin
Longueur totale					
8	07-10	6,00	6,63-10,8	4	14-15
Ŷ	11	8,87	10,7-14,7	3,2-6	13,4-20,7
Longueur de l'œsophage					
8	0,85	1,10	0,71-0,91	0,78	1,36
Ŷ	1,10	1,14	0,95-1,06	0,87	1,47
Anneau nerveux					
8	0,35	0,425	0,26-0,34	0,370	0,475
Ŷ	0,38	0,45-0,46	0,30-0,45	0,380	0,480
Déirides					
8	0,6	0,88	0,69-0,93		1,01
Ŷ	0,64	0,91	Droit:0,77-1,0 ; Gauche: 0,79-0,99	0,780	1,03
Pore excretory					
ð	0,5	1,2	0,81-1,00		1,35
Ŷ		1,25	0,98-1,73		1,48
Positionde la vulve		Postéquatoriale	Postéquatoriale		
Longueur des spicules	0,80	0,44		0,75	1,26
Droit			0,51-1,24		
Gauche			0,51-1,17		
Longueur du gubernaculum	0,08	0,11	0,06-0,11 (en forme de baguette)	0,14	0,16
Disposition des papilles		11 p : 3 pr / 4 ad (3sv-1L) /	10 p : 3 pr / 4 ad /	11 p : 3 pr / 4ad (3sv-1L)/	11 p : 3 pr / 4ad (3sv-1L)/
		4 po (1sd-1L-2sv)	3 po + 1 pr impaire	4 po (1L-2sv-1sd)	4 po
Lèvres cloacales		Saillantes	Saillantes		
Référence	Campanat-Rouget (1961)	Campanat-Rouget (1957)	Hugo & Aguirre-Macedo (2011)	Campanat-Rouget (1957)	Campanat-Rouget (1957)

Tableau 2 suite

Espèces de Cucullanus	C. longicollis	C. murenophidis	C. pulcherrimus	C. spirocaudus
	Stossich 1899 (n=12)	Campanat-Rouget 1957	Barreto 1918	Li Minmin 1984
		(n=1)		
Hôte	Mullus sumuletus	Murenophidis robustus	Caranx lugubris	Liza haematocheila
Famille	Mullidae	Mureanidae	Carangidae	Mugilidae
Localité	Syrt coast, Libye	Afrique de l'Ouest	Isla Trinidad, Brézil	Zone de Penglai, Golfe de Bohai, Chine
Environnement	Marin	Marin	Marin	Marin
Longueur totale				
8	12,3	5,00	13,30	11,65-14,57
Ŷ	16,76		15,90	
Longueur de l'œsophage				
8	0,93	O,59	1,59	1,21-1,34
Ŷ	1,4			
Anneau nerveux		0,225		
8	0,36		0,65	
Ŷ	0,44		0,60	
Déirides		0,325		
ð	0,89		1,10	
Ŷ	1,1		1,25	
Pore excreteur		0,670		
8	0,91			
Ŷ	0,96		1.15	
Position de la vulve			Equatoriale	
Longueur des spicules	0,64	0,44	0,62	1,53-1,72
Longueur du gubernaculum	0,06	0,09	0,133	0,11-0,13 (en forme d'Y)
Disposition des papilles	11 p : 5 pr / 1 ad /	11 p : 3 pr / 4 ad (3sv-1L)/	10 p : 3 pr / 4 ad (3v-1L)/	7 p : 2 pr / 2 ad / 3 po
	5 po (3sv-2L)	4 po (3sv-1L)	3 po (2v-1L)	
Lèvres cloacales		Saillantes	Non saillantes	
Référence	Bayoumy et al. (2008)	Campanat-Rouget (1957)	Barreto (1918)	Li (1984)

III. Description des stades larvaires d'Anisakidae

III.1. Description des larves d'Anisakis sp.

Origine géographique : estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal/République du Sénégal.

Dates de collecte : janvier, avril, juillet et octobre 2009

Hôtes : *Liza grandisquamis, Mugil bananensis, Mugil cephalus* et *Mugil curema* Sites d'infestation : Foie, rein et cavité générale

II.1.1. Position systématique

La classification adoptée est celle de Myers *et al.* (2013). La position systématique est la suivante :

Règne : Animal Embranchement : Nématodes Classe : Secernentea Ordre : Ascaridida Famille : Anisakidae Railliet & Henri, 1912 Genre : Anisakis

III.1.2. Caractères généraux

Ce sont des nématodes blanchâtres à cuticule très épaisse et striée transversalement. Elles sont grandes et d'aspect robuste. L'ouverture buccale est perpendiculaire à l'axe du corps. En vue apicale, la tête porte quatre grosses papilles submédianes et trois sortes de tentacules. (Figure 12b.)

L'œsophage se termine par un ventricule avec un appendice développé. Il n'y a pas de cæcum intestinal. (Figure 12a.). Mis à part la vue apicale et l'œsophage, aucune structure différenciée n'a été observée.



Figure 12. Larve d'*Anisakis* sp. parasite de mulets : a. région antérieure, b. extrémité céphalique (vue apicale)

III.1.3. Mensurations des larves d'Anisakis sp.

Nous n'avons que la longueur de l'habitus comme paramètre mesuré au niveau des différents sites infestés. Le parasite est rencontré dans le rein, le foie et/ou la cavité générale de différentes espèces venant de localités différentes. Quelle que soit l'espèce hôte ou la localité, les larves d'*Anisakis* sp. logées dans le rein ont une longueur moyenne supérieure à celle des larves qui infestent le foie ou la cavité générale (Tableaux 3 à 5).

Tableau 3. Longueur des larves d'Anisakis sp. parasites de L. grandisquamis et M. bananensis en provenance de l'estuaire de la Casamance. Cav. gén. = Cavité générale, Lg. Moy. = longueur moyenne, No. larves = nombre de larves

Espèces hôtes	Tissus infestés	Lg. moy. (mm)	No. larves
	Rein	20,5	1
Liza grandisquamis	Foie	19,7 (18-20,2)	4
	Ca. gén.	16 (15-17)	2
Mugil bananensis	Rein	21,2	1

Tableau 4. Longueur des larves d'Anisakis sp. parasites de L. grandisquamis, M. bananensis,
M. cephalus et M. curema en provenance de l'estuaire du Saloum. Cav. gén. = Cavité générale, Lg. Moy. = longueur moyenne, No. larves = nombre de larves

Espèces hôtes	Tissus infestés	Lg. moy. (mm)	No. larves
Liza grandisquamis	Foie	18,4 (17,6-19,2)	2
	Rein	22,8 (18-29)	17
Mugil bananensis	Foie	20,6 (17,8-23)	9
	Ca. gén.	14	1
Mugil cephalus	Rein	23 (18,5-31)	40
	Foie	22,5 (18-26)	16
	Rein	22,6 (18-27)	30
Mugil curema	Foie	21,7 (17,9-25,8)	3
	Ca. gén.	15,25 (11-19)	4

Tableau 5. Longueur des larves d'Anisakis sp. parasites de L. grandisquamis, M. bananensis,
M. cephalus et M. curema en provenance de l'estuaire du Sénégal. Cav. gén. = Cavité générale, Lg. Moy. = longueur moyenne, No. larves = nombre de larves

Espèces hôtes	Tissus infestés	Lg. moy. (mm)	No. larves
	Rein	21	1
Liza grandisquamis	Foie	19	1
-	Ca. gén.	15,5	1
	Rein	23 (19,2-29,5)	24
Mugil bananensis	Foie	21,2 (18,6-27,4)	18
	Ca. gén.	15,3 (15-15,7)	4
	Rein	22,8 (18,4-28)	150
Mugil cephalus	Foie	21,9 (17,6-25,8)	50
	Ca. gén.	16 (13-19,5)	6
Mugil curema	Rein	22,2 (18,4-28)	6
	Foie	21,9 (17,5-25)	5

III.2. Description des larves de Contracaecum sp.

Origine géographique : Djilor (Iles du Saloum), République du Sénégal.
Date de collecte : janvier, avril, juillet et octobre 2009
Hôtes : Liza dumerili, Liza falcipinnis, Liza grandisquamis, Mugil bananensis, Mugil cephalus et Mugil curema
Sites d'infestation : Ovaires et mésentère

III.2.1. Position systématique

La classification adoptée est celle de Myers *et al.* (2013). La position systématique est la suivante :

Règne : Animal Embranchement : Nématodes Classe : Secernentea Ordre : Ascaridida Famille : Anisakidae Railliet & Henri, 1912 Genre : *Contracaecum*

III.2.2. Caractères généraux

Ce sont des larves, de petite taille, de couleur blanchâtre, dont le corps est enveloppé d'une cuticule striée transversalement (Figure 13a.). L'extrémité de la tête est ronde. L'ouverture buccale est délimitée par trois lèvres : une, dorsale, portant deux papilles latérales et deux, latéro-ventrales, ayant chacune une petite papille. Entre ces dernières, se situe une petite dent céphalique (Figure 13c.). Il n'y a pas d'ailes cervicales.

L'œsophage est étroit et long. Le ventricule, petit et presque sphérique, a un appendice développé possédant une longueur inférieure à celle de l'œsophage. Le cæcum intestinal, antérieur, est plus long que la moitié de la longueur de l'œsophage. L'anneau nerveux est localisé au premier tiers de la longueur de l'œsophage (Figure 13b.). Le pore excréteur est non observé. La queue est conique et courte. (Figure 13d.)

III.2.3. Mensurations des larves de Contracaecum sp.

Les mesures de différentes parties des larves de *Contracaecum* sp. sont consignées dans le tableau 6 ci-dessous.

Tableau 6. Mensurations des larves de *Contracaecum* sp. parasites des mulets en provenance des estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal. Lg = longueur, lg = largeur, œs. = œsophage, app. vent. = appendice ventriculaire, cæc. int. = cæcum intestinal

Paramètres mesurés	Estuaire de la	Estuaire du Saloum	Estuaire du Sénégal
	Casamance		
Lg. corps (mm)	3,2 (1,4-4,2)	3,62 (1,6-4,7)	2,9 (1,34-3,9)
lg. corps (µm)	206 (157-278)	215 (160-280)	195 (140-250)
Lg. œs. (µm)	429 (258-595)	432 (260-610)	428 (250-570)
lg. æs. (µm)	29,5 (13-49)	32 (14-54)	27 (12,5-50)
Lg. app. vent. (µm)	340 (184-482)	345 (188-496)	337 (190-480)
lg. app. vent. (µm)	61,5 (28-95)	60 (30-100)	58 (26-90)
Lg. cæc. int. (µm)	258,5 (60-455)	260 (60-450)	261 (58-460)
lg. cæc. int. (µm)	69 (38-128)	70 (40-130)	68,7 (40-125)
Lg. queue (µm)	92 (60-180)	90 (50-195)	89 (45-198)



Figure 13. Larve de *Contracaecum* sp. parasite de mulets : a. habitus, b. extrémité antérieure, c. extrémité céphalique (vue apicale), d. extrémité caudale.

III.3. Cycle de développement des Anisakidae

Les nématodes parasites se sont d'abord développés dans les organismes terrestres et ont seulement pu envahir les organismes aquatiques après le développement de l'hétéroxénie (utilisation d'hôtes intermédiaires) et de la paraténie (utilisation d'hôtes de transport). Dans les hôtes intermédiaires se déroulent le développement et la croissance des larves jusqu'à un stade où le nématode est capable d'infecter son hôte définitif. Les hôtes intermédiaires et paraténics jouent un rôle prépondérant dans la dispersion spatiale et temporelle du parasite et par conséquent augmentent la chance de transmission à l'hôte définitif (McClelland, 2005).

La famille des Anisakidae comporte des nématodes appartenant à des genres très proches dont les plus importants sont *Anisakis, Contracaecum* et *Pseudoterranova* qui peuvent se distinguer morphologiquement et par leur spectre d'hôtes définitifs. Ces nématodes ont un cycle évolutif, relativement complexe (Figure 14), comprenant un stade de vie libre et un large spectre d'invertébrés et de poissons, hôtes intermédiaires ou paraténics. Ce cycle comporte 3 ou 4 stades larvaires et un stade adulte dans l'hôte définitif. Le mode de transmission dépend de l'habitat et se fait via la chaîne alimentaire. L'étude du cycle de développement des anisakides est difficile mais des études empiriques sur la distribution et l'abondance de leurs larves dans les hôtes intermédiaires et définitifs ont permis de l'élucider. Nous allons présenter les cycles de développement d'*Anisakis* spp. et de *Contracaecum* spp.



Figure 14. Cycle évolutif des Anisakidae (schéma général)
Les espèces d'*Anisakis* sont responsables de l'anisakiase, et donc ont une importance capitale pour la santé humaine. Elles infectent principalement les baleines et une catégorie de bancs de poissons pélagiques à travers le monde. De ce fait, le cycle de développement peut être considéré d'avoir lieu dans le milieu pélagique. Les stades larvaires du cycle de développement sont au nombre de 4 (L1-L4) dont les 3 premiers se trouvent à l'intérieur des œufs et dans les hôtes intermédiaires ou paraténics et le stade préadulte (L4), dans les cétacés qui constituent les hôtes définitifs. Actuellement, 34 espèces de cétacés hébergeant des espèces d'*Anisakis* ont été recensées (Klimpel & Palm, 2011).

En effet, les œufs d'*Anisakis* sont émis avec les fécès des cétacés et embryonnent dans l'eau de mer. Ils éclosent au bout de quelques jours ou de quelques semaines, libérant des larves du 2^e stade larvaire devant être ingérées par des crustacés marins, premiers hôtes intermédiaires, afin de faciliter leur développement jusqu'au 3^e stade. Des invertébrés plus gros, notamment des copépodes et des euphausides, et de petits poissons seraient les seconds hôtes intermédiaires, et beaucoup d'espèces de poissons prédateurs et de céphalopodes constituent les hôtes paraténics. Si les petits poissons sont dévorés par des poissons piscivores plus grands, les larves vont infester ces derniers sans une nouvelle mue. Par conséquent, les poissons piscivores pourraient accumuler beaucoup de larves. Les larves sont libérées dans l'estomac ou dans l'intestin des hôtes définitifs et y subissent d'autres mues avant d'atteindre le 4^e stade larvaire et, finalement, l'état adulte.

Le cycle de développement des nématodes du genre *Contracaecum* est également complexe et comprend des invertébrés et des poissons benthiques et pélagiques. Leur transmission aux poissons pélagiques et démersaux est assurée par les euphausides, les crevettes et les petits poissons qui se trouvent près du fond dans la journée mais se nourrissant pélagiquement la nuit. Dans le cycle de développement, les hôtes définitifs de *Contracaecum* sont des mammifères marins (des espèces des Ottariidae et Phocidae) et différents oiseaux piscivores des genres *Larus, Pelecanus, Phalcrocorax*.

III.4. Discussion

Les Anisakidés sont associés aux organismes aquatiques et aux oiseaux piscivores. La transmission des espèces de la famille nécessite de l'eau et se passe généralement grâce aux invertébrés aquatiques et aux poissons qui sont des hôtes intermédiaires ou paraténiques.

Les espèces de la sous famille des Anisakinae ont un pore excréteur situé généralement dans la région labiale. Elles parasitent principalement les mammifères marins, les tortues, les oiseaux piscivores et les élasmobranches.

Les larves d'*Anisakis* spp. sont logées dans la cavité générale ou dans les tissus de nombreux poissons téléostéens marins et d'eau douce. Il existe quatre stades larvaires (Type I à IV). Le type I est décrit chez *Clupea harengus*, *Scomber scombrus* et *Sebastes marinus* et s'identifie à *A. simplex*. Le type II est décrit chez *Scomber scombrus* et correspond à *A. physeteris*.

Chez les poissons, les larves s'encapsulent dans les viscères. Elles sont fréquemment trouvées sur le foie et dans le mésentère. L'encapsulement se fait immédiatement après que le ver ait envahi la cavité générale du poisson. Dans le stade qui infeste le poisson, *Anisakis* sp. se présente sous une forme enroulée caractéristique qui évoque un ressort de montre. Cela est en parfaite adéquation avec les sections multiples du ver qu'on a observées sur les coupes histologiques. En plus de cet enroulement, la coupe apicale montre des sortes de tentacules au niveau de l'ouverture buccale qui, spécifiques au genre, servent à l'alimentation et aux sensations tactiles.

Ces principales caractéristiques nous permettent d'identifier nos larves au genre Anisakis sp.

Nous avons trouvé les larves d'*Anisakis* sp. dans le foie, la cavité générale et/ou le rein de *L. grandisquamis*, *M. bananensis*, *M. cephalus* et *M. curema* qui constituent donc des hôtes nouveaux pour ce parasite. Le foie et le rein constituent également de nouveaux sites d'infestation pour *Anisakis* sp. qui est décrit pour la première fois en eau saumâtre.

Les espèces hôtes du genre *Mugil* favorisent plus la croissance des larves d'*Anisakis* sp. dans la mesure où la longueur moyenne des larves y est plus élevée. La longueur moyenne des larves d'*Anisakis* sp. varie suivant le site d'infestation. En effet, elle est plus importante dans le rein que dans les autres sites quel que soit l'hôte.

Les stades larvaires de *Contracaecum* sp. sont au nombre de trois (Type I à III), avec les types II et III présentant des caractères bien définis. Le type II a une dent cuticulaire ventrale par rapport à l'ouverture buccale, un ventricule et un appendice ventriculaire délicat. Il utilise la cuticule du type I comme enveloppe. Le type III possède des lèvres rudimentaires sans interlabia, une structure en forme de dent se situe sur la lèvre, la queue est courte et incurvée ventralement, l'appendice ventriculaire et le cæcum intestinal sont bien développés. Divers poissons lui servent d'hôtes intermédiaires.

En Afrique les larves de *Contracaecum* sp. sont décrites chez plusieurs poissons en eau douce et en eau de mer plus précisément en Afrique du Sud, en Egypte, au Sénégal, au Tchad et au Zaïre (Boomker, 1982, 1994a, b, c ; Campant-Rouget, 1961 ; Al-Bassel 2003 ; Vassiliades, 1975, 1982 ; Paperna, 1974 ; Vassiliades & Troncy, 1974).

Parmi les espèces hôtes identifiées à travers les travaux antérieurs, seul figure *M*. *cephalus* est mentionné pour la famille des Mugilidae. En Espagne, ce mulet constitue un hôte inetmédiaire pour *Contracaecum multipapallatum* en eau douce (Valles-Rios *et al.*, 2000).

Nous pouvons donc dire que les autres mulets examinés constituent des hôtes nouveaux pour *Contracaecum* sp.

Pour déterminer le type larvaire, nous avons comparé nos spécimens à des larves décrites par Moravec (1993, 1997a) et Timi *et al.* (2001) (Tableau 7).

En effet, les larves de *Contracaecum* sp. que nous avons récoltées, ressemblent par leur taille et leur rapport Lg. cæ./Lg. app. aux larves de type I décrites chez *Galeocharax humeralis*, *G. knerii*, *Raphiodon vulpinus*, *Hoplias malabaricus*, *Plagioscon squamosissimus* et *Crenicichla lepidota* (Moravec *et al.*, 1993). Cependant, elles s'en distinguent par la longueur de l'appendice ventriculaire qui est plus courtes chez nos spécimens (Tableau 7). En outre les caractères qu'ils présentent sont différents de ceux du type I qui ne sont pas bien définis.

Nos larves sont différentes de celles de type II décrites par Moravec *et al.* (1997) chez *Pygocentrus caribe, Markiana geayi, Thoracocharax sternicla, Hoplias malabaricus, Hoplerythrinus unitaenitus, Gymnotus carapo, Loricariichthys brunneus, Pseudoplatystoma fasciatu* et *Astronotus ocellatus.* Elles présentent aussi un rapport Lg. cæ./Lg. app. plus faible. Elles sont également moins larges et possèdent un œsophage, un appendice ventriculaire et un caecum intestinal courts. De ce fait, nous les séparons des larves de type II. Les différents paramètres mesurés chez nos larves sont identiques à ceux de larves dérites par Timi *et al.* (2001) chez *Engraulis anchoita*, mais la longueur du cæcum intestinal est plus courte pour nos larves. Nos spécimens possèdent également les mêmes caractéristiques morphoanatomiques. C'est pour ces raisons que nous les identifions aux larves de type III.

Tableau 7. Comparaison des caractères morphométriques (mm) des larves de *Contracaecum* sp. décrites chez les différents mulets et chez d'autres poissons.

Paramètres	Présent travail	Présent travail	Présent travail	Moravec et al.	Moravec et al.	Timi et al. (2001),
	(Casamance)	(Saloum)	(Sénégal)	(1993), Type I	(1997a), Type II	Type III
Lg. totale	1,40-4,2	1,60-4,7	1,34-3,9	3,89-4,80	22,03-24,01	4,06-5,82
lg. maximum	0,157-0,278	0,16-0,28	0,14-0,25	0,150-0,313	0,680-0,762	0,160-0,240
Lg. œsoph.	0,258-0,595	0,26-0,61	0,25-0,57	0,537-0,693	2,260-2,630	0,400-0,630
lg. œsoph.	0,013-0,049	0,14-0,054	0,012-0,05	-	-	-
Lg. app. vent.	0,184-0,482	0,188-0,496	0,19-0,48	0,510-0,721	0,490-0,503	0,300-0,430
lg. app. vent.	0,028-0,095	0,03-0,1	0,026-0,09	-	0,095-0,109	-
Lg. cæ. int.	0,06-0,455	0,06-0,45	0,058-0,46	0,310-0,476	1,560-1,990	0,210-0,340
lg. cæ. int.	0,038-0,128	0,04-0,13	0,04-0,125	-	-	-
Lg. cæ./Lg. app.	1 : 1,06-3,03	1:1,1-3,13	1 : 1,04-3,23	1 : 1,50-1,70	1:0,24-0,39	-
Lg. queue	0,06-0,18	0,05-0,195	0,045-0,198	0,078-0,126	0,109-0,190	0,09-0,13

Lg. = longueur ; lg = largeur ; app. = appendice ; vent. = ventriculaire ; int. = intestin ; Lg. cæ./Lg.app. = rapport longueur du cæcum sur longueur de l'appendice ventriculaire.

CHAPITRE 2 : DISTRIBUTION DES NÉMATODES DANS LES POPULATIONS DE MULETS DES ESTUAIRES DU SÉNÉGAL

CHAPITRE 2 : DISTRIBUTION DES NÉMATODES DANS LES POPULATIONS DE MULETS DES ESTUAIRES DU SÉNÉGAL

I. Richesse spécifique en nématodes

Les populations de *L. dumerili* et *L. falcipinnis* sont parasitées par une espèce, *Contracaecum* sp. dans toutes les trois localités. Quant à la plupart des individus de *L. grandisquamis*, ils sont uniquement infestés par une espèce, *Anisakis* sp. dans l'estuaire de la Casamance et *Contracaecum* sp dans le delta du Saloum. Dans ces deux localités, un seul individu hôte héberge les deux types de larves d'Anisakidae. Par contre dans l'estuaire du Sénégal, cet hôte n'est affecté que par des larves d'*Anisakis* sp (Tableau 8).

Chez *M. bananensis*, le seul individu examiné venant de l'estuaire de la Casamance se trouve parasité par les types larvaires. Dans le delta de Saloum, la plupart des individus héberge les deux parasites alors que dans l'estuaire du Sénégal, ce sont les individus qui abritent une espèce, généralement *Anisakis* sp., qui sont les plus nombreux. Dans les estuaires du Saloum et du Sénégal, le pourcentage des individus de *M. cephalus* parasités par une seule espèce, le plus souvent *Anisakis* sp., est supérieur à celui des individus abritant deux espèces. Chez *M. curema*, les individus infestés par une espèce de parasite, généralement *Contracaecum* sp. dans l'estuaire du Saloum et *Anisakis* sp. dans celui du Sénégal, sont plus nombreux que ceux parasités par deux espèces dans les deux milieux ou trois espèces dans l'estuaire du Saloum (Figure 15).

La richesse parasitaire est globalement très faible, mais elle est généralement plus importante chez les espèces du genre *Mugil* que chez celles du genre *Liza*. Elle ne varie significativement ni avec la localité, ni avec la saison ou encore le sexe chez presque tous les hôtes. Toutefois une variation significative en fonction de la saison a été notée chez *M*. *cephalus* venant de l'estuaire du Sénégal (p = 0,005). En effet, les individus de *M. cephalus* hébergeant deux parasites sont significativement plus nombreux en saison sèche qu'en saison des pluies. Autrement dit, c'est en saison sèche que la plupart des individus hôtes abritent deux espèces de parasites.

	Localité				
Espèces hôtes	Casamance	Saloum	Sénégal		
L. dumerili	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0		
L. falcipinnis	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0		
L. grandisquamis	$1,1 \pm 0,32$	$1,06 \pm 0,24$	1 ± 0		
M. bananensis	2 ± 0	$1,68 \pm 0,48$	$1,33 \pm 0,49$		
M. cephalus	-	$1,35 \pm 0,48$	1,19 ± 0,39		
M. curema	-	$1,47 \pm 0,52$	$1,14 \pm 0,38$		

Tableau 8. Richesse spécifique moyenne en nématodes des différentes populations hôtes



Figure 15. Distribution de la richesse spécifique parasitaire parmi les populations hôtes en fonction de la localité

II. Variabilité spatiotemporelle de l'infestation

II.1. Détermination de paramètres écologiques

II.1.1. Prévalence ou taux de parasitisme

II.1.1.1. Anisakis sp.

Les espèces parasitées par *Anisakis* sp. sont *L. grandisquamis* et *M. bananensis* dans les trois estuaires, *M. cephalus* et *M. curema* dans les estuaires du Saloum et du Sénégal. Or pour *M. bananensis* venant de l'estuaire de la Casamance, ce n'est qu'un seul individu femelle qui a été examiné en saison sèche. Il se trouve parasité par *Anisakis* sp. au niveau du rein et par *Contracaecum* sp. au niveau du mésentère, ce qui correspond à des valeurs de prévalence parasitaire de 100%.

D'une manière générale, chez ces hôtes, la prévalence de ce parasite (*Anisakis* sp.) augmente du sud au nord c'est-à-dire de la Casamance au Sénégal en passant par le Saloum chez *L. grandisquamis* et du Saloum au Sénégal chez les espèces du genre *Mugil*. Par ailleurs, la prévalence parasitaire notée chez *L. grandisquamis* est inférieure à celle obtenue chez *M. bananensis*, *M. cephalus* ou *M. curema* (Figure 16).

Selon la saison et la localité, la prévalence d'*Anisakis* sp. obtenue en Casamance en saison des pluies (6,66%) est supérieure à celle enregistrée en saison sèche (3,37%). Dans l'estuaire du Saloum où *L. grandisquamis* a été uniquement capturé en saison sèche, on note une prévalence faible (6,67%), mais plus élevée que celle qui a été obtenue en Casamance pendant la même saison. Dans l'estuaire du Sénégal, les individus de *L. grandisquamis* sont parasités en saison des pluies où la prévalence d'*Anisakis* sp. est assez importante (23,07%) et est supérieure à celle enregistrée en Casamance quelle que soit la saison ou au Saloum en saison sèche (Figure 16).

Chez *M. bananensis* en provenance du Saloum, la prévalence d'*Anisakis* sp. est plus élevée en saison sèche (81,82%) qu'en saison des pluies (60%). Dans l'estuaire du fleuve Sénégal, les larves d'*Anisakis* sp. ont parasité cet hôte qui a été uniquement rencontré en saison sèche. Durant cette saison, la prévalence parasitaire est d'autant plus importante au Sénégal (90%) qu'au Saloum (Figure 16).









Prévalence d'Anisakis sp. parasite de L. grandisquamis







Figure 16. Prévalence d'Anisakis sp. parasite de L. grandisquamis, M. bananensis, M. cephalus et M. curema

Dans l'estuaire du fleuve Saloum, les larves d'*Anisakis* sp. ont été rencontrées chez *M. cephalus* avec une prévalence de 51,02% en saison des pluies et 32,5% en saison sèche. Ce parasite présente, dans l'estuaire du fleuve Sénégal, une prévalence qui est de 90% en saison des pluies et 73,83% en saison sèche. La prévalence d'*Anisakis* sp. est donc plus élevée dans l'estuaire du fleuve Sénégal que dans celui du Saloum et ceci quelle que soit la saison (Figure 16).

Les larves d'Anisakis sp. ont été retrouvées chez *M. curema* durant toute l'année dans l'estuaire du Saloum, mais leur prévalence est plus élevée en saison des pluies (70,59%) qu'en saison sèche (37%). Cette prévalence est encore d'autant plus importante chez *M. curema* venant de l'estuaire du Sénégal en saison sèche (84,62%) où les vers ont résidé dans le foie et/ou le rein (Figure 16).

II.1.1.2. Contracaecum sp.

Dans les différents estuaires du Sénégal, les larves de *Contracaecum* sp. sont trouvées chez plusieurs espèces de mulets. Elles ont parasité toutes les six espèces de poissons examinées en provenance du Saloum alors qu'au Sénégal, seul *L. grandisquamis* a échappé au parasitisme par ces larves. Par contre, dans l'estuaire de la Casamance, seuls *L. dumerili, L. grandisquamis* et *M. bananensis* sont parasités. La prévalence de ce parasite varie suivant la localité et la saison.

Chez *L. dumerili*, rencontré dans les trois estuaires pendant au moins une saison de l'année, la prévalence de *Contracaecum* sp. est plus élevée au Saloum qu'au Sénégal ou en Casamance. Ce paramètre est également plus élevé en saison sèche qu'en saison des pluies dans les estuaires de la Casamance et du Sénégal. En revanche, dans l'estuaire du Saloum, il n'a pas pu être évalué en saison des pluies car l'hôte n'a pas été rencontré durant cette saison (Figure 17). Toutefois, en saison sèche, tous les individus de *L. dumerili* sont parasités par les larves de *Contracaecum* sp.

Chez *L. falcipinnis*, la prévalence de *Contracaecum* sp. obtenue dans l'estuaire du Saloum est supérieure à celle que nous avons eue dans le fleuve Sénégal. Dans ces deux localités, ce paramètre écologique est respectivement de 35,85% et 12% en saison des pluies et de 80% et 24,6% en saison sèche, donc est plus élevé en saison sèche qu'en saison des pluies (Figure 17).



Figure 17. Prévalence de *Contracaecum* sp. parasite de *L. dumerili*, *L. falcipinnis* et *L. grandisquamis*

Chez *L. grandisquamis* originaire des estuaires de la Casamance et du Saloum, *Contracaecum* sp. a été uniquement rencontré en saison sèche et a une prévalence beaucoup plus élevée dans le Saloum (63,64%) qu'en Casamance (2,01%) (Figure 17).

Chez les espèces du genre *Mugil*, la prévalence de *Contracaecum* sp. enregistrée dans l'estuaire du saloum est supérieure à celle obtenue dans les autres estuaires. Ce paramètre écologique connaît également une variation saisonnière suivant les espèces hôtes. Ainsi, chez *M. bananensis*, le parasite *Contracaecum* sp. a une prévalence de 100% (liée au fait que c'est un seul individu qui a été examiné) en Casamance en saison sèche, de 52,63% et de 100 respectivement en saison des pluies et saison sèche dans l'estuaire du Saloum et de 53,85% en saison sèche dans le fleuve Sénégal (Figure 18).

Les larves de *Contracaecum* sp. ont été trouvées chez *M. cephalus* avec une prévalence de 22,45% en saison des pluies et 38,75% en saison sèche dans l'estuaire du Saloum et de 6,66% en saison des pluies et 25,23% en saison sèche dans l'estuaire du Sénégal (Figure 18).

Chez *M. curema*, la prévalence de *Contracaecum* sp. est plus élevée en saison des pluies (78,57%) qu'en saison sèche (65,31%) au Saloum. Celle notée au Sénégal en saison sèche (11,11%) est inférieure à celle obtenue au Saloum quelle que soit la saison (Figure 18).

II.1.1.3. Cucullanus djilorensis n. sp.

Une nouvelle espèce de *Cucullanus* a été trouvée chez *M. curema* venant de l'estuaire du Saloum en saison sèche avec une prévalence de 12,25%. Ce parasite a infesté l'intestin de l'hôte à différents niveaux : intestin antérieur, moyen et postérieur (Figure 19).



Figure 18. Prévalence de Contracaecum sp. parasite M. bananensis, M. cephalus et M.

curema



Figure 19. Prévalence de Cucullanus djilorensis n. sp. parasite M. curema

II.1.2. Abondance moyenne des espèces parasites

II.1.2.1. Anisakis sp.

L'abondance moyenne d'*Anisakis* sp. augmente généralement de la Casamance au Sénégal en passant par le Saloum ou du Saloum au Sénégal suivant les hôtes.

En effet, chez *L. grandisquamis*, elle est plus élevée dans l'estuaire du Sénégal que dans les estuaires de la Casamance et du Saloum, mais les différences ne sont pas significatives (p = 0,122). Elle varie aussi saisonnièrement : en Casamance, elle est plus élevée en saison des pluies qu'en saison sèche (p = 0,427) tandis que dans les estuaires du Saloum et du Sénégal où le parasite est respectivement noté en saison sèche et en saison des pluies, l'abondance moyenne d'*Anisakis* sp. y est plus élevée qu'en Casamance. Les individus de *L. grandisquamis* en provenance de l'estuaire de la Casamance sont soit mâles, soit femelles ou de sexe indéterminé. L'abondance moyenne d'*Anisakis* sp. chez les individus de sexe indéterminé est significativement supérieure à celle des mâles ou des femelles (p = 0,024). Dans le delta du Saloum où les individus parasités sont uniquement des femelles, l'abondance parasitaire y est plus élevée que chez les femelles venant de la Casamance. Dans l'estuaire du Sénégal, ce paramètre écologique a une valeur plus importante chez les mâles que chez les femelles, mais la variation n'est pas significative (p = 0,643).

Dans les estuaires de la Casamance et du Sénégal, les larves d'Anisakis sp. ont été retrouvées dans la cavité générale, le foie et le rein de *L. grandisquamis*. Dans ces sites, l'abondance parasitaire moyenne est la même dans l'estuaire du Sénégal (p = 1) et sa valeur est supérieure à celle enregistrée en Casamance où elle est plus élevée au niveau du foie qu'au niveau des autres organes parasités (p = 0,719). Au Saloum, les larves d'Anisakis sp. ont parasités uniquement le foie avec une abondance moyenne qui est supérieure à celle obtenue au niveau organes infestés dans les estuaires de la Casamance et du Sénégal (Figure 20).

L'abondance moyenne d'*Anisakis* sp. chez *M. bananensis* est significativement plus élevée dans l'estuaire du Sénégal que dans ceux de la Casamance et du Saloum (p = 0,000). Dans les estuaires de la Casamance et du Sénégal, les larves d'*Anisakis* sp. sont rencontrées en saison sèche. Dans le delta du Saloum où le parasite est retrouvé toute l'année, l'abondance parasitaire moyenne est plus élevée en saison sèche qu'en saison des pluies avec une différence non significative (p = 0,209). En tenant compte du sexe de *M. bananensis*, nous notons une même valeur de l'abondance moyenne chez les femelles que chez les mâles en



Figure 20. Variation de l'abondance moyenne d'*Anisakis* sp. parasite de *L. grandisquamis* et *M. bananensis*

provenance du delta du Saloum (p = 0,893). Ce paramètre écologique est plus élevé chez les mâles que chez les femelles venant de l'estuaire du Sénégal (p = 0,269), tandis que dans l'estuaire de la Casamance, les larves d'*Anisakis* sp. ont été retrouvées uniquement chez un individu femelle. Dans les estuaires du Saloum et du Sénégal, les larves d'*Anisakis* sp. ont infesté la cavité générale, le foie et le rein avec une abondance moyenne plus élevée au niveau du rein qu'au niveau des autres organes (Saloum : p = 0,076 ; Sénégal : p = 0,016) alors que le parasite a été uniquement trouvé dans le rein de *M. bananensis* en provenance de l'estuaire de la Casamance (Figure 20).

Chez M. cephalus, l'abondance moyenne d'Anisakis sp. varie significativement suivant la localité. En effet, celle relevée dans l'estuaire du Sénégal est supérieure à celle enregistrée dans l'estuaire du Saloum (p = 0,000). Dans chaque milieu, l'abondance parasitaire moyenne est plus élevée en saison des pluies qu'en saison sèche, avec une différence significative (Saloum : p = 0,0038; Sénégal : p = 0,004). Les individus de M. cephalus échantillonnés dans l'estuaire du Saloum sont matures, alors que ceux originaires de l'estuaire du Sénégal sont mâles ou de sexe indéterminé. Les variations de l'abondance parasitaire moyenne suivant le sexe ne sont pas significatives (Saloum : p = 0.092 ; Sénégal : 0,918). L'examen de différents organes de M. cephalus révèle, dans l'estuaire du Saloum, la présence des larves d'Anisakis sp. dans le rein et le foie de M. cephalus avec une abondance moyenne plus élevée dans le rein que dans le foie. Le test de Kruskal-Wallis montre qu'il y a une différence hautement significative entre le nombre moyen des larves d'Anisakis sp. logées dans les sites susmentionnés (Saloum : p = 0,000). Dans l'estuaire du Sénégal, les larves ont été retrouvées dans le rein, le foie et la cavité générale, toujours avec une abondance parasitaire moyenne significativement plus importante dans le rein que dans les autres organes (p = 0,000) (Figure 21).

Chez *M. curema*, l'abondance moyenne d'*Anisakis* sp. varie significativement suivant la localité. Ainsi, elle est plus élevée dans l'estuaire du Sénégal que dans celui du Saloum (p = 0,001). Dans l'estuaire du Sénégal, les larves d'*Anisakis* sp. ont été recouvrées en saison sèche seulement tandis que dans le delta du Saloum, elles sont présentes toute l'année avec une abondance moyenne plus élevée en saison des pluies qu'en saison sèche (p = 0,01). Les individus examinés en provenance de l'estuaire du Sénégal sont immatures alors que ceux originaires de l'estuaire du Saloum sont femelles ou mâles et le parasite y présente des valeurs de l'abondance parasitaire qui ne diffèrent pas de manière significative (p = 0,845) (Figure 21). L'abondance moyenne d'*Anisakis* sp. enregistrée dans le rein de *M. curema* au Saloum



Figure 21. Variation de l'abondance moyenne d'*Anisakis* sp. parasite de *M. cephalus* et *M. curema.* * = différence significative

est significativement supérieure à celle obtenue dans le foie ou la cavité générale (p = 0,000). Dans l'estuaire du Sénégal, elle a aussi une valeur significativement plus élevée dans le rein que dans le foie de cet hôte (p = 0,013) (Figure 21).

II.1.2.2. Contracaecum sp.

Les larves de *Contracaecum* sp. sont généralement plus abondantes dans l'estuaire du Saloum que dans les autres localités quelle que soit l'espèce hôte.

Chez L. dumerili, l'abondance moyenne de Contracaecum sp. obtenue dans le delta du Saloum est significativement supérieure à celle enregistrée dans les estuaires de la Casamance et du Sénégal (p = 0,000). Dans ces derniers, elle est plus élevée en saison sèche qu'en saison des pluies avec une différence signification dans l'estuaire du Sénégal (Casamance : p = 0,120; Sénégal : p = 0,004). Cependant, les larves de *Contracaecum* sp. rencontrées uniquement en saison sèche dans l'estuaire du Saloum ont une abondance moyenne assez importante qui est très supérieure à celle notée dans les estuaires de la Casamance et du Sénégal quelle que soit la saison. Eu égard au sexe de L. dumerili, les larves de Contracaecum sp. présentent une abondance moyenne plus élevée chez les femelles que chez les mâles en provenance des estuaires de la Casamance et du Saloum alors que dans l'estuaire du Sénégal, la valeur la plus élevée de ce paramètre écologique a été relevée chez les individus de sexe indéterminé. Toutefois dans ces trois milieux, la variation de l'abondance parasitaire moyenne suivant le sexe n'est pas significative (Casamance : p = 0.12 ; Saloum : p = 0.443 ; Sénégal : p = 0,303). Si nous nous intéressons aux organes infestés, nous trouvons, dans le delta du Saloum, une abondance parasitaire moyenne significativement plus élevée dans le mésentère que dans les ovaires (p = 0,000). Dans les estuaires de la Casamance et du Sénégal, les larves de Contracaecum sp. ont été seulement rencontrées dans le mésentère avec une abondance plus faible (Figure 31).

L'abondance moyenne de *Contracaecum* sp. chez *L. falcipinnis* est plus élevée dans le delta du Saloum que dans l'estuaire du Sénégal (p = 0,000). Aussi l'est-elle plus en saison sèche qu'en saison des pluies dans chacun de ces estuaires. Dans l'estuaire du Saloum comme dans celui du Sénégal, ce paramètre est également plus élevé chez les individus femelles que chez les mâles (Saloum : p = 0,812; Sénégal : p = 0,297). Les sites d'infestation sont le



Figure 22. Variation de l'abondance moyenne de *Contracaecum* sp. parasite de *L. dumerili* et *L. falcipinnis.* * = différence significative

mésentère et les ovaires où l'abondance moyenne de *Contracaecum* sp. est plus faible que dans le premier site mentionné (Saloum : p = 0,000 ; Sénégal : p = 0,560) (Figure 22).

Chez *L. grandisquamis*, l'abondance moyenne de *Contracaecum* sp. obtenue au Saloum est supérieure à celle notée en Casamance (p = 0,000). Dans ces deux contrées, les larves de *Contracaecum* sp. ont été trouvées chez l'hôte en saison sèche. Dans l'estuaire du Saloum, l'abondance moyenne obtenue chez les femelles est supérieure à celle notée chez les mâles, mais la différence n'est pas significative (p = 0,665), alors que dans l'estuaire de la Casamance, les larves de *Contracaecum* sp. ont uniquement infesté les femelles. En tenant compte du site d'infestation, nous avons enregistré une abondance parasitaire plus élevée dans le mésentère que dans les ovaires (Casamance : p = 0,560; Saloum : p = 0,000) (Figure 23).

Contrairement à ce qui a été noté chez les précédentes espèces de mulets, l'abondance moyenne de *Contracaecum* sp. parasite de *M. bananensis* ne varie pas significativement selon la localité (p = 0,331). Cependant, elle est plus élevée en saison sèche qu'en saison des pluies dans l'estuaire du Saloum (p = 0,004), alors que dans l'estuaire du Sénégal, les larves de *Contracaecum* sp. ont été rencontrées en saison sèche. Dans ces deux milieux, les femelles aussi bien que les mâles de *M. bananensis* ont hébergé des parasites et l'abondance parasitaire moyenne obtenue chez les femelles est supérieure à celle enregistrée chez les mâles avec une différence non significative (Saloum : p = 0,103; Sénégal : p = 0,476). Les organes infestés sont le mésentère dans l'estuaire du Saloum tandis que les parasites ont colonisé le mésentère et les ovaires de *M. bananensis* dans l'estuaire du Sénégal avec une abondance moyenne plus importante dans le mésentère que dans les ovaires (p = 0,140) (Figure 23).



Figure 23. Variation de l'abondance moyenne de *Contracaecum* sp. parasite de *L. grandisquamis* et *M. bananensis.* * = différence significative

Chez M. cephalus, les larves de Contracaecum sp. présentent une abondance moyenne significativement plus élevée dans l'estuaire du Saloum que dans celui du Sénégal (p = 0,002). Dans ces deux biotopes, ce paramètre écologique a, en saison sèche, une valeur hautement supérieure à celle notée en saison des pluies (Saloum : p = 0,008 ; Sénégal : p =0,003). La population étudiée de M. cephalus venant du delta du Saloum est composée d'individus femelles et mâles, tandis que celle en provenance de l'estuaire du Sénégal est constituée d'individus mâles et de sexe indéterminé. Dans l'estuaire du Saloum, l'abondance moyenne de Contracaecum sp. chez les femelles est inférieure à celle obtenue chez les mâles, mais la différence n'est pas significative (p = 0,636). Dans l'estuaire du Sénégal, Contracaecum sp. a une abondance moyenne plus élevée chez les mâles que chez les individus de sexe indéterminé (Figure 24). Toutefois, le test de Wilcoxon montre des différences non significatives (p = 0.507) entre les deux groupes. Les larves de *Contracaecum* sp. ont infesté le mésentère de M. cephalus avec une abondance moyenne plus élevée dans l'estuaire du Saloum que dans celui du Sénégal. Le test de Wilcoxon montre que les différences entre les valeurs de l'abondance moyenne sont très significatives (p = 0.002) (Figure 24).

Chez *M. curema* péché dans les estuaires du Saloum et du Sénégal, l'abondance moyenne de *Contracaecum* sp. varie de manière significative suivant la localité (p = 0,001). Dans le delta du Saloum où le parasite est rencontré toute l'année, l'abondance parasitaire moyenne est plus élevée en saison des pluies qu'en saison sèche, mais la différence n'est pas significative (p = 0,608). Dans l'estuaire du Sénégal, les larves de *Contracaecum* sp. sont rencontrées seulement en saison sèche. En relation au sexe, l'abondance moyenne de *Contracaecum* sp. obtenue chez les femelles de *M. curema* venant du delta du Saloum est supérieure à celle notée chez les mâles (p = 0,544), alors que dans l'estuaire du Sénégal, seuls les individus de sexe indéterminé ont été parasités par les larves de *Contracaecum* sp. avec une abondance moyenne très inférieure à celle notée chez les femelles ou les mâles originaires de l'estuaire du Saloum (Figure 24).



Figure 24. Variation de l'abondance moyenne de *Contracaecum* sp. parasite de *M. cephalus* et *M. curema*. * = différence significative

II.1.2.3. Cucullanus djilorensis n. sp.

Les individus adultes de *Cucullanus djilorensis* n. sp. ont été trouvés chez les mâles ainsi que les femelles de *M. curema* en provenance de l'estuaire du Saloum en saison sèche avec une abondance moyenne plus élevée chez les mâles que chez les femelles, mais la différence n'est pas significative (p = 0,897). Ce nématode a occupé différents niveaux de l'intestin : antérieur, moyen et postérieur avec une abondance moyenne significativement plus grande dans l'intestin moyen (p = 0,03) (Figure 25).



Figure 25. Variation de l'abondance moyenne de Cucullanus djilorensis n. sp. parasite de M.

curema

Pour comprendre les variations notées dans l'abondance parasitaire, nous avons étudié la distribution des parasites dans les différents sites d'infestation et cela suivant la saison puis calculé les probabilités de colonisation et de présence de ces parasites.

Répartition des parasites dans les sites d'infestation en fonction de la saison

Les individus d'*Anisakis* sp. et de *Contracaecum* sp. sont répartis dans différents organes en fonction des localités et des saisons. Quant aux adultes de *Cucullanus djilorensis* n. sp., ils ont été trouvés uniquement dans l'intestin en saison sèche.

✓ Répartition des larves d'Anisakis sp.

Les larves d'Anisakis sp. ont parasité le foie, le rein et/ou la cavité générale de différents hôtes : *L. grandisquamis, M. bananensis, M. cephalus* et *M. curema*. Elles présentent une certaine distribution suivant les saisons. En effet, dans l'estuaire de la Casamance en saison des pluies, tout comme dans celui du Saloum en saison sèche, toutes les larves d'Anisakis sp. (100%) ont infesté le foie de *L. grandisquamis*. Dans l'estuaire de la Casamance, en saison sèche, cette espèce hôte héberge le parasite dans son foie, son rein et sa cavité générale, mais les pourcentages des individus d'Anisakis sp. dans le foie et la cavité générale sont égaux et supérieurs à celui obtenu dans le rein. Chez les individus de cet hôte en provenance de l'estuaire du Sénégal en saison des pluies, le foie, le rein et la cavité générale sont infestés et les pourcentages des individus d'Anisakis sp. y sont sensiblement égaux (Figure 26).

Chez *M. bananensis* originaire de l'estuaire du Saloum en saison des pluies, les larves d'*Anisakis* sp. présentent un pourcentage plus élevé dans le foie que le rein, mais la différence n'est pas très grande. Par contre en saison sèche, cet hôte héberge plus du 4/5 des vers dans son rein ; son foie et sa cavité générale étant peu infestés. Dans l'estuaire du Sénégal en saison sèche, *M. bananensis* est parasité au niveau des trois sites d'infestation avec une plus forte présence des larves d'*Anisakis* sp. dans le rein (Figure 26).

Dans l'estuaire du fleuve Saloum, en saison sèche, 34% des individus d'*Anisakis* sp. ont infecté le foie de *M. cephalus* alors que les 66% ont été trouvés dans son rein. Cette différence s'accentue en saison des pluies avec 12% des vers retrouvés dans le foie et 88%



Figure 26. Répartition saisonnière des individus d'*Anisakis* sp. dans les sites d'infestation chez *L. grandisquamis*, *M. bananensis* et *M. cephalus* originaires des estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal



Figure 27. Répartition saisonnière des individus d'*Anisakis* sp. dans les sites d'infestation chez *M. curema* originaire des estuaires du Saloum et du Sénégal

dans le rein. Le pourcentage de larves logés dans le rein est plus élevé en saison des pluies qu'en saison sèche, tandis que celui des larves se trouvant dans le foie connaît une variation inverse c'est-à-dire qu'il est plus important en saison sèche qu'en saison des pluies. Dans l'estuaire du fleuve Sénégal, en saison sèche, le pourcentage d'individus parasites trouvés dans le rein dudit hôte (70%) est supérieur à celui des individus rencontrés dans son foie (30%) ou sa cavité générale (environ 0%). Quant au pourcentage des individus d'*Anisakis* sp. récoltés en saison des pluies, il est également plus élevé dans le rein (75%) que dans le foie (23%) et la cavité générale (2%). Le constat fait au niveau du fleuve Saloum reste valable pour le fleuve Sénégal c'est-à-dire que dans le foie, le pourcentage des individus d'*Anisakis* sp. est plus élevé en saison sèche qu'en saison des pluies tandis que pour le rein, il est plus élevé en saison des pluies qu'en saison sèche. Le pourcentage des individus d'*Anisakis* sp. se trouvant dans la cavité générale est également plus important en saison des pluies qu'en saison sèche. Le pourcentage des individus d'*Anisakis* sp. se trouvant dans la cavité générale est également plus important en saison des pluies qu'en saison sèche (Figure 26).

Chez *M. curema*, les larves d'*Anisakis* sp. colonisent soit le foie et le rein en saison sèche (estuaire du Sénégal), soit le foie, le rein et la cavité générale durant toute l'année (estuaire du Saloum) avec un pourcentage beaucoup plus élevé dans le rein que dans les autres sites d'infestation (Figure 27).

✓ Répartition des larves de *Contracaecum* sp.

Les espèces parasitées par les larves de *Contracaecum* sp. hébergent le parasite soit dans le mésentère, soit dans le mésentère et les ovaires suivant la saison.

En effet, chez *L. dumerili* en provenance des estuaires de la Casamance et du Sénégal en saison sèche, toutes les larves sont rencontrées dans le mésentère. En revanche, chez les individus hôtes venant de l'estuaire du Saloum en saison des pluies, les larves de *Contracaecum* sp. ont colonisé, en plus du mésentère, les ovaires. Cependant, le pourcentage d'individus parasites trouvés dans le mésentère est supérieur à celui des individus rencontrés dans les ovaires (Figure 28).

Chez *L. falcipinnis* originaire de l'estuaire du Saloum, les larves de *Contracaecum* sp. sont seulement trouvées dans le mésentère en saison des pluies alors qu'en saison sèche, elles sont abritées par les deux sites sus mentionnés. Toutefois, le pourcentage trouvé dans les ovaires est très faible. Les individus hôtes venant de l'estuaire du Sénégal ont hébergé ledit



Figure 28. Répartition saisonnière des individus de *Contracaecum* sp. dans les sites d'infestation chez *L. dumerili*, *L. falcipinnis* et *L. grandisquamis* originaires des estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal

parasite dans les deux sites d'infestation, avec un pourcentage beaucoup plus élevé dans le mésentère que dans les ovaires (Figure 28).

Chez *L. grandisquamis* pêché dans les estuaires de la Casamance et du Saloum, les larves de *Contracaecum* sp. sont présentes dans le mésentère et les ovaires, toujours avec un pourcentage plus important dans le premier que dans le second site (Figure 28).

Les individus de *M. bananensis*, *M. cephalus* et *M. curema* en provenance de l'estuaire du Saloum et ceux de *M. cephalus* originaires de l'estuaire du Sénégal ont hébergé toutes les larves de *Contracaecum* sp. dans leur mésentère quelle que soit la saison. De même, les individus de *M. curema* originaire de l'estuaire du Sénégal en saison sèche ont abrité les larves dans ce site.

Probabilité de colonisation et de présence des nématodes parasites

✓ Anisakis sp.

Dans les populations de *L. grandisquamis* de la Casamance et du Sénégal, *Anisakis* sp. a des probabilités de colonisation et de présence plus élevées chez les mâles que chez les femelles alors que dans le Saloum, ce sont les individus femelles qui sont seulement parasités. Chez *M. bananensis* provenant des estuaires du Saloum et du Sénégal, les probabilités de colonisation et de présence d'*Anisakis* sp. obtenues chez les femelles sont supérieures à celles que nous avons eues chez les mâles. Il en est de même chez *M. curema* venant de Saloum.

Les probabilités de colonisation ou de présence d'*Anisakis* sp. dans un individu mâle de *M. cephalus* provenant du Saloum sont supérieures à celles de la femelle. La tendance qui s'observe dans l'estuaire du fleuve Sénégal est que les larves d'*Anisakis* sp. sont plus présentes chez les individus de sexe indéterminé que chez les mâles. Il en est de même pour la probabilité de coloniser un individu (Tableau 9).

Les larves d'*Anisakis* sp. sont logées dans le foie, le rein et/ou la cavité générale des différents hôtes. Chez les espèces hôtes du genre *Mugil*, les probabilités de colonisation et de présence du parasite sont plus élevées dans le rein que dans les autres sites d'infestation tandis que chez *L. grandisquamis*, c'est généralement dans le foie que ces probabilités sont plus élevées (Tableau 10).

Tableau 9. Probabilités de colonisation et de présence des larves d'Anisakis sp. suivant le sexe des hôtes. n_1 = nombre de larves d'Anisakis sp., n_2 = nombre de présence des larves d'Anisakis sp. dans l'hôte selon le sexe

				Probabilité de		Probabilité de
Localités	Espèces hôtes	Sexe	n ₁	colonisation	n ₂	présence
		Mâle	4	0,57	4	0,57
Casamance	L. grandisquamis	Femelle	2	0,29	2	0,29
		Indéterminé	1	0,14	1	0,14
	M. bananensis	Mâle	0	0	0	0
		Femelle	1	1	1	1
	L. grandisquamis	Mâle	0	0	0	0
		Femelle	3	1	2	1
	M. bananensis	Mâle	10	0,37	7	0,39
Saloum		Femelle	17	0,63	11	0,61
	M. cephalus	Femelle	5	0,06	3	0,06
		Mâle	76	0,94	48	0,94
	M. curema	Mâle	19	0,32	14	0,31
		Femelle	41	0,68	31	0,69
	L. grandisquamis	Mâle	2	0,66	2	0,66
		Femelle	1	0,33	1	0,33
	M. bananensis	Mâle	13	0,24	3	0,3
		Femelle	41	0,76	7	0,7
Sénégal		Mâle	145	0,4	53	0,38
	M. cephalus	Femelle	18	0,05	9	0,06
		Indéterminé	201	0,55	79	0,56
		Mâle	0	0	0	0
	M. curema	Femelle	0	0	0	0
		Indéterminé	18	1	7	1

Tableau 10. Probabilités de colonisation et de présence des larves d'Anisakis sp. suivant le site d'infestation. n_1 = nombre de larves d'Anisakis sp., n_2 = nombre de présence des larves d'Anisakis sp. dans un site donné

		Site		Probabilité de		Probabilité
Localités	Espèces hôtes	d'infestation	n ₁	colonisation	n ₂	de présence
		Foie	4	0,57	4	0,57
	L. grandisquamis	Rein	1	0,14	1	0,14
Casamance		Cavité générale	2	0,29	2	0,29
		Foie	0	0	0	0
	M. bananensis	Rein	1	1	1	1
		Cavité générale	0	0	0	0
		Foie	1	1	1	1
	L. grandisquamis	Rein	0	0	0	0
		Cavité générale	0	0	0	0
		Foie	9	0,33	7	0,33
	M. bananensis	Rein	17	0,63	13	0,62
Saloum		Cavité générale	1	0,04	1	0,05
		Foie	19	0,23	17	0,27
	M. cephalus	Rein	62	0,77	45	0,73
		Cavité générale	0	0	0	0
		Foie	4	0,07	4	0,08
	M. curema	Rein	50	0,83	40	0,8
		Cavité générale	6	0,1	6	0,12
		Foie	1	0,33	1	0,33
	L. grandisquamis	Rein	1	0,33	1	0,33
		Cavité générale	1	0,33	1	0,33
		Foie	18	0,33	6	0,32
Sénégal	M. bananensis	Rein	32	0,59	9	0,47
		Cavité générale	4	0,08	4	0,21
		Foie	99	0,28	67	0,37
	M. cephalus	Rein	253	0,71	113	0,62
		Cavité générale	3	0,01	3	0,02
	M. curema	Foie	6	0,33	5	0,45
		Rein	12	0,67	6	0,55

✓ Contracaecum sp.

Dans l'estuaire de la Casamance, quelle que soit l'espèce hôte, les individus hébergeant les larves de *Contracaecum* sp. sont femelles ; les mâles et les individus de sexe indéterminé n'étant pas infestés. Au Saloum, les individus mâles et femelles sont affectés par le parasitisme, mais les probabilités de colonisation et de présence de *Contracaecum* sp. sont plus élevées chez les femelles que chez les mâles sauf chez *M. cephalus* où les parasites sont plus présentes chez les mâles que chez les femelles. Dans l'estuaire du Sénégal, selon l'espèce hôte, les individus parasités sont soit mâles et femelles, soit mâles, femelles et de sexe indéterminé soit uniquement de sexe indéterminé. Dans les populations hôtes constituées d'individus mâles et femelles, les probabilités de colonisation et de présence de *Contracaecum* sp. chez les femelles sont supérieures à celles notées chez les mâles. Lorsqu'en plus des mâles et femelles, il existe des juvéniles dans la population hôte, ces probabilités deviennent plus élevées chez ces derniers que chez les mâles ou femelles (Tableau 11).

Les espèces hôtes en provenance des trois estuaires du Sénégal sont parasitées par *Contracaecum* sp. soit au niveau du mésentère, soit au niveau du mésentère et des ovaires. Lorsqu'ils hébergent les larves de *Contracaecum* sp. dans les deux sites susmentionnés, les probabilités de colonisation et de présence du parasite sont beaucoup plus élevées dans le mésentère que dans les ovaires (Tableau 12).

Tableau 11. Probabilités de colonisation et de présence des larves de *Contracaecum* sp. suivant le sexe des hôtes. n_1 = nombre de larves de *Contracaecum* sp., n_2 = nombre de présence des larves de *Contracaecum* sp. dans l'hôte selon le sexe

				Probabilité de		Probabilité
Localités	Espèces hôtes	Sexe	n ₁	colonisation	n ₂	de présence
		Mâle	0	0	0	0
	L. dumerili	Femelle	10	1	3	1
		Indéterminé	0	0	0	0
		Mâle	0	0	0	0
	L. grandisquamis	Femelle	54	1	1	1
Casamance		Indéterminé	0	0	0	0
		Mâle	0	0	0	0
	M. bananensis	Femelle	26	1	1	1
		Indéterminé	0	0	0	0
	L. dumerili	Mâle	1104	0,33	27	0,45
		Femelle	2210	0,67	33	0,55
	L. falcipinnis	Mâle	515	0,28	26	0,48
		Femelle	1326	0,72	28	0,52
	L. grandisquamis	Mâle	20	0,21	4	0,22
Saloum		Femelle	75	0,79	14	0,78
	M. bananensis	Mâle	33	0,15	6	0,32
		Femelle	180	0,85	13	0,68
	M. cephalus	Mâle	383	0,98	43	0,96
		Femelle	8	0,02	2	0,04
	M. curema	Mâle	358	0,24	27	0,36
		Femelle	1162	0,76	48	0,64
		Mâle	58	0,22	8	0,3
	L. dumerili	Femelle	61	0,23	7	0,26
		Indéterminé	149	0,55	12	0,44
	L. falcipinnis	Mâle	12	0,15	6	0,33
		Femelle	66	0,85	12	0,67
Sénégal	M. bananensis	Mâle	0	0	0	0
		Femelle	104	1	4	1
		Mâle	109	0,62	10	0,31
	M. cephalus	Femelle	0	0	0	0
		Indéterminé	66	0,38	22	0,69
		Mâle	0	0	0	0
	M. curema	Femelle	0	0	0	0
		Indéterminé	1	1	1	1

Tableau 12. Probabilités de colonisation et de présence des larves de *Contracaecum* sp. suivant les organes infestés. n₁ = nombre de larves de *Contracaecum* sp., n₂ = nombre de présence des larves de *Contracaecum* sp. dans un site donné

		Site		Probabilité de		Probabilité de
Localités	Espèces hôtes	d'infestation	n ₁	colonisation	n ₂	présence
	L. dumerili	Mésentère	10	1	3	1
Casamance	L. grandisquamis	Mésentère	42	0,78	2	0,67
		Ovaires	12	0,22	1	0,33
	M. bananensis	Mésentère	26	1	1	1
	L. dumerili	Mésentère	3296	0,99	60	0,91
		Ovaires	18	0,01	6	0,09
Saloum	L. falcipinnis	Mésentère	1833	1	47	0,96
		Ovaires	8	0	2	0,04
	L. grandisquamis	Mésentère	90	0,95	18	0,86
		Ovaires	5	0,05	3	0,14
	M. bananensis	Mésentère	213	1	19	1
	M. cephalus	Mésentère	354	1	52	1
	M. curema	Mésentère	1520	1	75	1
	L. dumerili	Mésentère	268	1	27	1
	L. falcipinnis	Mésentère	72	0,92	16	0,84
Sénégal		Ovaires	6	0,08	3	0,16
	M. bananensis	Mésentère	99	0,95	3	0,6
		Ovaires	5	0,05	2	0,4
	M. cephalus	Mésentère	174	1	31	1
	M. curema	Mésentère	1	1	1	1
✓ Cucullanus djilorensis n. sp.

Les stades adultes de *Cucullanus djilorensis* n. sp. ont parasités des individus adultes de *M. curema* avec des probabilités de colonisation et de présence plus importantes chez les femelles que chez les mâles (Tableau 13).

Considérant le niveau d'infestation, les probabilités de colonisation et de présence des individus de *Cucullanus djilorensis* n. sp. sont plus élevées dans l'intestin moyen que dans les intestins antérieur et postérieur (Tableau 14).

Tableau 13. Probabilités de colonisation et de présence de *Cucullanus djilorensis* n. sp.
suivant de *M. curema*. n₁ = nombre d'individus de *Cucullanus djilorensis* n. sp., n₂ = nombre de présence de *Cucullanus djilorensis* n. sp. selon le sexe

	Espèce			Probabilité de		Probabilité
Localité	hôte	Sexe	n ₁	colonisation	n ₂	de présence
Saloum	M. curema	Mâle	9	0,39	4	0,33
		Femelle	14	0,61	8	0,67

Tableau 14. Probabilités de colonisation et de présence de *Cucullanus djilorensis* n. sp. suivant le niveau d'infestation. n₁ = nombre d'individus de *Cucullanus djilorensis* n. sp., n₂ = nombre de présence de *Cucullanus djilorensis* n. sp.. dans un niveau donné

Localité	Espèce hôte	Niveau	n ₁	Probabilité de		Probabilité
		d'infestation		colonisation	n ₂	de présence
		Intestin antérieur	5	0,22	4	0,29
Saloum	M. curema	Intestin moyen	13	0,56	7	0,5
		Intestin postérieur	5	0,22	3	0,21

II.1.3. Intensité moyenne

II.1.3.1. Anisakis sp.

L'intensité moyenne d'Anisakis sp. varie également suivant l'hôte et la localité. Ainsi, chez *L. grandisquamis*, ce paramètre écologique est plus élevé au Saloum qu'en Casamance ou au Sénégal. Chez *M. bananensis*, *M. cephalus* et *M. curema*, l'intensité moyenne d'Anisakis sp. obtenue dans l'estuaire du Saloum est inférieure à celle enregistrée dans le Sénégal.

Chez *L. grandisquamis*, cette intensité moyenne ne connaît pas de variation saisonnière en Casamance où elle est égale à 1 quelle que soit la saison. Dans l'estuaire du Sénégal, elle est aussi égale à 1 en saison des pluies. La valeur enregistrée de ce paramètre au Saloum est de $1,5 \pm 0,71$ donc supérieure à celle obtenue dans les estuaires de la Casamance ou du Sénégal, mais la différence n'est pas significative (p = 0,670) (Figure 29).

L'intensité parasitaire d'*Anisakis* sp. enregistrée chez *M. bananensis* varie suivant la localité. En effet, celle obtenue dans l'estuaire du Sénégal est significativement supérieure à celle enregistrée au Saloum (p = 0,000). En outre, au Saloum, la valeur de ce paramètre écologique est plus élevée en saison sèche (1,33 ± 0,5) qu'en saison des pluies (1,25 ± 0,45) avec une différence non significative (p = 0,717) (Figure 29).

Comme pour la prévalence, nous constatons chez *M. cephalus* une intensité parasitaire plus élevée dans l'estuaire du fleuve Sénégal que dans l'estuaire du fleuve Saloum (p = 0,000). Ce constat reste également valable quelle que soit la saison. En saison des pluies, l'intensité moyenne d'*Anisakis* sp. $(1,6 \pm 0,71)$ est sensiblement égale à celle enregistrée en saison sèche $(1,58 \pm 0,64)$ au Saloum (p = 0,033). En revanche, dans l'estuaire du fleuve Sénégal, cette intensité est significativement plus importante en saison des pluies $(3,09 \pm 1,92)$ qu'en saison sèche $(2,38 \pm 1,5)$ (p = 0,038) (Figure 29).

Dans l'estuaire du Saloum, chez *M. curema*, l'intensité moyenne d'*Anisakis* sp. suit la même tendance que la prévalence: elle est plus importante en saison des pluies $(1,4 \pm 0,97)$ qu'en saison sèche $(1,16 \pm 0,37)$, mais la différence n'est pas significative (p = 0,705). Au Sénégal, la valeur de ce paramètre enregistrée en saison sèche $(1,64 \pm 1,03)$ est supérieure à celle obtenue dans le Saloum quelle que soit la saison, mais la différence n'est pas significative (p = 0,122) (Figure 29).



Figure 29. Intensité moyenne d'*Anisakis* sp. parasite de *L. grandisquamis*, *M. bananensis*, *M. cephalus* et *M. curema*. * = différence significative

II.1.3.2. Contracaecum sp.

L'intensité moyenne de *Contracaecum* sp. chez *L. dumerili* au Saloum est significativement supérieure à celle obtenue en Casamance ou au Sénégal (p = 0,000). En Casamance, elle est plus élevée en saison des pluies (5 ± 0) qu'en saison sèche ($3,33 \pm 3,21$), avec une différence non significative (p = 1). Dans l'estuaire du Sénégal, l'intensité parasitaire obtenue en saison sèche ($10,25 \pm 7,08$) est supérieure à celle notée en saison des pluies ($9,5 \pm 10,61$), mais la différence n'est pas significative (p = 0,893) (Figure 30).

Celle notée chez *L. falcipinnis* est significativement plus élevée dans le Saloum que dans l'estuaire du Sénégal (p = 0,000). Sa valeur obtenue en saison sèche est supérieure à celle notée en saison des pluies quelle que soit la localité. En effet dans le delta du Saloum, l'intensité moyenne est de $10,47 \pm 17,96$ en saison des pluies et de $56,52 \pm 69,1$ en saison sèche (p = 0,000) tandis que dans l'estuaire du Sénégal, elle est de $2 \pm 1,73$ en saison des pluies et de $4,79 \pm 6,68$ en saison sèche. Du fait du faible nombre d'individus parasités de *L. falcipinnis* en provenance de l'estuaire du fleuve Sénégal, le test de Wilcoxon n'a pas pu être fait (Figure 30).

Contrairement à ce qui a été noté chez *L. dumerili* et *L. falcipinnis*, l'intensité moyenne obtenue chez *L. grandisquamis* en Casamance ($18 \pm 9,54$) est significativement supérieure à celle obtenue au Saloum ($4,52 \pm 3,82$) (p = 0,012) (Figure 30).



Figure 30. Intensité moyenne de *Contracaecum* sp. parasite de *L. dumerili*, *L. falcipinnis* et *L. grandisquamis*. * = différence significative

L'intensité moyenne de *Contracaecum* sp. obtenue chez *M. bananensis* ne varie pas de manière significative suivant la localité (p = 0,432). Elle est de 26 ± 0 en saison sèche en Casamance, de $10,6 \pm 14,06$ et $11,89 \pm 9,44$ respectivement en saison des pluies et en saison sèche dans le Saloum et de $20,8 \pm 20,7$ en saison sèche dans le fleuve Sénégal. Dans le delta du Saloum, la variation de l'intensité parasitaire suivant la saison n'est pas significative (p = 0,1897) (Figure 31).

Chez *M. cephalus*, l'intensité parasitaire notée dans le delta du Saloum $(10,02 \pm 14,06)$ est significativement supérieure à celle enregistrée dans l'estuaire du fleuve Sénégal $(5,61 \pm 6,79)$ (p = 0,001). Elle est également plus élevée en saison sèche qu'en saison des pluies quelle que soit la localité. En effet, dans l'estuaire du fleuve Saloum, elle est de 12,48 ± 15,65 vers en saison sèche et de 3,09 ± 1,81 vers en saison des pluies, avec une différence significative (p = 0,000). Au niveau de l'estuaire du fleuve Sénégal, la charge parasitaire est de 3,5 ± 2,78 vers en saison des pluies et de 5,93 ± 7,16 en saison sèche (p = 0,633) (Figure 31).

L'intensité parasitaire moyenne chez *M. curema* en provenance du delta du Saloum $(20,51 \pm 48,99)$ est supérieure à celle notée dans l'estuaire du fleuve Sénégal (1 ± 0) . Dans ce dernier milieu, du fait qu'il n'y a qu'un seul individu parasité, le test de Wilcoxon n'a pas pu être réalisé pour comparer les intensités moyennes suivant la localité. Cependant, ce paramètre écologique est plus élevé en saison sèche $(21,75 \pm 52,91)$ qu'en saison des pluies $(13,45 \pm 10,03)$ au Saloum, avec une différence non significative (W = 713 ; p-value = 0,4327), tandis qu'il est encore plus faible dans l'estuaire du Sénégal en saison sèche (Figure 31).

II.1.3.4. Cucullanus djilorensis n. sp.

L'intensité moyenne de *Cucullanus djilorensis* est de $1,92 \pm 1$. Ce parasite a infesté l'intestin de l'hôte à différents niveaux : intestin antérieur, moyen et postérieur (Figure 32).



Figure 31. Intensité moyenne de Contracaecum sp. parasite de M. bananensis, M. cephalus et

M. curema. * = différence significative



Figure 32. Intensité moyenne de Cucullanus djilorensis n. sp. parasite de M. curema

II.1.4. Indice de dominance

Les valeurs de dominance des espèces parasites obtenues dans les populations-hôtes des différentes localités montrent que, dans les estuaires de la Casamance et du Saloum, *Contracaecum* sp. domine largement les autres nématodes présents alors que dans l'estuaire du Sénégal, c'est *Anisakis* sp. qui est fortement dominant sur *Contracaecum* sp. (Tableau 15).

D'une manière générale, dans l'estuaire de la Casamance, en saison sèche, et dans celui du Saloum, quelle que soit la saison, les valeurs de dominance de *Contracaecum* sp. sont supérieures à celles d'*Anisakis* sp. En revanche, dans l'estuaire du Sénégal, le parasite dominant est *Anisakis* sp quelle que soit la saison (Tableau 16).

En effet dans l'estuaire de la Casamance, *L. dumerili* est parasité par *Contracaecum* sp. toute l'année, *L. grandisquamis* et *M. bananensis* abritent uniquement des larves d'*Anisakis* sp. en saison des pluies. En saison sèche, les deux parasites sont présents dans ces hôtes avec une prédominance de *Contracaecum* sp. (Tableau 16).

Dans l'estuaire du Saloum, *L. dumerili* rencontré seulement en saison sèche n'héberge que des larves de *Contracaecum* sp., *L. falcipinnis* se trouve infesté par *Contracaecum* sp. toute l'année. Dans la population de *L. grandisquamis* échantillonné en saison sèche, les larves du dit parasite sont dominantes. Elles le sont également toute l'année dans les populations de *Mugil* sauf chez *M. cephalus* où les larves d'*Anisakis* sp. sont légèrement dominantes en saison des pluies (Tableau 16).

Dans l'estuaire du Sénégal, *L. dumerili* et *L. falcipinnis* sont seulement parasité par *Contracaecum* sp. toute l'année. *L. grandisquamis* est uniquement infesté par *Anisakis* sp. en saison des pluies. Quant aux populations de *Mugil*, elles se trouvent parasitées par les deux types de parasites, mais c'est *Anisakis* sp. qui possède les valeurs les plus élevées de l'indice de dominance (Tableau 16).

		Espèce parasite			
Localités	Espèce hôte	Anisakis sp	Contracaecum sp.	Cucullanus djilorensis n. sp.	
	L. dumerili	0%	100%	0%	
Casamance	L. grandisquamis	11,48%	88,52%	0%	
	M. bananensis	3,70%	96,30%	0%	
	L. dumerili	0%	100%	0%	
	L. falcipinnis	0%	100%	0%	
Saloum	L. grandisquamis	3,06%	96,94%	0%	
	M. bananensis	11,25%	88,75%	0%	
	M. cephalus	17,06%	82,94%	0%	
	M. curema	4,34%	94,23%	1,43%	
	L. dumerili	0%	100%	0%	
	L. falcipinnis	0%	100%	0%	
Sénégal	L. grandisquamis	100%	0%	0%	
	M. bananensis	93,10%	6,90%	0%	
	M. cephalus	67,11%	32,89%	0%	
	M. curema	94,74%	5,26%	0%	

Tableau 15. Indice de dominance des espèces parasites dans les populations-hôtes

Tableau 16. Indice de dominance des espèces parasites dans les populations-hôtes en fonction

des saisons

		Saison des pluies		Saison sèche		
		Anisakis	Contracaecum	Anisakis	Contracaecum	Cucullanus
Localités	Espèce hôte	sp	sp.	sp	sp.	<i>djilorensis</i> n. sp.
Casamance	L. grandisquamis	100%	0%	11,45%	88,52%	0%
	M. bananensis	100%	0%	3,70%	96,30%	0%
	L. grandisquamis	0%	0%	3,06%	96,94%	0%
Saloum	M. bananensis	12,40%	87,60%	10,08%	89,92%	0%
	M. cephalus	52,11%	47,89%	10,80%	89,20%	0%
	M. curema	9,76%	90,24%	3,73%	94,68%	1,59%
	M. bananensis	0%	0%	93,10%	6,90%	0%
Sénégal	M. cephalus	92,27%	7,73%	54%	46%	0%
	M. curema	0%	0%	94,74%	5,26%	0%

II.2. Agrégation parasitaire

II.2.1. Agrégation intra spécifique

II.2.1.1. Anisakis sp.

Le rapport variance de l'abondance sur abondance moyenne d'*Anisakis* sp. est de 1 chez *L. grandisquamis* venant de l'estuaire de la Casamance. Il est supérieur à 1 chez la population de *L. grandisquamis* en provenance de l'estuaire du Saloum et chez *M. bananensis* et *M. cephalus* originaire de l'estuaire du Sénégal. En revanche chez les espèces du genre *Mugil* en provenance du delta du Saloum et chez *L. grandisquamis* et *M. curema* péchés dans l'estuaire du Sénégal, ce rapport est inférieur à 1 (Tableau 17). Dans les populations hôtes où le rapport est supérieur à 1, nous avons une distribution sur-dispersée d'*Anisakis* sp. alors que la distribution du parasite est sous-dispersée ou régulière dans les populations où ce rapport est inférieur à 1 et poissonnienne (loi de Poisson) dans la population où ce rapport est égal à 1.

La distribution est d'autant plus agrégée que le rapport variance de l'abondance sur abondance est élevé. De plus, ce rapport nous permet de comparer des échantillons de prévalence et d'abondance différentes. Ainsi, dans les différentes populations d'hôtes se trouvant dans la même localité, *Anisakis* sp. a une distribution plus agrégée chez *L. grandisquamis* au Saloum, alors qu'au Sénégal, la population parasitaire est plus dispersée chez *M. bananensis*.

Localités	Espèce hôte	Coefficient d'agrégation
Casamance	L. grandisquamis	1
	L. grandisquamis	1,6
Saloum	M. bananensis	0,6
	M. cephalus	0,95
	M. curema	0,96
	L. grandisquamis	0,93
Sénégal	M. bananensis	1,29
	M. cephalus	1,12
	M. curema	0,91

Tableau 17. Coefficient d'agrégation d'Anisakis sp. dans les différentes populations hôtes

II.2.1.2. Contracaecum sp.

Quelle que soit la localité ou l'hôte, le rapport entre la variance de l'abondance et l'abondance moyenne est supérieur ou égal à 1 (Tableau 18). Cela correspond respectivement à une distribution sur-dispersée et poissonnienne des larves de *Contracaecum* sp.

Contrairement à ce qui a été observée pour *Anisakis* sp., la distribution de *Contracaecum* sp. est plus dispersée dans les populations hôtes du Saloum que dans celles de la Casamance ou du Sénégal. Cependant, chez *L. grandisquamis*, la distribution des larves de *Contracaecum* sp. est plus agrégée en Casamance qu'au Saloum et chez *M. bananensis*, elle est plus dispersée au Sénégal qu'au Saloum.

En Casamance, la distribution des larves de *Contracaecum* sp. est plus agrégée chez *L. grandisquamis* que chez *L. dumerili*. Dans le delta Saloum, la distribution la plus agrégée a été notée chez *M. curema* alors qu'au Sénégal, c'est chez *M. bananensis* qu'elle a été obtenue. Une distribution aléatoire des larves de *Contracaecum* sp. a été notée chez *M. curema* en provenance de l'estuaire du Sénégal (Tableau 18).

Localités	Espèce hôte	Coefficient d'agrégation		
Casamance	L. dumerili	4,61		
	L. grandisquamis	21,2		
	L. dumerili	34,13		
	L. falcipinnis	107,96		
Saloum	L. grandisquamis	4,74		
	M. bananensis	15,91		
	M. cephalus	26,23		
	M. curema	123,3		
	L. dumerili	10,76		
	L. falcipinnis	11,13		
Sénégal	M. bananensis	28,57		
	M. cephalus	12,76		
	M. curema	1		

Tableau 18. Coefficient d'agrégation de Contracaecum sp. dans les différentes populations

hôtes

II.2.1.3. Cucullanus djilorensis n. sp.

Ce parasite est seulement présent chez *M. curema* venant du Saloum. Le rapport variance de l'abondance sur abondance est égal à 2,14 ; ce qui correspond à une distribution sur-dispersée.

II.2.2. Agrégation inter spécifique

En considérant les localités hôtes ou tous les poissons hôtes (communautés) et les espèces parasites, nous obtenons des patrons parfaitement emboîtés (Figures 33 et 34).

Les patrons obtenus en fonction des différents hôtes de chaque localité et des espèces parasites sont parfaitement emboîtés (Figures 35 et 36) sauf dans l'estuaire du Sénégal où le patron est imparfaitement emboîté (Figure 37) avec des espèces manquantes et une espèce marginale.



Figure 33. Patron parfaitement emboité obtenu en considérant les localités hôtes et les espèces parasites. Sa = Saloum ; Sé = Sénégal ; Ca = Casamance



Figure 34. Patron parfaitement emboité obtenu en considérant les espèces hôtes des différentes localités et les espèces parasites. E1 = M. *curema* ; E2 = M. *cephalus* ; E3 = M. *bananensis* ; E4 = L. *grandisquamis* ; E5 = L. *dumerili* ; E6 = L. *falcipinnis*



Figure 35. Patron parfaitement emboité obtenu en considérant les espèces hôtes de la Casamance et les espèces parasites. E1 = L. *dumerili* ; E2 = L. *falcipinnis*



Figure 36. Patron parfaitement emboité obtenu en considérant les espèces hôtes du Saloum et les espèces parasites. E1 = M. *curema* ; E2 = M. *cephalus* ; E3 = M. *bananensis* ; E4 = L.



Figure 37. Patron imparfaitement emboité obtenu en considérant les espèces hôtes de
l'estuaire du Sénégal et les espèces parasites. E1 = M. cephalus ; E2 = M. bananensis ; E3 =
M. curema ; E4 = L. dumerili ; E5 = L. falcipinnis ; E6 = L. grandisquamis

III. Taille et poids des espèces de mulets venant des estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal

Les individus de *L. dumerili* en provenance des estuaires de la Casamance et du Saloum sont tous adultes femelles ou mâles. Dans l'estuaire de la Casamance, les mâles ont une taille $(228,8 \pm 14,62 \text{ mm})$ et un poids $(97,82 \pm 19,66 \text{ g})$ supérieurs à ceux des femelles (taille : $203,83 \pm 10,28 \text{ mm}$, poids : $68,44 \pm 12,71 \text{ g}$). En revanche, dans le delta du Saloum, la taille $(254,38 \pm 24,56 \text{ mm})$ et le poids $(141,26 \pm 38,72 \text{ g})$ des femelles sont plus élevés que ceux des mâles (taille : $222,65 \pm 26,60 \text{ mm}$; poids : $98,88 \pm 33,21 \text{ g}$). Dans l'estuaire du Sénégal, en plus des adultes femelles et mâles, nous avons examinés des individus de sexe indéterminé. Ces derniers possèdent une taille ($194,70 \pm 18,91 \text{ mm}$) inférieure à celle des femelles ($197,84 \pm 18,11 \text{ mm}$) qui est elle-même inférieure à celle des mâles ($202,10 \pm 22,69 \text{ mm}$). Mais leur poids ($72,13 \pm 22,28 \text{ g}$) est sensiblement supérieur à celui des femelles ($72 \pm 20,21 \text{ g}$) et inférieur à celui des mâles ($76,05 \pm 26,27 \text{ g}$) (Figure 38).

Les individus de *L. falcipinnis* collectés dans les trois estuaires sont tous adultes. Ceux venant de l'estuaire de la Casamance sont des femelles avec une taille de $241 \pm 32,91$ mm et un poids de $112,53 \pm 38,17$ g. Quant à ceux originaires des estuaires du Saloum et du Sénégal, ils sont femelles ou mâles, mais leur taille et poids sont peu différents. En effet la taille et le poids des individus venant du Saloum sont respectivement de $255,36 \pm 29,33$ mm et $135,09 \pm 44,46$ g pour les femelles et de $253,24 \pm 35,96$ mm et $132,73 \pm 48,76$ g pour les mâles. Les individus femelles de *L. falcipinnis* en provenance de l'estuaire du Sénégal ont une taille et un poids respectivement de $262,82 \pm 49,93$ mm et $161,35 \pm 106,01$ g alors que pour les mâles, les valeurs de ces paramètres biologiques sont de $254,51 \pm 60,03$ mm et $152,43 \pm 106,31$ g (Figure 39).

Pour *L. grandisquamis*, les individus venant de l'estuaire de la Casamance sont adultes ou immatures. Les juvéniles ont une taille (99,43 \pm 7,21) et un poids (9,04 \pm 2) inférieurs à ceux des adultes (taille des femelles : 212,55 \pm 38,46 ; taille des mâles : 183,27 \pm 59,26 ; poids des femelles : 93,39 \pm 83,38 ; poids des mâles : 69,05 \pm 86,93). La taille et le poids des femelles en provenance des estuaires du Saloum et du Sénégal sont légèrement supérieurs à ceux des mâles. Ils sont respectivement de 264,33 \pm 35,64 mm et 165,78 \pm 67,67 g pour les femelles du Saloum, de 225,25 \pm 16,48 mm et 106,67 \pm 25,05 g pour les mâles du Saloum, de 259 \pm 39,32 mm et 157,9 \pm 78,97 g pour les femelles du Sénégal et de 238,55 \pm 28,56 mm et 118 \pm 47,65 g pour les mâles du Sénégal (Figure 40).



Figure 38. Taille et poids des individus de *L. dumerilli* originaire des estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal en fonction du sexe



Figure 39. Taille et poids des individus de *L. falcipinnis* originaire des estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal en fonction du sexe



Figure 40. Taille et poids des individus de *L. grandisquamis* originaire des estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal en fonction du sexe



Figure 41. Taille et poids des individus de *M. bananensis* originaire des estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal en fonction du sexe

Un seul individu de *M. bananensis* en provenance de l'estuaire de la Casamance a été examiné. Il a une taille de 194 mm et un poids de 68,97 g. Les populations de *M. bananensis* provenant des estuaires du Saloum et du Sénégal sont composées d'individus adultes, avec les femelles qui ont une taille et un poids supérieurs à ceux des mâles. En effet, pour les originaires du delta du Saloum, la taille et le poids sont respectivement de 252,76 ± 24,35 mm et 168,71 ± 37,97 g pour les femelles et de 223 ± 13,42 mm et 117,64 ± 20,55 g pour les mâles. Pour les individus venant de l'estuaire du Sénégal, la taille et le poids des femelles sont de 309,11 ± 25,77 mm et 290,67 ± 72,83 g alors que ceux des mâles sont de 294 ± 19,31 mm et 257 ± 47,29 g (Figure 41).

Les individus de *M. cephalus* en provenance de l'estuaire du Saloum avec lesquels nous avons travaillé sont mâles ou femelles, donc tous adultes. La taille des individus femelles et mâles est respectivement de $261,3 \pm 14,38$ mm et $238,21 \pm 19,26$ mm et le poids est de $171 \pm 23,40$ g pour les femelles et $124,99 \pm 29,57$ g pour les mâles. Les individus examinés venant de l'estuaire du fleuve Sénégal sont immatures ou adultes. Les individus de sexe indéterminé ont une taille de $175,29 \pm 22,63$ mm et un poids de $49,89 \pm 23,67$ g alors que les mâles possèdent une taille de $243,03 \pm 33,13$ mm et un poids de $131,10 \pm 55,41$ g (Figure 42).

Les individus de *M. curema* venant de l'estuaire de la Casamance sont femelles. Ils possèdent une taille de 234,5 \pm 2,12 mm et un poids de 128,65 \pm 2,33g. Les femelles provenant de l'estuaire du Saloum ont une taille de 262,53 \pm 48,99 mm et un poids de 168,99 \pm 76,80 g alors que les mâles affichent une taille et un poids respectif de 251,25 \pm 31,56 mm et 150,08 \pm 53,89 g. Quant aux individus collectés dans l'estuaire du Sénégal, ils sont tous immatures et leur taille et poids sont respectivement de 172,78 \pm 17,46 mm et 46,44 \pm 14,29 g (Figure 43).

Force est de constater que pour les différentes espèces de poisson examinées les femelles ont généralement une taille et un poids supérieurs à ceux des mâles excepté *L*. *dumerili* originaire des estuaires de la Casamance et du Sénégal.



Figure 42. Taille et poids des individus de *M. cephalus* venant des estuaires du Saloum et du Sénégal en fonction du sexe



Figure 43. Taille et poids des individus de *M. curema* originaire des estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal en fonction du sexe

IV. Effet de la taille, du poids et du sexe de l'hôte et de la saison sur le parasitisme

Chez *Liza dumerili*, *Liza grandisquamis* et *Mugil bananensis* originaire des différents estuaires, la saison, le poids, la taille ou le sexe ne peuvent expliquer les variations observées dans la charge ou intensité parasitaire de *Contracaecum* sp. ou d'*Anisakis* sp.

Chez *L. falcipinnis* en provenance de l'estuaire du Saloum, les variations observées dans l'intensité de *Contracaecum* sp. ne peuvent être élucidées que par la saison, les autres variables susmentionnées n'étant pas liées à ce paramètre écologique. Les individus qui évoluent dans l'estuaire du Sénégal hébergent des larves de *Contracaecum* sp. possédant une charge dont les variations ne peuvent être expliquées ni par la saison, la taille, le poids ou encore le sexe.

Charge =
$$\begin{bmatrix} 0\\44,26 \end{bmatrix}$$
 Saison + 10,47

Chez *Mugil cephalus*, les variations observées dans la charge parasitaire d'*Anisakis* sp. ne peuvent être expliquées ni par la taille, ni par le poids, ni par le sexe ou la saison. En revanche pour *Contracaecum* sp., la charge parasitaire est liée à la taille, au poids et à la saison dans l'estuaire du Saloum alors que dans l'estuaire du Sénégal, elle est corrélée à la taille, au poids et au sexe. Les modèles suivants permettent de montrer la relation de régression linéaire existant entre la charge parasitaire et les différentes variables explicatives. Chez les individus parasités venant du delta du Saloum, les variations observées dans la charge parasitaire s'expliquent par la taille ou le poids et la saison. Ainsi, les individus de grande taille ou poids, hébergent beaucoup plus de larves de *Contracecum* sp. que ceux de faible taille ou poids. De plus, la charge parasitaire est plus élevée en saison sèche qu'en saison des pluies.

Charge = 1,06*(Taille)+
$$\begin{bmatrix} 0\\8,11 \end{bmatrix}$$
 Saison -22,95
R² = 27,66%; p = 0,002

Charge = 0,07*(Poids)+
$$\begin{bmatrix} 0\\7,59 \end{bmatrix}_{saison}$$
-5,46
R² = 26,78%; p = 0,002

Dans l'estuaire du Sénégal, les variations observées dans la charge parasitaire des larves de *Contracaecum* sp. s'expliquent par la taille, la saison et le sexe ou par le poids et le sexe. Ainsi le nombre de larves trouvées dans un hôte augmente avec la taille ou le poids. Il est également fonction de la saison c'est-à-dire est plus élevé en saison sèche qu'en saison des pluies et il est encore plus élevé chez les mâles que les individus de sexe indéterminé.

Charge = 1,74*(Taille)+
$$\begin{bmatrix} 0 \\ 4,66 \end{bmatrix}_{saison}^{+} \begin{bmatrix} 0 \\ -8,84 \end{bmatrix}_{sexe}^{-31,80}$$

Charge = 0,14*(Poids)+ $\begin{bmatrix} 0 \\ -11,12 \end{bmatrix}_{sexe}^{-3,2}$
R² = 85,66%; p = 0,000

Les larves d'*Anisakis* sp. parasites de *M. curema* venant des estuaires du Saloum et du Sénégal ont une intensité parasitaire dont les variations ne peuvent être associées à la saison, à la taille, au poids ou encore au sexe de l'hôte. Quant aux larves de *Contracaecum* sp. parasitant les individus hôtes en provenance de l'estuaire du Saloum, elles possèdent une charge parasitaire qui est liée aux variables explicatives ci-dessus. En effet, la relation linéaire qui existe entre le paramètre écologique et les variables explicatives montre que les individus hôtes qui ont une taille ou un poids élevé sont les plus infestés. Cette relation révèle également que l'intensité parasitaire est plus élevée en saison sèche qu'en saison des pluies et que les individus femelles hébergent plus de larves de *Contracaecum* sp. que les mâles.

Charge = 3,97*(Taille)+
$$\begin{bmatrix} 0\\ 1,22 \end{bmatrix}_{saison} + \begin{bmatrix} 0\\ -7,93 \end{bmatrix}_{sexe} -80,35$$

R² = 12,67%; p-value = 0,021
Charge=0,29*(Poids)+ $\begin{bmatrix} 0\\ 1,26 \end{bmatrix}_{saison} + \begin{bmatrix} 0\\ -7,95 \end{bmatrix}_{sexe} -24,82$
R² = 16,64%; p-value = 0,005

V. Étude histopathologique

Le rein est parasité dans sa partie postérieure par *Anisakis* sp. qui provoque la formation de capsules pouvant contenir 1 à 5 larves (Figure 44a., b. et c.). Dans ces capsules, le ver s'enroule plusieurs fois (Figure 45a.), ce qui donne en coupe des sections multiples du ver (Figure 45c.). Au niveau du foie les larves d'*Anisakis* sp. se sont enkystées (Figure 45b.) et les coupes histologiques montrent également des sections des vers à différents niveaux (Figure



Figure 44. Encapsulation des larves d'*Anisakis* sp. dans le rein (a) de *M. bananensis* avec 2 (b) ou 3 (c) larves dans chaque capsule.



Figure 45. Encapsulation des larves d'Anisakis sp. dans le rein (a) et le foie (b) de M. cephalus. Re. = rein, Fo. = foie, L. A. = larve d'Anisakis sp.

45d.). Au tour des parasites, le tissu hépatique et rénal s'est désorganisé laissant apparaître des lacunes et des granules noirs.

Dans le mésentère des différents poissons hôtes, les larves de *Contracaecum* sp. se sont enkystées dans le tissu adipeux et des granules de mélanine s'individualisent dans certains endroits (Figure 46a.). Entre la cuticule des larves et le tissu hôte, existent des espaces ou méâts (Figure 46b.).

Certaines larves de *Contracaecum* sp. ont été trouvés enkystées sur les filaments ovariens de *Liza grandisquamis* (Figure 47) ou dans les ovaires de *Liza dumerili, Liza grandisquamis* et *Mugil bananensis* (Figure 48a. et b.). Les capsules contenant le parasite sont périphériques et sont localisées sous la paroi ovarienne et reposent sur des méats. Les empilements d'ovocytes près du kyste ont subi une désorganisation aux zones de contact. La paroi de la capsule est très épaisse et nous notons à certains endroits des produits de dégradation des ovocytes (Figure 48c. et d.). Cette dégradation des ovocytes peut être très profonde et aboutir à la formation de croûte (Figure 49).





Figure 46. Encapsulation des larves de *Contracaecum* sp. dans le mésentère (Més.) de *M*. curema. Més. = mésentère, L. C. = larve de *Contracaecum* sp.



Figure 47. Fixation des larves de *Contracaecum* sp. sur les filaments ovariens de *L*. grandisquamis. L. C. = larve de *Contracaecum* sp.



Figure 48. Encapsulation des larves de *Contracaecum* sp. dans l'ovaire de *L. dumerili* (a et b : avant et après ouverture des sacs ovariens, c et d : coupes histologiques)



Figure 49. Nécrose des ovocytes formant une croûte

VI. Discussion

La détermination de la richesse spécifique constitue un préalable à l'étude des communautés de parasites ainsi qu'à la compréhension des mécanismes de régulation des populations hôtes (Boualleg, 2010). Le constat général est que la richesse spécifique en nématodes des mulets est faible. En effet, seules trois espèces de nématodes ont été rencontrées chez les Mugilidae du Sénégal. Ces trois parasites ne coexistent ensemble que chez quelques individus de *M. curema* en provenance de l'estuaire du Saloum. Nous avons constaté également que les individus qui abritent une seule espèce de parasite sont plus nombreux que ceux qui en logent 2 ou 3. Ce fait pourrait s'expliquer par une mortalité des individus qui hébergent beaucoup d'espèces de nématodes. En effet, les effets conjugués de deux ou trois espèces de parasites affaiblissent davantage l'hôte qui finit par mourir.

Dans les différentes localités, la fréquence du parasitisme d'Anisakis sp. chez L. grandisquamis est faible. En effet, elle n'atteint jamais 40%. La prévalence élevée (>40%) des larves d'Anisakis sp. dans les populations de Mugil du Saloum et du Sénégal signifie que ce nématode est fréquent dans ces populations d'hôtes et pour chaque espèce hôte, il est encore plus fréquent au Sénégal qu'au Saloum. De plus, Anisakis sp. est plus fréquent en saison des pluies qu'en saison sèche chez les espèces d'hôtes où il est présent toute l'année sauf pour M. bananensis originaire du Saloum. Les valeurs de la prévalence de Contracaecum sp. inférieures à 40% dans les populations de L. falcipinnis et L. grandisquamis venant de l'estuaire de la Casamance, M. cephalus originaire du delta du Saloum, L. falcipinnis, M. cephalus et M. curema en provenance de l'estuaire du Sénégal signifient que ce parasite n'est pas fréquent dans ces populations. En revanche, les valeurs élevées du taux de parasitisme de Contracaecum sp. chez M. bananensis présent dans toutes les localités, M. curema, L. dumerili, L. falcipinnis et L. grandisquamis péchés dans l'estuaire du Saloum et L. dumerili venant de l'estuaire du Sénégal témoignent d'une certaine fréquence du parasite dans ces populations d'hôtes. Exception faite à M. bananensis où nous avons obtenu en Casamance une prévalence de 100% due à l'examen d'un individu parasité par Contracaecum sp., chez toutes les autres espèces hôtes, la fréquence du parasitisme est plus élevée dans le delta du Saloum que dans les estuaires de la Casamance et du Sénégal. Eu égard à la saison, la valeur de ce paramètre écologique relevée en saison sèche est supérieure à celle enregistrée en saison des pluies chez les espèces hôtes rencontrées toute l'année dans les différentes localités sauf chez M. curema venant de l'estuaire du Saloum où c'est l'inverse qui a été noté. Toutefois, pour L. grandisquamis, les individus échantillonnés en Casamance en saison des pluies n'ont

pas été parasités alors que dans le delta du Saloum, *L. grandisquamis* n'a pas été rencontré en saison des pluies. Le taux de parasitisme de *Cucullanus djilorensis* n. sp. chez *M. curema* en provenance de l'estuaire du Saloum en saison sèche est faible.

Les valeurs de la prévalence d'*Anisakis* sp. et de *Contracaecum* sp. inférieures à 40%, donc faibles, indiquent un parasitisme occasionnel pour leurs hôtes. Ces résultats corroborent ceux de Laamri *et al.* (2012) même si les parasites et les espèces d'hôtes en question sont différents.

Les valeurs de l'intensité et de l'abondance moyennes des parasites sont généralement faibles dans les différents milieux, mais pour *Anisakis* sp., elles sont généralement plus élevées dans l'estuaire du Sénégal que dans ceux de la Casamance ou du Saloum tandis que pour *Contracaecum* sp., les plus grandes valeurs de ces indices écologiques sont obtenues dans l'estuaire du Saloum. Dans chaque localité, elles sont également plus élevées en saison sèche qu'en saison des pluies pour *Contracaecum* sp. avec des différences souvent non significatives, alors que pour *Anisakis* sp., les valeurs de l'intensité et de l'abondance moyennes trouvées en saison des pluies sont généralement supérieures à celles obtenues en saison sèche. Ces résultats sont en concordance avec ceux de Borges *et al.* (2012) qui ont montré, pour *Anisakis* sp., une intensité et une abondance moyennes plus importantes en saison des pluies, précisément au mois d'août. Pour *Cucullanus djilorensis* n. sp., l'abondance et l'intensité moyennes sont très faibles.

Les variations observées dans la prévalence, l'intensité et de l'abondance moyennes d'*Anisakis* sp et de *Contracaecum* sp. entre les différentes localités pourraient s'expliquer par certaines conditions physique (température) et chimique (salinité). En effet, l'estuaire du fleuve Sénégal est un estuaire normal, avec une salinité très faible voire nulle en saison des pluies ou avoisinant celle de l'eau de mer en saison sèche. Tandis que dans les fleuves Saloum et Casamance, estuaires inverses, la salinité est légèrement inférieure à celle de l'eau de mer en saison des pluies à cause des apports d'eaux pluviales (Simier *et al.*, 2004) ; Gning, 2008) et très supérieure à celle de l'eau de mer en saison sèche. Dans ces estuaires, la température de l'eau est plus élevée en saison des pluies qu'en saison sèche, avec un maximum en août (Simier *et al.*, 2004) et elle est d'autant plus importante dans le fleuve Saloum. Ces facteurs écologiques du milieu ont un effet sur le temps d'éclosion et/ou la durée de vie des larves d'*Anisakis* sp. (Højgaard, 1998). En effet, la température a un effet significatif sur le temps d'éclosion et la durée de vie des larves c'est-à-dire, plus la température augmente, plus le temps d'éclosion et la durée de vie des larves d'*Anisakis* sp. qui augmente avec elle. La

prévalence, l'intensité et de l'abondance moyennes d'*Anisakis* sp. plus importantes dans l'estuaire du Sénégal sont donc liées à la faible salinité de l'eau. Cette salinité explique également les valeurs plus élevées de la prévalence en saison des pluies dans les estuaires du Saloum et du Sénégal. En revanche, pour *Contracaecum* sp. les plus grandes valeurs de la prévalence, de l'intensité et de l'abondance moyennes dans les population d'hôtes du Saloum sont liées à la forte salinité de l'eau, mais également à la forte productivité de cet écosystème. Nous pouvons donc dire que plus la salinité de l'eau est élevée, plus la prévalence de *Contracaecum* sp. est importante et moins celle d'*Anisakis* sp. est grande.

La prévalence plus élevée de *Contracaecum* sp. dans le Saloum s'expliquerait également par la forte présence d'oiseaux (pélicans, cormorants, hérons, flamants, hibis, spatules...) (Diagana & Dodman, 2006), hôtes définitifs du parasite (Barson & Marshall, 2004 ; Farjallah *et al.* 2008 ; Mattiucci *et al.*, 2008 ; Garbin *et al.*, 2011 ; Kanarek, 2011). En effet, le delta du Saloum, avec une mangrove florissante, offre une grande variété de niches pour les oiseaux contrairement à l'estuaire du Sénégal. Ces hôtes définitifs vont répandre, avec les fèces, les œufs du parasite dans le milieu. Ces œufs éclosent au bout de 2 à 3 jours à 24°C ou au bout de 5 à 7 jours à 21°C (Al-Zubaidy, 2009). Les larves L2 vont infester le premier hôte intermédiaire qui est habituellement un crustacé (Paperna, 1974 ; Al-Zubaidy, 2009) avant d'arriver au poisson via la chaîne alimentaire (Al-Zubaidy, 2009 ; Abowei & Ezekiel, 2011). L'arrivée d'oiseaux migrateurs en saison sèche augmenterait aussi le nombre d'œufs émis et par conséquent, les infestations des hôtes intermédiaires, ce qui expliquerait la prévalence, l'intensité et l'abondance moyennes de *Contracaecum* sp. plus importantes en saison sèche dans les estuaires.

Les valeurs de l'abondance parasitaire moyenne chez les individus hôtes matures habitant le même biotope ne sont pas significativement différentes quel que soit le parasite. La différence entre les valeurs de cet indice écologique relévées chez les mâles et les individus de sexe indéterminé de *M. cephalus* n'est également pas significative. Par contre, une différence significative a été notée entre l'abondance moyenne d'*Anisakis* sp. relevée chez les individus de sexe indéterminé et les femelles et les mâles de *L. grandisquamis* en provenance de l'estuaire de la Casamance. Pour *Contracaecum* sp., l'abondance moyenne obtenue d'une part chez les femelles, les mâles et les individus de sexe indéterminé de *L. dumerili* et d'autre part chez les mâles et les individus immatures de *M. cephalus* venant de l'estuaire du Sénégal n'est pas significativement différente. Ces résultats montrent que la distribution des parasites (*Anisakis* sp., *Contracaecum* sp. et *Cucullanus djilorensis* n. sp.) est indépendante du sexe de l'hôte. Toutefois, les valeurs significativement différentes de l'abondance moyenne

d'*Anisakis* sp. notées chez les individus de sexe indéterminé et les adultes de *L*. *grandisquamis* témoignent de la vulnérabilité des individus immatures et des moyens de défense quasi inexistants face au parasitisme.

En tenant compte du site d'infestation, les larves d'*Anisakis* sp. ont parasité la cavité générale, le foie et/ou le rein des différents hôtes. Chez *M. cephalus* et *M. curema* originaire des estuaires du Saloum et du Sénégal et *M. bananensis* venant de l'estuaire du Sénégal, l'abondance moyenne de ce parasite a des valeurs significativement différentes selon le site d'infestation. Ainsi, quelle que soit la saison ou la localité, le rein héberge beaucoup plus de vers que le foie ou la cavité générale. Les pourcentages des individus d'*Anisakis* sp. obtenus dans les différents sites d'infestation permettent de confirmer cette assertion. En effet, excepté *L. grandisquamis*, tous les hôtes hébergent plus de larves d'*Anisakis* sp. dans le rein que le foie ou la cavité générale.

Quant aux larves de *Contracaecum* sp., elles ont uniquement infesté le mésentère de *L. dumerili* péché dans l'estuaire de la Casamance, celui des espèces du genre *Mugil* originaires du delta du Saloum et celui de *L. dumerili* et *M. cephalus* venant de l'estuaire du Sénégal. En plus du mésentère, ces larves ont également été rencontrées dans les ovaires de *L. grandisquamis* en provenance de la Casamance, *L. dumerili*, *L. falcipinnis* et *L. grandisquamis* venant de l'estuaire du Saloum et *M. bananensis*, de l'estuaire du Sénégal, avec une plus grande abondance moyenne dans le mésentère que les ovaires. Mais c'est seulement chez les espèces du genre *Liza* venant de l'estuaire du Saloum que des différences significatives ont été enregistrées entre les valeurs de l'abondance parasitaire moyenne dans ces deux sites d'infestations.

Des travaux sur les Anisakidae ont révélé que leurs larves sont plus présents dans les tissus riches en graisse (Lymbery *et al.*, 2002 ; Strømnes & Andersen, 2003 ; Abattouy *et al.*, 2011). La présence des larves d'*Anisakis* sp. et de *Contracaecum* sp. respectivement dans la cavité générale, le rein et/ou le foie et dans le mésentère et/ou les ovaires des différents hôtes concernés montre alors que ces organes, certains vitaux, ont un taux important en lipides. En effet, les mulets sont des poissons gras (Vallet, 2011) qui ont la particularité de répartir leurs lipides dans les cellules grasses à travers tout leur organisme principalement au niveau des gonades (globules lipidiques des ovaires), du tissu hépatique, du tissu musculaire et des tissus adipeux péri viscéraux (mésentère). Les lipides sont principalement stockés sous forme de triglycérides (Ackman, 1995).

Nous remarquons que lorsque la population hôte est composée d'individus mâles, femelles et de sexe indéterminé, ces derniers sont plus exposés aux parasites que les mâles ou les femelles même si les différences entre les valeurs de l'abondance moyenne ne sont généralement pas significatives. Cela pourrait s'expliquer par une plus forte vulnérabilité des juvéniles et des moyens de défense quasi inexistants face au parasitisme. En effet, l'encapsulation des larves d'Anisakis sp. dans le rein, le foie et/ou la cavité générale ou celle de Contracaecum sp. dans le mésentère et/ou les ovaires constitue un essentiel moyen de défense pour les individus hôtes. Ce processus mobilise différents types cellulaires qui vont successivement assurer la reconnaissance des parasites, adhérer à leur surface, recruter d'autres cellules afin de former une capsule autour des larves et finalement de les tuer par asphyxie ou émission de substances toxiques. Face à ce mécanisme de résistance, les parasites ont eux-aussi développé des réponses leur permettant d'éviter cette réaction. Il s'agit pour eux soit d'infester des stades juvéniles, ce qui explique l'abondance moyenne des larves d'Anisakis sp. généralement plus élevées chez les individus de sexe indéterminé que chez les mâles ou les femelles de L. grandisquamis en provenance de l'estuaire de la Casamance ; soit de parasiter des tissus spécifiques incapables de déclencher la réaction de défense. Cette deuxième réponse permet de comprendre le choix respectif du mésentère et/ou des ovaires par Contracaecum sp. et du rein, du foie et/ou de la cavité générale par Anisakis sp. Aussi la forte présence de Cucullanus djilorensis n. sp. dans la lumière de l'intestin moyen n'est-elle pas fortuite.

Les valeurs des probabilités de colonisation et de présence généralement plus élevées chez les individus de sexe indéterminé pourraient également s'expliquer par leur régime alimentaire. En effet, les juvéniles de *M. cephalus* se nourrissent principalement de microcrustacés mais aussi de copépodes (Sarr, 2010) qui constituent les premiers hôtes intermédiaires des espèces d'*Anisakis*. A maturité, les individus de *M. cephalus* se nourrissent de détritus, d'algues microscopiques et d'organismes benthiques, mais ils sont essentiellement détritivores. Ce changement dans le régime alimentaire des adultes de *M. cephalus* pourrait réduire les chances du parasite de les infester, ce qui diminuerait les probabilités de présence ou de colonisation chez les poissons adultes.

Les adultes de *Cucullanus djilorensis* n. sp. ont envahi des niveaux différents de l'intestin de *M. curema* en provenance de l'estuaire du Saloum avec une abondance moyenne plus élevée dans l'intestin moyen que dans les intestins antérieur et postérieur. Cette forte

présence dans le niveau moyen de l'intestin leur permettra d'être plus en sécurité et de mieux accéder aux nutriments destinés à l'hôte.

L'étude des paramètres parasitologiques (prévalence, abondance et intensité moyennes) des parasites au niveau des trois localités a révélé que les espèces du genre *Mugil* semblent constituées les hôtes intermédiaires préférentiels des larves d'*Anisakis* sp. tandis que les larves de *Contracaecum* sp. cibleraient les espèces du genre *Liza*. Les valeurs élevées de la prévalence et faibles de l'abondance et de l'intensité moyennes signifieraient une large dispersion des larves d'*Anisakis* sp. et de *Contracaecum* sp. dans les populations d'hôtes (Costa *et al.*, 2004). Quant à *Cucullanus djilorensis* n. sp., elle serait spécifique à *M. curema*.

Ces résultats permettent également de mettre en exergue l'influence des différences de conditions des milieux sur le parasitisme. En effet, chaque écosystème présente des caractéristiques particulières (productivité, salinité, température, pH...) influençant la distribution des parasites.

L'analyse de la richesse spécifique en nématodes et celle des valeurs de la dominance permettent d'associer l'origine géographique de l'hôte au genre de nématode dominant c'està-dire un poisson en provenance de l'estuaire du Sénégal héberge plus de larves d'*Anisakis* sp. que de larves de *Contracaecum* sp. et s'il provient des estuaires de la Casamance ou du Saloum, il hébergera beaucoup plus de larves de *Contracaecum* sp. que de larves d'*Anisakis* sp. Quant à *Cucullanus djilorensis* n. sp. uniquement présent chez *M. curema* originaire du Saloum, elle est spécifique à l'hôte et au milieu. Cela permet de dire que le genre *Anisakis* est caractéristique de l'estuaire du Sénégal alors que le genre *Contracaecum* serait caractéristique de l'estuaire du Saloum. Ce dernier constitue également un biotope spécifique à *Cucullanus djilorensis* n. sp.

L'agrégation constitue un paramètre essentiel de la dynamique de populations hôtesparasites. Les infections par les macro-parasites montrent un caractère agrégatif de leur distribution au sein des populations hôtes (Morand & Deter, 2007). Cette distribution des parasites peut être évaluée par la prévalence, mais aussi par le coefficient d'agrégation.

En effet, la prévalence très élevée d'*Anisakis* sp. chez la population de *L. grandisquamis* de l'estuaire du Saloum et chez les populations de *M. bananensis* et *M. cephalus* de l'estuaire du Sénégal explique à elle seule l'agrégation relativement plus faible du parasite : au lieu d'être réparties dans seulement un petit nombre d'individus hôtes, les larves d'*Anisakis* sp. se trouvent distribuées, certes de façon inégale, dans presque tous les individus

hôtes de *L. grandisquamis*, *M. bananensis* et *M. cephalus*. La prévalence relativement élevée des larves de *Contracaecum* sp. dans la plupart des populations hôtes correspond à une forte agrégation du parasite, donc c'est seulement quelques individus hôtes qui hébergent toute la population parasite.

Les nématodes parasites des mulets du Sénégal présentent une distribution pouvant être sous-dispersée, aléatoire ou sur-dispersée. Ainsi, *Anisakis* sp. a une distribution sousdispersée à l'intérieur des populations de *L. grandisquamis* et *M. curema* de l'estuaire du Sénégal et dans les populations de *Mugil* du Saloum. Cela signifie, comme Morand & Deter (2007) l'ont souligné, que tous les individus hôtes hébergent le même nombre de parasite et les causes de cette distribution sont une mortalité du parasite densité dépendante et une mortalité des hôtes induite par le parasite. Dans les populations de *L. grandisquamis* du Saloum, de *M. bananensis* et *M. cephalus* du Sénégal, la distribution d'*Anisakis* sp. est faiblement agrégée. Cela est dû au fait qu'une minorité d'individus hôtes est majoritairement infestée et qu'une majorité héberge peu de parasites. L'hétérogénéité entre les hôtes pour l'infection et la mortalité serait à l'origine de la distribution agrégée (Morand & Deter, 2007) puisqu'ici, nous avons affaire à des stades larvaires.

Le coefficient d'agrégation élevé de *Contracaecum* sp. dans les populations hôtes indique une distribution sur-dispersée sauf chez *M. curema* venant de l'estuaire du Sénégal où elle est poissonnienne. Cette forte agrégation du parasite correspond à des situations où, pour les espèces hôtes concernées, un faible nombre d'hôtes supportent l'essentiel des larves de *Contracaecum* sp. La distribution de Poisson s'explique également par un faible nombre d'hôtes qui hébergent le maximum d'individus parasites. C'est donc sur ces hôtes que se produiront les effets régulateurs, mortalité ou mobidité, occasionnés par les larves de *Contracaecum* sp. En réponse, ce sont ces parasites nombreux mais hébergés par peu d'hôtes qui supporteront l'essentiel des processus régulateurs (Morand & Deter, 2007).

La distribution de *Cucullanus djilorensis* n. sp. dans la population de *M. curema* est également sur-dispersée.

Les communautés de parasites forment des assemblages d'espèces parasites résultant de facteurs d'exposition et de transmission différentielles, propres à chaque système hôteparasite, et de facteurs d'interaction entre espèces parasites (Morand & Deter, 2007). Les communautés de nématodes parasites de mulets des estuaires sénégalais sont formées de deux espèces chez *L. grandisquamis*, *M. bananensis* et *M. cephalus* ou trois chez *M. curema*. Les autres hôtes précédemment mentionnés ne sont parasités que par une seule espèce de nématode. Les patrons d'assemblages des parasites sont parfaitement emboîtés lorsque nous considérons les localités hôtes, les communautés hôtes ou les populations hôtes de chaque localité et les parasites. Cependant, dans l'estuaire du Sénégal, le patron obtenu est imparfaitement emboîté avec des espèces parasites manquante ou marginale. Selon Morand & Deter (2007), les patrons parfaitement emboîtés sont rares, mais nous pensons qu'il est fort probable de les obtenir lorsque les espèces parasites et les localités hôtes sont peu nombreuses comme dans le cas de notre étude.

Nous pouvons donc retenir que les nématodes parasites des mulets des estuaires sénégalais ont généralement une distribution agrégée à l'intérieur de leurs populations hôtes. Aussi les communautés de parasites forment-elles des patrons parfaitement emboités dans les localités hôtes, les communautés hôtes ou les populations hôtes.

Dans les estuaires du Saloum et du Sénégal, les variations observées dans la charge parasitaire d'Anisakis sp. ne peuvent pas être élucidées par les variables explicatives susmentionnées. Aucun modèle n'a donc pu être conçu pour ces larves. Cela pourrait s'expliquer par l'intensité parasitaire faible et la prévalence assez élevée, correspondant à une large dispersion des larves dans la population hôte. En considérant le parasitisme par les larves de *Contracaecum* sp., nous trouvons chez *M. cephalus* venant des estuaires du Saloum et du Sénégal et chez *M. curema* en provenance de l'estuaire du Saloum une relation de régression entre la charge parasitaire chez *M. cephalus* est corrélée à la taille ou au poids et à la saison alors que dans l'estuaire du Sénégal, elle est fonction soit de la taille, du sexe et de la saison, soit du poids et du sexe. Chez *M. curema*, les variations observées dans l'intensité de *Contracaecum* sp. s'expliquent par la saison, la taille, le poids et le sexe de l'hôte. Chez *L. falcipinnis* originaire de l'estuaire du Saloum, c'est seulement la saison qui a fourni des explications aux variations de charge.

Les R^2 faibles obtenus avec les modèles prédéfinis dans le Saloum n'expliquent qu'une partie minime des variations observées dans l'intensité parasitaire. Il y aurait donc d'autres variables qui expliqueraient mieux ces variations. Les R^2 obtenus avec les modèles linéaires au niveau de l'estuaire du Sénégal font penser au sexe de l'hôte qui, en plus du poids ou de la taille et de la saison est corrélé à la charge parasitaire. En effet, les individus de *Mugil cephalus* de sexe indéterminé hébergent moins de larves de *Contracaecum* sp. que les mâles. Les femelles de *Mugil curema* sont également plus parasitées que les mâles. Ces résultats nous permettent de dire que l'effet du sexe sur le parasitisme est plus marqué entre individus immatures et matures qu'entre individus matures uniquement. Les conditions physicochimiques du milieu telles que la température ou la salinité et la présence d'oiseaux, hôtes définitifs de ces nématodes expliqueraient également les variations notées dans la charge de *Contracaecum* sp.

L'augmentation de la charge parasitaire avec la taille ou le poids de Mugil cephalus dans les deux estuaires et de M. curema provenant de l'estuaire du Saloum signifie que les larves de Contracaecum sp. se sont accumulées, suite à des infestations répétées, dans les poissons hôtes au cours du temps. Nous confirmons cette accumulation des parasites au fil du temps déjà mentionnée par plusieurs auteurs (Valles-Rios et al., 2000; Bergmann & Motta, 2004 ; Al-Zubaidy, 2009) d'autant plus que dans l'estuaire du Sénégal les poissons mâles abritent plus de larves de Contracaecum sp. que les individus de sexe indéterminé. En revanche, certains auteurs (Cremonte & Sardella, 1997 ; Gonzalez & Acuna, 2000 ; Silva & Eiras, 2003 ; Abattouy et al., 2011 ; Tantanasi et al., 2012 ; Tejeda et al., 2013) n'ont pas trouvé de relation entre le parasitisme par Anisakis spp. et le sexe des poissons hôtes, mais ont noté une augmentation du risque d'infection avec le poids, la taille ou la saison ou avec ces trois variables. Vu l'importance du poids du poisson pour le consommateur, il est nécessaire de donner la mesure prophylactique suivante : il est plus prudent de consommer Mugil cephalus et Mugil curema originaires de ces estuaires du Saloum et du Sénégal ayant un poids faible pour diminuer le risque de contamination puisque ce sont les gros poissons qui abritent plus de larves de nématodes.

Dans cette étude nous n'avons pas trouvé de larves d'Anisakidae dans la chair des poissons, mais dans le rein, le foie, la cavité générale, le mésentère et les ovaires. Donc ces larves n'ont pas pu atteindre la chair du poisson. Leur migration dépendrait de facteurs liés aux muscles du poisson tels que la richesse en graisse d'autant plus que leur préférence pour les tissus riches en graisse a été notée (Lymbery *et al.*, 2002 ; Strømnes & Andersen, 2003 ; Abattouy *et al.*, 2011). Beaucoup d'auteurs (Smith & Wootten, 1975 ; Wootten & Waddell, 1977 ; Smith, 1984 ; Wharton *et al.*, 1999 ; Kino *et al.*, 1993 ; Abollo *et al.*, 2001 ; Martins *et al.*, 2005 ; Mo *et al.*, 2013) soutiennent l'idée selon laquelle les larves d'Anisakidae effectuent une migration post-mortem dans la chair du poisson. En revanche, d'autres auteurs (Mladineo, 2001 ; Tejeda, 2010), parlent de migration au moment de la capture du poisson.

Si la migration des larves d'Anisakidae se faisait après la mort des poissons, une éviscération immédiate pourrait l'empêcher. Les grandes firmes de poissons procèdent à l'éviscération précoce du poisson et pourtant des cas d'anisakidose continuent d'être recensés dans certains pays comme le Japon et les USA. Une migration des nématodes pendant la capture du poisson serait plausible. En effet, dès que le poisson est piégé, il est dans un état de stress, ce qui peut entraîner une naissance et une circulation de signaux dans son organisme. Ces signaux de stress peuvent être captés par les parasites en particulier les larves d'anisakidae qui vont migrer dans la chair du poisson où elles seront plus en sécurité. C'est une bonne stratégie pour ces larves de se maintenir en vie en attendant, par chance, de passer dans un autre hôte, l'homme par exemple. Le site d'infection dans le poisson hôte est un important déterminant du risque d'anisakiasis humain (Quiazon *et al.*, 2011). La présence plus importante des larves d'*Anisakis* sp. dans le rein constitue un potentiel risque de contamination car il est généralement consommé. Une autre mesure prophylactique serait d'enlever le rein au cours de l'éviscération.

L'installation des larves d'Anisakis sp. sous les séreuses rénale et hépatique et/ou dans la cavité générale de Liza grandisquamis, Mugil bananensis, Mugil cephalus et M. curema et celle des larves de Contracaecum sp. dans le mésentère et/ou les ovaires de Liza dumerili, Liza falcipinnis, Liza grandisquamis, Mugil bananensis, Mugil cephalus et Mugil curema sont à l'origine d'une réaction inflammatoire aboutissant à la formation d'une capsule fibreuse entourant le parasite. Cette capsule est constituée d'un épithélium stratifié dur et est, par conséquent, légèrement perméable aux nutriments (Berland, 1998). Sa mise en place fait intervenir plusieurs cellules dont les polynucléaires neutrophiles, les fibroblastes, les lymphocytes et les macrophages (Elarifi, 1982 ; Dezfuli *et al.*, 2007 ; Murphy *et al.*, 2010). L'encapsulation complète des larves d'Anisakis sp. dans le foie, le rein et de Contracaecum sp. dans le mésentère ou les ovaires par l'hôte concerné empêcherait leur migration et par conséquent la lésion des sites infestés. Cependant, les espaces translucides et les débris de tissus entourant la capsule témoignent d'une dégradation, ne serait-ce minime, des organes parasités.

Comment donc s'est faite la lyse des tissus de l'hôte alors que les larves ne sont pas en contact direct avec eux ? Selon Larsen (1980), la dent céphalique des larves d'Anisakidae fonctionne comme une aiguille qui perce la capsule pour permettre l'entrée des cellules de l'hôte. Il précise également que la glande céphalique secrète des enzymes histolytiques qui entraîneraient le processus de maintien d'une ouverture dans la capsule.

Les lésions du rein et du foie, organes fonctionnels essentiels, pourraient provoquer à plus ou moins longue échéance la mort de l'hôte. Cette action pathogène des larves d'Anisakis sp. a été montrée par Petter (1969). L'expérience a consisté à faire ingérer des larves d'Anisakis sp. à un mulet (*M. cephalus*), la mort du poisson a été notée 6 jours après

l'ingestion. Les larves d'*Anisakis* sp. sont donc pathogènes pour les mulets d'où l'importance d'accorder une attention particulière à ces parasites. Eu égard à leur grande taille, elles provoquent une compression mécanique des tissus entraînant des dysfonctionnements des organes infestés.

La conséquence des nombreuses lésions du mésentère serait l'amaigrissement des poissons hôtes dans la mesure où il constitue une réserve lipidique importante. Ces résultats pourraient être comparés à ceux de Petter *et al.* (1974) bien que les nématodes parasites en question et les hôtes soient différents, mais aussi à ceux de Lymbery *et al.* (2002) selon qui, les larves de *Contracaecum* sp. trouvées chez *Mugil cephalus* et *Aldrichetta forsteri* sont à l'origine de grandes modifications morphologiques au niveau du foie. L'action pathogène des larves de *Contracaecum* sp. a été également étudiée par Acha & Szyfres (1987) qui ont mentionné une diminution de poids de l'hôte et de la teneur en lipides du foie ou même la mort des jeunes poissons lorsque les larves envahissent la région cardiaque. La présence de plaque nécrotique dans les ovaires peut profondément affecter la fécondité de l'hôte. En effet, la nécrose des ovocytes entraînera une diminution de la fécondité de l'hôte et la conséquence à plus ou moins long terme serait une réduction du stock de poissons.

CONCLUSION
CONCLUSION

Le principal objectif poursuivi dans cette étude vise à appréhender la composition spécifique des nématodes parasites des mulets du Sénégal afin d'aboutir à une connaissance plus détaillée de leur biologie et de leur écologie.

La démarche adoptée repose sur :

- la présentation des estuaires du Sénégal qui constituent les milieux d'étude dans le cadre de ce travail;
- l'identification des espèces hôtes ;
- l'identification et la caractérisation des nématodes rencontrés ;
- l'étude de la richesse spécifique en nématodes des hôtes
- l'étude comparative de la distribution des parasites dans les populations d'hôtes en calculant les paramètres écologiques et en abordant l'agrégation parasitaire ;
- l'étude des relations entre le parasitisme et la taille, le poids et le sexe de l'hôte et la saison ;
- l'étude des effets histopathologiques des nématodes sur les hôtes.

Il ressort de cette étude que :

- les nématodes trouvés sont des stades larvaires appartenant à deux genres, Anisakis et Contracaecum, de la famille des Anisakidae et des stades adultes appartenant au genre Cucullanus. Ces spécimens adultes correspondent à une nouvelle espèce, Cucullanus djilorensis n. sp. L. grandisquamis, M. bananensis, M. cephalus et M. curema constituent les hôtes des larves d'Anisakis sp., toutes les espèces de mulets abritent des larves de Contracaecum sp. et les spécimens adultes ont seulement infesté M. curema.
- la richesse spécifique en nématodes des mulets est faible. Son analyse et celle de l'indice de dominance permettent d'associer l'origine géographique de l'hôte au genre de nématode dominant. Ainsi, le genre *Anisakis* est caractéristique de l'estuaire du Sénégal alors que le genre *Contracaecum* serait caractéristique de l'estuaire du

Saloum. Ce dernier constitue également un biotope spécifique à *Cucullanus djilorensis* n. sp.

- la distribution des nématodes est fonction de la localité, de la saison et du site d'infestation. Elle peut également être fonction du sexe de certains hôtes de *Contracaecum* sp. Les valeurs faibles de l'abondance et de l'intensité moyennes montrent que le parasitisme par les nématodes est de faible intensité sur les Mugilidae. L'étude des paramètres parasitologiques (prévalence, abondance et intensité moyennes) et de l'indice de dominance des parasites au niveau des trois localités a révélé que les espèces du genre *Mugil* semblent constituées les hôtes intermédiaires préférentiels des larves d'*Anisakis* sp. tandis que les larves de *Contracaecum* sp. cibleraient les espèces du genre *Liza*. Les valeurs élevées de la prévalence et faibles de l'abondance et de l'intensité moyennes signifieraient une large dispersion des larves d'*Anisakis* sp. et de *Contracaecum* sp. dans les populations d'hôtes. Quant à *Cucullanus djilorensis* n. sp., il serait spécifique à *M. curema*.
- dans les estuaires du Saloum et du Sénégal, les variations observées dans la charge parasitaire d'Anisakis sp. ne peuvent pas être expliquées par la saison, la taille, le poids et/ou le sexe des hôtes. La charge parasitaire de Contracaecum sp. est seulement corrélée à la saison chez L. falcipinnis originaire de l'estuaire du Saloum. Chez M. cephalus venant de l'estuaire du Saloum, elle est corrélée à la taille ou au poids et à la saison alors que dans l'estuaire du Sénégal, elle est fonction soit de la taille, du sexe et de la saison, soit du poids et du sexe. Quant aux variations observées dans l'intensité de Contracaecum sp. parasite de M. curema, elles s'expliquent par la saison, la taille, le poids et le sexe de l'hôte.
- le foie, le rein et/ou la cavité générale et le mésentère et les ovaires sont les sites respectifs des larves d'Anisakis sp. et de Contracaecum sp. Ces différents organes constituent donc les niches écologiques respectives de ces larves. Les lésions répétées du rein et du foie, organes fonctionnels essentiels, pourraient provoquer à plus ou moins longue échéance la mort de l'hôte. La conséquence des nombreuses lésions du mésentère serait l'amaigrissement des poissons hôtes dans la mesure où il constitue une réserve lipidique importante. La présence de tissu nécrotique dans les ovaires peut profondément diminuer la fécondité de l'hôte et la conséquence à plus ou moins long terme serait une réduction du stock de poissons.

Ces résultats constituent les premiers concernant l'étude la nématofaune parasite des mulets au Sénégal. Cependant, à l'issue de ce travail, certaines questions restant sans réponse. De ce fait, plusieurs axes de recherche peuvent être abordés afin de compléter les résultats :

- ✓ tout d'abord, pour déterminer spécifiquement les stades larvaires, il faudrait réaliser un séquençage de leur matériel génétique et le comparer à celui d'espèces connus disponible dans les banques de données.
- ✓ ensuite, pour mieux comprendre la biologie des espèces parasites, surtout celle d'Anisakis sp. et de Contracaecum sp., il serait important de mener un examen helminthologique sur les cétacés et les oiseaux piscivores qui fréquentent les estuaires sénégalais afin de connaître véritablement les espèces qui constituent les hôtes définitifs de ces parasites. Cela permettrait également de proposer un cycle de développement pour ces espèces de nématodes.
- ✓ et puis, le moment de la migration des stades larvaires dans les tissus de l'hôte mérite d'être vérifié. Pour ce faire, il faudra réaliser des marquages isotopiques des larves et suivre leur déplacement dans les tissus du poisson.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abattouy N., Valero A., Benajiba M. H., Lozano J. & Martíns-Sánchez J. (2011). Anisakis simplex s.l. parasitization in mackerel (Scomber japonicus) caught in the North of Morocco-Prevalence and analysis of risk factors. International Journal of Food Microbiology, 150 : 136-139.
- Abollo E., Gestal C. & Pascual S. (2001). *Anisakis* infestation in marine fish and cephalopods from Galician waters : an updated perspective. *Parasitology Research*, 87: 249-255.
- Abowei J. F. N. & Ezekiel E. N. (2011). Trematoda tape worms: infections by larval and other tape worms and nematoda in African fish (a review). *International Journal of Animal and veterinary Advances*, 3: 352-366.
- Acha P. N. & Szyfres B. (1987). Zoonoses and communicable diseases common to man and animals, 2nd edn. *Pan American Health Organisation*, Washington, DC.
- Ackman R. G. (1995). Composition and nutritive value of fish and shellfish lipids. Fish and fisheries products. Composition, nutritive properties and stability. A. Ruiter, CAB International : 117-156.
- Albaret J. J. & Legendre M. (1985). Biologie et écologie des Mugilidae en lagune Ébrié (Côte d'Ivoire). Intérêt potentiel pour l'aquaculture lagunaire. *Revue* d'Hydrobiologie tropicale, 18 : 281-303.
- Albaret J. J. (1987). Les peuplements de poissons de la Casamance (Sénégal). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 20 : 291-310.
- Albaret J.-J. (1999). Le peuplement des estuaires et des lagunes. Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, biologie, écologie, utilisation par l'homme. Levêque C., Paugy D. eds.IRD publ., Paris : 325-349.
- Albaret J. J., Simier M. & Sadio O. (2005). Suivi biologique des peuplements de poissons d'une aire protégée en zone de mangrove : le bolong de Bamboung (Sine-Saloum, Sénégal). Rapport final, Dakar.
- Al-Bassel D. A. H. M. (2003). A general survey of the helminth parasites of fish from inland waters in the Fayoum governorate, Egypt. *Parasitology Research*, 90 : 135-139.
- Albieri R. J., Araújo F. G. & Ribeiro T. P. (2010). Gonadal development and spawning season of white mullet *Mugil curema* (Mugilidae) in a tropical bay. *Journal of Applied Ichthyology*, 26: 105-109.

- Al-Zubaidy A. B. (2009). Prevalence and densities of *Contracaecum* sp. larvae in *Liza abu* Heckel 1843 from different Iraqi water bodies. J. K. A. U. : *Marine Science*, 20 : 3-17.
- Ameur B., Bayed A. & Benazzou T. (2003). Rôle de la communication de la lagune de Merja Zerga (Gharb, Maroc) avec l'océan Atlantique dans la reproduction d'une population de *Mugil cephalus* L. (Poisson, Mugilidae). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, n°25, 77-82.
- Amin O. (1978). Intestinal helminths of some Nile fishes near Cairo, Egypt with redescription of *Camallanus kirandensis* Baylis, 1928 (Nematoda) and *Bothriocephalus aegyptiacus* Rysavy and Moravec, 1975 (Cestoda). *Journal of Parasitology*, 64:93-101.
- Anonyme 1 (2007). Evaluation cartographique sur l'étendue, les valeurs écologiques, économiques et socioculturelles des mangroves des pays du PRCM. Mauritanie-Sénégal-Gambie-Guinée Bissau-Guinée-Sierra Léone. *Rapport de synthèse*, 106 pp.
- Anonyme 2 (2007). Renforcement des capacités nationales et régionales d'observation, transmission et traitement de données pour contribuer au développement durable du bassin du fleuve Sénégal.
- Anonyme (2005). Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal. *Centre de Suivi Ecologique*, 214 pp.
- Anonyme (2009). Partage (Appui à la gestion de la pêche artisanale transfrontalière). Etude diagnostic de la pêcherie de mulets sur la grande côte du Sénégal, 43 pp.
- Audicana M. T. & Kennedey M. W. (2008). Anisakis simplex : from obscure infectious worm to inducer of immune hypersensitivity. Clinical Microbiology Reviews, 21 : 360-379.
- Audicana M. T., Ansotegui I. J., De Corres L. F. & Kennedey M. W. (2002). Anisakis simplex : dangerous-dead and alive ? Trends in Parasitology, 18 : 20-25.
- Bacheler N. M., Wong R. A. & Buckel J. A. (2005). Movements and mortality rates of striped mullet in North Carolina. *North American Journal of Fisheries Management*, 25: 361-373.
- Barreto A. L. De B. (1918). Notas helminthologicas. III. Cucullanus pulcherimus n. sp. De nematoideo. Brazil-Mexico, XXXII, n°18, 137 pp.
- Barson M. & Marshall, B. E. (2004). First record of *Contracaecum* spp. (Nematoda : Anisakidae) in fish-eating birds from Zimbabwe. 0038-2809 Tydskr. *Journal of the South African Veterinary Association*, 75 : 74-78.

- Bayoumy M., Sayed A. El-M. & Khalaf A. El-W. A. (2008). Ultrastructural study of some helminth parasites infesting the Goatfish, *Mullus surmuletus* (Osteichthyes : Mullidae) from syrt coast, Libya. *Nature and Science*, 6: 51-63.
- Belghyti D., Berrada-Rkhami O., Boy V., Aguesse P. & Gabrian C. (1994). Population biology of two helminth parasites of flatfishes from the Atlantic coast of Morocco. *Journal of Fish Biology*, 44 : 1005-1021.
- Belous E. V. (1965). Nematodes of freshwater fish from the Primorsk region. *In* : Parasitic worms of domestic and wild animals : Papers on helminthology presented to prof. A.
 A. Sobolev on the 40th anniversary of his scientific and teaching activity. Vladivostok, pp. 48-65.
- Bergmann G. T. & Motta P. J. (2004). Infection by Anisakid Nematodes Contracaecum spp. in the Mayan Cichlid Fish Cichlasoma (Nandopsis) urophthalmus (Günther 1862). Journal of Parasitology, 90: 405-407.
- Berland B. (1998). Biology of *Hysterothylacium* species. *In* : Tada I, Kojima S, Tsuji M (eds) Proceeding of 9th International Congress of Parasitology, Makuhari Messe, Chiba, Japan, August 24-28, 1998. Monduzze Editore, Bologna, pp : 373-378.
- Blay J. Jr. (1995). Food habits and diel feedind periodicity of juvenile sickle-fin mullet, *Liza falcipinnis* (Pisces : Mugilidae), in a "closed" tropical lagoon. *Archiv Fur Hydrobiologie*, 135 : 271-281.
- Bomker J. (1982). Parasites of South African freshwater fish I. some nematodes of the catfish [Clarias gariepinus (Burchell, 1822)] from the Hartbeespoort dam. Onderstepoort Journal of Veterinary Research, 49: 41-51.
- Boomker J. & Petter A. J. (1993). Parasites of South African freshwater fish. III. *Rhabdochona (Rhabdochona) versterae* n. sp. (Nematoda : Rhabdochonidae) from the spot-tailed robber, *Alestes imberi* Peters, 1852. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 60 : 23-27.
- Boomker J. (1993). Parasites of South African freshwater fish. IV. Description of Spirocamallanus daleneae n. sp. (Nematoda : Camallanidae) from Synodontis zambezensis Peters, 1852 (Mochokidae) with comments on Spirocamallanus spiralis (Baylis, 1923). Onderstepoort Journal of Veterinary Research, 60 : 131-137.
- Boomker J. (1994a). Parasites of South African freshwater fish. V. Description of two new species of the genus *Spinitectus* Fourment, 1883 (Nematoda : Cystidicolidae). Onderstepoort Journal of Veterinary Research, 60 : 139-145.

- Boomker J. (1994b). Parasites of South African freshwater fish. VI. Nematode parasites of fish species in the Kruger National Park. Onderstepoort Journal of Veterinary Research, 61: 35-43.
- Boomker J. (1994c). Parasites of South African freshwater fish. VII. Nematodes of some scaled fishes from the Hartbeespoort Dam, Transvaal. Onderstepoort Journal of Veterinary Research, 61 : 197-199.
- Borges J. N., Cunha L. G. F., Santos H. L. C., Monteiro-Neto C. & Santos C. P. (2012). Morphological and molecular diagnosis of anisakid nematode larvae fron cutlassfish (*Trichiurus lepturus*) off the coast of Rio de Janeiro, Brazil. *PloS ONE*, 7 : e40447.
- Boualleg C., Sediri M., Kaouachi N., Quiliquini Y. & Bensouillah M. (2010). Les copépodes parasites de poissons téléostéens du littoral Est-algérien. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, n°32 : 65-72.
- Bousso T. (1991). Exploitation des stocks dans « l'estuaire » et les bolongs du Sine-Saloum : Évolution depuis 20 ans. Document Scientifique. Institut Sénégalais de Recherche Agricoles (ISRA) et Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT), Sénégal, 29 pp.
- Bousso T. (1994). Typologie des engins et techniques de pêches artisanales utilisées au Sine-Saloum (Sénégal). Centre de Recherche Océanographique Dakar-Thiaroye, document scientifique n°141, 110 pp.
- Bousso T. (1996). La pêche artisanale dans l'estuaire du Sine-Saloum (Sénégal) : Approches typologiques des systèmes d'exploitation. *Thèse de doctorat*, Université de Montpellier II, France, 293 pp.
- Braicovich P. E. & Timi J. T. (2008). Parasites as biological tags for stock discrimination of the Brazilian flathead *Percophis brasiliensis* in the south-west Atlantic. *Journal of Fish Biology*, 73: 557-571.
- Buchmann K. (2012). Fish immune responses against endoparasitic nematodes-experimental models. *Journal of Fish Diseases*, **35**: 623-635.
- Caballero M. L., Umpierrez A., Moneo I. & Rodriguez-Perez R. (2011). Ani s 10, a new *Anisakis simplex* allergen : cloning and heterologous expression. *Parasitology International*, 60 : 209-212.
- Cabañasa-Carranza G. & Caspeta-Mandujano J. M. (2007). A new Cucullanid species (Nemata) from the freshwater fish *Vieja intermedia* (Günther, 1862) (Cichlidae) in Mexico. *Journal of Parasitology*, 93 : 646-649.

- Camara M. M. B. (2008). Impacts des aménagements sur les zones littorales : l'exemple de l'ouverture de la brèche sur la Langue de Barbarie (grande côte du Sénégal). Actes du colloque international pluridisciplinaire « Le littoral : subir, dire, agir » - Lille, France, 16-18 janvier 2008.
- Campanat-Rouget Y. (1957). Parasites de Poissons de mer ouest-africains récoltés par J.
 Cadenat. Nématodes 4^{ème} note. Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, 19: 417-465.
- Campanat-Rouget Y. (1961). Exploitation hydrobiologique des lacs Kivu, Edouard et Albert. Nématodes de Poissons. *Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, Vol III, fasc 4, 61 pp.
- Carney J. P. & Dick T. A. (2000). Helminth communities of yellow perch (*Perca flavescens* Mitchill) : determinants of pattern. *Canadian Journal of Zoology*, **78 :** 538-555.
- Caspeta-Mandujano J. M., Moravec F. & Salgado-Maldonado G. (1999). Observations on Cucullanid nematodes from freshwater fishes in Mexico, including *Dichelyne mexicanus* n. sp. *Folia Parasitologica*, 46 : 289-295.
- Caspeta-Mandujano J. M., Moravec F. & Salgado-Maldonado G. (2000). Spinitectus mexicanus n. sp. (Nematoda : Cystidicolidae) from the intestine of the freshwater fish Heterandria bimaculata in Mexico. Journal of Parasitology, 86: 83-88.
- Caspeta-Mandujano J. M., Moravec F. & Salgado-Maldonado G. (2000). Rhabdochona mexicana n. sp. (Nematoda : Rhabdochonidae) from the intestine of characid fishes in Mexico. Folia Parasitologica, 47 : 211-215.
- Cattan P. E., Babero B. B. & Torres D. N. (1976). The helminth fauna of Chile : IV Nematodes of general Anisakis Dujardin, 1845 and Phocanema Myers, 1954 in relation with gastric ulcers in a South American sea lion, Otaria byronia. Journal of Wildlife Diseases, 12: 511-515.
- Chord-Auger S., Miegeville M. & Le Pape P. (1995). L'anisakiase dans la région nantaise : de l'étal du poissonnier au cabinet du médecin. *Parasite*, **2** : 395-400.
- Choudhury A., Hoffnagle T. L. & Cole R. A. (2004). Parasites of native and nonnative fishes of the little Colorado River, Grand Canyon, Arizona. *Journal of Parasitology*, 90: 1042-1053.
- Collins, M. R. (1985). Species profiles : life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (South Florida)-striped mullet. U. S. Fish and Wildlife Service Biological Report 82 (11.34). U. S. Army Corps of Engineers, TR EL-82-4. 11 pp.

- Costa G., Madeira A., Pontes T. & D'Amelio S. (2004). Anisakid nematodes of the blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo*, from Madeiran waters, Portugal. *Acta Parasitologica*, **49**: 156-161.
- Coyner D. F., Spalding M. G. & Forrester D. J. (2003). Epizootiology of Eustrongylides ignotus in Florida : Transmission and development of larvae in intermediate hosts. Journal of Parasitology, 89 : 290-298.
- Cremonte F. & Sardella N. H. (1997). The parasito fauna of *Scomber japonicus* Houttuyn, 1782 (Pisces : Scombridae) in two zones of the Argentine sea. *Fisheries Research*, 31: 1-9.
- Cremonte F., Navone G. T., Gosztonyi A. E. & Kuba L. (2002). Redescription of *Rhabdochona* (*Rhabdochona*) acuminate (Nematoda : Rhabdochonidae) from freshwater fishes from Patagonia (Argentina), the geographical implications. Journal of Parasitology, 88: 934-941.
- Cuéllar C., Rodero M. & Daschner A. (2010). Inhibition of cytokine production in gastroallergic Anisakiasis and Anisakis simplex sensitization-associated chronic urticaria. Parasite Immunology, 32: 528.
- Dashner A., Rodero M., De Frutos C., Valls A., Vega F., Blanco C. & Cuéllar C. (2011). Different serum cytokine levels in chronic vs. acute Anisakis simplex sensitizationassociated urticaria. Parasite Immunology, 33: 357-362.
- De Oliveira Rodrigues H., Carvalho Varela M., Sodre Rodrigues S. & Rigoletto C. (1975). Nova contribuição para o estudo dos nematodeos de peixes do oceano Atlantico-costa continental Portuguesa e costa do norte da Africa. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 73 : 127-134.
- Dezfuli B. S., Pivoni F., Shinn A. P., Marena M. & Giari L. (2007). Histopathology and ultrastructure of Platichthys flesus naturally infected with *Anisakis simplex* S. L. larvae (Nematoda : Anisakidae). *Journal of Parasitology*, 93 : 1416-1423.
- Dia A. (2000). Ecoulement et inondation dans l'estuaire du fleuve Sénégal : le cas de la ville de Saint-Louis. Mémoire de DEA de géographie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, 64 pp.
- Diagana C. H. & Dodman T. (2006). Oiseaux d'eau douce des zones humides côtières de l'Afrique de l'Ouest/Janvier 2006. Wetlands International, Dakar, Sénégal, 62 pp.
- Dione E. N., Diouf M., Bâ C. T. & Morand S. 2014a. A new species of cucullanus (Nematoda : Cucullanidae) parasite of Mugil curema (Mugilidae) in Senegal (West africa). *Comparative Parasitology*, 81 : 15-22.

- Dione E. N., Diouf M., Fall J. & Bâ C. T. 2014b. Seasonal and spatial distribution of nematode larvae of the genera Anisakis and Contracaecum (Anisakidae) in two populations of Mugil cephalus (Mugilidae) from Saloum and Senegal rivers. Journal of Biology and Life Science, 5: 41-56.
- Dione E. N., Diouf M., Sarr A., Fall J. & Bâ C. T. 2014c. Parasitic burden and pathologic effects of *Anisakis* sp. (Nematode: Akisakinae, Anisakidae) and *Contracaecum* sp. larvae (Nematode: Akisakinae, Anisakidae) on Mugilids from Senegalese estuaries. *Journal of Biology and Life Science*, 5: 10-24.
- Diop E. S. (1980). Vasière à mangrove, tannes et cordons sableux des îles de Saloum (Sénégal) : aspects sédimentologiques et minéralogiques. Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, série A, 42 : 25-69.
- Diop E. S. (1990). La côte ouest-africaine : Du Saloum (Sénégal) à la Mellacorée (Rép. De Guinée), Paris : Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération, *Editions de l'ORSTOM*, collection Etudes et Thèses, 2 vol, 379 pp.
- Diop E. S., Barusseau J. P. & Sall M. (1983). Caractéristiques hydrodynamiques comparatives de deux environnements estuariens : Saloum et Casamance. Essai de corrélation avec les données de l'imagerie Landsat. Annale de la Faculté des Lettres, Université cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, 13 : 251-260.
- Diouf P. S. (1996). Les peuplements de poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest : l'exemple de l'estuaire hyperhalin du Sine-Saloum. *Thèse de Doctorat*, Université de Montpellier, France, 267 pp.
- Diouf P. S. (1991). Guide de détermination rapide des mulets des estuaires sénégalais. Centre de Recherches Océanographiques de Dakar Thiaroye, Institut Sénégalais Recherches Agricoles. Laboratoire National de l'Elevage et de Recherches Vétérinaires, 12 pp.
- Dominguez-Ortepa J., Martinez-Alonso J. C., Alonso Llamazares A., Arguelles-Grande C., Chamorro M., Robledo T., Palacio R., Martinez-cocera C. (2003). Measurement of serum levels of eosinophil cationic protein in the diagnosis of acute gastrointestinal anisakiasis. *Clinical Microbiology and Infection*, 9: 453-457.
- Durand J.-D., Shen K.-N., Chen W.-J., Jamandre B.-W., Blel H., Diop K., Nirchio M., Gracia de León F. J., Whitfield A. K., Chang C.-W. & Borsa P. (2012). Systematics of the grey mullets (Teleostei : Mugiliformes : Mugilidae) : molecular phylogenetic evidence challenges two centuries of morphology-based taxonomy. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 64 : 73-92.

- El Alfi N. M. (2005). The nematode *Goezia* sp. (Anisakidae) from *Bagrus bayad* (Osteichthyes) from Egypt. *Journal of Egyptian Society of Parasitologists*, **35** : 205-211.
- El Cafsi M., Romdhane M. S., Chaouch A., Masmoudi M., Khériji S., Chanussot F. & Chérif A. (2003). Qualitative needs of lipids by mullet, *Mugil cephalus*, fry during freshwater acclimation. *Aquaculture*, 225: 233-241.
- Elane G. G., Furtado A. P., Lanfredi R. M. & Santos J. N. (2010). A new Cucullanid species (Nematoda) from Ageneiosus ucayalensis Castelnau, 1855 (Pisces : Auchenipteridae) from Pará, Brazil. Journal of Parasitology, 96: 389-394.
- Elarifi A. E. (1982). The histopathology of larval anisakid nematode infections in the liver of whiting, *Merlangius merlangus* (L.), with some observations on blood leucocytes of the fish. *Journal of Fish Diseases*, 5: 411-419.
- Farjallah S., Busi M., Ould Mahjoub M. M., Slimane B. B., Paggi L., Said K. & D'Amelio S. (2008). Molecular characterization of larval anisakid nematodes from marine fishes off the Moroccan and Mauritanian coasts. *Parasitology International*, 57: 430-436.
- Farjallah S., Merella P., Ingrosso S., Rotta A., Slimane B. B., Garippa G., Said K. & Busi M. (2008). Molecular evidence for the occurrence of *Contracaecum rudolphii* A (Nematoda : Anisakidae) in shag *Phalacrocorax aristotelis* (Linnaeus) (Aves : Phalacrocoracidae) from Sardinia (western Mediterranean Sea). *Parasitology International*, 57 : 437-440.
- Farjallah S., Slimane B. B., Blel H., Amor N. & Said K. (2006). Anisakid parasites of two forkbeards (*Phycic blennoides* and *Phycis phycis*) from the eastern Mediterranean coasts in Tunisia. *Parasitology research*, 100 : 11-17.
- Faye M. N., Guisse A., Diallo N., Diop E. S. (2010). Etude phénologique des Rhirophora de la mangrove de l'estuaire du Saloum, Sénégal. Annale de Botanique de l'Afrique de l'Ouest, 6 : 120-133.
- Frantova D. & Moravec F. (2003). Ultrastructure of the body wall of *Cystidicoloides* ephemeridarum (Nematoda, Cystidicolidae) in relation to the histopathology of this nematode in salmonids. *Parasitology Research*, 91: 100-108.
- Fuentes V., Barranco R., Sanchez I., Sierra Z., Cabrerizo S., Vicente M. E., Rubio M. & Baeza M. L. (2002). Subclinical Anisakis simplex sensitization : a five-year follow up. Journal of Allergy Clinical Immunology, pp : 109-218.

- Garbin L., Mattiucci S., Paoletti M., González-Acuña D. & Nascetti G. (2011). Genetic and morphological evidences for the existence of a new species of *Contracaecum* (Nematoda : Anisakidae) parasite of *Phalacrocorax brasilianus* (Gmelin) from Chile and its genetic relationship with congeners from fish-eating birds. *Journal of Parasitology*, 97: 476-492.
- Ghasemzadeh J. (1998). Phylogeny and systematics of Indo-Pacific mullets (Teleostei : Mugilidae) with special reference to the mullets of Australia. *Ph. D. dissertation*. Macquarie University, Sydney, 397 pp.
- Gning N. (2008). Écologie trophique des juvéniles de quatre espèces de poissons dans l'estuaire inverse du Sine-Saloum (Sénégal) : Influence des conditions de salinité contrastées. *Thèse de 3^{ème} cycle*, Université de Montpellier II, France, 171 pp.
- Gonzalez M., Rodriguez-Mahillo A. & Moneo I. (2011). Cytokine production and immune modulation by *Anisakis simplex*. *Parasite Immunology*, **33**: 143.
- González Q. S., González Escudero R., Arias García L., Gil Martín A. R., Vicente Serrano J. & Corral Fernández E. (2005). Anisakisasis gastrointestinal manifestations : description of 42 cases. *Revista Clínica Española*, 205 : 311-315.
- Gonzalez T. & Acuna E. (2000). Influence of host size and sex on the endohelminth infracommunities of the Red Rockfish Sebastes capensis off Northern Chile. *Journal of Parasitology*, 86 : 854-857.
- Gonzalez-Muñoz M., Rodriguez-Mahillo A. I. & Moneo I. (2010). Different Th1/Th2 responses to *Anisakis simplex* are related to distinct clinical manifestations in sensitized patients. *Parasite Immunology*, **32**: 67-73.
- Gonzalez-Solis D. and Moravec F. (2004). Two new nematode species, Orientatractis campechensis n. sp. and Orientatractis chiapasensis n. sp. (Nematoda : Atractidae) from cichlid fishes in southern Mexico and Nicaragua. Journal of Parasitology, 90 : 1443-1449.
- Gonzalez-Solis D., Tuz-Paredes V. M. & Quintal-Loria M. A. (2007). Cucullanus pargi n. sp. (Nematoda; Cucullanidae) from the grey snapper Lutjanus griseus off the southern coast of Quintana Roo, Mexico. Folia Parasitologica, 54 : 220-224.
- Guélorget O., Reynaud C. & Autrand M. (1998). Le littoral et l'aquaculture. *In* : Les humeurs de l'océan. Pour la Science, hors série, octobre 1998.
- Hasegawa H., Williams E. H. Jr & Bunkley-Williams L. (1991). Nematode parasites from marine fishes of Okinawa, Japan. *Journal of the Helminthological Society of Washington*, 58: 186-197.

- Hirassawa R. & Yuma M. (2003). *Ephemeria strigata* imagoes are the likely source of a parasitic nematode infection of fish. *Folia Parasitologica*, **50** : 313-314.
- Hogue C. C. & Peng J. S. (2003). Relationships between fish parasitism and pollution exposure in the white croaker, *Genyonemus lineatus* (Sciaenidae), from Los Angeles Harbor, Southern California, U.S.A. *Comparative Parasitology*, 70: 84-87.
- Højgaard D. P. (1998). Impact of temperature, salinity and light on hatching of eggs of Anisakis simplex (Nematoda, Anisakidae), isolated by a new method, and some remarks on survival of larvae. Sarsia, 83 : 21-28.
- Hugo H. M. & Aguirre-Macedo M. (2011). Redescription and genetic characterization of *Cucullanus dodsworthi* (Nematoda : Cucullanidae) from the checkered puffer *Sphoeroides testiduneus* (Pisces : Tetraodontiformes). *Journal of Parasitology*, 97 : 695-706.
- Kabré G. B. & Petter A. J. (1997). Camallanus polypteri n. sp. (Nematoda : Camallanidae) in freshwater fishes from Burkina Faso. Onderstepoort Journal of Veterinary Research, 64 : 33-37.
- Kall S., Fagerholm H. P., Sarvala J. (2004). Pathogenicity of the gill artery worm *Philometra obturans* (Nematoda) in northern pike (*Exos lucius*) in southwest Finland. *Journal of Parasitology*, 90 : 177-181.
- Kanarek G. (2011). Population biology of *Contracaecum rudolphii* Sensu Lato (Nematoda) in the Great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) from Northeastern Poland. *Journal of Parasitology*, 97: 185-191.
- Kapetsky J. M. (1984). Coastal lagoon fisheries around the world : Some perspective on fisheries yields, and other comparative fishery characteristics. *Studies and Reviews* GFCM/Etud.Rev.GCPM, 61 : 97-139. FAO. Rome.
- King R. P. (1986). Observations on *Liza grandisquamis* (Pisces : Mugilidae) in Bonny River, Nigeria. *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, **19 :** 61-66.
- Kino H., Watanabe K., Matsutomo K., Ueda M., Sigiura M., Suzuki H., Takai T., Tsuboi H., Sano M., Fujiu H. & Kagei N. (1993). Occurrence of Anisakis in the western part of Shizuoka Prefecture, with special reference to the prevalence of anisakid infections in sardine, Engraulis japonica. Japanese Journal of Parasitology, 42: 308-312.
- Klimpel S., Palm H. W. & Rückert S. (2004). The life cycle of *Anisakis simplex* in the Norwegian deep (northern North Sea). *Parasitology Research*, 94 : 1-9.

- Klimpel S. & H. W. Palm. (2011). Anisakid nematode (Ascaridoidea) Life Cycle and Distribution : Increasing Zoonotic Potential in the Time of Climate Change? In : Progress in Parasitology in *Parasitology Research Monographs*, 2: 201-222.
- Køie M. & Fagerholm H. P. (1995). The life cycle of *Contracaecum osculatum* (Rudolphi, 1802) sensu stricto (Nematoda, Ascaridoidea, Anisakidae) in view of experimental infections. *Parasitology Research*, 81: 481-489.
- Køie M. (2000). The life cycle of the flatfish nematode *Cucullanus heterochrous*. Journal of *Helminthology*, 74 : 323-328.
- Laamri M., K. El Kharrim, Mrifag R., Boukbal M. & Belghyti D. (2012). Dynamique des populations de tiques parasites des bovins de la région du Gharb au Maroc. *Revue d'élevage et de medicine vétérinaire des pays tropicaux*, 65 : 57-62.
- Lafranchi A. L., Timi J. T. & Sardella N. H. (2004). Cucullanus bonaerensis n. sp. (Nematoda : Cucullanidae) parasitizing Urophycis brasiliensis (Pisces : Phycidae) from Argentinean waters. Journal of Parasitology, 90: 808-812.
- Laimgruber S., Schludermann C., Konecny R. & Chovanec A. (2005). Helminth communities of the barbell *Barbus barbus* from large river systems in Austria. *Journal of Helminthology*, 79: 143-149.
- Larsen T. (1980). A morphological and anatomical study of the third-stage larva of *Thynnascaris adunca* (Rudolphi, 1802) (Nematodes : Ascaridoidea), and the ultrastructure of its surrounding capsule. *MSc thesis*, University of Bergen, Norvège.
- Levêque C., Paugy O. & Teugels G. (1992). Faunes des poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest. MRAC/ ORSTOM ; collection faune tropicale, n°XXVIII, 2 tomes, 902 pp.
- Levsen A. & Berland B. (2002). Post-embryonic development of *Camallanus cotti* (Nematoda : Camallanidae), with emphasis on growth of some taxonomically important somatic characters. *Folia Parasitologica*, **49** : 231-238.
- Li M. (1984). Parasites of the mullets *Mugil cephalus* (Linnaeus) and *Liza haematocheila* (Temminck et Schlegel) in the areas of Bohai gulf. II. Penglai area. *Dongwu Xuébào*, 30: 231-242.
- Likely C. G. & Burt M. D. B. (1992). In vitro Cultivation of Contracaecum osculatum (Nematoda : Anisakidae) from Third-Stage Larvae to Egg-Laying Adults. Canadian Journal of Fish Aquatic Science, 49: 347-348.

- Longshaw M., Green M. L. & Feist S. W. (2004). Histopathology of parasitic infections in greater pipefish, *Syngnathus acus* L., from an estuary in the UK. *Journal of Fish Diseases*, 27 : 245-248.
- Lopez-Caballero J., Osorio-Sarabia D. & García-Prieto L. (2009). Cucullanus costaricensis n. sp. (Nematoda : Cucullanidae), a parasite of Bagre pinnimaculatus (Siluriformes : Ariidae) from Río Tempisque, Costa Rica. Journal of Parasitology, 95: 413-423.
- Lymbery A. J., Doupé R. G., Munshi M. A. & Wong T. (2002). Larvae of Contracaecum sp. among inshore fish species of southwestern Australia. Diseases of Aquatic Organisms, 51: 157-159.
- Margolis L., Esch G. W., Holmes J. C., Kuris A. M. & Schad G. A. (1982). The use of ecological terms in parasitology (report of an ad hoc committee of the American society of parasitologists. *Journal of Parasitology*, 68 : 131-133.
- Marius C. (1979). Les mangroves du Sénégal. Ecologie, pédologie, utilisation. *ORSTOM*, 84 pp.
- Marius C. (1985). Les mangroves du Sénégal et de la Gambie : écologie, pédologie, géochimie ; mise en valeur et aménagement. *Editions de l'ORSTOM*, collection Travaux et Documents, 193 : 357 pp.
- Martins M. L., Onaka E. M. & Fenerick Jr J. (2005). Larval *Contracaecum* sp. (Nematoda : Anisakidae) in *Hoplias malabaricus* and *Hoplerythrinus unitaeniatus* (Osteichthyes : Eruthrinidae) of economic importance in occidental marshlands of Maranhão, Brazil. *Veterinary Parasitology*, 127 : 51-59.
- Mattiucci S. & Nascetti G. (2006). Molecular systematics, phylogeny and ecology of Anisakid nematodes of the genus *Anisakis* Dujardin, 1845: an update. *Parasite*, 13: 99-113.
- Mattiucci S. (2006). Parasites as biological tags in population studies of demersal and pelagic fish species. *Parasitologia*, **48**: 23-25.
- Mattiucci S., Abaunza P., Garcia A., Santos M. N. & Nascetti G. (2007). *Anisakis* larvae, identified by genetic markers, and their use for stock characterization of demersal and pelagic fish from European waters: an update. *Journal of Helminthology*, **81**: 117-127.
- Mattiucci S., Paoletti M., Borrini F., Palumbo M., Palmieri R. M., Gomes V., Casati A. & Nascetti G. (2011). First molecular identification of the zoonotic parasite *Anisakis*

pegreffii (Nematoda : Anisakidae) in a paraffin-embedded granuloma taken from a case of human intestinal anisakiasis in Italy. *BMC Infectious Diseases*, **11**: 82.

- Mattiucci S., Paoletti M., Olivero-Verbel J., Baldiris R., Arroyo-Salgado B., Garbin L., Navone G. & Nascetti G. (2008). Contracaecum bioccae n. sp. from the brown pelican Pelecanus occidentalis (L) in Colombia (Nematoda : Anisakidae) : morphology, molecular evidence and its genetic relationship with congeners from fish-eating birds. Systematic Parasitology, 69 : 101-121.
- McClelland G. (2005). Nematoda (rowndworms). In: Rohde K. (ed) Marine parasitology. *CABI Publishing*, Wallingford, pp : 104-115.
- Merella P. & Garippa G. (2001). Metazoan parasites of grey mullets (Teleostea: Mugilidae) from the Mistras Lagoon (Sardinia, western Mediterranean). *Scientia Marina*, 65 : 201-206.
- Migaki G., Heckmann R. A. & Albert T. F. (1982). Gastric nodules caused by «Anisakis type » larvae in the bowhead whale (Balaena mysticetus). Journal of Wildlife Diseases, 18: 353-357.
- Mladineo I. (2001). Effects of pH values and temperature changes on migration of Anisakis simplex Dujardin, 1845 invasive larvae (Nematoda, Askaridoidea, Anisakidae) in mackerel (Scomber japonicus, L.). Acta Adriatica, 42 : 71-75.
- Mo A.T., Gahr A., Hansen H., Hoel E., Oaland Ø. & Poppe T. T. (2013). Presence of Anisakis simplex (Rudolphi, 1809 det. Krabbe, 1878) and Hysterothylacium aduncum (Rudolphi 1802) (Nematoda ; Anisakidae) in runts of farmed atlantic salmon, Salmo salar L. Journal of Fish Diseases, doi : 10.1111/jfd.12096.
- Morand S. & Deter J. (2007). Parasitisme et régulation des populations hôtes. *In* : Ecologie et évolution des systems parasites. Editions De Boeck Université, Belgique, pp : 13-56.
- Morand S. & Rigby M. C. (1998). Cucullanid nematodes from coral reef fishes of French Polynesia, with a description of *Cucullanus faliexi* n. sp. (Nematoda : Cucullanidae). *Journal of Parasitology*, 84 : 1213-1217.
- Moravec F. & Malmqvist B. (1977). Records of *Cucullanus truttae* (Fabricius, 1794) (Nematoda : Cucullanidae) from Swedish brook lampreys, *Lampetra planeri* (Bloch). *Folia Parasitologica*. 24 : 323-329.
- Moravec F. & Van As J. G. (2004). Nematodes from the squeaker fishes Synodontis nigrimaculatus and Synodontis vanderwaali from the Okavango River, Botswana, including three new species. Systematic Parasitology, 59: 169-187.

- Moravec F., Kohn A. & Fernandes B. M. M. (1993). Nematode parasites of fishes of the Paraná river, Brazil. Part 2. Seuratoidea, Ascaridoidea, habronematoidea and Acuarioidea. *Folia Parasitologia*, 40 : 115-134.
- Moravec F., Prouza A. & Royero R. (1997a). Some nematodes of freshwater fishes in Venezuela. *Folia Parasitologica*, 44: 33-47.
- Moravec F., Kohn A. & Fernandes B. M. M. (1997b). New observations on seuratoid nematodes parasitic in fishes of the Paraná River, Brazil. *Folia Parasitologica*, 44 : 209-223.
- Moravec F., Koudela B., Ogawa K. & Nagasawa K. (1998). Two new huffmanela species, *Huffmanela japonica* n. sp. and *Huffmanela shikokuensis* n. sp. (Nematoda : Trichosomoididae), from marine fishes in Japan. *Journal of Parasitology*, 84 : 589-593.
- Moravec F., Lorber J. & Konečný R. (2008). Cucullanus maldivensis n. sp. (Nematoda : Cucullanidae) and some other adult nematodes from marine fishes off the Maldives Islands. Systematic Parasitology, 70: 61-69.
- Moravec F., Nie P. & Wang G. (2003). Some nematodes of fishes from Central China, with redescription of *Procamallanus (Spirocamallanus) fulvidraconis* (Camallanidae). *Folia Parasitologica*, 50 : 220-230.
- Moravec F., Nie P. & Wang G. (2004). New data on the morphology and systematic status of *Spinitectus petrowi* and *Spinitectus gigi* (Nematoda : Cystidicolidae) parasitic in catfishes in central China. *Folia Parasitologica*, **51** : 346-358.
- Moravec F., Nie P. & Wang G. (2004). Redescription of *Camallanus hypophthalmichthys* Dogel & Akhmerov, 1959 (Nematoda : Camallanidae) and its first record from fishes in China. *Journal of Parasitology*, 90 : 463-1467.
- Moravec F., Sasal P., Würtz J. & Taraschewsk H. (2005). Cucullanus oceanensis sp. n. (Nematoda; Cucullanidae) from Pacific eels (Anguilla spp.). Folia Parasitologica, 52 : 343-348.
- Munday B. L., Sawada Y., Cribb T. & Hayward C. J. (2003). Diseases of tunas, *Thunnus* spp. *Journal of Fish Diseases*, 26: 187-206.
- Murphy T. M., Berzano M., O'keeffe S. M., Cotter D. M., McEvoy S. E., Thomas K. A., O'Maoile'Idigh N. P. & Whelan K. F. (2010). Anisakid larvae in Atlantic salmon

(*Salmo Salar* L.) grilse and post-smolts : molecular identification and histopathology. *Journal of parasitology*, **96 :** 77-82.

- Nagasawa K. & Moravec F. (1995). Larval anisakid nematodes of Japanese common squid (*Todarades pacificus*) from the sea of Japan. *Journal of Parasitology*, **81**: 69-75.
- Navone C. T., Sardella N. H. & Timi J. T. (1998). Larvae and adults of *Hyterothylacium aduncum* (Rudolphi, 1802) (Nematoda : Anisakidae) in fishes and Crustaceans in the South West Atlantic. *Parasite*, 5: 127-136.
- Ndour N. (2005). Caractérisation et étude de la dynamique des peuplements de mangrove de la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (République du Sénégal). Doctorat de 3^{ème} cycle, Institut des Sciences de l'Environnement-Faculté des Sciences et Techniques-Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, 180 pp.
- Nelson J. S. (2006). Fishes of the world. 4th ed. New York : John Wiley and Sons.
- Nemeth N. M., D. V. M., Ph.D, Yabsley M., Ph.D. & Keel M. K., D. V. M., Ph.D., Dipl.
 A. C. V. P. (2012). Anisakiasis with proventricular perforation in a greater shearwater (*Puffinus gravis*) off the coast of Georgia, United States. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 43: 412-415.
- Ngom F. (2005). La fonction de la mangrove dans la structuration et la biologie des peuplements de poissons de l'estuaire du Sine-Saloum. *Thèse de doctorat de troisième cycle*, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, 141 pp.
- Nuchjangreed C., Hamzah Z., Suntornthiticharoen P. & Sorosjinda-Nuntawarasilp P. (2006). Anisakids in marine fish from the coast of Chon Buri Province, Thaïland. Southeast Asian Journal of Tropical Medecin Public Health, 37: 35-39.
- Odum, W. E. (1970). Utilization of the direct grazing and plant detritus food chains by the striped mullet *Mugil cephalus*. Pages 222-240 *in* J. J. Steele, editor. Marine food chains. Oliver and Boyd, Ltd., Edin-burgh, UK.
- Olivero-Verbel J., Baldiris-Ávila R. & Arroyo-Salgado B. (2005). Nematode infection in Mugil incilis (Liza) from Cartagena bay and Totumo Marsh, north of Colombia. Journal of Parasitology, 91 : 1109-1112.
- Orecchia P. & Paggi L. (1987). *Cucullanus bioccae* n. sp. (Nematoda : Cucullanidae), parasita di *Mugil cephalus. Parassitologia*, **29 :** 71-74.
- Palm H. W. & Klimpel S. (2007). Evolution of parasitic life in the ocean. Trends in Parasitology, 23: 10-12.
- Paperna I. (1974). Larval Contracaecum in the pericardium of fishes from East African lakes. Proceedings of the Helminthological Society of Washington, 41: 252.

- Park, J.-K. & Moravec F. (2008). Redescription of *Cucullanus robustus* (Nematoda : Cucullanidae) from the conger eel *Conger myriaster* off Korea. *Zootaxa*, 1729 : 1-7.
- **Pascual S. & Abollo E. (2005)**. Whaleworms as a tag to map zones of heavy metal pollution. *Trends in Parasitology*, **21 :** 2004-2006.
- Pecquet C., Danis M. & Leynadier F. (2002). Anisakis simplex et réactions d'hypersensibilité immédiate. Annales de dermatologie et de vénéréologie, 129 : 303-305.
- Petter A. J. & Baudin-Laurencin F. (1986). Deux espèces du genre Philometra (Nematoda, Dracunculoidea) parasites de thons. Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, 8: 769-775.
- Petter A. J. & Radujkovic B. M. (1986). Nématodes parasites de la mer Adriatique. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris*, 8: 487-499.
- Petter A. J. & Sey O. (1997). Nematode parasites of marine fishes from Kuwait, with a description of *Cucullanus trachinoti* n. sp. from *Trachinotus blochi*. *Zoosystema*, 19: 35-59.
- Petter A. J. (1969). Enquête sur les Nématodes des Poissons de la région nantaise. Identification des larves d'ascarides parasitant les Sardines (en rapport avec les granulomes éosinophiles observés chez l'homme dans la région). Annales de Parasitologie Humaine et Comparée, 44 : 559-580.
- Petter A. J. (1974). Essai de classification de la famille des Cucullanidae. Bulletin du Muséum National d'Histoire naturelle, Paris, 3è sér., n° 255, Zoologie, 177 : 1469-1491.
- Petter A. J. (1995). *Dichelyne moraveci* n. sp., parasite de *Pseudoplatystoma fasciatum* et notes sur les Cucullanidae du Paraguay. *Revue Suisse de Zoologie*, 102 : 769-778.
- Petter A. J., Cassone J. & France B. M. (1974).Un nouveau Nématode Camallanus pathogène dans les élevages de poissons exotiques. Annales de Parasitologie Humaine et Comparée, 49: 677-683.
- Petter A. J., Vassiliades G. & Marchand B. (1979). Une nouvelle espèce de *Multicaecum* (Nematoda : Ascarididae) parasite de poisson en Afrique. *Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire*, **41 :** 324-329.
- **Poulin R. (1993).** The disparity between observed and uniform distribution : a new look at parasite aggregation. *International Journal for Parasitology*, **26**: 937-944.
- Quiazon K. M., Yoshinaga T. & Ogana K. (2011). Distribution of *Anisakis* species larvae from fishes of the Japanese waters. *Parasitology International*, 60 : 223-226.

- Quiazon K. M. A., Yoshinaga T. & Ogawa K. (2011). Experimental challenge of Anisakis simplex sensu stricto and Anisakis pegreffii (Nematoda : Anisakidae) in rainbow trout and olive flounder. Parasitology International, 60 : 126-131.
- R Development Core Team (2009). R : A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org.
- Ramallo G. (2005). Observations on two *Rhabdochona* species (Nematode : Rhabdochonidae) from freshwater fishes in Argentina, including description of *Rhabdochona fabianae* n. sp. Journal of Parasitology, 91: 415-419.
- Rasheed S. (1968). The nematodes of genus *Cucullanus* Mueller, 1777, from the marine fish of Karachi coast. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biolgicas*, Mexico, 15 : 23-59.
- Rebecca E. B., Rew M. B., Johansson M. L., Banks M. A. & Jacobson K. C. (2011). Population structure of three species of *Anisakis* nematodes recovered from Pacific sardines (*Sardinops sagax*) distributed throughout the California current system. *Journal of Parasitology*, 97 : 545-554.
- Rello F. J., Adroher F. J., Benítez R. & Valero A. (2009). The fishing area as a possible indicator of the infection by anisakids in anchovies (*Engraulis encrasicolus*) from southwestern Europe. *International Journal of Food Microbiology*, **129** : 277-281.
- Rokicki J., Valter E. D. & Myjak P. (1993). Contracaecum osculatum (Nematoda, Anisakidae) in cod, Gadus morhua L. from the Polish coast of the Baltic. Acta Parasitologia, 38: 33-35.
- Rosas-Valdez R., Domínguez O., Choudhury A. & Pérez-Ponce De León G. (2007). Helminth parasites of the balsas catfish *Ictalurus balsanus* (Siluriformes : Ictaluridae) in several localities of the balsas river drainage, Mexico : species composition and biogeographical affinities. *Comparative Parasitology*, 74 : 204-210.
- Sall M. (1982). Dynamique et morphogénèse actuelles au Sénégal Occidental. *Thèse d'Etat Lettres*, université de Strasbourg, 604 p.
- Sardella N. H., Navone G. T. & Timi J. T. (1997). A new species of *Cucullanus* (Nematoda : Cucullanidae) parasite of *Genypterus blacodes* and *Genypterus brasiliensis* (Pisces : Ophidiidae) in the South West Atlantic. *Parasite*, 4: 41-47.
- Sarr S. M. (2010). Dynamique d'exploitation du *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758, Mugilidés) dans l'estuaire du fleuve Sénégal en pêche artisanale. *Mémoire de master en analyse*

des populations des espaces fauniques et halieutiques, Institut du Développement rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 63 pp.

- Schultz L. P. (1946). A revision of the genera of mullets, fishes of the family Mugilidae, with descriptions of three new genera. *Proceedings of the United States National Museum*, 96: 377-395.
- Seck M. (2004). Inondation à l'embouchure du fleuve Sénégal : hydraulique fluviale et aménagements. Mémoire pour l'obtention du DESS en Hydraulique et aménagement, Ecole Inter Etats des Ingénieurs de l'Equipement Rural/ Burkina Faso, 69 pp.
- Sher A., Pearce E. & Kaye P. (2003). Shaping the immune response to parasites: role of dendritic cells. *Current Opinion in Immunology*, 15 : 421-429.
- Shields B.-A., Bird P., Liss J. W., Groves K. L., Olson R. & Rossignol A. P. (2002). The Nematode Anisakis simplex in American Shad (Alosa sapidissima) in Two Oregon Rivers. Journal of Parasitology, 88 : 1033-1035.
- Silva M. E. R. & Eiras J. C. (2003). Occurrence of Anisakis sp. in the fish off the Portuguese West coast and evaluation of its zoonotic potential. Bulletin of the European Association of Fish Pathologists, 23: 13-17.
- Simier M., Blanc L., Aliaume C., Diouf P. S. & Albaret J. J. (2004). Spatial and temporal structure of fish assemblages in an « inverse estuary », the Sine Saloum system (Senegal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **59**: 69-86.
- Skinner R. (1975). Parasites of the striped mullet, *Mugil cephalus*, from Biscayne bay, Florida, with descriptions of a new genus and three new species of trematodes. *Bulletin of Marine Science*, 25: 318-345.
- Smith J. W. & Wootten R. (1975). Experimental studies on the migration of Anisakis sp. larvae (Nematoda : Anisakidae) into the flesh of herring, Clupea harengus L. International Journal for Parasitology, 5: 133-136.
- Smith J. W. (1984). The abundance of Anisakis simplex L3 in the body-cavity and flesh of marine teleosts. International Journal for Parasitology, 14: 491-495.
- Soota T. D. (1983). Studies on nematodes parasites of Indian vertebrates. I. Fishes. Records of the Zoological Survey of India. *Miscellaneous Publications*, occasional paper n° 54, 353 pp.
- Spraker T. R., Lyons E. T., Tolliver S. C. & Bair H. D. (2003). Ascaridoid nematodes and associated lesions in stomachs of subadult male northern fur seals (*Callorhinus* ursinus) on St. Paul Island, Alaska : (1987-1999). Journal of Veterinary Diagnostic Investigation, 15: 432-437.

- Strømnes E. & Andersen K. (2003). Growth of whaleworm (Anisakis simplex, Nematoda, Ascaridoidea, Anisakidae) third-stage larvae in paratenic fish hosts. Parasitology Research, 89: 335-341.
- Suzuku J., Murata R., Hosaka M., & Araki J. (2010). Risk factors for human Anisakis infection and association between the geographic origins of Scomber japonicus and anisakid nematodes. International Journal of Food Microbiology, 137: 88-93.
- Tantanasi J., Diakou A., Tamvakis A. & Batjakas I. E. (2012). Anisakis spp. burden in Trachurus trachurus. Helminthologia, 49 : 16-20.
- Tejeda M. (2010). Seguridad alimentariaben pescados : Anisakis. In Seguridad alimentaria e higiene de los alimentos Jiménez Pérez. S (Ed) Instituto Tomás Pascual Sanz para la Nutrición y la Salud y Real Academia de Ciencias Veterinarias de España, Madrid, Spain, pp : 107-127.
- Tejeda M., Karl H., De Las Heras C., Vidacek S., Solas M. T. & Garcia M. L. (2013). Does the intensity of *Anisakis* infection affect the quality of hake muscle ? *Journal of aquatic Food Product Technology*, ISSN/ISBN : 1547-0636.
- Thomson J. M. (1963). Synopsis of the biological data on the grey mullet *Mugil cephalus* Linnaeus 1758. CSIRO (Australia Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization), *Division of Fisheries and Oceanography Fisheries Synopsis*, 1 : 1-8 : 14.
- **Thomson J. M. (1981).** «Mugilidae ». In Fischer (W.), Bianchi (G.) (Eds), *Fiches FAO d'identifications des espèces pour les besoins de la pêche*, Atlantique Centre-Est, tome 3.
- **Thomson J. M. (1997).** The Mugilidae of the world. *Memorial Queens Museum*, **41** : 457-462.
- Timi J. T. & Lafranchi A. L. (2006). A new species of *Cucullanus* (Nematoda ; Cucullanidae) parasitizing *Conger orbignianus* (Pisces : Congridae) from Argentinean waters. *Journal of Parasitology*, 92 : 151-154.
- Timi J. T., Sardella N. H. & Navone G. T. (2001). Parasitic nematodes of *Engraulis anchoita* Hubbs et Marini, 1935 (Pisces, Engraulidae) of the Argentine and Urugayan coasts South West Atlantic. *Acta Parasitologica*, 46: 186-189.
- Törnquist N. (1931). Die Nematoden Familien Cucullanidae und Camallanidae nebst weiteren Beiträgen zur Kenntnis der Anatomie und Histologie der Nematoden. Götenberg Klung Veterinary Vitterh Samh Handl, 2: 1-441.

- Turmine V. (2001). Les variations spatio-temporelles des marais à mangrove et de leur hydrodynamisme en Afrique de l'Ouest entre la petite Côte et la Guinée, Géomorphologie et Télédétection. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, université de Paris VII-Denis Diderot, France, 123 p.
- UICN (2007). Les mangroves du Sénégal, situation actuelle des ressources, leur exploitation, leur conservation. Rapport final. 66 p.
- Umehara A., Kawakami Y., Matsui T., Araki J. & Uchida A. (2006). Molecular identification of *Anisakis simplex* sensu stricto and *Anisakis pegreffii* (Nematode : Anisakidae) from fish and cetacean in Japanese watres. *Parasitology International*, 55: 267-271.
- Valero A., López-Cuello M., Benítez R. & Adroher F. J. (2006). Anisakis spp. in European hake, Merliccius merliccius (L.) from the Atlantic off north-west Africa and the Mediterranean off southern Spain. Acta Parasitologica, 51: 209-212.
- Valles-Rios M. E., Ruiz-Campos G. & Galaviz-Silva L. (2000). Prevalencia e intensidad parasitaria en *Mugil cephalus* (Pisces : Mugilidae), del Rio Colorado, Baja California, Mexico. *Revista de biología tropical*, 48 : 495-501.
- Vallet J. L. (2011). Le poisson aliment Cas particulier des poissons gras. Atelier « Science et cuisine». Ifremer.
- Valovaia M. A. (1977). Morphology of *Cucullanus cirratus* Muller, 1777 (Nematoda : Cucullanidae). *Parazitologiia*, 11 : 424-430.
- Vassiliades G. & Chevalier J.-L. (1973). Un nouveau Gendria (Nematoda : Seuratoidea) chez un Polyptère (Poisson) du Sénégal. Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, 35 : 92-98.
- Vassiliades G. & Diaw O. T. (1978). Description d'une nouvelle espèce de nématode du genre Bulbocephalus (Physalopteroidae), parasite des rougets des côtes du Sénégal. Bulletin de l'Institut Fondamental d'AfriqueNoire, 40 : 28-35.
- Vassiliades G. & Petter A. J. (1972). Camallanus ctenopomae n. sp. (Nematoda : Camallanidae), parasite de Ctenopoma kingsleyae Gunther (Poisson, Anabantidae) au Sénégal. Annales de Parasitologie, 47 : 83-389.
- Vassiliades G. & Petter A. J. (1981). Une nouvelle espèce de nématode parasite de poisson des côtes du Sénégal. Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, 43 : 104-110.

- Vassiliades G. & Troncy P. M. (1973). Description de Falcaustra tchadi n. sp. (Nematoda : Katlanidae), parasite de Distichodus brevipinnis (Poisson, Citharinidae) du Tchad. Annales de Parasitologie, 48 : 489-495.
- Vassiliades G. & Troncy P. M. (1974). Nématodes parasites des poissons du bassin tchadien. *Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire*, **36**: 670-681.
- Vassiliades G. (1970). Un nouveau *Paracamallanus* (Nematoda : Camallanidae), chez un poisson Clariidae de Sangalkam (Sénégal). *Annales de Parasitologie*, **45 :** 441-448.
- Vassiliades G. (1972). Nématodes parasites des poissons de la région de Sangalkam. Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, 34 : 529-533.
- Vassiliades G. (1973). Nématodes parasites de *Distichodus rostatus* poisson Citharinidae du Lac de Guiers (Sénégal). *Annales de Parasitologie*, **48** : 469-475.
- Vassiliades G. (1975). Un nouveau Raillietnema (Nematoda : Cosmocercoidea) parasite de poisson au Sénégal. Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, 35 : 815-821.
- Vassiliades G. (1982). Helminthes parasites des Poissons de mer des côtes du Sénégal. Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, 44 : 90-99.
- Wang C.-H., Hsu C.-C., Chang C.-W., You C.-F. & Tzeng W.-N. (2010). The migratory environmental history of freshwater resident flathead mullet *Mugil cephalus* L. in the Tanshui River, Northern Taiwan. *Zoological Studies*, 49: 505-514.
- Wharton D. A., Hassal M. L. & Aalders O. (1999). Anisakis (Nematoda) in some New Zealand inshore fish. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 33: 643-648.
- Wootten R. & Waddell I. F. (1977). Studies on the biology of larval nematodes from the musculature of cod and whiting in scottish waters. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 37 : 266-273.

WÉBOGRAPHIE

WÉBOGRAPHIE

Eschmeyer W. N. & Frick R. (2011). Catalog of fish, electronic version (<u>http://research.calacademy.org/research/icthyology/catalog/fishcatmain.asp</u>), consulté le 11-10-2013.

Myers P., Espinosa R., Parr C. S., Jones T., Hammond G. S. & Dewey T. A. (2013). The Animal Diversity Web (online). <u>http://animaldiversity.org.</u>, consulté le 24-09-2013

Myers P., Espinosa R., Parr C. S., Jones T., Hammond G. S. & Dewey T. A. (2013). The Animal Diversity Web (online). <u>http://animaldiversity.org</u>., consulté le 24-09-2013

SITI : Mugilidae. <u>http://www.itis.gov</u>, consulté le 10-02-2013.

The Global Biodiversity Information Facility : GBIF Backbone Taxonomy, 2013-07-01. http://www.gbif.org/species/2284230, consulté le 14-08-2013

www.aquamaps.org, version d'aout 2010, consulté le 16-07-2012.

www.ideecasamance.net, consulté le 20-04-012.

www.voyagerencasamance.com/Bienvenue.htm, consulté le 08-06-2013.

ANNEXES

ARTICLE 1



A New Species of *Cucullanus* (Nematoda: Cucullaninae, Cucullanidae) from *Mugil curema* (Mugilidae) in Senegal (West Africa)

Author(s): Dione Ephigénie Ndew , Malick Diouf , Cheikh Tidiane Bâ and Serge Morand Source: Comparative Parasitology, 81(1):15-22. 2014. Published By: The Helminthological Society of Washington DOI: <u>http://dx.doi.org/10.1654/4618.1</u> URL: <u>http://www.bioone.org/doi/full/10.1654/4618.1</u>

BioOne (www.bioone.org) is a nonprofit, online aggregation of core research in the biological, ecological, and environmental sciences. BioOne provides a sustainable online platform for over 170 journals and books published by nonprofit societies, associations, museums, institutions, and presses.

Your use of this PDF, the BioOne Web site, and all posted and associated content indicates your acceptance of BioOne's Terms of Use, available at <u>www.bioone.org/page/</u><u>terms_of_use</u>.

Usage of BioOne content is strictly limited to personal, educational, and non-commercial use. Commercial inquiries or rights and permissions requests should be directed to the individual publisher as copyright holder.

BioOne sees sustainable scholarly publishing as an inherently collaborative enterprise connecting authors, nonprofit publishers, academic institutions, research libraries, and research funders in the common goal of maximizing access to critical research.

A New Species of *Cucullanus* (Nematoda: Cucullaninae, Cucullanidae) from *Mugil curema* (Mugilidae) in Senegal (West Africa)

DIONE EPHIGÉNIE NDEW,¹ MALICK DIOUF,¹ CHEIKH TIDIANE BÂ,¹ AND SERGE MORAND^{2,3}

¹Department of Animal Biology, Faculty of Sciences and Techniques, University Cheikh Anta Diop, 5005 Dakar, Senegal (e-mail: ndewephie@yahoo.com; malicknem@gmail.com; cheikhti.ba@gmail.com) and

² Institut des Sciences de l'Evolution, CNRS–IRD2–UM2, CC65, Université de Montpellier 2, 34095 Montpellier, France (e-mail: serge.morand@univ-montp2.fr)

ABSTRACT: The presence of Cucullanid nematodes was investigated in 10 individuals of *Mugil bananensis*, 115 *Mugil cephalus*, 109 *Mugil curema*, 89 *Liza dumerili*, 37 *Liza falcipinnis*, and 40 *Liza grandisquamis*, all collected from the Saloum estuary in Senegal, West Africa. Cucullanids were found only in intestines removed from *M. curema* and were identified using light microscopy. The results showed that 13 individuals of *Mugil curema* were found to be parasitized by 22 adult nematodes of a species new to science, *Cucullanus djilorensis* n. sp. (prevalence 11.9%, intensity 1.7). This species differs from all other species of the genus *Cucullanus* by a number of features including the form of the esophagus, the number and distribution of caudal papillae, the position of the excretory pore, and the length of the spicules. *Cucullanus djilorensis* n. sp. is the first species of the genus described from an estuarine fish in West Africa.

KEY WORDS: Cucullanus djilorensis, new species, Cucullanidae, Mugil curema, Senegal, West Africa.

The investigation of the helminths of fish is of considerable importance for public health and hygiene, particularly those fish of commercial importance such as the mugilids, which represent 2,320 of the 8,000 tons of fish species caught per year in the Saloum River, Senegal (Bousso, 1991). Cucullanidae is a large family of parasitic nematodes, members of which have been described from almost every part of the world (Rasheed, 1968; Soota, 1983; Hasegawa et al., 1991, Moravec et al., 1997; Morand and Rigby, 1998; Caspeta-Mandujano et al., 1999; Timi and Lafranchi, 2006). The family Cucullanidae contains over 100 species in three genera: Cucullanus Mueller 1777, Dichelyne Jägerskiöld 1902, and Neocucullanus Travassos, Artigas and Pereira 1928 (Petter, 1995) with most belonging to the genera Cucullanus and Dichelyne (Caspeta-Mandujano et al., 1999). Cucullanus is widely spread in Africa and its species have been reported from various marine and freshwater fishes (Campanat-Rouget, 1957, 1961; Vassiliades and Troncy, 1974; Vassiliades, 1982; Al-Bassel, 2003; Bayoumy et al., 2008).

To our knowledge this study is the first investigation of nematodes carried out in an estuarine environment in West Africa. Based upon our findings we herein describe a new species of *Cucullanus* found in *Mugil curema* (Mugilidae) from Senegal.

MATERIALS AND METHODS

From June 2004 to April 2005, 400 individual mugilids, collected in the Saloum Estuary, Fatick, Senegal $(14^{\circ}20'N; 16^{\circ}42'W)$, were obtained from local fishermen and carried on ice to the Laboratory of Parasitology, Department of Animal Biology, at Cheikh Anta Diop University of Dakar where they were identified using two systematic keys (Leveque et al., 1990; Diouf, 1991).

Ten specimens of Mugil bananensis Pellegrin 1928; 115 Mugil cephalus Linnaeus 1758; 109 Mugil curema Valenciennes 1836; 89 Liza dumerili Steindachner 1870; 37 Liza falcipinnis Valenciennes 1836; and 40 Liza grandisquamis Valenciennes 1836, were investigated for the presence of nematodes in the digestive tract, liver, kidney, gonads, and abdominal cavity. Adult nematodes representing a previously unidentified species of Cucullanus were removed from the intestines of 13 individuals of *M. curema*, while no cucullans were found to infect the other mugilids. The nematodes found were washed in physiological saline and fixed in 70% hot ethanol. For light microscopy the nematodes were cleared with lactophenol. Drawings were made with a drawing tube attached to a light microscope (Nikon Type 104-Japan). All measurements are in micrometers, unless otherwise stated, with the mean followed by the range between parentheses and measurement of the holotype or allotype between the next set of parentheses.

TAXONOMIC DESCRIPTION Cucullanus djilorensis n. sp. (Figs. 1–9)

Description

Whitish, medium-sized nematodes. Cuticle thick and finely striated transversely. Cephalic end rounded. Oral opening slit-like, dorsoventrally elongated, surrounded by a collarette armed with a row of small,

³ Corresponding author.



Figures 1–9. *Cucullanus djilorensis* n. sp. 1. Male, anterior extremity, right lateral view. 2. Female, anterior extremity, right lateral view. 3. Female, apical view. 4. Male, posterior part, ventral view. 5. Egg. 6. Gubernaculum, right lateroventral view. 7. Male, posterior part, right lateral view. 8. Female, posterior part, left lateral view. 9. Female, vulvar opening, right lateral view.

teeth-like structures (45 to 50 on each side). Head with two pairs of labila papillae and one pair of small amphids (Fig. 3). Muscular esophagus expanded at anterior end forming well-developed pseudobuccal capsule (oesophastome) with thick cuticular lining and as wide as posterior part of esophagus (Figs. 1, 2). Glandular esophagus opening into intestine through small valve. Nerve ring encircling esophagus at approximately one third of its length, between excretory pore and deirids. Tail of both sexes conical, ending in small terminal digitiform process that is more conspicuous in the female (Figs. 4, 7, 8). Caudal alae absent (Fig. 4).

Male (based on 8 specimens; measurements of holotype in second set of parentheses): Body 7.88 (4.2-10) (8.5) mm long and 302.5 (180-380) (290) wide at midbody. Esophagus 852 (570-1,000) (960) long and 153.2 (90-201) (175) wide. Excretory pore, nerve ring, and deirids 149.25 (105-178) (170), 308 (210-360) (340), and 564.75 (394-687) (665), respectively, from anterior end. Eleven pairs of sessile cloacal papillae; 4 preanal pairs; 4 adanal pairs of which 3 are subventral and 1 is lateral situated at the level of the anterior third subventral pair; and 3 postanal pairs of which 2 are subventral and 1 lateral. Preanal papillae relatively uniform in size; distance between successive papillae decreasing gradually and clustered near cloacal aperture. Spicules subequal: left spicule 675 (388-880) (910) long, right spicule 628 (388-800) (850) long. Gubernaculum 97.83 (32-130) (100) long, well sclerotized, V-shaped (Fig. 6). Precloacal sucker present (Figs. 4, 7). Tail length 177 (125-200) (190), with pointed end.

Female (based on 14 gravid specimens; measurement of allotype in second set of parentheses): Body 10.86 (9–13.5) (11) mm long and 445 (360–500) (460) wide at midbody. Esophagus length 1,028 (930–1,130) (1,060). Excretory pore, nerve ring, and deirids 188.67 (168–214) (206), 386 (350–430) (410), and 688.11 (630–746) (721), respectively, from anterior extremity (Fig. 2). Vulva postequatorial, 4.29 (3.5–6) (4.6) mm from posterior extremity, with two prominent lips (Fig. 9). Muscular ovejector directed anteriorly from vulva. Uteri amphidelphic. Eggs 86.5 (78–95) (95) × 52.5 (50–55) (50) in size (Fig. 5). Tail 294.17 (260–370) (260) long, with pointed tip (Fig. 8).

Taxonomic summary

Type host: Mugil curema Valenciennes 1836, mugilid (Mugiliformes: Mugilidae).

Site of infection: Intestine.

Type locality: Djilor River (14°20'N; 16°42'W) Fatick, Senegal, West Africa.

Date of collection: February 2005.

Prevalence: 11.93% (13/109).

Intensity: 1.7 (22: 8 males and 14 females).

Specimens deposited: Cucullanus djilorensis deposited at the Zoology of Land Invertebrates, Institut Fondamental d'Afrique Noire: holotype and allotype (Z.I.T./IFAN 011 I); 7 male and 13 female paratypes (Z.I.T./IFAN 012 I).

Etymology: The name "*djilorensis*" is based on the type locality.

Diagnosis

The specimens described above possess the main characters of the subfamily Cucullaninae: they have an oral opening that is elongated dorsally, an oesophastome with a more or less pronounced bilateral symmetry, and an esophageal lumen reinforced with cuticularized rods. They can be included in the genus *Cucullanus* because of their medium size, the presence of a thin cuticule, the lack of an intestinal cecum, the possession of a conical tail that in the male lacks small terminal alae, and by the presence of a well-developed oesophastome.

The new species is distinguished mainly by the anterior position of the excretory pore relative to the nerve ring; the presence of long and unequal spicules, with the left spicule 675 (388–880) (910) long and the right spicule 628 (388–800) (850) long; the V-shape of the gubernaculum; the number and arrangement of caudal papillae (11 pairs: 4 preanal pairs, 4 adanal pairs [3 subventral and 1 lateral], and 3 postanal pairs [2 subventral and 1 lateral]); and the ratio of spicule length to body length (0.088).

DISCUSSION

Members of *Cucullanus* generally parasitize freshwater, estuarine, and marine fishes and, rarely, aquatic turtles. This genus is mostly composed of species whose members are of medium to large size with thick cuticles. The members of these different species have an almost identical morphology and some of them are poorly described, making their comparison difficult. However, some authors have defined the criteria for comparison as either the systematic position of the host group (Petter, 1974; Moravec et al., 2005, 2008; González-Solís et al.,

Cucullanus species	C. djilorensis n. sp. (n = 22)	<i>C. ageneiosus</i> Elane, Furtado, Lanfredi, and Sant 2010 (<i>n</i> = 7)	os <i>C. barbi</i> Baylis 1923	C. baylisi Campanat-Rouget 1961 $(n = 30)$	C. bioccai Orecchia and Paggi 1987 (n = 56)
Type host Family Locality	Mugil curema Mugilidae Saloum River, Senegal	Ageneiosus ucayalen Auchenipteridae Guajará Bay, Belém Pará, Brazil	sis Barbus bynni Cyprinidae n, —	<i>Synodontis schall</i> Mochocidae Lake Albert	<i>Mugil cephalus</i> Mugilidae Lake Sabaudia, Italy
Environment	Brackish	Brackish	Freshwater	Freshwater	Brackish
Total length <i>む</i>	4.2-10	3.65-8.94 (8.94)	15.5	5.07-8.77	10.03-14.44
Total length 2	9–13.5	10-12 (12)	19	5.45-11.75	13.00-21.00
Esophagus length δ	0.57-1	0.51-0.57 (0.57)	1.7	0.56-0.93	1.05-1.20
Esophagus length 9	0.93-1.13	0.94-1 (0.98)	1.9	0.92	1.16-1.34
Nerve ring δ	0.21-0.36	0.30-0.31 (0.30)	0.5-0.58	0.32-0.37	0.37-0.43
Nerve ring 9	0.35-0.43	0.32-0 34 (0.32)	_	0.28-0.41	0.41-0.49
Deirids ð	0.39-0.68	0.53-0.62 (0.56)	0.82	0.69	1.02-1.24
Deirids ⁹	0.63-0.74	0.57-0.75 (0.65)	1.02	0.69	1.14-1.30
Excretory pore 8	0.10-0.17	0.54-0.61 (0.61)	0.67	0.58	1.68-2.10
Excretory pore 9	0.16-0.21	0.65-0.80 (0.69)	0.85	0.46-0.60	1.83-2.29
Vulva position Spicular length	Postequatorial	Postequatorial 0.14–0.18 (0.18)	1.30	0.40-0.60	Postequatorial 0.78–1.27
Spicular length, right	0.38-0.80	_	_	—	—
Spicular length, left	0.38-0.88	—	—	—	—
Gubernaculum length	0.03-0.13 (V-shaped)	0.08-0.10 (0.08)	0.10	0.09–0.12	0.11-0.16 (triangular)
Papinar arrangement	11 p: 4 pr / 4 ad (5 sv-1 L) / 3 po (2 sv-1 L)	(3 sv-2 L) + 1 ad	(3 sv - 1 L)/4 au	11 p: 3 pr / 4 ad (1 L - 3 sv) / 4 po (1 L - 1 v - 2 sv)	11 p: 5 pr / 4 ad (5 sv - 1)
Cloacal lips	Protruded	Not protruded			
Reference	_	Elane et al. (2010)	Campanat-Rouget (1957)	Campanat-Rouget (1961)	Orecchia and Paggi (1987)
Cucullanus species	<i>C. clarotis</i> Baylis 1923 C	C. chrysophrydis Gendre 1927 $(n = 3)$	C. dodsworthi Barreto 1922 (n = 20)	C. gendrei Campanat-Rouget 1957 $(n = 21)$	C. hians Dujardin 1845
Type host	Synodontis schall	Pagellus bogaraveo	Sphoeroides	Syacium micrurum	Conger vulgaris, Muraena helena
Family	Mochocidae	Sparidae	Tetraodontidae	Bothidae	Anguilliformes
Locality	Nil, Sudan	Mauritania	Bahia de Guanabara, Brazil	Senegal	Senegal
Environment	Freshwater	Marine	Marine	Marine	Marine
Total length ්	07-10	6.00	6.63-10.8	4	14–15
Total length ♀	11	8.87	10.7-14.7	3.2-6	13.4-20.7
Esophagus length δ	0.85	1.10	0.71-0.91	0.78	1.36
Esophagus length 9	1.10	1.14	0.95-1.06	0.87	1.47
Nerve ring δ	0.35	0.425	0.26-0.34	0.370	0.475
Nerve ring $\stackrel{\circ}{\downarrow}$	0.38	0.45-0.46	0.30-0.45	0.380	0.480
Deirids ♂	0.6	0.88	0.69-0.93		1.01
Deirids ♀	0.64	0.91	Right: 0.77–1.0; left: 0.79–0.99	0.780	1.03
Excretory pore ♂	0.5	1.2	0.81-1.00	_	1.35
Excretory pore 9	_	1.25	0.98-1.73	_	1.48
Vulva position	_	Postequatorial	Postequatorial	_	_
Spicular length	0.80	0.44		0.75	1.26
Right Left	_	_	0.51–1.24 0.51–1.17		_

Table 1. Morphological comparisons of species of <i>Cucullanus</i> used in the present study. Measurements are given as
range (minimum and maximum) with mean between parentheses or as measurement of the sole type specimen.
Information on papillae: p = number of pairs of papillae; pr = preanal pair; ad = adanal pair; po = postanal pair;
sv = subventral pair; L = lateral pair; and ad unp = adanal unpaired papillae.

Cucullanus species	<i>C. clarotis</i> Baylis 1923	C. chrysophrydis Gendre 1927 $(n = 3)$	C. dodsworthi Barreto 1922 (n = 20)	C. gendre Campanat-Ro 1957 ($n = 2$	<i>i</i> uget <i>C. hians</i> Dujardin 21) 1845
Gubernaculum length Papillar arrangement	0.08	0.11 11 p: 3 pr / 4 ad (3 sv-1 L) / 4 po (1 sd-1 L-2 sv)	0.06–0.11 (rod-shape 10 p : 3 pr / 4 ad / 3 po + 1 pr unpaired	d) 0.14 11 p: 3 pr / 4 ad (3 1 L) / 4 po (1 L/	0.16 sv- 11 p: 3 pr / 4 ad 2 sv-1 sd) (3 sv-1L) / 4 po
Cloacal lips Reference	— Campanat-Rouget (1961)	Protruded Campanat-Rouget (1957)	Protruded Hugo and Aguirre- Macedo (2011)	— Campanat-Rouge (1957)	ct Campanat-Rouget (1957)
Cucullanus species	C. longicollis Stoss $1899 (n = 12)$	sich C. murenophidis Rouget 1957	Campanat- C . (n = 1)	<i>pulcherrimus</i> Barreto 1918	C. spirocaudus Li Minmin 1984 $(n = 17)$
Type host Family Locality	<i>Mullus surmulett</i> Mullidae Syrt coast, Libya	us Murenophid Muraenidae West Africa	is robustus Ca Ca Isla	<i>ranx lugubris</i> rangidae a Trinidad, Brazil	<i>Liza haematocheila</i> Mugilidae Penglai area, Bohai Gulf,
Environment Total length <i>ふ</i>	Marine 12.3	Marine 5.00	Ma 13.	rine 30	Marine 11.65–14.57
Total length ♀ Esophagus length ♂	16.76 0.93	0.59	15. 1.5	90 9	1.21–1.34
Esophagus length $\stackrel{\circ}{\downarrow}$ Nerve ring $\stackrel{\circ}{\land}$	1.4 0.36	0.225	 0.6	5	_
Nerve ring $\stackrel{\circ}{\downarrow}$ Deirids $\stackrel{\circ}{\land}$	0.44 0.89	0.325	0.6 1.1	0 0	_
Deirids 4	1.1 0.91	 0.670	1.2	5	
Excretory pore 9	0.96		1.1 Eau	5 uatorial	_
Spicular length Right	0.64 —	0.44	0.6	2	1.53–1.72 —
Gubernaculum length Papillar arrangement	0.06 11 p: 5 pr / 1 ad (3 sv-2 L)	0.09 / 5 po 11 p: 3 pr / 1 L) / 4 p	0.1 4 ad (3 sv- 0 (3 sv-1 L)	33 p: 3 pr / 4 ad (3 v- L) / 3 po (2 v-1 L)	0.11–0.13 (Y-shaped) 7 p: 2 pr / 2 ad / 3 po
Cloacal lips Reference	— Bayoumy et al. (Protruded 2008) Campanat-R	No ouget (1957) Bar	t protruded rreto (1918)	 Li (1984)

Table 1. Continued

2007; Park and Moravec, 2008) or the zoogeographical region of the parasite (Lafranchi et al., 2004; Cabañas-Carranza and Caspeta-Mandujano, 2007; Moravec et al., 2008). Given the small number of nematode species described from mugilids, and considering how long studies on Cucullans have been done in Africa, we considered both of the above-mentioned criteria in our analysis.

For most *Cucullanus* spp. the excretory pore is posterior to the nerve ring. Campanat-Rouget (1957), using the position of the excretory pore as criteria for classification, showed that most of the time this organ is located posterior to the nerve ring. In contrast, an anterior position to the nerve ring relative to the excretory pore was noted by Törnquist (1931) in *Cucullanus sphaerocephalus*. Similarly, the present study revealed that the excretory pore of our specimens is located between the anterior extremity and the nerve ring, supporting the findings of Törnquist (1931) that the excretory pore can be anterior to the nerve ring in this group. This important character straightaway differentiates our specimens from other species of *Cucullanus* except for *C. sphaerocephalus*, which is differentiated from *C. djilorensis* by its small and equal-length spicules.

Among the species belonging to Cucullanus, 13 have been found in freshwater and marine fishes in Africa: Cucullanus barbi Baylis 1923; Cucullanus baylisi Campanat-Rouget 1961; Cucullanus clarotis Baylis 1923; Cucullanus chrysophrydis Gendre 1927; Cucullanus dodsworthi Barreto 1922; Cucullanus elongatus Smedley 1933; Cucullanus gendrei Cam-
panat-Rouget 1961; *Cucullanus hians* Dujardin 1845; *Cucullanus longicollis* Stossich 1899; *Cucullanus mauritanicus* Gendre 1927; *Cucullanus murenophidis* Campanat-Rouget 1961; *Cucullanus pulcherrimus* Barreto 1918; and *Cucullanus tripapillatus* Gendre 1927 (Campanat-Rouget, 1957, 1961; Vassillades and Troncy, 1974; Vassillades, 1982; Al-Bassel 2003; Bayoumy et al., 2008). Some of these species (*C. elongatus*, *C. mauritanicus*, and *C. tripapillatus*) were then reclassified into the genus *Dichelyne*. Therefore, we did not compare them to the new species.

From morphological features our specimens most resemble *C. baylisi*, *C. chrysophrydis*, *C. dodsworthi*, and *C. pulcherrimus*. However, these latter species are different when one takes into account particular characteristics including the front position of the excretory pore in relation to the nerve ring, the number and the arrangement of the caudal papillae, and the length of the spicules, among others (Table I).

The presence of fewer caudal papillae (6 pairs: 2 precloacal, 2 adanal, and 2 postanal) separates *C. baylisi* from our specimens, while *C. chrysophrydis* has 3 pairs of precloacal papillae and 4 pairs of postcloacal papillae, which differentiates it from our specimens. The ratio of spicule length to body length (0.073) of *C. chrysophrydis* is also a differential character.

We also compared our specimens with those of C. dodsworthi, found in both Lagocephalus laevigatus and in Sphoeroides testudineus in Senegal by Campanat-Rouget, 1957, as well as with those discovered and redescribed by Hugo and Aguirre-Macedo (2011) from S. testudineus in Brazil. Besides the position of the excretory pore, C. dodsworthi differs from the male of our specimens by the possession of a lateral membrane stretching to the previous extremity until before the first pair of adcloacal papillae, by the existence of 3 pairs of precloacal papillae (Campanat-Rouget, 1957; Hugo and Aguirre-Macedo, 2011), and by the presence of a simple precloacal papilla (Hugo and Aguirre-Macedo, 2011). The lateral membrane of the female of C. dodsworthi stretches from the cephalic region to the anus (Hugo and Aguirre-Macedo, 2011), which distinguishes them from the females of C. djilorensis. Cucullanus pulcherrimus differs from C. djilorensis by its spicules, which are equal and small, and by the possession of 3 pairs of precloacal papillae.

As far as we know, no mugilid was recorded as a host of *Cucullanus* spp. found in Africa. However, 4 species: *Cucullanus bioccae* Orecchia and Paggi 1987; *C. dodsworthi* Barreto 1922; *C. mugili* Belous 1965; and *C. spirocaudus* Lee 1984, have been found in Mugilidae in Italy (Orecchia and Paggi, 1987; Merella and Garippa, 2001), in Florida (Skinner, 1975), the former Union of Soviet Socialist Republics (USSR) (Belous, 1965), and in China (Li, 1984), respectively. *Cucullanus bioccai* and *C. dodsworthi* parasitize *Mugil cephalus* while *C. mugili* was found in *Mugil soiuy* and *Cucullanus spirocaudus* in *Liza haematocheila*. The present report is the first time that members of the genus *Cucullanus* have been found in *Mugil curema*, which constitutes a new host record.

Cucullanus djilorensis differs from *C. bioccae* because the latter has an excretory pore located distinctly behind the far end of the esophagus. It also has equal spicules and its cloacal papillae also have an arrangement different from those of our specimens. These include 3 pairs of precloacal papillae, with the first pair occupying variable positions; 4 pairs of adanal papillae, of which 3 pairs are subventral and 1 lateral pair is located at the same level as the posterior adcloacal pair; and 4 pairs of postcloacal papillae (2 lateral and 2 ventral).

The comparison of *C. djilorensis* n. sp. with *C. spirocaudus* could only be done for the males because only measurements for males of the latter species are available. The males of the *C. spirocaudus* differ from the males of *C. djilorensis* n. sp. by their longer body and the possession and arrangement of a smaller number of caudal papillae pairs (7): 2 pairs of precloacal papillae, 2 pairs next to the cloacal opening, and 3 pairs postanal. They also differ from the males of the new species by their Y-shaped gubernaculum and by their spicules, which are equal in length.

We also compared *C. djilorensis* with some *Cucullanus* spp. described from freshwater or marine fishes and with measurements from worms given in López-Caballero et al. (2009). The anterior position of the excretory pore of our specimens constitutes a distinctive character. *Cucullanus grandistomis* presents the same number of pairs of caudal papillae (11) with an arrangement identical to those of *C. djilorensis*. However, its shorter body and its equal spicules distinguish it from the new species.

All other species of *Cucullanus* presented by Lopez-Caballero et al. (2009) in their discussion differ from *C. djilorensis* either by having a smaller number of caudal papillae pairs (*Cucullanus armatus*, *Cucullanus angeli*, *Cucullanus australiensis*, *Cucullanus bagre*, *Cucullanus brevispiculus*, *Cucullanus*

caballeroi, Cucullanus carioca, Cucullanus cirratus, Cucullanus colossomi, Cucullanus genypteri, Cucullanus longipapillatus, Cucullanus marplatensis, Cucullanus mexicanus, Cucullanus micropapillatus, Cucullanus oceaniensis, Cucullanus palmeri, Cucullanus pargi, Cucullanus parvus, Cucullanus pauliceae, Cucullanus pinnae, Cucullanus pseudoplatystomae, Cucullanus quadrii, Cucullanus scianae, Cucullanus theraponi, Cucullanus trachinoti, Cucullanus zungaro); by the arrangement of their caudal papillae (Cucullanus bonaerensis, Cucullanus mogi); or by having spicules that are longer (Cucullanus filiformis, Cucullanus pedroi, Cucullanus robustus, Cucullanus rougetae) or shorter (Cucullanus heliomartinsi, Cucullanus laurotravassosi, Cucullanus pimelodellae).

Recently, a newly recognized species, *Cucullanus ageneiosus* (Elane et al., 2010), was described from a brackish water fish, *Ageneiosus ucayalensis*. This species differs from our specimens mainly by the number and disposition of their caudal papillae, by the presence of an unpaired papilla, and by its smaller spicules (Table 1).

Based on the particular and specific features differentiating it from other *Cucullanus* spp. described from Mugilidae, as well as those more recently described from fishes from other habitats worldwide, we consider that the specimens described in the present study belong to a new species named *C*. *djilorensis* n. sp.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Pr. Ben Sikina Toguebaye and Mr. Michel Sarr for providing laboratory facilities; Dr. Jean Fall and Mr. Amadine Ngom at the British– Senegalese Institute in Dakar for their helpful comments; and the fishermen of Djilor for their help during fish sampling. We also thank two anonymous referees for their helpful comments on the manuscript.

LITERATURE CITED

- Al-Bassel, D. A. H. M. 2003. A general survey of the helminth parasites of fish from inland waters in the Fayoum governorate, Egypt. Parasitology Research 90: 135–139.
- Barreto, A. L. de B. 1918. Notas helminthologicas. III. Cucullanus pulcherrimus n. sp. De nematoideo. Brazil-Mexico, XXXII, no. 18, p. 137.
- Bayoumy, M., A. EL-M. Sayed, and A. EL-W. A. Khalaf. 2008. Ultrastructural study of some helminth parasites infesting the goatfish, *Mullus surmuletus* (Os-

teichthyes: Mullidae) from Syrt coast, Libya. Nature and Science 6:51–63.

- Belous, E. V. 1965. Nematodes of freshwater fish from the Primorsk region. Pages 48–65 *in* Parasitic Worms of Domestic and Wild Animals: Papers on Helminthology presented to Prof. A. A. Sobolev on the 40th Anniversary of his Scientific and Teaching Activity. Vladivostok, Russia.
- Bousso, T. 1991. Exploitation des stocks dans l'estuaire et les bolongs du Sine-Saloum. Evolution depuis 20 ans. Centre de recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (ISRA). 29 pp.
- Cabañas-Carranza, G., and J. M. Caspeta-Mandujano. 2007. A new Cucullanid species (Nematoda) from the freshwater fish *Vieja intermedia* (Günther, 1862) (Cichlidae) in Mexico. Journal of Parasitology 93: 646–649.
- Campanat-Rouget, Y. 1957. Parasites de Poissons de mer ouest-africains récoltés par J. Cadenat. Nématodes 4^{ème} note. Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire 19: 417–465.
- Campanat-Rouget, Y. 1961. Exploitation hydrobiologique des lacs Kivu, Edouard et Albert. Nématodes de Poissons. Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Vol III, fasc 4. 61 pp.
- Caspeta-Mandujano, J. M., F. Moravec, and G. Salgado-Maldonado. 1999. Observations on Cucullanid nematodes from freshwater fishes in Mexico, including *Dichelyne mexicanus* n. sp. Folia Parasitologica 46: 289–295.
- Diouf, P. S. 1991. Guide de détermination rapide des mulets des estuaires sénégalais. Centre de Recherches Océanographiques de Dakar Thiaroye, Institut Sénégalais des Recherches Agricoles. Laboratoire National de l'Elevage et de Recherches Vétérinaires. 12 pp.
- Elane, G. G., A. P. Furtado, R. M. Lanfredi, and J. N. Santos. 2010. A new Cucullanid species (Nematoda) from Ageneiosus ucayalensis Castelnau, 1855 (Pisces: Auchenipteridae) from Pará, Brazil. Journal of Parasitology 96:389–394.
- González-Solis, D., V. M. Tuz-Paredes, and M. A. Quintal-Loria. 2007. *Cucullanus pargi* n. sp. (Nematoda; Cucullanidae) from the grey snapper *Lutjanus griseus* off the southern coast of Quintana Roo, Mexico. Folia Parasitologica 54:220–224.
- Hasegawa, H., E. H. Williams Jr., and L. Bunkley-Williams. 1991. Nematode parasites from marine fishes of Okinawa, Japan. Journal of the Helminthological Society of Washington 58:186–197.
- Hugo, H. M., and M. Aguirre-Macedo. 2011. Redescription and genetic characterization of *Cucullanus dodsworthi* (Nematoda: Cucullanidae) from the checkered puffer *Sphoeroides testudineus* (Pisces: Tetraodontiformes). Journal of Parasitology 97:695–706.
- Lafranchi, A. L., J. T. Timi, and N. H. Sardella. 2004. Cucullanus bonaerensis n. sp. (Nematoda: Cucullanidae) parasitizing Urophycis brasiliensis (Pisces: Phycidae) from Argentinean waters. Journal of Parasitology 90:808–812.
- Levêque, C., D. Paugy, and G. G. Teugels. 1990. Faune des Poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest. Tome1, ORSTOM, Paris. 383 pp.
- Li, M. 1984. Parasites of the mullets *Mugil cephalus* (Linnaeus) and *Liza haematocheila* (Temminck et

Schlegel) in the areas of Bohai gulf. II. Penglai area. Dongwu Xuébào 30:231–242.

- Lopez-Caballero, J., D. Osorio-Sarabia, and L. García-Prieto. 2009. Cucullanus costaricensis n. sp. (Nematoda: Cucullanidae), a parasite of Bagre pinnimaculatus (Siluriformes: Ariidae) from Río Tempisque, Costa Rica. Journal of Parasitology 95:413–423.
- Merella, P., and G. Garippa. 2001. Metazoan parasites of grey mullets (Teleostea: Mugilidae) from the Mistras Lagoon (Sardinia, western Mediterranean). Scientia Marina 65:201–206.
- Morand, S., and M. C. Rigby. 1998. Cucullanid nematodes from coral reef fishes of French Polynesia, with a description of *Cucullanus faliexi* n. sp. (Nematoda: Cucullanidae). Journal of Parasitology 84:1213–1217.
- Moravec, F., A. Kohn, and B. M. M. Fernandes. 1997. New observations on seuratoid nematodes parasitic in fishes of the Paraná River, Brazil. Folia Parasitologica 44:209–223.
- Moravec, F., J. Lorber, and R. Konečný. 2008. Cucullanus maldivensis n. sp. (Nematoda: Cucullanidae) and some other adult nematodes from marine fishes off the Maldives Islands. Systematic Parasitology 70:61–69.
- Moravec, F., P. Sasal, J. Würtz, and H. Taraschewski. 2005. Cucullanus oceaniensis sp. n. (Nematoda; Cucullanidae) from Pacific eels (Anguilla spp.). Folia Parasitologica 52:343–348.
- **Orecchia, P., and L. Paggi.** 1987. *Cucullanus bioccae* n. sp. (Nematoda: Cucullanidae), parasita di *Mugil cephalus*. Parassitologia 29:71–74.
- Park, J.-K., and F. Moravec. 2008. Redescription of *Cucullanus robustus* (Nematoda: Cucullanidae) from the conger eel *Conger myriaster* off Korea. Zootaxa 1729:1–7.

- Petter, A. J. 1974. Essai de classification de la famille des Cucullanidae. Bulletin du Muséum National d'Histoire naturelle, Paris, 3è sér., no. 255, Zoologie 177:1469– 1491.
- Petter, A. J. 1995. Dichelyne moraveci n. sp., parasite de Pseudoplatystoma fasciatum et notes sur les Cucullanidae du Paraguay. Revue Suisse de Zoologie 102: 769–778.
- Rasheed, S. 1968. The nematodes of genus *Cucullanus* Mueller, 1777, from the marine fish of Karachi coast. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biolgicas, Mexico 15:23–59.
- Skinner, R. 1975. Parasites of the striped mullet, *Mugil cephalus*, from Biscayne Bay, Florida, with descriptions of a new genus and three new species of trematodes. Bulletin of Marine Science 25:318–345.
- Soota, T. D. 1983. Studies on nematodes parasites of Indian vertebrates. I. Fishes. Records of the Zoological Survey of India, Occasional Paper no. 54.
- Timi, J. T., and A. L. Lafranchi. 2006. A new species of *Cucullanus* (Nematoda: Cucullanidae) parasitizing *Conger orbignianus* (Pisces: Congridae) from Argentinean waters. Journal of Parasitology 92:151–154.
- Törnquist, N. 1931. Die Nematoden Familien Cucullanidae und Camallanidae nebst weiteren Beiträgen zur Kenntnis der Anatomie und Histologie der Nematoden. Götenberg Klung Veterinary Vitterh Samh Handl 2: 1–441.
- Vassillades, G. 1982. Helminthes parasites des Poissons de mer des côtes du Sénégal. Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire 44:90–99.
- Vassillades, G., and P. M. Troncy. 1974. Nématodes parasites des poissons du bassin tchadien. Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire 36:670–681.

ARTICLE 2

Seasonal and Spatial Distribution of Nematode Larvae

of the Genera Anisakis and Contracaecum (Anisakidae)

in Two Populations of Mugil Cephalus (Mugilidae)

from Saloum and Senegal Rivers

Ephig énie Ndew Dione

Laboratoire de Biologie Evolutive, Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Département de Biologie Animale, Facultédes Sciences et Techniques UniversitéCheikh Anta Diop, Dakar, Senegal Tel: 221-77-456-3138

Malick Diouf

Laboratoire de Biologie Evolutive, Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Département de Biologie Animale, Facultédes Sciences et Techniques UniversitéCheikh Anta Diop, Dakar, Senegal Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA) UCAD II bâtiment pédagogique/Rez de chaussée BP 5005 DAKAR Tel: 221-33-864-5981; 221-77-501-2780

Jean Fall (Corresponding author)

Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Université Cheikh Anta Diop UCAD II b âtiment p édagogique/Rez de chauss ée BP 5005 DAKAR Tel: 221-77-956-4339 E-mail: kagoshima77@yahoo.com

Cheikh Tidiane B â

Laboratoire de Biologie Evolutive, Ecologie et Gestion des Ecosystèmes D épartement de Biologie Animale Facult é des Sciences et Techniques, Universit é Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal Tel: 221-77-501-4441



 Received: September 20, 2013
 Accepted: October 4, 2013

 doi:10.5296/jbls.v5i1.4685
 URL: http://dx.doi.org/10.5296/jbls.v5i1.4685

Abstract

Anisakis sp. and Contracaecum sp. are nematodes belonging to the family of Anisakidae. They are worldwide distributed and use a great number of fish species as intermediate, paratenic or final host. Despite their effects on fish and human beings, they play ecological role as biological tags to identify fish population or bioindicators of marine pollution. From January to December 2009, the helminthological examinations of 129 and 167 specimens of Mugil cephalus originating from Saloum and Senegal estuaries respectively revealed the presence of Anisakis sp. and Contracaecum sp. larvae. Generally, whatever the season or locality, the kidney lodges more larvae of Anisakis sp. than the liver or the general cavity. All Contracaecum sp. larvae were found in the mesentery of Mugil cephalus whatever the locality and season. In each locality, the prevalence of Anisakis sp. larvae was higher in rainy season than in dry season whereas the larvae of Contracaecum sp. were more frequent in dry season than in wet season. Mean intensity of the Anisakidae larvae showed significant differences according to the season in the estuary of Saloum and non significant variation in the estuary of Senegal. The mean abundance of these larvae varied significantly depending on the locality, the season or the site of infection. These results are explained by factors related to the host (fat content in infested organs), factors in relation to the environment (temperature, salinity) and the presence of birds, final hosts. In the Saloum estuary, Anisakis sp. was dominant in rainy season, while Contracaecum sp. dominates in dry season. However, in the estuary of Senegal, Anisakis sp. was dominant all the year. So we can say that Anisakis sp. is characteristic of the estuary of Senegal while Contracaecum sp. is characteristic of the Saloum estuary. Distribution of anisakidae larvae is more related to the locality, the season and the site of infection rather than the fish gender.

Keywords: *Mugil cephalus*, Distribution, Prevalence, Intensity, Abundance, Dominance, *Anisakis* sp., *Contracaecum* sp., Saloum, Senegal.

1. Introduction

Mugilidae or mugilids are abundant fishes in Saloum and Senegal estuaries and are well represented in the landings (Anonyme 2005, 2009; Bousso, 1991; Ndour, 2003). They are very important, based on consumption, economic and ecological point of view. As a real source of proteins, mugilids are consumed fresh or transformed by local populations. Since they are really appreciated by fishermen, they underwent an overexploitation these last years for needs of export.

The ecological interest of the mugilidae, especially that of *Mugil cephalus* lies in their use as indicators of the health status of estuaries and in their position at the food chain's base (Tantanasi et al., 2012).

It is with the knowledge of the important ecological values which the mugilids present that we were interested to investigate their nematodes of the genera *Anisakis* and *Contracaecum* belonging to Anisakidae family. Anisakidae has a worldwide distribution and more fish species act as intermediate (Bomker, 1982; Farjallah et al., 2006, 2008; Umehara et al., 2006; Abowei and Ezekiel, 2011; Quiazon and al., 2011; Rosas-Valdez et al., 2007; Tantanasi et al., 2012) or final hosts (De Oleivera Rodrigues et al., 1975; Nuchjangreed et al., 2006). Although they cause public health problems (Sher et al., 2003; Caballero et al., 2011; Daschner et al., 2011;



Gonz des et al., 2005, 2010, 2011) and more or less important pathogenic effects on fishes (Bomker, 1982; Murphy et al., 2010; Abowei and Ezekiel, 2011), these parasites play significant roles. Infact, they are used as biological labels (genetic markers) to identify stocks or pelagic and demersal fish sub-populations (Mattiucci, 2006; Mattiucci et al., 2007; Rebecca et al., 2011). They also constitute biological markers of marine pollution since they have the possibility of accumulating 300 times more heavy metals than their hosts (Hogue and Peng, 2003; Pascual and Abollo, 2005).

Anisakid larvae are present in various organs of which muscles (Olivero-Verbel et al., 2005; Martins et al., 2005; Valero et al., 2006; Rello et al., 2009; Suzuki et al., 2010; Abattouy et al., 2011). Their presence in the flesh decreases the commercial value of the host and increases the risk of contamination by raw or badly cooked fish consumption.

In this study we discribe the distribution of *Anisakis* sp. and *Contracaecum* sp. larvae in two populations of *Mugil cephalus* caught in Saloum and Senegal estuaries.

2. Materials and Methods

2.1 Sampling Procedure

Saloum and Senegal estuaries constitute the localities chosen within the framework of this study. These ecosystems are characterized by a particular vegetation type, the mangrove swamp. The latter, formerly prosperous, offers in low Senegal the degraded aspect of a relict vegetation only, while the banks of Saloum, by their southernmost position, shelter a more flourishing vegetation.

In Saloum and Senegal rivers, samplings were done systematically per quarter. Three fish samplings were carried out in the dry season and one in the rainy season. On the whole 129 and 167 individuals of *Mugil cephalus* were caught in the estuaries of Saloum and Senegal rivers respectively from January to December 2009. The techniques of fishing used were the beach seines and the gill nets.

The abdominal cavity was openned by incision starting from the anus up to the mouth. After that, various fish organs (gills, oesophagus, stomach, caeca, intestine and their contents, general cavity, kidney, liver, gonads) were examined with the binocular magnifying glass. Nematodes were also searched in the flesh of fishes by dilacerating the muscles in water under a binocular magnifying glass. Those found were cleaned in water with brushes then preserved in 70% ethanol.

2.2 Determination of Ecological Parameters

To study parasitism, we considered the component populations of parasites (i.e. the parasitic populations which are found in host populations) and the component community (i.e. all parasites discovered in a host population). Each host fish is a measurement repeated like any quadrat on a forest ground, which will make it possible to calculate ecological parameters.

The ecological terms prevalence, mean intensity and mean abundance were calculated according to Margolis et al., (1982). In a host population, the prevalence of a parasitic species corresponds to its frequency.

2.3 Statistical Analysis

To determine the differences of mean abundance by site of infection, sex, season or locality, we used the nonparametric test of Kruskal-Wallis (KW) or that of Wilcoxon. The significance of these statistical analyses was established to 0.05. Dominance of each parasite species in the component community was also calculated.



3. Results

3.1 Distribution of Anisakid Larvae in Populations of Mugil Cephalus According to Seasons and site of infection

Results obtained revealed that *Anisakis* sp. (photo 1) and *Contracaecum* sp. (photo 2) larvae are distributed in various organs according to the localities and the seasons. In the estuary of Saloum, in dry season, 34% of the individuals of *Anisakis* sp. infected the liver whereas 66% were found in the kidney. This difference is accentuated in wet season with 12% of the worms found in the liver and 88% in the kidney. The percentage of larvae infecting the kidney is higher in the wet season than in the dry season, while that of the larvae recorvered in the liver is higher in the dry season than in the rainy season (Figure 1).

In the estuary of Senegal, the percentage of parasitic individuals found in dry season in the kidney (70%) is higher than that of the individuals met in the liver (30%). Percentage of the individuals of *Anisakis* sp. collected in rainy season is also higher in the kidney (75%) than in the liver (23%) and the general cavity (2%). It is reported that the percentage of the individuals of *Anisakis* sp. in the liver is higher in dry season than in rainy season while for the kidney, it is higher in wet season than in dry season. Percentage of the individuals of *Anisakis* sp. living in the body cavity is also higher in rainy season than in dry season. Generally, whatever the season or locality, the kidney lodges more larvae of *Anisakis* sp. than the liver or the general cavity (Figure 1). However all *Contracaecum* sp. larvae were found in the mesentery of *Mugil cephalus* whatever the locality and season.



Photo 1: Larvae of Anisakis sp.



Photo 2: Larvae of Contracaecum sp.



Figure 1. Percentage of individuals of *Anisakis* sp. according to the site of infection and the season in Saloum and Senegal estuaries.

3.2 Comparison of the Prevalence and the Mean Intensity of Anisakid Larvae in Populations of Mugil Cephalus in the Two Estuaries

In Saloum estuary, larvae of *Anisakis* sp. were found in the liver and the kidney of *Mugil cephalus* with a prevalence of 52.94% in rainy season and 39.33% in dry season. In the estuary of Senegal, this parasite presented a prevalence of 92.94% in the wet season and 77.61% in the dry season. Thus the prevalence of *Anisakis* sp. is higher in the estuary of Senegal than in the Saloum estuary and this whatever the season (Figure 2.a).

As for the prevalence of *Anisakis* sp., we noted a mean intensity higher in the estuary of Senegal than in the estuary of Saloum (p=0.000364). The same observation was done in both seasons. In the estuary of Saloum, the mean intensity was more significantly important in wet season (1.48 \pm 0.64) than in the dry season (1.17 \pm 0.38) (p=0.03178). In the estuary of Senegal, the mean intensity of *Anisakis* sp. noted in wet season (2.11 \pm 1.4) was not significantly different from that recorded in the dry season (1.81 \pm 1.14) (p=0.1860) (Figure 2.b).

Larvae of *Contracaecum* sp. were only found in the mesentery of *Mugil cephalus* with a prevalence of 22.45% in rainy season and 38.75% in dry season in the Saloum estuary while in the estuary of Senegal it was equal to 6.66% in rainy season and 25.23% in the dry season (Figure 2.c).

In each locality, the mean intensity of this parasite was higher in the dry season than in the wet season. In the estuary of the Saloum delta, its value was 12.48 ± 15.65 in the dry season and 3.09 ± 1.81 in the rainy season. The difference between these values is significant (p=0.000). In the estuary of Senegal, the parasitic load was of 5.93 ± 7.16 in the dry season and 3.5 ± 2.78 in wet season. These mean intensity values are not significantly different (p=0.633) (Figure 2.d).



Figure 2. Prevalence and mean intensity of *Anisakis* sp. (a and b) and of *Contraceacum* sp. (c and d) according to the season and the locality. * = significant differences

3.3 Mean Abundance Variation of Anisakis Sp. and of Contracaecum Sp. in Populations of Mugil Cephalus

The variations of the mean abundance of *Anisakis* sp. and *Contracaecum* sp. were studied according to various variables in order to take into account the whole population of *Mugil cephalus* in the two estuaries.

The examination of various organs of *Mugil cephalus* revealed, in the estuary of Saloum, the presence of *Anisakis* sp. larvae in the kidney and the liver with a higher mean abundance in the kidney (0.48 ± 0.74) than in the liver (0.15 ± 0.4) (Figure 3.a). The test of Kruskal-Wallis showed a highly significant difference between the above-mentioned sites (p=0.000). In the estuary of Senegal, the larvae were found in the kidney (1.51 ± 1.57), the liver (0.59 ± 0.87) and the general cavity (0.02 ± 0.13) (Figure 3.a), with also a higher mean parasitic abundance in the kidney than in the other organs (p=0.000).

The mean abundance of *Anisakis* sp. was significantly higher in the estuary of Senegal (1.64 \pm 1.36) than in the Saloum estuary (0.58 \pm 0.74) (p=0.000) (Figure 3.b) whereas for *Contracaecum* sp., found in the mesentery only, the mean abundance was significantly higher in the estuary of Saloum (3.26 \pm 9.25) than in the Senegal estuary (1.04 \pm 3.64) (p=0,002) (Figure 3.e). This ecological parameter has known a reverse seasonal variation according to the parasite. Thus, *Anisakis* sp. has a mean abundance significantly higher in the rainy season (Saloum estuary: 0.78 \pm 0.88; Senegal estuary: 1.96 \pm 1.45) than in the dry season (Saloum estuary: 0.46 \pm 0.62; Senegal estuary: 1.42 \pm 1.25) with significant differences (Saloum estuary: p=0,038; Senegal estuary: p=0,004) (Figure 3.c). On the other hand, the mean abundance of *Contracaecum* sp. in the dry season (Saloum estuary: 4.84 \pm 11.42; Senegal estuary: 1.50 \pm 4.42) was higher than that obtained in the wet season (Saloum estuary: 0.69 \pm 1.54; Senegal estuary: 0.23 \pm 1.11) (Figure 3.f). The test of Wilcoxon showed significant differences in the estuary of Saloum (p=0,008) and in that of Senegal (p=0,003).



The population of *Mugil cephalus* caught in the Saloum estuary was composed by females and males, while those coming from the Senegal estuary were made up of males and individuals with indeterminate sex. In the estuary of Saloum, the mean abundance of *Anisakis* sp. in the females (1.25 ± 0.96) was higher than that obtained in the males (0.56 ± 0.73) , but the difference was not significant (p=0,092) while for *Contracaecum* sp., it was the reverse (females: 2 ± 3.67 ; males: 3.3 ± 9.38), with also a non significant difference (p=0,636). In the estuary of Senegal, these parasites had a mean abundance higher in the males (*Anisakis* sp.: 1.67 ± 1.44 ; *Contracaecum* sp.: 1.65 ± 5.44) than the individuals with unspecified sex (*Anisakis* sp.: 1.61 ± 1.30 ; *Contracaecum* sp.: 0.64 ± 1.55) (Figures 3.d and 3.g). However, the test of Wilcoxon showed nonsignificant differences of the mean abundance of *Anisakis* sp. (p=0,918) and of that of *Contracaecum* sp. (p=0,507) between the males and unspecified sex individuals.

A comparison of parasitic mean abundance between individuals of the same sex from these estuaries will be impossible except for the males. The mean abundance of *Anisakis* sp. noted in the males of *Mugil cephalus* from the estuary of Senegal (1.67 \pm 1.44) was higher than that obtained in the males caught in the Saloum estuary (0.56 \pm 0.73) (Figure 3.d.), with a highly significant difference (p=0,000). For *Contracaecum* sp., mean abundance was significantly higher in the estuary of Saloum (3.3 \pm 9.38) than in the estuary of Senegal (1.63 \pm 5.4) (p=0,013)

















Figure 3: Mean abundance variation of *Anisakis* sp. (a, b, c and d) and of *Contracaecum* sp. (e, f and g). * = significant differences

3.4 Dominance Index of Parasitic Species

In the component community, the dominance of parasitic species varied according to the locality and the season. Indeed, in the estuary of Saloum, *Contracaecum* sp. was overall dominating (Figure 4.a). But considering the seasons, this nematode dominates *Anisakis* sp. in the dry season (Figure 4.c) while in the rainy season, *Anisakis* sp. becomes dominating (Figure 4.b).

In the Senegal estuary, Anisakis sp. was dominating throughout the year (Figure 4.d, e and f).









Figure 4: Spectrum of dominance in the estuaries of Saloum (a : all year, b: rainy season and c: dry season) and of Senegal (d : all year, e: rainy season and f: dry season)

4. Discussion

In the Saloum and Senegal estuaries, the percentage of *Anisakis* sp. in the kidney or the general cavity was higher in the wet season than in the dry season whereas in the liver, it was higher in the dry season than in the rainy season. Moreover, whatever the season or the locality, the kidney lodged much more worms than the liver or the general cavity. Larvae of *Contracaecum* sp. infected the mesentery of *Mugil cephalus* only with a low prevalence in the estuary of the Senegal estuary and more or less high prevalence in the estuary of Saloum depending on the season. Work on Anisakidae revealed that these worms have been more present in fatty tissue (Lymbery and al., 2002; Str ømnes and Anderson, 2003; Abattouy and al., 2011). The presence of *Anisakis* sp. and *Contracaecum* sp. larvae in the general cavity, the kidney and the liver and in the mesentery of *Mugil cephalus* respectively showed that these vital organs have had an important lipid rate. Indeed, the mugilids are fatty fishes (Vallet, 2011) which have the characteristic to distribute their lipids in the fatty cells through all their body mainly in the gonads (lipidic globules of the ovaries), in hepatic tissue, in muscular tissue and in fatty visceral tissue (mesentery). The lipids are mainly stored in the form of triglycerides (Ackman, 1995).

The high prevalence of the larvae of *Anisakis* sp. in the populations of *Mugil cephalus* from Saloum and Senegal estuaries means that this nematode is frequent in these two host populations and it is even more frequent in the estuary of Senegal than in the estuary of Saloum. Moreover, *Anisakis* sp. is more frequent in the wet season than in the dry season in the two localities. Prevalence values of *Contracaecum* sp. generally lower than 40%, mean that this nematode is not frequent in the populations of *Mugil cephalus* from the two estuaries.

The values of the mean intensity and the mean abundance of the parasites were generally low in the two estuaries, but for *Anisakis* sp., they were higher in the estuary of Senegal than in that of Saloum while for *Contracaecum* sp., it was the reverse. In each locality, they were also higher in the dry season than in the rainy season for *Contracaecum* sp. whereas for *Anisakis* sp., the values of the mean intensity and the mean abundance found in wet season were higher than those obtained in the dry season. These results are in agreement with those of Juliana et al., (2012) who showed, for *Anisakis* sp., a mean intensity and a higher mean abundance in wet season, particularly in August.

Variations observed in the prevalence, the mean intensity and the mean abundance of *Anisakis* sp. and *Contracaecum* sp. between the two localities could be explained by certain physical (temperature) and chemical (salinity) conditions. In fact, the estuary of Senegal is a normal estuary, with an even worthless very low salinity in rainy season or bordering that of sea water in dry season. Whereas in the estuary of Saloum, salinity is slightly lower than that of sea water in wet season because of contributions of rain waters (Simier et al., 2004; Gning, 2008) and is much higher than that of sea water in the dry season. In the two estuaries, the temperature of water is higher in the wet season than in the dry season; with a maximum in august (Simier et al.



al., 2004) and it is all the more important in the estuary of Saloum. These ecological factors of the environment have an effect on the time of hatching and/or the lifetime of the larvae of *Anisakis* sp. (Højgaard, 1998). Indeed, the temperature has a significant effect on the time of hatching and the lifetime of the larvae i.e., the more the temperature increases, the more the time of hatching and the lifetime of the larvae of *Anisakis* sp. which only increases with it. The highest prevalence, mean intensity and mean abundance of *Anisakis* sp. in the estuary of Senegal are thus related to the low salinity of water. This salinity also explains the high values of the prevalence of *Anisakis* sp. in the rainy season in Saloum and Senegal rivers. On the contrary, relatively high values of the prevalence, mean intensity and more the salinity and mean abundance of *Contracaecum* sp. in the population of *Mugil cephalus* from Saloum river are related to the strong salinity of water. Thus we can say that the more the salinity of *Anisakis* sp. is large.

The prevalence of *Contracaecum* sp. in Saloum estuary could also be explained by the strong presence of birds (pelicans, cormorants, herons, flamingos, hibis, spatulas...) (Diagana and Dodman, 2006), final hosts of the parasite (Barson and Marshall, 2004; Farjallah and al. 2008; Mattiucci and al., 2008; Garbin and al., 2011; Kanarek, 2011). In fact, with a mangrove swamp flourishing, the Saloum estuary offers a large variety of niches for the birds contrary to the estuary of Senegal. These final hosts will spread and deposit the eggs of the parasite in the environment. These eggs hatch in 2 to 3 days with 24 °C or in 5 to 7 days with 21 °C (Al-Zubaidy, 2009). The L2 larvae will infest the first intermediate host which is usually a shellfish (Paperna, 1974; Al-Zubaidy, 2009) before arriving at fish via the food chain (Al-Zubaidy, 2009; Abowei and Ezekiel, 2011). The arrival of migratory birds in the dry season could also increase the number of emitted eggs and consequently, the infections of the intermediate hosts, which would explain the higher values of prevalence, mean intensity and mean abundance of *Contracaecum* sp. in the dry season in the estuaries.

High prevalence and low values of mean intensity and mean abundance would correspond to a broad dispersion of *Anisakis* sp. and *Contracaecum* sp. larvae in the populations of *Mugil cephalus* (Costa et al. 2004).

5. Conclusion

We can therefore conclude that the larvae of *Anisakis* sp. and *Contracaecum* sp. are more common in the estuaries of Senegal and Saloum respectively. Their mean intensity and mean abundance are in relation to the locality, the season and the site of infection. The analysis of the dominance index makes it possible to associate the geographic origin of the host to the dominating nematode genus i.e., a fish coming from the estuary of Senegal lodges more larvae of *Anisakis* sp. than larvae of *Contracaecum* sp. and if it comes from the estuary of Saloum river, it will lodge much more *Contracaecum* sp. than *Anisakis* sp. larvae. That makes it possible to say that the genera *Anisakis* and *Contracaecum* are respectively characteristic of Senegal and Saloum estuaries.



Acknowledgement

We would like to thank Pr. Ben Sikina Toguebaye and Mr. Michel Sarr for providing laboratory facilities and Mr. Omar Sadio for assistance with statical tests.

References

Abattouy, N., Valero, A., Benajiba, M. H., Lozano, J., Mart ńs-Sánchez, J. (2011). *Anisakis simplex* s.l. parasitization in mackerel (*Scomber japonicus*) caught in the North of Morocco-revalence and analysis of risk factors. *International Journal of Food Microbiology*, *150*, 6-139. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.026

Abowei, J. F. N., & Ezekiel, E. N. (2011). Trematoda tape worms: infections by larval and other tape worms and nematoda in African fish (a review). *International Journal of Animal and veterinary Advances*, *3*, 352-366.

Ackman. (1995). Composition and nutritive value of fish and shellfish lipids. Fish and fisheries products. Composition, nutritive properties ans stability. A. Ruiter, *CAB International*, 117-156.

Al-Zubaidy, A. B. (2009). Prevalence and densities of *Contracaecum* sp. larvae in *Liza abu* Heckel 1843 from different Iraqi water bodies. J. K. A. U.: *Marine Science*, 20, 3-17. http://dx.doi.org/10.4197/Mar.20-1.1

Anonyme. (2005). Rapport sur l'état de l'environnement au Sénégal. Centre de Suivi Ecologique, 214.

Anonyme. (2009). Partage (Appui à la gestion de la pêche Artisanale Transfrontalière). Etude diagnostic de la pêcherie de mulets sur la grande côte du Sénégal, 43.

Barson, M., & Marshall, B. E. (2004). First record of *Contracaecum* spp. (Nematoda: Anisakidae) in fish-eating birds from Zimbabwe. 0038-2809 Tydskr. *Journal of the South African Veterinary Association*, 75, 74-78.

Bomker, J. (1982). Parasites of South African freshwater fish I. some nematodes of the catfish [*Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)] from the Hartbeespoort dam. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 49, 41-51.

Bousso, T. (1991). Exploitation des stocks dans l'estuaire et les bolongs du Sine-Saloum. Evolution depuis 20 ans. Document scientifique n °30, CRODT, ISSN 0850-1602.

Caballero, M. L., Umpierrez A., Moneo I., & Rodriguez-Perez, R. (2011). Ani s 10, a new *Anisakis simplex* allergen: cloning and heterologous expression. *Parasitology International*, 60, 209-212. http://dx.doi.org/10.1016/j.parint.2011.01.003

Costa, G., Madeira A., Pontes T., & D'Amelio, S. (2004). Anisakid nematodes of the blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo*, from Madeiran waters, Portugal. *Acta Parasitologica*, 49, 156-161.

Dashner, A., Rodero, M., De Frutos, C., Valls, A., Vega, F., Blanco, C., & Cu ellar, C. (2011).



Different serum cytokine levels in chronic vs. acute Anisakis simplex sensitization-associatedurticaria.ParasiteImmunology,33,http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3024.2011.01282.x

De Oliveira Rodrigues, H., Carvalho Varela, M., Sodre Rodrigues, S., & Rigoletto C. (1975). Nova contribuição para o estudo dos nematodeos de peixes do oceano Atlantico-costa continental Portuguesa e costa do norte da Africa. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 73, 127-134. http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02761975000100009

Diagana, C. H., & Dodman, T. (2006). Oiseaux d'eau douce des zones humides côtières de l'Afrique de l'Ouest/ Janvier 2006. Wetlands International, Dakar, 62 pp.

Diouf, P. S. (1991a.). Guide de d'érmination rapide des mulets des estuaires s én égalais, Dakar, Doc. Scient. CRODT, 129, 13 pp.

Farjallah, S., Busi, M., Ould Mahjoub, M. M., Slimane, B. B., Paggi, L., Said, K., & D'Amelio S. (2008). Molecular characterization of larval anisakid nematodes from marine fishes off the Moroccan and Mauritanian coasts. *Parasitology International*, *57*, 430-436. http://dx.doi.org/10.1016/j.parint.2008.05.002

Farjallah, S., Merella, P., Ingrosso, S., Rotta, A., Slimane, B. B., Garippa, G., Said, K., & Busi, M. (2008). Molecular evidence for the occurrence of *Contracaecum rudolphii* A (Nematoda: Anisakidae) in shag *Phalacrocorax aristotelis* (Linnaeus) (Aves: Phalacrocoracidae) from Sardinia (western Mediterranean Sea). *Parasitology International*, *57*, 437-440. http://dx.doi.org/10.1016/j.parint.2008.05.003

Farjallah, S., Slimane, B. B., Blel H., Amor, N., & Said K. (2006). Anisakid parasites of two forkbeards (*Phycic blennoides* and *Phycis phycis*) from the eastern Mediterranean coasts in Tunisia. *Parasitology Research. 100*, 11-17. http://dx.doi.org/10.1007/s00436-006-0227-7

Garbin, L., Mattiucci, S., Paoletti, M., Gonz ález-Acuña, D., & Nascetti, G. (2011). Genetic and morphological evidences for the existence of a new species of *Contracaecum* (Nematoda: Anisakidae) parasite of *Phalacrocorax brasilianus* (Gmelin) from Chile and its genetic relationship with congeners from fish-eating birds. *Journal of Parasitology*, 97, 476-492. http://dx.doi.org/10.1645/GE-2450.1

Gonzalez, M., Rodriguez-Mahillo, A., & Moneo, I. (2011). Cytokine production and immune modulation by *Anisakis simplex*. *Parasite Immunology*, *33*, 143. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3024.2010.01254.x

Gonzalez-Muñoz, M., Rodriguez-Mahillo, A. I., & Moneo, I. (2010). Different Th1/Th2 responses to *Anisakis simplex* are related to distinct clinical manifestations in sensitized patients. *Parasite Immunology*, *32*, 67-73. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3024.2009.01162.x

Gonz alez Quijada, S., Gonz alez Escudero, R., Arias Garc á, L., Gil Mart ń, A. R., Vicente Serrano, J., & Corral Fern ández, E. (2005). Anisakisasis gastrointestinal manifestations: description of 42 cases. *Revista Cl ínica Española*, 205, 311-315. http://dx.doi.org/10.1157/13077114



Gning, N. (2008). Écologie trophique des juvéniles de quatre espèces de poissons dans l'estuaire inverse du Sine-Saloum (Sénégal) : Influence des conditions de salinit é contrastées. Thèse de 3^{ème} cycle, Universit é de Montpellier II, 171 p.

Hogue, C. C., & Peng, J. S. (2003). Relationships between fish parasitism and pollution exposure in the white croaker, *Genyonemus lineatus* (Sciaenidae), from Los Angeles Harbor, Southern California, U.S.A. *Comparative Parasitology*, 70, 84-87. http://dx.doi.org/10.1654/1525-2647(2003)070[0084:RBFPAP]2.0.CO;2

Højgaard, D. P. (1998). Impact of temperature, salinity and light on hatching of eggs of *Anisakis simplex* (Nematoda, Anisakidae), isolated by a new method, and some remarks on survival of larvae. *Sarsia*, 83, 21-28. http://dx.doi.org/10.1080/00364827.1998.10413666

Kanarek, G. (2011). Population biology of *Contracaecum rudolphii* Sensu Lato (Nematoda) in the Great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) from Northeastern Poland. *Journal of Parasitology*, 97, 185-191. http://dx.doi.org/10.1645/GE-2473.1

Lev êque, C., Paugy, O., & Teugels, G. (1992). Faunes des poissons d'eaux douces et saum âtres d'Afrique de l'Ouest; MRAC/ ORSTOM; collection faune tropicale, n XXVIII, 2 tomes, 902 p.

Lymbery, A. J., Doup é, R. G., Munshi, M. A., & Wong, T. (2002). Larvae of *Contracaecum* sp. among inshore fish species of southwestern Australia. *Diseases of Aquatic Organisms*, *51*, 157-159. http://dx.doi.org/10.3354/dao051157

Margolis, L., Esch, G. W., Holmes, J. C., Kuris, A. M., & Schad, G. A. (1982). The use of ecological terms in parasitology (report of an ad hoc committee of the American society of parasitologists. *Journal of Parasitology*, *68*, 131-133. http://dx.doi.org/10.2307/3281335

Martins, M. L., Onaka, E. M., & Fenerick Jr, J. (2005). Larval *Contracaecum* sp. (Nematoda: Anisakidae) in *Hoplias malabaricus* and *Hoplerythrinus unitaeniatus* (Osteichthyes: Eruthrinidae) of economic importance in occidental marshlands of Maranhão, Brazil. *Veterinary Parasitology*, *127*, 51-59. http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.09.026

Mattiucci, S. (2006). Parasites as biological tags in population studies of demersal and pelagic fish species. *Parasitologia*, 48, 23-25.

Mattiucci S., & Nascetti G. (2006). Molecular systematics, phylogeny and ecology of Anisakid nematodes of the genus *Anisakis* Dujardin, 1845, an update. *Parasite*, *13*, 99-113. http://dx.doi.org/10.1051/parasite/2006132099

Mattiucci, S., Abaunza, P., Garcia, A., Santos, M. N., & Nascetti, G. (2007). *Anisakis* larvae, identified by genetic markers, and their use for stock characterization of demersal and pelagic fish from European waters: an update. *Journal of Helminthology*, *81*, 117-127. http://dx.doi.org/10.1017/S0022149X07754718

Mattiucci, S., Paoletti, M., Olivero-Verbel, J., Baldiris, R., Arroyo-Salgado, B., Garbin, L., Navone, G., & Nascetti, G. (2008). *Contracaecum bioccae* n. sp. from the brown pelican *Pelecanus occidentalis* (L) in Colombia (Nematoda: Anisakidae): morphology, molecular evidence and its genetic relationship with congeners from fish-eating birds. *Systematic*



Parasitology, 69, 101-121. http://dx.doi.org/10.1007/s11230-007-9116-4

Murphy, T. M., Berzano, M., O'keeffe, S. M., Cotter, D. M., McEvoy, S. E., Thomas, K. A., O'Maoile'Idigh, N. P., & Whelan, K. F. (2010). Anisakid larvae in Atlantic salmon (*Salmo Salar L.*) Grilse and post-smolts: molecular identification and histopathology. *Journal of Parasitology*, *96*, 77-82. http://dx.doi.org/10.1645/GE-2194.1

Ndour, N. (2003). Analyse de la biomasse et étude de la dunamique de la vég étation de mangrove de la réserve de biosphère du delta du Saloum (Sénégal). Université Cheikh Anta Diop de Dakar, doctorat de 3^{em} cycle en sciences de l'environnement, 145 pp.

Nuchjangreed, C., Hamzah, Z., Suntornthiticharoen, P., & Sorosjinda-Nuntawarasilp, P. (2006). Anisakids in marine fish from the coast of Chon Buri Province, Tha fand. *Southeast Asian Journal of Tropical Medecin Public Health*, *37*, 35-39.

Olivero-Verbel, J., Baldiris-Ávila, R., & Arroyo-Salgado, B. (2005). Nematode infection in *Mugil incilis* (Liza) from Cartagena bay and Totumo Marsh, north of colombia. *Journal of Parasitology*, *91*, 1109-1112. http://dx.doi.org/10.1645/GE-2194.1

Paperna, I. (1974). Larval *Contracaecum* in the pericardium of fishes from East African lakes. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, *41*, 252.

Pascual, S., & Abollo, E. (2005). Whaleworms as a tag to map zones of heavy metal pollution. Trend in *Parasitology*, *21*, 2004-2006. http://dx.doi.org/10.1016/j.pt.2005.03.005

Quiazon, K.M., Yoshinaga, T., & Ogana, K. (2011). Distribution of *Anisakis* species larvae from fishes of the Japanese waters. *Parasitology International*, 60, 223-226. http://dx.doi.org/10.1016/j.pt.2005.03.005

Rebecca, E. B., Rew, M. B., Johansson, M. L., Banks, M. A., & Jacobson, K. C. (2011). Population structure of three species of *Anisakis* nematodes recovered from Pacific sardines (*Sardinops sagax*) distributed throughout the California current system. *Journal of Parasitology*, 97, 545-554. http://dx.doi.org/10.1645/GE-2690.1

Rello, F. J., Adroher, F. J., Ben fez, R., & Valero, A. (2009). The fishing area as a possible indicator of the infection by anisakids in anchovies (Engraulis encrasicolus) from southwestern Europe. *International Journal of Food Microbiology*, *129*, 277-281. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.12.009

Rosas-Valdez, R., Dom ńguez- Dom ńguez, O., Choudhury, A., & Pérez-Ponce De León, G. (2007). Helminth parasites of the balsas catfish *Ictalurus balsanus* (Siluriformes: Ictaluridae) in several localities of the balsas river drainage, Mexico: species composition and biogeographical affinities. *Comparative Parasitology*, 74, 204-210. http://dx.doi.org/10.1654/4263.1

Sher, A., Pearce, E., & Kaye, P. (2003). Shaping the immune response to parasites: role of dendritic cells. *Current Opinion in Immunology*, *15*, 421-429. http://dx.doi.org/10.1016/S0952-7915(03)00072-4



Simier, M., Blanc, L., Aliaume, C., Diouf, P. S., & Albaret, J. J. (2004). Spatial and temporal structure of fish assemblages in an «inverse estuary », the Sine Saloum system (Senegal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *59*, 69-86. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2003.08.002

Strømnes, E., & Anderson, K. (2003). Growth of whaleworm (*Anisakis simplex*, Nematoda, Ascaridoidea, Anisakidae) third-stage larvae in paratenic fish hosts. *Parasitology Research*, *89*, 335-341.

Suzuku, J., Murata, R., Hosaka, M., & Araki, J. (2010). Risk factors for human *Anisakis* infection and association between the geographic origins of *Scomber japonicus* and anisakid nematodes. *International Journal of Food Microbiology*, *137*, 88-93. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.10.001

Tantanasi, J., Diakou, A., Tamvakis, A., & Batjakas, I. E. (2012). *Anisakis* spp. Burden in *Trachurus trachurus. Helminthologia*, 49, 16-20.

Umehara, A., Kawakami, Y., Matsui, T., Araki, J., & Uchida, A. (2006). Molecular identification of *Anisakis simplex* sensu stricto and *Anisakis pegreffii* (Nematode, Anisakidae) from fish and cetacean in Japanese watres. *Parasitology International*, 55, 267-271. http://dx.doi.org/10.1016/j.parint.2006.07.001

Valero, A., López-Cuello, M., Ben fez, R., & Adroher, F. J. (2006). *Anisakis* spp. in European hake, *Merliccius merliccius* (L.) from the Atlantic off north-west Africa and the Mediterranean off southern Spain. *Acta Parasitologica*, *51*, 209-212. http://dx.doi.org/10.2478/s11686-006-0032-6

Vallet, J. L. (2011). Le poisson aliment Cas particulier des poissons gras. Atelier «Science et cuisine». Ifremer.

Copyright Disclaimer

Copyright reserved by the author(s).

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).

ARTICLE 3



Parasitic Burden and Pathologic Effects of Anisakis Sp.

(Nematoda : Anisakinae, Anisakidae) and

Contracaecum Sp. Larvae (Nematoda : Anisakinae,

Anisakidae) on Mugilids from Senegalese Estuaries

Ephig énie Ndew DIONE

Laboratoire d'Ecologie et de Biologie Evolutive, D épartement de Biologie Animale Facult é des Sciences et Techniques, Universit é Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal Tel: 221-77-456-3138

Malick DIOUF

Laboratoire d'Ecologie et de Biologie Evolutive, Département de Biologie Animale Facult édes Sciences et Techniques, Universit éCheikh Anta Diop, Dakar, Senegal Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Universit éCheikh Anta Diop UCAD II b âtiment p édagogique/Rez de chauss ée BP 5005 DAKAR Tel: 221-33-864-5981; 221-77-501-2780

Alassane SARR

Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Universit é Cheikh Anta Diop UCAD II b âtiment p édagogique/Rez de chauss ée BP 5005 DAKAR, Tel: 221-77- 656- 8907

Jean FALL (Corresponding author)

Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Universit é Cheikh Anta Diop UCAD II b âtiment p édagogique/Rez de chauss ée BP 5005 DAKAR Tel: 221-77-956-4339 E-mail: kagoshima77@yahoo.com

Cheikh Tidiane BÂ



Laboratoire d'Ecologie et de Biologie Evolutive, Département de Biologie Animale Facult é des Sciences et Techniques, Universit é Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal Tel: 221-77-501-4441

Received: December 7, 2013	Accepted: December 14, 2013
doi:10.5296/jbls.v5i2.5286	URL: http://dx.doi.org/10.5296/jbls.v5i2.5286

Abstract

Consumption of mugilids is widespread in Senegal, especially in the estuaries, where there production is of economic importance. The prevalence, mean intensity and pathologic effects of Anisakis sp. and Contracaecum sp. larvae which infected mugilids from Senegalese estuaries were investigated. In 2009, individuals of mugilids belonging to 6 and 5 species were trapped from the estuaries of Saloum, Senegal and Casamance rivers respectively. The prevalence and mean intensity of Anisakis sp. and Contracaecum sp. are higher in Senegal and Saloum estuaries respectively. The increase in the load of *Contracaecum* sp., related to the season in L. falcipinnis, the season, the size, the weight and/or the sex in M. cephalus from the estuaries of Saloum and Senegal and M. curema from Saloum estuary were due to an accumulation of parasites over time. Liver, kidney, body cavity and mesentery and ovaries are the respective sites of infection of Anisakis sp. and Contracaecum sp. larvae. The immune response observed is the formation of a fibrous capsule surrounding the parasites with melanin granules all around the capsule. The implementation of the capsule and the presence of melanin granules suggest the involvement of lymphocytes, monocytes, neutrophils and macrophages. The lesions caused by Anisakis sp. and Contracaecum sp. larval settlement in target organs may cause the death of the host and/or a reduction in fertility.

Keywords: Anisakidae, Fibrous capsule, Prevalence, Mean intensity, Mugilids, Immune response, Casamance, Saloum, Senegal.

1. Introduction

Species of the family Mugilidae commonly known as mugilids are permanent and often abundant coastal, estuarine or lagoon fish. Locally popular, their economic importance is great and they are often the subject of specialized fisheries (Albaret and Legendre, 1985; Albieri et al, 2010; Wang et al, 2010; Durand et al., 2012). Nematode larvae in individual Anisakidae larvae have infected several species of marine, freshwater and brackish water fish including *M. cephalus*. The presence of larvae Anisakidae in fish may reduce their quality and be dangerous for consumers. Immunological studies of cellular responses induced by these parasites in birds (Nemeth et al 2012), mammals (Cattan et al., 1976; Migaki et al., 1982), human (Chord-Auger et al., 1995; Cu élar et al., 2010; Daschner et al., 2011; Gonzalez et al., 2010, 2011), and fish (Munday et al., 2003; Longshaw et al., 2004. Murphy et al., 2010; Abowei and Ezekiel, 2011; Buchmann, 2012) have been conducted by many authors around the world. In Africa, histopathological studies in fish from several families have been made but investigations on the effect of Anisakidae on mugilids are a first in Africa, especially in Senegal.

This paper's main purpose is to determine the parasitic load and study the effect of season, size, weight and sex of six species of mugilids (*Liza dumerili, Liza falcipinnis, Liza grandisquamis, Mugil bananensis, Mugil cephalus* and *Mugil curema*) from the Senegalese estuaries on parasitism by larvae of *Anisakis* sp. and *Contracaecum* sp. and the histopathological effects



induced by the establishment of these larvae in the host tissues.

2. Materials and methods

2.1 Sampling procedure

Casamance, Saloum and Senegal estuaries constitute the localities chosen within the framework of this study. The estuaries of the Casamance and Saloum rivers are "reverse" estuaries while the estuary of the Senegal river is normal. These ecosystems are characterized by a particular vegetation type, the mangrove swamp. Mangrove of the Casamance and saloum estuaries is composed of six species belonging to three families: Rhizophoraceae, Verbenaceae and Combretaceae. The mangrove of the estuary of the Senegal river is of minor importance in comparison with Casamance and Saloum mangroves. Low to sparse density and height rarely exceeding 5 m, it consists of two species: *Rhizophora racemosa* and *Avicenia africana*.

In these estuaries, samplings were done systematically per quarter. Three mugilid samplings were carried out in the dry season and one in the rainy season of 2009. The techniques of fishing used were the beach seines and the gill nets.

2.2 Parasite Prevalence and Mean Intensity

The prevalence (P) or parasitism rate is the percentage ratio of the number of infected hosts (N) by a given parasite species on the number of fish examined (H).

P(%) = N / H * 100

The parasite mean intensity (I) refers to the total number of individuals of a parasite species (n) by the number of infected fish (N).

I = n / N

2.3. Effect of weight, size and sex of Mugil cephalus and season on parasitism

We consider intensity or parasite load as a dependent variable or response variable and the weight or size, the season and the sex as variables. Among the explanatory variables, there is a continuous variable which is the weight or the size and two categorical variables or factors, the season and the sex, which are at two levels. A linear regression relationship allows us to study the effect of size, weight and/or sex of each host and the season on the parasite load. The meaning of the data is established at 0.05. R software was used for statistical analysis.

2.4 Histopathological Study

Collected first, livers, kidneys and mesentery of host fish underwent three ethanol baths to 95% on the first day, then 3 butanol baths on the second day and then three paraffin baths on the third day before being lumped in "Leuckart bars" placed on a glass plate. Cuts of 5 to 7 microns thick are made two to three days after making the block, with a paraffin microtome Minot kind. They were then plated and bonded to albumin on cleaned slides of ethanol 95%. Drying was done in a paraffin oven at 60 °C. The slides thus prepared were stained with Groat haematoxylin and dyes of Masson Trichome, which helped differentiate tissues.

3. Results

3.1 Prevalence and Mean Intensity

Ecological parameters prevalence and mean intensity of *Anisakis* sp. and/or *Contracaecum* sp. larvae parasites of *L. dumerili*, *L. grandisquamis*, *M. bananensis*, *M. cephalus* and *M. curema* are summarized in the tables 1 to 6 below.



The prevalence of *Anisakis* sp. recorded in the estuary of the Senegal river is higher than that found in estuaries of the Saloum and Casamance rivers whatever the host species. It also varies according to the season. Indeed, this ecological parameter is higher in rainy season than in dry season except for *M. bananensis* originating in the Saloum estuary.

In hosts of the genus *Mugil*, the mean intensity of *Anisakis* sp. obtained in Senegal estuary is higher than that recorded in the estuaries of the Casamance and Saloum rivers, with a significant difference in *M. bananensis* and *M. cephalus*. In *L. grandisquamis*, parasite intensity is higher in the Saloum estuary than in the estuaries of the Casamance and Senegal rivers. In host species where the parasite was met throughout the year, the mean intensity is higher in rainy season than in dry season, but a significant difference was only observed in *M. cephalus* from the estuary Saloum.

The prevalence and mean intensity of *Contracaecum* sp. identified in the Saloum estuary are generally higher than those recorded in the estuaries of the Casamance and/or Senegal rivers regardless of host species. These ecological parameters vary seasonally. Indeed, in species where the parasite was met throughout the year, the prevalence and mean intensity is higher in dry season than in rainy season except for *M. curema* native to the Saloum estuary for the prevalence and *L. dumerili* from the estuary of the Casamance river for the mean intensity. The difference between the values of the mean intensity according to the season is significant in *M. cephalus* and *L. falcipinnis* from the Saloum estuary.

Contracaecum sp.								
P (%) I								
Localities	RS	RS	DS					
Casamance	10 (H=10, N=1)	50 (H=6, N=3)	5	3.33±3.21				
Saloum	NE	100 (H=60, N=60)	NE	50.06±41.25				
Senegal	11.76 (H=17, N=2)	54.35 (H=46, N=25)	9.5±10.61	10.25±7.08				

Table 1. Prevalence and mean intensity of Contracaecum sp. larvae parasite of L. dumerili

RS: rainy season

DS: dry season

NE=host not examined

Table 2. Prevalence and mean intensity of Contracaecum sp. larvae parasite of L. falcipinnis

Contracaecum sp.								
	P (%) I							
Localities	RS	DS	RS	DS				
Casamance	NF	NF	NF	NF				
Saloum	35.85 (H=53, N=19)	81.08 (H=37, N=30)	10.47±17.96	56.52±69.1				
Senegal	1.2 (H=25, N=3)	25.81 (H=63, N=16)	2±1.73	4.79±6.68				

RS: rainy season; DS: dry season; NF=parasite not found

Table 3. Prevalence and mean	intensity of Anisakis sp.	and Contracaecum sp.	larvae parasite of
L. grandisquamis			

	Ani	Contracaecı	um sp.			
	Р((%)		Ι	P (%)	Ι
Localities	RS	RS DS		DS	DS	DS
Casamance	6.67 (H=30,	=30, 3.37 (H=148,		1±0	2.01 (H=148,	18±9.54



	N=2)	N=5)			N=3)	
Saloum	NE	6.67 (H=30, N=2)	NE	1.5±0.71	63.64 (H=33, N=21)	4.52±3.82
Senegal	23.07 (H=13, N=3)	NF	1±0	NF	NF	NF

RS: rainy season; DS: dry season; NE=host not examined; NF=parasite not found

Table 4. Prevalence and mean intensity of *Anisakis* sp. and *Contracaecum* sp. larvae parasite of *M. bananensis*

Anisakis sp.					Contracaecum sp.			
	Р(P (%)		Ι		%)	Ι	
Localities	RS	DS	RS	DS	RS	DS	RS	DS
Casamance	NE	100 (H=1, N=1)	NE	1±0	NE	100 (H=1, N=1)	NE	26±0
Saloum	60 (H=20, N=12)	81.81 (H=11, N=9)	1.25±0.45	1.33±0.5	52.63 (H=19, N=10)	100 (H=9, N=9)	10.6±14.06	11.89±9.44
Senegal	NE	90.47 (H=21, N=19)	NE	2.84±1.74	NE	53.85 (H=13, N=3)	NE	20.8±20.7

RS: rainy season

DS: dry season

NE=host not examined

Table 5. Prevalence and mean intensity of *Anisakis* sp. and *Contracaecum* sp. larvae parasite of *M. cephalus* (Dione et al. 2014)

Anisakis sp.						Contracaecum sp.			
	P (%)		Ι		P (%)		Ι		
Localities	RS	DS	RS	DS	RS	DS	RS	DS	
Casamance	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
Saloum	51.02 (H=49, N=25)	32.5 (H=80, N=26)	1.6±0.71	1.58±0.64	22.44 (H=49, N=11)	51.25 (H=80, N=41)	3.09±1.81	11.71±14.87	
Senegal	90 (H=60, N=54)	73.83 (H=107, N=79)	3.09±1.92	2.38±1.5	6.66 (H=60, N=4)	25.23 (H=107, N=27)	3.5±3	5.93±7.23	

RS: rainy season

DS: dry season

NE=host not examined

Table 6. Prevalence and mean intensity of *Anisakis* sp. and *Contracaecum* sp. larvae parasite of *M. curema*



	<i>Anisakis</i> sp		Contracaecum sp.					
	P (%) I			P (%) I				
Localities	RS	DS	RS	DS	RS	DS	RS	DS
Casamance	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
Saloum	70.59 (H=17, N=12)	37 (H=100, N=37)	1.4±0.97	1.16±0.37	78.57 (H=14, N=11)	65.31 (H=98, N=74)	13.45±10.03	21.75±52.91
Senegal	NE	84.62 (H=13, N=11)	NE	1.64±1.03	NE	11.11 (H=9, N=1)	NE	1 ±0

RS: rainy season

DS: dry season

NE=host not examined

NF=parasite not found

3.2 Effect of Size, Weight and Sex of the Host and Season on the Parasitism

For *L. dumerili*, *L. grandisquamis* and *M. bananensis* from the estuaries of the Casamance, Saloum and Senegal rivers, season, weight, height and sex can not explain the variations in the load or parasite intensity of *Contracaecum* sp. or *Anisakis* sp larvae.

In *L. falcipinnis* from the Saloum estuary, the variations in the intensity of *Contracaecum* sp. can not be elucidated by the season, the other above variables are not related to this ecological setting. Individuals operating in the estuary of the Senegal host larvae *Contracaecum* sp. with a load which changes can not be explained either by season, size, weight or sex.

Intensity= $\begin{bmatrix} 0 \\ 44.26 \end{bmatrix}$ Season + 10.47 ; R²=13.8%; p=0.008

In *M. cephalus*, the variations in the parasite load of *Anisakis* sp. can not be explained either by size or by weight or by sex or season. In contrast to *Contracaecum* sp., the parasite load is related to the size, weight and season in the Saloum estuary while in the estuary of Senegal, it is correlated to the size, weight and gender. The following models are used to show the linear regression relationship existing between the parasite load and the different explanatory variables.

In individuals infected from the Saloum Delta, the variations in the parasite intensity can be explained by the size or weight and season. Thus, individuals with large size or weight harbor much more *Contracecum* sp. larvae than those of small size or weight. In addition, the parasite load was higher in the dry season than the rainy season.

Intensity=1.06*(Size) +
$$\begin{bmatrix} 0 \\ 8.11 \end{bmatrix}$$
 season - 22.95
; R²=27.66%; p=0.002
Intensity= 0.07*(Weight) + $\begin{bmatrix} 0 \\ 7.59 \end{bmatrix}$ season - 5.46
; R²=26.78%; p=0.002



In the estuary of the Senegal river, the variations in the parasite load of *Contracaecum* sp. larvae can be explained by size, season and sex or weight and sex. Indeed, the number of larvae found in a host increases with the size or weight. It also depends on the season that is to say, is higher in dry season than in rainy season and it is even higher in males than individuals of indeterminate sex.

Intensity=1.74*(Size) +
$$\begin{bmatrix} 0 \\ 4.66 \end{bmatrix}_{Season}$$
 + $\begin{bmatrix} 0 \\ -8.84 \end{bmatrix}_{Sex}$ - 31.8
; R²=71.11%; p=0.000
Intensity=0.14*(Weight) + $\begin{bmatrix} 0 \\ -11.12 \end{bmatrix}_{Sex}$ - 3.2
; R²=85.66%; p=0.000

Anisakis sp. larvae parasites of *M. curema* from the estuaries of the Saloum and Senegal rivers have a parasitic intensity whose changes can be associated with the season, the size, the weight or the sex of the host. As the larvae *Contracaecum* sp. parasitizing hosts individuals from the Saloum estuary, they have a parasite load which is related to the above explanatory variables. Indeed, the linear relationship between the environmental parameters and the explanatory variables shows that host individuals which have a size or heavy weight are the most infested. This relationship also shows that the parasitic intensity is higher in dry season than in rainy season and the female individuals harbor more *Contracaecum* sp. larvae than males.

Intensity=3.97*(Size) +
$$\begin{bmatrix} 0 \\ 1.22 \end{bmatrix}_{season}$$
 + $\begin{bmatrix} 0 \\ -7.93 \end{bmatrix}_{sex}^{-80.35}$; R²=12, 67%; p=0,021
Intensity=0.29*(Weight) + $\begin{bmatrix} 0 \\ 1.26 \end{bmatrix}_{season}$ + $\begin{bmatrix} 0 \\ -7.95 \end{bmatrix}_{sex}^{-24.82}$; R²=16, 64%; p=0,005

3.2 Histopathological Study

The kidney is noisy in its posterior part (Figure 7a) by *Anisakis* sp. resulting in the formation of capsules in which the worm is wound several times (Figure 7b) to give sectional multiple sections of the worm (Figure 7c). In the liver, the larvae of *Anisakis* sp. have encysted (Figure 7e) and histological sections also show worms at different levels (Figure 7f). The turn of parasites, liver and kidney tissue was disorganized revealing gaps and black granules (Figure 7d). Two or 3 larvae of *Anisakis* sp. can be found in a capsule (Figure 8a, b, c).



Journal of Biology and Life Science ISSN 2157-6076 2014, Vol. 5, No. 2



Figure 7. Encapsulation of *Anisakis* sp. larvae in the kidney (a, b, c, d) and liver (e, f) of *M*. *cephalus*. An. l.=larvae of *Anisakis* sp.



Figure 8. Encapsulation of *Anisakis* sp. larvae in the kidney (photo a) of *M. bananensis* with 2 (photo b) or 3 (photo c) larvae in each capsule.

In the mesentery of different host fish larvae of *Contracaecum* sp. have encysted in adipose tissue and melanin granules can be distinguished in some places (Figure 9a). Between the larval cuticle and host tissue, spaces or meats exist (Figure 9b).



Journal of Biology and Life Science ISSN 2157-6076 2014, Vol. 5, No. 2



Figure 9. Encapsulation of *Contracaecum* sp. larvae in the mesentery of *M. curema*. Cont. l.= larvae of *Contracaecum* sp.

Some larvae of *Contracaecum* sp. were found encysted on ovarian filaments of *L. grandisquamis* (Figure 10) or in the ovaries of *L. dumerili* (Figure 11), *L. grandisquamis* and *M. bananensis*. The capsules containing the parasite are peripheral and located in the ovary wall and rely on meats. The stacks of eggs near the cyst suffered disruption to the contact zone. The capsule wall is very thick and we noted some areas of degradation products of oocytes (Figure 9. c, d). This degradation of oocytes can be very deep and result in the formation of a crust (Figure 12).

Figure 10. Fixing *Contracaecum* sp. larvae on ovarian filaments of *L. grandisquamis*

Figure 11. Encapsulation of *Contracaecum* sp. larvae in the ovary of *L. dumerili* (photos a and b before and after ovaries opening respectively, c and d). Cont. l. = larvae of *Contracaecum* sp.

Figure 12. Necrosis of oocytes forming a crust

4. Discussion

In the Saloum and Senegal estuaries, the variations in the parasite load of *Anisakis* sp. can not be elucidated by the sex, size, weight and season. No model has therefore been developed for these larvae. That could be explained by the parasitic intensity and relatively low prevalence, corresponding to a wide dispersion of larvae in the host population. Considering parasitism by *Contracaecum* sp. larvae, we found in *M. cephalus* from the estuaries of the Saloum and Senegal rivers and in *M. curema* from the Saloum estuary a regression relationship between the parasite load and the size or weight, the season and the sex. Indeed, in the estuary of the Saloum river, the parasite load in *M. cephalus* is correlated to the size or weight and season, while in the estuary of the Senegal river, it is based on either the size, sex and season, weight and sex. In *M. curema*, the variations in the intensity of *Contracaecum* sp. can be explained by the season, size, weight and sex of the host. In *L. falcipinnis* native of the Saloum estuary it is only the season that has provided explanations to load variations.

The low R^2 obtained with the predefined templates in the Saloum estuary explain only a small part of the variation in parasite intensity. So there would be other variables that best explain these variations. The R^2 obtained with linear models at the estuary of Senegal suggest the sex of the host, in addition to the weight or size and the season, is correlated with parasite load. Indeed, individuals of indeterminate sex of *M. cephalus* lodge fewer *Contracaecum* sp. larvae than

males. Females of *M. curema* are more frequently infected than males. These results allow us to say that the effect of gender on parasitism is stronger between immature and mature than between mature individuals only. The physico-chemical environmental conditions such as temperature or salinity and the presence of birds, definitive hosts of these nematodes also explain the variations noted in the load of *Contracaecum* sp.

The increase of the parasite burden with the size or weight of *M. cephalus* in both estuaries and *M. curema* from the Saloum estuary means that larvae of *Contracaecum* sp. have been accumulated, after repeated infestations in fish hosts over time. We confirm this accumulation of parasites over time already mentioned by several authors (Valles -Rios et al., 2000; Bergmann and Motta, 2004; Al- Zubaidy, 2009) particularly in the Senegal estuary where male fish lodge more larvae of *Contracaecum* sp. than individuals of indeterminate sex. However, some authors (Cremonte and Sardella, 1997, Gonzalez and Acuna, 2000; Sylva and Eiras, 2003; Abattouy et al., 2011; Tantanasi et al., 2012; Tejada, 2013) found no relationship between parasitism by *Anisakis* spp. and sex of the host fish, but noted an increased risk of infection with the weight, size or season or three variables. Given the importance of fish weight for the consumer, it is necessary to give the following preventive measures: it is safer to consume *M. cephalus* and *M. curema* from these estuaries of the Saloum and Senegal rivers with average weight to reduce the risk of contamination because it is the big fish that contain more nematode larvae.

In this study we did not find Anisakidae larvae in the flesh of fish, but in the kidney, the liver, the body cavity, the mesentery and the ovaries. Therefore these larvae were not able to reach the fish. Migration depends on factors related to fish muscles such as wealth even more fat than their preference for high fat tissue was observed (Lymbery et al., 2002; Stromnes and Anderson, 2003; Abattouy et al., 2011). Many authors (Smith and Wootten, 1975; Wootten and Waddell, 1977; Smith 1984, Wharton et al., 1999; Kino et al., 1993; Abollo et al., 2001; Martins et al., 2005; Mo and al., 2013) supported the idea that Anisakidae larvae perform a post-mortem migration in the fish. In contrast, other authors (Mladineo, 2001; Tejeda, 2010), speak of migration at catching fish.

If the migration of Anisakidae larvae was done after the death of fish, immediate evisceration could prevent. Large firms conduct early fish gutting and nevertheless anisakidose cases continue to be identified in some countries like Japan and the USA. Migration of nematodes for catching fish is plausible. As soon as the fish is trapped, it is in a state of stress, which can lead to birth and signal flow in the body. These stress signals can be picked up by the parasites in particular Anisakidae larvae that will migrate into the fish where they will be safer. That is a good strategy for these larvae to stay alive in the meantime, by chance, to move to another host, such as human. The site of infection in the host fish is an important determinant of the risk of human anisakiasis (Quiazon et al., 2011). The greater presence of larvae of *Anisakis* sp. in the kidney is a potential risk of contamination because it is usually consumed. Another prophylactic measure would be to remove the kidney during evisceration.

The installation of *Anisakis* sp. larvae in renal and hepatic serous and/or general cavity of *L. grandisquamis*, *M. bananensis*, *M. cephalus* and *M. curema* and that of Contracaecum sp. larvae in the mesentery and/or ovaries of *L. dumerili*, *L. falcipinnis*, *L. grandisquamis*, *M. bananensis*, *M. cephalus* and *M. curema* are causing an inflammatory reaction leading to the formation of a fibrous capsule around the parasite. The shell is made of a hard and stratified epithelium and is therefore slightly permeable to nutrients, Berland (1998). Its implementation involves several cells including neutrophils, fibroblasts, lymphocytes and macrophages (Elarifi, 1982; Dezfuli et al., 2007; Murphy et al., 2010). The complete encapsulation of the larvae of

Anisakis sp. in the liver, kidney and of *Contracaecum* sp. in the mesentery and/or ovaries of host prevents migration and therefore the infested sites lesion. However, the translucent areas and debris from tissue surrounding the capsule show degradation be it small, of infected organs.

Then, how lysis of host tissues is made while the larvae are not in direct contact with them? According to Larsen (1980), the cephalic tooth of Anisakidae larvae functions as a needle piercing the capsule to permit the entry of host cells. He also states that the cephalic gland secret histolytic enzymes that lead the process of maintaining an opening in the capsule.

The lesions of the kidney and liver, essential functional organs could cause a more or less long-term death of the host. The pathogenic action of the larvae of *Anisakis* sp. was shown by Petter (1969). The experience has been to ingest larvae of *Anisakis* sp. into a mugilid (*M. cephalus*), the death of the fish was observed 6 days after ingestion. The larvae of *Anisakis* sp. are pathogenic for these fish hence the importance of paying attention to these parasites. Given their large size, they cause mechanical compression of tissues causing malfunctions of infected organs.

The consequence of many lesions of the mesentery was slimming host fish seeing that it is an important lipid reserves. These results could be compared with those of Petter et al., (1974) although parasitic nematodes in question and the hosts are different, but also with those of Lymbery et al., (2002) in which larvae of *Contracaecum* sp. found in *M. cephalus* and *Aldrichetta forsteri* are causing major morphological changes in the liver. The pathogenic action of larvae of *Contracaecum* sp. was also studied by Acha and Szyfres, (1987) who reported a decrease in weight of the host and the lipid content of the liver or even the death of young fish when larvae invade the cardiac region. The presence of necrotic plaque in the ovaries can deeply affect the fertility of the host. Indeed, necrosis oocytes lead to decreased fertility of the host and the result in longer term would be a reduction of the fish stock.

5. Conclusion

Prevalence and mean intensity of *Anisakis* sp. and *Contracaecum* sp. larvae are higer in the estuaries of the Senegal and Saloum rivers respectively. Variations of the load of *Anisakis* sp. can not be explained by the locality, the season, the size, the weight or the sex of hosts. In contrast, variations of *Contracaecum* sp. intensity are related to the season, the size, the weight and/or the sex of some hosts. The settlement of the anisakid larvae may induce the death of the host or a reduction in fertility.

Acknowlegment

We thank local fishermen from Djilor and St. Louis, Mr Edouard DIATTA and Mr Ousmane (the boatman) from Casamance who helped us a lot to collect fish. We wish to express our sincere thanks to Mr Michel SARR for technical assistance in the implementation of histological sections and coloring, Mr Omar SADIO for his help in statistical analysis and Mr Ferdinand DIATTA from the BSI who kindly corrects the english version of this document.

References

Abattouy, N., Valero, A., Benajiba, M. H., Lozano, J., & Mart ńs-S ánchez, J. (2011). *Anisakis simplex* s.l. parasitization in mackerel (*Scomber japonicus*) caught in the North of Morocco – Prevalence and analysis of risk factors. *International Journal of Food Microbiology*, *150*, 136-139. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.026

Abollo, E., Gestal, C., & Pascual S. (2001). *Anisakis* infestation in marine fish and cephalopods from Galician waters: an updated perspective. *Parasitology Research*, 87, 492-499.

http://dx.doi.org/10.1007/s004360100389

Abowei, J. F. N., & Ezekiel, E. N. (2011). Trematoda tape worms: infections by larval and other tape worms and nematoda in African fish (a review). *International Journal of Animal and veterinary Advances*, *3*, 352-366. ISSN: 2041-2908

Acha, P. N., & Szyfres, B. (1987). Zoonoses and communicable diseases common to man and animals, 2nd edn. Pan American Health Organisation, Washington, DC.

Al-Zubaidy, A. B. (2009). Prevalence and densities of *Contracaecum* sp. larvae in *Liza abu* Heckel 1843 from different Iraqi water bodies. J. K. A. U.: *Marine Science*, 20, 3-17. http://dx.doi.org/10.4197/Mar.20-1.1

Bergmann, T. G., & Motta, P. J. (2004). Infection by anisakid nematodes *Contracaecum* spp. in the Mayan cichlid fish '*Cichlasoma (Nandopsis*)' *urophthalmus* (Günther 1862). *Journal of Parasitology*, *90*, 405-407. http://dx.doi.org/10.1645/GE-104R

Buchmann, K. (2012). Fish immune responses against endoparasitic nematodes- experimental models. *Journal of Fish Diseases*, *35*, 623-635. http://dx.doi.org/10.1111/jfd.12096

Cattan, P. E., Babero, B. B., & Torres, D. N. (1976). The helminth fauna of Chile: IV Nematodes of general *Anisakis* Dujardin, 1845 and *Phocanema* Myers, 1954 in relation with gastric ulcers in a South American sea lion, *Otaria byronia. Journal of Wildlife Diseases*, *12*, 511-515. http://dx.doi.org/10.7589/0090-3558-12.4.511

Chord-Auger, S., Miegeville, M., & Le Pape, P. (1995). L'anisakiase dans la région nantaise: de l'étal du poissonnier au cabinet du médecin. *Parasite*, *2*, 395-400.

Cremonte, F., & Sardella, N. H. (1997). The parasito fauna of *Scomber japonicus* Houttuyn, 1782 (Pisces: Scombridae) in two zones of the Argentine sea. *Fisheries Research*, *31*, 1-9. http://dx.doi.org/10.1016/S0165-7836(97)00024-6

Cu dlar, C., Rodero, M., & Daschner, A. (2010). Inhibition of cytokine production in gastro-allergic Anisakiasis and *Anisakis simplex* sensitization-associated chronic urticaria. *Parasite Immunology*, *32*, 528. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3024.2010.01216.x

Dashner, A., Rodero, M., De Frutos, C., Valls, A., Vega, F., Blanco, C., & Cu dlar, C. (2011). Different serum cytokine levels in chronic vs. acute *Anisakis simplex* sensitization-associated urticaria. *Parasite Immunology*, *33*, 357-362. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3024.2011.01282.x

Dezfuli, S., Pivoni, F., Shinn, A. P., Marena, M., & Giari, L. (2007). Histopathology and ultrastructure of *Platichthys flesus* naturally infected with *Anisakis simplex* S. L. larvae (Nematoda: Anisakidae). *Journal of parasitology*, *93*, 1416-1423. DOI: http://dx.doi.org/10.1645/GE-1214.1

Dione, E. N., Diouf, M., Fall, J. & B â, C. T. (2014). Seasonal and spatial distribution of nematode larvae of the genera *Anisakis* and *Contracaecum* (Anisakidae) in two populations of *Mugil cephalus* (Mugilidae) from Saloum and Senegal rivers. *Journal of Biology and Life Science*, 5: 41-56.

Elarifi, A. E. (1982). The histopathology of larval anisakid nematode infections in the liver of whiting, *Merlangius merlangus* (L.), with some observations on blood leucocytes of the fish. *Journal of Fish Diseases*, *5*, 411-419. DOI: 10.1111/j.1365-2761.1982.tb004

Gonzalez, M., Rodriguez-Mahillo, A., & Moneo, I. (2011). Cytokine production and immune modulation by *Anisakis simplex. Parasite Immunology*, *33*, 143.

http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3024.2010.01254.x

Gonzalez, T., & Acuna, E. (2000). Influence of host size and sex on the endohelminth infracommunities of the Red Rockfish *Sebastes capensis* off Northern Chile. *Journal of Parasitology*, *86*, 854-857.

Gonzalez–Muñoz, M., Rodriguez-Mahillo, A. I., & Moneo, I. (2010). Different Th1/Th2 responses to *Anisakis simplex* are related to distinct clinical manifestations in sensitized patients. *Parasite Immunology*, *32*, 67-73. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3024.2009.01162.x

Kino, H., Watanabe, K., Matsutomo, K., Ueda, M., Sigiura, M., Suzuki, H., Takai, T., Tsuboi, H., Sano, M., Fujiu, H., & Kagel, N. (1993). Occurrence of *Anisakis* in the western part of Shizuoka Prefecture, with special reference to the prevalence of anisakid infections in sardine, *Engraulis japonica*. *Japanese Journal of Parasitology*, *42*, 308-312.

Longshaw, M., Green, L., & Feist, S. W. (2004). Histopathology of parasitic infections in greater pipefish, *Syngnathus acus* L., from an estuary in the UK. *Journal of Fish Diseases*, 27, 245-248. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2761.2004.00533.x

Lymbery, A. J., Doup & R. G., Munshi, M. A., & Wong, T. (2002). Larvae of *Contracaecum* sp. among inshore fish species of southwestern Australia. *Diseases of Aquatic Organisms*, *51*, 157-159. http://dx.doi.org/10.3354/dao051157

Martins, M. L., Onaka, E. M., & Fenerick Jr, J. (2005). Larval *Contracaecum* sp. (Nematoda: Anisakidae) in *Hoplias malabaricus* and *Hoplerythrinus unitaeniatus* (Osteichthyes: Eruthrinidae) of economic importance in occidental marshlands of Maranhão, Brazil. *Veterinary Parasitology*, 127: 51-59. http://dx.doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.09.026

Mattiucci, S., Paoletti, M., Borrini, F., Palumbo, M., Palmieri, R. M., Gomes, V., Casati, A., & Nascetti, G. (2011). First molecular identification of the zoonotic parasite *Anisakis pegreffii* (Nematoda: Anisakidae) in a paraffin-embedded granuloma taken from a case of human intestinal anisakiasis in Italy. *BMC Infectious Diseases*, *11*, 82. DOI: http://dx.doi.org/10.1186/1471-2334-11-82

Migaki, G., Heckmann, R. A., & Albert, T. F. (1982). Gastric nodules caused by *«Anisakis type »* larvae in the bowhead whale (*Balaena mysticetus*). *Journal of Wildlife Diseases*, *18*, 353-357. http://dx.doi.org/10.7589/0090-3558-18.3.353

Mladineo, I. (2001). Effects of pH values and temperature changes on migration of *Anisakis simplex* Dujardin, 1845 invasive larvae (Nematoda, Askaridoidea, Anisakidae) in mackerel (*Scomber japonicus*, L.). *Acta Adriatica*, 42, 71-75.

Mo, A. T., Gahr, A., Hansen, H., Hoel, E., Oaland, Ø., & Poppe, T. T. (2013). Presence of *Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809 det. Krabbe, 1878) and *Hysterothylacium aduncum* (Rudolphi 1802) (Nematoda: Anisakidae) in runts of farmed atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, http://dx.doi.org/10.1111/jfd.12096

Munday, B. L., Sawada, Y., Cribb, T., & Hayward, C. J. (2003). Diseases of tunas, *Thunnus* spp. *Journal of Fish Diseases*, *26*, 187-206. http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2761.2003.00454.x

Murphy, T. M., Berzano, M., O'keeffe, S. M., Cotter, D. M., McEvoy, S. E., Thomas, K. A., O'Maoile'Idigh, N. P. & Whelan, K. F. (2010). Anisakid larvae in Atlantic salmon (*Salmo Salar L.*) Grilse and post-smolts: molecular identification and histopathology. *Journal of parasitology*, 96, 77-82. DOI: http://dx.doi.org/10.1645/GE-2194.1

Nemeth, N. M., D.V.M., Ph.D., Yabsley, M., Ph.D., & Keel, M. K., D.V.M., Ph.D., Dipl.

A.C.V.P. (2012). Anisakiasis with proventricular perforation in a greater shearwater (*Puffinus gravis*) off the coast of Georgia, United States. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 43, 412-415. DOI: http://dx.doi.org/10.1638/2011.0193.1

Quiazon, K. M. A., Yoshinaga, T., & Ogawa, K. (2011). Experimental challenge of *Anisakis simplex* sensu stricto and *Anisakis pegreffii* (Nematoda: Anisakidae) in rainbow trout and olive flounder. *Parasitology International*, 60, 126-131. DOI: 10.1016/j/parint.2010.11.007

R Development Core Team. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org.

Silva, M. E. R., & Eiras, J. C. (2003). Occurrence of *Anisakis* sp. in the fish off the Portuguese West coast and evaluation of its zoonotic potential. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 23, 13-17.

Smith, J. W., & Wootten, R. (1975). Experimental studies on the migration of *Anisakis* sp. larvae (Nematoda: Anisakidae) into the flesh of herring, *Clupea harengus* L. *International Journal for Parasitology*, *5*, 133-136. http://dx.doi.org/10.1016/0020-7519(75)90019-3

Smith, J. W. (1984). The abundance of *Anisakis simplex* L3 in the body-cavity and flesh of marine teleosts. *International Journal for Parasitology*, *14*, 491-495. http://dx.doi.org/10.1016/0020-7519(84)90030-4

Strømnes, E., & Andersen, K. (2003). Growth of whaleworm (*Anisakis simplex*, Nematoda, Ascaridoidea, Anisakidae) third-stage larvae in paratenic fish hosts. *Parasitology Research*, *89*, 335-341. DOI: 10.1007/s00436-002-0756-7

Tantanasi, J., Diakou, A., Tamvakis, A., & Batjakas, I. E. (2012). Anisakis spp. burden in
TrachurusHelminthologia, 49, 16-20.http://dx.doi.org/10.2478/s11687-012-0003-4

Tejeda, M. (2010). Seguridad alimentariaben pescados: *Anisakis*. In Seguridad alimentaria e higiene de los alimentos Jim énez P érez. S (Ed) Instituto Tom ás Pascual Sanz para la Nutrici ón y la Salud y Real Academia de Ciencias Veterinarias de España, Madrid; Spain. pp, 107-127.

Tejeda, M., Karl, H., De Las Heras, C., Vidacek, S., Solas, M. T., & Garcia, M. L. (2013). Does the intensity of *Anisakis* infection affect the quality of hake muscle ? *Journal of aquatic Food Product Technology*, ISSN/ISBN, 1547-0636.

Valles-Rios, M. E., Ruiz-Campos, G., & Galaviz-Silva, L. (2000). Prevalencia e intensidad parasitaria en *Mugil cephalus* (Pisces: Mugilidae), del Rio Colorado, Baja California, Mexico. *Revista de biolog á tropical*, 48, 495-501.

Wharton, D. A., Hassal, M. L., & Aalders, O. (1999). *Anisakis* (Nematoda) in some New Zealand inshore fish. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, *33*, 6436648. http://dx.doi.org/10.1080/00288330.1999.9516907

Wootten, R., & Waddell, I. F. (1977). Studies on the biology of larval nematodes from the musculature of cod and whiting in scottish waters. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, *37*, 266-273. http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/37.3.266

Copyright Disclaimer

Copyright reserved by the author(s).

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).
Title : Systematics and bioecology of parasitic nematodes of Mugilidae from the estuaries of Senegal

Name of candidate: Éphigénie Ndew DIONE

Nature of document: PhD Thesis

Jury					
Foreman:	М.	Ousmane	FAYE	Full Professor	FST/UCAD
Reporters :	MM.	Cheikh Tidiane	BA	Full Professor	FST/UCAD
		Jean-Marc	ÉCOUTIN	Searches Officer (HDR)	IRD/France
		Papa	NDIAYE	Full Professor	IFAN/UCAD
Reviewers:	Ms	Khady	DIOUF	Searches Officer	IFAN/UCAD
	MM.	Malick	DIOUF	Assistant Professor	FST/UCAD
		Ngor	FAYE	Lecturer	FST/UCAD

Attended on december 27, 2013

Summary

т.....

In this work, in total, 201, 447 and 358 fish from Casamance, Saloum and Senegal estuaries respectively, belonging to the family of Mugilidae, were examined. They are divided into two genera (Liza and Mugil) and six species : L. dumerili, L. falcipinnis, L. grandisquamis, M. bananensis, M. cephalus and M. curema. Daily fish dissections were performed and nematodes were investigated in different organs (flesh, gills, esophagus, caecum, intestine, liver, kidney and body cavity) with naked eye or under a binocular magnifying glass. The morphological study of nematodes was performed by light microscopy. To study the distribution of parasites in host populations, different ecological parameters (prevalence, abundance and mean intensity, parasite aggregation) were used. Infected organs were also collected for histopathological study. The study of nematofauna of mugilids from the estuaries of Senegal has revealed the presence of 9181 larvae belonging to the genera Anisakis and Contracaecum and 23 adults belonging to the genus Cucullanus. It helped characterize a new species Cucullanus djilorensis n. sp. After analyzing the results, it can be noted Mugil spp. are the preferred hosts of Anisakis sp. larvae they support in the liver, kidney and/or the body cavity. Those of the genus *Liza* would target *Contracaecum* sp. larvae invading the mesentery and/or ovaries of their hosts. As for adults Cucullanus djilorensis n. sp., they are specific to M. curema which lodges them in his gut at different levels. Generally, the distribution of larvae Anisakidae varies significantly according to location, season and the site of infestation. Indeed, Anisakis sp. larvae are more present in the kidney than in other sites and those of Contracaecum sp. invade more the mesentery than the ovaries. Variations in the intensity of Contracaecum sp. are correlated with season, size, weight and/or sex of some hosts. Analysis of ecological parameters allows us to combine the geographical origin of the species parasite. Thus, Anisakis sp. and Contracaecum sp. larvae are characteristic of Senegal and Casamance estuaries and Saloum estuary respectively. Cucullanus djilorensis n. sp. would be typical of the estuary of the Saloum River. Nematodes distribution is aggregated and built patterns are usually perfect. Histopathological study showed that Anisakidae larvae generate in their hosts an immune reaction leading to the formation of a fibrous capsule. Repeated damage caused by the establishment of these larvae can cause death of the host or a reduction in fertility.

Keywords: Bioecology, Systematics, Histopathology, Nematodes, Mugilidae, Senegalese Estuaries.

Titre : Systématique et bioécologie des nématodes parasites des Mugilidae des estuaires du Sénégal

Nom de la candidate : Éphigénie Ndew DIONE

Nature du document : Thèse de Doctorat

Jury					
Président :	М.	Ousmane	FAYE	Professeur Titulaire	FST/UCAD
Rapporteurs :	MM.	Cheikh Tidiane	BA	Professeur Titulaire	FST/UCAD
		Jean-Marc	ÉCOUTIN	Chargé de Recherches (HDR)	IRD/France
		Papa	NDIAYE	Professeur Titulaire	IFAN/UCAD
Examinateurs :	Mme	Khady	DIOUF	Chargée de Recherches	IFAN/UCAD
	MM.	Malick	DIOUF	Maître Assistant	FST/UCAD
		Ngor	FAYE	Maître de Conférences	FST/UCAD

Soutenue le 27 décembre 2013

Résumé

Dans ce travail, nous avons examiné au total 201, 447 et 358 poissons en provenance respective des estuaires de la Casamance, du Saloum et du Sénégal. Ces poissons appartiennent à la famille des Mugilidae. Ils se répartissent dans deux genres (Liza et Mugil) et six espèces : L. dumerili, L. falcipinnis, L. grandisquamis, M. bananensis, M. cephalus et M. curema. Des dissections quotidiennes de poissons ont été réalisées et les nématodes ont été recherchés dans différents organes (chair, branchies, œsophage, cæcum, intestin, foie, rein et cavité générale) à l'œil nu ou sous la loupe binoculaire. L'étude morphologique des nématodes a été réalisée au microscope photonique. Pour étudier la distribution des parasites dans les populations hôtes, différents paramètres écologiques (prévalence, abondance et intensité moyennes, agrégation parasitaire) ont été utilisés. Des organes infestés ont également été prélevés en vue d'une étude histopathologique. L'étude de la nématofaune de mulets des estuaires du Sénégal a révélé la présence de 9181 larves appartenant aux genres Anisakis et Contracaecum et 23 adultes appartenant au genre Cucullanus et a permis de caractériser une nouvelle espèce Cucullanus djilorensis n. sp. Après l'analyse des résultats, nous pouvons retenir que les espèces du genre Mugil constituent les hôtes préférentiels des larves d'Anisakis sp. qu'elles hébergent dans le foie, le rein et/ou la cavité générale. Celles du genre Liza seraient les cibles des larves de Contracaecum sp. qui envahissent le mésentère et/ou les ovaires de leurs hôtes. Quant aux adultes de Cucullanus djilorensis n. sp., ils sont spécifiques à M. curema qui les abrite dans son intestin à différents niveaux. Généralement, la répartition des larves d'Anisakidae varie significativement suivant la localité, la saison et le site d'infestation. En effet, les larves d'Anisakis sp. sont plus présentes dans le rein que dans les autres sites et celles de Contracaecum sp. envahissent plus le mésentère que les ovaires. Les variations observées dans l'intensité parasitaire de Contracaecum sp. sont corrélées à la saison, à la taille, au poids et/ou au sexe de certains hôtes. L'analyse des paramètres écologiques nous permet d'associer l'origine géographique à l'espèce parasite. Ainsi, les larves d'Anisakis sp. et de Contracaecum sp. sont respectivement caractéristiques de l'estuaire du Sénégal et des estuaires de la Casamance et du Saloum. Cucullanus djilorensis n. sp. serait typique de l'estuaire du Saloum. La distribution des nématodes est agrégée et les patrons construits sont généralement parfaits. L'étude histopathologique a montré que les larves d'Anisakidae engendrent chez leurs hôtes une réaction immunitaire aboutissant à la formation d'une capsule fibreuse. Les lésions répétées causées par l'établissement de ces larves peuvent provoquer la mort de l'hôte ou une réduction de sa fécondité.

Mots clés : Bioécologie, Systématique, Histopathologie, Nématodes, Mugilidae, Estuaires sénégalais.