

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture



Thèse de doctorat 3^{ème} cycle "LMD".

Domaine : Science de la Nature et de la Vie.

Filière : Sciences de la Mer.

Spécialité : Valorisation et Gestion des Ressources Marines Vivantes.

Thème :

Etude de la thonine commune *Euthynnus alletteratus*
(Rafinesque, 1810) pêchée dans la côte de Mostaganem :
Biologie, Exploitation et Contamination.

Présentée par : M ANSEL Mohammed Amine.

Soutenue publiquement le 11/06/2019 devant le jury composé de :

Président	M TAIBI Nasr-Eddine	Pr	Université de Mostaganem
Examineur	M BOUDERBALA Mohamed	Pr	Université Oran 1
Examineur	M BACHIR BOUIADJRA Benabdellah	MCA	Université de Mostaganem
Examinatrice	M ^{me} TALEB BENDIAB Ahlem Amina	MCA	Université Oran 1
Directrice de Thèse	M ^{me} BENAMAR Nardjess	MCA	Université de Mostaganem

Année universitaire : (2018/2019)

Remerciements

Mes premiers remerciements sont adressés au Docteur **Nardjess BENAMAR**, Ma Directrice de thèse et Maître de conférences A, au Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, Faculté des sciences de la Nature et de la vie de l'Université de Mostaganem. La patience dont elle a fait preuve à mon égard est infinie, je ne pourrai jamais omettre, son esprit de recherche et ses commentaires efficaces qui m'ont toujours encouragé à progresser et à aller de l'avant. Qu'il me soit permis, toujours, de lui exprimer ma sincère et profonde gratitude.

Je souhaite également exprimer, ici, toute ma gratitude envers le Professeur **TAIBI Nasr-Eddine**, responsable de la formation doctorale LMD « Valorisation et Gestion des Ressources Marines et Littorales » et Professeur au Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, Faculté des sciences de la Nature et de la vie de l'Université de Mostaganem, pour nous avoir honoré de sa prestigieuse présence comme président de notre jury de soutenance, malgré toutes les tâches qui lui sont dues. Je tiens donc, à lui exprimer d'avance, mes vifs et respectueux remerciements pour ses interventions et ses conseils qui me seront certes, fortement utiles, pour ma recherche future.

Mes plus sincères remerciements au Professeur **BOUDERBALA Mohamed**, Directeur du Laboratoire «Réseau de Surveillance Environnementale» du Département de Biologie, Faculté des Sciences de l'Université d'Oran I, d'avoir accepté, malgré ses lourdes et nombreuses tâches inhérentes à la recherche, de juger mon travail. L'occasion m'est offerte pour le remercier et lui témoigner toute ma gratitude.

Je suis très reconnaissant au Docteur **BACHIR BOUIADJRA Benabdellah**, Président du Conseil Scientifique de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Maître de Conférences A au Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, de l'Université de Mostaganem, Je tiens énormément à le remercier de l'intérêt qu'il témoigne à ce travail, et d'avoir accepté de nous honorer par sa présence en participant au jury de cette thèse au-delà de ses diverses et lourdes charges.

Toute ma reconnaissance au Docteur **TALEB BENDIAB Ahlem Amina**, Maître de Conférences A à Université d'Oran I, Département de Biologie et membre du membre du laboratoire de recherche réseau de surveillance environnementale, pour s'être intéressée à mon travail et pour avoir accepté, au-delà de toutes ses activités liées à la recherche, d'examiner notre thèse et de siéger au sein de ce jury.

Enfin sans oublier de remercier toutes les personnes qui m'ont aidé ou soutenu de loin ou de près.

Liste des acronymes et des abréviations

ACP	: Analyse en composantes principales.
AIEA	: Agence internationale de l'énergie atomique.
ANAPTH	: Anatomie Pathologique.
B₀	: Biomasse vierge (g).
$\bar{B}_i$	: Biomasse moyenne à l'âge i (g).
B/R	: Biomasse par recrue ($\frac{g}{recrue}$).
C_i	: Capture en nombre à l'âge i (ind).
CIESM	: Conseil International des Études Marines.
Cn	: Pourcentage en nombre d'une proie.
COPEMED	: Coopération Méditerranéenne de Pêche.
Cp	: Pourcentage en poids d'une proie.
C_s	: Concentrations exprimées en masse sèche ($mg \cdot kg^{-1}$).
C_v	: Coefficient de vacuité.
C_w	: Concentrations exprimées en masse humide ($mg \cdot kg^{-1}$).
D	: Biomasse à l'équilibre (g).
$D/\bar{B}$	: Taux de production par unité de biomasse.
DPRH	: Direction de Pêche et des Ressources Halieutiques.
DYNPOP	: Groupe de travail sur la dynamique des populations.
E	: Taux d'exploitation.
F	: Mortalité par pêche (an^{-1}).
F*	: Mortalité par pêche globale (an^{-1}).
F_A	: Fécondité absolue.
FAO	: Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
FAO-CGPM	: Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée.
F_i	: Mortalité par pêche de chaque âge i (an^{-1}).
FISAT	: FAO-ICLARM fish Stock Assessment Tools.
F_R	: Fréquence d'une proie.
ICCAT	: Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique.
ind	: Individus.
K	: Coefficient de croissance (an^{-1}).
L_C	: Taille de capture (cm).
L_F	: Longueur à la fourche du poisson (cm).

Liste des acronymes et des abréviations

$\bar{L}_i$	: Taille moyenne à l'âge i (cm).
L_n	: Longueur à la fourche du poisson au moment où la marque croissance lente est formée (cm).
L_r	: Taille de recrutement dans la pêcherie (cm).
L_t	: Longueur du poisson au temps t (cm).
L_∞	: Longueur asymptotique quand t tend vers l'infini (cm).
M	: Mortalité naturelle (an^{-1}).
MATEV	: Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de la Ville.
MPRH	: Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques.
MSY	: Rendement Maximal Soutenu.
Nev	: Nombre d'estomacs vides.
np	: Nombre d'individus d'une proie.
Np	: Nombre total des diverses proies.
N_s	: Nombre moyen d'ovocytes vitellogènes dans les sous-échantillons.
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé.
Q	: Le coefficient alimentaire d'une proie.
R	: Nombre de recrues (ind).
RGS	: Rapport gonado-somatique.
RHS	: Rapport hépato-somatique.
R_n	: Rayon de l'épine de nageoire à la marque de croissance n (cm).
R_t	: Rayon total de l'épine (cm).
SSB	: Biomasse du stock mature (g).
SSB/R	: Biomasse féconde par recrue (g/recrue).
T. A	: Taux d'accroissement (cm/an).
t_C	: Âge moyen de capture (an).
t_C	: Âge critique du stock vierge (an).
t_m	: Âge de la maturation massive (an).
t_o	: Temps (âge théorique du poisson) (an).
t_r	: Âge moyen de recrutement (an).
US EPA	: Agence américaine de protection de l'environnement.
VIT	: Software for fishery analysis.
VONBIT	: Von Bertalanffy Iterative Approach.

Liste des acronymes et des abréviations

VPA	: Analyse de population virtuelle.
W_{eau}	: Pourcentage en eau par unité pondérale dans le tissu (%).
W_{EV}	: Poids éviscéré (g).
W_F	: Poids du foie (g).
W_G	: Poids des gonades (g).
W_H	: Poids humide du tissu cible (g).
$\overline{W}_i$	: Poids moyen à l'âge i (g).
W_d	: Poids déshydraté du tissu cible (g).
W_S	: Poids du sous-échantillon fixe utilisé pour le comptage (g).
W_t	: Poids du poisson au temps t (g).
W_T	: Poids total du poisson (g).
W_∞	: Le poids asymptotique (g).
Y/R	: Rendement par recrue ($\frac{g}{recrue}$).
Z	: Mortalité totale (an^{-1}).

Liste des tableaux

Tableau 1	: Nom vernaculaire de l'espèce <i>E. alletteratus</i>	9
Tableau 2	: Captures en Algérie FAO-CGPM. (2016).....	16
Tableau 3	: Flotille de pêche selon les différents ports de la côte de Mostaganem.....	17
Tableau 4	: Débarquement mensuel de la thonine de la côte Mostaganemoise	19
Tableau 5	: Echelle de maturité sexuelle chez <i>E. alletteratus</i>	33
Tableau 6	: Pourcentages mensuels des stades de maturité sexuelle pour les femelles de <i>E. alletteratus</i>	34
Tableau 7	: Pourcentages mensuels des stades de maturité sexuelle pour les mâles de <i>E. alletteratus</i>	35
Tableau 8	: Répartition des sexes en fonction de la taille chez <i>E. alletteratus</i>	41
Tableau 9	: Répartition mensuelle des sexes chez <i>E. alletteratus</i>	43
Tableau 10	: Sex-ratio global chez <i>E. alletteratus</i>	44
Tableau 11	: Variation du sex-ratio en fonction de la taille chez <i>E. alletteratus</i>	45
Tableau 12	: Variation mensuelle du sex-ratio chez <i>E. alletteratus</i>	46
Tableau 13	: Pourcentage des individus matures de <i>E. alletteratus</i> selon la taille et le sexe...	48
Tableau 14	: Evolution mensuelle du coefficient de condition ($\bar{K}$) pour <i>E. alletteratus</i>	50
Tableau 15	: Variation mensuelle du rapport gonado-somatique ($\overline{RGS}$) chez <i>E. alletteratus</i>	52
Tableau 16	: Variation mensuelle du rapport hépato-somatique ($\overline{RHS}$) chez <i>E. alletteratus</i>	53
Tableau 17	: Evolution de la fécondité absolue ($\overline{F_A}$) en fonction de la longueur à la fourche chez <i>E. alletteratus</i>	54
Tableau 18	: Evolution de la fécondité relative ($\overline{F_R}$) en fonction du poids éviscéré chez <i>E. alletteratus</i>	56
Tableau 19	: Fréquences annuelles des proies de <i>E. alletteratus</i>	63
Tableau 20	: Variations mensuelles du coefficient de vacuité pour <i>E. alletteratus</i>	64
Tableau 21	: Valeurs des différents indices alimentaires de <i>E. alletteratus</i> de la côte de Mostaganem	65
Tableau 22	: Proies de <i>E. alletteratus</i> de la côte de Mostaganemen fonction des quatres indices alimentaires	66
Tableau 23	: Extraction des composantes principales et valeurs propres	66
Tableau 24	: Projection des variables.....	67
Tableau 25	: Projection des individus sur les axes principaux.....	69

Liste des tableaux

Tableau 26 : Classement des proies de <i>E. alletteratus</i> selon les méthodes de Hureau. (1970), Geisdoerfer. (1975) et l'ACP.....	70
Tableau 27 : Distribution de fréquences de tailles des thonines de la côte de Mostaganem....	88
Tableau 28 : Âges obtenus par la méthode de Bhattacharya. (1967) pour <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) FISAT II (1.2.0)	90
Tableau 29 : Clé âge-longueur obtenue par lecture directe des coupes transversales des épines de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus)	93
Tableau 30 : Clé âge-longueur obtenue par rétro-calcul des longueurs à la fourche de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus).....	95
Tableau 31 : Longueurs moyennes ($\overline{L_F}$) observées et rétro-calculées de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus).....	96
Tableau 32 : Clé âge-longueur obtenue par la lecture directe et par la méthode de Bhattacharya. (1967) de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus).....	97
Tableau 33 : Clés âge-longueur de <i>E. alletteratus</i> selon la littérature	99
Tableau 34 : Paramètres de croissance pour <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus).....	101
Tableau 35 : Paramètres de croissance obtenus par différents auteurs et dans diverses régions pour <i>E. alletteratus</i>	103
Tableau 36 : Equations des relations biométriques de <i>E. alletteratus</i>	105
Tableau 37 : Expressions de l'équation taille-poids pour <i>E. alletteratus</i>	108
Tableau 38 : Comparaison avec la littérature des paramètres de la relation taille-poids pour <i>E. alletteratus</i>	110
Tableau 39 : Courbe de croissance pondérale de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) (modèle de von Bertalanffy).....	111
Tableau 40 : Pourcentage des effectifs des juvéniles de <i>E. alletteratus</i> de la côte de Mostaganem	114
Tableau 41 : Mortalités (Z, M et F) estimées pour <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus).....	116
Tableau 42 : Mortalités (Z, M et F) estimées selon les différents auteurs et régions pour <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus).....	118
Tableau 43 : Paramètres d'entrée pour le calcul de la VPA dans le VIT (1.2), de la côte de Mostaganem pour <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus)	125
Tableau 44 : Captures en nombre et en poids en fonction de la taille de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) de la côte de Mostaganem, VIT (1.2).....	134
Tableau 45 : Différents paramètres obtenus par le VIT (1.2), pour l'analyse de population virtuelle.....	137

Liste des tableaux

Tableau 46 : Résultats de la biomasse obtenue par VIT (1.2), de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) de la côte de Mostaganem	138
Tableau 47 : Valeurs de la mortalité par pêche et totale, obtenues par la VPA pour <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) de la côte de Mostaganem, VIT (1.2)	141
Tableau 48 : Etat du stock de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) de la côte Mostaganemoise, VIT (1.2).....	143
Tableau 49 : Rendement, biomasse et biomasse féconde par recrue en fonction du facteur de F de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) de la côte de Mostaganem, VIT (1.2)	145
Tableau 50 : Valeurs mesurées et certifiées des concentrations de métaux lourds ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ / poids sec) dans le matériau de référence standard (IAEA-407).....	156
Tableau 51 : Pourcentage moyen $\pm$ SE de l'eau dans les différents tissus de <i>E. alletteratus</i>	157
Tableau 52 : Niveaux de métaux lourds ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ / poids humide) dans les différents tissus de <i>E. alletteratus</i>	158
Tableau 53 : Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction de l'âge des poissons dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	159
Tableau 54 : Relations entre le niveau du Cd, Pb, Zn et Cu et l'âge des thonines.....	161
Tableau 55 : Concentrations moyennes du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction du sexe des poissons dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	162
Tableau 56 : Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction de la taille des poissons dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	164
Tableau 57 : Relations entre le niveau du Cd, Pb, Zn et Cu et la taille des thonines.....	165
Tableau 58 : Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction des stades de maturité sexuelle des poissons dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	168
Tableau 59 : Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction du poids total des poissons dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	170
Tableau 60 : Relations entre le niveau du Cd, Pb, Zn et Cu et le poids total des thonines	171
Tableau 61 : Limites légales de Cd, Pb, Zn et Cu ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) dans le produit de la pêche.....	177

Liste des figures

Figure 1	: Carte de la subdivision du bassin algérien.....	6
Figure 2	: Localisation de la côte Mostaganemoise	7
Figure 3	: Réseau hydrographique de la côte Mostaganemoise	8
Figure 4	: Répartition géographique de la thonine	11
Figure 5	: Les zones susceptibles à être colonisées par la thonine.....	11
Figure 6	: Gamme de distribution indiquant le degré d'adéquation de l'habitat de la thonine	12
Figure 7	: Morphologie générale de <i>Euthynnus alletteratus</i>	13
Figure 8	: Captures en Algérie FAO-CGPM.....	17
Figure 9	: Petit port de Mostaganem	18
Figure 10	: Port de Salamandre	18
Figure 11	: Port de Mostaganem	18
Figure 12	: Captures mensuelles de la thonine.....	20
Figure 13	: Thonines récoltées à l'état frais	21
Figure 14	: Les différentes mensurations effectuées	21
Figure 15	: Eviscération de la thonine.....	22
Figure 16	: Pesage des organes de la thonine.....	22
Figure 17	: Extraction de la 1 ^{ère} épine de la 1 ^{ère} nageoire dorsale de <i>Euthynnus alletteratus</i>	23
Figure 18	: Coupes histologiques	27
Figure 19	: Microscope Bresser Lcd	27
Figure 20	: Mesure de la taille des ovocytes logiciels Cooling Tech version 2.0.....	27
Figure 21	: Mesure de la taille des ovocytes avec la lame micrométrique DIV = 0.1 mm	27
Figure 22	: Comptage des ovocytes matures.....	31
Figure 23	: Evolution mensuelle des stades de maturité sexuelle chez les femelles de <i>E. alletteratus</i>	35
Figure 24	: Evolution mensuelle des stades de maturité sexuelle chez les mâles de <i>E. alletteratus</i>	35
Figure 25	: Echelle microscopique de développement sexuel chez les femelles pour <i>E. alletteratus</i>	38
Figure 26	: Echelle microscopique de développement sexuel chez les mâles pour <i>E. alletteratus</i>	40
Figure 27	: Distribution des sexes en fonction de la taille chez <i>E. alletteratus</i>	42
Figure 28	: Distribution mensuelle des sexes pour <i>E. alletteratus</i>	43

Liste des figures

Figure 29	: Sex-ratio en fonction de la taille chez <i>E. alletteratus</i>	45
Figure 30	: Variation mensuelle du sex-ratio chez <i>E. alletteratus</i>	46
Figure 31	: Taille à la première maturité sexuelle de <i>E. alletteratus</i>	49
Figure 32	: Variation mensuelle du coefficient de condition ($\bar{K}$) chez <i>E. alletteratus</i>	50
Figure 33	: Evolution mensuelle du rapport gonado-somatique moyen chez <i>E. alletteratus</i>	52
Figure 34	: Evolution mensuelle du rapport hépato-somatique moyen chez <i>E. alletteratus</i>	53
Figure 35	: Relation d'allométrie entre $\bar{F}_A$ et L_F chez <i>E. alletteratus</i>	55
Figure 36	: Relation d'allométrie entre $\bar{F}_R$ et W_{EV} chez <i>E. alletteratus</i>	56
Figure 37	: Différentes proies de <i>E. alletteratus</i>	61
Figure 38	: Différentes proies de <i>E. alletteratus</i>	62
Figure 39	: Fréquences annuelles des différentes proies ingérées par <i>E. alletteratus</i>	63
Figure 40	: Variations mensuelles du coefficient de vacuité chez <i>E. alletteratus</i> de la côte de Mostaganem.....	64
Figure 41	: Valeurs propres en fonction des axes principaux	67
Figure 42	: Projections des variables sur les axes retenus.....	68
Figure 43	: Projection des proies dans les plans I-II	69
Figure 44	: Schéma de la coupe transversale sur le $\frac{1}{3}$ inférieur du 1 ^{er} rayon de la 1 ^{ère} nageoire dorsale de <i>E. alletteratus</i>	74
Figure 45	: Scie rotative black & decker RT 650 avec une meule à découper (23 mm/600 μ m).....	74
Figure 46	: Perforations au niveau de la coupe transversale de l'épine de <i>E. alletteratus</i>	74
Figure 47	: Phénomène de double annulation de <i>E. alletteratus</i>	74
Figure 48	: Mesure de R_t , R_n , la superficie et le périmètre par le microscope digital (colemeter), à l'aide du logiciel intégré (cooling tech version 2.0.).....	76
Figure 49	: Calibration et mesure de R_t et R_n par le microscope à l'aide d'une lame micrométrique (diapositive avec échelle), (Bresser) DIV = 0.1 mm.....	76
Figure 50	: Répartitions des fréquences de tailles des thonines de la côte de Mostaganem en fonction des centres de classes.....	89
Figure 51	: Détermination des différentes cohortes de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) par la méthode de Bhattacharya. (1967) FISAT II (1.2.0)	90

Liste des figures

Figure 52	: Décomposition en âges de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) par la méthode de Bhattacharya. (1967) FISAT II (1.2.0).....	90
Figure 53	: Taux d'accroissement de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus).....	91
Figure 54	: Coupes transversales du premier rayon de la première nageoire dorsale de <i>E. alletteratus</i> d'âges différents.....	92
Figure 55	: Longueur moyenne ($\overline{L_F}$) en fonction des âges obtenue par lecture directe des coupes transversales des épines de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus)	94
Figure 56	: Relation entre la longueur à la fourche (L_F) et le rayon total (R_t) de l'épine de nageoire dorsale chez <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus).....	94
Figure 57	: Longueur moyenne ($\overline{L_F}$) en fonction des âges obtenue par rétro-calcul pour <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus).....	95
Figure 58	: Longueurs moyennes ($\overline{L_F}$) observées et rétro-calculées de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus)	96
Figure 59	: Clé âge-longueur obtenue par la lecture directe et par la méthode de Bhattacharya. (1967) de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus).....	97
Figure 60	: Clés âge-longueur de <i>E. alletteratus</i> selon différents auteurs	99
Figure 61	: Courbe théorique de croissance linéaire de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) VONBIT	101
Figure 62	: Courbe théorique de croissance linéaire de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) FISAT II (1.2.0)	102
Figure 63	: Relation linéaire (L_F - L_S).....	106
Figure 64	: Relation linéaire (L_F - L_C).....	106
Figure 65	: Relation linéaire (L_F - L_{PD1}).....	106
Figure 66	: Relation linéaire (L_F - D_O).....	106
Figure 67	: Relation linéaire (L_F - L_T).....	106
Figure 68	: Relation linéaire (L_F - D_O).....	106
Figure 69	: Relation linéaire (L_F - E_C).....	107
Figure 70	: Relation linéaire (L_F - L_{PO})	107
Figure 71	: Relation linéaire (L_F - L_{PD2}).....	107
Figure 72	: Relation linéaire (L_F - D_{PA}).....	107
Figure 73	: Relation linéaire (L_F - L_{PO})	107
Figure 74	: Relation linéaire (L_F - L_{PO}).....	107

Liste des figures

Figure 75	: Relation taille-poids pour <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) de la côte de Mostaganem.....	108
Figure 76	: Relation taille-poids pour les mâles et les femelles de <i>E. alletteratus</i> de la côte de Mostaganem.....	109
Figure 77	: La courbe de croissance pondérale théorique de von Bertalanffy pour <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus).....	111
Figure 78	: Taille de sélection (L_C) de <i>E. alletteratus</i> de la côte de Mostaganem FISAT II (1.2.0).....	112
Figure 79	: Taille de recrutement (L_r) de <i>E. alletteratus</i> de la côte de Mostaganem.....	114
Figure 80	: Recrutement mensuel de <i>E. alletteratus</i> de la côte de Mostaganem FISAT II (1.2.0).....	115
Figure 81	: Pourcentage du recrutement mensuel de <i>E. alletteratus</i> de la côte de Mostaganem FISAT II (1.2.0)	115
Figure 82	: La courbe de capture fondée sur la longueur FISAT II (1.2.0) pour <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus).....	116
Figure 83	: Mortalité naturelle de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) FISAT II (1.2.0)	117
Figure 84	: Pourcentage de la mortalité naturelle et par pêche de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus)	117
Figure 85	: Captures en poids et en nombre en fonction de la taille de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) de la côte de Mostaganem VIT (1.2)	135
Figure 86	: Poids moyens virtuels et nombre moyen d'individus en fonction de la taille, obtenus par la VPA, pour <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus).....	139
Figure 87	: Evolution des mortalités totale (Z), et par pêche (F) en fonction de la taille, obtenue par la VPA pour <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus).....	142
Figure 88	: Diagramme des entrées et des sorties de la biomasse totale équilibrée de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) de la côte de Mostaganem	143
Figure 89	: Rendements, biomasses et les biomasses fécondes par recrue de <i>E. alletteratus</i> (sexes confondus) de la côte de Mostaganem, VIT (1.2)	146
Figure 90	: Etapes de la digestion humide dans des récipients fermés de tissus de <i>E. alletteratus</i>	151
Figure 91	: Digesteur type VELP	151
Figure 92	: Digestion à base de NHO_3 sous 95°C	152
Figure 93	: Filtration et ajustement du minéralisât	152
Figure 94	: Conservation du matériel digéré dans les piluliers	152

Liste des figures

Figure 95	: SAA Shimadzu AA 6200	152
Figure 96	: Dosage des métaux lourds	152
Figure 97	: Etuvage de différents tissus	154
Figure 98	: Concentrations mesurées et certifiées de Cd, Pb, Zn et Cu dans le matériau de référence standard (IAEA-407) ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ / poids sec)	156
Figure 99	: Pourcentage moyen de l'eau dans les différents tissus de <i>E. alletteratus</i>	157
Figure 100	: Concentration du Cd, Pb, Zn et Cu ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ / poids humide) dans les différents tissus de <i>E. alletteratus</i>	158
Figure 101	: Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction de l'âge des poissons dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	160
Figure 102	: Evolution de la concentration du Cd en fonction de l'âge dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	161
Figure 103	: Evolution de la concentration du Pb en fonction de l'âge dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	161
Figure 104	: Evolution de la concentration du Zn en fonction de l'âge dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	161
Figure 105	: Evolution de la concentration du Cu en fonction de l'âge dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	161
Figure 106	: Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction du sexe des spécimens dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	163
Figure 107	: Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction de la taille des poissons dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	165
Figure 108	: Evolution de la concentration du Cd en fonction de la taille dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	166
Figure 109	: Evolution de la concentration du Pb en fonction de la taille dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	166
Figure 110	: Evolution de la concentration du Zn en fonction de la taille dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	166
Figure 111	: Evolution de la concentration du Cu en fonction de la taille dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	166
Figure 112	: Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction des stades de maturité sexuelle des poissons dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	168
Figure 113	: Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction du poids total des poissons dans la chair et les organes de <i>E. alletteratus</i>	171

Liste des figures

- Figure 114** : Relations entre les niveaux du Cd et le poids total des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*172
- Figure 115** : Relations entre les niveaux du Pb et le poids total des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*172
- Figure 116** : Relations entre les niveaux du Zn et le poids total des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*172
- Figure 117** : Relations entre les niveaux du Cu et le poids total des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*172

Résumé

Le thème de cette thèse est l'étude de la biologie, de l'exploitation et de la contamination par les métaux lourds de la thonine *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810).

L'étude de la biologie est fondée sur un ensemble de 421 thonines, pêchées sur la côte Mostaganemoise, pendant une période de 12 mois (de Février 2015 à Janvier 2016).

L'étude de la reproduction a révélé que le sex-ratio en faveur des femelles, avec un taux de féminité de $51.35 \pm 0.52\%$. La ponte de la thonine s'effectue en **Juillet** et la taille à la première maturité sexuelle est de **54 cm**. De plus, la fécondité moyenne est estimée à **269843 $\pm$ 90960.1 ovocytes**.

Le contenu stomacal en proies de *E. alletteratus* a été analysé pour déterminer les habitudes alimentaires. Les résultats révèlent que, le régime alimentaire des thonines, est composé de **92%** de Poissons, de **6%** de Mollusques et de **2%** de Crustacés.

Les paramètres du modèle de croissance logistique, basé sur la coupe transversale de la première nageoire dorsale, sont de l'ordre de **124.78 cm** (L_F) pour la longueur asymptotique et de **0.17 an⁻¹** pour le coefficient de croissance. L'estimation de l'âge, à partir des résultats de la méthode directe, a fourni une longévité de **7 ans**. L'estimation des mortalités pour *E. alletteratus*, a aboutie à des résultats de **0.21 an⁻¹** pour la mortalité naturelle et de **1.33 an⁻¹** pour la mortalité totale, ce qui détermine la mortalité par pêche à **1.12 an⁻¹**.

Une approche analytique de l'exploitation, par l'analyse de la population virtuelle (VPA), montre que la biomasse vierge du stock de *E. alletteratus* de la côte Mostaganemoise est de l'ordre de **2303 tonnes**. D'autre part, les résultats de la VPA ont montré que le stock de la thonine est surexploité.

Les concentrations en métaux traces (Cd, Pb, Zn et Cu) basées sur 656 lectures ont été déterminées par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme, au niveau de la chair, du foie et des gonades de *E. alletteratus*. Les teneurs moyennes les plus élevées, en Pb, Cu et Cd ont été enregistrés dans le foie, avec des concentrations de **0.8069 $\pm$ 0.09 mg kg⁻¹** pour le plomb, **18.1135 $\pm$ 1.34 mg kg⁻¹** pour le cuivre et **0.2010 $\pm$ 0.02 mg kg⁻¹** pour le cadmium. Tandis que, pour le zinc, le taux le plus élevé, est observé au niveau des gonades, avec une concentration de **203.1454 $\pm$ 21.48 mg kg⁻¹**. Les résultats montrent que, les niveaux de métaux lourds, augmentent avec l'âge, le poids et la taille des poissons.

Mots clés

Euthynnus alletteratus, reproduction, régime alimentaire, croissance et mortalité, exploitation, contamination métallique, côte de Mostaganem.

Abstract

The theme of this thesis is the study of the biology, exploitation and heavy metal contamination of little tunny *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810).

The biology study is based on 421 little tunnies, fished on the Mostaganem coast, during a period of 12 months (from February 2015 to January 2016).

The reproduction study revealed that the sex-ratio in favor of females, with a femininity rate of $51.35 \pm 0.52\%$. The spawning of the little tunny occurs in **July** and the size at the first sexual maturity is 54 cm. In addition, the average fertility is estimated at 269843 ± 90960.1 oocytes.

Preys stomach contents of *E. alletteratus* were analyzed to determine their food habits. The results reveal that the diet of the little tunny is composed of **92%** Fishes, **6%** Mollusks and **2%** Crustaceans.

The parameters of the logistic growth model based on the first dorsal fin spine cross-section, are in the order of **124.78 cm** (F_L) for the asymptotic length and **0.17 year⁻¹** for the growth coefficient. The estimation of age, from the direct method results, provided a longevity of **7 years**. The mortality estimate for *E. alletteratus* provided results of **0.21 year⁻¹** for natural mortality and **1.33 year⁻¹** for total mortality, which determines fishing mortality at **1.12 year⁻¹**.

An analytical approach of exploitation using virtual population analysis (VPA) shows that the virgin biomass of *E. alletteratus* stock from the Mostaganem coast is about **2303 tons**. On the other hand, VPA results have shown that the little tunny stock in Mostaganem's coast was overexploited.

The trace metals concentrations (Cd, Pb, Cu and Zn) based on 656 readings were determined with by flame atomic absorption spectrophotometry, in the flesh, liver and gonads of *E. alletteratus*. The highest average levels of Pb, Cu and Cd were recorded in the liver, with concentrations of **0.8069 $\pm$ 0.09 mg kg⁻¹** for lead, **18.1135 $\pm$ 1.34 mg kg⁻¹** for copper and **0.2010 $\pm$ 0.02 mg kg⁻¹** for cadmium. Whereas, for zinc, the highest value of **203.1454 $\pm$ 21.48 mg kg⁻¹** was observed in the gonads. The results shown that heavy metals levels in the flesh, liver and gonads increase with age and fish weight/size.

Keywords

Euthynnus alletteratus, reproduction, diet, growth and mortality, exploitation, metals contamination, Mostaganem coast.

ملخص:

موضوع هذه الأطروحة هو دراسة البيولوجيا والاستغلال والتلوث بالمعادن الثقيلة لـ التونة الصغيرة *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810).

تستند دراسة البيولوجيا إلى مجموعة من 421 تونينة، تم صيدها في ساحل مستغانم، لمدة 12 شهراً (من أبريل 2015 إلى جانفي 2016).

كشفت دراسة التكاثر أن نسبة الجنس لصالح الإناث، مع معدل الأنوثة بـ $51.35 \pm 0.52\%$. تتم إباضة سمك التونينة في شهر **جويلية** ويبلغ الحجم عند النضج الجنسي الأول بـ **54 سم**. بالإضافة إلى ذلك، يقدر متوسط الخصوبة بـ 269843 ± 90960.1 **بويضة**.

المحتوى المعدني لفرائس *E. alletteratus* تم تحليله لتحديد العادات الغذائية. تكشف النتائج أن النظام الغذائي للتونة الصغيرة يتكون من **92%** من الأسماك و **6%** من الرخويات و **2%** من القشريات.

تبلغ معايير نموذج النمو اللوجستي بناءً على المقطع العرضي للزعنفة الظهرية الأولى، حوالي **124.78 سم** (L_F) للطول المقارب و **0.17 سنة⁻¹** لمعامل النمو. قدم تقدير العمر من نتائج الطريقة المباشرة، طول العمر بـ **7 سنوات**. أسفر تقدير وفيات *E. alletteratus* عن نتائج بلغت **0.21 سنة⁻¹** للوفيات الطبيعية و **1.33 سنة⁻¹** للوفيات الكلية، والتي تحدد معدل وفيات الصيد عند **1.12 سنة⁻¹**.

يظهر النهج التحليلي للاستغلال باستخدام التحليل السكاني الافتراضي (VPA)، أن الكتلة الحيوية البكر لمخزونات *E. alletteratus* في ساحل مستغانم تبلغ حوالي **2303 طن**. من ناحية أخرى، أظهرت نتائج VPA أن مخزون التونة الصغيرة في ساحل مستغانم قد تم استغلاله بشكل مفرط.

تم تحديد تركيز المعادن النزرة (Cd، Pb، Cu و Zn) المبنية على 656 قراءة بواسطة القياس الطيفي للامتصاص الذري باللهب، في اللحم والكبد والغدد التناسلية لـ *E. alletteratus*. تم تسجيل أعلى متوسط مستويات Pb و Cu و Cd في الكبد، بتركيزات 0.8069 ± 0.09 **ملغ كلغ⁻¹** للرصاص، 18.1135 ± 1.34 **ملغ كلغ⁻¹** للنحاس و 0.2010 ± 0.02 **ملغ⁻¹** للكاديوم. في حين أنه بالنسبة للزنك، لوحظت أعلى قيمة قدرها 203.1454 ± 21.48 **ملغ⁻¹** في الغدد التناسلية. أظهرت النتائج أن مستويات المعادن الثقيلة في اللحم والكبد والغدد التناسلية تزداد مع تقدم العمر، وزن وحجم السمك.

الكلمات المفتاحية

Euthynnus alletteratus، التكاثر، النظام الغذائي، النمو والوفيات، الاستغلال، التلوث المعدني، ساحل مستغانم.

SOMMAIRE

Liste des acronymes/abbreviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Résumé

Introduction générale.....1

Première partie : Généralités et échantillonnage

1.	Généralités	5
1.1.	Morphologie du bassin Algérien	5
1.2.	Secteur d'étude	7
1.3.	Réseaux hydrographiques de la côte Mostaganemoise	8
1.4.	Présentation de l'espèce	9
1.4.1.	Etymologie, synonymes et noms vernaculaires	9
1.4.2.	Position Systématique	10
1.3.3.	Distribution géographique de la thonine	10
1.3.4.	Critères de reconnaissance de la thonine.....	12
1.3.5.	Habitat et biologie	13
1.3.6.	Pêche de la thonine.....	14
1.3.7.	Captures de la thonine	15
1.3.7.1.	Captures à l'échelle nationale.....	15
1.3.7.2.	Captures mensuelles de la thonine dans la côte de Mostaganem	17
2.	Echantillonnage	20
2.1.	Mensurations et pesées	20
2.2.	Prélèvement des pièces osseuses	23

Deuxième partie : Etude des paramètres biologiques

Chapitre I : Reproduction	25
1. Introduction	25
2. Méthodes d'étude	25
2.1. Reproduction	25

2.1.1.	Etude macroscopique des gonades	25
2.1.2.	Etude microscopique des gonades.....	26
2.1.3.	Sex-ratio	27
2.1.4.	Taille de la première maturité sexuelle	29
2.1.5.	Facteurs de conditions.....	29
2.1.6.	Rapport gonado-somatique (RGS)	30
2.1.7.	Rapport hépato-somatique (RHS)	30
2.2.	Fécondité	30
2.2.1.	Fécondité individuelle	32
2.2.2.	Fécondité relative	32
3.	Résultats et discussions	32
3.1.	Echelle de maturité sexuelle	32
3.1.1.	Etude macroscopique	32
3.1.2.	Evolution mensuelle des stades de maturité sexuelle.....	33
3.1.3.	Etude microscopique	36
3.1.3.1.	L'ovogenèse	36
3.1.3.1.1.	Stade I (repos sexuel)	36
3.1.3.1.2.	Stade II (début de maturation).....	36
3.1.3.1.3.	Stade III (la pré-ponte)	37
3.1.3.1.4.	Stade IV (la ponte)	37
3.1.3.1.5.	Stade V (la post ponte)	37
3.1.3.2.	La spermatogenèse	39
3.1.3.2.1.	Stade I (Testicule immature)	39
3.1.3.2.2.	Stade II (phase de développement)	39
3.1.3.2.3.	Stade III (Testicule mûr)	39
3.1.3.2.4.	Stade IV (Testicule en émission)	39
3.1.3.2.5.	Stade V (Testicule en post-émission).....	40
3.2.	Répartition des sexes	41
3.2.1.	Répartition des sexes en fonction de la taille	41
3.2.2.	Répartition mensuelle des sexes.....	42
3.3.	Sex-ratio	44
3.3.1.	Sex-ratio global	44
3.3.2.	Sex-ratio en fonction de la taille.....	44
3.3.3.	Sex-ratio en fonction des mois	46

3.4.	Taille de la première maturité sexuelle	47
3.5.	Facteurs de conditions	49
3.6.	Rapport gonado-somatique (RGS)	51
3.7.	Rapport hépato-somatique (RHS)	52
3.8.	Fécondité	54
3.8.1.	Fécondité individuelle	54
3.8.2.	Fécondité relative	55
Chapitre II : Régime alimentaire.....		57
1.	Introduction	57
2.	Matériels et méthodes	58
3.	Résultats et discussions	60
3.1.	Variations du régime alimentaire	60
3.2.	Coefficient de vacuité.....	63
3.3.	Contenu stomacal	64
3.3.1.	Indices alimentaires.....	64
3.3.1.1.	L'analyse en composantes principales	66
3.3.2.	Comparaison entre les trois méthodes.....	69
Chapitre III : Croissance et mortalités		71
1.	Introduction	71
2.	Méthodes d'étude	71
2.1.	Etude de l'âge	71
2.1.1.	Méthode indirecte de Bhattacharya (1967)	72
2.1.2.	Lecture directe de la coupe transversale du 1 ^{er} rayon de la 1 ^{ère} nageoire dorsale	73
2.1.2.1.	Rétro-calcul des longueurs	75
2.1.2.2.	Comparaisons entre les longueurs observées et rétro-calculées.....	76
2.2.	Etude de la croissance	78
2.2.1.	Croissance linéaire	78
2.2.2.	Croissance relative	78
2.2.2.1.	Relations biométriques.....	78
2.2.2.2.	Relation taille poids.....	80
2.2.2.3.	Croissance pondérale absolue	81
2.3.	Sélectivité et recrutement	82
2.3.1.	Taille de sélection.....	82

2.3.2.	Taille de recrutement.....	83
2.4.	Etude des mortalités.....	84
2.4.1.	Mortalité totale (Z)	84
2.4.2.	Mortalité naturelle (M).....	85
2.4.2.1.	Méthode de Djabali et <i>al.</i> (1994)	86
2.4.2.2.	Méthode de Rikhter et Efanov (1976).....	86
2.4.3.	Mortalité par pêche (F) et l'état du stock	86
3.	Résultats et discussions	87
3.1.	Etude de l'âge	87
3.1.1.	Distributions de fréquence de taille.....	87
3.1.2.	Méthode indirecte de Bhattacharya (1967)	89
3.1.3.	Lecture directe des coupes	91
3.1.3.1.	Rétro-calcul des longueurs	94
3.1.3.2.	Comparaisons entre les longueurs observées et rétro-calculées.....	96
3.1.4.	Analyse des clés âge-longueur obtenues par la méthode directe et indirecte	97
3.1.5.	Comparaisons avec les clés âge-longueur obtenues dans différentes régions.....	98
3.2.	Etude de la croissance	100
3.2.1.	Croissance linéaire	100
3.2.2.	Croissance relative	104
3.2.2.1.	Relations biométriques	104
3.2.2.2.	Relation taille poids.....	108
3.2.2.3.	Croissance pondérale absolue	110
3.3.	Sélectivité et recrutement	111
3.3.1.	Taille de sélection.....	111
3.3.2.	Taille de recrutement.....	112
3.4.	Etude des mortalités et l'état du stock	115

Troisième partie : Exploitation

1.	Introduction	120
2.	Matériels et méthodes	121
2.1.	Analyse de population virtuelle (VPA).....	123
2.1.1.	Calcul du nombre de survivants	126

2.1.2.	Calcul des captures en nombre	126
2.1.3.	Calcul de valeurs numériques moyennes	127
2.1.4.	Calcul des coefficients de la mortalité par pêche (F) et de la mortalité totale (Z)	129
2.1.5.	Calcul de la biomasse	130
2.1.6.	Calcul du rendement par recrue (Y/R)	131
2.1.7.	Calcul de la biomasse (B/R) et de la biomasse reproductrice par recrue (SSB/R)	132
2.1.8.	Calcul des valeurs des points de référence biologique F_0 , $F_{0.1}$, F_{MSY} et F_{actuel}	132
3.	Résultats et discussions	133
3.1.	Captures en nombre d'individus et en poids	133
3.2.	Analyse de la population virtuelle (VPA)	135
3.2.1.	Analyse de la biomasse	135
3.2.2.	Analyse de la mortalité totale (Z) et par pêche (F)	139
3.2.3.	Analyse de l'état du stock	142
3.2.4.	Rendements et biomasses par recrue	144

Quatrième partie : Contamination métallique

1.	Introduction	148
2.	Matériels et méthodes	150
2.1.	Digestion tissulaire et dosage des métaux lourds	150
2.2.	Contrôle et assurance de la qualité du dosage	153
2.3.	Détermination de la teneur en humidité dans les tissus	153
2.4.	Analyse statistique	155
3.	Résultats	155
3.1.	Précision de la méthode adoptée	155
3.2.	Pourcentage de l'eau dans les tissus	156
3.3.	Accumulation des métaux lourds au niveau des tissus de <i>E. alletteratus</i>	157
3.3.1.	Variation des concentrations en métaux traces en fonction de l'âge de <i>E. alletteratus</i>	159
3.3.2.	Variation des niveaux moyens des métaux lourds en fonction du sexe de <i>E. alletteratus</i>	162

3.3.3.	Variation des concentrations en métaux lourds en fonction de la taille chez <i>E. alletteratus</i>	163
3.3.4.	Variation des niveaux moyens des métaux lourds en fonction des stades de maturité sexuelle chez <i>E. alletteratus</i>	167
3.3.5.	Variation des niveaux moyens des métaux lourds en fonction du poids total des thonines	169
4.	Discussions	173
	Conclusion générale	178
	Références bibliographiques	181
	Annexes	

Introduction générale

L'Algérie dispose d'une superficie maritime sous juridiction nationale considérable abritant une variété de ressources marines essentiellement orientées vers l'activité de la pêche. Les baisses marquées dans tous les secteurs Algériens, associées à d'autres indicateurs de surexploitation tels que la réduction de la taille moyenne des poissons débarqués et la diminution des prises par effort de pêche ainsi que la gestion rudimentaire des pêches dans la côte Algérienne, sans plan de gestion régional pour aucun stock ou arrangement institutionnel bien développé, malgré le partage de nombreux stocks avec d'autre pays, nous a conduit à entamer une étude sur la côte Mostaganemoise. Cependant, les difficultés réelles que pose la nature imprévisible de la réponse des écosystèmes marins à l'exploitation et à l'environnement nous ont poussées d'augmenter le degré de formalisation mathématique des méthodes de recherche d'une part et d'entamer une investigation approfondie sur les différents rôles de la science dans la gestion de pêche de l'autre part.

La thonine commune *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) est un poisson pélagique migrateur appartenant à la famille des scombridés. Ce thonidé présente à la fois des opportunités et des défis dans l'élaboration de modèles de croissance prédictifs. Étant considérée comme espèce prédatrice située au sommet de la structure de la chaîne trophique marine, modérément large/active et de haute performance avec un taux métabolique plus élevé, la thonine a été ciblée dans cette étude car elle est soumise à une pêche multi-engins et représente un excellent matériel biologique (sentinelle) pour jauger le degré de pollution métallique.

Les données limitées et le manque d'informations sur la biologie, l'exploitation et la contamination de ce spécimen par les métaux lourds, nous ont poussés à poser des questions sur cette espèce appréciée pour sa chair et sa valeur nutritive. Cependant, peu d'études ont été signalées portant sur cette espèce dans les côtes Algériennes, citant les travaux de Madani (2013), Labidi et Nouar (2013) et Labidi-Neghli et *al.* (2016).

Les principaux défis dans cette étude comprennent, un échantillonnage suffisant et la mise en œuvre de procédures de contrôle de la qualité pour limiter les observations biaisées dans toute l'aire de répartition du stock.

Certaines études ont été publiées dans la littérature scientifique concernant la croissance de la thonine (Landau, 1965; Rodriguez-Roda, 1979; Cayré et Diouf, 1981; Johnson, 1983; Kahraman et *al.*, 2001; Hattour, 2008; Valeiras et *al.*, 2008; El-haweet et *al.*, 2013). Cependant, ces études sont essentiellement focalisées sur l'efficacité de différentes techniques d'âgeage, telles que les lectures directes des coupes sur la nageoire dorsale et les vertèbres ainsi que les méthodes indirectes pour objectif l'étude de la croissance. De plus, peu de ces recherches ont abordés une étude sur l'exploitation de ce thonidé. D'autre part, l'étude de la reproduction de la thonine est moins abordée sauf par Diouf (1980) et Kahraman et *al.* (2008) ainsi que l'étude de la fécondité de ce thonidé (Diouf, 1980). Par ailleurs, les études sur les métaux lourds dans les différents tissus de *E. alletteratus* ont rarement abouti à des travaux publiés et concernent principalement la période de 1978 (Hall et *al.*, 1978), même si plusieurs études de métaux ont été menées sur les tissus de divers espèces de poissons marins (Honda et *al.*, 1983; Canli et Atli, 2003; Yilmaz, 2003; Licata et *al.*, 2005; Damiano et *al.*, 2011; Copat et *al.*, 2012).

Quatre parties, sont définies dans la présente étude :

Dans la première partie, nous avons bien voulu, avant de présenter la zone d'étude, passer en aperçu les caractéristiques générales du littoral Algérien, parallèlement la zone d'étude est abordée du point de vue localisation géographique. La description de la côte Mostaganemoise est primordiale dans la distribution et le comportement de notre espèce. Par la suite nous abordons la présentation de l'espèce étudiée, les données sur les débarquements de ce thonidé récolté durant la période d'étude ainsi que l'échantillonnage et les mensurations faites au laboratoire.

La deuxième partie a pour objectif d'étudier quelques paramètres biologiques de *E. alletteratus*. Trois chapitres sont définis dans cette partie :

- Dans le premier chapitre, la reproduction et la fécondité de la thonine ont été étudiés, afin de clarifier certains facteurs relatifs à la reproduction sur la base d'informations recueillies sur les données du suivi mensuel du cycle reproductif de ce thonidé.
- Dans le deuxième chapitre, le contenu stomacal de *E. alletteratus* a été examiné, afin d'étudier le régime alimentaire cela pour, révéler le degré d'importance de chaque proie. De plus, la relativité régime alimentaire/reproduction a été investiguer pour comprendre le comportement alimentaire de ce thonidé durant la période de reproduction.

- Dans le troisième chapitre, nous abordons d'une part l'étude de l'âge de la thonine par deux méthodes (indirecte et directe), de l'autre part l'étude de la croissance (linéaire, relative et pondérale), ce qui a permis d'établir les équations de croissance selon le modèle de von Bertalanffy (1938). Enfin, les différentes mortalités ont été estimées selon différentes méthodes dans ce chapitre.

La troisième partie concerne l'exploitation de la thonine. Dans cette contribution, nous avons opté pour l'analyse de population virtuelle (VPA) à l'aide du logiciel VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), en raison du manque d'informations sur les captures d'une série chronologique.

La quatrième partie, aborde l'étude métallique. En effet, les concentrations de cadmium, de plomb, de zinc et de cuivre ont été mesurées dans la chair, le foie et les gonades de *E. alletteratus*. Les relations entre les concentrations de métaux lourds et l'âge, le sexe, les stades de maturité sexuelle, le poids et la taille des poissons ont été étudiées. Par ailleurs, les concentrations de métaux dans les différents tissus ont été comparées aux directives de sécurité certifiées disponibles établies par les organisations législatives internationales pour la consommation humaine.

Dans chacune de ces parties, après l'exposition des méthodes d'étude et de nos résultats, nous tenterons d'interpréter, puis comparer avec les résultats de différents auteurs.

En conclusion générale nous tenterons de faire la synthèse pour une meilleure gestion du stock de *E. alletteratus*, avant de dégager quelques perspectives de recherche.

Première partie

Généralités et échantillonnage

1. Généralités :

1.1. Morphologie du bassin Algérien :

La côte Algérienne dispose d'une façade maritime de plus de 1641.32 Km de littoral, elle s'étend de Marsat Ben-Mhidi à Ghazaouet (35°11'38" N 1°51'37" W) jusqu'à El-Kala (36°53'44" N 8°26'36"E), avec une surface maritime sous juridiction nationale offrant près de 9.5 millions d'hectares pour l'activité de la pêche, le stock halieutique est estimé à 500 000 tonnes selon l'MPRH (2003). La morphologie du littoral algérien (rives ouvertes, rives rocheuses dominantes, baies, baies semi-fermées,...etc) offre une diversité d'habitats abritant une variété d'espèces. Néanmoins, les activités de pêche entraînent des modifications de la structure des habitats marins et peuvent déterminer la diversité, la composition, la biomasse et la productivité de la faune associée.

Le bassin algérien contient une réserve importante en espèces dites grands migrateurs halieutiques, ainsi que d'autres espèces à haute valeur marchande (poissons blancs, crustacés, coquillages,...etc) (MPRH, 2003). Cependant, la flottille algérienne cible essentiellement les espèces du plateau continental. Ce dernier est plus large au niveau des côtes occidentales et orientales et il est plus ou moins réduit au centre Millot (1985, 1987), ce qui limite les secteurs de pêche dans cette zone.

Selon le MATEV (2013), le bassin algérien peut être aménagé selon l'organisation administrative en trois régions (Figure 1) :

- La région Est, regroupe Jijel, Skikda, Annaba et el Tarf, elle s'étende de la frontière Algéro-Tunisienne à l'Est jusqu'à Jijel à l'Ouest avec 521.16 km de littoral représentant 32%.
- La région Centre, englobe les zones de pêche de Tipaza, Alger, Boumerdès, Tizi Ouzou et Béjaïa, elle s'étende avec un littoral de 499.15 km de Béjaïa à l'Est jusqu'à Tipaza à l'Ouest, cette zone représente 30% du littoral Algérien.
- Tandis que Chlef, Mostaganem, Oran, Aïn Temouchent et Tlemcen appartiennent à la région Ouest qui s'étende de Chlef à l'Est jusqu'à la frontière algéro-marocaine à l'Ouest avec un littoral de 625.01 km avec 38%.



Figure 1 : Carte de la subdivision du bassin algérien (Ansel, 2016).

Le bassin algérien est caractérisé par la présence de deux couches d'eaux superposées, l'eau Atlantique modifiée et l'eau Méditerranéenne. En effet, l'eau Atlantique pénètre dans la mer d'Alboran, qui constitue une zone de transition entre les masses des eaux atlantiques et méditerranéennes, les eaux atlantiques superficielles rentrent par le détroit de Gibraltar et empruntent le sud de la Méditerranée. Cette branche est appelée l'eau atlantique modifiée (Millot, 1987 et 1989; Heburn et La Violette, 1990). D'après Millot (1999) l'appellation (eau atlantique modifiée) est systématiquement utilisée pour désigner les eaux superficielles dans toute la mer Méditerranée, sauf dans certains endroits. L'eau atlantique modifiée forme une couche de 100 à 200 m, caractérisée par, des salinités au niveau du détroit de Gibraltar, allant de 36.5 à 38-38.3 psu qui augmentent en raison de l'évaporation et du mixage.

La différence de densité entre les eaux d'origine atlantiques et les eaux méditerranéennes, plus salées, est à l'origine de la dynamique thermohaline à grande échelle de la Méditerranée, ainsi que de la caractérisation de différentes masses d'eau (Millot, 1987 et 1999).

Selon Millot (1985, 1987), la circulation des eaux en Méditerranée occidentale est caractérisée par :

- Une masse d'eau intermédiaire levantine avec une salinité supérieure à 38.4 psu, et une température de 13.85°C, cette masse d'eau intermédiaire se distingue principalement le long du talus continental européen et peut être propagée dans la partie centrale du bassin algérien et vers l'Est le long du talus.
- Une masse d'eau intermédiaire hivernale au-dessus de la masse d'eau intermédiaire levantine entre 100 et 450 m de profondeur, avec une température inférieure à 13°C.
- Une masse d'eau Méditerranéenne occidentale profonde qui domine les profondeurs au-delà de 500 m, avec une salinité de 38.4 psu, et une température qui avoisine les 12.7°C.

1.2. Secteur d'étude :

La zone d'étude est située dans la partie Ouest de la côte algérienne s'étend de Oran (35°47'20"N 0°6'32"W) à l'Ouest jusqu'à Chlef (36°20'36"N 0°46'33"E) à l'Est (Figure 2), et d'un littoral de 124.71 km selon le MATEV (2013) qui représente 7.6% de la totalité du littoral Algérien, cette zone comporte plusieurs ports de pêche à savoir : le port de Salamandre, le port de Mostaganem et le petit port de Mostaganem.

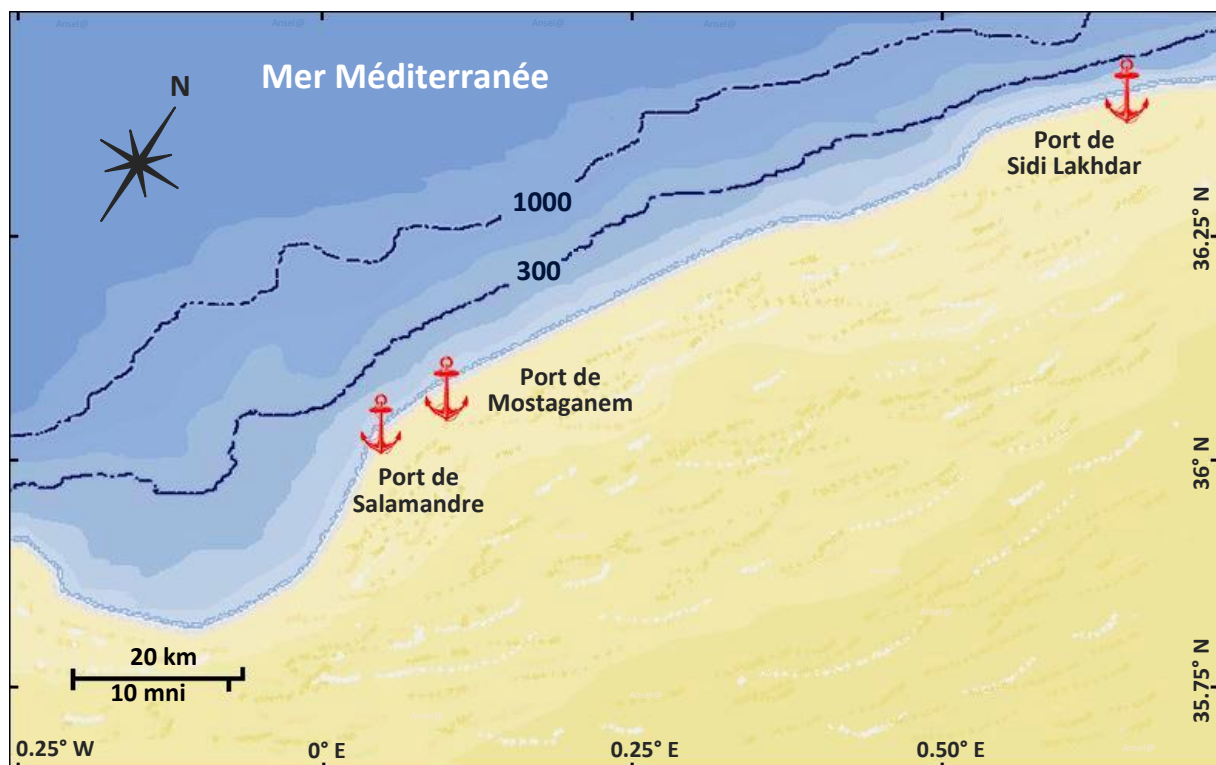


Figure 2 : Localisation de la côte Mostaganemoise (Ansel, 2016).

1.3. Réseaux hydrographiques de la côte Mostaganemoise :

La fonction des écosystèmes côtiers est profondément influencée par les apports estuariens, qui constituent les principaux flux exogènes vers ces systèmes. Les réseaux hydrographiques (rivières, fleuves,...etc) constituent les veines des mers et océans apportant les nutriments, les sédiments et la matière organique nécessaire pour les écosystèmes marins. Le flux d'éléments nutritifs (azote, phosphore et de silice) dans la zone côtière par grands réseaux hydrographiques est le principal déterminant des problèmes d'eutrophisation marine en mer (Cugier et *al.*, 2005).

La côte Mostaganemoise constitue un point de confluence de plusieurs cours d'eau à savoir : Oued Macta, oued du Chlef, oued de Kramis et oued de Gargar (Figure 3). Cependant, une augmentation des concentrations des nutriments transférés par ces cours d'eau peut engendrer la réduction de la richesse biotique, avec une dominance accrue des espèces tolérantes.

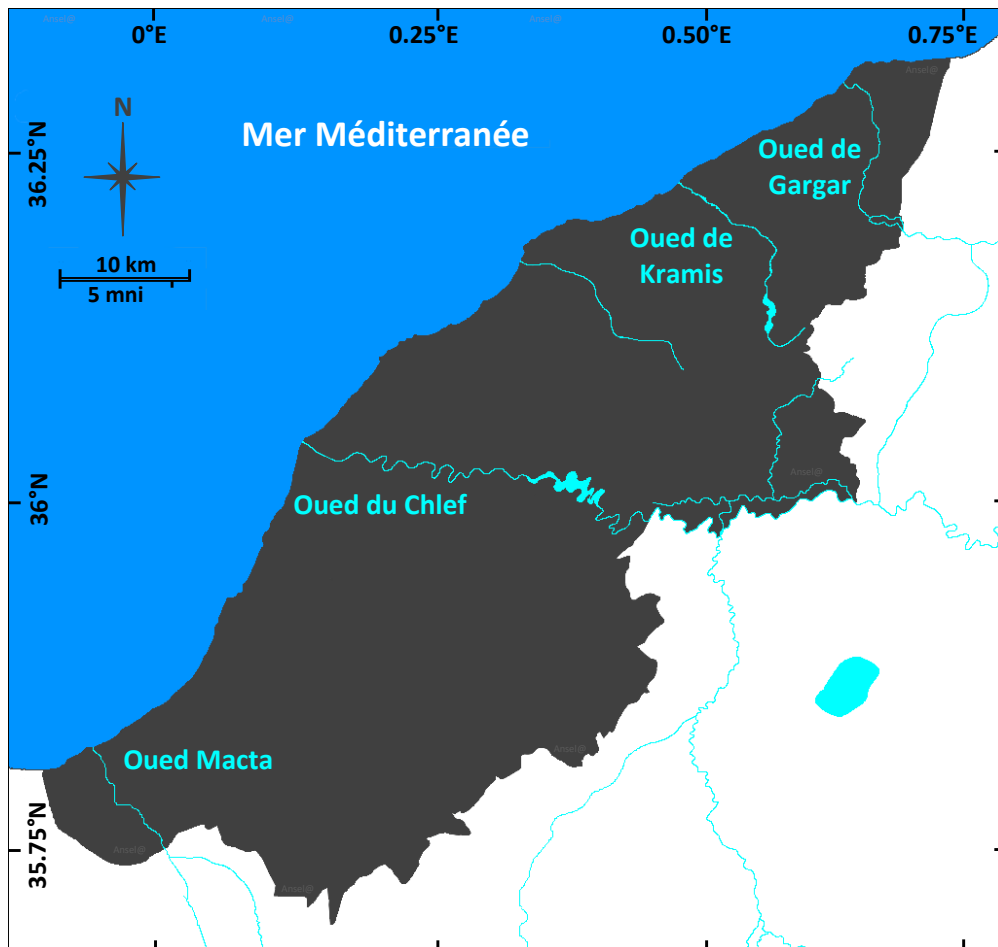


Figure 3 : Réseau hydrographique de la côte Mostaganemoise (Ansel, 2016).

1.4. Présentation de l'espèce :

1.4.1. Etymologie, synonymes et noms vernaculaires :

L'origine de l'appellation *Euthynnus alletteratus* que lui donne Constantine Samuel Rafinesque dès 1810, signifie selon Romero (2002), en latin le mot : eu = bonne, et thynnus = thons, qui est à son tour dérivé de thyno = se précipiter.

Rafinesque qui l'avait décrite le premier en 1810, l'avait appelée *Scomber alleteratus*, quand à Geoffroy Saint-Hilaire (1817), il lui attribua le nom de *Scomber quadripunetatus*, Risso en 1826 attribue le nom de *Thynnus leachianus*, Cuvier et Valenciennes en 1831 attribuent à la thonine le nom de *Thynnus thunnina*, par la suite Cuvier et Valenciennes (1831), donnent le nom *Thunnus brasiliensis*. *Thynnus brevipinnis* (Cuvier et Valenciennes, 1831); *Orcynus thunnina* (Poey, 1875) ce nom a été repris par Gfinther en 1860, Pellegrin en 1914 et Metzelaar en 1919; *Thynnichthys thunnina* (Giglioli, 1880); *Thynnichthys brevipinnis* (Giglioli, 1880); *Euthynnus alliteratus* (Jordan et Gilbert, 1882); *Euthynnus thunnina* (Carus, 1893); *Pelamys alleterata* (Fowler, 1905); *Euthynnus allitteratus* (Ehrenbaum, 1924); *Euthynnus alleteratus* (Chabanaud, 1925); *Euthynnus alletteratus* (De Buen, 1930); *Euthynnus alletteratus alletteratus* (Fraser-Brunner, 1949); *Euthynnus alletteratus aurolitoralis* (Fraser-Brunner, 1949), certes ces dénominations sont actuellement écartées en synonymie.

Les noms vernaculaires de la thonine diffèrent d'une région à une autre et d'un pays à un autre. Les appellations les plus utilisées d'après Fischer et *al.* (1987b), Collette et Nauen (1983) et l'ICCAT (2010), sont portées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Nom vernaculaire de l'espèce *E. alletteratus*.

Pays	Nom vernaculaire
Algérie	Bonite, Bacorète, Albaguore
Allemagne	Falscher
Angleterre	Little tunny, Little tuna
Angola	Merma, Cuba
Danemark	Almindelig
Espagne	Bacoreta
France	Thonine commune
Grèce	Karvouni
Italie	Tonnetto, Tonnina
Japon	Taiseiyu-yaito, Taiwan yaito
Tunisie	R'zem, Toun-sghir
Turquie	Yaziliorkinos

1.4.2. Position Systématique

La classification phylogénétique des ostéichthyens (Lecointre et Le guyader, 2001), et la hiérarchie suivie par Collette et Nauen (1983), ont été retenues pour la systématique de la thonine. Notant que la méthode suivit, pendant la classification de la thonine, restitue catégoriquement en cause les fondements philosophiques sur lesquels reposait la systématique depuis linné.

Domaine	Biota
Règne	Animalia
Sous-règne	Eumetazoa Bütschli, 1910
Infra-règne	Bilateria Haeckel, 1874
Infra-règne	Deuterostomia Karl Grobben, 1908
Phylum	Chordata Haeckel, 1874
Sous-phylum	Craniata Janvier, 1981
Infra-phylum	Vertebrata
Super-classe	Gnathostomata
Classe	Actinopterygii
Sous-classe	Neopterygii Regan, 1923
Infra-classe	Teleostei
Ordre	Perciformes
Sous-ordre	Scombroidei
Famille	Scombridae Rafinesque, 1815
Sous-famille	Scombrinae Rafinesque, 1815
Genre	<i>Euthynnus</i> Lütken, 1883
Espèce	<i>alletteratus</i> (Rafinesque, 1810)

1.3.3. Distribution géographique de la thonine :

Selon Belloc (1955), la FAO (1994) et Fischer et *al.* (1987b), la thonine se répartit géographiquement dans les zones tempérées, tropicales et subtropicales sur les bords de l’océan Atlantique (Mer des Caraïbes et le golfe du Mexique), de la Méditerranée, et de la mer Noire (Figure 4). Il peut être difficile de définir exactement l’espace de distribution de la thonine à travers les Mers et les océans du globe car ce spécimen est classé comme une espèce hautement migratrice capable de voyager vers de grandes distances (FAO, 1997), ce qui rend sa traçabilité très difficile, vu sa capacité migratrice très importante.

La répartition géographique de la thonine peut s’étendre sur le pacifique Ouest et Est, occupant tous les Mers et océans du globe selon Kaschner et *al.* (2007) (Figure 5).

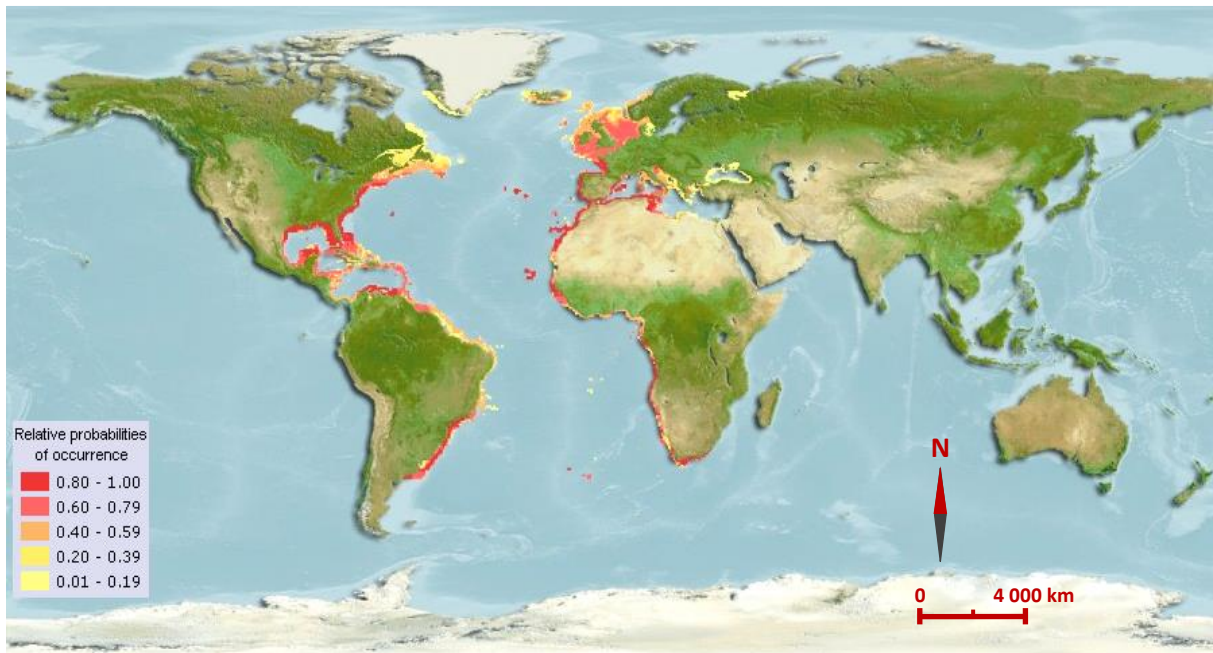


Figure 4 : Répartition géographique de la thonine (Kaschner et *al.*, 2007).

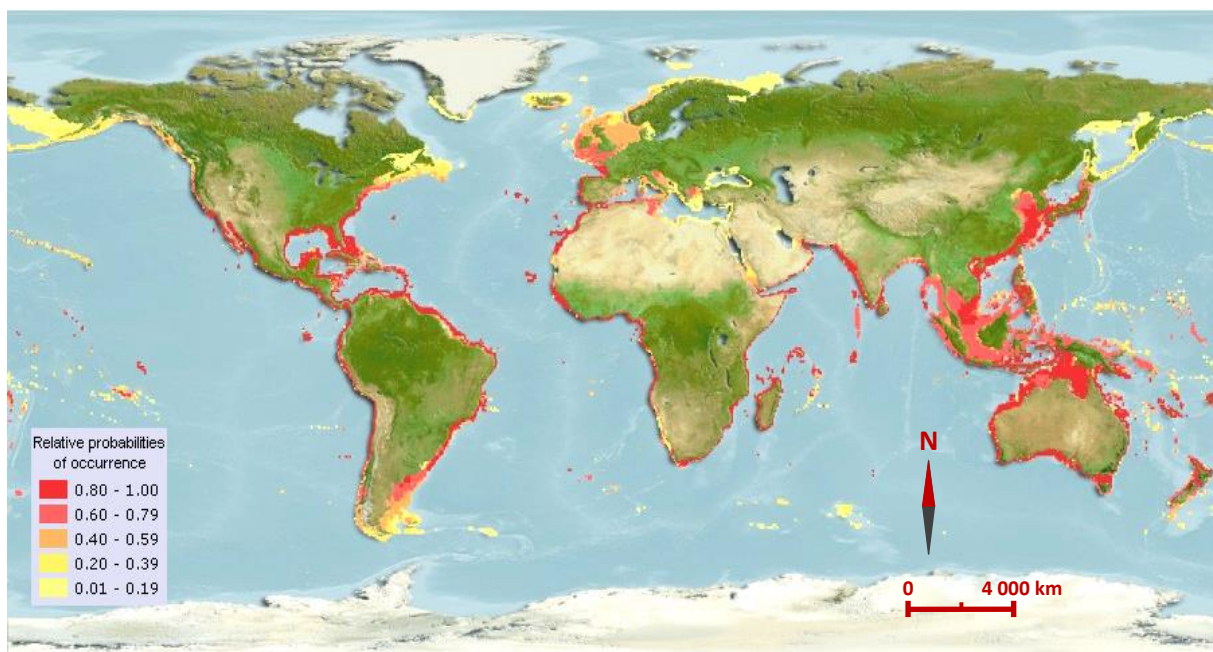


Figure 5 : Les zones susceptibles à être colonisées par la thonine (Kaschner et *al.*, 2007).

Selon Kaschner et *al.* (2007), la méditerranée, la Mer Noire, l'Ouest de l'Afrique centrale et le Nord-Est Américain (Figure 6), représentent les zones où la thonine est très abondante. Ces mêmes auteurs signalent une faible abondance de la thonine à l'Est de l'Afrique et l'océan Pacifique Est.

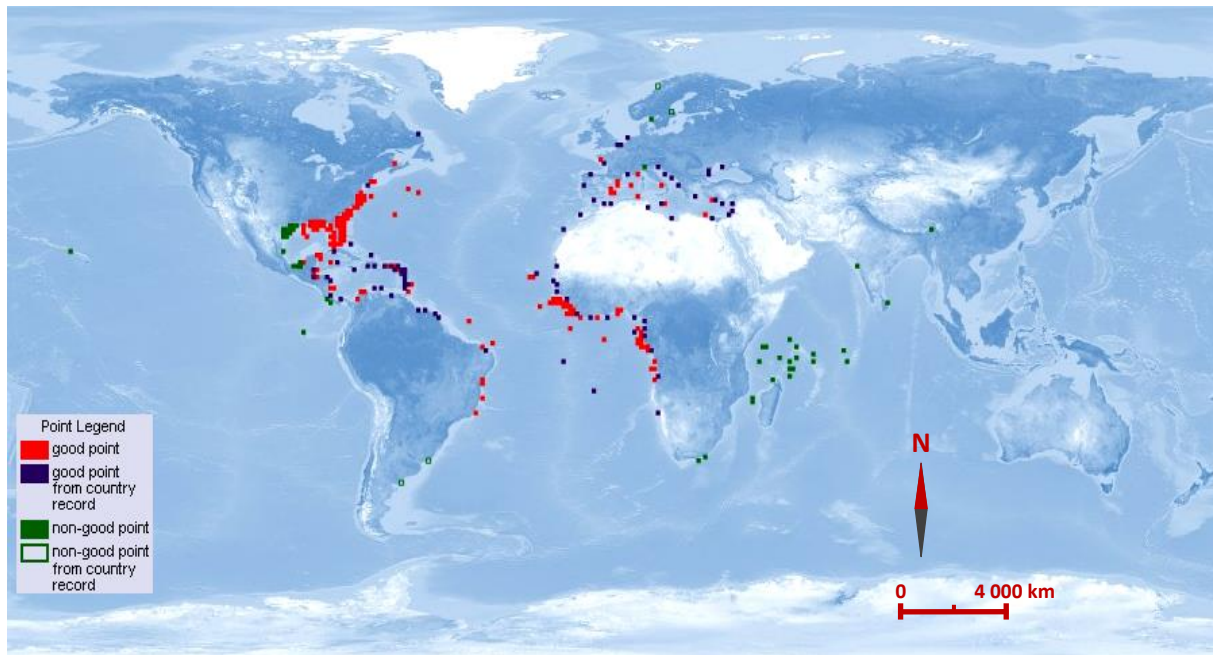


Figure 6 : Gamme de distribution indiquant le degré d'adéquation de l'habitat de la thonine (Kaschner et *al.*, 2007).

1.3.4. Critères de reconnaissance de la thonine :

L'espèce étudiée est la thonine (*Euthynnus alletteratus*), elle fait partie de la famille des scombridés, les caractéristiques de ce spécimen sont décrites selon Fischer et *al.* (1987b) par un corps robuste et fusiforme, deux nageoires dorsales séparées par un intervalle étroit, au plus égal au diamètre de l'œil, la seconde dorsale beaucoup plus basse que la première. Corps nu, à l'exception du corselet et de la ligne latérale, le pédoncule caudal très mince, portant de chaque côté une carène médiane proéminente entre 2 petites carènes latérales à la base de la caudale.

Le dos de la thonine est bleu foncé avec un motif compliqué de taches et de rayures ne dépassant pas en avant le premier tiers de la première dorsale, le bas des flancs et le ventre sont blancs argentés, avec plusieurs taches noires caractéristiques entre les nageoires pelviennes et pectorales (pas souvent très nettes) (Fischer et *al.*, 1987b) (Figure 7). Selon Ross (1991), contrairement aux autres scombridés (petits thons), la thonine est généralement dépourvue d'écailles.

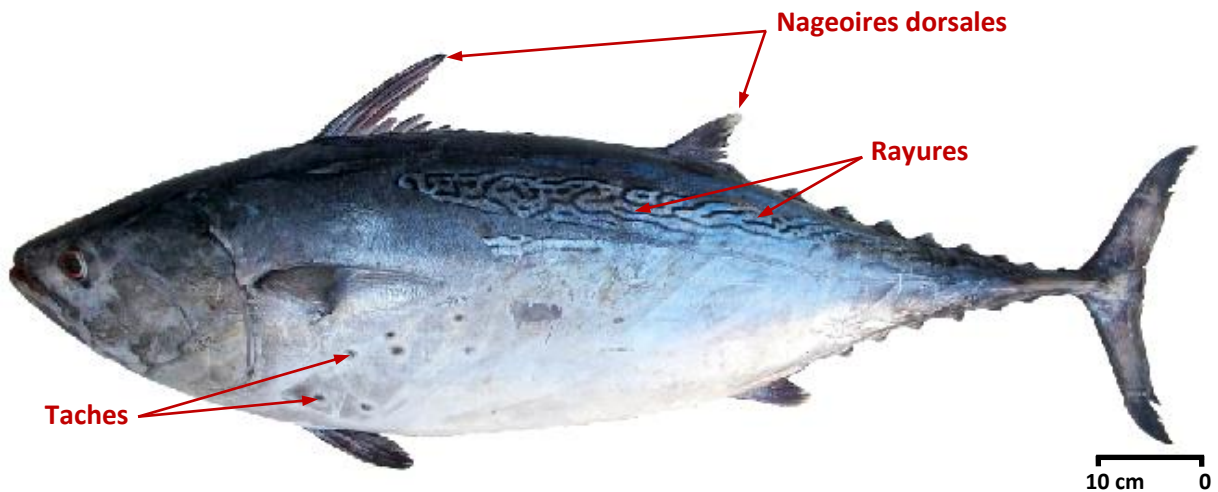


Figure 7 : Morphologie générale de *Euthynnus alletteratus*.

1.3.5. Habitat et biologie :

La thonine est une espèce épipélagique océanodrome, néritique, qui se localise typiquement dans les eaux côtières entre 1 et 150 m de profondeur, elle a une grande préférence pour les eaux tropicales tempérées 24°C entre 56°N-30°S, 92°W-42°E, cette espèce a un comportement plus côtier que d'autres espèces de scombridés, la thonine se déplace généralement dans des bancs structurés par taille avec d'autres espèces de scombridés, mais a tendance à se disperser durant certaines périodes de l'année. Elle peuple d'habitude les eaux littorales présentant des courants rapides, à proximité de hauts-fonds et autour des eaux plus chaudes associées aux fronts thermiques et aux affleurements (Chur, 1973; Diouf, 1980; Collette et Nauen, 1983; Collette, 1986; Riede, 2004; Macías et *al.*, 2006; Cheung et *al.*, 2013).

La thonine est très abondante dans l'Atlantique tropical où l'eau présente des températures comprises entre 24 °C et 30 °C (Chur, 1973). Ce spécimen est un géniteur multiple présentant un développement asynchrone des ovocytes qui effectue plusieurs pontes par saison de reproduction, dans l'Atlantique Nord, le frai s'étend d'Avril à Novembre. Sur les côtes africaines tropicales, le frai se déroule de Janvier à Mai, tant dis que dans la Méditerranée occidentale, la saison de ponte s'étend de Mai à Juillet (Chur, 1973; Rudomiotkina, 1986; Rodríguez-roda, 1979). Les œufs sont pélagiques, ont un diamètre de 0.84 à 0.94 mm, ils sont émis en plusieurs lots lorsque l'eau est plus chaude (Richards, 2005). Dans les stades juvéniles, le rapport entre les sexes est approximativement de 1, alors que chez les individus matures, les mâles prédominent dans les captures (Rodriguez-Roda, 1966).

La thonine est un poisson prédateur opportuniste qui s'alimente pratiquement de tout ce qui se trouve à sa portée (crustacés, des poissons, des calmars, des hétéropodes et des tuniciers), les clupéidés sont particulièrement des proies importantes dans son régime alimentaire (Etchevers, 1976; Menezes et Aragao, 1980).

Dans l'Atlantique oriental tropical, les proies analysées à partir des contenus d'estomac comprennent des crustacés (isopodes, décapodes, stomatopodes et Anomoures), des céphalopodes (*Sepia sp* et *Loligo sp.*), des poissons pélagiques (Clupéidés, Scombridés, Thunnidés et Carangidés) et des poissons de fond (Mullidés, Sparidés et Priacanthidés) (Chur, 1973).

La thonine rivalise pour la nourriture avec les espèces de même taille, elle a comme compétiteurs les espèces avec lesquelles elle se trouve, telles que les scombridés *Auxis thazard* et *Sarda sarda*, ainsi que les dauphins (*Delphinus delphis*, *Grampus griseus*, *Globicephala melas*.... etc). Elle est à son tour attaquée par les requins de différentes espèces (*Carcharhinus leucas*, *Galeocerdo cuvier*.... etc), les voiliers (*Istiophorus albicans*) peuvent également lui causer quelques désagréments, ainsi que les grands thons à nageoires jaunes (*Thunnus albacares*) (Chur, 1973; Marchal, 1963).

L'âge et la croissance de la thonine ont été étudiés à l'aide de différentes méthodes comme l'examen des otolithes, des vertèbres, des épines dorsales ainsi que et des fréquences de longueurs (Landau, 1965; Cayrè et *al.*, 1983; Jonhson, 1983; Kahraman et Oray, 2001). L'âge maximal signalé est de 8 ans (El-haweet et *al.*, 2013).

Les estimations de croissance au large du Sénégal suggèrent que peu de thons dans cette zone se développent près de 30 cm de longueur dans leur première année, et que les poissons de plus de 75 cm de longueur à fourche sont âgés de plus de 4 ans (Diouf, 1980).

1.3.6. Pêche de la thonine :

Les méthodes et engins de pêche varient d'un pays à un autre selon les capacités et le rendement des engins de pêche. Selon Diouf (1988) une pêche de surface est pratiquée le long des côtes Ouest africaines utilisant différents engins de pêche, les lignes de trames, les sennes tournantes, les sennes de plage et les filets maillants sont fréquemment utilisés au Sénégal et en Mauritanie, au Cap Vert les lignes à main appâtées sont les plus utilisées.

Les filets maillants encerclant, les sennes de rivage et des sennes tournantes sont les plus utilisés en Côte d’Ivoire et au Ghana (Marchal, 1963; Bard et Amon Kothias, 1985). En Angola aux îles Sao Thomé et Principe, les lignes à main, les filets, maillants et les filets de surface fixes sont les plus utilisés (Diouf, 1988).

Stequert (1989) montre que les principaux engins capturant la thonine dans les Philippines sont les lignes à main, les lignes de traîne, les sennes de plage, les filets maillants et les ringnets. Ce même auteur a signalé également quelques engins fixes tels que les fish corrals.

En Algérie deux engins (passifs et actifs) de pêche sont utilisés pour la capture de la thonine : les engins actifs tels les chaluts pélagiques, les sennes tournantes coulissantes et les lignes traînantes, les engins passifs utilisés sont les filets maillants dérivants et les palangres dérivants. Il faut signaler que les prises des engins actifs en Algérie restent accidentelles et non ciblées. Certes ce mode opératoire est généralisé dans toutes les régions Algériennes y compris la côte de Mostaganem. Cependant, en termes de pêche professionnelle, les chaluts pélagiques, les sennes tournantes coulissantes et les filets maillants dérivants constituent les engins de pêche les plus utilisés pour la capture de la thonine dans la côte de Mostaganem. D’autres parts, lignes traînantes et les palangres dérivants sont les principaux engins utilisés dans la pêche plaisancière.

1.3.7. Captures de la thonine :

1.3.7.1. Captures à l’échelle nationale :

Les données de la FAO-CGPM (2016), concernant les captures algériennes de 1970 à 2014, montrent que les captures annuelles de la thonine en Algérie ne sont pas stables et différent chaque année, de plus il manque des données de 1970 jusqu’à 1990, probablement lié au manque d’informations. Au delà de 1992 jusqu’à 2012, les captures de la thonine diminuent progressivement (Tableau 2), (Figure 8) jusqu’ à atteindre la plus faible quantité 7 tonnes en 2003, les quantités les plus élevées sont observées de 1991 à 2001.

Les années 1992, 1995, 1996 et 1999 sont distinguées par les valeurs optimales de captures respectivement 585, 552, 554 et 562 tonnes.

Tableau 2 : Captures en Algérie FAO-CGPM. (2016) (FishstatJ 2.11.4).

Année	Quantité (t)	Année	Quantité (t)
1970	-	1993	495
1971	-	1994	459
1972	-	1995	552
1973	-	1996	554
1974	-	1997	448
1975	-	1998	384
1976	-	1999	562
1977	-	2000	494
1978	-	2001	407
1979	-	2002	148
1980	-	2003	7
1981	-	2004	158
1982	-	2005	116
1983	-	2006	187
1984	-	2007	96
1985	-	2008	142
1986	-	2009	119
1987	-	2010	130
1988	-	2011	98
1989	-	2012	57
1990	-	2013	158
1991	522	2014	341
1992	585		

t : tonnes.

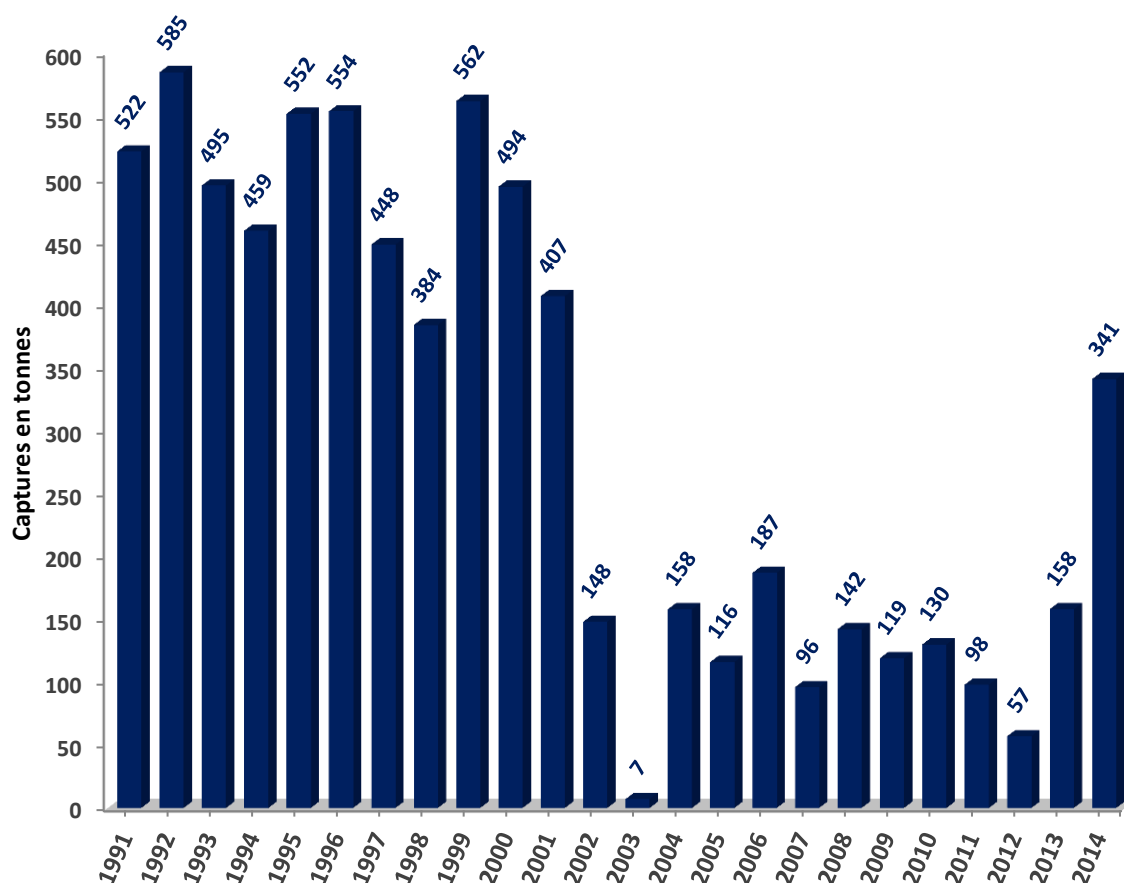


Figure 8 : Captures en Algérie FAO-CGPM. (2016) (FishstatJ 2.11.4).

1.3.7.2. Captures mensuelles de la thonine dans la côte de Mostaganem :

Différentes flottilles participent à la capture de la thonine commune, à savoir les chalutiers, les senneurs et les petits métiers, le tableau 3 montre la répartition des types d'embarcation selon chaque port (Figure 9, 10, 11).

Tableau 3 : Flottille de pêche selon les différents ports de la côte de Mostaganem (MPRH, 2015).

Ports	Type d'embarcation		
	Chalutiers	Petits métiers	Senneurs
Salamandre	15	98	46
Mostaganem	34	54	43
Petit port	07	48	40
Total	56	200	129



Figure 9 : Petit port de Mostaganem (Ansel, 2016).

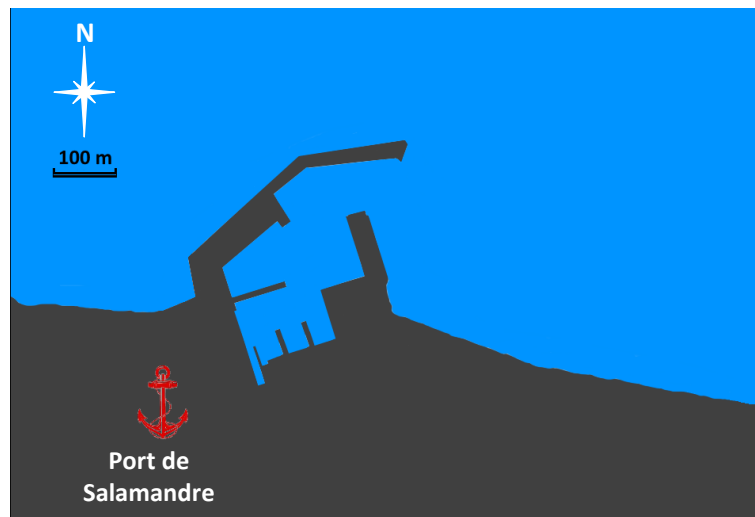


Figure 10 : Port de Salamandre (Ansel, 2016).

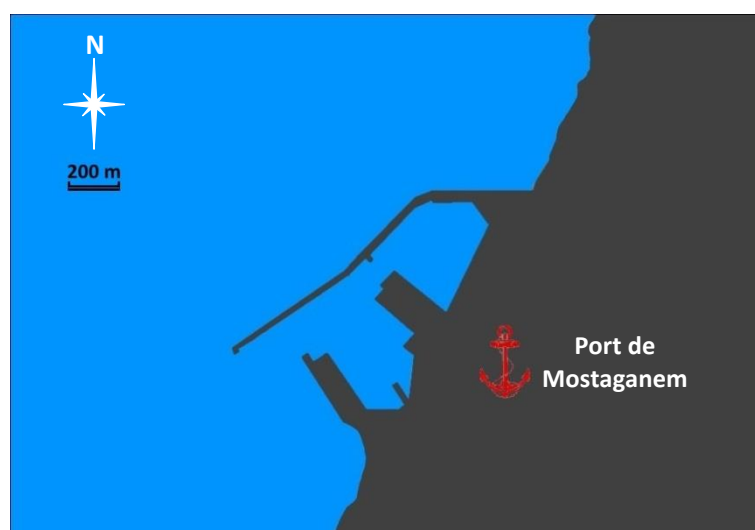


Figure 11 : Port de Mostaganem (Ansel, 2016).

Vu le manque d'informations chez la DPRH de Mostaganem sur la production annuelle de la thonine, nous avons pu estimer la production annuelle à partir d'un réseau d'informateurs (mandataires, Mareyeurs et vendeurs) (Tableau 4), (Figure 12), certes l'absence de marché de vente agréé par l'état rend l'estimation difficile.

Notant que la pêche plaisancière contribue à la production de la wilaya de Mostaganem, mais vu le peu de données sur cette activité nous l'avons exclue de ce comptage réalisé de Février 2015 jusqu'à Janvier 2016, de plus la pêche plaisancière est incontrôlable vu les lois qui stipulent que le rendement de cette activité n'intervient pas dans la gestion des pêcheries Algériennes. Cependant sur l'ensemble de données récoltées durant la période d'étude, la production de la thonine de l'année 2015-2016 de la côte Mostaganemoise est estimé à 127.4 tonnes.

Tableau 4 : Débarquement mensuel de la thonine de la côte Mostaganemoise.

Mois	Débarquement (tonnes)
Février	0.81
Mars	0.96
Avril	2.17
Mai	6.4
Juin	1.92
Juillet	4.57
Août	2.25
Septembre	36.86
Octobre	51.12
Novembre	8.97
Décembre	9.69
Janvier	1.68
Total	127.4 tonnes

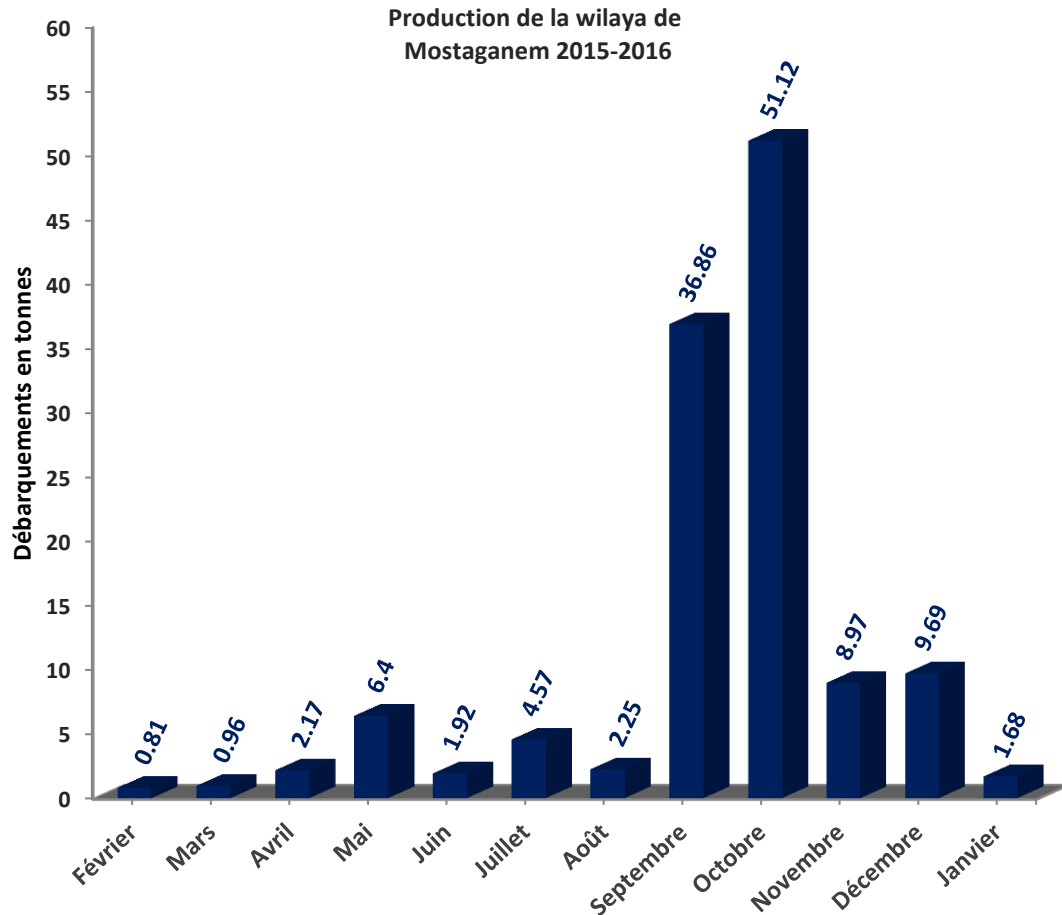


Figure 12 : Captures mensuelles de la thonine.

2. Echantillonnage :

2.1. Mensurations et pesées :

Sur chaque individu de thonine récolté à l'état frais au lieu de débarquement ou de vente (Figure 13), différentes mensurations (Figure 14), sont effectuées dans le laboratoire.

À l'aide d'un ichthyomètre, on mesure dans le laboratoire : la longueur standard (L_S), la longueur totale (L_T), et la longueur à la fourche (L_F), et avec un pied à coulisse on estime : la longueur pré-opercule (L_{PO}), la longueur pré-dorsale (L_{PD1}), la longueur pré-dorsale (L_{PD2}), le diamètre orbitaire (D_o), la longueur pré-orbitaire (L_{Po}), la longueur post-orbitaire (L_{po}), l'épaisseur du corps (E_C), la longueur céphalique (L_C), la longueur pré-anal (L_{PA}) et la hauteur du corps (H_C).

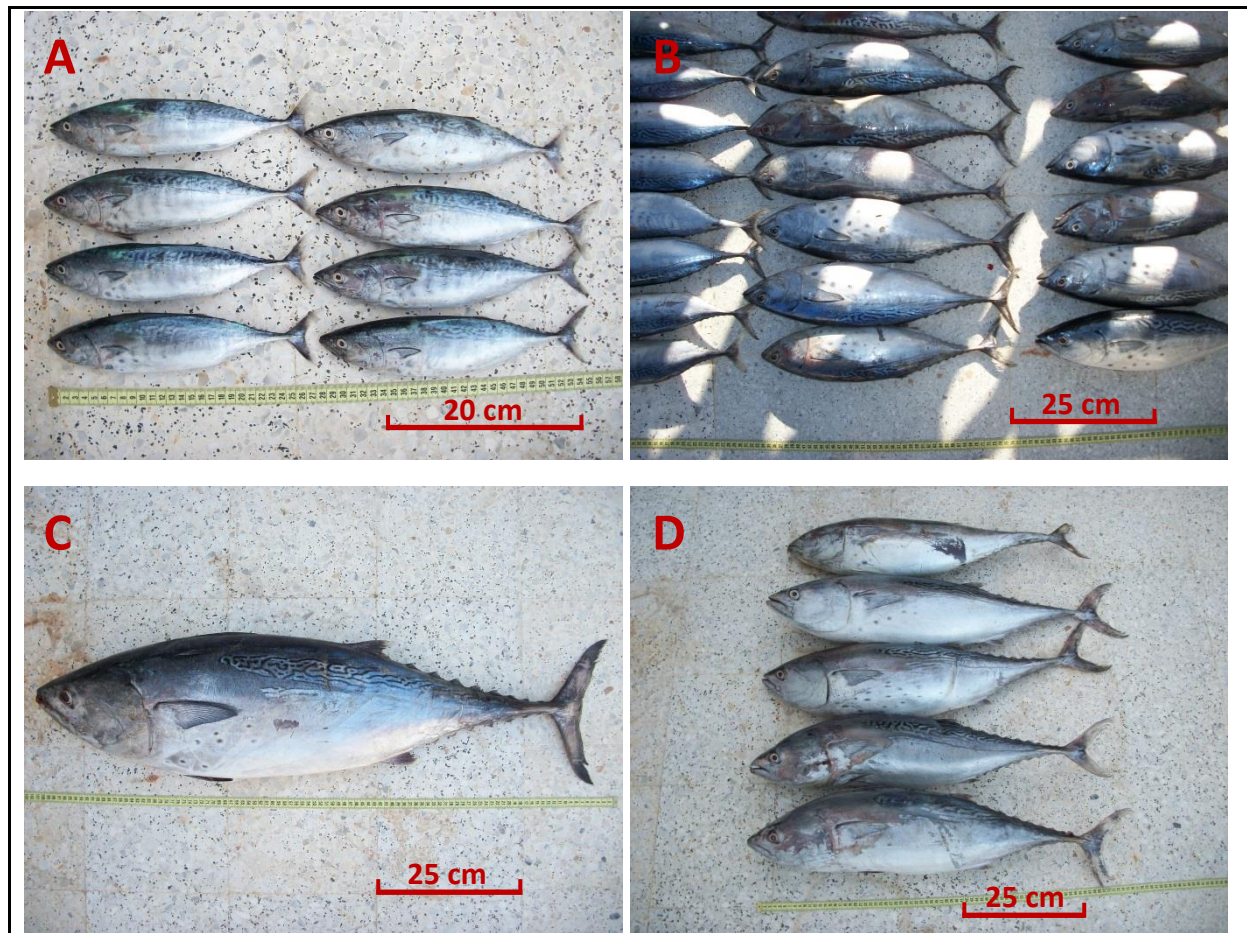


Figure 13 : Thonines récoltées à l'état frais.

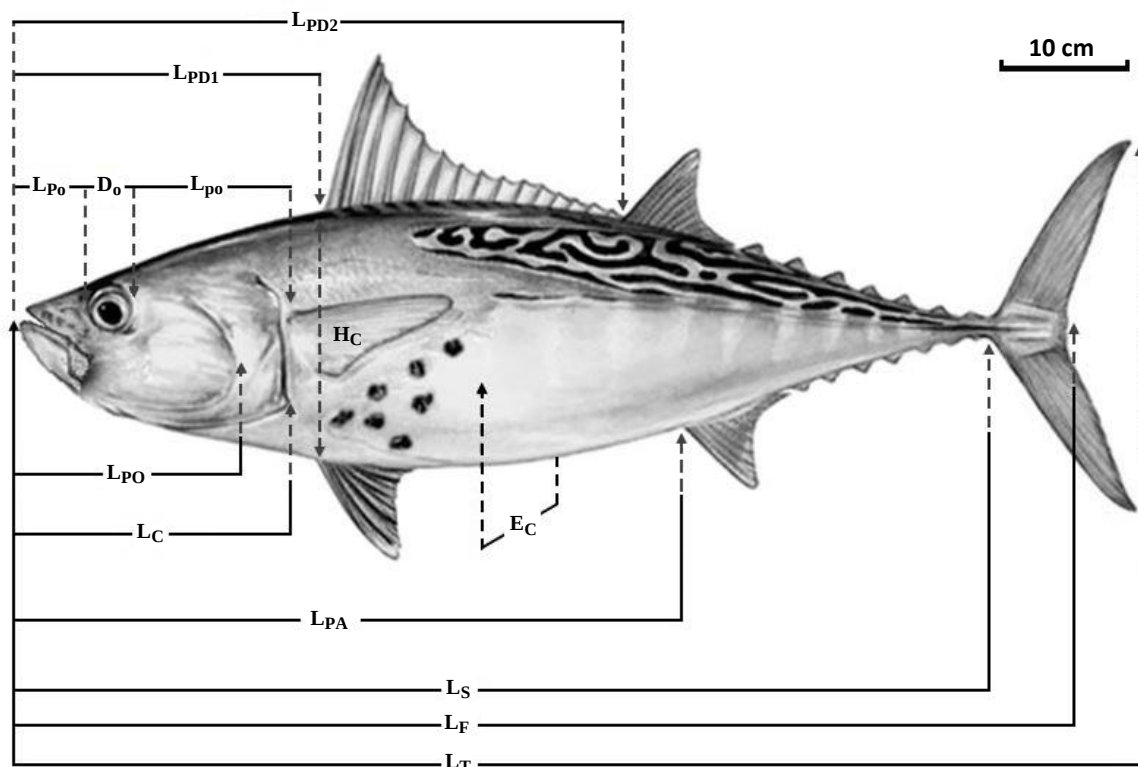


Figure 14 : Les différentes mensurations effectuées sur la thonine.

À l'aide d'une balance électronique à précision, le poids total (W_T) de chaque spécimen est déterminé. Le poids du poisson éviscéré (W_E), le poids des gonades (W_G) et du foie (W_F) sont mesurés, une fois l'individu soit éviscéré, faisant apparaître les organes internes après que le tégument abdominal soit écartelé lors d'une incision faite à l'aide d'un scalpel depuis l'orifice anal suivant le trait de coupe par un ciseau jusqu'au niveau de l'opercule (Figure 15, 16).



Figure 15 : Eviscération de la thonine.



Figure 16 : Pesage des organes de la thonine.

2.2. Prélèvement des pièces osseuses :

Sur chaque spécimen récolté à l'état frais, la première épine de la première nageoire dorsale, est extraite entièrement depuis de la base suivant les détails du protocole d'extraction (Figure 17).

Tout d'abord, la membrane qui unit le premier et le deuxième rayon de la 1^{ère} nageoire dorsale est coupée à l'aide d'un scalpel (Figure 17A), jusqu'à l'incision du tégument de la partie dorsale, l'épine petit à petit est écartelée vers l'avant (Figure 17B), jusqu'à ce que le ligament se casse et que la base de l'épine soit détachée (Figure 17C) puis on tirera la structure entière pour la retirer de la chair de la surface dorsale (Figure 17D).

Après l'extraction de l'épine dorsale, la structure est déshydratée à l'air libre pendant 24 heures, puis conservée à l'état sec, dans une enveloppe étiquetée près pour les coupes transversales.

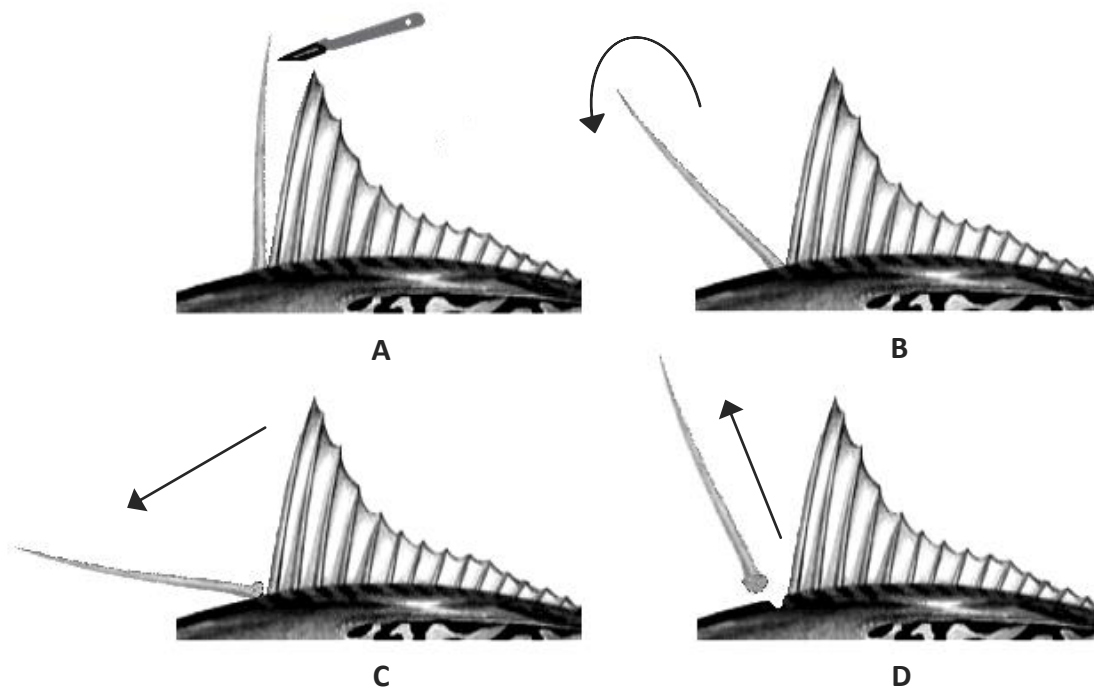


Figure 17 : Extraction de la 1^{ère} épine de la 1^{ère} nageoire dorsale de *Euthynnus alletteratus*.

Deuxième partie

Etude des paramètres biologiques

Chapitre I : Reproduction

1. Introduction :

L'étude de la reproduction est primordiale et représente un pilier principale pour entamer une étude biologique ainsi que l'étude de l'exploitation pour but la gestion des stocks des poissons. Un suivi mensuel du cycle de reproduction (structure des gonades) est un moyen efficace pour fournir un ensemble de données et d'informations liées directement à la biologie des poissons et à la mise au point de systèmes de sélection efficaces pour toutes les espèces. L'étude du caractère reproductif et sa relativité avec le taux de croissance et le poids corporel des poissons est essentielle pour comprendre l'ensemble du processus (Rocha et *al.*, 2008). L'interaction de la nutrition et de la reproduction chez le poisson portaient essentiellement à l'étude des effets du cycle reproductif sur la mobilisation des réserves corporelles chez les poissons, dont les conséquences majeures étaient un arrêt temporel d'alimentation et une augmentation de l'énergie utilisée pendant la reproduction (Okochi et *al.*, 2016)

Les dépenses énergétiques liées à la migration reproductive ou trophique permettent de mesurer avec précision les effets de restriction totale de l'alimentation sur l'âge à la première reproduction et de calculer le nombre d'œufs émis durant la ponte (Gerking, 1980). D'après Ulltang (1996), le potentiel de reproduction de chaque poisson dans le stock reproducteur affecte directement le processus de recrutement, une étude de la relativité entre la fécondité et l'âge, la taille, le poids, le taux de croissance et le régime alimentaire du poisson est nécessaire pour une compréhension mécaniste du processus de reproduction.

2. Méthodes d'étude :

2.1. Reproduction :

2.1.1. Etude macroscopique des gonades :

Chaque spécimen récolté à l'état frais au lieu de débarquement ou de vente est éviscéré, faisant apparaître les organes internes, après que le tégument abdominal soit écartelé lors d'une incision faite à l'aide d'un scalpel depuis l'orifice anal, jusqu'au niveau de l'opercule, les gonades sont récupérées après un lavage minutieux avec de l'eau fraîche, prêtes à être examinées à l'œil nu.

Selon Albaret (1977), l'analyse des stades évolutifs des gonades repose sur les critères visibles à l'œil nu, en se basant sur :

- Le volume occupé par les gonades dans la cavité abdominale.
- L'épaisseur, et la transparence de la paroi ovarienne.
- La forme, et la coloration des gonades ainsi leur consistance.
- L'importance de la vascularisation.

Ces critères sont très importants cependant, ils sont peu subjectifs et vigoureux, une analyse microscopique doit être appliquée pour clarifier toutes les soupçons et valider les résultats.

2.1.2. Etude microscopique des gonades :

L'étude histologique a pour but, de suivre l'évolution de la structure générale microscopique des gonades, ainsi que le processus de maturation.

Un total de **60** gonades, ont été choisis selon les critères de l'analyse macroscopique, à savoir **16** étaient des testicules et **44** des ovaires prélevés dans la cavité abdominale des spécimens récoltés dans la côte de Mostaganem. Des coupes histologiques (Figure 18), ont été réalisées dans le service ANAPTH (anatomie et cytologie pathologique, hôpital El Hakim Okbi), après avoir conservé 2 g de chaque gonade prélevée dans le Gilson 5%.

Les gonades choisies, appartiennent aux spécimens de stade I à V, cela pour les deux sexes, en se basant sur l'échelle macroscopique établie dans les annexes (Planches A.1), (Planche A.2).

Des captures d'images sont réalisées à l'aide d'un microscope, de marque Bresser Lcd (5 méga-pixels) 8.9 cm (3.5"), muni d'un disque chromatique (Figure 19). Différentes mesures sont effectuées sur les tissus de chaque coupe, et réalisées d'une part à, l'aide du logiciel Cooling Tech version 2.0. du microscope de type Colemeter USB (500 X 2PM) (Figure 20), et d'une autre part, par une lame micrométrique (diapositive avec échelle) Bresser DIV = 0.1 mm (Figure 21).



Figure 18 : Coupes histologiques.



Figure 19 : Microscope Bresser Lcd.

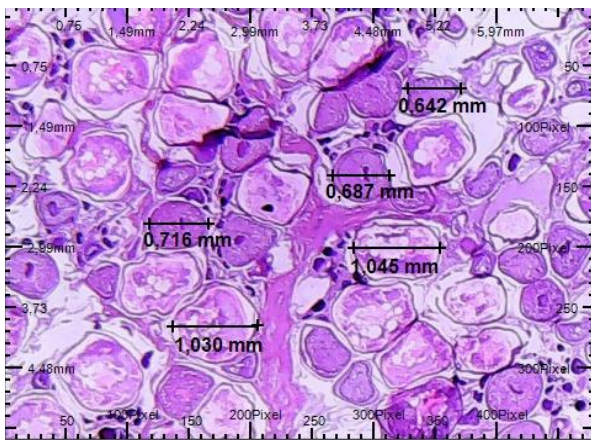


Figure 20 : Mesure de la taille des ovocytes logiciels Cooling Tech version 2.0.

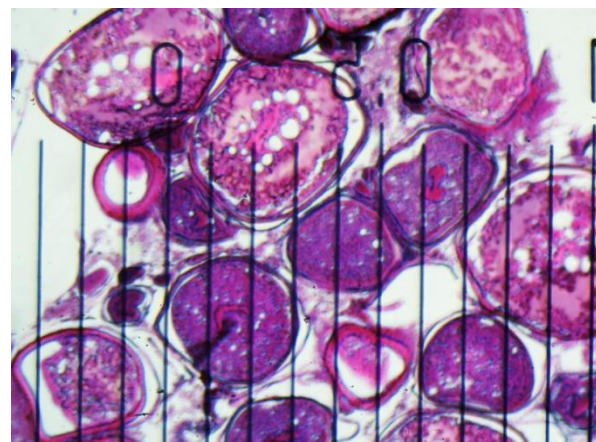


Figure 21 : Mesure de la taille des ovocytes avec la lame micrométrique
DIV = 0.1 mm.

2.1.3. Sex-ratio :

Le sex-ratio est un paramètre fondamental utilisé dans les modèles structurés par âge pour l'évaluation des stocks de grands poissons pélagiques (McAllister et *al.*, 2000). Selon Kartas et Quignard (1984), le calcul du sex-ratio permet d'évaluer le déséquilibre numérique entre les mâles et les femelles et aussi d'estimer la proportion des individus de chaque sexe au sein d'une population d'espèce donnée.

Le sex-ratio (S_R) est défini étant donné le taux de masculinité ou de féminité des spécimens étudiés, respectivement (Kartas et Quignard, 1984). Cependant, les valeurs numériques des sexes sont exprimées en pourcentage des mâles et des femelles en fonction des tailles, des mois et des saisons.

Nous avons calculé le taux de masculinité et le taux de féminité. Le calcul se fait par les expressions suivantes :

- **le taux de masculinité** = $\left(N_{\sigma} / (N_{\sigma} + N_{\varphi}) \right) \cdot 100$
- **le taux de féminité** = $\left(N_{\varphi} / (N_{\sigma} + N_{\varphi}) \right) \cdot 100$

N_{σ} et N_{φ} : Nombre des mâles et des femelles respectivement.

Les proportions numériques des deux sexes en pourcentage sont comparées au risque de 5%.

Selon Schwartz (1983), l'intervalle de confiance est calculé selon l'équation suivante :

$$IC = \% \pm 1.96 \cdot \left(\sqrt{pq} / N \right)$$

p : Pourcentage de femelles.

q : Pourcentage de mâles.

N : Nombre de mâles et femelles.

Afin de vérifier le résultat obtenu, on doit utiliser un test de comparaison des pourcentages observés et des pourcentages théoriques en calculant l'écart réduit selon la formule de Schwartz (1983), servant à préciser le taux de signification du sex-ratio global :

$$| \varepsilon_{cal} | = \frac{p_0 - p}{\sqrt{(pq/N)}}$$

p_0 : Pourcentages observés.

p et q : Pourcentages théoriques = 0.5%.

N : Effectif total des mâles et des femelles.

On compare la valeur de l'écart réduit $| \varepsilon_{cal} |$ à 1.96 au risque $\alpha = 5\%$.

Deux cas de figure peuvent se présenter :

- Si : $|\epsilon_{cal}| \leq 1.96$, la différence est non significative entre le pourcentage des mâles et celui des femelles, c'est-à-dire qu'il y a autant de mâles que de femelles.
- Si $|\epsilon_{cal}| > 1.96$, la différence est significative.

2.1.4. Taille de la première maturité sexuelle :

Le déterminisme de taille à la première maturité sexuelle est défini d'une manière biologique ou statistique, la méthode statistique a été retenue pour notre étude, basée sur la moyenne mobile de pourcentages de matures en fonction des sexes séparés d'une part et l'ensemble de deux sexes (mâles et femelles) de l'autre part.

Il est en général admis que la taille à laquelle 50% des poissons sont matures est celle de première maturité sexuelle, elle correspond à l'âge de maturation massive (Rikhter et Efanov, 1976). Selon La-Roche et *al.* (1983) et Fontana (1969), la taille à la première maturité sexuelle (L_{50}) est définie comme étant la longueur pour laquelle 50% des individus sont mûrs.

D'après Mac Gregor (1966), la taille de la première maturité sexuelle représente la taille du plus petit individu mature ou la taille du plus grand individu immature.

Les spécimens ayant des gonades appartenant aux stades II à V de maturité sont en général considérés comme ayant des gonades matures (Dunn, 1972; Gwahaba, 1978; Moreau, 1979).

2.1.5. Facteurs de conditions :

Le facteur ou coefficient de condition K est défini par le rapport entre le poids et la taille du poisson. Il est donné par la formule (Tesch, 1971; Lalèye et *al.*, 1995) :

$$K = \left(\frac{W_T}{L_F^b} \right) \cdot 100$$

W_T : Poids total du poisson exprimé en (gramme).

L_F : Longueur à la fourche en (centimètre).

b : Coefficient d'allométrie est l'exposant de la relation taille-poids $W_T = a \cdot L_F^b$.

Nous avons utilisé dans les calculs, le coefficient b de l'équation générale des sexes confondus.

Les calculs sont faits séparément pour les deux sexes, si une différence significative est constatée entre le coefficient b des mâles, des femelles et celui des spécimens indéterminés.

2.1.6. Rapport gonado-somatique (RGS) :

Lagler (1971), a défini le rapport gonado-somatique (RGS) étant donné le pourcentage du rapport entre le poids des gonades et du poids corporel total. Il est donné par la formule :

$$RGS (\%) = \left(W_G / W_T \right) \cdot 100$$

W_G et W_T sont exprimés en grammes.

Dans notre étude pour réduire les erreurs selon Lamrini (1983, 1988), nous avons remplacé, le poids total du poisson par son poids éviscéré (W_{EV}).

Le rapport gonado-somatique (RGS) est calculé pour chaque individu femelle ou bien mâle atteignant au moins le stade I de maturité sexuelle, les individus indéterminés sont exclus du calcul.

2.1.7. Rapport hépato-somatique (RHS) :

Le rapport hépato-somatique d'après Bougis (1952), est le rapport en pourcentage entre le poids du foie (W_F) et le poids du poisson éviscéré (W_{EV}), donné par la formule :

$$RHS (\%) = \left(W_F / W_{EV} \right) \cdot 100$$

W_F et W_{EV} sont exprimés en grammes.

Notant que les individus indéterminés sont exclus du calcul.

2.2. Fécondité :

La fécondité correspond à la quantité d'ovocytes fécondables émis lors de la saison de reproduction (Bagenal, 1973; Cayré et Farrugio, 1996; Aboussouan et Lahaye, 1979), Cette valeur est relative au nombre de ponte pendant cette période.

L'estimation du nombre d'ovocytes préovulatoires peut être effectuée par deux méthodes, volumétrique et gravimétrique (Kartas et Quignard, 1984; Hunter et *al.*, 1985), la méthode gravimétrique a été retenue pour notre étude.

La méthode gravimétrique consiste à prélever 3 sous-échantillons de 0.1 ± 0.01 g à partir de l'ovaire fixé dans le formol à 5% auquel on a ajouté quelques gouttes de glycérine pour faire la différence entre les ovocytes matures qui deviennent translucides et les immatures qui demeurent opaques. Le comptage des ovocytes matures (transparents) est réalisé sous le microscope (Figure 22), la fécondité par ponte a été calculée à partir de la densité moyenne pondérée des trois sous-échantillons multipliés par le poids total de l'ovaire.

Pour l'estimation de la fécondité, 20 ovaires ont été prélevés sur des femelles de *E. alletteratus* en pré-ponte appartenant aux stades II, III et IV de maturité sexuelle, capturées dans la côte de Mostaganem entre 2015 et 2016. Dans cette étude, la taille à la fourche (L_F) des femelles varie entre 61.3 et 69.6 cm.

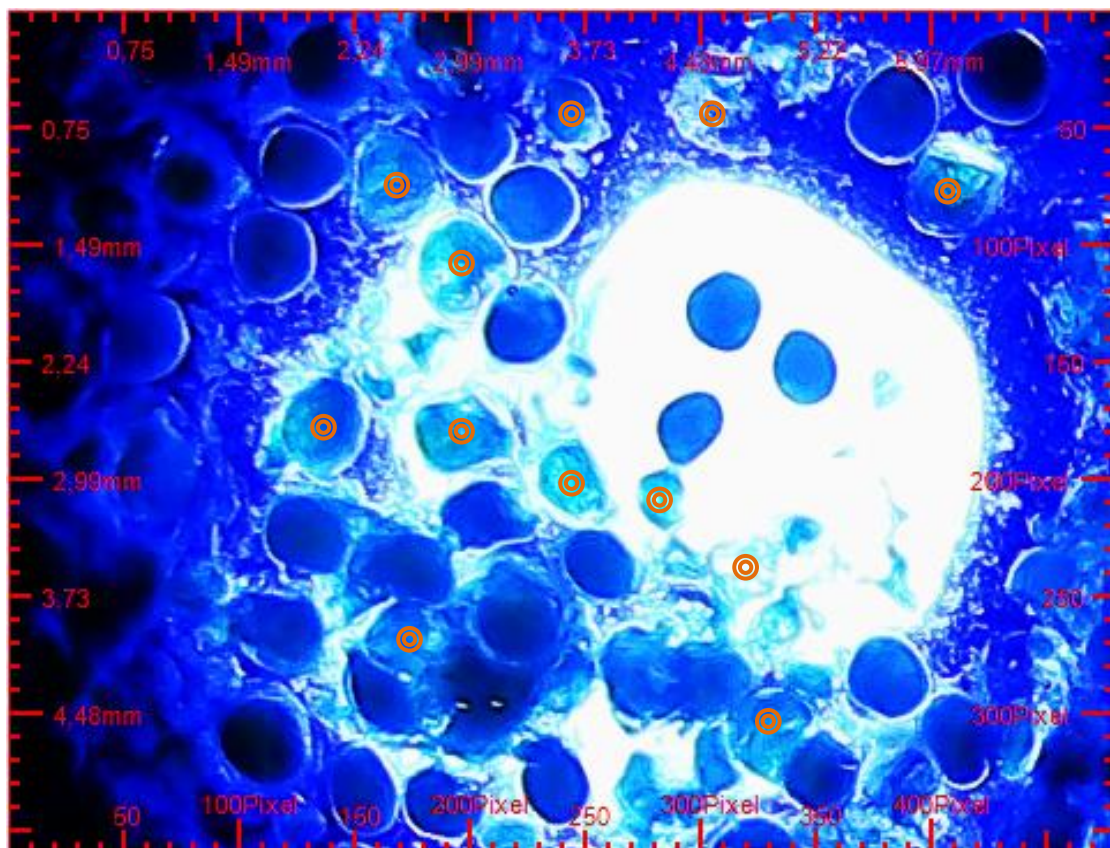


Figure 22 : Comptage des ovocytes matures.

2.2.1. Fécondité individuelle :

La fécondité individuelle (absolue) est définie comme étant le nombre d'ovocytes dont les diamètres constituent la distribution modale la plus avancée au moment de l'acte de ponte (Fontana et Le Guen, 1969). Selon Bagenal (1973), la fécondité absolue correspond au nombre d'ovocytes mûrs présents dans les ovaires juste avant la ponte, elle est calculée selon la formule suivante :

$$F_A = \left((N_S \cdot W_G) / W_S \right)$$

F_A : Fécondité absolue.

W_G : Poids de l'ovaire conservé en gramme.

W_S : Poids du sous-échantillon fixe utilisé pour le comptage en gramme.

N_S : Nombre moyen d'ovocytes vitellogènes dans les sous-échantillons.

2.2.2. Fécondité relative :

La fécondité relative correspond au nombre d'ovocytes produits par une unité de masse totale de la femelle (Kartas et Quignard, 1984; Bagenal, 1973; Wootton, 1979), elle est calculée selon la formule suivante :

$$F_R = \left(F_A / W_{EV} \right)$$

F_R : Fécondité relative.

W_{EV} : Poids du poisson éviscéré en gramme.

3. Résultats et discussions :

3.1. Echelle de maturité sexuelle :

3.1.1. Etude macroscopique :

D'après la description de l'aspect macroscopique établie par Cayré (1981), nous avons pu établir les différents stades de maturité selon l'aspect des gonades (Tableau 5), (Planche A.1) et (Planche A.2) dans les annexes.

Tableau 5 : Echelle de maturité sexuelle chez *E. alletteratus*.

	Stades	Aspect macroscopique	
		Mâles (♂)	Femelles (♀)
Immatures	i	Testicules très fins en forme de rubans aplatis, la détermination du sexe est impossible à l'œil nu.	Ovaires très fins en forme de rubans aplatis, la détermination du sexe est impossible à l'œil nu.
	I	Testicules fins en forme de rubans d'une couleur blanc cassé la détermination du sexe est possible à l'œil nu.	Ovaires fins en forme cylindrique allongée de couleur rose, la détermination du sexe est possible à l'œil nu.
Matures	II	Testicules gonflés en forme triangulaire dans la coupe transversale de couleur brin claire.	Ovaires gonflés en forme cylindrique allongée de couleur rose foncé, pas d'ovules visibles.
	III	Testicules gonflés avec une vascularisation développée, la laitance s'écoule en cas de presse.	Ovaires gonflés de couleur rouge, les ovules sont visibles en cas d'incision de l'ovaire.
	IV	Testicules très développés occupant presque la moitié de la cavité abdominale, la laitance facilement.	Ovaires très développés de couleur rouge occupant presque la moitié de la cavité, les ovules sont translucides libres dans la lumière de l'ovaire.
	V	Testicules flasques de couleur rouge foncé, peu de laitance.	Ovaires flasques de couleur rouge sombre, reste d'ovules à divers degrés.

i : Stade immature.

3.1.2. Evolution mensuelle des stades de maturité sexuelle

Pour chaque spécimen échantillonné et examiné à l'œil nu au niveau des gonades, un stade de maturité sexuelle est attribué à chaque individu, selon les critères macroscopiques (Tableaux 6, 7) à savoir 90 étaient des mâles et 95 des femelles, notant que dans cette étude les femelles examinées ($\overline{L}_F = 52.5 \pm 2.50$ cm), étaient nettement plus petites que les mâles ($\overline{L}_F = 58.9 \pm 3.32$ cm).

Les tableaux 6 et 7 ci-dessous représentent, les pourcentages de chaque stade par rapport à la totalité des stades ceci pour chaque mois, les différents calculs sont effectués séparément pour les deux sexes en fonction des mois de l'année, les graphiques des figures 23 et 234 illustrent respectivement, les proportions des différents stades chez les femelles et les mâles pour *E. alletteratus*.

Le cycle sexuel établi a permis le suivi mensuel des stades de maturité sexuelle, on peut déduire que la période de frai représentée par le stade IV se déroule dans le mois de Juillet, (Figures 23, 24), elle est expliquée par la proportion du stade IV pour les femelles, et les mâles respectivement 12.76% et 25.64%. La période de Mai à Juin représente le début de maturation caractérisée par le stade I, d'une autre part la plupart des spécimens examinés appartiennent au stade i (immature), leurs effectifs dominent ceux des autres spécimens appartenant aux différents stades de maturité sexuelle, cela pour les mâles et les femelles.

La post-ponde représentée par le stade V (Tableaux 6, 7), (Figures 23, 24), est localisée dans le mois de Juillet pour les femelles, et elle prolonge d'Octobre jusqu'à Mai pour les mâles, ceci peut être expliqué par une stratégie précoce suivie par les mâles.

Tableau 6 : Pourcentages mensuels des stades de maturité sexuelle pour les femelles de *E. alletteratus*.

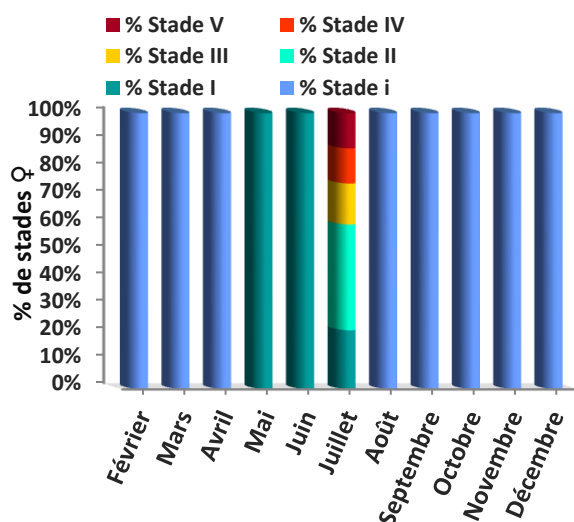
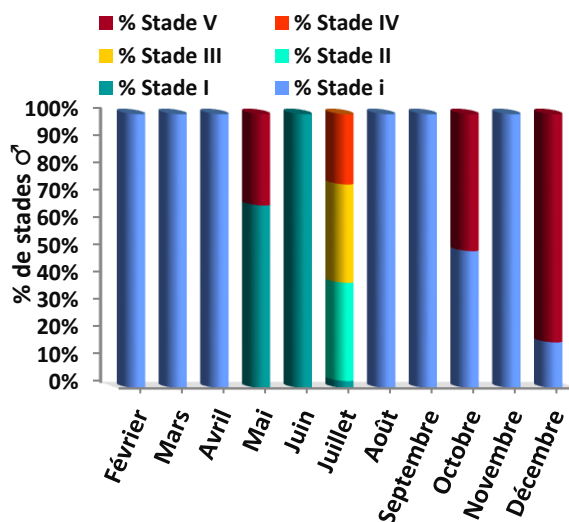
		♀						
		Immatures		Matures			N (ind)	
Stades		% stade i	% stade I	% stade II	% stade III	% stade IV		% stade V
Mois								
Février		100	0	0	0	0	0	1
Mars		100	0	0	0	0	0	1
Avril		100	0	0	0	0	0	1
Mai		0	100	0	0	0	0	3
Juin		0	100	0	0	0	0	4
Juillet		0	21.27	38.29	14.89	12.76	12.76	47
Août		100	0	0	0	0	0	1
Septembre		100	0	0	0	0	0	2
Octobre		100	0	0	0	0	0	14
Novembre		100	0	0	0	0	0	8
Décembre		100	0	0	0	0	0	1
Janvier		100	0	0	0	0	0	12

N : Effectif, ind : Individus.

Tableau 7 : Pourcentages mensuels des stades de maturité sexuelle pour les mâles de *E. alletteratus*.

		♂						
		Immatures		Matures				
Stades		% stade i	% stade I	% stade II	% stade III	% stade IV	% stade V	N (ind)
Mois								
Février		100	0	0	0	0	0	1
Mars		100	0	0	0	0	0	2
Avril		100	0	0	0	0	0	1
Mai		0	66.66	0	0	0	33.33	3
Juin		0	100	0	0	0	0	5
Juillet		0	2.56	35.89	35.89	25.64	0	39
Août		100	0	0	0	0	0	2
Septembre		100	0	0	0	0	0	1
Octobre		50	0	0	0	0	50	8
Novembre		100	0	0	0	0	0	7
Décembre		16.66	0	0	0	0	83.33	6
Janvier		100	0	0	0	0	0	15

N : Effectif, ind : Individus.

**Figure 23 :** Evolution mensuelle des stades de maturité sexuelle chez les femelles de *E. alletteratus*.**Figure 24 :** Evolution mensuelle des stades de maturité sexuelle chez les mâles de *E. alletteratus*.

3.1.3. Etude microscopique :

3.1.3.1. L'ovogenèse :

Chez les poissons téléostéens, l'ovogenèse est un processus continu qui peut être divisé en quatre phases : la croissance primaire de l'ovocyte, la vitellogenèse endogène, la vitellogenèse exogène et la maturation finale (Wallace et Selman, 1981; de Vlaming, 1983; Nagahama, 1983).

L'échelle microscopique de cinq stades décrite par Le Duff (1997), a été retenue pour le déterminisme et l'élaboration d'une échelle microscopique pour les différents stades chez la thonine de la côte de Mostaganem (Figure 25).

3.1.3.1.1. Stade I (repos sexuel) :

Deux types d'ovocytes (A et B) de réserves ou prévitellogéniques (Figure 25-1), sont localisés dans l'ovaire, regroupés en amas dans l'épithélium des lamelles ovigères. Les ovocytes de réserves A se caractérisent par une taille de $36 \pm 1.34 \mu\text{m}$ (calcul effectué sur 24 ovocytes), un noyau volumineux et un cytoplasme homogène. Par contre, les ovocytes B atteignent une taille de $62 \pm 0.86 \mu\text{m}$ (calcul réalisé sur 16 ovocytes), avec un cytoplasme hétérogène (cytoplasme clair et foncé) et un noyau moins volumineux. L'espace occupé par les ovocytes des réserves (A et B) constitue 74% de la totalité de l'espace ovarien (comptage à partir de $250000 \mu\text{m}^2$). Il faut mentionner que les ovocytes de réserves A et B représentent respectivement 64% et 36% de la totalité des ovocytes présents dans l'ovaire (comptage à partir de $360000 \mu\text{m}^2$).

3.1.3.1.2. Stade II (début de maturation) :

On distingue quatre types d'ovocytes (A, B, C₁, et C₂), les ovocytes C₁ se caractérisent par une taille de $160 \pm 1.58 \mu\text{m}$ (calculs basés sur 27 ovocytes), avec l'apparition de vacuoles blanches dans le cytoplasme (Figure 25-2). Les ovocytes C₂ se distinguent par une taille de $201 \pm 2.05 \mu\text{m}$ (mesure basée sur 15 ovocytes), leur cytoplasme contient des couronnes de vacuoles de nature lipidique, les ovocytes C₁ et C₂ dominent l'espace ovarien en terme de volume, reste à savoir que les ovocytes prévitellogéniques (A et B) représentent plus de 85% le nombre d'ovocytes présents dans l'ovaire (comptage à partir de $360000 \mu\text{m}^2$).

3.1.3.1.3. Stade III (la pré-ponte) :

Les ovocytes dominants sont les ovocytes vitellins D_1 et D_2 , qui occupent la quasi-totalité du domaine ovarien. Les ovocytes D_1 se caractérisent par l'apparition des grains de vitellus et la présence de vacuoles dans le cytoplasme, leur taille est de $305 \pm 2.66 \mu\text{m}$ (calculs basés sur 17 ovocytes). Cependant, la taille des ovocytes vitellins D_2 est de l'ordre de $450 \pm 3.02 \mu\text{m}$ (basé sur 20 ovocytes), et leur cytoplasme contient des globules de vitellus (Figure 25-3). Les ovocytes vitellins (D_1 et D_2) représentent plus de 76% le nombre d'ovocytes présents dans l'ovaire (comptage à partir de $250000 \mu\text{m}^2$). De plus, l'ovaire dans ce stade, se distingue aussi par la présence des ovocytes A, B, C_1 , et C_2 .

3.1.3.1.4. Stade IV (la ponte) :

Dans ce stade, les ovocytes vitellins (E), ayant atteint la taille $970 \pm 3.88 \mu\text{m}$ (basé sur la mesure de 25 ovocytes), sont susceptibles à être expulsés hors de leurs follicules, d'ailleurs la présence de follicules vides est une signification d'un acte de ponte (Figure 25-4). Dans ce stade l'espace occupé par les ovocytes vitellins (E), représente 87% de l'espace total de l'ovaire (mesure à partir de $360000 \mu\text{m}^2$). Après la séparation folliculaire, un trou très distinct se forme dans le follicule par lequel l'ovocyte E passe (rupture). La libération de l'ovocyte n'est apparemment pas un processus passif dans lequel chaque follicule ovarien se dégrade simplement, laissant l'ovocyte libre du follicule. Cependant, dans ce stade, le nombre des ovocytes D_1 et D_2 dépasse largement le nombre des ovocytes E. Il convient de signaler que l'ovaire contient aussi les ovocytes (A, B, C_1 et C_2).

3.1.3.1.5. Stade V (la post ponte) :

Ce stade représente aussi le repos sexuel, il est caractérisé par le nombre important de follicules atrétiques (F), d'une taille de $484 \pm 4.12 \mu\text{m}$ (calcul réalisé sur 14 follicules), ainsi que les ovocytes (A et B), qui reposent sur l'épithélium de la lamelle ovigère. De plus, l'ovaire contient aussi les ovocytes C_1 , C_2 , D_1 , D_2 et E (Figure 25-5). Il faut noter que l'espace (vide) engendré pendant l'acte de ponte représente 45% de l'espace de l'ovaire (mesure à partir de $250000 \mu\text{m}^2$).

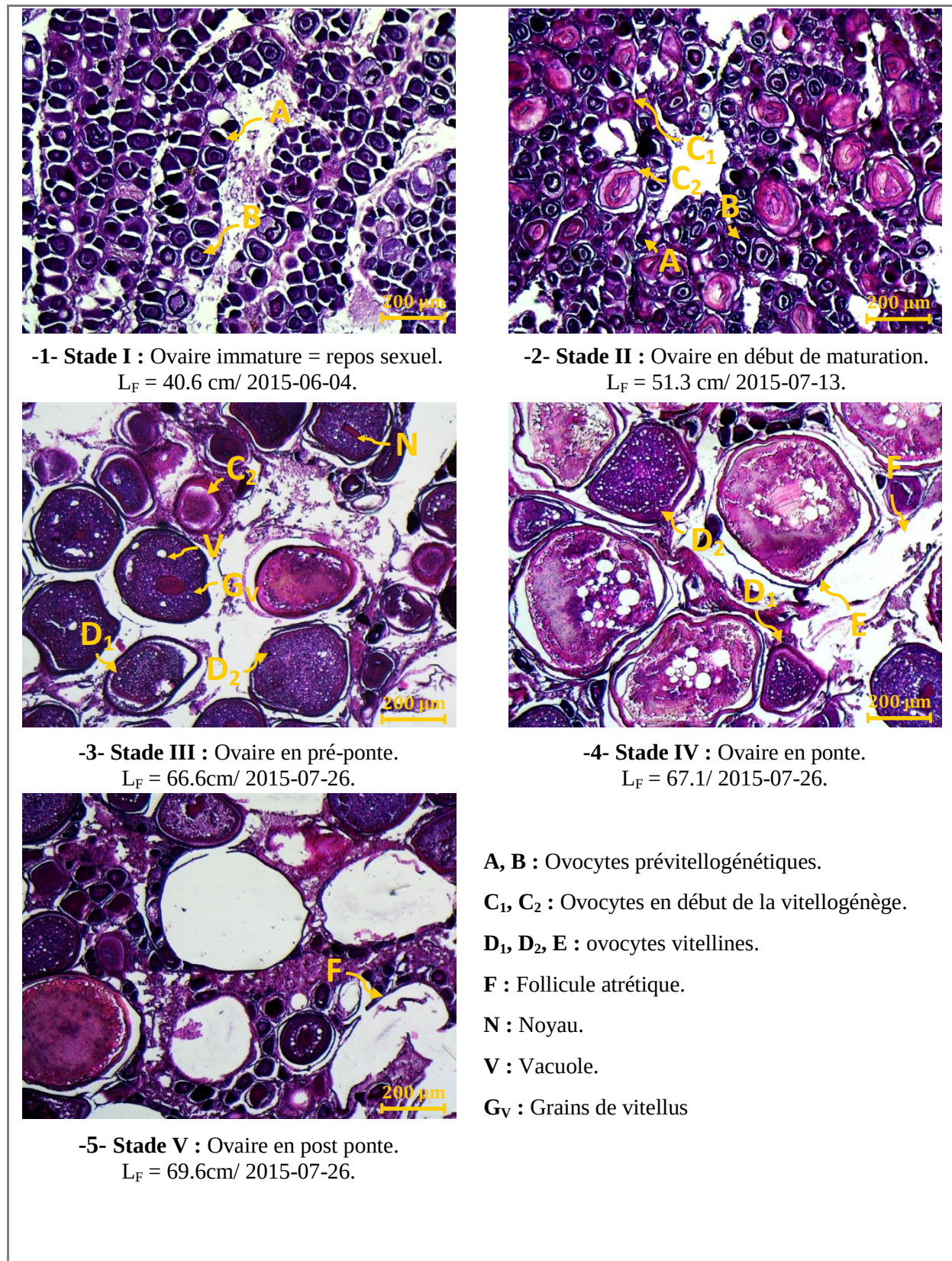


Figure 25 : Echelle microscopique de développement sexuel chez les femelles pour *E. alletteratus*.

3.1.3.2. La spermatogenèse :

Selon Guan et *al.* (2006), la spermatogenèse est un processus cyclique, auquel les cellules souches (spermatogonies) diploïdes génèrent un grand nombre de spermatozoïdes haploïdes. Les caractéristiques générales de la spermatogenèse sont partagées par toutes les espèces de vertébrés. Chez les poissons, les différents stades cellulaires de développement de la spermatogenèse (spermatogonies, spermatocytes, spermatides, spermatozoïdes) sont comparables à ceux des autres vertébrés (Schulz et *al.*, 2010). L'élaboration d'une échelle microscopique pour les mâles de la thonine offre à décrire une échelle de 5 stades (Figure 26).

3.1.3.2.1. Stade I (Testicule immature) :

Ce stade est caractérisé par une multiplication des spermatogonies à la périphérie du tube séminifère (Figure 26-1) par mitose successive, dont chaque cellule souche diploïde ($2n$) donne une cellule diploïde ($2n$) nommée spermatogonie, reste à savoir que la superposition de ces dernières occupe la totalité de l'espace du testicule.

3.1.3.2.2. Stade II (phase de développement) :

Dans ce stade les spermatogonies diploïdes ($2n$) issus de la mitose subissent à leur tour un faible accroissement puis se transforment en spermatocytes primaires ($2n$) (Figure 26-2), ces derniers subissent une première division méiotique donnant deux spermatocytes secondaires ($1n$), occupant presque tout l'espace du testicule, bien qu'il reste un nombre considérable de spermatocytes primaires qui sont nuls par rapport au nombre des spermatocytes secondaires.

3.1.3.2.3. Stade III (Testicule mûr) :

Ce stade se distingue par les spermatides haploïdes ($1n$) (Figure 26-3), issues d'une deuxième division méiotique des spermatocytes secondaires haploïdes ($1n$), les spermatides se caractérisent par une taille nettement inférieure à celle des spermatocytes secondaires.

3.1.3.2.4. Stade IV (Testicule en émission) :

Dans ce stade les spermatides haploïdes ($1n$) se transforment en spermatozoïdes ($1n$) (Figure 26-4), libérés dans la lumière séminifère sous la forme de cellules mobiles, la présence de cystes de spermatozoïdes vides est la preuve d'un acte d'émission.

3.1.3.2.5. Stade V (Testicule en post-émission) :

Ce stade est distinguable par la présence de cystes de spermatozoïdes rétrécis, issus de la déformation du diamètre des cystes de spermatozoïdes vidés (Figure 26-5).

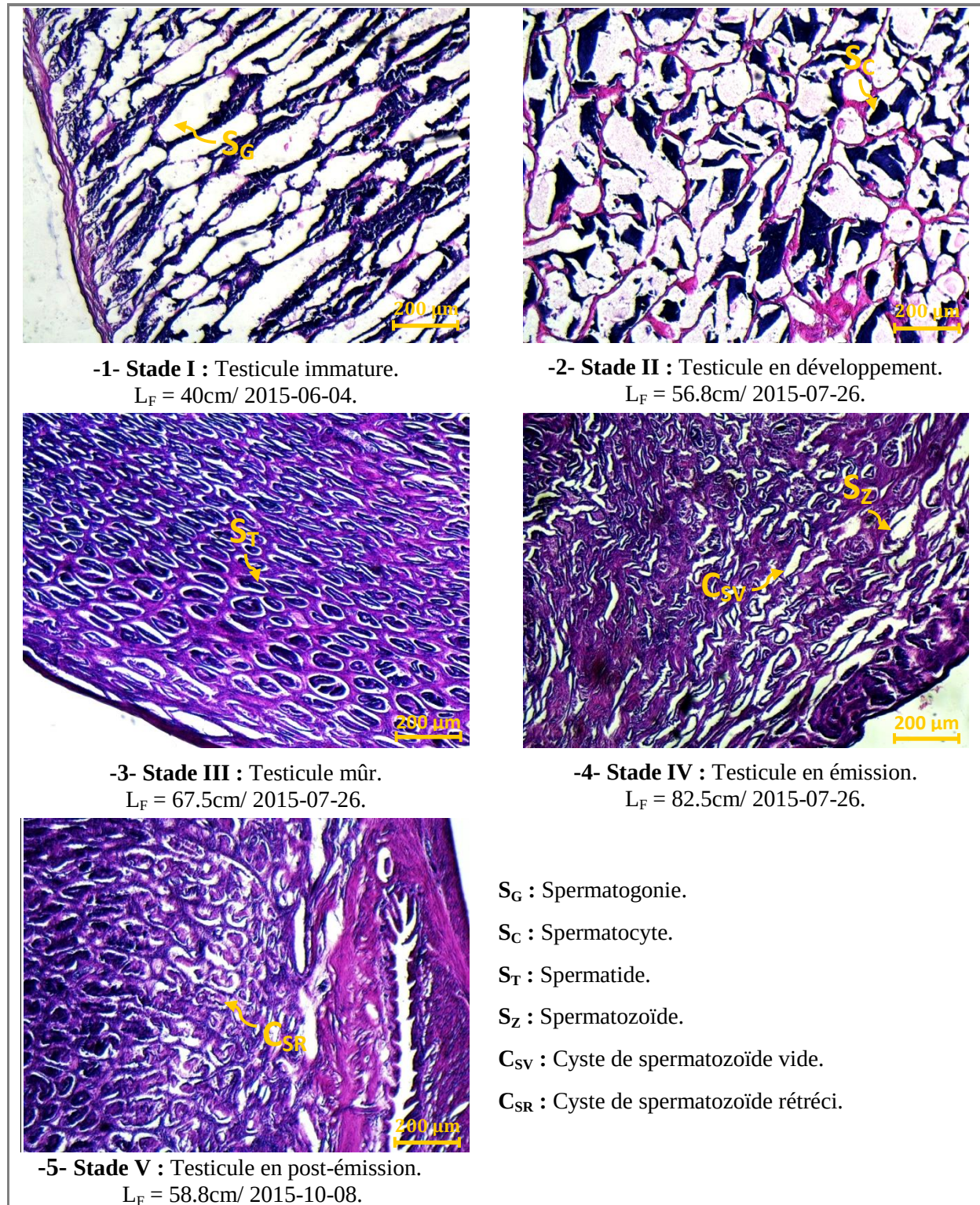


Figure 26 : Echelle microscopique de développement sexuel chez les mâles pour *E. alletteratus*.

3.2. Répartition des sexes :

3.2.1. Répartition des sexes en fonction de la taille :

La répartition des sexes de *E. alletteratus* est réalisée par rapport aux différentes classes de taille (Tableau 8), (Figure 27) sur un total de 185 thonines dont 90 mâles et 95 femelles de taille à la fourche comprise entre 33.4 cm et 102.2 cm récoltées de Février 2015 à Janvier 2016, selon le calendrier d'échantillonnage établie dans les annexes (Tableau A.I). Notant que dans cette contribution, les femelles examinées ($\overline{L}_F = 52.5 \pm 2.50$ cm), étaient nettement plus petites que les mâles ($\overline{L}_F = 58.9 \pm 3.32$ cm).

Tableau 8 : Répartition des sexes en fonction de la taille chez *E. alletteratus*.

Classe de taille (cm)	Cc (cm)	♂		♀		N total
		N	%	N	%	
[33-36[	34.5	10	35.71	18	64.28	28
[36-39[	37.5	3	33.33	6	66.66	9
[39-42[	40.5	8	72.72	3	27.27	11
[42-45[	43.5	9	42.85	12	57.14	21
[45-48[	46.5	4	80	1	20	5
[48-51[	49.5	7	50	7	50	14
[51-54[	52.5	2	22.22	7	77.77	9
[54-57[	55.5	3	42.85	4	57.14	7
[57-60[	58.5	1	50	1	50	2
[60-63[	61.5	2	28.57	5	71.42	7
[63-66[	64.5	1	16.66	5	83.33	6
[66-69[	67.5	8	53.33	7	46.66	15
[69-72[	70.5	9	42.85	12	57.14	21
[72-75[	73.5	3	30	7	70	10
[75-78[	76.5	7	100	0	0	7
[78-81[	79.5	3	100	0	0	3
[81-84[	82.5	2	100	0	0	2
[84-87[	85.5	2	100	0	0	2
[87-90[	88.5	1	100	0	0	1
[90-93[	91.5	1	100	0	0	1
[93-96[	94.5	1	100	0	0	1
[96-99[	97.5	1	100	0	0	1
[99-102[	100.5	1	100	0	0	1
[102-105[	103.5	1	100	0	0	1

Cc : Centre de classe (cm), N : Effectif (ind), % : Pourcentage.

D'une manière générale et d'après le tableau 8 et la figure 27, on remarque une dominance des femelles pour l'ensemble des classes. On notera cependant une supériorité en termes de nombre des mâles dans les classes de tailles au-delà de 76.5 cm. Il faut également signaler, une tendance à l'équilibre dans les gammes de tailles 48-51 cm, et 57-60 cm.

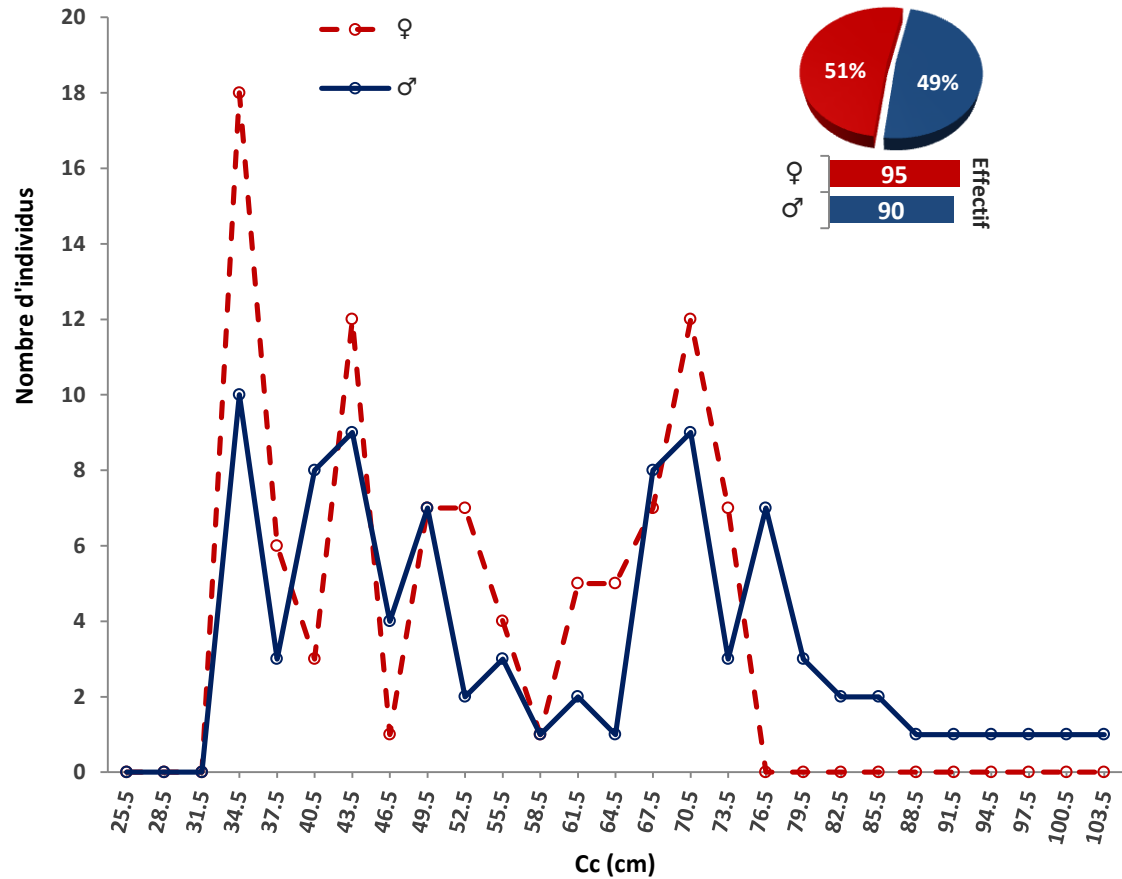


Figure 27 : Distribution des sexes en fonction de la taille chez *E. alletteratus*.

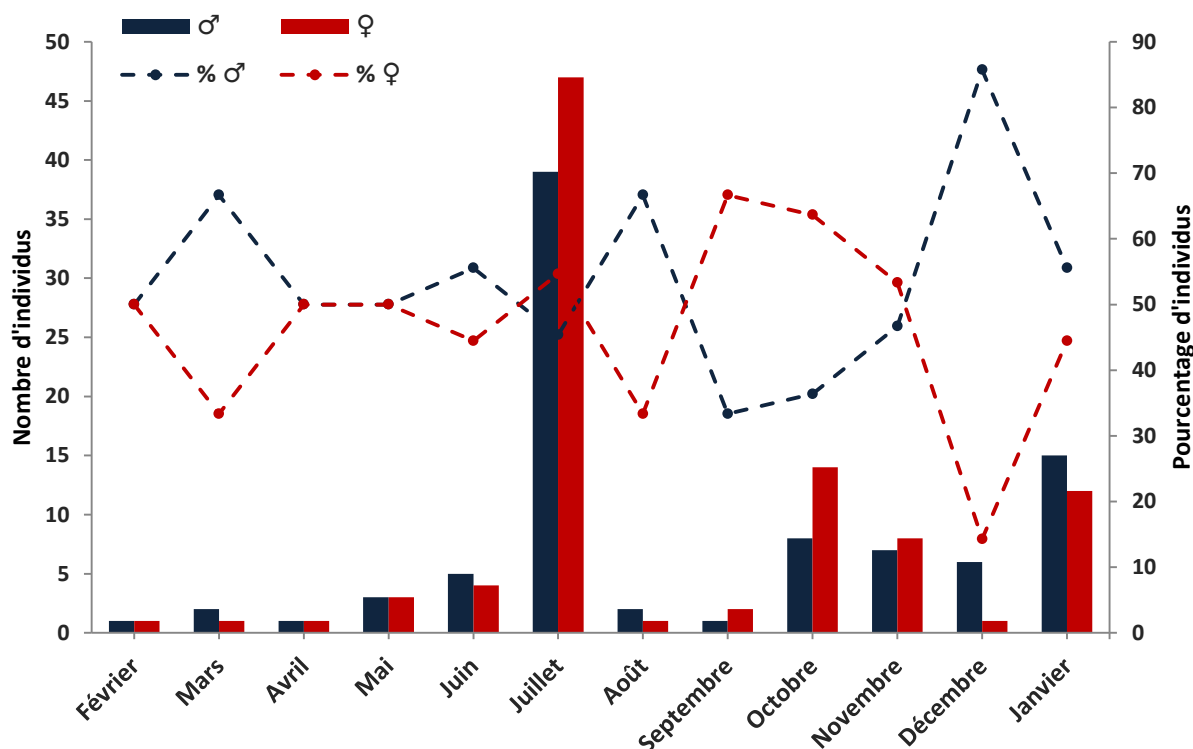
3.2.2. Répartition mensuelle des sexes :

Le suivi de la répartition mensuelle des sexes de *E. alletteratus* (Tableau 9), (Figure 28), permet de constater que les individus mâles dominent en mois de Janvier, Mars, Juin, Août et Décembre. Cependant, durant les mois Juillet, Septembre, Octobre et Novembre les femelles sont plus nombreuses que les mâles, certes pendant la période de reproduction les femelles dominent les mâles en termes d'effectif. D'autre part, l'équilibre numérique entre les mâles et les femelles est nettement observé durant les mois de Février, Avril et Mai.

Tableau 9 : Répartition mensuelle des sexes chez *E. alletteratus*.

Mois	♀		♂		N total
	N	%	N	%	
Février	1	50	1	50	2
Mars	1	33.33	2	66.66	3
Avril	1	50	1	50	2
Mai	3	50	3	50	6
Juin	4	44.44	5	55.55	9
Juillet	47	54.65	39	45.34	86
Août	1	33.33	2	66.66	3
Septembre	2	66.66	1	33.33	3
Octobre	14	63.63	8	36.36	22
Novembre	8	53.33	7	46.66	15
Décembre	1	14.28	6	85.71	7
Janvier	12	44.44	15	55.55	27

N : Effectif, % : Pourcentage.

**Figure 28** : Distribution mensuelle des sexes pour *E. alletteratus*.

3.3. Sex-ratio :

3.3.1. Sex-ratio global :

L'étude du sex-ratio global a portée sur l'ensemble des spécimens récoltés dans la côte de Mostagenem, dont 90 mâles et 95 femelles. Ceci pour la période d'échantillonnage allant de Février 2015 à Janvier 2016. Les résultats obtenus sont portés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Sex-ratio global chez *E. alletteratus*.

	% $\pm$ IC ($\alpha = 5\%$)
Taux de féminité	51.35 $\pm$ 0.52
Taux de masculinité	48.64 $\pm$ 0.52

Le taux de féminité dépasse de peu le taux de masculinité, le test de l'écart réduit et calculé ainsi que les résultats obtenus indiquent une différence non significative ($|\epsilon_{\text{cal}}| < |\epsilon_{\text{Table}}|$) ($0.38 \leq 1.96$), ce qui implique qu'il y a autant de mâles que de femelles.

- Nombre de mâles pour cent femelles = 95.

- Nombre de femelles pour cent mâles = 105.

Certes, les pourcentages obtenus indiquent, une dominance des femelles dans la population de *E. alletteratus*. Les valeurs du sex-ratio global donnent peu d'informations sur la composition de la population de ce spécimen. Il est donc primordial d'entamer une étude du sex-ratio en fonction de la taille et des mois.

3.3.2. Sex-ratio en fonction de la taille :

Le suivi de l'échantillonnage montre que, les mâles sont significativement peu nombreux que les femelles. Pour l'étude du sex-ratio en fonction de la taille nous avons regroupé les tailles en classe de longueur à la fourche avec leur effectifs respectifs et selon leurs sexes. Par la suite on a calculé le sex-ratio des femelles et des mâles de chaque classe de taille. L'ensemble de calculs ainsi que les résultats sont mentionnés dans le tableau 11 et schématisés dans la figure 29. Généralement, le sex-ratio est en faveur des femelles dont la longueur à la fourche appartenant au centre de classes respectivement 34.5 cm, 37.5 cm, 43.5 cm, 52.5 cm, 55.5 cm, 61.5 cm, 64.5 cm, 70.5 cm et 73.5 cm.

Par contre, le sex-ratio est en faveur des mâles dont la longueur à la fourche appartenant au centre de classes 40.5 cm, 46.5 cm et 67.5 cm. Par ailleurs, L'équilibre entre les mâles et les femelles est bien observé dans les centres de classes 49.5 cm et 58.5 cm.

Tableau 11 : Variation du sex-ratio en fonction de la taille chez *E. alletteratus*.

Cc (cm)	♂	♀	Sex-ratio
25.5	0	0	-
28.5	0	0	-
31.5	0	0	-
34.5	10	18	1.8
37.5	3	6	2
40.5	8	3	0.37
43.5	9	12	1.33
46.5	4	1	0.25
49.5	7	7	1
52.5	2	7	3.5
55.5	3	4	1.33
58.5	1	1	1
61.5	2	5	2.5
64.5	1	5	5
67.5	8	7	0.87
70.5	9	12	1.33
73.5	3	7	2.33
≥ 76.5	7	0	-

Cc : Centre de classe (cm).

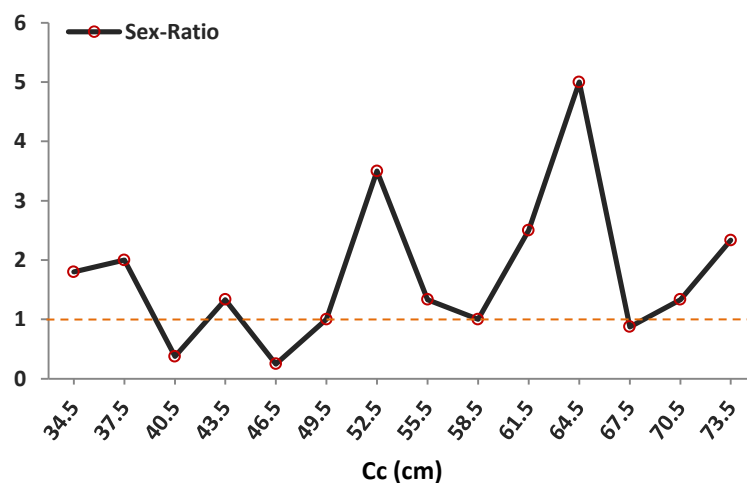


Figure 29 : Sex-ratio en fonction de la taille chez *E. alletteratus*.

3.3.3. Sex-ratio en fonction des mois :

Les résultats mensuels obtenus, pour les valeurs du sex-ratio sont regroupés dans le tableau 12 et illustrés dans la figure 30. L'ensemble des résultats montrent que, les femelles dominent dans les mois de Juillet, Septembre, Octobre et Novembre. On distingue cependant une tendance à l'équilibre dans les mois de Février, Avril et Mai.

La dominance numérique des femelles a été observée dans de nombreuses études (Kahraman et *al.*, 2008; Valeiras et *al.*, 2008).

Tableau 12 : Variation mensuelle du sex-ratio chez *E. alletteratus*.

Mois	N♀	N♂	Sex-ratio
Février	1	1	1
Mars	1	2	0.5
Avril	1	1	1
Mai	3	3	1
Juin	4	5	0.8
Juillet	47	39	1.2
Août	1	2	0.5
Septembre	2	1	2
Octobre	14	8	1.7
Novembre	8	7	1.1
Décembre	1	6	0.1
Janvier	12	15	0.8

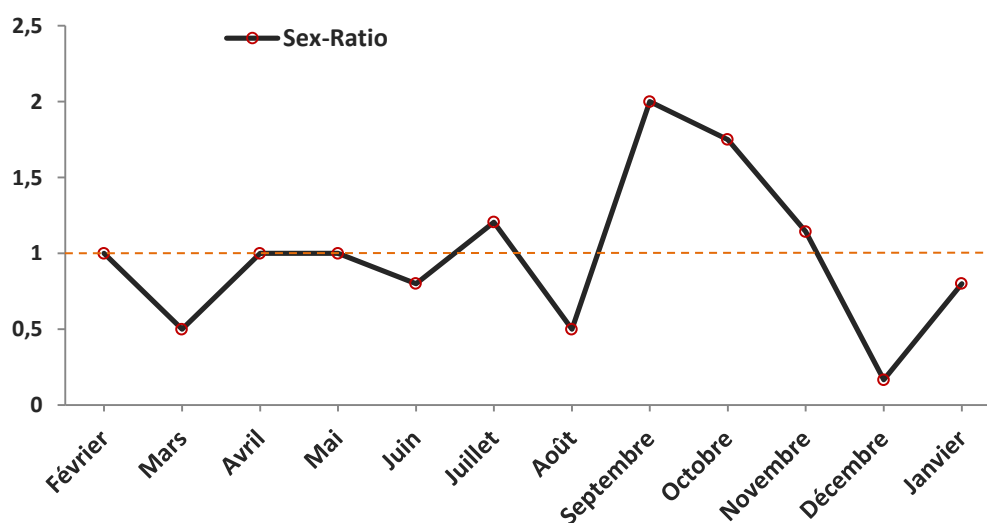


Figure 30 : Variation mensuelle du sex-ratio chez *E. alletteratus*.

3.4. Taille de la première maturité sexuelle :

Le déterminisme de la taille de la première maturité sexuelle chez *E. alletteratus* est établi, par l'examen du pourcentage de femelles et de mâles matures en fonction de la taille. L'examen permet de fixer à 49.8 cm la taille à laquelle 50% des thonines mâles sont mûrs, dans la côte Mostaganemoise (Tableau 13), (Figure 31), au-delà de 55.5 cm tous les mâles examinés sont mûrs. Ce qui concerne les femelles, la taille à laquelle 50% des femelles ont atteint la maturité est fixée à 57 cm (Tableau 13), (Figure 31), au-delà de 61.5 cm, toutes les femelles sont mûres.

L'analyse du pourcentage de matures nous a permis de conclure que les mâles de *E. alletteratus* qui ont atteint la première maturité sexuelle sont nettement plus petits que les femelles de cette espèce. Ceci est attribué au fait que, la maturation chez les poissons ne dépend pas seulement de la longueur, mais elle est également contrôlée par d'autres facteurs tels que la disponibilité alimentaire et la qualité de l'eau (Babiker et Ibrahimu, 1979; Lucas et Southgate, 2012). Le poisson à maturité sexuelle tardive peut avoir été le résultat d'une alimentation insuffisante, comme le démontrent le guppy (Comfort, 1963). Gjerde et Refstie (1984), ont également signalé des effets importants du sexe et de la maturation sexuelle sur la croissance. Selon Roff (1982), la maturité sexuelle chez les poissons est davantage liée à la taille qu'à l'âge, en particulier chez les espèces qui atteignent la maturité à un âge relativement avancé.

Certes, ces résultats nous permettent de penser que la maturité sexuelle pourrait être liée à l'âge ou à des phénomènes particuliers liés aux aspects comportementaux ou écologiques du cycle de vie de l'espèce. Cependant, on peut suggérer que, si les mécanismes contrôlant le début de la maturité sexuelle étaient similaires, la capture ciblée des femelles matures aurait tendance à réduire la variabilité à la taille de la maturité sexuelle plutôt que de l'augmenter. D'autres parts, des estimations fiables de ces relativités (taille/maturité sexuelle) sont importantes pour le choix des stratégies de sélection.

Enfin, l'analyse des résultats du tableau 13 et de la figure 31 révèle que, la population de *E. alletteratus* (♀ + ♂) sans mettre en évidence les spécimens indéterminés, atteint sa taille de première maturité sexuelle (L_{50}) à 54 cm.

Sur l'ensemble des individus, la L_{100} (100 % de spécimens mûrs), est atteinte à partir d'une longueur à la fourche de 61.5 cm.

Tableau 13 : Pourcentage des individus matures de *E. alletteratus* selon la taille et le sexe.

Cc (cm)	Mâles		Femelles		Ensembles	
	Matures %	Moy. Mob	Matures%	Moy. Mob	Matures%	Moy. Mob
25.5	0	0	0	0	0	0
28.5	0	0	0	0	0	0
31.5	0	0	0	0	0	0
34.5	0	0	0	0	0	0
37.5	0	0	0	0	0	0
40.5	0	0	0	0	0	0
43.5	0	0	0	0	0	0
46.5	0	16.66	0	4.76	0	7.40
49.5	0	50	0	4.76	0	21.69
52.5	50	83.33	14.28	4.761	22.22	38.35
55.5	100	100	0	33.33	42.85	64.28
58.5	100	100	0	66.66	50	83.33
61.5	100	100	100	100	100	100
64.5	100	100	100	100	100	100
67.5	100	100	100	100	100	100
70.5	100	100	100		100	100
73.5	100	100	100		100	100
76.5	100	100			100	100
79.5	100	100			100	100
82.5	100	100			100	100
85.5	100	100			100	100
88.5	100	100			100	100
91.5	100	100			100	100
94.5	100	100			100	100
97.5	100	100			100	100
100.5	100				100	
103.5	100				100	

Cc : Centre de classe (cm), **Moy. Mob :** Moyenne mobile.

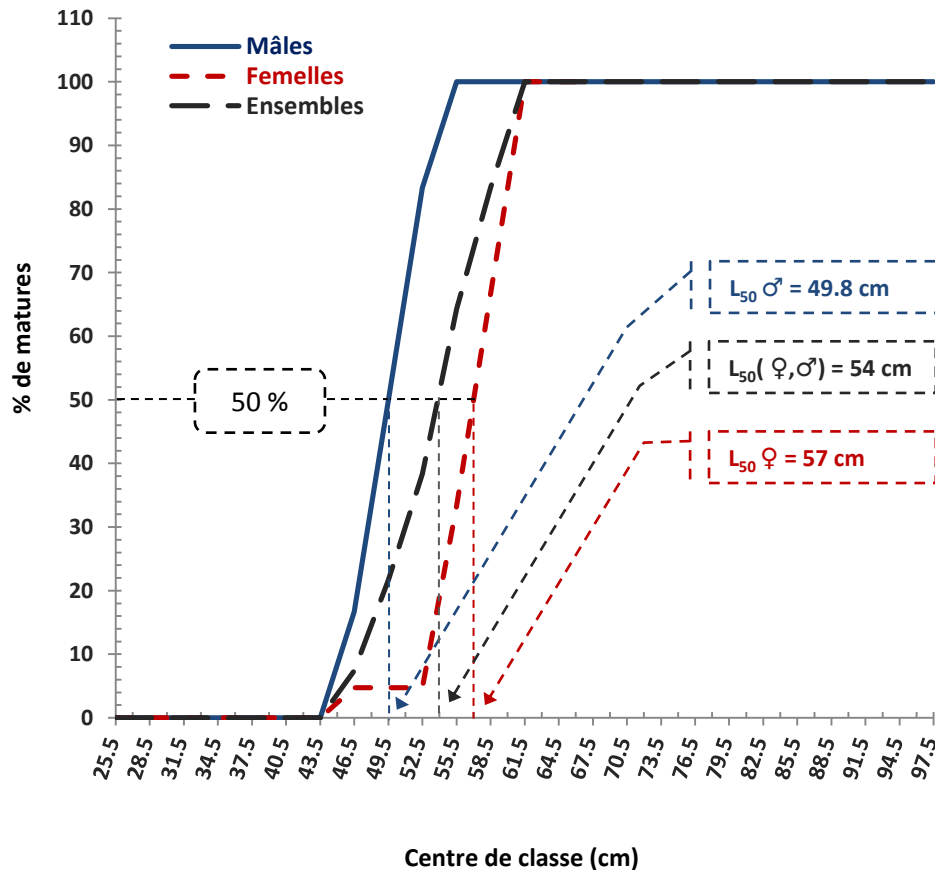


Figure 31 : Taille à la première maturité sexuelle de *E. alletteratus*.

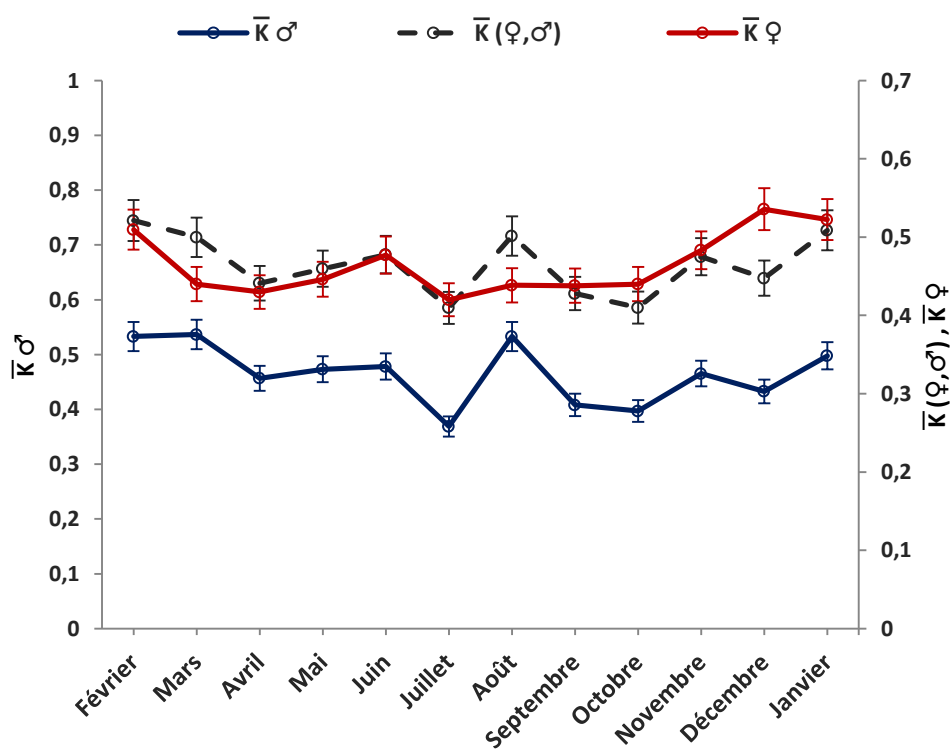
3.5. Facteurs de conditions :

D'après le tableau 14 et la figure 32, durant la période d'échantillonnage relative à la période de ponte (mois de Juillet), le coefficient de condition moyen ($\bar{K}$) atteint son minimum pour les mâles et les femelles respectivement 0.36 ± 0.02 et 0.42 ± 0.01 qui se traduit par une mauvaise condition des spécimens pendant la période de ponte, de même Jones et *al.* (1999), ont souligné que l'étude de la condition suppose que les poissons les plus lourds d'une longueur donnée sont en meilleure condition. Dès le passage de cette période, les poissons reprennent rapidement du poids, l'indice ($\bar{K}$) atteint son maximum pour les femelles et les mâles respectivement 0.53 en Décembre et 0.53 ± 0.11 en Août.

Il faut signaler que dans cette étude, le coefficient d'allométrie b utilisé dans l'ensemble des calculs est celui de l'équation générale des sexes confondus car Student t -test n'a montré aucune différence significative ($t \leq 1.96$, $p > 0.05$) entre le coefficient b des mâles des femelles et celui des individus indéterminés.

Tableau 14 : Evolution mensuelle du coefficient de condition ($\bar{K}$) pour *E. alletteratus*.

Mois	$\bar{K} (\text{♀}, \text{♂})$	$\bar{K} \text{ ♀}$	$\bar{K} \text{ ♂}$
Février	0.52 ± 0.016	0.5	0.53
Mars	0.49 ± 0.05	0.44	0.53 ± 0.01
Avril	0.44 ± 0.021	0.43	0.45
Mai	0.45 ± 0.02	0.44 ± 0.02	0.47 ± 0.05
Juin	0.47 ± 0.03	0.47 ± 0.06	0.47 ± 0.04
Juillet	0.4 ± 0.01	0.42 ± 0.01	0.36 ± 0.02
Août	0.5 ± 0.08	0.43	0.53 ± 0.11
Septembre	0.42 ± 0.01	0.43 ± 0.003	0.4
Octobre	0.41 ± 0.15	0.44 ± 0.008	0.39 ± 0.02
Novembre	0.47 ± 0.008	0.48 ± 0.01	0.46 ± 0.008
Décembre	0.44 ± 0.02	0.53	0.43 ± 0.01
Janvier	0.5 ± 0.04	0.52 ± 0.07	0.49 ± 0.06

**Figure 32 :** Variation mensuelle du coefficient de condition ($\bar{K}$) chez *E. alletteratus*.

Heincke (1908), explique que, la variation saisonnière du facteur de condition (K) dépende largement des habitudes alimentaires du poisson, plus l'état nutritionnel était élevé, plus K est élevé. Un déclin du facteur de condition peut également entraîner une modification des modes d'alimentation (Goede et Barton, 1990), ainsi que des réponses comportementales à certains facteurs de stress (Brown et *al.*, 1987) ou une augmentation du taux métabolique (Barton et Schreck, 1987), et ne doit pas être strictement dû au stress ou à la famine.

Le coefficient de condition peut être influencé par de nombreux facteurs, dont la densité des poissons (Fagerlund et *al.*, 1981), l'acidification (Schindler et *al.*, 1985) et d'autres conditions environnementales défavorables (Barnes et *al.*, 1984; Adams et *al.*, 1985).

3.6. Rapport gonado-somatique (RGS) :

Généralement pour étudier la saisonnalité de la reproduction des poissons il est primordial d'analyser les variations mensuelles des indices gonado-somatiques (RGS) des femelles et des mâles. Les résultats sont regroupés dans le tableau 15 et illustrés dans la figure 33.

L'RGS moyen des femelles est de $0.81\% \pm 0.26$ tandis qu'il est de $1.48\% \pm 0.34$ chez les mâles, le rapport gonado-somatique moyen des femelles augmente à partir du mois de Mai et atteint son maximum ($1.50\% \pm 0.40$) au mois de Juillet (Tableau 15), (Figure 33), il diminue à partir de Juillet pour prendre sa plus faible valeur aux mois de Novembre-Décembre. De Janvier à Avril l'RGS reste stable.

Certes, ces observations indiquent clairement la période de reproduction de *E. alletteratus* qui s'effectue entre Juin et Août. Oray et Karakulak (2005), ont signalé que des larves de la thonine ont été découvertes pour la première fois, révélant un frai de cette espèce pendant la première semaine de Juin le long des côtes de la Turquie dans le bassin nord du Levant.

Il faut signaler que les observations sur l'RGS moyen des mâles indiquent une absence de similarité à celles sur des femelles (Tableau 15), (Figure 33). McAdam et *al.* (1999), ont révélé que l'RGS était fiable dans la détermination du statut reproductif des espèces de poissons, mais a une valeur limitée lorsque les poissons sont des géniteurs prolongés (Hails et Abdullah, 1982; Rinchard et Kestemont, 1996).

Tableau 15 : Variation mensuelle du rapport gonado-somatique ($\overline{\text{RGS}}$) chez *E. alletteratus*.

Mois	$\overline{\text{RGS}} \text{ } \text{♀}$	$\overline{\text{RGS}} \text{ } \text{♂}$
Février	0.03 ± 0.72	0.02
Mars	0.06	0.03 ± 0.003
Avril	0.05	0.05
Mai	0.29 ± 0.09	0.18 ± 0.01
Juin	0.33 ± 0.14	0.27 ± 0.05
Juillet	1.50 ± 0.40	3.25 ± 0.52
Août	0.04	0.02 ± 0.001
Septembre	0.06 ± 0.009	0.06
Octobre	0.17 ± 0.01	0.19 ± 0.02
Novembre	0.05 ± 0.007	0.06 ± 0.003
Décembre	0.08	0.15 ± 0.01
Janvier	0.08 ± 0.03	0.09 ± 0.033

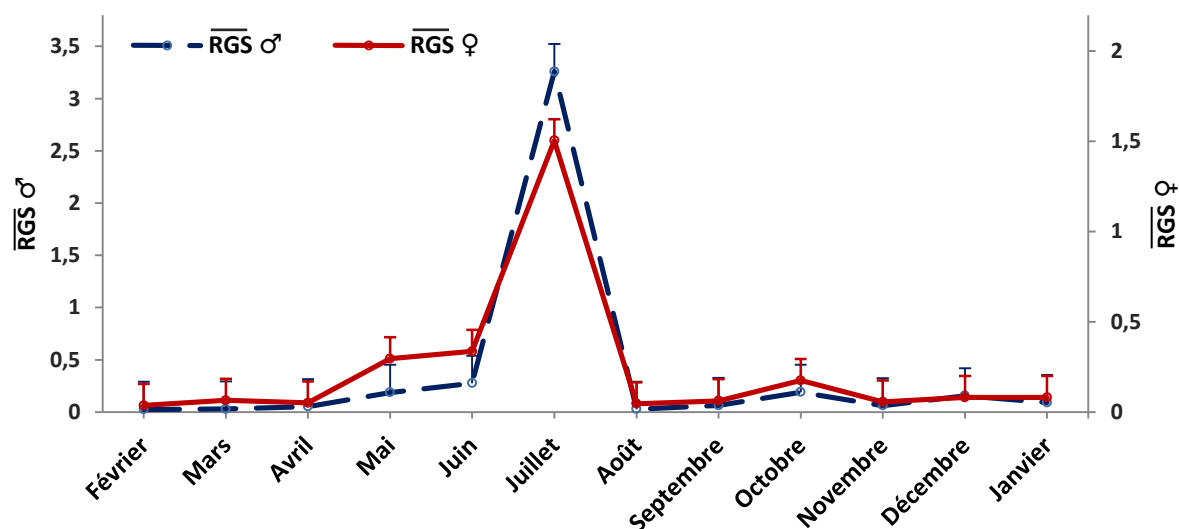


Figure 33 : Evolution mensuelle du rapport gonado-somatique moyen chez *E. alletteratus*.

3.7. Rapport hépatosomatique (RHS) :

Les valeurs du rapport hépatosomatique fluctuent tout au long des mois (Tableau 16), (Figure 34). Elles présentent un creux en juillet chez les femelles $0.86\% \pm 0.03$ et chez les mâles $0.87\% \pm 0.03$, ce mois représente la période de reproduction. L'RHS moyen des femelles est de $1.27\% \pm 0.08$ bien qu'il est de $1.18\% \pm 0.08$ chez les mâles. Les valeurs du RHS indiquent que, pendant la période de reproduction, l'espèce a tendance à s'alimenter moins par rapport à d'autres mois.

Une alimentation intense pendant les périodes non reproductives peut représenter une stratégie d'allocation d'énergie à la reproduction, lorsque ces réserves seraient utilisées sur la vitellogénèse et la spermatogénèse (Barbieri et *al.*, 1996). Shulman (1974), considère le RHS comme un outil pour mesurer l'énergie retenue dans le tissu, il est utilisé pour obtenir des informations sur l'état métabolique des poissons qui stockent la graisse dans le foie. L'RHS semble être un bon indicateur de l'apport alimentaire (Heidinger et Crawford, 1977; Roselund et *al.*, 1984).

Tableau 16 : Variation mensuelle du rapport hépato-somatique ($\overline{\text{RHS}}$) chez *E. alletteratus*.

Mois	$\overline{\text{RHS}} \text{ } \text{♀}$	$\overline{\text{RHS}} \text{ } \text{♂}$
Février	1.39 ± 2.73	1.00
Mars	1.79	1.21 ± 0.31
Avril	1.97	1.61
Mai	1.60 ± 0.12	1.30 ± 0.40
Juin	1.67 ± 0.33	1.63 ± 0.18
Juillet	0.86 ± 0.03	0.87 ± 0.03
Août	1.82	1.39 ± 0.30
Septembre	2.16 ± 0.04	2.28
Octobre	1.86 ± 0.05	1.39 ± 0.33
Novembre	1.55 ± 0.04	1.61 ± 0.06
Décembre	1.44	0.91 ± 0.18
Janvier	1.45 ± 0.19	1.50 ± 0.19

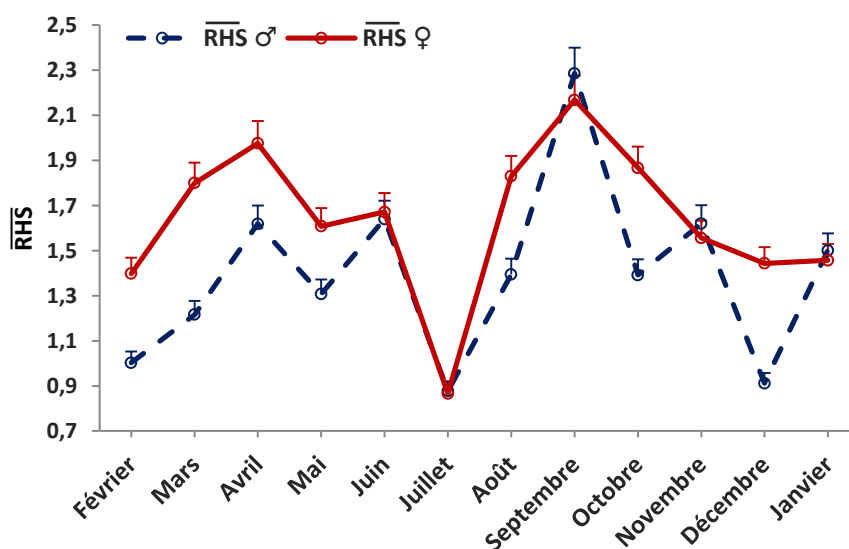


Figure 34 : Evolution mensuelle du rapport hépato-somatique moyen chez *E. alletteratus*.

3.8. Fécondité :

3.8.1. Fécondité individuelle :

Le regroupement de la fécondité absolue moyenne ($\overline{F_A}$) en fonction de la classe taille de l'espèce étudiée est présenté dans le (Tableau 17), la relation d'allométrie entre la fécondité absolue (F_A) et la longueur à la fourche (L_F) est illustrée par la (Figure 35).

La fécondité absolue estimée varie de 11061 à 735586 ovocytes pour une moyenne de 269843 ± 90960.1 ovocytes pour des tailles de 61 à 70 cm (Tableau 17). D'après la courbe de tendance (Figure 35), la relation fécondité absolue-longueur à la fourche s'écrit comme suit : $\overline{F_A} = 1.79 \cdot 10^{-57} L_F^{34.03}$, ($r = 0.94$).

Dans une étude antérieure la fécondité absolue calculée sur un total de 28 ovaires de thonines capturées au Sénégal (Diouf, 1980), varie de 70000 à 2200000 œufs dans l'intervalle de taille échantillonné (L_F) de (300 à 785 mm), ces valeurs dépassent de loin les valeurs trouvées dans notre étude. Ross (1991), reporte qu'une seule femelle peut produire environ 1.8 million d'œufs, qui sont libérés en plusieurs grands lots pendant la saison de frai.

Il faut noter que les poissons ovipares comme la thonine commune, se distinguent par une ponte unique (presque tous les ovocytes occupant l'espace ovarien sont en même stade de maturation), la fécondité est généralement calculée par le comptage des plus grands ovocytes.

Tableau 17 : Evolution de la fécondité absolue ($\overline{F_A}$) en fonction de la longueur à la fourche chez *E. alletteratus*.

Classe de taille (cm)	Cc (cm)	N	$\overline{F_A} \pm SE$
[60.5-61.5[	61	1	11061
[61.5-62.5[	62	2	21214 $\pm$ 11020.88
[62.5-63.5[	63	2	20914 $\pm$ 6522.46
[63.5-64.5[	64	2	17365 $\pm$ 1106.01
[64.5-65.5[	65	2	216166 $\pm$ 21320.18
[65.5-66.5[	66	2	226561 $\pm$ 26361.34
[66.5-67.5[	67	3	341039 $\pm$ 199959.03
[67.5-68.5[	68	3	483052 $\pm$ 152274.15
[68.5-69.5[	69	2	586752 $\pm$ 88859.66
[69.5-70.5[	70	1	735586
Moyenne			269843 $\pm$ 90960.1 ($\alpha = 5\%$)

SE : Erreur standards.

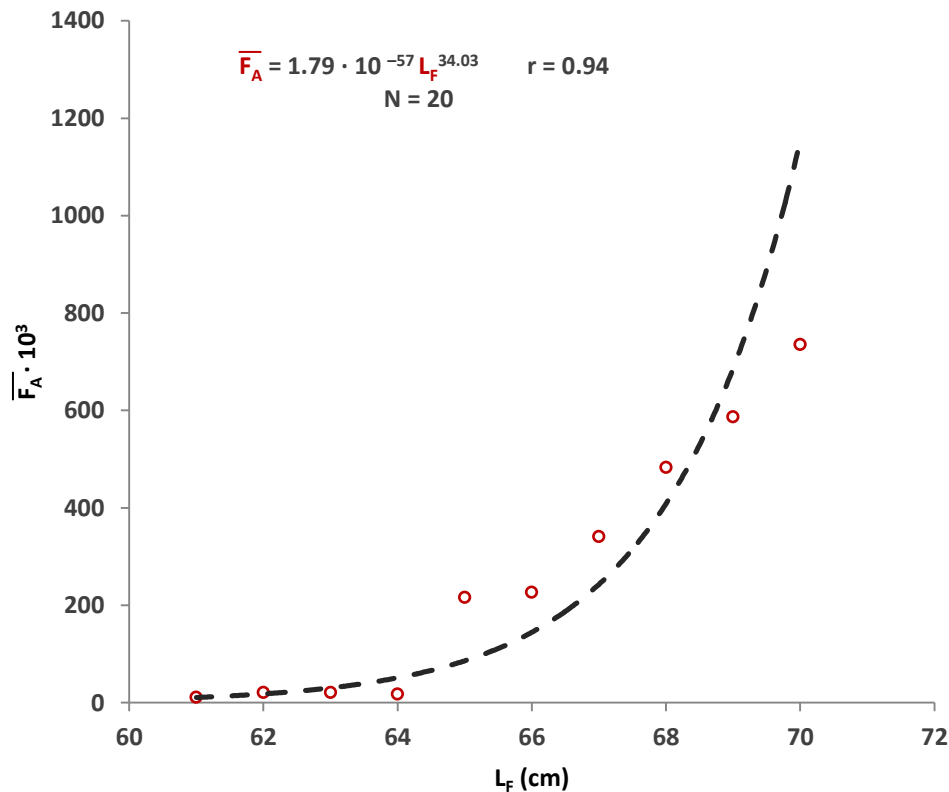


Figure 35 : Relation d'allométrie entre $\overline{F}_A$ et L_F chez *E. alletteratus*.

3.8.2. Fécondité relative :

La fécondité relative chez *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem est de 48 ± 14.65 ovocytes par gramme de chair (Tableau 18). La relation établie entre le poids éviscéré du poisson et la fécondité relative (Figure 36), offre à décrire une courbe de tendance : $\overline{F}_R = 8.12 \cdot 10^{-32} W_{EV}^{8.76}$, ($r = 0.92$).

Généralement, la fécondité relative moyenne augmente avec le poids des spécimens, d'après le tableau 18, elle atteint son maximum de 102 ± 5.22 ovocytes ceci dans la classe de poids entre 5600 et 6000 g. Le minimum observé est de 3 ovocytes dans la classe de poids entre 4000 et 4400 g.

Selon Bagenal (1973, 1978) et Bromage et *al.* (1990), le nombre d'ovocytes augmente avec l'augmentation du poids des poissons, ainsi le nombre d'œufs produits par augmentation du poids de chaque unité montre une variation linéaire significative.

Tableau 18 : Evolution de la fécondité relative ($\overline{F_R}$) en fonction du poids éviscéré chez *E. alletteratus*.

Classe de poids (g)	Cc (g)	N	$\overline{F_R} \pm SE$
[4000-4400[	4200	1	3
[4400-4800[	4600	8	15 $\pm$ 11.01
[4800-5200[	5000	2	47 $\pm$ 5.05
[5200-5600[	5400	2	38 $\pm$ 6.64
[5600-6000[	5800	3	102 $\pm$ 5.22
[6000-6400[	6200	4	89 $\pm$ 23.93
Moyenne			48 $\pm$ 14.65 ($\alpha = 5\%$)

Cc : Centre de classe (g), SE : Erreur standards, N : Effectif (ind).

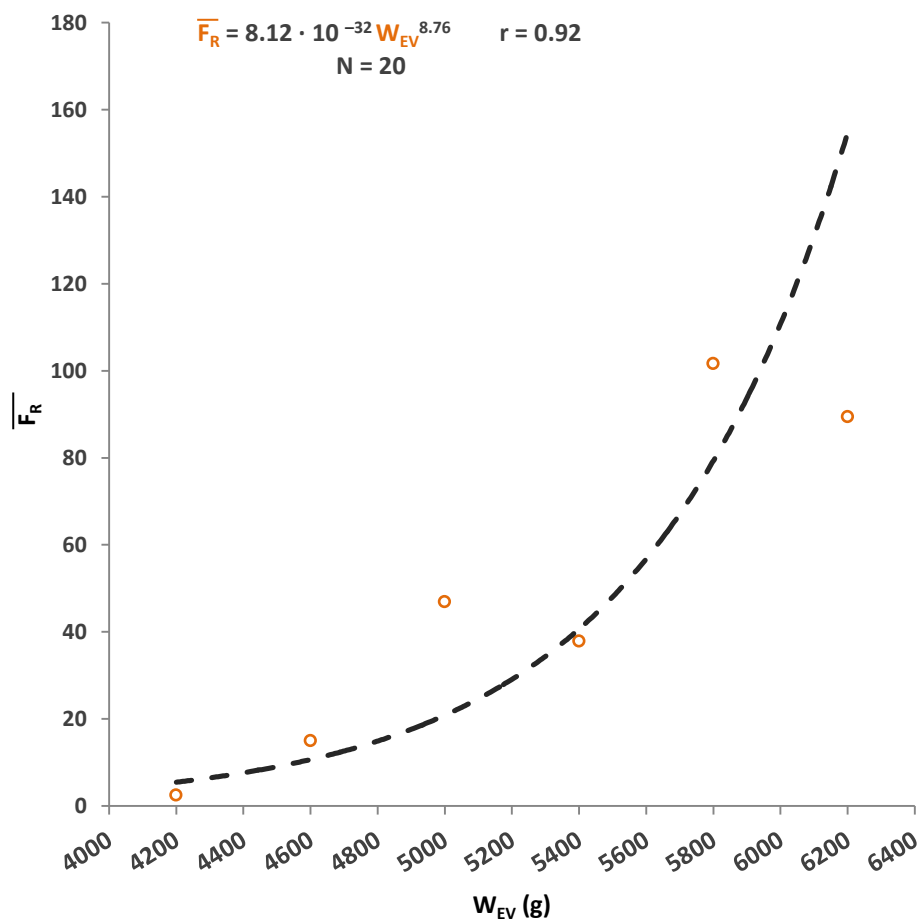


Figure 36 : Relation d'allométrie entre $\overline{F_R}$ et W_{EV} chez *E. alletteratus*.

Chapitre II : Régime alimentaire :

1. Introduction :

La connaissance des habitudes/stratégies alimentaires est primordiale pour comprendre le rôle écologique et la capacité de production des populations de poissons. Cependant, la compréhension de ces mécanismes est essentielle pour l'élaboration de plans de conservation et de gestion (Teixeira et Cortes, 2006). Ainsi, l'analyse des traits de proie a été proposée comme une approche fonctionnelle pour comprendre les mécanismes impliqués dans les relations prédateur-proie (de Crespin de Billy et Usseglio-Polatera, 2002; de Crespin de Billy et *al.*, 2002). D'autre part, il peut être utile de comprendre les interactions entre espèces et les mécanismes qui déterminent le partage des aliments entre elles (David et *al.*, 2007). La compétition pour la nourriture peut affecter les modèles de sélection de l'habitat, le chevauchement des niches et l'activité quotidienne (David et *al.*, 2007).

L'analyse morphologique à partir du contenu stomacal des poissons pour identifier les proies constitue l'une des méthodes permettant de déterminer le potentiel de similarité ou de dis-similarité du régime alimentaire (Gaskett et *al.*, 2001; Shreeve et *al.*, 2009). De nombreuses études ont utilisé des données morphologiques pour expliquer les différences de régime entre les espèces de poissons (Stoner et Livingston, 1984; Karpouzi et Stergiou, 2003; Pouilly et *al.*, 2003). Bien qu'elles fournissent des données nutritionnelles quantitatives et taxonomiques détaillées, les approches basées sur la morphologie privilégient les structures dures des proies en raison de leur rétention dans l'estomac et de leur facilité d'identification (Shreeve et *al.*, 2009). Les informations sur la qualité/quantité des proies consommées par le poisson, qui peuvent être dérivées d'études d'alimentation, sont rendues opérationnelles pour la recherche halieutique par incorporation dans des modèles halieutiques appropriés (*eg.* analyse de la population virtuelle multi-espèces). L'analyse de la biomasse totale des prédateurs/proies, fournit des estimations de la biomasse totale consommée par les prédateurs (Link et Almeida, 2000). Cela permet, selon Ulltang (1996) :

- D'évaluer l'importance relative de la mortalité par prédation par rapport à la mortalité par pêche des populations exploitées à des fins commerciales.
- L'exploration de tout lien entre la variabilité du recrutement et la prédation.
- La variabilité dans l'alimentation à utiliser efficacement pour l'étude de la dynamique des populations de poissons et ainsi augmenter la précision des prévisions obtenues.

En outre, les données sur la composition des aliments jouent également un rôle essentiel dans la recherche sur les problèmes écologiques tels que la répartition des ressources et la concurrence entre espèces, la sélection des proies et de l'habitat (Macpherson, 1981; Kohler et Ney, 1982; Labropoulou et Plaitis, 1995). Enfin, les données sur la composition du régime alimentaire sont également utilisées pour l'estimation des niveaux trophiques (Pauly et Sa-a, 2000).

2. Matériels et méthodes :

L'étude du régime alimentaire de *E. alletteratus* a porté sur 421 individus de longueur à la fourche entre 25.3 cm et 102.2 cm pêchés dans la côte de Mostaganem, durant les années 2015 et 2016.

Sur chaque spécimen échantillonné, l'extraction de l'estomac est effectuée après une incision au niveau de l'œsophage et l'intestin, respectivement. L'observation et l'analyse des contenus stomacaux ont été réalisées après récupération des proies à l'aide d'une incision transversale effectuée sur l'estomac de chaque individu à l'état frais, la proie ingérée a été déterminée à l'aide de la clé d'identification décrite par Fischer et *al.* (1987a, b) après une analyse à l'œil nu, et à l'aide d'une loupe.

Le taxon identifié peut représenter, selon la clé d'identification, un embranchement, une classe, un ordre, une famille ou une espèce. La méthode numérique qui consiste à compter le nombre de chaque proie et la méthode massique qui détermine le poids des proies ont été retenues pour l'analyse quantitative du contenu stomacal.

Le nombre et le poids des proies ont permis de calculer les indices alimentaires suivants :

- Le coefficient de vacuité (C_V) : qui est le pourcentage du nombre d'estomacs vides (N_{ev}) par rapport au nombre d'estomacs examinés (N).

$$C_V = \left(N_{ev} / N \right) \cdot 100$$

- L'indice de fréquence d'une proie (F_R) : qui est le pourcentage du nombre d'estomacs contenant cette proie (n) par rapport au nombre d'estomacs examinés (N).

$$F_R = \left(\frac{n}{N} \right) \cdot 100$$

- Le pourcentage en nombre (C_n) : qui est le rapport entre le nombre d'individus d'une proie (np) déterminée et le nombre total (N_p) des diverses proies.

$$C_n = \left(\frac{np}{N_p} \right) \cdot 100$$

- Le pourcentage en poids (C_p) : qui est le rapport entre le poids total des individus d'une proie déterminée (W_n) et le poids total (W_t) des diverses proies absorbées par une même espèce.

$$C_p = \left(\frac{W_n}{W_t} \right) \cdot 100$$

- Le coefficient alimentaire d'une proie (Q), est le produit du pourcentage en nombre (C_n) et le pourcentage en poids (C_p).

$$Q = C_n \cdot C_p$$

Les proies ont été classées selon trois méthodes :

A. Méthode de Hureau (1970) :

- Proies préférentielles si : $Q > 200$.
- Proies secondaires si : $20 < Q < 200$.
- Proies accessoires si : $Q < 20$.

B. Méthode de Geistdoerfer (1975) :

- Proies principales si : $Q > 100$, préférentielles si $F > 30\%$, occasionnelles si $F < 30\%$.
- Proies secondaires si : $10 < Q < 100$, fréquentes si $F > 10\%$, occasionnelles si $F < 10\%$.
- Proies complémentaires si : $Q < 10$, de 1^{er} ordre si $F > 10\%$, du 2^{ème} ordre si $F < 10\%$.

C. Analyse en composantes principales (ACP) :

À partir des indices alimentaires (F_R , C_n et C_p) considérés comme des variables initiales, une analyse en composantes principales est réalisée afin de construire les axes principaux ensuite la projection des taxons (proies) sur ces axes, ceci pour définir la contribution de chaque proie à la formation de ces axes principaux.

L'analyse en composantes principales (ACP) est une technique statistique exploratoire multi-variée permettant de simplifier des ensembles de données complexes (Pearson, 1901). Selon Volle (1997), l'ACP est une méthode statistique populaire qui tente d'expliquer la structure de covariance des données au moyen d'un petit nombre de composantes. Ces composants sont des combinaisons linéaires des variables d'origines et permettent souvent une interprétation et une meilleure compréhension des différentes sources de variation (Benzécri, 1973). L'analyse en composantes principales est utilisée pour extraire les informations des données de trajectoire multi-variées en les projetant sur des espaces de dimension inférieure Volle (1997). L'objectif de l'ACP, est d'extraire les informations importantes de la table de données et d'exprimer ces informations sous forme de variables orthogonales appelées composantes principales (Pearson, 1901).

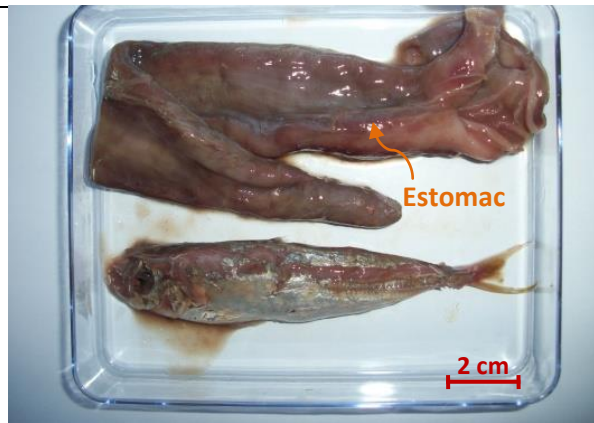
3. Résultats et discussions :

3.1. Variations du régime alimentaire :

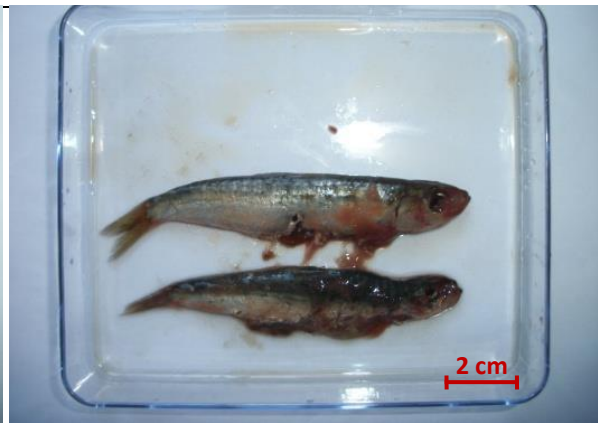
L'analyse des différentes proies à partir de la clé d'identification de Fischer et *al.* (1987a, b), nous a permis d'identifier les différents taxons (Figures 37, 38).

L'ensemble des groupes faunistiques est représenté dans le contenu stomacal de la thonine durant toute l'année. Les poissons occupent la première place 92% pendant tout le cycle trophique auxquels s'ajoutent, en tant que proies préférentielles, les Mollusques 6%, et les Crustacés 2% en se basant sur la fréquence annuelle de chaque groupe (Tableau 19), (Figure 39).

Dans cette étude, les proies entièrement digérées, les colonnes vertébrales et les arêtes de poissons ainsi que les becs de céphalopodes et les plumes de calamars sont exclus du comptage numérique.



-1- *Trachurus trachurus*.



-2- *Sardinella aurita*.



-3- *Sardina pilchardus*.



-4- *Loligo vulgaris*.



-5- *Trachurus mediterraneus*.



-6- *Euthynnus alletteratus*.

Figure 37 : Différentes proies de *E. alletteratus*.



-1- *Engraulis encrasicolus*.



-2- *Sepia officinalis*.



-3- *Parapenaeus longirostris*.



-4- *Squilla mantis*.

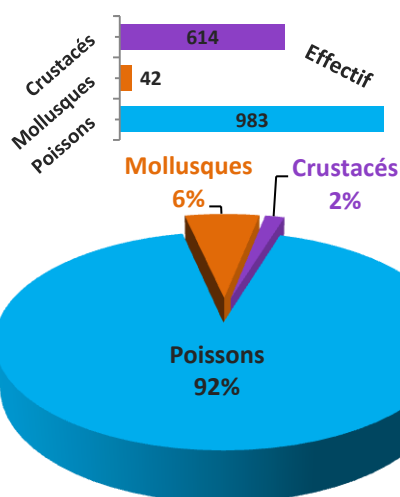


-5- Colonne vertébrales.

Figure 38 : Différentes proies de *E. alletteratus*.

Tableau 19 : Fréquences annuelles des proies de *E. alletteratus*.

	Proies	F _R %	F _R annuelle
Poissons	<i>Sardina pilchardus</i>	20.67	92%
	<i>Sardinella aurita</i>	21.14	
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	12.83	
	<i>Trachurus trachurus</i>	10.21	
	<i>Trachurus mediterraneus</i>	11.88	
	<i>Euthynnus alletteratus</i>	1.18	
Mollusques	<i>Loligo vulgaris</i>	3.08	6%
	<i>Sepia officinalis</i>	2.37	
Crustacés	<i>Parapenaeus longirostris</i>	0.71	2%
	<i>Squilla mantis</i>	0.71	

**Figure 39** : Fréquences annuelles des différentes proies ingérées par *E. alletteratus*.

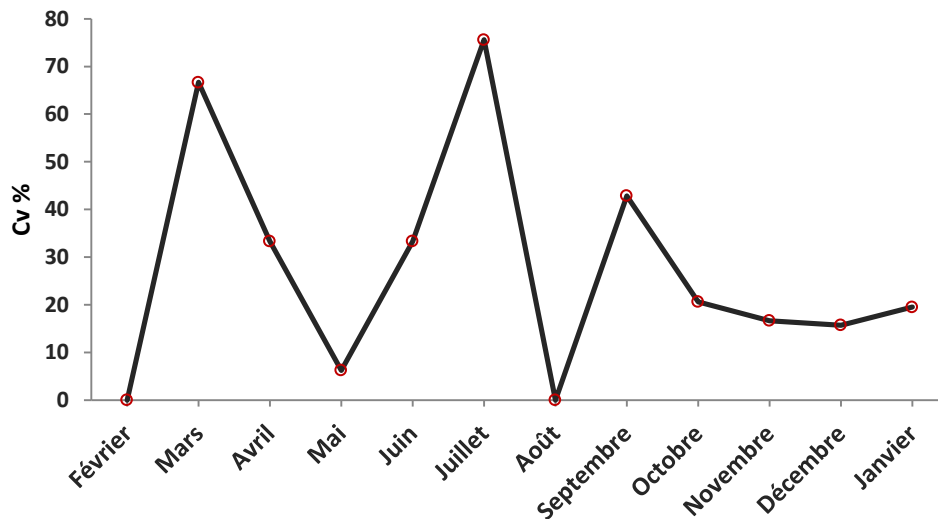
3.2. Coefficient de vacuité :

Sur les 421 estomacs examinés, 126 étaient vides, ce qui correspond à un coefficient de vacuité moyen annuel de 29.93%, les valeurs du coefficient de vacuité (Tableau 20), (Figure 40) évoluent en dents de scie d'un mois à un autre (de 19.51% pour le mois de Janvier à 15.71% pour le mois de Décembre). Pendant la période de reproduction, le coefficient de vacuité est très élevé chez *E. alletteratus*, il atteint la valeur la plus élevée au cours du mois de Juillet 75.58% (la période de reproduction correspond à une période de jeûne) (Tableau 20), (Figure 40). Sachant que les colonnes vertébrales et les arêtes de poissons, les becs de céphalopodes et les plumes de calamars sont prisent en considération, en d'autre termes l'estomac est considérée comme plein.

Tableau 20 : Variations mensuelles du coefficient de vacuité pour *E. alletteratus*.

Mois	Nev	N	Cv %
Février	0	3	0
Mars	2	3	66.66
Avril	1	3	33.33
Mai	1	16	6.25
Juin	3	9	33.33
Juillet	65	86	75.58
Août	0	6	0
Septembre	3	7	42.85
Octobre	13	63	20.63
Novembre	19	114	16.66
Décembre	11	70	15.71
Janvier	8	41	19.51

Nev : Nombre d'estomacs vides, N : Nombre d'estomacs examinés.

**Figure 40 :** Variations mensuelles du coefficient de vacuité chez *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem.

3.3. Contenu stomacal :

3.3.1. Indices alimentaires :

Les 295 estomacs pleins examinés contenaient 1639 proies représentant 6036 g soit une moyenne de 6 proies par estomac et une masse moyenne de 3.68 g par proie (Tableau 21).

La liste des différentes proies ingérées par *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem (Tableau 21), montre que la thonine présente un spectre alimentaire large. Les sardinelles et les sardines représentent les fréquences des proies les plus élevées respectivement 21.14% et 20.67% avec un pourcentage en nombre respectivement 22.94% et 20.93% et un pourcentage en poids 25.28% pour les sardinelles et 29.04% pour les sardines.

Dans cette étude, le cannibalisme est bien remarqué chez *E. alletteratus*, les petites thonines constituent des proies pour les plus gros spécimens. Certes, il n'existe pas d'information sur le cannibalisme pour la thonine dans les différentes recherches dans le monde à l'exception des travaux de Bahou et *al.* (2007), mais nos résultats confirment clairement ce phénomène. Cependant, les crevettes roses et les squilles représentent les fréquences des proies les plus faibles respectivement 0.71% et 0.71% avec un pourcentage en nombre respectivement 33.62% et 3.84% et un pourcentage en poids 0.23% pour les crevettes roses et 0.14% pour les squilles.

D'après Hattour (2000), chez la thonine des eaux tunisiennes, les poissons constituent les proies préférentielles avec un coefficient alimentaire de 315, les mollusques sont des proies accidentelles $Q = 13.8$, d'autre part il a expliqué que la présence des végétaux avec un coefficient alimentaire de 0.3 ont été probablement happés avec les aliments que la thonine avale. De plus, Bahou et *al.* (2007), ont signalés que la thonine du plateau continental de la Côte d'Ivoire se nourrit principalement de poisson avec 82.44%, de Crustacés 11.83%, de Céphalopodes 5.38% et de Gastéropodes 0.36%. Etchevers (1976), a signalé que *Sardinella aurita* était une proie importante dans le régime alimentaire de cette espèce.

Les clupéidés (*Sardinella sp.*, *Ophistonema oglinum* et *Harengula sp.*) et les carangidés (*Decapterus sp.*) constituent les principaux proies de la thonine des eaux des Caraïbes colombiennes selon les travaux réalisés par Moreno (1986).

Tableau 21 : Valeurs des différents indices alimentaires de *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem.

	Proies	N	W	n	F _R %	Cn%	Cp%	Q
Poissons	<i>Sardina pilchardus</i>	343	1753	87	20.67	20.93	29.04	607.7
	<i>Sardinella aurita</i>	376	1526	89	21.14	22.94	25.28	580
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	110	935.7	54	12.83	6.71	15.5	104
	<i>Trachurus trachurus</i>	61	612.7	43	10.21	3.72	10.15	37.78
	<i>Trachurus mediterraneus</i>	81	721.9	50	11.88	4.94	11.9	59.11
	<i>Euthynnus alletteratus</i>	12	196.8	5	1.18	0.73	3.26	2.38
Mollusques	<i>Loligo vulgaris</i>	23	84.73	13	3.08	1.40	1.40	1.97
	<i>Sepia officinalis</i>	19	182.4	10	2.37	1.15	3.02	3.50
Crustacés	<i>Parapenaeus longirostris</i>	551	14.17	3	0.71	33.62	0.23	7.89
	<i>Squilla mantis</i>	63	8.73	3	0.71	3.84	0.14	0.55

N : Effectif total, **W :** Poids total, **n :** Nombre d'estomacs contenant cette proie, **F_R :** Indice de fréquence d'une proie, **Cn :** Pourcentage en nombre, **Cp :** Pourcentage en poids, **Q :** Coefficient alimentaire d'une proie.

3.3.1.1. L'analyse en composantes principales :

A partir de la liste faunistique portée sur le tableau 22, qui regroupe les proies retenues en termes de trois indices alimentaires (fréquence, pourcentage en nombre et le pourcentage en nombre en poids), et à l'aide du logiciel Statistica (version 6), une ACP a été établie sur une matrice de 10 lignes (proies) et 3 colonnes (indices) ($F_R\%$, $C_n\%$ et $C_p\%$).

Tableau 22 : Proies de *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem en fonction des indices alimentaires.

Proie	code	$F_R\%$	$C_n\%$	$C_p\%$
<i>Sardina pilchardus</i>	SARD PIL	20.66	20.92	29.03
<i>Sardinella aurita</i>	SARD AUR	21.14	22.94	25.28
<i>Engraulis encrasicolus</i>	ENGR ENC	12.82	6.71	15.50
<i>Trachurus trachurus</i>	TRAC TRA	10.21	3.72	10.15
<i>Trachurus mediterraneus</i>	TRAC MED	11.87	4.94	11.96
<i>Loligo vulgaris</i>	LOLI VUL	3.08	1.40	1.40
<i>Sepia officinalis</i>	SEPI OFF	2.37	1.15	3.02
<i>Parapenaeus longirostris</i>	PARA LON	0.71	33.61	0.23
<i>Squilla mantis</i>	SQUI MAN	0.71	3.84	0.14
<i>Euthynnus alletteratus</i>	EUTH ALL	1.18	0.73	3.26

D'après les résultats obtenus au cours de l'opération statistique mentionnée dans le tableau 23 et schématisés sur la figure 41 ci-dessous. Les deux premiers axes expliquent plus de 99% de la variance totale, correspondant aux plus fortes valeurs propres. Selon Philipeau (1986), les valeurs propres dont le taux d'inertie est inférieur à 10% sont probablement fort peu intéressantes.

Tableau 23 : Extraction des composantes principales et valeurs propres.

Valeurs Facteurs	Val. propre	%Total variance	Cumul Val. Propre	Cumul%
1*	2.197152	73.23838	2.197152	73.2384
2*	0.786516	26.21722	2.983668	99.4556
3	0.016332	0.54440	3.000000	100.0000

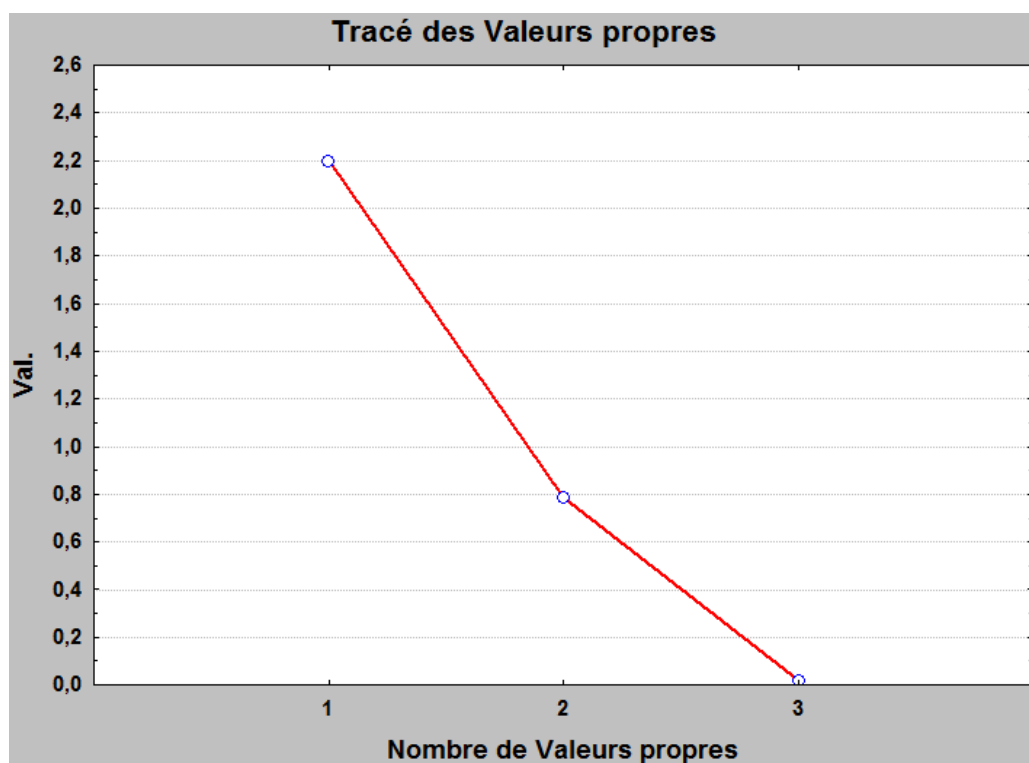


Figure 41 : Valeurs propres en fonction des axes principaux.

D'après les résultats obtenus mentionnés dans le tableau 24 et schématisés sur la figure 42 ci-dessous. Les coefficients de corrélation entre les trois variables initiales et les axes principaux expliquent les contributions de chacune de ces variables dans la construction de ces axes. Les variables fréquence ($F_R\%$) et le pourcentage en poids ($C_p\%$) sont relatifs entre eux et aboutissent à la construction de l'axe 1. L'axe 2 est représenté par la variable pourcentage en nombre ($C_n\%$).

Tableau 24 : Projection des variables.

Variables Critères	Facteur 1	Facteur 2	Facteur 3
$F_R\%$	0.981825	0.168164	-0.087984
$C_n\%$	0.181795	0.983335	0.001541
$C_p\%$	0.975858	0.197700	0.092821
Var. Exp	1.949328	1.034313	0.016359
Prp. Tot	0.649776	0.344771	0.005453

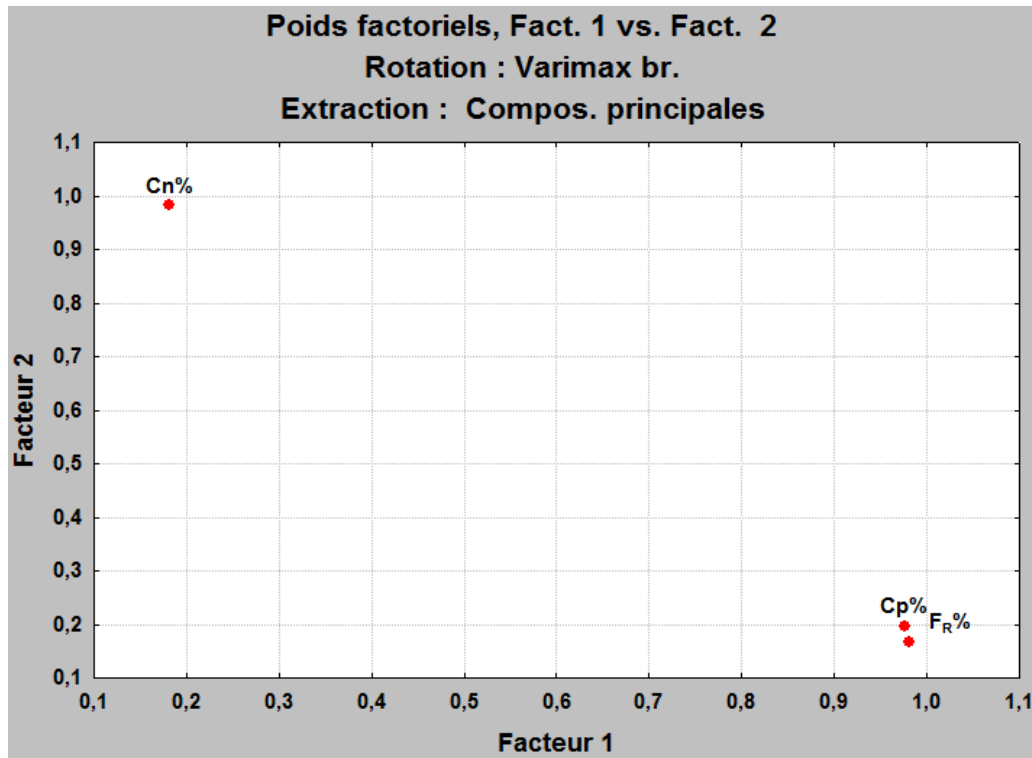


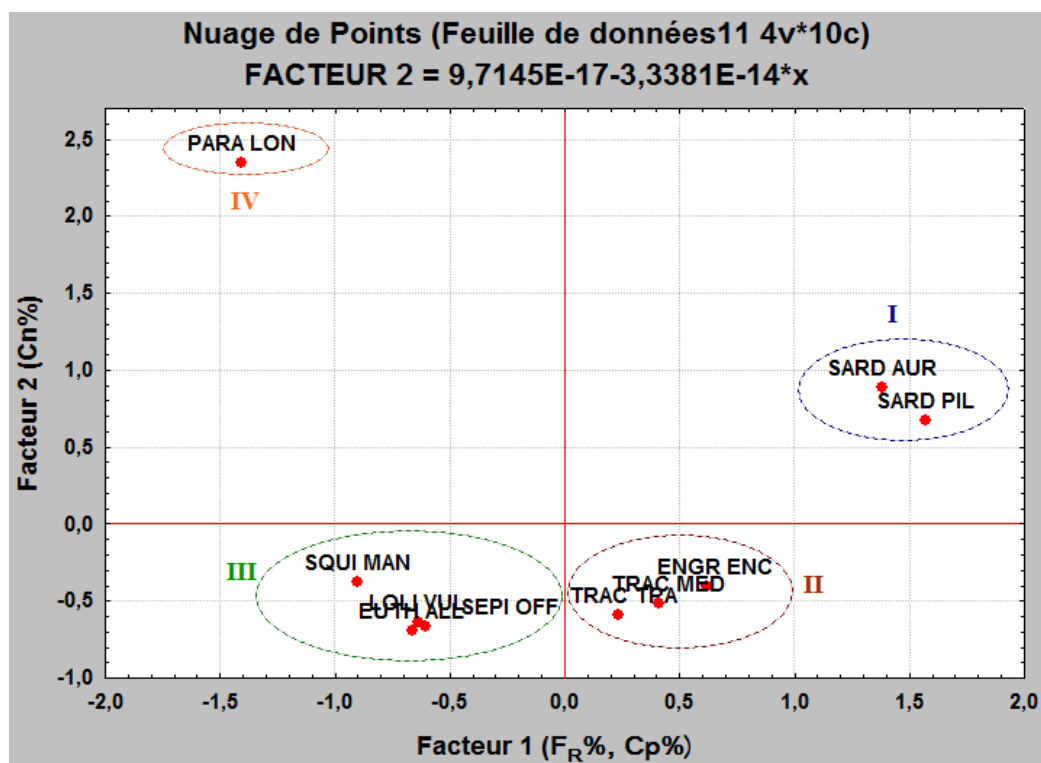
Figure 42 : Projections des variables sur les axes retenus.

La projection sur le plan I-II est effectuée à partir des coordonnées concernant les points proies présentées dans le tableau 25 et les résultats sont graphiquement schématisés sur la figure 43 ci-dessous. La projection sur deux dimensions des variables et des proies dans l'espace permet d'aboutir aux commentaires suivants :

- *Sardina pilchardus* et *Sardinella aurita* (groupe I), contribuent fortement à la formation de l'axe I, ils sont très caractéristiques à *E. alletteratus*, en effet ils sont très fréquents, très nombreux avec un poids très important.
- *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus* et *Trachurus mediterraneus* (groupe II) contribuent faiblement à la formation de l'axe I, ils sont caractéristiques à *E. alletteratus*, ils sont fréquents nombreux avec un poids considérable.
- *Parapenaeus longirostris* (groupe IV), contribue faiblement à la formation de l'axe I, elle est peu caractéristique à *E. alletteratus*, elle est faiblement fréquente mais très nombreuse avec un faible poids.
- Le groupe III *Loligo vulgaris*, *Sepia officinalis*, *Squilla mantis* et *Euthynnus alletteratus*, contribuent faiblement à la formation de l'axe I, ils sont faiblement caractéristiques à *E. alletteratus*, ils sont faiblement fréquents, peu nombreux avec un faible poids.

Tableau 25 : Projection des individus sur les axes principaux.

Code	Axe I	Axe II	Axe III
SARD PIL	1.57132	0.67084	1.60002
SARD AUR	1.38420	0.88670	-0.74677
ENGR ENC	0.61954	-0.40460	-0.00145
TRAC TRA	0.23114	-0.59492	-1.00770
TRAC MED	0.41133	-0.52029	-1.20351
LOLI VUL	-0.63971	-0.63884	-0.74128
SEPI OFF	-0.60382	-0.66911	0.60816
PARA LON	-1.40607	2.34353	-0.23693
SQUI MAN	-0.90318	-0.37630	0.17647
EUTH ALL	-0.66475	-0.69700	1.55298

**Figure 43 :** Projection des proies dans les plans I-II.

3.3.2. Comparaison entre les trois méthodes :

Le classement des proies par la méthode de Hureau (1970) et la méthode de Geisdoerfer (1975) d'une part et le classement par l'analyse en composantes principales effectué sur chaque proie de l'autre part (Tableau 26), a permis de révéler le degré d'importance de chaque proie.

Le classement des proies de *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem, selon les trois méthodes, nous a permis de faire les observations suivantes :

- Les Clupeidés (*Sardina pilchardus* et *Sardinella aurita*) sont les proies principales pour *E. alletteratus*.
- *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus* et *Trachurus mediterraneus*, représentent des proies secondaires pour *E. alletteratus*.
- *Parapenaeus longirostris*, *Loligo vulgaris*, *Sepia officinalis*, *Squilla mantis* et *Euthynnus alletteratus*, sont des proies accessoires pour *E. alletteratus*.

Tableau 26 : Classement des proies de *E. alletteratus* selon les méthodes de Hureau (1970), Geisdoerfer (1975) et l'ACP.

Méthode	Classement	Proies	
		Famille	Code
Hureau (1970)	Proies préférentielles $Q > 200$	Clupeidés	SARD PIL, SARD AUR
	Proies secondaires $20 < Q < 200$	Engraulidés	ENGR ENC
		Carangidés	TRAC TRA, TRAC MED
	Proies accessoires si $Q < 20$	Loliginidés	LOLI VUL
		Squillidés	SQUI MAN
		Penaeidés	PARA LON
		Sepiidés	SEPI OFF
		Scombridés	EUTH ALL
Geisdoerfer (1975)	Proies principales occasionnelles $Q > 100, F_R < 30$	Clupeidés	SARD PIL, SARD AUR
	Proies secondaires préférentielles $10 < Q < 100, F_R > 10$	Engraulidés	ENGR ENC
		Carangidés	TRAC TRA, TRAC MED
	Proies complémentaires deuxième ordre $Q < 10, F_R < 10$	Loliginidés	LOLI VUL
		Squillidés	SQUI MAN
		Penaeidés	PARA LON
		Sepiidés	SEPI OFF
		Scombridés	EUTH ALL
ACP	Proies très caractéristiques	Clupeidés	SARD PIL, SARD AUR
	Proies caractéristiques	Engraulidés	ENGR ENC,
		Carangidés	TRAC TRA, TRAC MED
	Proies peu caractéristiques	Penaeidés	PARA LON
	Proies faiblement caractéristiques	Loliginidés	LOLI VUL
		Squillidés	SQUI MAN
		Sepiidés	SEPI OFF
		Scombridés	EUTH ALL

Chapitre III : Croissance et mortalités

1. Introduction :

La sélection de modèles basée sur la théorie de l'information est un paradigme relativement nouveau en sciences biologiques, qui présente plusieurs avantages par rapport aux approches classiques. Plusieurs modèles mathématiques ont été proposés pour estimer la croissance moyenne des poissons individuels dans une population. Certains sont basés sur une relation purement empirique, d'autres sur une base théorique et sont obtenus par des équations différentielles reliant les processus anaboliques et cataboliques (von Bertalanffy, 1938). Le modèle de croissance de von Bertalanffy (1938), est le modèle le plus étudié et le plus appliqué de tous les modèles longueur-âge. Il existe d'autres modèles couramment utilisés tels que le modèle de croissance de Gompertz (1825), le modèle logistique de Ricker (1975) et le modèle de Schnute-Richards (1990).

Selon Campana (2001), Laurec et Le Guen (1981) et Ochwada et *al.* (2008), l'estimation de l'âge joue un rôle majeur pour mieux appréhender la biologie et la dynamique des populations de poissons. D'autre part, l'estimation de l'âge forme une base numérique pour des calculs qui permettent de quantifier les taux des paramètres clés comme la croissance, la maturité, la mortalité, le recrutement et l'exploitation. Ces processus sont essentiels pour évaluer le statut des populations récoltées, comme les poissons ciblés sur le plan commercial et plaisancier, les estimations de la longévité sont des indicateurs importants de la santé du stock et peuvent jouer un rôle dans leur gestion durable des ressources exploitables. L'ensemble d'informations numériques issues de l'étude de croissance linéaire et relative forment aussi une base de données pour étudier la sélectivité et le recrutement d'une espèce cible.

2. Méthodes d'étude :

2.1. Etude de l'âge :

Le déterminisme des âges individuels des spécimens fournit, un moyen d'examiner la structure d'âge, d'une population d'espèce donnée et d'évaluer le taux de l'exploitation. Si l'information sur l'âge n'est pas fiable, les modèles mathématiques de population utilisés pour la prévision de la dynamique de la population, peuvent entraîner, la mise en œuvre de limites de captures abusives et le risque de surexploitation (Spurgeon et *al.*, 2015).

Les stries de croissance, sont fixées chaque année, sur les parties dures, comme les écailles les otolithes ou les pièces osseuses (vertèbres, épines...etc). Toutefois, sans la validation de l'âge, certaines techniques d'âgée peuvent, ne pas fournir l'âge exacte du poisson, ni la certitude qu'un anneau est formé chaque année. Par conséquent, la validation de l'âge devrait être une priorité dans le vieillissement des espèces commerciales (Beamish et McFarlane, 1983; Campana, 2001).

Les données ayant servies à l'étude de l'âge de la thonine, proviennent essentiellement d'échantillonnages effectués sur les débarquements de la thonine dans la côte de Mostaganem (région Ouest de la côte algérienne) entre Février 2015 et Janvier 2016. Dans cette étude, la longueur à la fourche, le poids total ($W_T \pm 1g$) et le poids éviscéré des poissons ($W_E \pm 1g$) sont mesurés. Notant que l'ensemble de l'échantillon est composé de 95 femelles, de 90 mâles et 236 individus indéterminés.

Dans cette contribution, deux méthodes ont été retenues pour l'estimation de l'âge de la thonine de la côte de Mostaganem, la première, c'est la méthode indirecte de Battacharya (1967), la deuxième méthode est directe basée, sur la lecture des annuli sur des coupe transversales, réalisées sur le premier rayon de la première nageoire dorsale.

2.1.1. Méthode indirecte de Bhattacharya (1967) :

Le choix de cette méthode a été préconisé suivant les protocoles du groupe de travail DYNPOP de la CIESM (Abella et *al.*, 1995; Alemany et Oliver, 1995; Aldebert et Recasens, 1995) pour le traitement des données regroupées issues de l'échantillonnage effectué.

La méthode indirecte de Battacharya (1967) basée sur les longueurs, consiste à fractionner une distribution de taille plurimodale en ses composantes unimodales. Cette technique réalise un découpage des histogrammes afin d'isoler les composantes gaussiennes et d'estimer l'effectif de l'échantillon, la moyenne et l'écart type de chaque classe d'âge (cohorte) en vue d'établir les courbes de croissance. Cette méthode permet de dissocier une population en sous populations ou classes d'âge, schématisées en droites de régressions négatives en regroupant les transformations logarithmiques des effectifs en tailles d'égale amplitudes h et de taille moyenne x , de façon que deux fréquences successives constituent un mi-point $(x + h)$ (Bhattacharya, 1967).

Un nuage de points est réalisé en fonction de la taille moyenne x pour chaque différence logarithmique de l'effectif :

$$\Delta \text{Log } y = \text{Log } y (x + h) - \text{Log } y (x)$$

$y (x)$: La fréquence observée dans la classe avec x comme mi-point.

h : L'intervalle de classe.

La moyenne et la déviation standard pour la composante r_n peuvent être aussi estimées. Notons que l'application de cette méthode sur nos données a été effectuée à partir du logiciel FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et *al.*, 2005).

2.1.2. Lecture directe de la coupe transversale du 1^{er} rayon de la 1^{ère} nageoire dorsale :

Cette méthode est basée sur la lecture d'âge par le dénombrement directe des annuli (zone translucide ou hyaline), à l'aide d'un microscope digital (collemeter), muni d'une lumière transmise sur des coupes d'épaisseurs réparties entre 300 et 500 μm , situées dans le $1/3$ inférieur du premier rayon de la première nageoire dorsale (Figure 44). Ces coupes sont réalisées, à l'aide d'une scie rotative avec un système anti-vibration (black & decker RT 650). Cette scie rotative est équipée d'une meule à découper (23 mm/600 μm) en carborundum (Figure 45), ces meules en carborundum représentent un double avantage à la fois, de couper de fines coupes (jusqu' à 200 μm) et de lisser la surface de la coupe pour une visualité nette et précise.

Dans cette étude, parmi les pièces osseuses récoltées (vertèbres, otolithes et les épines de nageoires), le choix est porté sur les premières épines de la première nageoire dorsale, vu les résultats précis obtenus sur les lectures comparés aux coupes réalisées sur les otolithes et les vertèbres qui sont très coûteuses avec des résultats peu satisfaisantes. En effet, ces coupes effectuées sur la première épine de la première nageoire dorsale, garantissent une meilleure lecture pour la détermination de l'âge et de la croissance. Cette technique, permet non seulement d'économiser le temps et le coût des opérations effectuées, mais aussi de préserver les coupes réalisées d'éventuelles fissures au niveau de la structure pendant l'opération de sciage vu le nombre de perforations naturelles qui logent la quasi-totalité de cette dernière (Figure 46). Ces fissures peuvent être à l'origine d'une lecture erronée lors du dénombrement des annuli car elles prennent le même profil que les zones hyalines.

De plus, le frottement des meules en carborundum lors du processus de sciage génère de la chaleur qui élimine l'humidité dans la structure pour éviter le phénomène de double annulation (Figure 47) reflété par l'humidité, ceci pour un dénombrement précis des annuli.

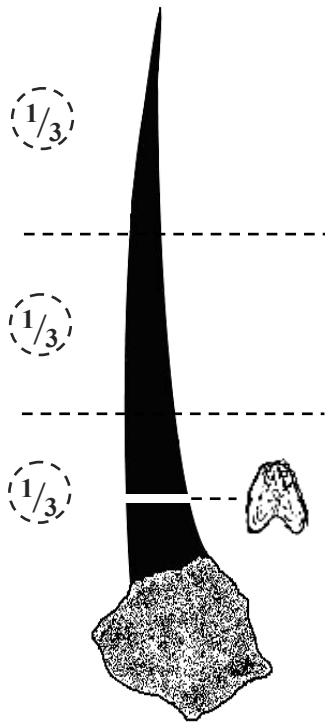


Figure 44 : Schéma de la coupe transversale sur le $\frac{1}{3}$ inférieur du 1^{er} rayon de la 1^{ère} nageoire dorsale de *E. alletteratus*.



Figure 45 : Scie rotative black & decker RT 650 avec une meule à découper (23 mm/600 μ m).

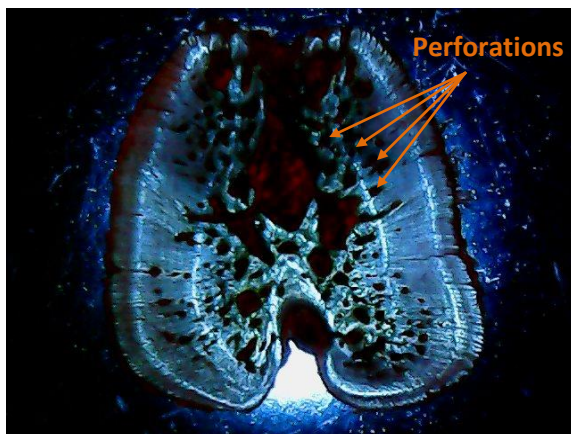


Figure 46 : Perforations au niveau de la coupe transversale de l'épine de *E. alletteratus*.

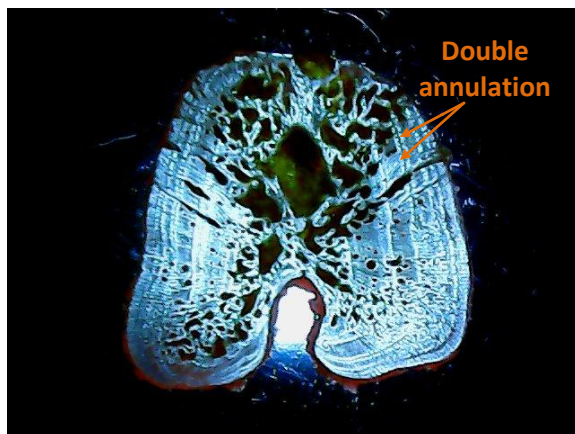


Figure 47 : Phénomène de double annulation de *E. alletteratus*.

2.1.2.1. Rétro-calcul des longueurs :

Selon Francis (1990), le rétro-calcul est une technique qui utilise un ensemble de mensurations réalisées sur le corps d'un poisson donné à un moment précis pour but de déduire sa longueur à un moment ou des temps plus tôt. Plus précisément, les dimensions d'une ou plusieurs marques dans une partie dure du poisson, ainsi que sa longueur corporelle actuelle, sont utilisées pour estimer sa longueur au moment de la formation de chacune des marques. Dans le présent travail, les parties dures utilisées étaient les épines de la nageoire dorsale.

Fraser (1916) a d'abord décrit l'approche, mais Lee (1920) a été le premier à présenter l'équation explicitement. Dans cette étude, la formule de Lee (1920), a été retenue pour le retro-calcul des longueurs, nous l'avons utilisée étant donné le caractère linéaire de la relation entre L_F et R_t , afin de déduire la pente (a) selon l'équation donnée par :

$$L_n - a = \left(R_n / R_t \right) \cdot (L_F - a)$$

L_n = Longueur à la fourche du poisson au moment où la marque croissance lente est formée (cm).

L_F = Longueur à la fourche du poisson à la capture (cm).

R_n = Rayon de l'épine de nageoire à la marque de croissance n (cm).

R_t = Rayon total de l'épine (cm).

a = Taille du poisson au moment de l'apparition de l'épine de nageoire ou ordonnée à l'origine de la droite de régression de la relation L_F - R_t calculée.

La mesure de R_t , R_n , est effectuée par le microscope digital (collemeter), équipé du logiciel cooling tech version 2.0 et une lame micrométrique (diapositive avec échelle) Bresser $DIV = 0.1$ mm, pour calibrer le microscope en diminuant les erreurs comme montre les figures 48 et 49.

Il faut noter que, la validité et la précision de la méthode de calibration du microscope ont été testées par une règle d'étalonnage micrométrique.

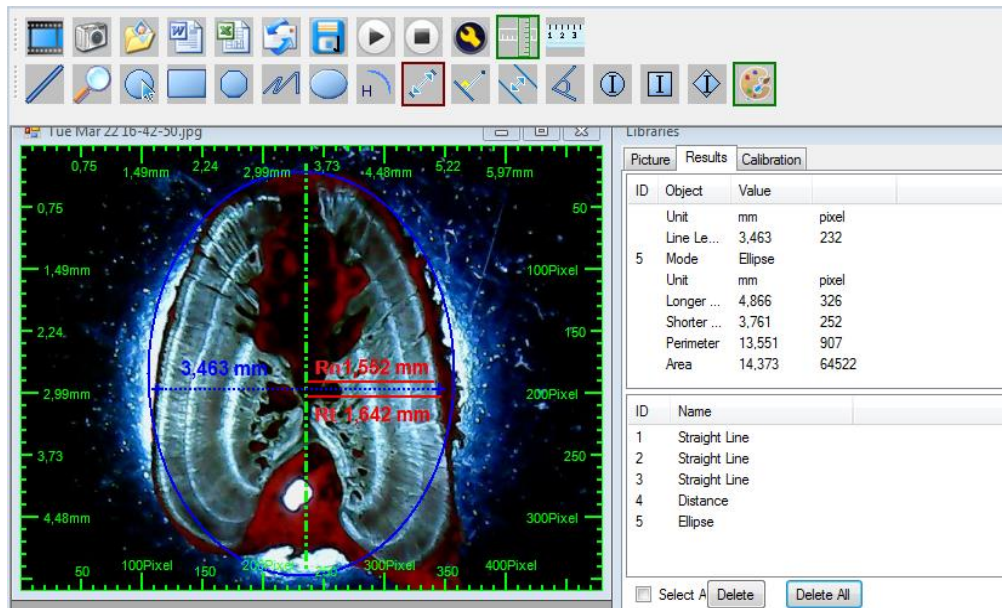


Figure 48 : Mesure de Rt, Rn, la superficie et le périmètre par le microscope digital (colemeter), à l'aide du logiciel intégré (cooling tech version 2.0.).

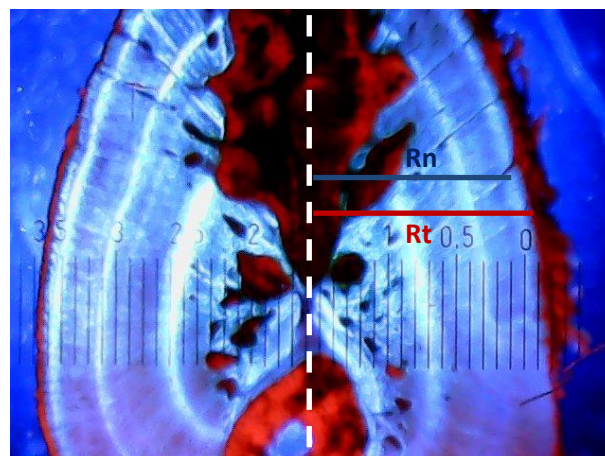


Figure 49 : Calibration et mesure de Rt et Rn par le microscope à l'aide d'une lame micrométrique (diapositive avec échelle), (Bresser) DIV = 0.1 mm.

2.1.2.2. Comparaisons entre les longueurs observées et rétro-calculées :

Pour la précision et la fiabilité des mesures, le test de Student et de Welch sont retenus pour les comparaisons entre les moyennes des longueurs observées et retro-calculées de chaque groupe d'âge issu des clés âge-longueur obtenues. Cela non seulement, pour définir les différenciations entre les longueurs observées et retro-calculées de la méthode directe, mais aussi pour éviter les erreurs et les biais dans les mesures.

La valeur t de Student est donnée par la formule suivante :

$$|t_{\text{cal}}| = \frac{|\bar{X}_o - \bar{X}_r|}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{N_o} + \frac{\sigma^2}{N_r}}}$$

$\bar{X}_m$: Longueur moyenne observée.

$\bar{X}_r$: Longueur moyenne retro-calculée.

σ^2 : La variance commune aux deux longueurs moyennes.

N_o : Effectifs des longueurs moyennes observées.

N_r : Effectifs des longueurs moyennes retro-calculées.

On compare la valeur de l'écart réduit $|t_{\text{cal}}|$ à 1.96 au risque $\alpha = 5\%$ pour un degré de liberté : d.d.l = $N_m + N_r - 2$.

Deux cas de figure peuvent se présenter :

- Si $|t_{\text{cal}}| \leq 1.96$ la différence est non significative entre les longueurs moyennes observées et retro-calculées
- Si $|t_{\text{cal}}| > 1.96$ la différence est significative.

La valeur t de Welch est donnée par la formule suivante :

$$|t_{\text{cal}}| = \frac{|\bar{X}_m - \bar{X}_r|}{\sqrt{\frac{\sigma_o^2}{N_m} + \frac{\sigma_r^2}{N_r}}}$$

σ_o^2 : La variance des longueurs moyennes observées.

σ_r^2 : La variance des longueurs moyennes retro-calculées.

Après calcul de la valeur de (t), on compare dans la table, la valeur critique correspondant au risque $\alpha = 5\%$.

- Si $|t_{\text{cal}}| \leq 1.96$ la différence est non significative entre les longueurs moyennes observées et retro-calculées.
- Si $|t_{\text{cal}}| > 1.96$ la différence est significative.

2.2. Etude de la croissance :

2.2.1. Croissance linéaire :

Fondamentalement, l'étude de la croissance revient à déterminer la taille corporelle en fonction de l'âge. Selon Allen (1976), le problème très courant dans la recherche halieutique est celui de l'ajustement des courbes de croissance aux couples des données âge-longueur pour les groupes de poissons ciblés, puis de faire des comparaisons des courbes. Les avantages de cette courbe est qu'elle s'adapte le mieux avec les couples de données âge-longueur, et les paramètres peuvent être interprétés en termes de taux de croissance et de taille maximale du poisson. Le modèle mathématique de croissance individuelle élaboré par von Bertalanffy (1938), envisage la dimension corporelle en relativité avec l'âge du poisson (Sparre et Venema, 1996). C'est largement le modèle le plus utilisé dans les études de croissance en biologie des pêches vue sa simplicité et sa précision dans les calculs, il nécessite la connaissance de trois paramètres L_{∞} , K , et t_0 .

Le modèle de von Bertalanffy (1938) est représenté par l'équation :

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

L_t : Longueur du poisson au temps t (cm).

K : Coefficient de croissance (an^{-1}).

t_0 : Temps (âge théorique du poisson) où la longueur est supposée nulle (an).

L_{∞} : Longueur asymptotique quand t tend vers l'infini (taille asymptotique du poisson) (cm).

Notant que dans cette étude, l'ajustement de la courbe de croissance, ainsi que le déterminisme des différents paramètres de l'équation de von Bertalanffy, ont été effectués à l'aide du logiciel VONBIT (Stamatopoulos, 2005), qui se base sur des algorithmes itératifs programmés et du logiciel et du FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et *al.*, 2005).

2.2.2. Croissance relative :

2.2.2.1. Relations biométriques :

Les analyses basées sur la taille des organismes marins, sont primordiales pour améliorer la compréhension de la structure et la fonction de la communauté.

Selon Jennings et Dulvy (2005) et Gislason (2003), les mensurations fondées sur la taille, ont été proposées comme indicateurs pour étayer l'approche écosystémique et la gestion des pêches, car les dimensions corporelles déterminent la vulnérabilité des individus. L'utilisation de ces relations métriques vise à surveiller les changements écologiques et pour évaluer les performances de la gestion (Shin et *al.*, 2005). Les changements induits par la pêche dans les caractères biométriques peuvent être attribués à la vulnérabilité différentielle des espèces plus grandes, des changements dans la composition de la taille et des changements génétiques, des relations entre proies-prédateurs et des effets de concurrence. Par conséquent, les tendances de ces relativités biométriques reflètent la réponse globale de la communauté à la mortalité (Jennings et Dulvy, 2005).

Différentes mensurations sont effectuées sur un total de 185 thonines, dont 90 mâles et 95 femelles de taille à la fourche comprise entre 33.4 cm et 102.2 cm, pêchées pendant la saison de pêche pélagique côtière en termes de captures dans la côte de Mostaganem (région Ouest de la côte algérienne) durant la période de Février 2015 à Janvier 2016.

Dans cette étude, les femelles examinées ($\overline{L_F} = 52.5 \pm 2.50$ cm) étaient nettement plus petites que les mâles ($\overline{L_F} = 58.9 \pm 3.32$ cm).

Les relations mathématiques entre la valeur de la longueur à la fourche (L_F) et les valeurs des autres dimensions du corps du poisson (L_T , L_S , L_C , E_C , H_C , L_{PO} , L_{Po} , L_{po} , L_{PA} , L_{PD2} , L_{PD1} et D_o) sont calculées selon les différents sexes, à partir d'un ajustement de type moindres carrés. Ceci afin de sélectionner une droite d'ajustement qui représente le mieux possible le nuage de point obtenu, à partir des deux dimensions relatives étudiées. Le but est de confirmer ou d'infirmer la stabilité morphologique en fonction du sexe.

Les couples de valeur de dimension sont :

- | | | |
|-------------------|----------------------|-----------------------|
| • ($L_F - L_T$) | • ($L_F - H_C$) | • ($L_F - L_{PA}$) |
| • ($L_F - L_S$) | • ($L_F - L_{PO}$) | • ($L_F - L_{PD1}$) |
| • ($L_F - L_C$) | • ($L_F - L_{Po}$) | • ($L_F - L_{PD2}$) |
| • ($L_F - E_C$) | • ($L_F - L_{po}$) | • ($L_F - D_o$) |

Les relations linéaires sont de type : $y = bx + a$.

Le coefficient b (la pente) détermine le type de la relation.

Si : $\mathbf{b} = \mathbf{1}$: Isométrie, $\mathbf{b} > \mathbf{1}$: allométrie majorante, $\mathbf{b} < \mathbf{1}$: allométrie minorante. Car les couples de valeurs ont la même dimension.

Selon Schwartz (1983), un test de conformité doit être fait afin de confirmer la valeur du paramètre b :

$$| \epsilon_{\text{cal}} | = \frac{(P - P_0)}{Sp_0}$$

$$Sp_0 = \sqrt{\left(\frac{\sigma^2(y)}{\sigma^2(x)} - P_0 \right) / (N - 2)}$$

P : Pente théorique ($p = 1$).

P_0 : Pente observée.

$\sigma^2(y)$: Variance de (L_F).

$\sigma^2(x)$: Variance de ($L_S, L_C, EC, H_C, L_{PO}, L_{p0}, L_{p0}, L_{PA}, L_{PD2}, L_{PD1}$ et D_0).

$N - 2$: Degré de liberté (d.d.l = $N - 2$, $\alpha = 5\%$).

Le degré de signification est démontré en balançant entre $| \epsilon_{\text{cal}} |$ et $| \epsilon_{\text{Table}} |$:

-Si $| \epsilon_{\text{cal}} | < | \epsilon_{\text{Table}} |$: la différence est non significative.

-Si $| \epsilon_{\text{cal}} | > | \epsilon_{\text{Table}} |$: la différence est significative.

2.2.2.2. Relation taille poids :

D'après Gulland (1983), les relations taille-poids sont primordiales dans l'étude de la dynamique de population et l'évaluation de stock de pêche. Par ailleurs, les relativités taille-poids sont considérées, non seulement comme un outil utile pour convertir la longueur en poids et vice-versa, mais ont été largement utilisées pour fournir des renseignements sur l'état des poissons et pour déterminer le type d'allométrie de croissance (Merella et al., 1997; Le Cren, 1951; Ricker, 1975).

Pour l'étude de la relation taille-poids nous avons pris les valeurs des paramètres **a** et **b** obtenues par les relations longueur-poids calculées en utilisant la régression des moindres carrés sur la transformation logarithmique, cela en fonction de chaque sexe et des sexes confondus à partir de la régression linéaire sur l'équation transformée suivante:

$$\log (W_T) = \log (a) + b \log (L_F)$$

Où

W_T : Le poids total (g).

L_F : La longueur à la fourche (cm).

a : Un coefficient lié à la forme du corps.

b : Un exposant indiquant le type d'allométrie.

Si : **b** < 3, allométrie minorante, **b** = 3, isométrie, **b** > 3, allométrie majorante, car la grandeur W_T correspond à un cubage, ainsi le poids théorique par rapport aux sexes confondus est calculé à partir de l'équation :

$$W_T = a \cdot L_F^b$$

2.2.2.3. Croissance pondérale absolue :

Selon Sparre et Venema (1996), en se basant sur l'âge conventionnel des poissons, la combinaison de l'équation mathématique de croissance linéaire et la relation taille-poids permettent d'établir l'équation de croissance pondérale (clef âge-poids) de von Bertalanffy (1938), cette expression pondérale pourrait s'écrire de la manière suivante :

$$W_t = W_\infty \cdot \left(1 - e^{-K(t-t_0)}\right)^b$$

Avec

$$W_\infty = a \cdot L_\infty^b$$

W_t : Poids du poisson au temps t.

W_∞ : Poids asymptotique moyen correspondant à la longueur asymptotique L_∞ .

b : L'exposant de la relation taille-poids.

L'équation pondérale de von Bertalanffy étant connue, permet de calculer le poids total théorique pour chaque classe d'âge.

2.3. Sélectivité et recrutement :

2.3.1. Taille de sélection :

Différents engins de pêche peuvent être de taille sélective, il existe peu d'études qui ont quantifié la sélection de la pêche, notant celles réalisées par Darimont et *al.* (2009) et Carlson et *al.* (2016). Selon Fenberg et Roy (2008), ces quantifications, sont nécessaires pour évaluer de manière fiable les conséquences de la sélection induite par la pêche.

D'autre part, la comparaison des tailles et des âges des poissons capturés avec ceux qui ne sont pas capturés est primordiale pour la compréhension des modèles de sélection de la taille, mais ces données sont très difficiles à obtenir dans la plupart des populations de poissons sauvages. Les filets maillants sont particulièrement sélectifs parce qu'un poisson n'est capturé que s'il est assez petit pour pénétrer dans le maillage du filet mais assez grand pour s'y faire capturé (Hamley, 1975; Ricker, 1981; Bromaghin, 2005). Selon Alós et *al.* (2014), la capturabilité par pêche peut également générer des différences de sélection indépendantes de la taille agissant sur des traits morphologiques dus à deux processus majeurs, l'interaction physique avec l'engin de pêche et la forme corporelle des poissons. En effet, en raison de la physique du processus de capture dans les maillages, les poissons plus rationalisés ont tendance à être sélectivement favorisés dans les engins maillant parce que les poissons minces ont une probabilité plus faible de rétention dans les filets que les individus plus obèses (Hamon et *al.*, 2000). L'interaction physique des poissons avec les hameçons est moins étudiée par rapport aux filets maillants, mais pour pêcher, les hameçons doivent s'insérer dans la bouche du poisson. Selon Erzini et *al.* (1997), Alós et *al.* (2008) et Cerdà et *al.* (2010), les spécimens de plus grandes tailles sont capturés ce qui devrait entraîner des pressions de sélection sur les espèces de poissons fortement exploitées. En effet, une plus grande vulnérabilité à la pêche a été documentée pour les espèces qui ont une plus grande ouverture buccale, même lorsque la taille de la bouche a été corrigée pour la variation de la taille du corps chez les individus (Karpouzi et Stergiou, 2003).

Enfin, de nombreuses caractéristiques des poissons et des pêcheries peuvent compliquer encore davantage les modèles de sélection de la taille, y compris le calendrier des migrations saisonnières des composantes des stocks de poissons qui diffèrent selon l'âge et la taille, la variation temporelle du calendrier de pêche et de l'intensité ainsi que l'efficacité de la pêche lorsqu'elle est ouverte.

Pour l'estimation des tailles de sélection (L_{25} , L_{50} et L_{75}) de la thonine de la côte de Mostaganem, la méthode de Pauly (1984a) à l'aide du FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et *al.*, 2005) a été retenue, pour les calculs en utilisant la courbe logistique selon l'équation :

$$\ln \left(\frac{1}{P_L} \right) - 1 = (S_1 - S_2) \cdot L$$

Où

P_L : La probabilité de capture pour la longueur L .

S_1 et S_2 : Les écarts types des distributions.

Selon les méthodes décrites par Pauly (1984a, b et 1990) :

$$L_{25} = \left(\ln(3) - S_1/S_2 \right)$$

$$L_{50} = S_1/S_2$$

$$L_{75} = \left(\ln(3) + S_1/S_2 \right)$$

Notant que la taille de sélection L_{50} , représente la taille de première capture L_C , et l'âge moyen de capture (t_C) est calculé selon l'équation de von Bertalanffy (1938) comme suit :

$$t_C = t_0 + 1/K \cdot \ln \left((L_\infty - L_C) / L_\infty \right)$$

Avec

L_C = Taille de capture (cm).

2.3.2. Taille de recrutement :

Selon Sparre et Venema (1996), le recrutement est défini comme étant l'immigration des juvéniles des zones d'alevinage ou de frais vers les secteurs de pêches. On peut définir le recrutement comme le nombre d'individus d'âge (t_r) d'une espèce donnée entrant dans la phase d'exploitation potentielle.

La taille de recrutement dans la pêcherie (L_r), correspond à la taille à laquelle les individus d'une espèce donnée deviennent exploitables, en d'autres termes ils sont susceptibles d'être capturés par les engins de pêche (Sparre et Venema, 1996).

L_r et t_r , ont été estimés à partir du décalage de temps entre la reproduction et le recrutement des juvéniles. Cependant, L_r qui correspond à la longueur moyenne des individus qui n'ont pas encore atteint la puberté dans les données de capture, est estimée à l'aide d'une courbe sigmoïde, du pourcentage des effectifs cumulés en fonction des centres de classe. Ainsi, le pourcentage des individus recrutés, est égal à l'ordonnée de la courbe, par contre l'âge moyen de recrutement (t_r) est calculé selon l'équation de von Bertalanffy (1938) comme suit :

$$t_r = t_0 + 1/K \cdot \ln \left((L_\infty - L_r) / L_\infty \right)$$

Avec

L_r = Taille de recrutement (cm).

2.4. Etude des mortalités :

2.4.1. Mortalité totale (Z) :

Dans la dynamique des populations de poissons, le coefficient exponentiel de mortalité totale (Z), est l'un des paramètres clés, pour estimer la mortalité par pêche (F). Cependant, parmi les coefficients de mortalité, le calcul du coefficient Z, ne dépend pas des valeurs des paramètres de croissance (Pauly, 1990).

Seule la méthode de Pauly (1990), a été retenue pour le calcul de la mortalité totale (Z), basée sur la transformation des courbes de captures en fonction des longueurs, du fait qu'elle s'adapte le mieux pour l'espèce étudiée.

D'après Pauly (1990), cette méthode est illustrée, par la comparaison des estimations de la mortalité totale (Z), estimée par des courbes de captures structurées selon l'âge et de deux versions des courbes de capture de longueur converties, en utilisant des données pour les populations de *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem.

Dans cette étude, nous avons utilisé la courbe de capture de longueur saisonnière convertie (Pauly, 1990; Pauly et *al.*, 1995), pour calculer le coefficient de la mortalité totale (Z) du modèle de mortalité exponentielle unique négatif (Etim et Sankare, 1998) selon l'expression :

$$N_t = N_0 \cdot e^{-(Zt)}$$

N_0 : Effectif initial.

N_t : Effectif au temps t.

Z avec la saisonnalité a ensuite été calculée à partir de l'équation de régression suivante :

$$\ln(N) = a + bt'$$

N : Effectif des thonines dans les Pseudo-cohortes.

t' : L'âge relatif des thonines dans cette pseudo-cohorte, et b avec le signe changé donne la valeur de Z.

Ensuite Z est calculée sans saisonnalité à partir de l'équation suivante:

$$\ln\left(N_i/\Delta t_i\right) = a + bt_i$$

N_i : Effectif des thonines de classe de taille i.

Notons que l'application de cette méthode s'effectue à l'aide du logiciel FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et *al.*, 2005).

Selon Sparre et Venema (1996), des observations sont exclues de la régression de la courbe de capture linéaire, englobant les individus de premières classes de tailles qui forment la partie ascendante de la courbe. Les plus grandes classes de tailles sont également exclues, du fait de leurs faibles effectifs.

2.4.2. Mortalité naturelle (M) :

Deux méthodes ont été retenues pour le calcul de la mortalité naturelle à savoir : la méthode de Djabali et *al.* (1994) et la méthode de Rikhter et Efanov (1976), sachant que les deux méthodes se basent principalement sur les longueurs.

Le choix est porté sur ces deux méthodes car non seulement, elles sont les plus utilisées sur les poissons pélagiques de la Méditerranée, mais les plus fiables en termes de calculs.

Notant que le calcul de la mortalité naturelle par la méthode de Rikhter et Efanov (1976), est effectué à l'aide du logiciel FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et *al.*, 2005).

2.4.2.1. Méthode de Djabali et *al.* (1994) :

Cette équation est basée sur le principe de l'équation de Pauly (1980). Ces auteurs ont proposé une relation empirique spécifique des poissons de la Méditerranée, en faisant des régressions sur 56 stocks de poissons téléostéens de la Méditerranée. La relation proposée est la suivante :

$$\text{Log}_{10} M = -0.0278 - 0.1172 \text{Log}_{10} L_{\infty} + 0.5092 \text{Log}_{10} K$$

2.4.2.2. Méthode de Rikhter et Efanov (1976) :

Selon Sparre et Venema (1996), cette méthode est basée sur le couple longueur-effectif, ainsi que la connaissance de l'âge où 50% de la population est mature (t_m). La valeur de la mortalité naturelle est calculée avec la formule empirique de Rikhter et Efanov (1976) :

$$M = \left(1.521 / t_m^{0.72} \right) - 0.155 F$$

t_m : L'âge de la maturation massive (an).

Dans le présent travail, l'âge à la maturation massive utilisé, dans cette équation, est celui où 100% des poissons sont mûrs. Notant que cette définition, est celle qui se rapproche le plus de l'âge à la maturité défini par Rikhter et Efanov (1976).

2.4.3. Mortalité par pêche (F) et l'état du stock :

Connaissant M et Z, le taux de mortalité par pêche (F) peut être déduit de la relation suivante :

$$Z = M + F$$

L'analyse de l'état du stock peut s'effectuer en calculant le taux d'exploitation (E) qui renseigne sur l'importance de la pression de pêche par l'équation ci-dessous :

$$E = \left(F / (F + M) \right)$$

Lorsque E est supérieur à 50%, cela implique une surexploitation biologique.

3. Résultats et discussions :

3.1. Etude de l'âge :

3.1.1. Distributions de fréquence de taille :

L'ensemble des échantillonnages, est effectué sur un total de 421 thonines de sexes confondus, et de longueur à la fourche répartie entre 25.3 et 102.2 cm. En outre, le regroupement des effectifs en fonction des centres de classes, en pas de 3 cm, selon le sexe des spécimens, donne la distribution des fréquences de tailles dressée, dans le tableau 27 et schématisée dans la figure 50.

L'analyse du tableau 27 et la figure 50 indique, que dans la totalité de l'échantillonnage, les mâles ($\overline{L}_F = 58.94 \pm 3.33$) étaient nettement plus grands que les femelles ($\overline{L}_F = 52.51 \pm 2.50$) et les individus indéterminés ($\overline{L}_F = 36.20 \pm 0.66$). Les spécimens indéterminés dominent l'échantillon avec 56% de la totalité de l'effectif, suivi par les femelles avec 23% par contre les mâles représentent le pourcentage le plus faible 21% (Figure 50).

Selon les sexes confondus ($\text{♂} + \text{♀} + \text{indéterminés}$), les individus sont mieux représentés en termes d'effectif dans les tailles 34.5, 37.5, 40.5, et 43.5 cm respectivement 54, 42, 69 et 53 individus or les tailles 58 cm et les tailles allant de 79.5 jusqu'à 103.5 cm correspondent au effectifs les plus faibles.

De plus les mâles et les femelles sont mieux représentés dans les centre de classes 34.5 , 43.5 et 70.5 cm respectivement pour les mâles 10, 9 et 10 individus et les femelles respectivement 18, 11 et 11 individus. Cependant, les effectifs des mâles et des femelles sont nuls dans les tailles allant de 25.5 à 31.5 cm, au-delà de 76.5 cm, l'effectif des femelles est nul.

Par ailleurs, les spécimens indéterminés sont mieux représentés dans les tailles de 25.5 à 46.5 cm, au-delà de 52.5 cm les effectifs des individus indéterminés sont nuls.

Tableau 27 : Distribution de fréquences de tailles des thonines de la côte de Mostaganem.

Cc (cm)	N ♂	N ♀	N Indéterminés	N Sexes confondus
25.5	0	0	28	28
28.5	0	0	25	25
31.5	0	0	24	24
34.5	10	18	26	54
37.5	3	6	33	42
40.5	8	3	58	69
43.5	9	11	33	53
46.5	4	2	8	14
49.5	7	7	1	15
52.5	2	7	0	9
55.5	3	4	0	7
58.5	1	1	0	2
61.5	2	5	0	7
64.5	1	5	0	6
67.5	7	8	0	15
70.5	10	11	0	21
73.5	3	7	0	10
76.5	7	0	0	7
79.5	3	0	0	3
82.5	2	0	0	2
85.5	2	0	0	2
88.5	1	0	0	1
91.5	1	0	0	1
94.5	1	0	0	1
97.5	1	0	0	1
100.5	1	0	0	1
103.5	1	0	0	1
N Total (ind)	90	95	236	421

Cc : Centre de classe (cm), N : Effectif, ind : Individus.

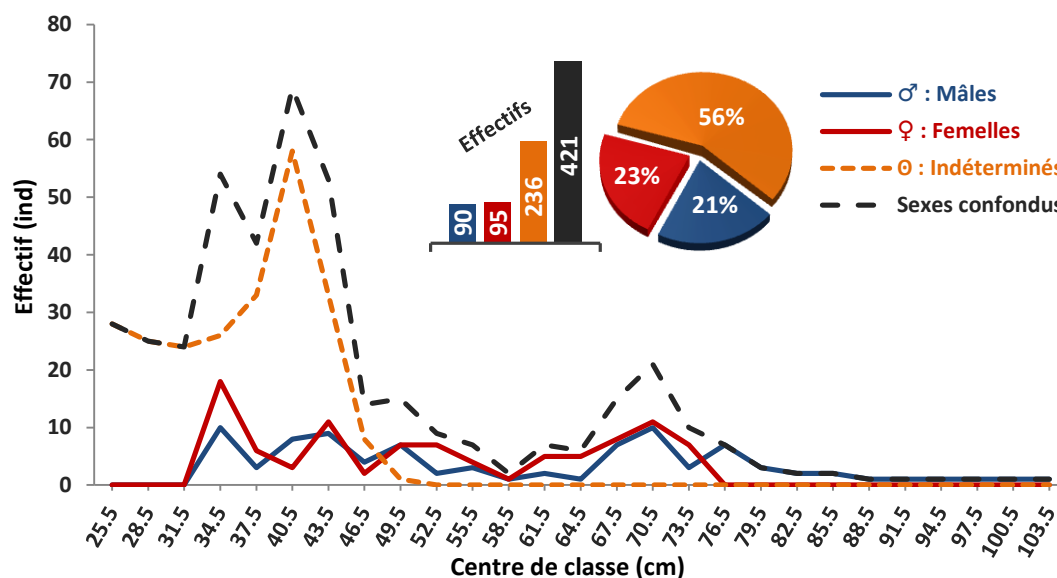


Figure 50 : Répartitions des fréquences de tailles des thonines de la côte de Mostaganem, en fonction des centres de classes.

3.1.2. Méthode indirecte de Bhattacharya (1967) :

La décomposition en cohortes de l'échantillon par la méthode de Bhattacharya (1967) FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et *al.*, 2005) nous donne sept (7) âges (Tableau 28), (Figures 51, 52), sans mettre en évidence l'âge (0). On peut remarquer de plus, dans la clé âge-longueur que les thonines âgées, de **2 et 3 an**, sont les mieux représentées dans les prises respectivement **29.05%** et **32.92%** (calculs effectués à partir des effectifs N donnés dans le tableau 28).

Le minimum de capture est observé chez les spécimens âgés de **5 et 7 ans** respectivement avec **3.63%** et **1.21%**. Les thonines âgées de **1, 4 et 6 ans** sont modestement représentées dans l'effectif des captures respectivement **12.83%**, **9.20%** et **11.13%**.

D'après le tableau 28 et le schéma de la figure 53, le taux d'accroissement du stock de la thonine de la côte de Mostaganem, décroît de **11.77 à 5.68 cm/an** ceci pour les spécimens âgés de **1 à 2 ans**.

L'ensemble des observations, indiquent aussi que le taux d'accroissement s'accroît de **5.68 à 12.13 cm/an** ceci pour les individus appartenant aux groupes d'âge de **2 à 4 ans**, puis décroît de **4 à 5 ans** (12.13 à 7.42 cm/an). Cependant, vu les résultats obtenus le taux d'accroissement le plus grand, est enregistré à l'âge **6 ans** avec **13.91 cm/an** et le plus faible est nettement observé à l'âge **2 ans** avec un taux de **5.68 cm/an**.

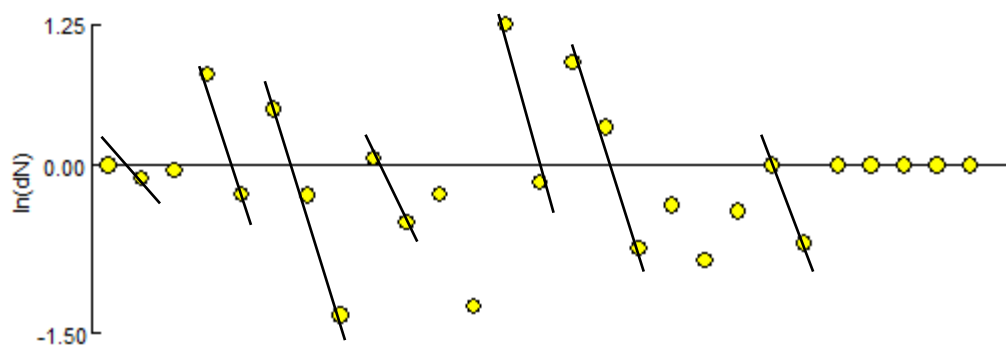


Figure 51 : Détermination des différentes cohortes de *E. alletteratus* (sexes confondus) par la méthode de Bhattacharya (1967) FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et al., 2005).

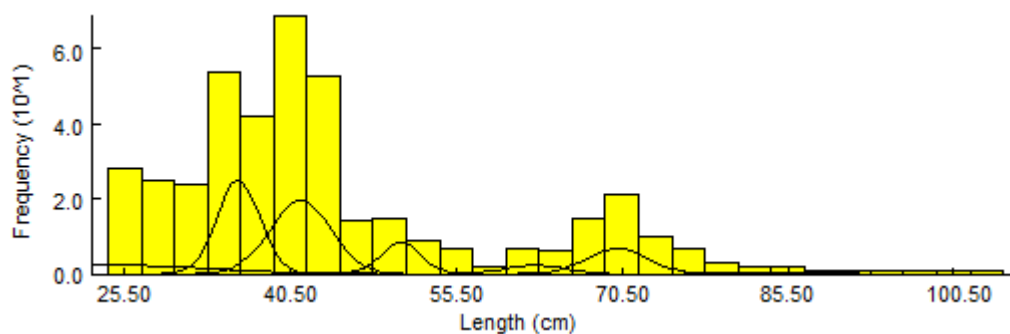


Figure 52 : Décomposition en âges de *E. alletteratus* (sexes confondus) par la méthode de Bhattacharya (1967), FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et al., 2005).

Tableau 28 : Âges obtenus par la méthode de Bhattacharya (1967) pour *E. alletteratus* (sexes confondus) FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et al., 2005).

Âge (ans)	$\overline{L}_F$ (cm)	Effectif (ind)	Ecart type	Indice de séparation	Taux d'accroissement ($\text{cm}\cdot\text{an}^{-1}$)
1	24.00 ± 2.39	53	8.91	na	11.77
2	35.77 ± 0.34	120	1.91	2.18	5.68
3	41.45 ± 0.46	136	2.74	2.44	9.09
4	50.54 ± 0.55	38	1.75	4.05	12.13
5	62.67 ± 1.27	15	2.52	5.68	7.42
6	70.09 ± 0.80	46	2.79	2.80	13.91
7	84.00 ± 3.15	5	3.60	4.35	-

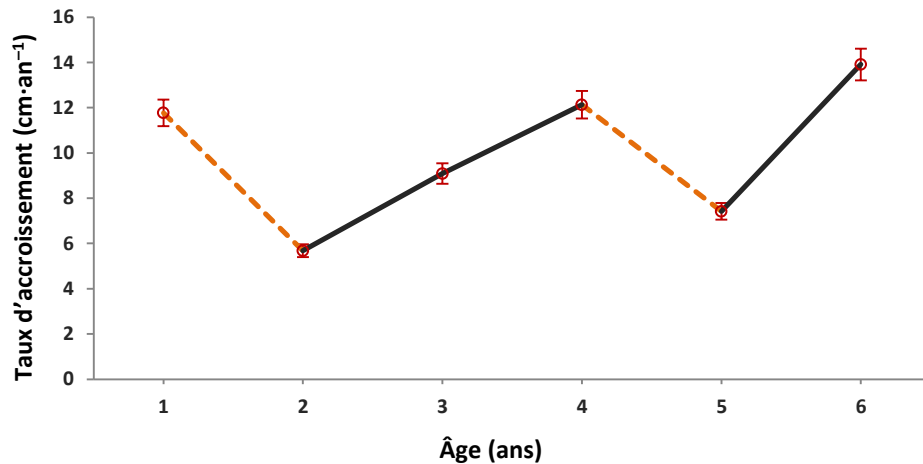


Figure 53 : Taux d'accroissement de *E. alletteratus* (sexes confondus).

3.1.3. Lecture directe des coupes :

L'analyse des données issues du dénombrement des annuli (zones hyalines) sur les coupes transversales de la 1^{ère} épine de la 1^{ère} nageoire dorsale, récoltées sur un total de 421 thonines du site d'échantillonnage de Mostaganem (Figure 54), nous donne **sept** âges (Tableau 29).

Dans cette étude, la clé âge-longueur a été calculée selon les sexes confondus ($\sigma + \varphi +$ indéterminés), avec une taille moyenne à la fourche $\overline{L_F} = 44.74 \pm 1.11$ cm pour l'ensemble de l'échantillon.

D'après la clé âge-longueur dressée dans le tableau 29 et schématisée dans la figure 55, les longueurs moyennes à la fourche varient de 30.95 ± 0.55 à 90.31 ± 5.53 cm correspondant aux âges de **1 à 7 ans**. Il est clair que les âges **1** et **2 ans** dominent en termes de pourcentage l'ensemble de l'échantillon (calcul effectué sur la base des effectifs N de chaque classe d'âge) respectivement **28%** et **41%**, tandis que, les âges **6 ans** (**3%**) et **7 ans** (**1%**) représentent un faible pourcentage. Par ailleurs, les âges **3, 4** et **5 ans** représentent respectivement **12%**, **9%** et **6%**.

Il faut noter aussi que les longueurs moyennes obtenues en fonction de l'âge suivent un profile croissant (Figure 55). Bien que, l'analyse des données indique que le taux d'accroissement (T. A) varie selon les âges avec une moyenne de 9.89 ± 2.22 cm/an. Le plus grand taux est enregistré à l'âge **3 ans** avec **18.14 cm/an**, tandis que le plus bas est distingué à l'âge **2 ans** avec **6.26 cm/an**.

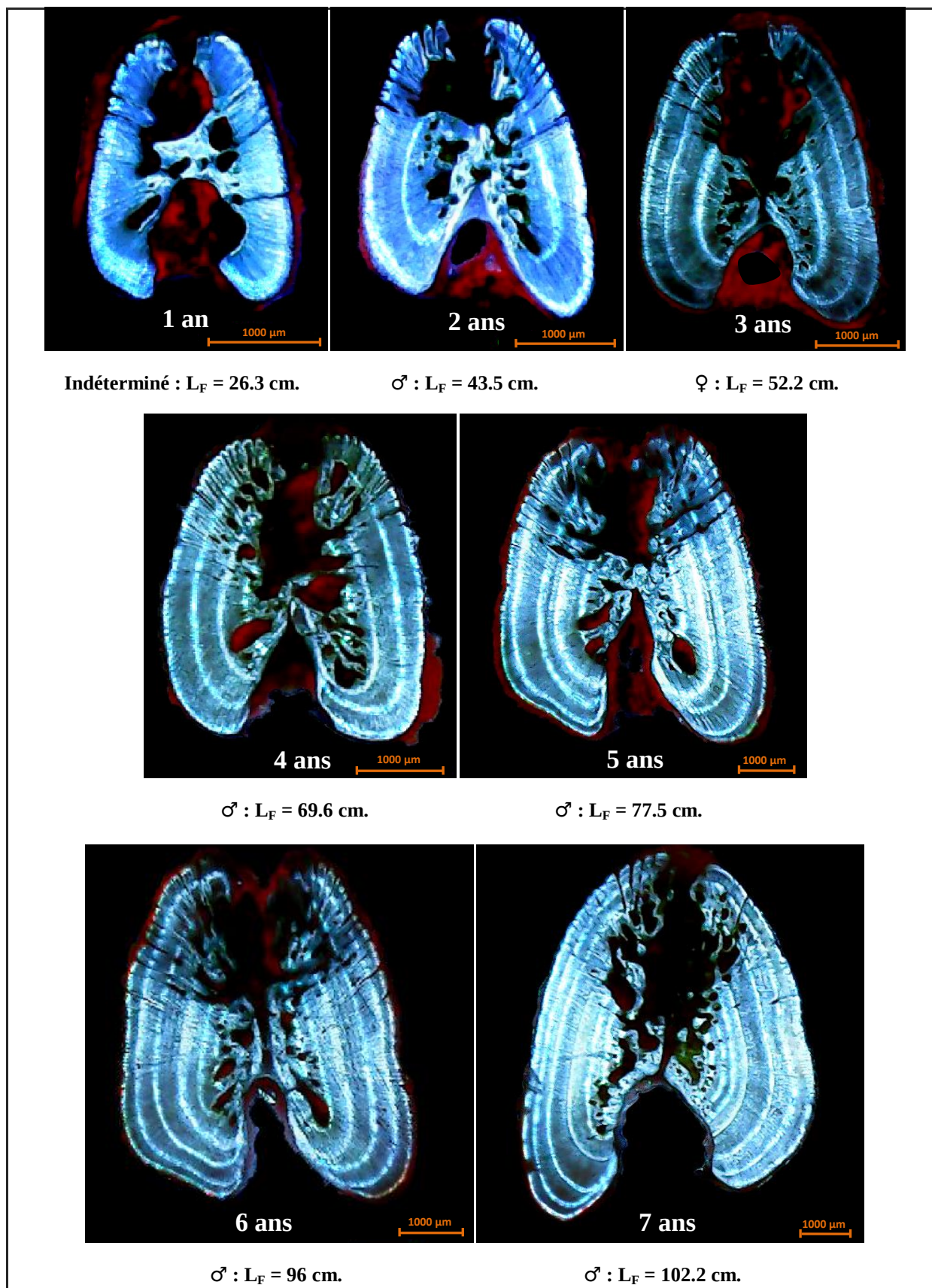


Figure 54 : Coupes transversales du premier rayon de la première nageoire dorsale de *E. alletteratus* d'âges différents.

Tableau 29 : Clé âge-longueur obtenue par lecture directe des coupes transversales des épines de *E. alletteratus* (sexes confondus).

Classe de taille (cm)	Âge (an) Cc (cm)	1	2	3	4	5	6	7
[24-27[	25.5	26	2					
[27-30[	28.5	23	2					
[30-33[	31.5	22	2					
[33-36[	34.5	45	9					
[36-39[	37.5		36	6				
[39-42[	40.5		61	8				
[42-45[	43.5		45	8				
[45-48[	46.5		13	1				
[48-51[	49.5		2	12	1			
[51-54[	52.5			7	2			
[54-57[	55.5			7				
[57-60[	58.5				2			
[60-63[	61.5				7			
[63-66[	64.5				6			
[66-69[	67.5				13	2		
[69-72[	70.5				8	12	1	
[72-75[	73.5					8	2	
[75-78[	76.5					4	3	
[78-81[	79.5						3	
[81-84[	82.5						1	1
[84-87[	85.5							2
[87-90[	88.5							1
[90-93[	91.5						1	
[93-96[	94.5						1	
[96-99[	97.5						1	
[99-102[	100.5							1
[102-105[	103.5							1
	N (ind)	116	172	49	39	26	13	6
	$\overline{L}_F$ (cm)	30.95	40.49	46.75	64.89	72.13	80.32	90.31
	Précision	0.55	0.43	1.55	1.20	0.79	3.48	5.53
	T. A (cm/an)	9.54	6.26	18.14	7.24	8.19	9.99	-

Cc : Centre de classe (cm), N : Effectif, ind : Individus, $\overline{L}_F$: Longueur moyenne à la fourche (cm), T. A : Taux d'accroissement (cm/an).

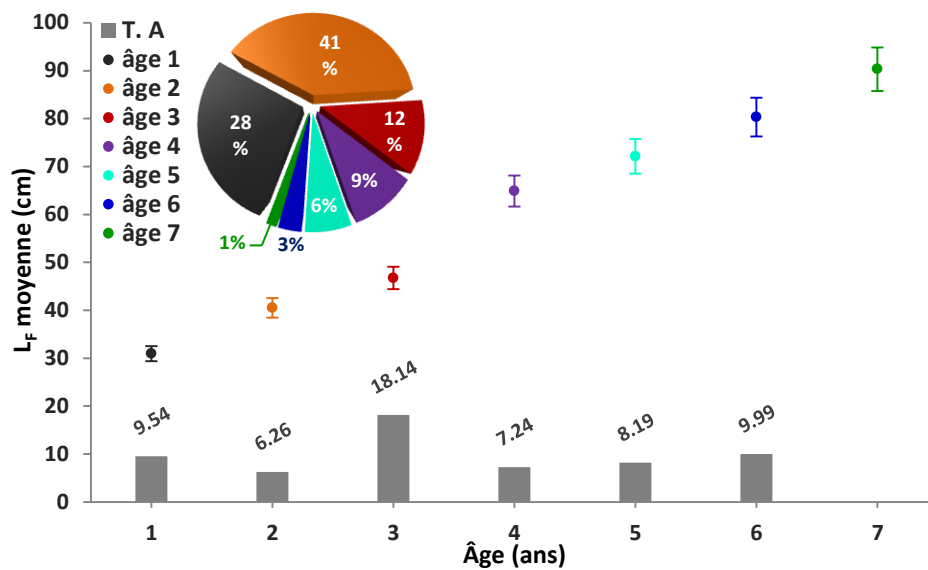


Figure 55 : Longueur moyenne ($\bar{L}_F$) en fonction des âges obtenue par lecture directe, des coupes transversales, des épines de *E. alletteratus* (sexes confondus).

3.1.3.1. Rétro-calcul des longueurs :

L'analyse de la corrélation, entre la longueur à la fourche (L_F) des thonines et les rayons totaux des épines (R_t), issue de l'équation linéaire ($L_F = 391.37 \cdot R_t - 27.23$) (Tableau A.II), (Figure 56), indique une bonne corrélation entre la longueur à la fourche et le rayon total de l'épine dorsale ($r = 0.93$). Ceci témoigne, dans l'ensemble, d'une bonne correspondance entre la croissance de l'épine dorsale et celle de la longueur à la fourche, une condition favorable pour l'application de la formule du rétro-calcul des longueurs à la fourche, pour chaque spécimen échantillonné en se basant sur le rayon total de la première épine de la première nageoire dorsale.

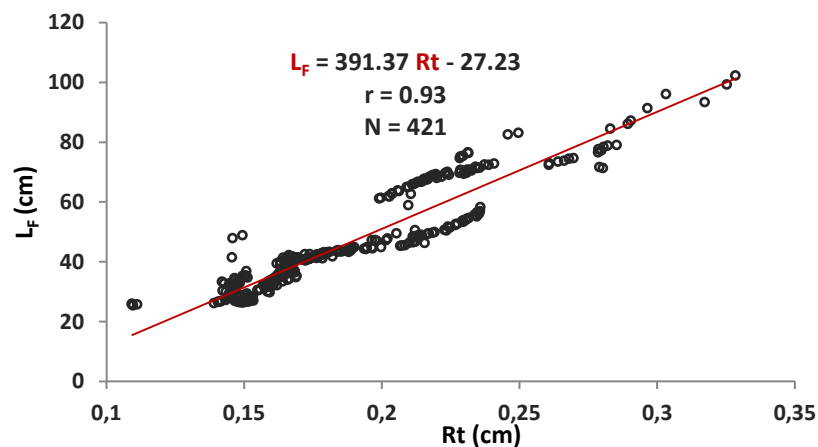


Figure 56 : Relation entre la longueur à la fourche (L_F) et le rayon total (R_t) de l'épine de nageoire dorsale chez *E. alletteratus* (sexes confondus).

L'analyse des longueurs rétro-calculées à la fourche cela pour un total de 421 thonines, nous a permis de dresser une clé âge-longueur (Tableau 30), (Figure 57).

D'après le tableau 30 et la figure 57, les longueurs moyennes à la fourche, varient de 30.22 ± 0.55 à 89.45 ± 5.51 cm. Le taux d'accroissement (T. A), varie selon les âges avec une moyenne de 9.87 ± 2.19 cm/an. Cependant, le plus grand taux d'accroissement, est enregistré à l'âge 3 ans, avec 17.87 cm/an, tandis que le plus bas, est distingué à l'âge 2 ans avec 6.38 cm/an.

Tableau 30 : Clé âge-longueur obtenue par rétro-calcul des longueurs à la fourche de *E. alletteratus* (sexes confondus).

Âge (ans)	$\bar{L}_F$ (cm)	Effectif (ind)	Ecart type	Taux d'accroissement (cm/an)
1	30.22 ± 0.55	116	3.07	9.52
2	39.75 ± 0.43	172	2.87	6.38
3	46.13 ± 1.56	49	5.57	17.87
4	64.01 ± 1.17	39	3.75	7.28
5	71.29 ± 0.80	26	2.08	8.05
6	79.35 ± 3.33	13	6.14	10.10
7	89.45 ± 5.51	6	6.89	-

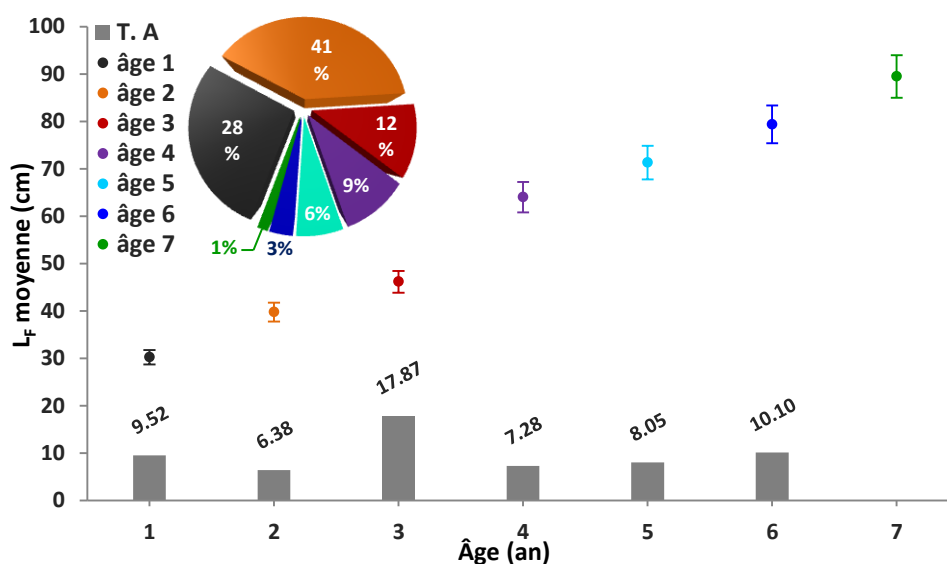


Figure 57 : Longueur moyenne ($\bar{L}_F$) en fonction des âges obtenue par rétro-calcul pour *E. alletteratus* (sexes confondus).

3.1.3.2. Comparaisons entre les longueurs observées et rétro-calculées :

L'analyse du tableau 31 et la figure 58, nous a permis de conclure que les longueurs moyennes à la fourche observées appartenant aux âges de **1 à 7 ans** sont légèrement grandes que celle rétro-calculées. Par ailleurs, le test de Student et de Welch confirme, qu'il n'y a pas de différences significatives, entre les longueurs moyennes observées et rétro-calculées, cela pour chaque classe d'âge de la clé âge-longueur.

Ces résultats indiquent clairement que la mesure de la longueur à la fourche de chaque spécimen est réalisée avec une très bonne précision.

Tableau 31 : Longueurs moyennes ($\bar{L}_F$) observées et rétro-calculées de *E. alletteratus* (sexes confondus).

Âge (ans)	$\bar{L}_F$ observée (cm)	$\bar{L}_F$ rétro-calculée (cm)	t _{cal} Student	t _{cal} Welch
1	30.95 ± 0.55	30.22 ± 0.55	1.63	1.64
2	40.49 ± 0.43	39.75 ± 0.43	1.78	1.79
3	46.75 ± 1.55	46.13 ± 1.56	0.5	0.49
4	64.89 ± 1.20	64.01 ± 1.17	0.79	0.79
5	72.13 ± 0.79	71.29 ± 0.80	1.09	1.1
6	80.32 ± 3.48	79.35 ± 3.33	0.31	0.31
7	90.31 ± 5.53	89.45 ± 5.51	0.19	0.18

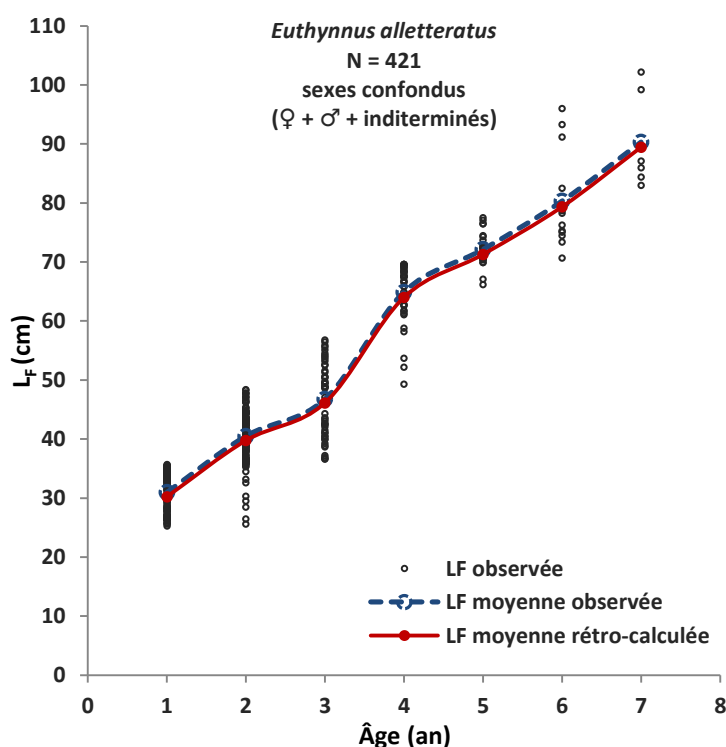


Figure 58 : Longueurs moyennes ($\bar{L}_F$) observées et rétro-calculées de *E. alletteratus* (sexes confondus).

3.1.4. Analyse des clés âge-longueur obtenues par la méthode directe et indirecte :

La clé âge-longueur obtenue par la méthode indirecte de Bhattacharya (1967) basée sur les longueurs (Tableau 32), (Figure 59), indique que les longueurs moyennes, sont plus petites de celle obtenues par la lecture directe cela en fonction de chaque classe d'âge. En effet, cela peut être expliqué, selon Sparre et Venema (1996), par l'élimination de l'effectif de certaines classes de taille, lors du dressage des droites de régressions négatives, une condition qui diminue les tailles moyennes à la fourche en fonction des âges.

Tableau 32 : Clé âge-longueur obtenue par la lecture directe et par la méthode de Bhattacharya. (1967) de *E. alletteratus* (sexes confondus).

Âge (ans)	Méthode	Lecture directe	Bhattacharya (1967)
		$\bar{L}_F$ (cm)	$\bar{L}_F$ (cm)
1		30.95 ± 0.55	24.00 ± 2.39
2		40.49 ± 0.43	35.77 ± 0.34
3		46.75 ± 1.55	41.45 ± 0.46
4		64.89 ± 1.20	50.54 ± 0.55
5		72.13 ± 0.79	62.67 ± 1.27
6		80.32 ± 3.48	70.09 ± 0.80
7		90.31 ± 5.53	84.00 ± 3.15

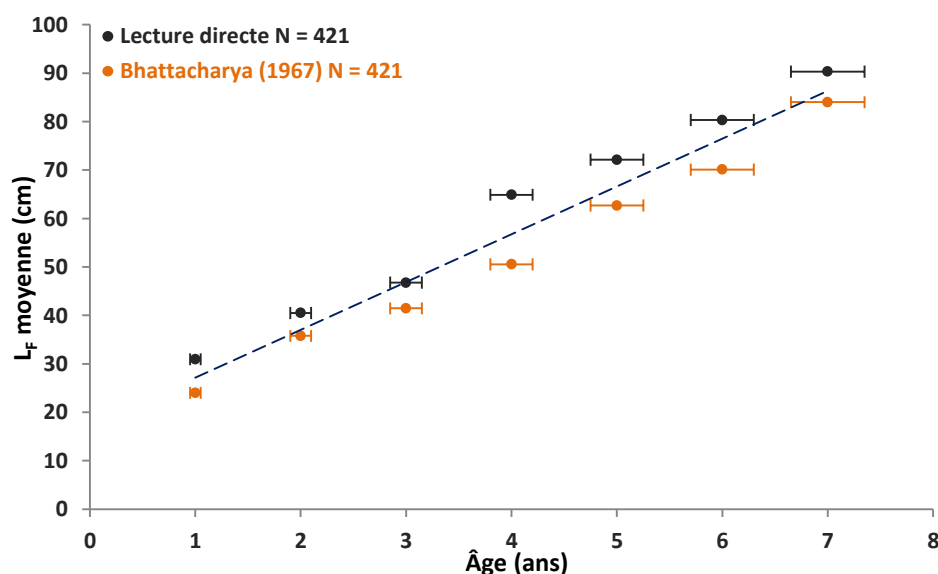


Figure 59 : Clé âge-longueur obtenue par la lecture directe et par la méthode de Bhattacharya (1967) de *E. alletteratus* (sexes confondus).

3.1.5. Comparaisons avec les clés âge-longueur obtenues dans différentes régions :

Les clés âge-longueur estimées dans différentes régions par différentes méthodes sont représentées dans le tableau 33 et schématisées dans la figure 60.

Plusieurs chercheurs, ont signalés l'utilisation de l'épine dorsale comme structures utiles pour la détermination de l'âge de la thonine. Cette technique d'âgeage, a été utilisée dans la côte ouest de l'Afrique par Cayré et Diouf (1981, 1983), en Tunisie par Hattour (2008) et en Turquie par Kahraman et *al.* (2001).

D'après le tableau 33 et la figure 60, la longévité maximale 8 ans (8 classes d'âges) a été reportée par El-haweet et *al.* (2013) en Egypte et Cayré et Diouf (1981) en Sénégal, or la longévité minimale (5 ans) a été signalée par Valeiras et *al.* (2008) en Méditerranée Ouest et par Rodriguez-Roda (1979) en Espagne.

Les longueurs moyennes obtenues dans la présente étude, se rapprochent à celles obtenues en Tunisie par Hattour (2008) et Cayre et Diouf (1981) en Sénégal. Néanmoins, certaines différences sur la longueur moyenne en relativité avec l'âge, ont été reportées par El-haweet et *al.* (2013), Valeiras et *al.* (2008) en Méditerranée Ouest, Kahraman et *al.* (2001) en Turquie, Johnson (1983) dans le Golfe du Mexique, Rodriguez-Roda (1979) en Espagne, Cayré et Diouf (1983) et Landau (1965) en Méditerranée Est. Les différences dans les tailles moyennes à l'âge des différents rapports peuvent être selon Yoshida (1979), le résultat de différences dans les caractéristiques raciales ou les méthodes d'âgeage.

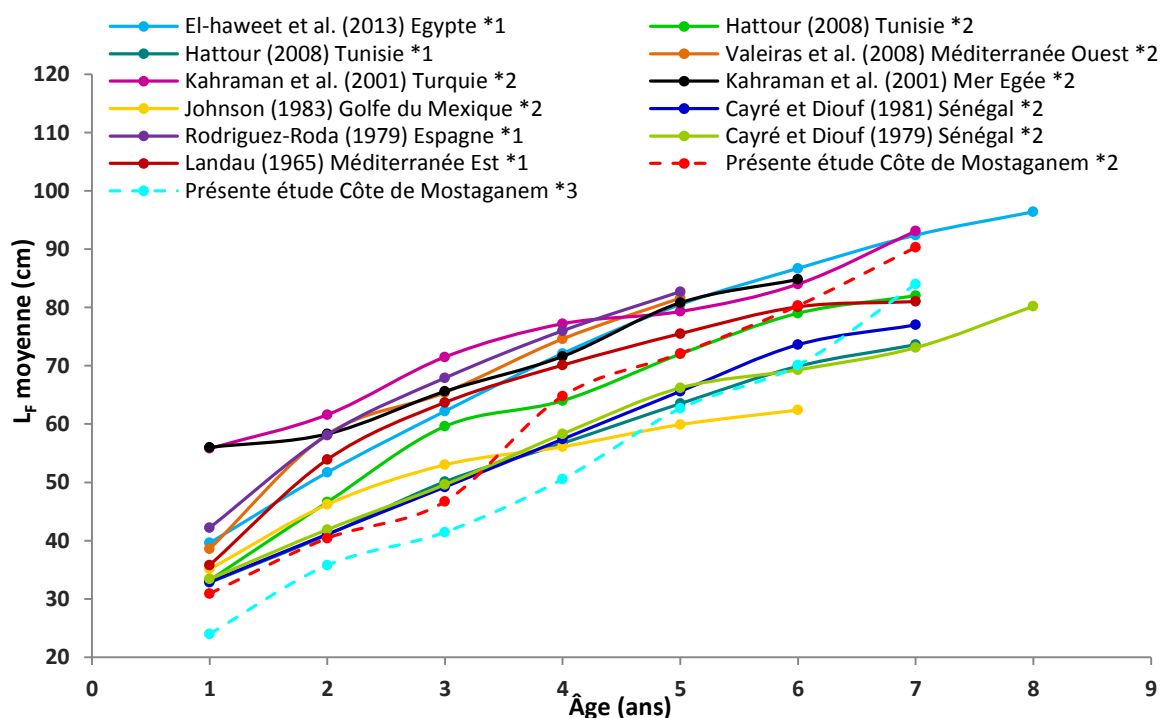
Il faut signaler que, les longueurs moyennes, basées sur l'épine dorsale étaient largement plus grandes que les longueurs moyennes basées sur les vertèbres (Tableau 33), (Figure 60). Ce qui pourrait indiquer, selon Johnson (1983), que la formation de la crête des vertèbres est terminée avant la fin de la bande vertébrale. Ces différences selon Simkiss (1974), peuvent être le résultat d'une réponse différentielle des structures à la minéralisation, par ailleurs les différences entre les longueurs moyennes enregistrées dans différentes régions pourraient être dues selon Johnson (1983) aux différences dans les paramètres environnementaux, la sélectivité des engins de pêche et la concurrence intra-spécifique et inter-spécifique ainsi que la disponibilité des aliments.

Cependant, on ne peut exclure, la possibilité que les différences soient, des artefacts qui sont le résultat de l'effectif utilisé lors de l'échantillonnage.

Tableau 33 : Clés âge-longueur de *E. alletteratus* selon la littérature.

Auteurs	Zone d'étude	M	Classes d'âge								
			0	1	2	3	4	5	6	7	8
Landau (1965)	Méditerranée Est	1	-	35.8	53.9	63.7	70.1	75.5	80.1	81	-
Cayré et Diouf (1979)	Sénégal	2	-	33.4	41.9	49.6	58.3	66.2	69.3	73.1	80.2
Rodriguez-Roda (1979)	Espagne	1	-	46.2	58.1	67.9	76	82.7	-	-	-
Cayré et Diouf (1981)	Sénégal	2	-	32.9	41.1	49.2	57.4	65.6	73.6	77	-
Johnson (1983)	Golfe du Mexique	2	-	35.1	46.2	53.0	56.1	59.9	62.4	-	-
Kahraman et al. (2001)	Mer Egée	2	-	56	58.3	65.6	71.6	80.8	84.8	-	-
Kahraman et al. (2001)	Turquie	2	-	55.8	61.6	71.5	77.2	79.3	84	93.1	-
Valeiras et al. (2008)	Méditerranée Ouest	2	-	38.6	58.2	65.4	74.6	81.6	-	-	-
Hattour (2008)	Tunisie	1	-	32.8	41	50.1	56.7	63.5	69.9	73.6	-
Hattour (2008)	Tunisie	2	-	33.2	46.6	59.6	64	72	79	82	-
El-haweet et al. (2013)	Egypte	1	-	39.6	51.7	62.2	72.1	80.5	86.7	92.4	96.4
Présente étude	Côte de Mostaganem	2	-	30.9	40.4	46.7	64.8	72.1	80.3	90.3	-
		3	-	24	35.7	41.4	50.5	62.6	70	84	-

M : Méthode d'âgeage. 1 : Examen des vertèbres. 2 : Coupes de rayons sur la 1^{ère} épine de la 1^{ère} nageoire dorsale. 3 : Méthode indirecte.

**Figure 60** : Clés âge-longueur de *E. alletteratus* selon différents auteurs.

La clé âge-longueur obtenue par lecture directe sans rétro-calcul a été retenue pour l'étude de la croissance linéaire, la croissance relative ainsi que l'étude de l'exploitation.

3.2. Etude de la croissance :

3.2.1. Croissance linéaire :

Les paramètres de croissance de l'équation linéaire de von Bertalanffy, obtenus par VONBIT (Stamatopoulos, 2005) et par le FISAT II (Gayanilo et *al.*, 2005), sont mentionnés dans le tableau 34 et schématisés dans les figures 61 et 62. Notant que, l'introduction du couple (âge = 0, $L_F = 0$) dans la clé âge-longueur, ajuste les valeurs des paramètres de croissance pour le VONBIT et le FISAT II.

Le calcul des grandeurs numériques des paramètres de croissance linéaire permet d'exprimer l'expression de l'équation linéaire de von Bertalanffy pour *E. alletteratus* (sexes confondus) (Tableau 34).

Généralement les valeurs numériques, de la longueur asymptotique (L_∞) obtenues par le VONBIT (Stamatopoulos, 2005) et par le FISAT II (Gayanilo et *al.*, 2005), sont nettement plus grandes à celle de la longueur maximale observée sur la totalité de l'échantillon.

Les données obtenues par le VONBIT (Stamatopoulos, 2005), indiquent que la longueur asymptotique (L_∞) de *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem selon les sexes confondus est estimée à **124.78 cm** (Figure 57), or la valeur du coefficient de croissance (K) indique **0.17 an⁻¹** de plus l'âge théorique du poisson (t_0) est évalué à **-0.21 an** (Tableau 34).

Par contre les résultats du FISAT II (Gayanilo et *al.*, 2005) nous donnent une valeur de la longueur asymptotique $L_\infty = 114.25 \text{ cm}$ et du coefficient de croissance $K = 0.21 \text{ an}^{-1}$ avec une valeur de l'âge théorique du poisson $t_0 = 0 \text{ an}$ (Tableau 34), (Figure 62).

D'après ces résultats, on peut signaler que la longueur asymptotique obtenue par VONBIT (Stamatopoulos, 2005), est légèrement grande que celle obtenue par le FISAT II (Gayanilo et *al.*, 2005), par contre le coefficient de croissance obtenu par ce dernier est plus grand à celui obtenu par le VONBIT (Stamatopoulos, 2005).

Cette différence entre les paramètres de croissance obtenus par le VONBIT (Stamatopoulos, 2005) et par le FISAT II (Gayanilo et *al.*, 2005), peut être expliquée non seulement que le FISAT II, ajuste automatiquement l'âge théorique du poisson à la valeur nulle, mais aussi que le logiciel VONBIT prend en considération l'âge théorique du poisson à sa propre valeur même si cette valeur est purement théorique, selon l'équation linéaire de von Bertalanffy (1938) ignorant l'effet réel de la biologie.

Notant que les paramètres de croissance obtenus par le VONBIT (Stamatopoulos, 2005), sont retenus pour le reste de l'étude, sachant que les paramètres obtenus par le VONBIT s'ajustent le mieux avec le modèle théorique de croissance linéaire de von Bertalanffy (1938).

Tableau 34 : Paramètres de croissance pour *E. alletteratus* (sexes confondus).

Méthode \ Paramètres	Lecture directe			Expressions de l'équation de croissance linéaire
	L_{∞} (cm)	K (an ⁻¹)	t_0 (an)	
VONBIT (Stamatopoulos, 2005)	124.78	0.17	-0.21	$L_t = 124.78 [1 - e^{-0.17(t + 0.21)}]$
FISAT II (Gayanilo et <i>al.</i> , 2005)	114.25	0.21	0	$L_t = 114.25 [1 - e^{-0.21(t)}]$

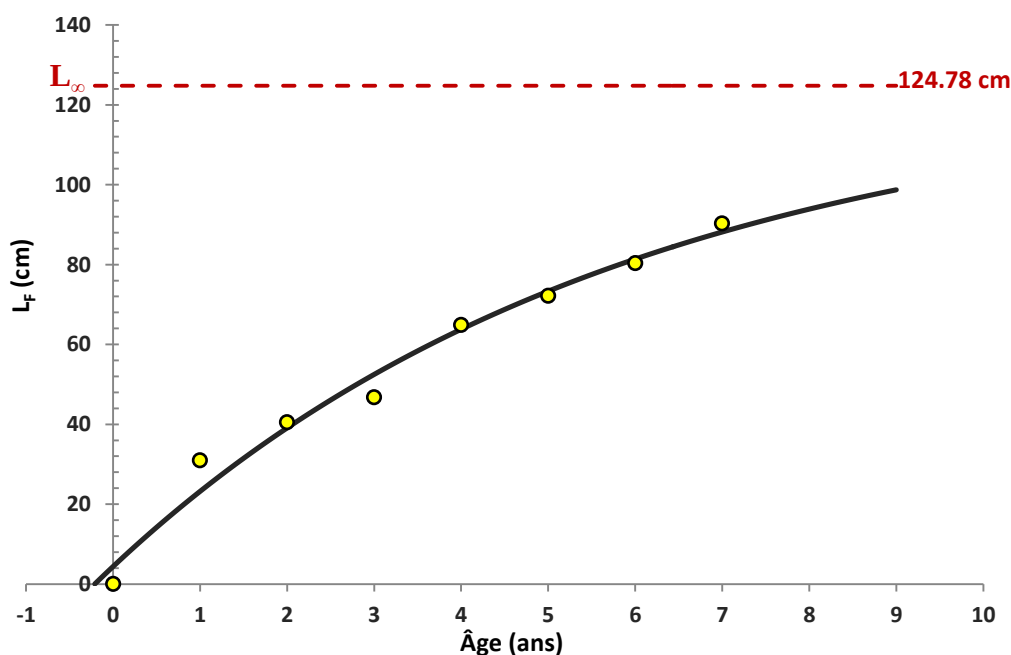


Figure 61 : Courbe théorique de croissance linéaire de *E. alletteratus* (sexes confondus) VONBIT (Stamatopoulos, 2005).

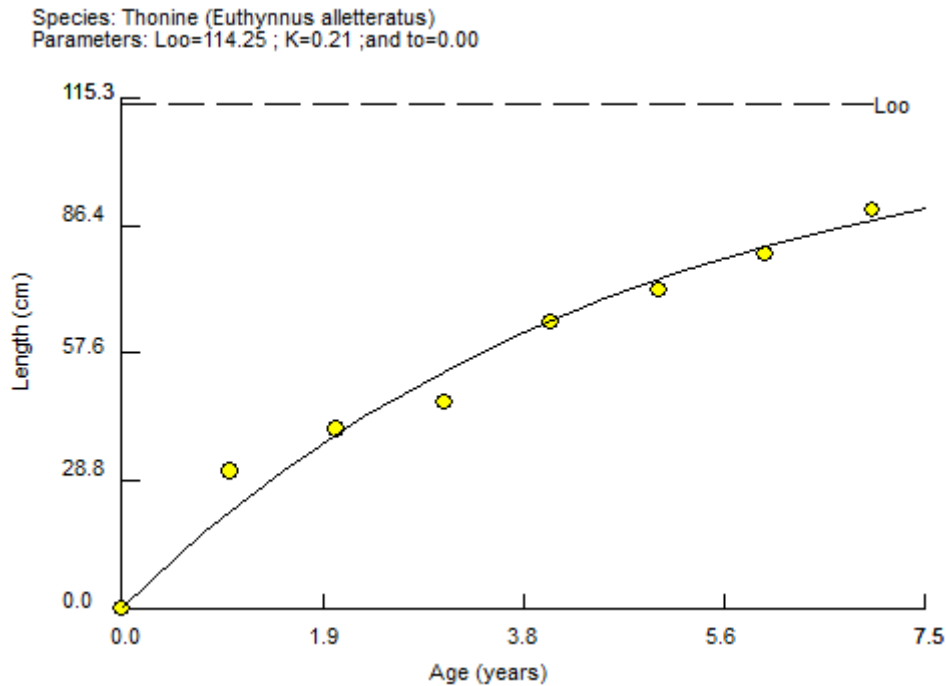


Figure 62 : Courbe théorique de croissance linéaire de *E. alletteratus* (sexes confondus) FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et *al.*, 2005).

L'examen du tableau 35, nous indique que la croissance linéaire de la thonine diffère d'une région à une autre.

L'analyse des tableaux 34 et 35 montre que, les valeurs des paramètres de croissance, obtenues dans la présente étude à l'aide du VONBIT (Stamatopoulos, 2005), se rapprochent le mieux avec celles trouvées en Méditerranée reportées, par El-haweet et *al.* (2013), Valeiras et *al.* (2008), Kahraman et *al.* (2001) et Hattour (1984), mais différent de celles observées en Atlantique Est citant les valeurs obtenues par Cayré et Diouf (1983), Diouf (1980) et Rodriguez-Roda (1979).

Il faut signaler aussi que, les valeurs des paramètres de croissance obtenues dans la Méditerranée sont clairement plus grandes à celles obtenues en Atlantique. En termes de longueur asymptotique (L_{∞}), la plus grande valeur 136 cm est observée par Hattour (1984) en Tunisie, bien que la petite valeur 91.5 cm est enregistrée par Valeiras et *al.* (2008) en Méditerranée Ouest (Espagne). Cependant, Valeiras et *al.* (2008) ont obtenu le plus grand coefficient de croissance (K) de l'ordre de 0.39 an^{-1} . Par ailleurs, la valeur la plus petite du coefficient de croissance 0.11 an^{-1} a été observée par Kahraman et *al.* (2001) en Mer Egée (Turquie).

La différence entre les paramètres de croissance linéaire selon les différentes régions d'étude est liée probablement aux conditions environnementales telles que : la disponibilité des aliments et la température de l'eau (Overholtz, 1989; Jorgensen, 1992; Brander, 1995; Lorenzen et Enberg, 2002; Daufresne et *al.*, 2009; Hunter et *al.*, 2016). De plus, Hunter et *al.* (2016) ont reportés que l'énergie excédentaire est utilisée pour la croissance et la reproduction, de sorte que, les poissons sont capables de croître plus rapidement pendant les périodes de haute disponibilité des aliments. D'autres parts, Ward et *al.* (2009) ont expliqué que, la disponibilité des aliments pour chaque individu, dépend généralement de l'abondance des proies, mais aussi de la concurrence entre les espèces. La concurrence accrue pour la nourriture diminue généralement sa disponibilité à chaque individu, ainsi que les fluctuations dans la clé âge-longueur peuvent causer des variations dans la croissance (Lorenzen et Enberg, 2002). Angilletta et *al.* (2004) indiquent que la température de l'eau, est l'un des principaux facteurs environnementaux qui influence la croissance, de plus les poissons des régions froides ont tendance à croître plus lentement que ceux qui connaissent un climat chaud, mais ils se caractérisent par une grande longévité et atteignent des tailles plus grandes. Hunter et *al.* (2016) mentionnent que, la croissance peut évoluer en réponse à l'intensité de pêche, et à l'échelle de temps de reproduction de l'espèce.

Selon Chauvet (1988), la valeur des paramètres de croissance, est très sensible au nombre de groupes d'âges, figurant dans l'échantillonnage et à l'importance relative des effectifs par groupes d'âge. De Anda-Montanez et *al.* (1999) expliquent que, la variation des paramètres de croissance est liée à la différence du métabolisme dans les différentes régions.

Tableau 35 : Paramètres de croissance obtenus par différents auteurs et dans diverses régions pour *E. alletteratus*.

Auteurs	Pays	Région	L_{∞} (cm)	K (an^{-1})	t_0 (an)
Rodriguez-Roda (1979)	Espagne	Atlantique Est	115	0.19	-1.17
Diouf (1980)	Sénégal	Atlantique Est	99.5	0.32	-
Cayré et Diouf (1983)	Sénégal	Large de la côte Sénégalaise	112	0.13	-
Hattour (1984)	Tunisie	Méditerranée	111	0.22	-
Hattour (1984)	Tunisie	Méditerranée	136	0.16	-
Kahrman et <i>al.</i> (2001)	Turquie	Méditerranée	123	0.13	-3.84
Kahrman et <i>al.</i> (2001)	Turquie	Mer Egée	128	0.11	-4.18
Valeiras et <i>al.</i> (2008)	Espagne	Méditerranée Ouest	91.5	0.39	-0.4
El-haweet et <i>al.</i> (2013)	Egypte	Côte d'Alexandrie	123.4	0.16	-0.59
Présente étude	Algérie	Côte de Mostaganem	124.78	0.17	-0.21

3.2.2. Croissance relative :

3.2.2.1. Relations biométriques :

Le déterminisme de la relativité mathématique entre la valeur de la longueur à la fourche (L_F) et les autres dimensions concernant le corps du poisson, est établi par rapport aux sexes séparés et l'ensemble des sexes à partir d'un ajustement de type moindre carré. Les équations montrant la relativité entre la longueur à la fourche (L_F) et les autres dimensions, ainsi que le test de conformité de Schwartz (1983), sont portées dans le tableau 36.

D'après le tableau 36, et les figures 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, et 74, la relativité calculée entre les différentes dimensions du corps des poissons, montre une très bonne corrélation entre ces dernières ($r = 0.94$ à 0.99), et ce quel que soit le sexe.

En termes de pente, les valeurs sont toutes supérieures à **1**, ce qui implique une allométrie majorante, sauf pour les relations longueur à la fourche-longueur standard (L_F - L_S) et longueur à la fourche-longueur totale (L_F - L_T), qui implique une isométrie (pente $b \approx 1$). Il apparaît que, la longueur à la fourche (L_F) croît plus vite les autres dimensions du corps (L_C , E_C , H_C , L_{PO} , L_{P0} , L_{p0} , L_{PA} , L_{PD2} , L_{PD1} et D_0), par contre la longueur à la fourche (L_F) croît parallèlement à la même vitesse que la longueur standard (L_S) et la longueur totale (L_T). Cependant, les résultats issus des données métriques, indiquent que la majorité des dimensions corporelles, sont différentes les unes des autres, ceci pour les individus qui ont la même valeur métrique d'une ou plusieurs dimensions du corps. De plus, le test de Schwartz (1983) (Tableau 36), indique une différence significative, entre toutes les dimensions sauf pour la relation (L_F - L_S), qui montre une différence non significative.

Sokal et Rohlf (1981) expliquent que, l'allométrie correspondrait au développement de certaines parties qui se fait plus rapidement, ou plus lentement que d'autres lors de la croissance d'un organisme. Toutes les différences morphologiques et morphométriques selon Nicolsky (1963), sont probablement dues à la variabilité des habitats.

Les différences entre les relations de type longueur-longueur selon Gandhi et *al.* (2013), pourraient être liées, non seulement à des facteurs abiotiques et biotiques dans l'habitat, mais varient selon les secteurs d'étude. Dans la description des espèces, la connaissance de sa biométrie est nécessaire en particulier, car les spécimens de différentes régions, diffèrent sensiblement dans le taux de croissance de leurs parties corporelles les unes des autres morphologiquement (Gandhi et *al.*, 2013).

Les différences observées entre les relations longueur-longueur dans cette étude, peuvent être expliquées par, le caractère imprévisible de ce spécimen. En effet, les thonidés mineurs, comme la thonine, sont considérés par la FAO (1997), en tant qu'espèces hautement migratrices et actives capables de parcourir de longues distances.

Tableau 36 : Equations des relations biométriques de *E. alletteratus*.

Relations	Sexes	Équations linéaires	r	Pente	$ \epsilon_{cal} $	Type d'allométrie
L_F-L_S	Femelles	$L_F = 1.0434 L_S + 0.8031$	0.99	1.04	1.68	Isométrique
	Mâles	$L_F = 1.0347 L_S + 1.2956$	0.99	1.03	1.36	Isométrique
	$\Sigma(\text{♀.♂})$	$L_F = 1.0382 L_S + 1.0776$	0.99	1.03	1.80	Isométrique
L_F-L_C	Femelles	$L_F = 4.0095 L_C + 1.1642$	0.99	4.00	8.29	Majorante
	Mâles	$L_F = 4.0574 L_C + 0.5623$	0.99	4.05	8.1	Majorante
	$\Sigma(\text{♀.♂})$	$L_F = 4.0396 L_C + 0.7969$	0.99	4.03	11.65	Majorante
L_F-L_{PD1}	Femelles	$L_F = 3.5627 L_{PD1} + 1.3702$	0.99	3.56	8.13	Majorante
	Mâles	$L_F = 3.5615 L_{PD1} + 1.0175$	0.99	3.56	7.93	Majorante
	$\Sigma(\text{♀.♂})$	$L_F = 3.5536 L_{PD1} + 1.3279$	0.99	3.55	11.41	Majorante
L_F-D_O	Femelles	$L_F = 29.254 D_O - 16.146$	0.94	29.25	8.92	Majorante
	Mâles	$L_F = 30.286 D_O - 19.264$	0.95	30.28	8.79	Majorante
	$\Sigma(\text{♀.♂})$	$L_F = 29.749 D_O - 17.587$	0.95	29.74	12.64	Majorante
L_F-L_T	Femelles	$L_F = 0.9612 L_T - 0.0024$	1	0.96	2.03	Isométrique
	Mâles	$L_F = 0.9611 L_T - 0.0022$	1	0.96	1.95	Isométrique
	$\Sigma(\text{♀.♂})$	$L_F = 0.9611 L_T - 0.0025$	1	0.96	2.85	Isométrique
L_F-H_C	Femelles	$L_F = 4.1864 H_C + 0.2774$	0.99	4.18	9.38	Majorante
	Mâles	$L_F = 4.2014 H_C + 0.06$	0.99	4.20	8.13	Majorante
	$\Sigma(\text{♀.♂})$	$L_F = 4.195 H_C + 0.1593$	0.99	4.19	11.77	Majorante
L_F-E_C	Femelles	$L_F = 5.78 E_C + 0.625$	0.99	5.78	8.75	Majorante
	Mâles	$L_F = 5.7344 E_C + 1.4869$	0.99	5.73	8.4	Majorante
	$\Sigma(\text{♀.♂})$	$L_F = 5.7658 E_C + 0.9568$	0.99	5.76	12.25	Majorante
L_F-L_{PO}	Femelles	$L_F = 4.8939 L_{PO} + 1.2915$	0.99	4.89	8.56	Majorante
	Mâles	$L_F = 4.9011 L_{PO} + 1.3248$	0.99	4.90	8.28	Majorante
	$\Sigma(\text{♀.♂})$	$L_F = 4.9015 L_{PO} + 1.2641$	0.99	4.90	12.03	Majorante
L_F-L_{PD2}	Femelles	$L_F = 1.7038 L_{PD2} + 0.3558$	0.99	1.70	6.15	Majorante
	Mâles	$L_F = 1.6999 L_{PD2} + 0.6505$	0.99	1.69	5.87	Majorante
	$\Sigma(\text{♀.♂})$	$L_F = 1.7031 L_{PD2} + 0.4576$	0.99	1.70	8.63	Majorante
L_F-L_{PA}	Femelles	$L_F = 1.5715 L_{PA} + 0.2182$	0.99	1.57	5.78	Majorante
	Mâles	$L_F = 1.5591 L_{PA} + 0.7335$	0.99	1.55	5.46	Majorante
	$\Sigma(\text{♀.♂})$	$L_F = 1.5646 L_{PA} + 0.4864$	0.99	1.66	8.02	Majorante
L_F-L_{PO}	Femelles	$L_F = 12.266 L_{PO} + 0.6195$	0.99	12.26	9.21	Majorante
	Mâles	$L_F = 12.132 L_{PO} + 1.2378$	0.99	12.13	8.91	Majorante
	$\Sigma(\text{♀.♂})$	$L_F = 12.185 L_{PO} + 0.9741$	0.99	12.18	12.92	Majorante
L_F-L_{PO}	Femelles	$L_F = 7.3125 L_{PO} + 0.4121$	0.99	7.31	8.94	Majorante
	Mâles	$L_F = 7.1887 L_{PO} + 1.8288$	0.99	7.18	8.62	Majorante
	$\Sigma(\text{♀.♂})$	$L_F = 7.2554 L_{PO} + 1.0523$	0.99	7.25	12.52	Majorante

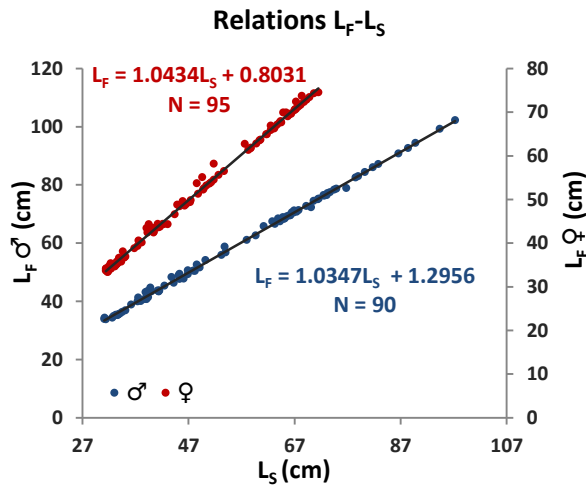


Figure 63 : Relation linéaire (L_F - L_S).

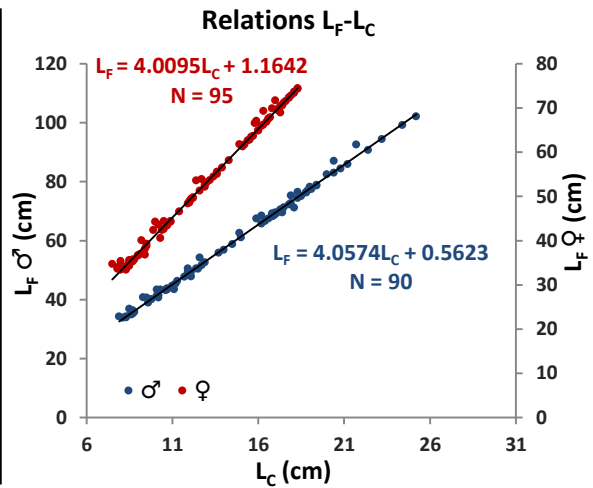


Figure 64 : Relation linéaire (L_F - L_C).

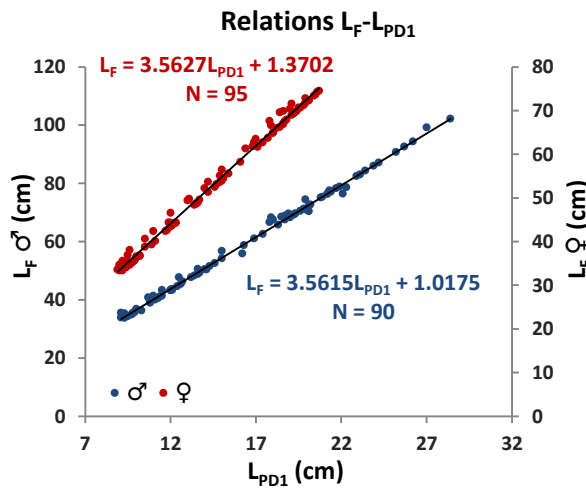


Figure 65 : Relation linéaire (L_F - L_{PD1}).

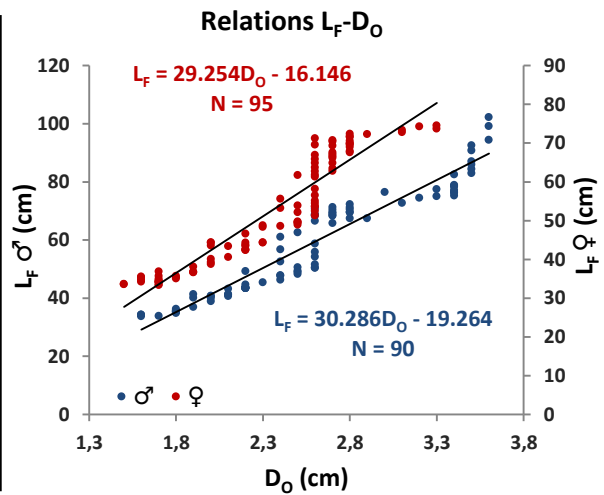


Figure 66 : Relation linéaire (L_F - D_O).

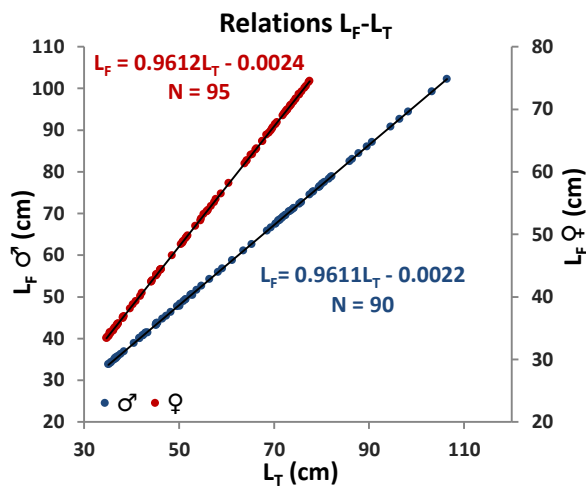


Figure 67 : Relation linéaire (L_F - L_T).

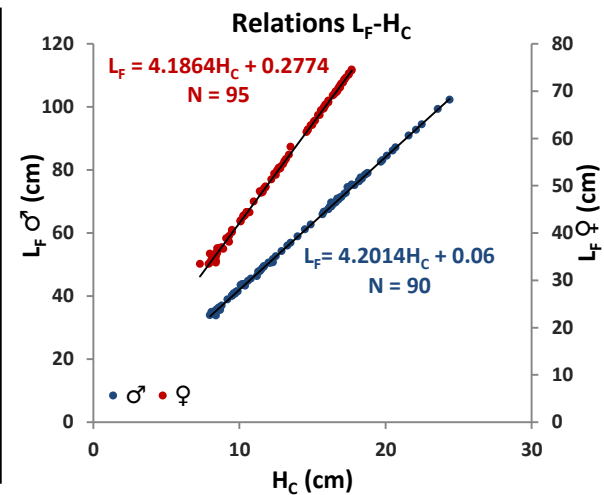


Figure 68 : Relation linéaire (L_F - D_O).

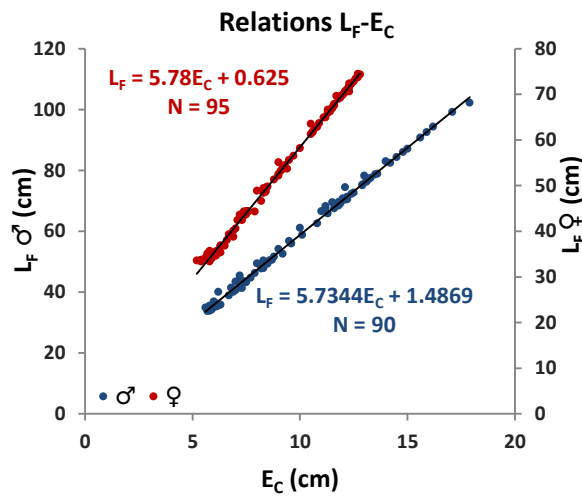


Figure 69 : Relation linéaire (L_F - E_C).

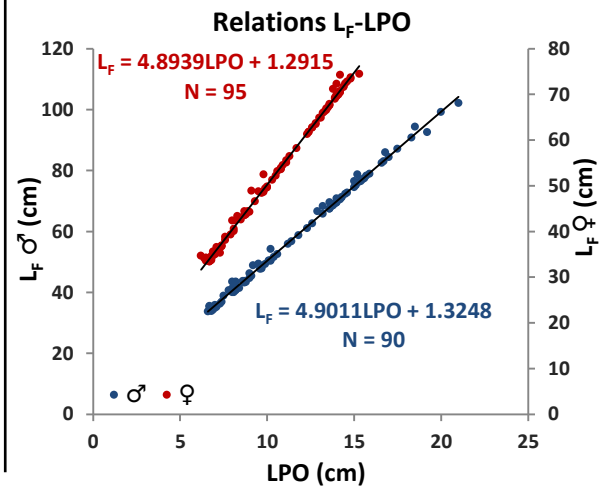


Figure 70 : Relation linéaire (L_F - L_{P_O}).

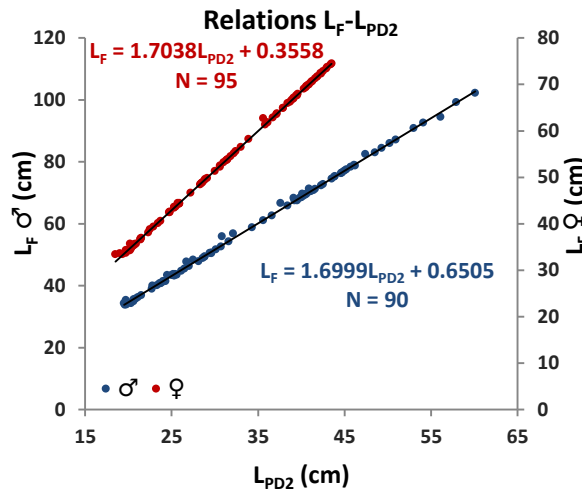


Figure 71 : Relation linéaire (L_F - $L_{P_{D_2}}$).

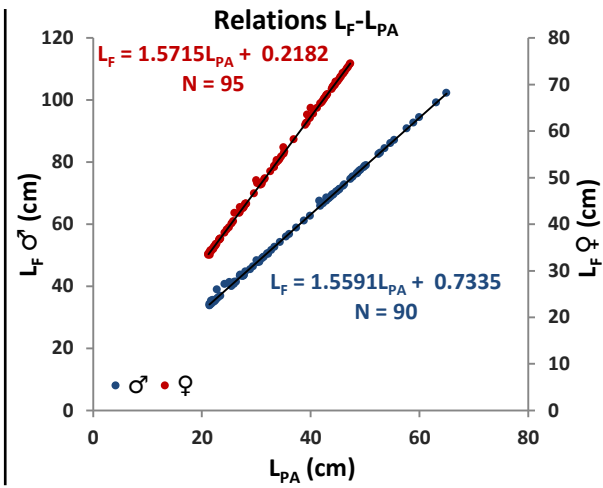


Figure 72 : Relation linéaire (L_F - L_{P_A}).

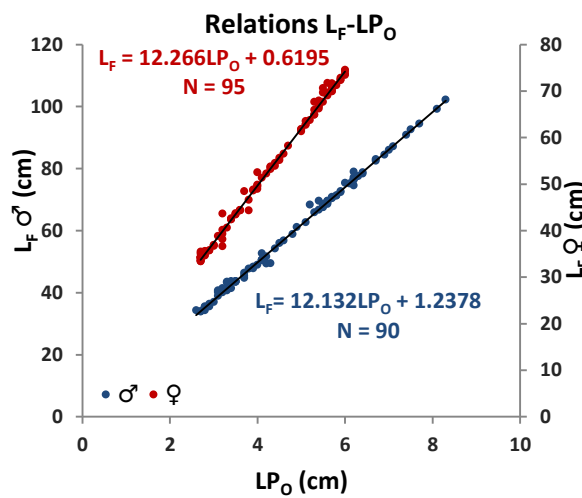


Figure 73 : Relation linéaire (L_F - L_{P_O}).

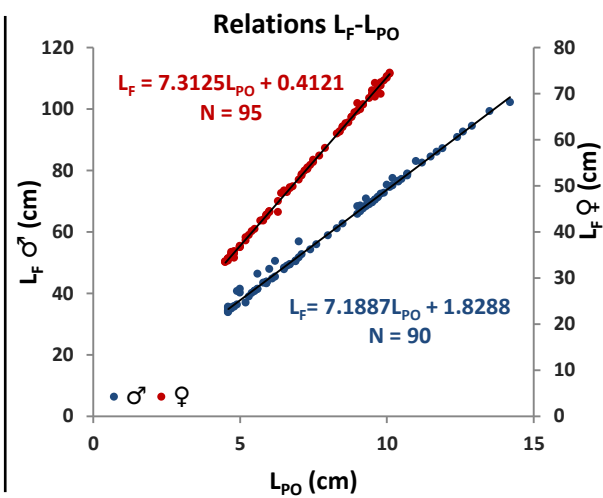


Figure 74 : Relation linéaire (L_F - L_{P_O}).

3.2.2.2. Relation taille poids :

La valeur numérique de la pente est légèrement supérieure à **3**, pour les sexes confondus et pour les femelles (Figures 75, 76). Il existe une forte corrélation positive entre, le W_T et le L_F , qui implique une allométrie majorante. Il apparaît que, le poids (W_T), croît plus vite que la longueur à la fourche (L_F), or la valeur de la pente est légèrement inférieure à **3** pour les mâles (Figure 76), ce qui implique une allométrie minorante, il apparaît que le poids (W_T), croît moins vite que la longueur à la fourche (L_F).

Notant que les paramètres de la relation taille-poids selon les sexes confondus sont retenus pour le reste de l'étude.

Le tableau ci-dessous récapitule les équations de la relation taille-poids selon le sexe.

Tableau 37 : Expressions de l'équation taille-poids pour *E. alletteratus*.

Sexe	Expressions de la relation taille-poids
Confondus	$W_T = 0.0042 L_F^{3.37}$
♀	$W_T = 0.0036 L_F^{3.41}$
♂	$W_T = 0.020 L_F^{2.96}$

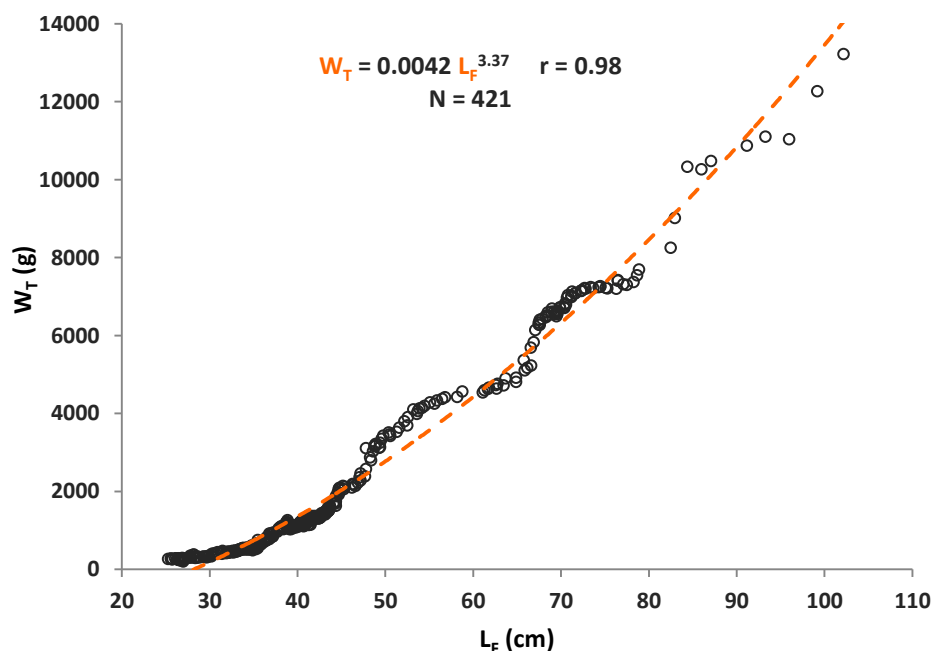


Figure 75 : Relation taille-poids pour *E. alletteratus* (sexes confondus) de la côte de Mostaganem.

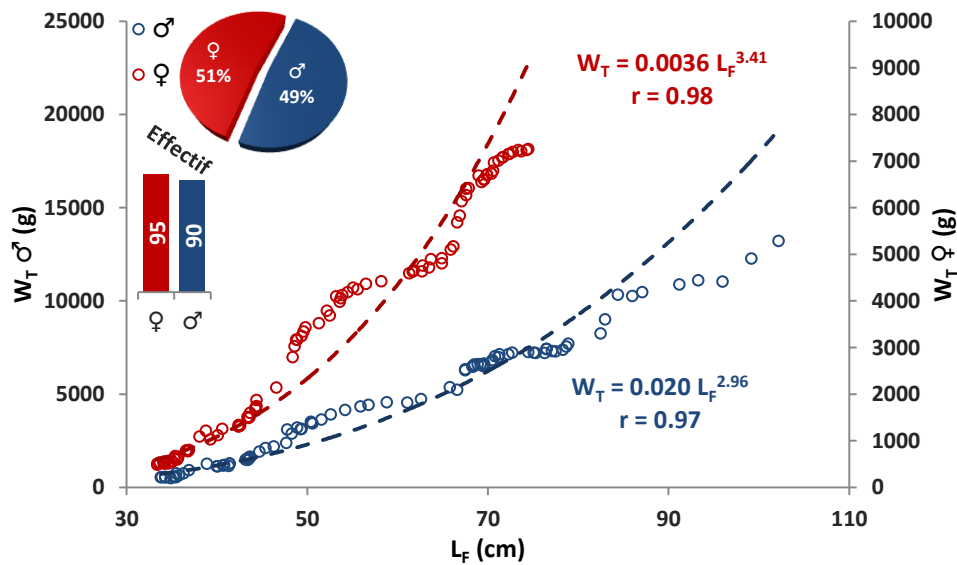


Figure 76 : Relation taille-poids pour les mâles et les femelles de *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem.

La comparaison avec la littérature (Tableau 38), montre que nos résultats ne diffèrent que légèrement de ceux obtenus dans différentes régions. En effet, les résultats obtenus se rapprochent le mieux avec ceux obtenus en Tunisie, par Hattour (2008), par contre diffèrent sensiblement avec ceux obtenus par Kahraman (2005), Kahraman et *al.* (2001) et Rodrigues-Roda (1966) respectivement, en Méditerranée Est, Mer Egée (Turquie) et en Méditerranée Ouest.

Dulčić et Kraljević (1996), Shepherd et Grimes (1983), Pauly (1984b) et Weatherley et Gill (1987), expliquent que, divers facteurs peuvent être responsables de près ou de loin sur les différences dans les paramètres des relations taille-poids entre les saisons et les années, telles que : la température, la salinité, la nourriture (quantité, qualité de proies), le sexe, la période de l'année et les stades de maturité sexuelle.

Selon Bagenal et Tesch (1978), les relations taille-poids ne sont pas constantes durant toute l'année, mais varient selon des facteurs, tels que : la disponibilité des aliments, le taux d'alimentation, le développement des gonades et la période de fraie. D'après Mayrat (1970) et Bagenal et Tesch (1978), l'exposant, indiquant le type d'allométrie (b), est caractéristique pour l'espèce et ne varie généralement pas tout au long de l'année, contrairement au coefficient lié à la forme du corps (a) qui peut varier quotidiennement, saisonnièrement et ou selon les différents habitats.

Tableau 38 : Comparaison avec la littérature des paramètres de la relation taille-poids pour *E. alletteratus*.

Auteurs	Région	a	b	Type d'allométrie
Rodriguez-Roda (1966)	Méditerranée Ouest	0.022	2.91	Minorante
Diouf (1980)	Sénégal	0.014	3.03	Isometrie
Hattour (1984)	Tunisie	0.016	3	Isometrie
Kahraman et al. (2001)	Turquie	0.048	2.72	Minorante
Kahraman et al. (2001)	Mer Egée	0.00005	2.69	Minorante
Kahraman (2005)	Méditerranée Est	0.00002	2.95	Minorante
Kahraman (2005)	Méditerranée Est	0.0001	2.46	Minorante
Macias et al. (2006)	Sud-ouest d'Espagne	0.044	2.75	Minorante
Kahraman et al. (2008)	Méditerranée Nord-est	0.038	2.77	Minorante
Gaykov et Bokhanov (2008)	Atlantique Est	0.015	3.0085	Isometrie
Macias et al. (2009)	Espagne	1.69	2.96	Minorante
Hattour (2009)	Tunisie	0.0053	3.26	Majorante
Présente étude	Côte de Mostaganem	0.0042	3.37	Majorante

3.2.2.3. Croissance pondérale absolue :

Le poids asymptotique, W_{∞} est estimé, en remplaçant le L_F de la relation taille-poids par le L_{∞} obtenu par le VONBIT (Stamatopoulos, 2005). On obtient : **$W_{\infty} = 48.66$ kg.**

La formule ci-dessous, nous a permis d'établir, le tableau 39, ciblant la relativité âge-poids, selon les sexes confondus. Ces résultats sont schématisés sur la figure 77, qui représente la courbe de croissance pondérale théorique de von Bertalanffy (1938). L'équation de croissance pondérale théorique de *E. alletteratus*, selon les sexes confondus de la côte de Mostaganem, s'écrit alors :

$$W_t = 48.66 \left(1 - e^{-0.17(t + 0.21)}\right)^{3.37}$$

Généralement, on peut signaler que, le poids théorique (W_t) augmente avec l'âge de la thonine, jusqu'à atteindre le poids maximale de 48.66 kg, puis il se stabilise à cette valeur jusqu'à l'infinie (Figure 77).

Tableau 39 : Courbe de croissance pondérale de *E. alletteratus* (sexes confondus) (modèle de von Bertalanffy).

Âge (ans)	0	4	8	12	16	20	22	26	30	34	38
W_t (kg)	0	5.03	18.61	30.94	38.98	43.56	46.03	46.77	47.70	48.17	48.41

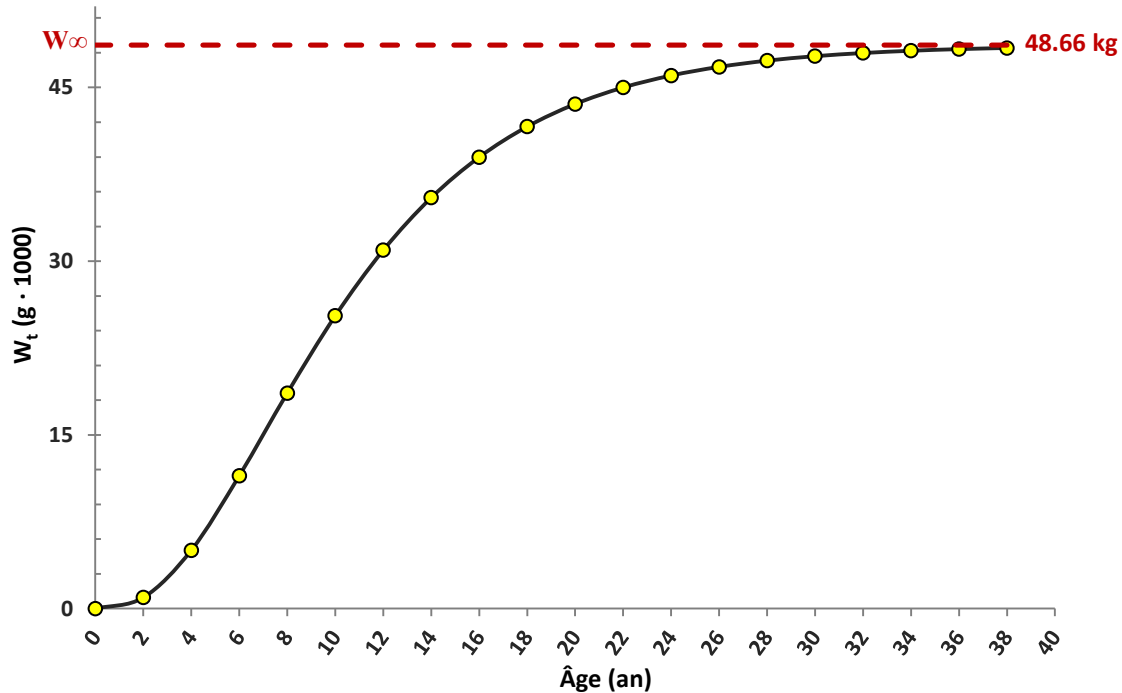


Figure 77 : La courbe de croissance pondérale théorique de von Bertalanffy pour *E. alletteratus* (sexes confondus).

3.3. Sélectivité et recrutement :

3.3.1. Taille de sélection :

L'analyse de la figure 78, qui représente le pourcentage cumulé des probabilités de captures en fonction des centres de classe de taille, permet l'estimation graphique des tailles de sélection L_{25} , L_{50} et L_{75} .

Les résultats montrent que, la taille de sélection L_C (L_{50}), est schématisée à l'abscisse en fonction de la valeur d'ordonnée 50% (Figure 78). Les tailles de sélection L_{25} et L_{75} sont déterminées, selon le graphique, respectivement de **31.60** et **54.12 cm** qui correspondent successivement aux âges **1.5** et **3.13 ans**.

D'autre part, la taille moyenne de première capture L_C , est estimée à **42.86 cm** relativement au groupe d'âge moyen de première capture (t_C) calculé à **2.26 ans**.

Il existe peu d'informations sur la taille de capture de la thonine, non seulement dans la Mer Méditerranée, mais aussi dans les Mers et océans du globe. La FAO, en association avec la COPEMED, fixent la taille marchande de la thonine dans neuf pays incluant l'Algérie à 40 cm (Cacaud, 2002) sans jamais mentionner la méthodologie d'estimation. Cette valeur fixée, repose essentiellement sur les textes juridiques, figurant dans la base de données du bureau juridique de la FAO.

Comparant avec nos résultats, la taille marchande de la thonine fixée, par la FAO COPEMED (40 cm), est nettement petite que celle obtenue dans cette étude (**42.86 cm**).

Il faut noter que, la taille de première capture (L_C), de la thonine (42.86 cm), est inférieure à la taille de première maturité sexuelle (L_{50}), estimée à 54 cm, ce qui constitue un risque de déséquilibre du stock de la thonine de la côte de Mostaganem. Cependant, nos résultats montrent, que la thonine, est exploitée avant la reproduction.

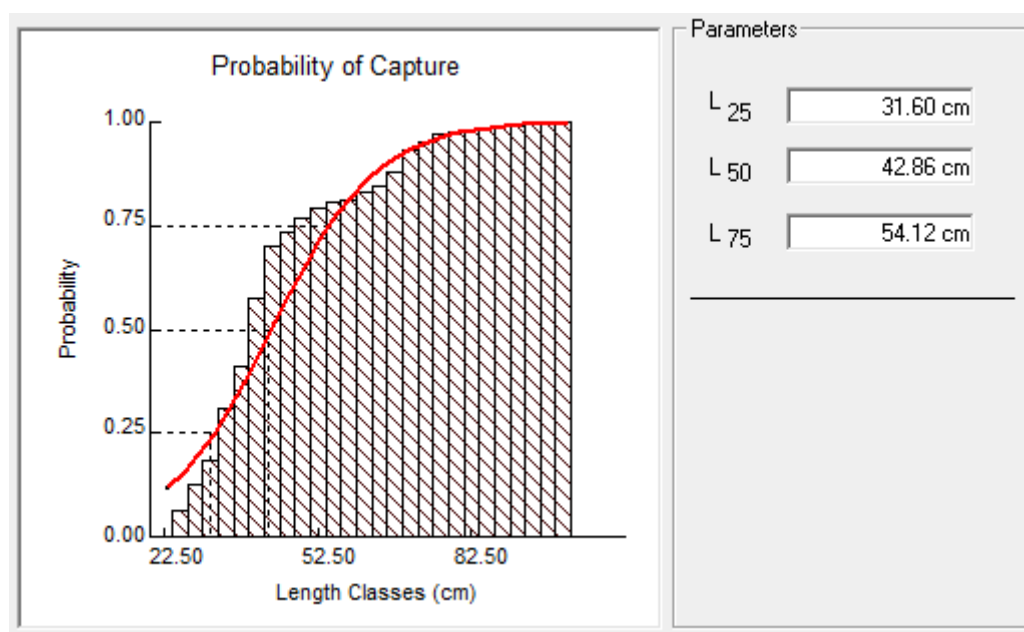


Figure 78 : Taille de sélection (L_C) de *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem FISAT II (1.2.0) (Gayaniilo et al., 2005).

3.3.2. Taille de recrutement :

Le déterminisme de la taille de recrutement (L_r), repose essentiellement sur le pourcentage cumulé des effectifs des juvéniles (Tableau 40). Cependant, la taille de recrutement, est schématisée sur l'abscisse en fonction de la valeur d'ordonnée 50% des pourcentages cumulés des effectifs.

D'après la figure 79, la taille moyenne de recrutement, est de l'ordre de **35.7 cm** déterminée graphiquement, avec un âge moyen (t_r) respectif de **1.77 ans**.

Le processus de recrutement, s'effectue essentiellement pendant les onze premiers mois de Janvier à Novembre après la période de ponte en Juillet (Figure 80). En effet, cinq pics ont été distingués durant les mois de Mars, Avril, Mai, Juin et Octobre, avec des pourcentages de recrutements respectivement, 13.22%, 13.87%, 16.13%, 14.85% et 11.06% (Figures 80, 81).

Souvent, l'efficacité des géniteurs a généralement été négligée dans les relations de recrutement des stocks (Trippel et *al.*, 1997). Selon Ricker (1954) et Beverton et Holt (1957), les prédictions de recrutement et la gestion du stock sont liés plus ou moins seulement à la biomasse des stocks, indépendamment des effets des géniteurs sur la qualité des œufs et des larves. De nombreuses études ont confirmées, l'existence d'une augmentation de la qualité des recrues avec l'âge des géniteurs ou le processus reproductif qui implique des effets potentiels sur le recrutement (Parker et Begon, 1986; Sargent et *al.*, 1987; Marteinsdottir et Steinarsson, 1998; Trippel, 1998). Selon Houde (1994), les poissons marins qui s'éclosent à une taille relativement petite, ont des durées de stade plus longues et souffrent d'un taux de mortalité larvaire plus élevé ce qui indique, une probabilité plus élevée que les niveaux de recrutement soient contrôlés principalement au stade larvaire.

Selon Myers (1998), Rose (2000), Miller (2007), Houde (2008), North et *al.* (2009), Hofmann et *al.* (2010) et DeYoung et *al.* (2010), les relations prédictives entre les variables environnementales simples et le recrutement indiquent comment les processus physiques et biologiques interagissent pour stimuler la variation du recrutement, puis incorporer cette information mécaniste dans les modèles physiques et biologiques couplés du processus de recrutement. En effet, la valeur de l'utilisation de méthodes de modélisation biophysiques intégrées et multidisciplinaires pour comprendre le recrutement des poissons, est multiple (DeYoung et *al.*, 2010).

Le pourcentage de recrutement mensuel de la thonine de la côte de Mostaganem, semble donner des résultats satisfaisants mais une analyse de population virtuelle est bien requise pour confirmer l'état du recrutement.

Tableau 40 : Pourcentage des effectifs des juvéniles de *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem.

Cc (cm)	N (ind)	N %	N % Cum
25.5	28	9.49152542	9.49152542
28.5	25	8.47457627	17.9661017
31.5	24	8.13559322	26.1016949
34.5	54	18.3050847	44.4067797
37.5	42	14.2372881	58.6440678
40.5	69	23.3898305	82.0338983
43.5	53	17.9661017	100

N % Cum : Pourcentage d'effectif cumulé.

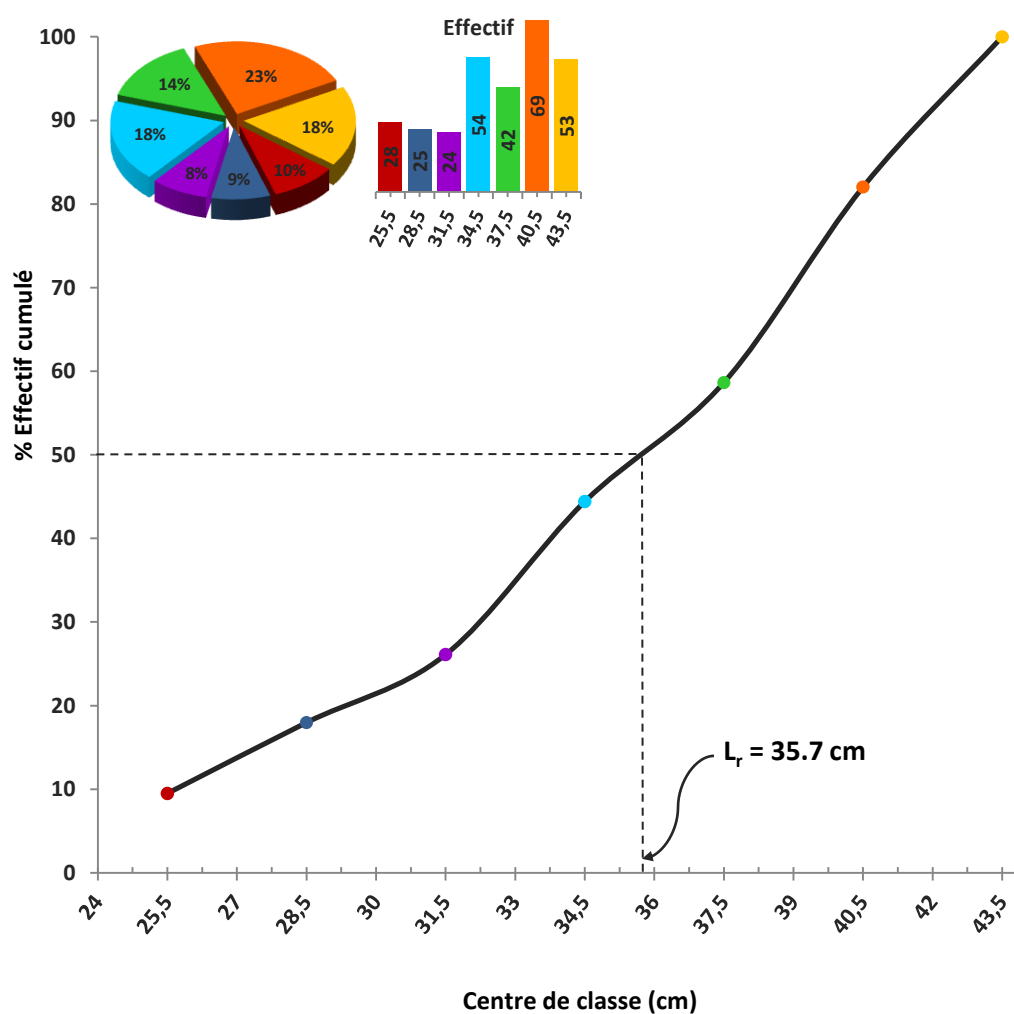


Figure 79 : Taille de recrutement (L_r) de *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem.

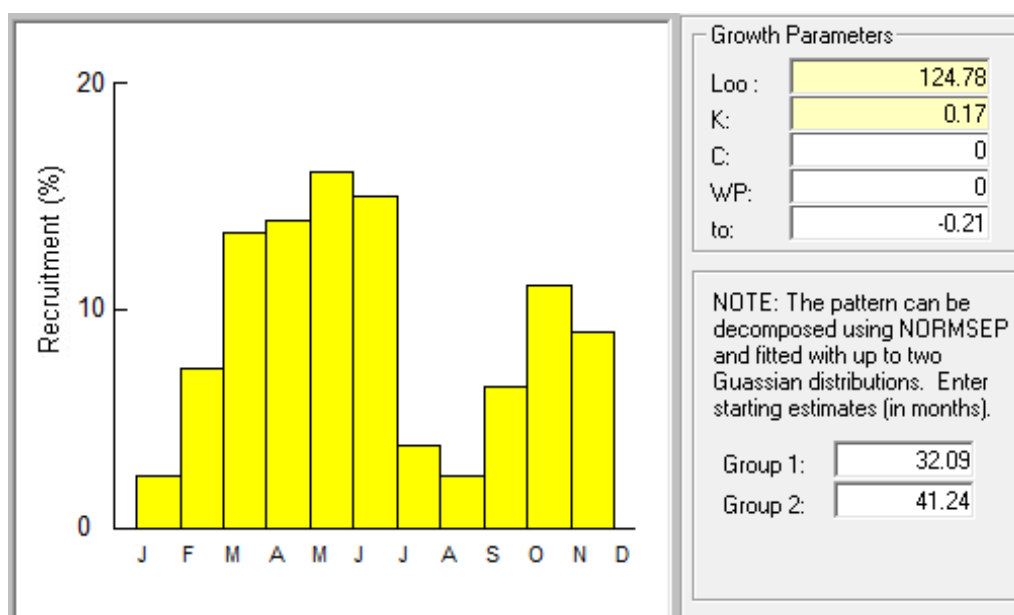


Figure 80 : Recrutement mensuel de *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et al., 2005).

Relative Time	Percent Recruitment
Jan	2.36
Feb	7.12
Mar	13.22
Apr	13.87
May	16.13
Jun	14.85
Jul	3.70
Aug	2.30
Sep	6.50
Oct	11.06
Nov	8.89
Dec	0.00

Figure 81 : Pourcentage du recrutement mensuel de *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et al., 2005).

3.4. Etude des mortalités et l'état du stock :

Les valeurs de la mortalité totale (Z), naturelle (M) et par pêche (F), sont consignées dans le tableau 41, en se basant, sur les paramètres de croissance obtenus par le VONBIT (Stamatopoulos, 2005) en présence du couple ($\hat{\text{âge}} = 0$, $L_F = 0$). D'autre part, le taux d'exploitation (E) est calculé statistiquement.

La mortalité totale (Z), a été estimée par le logiciel FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et *al.*, 2005), comme le montre la figure 82, alors que, la mortalité naturelle (M) a été calculée en se basant sur l'équation de Djabali et *al.* (1994) ainsi que celle de Rikhter et Efanov (1976) (Figure 83).

On peut remarquer que, la mortalité naturelle (M) estimée, par les deux méthodes, donne un même résultat qui est de l'ordre de **0.21 an⁻¹** représentant **16%** de la mortalité totale, de plus la mortalité naturelle, est largement inférieure de $\frac{1}{5}$ à la mortalité par pêche (F) qui est de l'ordre de **1.12 an⁻¹** ce qui représente un pourcentage de **84%** (Figure 84).

Les valeurs calculées, pour *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem dans la présente étude, ont montré que le taux d'exploitation actuel de l'ordre de **84%** qui est nettement supérieur à l'équilibre (50%), ce qui implique une condition de surexploitation biologique du stock de la thonine. Certes une étude de l'état de l'exploitation est indispensable pour confirmer ces résultats.

Tableau 41 : Mortalités (Z , M et F) estimées pour *E. alletteratus* (sexes confondus).

Mortalités				Taux d'exploitation (%)
Z (an ⁻¹)	M (an ⁻¹)		F (an ⁻¹)	
	Djabali et <i>al.</i> (1994)	Rikhter et Efanov (1976)		
1.33	0.21	0.214	1.12	84

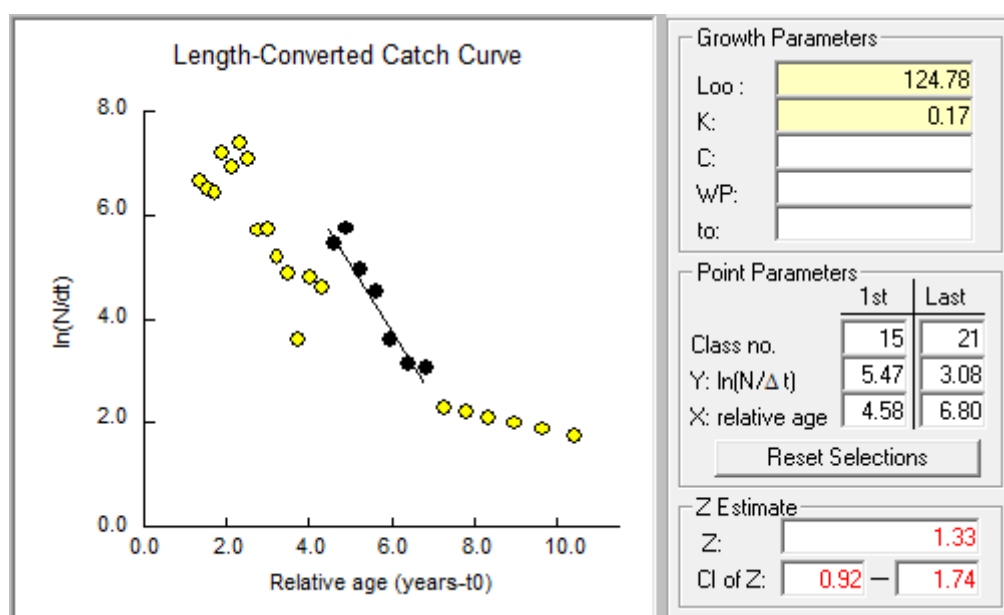


Figure 82 : La courbe de capture fondée sur la longueur FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et *al.*, 2005), pour *E. alletteratus* (sexes confondus).

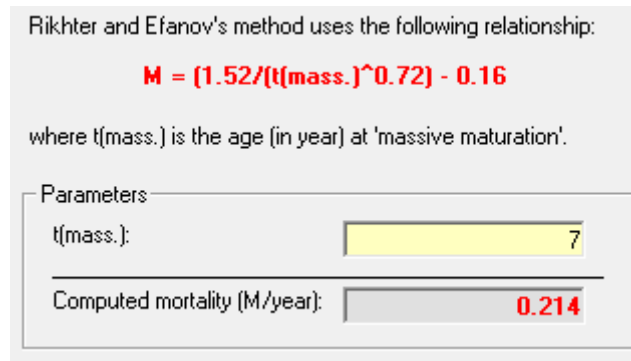


Figure 83 : Mortalité naturelle de *E. alletteratus* (sexes confondus) FISAT II (1.2.0) (Gayanilo et al., 2005).

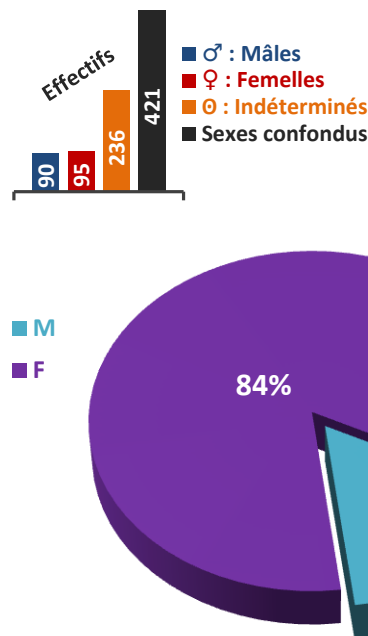


Figure 84 : Pourcentage de la mortalité naturelle et par pêche de *E. alletteratus* (sexes confondus).

Il existe peu d'informations, sur la mortalité de la thonine, non seulement dans la Mer Méditerranéenne, mais aussi dans les différentes régions du globe, ce qui rend la comparaison de nos résultats très limitée.

L'examen du tableau 42, montre que les taux des mortalités (Z, M et F), différent sensiblement, d'un auteur à un autre et d'une région à une autre, ceci reviendrait probablement à la divergence des méthodes, utilisées pour les estimations. Il faut signaler aussi que les valeurs de K et L_{∞} , peuvent aussi influencer directement, les mortalités (M) et (Z). Nous remarquons que les mortalités (Z, M, et F), obtenues dans la présente étude, sont inférieures, à celles estimées par El-haweet et al. (2013) en Egypte.

Par ailleurs, la mortalité totale (Z) dans le présent travail (1.33 an^{-1}) est largement plus grande que celles trouvées par Kahraman et *al.* (2001) dans la Mer Egée et Diouf (1980) dans l'Atlantique Est respectivement 0.44 an^{-1} et 0.44 an^{-1} .

De plus, Pauly (1980) montre que, la mortalité naturelle (M), des poissons soit également corrélée directement avec la température ambiante. En effet, la mortalité naturelle, diminue avec l'augmentation de la taille des poissons, comme la montré Pepin (1991). Peterson et Wroblewski (1984) ont signalé d'autre part, que la mortalité naturelle diminue avec l'augmentation du poids des poissons.

Tableau 42 : Mortalités (Z , M et F) estimées selon les différents auteurs et régions pour *E. alletteratus* (sexes confondus).

Auteurs	Pays	Région	$Z (\text{an}^{-1})$	$M (\text{an}^{-1})$	$F (\text{an}^{-1})$
Diouf (1980)	Sénégal	Atlantique Est	0.44	-	-
Kahraman et <i>al.</i> (2001)	Turquie	Mer Egée	0.44	-	-
El-haweet et <i>al.</i> (2013)	Egypte	Côte d'Alexandrie	1.99	0.39	1.6
Présente étude	Algérie	Côte de Mostaganem	1.33	0.21	1.12

Troisième partie

Exploitation

1. Introduction :

La gestion des pêcheries semble avoir évolué à partir des premières étapes au cours desquelles la compréhension des fondements biologiques du système a été considérée comme le facteur clé pour une bonne gestion. Cela pour, aboutir à un état où la complexité intrinsèque des stocks exploités et des écosystèmes, ainsi que les facteurs techniques et socio-économiques impliqués, créent la nécessité de réorienter les stratégies de recherche et de gestion (Freire et García-Allut, 2000).

Selon Rocha *et al.* (1995), la gestion des stocks de poissons indique, une favorabilité pour les méthodes classiques, utilisées dans l'évaluation des espèces, pour introduire les effets des multi-espèces, multi-flottes et multi-engins (l'analyse des captures de nombreuses espèces par, différents engins de pêche et différents types de navires). Car dans l'évaluation de la stratégie globale de capture, les méthodes traditionnelles ne tiennent pas compte des effets qui se produisent lorsque plusieurs stocks sont exploités concurremment dans le temps et l'espace à différents niveaux de pêche.

Le défi majeur de la gestion de toute ressource sauvage selon Dayton *et al.* (1995), est d'incorporer les incertitudes et de permettre la maximisation des prises de telle sorte que, les stocks exploités ne soient ni gaspillés ni mis en péril. D'autres parts, dans la plupart des cas, les stocks de poissons exploités, connaissent des incertitudes de recrutement ainsi que des changements éco-systémiques qui altèrent la productivité de la croissance.

Différents modèles sont utilisés pour l'évaluation de l'état d'un stock et de l'effet de la pêche sur ce dernier, à savoir :

- Les modèles analytiques ou structuraux : développés par Beverton et Holt (1966, 1957) et Ricker (1954, 1973), ces modèles sont complexes et intègrent les aspects biologiques et démographiques du stock. La population est considérée dans ce cas, comme étant un système dont les changements peuvent se traduire par des bilans de gains (recrutement et croissance) et de pertes (mortalité naturelle et mortalité par pêche). On peut également utiliser les techniques d'analyse des populations virtuelles (Sparre et Venema, 1996).
- Les modèles globaux ou de production, tels que le modèle linéaire de Schaeffer (1954) et le modèle exponentiel de Fox (1970) ne tiennent pas compte des paramètres biologiques (croissance, mortalités, reproduction), ignorant les bilans statistiques de pêche et les biomasses exploitées.

Les modèles analytiques ou structuraux sont utilisés pour étudier la taille et la dynamique des populations en examinant ses principales composantes et les variations qu'elles subissent. D'après Lleonart (2002), l'évaluation des stocks est basée essentiellement sur, les informations et données tributaires de la capture, telles que les statistiques de pêche et d'effort et la structure d'âge des captures.

À l'aide des informations et les données sur les captures en fonction d'âge et certains paramètres, l'analyse de population virtuelle (VPA), reconstruit l'historique des stocks en termes de nombre d'individus et de mortalité par pêche. La VPA et ses variantes est la méthode d'évaluation des stocks la plus standard et la plus fiable (Lleonart, 2002).

Les méthodes rétrospectives qui font appel à des données historiques sont appelées analyse de population virtuelle ou analyse de cohorte, alors que les méthodes qui sont tournées vers l'avenir sont appelées méthodes prédictives ou méthodes de Thompson et Bell (Sparre et Venema, 1996).

Le peu d'informations des captures d'une série chronologique étalée sur un laps temporel assez long des prises de la thonine dans la côte de Mostaganem, nous a poussé à opter pour une étude analytique, qui constitue un outil d'évaluation de la biomasse. L'analyse de population virtuelle (VPA), est une technique pour l'estimation du rendement, biomasse féconde et de la biomasse par recrue.

2. Matériels et méthodes :

Pour l'étude de la dynamique de la population de *E. alletteratus* de la côte Mostaganemoise, le logiciel recommandé par la FAO à savoir, le VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), a été utilisé pour l'ensemble des résultats obtenus lors de l'étude des paramètres biologiques.

Le choix s'est porté sur le logiciel VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), pour l'analyse de la pêche du fait qu'il est programmé et conçu selon la nécessité de la pêche méditerranéenne d'une part, et présente l'avantage de fonctionner avec des pseudo-cohortes de l'autre part. Cependant, le programme VIT (1.2), nécessite seulement la connaissance des captures sur un an au lieu d'une série historique temporelle (Maynou, 1999).

Le programme de calcul VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), élaboré par Lleonart et Salat (1997), dans sa version Windows (Maynou, 1999), permet une analyse de la population virtuelle (VPA), menant à la reconstruction de la population de la thonine de la côte de Mostaganem. L'objectif principal du programme VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), est d'étudier la dynamique de la population d'une seule espèce soumise à l'exploitation, aux variations du taux d'exploitation, l'interaction entre les engins de pêche et la réaction de la population aux changements dans le taux d'exploitation, indépendamment des changements sur les prises et le recrutement. Le programme VIT permet aussi, d'évaluer la situation actuelle du stock sous pression de pêche intense, ayant comme hypothèse principale celle de l'état du stock en équilibre (Maynou, 1999). D'une part, le VIT considère que, la population de l'espèce étudiée, est en déséquilibre, de l'autre part, l'état du recrutement et de la mortalité ne sont pas des constantes, relativement au temps.

De plus, le programme VIT (1.2), calcule aussi le nombre d'individus au début de la première classe observée (Lleonart, 2004), vu que le nombre de recrues correspond au nombre de poissons ajoutés au stock exploitable, dans le secteur de pêche chaque année.

D'après Lleonart et Salat (1997), le programme VIT (1.2), fonctionne avec des pseudo-cohortes, donc approprié pour des analyses de séries non historiques, en outre une analyse de population basée sur une série temporelle limitée de la taille ou des fréquences d'âge. Le programme VIT (1.2), selon Lleonart (2004), emploi aussi les outils d'analyse et options de rapport pour les estimations :

- Du rendement par recrue (Y/R), qui correspond au rendement prévu à vie pour le recrutement moyen d'un modèle d'exploitation donné (actuel).
- De la biomasse par recrue (B/R), qui représente la biomasse moyenne actuelle par recrue.
- De la biomasse féconde par recrue (SSB/R), qui représente la biomasse de frai moyenne actuelle par recrue.

Ces estimations, sont basées sur les vecteurs de mortalité par pêche (F), selon les analyses de sensibilité aux intrants de paramètres et l'analyse de la transition en dehors de l'équilibre en raison des changements dans les schémas de l'exploitation ou le recrutement.

2.1. Analyse de population virtuelle (VPA) :

Fry (1949), a appliqué la méthode de Dezhavin (1922) à une pêcherie de *Salvelinus namaycush* et a appelé sa méthode d'analyse de cohorte, l'analyse de population virtuelle (VPA). Selon Fry (1949, 1957), l'expression "analyse de la population virtuelle" exprime l'estimation de la taille d'une seule cohorte ou classe d'année, en additionnant en arrière de l'année de la durée de vie maximale, toutes les captures de poissons qui avaient leur origine dans la même année donnée.

La VPA et l'analyse de cohorte ont d'abord été élaborées, en tant que méthodes fondées sur l'âge, toutefois ces dernières années, on a commencé à disposer également de méthodes fondées sur la longueur, il faut disposer d'informations sur les quantités pêchées, exprimées en nombres de poissons. Le total des effectifs débarqués, doit être distribué en classes de longueurs (méthodes fondées sur la longueur), avant de pouvoir commencer une analyse. Il faut auparavant dresser des tableaux des effectifs totaux débarqués, par longueur et par an. Le principe de la méthode, consiste à analyser ce que l'on peut observer, la capture, de manière à estimer la population qui devait se trouver en mer pour produire cette capture (Sparre et Venema, 1996).

Dans cette étude, l'analyse de la population virtuelle est un algorithme qui calcule les taux historiques de mortalité par pêche et la taille des stocks en fonction de l'âge, sur la base :

- Des données des captures (distribution fréquence-taille).
- Les paramètres de croissance linéaire (L_{∞} , K et t_0) de l'équation de von Bertalanffy (1938).
- Les valeurs des paramètres a et b de la relation taille-poids.
- La mortalité naturelle (M).
- la mortalité par pêche (F).
- Le pourcentage de maturité sexuelle pour chaque classe de taille.

Powers et Restrepo (1992), ont reporté que la VPA, reconstruit essentiellement l'histoire de chaque cohorte, en supposant que les captures observées sont connues sans erreur.

L'analyse de la VPA à l'aide du programme VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), nous a permis aussi, d'estimer la valeur numérique des indicateurs concernant le stock actuel étudié à savoir :

- ⇒ L'âge moyen des captures et l'âge moyen du stock actuel.
- ⇒ L'âge critique du stock vierge.
- ⇒ La taille moyenne des captures et la taille moyenne du stock actuel.
- ⇒ La taille critique du stock actuel et la taille critique du stock vierge.
- ⇒ Le nombre de recrues (R).
- ⇒ La biomasse vierge (B_0), la biomasse à l'équilibre (D) et la biomasse du stock mature (SSB).
- ⇒ La biomasse moyenne ($\bar{B}$).
- ⇒ Le taux de production par unité de biomasse ($D/\bar{B}$).
- ⇒ La mortalité par pêche moyenne ($\bar{F}$).
- ⇒ La mortalité par pêche globale F^* .
- ⇒ Le nombre des captures par chaque classe de taille.
- ⇒ Le poids des captures relatif à chaque classe de taille.

Cependant, il faut signaler que, la méthode d'évaluation (VPA) du stock de la thonine de la côte Mostaganemoise, utilise des informations provenant d'une seule source pour attribuer des probabilités à des hypothèses alternatives. Ces informations, sont constituées de données provenant d'observations du stock en question (tendances du taux de capture, données sur la composition par âge, etc), sans prendre en considération, les informations basées sur des déductions pour d'autres stocks de poissons.

Une fois les données d'entrée (Tableau 43) sont introduites dans le logiciel VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), une analyse de populations est construite à base de ces valeurs numériques.

Tableau 43 : Paramètres d'entrée pour le calcul de la VPA dans le VIT (1.2)
(Lleonart et Salat, 2000), de la côte de Mostaganem
pour *E. alletteratus* (sexes confondus).

Cc (cm)	N	% Matures	Paramètres biologiques et production annuelle
25.5	28	0	Equation linéaire de von Bertalanffy (1938) $L_t = 124.78 (1 - e^{-0.17(t + 0.21)})$
28.5	25	0	
31.5	24	0	
34.5	54	0	
37.5	42	0	
40.5	69	0	
43.5	53	0	
46.5	14	0	
49.5	15	0	
52.5	9	0.22	Relation taille-poids $W_t = 0.0042 L_t^{3.37}$
55.5	7	0.42	
58.5	2	0.5	
61.5	7	1	Mortalités $Z = 1.33 \text{ an}^{-1}$ $M = 0.21 \text{ an}^{-1}$ $F = 1.12 \text{ an}^{-1}$
64.5	6	1	
67.5	15	1	
70.5	21	1	
73.5	10	1	
76.5	7	1	
79.5	3	1	
82.5	2	1	
85.5	2	1	Production de la côte Mostaganemoise 127.4 tonnes
88.5	1	1	
91.5	1	1	
94.5	1	1	
97.5	1	1	
100.5	1	1	
103.5	1	1	

Cc : Centre de classe (cm), **N :** Effectif (individus), **% Mature :** Pourcentage des matures.

2.1.1. Calcul du nombre de survivants :

D'après Lleonart et Salat (1997), grâce au programme de calcul VIT (1.2) en considérant la petite taille de l'échantillon, une bonne amplitude de longueur a été obtenue, de sorte que la méthode d'analyse de la pseudo-cohorte appliquée était l'équation classique des prises et les équations habituelles de la dynamique de la population de Gulland (1969). L'équation de survie peut s'exprimer comme suit :

$$N_t = N_0 \cdot e^{-(Zt)}$$

Avec

N_t : Nombre de survivants à l'âge t (ind).

N_0 : Nombre de survivants initial (ind).

Z_t : mortalités totale à l'âge t (an^{-1}).

Cette équation peut être exprimée, pour chaque classe, sous une forme différente selon l'équation :

$$N_{i+1} = N_i \cdot e^{-(Z_i \cdot \Delta t)}$$

N_{i+1} : Nombre de survivants à la fin de l'année (ind).

Δt : intervalle de temps (an).

2.1.2. Calcul des captures en nombre :

Selon Lleonart et Salat (1997), le programme VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000) en se basant sur l'équation de survie, calcule automatiquement et parallèlement les captures en nombre en fonction de chaque classe de taille selon l'équation de capture exprimée comme suit :

$$C_i = \left(F_i / Z_i \right) \cdot (1 - e^{-(Z_i \Delta t)})$$

C_i : Capture en nombre à l'âge i (ind).

Z_i et F_i : Mortalités totale et par pêche de chaque âge i (an^{-1}).

Δt_i : Intervalle de temps (an).

Le processus commence par la dernière classe et le nombre d'individus au début de la dernière classe est calculé à l'aide de l'équation de capture avec la mortalité par pêche terminale, en remplaçant l'équation de survie dans l'équation de capture, la nouvelle expression suivante est dérivée :

$$C_i = \left(F_i / Z_i \right) \cdot N_{i+1} (e^{-(Z_i \Delta t_i)} - 1) t_{i+1}$$

2.1.3. Calcul de valeurs numériques moyennes :

Les équations qui permettent le calcul des valeurs moyennes selon Lleonart et Salat (1997), à l'aide du programme VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000) sont les suivantes :

- L'équation des nombres annuels moyens des survivants :

$$\bar{N}_i = \int_{t_i}^{t_{i+1}} N dt = N_i \cdot (1 - e^{-(Z_i \Delta t_i)}) / Z_i$$

- L'équation de l'âge moyen s'écrit selon l'équation :

$$\bar{t}_i = \frac{\int_{t_i}^{t_{i+1}} t dN}{\int_{t_i}^{t_{i+1}} dN} = \frac{[e^{-(Z_i t_i)} \cdot (t_i / Z_i) - e^{-(Z_i t_{i+1})} \cdot (t_{i+1} + 1 / Z_i)]}{e^{-(Z_i t_i)} - e^{-(Z_i t_{i+1})}}$$

$\bar{t}_i$: Âge moyen (ans).

- Ainsi la taille moyenne ($\bar{L}_i$) est exprimée selon l'équation :

$$\bar{L}_i = \frac{\int_{t_i}^{t_{i+1}} L dN}{\int_{t_i}^{t_{i+1}} dN} = \frac{L_\infty}{e^{-Z_i t_i} - e^{-Z_i t_{i+1}}} \left(e^{-Z_i t_i} \frac{1 - Z_i e^{-K(t_i - t_0)}}{Z_i + K} - e^{-Z_i t_{i+1}} \frac{1 - Z_i e^{-K(t_i - t_0)}}{Z_i + K} \right)$$

$\bar{L}_i$: Taille moyenne à l'âge i (cm).

- Le poids moyen ($\bar{W}_i$) s'écrit selon l'expression :

$$\bar{W}_i = \frac{\int_{t_i}^{t_{i+1}} W dN}{\int_{t_i}^{t_{i+1}} dN} = \frac{a \cdot L_{\infty}^b}{\mu_i - \mu_{i+1}} \int_{\mu_{i+1}}^{\mu_i} \left(1 - e^{(Kt_0)\mu \left(\frac{K}{Z_i} \right)} \right) \cdot d\mu$$

$\bar{W}_i$: Poids moyen à l'âge i (g).

Avec

$$\mu = e^{(Z_i t)} \quad \mu_i = e^{(Z_i t_i)} \quad \mu_{i+1} = e^{(Z_i t_{i+1})}$$

- Les taux moyens de la mortalité totale ($\bar{Z}$) et par pêche ($\bar{F}$) sont estimés selon les équations :

$$\bar{Z} = \left(\sum_{i=1}^n Z_i \cdot \Delta t_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n \Delta t_i \right)$$

$$\bar{F} = \left(\sum_{i=1}^n F_i \cdot \Delta t_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n \Delta t_i \right)$$

Avec

$$\Delta t_i = t_{i+1} - t_i$$

En se basant sur l'équation de survie, cela équivaut à pondérer les mortalités, selon le temps, pendant lequel elles agissent. L'équation de capture peut être réécrite en fonction du nombre annuel moyen, de façon à ce que, la mortalité par classe de pêche, indique la proportion d'individus capturés dans chaque classe de taille par l'expression :

$$C_i = F_i \cdot \bar{N}$$

C_i : Capture en nombre à l'âge i (ind).

F_i : Mortalité par pêche de chaque âge i (an^{-1}).

$\bar{N}$: Nombres annuels moyens des survivants (ind).

2.1.4. Calcul des coefficients de la mortalité par pêche (F) et de la mortalité totale (Z) :

De cette équation la mortalité par pêche (F) peut être étendue à une Pseudo-cohorte, étant donné que, le nombre total des captures s'écrit selon l'expression :

$$\sum_{i=1}^n C_i = \sum_{i=1}^n F_i \cdot \bar{N}_i$$

De cela le nombre total des captures en fonction de la mortalité globale de pêche (F) peut être exprimé par l'équation :

$$\sum_{i=1}^n C_i = F \cdot \sum_{i=1}^n \bar{N}_i$$

Avec

$$F^* = \left(\sum_{i=1}^n C_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n \bar{N}_i \right)$$

F^* : Mortalité par pêche globale (an^{-1}).

Sachant que $C_i = F_i \cdot \bar{N}_i$, l'équation peut s'écrire comme suit :

$$F^* = \left(\sum_{i=1}^n F_i \cdot \bar{N}_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n \bar{N}_i \right)$$

$\bar{N}_i$: Nombres annuels moyens des survivants de chaque âge i (ind).

En fonction des valeurs numériques de la mortalité naturelle (M) et de la mortalité par pêche (F), le programme VIT (1.2) (Leonart et Salat, 2000), calcule simultanément, les coefficients de la mortalité totale (Z), pour chaque classe de taille.

2.1.5. Calcul de la biomasse :

Selon Lleonart et Salat (1997), la mortalité par pêche globale, représente la capture totale avec le nombre moyen d'individus dans la population. Une fois que la population en nombre a été reconstruite, la transformation en biomasse est réalisée à l'aide du programme VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), à partir des nombres et des poids moyens pour chaque classe de taille. De cette transformation, il est possible d'obtenir, les âges et les longueurs critiques correspondant aux points où la cohorte atteint le maximum en biomasse, pour le niveau actuel d'exploitation, en localisant la classe qui a fourni la plus grande biomasse selon l'expression :

$$\overline{B}_i = \overline{N}_i \cdot \overline{W}_i$$

Avec

$\overline{B}_i$: Biomasse moyenne à l'âge i (g).

$\overline{W}_i$: Poids moyen à l'âge i (g).

$\overline{N}_i$: Nombre moyen des survivants à l'âge i (ind).

Ainsi l'âge critique du stock vierge peut être calculé par l'expression :

$$t_c = t_0 \cdot \left(\frac{1}{K} \right) \ln \left(3 \cdot \frac{K}{M} + 1 \right)$$

Avec

t_c : Âge critique du stock vierge (an).

t_0 : Âge théorique du poisson (an).

K : Coefficient de croissance (an^{-1}).

M : Mortalité naturelle (an^{-1}).

2.1.6. Calcul du rendement par recrue (Y/R) :

Le rendement par recrue (Y/R), est un paramètre très important pour les études dynamiques de population, car un Y/R maximal conduit à un rendement total maximal. Selon Lleonart et Salat (1997), l'analyse du rendement par recrue (Y/R) sur la population reconstruite est effectuée, comme séquence de suivi proposée par le programme VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000).

Avec le stock reconstruit au moyen de la VPA, l'analyse du rendement par recrue permet à l'utilisateur, d'obtenir une vision plus globale de la population étudiée. Le recrutement est défini selon Lleonart et Salat (1997), comme le nombre d'individus au début de la première classe, et le rendement comme le poids total de la capture. Par conséquent, le rendement par recrue est obtenu en divisant le poids total de la capture par le nombre de recrues calculé à partir de la VPA. La formule utilisée par le VIT (1.2), est dérivée de l'équation de capture, exprimée en fonction du nombre moyen d'individus par classe :

$$Y/R = 1/N_i \cdot \left(\sum_{i=1}^n C_i \cdot \bar{W}_i \right) = 1/N_i \cdot \left(\sum_{i=1}^n \bar{N}_i \cdot \bar{W}_i \cdot F_i \right)$$

Avec

Y/R : Rendement par recrue ($g/recrue$).

Le programme VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000) calcule parallèlement aussi le rendement par recrue en divisant le poids total des captures par le nombre de recrues calculé à partir de la VPA, exprimé en fonction du facteur (ϕ) selon l'équation :

$$Y/R(\phi) = 1/N_i \cdot \left(\sum_{i=1}^n C_i \cdot \bar{W}_i \right) = 1/N_i \cdot \left(\sum_{i=1}^n \bar{N}_i \cdot \bar{W}_i \cdot (F_i \phi) \right)$$

ϕ : Facteur d'effort de pêche.

Lorsque le programme VIT calcule le rendement par recrue (Y/R), les résultats sont présentés dans deux grilles, la première pour la situation du stock vierge (facteur d'effort = 0) et l'autre pour les différents niveaux de variation de l'effort de pêche.

2.1.7. Calcul de la biomasse (B/R) et de la biomasse reproductrice par recrue (SSB/R):

D'après Lleonart et Salat (1997), la biomasse du stock par recrue (B/R) exprimée en ($g/recrue$) et la biomasse du stock reproducteur par recrue (SSB/R) en ($g/recrue$), peuvent être estimées à l'aide du programme VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000). Ceci en introduisant la distribution de fréquences de tailles, de la thonine de la côte de Mostaganem ainsi que le pourcentage des mûres, en fonction de chaque classe de taille. Tous ces calculs, ont été effectués pour les sexes confondus.

2.1.8. Calcul des valeurs des points de référence biologique F_0 , $F_{0.1}$, F_{MSY} et F_{actuel} :

Un point de référence biologique, dans son aspect le plus particulier, est une évaluation de l'état des stocks d'une perspective biologique. Le point de référence biologique, reflète souvent, la combinaison de plusieurs composantes de la dynamique des stocks (croissance, recrutement et mortalités) en un seul indice. Cet indice, est habituellement, exprimé d'une part, comme étant le taux associé à la mortalité par pêche, d'autre part comme un niveau de biomasse (Gabriel et Mace, 1999).

$F_{0.1}$ est considéré, comme le taux de mortalité par pêche, pour lequel l'augmentation marginale du rendement par recrue, en raison d'une faible augmentation de F jusqu'à 10% du rendement marginal par recrue, sur le stock non exploité. Autrement dit, il représente, le taux de mortalité par pêche auquel la pente de la courbe du rendement par recrue (Y/R), n'est que d'un dixième ($1/10$) de la pente de la courbe à son origine dans la pêche légère cela signifie que, $F_{0.1}$ représente, la valeur de F où $Y/R = 10\%$ du Y/R maximal. Tandis que, F_0 et F_{actuel} correspondent aux taux de mortalité par pêche qui réduiront la biomasse reproductrice par recrue respectivement 0% et à 100% de ses niveaux primitifs (vierge) (Gulland et Boerema, 1973; Cadima, 2003).

Cadima (2003), définit F_{MSY} ou F_{max} comme, le point schématique de la courbe qui représente l'intersection de l'ordonnée (Y/R) avec l'abscisse F où Y/R est en sa valeur maximale, or graphiquement, la pente de la tangente à la courbe est égale à zéro (0) pour $F = F_{actuel}$, elle est positive lorsque $F < F_{actuel}$ est négative pour $F > F_{actuel}$. Autrement dit, F_{MSY} correspond à la valeur numérique de F qui produit le rendement maximal. En effet, le point F_{MSY} diffère numériquement et schématiquement de F_{actuel} .

À l'aide du programme VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), plusieurs points de référence biologiques à savoir F_0 , $F_{0.1}$, F_{MSY} et F_{actuel} , peuvent être estimés. D'autre parts, les rendements par recrue (Y_0/R , $Y_{0.1}/R$, Y_{MSY}/R et Y_{actuel}/R), les biomasses par recrue (B_0/R , $B_{0.1}/R$, B_{MSY}/R et B_{actuel}/R) ainsi que les biomasses fécondes par recrue (SSB_0/R , $SSB_{0.1}/R$, SSB_{MSY}/R et SSB_{actuel}/R), sont calculés simultanément avec les points de références F_0 , $F_{0.1}$, F_{MSY} et F_{actuel} respectives.

3. Résultats et discussions :

Un certain nombre de résultats relatifs à l'exploitation, sont obtenus par l'analyse de la pseudo-cohorte, à l'aide du logiciel VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), pour *E. alletteratus* (sexes confondus) de la côte de Mostaganem.

3.1. Captures en nombre d'individus et en poids :

Les résultats des captures, en nombre d'individus et en poids par classe de taille obtenues par le VIT (1.2), sont mentionnés dans le tableau 44 et schématisés dans la figure 85.

Les données obtenues, montrent que l'exploitation de *E. alletteratus*, cible essentiellement, les individus appartenant aux classes de taille 25.5, 28.5, 31.5, 34.5, 37.5, 40.5 et 43.5 cm, avec un nombre de capture, respectivement de 3239, 2892, 2776, 6246, 4858, 7981 et 6130 individus. La classe de taille 40.5 cm subit une exploitation intensive par contre, les individus des plus grandes classes de taille (de 79.5 à 103.5 cm), sont les moins exploités en termes de nombre de capture (Tableau 44), (Figure 85).

En ce qui concerne les captures en poids, les classes de tailles les plus représentées sont 40.5, 43.5, 67.5, 70.5, 73.5 et 76.5 cm, avec un poids de 9.87, 9.56, 11.44, 18.45, 10.09 et 8.06 tonnes. Cependant, les classes de taille les moins représentées en termes de poids de captures, sont 25.5, 28.5, 31.5 et 58.5 cm, qui correspondent respectivement aux poids 0.9, 1.15, 1.52 et 0.95 tonnes.

L'ensemble des résultats, issus de la VPA, montrent que la taille moyenne et l'âge moyen de capture de la thonine sont respectivement $\bar{L}_F = 46.17$ cm et $\bar{\text{âge}} \approx 3$ ans. Ceci correspond à un total de captures en nombre, de 48695 individus et à un total de capture en poids, de 127.4 tonnes.

Selon Cadima (2003), le niveau d'exploitation de chaque classe de taille est associé à l'effort de pêche, à la disponibilité des individus de différentes tailles/âges et aux propriétés sélectives des engins de pêche par rapport à la taille ou à l'âge des individus disponibles à capturer au cours de l'année.

Tableau 44 : Captures en nombre et en poids en fonction de la taille de *E. alletteratus* (sexes confondus) de la côte de Mostaganem, VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000).

Cc (cm)	$\overline{\text{Âge}}$ (ans)	Captures en nombre (ind)	Captures en poids (g)
25.5	1.224	3238.69	908566.93
28.5	1.407	2891.69	1156353.31
31.5	1.596	2776.02	1529809.27
34.5	1.79	6246.05	4605372.24
37.5	1.993	4858.04	4691593.53
40.5	2.2	7981.06	9870349.74
43.5	2.417	6130.38	9566513.98
46.5	2.645	1619.35	3149893.25
49.5	2.879	1735.01	4138457.46
52.5	3.124	1041.01	3011796.82
55.5	3.379	809.67	2810877.37
58.5	3.646	231.34	955105.94
61.5	3.924	809.67	3937456.97
64.5	4.217	694.01	3947775.59
67.5	4.521	1735.01	11445978.08
70.5	4.841	2429.02	18455149.99
73.5	5.188	1156.68	10097994.46
76.5	5.553	809.67	8068156.51
79.5	5.946	347	3931730.87
82.5	6.364	231.34	2963718.95
85.5	6.812	231.34	3334592.56
88.5	7.301	115.67	1870213.13
91.5	7.83	115.67	2088174.38
94.5	8.411	115.67	2323073.78
97.5	9.053	115.67	2575222.68
100.5	9.769	115.67	2843971.21
103.5	10.555	115.67	3122100.99
Total	-	48695.07	127400000
Âge moyen (ans)		2.654	
Taille moyenne (cm)		46.17	

Cc : Centre de classe (cm), $\overline{\text{Âge}}$: Âge moyen (ans).

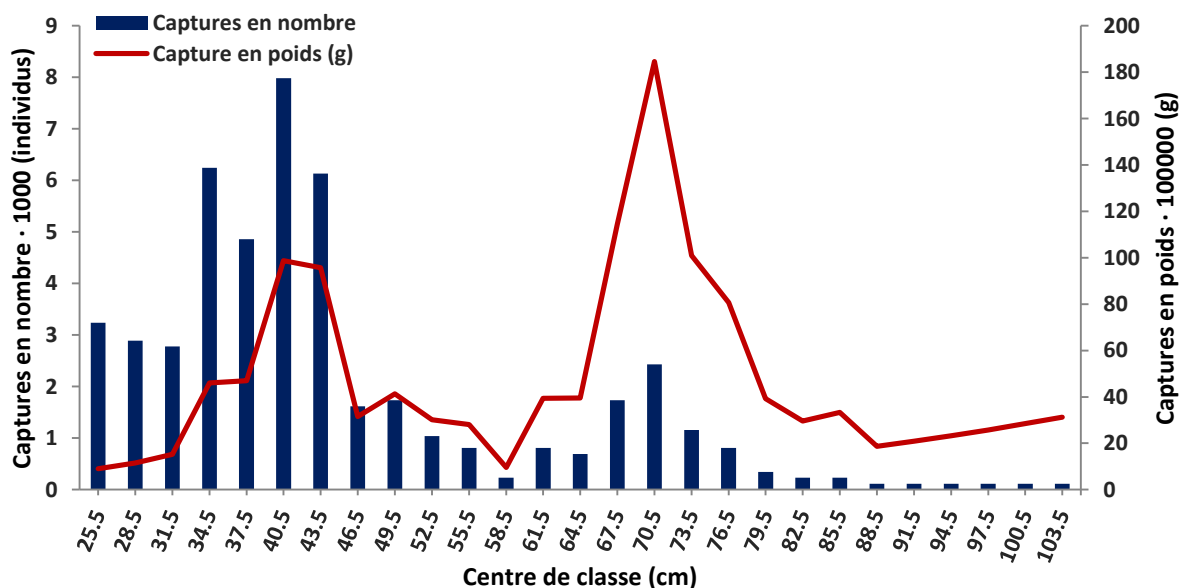


Figure 85 : Captures en poids et en nombre en fonction de la taille de *E. alletteratus* (sexes confondus) de la côte de Mostaganem VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000).

3.2. Analyse de la population virtuelle (VPA) :

3.2.1. Analyse de la biomasse :

Les résultats du VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), issus de l'analyse de la VPA, représentant l'évolution du stock de la thonine dans la côte Mostaganemoise sont dressés dans les tableaux 45 et 46 et illustrés sur la figure 86.

La majorité de la biomasse est comprise entre les tailles de **49.5 à 79.5 cm**, ce qui correspond au poids moyen virtuel de **10.81 à 9.96 tonnes** constituant **56.79%** de la biomasse totale (Tableau 46), (Figure 86).

Le poids moyen virtuel maximal est de **18.69 tonnes** relatif à la taille **67.5 cm**, or les tailles entre 49.5 et 79.5 cm, constituent 29.38% du nombre moyen des individus. Par contre les tailles de 25.5 à 34.5 cm, qui correspondent au poids moyen virtuel de 3.46 à 7.43 tonnes représentent la minorité de la biomasse avec un pourcentage par rapport à la biomasse totale de 7.87%, constituant 42.11% du nombre moyen des individus. De plus, les grandes tailles de 82.5 à 103.5 cm, qui correspondent au poids moyen virtuel de 9.56 à 5.11 tonnes, représentent 22.01% de la biomasse totale et 3.15% du nombre moyen des individus du stock (Tableau 46), (Figure 86).

Il faut mentionner aussi que la biomasse totale estimée est de **272.33 tonnes** pour les paramètres biologiques obtenus par le VONBIT (Stamatopoulos, 2005).

En se basant sur la figure 86, en termes de la biomasse par rapport au nombre moyen d'individus, les plus grands individus qui appartiennent aux tailles comprises entre 94.5 et 103.5 cm, qui correspondent au rapport de 0.02 à 0.05 (tonnes/ind), constituent la plus grande biomasse du stock vu leurs petits nombre. Cette diminution de la gamme des individus de grandes tailles représentant les géniteurs, s'explique selon Laurec et le Guen (1981), par les déplacements migratoires des adultes, ces migrations reproductrices ou trophiques pourraient forcément influencer la biomasse du stock.

La taille critique du stock est de **67.50 cm** (Tableau 45), basée sur les paramètres biologiques obtenus le VONBIT (Stamatopoulos, 2005), cette taille représente selon Lleonart (2004), la longueur correspondant à l'âge critique, à cette longueur la biomasse de la classe de taille est maximale. Cependant, l'âge critique du stock est de **4.37 ans**, qui correspond selon Lleonart (2004), à l'âge moyen des poissons dans une classe d'année à laquelle le taux instantané de la mortalité totale (Z), est égal au taux instantané de croissance du poids pour la classe d'année dans son ensemble, ainsi la biomasse est maximale à cet âge. De plus, la longueur moyenne du stock est de 45.07 cm, qui corresponde à l'âge **2.58 ans** (Tableau 45).

La longueur moyenne des captures est de **46.17 cm**, avec un âge moyen des captures estimé à **2.65 ans**. D'autre part, le nombre des recrues est estimé à **71258 individus** cela, pour le stock de la thonine de la côte de Mostaganem (Tableau 45). Par contre, la taille critique du stock vierge est estimée à **88.5 cm**, correspondant à un âge critique du stock vierge de **7.05 ans**. Selon Lleonart (2004), l'âge moyen des poissons dans une classe d'année, à laquelle le coefficient de mortalité naturelle (M) sans mortalité par pêche (F) dans le stock vierge, est égal au taux instantané de croissance du poids, pour la classe d'année dans son ensemble, à cet âge la biomasse de la classe d'âge est maximale.

Les résultats de la VPA indiquent que la biomasse vierge (B_0) est de l'ordre de **2303 tonnes**, selon Cadima (2003), la biomasse vierge (B_0), est considérée comme un point de référence biologique (P.R.B). Cette valeur numérique correspond, selon Lleonart (2004), à la grandeur moyenne à long terme, de la biomasse attendue en l'absence de mortalité par pêche.

Dans les modèles de production, B_0 est également connu comme la capacité de transport, en d'autre termes elle représente la valeur moyenne à long terme de la biomasse estimée en l'absence de mortalité par pêche (F).

La biomasse moyenne ($\bar{B}$) du stock de *E. alletteratus*, est estimée annuellement à **272.33 tonnes** en Mer, ce qui correspond, selon Lleonart (2004), à un indicateur très important impliqué dans de nombreux calculs de la VPA. Cependant, la biomasse du stock reproducteur ou mature (SSB), qui représente le poids total du stock de frai annuel moyen, est estimée à **178.40 tonnes**.

Le bilan de la biomasse à l'équilibre (D), est estimé à **184.58 tonnes**, selon Lleonart (2004), le programme VIT (1.2), envisage un état stable du stock, ce qui signifie que les intrants annuels de la biomasse (recrutement + croissance) sont équivalents à la production [mortalité naturelle (M) + mortalité par pêche (F)], ce qui implique que le taux de biomasse (entrée = sortie).

Le taux de production par unité de biomasse ($D/\bar{B}$), représente **67.78%**, ce qui équivaut au taux de mortalité totale (Z), en termes de biomasse (Tableau 45).

Tableau 45 : Différents paramètres obtenus par le VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), pour l'analyse de population virtuelle.

Paramètres biologiques Paramètres de la VPA	VONBIT (Stamatopoulos, 2005) sexes confondus
Âge moyen des captures (ans)	2.65
Taille moyenne des captures (cm)	46.17
Nombre de recrues (ind)	71258.27
Âge moyen du stock actuel (ans)	2.58
Taille moyenne du stock actuel (cm)	45.07
Âge critique du stock actuel (ans)	4.37
Taille critique du stock actuel (cm)	67.50
Âge critique du stock vierge (ans)	7.05
Taille critique du stock vierge (cm)	88.5
Biomasse vierge (g)	2303007593.00
Biomasse à l'équilibre (g)	184589488.03
Biomasse du stock mature (g)	178408858.63
Biomasse moyenne (g)	272330895.40
Taux de production de biomasse (Turnover)	67.78%

Tableau 46 : Résultats de la biomasse obtenue par VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), de *E. alletteratus* (sexes confondus) de la côte de Mostaganem.

Cc (cm)	Nombre moyen d'individus (ind)	Poids moyen virtuel (g)
25.5	12328.11	3458468.25
28.5	11678.9	4670260.77
31.5	11056.79	6093175.32
34.5	10077.24	7430210.44
37.5	8883.52	8579156.37
40.5	7443.65	9205724.71
43.5	5864.02	9150854.56
46.5	4973.74	9674745.20
49.5	4534.93	10816990.70
52.5	4156.86	12026435.40
55.5	3881.1	13473694.20
58.5	3704.38	15294176.30
61.5	3516.17	17099220.80
64.5	3256.87	18526383.00
67.5	2834.06	18696438.60
70.5	2105.96	16000601.60
73.5	1486.8	12980012.40
76.5	1112.76	11088287.10
79.5	879.53	9965532.70
82.5	746.69	9566174.30
85.5	629.96	9080629.19
88.5	536.17	8669289.30
91.5	463.99	8376528.24
94.5	386.3	7758372.90
97.5	301.92	6721922.46
100.5	209.05	5140020.45
103.5	103.27	5119034.72
Biomasse en nombre (ind)	107152.74	
Biomasse en poids (tonnes)	272.33	

Cc : Centre de classe (cm).

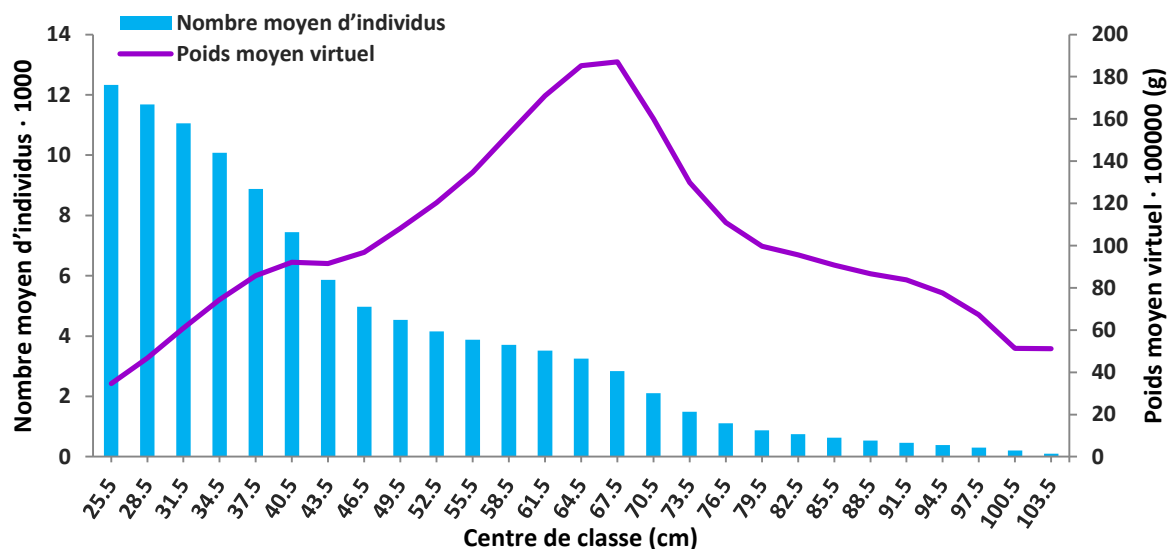


Figure 86 : Poids moyens virtuels et nombre moyen d'individus en fonction de la taille, obtenus par la VPA, pour *E. alletteratus* (sexes confondus).

3.2.2. Analyse de la mortalité totale (Z) et par pêche (F) :

L'analyse du tableau 47 et de la figure 87, indique que, la mortalité totale (Z) et la mortalité par pêche (F) relatives à la taille de la thonine, prennent la même allure et présentent une évolution en dents de scie (Figure 87) du fait de la valeur constante de la mortalité naturelle (M) pour toutes les classes de tailles.

Les résultats de la VPA, indiquent la présence de trois (3) pics successifs (Figure 87), le premier pic se situe au niveau de la classe de taille 40.5 cm qui correspond à la mortalité par pêche de 1.07 an^{-1} . Le deuxième pic correspondant à une classe de taille de 70.5 cm avec une mortalité par pêche maximale de l'ordre de 1.15 an^{-1} et le troisième se situe au niveau de la classe de taille 103.5 cm avec un coefficient instantané de la mortalité par pêche (F) de 1.12 an^{-1} . Le taux de la mortalité par pêche, est pratiquement faible de 0.2 à 0.21 an^{-1} pour les tailles comprises entre 55.5 et 64.5 cm, avec une faible valeur de la mortalité par pêche 0.06 an^{-1} , enregistrée pour la taille 58.5 cm.

Des constatations similaires ont été observées pour la mortalité totale (Z), en effet, trois pics successifs ont été remarqués, un premier pic qui se situe au niveau de la classe de taille 40.5 cm correspondant à la mortalité $Z = 1.28 \text{ an}^{-1}$, un deuxième pic correspondant à une classe de taille de 70.5 cm avec une mortalité totale maximale $Z = 1.15 \text{ an}^{-1}$ et un troisième se situe au niveau de la classe de taille 103.5 cm avec une mortalité $Z = 1.12 \text{ an}^{-1}$ (Figure 87).

Tant dis que, le plus faible taux de la mortalité totale enregistré, varie de 0.41 à 0.44 an^{-1} , ceci pour, les tailles comprises entre 55.5 et 64.5 cm. Cependat, la plus faible valeur de la mortalité totale de 0.27 an^{-1} , est enregistrée pour la taille 58.5.

À en juger par les valeurs numériques moyennes de (F) dans le tableau 47, issues de la VPA, la pêche sur les juvéniles est faible et entraîne une activité de pêche bien ciblée sur les classes de plus grandes tailles. Il faut noter que, la phase juvénile est préservée vu que ces individus ont une petite taille qui les rend invulnérables aux engins de pêche selectifs qui evitent de cibler ces specimens qui n'ont pas atteint la taille de capture. Par ailleurs, la capture de ces individus de petites tailles depend essentiellement de la morphologie du poisson.

Selon Sparre et Venema (1996), ces variations et evolutions de la mortalité totale et par pêche, peuvent non seulement être expliquées par les comportements du poisson vis-à-vis de l'engin de pêche utilisé, mais nous renseigne sur les tailles les plus ciblées par l'activité de pêche. De plus, si les juvéniles sont préservés, les individus adultes qui appartiennent aux grandes tailles representent, la grande abondance en termes de biomasse, ceci peut etre expliqué par une forte exploitation qui vise ces individus.

La mortalité par pêche moyenne ($\bar{F}$), estimée à **0.50 an^{-1}** par le VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), est inferieure à la mortalité par pêche (F) estimée à 1.12 an^{-1} , ceci est expliqué selon Lleonart (2004), par le fait que, $\bar{F}$ relie la capture annuelle totale au nombre moyen d'individus dans la population, ce qui correspond à une mortalité moyenne par pêche équilibrée par de nombreux individus. Cette tendance de la mortalité nous informe sur la taille des classes ciblées par la pêche.

Les résultats de la VPA, indiquent que la mortalité totale moyenne $\bar{Z} = 0.71 \text{ an}^{-1}$, on peut remarquer que, la mortalité totale est directement et sensiblement influencée par l'évolution de la mortalité par pêche (F) dans les calculs (Tableau 47). De plus, la mortalité totale (Z), varie selon les tailles et prend la même allure que la mortalité par pêche (Figure 43). Selon Cadima (2003), le taux instantané de la mortalité totale, est relatif à la mortalité du nombre d'individus qui meurent à cause des mortalités (F + M) et que la mortalité naturelle (M), est une constante. En règle générale, les espèces à faible mortalité naturelle (M) devraient être plus sensibles à l'exploitation que les espèces à M élevé, si ce n'est que parce qu'une mortalité par pêche donnée (F) représente une augmentation relative plus importante de la mortalité totale (Cadima, 2003 ; Lleonart, 2004).

Tableau 47 : Valeurs de la mortalité par pêche et totale, obtenues par la VPA pour *E. alletteratus* (sexes confondus) de la côte de Mostaganem, VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000).

Cc (cm)	Z an ⁻¹	F an ⁻¹
25.5	0.473	0.263
28.5	0.458	0.248
31.5	0.461	0.251
34.5	0.83	0.62
37.5	0.757	0.547
40.5	1.282	1.072
43.5	1.255	1.045
46.5	0.536	0.326
49.5	0.593	0.383
52.5	0.46	0.25
55.5	0.419	0.209
58.5	0.272	0.062
61.5	0.44	0.23
64.5	0.423	0.213
67.5	0.822	0.612
70.5	1.363	1.153
73.5	0.988	0.778
76.5	0.938	0.728
79.5	0.605	0.395
82.5	0.52	0.31
85.5	0.577	0.367
88.5	0.426	0.216
91.5	0.459	0.249
94.5	0.509	0.299
97.5	0.593	0.383
100.5	0.763	0.553
103.5	1.33	1.12
Mortalité moyenne (an ⁻¹)	0.711	0.501

Cc : Centre de classe (cm), Z : Mortalité totale (an⁻¹), F : Mortalité par pêche (an⁻¹).

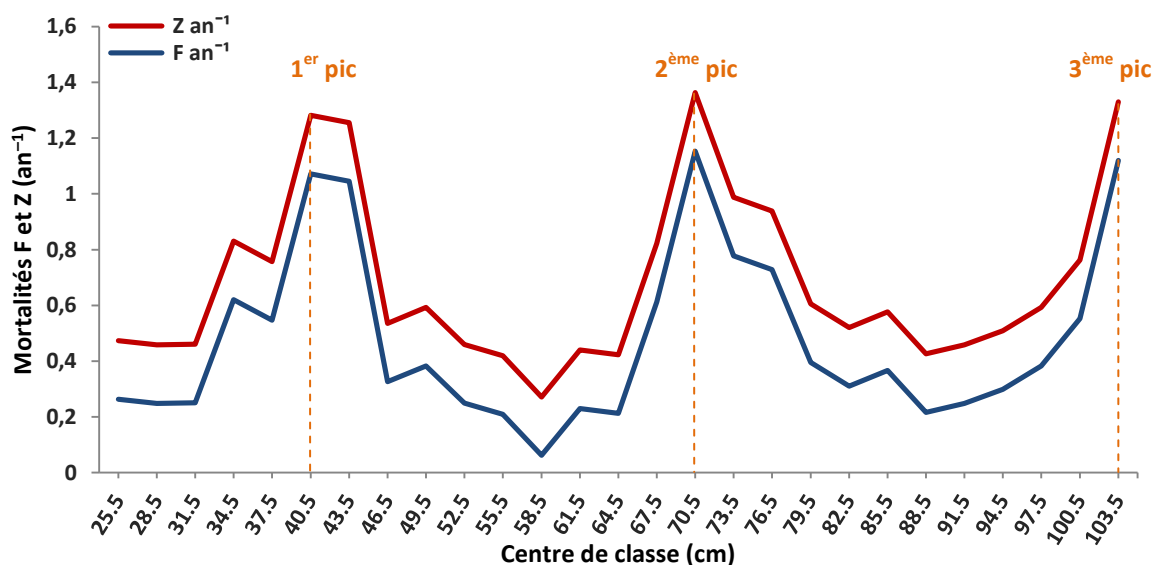


Figure 87 : Evolution des mortalités totale (Z), et par pêche (F) en fonction de la taille, obtenue par la VPA pour *E. alletteratus* (sexes confondus).

3.2.3. Analyse de l'état du stock :

La situation de la biomasse du stock de la thonine de la côte de Mostaganem selon les gains et les pertes, est résumée dans le tableau 48 et dans la figure 88.

Les gains représentés par le recrutement, sont estimés à **16.44 tonnes**, avec un pourcentage de **8.91%** de la totalité des gains, et par la croissance évaluée à **168.14 tonnes** représentant **91.09%** des gains en termes de biomasse en Mer. Il faut mentionner que, la biomasse totale équilibrée de *E. alletteratus* (sexes confondus) est estimée à **184.59 tonnes**, elle est due essentiellement à la croissance et au recrutement.

Les pertes se résument d'une part, par la mortalité par pêche qui est estimée de **127.4 tonnes**, et qui représente **69.02%** des pertes, de l'autre part, par la mortalité naturelle qui est de l'ordre de **57.18 tonnes** correspondant à un pourcentage de **30.98%**. Il faut signaler que, les pertes liées à la mortalité naturelle (M), représentent la moitié ($\frac{1}{2}$) des pertes relatives à la mortalité par pêche (F).

Le taux de renouvellement du stock (turnover) de la thonine de la côte de Mostaganem, qui est le rapport entre la biomasse totale équilibrée et la biomasse moyenne est de **67.78%** calculé précédemment est très élevé. Cependant, le turnover, représente le pourcentage du degré d'exploitation intensive qui cible la thonine de la côte Mostaganemoise, qui implique une surexploitation de cette espèce.

Tableau 48 : Etat du stock de *E. alletteratus* (sexes confondus) de la côte Mostaganemoise, VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000).

Paramètres biologiques VIT (1.2)		VONBIT (Stamatopoulos, 2005)
Gain	Recrutement	16448448.82 g (8.91%)
	Croissance	168141039.21 g (91.09%)
Pertes	Mortalité naturelle (M)	57189488.03 g (30.98%)
	Mortalité par pêche (F)	127400000 g (69.02%)
Taux de production de biomasse (Turnover)		67.78%

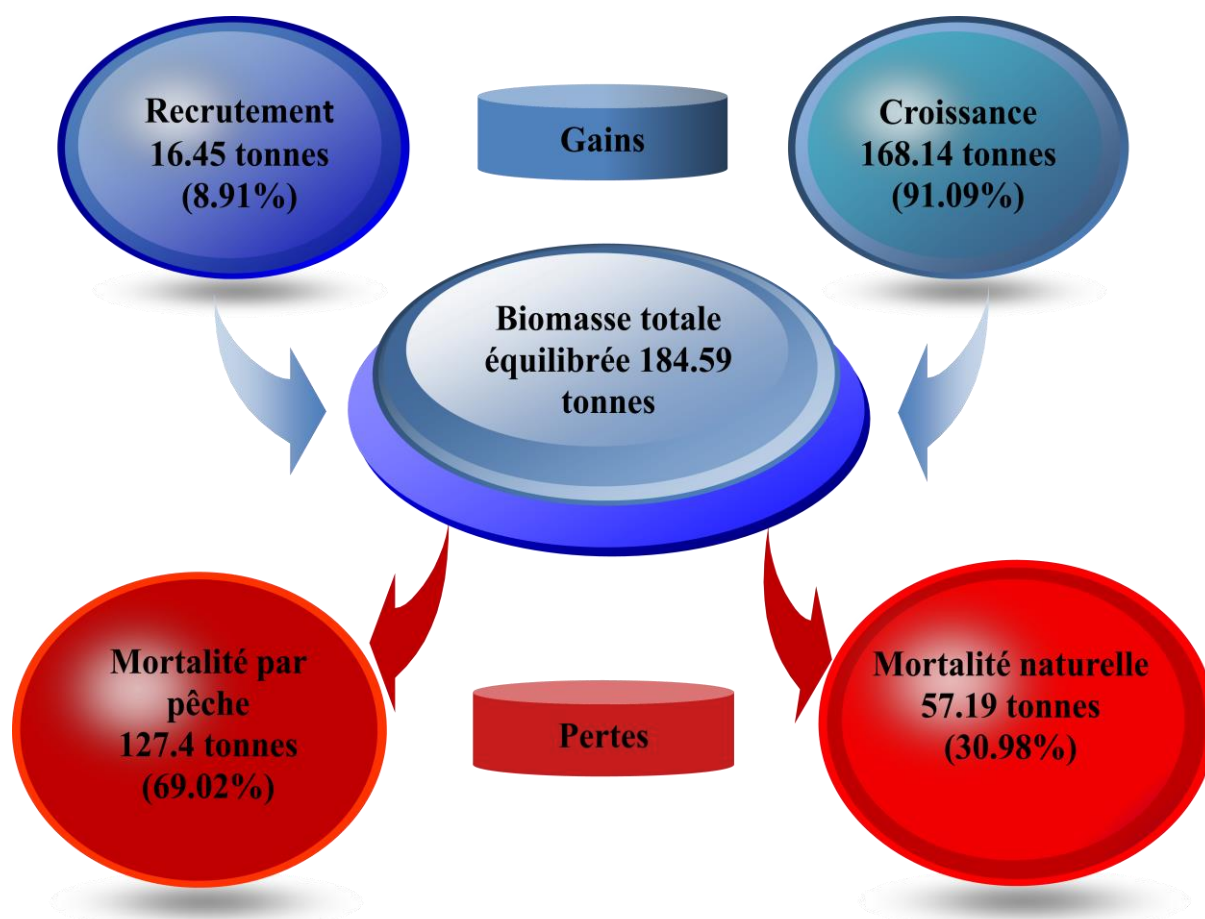


Figure 88 : Diagramme des entrées et des sorties de la biomasse totale équilibrée de *E. alletteratus* (sexes confondus) de la côte de Mostaganem.

3.2.4. Rendements et biomasses par recrue :

Les résultats du rendement et de la biomasse par recrue obtenus à partir du programme VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), sont consignés dans le tableau 49, l'annexe A.III et la figure 89.

Les rendements par recrue augmentent avec l'augmentation du facteur F vers une valeur maximale qui correspond à $F_{MSY} = 0.44$ ($F_{MSY} = \bar{F} \cdot \phi_{MSY}$) qui correspond à un Y_{MSY}/R de **2280.58 g/recrue**, avec une biomasse par recrue B_{MSY}/R de **10943.74 g/recrue**. Cette valeur, est largement inférieure de $1/3$ (qui correspond à 3.39%) à celle de la biomasse par recrue du stock vierge B_0/R (biomasse à l'équilibre qui est de **32319.16 g/recrue**), tant dis que la biomasse féconde du par recrue SSB_{MSY}/R est de **8990.40 g/recrue**. Il faut signaler que $Y_{MSY}/R < SSB_{MSY}/R < B_{MSY}/R$ et la pente au point Y_{MSY}/R est égale à 0.

Le point de référence biologique $F_{0.1}$ ($F_{0.1} = \bar{F} \cdot \phi_{0.1}$) est de **0.32**, ce qui correspond à un rendement par recrue $Y_{0.1}/R$ de **2197.71 g/recrue** et au point de courbe Y/R avec une pente de 0.1 fois la pente à l'origine de cette courbe. Le point de référence biologique $F_{0.1}$, présente une valeur supérieure à celle du stock actuel. Par ailleurs, la valeur de la biomasse vierge par recrue $B_{0.1}/R = 14371.46$ g/recrue, correspondant au point $(F_0, Y_0/R)$, est largement supérieure à B_{actuel}/R qui est de **3821.74 g/recrue**, or la biomasse féconde $SSB_{0.1}/R = 12234.59$ g/recrue (Tableau 49), (Figure 89).

Le stock vierge correspond au point de référence biologique F_0 ($F_0 = \bar{F} \cdot \phi_0$) qui se caractérise par une valeur nulle se distingue par un rendement par recrue Y_0/R de **0 g/recrue** avec une biomasse féconde vierge SSB_0/R de **29580.23 g/recrue** qui est largement supérieure à celle du stock actuel SSB_{actuel}/R correspondant au point $(F_{actuel}, Y_{actuel}/R)$ qui représente **8.46%** de la biomasse reproductrice vierge.

Si on prend en considération le stock actuel, le Y_{actuel}/R présente une valeur de **1787.86 g/recrue**, qui correspond, à un facteur F_{actuel} de **1**, et une biomasse reproductrice SSB_{actuel}/R de **2503.69 g/recrue**.

L'examen de l'évolution du rendement par recrue révèle un état de surexploitation de la thonine de la côte de Mostaganem, car le rendement par recrue actuel Y_{actuel}/R se trouve à droite du seuil de la production maximale équilibrée Y_{MSY}/R (Figure 89).

Au terme de cette présente étude, suite aux résultats obtenus par la VPA, il faudra diminuer le taux du facteur F_{actuel} : de 1 à 0.32 soit 68%.

Les gestionnaires des pêcheries ne s'intéressent pas à un rendement par recrue (Y/R) mais au rendement total du stock exploitable. Pour cela, il suffit de multiplier le nombre de recrues, estimé à 71258 individus VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000), par le $Y_{0.1}/R$.

Pour une gestion durable du stock de la thonine, nous proposons une diminution des captures actuelles de 127.4 tonnes à 86.63 tonnes soit 32% des prises actuelles.

Nous suggérerons que les indicateurs de durabilité des pêcheries soient :

- Mesurables par les intervenants.
- Acceptables selon les besoins des pêcheurs, des vendeurs ainsi que les consommateurs.
- Efficaces à l'intérieur des ressources économiques pour la recherche sur une base soutenue.
- Liés à la gestion et aux valeurs de référence associées et des mesures de gestion responsable.

Tableau 49 : Rendement, biomasse et biomasse féconde par recrue en fonction du facteur de F de *E. alletteratus* (sexes confondus) de la côte de Mostaganem, VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000).

Pente à l'origine	16126.864			
Biomasse vierge (g)	2303007593.00			
Type de F	Facteur	Y/R (g/r)	B/R (g/r)	SSB/R (g/r)
F_0	0	0	32319.164	29580.239
$F_{0.1}$	0.32	2197.718	14371.468	12234.594
F_{MSY}	0.44	2280.583	10943.747	8990.401
F_{actuel}	1	1787.863	3821.745	2503.694

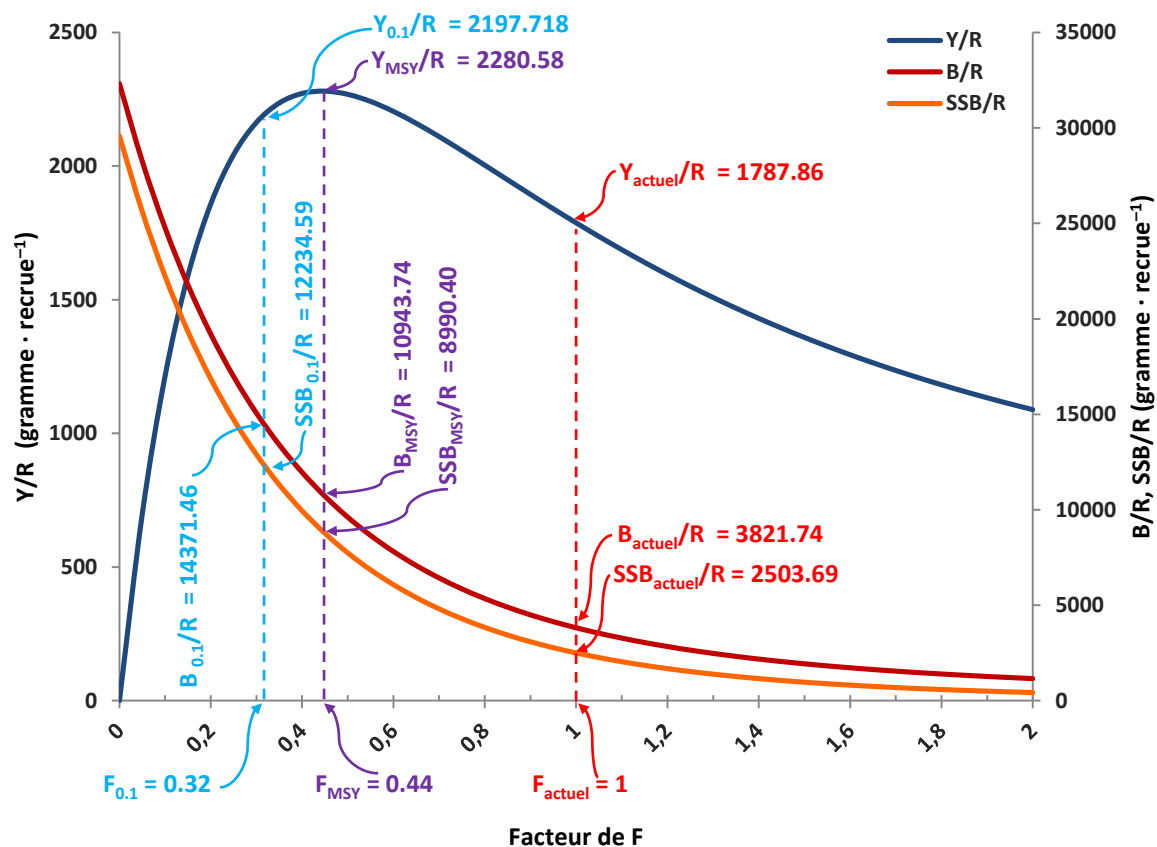


Figure 89 : Rendements, biomasses et les biomasses fécondes par recrue de *E. alletteratus* (sexes confondus) de la côte de Mostaganem, VIT (1.2) (Lleonart et Salat, 2000).

Quatrième partie

Contamination métallique

1. Introduction :

Bien que les effets néfastes sur la santé humaine des métaux lourds soient connus depuis longtemps, la consommation de poissons contaminés par ces métaux lourds constitue, un risque sanitaire grave et peut entraîner des effets dangereux sur la santé humaine. Ainsi le poisson indique non seulement les niveaux de contamination des écosystèmes aquatiques, mais il a une influence importante sur la chaîne alimentaire marine (Akan et *al.*, 2012).

Les métaux lourds ont tendance à s'accumuler dans les particules et les sédiments en suspension et ils ne sont pas éliminés des écosystèmes aquatiques par la purification de soi. Ce processus d'accumulation dans le biotope favorise la contamination des poissons par les métaux lourds (Li et *al.*, 2013). La contamination des milieux marins par les métaux lourds peut influencer et dégrader la richesse des espèces ainsi que la diversité des organismes aquatiques et peut avoir des effets dévastateurs sur l'équilibre écologique de l'environnement récepteur (Baby et *al.*, 2010). Cependant, une forte toxicité de métaux traces et leur comportement cumulatif entraînent non seulement des dommages importants sur les activités des organismes aquatiques et même la mortalité massive dans la vie marine, mais ils ont des attitudes dévastatrices graves sur les interactions intraspécifiques et interspécifiques (Bashir et *al.*, 2013). Les métaux lourds comme le zinc (Zn) et le cuivre (Cu) sont essentiels au métabolisme des poissons et jouent de nombreux rôles dans les processus biologiques. Alors que d'autres, comme le cadmium (Cd) et le plomb (Pb), ne sont pas connus pour jouer un rôle défini dans les réactions biologiques (Ahmed et *al.*, 2011).

Les éléments Cd, Pb, Zn et Cu sont reconnus pour leur persévérance dans l'écosystème aquatique marin et provoquent des perturbations dans les processus métaboliques. Ainsi, ces éléments sont caractérisés par la bioaccumulation, biomagnification dans le réseau trophique. La bioaccumulation et la biomagnification sont utilisées pour, évaluer les niveaux de toxicité des métaux lourds pour différentes espèces marines (Morgano et *al.*, 2014). Un niveau élevé de métaux traces dans l'environnement marin a des effets létaux et chroniques sur les poissons (Edward et *al.*, 2017). Toutefois, les poissons sont considérés comme de bons sentinelles et utilisés comme bioindicateurs des niveaux de contamination des métaux lourds dans les écosystèmes aquatiques marins parce qu'ils occupent non seulement des niveaux d'alimentation différents dans la chaîne alimentaire marine, mais qu'ils sont de tailles et d'âges variés (Burger et *al.*, 2002; Bashir et *al.*, 2013; Gundogdu et *al.*, 2016).

Les aliments de mer tels que les poissons accumulent généralement les métaux lourds des écosystèmes aquatiques. Les poissons pélagiques sont utilisés non seulement comme sentinelles pour évaluer une éventuelle contamination des milieux aquatiques, mais aussi pour surveiller l'augmentation des concentrations de métaux lourds dans les eaux marines (Minganti et *al.*, 2010; Mutlu et *al.*, 2011). Dans un écosystème marin contaminé par les métaux lourds, la chair du poisson indique de faibles niveaux de métaux lourds en raison de sa faible activité métabolique. Les accumulations récentes de métaux lourds sont évaluées par analyse hépatique, tandis que l'analyse des gonades est utilisée pour évaluer directement ou indirectement un possible transfert de métaux lourds vers la progéniture et déterminer leur impact pendant les processus de reproduction (Uluturhan et Kucuksezgin, 2007).

Les espèces de poissons du même écosystème marin ont tendance à accumuler différentes quantités de métaux lourds. Cette différence peut dépendre probablement de l'âge, des habitudes de vie et d'alimentation des poissons (Jeziarska et Witeska, 2006). Les différences d'âge, de poids et de taille des poissons peuvent influencer le profil d'accumulation de métaux lourds dans les tissus des poissons (Newman et Doubet, 1989; McCoy et *al.*, 1995; Farkas et *al.*, 2003). Les poissons pélagiques prédateurs qui se retrouvent au sommet de la chaîne alimentaire marine comme les espèces de thon sont utilisées comme bioindicateurs dans l'écosystème marin contaminé ceci pour leur position trophique dominante. Ces espèces actives sont considérées comme des poissons de haute performance et ont un taux métabolique plus élevé que les espèces moins actives, ce qui implique des niveaux élevés d'apport alimentaire, une fonctionnalité qui augmente le processus d'accumulation de métaux lourds (Kojadinovic et *al.*, 2007).

Les thonines échantillonnées dans la côte de Mostaganem au cours des années 2015 à 2016, ont été utilisées pour cette étude comme bioindicateurs de niveaux élémentaires pour vérifier le caractère primitif des eaux méditerranéennes de la côte de Mostaganem. De plus, la côte Mostaganemoise est confrontée à l'accumulation de pollution provenant de l'industrie, de l'agriculture côtière, des déchets urbains et des voies d'eau ou rejetée directement dans ses cours d'eaux, ainsi que les dépôts atmosphériques. Vu sa position géographique, la côte de Mostaganem est une zone potentielle de pollution par les métaux lourds, car c'est le point de rejet pour la majorité des industriels de la région Ouest Algérienne. Certes, les différents cours d'eau constituent des artères pour le trafic de ces contaminants provenant de sources industrielles vers la mer.

De plus, la côte Mostaganemoise, représente une trappe géographique sous la menace directe/indirecte des infrastructures maritimes orientées essentiellement, vers les exportations des hydrocarbures à savoir le port d'Arzew et le port de Bethioua. Cette activité de transit, met la façade maritime Mostaganemoise en alarme permanente de fuit ou d'éventuels rejets directes ou indirectes de polluants. D'autres parts, le golfe d'Arzew, qui se situe à l'Ouest de la côte de Mostaganem est considéré comme étant une mer relativement peu profonde et semi-fermée caractérisée, par une dilution plus limitée et une dispersion plus lente des apports de contaminants que dans les systèmes marins ouverts, ceci résulte une augmentation des niveaux des métaux traces dans les zones de pêche.

2. Matériels et méthodes :

Pour cette étude, le choix a porté sur 50 thonines de différents sexes (25 mâles et 25 femelles), de différentes longueurs à la fourche (de 36.6 à 102.2 cm), de différents poids (de 772 ± 1 à 13211 ± 1 g), de différents âge (de 1 à 7 ans) et de différents stades de maturité sexuelle (I à V). Les mâles examinés ($\overline{L}_F = 73.1 \pm 4.77$ cm; $\overline{W}_T = 7133.84 \pm 862.81$ g) étaient sensiblement plus grands et pèsent plus lourds que les femelles ($\overline{L}_F = 64.3 \pm 3.23$ cm; $\overline{W}_T = 5491.56 \pm 627.24$ g).

2.1. Digestion tissulaire et dosage des métaux lourds :

Pour cette étude, trois tissus ont été utilisés : le foie, l'organe de détoxification, les gonades, l'organe de reproduction et la chair, qui est la partie comestible par la population.

Nous avons opté, pour la minéralisation, par voie humide, car contrairement à la minéralisation par voie sèche, elle permet, de minimiser la dispersion des composés volatiles organo-métalliques.

La minéralisation par voie humide a été réalisée au laboratoire réseau de surveillance environnementale (LRSE), université Oran 1 (Figure 90) suivant la méthode décrite par Amiard et *al.* (1987) à l'aide d'un digesteur de marque VELP (Scientifica, Italy) (Figure 91).

La technique est réalisée par digestion de (1 ± 0.01 g) d'échantillon de tissus de poisson avec 1 ml d'acide nitrique (65%) pendant une heure à 95°C (Figure 92). Le minéralisat obtenu est filtré puis ajusté à 4 ml d'eau bi-distillée (ddH₂O) et conservé dans des piluliers (Figures 93, 94).

Pour assurer l'absence de contamination par les oligoéléments durant le processus de digestion par voie humide, un traitement de blancs (1 ml HNO_3) sans échantillons tissulaires ont également été préparés. La méthode de digestion humide permet d'analyser de nombreux métaux lourds en même temps avec de petites quantités d'échantillons de tissus digérés. Les éléments Cadmium, Plomb, Zinc et Cuivre ont été dosés à l'aide du spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme Shimadzu AA 6200 au laboratoire de biologie, université de Jijel (Figures 95, 96) et les résultats sont exprimés en $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ poids humide (poids humide).

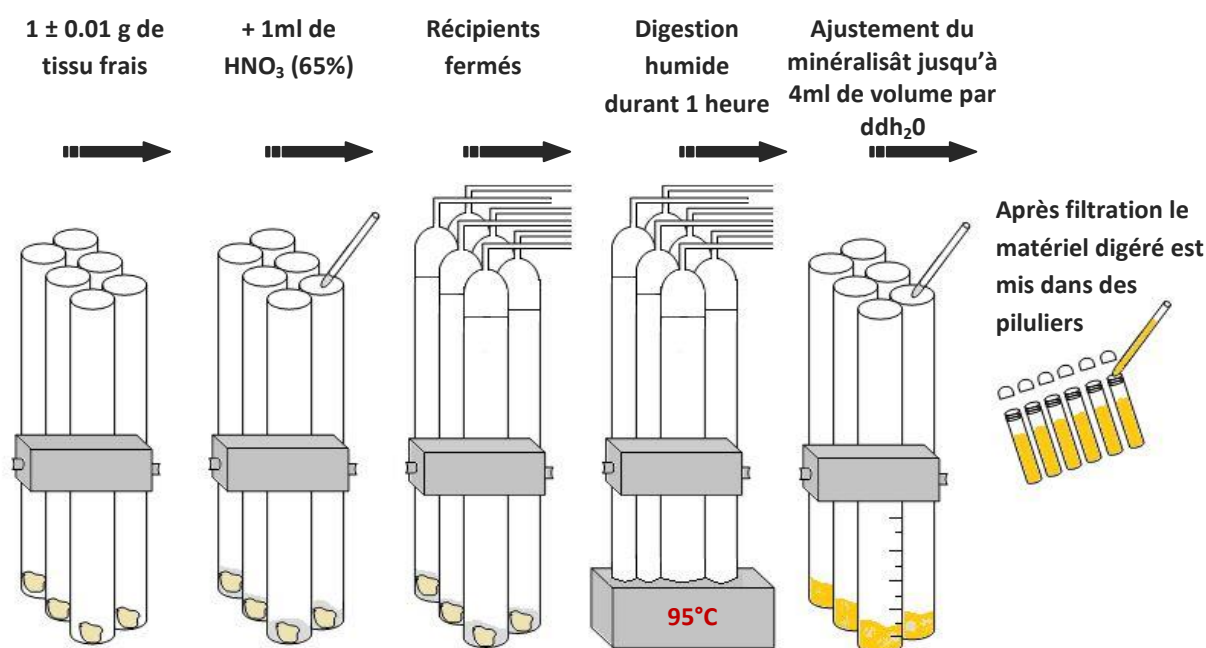


Figure 90 : Etapes de la digestion humide dans des récipients fermés de tissus de *E. alletteratus*.



Figure 91 : Digesteur type VELP.



Figure 92 : Digestion à base de NHO_3 sous 95°C .



Figure 93 : Filtration et ajustement du minéralisât.



Figure 94 : Conservation du matériel digéré dans les piluliers.



Figure 95 : SAA Shimadzu AA 6200.



Figure 96 : Dosage des métaux lourds.

Dans cette étude, 656 analyses spectrophotométriques des niveaux du Cd, Pb, Zn et du Cu ont été réalisées sur un total de 150 échantillons de tissus digérés, 4 échantillons digérés de matériaux références standards (AIEA-407) et 10 blancs.

2.2. Contrôle et assurance de la qualité du dosage :

L'assurance de la qualité et le contrôle du protocole analytique, sont assurés par l'échantillon référence standard IAEA-407 (homogénat de poissons : Hareng, capelan et anchois), fourni par l'agence internationale de l'énergie atomique.

Pour la fiabilité et la précision de la méthode de la minéralisation par voie humide, l'exercice d'inter-calibration à base du matériel standard codé (AIEA-407) a pour objectif de contrôler le bon déroulement et la justesse de la méthode de digestion selon l'expression :

$$\Delta \% = \left(|C_m - C_r| / C_r \right) \cdot 100$$

Où

$\Delta \%$: Pourcentage d'écart entre la concentration mesurée et celle de référence.

C_m : Concentration mesurée ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) poids sec.

C_r : Concentration de référence ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) poids sec.

- Si : $\Delta \% < 10 \Rightarrow$ Aucune correction de la concentration mesurée C_m .
- Si : $\Delta \% > 10 \Rightarrow$ Correction obligatoire de la concentration mesurée C_m , selon l'équation :

$$C_c = C_m / \left((1 + \Delta) / 100 \right)$$

Avec

C_c : Concentration corrigée ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) poids sec.

2.3. Détermination de la teneur en humidité dans les tissus :

Afin de convertir les concentrations mesurées par rapport au poids humide en concentrations par rapport au poids sec, cela pour faire des comparaisons selon la littérature, il est primordial de mesurer la teneur en eau contenue dans chaque tissu.

L'expression de conversion est comme suit :

$$C_W = C_S \cdot \left((100 - W_{\text{eau}}\%) / 100 \right)$$

C_W : Concentrations exprimées en masse humide ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$).

C_S : Concentrations exprimées en masse sèche ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$).

$W_{\text{eau}}\%$: Le pourcentage d'humidité dans les tissus.

Le pourcentage d'humidité ($W_{\text{eau}}\%$) est classiquement variant autour de 80%, pour une vaste gamme d'espèces (Murray et Burt, 1969; Hislop et *al.*, 1991; Payne et *al.*, 1999; Environmental Protection Agency, 2011).

Le protocole expérimental, consiste à étuver 2 ± 0.01 g de chaque tissu frais (chair, foie et gonades) (Figure 97), sous un traitement thermique à température régulée de 65°C durant 48 heures. Il faut noter que dans cette étude, les arêtes et les téguments sont minutieusement enlevés de la chair.

Le pourcentage d'eau contenue dans les différents tissus déshydratés est calculé selon l'expression :

$$W_{\text{eau}}\% = \left((W_H - W_d) / W_H \right) \cdot 100$$

W_{eau} : Pourcentage en eau par unité pondérale dans le tissu (%).

W_H : Poids humide du tissu cible (g).

W_d : Poids déshydraté du tissu cible (g).



Figure 97 : Etuvage de différents tissus.

2.4. Analyse statistique :

On a analysé statistiquement les données obtenues à partir des dosages réalisés sur les différents tissus et on a exprimé les résultats en tant que concentration moyenne (poids humide) $\pm$ erreur standard (l'intervalle de confiance a été calculé au risque $\alpha = 5\%$).

Des tests comparatifs entre les mêmes niveaux de métal, dans différents tissus, ainsi qu'entre les différents niveaux de métaux dans le même tissu, ont été évalués à l'aide du test de Student par le logiciel Stata 10. Dans ce cas, p -valeur < 0.05 et t -valeur > 1.96 ($\alpha = 5\%$) ont été considérés comme indiquant une différence significative entre les deux niveaux comparés de métaux lourds.

Pour évaluer la relativité entre les métaux traces avec l'âge, la taille et le poids des thonines, des régressions non linéaires ont été établies, pour observer l'évolution des niveaux des métaux ciblés dans cette étude avec ces paramètres biologiques.

Notre objectif principal est, d'évaluer la relation entre les niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu et l'âge, le sexe, les stades de maturité sexuelle et la taille des poissons, ainsi l'accumulation du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction du poids total des thonines. La chair, le foie et les gonades ont été choisis comme tissus cibles pour évaluer l'accumulation de métaux.

3. Résultats :

3.1. Précision de la méthode adoptée :

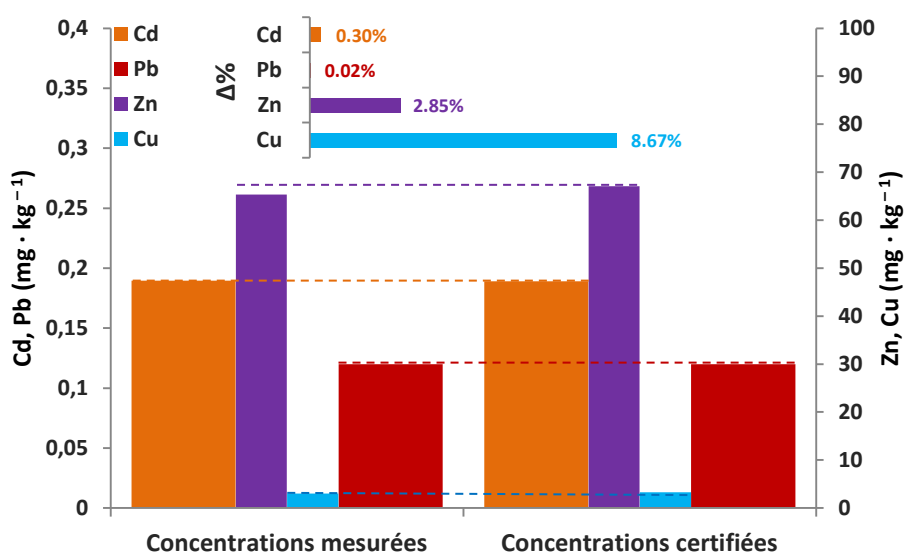
Les exercices d'inter-calibrations, ont prouvé que nos analyses, se sont déroulées dans des conditions satisfaisantes et que la technique utilisée, est fiable et précise. Les résultats indiquent, que les concentrations mesurées dans le matériau de référence codé (IAEA-407) sont dans l'intervalle de confiance de 95% (calculées au risque $\alpha = 5\%$) des valeurs certifiées (Wyse et *al.*, 2003) (Tableau 50), (Figure 98). La minéralisation par voie humide dans les récipients fermés était la méthode la plus fiable pour l'analyse des éléments traces. Cependant, l'analyse répétée de ce matériau de référence codé a montré une bonne précision.

Il faut noter que les données issues du calcul de pourcentage d'écart entre la concentration mesurée et celle de référence et ce, pour tous métaux mesurés, ont montré des valeurs inférieures à 10 (Tableau 50), (Figure 98), ce qui implique qu'aucune correction n'a été effectuée.

Tableau 50 : Valeurs mesurées et certifiées des concentrations de métaux lourds ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ / poids sec) dans le matériau de référence standard (IAEA-407).

Métal	Valeurs mesurées ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Valeurs certifiées ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	$\Delta\%$
Cd	0.1895 ± 0.0092^N	0.189 ± 0.04^N	0.30
Pb	0.1199 ± 0.0059^N	0.12 ± 0.02^N	0.02
Zn	65.3652 ± 0.5266^N	67.1 ± 0.8^N	2.58
Cu	2.9956 ± 0.0070^N	3.28 ± 0.08^N	8.67

La lettre majuscule n'indique aucune différence significative ($^N t \leq 1.96, p > 0.05$) entre les valeurs mesurées et les valeurs certifiées pour le même métal.

**Figure 98** : Concentrations mesurées et certifiées de Cd, Pb, Zn et Cu dans le matériau de référence standard (IAEA-407) ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ / poids sec).

3.2. Pourcentage de l'eau dans les tissus :

Les pourcentages moyens en l'eau sont respectivement de l'ordre de $57.6 \pm 0.45\%$, au niveau de la chair, de $67.7 \pm 0.45\%$ au niveau du foie et de $64.3 \pm 0.3\%$ au niveau des gonades (Tableau 51), (Figure 99).

Le test de Student n'indique aucune différence significative $t \leq 1.96, p > 0.05$ ($t = 0.58, p = 0.28$) entre le pourcentage moyen de l'eau dans la chair et le foie, d'autre part t -test a montré qu'il n'existe pas une différence significative ($t = 0.44, p = 0.32$) entre le pourcentage moyen en eau dans la chair et les gonades et qu'il n'y a aucune différence significative ($t = 0.14, p = 0.44$) entre le pourcentage moyen en eau dans le foie et les gonades.

La variabilité est souvent plus importante à l'intérieur d'une même espèce, ce qui montre une certaine homogénéité d'ensemble dans la composition des tissus étudiés en termes de pourcentage en eau.

Tableau 51 : Pourcentage moyen $\pm$ SE de l'eau dans les différents tissus de *E. alletteratus*.

	$\overline{\% \text{ eau}} \pm \text{SE} (\alpha = 5\%)$		
	Chair	Foie	Gonades
	57.6 ± 0.45	67.7 ± 0.45	64.3 ± 0.3
N (ind)	50	50	50

N : Effectif (ind). SE : Erreur standard.

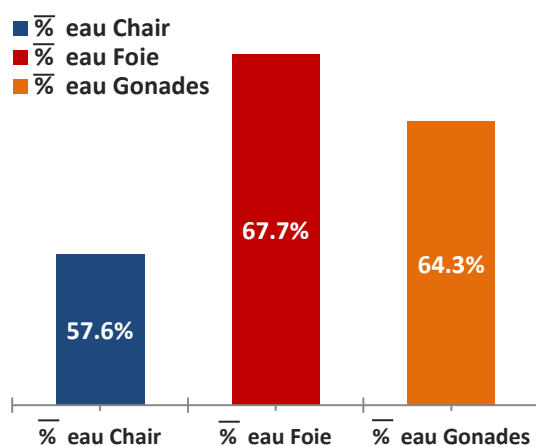


Figure 99 : Pourcentage moyen de l'eau dans les différents tissus de *E. alletteratus*.

3.3. Accumulation des métaux lourds au niveau des tissus de *E. alletteratus* :

Les niveaux moyens de métaux retrouvés dans la chair, le foie et les gonades de *E. alletteratus* de la côte Mostaganemoise, sont consignés dans le tableau 52 et la figure 100. On peut remarquer que la chair, le foie et les gonades ont montré différents niveaux d'accumulation du métal. Cependant, l'accumulation de métaux lourds chez les thonines a montré des variations significatives dans tous les éléments mesurés. Les résultats ont montré que les concentrations moyennes de métaux lourds dans la chair et les organes de la thonine de la côte de Mostaganem variaient dans les gammes suivantes : Cd (0.0154 ± 0.001 – 0.2010 ± 0.02); Pb (0.1890 ± 0.01 – 0.8069 ± 0.09); Zn (69.0168 ± 7.67 – 203.1454 ± 21.48); Cu (2.7835 ± 0.33 – 18.1135 ± 1.34) $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (poids humide). Les concentrations les plus élevées en Cd, Pb et Cu sont enregistrées dans le foie de la thonine, alors que valeur maximale en zinc est observée dans les gonades (Tableau 52), (Figure 100).

Tableau 52 : Niveaux de métaux lourds ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ / poids humide) dans les différents tissus de *E. alletteratus*.

		Chair	Foie	Gonades
Métal ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Cd	Min	0.0088	0.0532
		Max	0.0571	0.4269
		Moyenne	0.0298 ^{S*}	0.2010^{S*}
		SE	0.002	0.02
	Pb	Min	0.0962	0.1678
		Max	1.0246	1.8809
		Moyenne	0.4923 ^{S*}	0.8069^{S*}
		SE	0.06	0.09
	Zn	Min	16.4613	24.1264
		Max	118.1241	269.3133
		Moyenne	69.0168 ^{S*}	203.1454^{S*}
		SE	7.67	14.17
	Cu	Min	3.4682	7.4619
		Max	15.6891	27.3684
		Moyenne	10.2194 ^{S*}	18.1135^{S*}
		SE	0.88	1.34
	N	50	50	50

Max : Maximum, **Min :** Minimum, **SE :** Erreur standard. Lettre majuscule dénote des différences significatives (^S $t > 1.96$, $p < 0.05$) entre les concentrations du même métal dans les différents tissus. Les différences significatives entre les niveaux de Cd, Pb, Zn et Cu dans le même tissu sont indiquées par des astérisques (^{*} $t > 1.96$, $p < 0.05$).

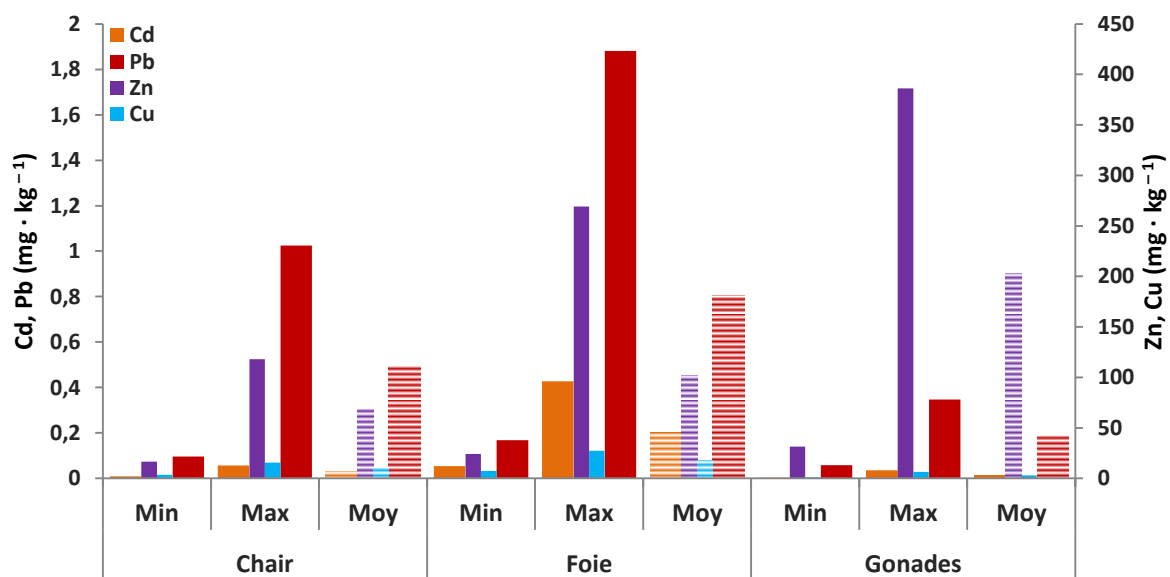


Figure 100 : Concentration du Cd, Pb, Zn et Cu ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ / poids humide) dans les différents tissus de *E. alletteratus*.

3.3.1. Variation des concentrations en métaux traces en fonction de l'âge de *E. alletteratus* :

Les niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu augmentent avec l'âge du poisson (Figure 101), (Tableau 53). Les valeurs moyennes les plus élevées de cadmium, de plomb et de cuivre ont été mesurées dans le foie du petit thon, mais les concentrations moyennes les plus faibles ont été enregistrées dans les gonades. Les spécimens âgés de 5 à 7 ans, ont montré les concentrations moyennes de Cd, Pb et Cu les plus élevées dans le foie, respectivement $0.2900 \pm 0.033 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1.1331 \pm 0.10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ et $22.6480 \pm 1.07 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (poids humide). Pour le Zn, le plus haut niveau avec une valeur moyenne de $250.6038 \pm 20.78 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a été observée dans les gonades.

Les individus âgés de 1 à 3 ans, ont montré les concentrations moyennes de Cd, Pb et Cu les plus faibles dans les gonades, respectivement $0.0038 \pm 0.0004 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $0.07672 \pm 0.0073 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ et $0.9803 \pm 0.007 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (poids humide). Toutefois, pour le Zn, le niveau moyen le plus bas $19.5560 \pm 1.29 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ est enregistré dans la chair des mêmes individus (Figure 101). Le test de Student a montré une différence significative ($t > 1.96$, $p < 0.05$), entre les concentrations du même métal dans le même tissu pour les spécimens appartenant à différentes classes d'âge [1-3[, [3-5[et [5-7] ans.

Tableau 53 : Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction de l'âge des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

		Âge (ans)								
		[1-3[			[3-5[			[5-7]		
		Chair	Foie	Gonades	Chair	Foie	Gonades	Chair	Foie	Gonades
Métal $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	Cd	0.0097	0.0630	0.0039	0.0268	0.1310	0.0119	0.0377	0.2900	0.0212
		$\pm$ 0.001 ^{*S}	$\pm$ 0.005 ^{*S}	$\pm$ 0.0003 ^{*S}	$\pm$ 0.001 ^{*S}	$\pm$ 0.01 ^{*S}	$\pm$ 0.002 ^{*S}	$\pm$ 0.003 ^{*S}	$\pm$ 0.033^{*S}	$\pm$ 0.002 ^{*S}
	Pb	0.1271	0.2306	0.0767	0.3509	0.5780	0.1444	0.6963	1.1331	0.2525
		$\pm$ 0.016 ^{*S}	$\pm$ 0.033 ^{*S}	$\pm$ 0.007 ^{*S}	$\pm$ 0.046 ^{*S}	$\pm$ 0.065 ^{*S}	$\pm$ 0.014 ^{*S}	$\pm$ 0.055 ^{*S}	$\pm$ 0.10^{*S}	$\pm$ 0.02 ^{*S}
	Zn	19.5560	27.502	34.113	52.605	67.683	202.96	94.681	147.02	250.603
		$\pm$ 1.29 ^{*S}	$\pm$ 1.78 ^{*S}	$\pm$ 1.90 ^{*S}	$\pm$ 6.56 ^{*S}	$\pm$ 8.74 ^{*S}	$\pm$ 28.30 ^{*S}	$\pm$ 5.64 ^{*S}	$\pm$ 18.82 ^{*S}	$\pm$ 20.78^{*S}
	Cu	3.9880	9.055	0.9803	8.6395	15.338	1.9055	13.101	22.648	3.9206
		$\pm$ 0.17 ^{*S}	$\pm$ 0.68 ^{*S}	$\pm$ 0.007 ^{*S}	$\pm$ 0.69 ^{*S}	$\pm$ 1.003 ^{*S}	$\pm$ 0.18 ^{*S}	$\pm$ 0.50 ^{*S}	$\pm$ 1.07^{*S}	$\pm$ 0.37 ^{*S}

Les valeurs sont présentées en moyenne $\pm$ SE (poids humide). La lettre majuscule indique des différences significatives (^S $t > 1.96$, $p < 0.05$) entre les niveaux du même métal dans différentes classes d'âge et dans le même tissu. Les différences significatives entre les niveaux de Cd, Pb, Zn et Cu dans différents tissus pour la même classe d'âge sont indiquées par des astérisques (^{*} $t > 1.96$, $p < 0.05$).

Le t -test a également indiqué, des différences significatives ($t > 1.96$, $p < 0.05$) entre les concentrations du Cd, Pb, Zn et du Cu dans les différents tissus (chair, foie et gonades) pour les spécimens de la même classe d'âge.

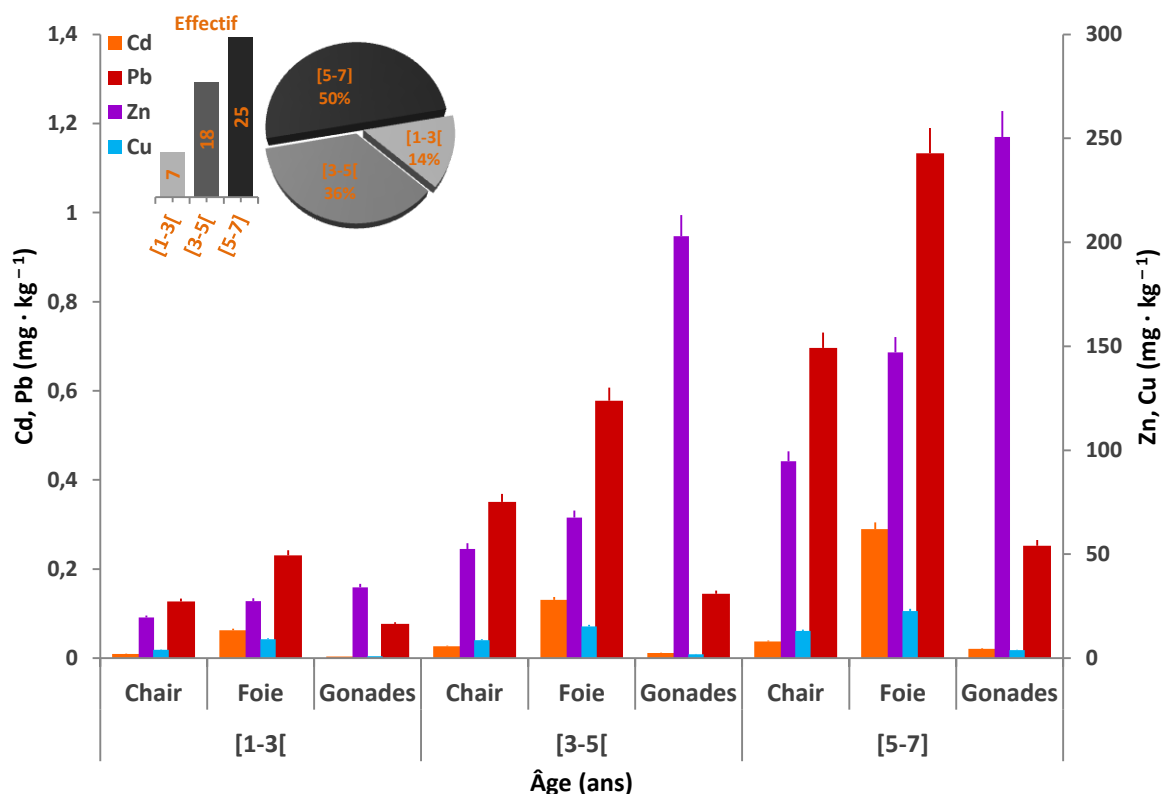


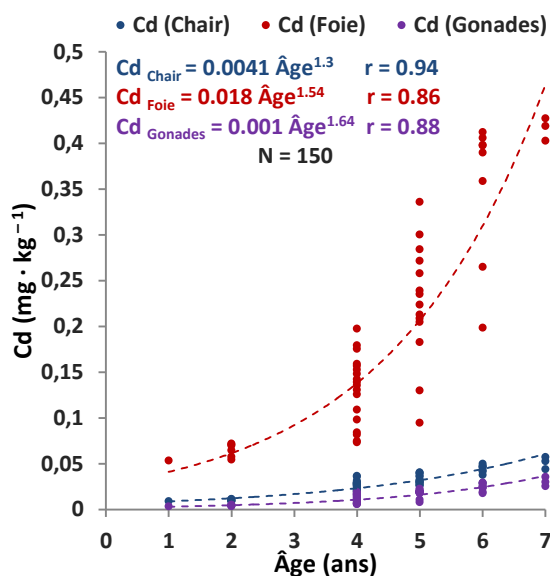
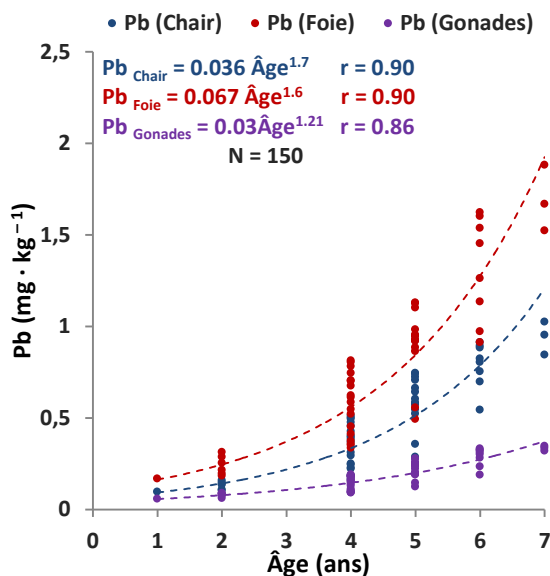
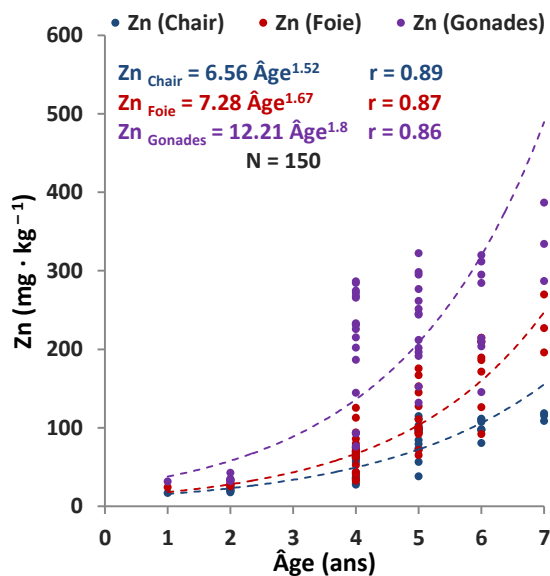
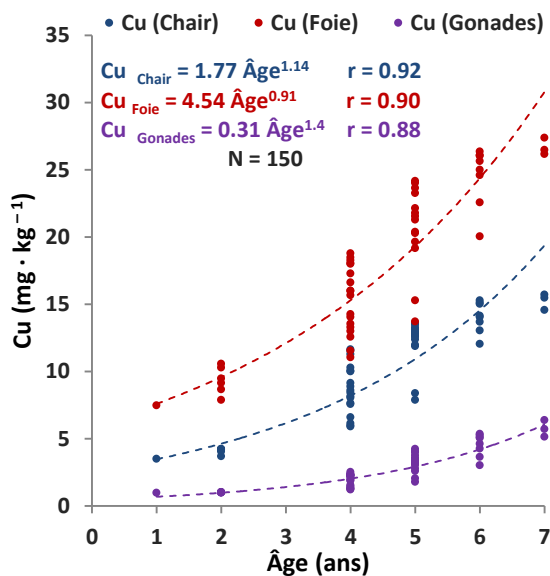
Figure 101 : Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction de l'âge des poissons dans la chair, le foie et les gonades de *E. alletteratus*.

Il faut mentionner que, dans cette étude, les thonines âgées de 5 à 7 ans représentent 50% d'effectif total avec 25 individus, or les spécimens âgés de 3 à 5 ans représentent un effectif de 18 individus avec 36%, tant dis que le plus faible pourcentage 14% est représenté par les poissons âgés de 1 à 3 ans avec 7 individus (Figure 101).

D'après les régressions non linéaires (Figures 102, 103, 104, 105), l'accumulation du cadmium, plomb, zinc et du cuivre augmente significativement ($P < 0.05$) dans la chair, le foie et les gonades avec l'âge des spécimens, certes l'analyse de la relativité entre les différents métaux et l'âge des poissons offre à décrire les courbes exponentielles (Tableau 54).

Tableau 54 : Relations entre le niveau du Cd, Pb, Zn et Cu et l'âge des thonines.

	Chair	Foie	Gonades	
Métal mg · kg ⁻¹	Cd	Cd = 0.0041 Âge ^{1.3}	Cd = 0.018 Âge ^{1.54}	Cd = 0.001 Âge ^{1.64}
	Pb	Pb = 0.036 Âge ^{1.7}	Pb = 0.067 Âge ^{1.6}	Pb = 0.03Âge ^{1.21}
	Zn	Zn = 6.56 Âge ^{1.52}	Zn = 7.28 Âge ^{1.67}	Zn = 12.21 Âge ^{1.8}
	Cu	Cu = 1.77 Âge ^{1.14}	Cu = 4.54 Âge ^{0.91}	Cu = 0.31 Âge ^{1.4}

**Figure 102 :** Evolution de la concentration du Cd en fonction de l'âge dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.**Figure 103 :** Evolution de la concentration du Pb en fonction de l'âge dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.**Figure 104 :** Evolution de la concentration du Zn en fonction de l'âge dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.**Figure 105 :** Evolution de la concentration du Cu en fonction de l'âge dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

3.3.2. Variation des niveaux moyens des métaux lourds en fonction du sexe de *E. alletteratus* :

Les concentrations moyennes du cadmium, plomb, zinc et du cuivre illustrées dans le tableau 55 et la figure 106 varient, pour le même sexe. En effet, les valeurs les plus élevées ont été constatées au niveau des tissus hépatiques des mâles, avec des taux de $0.2506 \pm 0.046 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (poids humide) pour le cadmium, $0.9786 \pm 0.16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ pour le plomb et $20.0183 \pm 2.0535 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ pour le cuivre. D'autre part, le zinc est accumulé plus dans les gonades des femelles $204.3538 \pm 29.58 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Tableau 55), (Figure 106). Student *t*-test, n'a montré aucune différence significative ($t \leq 1.96$, $p > 0.05$) entre les mâles et les femelles pour les mêmes niveaux du même métal dans le même tissu, mais a indiqué des différences significatives ($t > 1.96$, $p < 0.05$) entre les niveaux du Cd, Pb, Zn et Cu dans les différents tissus des mâles et des femelles séparément.

Les femelles contenaient les plus faibles concentrations moyennes de cadmium et de plomb dans les gonades respectivement $0.0261 \pm 0.0025 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $0.3979 \pm 0.06 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (poids humide). La valeur moyenne la plus faible du zinc $62.1765 \pm 9.75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ est enregistrée dans la chair des femelles, alors que le niveau du cuivre était plus faible dans les gonades des mâles $1.4652 \pm 0.574 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Tableau 55), (Figure 106).

Tableau 55 : Concentrations moyennes du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction du sexe des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

	♀			♂		
	Chair	Foie	Gonades	Chair	Foie	Gonades
	Métal $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$					
Cd	0.0261	0.1514	0.0123	0.0335	0.2506	0.0186
	$\pm 0.0025^{*N}$	$\pm 0.022^{*N}$	$\pm 0.0019^{*N}$	$\pm 0.004^{*N}$	$\pm 0.046^{*N}$	$\pm 0.002^{*N}$
Pb	0.3979	0.6353	0.1560	0.5866	0.9786	0.2219
	$\pm 0.06^{*N}$	$\pm 0.091^{*N}$	$\pm 0.018^{*N}$	$\pm 0.094^{*N}$	$\pm 0.16^{*N}$	$\pm 0.031^{*N}$
Zn	62.1765	81.0773	204.3538	75.8572	122.3802	201.9370
	$\pm 9.75^{*N}$	$\pm 11.92^{*N}$	$\pm 29.58^{*N}$	$\pm 11.15^{*N}$	$\pm 26.44^{*N}$	$\pm 31.17^{*N}$
Cu	9.0901	16.2088	2.2333	11.34	20.0183	1.4652
	$\pm 1.04^{*N}$	$\pm 1.5041^{*N}$	$\pm 0.2959^{*N}$	$\pm 1.24^{*N}$	$\pm 2.0535^{*N}$	$\pm 0.574^{*N}$

Les valeurs sont présentées en moyenne $\pm$ SE (poids humide). ♂ : Les mâles. ♀ : Les femelles. La lettre majuscule n'indique aucune différence significative ($t \leq 1.96$, $p > 0.05$) entre les mâles et les femelles pour les niveaux du même métal dans le même tissu. Les différences significatives entre les métaux dans différents tissus pour le même sexe sont indiquées par des astérisques ($t > 1.96$, $p < 0.05$).

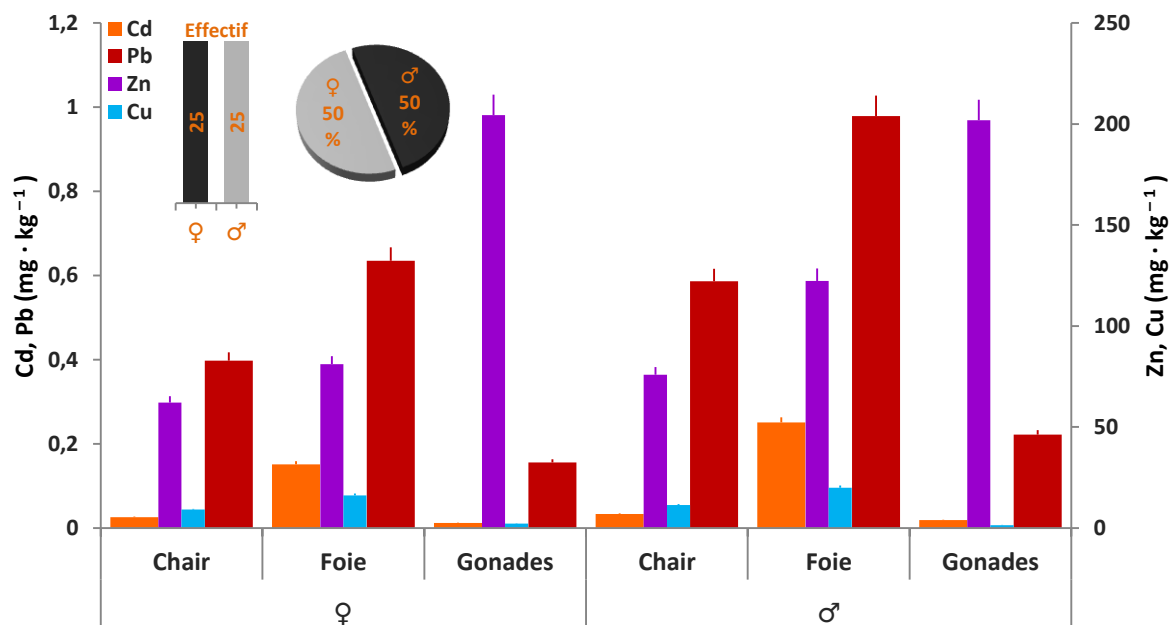


Figure 106 : Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction du sexe des spécimens dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

3.3.3. Variation des concentrations en métaux lourds en fonction de la taille chez *E. alletteratus* :

Pour une meilleure compréhension de la relativité métaux lourds et la taille de la thonine, nous avons regroupé l'ensemble d'individus en quatre classes de taille : [36-53[, [53-70[, [70-87[et [87-104[cm, les résultats obtenues, sont consignées dans le tableau 56 et la figure 107.

En général, les concentrations moyennes du Cd, Pb, Zn et Cu augmentent avec la taille des poissons. Les concentrations moyennes les plus élevées du cadmium $0.4105 \pm 0.006 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, du plomb $1.6392 \pm 0.072 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ et du cuivre $26.3970 \pm 0.27 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, ont été trouvées dans le foie des spécimens appartenant à la grande classe de taille entre 87 cm et 104 cm, tant dis que la concentration moyenne, la plus élevée en zinc ($322.1062 \pm 20.25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) est observée dans les gonades.

Le test *t* indique une différence significative entre les niveaux de Cd, Pb, Zn et Cu dans le même tissu ($t > 1.96$, $p < 0.05$) chez les spécimens appartenant aux différentes classes de taille, *t*-test a également indiqué, des différences significatives, entre les niveaux du même métal, pour des individus appartenant à la même classe taille dans différents tissus.

D'autre part, les plus faibles concentrations moyennes, du cadmium ($0.0039 \pm 0.0003 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), du plomb ($0.0767 \pm 0.0074 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) et du cuivre ($0.9803 \pm 0.007 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) sont enregistrées dans les gonades des thonines de petites tailles entre 36 cm et 53 cm, alors que pour le zinc, le taux le plus faible ($19.5560 \pm 1.29 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) est observé au niveau de la chair.

Il faut noter que, dans cette étude, les thonines appartenant à la classe de taille [53-70[cm, représentent le pourcentage le plus élevé 40% de l'effectif total, alors que les spécimens de la classe de taille [87-104[cm représentent l'effectif le plus bas 6 individus avec un pourcentage de 12%, tant dis que les individus des classes de tailles [36-53[et [70-87[cm représentent respectivement les pourcentage 14% et 34% avec un effectif de 7 et 17 individus respectivement (Figure 107).

Tableau 56 : Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction de la taille des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

Métal $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	L_F (cm)											
	[36-53[			[53-70[			[70-87[			[87-104[		
	Chair	Foie	Gonades	Chair	Foie	Gonades	Chair	Foie	Gonades	Chair	Foie	Gonades
	Cd	Pb	Zn	Cu	Cd	Pb	Zn	Cu	Cd	Pb	Zn	Cu
	$0.0097 \pm 0.001^*$	$0.1271 \pm 0.015^*$	$19.5560 \pm 1.29^*$	$3.9880 \pm 0.17^*$	$0.0630 \pm 0.01^*$	$0.2306 \pm 0.033^*$	$27.8028 \pm 1.78^*$	$9.0556 \pm 0.67^*$	$0.0039 \pm 0.0003^*$	$0.0767 \pm 0.0074^*$	$34.1130 \pm 1.90^*$	$0.9803 \pm 0.007^*$
	$0.0270 \pm 0.0014^*$	$0.3479 \pm 0.041^*$	$52.0566 \pm 6.05^*$	$8.5866 \pm 0.61^*$	$0.1291 \pm 0.012^*$	$0.5727 \pm 0.13^*$	$67.7115 \pm 7.60^*$	$15.2524 \pm 0.89^*$	$0.0116 \pm 0.0016^*$	$0.1434 \pm 0.013^*$	$206.304 \pm 25.19^*$	$1.9041 \pm 0.16^*$
	$0.0346 \pm 0.0025^*$	$0.6619 \pm 0.039^*$	$94.1194 \pm 4.57^*$	$12.9560 \pm 0.25^*$	$0.2684 \pm 0.025^*$	$1.0261 \pm 0.058^*$	$130.318 \pm 15.24^*$	$22.2857 \pm 0.80^*$	$0.0199 \pm 0.0008^*$	$0.2388 \pm 0.016^*$	$227.043 \pm 22.32^*$	$3.6128 \pm 0.25^*$
	$0.0494 \pm 0.0029^*$	$0.9186 \pm 0.037^*$	$112.1315 \pm 2.48^*$	$15.1786 \pm 0.23^*$	$0.4105 \pm 0.006^*$	$1.6392 \pm 0.072^*$	$220.712 \pm 14.53^*$	$26.3970 \pm 0.27^*$	$0.0494 \pm 0.0029^*$	$0.9186 \pm 0.037^*$	$112.1315 \pm 2.48^*$	$15.1786 \pm 0.23^*$
	$0.0289 \pm 0.0019^*$	$0.3305 \pm 0.0063^*$	$322.106 \pm 20.25^*$	$5.4693 \pm 0.2946^*$								

Les valeurs sont présentées en moyenne $\pm$ SE (poids humide). La lettre majuscule indique des différences significatives ($^s t > 1.96, p < 0.05$) entre les niveaux du Cd, Pb, Zn et Cu dans différentes classes de taille pour le même tissu. Des différences significatives entre les niveaux du même métal dans différents tissus pour la même classe de taille sont indiquées par des astérisques ($^* t > 1.96, p < 0.05$).

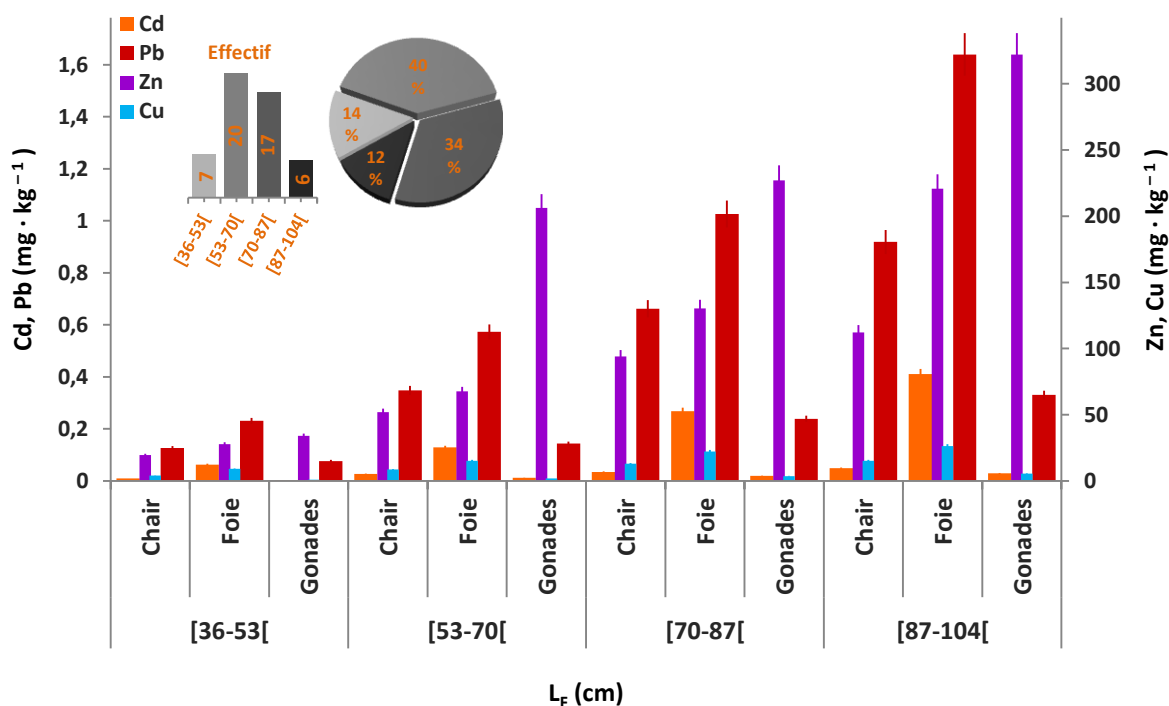


Figure 107 : Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction de la taille des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

Généralement, les niveaux de cadmium, de plomb, de zinc et du cuivre augmentent proportionnellement avec la taille des thonines, des relations significatives entre les concentrations des différents métaux (Cd, Pb, Zn et Cu) et la taille des spécimens ont été trouvées (Figures 108, 109, 110, 111) et ce, dans les différents tissus. L'analyse de données, indique que, le profile de l'accumulation du cadmium, plomb, zinc et du cuivre est significativement ($P < 0.05$) relié avec la taille des poissons. Les courbes exponentielles de l'évolution entre les niveaux des différents métaux et la taille des poissons, sont consignées dans le tableau 57.

Tableau 57 : Relations entre le niveau du Cd, Pb, Zn et Cu et la taille des thonines.

	Chair	Foie	Gonades
Métal $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	Cd	Cd = $8.44 \cdot 10^{-6} L_F^{1.92}$	Cd = $1.26 \cdot 10^{-5} L_F^{2.25}$
	Pb	Pb = $1.27 \cdot 10^{-5} L_F^{2.46}$	Pb = $3.23 \cdot 10^{-5} L_F^{2.37}$
	Zn	Zn = $0.005 L_F^{2.21}$	Zn = $0.003 L_F^{2.46}$
	Cu	Cu = $0.008 L_F^{1.67}$	Cu = $0.061 L_F^{1.33}$

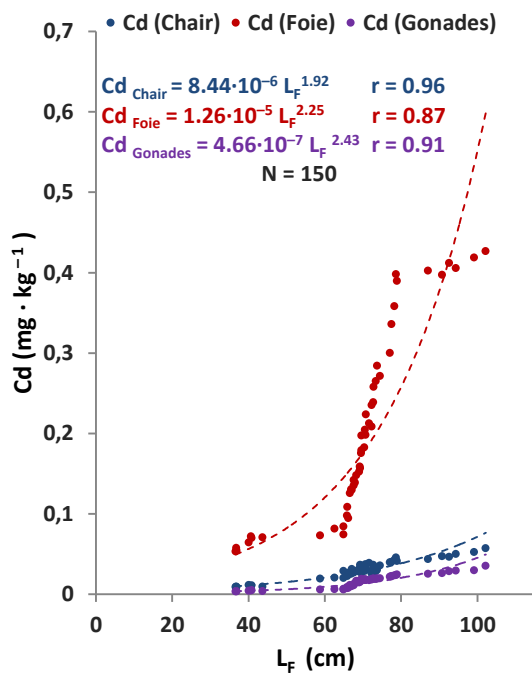


Figure 108 : Evolution de la concentration du Cd en fonction de la taille dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

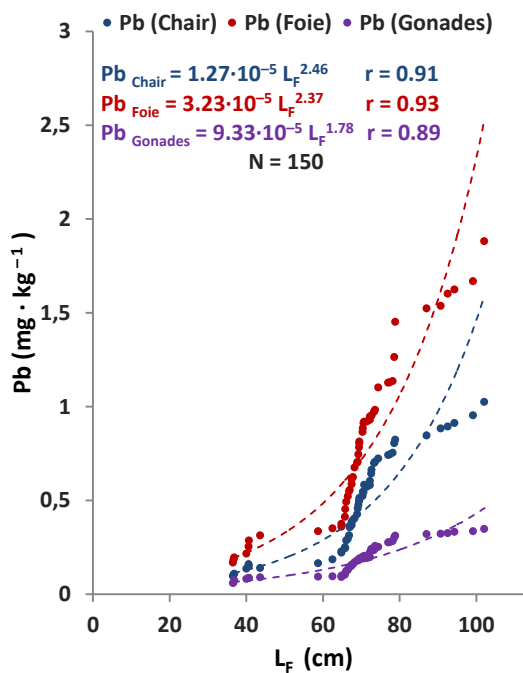


Figure 109 : Evolution de la concentration du Pb en fonction de la taille dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

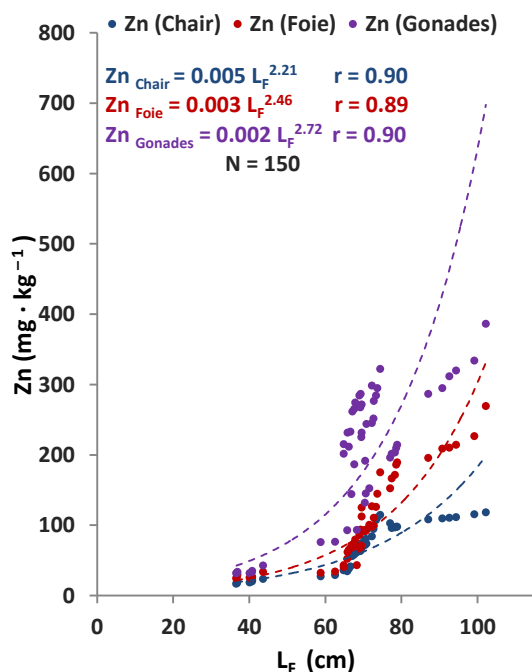


Figure 110 : Evolution de la concentration du Zn en fonction de la taille dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

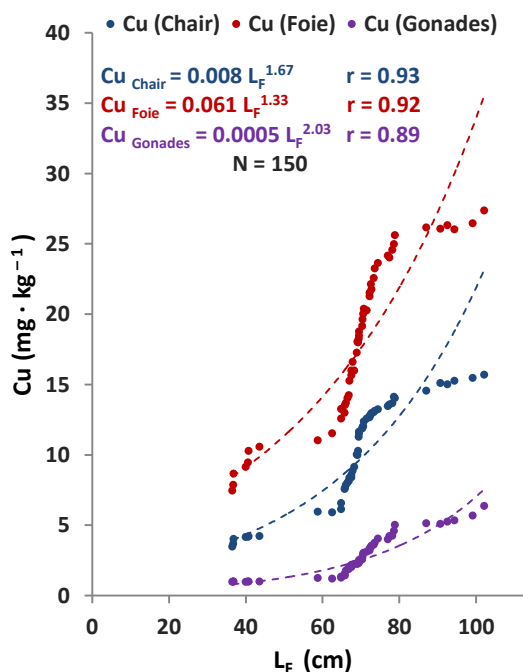


Figure 111 : Evolution de la concentration du Cu en fonction de la taille dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

3.3.4. Variation des niveaux moyens des métaux lourds en fonction des stades de maturité sexuelle chez *E. alletteratus* :

Les accumulations du cadmium, du plomb et du cuivre dans les tissus des thonines en fonction des stades de maturité sexuelle étaient dans la séquence : foie > chair > gonades, et gonades > foie > chair pour le zinc.

Les concentrations moyennes du cadmium et du cuivre les plus élevées sont observées dans le foie des individus appartenant au stade II de la maturité sexuelle, respectivement $0.3068 \pm 0.031 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ et $23.5785 \pm 0.68 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (poids humide). Par ailleurs, les individus du stade IV, contenaient les niveaux moyens les plus élevés de plomb $1.1572 \pm 0.27 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dans le foie et le zinc $297.9571 \pm 15.04 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ dans les gonades (Tableau 58), (Figure 112).

Les plus faibles concentrations moyennes du cadmium $0.0038 \pm 0.0004 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, du plomb $0.0767 \pm 0.0073 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ et du cuivre $0.9803 \pm 0.007 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, sont enregistrées dans les gonades des individus appartenant au stade I de maturité sexuelle. Pour le zinc, la valeur moyenne la plus basse ($19.5560 \pm 1,29 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), est observée dans le muscle de ces individus.

Le test *t*, indique des différences significatives ($t > 1.96$, $p < 0.05$), entre les niveaux du Cd, Pb, Zn et Cu pour différents stades de maturité sexuelle dans le même tissu. De plus, *t*-test, indique des différences significatives entre les niveaux du même métal dans différents tissus pour le même stade de maturité.

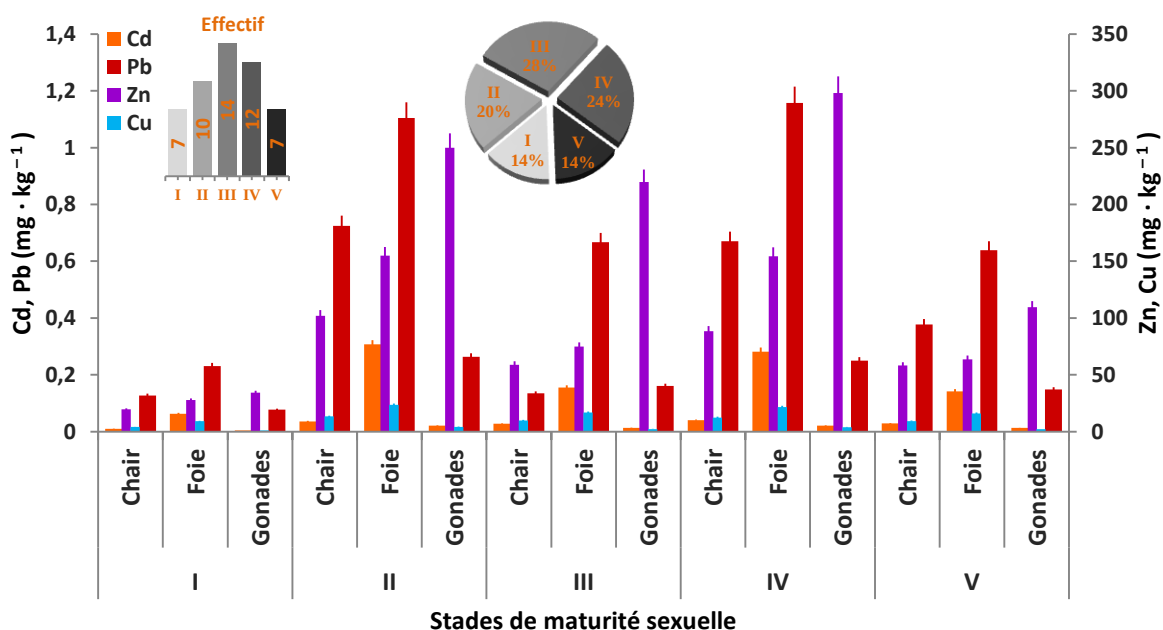
Il convient de signaler que, la structure (volume) et la consistance des gonades évoluent durant le cycle sexuel de la thonine. Cependant, le développement gonadal était apparemment lié à la taille, l'âge et le poids de la thonine. Les spécimens qui ont commencé tôt leur maturation étaient considérablement plus âgés, plus grands et plus lourds.

Dans cette étude, les thonines appartenant au stade III de maturité sexuelle représentent le pourcentage le plus élevé de l'ordre de 28% de l'effectif total, par contre le pourcentage le plus faible 14% représente les spécimens du stade I et V, bien que les thonines du stade II et IV représentent, respectivement 20% et 24% de l'effectif total (Figure 112).

Tableau 58 : Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction des stades de maturité sexuelle des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

		Stades de maturité sexuelle														
		I			II			III			IV			V		
		Chair	Foie	Gonades	Chair	Foie	Gonades	Chair	Foie	Gonades	Chair	Foie	Gonades	Chair	Foie	Gonades
Métal $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	Cd	0.0097 ± 0.0005 ^{*S}	0.0630 ± 0.0005 ^{*S}	0.0039 ± 0.0003 ^{*S}	0.0355 ± 0.0003 ^{*S}	0.3068 ± 0.031 ^{*S}	0.0211 ± 0.0011 ^{*S}	0.0275 ± 0.0014 ^{*S}	0.1548 ± 0.024 ^{*S}	0.0135 ± 0.002 ^{*S}	0.0405 ± 0.005 ^{*S}	0.2816 ± 0.07 ^{*S}	0.0213 ± 0.004 ^{*S}	0.0283 ± 0.004 ^{*S}	0.1420 ± 0.03 ^{*S}	0.0127 ± 0.004 ^{*S}
	Pb	0.1271 ± 0.015 ^{*S}	0.2306 ± 0.033 ^{*S}	0.0767 ± 0.0074 ^{*S}	0.7240 ± 0.03 ^{*S}	1.1044 ± 0.16 ^{*S}	0.2628 ± 0.016 ^{*S}	0.1344 ± 0.07 ^{*S}	0.6664 ± 0.09 ^{*S}	0.1606 ± 0.02 ^{*S}	0.6708 ± 0.14 ^{*S}	1.1572 ± 0.27 ^{*S}	0.2495 ± 0.04 ^{*S}	0.3773 ± 0.11 ^{*S}	0.6388 ± 0.17 ^{*S}	0.1488 ± 0.03 ^{*S}
	Zn	19.5560 ± 1.29 ^{*S}	27.8028 ± 1.78 ^{*S}	34.1130 ± 1.90 ^{*S}	101.986 ± 3.42 ^{*S}	154.819 ± 14.10 ^{*S}	249.997 ± 27.97 ^{*S}	58.8857 ± 8.26 ^{*S}	74.7857 ± 9.03 ^{*S}	219.799 ± 16.65 ^{*S}	88.5012 ± 13.37 ^{*S}	154.428 ± 37.5 ^{*S}	297.957 ± 15.04 ^{*S}	58.2391 ± 17.85 ^{*S}	63.6545 ± 19.85 ^{*S}	109.403 ± 21.23 ^{*S}
	Cu	3.9880 ± 0.17 ^{*S}	9.0556 ± 0.67 ^{*S}	0.9803 ± 0.007 ^{*S}	13.3856 ± 0.23 ^{*S}	23.5785 ± 0.68 ^{*S}	4.0322 ± 0.24 ^{*S}	9.6736 ± 1.12 ^{*S}	16.8088 ± 1.54 ^{*S}	2.2052 ± 0.29 ^{*S}	12.3987 ± 1.57 ^{*S}	21.6854 ± 2.66 ^{*S}	3.8541 ± 0.91 ^{*S}	9.2834 ± 1.81 ^{*S}	15.8506 ± 2.54 ^{*S}	2.1246 ± 0.51 ^{*S}

Les valeurs sont présentées en moyenne ± SE (poids humide). La lettre majuscule indique des différences significatives (^S $t > 1.96$, $p < 0.05$) entre les niveaux du Cd, Pb, Zn et Cu pour différents stades de maturité sexuelle dans le même tissu. Des différences significatives entre les niveaux du même métal dans différents tissus pour le même stade de maturité sexuelle sont indiquées par des astérisques (^{*} $t > 1.96$, $p < 0.05$).

**Figure 112 :** Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction des stades de maturité sexuelle des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

3.3.5. Variation des niveaux moyens des métaux lourds en fonction du poids total des thonines :

Pour une meilleure interprétation des résultats, nous avons regroupé l'ensemble d'individus en trois classes de poids : [770-5400[, [5400-10030[et [10030-14660[g.

Les résultats illustrés dans le tableau 59 et schématisés dans la figure 113, indiquent que les concentrations moyennes du Cd, Pb, Zn et Cu, augmentent avec le poids total des thonines. En effet, les concentrations moyennes les plus élevées mesurées pour le cuivre ($26.3970 \pm 0.27 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), cadmium ($0.4105 \pm 0.006 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) et du plomb ($1.6392 \pm 0.072 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), ont été mesurées dans le foie des thonines appartenant à la grande classe de poids entre 10030 g et 14660 g.

Pour le zinc, le taux moyen le plus élevé de $322.1062 \pm 20.25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, est clairement observé dans les gonades des spécimens les plus lourds. Cependant, les résultats obtenus pour les individus de la classe de poids [10030-14660[g, indiquent une similarité avec les résultats obtenus précédemment pour les individus de la classe de taille [87-104[cm.

Le test t indique, une différence significative entre les niveaux de Cd, Pb, Zn et Cu dans le même tissu ($t > 1.96$, $p < 0.05$) chez les spécimens appartenant à différentes classes de poids, t -test a également montré des différences significatives entre les niveaux du même métal pour des individus appartenant à la même classe de poids dans différents tissus.

Les plus faibles concentrations moyennes du cadmium ($0.0054 \pm 0.001 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), du plomb ($0.0896 \pm 0.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) et du cuivre ($1.1859 \pm 0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), ont été clairement observées dans les gonades des spécimens appartenant à la classe de poids de [770-5400[g, par contre, le niveau moyen le plus faible du zinc ($26.7185 \pm 3.75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) (poids humide) est constaté dans la chair.

Les thonines appartenant à la classe de poids [5400-10030[g, représentent 60% de l'effectif total, or le pourcentage le plus faible 12% représente, les individus de la classe [10030-14660[g avec 6 individus, tant dis que les spécimens de la classe [770-5400[g représentent 28% de l'effectif total (Figure 113).

Tableau 59 : Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction du poids total des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

		W _T (g)								
		[770-5400[			[5400-10030[			[10030-14660[		
		Chair	Foie	Gonades	Chair	Foie	Gonades	Chair	Foie	Gonades
Métal mg · kg ⁻¹	Cd	0.0164 ± 0.003 ^{*s}	0.0754 ± 0.006 ^{*s}	0.0054 ± 0.001 ^{*s}	0.0322 ± 0.001 ^{*s}	0.2177 ± 0.02 ^{*s}	0.0174 ± 0.001 ^{*s}	0.0494 ± 0.002 ^{*s}	0.4105 ± 0.006 ^{*s}	0.0289 ± 0.001 ^{*s}
	Pb	0.1764 ± 0.02 ^{*s}	0.3137 ± 0.04 ^{*s}	0.0896 ± 0.01 ^{*s}	0.5544 ± 0.04 ^{*s}	0.8706 ± 0.06 ^{*s}	0.2071 ± 0.01 ^{*s}	0.9186 ± 0.03 ^{*s}	1.6392 ± 0.07 ^{*s}	0.3305 ± 0.06 ^{*s}
	Zn	26.7185 ± 3.75 ^{*s}	37.1614 ± 5.7 ^{*s}	95.8815 ± 35.59 ^{*s}	80.1331 ± 6.05 ^{*s}	108.0634 ± 11.65 ^{*s}	229.4097 ± 16.44 ^{*s}	112.1315 ± 2.48 ^{*s}	220.7125 ± 14.53 ^{*s}	322.1062 ± 20.25 ^{*s}
	Cu	5.3924 ± 0.73 ^{*s}	10.8555 ± 0.94 ^{*s}	1.1859 ± 0.1 ^{*s}	11.4802 ± 0.6 ^{*s}	19.8439 ± 1.01 ^{*s}	2.992 ± 0.26 ^{*s}	15.1786 ± 0.23 ^{*s}	26.397 ± 0.27 ^{*s}	5.4693 ± 0.29 ^{*s}

Les valeurs sont présentées en moyenne ± SE (poids humide). La lettre majuscule indique des différences significatives (^s $t > 1.96$, $p < 0.05$) entre les mêmes niveaux de métal dans différentes classes de poids et dans le même tissu. Les différences significatives entre les niveaux de Cd, Pb, Zn et Cu dans différents tissus pour la même classe de poids sont indiquées par des astérisques (^{*} $t > 1.96$, $p < 0.05$).

Pour évaluer et comprendre la relativité entre les niveaux des différents métaux et le poids total des thonines, des régressions non linéaires, ont été utilisées pour décrire le profile d'accumulation du cadmium, plomb, zinc et du cuivre dans la chair, le foie et les gonades des poissons.

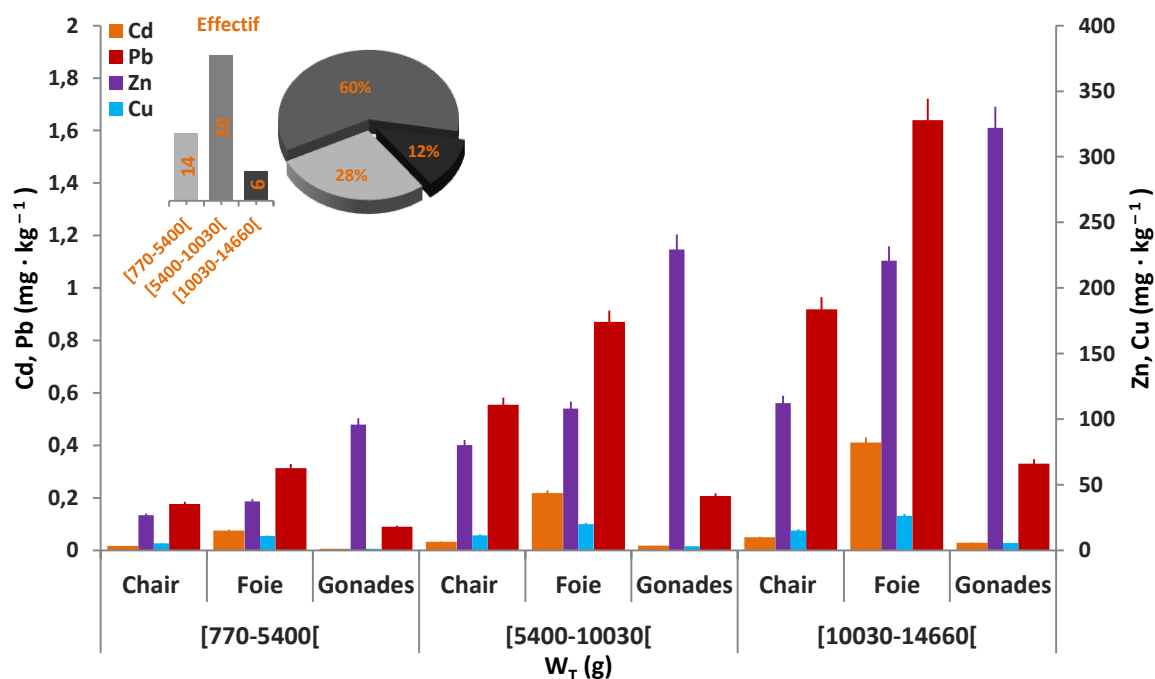


Figure 113 : Niveaux moyens du Cd, Pb, Zn et Cu en fonction du poids total des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

D'après les figures 114, 115, 116 et 117, la concentration du cadmium, plomb, zinc et du cuivre augmente dans la chair, le foie et les gonades avec l'augmentation du poids des thonines, les résultats obtenus sont exprimés sous forme de courbes exponentielles (Tableau 60).

Tableau 60 : Relations entre le niveau du Cd, Pb, Zn et Cu et le poids total des thonines.

	Chair	Foie	Gonades
Cd	$Cd = 0.009 W_T^{0.64}$	$Cd = 0.049 W_T^{0.73}$	$Cd = 0.003 W_T^{0.81}$
Pb	$Pb = 0.103 W_T^{0.82}$	$Pb = 0.184 W_T^{0.78}$	$Pb = 0.063 W_T^{0.58}$
Zn	$Zn = 16.96 W_T^{0.75}$	$Zn = 21.90 W_T^{0.79}$	$Zn = 33.96 W_T^{0.95}$
Cu	$Cu = 3.653 W_T^{0.56}$	$Cu = 8.123 W_T^{0.44}$	$Cu = 0.806 W_T^{0.65}$

L'ensemble des relations indiquent, que les concentrations du Cd, Pb, Zn et Cu dans la chair, le foie et les gonades de *E. alletteratus* augmentent de façon significative ($P < 0.05$) en fonction du poids corporel total.

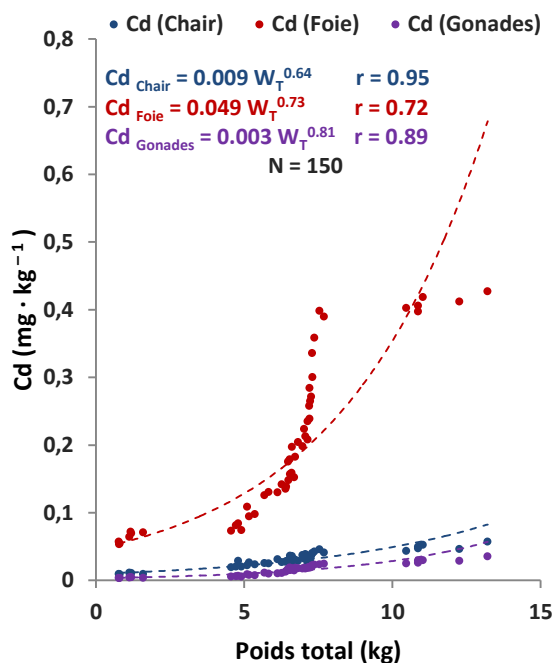


Figure 114 : Relations entre les niveaux du Cd et le poids total des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

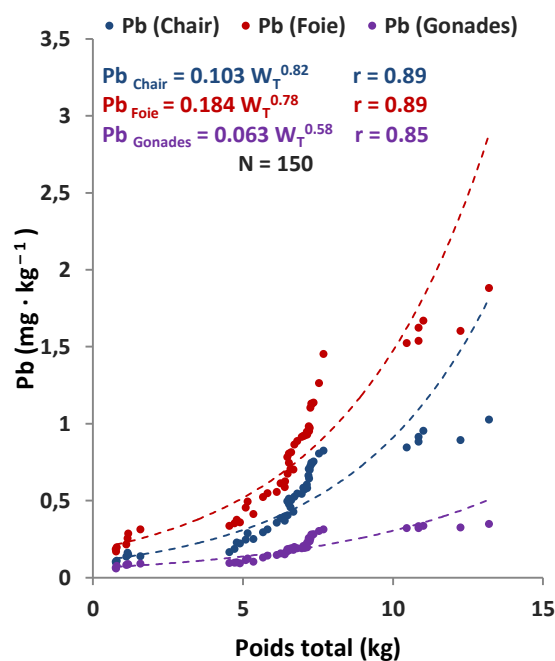


Figure 115 : Relations entre les niveaux du Pb et le poids total des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

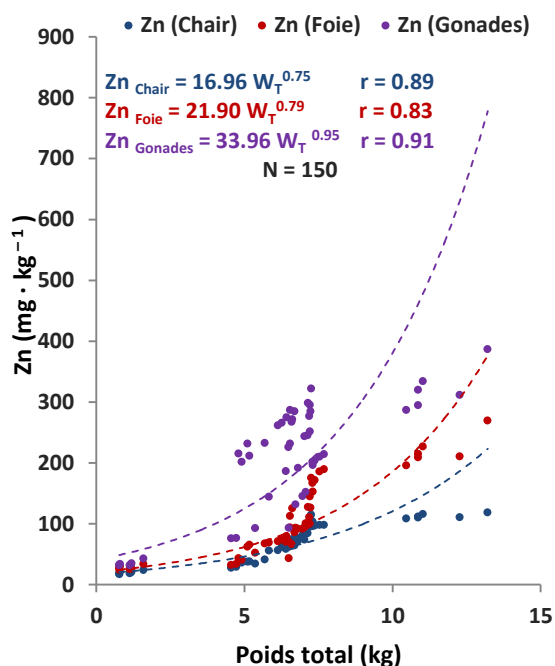


Figure 116 : Relations entre les niveaux du Zn et le poids total des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

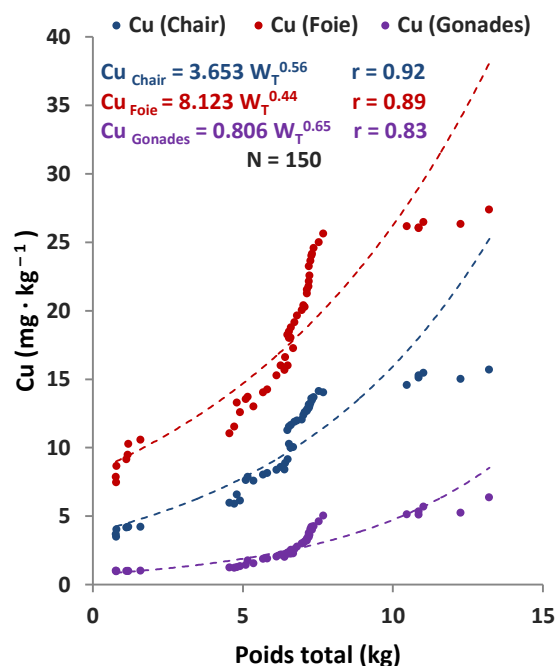


Figure 117 : Relations entre les niveaux du Cu et le poids total des poissons dans la chair et les organes de *E. alletteratus*.

4. Discussions :

Afin d'évaluer et surveiller les niveaux de métaux lourds dans la côte Mostaganemoise et d'après les différents résultats obtenus dans cette étude, la thonine représente un bon matériel biologique par rapport à d'autres espèces marines pélagiques de la mer Méditerranéenne en raison de sa longévité, cette espèce représente une mémoire biologique de l'évolution des niveaux des métaux lourds dans l'écosystème marin.

Les résultats ont montré que chez *E. alletteratus* de la côte de Mostaganem, l'accumulation de métaux lourds dans la chair, le foie et les gonades était dans la séquence : $Zn > Cu > Pb > Cd$. Les concentrations de métaux différaient de façon non significative ($t \leq 1.96$, $p > 0.05$) entre les mâles et les femelles, or les mâles avaient des concentrations moyennes les plus élevées dans la chair et dans le foie. L'alimentation et les habitudes de vie ainsi que les activités métaboliques influencent probablement cette différence de niveau de métaux lourds entre les mâles et les femelles (Klavins et al., 2009), les mâles d'une taille donnée sont plus âgés avec un stade de maturation plus avancé que les femelles de la même taille.

Les thonines utilisées dans la présente étude ont toujours montrés les plus faibles concentrations des métaux lourds dans les gonades. Cependant, les métaux non essentiels comme le Cd et le Pb s'accumulent principalement dans le foie, tandis que les niveaux moyens les plus élevés en métaux essentiels Zn et Cu sont mesurées respectivement dans les gonades et le foie.

Les niveaux de métaux lourds mesurés dans les échantillons de chair, de foie et de gonades, ont montré des schémas d'accumulation variés. Les niveaux les plus élevés du Cd, du Pb et du Cu ont été enregistrés principalement dans le foie qui semble être un organe de stockage pour les métaux traces, est généralement spécialisé dans la détoxification (Kotze et al., 1999). Le niveau élevé du cuivre dans le foie est principalement lié à des protéines de liaison naturelle telles que les métallothionéines qui jouent principalement un rôle du magasin de Cu (Ben Salem et Ayadi, 2016). Le cuivre, assure plusieurs processus vitaux fonctionnels et essentiels tels que la pigmentation ou la coagulation du sang, la respiration et la préservation contre le stress oxydatif par les enzymes de cuivre (Rensing et Grass, 2003), ce qui explique sa forte concentration dans le foie des échantillons analysés.

Le niveau du zinc le plus faible a été mesuré dans la chair qui apparaît comme un tissu transitoire dans la voie d'accumulation des métaux traces ainsi que dans le stockage des métaux (Bashir et *al.*, 2012). Par ailleurs, le niveau moyen de zinc le plus élevé, a été mesuré dans les gonades, le zinc est reconnu comme, un élément essentiel dans le processus de reproduction chez les mâles et les femelles, mais dépend principalement des niveaux adéquats. Ainsi, le zinc, joue non seulement un rôle majeur dans les processus reproductifs, mais peut aider à stimuler la division cellulaire qui est essentielle pour la conception (Murarka et *al.*, 2015). Wong et *al.* (2001) et Chi et *al.* (2007) ont également trouvé et signalé que, les gonades des poissons présentaient les niveaux les plus élevés de zinc par rapport aux autres organes. Miller et *al.* (1992), ont observé que, *Catostomus commersoni* des lacs pollués ont montré des niveaux plus élevés de zinc dans les gonades.

La variation des niveaux moyens de zinc entre les spécimens appartenant à différents stades de maturité peut s'expliquer, par le développement des gonades et leur occupation de la cavité corporelle. Nos résultats confirment le transfert des métaux lourds des géniteurs à la progéniture, les niveaux observés de Cd, Pb, Zn et Cu au stade IV (stade où la thonine commencera à pondre les œufs) peuvent expliquer cela.

Les résultats démontrent, que la concentration moyenne de Cd, Pb, Zn et Cu, augmente avec l'âge, le poids et la taille du poisson. La chair, le foie et les gonades ont tendance à accumuler de fortes concentrations de métaux lourds avec l'âge, le poids et la taille des poissons. Les résultats ont également montré, une relation significative entre l'âge, le poids et la taille des poissons et la concentration des métaux lourds chez *E. alletteratus*. Les différences d'âge, de taille des poissons et les habitudes de vie et d'alimentation connexes influencent probablement les niveaux de métaux lourds dans la chair et les organes de la thonine. Des résultats similaires ont montré que les niveaux d'éléments traces augmentent avec l'âge et la taille des poissons trouvés dans de nombreuses études antérieures rapportées par, Linde et *al.* (1998), Canli et Atli (2003), Farkas et *al.* (2003) et Jureša et Blanuša (2003).

Selon Yi et Zhang (2011), la taille a été considérée comme l'unité de base pour la mesure puisqu'elle est moins susceptible d'être soumise à des fluctuations majeures que le poids, qui est fortement influencé par des changements dans la composition immédiate des différents tissus. De plus, chez le poisson, la taille est couramment utilisée comme substitut de l'âge (Sonesten, 2003).

Dans des études antérieures, des résultats similaires indiquent, que les niveaux de métaux lourds augmentent avec le poids des poissons. Yi et Zhang (2012) ont trouvé dans la portée supérieure et moyenne du fleuve Yangtze, que les niveaux du Cd, Pb, Zn et Cu dans la chair augmentent avec le poids de *Hypophthalmichthys molitrix*, *Ctenopharyngodon idellus*, *Carassius auratus*, *Cyprinus carpio*, *Coreius heterodom*, *Silurus asotus* et *Pelteobagrus fulvidraco*. Honda et al. (1983), ont rapporté, que les niveaux des métaux traces augmentent dans la chair, le foie avec le poids du dauphin bleu-blanc (*Stenella coeruleoalba*) à Kawana sur la côte Est de la péninsule d'Izu. Canli et Atli (2003), ont aussi démontré l'existence de relations significatives entre les différents métaux traces (Cd, Pb, Zn et Cu) et le poids dans la chair et le foie des quelques poissons du Nord-Est de la Mer Méditerranée (*Sparus auratus*, *Atherina hepsetus*, *Mugil cephalus*, *Trigla cuculus*, *Sardina pilchardus* et *Scomberesox saurus*).

Des données limitées existent sur les niveaux moyens de Cd, Pb, Zn et Cu dans les tissus de la thonine des eaux méditerranéennes. Cependant, les niveaux du cadmium, du plomb et du zinc dans le muscle le foie et les gonades de la thonine de la baie d'Oran enregistrés par Madani (2013), sont nettement inférieurs des taux trouvés dans cette étude. Par ailleurs, le profil d'accumulation des métaux lourds était dans la séquence : Foie > gonades > muscle (Madani, 2013). Dans une étude précédente, Hall et al. (1978), ont trouvé que, les concentrations moyennes de Cd, Pb, Cu et Zn dans le petit thon, capturé dans le nord du golfe du Mexique, variaient respectivement dans les gammes suivantes: Cd ($< 0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), Pb ($0.4\text{-}0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), Cu ($0.7\text{-}0.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) et Zn ($6\text{-}7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) dans la chair, et les gammes suivantes: Cd ($3\text{-}4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), Pb ($0.7\text{-}0.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), Cu ($5\text{-}6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) et Zn ($100\text{-}200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) dans le foie. Par rapport à cette étude, les niveaux moyens de Cu et Zn mesurés par Hall et al. (1978) étaient généralement inférieurs à ceux mesurés au cours de cette étude, mais les taux moyens du plomb dans le foie et dans la chair sont beaucoup plus proches de ceux obtenus dans le présent travail.

Les concentrations en Cd, Pb et Zn obtenues dans quelques poissons pélagiques et benthiques de la baie d'Oran par Aoudjit (2001), Belhoucine (2005), Benamar (2006), Ayad (2010), Benamar (2011) et Belhoucine (2012), sont plus faibles que les taux déterminés dans cette investigation. Par ailleurs, les niveaux moyens observés par Benguedda (1993), dans *Mullus sumerlatus*, de la partie occidentale du golfe d'Arzew et par Merbouh (1998), dans *Sardina pilchardus* de la baie d'Oran son plus élevées que nos résultats. De plus, les niveaux du Cd et du Zn mesurés dans *Mullus barbatus* de Béni Saf et de la baie d'Oran par Bentata-Keddar (2015), sont plus faibles que les niveaux enregistrés dans cette étude.

Le taux de métaux lourds déterminé par Honda et *al.* (1983), Yilmaz (2003), Yilmaz et *al.* (2007), Tepe (2009) et Türkmen et *al.* (2009) chez certaines espèces de poissons de la Méditerranée est plus faible que le taux mesuré dans cette étude. Cependant, les taux du cadmium et du plomb observés par Tüzen (2003) dans les muscles de *Alosa caspia*, *Trachurus trachurus*, et *Clupea sprattus* de la Mer Noire (Turquie) et par Canli et *al.* (2003) dans six espèces de poissons méditerranéennes sont plus élevés que les taux déterminés dans cette étude. D'autre part, aucune similitude marquée des tendances mesurées dans cette étude et d'autres observations sur la mer Méditerranée.

L'évaluation des niveaux de métaux lourds dans la côte de Mostaganem, peut être compliquée, les petits thons comme la thonine sont considérés par la FAO (1997), en tant qu'espèces hautement migratrices et actives capables de parcourir de longues distances (Adams, 2004). Il peut être difficile de désigner une zone spécifique pour les thonines en raison de leurs performances migratoires, et par conséquent, de la complexité pour évaluer les concentrations précises de métaux lourds dans la zone d'échantillonnage. Cependant, l'utilisation de cette espèce comme sentinelle permet d'évaluer le statut de la pollution par les métaux lourds dans une vaste zone.

Dans les habitats aquatiques marins contaminés, la concentration de métaux lourds dans la chair et les organes des poissons peut dépasser les limites légales pour la consommation humaine et impliquer de graves menaces pour la santé. Les concentrations moyennes du cadmium, plomb, zinc et du cuivre mesurées dans cette étude ne dépassent pas les limites maximales autorisées par l'US EPA (1983), basées sur les critères de santé et les limites légales recommandées pour la consommation humaine des poissons marins (poids humide) établies par la FAO/WHO (1992) (adoptées dans de nombreux pays, y compris l'Algérie) (Tableau 61).

D'autres parts, les niveaux du Cd et Cu dans tous les tissus cibles, ne dépassent pas les concentrations autorisées par la FAO (1983), or le taux du plomb dépasse la limite dans le foie des thonines. Selon la même législation, la valeur du zinc dans le foie et les gonades est largement au-dessus des concentrations maximales autorisées pour la consommation humaine (Tableau 61). De plus, les niveaux du Cd et Pb dans cette investigation, dépassent largement les limites maximales, autorisées par l'union européenne (2001) et la communauté européenne (2005).

Tableau 61 : Limites légales du Cd, Pb, Zn et Cu ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) dans le produit de la pêche.

Elément	FAO (1983)	FAO/WHO (1989)	FAO/WHO (1992)	WHO (1996)	U.E (2001)	E.C (2005)	Critères de santé
Cd	0.5	0.5	2	–	0.1	0.05	–
Pb	0.5	0.5	2	2	0.1	0.2	4*
Zn	40–100	40	1000	–	–	–	480*
Cu	30	30	30	30	–	–	120*

* US EPA (1983), E.U : Union européenne, E.C : Communauté européenne.

Conclusion générale

Une étude rationnelle des stocks, de leur état actuel et de leur évolution est indispensable. Afin d'y parvenir, il est nécessaire d'obtenir des informations suffisantes non seulement sur la production d'espèces d'intérêt économique mais aussi sur l'effort de pêche. L'étude que nous avons menée nous a permis, d'en récolter les principaux traits sur la biologie, la reproduction, l'exploitation ainsi que la contamination métallique de la thonine de la côte Mostaganemoise.

La présente étude nous offre un certain nombre d'informations à signaler : D'abord l'évolution mensuelle des stades de maturité sexuelle basée sur l'analyse microscopique/macrosopique a permis d'élaborer une échelle de développement sexuel chez les mâles et les femelles. Par la suite, la dominance numérique des femelles sur les mâles a été observée durant l'étude du sex-ratio. La taille de la première maturité sexuelle chez l'ensemble des mâles/femelles de *E. alletteratus* est estimée à **54 cm**. Les observations du RGS/RHS, indiquent clairement la période de reproduction de *E. alletteratus* qui s'effectue entre Juin et Août. D'autre part, la fécondité absolue estimée varie de 11061 à 735586 ovocytes, pour une moyenne de **269843 ± 90960.1 ovocytes**, avec une équation de la relativité fécondité absolue-longueur à la fourche : $\overline{F_A} = 1.79 \cdot 10^{-57} L_F^{34.03}$. L'analyse des différentes proies de *E. alletteratus* permet d'indiquer que les poissons (**92%**), les mollusques (**6%**) et les crustacés (**2%**) étaient les principales proies.

L'âgéage de la thonine, par la méthode de Bhattacharya (1967) et dénombrement des annuli, nous donne, 7 groupes d'âges qui aboutissent non seulement à l'estimation des paramètres relatifs à l'équation de croissance linéaire de von Bertalanffy (1938) ($L_\infty = \mathbf{124.78\ cm}$, $K = \mathbf{0.17\ an^{-1}}$ et $t_0 = \mathbf{-0,21\ an^{-1}}$), mais pour calculer les taux de différentes mortalité ($Z = \mathbf{1.33}$, $M = \mathbf{0.21}$ et $F = \mathbf{1.12\ an^{-1}}$). Cependant, la relativité taille-poids (sexes confondus) offre à décrire une courbe de tendance $W_T = \mathbf{0.0042\ L_F^{3.37}}$ et l'équation de croissance pondérale théorique par l'expression $W_t = \mathbf{48.66\ (1 - e^{-0.17(t+0.21)})^{3.37}}$.

Les resultats relatifs à l'exploitation de *E. alletteratus* indiquent que la taille moyenne et l'âge moyen de capture de la thonine sont respectivement $\overline{L_F} = \mathbf{46.17\ cm}$ et $\overline{\text{âge}} \approx \mathbf{3\ ans}$. Par ailleurs, la biomasse vierge, la biomasse à l'équilibre et la biomasse moyenne sont estimées à **2303, 184.58 et 272.33 tonnes**, respectivement.

Les gains représentés par le recrutement et la croissance sont estimés à **16.44** et **168.14 tonnes**, respectivement et les pertes se résument par la mortalité par pêche (**127.4 tonnes**) et par la mortalité naturelle (**57.19 tonnes**). L'ensemble des données indiquent que le stock de *E. alletteratus* est surexploité. Suite aux résultats obtenus par la VPA, nous suggérerons une diminution des captures actuelles de **127.4** à **86.63 tonnes**, soit **32%** des prises actuelles pour atteindre le seuil de la production équilibrée.

La présente étude fournit des informations précieuses sur le processus d'accumulation de métaux lourds dans la chair, le foie et les gonades de *E. alletteratus*. Les résultats ont montré que, les concentrations les plus élevées de Cd, Pb et de Cu, ont été mesurées dans le foie et les plus basses dans les gonades. Dans le cas du Zn, la concentration la plus élevée a été enregistrée dans les gonades et la plus faible dans la chair. Dans tous les tissus cibles, les niveaux de métaux lourds augmentent avec l'âge et la taille/le poids du poisson et nos résultats confirment le transfert de ces éléments des géniteurs à la progéniture pendant le processus de reproduction. Des études supplémentaires sont nécessaires pour, mieux comprendre les mécanismes de bioaccumulation des métaux lourds dans la thonine. Néanmoins, l'étude fournit un aperçu important de la nature de la relativité métaux/différents tissus de *E. alletteratus* selon un ensemble de facteurs tels que l'âge, le sexe, la maturité sexuelle et la taille/le poids du poisson. Par ailleurs, l'analyse des niveaux de Cd, Pb, Zn et Cu dans la chair comestible de *E. alletteratus* a indiqué des niveaux sans danger pour la consommation humaine selon les seuils fixés par la FAO/OMS (1992) et l'US EPA (1983).

Cette étude, comble une lacune en fournissant des informations sur la reproduction, le régime alimentaire, la croissance, l'exploitation et la contamination métallique de *E. alletteratus* de la côte Mostaganemoise. Cependant, des études supplémentaires, sont nécessaires pour la connaissance des stratégies alimentaires et du comportement reproductif de la thonine. Par ailleurs, l'échantillonnage sélectif en fonction de la taille des thonines, peut fortement biaiser, les estimations des paramètres de croissance de von Bertalanffy. Des méthodes de bi-correction ont été développées, mais elles nécessitent souvent une connaissance préalable du schéma de sélectivité, des données de capture-recapture ou d'un échantillonnage intensif de la croissance par âge sur plusieurs années consécutives. En effet, pour une meilleure analyse, une contribution qui associe l'écologie de base, l'analyse de la fonction des écosystèmes, la théorie de l'échantillonnage et la modélisation statistique est requise.

Cette étude, fournit un moyen d'évaluer l'état du stock de la thonine de la côte de Mostaganem, en utilisant les données actuellement disponibles. Compte tenu des limites des données et de la nécessité urgente d'améliorer l'évaluation des risques de la surexploitation de la thonine, des séries chronologiques de prises par unité d'effort, doivent être lissées. Cependant, l'évolution de la demande du marché, de la valeur des prises et des coûts de la pêche peuvent affecter, le fonctionnement des flottilles sans modification profonde de l'abondance de la thonine. D'autre part, étant donné que les données écologiques, environnementales et économiques ne sont pas disponibles pour l'espèce ciblée, nous devons nous appuyer sur les séries chronologiques de captures en tant qu'indicateur approximatif reflétant l'état du stock de la thonine à grande échelle.

Nous considérons que l'approche utilisée dans le présent travail, constitue un point de départ plutôt qu'une solution finale au problème de la quantification des risques des métaux lourds pour les thonines et les consommateurs. Cette contribution, peut conduire à une sous-estimation des risques de contamination. Parmi les facteurs importants qui ont généralement été ignorés, citons : (a) les effets sur la fécondité, (b) les effets cumulatifs de la toxicité à différents stades de maturité sexuelle, (c) les effets des caractéristiques du cycle vital sur la capacité de la population thonine à subir une mortalité supplémentaire. Cependant, les teneurs de métaux dans la thonine ainsi que dans les autres espèces de la côte Mostaganemoise, doivent être, surveillées en permanence dans les zones potentiellement contaminées.

- Abella A., Auteri R. & Serena F. (1995).** Some aspects of growth and recruitment of hake in the Northern Tyrrhenian Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer Medit.* 34: 235.
- Aboussouan A. & Lahaye J. (1979).** Les potentialités des populations ichtyologiques. Fécondité et ichthyoplancton. *Cybiu*. 6: 29–46.
- Adams S.M., Breck J.E. & McLean R.B. (1985).** Cumulative stressinduced mortality of gizzard shad in a southeastern U.S. reservoir. *Environ. Biol. Fishes.* 13: 103–112.
- Ahmed K., Mehedi Y., Haque R. & Mondol P. (2011).** Heavy metal concentrations in some macrobenthic fauna of the Sundarbans mangrove forest, south west coast of Bangladesh. *Environ. Monit. Assess.* 177: 505–514.
- Akan J.C., Mohmoud S., Yikala B.S. & Ogugbuaja V.O. (2012).** Bioaccumulation of some heavy metals in fish samples from River Benue in Vinikilang, Adamawa state, Nigeria. *Nigeria. Am. J. Analyt. Chem.* 3: 727–736.
- Albaret J.J. (1977).** La reproduction de l'albacore (*Thunnus albucares*) dans le golfe de Guinée. *Cah. ORSTOM (Sér. Océanogr.)*. 15: 389–419.
- Aldebert Y. & Recasens L. (1995).** Estimation de la croissance du merlu dans le Golfe du Lion par l'analyse des fréquences de tailles. *CIHEAM-Options Méditerranéennes*. 10: 49–50.
- Aleman F. & Oliver P. (1995).** Growth of hake in the Balearic sea: a proposal of new growth model with higher growth rates. *CIHEAM-Options Méditerranéennes*. 10: 51–52.
- Allen R.L. (1976).** Method for comparing fish growth curves. *New. Zeal. J. Mar. Fresh.* 10: 687–692.
- Alós J., Cerdà M., Deudero S. & Grau A.M. (2008).** Influence of hook size and type on short-term mortality, hooking location and size selectivity in a Spanish recreational fishery. *J. Appl. Ichthyol.* 24: 658–663.
- Alós J., Palmer M., Linde-Medina M. & Arlinghaus R. (2014).** Consistent size-independent harvest selection on fish body shape in two recreationally exploited marine species. *Ecol. Evol.* 4: 2154–2164.

- Amiard J.C., Amiard-Triquet J.C. & Metayer C., (1987).** Application de la spectrophotométrie d'absorption atomique Zeeman au dosage de 8 éléments traces (Hg, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se) dans les matières biologiques solides. *Water. Res.* 21: 693–697.
- Angilletta M.J., Stuary T.D. & Sears M.W. (2004).** Temperature, growth rate and body-size in ectotherms: fitting pieces of a life-history puzzle. *Integr. Comp. Biol.* 44: 498–509.
- Aoudjit N. (2001).** Etude de certains facteurs biologiques et de la contamination de la Bogue (*Boops Boops*) par les métaux lourds provenant de la baie d'Oran. *Thèse de Magister.* Université d'Oran. 243p.
- Ayad F. (2010).** Evaluation de la pollution métallique par trois métaux lourds (Cd, Pb, Zn) dans les organes (Foie, gonades et muscle) chez le Sar *Diplodus sargus* (Linné, 1758) pêché dans la baie de Béni Saf et la baie d'Oran. *Thèse de Magister.* Université d'Oran. Algérie, 136p.
- Babiker M.M. & Ibrahimu H. (1979).** Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L.): gonadal maturation and fecundity. *J. Fish. Biol.* 14: 437–448.
- Baby J., Raj J.S., Biby E.T., Sankarganesh P., Jeevitha M.V. & Rajan S.S. (2010).** Toxic effect of heavy metals on aquatic environment. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4: 939–952.
- Bagenal T.B. (1978).** Aspects of fish fecundity. In: S.D. Gerking (Editor) ,Ecology of Freshwater Fish Production. Blackwell Scientific, Oxford, pp. 75–101.
- Bagenal T.B. (1973).** Fish fecundity and its relations with stock and recruitment. *Rapp. P.-V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 164: 186–198.
- Bagenal T.B. & Tesch F.W. (1978).** Age and growth. In: Bagenal TB (ed) Methods for assessment of fish production in freshwater, 3rd edn. Blackwell Scientific Publication, Oxford, pp 101–136.
- Bahou L., Kone T., N'Douba V., N'Guessan K.J., Kouamelan E.P. & Gouli G.B. (2007).** Food composition and feeding habits of little tunny (*Euthynnus alletteratus*) in continental shelf waters of Côte d'Ivoire (West Africa). *Int. Co. Expl. Sea.* 64: 1044–1052.

- Barbieri G., Hartz S.M. & Verani J.R. (1996).** O fator de condição e índice hepatossomático como indicadores do período de desova de *Astyanax fasciatus* da represa do Lobo, São Paulo (Osteichthyes, Characidae). *Iheringia, Sér. Zool.* 81: 97–100.
- Bard F.X. & Amon Kothias J.B. (1985).** Evaluation des débarquements de thonidés mineurs et istiophoridés au port d'Abidjan, 1981-84 XXII (2): 333–336.
- Barnes M.A., Power G. & Dower R.G.H. (1984).** Stress-related changes in lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) associated with a hydroelectric control structure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 1528–1533.
- Barton B.A. & Schreck C.B. (1987).** Metabolic cost of acute physical stress in juvenile steelhead. *Trans. Am. Fish. Soc.* 116: 257–263.
- Bashir F.H., Othman M.S., Mazlan A.G., Rahim S.M. & Simon K.D. (2013).** Heavy metal concentration in fishes from the coastal waters of Kapar and Mersing, Malaysia. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 13: 375–382.
- Beamish R.J. & McFarlane G.A. (1983).** The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Trans. Am. Fish. Soc.* 112:735–743.
- Belhoucine F. (2005).** Contamination du Merlu *Merluccius merluccius* (L., 1758) par trois métaux lourds (Cadmium, Plomb et le Zinc) pêché dans la baie d'Oran. *Thèse de Magister*. Université d'Oran. Algérie, 145p.
- Belhoucine F. (2012).** Etude de la biologie de la croissance et de la reproduction d'un poisson téléostéen le merlu (*Merluccius merluccius* L., 1758) et son utilisation comme indicateur biologique de la pollution par les métaux lourds (Zinc, Plomb et Cadmium) dans la baie d'Oran. *Thèse de Doctorat*. Université d'Oran. 325p.
- Belloc G. (1955).** Les thons de la Méditerranée. Deuxième note: thonine et Bonite, *GFCM. Proc. Tech. Pap.* 3: 471–486.
- Ben Salem Z. & Ayadi H. (2016).** Heavy metal accumulation in *Diplodus annularis*, *Liza aurata*, and *Solea vulgaris* relevant to their concentration in water and sediment from the southwestern Mediterranean (coast of Sfax). *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23: 13895–13906.

- Benamar N. (2006).** Evaluation de la pollution marine par trois éléments en trace métalliques (plomb, cadmium et zinc) sur un poisson pélagique : l'allache *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) pêchée dans la baie d'Oran. *Thèse de Magister*, Université d'Oran. Algérie, 97p.
- Benamar N. (2011).** Etude de la biologie, de l'exploitation et de la contamination par les métaux lourds (cadmium, plomb et zinc) d'un poisson osseux: la sardinelle ronde *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) pêchée dans la baie d'Oran. *Thèse de Doctorat*. Université d'Oran. 207p.
- Benguedda-Rahal W. (1993).** Contribution à l'étude de quelques polluants métalliques chez la moule *Perna-perna* (L) et le rouget *Mullus surmuletus* (L) dans la partie occidentale du golfe d'Arzew. *Magister en océanographie biologique*. 108p.
- Bentata-Keddar I. (2015).** Evaluation de la contamination métallique par trois métaux traces (Cd, Ni et Zn) du rouget de vase *Mullus barbatus* (L., 1758) pêché au niveau de la côte occidentale algérienne. *Thèse de Magister*. Université d'Oran. Algérie, 122p.
- Benzécri J.P. (1973).** L'analyse des Données (L'analyse des correspondances), vol. 2. Dunod, Paris.
- Bertalanffy L.V. (1938).** A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). *Hum. Biol.* 10:181–213.
- Beverton R.J.H. & Holt S.J. (1957).** On the dynamics of exploited fish populations. Fishery Investigations, Series II. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. HMSO, London.
- Beverton R.J.H. & Holt, S.J. (1966).** Manual of methods for fish stock assessment. Part II. Tables of yield function. *FAO. Fish. Tech. Pap.* 38(ver. 1): 67.
- Bhattacharya C.G. (1967).** A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*. 23:115–135.
- Bougis P. (1952).** Recherches biométriques sur les rougets (*Mullus barbatus* L. et *Mullus surmuletus* L.). *Arch. zool. exp. gen.* 89: 57–174.

- Brander K.M. (1995).** The effect of temperature on the growth of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *ICES J. Mar. Sci.* 52: 1–10.
- Bromage N., Hardiman P., Jones J., Springate J. & Bye V. (1990).** Fecundity, egg size and total egg volume differences in 12 stocks of rainbow trout. *Aquacult. Fish. Manage.* 21: 269–284.
- Bromaghin J.F. (2005).** A versatile net selectivity model, with application to Pacific salmon and freshwater species of the Yukon River, Alaska. *Fish. Res.* 74: 157–168.
- Brown J.A., Johansen P.H., Colgan P.W. & Mathers R.A. (1987).** Impairment of early feeding behavior of largemouth bass by pentachlorophenol exposure: A preliminary assessment. *Trans. Am. Fish. Soc.* 116: 71–78.
- Burger J., Gaines K.F., Shane Boring C.S., Stephens W.L., Snodgrass J., Dixon C., McMahon M., Shukla S., Shukla T. & Gochfeld M. (2002).** Metal levels in fish from the Savannah River: potential hazards to fish and other receptors. *Environ. Res.* 89: 85–97.
- Cacaud P. (2002).** Revue de la réglementation relative à la pêche maritime et aux aires protégées dans les pays participants au projet COPEMED. Rome. 84 p.
- Cadima E.L. (2003).** Fish stock assessment manual. *FAO. Fish. Tech. Pap.* No. 393. Rome. FAO. 161.
- Campana S.E. (2001).** Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish. Biol.* 59: 197–242.
- Canli M. & Atli G. (2003).** The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environ. Pollut.* 121:129–136.
- Carlson J.K., Gulak S.J.B., Enzenauer M.P., Stokes L.W. & Richards P.M. (2016).** Characterizing loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*, bycatch in the US shark bottom longline fishery. *Bull. Mar. Sci.* 92: 513–525.

- Carus J.V. (1893).** Vertebrata 1. Vol. II. Class. Pisces. In: Prodomus faunae Mediterraneae sive Descriptio Animalium Maris Mediterranei Incolarum quam comparata silva rerum quatenus uinnotuit adiectis locis et nominibus vulgaribus. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Koch). pp. 616–617.
- Cayré P.M. (1981).** Maturité sexuelle, fécondité et sex-ratio du listao *Katsuwonus pelamis* des côtes d'Afrique de l'Ouest (0°-20°N), étudiées à partir des débarquements thoniers (1977-1979) au port de Dakar (Sénégal). *ICCAT. Col. Vol. Sci. Pap.* XV(1). 135–149.
- Cayré P.M. & Diouf T. (1981).** Croissance de la thonine *Euthynnus alleteratus* (rafinesoue, 1810), établie à partir de coupes transversales du premier rayon de la nageoire dorsale. *Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas, Collect. Vol. Sci. Pap.* Madrid. 15: 337–345.
- Cayré P.M. & Diouf T. (1983).** Estimating age and growth of Little tunny, *Euthynnus alleteratus*, off the coast of Senegal, using dorsal fin spine sections. U.S. Department of Commerce, *NOAA. Tech. Rep. NMFS*. 8: 105–110.
- Cayré P. & Farrugio H. (1996).** Reproduction biology of the skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in the Atlantic Ocean. In: ICCAT Conf. on the international skipjack year programme. Symons P.E.K., Miyake P.M. & Sakagawa G.T. (Eds). ICCAT, Madrid, Spain, pp. 252–272.
- Cerdà M., Alós J., Palmer M., Grau A.M. & Riera F. (2010).** Managing recreational fisheries through gear restrictions: the case of limiting hook size in the recreational fishery from the Balearic Islands (NW Mediterranean). *Fish. Res.* 101: 146–155.
- Chabanaud P. (1925).** *Monodichthys proboscideus proboscideus* (genus novum est species nova) et remarques sur divers autres Poissons. *Bull. Mus. Natl. Hist. Nat.*, 2e ser. 31: 356–361.
- Chauvet C. (1988).** Etude de la croissance du mérrou *Epinephelus guaza* (Linné, 1758) des côtes tunisiennes. *Aquat. Living. Resour.* 1: 277–288.
- Cheung W.L., Watson R. & Pauly D. (2013).** Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature*. 497: 365–368.

- Chi Q.Q., Zhu G.W. & Langdon A. (2007).** Bioaccumulation of heavy metals in fishes from Taihu Lake, China. *J. Environ. Sci.* 19: 1500–1504.
- Chur V.N. (1973).** Some biological characteristics of little tuna (*Euthynnus alletteratus* Rafinsque, 1810) in the eastern part of the tropical Atlantic. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*. 1: 489–500.
- Collette B.B. & Nauen C.E. (1983).** FAO species catalogue, Vol 2. Scombrids of the world: An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. *FAO. Fish. Synopsis*. 125: 1–137.
- Collette B.B. (1986).** Scombridae In: Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J. & Tortonese E, (Eds.), *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Unesco, Paris. 2: pp. 981–997
- Comfort A. (1961).** The longevity and mortality of a fish (*Lebistes reticulatus* Peters) in captivity. *Gerontology*. 5: 209–222.
- Cuvier G. & Valenciennes M.A. (1831).** Histoire naturelle des poissons. Tome 8. Chez F.G. Levrault, Paris.
- Darimont C.T., Carlson S.M., Kinnison M.T., Paquet P.C., Reimchen T.E. & Wilmers C.C. (2009).** Human predators outpace other agents of trait change in the wild. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 106: 952–954.
- Daufresne M., Lengfellner K. & Sommer U. (2009).** Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 106: 12788–12793.
- David B.O., Closs G.P., Crow S.K. & Hansen E.A. (2007).** Is diel activity determined by social rank in a drift-feeding stream fish dominance hierarchy?. *Anim. Beh.* 74:259–263.
- Dayton P.K., Thrush S.F., Agardy M.T. & Hofman R.J. (1995).** Environmental effects of marine fishing. *Aqua. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 5: 205–232.
- De Anda-Montanez A., Arreguin-Sanchez F. & Martinez-Aguilar S. (1999).** Growth estimates for Pacific Sardine in Gulf of California. *CalCOFI. Rep.* 40: 179–183.

- De Buen F. (1930).** Ictiologia espanola. Scombriformes y Thunniformes. Bol. Ocean. y pesca. 162 p.
- de Crespin de Billy V. & Usseglio-Polatera P. (2002).** Traits of brown trout prey in relation to habitat characteristics and benthic invertebrate communities. *J. Fish. Biol.* 60: 687–714.
- de Crespin de Billy V., Dumont B., Lagarrigue T., Baran P. & Statzner B. (2002).** Invertebrate accessibility and vulnerability in the analysis of brown trout (*Salmo trutta* L.) summer habitat suitability. *River. Res. Appl.* 18: 533–553.
- de Vlaming V.L. (1983).** Oocyte development patterns and hormonal involvements among teleosts. In: Rankin J.C., Pitcher T.J. & Dugan R.T (Eds) Control processes in fish physiology. Croom Helm, London, pp. 176–199.
- DeYoung B., Werner F., Batchelder H., Caroltti F., Fiksen O., Hofmann E.E., Kim S., Kishi M.J. & Yamazaki H. (2010).** Dynamics of marine ecosystems: integration to models of physical-biological interactions. In: Barange M., Field J.G., Harris R.P., Hofmann E.E., Perry R.I. & Werner, F. (Eds.), Marine Ecosystems and Global Change. Oxford University Press, pp. 89–128.
- Dezhavin A.N. (1922).** The stellate sturgeon (*Acipenser stellatus Pallas*), a biological sketch. *Byull. Bakinskoi. Ikhtiol. Sta.* 1: 1–393.
- Diouf T. (1980).** Pêche et biologie de trois Scombridae exploités au Sénégal: *Euthynnus alletteratus*, *Sarda sarda* et *Scomberomorus tritor*. Thèse de doctorat 3ème cycle, Université de Bretagne Occidentale, France, 159p.
- Diouf T. (1988).** Biologie et exploitation de la thonine atlantique (*E. alletteratus*) : Débouchés et perspectives d’avenir au Sénégal. *Revue Sénégalaise des Recherches Agricoles et Halieutiques.* 1: 49–66.
- Djabali F., Mehailia A., Koudil M. & Brahmi B. (1994).** A reassessment of equations for predicting natural mortality in Mediterranean teleosts. *NAGA.* 17: 33–34.
- Dulčić J. & Kraljević M. (1996).** Weight-length relationships for 40 fish species in the eastern Adriatic (Croatian waters). *Fish. Res.* 28: 243–251.

- Dunn I.G. (1972).** The commercial fishery of Lake George, Uganda (East Africa). *Afr. J. Trop. Hydrobiol. Fish.* 2: 109–120.
- Edward A., Abubakar K.A., Ladu B.M.B., Elihu A. & Umar I. (2017).** Bioaccumulation of heavy metals in *Auchenoglanis occidentalis*, *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus* tissues in Upper Benue River, Adamawa state, Nigeria. *IOSR-JESTFT*. 11: 13–17.
- Ehrenbaum E. (1924).** Scombriformes Report on the Danish Oceanographical Expeditions. Mediterranean and Adjacent Seas. 2: 1908–1910.
- El-haweet A.E., Sabry E. & Hussain M. (2013).** Fishery and population characteristics of *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque 1810) in the Eastern coast of Alexandria, Egypt. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 13: 629–638.
- Environmental Protection Agency. (2011).** Exposure Factors Handbook, 2011 edition. Office of Research and Development, United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Erzini K., Gonçalves J.M.S., Bentes L. & Lino P.G. (1997).** Fish mouth dimensions and size selectivity in a Portuguese longline fishery. *J. Appl. Ichthyol.* 13: 41–44.
- Etchevers S.L. (1976).** Incidencia de clupeoideos en la alimentacion de las caballas: *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1976) y *Auxis thazard* (Lacepède) en la costa noreste de Margarita (Venezuela). *Lagena*. (37-38): 9–11.
- Etim L. & Sankare Y. (1998).** Growth and mortality, recruitment and yield of the fresh-water shrimp, *Macrobrachium vollenhovenii*, Herklots 1851 (Crustacea, Palaemonidae) in the Fahe reservoir, côte d'Ivoire, West Africa. *Fish. Res.* 38: 211–223.
- European Community, EC (2005).** Commission Regulation No 78/2005 (pp. L16/43–L16/45). Official Journal of the Europaen Union (20.1.2005).
- European Union (2001).** Commission Regulation As Regards Heavy Metals, Directive 2001/22/EC, No. 466/2001.
- Fagerlund U.H.M., McBride J.R. & Stone E.T. (1981).** Stress-related effects of hatchery rearing density of coho salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.* 110: 644–649.

- FAO. (1992).** Committee for Inland Fisheries of Africa. Report of the third Session of the Working Party on Pollution and Fisheries, Accra, Ghana, 25–29 November 1991. *FAO. Fish. Rep.* N°. 471, Rome, 43.
- FAO. (1994).** Fisheries Department, World review of highly migratory species and straddling stocks, Rome, *FAO. Fish. Tech. Pap.* 337: 1–70.
- FAO. (1997).** Review of the State of World Fishery Resources: Marine Fisheries. *FAO. Fish. Circ.* No. 920, FIRM/C920 Rome: FAO.
- FAO/WHO (1989).** Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium, WHO Technical Report, Series No. 505.
- FAO-CGPM. (2016).** Statistiques des pêches et de l'aquaculture. Captures CGPM 1970-2014 (FishstatJ).
- Farkas A., Salánki J. & Specziár A. (2003).** Age-and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site. *Water. Res.* 37: 959–964.
- Fenberg P.B. & Roy K. (2008).** Ecological and evolutionary consequences of size-selective harvesting: how much do we know ?. *Mol. Ecol.* 17:209–220
- Fischer W., Bauchot M.L. & Schneider M. (1987a).** Fiches FAO d'identification des espèces. Méditerranée et Mer Noire. Végétaux et Invertébrés. Zone de pêche 37, vol I. FAO, Rome. pp. 1–760.
- Fischer W., Bauchot M.L. & Schneider M. (1987b).** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Vertébrés. Zone de pêche 37, vol II. FAO, Rome. pp. 761–1530.
- Fontana A. & Le Guen J.C. (1969).** Étude de la maturité sexuelle et de la fécondité de *Pseudotolithus (Fonticulus) elongatus*. *Cah. Orstom, sér. Océanogr.* 7: 9–19.
- Fontana A. (1969).** Etude de la maturité sexuelle des sardinelles *Sardinella ebo* et *Sardinella aurita* C. et V. de la région de Pointe Noire. *Cah. Orstom. sér. Océanogr.* VII, 2: 101–114.
- Fowler H.W. (1905).** Some fishes from Borneo. *Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.* i(vii): 455–523.

- Fox W.W.Jr. (1970).** An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. *Tans. Am. Fish. Soc.* 99: 80–88.
- Francis R.I.C.C. (1990).** Back calculation of fish length—a critical review. *J. Fish. Biol.* 36: 883–902.
- Fraser C.M. (1916).** Growth of the spring salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.* 1915: 29–39.
- Fraser-Brunner A. (1949).** L.—On the fishes of the genus *Euthynnus*. *Ann. Mag. nat. Hist.* 2: 622–633.
- Freire J. & García-Allut A. (2000).** Socioeconomic and biological causes of management failures in European artisanal fisheries: the case of Galicia (NW Spain). *Mar. Pol.* 24: 375–384.
- Fry F.E.J. (1949).** Statistics of lake trout fishery. *Biometrics.* 5: 26–67.
- Fry F.E.J. (1957).** Assessment of mortality by use of the virtual population. Proceeding of the joint scientific meeting ICNAF/ICES/FAO on fishing effort, the effects of fishing on resources and the selectivity of fishing gear, Lisbon. Contribution N°. 15.
- Gabriel W.L. & Mace P.M. (1999).** A Review of Biological Reference Points in the Context of the Precautionary Approach, Proceedings, 5th NMFS NSAW, NOAA. *Tech. Memor.* NMFS-F/SPO-40.
- Gandhi V., Venkatesan V. & Zacharia P.U. (2013).** Biometry analysis, length-weight relationship and sexual dimorphism of the Spotted Scat, *Scatophagus argus* (Linnaeus, 1766) (Perciformes: Scatophagidae) from Gulf of Mannar, southeast coast of India. *J. Mar. Biol. Assoc.* 55: 12–16.
- Gaskett A.C., Bulman C., He X. & Goldsworthy S.D. (2001).** Diet composition and guild structure of mesopelagic and bathypelagic fishes near Macquarie Island, Australia. *NZ. J. Mar. Freshwat. Res.* 35:469–476.
- Gayanilo F.C., Sparre P. & Pauly D. (2005).** FAO-ICLARM Outils d'évaluation des stocks II (FISAT II). Version révisée. Guide d'utilisation. FAO Série informatique. Pêche. No. 8, Version révisée. Rome, FAO. 190.

- Gaykov V.Z. & Bokhanov D.V. (2008).** The biological characteristic of Atlantic black skipjack (*Euthynnus alletteratus*) of the eastern Atlantic Ocean. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*. 62: 1610–1628.
- Geistdoerfer P. (1975).** Ecologie alimentaire des Macrouridae-Téléostéens-Gadiformes. *Thèse Doctorat d'Etat*, Université de Paris, 315p.
- Geoffroy Saint-Hilaire E. (1817).** Poissons du Nil, de la Mer Rouge et de la Méditerranée, In: Description de l'Egypte ou recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'Armée française, publié par les ordres de sa Majesté-L'Empereur Napoléon le Grand., pl. 1827.
- Gerking S.D. (1980).** Fish reproduction and stress. In: Ali MA (Ed) Environmental physiology of fishes. Plenum Press, New York. pp 569–587.
- Giglioli E.H. (1880).** Elenco dei Mammiferi, degli Uccelli e dei Rettili ittiofagi appartenenti alla Fauna italiana, e Catalogo degli Anfibi e dei Pesci italiani in Catalogo . . . Sezione italiana, Esposizione intern. di Pesca, Berlino, 1880. 11: 63–117.
- Gislason H. (2003).** The effects of fishing on non-target species and ecosystem structure and function. In: Sinclair M. & Valdimarsson G. (Eds.), Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem. CAB International, Wallingford, pp. 255–274.
- Gjerde B. & Refstie T. (1984).** Complete diallel cross between five strains of Atlantic salmon. *Livest. Prod. Sci.* 11: 207–226.
- Goede R.W. & Barton B.A. (1990).** Organismic indices and an autopsy-based assessment as indicators of health and condition of fish, In: Adams, S.M. (Ed.), Biological Indicators of Stress in Fish. American Fisheries Society Symposium 8, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 93–108.
- Gompertz B. (1825).** On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 115: 515–585.
- Guan K., Nayernia K., Maier L.S., Wagner S., Dressel R., Lee J.H., Nolte J., Wolf F., Li M.Y., Engel W. & Hasenfuss G. (2006).** Pluripotency of spermatogonial stem cells from adult mouse testis. *Nature*. 440: 1199–1203.

- Gulland J.A. (1969).** Manual of methods for fish stock assessment. Part 1. Fish population analysis. *FAO. Man. Fish. Sci.* 4: 154.
- Gulland J.A. & Boerema L.K. (1973).** Scientific advice on catch levels. *Fish. Bul.* 71: 325–335.
- Gulland J.A. (1983).** Fish stock assessment: a manual of basic methods. Chichester: *John Wiley, FAO/Wiley Series on Food and Agriculture*, Vol, 1, 223.
- Gundogdu A., Culha S.T., Kocbas F. & Culha M. (2016).** Heavy metal accumulation in muscles and total bodies of *Mullus barbatus*, *Trachurus trachurus* and *Engraulis encrasicolus* captured from the coast of Sinop, Black Sea. *Pakistan J. Zool.* 48: 25–34.
- Günther A. (1860).** Catalogue of the Acanthopterygian Fishes in the Collection of the British Museum, Vol. 2. *Taylor & Francis*, London. 548.
- Gwahaba J.J. (1978).** The biology of cichlid fishes (Teleostei) in an equatorial lake (Lake George, Uganda). *Arch. Hydrobiol.* 83: 538–551.
- Hails A.J. & Abdullah Z. (1982).** Reproductive biology of the tropical fish *Trichogaster pectoralis* (Regan). *J. Fish. Biol.* 21: 157–170.
- Hall R.A., Zook E.G. & Meaburn G.M. (1978).** National marine fisheries service survey of trace elements in the fishery resource. *NOAA. Tech. Rep. NMFS SSRF-721*, U.S. Department of Commerce, National Marine Fisheries Service, 313.
- Hamley J.M. (1975).** Review of gillnet selectivity. *J. Fish. Res. Board. Can.* 32:1943–1969.
- Hamon T.R., Foote C.J., Hilborn R. & Rogers D.E. (2000).** Selection on morphology of spawning wild sockeye salmon by a gill-net fishery. *Trans. Am. Fish. Soc.* 129: 1300–1315.
- Hattour A. (1984).** Analyse de l'Age, de la Croissance et des Captures des Thons Rouges (*Thunnus thynnus*) et des Thonines (*Euthynnus alletteratus* L.) Pêchés dans les eaux Tunisiennes. *Bull. Inst. Nat. Scient. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô.* 11: 27–61.

- Hattour A. (2000).** Contribution à l'étude des poissons pélagiques des eaux tunisiennes. Thèse de doctorat en sciences biologiques, Faculté des sciences de Tunis. 344p.
- Hattour A. (2008).** Les thons mineurs tunisiens: étude biologique et pêche. Joint GFCM/ICCAT Expert Meeting on Small Tunas Fisheries in the Mediterranean, Malaga, 2008. GFCMICCAT_ST_008, SCRS/2008/055.
- Heburn G.W. & La Violette P.E. (1990).** Variations in the structure of the anticyclonic gyres found in the Alboran sea. *J. Geophys. Res.* 95: 1599–1613.
- Heidinger R.C. & Crawford S.D. (1977).** Effect of temperature and feeding rate on the liver-somatic index of the largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 34: 633–638.
- Heincke F. (1908).** Bericht über die Untersuchungen der Biologischen Anstalt auf Helgoland zur Naturgeschichte der Nutzfische. (1. April 1905 bis 1. Oktober 1907). In: Die Beteiligung Deutschlands an der Internationalen Meeresforschung, 4. & 5. Jahresbericht. Verlag von Otto Salle, Berlin, pp. 67–150.
- Hislop J.R.G., Harris M.P. & Smith, J.G.M. (1991).** Variation in the calorific value and total energy content of the lesser sandeel (*Ammodytes marinus*) and other fish preyed on by seabirds. *J. Zool.* 224: 501–517.
- Hofmann E.E., Barange M., Field J.G., Harris R.P., Perry R.I. & Werner F.E. (2010).** Marine ecosystems and global change: a synthesis. In Marine ecosystems and global change. Oxford University Press, Oxford.
- Honda K., Tatsukawa R., Itano K., Miyazaki N. & Fujiyama T. (1983).** Heavy metal concentrations in muscle, liver and kidney tissue of striped dolphin, *Stenella coeruleoalba*, and their variations with body length, weight, age and sex. *Agric. Biol. Chem.* 47: 1219–1228.
- Houde E.D. (2008).** Emerging from Hjort's shadow. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 41: 53–70.
- Hunter A., Speirs D.C. & Heath M.R. (2016).** Investigating trends in the growth of five demersal fish species from the Firth of Clyde and the wider western shelf of Scotland. *Fish. Res.* 177: 71–81.

- Hunter J.R., Lo N.C.H. & Leong R.J.H. (1985).** Batch Fecundity in Multiple Spawning Fishes. In: Lasker R. (ed.) An Egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application to the Northern Anchovy, *Engraulis mordax*. US Department of Commerce. NOAA. Tech. Rep. NMFS. 36: 67–78.
- Hureau J. C. (1970).** Biologie comparée de quelques poissons antarctiques (Nototheniidae), *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*. 68: 1–224.
- ICCAT. (2010).** Manuel ICCAT, 1ère édition, Description de la thonine (LTA). ICCAT. 245–252.
- Jennings S. & Dulvy N.K. (2005).** Reference points and reference directions for size-based indicators of community structure. *ICES. J. Mar. Sci.* 62: 397–404.
- Jeziarska B. & Witeska M. (2006).** The metal uptake and accumulation in fish living in polluted water. In: Twardowska I., Allen H.E., Häggblom M.M. & Stefaniak S (Eds). Soil and water pollution monitoring, protection and remediation. Springer, Netherlands, pp 107–114.
- Johnson A.G. (1983).** Comparison of Dorsal Spines and Vertebrae as Ageing Structures for Little Tunny, *Euthynnus alletteratus*, from the Northeast Gulf of Mexico. U. S. Department of Commerce, NOAA. Tech. Rep. NMFS. 8: 111–115.
- Jones R.E., Petrell R.J. & Pauly D. (1999).** Using modified length-weight relationships to assess the condition of fish. *Aquacult. Eng.* 20: 261–276.
- Jordan D.S. & Gilbert C.H. (1882).** List of fishes collected by Lieut. Henry E. Nichols, U.S.N., in the Gulf of California and on the west coast of Lower California with descriptions of four new species. *Proc. U.S. Natl. Mus.* 4: 273–279.
- Jorgensen T. (1992).** Long-term changes in growth of North-east Arctic cod (*Gadus morhua*) and some environmental influences. *ICES. J. Mar. Sci.* 49: 263–277.
- Jureša D. & Blanuša M. (2003).** Mercury, arsenic, lead, and cadmium in fish and shellfish from the Adriatic Sea. *Food. Add. Contamin.* 20: 241–246.

- Kahraman A.E. & Oray I.K. (2001).** The determination of age and growth parameters of Atlantic little tunny (*Euthynnus alletteratus* Raf., 1810) caught in Turkish waters. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*. 52: 719–732.
- Kahraman A.E., Alicli T.Z., Akayli T. & Oray I.K. (2008).** Reproductive biology of little tunny, *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810), from the north-eastern Mediterranean Sea. *Appl. Ichthyol.* 24: 551–554.
- Karpouzi V.S. & Stergiou K.I. (2003).** The relationships between mouth size and shape and body length for 18 species of marine fishes and their trophic implications. *J. Fish. Biol.* 62: 1353–1365.
- Kartas F. & Quignard J.P. (1984).** La Fécondité des Poissons Téléostéens. Collection de Biologie des Milieux Marins. Paris: Masson.
- Kaschner K., Ready J., Agbayani E., Eastwood P., Rees T., Reyes K., Rius J. & Froese R. (2007).** About AquaMaps: creating standardized range maps of marine species: In Fishbase.Org. Version May 2007.
- Klavins M., Potapovics O. & Rodinov V. (2009).** Heavy metals in fish from Lakes in Latvia: concentrations and trends of changes. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 82: 96–100.
- Kohler C.C. & Ney J.J. (1982).** A comparison of methods for quantitative analysis of feeding selection of fishes. *Environ. Biol. Fishes.* 7: 363–368.
- Kojadinovic J., Potier M., Le Corre M., Cosson R.P. & Bustamante P. (2007).** Bioaccumulation of trace elements in pelagic fish from the Western Indian Ocean. *Environ. Pollut.* 146: 548–566.
- Kotze P., du Preez H.H. & van Vuren J.H.J. (1999).** Bioaccumulation of copper and zinc in *Oreochromis mossambicus* and *Clarias gariepinus*, from the Olifants River, Mpumalanga, South Africa. *Water. SA.* 25: 99–110.
- Labidi N. & Nouar A. (2013).** Régime alimentaire de la thonine *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) des côtes algériennes. 3ème Colloque International sur la Biodiversité et Ecosystèmes Littoraux / 26, 27 et 28 novembre 2013, Oran, Algérie.

- Labidi-Neghli N., Neghli L., Ouadah S. & Nouar A. (2016).** Size distribution and biometric relationships of little tunny *Euthynnus alletteratus* from the Algerian coast. *Research. Inveny : IJES*. 6: 16–21.
- Labropoulou M. & Plaitis W. (1995).** Selective predation on small crustaceans by six demersal fish species in Iraklion Bay (Cretan Sea, north-eastern Mediterranean). In: Eleftheriou A., Ansell A.D. & Smith C.J. (Eds.), *Biology and Ecology of Shallow Coastal Waters*. Olsen and Olsen, Denmark. pp. 351–358.
- Lagler K.F. (1971).** Capture, sampling and examination of fishes. *Int. Biol. Prog.* 3: 7–44.
- Lalèyè P., Philippart J.C. & Poncin P. (1995).** Biologie de la reproduction de deux espèces de *Chrysichtys* (Siluriformes, Bagridae) du lac Nokoué et de la lagune de Porto-Novo au Bénin. *Rev. Zool. Afr.* 109: 213–224.
- Lamrini A. (1983).** Les Sparidés du plateau continental saharien du Sud marocain. Reproduction, croissance et alimentation de *Pagellus acarne* (Risso, 1826) et *Pagellus coupei* (Dieuzeide, 1960). Thèse de Doctorat. 3^e cycle, U.B.O. Brest. France. 302p.
- Landau R. (1965).** Determination of age and growth rate in *Euthynnus alletteratus* and *Euthynnus affinis* using vertebrae. Rapports et proces. Verbaux des reunions. Publié par les soins de Jean Furnesting commission internationale pour l'exploration scientifique de la Méditerranée, Vol. XVIII, Fas. I: 241–244.
- La-Roche M., Franquet F. & Quintero M.E. (1983).** Plan regional de evaluacion de recursos. Provincia de Santa Cruz de Tenerife. Vol. III. Demersales. Consejeria Agric. y Pesca, Gobierno de Canarias, IEO-Centro Costero de Canarias. 328–468.
- Laurec A. & Le Guen J.C. (1981).** Dynamique des populations marines exploitées. Tome I. Concepts et méthodes (Rapport scientifique et technique No. 45–1981). CNEXO/ Centre Océanologique de Bretagne, Brest, France.
- Le Cren E.D. (1951).** The length–weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.* 20: 201–219.
- Le Duff M. (1997).** Cinétique de l'ovogenèse et stratégies de ponte chez les poissons Téléostéens en milieu tempéré. *Thèse de Doctorat*. Université de Bretagne Occidentale. 170p.

- Lecointre G. & Le guyader H. (2001).** Classification phylogénétique du vivant. (2Ed.). Belin, Paris.
- Lee R.M. (1920).** A review of the methods of age and growth determination in fishes by means of scales. Ministry of Agriculture and Fisheries, Fishery Investigations series II, volume 4, number 2, London.
- Li F., Zeng X., Wu C., Duan Z., Wen Y., Huang G., Long X., Li M.J., Li M. & Xu J.Y. (2013).** Ecological risk assessment and pollution source identification of trace elements in contaminated sediments from the Pearl River Delta, China. *Biol. Trace. Elem. Res.* 155: 301–313.
- Linde A.R., Sánchez-Galán S., Izquierdo J.I., Arribas P., Marañón E. & García-Vázquez E. (1998).** Brown trout as biomonitor of heavy metal pollution: effect of age on the reliability of the assessment. *Ecotox. Environ. Saf.* 40: 120–125.
- Link S.J. & Almeida P.F. (2000).** An overview and history of the food web dynamics program of the Northeast Fisheries Science Center, Woods Hole, Massachusetts. *NOAA. Tech. Memo. NMFS-NE.* 159: 1–60.
- Lleonart J. & Salat J. (1997).** VIT : software for fishery analysis. User's manuel. En ligne : <http://www.faocopemed.org/es/activ/infodif/vit.htm> [cité en 1997].
- Lleonart J. & Salat J. (2000).** VIT (version 1. 1). Software for fishery analysis. User's manual. En ligne : <http://www.faocopemed.org/es/activ/infodif/vit.htm> [cité en 2000].
- Lleonart J. (2002).** Overview of stock assessment methods and their suitability to Mediterranean fisheries. 5th session of the SAC-GFCM, Rome.
- Lleonart J. (2004).** Indicators and reference points provided by the VIT software. GFCM/SAC/SCSA. Workshop on Reference Points. Rome. Italy. 20–21.
- Lorenzen K. & Enberg K. (2002).** Density-dependent growth as a key mechanism in the regulation of fish populations: evidence from among-population comparisons. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 269: 49–54.

- Lucas J.S. & Southgate P.C. (2012)**, Aquaculture: farming aquatic animals and plants. Wiley, New York.
- Mac Gregor J.S. (1966)**. Fecundity of the Pacific hake, *Merluccius productus* (Ayres). *Calif. Fish. Game*. 52: 111–116.
- Macías D., Lema L., Gómez-Vives M.J., Ortiz de Urbina J.M. & de la Serna J.M. (2006)**. Some biological aspects of small tunas (*Euthynnus alletteratus*, *Sarda sarda* & *Auxis rochei*) from the south western Spanish Mediterranean traps. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*. 59: 579–589.
- Macpherson E. (1981)**. Resource partitioning in a Mediterranean demersal fish community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 4: 183–193.
- Madani N.E.H. (2013)**. Evaluation de la contamination métallique sur un thon mineur: la thonine *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) pêchée dans la baie d'Oran. *Thèse de Master*. Université Oran 1. 83p.
- Marchal E. (1963)**. Synopsis on the biology of little tuna *Euthynnus alleteratus* (Rafinesque, 1810), (East Atlantic and Mediterranean). *FAO. Fish. Rep.* 2: 647–662.
- Marteinsdottir G. & Steinarsson A. (1998)**. Maternal influence on the size and viability of Iceland cod *Gadus morhua* eggs and larvae. *J. Fish. Biol.* 52: 1241–1258.
- MATEV. (2013)**. Bilan & Diagnostic : Stratégie nationale de gestion intégrée des zones côtières en Algérie. 259p.
- Maynou F. (1999)**. VIT for Windows (version: 1.2): Software for fisheries analysis. Original program and MS-DOS version by J. Lleonart and J. Salat. FAO Computerized Information Series – Fisheries, n. 11. 1997.
- Mayrat A. (1970)**. Allometrie et taxinomie. *Rév. Stat. Appl.* 18: 47–58.

- McAdam D.S., Liley N.R. & Tan E.S. (1999).** Comparison of reproductive indicators and analysis of the reproductive seasonality of the tinfoil barb, *Puntius schwanenfeldii*, in the Perak River, Malaysia. *Environ. Biol. Fishes.* 55: 369–380.
- McAllister M., Babcock E., Pikitch E. & Prager M. (2000).** Application of a non-equilibrium generalized production model to South and North Atlantic swordfish: combining Bayesian and demographic methods for parameter estimation. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT.* 51:1523–1550.
- McCoy C.P., O'Hara T.M., Benett L.W. & Boyle C.R. (1995).** Liver and kidney concentrations of zinc, copper and cadmium in Channel catfish (*Ictalurus punctatus*): variations due to size, season and health status. *Vet. Human. Toxicol.* 37: 11–15.
- Menezes M.F. & Aragão L.P. (1980).** Aspectos da biometria e biologia do bonito, *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque), do Estado do Ceará, Brasil. *Arq. Ciênc. Mar, Fortaleza.* 17: 95–100.
- Merbouh N. (1998).** Contribution à l'étude de la contamination par les métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) d'un poisson pélagique, la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792), pêché dans la baie d'Oran. *Thèse de Magister.* ISMAL. 139p.
- Merella P., Quetglas A., Alemany F. & Carbonell A. (1997).** Length-weight relationship of fishes and cephalopods from the Balearic Islands (western Mediterranean). *Naga The ICLARM Quarterly* 20: 66–68.
- Metzelaar J. (1919).** Report on the fishes collected by Dr. J. Boeke in the Dutch West Indies, 1904-1905, with comparative notes on marine fishes of tropical West Africa. In: Boeke J, Rapport . . . Kolonie Curaçao. The Hague: Schinkel, pp. 315.
- Miller P.A., Munkittrick K.R. & Dixon D.G. (1992).** Relationship between concentrations of copper and zinc in water, sediment, benthic invertebrates, and tissues of white sucker (*Catostomus commersoni*) at metal-contaminated sites. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 978–984.
- Miller T.J. (2007).** Contribution of individual-based coupled physical–biological models to understanding recruitment in marine fish populations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 347: 127–138.

- Millot C. (1985).** Some features of the Algerian current. *J. Geophys. Res.* 90: 7169–7176.
- Millot C. (1987).** Circulation in the Western Mediterranean Sea. *Oceanol. Acta.* 10:143–149.
- Millot C. (1989).** La circulation générale en Méditerranée occidentale : Aperçu de nos connaissances et projets d'études. *Ann. Géogr.* 549: 497–515.
- Millot C. (1999).** Circulation in the Western Mediterranean Sea. *J. Mar. Syst.* 20: 423–442.
- Minganti V., Drava G., De Pellegrini R. & Siccardi C. (2010).** Trace elements in farmed and wild gilthead seabream, *Sparus aurata*. *Mar. Pollut. Bull.* 60: 2022–2025.
- Moreau J. (1979).** Biologie et évolution des peuplements de cichlides (poissons) introduits dans les lacs malgaches d'altitude. *Thèse de Doctorat*, Institut National Polytechnique de Toulouse, 301p.
- Moreno R. (1986).** Ecología trófica de algunas especies de la familia *Scombridae* capturados en aguas costeras del departamento del Magdalena, Caribe Colombiano. *Thèse de biologie*. Université Nationale de Colombie, Bogotá. 105p.
- Morgano M.A., Rabonato L.C., Milani R.F., Miyagusku L. & Quintaes K.D. (2014).** As, Cd, Cr, Pb and Hg in seafood species used for sashimi and evaluation of dietary exposure. *Food. Control.* 36: 24–29.
- MPRH. (2003).** Schéma national de développement des activités de la pêche et de l'aquaculture. 77p.
- Murarka S., Mishra V., Joshi P. & Kumar S. (2015).** Role of Zinc in Reproductive Biology. AUSTIN Publishing Group. <http://austinpublishinggroup.com/reproductive-medicine/fulltext/ajrm-v2-id1009.php>. Accessed 21 May 2015.
- Murray J. & Burt J.R. (1969).** The Composition of Fish (Torry Advisory Note No. 38). Torry Research Station.
- Mutlu C., Türkmen M., Türkmen A. & Tepe Y. (2011).** Comparison of metal concentrations in tissues of Blue Crab, *Callinectes sapidus* from Mediterranean Lagoons. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 87: 282–286.

- Myers R.A. (1998).** When do environment-recruitment correlations work. *Rev. Fish. Biol. Fish.* 8: 285–305.
- Nagahama Y. (1983).** The functional morphology of teleost gonads. In *Fish Physiology*, vol. DCA,, Hoar W.S., Randall D.J. & Donaldson E.M. (Eds), Academic Press, New York. pp. 223–275.
- Newman M.C. & Doubet D.K. (1989).** Size-dependence of mercury (II) accumulation kinetics in the mosquitofish, *Gambusia affinis* (Baird and Girard). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 18: 819–825.
- Nicolsky G.V. (1963).** The ecology of fishes (translated by L. Birkett), Academic Press, London.
- North E.W., Gallego A. & Petitgas P. (2009).** Manual of recommended practices for modelling physical–biological interactions during fish early life. International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen. *ICES. Coop. Res. Rep.* 295.
- Ochwada F.A., Scandol,J.P. & Gray C.A. (2008).** Predicting the age of fish using general and generalized linear models of biometric data: A case study of two estuarine finfish from New South Wales, Australia. *Fish. Res.* 90: 187–197.
- Okochi Y., Abe O., Tanaka S., Ishihara Y. & Shimizu A. (2016).** Reproductive biology of female Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, in the Sea of Japan. *Fish. Res.* 174:30–39.
- Oray I.K. & Karakulak F.S. (2005).** Further evidence of spawning of bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L., 1758) and the tuna species (*Auxis rochei* Ris., 1810, *Euthynnus alletteratus* Raf., 1810) in the eastern Mediterranean Sea: preliminary results of TUNALEV larval survey in 2004. *J. Appl. Ichthyol.* 21:236–240.
- Overholtz W.J. (1989).** Density-dependent growth in the Northwest Atlantic stock of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *J. Northwest. Atl. Fish. Soc.* 9: 115–121.
- Parker G.A. & Begon M. (1986).** Optimal egg size and clutch size: effects of environment and maternal environment. *Am. Naturalist.* 128: 173–192.

- Pauly D. (1980).** On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CIEM*. 39: 92–175.
- Pauly D. (1984a).** Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. *ICLARM. Stud. Rev.* 8: 325.
- Pauly D. (1984b).** Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics. Part II. *ICLARM. Fishbyte*. 2: 17–19.
- Pauly D. (1990).** Length-converted catch curves and the seasonal growth of fishes. *ICLARM. Fishbyte* 8: 33–38.
- Pauly D., Moreau J. & Abad N. (1995).** Comparison of age-structured and length-converted catch curves of brown trout *Salmo trutta* in two French rivers. *Fish. Res.* 22: 197–204.
- Pauly D. & Sa-a P. (2000).** Estimating trophic levels from individual food items. In: Froese R. & Pauly D. (Eds.), *FishBase 2000: Concepts, Design and Data Sources*. ICLARM, Manila. pp. 185.
- Payne S.A., Johnson B.A. & Otto R.S. (1999).** Proximate composition of some north-eastern Pacific forage fish species. *Fish. Oceanogr.* 8: 159–177.
- Pearson K. (1901).** On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Phil. Mag.* 2: 559–572.
- Pellegrin M.J. (1914).** Missions Gruvel sur la côte occidentale d'Afrique (1905–1912). Poissons. *Ann. Inst. Océanogr.* Monaco, 6, fasc. 4: 70–71.
- Pepin P. (1991).** Effect of temperature and size on development, mortality, and survival rates of the pelagic early life history stages of marine fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 583–518.
- Peterson I. & Wroblewski J.S. (1984).** Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 1117–1120.
- Philippeau G. (1986).** Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales ?. Paris, Institut technique des Céréales et des Fourrages. 63p.

- Poe y F. (1875).** Enumeratio Piscium Cubensium, parte primera. *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, Madrid. 4:75–161
- Pouilly M., Lino F., Bretenoux J.G. & Rosales C. (2003).** Dietary–morphological relationships in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. *J. Fish. Biol.* 62:1137–1158.
- Powers J.E. & Restrepo V.R. (1992).** Additional options for age-sequenced analysis. *ICCAT. SCRS/91/040*.
- Rafinesque C.S. (1810).** Caratteri di alcuni nuovi generi e nuove specie di animali e piante della sicilia, con varie osservazioni sopra i medisimi, Tip. Sanfilippo. Palermo, Italy.
- Rensing C. & Grass G. (2003).** *Escherichia coli* mechanisms of copper homeostasis in a changing environment. *FEMS. Microbiol. Rev.* 27: 197–213.
- Richards W. J. (2005).** Early Stages of Atlantic Fishes: An identification guide for the western central North Atlantic. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL.
- Ricker W.E. (1954).** Stock and recruitment. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 11: 559–623.
- Ricker W.E. (1973).** Linear regressions in fishery research, *J. Fish. Res. Bd. Can.* 30: 409–434.
- Ricker W.E. (1975).** Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 191: 1–382.
- Ricker W.E. (1981).** Changes in the average size and average age of Pacific salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 1636–1656.
- Riede K. (2004).** Global register of migratory species - from global to regional scales. Final Report of the R&D-Projekt 808 05 081. Federal Agency for Nature Conservation, Bonn, Germany. 329p.
- Rikhter V.A. & Efanov V.N. (1976).** On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *ICNAF. Res. Doc.* 76/VI/8, 12.

- Rinchard J. & Kestemont P. (1996).** Comparative study of reproductive biology in single- and multiple-spawner cyprinid fish. Morphological and histological features. *J. Fish. Biol.* 49: 883–894.
- Risso A. (1826).** Histoire naturelle des principales productions de l'Europe méridionale et particulièrement de celles des environs de Nice et des Alpes Maritimes. Tome 3. Chez F.G. Levrault, Paris.
- Rocha C.A.S., Stokes T.K. & Pope J.G. (1995).** Application of principal component analysis to the study of multispecies fisheries. *Ciência e Cultura: J. Braz. Asso. Advan. Sci.* 47: 66–75.
- Rocha M.J., Arukwe A. & Kapoor B.G. (2008).** Fish reproduction. Science Publishers Inc, Enfield, USA.
- Rodríguez-roda J. (1966).** Estudio de la Bacoreta (*Euthynnus alletteratus*) (Raf.) bonito (*Sarda sarda*) (Bloch) y melva (*Auxis thazard*) (Lac.) capturado por las almadrabas españolas. *Invest. Pesq. Barc.* 30: 120–145.
- Rodríguez-roda J. (1979).** Edad y crecimiento de la bacoreta, *Euthynnus alletteratus* (Raf.) de la costa sudatlántica de España. *Invest. Pesq.* 47: 397–402.
- Roff D.A. (1982).** Reproductive strategies in flatfish: A first synthesis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 1686–1689.
- Romero P. (2002).** An etymological dictionary of taxonomy. Madrid, unpublished.
- Rose K.A. (2000).** Why are quantitative relationships between environmental quality and fish populations so elusive. *Ecol. Appl.* 10: 367–385.
- Rosenlund G., Lund B., Sandnes K., Braekkan O.R. & Von der Decken A. (1984).** Muscle protein synthesis *in vitro* of saithe (*Poilachius virens*) correlated to growth and daily energy intake. *Comp. Biochem. Physiol.* 77: 7–13.
- Ross M.R. (1991).** Recreational fisheries of coastal New England. University of Massachusetts Press, Amherst, Boston.

- Rudomiotkina G.P. (1986).** Data on reproduction of Atlantic black skipjack in the tropical West African water. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*. 25: 258–261.
- Sargent R.C., Taylor P.D. & Gross M.R. (1987).** Parental care and the evolution of egg size in fishes. *Am. Naturalist*. 129: 32–46.
- Schaeffer M.B. (1954).** Some aspects of dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.* 1: 25–56.
- Schindler D.W., Mills K.H., Malley D.F., Findlay D.L., Shearer J.A., Davies I.J., Turner M.A., Linsey G.A. & Cruikshank D.R. (1985).** Long-term ecosystem stress: the effects of years of experimental acidification on a small lake. *Science*. 21:1395–1401.
- Schnute J.T. & Richards L.J. (1990).** A unified approach to the analysis of fish growth, maturity, and survivorship data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 24–40.
- Schulz R.W., de Franca L.R., Lareyre J.J., Legac F., Chiarini-Garcia H., Nobrega R.H. & Miura T. (2010).** Spermatogenesis in fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* 165: 390–411.
- Schwartz D. (1983).** Méthodes Statistiques à l'Usage des Médecins et des Biologistes, Paris: Flammarion Editor.
- Shepherd G. & Grimes C.B. (1983).** Geographic and historic variations in growth of weakfish, *Cynoscion regalis*, in the middle Atlantic Bight. *Fish. Bull. U.S.* 81: 803–813.
- Shin Y.J., Rochet M.J., Jennings S., Field J.G. & Gislason H. (2005).** Using size-based indicators to evaluate the ecosystem effects of fishing. *ICES. J. Mar. Sci.* 62: 384–396.
- Shreeve R.S., Collins M.A., Tarling G.A., Main C.E., Ward P. & Johnston N.M. (2009).** Feeding ecology of myctophid fish in the northern Scotia Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 336:226–236.
- Shulman G.E. (1974).** Life Cycle of Fish. John Wiley and Sons, New York.
- Simkiss K. (1974).** Calcium metabolism of fish in relation to ageing. In: Bagenal T.B. (Ed.), Ageing of Fish. Unwin Brothers, London, pp. 1–12.

- Sokal R.R. & Rohlf F.J. (1981).** Biometry. New York: Freeman and Coompany.
- Sonesten L. (2003).** Fish mercury levels in lakes—adjusting for mercury and fish-size covariation. *Environ. Poll.* 125: 255–265.
- Sparre P. & Venema S.C. (1996).** Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux. Première partie: Manuel FAO (Rome), *Doc. Tech. Pêches*, 306/1, Rév. 1: 401.
- Spurgeon J.J., Hamel M.J., Pope K.L. & Pegg M.A. (2015).** The Global Status of Freshwater Fish Age Validation Studies and a Prioritization Framework for Further Research. *Rev. Fish. Sci. Aqua.* 23: 329–345.
- Stamatopoulos C. (2005).** VONB Iterative Method for estimating growth parameters. Including non-asymptotic approaches, Version B/2005. Fisheries Department, FAO.
- Stequert B. (1989).** La pêche thonière aux Philippines. La Pêche Maritime, Février 1989, 1328: 93–108.
- Stoner A.W. & Livingston R.J. (1984).** Ontogenetic patterns in diet and feeding morphology in sympatric sparid fishes from seagrass meadows. *Copeia*. 1984: 174–187.
- Teixeira A. & Cortes R.M.V. (2006).** Diet of stocked and wild trout, *Salmo trutta*: is there competition for resources?. *Folia. Zoologica.* 55: 61–73.
- Tepe Y. (2009).** Metal concentrations in eight fish species from Aegean and Mediterranean Seas. *Environ. Monit. Assess.* 159 :501–509.
- Tesch F.W. (1971).** Age and growth. In: Ricker W.E. (Ed.), *Methods for Assessment of Fish production in Fresh Waters*. Blackwell Scientific Publications, Oxford: pp. 99–130.
- Trippel E.A. (1998).** Egg size and viability and seasonal offspring production of young Atlantic cod. *Trans. Am. Fish. Soc.* 127: 339–359.
- Trippel E.A., Kjesbu O.S. & Solemdal P. (1997).** Effects of adult age and size structure on reproductive output in marine fishes. In: Chambers RC. & Trippel EA (Eds) *Early life history and recruitment in fish populations*. Chapman and Hall, London, pp. 31–62.
- Türkmen M., Türkmen A., Tepe Y., Yalçın Töre Y. & Ateş A. (2009).** Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas. *Food. Chem.* 113: 233–237.

- Tüzen M. (2003).** Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food. Chem.* 80: 119–123.
- Ulltang Ø. (1996).** Stock assessment and biological knowledge: can prediction uncertainty be reduced?. *ICES. J. Mar. Sci.* 53: 659–675.
- Uluturhan E. & Kucuksezgin F. (2007).** Heavy metal contaminants in Red Pandora (*Pagellus erythrinus*) tissues from the Eastern Aegean Sea, Turkey. *Water. Res.* 41: 1185–1192.
- United States Environmental Protection Agency. (1983).** Methods of Chemical Analysis of Water and Waste (MCAWW). EPA/600/4-79/020. Office of Research and Development, Washington.
- Valeiras X., Macías D., Gómez M., Lema L., Godoy D., Urbina J. & Serna J. (2008).** Age and growth of Atlantic little tuna (*Euthynnus alletteratus*) in the western Mediterranean sea SCRS/2007/140. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT.* 62: 1638–1648.
- Volle M. (1997).** Analyse des données, Economica, 4^e édition, ISBN 2-7178-3212-2.
- Wallace R.A. & Selman K. (1981).** Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Amer. Zool.* 21: 325–343.
- Ward D.M., Nislow K.H. & Folt C.L. (2009).** Increased population density and suppressed prey biomass: relative impacts on juvenile Atlantic salmon growth. *Trans. Am. Fish. Soc.* 138: 135–143.
- Weatherley A.H. & Gill H.S. (1987).** The Biology of Fish Growth. Academic Press, London.
- Wong C.K., Wong P.P.K. & Chu L.M. (2001).** Heavy metal concentrations in marine fishes collected from fish culture sites in Hong Kong. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 40: 60–69.
- Wootton R.J. (1979).** Energy Cost of Egg production and environmental determinants of fecundity in teleosts fishes. In: Miller P.J. (Ed.), Fish phenology: Anabolic adaptiveness in teleosts, Sym. Zool. Soc. Lond. No. 44, Academic press, London, pp. 133–159.

- Wyse E.J., Azemard S. & de Mora S. (2003).** The World–wide intercomparison exercise for the determination of trace elements and methylmercury in fish homogenate IAEA–407. Rep. IAEA/AL/144 (IAEA/MEL/72): 1–94.
- Yi Y.J. & Zhang S.H. (2011).** The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River. *Procedia. Environ. Sci.* 8: 1726–1734.
- Yi Y.J. & Zhang S.H. (2012).** Heavy metal (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) concentrations in seven fish species in relation to fish size and location along the Yangtze River. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 19: 3989–3996.
- Yilmaz A.B. (2003).** Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb, and Zn) in tissue of Mugil cephalus and Trachurus mediterraneus from Iskenderun Bay, Turkey. *Environ. Res.* 92: 277–281.
- Yilmaz F., Özdemir N., Demirak A. & Tuna A.L. (2007).** Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*. *Food. Chem.* 100: 830–835.
- Yoshida H.O. (1979).** Synopsis of biological data on tunas of the genus *Euthynnus*. FAO Fish Syn 122. NOAA. Tech. Rep. NMFS, 429: 1–57.

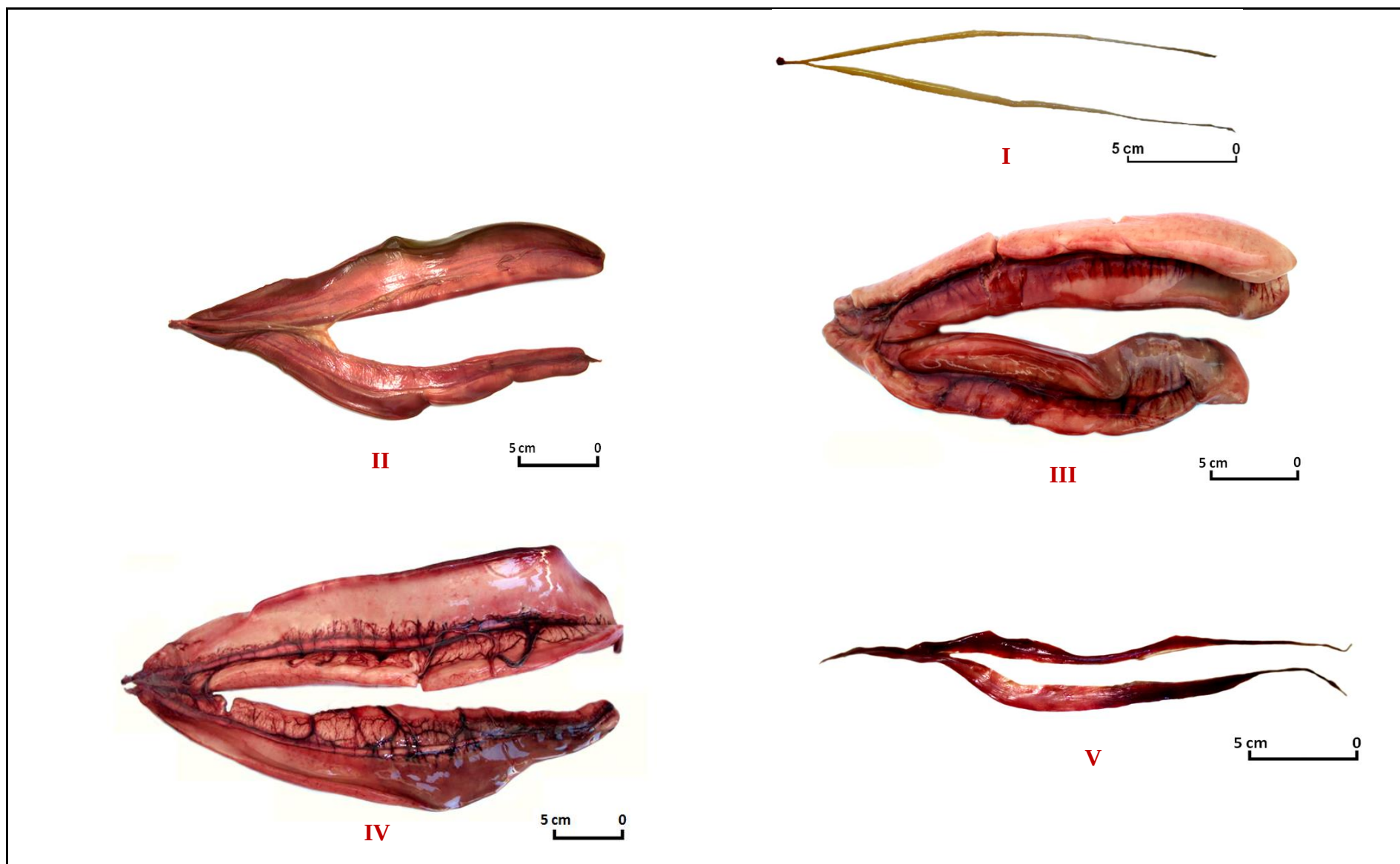


Planche A.1 : Echelle macroscopique chez les mâles de *E. alletteratus*.

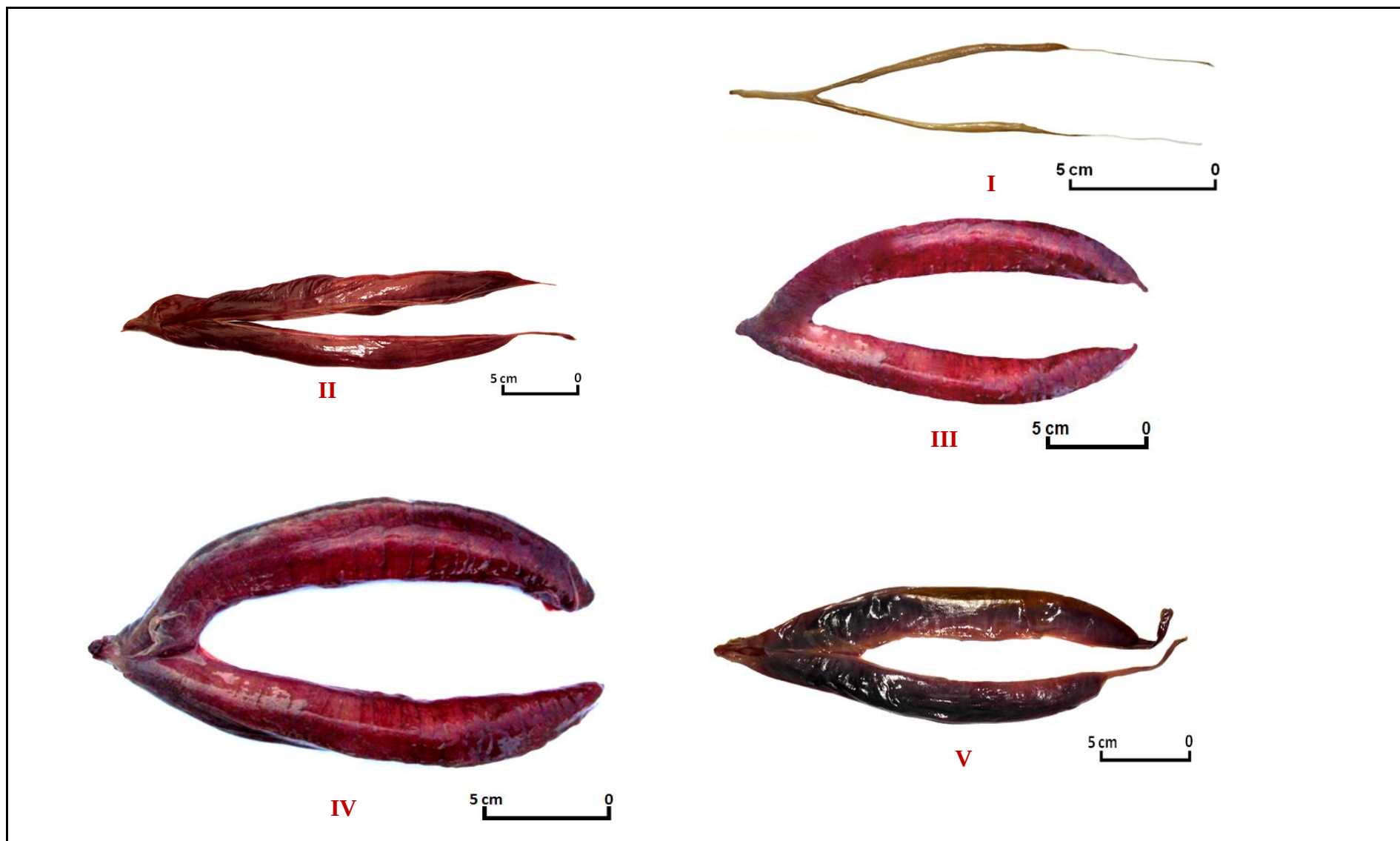


Planche A.2 : Echelle macroscopique chez les femelles de *E. alletteratus*.

Tableau A.I : Calendrier d'échantillonnage.

Mois	Date	N♀	N♂	N Indéterminés	N Total
Février	15-02-2015	1	1	1	3
Mars	14-03-2015	1	2	0	3
Avril	15-04-2015	1	1	1	3
Mai	10-05-2015	3	3	10	16
Juin	04-06-2015	4	5	0	9
Juillet	13-07-2015	20	19	0	86
	26-07-2015	27	20	0	
Août	18-08-2015	1	2	3	6
Septembre	03-09-2015	2	1	4	7
Octobre	08-10-2015	0	4	26	63
	28-10-2015	14	4	15	
Novembre	05-11-2015	1	1	63	114
	21-11-2015	7	6	36	
Décembre	03-12-2015	1	6	23	70
	29-12-2015	0	0	40	
Janvier	07-01-2016	8	10	7	41
	23-01-2016	4	5	7	
N Total		95	90	236	421

Tableau A.II : Retro-calcul des longueurs.

L _F Observée (cm)	Rt (cm)	Rn (cm)	L _F Retro-calculée (cm)	Âge (an)
25.3	0.1097	0.0972	21.2296855	1
25.6	0.1113	0.1057	24.8405247	1
25.8	0.1094	0.1034	24.8305119	1
25.7	0.1093	0.1031	24.6346002	1
26.4	0.1392	0.1336	25.7138121	1
26.1	0.1485	0.1426	25.487	1
26.4	0.1497	0.1438	25.7889229	1
26.6	0.1494	0.1436	25.9514337	1
26.3	0.1492	0.1435	25.6205818	1
26.4	0.1493	0.1431	25.609724	1
26.6	0.1497	0.1435	25.8088965	1
26.5	0.1508	0.1447	25.7517566	1
26.7	0.1478	0.1419	26.0912171	1
26.5	0.1506	0.1449	25.8092767	1
26.6	0.1518	0.1462	26.0326113	1
26.6	0.1502	0.1447	26.0624068	1
26.6	0.1411	0.1362	26.2566414	1

26.7	0.1416	0.1363	26.3574601	1
26.7	0.1417	0.1368	26.2048708	1
26.8	0.1495	0.1432	26.5120266	1
26.7	0.1524	0.1466	26.2360007	1
26.9	0.1511	0.1458	26.2606575	1
26.8	0.1501	0.1453	25.9687538	1
26.9	0.1467	0.1397	26.4709564	1
26.8	0.1534	0.1461	25.6950716	1
26.9	0.1514	0.1462	25.735513	1
27.1	0.1487	0.1418	26.5989236	1
27.0	0.1518	0.1464	25.9423679	1
27.1	0.1434	0.1373	26.3043577	1
27.2	0.1502	0.1447	26.6564148	1
27.5	0.1531	0.1469	26.7135323	1
27.8	0.1453	0.1395	27.229139	1
27.9	0.1446	0.1391	27.2170282	1
27.8	0.1509	0.1445	26.9247555	1
28.2	0.1532	0.1463	27.1507187	1
28.1	0.1487	0.1431	27.5046429	1
28.4	0.1486	0.1422	27.5015182	1
28.3	0.1521	0.1462	27.6063189	1
28.4	0.1441	0.1383	27.7050951	1
28.6	0.1489	0.1427	27.775096	1
28.7	0.1451	0.1398	28.1988952	1
28.9	0.1502	0.1456	28.675775	1
29.3	0.1451	0.1391	28.5207994	1
29.3	0.1511	0.1462	28.9632833	1
29.6	0.1458	0.1399	28.859404	1
29.7	0.1453	0.1396	29.0339112	1
29.7	0.1594	0.1538	29.1285471	1
29.9	0.1586	0.1529	29.2876248	1
29.9	0.1435	0.1369	28.8648739	1
30.2	0.1423	0.1361	29.3120998	1
30.2	0.1465	0.1402	29.2983529	1
30.5	0.1549	0.1491	29.8291427	1
30.7	0.1559	0.1498	29.9196594	1
30.9	0.1464	0.1407	30.2249816	1
31.4	0.1585	0.1527	30.734159	1
31.3	0.1472	0.1411	30.4649789	1
31.5	0.1593	0.1535	31.0553489	1
31.5	0.1585	0.1533	30.8363729	1
31.9	0.1607	0.1558	31.568837	1
32.1	0.1475	0.1409	31.0541654	1
32.2	0.1475	0.1413	31.3135715	1
32.3	0.1569	0.1511	31.7387398	1

32.1	0.1591	0.1536	31.4193384	1
32.1	0.1621	0.1572	31.7705867	1
32.5	0.1575	0.1519	31.8932089	1
32.7	0.1448	0.1378	31.4583356	1
32.8	0.1602	0.1547	32.2783153	1
32.9	0.1611	0.1557	32.3369757	1
32.9	0.1486	0.1423	31.9693048	1
32.7	0.1429	0.1371	31.9450959	1
32.8	0.1583	0.1528	32.2311655	1
33.2	0.1421	0.1367	32.6046207	1
33.1	0.1604	0.1544	32.3477431	1
33.3	0.1641	0.1587	32.7835868	1
33.4	0.1617	0.1567	33.0250402	1
33.4	0.1478	0.1419	32.6205758	1
33.3	0.1596	0.1535	32.5035395	1
33.4	0.1602	0.1544	32.7187528	1
33.6	0.1598	0.1529	32.4960582	1
33.8	0.1482	0.1397	31.946832	1
33.7	0.1601	0.1546	33.1291287	1
33.7	0.1464	0.1398	32.6178921	1
33.7	0.1597	0.1534	33.284733	1
33.8	0.1617	0.1561	33.1961064	1
33.8	0.1614	0.1563	32.9210313	1
33.9	0.1659	0.1594	32.9787975	1
34.1	0.1665	0.1596	33.4897413	1
34.3	0.1608	0.1552	33.9180571	1
34.2	0.1611	0.1561	33.1300306	1
34.1	0.1607	0.1554	33.6038563	1
34.2	0.1467	0.1402	33.1531186	1
34.2	0.1614	0.1561	33.7052026	1
34.3	0.1615	0.1564	33.8809034	1
34.3	0.1612	0.1554	33.6129293	1
34.4	0.1466	0.1398	33.2228731	1
34.5	0.1611	0.1554	33.8485866	1
34.7	0.1617	0.1564	34.2021008	1
34.6	0.1514	0.1455	33.8240495	1
34.9	0.1638	0.1578	34.1413797	1
34.8	0.1623	0.1568	34.2267006	1
34.7	0.1689	0.1632	34.0766566	1
34.9	0.1621	0.1562	34.1717526	1
35.0	0.1635	0.1575	34.2387645	1
34.9	0.1621	0.1571	34.5167119	1
35.3	0.1642	0.1573	34.8426589	1
35.1	0.1632	0.1571	33.999148	1
35.0	0.1624	0.1568	34.1992335	1

35.2	0.1504	0.1453	34.5849163	1
35.1	0.1621	0.1568	34.6001215	1
35.2	0.1495	0.1428	34.0724836	1
35.2	0.1691	0.1634	34.5723672	1
35.5	0.1624	0.1572	35.0364704	1
35.3	0.1621	0.1572	34.9528199	1
35.5	0.1629	0.1574	34.9223665	1
35.6	0.1631	0.1572	34.8680632	1
35.7	0.1635	0.1578	35.0456716	1
25.6	0.1095	0.1028	24.2973178	2
26.5	0.1405	0.1355	26.117573	2
28.5	0.1482	0.1431	28.0863421	2
29.5	0.1447	0.1388	28.7550871	2
30.3	0.1551	0.1496	29.7436074	2
32.6	0.1461	0.1392	31.4123895	2
33.2	0.1587	0.1527	32.4384247	2
34.5	0.1614	0.1563	34.0792807	2
35.3	0.1508	0.1447	34.4292102	2
35.4	0.1623	0.1575	35.0912828	2
35.7	0.1637	0.1581	35.0849139	2
35.8	0.1629	0.1575	35.2582971	2
35.9	0.1657	0.1588	34.7951123	2
35.9	0.1638	0.1584	35.3604188	2
35.8	0.1632	0.1581	35.3751587	2
36.2	0.1628	0.1571	35.537637	2
36.1	0.1642	0.1588	35.560028	2
36.3	0.1636	0.1584	35.8340024	2
36.3	0.1684	0.1621	35.4322963	2
36.4	0.1648	0.1587	35.5988903	2
36.4	0.1668	0.1607	35.7837191	2
36.4	0.1652	0.1596	35.5891681	2
36.5	0.1668	0.1609	35.7740474	2
36.6	0.1632	0.1581	35.9470957	2
36.7	0.1662	0.1605	35.8946305	2
36.8	0.1664	0.1598	35.9967437	2
36.6	0.1664	0.1598	35.8011615	2
36.7	0.1668	0.1607	35.7010781	2
36.5	0.1674	0.1613	35.6976313	2
36.7	0.1678	0.1617	35.7010781	2
36.8	0.1648	0.1589	36.2059417	2
36.7	0.1509	0.1455	35.9629314	2
36.9	0.1684	0.1627	36.2525968	2
37.2	0.1647	0.1592	36.6131967	2
37.2	0.1652	0.1601	36.5460734	2
37.3	0.1645	0.1584	36.8703142	2

37.7	0.1651	0.1594	37.0314191	2
37.8	0.1645	0.1587	37.0884146	2
37.9	0.1658	0.1598	37.1143426	2
38.1	0.1658	0.1596	37.7834355	2
38.2	0.1651	0.1603	37.3317961	2
38.1	0.1658	0.1593	37.5068008	2
38.1	0.1652	0.1597	37.5476848	2
38.3	0.1656	0.1602	37.3118969	2
38.4	0.1655	0.1598	37.7258447	2
38.5	0.1661	0.1606	37.9064028	2
38.6	0.1658	0.1596	37.7264885	2
38.7	0.1659	0.1595	37.7507834	2
38.7	0.1667	0.1603	37.7462061	2
38.8	0.1662	0.1603	38.045133	2
38.9	0.1674	0.1617	38.2284188	2
39.1	0.1649	0.1588	38.815492	2
39.1	0.1632	0.1585	38.2552753	2
39.2	0.1659	0.1597	38.3190585	2
39.1	0.1664	0.1604	38.3811812	2
39.2	0.1661	0.1598	38.7576628	2
39.2	0.1667	0.1612	38.6022406	2
39.2	0.1652	0.1601	38.2801246	2
39.3	0.1668	0.1605	38.601404	2
39.3	0.1668	0.1609	38.5421529	2
39.4	0.1619	0.1562	38.4812272	2
39.5	0.1668	0.1616	39.0199209	2
39.6	0.1671	0.1617	39.0400754	2
39.8	0.1681	0.1627	39.560746	2
39.7	0.1681	0.1635	39.1425735	2
39.9	0.1667	0.1606	39.0543185	2
40.1	0.1662	0.1603	39.38031	2
39.9	0.1684	0.1626	39.1325578	2
40.0	0.1632	0.1562	38.764136	2
40.0	0.1675	0.1618	39.327554	2
40.2	0.1687	0.1631	39.5604647	2
40.1	0.1653	0.1596	39.4075457	2
40.3	0.1681	0.1627	39.7375764	2
40.2	0.1675	0.1622	39.7590125	2
40.3	0.1682	0.1631	39.7758788	2
40.5	0.1648	0.1587	39.6369229	2
40.5	0.1718	0.1666	40.2253088	2
40.4	0.1725	0.1669	39.772698	2
40.6	0.1721	0.1669	40.1270354	2
40.6	0.1719	0.1668	40.1659447	2
40.7	0.1711	0.1658	40.1838673	2

40.7	0.1735	0.1679	40.3860497	2
40.7	0.1731	0.1678	40.1898307	2
40.8	0.1731	0.1683	40.1726248	2
40.8	0.1725	0.1673	40.3267409	2
40.9	0.1733	0.1684	40.5461748	2
40.9	0.1654	0.1596	40.1585502	2
41.0	0.1739	0.1681	40.2937562	2
40.9	0.1739	0.1681	40.3113105	2
40.9	0.1736	0.1681	40.1947913	2
41.0	0.1741	0.1686	40.4121396	2
41.2	0.1742	0.1687	40.6104164	2
41.1	0.1741	0.1686	40.0384712	2
41.2	0.1741	0.1687	40.6107549	2
41.3	0.1642	0.1579	40.3400652	2
41.4	0.1457	0.1399	40.617763	2
41.4	0.1667	0.1608	40.5521222	2
41.5	0.1674	0.1612	40.5967252	2
41.3	0.1685	0.1629	40.6492605	2
41.5	0.1768	0.1711	40.839125	2
41.2	0.1764	0.1708	40.5793107	2
41.7	0.1752	0.1698	41.3593196	2
41.4	0.1696	0.1613	39.6599452	2
41.7	0.1675	0.1605	40.4654149	2
41.7	0.1761	0.1702	41.1550909	2
41.5	0.1771	0.1717	41.032177	2
41.7	0.1763	0.1711	40.9562811	2
41.8	0.1768	0.1702	40.7848382	2
41.8	0.1768	0.1707	40.9800617	2
41.9	0.1766	0.1701	41.3925449	2
41.7	0.1762	0.1703	40.9567032	2
41.9	0.1771	0.1718	40.9213618	2
42.1	0.1767	0.1712	41.5114516	2
42.3	0.1765	0.1703	41.4333246	2
42.2	0.1772	0.1714	41.494719	2
42.4	0.1792	0.1743	41.6717269	2
42.3	0.1794	0.1727	41.366698	2
42.4	0.1788	0.1724	41.3520418	2
42.4	0.1798	0.1738	41.3989793	2
42.6	0.1795	0.1736	42.1682175	2
42.6	0.1785	0.1727	41.8958218	2
42.6	0.1779	0.1728	41.8608418	2
42.6	0.1787	0.1724	41.7012238	2
42.7	0.1782	0.1724	41.9936263	2
42.8	0.1791	0.1732	42.0570692	2
42.9	0.1789	0.1724	42.3940605	2

42.9	0.1785	0.1722	42.4718973	2
42.9	0.1794	0.1736	42.1963445	2
42.8	0.1802	0.1749	41.8976398	2
43.0	0.1802	0.1751	42.0185718	2
43.2	0.1803	0.1746	42.733312	2
43.1	0.1811	0.1759	42.436868	2
43.3	0.1854	0.1786	42.2348069	2
43.2	0.1843	0.1791	42.7506794	2
43.4	0.1881	0.1829	42.9401129	2
43.5	0.1841	0.1789	42.7073901	2
43.4	0.1836	0.1772	42.476719	2
43.6	0.1845	0.1788	43.0634015	2
43.4	0.1841	0.1787	42.9396133	2
43.5	0.1838	0.1775	42.6149004	2
43.6	0.1838	0.1783	43.1844581	2
43.7	0.1842	0.1791	43.2764164	2
43.5	0.1875	0.1824	42.9227612	2
43.7	0.1889	0.1824	42.7612626	2
43.7	0.1841	0.1788	43.1991293	2
44.3	0.1887	0.1824	43.428133	2
44.1	0.1944	0.1884	43.366142	2
44.3	0.1891	0.1832	43.7091399	2
44.4	0.1887	0.1824	43.4895907	2
44.4	0.1967	0.1902	43.7536481	2
44.4	0.1884	0.1827	43.5269141	2
44.6	0.1946	0.1894	44.1570545	2
44.7	0.1964	0.1895	43.6378824	2
44.7	0.1946	0.1888	44.0346567	2
44.8	0.1998	0.1936	44.0068659	2
44.8	0.1891	0.1833	44.45898	2
44.7	0.1901	0.1852	44.0153051	2
45.3	0.2075	0.1964	42.8182164	2
45.2	0.2068	0.1975	43.3436929	2
45.4	0.2085	0.1977	43.0312192	2
46.2	0.2156	0.2067	44.5311136	2
46.3	0.2102	0.1987	43.6763915	2
46.4	0.2115	0.2061	45.912608	2
46.6	0.2123	0.2017	44.3047358	2
46.9	0.1982	0.1924	46.2267619	2
47.2	0.1965	0.1898	46.177284	2
47.2	0.2017	0.1969	46.9047853	2
47.8	0.1459	0.1397	46.668621	2
47.7	0.2021	0.1974	47.4404666	2
47.8	0.2134	0.2076	47.1671237	2
48.3	0.2113	0.2064	47.9782873	2

48.4	0.2121	0.2073	48.1147346	2
36.6	0.1667	0.1606	36.1697665	3
36.7	0.1639	0.1581	35.9978902	3
36.9	0.1636	0.1573	35.9984028	3
37.2	0.1675	0.1618	36.3774766	3
38.7	0.1659	0.1595	37.7462061	3
38.9	0.1666	0.1611	38.3045828	3
39.3	0.1661	0.1603	38.5003486	3
40.0	0.1679	0.1617	39.3221074	3
40.0	0.1686	0.1629	39.1190697	3
40.5	0.1726	0.1679	40.026908	3
40.4	0.1721	0.1669	39.92843	3
41.1	0.1786	0.1726	40.5505261	3
41.0	0.1738	0.1671	40.2359351	3
41.5	0.1821	0.1772	40.9507797	3
42.1	0.1664	0.1607	41.3916905	3
42.5	0.1721	0.1663	42.1497885	3
42.5	0.1739	0.1674	41.7243493	3
42.7	0.1791	0.1741	42.3095422	3
43.1	0.1793	0.1732	42.2762683	3
43.6	0.1874	0.1813	42.9473566	3
43.4	0.1848	0.1794	42.8628821	3
44.3	0.1937	0.1881	43.5812856	3
47.1	0.1976	0.1922	46.5733634	3
48.6	0.2131	0.2077	48.1018142	3
48.8	0.1495	0.1436	47.8337197	3
48.8	0.2141	0.2088	48.3383452	3
48.9	0.2138	0.2081	48.2946553	3
48.9	0.2146	0.2095	48.5097665	3
49.4	0.2054	0.1988	48.4299873	3
49.4	0.2171	0.2118	48.9411317	3
49.6	0.2185	0.2132	49.1428819	3
49.8	0.2192	0.2134	49.1674462	3
50.5	0.2121	0.2069	50.0602207	3
50.6	0.2228	0.2173	50.0760031	3
50.4	0.2235	0.2177	49.7747839	3
51.3	0.2248	0.2185	50.4965245	3
51.6	0.2241	0.2183	50.9668193	3
52.5	0.2269	0.2208	51.7620754	3
52.6	0.2276	0.2217	51.9335725	3
53.2	0.2297	0.2241	52.6397492	3
53.6	0.2296	0.2235	52.8606921	3
53.9	0.2306	0.2253	53.4426266	3
54.2	0.2309	0.2261	53.9178657	3
54.5	0.2317	0.2268	54.1825296	3

55.1	0.2346	0.2291	54.573587	3
55.6	0.2338	0.2285	55.1394341	3
55.9	0.2354	0.2292	55.1230748	3
56.5	0.2347	0.2291	55.9291879	3
56.8	0.2357	0.2294	55.9800115	3
49.3	0.2168	0.2102	48.3821928	4
52.2	0.2268	0.2214	51.7096852	4
53.7	0.2295	0.2243	53.2768314	4
58.2	0.2358	0.2298	57.4753944	4
58.8	0.2097	0.2042	58.1846137	4
61.1	0.1991	0.1936	60.4345229	4
61.3	0.1997	0.1933	60.236032	4
61.7	0.2028	0.1978	61.2614842	4
61.8	0.2025	0.1974	61.3163748	4
62.7	0.2039	0.1981	61.906102	4
62.6	0.2106	0.2055	62.1307972	4
62.8	0.2038	0.1975	61.7839485	4
63.5	0.2063	0.2002	62.5764174	4
63.7	0.2059	0.1994	62.5959325	4
64.9	0.2091	0.2028	63.8866031	4
64.9	0.2098	0.2034	63.8460705	4
65.9	0.2117	0.2068	65.5040723	4
65.8	0.2111	0.2054	65.0508162	4
66.6	0.2145	0.2089	65.983849	4
66.6	0.2132	0.2078	65.9199459	4
66.9	0.2151	0.2095	66.1998159	4
67.6	0.2156	0.2094	66.6323367	4
67.5	0.2154	0.2086	66.3634029	4
67.6	0.2167	0.2101	66.3672851	4
67.5	0.2167	0.2106	66.5819792	4
67.9	0.2201	0.2117	65.9982444	4
68.3	0.2174	0.2111	67.2893224	4
68.3	0.2218	0.2165	67.7400798	4
68.5	0.2185	0.2122	67.4923053	4
68.5	0.2192	0.2128	67.4518504	4
68.9	0.2185	0.2122	67.8880947	4
69.0	0.2245	0.2174	67.6711978	4
69.2	0.2197	0.2133	68.146589	4
69.3	0.2298	0.2232	68.2078303	4
69.5	0.2231	0.2174	68.7629193	4
69.6	0.2309	0.2236	68.2161009	4
69.6	0.2283	0.2219	68.5820657	4
69.6	0.2236	0.2174	68.6913981	4
69.6	0.2238	0.2177	68.64728	4
66.2	0.2124	0.2071	65.628153	5

67.1	0.2149	0.2098	66.6171517	5
69.9	0.2239	0.2171	68.6853202	5
69.9	0.2308	0.2247	69.0162257	5
70.4	0.2314	0.2262	69.8937027	5
70.4	0.2287	0.2221	69.6024983	5
70.5	0.2326	0.2267	69.3889348	5
70.6	0.2286	0.2223	69.6156986	5
70.8	0.2326	0.2267	69.9992309	5
71.2	0.2349	0.2276	69.817189	5
71.2	0.2804	0.2751	70.7436509	5
71.3	0.2356	0.2298	70.5472165	5
71.6	0.2791	0.2721	70.5376818	5
71.7	0.2341	0.2283	70.9393174	5
72.4	0.2374	0.2322	71.8963892	5
72.3	0.2389	0.2325	71.3001072	5
72.3	0.2607	0.2558	71.9563947	5
72.7	0.2408	0.2347	71.8285087	5
72.8	0.2609	0.2547	71.9565036	5
73.7	0.2663	0.2598	72.752469	5
74.3	0.2681	0.2619	73.4668474	5
74.5	0.2697	0.2627	73.3683982	5
76.5	0.2786	0.2721	75.5691762	5
76.5	0.2313	0.2261	75.9618366	5
77.1	0.2798	0.2728	75.9813688	5
77.5	0.2787	0.2722	76.56054	5
70.7	0.2311	0.2258	70.1491116	6
73.4	0.2641	0.2586	72.8284495	6
74.5	0.2284	0.2218	73.3419413	6
75.1	0.2287	0.2221	73.9366393	6
75.3	0.2296	0.2234	74.3175601	6
76.3	0.2316	0.2267	75.8976775	6
78.3	0.2806	0.2745	77.5102099	6
78.7	0.2821	0.2763	78.0240844	6
78.9	0.2854	0.2796	78.2306384	6
82.5	0.2458	0.2387	81.1160858	6
91.2	0.2965	0.2896	90.041653	6
93.3	0.3173	0.3117	92.6922168	6
96	0.3033	0.2931	93.4809357	6
83.0	0.2497	0.2434	81.9846564	7
84.4	0.2831	0.2771	83.611367	7
86.0	0.2894	0.2828	84.9827208	7
87.1	0.2905	0.2851	86.5490072	7
99.2	0.3254	0.3186	98.1120873	7
102.2	0.3285	0.3227	101.490789	7

Rn : Rayon de l'épine de nageoire à la marque de croissance n (cm),

Rt : Rayon totale de l'épine (cm).

Tableau A.III : Rendement, biomasse et biomasse féconde par recrue en fonction de F de *E. alletteratus* (sexes confondus) de la côte de Mostaganem, VIT (1,2) (Lleonart et Salat, 2000).

Facteur	Y/R	B/R	SSB	Facteur	Y/R	B/R	SSB
0	0	32319.164	29580.239	0.43	2279.854	11187.713	9219.834
0.01	156.665	31453.936	28736.676	0.44	2280.583	10943.747	8990.401
0.02	304.428	30615.37	27919.575	0.45	2280.454	10706.379	8767.433
0.03	443.736	29802.577	27128.044	0.46	2279.518	10475.41	8550.732
0.04	575.009	29014.697	26361.228	0.47	2277.823	10250.644	8340.105
0.05	698.652	28250.901	25618.3	0.48	2275.415	10031.894	8135.365
0.06	815.045	27510.388	24898.46	0.49	2272.337	9818.98	7936.332
0.07	924.554	26792.388	24200.94	0.5	2268.63	9611.724	7742.833
0.08	1027.525	26096.155	23524.996	0.51	2264.334	9409.959	7554.698
0.09	1124.287	25420.971	22869.912	0.52	2259.485	9213.518	7371.764
0.1	1215.154	24766.143	22234.998	0.53	2254.12	9022.244	7193.874
0.11	1300.423	24131.002	21619.584	0.54	2248.271	8835.982	7020.875
0.12	1380.38	23514.902	21023.028	0.55	2241.97	8654.584	6852.619
0.13	1455.293	22917.22	20444.708	0.56	2235.247	8477.905	6688.963
0.14	1525.419	22337.353	19884.025	0.57	2228.131	8305.806	6529.769
0.15	1591.002	21774.722	19340.398	0.58	2220.649	8138.152	6374.903
0.16	1652.275	21228.766	18813.27	0.59	2212.826	7974.812	6224.236
0.17	1709.459	20698.944	18302.101	0.6	2204.688	7815.66	6077.642
0.18	1762.764	20184.733	17806.371	0.61	2196.255	7660.572	5934.999
0.19	1812.389	19685.628	17325.576	0.62	2187.552	7509.432	5796.191
0.2	1858.524	19201.144	16859.23	0.63	2178.598	7362.123	5661.103
0.21	1901.352	18730.808	16406.866	0.64	2169.413	7218.534	5529.625
0.22	1941.042	18274.167	15968.031	0.65	2160.016	7078.559	5401.652
0.23	1977.759	17830.782	15542.287	0.66	2150.423	6942.092	5277.078
0.24	2011.659	17400.23	15129.213	0.67	2140.653	6809.032	5155.805
0.25	2042.889	16982.101	14728.4	0.68	2130.72	6679.282	5037.736
0.26	2071.589	16575.999	14339.455	0.69	2120.64	6552.747	4922.776
0.27	2097.894	16181.544	13961.998	0.7	2110.426	6429.336	4810.836
0.28	2121.93	15798.365	13595.661	0.71	2100.092	6308.958	4701.827
0.29	2143.818	15426.107	13240.089	0.72	2089.65	6191.528	4595.664
0.3	2163.674	15064.424	12894.94	0.73	2079.113	6076.963	4492.265
0.31	2181.606	14712.985	12559.881	0.74	2068.492	5965.181	4391.549
0.32	2197.718	14371.468	12234.594	0.75	2057.797	5856.105	4293.439
0.33	2212.109	14039.561	11918.768	0.76	2047.038	5749.658	4197.861
0.34	2224.872	13716.964	11612.104	0.77	2036.226	5645.766	4104.74
0.35	2236.097	13403.388	11314.315	0.78	2025.368	5544.359	4014.008
0.36	2245.869	13098.551	11025.119	0.79	2014.473	5445.366	3925.596
0.37	2254.268	12802.182	10744.249	0.8	2003.549	5348.722	3839.437
0.38	2261.37	12514.02	10471.443	0.81	1992.604	5254.361	3755.468
0.39	2267.248	12233.81	10206.448	0.82	1981.645	5162.219	3673.626
0.4	2271.972	11961.307	9949.022	0.83	1970.678	5072.236	3593.851
0.41	2275.606	11696.275	9698.928	0.84	1959.709	4984.353	3516.086
0.42	2278.214	11438.484	9455.939	0.85	1948.746	4898.512	3440.272

Facteur	Y/R	B/R	SSB	Facteur	Y/R	B/R	SSB
0.86	1937.791	4814.658	3366.355	1.31	1500.483	2446.296	1365.542
0.87	1926.853	4732.735	3294.283	1.32	1492.406	2414.595	1340.485
0.88	1915.934	4652.693	3224.004	1.33	1484.402	2383.49	1315.966
0.89	1905.039	4574.48	3155.467	1.34	1476.471	2352.966	1291.973
0.9	1894.174	4498.046	3088.624	1.35	1468.613	2323.011	1268.493
0.91	1883.341	4423.345	3023.428	1.36	1460.828	2293.611	1245.513
0.92	1872.545	4350.329	2959.834	1.37	1453.114	2264.754	1223.02
0.93	1861.789	4278.953	2897.797	1.38	1445.472	2236.426	1201.003
0.94	1851.076	4209.174	2837.274	1.39	1437.901	2208.616	1179.451
0.95	1840.409	4140.95	2778.224	1.4	1430.401	2181.312	1158.351
0.96	1829.792	4074.238	2720.606	1.41	1422.971	2154.503	1137.693
0.97	1819.226	4009.001	2664.382	1.42	1415.61	2128.177	1117.466
0.98	1808.714	3945.197	2609.513	1.43	1408.319	2102.323	1097.661
0.99	1798.259	3882.791	2555.962	1.44	1401.096	2076.932	1078.266
1	1787.863	3821.745	2503.694	1.45	1393.941	2051.992	1059.272
1.01	1777.527	3762.024	2452.673	1.46	1386.854	2027.494	1040.669
1.02	1767.253	3703.593	2402.867	1.47	1379.834	2003.427	1022.448
1.03	1757.043	3646.419	2354.242	1.48	1372.88	1979.783	1004.601
1.04	1746.899	3590.471	2306.768	1.49	1365.992	1956.551	987.117
1.05	1736.821	3535.715	2260.412	1.5	1359.169	1933.723	969.989
1.06	1726.811	3482.122	2215.145	1.51	1352.411	1911.291	953.208
1.07	1716.871	3429.662	2170.939	1.52	1345.717	1889.244	936.766
1.08	1707	3378.305	2127.764	1.53	1339.087	1867.576	920.655
1.09	1697.201	3328.025	2085.594	1.54	1332.52	1846.278	904.867
1.1	1687.474	3278.794	2044.402	1.55	1326.016	1825.342	889.396
1.11	1677.819	3230.584	2004.162	1.56	1319.573	1804.76	874.232
1.12	1668.238	3183.372	1964.85	1.57	1313.192	1784.524	859.371
1.13	1658.73	3137.13	1926.44	1.58	1306.872	1764.628	844.803
1.14	1649.297	3091.837	1888.91	1.59	1300.611	1745.064	830.523
1.15	1639.939	3047.467	1852.236	1.6	1294.411	1725.825	816.525
1.16	1630.655	3003.998	1816.396	1.61	1288.269	1706.904	802.801
1.17	1621.447	2961.407	1781.369	1.62	1282.186	1688.295	789.345
1.18	1612.315	2919.673	1747.133	1.63	1276.161	1669.991	776.152
1.19	1603.258	2878.776	1713.668	1.64	1270.193	1651.986	763.215
1.2	1594.278	2838.693	1680.954	1.65	1264.282	1634.273	750.528
1.21	1585.373	2799.407	1648.972	1.66	1258.427	1616.847	738.087
1.22	1576.544	2760.896	1617.704	1.67	1252.628	1599.701	725.885
1.23	1567.791	2723.143	1587.131	1.68	1246.884	1582.831	713.917
1.24	1559.114	2686.129	1557.234	1.69	1241.194	1566.229	702.178
1.25	1550.513	2649.837	1527.998	1.7	1235.558	1549.892	690.663
1.26	1541.987	2614.249	1499.406	1.71	1229.976	1533.813	679.366
1.27	1533.536	2579.347	1471.44	1.72	1224.447	1517.988	668.284
1.28	1525.161	2545.117	1444.087	1.73	1218.969	1502.411	657.411
1.29	1516.861	2511.542	1417.329	1.74	1213.544	1487.077	646.743
1.3	1508.635	2478.607	1391.152	1.75	1208.17	1471.981	636.275

Facteur	Y/R	B/R	SSB	Facteur	Y/R	B/R	SSB
1.76	1202.847	1457.12	626.002	1.89	1138.021	1283.232	508.483
1.77	1197.573	1442.487	615.922	1.9	1133.353	1271.204	500.55
1.78	1192.35	1428.079	606.028	1.91	1128.729	1259.351	492.758
1.79	1187.176	1413.891	596.319	1.92	1124.147	1247.67	485.106
1.8	1182.05	1399.92	586.788	1.93	1119.608	1236.158	477.589
1.81	1176.972	1386.16	577.433	1.94	1115.11	1224.81	470.206
1.82	1171.942	1372.607	568.25	1.95	1110.654	1213.625	462.953
1.83	1166.959	1359.259	559.235	1.96	1106.239	1202.599	455.828
1.84	1162.022	1346.11	550.385	1.97	1101.864	1191.73	448.828
1.85	1157.132	1333.157	541.696	1.98	1097.529	1181.014	441.951
1.86	1152.287	1320.396	533.165	1.99	1093.234	1170.449	435.194
1.87	1147.487	1307.824	524.787	2	1088.978	1160.031	428.554
1.88	1142.732	1295.437	516.561				



Accumulation of heavy metals in muscle, liver, and gonads of little tunny (*Euthynnus alletteratus*) from the western region of Algeria

Mohammed Amine Ansel¹  · Nardjess Benamar²

Received: 26 May 2018 / Accepted: 14 September 2018 / Published online: 21 September 2018
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2018

Abstract

Cadmium, lead, zinc, and copper levels were measured in muscle, liver, and gonads of little tunny (*Euthynnus alletteratus*) from the western region of Algeria. Relationships between heavy metals concentrations and age, sex, sexual maturity stages, and fish size were investigated. The highest average levels of cadmium ($0.2010 \pm 0.026 \text{ mg kg}^{-1}$), lead ($0.8069 \pm 0.09 \text{ mg kg}^{-1}$), and copper ($18.1135 \pm 1.34 \text{ mg kg}^{-1}$) were recorded in the liver, while the highest mean zinc value of $203.1454 \pm 21.48 \text{ mg kg}^{-1}$ was observed in the gonads. Significant differences ($t > 1.96$, $p < 0.05$) were found between metals levels in different tissues. The results indicated that heavy metals concentrations in muscle, liver, and gonads increase with age and fish size. However, metals analysis in gonadal tissues provides clear evidence of the transfer of heavy metals from spawners to progeny. The concentrations of Cd, Pb, Zn, and Cu measured in edible muscle flesh were lower than the maximum acceptable limit set by FAO/WHO for human consumption.

Keywords *Euthynnus alletteratus* · Heavy metals · Bioaccumulation · Western region · Algeria