

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Badji Mokhtar University–Annaba
Université Badji-Mokhtar, Annaba



جامعة باجي مختار عنابة



Laboratoire d'Ecobiologie des
Milieux Marins et Littoraux

Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Mer

THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences de la Mer

**ETAT DE SANTE DE L'ANGUILLE *Anguilla anguilla*
PEUPLANT DEUX HYDROSYSTEMES DE L'EXTREME
NORD EST ALGERIEN (cas de l'estuaire du Mafrag et du lac
Oubeira)**

Option : Ecosystèmes côtiers et ressources vivantes.

Par : BOUDJADI ZEHAIRA

Devant le jury

- Président :** Ouzrout Rachid (Pr. CUTarf)
-Directeur : Bensouilah Mourad (Pr. Univ. Annaba)
-Examineur : Tahar Ali (Pr. Univ. Annaba)
-Examinatrice : Bouslama Zihad (MC. Univ. Annaba)
-Examineur : Houhamdi Moussa (Pr. Univ. Guelma)

Année 2010

A la mémoire de ma meilleure amie Aïda Abbes, qui nous a quitté très tôt, elle me manque beaucoup.

Je dédie ce travail

A mes parents, mes sœurs et frères, mon neveu et mon adorable petite nièce ;

A mes beaux frères et ma belle sœur ;

Au parent de aïda ainsi qu'à sa fille mellissa et à toute sa famille.

REMERCIEMENTS

Mes premiers et infinis remerciements vont tout d'abord à mon Directeur de Thèse, M. BENSOUILAH MOURAD (une perle très rare d'humanité), vous avez en vous des qualités scientifiques et humaines inestimables. Je vous remercie pour votre engagement tout au long de mes années universitaires, votre disponibilité et pour tout ce que vous m'avez appris. Je vous remercie de m'avoir fait confiance, de m'avoir donné les moyens d'aller jusqu'au bout, de m'avoir fait progresser et enfin de m'avoir fait prendre conscience de certaines réalités.

Je tiens à remercier M. OUZROUT R, d'avoir accepté de présider ce travail, je vous remercie aussi pour votre aide et votre gentillesse.

Je remercie également les membres de jury : Mme. BOUSLAMA Z, M. TAHAR A, M. HOUHAMDI M, d'avoir accepté d'évaluer ce travail. Vous me faites vraiment tous un très grand honneur.

Je remercie infiniment monsieur T. Ali, pour son aide, ses conseils et sa disponibilité pour la réalisation de l'étude statistique.

Je tiens aussi à dire un grand merci à M. PIERRE E (directeur de recherche à cemagref-bordeaux) pour son accueil, ses conseils et encouragements.

Je remercie aussi M. PATRICK G pour son aide indispensable et ses conseils.

Et enfin merci à tous ceux qui m'ont apporté, de près ou de loin, leurs aides et leurs encouragements. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

LISTE DES FIGURES	PAGES
Figure 1 : Site d'étude (photo par satellite Google Earth 2010(échelle 2mi/ 5km) (a) Estuaire du Mafrag, (b) Lac Oubeira	7
Figure 2 : Phylogénie simplifiée des Téléostéens	8
Figure 3 : Dispersion des larves leptocéphales depuis la mer des sargasses.	11
Figure 4 : Larve leptocéphale.	14
Figure 5 : Stade « civelle » de l'anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	15
Figure 6 : Anguille jaune	16
Figure 7 : Anguille argentée	18
Figure 8 : Aire de répartition et cycle biologique de l'anguille européenne	19
Figure 9 : Mesures biométriques des anguilles.	21
Figure 10 : Anguille disséquée	22
Figures 11 : Organes prélevés après dissection	23
Figure 12 : Localisation des otolithes dans l'oreille interne droite	24
Figure 13 : Plan de coupe de la <i>sagittae</i> droite en vue distale	26
Figure 14 : Diamètres mesurés sur l'otolithe de l'anguille	29
Figure 15 : Morphologie générale de <i>Pseudodactylogyrus anguilla</i>	36
Figure 16 : Photographie de <i>Pseudodactylogyrus sp.</i> vue au microscope électronique à balayage	37
Figure 17 : Crochets de <i>Pseudodactylogyrus</i>	38
Figure 18 : Photographie de <i>Pseudodactylogyrus sp.</i> .	39
Figure 19 : Représentation schématique d' <i>Ergasilus sp.</i>	41
Figure 20 : Photographie d' <i>Ergasilus sp.</i> .	41
Figure 21 : Scolex de <i>Bothriocephalus claviceps</i>	43
Figure 22 : Représentation schématique de <i>Bothriocephalus claviceps</i>	44
Figure 23 : Larve de second stade (L2)	47
Figure 24 : Larve de 4 ^{ème} stade (L4)	48
Figure 25 : Représentation schématique d' <i>A. crassus</i> adulte	49
Figure 26 : Photographie des différents stades d' <i>Anguillicola crassus</i>	49

Figure 27: Représentation schématique de <i>Cucullanus sp.</i>	52
Figure 28 : Photographie de <i>Cucullanus sp.</i> .	52
Figure 29 : Représentation schématique d' <i>Echinorhynchus sp</i>	54
Figure 30 : Photographie d' <i>Echinorhynchus sp.</i> .	54
Figure31 : <i>Paraquemperia tenerrima</i>	56
Figure 32 : (A-E) larve <i>Anisakis simplex</i> , (F-J) larve <i>Pseudoterranova decipiens</i>	59
Figure 33 : Variations mensuelles de la prévalence de <i>Pseudodactylogyrus sp.</i> chez l'anguille du Mafrag.	61
Figure 34: Variations mensuelles de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance de <i>Pseudodactylogyrus sp.</i> chez l'anguille du Mafrag	62
Figure 35 : Variations des taux d'infestation de <i>Pseudodactylogyrus sp.</i> en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag	63
Figure 36 : Variations de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance de <i>Pseudodactylogyrus sp.</i> en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag	63
Figure 37 : Variations mensuelles de la prévalence d' <i>Ergasilus sp.</i> chez l'anguille du Mafrag.	64
Figure 38: Variations mensuelles de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance d' <i>Ergasilus sp.</i> chez l'anguille du Mafrag.	65
Figure 39 : Variations des taux d'infestation d' <i>Ergasilus sp.</i> en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.	65
Figure 40 : Variations de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance d' <i>Ergasilus sp.</i> en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.	66
Figure 41 : Variations mensuelles de la prévalence d' <i>Anguillicola crassus</i> chez l'anguille du Mafrag.	66
Figure 42 : Variations mensuelles de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance d' <i>Anguillicola crassus</i> chez l'anguille du Mafrag.	67
Figure 43 : distribution spatiotemporelle de la prévalence d' <i>Anguillicola crassus</i>	68
Figure 44: distribution spatiotemporelle de l'abondance d' <i>Anguillicola crassus</i>	68
Figure 45 : distribution spatiotemporelle de l'intensité d' <i>Anguillicola crassus</i>	69
Figure 46 : Variations des taux d'infestation d' <i>Anguillicola crassus</i> en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.	70
Figure 47 : Variations de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance d' <i>Anguillicola crassus</i> en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.	70
Figure 48 : Répartition du taux d'infestation par <i>Anguillicola crassus</i> en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.	71
Figure 49: Répartition des charges d'infestation par <i>Anguillicola crassus</i> en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.	71
Figure 50 : Répartition du taux d'infestation par <i>Anguillicola crassus</i> en fonction de la taille des anguilles du Mafrag.	72
Figure 51: Répartition des charges d'infestation par <i>Anguillicola crassus</i> en fonction de la taille des anguilles de la Mafrag.	73

Figure 52 : Variations mensuelles de la prévalence de <i>Bothriocephalus claviceps</i> chez l'anguille du Mafrag.	73
Figure 53 : Variations mensuelles de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance de <i>Bothriocephalus claviceps</i> chez l'anguille du Mafrag.	74
Figure 54 : distribution spatiotemporelle de la prévalence de <i>Bothriocephalus claviceps</i>	75
Figure 55 : distribution spatiotemporelle de l'abondance de <i>Bothriocephalus claviceps</i>	75
Figure 56 : distribution spatiotemporelle de l'intensité de <i>Bothriocephalus claviceps</i>	76
Figure 57 : Variations des taux d'infestation de <i>Bothriocephalus claviceps</i> en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.	77
Figure 58 : Variations de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance de <i>Bothriocephalus claviceps</i> en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag	77
Figure 59 : Répartition du taux d'infestation par <i>Bothriocephalus claviceps</i> en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.	78
Figure 60 : Répartition des charges d'infestation par <i>Bothriocephalus claviceps</i> en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.	78
Figure 61 : Répartition du taux d'infestation par <i>Bothriocephalus claviceps</i> en fonction de la taille des anguilles de Mafrag.	79
Figure 62 : Répartition des charges d'infestation par <i>Bothriocephalus claviceps</i> en fonction de la taille des anguilles du Mafrag.	79
Figure 63 : Variations mensuelles de la prévalence de <i>Cucullanus sp.</i> chez l'anguille du Mafrag.	80
Figure 64 : Variations mensuelles de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance de <i>Cucullanus sp.</i> chez l'anguille du Mafrag.	80
Figure 65 : Distribution spatiotemporelle de la prévalence de <i>Cucullanus sp.</i>	81
Figure 66 : Distribution spatiotemporelle de l'abondance de <i>Cucullanus sp.</i>	82
Figure 67 : Distribution spatiotemporelle de l'intensité de <i>Cucullanus sp.</i>	82
Figure 68 : Variations des taux d'infestation de <i>Cucullanus sp.</i> en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.	83
Figure 69 : Variations de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance de <i>Cucullanus sp.</i> en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.	83
Figure 70 : Répartition du taux d'infestation par <i>Cucullanus sp.</i> en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira	84
Figure 71 : Répartition des charges d'infestation par <i>Cucullanus sp.</i> en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.	84
Figure 72 : Répartition du taux d'infestation par <i>Cucullanus sp.</i> en fonction de la taille des anguilles du Mafrag.	85
Figure 73 : Répartition des charges d'infestation par <i>Cucullanus sp.</i> en fonction de la taille des anguilles de l'estuaire du Mafrag	85
Figure 74 : Variations mensuelles de la prévalence d' <i>Echinorhynchus sp.</i> chez l'anguille du Mafrag.	86
Figure 75 : Variations mensuelles de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance d' <i>Echinorhynchus sp.</i> chez l'anguille du Mafrag.	86

Figure 76: Distribution spatiotemporelle de la prévalence d' <i>Echinorhynchus sp.</i>	87
Figure 77: Distribution spatiotemporelle de l'abondance d' <i>Echinorhynchus sp</i>	87
Figure 78: Distribution spatiotemporelle de l'intensité d' <i>Echinorhynchus sp.</i>	88
Figure 79 : Variations des taux d'infestation d' <i>Echinorhynchus sp.</i> en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.	88
Figure 80: Variations de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance d' <i>Echinorhynchus sp.</i> en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.	89
Figure 81 : Répartition du taux d'infestation par <i>Echinorhynchus sp.</i> en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.	89
Figure 82: Répartition des charges d'infestation par <i>Echinorhynchus sp.</i> en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.	90
Figure 83 : Répartition du taux d'infestation par <i>Echinorhynchus</i> en fonction de la taille des anguilles du Mafrag	90
Figure 84: Répartition des charges d'infestation par <i>Echinorhynchus</i> en fonction de la taille des anguilles de l'estuaire du Mafrag.	91
Figure 85: Distribution spatiotemporelle de la prévalence de <i>Paraquimperia tenerrima</i>	91
Figure 86 : Distribution spatiotemporelle de l'abondance de <i>Paraquimperia tenerrima</i>	92
Figure 87: Distribution spatiotemporelle de l'intensité et de <i>Paraquimperia tenerrima</i>	92
Figure 88 : Répartition du taux d'infestation par <i>Paraquimperia tenerrima</i> , en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira	93
Figure 89: Répartition des charges d'infestation par <i>Paraquimperia tenerrima</i> , en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.	93
Figure 90 : Répartition du taux d'infestation par <i>Paraquimperia tenerrima</i> , en fonction de la taille des anguilles du Mafrag.	94
Figure 91: Répartition des charges d'infestation par <i>Paraquimperia tenerrima</i> , en fonction de la taille des anguilles de l'estuaire du Mafrag.	94
Figure 92: Distribution spatiotemporelle de la prévalence de <i>Pseudoterranova decipiens</i>	95
Figure 93: Distribution spatiotemporelle de l'intensité et l'abondance de <i>Pseudoterranova decipiens</i>	96
Figure 94 : Répartition du taux d'infestation par <i>Pseudoterranova decipiens</i> en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.	97
Figure 95: Répartition des charges d'infestation par <i>Pseudoterranova decipiens</i> en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.	97
Figure 96: Variations mensuelles de la température (°C) de l'eau du Mafrag	98
Figure 97: Variations mensuelles du pH de l'eau du Mafrag	99
Figure 98: Variations mensuelles de la teneur en oxygène dissous (mg/l) de l'eau du Mafrag	99
Figure 98: Variations mensuelles de la teneur en oxygène dissous (mg/l) de l'eau du Mafrag	100
Figure 100: Variations mensuelles de la température (°C) de l'eau du lac oubeira.	101

Figure 101: Variations mensuelles du pH de l'eau du lac Oubeira	101
Figure 102: Variations mensuelles de la teneur en oxygène dissous (mg/l) de l'eau du lac Oubeira	102
Figure 103 : Variations saisonnières du coefficient de vacuité de l'anguille du Mafrag.	114
Figure 104 : Evolution mensuelle du coefficient de vacuité chez les anguilles des 2 plans d'eau.	115
Figure 105 : Fréquences des proies ingérées par l'anguille du Mafrag.	116
Figure 106 : Fréquence d'apparition des proies ingérées par les anguilles des différentes classes de taille (lac Oubeira).	117
Figure 107 : Fréquence d'apparition des proies ingérées par les anguilles des différentes classes de taille (Estuaire Mafrag)	117
Figure 108: Variations du coefficient de vacuité (VC en %) en fonction de la taille des anguilles du Mafrag.	118
Figure 109 : Fréquences d'apparition des proies en fonction de la taille des anguilles du Mafrag.	120
Figure 110: Distribution mensuelle des tailles au sein des populations d'anguilles échantillonnées. (Classe de taille (en cm) en abscisses, Pourcentage en ordonnées)	122
Figure 111 : Effectifs observés au sein des différentes classes de taille des deux populations d'anguilles	123
Figure 112: Evolution mensuelle de la taille moyenne des populations d'anguilles du Mafrag	124
Figure113: Modélisation de la croissance en longueur (Modèle de Von Bertalanffy) à partir de la lecture directe des otolithes	124
Figure 114 : Distribution mensuelle des poids frais au sein des populations d'anguilles collectées dans le Mafrag (Classes de poids (en g) en abscisses, Pourcentage en ordonnées)	125
Figure 115 : Effectifs observés au sein des différentes classes de poids des anguilles du Mafrag	126
Figure 116 : Variations mensuelles du poids frais moyen au sein des populations d'anguilles du Mafrag	127
Figure 117 : Courbe théorique de la croissance pondérale des deux populations d'anguilles du Mafrag	127
Figure 118 : Evolution du poids total en fonction de la taille de l'anguille du Mafrag (premier cycle)	128
Figure 119 : Evolution du poids total en fonction de la taille de l'anguille du Mafrag (second cycle)	129
Figure 120 : Variations mensuelles du coefficient de condition des anguilles du Mafrag (Kc)	129
Figure 121 : Evolution du coefficient de condition (Kc) en fonction de la taille	130
Figure 122 : Evolution du coefficient de condition (Kc) en fonction du poids	131
Figure 123 : Evolution du coefficient de condition (Kc) en fonction de l'âge des anguilles du Mafrag	132
Figure 124: Fréquences observées des diamètres antéropostérieurs (D) et dorso-ventraux (d) chez les anguilles étudiées (A et C au premier cycle; B et D au second)	133

Figure 125 : Régression linéaire entre les diamètres de l'otolithe (d et D) des anguilles de l'estuaire du Mafrag (A : premier cycle; B : second cycle).	134
Figure 126: Evolution dimensionnelle de la sagittae en relation avec la taille de l'anguille de l'estuaire du Mafrag (A et B : premier cycle; C et D:second cycle)	135-136
Figure 127: Représentations graphiques de la relation liant les diamètres (D) et (d) de la sagittae et la longueur totale (L) de l'anguille (A et C premier cycle; B et D second cycle)	137
Figure 128: Distributions mensuelles des âges au sein des populations d'anguilles échantillonnées (Ages (en années) en abscisses, Pourcentage en ordonnées)	138
Figure 129: Pourcentage des âges observés chez les populations d'anguilles des deux cycles.	139
Figure 130: Evolution mensuelle de l'âge moyen au sein des populations ciblées	139
Figure 131: Distributions des tailles moyennes au sein des différentes classes d'âges observés	140
Figure 132: Distributions des poids frais moyens au sein des différentes classes d'âges observés	141
Figure 133: Distributions des diamètres (D) et (d) de l'otolithe au sein des différentes classes d'âges observés chez les populations d'anguilles (A et C 2007 ; B et D 2009)	142
Figure 134: Corrélations entre les diamètres (D) et (d) de l'otolithe et l'âge des anguilles capturées en 2007 (A et C) et en 2009 (B et D)	143
Figure 135: Distribution mensuelle des tailles au sein de la population d'anguilles de l'Oubeira (Classes de taille (en cm) en abscisses, Pourcentage en ordonnées)	145
Figure 136: Effectifs observés au sein des différentes classes de taille des anguilles du lac Oubeira	146
Figure 137: Evolution mensuelle de la taille moyenne de la population d'anguilles de l'Oubeira	146
Figure 138 : Modélisation de la croissance en longueur (Modèle de Von Bertalanffy) à partir de la lecture directe des otolithes	147
Figure 139 : Distribution saisonnière des poids frais au sein des populations d'anguilles collectées (Classes de poids (en g) en abscisses, Pourcentage en ordonnées)	147-148
Figure 140 : Effectifs observés au sein des différentes classes de poids des anguilles	148
Figure 141 : Variations mensuelles du poids frais moyen au sein de la population d'anguilles de l'Oubeira	149
Figure 142 : Courbe théorique de la croissance pondérale de la population d'anguilles de l'Oubeira	149
Figure 143 : Evolution du poids total en fonction de la taille de l'anguille de l'Oubeira	150
Figure 144 : Variations mensuelles du coefficient de condition (Kc) des anguilles de l'Oubeira	151
Figure 145 : Evolution du coefficient de condition (Kc) en fonction de la taille(A), du poids(B), de l'âge(C)	151-152
Figure 146: Fréquences observées des diamètres antéropostérieurs (D) et dorso-ventraux (d) chez les anguilles étudiées	153
Figure 147 : Régression linéaire entre les diamètres de l'otolithe (d et D) des anguilles du lac Oubeira	154

Figure 148: Evolution dimensionnelle de la sagittae en relation avec la croissance dimensionnelle de l'anguille	154-155
Figure 149: Représentations graphiques de la relation liant les diamètres (D) et (d) de la sagittae et la longueur totale (L) de l'anguille	155
Figure 150: Distributions saisonnières des âges au sein de la population d'anguilles échantillonnée à l'Oubeira (Ages (en années) en abscisses, Pourcentage en ordonnées)	156
Figure 151: Pourcentage des âges observés chez la population d'anguilles de l'Oubeira.	157
Figure 152: Evolution temporelle de l'âge moyen au sein de la population ciblée.	157
Figure 153: Distributions des tailles (A) et des poids frais (B) au sein des différentes classes d'âges observés	158
Figure 154: Distributions des diamètres (D) et (d) de l'otolithe au sein des différentes classes d'âges observés chez la population d'anguille de l'Oubeira	159
Figure 155: Corrélations entre les diamètres (D) et (d) de l'otolithe et l'âge des anguilles	160
Figure 156: photographie de 2 vessies natatoires saines (celle de gauche abritant des parasites, celle de droite n'abritant pas de vers).	161
Figure 157: Proportions des vessies saines (parasitées ou non parasitées).	162
Figure 158: Proportions des vessies lésées (parasitées ou non parasitées).	162
Figure 159 : Proportions des différents stades larvaires.	164
Figure 160 : Répartition mensuelle des différents stades larvaires.	165
Figure 161: Parasitisme par <i>Anguillicola crassus</i> en relation avec l'âge des anguilles échantillonnées dans le Mafrag (2007-2009)	166-167
Figure 162: Nombre d' <i>A. crassus</i> hébergé dans chaque groupe d'âge (2007-2009)	167
Figure 163: Parasitisme par <i>Anguillicola crassus</i> en relation avec l'âge des anguilles échantillonnées	168-169
Figure 164: Nombre d' <i>A. crassus</i> hébergé dans chaque groupe d'âge	169

LISTE DES TABLEAUX	PAGES
Tableau 1: Répartition géographique du genre <i>Pseudodactylogyrus</i>	40
Tableau 2 : Relevé bibliographique des localités et des hôtes dans lesquels <i>Bothriocephalus claviceps</i> a été signalé	45
Tableau 3: Description des données dans le Mafrag	103
Tableau 04: Description des données dans l'Oubeira	104
Tableau 5: Analyse de la variance univariée ANOVA dans l'estuaire du Mafrag	106
Tableau 6: Analyse de la variance univariée ANOVA dans le lac Oubeira	107
Tableau 7 : groupes homogènes (Oubeira)	110
Tableau 8 : groupes homogènes (Mafrag)	111
Tableau 9. Relation d'allométrie entre le poids total et la longueur totale de l'anguille de l'estuaire du Mafrag.	128
Tableau 10. Relation d'allométrie entre le poids total et la longueur totale d' <i>Anguilla anguilla</i> du lac Oubeira	150
Tableau 11 : Etat de la vessie natatoire (en fonction des mois).	161
Tableau 12 : Etat de la vessie natatoire (en fonction des saisons).	163
Tableau 13: Comparaison des allométries et des coefficients de condition chez les anguilles saines et parasitées.	170
Tableau 14: comparaison des allométries et des coefficients de condition chez les anguilles saines et parasitées.	171
Tableau 15: Comparaison entre les anguilles parasitées et non parasitées des anguilles du Mafrag	172
Tableau 16: Comparaison entre les anguilles parasitées et non parasitées des anguilles de l'Oubeira	173
Tableau 17 : Tailles annuelles moyennes (en mm) atteintes par les anguilles dans différents milieux (valeurs observées ou rétrocalculées*).	189

Introduction	1
Matériel et méthodes	5
1. Zones d'étude.....	5
1.1 Lac Oubeira.....	5
1.2. L'estuaire du Mafrag.....	6
2. Présentation de l'anguille européenne.....	8
2.1. Position systématique.....	8
2.2. Tendances géographiques.....	9
2.3. Habitat.....	11
2.4. Cycle biologique.....	12
2.5. Régime alimentaire de l'anguille européenne et rôle de l'espèce dans son écosystème.....	20
3. Mesure des paramètres physico chimiques de l'eau.....	20
4. Capture et traitement des anguilles.....	21
5. Otolithométrie.....	23
5.1. Description de l'otolithe.....	24
5.2. Microstructure.....	25
5.3. Principe de l'otolithométrie.....	26
5.4. Extraction et préparation des otolithes.....	28
6. Paramètres de croissance.....	29
6.1. Indice de performance de croissance Φ	30
6.2. Taux de croissance absolue (Gx, en cm/an).....	30
6.3. Relation taille/poids.....	30
6.4. Indice de condition de Fulton.....	30
7. Indices épidémiologiques.....	31
8. Régime alimentaire.....	31
9. Analyse statistique.....	32
Résultat	36
2.1. Parasites rencontrés.....	36
2.1.1. <i>Pseudodactylogyrus sp</i>	36
2.1.2. <i>Ergasilus sp</i>	40
2.1.3. <i>Bothriocephalus claviceps</i>	42
2.1.4. <i>Anguillicola crassus</i>	46
2.1.5. <i>Cucullanus sp</i>	51
2.1.6. <i>Echinorhynchus sp</i>	53
2.1.7. L'espèce <i>Paraquimperia tenerrima</i>	55
2.1.8. L'espèce <i>Pseudoterranova decipiens</i>	57
2.2. Indices parasitaires.....	61
2.2.1. Les ectoparasites.....	61
2.2.1.1. Répartition mensuelle des indices parasitaires de <i>Pseudodactylogyrus sp</i>	61
2.2.1.2. Répartition des indices parasitaires de <i>Pseudodactylogyrus sp</i> . en fonction des classes de taille.....	62
2.2.1.3. Répartition mensuelle des indices parasitaires d' <i>Ergasilus sp</i>	64
2.2.1.4. Répartition des indices parasitaires d' <i>Ergasilus sp</i> . en fonction des classes de taille.....	65
2.2.2. Les endoparasites.....	66
2.2.2.1. Répartition mensuelle des indices parasitaires d' <i>Anguillicola crassus</i>	66

2.2.2.2. Répartition des indices parasitaires d' <i>Anguillicola crassus</i> en fonction des classes de taille.....	69
2.2.2.3. Répartition mensuelle des indices parasitaires de <i>Bothriocephalus claviceps</i>	73
2.2.2.4. Répartition des indices parasitaires de <i>Bothriocephalus claviceps</i> en fonction des classes de taille.....	76
2.2.2.5. Répartition mensuelle des indices parasitaires de <i>Cucullanus sp</i>	80
2.2.2.6. Répartition des indices parasitaires de <i>Cucullanus sp.</i> en fonction des classes de taille.....	82
2.2.2.7. Répartition mensuelle des indices parasitaires d' <i>Echinorhynchus sp</i>	86
2.2.2.8. Répartition des indices parasitaires d' <i>Echinorhynchus sp.</i> en fonction des classes de taille.....	88
2.2.2.9. Répartition mensuelle des indices parasitaires de <i>Paraquimperia tenerrima</i>	91
2.2.2.10. Répartition des indices parasitaires de <i>Paraquimperia tenerrima</i> en fonction des classes de taille.....	93
2.2.2.11. Répartition mensuelle des indices parasitaires de <i>Pseudoterranova decipiens</i>	95
2.2.2.12. Répartition des indices parasitaires de <i>Pseudoterranova decipiens</i> en fonction des classes de taille.....	96
2.2.3. Les paramètres physico-chimiques.....	98
2.2.3.1. Estuaire du Mafrag.....	98
2.2.3.2. Lac Oubeira.....	100
2.2.4. Résultats des analyses statistiques univariées.....	103
2.2.4.1. Description des données.....	103
2.2.4.2 Analyse de la variance univariée ANOVA.....	105
2.2.4.3. Analyse statistique bivariée.....	108
2.3. Etude du régime alimentaire.....	114
2.3.1. Variations Saisonnières du coefficient de vacuité (Cv%).....	114
2.3.2. Fréquences d'apparition des proies (F%).....	115
2.3.3. Variation du coefficient de vacuité (Cv%) en fonction des classes de taille.....	118
2.4. Caractérisation des populations d'anguilles collectées.....	121
2.4.1. Dans le Mafrag.....	121
2.4.1.1. Morphométrie.....	121
2.4.1.2. Otolithométrie.....	132
2.4.2. Dans l'Oubeira.....	144
2.4.2.1. Morphométrie.....	144
2.4.2.2. Otolithométrie.....	152
5.1. Impact d' <i>Anguillicola crassus</i> sur la vessie de l'anguille du Mafrag.....	161
5.1.1. Etat de la vessie natatoire (en fonction des mois).....	161
5.1.2. Proportions saisonnières des vessies gazeuses saines et lésées.....	163
5.1.3. Proportions des différents stades larvaires.....	164
5.1.4. Répartition mensuelle des différents stades larvaires.....	164
5.2. Impact d' <i>Anguillicola crassus</i> sur la croissance de l'anguille.....	166
5.2.1. Parasitisme en fonction de l'âge.....	166
5.2.2. Allométrie.....	169
5.2.3. Taux de croissance absolue (Gx).....	172
Discussion.....	174
Conclusion et perspectives.....	197
Références bibliographiques.....	199

Introduction

Introduction:

En Algérie la pêche est une ressource de matière protéique non négligeable en raison des besoins alimentaires croissants. Dans la région d'El Kala, la pratique de la pêche de l'Anguille, connaît un succès considérable avec de bons rendements économiques. Cette région dispose d'une grande zone de pêche et de potentialités hydriques naturelles appréciables telles que le complexe de zones humides du PNEK qui abrite la lagune El Mellah, le lac Oubeira et le lac Tonga. La pratique de la pêche de l'anguille dans ces trois plans d'eau a débuté depuis déjà quelques décennies. La production annuelle moyenne signalée était de l'ordre de 80 tonnes dont la presque totalité est exportée vers l'Italie (Rapport MPRH, 2004).

L'Anguille est longtemps apparue comme une espèce commune; représentative de l'ichtyofaune des milieux littoraux (lagunes, estuaires, marais maritimes) et des eaux continentales (lacs, étangs, bassins versants). Elle présente un grand intérêt biologique car elle constitue parfois la moitié de la biomasse piscicole, comme dans les cours d'eau bretons (Porcher, 1992). Elle représente également une haute valeur halieutique, en étant la principale espèce exploitée par la pêche artisanale dans les lagunes méditerranéennes (Lecomte-Finiger et Bruslé, 1984).

Il y a quelques années de cela, l'anguille a acquis une réputation de poisson résistant qui effectue des migrations de grande ampleur, depuis la mer des Sargasses jusqu'aux eaux continentales européennes et nord africaines. Malgré la confrontation permanente de ce poisson à différents types d'agresseurs, il paraissait peu vulnérable aux diverses dégradations de la qualité des eaux (réchauffement, turbidité, pollution,...) induites par les activités humaines, urbaines, agricoles et industrielles. Mais depuis le début des années 80, une diminution des populations d'anguilles à l'échelle européenne a été notée et suite à cela l'ensemble des travaux de recherche entrepris, depuis, se sont orientés vers une évaluation des stocks et la recherche des causes expliquant les tendances observées. Cette espèce, à tous les stades de développement, est économiquement importante pour les pêcheries estuariennes et fluviales.

La facilité d'échantillonnage en milieu continental permet de multiplier les travaux de recherche sur ces aspects du cycle ; mais, en revanche, la phase océanique et certaines étapes importantes du cycle biologique, restent peu connues. Il est, par exemple, impossible de

pratiquer l'élevage de cette espèce mystérieuse ; c'est pour cela que des axes de recherche s'orientent vers la pluridisciplinarité autour de biologistes, statisticiens et océanographes pour accéder aux données manquantes du cycle, indispensable pour comprendre « la ressource anguille ».

Pour toutes ces raisons, l'anguille européenne doit être considérée comme une espèce parapluie, c'est-à-dire que toute aide à la gestion durable de cette espèce ne peut être que profitable pour toutes les autres.

Ainsi, sur le plan écologique, l'anguille représente un excellent « bio-indicateur » de la qualité de l'environnement. Cette capacité de bio- indicateur peut s'exprimer à différentes échelles d'espace et de temps. Par exemple, lorsqu'une population d'anguille est abondante dans l'ensemble d'un cours d'eau, cela indique la présence et l'accessibilité d'habitats diversifiés (marais, plaines d'inondation de vallées fluviales, zones amont des cours d'eau, etc..), mais également la qualité de l'eau sur le plan physico-chimique, l'espèce étant particulièrement sensible aux pollutions diffuses. Par ailleurs, du point de vue écologique, les parasites jouent un rôle potentiel comme indicateurs de la qualité de l'eau (Khan et Thulin, 1991, Mackenzie et *al*, 1995 ; Valtonen et *al*, 1997) et les charges parasitaires sont proposées comme indices servant d'indication pour certains polluants. Cependant, certaines études ont impliqué les dactylogyridés pour contraster la réponse entre l'espèce et sa susceptibilité à certains polluants (Khan et *al*, 1994).

Les causes évoquées pour la diminution des stocks d'anguilles sont multiples (Moriarty, 1987; Bruslé, 1994; Castonguay et *al.*, 1994a; Haro et *al.*, 2000 ; Feunteun, 2002; Starkie, 2003) et restent d'ailleurs valides pour plusieurs espèces. Parmi elles, on peut citer : (1)la diminution des capacités reproductrices, migratoires, de résistance aux stress par l'effet des xénobiotiques (Bruslé, 1990; Hodson et *al.*, 1994; Couillard et *al.*, 1997; Robinet et Feunteun, 2002; Yamaguchi et *al.*, 2003) ; (2)l'installation de nombreux obstacles à la migration (Moriarty et Dekker, 1997; McCleave, 2001) ; (3)le risque de surpêche, avéré sur certains hydrosystèmes (Ciccotti, 1997; Dekker, 2000b; Briand et *al.*, 2003); (4)une augmentation de la mortalité naturelle avec l'explosion démographique de certains prédateurs suite à leur protection totale comme les populations de hérons (*Ardea sp.*) et de cormorans (*Phalacrocorax sp.*) depuis une vingtaine d'années (Feunteun et Marion, 1994; Adam, 1997) et (5) enfin les infestations parasitaires étant donné que l'anguille offre la particularité

d'héberger un grand nombre de parasites (46 espèces de parasites ont été identifiées dans les anguilles d'un lac danois (Koie, 1988 a et b).

Les activités piscicoles de cette espèce peuvent être confrontées à des problèmes pouvant affecter ces rendements. Parmi ces obstacles, on peut considérer les effets néfastes de pathologies parasitaires ; car certaines parasitoses peuvent être à l'origine de pertes considérables dans les élevages contrôlés par l'homme (Bauer et *al*, 1969 ; Robert, 1997).

De part la bibliographie consultée à ce sujet nous remarquons que l'anguille peuplant les plans d'eau algériens n'a pas fait l'objet de nombreuses études. Les travaux sur l'anguille ont timidement commencé en 1999 (Meddour et al, 1999) et ne se sont poursuivis qu'après 2004, dans le complexe de zones humides du PNEK (Djebbari et al, 2005 et 2009 ; Loucif et al, 2009).

Vu l'intérêt économique et biologique que présente l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) et vu le danger et l'état alarmant de cette population à l'échelle mondiale (qui se situe en dehors des limites biologiques de sécurité), nous nous sommes intéressés à la biologie de l'anguille peuplant un milieu estuarien « l'estuaire du Mafrag » et un lac d'eau douce « le lac Oubeira », à l'inventaire de ses parasites et à l'impact du ver nématode *Anguillicola crassus* sur la vessie natatoire et la croissance de l'anguille.

Cette thèse s'articule sur 4 parties principales :

Partie 1 : Introduction dans laquelle la problématique est exposée ;

Partie 2 : Matériels et Méthodes : cette partie comprend un descriptif des sites d'étude, du matériel et des méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail de recherche; Dans cette partie nous avons présenté l'anguille européenne *Anguilla anguilla* (son écologie, sa reproduction, etc...) et les problèmes susceptibles de réduire la population de cette espèce; C'est, d'ailleurs, ce statut d'espèce vulnérable qui nous a poussé à entreprendre ce travail.

Partie 3 : Résultats : dans cette partie nous avons décrit tous les parasites rencontrés, l'évolution de leurs indices épidémiologiques en fonction de l'espace, du temps et de la taille de leurs hôtes ; Nous avons caractérisé les populations d'anguilles des deux plans d'eau ; nous

avons évalué la croissance des anguilles, l'âge par otolithométrie et nous nous sommes intéressés, plus particulièrement, à l'impact d'un ver parasite hématophage « *Anguillicola crassus* » sur la vessie natatoire et sur la croissance de l'anguille. Les données obtenues ont fait l'objet d'une analyse statistique.

Partie 4 : discussion et conclusion générale : dans cette partie sont discutés les résultats obtenus dans le cadre de cette étude avec ceux rapportés dans diverses régions où l'anguille européenne est présente ; enfin nous clôturons ce manuscrit par une conclusion et des perspectives d'études.

Matériel et Méthodes

1. ZONES D'ETUDE

1.1 Lac Oubeira

Le lac Oubeira est un étang, c'est-à-dire un plan d'eau douce de moins de 6 m de profondeur, situé à 5 km au sud-ouest d'El-Kala et 54 km à l'est d'Annaba. Ses coordonnées géographiques au centre du plan d'eau sont 36° 50' 695 Nord – 8° 23' 272. Il est distant de 2,3 km du lac Mellah qui se trouve au nord ouest.

Ce lac de 2200 ha, profond de 4 mètres au maximum, s'inscrit dans un quadrilatère de 5 x 4 km et développe 19 km de rives. De forme grossièrement carrée, sa longueur selon un axe nord-sud passant par le milieu est de 4,20 km. La largeur selon un axe est-ouest passant par le milieu est de 5,22 km. Le périmètre est égal à 19,80 km. La superficie totale mesurée est de 2256 ha 70 ares 40 ca, soit 2257 ha environ, son altitude moyenne est de 25 m. Fonctionnant de manière endoréique, il est alimenté par quatre cours d'eau importants : l'oued Demnet Rihana au nord, l'oued Boumerchene au Nord-Est, l'oued Dey L'Graa à l'est et l'oued Messida au Sud. En hiver, à l'occasion des fortes précipitations, les eaux de l'Oued El-Kebir parviennent au lac principalement par l'oued Messida. En été, quand le niveau de l'oued El-Kebir est au plus bas, le système hydrologique fonctionne en sens inverse, l'oued Messida ayant cette singularité de couler dans les deux sens selon la crue ou l'étiage. La pluviométrie annuelle varie entre 700 et 800 mm Le plan d'eau représente environ 22% de la superficie totale du bassin versant.

Le lac Oubeira fait l'objet d'une exploitation halieutique commerciale, il est également utilisé pour l'irrigation et pendant une décennie, il a servi de source d'approvisionnement en eau potable pour la ville d'El Kala.

En 1990, le lac s'est complètement asséché par les effets conjugués d'une longue période de sécheresse et de l'intensification des prélèvements d'eau pour l'irrigation et l'AEP.

Son bassin versant a une surface de 125 Km²; la portion du territoire consacrée à l'agriculture (16 % de la superficie) ; étroitement liées aux pratiques agricoles de la région, les aires de parcours du bassin versant occupent 399 ha, soit 4 %. Les zones urbanisées (5% du territoire) occupent essentiellement deux territoires communaux, celui d'El Kala au Nord et celui d'Aïn El Assel au Sud soit une densité de population de 135 habitants par km².

1.2. L'estuaire du Mafrag

L'Estuaire de la « Mafrag » se forme à 1800 mètres de la Méditerranée; s'étend sur une longueur de 2 km avec des largeurs de 50 m en amont à 100 m en aval (à l'approche de

l'embouchure avec la mer). Cette partie de la Mafrag fait suite à la rencontre de l'oued Bounamoussa et de l'oued El Kébir.

L'oued « Bounamoussa » draine une vaste dépression de marécages et de terres basses située du côté Ouest de l'estuaire. L'oued El Kébir et son confluent l'oued Chourka drainent la partie Est constituée d'une vaste étendue marécageuse de plusieurs milliers d'hectares ; L'ensemble des zones marécageuses de part et d'autre du cours du « Mafrag » et de « Bounamoussa » couvre une surface d'environ 15 000ha

Cet oued a une profondeur de 2 à 3 m selon les endroits. L'eau y est saumâtre durant une bonne partie de l'année ; des baisses de la salinité sont, cependant, notées en période hivernale (au moment des pluies)

Le long des rives de l'oued et au point de convergence des trois Oueds : « El Kébir », « Chorka » et « Bounamoussa », se développe une végétation riche en phragmite et par endroits en tamaris. Sur les terrains inondables se développent des salicornes

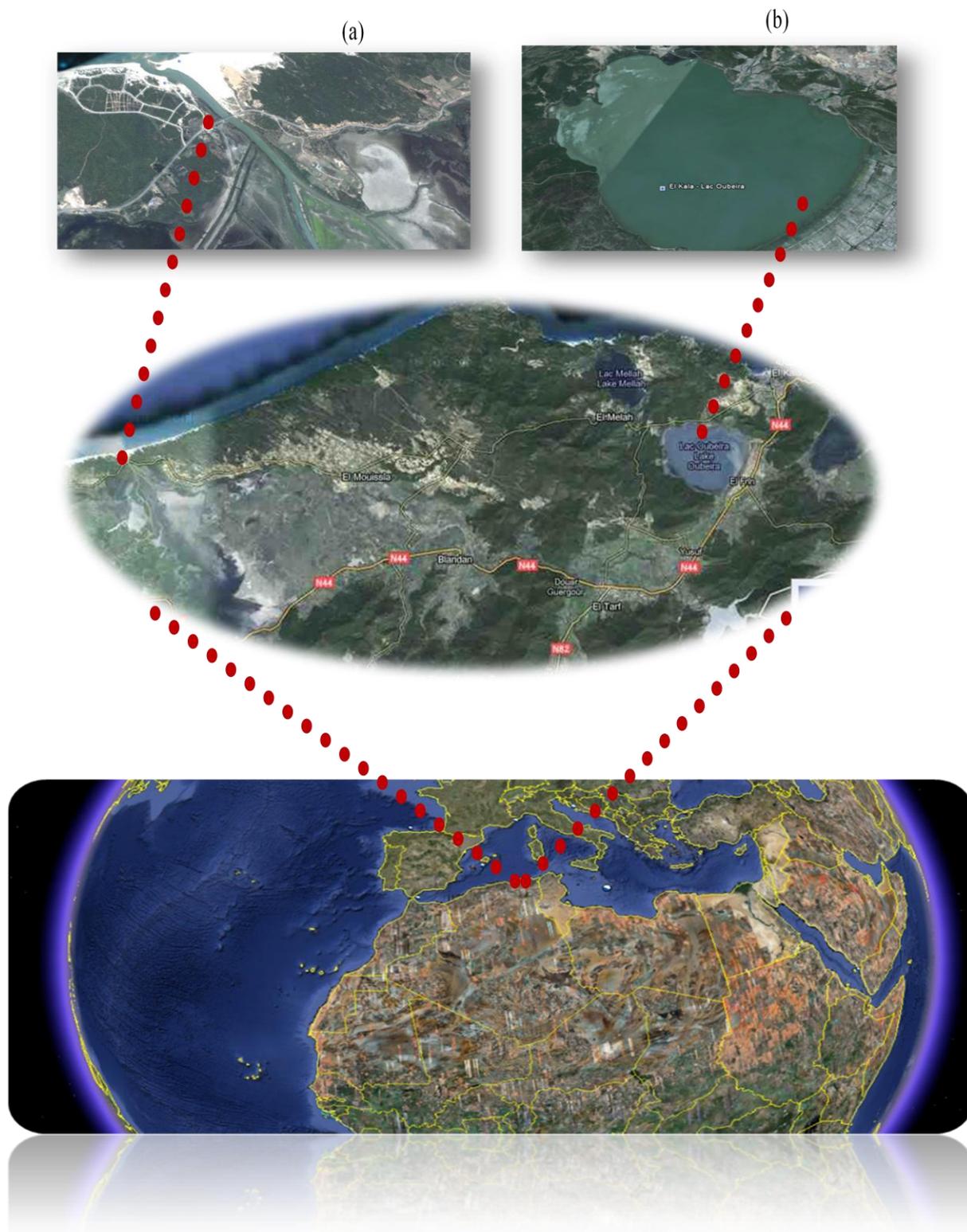


Figure 1 : Sites d'étude (photo par satellite Google Earth 2010(échelle 2mi/ 5km))
(a) Estuaire du Mafrag
(b) Lac Oubeira

2. Présentation de l'anguille européenne

2.1. Position systématique

Les anguilles font partie de la classe des *Ostéichthyens*, de la sous-classe des Apodes, de l'ordre des *Anguilliformes* et de la famille des *Anguillidés* dont elles constituent le genre *Anguilla* (Blache et *al.*, 1973). Leur stade larvaire (i. e. leptocephale) qui présente une morphologie et des adaptations originales est caractéristique du superordre des Elopomorphes (Pfeiler, 1999) (fig. 2).

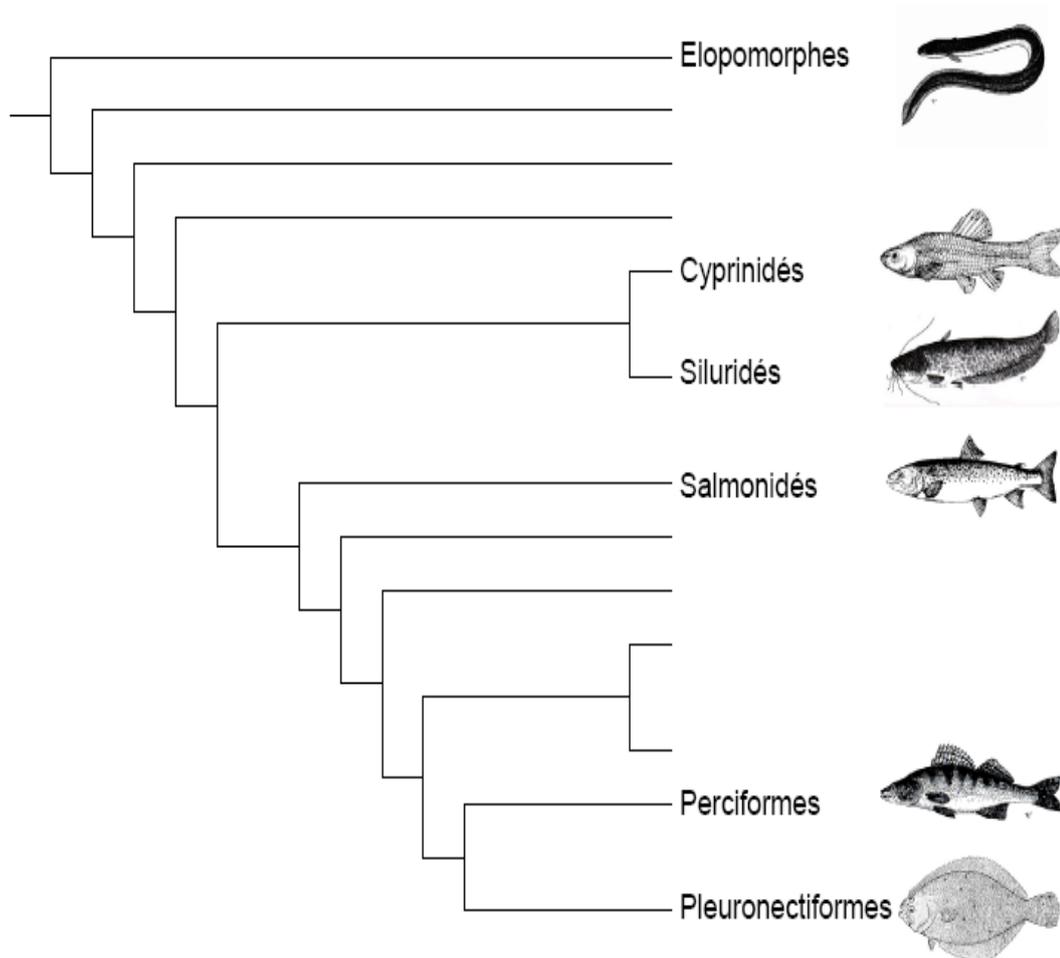


Figure 2 : Phylogénie simplifiée des Téléostéens, montrant la position relative des Elopomorphes vis à vis d'autres groupes importants, d'après Rousseau (2000).

On dénombreait 2 espèces Atlantiques et entre 16 et 17 espèces Indo-pacifiques selon les auteurs (Tesch, 1977) jusqu'à l'étude de Watanabe et *al.* (2005) qui démontre par des critères morphologiques et génétiques qu'il existe en fait 15 espèces au niveau mondial. Il existe des controverses quant à leur séparation phylogénétique (Bastrop et *al.*, 2000 ; Aoyama

et *al.*, 2001 ; Aoyama, 2003) et leurs aires de ponte ne sont pas toutes localisées avec certitude (Tsukamoto et *al.*, 2003 ; Miller, 2003). Les deux espèces Atlantiques occupent l'hémisphère nord. Leur détermination est basée sur le nombre de vertèbres et myomères (Tesch, 1977 ; Lecomte-Finiger, 1985). De plus, elles possèdent des aires de répartition bien distinctes :

- ▀ L'anguille américaine *Anguilla rostrata* (Lesueur, 1817) colonise le Nord-Est du continent américain (du Sud du Groenland au Venezuela). Elle posséderait quelques représentants dans le Nord de l'Europe ;
- ▀ L'anguille européenne *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758) est essentiellement localisée dans la partie Ouest de l'Europe.

2.2. Tendances géographiques

L'anguille européenne est une espèce diadrome thalassotoque, dont le cycle de vie comprend deux trajets migratoires importants qui lui confèrent un titre de « grand migrateur ».

L'espèce est vraisemblablement constituée d'un seul stock de reproducteurs dans la mer des sargasses. Les œufs éclosent en mer des Sargasses et les larves sont portées par les courants marins en direction Nord Nord-Est jusqu'à l'atteinte des côtes européennes (au bout de 1 à 3 ans) ; elles subissent différentes transformations passant par les stades civelles, anguillette, anguille jaune et enfin anguille argentée, cette dernière constituant le stade précoce de maturation sexuelle qui cherche à retourner en mer des Sargasses pour pondre, puis mourir (Ginneken et Maes, 2005 ; Maes et *al.*, 2006).

L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) se trouve entre la côte atlantique de l'Afrique du Nord, dans toute l'Europe, notamment dans la mer Baltique et les eaux méditerranéennes de l'Europe, de l'Afrique du Nord et de l'Asie. On trouve également l'anguille européenne dans les îles Canaries, à Madère, aux Açores et en Islande (Schmidt, 1909). Cette dernière île est probablement unique car elle abrite également des anguilles américaines (*Anguilla rostrata*).

On a, en outre, observé une hybridation entre ces deux espèces en Islande (Avisé et *al.*, 1990). Il est généralement admis que l'anguille européenne se reproduit en mer des

Sargasses (bien que la reproduction n'ait jamais été directement observée), de sorte que la répartition des anguilles pendant leur migration de reproduction s'étend depuis l'Europe du Nord via l'océan Atlantique et jusqu'à la mer des Sargasses, au Nord Nord-Est des Antilles. Les larves nouvellement écloses sont portées par le Gulf Stream et par la dérive Nord Atlantique jusqu'à la côte continentale de l'Europe et de l'Afrique du Nord, bouclant ainsi le cycle biologique de l'anguille européenne. Il est généralement admis que l'anguille européenne constitue un seul stock panmictique (DeLigny et Pantelouris, 1973 ; Tesch, 1977 ; Avise, Helfman, Saunders et Hales, 1986 ; Lintas, Hirano et Archer, 1998).

Une récente étude (Wirth et Bernatchez, 2003) utilisant des marqueurs génétiques polymorphes a démontré l'existence d'une différenciation génétique. Les auteurs ont découvert que la répartition des génotypes indiquait une appareillage non aléatoire et donc un flux génétique limité parmi les anguilles provenant des trois grands groupes identifiés : respectivement les groupes Méditerranées, Mer du Nord et Baltique et Nordiques (Islande). Ces résultats pourraient avoir, bien sûr, des implications de grande envergure pour la gestion des anguilles. Néanmoins, de plus récentes études (Dannewitz et *al.*, 2005 ; Albert et *al.*, 2006 ; Pujolar et *al.*, 2006 ; Maes et *al.*, 2006 a et b) indiquent un schéma temporel plus subtil qui a pu passer pour un schéma spatial dans l'étude de Wirth et Bernatchez, en raison du prélèvement désynchronisé dans les zones Nord et Sud.

En revanche, même si l'identité exacte du stock islandais peut être contestée, l'abondance de l'anguille en Islande est si faible que ni la pêche, ni le commerce des anguilles en provenance d'Islande n'a d'impact sur le niveau de la population (Dekker, 2003b).

- L'aire de ponte se situe dans la mer des Sargasses (Schmidt, 1922), au large des côtes américaines (fig. 2). Elle s'étend entre 22° et 29° Nord, et entre 50° et 70° Ouest (Tesch, 1977). Les larves sont présentes dans une grande partie de l'Atlantique Nord mais aussi en Méditerranée occidentale, avec des tailles d'autant plus grandes qu'on s'approche des côtes européennes.

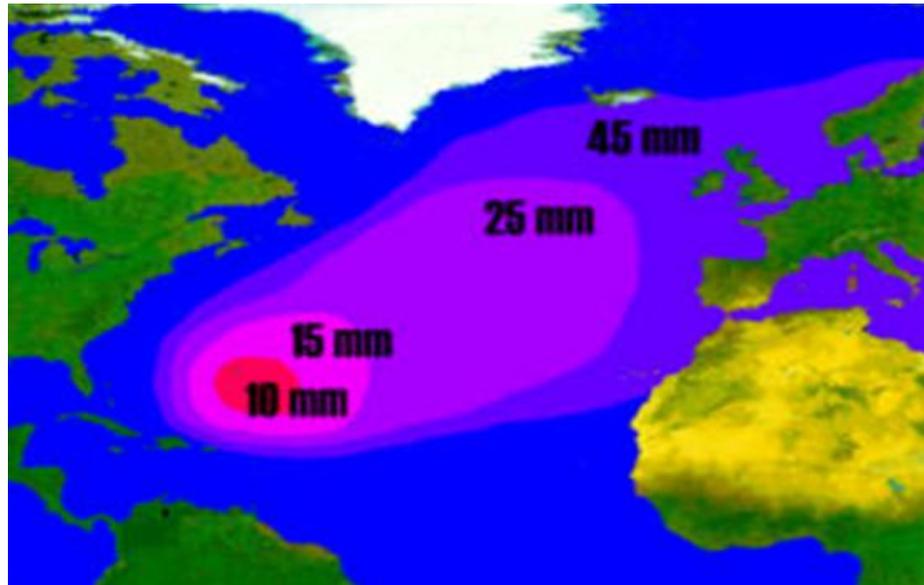


Figure 3 : Dispersion des larves leptocéphales depuis la mer des sargasses.

- La zone de croissance correspond aux zones côtières et aux cours d'eau de l'Europe et de l'Afrique du nord (Tesch, 1977; Dekker, 2003), s'étendant de l'Islande au Maroc voire même jusqu'aux côtes mauritaniennes. Sur la côte Atlantique, cette aire de répartition coïncide avec la périphérie de la grande circulation anticyclonique des masses d'eaux de l'Atlantique Nord. A l'intérieur de cette vaste aire de répartition, l'anguille occupe des habitats très variés, tant en milieu marin « zones côtières » (Sauvaget et *al.*, 2003), « estuaires » (Laffaille et *al.*, 2000), « lagunes » (Acou et *al.*, 2003) qu'en milieu dulçaquicole « rivières » (Feunteun et *al.*, 1998), « marais » (Feunteun, 1994).

2.3. Habitat

Bien que l'anguille européenne soit considérée comme une espèce tempérée, on trouve néanmoins des adultes reproducteurs et des larves nouvellement écloses dans les eaux tropicales de la mer des sargasses, dans les eaux sub-tropicales des Açores, des îles Canaris, de Madère, de la côte Atlantique du Nord-Ouest de l'Afrique et de la côte africaine de la méditerranée, ainsi que dans les eaux arctiques d'Islande, de Jan Mayen et de l'extrême nord de la Norvège (Schmidt, 1909).

En revanche, le rendement élevé de la production et des pêcheries d'anguille dans les eaux tempérées est en contradiction avec les préférences thermiques -de l'espèce- qui se situent entre 10 et 38°C ; avec une température optimale comprise entre 22 et 23°C (Boëtius et Boëtius, 1967 ; Sadler, 1979 ; Dekker, 2003b).

La limite de l'aire de répartition nordique n'est pas nette ; la densité des anguilles diminue progressivement (Dekker, 2003). On considère généralement l'anguille comme une espèce catadrome, c'est-à-dire qui se reproduit en mer, puis migre vers des zones d'eau douce au stade jaune où elle atteint la maturité sexuelle (anguille argentée). On trouve, néanmoins, des anguilles jaunes dans les habitats estuariens et côtiers de toute la zone d'habitat naturel des civelles et des anguilletes ; certaines demeurent même dans un habitat marin pendant tout leur cycle biologique (Tsukamoto, Nakai et Tesch, 1998 ; Daverat et *al.*, 2006).

Dans la mer Baltique, près de 80% des anguilles restent dans cet habitat marin pendant toute leur vie (Wickström et Westerberg, 2006).

En conclusion, l'anguille européenne occupe des habitats extrêmement variés au cours de son cycle biologique : 1) la reproduction, l'éclosion des larves et tous les stades de développement marins s'effectuent dans la zone marine pélagique de l'océan Atlantique, 2) on trouve les civelles, quelques anguilles jaunes et argentées à tous les stades de développement dans des eaux marines côtières peu profondes, 3) quelques civelles, des anguilletes, des anguilles jaunes et argentées colonisent et/ou croissent dans des lagunes et des estuaires, 4) certaines civelles, anguilletes, anguilles jaunes et argentées colonisent et/ou croissent dans des habitats d'eau douce, remontent les ruisseaux et les rivières, puis les étangs, les lacs et les réservoirs où elles peuvent rester pendant plusieurs années jusqu'à leur dernière dévalaison vers l'aire de reproduction. De ce fait, toute destruction d'habitat survenant dans tout type de plan d'eau a un impact négatif sur l'anguille européenne.

2.4. Cycle biologique

Son cycle est connu dans son ensemble depuis le début du vingtième siècle grâce aux travaux de Schmidt (1912, *in* Tesch, 1977), mais des travaux plus récents ont permis de préciser certaines étapes (Lecomte-Finiger et Yayhaoui, 1989). Cependant, de nombreuses inconnues, voire controverses, subsistent encore.

Le cycle de vie de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*, L.) est caractérisé par deux migrations transocéaniques de courte durée par rapport à la phase de croissance continentale, et deux métamorphoses avec, très certainement, une seule et ultime reproduction.

- **Phase de reproduction**

L'ensemble de la migration de reproduction des anguilles ainsi que les différents aspects de la reproduction restent à ce jour mal connus. Deux photographies attestent de la présence d'une anguille européenne ou américaine à grande profondeur (2045-2085 mètres) au large des îles des Bahamas (Robins et *al.*, 1979). Cette observation unique alimente l'hypothèse d'une reproduction à grande profondeur. On considère que l'anguille européenne, comme toutes les espèces d'anguillidés, est très vraisemblablement semelpare (Fontaine et *al.*, 1982), c'est-à-dire que tous les géniteurs meurent après la reproduction.

La période du frai se situe probablement au printemps (Schmidt, 1922) et plus précisément en mai et juin (Vladykov et March, 1975).

- **Stade « œuf »**

Jamais aucun œuf d'anguillidé n'a été récupéré dans le milieu naturel (Nilo et Frotin, 2001). Les informations disponibles proviennent donc d'expérimentations. Les œufs mesurent en moyenne 1mm à la ponte ; ils ont une forme ellipsoïdale (Tesch, 1993). Ils sont pélagiques (Tanaka, 2003) mais leur densité par rapport à l'eau de mer est variable (Seoka et *al.*, 2003).

L'éclosion commence une quarantaine d'heures après la fécondation (Tanaka, 2003). La longueur des larves à l'éclosion est comprise entre 2,5 et 3,0 mm (Prokhorchik, 1986). La résorption vitelline intervient une dizaine de jours après (Pederson, 2003).

- **Stades larvaires** : phases de migration transocéanique

Les individus sont en forme de feuille de saule qui, à tort, ont longtemps été considérées comme une espèce différente, *Leptocephalus brevirostris* (Grassi, 1896) ; La tête, petite, est comprimée latéralement d'où leur nom (fig. 4). Chez les anguillidés, la queue est arrondie. La longueur des larves capturées varie entre 5 et 80 mm (Schmidt, 1906). Ce stade, commun à tout les élopomorphes, est considéré comme une solution adaptative aux problèmes d'osmorégulation en zone marine (Hulet et Robins, 1989).



Figure 4 : Larve leptocéphale (Acou, 2006).

La migration transocéanique depuis l'aire de ponte vers l'aire de répartition continentale permet de distinguer quatre stades (I à IV) de leptocéphales (Grassi, 1913 ; Strubberg, 1913).

Schmidt (1922) établit une description des stades. Depuis les travaux de cet auteur, la migration est jugée classiquement passive, pourtant les études les plus récentes concluent à une migration active caractérisée par une nage à l'encontre du courant nord-équatorial pour une partie des individus (Tesch, 1982). La migration transocéanique varierait alors entre 7 et 11 mois (Lecomte-Finiger, 1992 ; Desaunay et Guerault, 1997) ou 3 ans (Schmidt, 1909 ; McCleave et *al.*, 1998) en fonction des méthodes utilisées pour déterminer l'âge des leptocéphales. Aux abords du talus continental, les larves se métamorphosent en civelles (anguilles non pigmentées), préparant ainsi leur colonisation des eaux continentales

- **Stade civelle** : première métamorphose, phase de migration margino-littorale et continentale anadrome

La métamorphose des leptocéphales en civelles intervient en Août-Septembre pour la plupart des individus. Elle s'accompagne d'une forte diminution du poids et de la longueur (Elie, 1979), ainsi que d'importantes modifications morphologiques, physiologiques et comportementales. On assiste entre autres transformations (i) au passage d'une forme aplatie à une forme sub-cylindrique identique à celle de l'adulte (fig. 5), (ii) à un arrêt de la nutrition, avec la perte des dents caractéristiques de la larve planctonique et la régression du tractus digestif, (iii) à une perte d'eau avec une augmentation conséquente de la minéralisation, (iv) à

un changement dans le fonctionnement du système endocrinien avec une activité accrue de la thyroïde et de l'hypophyse.



Figure 5 : Stade « civelle » de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) (Acou, 2006).

Ces civelles, après une courte phase de stabulation dans la zone littorale, entreprennent la remontée des estuaires d'abord par une "migration portée" (Gascuel, 1985) liée à l'utilisation des courants de marée, puis par une "migration nagée" correspondant à une nage active orientée vers l'amont (Gascuel, 1987). Précisons que la migration des civelles intervient essentiellement entre Octobre et Avril dans les estuaires du littoral Atlantique. Au cours de cette phase de colonisation, les transformations amorcées au cours de la métamorphose se poursuivent : l'alimentation et par conséquent la croissance reprennent (Bardonnnet et Riera, 2005) ; la civelle d'abord transparente devient anguillette (Elie et *al.*, 1982).

- **Stade anguillette** : phase de colonisation des eaux continentales

L'anguillette présente une pigmentation généralisée et correspond au stade VII décrit par Elie et *al.* (1982). Le stade anguillette est très souvent assimilé au stade plus global d'anguille jaune, or on considère que ce dernier correspond plutôt à une phase de sédentarisation de l'anguille (Laffaille et *al.*, 2005a). En fait, les anguillettes poursuivent leur migration vers l'amont comme en témoignent les observations dans les passes à anguilles (Elie et Rigaud, 1984 ; Moriarty, 1986 ; Legault, 1987 ; Baras et *al.*, 1994 ; Laffaille et *al.*, 2000 ; Feunteun et *al.*, 2003). Il est donc nécessaire de distinguer les anguillettes des anguilles jaunes selon ce critère de dynamique migratoire, même si pratiquement la caractérisation du comportement reste difficile.

Globalement, on pourra caractériser le stade « anguilette » comme celui qui correspond à la phase de cycle de vie continentale durant laquelle l'anguille pigmentée poursuit une migration vers l'amont et n'est pas sexuellement différenciée (Adam, 1997). Dans les milieux continentaux qui ne sont plus sous influence tidale, c'est essentiellement cette écophase qui entreprend la colonisation des hydrosystèmes continentaux (Feunteun et *al.*, 2003).

- **Stade anguille sédentaire "anguille jaune" : phase de sédentarisation et de croissance**

L'anguille jaune qui intervient ensuite correspond à une phase de croissance essentiellement "sédentaire" (Laffaille et *al.*, 2005a). Cependant, il semble exister, selon Daverat et *al.* (2006) des déplacements importants entre les différentes zones d'un bassin versant, voire entre les zones dulçaquicoles et les zones marines côtières. La croissance montre une grande variabilité individuelle et est de plus marquée par un fort dimorphisme sexuel: les femelles croissent plus rapidement et surtout plus longtemps que les mâles (Kushnirov et Degani, 1995). Il en résulte que la longueur des mâles est nettement moindre que celle des femelles pour des âges avancés (Sinha et Jones, 1966 ; Lee, 1979 ; Vollestad et Jonsson, 1988).



Figure 6 : Anguille jaune.

La différenciation sexuelle, très labile, apparaît à partir de 15-20 cm et jusqu'à 30 cm. Le déterminisme sexuel est induit par des facteurs écologiques et/ou environnementaux (Wiberg, 1983; Colombo-Grandi et Rossi, 1984). Il semble exister une répartition géographique différentielle en fonction des sexes : les plus grandes femelles sont dominantes dans les zones situées dans les zones de tête de bassin versant alors que les mâles sont

majoritaires dans les zones aval des hydrosystèmes (Haraldstad et *al.*, 1985; Vollestad, 1992). Enfin, notons que la détermination de l'âge chez l'anguille est très difficile. Les méthodes utilisées font l'objet de nombreuses controverses engendrant, par conséquent, des incertitudes sur la durée de cette phase de croissance. Cependant, des études ont pu montrer que cette phase de sédentarisation correspond à une phase de croissance active et d'accumulation de réserves qui peut durer de 5 à 9 ans dans les eaux françaises (Mounaix, 1992 ; Panfili et *al.*, 1992). La deuxième et dernière métamorphose qui permet le passage de l'anguille jaune à l'anguille argentée, met fin à cette étape.

Le stade anguille jaune est l'écophase la mieux connue car facilement accessible et échantillonnable en milieu continental. En dynamique des populations, ce stade présente l'intérêt d'une relative stabilité spatiale dans les cours d'eau (Laffaille et *al.*, 2005a).

De sorte que pour un site continental donné, il est possible de suivre l'évolution d'une cohorte entre son arrivée au stade anguillette et son départ au stade anguille argentée. Les effectifs de cette cohorte au stade sédentaire ne diminuent alors que sous l'influence des différents facteurs de mortalité.

- **Stade anguille argentée**

L'argenture est l'ultime métamorphose qui prépare l'anguille à la migration de reproduction grâce à tout un ensemble de modifications morphologiques et physiologiques qui marquent la limite entre deux étapes caractérisées par des modes de vie et des environnements très différents. Ces transformations débutent bien avant la migration elle-même et sont -à ce titre -anticipatrices (Fontaine, 1994). Elles débutent au printemps, sous l'effet de facteurs endogènes bien avant les manifestations externes qui n'apparaissent qu'à la fin de l'été et à l'automne et aboutissent à la dévalaison sous l'effet de facteurs exogènes. A ce jour, aucun facteur interne ou externe n'a été clairement désigné comme initiateur de la métamorphose (Eelrep, 2005).



Figure 7 : Anguille argentée

- **Phase de migration de reproduction**

En phase océanique, les quelques travaux qui ont tenté de suivre le début de la migration (Tesch, 1974 ; 1979 ; 1989 ; 1992 ; Westin, 1990) montrent une orientation axée globalement vers la mer des Sargasses. Les travaux de Dufour (1994) présentent des arguments pour une migration à grande profondeur, la pression hydrostatique jouerait un rôle primordial dans la stimulation de la fonction gonadotrope (Dufour et Fontaine, 1985). Même si la trace des anguilles argentées disparaît aux abords du plateau continental, il est quand même admis que ces dernières regagnent l'océan pour parvenir à terme à l'aire supposée de reproduction (Sinha et Jones, 1975 ; Tesch, 1977). Cette migration de reproduction qui permet de couvrir entre 5000 et 6000 km, est donc encore fort mal connue. Le retour à la mer des Sargasses durerait 120 jours environ à une vitesse de 1,4 km/h (Boëtius et Boëtius, 1980). Le nombre d'ovules émis par la femelle est compris entre 800 000 et 1 400 000, ce qui confère à l'espèce une capacité de reproduction importante (Elie, 1998). Le pic d'intensité maximale des pontes se situerait entre les mois de mars et avril, en relation avec l'arrivée massive des civelles l'hiver suivant (Guerauld et *al.*, 1991). Les potentialités de survie des géniteurs après la ponte restent inconnues (Lecomte-Finiger, 1990 ; Lecomte-Finiger, 2004). Cependant, il est supposé que l'acte reproducteur conclut le cycle de vie de cette espèce qui serait donc semelpare (Tesch, 1977 ; Westerberg, 1979).

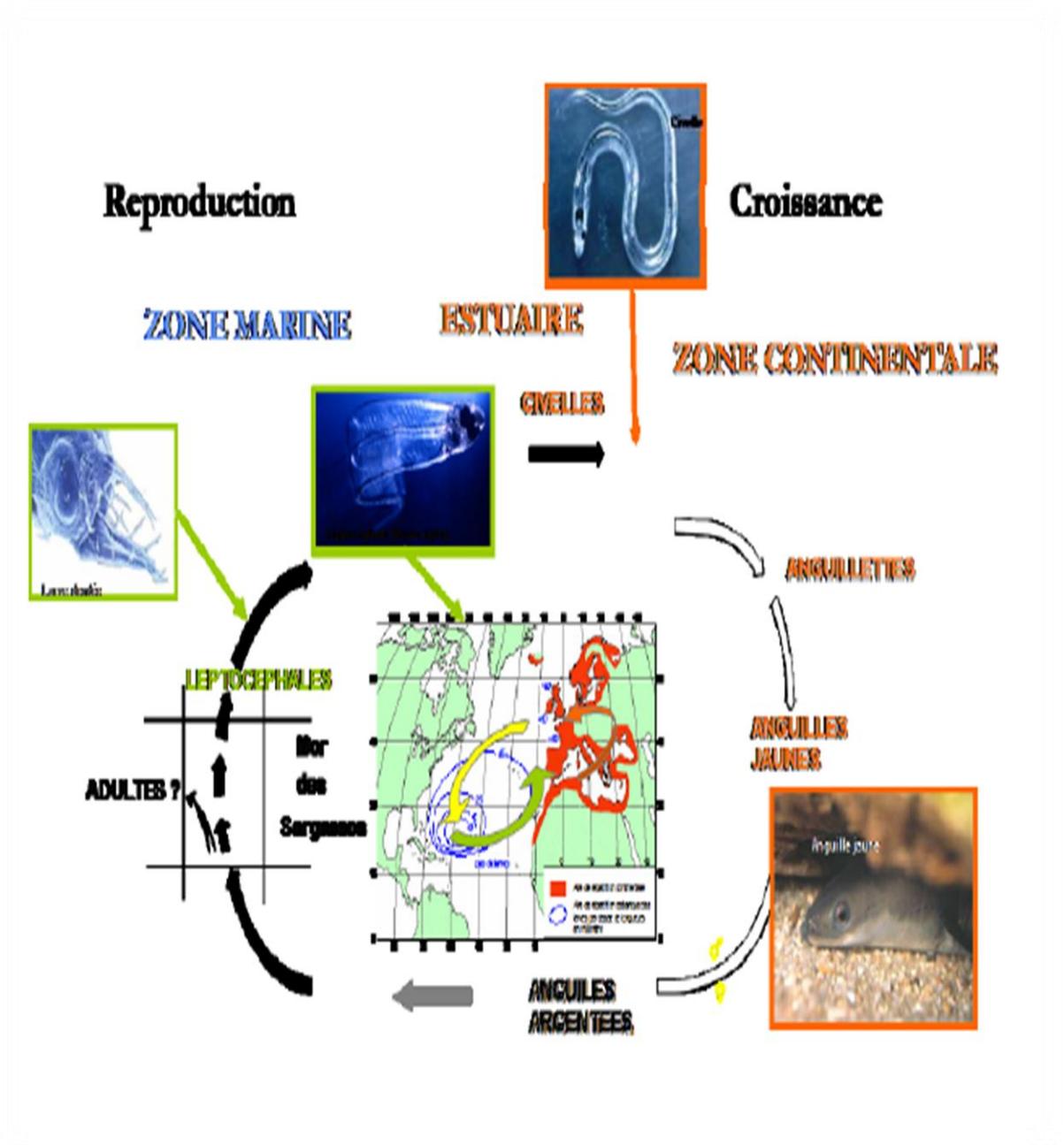


Figure 8 : Aire de répartition et cycle biologique de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L. 1758), adaptée de Germain (1927) pour l'aire continentale et Schmidt (1924) pour la répartition océanique des larves (Tiré de Baisez, 2001).

2.5. Régime alimentaire de l'anguille européenne et rôle de l'espèce dans son écosystème

Le rôle de l'anguille dans son écosystème est multiple compte tenu de sa fréquentation d'habitats très variés au cours de son cycle biologique. Les stades marins larvaires de l'anguille s'alimentent sans doute de plancton microscopique, mais il est très peu probable que cela ait un effet sur l'écosystème pélagique dans lequel ils vivent pendant environ 3 ans.

Au cours des stades de civelle et d'anguillettes, des proies plus grosses peuvent être capturées car ces stades sont plus mobiles que les stades plus précoces.

Enfin, au cours du stade d'anguille jaune, période de croissance, les anguilles deviennent des prédateurs omnivores. Les larves de chironome, les vers, les moules, les gastéropodes, les insectes, les crustacés (écrevisses d'eau douce, en particulier), les poissons et les œufs de poissons sont consommés en fonction de leur disponibilité ; des grenouilles et des petits rongeurs peuvent également être consommés. Le seul cas d'impact notable des anguilles sur leur écosystème a été observé en présence d'écrevisses d'eau douce (*Astacus astacus*) en rivière ou en lac. Après un peuplement d'anguilles, certaines populations d'écrevisses ont fortement diminué en raison de la prédation des anguilles.

Les anguilles ne semblent donc pas avoir un impact significatif sur le recrutement des autres espèces. La variété de son alimentation devrait rendre l'anguille plutôt sensible aux autres prédateurs ; au contraire, les anguilles jaunes présentent des taux de survie très élevés ; Moriarty (1987) attribue cette caractéristique des anguilles à leur évitement de tous les prédateurs (à tous les stades de développement) ainsi qu'à une survie élevée en présence de conditions sous-optimales pour la croissance. Même lorsque des civelles sont stockées dans des lacs où elles n'apparaîtraient jamais naturellement, un pourcentage élevé arrive à survivre jusqu'à leur capture comme anguilles jaunes ou argentées (Tulonen et Pursiainen, 1992).

3. Mesure des paramètres physico chimiques de l'eau

Les paramètres physico chimiques mesurés sont : la température, l'oxygène dissous, le pH et la salinité. La mesure a été effectuée mensuellement, pendant 12 mois, à l'aide d'un multiparamètre de terrain (Consort C 533 pour la mesure du pH) et deux radiomètres analytiques (pioneer 20 pour la mesure de la température et de l'oxygène dissous ; et pioneer 30 pour la mesure de la salinité). Après calibrage de l'appareil, la sonde est plongée dans

l'eau de l'estuaire puis la lecture se fait après stabilisation des résultats de la mesure sur l'écran.

4. Capture et traitement des anguilles

Les anguilles sont capturées à l'aide de nasses, puis transportées vivantes immédiatement au laboratoire dans une glacière. L'échantillonnage utilisé est aléatoire et mensuel ; nous avons procédé à l'examen de 30 spécimens par mois et par site. Dans l'estuaire du Mafrag, les prélèvements d'anguilles ont été effectués depuis juin 2007 à mai 2008 pour le premier cycle et de février 2009 à janvier 2010 pour le deuxième cycle ; en ce qui concerne le lac Oubeira, la période d'échantillonnage s'est étalée de décembre 2008 jusqu'à novembre 2009.

⊕ Mesures biométriques des individus (poids et longueurs)

Avant de sacrifier l'anguille, nous mesurons d'abord sa longueur totale (au mm près à l'aide d'un ichtyomètre) puis nous la pesons (à 0,01 g près à l'aide d'une balance) (fig. 9).



Figure 9 : Mesures biométriques des anguilles.

⊕ Dissection

L'ouverture de la cavité abdominale est réalisée par une incision depuis l'anus jusqu'à la tête (fig. 10) ; les anguilles sont ensuite éviscérées.

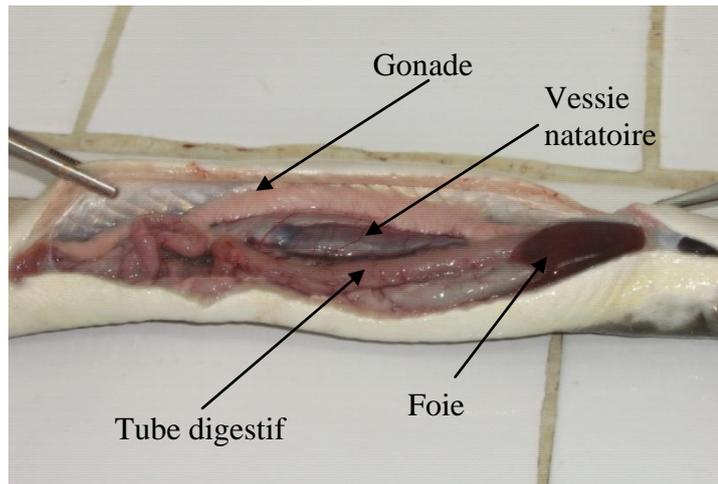


Figure 10 : Anguille disséquée.

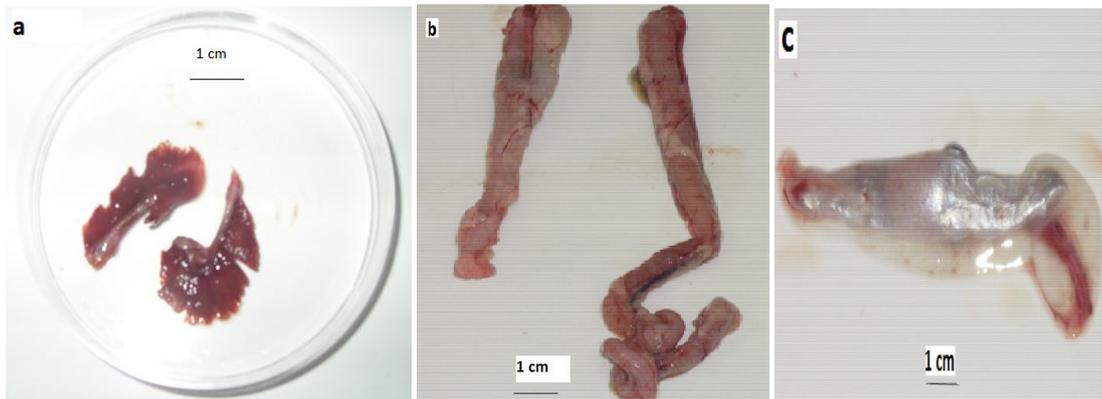
Les tubes digestifs sont prélevés par section au niveau supérieur de l'œsophage (près de la cavité buccale) et de la papille uro-génitale (anus). Les graisses mésentériques sont ôtées lorsqu'elles adhèrent à l'intestin. L'estomac, les cæcums pyloriques et l'intestin sont séparés et sectionnés longitudinalement ; à ce moment, le contenu est vidé (sans gratter la paroi) à l'aide d'une spatule ou pince par lavage au dessus d'une boîte de Pétri.

A l'aide de loupe binoculaire, les différentes proies ingérées sont examinées (pour l'évaluation du régime alimentaire des anguilles) et les parasites sont recherchés, décantés et conservés pour une identification ultérieure.

En ce qui concerne les branchies, après les avoir retirées, elles sont congelées toute une nuit pour permettre aux parasites de se détacher (la congélation des branchies pendant 12H ou plus, avant toute fixation, agit comme un excellent relâchant des parasites (Mizelle, 1938). Les arcs branchiaux à examiner sont mis dans une éprouvette de 100 ml remplis aux deux tiers d'eau.

Une agitation énergique suffit à séparer les parasites des filaments branchiaux. Le dépôt est ensuite transféré dans une boîte de pétri diluée jusqu'à ce qu'il soit suffisamment clair pour permettre l'observation sous loupe binoculaire. Enfin, les parasites prélevés un à un à la pipette capillaire et rincés plusieurs fois à l'eau ordinaire, sont transférés sur lame, toujours au moyen d'une pipette ; dès que la dernière trace d'humidité a disparu, une goutte de vernis à ongle est déposée sur le parasite ; une lamelle est déposée sur la préparation, puis on procède à l'identification à l'aide de stéréomicroscope (Charles et Géry, 1968).

L'examen de la vessie gazeuse a d'abord consisté à évaluer son état de dégradation (vessie opaque, hémorragique, nacré, translucide), avant de l'isoler et de la sectionner longitudinalement. Les parasites rencontrés dans la vessie natatoire sont prélevés, la plupart du temps vivants ; débarrassés du liquide hémorragique et sont dénombrés et conservés pour une identification ultérieure (fig. 11 a, b et c).



Figures 11 : Organes prélevés après dissection (de gauche à droite : a-branchies, b-tube digestif et c-vessie gazeuse).

A la fin de chaque opération, chaque espèce ou type de parasite, de chaque organe, sera placé dans un pilulier séparé (contenant une solution d'éthanol à 70%) pour une identification ultérieure, sur lequel l'étiquette indiquera la date et le lieu de capture du poisson, la position du parasite dans l'hôte. Les parasites sont manipulés et transférés avec des pipettes, ou des pinces fines ; afin de ne pas les percer avec des instruments pointus.

L'étude de l'anatomie des parasites récoltés est réalisée à l'aide d'une loupe stéréomicroscopique (Olympus SZX 10).

5. Otolithométrie

Les otolithes sont connus depuis longtemps pour leur utilisation comme indicateur de l'âge des poissons. Les utilisations des écailles (scalimétrie), des rayons des nageoires, des

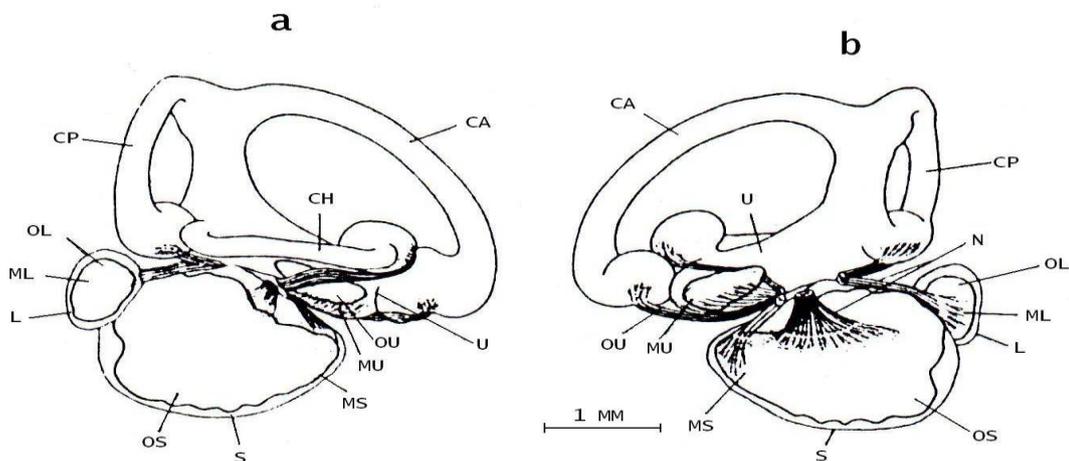
opercules ou des vertèbres (squelettochronologie), restent des méthodes couramment utilisées par les ichtyologistes mais rarement pour l'anguille à cause de la taille des écailles et de leur apparition tardive et de la probable résorption du tissu osseux lors de la métamorphose leptocephale-civelle.

Outre leur utilisation comme indicateur de l'âge des poissons, les otolithes sont autant de critères de classification, de phylogénie et de caractérisations du cycle biologique et des conditions du milieu.

Lors du présent travail, l'âge des anguilles a été estimé par otolithométrie.

5.1. Description de l'otolithe

Les otolithes (du grec *oto* : l'oreille et *lithos* : la pierre) se présentent sous la forme de trois paires de concrétions calcaires (*le lapillus*, *la sagittae* et *l'asteriscus*) logées dans les trois saccules du labyrinthe de l'oreille interne (respectivement *l'utriculus*, *le sacculus* et *la lagena*) des poissons téléostéens (fig. 12). Chaque otolithe possède une forme et des dimensions caractéristiques et spécifiques pour chaque espèce. Néanmoins, la forme et les dimensions peuvent varier parfois selon les stades de développement d'une même espèce. Généralement, l'estimation de l'âge et de la croissance du poisson est basée sur l'étude des *sagittae* en raison de leurs plus grandes tailles.



CA : canal semi-circulaire antérieur ; CP : canal semi-circulaire postérieur ; CH : canal semicirculaire horizontal ; L : lagena ; ML : macula de la lagena ; OL : otolithe de la lagena (asteriscus) ; S : sacculus ; MS : macula du sacculus ; OS : otolithe du sacculus (sagittae) ; utriculus ; MU : macula de l'utriculus ; OU : otolithe de l'utriculus (lapillus) ; N : huitième nerf crânien.

Figure 12: Localisation des otolithes dans l'oreille interne droite (a) et gauche (b) des poissons Téléostéens (D'après Ladich et Popper, 1991)

A partir du *primordium* (unité originelle), l'otolithe se développe par accumulation successive de couches de structures et de compositions différentes formant des couches concentriques d'épaisseurs variables. L'agencement de ces couches porte le nom de « pattern » (ou patron) dont l'interprétation est à la base de l'estimation individuelle de l'âge, en relation avec la croissance générale du poisson. Le taux de métabolisme plus élevé durant la phase larvaire induit la formation d'un patron spécifique, facilement identifiable sur les otolithes de la plupart des espèces, et qui correspond à l'otolithe de la larve, il est appelé *nucléus*.

L'accroissement de l'otolithe se fait par apposition de matériel à sa surface, sous forme de couches concentriques. Cette apposition est cyclique et fonction du métabolisme du calcium et de la synthèse protéique (Morales-Nin, 1991). La croissance n'est pas uniforme dans toutes les directions : la plus forte croissance a lieu selon l'axe antéro-postérieur et la plus faible selon la direction maximo-distale (fig.13). Chez l'anguille, les otolithes sont posés en contact de l'os crânien et par la suite leurs axes sont décentrés vers le bas. Au stade civelle, la *sagittae*, plus volumineuse et lisse, est de forme plus ou moins arrondie présentant deux faces : une proximale interne et plate, et une distale externe et convexe.

Chez l'adulte, elle est généralement elliptique, latéralement comprimée. La partie antérieure se caractérise par deux légères protubérances, le *rostre* et l'*antirostre*. La face proximale est entaillée longitudinalement par un sillon, le *sulcus acusticus*. Les bords dorsaux, ventraux, antérieurs et postérieurs peuvent être lisses ou ornements d'échancrures (fig.13).

5.2. Microstructure

Les otolithes sont composés d'une matrice organique dans laquelle sont sertis des cristaux de carbonates de calcium (aragonite). La matrice, de structure fibreuse, est constituée d'une protéine spécifique : l'*otoline*.

La disposition et l'importance relative des fractions organiques et minérales varient au cours de la vie du poisson, en relation avec les étapes du cycle biologique d'une part, et avec les phases périodiques (journalières ou saisonnières) d'autre part. Il s'en suit la formation de patterns interprétables pour reconstituer l'histoire de la croissance du poisson. La biosynthèse des otolithes et leur minéralisation sont encore très partiellement connues, en partie à cause de la complexité des mécanismes régulateurs de l'assimilation et la cristallisation du calcium.

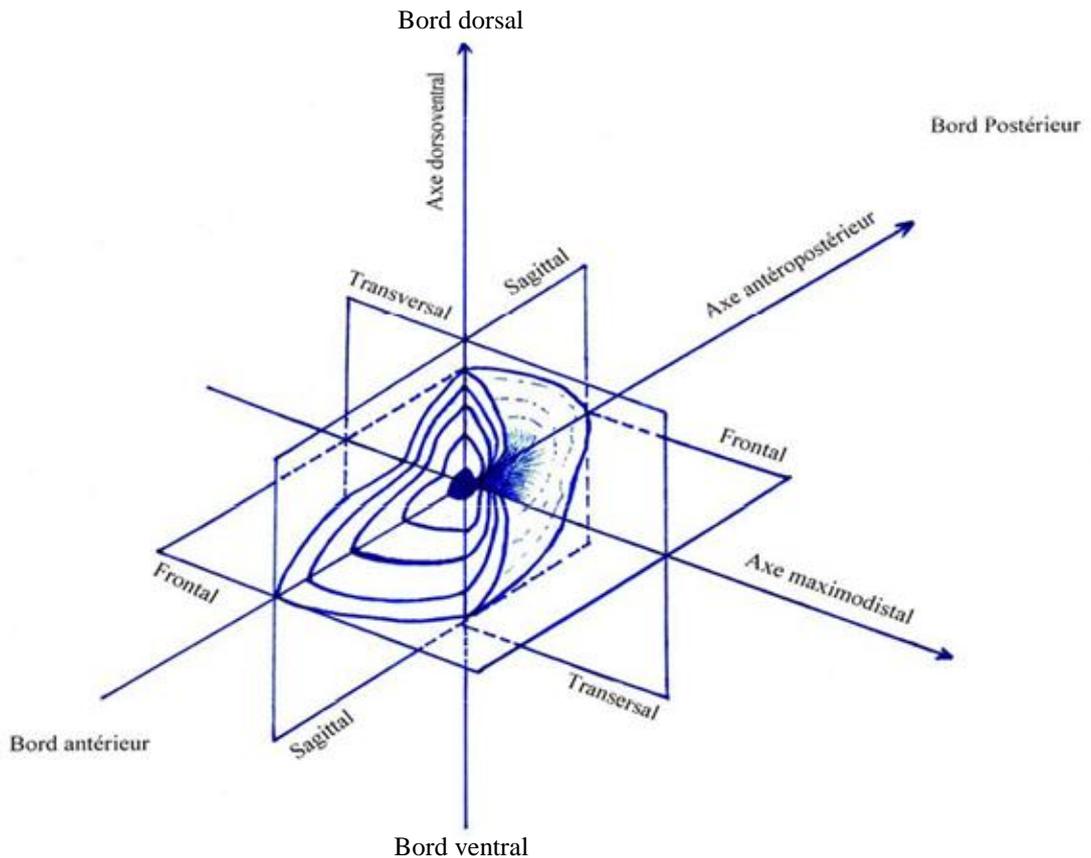


Figure 13: Plan de coupe de la *sagittae* droite en vue distale. La zone noire au centre de la coupe représente le *nucléus*. (D'après Pannella, 1980)

5.3. Principe de l'otolithométrie

Les otolithes ne font pas partie du squelette, contrairement aux autres tissus durs généralement utilisés pour estimer l'âge individuel (écailles, vertèbres, rayons,...). Il est généralement admis que les otolithes, contrairement aux os et aux écailles ne subissent pas de résorption de matériel, en particulier lors de stress (Mounaix, 1992). Leur interprétation pour estimer l'âge des poissons s'est développée pour de nombreuses espèces tempérées ou antarctiques, ainsi que chez des espèces dulçaquicoles.

L'interprétation des marques portées par les otolithes pour estimer l'âge individuel des poissons, est basée sur les deux principes suivants :

- 1 : la croissance du poisson est cyclique et présente une alternance de phases de croissance rapide puis ralentie, avec de courtes périodes d'arrêt total de l'accroissement.
- 2 : l'otolithe enregistre ces phases de croissance sous la forme de zones ou de marques caractéristiques de chacune.

Le caractère cyclique de la croissance des poissons traduit l'adaptation métabolique aux rythmes saisonniers du milieu de vie :

Les périodes favorables à la croissance se définissent par des optimums des facteurs abiotiques (température, pH, salinité,...) souvent accompagnés de bonnes conditions trophiques. Durant ces phases de croissance maximale, les accroissements de la matrice sont larges et agencés en trame compacte et la calcification est intense (Morales-Nin, 1987).

En périodes défavorables, les modifications du milieu et les mauvaises conditions trophiques qui en découlent, entraînent une diminution du métabolisme et donc une croissance ralentie. Les accrétions protéiques sont étroites (trames lâches), le dépôt de calcium diminue et les cristaux sont larges (Morales-Nin, 1987 ; Lecomte-Finiger, 1991). De même, lors de la métamorphose leptocéphale-civelle, qui induit une perte de poids et une réduction de taille, Yahyaoui et *al.* (1990) et Pool et *al.* (2003) notent une croissance continue de l'otolithe.

Chez l'anguille, le printemps est considéré comme la période de croissance maximale (métabolisme maximal), on note alors une grande croissance de l'otolithe, en relation avec l'optimum thermique (Holmgren et Wickstrom, 1993), alors que durant l'hiver, la croissance de l'otolithe ralentie en conséquence d'un métabolisme minimale, on observe même de courtes périodes d'arrêt total de la croissance (ces arrêts sont qualifiés « d'annuels » ou « saisonniers »). En plus, des arrêts de croissance ont été signalés chez l'anguille en période estivale en relation avec les extremums thermiques qui perturbent le métabolisme ; ces arrêts « accidentels », dits aussi « aléatoires » ou « épisodiques », résultent principalement du stress ou autre événement perturbant le métabolisme. Durant ces arrêts de croissance, la synthèse de la matrice et le dépôt de calcium ou seul le dépôt de calcium sont stoppés (Boëtius, 1985). Ces événements sont d'une durée limitée (brève) par rapport aux périodes de croissance ralentie ou active, et peuvent n'apparaître que sur une seule des deux otolithes (stries surnuméraires) (Campana et Neilson, 1985).

Ces phases de croissance rapide et lente s'inscrivent sur l'otolithe sous forme de zones opaques et hyalines, assez facilement observables après coloration au Bleu de Toluidine, qui représente l'une des techniques d'études peu coûteuse, accessible à tous et suffit largement pour déterminer l'âge de l'individu. La technique se basant sur l'observation par microscopie électronique à balayage (M.E.B.) s'avère très coûteuse, néanmoins cette technique reste la plus fiable et a largement contribué à l'évaluation de la durée de la traversée océanique des larves leptocéphales par comptage des stries de croissance journalières visibles sur l'otolithe (Lecomte-Finiger et Yahyaoui, 1989 et Lecomte-Finiger, 1990 ; Berraho, 1990 ; Yahyaoui, 1991).

5.4. Extraction et préparation des otolithes

Une section de quelques centimètres au niveau de la mâchoire inférieure, permet de dégager le plancher de la boîte crânienne où sera pratiquée une incision qui permettra de retirer les deux sagittae de leurs saccules otiques.

Après extraction des otolithes de la boîte crânienne, elles sont nettoyées à l'eau distillée, leur grand diamètre (D) (axe antéropostérieur) et leur petit diamètre (d) (axe dorsoventral) sont mesurés à l'aide d'un micromètre gradué au 1/100 de millimètre (fig.14).

L'évaluation de l'âge est réalisée par la technique de ponçage et coloration : les otolithes sont placées au fond de petits moules (faits à partir de gélules), sur leur face convexe, puis on verse dessus de la résine synthétique (type promodentaire) à polymérisation rapide. Après durcissement, le bloc est poncé sur papiers abrasifs imperméables de plus en plus fins (400 à 1000) jusqu'au nucléus, avec un rinçage et une vérification fréquente du plan de ponçage.

Une fois que le niveau de ponçage est jugé suffisant, la surface poncée est lavée à l'eau distillée, séchée au papier filtre, décalcifiée à l'EDTA (Ethylènediamine-tétraacétate) à 5% pendant 2 à 5 minutes puis immédiatement rincée à l'eau distillée. Les otolithes sont ensuite colorées au bleu de Toluidine 1% et observées en lumière transmise afin de compter les zones opaques et hyalines (une zone hyaline + une zone opaque = 1 année). Dans la mesure d'une manipulation précautionneuse, les étapes de ponçage et de décalcification peuvent être répétées, le cas échéant, si les résultats ne sont pas satisfaisants (ponçage ou décalcification insuffisants), sans danger pour l'otolithe.

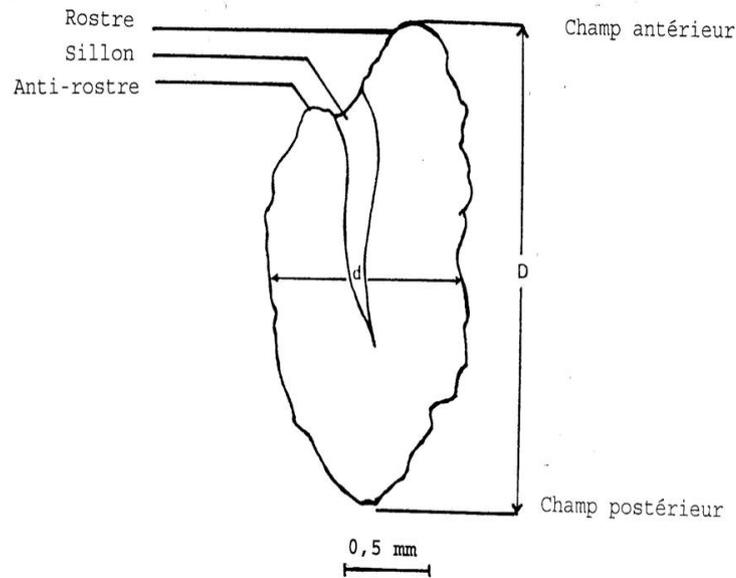


Figure 14: Diamètres mesurés sur l'otolithe de l'anguille (D : Diamètre antéropostérieur, d : Diamètre dorsoventral)

6. Paramètres de croissance

De nombreux modèles mathématiques traduisant la croissance en longueur des poissons d'une population en fonction de leurs âges existent à ce jour. Le modèle le plus couramment employé pour l'étude des populations de poisson est le modèle de Von Bertalanffy (1938) :

$$\text{Croissance en taille : } L_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

$$\text{Croissance en poids : } W_t = W_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})^b \text{ avec } W_\infty = a L_\infty^b \text{ (Ricker, 1975)}$$

Avec :

K : coefficient de croissance déterminant la vitesse à laquelle le poisson atteint sa taille maximale.

· **L_t** : longueur à l'instant t.

· **L_∞, W_∞** : longueur et poids maximaux ou asymptotiques.

· **t₀** : âge théorique où la taille et le poids sont nuls.

La valeur de t₀ n'a pas de signification biologique (Knight, 1968). La détermination des paramètres du modèle (L_∞, K) a été réalisée à partir du logiciel Fisat.

6.1. Indice de performance de croissance Φ (en cm.an-1, Pauly et Munro, 1984)

Il permet la comparaison de la croissance entre différentes populations d'une même espèce et entre Plusieurs espèces :

$$\Phi = \log(K) + 2\log(L_{\infty})$$

K et **L_∞** : paramètres de l'équation de Von Bertalanffy.

6.2. Taux de croissance absolue (Gx, en cm/an)

Le taux de croissance absolue à chaque âge (Gx, en cm/an) permet d'évaluer le taux de croissance en longueur pour chaque groupe d'âge (Lx), selon la formule (Stevenson & Campana, 1992) : $Gx = K(L_{\infty} - L_x)$

6.3. Relation taille/poids

La longueur et le poids d'un poisson sont fortement corrélés. La relation entre la taille et le poids d'un poisson se traduit par la formule de type :

$$W = a \cdot L_t^b$$

W : poids frais du poisson (g)

L_t : longueur totale (mm)

a : constante

b : coefficient d'allométrie

Le coefficient b est caractéristique de l'espèce et de la phase de développement (Mayrat, 1970). Il est isométrique c'est à dire égal à 3 ou alors il présente une allométrie soit minorante (b<3), soit majorante (b>3) (Teissier, 1948).

6.4. Indice de condition de Fulton

Selon les indices biométriques (Ehrlich et al., 1976) qui utilisent la relation existante entre la taille et le poids, plus un poisson, pour une taille donnée, est gros, meilleure est sa condition. La relation qui lie la taille au poids d'un individu est de type isométrique, c'est-à-dire qu'elle relie des grandeurs mesurées non proportionnelles et se traduit par une formule de type: $W = K L_t^b$ (Ricker, 1975). Fulton (1911) à développé à partir de la relation taille/poids, chez les poissons, un indice tel que :

$$K = (x \cdot W) / L_t^b$$

Avec :

- W : poids frais, exprime en mg.

- **Lt** : longueur totale, en cm.
- **x** : constante arbitraire variant avec l'échelle de mesure.
- **b** : coefficient d'allométrie considéré comme égal à 3.

L'indice de condition de Fulton caractérise l'embonpoint des individus et est considéré comme indicateur de l'état nutritionnel et de l'état des réserves énergétiques d'un individu (Sutton et al., 2000), il permet d'apprécier les variations morphologiques en rapport avec le développement du poisson et donc en rapport avec les facteurs écologiques.

7. Indices épidémiologiques

Les mesures les plus communes de l'ampleur de la population de parasites chez l'hôte sont la prévalence, l'abondance moyenne et l'intensité moyenne (Bush et al., 1997) ; elles sont calculées comme suit :

- *Le taux d'infestation (prévalence)* : c'est le nombre d'anguilles infestées / nombre total d'anguilles x 100;
- *Le degré d'infestation (intensité moyenne de l'infestation)* : c'est le nombre total de parasites trouvés chez les anguilles infestées / nombre d'anguilles infestées ;
- *L'abondance* : c'est le nombre total de parasites trouvés chez les anguilles infestées / le nombre total d'anguilles.

8. Régime alimentaire

Elle a consisté à examiner à l'aide de loupe binoculaire les tubes digestifs prélevés. Les organismes rencontrés sont prélevés, observés pour être identifiés. Ces opérations nous permettent d'évaluer certains paramètres dont l'analyse mène à la caractérisation du régime alimentaire.

- *Coefficient de vacuité (CV%)* : il permet de quantifier le comportement alimentaire. C'est le nombre de tubes digestifs vides (N_v) par rapport au nombre total de tubes digestifs examinés (N). $CV\% = (N_v / N) \times 100$.

- *Fréquence d'une proie (F%)* : c'est le rapport exprimé en pourcentage entre le nombre total des tubes digestifs contenant cette proie (N_i) et le nombre total des tubes digestifs pleins examinés (N_p). $F\% = (N_i / N_p) \times 100$.

9. Analyse statistique

❖ Méthodes Statistiques Univariées

▪ Description des données :

Pour mieux décrire les différentes caractéristiques relatives à chaque site pour l'ensemble des 12 mois, nous avons calculé certains paramètres statistiques de base tels que la moyenne arithmétique (\bar{x}), qui est un paramètre de position et de tendance centrale, l'écart-type (s) qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne, les valeurs minimales (x_{\min}) et maximales (x_{\max}) qui donnent toutes les deux une idée sur l'étendue des données, et enfin l'effectif (n) qui nous renseigne sur l'importance des données traitées.

- **Comparaison, entre sites, des caractéristiques moyennes** : test t de Student pour échantillons indépendants.

Le test t de Student consiste à comparer les moyennes de deux populations à l'aide des données de deux échantillons indépendants (Dagnélie, 1970 et 2006).

La réalisation du test t de Student a été faite soit en comparant la valeur observée t_{obs} avec la valeur théorique $t_{1-\alpha/2}$ tirée à partir de la table t de Student pour un niveau de signification $\alpha=0,05$, et pour un certain nombre de degrés de liberté k , soit en comparant la valeur de la probabilité p avec le niveau $\alpha=0,05$. Dans le premier cas on considère qu'il existe des différences significatives entre les deux moyennes si la quantité t_{obs} était supérieure ou égale à la valeur théorique $t_{1-\alpha/2}$ et dans le deuxième cas on considère qu'il existe des différences significatives si la valeur p est inférieure ou égale à la valeur $\alpha=0,05$. Les deux méthodes aboutissent aux mêmes résultats.

Ce test a été utilisé pour comparer les moyennes, entre les deux sites, pour chacune des variables étudiées. Les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel Minitab (X, 2003)

- **Comparaison, entre sites, des caractéristiques moyennes** : test de l'analyse de la variance

Pour comparer, entre les saisons, les moyennes de chacune des variables, nous avons utilisé le test d'analyse de la variance à un critère ou à un facteur de classification modèle fixe. Ce test consiste à comparer les moyennes de plusieurs populations à partir de données d'échantillons aléatoires, simples et indépendants (Dagnélie, 1970 et 2006).

La réalisation du test se fait, soit en comparant la valeur de Fobs avec la valeur théorique $F_{1-\alpha}$ correspondante, extraite à partir de la table F de Fisher pour un niveau de signification $\alpha=0,05$ ou 0,01 ou 0,001 et pour k_1 et k_2 degrés de liberté, soit en comparant la valeur de la probabilité p avec toujours les différentes valeurs $\alpha=5\%$ ou 1% ou 0,1%.

Selon que cette hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée au niveau $\alpha=0,05$, 0,01 ou 0,001, on dit conventionnellement que l'écart observé entre les moyennes est significatif, hautement significatif ou très hautement significatif. On marque généralement ces écarts d'un, deux ou trois astérisques (Dagnélie, 1970 et 2006).

Ce test a été utilisé pour comparer, d'une part, entre les saisons les moyennes de chacune des variables pour chacun des deux sites séparément et, d'autre part, pour comparer entre les saisons, les moyennes des variables pour l'ensemble des deux sites d'étude.

Les calculs sont réalisés à l'aide de la procédure ANOVA du XLSTAT 2010.

▪ **Recherche de groupes de stations homogènes : *Le test de Newman-Keuls***

Le test de Newman-Keuls est un test de comparaison de moyennes par paires, pratiqué à l'issue d'une ANOVA. Son intérêt principal est qu'il évite, par construction, les situations "paradoxaux" où la moyenne d'un groupe G_1 pourrait être considérée comme significativement différente de celle d'un groupe G_2 , alors qu'elle serait considérée comme non significativement différente de celle d'un groupe G_3 , pourtant plus éloignée d'elle que celle de G_2 .

De fait, ayant déterminé que les moyennes m_i et m_j des groupes G_i et G_j ne sont pas significativement différentes, il n'est pas nécessaire de tester par paires les moyennes comprises entre m_i et m_j (incluses), le test garantissant qu'elles seront, elles aussi, considérées comme non significativement différentes.

Le résultat du test est une série de paires de groupes dont les moyennes sont considérées comme significativement différentes, au niveau de risque à choisir.

❖ **Méthodes Statistiques Bivariées**

La méthode statistique bivariée utilisée consiste essentiellement à calculer le coefficient de corrélation linéaire de Bravais-Pearson entre les variables prises deux à deux.

Ce coefficient donne des indices sur l'évolution simultanée des variables considérées deux à deux. Il mesure la netteté de la liaison existant entre deux séries d'observations pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire (Dagnélie, 2006).

Il est compris entre +1 et -1. Il est positif quand les deux variables augmentent en même temps ou diminuent en même temps et il est négatif quand l'une augmente et l'autre diminue et vice-versa.

Les corrélations ont été calculées pour les moyennes des variables mesurées pour l'ensemble des deux sites durant les 12 mois.

Le logiciel Minitab fournit chaque fois la valeur du coefficient de corrélation et la valeur de la probabilité p correspondante afin de tester la signification de la corrélation en question.

⊕ Pour mettre en évidence une quelconque relation entre la biométrie (poids-taille) des individus, le parasitisme et les paramètres physico-chimiques, nous avons utilisé le coefficient de corrélation linéaire de BRAVAIS-PEARSON. Ce coefficient de corrélation « r » mesure l'intensité du lien qui existe entre les deux caractéristiques ou variables quantitatives quelconques pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire.

Par exemple, pour deux caractéristiques quelconques x et y, le coefficient de corrélation est déterminé par la formule suivante :

$$r = \text{COV}(x,y) / s_X \cdot s_Y$$

où Cov (x,y) représente la covariance de x et y

Et s_X et s_Y représentent les écarts-types de x et y.

Ce coefficient est compris entre -1 et +1. Il est, en valeur absolue, d'autant plus proche de 1 que la liaison entre les deux séries d'observation est nette pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire.

Au contraire, si le coefficient de corrélation est nul, ou presque nul, cela signifie que les deux caractéristiques ne sont pas corrélées entre elles.

D'autre part, le signe du coefficient de corrélation indique si la relation est croissante ou décroissante, en effet lorsque le coefficient de corrélation est positif, les valeurs élevées d'une caractéristique correspondent dans l'ensemble, aux valeurs élevées de l'autre caractéristique, et les valeurs faibles d'une caractéristique correspondent aux valeurs faibles de l'autre caractéristique, par contre, lorsque la corrélation est négative, les valeurs élevées d'une caractéristique correspondent dans l'ensemble aux valeurs faibles de l'autre caractéristique et vice-versa (Dagnelie, 1998).

Pour chaque valeur de r calculée, nous avons calculé également la valeur de la probabilité p pour mettre en évidence une différence significative entre la valeur de r et la valeur zéro.

Si la valeur de p est inférieure ou égale à la valeur du risque $\alpha = 0,05$ ($p \leq \alpha = 0,05$), on dit qu'il existe des différences significatives entre la valeur de r et la valeur zéro et, par conséquent, il y a corrélation entre les deux caractéristiques étudiées en question. Dans le cas contraire ($p > \alpha = 0,05$) il n'y a pas de corrélation entre les deux caractéristiques (Dagnelie, 1998).

Il y a lieu de signaler que, quelque soit le type de test statistique utilisé, tous les calculs ont été réalisés à l'aide du logiciel d'analyse et de traitement statistique des données Minitab version 14.1 (X, 2003) et XLSTAT 2010.

Résultats

2.1. Parasites rencontrés

2.1.1. *Pseudodactylogyrus* sp.

❖ Position systématique

<u>Embranchement</u> :	Plathelminthes
<u>Classe</u> :	Monogenea (Van Beneden, 1858)
<u>Ordre</u> :	Monopisthocotylea (Odhner, 1912)
<u>Famille</u> :	Dactylogyroidea (Bychowsky, 1957)
<u>S/famille</u> :	Pseudodactylogyridae (Ogawa, 1986)
<u>Genre</u> :	<i>Pseudodactylogyrus</i> (Gussev, 1965)
<u>Espèce</u> :	<i>Pseudodactylogyrus</i> sp.

❖ Morpho-anatomie

Généralement, *Pseudodactylogyrus bini* est plus grand que *P. anguilla* (Ogawa et Egusa 1976, Chung et *al.*, 1984). Les longueur et largeur maximales de *P. anguilla* peuvent atteindre jusqu'à 1659 μm et 364 μm respectivement (Chung et *al.*, 1984) alors que celles de *P. bini* sont de 1960 μm et 336 μm respectivement (Chung et *al.*, 1984). Les largeurs minimales sont fixées par Ogawa et Egusa (1976) pour *P. anguilla* et *P. bini* à 138 μm et 120 μm respectivement (fig. 15).

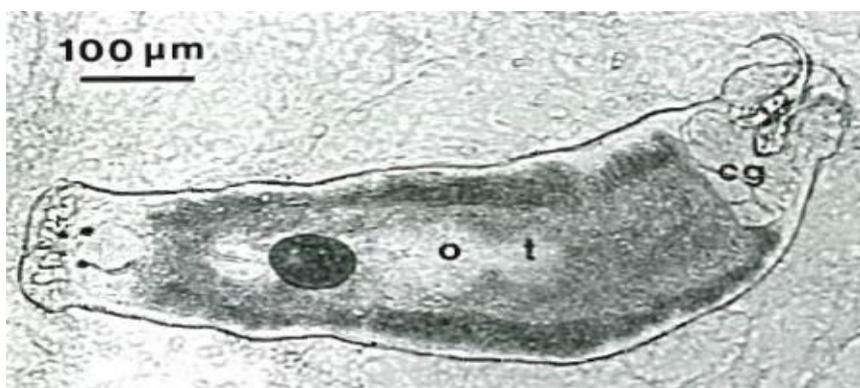


Figure 15 : Morphologie générale de *Pseudodactylogyrus anguilla* (o : ovaire ; t : testicule ; cg : glande) (Buchmann et *al.*, 1987).

Gussev (1965) était confus dans la description de l'hapteur ainsi que des 2 hamuli du genre *Pseudodactylogyrus*, étaient-ils dirigés ventralement ou dorsalement comme ceux du genre *Dactylogyrus* (fig. 16). Ce dernier possède 2 réservoirs prostatiques, 1 seul d'entre eux est présent chez *Pseudodactylogyrus* qui d'ailleurs ne possède pas de crochets (Ogawa et Egusa, 1976 ; Ogawa, 1986).

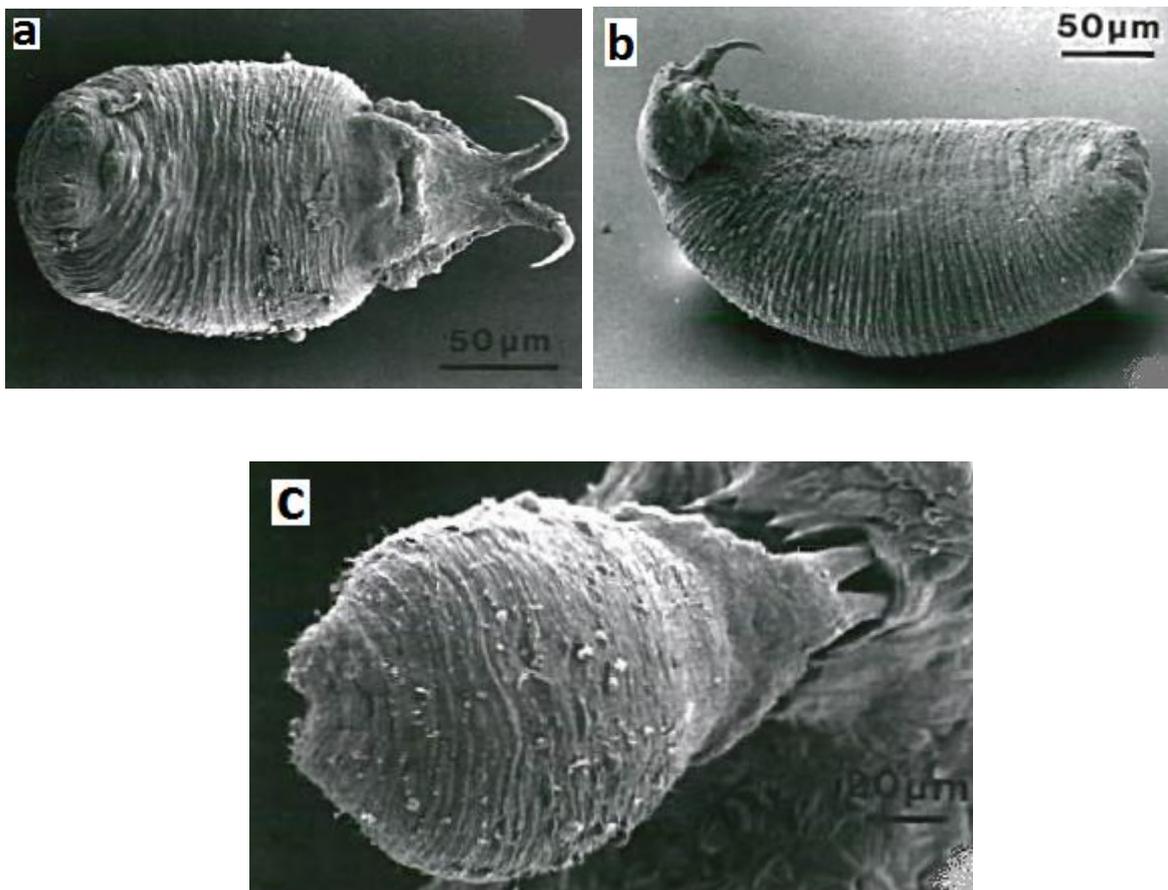


Figure 16 : Photographie de *Pseudodactylogyrus sp.* vue au microscope électronique à balayage (a :vue ventrale, b :vue de profile, c : vue dorsale) (Buchmann et *al.*, 1987).

La taille et la forme de l'hamulus sont des critères d'identification et permettent de différencier les 2 espèces du genre *Pseudodactylogyrus*. Celui de *P. bini* est court et plus gros que celui de *P. anguilla* (fig. 17) (Ogawa et Egusa, 1976 ; Chung et *al.*, 1984 ; Ogawa et *al.*, 1985). Ainsi Ogawa et *al.* (1985) proposent une clé d'identification pour le genre *Pseudodactylogyrus* : le hamulus de *P. bini* mesure plus de 70µm (fig. 17. C « b »). Il fait au moins 80 µm de long pour *P. anguilla*. De même que pour les barres transversales, celles de

P. anguilla sont généralement plus longues que celles de *P. bini* ; bien que certains chevauchements existent (Gussev, 1965 ; Ogawa et Egusa, 1976 ; Molnar, 1983 ; Chung et *al.*, 1984).

Selon Chung et *al.* (1984), les ovaires de *P. bini* sont toujours plus petits que les testicules.

La différenciation entre les 2 espèces de *Pseudodactylogyrus* doit être basée principalement sur les structures scléroïdes car les différents traitements des parasites peuvent affecter la taille des structures non scléroïdes.

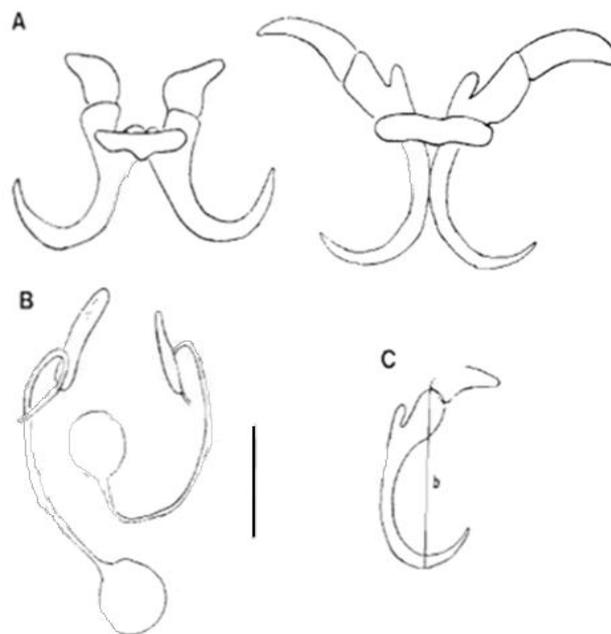


Figure 17: Crochets de *Pseudodactylogyrus* :

A: *P. bini* (à gauche) et *P. anguilla* (à droite) ; barre d'échelle=50µm ;

B: organes de reproductions de *P. bini* (à gauche) et *P. anguilla* (à droite) ; barre d'échelle=50µm ;

C : hamulus (b : distance qui sert à différencier les 2 espèces) (Buchmann et *al.*, 1987).

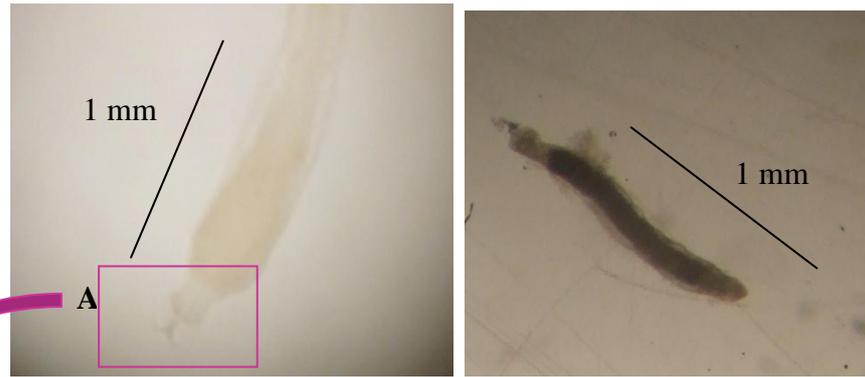


Figure 18 : Photographie de *Pseudodactylogyrus sp.*.



Encart A : Photographie des crochets de *Pseudodactylogyrus sp.* .

❖ Répartition géographique

Les Monogènes montrent une grande spécificité pour leurs hôtes, et suivent leur distribution géographique. Selon Buchmann, (1993) *Pseudodactylogyrus anguillae* et *P. bini*, ont été introduits vers 1977, à partir de foyers asiatiques mal précisés.

La présence des spécimens du genre *Pseudodactylogyrus* a été signalée un peu partout dans le monde. Le tableau ci-dessous résume leur répartition géographique.

Tableau 1: Répartition géographique du genre *Pseudodactylogyrus* :

zone	auteurs
Asie de l'Est	Gussev (1965) ; Golovin (1977)
Asie du Sud Est	Ogawa et Egusa (1976) ; Imada et Muroga (1977)
Europe de l'Ouest	Lambert et <i>al.</i> (1984)
France	Le Brun et <i>al.</i> (1986)
Tunisie (Lac Ichkeul), Afrique du Sud	Neifar (1995) ; Christison et Baker (2007)

2.1.2. *Ergasilus sp.*

❖ Position systématique

<u>Embranchement</u> :	Arthropode
<u>Classe</u> :	Maxillopoda
<u>Famille</u> :	Ergasilidae (Nordmann, 1832)
<u>Genre</u> :	<i>Ergasilus</i> (Nordmann, 1832)
<u>Espèce</u> :	<i>Ergasilus sp.</i>

❖ Diagnose

L'adulte femelle, le seul stade parasite des ergasilidés, est semblable à un cyclops (le corps est plus étroit postérieurement). La tête et le premier segment thoracique sont fusionnés en un céphalothorax qui est renflé dorsalement et possède un seul œil médian vers l'extrémité antérieure. La tête a deux paires d'antennes segmentées dont la première est petite et garnie de soies tandis que la seconde est grande et en forme de crochet pour agripper les filaments branchiaux et constitue ainsi le critère le plus significatif des ergasilidés. Dans le genre *Ergasilus*, l'antenne se termine par un simple crochet alors qu'elle en a trois chez *Paraergasilus*. Les quatre premiers des six segments thoraciques portent chacun une paire de pattes nageuses; les pattes du cinquième segment sont réduites et des sacs ovigères sont attachés au sixième. L'abdomen tri-segmenté se termine par la furca : une paire de lamelles anales portant de longues soies.

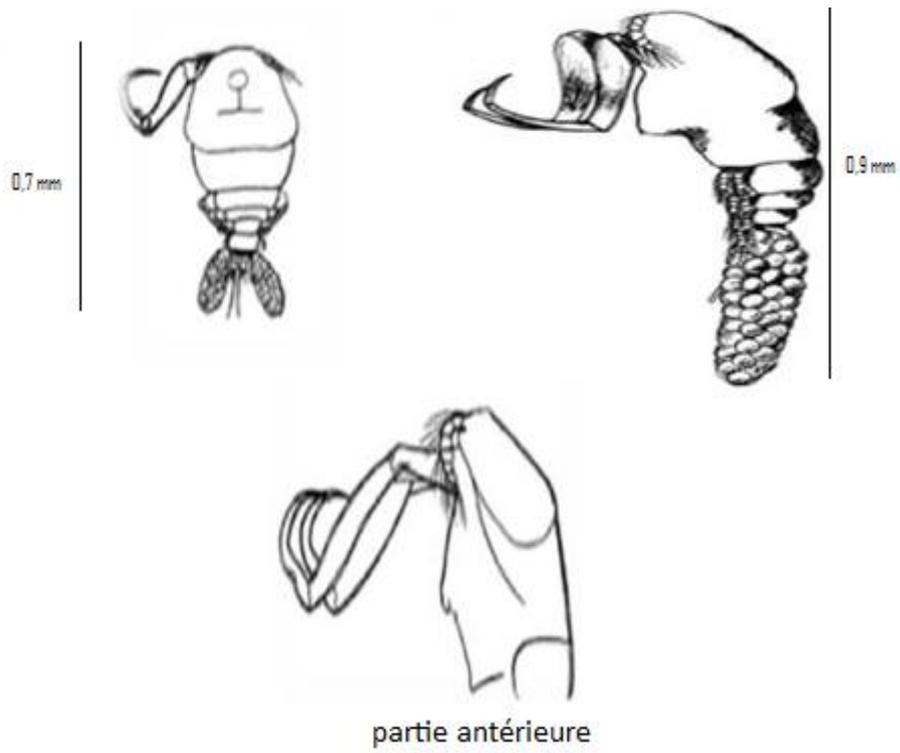


Figure 19 : Représentation schématique d'*Ergasilus* sp. (www.fao.org).

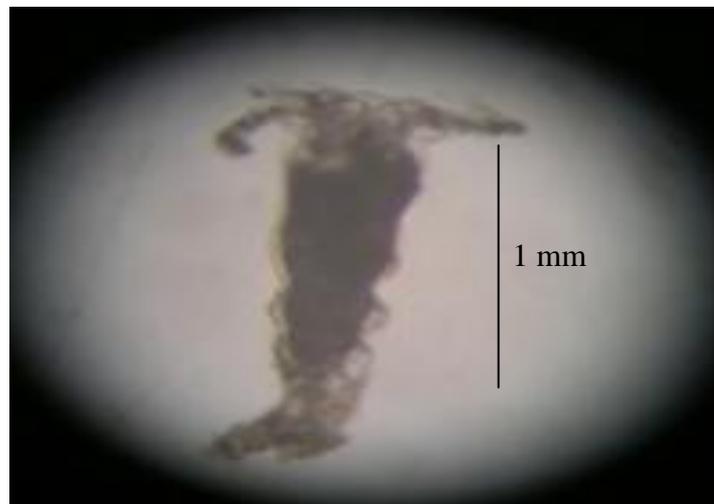


Figure 20 : Photographie d'*Ergasilus* sp..

❖ Répartition géographique

Sur les 10 espèces signalées sur des poissons en Afrique, 9 sont endémiques et une : *E. nanus*, espèce marine atlantico-méditerranéenne: ce pourrait bien être une synonymie de *E. lizae*. Cette espèce a été signalée :

- En Italie sur *Mugil cephalus* par Richiardi (1880), sur *Mugil saliens* par Valle (1880), sur *Mugil capito* et *Mugil chelon* par Brain (1906) ;
- En Egypte sur *Mugil cephalus* par Wilson (1923) ;
- En Israël sur *Mugil cephalus* par Roberts (1970) ;
- En Tunisie sur *Mugil cephalus*, *Liza ramada*, *L. aurata*, *L. saliens* par Raibaut et al. (1975) ; sur *Mugil cephalus*, *Liza ramada*, *L. saliens*, *L. aurata*, *Alosa fallax*, *Barbus barbuis*, *Solea solea* et *Anguilla anguilla* par Raibaut et Ben Hassine (1977) et sur *Belone belone*, *Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla*, *Alosa fallax* et *Barbus barbuis* par Ben Hassine (1981) ;
- Sur les Muges de Tunisie et de France par Ben Hassine (1983) et sur *Liza aurata* et *Mugil cephalus* par Raibaut et al. (1998).

2.1.3. *Bothriocephalus claviceps*

❖ Position systématique

<u>Embranchement</u> :	plathelminthes
<u>Classe</u> :	cestoda
<u>Ordre</u> :	<i>Pseudophyllidea</i> (Carus, 1863)
<u>Famille</u> :	<i>Bothriocephallidae</i> . (Blanchard, 1849)
<u>Genre</u> :	<i>Bothriocephalus</i> (Rudolphi, 1808)
<u>Espèce</u> :	<i>claviceps</i> (Goeze, 1782)

❖ Diagnose

Le cestode est localisé dans la région antérieure de l'intestin, le scolex est fixé à la paroi près du sphincter pylorique. Sur le vivant, le scolex typique de *Bothriocephalus* montre

2 bothriums dorso-ventraux faiblement développés. Cette morphologie permet de distinguer *B. claviceps* des autres cestodes parasites de l'anguille. A savoir *Triaenophorus lucii* pseudophylidé dont le scolex a 2 bothriums armés de crochets à trois dents et *Proteocephalus macrocephalus* dont le scolex comporte 4 ventouses.

L'anatomie de *B. claviceps* a fait l'objet de plusieurs descriptions (Cooper, 1918 in Wardle et MacLeod, 1952 ; Murai, 1979 ; Altunel, 1974) seuls les caractères les plus importants sont rapportés :

La largeur du ver peut atteindre jusqu'à 540 mm de long (Cooper, 1919). Les proglottis sont plus larges que long, le scolex est allongé à extrémité effilée. Le cou est absent. Les testicules médullaires (sphériques ou ovales), au nombre de 50 à 80 par anneau, sont disposés en 2 champs latéraux. La poche du cirre médioventrale débouche dorsalement dans l'atrium génital. Les glandes vittellogènes forment dans le parenchyme cortical un manchon presque continu. L'ovaire bilobé, composé de 2 masses reliées par un pont ovarien, est situé dans le tiers inférieur des segments. L'utérus est tubulaire, sinueux, se terminant par un tocostome large et musculueux qui débouche sur la face ventrale, irrégulièrement à droite et à gauche de la ligne médiane.



Figure 21: Scolex de *Bothriocephalus claviceps* (Microscopie électronique à balayage) (Scholz, 1997).

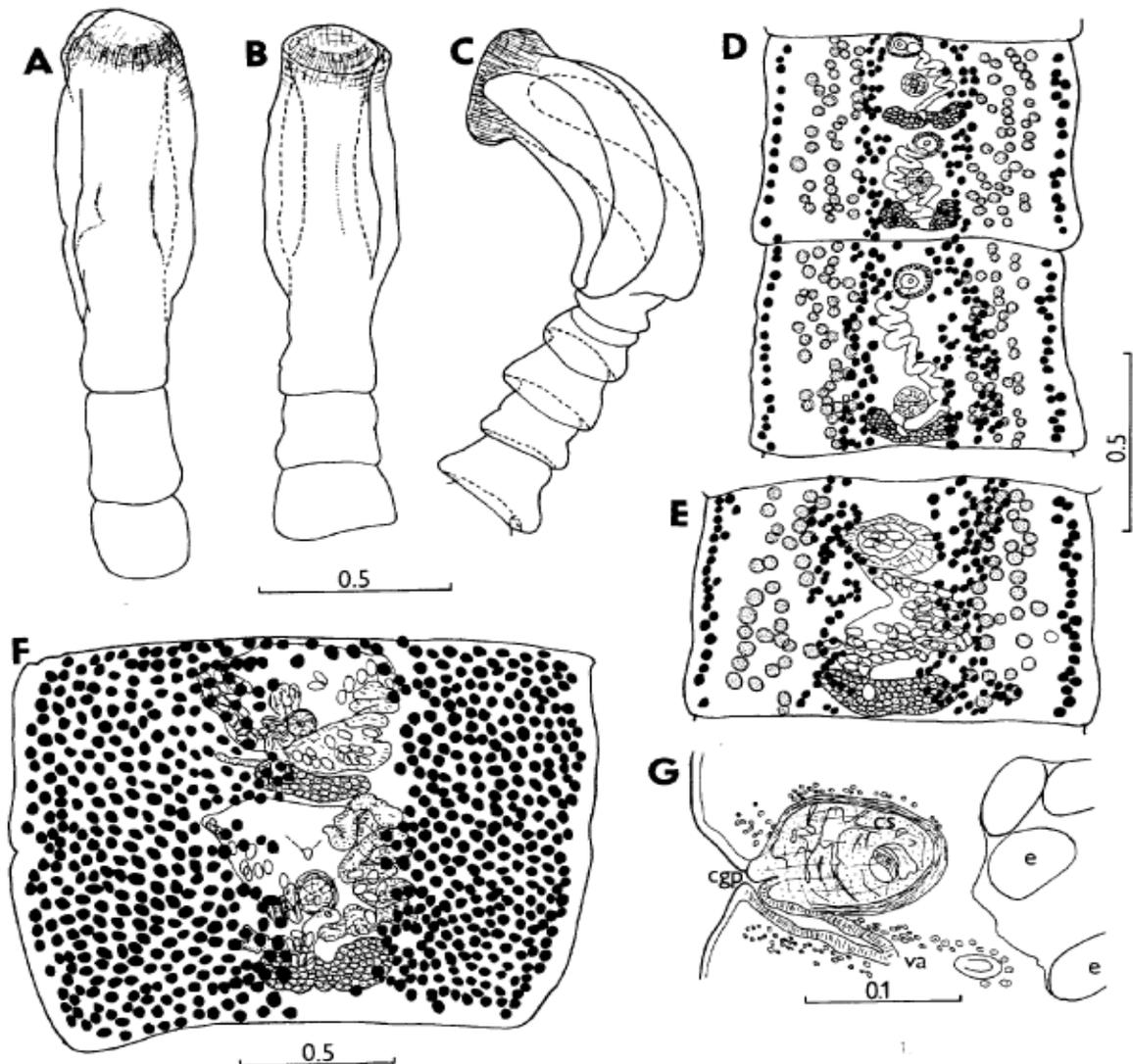


Figure 22 : Représentation schématique de *Bothriocephalus claviceps* (A-C:scolex, D: proglottis mature, E-F:proglottis gravides, G:organe génital) (Scholz, 1997).

❖ Répartition géographique

La répartition de *Bothriocephalus claviceps* semble calquée sur celle de son hôte. Le cestode est signalé à travers toute l'Europe dans les eaux continentales. Un relevé bibliographique (tab. 2) des hôtes chez lesquels *Bothriocephalus claviceps* a été signalé, fait apparaître le parasite chez d'autres espèces d'anguilliformes, en particulier chez *Anguilla rostrata* en Amérique du Nord et chez de nombreux poissons téléostéens marins ou d'eau douce. Baer et Fain (1957-1958) considèrent *Bothriocephalus claviceps* comme une espèce

marine. Les anguilles s'infesteraient dans les estuaires avant de pénétrer dans les eaux continentales.

Tableau 2 : Relevé bibliographique des localités et des hôtes dans lesquels *Bothriocephalus claviceps* a été signalé.

	Année	Localité	Type de milieu	Espèce-hôte
Altunel	1979	Turquie	lac	<i>A. anguilla</i>
Baer	1948	France	Estuaire	<i>Muraena helena</i> <i>Anguillidae</i>
Baer et Fain	1957	Europe	Estuaire	<i>Anguillidae</i>
	1958			<i>Muraena helena</i> <i>Gladiumculus bispinosus</i>
Bangham et Venard	1946	Canada	Lac	<i>A. rostrata</i>
Chubb	1963	Angleterre	Lac	<i>A.anguilla</i>
Cooper	1919	U.S.A	Rivière	<i>A.rostrata</i>
				<i>Centrarchidae</i>
Debiève	Com. pers	Suisse	Lac de Neuchâtel	<i>A.anguilla</i>
Dupont	1982	France	Rivière	<i>A.anguilla</i>
			Etang doux	
Edelenyl	1964	Autriche	Lac	<i>A.anguilla</i>
Engelbrecht	1958	Mer	Golf saumâtre	<i>A.anguilla</i>
		Baltique		
Gandolpfi- Hornyold	1929	Espagne	Rivière	<i>A.anguilla</i>
Hanek et Threlfall	1970	Canada	Lac	<i>A.rostrata</i>
Harley et Keefe	1971	U.S.A	Lac	<i>Centrarchidae</i>
Jarecka	1959	Pologne	Lac	<i>A.anguilla</i>
Jareka	1964	France	Fleuve	<i>A.anguilla</i>
Kazic et al.	1982	Yougoslavie	Lac	<i>A.anguilla</i>
			Rivière	
kennedy	1974	Agleterre	Lac	<i>A.anguilla</i>
		Irlande	Rivière	
Mc Daniel	1963	U.S.A	Lac	<i>Centrarchidae</i>

Mondl et Rabalais	1972	U.S.A	Lac	<i>Centrachidae</i>
Soltynska	1964	Mer	Baie	<i>A.anguilla</i>
		Baltique		
Uberlaker et al.	1981	Yougoslavie	Lac	<i>A.anguilla</i>
Wootten	1973	Angleterre	Lac	<i>A.anguilla</i>

2.1.4. *Anguillicola crassus*

❖ Position systématique

<u>Embranchement</u> :	Nematoda
<u>Classe</u> :	Spirurida
<u>Famille</u> :	Anguillicolidae
<u>Genre</u> :	<i>Anguillicola</i>
<u>Espèce</u> :	<i>Crassus</i>

❖ Morpho-anatomie

Larve de 2^{ème} stade (L2)

Les larves libres : elles sont filiformes, elles maintiennent la cuticule des larves de 1^{er} stade ; cette cuticule se présente sous forme d'une couche friable autour des larves L1 à l'exception de la partie postérieure (fig. 23, B). La partie conique antérieure porte une dent larvaire et la paroi interne de l'extrémité antérieure de l'œsophage est sclérifiée. Dans la même partie sont présentes de petites granulations qui peuvent être perçue à fort grossissement (100). L'œsophage bulbeux est gonflé au niveau de son extrémité postérieure et le contour du tractus digestif est difficilement reconnaissable.

Dimensions : Longueurs (µm): 272±16,27 ; largeurs (µm) : 17,6±0,97 (Blanc et al., 1992).

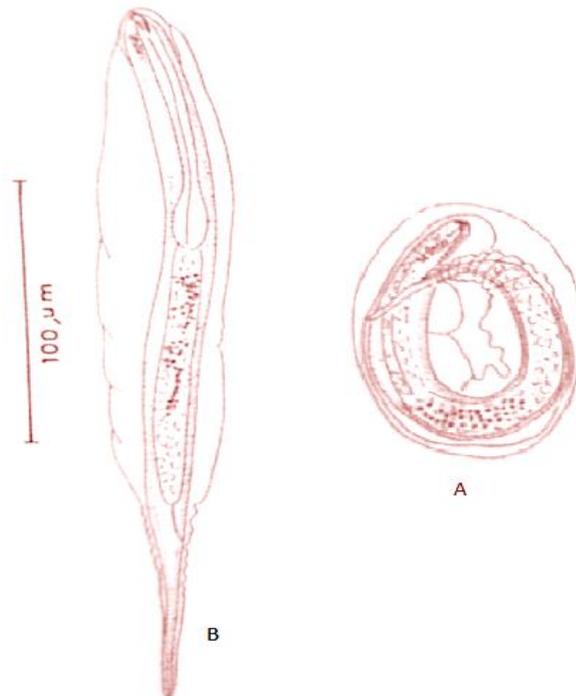


Figure 23 : Larve de second stade (L2) :

A : L2 entourée de la cuticule de l'œuf ;

B : L2 libre (d'après Blanc et *al.*, 1992).

Larve de 4^{ème} stade (L4)

Chez l'anguille, il est difficile de distinguer entre L3 et L4 car la 3^{ème} mue n'a jamais été observée et il n'existe aucun caractère qui peut différencier les deux stades ; la forme et la taille des larves changent avec leur croissance. Quand les crêtes de la cuticule disparaissent et la taille de la larve passe de 1200 μm à 1600 μm, ceci annonce la 3^{ème} mue. A ce moment, la forme et la partie apicale de la larve deviennent rondes.

Elle a la même taille que la larve L3. La partie postérieure est incurvée ventralement, l'ornementation scléroïde ainsi que la papille céphalique sont les mêmes que celles présentes chez la larve L3. Les dérides, l'aile latérale ainsi que la pièce scléroïde en forme de V ne sont pas présentes. La cavité buccale ne présente pas de paroi scléroïde. L'œsophage est court (fig. 24) (Blanc et *al.*, 1992).

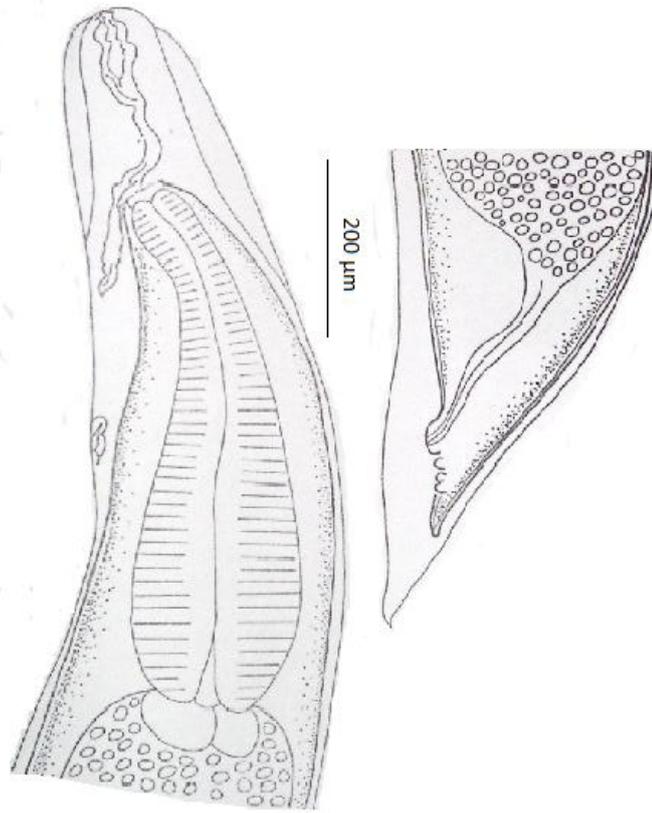


Figure 24 : Larve de 4^{ème} stade (L4) (d'après Blanc et *al.*, 1992).

Adulte

Les adultes et les pré-adultes ont été décrits par plusieurs auteurs (Kuwahara et *al.*, 1974 ; Moravec et Taraschewski, 1988). Ils diffèrent des larves de 4^{ème} stade par la paroi scléroïde de la capsule buccale présentée en une rangée de 17 à 22 dents relativement grandes et par l'absence de l'ornementation scléroïde en forme de U. Chez la femelle, la vulve est ouverte ; alors que chez le mâle, 5 à 6 paires de papilles caudales sont présentes et le cloaque est primitif (fig. 25) (Blanc et *al.*, 1992).

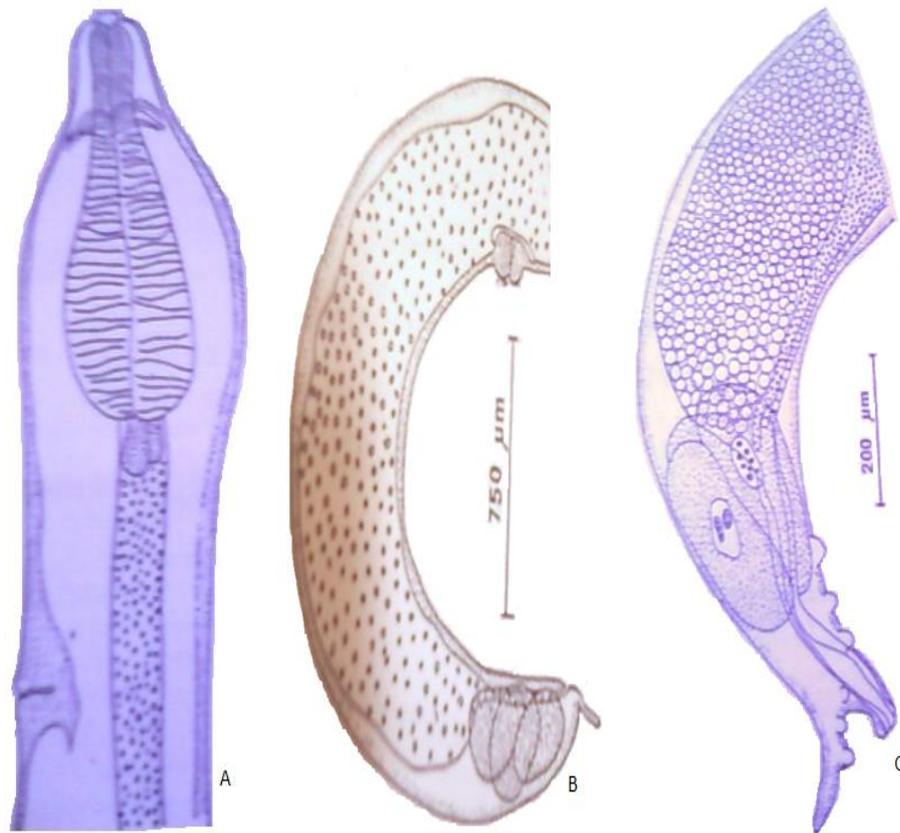


Figure 25: Représentation schématique d'*A. crassus* adulte :

A : région antérieure ;

B : femelle, région postérieure ;

C : mâle, région postérieure (Dupont et Petter, 1988).



Figure 26 : Photographie des différents stades d'*Anguillicolacrus crassus*.

❖ Répartition

Ce Nématode originaire du Sud-est asiatique et endémique de l'anguille japonaise *Anguilla japonica* a été introduit dans les années 1980 en Allemagne avec des civelles de Taiwan et de Nouvelle Zélande destinées à l'élevage.

Le premier cas d'anguillicolose décrit en Italie (lac de Bracciano proche de Rome) en février 1982 par Paggi et *al.* (1982) était, selon Moravec et Taraschewski (1988), en fait, dû à *Anguillicola australiensis* (= *A. novaezealandiae* introduit avec *Anguilla australiensis* importée d'Australie. La première description d'*Anguillicola crassus* en Europe, dans des anguilles de l'Ems et de la Weser, est due à Neumann (1985), ce parasite étant connu depuis 60 ans en Asie et Australie où il avait été décrit par Yamaguti (1935). Ce Nématode a été rencontré dans presque tous les pays européens : Allemagne (Fleuve Ems, en 1985 : Koops et Hartmann, 1987 ; Taraschewski et *al.*, 1987), Pays-Bas (juillet 1985 : Van Banning et *al.*, 1985), Belgique (décembre 1985 : Belpaire et *al.*, 1987 et 1989a et b), Danemark (1986 : Koie, 1988b), Suède (1988 : Hoglund et Andersson, 1993), Hongrie (septembre 1990 : Szekely et *al.*, 1991), Grande Bretagne (fin 1987 : Kennedy et Fitch, 1990), Italie (Can Estrin I-Trotti, 1987), Espagne (avril 1987 : Belpaire et *al.*, 1989b), France (automne 1985, étang du Grand Palun, Camargue : Dupont et Petter, 1988).

Il a ainsi atteint des taux d'infestation assez élevés chez son hôte (Taraschewski et *al.*, 1987 ; Moravec et Taraschewski, 1988 ; Moravec, 1992 ; Würtz et *al.*, 1998 ; Sures et *al.*, 1999a). Il a également colonisé les populations d'anguilles peuplant l'Afrique du Nord (il a été signalé pour la première fois au Maroc par El Hillali (1996), en Tunisie par Maamouri et *al.* (1999) et en Algérie par Meddour et *al.* (1999) et par Djebari et Bensouilah (2005) et s'est étendu jusqu'à l'Amérique du Nord prenant comme hôte définitif l'anguille américaine *Anguilla rostrata* (Johnson et *al.* 1995).

Actuellement, Son aire d'extension géographique recouvre celle de l'anguille européenne.

2.1.5. *Cucullanus sp.*

❖ Position systématique

<u>Embranchement</u> :	Némathelminthes
<u>Classe</u> :	Nématoda
<u>Famille</u> :	Cucullanidae (Cobbold, 1864)
<u>Genre</u> :	<i>Cucullanus</i> (Mueller, 1777)
<u>Espèce</u> :	<i>Cucullanus sp.</i>

❖ Diagnose

L'identification des larves de nématodes, particulièrement au niveau des espèces, est difficile et souvent impossible parce que les larves sont privées de beaucoup de caractères, principalement du système génital, utilisés comme critères taxonomiques chez les nématodes.

L'extrémité antérieure est pliée dorsalement, les lèvres ne sont pas chitineuses ; la capsule buccale (pseudocapsule) est formée par une dilatation de la partie antérieure de l'œsophage qui est élargie postérieurement. Les glandes céphaliques sont absentes, l'intestin est simple.

Le mâle : la ventouse n'est pas chitineuse, l'aile caudale est rudimentaire voir absente, les spicules sont de tailles égales, avec présence de gubernaculum.

La femelle : les vulves se présentent au milieu du corps, le vagin est orienté antérieurement avec 2 ovaires, la ponte se fait par oviposition. Les parasites de ce genre sont présents chez les poissons et les reptiles.

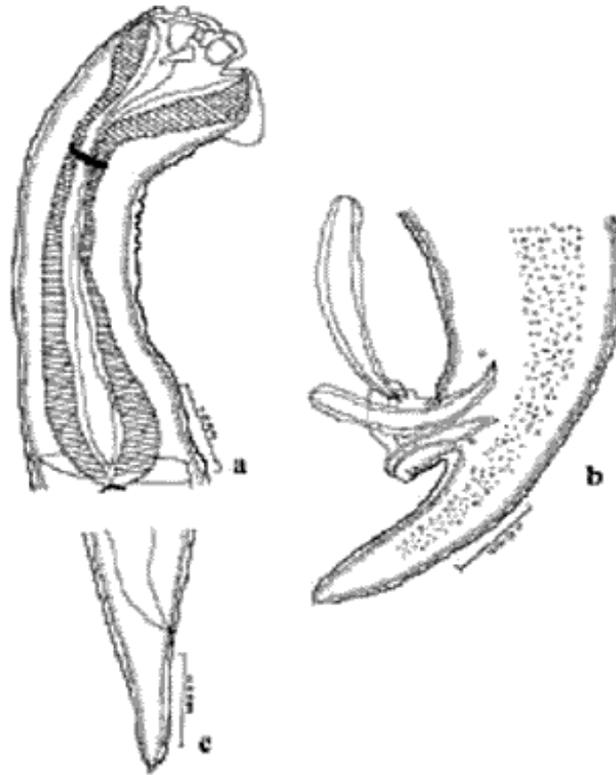


Figure 27: Représentation schématique de *Cucullanus sp.* :
 a : femelle (région antérieure) ; b : femelle (région postérieure) ;
 c : mâle (région postérieure) (www.scielo.cl)

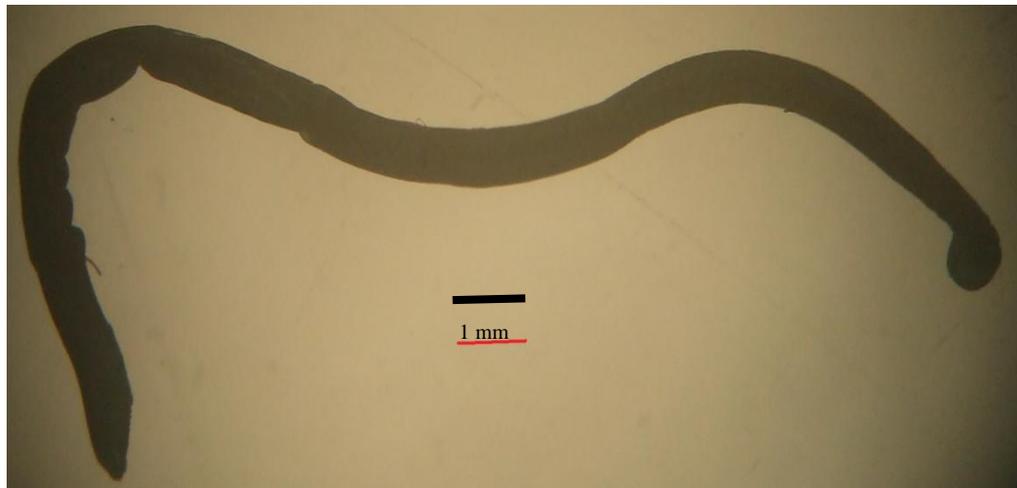


Figure 28 : Photographie de *Cucullanus sp.*.

❖ Répartition géographique

En Espagne Aguilar et *al.* (2005) signalent la présence, chez l'anguille, de l'espèce *Cucullanus heterochrous* ; Koie (2000), rapportent la présence de l'espèce *Cucullanus cirratus* dans les caecums pyloriques et l'intestin de morues franches.

Cinq espèces de *Cucullanus* ont été rapportées chez les poissons marins perciforme appartenant à la famille des *Lutjanidae* : *C. alii* (Kalyankar, 1971) a été signalé chez *Lutjanus johni* en Inde, *C. bourdini* (Petter et Le Bel, 1992) chez *Pristipomoides filamentosus*, *P. flavipinnis* en Nouvelle Calédonie et chez *L. gibbus* en Polynésie française, *C. lutjani* (Schmidt et Kuntz, 1969) chez *L. gibbus* en Philippines, *C. pargus* (Gonzalez-Solis et *al.*, 2007) chez *L. griseus* (Linnaeus) au Mexique et *C. rivulatus* (Soota et Dey Sarkar, 1980) chez *L. rivulatus* en Inde (voir Schmidt et Kuntz, 1969; Soota, 1983; Sood, 1989; Petter et Le Bel, 1992; Morand et Rigby, 1998; Gonzalez-Solis et *al.*, 2007).

2.1.6. *Echinorhynchus sp.*

❖ Position systématique

<u>Embranchement</u> :	Acanthocephala (Kölreuter, 1771)
<u>Classe</u> :	Palaeacanthocephala (Meyer, 1931)
<u>Ordre</u> :	Echinorhynchida (Southwell et Macfie, 1925)
<u>Famille</u> :	Echinorhynchidae (Cobbold, 1879)
<u>S/famille</u> :	Echinorhynchinae (Cobbold, 1876)
<u>Genre</u> :	<i>Echinorhynchus</i> (Zoega, 1776)
<u>Espèce</u> :	<i>Echinorhynchus sp.</i>

❖ Diagnose

Les acanthocéphales sont des vers allongés, en forme de sac, avec un proboscis rétractile armé d'un nombre variable d'épines. Le nombre et la disposition des épines sur le proboscis constituent des critères taxonomiques importants (fig. 29). Pour la diagnose au niveau de l'espèce, les vers doivent être fixés avec leur proboscis développé.



Figure 29 : Représentation schématique d'*Echinorhynchus sp.* :

p : proboscis ; n : cou ; s : gaine musculaire du proboscis ; g : ganglion ; b : lemnisci ;
 m : muscle rétracteur du proboscis, t : testicule ; v : vésicule séminale ; c : tégument.

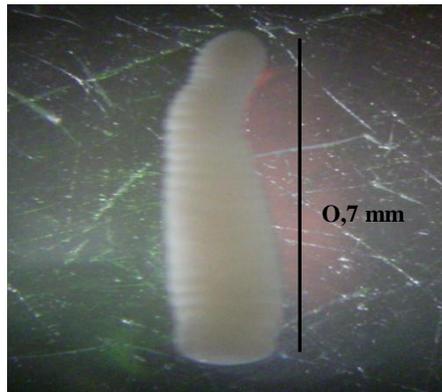


Figure 30 : Photographie d'*Echinorhynchus sp.*.

❖ Répartition géographique

C'est en 1684 que le médecin italien Francesco Redi en fit la première description en observant un individu d'*Acanthocephalus anguillae* dans un intestin d'anguille européenne *Anguilla anguilla*. Des acanthocéphales ont depuis été trouvés dans des intestins de poissons, reptiles, oiseaux, et mammifères, et ce sur l'ensemble du globe ; la prévalence des acanthocéphales est estimée à 80% pour les anguilles exposées à ce parasite en Allemagne (Sures et al, 2003).

En 1974, Kennedy a signalé 7 espèces d'acanthocéphales chez les poissons d'eau douce des îles britanniques. Une autre espèce d'acanthocéphale *Echinorhynchus borealis* a été également citée par Borgsteede (1999) dans les pays bas avec un taux d'infestation de 0,3%.

Wayland et al. (2004) ont signalé la présence de l'espèce *E. salmonis* chez *Coregonus lavaretus* L. et *Osmerus eperlaus* (L.) au Nord de la mer baltique.

2.1.7. L'espèce *Paraquimperia tenerrima*

❖ Position systématique

<u>Embranchement:</u>	nematodes
<u>Classe:</u>	Secernentea Linstow, 1878
<u>Famille:</u>	Quimperidae Linstow, 1878
<u>Genre:</u>	Paraquimperia Linstow, 1878
<u>Espèce:</u>	<i>Paraquimperia tenerrima</i> Linstow, 1878

❖ Diagnose

Cette espèce se caractérise principalement par la présence d'une ventouse ventrale chez le mâle; de spicules courts (de 147 à 171 μm); le nombre et la disposition des papilles caudales; la position post oesophagienne du pore excréteur, ainsi que par la mince queue de la femelle. Dans cette nouvelle espèce, une variabilité dans le nombre (3-5 paires) de papilles préanales subventrales a été observée.

En laboratoire, l'éclosion des œufs a eu lieu uniquement à des températures comprises entre 11 et 30°C. La survie des larves L2 (deuxième étape de vie libre) dépend également de la température, avec une survie maximale entre 10 et 20°C. La survie totale des stades libres (œufs et L2) ne devrait pas excéder un mois à des températures normales de l'eau l'été, confirmant que le parasite n'a pas pu survivre, à l'extérieur d'un hôte, pendant 6 mois depuis l'excrétion des œufs au printemps jusqu'à l'infection des anguilles au début de l'hiver. Il n'est pas encore démontré si un hôte intermédiaire est nécessaire dans le cycle de vie de ce parasite; les anguilles infectées expérimentalement ont été trouvées portant des larves L4 et juvénile de *P. tenerrima* dans leurs intestins (Cisailles et Kennedy, 2005).

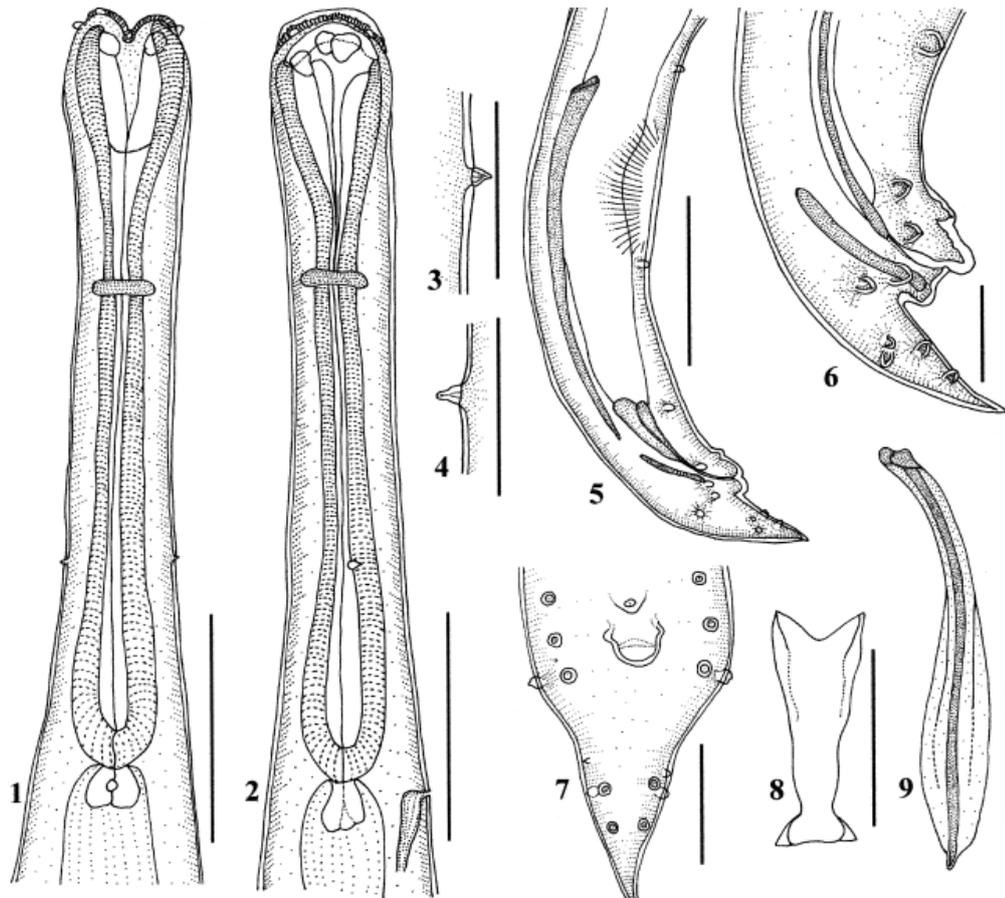


Figure 31 : *Paraquimperia tenerrima*

(1)Face antérieure ventrale. (2) Face antérieure latérale.(3).(4).(5)Partie postérieure du mâle.(6).(7).(8) gubernaculum. (9) spicule (échelle= 0,4mm «1, 2, 5, 9 » ; 0,1mm « 3, 4, 6, 7 » ; 0,05mm « 4, 5 » et 0,15 « 8 »).

❖ Répartition géographique

Le nématode du genre *Paraquimperia* Baylis,(1934) comprend des espèces parasites spécifiques des intestins de l'anguille (*Anguilla* spp.) . Bien que l'espèce type, *P tenerrima*, soit signalée chez plusieurs cyprinidés et percidés dans l'ancienne littérature européenne (Šrámek, 1901), Selon Moravec (1994), certains nématodes spiruroides ont probablement été pris pour ce parasite. Moravec (1966a) a révisé le genre et 3 espèces reconnues : *P tenerrima*. Linstow, (1878) à partir de l'anguille *Anguilla anguilla* (Linnaeus) en Europe (Linstow , 1878; Šrámek , 1901; Baylis , 1934; Moravec , 1966b, 1994; Koie, 1988; Saraiva et Chubb , 1989; Nie et Kennedy , 1991), *Paraquimperia aditum* Mueller,(1934) à partir de l'anguille américaine *Anguilla rostrata* (Mueller, 1934; Hanek et Threlfall, 1970; Hanek et Molnar , 1974; Cone et al., 1993), et *Paraquimperia anguilla* Karve,(1941) à partir de *Anguilla bengalensis* (Shrestha) de l'Inde (Karve, 1941; Naidu, 1983) .

La présence d'un spécimen de l'espèce *Paraquimperia sp.* chez les anguilles en Afrique du Sud a été rapportée pour la première fois par Jackson (1978).

Cone et al. (1993) signalent la présence de *P. tenerrima*. Chez l'anguille d'Amérique (*A. rostrata*) au Canada et mentionnent à nouveau que les 2 espèces de nématodes peuvent représenter la même espèce ; mais ils n'ont pas formellement donné de synonymie à *P. aditum*. avec *P. tenerrima*. Moravec (1966a) après réexamen des cotypes de *P. aditum*. Ne trouve aucune différence substantielle entre ces derniers et *P. tenerrima*. Du fait que ce dernier soit trouvé chez l'hôte type (l'anguille en Amérique du Nord), il est, selon Moravec (1966), actuellement admis que *P. aditum*.Mueller,(1934) est synonyme de *P tenerrima*. Linstow, (1878), Baylis, (1934).

2.1.8. L'espèce *Pseudoterranova decipiens*

❖ Position systématique

<u>Embranchement</u> :	Nématodes
<u>Classe</u> :	Secernentea
<u>Ordre</u> :	Ascaridida
<u>Famille</u> :	Anisakidae.
Genre :	<i>Anisakis</i>

Ce genre comprend plusieurs espèces : *A. pegreffii*, *A. physeteris*, *A. schupakovi*, *A. simplex*, *A. typica*, *A. ziphidarum* et *Pseudoterranova decipiens* (Fagerholm, 1991).

❖ Diagnose

Anisakis spp., *Pseudoterranova* spp. Ver du hareng, ver de morue, ver de baleine ; A l'état adulte, ces nématodes qui font environ 15 cm de long sur 2 à 4 mm de section sont parasites du tube digestif des mammifères marins, cétacés (*Anisakis* spp) et pinnipèdes (*Pseudoterranova* spp.), ainsi que des oiseaux de mer (les deux genres).

Les larves sont de couleur rouge foncé ; elles sont plus épaisses dans la moitié postérieure du corps qui se termine à chaque extrémité par 3 lèvres ; des dents (0,012 + 0,002 mm de haut ; 0,008 à 0.014 mm); pore excréteur ventral entre les lèvres subventrales; anneau nerveux à partir de l'extrémité antérieure; oesophage musculaire (pharynx), suivi par un ventricule glandulaire; caecum intestinal bien développé; anus au bout de la queue brusquement arrondie; présence de stries transversales ; cuticule irrégulière.

La larve L3 a les caractéristiques suivantes: trois lèvres bilobées, une dorsale et deux ventrolatérales, une dent foreuse ventrale de la bouche et un pore excréteur entre les lèvres ventrolatérales. La larve peut atteindre une longueur de 50mm et un diamètre de 1 à 2mm. (Ventura et al., 2008).

Les œufs rejetés avec les déjections de ces hôtes définitifs embryonnent dans l'eau de mer où ils libèrent des larves, qui sont avalées par des crustacés pélagiques. Lorsque ceux-ci sont ingérés par le deuxième hôte intermédiaire, poisson ou céphalopode (calmar, seiche), les larves s'enkystent dans l'épaisseur de la paroi intestinale, parfois aussi dans les muscles ou sous la peau. Quand ce deuxième hôte intermédiaire est dévoré par un de ses prédateurs, mammifère ou oiseau marin, les larves sont libérées dans le tube digestif où elles vont donner de nouveaux vers adultes.

Remarque : les genres *Contracaecum*, *Multicaecum*, *Phocanema*, *Porocaecum* et *Raphidascaris* sont des agents seulement potentiels ou rarement reconnus d'anisakiase humaine

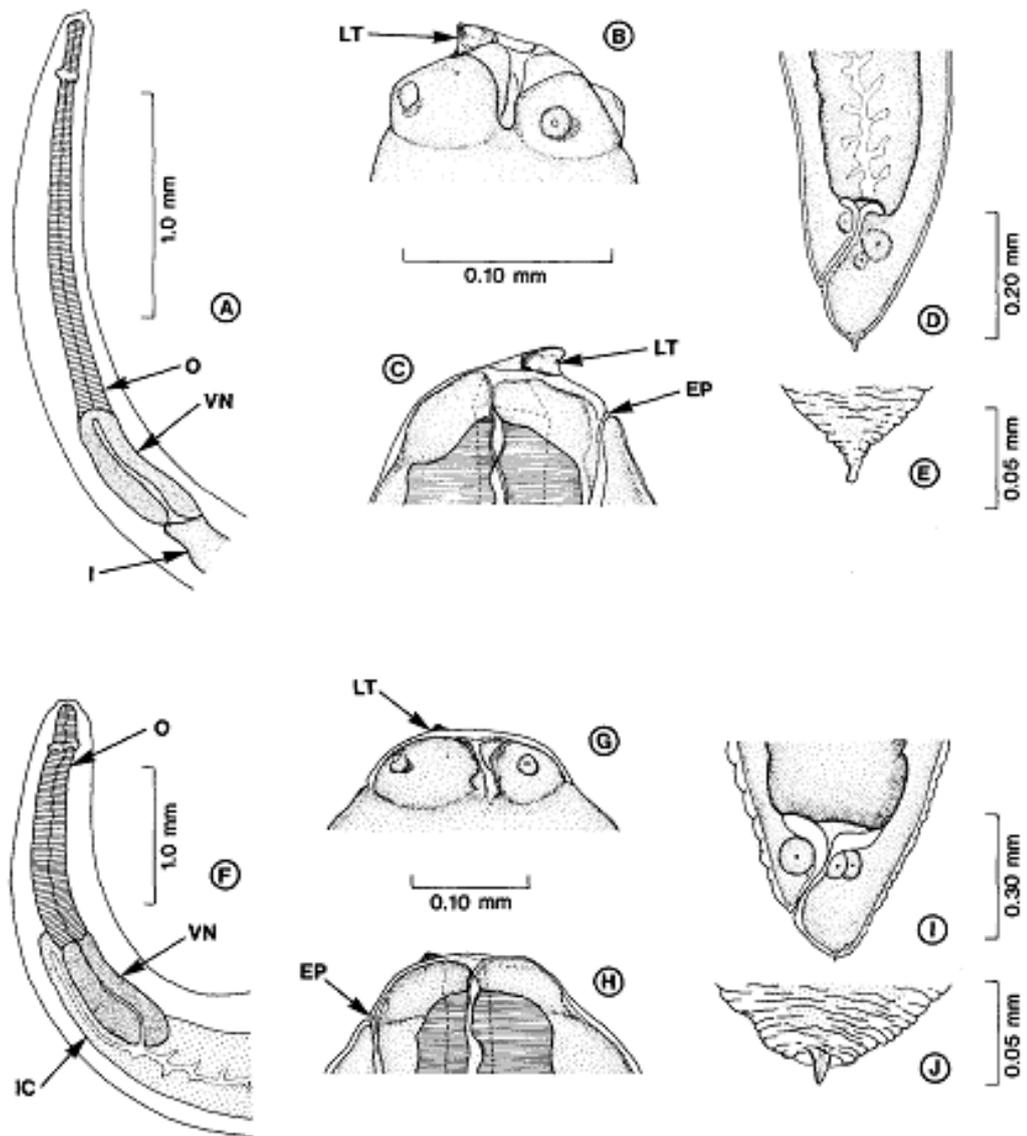


Figure 32 : (A-E) larve *Anisakis simplex* (Stde HI), (F-J) larve *Pseudoterranova decipiens* (Stade III) (selon Brunsdon 1956). (A, F), antérieur, face latérale; (B, G) tête, face latérale; (C, H) tête, coupe sagittale; (D, I) postérieur, coupe latérale; (E, J) l'extrémité postérieure. LT, dents des larves; EP, pore excréteur; I, intestin; IC, caecum intestinale; O, œsophage; VN, ventricule.

❖ Répartition géographique

Les larves de l'espèce *Anisakis* présentent plusieurs localisations dans la chair des poissons (hareng, sardine, anguille, merlans, morue, maquereau, lotte...) et des calmars des mers froides. Le premier cas fut décrit par Thiel en Hollande en 1955

Hurst (1984), a identifié et décrit les différents stades larvaires d'*Anisakis simplex* et *Pseudoterranova decipiens* en Nouvelle Zélande. Pippy et van Banning (1975), Punt (1941) dans la mer du nord ; Brunson (1956), Cannon (1977) en Australie ; Torres et al. (1978) au Chili ; Koyama et al. (1969), Shiraki (1974) au Japon.

L'anisakiase a été rapportée dans les pays où l'on consomme du poisson cru (Pays riverains de la Mer du Nord, de la Mer Baltique, au Japon, en Chine, au Pays-Bas, en France, au Chili, aux États-Unis et au Canada). Le nombre de cas avec découverte de larves est de plus de 2500 par an au Japon, pays industrialisé le plus touché. Aux États-Unis, l'incidence serait de 10 cas par an. En Europe, les pays où l'anisakiase est communément rapportée sont l'Espagne, la Norvège, les Pays-Bas et le Royaume-Uni.

2.2. Indices parasitaires

L'examen des anguilles pêchées dans l'estuaire du Mafrag (2007-2009) et dans le lac Oubeira (2008) révèle la présence de 8 genres de parasites localisés comme suit :

- dans les branchies : *Pseudodactylogyrus sp.* (monogène - monopisthocotylé) et *Ergasilus sp.* (crustacé-copépoïde) ;
- dans la vessie natatoire : *Anguillicola crassus* (nématode) ;
- dans l'intestin : *Bothriocephalus claviceps* (cestode), *Cucullanus sp.* ; *Paraquimperia tenerrima* et *Pseudoterranova decipiens* (nématodes) et *Echinorhynchus sp.* (acanthocephale)

2.2.1. Les ectoparasites

2.2.1.1. Répartition mensuelle des indices parasitaires de *Pseudodactylogyrus sp.*

⊕ Prévalence

L'évaluation des taux d'infestation mensuels des anguilles par *Pseudodactylogyrus sp.* montre que les valeurs varient généralement entre 80 et 96% (avec une moyenne de 80%), sauf en septembre, octobre et en avril où moins de 67% des anguilles sont infestées par ce parasite ; le taux d'infestation le plus bas étant relevé en octobre (fig. 33).

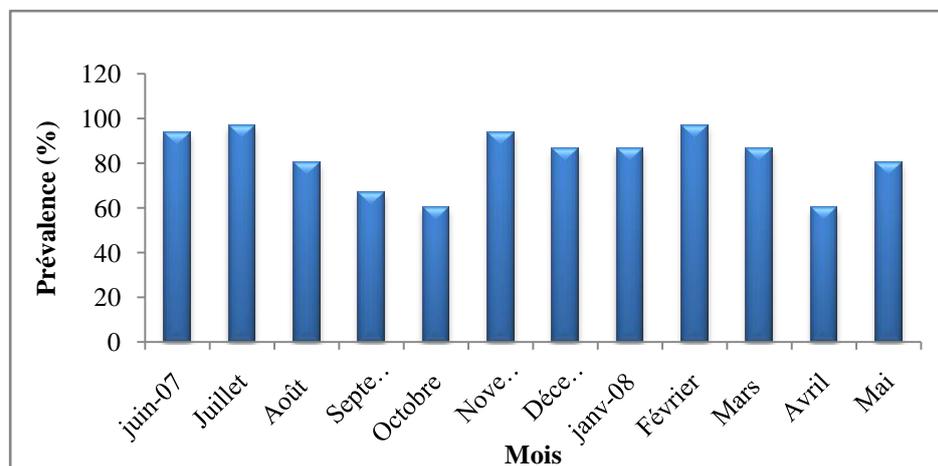


Figure 33 : Variations mensuelles de la prévalence de *Pseudodactylogyrus sp.* chez l'anguille du Mafrag.

⊕ Intensité moyenne d'infestation et abondance

Les anguilles infestées par *Pseudodactylogyrus sp.* abritent dans leurs branchies de 8 à 200 spécimens. Nous notons toutefois que durant la période s'étalant de juin à novembre les

valeurs de l'intensité sont les plus élevées (comprises entre 89 et 200), mais en revanche de décembre à mai les valeurs de l'intensité d'infestation ne dépassent pas 48 spécimens/anguille infestée à l'exception du mois de février où sont relevés jusqu'à 90 spécimens/anguille infestée (fig. 34).

Les valeurs de l'abondance en *Pseudodactylogyrus sp.* montrent des fluctuations similaires à celles de l'intensité ; ces dernières sont élevées (varient de 65 à 193 spécimens/anguille examinée) de juin à novembre et basses de décembre à mai (moins de 42) à l'exception du pic (proche de 87 spécimens/anguille examinée) de février (fig. 34).

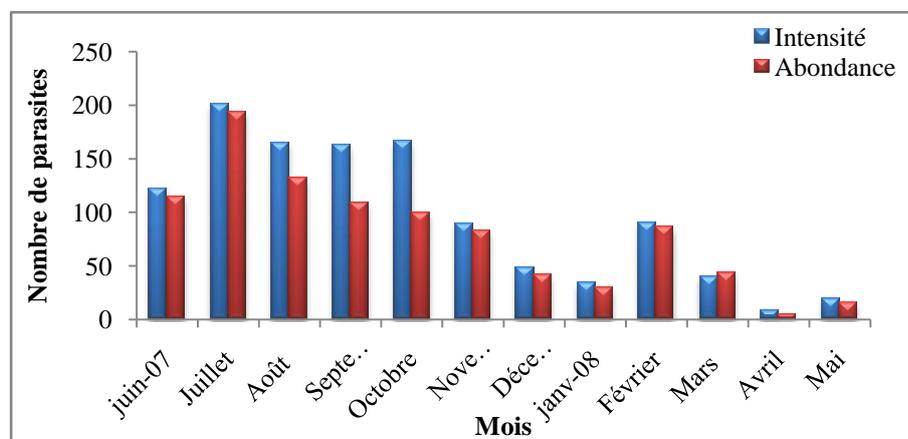


Figure 34: Variations mensuelles de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance de *Pseudodactylogyrus sp.* chez l'anguille du Mafrag

2.2.1.2. Répartition des indices parasitaires de *Pseudodactylogyrus sp.* en fonction des classes de taille

⊕ Prévalence

Toutes les classes de taille sont infestées par les monogènes du genre *Pseudodactylogyrus*. Ce sont les spécimens appartenant à la classe de taille [54-64[cm qui sont les moins infestés (77,04%) ; des taux d'infestation de plus de 80% sont relevés chez le reste des individus (fig. 35).

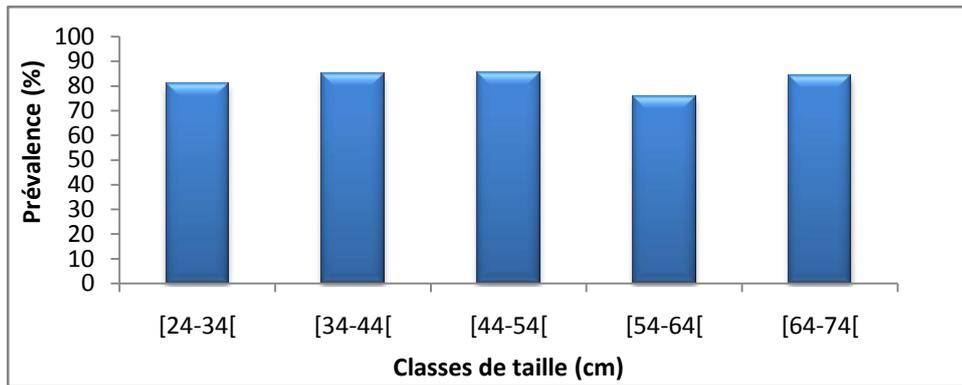


Figure 35 : Variations des taux d'infestation de *Pseudodactylogyrus sp.* en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag

⊕ Intensité moyenne d'infestation et abondance

Pour les individus dont la taille est comprise entre 24 cm et 54cm, les charges parasitaires semblent augmenter avec la taille des individus. Toutefois, ce sont les individus appartenant à la classe de taille [54-64[cm qui enregistrent l'intensité moyenne d'infestation et l'abondance les plus élevées avec 227,82 parasites/poisson infesté et 175,54 parasites/poisson examiné respectivement (fig. 36).

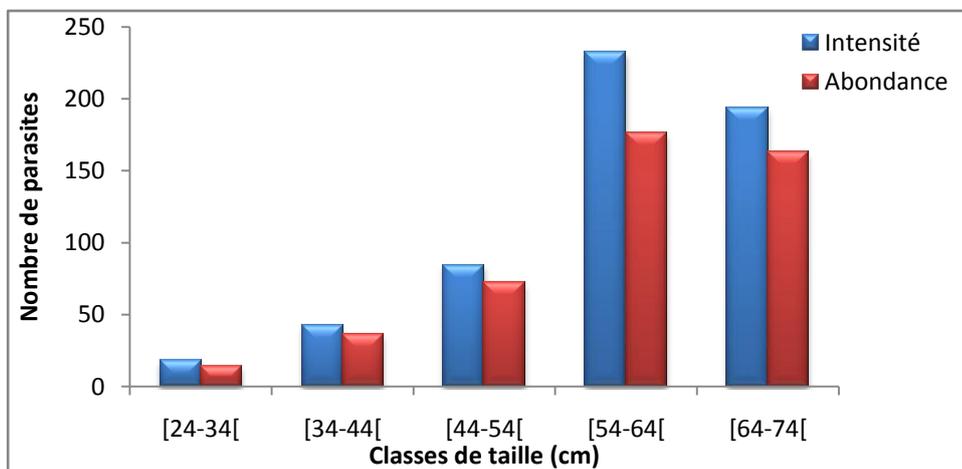


Figure 36 : Variations de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance de *Pseudodactylogyrus sp.* en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.

2.2.1.3. Répartition mensuelle des indices parasitaires d'*Ergasilus sp.*

⊕ Prévalence

Les taux d'infestation de l'anguille, par *Ergasilus sp.*, ne dépassent pas 34%. Les valeurs les plus basses (moins de 5%) sont relevées de mai à août ; des taux d'infestation de 30% et plus sont enregistrés en novembre, février et mars (fig. 37).

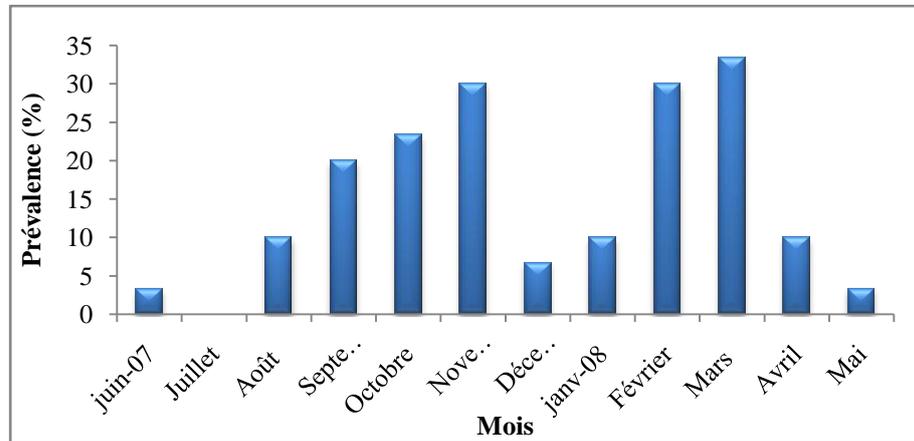


Figure 37 : Variations mensuelles de la prévalence d'*Ergasilus sp.* chez l'anguille du Mafrag.

⊕ Intensité moyenne d'infestation et abondance

L'intensité moyenne d'infestation par *Ergasilus sp.* dépasse 2 spécimens/anguille infestée sauf en juillet où aucun spécimen de cette espèce n'est rencontré ; les valeurs maximales (6 spécimens/anguille infestée) sont, en revanche, relevées, en juin, août et décembre (fig. 38).

Les valeurs de l'abondance restent inférieures à 1 spécimen/anguille examinée sauf en novembre, février et mars où plus de 1,1 spécimens sont relevés chez les anguilles examinées (fig. 38).

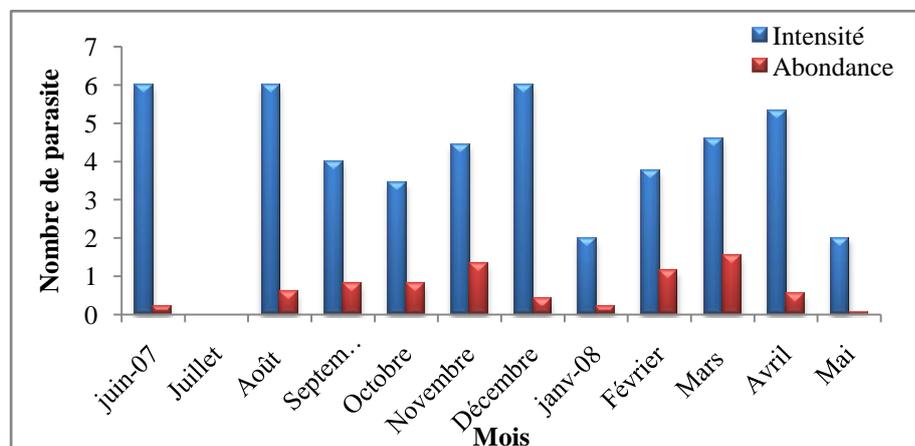


Figure 38: Variations mensuelles de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance d'*Ergasilus sp.* chez l'anguille du Mafrag.

2.2.1.4. Répartition des indices parasitaires d'*Ergasilus sp.* en fonction des classes de taille

⊕ Prévalence

Les taux d'infestation augmentent avec la taille des poissons : la valeur la plus faible (2,38%) est enregistrée chez les spécimens de classe de taille [24-34[cm et la valeur la plus élevée (23,52%) est notée chez ceux appartenant à la classe de taille [64-74[cm (fig. 39).

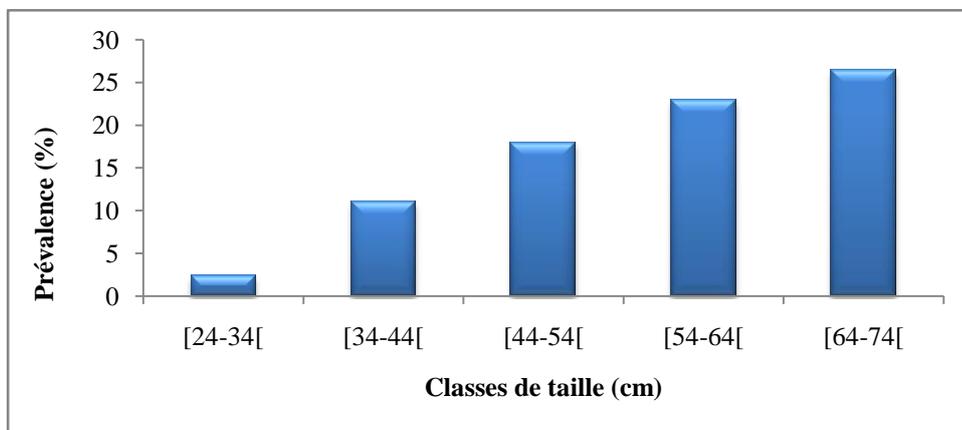


Figure 39 : Variations des taux d'infestation d'*Ergasilus sp.* en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.

⊕ Intensité moyenne d'infestation et abondance

Les intensités moyennes d'infestation varient de 2 à 5 parasites/poisson infesté chez les classes de taille [24-34[cm et [64-74[cm respectivement ; des intensités de plus de 3 parasites/poisson infesté sont relevées chez les anguilles dont la taille est comprise entre 34 et 64 cm.

En ce qui concerne l'abondance, nous avons relevé un pic de 1,17 parasite/poisson examiné chez les classes de taille [64-74[cm ; chez les poissons des autres classes de taille la valeur de l'abondance ne dépasse pas 1 parasite/poisson examiné (fig. 40).

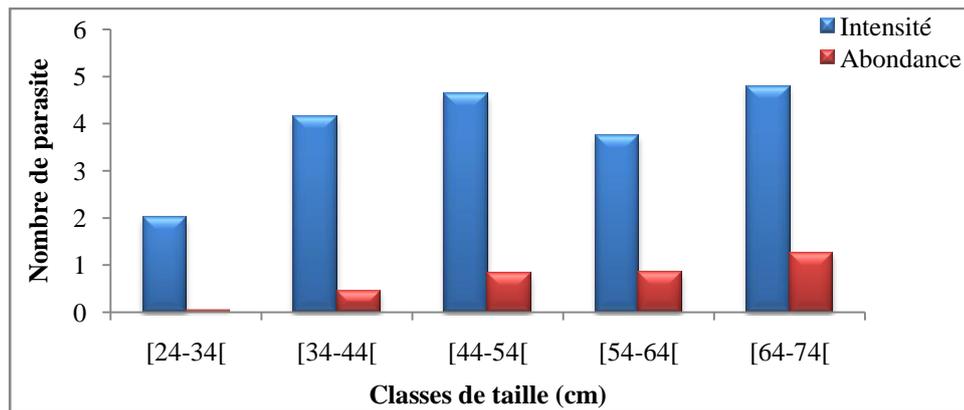


Figure 40 : Variations de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance d'*Ergasilus sp.* en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.

2.2.2. Les endoparasites

2.2.2.1. Répartition mensuelle des indices parasitaires d'*Anguillicola crassus*

✚ Mafrag (premier cycle)

⊕ Prévalence

Le ver nématode *A. crassus* infeste plus de 40% des anguilles examinées, sauf en décembre et en mars où sont respectivement relevés des taux de 30 et 36,66%. C'est, néanmoins, en période printanière que les taux d'infestation les plus élevés (compris entre 63 et 76%) sont enregistrés (fig. 41).

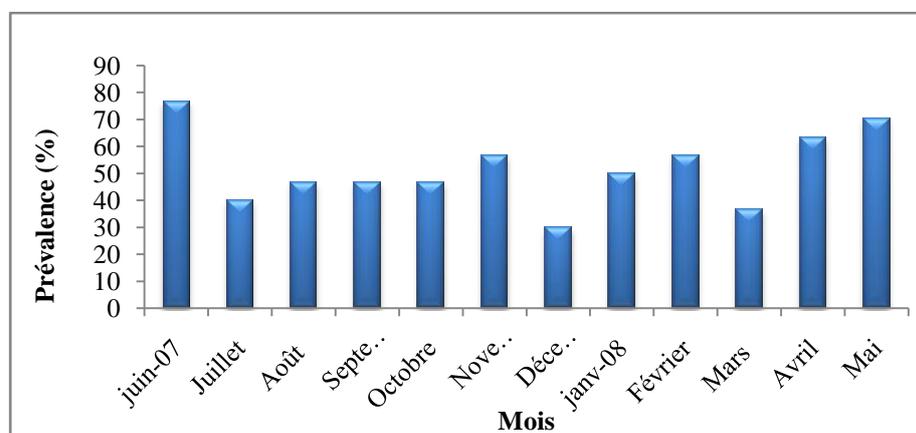


Figure 41 : Variations mensuelles de la prévalence d'*Anguillicola crassus* chez l'anguille du Mafrag.

⊕ Intensité moyenne d'infestation et abondance

Les anguilles infestées par *A. crassus* hébergent généralement entre 3 et 5,71 spécimens sauf en juillet, août et novembre où moins de 3 vers sont rencontrés dans la vessie natatoire (fig. 42).

Les valeurs de l'abondance varient de 0,9 à 3,66 vers par anguille examinée; il apparait, toutefois, que c'est en période printanière que le ver *A. crassus* est le plus abondant ; ceci est illustré par des pics de 3,1 et 3,66 relevés respectivement en avril et en juin (fig. 42).

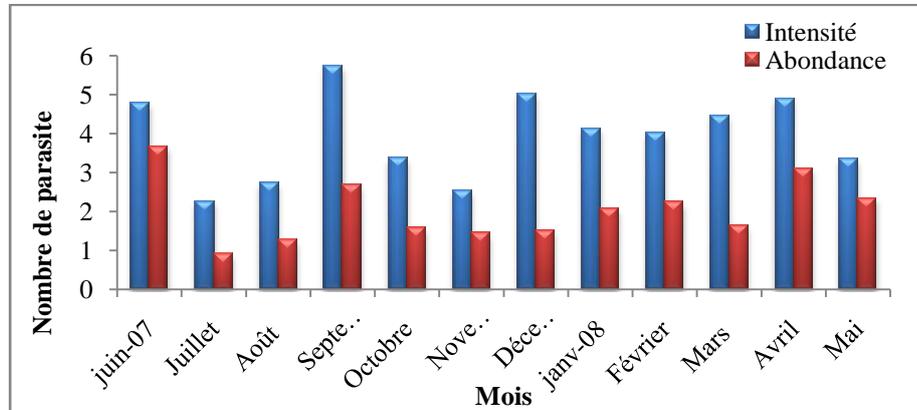


Figure 42 : Variations mensuelles de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance d'*Anguillicola crassus* chez l'anguille du Mafrag.

✚ Oubeira et Mafrag (deuxième cycle)

⊕ Prévalence

A. crassus montre des taux d'infestation variant de 23% (en juin) à plus de 83% (en avril) ; les prévalences saisonnières d'*A. crassus*, dans l'oubeira, dépassent généralement 60% à l'exception de la période estivale où moins de 40% des effectifs sont infestés par ce parasite (fig. 43) c'est toutefois en période hivernale et printanière que des taux d'infestation de plus de 65% sont enregistrés.

Chez les anguilles provenant de l'estuaire du Mafrag, le ver nématode *A. crassus* est présent durant toute l'année. Les taux d'infestation mensuels varient de 23% (en novembre) à 70% (en janvier). En ce qui concerne les taux d'infestation saisonniers les valeurs sont proches de 50% durant l'ensemble des saisons sauf en automne où moins de 44% des effectifs sont infestés.

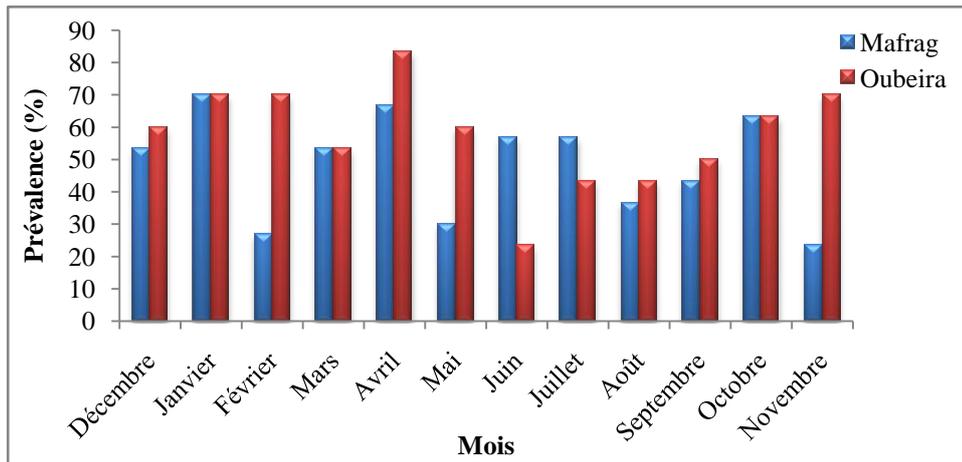


Figure 43 : Distribution spatiotemporelle de la prévalence d'*Anguillilicola crassus*

⊕ Abondance

Les valeurs de l'abondance d'*A. crassus* dans l'Oubeira suivent la même évolution que celles de l'intensité ; nous notons, en effet, que les valeurs les plus basses ($A=1,1$) sont obtenues en été et les plus élevées ($A>5$) sont enregistrées en hiver et au printemps ; en automne les valeurs de l'abondance dépassent 3 vers/anguille examinée (fig. 44).

Dans le Mafrag, *A. crassus* montre des valeurs mensuelles de l'abondance comprises entre 0,53 (en mai) et 3,93 (en novembre). L'évolution saisonnière de l'abondance est similaire à celle de l'intensité ; nous relevons la valeur la plus basse ($A=1,1$) au printemps et la plus élevée ($A=2,6$) en automne ; en hiver et en été les valeurs respectivement enregistrées sont 1,8 et 1,6 (fig. 44).

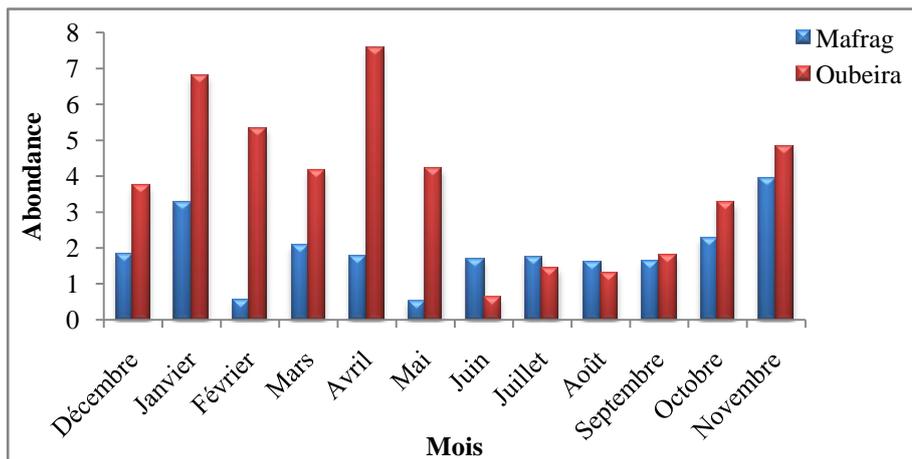


Figure 44: Distribution spatiotemporelle de l'abondance d'*Anguillilicola crassus*

⊕ Intensité

Les valeurs de l'intensité d'infestation de l'anguille de l'Oubeira par *A. crassus* varient de 2,7 (en juin) à 9,7 (en janvier). L'anguille de l'Oubeira héberge plus de 7 vers (I=7,9) en hiver et au printemps, plus de 5 vers (5,2) en automne et seulement 3 vers en été (fig. 45)

Les valeurs mensuelles de l'intensité d'infestation varient de 1,7 (en mai) à 7,37 (en novembre). C'est en période automnale que l'intensité moyenne d'infestation est la plus élevée (I=4,9) et en période printanière qu'elle est la plus basse (I=2,7). Les valeurs de l'intensité relevées en hiver et en été sont de l'ordre de 3,4 et 3,7 respectivement (fig. 45).

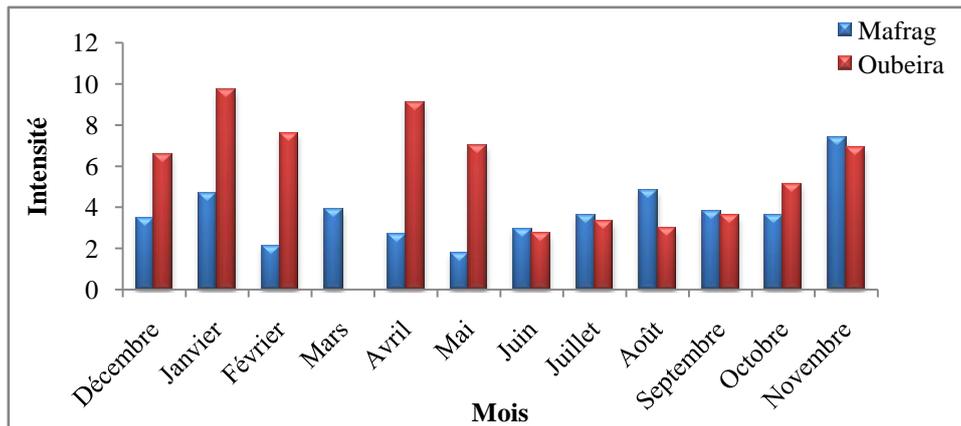


Figure 45 : Distribution spatiotemporelle de l'intensité d'*Anguillilicola crassus*

2.2.2.2. Répartition des indices parasitaires d'*Anguillilicola crassus* en fonction des classes de taille

✚ Mafrag (premier cycle)

⊕ Prévalence

Les taux d'infestation présentent une amplitude de 18,09 ; ce sont les spécimens appartenant à la classe de taille [34-44[cm qui sont les moins infestés avec presque 46% contre 64,7% chez ceux appartenant à la classe de taille [64-74[cm (fig. 46).

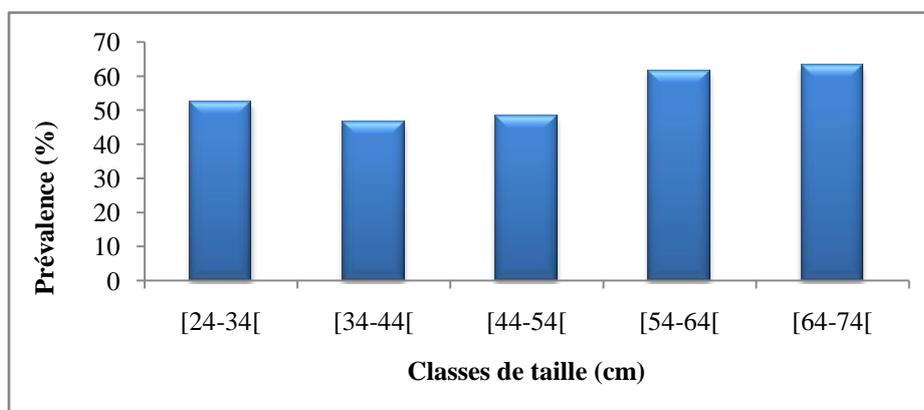


Figure 46 : Variations des taux d'infestation d'*Anguillicola crassus* en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.

⊕ Intensité moyenne d'infestation et abondance

Pour les intensités moyenne d'infestation, nous notons que les spécimens des classes de taille [24-34[cm et [54-64[cm abritent plus de 4 parasites/poisson infesté ; il est, par ailleurs, noté moins de 4 parasites/poisson infesté chez les autres classes de taille (fig. 47).

Les valeurs de l'abondance varient entre 1,67 et 2,3 parasites/poisson examiné (fig. 47).

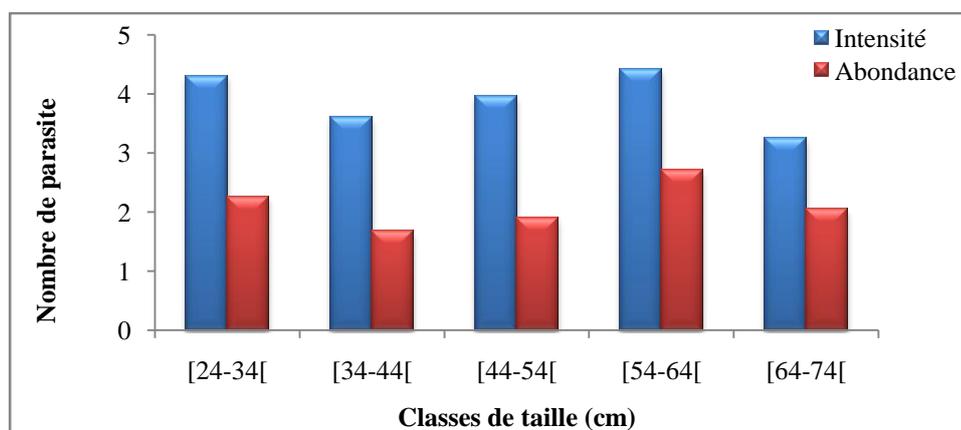


Figure 47 : Variations de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance d'*Anguillicola crassus* en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.

⊕ Oubeira et Mafrag (deuxième cycle)

Dans l'Oubeira, les taux d'infestation des anguilles par *A. crassus* varient en fonction de la taille de l'hôte ; nous notons, en effet, que les prévalences les plus basses sont enregistrées chez les anguilles de petite taille ($P=15\%$ et $P=17\%$ dans les classes de taille [31-37[et [37-43[respectivement) et les plus élevées chez les anguilles de grande taille ($P>60\%$ dans les classes de taille de plus de 67cm) ; les anguilles de taille moyenne (de la classe de taille [43-49[à [61-67[enregistrent des taux d'infestation compris entre 50 et 60% (fig.48).

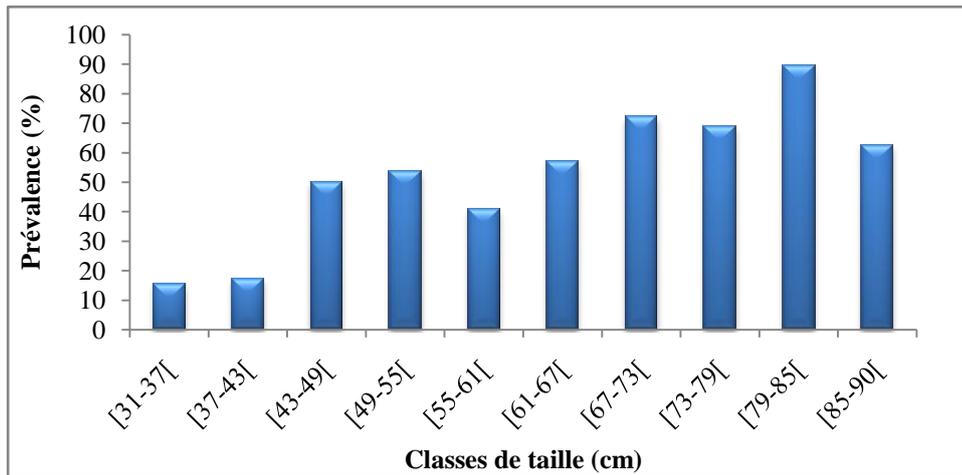


Figure 48 : Répartition du taux d'infestation par *Anguillicola crassus* en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.

Les charges parasitaires suivent la même évolution que la prévalence ; les valeurs de l'intensité et d'abondance enregistrées par *A. crassus* augmentent de manière progressive avec l'augmentation de la taille de l'anguille (fig.49); nous notons chez les anguilles de petite taille les valeurs les plus faibles (I=1 et A=0,15 dans la classe de taille [31-37[), chez celles de taille moyenne des valeurs intermédiaires (I=6,19 et A=3,5 dans les classes de taille [61-67[) et chez celles de grande taille les valeurs maximales (I=10 et A=6,25 dans les classes de taille [85-90[).

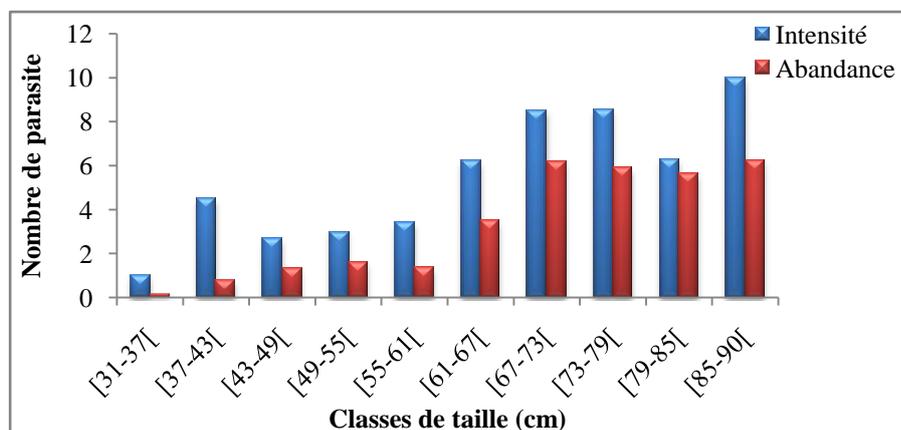


Figure 49: Répartition des charges d'infestation par *Anguillicola crassus* en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.

Dans le Mafrag, *A. crassus* infeste plus de 33% des effectifs de toutes les classes de tailles (fig.50); Les anguilles dont la taille est comprise entre 18 cm et 61 cm enregistrent des taux d'infestation variant de 47 à 63% ; la valeur maximale (P=63,33%) étant notée chez les anguilles de la classe de taille [24,9-30,9[.

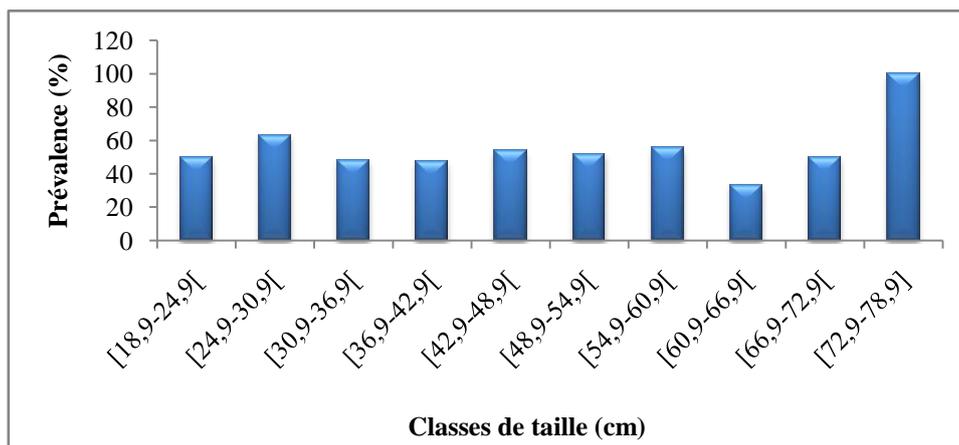


Figure 50 : Répartition du taux d'infestation par *Anguillicola crassus* en fonction de la taille des anguilles du Mafrag.

Les anguilles infestées par *A. crassus* hébergent selon la taille de 1 à 7 vers (fig.51); la valeur maximale (I=7) est relevée dans la classe de taille [60,9-66,9[; nous notons, par ailleurs, que chez les anguilles de taille comprise entre 36 et 60 cm le nombre de ver/individu infesté est supérieur à 3 ($3,46 > I > 5,5$).

En ce qui concerne l'abondance, des valeurs supérieures à 2 sont enregistrées aussi bien chez les spécimens de petite taille (A=2,53 dans la classe de taille [24,9-30,9[) que ceux de grande taille (A=2,85 dans la classe de taille [48,9-54,9[)

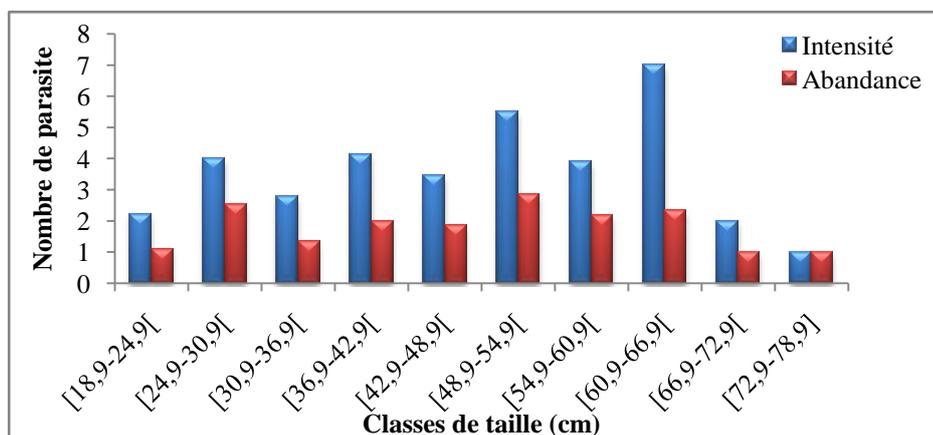


Figure 51: Répartition des charges d'infestation par *Anguillicola crassus* en fonction de la taille des anguilles de la Mafrag.

2.2.2.3. Répartition mensuelle des indices parasitaires de *Bothriocephalus claviceps*

✚ Mafrag (premier cycle)

⊕ Prévalence

Le cestode *Bothriocephalus claviceps* touche moins de 7% de la population d'anguilles examinées, sauf en août et en juin où des taux d'infestation respectifs de 9,09 et 16,66% sont notés (fig. 52). Nous notons, par ailleurs, l'absence de ce cestode durant les mois de septembre-octobre et avril-mai.

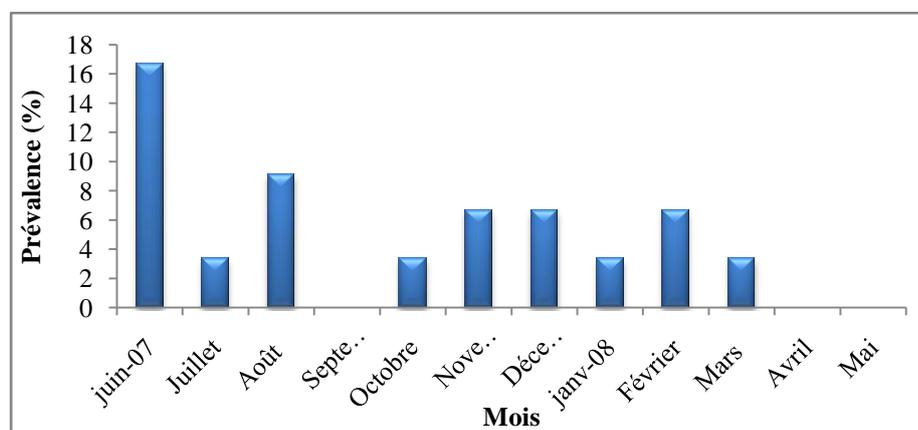


Figure 52 : Variations mensuelles de la prévalence de *Bothriocephalus claviceps* chez l'anguille du Mafrag.

⊕ Intensité moyenne d'infestation et abondance

L'intensité moyenne d'infestation des anguilles par le cestode *B. claviceps* est généralement comprise entre 0 et 1 ver par poisson infesté ; nous notons toutefois des pics de 8,8 et 13,5 en juin et en février et des valeurs intermédiaires de 3 et 4 en août et en décembre respectivement (fig. 53).

Les valeurs de l'abondance sont, en revanche, très basses (n'excèdent pas 0,3 parasite/anguille examinée) sauf en juin où presque 1,5 parasites/anguille examinée sont notés (fig. 53).

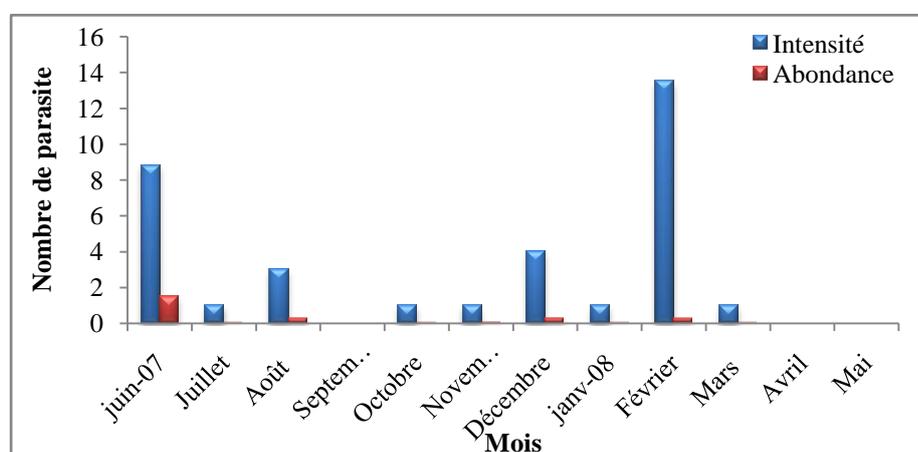


Figure 53 : Variations mensuelles de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance de *Bothriocephalus claviceps* chez l'anguille du Mafrag.

✚ Oubeira et Mafrag (deuxième cycle)

⊕ Prévalence

L'espèce *Bothriocephalus claviceps* est rencontrée chez les anguilles de l'Oubeira et du Mafrag durant toute l'année; les prévalences mensuelles varient de 25%(en mars-mai) à 83% (en septembre) dans l'Oubeira et de 3%(en janvier-mars-octobre) à 45%(en juillet) dans le Mafrag (fig. 54). En milieu estuarien, les prévalences de *Bothriocephalus claviceps* sont le plus souvent inférieures à 15% sauf en juin-juillet et août où des valeurs de 20 à 45% sont relevées ; mais en revanche, dans l'Oubeira, des prévalences de plus de 35% sont très fréquentes.

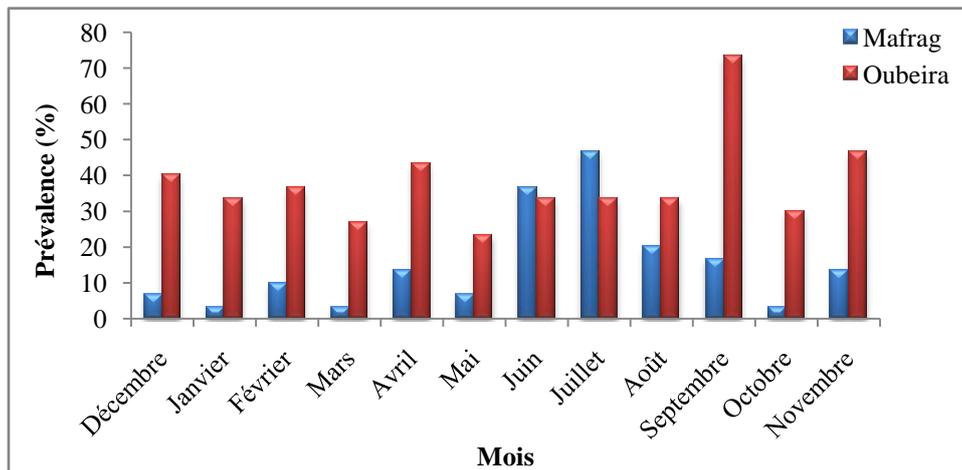


Figure 54 : Distribution spatiotemporelle de la prévalence de *Bothriocephalus claviceps*

⊕ Abondance

L'abondance de *Bothriocephalus claviceps* est faible dans le Mafrag ; les valeurs relevées sont faibles (0,02 de décembre à mai), atteignent des pics de plus de 0,7 (en avril) et plus de 0,8 en juin et juillet pour ensuite se situer entre 0,2 et 0,4 de septembre à novembre. Dans l'Oubeira, les valeurs de l'abondance dépassent 0,4; elles se situent assez souvent à plus de 0,6 et atteignent même un pic de 1,4 en septembre (fig. 55).

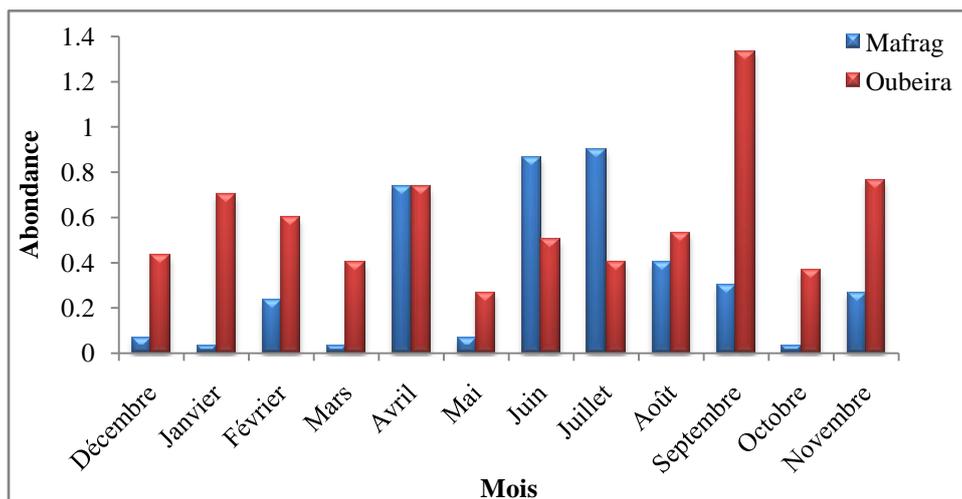


Figure 55: Distribution spatiotemporelle de l'abondance de *Bothriocephalus claviceps*

⊕ Intensité

Les valeurs de l'intensité d'infestation restent inférieures à 2 cestodes/anguille infestée dans l'Oubeira, mais en revanche dans le Mafrag cette espèce présente les valeurs les plus élevées ; nous notons, en effet, que les valeurs dépassent le plus souvent 1,5 en été et en automne et montrent des pics en février et en juin (> 2), en avril (>5)(fig. 56).

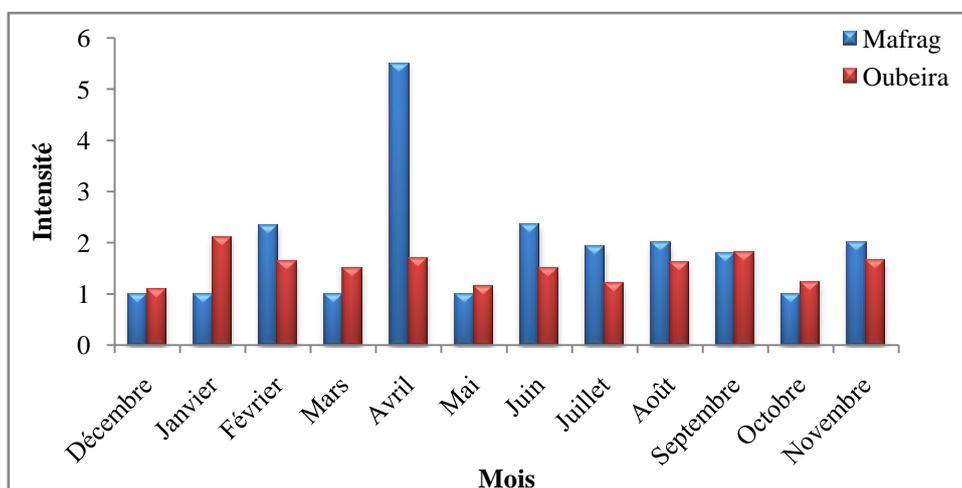


Figure 56 : Distribution spatiotemporelle de l'intensité de *Bothriocephalus claviceps*

2.2.2.4. Répartition des indices parasitaires de *Bothriocephalus claviceps* en fonction des classes de taille

⊕ Mafrag (premier cycle)

⊕ Prévalence

Chez les spécimens de la classe de taille [64-74[cm, nous avons observé un pic de 29,41%, mais, en revanche, chez ceux dont la taille est comprise entre 24 cm et 64 cm, les taux d'infestation ne dépassent pas 5% (fig. 57).

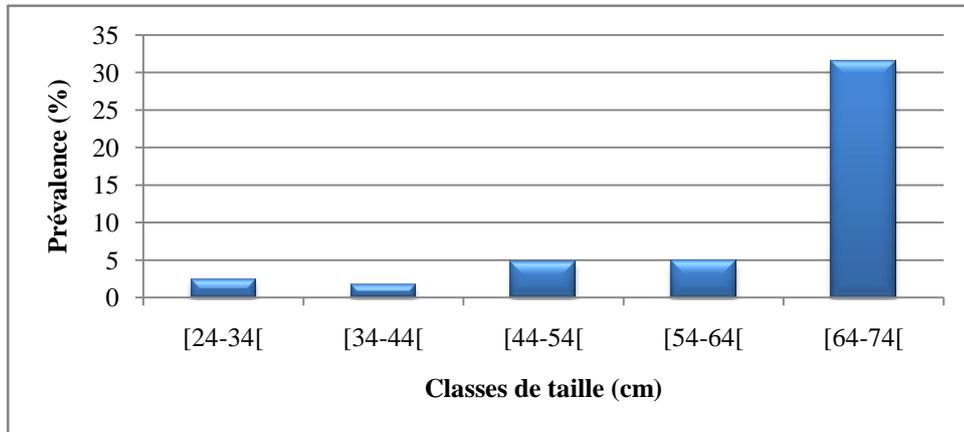


Figure 57 : Variations des taux d'infestation de *Bothriocephalus claviceps* en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.

⊕ Intensité moyenne d'infestation et abondance

Chez les spécimens dont la taille varie de 44 cm jusqu'à 74 cm, Les intensités moyennes d'infestation dépassent 3 parasites/poisson infesté et elles sont de 1 parasite/poisson infesté chez ceux dont la taille est comprise entre 24 cm jusqu'à 44 cm (fig. 58).

Quant aux valeurs de l'abondance, elles ne dépassent pas 1 parasite/poisson examiné, nous notons par ailleurs un pic de 1,58 parasite/poisson examiné chez les spécimens de taille [64-74[cm (fig. 58).

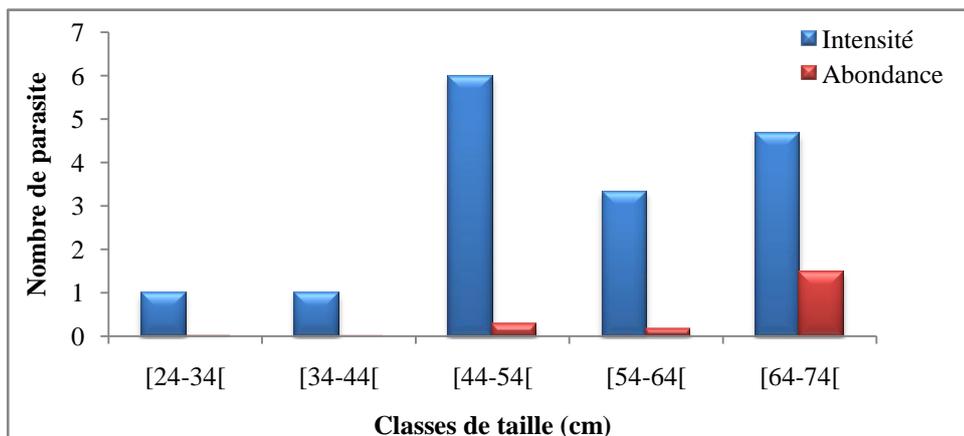


Figure 58 : Variations de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance de *Bothriocephalus claviceps* en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag

🚩 Oubeira et Mafrag (deuxième cycle)

Chez les anguilles de l'Oubeira, l'espèce *Bothriocephalus claviceps* enregistre, chez l'ensemble des classes de taille, des prévalences variant de 30 à 45% sauf dans les classes de taille [79-85[et [85-90[où moins de 25% des effectifs sont infestés par ce parasite (fig59).

Les valeurs de l'intensité d'infestation et de l'abondance ne montrent pas de grosses variations d'une classe de taille à l'autre ; les valeurs de l'intensité varient de 1,3 à 1,7 sauf chez les anguilles de grande taille où il est noté la présence de 2,5 cestodes/poisson infesté; En ce qui concerne l'abondance, les valeurs relevées fluctuent de 0,4 à 0,7 à l'exception de la classe de taille [79-85[qui enregistre la valeur la plus basse (A=0,3) (fig.60).

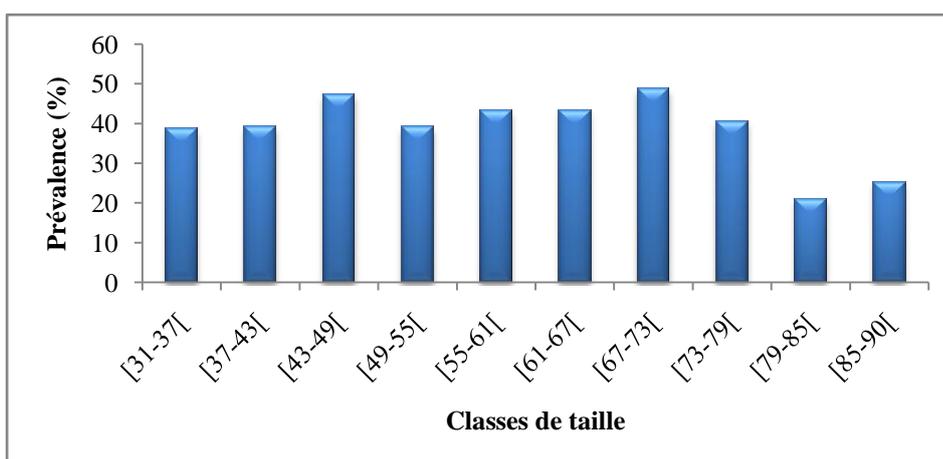


Figure 59 : Répartition du taux d'infestation par *Bothriocephalus claviceps* en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.

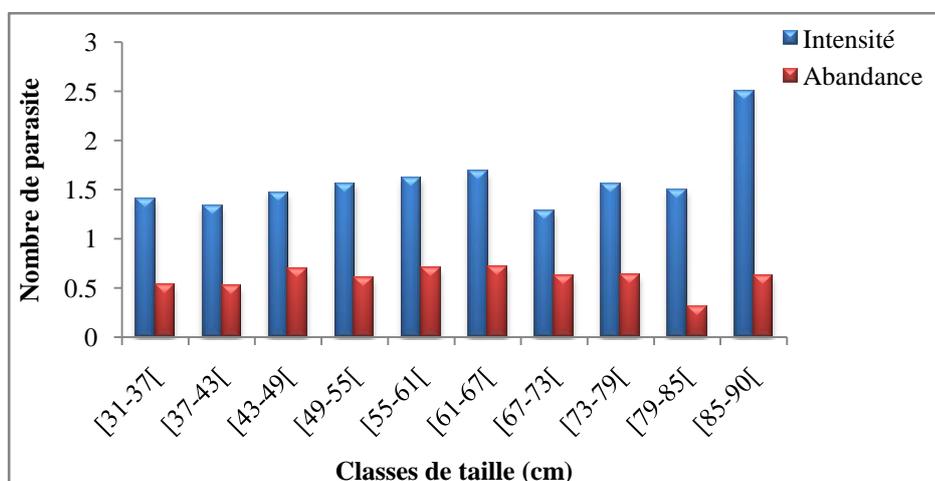


Figure 60 : Répartition des charges d'infestation par *Bothriocephalus claviceps* en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeïra.

Dans le Mafrag, le cestode *Bothriocephalus claviceps* infeste les différentes classes de taille d'anguille à des taux variables en fonction de la taille (fig.61); nous notons, en effet, que les prévalences de ce parasite augmentent progressivement avec l'augmentation de la taille de l'anguille puis marquent un pic de 66% dans la classe de taille [60,9-72,9[et 100% dans celle de [66,9-72,9[.

Les valeurs de l'intensité d'infestation de plus de 2 vers/anguille infestée sont relevées chez les individus de taille comprise entre 42 et 72cm (fig.62). L'abondance suit la même évolution que l'intensité; les valeurs de plus de 0,3 ver/individu examiné sont enregistrées dans les classes de taille comprises dans l'intervalle 36-72 cm ; la valeur maximale (A=2,5) étant relevée chez les spécimens de la classe de taille [66,9-72,9[.

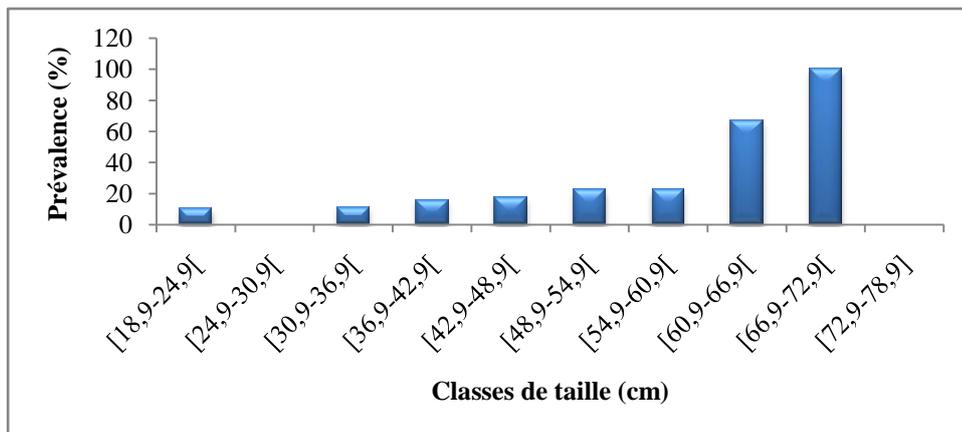


Figure 61 : Répartition du taux d'infestation par *Bothriocephalus claviceps* en fonction de la taille des anguilles du Mafrag.

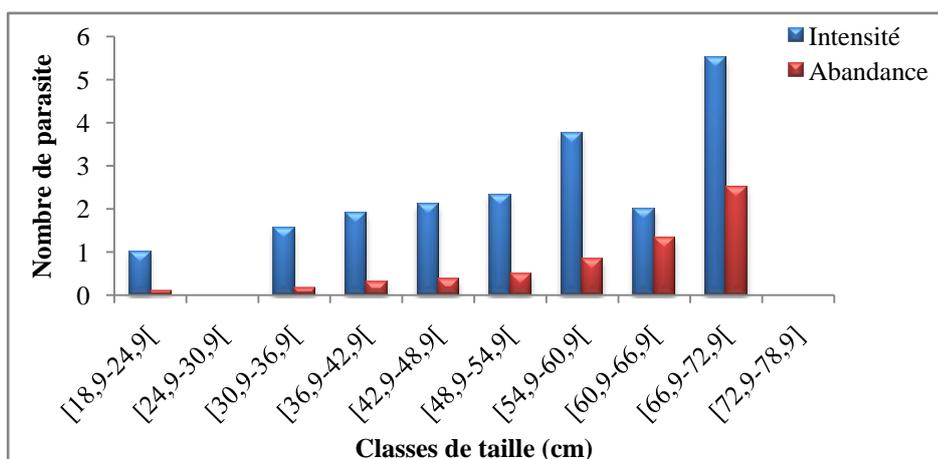


Figure 62: Répartition des charges d'infestation par *Bothriocephalus claviceps* en fonction de la taille des anguilles du Mafrag.

2.2.2.5. Répartition mensuelle des indices parasitaires de *Cucullanus sp.*

✚ Mafrag (premier cycle)

⊕ Prévalence

Ce nématode parasite de l'intestin de l'anguille est seulement rencontré en février et en mars à des taux d'infestation n'excédant pas 7% (fig. 63).

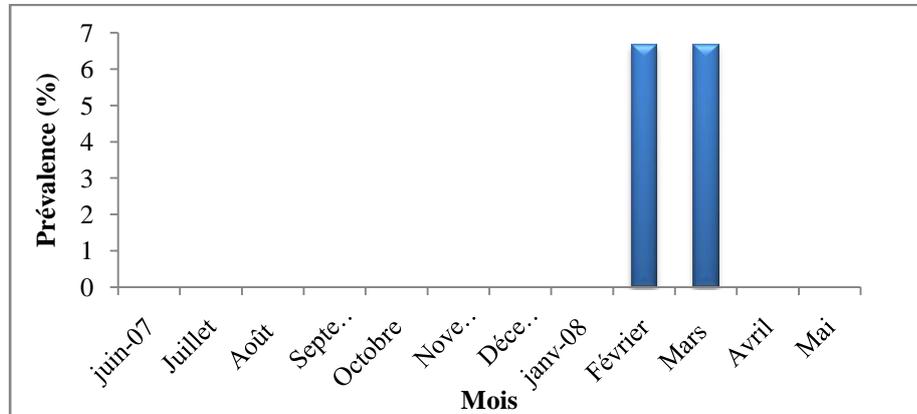


Figure 63 : Variations mensuelles de la prévalence de *Cucullanus sp.* chez l'anguille du Mafrag.

⊕ Intensité moyenne d'infestation et abondance

Les anguilles infestées par *Cucullanus sp.* abritent 4 et 2 vers respectivement en février et en mars ; en ce qui concerne les valeurs de l'abondance elles n'excèdent pas 0,3 vers/poisson examiné (fig. 64).

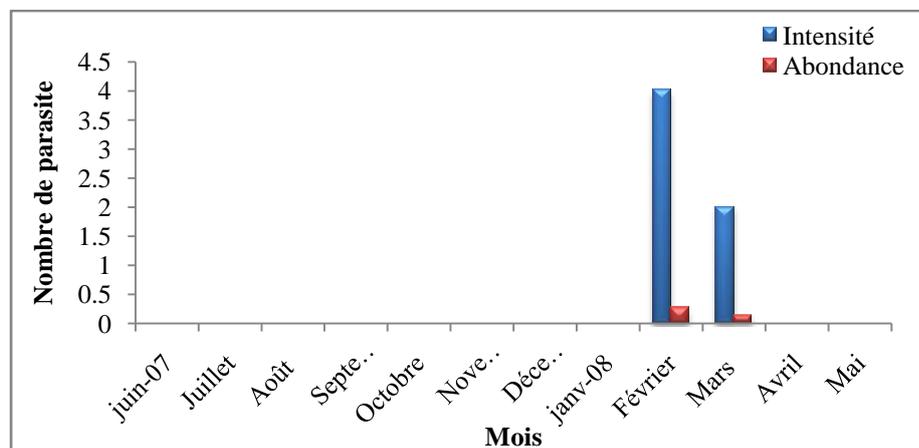


Figure 64 : Variations mensuelles de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance de *Cucullanus sp.* chez l'anguille du Mafrag.

✚ Oubeira et Mafrag (deuxième cycle)

⊕ Prévalence

Chez les anguilles de l'Oubeira, l'espèce *Cucullanus sp.* est rencontrée 8 mois sur douze à des prévalences variant entre 3,33 et 6,66% ; les prévalences saisonnières ne dépassent pas 3,5% sauf en période estivale où plus de 4% des effectifs sont infestés (fig. 65).

L'espèce *Cucullanus sp.* est rencontrée chez les anguilles du Mafrag pendant seulement 8 mois de l'année ; ce nématode est absent de juillet à septembre et en janvier; les taux d'infestations enregistrés ne dépassent pas 6,66% sauf en février et mars où respectivement 20% et 23,33% des effectifs sont infestés par ce parasite.

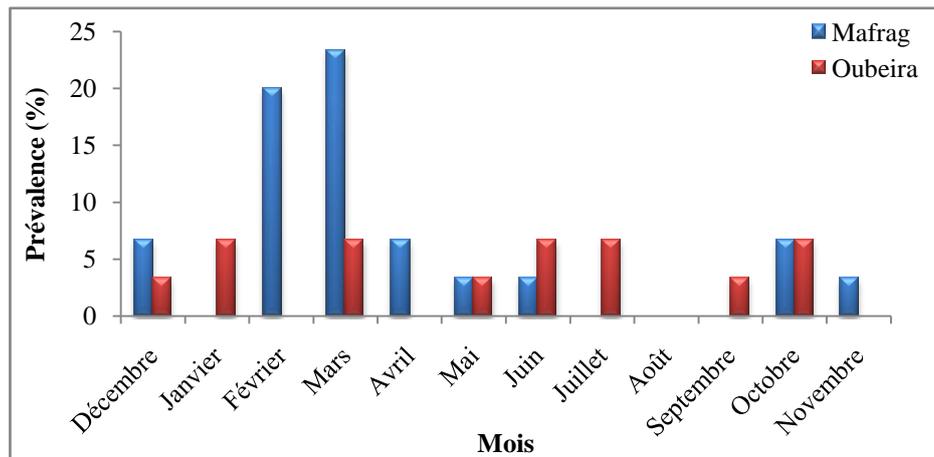


Figure 65 : Distribution spatiotemporelle de la prévalence de *Cucullanus sp.*

⊕ Abondance

L'abondance de ce parasite dans l'Oubeira, varie de 0,3 à 0,6 ver/poisson examiné (fig. 66).

Dans le Mafrag ce parasite est très peu abondant ; les valeurs de l'abondance sont comprises entre 0,03 et 1,2 ; la valeur maximale étant relevée, comme pour l'intensité, en mars (fig. 66).

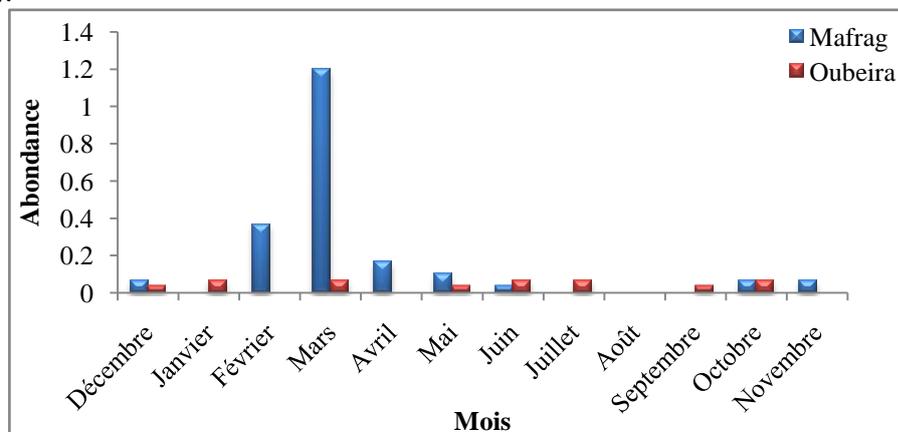


Figure 66 : Distribution spatiotemporelle de l'abondance de *Cucullanus sp.*

⊕ Intensité

Les anguilles infestées de l'Oubeira n'hébergent pas plus d'un ver ; mais en revanche, dans le Mafrag les valeurs de l'intensité d'infestation varient de 1 à 5,1 ; c'est toujours en mars que la valeur maximale est atteinte (fig. 67).

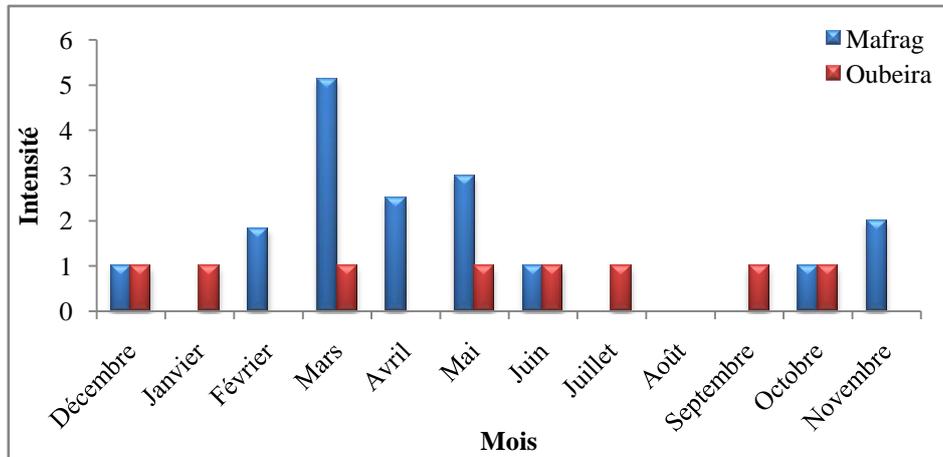


Figure 67 : Distribution spatiotemporelle de l'intensité de *Cucullanus sp.*

2.2.2.6. Répartition des indices parasitaires de *Cucullanus sp.* en fonction des classes de taille

- ✚ Mafrag (premier cycle)
- ⊕ Prévalence

Le parasite du genre *Cucullanus* n'a été observé que chez les classes de taille [44-54[cm et [54-64[cm avec des taux d'infestation de 2,83% et 1,63% respectivement (fig.68).

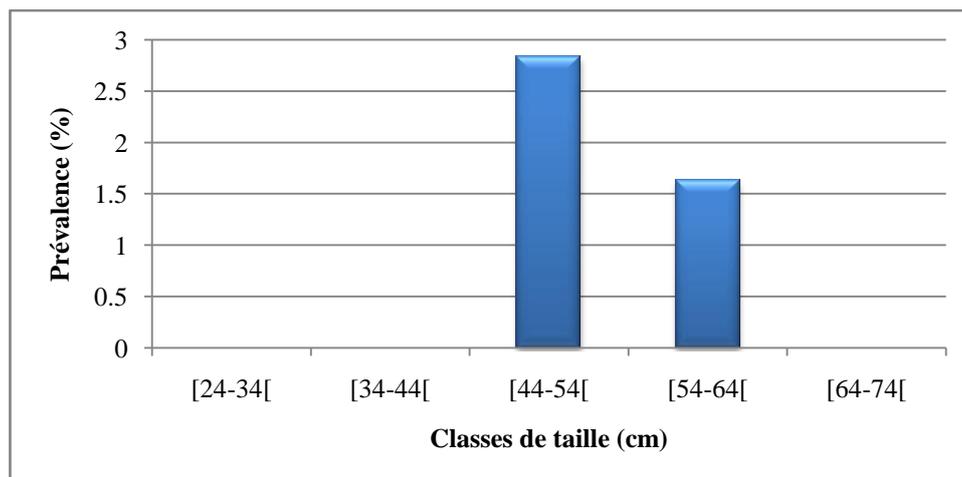


Figure 68 : Variations des taux d'infestation de *Cucullanus sp.* en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.

⊕ Intensité moyenne d'infestation et abondance

Nous avons relevé des intensités moyennes d'infestation de 3,33 et 2 parasites/poisson infesté chez les classes de taille [44-54[cm et [54-64[cm respectivement et des abondances de 0,09 et 0,03 parasite/poisson examiné toujours chez les même classes de taille(fig. 69).

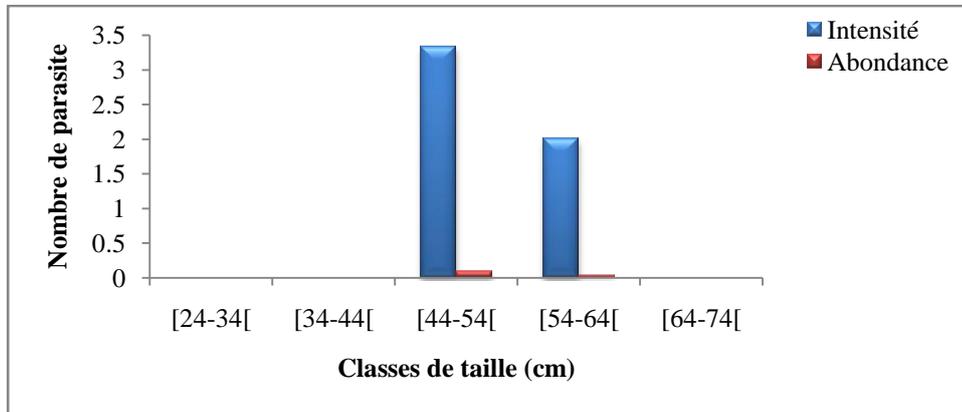


Figure 69 : Variations de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance de *Cucullanus sp.* en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.

⊕ Oubeira et Mafrag (deuxième cycle)

Dans l'Oubeira, l'espèce *Cucullanus sp.* enregistre les prévalences les plus élevées chez les anguilles de petite taille ($P > 23\%$ et $P > 11\%$ dans les classes de taille [31-37[et [43-49[); chez le reste des anguilles (fig.70) les taux d'infestation ne dépassent pas 5,4% et montrent une baisse chez les anguilles de grande taille ($P = 1,38$ et $P = 1,35$ respectivement Chez [67-73[et [73-79[).

L'intensité d'infestation ne dépasse pas la valeur 1 quant à l'abondance les valeurs varient de 0 à 0,05 sauf dans les classes de taille [31-37[et [43-49[ou sont respectivement enregistrés 0,23 et 0,11 ver/poisson examiné (fig.71).

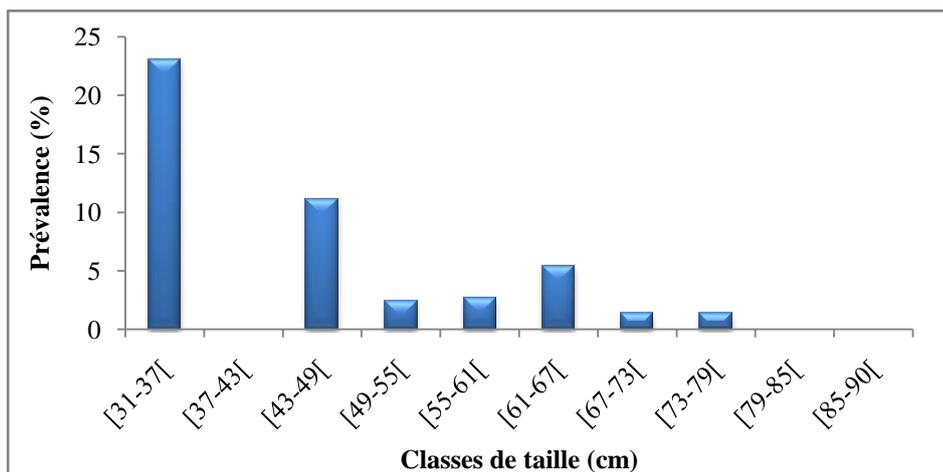


Figure 70 : Répartition du taux d'infestation par *Cucullanus sp.* en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.

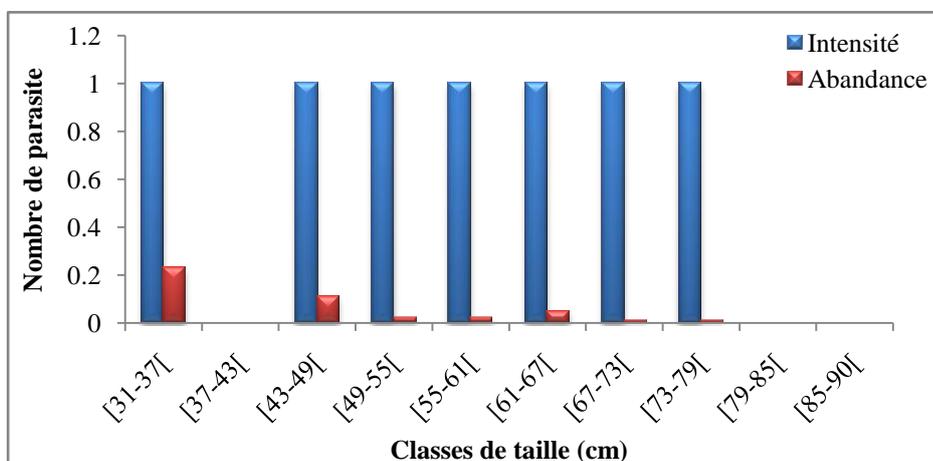


Figure 71: Répartition des charges d'infestation par *Cucullanus sp.* en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.

Dans le Mafrag, l'espèce *Cucullanus sp.* n'est pas rencontrée chez les anguilles de grande taille (de plus de 60cm) ; les taux d'infestation les plus élevés ($8 > P > 10\%$) sont notés chez les anguilles de moins de 37cm. Chez les anguilles de taille moyenne les taux d'infestation ne dépassent pas 6% (fig.72).

Les valeurs de l'intensité d'infestation varient de 1 à 4,28; ce sont les anguilles, infestées, de taille comprise entre 30 et 54 cm qui hébergent plus de 2 vers; la valeur maximale étant relevée dans la classe de taille [36,9-42,9[. L'abondance suit la même évolution que l'intensité; la valeur maximale ($A=0,22$) est notée dans la classe de taille [36,9-42,9[(fig.73).

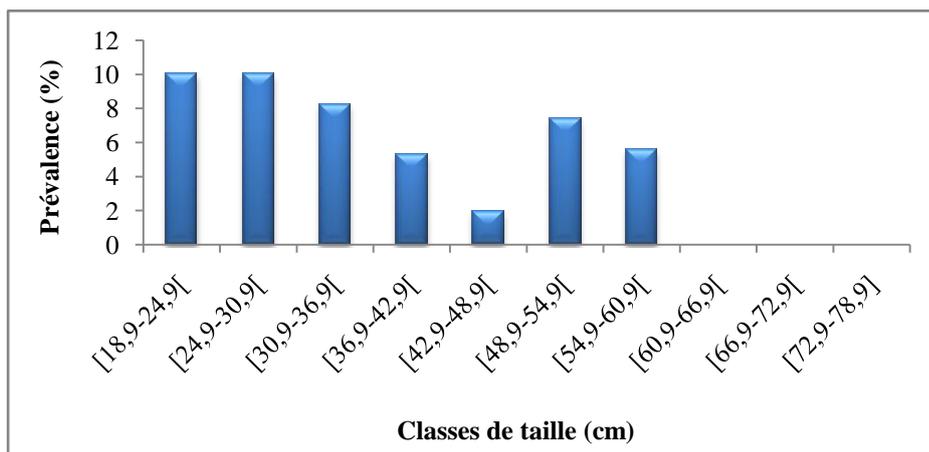


Figure 72 : Répartition du taux d'infestation par *Cucullanus sp.* en fonction de la taille des anguilles du Mafrag.

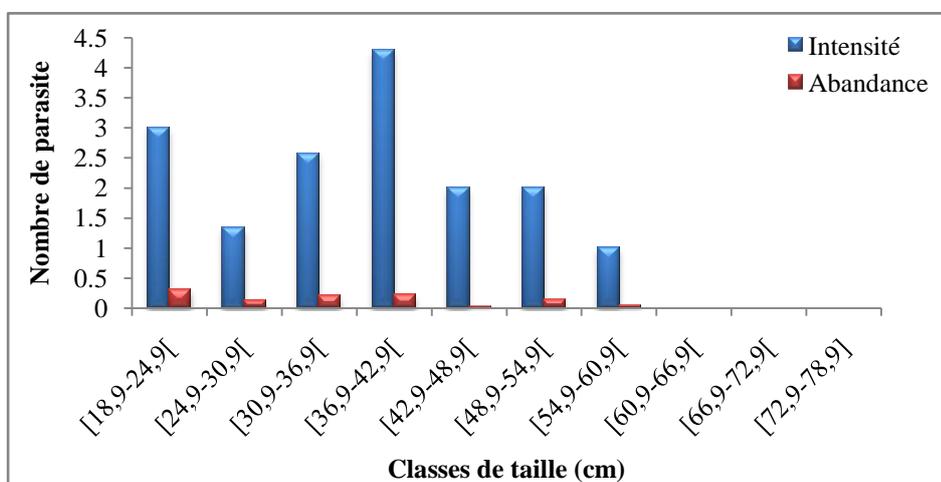


Figure 73: Répartition des charges d'infestation par *Cucullanus sp.* en fonction de la taille des anguilles de l'estuaire du Mafrag.

2.2.2.7. Répartition mensuelle des indices parasitaires d'*Echinorhynchus sp.*

✚ Mafrag (premier cycle)

⊕ Prévalence

La présence du parasite *Echinorhynchus sp.* dans l'intestin de l'anguille n'est notée qu'au mois de mars ; Ce parasite n'infeste que 10% de la population d'anguilles examinées (fig. 74).

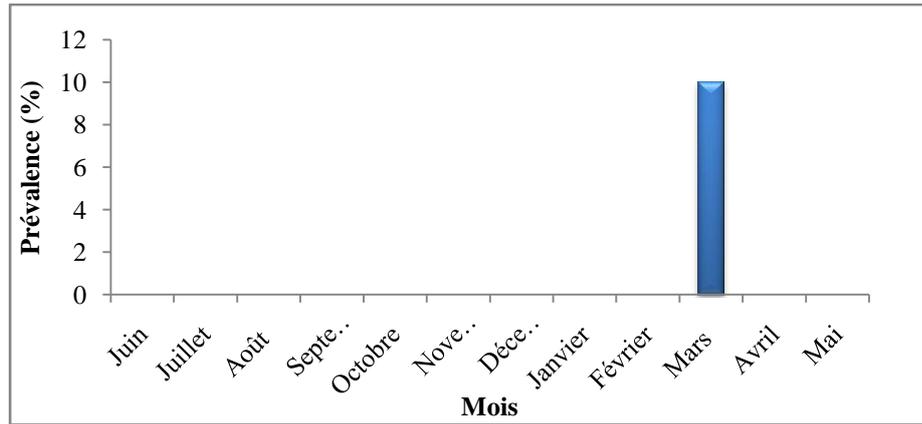


Figure 74 : Variations mensuelles de la prévalence d'*Echinorhynchus sp.* chez l'anguille du Mafrag.

⊕ Intensité moyenne d'infestation et abondance

Les anguilles infestées par *Echinorhynchus sp.* n'abritent pas plus de 5 vers chacune ; Les valeurs de l'abondance sont très faibles et représentent moins de 0,5 ver/anguille examinée (fig. 75).

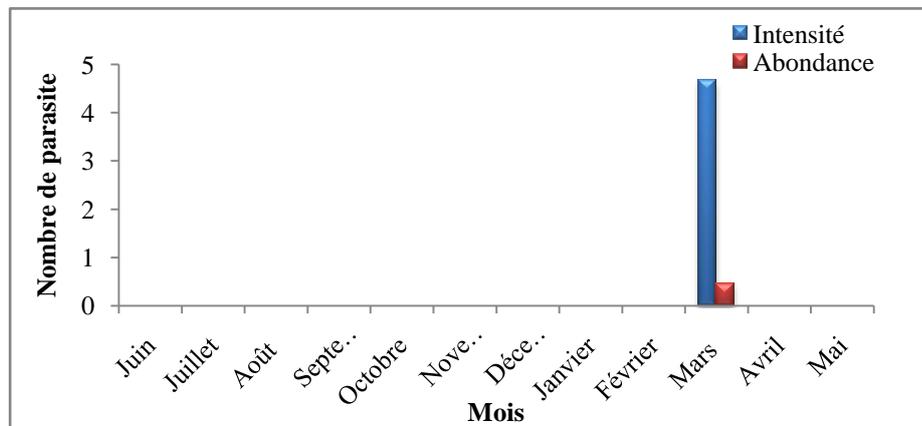


Figure 75 : Variations mensuelles de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance d'*Echinorhynchus sp.* chez l'anguille du Mafrag.

⊕ Oubeira et Mafrag (deuxième cycle)

⊕ Prévalence

Dans l'Oubeira, un seul spécimen de l'espèce *Echinorhynchus sp.* est rencontré en novembre (fig. 84); La présence de cet acanthocéphale est illustrée par des indices très faibles (P=3,33%)

Chez les anguilles du Mafrag, l'espèce *Echinorhynchus sp.* est rencontrée aux mois de novembre et de février à juin ; les prévalences relevées ne dépassent pas 13% (fig. 76).

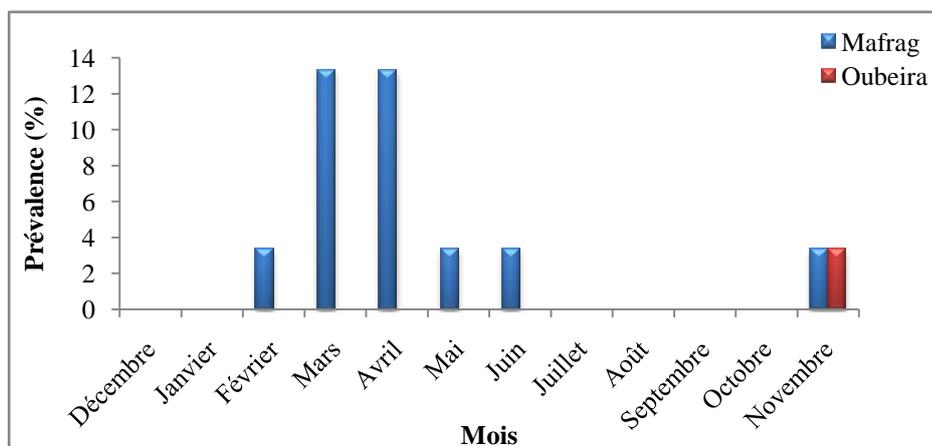


Figure 76: Distribution spatiotemporelle de la prévalence de *Echinorhynchus sp.*

⊕ **Abondance**

Dans l'Oubeira la valeur enregistrée est très faible (0.03). Dans le Mafrag ce parasite est très peu abondant ; les valeurs de l'abondance sont comprises entre 0,03 et 1,1 ; la valeur maximale étant relevée, comme pour l'intensité, en mars (fig. 77).

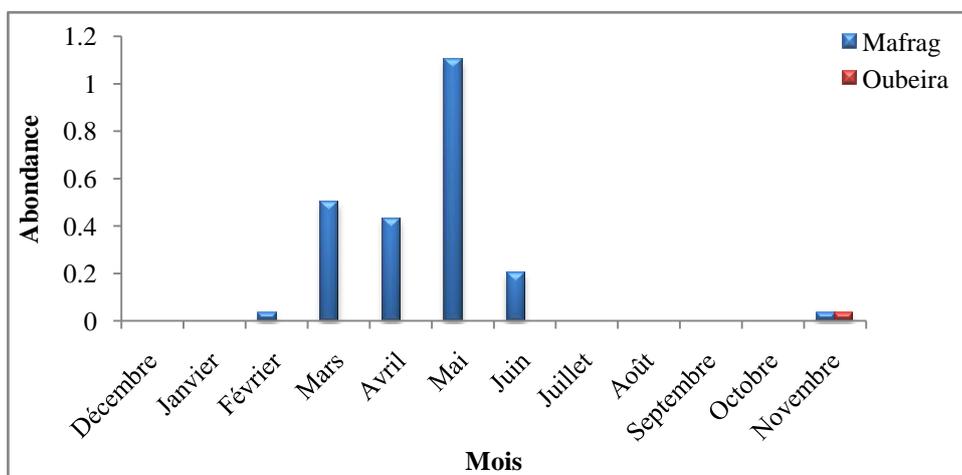


Figure 77: Distribution spatiotemporelle de l'abondance d' *Echinorhynchus sp.*

⊕ **Intensité**

Dans l'Oubeira, l'intensité d'infestation d'*Echinorhynchus sp.* est de 1 (en novembre), (fig. 78); Les valeurs de l'intensité d'infestation des anguilles du Mafrag sont comprises entre 1 et 33 ; c'est en mai que sont récoltés 33 spécimens d'acanthocéphales/anguille infestée (fig. 78).

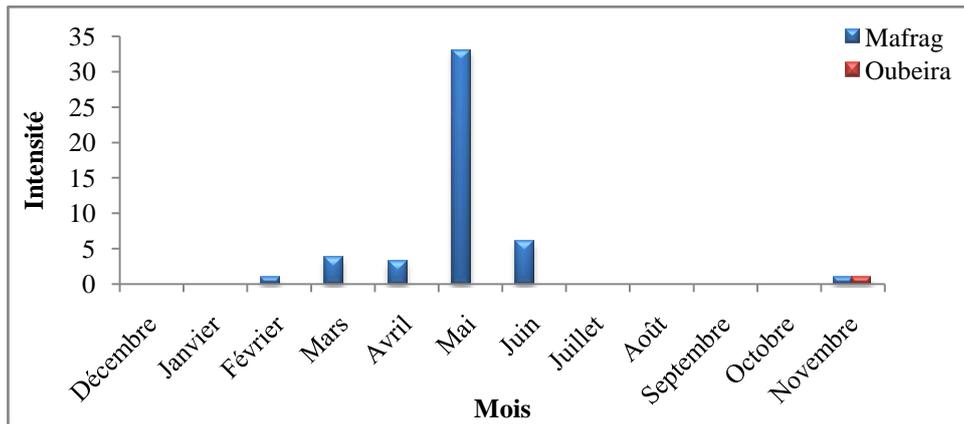


Figure 78: Distribution spatiotemporelle de l'intensité d'*Echinorhynchus sp.*

2.2.2.8. Répartition des indices parasitaires d'*Echinorhynchus sp.* en fonction des classes de taille

✚ Mafrag (premier cycle)

⊕ Prévalence

Le parasite du genre *Echinorhynchus* n'a été observé que chez les spécimens appartenant à la classe de taille [34-44[cm avec un taux d'infestation de 2,54% (fig. 79).

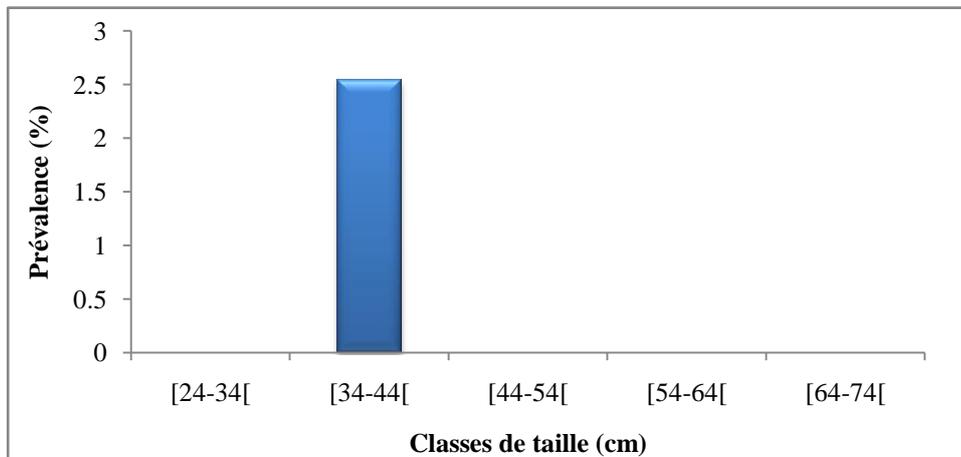


Figure 79 : Variations des taux d'infestation d'*Echinorhynchus sp.* en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.

⊕ Intensité moyenne d'infestation et abondance

Toujours chez la même classe de taille, nous avons observé une intensité moyenne d'infestation de 4,66 parasites/poisson infesté et une abondance de 0,11 parasite/poisson examiné (fig. 80).

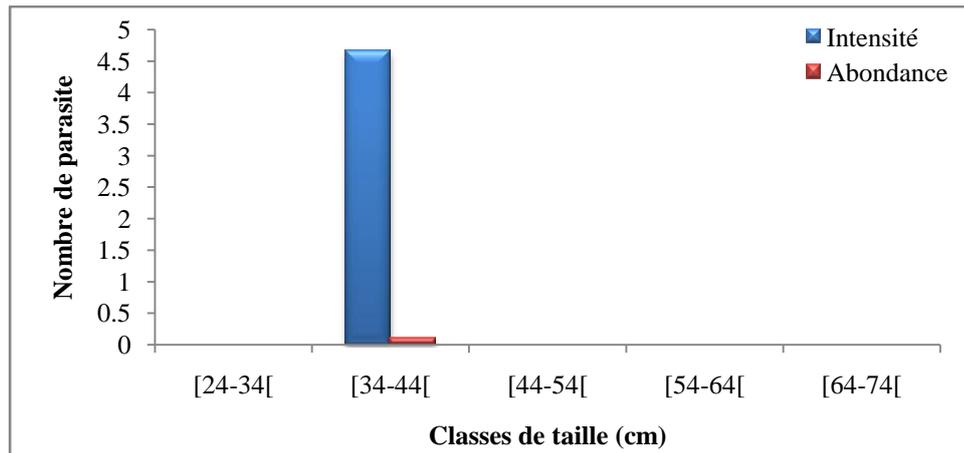


Figure 80: Variations de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance d'*Echinorhynchus sp.* en fonction des classes de taille chez l'anguille du Mafrag.

🚧 Oubeira et Mafrag (deuxième cycle)

Dans l'Oubeira un seul spécimen de l'espèce *Echinorhynchus sp.* est récolté chez une anguille de la classe de taille [67-73] (fig.81).

Ce parasite enregistre des indices parasitologiques très faibles ($P < 1.4\%$; $I = 1$; $A \leq 0.013$) (fig.82).

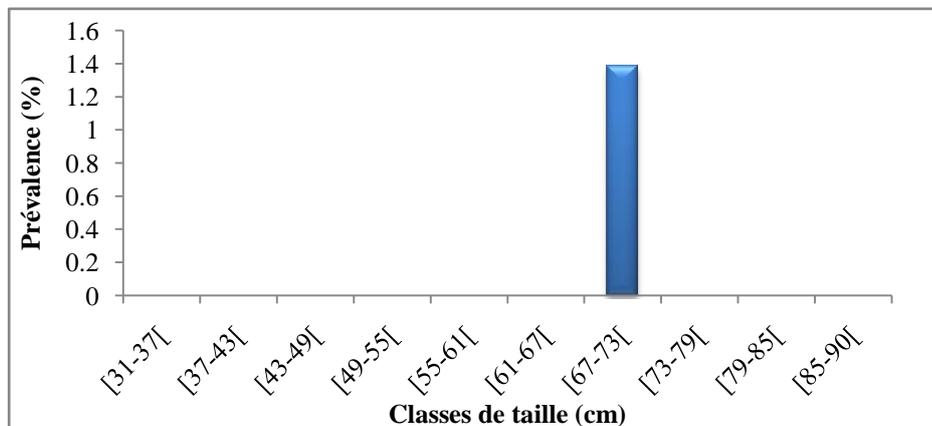


Figure 81 : Répartition du taux d'infestation par *Echinorhynchus sp.* en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.

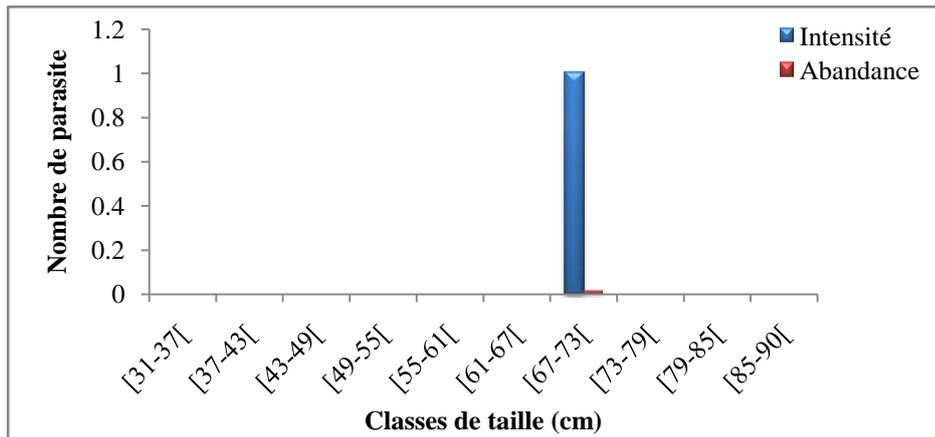


Figure 82: Répartition des charges d'infestation par *Echinorhynchus* sp. en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.

L'espèce *Echinorhynchus* sp. est le plus souvent présente chez les anguilles de taille inférieure à 43 cm à des taux d'infestation n'excédant pas 6% (fig.83). Les valeurs de l'intensité d'infestation et de l'abondance varient respectivement de 1 à 9,2 et de 0,03 à 0,54 (fig.84); les valeurs maximales de ces deux indices sont enregistrées chez les anguilles de la classe de taille [30,9-36,9[.

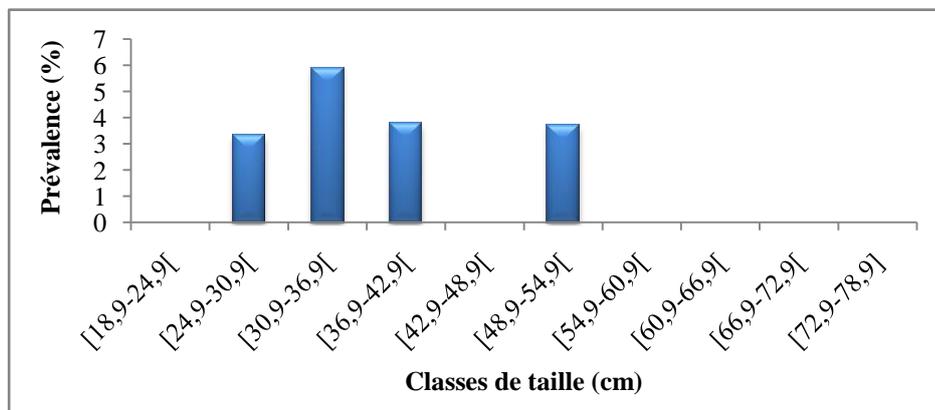


Figure 83 : Répartition du taux d'infestation par *Echinorhynchus* en fonction de la taille des anguilles du Mafrag.

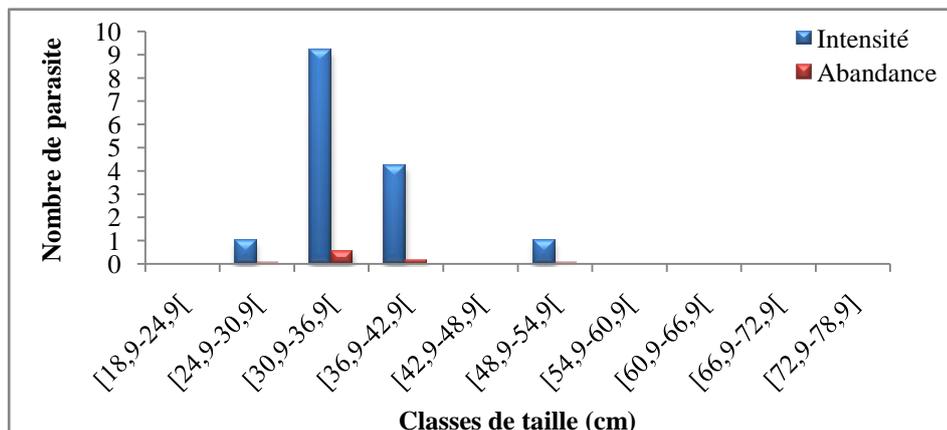


Figure 84: Répartition des charges d'infestation par *Echinorhynchus* en fonction de la taille des anguilles de l'estuaire du Mafrag.

2.2.2.9. Répartition mensuelle des indices parasitaires de *Paraquimperia tenerrima*

✚ Oubeira et Mafrag (deuxième cycle)

⊕ Prévalence

L'espèce *Paraquimperia tenerrima* est hébergée par les anguilles de l'Oubeira pendant six mois de l'année. Cette espèce n'infeste pas plus de 3,33% des effectifs examinés.

Chez les anguilles du Mafrag, l'espèce *Paraquimperia tenerrima* n'est présente que durant six mois de l'année ; les prévalences enregistrés ne dépassent pas les 10% et atteignent 30% en novembre (fig. 85).

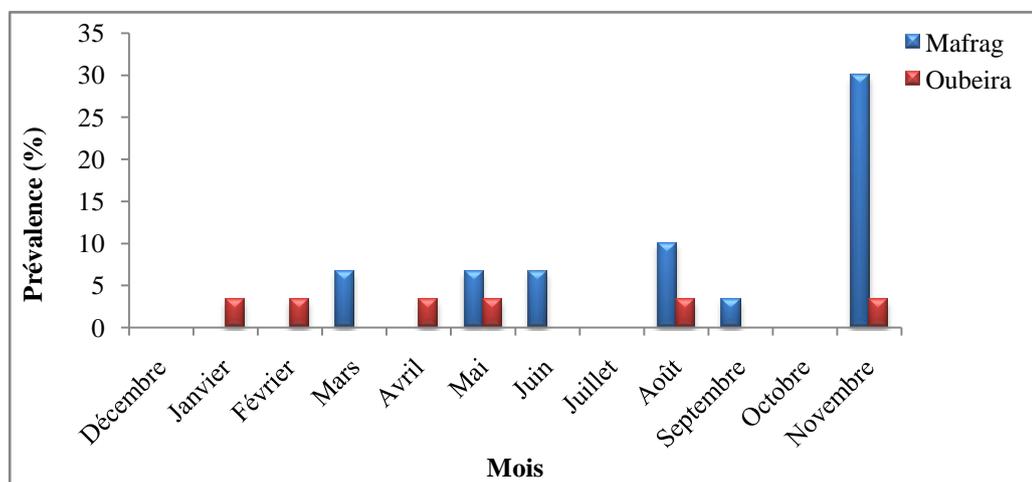


Figure 85: Distribution spatiotemporelle de la prévalence de *Paraquimperia tenerrima*

⊕ Abondance

L'abondance de *Paraquimperia tenerrima*, n'excède pas 0,03 parasite/poisson examiné dans l'Oubeira (fig.86).

Dans le Mafrag ce parasite est peu abondant, les valeurs varient de 0,03 à 0,1 sauf en novembre ou 0,5 parasites sont rencontrés par anguille examinée (fig.86).

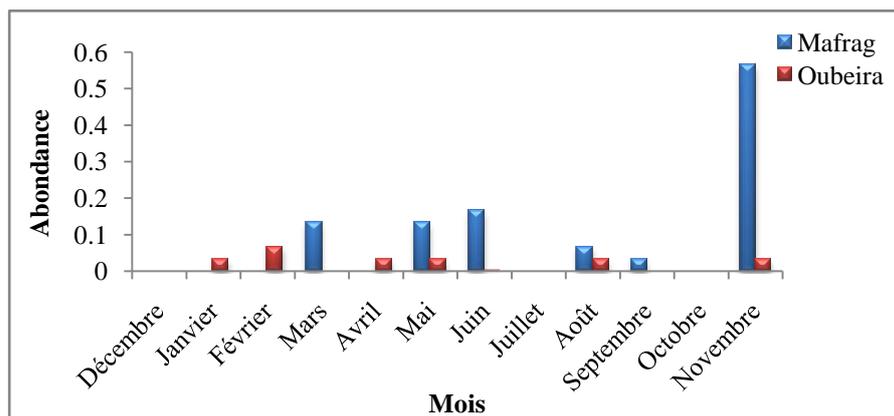


Figure 86 : Distribution spatiotemporelle de l'abondance de *Paraquimperia tenerrima*

⊕ Intensité

Dans l'Oubeira ce parasite présente, généralement, une intensité d'infestation de l'ordre de 1 ver/poisson infesté sauf en février ou 2 parasites /anguille infestée sont notés.

Les valeurs de l'intensité varient de 1 à 2,5 parasites/anguille infestée ; la valeur maximale est notée en juin (fig87).

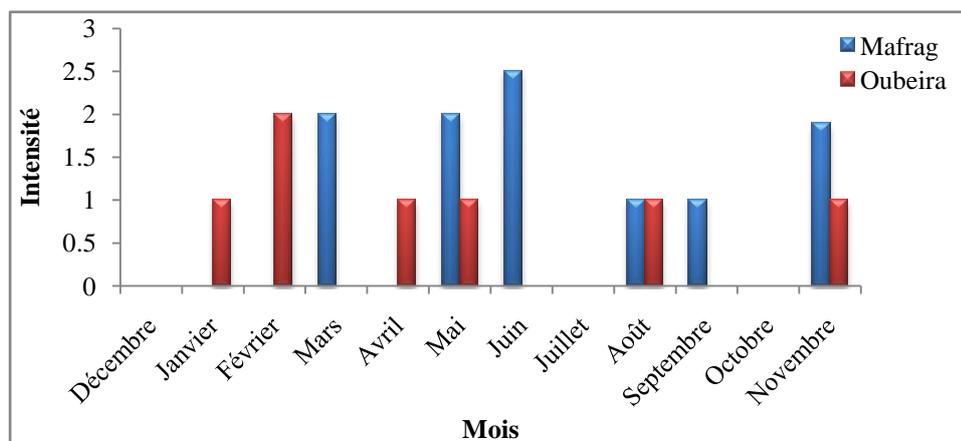


Figure 87: Distribution spatiotemporelle de l'intensité et de *Paraquimperia tenerrima*

2.2.2.10. Répartition des indices parasitaires de *Paraquimperia tenerrima* en fonction des classes de taille

L'espèce *Paraquimperia tenerrima*, dans l'Oubeira, infeste moins de 6% des effectifs d'anguilles de grande taille (anguilles de taille comprise entre 67cm et 85cm) (fig.88).

Les valeurs maximales de l'intensité d'infestation (I=1,25) et de l'abondance (I=0,06) sont notées chez les anguilles de la classe de taille [67-73] (fig.89).

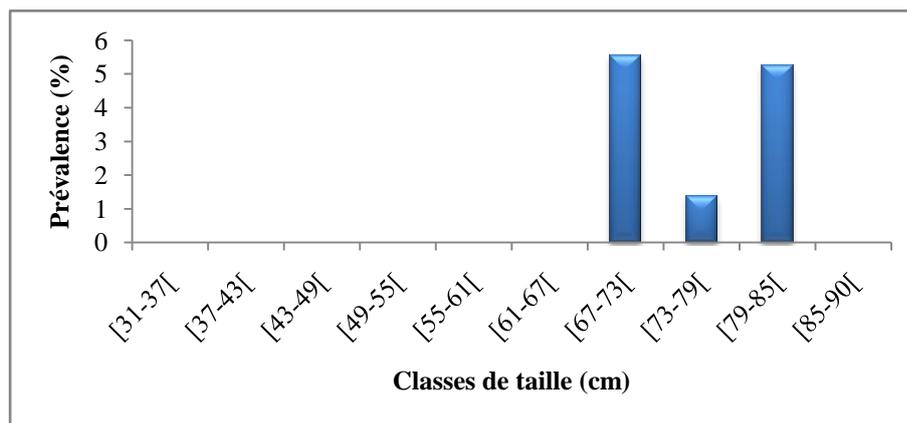


Figure 88 : Répartition du taux d'infestation par *Paraquimperia tenerrima*, en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.

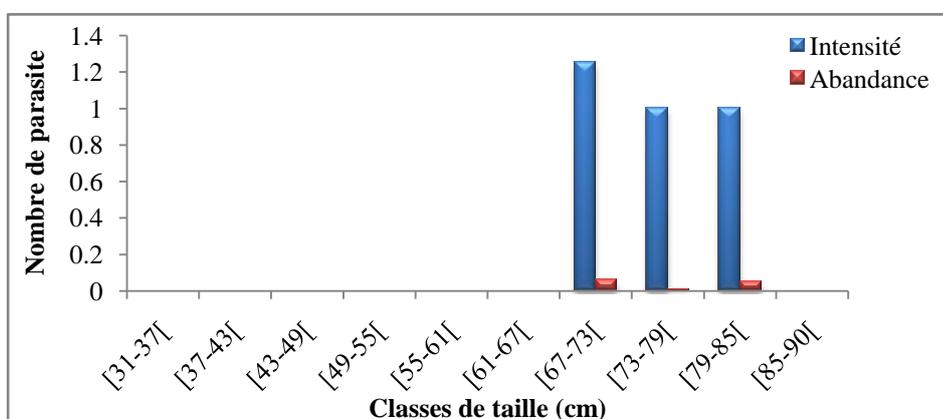


Figure 89: Répartition des charges d'infestation par *Paraquimperia tenerrima*, en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.

Dans le Mafrag, ce sont les anguilles de taille comprise entre 30 et 60 cm qui abritent l'espèce parasite *Paraquimperia tenerrima* à des taux d'infestations variant de 3 à 11,5% (fig.90); les taux de plus de 11% étant relevés dans les classes de taille [42,9-48,9[et [54,9-60,9[.

Les valeurs de l'intensité d'infestation augmentent progressivement chez les classes de taille comprises dans l'intervalle [30,9-48,9[cm puis chutent à la valeur 1 chez les anguilles de plus grande taille (fig.91). Les valeurs de l'abondance ne dépassent pas 0,1 sauf chez les anguilles de la classe de taille [42,9-48,9[où A = 0,26.

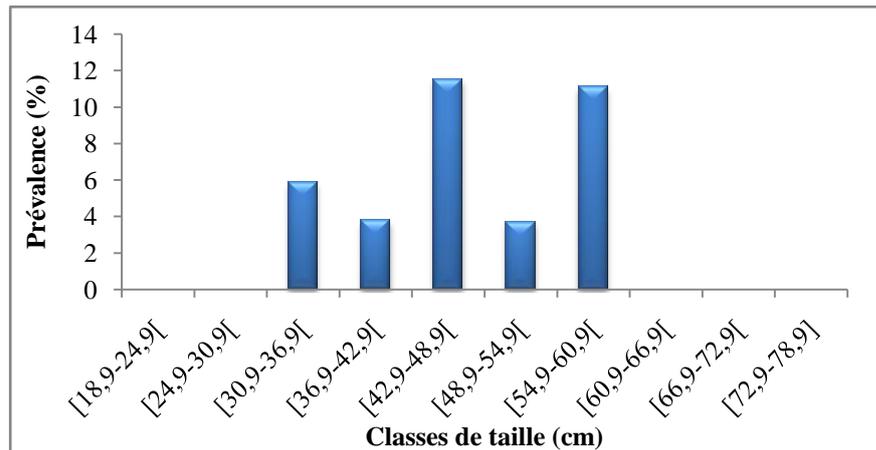


Figure 90 : Répartition du taux d'infestation par *Paraquimperia tenerrima*, en fonction de la taille des anguilles du Mafrag.

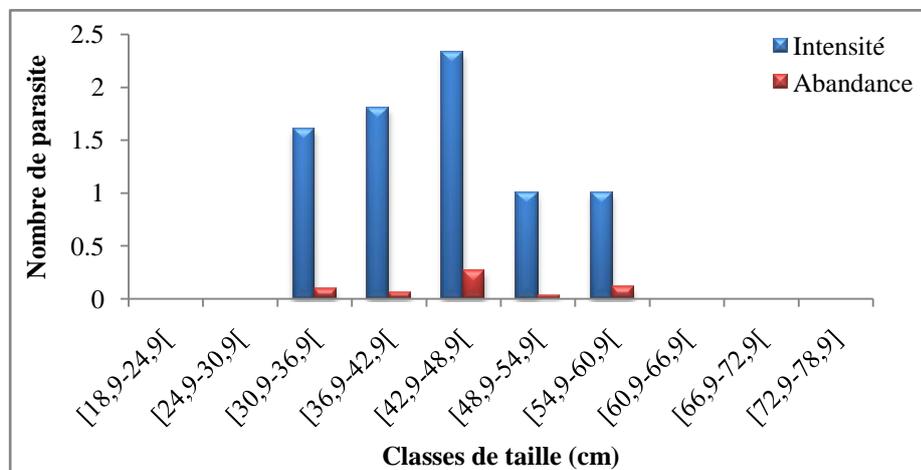


Figure 91: Répartition des charges d'infestation par *Paraquimperia tenerrima*, en fonction de la taille des anguilles de l'estuaire du Mafrag.

2.2.2.11. Répartition mensuelle des indices parasitaires de *Pseudoterranova decipiens*

✚ Oubeira

⊕ Prévalence

L'espèce *Pseudoterranova decipiens* est rencontrée, durant toute l'année, chez les anguilles de l'Oubeira. Ce parasite infeste de 23 à plus de 76% des effectifs d'anguilles (fig. 92). C'est en période automnale et printanière que sont relevés les taux d'infestation de plus de 58 et 46% respectivement. Les prévalences enregistrées en hiver et en été ne dépassent pas 32 et 28% respectivement.

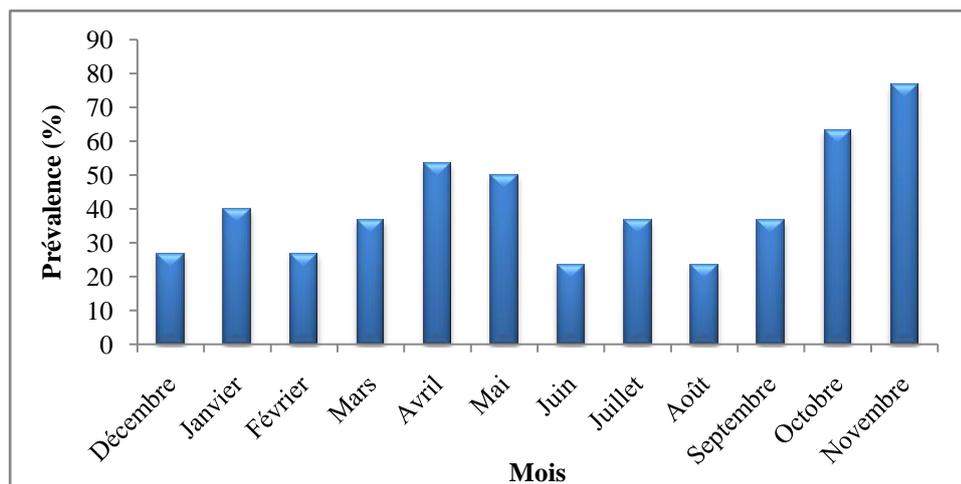


Figure 92: Distribution spatiotemporelle de la prévalence de *Pseudoterranova decipiens*

⊕ **Intensité et abondance**

Les valeurs de l'intensité d'infestation varient de 1 à 2,25 ; c'est en période estivale que l'intensité enregistre la valeur la plus basse ($I=1,1$) ; la valeur la plus élevée étant notée en automne ($I=1,7$) ; durant l'hiver et le printemps les valeurs de l'intensité sont assez proches (fig. 93) (respectivement 1,56 et 1,54).

Les valeurs mensuelles de l'abondance sont comprises entre 0,2 (en juin) et 1,2 (en octobre-novembre) ; Les valeurs saisonnières de l'abondance de *Pseudoterranova decipiens* montrent une évolution similaire à celles de l'intensité (fig. 93); la valeur la plus basse est enregistrée en été ($A=0,3$) et la plus élevée en automne ($A=1,01$) ; les valeurs relevées en hiver et au printemps sont de l'ordre de 0,4 et 0,7 parasites/poisson examiné respectivement.

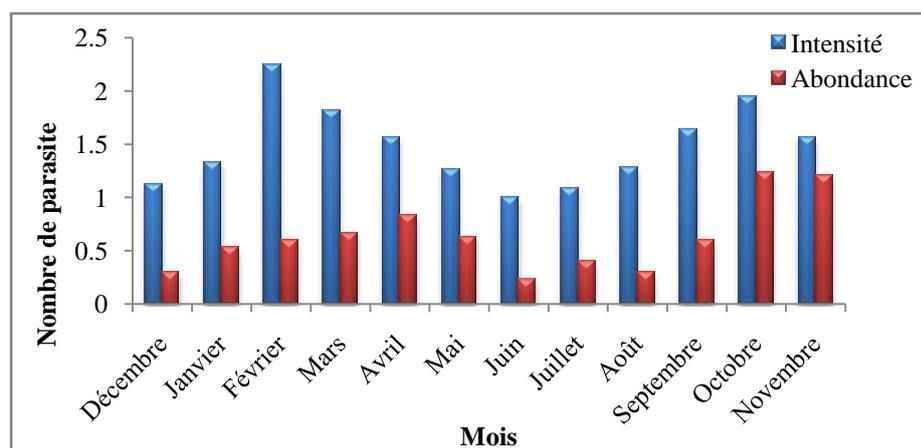


Figure 93: Distribution spatiotemporelle de l'intensité et l'abondance de *Pseudoterranova decipiens*

2.2.2.12. Répartition des indices parasitaires de *Pseudoterranova decipiens* en fonction des classes de taille

Dans l'Oubeira, les taux d'infestation des anguilles, par l'espèce *Pseudoterranova decipiens*, dépassent généralement 30% sauf dans les classes de taille [37-43[et [85-90] ou moins de 13% des effectifs abritent ce parasite (fig.94). Les prévalences de ce parasite montrent une augmentation progressive en fonction de l'augmentation de la taille.

Les charges parasitaires relevées montrent une évolution similaire à celle de la prévalence (fig.95); Les valeurs de l'intensité d'infestation et de l'abondance augmentent progressivement avec l'augmentation de la taille de l'hôte (I=1,25 et A=0,41 chez les anguilles de la classe de taille [43-49[et I=1,81 et A=1,05 chez celles de la classe de taille [43-49]).

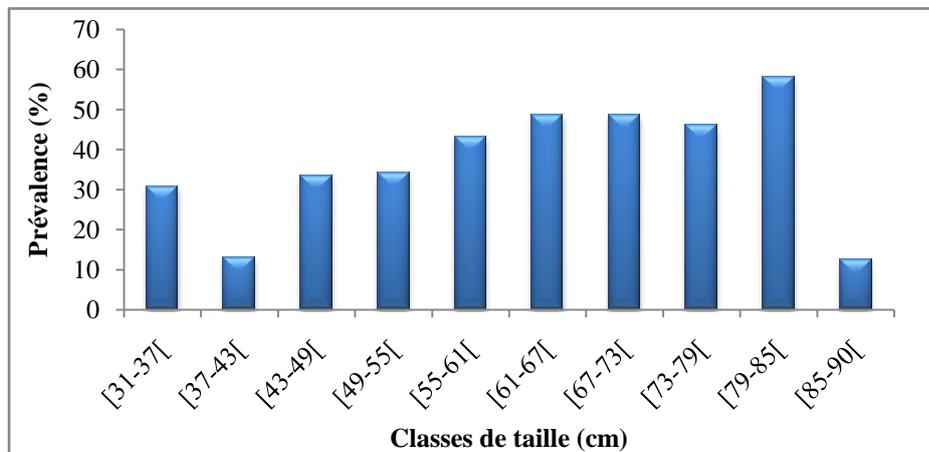


Figure 94 : Répartition du taux d'infestation par *Pseudoterranova decipiens* en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.

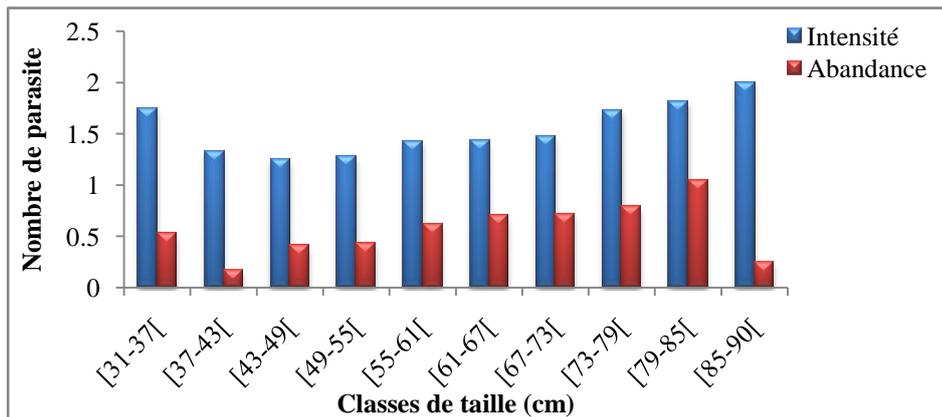


Figure 95: Répartition des charges d'infestation par *Pseudoterranova decipiens* en fonction de la taille des anguilles de l'Oubeira.

2.2.3. Les paramètres physico-chimiques

2.2.3.1. Estuaire du Mafrag

▪ Température

La température de l'eau de l'estuaire du Mafrag varie de 10,2°C (en février) à 30°C (en août). L'écart de température entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid est de 19,2°C. La température de l'eau dépasse 20°C de mai à octobre ; durant les 6 autres mois de l'année la température est comprise entre 10 et 19°C (fig.96).

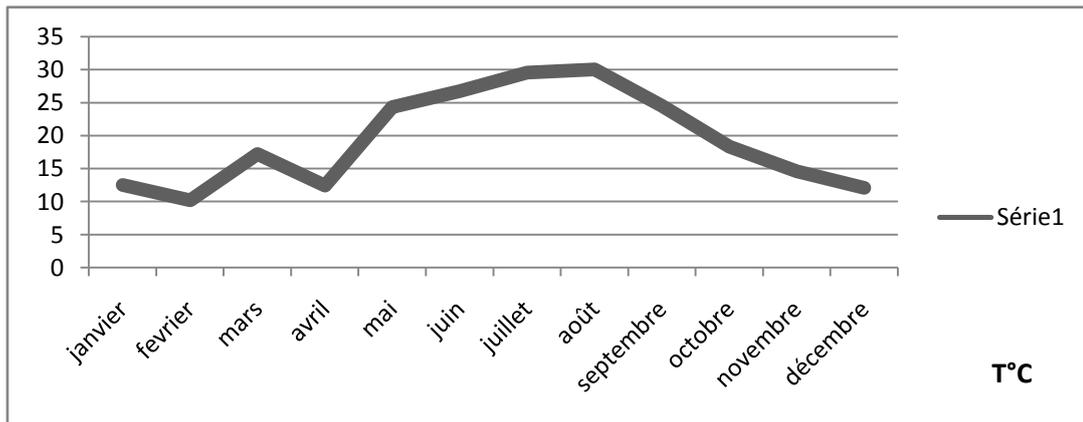


Figure 96: Variations mensuelles de la température (°C) de l'eau du Mafrag.

L'analyse statistique des données montre l'existence d'une corrélation positive hautement significative entre la température de l'eau et l'abondance de l'espèce parasite *Bothriocephalus claviceps* ($p \leq 0,01$).

▪ pH

Le pH de l'eau de l'estuaire est généralement alcalin; il montre des valeurs inférieures à 8 de février à juin ; mais en revanche de juillet à janvier les valeurs du pH dépassent la valeur 8 (fig.97).

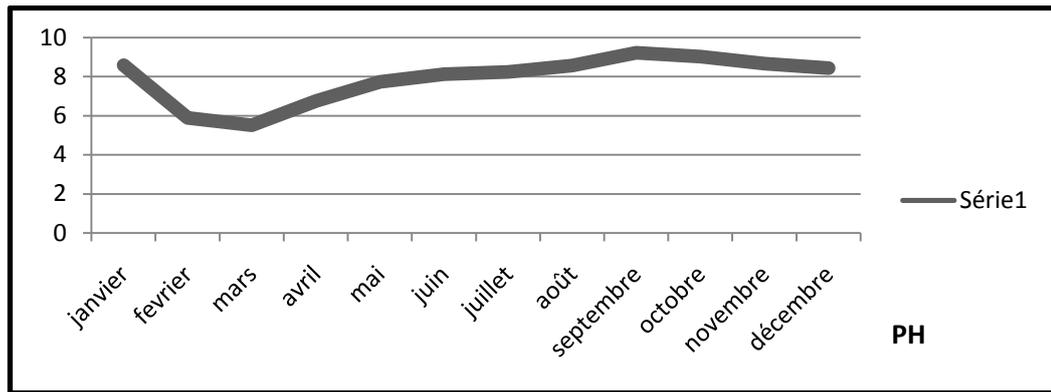


Figure 97: Variations mensuelles du pH de l'eau du Mafrag

L'analyse statistique des données montre l'existence d'une corrélation négative significative entre la prévalence de l'espèce parasite *Cucullanus sp.* et le pH de l'eau du Mafrag ($p \leq 0,05$).

▪ Oxygène dissous

Les teneurs en oxygène dissous de l'eau de l'estuaire du Mafrag varient de 6,3 mg/l (en mars) à 12,5 mg/l (en février). Les teneurs dépassent généralement 7 mg/l sauf en mars et juin où elle chute à 6mg/l ; des pics de plus de 12mg/l sont relevés en février, avril et décembre (fig. 98).

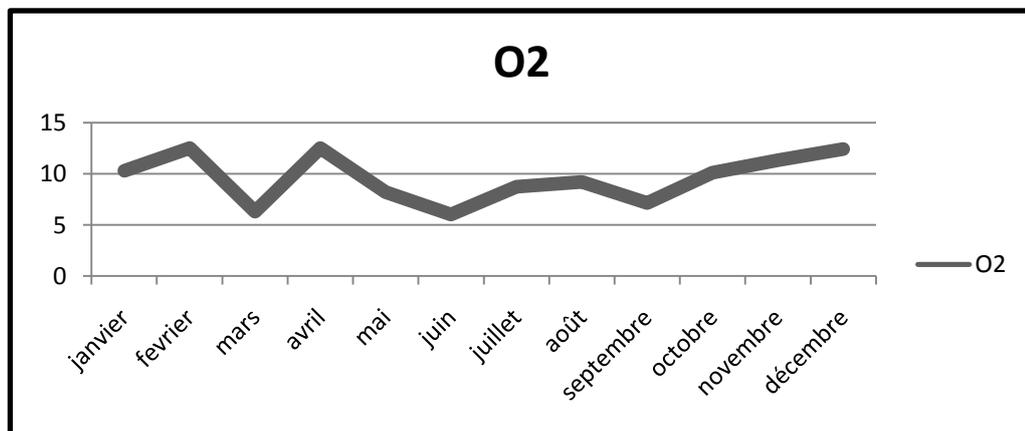


Figure 98: Variations mensuelles de la teneur en oxygène dissous (mg/l) de l'eau du Mafrag

L'analyse statistique des données fait apparaître l'existence d'une corrélation positive très hautement significative entre l'oxygène dissous de l'eau du Mafrag et l'abondance d'*Anguillicola crassus* ($p \leq 0,001$);

▪ Salinité

L'eau du Mafrag montre une salinité variant de 0,324g/l (en novembre) à 18,6 g/l (en août); L'évolution de la salinité dans le Mafrag (fig. 99) est illustrée par des valeurs qui ne dépassent pas 4m/l durant presque toute l'année sauf en juillet, août et septembre ou des teneurs en sel de plus de 15g/l sont notés.

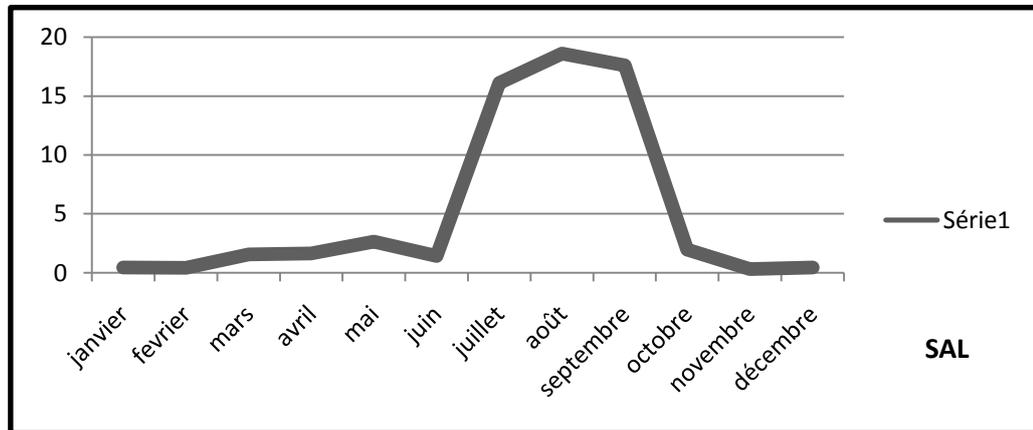


Figure 99: Variations mensuelles de la salinité (mg/l) de l'eau du Mafrag

L'analyse statistique des données montre l'existence d'une corrélation positive hautement significative entre la salinité de l'eau et l'abondance de l'espèce parasite *Bothriocephalus claviceps* ($p \leq 0,01$).

2.2.3.2. Lac Oubeira

- **Température**

La température de l'eau du lac Oubeira varie de 9°C (en février) à 29°C (en août). L'écart de température entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid est de 20°C. La température de l'eau est inférieure à 15°C de novembre à mars, mais durant la période s'étalant d'avril à octobre elle est comprise entre 15 et 29°C (fig.100).

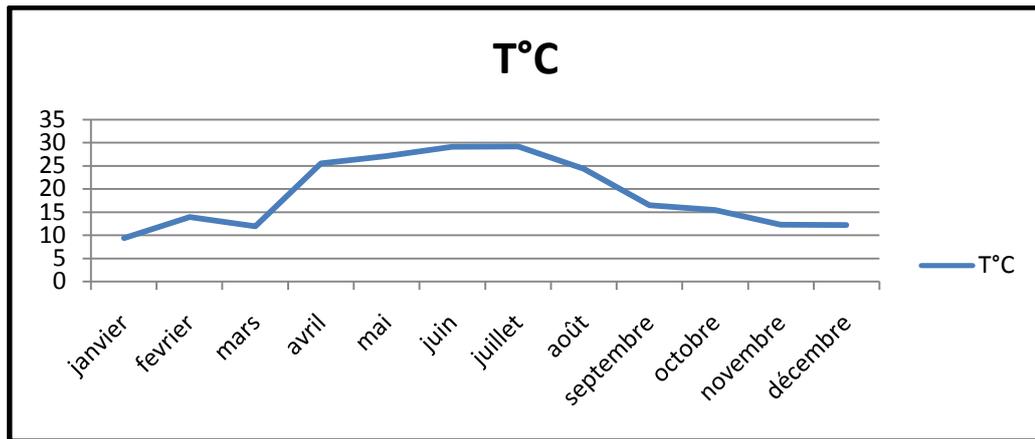


Figure 100: Variations mensuelles de la température (°C) de l'eau du lac oubeira.

- **pH**

Le pH de l'eau du lac est alcalin ; il est généralement compris entre 7 et 9. De février à mai le pH est proche de 7 mais durant la période s'étalant d'août à novembre les valeurs relevées sont proches de 9 (fig.101).

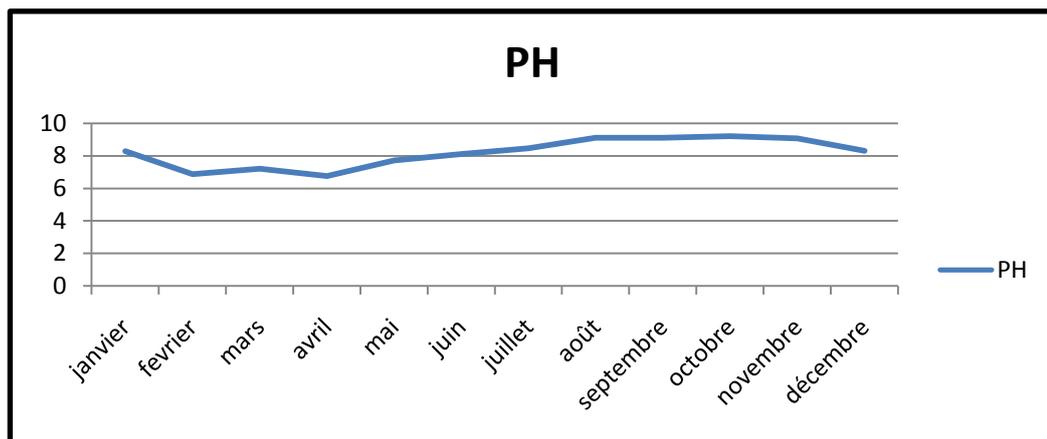


Figure 101: Variations mensuelles du pH de l'eau du lac Oubeira

L'analyse statistique des données révèle l'existence d'une corrélation négative hautement significative ($p \leq 0,01$) et très hautement significative ($P < 0,001$) respectivement entre l'abondance et l'intensité de l'espèce parasite *Anguillicola crassus* et le pH de l'eau de l'Oubeira.

- **Oxygène dissous**

Les teneurs en oxygène dissous de l'eau du lac Oubeira varient de 5 mg/l (en juillet) à 13 mg/l (en février); les valeurs comprises entre 5 et 8mg/l sont notées d'avril à juillet; durant le reste de l'année les teneurs en oxygène dissous de l'eau varient de 8 à 13 mg/l (fig. 102).

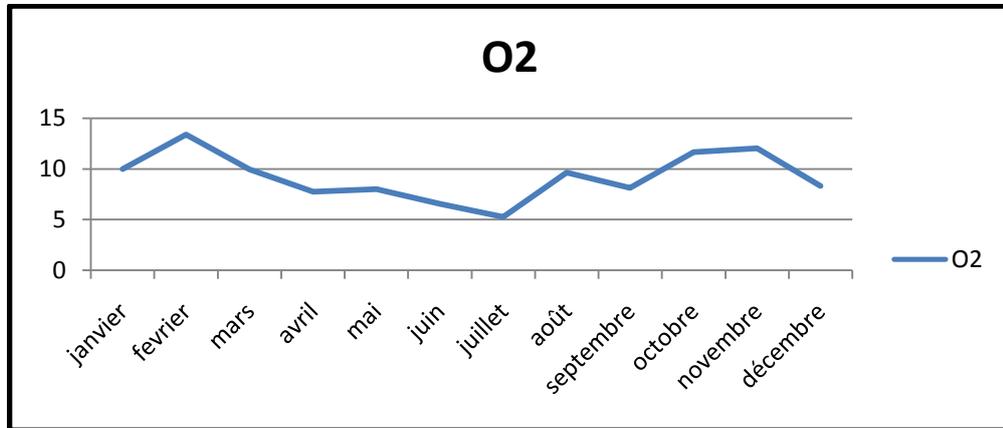


Figure 102: Variations mensuelles de la teneur en oxygène dissous (mg/l) de l'eau du lac Oubeira

2.2.3. Les paramètres physico-chimiques

2.2.3.1. Estuaire du Mafrag

- **Température**

La température de l'eau de l'estuaire du Mafrag varie de 10,2°C (en février) à 30°C (en août). L'écart de température entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid est de 19,2°C. La température de l'eau dépasse 20°C de mai à octobre ; durant les 6 autres mois de l'année la température est comprise entre 10 et 19°C (fig.96).

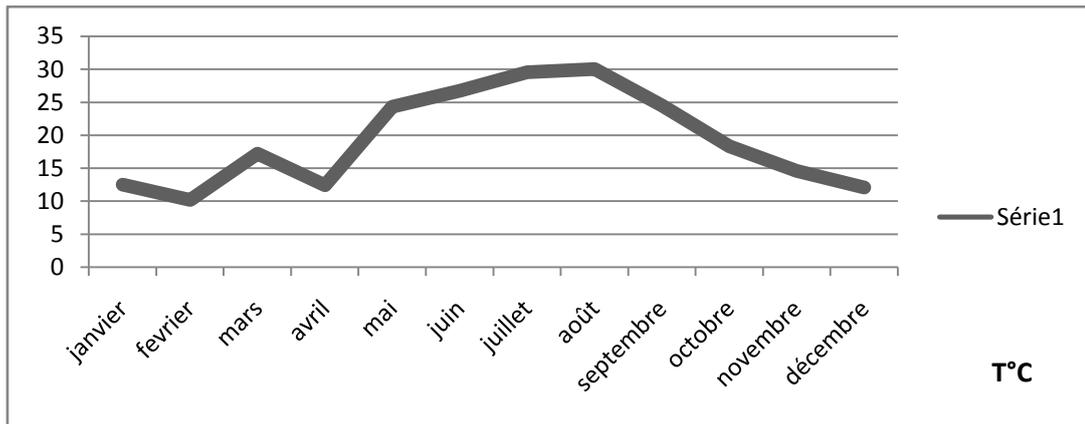


Figure 96: Variations mensuelles de la température (°C) de l'eau du Mafrag.

L'analyse statistique des données montre l'existence d'une corrélation positive hautement significative entre la température de l'eau et l'abondance de l'espèce parasite *Bothriocephalus claviceps* ($p \leq 0,01$).

- **pH**

Le pH de l'eau de l'estuaire est généralement alcalin; il montre des valeurs inférieures à 8 de février à juin ; mais en revanche de juillet à janvier les valeurs du pH dépassent la valeur 8 (fig.97).

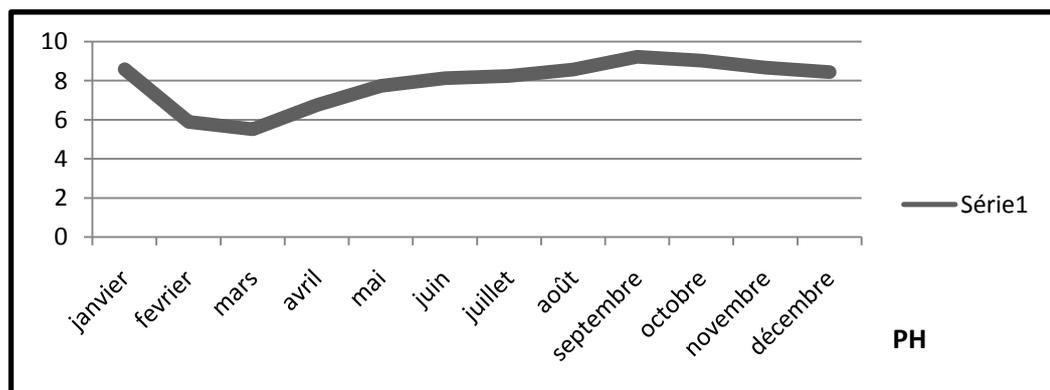


Figure 97: Variations mensuelles du pH de l'eau du Mafrag

L'analyse statistique des données montre l'existence d'une corrélation négative significative entre la prévalence de l'espèce parasite *Cucullanus sp.* et le pH de l'eau du Mafrag ($p \leq 0,05$).

▪ Oxygène dissous

Les teneurs en oxygène dissous de l'eau de l'estuaire du Mafrag varient de 6,3 mg/l (en mars) à 12,5 mg/l (en février). Les teneurs dépassent généralement 7 mg/l sauf en mars et juin où elle chute à 6mg/l ; des pics de plus de 12mg/l sont relevés en février, avril et décembre (fig. 98).

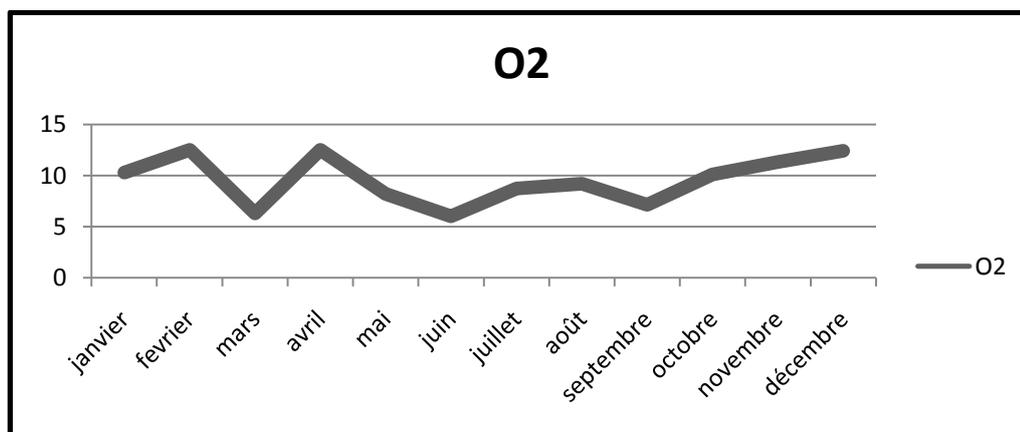


Figure 98: Variations mensuelles de la teneur en oxygène dissous (mg/l) de l'eau du Mafrag

L'analyse statistique des données fait apparaître l'existence d'une corrélation positive très hautement significative entre l'oxygène dissous de l'eau du Mafrag et l'abondance d'*Anguillicola crassus* ($p \leq 0,001$);

▪ Salinité

L'eau du Mafrag montre une salinité variant de 0,324g/l (en novembre) à 18,6 g/l (en aout); L'évolution de la salinité dans le Mafrag (fig. 99) est illustrée par des valeurs qui ne dépassent pas 4m/l durant presque toute l'année sauf en juillet, août et septembre où des teneurs en sel de plus de 15g/l sont notés.

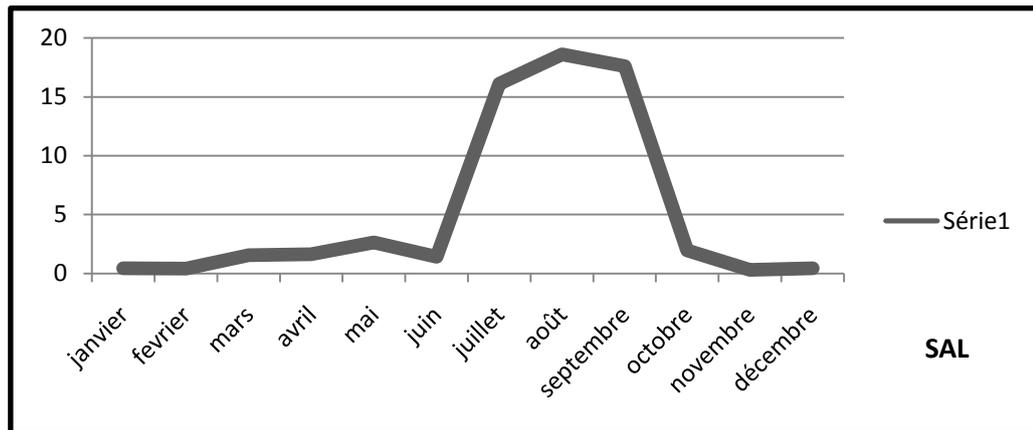


Figure 99: Variations mensuelles de la salinité (mg/l) de l'eau du Mafrag

L'analyse statistique des données montre l'existence d'une corrélation positive hautement significative entre la salinité de l'eau et l'abondance de l'espèce parasite *Bothriocephalus claviceps* ($p \leq 0,01$).

2.2.3.2. Lac Oubeira

- **Température**

La température de l'eau du lac Oubeira varie de 9°C (en février) à 29°C (en août). L'écart de température entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid est de 20°C. La température de l'eau est inférieure à 15°C de novembre à mars, mais durant la période s'étalant d'avril à octobre elle est comprise entre 15 et 29°C (fig.100).

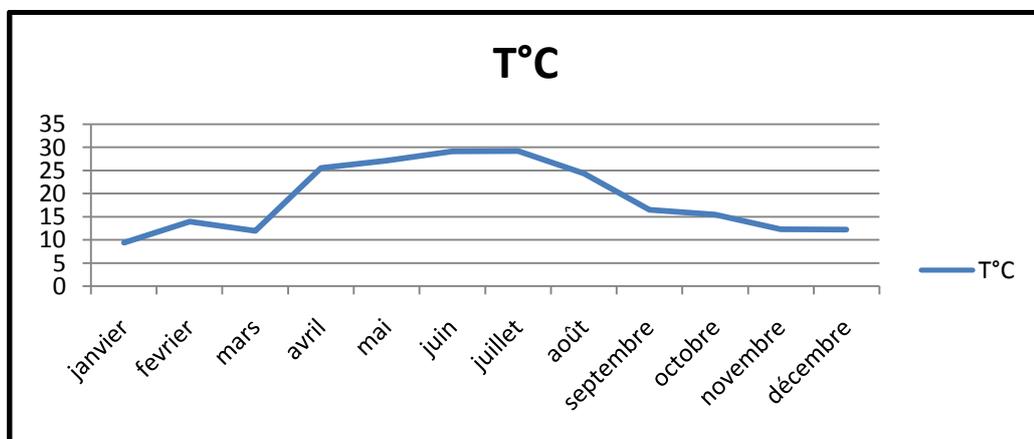


Figure 100: Variations mensuelles de la température (°C) de l'eau du lac Oubeira.

- **pH**

Le pH de l'eau du lac est alcalin ; il est généralement compris entre 7 et 9. De février à mai le pH est proche de 7 mais durant la période s'étalant d'août à novembre les valeurs relevées sont proches de 9 (fig.101).

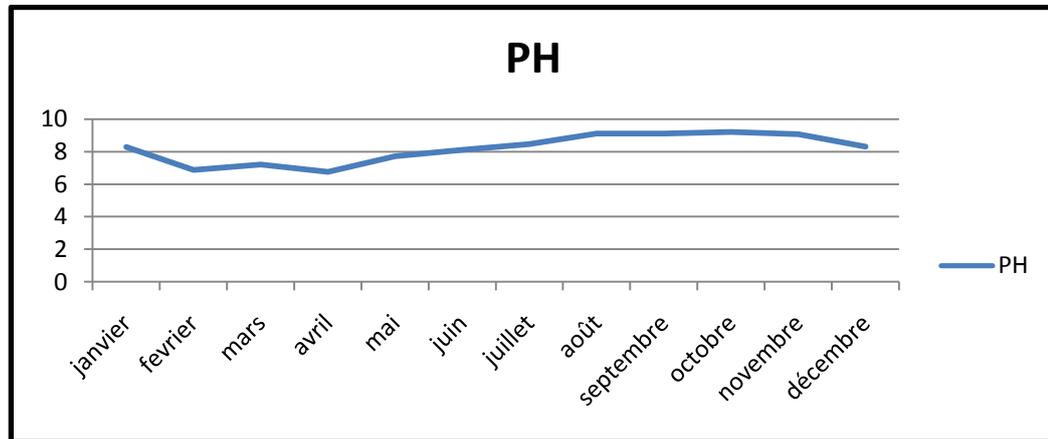


Figure 101: Variations mensuelles du pH de l'eau du lac Oubeira

L'analyse statistique des données révèle l'existence d'une corrélation négative hautement significative ($p \leq 0,01$) et très hautement significative ($P < 0,001$) respectivement entre l'abondance et l'intensité de l'espèce parasite *Anguillicola crassus* et le pH de l'eau de l'Oubeira.

- **Oxygène dissous**

Les teneurs en oxygène dissous de l'eau du lac Oubeira varient de 5 mg/l (en juillet) à 13 mg/l (en février); les valeurs comprises entre 5 et 8mg/l sont notées d'avril à juillet; durant le reste de l'année les teneurs en oxygène dissous de l'eau varient de 8 à 13 mg/l (fig. 102).

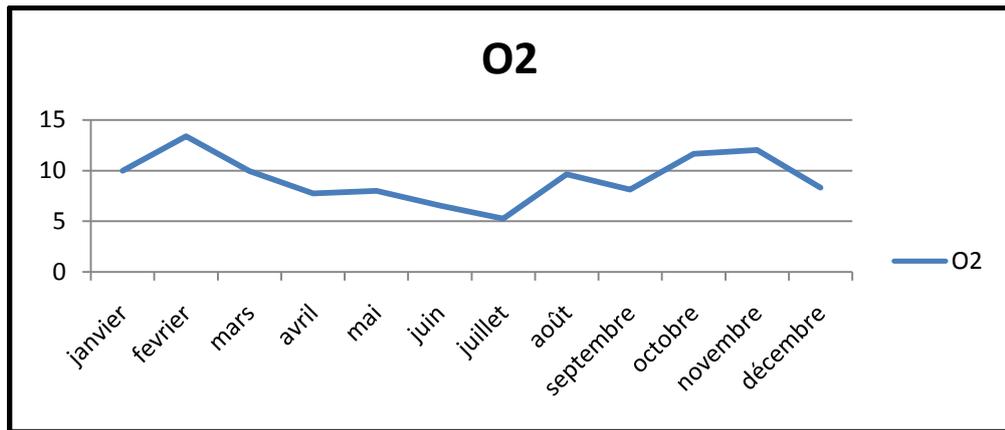


Figure 102: Variations mensuelles de la teneur en oxygène dissous (mg/l) de l'eau du lac Oubeira

2.2.4. Résultats des analyses statistiques univariées

2.2.4.1. Description des données

Dans ce paragraphe, nous donnerons les résultats de la description des données obtenues pour chaque site ainsi que les variables mesurées (Tableau 2 et 3).

MAFRAG

Tableau 3: Description des données relatives au Mafrag

	variable	n	MOY	S	X _{min}	X _{max}
<i>Anguillicola</i>	P -Angui	12	48,33	15,99	23,33	70
	I -Angui	12	3,714	1,466	1,777	7,375
	A -Angui	12	1,905	0,957	0,533	3,933
<i>Echinorhynchus</i>	P -Echin	12	0,278	0,41	0	1,111
	I -Echin	12	4	9,34	0	33
	A -Echin	12	0,1916	0,337	0	1,1
<i>Bothriocéphalus</i>	P-Bothri	12	15	13,74	3,33	46,66
	I -Bothri	12	1,91	1,259	1	5,5
	A -Bothri	12	0,3274	0,33	0,033	0,9
<i>Cucullanus</i>	P -Cucull	12	6,11	7,76	0	23,33
	I -Cucull	12	1,456	1,555	0	5,142
	A -Cucull	12	0,1719	0,3399	0	1,2
<i>Paraquimperia</i>	P -Paraqui	12	1,67	4,14	0	13,33
	I -Paraqui	12	0,167	0,389	0	1
	A -Paraqui	12	0,0166	0,0413	0	0,133
Paramètres	O₂	12	9,551	2,358	6,01	12,5
	pH	12	7,888	1,206	5,51	9,21
	T°	12	19,36	7,27	10,2	30
	SAL	12	5,27	7,39	0,324	18,6

OUBEIRA

Tableau 4: Description des données relatives à l'Oubeira

	variable	n	MOY	S	X_{MIN}	X_{MAX}
<i>Anguillicola</i>	P - <i>Angui</i>	12	57,5	16,03	23,33	83,33
	I - <i>Angui</i>	12	6,041	2,428	2,714	9,714
	A - <i>Angui</i>	12	3,755	2,196	0,633	7,566
<i>Echinorhynchus</i>	P - <i>Echin</i>	12	0,278	0,961	0	3,33
	I - <i>Echin</i>	12	0,0833	0,2887	0	1
	A - <i>Echin</i>	12	0,00275	0,00953	0	0,033
<i>Bothriocéphalus</i>	P - <i>Bothri</i>	12	3,887	3,433	0	10
	I - <i>Bothri</i>	12	0,833	0,577	0	2
	A - <i>Bothri</i>	12	0,0414	0,0351	0	0,1
<i>Cucullanus</i>	P - <i>Cucull</i>	12	3,608	2,998	0	6,66
	I - <i>Cucull</i>	12	0,667	0,492	0	1
	A - <i>Cucull</i>	12	0,03575	0,02971	0	0,066
<i>Paraquimperia</i>	P - <i>Paraqui</i>	12	1,665	1,739	0	3,33
	I - <i>Paraqui</i>	12	0,583	0,669	0	2
	A - <i>Paraqui</i>	12	0,01925	0,02206	0	0,066
<i>Pseudoterranova</i>	P - <i>Pseudo</i>	12	41,11	16,78	23,33	76,66
	I - <i>Pseudo</i>	12	1,49	0,379	1	2,25
	A - <i>Pseudo</i>	12	0,6267	0,3262	0,233	1,233
Paramètres	O₂	12	9,223	2,35	5,27	13,38
	pH	12	8,179	0,881	6,75	9,2
	T°	12	18,91	7,52	9,35	29,2

2.2.4.2 Analyse de la variance univariée ANOVA

Le test d'analyse de la variance univariée modèle fixe appliquée à chacune des variables mesurées consiste à comparer, entre les quatre saisons, l'égalité des moyennes de chaque caractéristique mesurée, pour chacun des deux sites.

L'analyse des données relatives aux variables mesurées dans l'estuaire du Mafrag (tab. 5) montre :

- l'existence de différences très hautement significatives entre les valeurs de la salinité de l'eau relevées pendant les 4 saisons ;
- l'existence de différences hautement significatives entre les valeurs de l'abondance de l'espèce parasite *Echinorhynchus sp* enregistrées pendant les 4 saisons
- l'existence de différences hautement significatives entre les valeurs de la prévalence de l'espèce parasite *Bothriocephalus claviceps* enregistrées pendant les 4 saisons
- l'existence de différences significatives entre les valeurs de la prévalence de l'espèce parasite *Echinorhynchus sp* enregistrées pendant les 4 saisons ;
- l'existence de différences significatives entre les valeurs de l'intensité de l'espèce parasite *Cucullanus sp* enregistrées pendant les 4 saisons
- l'existence de différences significatives entre les valeurs de la température de l'eau relevées pendant les 4 saisons
- L'absence de différences significatives pour le reste des variables mesurées.

Tableau 5: Analyse de la variance univariée ANOVA dans l'estuaire du Mafrag

Variable	Variation	ddl	SCE	CM	Fobs	P
P- <i>Angui</i>	Saisons	3	99,967	33,322	0,098	0,959 NS
I- <i>Angui</i>	Saisons	3	7,250	2,417	1,180	0,377 NS
A- <i>Angui</i>	Saisons	3	2,273	0,758	0,777	0,539 NS

P - <i>Echin</i>	Saisons	3	1,235	0,412	5,333	0,026 *
I - <i>Echin</i>	Saisons	3	354,000	118,000	1,559	0,273 NS
A - <i>Echin</i>	Saisons	3	0,951	0,317	8,515	0,007 **
P - <i>Bothri</i>	Saisons	3	1544,389	514,796	7,725	0,010 **
I - <i>Bothri</i>	Saisons	3	2,088	0,696	0,363	0,782 NS
A - <i>Bothri</i>	Saisons	3	0,665	0,222	3,323	0,077 NS
P - <i>Cucull</i>	Saisons	3	196,215	65,405	1,121	0,396 NS
I - <i>Cucull</i>	Saisons	3	18,311	6,104	5,890	0,020 *
A - <i>Cucull</i>	Saisons	3	0,430	0,143	1,364	0,322 NS
P - <i>Paraqui</i>	Saisons	3	188,878	62,959	0,840	0,509 NS
I - <i>Paraqui</i>	Saisons	3	3,204	1,068	1,122	0,396 NS
A - <i>Paraqui</i>	Saisons	3	0,061	0,020	0,713	0,571 NS
O₂	Saisons	3	14,640	4,880	0,839	0,510 NS
pH	Saisons	3	8,778	2,926	3,239	0,082 NS
T°	Saisons	3	400,583	133,528	5,911	0,020 *
SAL	Saisons	3	593,709	197,903	240,260	0,0001 ***

L'analyse des données relatives aux variables mesurées dans le lac Oubeira (tab. 6) montre :

- l'existence de différences hautement significatives entre les valeurs de la température de l'eau enregistrées pendant les 4 saisons
- l'existence de différences hautement significatives entre les valeurs de l'intensité de l'espèce parasite *Anguillicola crassus* et le pH de l'eau enregistrées pendant les 4 saisons
- l'existence de différences significatives entre les valeurs de l'abondance et l'intensité de l'espèce parasite *Anguillicola crassus* enregistrées pendant les 4 saisons.
- L'absence de différences significatives pour le reste des variables mesurées

Tableau 6: Analyse de la variance univariée ANOVA dans le lac Oubeira

Variable	Variation	ddl	SCE	CM	Fobs	P
P - <i>Angui</i>	mois	3	1778,248	596,083	4,599	0,038*

I - <i>Angui</i>	mois	3	51,935	17,312	10,726	0,004**
A - <i>Angui</i>	mois	3	35,737	11,912	5,507	0,024*
P - <i>Echin</i>	mois	3	2,772	0,924	1,000	0,441NS
I - <i>Echin</i>	mois	3	0,250	0,083	1,000	0,441NS
A - <i>Echin</i>	mois	3	0,000	0,000	1,000	0,441NS
P - <i>Bothri I</i>	mois	3	644,489	214,830	1,423	0,306NS
I - <i>Bothri I</i>	mois	3	0,065	0,022	0,183	0,905NS
A - <i>Bothri I</i>	mois	3	0,245	0,082	1,031	0,429NS
P - <i>Bothri E</i>	mois	3	11,111	3,704	0,250	0,859NS
I - <i>Bothri E</i>	mois	3	1,000	0,333	1,000	0,441NS
A - <i>Bothri E</i>	mois	3	0,002	0,001	0,391	0,763NS
P - <i>Cucull</i>	mois	3	2,772	0,924	0,077	0,971 NS
I - <i>Cucull</i>	mois	3	0,000	0,000	0,000	1,000NS
A - <i>Cucull</i>	mois	3	0,000	0,000	0,000	0,971NS
P - <i>Paraqui</i>	mois	3	3,696	1,232	0,333	0,802NS
I - <i>Paraqui</i>	mois	3	0,917	0,306	0,611	0,627NS
A - <i>Paraqui</i>	mois	3	0,001	0,000	0,611	0,627NS
P - <i>Pseudo</i>	mois	3	1873,993	624,664	4,088	0,049NS
I - <i>Pseudo</i>	mois	3	0,582	0,194	1,561	0,273NS
A - <i>Pseudo</i>	mois	3	0,830	0,277	6,496	0,015NS
O₂	mois	3	33,599	11,200	3,297	0,079NS
pH	mois	3	5,738	1,913	5,455	0,025*
T°	mois	3	515,697	171,899	12,870	0,002**

$p \leq \alpha = 0,05$: (*) différences juste significatives

$p \leq \alpha = 0,01$: (**) différences hautement significatives

$p \leq \alpha = 0,001$: (***) différences très hautement significatives

$p > \alpha = 0,05$: (ns) différences non significatives

ddl : degrés de libertés

SCE : somme des carrés des écarts

CM : carré moyen

Fobs : valeur observée de la variable F de Fisher.

2.2.4.3. Analyse statistique bivariée

Les corrélations linéaires obtenues pour toutes les variables prises deux à deux, ainsi que les valeurs des probabilités p correspondantes ;

L'analyse statistique bivariée fait apparaître l'existence :

- de corrélations négatives très hautement significatives entre le pH de l'eau de l'Oubeira et l'intensité d'infestation de l'espèce parasite *A. crassus* relevée dans le lac Oubeira ;

- de corrélations négatives hautement significatives entre le pH de l'eau de l'oubeira et l'abondance de l'espèce *A. crassus* relevée dans le lac Oubeira ;

- de corrélations négatives significatives entre le pH de l'eau du Mafrag et la prévalence de l'espèce parasite *Cucullanus sp.* notée chez les anguilles du Mafrag ;

- de corrélations positives hautement significatives entre la température de l'eau du Mafrag et l'intensité et la prévalence de l'espèce parasite *Bothriocephalus claviceps* trouvée chez les anguilles de l'estuaire ;

- de corrélations positives hautement significatives entre la salinité de l'eau du Mafrag et l'abondance de l'espèce parasite *Bothriocephalus claviceps* trouvée chez les anguilles de l'estuaire ;

- de corrélations positives très hautement significatives entre la teneur en oxygène dissous dans l'eau du Mafrag et l'abondance de l'espèce parasite *Anguillicola crassus* notée chez les anguilles de l'estuaire ;

- de corrélations positives très hautement significatives entre la salinité de l'eau du Mafrag et la prévalence de l'espèce parasite *Bothriocephalus claviceps* trouvée chez les anguilles de l'estuaire ;

- **Test de Newman-Keuls pour la recherche de groupes homogènes**

L'application du **Test de Newman-Keuls** à chacune des variables, pour lesquelles le test d'analyse de la variance univariée a montré l'existence de différences significatives entre les saisons, a permis de donner les groupes de stations homogènes.

Il est bien évident que pour chacune des variables les saisons sont classées de gauche à droite dans un ordre croissant de leurs moyennes de la dite variable. Chaque soulignement indique un groupe de stations homogènes. L'examen nous, montre que le nombre de groupes

de stations varie de 1 à 2 groupes selon la variable considérée. Ces groupes sont d'ailleurs repris par le tableau de l'ANOVA.

L'analyse des résultats du **Test de Newman-Keuls** nous permet de conclure que, pour la plupart des variables étudiées :

- l'existence, en ce qui concerne les valeurs saisonnières de la prévalence *d'A crassus* chez les anguilles de l'Oubeira, de 2 groupes homogènes : l'un représenté par l'été et l'autre regroupe les trois autres saisons (automne-hiver-printemps)
- l'existence, en ce qui concerne les valeurs saisonnières de l'intensité *d'A crassus* chez les anguilles de l'Oubeira, de 2 groupes homogènes : le premier, représenté par l'été et l'automne et le second par les trois saisons « automne-printemps-hiver »
- l'existence, en ce qui concerne les valeurs saisonnières de l'abondance du parasite *A crassus* chez les anguilles de l'Oubeira, de 2 groupes homogènes : le premier, représenté par l'été et l'automne et le second par les trois saisons « hiver-printemps-automne »
- l'existence, en ce qui concerne les valeurs saisonnières de l'abondance du parasite *Pseudoterranova decipiens* chez les anguilles de l'Oubeira, de 2 groupes homogènes: le premier, constitué de l'été-hiver-printemps et le second par les 2 saisons « printemps-automne »
- l'existence, en ce qui concerne les valeurs saisonnières de la température de l'eau de l'Oubeira, de 2 groupes homogènes : le premier, représenté par l'hiver-automne et le second par les 2 saisons « été-printemps »
- l'existence, en ce qui concerne les valeurs saisonnières de la prévalence et l'abondance du parasite *Echinorhynchus sp* chez les anguilles du Mafrag, de 2 groupes homogènes: le premier, constitué de « hiver-automne-été » et le second par le « printemps »
- l'existence, en ce qui concerne les valeurs saisonnières de l'abondance du parasite *Echinorhynchus sp* chez les anguilles du Mafrag, de 2 groupes homogènes: le premier, constitué de « hiver-automne-été » et le second par le « printemps »
- l'existence, en ce qui concerne les valeurs saisonnières de la prévalence du parasite *Botriocephalus claviceps* chez les anguilles du Mafrag, de 2 groupes homogènes: le premier, constitué de « hiver-printemps-automne » et le second par « l'été »

- l'existence, en ce qui concerne les valeurs saisonnières de l'intensité du parasite *Cucullanus sp.* chez les anguilles du Mafrag, de 2 groupes homogènes: le premier, constitué de « été-hiver -automne » et le second par «le printemps»
- l'existence, en ce qui concerne les valeurs saisonnières de la température de l'eau du Mafrag, de 2 groupes homogènes : le premier, représenté par l'hiver-automne-printemps et le second par les 2 saisons «printemps-été»
- l'existence, en ce qui concerne les valeurs saisonnières de la salinité de l'eau du Mafrag, de 2 groupes homogènes : le premier, représenté par l'hiver-automne-printemps et le second par «l'été»

✚ OUBEIRA

Tableau 7 : groupes homogènes des saisons

Variable	Groupe homogènes			
Prévalence <i>A. crassus</i>	36,66 <u>ETE</u>	61,11 <u>AUT</u>	65,55 PRT	66,66 <u>HIV</u>
Intensité <i>A. crassus</i>	3,007 <u>ETE</u>	5,22 <u>AUT</u>	7,96 PRT	7,97 <u>HIV</u>
Abondance <i>A. crassus</i>	1,12 <u>ETE</u>	3,29 <u>AUT</u>	5,28 HIV	5,31 <u>PRT</u>
Abondance <i>Anisakis</i>	0,311 <u>ETE</u>	0,47 HIV	0,71 <u>PRT</u>	1,011 <u>AUT</u>
T°C	11,74 <u>HIV</u>	13,3 <u>AUT</u>	23,33 <u>ETE</u>	27,24 <u>PRT</u>

✚ MAFRAG

Tableau 8 : groupes homogènes des saisons

Variable	Groupe homogènes
----------	------------------

Prévalence Acanthocephale	0,092 HIV	0,092 AUT	0,092 ETE	0,83 PRT
Abondance Acanthocephale	0,011 HIV	0,677 AUT	0,066 ETE	0,011 PRT
Prévalence <i>B. claviceps</i>	6,66 HIV	7,77 PRT	34,44 AUT	11,06 ETE
Intensité <i>Cucullanus</i>	0,33 ETE	0,94 HIV	1 AUT	3,547 PRT
T°C	13,3 HIV	15 AUT	21,13 PRT	28 ETE
Salinité	0,82 HIV	0,92 AUT	1,91 PRT	17,43 ETE

▪ **Test t de Student pour échantillons indépendants**

Le test t de Student, pour échantillons indépendants, utilisé pour comparer, entre les deux sites, les moyennes de chacune des 27 variables calculées durant les 12 mois de l'année, donne les résultats figurant dans le tableau 13.

L'analyse des résultats contenus dans le tableau 14 montre:

- L'existence de différences hautement significatives entre les valeurs de l'intensité d'*Anguillicola crassus* trouvées chez les anguilles des 2 sites ;
- L'existence de différences significatives entre les valeurs de l'abondance d'*Anguillicola crassus* trouvées chez les anguilles des 2 sites
- En ce qui concerne les autres variables, l'absence de différences significatives.

L'analyse statistique des résultats du premier cycle montre l'existence :

- D'une corrélation positive significative entre la taille moyenne des poissons et le nombre de parasites appartenant à l'espèce *Pseudodactylogyrus sp.* ($p \leq 0,05$) ;
- D'une corrélation positive significative entre le poids moyen des poissons et le nombre de parasites appartenant à l'espèce *Pseudodactylogyrus sp.* ($p \leq 0,05$)

- D'une corrélation positive significative entre le nombre de parasites appartenant à l'espèce *Ergasilus sp.* et le nombre de parasites appartenant à l'espèce *Cucullanus sp.* ($p \leq 0,05$) ;
- D'une corrélation positive significative entre le nombre de parasites appartenant à l'espèce *Ergasilus sp.* et le nombre de parasites appartenant à l'espèce *Echinorhynchus sp.* ($p \leq 0,05$)
- D'une corrélation positive hautement significative entre le nombre de parasites appartenant à l'espèce *Anguillicola crassus* et le nombre de poissons ayant la vessie natatoire parasitée ($p \leq 0,01$);
- D'une corrélation négative significative entre le nombre de parasites appartenant à l'espèce *Anguillicola crassus* et le nombre de poissons ayant la vessie natatoire non parasitée ($p \leq 0,05$)
- D'une corrélation négative hautement significative entre le pH et le nombre de parasites appartenant à l'espèce *Cucullanus sp.* ($p \leq 0,01$);
- D'une corrélation positive significative entre le nombre de parasites appartenant à l'espèce *Ergasilus sp.* et le nombre de parasites appartenant à l'espèce *Cucullanus sp.* ($p \leq 0,05$)
- D'une corrélation négative hautement significative entre le pH et le nombre de parasite appartenant à l'espèce *Cucullanus sp.* ($p \leq 0,01$)
- D'une corrélation positive significative entre le nombre de parasite appartenant à l'espèce *Ergasilus sp.* et le nombre de parasite appartenant à l'espèce *Cucullanus sp.* ($p \leq 0,05$).
- D'une corrélation positive significative entre le nombre de parasites appartenant à l'espèce *Ergasilus sp.* et le nombre de parasite appartenant à l'espèce *Echinorhynchus sp.* ($p \leq 0,05$)
- D'une corrélation positive très hautement significative entre la taille moyenne des anguilles et le poids moyen des anguilles ($p \leq 0,001^{***}$)

2.3. Etude du régime alimentaire

2.3.1. Variations Saisonnières du coefficient de vacuité (Cv%)

✚ Mafrag (premier cycle)

Sur 344 tubes digestifs examinés, 192 étaient vides, ce qui représente un coefficient de vacuité moyen égal à 58,89%.

La valeur du coefficient de vacuité la plus élevée (proche de 80%) est relevée en période estivale ; cette valeur montre une baisse progressive, atteignant 53% en période automnale et sa valeur minimale (40%) en période hivernale; c'est au printemps que le coefficient de vacuité entame une augmentation progressive pour atteindre la valeur de 62% (fig.103).

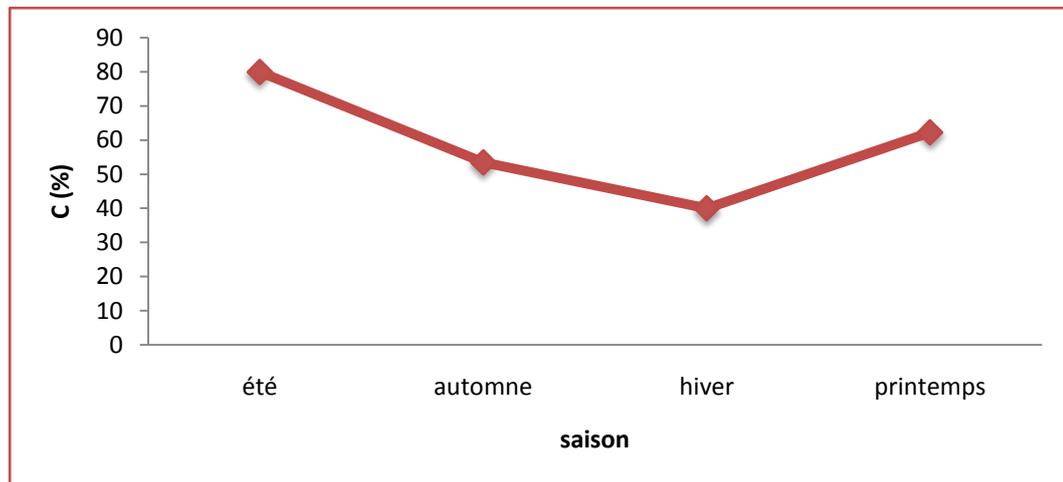


Figure 103 : Variations saisonnières du coefficient de vacuité de l'anguille du Mafrag.

✚ Oubeira et Mafrag (deuxième cycle)

- Dans le lac Oubeira, la valeur moyenne du coefficient de vacuité enregistrée pendant les 12 mois d'étude du régime alimentaire est de l'ordre de 90% ; ce qui représente 324 tubes digestifs vides sur les 360 examinés. Nous notons, par ailleurs, que les valeurs mensuelles des coefficients de vacuités fluctuent entre 80% en décembre et 96,66% en mai ; les valeurs de plus de 93% étant relevées au printemps et en été (fig.104).

▪ Chez les anguilles de l'estuaire du Mafrag, le coefficient de vacuité moyen dépasse 63% ; ce qui équivaut à 197 tubes digestifs vides sur les 360 examinés. L'évaluation de la valeur mensuelle de ce coefficient (fig.104) montre, à l'exception des mois d'août et septembre ou sont relevés respectivement 26 et 13%), que les valeurs notées durant les autres mois varient entre 47 et 100%.

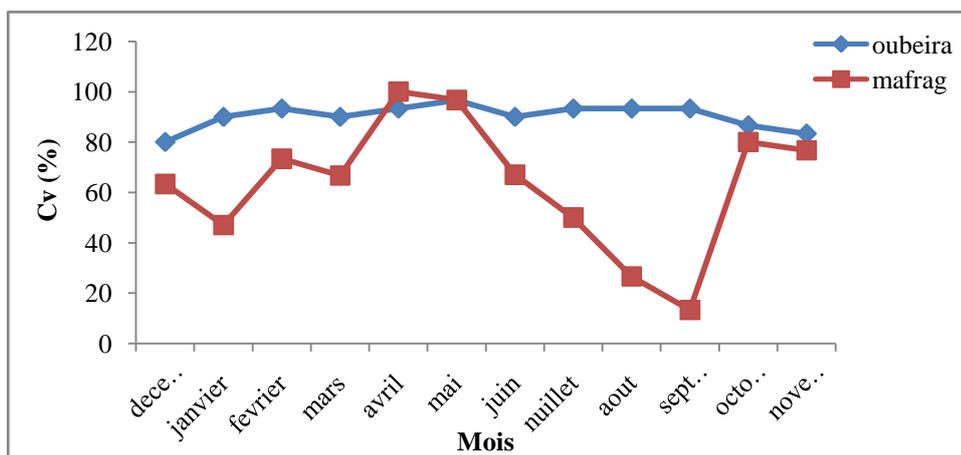


Figure 104 : Evolution mensuelle du coefficient de vacuité chez les anguilles des 2 plans d'eau.

2.3.2. Fréquences d'apparition des proies (F%)

🚧 Mafrag (premier cycle)

Les résultats de l'analyse qualitative du contenu du tube digestif de l'anguille montrent la présence de proies d'origine animale et végétale. Les proies d'origine animale sont soit des vertébrés (poissons et oiseaux) soit des invertébrés (crustacés, insectes, vers) ; en ce qui concerne les proies végétales, ce sont des algues ou des plantes.

L'analyse quantitative du contenu du tube digestif par l'évaluation de la fréquence d'apparition des proies fait apparaître la nette prédominance des proies d'origine animale qui représentent l'essentiel du régime alimentaire de l'anguille du fait que les proies végétales ne représentent pas plus de 5% de ce qui est ingéré (fig. 105).

Si on se base sur la fréquence des proies ingérées nous notons que l'anguille du Mafrag montre une nette préférence pour, d'abord, les poissons (avec 38,59% de fréquence), puis les crustacés et les insectes avec des fréquences par groupe de 27 % (fig. 105). En ce qui

concerne les aliments digérés non reconnaissables, leur fréquence d'apparition s'élève à 20,66% et semble être plus importante que le reste des composants du régime alimentaire (vers, algues, plantes et oiseaux) qui sont faiblement représentés (moins de 10%).

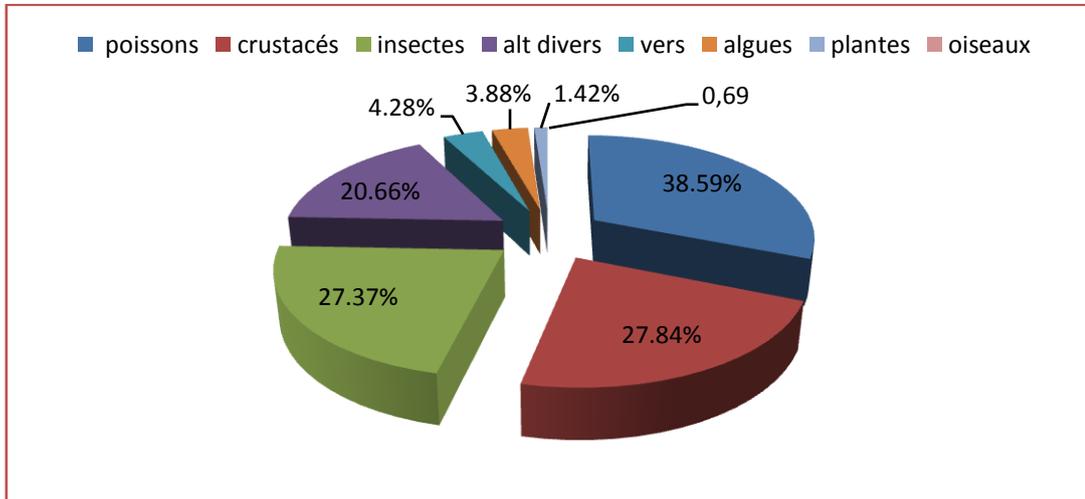


Figure 105 : Fréquences des proies ingérées par l'anguille du Mafrag.

🚩 Oubeira et Mafrag (deuxième cycle)

Les résultats de l'analyse qualitative du contenu du tube digestif de l'anguille, provenant des 2 plans d'eau, montrent la présence de proies d'origine animale et végétale. Les proies d'origine animale sont soit des vertébrés (poissons) soit des invertébrés (crustacés, insectes) ; en ce qui concerne les proies d'origine végétales, ce sont des algues ou des plantes. Nous notons, par ailleurs, que les proportions de ces proies varient d'un plan d'eau à l'autre.

Le contenu du tube digestif des anguilles de l'Oubeira comprend une forte proportion de poissons (46%) et d'aliments digérés (37%) ; la proportion d'insectes et de crustacés représente à peine 17% (fig.106).

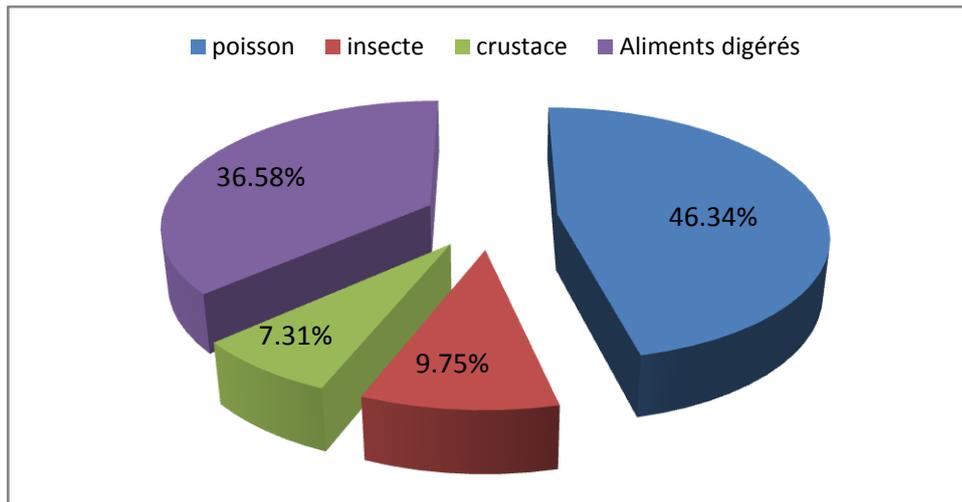


Figure 106 : Fréquence d'apparition des proies ingérées par les anguilles des différentes classes de taille (lac Oubeira).

En milieu estuarien, le contenu du tube digestif des anguilles (fig.107) est plus diversifié que celui des anguilles de l'Oubeira ; Dans le Mafrag, le régime alimentaire des anguilles examinées est constitué en majorité de proies animales (67%) regroupant des crustacés (plus de 35%), des poissons (plus de 21%), des insectes (plus de 10%) et des oiseaux (moins de 1%) ; la proportion de proies végétales est de l'ordre de 14% et représente ainsi le 1/9^{ème} du contenu du tube digestif. En ce qui concerne les aliments digérés, ils représentent moins de 17% du contenu du tube digestif (fig.107).

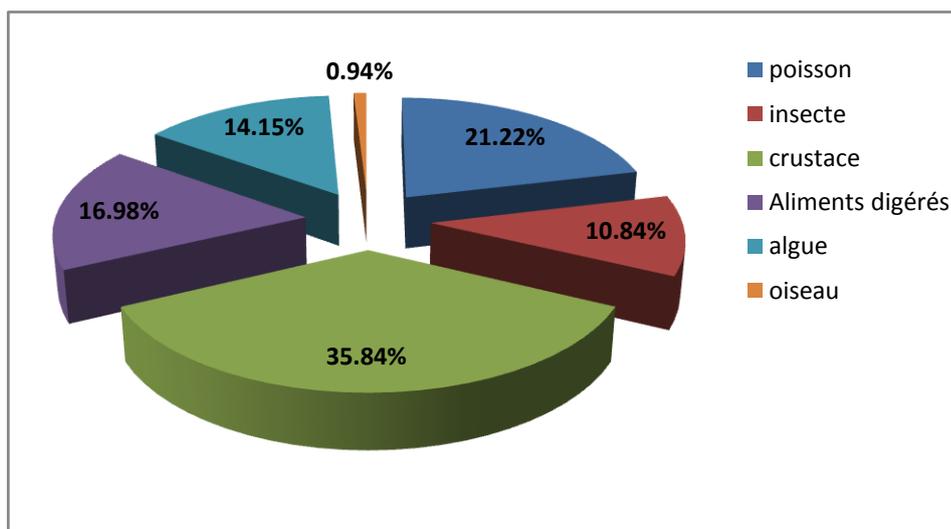


Figure 107 : Fréquence d'apparition des proies ingérées par les anguilles des différentes classes de taille (Estuaire Mafrag)

2.3.3. Variation du coefficient de vacuité (Cv%) en fonction des classes de taille

Le coefficient de vacuité montre des valeurs comprises entre 52 et 60% chez les anguilles dont la taille est comprise entre 34 et 64 cm ; ce sont toutefois les anguilles de la classe de taille [54-64[qui enregistrent le coefficient de vacuité le plus élevé (59,23%) ; les individus des classes de taille [34-44[et [44-54[montrent des coefficients de vacuité de valeurs assez proches, respectivement 53,78 et 52,45% (fig. 108).

Des valeurs du coefficient de vacuité inférieures à 40% sont notées chez les anguilles de petite taille ([24-34[avec CV = 39,11%) et celles de très grande taille ([64-74[avec CV = 35%).

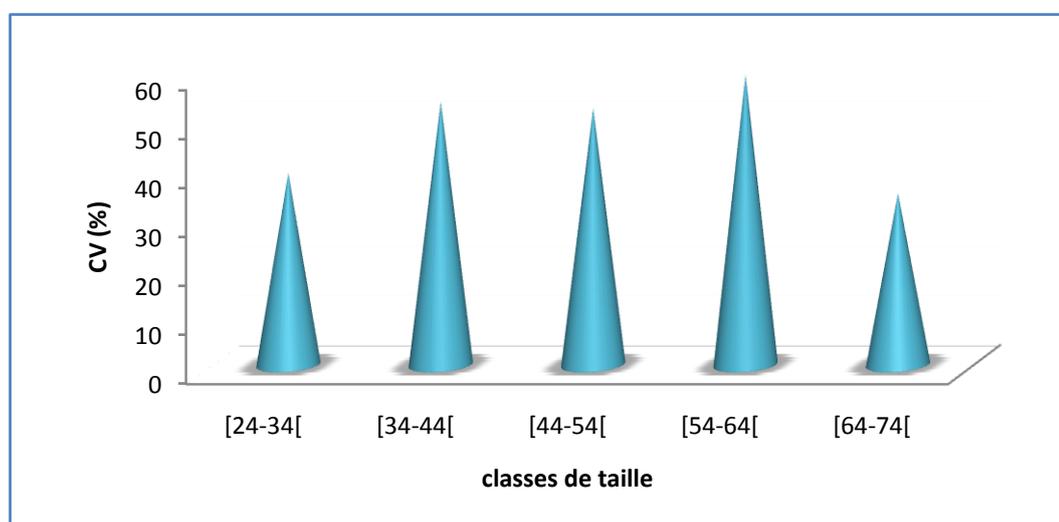


Figure 108: Variations du coefficient de vacuité (VC en %) en fonction de la taille des anguilles du Mafrag.

2.3.4. Fréquences d'apparition des proies (F%) en fonction des classes de taille

- Les proies- poissons sont moins fréquentes chez les anguilles de petite taille (9,25% chez [24-34[) puis doublent de fréquence chez les anguilles de la classe de taille [34-44[; C'est dans le contenu digestif des anguilles des classes de taille [44-54[et [54-64[que les poissons représentent les fréquences les plus élevées (proche de 40%). Chez les anguilles de grande taille la fréquence d'apparition des poissons chute pour se rapprocher de celle relevée chez les plus petites (fig. 109).

- Les insectes sont présents à des fréquences proches de 20% dans le contenu digestif des anguilles des classes de taille [24-34[et [44-54[; Les fréquences les plus élevées sont

notées chez les individus des classes de taille [34-44[et [54-64[qui enregistrent respectivement 29,29 et 34,72%. La fréquence la plus basse (6,25%) est relevée chez les anguilles de très grande taille.

- Les crustacés enregistrent une fréquence de plus de 32% chez les anguilles de la classe de taille [34-44[; chez les anguilles des classes de taille [24-34[et [54-64[les crustacés enregistrent des fréquences proches de 23% ; la fréquence la plus basse (8,33%) étant relevée chez les anguilles de très grande taille (fig. 109).

- Ce sont les anguilles des classes de taille [24-34[et [44-54[dont le contenu digestif est composé d'aliments divers à des fréquences assez élevées (proches de 27%); Chez les individus des autres classes de taille les aliments divers sont présents à des fréquences proches de 16% (fig. 109).

- Les algues sont consommées par les anguilles de l'ensemble des classes de taille mais à des fréquences variant entre 2 et 3% ; la valeur la plus élevée (proche de 6%) est enregistrée chez les anguilles de la classe de taille [44-54[.

- Les plantes ne sont pas rencontrées chez les anguilles de toutes les classes de taille ; leur apparition, chez les anguilles des classes de taille [24-34[, [34-44[et [54-64[ne dépasse pas la valeur de 3%.

- Les vers ne sont présents que chez les anguilles des classes de taille [34-44[et [44-54[à des fréquences respectives de 2,78 et 5,06%. En ce qui concerne les oiseaux, leur présence est notée uniquement chez les anguilles de la classe de taille [54-64[à une fréquence de 4,17%.

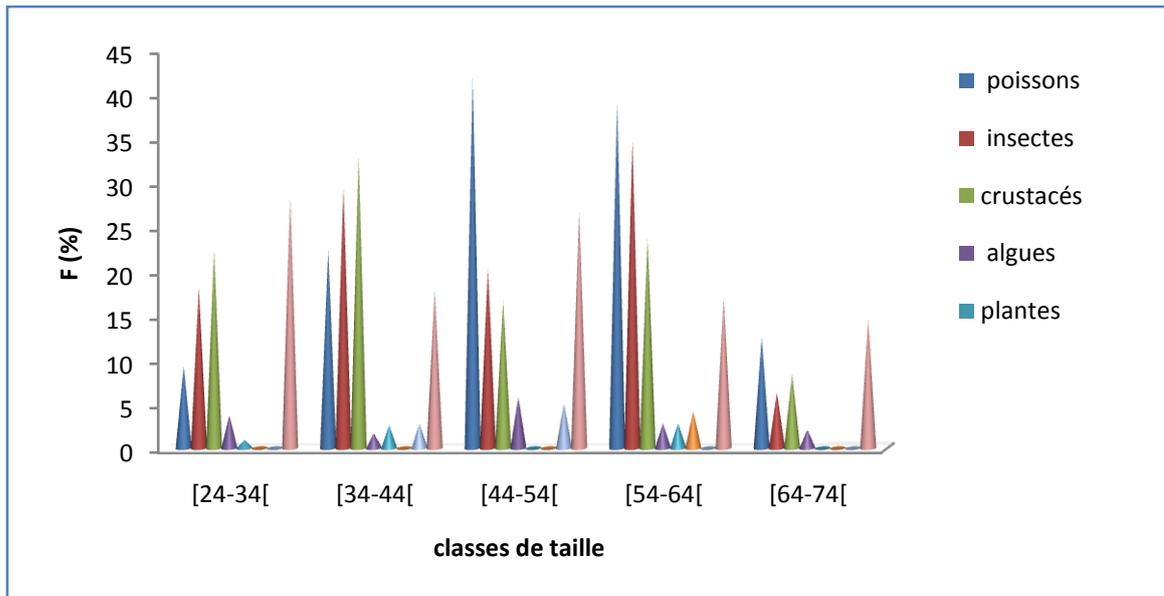


Figure 109 : Fréquences d'apparition des proies en fonction de la taille des anguilles du Mafrag.

L'analyse statistique des données fait apparaître la présence d'une corrélation positive très hautement significative entre la taille moyenne des anguilles et le poids moyen des anguilles ($p \leq 0,001^{***}$).

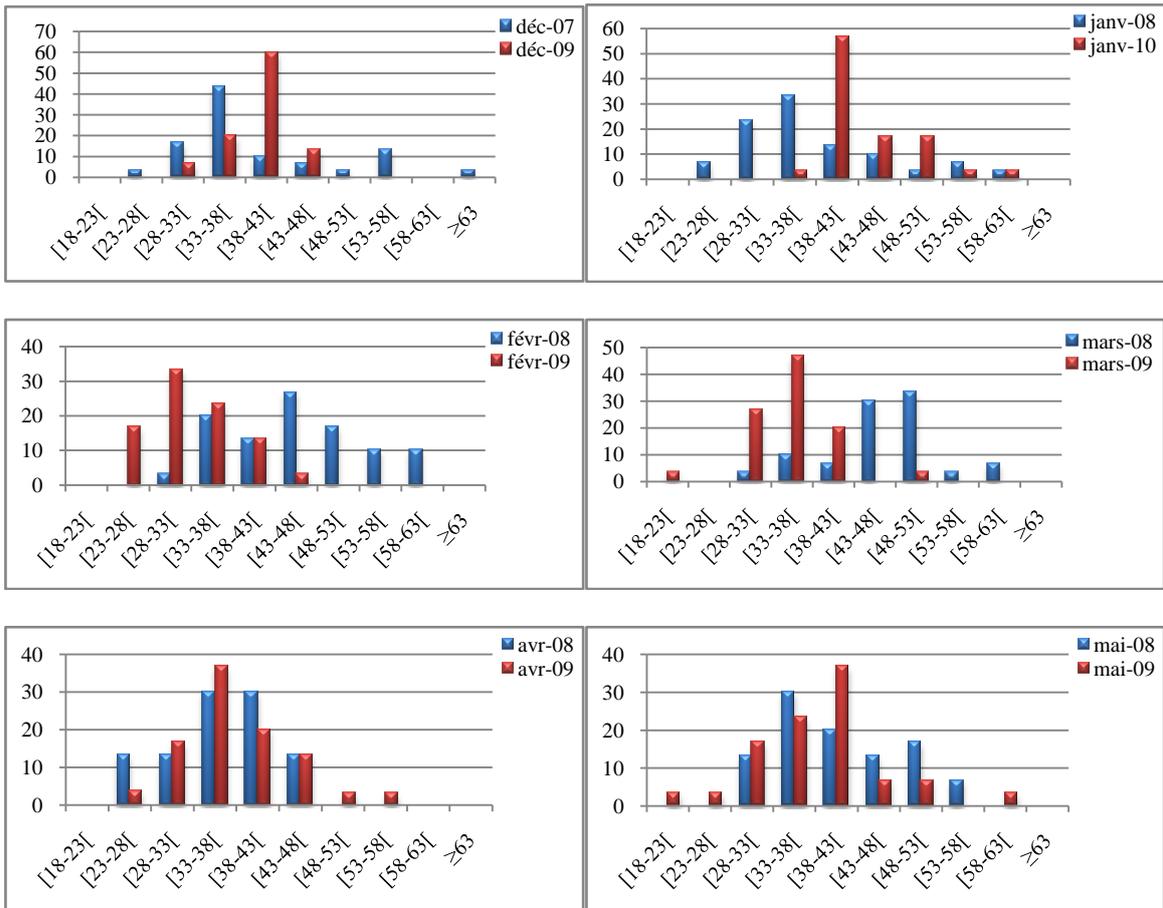


Figure 110: Distribution mensuelle des tailles au sein des populations d'anguilles échantillonnées. (Classe de taille (en cm) en abscisses, Pourcentage en ordonnées)

L'analyse des histogrammes montre que les anguilles étudiées peuvent être subdivisées en quatre groupes (Fig. 111). Le premier groupe est constitué d'individus dont la taille est inférieure à 33 cm; ce groupe représente 8,88 et 18,04 % des populations pêchées respectivement durant le premier cycle et le deuxième cycle. Le deuxième groupe est formé d'anguilles de taille comprise entre 33 et 47 cm, cet ensemble d'individus de taille moyenne représente 48,15% de la population du premier cycle et 65,82% de la population du deuxième cycle. Le troisième groupe d'anguilles relativement longues, entre 48 et 62 cm, représente 36,38% de la population du premier cycle et 14,43% de la population du second cycle. Le quatrième groupe d'anguilles de grande taille (taille supérieur ou égale 63cm) ne représente que 5,55 et 1,66% des populations deux cycles.

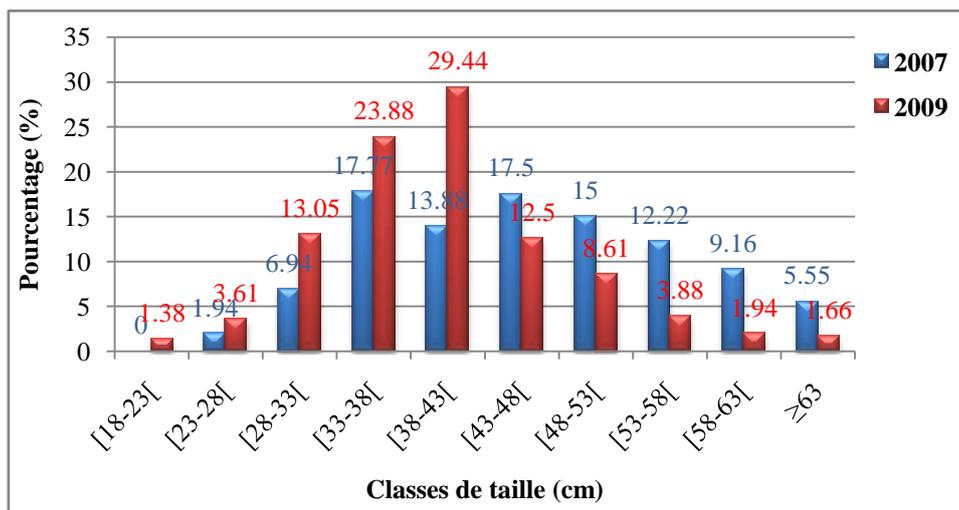
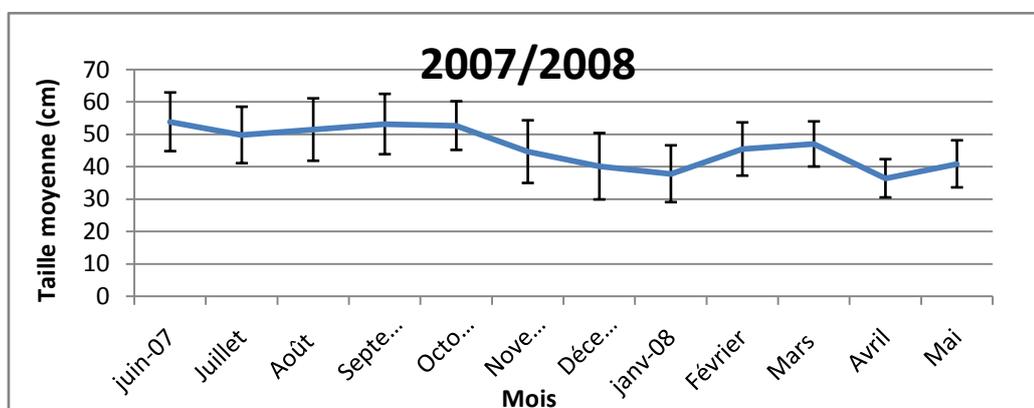


Figure 111 : Effectifs observés au sein des différentes classes de taille des deux populations d’anguilles

La population étudiée durant le premier cycle est donc surtout constituée d’anguilles de moyenne à grande taille (Fig.112). La longueur minimale est de l’ordre de 24,6 cm ; elle est observée au mois de décembre alors que l’anguille la plus longue (70,2 cm) a été capturée au mois de juin. En ce qui concerne; la population d’anguilles étudiée dans le cadre du deuxième cycle, elle est constituée d’anguilles de petite taille à taille relativement plus longue. La longueur minimale est enregistrée au mois de novembre (18,9cm) et la longueur maximale au mois d’août (74,2cm).

Les tailles moyennes mensuelles présentent des fluctuations d’un mois à l’autre et d’un cycle à l’autre; nous notons, durant le premier cycle, que les tailles moyennes montrent les valeurs les plus élevées (> 50cm) de juin à octobre mais en revanche, durant le second cycle les tailles les plus élevées (>40cm) sont relevées de juin à janvier (Fig. 112).



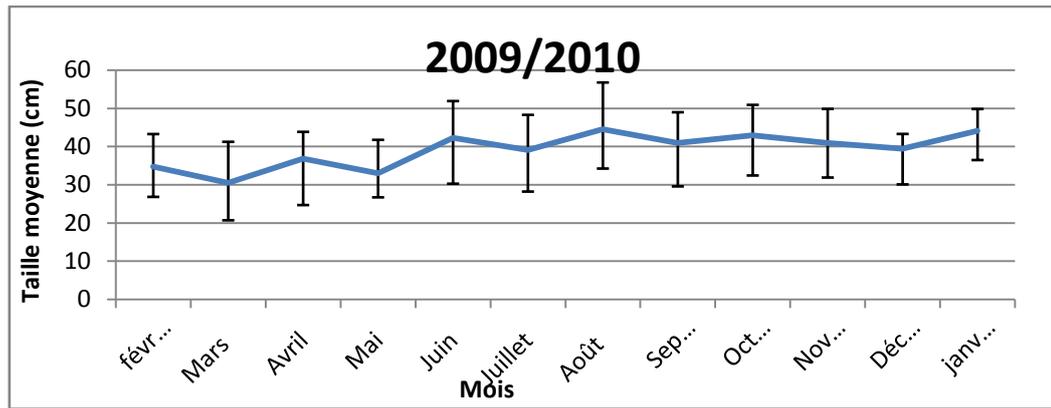


Figure 112: Evolution mensuelle de la taille moyenne des populations d'anguilles du Mafrag

La taille moyenne de l'ensemble des populations est de $46,08 \pm 8,44$ cm pour la première et $39,13 \pm 8,32$ cm pour la deuxième. D'autre part, la modélisation de la croissance linéaire (Modèle de Von Bertalanffy) montre que la longueur asymptotique est inférieure à la longueur observée chez les deux populations d'anguilles; plus de 68cm pour le premier cycle et plus de 65cm pour le second (fig. 113). Les anguilles de l'estuaire du Mafrag ont des tailles plus grandes que celles calculées.

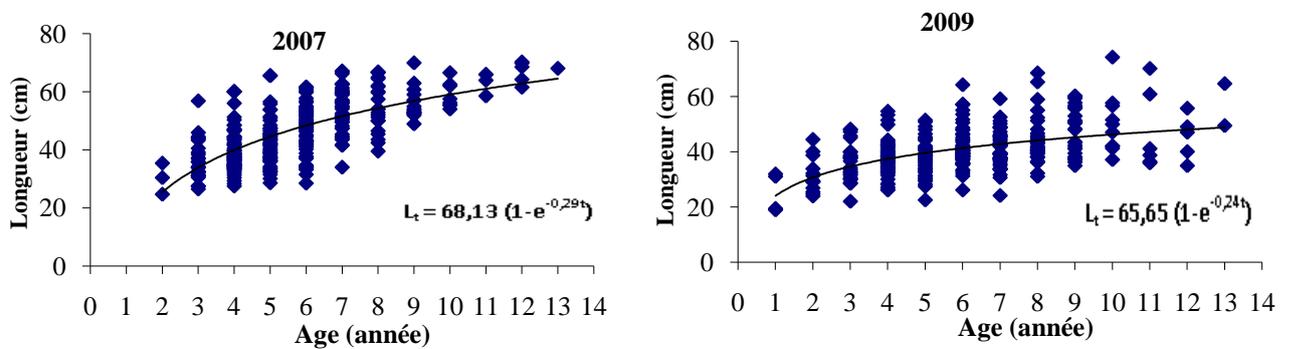


Figure113: Modélisation de la croissance en longueur (Modèle de Von Bertalanffy) à partir de la lecture directe des otolithes

Poids

Les histogrammes de poids indiquent une homogénéité des populations échantillonnées de point de vue poids (Fig.114).

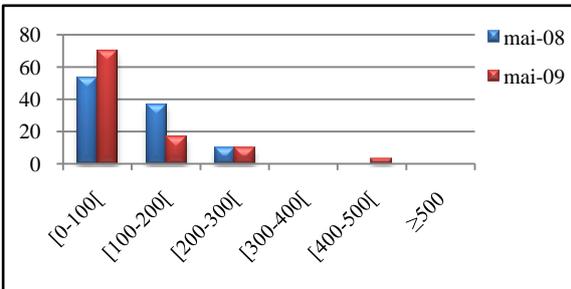
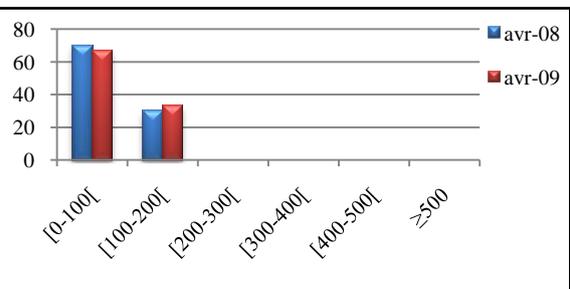
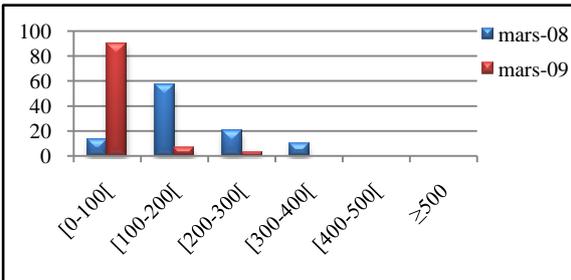
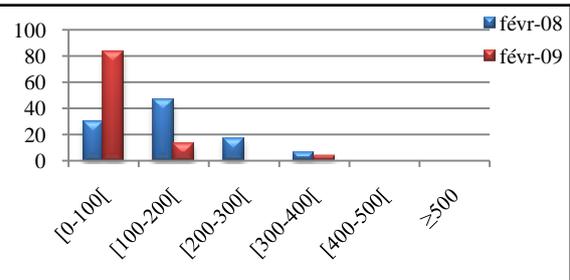
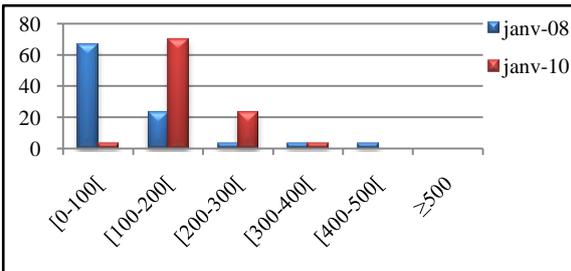
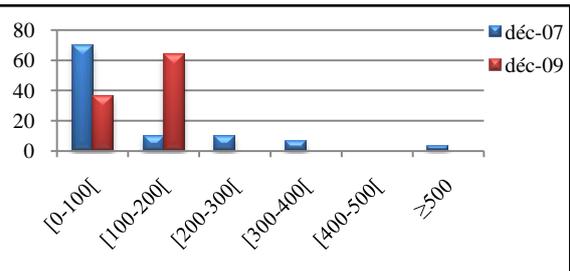
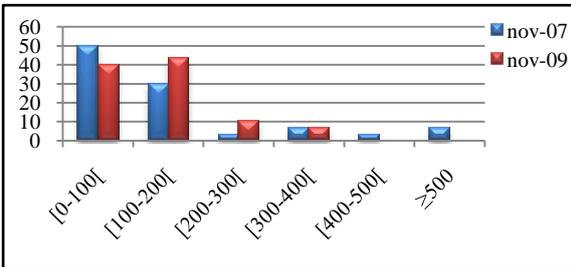
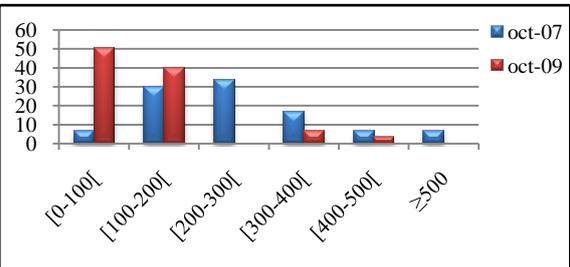
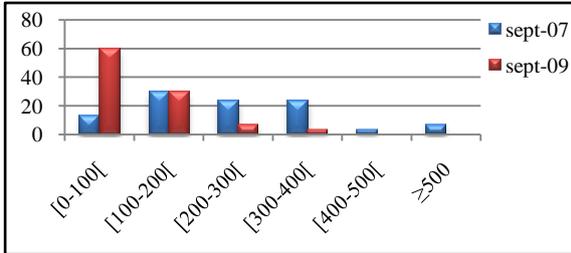
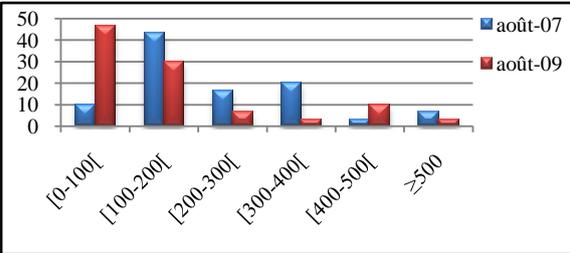
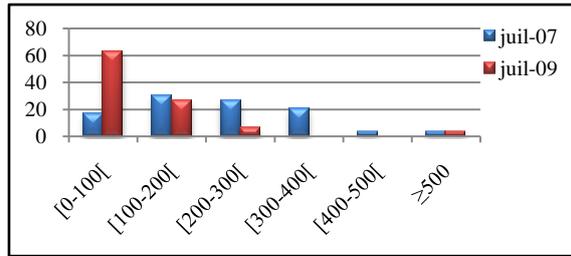
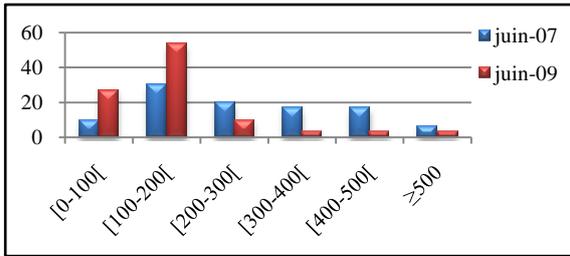


Figure 114 : Distribution mensuelle des poids frais au sein des populations d'anguilles collectées dans le Mafrag (Classes de poids (en g) en abscisses, Pourcentage en ordonnées)

La figure 115 montre une prédominance nette des individus de petit poids durant les deux cycles d'étude ; les proportions d'anguilles ayant un poids inférieur à 200g sont 88,6% et 67% respectivement durant le premier et le second cycle.

Les plus petites anguilles pèsent 18,9g durant le premier cycle et 10g durant le second ; Ces dernières ont été observées respectivement aux mois de décembre et juin. Les anguilles ayant un poids élevé de l'ordre de 650g (durant le premier cycle) et de 772,7g (durant le second cycle) sont pêchées respectivement aux mois de décembre et août.

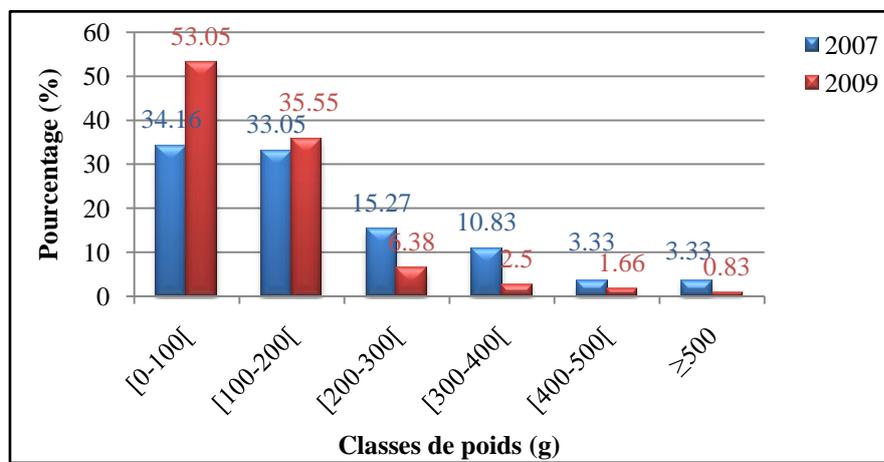
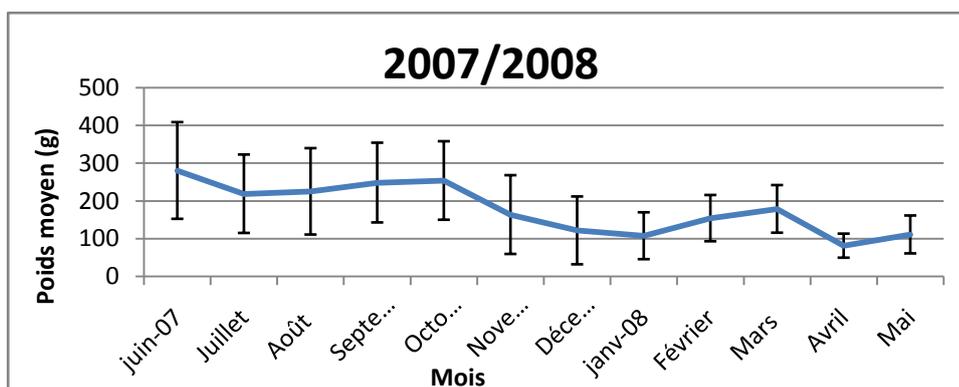


Figure 115 : Effectifs observés au sein des différentes classes de poids des anguilles du Mafrag

Le poids moyen varie en fonction du temps ; durant le premier cycle, les valeurs enregistrées sont élevées (>200g) de juin à octobre, intermédiaires (comprises entre 100 et 200g) de novembre à mars et très faibles (<100g) en avril (fig. 116).

Durant le second cycle, les valeurs de plus de 100g sont notées de mai à janvier et celles de moins de 100g sont enregistrées de février à avril (fig. 116).



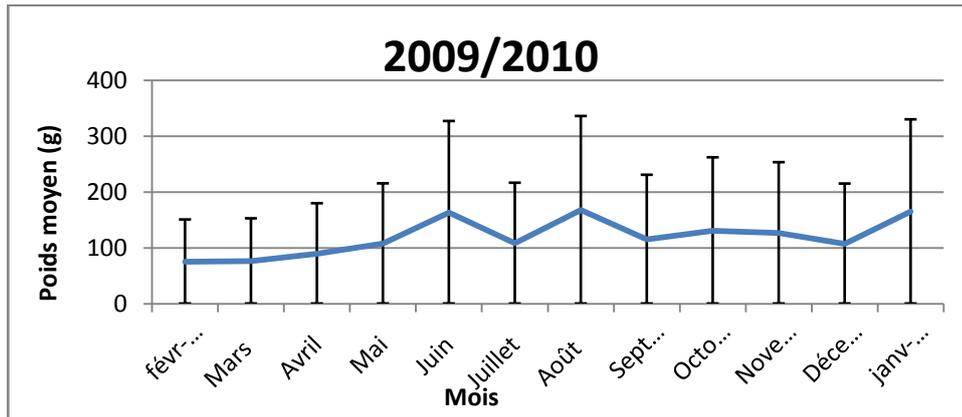


Figure 116 : Variations mensuelles du poids frais moyen au sein des populations d’anguilles du Mafrag

Le poids frais moyen de la population du premier cycle est de l’ordre de $178,7 \pm 84,92g$ et celui de la population du second cycle est de l’ordre de $119,51 \pm 54,56g$.

La courbe théorique du poids en fonction de l’âge montre que le poids asymptotique est inférieur au poids observé chez les populations d’anguilles des deux cycles ; il est noté un poids de plus de 468g pour le premier et le second cycle (fig. 117).

La relation de la croissance pondérale des populations d’anguilles de l’estuaire du Mafrag s’écrit :

$$W_t = 519,97 (1 - e^{-0,29t})^{3,1178} \text{ pour la population du premier cycle}$$

$$W_t = 468,86 (1 - e^{-0,24t})^{3,0238} \text{ pour la population du second cycle}$$

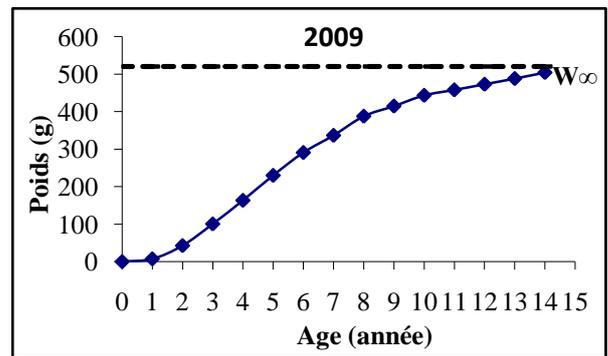
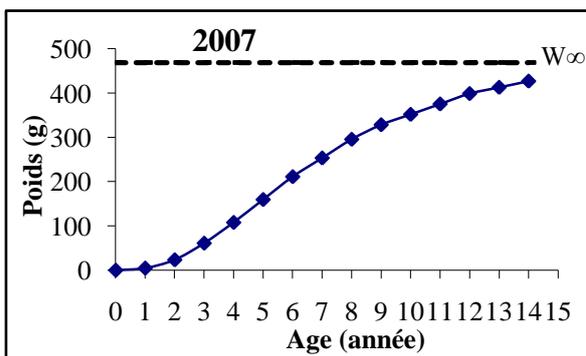


Figure 117 : Courbe théorique

de la croissance pondérale des deux populations d’anguilles du Mafrag

✚ Relation taille-poids

La relation exponentielle liant le poids à la taille des anguilles est illustrée dans le tableau 9 .

Cette relation présente des coefficients de corrélations (r) élevés (0,93 et 0,90) respectivement pour la population du premier et du second cycle.

Tableau 9. Relation d'allométrie entre le poids total et la longueur totale de l'anguille de l'estuaire du Mafrag.

cycle	N	a	b	relation	R	t _{cal.} , (α=5%)
2007	360	0,001	3,1178	$W_t = 0,001 L_t^{3,1178}$	0,93	0,18
2009	360	0,0015	3,0238	$W_t = 0,0015 L_t^{3,0238}$	0,90	0,04

Le coefficient d'allométrie (b) de la relation taille/poids pour la première population d'anguille montre, un coefficient légèrement plus élevé que 3 (b=3.11) au seuil de 0,05 ; cela se traduit par une allométrie majorante, autrement dit, une croissance légèrement plus rapide en poids qu'en taille (fig. 118 et 119). En ce qui concerne, la population d'anguilles du second cycle, le coefficient d'allométrie (b) est égal à 3 ; ceci montre l'existence d'une allométrie isométrique et de ce fait le poids va croître proportionnellement au cube de la longueur.

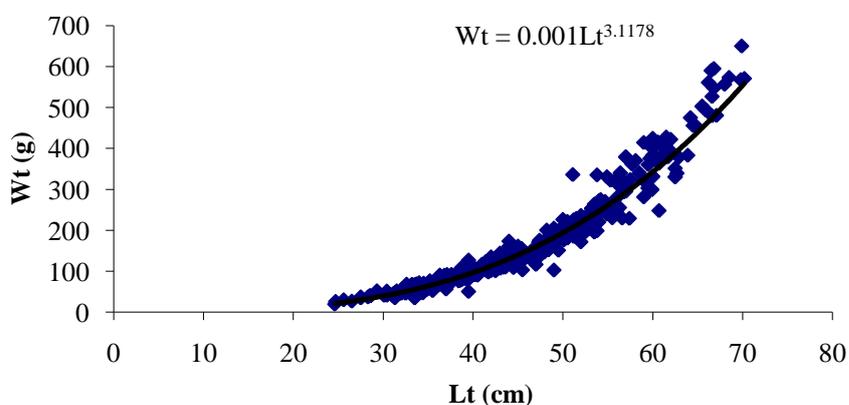


Figure 118 : Evolution du poids total en fonction de la taille de l'anguille du Mafrag (premier cycle)

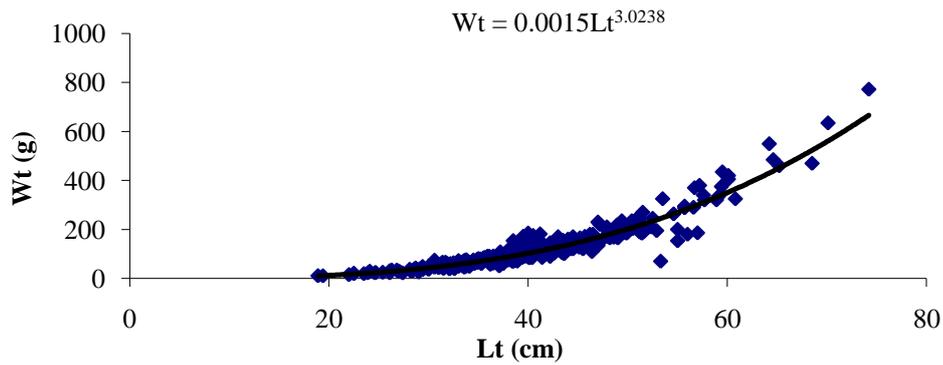


Figure 119 : Evolution du poids total en fonction de la taille de l'anguille du Mafrag (second cycle)

✚ Coefficient de condition (Kc)

L'indice Kc montre que la condition du poisson varie en fonction des mois (Fig.120). Les valeurs enregistrées oscillent entre 0,14 et 0,16 g/cm³ durant le premier cycle ; la valeur maximale étant relevée en janvier.

En ce qui concerne le second cycle, les valeurs de Kc fluctuent entre 0,14 et 0,18 g/cm³ ; des valeurs dépassant 0,16 g/cm³ sont notées d'avril à juin et de décembre à janvier ; les valeurs proche de 0,15 g/cm³ sont enregistrées en février, mars et novembre ; c'est de juillet à octobre que les valeurs les plus faibles (0,14 g/cm³) sont observées.

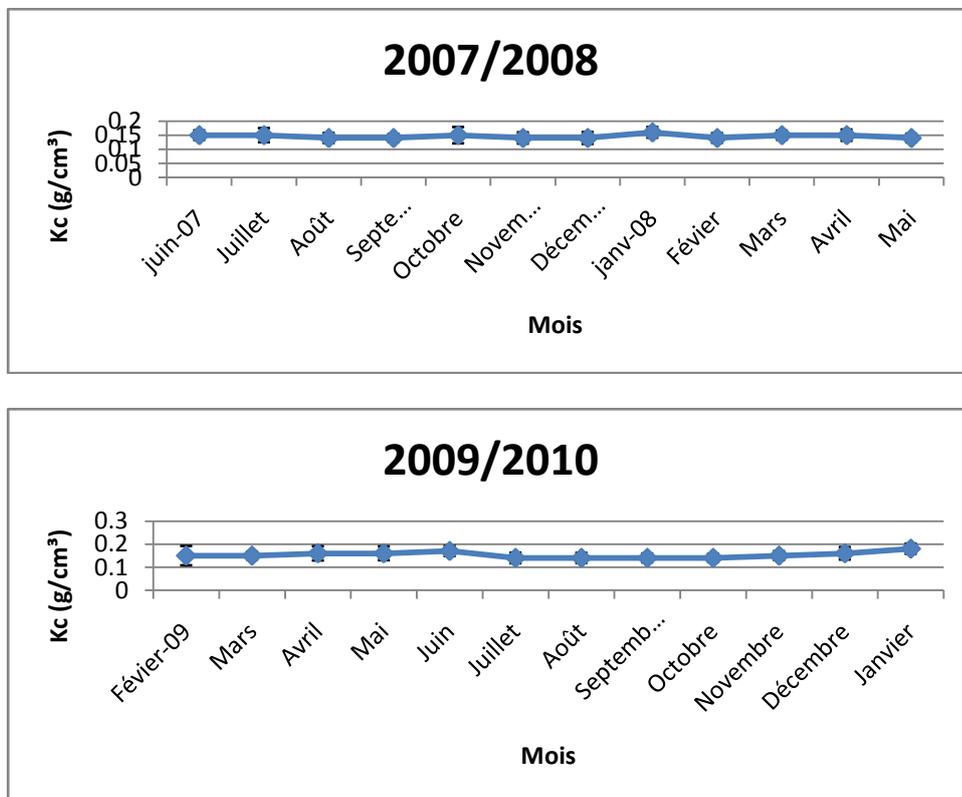


Figure 120 : Variations mensuelles du coefficient de condition des anguilles du Mafrag (Kc)

Durant le premier cycle, le coefficient de condition K_c est proche de la valeur $0,15 \text{ g/cm}^3$ chez les anguilles de petite taille ($<33\text{cm}$) et de grande taille ($>53\text{cm}$) (fig.121); chez les anguilles de taille comprise entre 34 et 57cm la valeur de K_c est la plus faible (proche de $0,14 \text{ g/cm}^3$).

Durant le second cycle, la valeur de K_c est le plus souvent proche de $0,15 \text{ g/c}$ sauf chez les anguilles de plus de 64cm ($K_c = 0,17 \text{ g/cm}^3$) et celles de taille comprise entre 38-43 cm ($0,16 \text{ g/cm}^3$) ; la valeur la plus basse ($0,14 \text{ g/cm}^3$) est notée chez les anguilles de taille comprise entre 53-58 cm (fig.121).

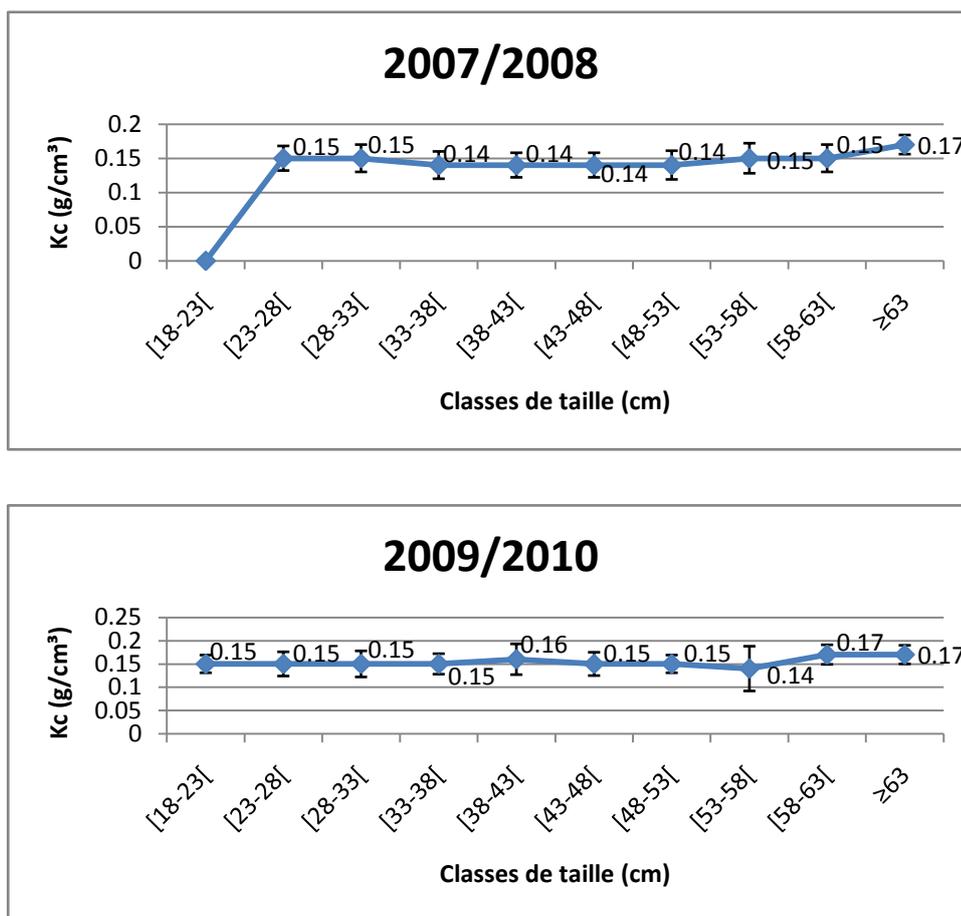


Figure 121 : Evolution du coefficient de condition (K_c) en fonction de la taille

Le coefficient de condition montre de faibles fluctuations en fonction du poids (fig.122). Durant le premier cycle, des valeurs proches de $0,14 \text{ g/cm}^3$ sont enregistrées chez les anguilles de poids inférieur à 300g ; chez les anguilles de poids supérieur à 300g les valeurs de K_c sont plus élevées ($0,16$ et $0,17$ respectivement chez les anguilles de poids compris entre 300 et 400g et chez celles de plus de 400g).

En ce qui concerne la population d'anguilles du second cycle, celles de poids inférieur à 100g et à 200g enregistrent des valeurs de Kc respectives de l'ordre de 0,15 g/cm³ et 0,16 g/cm³ ; Chez les anguilles de poids supérieur à 200g, les valeurs de Kc sont de l'ordre de 0,17 g/cm³ et atteignent même 0,18 g/cm³ chez les anguilles de plus de 500g.

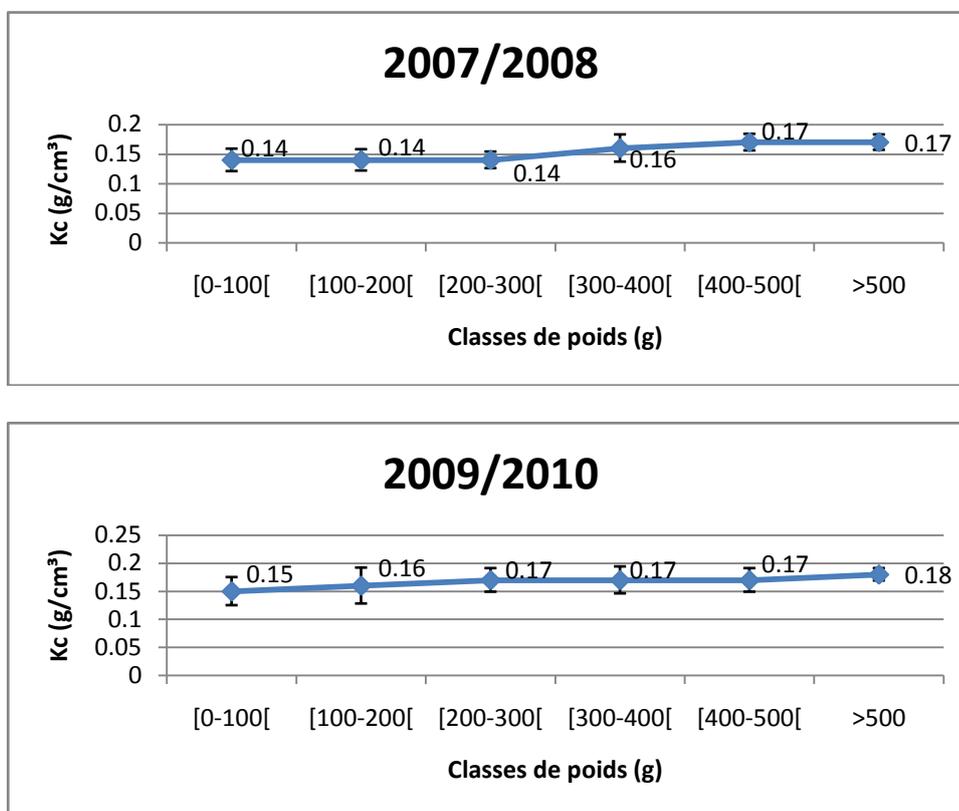


Figure 122 : Evolution du coefficient de condition (Kc) en fonction du poids

Le coefficient de condition présente une faible évolution en fonction de l'âge (fig. 123). Durant le premier cycle, les valeurs de Kc sont faibles (0,14 g/cm³) chez les anguilles âgées de 3 à 6 ans ; elles sont proches de 0,15 g/cm³ chez celles de 7 et 8 ans et atteignent la valeur 0,16 chez les anguilles de plus de 9 ans (et chez celles de 2 ans) ; la valeur maximale (0,17 g/cm³) étant notée chez les anguilles de 13 ans.

Durant le second cycle, la valeur de Kc la plus faible (0,14 g/cm³) est relevée chez les anguilles de 2 ans ; sinon les valeurs de Kc oscillent entre 0,15 et 0,16 g/cm³ chez l'ensemble des anguilles sauf chez celles de 12 et 13 ans qui enregistrent respectivement 0,17 et 0,18 g/cm³

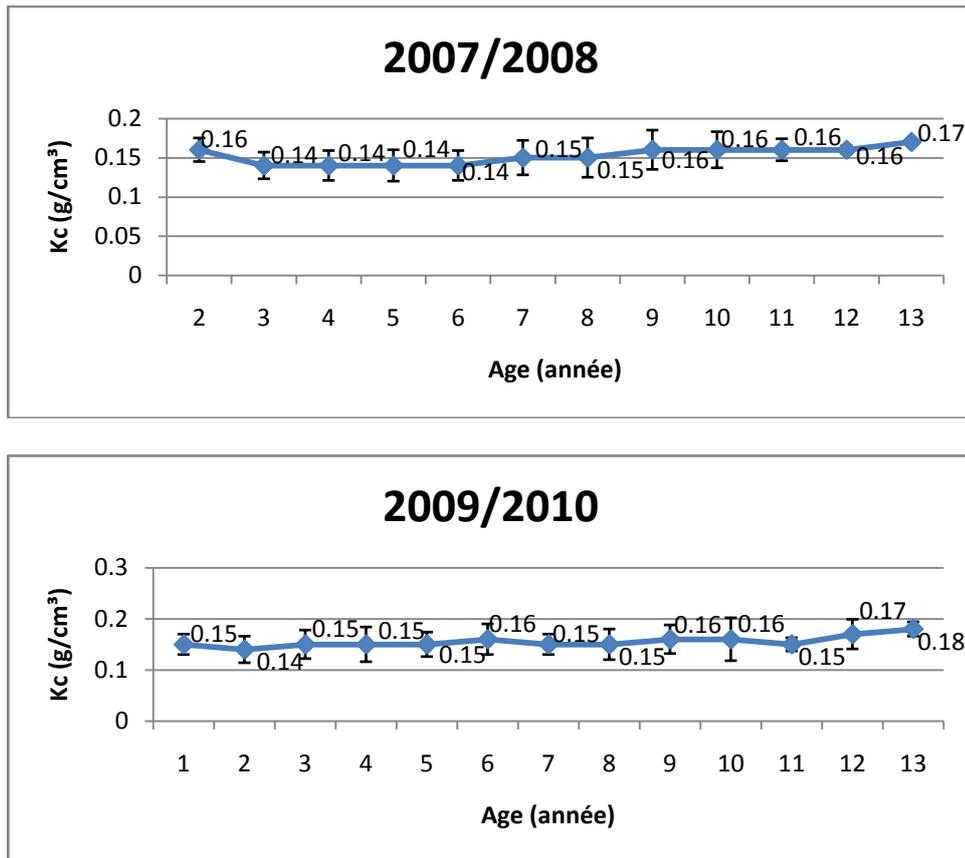


Figure 123 : Evolution du coefficient de condition (K_c) en fonction de l'âge des anguilles du Mafrag

2.4.1.2. Otolithométrie

✚ Evolution dimensionnelle des otolithes

Les dimensions des otolithes sont mesurées sous microscope à l'aide d'un micromètre. Nous n'avons pu mesurer que 334 otolithes dans chaque cycle, selon leurs axes antéropostérieurs (D) et leurs axes dorso ventraux (d).

✚ Distributions des valeurs de (D) et de (d) dans la population d'anguilles

Après avoir regroupé les mesures par classes de 0,5mm pour (D) et de 0,3mm pour (d), nous avons obtenus les distributions de la figure 124. Ces distributions sont unimodales pour les deux paramètres (D et d), avec la dominance des grandes valeurs durant les deux cycles ; nous notons que 81 à 89% des otolithes dépassent 2mm dans leurs grands diamètres (D) et sont supérieurs à 1,2mm dans leurs petits diamètres (d) ($D > 2\text{mm}$, $d > 1,2\text{mm}$).

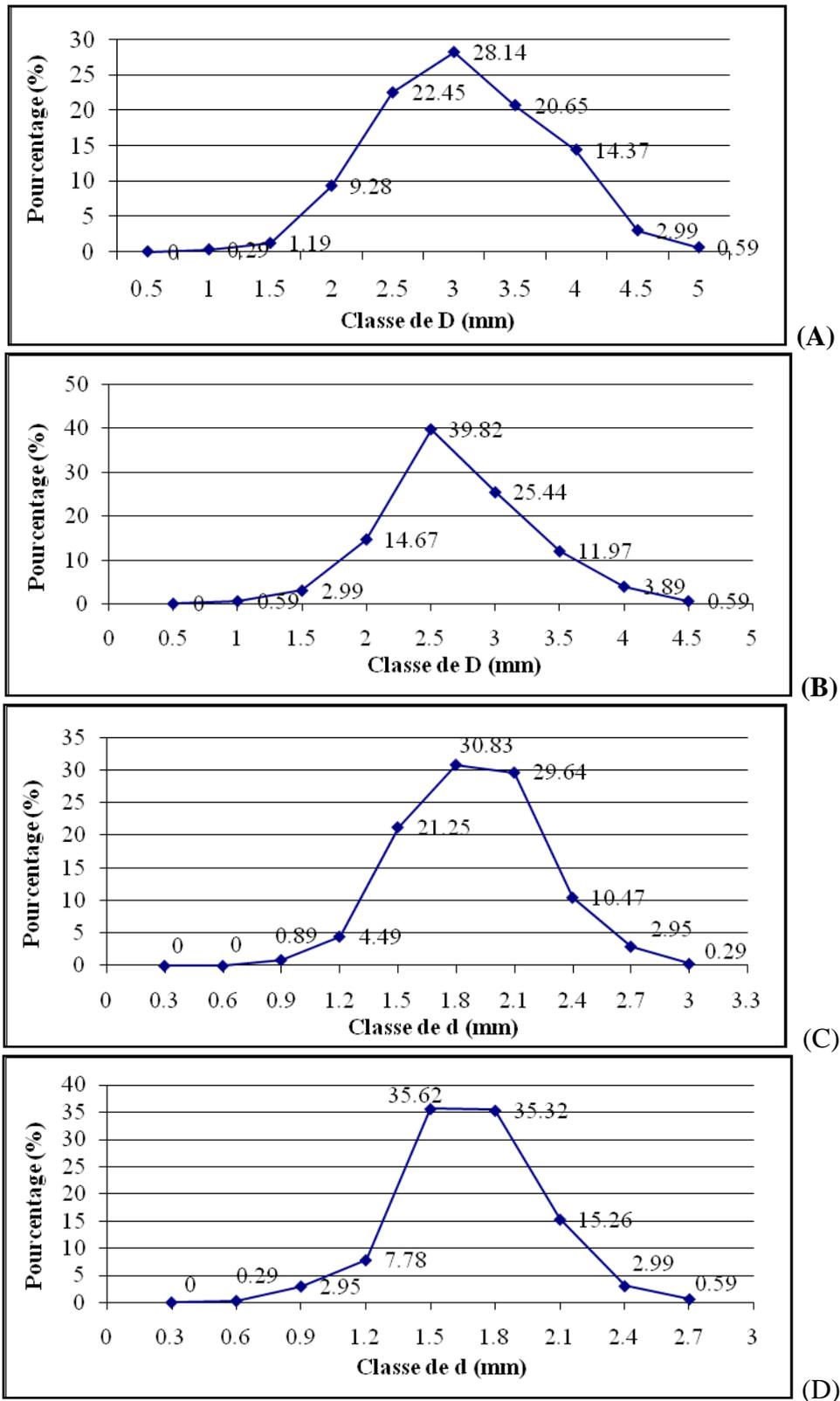


Figure 124: Fréquences observées des diamètres antéropostérieurs (D) et dorso-ventraux (d) chez les anguilles étudiées (A et C au premier cycle; B et D au second)

✚ Relation petit diamètre-grand diamètre de l'otolithe

La représentation du petit diamètre (d en mm) en fonction du grand diamètre (D en mm), donne un nuage de points (fig.125) indiquant que ces deux variables sont très dépendantes. La croissance de l'otolithe selon l'axe antéropostérieur des anguilles pêchées durant le premier cycle s'effectue selon une régression linéaire de la forme $d = 0,48 D + 0,35$, pour laquelle nous avons obtenu un coefficient de corrélation assez élevé ($r = 0,92$ au seuil de $0,05$). Alors que pour celles pêchées durant le second cycle, la relation linéaire s'écrit : $d = 0,47 D + 0,37$, pour laquelle nous avons obtenu un coefficient de corrélation égale à $0,87$.

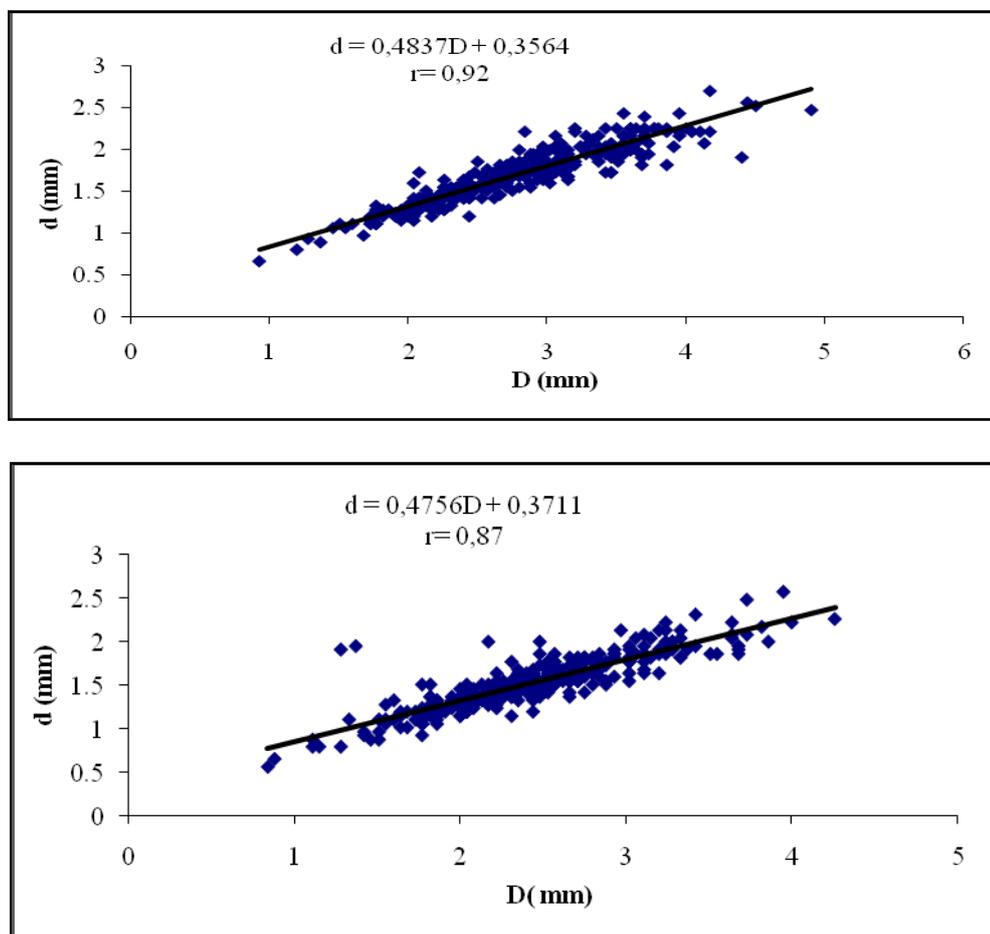
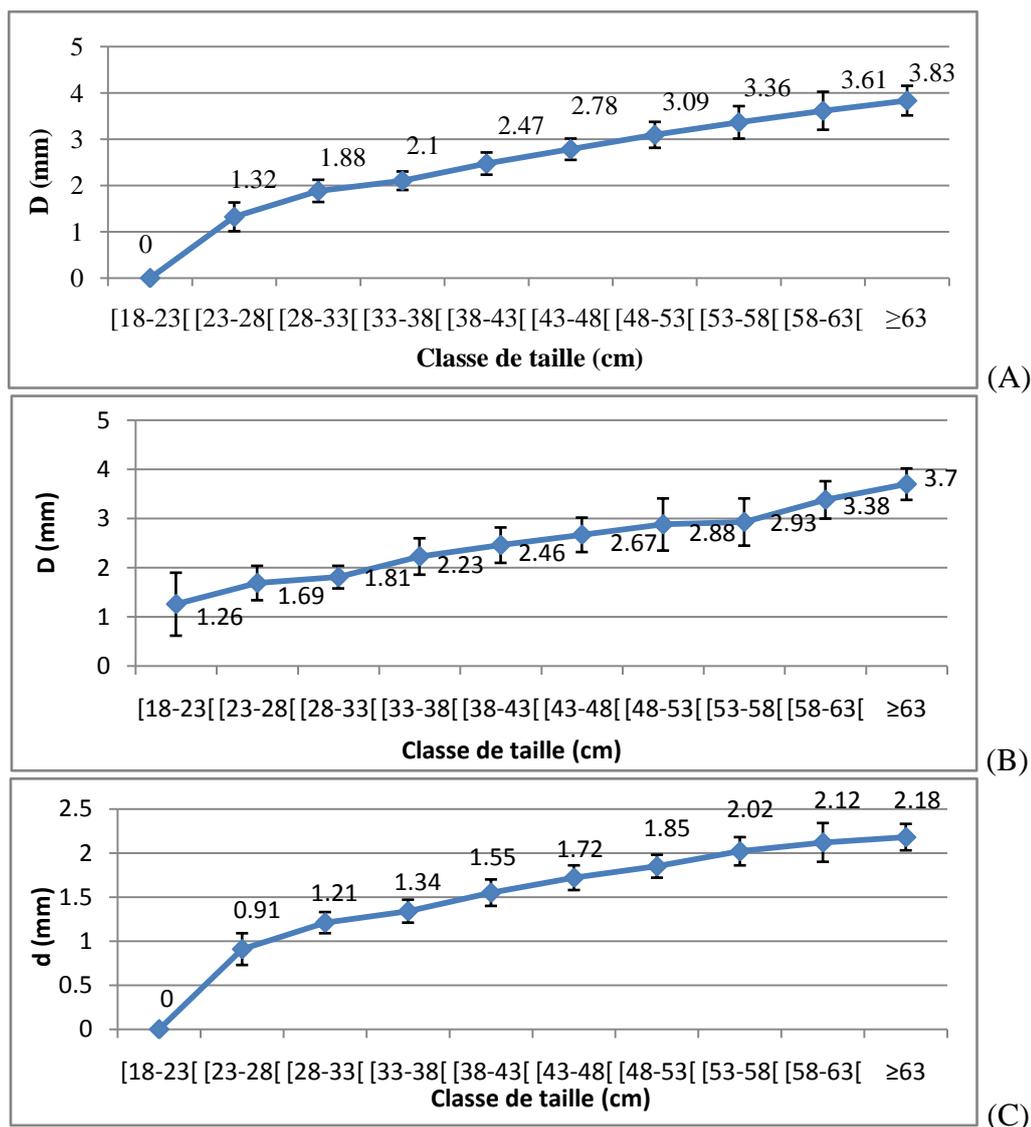


Figure 125 : Régression linéaire entre les diamètres de l'otolithe (d et D) des anguilles de l'estuaire du Mafrag (A : premier cycle; B : second cycle).

✚ Evolution dimensionnelle de l'otolithe en fonction de la taille de l'anguille

La figure 126 montre que les dimensions de l'otolithe évoluent parallèlement à la croissance de l'individu. Les intervalles de variations des moyennes de (D) et de (d) au sein de chaque classe de taille, sont très faibles, ce qui montre que la croissance de l'otolithe suit intimement la croissance en longueur de l'anguille.



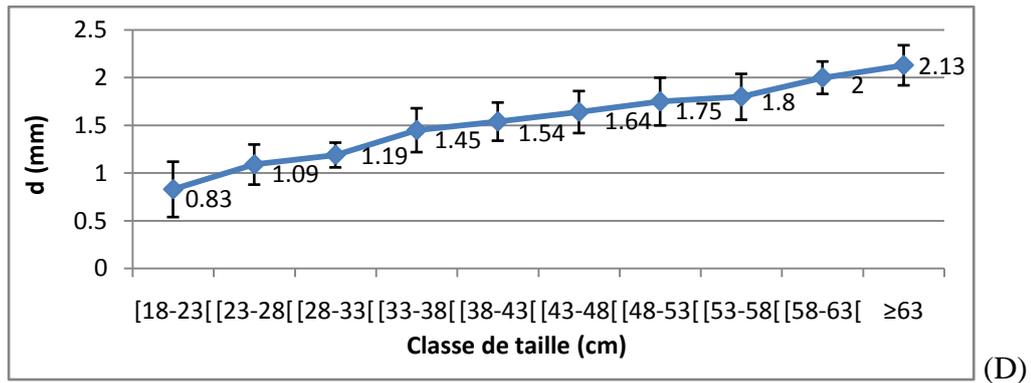
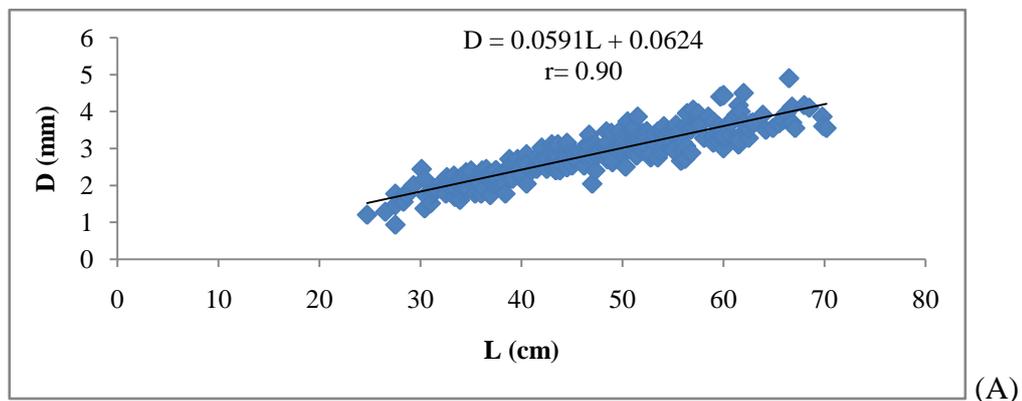


Figure 126: Evolution dimensionnelle de la sagittae en relation avec la taille de l'anguille de l'estuaire du Mafrag (A et B : premier cycle; C et D:second cycle)

Les meilleures relations liant, d'une part, le grand diamètre (D en mm), et d'autre part, le petit diamètre (d en mm), à la longueur totale du poisson (L en cm), sont des expressions linéaires de formes : $D = 0,059 L + 0,06$ et $d = 0,03 L + 0,3$ pour le premier cycle; en ce qui concerne le second cycle, les expressions linéaires liant le grand diamètre et le petit diamètre à la longueur totale du poisson sont les suivantes : $D = 0.049L + 0.44$ et $d = 0.025L + 0.49$.

On notera que les pentes des droites de régression sont importantes (fig. 127) ; de plus, ces deux paramètres (D et d) sont positivement corrélés à la longueur totale (L) ; les valeurs du coefficient de corrélation (r), au seuil de (0,05), sont de l'ordre de 0,90 et 0,74 pour (D) et de 0,89 et 0,70 pour (d) respectivement durant le premier et le second cycle.



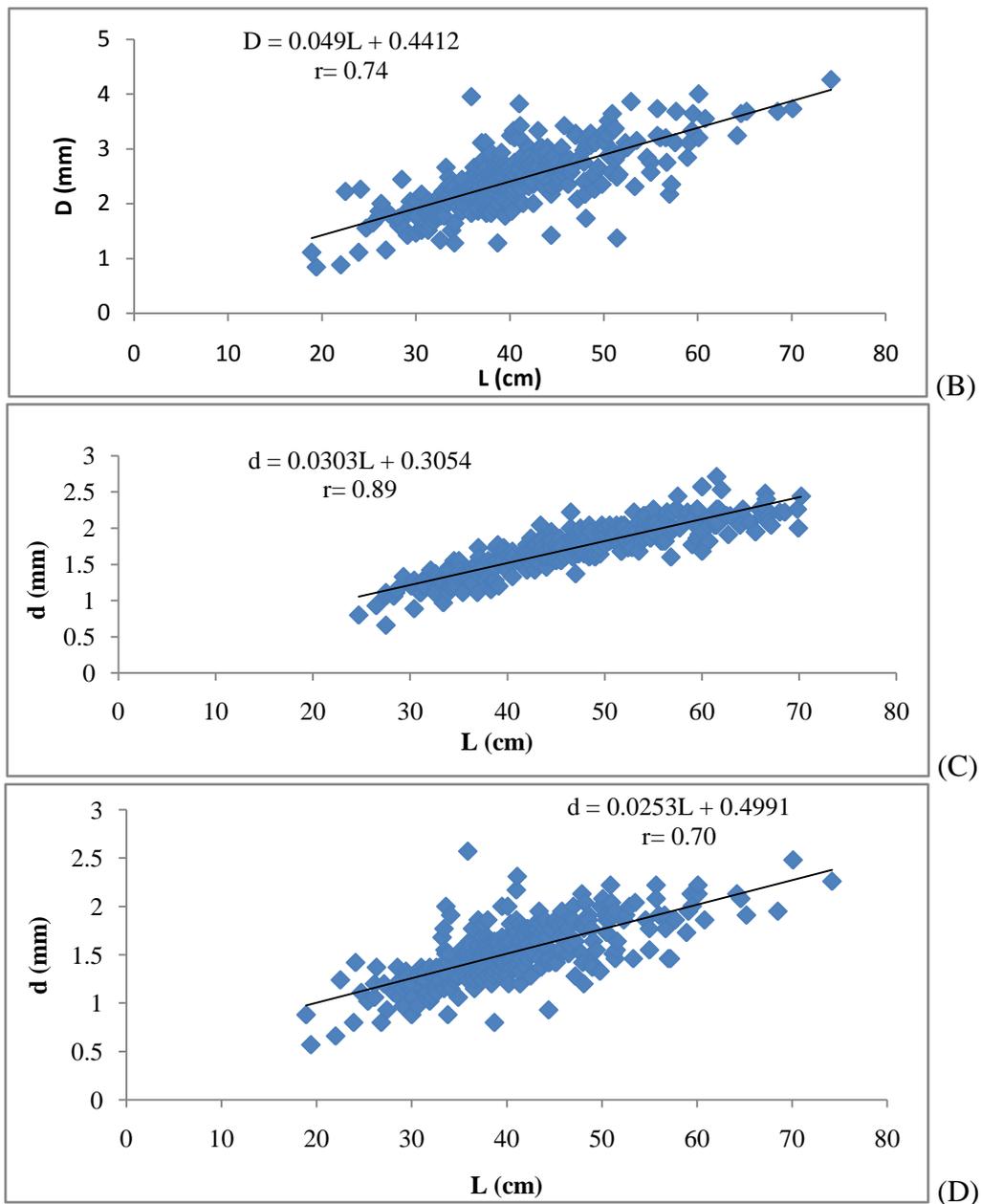


Figure 127: Représentations graphiques de la relation liant les diamètres (D) et (d) de la sagittae et la longueur totale (L) de l'anguille (A et C premier cycle; B et D second cycle)

✚ Histogrammes des âges

Nos échantillons sont constitués d'anguilles de tout âge, de 2 à 13 ans chez les anguilles du premier cycle et de 1 à 13 ans chez celles du second cycle. Les groupes d'âge les plus représentés sont les groupes 4 ans (19,76% et 16,76%), 5 ans (17,06% et 14,67%), 6 ans (23,65% et 15,86%) et 7 ans (14,37% et 13,77%) respectivement chez les anguilles du premier et du second cycle. Les anguilles les plus âgées (13 ans) ne représentent que 0,29% (soit une seule anguille au mois d'août du premier cycle) et 0,59% (deux anguilles l'une en novembre et l'autre en octobre du second cycle) (Fig. 128 et 129).

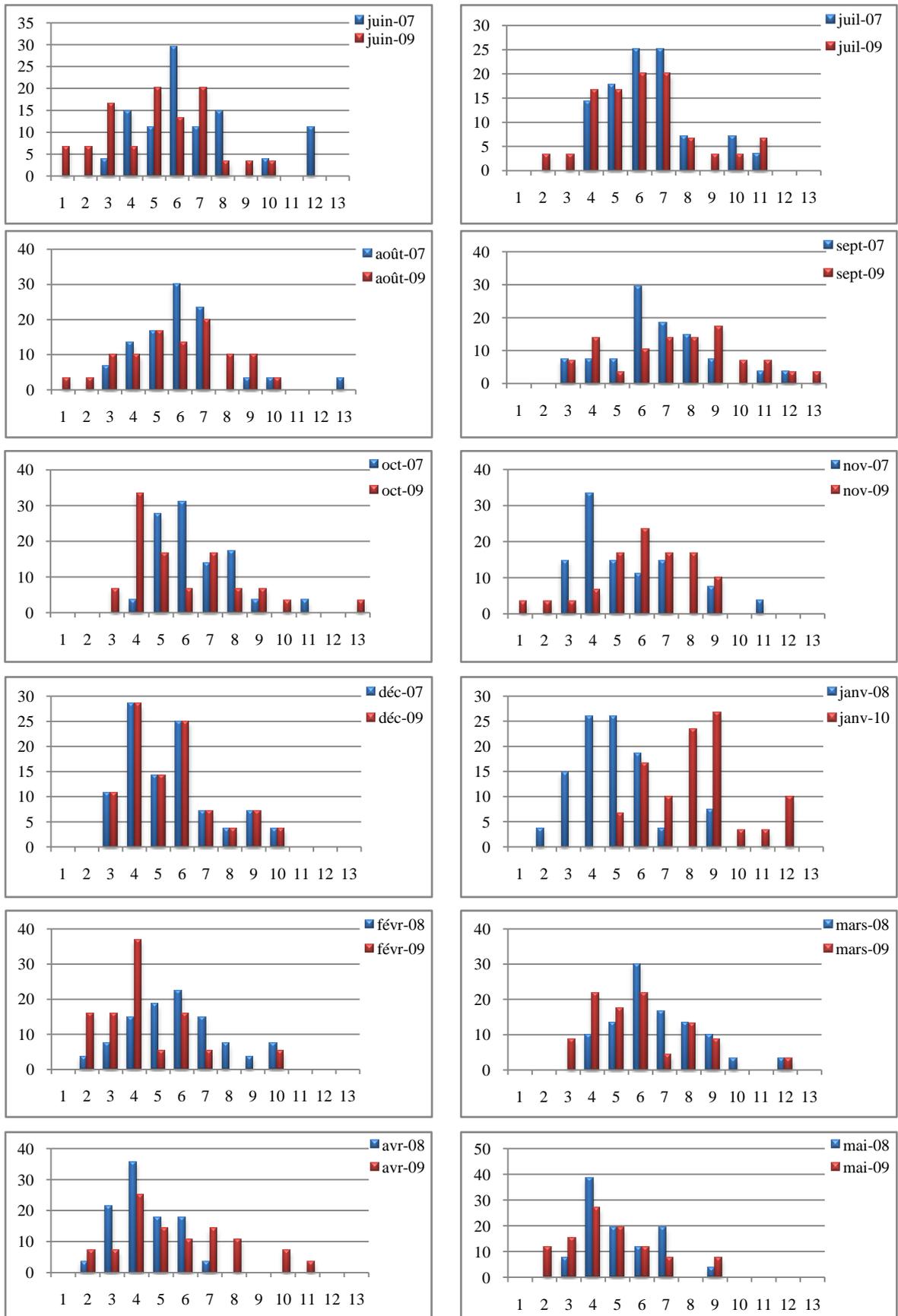


Figure 128: Distributions mensuelles des âges au sein des populations d'anguilles échantillonnées (Ages (en années) en abscisses, Pourcentage en ordonnées)

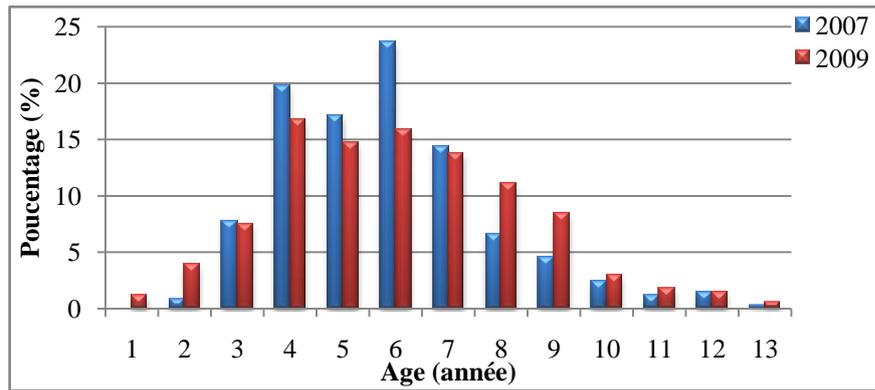


Figure 129: Pourcentage des âges observés chez les populations d’anguilles des deux cycles.

L’âge moyen de la population pêchée durant le premier cycle est de $5,82 \pm 1,84$ ans et il est de l’ordre de $5,94 \pm 2,14$ ans pour la population du second cycle. En plus, l’évolution temporelle de l’âge ne présente pas de grandes variations (Fig. 130).

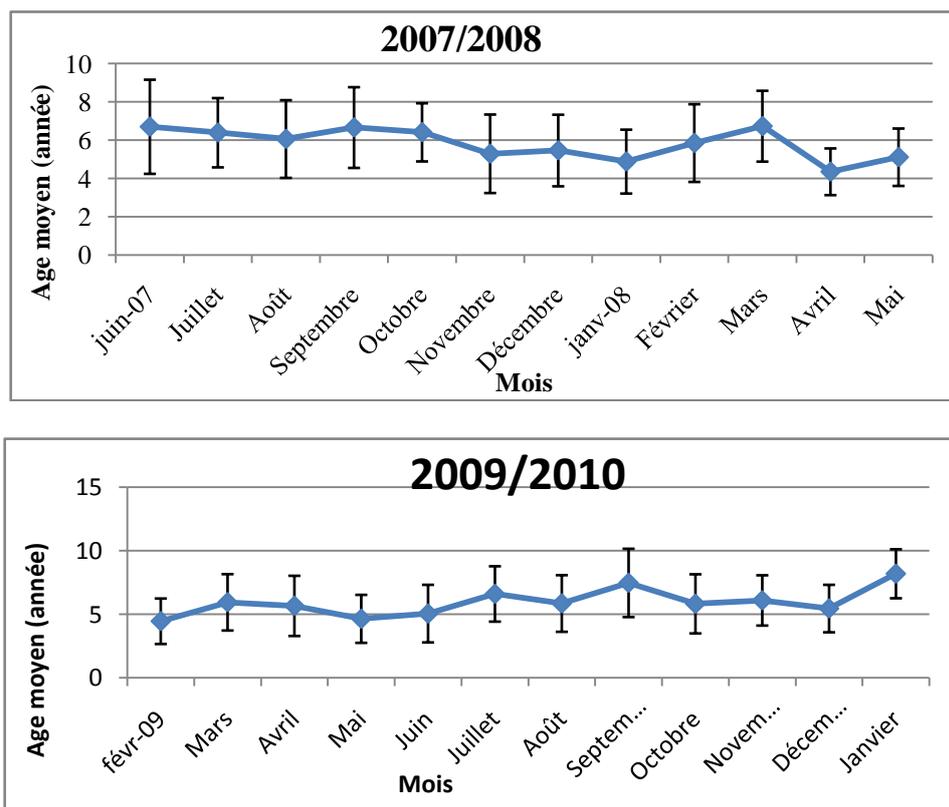


Figure 130: Evolution mensuelle de l’âge moyen au sein des populations ciblées.

Relation âge-croissance de l’anguille

L'analyse de la figure 131 montre que les distributions des tailles (L) et des poids (W) au sein d'un même groupe d'âge, sont assez larges et que les différents groupes d'âge se recouvrent les uns les autres.

Les anguilles d'un même âge, peuvent avoir donc des tailles très différentes.

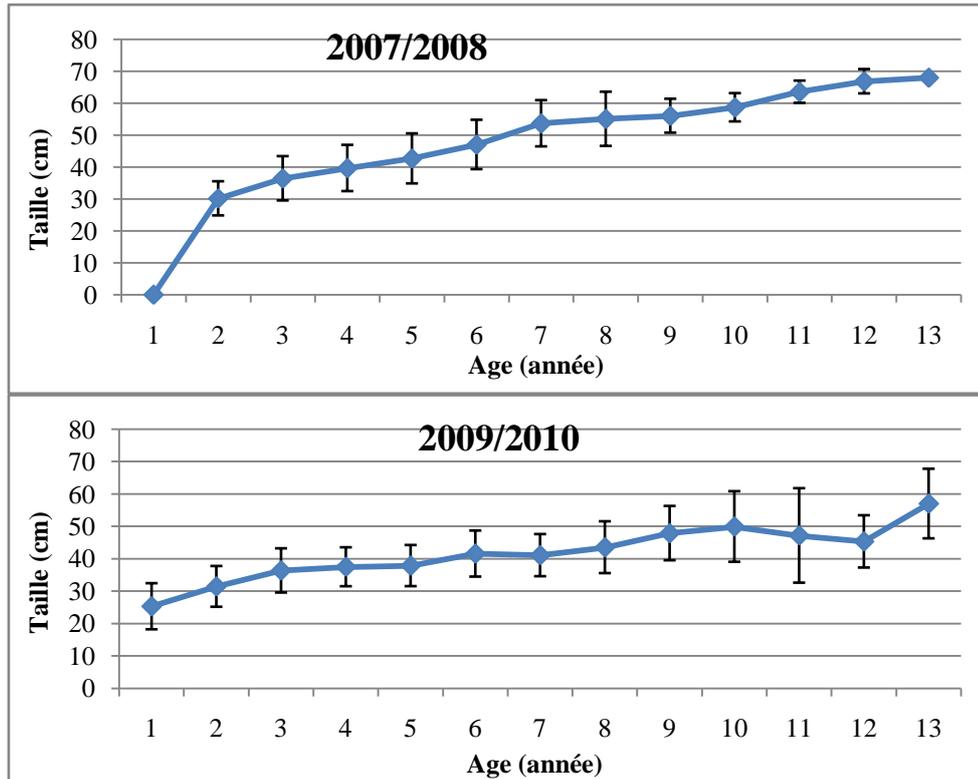
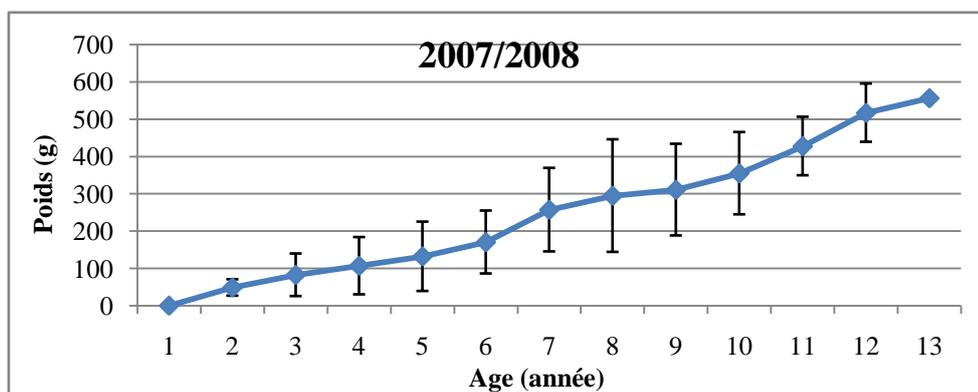


Figure 131: Distributions des tailles moyennes au sein des différentes classes d'âges observés

Les fluctuations du poids pour un même groupe d'âge sont de grande amplitude. Les anguilles d'un même poids peuvent donc avoir des âges différents. La croissance en longueur et en poids n'est pas toujours liée à une augmentation d'âge et l'anguille la plus longue ou la plus lourde n'est pas forcément la plus âgée (fig.132).



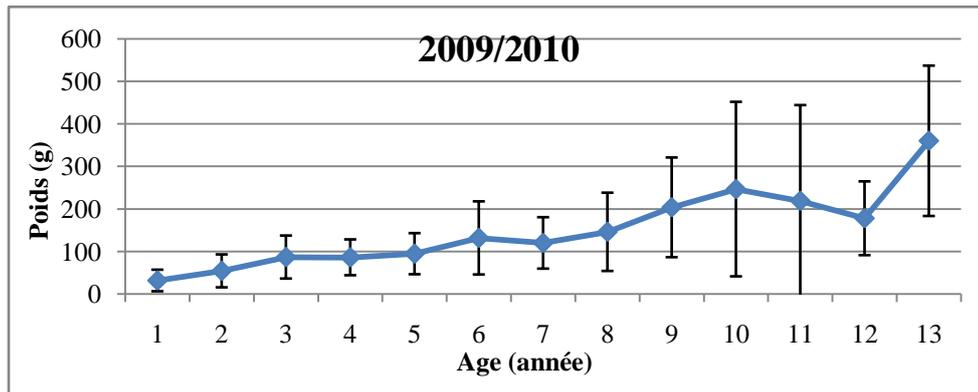
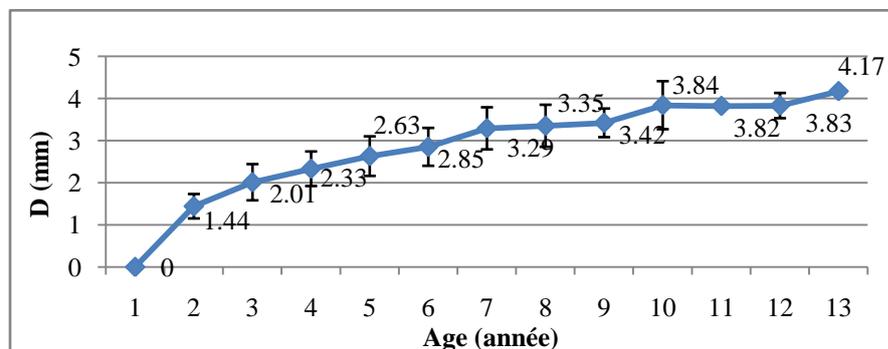


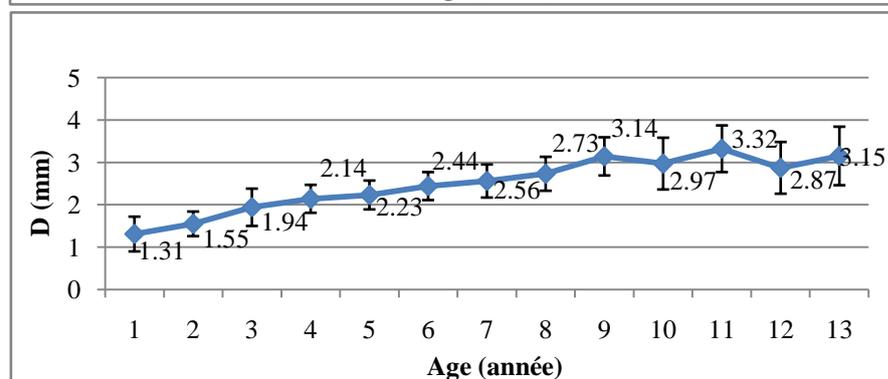
Figure 132: Distributions des poids frais moyens au sein des différentes classes d'âges observés

Relation âge-croissance de l'otolithe

Le diamètre de la sagittae augmente avec l'âge (fig. 133). Cependant, l'examen des intervalles de confiance des diamètres moyens (D et d) montre que les différents groupes d'âge se recouvrent très largement. Donc les anguilles d'un même groupe d'âge peuvent avoir des otolithes de tailles différentes et les individus qui possèdent des sagittae de mêmes diamètres peuvent avoir des âges différents.



(A)



(B)

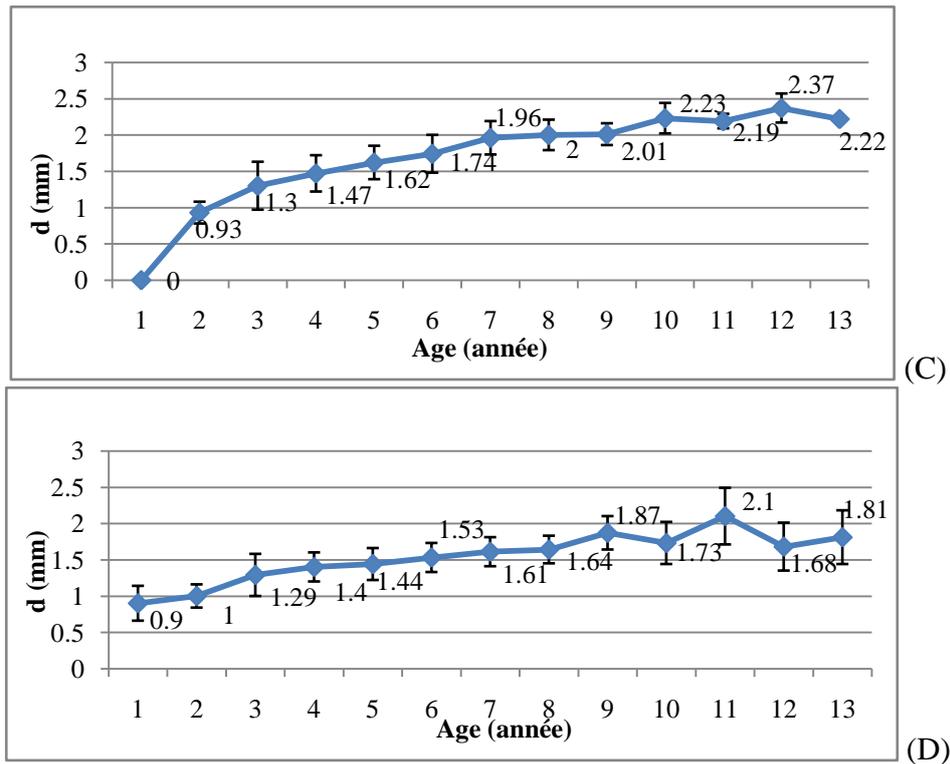
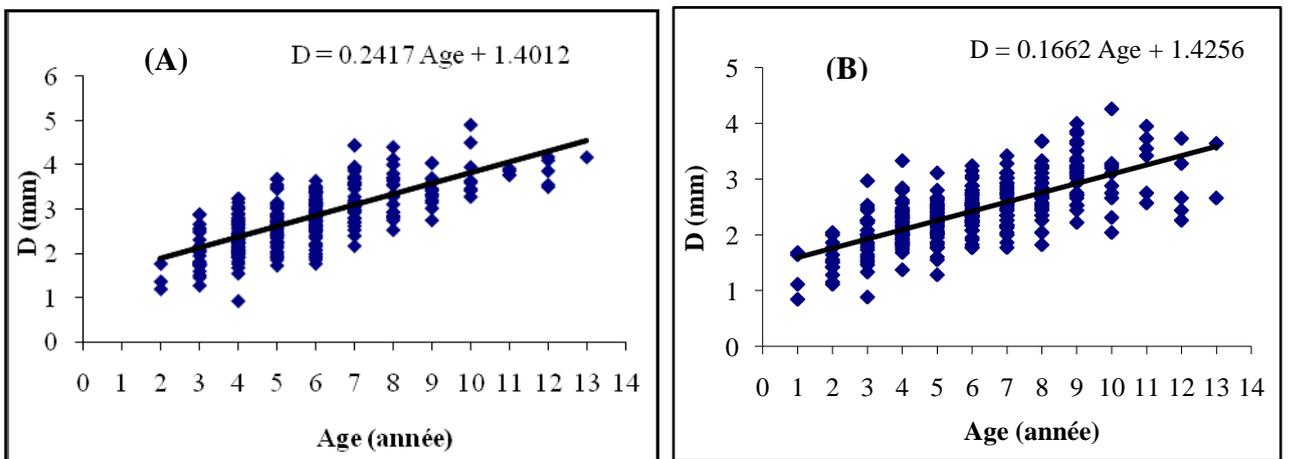


Figure 133: Distributions des diamètres (D) et (d) de l'otolithe au sein des différentes classes d'âges observés chez les populations d'anguilles (A et C 2007 ; B et D 2009)

En effet, la corrélation entre l'âge et les deux diamètres (D et d) est assez faible et les coefficients de corrélation (r) au seuil de (0,05) sont respectivement de 0,72 et 0,71 pour les anguilles capturées en 2007 et de 0,69 et 0,63 pour les anguilles capturées en 2009 (fig.134) : La croissance continue de l'otolithe diffère d'un individu à un autre.



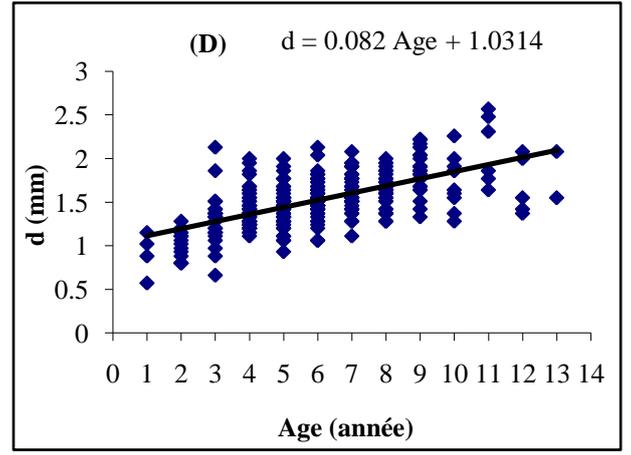
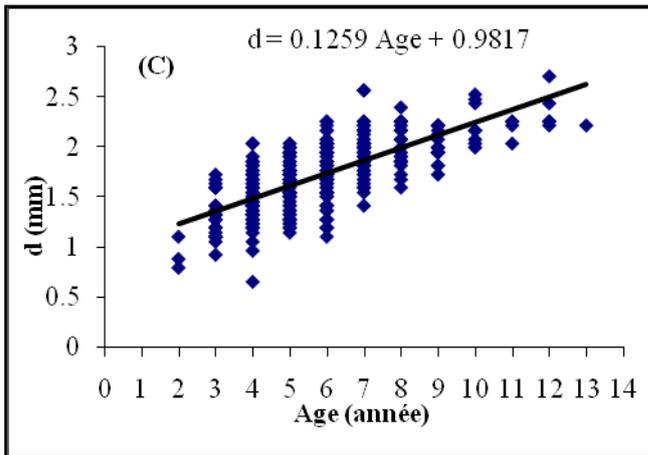


Figure 134: Corrélations entre les diamètres (D) et (d) de l'otolithe et l'âge des anguilles capturées en 2007 (A et C) et en 2009 (B et D)

2.4.2. Dans l'Oubeira

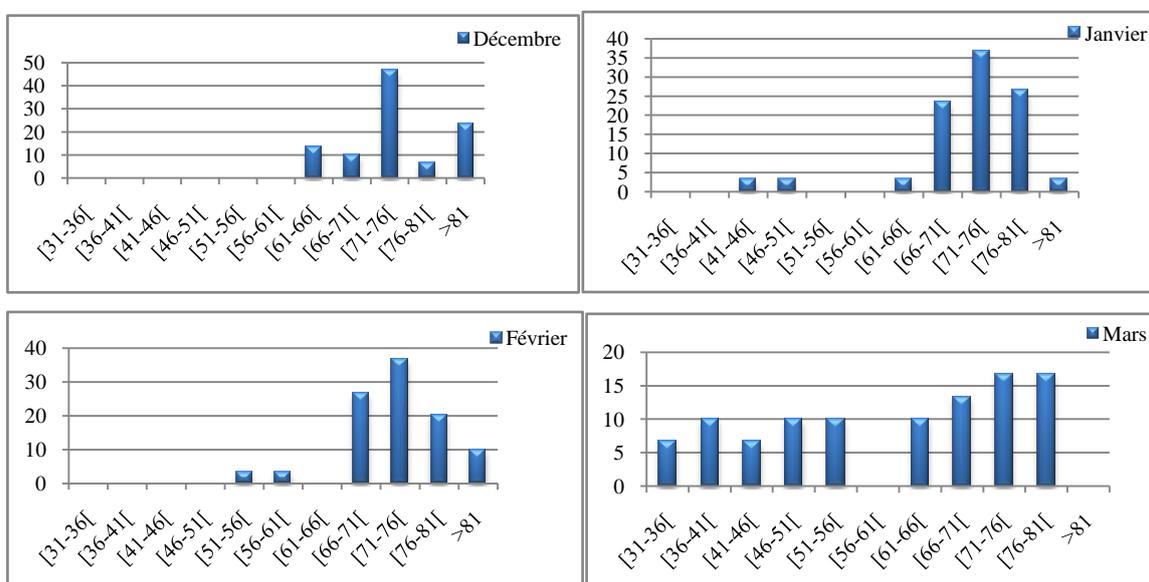
Un total de 360 anguilles est récolté dans le lac Oubeira. L'échantillonnage est réparti sur douze mois de décembre 2008 à novembre 2009, à raison de 30 individus chaque mois. Les paramètres morphologiques de chaque individu (poids frais et longueur) sont mesurés et son âge déterminé par otolithométrie.

2.4.2.1. Morphométrie

✚ Taille

L'ensemble des distributions de la longueur totale présente des allures unimodales, avec des bases assez larges témoignant d'une assez grande dispersion des tailles tout au long de l'année (Fig.135).

L'analyse des histogrammes montre que les anguilles étudiées peuvent être subdivisées en trois groupes. Le premier groupe est constitué d'individus de tailles moyennes (entre 31 et 45 cm), cet ensemble d'individus représente 14,71% de la population étudiée. Le deuxième groupe est formé d'anguilles de tailles comprises entre 46 et 65 cm, cet ensemble d'individus de tailles relativement longues, représente 34,98% de la population; enfin, le troisième groupe d'anguilles de grandes tailles (taille supérieur ou égale à 66cm) et qui représente plus de la moitié de la population d'anguille étudiée.



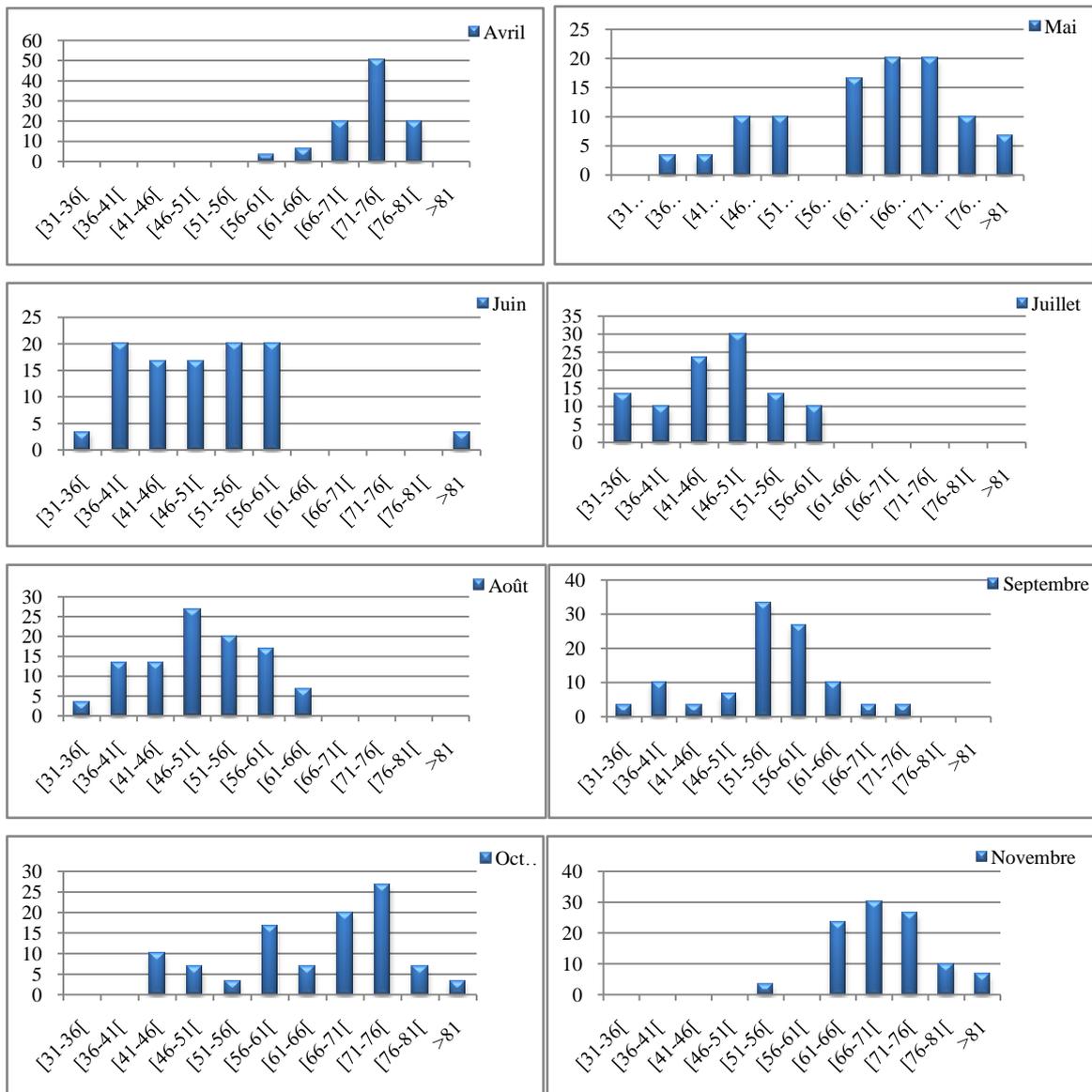


Figure 135: Distribution mensuelle des tailles au sein de la population d'anguilles de l'Oubeira (Classes de taille (en cm) en abscisses, Pourcentage en ordonnées)

La population étudiée dans le lac Oubeira est constituée surtout d'anguilles de grande taille (Fig.136). La longueur minimale est de 31 cm observée au mois de Juillet alors que la plus longue anguille (89,4 cm) a été capturée au mois de Février.

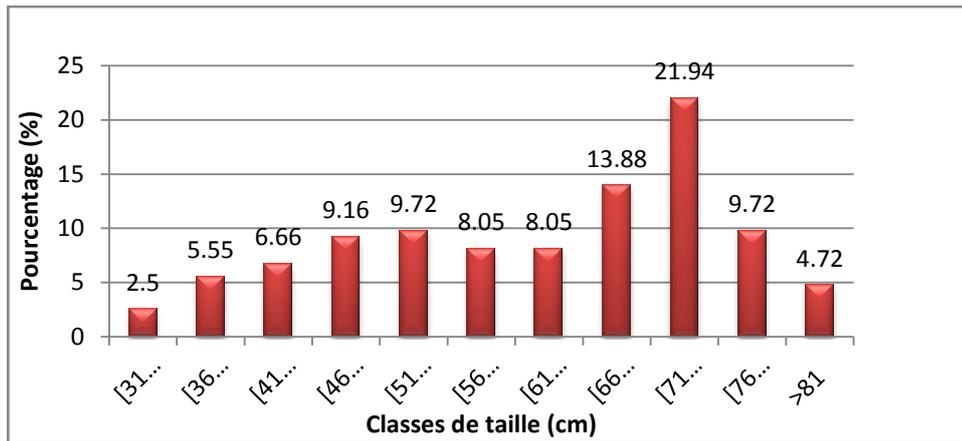


Figure 136: Effectifs observés au sein des différentes classes de taille des anguilles du lac Oubeira

Les tailles moyennes mensuelles présentent des fluctuations; Nous notons, des valeurs élevées de décembre à février et des valeurs faibles de juin à août (Fig. 137).

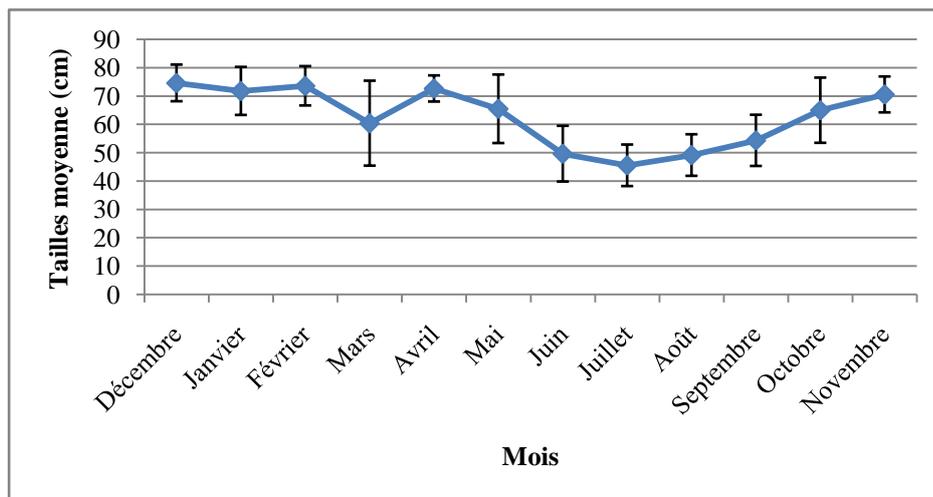


Figure 137: Evolution mensuelle de la taille moyenne de la population d'anguilles de l'Oubeira

La taille moyenne de l'anguille de l'Oubeira est de l'ordre de $62,66 \pm 8,74$ cm ; la modélisation de la croissance linéaire (selon le modèle de Von Bertalanffy ; (fig.138) montre que la longueur asymptotique est légèrement inférieure à la longueur observée chez la population d'anguille (86,22 cm).

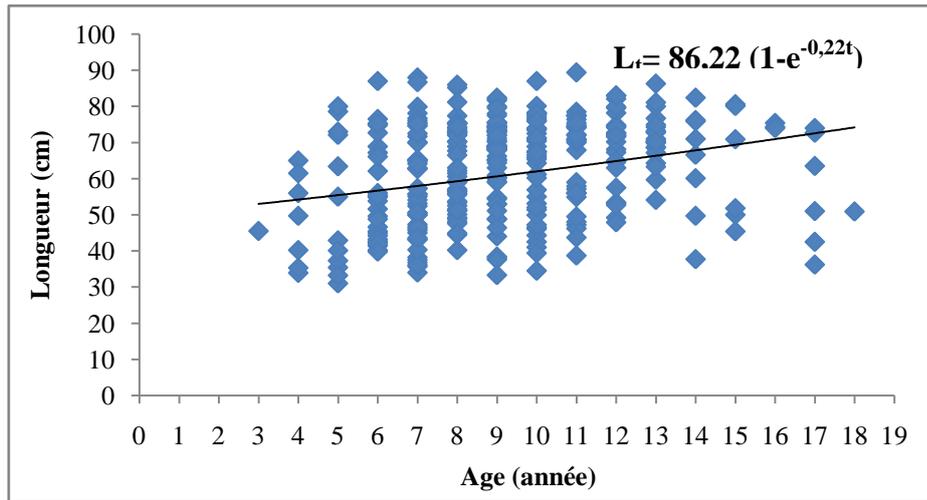
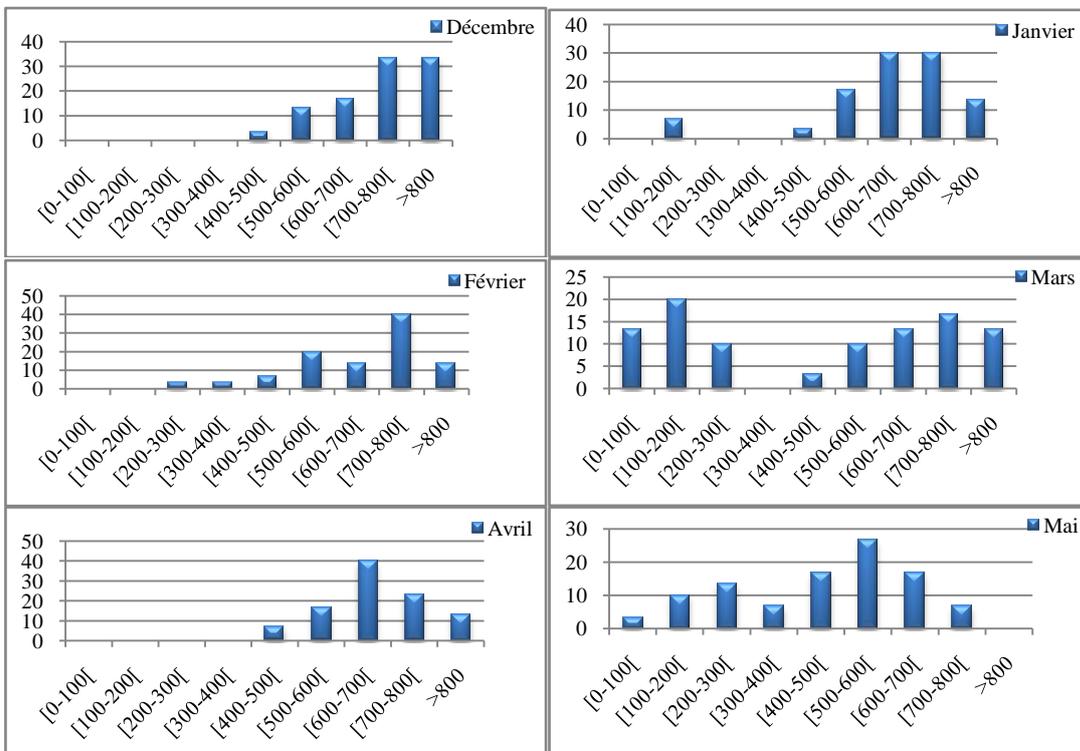


Figure 138 : Modélisation de la croissance en longueur (Modèle de Von Bertalanffy) à partir de la lecture directe des otolithes

Poids

Les histogrammes de poids indiquent une homogénéité des populations échantillonnées du point de vue poids (Fig. 139).



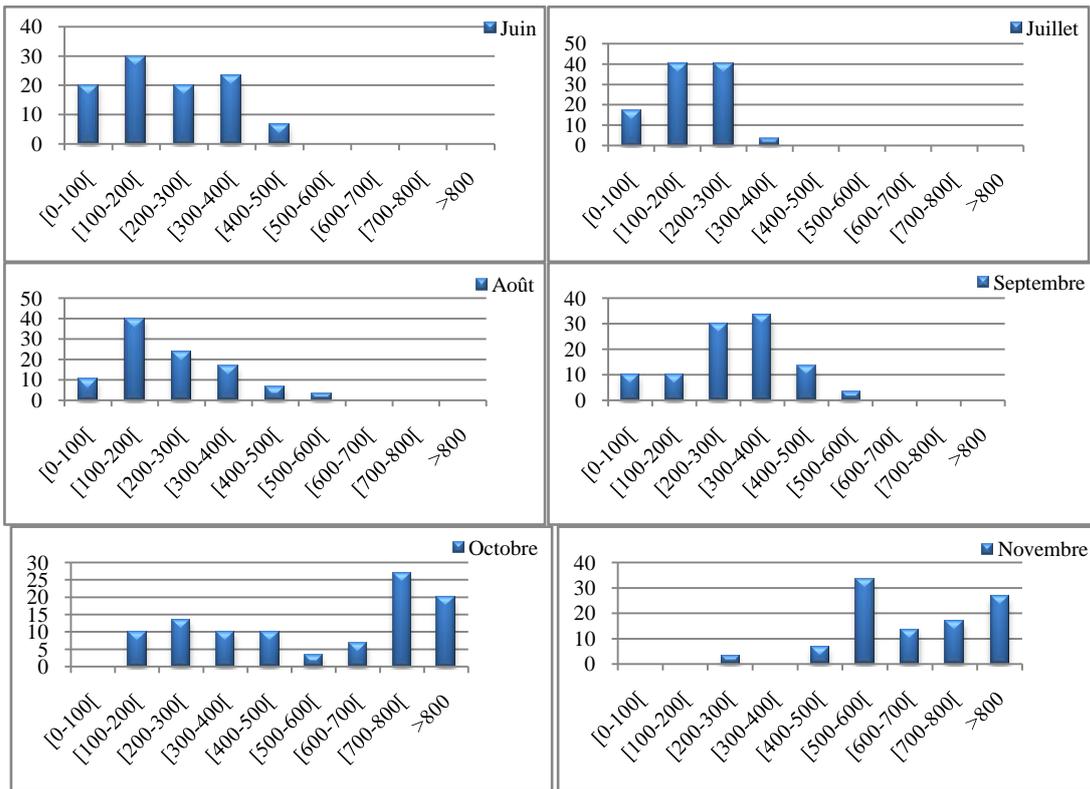


Figure 139 : Distribution saisonnière des poids frais au sein des populations d’anguilles collectées (Classes de poids (en g) en abscisses, Pourcentage en ordonnées)

La figure 140 montre que toutes les classes de poids sont bien représentées ; nous notons que des proportions de plus de 19% des effectifs d’anguilles pèsent entre [0-200[; [200-400[; [400-600[. Toutefois 39,72% des individus pèsent 600g et plus.

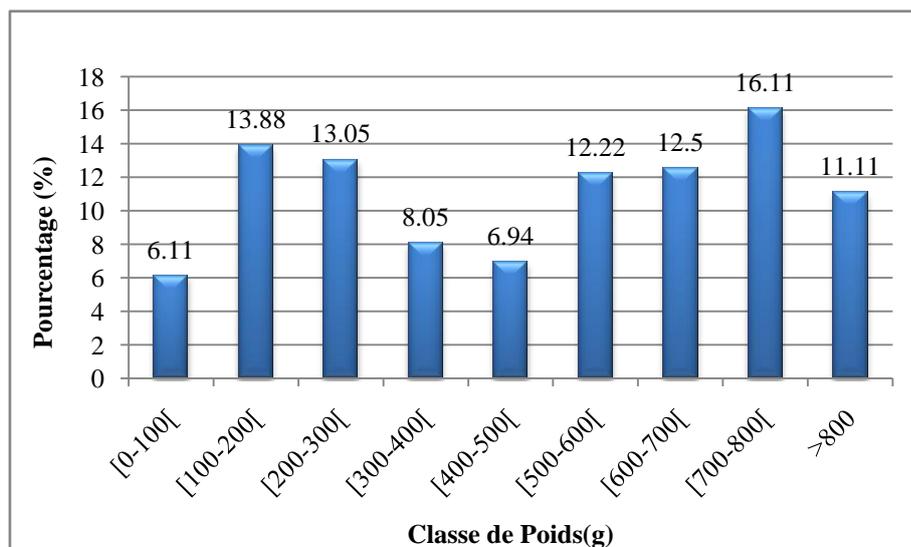


Figure 140 : Effectifs observés au sein des différentes classes de poids des anguilles

La plus petite anguille pèse 42,96g; elle a été observée aux mois de juillet alors que celle ayant le poids le plus élevé (1000,9g) a été capturée au mois d'octobre.

Le poids moyen varie en fonction du temps ; les poids moyens les plus faibles sont enregistrés en été (Fig. 141). L'amplitude des fluctuations du poids moyen notée au printemps et en automne est la plus élevée.

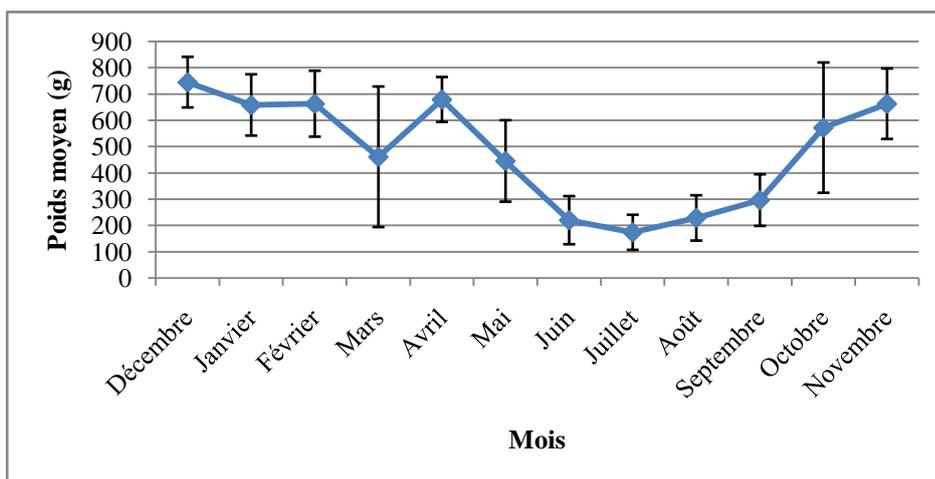


Figure 141 : Variations mensuelles du poids frais moyen au sein de la population d'anguilles de l'Oubeira

Le poids frais moyen est de $483,16 \pm 130,92g$. D'autre part la courbe théorique du poids en fonction de l'âge montre que le poids asymptotique est supérieur au poids observée chez la population d'anguilles de l'Oubeira (plus de 1100g) (fig. 142). La relation de la croissance pondérale de la population d'anguilles du lac Oubeira s'écrira :

$$W_t = 1106,37 (1 - e^{-0,22t})^{2,9906}.$$

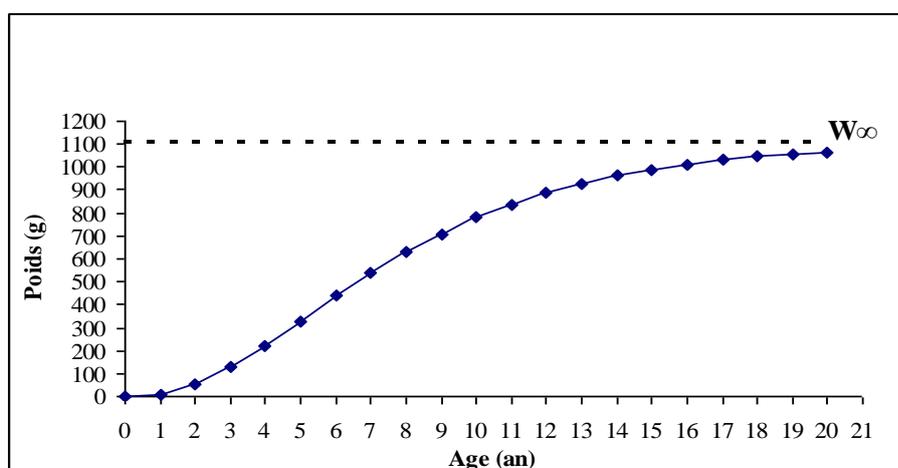


Figure 142 : Courbe théorique de la croissance pondérale de la population d'anguilles de l'Oubeira

✚ Relation taille-poids

La relation exponentielle liant le poids à la taille des anguilles est illustrée dans le tableau 10. Cette relation présente un coefficient de corrélation (r) élevé (0,93).

Tableau 10. Relation d'allométrie entre le poids total et la longueur totale d'*Anguilla anguilla* du lac Oubeira

Sexe	N	a	b	relation	R	t _{cal.} (α=5%)
Confondus	360	0,0018	2,9906	$W_t = 0,0018 L_t^{2,9906}$	0,9331	0,05

Le coefficient d'allométrie est presque égale à 3 (b= 2,99) au seuil de 0,05, cela se traduit par une allométrie isométrique, donc le poids croit proportionnellement au cube de la longueur (fig.143).

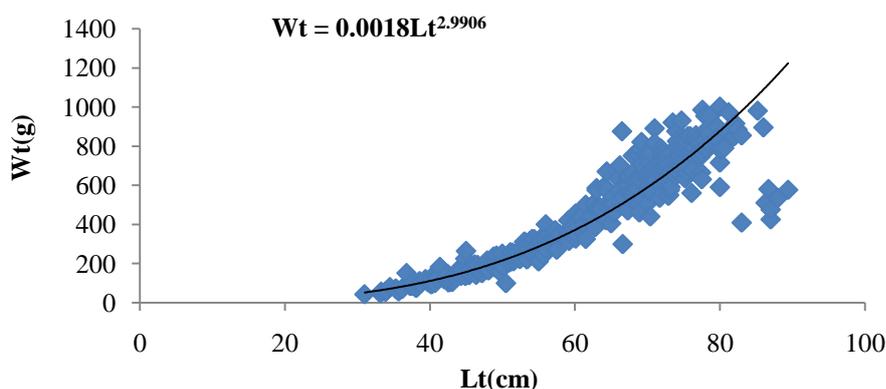


Figure 143 : Evolution du poids total en fonction de la taille de l'anguille de l'Oubeira

✚ Coefficient de condition (Kc)

L'indice Kc montre que la condition du poisson varie en fonction des mois (Fig. 144). En effet, les valeurs enregistrées oscillent entre 0.14 et 0.18 g/m³, avec un maximum en période automnale. Nous notons, par ailleurs, que ce coefficient montre une faible évolution en fonction de la taille, du poids et même en fonction de l'âge (Fig. 145).

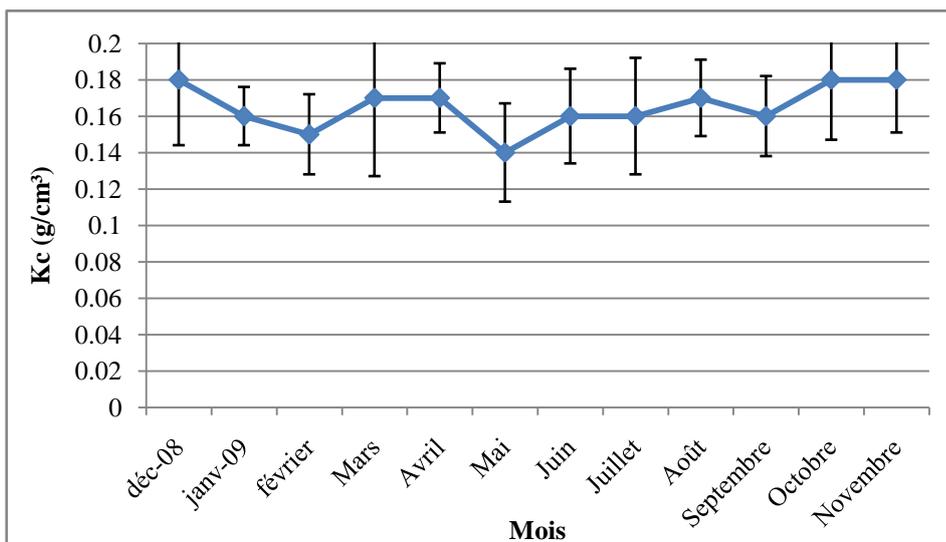
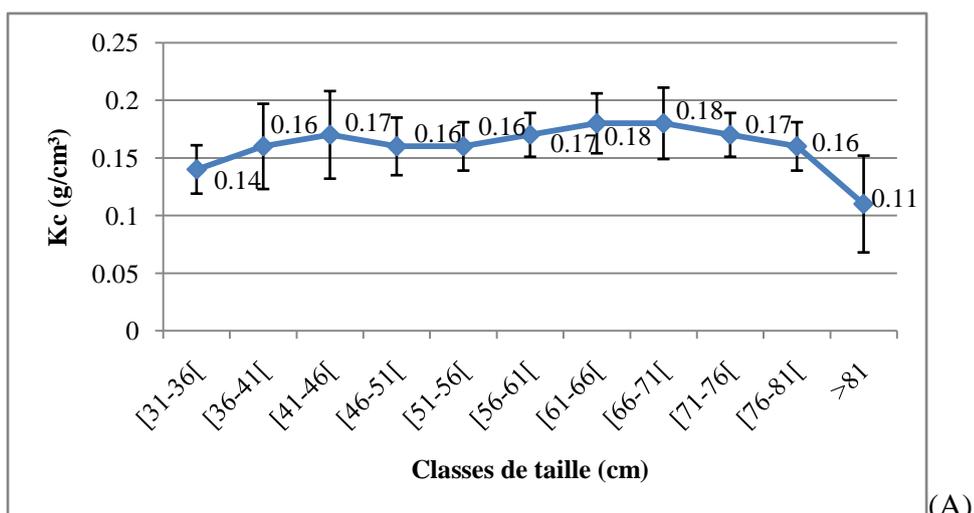
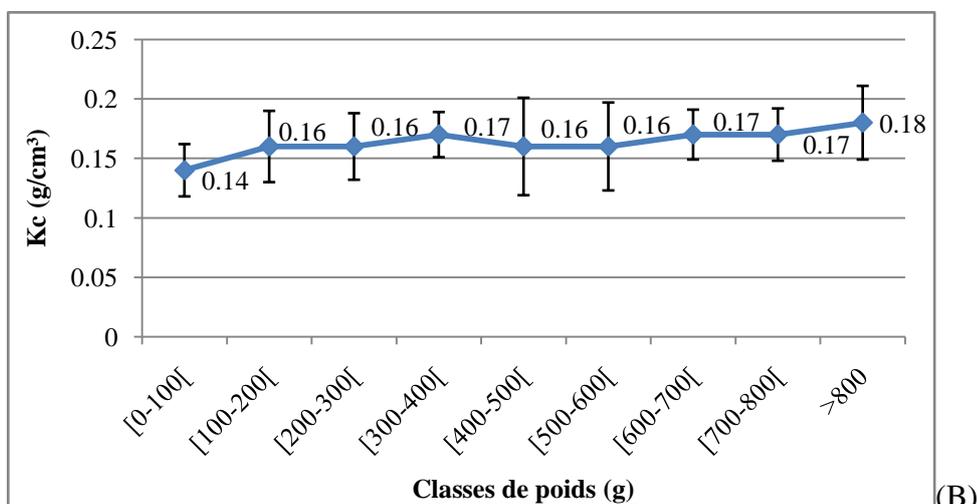


Figure 144 : Variations mensuelles du coefficient de condition (Kc) des anguilles de l'Oubeira



(A)



(B)

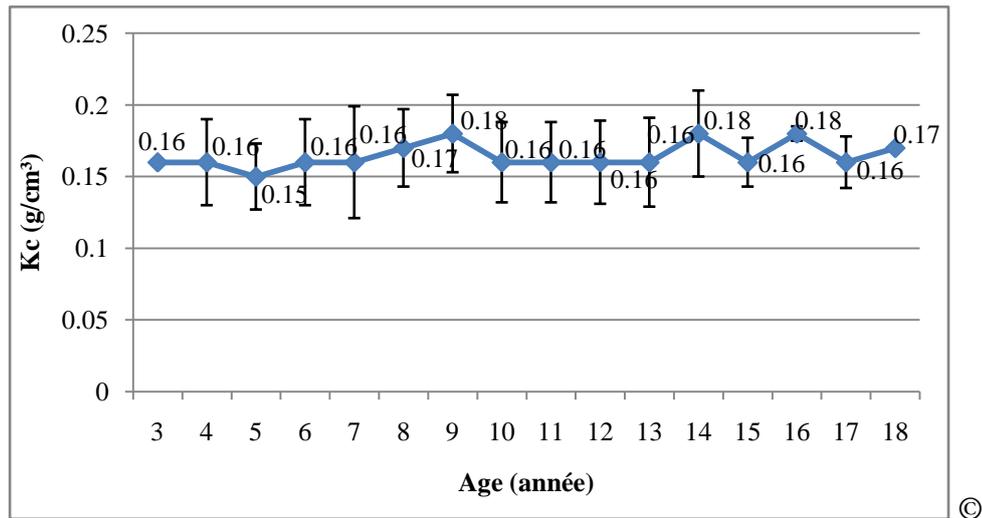


Figure 145 : Evolution du coefficient de condition (Kc) en fonction de la taille (A), du poids (B), de l'âge (C)

2.4.2.2. Otolithométrie

✚ Evolution dimensionnelle des otolithes

Les dimensions des otolithes sont mesurées sous microscope à l'aide d'un micromètre. Nous n'avons pu mesurer que 352 otolithes, selon leurs axes antéropostérieurs (D) et leurs axes dorso ventraux (d).

✚ Distributions des valeurs de (D) et de (d) dans la population d'anguilles

Après avoir regroupé les mesures par classes de 0,5mm pour (D) et de 0,3mm pour (d), nous avons obtenus les distributions de la figure 146. Ces distributions sont unimodales, avec la dominance des grandes valeurs ; nous notons, en effet, que 75% des otolithes ont leur grand diamètre (D) qui dépasse 3mm et leur petit diamètre (d) supérieur à 2mm (D >3mm, d >2mm).

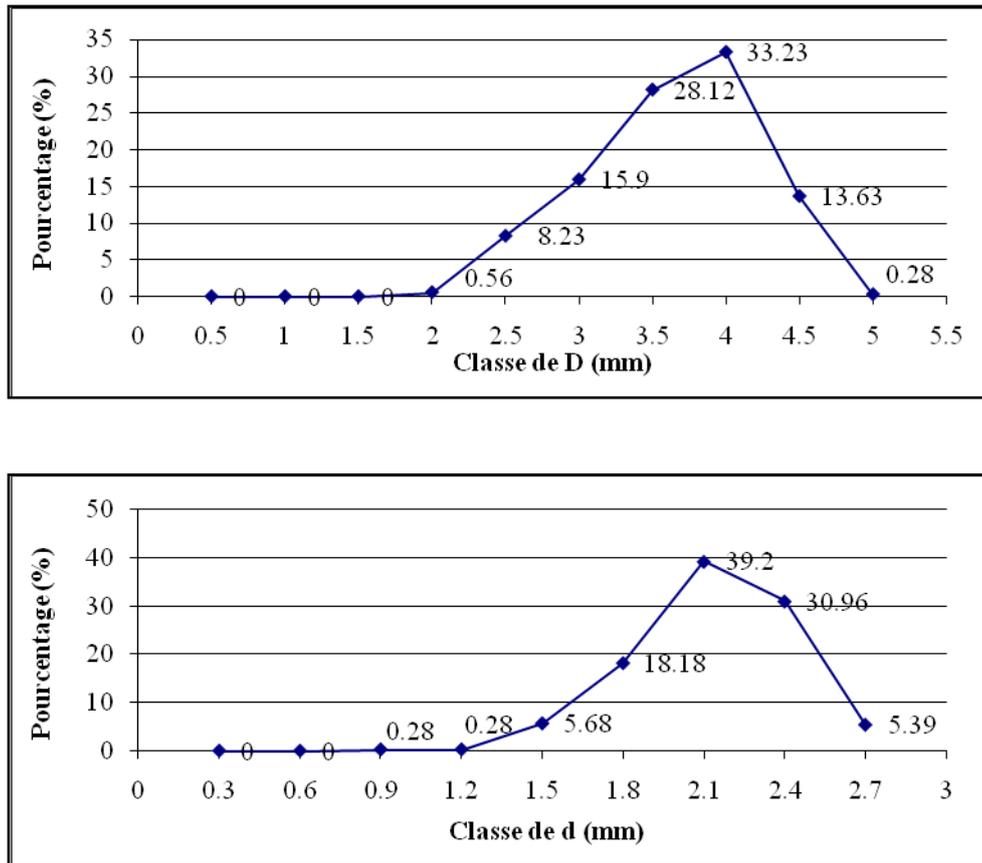


Figure 146: Fréquences observées des diamètres antéropostérieurs (D) et dorso- ventraux (d) chez les anguilles étudiées

✚ Relation petit diamètre-grand diamètre de l'otolithe

La représentation du petit diamètre (d en mm) en fonction du grand diamètre (D en mm), donne un nuage de points (fig.147) indiquant que ces deux variables sont très dépendantes. La croissance de l'otolithe selon l'axe antéropostérieur des anguilles pêchées dans le lac Oubeira s'effectue selon une régression linéaire de la forme $d = 0,42 D + 0,54$, pour laquelle nous avons obtenu un coefficient de corrélation relativement élevé ($r = 0,85$ au seuil de 0,05).

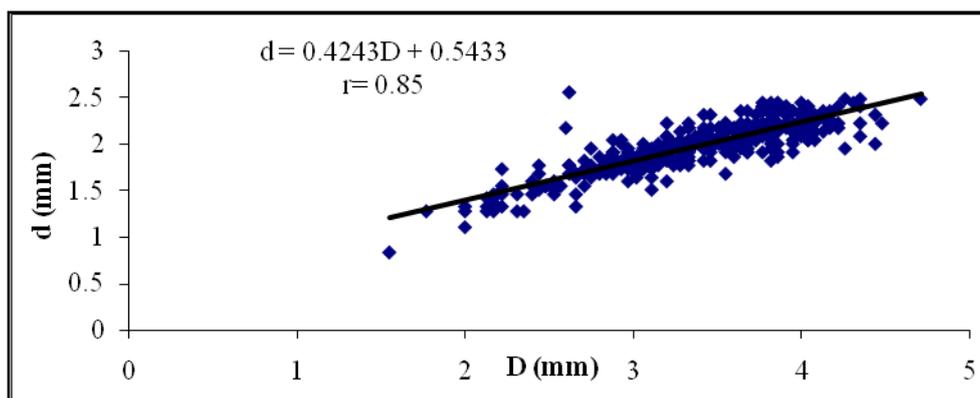


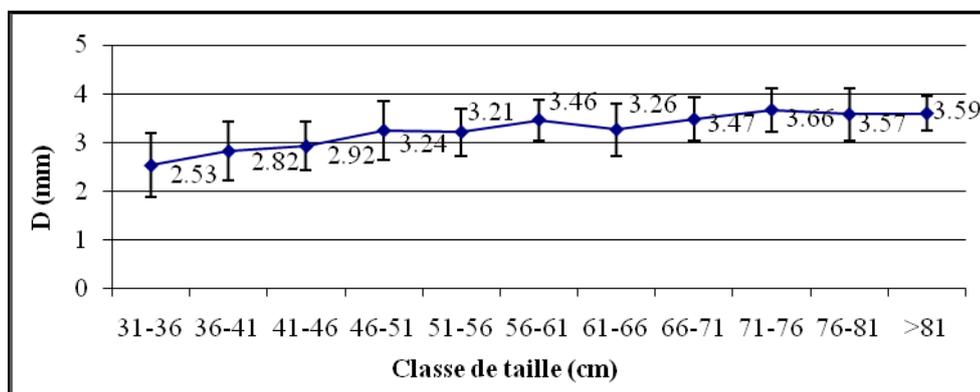
Figure 147 : Régression linéaire entre les diamètres de l’otolithe (d et D) des anguilles du lac Oubeira

✚ Evolution dimensionnelle de l’otolithe en fonction de la taille de l’anguille

La figure 148 montre que les dimensions de l’otolithe évoluent parallèlement à la croissance de l’individu. Les intervalles de variations des moyennes de (D) et de (d) au sein de chaque classe de taille, sont très faibles, ce qui montre que la croissance de l’otolithe suit intimement la croissance en longueur de l’anguille.

Les meilleures relations liant, d’une part, le grand diamètre (D en mm) et d’autre part (fig.149), le petit diamètre (d en mm), à la longueur totale du poisson (L en cm), sont des expressions linéaires de formes : $D = 0,018 L + 2,21$ et $d = 0,007 L + 1,49$.

En plus, ces deux paramètres (D et d) ne sont pas corrélés à la longueur totale (L) ; les valeurs du coefficient de corrélation (r), au seuil de (0,05), sont de l’ordre 0,44 pour (D) et de 0,36 pour (d).



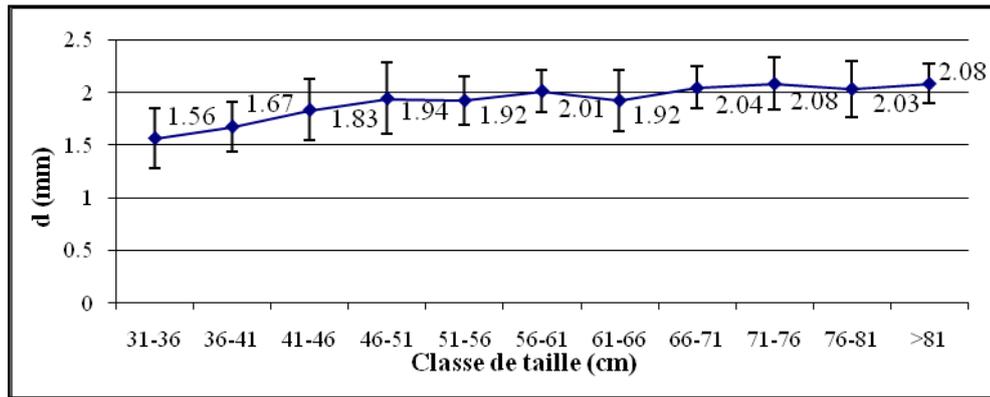


Figure 148: Evolution dimensionnelle de la sagittae en relation avec la croissance dimensionnelle de l'anguille

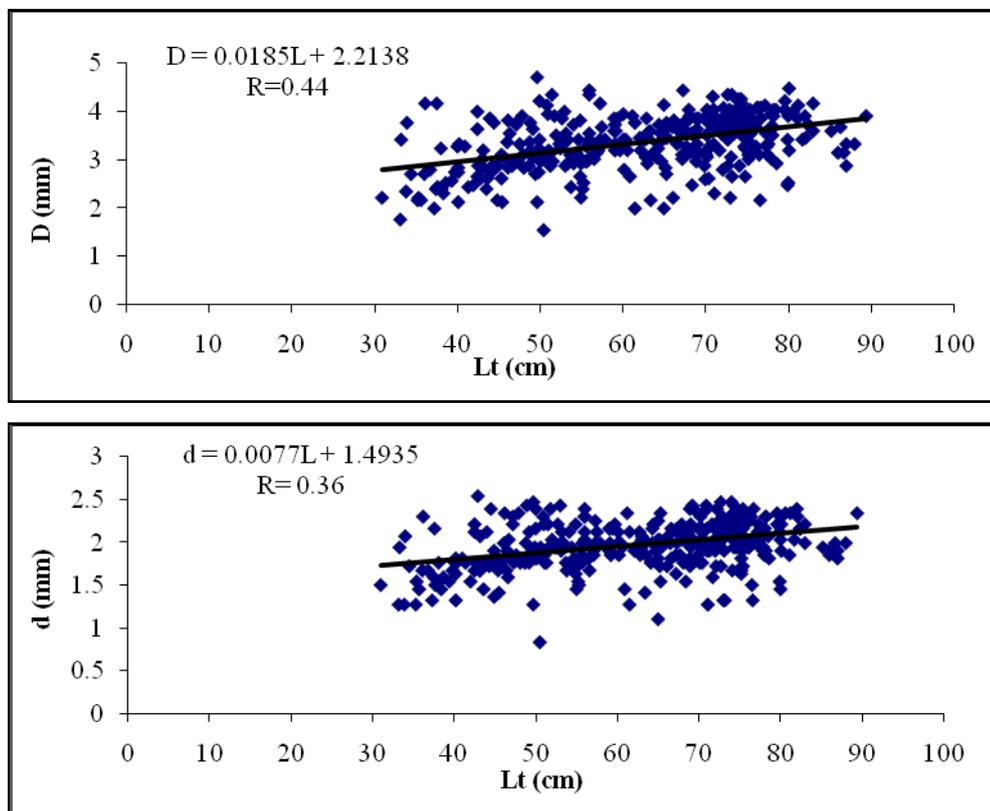


Figure 149: Représentations graphiques de la relation liant les diamètres (D) et (d) de la sagittae et la longueur totale (L) de l'anguille

✚ Histogrammes des âges

Nos échantillons sont constitués d'anguilles âgées de 3 à 18 ans. Les groupes d'âge les plus représentés sont les groupes 7, 8 et 9 et 10 ans avec respectivement 13,92% ; 14,2% ; 17,32% et 11,64% de la population d'anguilles capturées dans le lac Oubeira (fig.150).

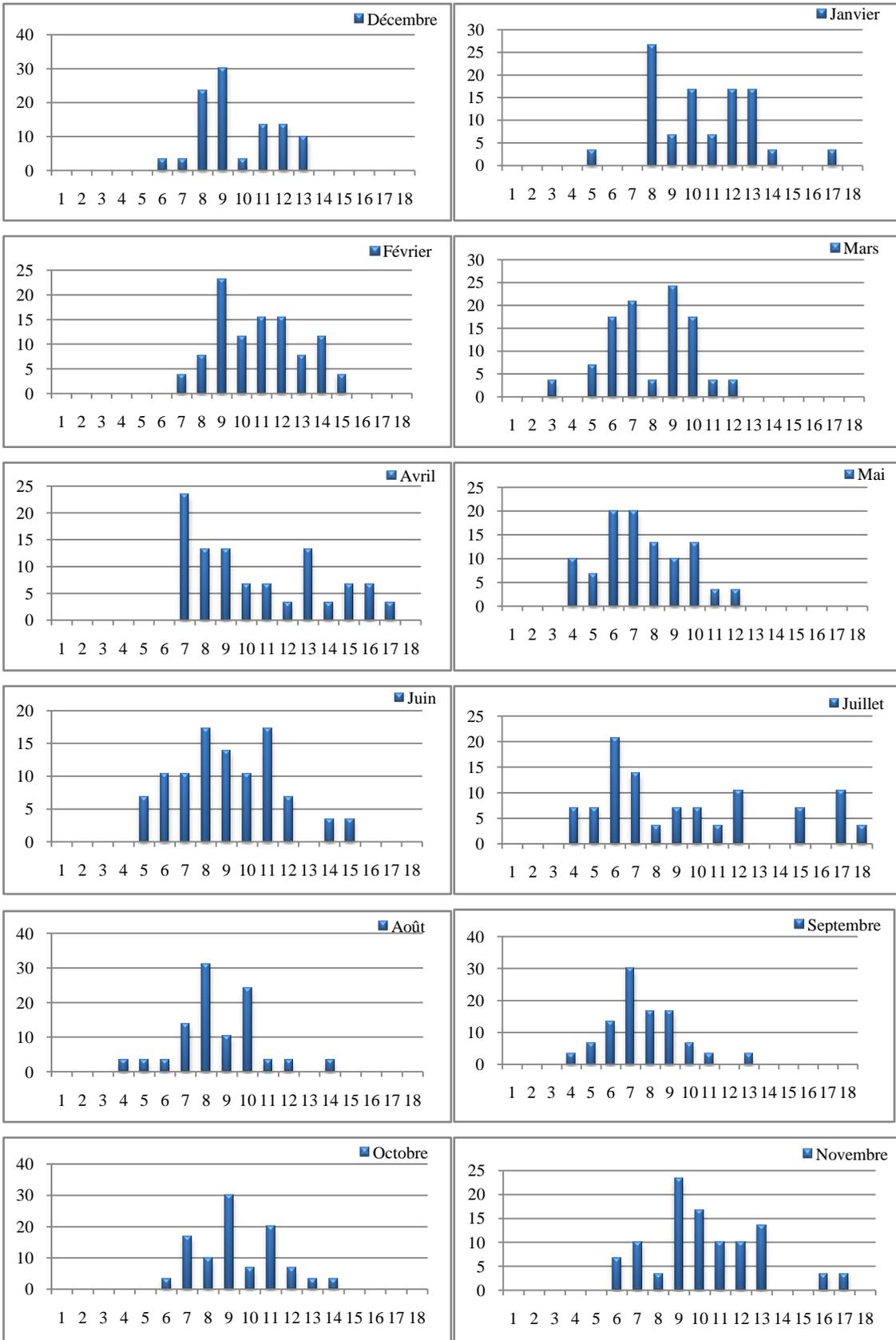


Figure 150: Distributions saisonnières des âges au sein de la population d'anguilles échantillonnée à l'Oubeira (Ages (en années) en abscisses, Pourcentage en ordonnées)

Les anguilles les plus jeunes (3 ans) et les plus âgées (18 ans) ne représentent que 0,28% de la population examinée; ceci équivaut à la capture d'une seule anguille âgée de 3 et 18 ans respectivement en mars et en juillet (fig. 150 et 151).

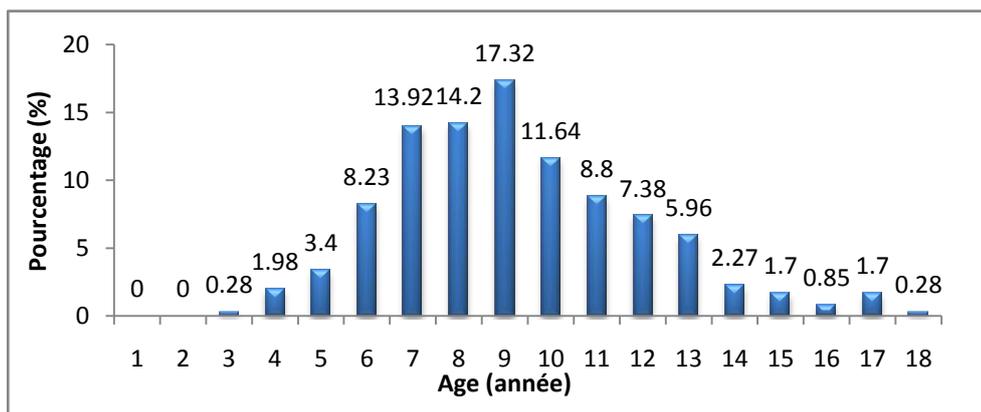


Figure 151: Pourcentage des âges observés chez la population d'anguilles de l'Oubeira.

L'âge moyen est de l'ordre de $9,26 \pm 2,74$ ans ; il est, par ailleurs, noté de légères variations dans le temps de l'âge moyen des anguilles de l'Oubeira (fig. 152); les valeurs les plus faibles (8 ans) sont enregistrées en mars, mai et septembre et les plus élevées (10ans et plus) en janvier, février, avril, novembre.

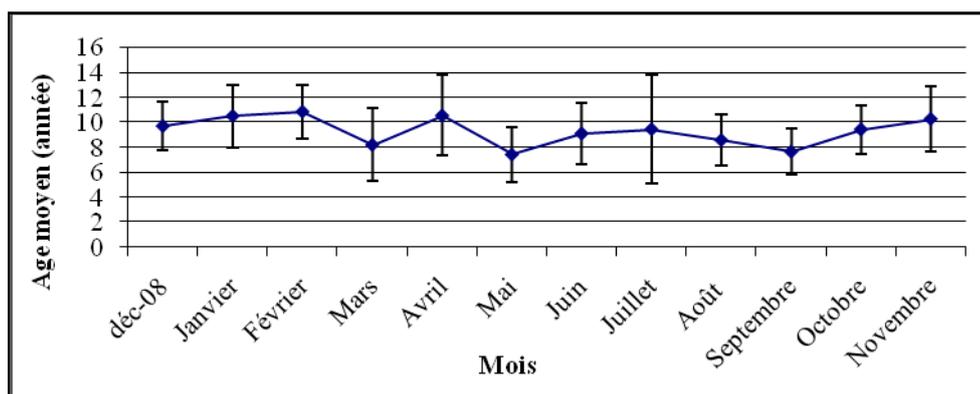


Figure 152: Evolution temporelle de l'âge moyen au sein de la population ciblée.

✚ Relation âge-croissance de l'anguille

L'analyse de la figure 153 montre que les distributions des tailles (L) et des poids (W) au sein d'un même groupe d'âge, sont assez larges et que les différents groupes d'âge se recouvrent les uns et les autres.

Les anguilles d'un même âge, peuvent avoir donc des tailles très différentes. Les fluctuations en poids pour un même groupe d'âge sont de grande amplitude. Les anguilles d'un même poids peuvent donc avoir des âges différents. La croissance en longueur et en poids n'est pas toujours liée à une augmentation d'âge et l'anguille la plus longue ou la plus lourde n'est pas forcément la plus âgée.

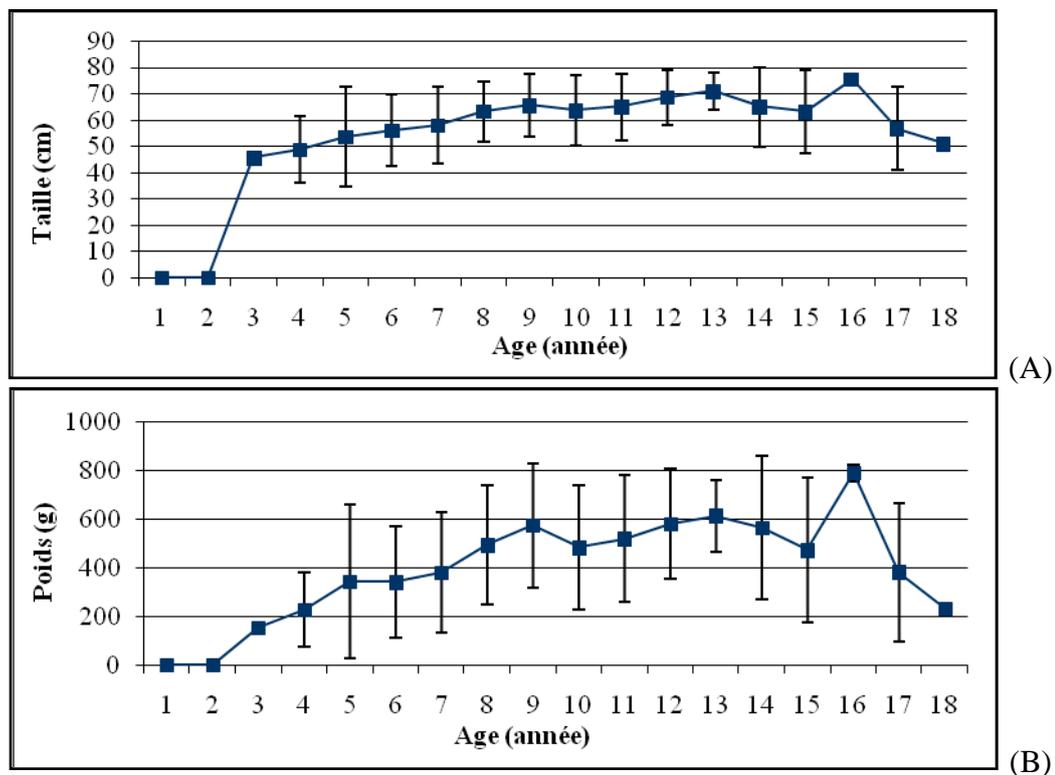


Figure 153: Distributions des tailles (A) et des poids frais (B) au sein des différentes classes d'âges observés

✚ Relation âge-croissance de l'otolithe

Le diamètre de la sagittae augmente avec l'âge (fig. 154). Cependant, l'examen des intervalles de confiance des diamètres moyens (D et d) montre que les différents groupes d'âge se recouvrent très largement. Donc les anguilles d'un même groupe d'âge peuvent avoir des otolithes de tailles différentes et les individus qui possèdent des sagittae de même diamètre peuvent avoir des âges différents.

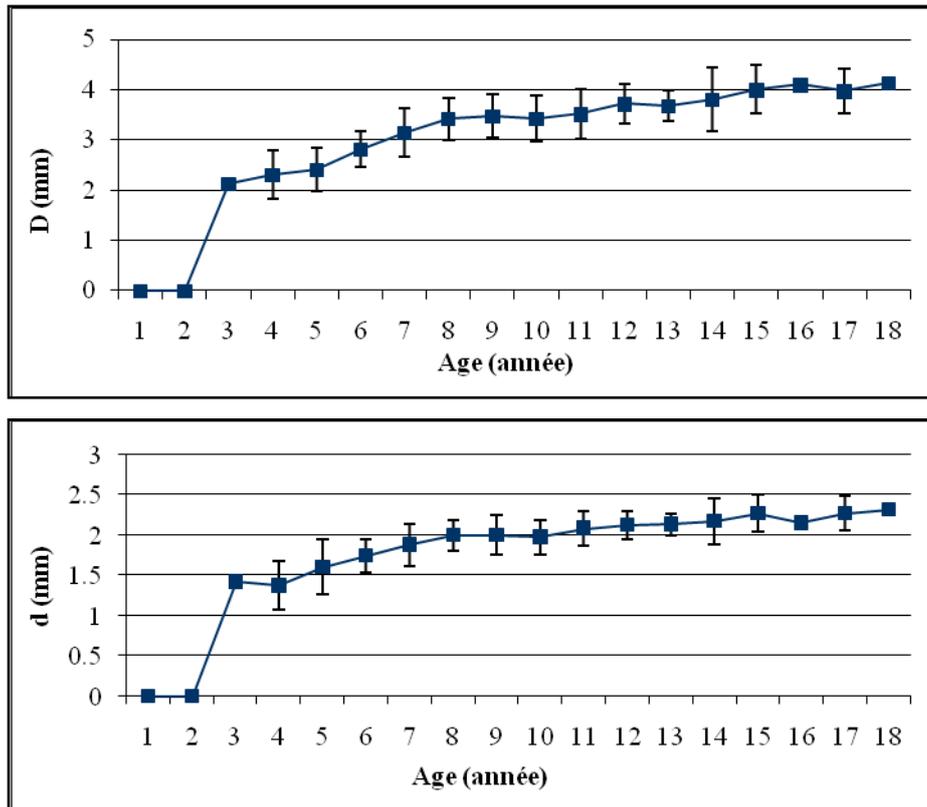
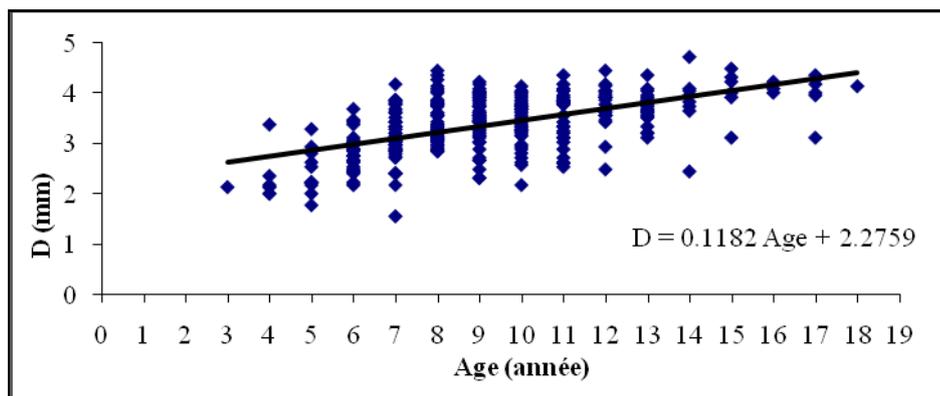


Figure 154: Distributions des diamètres (D) et (d) de l'otolithe au sein des différentes classes d'âges observés chez la population d'anguille de l'Oubeira

La corrélation entre l'âge et les deux diamètres (D et d) est assez faible ; les coefficients de corrélation (r) au seuil de (0,05) sont respectivement de 0,57 et 0,52 (fig.155) : La croissance continue de l'otolithe diffère d'un individu à un autre.



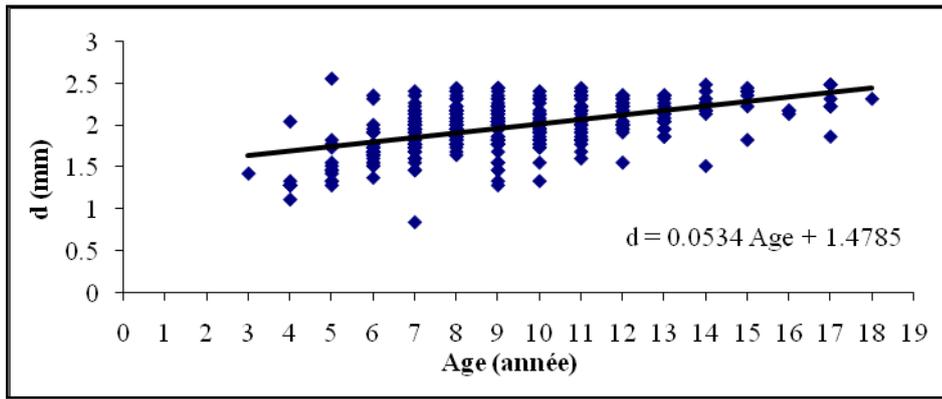


Figure 155: Corrélations entre les diamètres (D) et (d) de l'otolithe et l'âge des anguilles

5.1. Impact d'*Anguillicola crassus* sur la vessie de l'anguille du Mafrag

5.1.1. Etat de la vessie natatoire (en fonction des mois)

Un total de 732 vers nématodes de l'espèce *Anguillicola crassus* ont été récoltés à partir des vessies natatoires de 360 anguilles, de longueurs comprises entre 24 et 74 cm, provenant de l'estuaire du Mafrag (tab.11).

Tableau 11 : Etat de la vessie natatoire (en fonction des mois).

mois	Vessie natatoire saine			Vessie natatoire lésée		
	Nombre	Abritant des parasites	N'abritant pas de parasites	Nombre	Abritant des parasites	N'abritant pas de parasites
juin	10	8	2	20	15	5
juillet	8	3	5	22	9	13
août	6	2	4	24	11	13
septembre	5	3	2	25	9	16
octobre	18	5	13	12	9	3
novembre	20	10	10	10	7	3
décembre	12	0	12	18	10	8
janvier	4	2	2	26	13	13
février	5	3	2	25	14	11
mars	18	6	12	12	5	7
avril	11	7	4	19	12	7
mai	17	10	7	13	11	2
total	134	59	75	226	125	101

Les vessies examinées durant cette étude montrent divers états allant de la transparence à l'opacité en passant par des états hémorragiques parfois associés à la présence d'exsudat ou de bulles gazeuses (fig. 156).



Figure 156: photographie de 2 vessies natatoires saines (celle de gauche abritant des parasites, celle de droite n'abritant pas de vers).

Sur les 134 vessies considérées comme saines, c'est-à-dire dont la paroi est translucide (ou transparente), 75 (soit 55,97%) n'abritent pas de vers et 59 (soit 44,03%) en abritent (fig. 157).

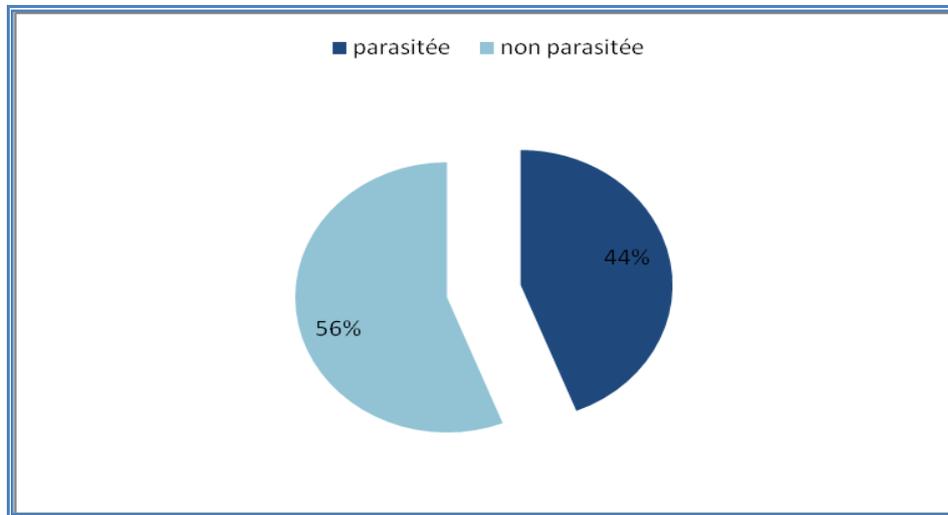


Figure 157: Proportions des vessies saines (parasitées ou non parasitées).

En ce qui concerne les vessies lésées, les vers sont rencontrés dans la lumière de la vessie de 125 spécimens (soit 55,31 %) et sont absents dans 101 cas (soit 44,69%) (fig. 158) ; la présence de lésions de la paroi malgré l'absence de vers dans la lumière de la vessie révèle ainsi l'existence d'une infestation antérieure de l'organe.

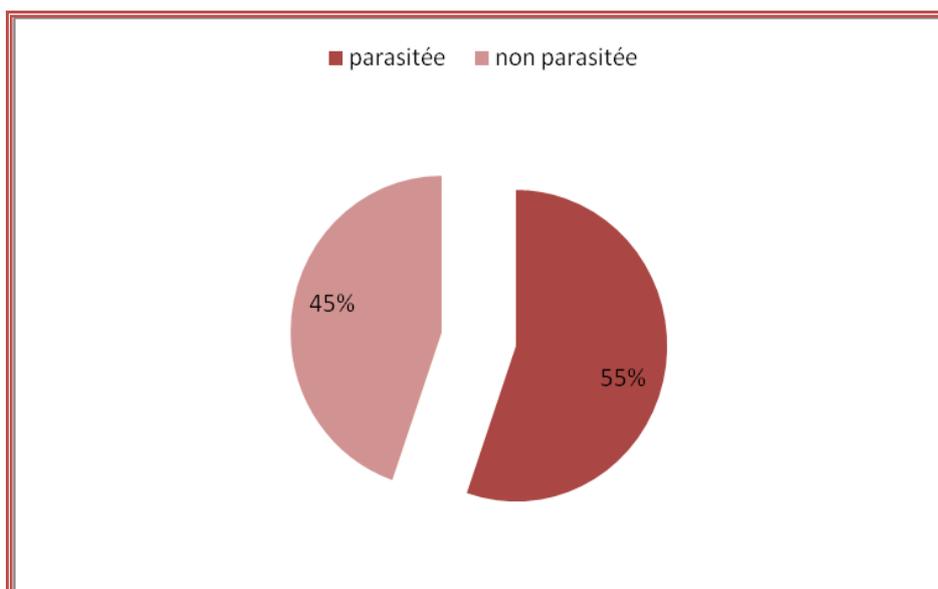


Figure 158: Proportions des vessies lésées (parasitées ou non parasitées).

5.1.2. Proportions saisonnières des vessies gazeuses saines et lésées

Les vessies gazeuses restées saines (translucides) malgré la présence, dans leur lumière, de vers nématodes représentent 44,03% de l'ensemble des vessies saines recensées. Des fluctuations saisonnières sont toutefois relevées ; nous notons, en effet, que le taux de vessies translucides en présence de vers passe de 20,15% en hiver à 28,36% au printemps, ensuite il chute de moitié en été (14,18%) puis augmente de nouveau au printemps pour atteindre 37,31% (tab. 9).

Les vessies gazeuses lésées montrent des taux compris entre 17,7% (en automne) et 31,42% (en été); les proportions enregistrées en hiver et au printemps sont de 27,88% et 23 % respectivement. Les plus fortes proportions de vessies gazeuses lésées mais n'abritant pas de vers sont notées en été (41,58%) et en hiver (30,69%) ; moins de 14% est enregistré en automne et au printemps (tab. 9).

En ce qui concerne le rapport vessies saines sur vessies lésées, il est de 1/3 en été, presque la moitié en hiver, 2/3 au printemps et 6/5 en automne.

Tableau 12 : Etat de la vessie natatoire (en fonction des saisons).

saisons	Vessies natatoires saines			Vessies natatoires lésées		
	nombre	Abritant des parasites	N'abritant pas de parasites	nombre	Abritant des parasites	N'abritant pas de parasites
Eté	19 (14,18%)	8 (13,56%)	11 (14,67%)	71 (31,42%)	29 (23,2%)	42 (41,58%)
Automne	50 (37,31%)	15 (25,42%)	35 (46,67%)	40 (17,7%)	26 (20,8%)	14 (13,86%)
Hiver	27 (20,15%)	11 (18,64%)	16 (21,33%)	63 (27,88%)	32 (25,6%)	31 (30,69%)
Printemps	38 (28,36%)	25 (42,37%)	13 (17,33%)	52 (23%)	38 (30,4%)	14 (13,86%)
Total	134 (100%)	59 (44,03%)	75 (55,97%)	226 (100%)	125 (55,31%)	101 (44,69%)

5.1.3. Proportions des différents stades larvaires

L'évaluation des proportions des différents stades larvaires montrent une nette prédominance des larves L4 qui représentent plus de la moitié de la fraction parasitaire (51%), quant à celles de second stade elles représentent le tiers (33%). En ce qui concerne les adultes, ils ne représentent que 16% des spécimens recensés (fig. 159).

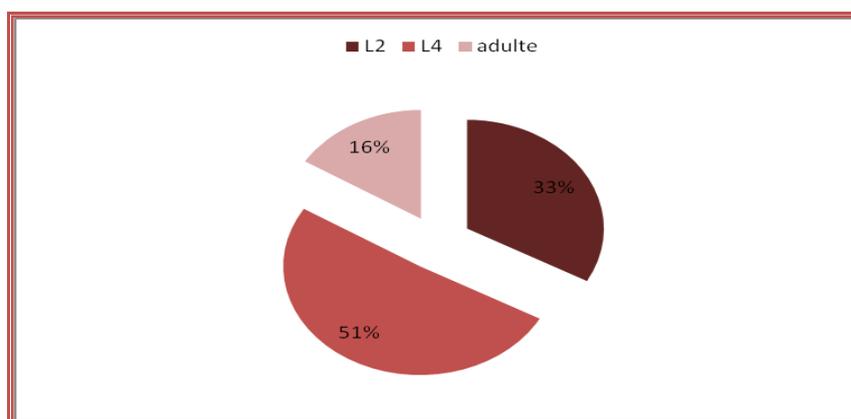


Figure 159 : Proportions des différents stades larvaires.

5.1.4. Répartition mensuelle des différents stades larvaires

Nous notons que le nombre de larves du 2^{ème} stade atteint une valeur de 54 vers en juin alors qu'il ne dépasse pas 29 vers durant le reste de l'année (fig. 160).

Les larves de 4^{ème} stade sont les plus abondantes (356 vers), c'est en juin et septembre que nous relevons respectivement 52 en 55 ; Des valeurs de plus de 30 vers sont, par ailleurs, enregistrées, en février et en avril. Durant les autres mois, il est relevé moins de 30 vers du stade L4 (fig. 160).

En ce qui concerne les adultes, leur présence est très peu marquée de juin à octobre (moins de 7 vers adultes) ; c'est à partir de novembre que le nombre de vers adultes montre une augmentation progressive (passant de 7 en novembre à 21 en avril) suivi d'une baisse en mai (fig. 160).

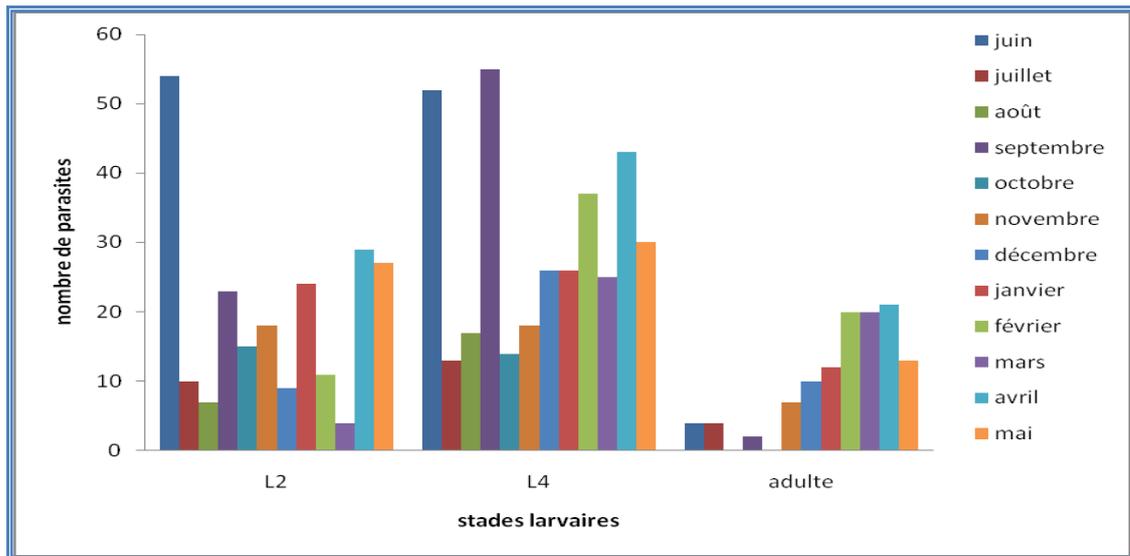


Figure 160 : Répartition mensuelle des différents stades larvaires.

📊 Analyse statistique

- Une corrélation négative très hautement significative entre le nombre de poissons ayant la vessie natatoire saine et le nombre de poissons ayant la vessie natatoire lésée ($r=-1$) ;
- Une corrélation négative hautement significative entre le nombre de poissons ayant la vessie natatoire parasitée et le nombre de poissons ayant la vessie natatoire non parasitée ($r=-1$).
- Une corrélation positive hautement significative entre le nombre de parasites appartenant à l'espèce *Anguillicola crassus* et le nombre de poissons ayant la vessie natatoire parasitée ($p \leq 0,01$) ;
- Une corrélation négative hautement significative entre le nombre de parasites appartenant à l'espèce *Anguillicola crassus* et le nombre de poissons ayant la vessie natatoire non parasitée ($p \leq 0,01$)
- De plus, la pente (0,46) de la droite de régression (lésée = $14,9 + 0,046$ parasitée) nous indique pour les données de cette étude, que les vessies lésées augmentent de 0,46 pour une variation unitaire du nombre de vessies parasitées d'une part; d'autre part, l'analyse de la variance fait ressortir la présence d'une corrélation très hautement significative et la relation est proportionnelle au seuil de 0.050.
- Enfin, la pente (0,091) de la droite de régression (saines = $9,77 + 0,091$ parasitées) nous indique pour les données de cette étude, que les vessies saines augmentent de 0,019 pour une variation unitaire du nombre de vessies parasitées.
- De plus, la pente (0,46) de la droite de régression (lésée = $14,9 + 0,046$ parasitée) nous indique pour les données de cette étude, que les vessies lésées augmentent de 0,46 pour une variation unitaire du nombre de vessies parasitées d'une part; d'autre part, l'analyse de la variance fait ressortir la présence d'une corrélation très hautement significative et la relation est proportionnelle au seuil de 0.050.
- Enfin, la pente (0,091) de la droite de régression (saines = $9,77 + 0,091$ parasitées) nous indique pour les données de cette étude, que les vessies saines augmentent de 0,019 pour une variation unitaire du nombre de vessies parasitées.

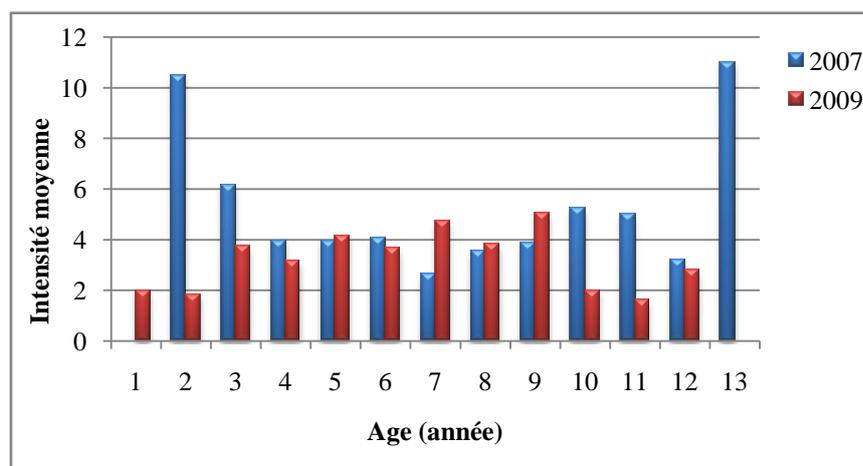
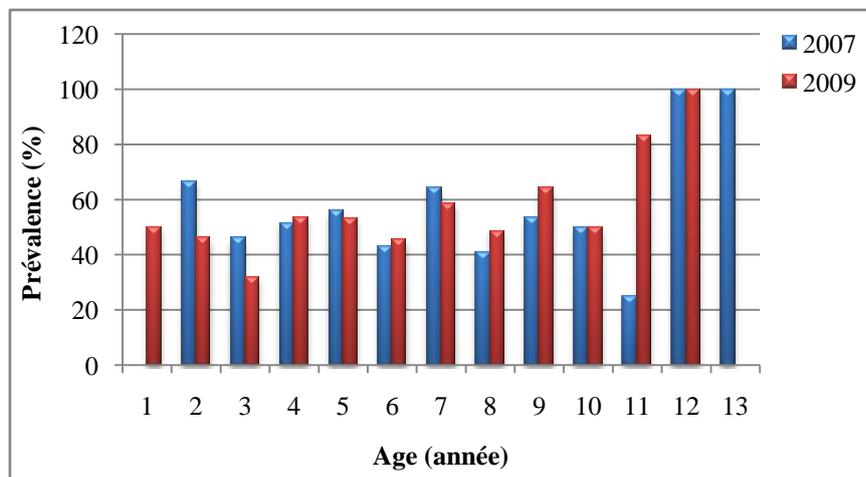
5.2. Impact d'*Anguillicola crassus* sur la croissance de l'anguille

5.2.1. Parasitisme en fonction de l'âge

✚ Mafrag

La figure 161 montre les variations de l'infestation en fonction de l'âge des anguilles. On remarque que toutes les catégories d'âge sont touchées par *A. crassus*, à l'exception des anguilles de groupe d'âge 1 et 13 capturées respectivement en 2007 et 2009. Les taux d'infestations sont élevés et dépassent 40% chez presque la totalité des groupes d'âges. Par ailleurs, les charges parasitaires ne sont pas très élevées et ne varient pas en fonction de l'âge des anguilles, sauf chez les anguilles âgées de 2ans où on enregistre plus de 10 nématodes par anguille infestée et 7 nématodes par anguille examinée.

Par ailleurs ; nous notons que la fluctuation du nombre de nématode dans chaque groupe d'âge est très large, il n'existe pas de corrélation entre l'âge de l'anguille et le nombre de parasite hébergé (fig.162). Nous pouvons rencontrer des anguilles âgées mais qui n'hébergent aucun parasites ou l'inverse; donc l'anguille la plus âgée n'héberge forcément pas un grand nombre de parasites et la plus jeune n'est pas toujours indemne.



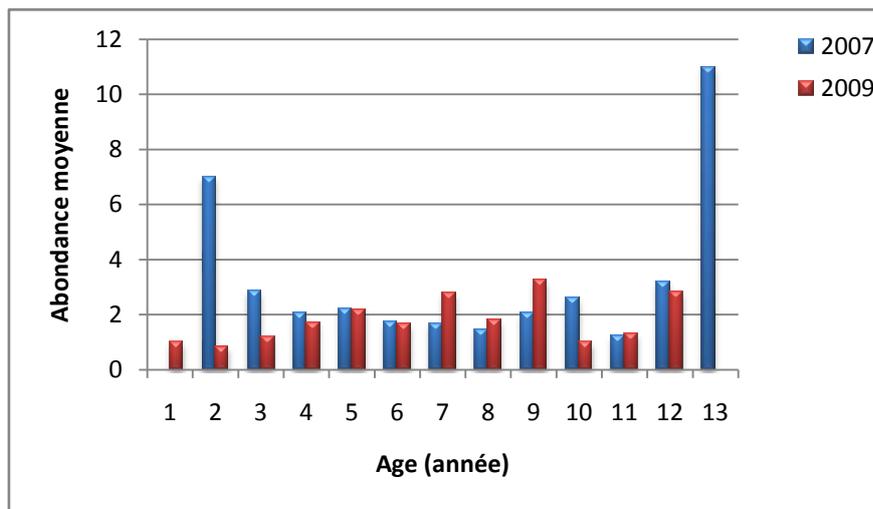


Figure 161: Parasitisme par *Anguillicola crassus* en relation avec l'âge des anguilles échantillonnées dans le Mafrag (2007-2009)

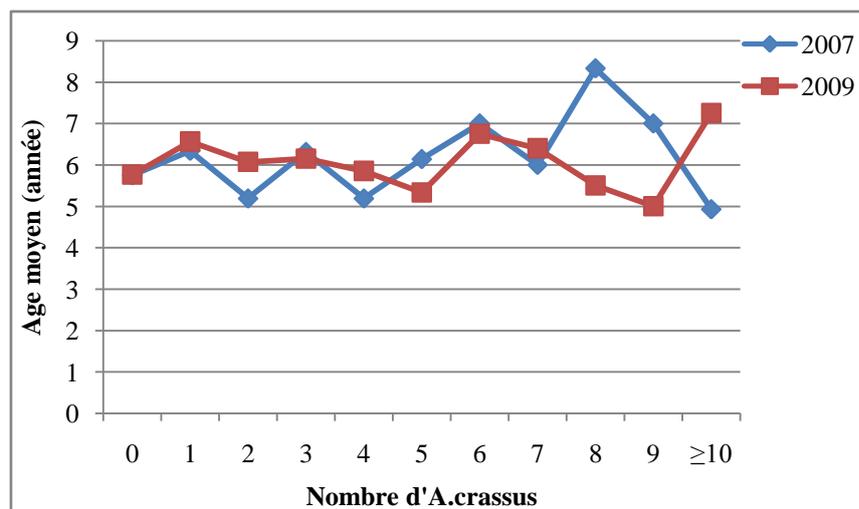


Figure 162: Nombre d'*A. crassus* hébergé dans chaque groupe d'âge (2007-2009)

La figure 163 montre les variations de l'infestation en fonction de l'âge des anguilles dans l'Oubeira. On remarque que toutes les catégories d'âge sont touchées par *A. crassus*, (les groupes d'âge 3 et 18 ne sont représentés que par un seul spécimen). Les taux d'infestations sont élevés et dépassent 50% chez la majorité des groupes d'âges. Par ailleurs, les charges parasitaires sont relativement élevées et ne présentent pas de variations en fonction de l'âge des anguilles, sauf chez les anguilles âgées de 16ans, chez qui les charges parasitaires les plus élevées sont notées (18 nématodes par anguille infesté et par anguilles examiné).

Par ailleurs, on note que la fluctuation du nombre de nématode dans chaque groupe d'âge est très large, il n'existe pas de corrélation entre l'âge de l'anguille et le nombre de parasite hébergé (fig.164). Les anguilles de tout âge peuvent être saines ou parasitées par un, deux ou plusieurs nématodes, donc l'anguille la plus âgée n'héberge pas forcément un grand nombre de parasites et l'anguille la plus jeune n'est pas toujours saine.

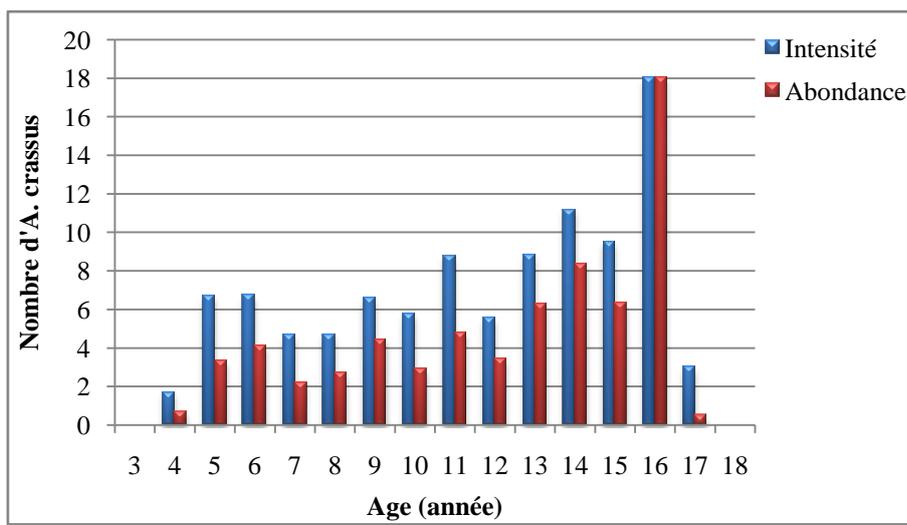
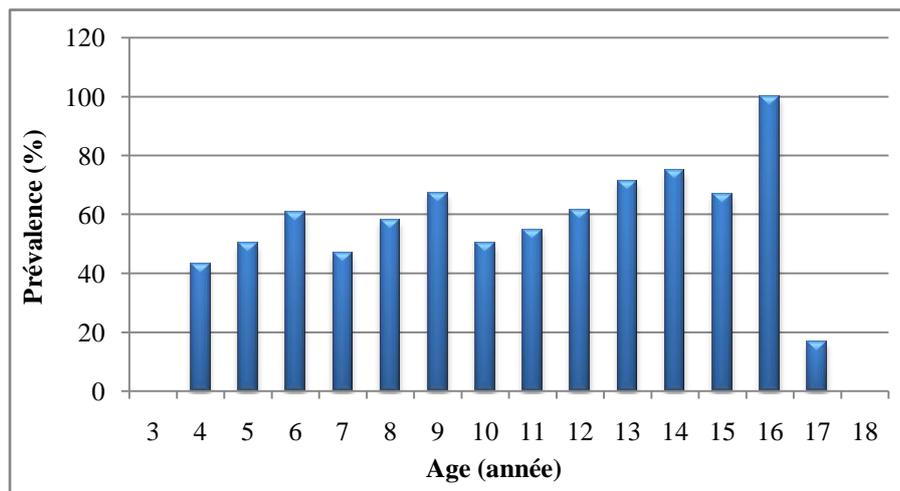


Figure 163: Parasitisme par *Anguillicola crassus* en relation avec l'âge des anguilles échantillonnées

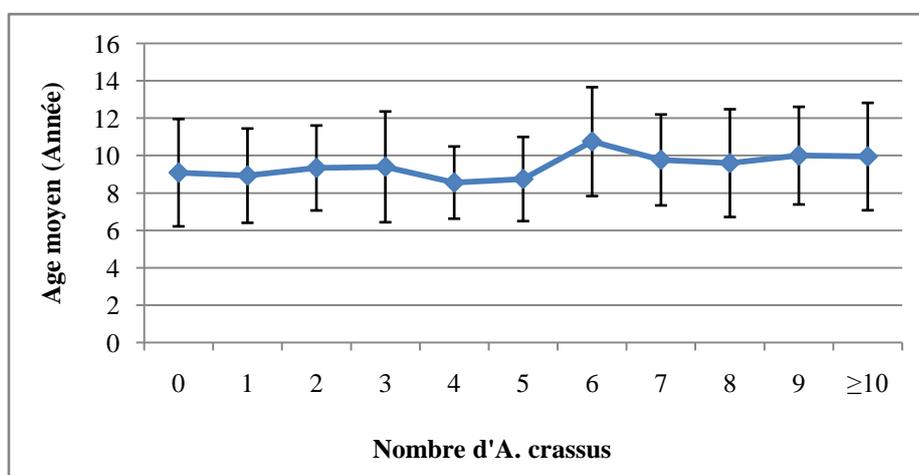


Figure 164: Nombre d'*A. crassus* hébergé dans chaque groupe d'âge

5.2.2. Allométrie

✚ Mafrag

Les valeurs de l'analyse de la régression taille-poids au sein des deux groupes d'anguilles indemnes et parasitées durant les deux cycles sont reportées dans le tableau 13. Ces deux paramètres sont très corrélés chez les deux groupes et les coefficients de corrélation (r) sont très élevés (94 % chez les individus indemnes et 93 % chez les poissons infestés en 2007). D'autre part les coefficients d'embonpoint sont significativement différents de trois (≥ 3) (respectivement 3,10 chez le groupe sain et 3,13 chez le groupe infesté). Chez les deux groupes les modalités de croissance sont similaires et les anguilles aussi bien indemnes qu'infestées croissent d'une façon similaire. D'autre part, le coefficient d'allométrie montre des valeurs significativement inférieures et égales à 3 respectivement chez les anguilles parasitées

et non parasités pêchées en 2009. Donc les anguilles saines croissent un peu plus vite que les anguilles parasitées.

Tableau 13: Comparaison des allométries et des coefficients de condition chez les anguilles saines et parasitées.

Année	2007		2009	
	Anguilles parasitées	Anguilles non parasitées	Anguilles parasitées	Anguilles non parasitées
Nombre	185	175	183	177
Taille moyenne	47,33±10,92	44,77±9,46	40,34±8,73	39,59±8,27
Poids moyen	194,81±139,39	161,4±114,78	124,2±97,4	115,23±88,2
L_{∞}	68,32	58,83	55,98	61,04
K	0,28	0,49	0,38	0,28
r	0,94	0,93	0,9	0,9
Kc	0,14±0,021	0,14±0,02	0,15±0,025	0,15±0,0031
Φ	3,11	3,22	3,07	3,01
Equation de Relation taille/poids	$W_t=0,001L_t^{3,1006}$	$W_t=9 \times 10^{-4} L_t^{3,1363}$	$W_t=0,017L_t^{2,98}$	$W_t=0,0013L_t^{3,064}$

Oubeira

Les valeurs de l'analyse de la régression taille-poids au sein des deux groupes d'anguilles parasitées et non parasitées sont reportées dans le tableau 14. Ces deux paramètres sont corrélés chez les deux groupes et les coefficients de corrélation (r) sont élevés (92%). D'autre part les coefficients d'embonpoint sont significativement différents de trois (≤ 3) (respectivement 2,94 chez le groupe sain et 2,99 chez le groupe infesté). Chez les deux groupes les modalités de croissance sont similaires et les anguilles aussi bien indemnes qu'infestées croient d'une façon similaire.

Tableau 14: comparaison des allométries et des coefficients de condition chez les anguilles saines et parasitées.

Paramètres	Anguilles parasitées	Anguilles non parasitées
Nombre	207	153
Taille moyenne	66,21±12,08	57,79±14,04
Poids moyen	553,47±246,7	388,04±251,59
L_{∞}	72,8	97,28
K	0,6	0,18
r	0,92	0,92
Kc	0,17±0,028	0,16±0,032
Φ	3,5	3,23
Equation de Relation taille/poids	$W_t = 0.0022L_t^{2.9466}$	$W_t = 0.0017L_t^{2.9968}$

5.2.3. Taux de croissance absolue (Gx)

 Mafrag

Le taux de croissance absolue (Gx) pour les deux groupes d'anguilles (parasitées et non parasitées), durant les deux cycles, décroît avec l'âge du poisson (Tab. 15). Nos données montrent cependant, que les anguilles non parasitées capturées en 2007 et en 2009 présentent un taux de croissance supérieur à celui des anguilles parasitées.

Tableau 15: Comparaison entre les anguilles parasitées et non parasitées des anguilles du Mafrag

Année	2007				2009				
	Age	Lt (cm) des Anguilles parasitées	Gx	Lt (cm) des Anguilles non parasitées	Gx	Lt (cm) des Anguilles parasitées	Gx	Lt (cm) des Anguilles non parasitées	Gx
	1	26,5	11,7	29,21	14,51	25	11,77	22	10,93
	2	32,66	9,98	35,45	11,45	32,73	8,83	28,67	9,06
	3	38,52	8,34	42,72	7,89	36,82	7,28	31,37	8,3
	4	43,22	7,02	47,34	5,63	39,58	6,23	37,25	6,66
	5	47,89	5,72	54,14	2,29	42,33	5,18	42,9	5,07
	6	51,92	4,59	57,21	0,79	48,3	2,91	47,93	3,67
	7	56,6	3,28	59,08	-0,12	51,07	1,86	57,05	1,11
	8	60,66	2,14	/		55,52	0,17	/	/
	9	65,49	0,79	/		59	-1,14	/	/
	10	69,2	0,24	/		/	/	/	/

Le taux de croissance absolue (Gx) pour les deux groupes d'anguilles (parasitées et non parasitées), décroît avec l'âge du poisson (Tab. 16). Nos données montrent cependant, que les anguilles parasitées présentent un taux de croissance supérieur à celui des anguilles non parasitées dans les 3 premiers groupes d'âge. En revanche, à partir de l'âge 4 ce sont plutôt les anguilles non parasitées qui présentent un taux de croissance plus élevé.

Tableau 16: Comparaison entre les anguilles parasitées et non parasitées des anguilles de l'Oubeira

Age	Lt (cm) des Anguilles parasitées	Gx	Lt (cm) des Anguilles non parasitées	Gx
1	44,4	17,04	32,3	11,69
2	49,88	13,75	38,06	10,65
3	55,46	10,4	44,54	9,49
4	60,32	7,48	48,53	8,77
5	65,61	4,31	51,59	8,22
6	68,52	2,56	56,21	7,39
7	72,51	0,17	64,33	5,93
8	75	-1,32	73,12	4,34
9	80,5	-4,62	78,5	3,38
10	/	/	86	2,03

Discusión

Discussion

1-Parasites et parasitisme

Diversité parasitaire :

- L'observation des caractères morpho anatomiques des endoparasites récoltés chez l'anguille *Anguilla anguilla* provenant des deux plans d'eau nous a permis d'identifier quatre nématodes (*Cucullanus sp.*, *Paraquimperia tenerrima*, *Pseudoterranova decipiens*, *Anguillicola crassus*), un cestode (*Bothriocephalus claviceps*), un Acanthocephale (*Echinorhynchus sp.*), un monogène. (*Pseudodactylogyrus sp.*) et un crustacé (*Ergasilus sp.*).

- L'ensemble des espèces parasites identifiées parasite le tube digestif, à l'exception d'*Anguillicola crassus* qui parasite la vessie natatoire et *Pseudodactylogyrus sp.* et *Ergasilus sp.* qui sont rencontrés dans les branchies.

- La plus grande diversité en espèces est notée chez les anguilles du lac Oubeira qui abritent 8 espèces; en ce qui concerne les anguilles du Mafrag, ces dernières n'hébergent pas l'espèce *Pseudoterranova decipiens*.

En terme de richesse parasitaire des anguilles, les études menées sur les lagunes méditerranéennes montrent des résultats similaires aux nôtres: en France, Fazio et al., (2005) recensent 10 espèces, en Italie Kennedy et al., (1997) signalent 10 espèces et en Espagne Maillo et al., (2000) décrivent 11 espèces. Les résultats rapportés sont le fruit d'études très ponctuelles, car les suivis temporels sont rares. En Autriche, après 8 ans (de 1994 à 2001) d'étude de la composition et la richesse de la communauté d'helminthes d'une population d'anguilles de culture, Schabuss et al. (2005), trouvent des caractéristiques similaires avec celles des populations sauvages d'Angleterre illustrées par la présence de peu d'espèces et d'une espèce dominante. La disponibilité des hôtes intermédiaires, indispensable au déroulement des cycles hétéroxènes des parasites, en plus des conditions du milieu (température, salinité, vitesse du courant) qui agissent sur le développement des différents stades du parasite et de l'état des milieux (la pollution influe sur l'abondance des hôtes intermédiaires) jouent un rôle dans la variation des paramètres épidémiologiques (Barker & Cone, 2000; Gargouri Ben Abdallah & Maamouri, 2006; Maillo et al., 2005).

La plus grande diversité parasitaire est rencontrée chez les anguilles provenant de plans d'eau douce (Hamza et al, 2009) contrairement à celles de la lagune. L'augmentation de salinité est corrélée, selon Koie, (1988) et Kennedy et al,(1997) à une diminution de la diversité parasitaire.

✚ Indices épidémiologiques des endoparasites

C'est l'espèce *A. crassus* qui prédomine dans les deux plans d'eau, en enregistrant des prévalences de plus de 48 et 57% dans le Mafrag et l'Oubeira respectivement.

Dans l'Oubeira, les espèces parasites qui enregistrent des prévalences de plus de 40% sont *Bothriocephalus claviceps* (P=41,6%) et *Pseudoterranova decipiens* (P=41,1%). Les espèces recensées enregistrant des prévalences comprises entre 3 et 6% sont *Cucullanus sp.* (P=3,6%). Les autres espèces recensées montrent des prévalences de moins de 2% (*Echinorhynchus sp.* (P=0,27%) et *Paraquimperria tenerrima* (P=1,66%).

Dans l'estuaire du Mafrag, c'est l'espèce *Bothriocephalus claviceps* qui vient après *A. crassus* en enregistrant une prévalence de 14,99% ; elle est suivie par *Cucullanus sp.* (P=6,10%) et *Paraquimperria tenerrima* (P=4,99%). L'espèce *Echinorhynchus sp.* enregistre des prévalences de moins de 1,7%.

Les valeurs de l'intensité d'infestation les plus élevées sont enregistrées par *A. crassus* dans l'Oubeira (I>6) et *Echinorhynchus sp.* dans le Mafrag (I=4); Dans l'estuaire, l'intensité d'infestation des anguilles par *A. crassus* n'excède pas 4 vers/poisson infesté.

Les valeurs de l'intensité d'infestation comprise entre 1 et 2 sont notées par *Bothriocephalus claviceps* (1,9 et 1,46 respectivement dans le Mafrag et l'Oubeira), *Cucullanus sp.* dans le Mafrag (I=1,45) et *Pseudoterranova decipiens* dans l'Oubeira (I=1,49). Les espèces dont l'intensité d'infestation varie entre 0,5 et 1 sont *Paraquimperria tenerrima* (I=0,58 et I=0,86 respectivement dans l'Oubeira et le Mafrag), *Cucullanus sp.* dans l'Oubeira (I=0,66). En ce qui concerne les autres espèces, leur intensité d'infestation ne dépasse pas 0,4 spécimens.

Dans l'Oubeira, les valeurs de l'abondance supérieures à 0,6 sont enregistrées par les espèces *A. crassus* (A=3,7), *Bothriocephalus claviceps* (A=0,64) et *Pseudoterranova decipiens* (A=0,62). Dans le Mafrag, les valeurs de l'abondance de plus de 0,19 sont relevées chez *A. crassus* (A=1,90), *Echinorhynchus sp.* (A=0,19) et *Bothriocephalus claviceps* (A=0,32).

En eau douce, des études menées sur la dynamique des communautés d'helminthes dans l'intestin de l'anguille européenne au Royaume-Uni et sur la rivière Tibre en Italie montrent des résultats similaires illustrés par une faible densité, une faible diversité et la prédominance d'une espèce, souvent un acanthocéphale (Kennedy et al., 1998b). Il est, par ailleurs, signalé que l'espèce dominante de parasites d'anguilles varie selon les sites: *Pseudodactylogyrus anguillae* (monogène) dans le delta de l'Èbre (Maillo et al., 2005), *Deropristis inflata* et *Bucephalus polymorphus* (digènes) dans les lagunes d'Italie (Kennedy et al., 1997; Di Cave et al., 2001), *A. crassus* dans les lagunes du Languedoc Roussillon (Benajiba, 1991) et

Bucephalus anguillae dans les lagunes tunisiennes (Gargouri Ben Abdallah & Maamouri, 2005).

- *Anguillicola crassus*

L'espèce *Anguillicola crassus* est rencontrée durant toute l'année dans les deux plans d'eau mais à des prévalences comprises entre 23 et 83% dans l'Oubeira et 23 et 70% dans le Mafrag.

Dans les plans d'eau de la zone humide du Parc National d'El Kala, la présence du ver nématode *A. crassus*, est rapportée, par Meddour et al., (1991), Djebbari et al., (2005 et 2009) et Loucif et al.,(2009). Dans le lac Tonga, *A. crassus* est présent toute l'année, mais, en revanche, en milieu lagunaire sa présence est limitée à huit mois sur douze (Ladjama, 2010). Cet auteur signale des prévalences de 40% chez les anguilles du lac Tonga et seulement 5% chez celles de la lagune El Mellah. Les valeurs de la prévalence relevées dans le lac Oubeira sont plus élevées que celles rapportées dans le lac Tonga (Ladjama, 2010); mais, en revanche, celles notées dans l'estuaire du Mafrag sont assez proches de celles signalées au Maroc dans l'estuaire Moulouya (Rahou et al., 2001) et dans l'estuaire du Sebou (Loukili et Belghyti, 2007) et en France, dans le Delta du Rhône (Lefebvre et al., 2002). En Tunisie, les valeurs rapportées par Gargouri Benabdallah et Maamouri (2006) sont en revanche légèrement plus élevées que celles notées dans la lagune El Mellah mais sont nettement plus faibles que celles enregistrées dans le Mafrag.

Des variations mensuelles de la prévalence sont rapportées dans de nombreux biotopes; Dans le lac Tonga, les prévalences mensuelles varient de 20% (en juillet) à 63% (en décembre) et sont comprises entre 0 et 13% dans la lagune (Ladjama, 2010). Dans l'estuaire Moulouya, Rahou et al. (2001) signalent 0% (en août) et 70% (en avril) ; dans les lagunes tunisiennes, Gargouri Ben Abdallah et Maamouri, (2006) notent 4,35% (en juillet) et 35% (en mars); dans le delta du Rhône, Lefebvre et al. (2002) enregistrent 40% (en octobre) et 72% (en juin). Cette variation mensuelle des indices parasitologiques serait liée aux fluctuations de la température; cette dernière aurait une influence aussi bien sur le développement larvaire du ver nématode dans l'eau et dans l'hôte intermédiaire (Petter et al., 1989; de Charleroy et al., 1989) que sur les anguilles fortement infestées (Lefebvre et al., 2002).

Les valeurs de l'intensité d'infestation de l'anguille, par *A. crassus*, varient de 2,7 (en juin) à 9,7 (en janvier) dans l'Oubeira, et de 1,7 (en mai) à 7,37 (en novembre) dans le Mafrag; L'anguille de l'Oubeira héberge plus de 7 vers ($I = 7,9$) en hiver et au printemps, plus de 5 vers (5,2) en automne et seulement 3 vers en été. Dans le Mafrag, C'est en période

automnale que l'intensité moyenne d'infestation est la plus élevée ($I = 4,9$) et en période printanière qu'elle est la plus basse ($I = 2,7$). Les valeurs de l'intensité relevées en hiver et en été sont de l'ordre de 3,4 et 3,7 respectivement. Les valeurs de l'abondance d'*A. crassus* suivent la même évolution que celles de l'intensité ; dans l'Oubeira, les valeurs les plus basses ($A=1,1$) sont obtenues en été et les plus élevées ($A>5$) en hiver et au printemps ; mais en revanche, dans le Mafrag, *A. crassus* enregistre la valeur la plus basse ($A=1,1$) au printemps et la plus élevée ($A=2,6$) en automne. Les valeurs relevées dans l'Oubeira sont proches de celles rapportées dans le lac Tonga (Ladjama, 2010), les valeurs de l'intensité d'infestation des anguilles par *A. crassus* varient de 2,4 (en septembre) à 8,7 (en juillet) ; mais, en revanche, dans la lagune El Mellah, ces valeurs varient de 0 à 2 ; c'est, par ailleurs dans le Delta du Rhône que l'amplitude de variation la plus élevée et la plus proche de la notre est notée (1,5 à 7,7 vers/poisson infesté). Nos valeurs sont nettement plus élevées que celles rapportées par Gargouri Ben Abdallah et Maamouri (2006) dans les lagunes du nord-est de la Tunisie (de 1 à 1,5 vers/poisson infesté) et par El-Hilali et al. (2004-2005) dans l'estuaire du Sebou au Maroc (0,31 à 1,12 vers/poisson infesté). Dans ce même site, Loukili et Belghyti (2007) trouvent des valeurs de l'intensité d'infestation légèrement plus élevées que celles de 2004 (2,91 à 4 vers/poisson infesté) et similaires à celles enregistrées, dans la présente étude, dans l'estuaire du Mafrag.

Les prévalences saisonnières d'*A. crassus*, dans l'Oubeira, dépassent généralement 60% à l'exception de la période estivale où moins de 40% des effectifs sont infestés, alors que dans le Mafrag les valeurs sont proches de 50% durant l'ensemble des saisons et légèrement basse en automne où elles atteignent 44%. L'enregistrement en période hivernale et printanière de valeurs moyennes, de l'intensité et de l'abondance, élevées est conforté par les données obtenues dans des biotopes similaires au Maroc (Rahou et al., 2001), en Tunisie (Gargouri Ben Abdallah et Maamouri, 2006) et en France (Levebvre et al., 2002).

Chez les anguilles de l'Oubeira, *A. crassus* enregistre les prévalences les plus basses chez les anguilles de petite taille et les plus élevées chez celles de grande taille ; mais dans le Mafrag, ce ver nématode enregistre sa prévalence maximale chez les anguilles de petite taille. En ce qui concerne les charges parasitaires, elles augmentent de manière progressive avec l'augmentation de la taille de l'anguille aussi bien dans l'Oubeira que dans le Mafrag.

Les indices épidémiologiques (prévalence, intensité moyenne et abondance moyenne) du parasite *A. crassus* varient en fonction de plusieurs facteurs biotiques et abiotiques.

Certaines études ont mis en évidence une diminution de l'intensité du parasite avec l'augmentation de la taille des anguilles (Loukili & Belghyti, 2007). Ce phénomène peut

s'expliquer par le régime alimentaire des jeunes anguilles qui consomment plus d'hôtes intermédiaires comparativement aux grandes anguilles qui se nourrissent de petits poissons et crabes. Au contraire, Lefebvre et al. (2002a) trouvent une corrélation positive entre la taille de l'anguille et l'intensité et l'abondance du parasite, mais pas avec sa prévalence. Nos résultats relatifs à l'estuaire du Mafrag sont en accord avec ceux rapportés par Lefebvre et al., (2002a). Gargouri Ben Abdallah & Maamouri (2006) notent les plus fortes prévalences chez les individus de petites tailles (20-25cm) (corrélation négative), mais l'inverse pour les intensités, les valeurs les plus fortes étant relevées chez les grands individus (Corrélation positive). Cette relation pourrait venir d'une exposition de l'hôte plus longue en milieu parasité, une surface à infester plus grande ou une consommation plus grande compte tenu de sa taille.

Le régime alimentaire joue certainement un rôle aussi pour expliquer la relation en cloche de l'abondance du parasite en fonction de la taille de l'hôte. En effet, les jeunes anguilles se nourrissent d'abord de crustacés puis deviennent de plus en plus piscivores. Le taux plus faible d'infestation sur des anguilles de grandes tailles peut indiquer, selon Blanc (1998), soit une diminution parallèle du taux d'infestation des hôtes paraténiques, soit l'acquisition d'une résistance au parasite. Benajiba et al., (1994) rapportent qu'une infestation plus grande (3 parasites) serait à corréler avec la phase intense d'alimentation de l'hôte. Les variations saisonnières des indices épidémiologiques seraient en relation avec les variations saisonnières de la température et l'alimentation; les explications proposées par Gargouri Ben Abdallah & Maamouri (2006), sont : en premier, les changements de températures, car les basses et hautes températures empêchent le développement du cycle parasitaire en rendant impossible le développement de la larve dans l'hôte intermédiaire copépode ; par ailleurs, l'anguille arrête de se nourrir en été lorsque la température est supérieure à 30°C et en hiver quand elle baisse à moins de 10°C; ce qui selon Lecomte-Finiger, (1983) limiterait l'arrivée des stades infestants et enfin le changement de proies.

Le développement du nématode *A. crassus* est dépendant de la température en milieu expérimental. A basse température (4°C), le développement larvaire se fait plus lentement, et les adultes, eux, sont sévèrement touchés avec une mortalité accrue et une baisse de la croissance et de la reproduction (Knopf et al.,1998). Un suivi de 4 ans en Camargue montre des variations saisonnières avec des pics réguliers au début de l'été et à la fin de l'hiver ; Il montre également qu'il n'y a pas d'influence de la localisation de l'échantillon et que l'importance de l'année semble secondaire (Lefebvre et al., 2002a).

Selon Kirk et al., (2000a), les niveaux d'infestation diminuent avec l'augmentation de la salinité. D'après Kennedy & Fitch, (1990), même en eau de mer, l'éclosion des oeufs des

parasites montre une baisse mais n'est pas totalement inhibée. Lefebvre et al. (2003) mettent en évidence une relation négative entre les indices parasitaires (prévalence, intensité moyenne et abondance moyenne) des anguilles argentées et la salinité (prévalence de 52% en eau saumâtre à 77% en eau douce). Sauvaget et al., (2003) rapportent, dans le sud de la Bretagne, des prévalences élevées chez les anguilles vivant dans des milieux peu salés (plus de 90%) comparées à celles vivant dans des conditions estuariennes (à peine 15%). La même tendance est observée dans 4 lagunes de Tunisie par Gargouri Ben Abdallah & Maamouri, (2006).

L'augmentation du parasitisme par *A. crassus* chez l'anguille s'expliquerait par la simplicité du cycle évolutif de ce parasite et par son adaptabilité à un grand nombre d'hôtes intermédiaires. Selon Kirk (2003), l'accumulation de larves chez l'hôte paraténique serait en faveur de l'augmentation rapide des valeurs épidémiologiques. Les niveaux élevés de l'infestation s'expliqueraient par l'absence de mécanismes de défense de l'anguille vis-à-vis de ce parasite allochtone. L'étude de l'évolution des larves d'*A. crassus* chez l'anguille japonaise et l'anguille européenne a montré que 60% des larves récoltées chez *A. japonica* étaient retrouvées mortes, encapsulées dans la paroi de la vessie gazeuse, mais, en revanche, aucune larve n'était morte chez *A. anguilla*. Il a été par ailleurs démontré que le développement des vers était significativement lent chez *A. japonica* comparé à celui noté chez *A. anguilla* (Knopf et Mahnke, 2004).

- ***Bothriocephalus claviceps***

L'espèce *Bothriocephalus claviceps* est rencontrée chez les anguilles de l'Oubeira seulement 9 mois sur douze à des prévalences ne dépassant pas 10% ; Dans le Mafrag, ce cestode parasite infeste les anguilles durant toute l'année atteignant des prévalences de plus de 34% en période estivale. La valeur de l'intensité d'infestation la plus élevée (I=1,3) est relevée en période hivernale dans l'Oubeira et en période printanière et estivale (respectivement 2,5 et 2,1) dans le Mafrag. Ce cestode est abondant en été (0,7) et très peu abondant (0,11) en hiver chez les anguilles de l'estuaire. Dans le lac Tonga, Ladjama (2010) rapporte que l'espèce *Bothriocephalus sp* infeste de 30 à 60% des effectifs en hiver et au printemps respectivement; mais touche moins de 20% des anguilles capturées en période estivale et automnale ; ce même auteur, signale, dans la lagune El Mellah, la présence de ce cestode qu'en octobre ou il n'infeste pas plus de 3,33% des effectifs d'anguille. Maillo et al. (2005) rapportent, en Espagne, que parmi les 3 lagunes étudiées, *Bothriocephalus claviceps* n'est présent qu'à 1,4% dans une seule d'entre elles (Encanyissada). Dans les lagunes

adriatiques, Di Cave et *al.* (2001) relèvent 9,1% d'infestation, alors qu'un taux d'infestation de 20% est rapporté par Caillot et *al.* (1999) en Corse. Des prévalences et des intensités plus élevées ont été rapportées dans la péninsule Ibérique (Saraiva et Eiras, 1996 ; Maillo et *al.*, 2001). La présence de ce cestode a été également signalée dans les eaux douces de plusieurs continents (Borgsteede et *al.*, 1999).

Dans le Mafrag, les prévalences *Bothriocephalus claviceps* augmentent progressivement avec l'augmentation de la taille de l'anguille ; ce cestode enregistre une intensité d'infestation de plus de 2 vers/anguille infestée et une abondance de plus de 0,3 ver/individu examiné. Dans l'Oubeira, *B. claviceps* enregistre une prévalence de 30 à 45%, une intensité d'infestation maximale (2,5) chez les anguilles de grande taille et une abondance qui fluctue de 0,4 à 0,7 ver/individu examiné.

- ***Paraquimperia tenerrima***

L'espèce *Paraquimperia tenerrima* est hébergée par les anguilles des deux plans d'eau pendant seulement six mois de l'année. Ce parasite montre des prévalences faibles (moins de 3,33% et 7% dans l'Oubeira et dans le Mafrag) sauf en novembre, dans le Mafrag où 30% des anguilles sont atteintes. Ce parasite montre une intensité d'infestation de l'ordre de 1 à 2 ver/poisson infesté dans l'Oubeira et 1 à 2,5 ver par anguille infestée dans le Mafrag. En ce qui concerne l'abondance, elle n'excède pas 0,03 et 0,5 parasite/poisson examiné respectivement dans l'Oubeira et le Mafrag.

L'espèce *Paraquimperia tenerrima*, infeste moins de 6% des effectifs d'anguilles de grande taille dans l'Oubeira, et jusqu'à 11% des anguilles de taille moyenne dans le Mafrag. Les valeurs maximales de l'intensité d'infestation ($I=1,25$) sont relevées dans l'Oubeira et celles de l'abondance ($I=0,26$) chez les anguilles du Mafrag.

Au Portugal, les taux d'infestation par *Paraquimperia tenerrima* sont de l'ordre de 10 à 20% (Saraiva et al, 2005). En Espagne, Aguilar et al, (2005) signalent des prévalence de ce parasite de l'ordre de 35%. En Afrique du sud, le parasite *Paraquimperia tenerrima* enregistre des valeurs de la prévalence pouvant atteindre 66% et une intensité moyenne d'infestation de l'ordre de 4 vers/anguille infestée.

- ***Cucullanus sp.***

Chez les anguilles des deux plans d'eau, l'espèce *Cucullanus sp.* est rencontrée 8 mois sur douze à des prévalences n'excédant pas 6,66%. ; Dans le Mafrag, des pics de plus de 20% sont toutefois notés en février et mars. Dans l'Oubeira, les anguilles infestées par *Cucullanus sp.* n'hébergent pas plus d'un ver mais en revanche dans le Mafrag ces dernières en hébergent

jusqu'à 5,1. Les valeurs de l'abondance sont plus élevées dans le Mafrag (entre 0,03 et 1,2) que dans l'Oubeira (0,3 à 0,6).

Ladjama (2010) signale l'absence de l'espèce *Cucullanus sp.* chez les anguilles de la lagune El Mellah; ce parasite n'est rencontré que dans le tube digestif d'une seule anguille du lac Tonga au mois d'avril (P=0.3%). En Espagne Aguilar et al. (2005) signalent la présence de l'espèce *Cucullanus heterochrous*, à des taux d'infestation compris entre 9,29% et 17% et des intensités moyennes d'infestation variant de 3,30 à 4,32 parasites/poisson infesté. Koie (2000), a retrouvé l'espèce *Cucullanus cirratus* dans les caecums pyloriques et l'intestin de morues franches

- *Pseudoterranova decipiens*

L'espèce *Pseudoterranova decipiens* est rencontrée, durant toute l'année, chez seulement les anguilles de l'Oubeira. Ce parasite infeste de 23 à plus de 76% des effectifs d'anguilles. Les valeurs de l'intensité d'infestation varient de 1 à 2,25 et celles de l'abondance sont comprises entre 0,2 et 1,2. *Pseudoterranova decipiens* enregistre la valeur, des charges parasitaires, la plus faible en été et la plus élevée en automne.

C'est seulement dans l'Oubeira, que l'espèce *Pseudoterranova decipiens* est rencontrée ; les indices parasitaires relevés par ce parasite montrent une augmentation progressive en fonction de l'augmentation de la taille. En Italie, Costa et al, (2003) signalent une infestation par *Anisakis* de 69% avec une intensité de 2,6 vers. Dans l'Atlantique, Adela et al, (2006) notent des indices (P=87,97% et I=4,69) plus élevés que ceux relevés en Méditerranée (P=4&,27% et I = 1,73). Au Brésil, *Pseudoterranova decipiens* infeste 5,4% des effectifs avec une intensité de 1,25 (Marcelo et al, 2007).

En juin 2006 l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments, signalent chez les poissons commercialisés des taux d'infestation par *Anisakis sp* de l'ordre de, 80% pour les anchois, 30% pour les maquereaux, 70% pour les merlans, 90% pour les merlus et 60% pour les chinchards.

- *Echinorhynchus sp*

Un seul spécimen de l'espèce *Echinorhynchus sp.* a été récolté en novembre chez une anguille de l'Oubeira Dans le Mafrag, l'espèce *Echinorhynchus sp.* est présente chez les anguilles de 4 classes de taille (taille inférieure à 44 cm) à des taux d'infestation n'excédant pas 6%. Ce sont les anguilles de la classe de taille [309-369[qui enregistrent les valeurs maximales de l'intensité d'infestation et de l'abondance (respectivement 9 et 0,54).

Durant l'année 2007, le parasite *Echinorhynchus sp.* est récolté de l'intestin de l'anguille du Mafrag seulement au mois de mars avec une prévalence de 10%. En 1974, Kennedy a signalé 7 espèces d'acanthocéphales chez les poissons d'eau douce des îles britanniques. Une autre espèce d'acanthocéphale *Echinorhynchus borealis* a été également citée par Borgsteede (1999) dans les pays bas avec un taux d'infestation de 0,3%. Au Nord de la mer baltique Wayland et al. (2004) ont signalé la présence de l'espèce *E. salmonis* chez *Coregonus lavaretus* L. et *Osmerus eperlaus* (L.).

✚ Indices épidémiologiques des ectoparasites

○ *Pseudodactylogyrus sp.*

Les parasites du genre *Pseudodactylogyrus* sont des monogènes rencontrés dans les branchies de l'anguille européenne; Selon Buchmann, (1993), ces parasites ont été introduits vers 1977 à partir de foyers asiatiques mal précisés. Les deux espèces exotiques invasives *P. anguilla* et *P. bini* semblent être responsables de l'extinction du parasite natif et endémique *Gyrodactylus anguilla* (Ogawa et Ergusa, 1976 in Vigier, 1997). Ce phénomène a été répertorié dans le Tibre, en Italie, ainsi que dans la rivière Culm et les marais de Exminster en Angleterre (Kennedy et Di Cave, 1998a; Kennedy et al., 1998b). Selon Ogawa et Ergusa, (1976) *Pseudodactylogyrus anguilla* et *bini* peuvent entraîner des troubles respiratoires graves, particulièrement lorsque les conditions du milieu se dégradent (hausse des températures en été et eutrophisation).

Les taux d'infestation des anguilles du Mafrag varient généralement entre 80 et 96%. Des prévalences similaires sont rapportées par Maillo et al. (2005) en Espagne ; ces auteurs notent des prévalences de 38,9 à 100% chez l'espèce *Pseudodactylogyrus anguilla* ; en revanche, Fazio et al. (2005) enregistrent, chez les anguilles des Pyrénées-Orientales (France) de très faibles taux d'infestation (1,25%).

Nos données montrent que c'est durant les mois de juin à novembre, période pendant laquelle la température est élevée, que les valeurs de l'intensité moyenne d'infestation et de l'abondance sont les plus élevées ; nous notons, en effet, dans les branchies des anguilles du Mafrag, entre 89 et 200 spécimens/anguille infestée et entre 65 à 193 spécimens/anguille examinée. Mais, en revanche, durant la période où la température moyenne est proche de 15°C (de décembre à mai), les charges en *Pseudodactylogyrus* ne dépassent pas 48

spécimens/anguille infestée et moins de 42 spécimens/anguille examinée. Nos résultats sont en accord avec ceux décrits par Nie et Kennedy (1991) en Angleterre qui signalent, en période estivale, les valeurs les plus élevées des taux d'infestation et de l'abondance. Cette recrudescence de *Pseudodactylogyrus* durant les périodes chaudes de l'année a aussi été rapportée chez l'anguille japonaise *Anguilla japonica*, qui, soumise à de fortes températures, a été fortement infestée par *Pseudodactylogyrus bini* (Kikuchi, 1929) et *Pseudodactylogyrus anguilla* (Yin et Sproston, 1948). Selon Buchmann (1988), la période d'éclosion et la quantité des œufs produits de *Pseudodactylogyrus bini* sont influencées par la température ; cet auteur note que les œufs de cette espèce éclosent entre 20°C et 34°C, (la température optimale étant de 30°C).

Notre analyse statistique montre l'existence d'une corrélation positive entre le nombre de spécimens de l'espèce *Pseudodactylogyrus sp.* et le poids et la taille des anguilles du Mafrag. Ceci serait en relation avec l'occupation de la niche écologique par les parasites qui trouvent une plus grande surface chez les hôtes de grande taille. En Afrique occidentale, Guégan et *al.* (1992) montrent que la taille des Cyprinidae explique 77% de la variation du nombre d'espèces de monogènes branchiaux Dactylogyridae par espèce d'hôte; Ces auteurs notent que les petites espèces de poissons n'abritent aucun monogène, alors que la plus grande arrive à abriter jusqu'à 13 spécimens, les autres se situant dans l'intervalle.

Au cours du premier semestre de notre étude, nous avons noté des taux d'infestation par *Pseudodactylogyrus* élevés pour des valeurs moyennes de l'oxygène dissous de 7,42 mg/l. Selon certains auteurs, lorsque la teneur en oxygène dissous est faible, les taux de cortisol et de catécholamine augmentent dans le plasma du poisson engendrant ainsi une immunodépression (Kakuta et Murachi, 1992 ; Sorensen et Weber, 1995) qui serait à l'origine de l'augmentation de l'infestation par les parasites de ce genre. Ceci pourrait être corroboré par les données de Mazzini et *al.* (1998) qui rapportent que la concentration en immunoglobuline du sérum du bar pourrait être influencée non seulement par l'âge des poissons mais également par le niveau de l'oxygénation. Saroglia et *al.* (1998) notent que pour s'adapter à une hyper-oxygénation, le bar réduisait sa surface respiratoire et donc la fraction habitable par les parasites ce qui cause une diminution du parasitisme.

- *Ergasilus sp*

Ergasilus sp. est un parasite des branchies ; selon Koie (1988a), il est responsable de destruction du tissu branchial et d'altération plus ou moins grave des fonctions de respiration et d'osmorégulation, en particulier dans les conditions de stress.

Ergasilus sp. enregistre chez l'anguille européenne pêchée dans l'estuaire du Mafrag, des taux d'infestation qui ne dépassent pas 34%; quand à l'intensité moyenne d'infestation, elle varie de 0 à 6 spécimens/anguille infestée et l'abondance ne dépasse pas 2 parasites/poisson examiné respectivement.

En Espagne, Aguilar et *al.* (2005) rapportent la présence de l'espèce *Ergasilus gibus* chez l'anguille européenne *Anguilla anguilla* à des taux d'infestation et des intensités moyennes d'infestation très faibles variant de 1,55% à 3,5% et de 1,29 à 7,4 parasites/poisson infesté respectivement. Toujours en Espagne, Maillo et *al.* (2005) rapportent une prévalence et une abondance de 7,7% et de 0,59 parasites/poisson examiné respectivement pour la même espèce.

En Algérie, Ramdane (2009) signale la présence de l'espèce *Ergasilus lizae* sur les branchies de *Mugil chelon* et *Mugil cephalus* capturés à l'embouchure de l'oued Soummam; Cette espèce parasite présente une prévalence et une intensité moyenne d'infestation assez faibles (2% et 1 copépode/poisson infesté respectivement) ; l'auteur signale par ailleurs qu'elle est nouvelle dans la parasito-faune de la côte algérienne.

2-Régime alimentaire

Durant le premier cycle d'étude, les anguilles du Mafrag montrent un coefficient de vacuité moyen égal à 58,89%. Nous avons aussi remarqué que l'anguille de l'estuaire du Mafrag présente un comportement trophique vorace en hiver (CV=40%) alors que cette activité diminue en été (CV=80%). Durant le second cycle, les anguilles de l'estuaire présentent un coefficient de vacuité moyen qui dépasse 63%. L'évaluation de la valeur mensuelle de ce coefficient montre, à l'exception des mois d'août et septembre où sont relevés respectivement 26 et 13%, que les valeurs notées durant les autres mois varient entre 47 et 100%. Des valeurs du coefficient de vacuité inférieures à 40% sont notées chez les anguilles de petite taille (CV = 39,11%) et celles de très grande taille (CV = 35%).

Dans le lac Oubeira, le coefficient de vacuité moyen enregistré est de l'ordre de 90%. Nous notons, par ailleurs, que les valeurs mensuelles des coefficients de vacuités fluctuent entre 80% en décembre et 96,66% en mai ; les valeurs de plus de 93% étant relevées au printemps et en été.

L'analyse qualitative du contenu du tube digestif de l'anguille du Mafrag durant les deux cycles d'étude, par l'évaluation de la fréquence d'apparition des proies montre une nette préférence pour, d'abord, les poissons (avec plus de 38% et 35% respectivement durant le premier et le second cycle), puis les crustacés et les insectes. Le contenu du tube digestif des anguilles de l'Oubeira comprend une forte proportion de poissons (46%) et d'aliments digérés (37%) ; la proportion d'insectes et de crustacés représente à peine 17%

L'alimentation de l'anguille dépend de son stade d'évolution. C'est un prédateur au régime alimentaire varié. Selon Lecomte-Finiger (1983), l'anguille sélectionne ses proies d'après leur accessibilité et son comportement nutritionnel s'adapte aux disponibilités du milieu. En eau douce, ses proies sont constituées principalement de larves d'insectes, de crustacés, de poissons mais également de rongeurs chez les individus de grande taille. En mer, l'anguille se nourrit de petits poissons et de crustacés. Au cours de leur migration vers la mer des Sargasses, les adultes ne s'alimentent pas et vivent des réserves accumulées pendant le stade d'anguille jaune.

3-Biométrie

Morphométrie

-Taille

Les résultats des distributions de la longueur totale des anguilles capturées dans les deux sites montrent une assez grande dispersion des tailles tout au long des cycles d'étude. Dans le Mafrag, les échantillons d'anguilles étudiées durant les deux cycles sont surtout constitués de spécimens de moyenne à grande taille; mais dans l'Oubeira, la population étudiée est surtout constituée d'anguilles de grande taille (plus de 50% de effectifs dépassent 66cm)

Dans le Mafrag, la taille moyenne de l'anguille est de l'ordre de $46,08 \pm 8,44$ cm et $39,13 \pm 8,32$ cm respectivement le premier et le second cycle. La modélisation de la croissance linéaire (Modèle de Von Bertalanffy) montre que la longueur asymptotique est inférieure à la longueur observée chez les deux populations d'anguilles (plus de 68cm pour le premier cycle et plus de 65cm pour le second) ; Les anguilles de l'estuaire du Mafrag ont des tailles plus

grandes que celles calculées. La taille moyenne de l'anguille de l'Oubeira est de l'ordre de $62,66 \pm 8,74$ cm; la modélisation de la croissance linéaire (selon le modèle de Von Bertalanffy) montre que la longueur asymptotique est légèrement inférieure à la longueur observée chez la population d'anguille (86,22 cm).

Les performances de croissance des anguilles (tab. 17) de l'estuaire du Mafrag (second cycle) lors des trois premières années (tailles respectives atteintes 253, 314 et 363mm) sont supérieures à celles des anguilles de l'estuaire de Vilaine (ou les tailles respectives atteintes sont 126, 198 et 243 mm) et celles de l'estuaire espagnol (tailles respectives atteintes 156, 308 et 390mm). Dans l'Oubeira, les tailles atteintes par les anguilles sont supérieures à celles rapportées dans le lac Polonais; nous notons dans l'Oubeira des tailles de 455, 488 et 535mm respectivement à 3, 4 et 5 ans d'âge alors qu'en Pologne, les tailles respectives atteintes sont 222, 268 et 306mm.

Meunier (1994) constate, en comparant les valeurs moyennes des tailles par classe d'âge des anguilles du Rhin à celles d'autres habitats d'Europe, que les performances de croissance de l'anguille dans la portion alsacienne du Rhin sont, dans l'ensemble, supérieures à celles de rivières et/ou lacs plus nordiques de Norvège, du Danemark, de Pologne ou d'Angleterre, mais elles sont, en revanche, inférieures à celles de pays situés plus au sud comme le Portugal et l'Espagne. Les différences de croissance observées entre ces différents milieux montrent un effet latitude.

La comparaison des valeurs de l'indice de performance de la croissance des populations d'anguilles de la région nord avec celle du sud fait apparaître que les populations du sud croissent plus vite que celles du nord ; chez les femelles, l'indice enregistré est de l'ordre de 2,42 en Irlande (Poole et Reynolds, 1996), 3,25 en Sardaigne (Rossi et al., 1988) et 3,32 en Turquie (Yalçın-Özdilek et al., 2006). Dans la présente étude les indices de performance enregistrés sont de l'ordre de 3,21, pour les populations d'anguilles de l'Oubeira, et 3,12 et 3,01 respectivement pour les populations d'anguilles du Mafrag du premier et du second cycle. Les valeurs des indices de performance de croissance des anguilles de nos deux plans d'eau sont proches de celles rapportées chez les femelles d'anguilles de Sardaigne (Rossi et al., (1988).

La variabilité de la croissance en milieu naturel est donc importante; elle a été soulignée dans plusieurs études (Vollestad, 1989, 1992 ; Fontenelle, 1991; Panfili *et al.*, 1994). Les différences de croissance peuvent aussi être très marquées entre les individus d'un même milieu (Panfili *et al.*, 1994). Selon Fernandez-Delgado *et al.*, (1989) ces différences de

croissance peuvent avoir des origines variées telle que la température moyenne de l'eau mais aussi les spectres alimentaires, les particularités de l'habitat.

L'accroissement annuel moyen des anguilles de l'Oubeira lors des 3èmes, 4èmes et 5èmes années est de 24 mm à 47 mm/an ; dans l'estuaire du Mafrag, durant le premier cycle, l'accroissement annuel moyen des anguilles lors des 2èmes, 3èmes et 4èmes années est de 30mm à 63 mm/an ; en revanche, durant le second cycle, l'accroissement annuel moyen lors des 1ères, 2èmes et 3èmes années varie de 11mm à 61 mm. En Camargue, Panfili et al (1994) notent un accroissement annuel moyen des anguilles lors des 2ème, 3ème et 4ème années de l'ordre de 50 à 75 mm/an.

Il est généralement rapporté que les individus qui grandissent dans les eaux dulçaquicoles présentent un retard en taille par rapport à ceux qui fréquentent les sites proches de la mer, et cette différence sera ensuite accentuée par des taux de croissance plus faibles en eau douce. Les croissances dans les eaux saumâtres méditerranéennes semblent meilleures que partout ailleurs, jusqu'à 15,2 cm (Fernandez-Delgado *et al.*, (1989), 14,5 cm (Rossi et Villani, 1980), et 9,0 cm (Panfili, 1994) entre la première et la deuxième année; ensuite les accroissements annuels sont variables avec une tendance à la diminution vers les classes âgées. Dans les milieux dulçaquicoles, il est cependant noté des croissances importantes dans des régions pourtant septentrionales (Vollestad et Jonsson, 1988 ; Nagiec et Bahnsawy, 1990). Une étude comparative, avec un même outil de lecture d'âge, de deux populations d'anguilles, saumâtre et dulçaquicole provenant de deux régions méditerranéennes proches, a montré que la différence se fait surtout dès la première année et qu'ensuite les taux de croissance sont comparables (Panfili, 1994). Ces différences auraient pour origine les périodes d'arrivée des civelles dans les biotopes, la disponibilité, la qualité et la quantité de nourriture et à son turnover (les lagunes sont considérées comme des milieux riches ou viennent se reproduire de nombreuses espèces) ainsi qu'à la compétition interspécifique.

Tableau 17 : Tailles annuelles moyennes (en mm) atteintes par les anguilles dans différents milieux (valeurs observées ou rétrocalculées*). 1 : Nagiec et Bahnsawy, 1990 ; 3 : Mounaix, 1992 ; 4 : Fernandez-Delgado et al., 1989 2 et 5 : présent travail ; 6 : Meunier, 1994.

Age	1 Lac Pologne	2 Présente étude (Lac Oubeira)		3 Estuaire Vilaine	4 Estuaire Espagne	5 Présente étude (Estuaire du Mafrag)				6 Rhin moyen
						1 ^{er} cycle		2 ^{ème} cycle		
1	135*		323*	126	156*		252*	253	223*	168
2	183*		373*	198	308*	301	340*	314	260*	195
3	222*	455	428*	243	390*	364	386*	363	327*	281
4	268*	488	465*	302	450*	396	440*	374	386*	307
5	306*	535	505*	464	504*	426	482*	378	434*	346
6	346*	559	558*	619	541*	470	527*	415	485*	
7	382*	580	649*			536	566*	410	513*	
8	418*	632	700*			550	610*	435	556*	
9	459*	655	744*			560	656*	478	616*	
10	496*	635	787*			586	690*	494		
11		649	860*			635		471		
12		685				668		453		
13		709				680		570		
14		649								
15		631								
16		754								
17		566								
18		509								

- **Poids**

Dans l'Oubeira, environ 40% des effectifs d'anguilles pèsent 600g et plus. Le poids moyen varie en fonction du temps; les poids moyens les plus faibles sont enregistrés en été ; L'amplitude des fluctuations du poids moyen notée au printemps et en automne est la plus élevée. Le poids frais moyen est de l'ordre de $483,16 \pm 130,92$ g.

Dans les échantillons d'anguilles du Mafrag il est noté une nette prédominance des individus de petit poids durant les deux cycles d'étude; les proportions d'anguilles ayant un poids inférieur à 200g sont 88,6% et 67% respectivement durant le premier et le second cycle. Le poids frais moyen de la population du premier cycle est de l'ordre de $178,7 \pm 84,92$ g et celui de la population du second cycle est de l'ordre de $119,51 \pm 54,56$ g.

Dans le Rhin moyen, Steinmann et Freyhof (1998) et Yahiaoui et al (2004) notent chez l'ensemble de la population d'anguilles échantillonnée une taille et un poids moyens de l'ordre de 40,4 cm et 136g. Au Maroc Yahiaoui (19991) signale dans le site méditerranéen marocain des valeurs supérieures ($L = 45,55$ cm et $W = 210,09$ g) à celles relevées dans l'estuaire du Mafrag durant le second cycle mais restent assez proches des valeurs notées durant le premier cycle.

- **Relation taille-poids**

Chez les anguilles de l'Oubeira, la relation liant le poids à la taille présente un coefficient de corrélation (r) élevé (0,93). Le coefficient d'allométrie est presque égale à 3 ($b = 2,99$) au seuil de 0,05, cela se traduit par une allométrie isométrique, donc le poids croît proportionnellement au cube de la longueur.

La relation liant le poids à la taille des anguilles du Mafrag présente des coefficients de corrélations (r) élevés (0,93 et 0,90 respectivement pour la population du premier et du second cycle). Durant le premier cycle, il est noté une allométrie majorante ($b = 3,11$ au seuil de 0,05) mettant en évidence une croissance des anguilles légèrement plus rapide en poids qu'en taille ; mais, en revanche, durant le second cycle, le coefficient d'allométrie (b) obtenu est égal à 3, ceci montre l'existence d'une allométrie isométrique et de ce fait le poids va croître proportionnellement au cube de la longueur.

Dans la zone méridionale de l'aire de répartition de l'anguille, Yahiaoui (1991), trouve une allométrie majorante avec des taux d'allométrie supérieurs à 3 ($b = 3,2$). En Irlande, la partie septentrionale de l'aire de répartition géographique de l'anguille, il est signalé des valeurs de « b » variant entre 3,3 et 3,5 (Moriarty, 1972); En Pologne, le taux d'allométrie noté par Bahnsawy (1989) est supérieur à 3; Ces résultats sont très proches de ceux que nous trouvons dans l'estuaire du Mafrag durant le premier cycle d'étude.

- **Coefficient de condition (Kc)**

L'indice Kc montre que la condition de l'anguille varie en fonction des mois dans l'ensemble des sites. Dans l'Oubeira, les valeurs maximales (0.18 g/m^3) sont enregistrées en période automnale ; mais en revanche, dans le Mafrag les valeurs maximales sont relevées en période hivernale et les minimales en période estivale. Nous notons, par ailleurs, que ce coefficient montre une faible évolution en fonction de la taille, du poids et même en fonction de l'âge des anguilles. Dans le Mafrag, le coefficient de condition est relativement élevé chez les anguilles de petites et de grande taille et chez celles de poids relativement élevé; par ailleurs, ce sont les anguilles les plus âgées qui enregistrent les valeurs les plus élevées du coefficient de condition.

Otolithométrie

- Dans l'ensemble des sites, la distribution des fréquences des diamètres observés des otolithes est unimodale pour les deux diamètres (D et d); Dans l'Oubeira, plus de 75% des otolithes ont un grand diamètre (D) qui dépasse 3mm et un petit diamètre (d) supérieur à 2mm ($D > 3\text{mm}$, $d > 2\text{mm}$). Dans le Mafrag, il est noté que plus de 80% des otolithes dépassent 2 mm et 1,2 mm respectivement dans leur grand (D) et leur petit (d) diamètre. Ces deux variables sont très dépendantes et montrent des coefficients de corrélation élevés dans le Mafrag ($r = 0,92$ et $0,87$ au seuil de $0,05$ respectivement pour les échantillons du premier et du second cycle) et relativement élevés dans l'Oubeira ($r = 0,85$ au seuil de $0,05$). Yahiaoui (1991) rapporte des valeurs de D de l'ordre de 2,95 mm et 2,45 mm chez les anguilles du Moulouya (partie méditerranéenne) et celles de l'estuaire du Sebou (Atlantique) respectivement. Dans le Rhin moyen, les valeurs de D et d sont de l'ordre de 2,29 mm et 1,85 mm respectivement (Yahiaoui et al, 2004)

- Les dimensions de l'otolithe évoluent parallèlement à la croissance de l'individu. Les intervalles de variations des moyennes de (D) et de (d) au sein de chaque classe de taille, sont très faibles, ce qui montre que la croissance de l'otolithe suit intimement la croissance en longueur de l'anguille. Dans le Mafrag, ces deux paramètres (D et d) sont positivement corrélés à la longueur totale ($r = 0,90$ et $0,74$ pour (D) et de $0,89$ et $0,70$ pour (d) au seuil de $(0,05)$ respectivement durant le premier et le second cycle. Cependant, dans l'Oubeira ces deux paramètres (D et d) ne sont pas corrélés à la longueur totale car les valeurs du coefficient de corrélation (r), au seuil de $(0,05)$, sont de l'ordre $0,44$ pour (D) et de $0,36$ pour (d).

- Dans l'Oubeira, les effectifs d'anguilles échantillonnées comprennent des spécimens âgés de 3 à 18 ans; les plus fortes proportions d'anguilles (environ 60%) sont âgées de 7 à 10 ans L'âge moyen est de l'ordre de $9,26 \pm 2,74$ ans. Dans le Mafrag, les échantillons étudiés sont constitués d'anguilles de 1 à 13 ans; mais ce sont toutefois, les anguilles âgées de 4 à 7ans qui représentent plus de 70 et 58% des effectifs d'anguilles échantillonnées respectivement durant le premier et le second cycle. L'âge moyen de la population pêchée est de l'ordre de $5,82 \pm 1,84\text{ans}$ et $5,94 \pm 2,14\text{ans}$ durant le premier et le second cycle respectivement.

L'âge moyen des anguilles de l'Oubeira (9,26 ans) est plus élevé que celui des anguilles du Mafrag (proche de 6 ans). L'âge moyen des anguilles de l'Oubeira est proche de celui noté dans le Rhin moyen (Yahiaoui, 2004). Dans deux étangs du Golfe du Lion, Mallawa (1987) signale des âges comparables à ceux de l'Oubeira. Au Maroc, les âges

moyens rapportés dans la Moulouya et dans le Sebou sont respectivement de l'ordre de 6,4 et 4,7 ans respectivement (Yahiaoui, 1991) ; les valeurs obtenues sont assez proches de celles notées dans l'estuaire du Mafrag. Des valeurs plus élevées que celles obtenues dans l'Oubeira sont rapportées par Nagiec et Bahnsawy (1990) dans deux lacs de Pologne (âge moyen 13,9 ans). Les anguilles, dans les régions septentrionales de leur aire de répartition sont généralement plus âgées que dans les régions méridionales ; à haute latitude (région nordique), le passage au stade anguille argentée s'effectue à des âges plus avancés et à des tailles plus grandes que dans les régions à basse latitude.

- Nos données montrent que les distributions des tailles et des poids au sein d'un même groupe d'âge, sont assez larges et que les différents groupes d'âge se recouvrent les uns les autres. Les anguilles d'un même âge, peuvent avoir donc des tailles et des poids très différents.

- Le diamètre de la sagittae augmente avec l'âge; Cependant, l'examen des intervalles de confiance des diamètres moyens (D et d) montre que les différents groupes d'âge se recouvrent très largement et de ce fait, les anguilles d'un même groupe d'âge peuvent avoir des otolithes de tailles différentes et les individus qui possèdent des sagittae de même diamètre peuvent avoir des âges différents. Nous notons, en effet, que la corrélation entre l'âge et les deux diamètres (D et d) est assez faible aussi bien dans le Mafrag (pour le premier cycle $r = 0,72$ et $0,71$ et pour le second $r = 0,69$ et $0,63$ au seuil de $(0,05)$ que dans l'Oubeira ($r = 0,57$ et $0,52$ au seuil de $(0,05)$ respectivement pour D et d). La croissance continue de l'otolithe diffère d'un individu à un autre.

L'évolution temporelle de l'apparition des zones de croissance des otolithes est en étroite relation avec l'évolution de certains paramètres physicochimiques du milieu telle que la température et la salinité qui selon Panfili (1993) jouent un rôle dans le cas de la lagune de Mauguio. Les températures optimales de croissance des anguilles en élevage sont de l'ordre de 22 à 26°C (Kuhlman, 1976, 1979; Sadler, 1979). En milieu méditerranéen la température de l'eau dépasse généralement 22°C de mai à septembre et sera donc considérée comme optimale pour la croissance; de ce fait, la période estivale sera synonyme de dépôts hyalins sur les otolithes, et durant la période où la température baisse en dessous de 22°C (printemps et automne), la calcification est modifiée et les zones opaques apparaissent ; en hiver des températures inférieures à 10°C apparaissent et les anguilles se nourrissent peu ou pas favorisant ainsi la mise en place de ligne d'arrêt de croissance (LAC chromophiles). La température agit certainement de manière indirecte en influençant d'une part la disponibilité

alimentaire et d'autre part le comportement alimentaire et l'activité des individus, en ayant une répercussion directe sur la croissance.

D'autre part, Vollestad (1989) a montré une corrélation bien marquée entre la taille moyenne des anguilles argentées et la distance à la Mer des Sargasses. Ce résultat appuie l'hypothèse de Vladykov (1966) selon laquelle, la taille et le poids augmentent avec la distance de l'aire de ponte du fait que les anguilles les plus éloignées auraient besoin de plus d'énergie pour atteindre l'aire de ponte. La même constatation est affirmée par Helfman et *al.* (1987) et plus récemment par Larsson et *al.* (1990).

4-Impact du parasite *Anguillicola crassus* sur son hôte

Chez l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*), l'anguillicolose est causée par un nématode hématophage (*Anguillicola crassus*) qui se localise dans la vessie gazeuse. Parasite naturel de l'anguille japonaise (*Anguilla japonica*) dans le sud-est asiatique (Japon, Chine jusqu'au Viêt-nam), l'*Anguillicola crassus*, nématode Dracunculoïde, a été introduit en Europe par la voie d'importation d'anguilles vivantes destinées aux repeuplements. Signalé pour la première fois en Italie par Paggi et *al.* (1982), ce parasite est actuellement présent dans presque toutes les populations européennes d'*Anguilla anguilla* (Moravec et Taraschewski, 1988; Moravec, 1992). L'anguille européenne, est plus sensible à cette infestation parasitaire et les effets pathogènes sont beaucoup plus graves et se traduisent par des troubles physiologiques et organiques sévères susceptibles de provoquer un dysfonctionnement grave de la vessie gazeuse (Boon et *al.*, 1990; Molnar, 1993; Molnar et *al.*, 1993), compromettant gravement les aptitudes migratrices de l'anguille argentée, bien que ces troubles ne se montrent pas dangereuses pendant la phase de vie continentale (Fontaine et *al.*, 1990).

✚ Anguillicolose et état de la vessie

Nous avons récolté 732 vers nématodes de l'espèce *Anguillicola crassus* à partir des vessies natatoires de 360 anguilles pêchées dans l'estuaire du Mafrag (en 2007), de longueurs comprises entre 24 et 74 cm.

Le nombre de larves du 2^{ème} stade a atteint une valeur maximale de 54 vers en juin où la température était de 24,8°C. Toutes les études montrent que les œufs des nématodes *Anguillicola crassus* contiennent des L2 et que l'éclosion des œufs dépend de la température. Kennedy et Fitch (1990) rapportent la présence d'une relation exponentielle entre la survie et l'infestation des parasites et le temps.

Il est, en effet, rapporté que le nématode *A. crassus* a une préférence pour les températures élevées et le cycle est perturbé au-dessous de certaines valeurs, c'est ce qui explique son absence dans la partie Nord du globe (Höglund et Thomas 1992; Thomas et Ollevier 1992, 1993; Knopf et al., 1998). Knopf et al. (1998) ont remarqué une mortalité élevée chez les adultes à 4°C. Le cycle du parasite est bouclé en 90 jours quand la température est favorable mais peut atteindre 4 mois dans certains cas (Höglund et al., 1992).

Le nombre de nématodes serait régi par un mécanisme d'autorégulation conditionné par des facteurs intrinsèques liés au parasite tels que: le nombre de femelles gravides par anguille infestée et le nombre d'œufs pondus par femelle; ainsi que, la mortalité des hôtes intermédiaires en fonction de l'augmentation du degré d'infestation chez ces hôtes et l'importance de l'effectif des hôtes définitifs. Ces différents facteurs contribuent à l'autorégulation du nombre de nématodes qui atteint un seuil maximal qui ne peut être dépassé. Ashworth (1994) montre que le degré d'infestation atteint une valeur asymptotique de 4 à 5 nématodes par anguille. Exception faite de deux études réalisées en Suède (Höglund et al., 1991) et en Hollande (Van Willigen et Dekker, 1989) où des degrés d'infestations assez élevés ont été rapportés.

Les vessies examinées durant cette étude montrent divers états allant de la transparence à l'opacité. Sur les 134 vessies considérées comme saines, c'est-à-dire dont la paroi est translucide (ou transparente), presque 60% n'abritent pas de vers et 44,03% en abritent. En ce qui concerne les vessies lésées, les vers sont rencontrés dans la lumière de la vessie de 125 spécimens (soit 55,31 %) et sont absents dans 101 cas (soit 44,69%). La présence de lésions de la paroi malgré l'absence de vers dans la lumière de la vessie révèle ainsi l'existence d'une infestation antérieure de l'organe. Beaucoup de travaux ont montré que l'impact du nématode *Aguillicola crassus* sur l'anguille européenne *Anguilla anguilla* est beaucoup plus grave que celui sur l'anguille japonaise *Anguilla japonica* (Moravec et Taraschewski, 1988 ; Kennedy et Fitch, 1990 ; Koie, 1991 ; Molnar et al., 1991 ; Knopf et Mahnke, 2004 ; Munderle et al., 2004). Des examens histologiques des anguilles européennes infestées par le ver nématode *Anguillicola crassus* ont mis en évidence la présence de réactions inflammatoires au niveau de la paroi de vessie natatoire (Haenen et al., 1989 ; Molnár et al., 1993 ; Molnár et al., 1994 ; Würtz et al., 1996 ; Würtz et Taraschewski 2000). L'étude expérimentale de Knopf et al. (2008) montre que les larves L3 déclenchent dans la

vessie natatoire infestée de l'anguille une réaction inflammatoire dans les 8 jours qui suivent son exposition aux parasites même si le poisson n'a jamais été infesté auparavant.

Les conséquences écologiques sont considérables en raison d'un amoindrissement des capacités de nage en profondeur (diminution des réserves énergétiques et surtout vessie gazeuse non fonctionnelle) ainsi que le redoutent de nombreux auteurs (Dekker et Van Willigen, 1988 ; Koie, 1988a ; Boetius, 1989 ; Boon et *al.*, 1990a). Une réduction de la vitesse de nage des anguilles infestées a été démontrée par Sprengel et Luchtenberg (1991). Ainsi, le retour des géniteurs sur les aires de ponte sargassiennes pourrait se trouver gravement compromis et, avec lui, l'existence même de l'espèce *Anguilla anguilla*.

Anguillicolose et croissance

Dans les deux plans d'eau, nos données montrent que la fluctuation du nombre de nématode dans chaque groupe d'âge est très large, il n'existe pas de corrélation entre l'âge de l'anguille et le nombre de parasite hébergé. Les anguilles de tout âge peuvent être saines ou parasitées par un, deux ou plusieurs nématodes, donc l'anguille la plus âgée n'héberge pas forcément un grand nombre de parasites et l'anguille la plus jeune n'est pas toujours saine. Chez les deux groupes les modalités de croissance (taille-poids) sont similaires et les anguilles aussi bien indemnes qu'infestées croissent d'une façon similaire. D'autre part, dans l'échantillon du Mafrag du second cycle, le coefficient d'allométrie montre des valeurs significativement inférieures et égales à 3 respectivement chez les anguilles parasitées et non parasitées; de ce fait, les anguilles saines croissent un peu plus vite que les anguilles parasitées.

Le taux de croissance absolue (G_x) pour les deux groupes d'anguilles (parasitées et non parasitées) décroît avec l'âge du poisson; les anguilles non parasitées capturées dans le Mafrag durant le premier et le second cycle présentent un taux de croissance supérieur à celui des anguilles parasitées. Yahiaoui et al (2004) note une corrélation négative entre la croissance marginale de l'otolithe et le nombre et le poids des parasites par anguille. Ces auteurs pensent que la croissance marginale de la sagittae paraît comme un paramètre plus précis pour l'évaluation de l'impact de l'anguillicolose sur la croissance de l'anguille du fait que la croissance de l'otolithe correspond à la reprise de croissance après le dernier arrêt hivernal.

Conclusion et Perspectives

Conclusion

Il ressort de cette étude :

- Que l'anguille abrite 8 espèces de parasites, en majorité des helminthes (7 sur les 8 recensés).
- Que la plus grande diversité en espèces est notée chez les anguilles du lac Oubeira qui abritent l'ensemble des parasites recensés (contre seulement 6 dans le Mafrag).
- Le monogène du genre *Pseudodactylogyrus* prédomine, il est présent chez plus de 82% des anguilles examinées du Mafrag et que le nombre de parasites est corrélé positivement avec le poids et la taille de son hôte
- Les taux d'infestation par le copépode *Ergasilus sp.* ne dépassent pas 34% ; ce parasite est présent dans les branchies à raison de 0 à 6 spécimens/anguille infestée et moins de 2 parasites/poisson examiné
- Que l'espèce *A. crassus* infeste plus de 50% des effectifs d'anguille dans les deux plans d'eau.
- Que les valeurs de l'intensité d'infestation les plus élevées sont enregistrées par *A. crassus* dans l'Oubeira ($I > 6$) et *Echinorhynchus sp.* dans le Mafrag ($I = 4$) ;
- Que les variations saisonnières des indices parasitologiques calculés semblent être liées à des paramètres abiotiques (température et salinité de l'eau) et biotiques (taille du poisson et comportement alimentaire) ;
- L'anguille du Mafrag s'alimente de poissons, de crustacés et d'insectes ; Pendant l'hiver, elle montre un comportement trophique vorace ($CV\% = 40\%$) ; Que l'anguille sélectionne ses proies d'après leur accessibilité et son comportement nutritionnel s'adapte aux disponibilités du milieu ;
- Chez l'anguille européenne, la variabilité de la croissance est observée à différents niveaux : structures de croissance sur les otolithes, rythmes de leur dépôt, morphométrie des otolithes, croissance somatique entre les milieux ou à l'intérieur d'un même milieu. Les études de l'âge et de la croissance de cette espèce ne seront donc pas aisées. La notion d'écotype oblige pratiquement à ne prendre en compte que la population étudiée, et à valider de façon rigoureuse les observations. Il est donc difficile de faire des comparaisons sur une grande échelle, les disparités de croissance étant très marquées et les méthodes utilisées souvent très différentes.

▪ Des signes d'infection passée sont relevés chez les anguilles du Mafrag du fait de la présence de lésions sans présence de vers dans la lumière de la vessie ; ceci pourrait compromettre sa migration vers l'aire de ponte.

▪ Que les anguilles non parasitées présentent un taux de croissance supérieur à celui des anguilles parasitées.

En perspectives, il serait intéressant :

- De reprendre des études similaires sur plusieurs cycles et dans divers biotopes;
- D'identifier les hôtes intermédiaires des espèces parasites rencontrées ;
- De rechercher les facteurs abiotiques et biotiques susceptibles d'avoir un impact sur le cycle évolutif des parasites ;
- D'évaluer l'impact de certaines espèces parasites sur l'hôte ;
- De rechercher les différentes associations parasitaires et d'évaluer leur impact sur la croissance de l'anguille ;
- En ce qui concerne l'anguillicolose, il serait important de réaliser des coupes histologiques sur la vessie natatoire et les viscères avoisinants (intestin, foie, etc...) afin de caractériser l'adhésion entre eux et évaluer de degré de l'infestation par le nématode *Anguillicola crassus*.
- D'élargir l'échantillonnage d'anguilles à des tailles plus petites

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

- Acou A., Lefebvre F., Contournet P., Poizat G., Panfili J. et Crivelli A.-J. 2003. Silvering of female eels (*Anguilla anguilla*) in two sub-populations of the Rhône Delta. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 368 : 55-68.
- Acou A. 2006. Bases biologiques d'un modèle pour estimer la biomasse féconde de l'anguille européenne en fonction des recrues fluviales et du contexte de croissance : approche comparative à l'échelle de petits bassins versants. Thèse de Doctorat 3^e cycle, 316 p.
- Adam G. 1997. L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L. 1758) : dynamique de la sous-population du lac de Grand-Lieu en relation avec les facteurs environnementaux et anthropiques. Thèse de l'Université de Toulouse. 299 pp.
- Adela V., Maria D., Rocio B. and Francisco J. A. 2006. *Anisakis spp.* in European hake, *Merluccius merluccius* (L.) from the Atlantic off north-west Africa and the Mediterranean off southern Spain. Parasitologica, 51, pp. 209–212.
- Aguilar A., Alvarez M.F., Leiro J.M. et Sanmartin M.L. 2005. Parasite populations of the European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the Rivers Ulla and Tea (Galicia, northwest Spain). Aquaculture, 249, pp. 85-94.
- Albert V., Jonsson B. et Bernatchez L. 2006. Natural hybrids in the Atlantic eels (*Anguilla anguilla*, *A. rostrata*): evidence for successful reproduction and fluctuating abundance in space and time. Molecular Ecology, 15, 1903-1916.
- Altunel F. N. 1974. Contribution à l'étude des parasites de l'anguille (*Anguilla anguilla* L. 1758). Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Sci. Techn. Languedoc Montpellier : 138 p.
- Altunel F. N. 1979. Parasitisme de quelques anguilles (*Anguilla anguilla* L. 1758) du lac de Bafa. Rapp. Comm. Int. Mer Médit. : 25-26.
- Amine F. 1995. Contribution à l'étude des Trématodes de Poissons Téléostéens de la côte algéroise: Systématique, approche écologique. Thèse de Magistère, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 166 p.
- Amin O.M. 1975. Variability in *Acanthocephalus parksidei* Amin, 1974 (Acanthocephala: Echinorhynchidae). Journal of Parasitology, 61, pp. 307-317.
- Amin O.M., Redlin M.J. 1980. The effect of host species on growth and variability of *Echinorhynchus salmonis* Maeller, 1784 (Acanthocephala: Echinorhynchidae), with special reference to the status of the genus. Systematic Parasitology, 2, pp. 9-20.
- Anderson J. M. 1997. Continuous Profiling: Where Have All the Cycles Gone ? In *Sixteenth ACM Symposium on Operating Systems Principles*, St Malo, France. ACM Press. 6p.
- Andersson J., Sandstrom, O. and Hansen, H. J. M. 1991. Elver (*Anguilla anguilla*) stockings in a Swedish thermal effluent recaptures, growth and body condition. J. Appl. Ichthyol, 7, pp.78-89.

- Altunel F. N. 1974. Contribution à l'étude des parasites de l'anguille (*Anguilla anguilla* L. 1758). Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Sci. Techn. Languedoc Montpellier : 138 p.
- Aoyama J., Nishida M. et Tsukamoto K. 2001. Molecular phylogeny and evolution of the freshwater eel, Genus *Anguilla*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 20 : 450-459.
- Aoyama J. 2003. Origin and evolution of the freshwater eels, Genus *Anguilla*. In: Aida K., Tsukamoto K. et Yamauchi K. (Eds). *Eel Biology*. Springer-Verlag, Tokyo. Chap. 2: 19-29.
- Ashworth S. T. 1994. Possible regulation with *Anguillicola crassus*, Host-parasite system. *Parasitic diseases of Fish Samara, Publishing Limited Tresith, Dyfed*: 141-150.
- Avise J.C., Helfman G.S., Saunders N.C. et Hales L.S. 1986. Mitochondrial DNA differentiation in North Atlantic eels: population genetic consequences of an unusual life history pattern. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 83: 4350-4354.
- Avise J.C., Nelson W.S., Arnold J., Koehn R.K., Williams G.C. et Thorsteinsson V. 1990. The evolutionary genetic status of Icelandic eels. *Evolution*, 44(5) : 1254 – 1262.

B

- Baer J. G. 1948. Les helminthes, parasites des vertébrés. Relations phylogéniques entre leur évolution et celles de leurs hôtes. *Ann. Franche-compté et l'univ. De Besançon* : 1-15.
- Baer J. G. et Fain A. 1957-1958. *Bothriocephalus kivuensis* n. sp. Cestode parasite d'un barbeau du lac Kivu. *Ann. Soc. Zool. Belg.*, 88 : 287-302.
- Baisez A. 2001. Optimisation des suivis d'abondances et des structures de taille de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*, L.) dans un marais endigué de la côte atlantique: relation espèce/habitat. Thèse de doctorat de l'Université de Toulouse III.
- Bangham R. V. et Venard C. E. 1946. Parasites of fish of Algonquin Park lakes. *Publ. Ontario Fish. Rev. Lab.*, 53:33-46.
- Baras E., Salmon B. et Phillipart J.C. 1994. Evaluation de l'efficacité d'une méthode d'échantillonnage par nasses des anguilles jaunes (*Anguilla anguilla* L.) en migration dans la Meuse. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 335 : 7-16.
- Bardonnet A. et Riera P. 2005. Feeding of glass eels (*Anguilla anguilla*) in the course of their estuarine migration: new insights from stable isotope analysis. *Estuarine and Coastal Shellfish Science*, 63: 201-209.
- Barker D.E. & Cone D.K. (2000) Occurrence of *Ergasilus celestis* (Copepoda) and *Pseudodactylogyrus anguillae* (Monogenea) on American eel, *Anguilla rostrata*, in relation to stream flow, pH and temperature and recommendations for controlling their transmission among captive eels. *Aquaculture* 186, 261–274.

- Bastrop R., Strehlow B., Jürss K. et Sturmbauer C. 2000. A new molecular phylogenetic hypothesis for the evolution of freshwater eels. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 14: 250-258.
- Belpaire C., De Charleroy D. et Thomas K. 1987. Effects of restocking eels on the distribution of the Nematode *Anguillicola crassa* in Flanders, Belgium. EIFAC Working Party on Eel, Bristol, United Kingdom, 13-16 Avril.
- Belpaire C., De Charleroy D., Thomas K., Damme Van P. et Ollevier E. 1989a. Effects of eel restocking on the distribution of the swimbladder nematode *Anguillicola crassus* in Flanders, Belgium. *J. Appl. Ichthyol.*, 5, 151-153.
- Belpaire C., De Charleroy D., Grisez L. et Ollevier F. 1989b. Spreading mechanisms of the swimbladder parasite *Anguillicola crassus* in the European eel *Anguilla anguilla*, and its distribution in Belgium and Europe. EIFAC Working Group on Eel Porto, May 29th - June 3rd 1989, 12 p.
- Benajiba MH, Silan P, Marques A, Bouix G (1994) Protozoaires et métazoaires parasites de l'anguille *Anguilla anguilla* L., 1785: Structures temporelles de leurs populations dans une lagune méditerranéenne. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie*, Paris 15:141-149
- Ben Hassine O. K. 1981. Etude de l'infestation des poissons (autres que les Muges) par les Copépodes parasites dans les lacs de Tunis et de l'Ischkeul. *Rapp. Comm. Int. Médit.*, 25 :5.
- Ben Hassine O. K. 1983. Les copépodes parasites des poissons Mugilidae en Méditerranée occidentale (côtes françaises et tunisiennes). Morphologie, bio-écologie, cycles évolutifs. Ph. D. Thesis, Université des Sciences et techniques du languedoc : 471 pp.
- Berraho A. 1990. Comparaison des potentialités de croissance en élevage des civelles d'*Anguilla anguilla* L., 1758, du littoral marocain (Atlantique - Méditerranée). Variations saisonnières et effet d'un tri sélectif. Thèse 3ème Cycle, Univ. Moh. V; 195p
- Blache J., Bauchot M.L. et Saldanha L. 1973. Anguillidae. *In* Clofman I - Check-list of the fishes of the northeastern Atlantic and of the Mediterranean. Edited by J.C. Hureau and T. Monod. pp. 220-222.
- Blanc G., Bonneau S., Biagianti S. et Petter A. J. 1992. Description of the larval stages of *Anguillicola crassus* (Nematode, Dracunculoidea) using light and scanning electron microscopy. *Aquat. Living Resour.*, 5, 307-318.
- Boëtius I. et Boëtius J. 1967. Studies on the European eel, *Anguilla anguilla* (L.). *Meddelelser fra Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser*, 4: 339-405.
- Boëtius I. et Boëtius J. 1980. Experimental maturation of female silver eels, *Anguilla anguilla*. Estimates of fecundity and energy reserves for migration and spawning. *Dana*, 1: 1-28.

- Boëtius I., 1985. Otoliths of eels of known age. EIFAC Working Party on Eel, Perpignan, France (1985), Abstract
- Boëtius I. 1989. Preliminary report on the occurrence of *Anguillicola* in the some Danish fresh and seawater areas, in EIFAC FAO Working Party on eel, Porto, Portugal, 5p.
- Boon J. H., Augustijn H., Cannaerts V. M. H., Lokin C. J. A., Machiels M. A. M., Ollevier F. 1990a. The suitability of experimental inoculations with infective larvae of *Anguillicola crassus* and their effects on the growth and mortality of the European eel (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture*, 87: 111–120.
- Boon J. H., Cannerts V. H. H., Augustijn H., Machiels M. A. M., Ollevier F. et DeCharleroy D. 1990. The effect of different infection levels with infective larvae of *Anguillicola crassus* on haematological parameters of European eel (*Anguilla anguilla*). *Aquaculture*, 87 (3-4): 243-253.
- Borgsteede F. H. M., Haenen O. L. M., De Bree J. et Lisitsina O. I. 1999. Parasitic infections of european eel (*Anguilla anguilla* L.) in the Netherlands. *Helminthologia*, 36: 251-260.
- Brain A. 1906. Copepodi parassiti dei Pesci d'Italia. *Stab. Tipo-Litografico R. Istituto Sordomuti, Genova*:1-187. figs, 1-4, pls. 1-21.
- Briand C., Fatin D., Fontenelle G. et Feunteun E. 2003. Estuarine and fluvial recruitment of the European glass eel, *Anguilla anguilla*, in an exploited Atlantic estuary. *Fish. Manag. Ecol.*, 10 (6): 377-384.
- Bruslé J. 1990. L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*), une espèce jugée commune jusqu'à la dernière décennie, mérite-t-elle d'acquérir aujourd'hui le statut d'espèce menacée ? *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 114 : 61-73.
- Bruslé J. 1994. L'anguille européenne *Anguilla anguilla*, un poisson sensible aux stress environnementaux et vulnérable à diverses atteintes pathogènes. *Bull. Fr. Pêch. Piscic.* 335: 237-262.
- Buchmann K. 1988. Temperature dependent reproduction and survival of the *Pseudodactylogyrus bini* (Monogenea) on the European eel (*Anguilla anguilla*). *Parasitology Research*, 75 : 162–164.
- Buchmann K. 1993. Epidémiologie et contrôle des infections à *Pseudodactylogyrus* dans les élevages intensifs d'anguilles: Données actuelles. *Bulletin Français Pêche Pisciculture* 328: 66–73.
- Buchmann K., Møllergaard S. et Kjøie M., 1987. *Pseudodactylogyrus* infections in eel: a review. *Diseases of Aquatic Organisms* 3: 51–57.
- Bush A. O., Lafferty K. D., Lotz J. M. et Shostak A. W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J. Parasitol.* 83, pp. 575-583.

C

- Caillot C., Morand S., MüllerGraf C. M., Faliex E. et Marchand B. 1999. Parasites of *Dicentrarchus labrax*, *Anguilla anguilla* and *Mugil cephalus* from a pond in Corsica, France. *J. Helminthol. Soc. Wash.*, 66: 95-98.
- Campana S.E. et Neilsen J.D., 1985. Microstructure of fish otoliths. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 42 : 1014-1032
- Can Estri-Trotti G. 1987. Occurrence of the Nematode *Anguillicola crassa* Kuwahara, Niimi et Itagaki, 1974 in eels from the Po delta, Italy. *Bull. Eur. Ass. Fish Pathol.*, 7 (5), 109-111.
- Caspeta-Mandujano J. M., Moravec F. et Aguilar-Aguilar R. 2000. *Cucullanus mexicanus* sp. n. (Nematoda: Cucullanidae) from the intestine of the freshwater catfish *Rhamdia guatemalensis* (Pimelodidae) in Mexico. *Helminthologia*, 37: 215–217.
- Castonguay M., Hodson P. V., Couillard C. M., Eckersley M. J., Dutil J. D. et Verreault G. 1994a. Why is recruitment of the American eel, *Anguilla rostrata*, declining in the St-Lawrence River and Gulf ? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51 (2): 479-488.
- Charles E. P. et Géry J. 1968. Parasites des poissons du Gabon –généralités sur les trématodes monogénétiques et description de six nouvelles espèces parasites du genre *Barbus*. Extrait de la revue « Biologia Gabonica » - Tome IV – Fascicule 1.
- Christison K. W. et Baker G. C. 2007. First record of *Pseudactylogyrus anguilla* (Yin et Sproston, 1948) (Monogenea) from South Africa. *Afr. Zool.* 42:279-285.
- Chubb J. C. 1963. On the characterization of the parasite fauna of fish of Llyn Tegid. *Proc. Zool. Soc. London.* 141:609-621.
- Chung H.-Y., Lin I. H. et Kou G. H. 1984. Study of the parasites on the gill of cultured eel in Taiwan. COA Fisheries Series, No. 10, Fish Dis. Res. (VI): 24-33.
- Ciccotti E. 1997. Italy. *In* Management of European eel fisheries. *Edited by*. C. Moriarty and W. Dekker. *Irish Fishery Bulletin.* pp. 91-100.
- Colombo G., Grandi G. et Rossi R. 1984. Gonad differentiation and body growth in *Anguilla anguilla*, L. *Journal of Fish Biology*, 24: 215-228.
- Combes C. 1995. Interactions durables. Ecologie et évolution du parasitisme. Masson, Paris
- Cooper A. R. 1919. North American pseudophyllidean cestodes from fishes. *Illinois Biological Monographs*, 4(4), 1–243.
- Couillard C. M., Hodson P. V. et Castonguay M. 1997. Correlations between pathological changes and chemical contamination in American eels, *Anguilla rostrata*, from the St Lawrence River. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 1916-1927.

D

- Dagnelie P. 1998. Statistique théorique et appliquée. Tome 1 : statistique descriptive et bases de l'inférence statistique. Bruxelles : De Boeck et Larcier, 508 p.
- Daniel V. I., Timi J. T. et Sardella N. H. 2002. *Cucullanus marplatensis* sp. nov. (Nematoda, Cucullanidae) parasitizing *Odontesthes argentinensis* (Valenciennes, 1835) (Pisces: Atherinidae) from Argentinean waters. *Acta Parasitologica* 47: 41–46.
- Dannewitz J., Maes G. E., Johansson L., Wickström H., Volckaert F. et Järvi T. 2005. Panmixia in the European eel : a matter of time.. *Proc. R. Soc. B*, 272 : 1129 – 1137.
- Daverat F., Limburg K. E., Thibault I., Shiao J. C., Dodson J. J., Caron F., Tzeng W. N., Iizuka Y. et Wickström H. 2006. Phenotypic plasticity of habitat use by three temperate eel species, *Anguilla anguilla*, *A. japonica* and *A. rostrata*. *Marine Ecology Progress Series*, 308 : 231-241.
- De Charleroy D., Thomas K., Belpaire C. et Ollevier F., 1989. The viability of free living larvae of *Anguillicola crassus*. *J. Appl. Ichthyol.* 5: 154–156.
- Dekker W. 2000b. Impact of yellow eel exploitation on spawner production in lake IJsselmer, The Netherlands. *Dana*, 12: 17-32.
- Dekker W. 2003. Did lack of spawners cause the collapse of the European eel, *Anguilla Anguilla*, *Fisheries Management and Ecology*, 10: 365-376.
- Dekker, W. 2003b. Eels in crisis. *ICES Newsletter*, 40: 10-11.
- Dekker W. 2004. Slipping through our hands. Population dynamics of the European eel. Thèse de doctorat, Université d'Amsterdam, 186p.
- Dekker W. et Van Willigen J. V. 1988. Abundance of *Anguillicola crassa* in Dutch outdoor waters and the reaction of its host *Anguilla anguilla*. *ICES CM 1988/M13*, 6p.
- DeLigny W. et Pantelouris E. M. 1973. Origin of the European eel. *Nature*, 246:518-519.
- Desaunay Y. et Guérault D. 1997. Seasonal and long-term changes in biometrics of eel larvae: a possible relationship between recruitment variation and North Atlantic ecosystem productivity. *Journal of Fish Biology*, 51 : 317-339.
- Di Cave D., Berrilli F., De Liberato C., Orecchia P. et Kennedy C.R. 2001. Helminth communities in eels *Anguilla anguilla* from Adriatic coastal lagoons in Italy. *Journal of Helminthology*, 75 : 7-14.
- Djebari N. et Bensouilah M. 2005. Les parasites de poissons Téléostéens peuplant un écosystème lagunaire situé dans le Nord Est algérien; 8^{èmes} journées Tunisiennes des Sciences de la Mer; Hammamet du 16 au 19 décembre 2006.
- Djebari N., Boudjadi Z et Bensouilah M. L'infestation de l'anguille *Anguilla anguilla* par le parasite *Anguillicola crassus* Kuwahara, Niimi & Itagaki, 1974 dans le complexe de zones humides d'El Kala (Nord-Est Algérien). *Bulletin de l'Institut Scientifique de la*

Vie, 2009, n°31 (1). 45-50

- Dufour S. et Fontaine Y. 1985. La migration de reproduction de l'Anguille européenne : un rôle probable de la pression hydrostatique dans la stimulation de la fonction gonadotrope. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 110 : 291-299.
- Dufour S. 1994. Neuroendocrinologie de la reproduction de l'anguille : de la recherche fondamentale aux problèmes appliqués. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 335 : 187-211.
- Dupont F. 1984. Biologie des populations de *Bothriocephalus claviceps*, cestode, *Pseudophyllidea*, parasite de l'anguille européenne *anguilla anguilla*. Thèse Doctorat 3^e cycle, 199p.
- Dupont F. et Gabrion C. 1986. Approche expérimentale du rôle de l'hôte paraténique dans la circulation du parasite *Bothriocephalus claviceps* Goeze, 1782 (Cestoda, Pseudophyllidea). *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 61, 423-429.
- Dupont F. et Gabrion C. 1987. Dynamique de populations de *Bothriocephalus claviceps* Goeze, 1782 (Cestoda, Pseudophyllidea), parasite de l'Anguille *Anguilla anguilla* L. en Camargue. *Vie Milieu*, 37 (2) : 123-131.
- Dupont F. et Petter A. J. 1988. Note ichtyologique : *Anguillicola*, une épizootie plurispécifique en Europe, apparition de *Anguillicola crassa* (Nematoda, Anguillicolidae) chez l'anguille européenne *Anguilla anguilla* en Camargue, Sud de la France. *Bull. Fr. Pêche Piscic*, 308, 38-41.

E

- Edelenyl B. 1964. Belsoeloskodo fergek a Ferto halaibol (Endoparasitare wurmer der fishe in Ferto-see). *Debree. Agrar. Foisk. Tudoman Kozlem*, 9: 253-259.
- Eelrep. 2005. Estimation of the reproduction capacity of European eel. Final report, EU contract Q5RS-2001-01836, 272p. Web site link: <http://www.fishbiology.net/eelrepsum.html>.
- El Hilali M., Yahyaoui A. et Chetto N. 2004-2005. Etude de l'infestation des anguilles (*Anguilla anguilla*) par le parasite (*Anguillicola crassus*) dans l'estuaire du Sebou au nord-ouest du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie* n°26-27:39-42.
- El Hilali M., Yahyaoui A., Sadak A., Maachi M. et Taghy Z. 1996. Premières données épidémiologiques sur l'anguillicolose au Maroc. *Bull. Fr. Pêche Piscic*. 340 : 57-60.
- Elie P. 1979. Contribution à l'étude des montées de civelles d'*Anguilla anguilla* L. (poisson téléostéen anguilliforme) dans l'estuaire de la Loire: pêche, écologie, écoфизиologie et élevage. Thèse de 3^eme cycle de l'Université de Rennes. 372 p.
- Elie P., Lecomte-Finiger R., Cantrelle I. et Charlon N. 1982. Définition des limites des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla* L. (poisson téléostéen anguilliforme). *Vie Milieu*, 32: 149-157.

Elie P. et Rigaud C. 1984. Etude de la population d'anguilles de l'estuaire et du bassin versant de la Vilaine; pêche, biologie, écologie. Examen particulier de l'impact du barrage d'Arzal sur la migration anadrome (civelle). Tome I, II et III. Rapport CEMAGREF de Bordeaux - Faculté des sciences de Rennes - URFDAAPP.

Elie P. 1998. Vie d'anguille. Eaux Libres, 24 : 4-7.

Engelbrecht H. 1958. Untersuchungen über den Parasitenbefall der Nutzfische in Greifswalder Bolden und Kleinen Haff. Z. Fish. 7:481-511.

F

Fazio G., Lecomte-Finiger R., Bartrina J., Moné H. et Pascal P. 2005. Macroparasite community and asymmetry of the yellow eel *Anguilla anguilla* in Salses-Leucate lagoon, Southern France. Bull. Fr. Pêche Piscic. 378-379: 99-113.

Fernandez-Delgado, C.; Hernando, J.A.; Herrera, M.; Bellido, M. (1989). Age and growth of yellow eels, *Anguilla anguilla*, in the estuary of the Guadalquivir river (south-west Spain). Journal of Fish Biology 34: 561-570. Fernandez-Delgado, C.; Hernando, J.A.; Herrera, M.; Bellido, M. (1989). Age and growth of yellow eels, *Anguilla anguilla*, in the estuary of the Guadalquivir river (south-west Spain). Journal of Fish Biology 34: 561-570.

Feunteun E. 2002. Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): An impossible bargain. Ecological Engineering, 18: 575-591.

Feunteun E., Laffaille P., Robinet T., Briand C., Baisez A., Olivier J.M. et Acou A. 2003. A review of upstream migration and movements in inland waters by anguillid eels. Towards a general theory. In: Aida K, K. Tsukamoto, K. Yamauchi (eds) Eel Biology. Springer-Verlag, Tokyo, pp. 191-213.

Feunteun E. et Marion L. 1994. Impact of heron (*Ardea cinerea*) on fish communities: the case study of the main European colony. Hydrobiologia, 279/280 : 327-344.

Feunteun E. et Vigneux E. (Editeurs). 1998. Numéro spécial anguilles. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 349 : 97-233.

Fontaine M., Delerue-Le Belle N., Lallier F. et Lopez E. 1982. Biologie générale. Toutes les anguilles succombent-elles après la reproduction et frayent-elles nécessairement en mer ? Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Séries III-Sciences de la Vie, 294 : 809-811.

Fontaine Y. A., Le Bell N., Lopez E., Querat B., Vidal B., Barthelemy L., Sebert P., Alinat J. et Petter A. J. 1990. Infestation de populations françaises d'anguilles (*Anguilla anguilla* L.) par des nématodes (*Anguillicola crassus*): essais thérapeutiques, évaluation des risques potentiels liés à l'écophysiologie de l'hôte. Ann. Parasitol. Hum. Comp., 65: 64-68.

Fontaine Y.A. 1994. L'argenteure de l'anguille: Métamorphose, Anticipation, Adaptation. Bulletin Français de la Pêche et Pisciculture, 335 : 171-185.

G

- Gandolphi-Hornyold A. 1929. Les parasites intestinaux de l'anguille en Espagne. Int. Congr. Zool. (Budapest), 10 :995-997.
- Gargouri Ben Abdallah L. et Maamouri F. 2006. Spatio-temporal dynamics of the nematode *Anguillicola crassus* in Northeast Tunisian lagoons. C.R. Biologies, 329:785-789.
- Gascuel D. 1985. Contribution à l'étude écologique des estuaires du littoral atlantique français: la faune accompagnatrice de la civelle. Thèse Doctorat-Ingénieur Université de Rennes I, 330 p.
- Gascuel D. 1987. La civelle d'Anguille dans l'estuaire de la Sèvre Niortaise. Biologie, Ecologie, Exploitation. Les publications du département d'halieutique (4/1) : 559 p.
- Gibrat B. et Nielsen T. 1985. Recherches sur la nutrition des juvéniles de l'anguille (*Anguilla anguilla*, 1758). Conditionnement alimentaire et croissance en circuit fermé, thèse de 3^e cycle, institut national polytechnique de Toulouse, 323 p.
- Ginneken van V. J. T. et Maes G. E. 2005. The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its life cycle, evolution and reproduction: a literature review. Reviews in fish biology and fisheries. 15:367-398.
- Golovin P. P. 1977. Monogeneans of eel during its culture using heated water. In: Investigation of Monogenoidea in U.S.S.R. Zoological Institute, U.S.S.R. Academy of Sciences, Leningrad, p. 144-150.
- Gonzalez-Solis D., Tuz-Paredes V. M. et Quintal-Loria M. A. 2007. *Cucullanus pargus* sp. n. (Nematoda: Cucullanidae) from the grey snapper *Lutjanus griseus* off the southern coast of Quintana Roo, Mexico. Folia Parasitologica, 54, 220–224.
- Granath W. O. J. R. et Esch G. W. 1983. Temperature and other factors in regulating inrapopulation densities and composition of *Bothriocephalus acheilognathi* in *Gambusia affinis*. J. Parasitol. 69:1116-1124.
- Grassi B. 1913. Metamorphosi dei mureinoidi. In Ricerche sistematioche ed ecologiche (Iena) G. Fisher ed. P 77-105. In Bertin 1951.
- Guéran J. F., Lambert A., Lévêque C., Combes C. et Euzet L. 1992. Can host body size explain the parasite species richness in tropical freshwater fishes? Oecologia, 90: 197-204.
- Guerault D., Lecomte R., Desaunay Y., Biaganti S., Beillois P. et Grellier P. 1991. The glass-eel arrivals in the Vilaine estuary (Northern Biscay Bay) through the year 1990: demographic features and the early life history. EIFAC, Working Party on Eel, Dublin (Irlande), 28 9, ronéo.
- Gussev A. V. 1965. A new genus of monogenetic trematodes from the eel, genus *Anguilla*. Trudy zool. Inst. Leningr. 35: 119-125.

H

- Haenen O. L. M., Grisez L., De Charleroy D., Belpaire C. et Ollevier F. 1989. Experimentally induced infections of European eel *Anguilla anguilla* with *Anguillicola crassus* (Nematoda, Dracunculoidea) and subsequent migration of larvae. *Dis Aquat Org* 7:97-101.
- Hamza I., Boudjadi Z., Tahri M et Bensouilah M. 2009. Les helminthes parasites de l'anguille européenne capturée dans divers hydrosystèmes de l'extrême Nord-Est algérien. 2^{ème} colloque francophone en environnement et santé; Annaba du 16 au 18 mai 2009.
- Hanek G. et Threlfall W. 1970. Metazoan parasites of the American eel (*Anguilla rostrata*) in Newfoundland and Labrador. *Canad. J. Zool.* 48: 597-600.
- Haraldstad O., Vollestad L. A. et Jonsson B. 1985. Descent of European silver eels, *Anguilla anguilla* L., in a Norwegian watercourse. *Journal of Fish Biology*, 26: 37-41.
- Harley C. H. T. et Keefe T. L. 1971. Helminth parasites of four species for sun-fish (Centrarchidae) from lake Wilgreen in Kentucky. *Tr. Kentucky Acad. Sc.*, 32: 71-74.
- Haro A., Richkus W., Whalen K., Hoar A., Busch W. D., Lary S., Brush T. et Dixon D. 2000. Population decline of the American eel: Implications for research and management. *Fisheries*, 25 (9): 7-16.
- Helfman G. S., Facey D. E., Hales J. R. L. S. et Bozeman J. R. E. L. 1987. Reproductive ecology of the American eel. *Am. Fish. Soc. Symp.*, 1: 42-56.
- Hodson P. V., Castonguay M., Couillard C. M., Desjardins C., Pelletier E. et McLeod R. 1994. Spatial and temporal variations in chemical contamination of American eels, *Anguilla rostrata*, captured in the estuary of the St Lawrence River. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 464-478.
- Höglund J., Andersson J., Wickström H. et Eizenstein M. 1991. The distribution of *Anguillicola* in Sweden. Do thermal discharge areas serve as transmission foci? *EIFAC Working Party on Eel, Dublin, Ireland*, 13 pp.
- Höglund J. et Thomas K. 1992. The black goby *Gobius niger* as a potential paratenic host for the parasitic nematode *Anguillicola crassus* in a thermal effluent of the Baltic. *Diseases of Aquatic organisms*, 13: 175-180.
- Höglund J., Andersson J., Wickström H., Reizenstein M. 1993. The distribution of *Anguillicola* in Sweden and its association with thermal discharge areas. *Irish Fisheries Investigations series A (Freshwater)* 36: 143-150.
- Holmgren K. and Wickström H., 1993. Note on the otolith growth in elvers *Anguilla anguilla* L., and the relative otolith size during somatic growth. *EIFAC Working Party on Eel, Olsztyn, Poland (1993)*, Abstract

Hulet W. H. et Robins C. R. 1989. The evolutionary significance of the leptocephalus larva. In: Böhlke EB (ed) Fishes of the Western North Atlantic, Vol 2. Sears Foundation for Marine Research, New Haven, p 669-677.

I

ICES. 1998. European eel. Extract of report of the Advisory Committee on Fishery Management, No. 11. International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, Denmark. 14 pp.

Imada R. et Muroga K. 1977. *Pseudodactylogyrus microrchis* (Monogenea) on the gills of cultured eels – I. Seasonal changes in abundance. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish. 43: 1397 – 1401.

J

Jareka L. 1959. On the life cycle of *Bothriocephalus claviceps* (Goeze, 1782). Acta Parasit. Pol., 7: 527-532.

Jareka L. 1964. Cycle évolutif à un seul hôte intermédiaire chez *bothriocephalus claviceps* (Goeze, 1782) Cestode de *Anguilla anguilla* L. Annls. Parasits. Hum. Comp., 39 : 149-156.

Jarroll E. L. 1979. Population biology of *Bothriocephalus rarus* Thomas (1937) in the red-spotted newt, *Notophthalmus viridescens* Rat. Parasitology, 79:183-193.

Johnson S. K., Fries L. T., Williams J. et Huffman D. G. 1995. Presence of the parasitic swim bladder nematode, *Anguillicola crassus*, in Texas aquaculture. World aquaculture, 26: 35-36.

K

Kakuta I. et Murachi S. 1992. Effects of hypoxia on renal function in carp. (63th Annual Meeting of the Zoological Society of Japan, Sendai, Japan, 7–8 October 1992). Zoological Science, 9: 1250.

Kalyankar S. D. 1971. Studies on a known and some new nematode parasites of fish from India. Marathwada Univ. J. 10: 89-107.

Kazic D., Uberlaker J. F. et Conkovic M. 1982. The endohelminths of eel *Anguilla anguilla* (Linné, 1758) of lake Skadar and some tributaries. Ichtyologia, 14: 41-53.

Keith P., Allardi J. et Moutou P. 1992. Le livre rouge des espèces menacées en France. Min. Env. Paris. 111 pp.

Kennedy C. R. 1974. A checklist of British and Irish freshwater fish parasites with notes on their distribution. J. Fish Biol. 6: 613–644.

Kennedy C. R. 1983. General ecology. In ecology of the Eucestoda (I), Academic press. Inc. (London) LTD, 27-80.

- Kennedy C. R. et Fitch D. J. 1990. Colonization, larval survival and epidemiology of the nematode *Anguillicola crassus*, parasitic in the eel, *Anguilla anguilla*, in Britain. *J. Fish Biol.* 36:117-131.
- Kennedy C. R. Di Cave. D. Berrilli F et Orecchia. P 1997. Composition and structure of helminth communities in eels *Anguilla anguilla* from Italian coastal lagoons. *Journal of helminthology* 71, 35-40.
- Kennedy C. R. et Di Cave D. 1998a. *Gyrodactylus anguillae* (Monogenea): the story of an appearance and a disappearance. *Folia Parasitologica*, 45: 77–78.
- Kennedy C. R., Berrilli F., Di Cave D., De Liberato C. et Orecchia P. 1998b. Composition and diversity of helminth communities in eels *Anguilla anguilla* in the river tiber: Long-term changes and comparison with insular Europe. *Journal of Helminthology*, 72: 301–306.
- Kikuchi H. 1929. Two new species of Japanese trematodes belonging to Gyrodactylidae. *Annotnes Zool. Jap.* 12: 175-186.
- Kirk R.S., Kennedy C.R. & Lewis J.W. 2000. Effect of salinity on hatching, survival and infectivity of *Anguillicola crassus* (Nematoda: Dracunculoidea) larvae. *Dis. Aquat. Organ.* 40,211-218.
- Kirk R. S. 2003. The impact of *Anguillicola crassus* on European eels. *Fish. Manag. Ecol.* 10 (6): 385-394.
- Knopf K., Wurtz J., Sures B., et Taraschewski H. 1998. Impact of low water temperature on the development of *Anguillicola crassus* in the final host *Anguilla anguilla*. *Dis Aquat Organ*, 33(2):143-149.
- Knopf K. et Mahnke M. 2004. Differences in susceptibility of the European eel (*Anguilla anguilla*) and the Japanese eel (*Anguilla japonica*) to the swimbladder nematode *Anguillicola crassus*. *Parasitology*, 129(4):491-496.
- Knof K., Madriles Helm A., Lucius R., Bleiss W. et H. Taraschewski 2008. Migratory response of European eel (*Anguilla anguilla*) phagocytes to the eel swimbladder nematode *Anguillicola crassus*. *Parasitol. Res.* 102:1311–1316.
- Koie M. 1988a. Parasites in european eels, *Anguilla anguilla* (L.) from Danish freshwater, brackish and marine localities. *Ophelia* 29, 93-118.
- Koie M. 1988b. Parasites in eels, *Anguilla anguilla* (L.) from eutrophic lake Esrum. *Acta parasitol. Pol.* 33, 89-100.
- Koie M. 1991. Swimbladder nematodes (*Anguillicola* spp.) and gill monogeneans (*Pseudodactylogyrus* spp.) parasitic on the European eel (*Anguilla anguilla*). *J. Cons. Int. Explor.*, 47:391-398.

- Koie M. 2000. Life cycle and seasonal dynamics of *Cucullanus cirratus* O.F. Müller, 1777 (Nematoda, Ascaridida, Seuratoidea, Cucullanidae) in Atlantic cod, *Gadus morhua* L. Can. J. Zool. 78(2): 182–190.
- Koops H. et Hartmann F. 1987. Infection of eels from different regions with *Anguillicola*. EIFAC Working Party on Eel, Bristol, 13th-16th april 1987, 7 p.
- Kuhlmann.H. 1979. The influence of temperature, food, initial size, and origin of elvers (*Anguilla anguilla* L.). *βapp. P-v Cons. int. Explor. Mer.* 174, 59-63.
- Kushnirov D. et Degani G. 1995. Sexual dimorphism in yellow European eels, *Anguilla anguilla* (L.). *Aquaculture Research*, 25: 409-414.
- Kuwahara A., Niimi A. et Itagaki H. 1974. Studies on a Nematode Parasitic in the Air Bladder of the eel I. descriptions of *Anguillicola crassus* n. sp. (Philometridea, Anguillicolidae). *Jpn. J. Parasitol.*, 23, 275-279.

L

- Ladjama. I. les parasites de l'anguille (*Anguilla anguilla*) capturée dans le lac Tonga et la lagune El Mellah. 2010. mémoire de magister. Univ annaba. 100P
- Ladich F. et Popper A.N., 2001. Comparaison of the inner ear ultrastructure between teleost fishes using different channels for communication. *Hear. Res.*, 154: 62-72 (11)
- Laffaille P., Acou A. et Guillouet J. 2005a. The yellow european eel (*Anguilla anguilla*) may adopt a sedentary lifestyle in inland freshwaters. *Ecology of Freshwater Fish*, 14: 191-196.
- Laffaille P., Feunteun E., Acou A. et Lefeuvre J. C. 2000. Role of European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the transfer of organic matter between marine and freshwater system. *Verhandlungen International Vereinigung Limnologie*, 27 : 616-619.
- Lambert A., Le Brun N. et Pariselle A. 1984. Présence en France de *Pseudodactylogyrus anguillae* (Yin et Sproston, 1984) Gussev, 1965 (Monogenea, monophisthocotylea) parasite branchial de l'anguille européenne, *Anguilla anguilla*, en eau douce, *Annls Parasit. Hum. Comp.* 60 : 91-92.
- Larsson P., Hamrin S. et Okla L. 1990. Fat content as a factor inducing migratory behaviour in the eel (*Anguilla anguilla* L.) to the Sargasso Sea. *Naturwissenschaften*, 77: 488-490.
- Le Brun N., Lambert A. et Justine J. L. 1986. Oncomiracidium, morphogénèse du haptéur et ultrastructure du spermatozoïde de *Pseudodactylogyrus anguillae* (Yin et Sproston, 1948) Gussev, 1965 (Monogenea, Monophisthocotylea, Pseudodactylogyridae n. fam.). *Annls Parasit. hum. comp.* 61 : 273-284.
- Lecomte-Finiger R. 1983. Contribution à la connaissance de l'écobiologie de l'anguille, *Anguilla anguilla* L. 1758, des milieux lagunaires méditerranéens du Golfe du Lion : Narbonnais et Roussillon. Thèse de doctorat. Université de Perpignan. 203 p. + annexes.
- Lecomte-Finiger R. et Brusle J. 1984. L'anguille *Anguilla anguilla* des lagunes du

Languedoc-Roussillon : Intérêt biologique et valeur halieutique. Vie et milieu, 34 (4) : 184-185

- Lecomte-Finiger R. 1985. L'âge de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L., 1758) : état actuel des connaissances et recherches nouvelles en Méditerranée. Sonderdruck aus Zeitschrift für angewandte Ichthyologie, 1 : 178-192.
- Lecomte-Finiger R. et Yahyaoui A. 1989. La microstructure de l'otolithe au service de la connaissance du développement larvaire de l'anguille européenne. Compte Rendu de l'Académie des Sciences Paris, 308 : 1-7.
- Lecomte-Finiger R. 1990. Métamorphose de l'anguille jaune en anguille argentée *Anguilla anguilla* L. et sa migration catadrome. Année Biologique, 29 : 183-194.
- Lecomte-Finiger R. 1991. Une méthode d'inclusion rapide des otolithes à l'aide d'une résine autopolymérisante à froid. Comm. Coll. "Tissus durs et âge individuel des vertébrés". INRA, ORSTOM, BONDY; 1 p
- Lecomte-Finiger R. 1992. Situation actuelle des méthodes d'évaluation de l'âge de l'anguille, *Anguilla anguilla*. In : Baglinière, J.L., Castanet, J., Conand, F. et Meunier, F.J. Eds. Tissus durs et âge individuel des vertébrés, Colloque National, Bondy. Colloques et Séminaires ORSTOM-INRA, Paris. p. 103-108.
- Lecomte-Finiger R. 2004. The genus *Anguilla* Schrank, 1798: current state of knowledge and questions. Review in Fish Biology and Fisheries, 13 : 265-280.
- Lee T. W. 1979. Dynamique des populations d'anguilles (*Anguilla anguilla* L.) des lagunes du bassin d'Arcachon. Thèse 3^{ème} cycle, Université Montpellier, France, 218 p.
- Lefebvre F., Acou A., Lecomte Finiger R. et Crivelli A. J. 2003. Anguillicolosis among silver eels : a 4-year survey in 4 habitats from Camargue (Rhône delta, south of France). Bull. Fr. Pêch. Piscic. 368: 97-108.
- Lefebvre F., Contournet P., Priour F., Soulas O. et Crivelli A. J. 2002. Spatial and temporal variation in *Anguillicola crassus* counts: results of a 4-year survey of eels in Mediterranean lagoons. Dis. Aquat. Org. 29: 181-188.
- Legault A. 1987. L'anguille dans le bassin de la Sèvre Niortaise Biologie Ecologie exploitation. Publications du Département d'halieutique n°6- ENSA Rennes, 305 p.
- Lintas C., Hirano J. et Archer S. 1998. Genetic variation in the European eel (*Anguilla anguilla*). Molecular Biology and Biotechnology, 7: 263-269.
- Loucif N., Meddour A. et Samraoui B. 2009. Biodiversité des parasites chez *Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758 dans le Parc National d'El Kala-Algérie. Eur. J. of Sci. Research. 25 (2) : 300-309.
- Loukili A. et Belghyti D. 2007. The dynamics of the nematode *Anguillicola crassus*, Kuvahara 1974 in eel *Anguilla anguilla* (L. 1758) in the Sebou estuary (Morocco). Parasitol. Res. 100: 683-686.

M

- Maamouri F., Gargouri L., Ould Daddah M. et Bouix G. 1999. Occurrence of *Anguillicola crassus* (nématode, Anguillicolidae) in the Ichkeul lake (Northern Tunisia). *Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol.* 19:17-19.
- Maes E. G., Pujolar J. M., Helfmans B. et Volckaert F. A. M. 2006a. Evidence of isolation by time in the European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Molecular Ecology*, 15, 2095-2107.
- Maes E.G., Pujolar J.M., Raeymaekers C., Joost D. J. et Volckaert F. 2006b. Microsatellite conservation and Bayesian individual assignment in four *Anguilla* species. *Marine Ecology Progress Series*, 319: 251-261.
- Maillo P. A., Amigo J. M., Salvado H. et Gracia M. P. 2001. Principales parasitos de La anguila europea (*Anguilla anguilla* L., 1758) en el delta del Ebro (Trragona). *Ser. Monogr. ICCM*, 4 : 496-499.
- Maillo P. A., Vich M. A., Salvado H., Marqués A. et Gracia P. 2005. Parasites of *Anguilla anguilla* (L.) from three coastal lagoons of the River Ebro delta (Western Mediterranean). *Acta Parasitologica*, 50(2):156-160.
- Mallawa. A.1987. Dynamique des stocks exploités et halieutiques de l'anguille européenne (A.a.L.) des lagunes du Narbonnais et de Roussillon (Bages-Sigean et Canet- Saint-Nazaire), Golf du Lion. Thèse 3ème Cycle, Univ. Perpignan; 406 p
- Mazzini M., Scapigliati G., Abelli L., Terribili F. R., Scalia D., Fanelli M., Fausto A. M., Mastrolia L. et Romano N. 1998. A study on the effect of hyperoxygenation on the immune system of euryaline fish in aquaculture. *Biologia Marina Mediterranea Parte seconda, Acquacoltura*, 5: 1633–1641.
- McCleave J.D., P.J. Brickley, K.M. O'Brien, D.A. Kistner, M.W. Wong, M. Gallagher & S.M. Watson. 1998. Do leptocephali of the European eel swim to reach continental waters? Status of the question. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 78: 285-306.
- McCleave J. D. 2001. Simulation of the impact of dams and fishing weirs on reproductive potential of silver-phase American eels in the Kennebec River basin, Maine. *N. Am. J. Fish. Manage.* 21 (3): 592-605.
- McDaniel J. S. 1963. Parasites from genus *Lepomis* (centrarchidae) in lake Texoma, Oklahoma. *Tr. Am. Micr. Soc.*, 82: 423-425.
- Meddour A., Meddour-Bouderda K. et Bensouilah M., 1999. Bilan d'une pisciculture extensive et parasites des poissons de la lagune Mellah et du lac oubeira (Parc National d'El Kala). *Proceeding de J'NESMA 99, Alger du 29 au 31 mai 1999*; pp657-670.
- Mennier. F. 1994. Données sur la croissance de l'anguille (*Anguilla anguilla* L.) dans le cours moyen du Rhin, region alsacienne. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 335: 133-144.
- Miller M. 2003. The worldwide distribution of Anguillid leptocephali. *In* : Aida K., K. Tsukamoto & K. Yamauchi (Eds). *Eel Biology*. Springer-Verlag, Tokyo. Chap. 11: 157-168.

- Mizelle J. D. 1938. Comparative studies on Trematodes (Gyrodactyloidea) from the gills of North America fresh-water Fishes. Biol. Monogr., 17: 1-81.
- Molnar K., Szekely C. et Baska F. 1991. Mass mortality of eel in Lake Balaton due to *Anguillicola crassus* infection. Bulletin of the European Association of Fish Pathologists, 11: 211-212.
- Molnar K. 1983. Das Vorkommen von parasitaren Hakensaugwürmern bei der Aalaufzucht in Ungarn. Z. Binnenfischerei der DDR. 30: 341-345.
- Molnar K. 1993. Effect of decreased oxygen content on eels (*A. anguilla*) infected by *A. crassus* (Nematoda, Dracunculoidea). Acta Vet. Hungarica, 41: 349-360.
- Molnar K., Baska F., Csaba G., Glavits R. et Szekely C. 1993. Pathological and histological studies of the swimbladder of eels *Anguilla anguilla* infected by *Anguillicola crassus* (nematoda, Dracunculoidea). D. A. O., 15 (1): 41-50.
- Molnár, K., Szekely C. S. et Perényi M. 1994. Dynamics of *Anguillicola crassus* (Nematoda: Dracunculoidea) infection in eels of Lake Balaton, Hungary. Folia Parasitol., 41:193-202.
- Mondl M. C. et Rabalais F. C. 1972. Helminth parasites of *Ictalurus melas*, *Lepomis cyanillus* and *cacassius* from the Ottawa National Wildlife Refuge Ohio. Am. Midland. Naturalist., 87: 543-545.
- Morales-Nin B., 1991. Determination del creci de peces oseos en base a la microestructura de los otolitos. F.A.O. Doc. Téc. Pesca, 322, Roma : 58p
- Morand S. et Rigby M. C. 1998. Cucullanin nematodes from coral reef fishes of French Polynesia, with a description of *Cucullanus faliexae* n. sp. (Nematoda: Chitwoodchabaudiidae). Journal of Parasitology, 84, 1213–1217.
- Moravec F. et Taraschewski H. 1988. Revision of the genus *Anguillicola* Yamaguti, 1935 (Nematoda, Anguillicolidae) of the swimbladder of eels, including descriptin of two new species. *A. novaezelandiea* sp. N. and *A. papernai* sp. N. Folia Parasitologica, 35: 125-146.
- Moravec F. 1992. Spreading of nematode *Anguillicola crassus* (Dracunculoidea) among eel populations in Europe. Folia Parasitologica, 39: 247-248.
- Moravec F. et Konecny R., 1994. Some new data on the intermediate and paratenic hosts of the nematode *Anguillicola crassus* , Kuwahara, Niimi and Itagaki, 1974 (Dracunculoidea) a swimbladder parasite of eels. Folia Parasitologica, 41(1): 65-70, 26 ref
- Moravec F., Kohn A., et Fernandes B. M. M. 1997. New observations on seuratoid nematodes parasitic in fishes of the Parana´ River, Brazil. Folia Parasitologica, 44, 209–223.
- Moravec F., Sasal P., Würtz J. et Taraschewski H. 2005. *Cucullanus oceaniensis* sp. n. (Nematoda: Cucullanidae) from Pacific eels (*Anguilla* spp.). Folia Parasitologica. 52: 343–348.

- Moriarty C. 1986. Riverine migration of young eels *Anguilla anguilla* (L.). Fisheries Research, 4: 43-58.
- Moriarty C. 1987. Factors influencing recruitment of the Atlantic species of anguillid eels. Am. Fish. Soc. Symp. 1: 483-491.
- Moriarty C. 1972. Studies of eel *Anguilla anguilla* L. in Ireland, in lake of Carrigrohane system. Ir. Fish. Invest. (A), 15, 39 pp.
- Moriarty C. et Dekker W. (Eds.) 1997. Management of the European eel. Fisheries Bulletin, 15: 110 pp.
- Mounaix B. 1992. Intercalibration et validation des méthodes d'estimation de l'âge de l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*, L.). Application au bassin versant de la Vilaine, Bretagne. Thèse ENSA, Rennes. 146 p.
- Münderle M., Sures B. et Taraschewski H. 2004. Influence of *Anguillicola crassus* (Nematoda) and *Ichthyophthirius multifiliis* (Ciliophora) on swimming activity of European eel *Anguilla anguilla*. Vol. 60: 133-139.

N

- Nagiec M. et Bahnsawy M. H. 1990. Age and growth of female eels *Anguilla anguilla* in a Polish lake Jeziorak lake, Mazurian lake district Poland. Aquaculture & Fisheries Management. 21(4): 459-470.
- Neumann W. 1985. Schwimmblasen parasit *Anguillicola* bei Aalen. Fischer und Teichwirt, 11, 322.
- Nie P. et Kennedy C. R. 1991. Population biology of *Proteocephalus macrocephalus* (Creplin) in the European eel, *Anguilla anguilla* (Linnaeus), in two small rivers. Journal of fish Biology, 38, 921-927.
- Nilo P. et Fortin R. 2001. Synthèse des connaissances et établissement d'une programmation de recherche sur l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*). Université du Québec à Montréal, Département des Sciences biologiques pour la Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune.

O

- Ogawa K., Chung H. Y., Kou G. H., Imada R. 1985. On the validity of an eel monogenean *Pseudodactylogyus microrchis* Ogawa et Egusa, 1976. Bull. Jap. Soc. scient. Fish. 51 : 381-385.
- Ogawa K. 1986. *Pseudodactylogyroides* gen. n. (Monogenea: Ancyrocephalidae, *Pseudodactylogyrlinae* subf. n.), with a redescription of *P. apogonis* (Ydrnagutl, 1940) comb. n. Zool. Sci. 3: 181-185.
- Ogawa K. et Egusa S. 1976. Studies on eel pseudodactylogyrosis - I. Morphology and classification of three eel dactylogyrids with a proposal of a new species, *Pseudodactylogyrus microrchis*. Bull. Jap. Soc. scient. Fish. 42: 395-404.

P

- Paggi L., Orecchia P., Minervini R. et Mattiucci S. 1982. Occurrence of *Anguillicola australiensis* Johnston and Mawson, 1940 (Dracunculoidea: Anguillicolidae) in *Anguilla anguilla* in Lake Bracciana. *Parasitologia Roma: Societa Italiana de Parassitologia*. Dec. 1982. V. 24 (2-3): 139-144.
- Pannella G., 1980. Growth pattern in fish sagittae. In (Rhods, D.C. and Luth R.H., eds.): biological records of environmental change. New York and London. Plenum Press. : 519-560
- Panfili J., Ximenes M.C., Crivelli A.J. et Do Chi T. 1992. Validation de l'âge de l'anguille européenne dans les lagunes méditerranéennes françaises (Camargue) : résultats préliminaires. In : Baglinière, J.L., Castanet, J., Conand, F. et F.J. Meunier. Eds. Tissus durs et âge individuel des vertébrés, Colloque National, Bondy. Colloques et Séminaires ORSTOM-INRA, Paris. p. 119-127.
- Panfilli J., 1993. Estimation de l'âge individuel des poissons : méthodologies et applications à des populations naturelles tropicales et tempérées. *OβSTOM Paris.Trav. Doc. Microfich.*, 456 p + ann.
- Panfili, J.; Ximénès M-C. (1994). Évaluation de l'âge et de la croissance de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.) en milieu continental: Méthodologies, validation, application en méditerranée et comparaisons en Europe. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **335**: 43-66.
- Pauly D. et Munro J.L. (1984). Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 2 (1): 21.
- Pedersen B. H. 2003. Induced sexual maturation of the European eel *Anguilla anguilla* and fertilisation of the eggs. *Aquaculture*, 224 (1-4): 323-338.
- Peters G. et Hartmann F. 1986. *Anguillicola*, a parasite nematode of the swimbladder spreading among eel populations in Europe. *Diseases of Aquatic Organisms*, 1: 229-230.
- Petter A. J. 1974. Essai de classification de la famille des Cucullanidae. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, 38 sér., 225, Zoologie 117: 1469-1490.
- Petter A., Fontaine Y. A. et Le Belle N., 1989. Étude du développement larvaire de *Anguillicola crassus* (Dracunculoidea, Nematoda) chez un cyclopidae de la région parisienne. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* 64: 347-355.
- Petter A. J. et Le Bel J. 1992. Two new species in the genus *Cucullanus* (Nematoda-Cucullanidae) from the Australian region. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 87: 201-206.
- Pfeiler E. 1999. Developmental physiology of elopomorph leptocephali. *Comparative Biochemistry and Physiology A- Molecular and Integrative Physiology*, 123 : 113-128.
- Poole, W.R.; Reynolds, J.D. (1996). Growth rate and migration of the Eel *Anguilla anguilla* L., *Journal of Fish Biology* **48(4)**: 633-642. Poole, W.R.; Reynolds, J.D. (1996).

Growth rate and migration of the Eel *Anguilla anguilla* L., Journal of Fish Biology **48(4)**: 633-642.

Pool W.R., Reynolds J.D. et Moriarty C., 2003. Early post-larval growth and otolith patterns in the eel *Anguilla anguilla* . Fisheries Research, 2003

Prokhorchik G. A. 1986. Postembryonic development of European eel, *Anguilla anguilla*, under experimental conditions. Journal of Ichthyology, 26: 121-127.

Pujolar J. M., Maes G. E., Vancoillie C. et Volckaert F. A. 2006. Growth rate correlates to individual heterozygosity in the European eel, *Anguilla anguilla* L. Evolution, 59:189-199.

R

Rahhou I., Melhaoui M., Lecomte-Finiger R., Morand S., et Chergui H. 2001. Abundance and distribution of *Anguillicola crassus* (Nematoda) in eels *Anguilla anguilla* from Moulouya Estuary (Morocco). Helminthologia, 38(2):93-97.

Raibaut A. et Ben Hassine O. K. 1977. Les copépodes parasites des Muges en Méditerranée. *Bull. Mus. natn. Hist. Nat.*, Paris 3^{ème} sér., n°472, Zool., 329 : 169-197.

Raibaut A., Ben Hassine O. K. et Prunus G. 1975. Etude de l'infestation de *Mugil* (*Mugil cephalus* Linné, 1758 (Poisson, Téléostéens, Mugilidés) par le copépode *Ergasilus nanus* Beneden, 1870 dans le lac Ischkeul (Tunisie). *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 100 (4) : 427-437.

Raibaut A., Combes C. et Benoit F. 1998. Analysis of the parasitic copepod species richness among Mediterranean fish. *Journal of marine Systems*, 15: 185-206

Ramdane Z. 2009. Identification et écologie des ectoparasites Crustacés des poissons téléostéens de la côte Est algérienne. Thèse de 3^{ème} cycle. 235p.

Ricker W.E. 1975. Computation and interpretation of the biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 191: 1-382.

Richiardi S. 1880. Catalogo sistematico dei crostacei che vivono sul corpo degli animali acquatici. *Catalogo Sez. Ital. espoz. Internaz. di pesca berlino*. 147-152.

Roberts L. S. 1970. *Ergasilus* (Copepoda – Cyclopoïdea) : revision and key to species in North America. *Trans. Am. microsc. soc.*, 89: 134-161.

Roberts R. J. 1979. Pathologie du poisson. Malouines s. a. *Editeur Paris*: 317 p.

Robinet T. T. et Feunteun E. E. 2002. Sublethal effects of exposure to chemical compounds: A cause for the decline in Atlantic eels? *Ecotoxicology*, 11 (4): 265-277.

Robins C. R., Cohen D. M. et Robins C. H. 1979. The eels, *Anguilla* and *Histiobranchus*, photographed on the floor of the deep Atlantic in the Bahamas. *Bulletin of Marine Science*, 29: 401-405.

Rossi R., et Villani P. 1980. A biological analysis of eel catches, *Anguilla anguilla* L., from the lagoons of Lesina and Verano. *Journal of Fish Biology*, 16, 324-413.

Rossi, R.; Carrieri, A.; Franzoi, P.; Cavallini, G.; Gnes A. 1988: Eel population dynamics in the Comacchio Lagoons. *Oebalia* **14**: 87-106.

Rousseau K. 2000. Evolution phylogénétique du contrôle de l'hormone de croissance: apport des modèles téléostéens, l'anguille (*Anguilla anguilla*) et le turbot (*Psetta maxima*). PhD Thesis, University of Paris VI.

S

Sadler K. 1979. Effects of temperature on the growth and survival of the European eel, *Anguilla anguilla*, L. *Journal of Fish Biology*, **15**: 499-507.

Saraiva A. et Eiras J.C. 1996. Parasite community of European eel, *Anguilla anguilla* (L.) in the river Este, Northern Portugal. *Res. Rev. Parasitol.* **56**: 179-183.

Saroglia M., Knight M., Terova-Saroglia G. et Cecchini S. 1998. Role of water hyperoxygenation and feed ratio on the minimization of nitrogen release by intensive sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) farming. *Biologia Marina Mediterranea* Parte seconda, Acquacoltura, **5**: 1669–1674.

Sauvaget B., Fatin D. et Briand C. 2003. Contamination par *Anguillicola crassus* de cinq populations d'anguilles (*Anguilla anguilla*) du littoral de Bretagne Sud (France). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, **368** : 21-26.

Schabuss M., Kennedy C.R., Konecny R., Grillitsch B., Reckendorfer W., Schiemer F. et Herzig A. 2005. Dynamics and predicted decline of *Anguillicola crassus* infection in European eels, *Anguilla anguilla*, in Neusiedler See, Austria. *Journal of Helminthology* **79**, 159–167.

Schmidt J. 1906. Contribution to the life history of the eel (*Anguilla vulgaris*, Flem). *Rapport des Procès Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, **5** : 137-264.

Schmidt J. 1909. Remarks on the metamorphosis and distribution of the larvae of the eel (*Anguilla vulgaris* Turt.). *Medd. Komm. Havund. Fisk.* **III**: 1-17.

Schmidt J. 1922. The breeding places of the eel. *Phil. Trans. R. Soc. London*, **211** : 179-208.

Schmidt G. D. et Kuntz R. E. 1969. Nematode parasites of *ceanica*. V. Four new species from fishes of Palawan, P. I., with a proposal for *Oceanicucullanus* gen. nov. *Parasitology*, **59**: 389–396.

Scholz T. 1997. Life-cycle of *Bothriocephalus claviceps*, a specific parasite of eels. *Journal of Helminthology*, **71**, 241–248.

Seoka M., Yamada S., Iwata Y., Yanagisawa T., Nakagawa T. et Kumai H. 2003. Differences in the biochemical content of buoyant and non-buoyant eggs of the Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Aquaculture*, **216** (1-4): 355-362.

Sinha V. R. P. et Jones J.W. 1966. On the sex and distribution of the freshwater eel (*Anguilla anguilla*). *Journal of Zoology*, London: **150**, 371-385.

- Sinha V. R. P. et Jones J.W. 1975. The European freshwater eel. Liverpool University Press. 146 p.
- Smyth J. D. 1952. Studies on tapeworm physiology. VI. Effect of temperature on the maturation *in vitro* of *Schisyocephalus solidus*. J. Exp. Biol., 29: 304-309.
- Soltynska M. 1964. Fish tapeworms in Puck Bay (South Baltic). Acta parasit. Pol., 12: 13-26.
- Soota T. D. et Dey Sarkar S. R. 1980. On three species of the nematode genus *Cucullanus* Muller, 1777, and a note on *lappetascaris lujani* Rasheed, 1965, from India marine fishes. Rec. Zool. Surv. India, 76: 1-6.
- Soota T. D. 1983. Studies on nematode parasites of Indian vertebrates I. Fishes. Rec. Zool. Surv. India, Misc. Publ., Occas. Pap. No. 54, 353 p.
- Sood M. L. 1989. Fish nematodes from South Asia (703 pp). New Delhi–Ludhiana: Kalyani Publishers. Soota, T. D. (1983). Studies on nematode parasites of Indian vertebrates. I. Fishes (352 pp). Calcutta: Zoological Survey of India.
- Sorensen B. et Weber R. E. 1995. Effects of oxygenation and the stress hormones adrenaline and cortisol on the viscosity of blood from the trout *Oncorhynchus mykiss*. Journal of Experimental Biology, 198: 953–959.
- Sprengel G. et Lüchtenberg H. 1991. Infection by endoparasites reduces maximum swimming speed of European smelt *Osmerus eperlanus* and European eel *Anguilla anguilla*. Dis. Aq. Org. 11: 31–35.
- Starkie, A. 2003. Management issues relating to the European eel, *Anguilla anguilla*. Fish. Manag. Ecol. 10 (6): 361-364.
- Steinmann. I et Freyhof. J. 1998. Abschlussbericht der Vorstudie zur Untersuchung der Bestandsentwicklung des Aals *Anguilla anguilla* (L.) im Rhein. Studie im auftrag der Rheinfischereigenossenschaft, des landes. *Fischer eiverbands Nordrhein e. v. und des Sportfischer- Verbands Nordrhein*, 15 pp.
- Strubberg A. 1913. The metamorphosis of elvers as influenced by outward conditions. Some experiments. Medd. Komm. Havund. Fisk., Copenhagen: 1-11.
- Sures B., Knopf K. et Taraschewski H. 1999a. Development of *Anguillicola crassus* (Dracunculoidea, Anguillicolidae) in experimentally infected Balearic congers *Ariosoma balearicum* (Anguilloidea, Congridae). Diseases of Aquatic Organisms, 39, 75–78.
- Sures B. et Knopf K. 2004. Individual and combined effects of cadmium and 3, 3', 4, 4', 5-pentachlorobiphenyl (PCB 126) on the humoral immune response in European eel (*Anguilla anguilla*) experimentally infected with larvae of *Anguillicola crassus* (Nematoda). Parasitology, 128: 1–10.
- Szekly C., Lang M. et Csaba G. 1991. First occurrence of *Anguillicola crassus* in Hungary. Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol., 11 (4), 162-163.

T

- Tanaka H. 2003. Techniques for larval rearing. *In* Eel Biology. Edited by. K. Aida, K. Tsukamoto and K. Yamauchi. Springer-Verlag, Tokyo. pp. 427-456.
- Taraschewski H., Moravec F., Lamah T. et Anders K. 1987. Distribution and morphology of two helminths recently introduced into European eel populations : *Anguillicola crassus* (Nematoda, Dracunculoidea) and *Paratenuisentis ambiguus* (Acanthocephala, Tenuisentidae). *Dis. aquat. Org.*, 3, 167-176.
- Tesch F.W. 1974. Influence of geomagnetism and salinity on the directional choice of eels. *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, 26 : 382-395.
- Tesch F.W. 1977. The eel. Biology and management of anguillid eels. London, Chapman & Hall. 434 p.
- Tesch F.W. 1979. Tracking of silver eels (*Anguilla anguilla* L.) in different shelf areas of the northeast Atlantic. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer*, 174 : 104-114.
- Tesch F.W. 1982. The Sargasso Sea Eel Expedition 1979. *Helgoländer Meeresunters*, 35: 263-277.
- Tesch F.W. 1989. Changes in swimming depth and direction of silver eels (*Anguilla anguilla* L.) from the continental shelf to the deep sea. *Aquatic living Resources*, 2: 9-20.
- Tesch F.W. 1992. Insignificance of tidal currents for silver eel migration as studied by eel trackings and current measurements. Working Party on Eel EIFAC, Dublin. Irish fisheries investigations, série A, n°36.
- Tesch F. W. 1993. The eel. Blackwell Science Ltd, London.
- Thomas K. et Ollevier F. 1992. Paratenic hosts of the swimbladder nematode *Anguillicola crassus*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 13 : 165-174.
- Thomas K. et Ollevier F. 1993. Hatching, survival, activity and penetration efficiency of secondstage larvae of *Anguillicola crassus* (Nematoda). *Parasitology* 107: 211–217.
- Tsukamoto K., Nakai I. et Tesch F. W. 1998. Do all freshwater eels migrate? *Nature*, 396: 635-636.
- Tsukamoto K., Lee T.W. et Fricke H. 2003. Spawning area of the Japanese eel. *In* : Aida K., K. Tsukamoto & K. Yamauchi (Eds). Eel Biology. Springer-Verlag, Tokyo. Chap. 9 : 121-140.
- Tulonen J et Pursiainen M. 1992. Eel stockings in the waters of the Evo State Fisheries and Aquaculture Research Station. *Suomen Kalatalous*, 60: 246-261.

U

- Uberlaker J. E. ; Kazic D., Mayberry L. et Cankovic M. 1981. Parasitism of fishes and other vertebrates of Lake Skadar. *In* :The biota and limnology of lake Skadar, Karaman et Beeton Edits., Titograd: 356-383.

V

- Valle A. 1880. Crostacei parassiti dei pesci del mare adriatico. Boll. Soc. Adrit. Sci. Nat. 6: 55-90.
- Van Banning P., Heermans W. et Van Willigen J. A. 1985. *Anguillicola crassa*, een nieuwe aalparasiet in de Nederlandse wateren. Visserij., 38, 237-240.
- Van Willigen J. et Dekker W. 1989. Up date on *Anguillicola* in Dutch waters. EIFAC Working Party on Eel, Porto, Portugal, 8 pp.
- Vigier J. F. 1997. Les pathologies des anguilles : synthèse des connaissances sur la pathologie des différentes espèces du genre *Anguilla*. Cemagref. 198 p.
- Vladykov V. D. 1966. Remarks on the American eel (*Anguilla rostrata* Le Sueur). Sizes of elvers entering streams; the relative abundance of adult males and females; and the present economic importance of eels in north America. Verh. int. Ver. Theor. Angew. Limnol., 16: 1007-1017.
- Vladykov V. D. et March H. 1975. Distribution of leptocephali of the two species of *Anguilla* in the western North Atlantic based on collections made between 1933 and 1968. Syllogeus, 6 : 1-38.
- Vollestad L. A. et Jonsson B. 1986. Life history characteristics of the european eel *Anguilla anguilla* in the Imsa River. Norway Trans. Am. Fish. Soc., 115: 864-871.
- Vollestad L. A. et Jonsson B. 1988. A 13-year study of the population dynamics and growth of the European eel *Anguilla anguilla* in Norwegian river: Evidence for density dependent mortality and development of a model for predicting yield. Journal of Animal Ecology, 57 : 983-997.
- Vollestad L. A. 1989. Effect of growth rate on age at maturity of the european eel *A. anguilla*. EIFAC Working Party on Eel, 29 may - 3 june 1989, Porto, Portugal.
- Vollestad L. A. 1992. Geographic variation in age and length at metamorphosis of maturing european eel : environmental effects and phenotypic plasticity. Journal of Animal Ecology, 61: 41-48.

W

- Wang Y., Liu S., Yang Y. 2004. *Parabothriocephalus psenopsis* n. sp . (Eucestoda : Pseudophyllidea) dans anomala *Psenopsis* du détroit de Taiwan , en Chine. J parasitologie ,90, pp. 623-625.
- Wang W.S., Hung S.W., Lin Y.H., Shih C.W., Tung B.R., and Ooi H.K. 2006. Parasitosis of Short-finned eel, *Anguilla australis* schmidt, in Taiwan. Fish Pathol, 26. 106p.
- Wardle R.A. et McLeod J.A. 1952. The zoology of tapeworms. Minneapolis: The University of Minnesota Press, 780 pp.

- Watanabe S., Aoyama J., Nishida M. et Tsukamoto K. 2005. A molecular genetic evaluation of the taxonomy of eels of the genus *Anguilla* (Pisces : Anguilliformes). *Bulletin of Marine Science*, 76 : 675-690.
- Wayland M. T., Gibson D. I. et Sommerville C. 2004. *Echinorhynchus salmonis* Müller, 1784 (Acanthocephala:Echinorhynchidae) from the Bothnian Bay, Baltic Sea: morphological variability and radial asymmetry of proboscis hooks. *Systematic Parasitology*, 58: 149–158.
- Westerberg H. 1979. Counter-current orientation in the migration of the European eel. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer*, 174 : 134-143.
- Westin L. 1990. Orientation mechanisms in migrating European silver eel (*Anguilla anguilla*): temperature and olfaction. *Marine Biology*, 106: 175-179.
- Wiberg U.H. 1983. Sex determination in the European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Cytogenetics and Cell Genetics*, 36: 589-598.
- Wickström H. et Westerberg H. 2006. The importance of eels from coastal/brackish water areas. *Swedish Board of Fisheries, MS*, 6p.
- Wilson C. B. 1923. Parasitic copepods in the collection of the riks museum at Stockholm. *Ark. Zool.*, 15 (3): 1-15.
- Wirth T. et Bernatchez L. 2003. Decline of North Atlantic eels: a fatal synergy?. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, 270 : 681-688.
- Wootton R. 1973. The metazoan parasite-fauna of fish from Hanning field reservoir, Essex in relation to features of the habitat and host populations. *J. Zool. Soc. London*, 171: 323-331.
- Würts J., Taraschewski H., et Pelster. B.,1996. Changes in gaz composition in the swimbladder of European eel (*Anguilla anguilla*) infected with *Anguillicola crassus* (Nematoda). *Parasitology*, 112 (Pt 2): 233-8
- Würtz J., Knopf K. et Taraschewski H. 1998. Distribution and prevalence of *Anguillicola Crassus* (Nematoda) in eels (*Anguilla anguilla*) of the rivers Rhine and Naab, Germany. *Diseases of Aquatic Organisms*, 32, 137–143.
- Würtz J. et Taraschewski H. 2000. Histopathological changes in the swimbladder wall of the European eel *Anguilla anguilla* due to infections with *Anguillicola crassus*. *Dis. Aquat. Org.*, 39:121-134.

Y

- Yahyaoui A., Berraho A. et Lecompte-Finiger R., 1990. Comparaison of growth rate of cultured elvers (*Anguilla anguilla*). *Inst. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 75 (6): 896
- Yahyaoui A. 1991. Contribution à l'étude de la biologie de l'anguille (*A. anguilla* L.) dans son aire méridionale de la répartition géographique: littoral atlantique et méditerranéen marocain. *Doct. d'État en Sci. Nat. Univ. Med V, Rabat*, 314 pp.

- Yahyaoui A., Freyhof J. et Steinmann I. 2004. Diversité ichtyologique et biologie d'*Anguilla anguilla* L., 1758 (Actinopterygii, Anguillidae) dans le Rhin moyen *Zool. baetica*, 15: 39-60.
- Yalçın-Özdilek. S., Gümüş. A., et Dekker. W. 2006. Growth of european eel in a Turkish river at the south-eastern limit of its distribution. *Electronic Journal of Ichthyology*. 2 : 55-64.
- Yamaguti S. 1935. Studies on the Helminth fauna of Japan. 9. Nematodes of Fishes. *Japan J. zool.*, 6, 337-386.
- Yamaguchi N., Gazzard, D., Scholey, G. and Macdonald, D. W. 2003. Concentrations and hazard assessment of PCBs, organochlorine pesticides and mercury in fish species from the upper Thames: River pollution and its potential effects on top predators. *Chemosphere*, 50 (3): 265-273.
- Yin W. Y. et Sproston N. G. 1948. Studies on the monogenetic trematodes of China. *Parts 15, Sinensia* 19 : 57-85.

Site internet:

www.fao.org

www.scielo.cl

www.cemagref.fr

Résumés

Résumé

Dans cette étude nous nous sommes intéressés aux ectoparasites (branchiaux) et aux endoparasites (du tube digestif et de la vessie natatoire) de l'anguille *Anguilla anguilla* peuplant un milieu estuarien « l'estuaire du Mafrag » et un lac d'eau douce « le lac Oubeira ».

Les résultats de l'observation des caractères morpho anatomiques des parasites récoltés nous a permis de recenser 8 espèces parasites. La plus grande diversité en espèces est notée chez les anguilles du lac Oubeira qui abritent 8 espèces contre seulement 6 dans le Mafrag.

L'ectoparasite *Pseudodactylogyrus* prédomine, il est présent chez plus de 82% des effectifs d'anguilles examinées du Mafrag et que le nombre de parasites est corrélé positivement avec le poids et la taille de son hôte

Parmi les endoparasites, C'est l'espèce *A. crassus* qui prédomine dans les deux plans d'eau, en enregistrant des prévalences de plus de 48 et 57% dans le Mafrag et l'Oubeira respectivement. Dans l'Oubeira, les espèces parasites qui enregistrent des prévalences de plus de 40% sont *Bothriocephalus claviceps* (P=41,6%) et *Pseudoterranova decipiens* (P=41,1%). Dans l'estuaire du Mafrag, c'est l'espèce *Pseudodactylogyrus sp.* qui prédomine, *A. crassus* vient en 2^{ème} position en enregistrant une prévalence de 14,99%.

Les valeurs de l'intensité d'infestation les plus élevées sont enregistrées par *A. crassus* dans l'Oubeira (I>6) et *Echinorhynchus sp.* dans le Mafrag (I=4); Dans l'estuaire, l'intensité d'infestation des anguilles par *A. crassus* n'excède pas 4 vers/poisson infesté. Dans l'Oubeira, les valeurs de l'abondance supérieures à 0,6 sont enregistrées par les espèces *A. crassus* (A=3,7), *Bothriocephalus claviceps* (A=0,64) et *Pseudoterranova decipiens* (A=0,62). Dans le Mafrag, les valeurs de l'abondance de plus de 0,19 sont relevées chez *A. crassus* (A=1,90), *Echinorhynchus sp* (A=0,19) et *Bothriocephalus claviceps* (A=0,32).

Les variations saisonnières des indices parasitologiques calculés semblent être liées à des paramètres abiotiques (température et salinité de l'eau) et biotiques (taille du poisson et comportement alimentaire). L'analyse statistique bivariée fait apparaître l'existence de corrélations négatives entre le pH de l'eau de l'Oubeira et l'intensité et l'abondance d'*A. crassus* et de corrélations positives entre la température et la salinité de l'eau du Mafrag et les indices parasitologiques (prévalence, intensité et abondance) de l'espèce parasite *Bothriocephalus claviceps*. Les résultats du Test de Newman-Keuls viennent appuyer les observations relatives aux fluctuations saisonnières de la température et la salinité de l'eau et celles des indices parasitologiques d'*A. crassus*, *Bothriocephalus claviceps*, *Pseudoterranova decipiens*, *Echinorhynchus sp* et *Cucullanus sp.*

L'analyse qualitative du contenu du tube digestif de l'anguille de l'Oubeira montre une forte proportion de poissons (46%) et d'aliments digérés (37%) ; mais en milieu estuarien, le contenu du tube digestif comprend : 35% de crustacés, 21% de poissons et 10% d'insectes. Ces résultats montrent que l'anguille sélectionne ses proies d'après leur accessibilité et son comportement nutritionnel s'adapte aux disponibilités du milieu. Pendant l'hiver, l'anguille du Mafrag montre un comportement trophique vorace (CV%=40%).

Dans la présente étude les indices de performance enregistrés sont relativement élevés ; ils sont de l'ordre de 3,21, pour les populations d'anguilles de l'Oubeira, et 3,12 et 3,01 respectivement pour les populations d'anguilles du Mafrag du premier et du second cycle.

En ce qui concerne l'anguillicolose, des signes d'infection passée sont relevés chez les anguilles du Mafrag du fait de la présence de lésions sans présence de vers dans la lumière de la vessie ; ceci pourrait compromettre sa migration vers l'aire de ponte. Que les anguilles non parasitées présentent un taux de croissance supérieur à celui des anguilles parasitées.

Les données obtenues permettent elles d'affirmer que le parasitisme serait un moyen de mieux suivre les déplacements des anguilles dans les eaux continentales?

Mots clés : Ectoparasite ; endoparasite ; *Anguilla anguilla* ; parasitisme ; impact ; anguillicolose; Estuaire du Mafrag ; lac Oubeira.

Summary

In this study we were interested to ectoparasites (gill) and endoparasites (gastrointestinal tract and swimbladder) in the eel *Anguilla anguilla* inhabiting an estuarine environment "Estuary Mafrag" and a freshwater lake " Lake Oubeira.

The results of the observation of morpho anatomical parasites collected allowed us to identify eight parasitic species. The greatest species diversity was noted in eels of Lake Oubeira home to 8 species against only 6 in Mafrag.

The ectoparasite *Pseudodactylogyrus* predominates, it is present in over 82% of staff reviewed the Mafrag eel and the number of parasites is positively correlated with weight and size of its host.

Among endoparasites, the species is *A. crassus* which predominates in the two lakes, recording the prevalence of over 48 and 57% in the Mafrag and Oubeira respectively. In Oubeira, parasitic species that record the prevalence of over 40% are *Bothriocephalus Claviceps* (P = 41.6%) and *P. decipiens* (P = 41.1%). In the estuary Mafrag is the kind *Pseudodactylogyrus* sp. predominates, *A. crassus* comes in second position by registering a prevalence of 14.99%.

The values of the intensity of infection are highest recorded by *A. crassus* in Oubeira ($I > 6$) and *Echinorhynchus* sp. the Mafrag ($I = 4$); In the estuary, the intensity of infestation of eels *A. crassus* does not exceed 4 to / infested fish. In Oubeira, the abundance values above 0.6 are recorded by species *A. crassus* ($A = 3.7$), *Claviceps Bothriocephalus* ($A = 0.64$) and *P. decipiens* ($A = 0.62$). In Mafrag, the values of the abundance of more than 0.19 are reported in *A. crassus* ($A = 1.90$), *Echinorhynchus* sp ($A = 0.19$) and *Bothriocephalus Claviceps* ($A = 0.32$).

Seasonal variations in parasitological indices calculated seem to be related to abiotic parameters (temperature and salinity) and biotic (fish size and feeding behavior). Bivariate statistical analysis revealed the existence of negative correlations between pH Water Oubeira and the intensity and the abundance of *A. crassus* and positive correlations between temperature and salinity of the water Mafrag and parasitological indices (prevalence, intensity and abundance) of the parasite species *Bothriocephalus Claviceps*. The results of the test Newman-Keuls come support the observations on seasonal fluctuations of temperature and salinity of the water and those of parasitological indices *A. crassus* *Bothriocephalus Claviceps*, *P. decipiens*, sp and *Echinorhynchus Cucullanus* sp.

Qualitative analysis of gut contents of the eel Oubeira shows a high proportion of fishes (46%) and of digested food (37%), but in an estuary, the gut contents include: 35 % crustaceans, 21% and 10% of fish insects. These results indicate that the eel selects its prey based on their accessibility and availability of nutrition behavior adapts to the environment. During the winter the Eel Mafrag shows a voracious feeding behavior (CV% = 40%).

In this study the performance indices recorded are relatively high and are of the order of 3.21 for eel populations of Oubeira, and 3.12 and 3.01 respectively for eel populations Mafrag of the first and second cycle.

Regarding the anguillicolose, signs of past infection were identified in eel Mafrag because of the presence of lesions without the presence of worms in the lumen of the bladder, this could jeopardize its migration to the spawning area . That uninfected eels have a higher growth rate than that of parasitized eels.

The data obtained allow them to assert that parasitism would be a way to better track the movements of eels in inland waters?

Keywords: Ectoparasites; endoparasite; *Anguilla Anguilla*; parasitism impact; anguillicolose; Estuary Mafrag ; Lake Oubeira.

الملخص

في هذا العمل إهتمنا بدراسة الطفيليات الخارجية (الغلاصم) والطفيليات الداخلية (الجهاز الهضمي والمثانة) في ثعبان Oubeira و بحيرة للمياه العذبة " بحيرة Mafrag البحر أنغيلا أنغيلا القاطن بيئة مصبات الأنهار "مصنوب

حيث Oubeira سمحت لنا النتائج الملاحظة تحديد ثمانية أنواع من الطفيليات. ولوحظ تنوع أكبر من الطفيليات في بحيرة Mafrag سجلت 8 أنواع فقط مقابل 6 في

حيث كان موجودا في أكثر من 82 ٪ في عدد من ثعابين المفحوصة (*Pseudodactylogyrus*) تسود الطفيليات الخارجية ، عدد من الطفيليات يرتبط ارتباطا إيجابيا بوزن وحجم المضيف لها. Mafrag في

الذي يسود في البحيرتين ، ونسجل انتشارا اكبر من 48 و 57 ٪ في *A. crassus* من بين الطفيليات الداخلية ، يوجد النوع أنواع الطفيليات التي سجلت نسبة انتشار أكبر من 40 ٪ هي Oubeira على التوالي، في Mafrag و Oubeira (ف = 41.1 ٪). في مصب *Pseudoterranova decipiens* (ف = 41.6 ٪) و *Bothriocephalus claviceps* يأتي في المرتبة الثانية بتسجيل انتشار 14.99 ٪. *A. crassus* هو الغالب ، النوع Mafrag *Pseudodactylogyrus*.

Mafrag في *Echinorhynchus sp* و Oubeira (I>6) في *A. crassus* تسجل كثافة أعلى القيم العدوى من قبل لا يتجاوز 4 ل/ الأسماك المصابة في *A. crassus* وفي مصب النهر، تتجاوز كثافة العدوى من طرف ثعابين (I=4) *Bothriocephalus claviceps* (أ = 3.7) ، *A. crassus* ، القيم الأعلى وفرة التي تفوق 0.6 سجلت في النوع Oubeira القيم الأعلى وفرة التي تفوق Mafrag (أ = 0.62) في *Pseudoterranova decipiens* (أ = 0.64) و *Bothriocephalus claviceps* (أ = 0.19) و *Echinorhynchus sp* (أ = 1.90) ، *A. crassus* 0.19 في (أ = 0.32).

التغيرات الموسمية في الأرقام القياسية لطفيليات المحسوبة على ما يبدو تتعلق بالمعلومات اللاأحيائية (درجة الحرارة والملوحة) والحيوية (حجم الأسماك وسلوك التغذية). كشفت التحليل الإحصائي لمتغيرين عن وجود ارتباطات سلبية بين والعلاقات المتبادلة الايجابية بين درجة الحرارة والملوحة *A. crassus* وشدة وفرة Oubeira الرقم الهيدروجيني لمياه *Bothriocephalus claviceps* ومؤشرات الطفيلية (انتشار وشدة وفرة) من أنواع الطفيليات Mafrag في مياه دعم ملاحظات تتعلق بالتباين الموسمي لدرجات الحرارة وملوحة المياه وتلك Newman-Keuls نتائج اختبار *A. crassus*، *Bothriocephalus claviceps*، *Pseudoterranova decipiens*، *Echinorhynchus sp* et *Cucullanus sp*..

بين نسبة عالية من الأسماك (46 ٪) ، وعملية هضم Oubeira التحليل النوعي لمحتويات القناة الهضمية لثعبان بحيرة الطعام (37 ٪) ، ولكن عند مصب النهر ، محتويات القناة الهضمية تشمل على : 35 القشريات ٪ ، 21 ٪ من الأسماك و 10 ٪ من الحشرات. هذه النتائج تشير الى ان ثعبان البحر يختار فريسته على أساس سهولة الوصول إليها ، وتتكيف مع (CV%=40%) يظهر السلوك تغذية شره Mafrag سلوكها لتوفير الغذاء في الوسط خلال فصل الشتاء ، و ثعبان البحر

في هذه الدراسة سجلت مؤشرات أداء مرتفعة نسبيا وهي في حدود 3.21 بالنسبة لثعابين البحر الساكنة ب Oubeira للدورة الأولى والثانية. Mafrag ، و 3.12 و 3.01 على التوالي لثعابين البحر الساكنة ب

الماضي بسبب وجود الأفات دون وجود Mafrag ، شوهدت علامات العدوى بين ثعابين *anguillicolose* وفيما يتعلق الديدان في التجويف من المثانة يمكن أن تؤثر هذه الهجرة إلى منطقة التفريغ. في حين أن الثعابين الغير مصابة معدل نموها أعلى من معدل نمو الثعابين المصابة .

المعلومات المتحصل عليها سمحت لهم أن يقولوا إن التطفل هو أحد أفضل وسيلة لتتبع تحركات الأنقليس في المياه الداخلية

كلمات مفتاح: طفيليات، الانقليس، التنوع الطفيلي، مصب المفرغ، بحيرة أوبيرا، الطفيليات الداخلية، الطفيليات الخارجية