



REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE  
*Union-Discipline-Travail*

Ministère de l'Enseignement supérieur  
et de la Recherche Scientifique



Laboratoire  
d'Hydrobiologie

Année Universitaire  
2012-2013

# THÈSE

Présentée pour l'obtention du Titre de Docteur de  
l'Université Félix HOUPHOUËT- BOIGNY

Spécialité : **Écologie animale**

Numéro d'ordre  
834/2013

**M. BAHOU Laurent**

**EXPLOITATION PAR LA PÊCHE ARTISANALE  
MARITIME, BIOLOGIE DE LA REPRODUCTION ET  
RÉGIME ALIMENTAIRE DE DEUX THONIDÉS  
MINEURS : *Auxis thazard* (LACEPÈDE, 1800) ET  
*Euthynnus alletteratus* (RAFINESQUE, 1810) DU  
PLATEAU CONTINENTAL IVOIRIEN**

Soutenu publiquement  
Le 07 décembre 2013

Commission du jury

M. KOUASSI K. Philippe	Professeur Titulaire	UFHB	Président
M. KONÉ Tidiani	Maître de Conférences	UFHB	Directeur
M. ATSÉ Boua Célestin	Directeur de Recherches	CRO	Co-Directeur
M. KOUAKOU Koffi	Maître de Conférences	UFHB	Rapporteur
M. DA COSTA Sebastino	Maître de Recherches	CNRA	Rapporteur
M. OUATTARA Mamadou	Maître de Conférences	UNA	Examinateur



**DÉDICACE**

*À DIEU TOUT PUISSANT,*

*À MES PARENTS,*

*À MES MAÎTRES, François-Xavier BARD ET N'GORAN YA Nestor,*

*À TOUS CEUX QUI ONT EU À POSER UN ACTE ALLANT DANS LE  
SENS DE ME PERMETTRE DE FAIRE CE QUE JE N'AURAIS PU,*

*PAR MON COURAGE ET MA VOLONTÉ*

## AVANT-PROPOS

*Cette Thèse a été réalisée au Département Ressources Aquatiques Vivantes (DRAV) du Centre de Recherches Océanologiques (CRO) d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Plusieurs personnes ont contribué à sa mise en œuvre. Aussi, voudrais-je exprimer toute ma gratitude à ces personnes pour l'aide reçue.*

*Je remercie le Professeur KOUASSI N'Guessan Joël, Professeur titulaire à l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, appelé à la retraite professionnelle depuis 2012, pour avoir accepté mon inscription en Thèse au Laboratoire d'Hydrobiologie. Qu'il soit remercié pour m'avoir permis de faire à ses côtés quelques pas dans la Recherche.*

*Que le Professeur KOUASSI Kouassi Philippe, Professeur titulaire à l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, reçoive ma reconnaissance et mes remerciements. Il a accepté de présider le Jury de soutenance en plus du soutien moral et des encouragements à persévérer dans l'effort reçus de lui tout le temps qu'a duré cette Thèse.*

*J'exprime ma reconnaissance au Professeur KONÉ Tidiani, Maître de Conférences à l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, pour avoir accepté de diriger ce travail. Cher Maître, Soyez assuré de ma reconnaissance par rapport à la promptitude avec laquelle vous avez répondu favorablement à mes sollicitations à vous adressées.*

*Que le Professeur ATSE Boua Célestin, Directeur de Recherches au CRO, trouve dans les remerciements que je lui adresse l'expression de ma profonde reconnaissance pour avoir accepté de reprendre ce travail. Cher Maître, je crois avoir été à la hauteur de vos espérances.*

*Je tiens à exprimer ma reconnaissance au Professeur KOUAKOU Koffi, Maître de Conférences à l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, pour avoir apporté des remarques et observations dans le sens de l'amélioration de ce document.*

*Je remercie le Professeur OUATTARA Mamadou, Maître de Conférences à l'Université NANGUI ABROGOUA, pour avoir accepté de siéger à ce Jury de soutenance de Thèse.*

*Je remercie également le Docteur DA COSTA Sebastino, Maître de Recherches au Centre National de Recherches Agronomiques, pour avoir lu ce document avec intérêt. Il n'a pas hésité à proposer des idées allant dans le sens de l'amélioration de celui-ci.*

*Je tiens à remercier sincèrement le Professeur d'ALMEIDA Marie-Anne, Maître de Conférences à l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, pour avoir accepté de m'initier aux techniques histologiques et de me guider dans l'interprétation des coupes histologiques*

obtenues.

*Le Professeur N'DOUBA Valentin, Professeur titulaire à l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, pourra trouver dans ces lignes toute ma gratitude et toute ma reconnaissance, lui qui a été le premier à déceler en moi une certaine aptitude à la recherche.*

*J'exprime également toute ma reconnaissance au Professeur OFFOUMOU Atté Michel, Professeur titulaire à l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, pour avoir guidé mon choix sur l'Écologie (Option animale) et pour le soutien moral reçu de lui.*

*Je tiens à remercier le Professeur KOUAMÉLAN Essétchi Paul, Professeur titulaire à l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, pour avoir corrigé ce manuscrit dans sa genèse en août 2006.*

*Que le Professeur OUATTARA Nahoua Issa, Maître de Conférences à l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, trouve ici l'expression de ma reconnaissance pour les encouragements et les suggestions reçus de lui lors de la rédaction de cette Thèse.*

*Au Docteur AMON-KOTHIAS Jean Baptiste, ex-Directeur du CRO, j'exprime ma reconnaissance, pour m'avoir accepté en 1999 au sein dudit Centre de Recherches en me mettant sous la responsabilité de mes Maîtres, Feu Docteur François-Xavier BARD et Feu Docteur N'GORAN Ya Nestor. Je lui sais gré d'avoir eu confiance en moi pour continuer l'étude des thonidés que mes Maîtres et lui avaient commencée quelques années auparavant.*

*Au Docteur BAMBA Siaka Barthélemy, Directeur du Centre de Recherches Océanologiques, je témoigne ma reconnaissance pour avoir continué de m'accepter au sein du CRO et pour s'être impliqué, bien des fois, dans les démarches visant à faire avancer ce travail.*

*Je n'oublie pas de remercier le Docteur KOUASSI Aka Marcel, Sous-directeur de la Recherche au Centre de Recherches Océanologiques d'Abidjan, pour la demande qu'il a accepté de signer à l'idée de solliciter l'implication du Professeur d'ALMEIDA Marie-Anne en vue d'améliorer ce manuscrit.*

*J'exprime également mes sincères remerciements au Docteur JOANNY Tapé Gnahoré Toussaint, chef du Département Ressources Aquatiques Vivantes au Centre de Recherches Océanologiques, pour les encouragements et le matériel de bureau que j'ai reçus de lui.*

*Mes vifs remerciements vont à la personne du Professeur GOORÉ Bi Gouli, Maître de Conférences à l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, pour le soutien moral et les conseils reçus de lui.*

*Ma gratitude va particulièrement au Docteur BERTÉ Siaka, à l'UFR Biosciences de l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, pour les encouragements reçus de lui et pour le*

*soutien moral qu'il m'a apporté pour la finalisation de ce travail.*

*J'exprime ma reconnaissance envers le Docteur KONAN Kouadio Justin, au Centre de Recherches Océanologiques, pour ses critiques pertinentes qui ont permis d'améliorer ce manuscrit.*

*J'adresse une mention spéciale au Docteur SYLLA Soumaïla, au Centre de Recherches Océanologiques, pour les conseils reçus de lui, pour les suggestions qu'il a faites et pour les sollicitations face auxquelles il a positivement réagi pendant ce travail.*

*Colonel DADI Séripka Guillaume, soyez assuré de mon infinie reconnaissance pour le soutien moral et les encouragements reçus de vous.*

*Ce travail a pu être mené à son terme parce qu'il a reçu l'appui matériel et/ou financier de certaines structures et l'implication de personnes physiques qui voudront bien trouver dans ces mots toute ma reconnaissance, par rapport aux actes qu'elles ont posés. Il s'agit, notamment, de l'Union Européenne (UE), pour son soutien financier via le CRO, et de l'Institut de Recherches pour le Développement (IRD), pour le matériel de bureau.*

*Je remercie tous les étudiants du CRO et du Laboratoire d'Hydrobiologie de l'Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, particulièrement Monsieur COULIBALLY Aboulaye, que j'ai sollicité pour la confection de la carte indiquant la localisation de la zone de pêche.*

*Je n'oublie pas de remercier tout le Personnel du Centre de Recherches Océanologiques, particulièrement Monsieur BARRIGAH Bénissan Siméon, qui m'a initié à la reconnaissance des thonidés dès mon stage pratique de DEA en 1999-2000.*

*J'exprime aussi ma gratitude à tous les pêcheurs artisans pour leur courage, leur assiduité à la pêche, et leur grande expérience du métier de la pêche. Toutes ces qualités ont fini par faire d'eux des acteurs ayant pris part à cette étude.*

*Je remercie tous les mareyeurs et toutes les mareyeuses, au Port de Pêche d'Abidjan, qui ont accepté de me vendre les thonidés pour la réalisation de ce travail.*

*Je remercie sincèrement Messieurs ASSI Lattoh Richard et AKAFFOU Théophile, pour avoir su préserver et privilégier la cohésion familiale, à l'épreuve des conditions particulièrement difficiles auxquelles eux et moi avons dû faire face ces années durant.*

*Dans l'éventualité où mes seuls mots ne suffiraient pas à convaincre de la sincérité de mes propos envers ceux que j'ai cités nommément et ceux qui auraient cru avoir été oubliés, j'aimerais que DIEU TOUT PUISSANT les y aide à l'effet de me faire pardonner de tous.*

---

**TABLE DES MATIÈRES**

<b>DÉDICACE</b> .....	i
<b>AVANT-PROPOS</b> .....	ii
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS</b> .....	x
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	xi
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	xv
<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS</b> .....	7
<b>1- MILIEU D'ÉTUDE</b> .....	8
1.1- Océan Atlantique Tropical Est.....	8
1.2- Plateau continental ivoirien.....	9
1.2.1– Présentation .....	9
1.2.2– Hydrologie.....	9
1.2.3– Hydroclimat.....	11
1.2.4- Paramètres physico-chimiques.....	11
1.2.4.1- Température de surface.....	11
1.2.4.2- Salinité .....	12
1.2.4.3- Oxygène dissous .....	12
<b>2- GÉNÉRALITES SUR LES THONIDÉS</b> .....	13
2.1- Systématique .....	13
2.2- Reproduction des thonidés .....	15
2.3- Nutrition des thonidés .....	16
2.4- Aire de distribution .....	17
2.5- Migrations et autres mouvements des thonidés .....	18
2.6- Habitats préférentiels .....	19
2.7- Thermorégulation.....	19
<b>3- PRÉSENTATION DES ESPÈCES ÉTUDIÉES</b> .....	21
3.1- Position systématique.....	21
3.2- Morphologie et caractéristiques spécifiques de <i>Auxis thazard</i> .....	22

---

3.3- Morphologie et caractéristiques spécifiques de <i>Euthynnus alletteratus</i> .....	23
3.4- Répartition géographique des espèces .....	25
3.5- Habitats préférentiels .....	27
3.6- Reproduction.....	27
3.7- Écologie alimentaire des espèces étudiées.....	28
<b>4- IMPORTANCE HALIEUTIQUE DES ESPÈCES ET ÉTAT DES CAPTURES.....</b>	<b>29</b>
4.1- Types de pêcheries .....	29
4.2- Importance des espèces pour les pêcheries .....	29
<b>CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES .....</b>	<b>31</b>
<b>1- MATÉRIEL .....</b>	<b>32</b>
1.1- Matériel biologique.....	32
1.2- Matériel technique .....	32
1.2.1- Pirogues.....	32
1.2.2- Filet maillant dérivant .....	32
1.2.3- Matériel de pesée et de mesure des poissons .....	32
1.2.4- Matériel d'étude de la reproduction .....	34
1.2.5- Matériel d'étude des contenus stomacaux .....	34
1.2.6- Fiches d'enquête de pirogues.....	34
<b>2- MÉTHODES .....</b>	<b>37</b>
2.1- Mesure de la température de surface de la mer.....	37
2.2- Pêche aux thonidés mineurs.....	37
2.3- Étude de la pêche .....	38
2.3.1- Enquête des débarquements .....	38
2.3.2- Moyenne mensuelle des prises pour une seule espèce.....	39
2.3.3 - Capture nominale mensuelle ( $C_n$ ) .....	40
2.3.4 - Capture pondérale mensuelle ( $C_p$ ) .....	40
2.3.5 - Effort de pêche mensuel ( $E_p$ ) et prise par unité d'effort (PUE).....	41
2.4- Étude de la reproduction des thonidés mineurs .....	42
2.4.1- Observation macroscopique des gonades et stades de maturité sexuelle.....	42
2.4.2- Dénombrement des ovocytes et mesure du diamètre ovocytaire.....	42
2.4.3- Étude histologique des gonades .....	44

---

2.4.3.1- Fixation et déshydratation des échantillons .....	44
2.4.3.2-Inclusion et coupe .....	44
2.4.3.3- Coloration et observation .....	45
2.4.4- Expression des paramètres de reproduction.....	45
2.4.4.1- Sex-ratio .....	45
2.4.4.2- Relation entre la longueur et le poids .....	46
2.4.4.3- Taille de première maturité sexuelle.....	46
2.4.4.4- Rapport gonado-somatique (RGS).....	47
2.4.4.5- Rapport hépato-somatique (RHS).....	48
2.4.4.6-Facteur de condition ( $K_C$ ) .....	48
2.4.4.7- Fécondités relative et absolue .....	49
2.4.4.8- Évaluation du rapport nucléoplasmique.....	50
2.5- Étude du régime alimentaire .....	50
2.5.1- Analyse des contenus stomacaux .....	50
2.5.2- Identification des proies .....	51
2.5.3- Évaluation des classes de tailles des espèces étudiées.....	51
2.5.4- Expression des résultats de l'étude du régime alimentaire .....	52
2.5.4.1- Détermination du taux de vacuité .....	52
2.5.4.2- Méthode d'occurrence .....	52
2.5.4.3- Méthode pondérale.....	52
2.5.4.4 - Méthode numérique .....	53
2.5.4.5- Évaluation de l'Indice d'importance relative.....	53
2.5.4.6- Indice de chevauchement alimentaire .....	54
2.5.4.7- Relation prédateur – proies .....	54
2.5.4.8-Indice de Shannon-Wiener.....	55
2.5.4.9- Indice de Gladfelter-Johnson .....	56
2.6- Analyses statistiques .....	56
2.6.1- Utilisation de logiciels .....	56
2.6.2-Test de Student.....	56
2.6.3-Corrélations et régressions linéaires .....	57
2.6.4-Analyse de variance (ANOVA) .....	57
2.6.5-Test de Khi-deux ( $\chi^2$ ) .....	58
2.6.6-Coefficient de corrélation de rang de Spearman ( $R_s$ ) .....	58
2.6.7-Test de corrélation de Pearson .....	59

<b>CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>60</b>
<b>1- EXPLOITATION PAR LA PÊCHE ARTISANALE DES ESPÈCES ÉTUDIÉES .....</b>	<b>61</b>
<b>1.1- Résultats .....</b>	<b>61</b>
1.1.1- Fréquence de taille des spécimens capturés .....	61
1.1.2- Relation poids - longueur des auxides et thonines .....	61
1.1.3.- Capture nominale .....	66
1.1.4- Capture pondérale .....	66
1.1.5- Effort de pêche .....	68
1.1.6- Prise par unité d'effort .....	68
<b>1.2- Discussion.....</b>	<b>72</b>
<b>2- BIOLOGIE DE LA REPRODUCTION DE <i>AUXIS THAZARD</i> ET DE <i>EUTHYNNUS</i></b>	
<b><i>ALLETTERATUS</i>.....</b>	<b>76</b>
<b>2.1- Résultats .....</b>	<b>76</b>
2.1.1- Sex-ratio .....	76
2.1.2- Taille de première maturité sexuelle.....	76
2.1.3- Variation mensuelle du pourcentage des stades de maturation sexuelle chez <i>Auxis thazard</i> .....	76
2.1.4- Variation mensuelle du pourcentage des stades de maturation sexuelle chez <i>Euthynnus alletteratus</i> .....	80
2.1.5- Indices de maturité sexuelle chez <i>Ausis thazard</i> .....	83
2.1.5.1- Rapport gonado-somatique (RGS).....	83
2.1.5.2- Rapport hépato-somatique (RHS).....	83
2.1.5.3- Facteur de condition ( $K_C$ ) .....	83
2.1.6- Indices de maturité sexuelle chez <i>Euthynnus alletteratus</i> .....	85
2.1.6.1- Rapport gonado-somatique (RGS).....	85
2.1. 6.2- Rapport hépato-somatique (RHS).....	85
2.1.6.3- Facteur de condition ( $K_C$ ) .....	85
2.1.7- Stades macroscopique et microscopique des ovaires chez <i>Ausis thazard</i> .....	87
2.1.8- Stades macroscopique et microscopique des ovaires chez <i>Euthynnus alletteratus</i> .....	96
2.1.9- Stades macroscopique et microscopique des testicules chez <i>Ausis thazard</i> .....	106
2.1.10- Stades macroscopique et microscopique des testicules chez <i>Euthynnus alletteratus</i> .....	117
2.1.11- Fréquences de taille des ovocytes chez <i>Ausis thazard</i> .....	125

---

2.1.12- Fréquences de taille des ovocytes chez <i>Euthynnus alletteratus</i> .....	125
2.1.13- Fécondité chez <i>Auxis thazard</i> .....	127
2.1.14- Fécondité chez <i>Euthynnus alletteratus</i> .....	127
<b>3.2- Discussion</b> .....	130
<b>3- RÉGIME ALIMENTAIRE DES ESPÈCES DE THONIDÉS MINEURS ÉTUDIÉES .</b>	<b>139</b>
<b>3.1- Résultats</b> .....	<b>139</b>
3.1.1- Profil général alimentaire chez <i>Auxis thazard</i> .....	139
3.1.2- Profil général alimentaire chez <i>Euthynnus alletteratus</i> .....	139
3.1.3- Variation du régime alimentaire en fonction de la taille chez <i>Auxis thazard</i> .....	144
3.1.4- Variation du régime alimentaire en fonction de la taille chez <i>Euthynnus alletteratus</i>	144
3.1.5- Variation du régime alimentaire en fonction de la saison chez <i>Auxis thazard</i> .....	147
3.1.6- Variation du régime alimentaire en fonction de la saison chez <i>Euthynnus alletteratus</i> .....	151
3.1.7- Comparaison des régimes alimentaires entre les auxides et les thonines .....	151
3.1.7.1- Relations trophiques entre les espèces .....	151
3.1.7.2- Relations trophiques entre les thonines.....	155
3.1.7.3- Relation prédateur – proies chez <i>Euthynnus alletteratus</i> .....	155
3.1.7.4- Tailles des auxides juvéniles et des « crevettes roses » consommées .....	155
<b>4.2- Discussion</b> .....	<b>160</b>
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> .....	<b>166</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>171</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>201</b>

**LISTE DES ABREVIATIONS**

A C P	: Afrique – Caraïbe - Pacifique
ANOVA	: Analysis of Variance
CRO	: Centre de Recherches Océanologiques
ICCAT	: Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique
IRI	: Indice d'importance relative
LF	: Longueur à la fourche caudale
RGS	: Rapport gonado-somatique
RHS	: Rapport hépato-somatique
SCRS	: Comité permanent pour la Recherche et les Statistiques
UE	: Union Européenne
ZEE	: Zone Économique Exclusive

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Localisation du milieu d'étude sur le plateau continental de Côte d'Ivoire.....	10
<b>Figure 2 :</b> Morphologie de <i>Auxis thazard</i> (Lacepède, 800).....	24
<b>Figure 3 :</b> Morphologie de <i>Euthynnus alletteratus</i> (Rafinesque, 1810).....	26
<b>Figure 4.</b> Matériel de pêche : pirogue et filet maillant dérivant.....	33
<b>Figure 5 :</b> Balances (A, SARTORIUS et B, Mettler PE), peson (C), grand pied à coulisse (D) et microtome Leitz- Wetzlar (E) .....	35
<b>Figure 6 :</b> Appareils d'observation des coupes histologiques (A) et loupe binoculaire (B)....	36
<b>Figure 7 :</b> Fréquences de taille des auxides débarquées au Port de pêche d'Abidjan de janvier 2002 à décembre 2004.....	62
<b>Figure 8 :</b> Fréquences de taille des thonines débarquées au Port de Pêche d'Abidjan de janvier 2002 à décembre 2004.....	63
<b>Figure 9 :</b> Relation poids - longueur des auxides femelles, mâles et de sexes regroupés, débarquées au Port de Pêche d'Abidjan de janvier 2002 à décembre 2004.....	64
<b>Figure 10 :</b> Relation poids - longueur des thonines femelles, mâles et de sexes regroupés, débarquées au Port de Pêche d'Abidjan de janvier 2002 à décembre 2004.....	65
<b>Figure 11 :</b> Variations mensuelles de la capture nominale des thonidés mineurs par saison marine en 2002 (A), 2003 (B) et 2004 (C).....	67
<b>Figure 12 :</b> Variations mensuelles de la capture pondérale des thonidés mineurs par saison marine en 2002 (A), 2003 (B) et 2004 (C).....	69
<b>Figure 13 :</b> Efforts de pêches nominaux des pêcheurs artisans qui ont débarqué leurs prises, de 2002 à 2004, au Port de Pêche d'Abidjan.....	70
<b>Figure 14 :</b> Variations mensuelles des prises par unité d'effort des pêcheurs artisans par saison marine en 2002 (A), 2003 (B) et 2004 (C).....	71
<b>Figure 15 :</b> Taille de première maturité sexuelle (LF <sub>50</sub> ) en fonction du pourcentage des mâles et des femelles des thonidés mineurs étudiés.....	79

<b>Figure 16</b> : Pourcentage des stades macroscopiques de maturation des mâles et des femelles <i>Auxis thazard</i> en 2004 .....	81
<b>Figure 17</b> : Pourcentage des stades macroscopiques de maturation des mâles et des femelles <i>Euthynnus alletteratus</i> en 2004 .....	82
<b>Figure 18</b> : Variations mensuelles du rapport gonado-somatique moyen (A), du rapport hépato-somatique (B) et du facteur de condition (C) chez <i>Auxis thazard</i> débarquée au Port de Pêche d'Abidjan par les pêcheurs artisans.....	84
<b>Figure 19</b> : Variations mensuelles du rapport gonado-somatique moyen (A), du rapport hépato- somatique (B) et du facteur de condition (C) chez <i>Euthynnus alletterztus</i> débarquée au Port de Pêche d'Abidjan par les pêcheurs artisans.....	86
<b>Figure 20</b> : Ovaires d'une femelle immature (stade I) de <i>Auxis thazard</i> .....	90
<b>Figure 21</b> : Ovaires d'une femelle <i>Auxis thazard</i> de stade II (début de maturation).....	91
<b>Figure 22</b> : Ovaires d'un spécimen de <i>Auxis thazard</i> de stade III (maturation).....	92
<b>Figure 23</b> : Ovaires d'un spécimen de <i>Auxis thazard</i> de stade IV (ponte, femelle pleine) .....	93
<b>Figure 24</b> : Ovaires post ponte d'un spécimen de <i>Auxis thazard</i> de stade V (post-ponte).....	94
<b>Figure 25</b> : Ovaires d'un spécimen de <i>Auxis thazard</i> de stade VI (repos sexuel).....	95
<b>Figure 26</b> : Ovaires filiformes d'une femelle immature (stade I) de <i>Euthynnus alletteratus</i> .....	99
<b>Figure 27</b> : Ovaires d'une femelle <i>Euthynnus alletteratus</i> de stade II (début de maturation)....	100
<b>Figure 28</b> : Ovaires d'un spécimen de <i>Euthynnus alletteratus</i> de stade III (maturation).....	101
<b>Figure 29</b> : Ovaires mûrs chez un spécimen de <i>Euthynnus alletteratus</i> de stade IV (ponte, femelle pleine).....	102
<b>Figure 30</b> : Follicule mûr, en fin de vitellogenèse de type II, d'un ovaire de <i>Euthynnus alletteratus</i> .....	103
<b>Figure 31</b> : Ovaires d'une femelle de <i>Euthynnus alletteratus</i> de stade V (post ponte).....	104
<b>Figure 32</b> : Ovaires d'un spécimen de <i>Euthynnus alletteratus</i> de stade VI (repos sexuel).....	105
<b>Figure 33</b> : Testicules d'un mâle immature (stade I) de <i>Auxis thazard</i> .....	109

<b>Figure 34</b> : Testicules d'un spécimen de <i>Auxis thazard</i> de stade II (début de maturation).....	110
<b>Figure 35</b> : Testicules d'un spécimen de <i>Auxis thazard</i> de stade III (maturation).....	111
<b>Figure 36</b> : Vue partielle d'un tubule testiculaire chez un spécimen de <i>Auxis thazard</i> de stade III (maturation).....	112
<b>Figure 37</b> : Testicules d'un spécimen de <i>Auxis thazard</i> de stade IV (mâle spermiant, poisson plein).....	113
<b>Figure 38</b> : Vue d'une portion de testicule chez un spécimen de <i>Auxis thazard</i> de stade IV.....	114
<b>Figure 39</b> : Testicules d'un spécimen de <i>Auxis thazard</i> de stade V (post- spermiation) .....	115
<b>Figure 40</b> : Testicules d'un spécimen de <i>Auxis thazard</i> de stade VI (repos sexuel) .....	116
<b>Figure 41</b> : Testicules d'un mâle immature (stade I) de <i>Euthynnus alletteratus</i> .....	119
<b>Figure 42</b> : Testicules d'un spécimen de <i>Euthynnus alletteratus</i> de stade II (début de maturation) .....	120
<b>Figure 43</b> : Gonades mâles d'un spécimen de <i>Euthynnus alletteratus</i> de stade III (maturation) .....	121
<b>Figure 44</b> : Testicules d'un spécimen de <i>Euthynnus alletteratus</i> de stade IV (mâle spermiant, poisson plein) .....	122
<b>Figure 45</b> : Testicules d'un spécimen de <i>Euthynnus alletteratus</i> de stade V (post spermiation) .....	123
<b>Figure 46</b> : Gonades mâles d'un spécimen de <i>Euthynnus. alletteratus</i> de stade VI (repos sexuel).....	124
<b>Figure 47</b> : Distribution des fréquences de taille des ovocytes chez les femelles <i>Auxis thazard</i> (A, B et C) et <i>Euthynnus alletteratus</i> (D, E et F) à différents stades de maturité sexuelle.....	126
<b>Figure 48</b> : Relations fécondité absolue – longueur à la fourche (A), fécondité absolue – poids corporel (B) et fécondité absolue - poids des ovaires (C) des femelles <i>Auxis thazard</i> débarquées en 2004 par les pêcheurs artisans.....	128
<b>Figure 49</b> : Relations fécondité absolue – longueur à la fourche (A), fécondité absolue – poids corporel (B) et fécondité absolue - poids des ovaires (C) des femelles <i>Euthynnus alletteratus</i> débarquées en 2004 par les pêcheurs artisans.....	129

**Figure 50 :** Composition du régime alimentaire des trois groupes de classes de tailles des spécimens de *Auxis thazard* pendant les saisons froides (A = GSF + PSF) et pendant les saisons chaudes (B = GSC + PSC) ..... 145

**Figure 51 :** Composition du régime alimentaire des trois groupes de classes de tailles des spécimens de *Euthynnus alletteratus* pendant les saisons froides (A = GSF + PSF) et pendant les saisons chaudes (B = GSC + PSC)..... 146

**Figure 52 :** Nuage de points montrant la relation entre la taille de la thonine et la taille de ses proies ..... 157

**Figure 53 :** Fréquences de taille des proies *Auxis* sp. observées dans les contenus stomacaux des thonidés mineurs capturés par les pêcheurs artisans..... 158

**Figure 54 :** Taille moyenne (cm) des proies *Penaeus notialis*. observées dans les contenus stomacaux des thonidés mineurs capturés par les pêcheurs artisans..... 159

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I.</b> Classification de la famille des Scombridae d'après Collette et Nauen (1983).....	14
<b>Tableau II :</b> Echelle de maturité sexuelle, d'après Chur (1972) et Diouf (1980), modifiée en tenant compte des observations sur terrain .....	43
<b>Tableau III :</b> Test de comparaison (ANOVA) entre l'Effort de pêche (Ep), la capture nominale, la capture pondérale et la Prise par unité d'effort (PUE) pour chaque espèce débarquée en 2002. ....	206
<b>Tableau IV :</b> Test de comparaison (ANOVA) entre l'Effort de pêche (Ep), la capture nominale, la capture pondérale et la Prise par unité d'effort (PUE) pour chaque espèce débarquée en 2003 .....	206
<b>Tableau V :</b> Test de comparaison (ANOVA) entre l'Effort de pêche (Ep), la capture nominale, la capture pondérale et la Prise par unité d'effort (PUE) pour chaque espèce débarquée en 2004 .....	206
<b>Tableau VIA :</b> Longueur à la fourche (cm), nombre de mâles et de femelles et sex-ratios de <i>Auxis thazard</i> dans les prises de 2004 des pêcheurs artisans. ....	77
<b>Tableau VIB :</b> Longueur à la fourche (cm), nombre de mâles et de femelles et sex-ratios de <i>Euthynnus alletteratus</i> dans les prises de 2004 des pêcheurs artisans. ....	77
<b>Tableau VIIA :</b> Variations du sex-ratio de <i>Auxis thazard</i> en fonction des saisons marines de 2004.....	78
<b>Tableau VIIB :</b> Variations du sex-ratio de <i>Euthynnus alletteratus</i> en fonction des saisons marines de 2004 .....	78
<b>Tableau VIII :</b> Aperçu général du régime alimentaire de <i>Auxis thazard</i> débarquée de janvier à décembre 2004 au Port de Pêche d'Abidjan par les pêcheurs artisans (n = 765 spécimens).....	140
<b>Tableau IX :</b> Aperçu général du régime alimentaire de <i>Euthynnus alletteratus</i> débarquée de janvier à décembre 2004 au Port de Pêche d'Abidjan par les pêcheurs artisans (n = 801 spécimens).....	142

<b>Tableau X</b> : Résultats de l'analyse du coefficient de corrélation des rangs de Spearman pour comparer les compositions trophiques des trois groupes de classes de tailles de <i>Euthynnus alletteratus</i> , pendant les saisons froides .....	148
<b>Tableau XI</b> : Résultats de l'analyse du coefficient de corrélation des rangs de Spearman pour comparer les compositions trophiques des trois groupes de classes de tailles de <i>Euthynnus alletteratus</i> , pendant les saisons chaudes .....	148
<b>Tableau XII</b> : Régime alimentaire de <i>Auxis thazard</i> au cours des saisons froides (GSF + PSF) (n = 331 spécimens) .....	149
<b>Tableau XIII</b> : Régime alimentaire de <i>Auxis thazard</i> au cours des saisons chaudes (GSC + PSC) (n = 434 spécimens).....	150
<b>Tableau XIV</b> : Régime alimentaire de <i>Euthynnus alletteratus</i> au cours des saisons froides (GSF + PSF) (n = 336 spécimens) .....	152
<b>Tableau XV</b> : Régime alimentaire de <i>Euthynnus alletteratus</i> au cours des saisons chaudes (GSC + PSC) (n = 465 spécimens) .....	153
<b>Tableau XVI</b> : Chevauchement alimentaire entre les auxides adultes (LF > 29) et les trois groupes de classes de tailles de la thonine pendant les saisons froides (GSF + PSF) et les saisons chaudes (GSC + PSC) .....	154
<b>Tableau XVII</b> : Résultats de l'analyse du coefficient de corrélation des rangs de Spearman pour comparer les compositions trophiques des auxides adultes (LF > 29) et des trois groupes de classes de tailles de <i>Euthynnus alletteratus</i> pendant les saisons froides ....	154
<b>Tableau XVIII</b> : Résultats de l'analyse du coefficient de corrélation des rangs de Spearman pour comparer les compositions trophiques des auxides adultes (LF > 29) et des trois groupes de classes de tailles de <i>Euthynnus alletteratus</i> pendant les saisons chaudes...	154
<b>Tableau XIX</b> : Chevauchement alimentaire entre les trois groupes de classes de tailles de la thonine pendant les saisons froides (GSF + PSF) et les saisons chaudes (GSC + PSC) .....	156

# INTRODUCTION

Le poisson et les produits de la pêche sont des sources de protéines et d'oligoéléments essentiels pour l'équilibre nutritionnel et la santé (FAO, 2012a). D'après FAO (2012a), la consommation mondiale de poisson a progressé de manière spectaculaire depuis 50 ans, avec un taux moyen de croissance de 3,2 % par an sur la période 1961-2009, soit à un rythme supérieur à la croissance démographique mondiale annuelle qui est de 1,7 %. Cette situation a entraîné un rythme d'exploitation élevé des stocks. D'après Anonyme (2008), si le rythme d'exploitation ne diminue pas, les eaux du globe pourraient se retrouver avec peu de poisson, d'ici un demi-siècle. Des écosystèmes marins sont exploités au-delà de leur capacité de renouvellement et des espèces comme le thon rouge sont déjà au bord de l'extinction. Près de 400 millions de personnes vivent de la pêche (aquaculture comprise), directement ou indirectement (capture, transformation, conditionnement, commercialisation). Les pays en développement accueillent 97 % des pêcheurs en provenance des pays développés. La diminution des ressources halieutiques, dans un secteur ou pour une espèce, augmente la pression sur d'autres. Après l'adoption des mesures restrictives dans les eaux de l'UE, la flotte européenne est allée chercher plus loin, en Afrique de l'Ouest, notamment, où les chalutiers achètent des licences de pêche (Anonyme, 2008). Fort heureusement, *Auxis thazard* et *Euthynnus alletteratus* ne sont pas des espèces surpêchées ou menacées d'extinction. Le niveau d'exploitation des stocks de ces thonidés mineurs dans le monde est stable (Anonyme, 2013a). Cependant, le risque zéro d'exploitation ou de menace des stocks n'existe pas. Il faut exploiter la ressource de telle sorte que les mécanismes naturels qui contribuent à son renouvellement ne soient pas endommagés.

En Afrique, où la consommation de poisson est jugée faible (9,1 kg/habitant en 2009 (FAO, 2012a)), la contribution du secteur pêche dans l'économie varie selon les pays. En Mauritanie, sa part représentait 10 % du PIB (Produit Intérieur Brut), plus de 50 % des recettes en devises, 22 à 29 % des recettes budgétaires et plus de 30000 emplois. Au Sénégal, avec un chiffre d'affaire global d'environ 278 milliards de Francs CFA (soit 2,3 % du PIB), la pêche est le premier secteur d'exportation. Elle a fourni près de 100000 emplois directs (dont plus de 90 % dans la pêche artisanale) et environ 600000 emplois indirects (Anonyme, 2002b). En Côte d'Ivoire, la contribution de la filière pêche au PIB a été relativement constante sur la période 2003-2006, passant successivement de 0,15 % (en 2003 et 2004) à 0,13 % (en 2005 et 2006) (Coulibaly, 2010). L'activité des thoniers européens est régie par les accords de pêche UE - Côte d'Ivoire, dont celui de la période 2000-2003 prévoyait près de 1 million d'Euros par an de contrepartie financière, pour une base annuelle de 8500 tonnes de thons capturés dans les eaux ivoiriennes (Hervé, 2001).

La pêche ivoirienne comprend les trois composantes classiques, à savoir la pêche industrielle, la pêche artisanale et l'aquaculture (FAO, 2008). La pêche artisanale aux thonidés en Côte d'Ivoire est une source de revenus pour les pêcheurs. Elle constitue aussi un enjeu important, compte tenu des nombreux emplois qu'elle génère, des protéines animales qu'elle procure aux consommateurs et du fait qu'elle est une source de recettes non négligeable pour l'État. Cependant, la régularité avec laquelle la ressource thonière est exploitée chaque année suscite des inquiétudes quant à une possible réduction du stock, ce qui peut mettre en péril la viabilité de cette pêche. C'est l'une des raisons pour lesquelles les activités de la pêcherie artisanale maritime intéressent le Centre de Recherches Océanologiques (CRO). Depuis 1984, la ressource thonière est exploitée au niveau artisanale par des pêcheurs ghanéens, très expérimentés et efficaces (Hervé *et al.*, 1996 ; Bard *et al.*, 2002). L'augmentation de la production est en adéquation avec l'augmentation croissante des besoins de la population nationale en protéines animales d'origine halieutique. Cependant, la contribution réelle de cette pêcherie traditionnelle dans la production du thon au plan national est moins bien connue aux côtés de la très florissante pêche industrielle thonière. La pêche industrielle thonière génère des revenus importants (Anonyme, 2002a), car le thon qu'elle produit a une forte valeur ajoutée. La commercialisation du thon sous forme de conserves par les trois conserveries (Pêche et Froid, Castelli et Scodi) constitue un maillon essentiel de l'économie ivoirienne.

Malgré les performances des pêcheries thonières artisanale et industrielle, l'État de Côte d'Ivoire importe chaque année d'importantes quantités de poissons pour satisfaire la demande nationale, sans cesse croissante. Les produits halieutiques, importés en 2002, sont de 248209 t, dont 99,1 % de poissons, pour une valeur de 119,9 milliards de Francs CFA (Anonyme, 2002a). On pense qu'en 2005, par exemple, la consommation moyenne de 13,9 kg de poissons/habitant/an a été couverte à près de 91 % par les importations (Coulibaly, 2010). Or, en raison de son prix relativement bas, par rapport au prix du kilogramme de viande de bœuf ou de mouton ou encore à certains autres poissons, le thon produit par la pêche artisanale est accessible à toutes les bourses. Compte tenu de l'importance des quantités annuelles débarquées, et vu la consommation nationale de poisson estimée varier de 240000 à 260000 t/an (Coulibaly, 2010), la pêche artisanale thonière aurait pu être d'une aide précieuse pour augmenter la production nationale de poisson. Mais, elle ne peut pas jouer entièrement ce rôle, parce qu'elle n'est pas bien structurée et bien organisée par l'État, de manière à convaincre les pêcheurs à l'idée d'exercer leurs activités dans le respect des principes d'équilibre de l'écosystème aquatique.

Face à la pression d'exploitation exercée par la pêche artisanale, la gestion du stock de thonidés apparaît comme une réponse adaptée à la prise de conscience générale de gestion durable et rationnelle des ressources halieutiques. Cela requiert la disponibilité de données et une méthode de gestion et de suivi de la pêche artisanale, ce à quoi s'attelle en partie la présente étude au travers des enquêtes de débarquements. En effet, les quantités de thons débarquées par les pêcheurs artisans au Port de Pêche d'Abidjan sont considérables. Bahou (2001) les a estimées à 1035 tonnes pour l'ensemble des sept espèces débarquées. Ces espèces sont *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788), *Thunnus obesus* (Lowe, 1839), *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758), *Sarda sarda* (Bloch, 1793), *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810), *Auxis thazard* (Lacepède, 1800) et *Auxis rochei* (Risso, 1810). La thonine, *Euthynnus alletteratus* et les deux espèces regroupées du genre *Auxis* (l'auxude, *Auxis thazard*, et la bonitou, *Auxis rochei*) se sont avérées majoritaires. Ces prises connaissent des fluctuations. Elles sont particulièrement importantes, pendant la grande saison froide, en août et en septembre, caractérisée par l'avènement de l'upwelling majeur (Bahou, 2001).

Dans l'écosystème aquatique marin, les résurgences d'eaux froides ou upwellings se produisent en des périodes de l'année où la température de surface de l'eau de mer est basse. Roy (1991) définit l'upwelling comme étant un processus physique, qui crée, sous l'action du vent, un flux vertical ascendant à la côte. Ce flux prend naissance le long du talus continental et se dirige vers la surface, les eaux issues de la résurgence étant plus froides que les eaux de surfaces adjacentes. L'upwelling côtier est caractérisé par de fortes concentrations d'éléments minéraux nouveaux en surface. C'est cet apport d'éléments nutritifs dans la couche homogène qui va permettre le développement et le maintien de fortes productions biologiques, dans la zone côtière, pendant les saisons froides. En Atlantique intertropicale, Gouriou (1988) cite les principales zones d'upwelling. Ces upwellings sont la principale source d'enrichissement des écosystèmes côtiers ouest-africains, mise à part la zone comprise entre la Guinée et le Libéria, où les apports par les fleuves interviennent de façon significative dans le cycle saisonnier de la production (Bainbridge, 1960 ; Binet, 1983). Les écosystèmes d'upwelling fournissent plus de 40 % des captures des pêcheries mondiales, alors qu'ils représentent moins de 3 % de la surface de l'océan mondial (Fréon, 1988). En ce qui concerne la Côte d'Ivoire, Arfi *et al.* (1991) ont noté que l'hydroclimat du plateau continental ivoiro-ghanéen a d'importantes conséquences sur l'écologie du milieu (potentiel nutritif et production pélagique) et sur les fluctuations d'abondance et de disponibilité de la ressource halieutique.

Pour connaître le fonctionnement d'un écosystème donné, on peut s'intéresser à l'étude d'une ou de plusieurs espèces qui vivent dans le milieu. Ceci suppose qu'on

s'intéresse à deux composantes fondamentales qui régissent la vie de l'espèce ou des espèces en question, à savoir la biologie et l'écologie. Dans le cas du milieu aquatique, la pêche est le moyen par lequel on accède à des données exploitables en rapport avec la biologie et l'écologie. Par conséquent, évaluer les quantités de thonidés pêchées et connaître les fluctuations d'abondance, c'est mener une étude complémentaire de leur biologie et de leur écologie. Plusieurs observations ont porté sur les tailles, les gonades et l'examen des contenus stomacaux des thonidés débarqués par les pirogues et les sardiniers. Elles indiquent que l'auxide et la thonine pourraient se reproduire sur le plateau continental ivoirien et que leurs larves et juvéniles s'y développeraient. Les auxides et thonines pourraient constituer, juvéniles et adultes à la fois, un chaînon trophique entre le zooplancton, notamment les Euphausiacés, le micronecton et les « grands pélagiques » qui se concentrent à proximité des eaux de l'upwelling (Bard *et al.*, 2002). Le SCRS-ICCAT manifeste son intérêt vis-à-vis de la biologie de la reproduction et de l'écologie de ces deux thonidés mineurs parce qu'il est chargé de collecter des informations sur l'état du stock de ces espèces naguère négligées.

Dans l'Atlantique tropical oriental, la biologie des thonidés mineurs a été peu étudiée par rapport à celle des thonidés majeurs. En effet, plusieurs études ont été consacrées aux thonidés majeurs dont une compilation faite par Fonteneau et Marcille (1988). Cela tient probablement au peu d'importance économique, généralement accordée à ces espèces, mais aussi, et surtout, aux difficultés liées à l'enquête des débarquements des pêcheries artisanales, principales pêcheries à exploiter ces espèces (Cayré *et al.*, 1988). Pour la plupart des thonidés mineurs, les informations disponibles proviennent essentiellement des travaux sur la pêche et la biologie de ces thonidés au Sénégal et au Cap-Vert (Postel, 1950 ; 1955). Toutefois, on peut citer les travaux de Chur (1972) sur la biologie de la thonine dans l'Atlantique tropical oriental et ceux de Diouf (1980), au Sénégal, sur l'exploitation et la biologie de quelques petits thonidés et espèces voisines. Par ailleurs, Cayré et Diouf (1980) ont étudié la croissance de la thonine, en faisant des coupes transversales dans le premier rayon de la nageoire dorsale. Rudomiotkina (1983) a étudié la reproduction des auxides (*Auxis* spp.) dans le golfe de Guinée.

En Côte d'Ivoire, la plupart des études sur les thonidés mineurs ont porté sur l'évaluation des débarquements (Bard et Amon-Kothias, 1985 ; Diouf et Amon-Kothias, 1988 ; Amon-Kothias et Bard, 1993 ; Hervé *et al.*, 1996 ; Bahou, 2001 ; Bard *et al.*, 2002 ; N'Da *et al.*, 2007 ; Diaha *et al.*, 2009). À l'exception de Diaha (2010) qui a étudié l'écologie, la pêche aux thonidés mineurs et la biologie de *Scomberomorus tritor* (Cuvier, 1831), un thonidé mineur, dans la Zone Économique Exclusive ivoirienne. Aucune étude antérieure n'a

été simultanément consacrée aux thonidés mineurs *Auxis thazard* et *Euthynnus alletteratus* du plateau continental ivoirien. Et pourtant, ces deux espèces jouent un rôle économiquement important dans les poissons débarqués sous l'appellation « faux thons » ou « faux poissons » utilisés dans le « garba », une nourriture très appréciée.

L'objectif général de ce mémoire est d'étudier les paramètres de production liés à l'exploitation artisanale, les traits caractéristiques de la reproduction et de l'écologie alimentaire de l'auxide et de la thonine. Il s'agit, de façon spécifique, de fournir des informations sur l'exploitation du stock, par la méthode du suivi des débarquements et de la quantification de la production. Il s'agit aussi d'étudier les paramètres de reproduction, notamment les stades de maturité sexuelle, l'histologie des gonades et les indices de reproduction. Enfin, il s'agit d'étudier les relations trophiques entre l'auxide et la thonine.

L'étude s'articule autour de trois chapitres. Le premier traite des généralités sur le milieu d'étude et sur les thonidés. Le second chapitre décrit le matériel et les méthodes utilisés pour la récolte des échantillons, leur dépouillement et le traitement des données. Le troisième chapitre expose les résultats et discussions sur les prises de thonidés, la biologie de la reproduction et le régime alimentaire. Les principaux aspects à retenir de l'étude sont récapitulés dans la conclusion où sont également évoquées les études futures, complémentaires de ce travail.

# CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

## 1- MILIEU D'ÉTUDE

### 1.1- Océan Atlantique Tropical Est

Gouriou (1988) note que l'environnement océanique de l'Atlantique tropical Est est largement conditionné par les variations spatio-temporelles du climat, la circulation des masses d'eau en surface et celles de subsurface. Les mécanismes de remontées d'eaux froides, d'enrichissement des eaux, et de formation du phytoplancton, y jouent un rôle important.

Selon Sverdrup *et al.* (1942), la latitude, la longitude et les types de courants sont les trois facteurs importants qui impriment aux masses d'eau leurs caractéristiques particulières. D'après ces auteurs, la circulation des eaux profondes dans l'Atlantique s'apparente à une superposition de deux types de circulation. Il y a échange d'eaux entre l'Atlantique Nord et l'Atlantique Sud. Cet échange se fait de telle sorte que les eaux profondes de l'Atlantique Nord coulent vers le sud, en traversant l'équateur, tandis que les eaux intermédiaires et celles du fond de l'Antarctique coulent vers le nord. Le deuxième type de circulation se fait à l'intérieur de l'océan Atlantique Sud. D'importantes quantités d'eaux intermédiaires et du fond de l'Antarctique viennent se mélanger avec des eaux qui coulent vers le sud avant de retourner dans l'Antarctique.

Dans les régions tropicales de l'Atlantique, une couche d'eau superficielle chaude (de plus de 24°C), peu salée, recouvre une masse d'eau froide en provenance du centre de l'Atlantique Sud (Schneider, 1992). Ces deux masses d'eau sont séparées par une couche de transition. Comme la couche d'eau chaude est bien moins épaisse dans l'Atlantique Est (30 à 40 m) que dans l'Atlantique Ouest (jusqu'à 150 m), la thermocline du golfe de Guinée est toujours proche de la surface. Les oscillations verticales saisonnières de cette thermocline entraînent des upwellings équatoriaux et côtiers. Cela a une répercussion importante sur les pêches et influe sur la distribution et l'abondance de la ressource halieutique, dans la région.

Les plus grandes variations saisonnières des facteurs physico-chimiques ont lieu dans les couches superficielles des océans (Chidi et Abé, 2002). Dans le golfe de Guinée, les gyres subtropicales de l'Atlantique Nord et de l'Atlantique Sud et les bandes de flux zonales, principalement dans l'Atlantique équatorial, exercent une influence sur les déplacements des masses d'eau. D'après Schneider (1992), les principaux systèmes de courant de surface qui intéressent directement l'hydrographie du golfe de Guinée sont le courant de Benguela, le courant sud-équatorial et le courant de Guinée. Ce dernier coule vers l'est du Sénégal jusqu'au golfe du Biafra et est nourri par le contre-courant des Canaries. Le sous-courant équatorial se trouve sous la double influence des climats du Nord et du Sud.

## 1.2- Plateau continental ivoirien

### 1.2.1- Présentation

Le plateau continental couvre une superficie d'environ 12000 km<sup>2</sup> et est délimité par l'aire océanique s'étendant au nord, par la côte ouest africaine, au sud, par le parallèle 5° N, à l'ouest, par la longitude 7° 32 W, et à l'est, par la longitude 3° 07 W (Figure 1). C'est une partie de la marge océanique ivoirienne qui s'est créée à partir du jurassique supérieur ou du crétacé inférieur, par l'ouverture d'un rift intracratonique, probablement contemporain du rajeunissement panafricain (Blarez, 1986). Le plateau continental est essentiellement formé par une couverture de sables moyens à très fins, et plus localement, de sables grossiers (Martin, 1977).

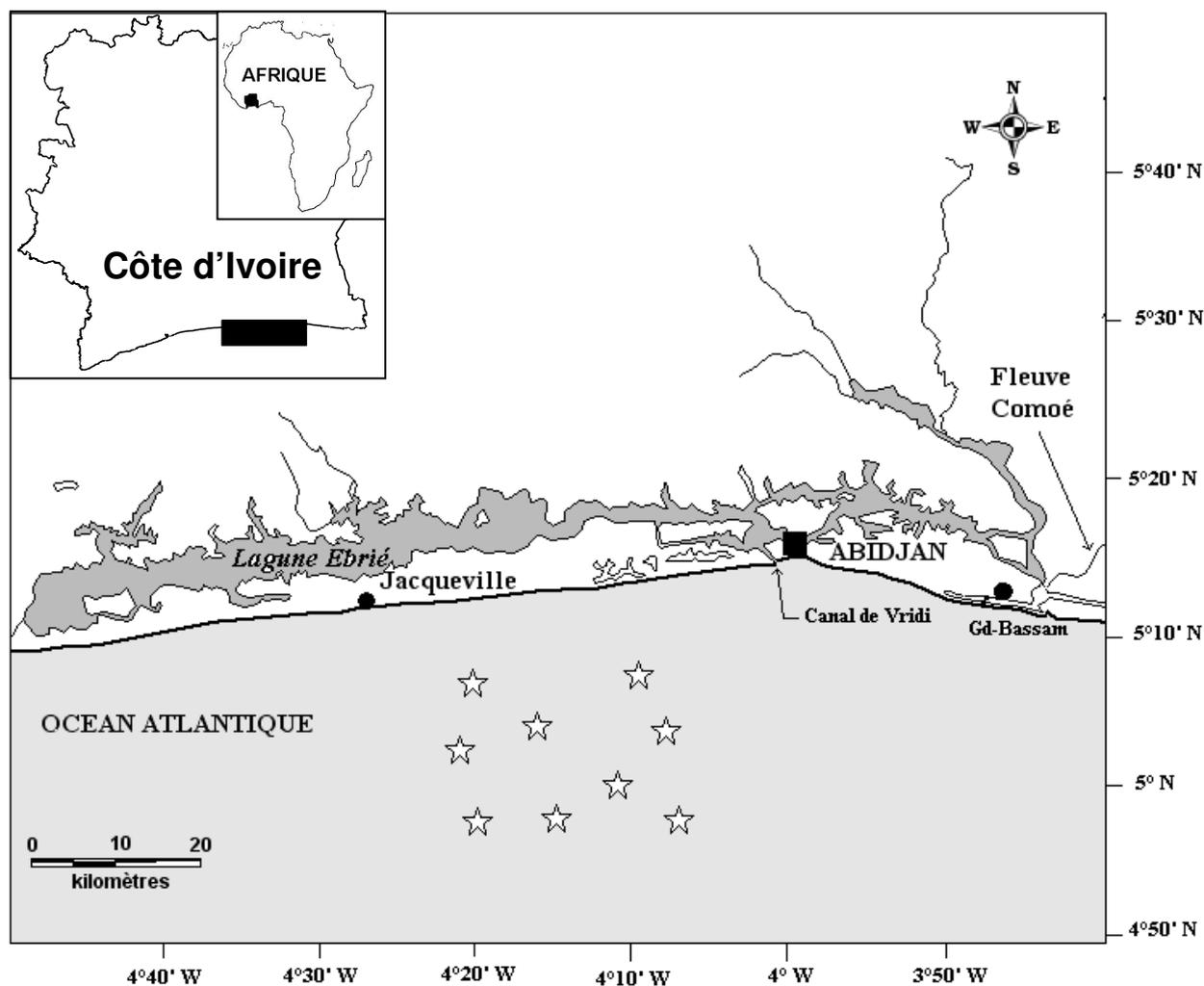
D'après Tastet *et al.* (1993), la plate-forme ivoirienne est relativement étroite. Sa largeur varie de 20 à 35 km. Elle est entaillée, devant Abidjan, par un important canyon sous-marin, le « trou-sans-fond », dont la tête affecte le littoral. Le « trou sans fond » atteint 1000 m de profondeur, au niveau du talus. Excepté cette vallée, le plateau continental est très peu accidenté.

### 1.2.2- Hydrologie

La plupart des régions du golfe de Guinée ont de faibles variations thermiques. Cependant, les eaux néritiques de Côte d'Ivoire présentent des différences de températures, de l'ordre de 10 à 15 °C, au cours de l'année (Tastet *et al.*, 1993). Ces variations sont dues à la présence d'un upwelling local dont les vents sud-ouest sont le moteur.

Les coupes de distribution verticales de la composante zonale des courants font apparaître un système de courants opposés. En surface, le courant de Guinée, de 10 à 20 m d'épaisseur, s'écoule vers l'est. Sous cette couche superficielle, un contre-courant, le sous-courant ivoirien, s'écoule vers l'ouest. Par ailleurs, la composante méridienne de ces courants, perpendiculaire à la côte, est beaucoup plus faible que la composante axiale. Sa vitesse est, en général, inférieure à 10 cm/s, sauf en juin, où en période d'upwelling, on observe en surface des vitesses supérieures à 30 cm/s vers le sud (Tastet *et al.*, 1993). Toutefois, l'écoulement vers l'est du courant de Guinée et l'écoulement vers l'ouest du sous-courant ivoirien rendent la structure de la circulation en surface et en sub-surface tout à fait semblable à celle d'autres zones d'upwelling (Roy, 1995).

Les variations saisonnières des conditions hydrologiques ont une influence sur les conditions physico-chimiques qui règnent sur le fond. Par ailleurs, les composantes axiales et méridiennes des courants jouent un grand rôle dans la localisation, sur le plateau continental,



**Figure 1** : Localisation du milieu d'étude sur le plateau continental de Côte d'Ivoire.

La zone centrale de l'aire de pêche des pêcheurs artisans, entre Jacquerville et Abidjan, est indiquée par des étoiles.

des zones de dépôt des sédiments fins apportés par les cours d'eau (Tastet *et al.*, 1993).

### 1.2.3- Hydroclimat

Les saisons marines, devant Abidjan et le long du littoral ivoirien, ont été décrites par Morlière (1970) après qu'elles eurent été mises en évidence par Varlet (1958). Mais, en ce qui concerne les remontées d'eaux froides, sur le plateau continental ivoirien, celles-ci ont été décrites par Verstraète (1970) et par Morlière et Rébert (1972). Sur le plateau continental ivoirien, on distingue quatre saisons marines : une petite saison froide, de janvier à février, une grande saison chaude, de mars à juin, une grande saison froide, de juillet à octobre et une petite saison chaude, de novembre à décembre (Reyssac, 1969 ; Morlière, 1970).

Il se produit, sur le plateau continental ivoirien, deux types d'upwelling. L'upwelling mineur, qui a lieu pendant la petite saison froide (janvier – février), a une durée courte (moins d'une semaine). Il peut se produire deux fois par année (Aman et Fofana, 1995). Quant à l'upwelling majeur, il a lieu pendant la grande saison froide (de juillet à octobre) et dure longtemps (Arfi *et al.*, 1991). D'après Roy (1995), des études ont montré que l'effet du vent, bien que n'étant pas la cause unique de remontée d'eaux froides, pourrait être plus important qu'on ne le pensait. Mais, la dynamique de chaque upwelling est différente, complexe et reste encore non totalement élucidée. Selon cet auteur, l'orientation est-ouest de la côte, sur le littoral ivoirien, est une caractéristique remarquable de cet écosystème d'upwelling tropical.

L'upwelling majeur ne peut pas être clairement expliqué par le seul modèle classique d'Eckman, fondé sur l'effet du vent. Pour cette raison, Chidi et Abé (2002) se fondent sur deux théories actuelles, le "Current Induced Upwelling" et le "Remote Forcing", pour expliquer l'upwelling majeur. Selon le "Current Induced Upwelling", la remontée des isothermes, induite par un renforcement du courant de Guinée, pourrait être la cause du refroidissement observé le long du littoral ivoiro-ghanéen (Ingham, 1970). Le "Remote Forcing" est l'un des mécanismes qui contrôlent l'inversion semi-annuelle de la circulation océanique en surface (Yu *et al.*, 2012). La saison d'upwelling majeur est considérée importante par divers auteurs, en ce sens qu'elle accroît la productivité biologique au sein de l'écosystème (Binet, 1993; Herbland et Le Loeuff, 1993; Reyssac, 1993).

### 1.2.4- Paramètres physico-chimiques

#### 1.2.4.1- Température de surface

Colin *et al.* (1993) notent une variation saisonnière et interannuelle de la température de surface de l'eau de mer, sur le plateau continental ivoirien. Ils précisent aussi que les

minima absolus de température sont relevés dans la partie occidentale du plateau continental et que la température, tant en surface qu'en sub-surface, y croît d'ouest en est. D'après ces auteurs, on observe une décroissance de la température, d'avril-mai à juillet. Une valeur minimale, enregistrée de juillet à septembre, est comprise entre 20 et 21 °C. La température croît de septembre à décembre, puis, une chute de température est notée de décembre à février (25-26 °C). Mais, la température est maximale de février à avril (29-30 °C).

On observe, également, une variation de la température en fonction de la latitude et de la longitude. Selon Colin (1991), la température de surface de l'eau de mer croît de la côte vers le large. Les saisons froides se caractérisent par une température comprise entre 21 et 25,5 °C (Golé-Bi *et al.*, 2005). Quant aux saisons chaudes, elles sont caractérisées par des températures plus élevées, oscillant entre 26 et 30 °C.

#### **1.2.4.2- Salinité**

Selon Encarta (2006), la salinité intervient dans de nombreux processus biochimiques et métaboliques ; elle est aussi une mesure importante en océanographie. En effet, la salinité intervient comme moteur de certains courants, indépendamment de ceux créés par le vent, à la surface des océans. Dans ce dernier cas, la salinité est essentielle pour déterminer la densité et les déplacements de l'eau de mer.

Dans le golfe de Guinée, en dehors de la baie de Biafra (nord-est du golfe de Guinée), la salinité de surface varie de 32 à 36 ‰ (Stretta, 1988). Les saisons froides se caractérisent par des valeurs de salinité supérieures ou égales à 35 ‰ engendrées par la remontée des eaux océaniques froides et salées, riches en sels dissous (Anonyme, 1999). D'après Cayré *et al.* (1988), à l'échelle de l'océan, la salinité en elle-même ne semble pas jouer un rôle déterminant dans la répartition des thons. Ces auteurs rappellent, toutefois, qu'il existe des situations locales particulières, comme la baie de Biafra en saison pluvieuse, où des valeurs extrêmes et anormales de salinité peuvent constituer un facteur limitant.

#### **1.2.4.3- Oxygène dissous**

En saison chaude, la teneur en oxygène dissous des eaux du plateau continental ivoirien décroît rapidement de la surface ( $O_2 = 4,5-5$  ml/l) au fond ( $O_2 = 2,5$  ml/l) (Colin *et al.*, 1993). Au contraire, pendant la saison froide, on observe une très forte homogénéisation de l'oxygène dissous ( $O_2 = 2,5$  ml/l) sur toute la couche d'eau.

## 2- GÉNÉRALITÉS SUR LES THONIDÉS

### 2.1- Systématique

La taxinomie et la classification des thonidés les situent dans la famille des Scombridae. Cette famille, qui comporte 15 genres et 49 espèces, est subdivisée en deux sous-familles (Collette et Nauen, 1983) (Tableau I). Quatre de ces quinze genres constituent la tribu des Thunnini, la plus récente en termes d'évolution (Abbes et Bard, 1999). Collette (1986) a fait une description générale de tous les poissons qui appartiennent à la famille des Scombridae. Chez ces poissons, le corps est allongé et fusiforme, modérément comprimé chez des individus de certains genres. Le corps est soit uniformément couvert de petites écailles, soit couvert en partie au niveau du corselet. Le corselet, qui est la zone située à l'arrière de la tête et entre les nageoires pectorales, est couvert de grandes et épaisses écailles. Le reste du corps est nu ou couvert de petites écailles. Les maxillaires, semblables à un bec, sont séparés des fossettes nasales. La gueule, plutôt large, renferme des dents fortes ou relativement acérées, mais qui ne sont pas véritablement des canines. Le palais et la langue portent souvent des dents. Les individus possèdent deux nageoires dorsales dont la seconde, généralement courte, est souvent séparée de la première. Les nageoires pectorales sont situées plus haut, par rapport aux nageoires pelviennes plus petites. Des pinnules sont situées derrière la nageoire dorsale et la nageoire anale. La nageoire caudale est fourchue. Les rayons, dont celle-ci est constituée, sont fixés sur le plateau hypural.

Les individus de cette famille possèdent au moins deux petites carènes, de part et d'autre du pédoncule caudal. Une grande quille médiane s'observe chez de nombreuses espèces. La ligne latérale est simple. Le nombre de vertèbre oscille entre 31 et 66. Les poissons de la famille des Scombridae sont épipélagiques, certains sont plutôt côtiers, alors que d'autres préfèrent être loin des côtes. De nombreuses espèces se déplacent dans des bancs importants. Certaines espèces se nourrissent du plancton, alors que d'autres prennent en chasse des poissons, des Céphalopodes et des Malacostracés. Les œufs et les larves sont facilement entraînés par les flots. La plupart des espèces servent de fourrage à des prédateurs plus grands (Collette, 1986).

Les thonidés appartiennent à une seule famille, celle des Scombridae, caractérisée par le mode d'insertion des rayons de la nageoire caudale (Regan, 1909 ; Diouf et Amon-Kothias, 1988). Les dispositifs anatomiques, qui contribuent à l'efficacité de la poussée exercée par la nageoire caudale, sont décrits par Collette (1978). La réduction de la taille des dernières vertèbres est associée à la fusion des os hypuraux en un plateau hypural. Des attaches

**Tableau I** : Classification de la famille des Scombridae d'après Collette et Nauen (1983).

Famille	Sous-famille	Tribu	Genre	Nombre d'espèces		
Scombridae	Scombrinae	Thunnini	<i>Thunnus</i> South, 1845	7		
			<i>Katsuwonus</i> Kishinouyé, 1923	1		
			<i>Euthynnus</i> Lütken, 1880	3		
			<i>Auxis</i> Cuvier, 1829	2		
					<i>Allothunnus</i> Serventy, 1948	1
				Sardini	<i>Gymnosarda</i> Gill, 1862	1
					<i>Sarda</i> Cuvier, 1829	4
					<i>Cybiosarda</i> Whitley, 1935	1
					<i>Orcynopsis</i> Gill, 1862	1
				Scomberomorini	<i>Acanthocybium</i> Gill, 1862	1
					<i>Scomberomorus</i> Lacepède, 1801	18
					<i>Grammatorcynus</i> Gill, 1862	2
				Scombrini	<i>Rastrelliger</i> Jordan et Dickerson, 1908	3
					<i>Scomber</i> Linnaeus, 1758	3
	Gasterochismatinae		<i>Gasterochisma</i> Richardson, 1845	1		

tendineuses, distinctes relient les vertèbres de la queue aux muscles rouges et aux muscles blancs. Les pinnules, situées sur le cône caudal, et les carènes latérales qui contrôlent l'écoulement laminaire de l'eau, accélèrent le flux d'eau pour le canaliser sur la nageoire caudale. Enfin, la nageoire caudale est caractérisée par une valeur élevée du ratio entre le carré de l'envergure de celle-ci et sa surface (Collette, 1978 ; Abbes et Bard, 1999).

Rappelons quelques spécificités taxonomiques des deux espèces étudiées. La thonine et l'auxide appartiennent au groupe des thons à affinité tropicale (Gibbs et Collette, 1967). Cependant, l'auxide, plus précisément le genre *Auxis* Cuvier, 1829, qui n'a qu'une paire d'artères cutanées, est le genre le plus primitif de la tribu des Thunnini (Cayré *et al.*, 1988).

Amon-Kothias et Bard (1993) font un rappel des espèces de thonidés pêchées dans la « province thonière ivoirienne ». Ce sont quatre thonidés majeurs [l'albacore, *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788), le listao, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758), le patudo, *Thunnus obesus* (Lowe, 1839) et le germon, *Thunnus alalunga* (Bonnaterre, 1788)]. Il y a aussi deux thonidés mineurs [la thonine, *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) et l'auxide, *Auxis thazard* (Lacepède, 1800)]. Certaines espèces sont plus rarement pêchées [le thon brochet, *Acanthocybium solandri* (Cuvier, 1831), le maquereau-bonite, *Scomberomorus tritor* (Cuvier, 1832) et la bonite à dos rayé, *Sarda sarda* (Bloch, 1793)].

## 2.2- Reproduction des thonidés

Chez les thonidés, on ne peut connaître les sexes des individus qu'après dissection, car il n'existe aucun caractère extérieur permettant de distinguer les mâles des femelles (Cayré *et al.*, 1988). Comme chez la plupart des poissons marins (exception faite des raies et des requins), il n'y a pas de copulation chez les thonidés. La fécondation des ovocytes pondus par les femelles se fait en pleine eau. Les mâles émettent dans l'eau de mer le liquide spermatique qui va féconder les ovocytes. D'après FAO (2012b), les thonidés pondent dans des endroits où la survie de leurs larves présente le plus de garantie. La plupart des espèces pondent uniquement dans les eaux où la température de surface excède 24 °C. La taille à la première reproduction varie, selon le lieu et le sexe, chez certaines espèces. Cette taille est de 42 cm chez les femelles et de 45 cm chez les mâles du listao de l'Atlantique (Cayré, 1984). Par contre, chez d'autres espèces, telles que la thonine et l'auxide de l'Atlantique tropical oriental, la maturité est atteinte respectivement à 42 cm et 30 cm quel que soit le sexe (ICCAT, 2000).

Chez les thons tropicaux, la ponte nécessite une température minimale de 26 °C et la survie larvaire serait d'autant mieux assurée que la turbulence de la masse d'eau est réduite (Bakun, 1996). La ponte est fractionnée chez la plupart des espèces dont le listao (Cayré,

1984). Dans le Pacifique, les albacores pondent pratiquement tous les jours. Cependant, pour d'autres espèces comme les thons rouges du Nord et du Sud, la ponte est saisonnière (FAO, 2012b). Selon Cayré (1984), le nombre d'ovocytes émis par une femelle listao varie selon la taille de celle-ci, le lieu, et l'aire de distribution, de 100000 à 1 million d'ovocytes, de 1 à 1,5 mm de diamètre. La fécondité absolue a été estimée chez diverses espèces. Chez l'albacore, suivant leur taille, les femelles pondent entre 2 et 7 millions d'ovocytes de 1 mm de diamètre par an (Bard et Stretta, 1981). Chez d'autres espèces, les femelles de grande taille, donc âgées, sont en général plus fécondes que celles qui sont plus jeunes. Cela a été observé, notamment chez le listao (Cayré, 1984) et chez la thonine (Diouf, 1980). De toutes les espèces le germon possède la fécondité la plus faible, alors que les fécondités les plus élevées sont celles du listao (7 à 7,6 millions d'ovocytes) et des thonidés de petite taille (FAO, 2012b).

### 2.3- Nutrition des thonidés

La nutrition des thons a fait l'objet de nombreuses études, notamment dans le golfe de Guinée. Cependant, la plupart de ces travaux ont porté sur les thons majeurs capturés par les senneurs et les canneurs. Cayré *et al.* (1988), qui passent en revue les travaux des auteurs qui s'y sont consacrés, rappellent que l'albacore, le listao et le patudo, ainsi que toutes les espèces de thons en général, n'ont pas de nourriture préférentielle. Ce sont des mangeurs opportunistes qui se nourrissent de tout animal qui bouge et qu'ils peuvent voir (Cayré *et al.*, 1988). Ces auteurs notent également, chez ces thonidés, la variation géographique dans le comportement alimentaire et la variation saisonnière de la nourriture. De même, ils constatent que ces thonidés sont cannibales et que leur nourriture varie en fonction de l'heure de la journée.

Les larves de thons vivent dans les couches d'eaux chaudes proches de la surface et se nourrissent principalement de zooplancton, y compris les petits Malacostracés ainsi que des méduses, des larves de Malacostracés, de poissons et de mollusques (FAO, 2012b). Les thonidés adultes se nourrissent de poissons et de Malacostracés. Les thons tirent profit des bancs lorsqu'ils mangent en groupe. Certains thons encerclent leurs proies dans des bancs qui ressemblent à des paraboles. Les grands spécimens, qui se nourrissent de poissons pélagiques, occupent dans les océans le niveau trophique le plus élevé de la chaîne alimentaire. Les juvéniles consomment du zooplancton, principalement des Malacostracés. Ils constituent eux aussi une partie des proies consommées par les gros thonidés, les requins, les Cétacés et les oiseaux marins (FAO, 2012b).

Les poids individuels des organismes observés dans les contenus stomacaux des thons sont réduits par la digestion. Cette digestion dure de l'ordre de 6 à 10 heures chez les thons (Olson et Boggs, 1986). Il est évident que ces valeurs, qui sont probablement des moyennes, ne tiennent pas compte du type de proie et des spécificités propres à certaines espèces. Cayré (1984) rapporte que le listao, un des poissons les plus voraces, consomme en nourriture l'équivalent de 35 % de son poids corporel par jour. Chez cette espèce, la digestion est rapide. Il suffit d'une heure et demie à un listao pour digérer des Malacostracés (Cayré, 1984). Les besoins métaboliques des thonidés sont considérés comme étant les plus élevés chez les poissons téléostéens et par conséquent, leurs besoins en nourriture sont aussi élevés (Olson et Boggs, 1986 ; Bennetti *et al.*, 1995 ; Dickson, 1995). Le listao en captivité consomme en nourriture l'équivalent de 15 % de son poids corporel, par jour (Magnuson, 1969).

#### **2.4- Aire de distribution**

Les thonidés se rencontrent dans tous les océans du globe. Grâce à des particularités anatomiques et physiologiques modelées par l'évolution, ils peuvent vivre dans l'écosystème pélagique (Abbes et Bard, 1999). D'après Cayré (1984), tous les poissons composant la famille des Scombridae sont épipélagiques. Ils vivent en pleine eau, dans une couche relativement superficielle (0-300 m). Ils se déplacent beaucoup et leur vie n'est pas directement conditionnée par la nature du fond de la mer. Selon Amon-Kothias et Bard (1993), le comportement migratoire des thons fait qu'il serait illusoire de considérer une ressource thonière exclusivement réduite à la ZEE ivoirienne, l'espace maritime sur lequel la Côte d'Ivoire exerce des droits souverains en matière d'exploration et d'usage des ressources. Ces auteurs estiment que les thons en Côte d'Ivoire ne sont en réalité qu'un élément de l'ensemble des thons tropicaux qui peuplent l'Atlantique Centre-Est, et même parfois l'Atlantique tropical tout entier.

La distribution des thonidés dépend des facteurs environnementaux. Les paramètres physico-chimiques les plus importants sont la température, le taux d'oxygène dissous et la salinité (FAO, 2012b). La température minimale varie de 10 °C, pour les thons tempérés, à 18 °C pour les thons tropicaux (Brill, 1994). La plupart des thonidés se concentrent de préférence autour des fronts thermiques (Sund *et al.*, 1981). Le taux minimum d'oxygène dissous requis est compris entre 2 et 2,7 ml/l pour le listao, l'albacore, le germon, le thon rouge du Nord et le thon rouge du Sud. Cependant, le thon obèse peut tolérer des taux d'oxygène très bas de l'ordre de 0,6 ml/l (Sharp, 1978 ; Lowé *et al.*, 2000). Ceci est dû certainement au taux d'oxygène qui est très élevé dans le sang du thon obèse, par rapport aux autres thons. En effet,

chez ce thonidé la  $P_{50}$ , pression partielle d'oxygène nécessaire pour atteindre 50% de saturation, est de 1,6 à 2,0 KPa (12 à 15 mmHg) à 0,5 % de  $CO_2$  (Lowé *et al.*, 2000).

Dans la ZEE polynésienne, Bard (1999) a noté que la distribution des espèces est gouvernée par les caractères biologiques (densité de nourriture micronectonique) et hydrologiques des masses d'eau (principalement la température et l'oxygène dissous). Cependant, le comportement qu'ils adoptent face à la nourriture est la raison principale qui pousse les thons à se maintenir de jour, en fonction de leurs capacités écophysologiques, à des profondeurs caractéristiques des espèces. Ces profondeurs dépendent aussi des conditions hydrologiques. Les profondeurs ainsi atteintes pendant la journée sont largement supérieures à ce qui était admis par le passé pour le germon, l'albacore et le patudo (Bard, 1999).

## 2.5- Migrations et autres mouvements des thonidés

Les déplacements horizontaux des thonidés se font, généralement, en bancs. Tous les thonidés se déplacent de façon permanente, pour chercher de la nourriture et pour que l'eau irrigue leurs branchies (FAO, 2012b). La plupart des bancs se composent d'individus qui ont la même taille. Ainsi, les juvéniles des thonidés de grande taille se rencontrent dans des bancs plurispécifiques, aux côtés de listaos ou de thonines ou d'auxides avec lesquels ils ont des tailles similaires. Les bancs peuvent être constitués de plus de 5000 individus, chez le thon rouge du Nord. Les bancs formés par les grands spécimens sont constitués de quelques individus séparés les uns des autres. Les bancs sont un moyen de protection des juvéniles contre des prédateurs. Ils sont efficaces pour confondre ceux-ci, ce qui réduit de fait la probabilité qu'un individu du banc soit victime d'une attaque de prédateurs (FAO, 2012b).

La distribution verticale de la plupart des thons est influencée par la température et le taux d'oxygène dissous dans la colonne d'eau (FAO, 2012b). Les espèces de thons de petite taille et les juvéniles des grands thons ont tendance à vivre proches de la surface, tandis que les adultes des grands spécimens se rencontrent en eau profonde. Ainsi, le patudo est capturé sous Dispositif de Concentration de Poissons (DCP) à des profondeurs d'environ 200 m (Bard *et al.*, 1998). Le thon rouge du Nord est capable d'effectuer des plongées de plus de 1000 m, traversant d'une traite des gammes de températures extrêmes (Block *et al.*, 2005).

Les migrations sont des mouvements saisonniers, effectués souvent sur de longues distances, dans le but de rechercher de la nourriture ou de se reproduire (FAO, 2012b). D'après Bard *et al.* (1988), les migrations sont des mouvements horizontaux, accomplis avec une périodicité régulière par une fraction importante des individus d'un stock ou d'une population de thons. Le thon rouge du Nord forme de grands bancs de plusieurs milles

nautiques, au cours de sa migration dans la mer Méditerranée, pour frayer pendant l'été. Le germon (*Thunnus alalunga*) et le patudo (*Thunnus obesus*) effectuent des migrations annuelles partant des mers tempérées, leurs zones de nourritures, jusque dans les mers tropicales, leurs zones de ponte (FAO, 2012b). Les thons tropicaux (albacore et listao) sont des migrateurs qui se déplacent rarement sur de très longues distances. Toutefois, des albacores marqués et relâchés dans l'Ouest de l'Atlantique ont été recapturés dans l'Atlantique Est (FAO, 2012b). L'auxide et la thonine sont des espèces côtières peu migratrices, contrairement aux espèces hautement migratrices et à vaste aire de distribution tels l'albacore et le listao (Cayré *et al.* 1988).

## 2.6- Habitats préférentiels

Les thonidés sont des poissons marins pélagiques. Ils passent leur vie entière relativement proches de la surface des océans et des mers tropicales, subtropicales et tempérées (Collette et Nauen, 1983 ; Cayré, 1984 ; FAO, 2012b). Les thonidés vivent principalement au-dessus de la thermocline mais ils sont capables de pénétrer dans des profondeurs de plusieurs centaines de mètres (FAO, 2012b). Cependant, les thons de petite taille et les juvéniles des grands thons se rencontrent dans les couches d'eaux proches de la surface, c'est-à-dire de la surface jusqu'à la thermocline. Les gros spécimens (albacore, patudo, thons rouges du Nord et du Sud) ont tendance à être mésopélagiques. Ils se rencontrent en eaux profondes et dans les mers froides. Certains thons se rencontrent à la fois au large et près des côtes, alors que d'autres (auxide, thonine) vivent exclusivement ou presque exclusivement dans les eaux côtières (FAO, 2012b).

## 2.7- Thermorégulation

Ce sont essentiellement des chercheurs américains qui se sont intéressés à ce phénomène très exceptionnel dans le monde des poissons (Cayré *et al.*, 1988). Cependant, le physicien anglais Davy (1835) fut le premier à décrire précisément le processus de thermorégulation. Il relate avoir mesuré des écarts d'environ 10 °C entre la température de l'eau de mer et celle de la chair de certains thons. L'écart de température maximum fut enregistré chez le thon rouge du Nord, *Thunnus thynnus*, avec une température corporelle supérieure de 21,5 °C par rapport à celle de l'eau ambiante (Graham *et al.*, 1983). Afin d'assurer la nage en continu et maintenir l'équilibre hydrostatique (Magnuson, 1973) et dans le même temps oxygéner le sang (Roberts, 1978), l'activité musculaire génère constamment de la chaleur supplémentaire. Les thons se débarrassent naturellement de l'excès de chaleur.

Cependant, cette chaleur en surplus peut être utilisée pour effectuer des incursions dans des zones où l'eau est extrêmement froide, à la recherche de nourriture (FAO, 2012b). D'après plusieurs auteurs, la grande originalité des Thunnini reste le développement du rete mirabilis, dispositif anatomique unique au sein de la classe des poissons osseux (Stevens et Neill, 1978 ; Abbes et Bard, 1999). Ce système vasculaire, échangeur de chaleur par circulation à contre-courant, a été mis en évidence anatomiquement par Kishinouyé (1923). Selon Cayré *et al.* (1988), ce système permet aux thons de conserver une partie de la chaleur produite par le métabolisme, ce qui assure aux viscères une température supérieure à celle de l'eau. Il existe des systèmes échangeurs de chaleur centraux, latéraux ou viscéraux, en fonction des espèces. Le fonctionnement réel de ces échangeurs de chaleur a suscité des débats entre de nombreux physiologistes et éthologistes (Cayré *et al.*, 1988). C'est l'observation, par télémétrie du comportement et des températures internes du thon obèse, qui a permis de démontrer que les flux sanguins dans les artères et veines concernées sont modulables et donc, permettent une réelle thermorégulation (Holland *et al.*, 1992). Le rete mirabilis retient entre 70 et 99 % de la chaleur produite par les fibres des muscles rouges. Il joue le rôle de barrière naturelle entre les muscles rouges et l'environnement (Graham *et al.*, 1983). On admet que tous les thons peuvent faire varier leurs échanges de chaleur avec l'environnement. Ils le font, soit en se réchauffant rapidement comme le thon obèse, soit en dissipant la chaleur métabolique éventuellement en excès à l'instar des grands listaos (Abbes et Bard, 1999). Cependant, le système thermorégulateur ne peut pas conserver indéfiniment toute la quantité de chaleur produite (Holland *et al.*, 1992). Quand un thon passe davantage du temps en eau profonde et froide à la recherche de nourriture, sa température corporelle baisse. Dans ces conditions, le thon remonte en surface où l'eau est relativement chaude, pour laisser aux tissus le temps de se réchauffer. Ceci permet au système thermorégulateur de récupérer (Holland *et al.*, 1992).

Bushnell et Holland (1997) relèvent un certain nombre d'avantages liés à la thermorégulation. D'après ces auteurs, la température corporelle élevée des thons permet aux muscles rouges de se contracter avec une rapidité avoisinant celle des muscles blancs. Ceci contribue au maintien d'une vitesse de nage élevée, d'ordinaire assurée par la contraction des muscles blancs. La thermorégulation assure davantage de rapidité dans le transfert de l'oxygène, du sang vers les cellules musculaires. Les muscles sont ainsi assurés d'une récupération beaucoup plus rapide, à cause de l'accélération de la chute du taux d'acide lactique. Enfin, grâce à la thermorégulation, les thons ont une très bonne vue, même à des profondeurs considérables, en maintenant toujours la température de leur cerveau ou celle des yeux au-dessus de la température du milieu ambiant.

D'après Sharp et Dizon (1978), la thermorégulation permet aux thonidés d'être beaucoup plus alertes au gradient de température. A cause de cela, les thonidés peuvent rechercher de la nourriture en-dessous de la thermocline, en eau profonde, sans souffrir d'une brusque variation de leur température interne. Par exemple, on a pu voir un patudo plonger jusqu'à 250 m en une minute, passant d'une traie d'une eau de 24 °C, proche de la surface, à une eau de 9 °C, en profondeur (Holland *et al.*, 1992). La thermorégulation semble innée chez les thonidés. Des mesures simultanées de la température corporelle et de la température ambiante, complétées par des coupes histologiques dans le rete mirabilis, ont montré que même des thonidés de 20,7 cm peuvent réguler leur propre température corporelle (Graham *et al.*, 1983). Ces thonidés le font de telle sorte que leur température corporelle soit supérieure de plus de 3 °C par rapport à la température ambiante.

### 3- PRÉSENTATION DES ESPÈCES ÉTUDIÉES

#### 3.1- Position systématique

Le genre *Auxis* comprend deux espèces [l'auxide, *Auxis thazard* (Lacepède, 1800), et la bonitou, *Auxis rochei* (Risso, 1810)]. Ces deux espèces sont présentes dans le golfe de Guinée (Schneider, 1992). La position systématique de *Auxis thazard*, dans la classification ichtyologique selon Nelson (2006), est la suivante :

Phylum.....	Chordata
Sous phylum.....	Vertebrata
Super-classe.....	Gnathostomata
Grade.....	Teleostomi
Classe.....	Actinopterygii
Sous-classe.....	Neopterygii
Division.....	Teleostei
Super- ordre.....	Acanthopterygii
Ordre.....	Perciformes
Sous ordre.....	Scombroidei
Famille.....	Scombridae
Sous-famille.....	Scombrinae
Genre.....	<i>Auxis</i>
Espèce.....	<i>Auxis thazard</i>

Le genre *Euthynnus* comprend trois espèces [la thonine orientale, *Euthynnus affinis* (Cantor, 1849), la thonine commune, *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) et la thonine noire, *Euthynnus lineatus* (Kishinouyé, 1920)]. Seule *Euthynnus alletteratus* existe dans le golfe de Guinée (Schneider, 1992). Selon Nelson (2006), la classification taxonomique de celle-ci est :

Phylum.....	Chordata
Sous phylum.....	Vertebrata
Super-classe.....	Gnathostomata
Grade.....	Teleostomi
Classe.....	Actinopterygii
Sous-classe.....	Neopterygii
Division.....	Teleostei
Super- ordre.....	Acanthopterygii
Ordre.....	Perciformes
Sous ordre.....	Scombroidei
Famille.....	Scombridae
Sous-famille.....	Scombrinae
Genre.....	<i>Euthynnus</i>
Espèce.....	<i>Euthynnus alletteratus</i>

### 3.2- Morphologie et caractéristiques spécifiques de *Auxis thazard*

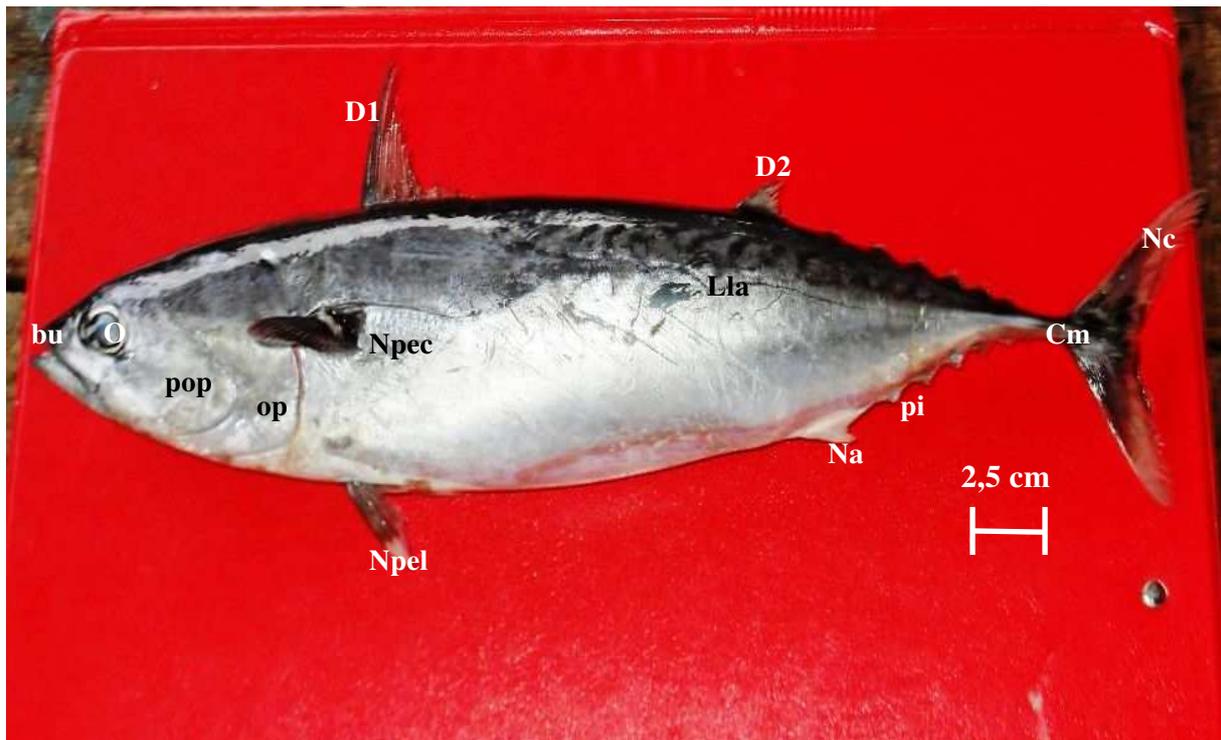
Chez le genre *Auxis*, le corps est vigoureux, allongé et arrondi. Le genre est noir bleuté, tirant sur du violet ou presque du noir au niveau de la tête. Le corps est presque sans écailles à l'exception du corselet, nettement développé dans sa partie postérieure. Les dents, petites et coniques, sont disposées en une seule rangée. Les deux nageoires dorsales, dont la première possède 10 à 12 rayons, sont séparées par un large espace (au moins égale à la longueur de la base de la première nageoire dorsale). La deuxième nageoire dorsale précède 8 pinnules. Les nageoires pectorales sont courtes ; l'unique processus interpelvien est plus long que les nageoires pelviennes. La nageoire anale est suivie de 7 pinnules. Une grande carène médiane est située de part et d'autre à la base de la nageoire caudale, entre deux carènes latérales, plus petites. La vessie natatoire est inexistante. Les vertèbres sont au nombre de 39, dont 20 vertèbres précaudales et 19 vertèbres caudales. Les nageoires pectorales et pelviennes

sont violettes. Cependant, elles sont colorées en noir, sur leur face interne. Le ventre est coloré en blanc, sans marbrure ou sans point (Collette et Nauen, 1983).

Chez *Auxis thazard* (Figure 2), la tête est presque noire, et le dos, bleu violacé (Jiménez-Prado et Béarez, 2004). L'espèce porte des marbrures colorées en noir, obliques ou presque horizontales, présentant un aspect de lignes tremblées dans la zone sans écaille, au-dessus de la ligne latérale. Le corselet, bien développé mais étroit dans sa partie postérieure, ne possède pas plus de 5 rangées d'écailles à partir de la verticale passant par l'origine de la deuxième nageoire dorsale. Les nageoires pectorales sont courtes. Elles atteignent le bord antérieur de la verticale délimitée par la zone sans écaille. De part et d'autre du pédoncule caudal se trouve une grande carène médiane, située entre deux carènes plus petites (Collette et Nauen, 1983 ; Jiménez-Prado et Béarez, 2004). Cette espèce mesure entre 25 à 40 cm, pour les tailles qui sont fréquemment rencontrées. Sa taille maximum est de 58 cm (FAO, 2012b).

### 3.3- Morphologie et caractéristiques spécifiques de *Euthynnus alletteratus*

D'après Collette et Nauen (1983), chez le genre *Euthynnus* le corps est vigoureux, allongé et fusiforme. Le genre est coloré en noir et bleu foncé, ou d'un vert peu éclatant. Les marbrures sont complexes, sur une partie du corps, n'atteignant pas la moitié de la hauteur de la première nageoire dorsale. Le corps est dépourvu d'écailles, à l'exception du corselet et de la ligne latérale. Les dents sont petites et coniques, disposées en une seule rangée comprenant 25 à 35 dents de chaque côté de la mâchoire inférieure. Cependant, le genre possède des dents qui sont situées sur la voûte du palais. Les branchiospines, au nombre de 29 à 45, sont disposées sur le premier arc branchial. Il y a deux nageoires dorsales qui sont presque contiguës. La première nageoire dorsale porte 10 à 15 épines. Les épines antérieures de celle-ci sont plus surélevées par rapport aux suivantes, donnant à la nageoire un profil beaucoup plus concave. La deuxième nageoire dorsale, moins surélevée que la première, précède 8 à 10 pinnules. Les nageoires pectorales sont courtes et portent 25 à 29 rayons. Cependant, elles n'atteignent jamais la hauteur de la ligne séparant les deux nageoires dorsales. Le processus interpelvien est petit et possède deux lobes. La nageoire anale porte 11 à 15 rayons. Elle est suivie de 6 à 8 pinnules. Le pédoncule caudal aminci porte une carène latérale saillante, située entre deux autres carènes plus petites, à la base de la nageoire caudale. La vessie natatoire est inexistante. On dénombre 37 à 39 vertèbres. Des points noirs caractéristiques se trouvent entre les nageoires pelviennes et pectorales. Cependant, ils ne sont pas toujours visibles. Les parties inférieures du corps et du ventre sont blanc argenté. Elles sont dépourvues de bandes longitudinales (Collette et Nauen, 1983).



**Figure 2 :** Morphologie de *Auxis thazard* (Lacepède, 1800).

Chez ce spécimen de 36,5 cm LF, on distingue la cavité buccale (**bu**), l'oeil (**O**), le préopercule (**pop**), l'opercule (**op**), la nageoire pectorale (**Npec**), la nageoire pelvienne (**Npel**), la ligne latérale (**Lla**), la nageoire anale (**Na**), les pinnules inférieures (**pi**), la carène médiane (**Cm**) et la nageoire caudale (**Nc**). Chez l'auxide, la première nageoire dorsale (**D1**) est surélevée et très éloignée de la deuxième nageoire dorsale (**D2**) par un espace, caractéristique de l'espèce

Chez *Euthynnus alletteratus* (Figure 3), le dos est bleu foncé, avec des rayures formant un dessin complexe ne dépassant pas la moitié de la première nageoire dorsale (Valeiras et Abad, 2010). Les flancs et le ventre sont gris argenté, avec 1 à 7 taches noires caractéristiques au niveau du thorax entre la pectorale et la pelvienne (Diouf et Amon-Kothias, 1988). On dénombre 37 à 45 filaments branchiaux sur le premier arc branchial. Cette espèce est aussi caractérisée par l'absence de dents sur le vomer et la présence de 11 à 15 rayons sur la nageoire anale. Elle possède 39 vertèbres et des carènes osseuses situées sur les vertèbres 33 et 34. Les deux nageoires dorsales sont presque contiguës. Les marbrures, dans le dos, sont des bandes horizontales ou des traits (Collette et Nauen, 1983). Les tailles les plus fréquemment rencontrées varient entre 30 et 80 cm. Cependant, la taille maximum de cette espèce, signalée dans la mer Méditerranée, est de 100 cm pour un poids corporel d'environ 12 kg (FAO, 2012b).

### 3.4- Répartition géographique des espèces

Selon Collette et Nauen (1983), le genre *Auxis* Cuvier, 1829 se rencontre dans le monde entier, dans les mers tropicales et subtropicales y compris la Méditerranée et la mer Noire. L'auxide se retrouve souvent en bancs avec d'autres thonidés ou espèces voisines de petite taille (Miyaké, 1990). D'après Valeiras et Abad (2010), la confusion fréquente au sujet de l'identification des deux espèces du genre *Auxis*, à savoir *Auxis thazard* et *Auxis rochei*, transparaît dans les indications sur la distribution de ce genre dans les océans. L'auxide est présente des deux côtés de l'océan Atlantique tropical et subtropical ainsi qu'en Méditerranée, dans les Caraïbes et dans le golfe du Mexique. Les limites de latitude déclarées pour le genre *Auxis* dans l'Atlantique sont comprises entre 45° N et 35° S. Dans l'Atlantique Est, la présence de l'auxide est signalée au nord, jusque dans les eaux de la Norvège et au sud, jusqu'en Afrique du Sud. Dans l'Atlantique Ouest, elle a été signalée au large de la côte Est de l'Amérique du Nord, à hauteur du golfe du Maine (Cap Cod). Sur la côte atlantique de l'Amérique du Sud, cette espèce a été observée à hauteur de Mar Del Plata en Argentine (Valeiras et Abad, 2010).

Selon Collette et Nauen (1983), le genre *Euthynnus* se rencontre dans le monde entier, dans les mers tropicales et subtropicales, surtout près des côtes. Les distributions géographiques des trois espèces que renferme ce genre se complètent mais se chevauchent à peine. La thonine *Euthynnus alletteratus* est une espèce pélagique côtière qui affectionne les eaux littorales à forts courants et les abords des hauts fonds et des îlots. Elle effectue des migrations mais ses déplacements sont plus limités que ceux des autres espèces (Séret, 1986).



**Figure 3** : Morphologie de *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810).

Chez ce spécimen de 68,2 cm LF, on distingue la cavité buccale (**bu**), l'oeil (**O**), le préopercule (**pop**), l'opercule (**op**), la nageoire pectorale (**Npec**), la nageoire pelvienne (**Npel**), la ligne latérale (**Lla**), la nageoire anale (**Na**), les pinnules inférieures (**pi**), la carène médiane (**Cm**) et la nageoire caudale (**Nc**). Chez la thonine, la première nageoire dorsale (**D1**) est surélevée et presque contiguë à la deuxième nageoire dorsale (**D2**) qui précède les pinnules supérieures (**ps**). Des taches sombres (**ts**), situées entre la nageoire pectorale et la nageoire pelvienne, sont caractéristiques de l'espèce

Selon Collette et Nauen (1983), la thonine se rencontre dans les mers tropicales et subtropicales de l'océan Atlantique y compris la Méditerranée, la mer Noire, les Antilles et le golfe du Mexique. D'après FAO (2009), la thonine est distribuée sur les deux bords de l'océan Atlantique tropical et subtropical ainsi qu'en Méditerranée, dans la mer des Caraïbes et dans le golfe du Mexique. D'après Valeiras et Abad (2010), dans l'Atlantique Est, la thonine a été signalée au nord, jusqu'au Skagerrak et au sud, jusqu'en Afrique du Sud ainsi que dans la mer Méditerranée et la mer Noire. Cependant, elle est rarement rencontrée au nord de la péninsule ibérique. Dans l'Atlantique Ouest, elle a été signalée au large de la côte orientale des États-Unis et du Canada, à hauteur du Cap Cod. Sur la côte atlantique de l'Amérique du Sud, cette espèce a été signalée à hauteur du Brésil (FAO, 2009). D'après Valeiras et Abad (2010), on dispose de peu d'informations sur les déplacements de la thonine, mais il semble qu'elle réalise moins de migrations que d'autres espèces de thonidés.

### **3.5- Habitats préférentiels**

L'auxide est un poisson épipélagique, néritique et océanique qui fréquente les eaux chaudes. Elle a une forte tendance à former des bancs. La température optimale de l'auxide varie entre 27 et 27,9 °C. Les larves d'auxide sont eurythermes. Elles ont une forte tolérance de température comprise entre 21,6 et 30,5 °C. Cette tolérance de température est la plus élevée qui soit connue de toutes les espèces de thonidés (Valeiras et Abad, 2010).

La thonine est une espèce épipélagique et néritique qui évolue, traditionnellement, dans les eaux littorales. Elle a un comportement plus côtier que d'autres espèces de thonidés. Cette espèce vit dans des bancs structurés par taille, avec d'autres espèces de Scombridés, mais elle a tendance à se disperser durant certaines périodes de l'année. Elle peuple, d'habitude, les eaux littorales présentant des courants rapides à proximité des grands fonds marins et autour des eaux plus chaudes associées à des fronts thermiques et à des affleurements rocheux (Valeiras et Abad, 2010).

### **3.6- Reproduction**

L'auxide a une longue période de frai qui s'étend de février à novembre, dans l'Atlantique Nord, en fonction de la zone géographique concernée (Valeiras et Abad, 2010). Sur les côtes de l'Afrique, le frai se produit d'avril à septembre au large de la Sierra Leone, en été dans le golfe de Guinée, de novembre à décembre au large du Congo et de l'Angola (Rudomiotkina, 1984). La ponte a été observée dans des eaux de surface présentant des températures de 21,6 à 30,5 °C et tout particulièrement à 25-26 °C (Valeiras et Abad, 2010).

La maturité sexuelle est atteinte lorsque l'auxide atteint une longueur à la fourche d'environ 29 cm dans les eaux japonaises, et une longueur à la fourche de 35 cm à Hawaï (Collette et Nauen, 1983). La fécondité a été estimée à environ 1370000 ovocytes par an, chez une femelle de 44,2 cm. Dans les eaux indiennes, la fécondité a été estimée entre 200000 et 1060000 ovocytes par ponte, en fonction de la taille des femelles (Collette et Nauen, 1983).

D'après Valeiras et Abad (2010), la thonine est un géniteur multiple présentant un développement asynchrone des ovocytes. Elle 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 (Chur, 1972 ; Rudomiotkina, 1986). Dans la Méditerranée occidentale, la saison de ponte s'étend de mai à juillet (Valeiras et Abad, 2010). La maturité sexuelle est atteinte chez la thonine, respectivement pour les femelles et pour les mâles, à 57 et 56 cm, au sud de l'Espagne (Rodriguez-Roda, 1966), à 42 et 44 cm, dans le golfe de Guinée (Chur, 1972). La fécondité a été estimée entre 70000 et 2200000 ovocytes chez des thonines de 30 à 78 cm LF, au Sénégal (Diouf, 1980). Le sex-ratio, aux stades juvéniles, est d'environ 1:1 mais les captures présentent une prépondérance des mâles dans les grandes tailles (Valeiras et Abad, 2010).

### 3.7- Écologie alimentaire des espèces étudiées

Chez l'auxide, l'alimentation est principalement sélectionnée par la taille des branchiospines (Valeiras et Abad, 2010). Cette espèce se nourrit de poissons, de Malacostracés, de Céphalopodes, etc. Elle se nourrit surtout de petits poissons pélagiques, en particulier d'anchois et d'autres Clupéidés (Etchevers, 1976). Les Malacostracés proies sont surtout planctoniques, comme par exemple les larves de mégalopes et de stomatopodes (Valeiras et Abad, 2010). De par son abondance, cette espèce est considérée comme un élément important de la chaîne alimentaire et sert de fourrage à d'autres espèces commerciales (Olson, 1982).

La thonine adulte est un poisson prédateur opportuniste qui s'alimente de presque tout ce qui se trouve à sa portée, c'est-à-dire des Malacostracés, des poissons, des calmars, des hétéropodes et des tuniciers. Les Clupéidés sont particulièrement importants dans son régime alimentaire (Etchevers, 1976 ; Menezes et Aragão, 1980). Dans l'Atlantique tropical oriental, les proies analysées à partir des contenus stomacaux comprennent des Malacostracés (isopodes, décapodes, stomatopodes), des Céphalopodes (*Sepia* sp.), des poissons pélagiques (Clupéidés, Scombridés, Carangidés) et des poissons de fond (Mugilidés, Sparidés, Priacanthidés) (Chur, 1972).

## 4- IMPORTANCE HALIEUTIQUE DES ESPÈCES ET ÉTAT DES CAPTURES

### 4.1- Types de pêcheries

Par rapport aux types d'embarcations qui opèrent en mer et débarquent leurs prises, trois types de pêcheries peuvent être distingués au Port de Pêche d'Abidjan. Ces pêcheries sont réparties dans différentes portions du quai de débarquement.

Les senneurs et les canneurs sont de grands bateaux de pêche qui accostent au Port de Pêche d'Abidjan. Leurs prises comprennent le thon brut congelé en saumure (autour de -13 °C), livré à Abidjan par les thoniers et les cargos frigorifiques. Une partie de ce thon est travaillée localement par les conserveries (thon débarqué). Le reste est mis sur des cargos frigorifiques ou dans des conteneurs (thon transbordé), pour une autre destination (Hervé, 2001 ; Anonyme, 2002a).

Les flottilles semi-industrielles (sardiniers et chalutiers) capturent des petits pélagiques côtiers, mais également des thonidés et des poissons marins qui vivent sur le fond. Les poissons capturés sont mis dans des caisses et vendus ensuite à la criée à des mareyeurs et à des mareyeuses. D'autres types de poissons, appelés espèces nobles, sont pesés à la balance, puis vendus au prix du kilogramme.

Les pirogues sont des embarcations de 12 à 16 m de longueur, propulsées par un moteur hors-bord de 40 cv. Ce sont ces pirogues qui ont débarqué les thonidés qui ont servi à la présente étude. Les thonidés capturés par les pêcheurs artisans sont vendus au quai pirogues, soit en tas (albacores), soit dans des seaux (les auxides et thonines, notamment). On retrouve également, parmi les poissons vendus, des requins, des raies Manta, des poissons porte-épée (espadon, voilier, marlin bleu).

### 4.2- Importance des espèces pour les pêcheries

Selon Collette et Nauen (1983), généralement, les prises sont regroupées sans préciser quelles sont les espèces du genre *Auxis* qui sont capturées à cause des problèmes d'identification qui sont assez courants. En effet, avant 1960, plusieurs auteurs ont désigné par *Auxis thazard* l'espèce *Auxis rochei*, estimant que le genre *Auxis* ne renfermait qu'une seule espèce connue partout dans le monde (Anonyme, 2013a). De 1978 à 1981 (FAO, 1983), les captures mondiales de *Auxis* sp. ont oscillé entre 75760 t (en 1978) et 137043 t (en 1980). Les *Auxis* sp. sont prises fréquemment dans divers engins de pêche. Dans la plupart des cas, elles sont prises de façon accidentelle en lieu et place d'autres thonidés ciblés. Pour les pêcheries utilisant la senne pour capturer le listao ou l'albacore, les *Auxis* sp. sont

« indésirables », voire nuisibles, à cause de leur petite taille (Collette et Nauen, 1983). À cause de la faible valeur économique qui leur est généralement attribuée par les flottilles thonières atlantiques, les thonidés mineurs, dont l'auxide et la thonine, constituent une prise accessoire des senneurs tropicaux. Les auxides et thonines étaient jadis fréquemment rejetées à la mer, pour toutes ces raisons. Les données provisoires sur les prises accessoires et les rejets de ces senneurs montrent que les thonidés mineurs constituent 56 % du total des rejets, ce qui représente, globalement, 1,13 % de la prise commerciale totale (ICCAT, 2000). Toutefois, quelques exceptions existent, selon le Rapport ICCAT (2003). En fait, les grandes flottilles industrielles rejettent souvent à la mer leurs prises de thonidés mineurs ou les écoulent sur des marchés locaux, notamment en Afrique. En Côte d'Ivoire, les thonidés mineurs capturés par ces flottilles alimentent le marché vivrier du « faux thon ». Le « faux thon » ou « faux poisson » est une appellation locale pour désigner une catégorie de poissons refusée par les conserveries, mais commercialisée au Port de Pêche d'Abidjan (N'Da *et al.*, 2007). Les thonidés mineurs constituent, pour la plupart des pêcheries industrielles et artisanales qui exploitent la ZEE ivoirienne, la majorité des captures (Diaha *et al.*, 2009). Les *Auxis* sp. sont intéressantes à la consommation, mais la qualité de leur chair se dégrade rapidement après leur mort (Collette et Nauen, 1983).

Contrairement aux flottilles industrielles, les pêcheries artisanales ont de tout temps accordé une importance particulière aux thonidés mineurs. D'après Valeiras et Abad (2010), l'auxide et la thonine sont exploitées par des pêcheries artisanales avec divers engins de surface. Les engins qui sont couramment utilisés pour la pêche aux thonidés mineurs sont les lignes à la traîne, les lignes à la main, les petites palangres et une grande variété de filets, notamment des madragues, des filets maillants dérivants, des sennes de plage, etc. D'après Collette et Nauen (1983), la thonine est capturée par les pêcheries multispécifiques en même temps que d'autres espèces de thonidés. Des pièges adaptés, telles les madragues, sont utilisés en Tunisie et au Maroc. Ce sont les sennes de plage qui sont fréquemment utilisées au Sénégal, en Côte d'Ivoire, au Ghana et en Angola (Yoshida, 1979). De 1975 à 1981, les prises de thonines étaient rapportées par 18 pays situés dans 5 zones de pêche différentes. Les captures mondiales de thonines ont fluctué entre 3103 t, en 1977 et 10731 t, en 1981 (FAO, 1983).

# **CHAPITRE 2 :**

# **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

## **1- MATÉRIEL**

### **1.1- Matériel biologique**

Le matériel biologique utilisé dans cette étude est constitué de l'auxide, *Auxis thazard*, et de la thonine, *Euthynnus alletteratus*, capturées par les pêcheurs artisans. Les thonidés ont été pêchés en mer et débarqués au Port de Pêche d'Abidjan. Au total, 765 auxides et 801 thonines y ont été collectées, de janvier à décembre 2004, pour l'étude de la biologie et de l'écologie de ces thonidés. Leurs sexes ont été déterminés après dissection.

### **1.2- Matériel technique**

#### **1.2.1- Pirogues**

Les pêcheurs utilisent des pirogues à moteur de 40 cv qui leur servent d'embarcations (Figure 4A). Les pirogues mesurent environ 12 à 16 m de longueur.

#### **1.2.2- Filet maillant dérivant**

Les thonidés sont capturés à l'aide d'une batterie de filets maillants dérivants (Figure 4B). Ce filet unique peut atteindre 2000 à 2500 m (Bard *et al.*, 2002), et il a une chute, également variable, d'environ 15 à 25 m. Ce filet composite a des mailles différentes, variant de 25 à 75 mm (côté de maille). Les filets à petites mailles sont généralement mis aux extrémités et ceux à grandes mailles vers le milieu. Les positions des filets unitaires sont interchangeables, au gré des pêcheurs. Dans sa ralingue supérieure, le filet est bordé de nombreux flotteurs dont le rôle est renforcé à volonté par des bidons de 20 à 60 l. Deux bouées sont attachées aux deux extrémités du filet. Dans sa ralingue inférieure se trouvent plusieurs barres de plomb d'environ 10 cm et de nombreux hameçons. Ces hameçons ont pour rôle, lorsqu'ils portent des appâts à leur bout, d'augmenter les chances des pêcheurs de prendre des requins, des gros spécimens d'albacore ou de patudo, des marlins et autres grands pélagiques. L'action conjointe des flotteurs et des barres de plomb permet de maintenir le filet droit dans l'eau, afin de lui assurer un certain équilibre.

#### **1.2.3- Matériel de pesée et de mesure des poissons**

Une balance Sartorius (précision 0,1 g), de 12100 g de portée, a été utilisée pour peser les thonidés au laboratoire (Figure 5A). De même, un dynamomètre ou peson (Type Salter Super Samson 10 kg × 50 g) a été utilisé pour peser les poissons au quai pirogues (Figure 5C). Les thonidés ont été mesurés en utilisant un pied à coulisse de 1 m de longueur (Figure 5D).



**Figure 4** : Matériel de pêche : pirogue et filet maillant dérivant.

A : Pirogue, utilisée comme embarcation pour prendre la mer.

B : Filet maillant dérivant, principal engin de pêche.

F = Flotteur, FM = Filet maillant, Ho = Horizon, L = Linge, P = Pêcheur, Pe = Plan d'eau

#### **1.2.4- Matériel d'étude de la reproduction**

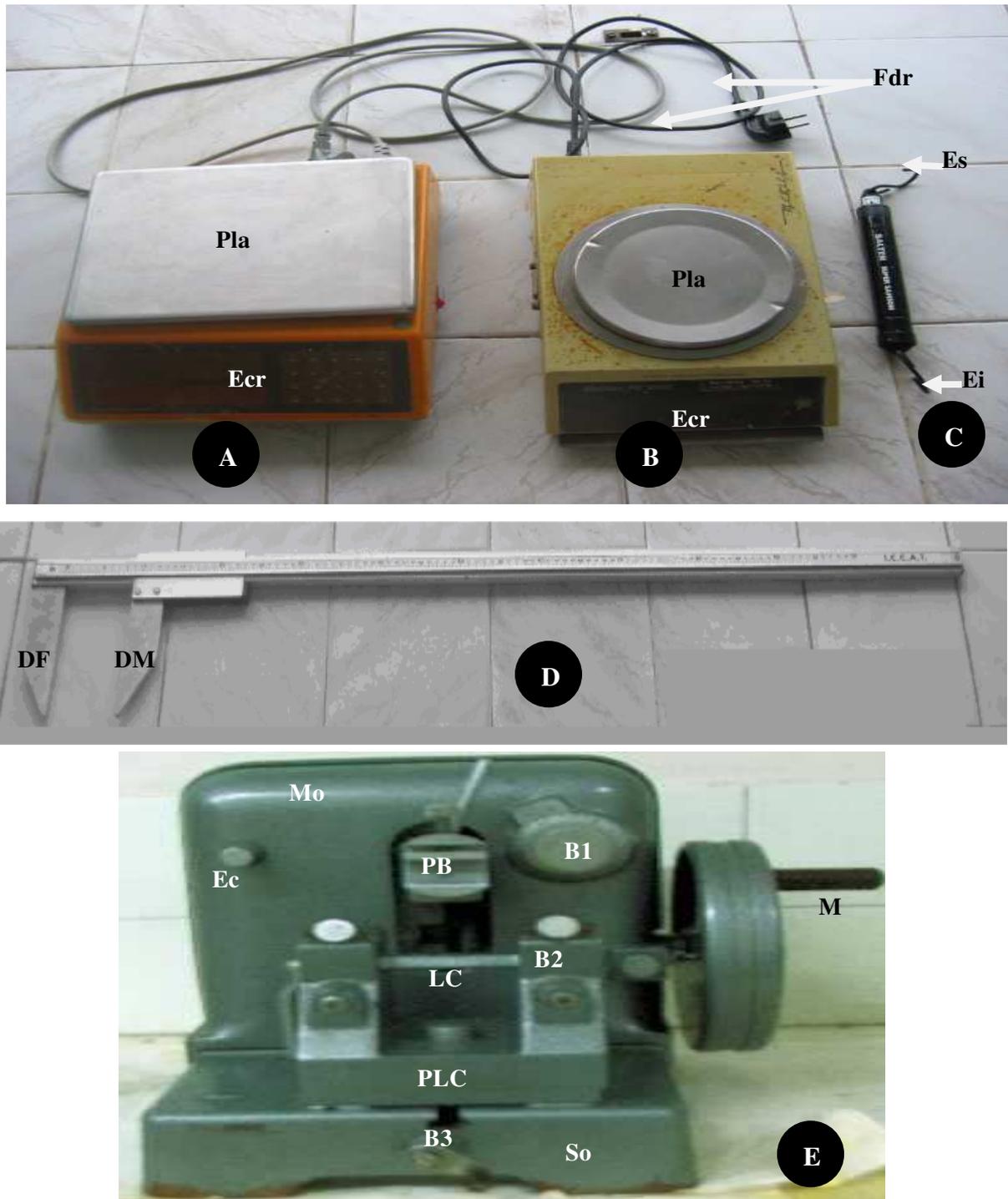
Une paire de ciseaux a été utilisée pour disséquer les poissons et pour prélever des portions de gonades. Une balance Mettler PE 1600 (précision 0,01 g) de 1600 g de portée a été utilisée pour peser le foie et les gonades (Figure 5B). Des coupes histologiques ont été obtenues à l'aide d'un microtome Leitz-Wetzlar (Figure 5E). Un photomicroscope Zeiss (Figure 6A), associé à une caméra et à un écran vidéo, a été utilisé pour l'observation des coupes histologiques. Le diamètre des ovocytes a été mesuré à la loupe binoculaire Wild M3C 10X / 21 munie d'un micromètre (Figure 6B).

#### **1.2.5- Matériel d'étude des contenus stomacaux**

Pour l'étude des contenus stomacaux, une balance Mettler PE 1600 (précision 0,01 g) de 1600 g de portée (Figure 5B), une paire de ciseaux, des feuilles de papier et des plateaux ont été utilisés.

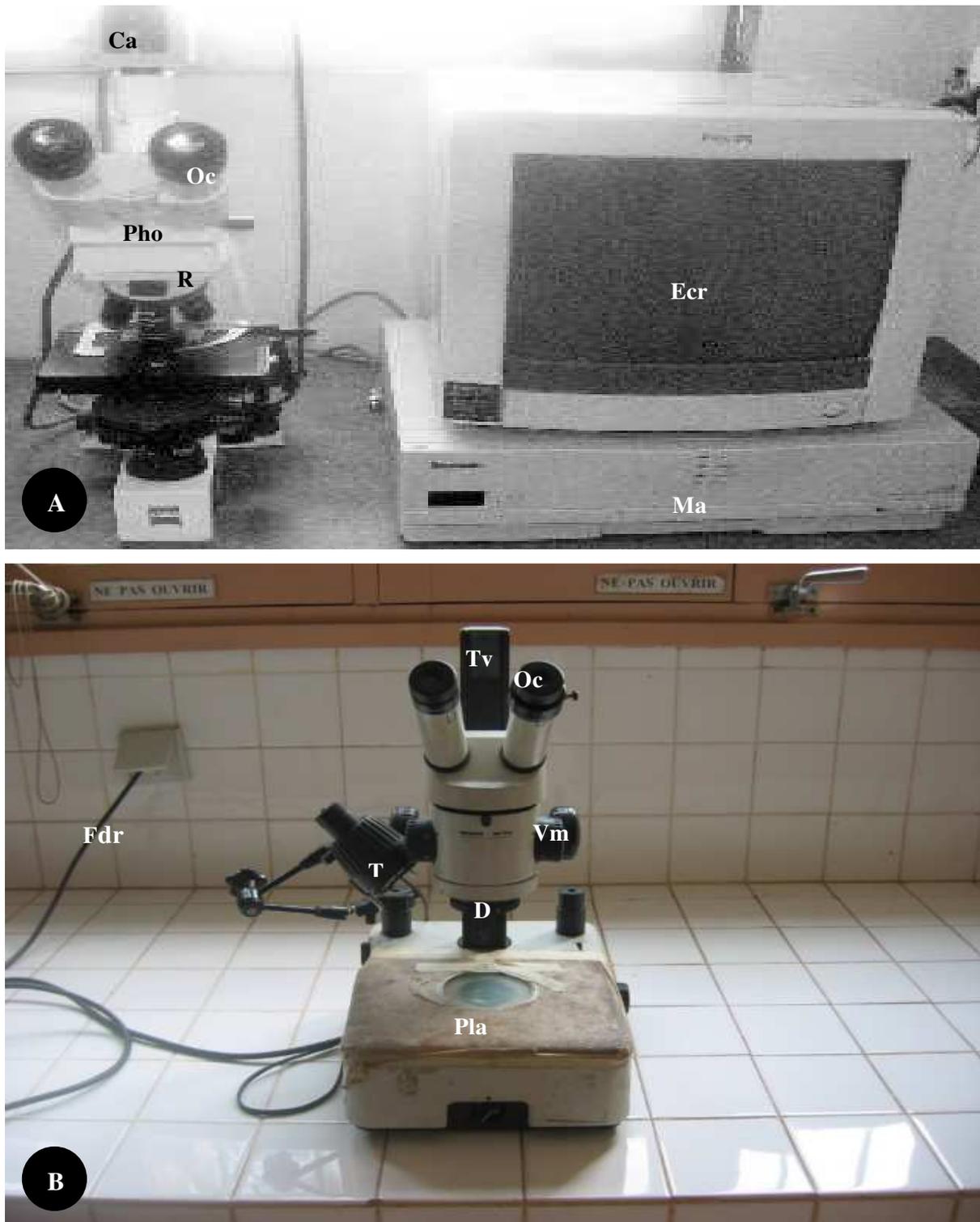
#### **1.2.6- Fiches d'enquête de pirogues**

Des fiches d'enquête ont été conçues pour la collecte des informations sur terrain, au quai pirogues. Ces fiches portent des informations d'ordre général concernant la date de l'enquête, le nom de l'enquêteur, le nom de la pirogue, l'heure du début de l'enquête et l'heure de la fin de l'enquête. Par ailleurs, sur ces fiches sont inscrits les noms des espèces débarquées, le nombre de seaux sortis des pirogues, la taille moyenne des espèces et le poids moyen des espèces. Des informations complémentaires, à l'idée de savoir si la pirogue a été enquêtée entièrement ou partiellement, se trouvent également sur les fiches d'enquête.



**Figure 5 :** Balances (A, Sartorius et B, Mettler PE), peson (C), grand pied à coulisse (D) et microtome Leitz- Wetzlar (E).

Les fils de raccordement (**Fdr**) servent à brancher les balances dans les prises murales. Le peson doit être tenu verticalement, lors des pesées, de telle sorte que son extrémité inférieure (**Ei**) soit accrochée à la gueule du thonidé et son extrémité supérieure (**Es**), accrochée au pouce de l'opérateur. Le grand pied à coulisse est utilisé pour mesurer les thonidés. Le microtome est utilisé pour faire les coupes histologiques. B1 = Bouton de réglage de l'épaisseur de coupe, B2 = Bouton de fixation des lames de coupe, B3 = Bouton de réglage de porte-lame de coupe, Ecr = Écran, DF = Dent fixe, DM = Dent mobile, Ec = Écran d'affichage de l'épaisseur de coupe, LC = Lame de coupe, M = Manivelle, Mo = Moniteur, PB = Porte bloc, PLC = Porte-lame de coupe, So = Socle, Pla = plateaux



**Figure 6 :** Appareils d'observation des coupes histologiques (A) et loupe binoculaire (B).

Le magnétoscope (**Ma**) est connecté à un photomicroscope Zeiss (**Pho**), surmonté d'une caméra (**Ca**). Le photomicroscope est associé à un écran vidéo (**Ecr**) qui permet l'observation des coupes histologiques. La loupe binoculaire est constituée de deux parties principales. La première supporte deux oculaires (**Oc**), le diaphragme (**D**) et les visses micrométriques (**Vm**). Par des mouvements du haut vers le bas, le long de la tige verticale (**Tv**), on rapproche la partie supérieure du plateau (**Pla**) où l'on pose l'objet à observer. Une torche (**T**), dont la source de lumière provient du fil de raccordement (**Fdr**), éclaire l'objet à observer. R = Révolver.

## 2- MÉTHODES

### 2.1- Mesure de la température de surface de la mer

Les données de température ont été obtenues auprès du Département de Physique et Géologie Marine du CRO. La mesure de la température de surface de la mer a été effectuée à la station d'Abidjan Port-Bouët. D'après Rodier (1984), pratiquement, la température de l'eau est mesurée soit avec un appareil électrométrique, soit avec un thermomètre précis, gradué au 1/10<sup>me</sup> de degré et étalonné. Si l'opération ne peut pas se faire directement, un moyen simple consiste à prélever un volume d'eau de 5 à 10 l et d'y plonger immédiatement le thermomètre (Rodier, 1984). Un seau d'eau de mer, prélevé trois fois journalièrement, a servi d'échantillon aux mesures de températures le matin et l'après-midi. Des relevés de températures ont été effectués le matin à 7 h et à 11 h et l'après-midi à 15 h. La lecture a été faite après immersion de 10 min du thermomètre à mercure dans l'eau de mer contenue dans le seau. La moyenne a été retenue comme valeur du jour. Les variations moyennes de la température ont été couplées à celles des captures nominale et pondérale, afin de montrer l'influence de ce paramètre sur l'effectivité de la présence des thonidés, selon les mois.

### 2.2- Pêche aux thonidés mineurs

Les thonidés sont pêchés de nuit, mais les débarquements se font de jour au Port de Pêche d'Abidjan. L'équipage de la pirogue est constitué de 6 à 8 personnes auxquelles sont assignées des tâches précises. Les pirogues sont aussi équipées de boussoles et de lampes tempêtes. La boussole permet aux pêcheurs de s'orienter par rapport aux points cardinaux. Les lampes sont disposées sur des planchettes auxquelles elles sont attachées. Ces lampes servent de signalement aux bateaux de la présence des pêcheurs artisans dans les parages. Ceci leur évite généralement de couper en deux le filet maillant des pêcheurs artisans. Les lampes permettent également aux pêcheurs de ne pas perdre de vue le filet qui dérive. Cependant, il n'est pas à exclure que ces lampes, de par la lumière qu'elles produisent, agissent indirectement comme stimulus visuel susceptible d'éveiller la curiosité des thonidés.

La pêche a lieu du mardi au samedi, lorsque les conditions météorologiques sont favorables ou lorsque le carburant subventionné est disponible. Les pêcheurs partent de « Zimbabwe », leur lieu d'habitation dans la commune de Port-Bouët, au plus tard à 14 h en direction des aires de pêche. Ils atteignent ces aires de pêche (Grand-Bassam, Assinie, Jacquville, Grand-Lahou et Fresco) avant 17h 30 min ou 18 h pour poser leurs filets. Par habitude, les pêcheurs finissent de poser leurs filets aux environs de 19 h. Cependant, en

période de pleine lune, les pêcheurs ne posent pas tôt les filets. Cette opération est réalisée un peu plus tard, soit entre 20 h et 21 h. Les filets sont posés dans le sens nord-sud, le nord indiquant Abidjan et le sud le large. Ainsi, le filet est perpendiculaire à la direction de déplacement du courant de Guinée qui porte à l'est. Soro (2010) indique qu'en absence de vents et de forts courants marins, les pêcheurs posent leurs filets dans le sens est-ouest, car les thonidés se déplacent dans la direction nord-sud ou sud-nord. Dès qu'ils commencent à poser la batterie de filets maillants dérivants, les pêcheurs placent une bouée à sa première extrémité. Puis, pendant qu'ils déballent progressivement le filet pour le mettre à l'eau des lampes tempêtes sont allumées et placées au niveau de la jonction entre un certain nombre de filets unitaires. Ils procèdent ainsi jusqu'à atteindre l'autre extrémité du filet, où est placée une deuxième bouée.

D'après Soro (2010), les préférences des pêcheurs pour certaines zones de pêches dépendent de l'absence de vents et de l'absence de forts courants marins. Selon cet auteur, par temps de vents, si le courant marin se déplaçant vers l'est est relativement fort, les pêcheurs préfèrent pêcher à l'ouest d'Abidjan (Grand-Lahou et Fresco). Par contre, lorsqu'un fort courant marin évolue vers l'ouest, les pêcheurs opèrent à l'est d'Abidjan (Assinie). En absence de vents et de forts courants marins (mer calme), la pêche a lieu préférentiellement dans les environs d'Abidjan (Grand-Bassam et Jacquville).

Après avoir posé le filet, les pêcheurs le longent d'un bout à l'autre environ toutes les 30 min, le relevant aux endroits où il est relativement enfoncé dans l'eau pour mettre dans la pirogue les thonidés qui sont maillés. La partie de pêche se termine souvent entre 4 h et 5h 30 min, au moment où les pêcheurs relèvent entièrement leurs filets pour prendre la direction du Port de Pêche d'Abidjan. Certains pêcheurs débarquent leurs prises à Locodjoro, dans la commune d'Attécoubé et à « Zimbabwe ». Ce sont les thonidés débarqués au Port de Pêche d'Abidjan qui ont été échantillonnés pour analyse au laboratoire.

## **2.3- Étude de la pêche**

### **2.3.1- Enquête des débarquements**

L'enquête des débarquements, réalisée de janvier 2002 à décembre 2004, a été basée sur la méthodologie d'étude de l'activité de pêche selon Barry-Gérard *et al.* (1991) et selon Ferraris et Koranteng (1995). Les directives de la FAO pour la collecte des données sur les pêches de capture (FAO, 1999) ont aussi servi de référence pour ce travail.

Les pêcheurs débarquent leurs prises principalement au Port de Pêche d'Abidjan, entre 6h et 12h. L'enquête consiste principalement à dénombrer les thonidés débarqués, puis à peser

un certain nombre d'entre eux, pour avoir une idée du poids moyen de ceux-ci, le jour de l'enquête. Pour cela, des pirogues sont choisies de façon aléatoire. L'objectif, c'est d'en enquêter avec efficacité et précision un certain nombre (échantillon) et d'extrapoler à l'ensemble des pirogues qui ont pris la mer le jour de l'enquête. Cela tient au fait que dans l'absolu, toutes les pirogues ne peuvent pas être enquêtées par jour. Aussi, lors des débarquements, le dénombrement des thonidés mineurs est-il facilité par le fait qu'ils sont mis dans des seaux. Les pêcheurs sortent les seaux de la pirogue et les remettent à leurs épouses pour la vente à quai. Ainsi, tous les thonidés mineurs que les pêcheurs ont sorti des pirogues enquêtées, dans des seaux ou pas, ont été dénombrés. Leur nombre a été chaque fois inscrit sur des fiches d'enquêtes prévues à cet effet.

Au cours du mois, pour des raisons qui ne sont pas liées à la volonté de l'enquêteur ou à celle des pêcheurs (manque de carburant subventionné, protestations des pêcheurs contre les tracasseries administratives), les pirogues ne sont enquêtées qu'un certain nombre de jours. L'effectif de ces jours, ou nombre de jours d'enquêtes ( $N_{je}$ ), est utilisé pour calculer les moyennes des sorties de pirogues en mer. Le calcul des moyennes tient compte du nombre de jours d'activité des pêcheurs au cours du mois, ou jours ouvrables ( $N_{jo}$ ). Pour chaque jour ouvrable, il faut aussi retrancher du total des pirogues qui ont pêché l'effectif de toutes les pirogues qui ont débarqué leurs captures ailleurs, c'est-à-dire dans d'autres points de débarquements. Ainsi, toutes les fois, l'effectif des pirogues qui ont débarqué à « Zimbabwe » et à Locodjoro a été retranché du total de toutes les pirogues qui ont pris la mer. En général, pour une journée  $j$ , seul un échantillon de pirogues ( $n_j$ ) est effectivement enquêté sur l'effectif ( $N_j$ ) de toutes les pirogues qui abordent le quai. Le Port de Pêche d'Abidjan a été préféré aux autres points de débarquements pour des commodités d'échantillonnages et parce que c'est le principal point de débarquements par lequel transitent plus de trois quarts des pirogues qui rentrent de pêche.

### **2.3.2- Moyenne mensuelle des prises pour une seule espèce**

Au cours d'une journée  $j$ , un certain nombre de pirogues sont enquêtées sans soumettre celles-ci à des critères particuliers. La prise ( $P_j$ ) de la journée, pour une espèce de thonidé donnée, est estimée en multipliant la prise moyenne des pirogues échantillonnées par le nombre de sorties (Barry-Gérard *et al.*, 1991).

$$P_j = \frac{N_j \sum P_{io}}{n_j}$$

$N_j$  : effectif des pirogues qui ont pêché pendant une journée  $j$  ;

$n_j$  : nombre de pirogues enquêtées pendant la journée ;

$P_{io}$  : prise totale d'une espèce donnée, estimée pour une pirogue  $i$  enquêtée.

Pour une espèce de thonidé donnée, la moyenne mensuelle des prises est obtenue en divisant la somme de toutes les prises journalières par le nombre de jours ouvrables ( $N_{jo}$ ).

$$\bar{P}_j = \frac{\sum P_j}{N_{jo}}$$

### 2.3.3- Capture nominale mensuelle ( $C_n$ )

D'après Ifremer (2009), la quantité d'animaux prélevée par la pêche est appelée « capture ». Dans la réalité, les captures sont égales aux quantités débarquées auxquelles sont ajoutés les rejets. Cependant, dans les annuaires statistiques de la FAO, les quantités sont exprimées en « captures nominales », c'est-à-dire en « poids vif », équivalent des quantités débarquées. Dans la présente étude, la capture nominale mensuelle, ou capture en nombre, est le nombre de thonidés capturés par les pêcheurs au cours du mois.

$$C_n = \frac{N_{je} \sum P_j}{N_{jo}}$$

$C_n$  : capture nominale ;

$N_{jo}$  : nombre de jours ouvrables pour la pêche ;

$N_{je}$  : nombre de jours d'enquêtes.

### 2.3.4- Capture pondérale mensuelle ( $C_p$ )

La capture pondérale est la capture qui prend en compte le poids des poissons pêchés. Elle est liée au poids moyen des thonidés et à la capture nominale. Le poids moyen a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$P_m = \frac{\sum n_i P_i}{N}$$

$n_i$  : nombre d'individus de l'espèce  $i$  ;

$P_i$  : poids des individus de l'espèce  $i$  ;

$N$  : nombre total de poissons de l'espèce  $i$ .

$$C_p = \frac{P_m \times C_n}{1000}$$

$C_p$  : capture pondérale mensuelle, en tonnes (t) ;

$P_m$  : poids moyen, en kilogrammes (kg) ;

$C_n$  : capture nominale mensuelle ;

1000 : facteur qui permet d'exprimer  $C_p$  en tonnes.

### 2.3.5- Effort de pêche mensuel ( $E_p$ ) et prise par unité d'effort (PUE)

L'effort de pêche, appliqué à un stock d'animaux aquatiques, est une mesure de l'ensemble des moyens de capture mis en œuvre par les pêcheurs sur ce stock, pendant un intervalle de temps déterminé (Poinsard et Le Guen, 1975). Cette définition, selon Laurec et Le Guen (1981), implique que l'on tienne compte du nombre de navires (dans le cas présent, du nombre de pirogues) et de leurs caractéristiques (taille, jauge, puissance, autonomie, nombre d'hommes à bord), de l'engin de pêche, du niveau d'activité et des capacités humaines en jeu. Dans cette étude, l'effort de pêche exprime le nombre de sorties mensuel des pirogues.

$$E_p = \frac{N_{jo} \sum N_j}{N_{je}}$$

$E_p$  : effort de pêche ;

$N_j$  : effectif des pirogues qui ont pêché pendant une journée  $j$  ;

$N_{je}$  : nombre de jours d'enquêtes au cours du mois ;

$N_{jo}$  : nombre de jours ouvrables pour la pêche, au cours du mois.

D'après Laurec et Le Guen (1981), on peut exprimer l'unité d'effort par des éléments simples comme, par exemple, le nombre d'hameçons immergés ou le nombre de casiers posés. On peut aussi l'exprimer par l'ensemble des opérations effectuées pendant un nombre d'heures ou de jours de présence dans l'aire de pêche.

Une unité d'effort ayant été définie, l'indice d'abondance du stock le plus immédiat correspond au rendement des bateaux (dans le cas présent, au rendement des pirogues). Il correspond, plus précisément à la prise par unité d'effort, rapport des prises à l'effort, pour une période donnée. Dans cette étude, la prise par unité d'effort est la quantité de thonidés capturés (exprimée en kg) par sortie de pirogues.

$$PUE = \frac{1000 \times C_p}{E_p}$$

PUE: prise par unité d'effort (kg/sortie) ;

$C_p$  : capture pondérale mensuelle ;

$E_p$  : effort de pêche mensuel.

## 2.4- Étude de la reproduction des thonidés mineurs

### 2.4.1- Observation macroscopique des gonades et stades de maturité sexuelle

Les gonades, recueillies après dissection des spécimens, ont été observées et décrites sur la base de leur aspect macroscopique. Cette façon de procéder correspond à la méthode d'observation indirecte (Moreau, 1984), dans la mesure où elle consiste à disséquer les poissons et à examiner l'état des gonades. Les travaux de Chur (1972) et de Diouf (1980) ont servi de référence pour déterminer l'état sexuel de l'auxide et de la thonine, avec des modifications en fonction des observations sur terrain. En effet, l'état sexuel est divisé en six stades (Cayré, 1980a et b) d'après l'aspect macroscopique (couleur, vascularisation, réaction à la pression et à l'incision) et la taille relative des gonades (Tableau II).

### 2.4.2- Dénombrement des ovocytes et mesure du diamètre ovocytaire

Les thonidés sont connus pour être des reproducteurs à ponte fractionnée (Cayré, 1984 ; FAO, 2012b). Cela implique que dans un même ovaire, il y ait plusieurs stades de maturité des ovocytes, ce qui va engendrer des ovocytes de différents diamètres. Pour le vérifier chez *Auxis thazard* et chez *Euthynnus alletteratus*, le diamètre d'un certain nombre d'ovocytes a été mesuré. Des prélèvements d'environ 1 g ont été effectués, dans les parties

**Tableau II** : Echelle de maturité sexuelle, d'après Chur (1972) et Diouf (1980), modifiée en tenant compte des observations sur terrain.

Stades	Observations d'après l'aspect macroscopique et la grosseur relative des gonades	
	Mâles	Femelles
I	Immatures : sexe juste reconnaissable, gonades en forme de lames plates. Elles sont de couleur blanchâtre à rosâtre.	Immatures : sexe juste reconnaissable, gonades petites et cylindriques Elles sont colorées en rose.
II	Début de maturation : les testicules commencent à être vascularisés sur leur face ventrale et sont de couleur rose foncé à rouge clair. Le début de vascularisation n'est visible que sur la face ventrale des testicules.	Début de maturation : les ovaires commencent à être vascularisés et sont de couleur rose foncé à rouge clair. Ils sont fermes et ils ont un aspect translucide. Les ovocytes ne sont visibles ni à travers la membrane ovarienne, ni après incision de celle-ci.
III	Maturation : la vascularisation s'est développée sur la face ventrale des testicules. Les testicules sont de couleur blanche. Une piqûre suivie d'une pression sur la gonade fait perler le liquide séminal.	Maturation : la vascularisation s'est développée sur les ovaires de couleur jaune orange. Les ovocytes sont visibles à l'intérieur de l'ovaire après incision, voire directement à travers la membrane ovarienne si le stade est avancé.
IV	Mâles pleins, mâles spermiant : les testicules ont atteint leur développement maximum. Ils sont blanchâtres. Une simple pression sur l'abdomen de poissons frais fait sortir la laitance des orifices génitaux. Le liquide spermatique s'écoule à l'orifice séminal sur simple pression du testicule.	Femelles pleines, femelles en état de ponte : les ovaires ont atteint leur développement maximum et ils remplissent toute la cavité abdominale. Une simple pression sur l'abdomen de poissons frais fait sortir les ovocytes des orifices génitaux. Les ovaires ont une couleur jaune rougeâtre..
V	Post-spermiation : si c'est immédiatement après la spermiation, les testicules sont très vascularisés, flasques et blanchâtres. Si c'est un peu plus tard, ce stade peut ressembler énormément au stade III et les testicules sont blanc laiteux.	Post-ponte : si c'est immédiatement après la ponte, les ovaires sont très vascularisés, flasques et rouges sombres. Si c'est un peu plus tard, ce stade peut ressembler énormément au stade III.
VI	Repos sexuel : les testicules sont moins flasques que ceux du stade précédent et présentent une vascularisation très peu accentuée, sur la face ventrale.	Repos sexuel : les ovaires sont flasques et présentent une vascularisation superficielle peu prononcée, mais leur couleur varie entre du rouge noirâtre et du rose.

médiane et apicale, après incision des ovaires de stade III, IV et V. Les ovocytes ont été recueillis dans une boîte de Pétri contenant du formol 10 %. Le passage des ovocytes dans le formole 10 % a pour but de détacher les ovocytes du stroma ovarien. Ils ont été dénombrés afin de mettre en évidence les diamètres les plus fréquents des ovocytes à ces stades. Par ailleurs, les ovocytes ont été mesurés à la loupe binoculaire, à l'aide d'un micromètre dont une graduation correspond à 40  $\mu\text{m}$ .

### **2.4.3- Étude histologique des gonades**

#### **2.4.3.1- Fixation et déshydratation des échantillons**

Chez les thonidés en général, l'auxide et la thonine en particulier, les gonades sont doubles. La plus grande des gonades femelles a été prélevée et mise dans un pilulier contenant du Bouin alcoolique pendant 48 à 72 heures. Chaque pilulier est référencé. Il porte des indications sur la date de capture du poisson, le numéro d'ordre attribué au poisson et les initiales du nom commercial du poisson (AUX pour auxide et THO pour thonine). Trois fragments, prélevés dans la portion médiane et aux deux extrémités de chaque gonade, ont séjourné dans des piluliers contenant du butanol servant de solution d'attente. Les organes ont ensuite été soumis aux trois étapes : la déshydratation, la pré-imprégnation et l'imprégnation.

Les organes ont subi une déshydratation dans 7 bains d'éthanol de degrés croissants : 2 bains de 70°, 2 bains de 90°, 2 bains de 95° et 1 bain de 100°.

À l'étape de la pré-imprégnation, les échantillons ont subi 3 bains de toluène, à raison de 1 heure par bain. Ceci a pour effet de les débarrasser de l'alcool précédemment utilisé. Pour l'imprégnation, les pièces ont séjourné pendant 24 h dans 2 bains de paraffine maintenue liquide à la température comprise entre 58 et 60 °C. La paraffine utilisée est de type Paraplast. Elle existe sous la forme de pastille. Le paraplast est idéal pour les tissus parce qu'il les rend moins cassants.

#### **2.4.3.2- Inclusion et coupe**

Les échantillons ont été introduits pendant 30 mn environ dans des barres de Leuckart contenant de la paraffine liquide. L'inclusion a été faite à la température ambiante. Après le démoulage, les blocs histologiques obtenus ont été débités à l'aide d'un microtome mécanique, en vue d'obtenir des coupes de 7  $\mu\text{m}$  d'épaisseur. Les coupes ont été étalées sur des lames porte-objet. Celles-ci ont été mises sur une plaque chauffante pour que les coupes adhèrent aux lames. Ces lames sont placées dans une étuve pour ramollissement de la paraffine.

### 2.4.3.3- Coloration et observation

La coloration des organes a été faite en utilisant deux colorants classiques, l'hématoxyline et l'éosine, parmi ceux rassemblés dans Martoja et Martoja-Pierson (1967). L'hématoxyline et l'éosine agissent différemment sur les structures cellulaires. L'hématoxyline, qui est un colorant basique, agit sur les structures cellulaires acides tels que l'ADN et l'ARN et colore le noyau en violet. Quant à l'éosine, c'est un colorant acide qui colore le cytoplasme en rose, notamment, les structures basiques comme les protéines du cytoplasme. Enfin, les tissus ont été observés au microscope optique de type Olympus U-TVIX. Les étapes de la spermatogenèse ont été observées après introduction d'huile à immersion entre l'objectif 100 et les lames. Un appareil photo numérique de type Canon Power Shot A2200 a été utilisé pour les prises de vue de structures cellulaires aux grossissements 32, 100, 200, 250, 400 et 1000.

Les stades histologiques observés ont été décrits par rapport à la grosseur relative des ovocytes dont le développement est le plus avancé et dont le nombre est important. La distinction des phases de l'ovogenèse est fondée sur la taille et le nombre des structures tels que les vacuoles et les alvéoles ainsi que la présence de la zona radiata. L'invagination de l'épithélium folliculaire et la présence de follicules post-ovulatoires ont également servi de critères de reconnaissance de stades. En effet, de nombreuses caractéristiques, tels l'atrésie (Hunter et Macewicz, 1985a et b), les follicules post-ovulatoires (Nagahama, 1983), ou le développement du spermiducte et des lobules (Schaefer, 1996), doivent être prises en compte afin d'attribuer avec exactitude aux poissons leur vrai état de maturité.

### 2.4.4- Expression des paramètres de reproduction

#### 2.4.4.1- Sex-ratio

Le sex-ratio est la proportion relative des individus des deux sexes dans une population et ce, à un temps donné (Kartas et Quignard, 1984). Le sex-ratio se définit aussi comme le rapport du nombre de mâles au nombre de femelles (Cayré *et al.*, 1988). Cependant, de nombreux auteurs désignent souvent par ce terme la proportion de mâles ou de femelles, exprimée en pourcentage du nombre total d'individus dont le sexe a été déterminé. Le sex-ratio se calcule soit pour l'ensemble de la population échantillonnée, soit plus précisément par classe de tailles des individus qui composent l'échantillon (Cayré *et al.*, 1988). Les valeurs du sex-ratio renseignent sur l'équilibre des sexes à l'intérieur de la population (Konan, 2010). La formule utilisée, pour calculer le sex-ratio (SR), est la suivante :

$$SR = \frac{M}{F}$$

avec M = nombre de mâles et F = nombre de femelles.

#### 2.4.4.2- Relation entre la longueur et le poids

Les relations poids - longueur des thonidés ont été établies selon la formule de Ricker (1980) :

$$P = a \times (LF)^b$$

avec P = poids du poisson, en kg, LF = longueur à la fourche du poisson, en cm, a = constante, et b = coefficient d'allométrie.

La constante de proportionnalité (a) et le coefficient d'allométrie (b) ont été estimés, après transformation de l'équation précédente par linéarisation, en se référant aux propriétés de la fonction logarithme :

$$\text{Log}_{10} P = \text{Log}_{10} a + b \text{Log}_{10} LF$$

avec b = la pente de la droite de régression et  $\text{Log}_{10} a$  = la valeur de l'ordonnée à l'origine.

Le coefficient d'allométrie « b » varie de 2 à 4, mais il est le plus souvent proche de 3 (Le Cren, 1951). Trois cas sont à distinguer selon la valeur de « b ». Quand b = 3, il y a isométrie de croissance, la densité spécifique du poisson ne change pas. Si b > 3, l'allométrie est majorante, le poisson grossit plus vite qu'il ne grandit. Lorsque b < 3, l'allométrie est minorante, le poisson grandit plus vite qu'il ne grossit.

#### 2.4.4.3- Taille de première maturité sexuelle

La taille de première maturité sexuelle, considérée dans la présente étude, est la taille (LF<sub>50</sub>) à laquelle 50 % des individus sont matures (Diouf, 1980 ; Graamour *et al.*, 2004b). Pour calculer la taille de première maturité, les poissons échantillonnés ont été regroupés par sexe et par classe de tailles de 1 cm. Dans chaque classe, le pourcentage des individus dont le stade macroscopique de maturité sexuelle est supérieur ou égal à IV a été calculé. Les couples de valeurs taille du poisson – pourcentage d'individus sont ajustés à une courbe logistique non

linéaire. La taille de première maturité est obtenue par projection sur l'axe des abscisses, à partir du point de la courbe correspondant à 50 % d'individus matures.

Le logiciel Statistica 7.1 (Statsoft, Inc.) a été utilisé pour tracer la courbe à partir de laquelle a été déterminée la taille de première maturité sexuelle, en l'ajustant à la fonction logistique d'une régression non linéaire (Barbiéri *et al.*, 1994 ; Agresti, 1996 ; Lowere-Barbiéri *et al.*, 1996 ; Duponchelle, 1997 ; Duponchelle *et al.*, 1998). Les modèles de régressions logistiques ont une forme linéaire et le logit associé à cette fonction obéit à la loi de probabilité suivante :

$$\text{logit} [p(X)] = \log \left[ \frac{p(X)}{1 - p(X)} \right] = \alpha + \beta X$$

où  $p(X)$  traduit la probabilité de « succès » d'une variable exploratoire quantitative  $X$  prenant la valeur de  $X$ . En conséquence,  $p(X)$  croît ou décroît selon une fonction à allure sigmoïde. Une alternative à la formule de la régression logistique renvoie à la probabilité de succès, mais utilise la fonction exponentielle [ $\exp(X)$ ] sous la forme de l'équation suivante :

$$p(X) = \frac{e^{(\alpha + \beta X)}}{1 + e^{(\alpha + \beta X)}}$$

où  $\alpha$  et  $\beta$  sont des constantes.

Appliquer la présente technique aux différentes données revient à attribuer à  $p(X)$  la probabilité des individus matures et à  $X$  les points médians des classes de tailles considérées. La taille moyenne à laquelle 50 % des individus sont matures est obtenue en calculant le rapport suivant :

$$LF_{50} = \frac{-\alpha}{\beta}$$

#### 2.4.4.4- Rapport gonado-somatique (RGS)

Cet indice traduit l'accroissement des gonades durant le cycle de reproduction. Il correspond au rapport du poids des gonades au poids éviscéré multiplié par 100. Ce rapport présente l'avantage de privilégier l'influence du poids des gonades, par rapport au poids du tube digestif et de son contenu ainsi que le poids de la graisse qui s'accumule dans la cavité abdominale, à certaines périodes de l'année (Fernand, 1996). Ainsi, un rapport très élevé

traduit un état avancé de la maturation des gonades. En revanche, lorsque le rapport est faible, l'espèce est en état de repos sexuel ou est immature.

$$RGS = \frac{P_{go} \times 100}{P_{év}}$$

$P_{go}$  et  $P_{év}$  sont exprimés en grammes.  $P_{go}$  est le poids des gonades et  $P_{év}$ , celui du poisson éviscéré.

#### 2.4.4.5- Rapport hépato-somatique (RHS)

Le rapport hépato-somatique est le pourcentage du poids du foie par rapport au poids corporel du poisson (Bernabé, 1991). Il a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$RHS = \frac{P_{foie} \times 100}{P_{év}}$$

avec  $P_{foie}$  = poids du foie, et  $P_{év}$  = poids éviscéré du poisson, en grammes (g).

Les poissons téléostéens préparent d'avance, en période de repos sexuel, la fin de leur développement sexuel et la période de frai en stockant de l'énergie sous forme de réserves. En fonction du lieu de stockage, deux types de poissons peuvent être distingués (Bernabé, 1991 ; Wootton *et al.*, 1998). Chez les poissons maigres, au sein desquels les réserves s'accumulent surtout dans le foie, le maximum de RGS précède celui de RHS. Par contre, chez les poissons gras, dont le maximum de RGS coïncide avec celui du RHS (Lahaye, 1980), les réserves sont essentiellement stockées dans les muscles, mais aussi dans les mésentères périscéraux et sous la peau. Ces réserves passent ensuite simultanément dans le foie et dans les gonades, pour assurer les besoins énergétiques, en période de reproduction (Bougis, 1952 ; Koné, 2000)

#### 2.4.4.6- Facteur de condition ( $K_c$ )

Le facteur de condition, ou coefficient de condition, caractérise la corpulence de la population étudiée (Samba, 1974). Selon Beilghyti (1990) et Saruowski et Jezierska (2000), il traduit l'effet des facteurs écologiques et physiologiques sur les individus de la population. Cet indice a été calculé suivant la formule utilisée par Htun-Han (1978), en substituant à la longueur standard du poisson la longueur à la fourche caudale LF exprimée en centimètres.

$$K_c = \frac{P_T \times 100}{(LF)^3}$$

avec  $P_T$  = poids total du poisson (g) et  $LF$  = longueur à la fourche du poisson (cm).

Le choix de la puissance cubique réside dans l'avantage qu'il offre au facteur de condition d'être indépendant de l'échantillonnage. Dans ces conditions,  $K_c$  est uniquement l'expression de l'influence de facteurs écologiques (nourriture, température) et physiologiques (développement sexuel, état d'amaigrissement) sur les individus de la population (Kartas et Quignard, 1984, Konan, 2010).

#### 2.4.4.7- Fécondités relative et absolue

La fécondité se définit comme étant le nombre de gamètes produits par une femelle (Ouattara, 2000). Wootton (1979) définit la fécondité relative comme étant le nombre d'ovocytes par unité de poids corporel (en gramme ou en kilogramme). Quant à la fécondité absolue, elle correspond au nombre d'ovocytes susceptibles d'être émis au cours d'une saison de ponte (Déniel *et al.* 1989). Des femelles pleines (stade IV), échantillonnées à différents mois, ont été utilisées pour étudier la fécondité. Au total, 48 ovaires d'auxides et 45 ovaires de thonines ont été collectés. Des droites de régression ont été tracées afin d'établir les relations fécondité absolue – poids corporel des femelles et fécondité absolue – poids des ovaires.

Pour déterminer la fécondité absolue, 1 g d'ovaire mûr d'auxide ou de thonine de stade IV a été prélevé. Les échantillons d'ovaire ont été préalablement pesés. Ces portions d'ovaire ont séjourné dans du liquide de Gilson, pendant deux semaines, afin de permettre aux ovocytes de se désagréger. Le liquide de Gilson (Annexe 1) a ensuite été ramené à un volume total de 50 ml et bien secoué pour rendre le contenu homogène. Enfin, 1 ml de l'homogénat a été prélevé à l'aide d'une pipette Pasteur et renversé dans une cuve de Dollfuss. Les ovocytes y ont été dénombrés au moyen d'une loupe binoculaire. L'opération a été reprise trois fois, ce qui a permis d'obtenir une valeur moyenne pour les trois opérations. On obtient un nombre donné d'ovocytes qu'on rapporte au poids total de l'ovaire. La fécondité absolue ( $F_a$ ) a été calculée d'après la relation suivante :

$$F_a = \text{Nombre d'ovocytes} \times 50 \times \text{Poids des ovaires}$$

#### **2.4.4.8- Évaluation du rapport nucléoplasmique**

Le rapport nucléoplasmique varie fortement pendant l'ovogenèse. D'après N'Da (1992), il est élevé durant la phase de repos sexuel, d'accroissement lent et, ensuite, diminue pendant la vitellogenèse. Il atteint, enfin, une valeur minimale qui coïncide avec la période d'émission des ovocytes. Ce rapport est calculé en faisant le rapport entre le diamètre du noyau et celui de l'ovocyte.

#### **2.5- Étude du régime alimentaire**

La quête de nourriture établit des relations de dépendance entre les organismes qui vivent dans un milieu donné. Elle entretient la dynamique du fonctionnement de l'écosystème par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire. D'un point de vue écologique, cette dynamique est mise en exergue pour l'étude du régime alimentaire. L'analyse des contenus stomacaux permet de montrer chez les thonidés, que l'on qualifie de prédateurs opportunistes, une certaine spécificité de la recherche et de la consommation des proies.

##### **2.5.1- Analyse des contenus stomacaux**

Au laboratoire, les spécimens prélevés sur terrain ont été disséqués et leurs estomacs récupérés. Les estomacs ont d'abord été rincés à l'eau de robinet à cause du mucus qui les couvre, puis disposés sur du papier Joseph pour qu'ils soient débarrassés de l'excès d'eau. Ils ont été pesés, ouverts sur toute la longueur et leurs contenus récupérés dans un plateau. Enfin, l'enveloppe stomacale a été pesée. Le poids total des aliments a été déterminé par soustraction du poids de l'estomac plein le poids de l'enveloppe stomacale.

Les différents items proies ont été triés et séparés selon les grands groupes zoologiques (Poisson, Crustacé, Céphalopode, Gastéropode) auxquels ils appartiennent. Ils ont été disposés sur des feuilles de papier prévues à cet effet, de manière à garder les traces, puis pesés individuellement (Annexes 2 et 3). Sur ces feuilles sont référencés le numéro du poisson ou de l'estomac, la date de capture du poisson, la longueur à la fourche et le poids du poisson, le poids total de l'estomac et le poids de l'estomac vidé de son contenu. Ces feuilles portent également la valeur de l'indice de réplétion (ou taux de remplissage) de chaque estomac. Cet indice a été établi suivant une échelle quantitative (de 0 à 4, correspondant respectivement à vide,  $\frac{1}{4}$  plein,  $\frac{1}{2}$  plein,  $\frac{3}{4}$  plein et plein). Les items proies pesés ont été affectés d'un indice du stade de digestion auquel correspond un coefficient de degré de digestion suivant des critères définis par Bard (2001). Chaque item proie a été mesuré. Les poissons entiers ont été mesurés (longueur totale ou longueur standard ou encore longueur à la

fourche). Chez les « crevettes roses », la distance de l'échancrure de l'œil au bord postérieur du dernier segment abdominal a été mesurée.

Les poids individuels des organismes observés dans les contenus stomacaux sont réduits du fait de la digestion. Pour corriger cette perte de poids à la digestion, lors de l'examen des contenus stomacaux, on a affecté à chacun des organismes examinés un indice d'état de digestion (Bard, 2001).

### **2.5.2- Identification des proies**

L'identification des proies a été faite en utilisant la clé de détermination des espèces selon Blache *et al.* (1970) ainsi que les descriptions et illustrations de Séret (1986), Schneider (1992), Nakamura et Parin (1993).

L'identification des poissons a été relativement plus aisée, parce que leurs stades de digestion sont plus graduels. Le guide de terrain des ressources marines commerciales du golfe de Guinée de Schneider (1992) a été utilisé à cet effet. En outre, dans le cas des poissons, même lorsque la digestion est assez avancée, la reconnaissance du squelette (cas des thonidés) ou des otolithes (cas des sardinelles) rend plus aisée l'identification de la proie. Les Gastéropodes, certains Malacostracés et certains Céphalopodes n'ont pas été déterminés complètement, à cause des difficultés liées à la reconnaissance fine de ces proies lorsqu'elles sont dans un état de digestion assez avancé. Lorsque l'item proie est déjà connu, son identification est aisée et se fait pendant le dépouillement de l'estomac. Par contre, s'il est rencontré pour la première fois dans un estomac donné, cet item proie est conservé dans un pilulier contenant du formol 10 % (cas des poissons, des Céphalopodes ou des calmars entiers et des Malacostracés), en vue d'être identifié ultérieurement. Les becs de calmars sont conservés dans de l'alcool absolu pour faciliter ultérieurement la détermination de la proie concernée.

Selon l'état de digestion, les proies ont été identifiées à des niveaux taxonomiques différents. Cependant, le degré taxonomique retenu de base est l'espèce, pour les organismes chez lesquels la détermination zoologique a été poussée le plus possible.

### **2.5.3- Évaluation des classes de tailles des espèces étudiées**

Les stades de maturité sexuelle, la taille de première maturité sexuelle ( $L_{50}$ ) et la taille du plus petit individu mûre ont été considérés comme éléments de base de la détermination des classes de tailles. Ainsi, les auxides et thonines de tailles supérieures ou égales à la  $L_{50}$  ont été classées dans la catégorie des adultes. Par contre, les spécimens dont la taille est comprise

entre la  $L_{50}$  et la taille du plus petit individu mûre ont été considérés comme des sub-adultes. Enfin, les spécimens dont la taille est inférieure à celle du plus petit individu mûre ont été classés dans le groupe des juvéniles. Le régime alimentaire a été déterminé pour chacun de ces groupes.

## 2.5.4- Expression des résultats de l'étude du régime alimentaire

### 2.5.4.1- Détermination du taux de vacuité

Le coefficient de vacuité (CV), qui est le pourcentage d'estomacs vides ( $E_v$ ) par rapport au nombre d'estomacs examinés (N), a été calculé suivant la méthode de Rosecchi (1983), à l'aide de la formule suivante :

$$CV = \frac{E_v \times 100}{N}$$

### 2.5.4.2- Méthode d'occurrence

Cette méthode vise à préciser les préférences alimentaires d'une espèce donnée. Elle consiste à énumérer le nombre d'estomacs examinés contenant un item  $i$  donné et à le comparer au nombre d'estomacs examinés (Dineen, 1951 ; Kennedy et Fitzmaurice, 1972). Cette méthode donne des informations sur les items proies fréquemment consommés par les poissons. Elle n'apporte cependant aucune indication sur l'importance quantitative des proies ingérées (Lauzanne, 1975 ; Hyslop, 1980).

Le pourcentage d'occurrence corrigé ( $F_c$ ) (Rosecchi et Nouaze, 1987 ; Gray *et al.*, 1997), utilisé dans la présente étude, est donné par la formule :

$$F_c = \frac{F_i \times 100}{\sum F_i}, \text{ avec } F_i = \frac{n_i}{N_T}$$

$F_i$  : fréquence d'un type de proie  $i$  ;

$n_i$  : nombre d'estomacs renfermant une catégorie de proies  $i$  ;

$N_T$ : nombre total d'estomacs examinés.

### 2.5.4.3- Méthode pondérale

Cette méthode ne donne qu'une idée de l'importance relative de chaque catégorie d'organismes proies ingérés par les espèces (Hyslop, 1980). Elle consiste à trier, puis à

déterminer le poids de chaque catégorie de proies pour l'ensemble de l'échantillon. Le résultat obtenu est exprimé en pourcentage (P) du poids total des proies.

$$P = \frac{P_i \times 100}{P_t}$$

$P_i$  : poids total des individus d'une même espèce  $i$  ;

$P_t$  : poids total des proies.

#### 2.5.4.4- Méthode numérique

Elle consiste à dénombrer les individus d'une catégorie de proies  $i$  pour un échantillon donné. Elle donne le pourcentage numérique (N) de chaque catégorie de proies (Hureau, 1970) qui est exprimé par la formule suivante :

$$N = \frac{N_i \times 100}{N_t}$$

$N_i$  : nombre total d'individus d'une même proie  $i$  ;

$N_t$  : nombre total des proies inventoriées.

#### 2.5.4.5- Évaluation de l'Indice d'importance relative

Pour pouvoir comparer les différents régimes alimentaires des thonidés, l'indice d'importance relative (IRI) de Pinkas *et al.* (1971) a été utilisé. Il est obtenu en combinant la fréquence d'occurrence ( $F_c$ ), le pourcentage numérique (N) et le pourcentage pondéral (P).

$$IRI = (N + P) \times F_c$$

Cet indice a été exprimé en pourcentage, selon la formule suivante

$$\%IRI = \frac{IRI \times 100}{\sum IRI}$$

Cet indice permet une interprétation beaucoup plus réelle du régime alimentaire, en minimisant les biais occasionnés par chacun de ces pourcentages, du fait qu'il intègre les trois

pourcentages ci-dessus. En outre, il se prête à une interprétation plus commode, lorsque l'on veut comparer les régimes alimentaires intra et interspécifiques.

Par ailleurs, les différents aliments consommés par les thons ont été exprimés en catégories d'aliments prédominants, secondaires et accidentels. Pour ce faire, ils ont été rangés, selon la méthode de Simenstad telle que discutée par Rosecchi et Nouaze (1987), par ordre décroissant d'importance des pourcentages IRI. Dans cet ordre, les pourcentages IRI des divers aliments sont additionnés, progressivement, jusqu'à obtenir 50 % ou plus. Ces proies sont dites prédominantes. Le calcul est poursuivi jusqu'à obtenir 75 % ou plus, ces proies sont appelées proies secondaires. Les autres proies de la liste sont appelées proies accidentelles.

#### 2.5.4.6- Indice de chevauchement alimentaire

L'indice de chevauchement alimentaire ( $C_\lambda$ ) de Morisita (1959), modifié par Horn (1966), a été utilisé pour évaluer le degré de chevauchement alimentaire entre les auxides et les thonines.  $C_\lambda$  est défini par la formule suivante :

$$C_\lambda = \frac{2 \sum_{i=1}^s a_i \times b_i}{\sum_{i=1}^s a_i^2 + \sum_{i=1}^s b_i^2}$$

Dans la formule,  $s$  représente le nombre total des items alimentaires ;  $a_i$  et  $b_i$  représentent la proportion d'une proie  $i$  donnée, consommée respectivement par les espèces A et B. L'indice de chevauchement alimentaire varie entre 0 et 1. Il prend la valeur nulle, lorsque les régimes alimentaires sont complètement distincts et 1, lorsqu'ils sont identiques. Toute valeur de  $C_\lambda$  supérieure ou égale à 0,6 est considérée statistiquement significative (Zaret et Rand, 1971 ; Mathur, 1977).

#### 2.5.4.7- Relation prédateur - proies

Les relations entre la taille de la proie et celle de son prédateur ont été examinées en utilisant la longueur (la longueur standard ou la longueur totale) des proies prépondérantes dans le groupe poissons. Seuls les spécimens ayant des proies à digestion moins avancée, donc parfaitement mesurables, ont été pris en compte. Ainsi, la relation prédateur – proie a été établie chez la thonine avec 35 et 92 spécimens ayant consommé respectivement 207 poissons

sabre commun, *Trichiurus lepturus* (Linnaeus, 1758) et 788 beau-clair soleil, *Priacanthus arenatus* (Cuvier, 1829). De telles relations n'ont pu être déterminées chez l'auxide, car la plupart des proies ingérées n'étaient pas mesurables en entier.

#### 2.5.4.8- Indice de Shannon-Wiener

L'indice de Shannon est un indice qui permet de mesurer la biodiversité (Anonyme, 2012a). Les appellations Shannon-Weaver ou Shannon-Wiener sont incorrectes : seul Claude Elwood Shannon est à l'origine de cet indice, qui est fondé sur la notion d'entropie (entropie de Shannon). La formule de l'indice de Shannon-Wiener est :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

avec  $H'$  = indice de biodiversité de Shannon,  $i$  = une espèce du milieu d'étude,  $p_i$  = proportion d'une espèce  $i$  par rapport au nombre total d'espèces ( $S$ ) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu). La proportion a été calculée de la façon suivante :

$$p_i = \frac{n_i}{N_t}$$

où  $n_i$  est le nombre d'individus pour l'espèce  $i$ , et  $N_t$  est l'effectif total des individus de toutes les espèces. Il est possible de choisir arbitrairement la base du logarithme. On trouve souvent dans la littérature scientifique  $\log$  à la place de  $\ln$ . Cet indice permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu d'étude et, donc, d'observer une évolution au cours du temps. Cet indice varie toujours de 0 à  $\ln S$  (ou  $\log S$ , selon le choix de la base du logarithme).

Dans la présente étude, l'indice de Shannon-Wiener a été utilisé pour évaluer l'étendue de la niche écologique en terme de partage des ressources. Ainsi, l'indice de Shannon-Wiener (Krebs, 1989) est défini par la formule suivante :

$$H' = \sum_{i=1}^n (p_i)(\ln p_i)$$

Dans cette formule,  $p_i$  représente la proportion d'une proie donnée parmi les  $n$  proies rencontrées. L'indice de Shannon-Wiener a été calculé en utilisant les valeurs IRI (Carrassón *et al.*, 1992). Cet indice croît avec le nombre des espèces proies rencontrées. En pratique, pour des communautés biologiques,  $H'$  ne semble pas excéder 5 (Krebs, 1989).

#### 2.5.4.9- Indice de Gladfelter-Johnson

L'étendue de la niche écologique en terme de partage des ressources a été également examinée en utilisant l'indice de Gladfelter-Johnson. L'indice de Gladfelter-Johnson, modifié par Cardona (1991), est défini comme suit :

$$B' = \frac{\sum P_k - \sigma}{100 \times R}$$

Dans cette formule,  $p_k$  représente la fréquence d'occurrence de la  $k^{\text{ième}}$  proie,  $\sigma$  représente l'écart type sur les fréquences d'occurrence et  $R$ , le nombre d'espèces proies exploitées par les prédateurs. Cet indice a été calculé en tenant compte des jours où les espèces auxide et thonine ont été débarquées ensemble (cas de cohabitation des deux espèces) ou seules (cas où l'auxide et la thonine sont supposées isolées).

## 2.6- Analyses statistiques

### 2.6.1- Utilisation de logiciels

L'indice de Gladfelter-Johnson et la statistique  $t_s$  du test de Student ainsi que les courbes traduisant les corrélations et régressions linéaires ont été calculés ou obtenus en utilisant le logiciel Excel.

Les traitements statistiques (l'analyse des variances, le test de corrélation de rangs de Spearman, l'indice de chevauchement alimentaire, l'indice de Shannon-Wiener, l'analyse de régression linéaire, le test de Khi-deux, le tracé des courbes logistiques) ont été faits sous le logiciel Statistica 7.1.

La confection de la carte qui indique l'aire de pêche des pêcheurs artisans a été faite à l'aide du logiciel MAP INFO.

### 2.6.2- Test de Student

Le test  $t$  ou test de Student désigne un ensemble de tests d'hypothèses paramétriques où la statistique calculée suit une loi de Student, lorsque l'hypothèse nulle est vraie. La loi de Student est une loi de probabilité faisant intervenir le quotient entre une variable, suivant une

loi normale centrée réduite, et la racine carrée d'une variable distribuée suivant la loi de Khideux (Anonyme, 2012b).

Le test de Student peut être utilisé, notamment, pour tester statistiquement l'hypothèse d'égalité de deux moyennes. Ce test ne peut être utilisé qu'à deux conditions : les distributions des moyennes sont normales, c'est-à-dire décrivent une courbe de Gauss et leurs variances sont de même taille (Scherrer, 1984). Appliquer le test-t permet aussi de vérifier si les valeurs du coefficient d'allométrie « b » obtenues sont significativement différentes de 3. L'idée, c'est de tester l'hypothèse nulle ( $H_0 : b = 3$ ) de croissance isométrique par le test-t de Student. Ceci se fait en utilisant la statistique  $t_s = (b-3)/S_b$ , où  $S_b$  est l'erreur standard de la pente de la droite de régression linéaire à  $p = 0,05$ .

### 2.6.3- Corrélations et régressions linéaires

Deux variables X et Y données peuvent être unies par une valeur appelée coefficient de corrélation (r). Les variables sont dites indépendantes lorsque la valeur du coefficient de corrélation n'est pas significativement différente de zéro. Par contre, plus ce coefficient se rapproche de 1, en valeur absolue, plus l'intensité de la relation entre les deux variables est grande (Schwartz et Lazar, 1964).

La régression linéaire permet de produire un modèle de relation entre deux variables, de voir graphiquement la correspondance entre les données et le modèle produit et ce, afin d'estimer si ce modèle est adéquat. Elle permet ainsi de définir une équation de droite appelée droite de régression, de type  $y = ax + b$ , liant les caractères étudiés. La méthode des moindres carrés permet de calculer les paramètres « a » et « b » de la droite. Les corrélations et régressions linéaires ont été utilisées pour montrer la relation qui lie la fécondité absolue au poids des ovaires et au poids corporel des thonidés mineurs étudiés.

### 2.6.4- Analyse de variance (ANOVA)

L'analyse de variance est un test statistique de comparaison des moyennes entre deux échantillons (ANOVA) ou plusieurs échantillons (MANOVA). Elle est fondée sur deux hypothèses. La première,  $H_0$ , est celle selon laquelle il n'y a pas de différence entre les moyennes des échantillons à comparer. Selon la deuxième hypothèse,  $H_1$ , il existe une différence significative entre les moyennes des échantillons à comparer. L'interprétation de l'analyse est fondée sur la valeur F du test de Fisher et le niveau (significatif ou pas) de la valeur de p ou « p-value », par rapport au seuil de comparaison. Pour les valeurs de p inférieures à 0,05 (limite de signification), les différences observées sont statistiquement

significatives. L'hypothèse nulle est rejetée. Dans le cas contraire, on conclut que ces différences ne sont pas significatives, ce qui implique que l'hypothèse nulle est acceptée. L'analyse des variances (ANOVA) a été utilisée pour déterminer l'effet des saisons sur l'effort de pêche et sur les captures de thonidés mineurs.

### 2.6.5- Test de Khi-deux ( $\chi^2$ )

C'est un test statistique qui consiste à mesurer l'écart qui existe entre des fréquences observées et des fréquences attendues ou fréquences théoriques, et à tester si cet écart est suffisamment faible pour être imputable aux fluctuations d'échantillonnage (Scherrer, 1984). Ce test est fondé sur la normalité des fréquences observées dans chacun des  $k \times r$  catégories. Cette condition est remplie si les fréquences ne sont ni trop fortes, ni trop faibles, par rapport au nombre de tirages au hasard, et si les effectifs des échantillons sont suffisamment grands pour que les lois binomiales tendent vers les lois normales.

$$\chi^2_{obs} = \frac{\sum_{i=1}^r |f_{obs\ i} - f_{th}|^2}{f_{th}},$$

avec  $f_{obs\ i}$  = fréquence observée pour le taxon considéré et  $f_{th}$  = fréquence théorique.

La fréquence observée est celle que l'on obtient au cours de l'expérimentation tandis que la fréquence théorique est celle qui découle du type de répartition à laquelle l'on se réfère pour tester les valeurs expérimentales. Deux hypothèses sont émises :  $H_0$  : la distribution théorique est conforme à la distribution observée, et  $H_1$  : la distribution théorique ne s'ajuste pas à la distribution observée.

Si la valeur de  $\chi^2_{obs}$  est supérieure à la valeur théorique pour  $p < 0,05$ , alors l'écart observé n'est pas le fait du hasard. Dans ce cas, on accepte  $H_1$  c'est-à-dire qu'il y a une différence significative entre la fréquence observée et la fréquence théorique. Dans le cas contraire, on accepte  $H_0$  ; il n'y a pas de différence significative entre les deux fréquences. Le test de Khi-deux a été utilisé pour comparer les sex-ratios, en fonction des mois et des saisons.

### 2.6.6- Coefficient de corrélation de rang de Spearman (Rs)

Le coefficient de corrélation de rang de Spearman est un test statistique non paramétrique qui permet de comparer les différents régimes alimentaires. En effet, pour deux poissons A et B donnés, il est toujours possible de déterminer les poids respectifs des aliments

ou proies qu'ils consomment. Lors de l'analyse, des rangs sont attribués aux aliments qui seront de ce fait classés par ordre d'importance relative. Une corrélation confrontera les deux séries de rangs à l'effet de prouver l'existence d'une différence, ou d'une similitude, entre les rangs occupés par les aliments dans les régimes alimentaires des deux poissons A et B. Si la corrélation est significative entre les rangs des proies (auquel cas  $p < 0,05$ ), on en déduit que celles-ci sont exploitées de façon analogue par les deux espèces. Dans ce cas, il y a de fortes chances pour qu'il y ait une homogénéité dans la composition spécifique des proies exploitées. En revanche, si cette corrélation n'est pas significative ( $p > 0,05$ ), cela signifie que les proies ne sont pas exploitées dans les mêmes proportions. Cela peut se traduire par une différence dans la composition spécifique des proies. Ce test a été appliqué à des matrices à deux colonnes contenant les valeurs de pourcentages IRI des différentes proies consommées.

### **2.6.7- Test de corrélation de Pearson**

D'après Scherrer (1984), la corrélation de Pearson, parfois appelée corrélation de Bravais-Pearson, est une mesure de liaison linéaire existant entre deux variables quantitatives aléatoires. La corrélation linéaire est la covariance de deux variables centrées réduites.

D'après Held (2010), le coefficient de corrélation de Pearson permet d'évaluer l'intensité et le sens de la relation linéaire entre deux séries de données provenant de l'échantillonnage de deux variables métriques. Le coefficient de corrélation indique le degré de relation linéaire entre les deux séries de données et il prend des valeurs situées entre  $-1$  et  $1$ . S'il n'y a pas de relation linéaire entre les deux séries de données, le coefficient de corrélation est très proche de zéro et on dira que les deux variables ne sont pas corrélées. Dans ce cas, il pourrait tout de même y avoir une relation entre les deux variables, mais alors elle ne sera pas linéaire. Le signe du coefficient de corrélation indique le sens de la corrélation : s'il est positif, la valeur d'une des variables tend à augmenter en même temps que celle de l'autre variable. Par contre, s'il est négatif, la valeur de l'une des variables tend à diminuer quand celle de l'autre variable augmente. Le test de corrélation de Pearson a été utilisé pour montrer le lien qui existe entre deux variables étudiées. De façon spécifique, ce test a permis de montrer qu'il y a relation linéaire entre la taille des proies et celles de leurs prédateurs.

# CHAPITRE 3 :

# RÉSULTATS ET DISCUSSION\*

\*Une partie de ce chapitre a fait l'objet de la publication suivante :

**Bahou L., Koné T., N'Douba V., Kouassi N. J., Kouamélan E. P., & Gooré-Bi. G., 2007.**  
Food composition and feeding habits of little tunny (*Euthynnus alletteratus*) in continental shelf waters of Côte d'Ivoire (West Africa). *ICES Journal of Marine Science*, 64:1044-1052.

## 1- EXPLOITATION PAR LA PÊCHE ARTISANALE DES ESPÈCES ÉTUDIÉES

### 1.1- Résultats

#### 1.1.1- Fréquence de taille des spécimens capturés

Sur les Figures 7 et 8, les histogrammes indiquent la distribution des fréquences de taille des spécimens d'auxide et de thonine. La distribution présente une répartition des tailles échelonnée de 25 cm à 48 cm, chez l'auxide et de 35 cm à 82 cm, chez la thonine. Ceci est dû au fait que les thonidés mineurs immatures apparaissent dans la pêcherie à partir de 25 cm et de 35 cm de longueur à la fourche respectivement, chez l'auxide et chez la thonine. Les histogrammes présentent plusieurs modes. On note une variation des tailles modales due à l'hétérogénéité de la taille des spécimens d'auxide et de thonine capturés.

#### 1.1.2- Relation poids - longueur des auxides et thonines

Les Figures 9A, 9B et 9C présentent les équations traduisant la relation entre le poids et la longueur chez l'auxide. L'équation concernant les femelles est la suivante :  $P = 0,723 \times 10^{-5}(LF)^{3,206}$ ;  $R^2 = 0,98$ . Celle relative aux mâles s'écrit :  $P = 0,791 \times 10^{-5}(LF)^{3,196}$ ;  $R^2 = 0,98$ . Pour les sexes regroupés, l'équation est  $P = 0,748 \times 10^{-5}(LF)^{3,204}$ ;  $R^2 = 0,98$ . Ces équations traduisent une croissance allométrique des auxides. Le coefficient « b » de chaque équation est supérieur à la valeur de référence (3) ; il indique chez l'auxide une meilleure croissance en poids qu'en longueur (test-t,  $f = 3,24$  ;  $t = 10,680$  chez les mâles,  $t = 12,173$  chez les femelles et  $t = 16,219$  pour les sexes regroupés).

Chez la thonine, les Figures 10A, 10B et 10C présentent les équations  $P = 1,387 \times 10^{-5}(LF)^{3,025}$ ;  $R^2 = 0,98$  (Femelles),  $P = 1,420 \times 10^{-5}(LF)^{3,023}$ ;  $R^2 = 0,97$  (Mâles) et  $P = 1,401 \times 10^{-5}(LF)^{3,025}$ ;  $R^2 = 0,98$  (Sexes regroupés). Les valeurs de « b » ne sont pas significativement différentes de 3 (test-t,  $f = 3,07$  ;  $t = 1,343$  chez les mâles,  $t = 1,309$  chez les femelles et  $t = 1,929$  pour les sexes regroupés). La relation poids - longueur est donc une isométrie. Ceci indique que la thonine a une croissance pondérale proportionnelle à sa croissance en longueur.

La table de correspondance entre la taille et le poids corporel, obtenue à partir des relations poids - longueur, montre que pour une même taille donnée, les mâles et les femelles des deux espèces ont des poids différents (Annexe 4). Chez les jeunes auxides, la différence entre les poids est de 13 à 21 g, alors que chez les adultes (individus de 30 à 50 cm LF), elle varie de 23 à 109 g. Dans la gamme de tailles 25-70 cm LF, la différence entre les poids corporels des thonines varie de 4 à 17 g, chez les jeunes (thonines de 35 à 41 cm LF). Par contre, chez les adultes de 42 à 70 cm LF, la différence de poids varie de 18 à 80 g.

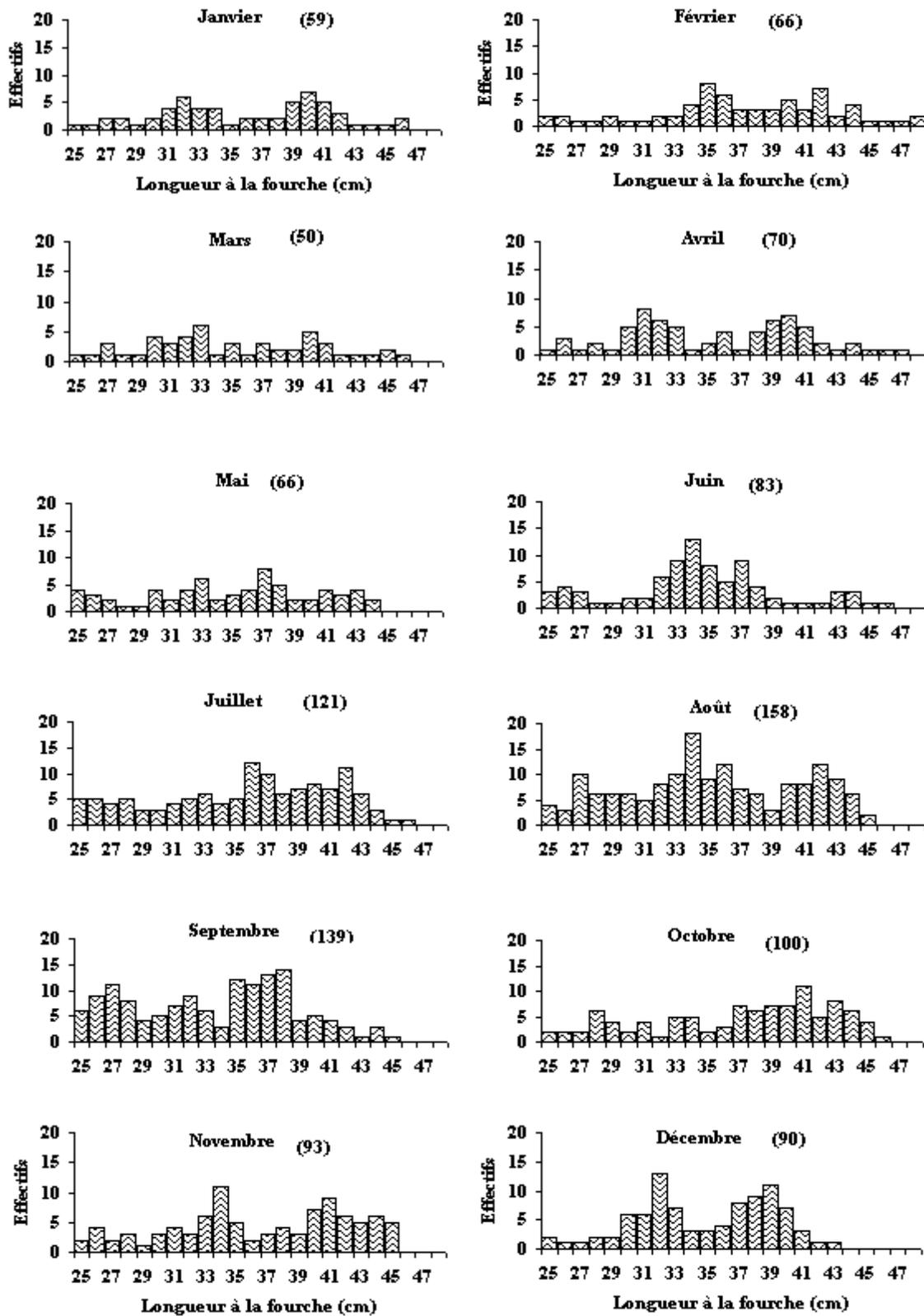


Figure 7 : Fréquences de taille des auxides débarquées au Port de Pêche d'Abidjan de janvier 2002 à décembre 2004.

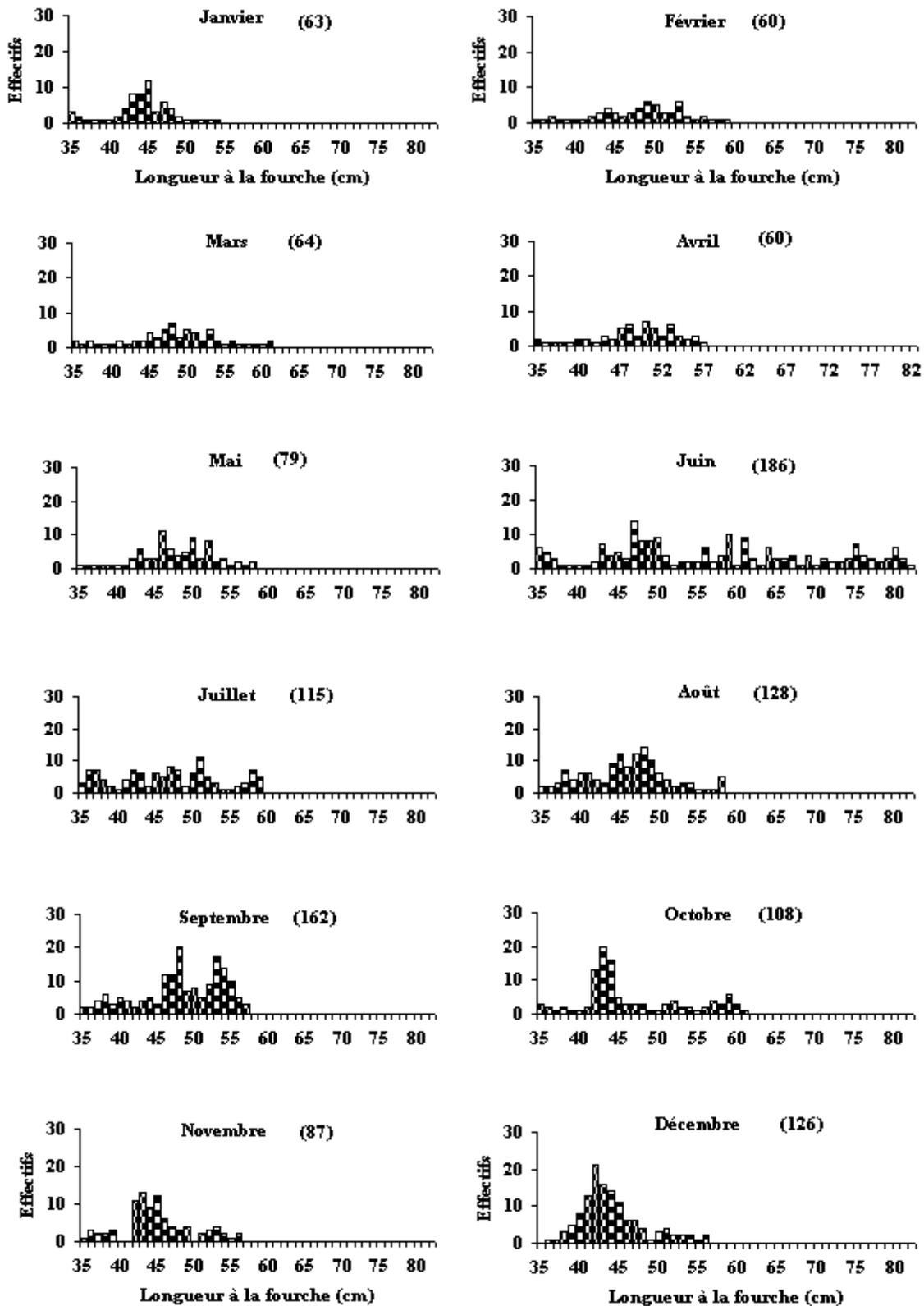
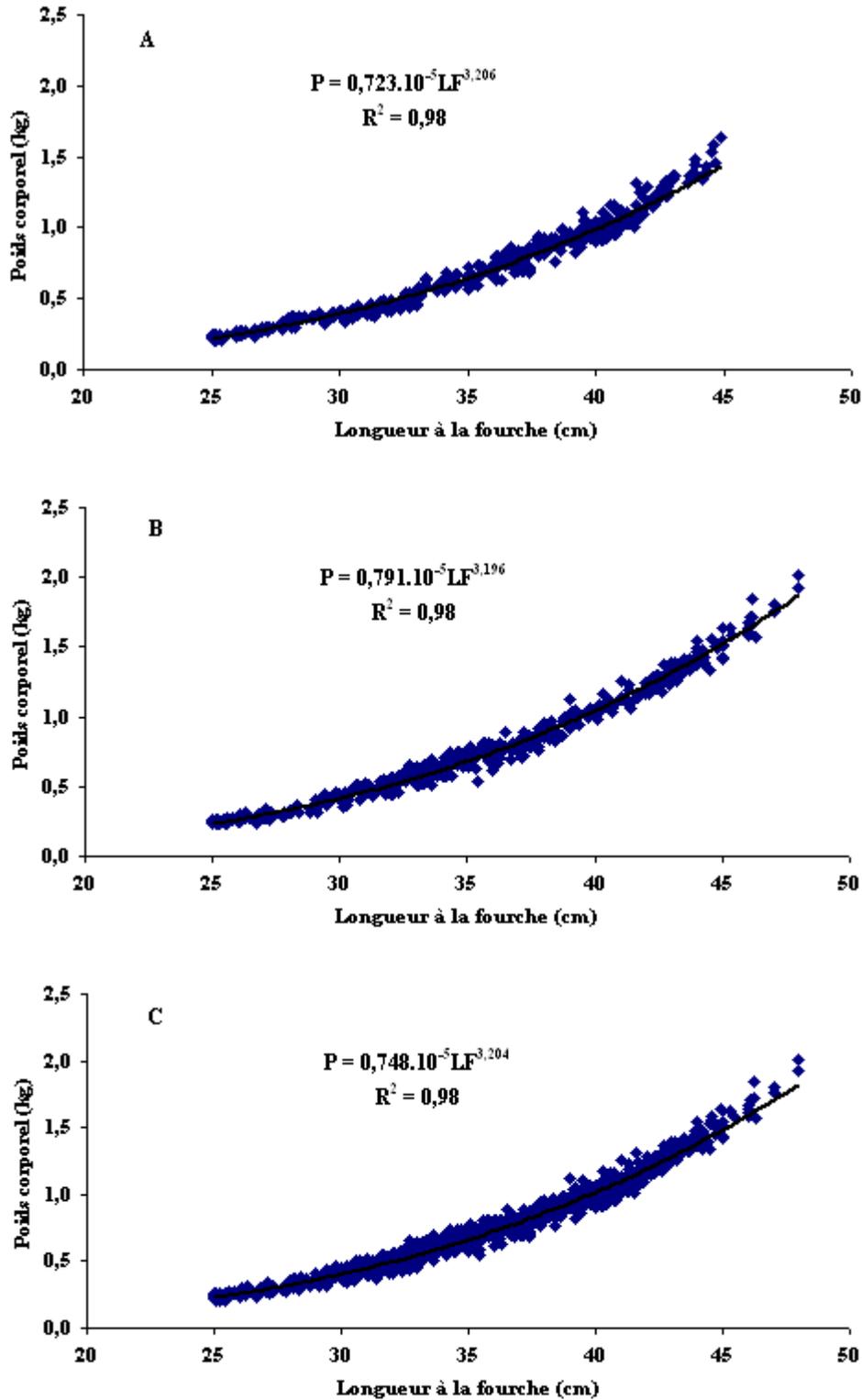
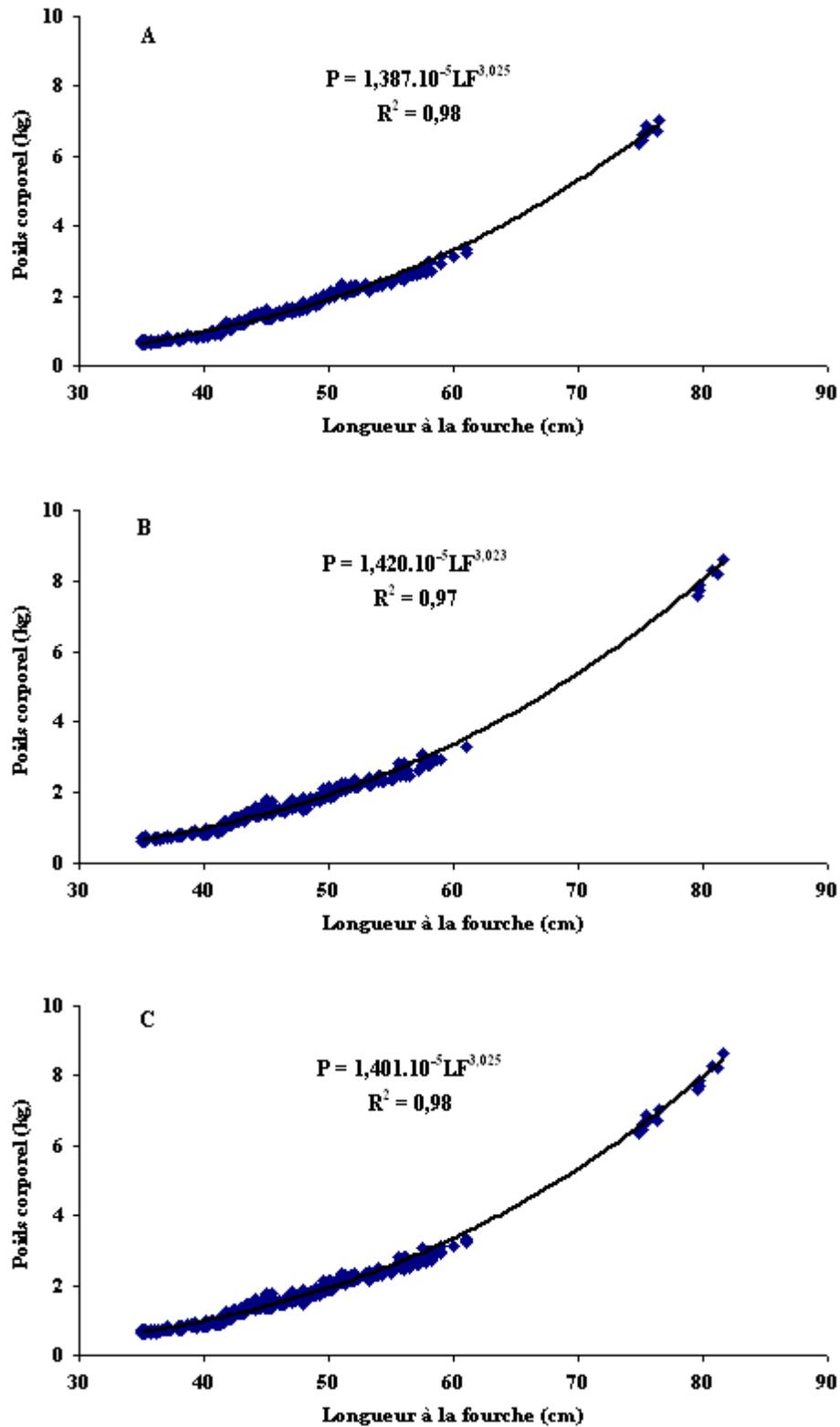


Figure 8 : Fréquences de taille des thonines débarquées au Port de Pêche d'Abidjan de janvier 2002 à décembre 2004.



**Figure 9** : Relation poids - longueur des auxides femelles, mâles et de sexes regroupés, débarquées au Port de Pêche d'Abidjan de janvier 2002 à décembre 2004.

- A : Femelles (n = 496)
- B : Mâles (n = 505)
- C : Sexes regroupés (n = 1001)



**Figure 10** : Relation poids - longueur des thonines femelles, mâles et de sexes regroupés, débarquées au Port de Pêche d'Abidjan de janvier 2002 à décembre 2004.

- A : Femelles (n = 500)
- B : Mâles (n = 509)
- C : Sexes regroupés (n = 1009)

### 1.1.3- Capture nominale

La Figure 11 présente les variations du nombre d'auxides et de thonines débarquées de 2002 à 2004. De façon générale, le nombre d'auxides et de thonines croît de juillet à septembre. Pour toutes les années, la tendance est la même. Le nombre de poissons débarqués augmente de janvier à septembre, puis, il diminue d'octobre à décembre. Cette tendance n'a pas été observée en 2002, où les prises ont été plus importantes en août qu'en septembre (Figure 11A). Outre les variations journalières, il y a des mois où beaucoup plus de thonines ont été capturées par rapport aux auxides ou inversement. En revanche, on constate que les prises d'auxides et de thonines sont plus importantes pendant la grande saison froide que pendant les autres saisons. De 2002 à 2004, les prises mensuelles cumulées d'auxides ou de thonines pendant les deux saisons froides ont oscillé entre 22486 individus (31,22 % des captures) et 29763 individus (34,76 % des captures). Les auxides capturés ont atteint 24619 individus (soit 28,76 % des captures), alors que 22993 thonines ont été débarquées (soit 31,92 % des captures). Les valeurs mensuelles cumulées, en saisons chaudes, sont comprises entre 11900 individus (17,02 % des captures) et 17140 individus (20,02 % des captures), avec 14091 auxides (16,46 % des captures) et 15032 thonines (21,50 % des captures). L'analyse des variances a montré qu'il n'y a pas de différences significatives entre les moyennes annuelles de captures nominales (Annexe 5 ; Tableaux III, IV et V). Chez l'auxide, ANOVA, ddl = 2 ; F = 1,033 ; p = 0,367 et chez la thonine, ANOVA, ddl = 2 ; F = 0,069 ; p = 0,934.

### 1.1.4- Capture pondérale

Les Figures 12A, 12B et 12C présentent les quantités d'auxides et de thonines débarquées de 2002 à 2004, au Port de Pêche d'Abidjan. Les quantités débarquées ont été peu importantes, soit 1 à 3 t pour l'auxide et 1 à 4 t pour la thonine, de janvier à avril. Ce n'est qu'à partir de mai que celles-ci ont augmenté jusqu'à atteindre des valeurs comprises entre 6 et 14 t (auxide) et entre 9 et 16 t (thonines), d'août à octobre. Excepté l'année 2002, où elles ont respectivement atteint 10 et 13 t en août, les quantités d'auxides et de thonines ont culminé en septembre 2003, soit respectivement 10 t et 14 t. La tendance a été identique en septembre 2004, soit 14 t d'auxides et 16 t de thonines. Les captures ont diminué ensuite, de novembre à décembre. Les tonnages réalisés par les pêcheurs artisans ont été considérables pendant la grande saison froide par rapport aux autres saisons. En particulier, les tonnages mensuels cumulés ont été plus importants au cours des deux saisons froides que pendant les deux saisons chaudes. De 2002 à 2004, les tonnages mensuels cumulés, pendant les deux saisons froides, ont varié de 34 t à 49 t, pour l'auxide et de 44 à 56 t, pour la thonine. En

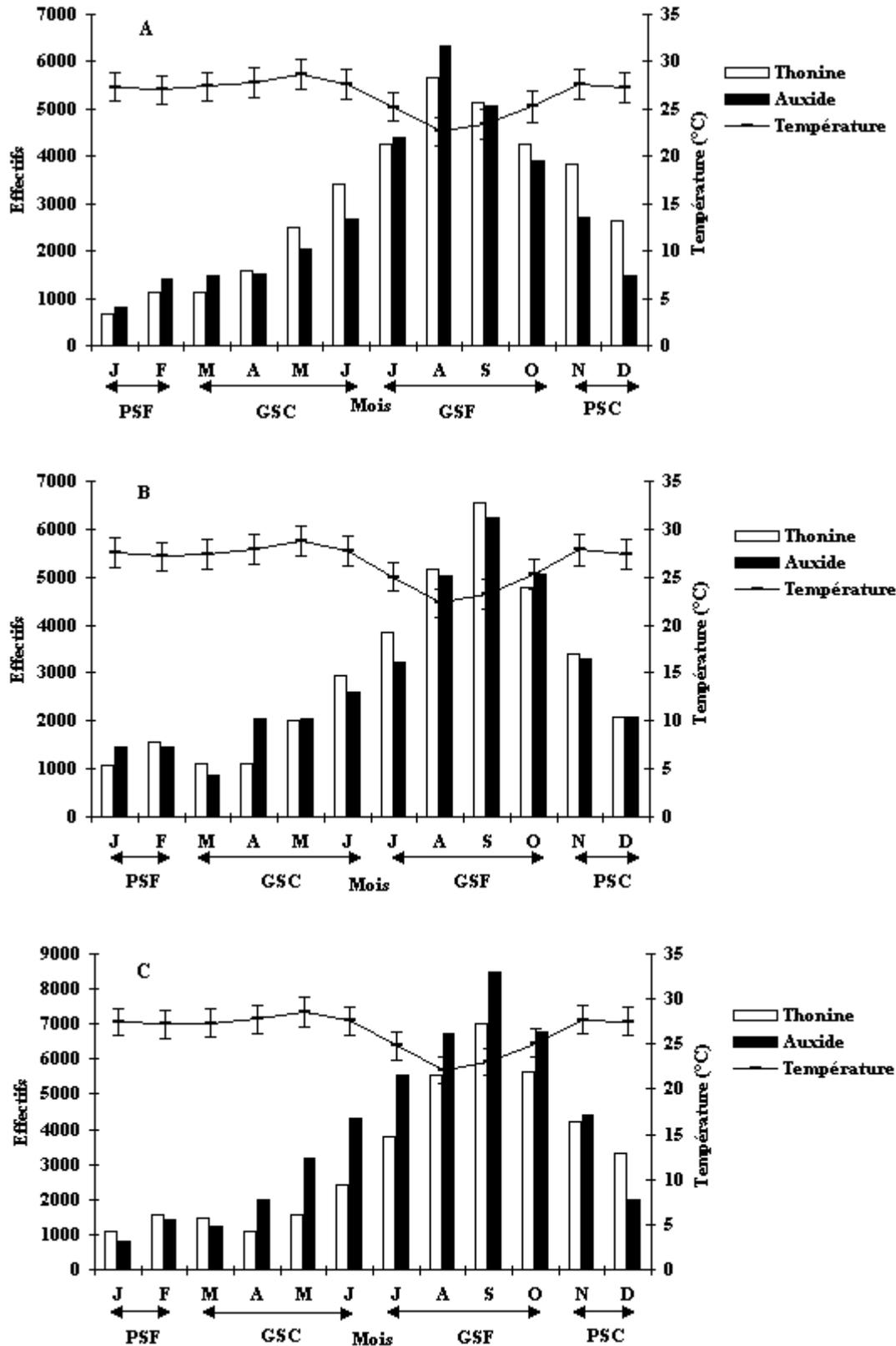


Figure 11 : Variations mensuelles de la capture nominale des thonidés mineurs par saison marine en 2002 (A), 2003 (B) et 2004 (C).

PSF = petite saison froide, GSC = grande saison chaude, GSF = grande saison froide, PSC = petite saison chaude.

saisons chaudes, les tonnages mensuels sont compris entre 17 et 27 t, pour l'auxide et entre 25 et 33 t, pour la thonine. Les tonnages annuels de thonidés mineurs débarqués sont de 135 t en 2002 (55 t d'auxides et 80 t de thonines), 137 t en 2003 (59 t d'auxides et 78 t de thonines) et 167 t en 2004 (80 t d'auxides et 87 t de thonines). Excepté les variations saisonnières mensuelles (Annexe 5 ; Tableaux III, IV et V), les moyennes annuelles de captures pondérales ne sont pas significativement différentes d'une année à l'autre (ANOVA, ddl = 2 ; F = 1,258 ; p = 0,297, chez l'auxide et ANOVA, ddl = 2 ; F = 0,111 ; p = 0,896, chez la thonine).

### 1.1.5- Effort de pêche

L'effort de pêche mensuel réalisé par les pêcheurs artisans varie d'une année à une autre, mais la même tendance s'observe, globalement (Figure 13). Depuis 2002, les sorties de pirogues ont augmenté au fil des années. On observe une évolution lente de l'effort de pêche de janvier à juin, avec un pic en septembre. Celui-ci chute en décembre. Cependant, les sorties de pirogues ont été plus importantes en 2004, entre juillet et septembre. Les variations de l'effort de pêche sont irrégulières, épousant une forme en dents de scie en 2002 (520 sorties de pirogues en juin, 1078 sorties en octobre, 96 en décembre) et 2003 (528 sorties de pirogues en mai, 342 sorties en juin, 1848 en septembre, 1127 en octobre et 506 sorties de pirogues en décembre). La tendance est plus ou moins la même en 2004. L'effort de pêche augmente de janvier (575 sorties de pirogues) à février (620 sorties), puis diminue en mars (413 sorties). Il augmente de nouveau en septembre (2501 sorties de pirogues). Il n'y a pas de différences significatives entre les moyennes annuelles de l'effort de pêche, de 2002 à 2004 (ANOVA, ddl = 2 ; F = 2,880 ; p = 0,070).

### 1.1.6- Prise par unité d'effort

Les Figures 14A, 14B et 14C présentent les quantités d'auxides et de thonines pêchées par les pêcheurs artisans, à chaque sortie de pirogues en mer, ou prises par unité d'effort (PUE). Les plus fortes valeurs de PUE ont été enregistrées en juin et novembre. En 2003, des pics de PUE ont été enregistrés en juin ( $18,74 \pm 0,57$  kg/sortie pour la thonine et  $12,63 \pm 0,89$  kg/sortie pour l'auxide). Cependant, certains mois, à savoir mai, juillet et décembre, affichent également des valeurs élevées de PUE. Les différences entre les moyennes des PUE d'une année à l'autre ne sont pas significatives, sur la période d'étude (Annexe 5 ; Tableaux III, IV et V ; ANOVA, ddl = 2 ; F = 0,514 ; p = 0,603, chez l'auxide et ANOVA, ddl = 2 ; F = 2,657 ; p = 0,085, chez la thonine). Par contre, sur l'ensemble des trois années, la thonine est l'espèce dont la moyenne de prise par unité d'effort est la plus élevée (ANOVA, ddl = 1 ; F =

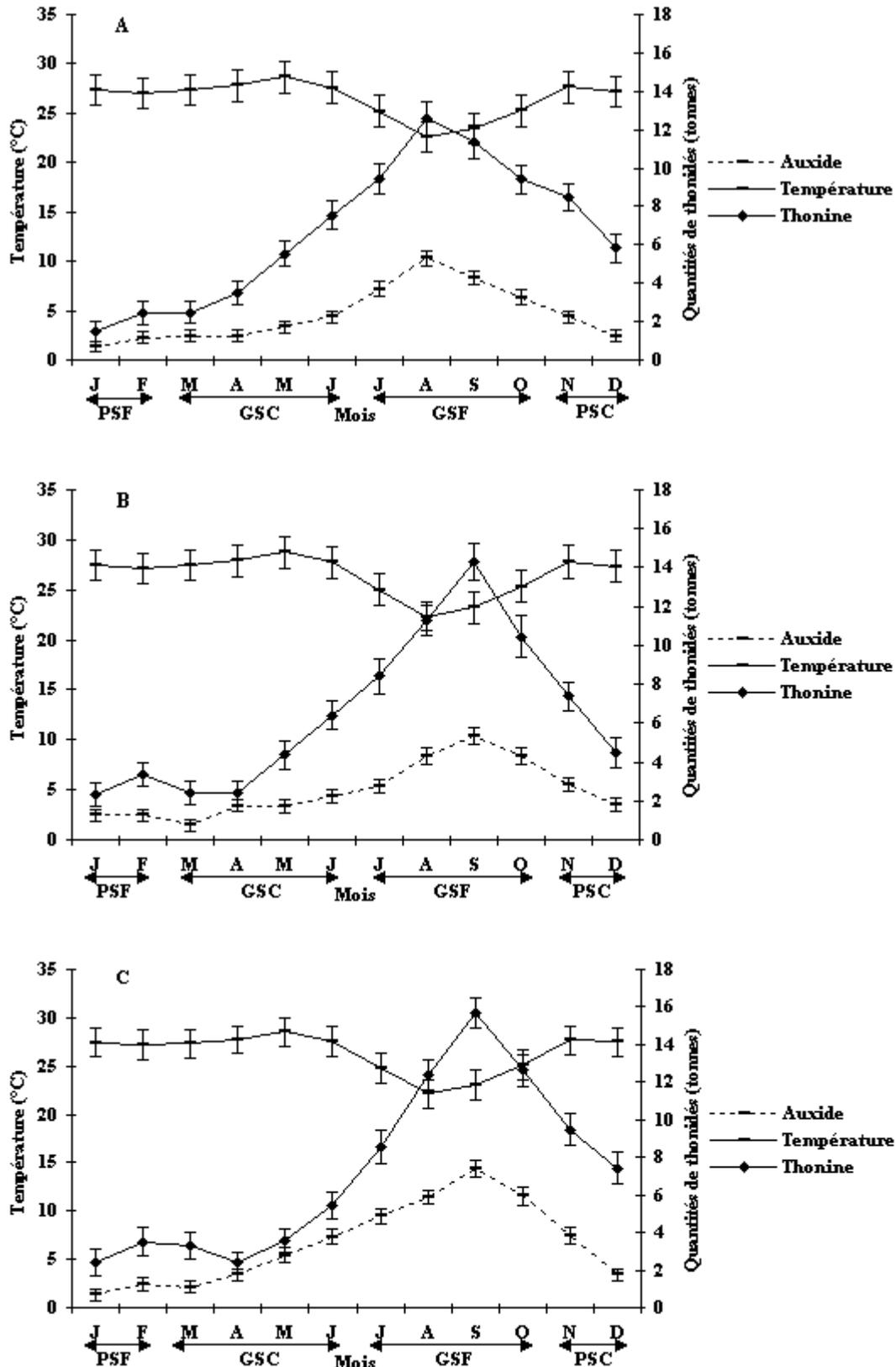
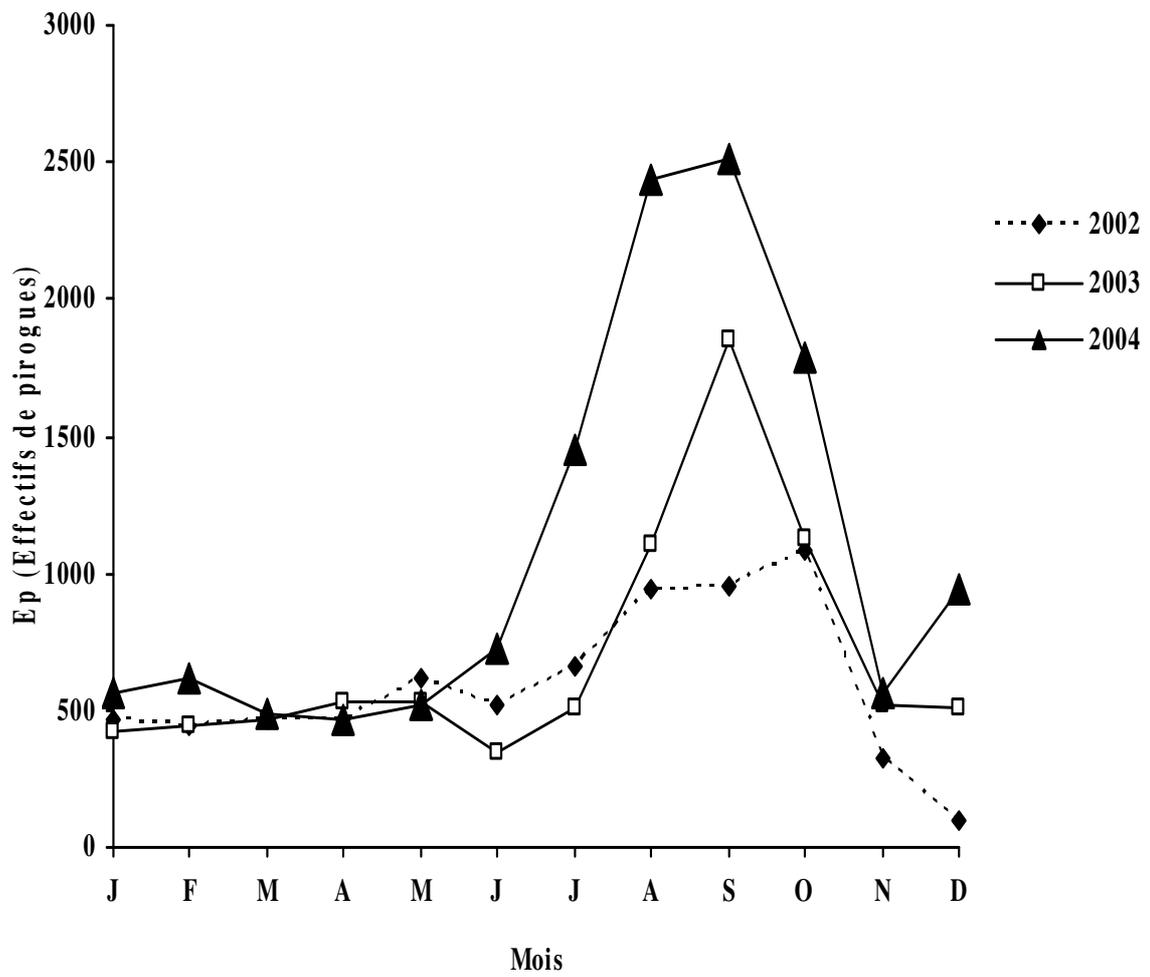


Figure 12 : Variations mensuelles de la capture pondérale des thonidés mineurs par saison marine en 2002 (A), 2003 (B) et 2004 (C).

PSF = petite saison froide, GSC = grande saison chaude, GSF = grande saison froide, PSC = petite saison chaude.



**Figure 13** : Efforts de pêches nominaux des pêcheurs artisans qui ont débarqué leurs prises, de 2002 à 2004, au Port de Pêche d'Abidjan.

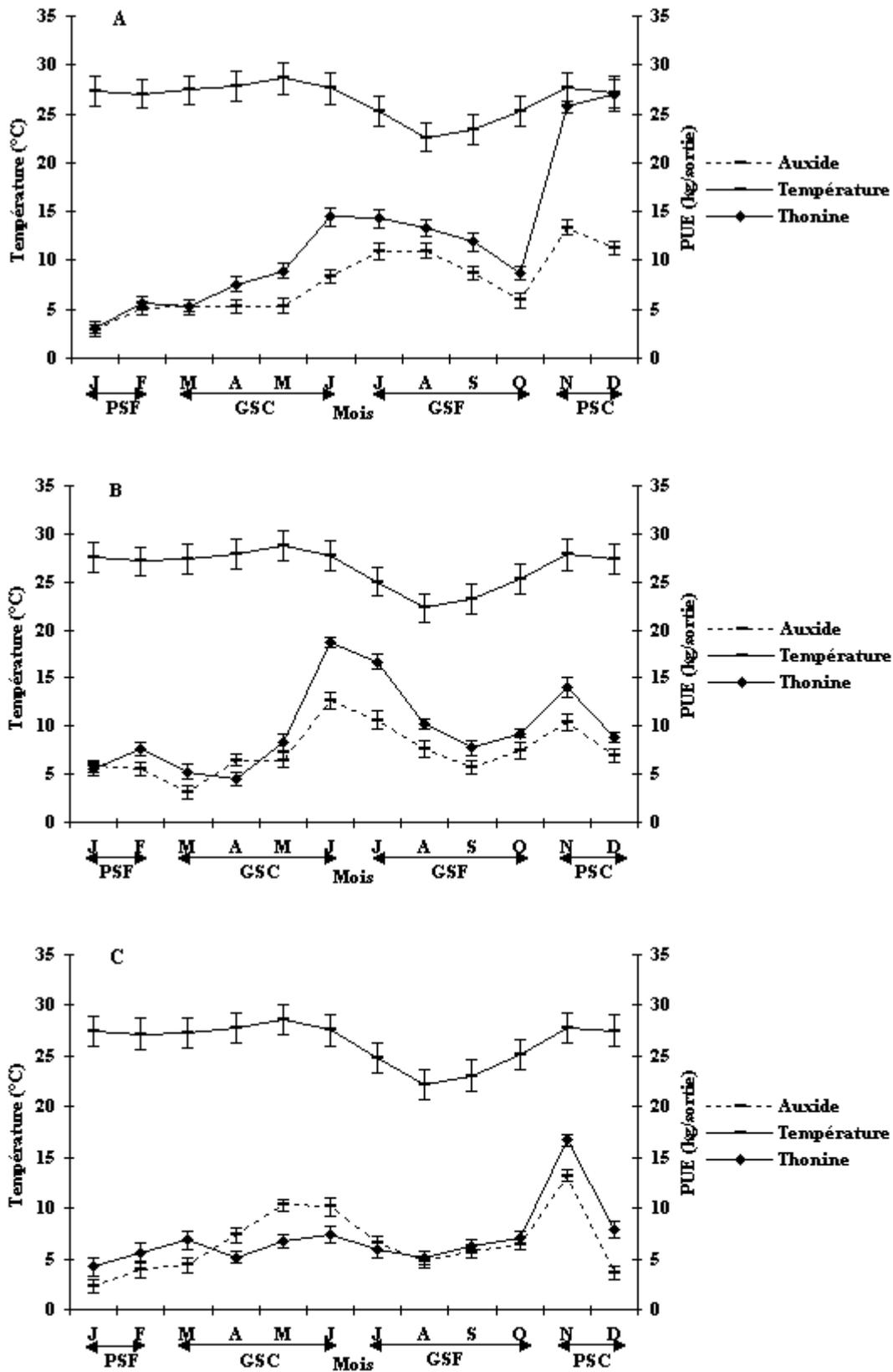


Figure 14 : Variations mensuelles des prises par unité d'effort des pêcheurs artisans par saison marine en 2002 (A), 2003 (B) et 2004 (C).

PSF = petite saison froide, GSC = grande saison chaude, GSF = grande saison froide, PSC = petite saison chaude.

5,135 ;  $p = 0,027$ ). Toutefois, l'analyse des variances n'a pas montré de différences significatives entre les moyennes annuelles de PUE des auxides et des thonines en 2002 (ANOVA, ddl = 1 ;  $F = 3,419$  ;  $p = 0,078$ ), 2003 (ANOVA, ddl = 1 ;  $F = 2,395$  ;  $p = 0,136$ ) et 2004 (ANOVA, ddl = 1 ;  $F = 0,167$  ;  $p = 0,687$ ).

## 1.2- Discussion

Effort de pêche, capture en nombre, capture pondérale et prise par unité d'effort changent d'intensité selon les saisons chaudes et les saisons froides. Cela pose le problème de la disponibilité de la ressource pendant ces saisons, mais aussi le problème de la vulnérabilité des thonidés aux filets maillants dérivants utilisés pour la pêche.

Les poissons capturés par les pêcheurs ont une large gamme de tailles qui inclut des juvéniles et des adultes. L'accès des pêcheurs à cette ressource est facilité par le fait que les thonidés mineurs capturés sont des espèces côtières (Collette et Nauen, 1983 ; Valeiras et Abad, 2010). Fréquemment, les deux espèces forment des bancs mixtes (Cayré *et al.*, 1988). Les tailles auxquelles les pêcheurs les capturent sont les tailles à partir desquelles ces thonidés sont généralement pris dans les engins des pêcheries de surface. Pour l'auxide, c'est généralement à partir de 25 cm LF (Collette et Nauen, 1983), alors que la thonine n'apparaît dans les captures qu'à partir de 30 cm LF (Valeiras et Abad, 2010). Les différents coefficients d'allométrie obtenus dans la présente étude, pour les relations poids - longueur, sont en accord avec la gamme de valeurs de « b », à savoir 2,5-3,5, suggérée par Pauly et Gayanilo (1997) comme étant une garantie de la validité de ce type de relation. Plusieurs auteurs ont déterminé les relations poids - longueur de l'auxide et de la thonine (Valeiras et Abad, 2010). Chez l'auxide, Madureira et Rossi-Wongtschowski (2005) ont trouvé au Brésil la relation  $P_c = 0,01 \times LF^{3,13}$ , ce qui traduit chez cette espèce une croissance allométrique. Pour la thonine, la relation  $P_c = 0,0138 \times LF^{3,035}$  trouvée au Sénégal (Diouf, 1980) traduit une isométrie de croissance. La similarité de la valeur du coefficient d'allométrie « b » entre mâles et femelles auxides et thonines pourrait traduire l'absence de compétition pour la nourriture dans le milieu d'étude (Tesch, 1968 ; Kleanthidis *et al.*, 1999). L'allure de la courbe pourrait être due, notamment, à deux faits importants. À un moment donné de la vie du poisson, sa taille ne varie plus. Seul son poids corporel varie au rythme des conditions du moment, selon qu'il soit plus ou moins bien nourri ou qu'il soit en période de reproduction. La résultante de l'ensemble des couples de valeurs poids et longueur donne l'allure et l'équation de la courbe de relation poids – longueur du poisson. Par ailleurs, l'inégalité observée au niveau des poids

corporels serait due à l'inégalité relative entre les poids des viscères, mais aussi à la grosseur relative des gonades, consécutive au stade de maturité sexuelle. Les principales raisons de ces différences proviennent du fait que le matériel biologique peut présenter une variabilité parfois importante des caractéristiques étudiées tels que la taille et le poids (Fréon, 1979). Ainsi, pour une même taille, divers individus de la même espèce présenteront des poids différents. Aussi, les valeurs consignées dans l'Annexe 4 n'y sont-elles qu'à titre indicatif, au regard de l'extrême complexité d'établir une relation poids - longueur moyenne (Fréon, 1979). Toutefois, chez la thonine, les valeurs qui figurent dans cet Annexe 4 sont proches de celles calculées par Cayré *et al.* (1988) à l'aide de l'équation de la relation poids - longueur de Diouf (1980).

La température de l'eau de mer a une influence sur la distribution et la présence des thonidés dans le milieu d'étude. En effet, la capture en nombre des thonidés varie parce que la disponibilité des espèces est différente, d'une saison marine à l'autre. Les variations moyennes mensuelles de la température, obtenues de 2002 à 2004, déterminent deux périodes de températures élevées, séparées par une période de basses températures comprise entre juin et novembre. Elles correspondent aux descriptions faites des saisons marines chaudes et des saisons froides par Golé-Bi *et al.* (2005). Les deux pics de température sont observés pendant la grande saison chaude (GSC) et la petite saison chaude (PSC) respectivement, en mai et novembre. En revanche, la chute de température, notée de juillet à septembre, a lieu dans la grande saison froide (GSF) où il se produit l'upwelling majeur (Varlet, 1958 ; Morlière, 1970 ; Arfi *et al.*, 1991). Celle-ci est la saison de bonne pêche. Elle est caractérisée par de faibles températures, le refroidissement homogène des couches d'eau en surface et une salinité importante, signes distinctifs de l'upwelling majeur. Le déroulement de ce phénomène favorise l'arrivée massive de thonidés dans les aires de pêche des pêcheurs artisans (Diaha, 2010 ; Soro, 2010) et donc des captures importantes. Toutefois, Bard *et al.* (1988) font remarquer que même présents dans un lieu donné, les thons ne sont pas toujours vulnérables aux engins de pêche, ceci pour des raisons diverses liées au comportement des espèces. De plus, la majorité des thons capturés est constituée de jeunes spécimens dont les capacités écophysiologiques sont moins différenciées par rapport à celles des adultes. Ceci fait qu'ils évitent de pénétrer dans le domaine subthermocline froid et pauvre en oxygène, comme le font les adultes (Amon-Kothias et Bard, 1993). Par conséquent, ils forment des bancs proches de la surface, où ils sont les plus exposés aux captures. En effet, les thons de petite taille se rencontrent dans les couches d'eau comprises entre la surface et la thermocline (FAO, 2012b). Par ailleurs, une raison supplémentaire pour expliquer l'importance des captures nominale et

pondérale réside dans l'augmentation par les pêcheurs de la taille des filets maillants dérivants pendant la grande saison froide, ceci, dans le but d'accroître les chances de faire de bonnes pêches (Bard et N'Goran, 2000). Les fluctuations des captures nominale et pondérale corrélées aux saisons marines corroborent l'affirmation selon laquelle la température de l'eau de mer est un paramètre qui influence considérablement la disponibilité des thonidés et, par conséquent, leur distribution (Bard, 1999 ; FAO, 2012b).

Le rôle que joue la grande saison froide dans le milieu d'étude est important. Gouriou (1988) pense que les conditions de nourriture et de températures favorables que celle-ci crée conditionnent, très largement, tant l'abondance des stocks que les migrations de ceux-ci et les possibilités pour les pêcheurs de les capturer. Par exemple, Diouf (1980) note qu'au Sénégal, la disponibilité de la thonine est forte pendant les mois où les upwellings côtiers sont plus intenses. Plusieurs auteurs (Binet, 1993 ; Herbland et Le Loeuff, 1993 ; Reysac, 1993) pensent que les eaux fertiles, débitées de juillet à octobre par l'upwelling majeur, constituent un écosystème particulier dans lequel se développent une production primaire, puis, des chaînes trophiques. L'upwelling côtier ivoirien est cité en exemple par Stretta (1988) parmi les systèmes productifs connus dans l'Atlantique tropical oriental. Quant à Cury (1995), il souligne que le plateau continental ivoiro-ghanéen est relativement petit, mais qu'il a une productivité en poissons similaire à celle des autres systèmes d'upwelling, à l'exception du courant de Humboldt. Ce courant marin froid, encore appelé courant du Pérou, rafraîchit la température de l'eau en surface, de 5 à 10 °C. L'eau froide entraîne avec elle des nitrates et des phosphates provenant des fonds marins. Ceux-ci nourrissent le phytoplancton, qui se multiplie rapidement, favorisant le développement du zooplancton. À leur tour, les poissons qui se nourrissent du zooplancton se développent et se multiplient. Ainsi, le courant de Humboldt s'enrichit en plancton, ses eaux sont très poissonneuses, ce qui profite aux pêcheurs et aux oiseaux marins (Anonyme, 2013b et c).

L'effort de pêche varie selon le niveau d'activité plus ou moins intense des pêcheurs. Hervé *et al.* (1996) ont noté que généralement, l'effort de pêche est proche de 500 sorties de pirogues en juin et qu'il augmente ensuite, atteignant 1500 sorties de pirogues en septembre. Par ailleurs, une augmentation de l'effort de pêche a été observée, de janvier à février 2004. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la pêche a été relativement bonne, à cause des conditions favorables, notamment, la baisse de la température de surface de la mer, créées par la survenue du petit upwelling de janvier - février. Il est évident que plus la ressource est disponible, plus le nombre de pirogues qui prennent la mer est important. Au Sénégal, par exemple, Diouf (1980) a montré que les variations de l'effort de pêche sont dues aux

migrations des pêcheurs artisans à la recherche d'espèces intéressantes. En Côte d'Ivoire, l'augmentation de l'effort de pêche, en certaines périodes de l'année, est liée à plusieurs facteurs. Il s'agit, notamment, des situations de températures favorables à la pêche et de l'abondance de nourriture créées par la saison froide. Outre ces deux facteurs, un autre facteur important semble être l'arrivée massive de pêcheurs en provenance du Ghana voisin, pendant la grande saison froide, ce qui entraîne l'augmentation du parc piroguier, donc l'augmentation du nombre de sorties de pirogues.

De nombreux auteurs (Laurec et Le Guen, 1981 ; FAO, 1999) considèrent la prise par unité d'effort comme un indice de l'abondance d'une espèce donnée dans le milieu. La grande saison froide est la saison qui est propice à l'abondance relative des thonidés. Cependant, des faibles valeurs de la prise par unité d'effort y sont enregistrées parce que cette période coïncide avec d'intenses activités de pêche. En fait, la PUE dépend fortement des variations de l'effort de pêche, de sorte qu'elle est relativement faible pendant les mois de juillet à octobre qui correspondent à la grande saison froide, où l'on enregistre chaque année les plus fortes valeurs d'effort de pêche. Comme la PUE est, par définition, le ratio des quantités pêchées au nombre de sorties des pirogues, elle ne s'en trouve pas plus importante lorsque ce ratio est faible. Ceci indique que la PUE est peu élevée pendant la saison de forte disponibilité de la ressource exploitée. En effet, lorsque la pression d'exploitation est forte (trop de sorties de pirogues, comme c'est généralement le cas pendant la grande saison froide), les quantités de poissons pêchées ne sont pas toujours importantes pour toutes les pirogues. Dans ces conditions, la prise par unité d'effort de pêche devient relativement faible. Diaha *et al.* (2009) ont aussi noté des faibles valeurs de la prise par unité d'effort, pendant la grande saison froide, dans l'étude comparée de la pêche aux thonidés mineurs par les chaluts doubles et les pirogues dans la ZEE ivoirienne. Par ailleurs, hormis les variations saisonnières mensuelles, les PUE de l'auxide ne sont pas significativement différentes de celles de la thonine, probablement parce que les pêcheurs ne ciblent pas spécifiquement l'une ou l'autre de ces deux espèces de thonidés mineurs, quelle que soit la saison de pêche.

## 2- BIOLOGIE DE LA REPRODUCTION DE *Auxis thazard* ET DE *Euthynnus alletteratus*

### 2.1- Résultats

#### 2.1.1- Sex-ratio

Les Tableaux VIA et VIB indiquent les sex-ratios des auxides et des thonines. Pour l'ensemble des observations, aucun des sexes n'est prédominant chez l'auxide et chez la thonine. Cependant, dans certains mois, janvier et mars, notamment, les femelles semblent légèrement prédominer, mais le test de Khi-deux indique que la différence entre le nombre de mâles et de femelles n'est pas significative.

Au niveau des saisons marines, les valeurs du sex-ratio sont proches de 1:1 et ce, pour les deux espèces (Tableaux VIIA et VIIB). Il n'y a donc pas de différences significatives dans la répartition des sexes, quelle que soit la saison.

#### 2.1.2- Taille de première maturité sexuelle

Les Figures 15A et 15B présentent les courbes logistiques à partir desquelles ont été déterminées les tailles de première maturité sexuelle des thonidés. La taille de première maturité sexuelle ( $LF_{50}$ ) est de 29,88 cm chez les femelles et de 30,21 cm chez les mâles auxides. La différence entre les tailles de première maturité n'est pas significative ( $\chi^2 = 5,34$  ;  $p > 0,05$ ). La taille du plus petit mâle mature est de 28,3 cm et celle de la plus petite femelle mature est de 28,0 cm. Tous les individus sont matures à partir de 35 cm.

Les tailles de première maturité sexuelle pour les mâles et les femelles thonines sont respectivement de 42,15 et 42,54 cm. La taille du plus petit mâle mature est de 40,4 cm et celle de la plus petite femelle mature est de 40,8 cm. Cent pour cent des mâles et des femelles sont matures à environ 46 cm. La taille de première maturité n'est pas significativement différente entre les sexes ( $\chi^2 = 1,07$  ;  $p > 0,05$ ).

#### 2.1.3- Variation mensuelle du pourcentage des stades de maturation sexuelle chez *Auxis thazard*

Chez les mâles, les individus immatures (stade I) et ceux de stade II ont été rencontrés toute l'année, mais à des pourcentages qui varient d'un mois à l'autre (Figure 16A). Les individus de stade II ont été nombreux, de janvier à mai, tandis que l'effectif de ceux de stade I a augmenté, de juin à septembre. Les auxides de stade III ont été rencontrées d'avril à octobre. Elles ont été relativement plus nombreuses en avril et mai (48,15 %), mais leur

**Tableau VIA** : Longueur à la fourche (cm), nombre de mâles et de femelles et sex-ratios de *Auxis thazard* dans les prises de 2004 des pêcheurs artisans.

Mois	M. immatures	M. matures	F. immatures	F. matures	Sex-ratio	$\chi^2$
	LFmin-max	LFmin-max	LFmin-max	LFmin-max	M:F	
J	27-28 (2)	30-46 (19)	26-28 (3)	31-41 (24)	1:1,3	0,76
F	26-29 (3)	33-48 (25)	25-26 (2)	32-42 (23)	1:0,9	0,17
M	27(1)	30-46 (19)	27-29 (3)	30-44 (22)	1:1,3	0,56
A	26-28 (2)	31-46 (19)	27-28 (2)	30-41 (23)	1:1,2	0,35
M	25-26 (2)	30-44 (25)	25-27 (3)	30-42 (25)	1:1	0,02
J	26-29 (5)	30-44 (29)	25-27 (4)	30-41 (29)	1:1	0,01
J	25-29 (7)	30-44 (30)	25-29 (8)	30-42 (33)	1:1,1	0,21
A	25-29 (9)	30-45 (37)	25-29 (7)	30-44 (44)	1:1,1	0,26
S	25-29 (11)	30-45 (31)	25-29 (10)	30-44 (37)	1:1,1	0,28
O	26-28 (3)	31-45 (30)	27-28 (2)	33-45 (32)	1:1	0,01
N	26-27 (2)	30-45 (29)	26-27 (2)	32-45 (29)	1:1	0,00
D	27-28 (2)	30-39 (27)	26-28 (3)	30-43 (26)	1:1	0,00
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>320</b>	<b>49</b>	<b>347</b>	<b>1:1,1</b>	<b>0,95</b>

(n) = nombre de spécimens ; M = mâles ; F = femelles ; LF<sub>min-max</sub> = longueur minimale – maximale.

**Tableau VIB** : Longueur à la fourche (cm), nombre de mâles et de femelles et sex-ratios de *Euthynnus alletteratus* dans les prises de 2004 des pêcheurs artisans.

Mois	M. immatures	M. matures	F. immatures	F. matures	Sex-ratio	$\chi^2$
	LFmin-max	LFmin-max	LFmin-max	LFmin-max	M:F	
J	36-38 (2)	42-49 (14)	35-36 (2)	43-54 (26)	1:1,8	3,54
F	39-41 (3)	42-53 (20)	35-37 (2)	42-59 (21)	1:1	0,00
M	40-41 (2)	42-56 (17)	35-37 (3)	43-61 (21)	1:1,3	0,59
A	40 (2)	43-56 (23)	35-37 (4)	43-57 (20)	1:1	0,02
M	38-39 (2)	42-58 (32)	35-37 (3)	42-58 (27)	1:0,9	0,25
J	35-38 (6)	43-82 (41)	35-37 (5)	42-76 (35)	1:0,9	0,57
J	36-39 (8)	42-59 (38)	35-40 (7)	42-76 (31)	1:0,8	0,77
A	35-41 (10)	42-58 (39)	36-41 (9)	42-58 (38)	1:1	0,04
S	35-41 (9)	45-56 (38)	35-41 (11)	42-57 (33)	1:0,9	0,10
O	36-41 (3)	42-61 (31)	35-41 (3)	42-56 (28)	1:0,9	0,14
N	37-39 (2)	42-56 (31)	36-37 (3)	42-54 (30)	1:1	0,00
D	38-40 (3)	42_56 (30)	39-41 (2)	42-56 (31)	1:1	0,00
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>354</b>	<b>54</b>	<b>341</b>	<b>1:1</b>	<b>0,15</b>

(n) = nombre de spécimens ; M = mâles ; F = femelles ; LF<sub>min-max</sub> = longueur minimale – maximale.

**Tableau VIIA** : Variations du sex-ratio de *Auxis thazard* en fonction des saisons marines de 2004.

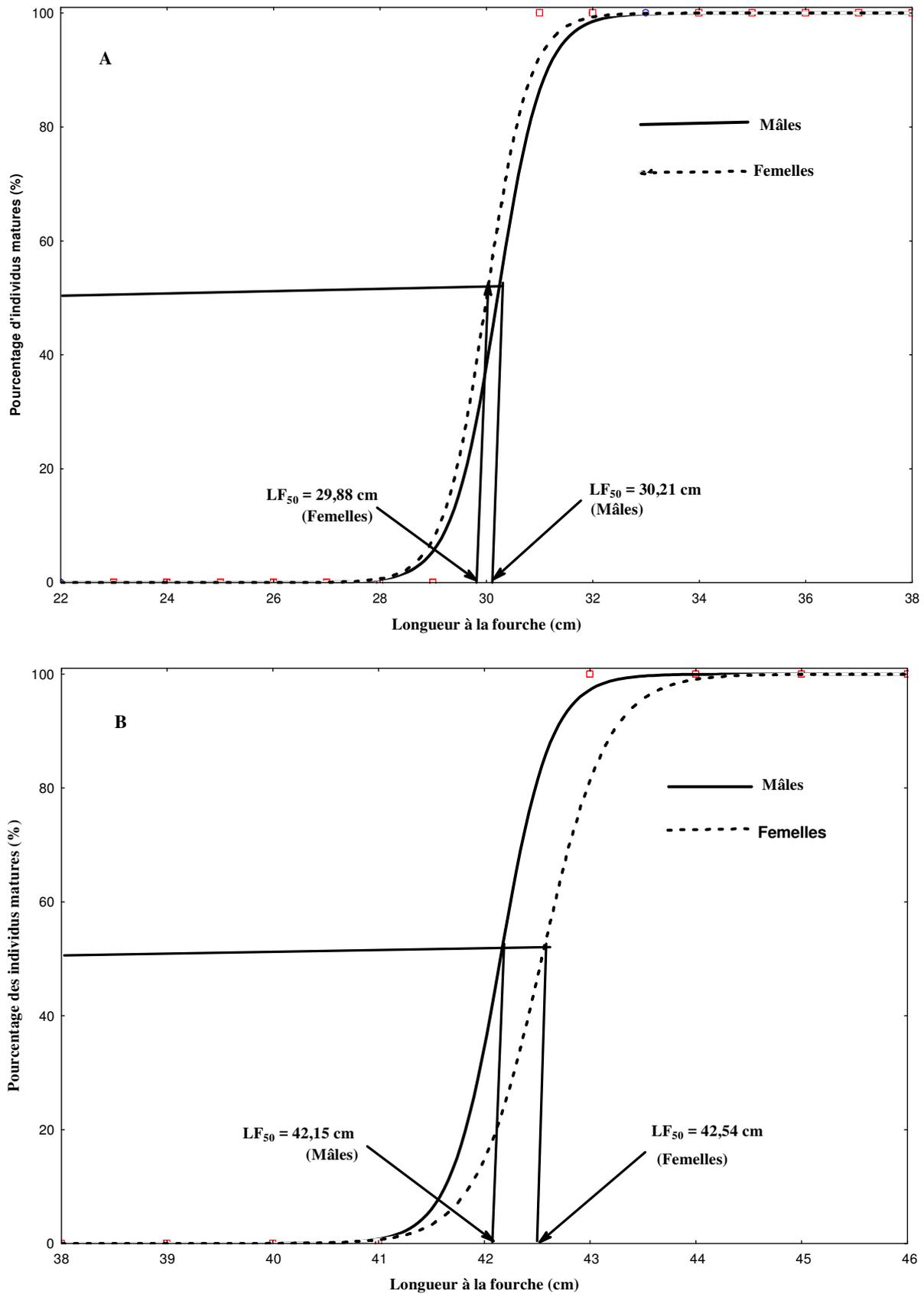
Saisons	M. immatures	M. matures	F. immatures	F. matures	Sex-ratio	$\chi^2$
	LFmin-max	LFmin-max	LFmin-max	LFmin-max	M:F	
PSF	26-29 (5)	30-48 (44)	25-28 (5)	31-42 (47)	1:1,1	0,09
GSC	25-29 (10)	30-46 (92)	25-29 (12)	30-44 (99)	1:1,1	0,38
GSF	25-29 (30)	30-45 (128)	25-29 (27)	30-45 (146)	1:1,1	0,68
PSC	26-28 (4)	30-45 (56)	26-28 (5)	30-45 (55)	1:1	0,00
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>320</b>	<b>49</b>	<b>347</b>	<b>1:1,1</b>	<b>0,95</b>

LF = longueur à la fourche (cm), (n) = nombre de spécimens ; M = mâles ; F = femelles; LF<sub>min-max</sub> = longueur minimale-maximale ; PSF = petite saison froide, GSC = grande saison chaude, GSF = grande saison froide, PSC = petite saison chaude.

**Tableau VIIB** Variations du sex-ratio de *Euthynnus alletteratus* en fonction des saisons marines de 2004.

Saisons	M. immatures	M. matures	F. immatures	F. matures	Sex-ratio	$\chi^2$
	LFmin-max	LFmin-max	LFmin-max	LFmin-max	M:F	
PSF	36-41 (5)	43-53 (34)	35-37 (4)	42-59 (47)	1:1,3	1,63
GSC	35-41 (12)	42-82 (113)	35-37 (15)	42-76 (103)	1:0,9	0,20
GSF	35-41 (30)	42-61 (146)	35-41 (30)	42-76 (130)	1:0,9	0,76
PSC	37-40 (5)	42-56 (61)	36-41 (5)	42-54 (61)	1:1	0,00
<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>354</b>	<b>54</b>	<b>341</b>	<b>1:1</b>	<b>0,15</b>

LF = longueur à la fourche (cm), (n) = nombre de spécimens ; M = mâles ; F = femelles; LF<sub>min-max</sub> = longueur minimale-maximale ; PSF = petite saison froide, GSC = grande saison chaude, GSF = grande saison froide, PSC = petite saison chaude.



**Figure 15** : Taille de première maturité sexuelle (LF<sub>50</sub>) en fonction du pourcentage des mâles et des femelles des thonidés mineurs étudiés.

A : Mâles (n = 369) et femelles (n = 396) *Auxis thazard*

B : Mâles (n = 406) et femelles (n = 395) *Euthynnus alletteratus*

nombre a diminué de plus en plus jusqu'en octobre (6,06 %). Quant au stade IV, il a été observé de juin à novembre, dans des proportions variant de 41,30 %, en août à 12,90 %, en novembre. Les individus de stade V ont été observés à partir de juillet (8,11 %). Leur nombre a augmenté jusqu'en novembre (54,84 %) et décembre (51,72 %). Le stade VI a été observé de décembre à mars, avec un pourcentage faible en décembre (10,35 %), mais élevé en janvier (52,38 %).

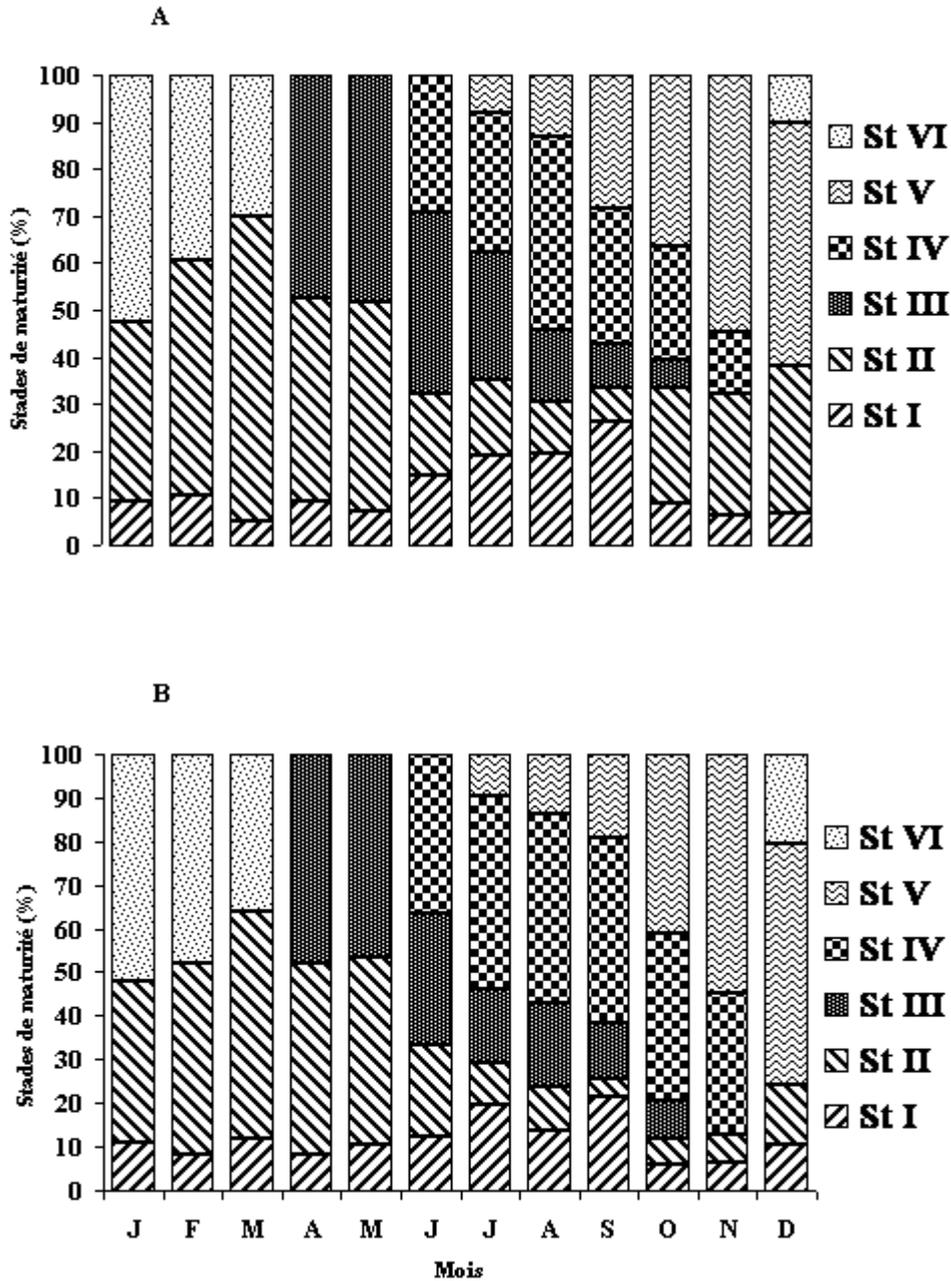
Chez les femelles, les individus de stade I et ceux de stade II ont été observés, également, d'un mois à l'autre, avec une proportion similaire à celle observée chez les mâles (Figure 16B). Les femelles en maturation (stade III) ont été observées, d'avril à octobre, dans des proportions variant de 48,00 %, en avril à 8,82 %, en octobre. Les femelles pleines (stade IV) ont été rencontrées de juin (36,36 %) à novembre (32,26 %). Relativement peu nombreuses en juillet (9,76 %), les femelles qui ont pondu leurs œufs (femelles de stade V) ont été plus nombreuses en novembre (54,84 %) et décembre (55,17 %). Quant à celles qui étaient en repos sexuel (stade VI), elles ont été observées, de décembre (20,69 %) à mars (36,00%), et ont été plus nombreuses en janvier (51,85 %).

#### **2.1.4- Variation mensuelle du pourcentage des stades de maturation sexuelle chez**

##### ***Euthynnus alletteratus***

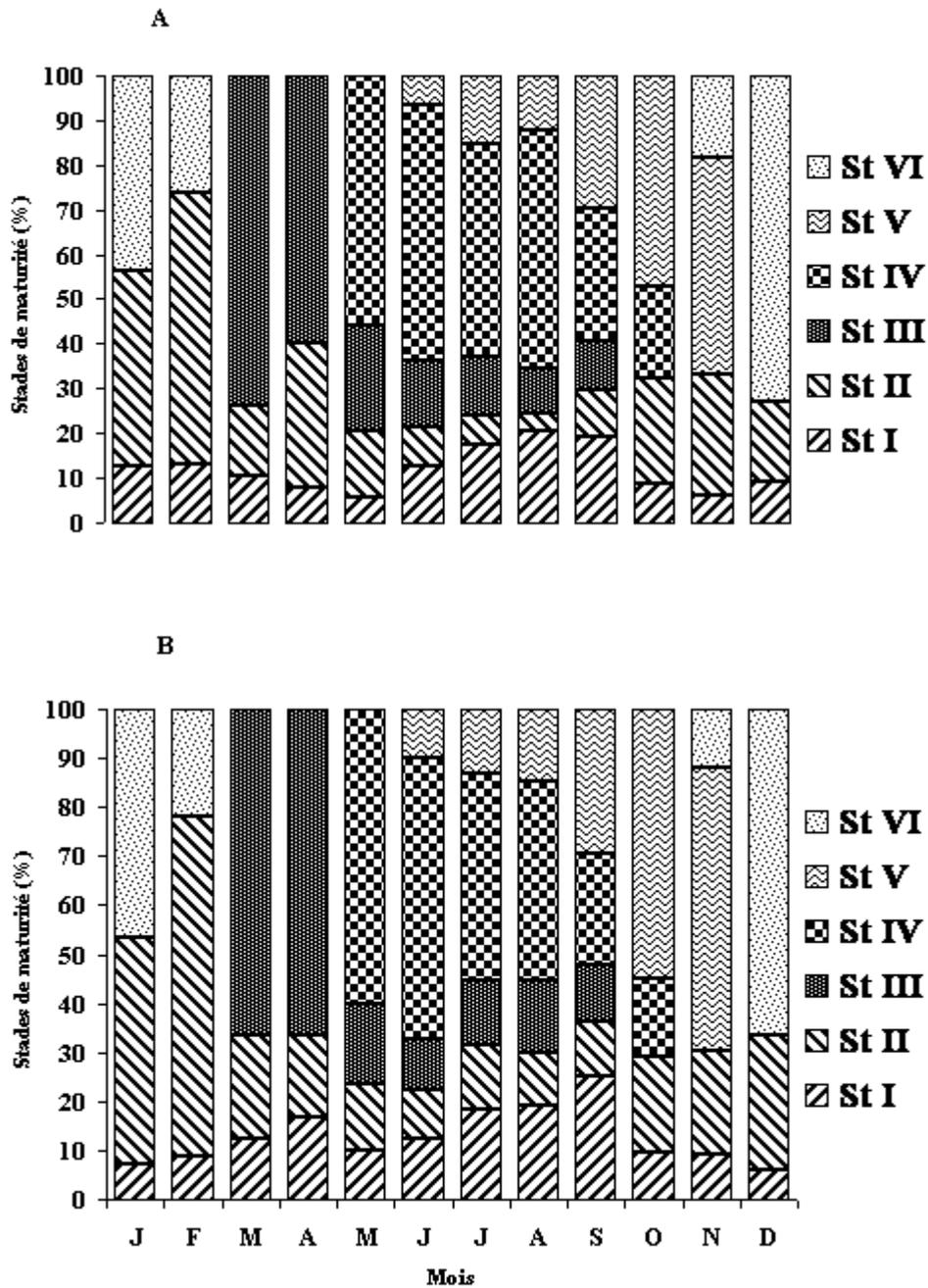
Les stades de maturation sexuelle des thonines ont évolué dans le temps (Figure 17A). Les mâles des stades I et II ont été présents toute l'année. Les thonines de stade III ont été observées de mars (73,68 %) à septembre (10,64 %). Quant au stade IV, il a été observé de mai à octobre, dans des proportions variant de 55,88 %, en mai à 20,59 %, en octobre. Les individus de stade V ont été moins nombreux en juin (6,38 %), par rapport à d'autres mois, dont novembre (48,48 %), où ils ont été rencontrés. Les mâles en repos sexuel (stade VI) ont été observés, de novembre (18,18 %) à février (26,09 %), avec un fort pourcentage en décembre (72,73 %).

Chez les femelles, les stades I et II ont évolué de façon similaire au cas des mâles (Figure 17B). Les femelles de stade III ont été observées de mars (66,67 %) à septembre (11,36 %). Les femelles pleines (stade IV) ont été présentes de mai (60 %) à octobre (16,13 %). Relativement peu nombreuses en juin (10 %), les femelles qui ont pondu (stade V) ont culminé en novembre (57,58 %). Quant à celles qui étaient en repos sexuel (stade VI), elles ont été observées de novembre (12,12 %) à février (21,74 %). Elles ont été très nombreuses en décembre (66,67 %).



**Figure 16 :** Pourcentage des stades macroscopiques de maturation des mâles et des femelles *Auxis thazard* en 2004.

A : mâles ; B : femelles ; St : stade ; St I = immature ; St II = début de maturation ; St III = maturation ; St IV = males spermants, femelles en état de ponte ; St V = post-spermiation, post-ponte ; St VI = repos sexuel.



**Figure 17 :** Pourcentage des stades macroscopiques de maturation des mâles et des femelles *Euthynnus alletteratus* en 2004.

A : mâles ; B : femelles ; St : stade ; St I = immature ; St II = début de maturation ; St III = maturation ; St IV = males spermiantes, femelles en état de ponte ; St V = post-spermiation, post-ponte ; St VI = repos sexuel.

## 2.1.5- Indices de maturité sexuelle chez *Auxis thazard*

### 2.1.5.1- Rapport gonado-somatique (RGS)

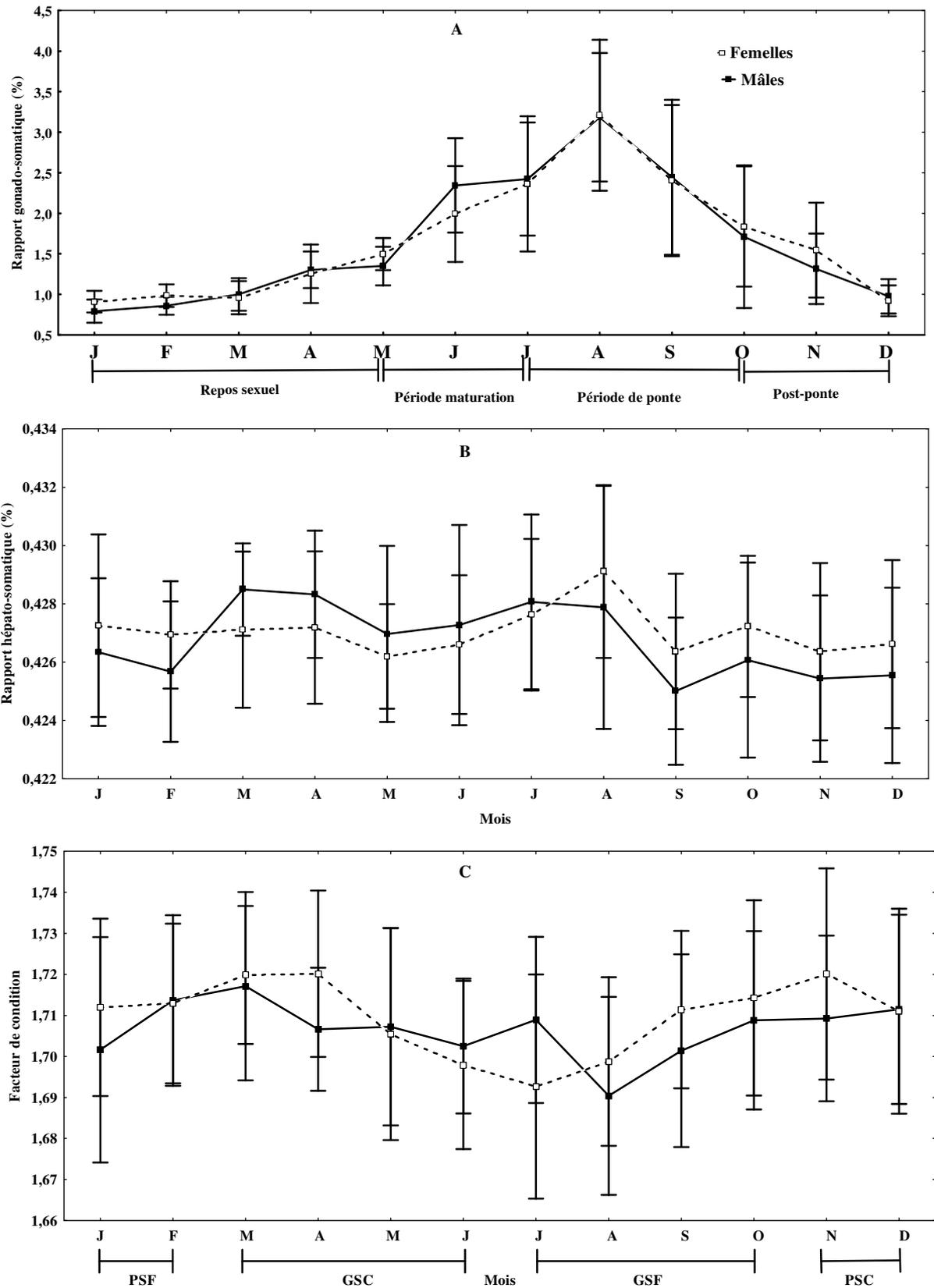
De façon générale, le RGS des mâles évolue dans le même sens que celui des femelles et l'amplitude des variations est la même (Figure 18A). Les valeurs mensuelles du RGS croissent lentement, de février à mai, puis rapidement, à partir de juin et atteignent des pics en août ( $3,18 \pm 0,79$  % et  $3,21 \pm 0,93$  % respectivement, chez les mâles et chez les femelles). Le RGS chute ensuite de septembre à décembre. Les plus faibles valeurs ont été enregistrées en décembre ( $0,98 \pm 0,21$  %, chez les mâles et  $0,92 \pm 0,19$  %, chez les femelles) et en janvier ( $0,79 \pm 0,14$  %, chez les mâles et  $0,91 \pm 0,13$  %, chez les femelles). Sur la Figure 18A, quatre périodes s'observent, par rapport à l'amplitude des variations du RGS. Il s'agit des périodes repos sexuel, maturation, de ponte et post-ponte. La période repos sexuel, qui court de décembre à mai, correspond à la phase de croissance lente et progressive du RGS.

### 2.1.5.2- Rapport hépato-somatique (RHS)

Les variations mensuelles du RHS moyen, en fonction des sexes, ont une évolution similaire, à quelques différences près, à celles du RGS (Figure 18B). De plus, les variations du RHS des mâles ont une allure similaire à celle des variations du RHS des femelles. Les valeurs maximales du RHS sont atteintes en août ( $0,428 \pm 0,004$  % et  $0,429 \pm 0,003$  % respectivement, chez les mâles et chez les femelles). Cependant, en mars et en avril, on observe des valeurs élevées du RHS, chez les mâles ( $0,428 \pm 0,002$  %) et chez les femelles ( $0,427 \pm 0,003$  %).

### 2.1.5.3- Facteur de condition ( $K_C$ )

Les variations du facteur de condition sont présentées sur la Figure 18C. Les variations mensuelles de  $K_C$  moyen, en fonction des sexes, évoluent inversement à celles du RGS. Après une légère croissance, de janvier à mars, le facteur de condition diminue progressivement, d'avril à juillet-août, puis croît, de septembre à novembre. Les plus faibles valeurs de cet indice ont été enregistrées en juillet ( $K_C = 1,69 \pm 0,03$ ) et août ( $K_C = 1,69 \pm 0,02$ ) respectivement, chez les femelles et chez les mâles. En revanche, les valeurs les plus élevées du facteur de condition ont été enregistrées, chez les mâles, en mars ( $K_C = 1,72 \pm 0,02$ ) et juillet ( $K_C = 1,71 \pm 0,02$ ) et chez les femelles, en avril ( $K_C = 1,72 \pm 0,02$ ) et novembre ( $K_C = 1,72 \pm 0,03$ ).



**Figure 18** : Variations mensuelles du rapport gonado-somatique moyen (A), du rapport hépato-somatique (B) et du facteur de condition (C) chez *Auxis thazard* débarquée au Port de Pêche d'Abidjan par les pêcheurs artisans.

PSF = petite saison froide, GSC = grande saison chaude, GSF = grande saison froide, PSC = petite saison chaude

## 2.1.6- Indices de maturité sexuelle chez *Euthynnus alletteratus*

### 2.1.6.1- Rapport gonado-somatique (RGS)

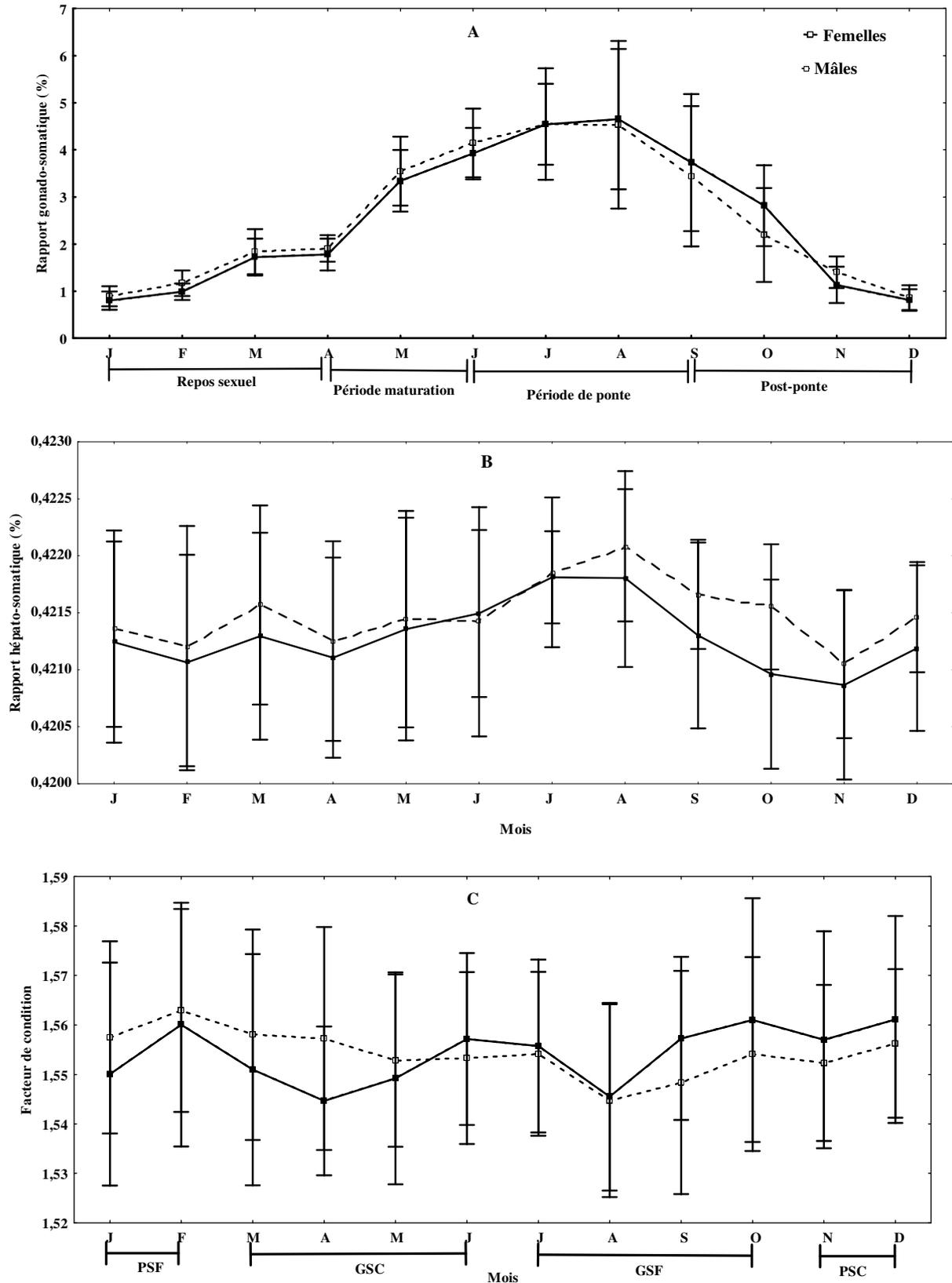
La Figure 19A présente les variations mensuelles du RGS moyen, qui ont une allure similaire chez les mâles et chez les femelles thonines. Relativement faible en janvier ( $0,80 \pm 0,19$  % et  $0,89 \pm 0,21$  % respectivement, chez les mâles et chez les femelles), le RGS croît lentement, de février à mai. Le RGS croît ensuite, rapidement à partir de juin, et atteint des pics en août ( $4,65 \pm 1,49$  % et  $4,53 \pm 1,78$  % respectivement, chez les mâles et chez les femelles). Si on se réfère aux variations du rapport gonado-somatique, d'une part, et aux stades de maturité sexuelle IV et V, d'autre part, on note que le pic de la ponte de *Euthynnus alletteratus* se situe en juillet-août. Sur les deux courbes, les plus fortes valeurs du RGS se situent entre mai (saison chaude) et octobre (fin de la saison froide).

### 2.1.6.2- Rapport hépato-somatique (RHS)

La représentation graphique des moyennes mensuelles du rapport hépato-somatique est présentée à la Figure 19B. Cette Figure 19B indique que le RHS diminue, de janvier à avril, et qu'il atteint un léger pic en mars (RHS =  $0,421 \pm 0,001$ , chez les mâles et  $0,422 \pm 0,001$ , chez les femelles). Cependant, les valeurs maximales de ce paramètre sont atteintes en août (RHS =  $0,422 \pm 0,001$  et  $0,422 \pm 0,001$  respectivement, chez les mâles et chez les femelles).

### 2.1.6.3- Facteur de condition ( $K_c$ )

Les moyennes mensuelles du facteur de condition indiquent que cet indice varie dans le sens inverse des variations du rapport gonado-somatique (Figure 19C). En effet, surtout chez les femelles, cet indice décroît considérablement à partir de février ( $K_c = 1,563 \pm 0,021$ ), puis, atteint une valeur minimale en août ( $K_c = 1,545 \pm 0,019$ ). Le facteur de condition croît par la suite jusqu'en décembre ( $K_c = 1,556 \pm 0,015$ ). Chez les mâles, le facteur de condition affiche des valeurs relativement élevées en février ( $K_c = 1,560 \pm 0,025$ ), juin ( $K_c = 1,557 \pm 0,017$ ) et octobre ( $K_c = 1,561 \pm 0,025$ ). Mais, des valeurs faibles du facteur de condition sont aussi enregistrées chez les mâles, notamment, en avril ( $K_c = 1,545 \pm 0,015$ ) et août ( $K_c = 1,546 \pm 0,019$ ).



**Figure 19 :** Variations mensuelles du rapport gonado-somatique moyen (A), du rapport hépato-somatique (B) et du facteur de condition (C) chez *Euthynnus alletterztus* débarquée au Port de Pêche d'Abidjan par les pêcheurs artisans.  
PSF = petite saison froide, GSC = grande saison chaude, GSF = grande saison froide, PSC = petite saison chaude.

### 2.1.7- Stades macroscopique et microscopique des ovaires chez *Auxis thazard*

L'évolution de la taille des ovocytes, des noyaux, des inclusions cytoplasmiques et des membranes folliculaires a permis de déterminer six stades de développement chez la femelle *Auxis thazard*.

Le stade I ou stade immature (Figure 20) : Les ovaires mesurent 7,1 à 10,9 cm ( $9,1 \pm 0,9$  cm) et pèsent environ 0,09 à 0,21 g ( $0,14 \pm 0,03$  g), chez des femelles de 25 à 29 cm LF ( $26,6 \pm 1,3$  cm). Entourés de part et d'autre par les masses musculaires de la cavité abdominale, les ovaires sont individualisés, mais ils se joignent au niveau du méat génital (Figure 20A). Les ovaires, tels deux fils entremêlés, ne présentent aucune vascularisation superficielle. Au plan histologique, les ovaires sont constitués d'une juxtaposition de lobes de cellules sexuelles, séparés par du tissu conjonctif interstitiel (Figure 20B). La section de coupe histologique présente un ovaire formé d'une succession de trois lobes d'ovocytes. Chaque cellule est constituée de l'extérieur vers l'intérieur de la membrane ovocytaire, du cytoplasme et du noyau. Certains lobes présentent des arborisations. À ce stade, les ovocytes en prévitellogénèse sont des petites cellules rondes, chacune avec un fin cytoplasme qui n'est pas encore différencié. Le rapport nucléoplasmique des ovocytes en prévitellogénèse varie entre 0,30 et 0,36 (moyenne =  $0,33 \pm 0,02$ ).

Le stade II ou stade début de maturation (Figure 21) : Les ovaires ont leur taille comprise entre 10,0 et 15,3 cm ( $12,1 \pm 1,3$  cm), chez des femelles dont la taille varie de 30 à 41 cm LF ( $33,0 \pm 2,9$  cm). Ils pèsent 3,46 à 12,56 g ( $6,40 \pm 2,49$  g). Les ovaires sont rosâtres (Figure 21A). Ils sont relativement plus gros qu'au stade précédent et ils occupent un espace beaucoup plus grand, entre les masses musculaires de la cavité abdominale qui les entourent. Les deux lobes contigus d'ovaires ne présentent pas de vascularisation visible. Sur coupe histologique, on note que les ovaires sont constitués d'une succession d'ovocytes en prévitellogénèse et d'ovocytes en vitellogénèse de type I (Figure 21B). Sur la section, on note la présence d'une plage de jeunes ovocytes bordés d'une zone formée d'ovocytes en prévitellogénèse et de quelques ovocytes en début de vitellogénèse de type I. Au niveau de chacune des cellules, on distingue la membrane ovocytaire bordant le cytoplasme et le noyau. Dans le cytoplasme des cellules en vitellogénèse, on distingue l'apparition de grains de vitellus (ou granules de sécrétion). Les ovocytes possèdent un noyau central contenant des nucléoles à peine visibles. On distingue un cytoplasme nettement plus abondant, au niveau des ovocytes en vitellogénèse de type I, dont le rapport nucléoplasmique se situe entre 0,42 et 0,68 (moyenne =  $0,53 \pm 0,08$ ).

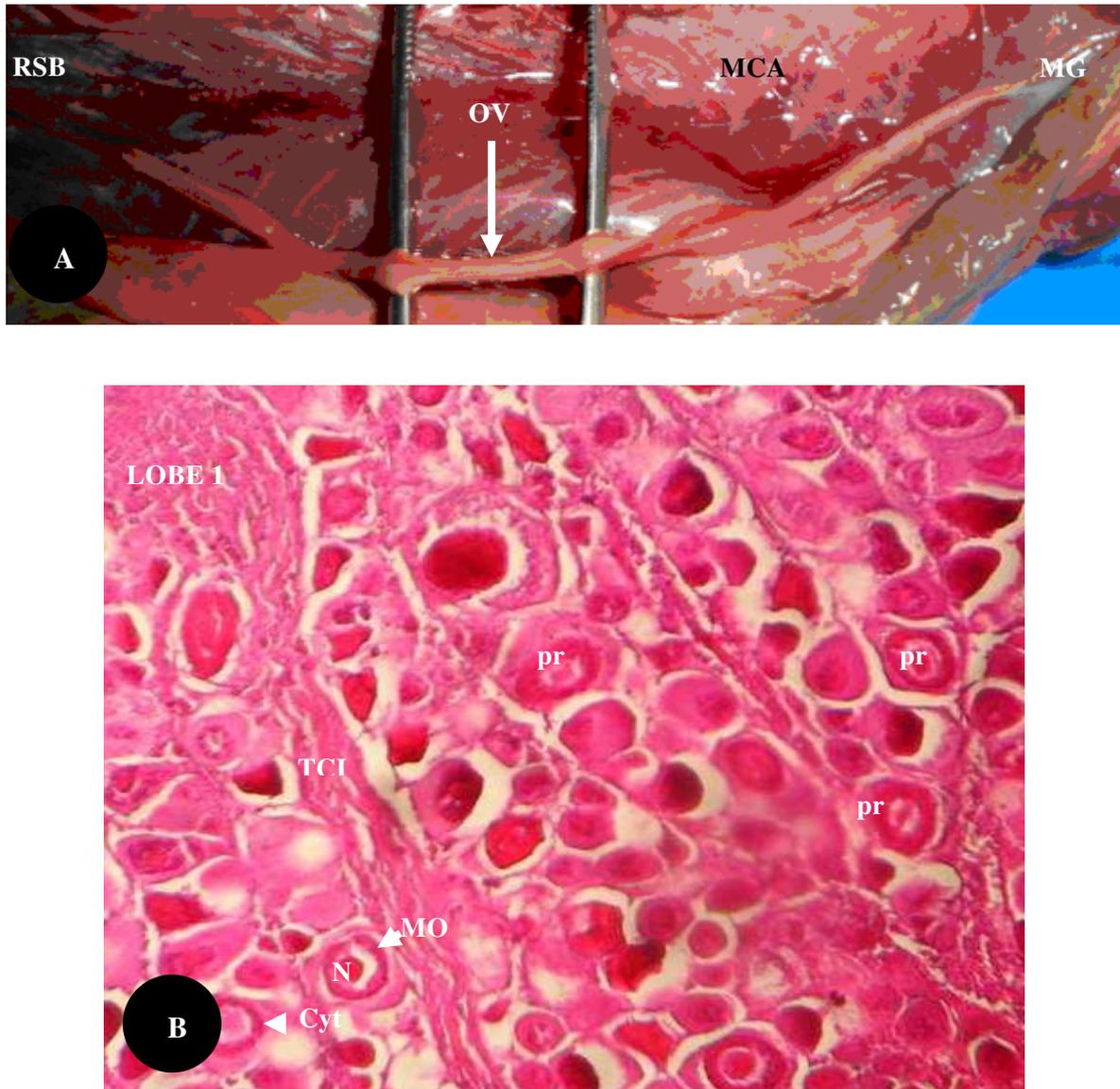
Le stade III ou stade maturation (Figure 22) : Les ovaires mesurent entre 11,5 et 16,7 cm ( $13,5 \pm 1,7$  cm) et pèsent environ 8,04 à 18,57 g ( $13,49 \pm 3,01$  g), chez des femelles de 32 à 41 cm LF ( $36,7 \pm 3,0$  cm). Presque matures, ils sont de couleur jaune orange à jaunâtre (Figure 22A). Les ovaires sont accolés, bien distincts et vascularisés. Les ovaires présentent en surface une vascularisation arborescente. Les ovocytes se distinguent nettement à l'œil nu, même au travers de la membrane ovarienne. Les ovocytes qui ont entamé la vitellogenèse de type II sont des jeunes follicules (Figure 22B). Ils ont un diamètre moyen de  $0,59 \pm 0,13$  mm. Ils sont entourés d'une couche protectrice appelée zona radiata, où des cellules épithéliales assurent le revêtement. Leur rapport nucléoplasmique varie de 0,31 à 0,34 (moyenne =  $0,33 \pm 0,01$ ). Sur la coupe histologique de la Figure 22B, on observe une plage de trois follicules montrant une membrane ovocytaire épaisse, un cytoplasme abondant renfermant de nombreux alvéoles et des inclusions vitellines. Ces alvéoles et inclusions, de plus en plus nombreux, ont comprimé le noyau, le poussant à occuper une position centrale. On note l'ébauche de la thèque et la présence de vitellus. Les follicules sont en début de vitellogenèse de type II. Chaque follicule est composé d'une membrane épaisse et d'un cytoplasme abondant qui renferme des inclusions vitellines (ou grains de vitellus). À ce stade, le noyau du follicule n'est pas arrondi. Il est entouré de couronnes de vacuoles. Vacuoles et alvéoles sont disposés dans le cytoplasme autour du noyau aux contours très peu nets. Ce stade marque le début de la vitellogenèse de type II.

Le stade IV ou stade ponte (Figures 23) : Les ovaires ont atteint leur taille maximum, si bien qu'ils remplissent toute la cavité abdominale (Figure 23A). Ils mesurent 13,6 à 17,7 cm ( $15,3 \pm 1,2$  cm) et pèsent environ 18,54 à 53,56 g ( $28,74 \pm 7,61$  g), chez des femelles qui ont atteint 36 à 43 cm LF ( $38,9 \pm 2,1$  cm). Les ovaires, énormes, se présentent sous une couleur jaune rougeâtre à cause de la vascularisation qui s'est intensifiée et a envahi tout le tissu ovarien. Les ovaires ont rempli toute la cavité abdominale et les ovocytes qu'ils contiennent sont bien visibles au travers de la paroi ovarienne. Les follicules croissent et atteignent leur plus grand diamètre (environ  $1,04 \pm 0,15$  mm). Vacuoles et alvéoles sont disposés dans le cytoplasme, de manière concentrique autour du noyau arrondi et dont l'enveloppe nucléaire est bien visible, contrairement aux nucléoles. À ce stade, le rapport nucléoplasmique varie de 0,11 à 0,18 (moyenne =  $0,15 \pm 0,02$ ). Les grains de vitellus sont éparpillés dans le cytoplasme. Les vacuoles sont plus grandes et se mélangent aux grains de vitellus et aux alvéoles (Figure 23B).

Le stade V ou stade post-ponte (Figure 24) : Les ovaires mesurent environ 10,7 à 15,7 cm ( $13,3 \pm 1,3$  cm) et pèsent 3,24 à 13,25 g ( $9,35 \pm 3,58$  g), chez des spécimens de 30 à 41 cm

LF ( $36,5 \pm 3,7$  cm). Ils sont sous forme de deux lobes distincts, de taille plus réduite, suite à la libération des cellules (Figure 24A). Les ovaires sont très vascularisés et flasques. Ils sont de couleur rouge brune, voire rouge sombre, surtout à cause des vaisseaux sanguins qui sont en surface. Cependant, ces vaisseaux sanguins ne sont pas visibles plusieurs jours après la ponte. Les ovaires ne contiennent plus que des follicules atrétiques et des follicules en résorption (Figure 24B). La présence quasi simultanée de follicules atrétiques, en résorption, post-ovulaires et de follicules mûrs, crée un désordre apparent résultant de structures en lambeau où l'ovaire paraît désorganisé. On observe l'invagination de l'épithélium folliculaire après l'expulsion de l'ovocyte. On note la présence de quelques follicules mûrs, et l'apparition d'une nouvelle cohorte d'ovocytes.

Le stade VI ou stade repos sexuel (Figure 25) : La taille des ovaires se situe entre 11,3 et 14,9 cm ( $12,9 \pm 1,1$  cm) et ils pèsent 2,08 à 10,24 g ( $5,70 \pm 2,55$  g), chez des individus dont la taille est comprise entre 30 et 39 cm LF ( $34,4 \pm 2,9$  cm). Les ovaires ne montrent presque aucune vascularisation superficielle. Ils commencent à devenir roses, comme ceux de stade II, et tendent à redevenir fermes (Figure 25A). Sur coupe histologique, les ovaires renferment un nombre important de follicules en résorption, des follicules atrétiques et des petites cellules qui sont une nouvelle génération d'ovocytes ayant différents stades de développement (Figure 25B). Ces cellules sont en majorité de petite taille, ce qui suppose la reprise d'une nouvelle vague d'ovogenèse. On note, par endroits, des interruptions dues, probablement, à une reconstitution du tissu conjonctif interstitiel fortement dégradé.



**Figure 20** : Ovaires d'une femelle immature (stade I) de *Auxis thazard*.

**A** : Localisation *in toto* et morphologie des ovaires immatures.

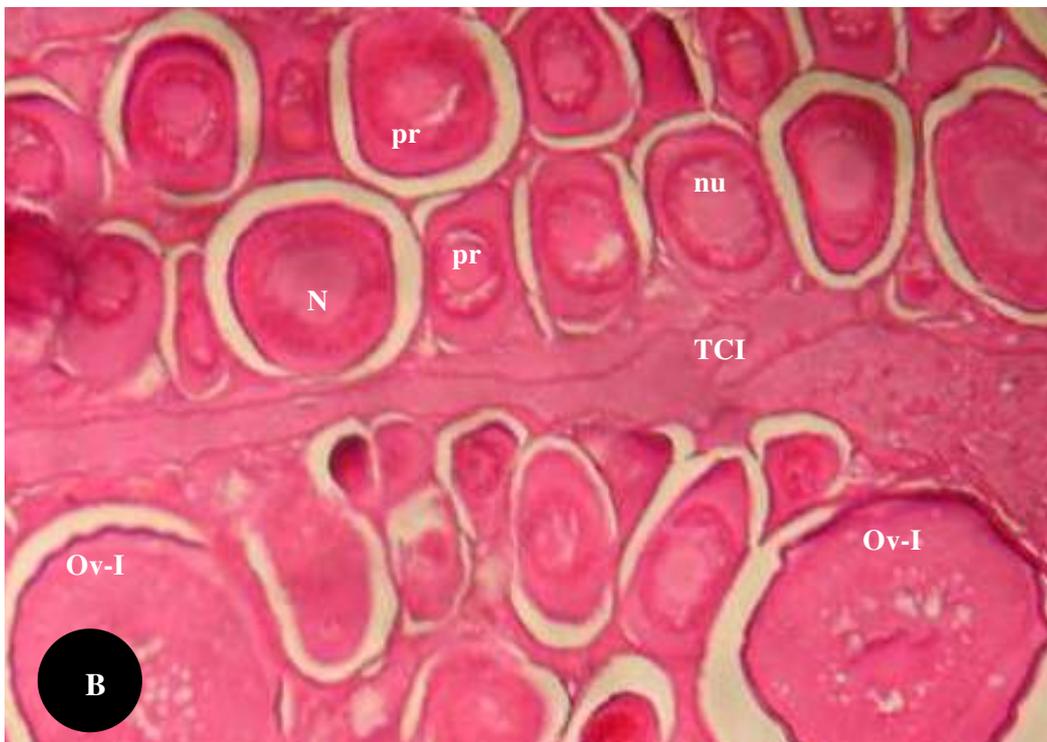
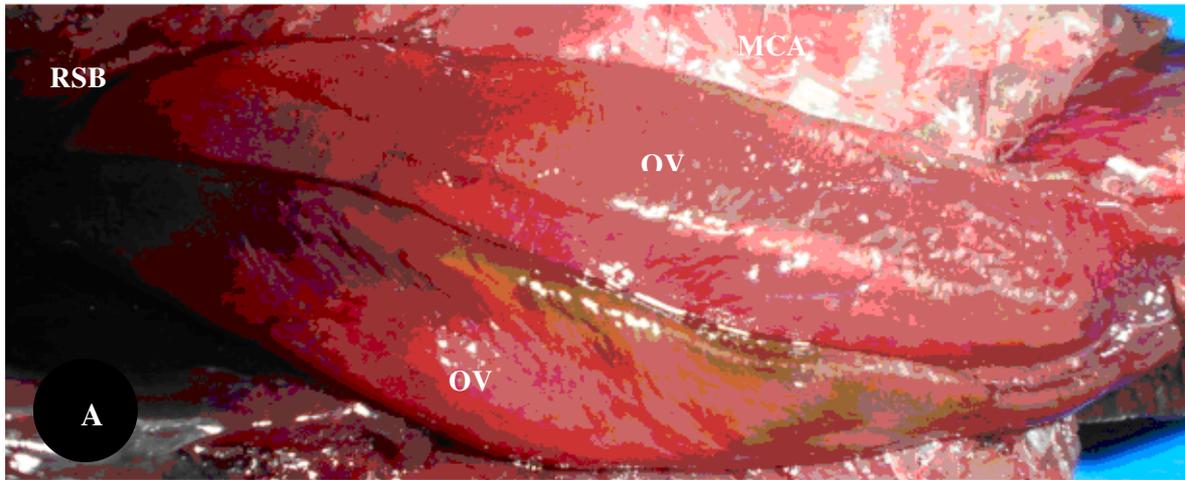
MCA = masse musculaire de la cavité abdominale ; MG = méat génital ; OV = ovaires ; RSB = région sous branchiale.

**B** : Coupe transversale dans un ovaire de femelle immature de *Auxis thazard*.

Cyt = cytoplasme. MO = membrane ovocytaire. N = noyau ; pr = ovocytes de stade 1 = ovocytes en prévitellogénèse ; TCI = tissu conjonctif interstitiel.

Grossissement : 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 21** : Ovaires d'une femelle *Auxis thazard* de stade II (début de maturation).

**A** : Morphologie de la paire d'ovaires de stade début de maturation.

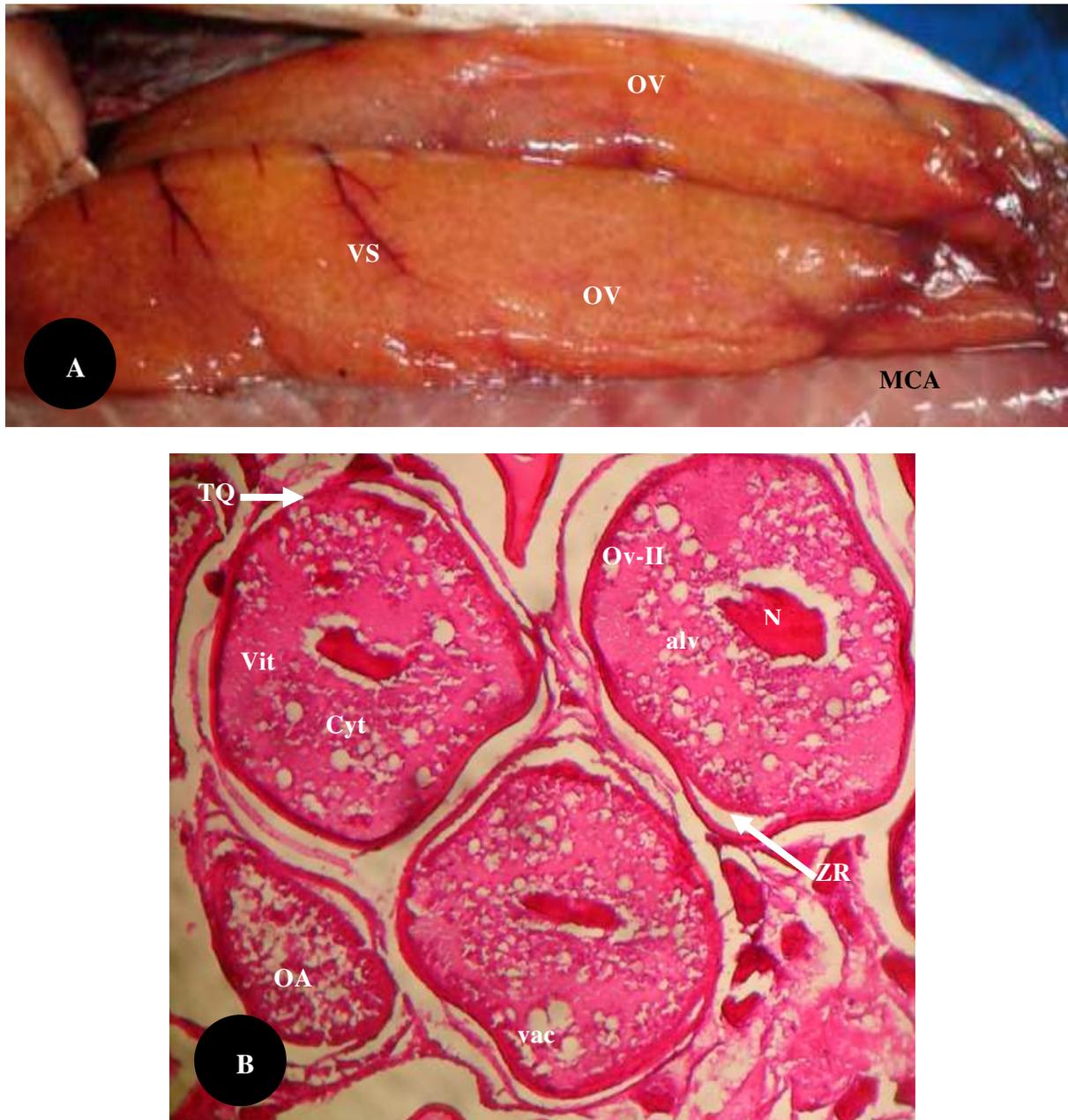
MCA = masse musculaire de la cavité abdominale ; OV = ovaires ; RSB = région sous branchiale.

**B** : Coupe transversale d'une portion d'ovaire de *Auxis thazard* de stade II.

Cyt = cytoplasme ; N = noyau ; nu = nucléoles ; Ov-I = ovocytes de stade 2 = ovocytes en vitellogenèse de type I ; pr = Ovocyte en prévitellogenèse ; TCI = tissu conjonctif interstitiel.

Grossissement : 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 22** : Ovaires d'un spécimen de *Auxis thazard* de stade III (maturation).

**A** : Morphologie des ovaires de stade maturation.

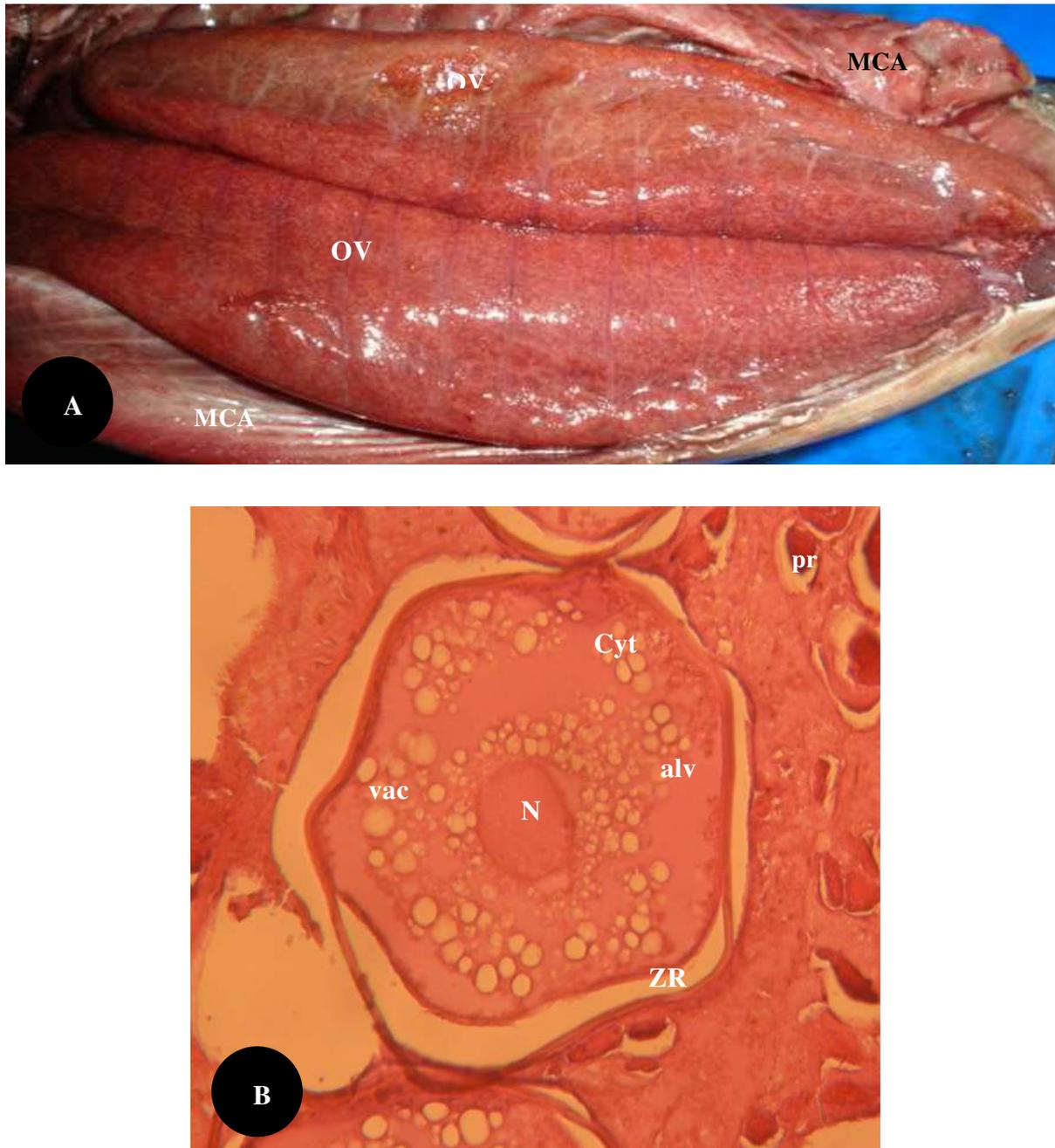
MCA = masse musculaire de la cavité abdominale ; OV = ovaires ; VS = vaisseau sanguin.

**B** : Coupe transversale d'une portion d'ovaire de *Auxis thazard* de stade III.

alv = alvéoles ; Cyt = cytoplasme ; N = noyau ; Ov-II = follicule ou ovocytes en début de vitellogenèse de type II ; OA = ovocyte en atrésie ; TQ = thèque ; Vac = vacuoles ; Vit = vitellus ; ZR = zona radiata.

Grossissement: 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 23** : Ovaires d'un spécimen de *Auxis thazard* de stade IV (ponte, femelle pleine).

**A** : Morphologie de la paire d'ovaires chez la femelle pleine.

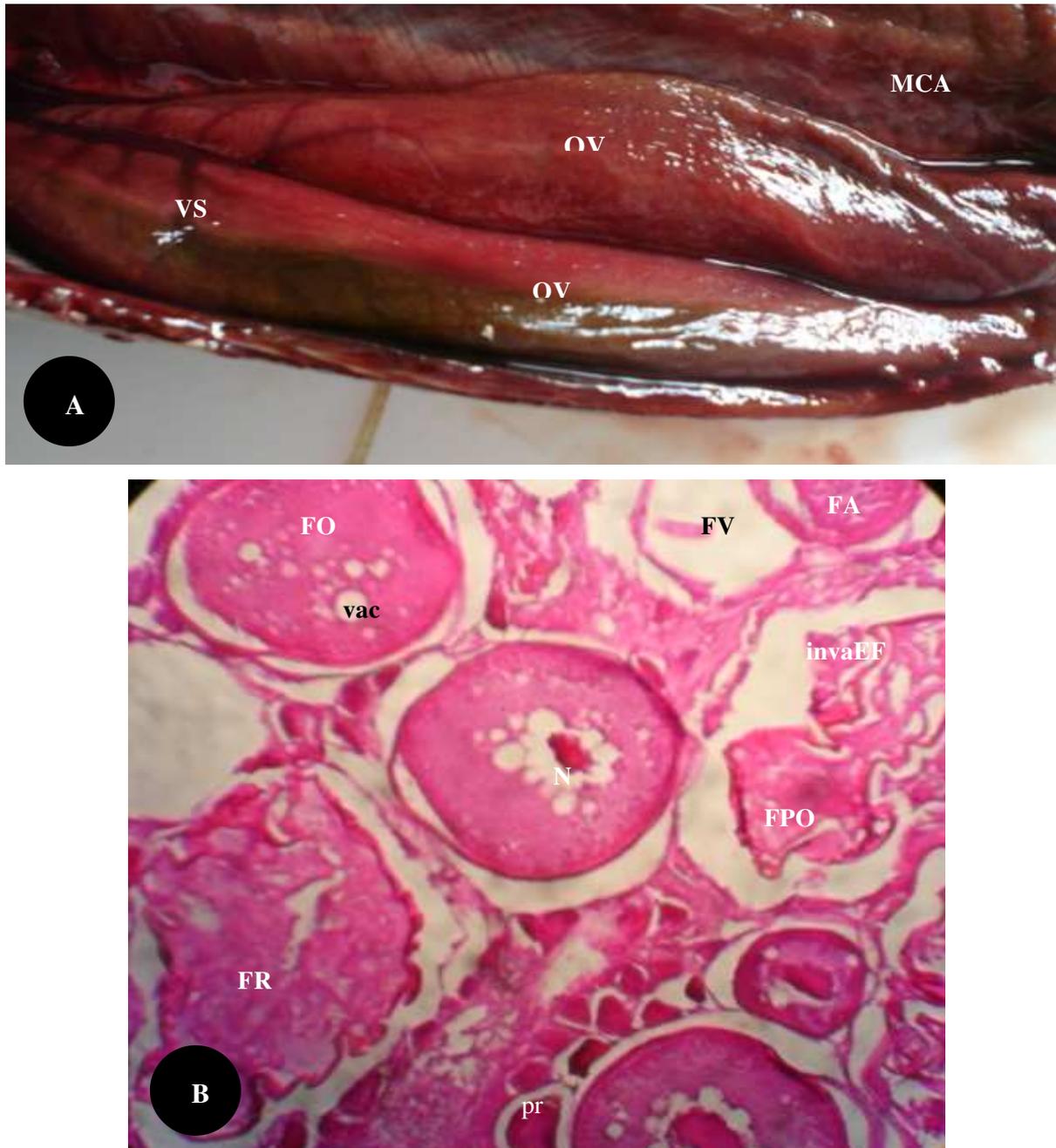
MCA = masse musculaire de la cavité abdominale ; OV = ovaires.

**B** : Vue microscopique du follicule mûr, en fin de vitellogenèse de type II, de *Auxis thazard*.

N noyau ; pr = ovocyte en prévitellogenèse.

Grossissement : 250

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 24** : Ovaires post-ponte d'un spécimen de *Auxis thazard* de stade V (post-ponte).

**A** : Morphologie des ovaires de stade post-ponte.

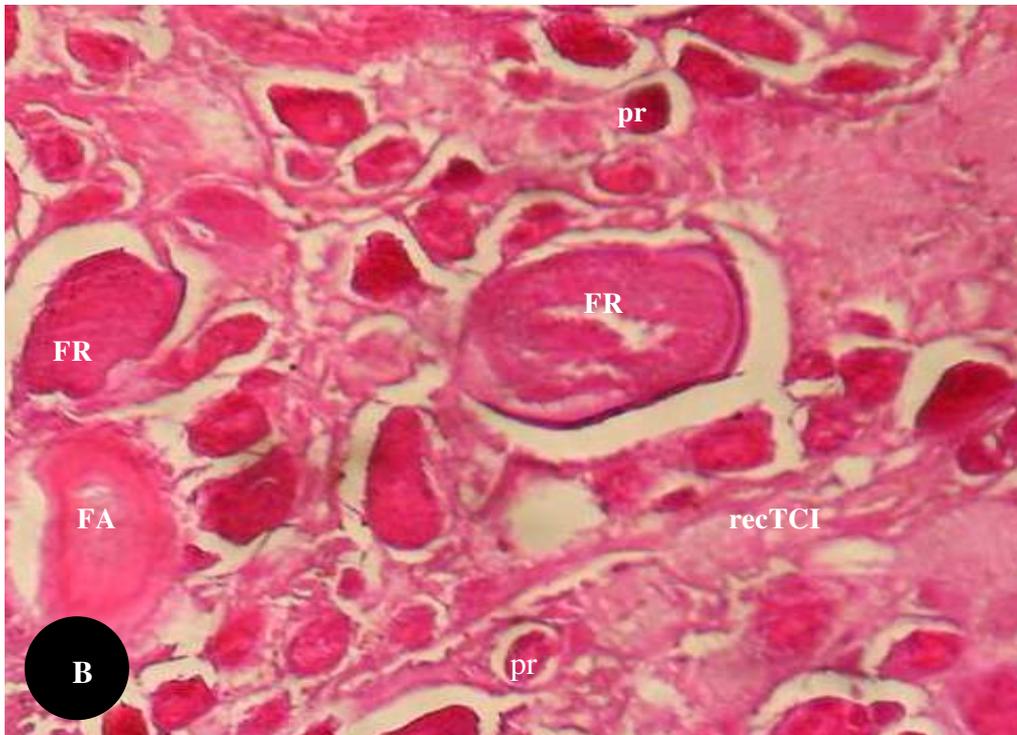
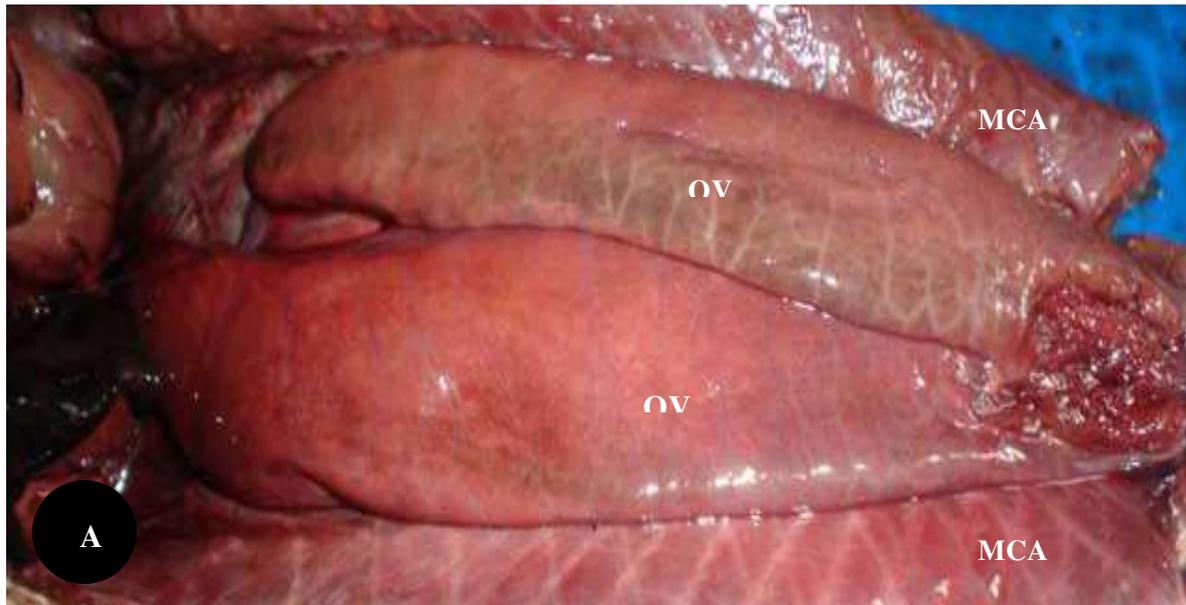
MCA = masse musculaire de la cavité abdominale ; OV = ovaires ; VS = vaisseaux sanguins.

**B** : Vue microscopique d'une portion d'ovaire de *Auxis thazard* de stade V.

FA = follicule atrétique ; FR = follicule en résorption ; FPO = follicule post-ovulaire.  
FO = follicules mûrs ; FV = follicule vide ; N = noyau ; invaEF = invagination de l'épithélium folliculaire ; pr = ovocytes en prévitellogénèse.

Grossissement: 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 25** : Ovaires d'un spécimen de *Auxis thazard* de stade VI (repos sexuel).

**A** : Morphologie des ovaires de stade repos sexuel.

MCA = masse musculaire de la cavité abdominale ; OV = ovaires.

**B** : Vue microscopique d'une portion de l'ovaire d'un spécimen de *Auxis thazard* de stade repos sexuel.

FA = follicule atrétique ; FR = follicule en résorption ; pr = ovocytes en prévitellogénèse ; recTCI = reconstitution du tissu conjonctif interstitiel.

Grossissement: 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine

### 2.1.8- Stades macroscopique et microscopique des ovaires chez *Euthynnus alletteratus*

Le développement des ovaires de la thonine et les changements qui s'opèrent à l'intérieur de ceux-ci peuvent être divisés en six stades de maturité décrits et présentés comme suit (Figures 26 à 32).

Le stade I ou stade immature (Figure 26) : Les ovaires mesurent environ 9,9 à 13,5 cm ( $11,6 \pm 1,0$  cm) et pèsent environ 0,18 à 0,43 g ( $0,27 \pm 0,08$  g), chez des femelles de 35 à 41 cm LF ( $37,4 \pm 1,9$ ). Ils sont presque cylindriques (Figure 26A). Ils ne présentent aucune vascularisation superficielle. Leurs extrémités sont effilées. Ils occupent la totalité de la cavité abdominale, en sa longueur. Les ovocytes en prévitellogenèse possèdent un noyau et un cytoplasme (Figure 26B). Deux lobes de cellules sexuelles sont séparés par du tissu conjonctif interstitiel. On observe des ovocytes en prévitellogenèse, de forme multiple, pourvus d'un noyau, du cytoplasme et de la membrane ovocytaire. Certaines petites cellules sphériques possèdent un fin cytoplasme pas encore différencié. Leur rapport nucléoplasmique varie entre 0,23 et 0,38 (moyenne =  $0,31 \pm 0,06$ ).

Le stade II ou stade début de maturation (Figure 27) : Les ovaires ont une taille comprise entre 12,7 et 19,3 cm ( $16,2 \pm 2,0$  cm) et pèsent 6,11 à 31,85 g ( $18,09 \pm 5,91$  g), chez des femelles qui mesurent 42 à 54 cm LF ( $47,4 \pm 4,1$  cm). Les ovaires présentent un début de vascularisation à peine visible. Ils sont relativement gros et occupent l'espace entre les masses musculaires de la cavité abdominale. Ils sont de couleur rosâtre et légèrement plus grands que ceux du stade précédent (Figure 27A). On distingue des ovocytes en prévitellogenèse et en vitellogenèse de type I. Les ovocytes sont constitués d'un noyau central contenant des nucléoles qui ne sont pas visibles ici. On distingue un cytoplasme qui contient des inclusions vitellines et qui est nettement plus abondant au niveau des ovocytes en vitellogenèse de type I. Les ovocytes primaires sont polyédriques. À ce stade, le cytoplasme des ovocytes en prévitellogenèse de type I montre trois couches dont la plus externe (CE) semble très fine et homogène (Figure 27B). Elle précède la couche médiane (CM) plus épaisse qui débouche sur la couche interne périnucléaire (CIP). Le rapport nucléoplasmique des ovocytes en vitellogenèse de type I varie de 0,40 à 0,64 (moyenne =  $0,55 \pm 0,09$ ).

Le stade III ou stade maturation (Figure 28) : Les ovaires mesurent entre 13,3 et 19,2 cm ( $16,1 \pm 1,8$  cm) et pèsent environ 18,23 à 46,23 g ( $32,82 \pm 6,84$  g), chez des femelles de 42 à 52 cm LF ( $47,8 \pm 3,1$  cm). Ils occupent, dans la cavité abdominale, un espace un peu plus grand à cause de leur taille (Figure 28A). Près d'être mûrs, les ovaires sont de couleur jaune orange à jaunâtre et vascularisés en surface. On peut voir les ovocytes qu'ils contiennent au travers de la paroi ovarienne. Les parois des ovocytes sont beaucoup plus épaisses (Figure

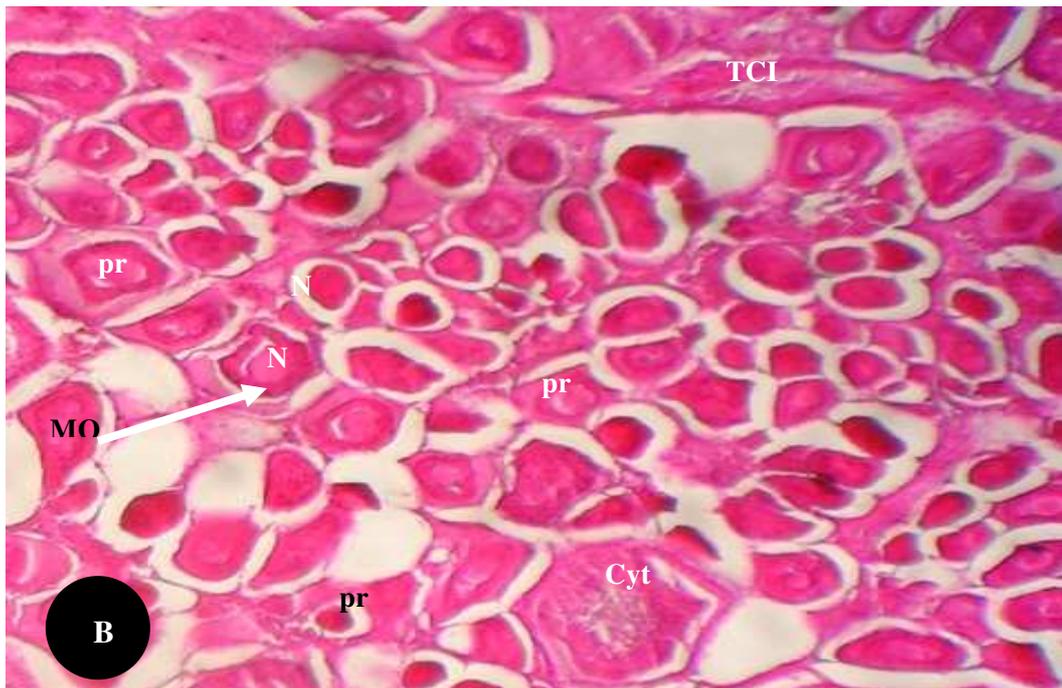
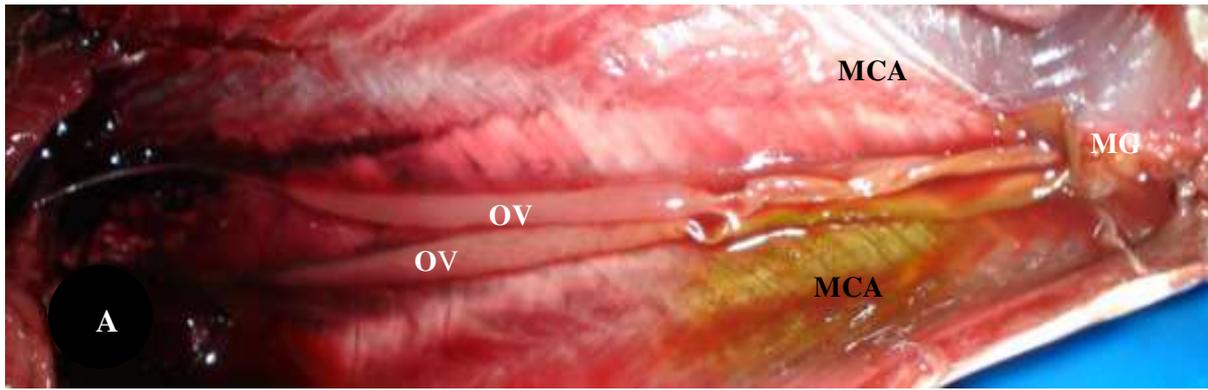
28B). Les ovocytes de ce stade sont caractérisés par l'apparition de nombreux alvéoles qui fusionnent pour donner des vacuoles, au sein du cytoplasme. Ces vacuoles, d'abord peu nombreuses, occupent une grande partie du cytoplasme, puis, progressivement, sa périphérie. Les follicules en début de vitellogenèse de type II ont un diamètre moyen de  $0,53 \pm 0,10$  mm. Leurs rapports nucléoplasmiques varient de 0,17 à 0,39 (moyenne =  $0,26 \pm 0,09$ ). La section de coupe histologique montre des ovocytes en début de vitellogenèse de type II, avec leurs noyaux. On observe aussi des ovocytes en prévitellogenèse. Il y a présence de la zona radiata, de vacuoles, du vitellus, et de nombreux alvéoles dans le cytoplasme.

Le stade IV ou stade ponte (Figures 29 et 30) : C'est le stade où les ovaires atteignent la taille maximum, de sorte qu'ils donnent l'impression de remplir toute la cavité abdominale (Figure 29A). Ils mesurent 15,5 à 21,6 cm ( $18,6 \pm 1,8$  cm) et pèsent environ 51,75 à 118,41 g ( $85,58 \pm 17,50$  g), chez des femelles qui mesurent 45 à 58 cm LF ( $52,0 \pm 3,6$  cm). Les ovocytes qu'ils contiennent sont visibles au travers de la paroi ovarienne. Les follicules mûrs, ou follicules en fin de vitellogenèse de type II, typiques de ce stade, atteignent leur plus grand diamètre d'environ  $0,93 \pm 0,15$  mm. Les vacuoles sont plus grandes et se mélangent aux grains de vitellus qui sont éparpillés dans le cytoplasme (Figures 29B et 30). Le rapport nucléoplasmique des follicules est compris entre 0,13 et 0,18 (moyenne =  $0,15 \pm 0,02$ ). Les inclusions occupent presque tout le volume cellulaire, repoussant le cytoplasme à la périphérie de la cellule et contre le noyau. Sur la section de coupe histologique, on note la présence de plusieurs ovocytes ayant différents stades de développement. Les plus gros sont des follicules en fin de vitellogenèse de type II. On observe des ovocytes en prévitellogenèse. Vacuoles, alvéoles et grains de vitellus sont entremêlés et éparpillés dans tout le cytoplasme. On note la présence de follicules post-ovulaires et de follicules en résorption. Le noyau est en position centrale. La zone pellucide s'est épaissie. Sur la Figure 30, on distingue, au centre, le noyau autour duquel sont disposées, de l'intérieur vers l'extérieur, trois bandes de cytoplasme. La plus interne (cytoplasme péri nucléaire), proche du noyau, est séparée de la troisième bande (cytoplasme cortical), plus externe, par une bande intermédiaire, le cytoplasme intermédiaire. Le cytoplasme intermédiaire contient de très nombreuses vacuoles et inclusions vitellines, ainsi que de nombreux alvéoles, entremêlés et éparpillés dans toute cette bande de cytoplasme. On note la présence, sous la zona radiata, d'une mince bande de cytoplasme cortical.

Le stade V ou stade post-ponte (Figure 31) : Les ovaires mesurent environ 11,3 à 16,5 cm ( $13,5 \pm 1,5$  cm) et pèsent 9,87 à 28,31 g ( $19,31 \pm 5,85$  g), chez des spécimens de 42 à 49 cm LF ( $44,9 \pm 2,4$  cm). Les ovaires sont très vascularisés et flasques, après la ponte (Figure

31A). Ils sont de couleur rouge sombre ou rouge vif. Dans la présente étude, les ovaires, rouges vifs et vascularisés en surface, ne sont pas encore complètement flasques ; ce qui indique que l'individu a déjà pondu, mais que d'autres séquences de ponte sont à venir. Ils ne contiennent plus que des follicules atrétiques et des follicules en résorption (Figure 31B). On observe l'invagination de l'épithélium folliculaire, après l'expulsion de l'ovocyte. On note la présence de follicules atrétiques, de follicules en résorption, de follicules vides et de follicules post-ovulaires. Vacuoles, alvéoles et grains de vitellus sont entremêlés et éparpillés dans le cytoplasme du follicule. Le tissu conjonctif interstitiel, qui contient probablement des cellules folliculeuses, semble maintenir l'ensemble de l'ovaire, apparemment, totalement désorganisé.

Le stade VI ou stade repos sexuel (Figure 32) : La taille des ovaires varie de 11,0 à 17,3 cm ( $13,3 \pm 1,7$  cm) et ils pèsent 5,43 à 19,47 g ( $11,01 \pm 4,48$  g), chez des individus dont la taille est comprise entre 42 et 51 cm LF ( $45,5 \pm 2,9$  cm). Les ovaires sont de couleur rouge sombre à noirâtre. Les ovaires commencent à être relativement moins aplatis et moins flasques par rapport à ceux de stade V (Figure 32A). Ils tendent à redevenir fermes. Sur coupe histologique, les ovaires ressemblent à un ovaire mûr qui a un grand nombre de follicules vides, de follicules atrétiques et des petites cellules qui sont une nouvelle génération d'ovocytes ayant différents stades de développement (Figure 32B). Sur cette section de coupe histologique, on observe des follicules atrétiques et des follicules en résorption ainsi que de nombreuses petites cellules non encore différenciées. On note par endroits des interruptions dues, probablement, à une reconstitution du tissu conjonctif interstitiel, fortement dégradé.



**Figure 26 :** Ovaires filiformes d'une femelle immature (stade I) de *Euthynnus alletteratus*.

**A :** Localisation *in toto* et morphologie des ovaires immatures.

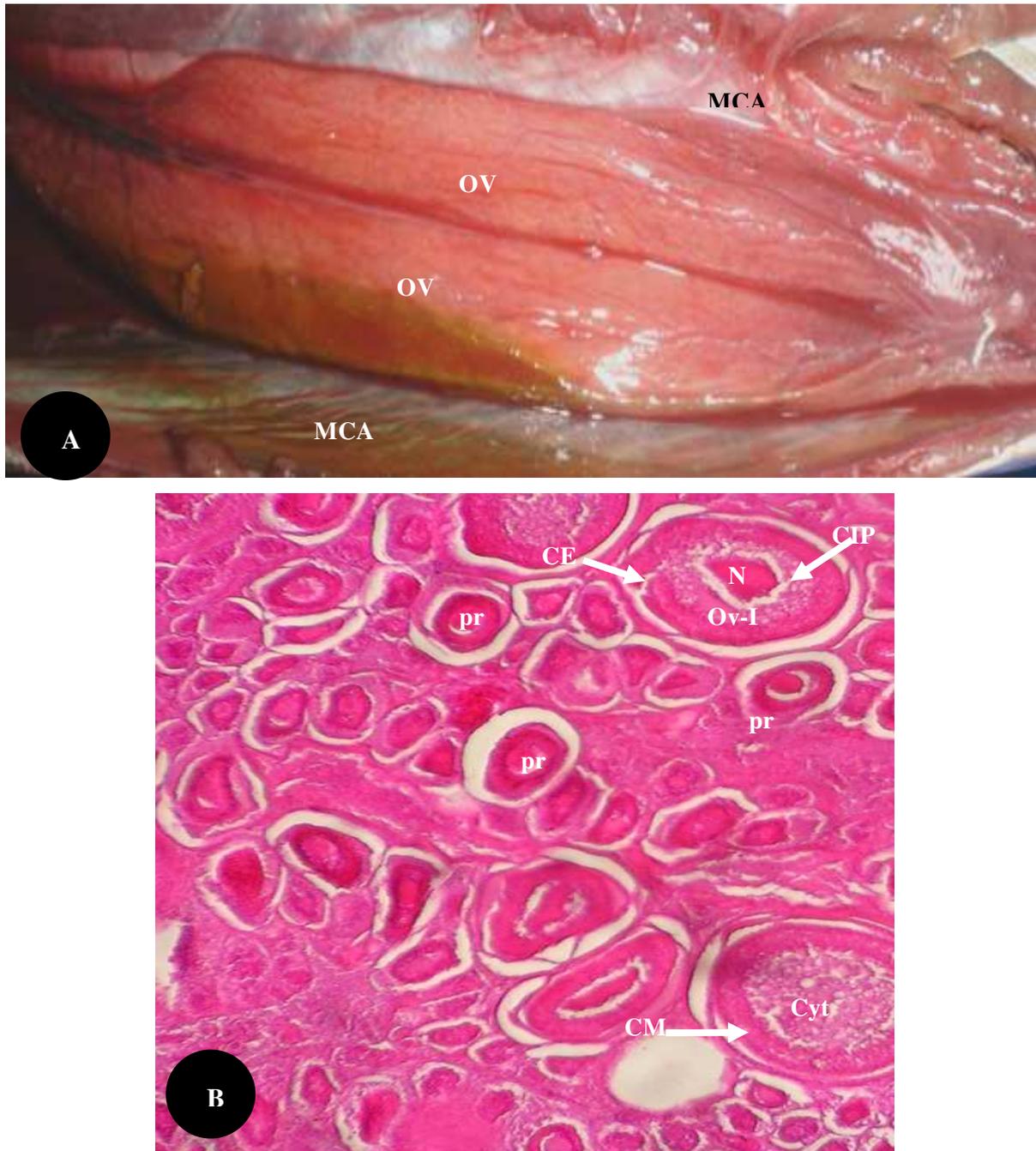
OV = ovaires ; MCA = masses musculaires de la cavité abdominale ; MG = méat génital.

**B :** Portion d'une coupe transversale dans un ovaire de femelle immature.

Cyt = cytoplasme ; N =noyau ; MO = membrane ovocytaire ; pr = ovocytes en prévitellogenèse ; TCI = tissu conjonctif interstitiel ; RSB = région sous branchiale.

Grossissement : 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 27** : Ovaires d'une femelle *Euthynnus alletteratus* de stade II (début de maturation).

**A** : Morphologie des ovaires de stade début de maturation.

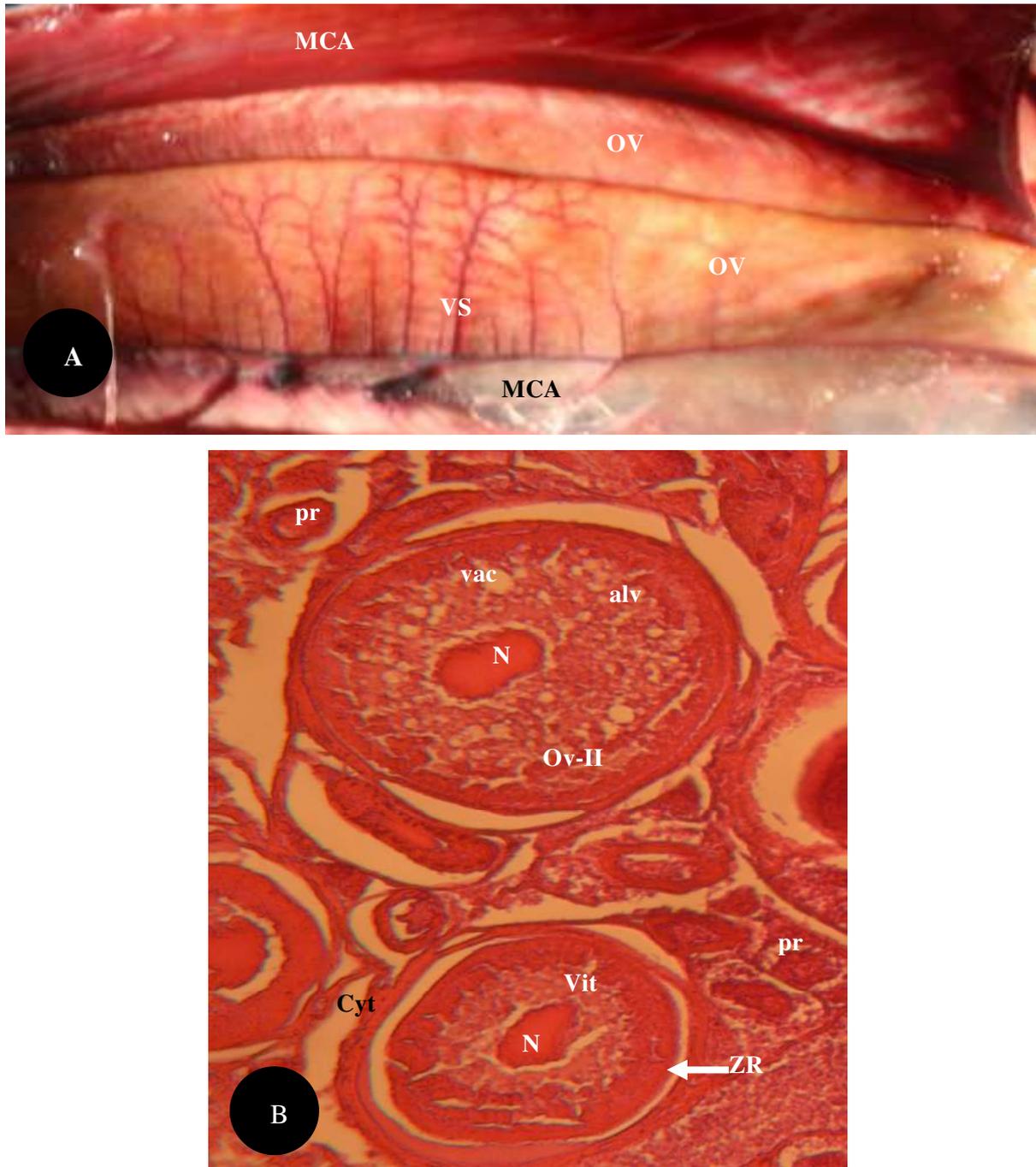
OV = ovaires ; MCA = masses musculaires de la cavité abdominale.

**B** : Vue microscopique d'une portion d'ovaire de stade II.

Cyt = cytoplasme ; CE = couche externe ; CM = couche médiane ; CIP = couche interne périnucléaire ; N = noyau ; Ov-I = ovocytes en vitellogénèse de type I ; pr = Ovocyte en prévitellogénèse.

Grossissement : 200

Coloration ; Hématoxyline-Éosine



**Figure 28** : Ovaires d'un spécimen de *Euthynnus alletteratus* de stade III (maturation).

**A** : Morphologie de la paire d'ovaires de stade maturation.

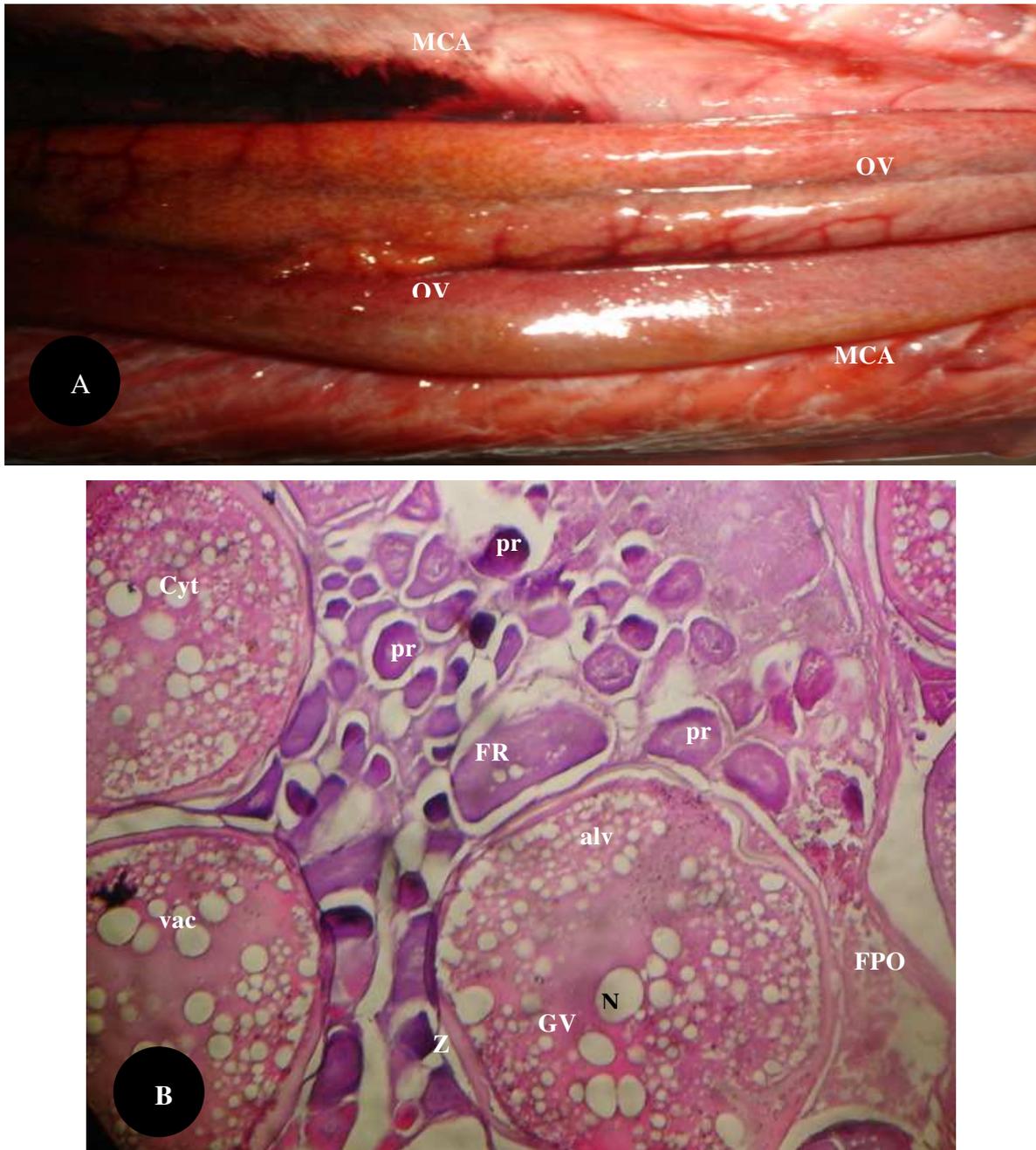
OV = ovaires ; MCA = masse musculaire de la cavité abdominale ; VS = vaisseau sanguin.

**B** : Vue microscopique d'une portion d'ovaire de *Euthynnus alletteratus* de stade III.

alv = alvéoles ; Cyt = cytoplasme ; N = noyaux ; pr = ovocytes en prévitellogenèse ; Ov-II = ovocytes en début de vitellogenèse de type II ; Vac = vacuoles ; Vit = vitellus ; ZR = zona radiata.

Grossissement: 250

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 29 :** Ovaires mûrs chez un spécimen de *Euthynnus alletteratus* de stade IV (ponte, femelle pleine).

**A :** Morphologie de la paire d'ovaires de stade ponte.

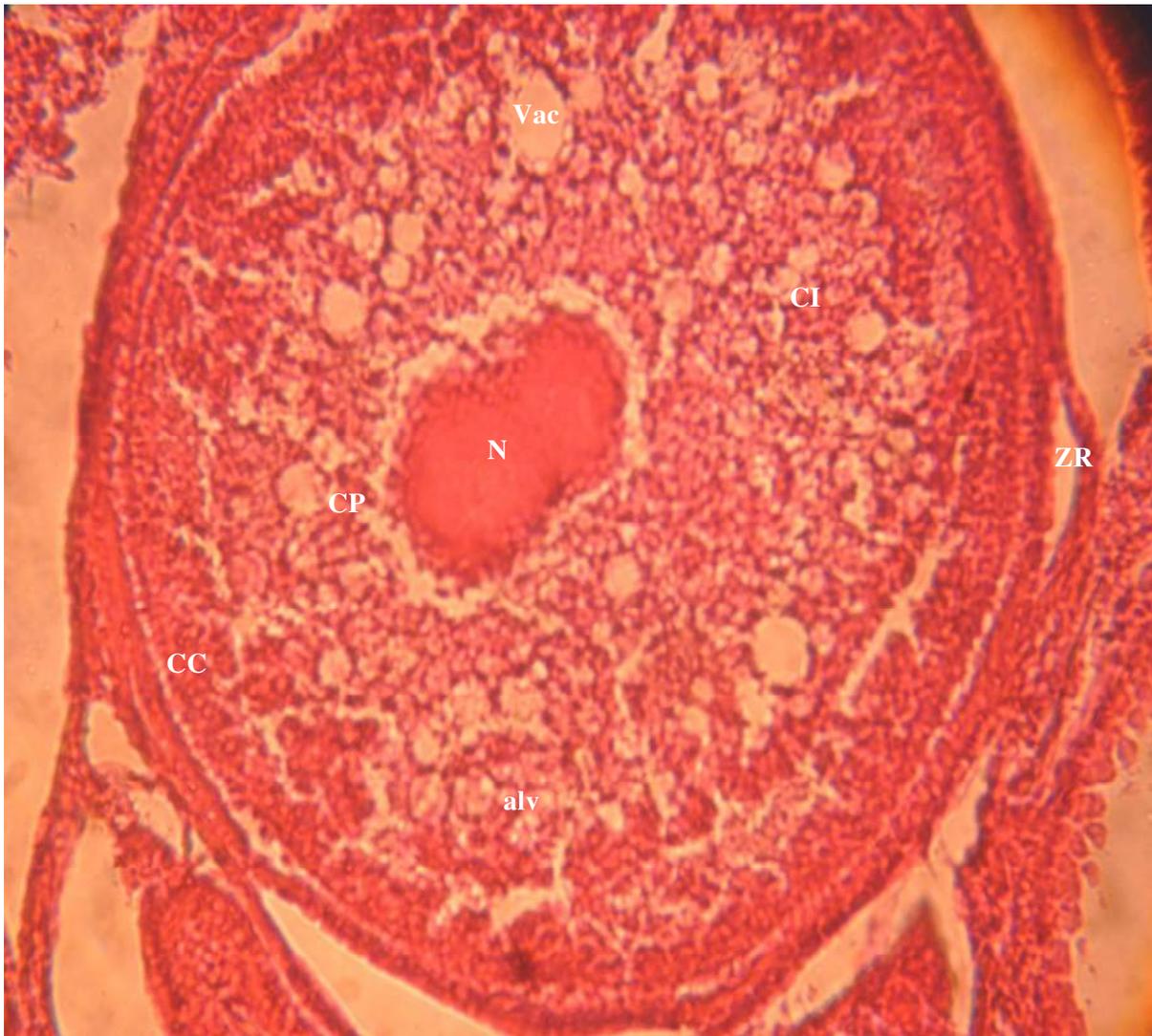
OV = ovaires ; MCA = masse musculaire de la cavité abdominale.

**B :** Coupe transversale d'une portion d'ovaire mûr de *Euthynnus. Alletteratus*.

alv = alvéoles ; Cyt = cytoplasme ; GV = grains de vitellus ; FPO = follicules post-ovulaires ; FR = follicules en résorption ; N = noyau ; pr = ovocytes en prévitellogénèse ; Vac = vacuoles ; Z = zone pellucide.

Grossissement: 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine

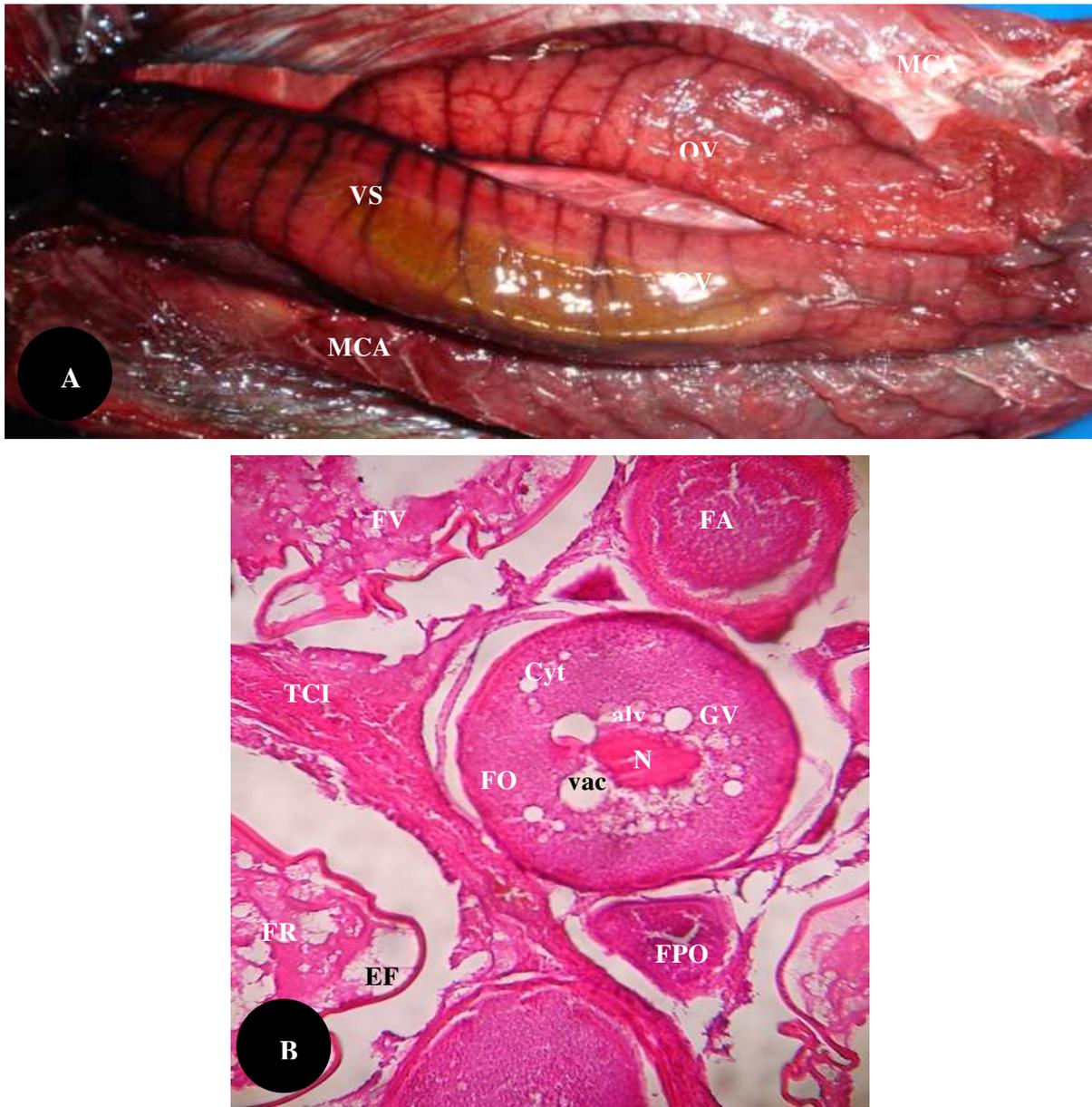


**Figure 30** : Follicule mûr, en fin de vitellogenèse de type II, d'un ovaire de *Euthynnus Alletteratus*.

alv = alvéoles ; CP = cytoplasme péri nucléaire ; CI = cytoplasme intermédiaire ; CC = cytoplasme cortical ; N = noyau ; Vac = vacuoles ; ZR = zona radiata.

Grossissement: 400

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 31** : Ovaires d'une femelle de *Euthynnus alletteratus* de stade V (post-ponte).

**A** : Morphologie des ovaires de stade post-ponte.

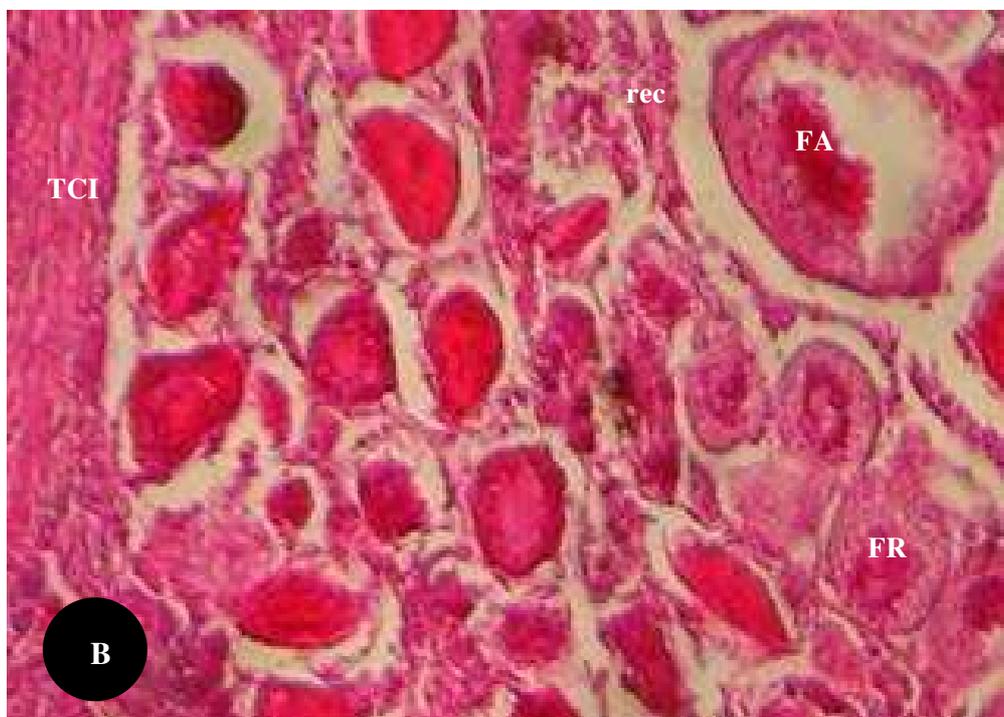
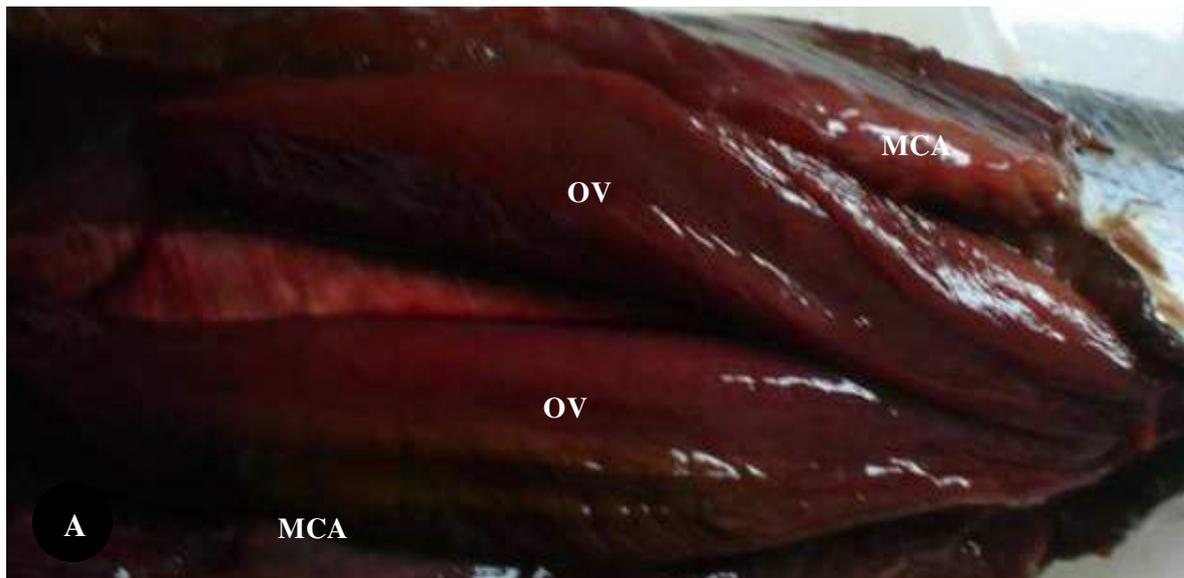
OV = ovaires ; MCA = masse musculaire de la cavité abdominale ; VS = vaisseaux sanguins.

**B** : Vue microscopique d'une portion d'ovaire de stade V montrant un follicule avec son Noyau.

alv = alvéole ; EF = épithélium folliculaire ; FO = Follicule ; FA = follicules atrétiques ; FPO = follicule post-ovulaire ; FR = follicule en résorption ; FV = follicule vide ; GV = grain de vitellus ; TCI = tissu conjonctif interstitiel ; Vac = vacuole.

Grossissement: 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 32** : Ovaires d'un spécimen de *Euthynnus alletteratus* de stade VI (repos sexuel).

**A** : Morphologie des ovaires de stade repos sexuel.

OV = ovaires ; MCA = masse musculaire de la cavité abdominale.

**B** : Coupe transversale d'une portion d'ovaire d'un spécimen de *Euthynnus alletteratus* de stade repos sexuel.

FA = follicules atrétiques ; FR = follicule en résorption ; recTCI = tissu conjonctif interstitiel en reconstitution.

Grossissement: 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine

### 2.1.9- Stades macroscopique et microscopique des testicules chez *Auxis thazard*

L'évolution de la taille des testicules, l'aspect clair ou sombre de la zone centrale des testicules, le développement plus ou moins important des tubules et du canal principal d'évacuation des spermatozoïdes, ainsi que l'évolution des cellules sexuelles ont permis de distinguer six stades de développement des testicules (Figures 33 à 40).

Le stade I ou stade immature (Figure 33) : Les testicules mesurent 8,9 à 11,0 cm ( $9,8 \pm 0,5$  cm) et pèsent environ 0,10 à 0,24 g ( $0,16 \pm 0,04$  g), chez des spécimens de 25 à 29 cm LF ( $26,5 \pm 1,3$  cm). Ils sont allongés, presque transparents et juste reconnaissables à leur forme en lame plate (Figure 33A). Les testicules sont individualisés dans la partie antérieure. Ils se rejoignent dans la partie postérieure au niveau du spermiducte qui débouche dans l'orifice urogénital. Ils ne sont pas vascularisés. Sur coupe histologique, l'observation indique que le testicule se compose d'une partie externe (cortex) et d'une partie interne (médulla). Ces deux parties, apparemment, sont dépourvues de cellules, vues au faible grossissement (Figure 33B). Cependant, l'observation à un grossissement supérieur montre que la médulla contient des amas de cellules rondes ou lobules, disposés les uns à la suite des autres, sous forme de tubes allongés, les tubules (Figure 33C). À l'intérieur des lobules et tubules va s'effectuer la formation des gamètes (spermatogenèse).

Le stade II ou stade début de maturation (Figure 34) : Les testicules présentent un début de vascularisation. Les vaisseaux sanguins sont visibles dans la partie ventrale des testicules (Figure 34A). La taille des testicules est supérieure à celle qu'ils avaient dans le stade I. Les testicules sont fermes, vascularisés de l'intérieur et de couleur rose. À l'intérieur des lobules et des tubules, les cellules sexuelles, spermatogonies et spermatocytes, s'apparentent à des points sombres répartis de l'intérieur vers la zone de transition entre la médulla et le cortex (Figures 34B et 34C). La section de coupe histologique montre une plage de drainage des cellules sexuelles (masses violacées) du cortex vers la médulla en vue de leur accumulation temporaire dans celle-ci. Cette étape est, certainement, cruciale dans la formation des spermatides et spermatozoïdes dans la suite du processus de différenciation des cellules sexuelles.

Le stade III ou stade maturation (Figures 35 et 36) : Les testicules, de couleur blanche, sont plus gros et davantage vascularisés sur leurs faces internes (Figure 35A). Les spermatides, visibles à la fin du stade de maturation, se situent au centre des lobules (Figures 35B, 35C, 36A et 36B). Sur la section de coupe histologique, on note qu'il existe un gradient de formation et de maturation des gamètes mâles. Les produits sexuels, relativement moins denses au niveau de la zone de transition entre le cortex et la médulla, deviennent davantage

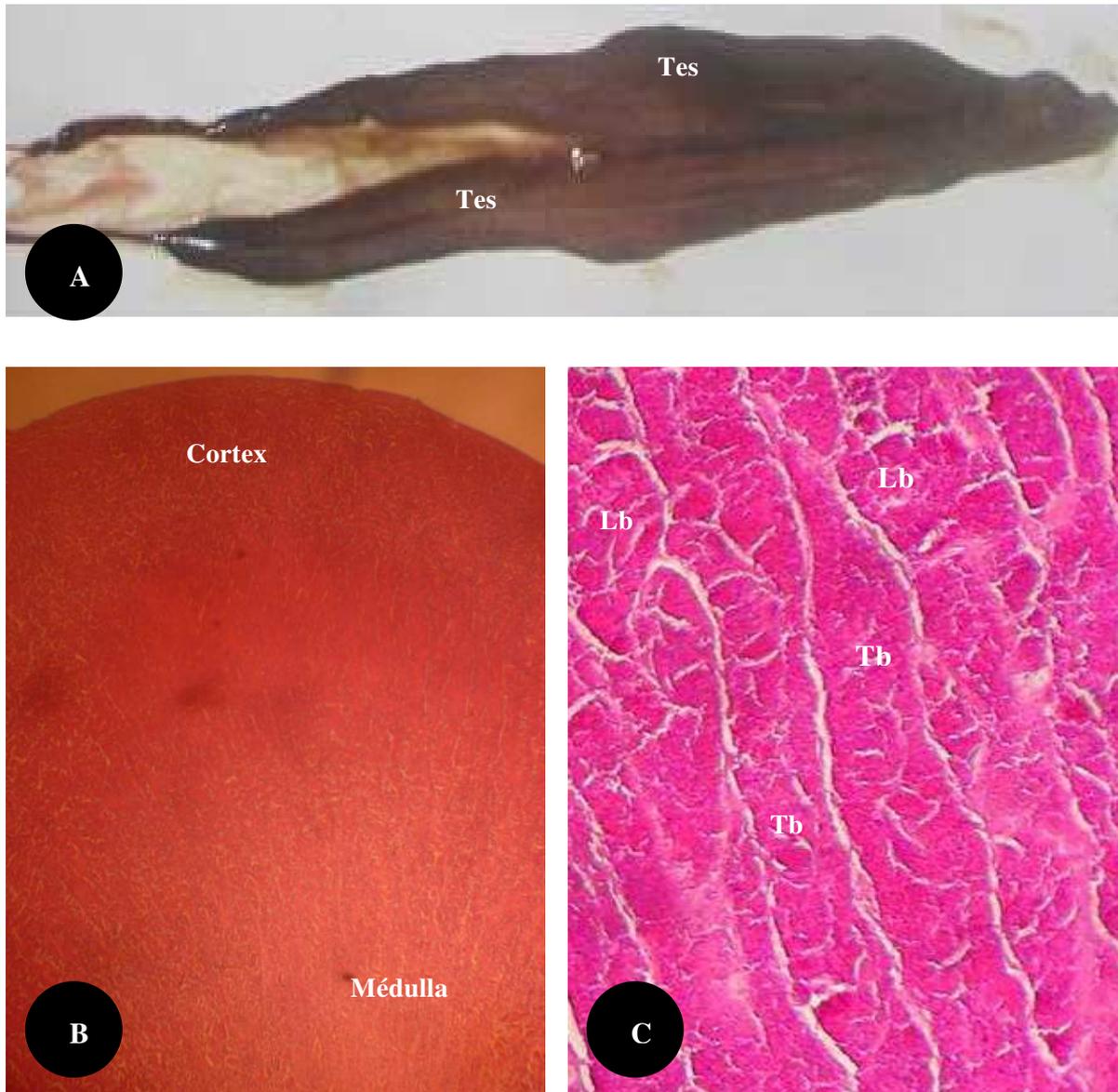
denses et plus concentrés vers la médulla. La maturation des gamètes se fait, donc, de façon centripète. Les lobules sont de formes irrégulières et de tailles variables. On observe un développement graduel, très marqué, de la spermatogenèse. La taille relative des cellules punctiformes, constituants des lobules, permet de distinguer un stade de division moins avancé et un stade de division plus avancé. Au sein des lobules, les cystes, situés à la périphérie, contiennent des spermatocytes I. Ceux-ci sont plus gros. Les spermatocytes II sont légèrement plus petits. Quant aux spermatides, elles sont de taille encore plus petite, généralement peu accolées les unes aux autres.

Le stade IV ou stade spermiation (Figures 37 et 38) : Les testicules ont atteint leur taille maximum. Ils mesurent entre 13,0 et 18,1 cm ( $16,0 \pm 1,5$  cm) et pèsent 20,67 à 46,78 g ( $33,17 \pm 7,81$  g), chez des spécimens dont la taille varie de 36 à 43 cm LF ( $39,8 \pm 2,6$  cm). Les testicules ont une couleur intermédiaire entre le blanc et le rose et ont des vaisseaux sanguins sur leurs faces internes. Au plan histologique, on note que les spermatides ont dû subir la spermiogénèse, de sorte que les cellules sexuelles observées sont en majorité des spermatozoïdes à tête punctiforme. Les spermatozoïdes sont concentrés dans le canal d'évacuation, mais aussi autour et proche de la lumière lobulaire (Figures 37B et 37C). On note l'accumulation des spermatozoïdes (masses violacées) dans la zone de convergence des tubules située dans la partie centrale de la médulla. Certains spermatozoïdes convergent dans le canal principal d'évacuation. Sur la Figure 37C, on observe, en blanc, de la laitance, notamment dans les anfractuosités du spermiducte. Les spermatozoïdes, issus d'une deuxième vague de division méiotique des spermatides, sont agglutinés, notamment, autour du canal principal d'évacuation, situé au centre de la médulla. Sur les Figures 38A, 38B et 38C, la taille relative des cellules, dont certaines semblent présenter un enchevêtrement, notamment, au niveau de la plage de drainage, traduit la présence des spermatozoïdes. Les flagelles des spermatozoïdes sont disposés, tel un enchevêtrement ou un fuseau dense de filaments.

Le stade V ou stade post-spermiation (Figure 39) : Les testicules sont très vascularisés, notamment, au niveau de la face ventrale. Ils sont mous et contiennent encore de la laitance. Ils sont de couleur blanchâtre, mais d'un blanc laiteux. Cette couleur blanchâtre est caractéristique de ce stade (Figure 39A). Une pression sur l'abdomen fait souvent sortir du sang, mélangé à de la laitance. Au plan histologique, les tubules sont séparés par des espaces inter tubulaires, qui sont des prolongements du spermiducte (Figure 39B). On note la présence de presque tous les stades de la maturation des gamètes au niveau d'un même tubule. Ce stade peut présenter quelques particularités. Si c'est complètement la fin de la reproduction, il n'y a pas de spermatogenèse, on note la présence de quelques spermatozoïdes résiduels, dans des

lobules et tubules rétractés. Cependant, si ce n'est pas encore la fin de la reproduction, comme c'est le cas ici (Figure 39B), on retrouve dans les tubules et lobules tous les stades de développement des gamètes, des spermatocytes I aux spermatozoïdes.

Le stade VI ou stade repos sexuel (Figure 40) : Les testicules ont perdu de la blancheur de leurs faces dorsales, mais la vascularisation encore visible, sur leurs faces ventrales, fait que l'on observe une couleur blanchâtre mêlée à du rosâtre. Les testicules sont plus légers, rétractés (Figure 40A). Il n'y a pas de sortie de sang mélangé à de la laitance, sur pression de l'abdomen. Les testicules tendent à redevenir fermes. Sur coupe histologique, les testicules semblent désorganisés et en reconstitution (Figure 40B). La section de coupe histologique montre la réorganisation du testicule et la présence de quelques spermatozoïdes résiduels (amas de couleur violette). Les lobules et les tubules sont relativement vides.



**Figure 33** : Testicules d'un mâle immature (stade I) de *Auxis thazard*.

**A** : Morphologie de la paire de testicules immatures.

Tes = testicules.

**B** : Vue microscopique, au faible grossissement, d'une portion du testicule d'un spécimen immature.

Cortex = partie externe du testicule ; médulla = partie interne.

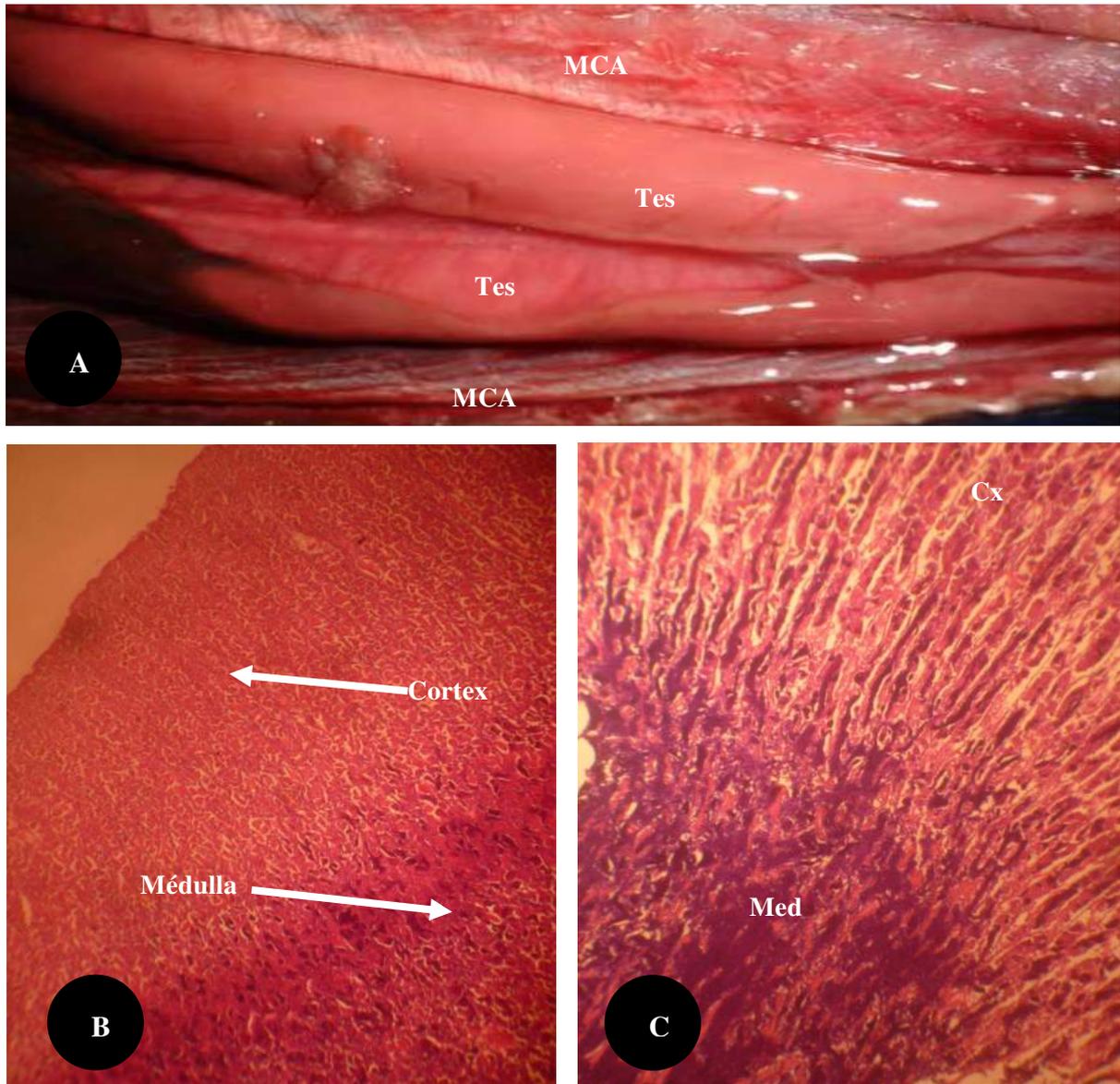
Grossissement: 32

**C** : Coupe transversale, vue au fort grossissement, dans le testicule d'un mâle immature.

Lb = lobule ; Tb = tubules.

Grossissement : 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 34** : Testicules d'un spécimen de *Auxis thazard* de stade II (début de maturation).

**A** : Morphologie des testicules de stade début de maturation.

Tes = testicule ; MCA = masses musculaires de la cavité abdominale.

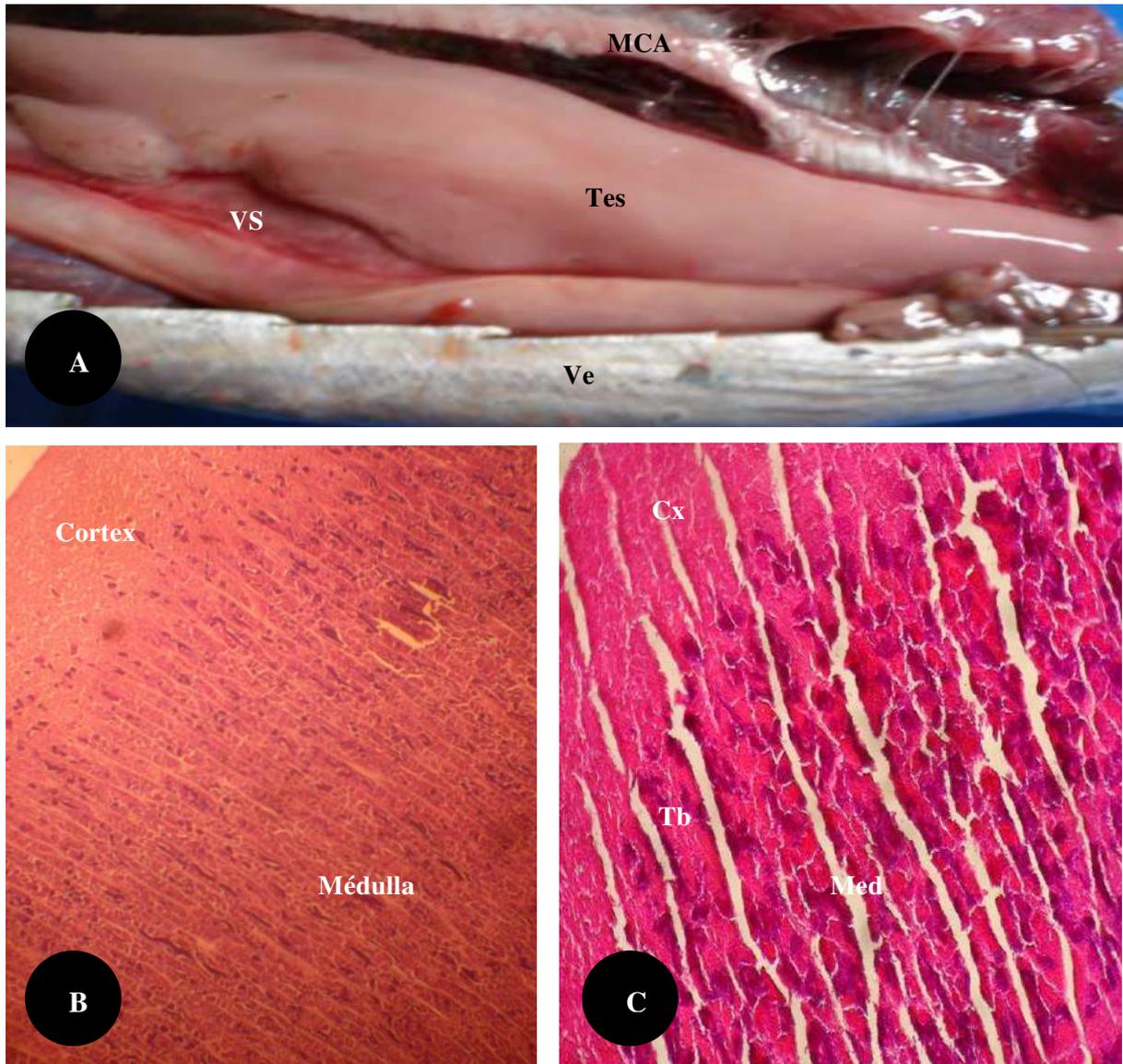
**B** : Vue d'ensemble d'une portion de testicule (cortex + médulla) d'un adulte de stade II.

Grossissement: 32

**C** : Coupe transversale, vue au fort grossissement, d'une portion du testicule d'un spécimen adulte *Auxis thazard* de stade II.

Grossissement: 100

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 35 :** Testicules d'un spécimen de *Auxis thazard* de stade III (maturation).

**A :** Morphologie des testicules de *Auxis thazard* de stade maturation.

Tes = testicule ; MCA = masse musculaire de la cavité abdominale ; VS = vaisseaux sanguins ; Ve = ventre du poisson.

**B :** Vue, au faible grossissement, d'une portion du testicule d'un spécimen de *Auxis thazard* de stade III.

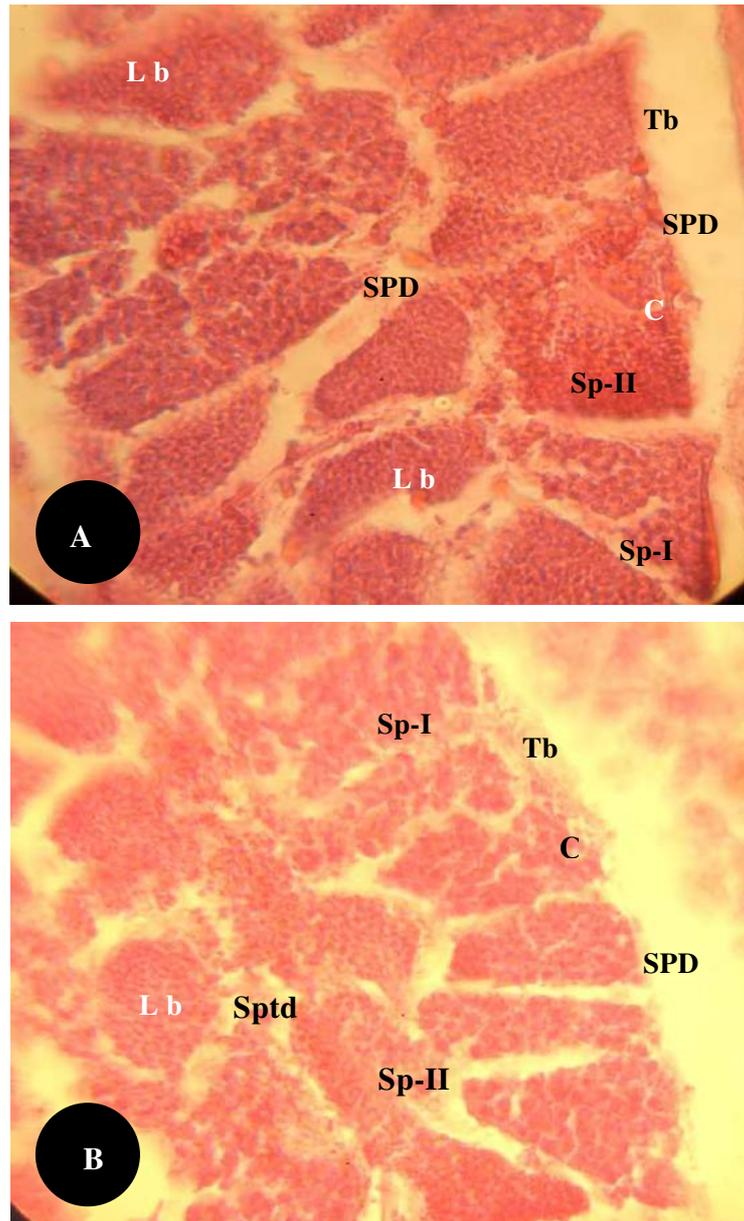
Grossissement: 32.

**C :** Coupe transversale, au fort grossissement, d'une portion du testicule d'un adulte *Auxis thazard* de stade III.

Cx = cortex ; Med = médulla ; Tb = tubules.

Grossissement : 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 36 :** Vue partielle d'un tubule testiculaire chez un spécimen de *Auxis thazard* de stade III (maturation).

**A :** Stade de division moins avancé.

C = cystes; Sp-I = spermatocytes I; Sp-II = spermatocytes II.

Grossissement : 1000

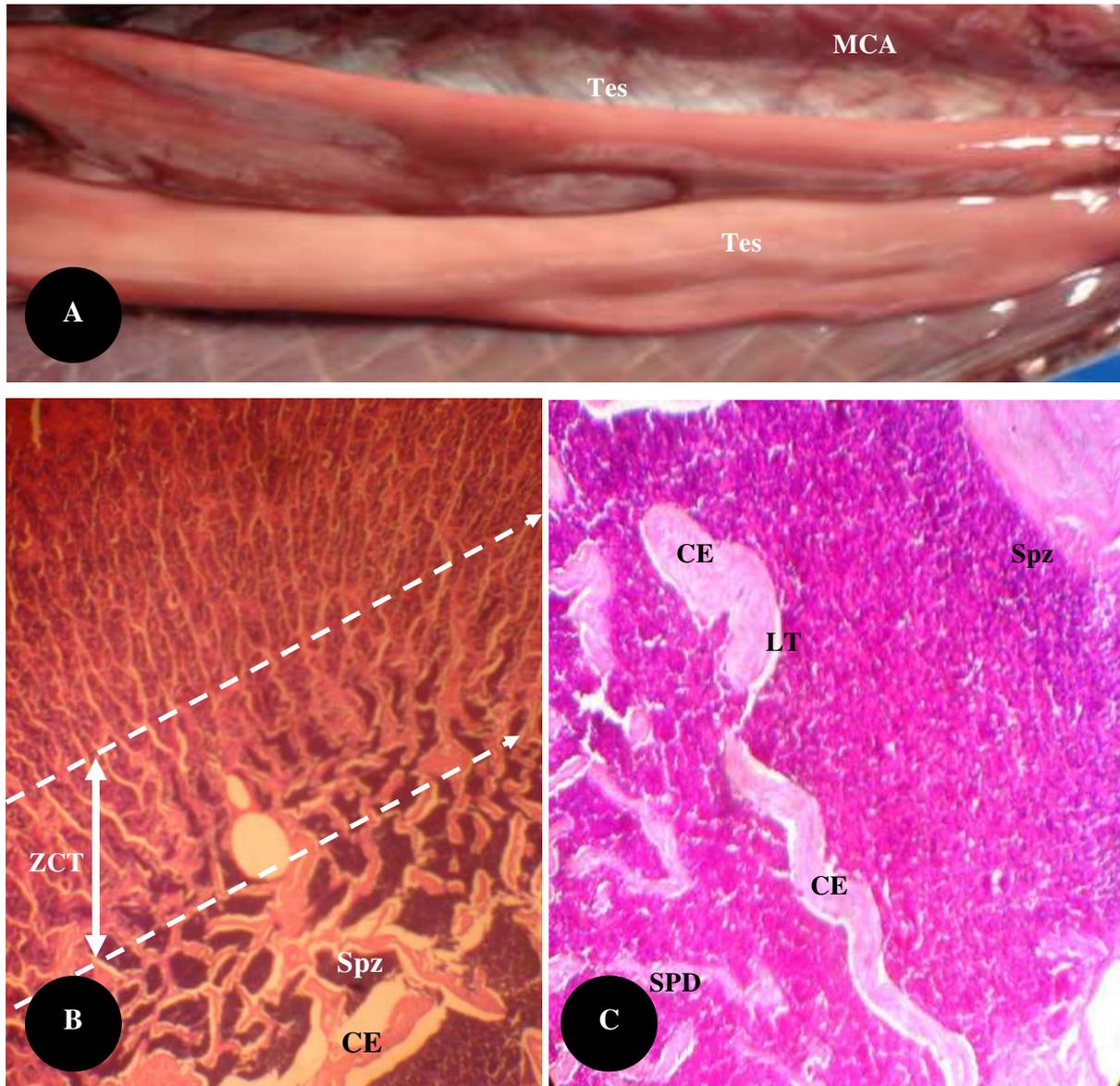
**B :** Stade de division plus avancé.

C = cystes; Sp-I = spermatocytes I; Sp-II = spermatocytes II; SPD = spermiducte ;

Sptd = spermatide ; Tb = tubule.

Grossissement : 1000

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 37 :** Testicules d'un spécimen de *Auxis thazard* de stade IV (mâle spermiant, poisson plein).

**A :** Morphologie des testicules d'un mâle spermiant.

Tes = testicules ; MCA = masse musculaire de la cavité abdominale.

**B :** Coupe transversale du testicule d'un spécimen plein de *Auxis thazard*.

CE = canal principal d'évacuation ; Spz = spermatozoïde ; ZCT = zone de convergence des tubules.

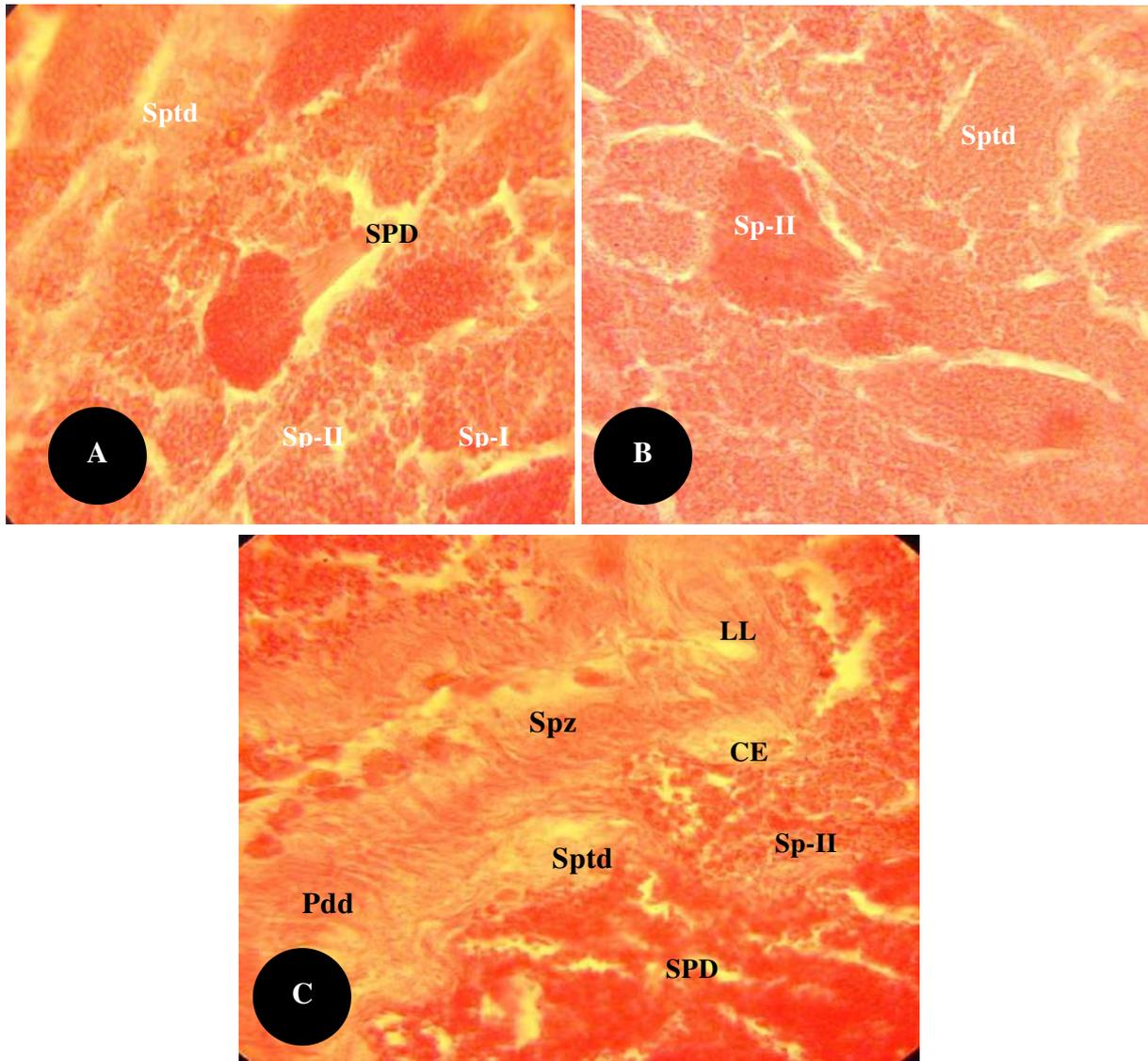
Grossissement: 100

**C** Vue, au fort grossissement, d'une portion de la médulla d'un mâle spermiant.

LT = laitance ; SPD = spermiducte ; Spz = spermatozoïde.

Grossissement: 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 38** : Vue d'une portion de testicule chez un spécimen de *Auxis thazard* de stade IV.

**A** : Vue, au fort grossissement, de trois tubules testiculaires.

Grossissement : 1000

**B** : Vue, au fort grossissement, de la portion interne d'un tubule testiculaire.

Grossissement : 1000

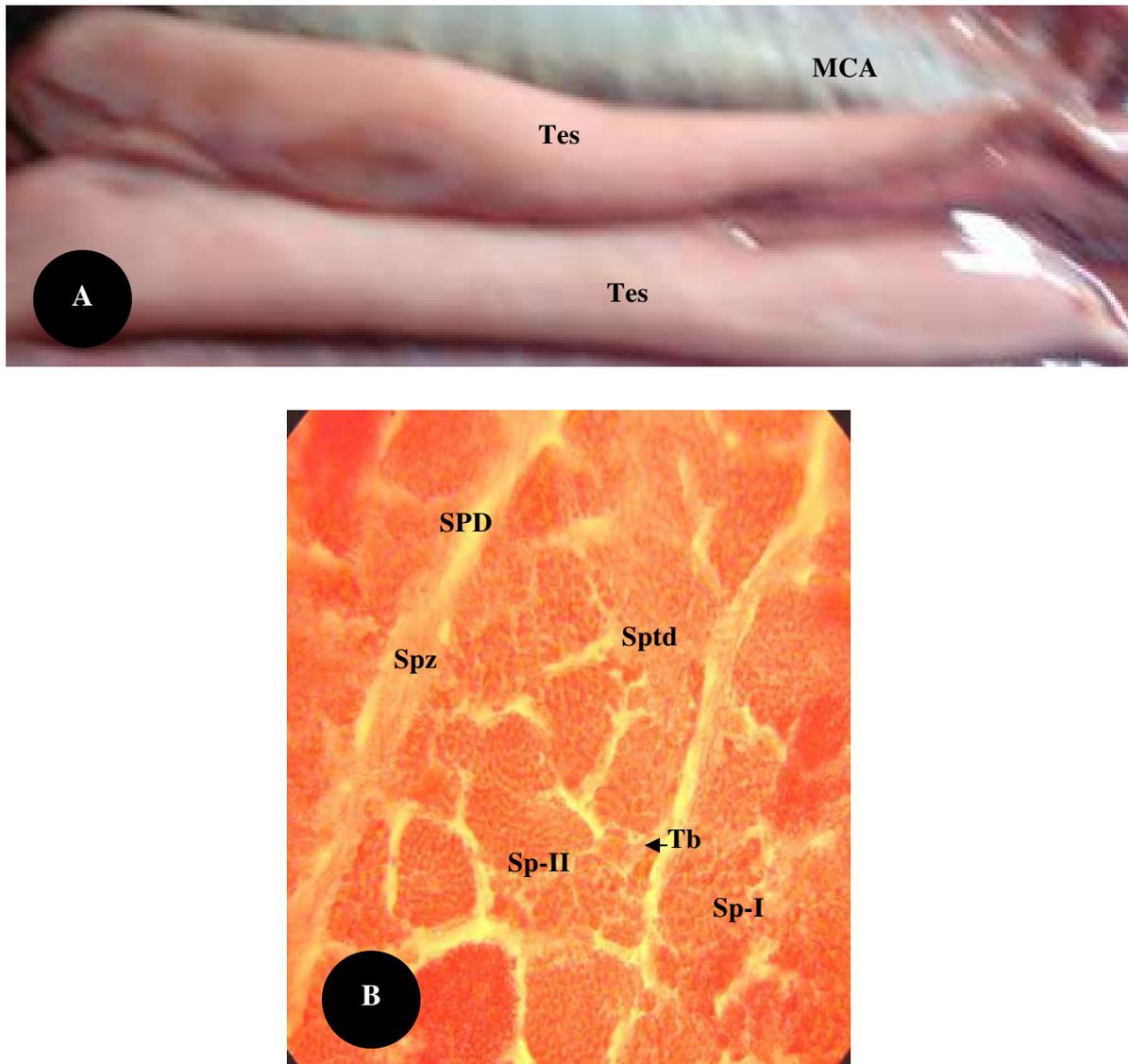
**C** : Vue, au fort grossissement, de la portion centrale de la médulla d'un mâle spermiant.

CE = canal principal d'évacuation des spermatozoïdes ; LL = lumière lobulaire ;

SPD = spermiducte ; Pdd = plage de drainage des spermatozoïdes ; Sp-I = spermatocyte I ; Sp-II = spermatocyte II ; Sptd = spermatide ; Spz = spermatozoïdes.

Grossissement : 1000

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 39** : Testicules d'un spécimen de *Auxis thazard* de stade V (post-spermiation).

**A** : Morphologie des testicules de stade post-spermiation.

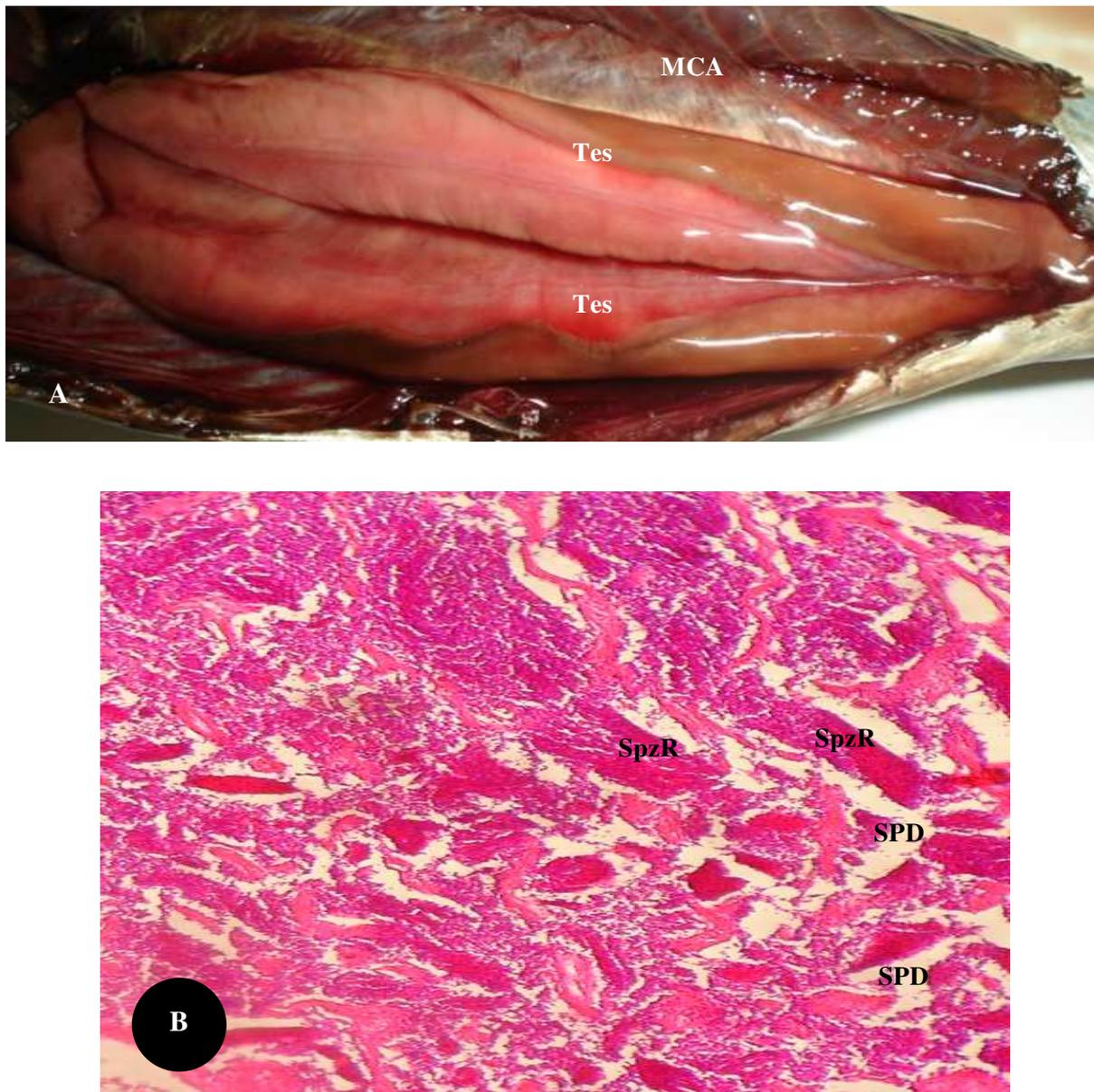
Tes = testicules ; MCA = masse musculaire de la cavité abdominale.

**B** : Vue, au fort grossissement, de trois tubules testiculaires d'un spécimen de *Auxis thazard* de stade V.

SPD = spermiducte ; Sp-I = spermatocyte I ; Sp-II = spermatocyte II ; Sptd = spermatide ; Spz = spermatozoïdes; Tb = tubule.

Grossissement: 1000

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 40** : Testicules d'un spécimen de *Auxis thazard* de stade VI (repos sexuel).

**A** : Morphologie des testicules de stade repos sexuel.

Tes = testicules ; MCA = masse musculaire de la cavité abdominale.

**B** : Coupe transversale du testicule d'un spécimen de *Auxis thazard* de stade repos sexuel.

SpzR = spermatozoïdes résiduels ; SPD = spermiducte.

Grossissement: 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine

### 2.1.10- Stades macroscopique et microscopique des testicules chez *Euthynnus alletteratus*

Le stade I ou stade immature (Figure 41) : Les testicules se reconnaissent à leur forme lamellaire (Figure 41A). Ils ne sont pas vascularisés. Ils mesurent 10,6 à 14,3 cm ( $12,8 \pm 1,0$  cm) et pèsent environ 0,21 à 0,50 g ( $0,31 \pm 0,07$  g), chez des spécimens de 35 à 41 cm LF ( $37,8 \pm 1,9$  cm). Au plan histologique, le testicule est caractérisé par la présence de longs tubules ramifiés qui sont liés les uns aux autres, mais séparés par endroits par des espaces inter tubulaires, ramifications du spermiducte (Figure 41B). La section, faite au niveau de la zone proche de l'extrémité antérieure du testicule, montre l'organisation générale du testicule en tubules allongés. C'est au sein des tubules que s'effectue la différenciation des gamètes. Les tubules sont séparés par des espaces inter tubulaires, une sorte d'extension du spermiducte. Les tubules se rejoignent dans la partie centrale du testicule (la médulla) où ils débouchent dans le canal principal d'évacuation des spermatozoïdes.

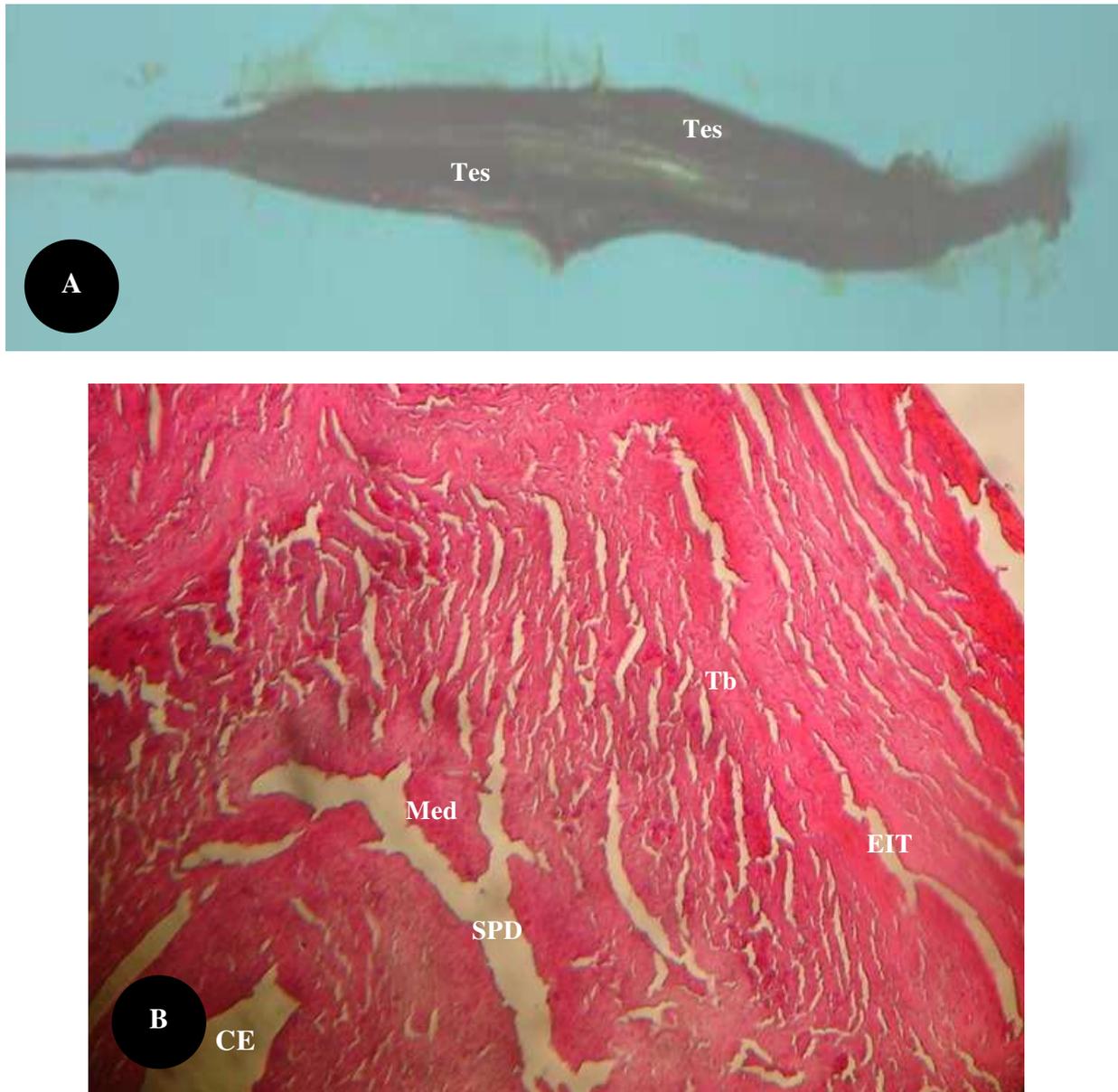
Le stade II ou stade début de maturation (Figure 42) : Les testicules sont constitués de deux grands lobes accolés (Figure 42A). Les testicules présentent un début de vascularisation visible sur la face ventrale. Ils sont visiblement plus gros qu'au stade précédent. Sur coupe histologique, on note que la partie interne des tubules est constituée de plusieurs lobules (Figures 42B et 42C). La section de coupe histologique montre plusieurs lobules. Les lobules sont le siège du début de la différenciation des produits sexuels (spermatocytes I, spermatocytes II, notamment, qui se présentent sous forme de masses sombres).

Stade III ou stade maturation (Figure 43) : Les testicules sont plus vascularisés, sur leurs faces ventrales. Ils sont de couleur blanche (Figure 43A). L'observation histologique du testicule permet de dire que la différenciation des cellules sexuelles (spermatocytes I, spermatocytes II et spermatides), s'effectue de la zone médullo-corticale vers la médulla. Ainsi, les spermatides, au moyen d'un processus de migration, arrivent au centre de la médulla, en direction du canal principal d'évacuation des spermatozoïdes (Figure 43B). La section de coupe histologique montre la région de la zone de convergence des tubules, tel le siège d'une plage de drainage antéropostérieure des spermatides. On note que les spermatides ont complètement libéré la zone corticale pour s'engager en direction du canal principal d'évacuation. Au cours du drainage, les cellules sexuelles, notamment, les spermatides et les spermatozoïdes, migrent de l'intérieur des tubules, du côté de la zone médullaire, en direction du canal principal d'évacuation auquel sont connectés les tubules. Le canal d'évacuation collecte les flux de spermatides et spermatozoïdes, avant l'évacuation des spermatozoïdes vers l'extérieur des voies génitales.

Le stade IV ou stade spermiation (Figure 44) : Les testicules, très vascularisés dans leurs faces ventrales, ont atteint leur taille maximum (Figure 44A). Ils mesurent entre 14,6 et 19,6 cm ( $17,4 \pm 1,6$  cm) et pèsent 47,39 à 79,16 g ( $65,93 \pm 9,29$  g), chez des spécimens de 45 à 52 cm LF ( $48,9 \pm 2,1$  cm). La laitance coule à la moindre pression que l'on exerce sur l'abdomen du poisson. Au plan histologique, les cellules sexuelles observées sont des spermatozoïdes, formés dans la zone de convergence des tubules, une zone qui débouche sur le canal principal d'évacuation (Figures 44B et 44C). La section montre l'accumulation des spermatozoïdes (masses violacées) dans la zone de convergence des tubules, située dans la partie centrale de la médulla. On note que certains spermatozoïdes sont disposés autour ou sont accumulés dans le canal principal d'évacuation. Ceci facilite leur passage dans ce canal quand ils sont prêts d'être évacués.

Le stade V ou stade post-spermiation (Figure 45) : Les testicules sont de couleur blanchâtre. Ils ne constituent plus qu'un ensemble contenant des spermatozoïdes résiduels encore observables dans le canal d'évacuation. La section de coupe histologique montre une portion de la zone de convergence des tubules et des spermatozoïdes résiduels (plage de masses violacées).

Le stade VI ou stade repos sexuel (Figure 46) : Les testicules sont mous et plus légers par rapport à ceux de stade V. Ils sont d'une couleur blanc pâle. Sur coupe histologique, ils ressemblent à une structure en reconstitution, avec peu de spermatozoïdes résiduels.



**Figure 41** : Testicules d'un mâle immature (stade I) de *Euthynnus alletteratus*.

**A** Morphologie des testicules immatures.

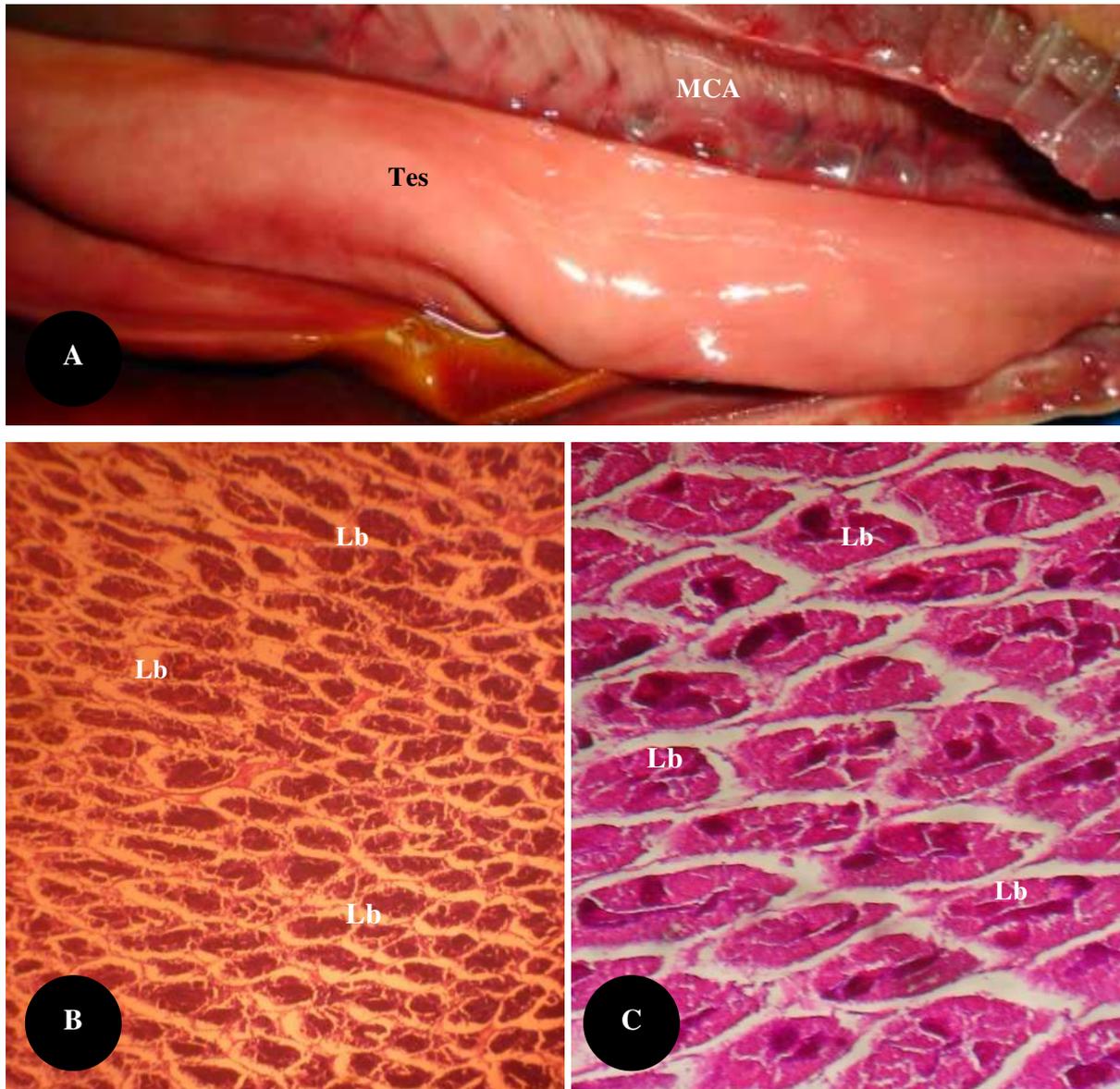
Tes = testicule.

**B** Coupe transversale dans le testicule d'un spécimen immature de *Euthynnus Alletteratus*.

EIT = espace inter tubulaire ; CE = canal d'évacuation ; Med = médulla ; Tb = tubule.

Grossissement : 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 42 :** Testicules d'un spécimen de *Euthynnus alletteratus* de stade II (début de maturation.

**A** Morphologie des testicules de stade début de maturation.

MCA = masses musculaires de la cavité abdominale. Tes = testicule.

**B** Vue, au faible grossissement, d'une portion de la médulla d'un jeune mâle *Euthynnus alletteratus* de stade II.

Lb = lobule.

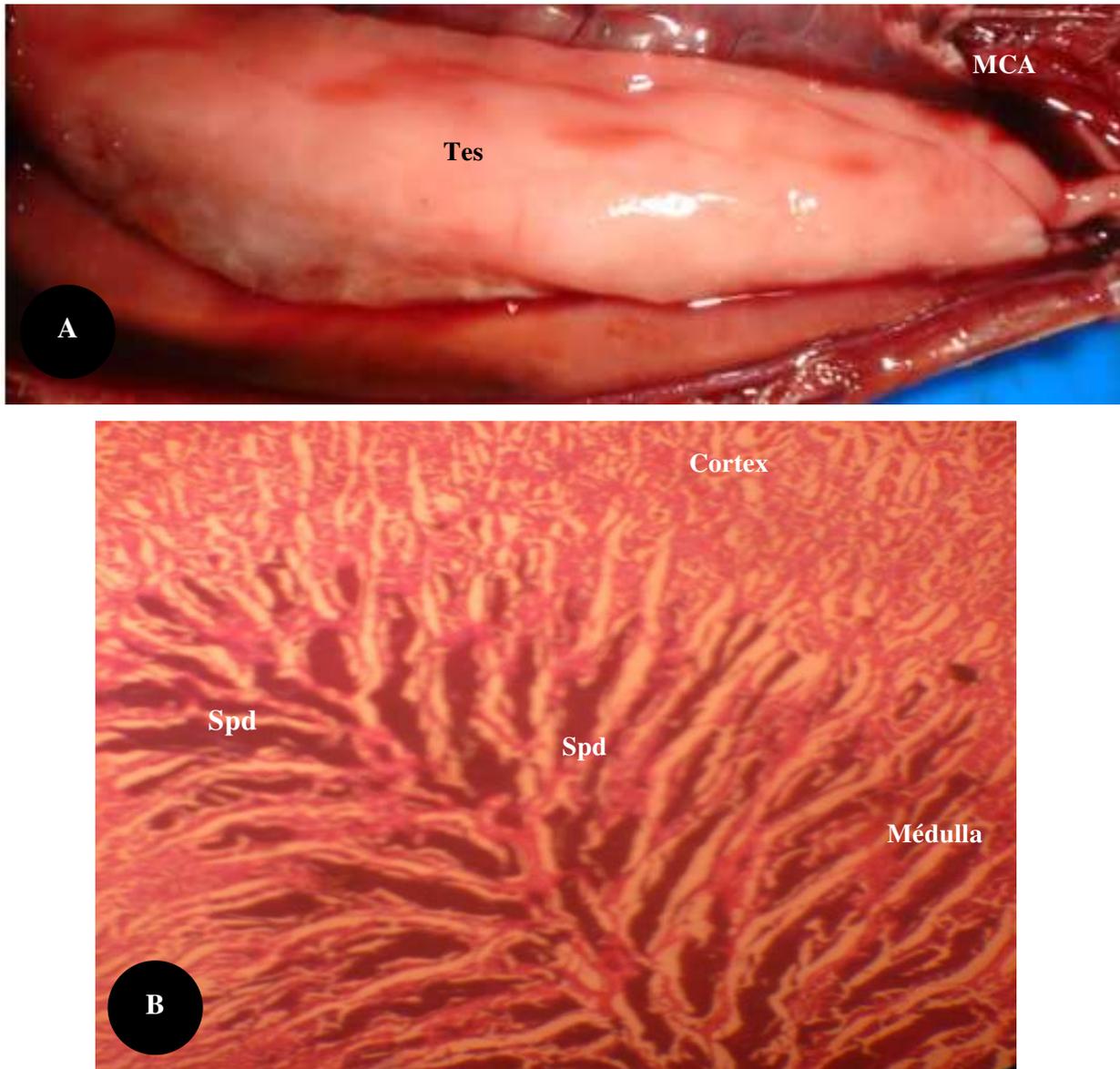
Grossissement: 32

**C** Vue, au fort grossissement, d'une portion de la médulla d'un jeune mâle *Euthynnus alletteratus* de stade II.

Lb = lobules.

Grossissement : 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 43** : Gonades mâles d'un spécimen de *Euthynnus alletteratus* de stade III (maturation).

**A** : Morphologie des testicules de stade maturation.

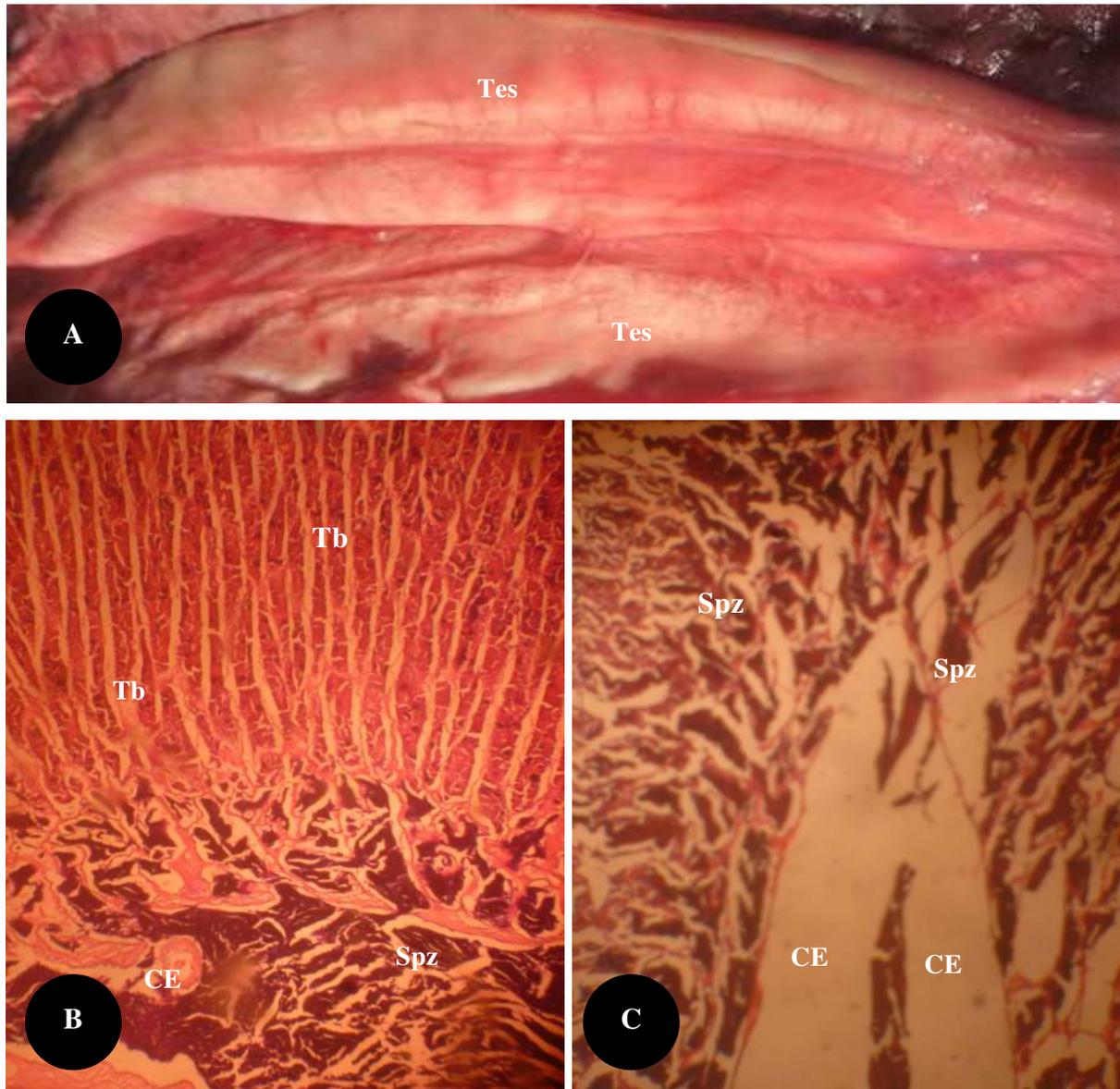
Tes = testicules ; MCA = masse musculaire de la cavité abdominale.

**B** : Coupe transversale du testicule, au niveau de la médulla, d'un adulte de *Euthynnus alletteratus* de stade III.

EIT = espace inter tubulaire ; Spd = spermatide.

Grossissement: 100

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 44 :** Testicules d'un spécimen de *Euthynnus alletteratus* de stade IV (mâle spermiant, poisson plein).

**A :** Morphologie des testicules d'un mâles spermiant.

Tes = testicules.

**B :** Vue d'une portion du testicule d'un spécimen plein de *Euthynnus alletteratus*.

CE = canal principal d'évacuation des spermatozoïdes ; Spz = spermatozoïde ;  
Tb = Tubule.

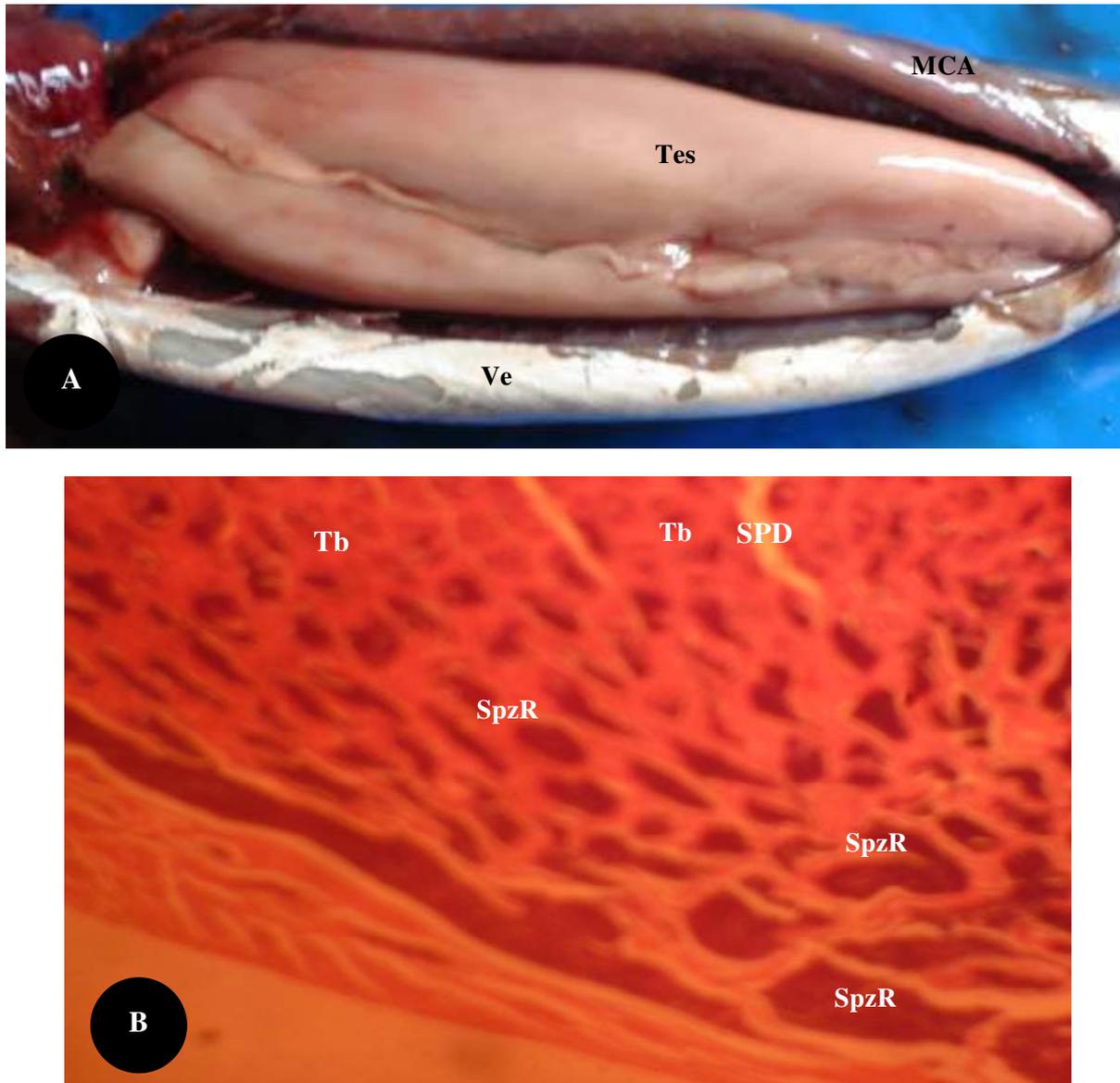
Grossissement: 100.

**C :** Coupe transversale d'une portion de la médulla du testicule d'un mâle spermiant.

CE = canal d'évacuation . Spz = spermatozoïdes.

Grossissement: 100

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 45 :** Testicules d'un spécimen de *Euthynnus alletteratus* de stade V (post-spermiation).

**A :** Morphologie des testicules de stade post-spermiation.

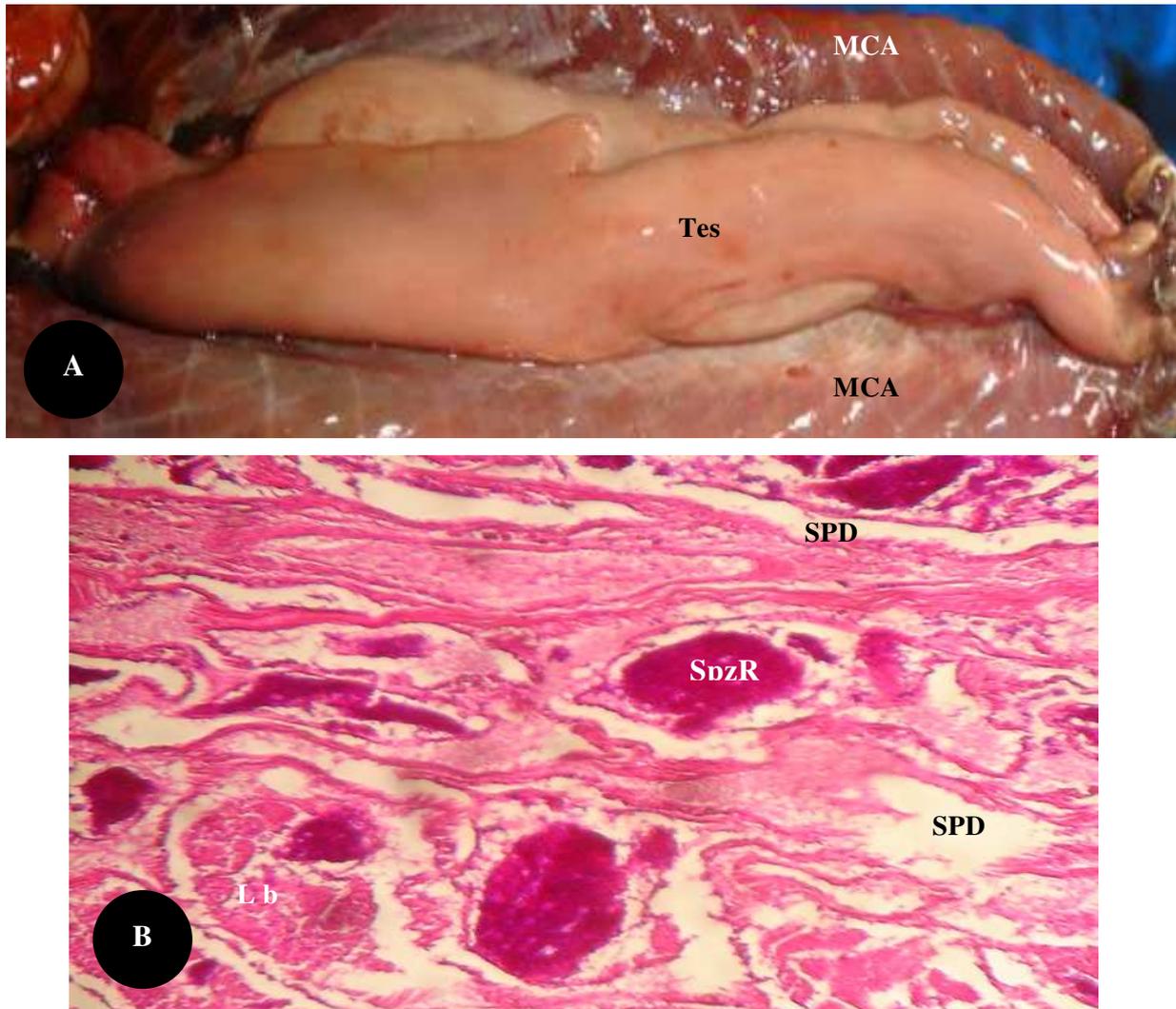
MCA = masse musculaire de la cavité abdominale. ; Ve = ventre du poisson ;  
Tes = testicules.

**B :** Vue microscopique de la partie centrale du testicule d'un spécimen de *Euthynnus alletteratus* de stade V.

SpzR = spermatozoïdes résiduels ; SPD = spermiducte.

Grossissement: 100

Coloration : Hématoxyline-Éosine



**Figure 46 : Gonades mâles d'un spécimen de *Euthynnus. alletteratus* de stade VI (repos sexuel).**

**A :** Morphologie des testicules de stade repos sexuel.

Tes = testicules ; MCA = masse musculaire de la cavité abdominale.

**B :** Coupe transversale du testicule d'un spécimen de *Euthynnus alletteratus* de stade repos sexuel.

Lb = lobules ; SpzR = spermatozoïdes résiduels ; SPD = spermiducte.

Grossissement: 200

Coloration : Hématoxyline-Éosine

### 2.1.11- Fréquences de taille des ovocytes chez *Auxis thazard*

Les Figures 47A, 47B et 47C présentent la distribution des diamètres ovocytaires les plus nombreux au sein des ovaires de stade III, IV et V. On observe plusieurs distributions de fréquence des diamètres ovocytaires. Chez l'auxide, le stade III présente une seule taille modale située à 0,5 mm (Figure 47A). Les ovocytes ont un diamètre compris entre 0,3 et 0,7 mm. Leur diamètre moyen est de  $0,53 \pm 0,11$  mm. Le stade IV se caractérise par deux classes modales (Figure 47B). La première, dont le mode se situe à 0,5 mm, renferme des ovocytes dont le diamètre est compris entre 0,4 et 0,7 mm, avec un diamètre moyen de  $0,59 \pm 0,13$  mm. La deuxième classe modale, dont le mode se situe à 1,0 mm, est constituée d'ovocytes de 0,8 à 1,2 mm de diamètre (diamètre moyen =  $1,04 \pm 0,15$  mm). Le stade V présente deux tailles modales également (Figure 47C). Le premier mode est situé à 0,5 mm, dans une classe modale renfermant des ovocytes de 0,3 à 0,7 mm de diamètre (diamètre moyen =  $0,51 \pm 0,12$  mm). La deuxième classe modale dont le mode est 1,0 mm comprend des ovocytes mesurant 0,8 à 1,2 mm de diamètre (diamètre moyen =  $1,02 \pm 0,14$  mm).

### 2.1.12- Fréquences de taille des ovocytes chez *Euthynnus alletteratus*

Chez la thonine, les Figures 47D, 47E et 47F présentent les diamètres ovocytaires les plus nombreux au sein des ovaires de stade III, IV et V. Une seule taille modale (0,5 mm) caractérise le stade III dont les ovocytes ont un diamètre compris entre 0,3 et 0,6 mm (diamètre moyen =  $0,49 \pm 0,12$  mm) (Figure 47D). Les ovocytes de stade IV sont distribués dans deux classes modales (Figure 47E). Le premier mode se situe à 0,5 mm, parmi des ovocytes dont le diamètre varie entre 0,4 et 0,6 mm (diamètre moyen =  $0,53 \pm 0,10$  mm). La deuxième classe modale comprend des ovocytes dont le diamètre varie de 0,7 à 1,1 mm (diamètre moyen =  $0,93 \pm 0,15$  mm). Dans cette classe, le mode est situé à 0,9 mm. Le stade V présente deux tailles modales, dont la première, située à 0,5 mm, est plus importante. Elle fait partie des ovocytes qui ont un diamètre compris entre 0,3 et 0,6 mm (diamètre moyen =  $0,49 \pm 0,13$  mm) (Figure 47F). La deuxième taille modale est moins importante. Elle est située à 0,9 mm, parmi des diamètres ovocytaires de 0,7 à 1,1 mm (diamètre moyen =  $0,91 \pm 0,14$  mm). La variation des tailles modales des ovocytes, à l'intérieur des ovaires, suppose que les ovocytes grandissent par groupes successifs pour atteindre la taille maximale d'environ 1 mm à laquelle ils sont émis.

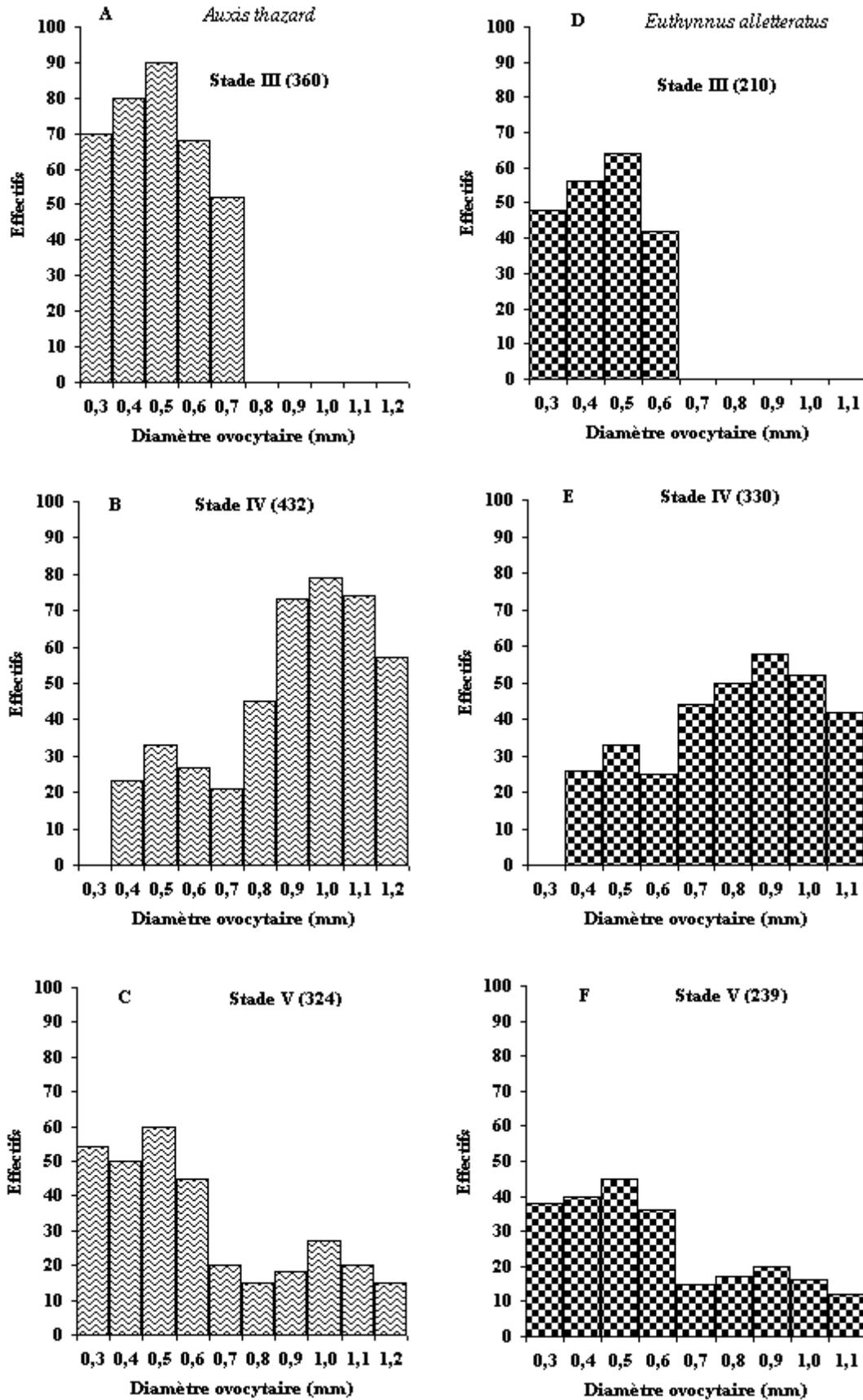


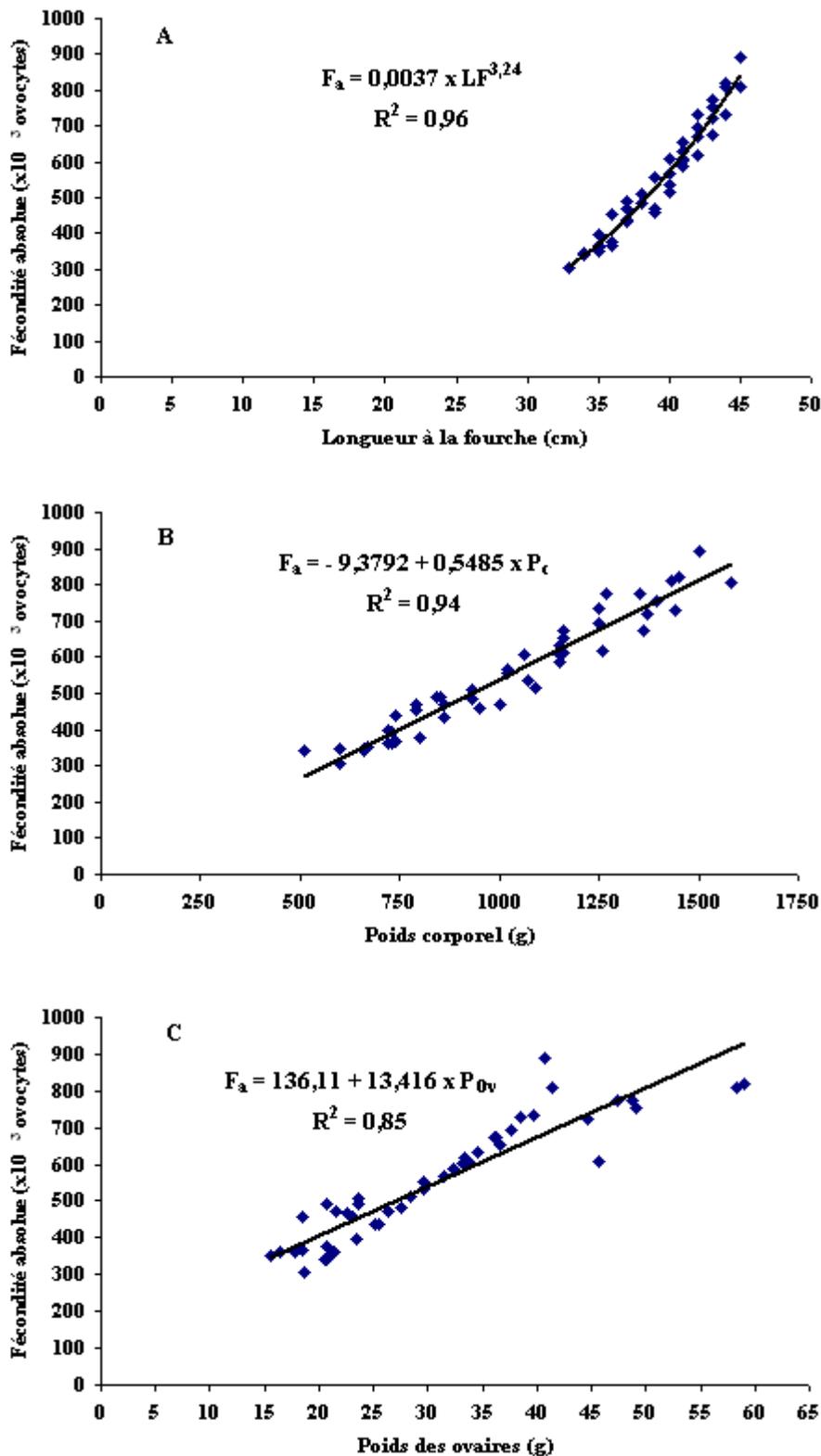
Figure 47 : Distribution des fréquences de taille des ovocytes chez les femelles *Auxis thazard* (A, B et C) et *Euthynnus alletteratus* (D, E et F) à différents stades de maturité sexuelle.

### 2.1.13- Fécondité chez *Auxis thazard*

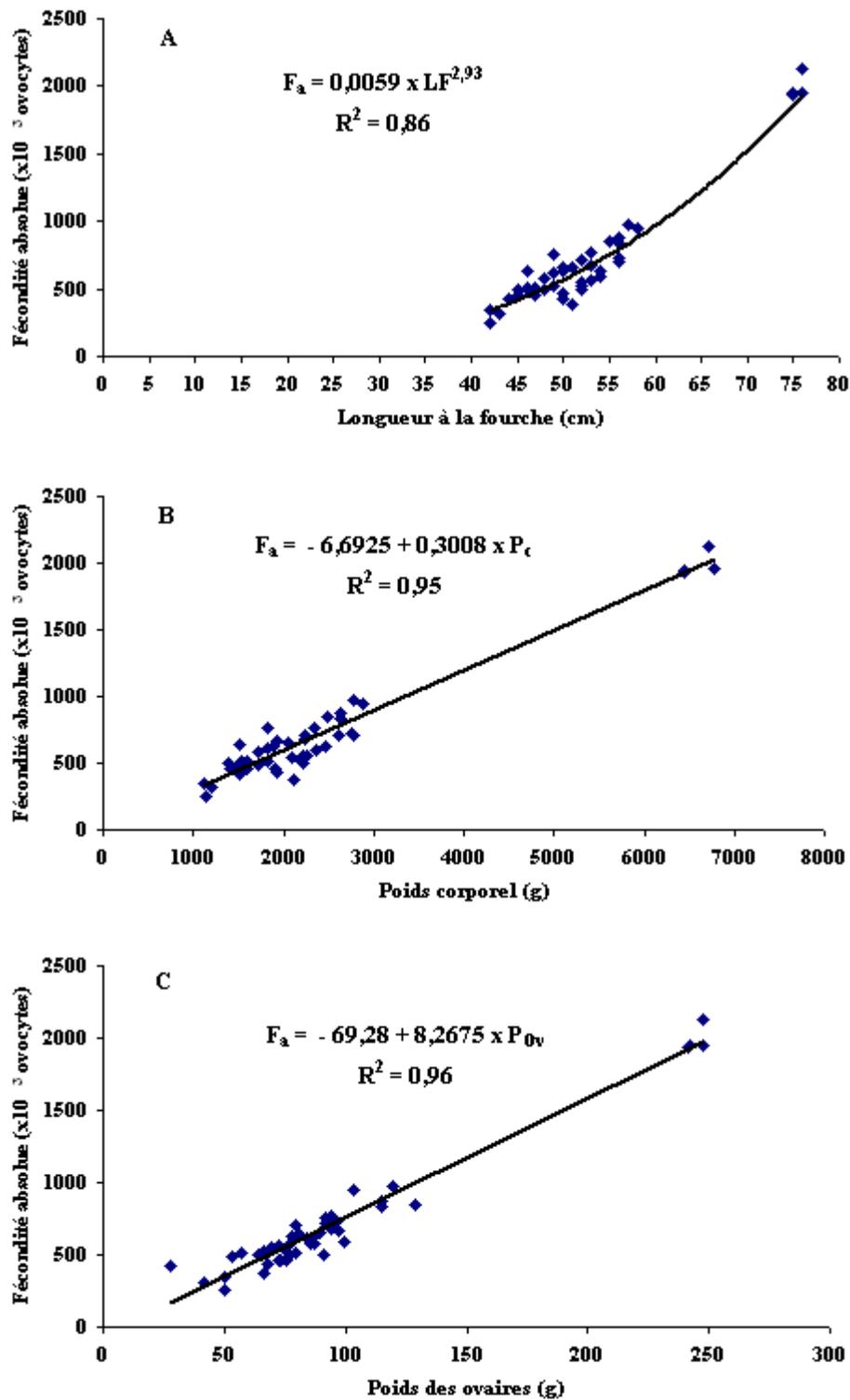
Les Figures 48A, 48B et 48C présentent, respectivement, la relation entre le nombre d'ovocytes susceptibles d'être émis et la taille des femelles auxides, le poids corporel et le poids des ovaires. La fécondité absolue varie de 305000 à 891000 ovocytes (avec une moyenne de  $544920 \pm 161$  ovocytes) dans l'intervalle de tailles 33 – 45 cm LF des femelles échantillonnées. Elle est liée à la longueur à la fourche des femelles par une courbe de type puissance dont l'équation est  $F_a = 0,0037 \times LF^{3,24}$  (Figure 48A). La fécondité absolue des auxides croît avec l'augmentation du poids corporel des femelles et du poids des ovaires. En effet, la fécondité absolue est corrélée positivement au poids corporel et cette corrélation se traduit par une droite d'équation  $F_a = -9,3792 + 0,5485 \times P_c$  (Figure 48B). La relation fécondité absolue – poids des ovaires se traduit également par une droite linéaire dont l'équation est  $F_a = 136,11 + 13,416 \times P_{ov}$  (Figure 48C). La fécondité relative des auxides oscille entre 470 et 666 ovocytes/g de femelles, avec une moyenne de  $539 \pm 42$  ovocytes/g de femelles.

### 2.1.14- Fécondité chez *Euthynnus alletteratus*

Chez la thonine, les Figures 49A, 49B et 49C présentent, respectivement, la relation entre le nombre d'ovocytes susceptibles d'être émis et la taille des femelles, le poids corporel et le poids des ovaires. La fécondité absolue de la thonine varie de 342000 à 2127000 ovocytes chez des femelles de 42 à 76 cm LF, avec une moyenne générale de  $718024 \pm 428$  ovocytes. La fécondité absolue est liée à la taille des thonines par une courbe de type puissance (Figure 49A). L'équation de cette courbe est  $F_a = 0,0059 \times LF^{2,93}$ . Les résultats de la régression indiquent que la fécondité absolue est corrélée positivement au poids corporel des femelles. Cette corrélation se traduit par une droite dont l'équation est  $F_a = -6,6925 + 0,3008 \times P_c$  (Figure 49B). La fécondité absolue est également positivement corrélée au poids des ovaires, selon l'équation  $F_a = -69,28 + 8,2675 \times P_{ov}$  (Figure 49C). Quant à la fécondité relative, elle varie de 179 à 419 ovocytes/g de femelles, soit  $299 \pm 49$  ovocytes/g de femelles, en moyenne.



**Figure 48** : Relations fécondité absolue – longueur à la fourche (A), fécondité absolue - poids corporel (B) et fécondité absolue - poids des ovaires (C) des femelles *Auxis thazard* débarquées en 2004 par les pêcheurs artisans.



**Figure 49** : Relations fécondité absolue – longueur à la fourche (A), fécondité absolue - poids corporel (B) et fécondité absolue - poids des ovaires (C) des femelles *Euthynnus alletteratus* débarquées en 2004 par les pêcheurs artisans.

### 3.2- Discussion

L'absence de dimorphisme sexuel chez les thonidés fait que la dissection des individus est le seul moyen de distinguer les mâles des femelles, donc, de déterminer le sex-ratio. Pour l'ensemble des auxides et thonines échantillonnées pour l'étude de la biologie, le sex-ratio est de 1 mâle pour 1 femelle, ce qui est identique au sex-ratio théorique (1:1). Les variations saisonnières du sex-ratio ont montré également chez l'auxide et chez la thonine, qu'aucun des sexes ne prédomine par rapport à l'autre. Cette situation serait due au fait qu'au sein des bancs d'auxides et de thonines capturées par les pêcheurs artisans, il y a un mâle pour une femelle et une femelle pour un mâle. À aucune saison de l'année, les mâles ou les femelles ne migrent ailleurs ou ne s'isolent pour pratiquer une quelconque activité liée au sexe, telle la couvée ou la surveillance parentale chez certains poissons (Cichlidae). De plus, l'équilibre des sexes pourrait être dû à l'absence de sélectivité du filet maillant dérivant vis-à-vis des mâles et des femelles auxides et thonines. Le sex-ratio chez l'auxide a été très peu étudiée en Atlantique tropical oriental et dans le golfe de Guinée (Cayré *et al.*, 1988). Les travaux de Postel (1950) ont montré qu'au Sénégal, le sex-ratio de l'auxide est proche de 1:1. Chez la thonine, la détermination du sex-ratio a été faite par plusieurs auteurs. Dans l'Atlantique tropical oriental, Chur (1972) a estimé qu'il y a plus de mâles que de femelles. Par contre, au Sénégal, le sex-ratio des thonines capturées est de 1:1. Le nombre de mâles est égal au nombre de femelles, quel que soit le mois considéré (Postel, 1955 ; Diouf, 1980). Aucune variation du sex-ratio en faveur de l'un des sexes, ni d'un mois à l'autre, ni d'une saison à l'autre n'a été observée dans la présente étude. Par contre, Diouf (1980) a observé, chez la thonine, une tendance à un sex-ratio en faveur des femelles, en saison froide. De plus, chez la thonine, la proportion des femelles diminue avec la taille. En effet, au-delà de 81 cm, tous les individus examinés sont des mâles (Postel, 1955 ; Diouf, 1980). Cette situation a également été observée dans cette étude. Ceci serait dû à une croissance différentielle entre mâles et femelles, mais aussi, probablement, à un changement de sexe de certains individus de la population.

Chez *Auxis thazard* et chez *Euthynnus alletteratus*, les mâles et les femelles atteignent la maturité sexuelle à la même taille, simultanément. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que l'énergie mobilisée pour la maturation des gonades est quasiment la même, aussi bien chez les mâles que chez les femelles. Cela pourrait être dû, également, à l'absence de dimorphisme sexuel chez ces espèces de thonidés mineurs, mais aussi au fait que la grosseur relative des testicules et des ovaires est plus ou moins la même. On peut donc supposer que chez l'auxide et chez la thonine, les mâles et les femelles pourraient se comporter de façon identique vis-à-vis de certains facteurs de l'habitat, notamment, la disponibilité de la nourriture.

Konstantinova et Chur (1976) ont trouvé que les mâles et les femelles auxides atteignent la maturité sexuelle à la même taille de 30 cm LF, ce que corroborent les résultats de la présente étude. Par contre, les résultats sur la taille de première maturité sexuelle de la thonine changent d'un auteur à un autre. Postel (1955) trouve respectivement 38,6 cm et 39,7 cm, chez les mâles et chez les femelles thonines, au Cap Vert et au Sénégal. Pour Chur (1977), ces tailles sont de 44,0 cm chez les mâles et de 42,8 cm chez les femelles dans le golfe de Guinée, alors que Diouf (1980) a obtenu 43,5 cm et 43,0 cm au Sénégal. Les résultats de la présente étude donnent la taille de 42,15 cm pour les mâles et 42,54 cm pour les femelles. D'après la Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique, la taille de première maturité sexuelle de la thonine, dans l'Atlantique tropical oriental, est de 42 cm aussi bien pour les mâles que pour les femelles (ICCAT, 2000). Olele (2010) estime que la différence entre les valeurs de la taille de première maturité sexuelle, chez les mâles et chez les femelles, est due aux particularités des habitats, mais aussi à l'inégale disponibilité de la nourriture et à la croissance différentielle des individus.

L'analyse des variations mensuelles du pourcentage des stades de maturation sexuelle, ainsi que les déterminations macroscopique et microscopique des gonades, ont montré que les paramètres de reproduction des femelles et des mâles *Auxis thazard* et *Euthynnus alletteratus* sont synchrones. Les indices gonado-somatique et hépato-somatique ont relativement les mêmes valeurs, indépendamment du sexe. Ceci signifie que chez l'auxide et chez la thonine, les mâles dépensent autant d'énergie que les femelles pour la reproduction. Pourtant, Poulet (2004) rapporte que chez la plupart des Téléostéens, on observe une croissance différentielle entre les sexes. Dans beaucoup de cas, les différences de taille sont liées à la relative répartition de l'énergie pour la production des gamètes (Konan, 2010).

Les variations du RGS et du RHS couplées aux variations des stades de maturité sexuelle permettent d'affirmer que la saison de ponte a lieu de juin à novembre, chez *Auxis thazard* et de mai à octobre, chez *Euthynnus alletteratus*. Ces périodes correspondent à de fortes valeurs du RGS. En effet, sur le plateau continental ivoirien, la majorité des individus est immature ou en repos sexuel de décembre à mai (chez *A. thazard*) ou de novembre à avril (chez *E. alletteratus*). La maturation gonadique, qui a lieu lorsque le poids des gonades atteint 2 % du poids du corps (Postel, 1950 ; Frade et Postel, 1955), s'accélère de mai à juin (chez *A. thazard*) ou d'avril à mai (chez *E. alletteratus*). On observe les premières auxides pleines (stade IV), à partir de juin et les premières thonines pleines, à partir de mai. Cependant, c'est en août, chez *A. thazard*, ou de juillet à août, chez *E. alletteratus*, que la ponte commence à s'intensifier, pour ensuite s'estomper en novembre et octobre respectivement, pour la

première et la deuxième espèce. Les auxides de stade V (post-ponte) ont été observées de juillet à décembre tandis que les thonines de stade V ont été observées de juin à novembre. À partir de novembre et décembre respectivement, toutes les thonines et toutes les auxides ont fini de pondre et entrent en repos sexuel.

Certainement, pendant la période de maturation gonadique (d'avril à juin, chez la thonine et de mai à juillet, chez l'auxide), les auxides et thonines s'alimentent activement, dans le but de stocker des réserves énergétiques au niveau du foie. Pendant cette période qui se situe dans la grande saison chaude (GSC), on note une augmentation du RGS et du RHS. L'évolution du facteur de condition en cette même période d'activité sexuelle montre que les auxides et thonines maigrissent, l'essentiel de la nourriture ingérée servant non seulement à la nage, mais aussi, à la maturation des gonades et de leurs produits. Cependant, l'émission des gamètes a lieu principalement de juillet à août. On peut supposer que pendant cette période, les poissons se nourrissent de moins en moins. Ils commencent à puiser dans leurs réserves hépatiques, car l'énergie fournie par l'alimentation ne comble qu'en partie le déficit énergétique musculaire. Cela crée une diminution du facteur de condition. En août et septembre, où les auxides et thonines commencent à prendre du poids, sont observées les plus fortes quantités de plancton (Binet, 1993). La présence des auxides pleines, de juin à novembre, et la présence des thonines pleines, de mai à octobre, permettent d'affirmer que la ponte chez ces thonidés mineurs a lieu en saison chaude, dans une gamme de température comprise entre 27,56 °C et 28,53 °C. La ponte a aussi lieu pendant la grande saison froide, entre 22,14 °C et 25,13 °C. La période de reproduction est donc assez longue, comme chez les espèces aux gonades femelles relativement pesantes et très riches en réserves vitellines (Fawole et Arawomo, 2000). Plusieurs auteurs ont étudié la reproduction de l'auxide et celle de la thonine (Caverivière *et al.*, 1976 ; Caverivière et Suisse de Sainte Claire, 1980 ; Alekseev et Alekseeva, 1980 ; Diouf, 1980 ; Rudomiotkina, 1984 ; Cayré *et al.*, 1988). Ils affirment que l'auxide se reproduit pendant l'été austral (mai – juin) et que la thonine se reproduit pendant la période de l'année où les eaux sont chaudes et salées. Au Sénégal, la période de ponte de l'auxide a lieu, de juin à novembre, où la température des couches superficielles de l'eau de mer est supérieure à 24 °C (Frade et Postel, 1955 ; Conand, 1970). La thonine se reproduit de mai à novembre (Diouf, 1980) ou de janvier à mai, avec un maximum en mars - avril (Chur, 1972). A Sao Tomé et Príncipe, les thonines se reproduisent d'octobre à décembre (Frade et Postel, 1955). Au Cap Blanc, sur la côte maritime sud-ouest de la Mauritanie, Chur (1972) a noté que la période de ponte des thonines s'étend de juin à juillet. Les résultats de la présente étude qui indiquent que l'auxide et la thonine se

reproduisent dans des eaux relativement froides, dont la température varie de 22,14 à 25,13 °C, sont partiellement en désaccord avec ceux des auteurs cités précédemment. En effet, la plupart des auteurs pensent que la thonine et l'auxide ne se reproduisent que pendant les saisons marines chaudes. Par contre, les résultats trouvés dans l'étude sont parfaitement en accord avec les observations selon lesquelles la ponte a été observée chez *A. thazard*, dans des eaux de surface présentant des températures de 21,6-30,5 °C et, particulièrement, à 25-26 °C (Valeiras et Abad, 2010).

Les résultats obtenus indiquent également que *A. thazard* et *E. alletteratus* se reproduisent aussi dans des eaux relativement chaudes, de température comprise entre 27,56 °C et 28,53 °C, ce qui corrobore, en partie, les observations de Bakun (1996) selon lesquelles la ponte chez les thons tropicaux nécessite une température minimale de 26 °C. De toute évidence, les températures enregistrées dans cette étude sont comprises dans la gamme de 20 à 31 °C, correspondant sensiblement aux valeurs minimum et maximum rencontrées dans l'océan Atlantique tropical oriental (Stretta, 1988), dont font partie les eaux marines de Côte d'Ivoire.

Les différents résultats évoqués plus haut rappellent le rôle crucial de la température de l'eau dans la reproduction des poissons. Par ailleurs, la caractéristique de la ponte chez les poissons varie selon l'espèce et les caractéristiques de l'eau dans laquelle celle-ci vit (Nikolsky, 1963). Si l'auxide et la thonine se reproduisent pendant la grande saison froide, c'est probablement parce que les basses températures enregistrées, en cette saison, ne sont pas un facteur limitant pour la vie de ces espèces et de leurs progénitures dans le milieu. Cela pourrait s'expliquer par le mécanisme physiologique dont les thons sont dotés naturellement et qui leur permet de réguler leur température corporelle. Par exemple, les larves d'auxide ont une forte tolérance de température et peuvent vivre dans des eaux ayant une température comprise entre 21,6 °C et 30,5 °C (Valeiras et Abad, 2010). Par ailleurs, la disponibilité de la nourriture pendant la grande saison froide joue un rôle important dans la mesure où elle est mise à profit par les auxides et les thonines pour pondre, de sorte que leurs progénitures n'aient pas à fournir beaucoup d'efforts à parcourir de longues distances pour se nourrir. En plus de Oboh (2002), Fagade *et al.* (1984) ainsi que Offem *et al.* (2007) révèlent le rôle crucial que joue la nourriture, en période de reproduction. Pour ces auteurs, quand la nourriture est abondante et suffisante, elle améliore l'embonpoint des poissons, et par conséquent, donne de la valeur à la reproduction.

Les résultats obtenus indiquent que les pics de RGS et de RHS sont atteints simultanément chez les mâles et chez les femelles. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les

changements impliqués dans le cycle sexuel interviennent concomitamment chez les mâles et chez les femelles. En particulier, l'accumulation de taux élevés de protéines et de lipides, généralement associée à l'augmentation du RGS pendant la période de maturation des gonades (Htun-Han, 1978), se fait simultanément dans les ovocytes et dans les testicules. En effet, avant qu'ils ne soient mûrs, les ovaires, notamment, passent par plusieurs stades impliquant des modifications morphologiques et physiologiques dont le but est de préparer le poisson à la ponte. Il est généralement admis que le foie joue dans l'organisme le rôle de stockage de réserves énergétiques. Selon Koné (2000), pour la maturation des gonades, les poissons gras s'alimentent activement et stockent des réserves au niveau des muscles, des mésentères péri-viscéraux et sous la peau. Ces réserves passent ensuite dans le foie et dans les gonades pour assurer les besoins énergétiques en période de reproduction. Dans ce cas, le maximum de RGS coïncide avec celui du RHS (Lahaye, 1980), comme le montrent les résultats obtenus.

La mobilisation des réserves, lors de la reproduction, notée chez *A. thazard* et chez *E. alletteratus*, pourrait principalement être d'origine alimentaire et musculaire qu'hépatique, à cause des faibles variations du RHS, par rapport au facteur de condition. Le facteur de condition et le RGS évoluent en sens opposés, ce qui se traduit par la croissance du RGS pendant que le facteur de condition décroît. Inversement, le facteur de condition commence à croître quand la ponte tend à faiblir, voire à s'estomper. Des résultats similaires ont été obtenus chez une autre espèce de thonidé mineur, la bonitou, *Auxis rochei* (Kahraman *et al.*, 2010). Ces derniers auteurs tirent la conclusion que le facteur de condition est inversement proportionnel au développement des ovaires. En général, la variation saisonnière du facteur de condition est influencée par le développement des gonades, l'activité trophique et par d'autres facteurs (Daddamani *et al.*, 2001). Le facteur de condition est un indicateur très important pour la détermination de l'état physiologique des poissons (Konan, 2010). Il varie considérablement, en rapport avec la corpulence et l'amaigrissement des individus ainsi que la période de ponte et un certain état de stress.

Selon divers auteurs (El-Greisy, 2000 ; Assem, 2000, 2003 ; Honji *et al.*, 2006), la méthode la plus commode pour déterminer la saison de ponte d'une espèce donnée est de coupler à l'étude des variations du RGS l'étude histologique des gonades. Cette approche a permis de caractériser l'histologie du développement des testicules et des ovaires de *Auxis thazard* et de *Euthynnus alletteratus* décrits macroscopiquement. De toute évidence, ce qu'on observe macroscopiquement (couleur, vascularisation, résistance à la pression) est étroitement corrélé à la maturation des produits sexuels mâles et des ovocytes contenus respectivement

dans les testicules et les ovaires. Par exemple, un ovaire de stade IV (femelle pleine) résistera beaucoup plus à la pression qu'un ovaire de stade V (post-ponte) parce que la plupart des ovocytes qu'il contient ont atteint leur taille maximum et soutiennent la paroi ovocytaire. Selon Nagahama (1983), chaque stade des ovocytes en développement peut être caractérisé par la taille de la cellule, l'apparence du noyau et des nucléoles, la localisation et la nature des inclusions cytoplasmiques. En nous fondant sur ces informations et sur les travaux de Albaret (1976) sur l'albacore, six stades de développement des ovocytes ont été déterminés, chez l'auxide et chez la thonine. De même, chez les mâles de ces espèces, six stades de développement des gamètes ont été identifiés. Les caractéristiques générales de l'histologie du développement des testicules et des ovaires de l'auxide et de la thonine confirment les différents stades macroscopiques décrits par Chur (1972) et par Diouf (1980). Elles sont aussi en accord avec les résultats mentionnés chez l'albacore, *Thunnus albacares*, une autre espèce de thonidé (Albaret, 1976). La reproduction des thonidés mineurs étudiée est identique, sur de nombreux aspects, à celle d'autres Téléostéens. En effet, les modalités de la différenciation des cellules sexuelles femelles sont plus ou moins les mêmes. Les résultats de la présente étude ont montré qu'au stade II (début de maturation) et au stade IV (ponte, femelle pleine), le cytoplasme de l'ovocyte I et celui du follicule mûr sont subdivisés en trois couches. Des résultats similaires ont été obtenus chez le listao, *Katsuwonus pelamis* (Stéquert, 1976) et chez l'albacore, *Thunnus albacares* (Albaret, 1976). Chez *Auxis thazard* et chez *Euthynnus alletteratus*, les modalités de la différenciation des cellules sexuelles mâles sont identiques à celles de tous les poissons gonochoriques, conformément à l'échelle de maturité établie par Wenner *et al.* (1986). Les mâles ont un testicule organisé en lobules. Le testicule renferme de nombreux tubules dont les ramifications atteignent la périphérie du testicule. Les tubules sont séparés les uns des autres par un réseau de tissus conjonctif (Grier, 1993). À l'intérieur des lobules, les spermatogonies souche subissent une division mitotique à la suite de laquelle celles-ci deviennent des spermatogonies de deuxième ordre, enfermées à l'intérieur d'un cyste en développement. Les cystes renferment des cellules germinales identiques, reliées par le cytoplasme des cellules de Sertoli (Rooker *et al.*, 2007). Les cystes subissent une mitose et engendrent les spermatocytes, lesquels vont subir une division méiotique pour devenir des spermatides. Par le processus de la spermiogénèse, les spermatides acquièrent un flagelle et une pièce intermédiaire et deviennent des spermatozoïdes (Takashima et Hibiya, 1995). Le canal principal d'évacuation de chaque testicule fusionne avec celui de l'autre testicule pour former un canal unique d'évacuation à travers lequel les gamètes mâles sont transportés, de l'intérieur des testicules vers l'extérieur (Meister et Pashuk, 2005). Malgré cette apparente

ressemblance d'avec les gonades de la plupart des Téléostéens, les testicules de *A. thazard* et de *E. alletteratus* possèdent une organisation particulière qui se retrouve chez le germon, *Thunnus alalunga* et chez le thon rouge du Nord, *Thunnus thynnus*, respectivement, vu les résultats obtenus chez ces thonidés par Ratty *et al.* (1989) et par Rooker *et al.* (2007). À l'instar du testicule de ces thonidés majeurs, le canal principal d'évacuation est présent dans les testicules des auxides et thonines, même lorsque ces poissons sont immatures et que leurs testicules ne contiennent pas de laitance ou de spermatozoïdes. Les tubules s'organisent en un réseau de ramifications, à partir du canal principal d'évacuation des spermatozoïdes, en direction de la périphérie du testicule. Chez les individus matures, le spermiducte est situé presque au centre du testicule. D'après Grier *et al.* (1980), cette organisation diffère de celle que l'on observe chez la plupart des Téléostéens chez lesquels le canal principal d'évacuation des spermatozoïdes, logé le long de la face dorsale du testicule, pourrait ne pas être présent au niveau des jeunes testicules. À mesure que la production de spermatozoïdes augmente, des changements interviennent dans la morphologie du canal principal d'évacuation des spermatozoïdes (Ratty *et al.*, 1989).

La spermatogenèse, chez les thonidés mineurs étudiés, se fait selon deux modalités différentes. Chez *Auxis thazard*, elle a lieu essentiellement dans les lobules, de sorte que l'on distingue, au sein de ces lobules, selon le stade de maturité, alternativement ou cumulativement des spermatogonies, des spermatocytes, des spermatides et des spermatozoïdes. Un peu plus tard, les spermatozoïdes passent dans le canal principal d'évacuation. Chez *Euthynnus alletteratus*, la différenciation des produits sexuels (spermatogonies, spermatocytes, spermatides et spermatozoïdes) se fait selon un gradient antéropostérieur, de la zone corticale (ou médullo-corticale) vers la médulla, partie centrale du testicule. La conséquence de cet état de fait, c'est l'accumulation, dans le canal principal d'évacuation, de spermatides et de spermatozoïdes, principalement, aux stades IV et V de maturité sexuelle. La disposition ponctiforme des cellules sexuelles mâles, observée dans la présente étude, a été notée chez divers poissons, dont certains ne sont pas des thonidés. Il s'agit des travaux de Albaret (1976) chez *Thunnus albacares*, Ratty *et al.* (1989) chez *Thunnus alalunga*, Rooker *et al.* (2007) chez *Thunnus thynnus*, Kahraman *et al.* (2010) chez *Auxis rochei*, Otémé (2001) chez *Heterobranchus longifilis*, Meister et Pashuk (2005) chez *Rhomboplites aurorubens*, et Shinkafi *et al.* (2011) chez *Auchenoglanis occidentalis*. Les présents résultats corroborent ceux de Albaret (1976) chez l'albacore, Ratty *et al.* (1989) chez le germon, Otémé (2001) chez le silure, Rooker *et al.* (2007) chez le thon rouge du Nord.

Chez les femelles, la distribution bimodale des fréquences de taille des ovocytes provenant des ovaires de stade post-ponte a attiré notre attention. Il existe, donc, dans les ovaires, au moins un stock d'ovocytes en attente qui sont destinés à être émis plus tard. De plus, l'observation des coupes histologiques a montré des stades graduels de croissance des ovocytes dans lesquels le stade le plus évolué, le follicule mûr, renferme de nombreuses vacuoles. Les vacuoles sont des poches de réserves et d'inclusions lipidiques, glycoprotéiques et lipoprotéiques. La formation des vacuoles correspond à l'étape où coexistent, dans l'ovocyte, vacuoles périphériques et zona radiata. La zona radiata soutient la paroi ovocytaire (Mohamed et Al-Absawy, 2010). Les réserves et inclusions devenant de plus en plus nombreuses, elles augmentent l'espace réservé au cytoplasme, de sorte que le noyau paraît plus petit. Il en résulte l'augmentation du diamètre des ovocytes et des follicules. Il en découle une diminution progressive du rapport nucléo-cytoplasmique qui tend à être progressivement faible au niveau du follicule mûr. Ceci est en accord avec des résultats obtenus chez d'autres Téléostéens (Koné, 2000). Les ovaires des stades post-ponte et repos sexuel donnent des indications sur la modalité de la ponte chez *A. thazard* et chez *E. alletteratus*. En effet, les ovaires de ces stades sexuels contiennent, outre des follicules atrétiques ou en résorption, de nombreuses cellules de petite taille qui sont une nouvelle cohorte d'ovocytes. L'existence d'une telle organisation ne vaut que par le mode de reproduction fractionnée inhérente au caractère de géniteur multiple de *A. thazard* et de *E. alletteratus* (Chur, 1972 ; Rudomiotkina, 1983 ; Collette et Nauen, 1983 ; Valeiras et Abad, 2010).

Lors de la reproduction, tous les ovocytes ne sont pas émis en une seule fois. Chez *A. thazard*, les ovocytes qui ont atteint la taille maximale d'environ 1,04 mm sont les seuls qui sont pondus. Par contre, chez *E. alletteratus*, ce sont les ovocytes qui ont atteint la taille maximum d'environ 0,93 mm qui sont émis. En raison de leurs différents diamètres, les ovocytes mesurés peuvent être rangés dans au moins deux groupes distincts. Le premier groupe est celui des ovocytes de petite taille et le second est constitué des gros follicules contenant du vitellus. En effet, la présence de deux ou de plusieurs groupes d'ovocytes, conformément à la taille, peu avant la ponte, indique une longue saison de ponte ainsi que les caractéristiques d'une ponte fractionnée (Zaki *et al.*, 1995). Albaret (1976) explique, à partir du cas de l'albacore, le processus de ponte multiple. Pendant une saison de ponte, s'instaure un cycle qui va se répéter un certain nombre de fois. Après sa maturation normale, du stade I au stade V, l'ovaire revient à la fin du stade III ou au début du stade IV, et cela un certain nombre de fois, au cours de la saison de ponte (Albaret, 1976). La présence de modes successifs, dans la distribution des fréquences de taille des ovocytes, a été observée chez

d'autres espèces de thons dont l'albacore, le listao et le patudo (Cayré *et al.*, 1988). Les follicules atrétiques, que l'on observe dans les ovaires des stades post-ponte et repos sexuel, sont issus d'un processus appelé atrésie. L'atrésie est le processus de dégénérescence par lequel le développement des ovocytes de plusieurs stades n'arrive pas à son terme. Cela est dû à la prolifération et à l'hypertrophie des cellules folliculaires pour former une structure compacte et vascularisée appelée corps atrétique (Meyer *et al.*, 1988 ; Konan, 2010).

Chez l'auxide, *A. thazard*, et chez la thonine, *E. alletteratus*, la relation fécondité absolue – longueur à la fourche des femelles est matérialisée par une fonction puissance. Cependant, leurs fécondités absolues sont corrélées positivement au poids corporel et au poids des ovaires. D'après Wootton (1998), la fécondité est étroitement corrélée à la taille. En effet, des cas de corrélations entre la fécondité absolue et la taille ou le poids corporel ont été rapportés chez diverses espèces de poissons, dont *Oblada melanura* (Zaki *et al.*, 1995), *Trachinotus ovatus* (Allam, 1996), *Caranx crysos* (Assem, 2000). Colette et Nauen (1983) rapportent une fécondité absolue de 1370000 ovocytes chez une femelle *A. thazard* de 42,2 cm LF. Les résultats obtenus indiquent que la fécondité absolue varie de 305000 à 891000 ovocytes ( $544920 \pm 161$  ovocytes) chez *A. thazard*. Chez *E. alletteratus*, la fécondité oscille entre 342000 et 2127000 ovocytes ( $718024 \pm 428$  ovocytes). Diouf (1980) a trouvé, chez la thonine, que la fécondité absolue varie de 71000 à 2220000 ovocytes dans l'intervalle de tailles 30 à 78,5 cm LF. La fécondité de l'auxide et celle de la thonine sont donc relativement élevées. Certains auteurs associent à la fécondité des qualités intrinsèques du reproducteur. Une faible fécondité est spécifique des espèces qui font de la surveillance du nid ou des œufs, voire des alevins (Anon, 2002) et/ou une incubation prolongée (Fawole et Arawomo, 2000). Ces auteurs soutiennent qu'une fécondité élevée a pour conséquence une faible survie à cause de l'absence de surveillance de la progéniture par les parents. L'auxide et la thonine sont classées dans cette dernière catégorie de reproducteurs. Une fécondité absolue, corrélée positivement au poids des ovaires et liée à la taille par une courbe de type puissance, est certainement un atout qui permet à *A. thazard* et à *E. alletteratus* d'être prolifiques.

### 3- RÉGIME ALIMENTAIRE DES ESPÈCES DE THONIDÉS MINEURS ÉTUDIÉES

#### 3.1- Résultats

##### 3.1.1- Profil général alimentaire chez *Auxis thazard*

Chez *Auxis thazard*, 765 estomacs ont été analysés. Sur l'ensemble des estomacs analysés, 629 contenaient des items proies et 136 étaient vides ou contenaient de la bouillie d'aliments digérés. Le taux de vacuité est donc de 21,62 %. L'analyse des estomacs pleins (629) a mis en évidence la présence de 31 taxons, dont différentes espèces de poissons appartenant à 12 familles et de Malacostracés appartenant à 6 familles (Tableau VIII). L'analyse quantitative du régime alimentaire avec l'indice d'importance relative (IRI) a montré que les Malacostracés (88,96 %) sont presque exclusivement consommés par cette espèce. Les autres items proies constituent des aliments accidentels. Parmi les espèces consommées, la crevette rose *Penaeus notialis* a la valeur d'indice la plus élevée (86,39 %). Des proies non identifiées ont été signalées parmi les poissons, les Malacostracés, les Céphalopodes et les Gastéropodes. Sur les 629 estomacs analysés, 173 contiennent 259 auxides (*Auxis sp.*), 54 contiennent 75 maquereaux (*Scomber japonicus*), seulement 1 contient 3 juvéniles de thonines (*Euthynnus alletteratus*) et 1 autre 2 juvéniles de thazard blanc (*Scomberomorus tritor*).

##### 3.1.2- Profil général alimentaire chez *Euthynnus alletteratus*

Chez *Euthynnus alletteratus*, le nombre total d'estomacs examinés est de 801, dont 637 contenaient des items proies et 164 étaient vides ou contenaient de la bouillie d'aliments digérés. Le taux de vacuité est de 25,75 %. Les 637 estomacs pleins analysés ont permis d'identifier 33 taxons, dont différentes espèces de poissons appartenant à 14 familles, des Malacostracés appartenant à 4 familles et des Céphalopodes appartenant à 2 familles (Tableau IX). L'analyse quantitative des proies, effectuée à l'aide de l'indice d'importance relative, indique que le régime alimentaire de la thonine est composé principalement de poissons (72,40 %). Parmi les poissons ingérés, le Beauclaire soleil *Priacanthus arenatus* (Cuvier, 1829) et le Poisson sabre commun *Trichiurus lepturus* (Linnaeus, 1758) ont les valeurs d'indice les plus élevés, 46,30 % et 20,94 % respectivement, . Des proies non identifiées ont été également signalées parmi les poissons, les Malacostracés, les Céphalopodes et les Gastéropodes. Sur les 637 estomacs analysés, 106 contiennent 401 *Auxis sp.*, 14 contiennent 35 maquereaux et seulement 4 contiennent 22 thonines.

**Tableau VIII** : Aperçu général du régime alimentaire de *Auxis thazard* débarquée de janvier à décembre 2004 au Port de Pêche d'Abidjan par les pêcheurs artisans (n = 765 spécimens).

Catégorie zoologique et Taxons	Items proies	%F <sub>c</sub>	%N	%P	%IRI
<b>Poissons</b>					
Carangidae	<i>Campogramma glaycos</i> (Lacepède, 1801)	0,28	0,00	0,26	0,00
	<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)	0,56	0,14	3,52	0,08
	Juvéniles <i>Uraspis helvola</i> (Forster, 1801)	0,28	0,00	0,01	0,00
	<i>Selene dorsalis</i> (Gill, 1863)	2,81	0,02	0,51	0,06
	<i>Seriola carpenteri</i> (Mather, 1971)	0,28	0,00	0,02	0,00
	<i>Seriola dumerili</i> (Risso, 1810)	0,56	0,03	0,07	0,00
Chaetodontidae	<i>Chaetodon hoefleri</i> (Steindachner, 1881)	0,28	0,00	0,06	0,00
Clupeidae	Juvéniles <i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)	2,53	0,14	3,49	0,37
	Juvéniles <i>Sardinella maderensis</i> (Lowé, 1839)	0,56	0,00	0,37	0,01
	Juvéniles <i>Sardinella</i> sp.	1,40	0,85	5,25	0,35
Engraulididae	<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	1,12	0,22	2,42	0,12
Exocoetidae	<i>Hirundichthys speculiger</i> (Valenciennes, 1846)	0,28	0,01	0,25	0,00
Myctophidae	<i>Notoscopelus resplendens</i> (Richardson, 1845)	0,56	0,02	1,06	0,02
	Myctophidae non identifiés	0,28	0,03	0,58	0,01
Nomeidae	<i>Cubiceps</i> sp.	0,28	0,03	0,19	0,00
Priacanthidae	<i>Priacanthus arenatus</i> (Cuvier, 1829)	0,28	0,00	0,03	0,00
Scombridae	<i>Auxis thazard</i> (Lacepède, 1800)	0,28	0,00	0,28	0,00
	Juvéniles <i>Auxis</i> sp.	3,93	0,93	6,44	1,17
	Larves <i>Auxis</i> sp.	2,81	0,73	2,38	0,35
	Juvéniles <i>E. alletteratus</i> (Rafinesque, 1810)	0,28	0,00	0,05	0,00
	<i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782)	0,28	0,00	0,26	0,00
	Juvéniles <i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782)	2,25	0,09	2,52	0,24
	Juvéniles <i>Scomberomorus tritor</i> (Cuvier, 1831)	0,28	0,00	0,04	0,00
	Juvéniles <i>Scomberomorus tritor</i> (Cuvier, 1831)	0,28	0,00	0,04	0,00
Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	3,09	0,25	18,04	2,28
	Larves <i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	0,28	0,00	0,00	0,00
	Juvéniles <i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	1,97	0,13	2,65	0,22
Triglidae	<i>Lepidotrigla carolae</i> (Richards, 1968)	7,87	0,48	2,95	1,09
	<i>Trigla lyra</i> (Linnaeus, 1758)	0,84	0,13	0,29	0,01
Uranoscopidae	<i>Uranoscopus polli</i> (Cadenat, 1953)	2,53	0,13	0,52	0,07
	Larves de Poissons non identifiés	0,56	0,01	0,03	0,00
	Juveniles de Poissons non identifiés	10,67	3,80	4,69	3,66
<b>Malacostraca</b>					
Cavoliniidae	<i>Cavolinia tridentata</i> (Forskål, 1775)	0,28	0,04	0,08	0,00
Lysiosquillidae	<i>Lysiosquilla hoevenii</i> (Herklots, 1851)	1,97	0,08	0,38	0,04
Nephropidae	<i>Nephropsis atlantica</i> (Norman, 1882)	2,25	0,14	0,18	0,03
Peneidae	<i>Penaeus notialis</i> (Pérez-Farfante, 1967)	17,42	88,33	34,50	86,39
Polychelidae	<i>Stereomastis sculpta talismani</i> (Bouvier, 1917)	2,81	0,28	0,64	0,10
Squillidae	<i>Squilla aculeata calmani</i> (Holthuis, 1959)	2,53	0,37	0,56	0,10
	Malacostraca non identifiés	13,76	2,37	1,78	2,31

**Tableau VIII (Suite)**

<b>Cephalopoda</b>	Calmars non identifiés	7,87	0,19	2,67	0,91
<b>Gasteropoda</b>	Casteropoda non identifiés	0,84	0,01	0,01	0,00
<b>Total</b>					
<b>Poissons</b>		50,28	8,19	59,21	10,13
<b>Malacostraca</b>		41,01	91,61	38,12	88,96
<b>Cephalopoda</b>		7,87	0,19	2,67	0,91
<b>Gasteropoda</b>		0,84	0,01	0,01	0,00

% F<sub>C</sub> = pourcentage de fréquence des proies ; % N = pourcentage numérique ; % P = pourcentage pondérale ; % IRI = pourcentage d'indice d'importance relative des proies.

**Tableau IX** : Aperçu général du régime alimentaire de *Euthynnus alletteratus* débarquée de janvier à décembre 2004 au Port de Pêche d'Abidjan par les pêcheurs artisans (n = 801 spécimens).

<b>Catégorie zoologique</b>					
<b>et Taxons</b>	<b>Items proies</b>	<b>%Fc</b>	<b>%N</b>	<b>%P</b>	<b>%IRI</b>
<b>Poissons</b>					
Carangidae	<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)	0,45	0,34	0,56	0,02
	<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1776)	0,23	0,01	0,10	0,00
	<i>Selene dorsalis</i> (Gill, 1863)	0,45	0,02	0,01	0,00
	<i>Trachurus trecae</i> (Cadenat, 1949)	0,45	0,02	0,40	0,01
Clupeidae	<i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)	2,04	0,09	2,61	0,26
	Juvéniles <i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)	4,54	0,88	3,35	0,92
	<i>Sardinella maderensis</i> (Lowé, 1839)	1,36	0,08	2,45	0,16
	Juvéniles <i>Sardinella maderensis</i> (Lowé, 1839)	3,40	0,18	1,01	0,19
	<i>Sardinella</i> sp. Juvéniles <i>Sardinella</i> sp.	0,23 0,68	0,01 2,14	0,12 1,07	0,00 0,10
Dactylopteridae	<i>Dactylopterus volitans</i> (Linnaeus, 1758)	1,13	0,06	0,12	0,01
Engraulididae	<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	2,27	0,51	1,76	0,25
Exocoetidae	<i>Hirundichthys speculiger</i> (Valenciennes, 1846)	0,45	0,01	0,14	0,00
Gempylidae	<i>Promethichthys prometheus</i> (Cuvier, 1832)	2,04	0,47	2,25	0,26
	Gempylidae non identifié	0,45	0,01	0,07	0,00
Myctophidae	<i>Notoscopelus resplendens</i> (Richardson, 1845)	3,40	2,58	2,39	0,81
	Myctophidae non identifiés	2,04	1,23	0,93	0,21
Nomeidae	<i>Cubiceps</i> sp.	0,45	0,01	0,17	0,00
Priacanthidae	<i>Priacanthus arenatus</i> (Cuvier, 1829)	22,00	9,24	34,88	46,30
Scombridae	<i>Auxis thazard</i> (Lacepède, 1800)	1,59	0,12	2,58	0,20
	<i>Auxis rochei</i> (Risso, 1810)	1,13	0,04	2,25	0,12
	<i>Auxis</i> sp. Juvéniles <i>Auxis</i> sp.	0,45 2,04	0,02 1,18	0,26 0,56	0,01 0,17
	<i>Euthynnus alletteratus</i> (Rafinesque, 1810)	0,68	0,03	0,43	0,01
	Juvéniles <i>Euthynnus alletteratus</i> (Rafinesque, 1810)	0,23	0,01	0,02	0,00
	<i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782)	2,04	0,28	1,97	0,22
	Juvéniles <i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782)	1,13	1,79	0,98	0,15
Tetraodontidae	<i>Lagocephalus laevigatus</i> (Linnaeus, 1766)	0,23	0,01	0,00	0,00
	<i>Sphoeroides pachygaster</i> (Muller & Troschel, 1848)	0,23	0,04	0,09	0,00
Trachipteridae	<i>Trachipterus trachipterus</i> (Gmelin, 1789)	0,23	0,03	0,26	0,00
Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	13,83	4,06	27,67	20,94
	Juvéniles <i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	1,59	0,34	0,90	0,09
Triglidae	<i>Lepidotrigla carolae</i> (Richards, 1968)	0,45	0,11	0,03	0,00
	Juveniles de Poissons non identifiés	5,44	2,17	1,46	0,94
	Poissons non identifiés	0,23	0,01	0,12	0,00

**Tableau IX (Suite)**

<b>Malacostraca</b>					
Nephropidae	<i>Nephropsis atlantica</i> (Norman, 1882)	0,68	2,68	0,06	0,09
Peneidae	<i>Penaeus notialis</i> (Pérez-Farfante, 1967)	7,94	67,47	3,86	27,01
Scyllaridae	<i>Scyllarides herklotsii</i> (Herklots, 1851)	0,23	0,01	0,00	0,00
Squillaidae	<i>Squilla aculeata calmani</i> (Holthuis, 1959)	1,81	0,84	0,09	0,08
	Malacostraca non identifiés	2,95	0,47	0,06	0,08
<b>Cephalopoda</b>					
Ommastrephidae	<i>Illex coindetii</i> (Verany, 1837)	0,23	0,03	0,82	0,01
	Ommastrephidae non identifiés	0,45	0,03	0,05	0,00
Onychoteuthidae	<i>Onykia</i> sp.	0,45	0,03	0,05	0,00
	Calmars non identifiés	5,22	0,34	1,02	0,34
	Cephalopoda non identifiés	0,23	0,01	0,00	0,00
<b>Gastéropoda</b>					
	Gasteropoda non identifié	0,23	0,01	0,00	0,00
<b>Total</b>					
<b>Poissons</b>		79,59	28,10	93,98	72,40
<b>Malacostraca</b>		13,61	71,46	4,09	27,25
<b>Cephalopoda</b>		6,58	0,43	1,93	0,35
<b>Gasteropoda</b>		0,23	0,01	0,00	0,00

% F<sub>C</sub> = pourcentage de fréquence des proies ; % N = pourcentage numérique ; % P = pourcentage pondérale ; % IRI = pourcentage d'indice d'importance relative des proies.

### 3.1.3- Variation du régime alimentaire en fonction de la taille chez *Auxis thazard*

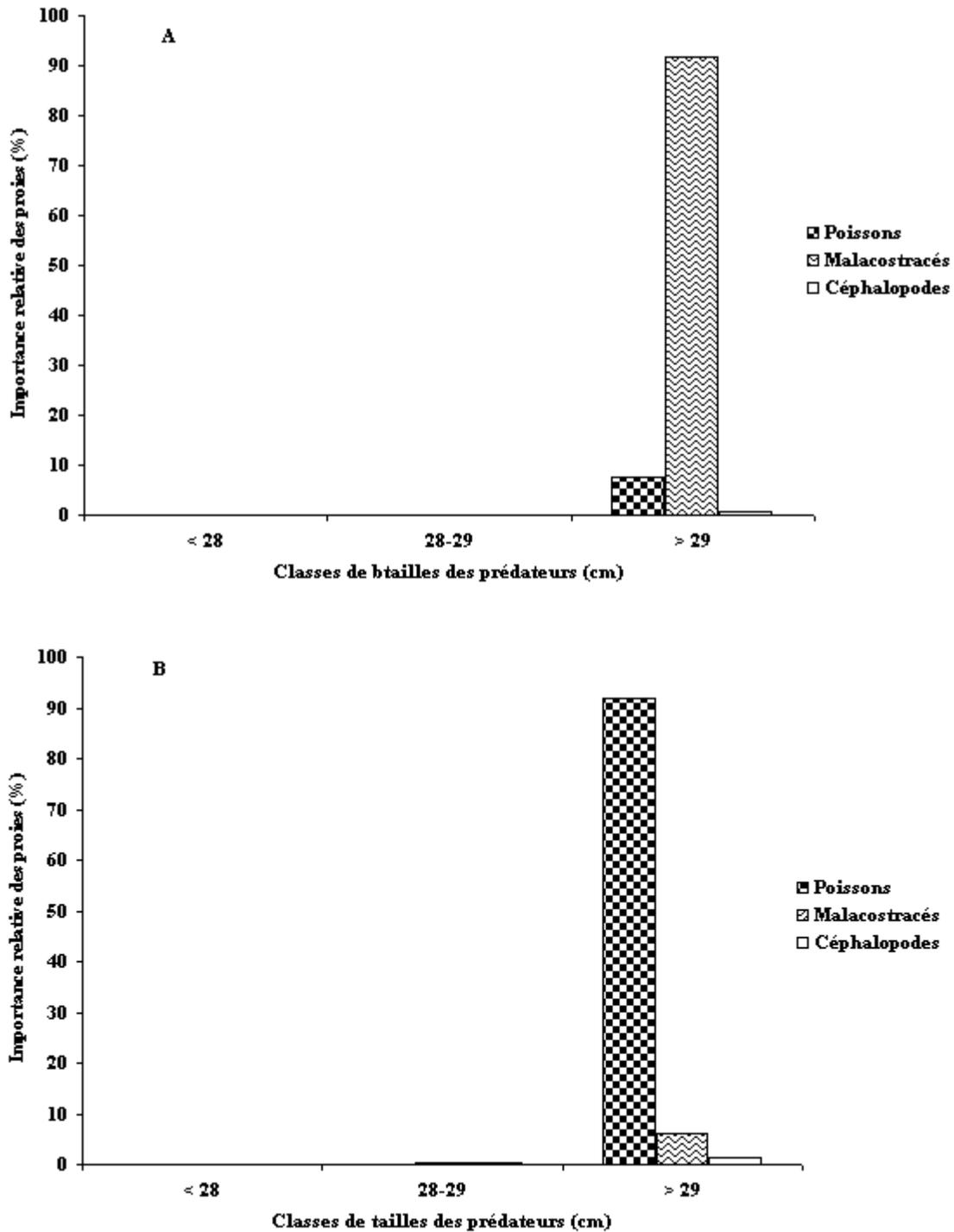
Trois groupes de tailles des auxides ont été définis, en tenant compte des observations effectuées par rapport aux stades de maturation des gonades, mais aussi à partir du stade de première maturité sexuelle. Les juvéniles (n = 58) regroupent les auxides de longueur à la fourche inférieure à 27,5 cm. Les sub-adultes (n = 40) sont des poissons dont la taille est comprise entre 27,5 et 29,4 cm. Les adultes (n = 667) ont la longueur à la fourche supérieure à 29,4 cm.

La quasi-totalité des estomacs des juvéniles et des sub-adultes étaient vides ou contenaient de la bouillie d'aliments digérés. Par conséquent, l'indice d'importance relative des différents items proies a été calculé chez les adultes. Pendant les saisons froides (GSF + PSF), le régime alimentaire des adultes est presque exclusivement composé de Malacostracés (91,77 %), contre peu de poissons (7,49 %) et des Céphalopodes, quasi accidentels (0,76 %) (Figure 50A). Pendant les saisons chaudes (GSC + PSC), le régime alimentaire est essentiellement composé de poissons (91,87 %), largement dominants par rapport aux Malacostracés (6,01 %) et aux Céphalopodes (1,42 %) (Figure 50B). Des régimes chevauchants n'ont pas pu être déterminés à cause de l'effectif trop faible d'estomacs pleins dans le groupe des juvéniles et celui des sub-adultes.

### 3.1.4- Variation du régime alimentaire en fonction de la taille chez *Euthynnus*

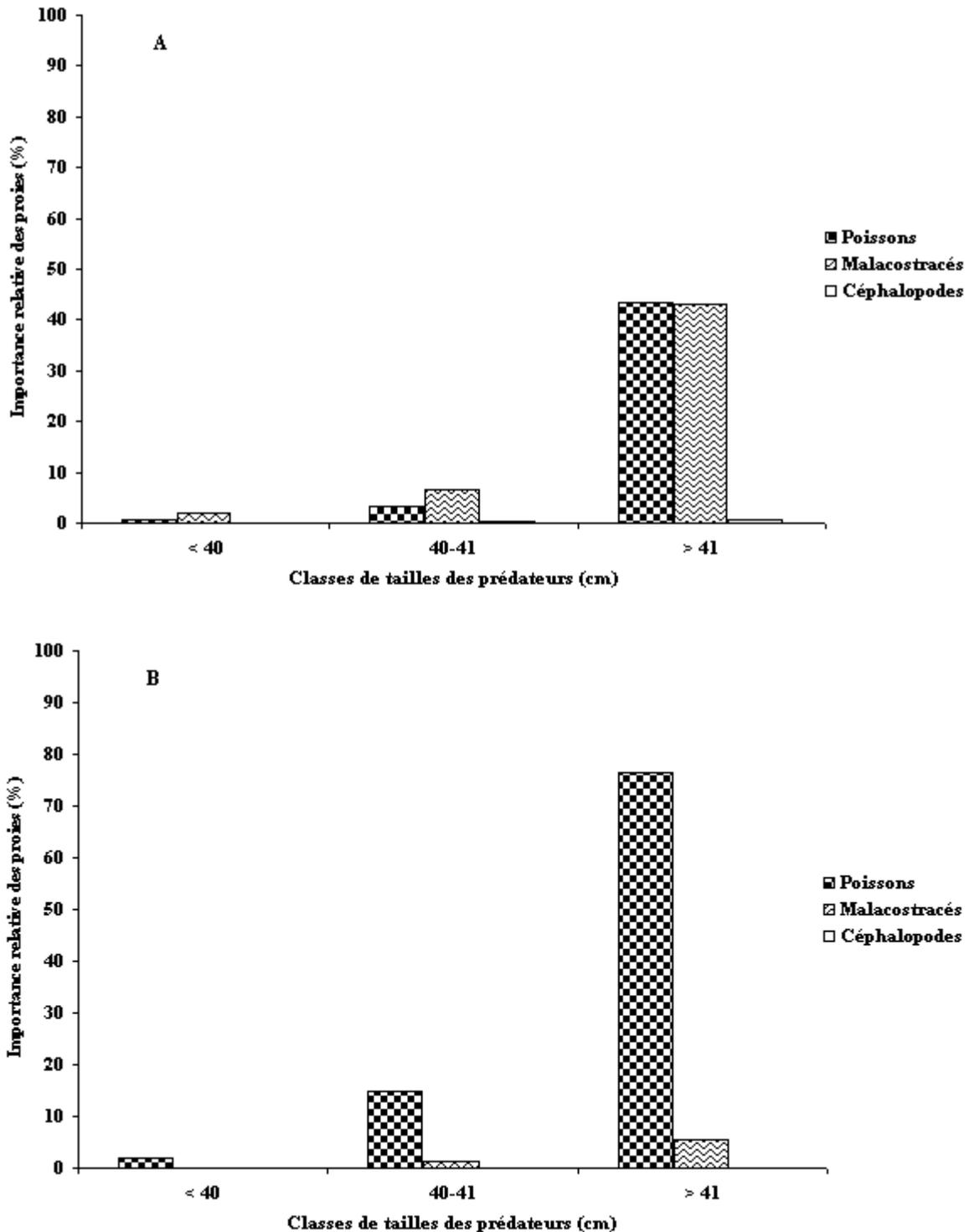
#### *alletteratus*

Les groupes de tailles ont été définis selon le même principe que pour l'auxide. Les juvéniles (n = 55) ont une longueur à la fourche inférieure à 39,5 cm. Les sub-adultes (n = 52) ont une taille comprise entre 39,5 et 41,4 cm, alors que chez les adultes (n = 699), elle est supérieure à 41,4 cm. L'indice d'importance relative des items a été calculé pour chaque groupe. La majorité des estomacs des juvéniles et des sub-adultes était vide ou contenait de la bouillie d'aliments digérés. Pendant les saisons froides, quelques estomacs contenant des items ont été examinés. Ils indiquent que le régime alimentaire des juvéniles est composé de Malacostracés (2,08 %) et de poissons juvéniles (0,73 %). Les sub-adultes consomment des Malacostracés (6,46 %) ainsi que des poissons (3,19 %) et des Céphalopodes juvéniles (0,29 %). Chez les adultes, le régime alimentaire est composé, presque à égalité d'indice IRI, de poissons (43,51 %) et de Malacostracés (42,96 %), ce qui fait des Céphalopodes des proies accidentelles (0,78 %) (Figure 51A).



**Figure 50 :** Composition du régime alimentaire des trois groupes de classes de tailles des spécimens de *Auxis thazard* pendant les saisons froides (A = GSF + PSF) et pendant les saisons chaudes (B = GSC + PSC).

GSF = grande saison froide, PSF = petite saison froide, GSC = grande saison chaude, PSC = petite saison chaude ; <28 = juvéniles, 28-29 = sub-adultes, >29 = adultes.



**Figure 51:** Composition du régime alimentaire des trois groupes de classes de tailles des spécimens de *Euthynnus alletteratus* pendant les saisons froides (A = GSF + PSF) et pendant les saisons chaudes (B = GSC + PSC).

GSF = grande saison froide, PSF = petite saison froide, GSC = grande saison chaude, PSC = petite saison chaude ; <40 = juvéniles, 40-41 = sub-adultes, >41 = adultes.

Pendant les saisons chaudes, les juvéniles consomment également des poissons juvéniles (1,91 %), les sub-adultes font de même (14,68 %). Quant aux adultes, leur régime alimentaire est essentiellement composé de poissons (76,46 %), les Malacostracés étant des proies minoritaires (5,64 %) et les Céphalopodes, des proies accidentelles (1,31 %) (Figure 51B). Le coefficient de corrélation des rangs de Spearman ( $R_s$ ), calculé à partir des pourcentages d'indice d'importance relative de ces trois groupes de thonines, n'est pas significatif entre les régimes alimentaires des juvéniles et des sub-adultes, pendant les saisons froides. Par contre, ce coefficient est significatif ( $p < 0,05$ ) entre les régimes alimentaires des adultes et des sub-adultes, pendant les mêmes saisons froides (Tableau X). Ces résultats indiquent qu'il n'y a pas de similarité entre les régimes alimentaires des juvéniles et des sub-adultes, contrairement aux régimes alimentaires des sub-adultes et des adultes, pendant les saisons froides. En revanche, les résultats de ce test statistique indiquent que pendant les saisons chaudes, il y a une similarité du régime alimentaire des sub-adultes avec ceux des juvéniles et des adultes (Tableau XI).

### 3.1.5- Variation du régime alimentaire en fonction de la saison chez *Auxis thazard*

Les compositions trophiques ont été analysées en fonction des saisons froides (GSF + PSF) et des saisons chaudes (GSC + PSC). Un nombre important d'estomacs, quasi vides, analysés pendant la petite saison froide, étaient tels que les estomacs pleins étaient presque insignifiants. Ceci n'a pas permis de comparer cette saison aux autres. Au cours des saisons froides, 331 estomacs ont été examinés, 272 contenaient des items proies et 59 étaient vides ou contenaient de la bouillie d'aliments digérés. Le taux de vacuité est donc de 21,69 %. L'analyse des estomacs pleins, associée à l'analyse quantitative du régime alimentaire avec l'indice d'importance relative, a révélé la prédominance des Malacostracés (91,76 %), notamment, celle de *Penaeus notialis* (Pérez-Farfante, 1967), à hauteur de 89,15 % (Tableau XII). La présence des juvéniles de *Auxis* sp. (1,44 %) explique le comportement de cannibalisme chez ce poisson. Pendant les saisons chaudes, le régime alimentaire est essentiellement composé de poissons (92,00 %), notamment de *Trichiurus lepturus* (Linnaeus, 1758) à hauteur de 62,68 % (Tableau XIII). Par ailleurs, le taux de vacuité était de 21,57 %. Les coefficients de corrélation de rang de Spearman, calculés entre les pourcentages indiciaires des aliments consommés par les individus au cours des saisons froides et pendant les saisons chaudes, sont significatifs ( $N = 40$  ;  $R_s = 0,327$  ;  $p = 0,040$ ). Les auxides exploitent, donc, les ressources alimentaires dans les mêmes proportions.

**Tableau X** : Résultats de l'analyse du coefficient de corrélation des rangs de Spearman pour comparer les compositions trophiques des trois groupes de classes de tailles de *Euthynnus alletteratus*, pendant les saisons froides.

Groupes comparés	N	Rs	p
Juvéniles (55) – Sub-adultes (52)	36	0,186	0,276
Juvéniles (55) – Adultes (699)	36	0,231	0,176
Sub-adultes (52) – Adultes (699)	36	0,357	0,033*

Nombre entre parenthèses = nombre d'estomacs examinés ; N = nombre d'items ingérés ; Rs = coefficient de Spearman ; p = probabilité. \*Différence significative ( $p < 0,05$ ).

**Tableau XI** : Résultats de l'analyse du coefficient de corrélation des rangs de Spearman pour comparer les compositions trophiques des trois groupes de classes de tailles de *Euthynnus alletteratus*, pendant les saisons chaudes.

Groupes comparés	N	Rs	p
Juvéniles (55) – Sub-adultes (52)	33	0,399	0,021*
Juvéniles (55) – Adultes (699)	33	0,172	0,337
Sub-adultes (52) – Adultes (699)	33	0,543	0,001*

Nombre entre parenthèses = nombre d'estomacs examinés ; N = nombre d'items ingérés ; Rs = coefficient de Spearman ; p = probabilité. \*Différence significative ( $p < 0,05$ ).

**Tableau XII** : Régime alimentaire de *Auxis thazard* au cours des saisons froides (GSF + PSF) (n = 331 spécimens).

Items proies	%F <sub>c</sub>	%N	%P	%IRI
<i>Campogramma glaycos</i> (Lacepède, 1801)	0,34	0,00	0,37	0,00
<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)	0,68	0,14	5,00	0,11
<i>Selene dorsalis</i> (Gill, 1863)	2,40	0,01	0,51	0,04
<i>Seriola carpenteri</i> (Mather, 1971)	0,34	0,00	0,03	0,00
<i>Seriola dumerili</i> (Risso, 1810)	0,68	0,03	0,10	0,00
Juvéniles <i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)	1,37	0,12	2,64	0,12
Juvéniles <i>Sardinella</i> sp.	0,34	0,14	0,31	0,01
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	1,37	0,22	3,43	0,16
<i>Notoscopelus resplendens</i> (Richardson, 1845)	0,34	0,00	0,41	0,00
Myctophidae non identifié	0,34	0,03	0,82	0,01
<i>Priacanthus arenatus</i> (Cuvier, 1829)	0,34	0,00	0,04	0,00
Larves <i>Auxis</i> sp.	3,08	0,67	3,10	0,38
Juvéniles <i>Auxis</i> sp.	4,45	0,94	9,01	1,44
<i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782)	0,34	0,00	0,37	0,00
Juvéniles <i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782)	2,40	0,08	3,53	0,28
Juvéniles <i>Scomberomorus tritor</i> (Cuvier, 1831)	0,34	0,00	0,05	0,00
<i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	0,34	0,00	0,29	0,00
Larves <i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	0,34	0,00	0,00	0,00
Juvéniles <i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	1,71	0,11	3,22	0,19
<i>Lepidotrigla carolae</i> (Richards, 1968)	9,25	0,46	4,13	1,38
<i>Trigla lyra</i> (Linnaeus, 1758)	1,03	0,13	0,41	0,02
<i>Uranoscopus polli</i> (Cadenat, 1953)	2,74	0,13	0,73	0,08
Larves de Poissons non identifiés	0,68	0,01	0,04	0,00
Juveniles de Poissons non identifiés	10,96	3,79	5,33	3,25
<i>Lysiosquilla hoevenii</i> (Herklots, 1851)	2,40	0,08	0,54	0,05
<i>Nephropsis atlantica</i> (Norman, 1882)	2,05	0,09	0,21	0,02
<i>Penaeus notialis</i> (Pérez-Farfante, 1967)	19,86	89,69	48,39	89,15
<i>Stereomastis sculpta talismani</i> (Bouvier, 1917)	3,08	0,27	0,90	0,12
<i>Squilla aculeata calmani</i> (Holthuis, 1959)	2,74	0,37	0,79	0,10
Malacostraca non identifiés	15,41	2,28	2,34	2,32
Calmars non identifiés	7,53	0,17	2,93	0,76
Casteropoda non identifié	0,68	0,00	0,01	0,00
<b>Total</b>				
<b>Poissons</b>	46,23	7,04	43,88	7,48
<b>Malacostraca</b>	45,55	92,79	53,18	91,76
<b>Cephalopoda</b>	7,53	0,17	2,93	0,76
<b>Gasteropoda</b>	0,68	0,00	0,01	0,00

**Tableau XIII** : Régime alimentaire de *Auxis thazard* au cours des saisons chaudes (GSC + PSC) (n = 434 spécimens).

Items proies	%F <sub>c</sub>	%N	%P	%IRI
Juvéniles <i>Uraspis helvola</i> (Forster, 1801)	1,56	0,10	0,03	0,01
<i>Selene dorsalis</i> (Gill, 1863)	4,69	0,48	0,52	0,25
<i>Chaetodon hoefleri</i> (Steindachner, 1881)	1,56	0,10	0,19	0,02
Juvéniles <i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)	7,81	1,54	5,50	2,94
Juvéniles <i>Sardinella maderensis</i> (Lowé, 1839)	3,13	0,19	1,25	0,24
Juvéniles <i>Sardinella</i> sp.	6,25	42,95	16,98	20,03
<i>Hirundichthys speculiger</i> (Valenciennes, 1846)	1,56	0,39	0,85	0,10
<i>Notoscopelus resplendens</i> (Richardson, 1845)	1,56	1,06	2,58	0,30
<i>Cubiceps</i> sp.	1,56	1,74	0,65	0,20
<i>Auxis thazard</i> (Lacepède, 1800)	1,56	0,10	0,94	0,09
Larves <i>Auxis</i> sp.	1,56	4,63	0,66	0,44
Juvéniles <i>Auxis</i> sp.	1,56	0,48	0,33	0,07
Juvéniles <i>Euthynnus alletteratus</i> (Rafinesque, 1810)	1,56	0,10	0,18	0,02
Juvéniles <i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782)	1,56	0,39	0,11	0,04
<i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	15,63	14,86	60,15	62,68
Juvéniles <i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	3,13	1,64	1,30	0,49
<i>Lepidotrigla carolae</i> (Richards, 1968)	1,56	1,93	0,17	0,18
<i>Uranoscopus polli</i> (Cadenat, 1953)	1,56	0,19	0,03	0,02
Juveniles de Poissons non identifiés	9,38	4,54	3,16	3,86
<i>Cavolinia tridentata</i> (Forskål, 1775)	1,56	2,51	0,26	0,23
<i>Nephropsis atlantica</i> (Norman, 1882)	3,13	3,19	0,10	0,55
<i>Penaeus notialis</i> (Pérez-Farfante, 1967)	6,25	6,76	1,55	2,78
<i>Stereomastis sculpta talismani</i> (Bouvier, 1917)	1,56	0,97	0,02	0,08
<i>Squilla aculeata calmani</i> (Holthuis, 1959)	1,56	0,19	0,01	0,02
Malacostraca non identifiés	6,25	7,43	0,45	2,63
Calmars non identifiés	9,38	1,35	2,04	1,70
Casteropoda non identifié	1,56	0,19	0,01	0,02
<b>Total</b>				
<b>Poissons</b>	68,75	77,41	95,57	92,00
<b>Malacostraca</b>	20,31	21,04	2,38	6,29
<b>Céphalopoda</b>	9,38	1,35	2,04	1,70
<b>Gasteropoda</b>	1,56	0,19	0,01	0,02

GSC = grande saison chaude ; PSC = petite saison chaude ; % F<sub>c</sub> = pourcentage de fréquence des proies ; % N = pourcentage numérique ; % P = pourcentage pondérale ; % IRI = pourcentage d'indice d'importance relative des proies.

### 3.1.6- Variation du régime alimentaire en fonction de la saison chez *Euthynnus*

#### *alletteratus*

Pendant les saisons froides, le régime alimentaire est composé de Malacostracés (51,39 %) et de poissons (47,54 %) dont les valeurs d'indice IRI, relativement élevées, sont dues, principalement, à la prédominance de *Penaeus notialis* (Pérez-Farfante, 1967) à hauteur de 51,33 % et de *Priacanthus arenatus* (Cuvier, 1829) à hauteur de 31,15 % (Tableau XIV). Le taux de vacuité était de 25,84 %. Pendant les saisons chaudes, le régime alimentaire est presque exclusivement composé de poissons (93,09 %), plus particulièrement de *Priacanthus arenatus* (56,30 %) et de *Trichiurus lepturus* (32,58 %) (Tableau XV). Le taux de vacuité observé était de 25,68 %. Les coefficients de corrélation des rangs de Spearman, calculés entre les pourcentages indiciaires des aliments consommés par les individus, au cours des saisons froides et pendant les saisons chaudes, ne sont pas significatifs ( $N = 48$  ;  $R_s = 0,202$  ;  $p = 0,168$ ). Les thonines n'exploitent donc pas les ressources alimentaires de façon analogue.

### 3.1.7- Comparaison des régimes alimentaires entre les auxides et les thonines

#### 3.1.7.1- Relations trophiques entre les espèces

Le chevauchement entre les régimes alimentaires des thonidés a été calculé. Pendant les saisons froides, le régime alimentaire des auxides adultes chevauche celui des thonines adultes (Tableau XVI). Pendant les saisons chaudes, il n'y a pas de chevauchement entre les régimes alimentaires des trois groupes de tailles des thonines et celui des auxides adultes (Tableau XVI). Le coefficient de corrélation des rangs de Spearman, calculé à partir des pourcentages d'indice IRI des auxides adultes et des thonines, n'est pas significatif pendant les saisons froides (Tableau XVII). Il n'y a donc pas de similarité entre les régimes alimentaires au cours des saisons froides. Par contre, pendant les saisons chaudes, les auxides adultes et les thonines sub-adultes exploitent les proies de façon analogue, car le test du coefficient de corrélation des rangs de Spearman est significatif ( $N = 43$  ;  $R_s = 0,396$  ;  $p = 0,009$ ). Par ailleurs, il n'y a pas de similarité entre le régime alimentaire des auxides adultes et celui des thonines juvéniles, d'une part et entre ceux des auxides adultes et des thonines adultes, d'autre part (Tableau XVIII). L'indice de Shannon-wiener, calculé ( $0,94 \pm 0,52$  pour l'auxide et  $1,26 \pm 0,20$  pour la thonine), est relativement faible. L'indice de Gladfelter-Johnson a été calculé pour les auxides et les thonines. Il est plus important lorsqu'il s'agit de « cohabitation » des deux espèces ( $0,040$  pendant les saisons froides et  $0,046$  au cours des saisons chaudes) que lorsqu'elles sont considérées isolées ( $0,028$  au cours des saisons froides et  $0,021$  pendant les saisons chaudes). Cet indice est moins élevé pendant les saisons froides

**Tableau XIV** : Régime alimentaire de *Euthynnus alletteratus* au cours des saisons froides (GSF + PSF) (n = 336 spécimens).

Items proies	%F <sub>c</sub>	%N	%P	%IRI
<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)	0,48	0,46	0,63	0,03
<i>Selene dorsalis</i> (Gill, 1863)	0,96	0,02	0,03	0,00
<i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)	3,35	0,11	5,88	1,04
Juveniles <i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)	0,48	0,18	1,06	0,03
<i>Sardinella maderensis</i> (Lowé, 1839)	2,87	0,11	5,98	0,91
<i>Sardinella</i> sp.	0,48	0,01	0,30	0,01
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	2,87	0,31	0,78	0,16
<i>Hirundichthys speculiger</i> (Valenciennes, 1846)	0,48	0,01	0,20	0,01
<i>Promethichthys prometheus</i> (Cuvier, 1832)	2,87	0,14	1,52	0,25
<i>Notoscopelus resplendens</i> (Richardson, 1845)	5,26	2,60	3,98	1,80
Myctophidae non identifié	3,35	1,68	2,10	0,66
<i>Cubiceps</i> sp.	0,96	0,02	0,41	0,02
<i>Priacanthus arenatus</i> (Cuvier, 1829)	17,71	2,85	31,08	31,15
<i>Auxis thazard</i> (Lacepède, 1800)	1,91	0,12	3,56	0,37
<i>Auxis rochei</i> (Risso, 1810)	1,44	0,04	4,61	0,35
Juveniles <i>Auxis</i> sp.	3,83	1,66	1,35	0,60
<i>Auxis</i> sp.	0,96	0,02	0,64	0,03
<i>Euthynnus alletteratus</i> (Rafinesque, 1810)	0,48	0,01	0,33	0,01
Juveniles <i>Euthynnus alletteratus</i> (Rafinesque, 1810)	0,48	0,01	0,04	0,00
<i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782)	2,39	0,33	2,70	0,38
Juveniles <i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782)	2,39	2,53	2,39	0,61
<i>Lagocephalus laevis</i> (Linnaeus, 1766)	0,48	0,01	0,01	0,00
<i>Trachipterus trachipterus</i> (Gmelin, 1789)	0,48	0,05	0,63	0,02
<i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	7,66	0,71	15,94	6,61
Juveniles <i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	1,91	0,38	1,46	0,18
<i>Lepidotrigla carolae</i> (Richards, 1968)	0,48	0,01	0,00	0,00
Juveniles de Poissons non identifiés	7,66	2,81	3,05	2,33
Poissons non identifiés	0,48	0,01	0,29	0,01
<i>Penaeus notialis</i> (Pérez-Farfante, 1967)	11,48	81,44	4,76	51,33
<i>Squilla aculeata calmani</i> (Holthuis, 1959)	0,96	0,77	0,10	0,04
Malacostraca non identifiés	1,44	0,17	0,06	0,02
<i>Illex coindetii</i> (Verany, 1837)	0,48	0,04	1,99	0,05
Ommastrephidae non identifiés	0,96	0,04	0,11	0,01
<i>Onykia</i> sp.	0,96	0,04	0,12	0,01
Calmars non identifiés	8,61	0,34	1,91	1,00
<b>Total</b>				
<b>Poissons</b>	75,13	17,16	90,96	47,54
<b>Malacostraca</b>	13,88	82,38	4,91	51,39
<b>Cephalopoda</b>	11,01	0,45	4,13	1,07

**Tableau XV** : Régime alimentaire de *Euthynnus alletteratus* au cours des saisons chaudes (GSC + PSC) (n = 465 spécimens).

Items proies	%F <sub>c</sub>	%N	%P	%IRI
<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)	0,43	0,04	0,51	0,01
<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1776)	0,43	0,02	0,18	0,00
<i>Trachurus trecae</i> (Cadenat, 1949)	0,86	0,06	0,69	0,02
<i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)	0,86	0,06	0,34	0,01
Juveniles <i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)	8,19	2,59	4,94	2,16
Juveniles <i>Sardinella maderensis</i> (Lowé, 1839)	6,47	0,63	1,72	0,53
Juveniles <i>Sardinella</i> sp.	1,29	7,30	1,82	0,41
<i>Dactylopterus volitans</i> (Linnaeus, 1758)	2,16	0,22	0,20	0,03
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	1,72	1,02	2,43	0,21
<i>Hirundichthys speculiger</i> (Valenciennes, 1846)	0,43	0,02	0,09	0,00
<i>Promethichthys prometheus</i> (Cuvier, 1832)	1,29	1,26	2,75	0,18
Gempylidae non identifié	0,86	0,04	0,11	0,00
<i>Notoscopelus resplendens</i> (Richardson, 1845)	1,72	2,55	1,28	0,23
Myctophidae non identifiés	0,86	0,15	0,13	0,01
<i>Priacanthus arenatus</i> (Cuvier, 1829)	25,87	24,64	37,53	56,30
<i>Auxis thazard</i> (Lacepède, 1800)	1,29	0,11	1,89	0,09
<i>Auxis rochei</i> (Risso, 1810)	0,86	0,04	0,61	0,02
Juveniles <i>Auxis</i> sp.	0,43	0,02	0,00	0,00
<i>Euthynnus alletteratus</i> (Rafinesque, 1810)	0,86	0,07	0,51	0,02
<i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782)	1,72	0,15	1,47	0,10
<i>Sphoeroides pachygaster</i> (Muller & Troschel, 1848)	0,43	0,13	0,16	0,00
<i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	19,40	12,14	35,83	32,58
Juveniles <i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	1,29	0,26	0,50	0,03
<i>Lepidotrigla carolae</i> (Richards, 1968)	0,43	0,37	0,04	0,01
Juveniles de Poissons non identifiés	3,45	0,63	0,35	0,12
<i>Nephropsis atlantica</i> (Norman, 1882)	1,29	9,14	0,11	0,42
<i>Penaeus notialis</i> (Pérez-Farfante, 1967)	4,74	33,78	3,24	6,15
<i>Scyllarides herklotsii</i> (Herklots, 1851)	0,43	0,02	0,01	0,00
<i>Squilla aculeata calmani</i> (Holthuis, 1959)	2,59	1,00	0,08	0,10
Malacostraca non identifiés	4,31	1,20	0,07	0,19
Calmars non identifiés	2,16	0,35	0,39	0,06
Cephalopoda non identifiés	0,43	0,02	0,01	0,00
Gasteropoda non identifiés	0,43	0,02	0,00	0,00
<b>Total</b>				
<b>Poissons</b>	83,64	54,47	96,08	93,09
<b>Malacostraca</b>	13,37	45,14	3,51	6,86
<b>Cephalopoda</b>	2,59	0,37	0,40	0,06
<b>Gasteropoda</b>	0,43	0,02	0,00	0,00

**Tableau XVI** : Chevauchement alimentaire entre les auxides adultes (LF > 29) et les trois groupes de classes de tailles de la thonine pendant les saisons froides (GSF + PSF) et les saisons chaudes (GSC + PSC).

Saisons marines	Juveniles (LF < 40)	Sub-adultes (40 ≤ LF ≤ 41)	Adultes (LF > 41)
GSF + PSF	0,05	0,14	0,72*
GSC + PSC	0,00	0,25	0,41

PSF = petite saison froide, GSF = grande saison froide, GSC = grande saison chaude, PSC = petite saison chaude ; LF = longueur à la fourche. \*Différence significative (p < 0,05).

**Tableau XVII** : Résultats de l'analyse du coefficient de corrélation des rangs de Spearman pour comparer les compositions trophiques des auxides adultes (LF > 29) et des trois groupes de classes de tailles de *Euthynnus alletteratus* pendant les saisons froides.

Groupes comparés	N	Rs	p
Auxides (LF > 29) – Thonines (LF < 40)	51	-0,031	0,828
Auxides (LF > 29) – Thonines (40 ≤ LF ≤ 41)	51	-0,000	0,995
Auxides (LF > 29) – Thonines (LF > 41)	51	-0,140	0,328

N = nombre d'items ingérés ; Rs = coefficient de Spearman ; p = probabilité.

**Tableau XVIII** : Résultats de l'analyse du coefficient de corrélation des rangs de Spearman pour comparer les compositions trophiques des auxides adultes (LF > 29) et des trois groupes de classes de tailles de *Euthynnus alletteratus* pendant les saisons chaudes.

Groupes comparés	N	Rs	p
Auxides (LF > 29) – Thonines (LF < 40)	43	0,103	0,510
Auxides (LF > 29) – Thonines (40 ≤ LF ≤ 41)	43	0,396	0,009*
Auxides (LF > 29) – Thonines (LF > 41)	43	0,173	0,267

N = nombre d'items ingérés ; Rs = coefficient de Spearman ; p = probabilité. \*Différence significative (p < 0,05).

qu'au cours des saisons chaudes, sauf lorsque la thonine est supposée isolée. L'indice de Gladfelter-Johnson permet de conclure à l'extension ou à la réduction de la niche écologique de chaque espèce, selon que sa valeur augmente ou diminue (quand l'espèce est supposée cohabiter avec une autre espèce), par rapport au cas où elle est supposée isolée.

### 3.1.7.2- Relations trophiques entre les thonines

Le chevauchement alimentaire, entre les thonines appartenant aux trois groupes de classes de tailles, a été étudié. Les indices de chevauchement alimentaire calculés sont inférieurs à 0,6 et ce, quelle que soit la saison (Tableau XIX). Le régime alimentaire des thonines juvéniles et ceux des sub-adultes et des adultes sont donc distincts.

### 3.1.7.3- Relation prédateur – proies chez *Euthynnus alletteratus*

La taille de la thonine est corrélée à la taille des proies qu'elle consomme (Figures 52A et 52B). La limite inférieure de la distribution de la taille des *Priacanthus arenatus* consommés est sensiblement statique, mais la limite supérieure croît avec la taille du prédateur (Figure 52A). La taille des proies augmente à mesure que la thonine croît, en témoigne la droite à pente positive qui traduit la relation entre la taille de *P. arenatus* et celle de la thonine ( $r = 0,314$ ,  $p < 0,05$ ). De même, bien que les *Trichiurus lepturus* consommés aient une gamme de tailles relativement étendue, la taille de ces proies augmente à mesure que celle du prédateur augmente (Figure 52B). En effet, la droite qui lie la longueur totale de *T. lepturus* à la taille de la thonine est une droite à pente positive ( $r = 0,391$ ,  $p < 0,05$ ).

### 3.1.7.4- Tailles des auxides juvéniles et des « crevettes roses » consommées

Les juvéniles de thonidés du genre *Auxis* rencontrés dans les contenus stomacaux présentent différentes tailles (Figure 53). Les *Auxis* sp. de taille inférieure à 11 cm s'observent avant septembre et sont nombreuses jusqu'en juillet et en août. A partir de septembre, la plupart des jeunes *Auxis* sp. atteignent une taille supérieure à 11 cm, mais elles ne dépassent guère la taille de 23 cm LF au-delà de laquelle ces *Auxis* sp. sont moins fréquentes dans les contenus stomacaux (sauf chez les thonidés de plus de 50 cm LF).

Chez la « crevette rose » *Penaeus notialis*, la taille moyenne des individus ingérés est comprise entre 0,5 cm et 4 cm (Figure 54). Dans l'ensemble, deux groupes d'individus prédominent. Les individus dont la taille est comprise entre 2 cm et 4 cm, qui sont des adultes et des sub-adultes, prédominent de mai à juillet, outre les juvéniles. En août et septembre, il y a une forte présence de juvéniles de « crevette rose » mesurant entre 0,5 cm et 2 cm.

**Tableau XIX** : Chevauchement alimentaire entre les trois groupes de classes de tailles de la thonine pendant les saisons froides (GSF + PSF) et les saisons chaudes (GSC + PSC).

Saisons et classes de tailles	GSF + PSF		GSC + PSC	
	$40 \leq LF \leq 41$	$LF > 41$	$40 \leq LF \leq 41$	$LF > 41$
LF < 40	0,51	0,07	0,18	0,06
$40 \leq LF \leq 41$		0,25		0,32

GSF = grande saison froide, PSF = petite saison froide, GSC = grande saison chaude, PSC = petite saison chaude ; LF = longueur à la fourche.

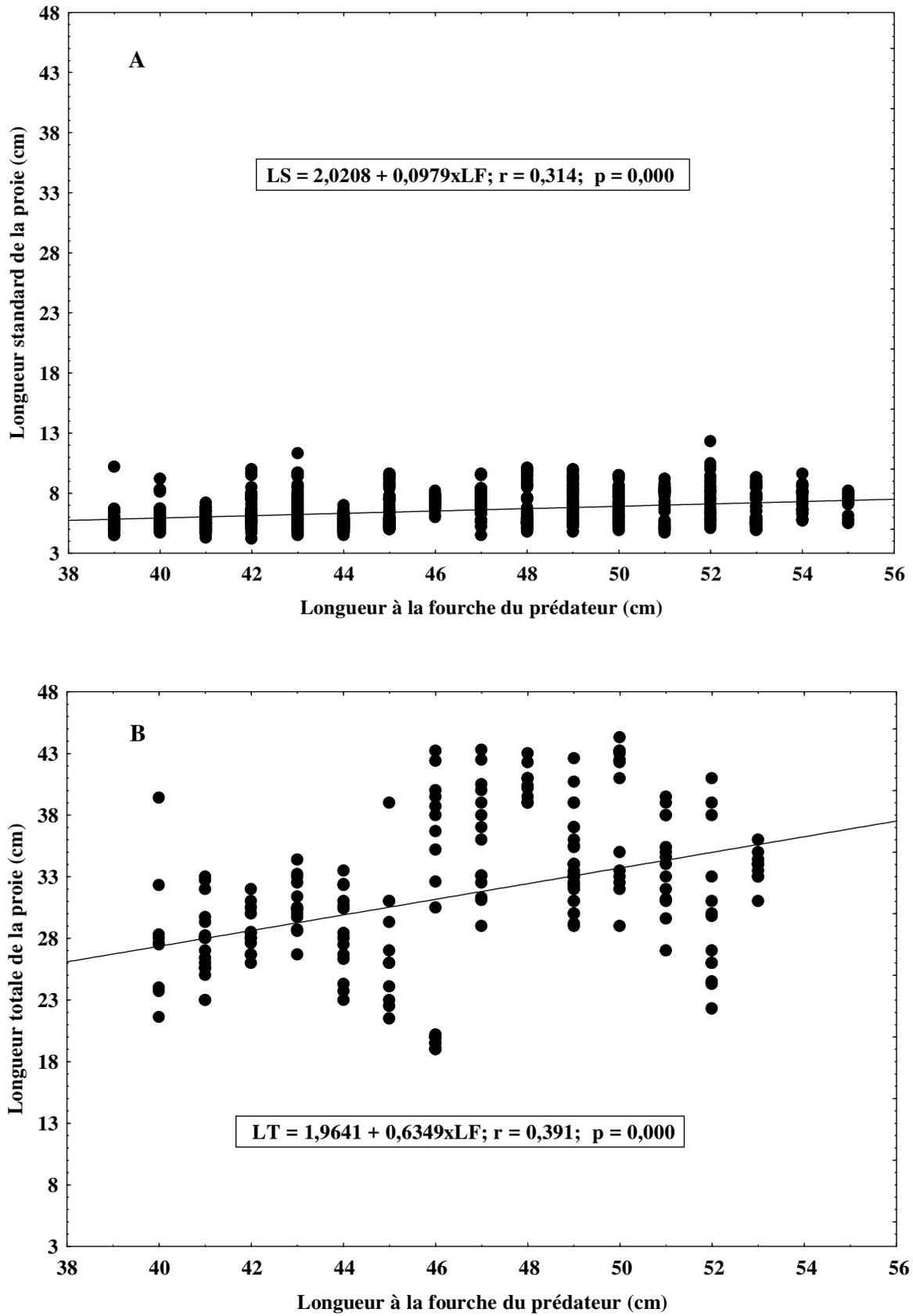
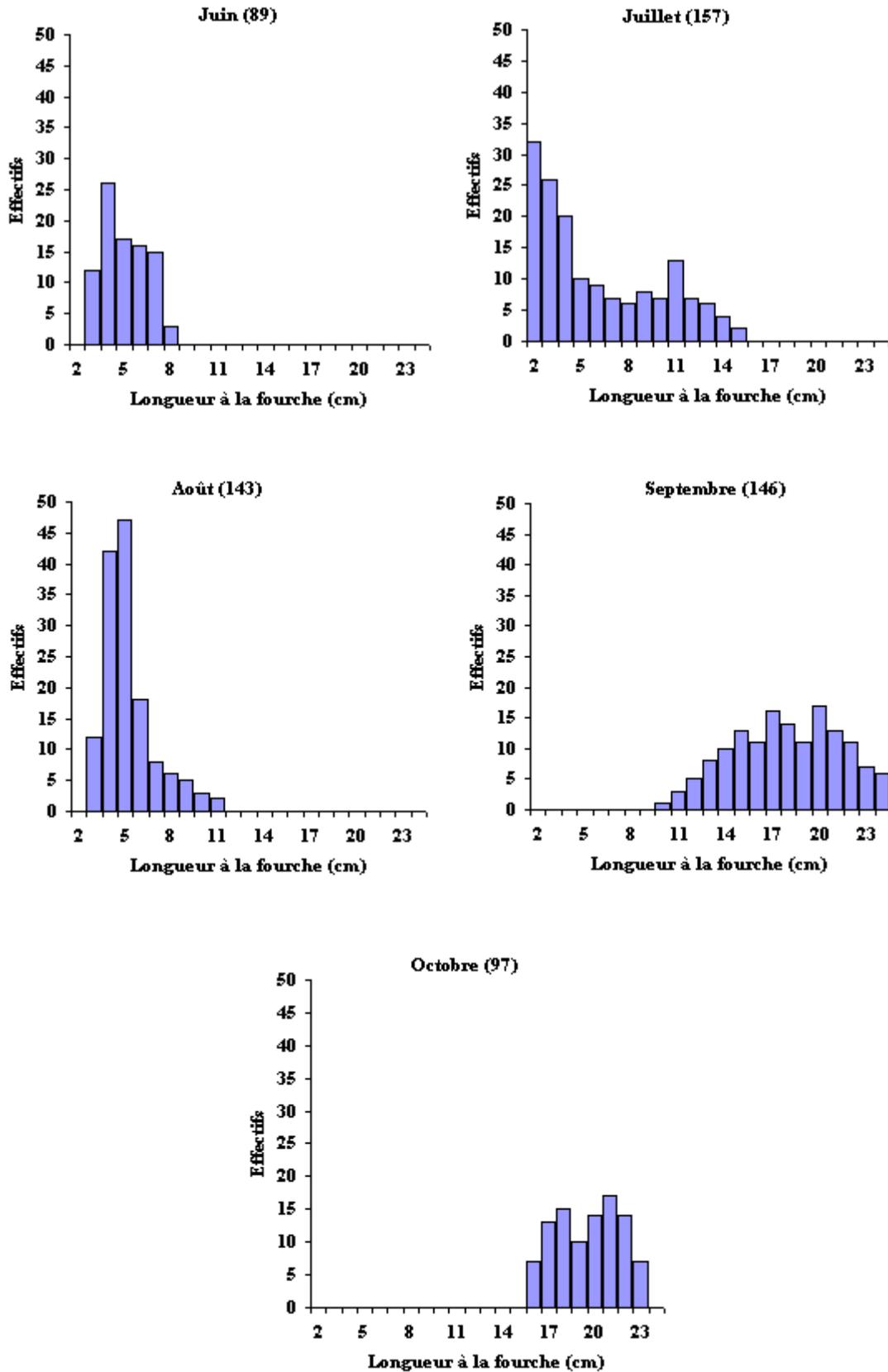


Figure 52 : Nuage de points montrant la relation entre la taille de la thonine et la taille de ses proies.

A : *Priacanthus arenatus*

B : *Trichiurus lepturus*



**Figure 53** : Fréquences de taille des proies *Auxis* sp. observées dans les contenus stomacaux des thonidés mineurs capturés par les pêcheurs artisans.

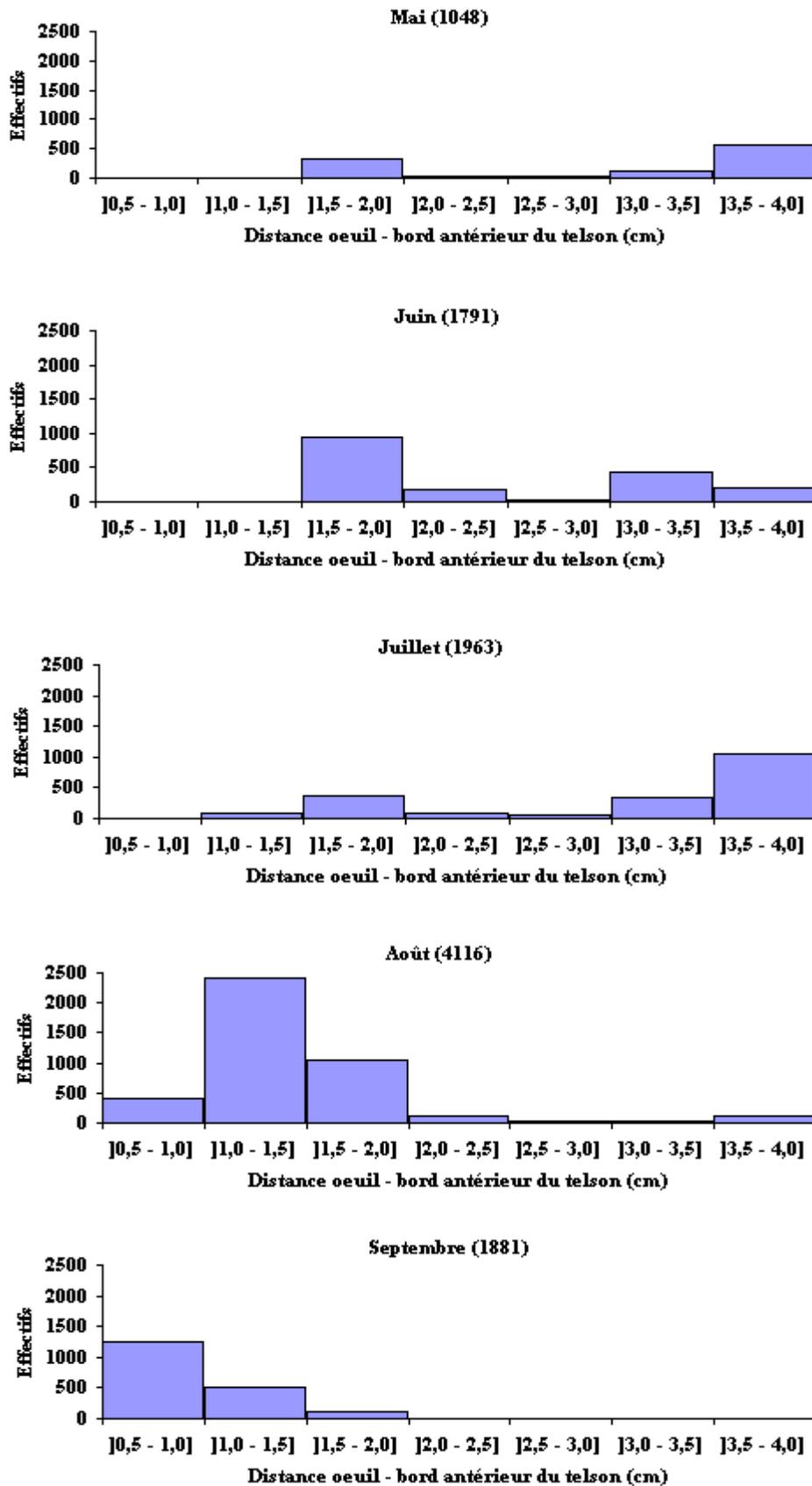


Figure 54 : Taille moyenne (cm) des proies *Penaeus notialis*, observées dans les contenus stomacaux des thonidés mineurs capturés par les pêcheurs artisans.

### 3.2- Discussion

L'analyse des contenus stomacaux est une composante essentielle de l'étude de la biologie des poissons en ce sens que c'est cette méthode qui renseigne sur le régime alimentaire des espèces. Les résultats indiquent que les proies consommées par *Auxis thazard* et par *Euthynnus alletteratus* ont été dans un état de digestion plus ou moins avancé, même si parfois, certaines proies identifiées étaient tout fraîches. Cependant, plusieurs proies ingérées par les juvéniles et les sub-adultes ont été complètement transformées en bouillie d'aliments digérés. Si l'on se réfère à l'heure à laquelle les premières pirogues qui rentrent de la pêche abordent le quai pirogues (6 h à 7 h quand la pêche est bonne), on peut affirmer que les auxides et thonines ont été pêchées de nuit (Bahou, 2001). Ceci écarte toute idée selon laquelle les thonidés auraient été pêchées de jour, auquel cas toutes les proies seraient digérées avant que les estomacs eussent été prélevés au-delà de 12h après la pêche. Car, la digestion chez les thonidés dure de l'ordre de 6 à 10 heures (Olson et Boggs, 1986). Les poissons proies des auxides et thonines pêchées sont soit demersaux (*Priacanthus arenatus*, *Dactylopterus volitans*), soit benthopélagiques (*Trichiurus lepturus*, *Promethichthys prometheus*) ou pélagiques (*Scomber japonicus*, *E. alletteratus*, *A. thazard*, *Hirundichthys speculiger*), si on se réfère aux travaux de Schneider (1992) et à ceux de Nakamura et Parin (1993). Les Céphalopodes, organismes à activité alimentaire nocturne (Cayré *et al.*, 1988) rencontrés dans les contenus stomacaux, sont probablement consommés avant le crépuscule ou très tôt avant le levé du jour.

D'un point de vue général, le régime alimentaire de l'auxide, *A. thazard*, est différent de celui de la thonine, *E. alletteratus*. En effet, alors que l'auxide consomme principalement des Malacostracés (88,96 %), la thonine elle, se nourrit majoritairement de poissons (72,40 %). Les taux de vacuité calculés (21,62 % chez l'auxide et 25,75 % chez la thonine) sont relativement élevés, avec un taux de vacuité légèrement plus élevé chez la thonine, par rapport à celui de l'auxide. Cependant, chez chacune des espèces, le taux de vacuité est très peu différent entre les saisons froides et les saisons chaudes. Ces résultats contrastent avec des cas de variation saisonnière du taux de vacuité constatés, notamment, chez le Scombridae *Scomberomorus tritor* (Diaha, 2010). Les taux de vacuité élevés seraient dus au stress créé chez les poissons, notamment chez les juvéniles et chez les sub-adultes, où les plus gros effectifs d'estomacs vides ont été enregistrés. Lorsqu'ils sont pris dans le filet maillant dérivant, ils perdent une partie des proies contenues dans l'estomac en essayant de se débattre.

L'analyse du régime alimentaire en fonction de la taille a montré qu'une grande partie des estomacs des juvéniles et des sub-adultes contenaient des aliments complètement digérés

ou transformés en bouillie d'aliments. Ceci serait dû à une digestibilité plus rapide, favorisée par la relative fragilité des items proies consommées par ces individus (Chapman *et al.*, 1988). En effet, la plupart des proies ingérées sont des Malacostracés planctoniques telles les larves de mégalopes, les Squillidae et des Scyllaridae (Etchevers, 1976 ; Valeiras et Abad, 2010). Chez les adultes auxides et thonines, au contraire, le régime alimentaire dépend fortement de la proie ou du type de proie qui prédomine au cours des saisons froides ou des saisons chaudes. Cette situation renforce la tendance des auxides adultes à consommer, pendant les saisons froides, des Malacostracés, notamment la « crevette rose », *Penaeus notialis*, qui est très abondante sur le plateau continental ivoirien (Anonyme, 1989 ; Lhomme et Vendeville, 1993). Particulièrement, chez la thonine, le régime alimentaire des sub-adultes fournit une piste de réflexion. En effet, il y a une similarité du régime alimentaire des sub-adultes avec celui des juvéniles, seulement pendant les saisons chaudes. Pourtant, ce même régime alimentaire des sub-adultes présente une similarité avec celui des adultes, à la fois pendant les saisons froides et au cours des saisons chaudes. Ceci indique qu'à priori, les régimes alimentaires des thonines ne deviennent différents, d'une classe de taille à l'autre, que lorsque des possibilités de choix variés se présentent, comme c'est le cas au cours des saisons froides où il y a diversité de proies. En effet, pendant la grande saison froide, par exemple, il y a de la nourriture à profusion, consécutive à l'avènement de l'upwelling majeur (Binet, 1993 ; Herbland et Le Loeuff, 1993 ; Reyssac, 1993. ; Diaha, 2010 ; Soro, 2010), ce qui aboutit inévitablement à une plus grande diversité des proies, réduisant de fait la prédation aux seules proies les plus immédiatement accessibles. Cet upwelling apporte des éléments nutritifs dans la couche de surface, permettant ainsi le développement et le maintien de fortes productions primaires et biologiques dans la zone côtière (Roy, 1991). C'est cette production primaire, premier maillon de la chaîne alimentaire, qui va induire le développement des juvéniles de poissons dont se nourrissent les juvéniles et les sub-adultes d'auxides et de thonines. Selon Pezennec et Bard (1992), l'upwelling favorise l'enrichissement du milieu marin en éléments nutritifs (phytoplancton, zooplancton et production primaire) indispensables à la survie des poissons.

Depuis les travaux de Sund et Richards (1967) et ceux de Dragovich et Potthoff (1972), on sait que des différences existent dans la nourriture des thons, entre la saison froide et la saison chaude (Cayré *et al.*, 1988). Les résultats obtenus dans la présente étude indiquent que les auxides et thonines se nourrissent principalement de ce que les saisons leur proposent de plus abondant comme proies. Ainsi, elles peuvent orienter leur choix vers des types de proies immédiatement disponibles, qui feront figure de proies prépondérantes, pendant les

saisons froides (Malacostracés) ou pendant les saisons chaudes (poissons). Dans l'ensemble, trois proies sont majoritairement consommées : il s'agit de *Penaeus notialis* (Pérez-Farfante, 1967), du groupe Malacostracés, de *Priacanthus arenatus* (Cuvier, 1829) et *Trichiurus lepturus* (Linnaeus, 1758), du groupe poissons. La propension des auxides et thonines à consommer des proies, qui paraissent presque liées à la saison, obéit à un seul objectif, celui de récupérer le maximum d'énergies par le moyen de la consommation de ces proies, afin d'accomplir les fonctions de croissance, de locomotion et de reproduction (Layachi *et al.*, 2007a).

Par ailleurs, il est à noter que les auxides et les thonines adultes se nourrissent intensément, peu d'estomacs vides ayant été dénombrés dans ces deux groupes. Selon Bowman et Bowman (1980), l'intensité avec laquelle les poissons mangent est corrélée négativement au pourcentage des estomacs vides. De plus, le lien entre le régime alimentaire, notamment, les variations du taux de vacuité et la reproduction de l'auxide et de la thonine, n'a pu être démontré, parce que la plupart des estomacs des adultes contenaient de la nourriture ou étaient pleins. Ces observations semblent révéler une certaine particularité de l'auxide et de la thonine. Ceci peut paraître pour le moins curieux, par rapport à ce que l'on sait de certains poissons, qui cessent presque de s'alimenter, pendant l'activité de reproduction. Selon Layachi *et al.* (2007a), l'augmentation du poids des gonades peut comprimer le tube digestif, réduire le bol alimentaire et amener les poissons à se nourrir peu. Chez *Scomberomorus tritor*, la période où le coefficient de vacuité est élevé coïncide avec la période de ponte, entre mai et juin (Diaha, 2010). De nombreux auteurs ont rapporté des cas de faible activité alimentaire ayant rapport avec la période de ponte et l'incubation buccale pratiquée par les femelles (Joadder, 2007 ; Shalloof et Khalifa, 2009), la compétition intra-sexuelle et le soin parental (Lévêque, 1997), et des changements endogènes susceptibles d'induire une diminution de l'appétit, voire la cessation complète du désir de se nourrir pendant la période de reproduction (Link et Burnett, 2001).

Comme la plupart des thons, les auxides et thonines se déplacent beaucoup et nagent constamment (Cayré, 1984 ; FAO, 2012b). Elles déploient, certainement, des vitesses de nage relativement élevée (FAO, 2012b). Elles ont un besoin métabolique élevé (Olson et Boggs, 1986) et régulent leur propre température corporelle (Holland *et al.*, 1992). Tout ceci constitue des activités qui nécessitent beaucoup d'énergie. Or, les thonidés puisent l'énergie dont ils ont besoin dans la consommation de nourriture. Comment les auxides et les thonines pourraient-elles effectuer simultanément toutes ces activités, si elles acceptaient, volontairement, de se priver de nourriture, même en période de reproduction ? Cela paraît très

peu raisonnable. En effet, les thons ne font ni incubation buccale des œufs, ni de la surveillance du nid, encore moins de la surveillance parentale, autant de tâches qui s'apparentent à des corvées et qui astreignent les poissons qui les pratiquent de se priver de nourriture afin de pouvoir les exécuter convenablement.

L'étude des relations trophiques entre l'auxide et la thonine fait état de ce que les régimes alimentaires des adultes de ces thonidés sont les seuls qui se chevauchent pendant les saisons froides, probablement parce que ces thonidés utilisent les mêmes ressources du milieu. De l'avis de certains auteurs (Root, 1967 ; Allan, 1995), cela serait dû au fait qu'ils ont des exigences écologiques semblables. Cependant, les proies ne sont pas exploitées de façon analogue. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'en dehors de la grande saison froide, la richesse spécifique du milieu tend à diminuer. Cette situation crée chez l'auxide et chez la thonine une certaine tendance à opter pour la consommation des proies les plus immédiatement accessibles, ce qui tend à renforcer leur caractère de prédateurs opportunistes (Etchevers, 1976 ; Valeiras et Abad, 2010). Les régimes alimentaires de l'auxide et de la thonine sont dominés par très peu d'items proies, comme l'indiquent les faibles valeurs de l'indice de Shannon-Wiener obtenues. On pourrait, donc, les considérer comme des spécialistes. Ce sont des carnivores, parce qu'ils se nourrissent de poissons, de Malacostracés, de Céphalopodes et de Gastéropodes. Les valeurs de l'indice de Gladfelter-Johnson, qui ont été trouvées pour l'auxide et pour la thonine, indiquent que ce sont des espèces qui étendent leurs niches écologiques, pendant les saisons froides et au cours des saisons chaudes. Cela pourrait expliquer leurs déplacements permanents (Cayré, 1984 ; FAO, 2012b). L'extension de la niche écologique équivaut, certainement, à l'agrandissement de l'espace ou encore à l'augmentation des superficies, donc des différents biotopes exploitables par ces thonidés, au sein de l'écosystème aquatique marin. L'agrandissement de l'espace peut s'accompagner aussi de diversité de biotopes différents. Ceci peut contribuer à favoriser l'émergence d'un plus grand nombre de niches écologiques différentes, mais juxtaposées. Cette situation pourrait jouer à l'avantage des thonidés mineurs étudiés, puisqu'elle contribue à maintenir fonctionnelle la coexistence d'un nombre plus élevé d'espèces différentes dont l'auxide et la thonine vont se nourrir. Cela semble être le cas dans la présente étude et paraît être entretenu par l'alternance de la saison froide et de la saison chaude.

Chez la thonine, le régime alimentaire des juvéniles et ceux des sub-adultes et des adultes sont distincts les uns des autres. Plus haut, le cas des adultes qui ont un régime alimentaire presque exclusivement composé de poissons a été évoqué. Cette situation s'apparente à un cas d'ontogénie trophique. Selon Labropoulou *et al.* (1997), l'ontogénie

trophique est un phénomène général, consécutif à la croissance chez les poissons. Il est évident que le mécanisme qui permet le tri des proies, selon la taille du prédateur, ne peut être mis en œuvre que par un organe spécifique ou par une partie d'organe. Winemiller (1989) cite plusieurs auteurs qui ont observé qu'il intervient pendant la croissance, chez de nombreux prédateurs, des changements dans la morphologie ou dans certains caractères anatomiques conduisant à une véritable spécialisation dans l'alimentation. Chez la thonine, en particulier, un tel dispositif devrait réduire l'aptitude à consommer des Malacostracés au profit d'une consommation abondante de poissons. Cayré (1984) a fait une observation similaire chez le listao de l'Atlantique. Chez la thonine, l'organe en question est le peigne branchial qui permet la sélection des proies. De plus, à mesure que les thonidés grandissent, ils acquièrent de nouvelles techniques de chasse et affinent celles déjà existantes. Ceci leur permet de se nourrir de proies généralement mobiles.

Trois hypothèses pourraient permettre d'expliquer le fait que l'alimentation change d'une classe de tailles à l'autre, chez la thonine : (i) les juvéniles sont contraints, de par leur taille, de consommer des poissons juvéniles comme proies.; (ii) ce n'est qu'après avoir atteint le stade sub-adulte que les thonines sont capables de consommer à la fois des poissons, toutes sortes de Malacostracés et des Céphalopodes, et (iii) quand elles sont adultes, les thonines consomment beaucoup plus de poissons que de Malacostracés ou de Céphalopodes. Chez l'auxide, la situation est presque identique. En effet, les résultats indiquent que l'auxide a une forte tendance à consommer des Malacostracés plutôt que des poissons de grande taille. Ceci est en accord avec les observations selon lesquelles l'alimentation est principalement sélectionnée, chez l'auxide, par la taille des branchiospines (Etchevers, 1976 ; Valeiras et Abad, 2010). Les branchiospines fonctionnent, probablement, au maximum de leur capacité chez les juvéniles d'auxides. Elles agiraient alors comme un filtre de sélection, ne laissant passer que des proies de très petite taille. Quand les auxides sont adultes, les branchiospines deviennent plus grandes et elles continuent de jouer le rôle de filtre de sélection, mais elles ne laissent passer exclusivement que des proies de petite taille comme les Malacostracés et des petits poissons d'une certaine taille. De telles hypothèses confirment les résultats selon lesquelles la fréquence d'occurrence des poissons ingérés croît avec la taille des thons (Dragovich et Potthoff, 1972). Selon divers auteurs (Grossman, 1980 ; Langton, 1982 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 1989), les changements qui interviennent dans les habitudes alimentaires, en fonction de la taille des poissons, pourraient atténuer la compétition dans le partage des ressources disponibles, entre les petits et les grands individus. Fort heureusement,

la compétition ne saurait être évoquée dans la présente étude, car aucun cas de manque de nourriture ou de surpeuplement chez les thonidés étudiés n'a encore été constaté.

La prépondérance des sardinelles dans les contenus stomacaux de l'auxide et de la thonine est faible. La faible présence des sardinelles dans les estomacs des thons a été, également, constatée chez le listao et chez l'albacore dans les écosystèmes d'upwelling côtier du Ghana et de la Côte d'Ivoire (Bard et Hervé, 1995). Ces auteurs en sont arrivés aux conclusions suivantes : (i) la prédation des thons sur les sardinelles n'est pas systématique et serait par conséquent modérée, et (ii) les sardinelles restent au milieu des eaux d'upwelling de sorte qu'elles ne soient pas accessibles aux thons. Par ailleurs, la prédation de la thonine sur un certain nombre de proies n'est pas fortuite. Elle requiert, de la part du prédateur, l'acquisition d'un certain nombre d'aptitudes, à mesure qu'il grandit. Ces aptitudes sont de deux ordres, à savoir, l'affinement des techniques de prédation et le maintien de la capacité de déployer une vitesse de nage supérieure à celle des proies. Par ce comportement, la thonine vise certainement à assurer une plus grande couverture de ses besoins énergétiques, à l'instar de deux Gobiidés sympatriques des Bouches de Bonifacio (Bouchereau et Guelorget, 1999). Les résultats obtenus dans la présente étude indiquent, également, que la thonine est prédatrice de l'auxide. Ceci confirme les cas de cannibalisme rapportés chez les thonidés (Postel, 1954 ; Klawé, 1963 ; Olson, 1982 ; Colette et Nauen, 1983 ; Zavala-Camin 1986). Ce phénomène de cannibalisme est accentué pendant les saisons froides, dont la grande saison froide, probablement, parce que l'auxide et la thonine se reproduisent en cette saison et que leurs juvéniles font partie des proies des adultes. La distribution des fréquences de taille des proies *Auxis* sp. consommées indique diverses tailles pour ces proies. Les pics de taille varient, selon les mois. Dans l'ensemble, la prédation se fait essentiellement sur des individus dont la taille n'excède pas 23 cm LF. Chez « la crevette rose » *Penaeus notialis*, les juvéniles sont consommés quand ils migrent en mer (Lhomme et Vendeville, 1993). D'après ces auteurs, cette migration se fait très tôt en février – mars. C'est le processus par lequel les juvéniles de la population s'intègrent pour la première fois au stock exploitable et deviennent disponibles (Lhomme et Vendeville, 1993).

Au total, trois types de proies, la « crevette rose », *Penaeus notialis*, le beau-clair soleil, *Priacanthus arenatus* et le poisson sabre commun, *Trichiurus lepturus*, constituent les proies fortement représentées dans le régime alimentaire de l'auxide et de la thonine. Ces proies ont été signalées parmi les espèces pélagiques les plus abondantes sur le plateau continental de Côte d'Ivoire (Anonyme, 1989).

# **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

Les résultats obtenus dans ce travail peuvent servir de base de référence pour des études futures. Ils constituent pour des personnes qui, par leurs activités diverses, s'intéressent aux thonidés, une source d'informations qui portent sur la pêche artisanale maritime. Il en va de même du lecteur, en particulier, sur des aspects de la biologie de la reproduction et de l'écologie alimentaire de *Auxis thazard* et de *Euthynnus alletteratus* en Côte d'Ivoire.

D'une manière générale, cette étude a montré que chez ces thonidés mineurs pêchés sur le plateau continental ivoirien, la relation liant le poids corporel à la taille est de type puissance. L'évolution du poids corporel, en fonction de la longueur à la fourche, est une allométrie majorante, chez l'auxide, *A. thazard*, et une isométrie, chez la thonine, *E. alletteratus*. Ces thonidés connaissent des fluctuations d'abondance liées à la saison marine. Cette saison marine, dans sa composante grande saison froide (GSF), est particulièrement favorable à des prises massives d'auxides et de thonines.

Les débarquements étudiés sur trois années, de 2002 à 2004, ont montré des variations mensuelles et annuelles de la capture nominale, la capture pondérale, l'effort de pêche et la prise par unité d'effort. Les variations de la température de surface de l'eau de mer ont permis de déterminer quatre saisons marines. Les plus fortes valeurs d'effort de pêche et de captures nominale et pondérale sont obtenues pendant la grande saison froide, de juillet à octobre, où il se produit l'upwelling majeur. L'effet favorable de cette saison froide sur les captures, et par extension sur la disponibilité des espèces, est indéniable. Les pêcheurs mettent à profit son avènement pour réaliser d'importantes prises, en intensifiant les sorties de pirogues en mer et en augmentant les dimensions de leurs filets, pour se donner plus de chances de faire de bonnes pêches. La prise par unité d'effort diminue en cette saison compte tenu du nombre trop important de sorties de pirogues. Les quantités annuelles pêchées, cumulées pour les deux espèces, de 2002 à 2004, sont, respectivement, de 135 tonnes, 137 t et 166 t. Ces quantités sont respectivement de 55 tonnes, 59 t et 80 t pour l'auxide, contre 80 t, 78 t et 87 tonnes pour la thonine. Les deux espèces ne sont pas abondantes simultanément, de sorte qu'il y a même des variations inter jours. Certes, l'upwelling majeur n'est pas le seul facteur favorable à des prises importantes. Cependant, il est, probablement, le principal facteur à la faveur duquel se met en place une forte productivité biologique dans le milieu.

En ce qui concerne la reproduction, les résultats obtenus indiquent que les populations d'auxides et de thonines sont relativement équilibrées. Les différences constatées dans les effectifs des mâles et des femelles ne sont pas significatives. Aucun des sexes ne prédomine sur l'autre. Par ailleurs, les auxides mâles et femelles atteignent la maturité sexuelle à 30 cm LF. De même, chez la thonine les mâles et les femelles sont matures simultanément à la taille

de 42 cm LF. La période de ponte s'étend de juin à novembre chez l'auxide. Celle de la thonine s'étend de mai à octobre. Chez ces thonidés mineurs, la maturation des produits sexuels se fait simultanément chez les mâles et chez les femelles. Les pics de RGS et de RHS sont atteints concomitamment. Cependant, les variations de ces deux indices sont opposées à celles du facteur de condition ( $K_C$ ). L'étude microscopique des ovaires et des testicules de spécimens d'auxides et de thonines a permis d'identifier six stades de maturité sexuelle. La distribution des fréquences de taille des ovocytes indique que tous les ovocytes ne sont pas émis en une seule fois, mais par vagues d'ovocytes matures ayant atteint la taille maximale spécifique à chaque thonidé. Chez *A. thazard* et chez *E. alletteratus*, la ponte est fractionnée. Quand ils sont matures, les ovocytes de l'auxide sont un peu plus gros que ceux de la thonine. Ils ont un diamètre moyen de  $1,04 \pm 0,15$  mm, comparés aux ovocytes de la thonine dont la taille moyenne est de  $0,93 \pm 0,15$  mm. Les deux thonidés ont une fécondité relativement élevée. Cependant, la thonine est plus féconde que l'auxide. La fécondité absolue a été calculée chez des femelles d'auxides dont la taille est comprise entre 33 et 45 cm LF ( $39,00 \pm 3,49$  cm LF). Elle varie entre 305000 et 891000 ovocytes ( $544920 \pm 161$  ovocytes). La fécondité absolue varie entre 342000 et 2127000 ovocytes ( $718024 \pm 428$  ovocytes) chez des thonines femelles dont la taille est comprise entre 42 et 76 cm LF ( $52,58 \pm 8,23$  cm LF). Chez les mâles *A. thazard* et *E. alletteratus*, le testicule renferme des cystes, des lobules et des tubules ramifiés. Les tubules prennent source dans le canal principal d'évacuation, logé dans la zone centrale de la face ventrale du testicule, et se dirigent en un réseau vers la périphérie du testicule, en direction de la face dorsale de celui-ci. Le canal principal se met en place très tôt, alors même que l'auxide ou la thonine est encore immature, dans un testicule qui présente deux régions, le cortex et la médulla. Cette organisation du testicule rend l'auxide et la thonine différentes de la plupart des Téléostéens.

Les habitudes alimentaires de l'auxide et de la thonine semblent dépendre de la disponibilité des proies dans le milieu. Le comportement opportuniste de ces prédateurs joue, certainement, un rôle important dans l'alimentation. La quantité et le type de proies ingérées varient d'une saison à l'autre. Les deux thonidés répondent donc aux changements saisonniers de la ressource disponible par une adaptation trophique qui s'apparente à un comportement opportuniste. Ceci leur permet de profiter des proies les plus immédiatement disponibles dans le milieu. Ils consomment les Malacostracés et les poissons les plus abondants. Cependant, trois proies prépondérantes, *Penaeus notialis*, *Priacanthus arenatus* et *Trichiurus lepturus*, sont consommées surtout par les adultes. L'intense prédation exercée sur ces proies coïncide sans doute avec leur grande disponibilité dans le milieu. Les régimes alimentaires des

juvéniles, des sub-adultes et des adultes sont complètement distincts. L'ontogénie trophique chez l'auxide et chez la thonine procède par un continuum de changements trophiques plutôt que par une ségrégation successive des proies, d'une classe de tailles à une autre. En d'autres termes, à mesure que ces thonidés croissent, ils ont tendance à changer leur régime alimentaire. Ces changements sont certainement dus à une évolution de leurs habitudes alimentaires, en relation avec la taille des prédateurs et la taille des proies. Le régime alimentaire de la thonine est basé sur une importante consommation de poissons, notamment, *Trichiurus lepturus* et *Priacanthus arenatus* en toutes saisons et une consommation tout aussi importante de Malacostracés, surtout pendant les saisons froides. Ce régime alimentaire est relativement différent de celui de l'auxide, qui consomme beaucoup plus de Malacostracés que de poissons, surtout pendant les saisons froides. La consommation des proies est faite, « apparemment », de façon opportuniste. Cependant, les résultats indiquent que chez la thonine, il y a corrélation entre la taille de la proie consommée et la taille du prédateur.

Pour vivre dans le milieu marin où la nourriture peut être disponible, mais disséminée, l'auxide et la thonine étendent leurs niches écologiques. Cependant, ces espèces ne vivent pas dans des niches séparées, puisqu'elles se déplacent fréquemment dans des bancs mixtes. Ceci permet de dire que la compétition pour le partage des ressources n'existe pas entre les thonidés mineurs étudiés, du moins tant qu'il y a suffisamment de nourriture disponible comme c'est le cas pendant les saisons froides. L'auxide et la thonine sont des espèces cannibales. Cependant, la seconde exerce la prédation sur la première. La prépondérance de *Penaeus notialis* ou de *Trichiurus lepturus* et *Priacanthus arenatus*, par rapport aux autres proies dans les contenus stomacaux, peut être considérée comme étant la preuve que ce Malacostracé et ces poissons constituent la principale source de nourriture pour les thonidés, sur le plateau continental ivoirien. La spécialisation trophique et l'étendue de la niche que présentent la thonine et l'auxide sont, certainement, la conséquence d'une évolution de l'adaptation trophique inhérente aux qualités de prédateurs opportunistes qu'ils se sont forgés. Nul doute que l'ouverture en hauteur et l'ouverture en largeur de la cavité buccale, associées à la taille et à l'aptitude à la nage de ces thons, jouent un rôle des plus importants dans la prédation de poissons aussi rapides à la nage que sont *Trichiurus lepturus* et *Priacanthus arenatus*, proies prépondérantes du régime alimentaire des auxides et thonines adultes.

Ce travail ouvre des perspectives. L'approfondissement de l'étude du régime alimentaire des thonidés devra être l'une des occupations futures. Ceci passe inévitablement par une meilleure connaissance de la systématique en vue de déterminer avec plus d'aisance les proies ingérées, si possible jusqu'à l'espèce. En effet, dans la section Introduction de ce

travail, il a été dit que les juvéniles ainsi que les auxides et thonines adultes pourraient constituer un chaînon trophique entre le zooplancton, le micronecton et les grands pélagiques. Certains taxons zooplanctoniques ingérés par des juvéniles et des sub-adultes, dont les estomacs comptent parmi ceux qui contenaient le plus de la bouillie d'aliments digérés, n'ont pu être identifiés. Cet aspect, qui n'a pas été élucidé dans cette étude, fera ultérieurement l'objet de travaux. En outre, la biologie des thonidés devra être complétée par l'étude de la croissance, au moyen de la lecture des pièces osseuses ou toute autre méthode pouvant permettre d'étudier la dynamique des populations. Par ailleurs, le suivi régulier et rigoureux des débarquements a été l'une des raisons ayant suscité la présente étude qui répond à l'objectif du Centre de Recherches Océanologiques d'évaluer la part réelle de la pêche artisanale dans la production de thon en Côte d'Ivoire. Pour cette raison, le suivi devra s'étendre au port de pêche de San Pédro et même, si possible, à tout autre point de débarquement des thonidés. Enfin, il a été montré dans la présente étude que les spermatozoïdes se présentent sous forme de points, avec l'utilisation du microscope optique. Ce dernier ayant présenté une limite, l'observation des cellules sexuelles mâles n'a pu être faite au-delà du grossissement 1000. La confirmation précise des stades sexuels mâles décrits nécessite donc une étude ultrastructurale.

À la lumière des résultats obtenus dans ce travail, nous aimerions faire quelques recommandations. La grande saison froide (GSF), qui est la saison favorable à la pêche, coïncide avec la présence des juvéniles d'auxides et de thonines dans la pêche et dans les captures. L'intensification de l'effort de pêche pendant la GSF a fini par engendrer une diminution importante du stock. En effet, des signes précurseurs d'épuisement de la ressource ont été constatés, une décennie après la présente étude (2002-2004). Les pêcheurs qui auparavant faisaient des marées quotidiennes en sont réduits à faire des marées de trois, voire quatre jours pour ne débarquer leurs prises, occasionnellement au Port de pêche d'Abidjan et fréquemment à « Zimbabwe », leur lieu d'habitation, les jeudis, vendredis et samedis. Cette pêche se meurt, faute de législation appropriée. Nous suggérons qu'il y ait l'instauration de périodes de fermeture et d'ouverture de la pêche afin de préserver la ressource. Par ailleurs, l'usage de filets à maillages beaucoup plus sélectifs devra être obligatoire en toutes saisons de pêche. Ce type de filet ne devrait prendre que des auxides de plus de 27 cm LF et des thonines de plus de 40 cm LF, afin d'épargner les juvéniles pendant les activités de pêche.

**RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

- Abbes R. & Bard F. X., 1999.** Les espèces capturées durant les campagnes ECOTAP, Distribution et Biologie. *In* : ECOTAP, Etude du Comportement des Thonidés par l'Acoustique et la Pêche en Polynésie Française (Abbes R. & Bard F. X., Éditeurs). *Rapport Final de Convention*. Territoire / EVAAM / IFREMER / ORSTOM, n° 951070, 75-140.
- Agresti A., 1996.** An introduction to categorical data analysis. Wiley, New York, 290 p.
- Albaret J. J., 1976.** Reproduction de l'albacore (*Thunnus albacares*, Bonnaterre, 1788) dans le golfe de Guinée. Thèses de Doctorat 3<sup>ie</sup> Cycle, Biologie Animale – Zoologie Expérimentale, Université Paris 7, 1976/11/10, 158 p
- Alekseev F. E. & Alekseeva, E. I., 1980.** Some problems of reproductive biology of oceanic and neritic tunas of the Tropical Atlantic. Collective Volume of Scientific Papers. ICCAT, 9 (3): 695-703.
- Allam S. M., 1996.** Reproductive biology of pelagic Carangid fish *Trachinotus ovatus* from the Egyptian Mediterranean Sea. *Journal of the Egyptian German Society of Zoology*, 19 (B): 45-57.
- Allan J. D., 1995.** Stream Ecology : Structure and Function of Running Waters. Chapman & Hall. London, *Nature*, 388 p.
- Aman A. & Fofana, S., 1995.** Coastal sea surface temperature as detected by meteosat satellite and received at the University of Abidjan. *In*: Dynamics and use of Sardinella Resources from Upwelling off Ghana and Ivory Coast. Acts of DUSRU meeting, Accra, October 5-8<sup>th</sup> 1993 (Bard F. X. & Koranteng K. A., Editors). Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris, 52-59.
- Amon-Kothias J. B. & Bard F. X., 1993.** Les ressources thonières de Côte d'Ivoire. *In* : Environnement et Ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 1. Le Milieu Marin (Le Loeuff P., Marchal, E. & Amon-Kothias J. B., Éditeurs). ORSTOM, Paris, 323–352.
- Anon C., 2002.** “Dynamics of tilapia population in Peninsular reservoirs and their impact on native fish genetic resources”. *Final Report, ICAR/CES*. Fund project. CIFRI, Barrakpore.

- Anonyme., 1989.** Surveys of the small pelagic fish resources of Côte d'Ivoire and Ghana, 12-20 October 1989. *Reports on surveys with R/V Dr. Fridtjof Nansen. NORAD/UNDP/FAO Programme.* Institute of Marine Research, Bergen. November 1989, 33 p.
- Anonyme., 1999.** Diversité biologique de la Côte d'Ivoire. *Rapport de Synthèse du Ministère de l'Environnement et de la Forêt*, 273 : 105-106.
- Anonyme., 2002a.** Annuaire des Statistiques des Pêches et de l'Aquaculture. Ministère de la Production animale et des Ressources halieutiques/Direction des Productions Halieutiques/Service des Statistiques et de la Documentation, 156 p.
- Anonyme., 2002b.** Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest, un demi siècle de changement. *Actes du Symposium International*, Dakar (Sénégal), 24-28 juin 2002.
- Anonyme., 2008.** Les océans bientôt vidés de leurs poissons. Comprendre l'environnement et ses enjeux. (<http://www.goodplanet.info/Alimentation-agriculture/Peche/Pec>)
- Anonyme., 2012a.** Indice de Shannon ([http://fr.wikipedia.org/wiki/Indice\\_de\\_Shannon](http://fr.wikipedia.org/wiki/Indice_de_Shannon))
- Anonyme., 2012b.** Test-t de Student ([http://fr.wikipedia.org/wiki/Test\\_t](http://fr.wikipedia.org/wiki/Test_t))
- Anonyme., 2013a.** The IUCN Red List Of Threatened Species, 2013 (<http://www.iucnredlist.org/details/170344/0>)
- Anonyme., 2013b.** Courant de Humboldt, [http://fr.wikipedia.org/wiki/Courant\\_de\\_Humboldt](http://fr.wikipedia.org/wiki/Courant_de_Humboldt)
- Anonyme., 2013c.** Le Courant de Humboldt (<http://nucayagta.free.fr/couranhumboldt.htm>)
- Arfi R., Pezennec O., Cissoko S. & Mensah M. A., 1991.** Variations spatiale et temporelle de la résurgence ivoiro-ghanéenne. *In : Pêcheries ouest-africaines: variabilité, instabilité et changement.* (Cury P. & Roy C., Éditeurs). Éditions de l'ORSTOM, 162-172.
- Assem S. S., 2000.** The reproductive biology and histological characteristics of pelagic Crangid female *Caranx crysos*, from the Egyptian Mediterranean. *Journal of the Egyptian German Society of Zoology*, 31 (C) : 195-215.

- Assem S. S., 2003.** The reproductive biology and the histological and ultrastructural characteristics of the ovary of the female pelagic fish *Pagellus erythrinus* from the Egyptian Mediterranean water. *Journal of the Egyptian German Society of Zoology*, 42 : 77-103.
- Bahou L., 2001.** Les thonidés débarqués par la pêche artisanale au filet maillant dérivant au port de pêche d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies, Université de Cocody, 58 p.
- Bainbridge V., 1960.** The plankton of inshore waters off Freetown, Sierra Leone. *Fishery publications of Colonial Office*, 13, 43 p.
- Bakun A., 1996.** Patterns in the ocean: Ocean processes and Marine Populations Dynamics. University of California Sea Grant, San Diego, California, USA, in cooperation with Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 7 (3): 382-384.
- Bane G. W. Jr., 1963.** The biology of the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) (Bonnaterre) of Guinea. Thesis. Cornell University, Ithaca, New York, 444 p.
- Barbiéri L. R., Chittenden J. M. E. & Lowere-Barbiéri S. K., 1994.** Maturity, spawning and ovarian cycle of Atlantic croaker, *Micropogonias undulates*, in the Chesapeake Bay and adjacent coastal waters. *United States' Fisheries Bulletin*, 92: 671-685.
- Bard F. X., 1999.** Le programme ECOTAP, Introduction et Synthèse. In : ECOTAP, Etude du Comportement des Thonidés par l'Acoustique et la Pêche en Polynésie Française, (Abbes R. & Bard F. X., Éditeurs) Rapport Final de Convention Territoire/ EVAAM / IFREMER / ORSTOM, n° 951070, 1-22.
- Bard F. X., 2001.** Apparent effect of stomach repletion on catchability of large tunas to longline gear. Comparison with other fishing gears. Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT 52: 452-465.
- Bard F. X. & Amon-Kothias J. B., 1985.** Évaluation des débarquements de thonidés mineurs et Istiophoridés au Port d'Abidjan 1981-1984. ICCAT/ *Recueil de Données Scientifiques*, 23 : 333-334.

- Bard F. X. & Amon-Kothias J. B., 1989.** Estimation du potentiel de pêche thonière de la Z.E.E de Côte d'Ivoire. *Documents Internes du Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan*, 10p.
- Bard F. X. & Hervé A., 1995.** Predation by tropical tunas on sardinellas. Possible induced changes in tunas populations by increase of *Sardinella* abundance. *In: Dynamics and Use of Sardinella Resources from Upwelling off Ghana and Ivory Coast.* (Bard F. X & Koranteng K. A., Editors). Acts of DUSRU Meeting, Accra, 5–8 October 1993. Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris, 85–97.
- Bard F. X. & N'Goran Y. N., 2000.** Increase of fishing effort of canoes using gill net for large pelagic fish along the coasts of the Gulf of Guinea. SCRS / 00 / 135, 6 p.
- Bard F. X. & Stretta J. M., 1981.** Résumé des connaissances actuelles sur la Biologie et la Pêche des thons tropicaux en Atlantique. *Archives Scientifiques du Centre de Recherches Océanographiques Abidjan*, VII (2) : 1-37.
- Bard F. X., Cayré P. & Diouf T., 1988.** Les migrations. *In : Ressources, Pêche et Biologie des Thonidés Tropicaux de l'Atlantique Centre-Est.*(Fonteneau A. & Marcille J., Éditeurs). FAO, Document Technique sur les Pêches, 292, 111–156.
- Bard F. X., Bach P. & Josse E., 1998.** Habitat, écophysiologie des thons. Quoi de neuf depuis 15 ans. ICCAT *Symposium of Sao Miguel*, June 1996. (Beckett J. S., Editor). Collective Volume of Scientific Papers, 50 (1) : 319-341.
- Bard F. X., N'Goran Y. N., Hervé A. & Amon Kothias J. B., 2002.** La pêche piroguière au filet maillant de grands pélagiques au large d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Archives Scientifiques du Centre de Recherches Océanologiques Abidjan*, 17: 13–35.
- Barry-Gérard B., Bakayokho M., Laloé F., Samba A., Diadiou H. & Levenez J. J., 1991.** Hétérogénéité et variabilité de la pêche artisanale: méthodologie d'étude de l'activité de la pêche et mortalité induite. *In : La Recherche face à la pêche artisanale.* (Durand J. R., Lemoalle J. & Weber J., Éditeurs). Symposium International Orstom-Ifremer, Montpellier, France, 3-7 juillet 1989. Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris 1991, 551-558.

- Beilghyti D., 1990.** Poissons pleuronectiformes des côtes atlantiques marocaines (Casablanca) : Biologie et parasitisme de *Citharus linguatula* et *Dicologlossa cuneata*. Thèse de Doctorat 3<sup>ie</sup> cycle, Université Mohamed V, 226 p.
- Ben-Yami M., 1980.** Tuna Fishing with Pole and Line. FAO Fishing Manual, 150 p.
- Bennetti D. D., Brill R. W. & Kraul S. A. Jr., 1995.** The standard metabolic rate of dolphin fish. *Journal of Fish Biology*, 46: 987-996.
- Bernabé G., 1991.** Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. *Éditions TEC et DOC*, Lavoisier, Paris, 500 p.
- Bertrand A., Bard F. X. & Josse E., 1999.** Environnement biologique des thons exploités par la pêche palangrière en Polynésie française. *In* : ECOTAP, Etude du comportement des Thonidés par l'Acoustique et la pêche en Polynésie Française. (Abbes R. & Bard F. X., Éditeurs) Rapport Final de Convention Territoire / EVAAM / IFREMER / ORSTOM n° 951070, 208-288.
- Binet D., 1983.** Phytoplancton et production primaire des régions côtières à upwellings saisonniers dans le golfe de Guinée. *Océanographie Tropicale*, 18 (2) : 331-355.
- Binet D., 1993.** Zooplancton néritique de Côte d'Ivoire. *In* : Environnement et Ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 1. Le Milieu Marin. (Le Loeuff P., Marchal E. & Amon Kothias J. B., Éditeurs). ORSTOM, Paris, 167–193.
- Binet D., 1995.** Hypotheses accounting for the variability of *Sardinella* abundance in the northern Gulf of Guinea. *In*: Dynamics and Use of *Sardinella* Resources from Upwelling off Ghana and Ivory Coast. (Bard F. X. & Koranteng K. A., Editors). Acts of DUSRU Meeting, Accra, 5–8 October 1993, Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris, 98–133.
- Blache J., Cadenat J. & Staauch A., 1970.** Faune tropicale XVII. Clés de détermination des poissons de mer signalés dans l'Atlantique oriental entre le 20<sup>ie</sup> parallèle Nord et le 15<sup>ie</sup> parallèle Sud. Éditions de l'ORSTOM, Paris, 479 p.

- Blarez E., 1986.** La marge continentale de Côte d'Ivoire – Ghana. Structure et évolution d'une marge continentale transformante. Thèse de Doctorat Université de Paris -VI, 188 p.
- Block B. A., Teo S. L. H., Walli A., Boustany A., Stokesbury M. J., Farwell C. J., Weng K. C. et al. 2005.** Electronic tagging and population structure of Atlantic bluefin tuna. *Nature*, 434: 1121-1127.
- Bonnaterre J. P., 1788.** Tableau encyclopédique et méthodique des trois règnes de la nature. *Ichthyologie*. Paris, 215 p.
- Bouchereau J. L. & Guelorget O., 1999.** Régime alimentaire de deux Gobiidés (Pisces, Teleostei) sympatriques *Gobius buchichi* et *Millerigobius macrocephalus* des Bouches de Bonifacio. *Cahier de Biologie Marine*, 40 : 263-271.
- Bougis P., 1952.** Recherches biométriques sur les rougets (*M ; barbatus* L., *M. surmuletus* L.). *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale*, 89 (2) : 57-174.
- Bowman R. E. & Bowman E. W., 1980.** Diurnal variation in the feeding intensity and catchability of silver hake (*Merluccius bilinearis*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 37: 1565-1572.
- Brill R., 1994.** A review of temperature and oxygen tolerance studies of tunas pertinent to fisheries oceanography, movements models and stock assessments. *Fisheries Oceanography*, 3 (3): 204-216.
- Bushnell P. G. & Holland K. N., 1997.** Tunas. *Virginia Marine Resource Bulletin*, 29 (1 & 2): 3-6.
- Cantor T. E., 1849.** Catalogue of Malayan fishes. *Journal of Asiatic Society of Bengal*, 18 (2): 983-1443.
- Cardona L., 1991.** Measurement of trophic niche breadth using occurrence frequencies. *Journal of Fish Biology*, 39: 901-903.

- Carrassón M., Stefanescu C. & Cartes J. E., 1992.** Diet and bathymetric distributions of two bathyal sharks of the Catalan deep sea (western Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, 82: 21–30.
- Caverivière A. F., 1975.** Longueur pré-dorsale, longueur à la fourche et poids des albacores (*Thunnus albacares*) dans l'Atlantique. *Cahiers ORSTOM (Série Océanographie)*, 14 (3) : 201-208.
- Caverivière A. F. & Suisse de Sainte Claire E., 1980.** Recherches de larves de thonidés dans l'Atlantique tropico-oriental. Campagnes effectuées en 1976-1977 par le N/O Capricorne. *Documents scientifiques du Centre de Recherches Océanographiques Abidjan*, ORSTOM, 11 (1) : 37-72.
- Caverivière A. F., Conand F. & Suisse de Sainte Claire E., 1976.** Distribution et abondance des larves de thonidés dans l'Atlantique tropico-oriental. Etude des données de 1963 à 1974. *Documents scientifiques du Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan*, ORSTOM, 7 (2) : 49-70.
- Cayré P., 1984.** Biologie et comportement du listao. In Le Listao de l'Atlantique. (Pianet R., Cayré P., Bard F. X. & Fonteneau A., Éditeurs). *Extrait de « La Pêche Maritime »*, 1274/1275, 5–13.
- Cayré P., 1980a.** Note sur les valeurs critiques du rapport gonado-somatique (RGS) et de l'index gonado-somatique (IGS) du listao (*Katsuwonus pelamis*) et de leur utilisation pour la sélection d'échantillons de gonades. *Rapport Interne du Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye*, 22, 4 p.
- Cayré P., 1980b.** Maturité sexuelle, fécondité et sex-ratio du listao (*Katsuwonus pelamis*) des côtes d'Afrique de l'Ouest (20° N – 0° N) étudiés à partir des débarquements thoniers (1977 à 1979) au port de Dakar (Sénégal). Collection du Volume Scientifique, Papiers ICCAT SCRS / 80 / 54, 15 (1) : 135-149.
- Cayré P. & Diouf T., 1980.** Croissance de la thonine (*Euthynnus alletteratus*) (Rafinesque, 1810), établie à partir de coupes transversales du premier rayon de la nageoire dorsale. Collection du Volume Scientifique, Papier ICCAT SCRS / 80 / 53, 15 (2) : 337-345.

- Cayré P., Amon Kothias J. B., Diouf T. & Stretta J. M., 1988.** Biologie des thons. *In* : Ressources, Pêche et Biologie des Thonidés Tropicaux de l'Atlantique centre-est. (Fonteneau A. & Marcille J., Éditeurs). FAO, Document Technique sur les Pêches, 292, 157–268.
- Chapman L. J., Mackay W. C. & Wilkinson C. W., 1988.** Feeding flexibility in northern pike (*Esox lucius*): Fish versus invertebrate prey. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 46: 666-669.
- Chidi A. & Abé J., 2002.** Introduction to Physical Oceanographic Processes in the Gulf of Guinea. *GEF's Large Marine Ecosystem Project for the Gulf of Guinea*. Éditions Céda, Cotonou, Bénin. 151 p.
- Chur V. N., 1972.** Some biological characteristics of little tuna (*Euthynnus alletteratus* Rafinesque, 1810) in the Eastern part of Tropical Atlantic. Collection du Volume Scientifique, Papier ICCAT SCRS / 72 / 51, 1 : 489-500.
- Chur V. N., 1977.** Biology and fishing of skipjack, little tunny, frigate and bullet mackerels in the eastern Atlantic Ocean. Thesis INBYUM, Sevastopol. 240 p.
- Colin C., 1991.** Sur les «uwellings» équatorial et côtier (5 °N) dans le golfe de Guinée. *Oceanologica Acta* 14 (3) : 223-240.
- Colin C., Gallardo Y., Chuchla S. & Cissoko S., 1993.** Environnements climatique et océanographique sur le plateau continental de Côte d'Ivoire. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 1. Le milieu marin. (Le L œuff P., Marchal E. & Amon-Kothias J. B., Éditeurs), ORSTOM, 75-111.
- Collette B. B., 1978.** Adaptations and systematics of the mackerels and tunas. *In*: The physiological ecology of tunas. (Shap G. D. & Dizon A. E., Éditeurs). *Academic Press*. 7-40.
- Collette B. B., 1986.** Scombridae. *In* : 2. Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean. (Whitehead P. J. P., Bauchot M.C., Hureau, J. C., Nielsen J. & Tortonese E., Editors). Unesco, Paris, 981-997.

- Collette B. B. & Nauen C. E., 1983.** FAO Species Catalogue. 2 Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. *FAO Fisheries Synopsis* (125), 137 p.
- Conand F., 1970.** Distribution et abondance des larves de quelques familles et espèces de poissons des côtes sénégalaises en 1968. *Document Scientifique Provisoire du Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye*, ORSTOM, (26) : 52 p.
- Coulibaly R., 2010.** Analyse de la contribution de la pêche à l'économie ivoirienne. DESS Hautes Études en Gestion de la Politique Économique. Programme de Formation en Gestion de la Politique Économique. UFR- SEG/CIRES. Université de Cocody, 32 p.
- Cury P., 1995.** Comparison of the ivoiro-ghanian fishery with other exploited upwelling systems of the world. *In: Dynamics and Use of Sardinella Resources from Upwelling off Ghana and Ivory Coast.* (Bard F. X. & Koranteng K. A., Feditors). Acts of DUSRU Meeting, Accra, 5–8 October 1993. Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris, 169–193.
- Cuvier G., 1829.** Le règne animal distribué d'après son organisation, pour servir de base à l'histoire naturelle des animaux et d'introduction à l'anatomie comparée. 2. Poissons. 2<sup>me</sup> édition. Paris, 406 p.
- Davy J., 1835.** On the temperature of some fishes of the genus *Thunnus*. *Proceedings of the Royal Society London*, 1835: 327-328.
- Delahaunty G. & De Vliaming V. L., 1980.** Seasonal relationship of ovary weight, liver weight and fat stores with body weight in gold fish *Carassius auratus* (L). *Journal of Fish Biology*, 16: 5-13.
- Déniel C., Le Blanc C. & Rodriguez A., 1989.** Comparative study of sexual cycles, oogenesis and spawning of two Soleidae *Solea lascaris* and *S. impar* on Western coast of Brittany. *Journal of Fish Biology*, 35: 49-58.
- Diaha N. C., 2010.** Écologie, pêche de thonidés mineurs et Biologie de *Scomberomorus tritor* (Cuvier, 1831) dans la zone économique exclusive ivoirienne. Thèse de Doctorat en

Sciences de la Nature. Spécialité : Biologie et Productions Animales. Université d'Abobo-Adjamé, 193 p.

**Diaha N. C., N'Da K. & Kouassi K. D., 2009.** Étude comparée de la pêche des thonidés mineurs par les chaluts doubles et les pirogues dans la zone économique exclusive (ZEE) ivoirienne. *Tropicultura*, 27 (3) : 152-158.

**Dickson K. A., 1995.** Unique adaptations of the metabolic biochemistry of tunas and billfishes for life in the pelagic environment. *Environmental Biology of Fishes*, 42: 65-97.

**Dineen C. F., 1951.** A comparative study of the food habits of of *Cottus bairdii* and associated species of Salmonidae. *American Midland Naturalist* 46: 630-645.

**Diouf T., 1980.** Premières données relatives à l'exploitation et à la biologie de quelques « petits thonidés et espèces voisines » : *Euthynnus*, *Sarda*, *Scomberomorus* au Sénégal. Collection du Volume Scientifique, Papiers ICCAT SCRS / 80 / 52, 15 (2) : 327-336.

**Diouf T. & Amon-Kothias J. B., 1988.** Présentation, systématique et distribution géographique des espèces. In : Ressources, Pêche et Biologie des Thonidés Tropicaux de l'Atlantique Centre-Est. (Fonteneau A. & Marcille J., Éditeurs). FAO, Document Technique sur les Pêches, 292, 3-10.

**Doddamani M., Rameshaand T. J. & Shanbhogue S. L., 2001.** Length-Weight Relationship and Condition Factor of *Stolephorus bataviensis* from Mangalore Area. *Indian Journal of Fisheries*; 48: 329-332.

**Dragovich A. & Potthoff T., 1972.** Comparative study of food of skipjack and yellowfin tunas of the coast of West Africa. *Fishery Bulletin of Manuscript Review of the National Oceanic and Atmospheric Administration's National Marine Fisheries Services*, 70 (4) : 1087-1110.

**Duponchelle E., 1997.** Reproduction du tilapia (Pisces, Cichlidae) *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) dans les retenes artificielles de Côte d'Ivoire : analyse comparative des modalités de reproduction et approche expérimentale de leur déterminisme. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 135 p.

- Duponchelle E., Pouyard L. & Legendre M., 1998.** Evidence of environmental effects on reproductive characteristics of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) populations from man-made lakes of Ivory Coast. *Aquatic Living Resources*, 3: 137-144.
- El-Greisy Z. B., 2000.** The reproductive biology and physiology of *Diplodus sargus* (Family: Sparidae), in the Mediterranean environment. PhD Thesis. Department of Environmental Studies Institution of Graduate Studies Alex University.
- Encarta., 2006.** « Atlantique, océan » : Microsoft ® Encarta ® 2006 [CD], Microsoft Corporation, 2005. Consulté en 2006.
- Etchevers S. G., 1976.** Icidencia de clupeídeos en la alimentación de las caballas: *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) y *Auxis thazard* (Lacepède) en la costa norte de Margarita. *Lagena* (37-38) : 9-11.
- FAO., 1983.** Yearbook of fishery statistics. Annuaire statistique des pêches. Anuario estadístico de pesca. Catches and landings. Captures et quantités débarquées. Capturas y desembarques. 1981,(52) : 356 p.
- FAO., 1999.** Directives pour la Collecte Régulière des Données sur les Pêches de Capture. Établies à la Consultation d'experts FAO / DANIDA, 18-30 mai 1998 à Bangkok, Thaïlande. FAO, Document Technique sur les Pêches, 382, 123 p.
- FAO., 2003.** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Profil de la pêche par pays. FID / CP/ CIV, FAO, Novembre 2003, 43 p.
- FAO., 2008.** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Profils des pêches et de l'aquaculture par pays. FID / CP/ CIV, FAO, Janvier 2008, 43 p.
- FAO., 2009.** FAO Fisheries Department [en ligne] Rome, 15 septembre 2009 (<http://www.fao.org/fishery/collection/fish> dist map)
- FAO., 2012a.** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2012. Rome, 241 p.
- FAO., 2012b.** FAO Fisheries and Aquaculture. Tuna and tuna-like species group. (<http://www.fao.org/fishery/topic/16082/en>)

- Fawole O. O. & Arawomo G. A. O., 2000.** Fecundity of *Sarotherodon galilaeus* (Pices: Cichlidae) in the Opa reservoir, Ile-Ife, Nigeria. *Revista de biologia Tropical*, 48 (1): 22-29.
- Fernand Y., 1996.** Les *Haplochromis* spp. (Teleostei, Cichlidae) des zones rocheuses du Mwanza Gulf, Lac Victoria, Tanzanie : Structures des communautés et écomorphologies. Thèse de Doctorat. Laboratoire d'Ichtyologie Générale et Appliquée, Muséum National d'Histoire Naturelle, ORSTOM, Paris, 270 p.
- Ferraris J. & Koraanteng K. A., 1995.** Statistical analysis of canoes fishing data in Ghana with particular reference to *Sardinella*. In: Dynamics and Use of *Sardinella* Resources from Upwelling off Ghana and Ivory Coast. (Bard F. X. & Koranteng K. A., Editors). Acts of DUSRU Meeting, Accra, 5–8 October 1993. Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris, 205–222.
- Fonteneau A. & Marcille J., 1988.** (Éditeurs) Ressources, Pêche et Biologie des Thonidés Tropicaux de l'Atlantique centre-est. FAO, Document Technique sur les Pêches, 292, 391 p.
- Frade F. & Postel E., 1955.** Contribution à l'étude de la reproduction des Scombridés et thonidés de l'Atlantique tropical. *Rapport du Procès Verbal de Réunion CIEM*, 137: 34-35.
- Fréon P., 1979.** Relations tailles – poids, Facteur de condition et Indices de maturité sexuelle : Rappels bibliographiques, interprétations, remarques et applications. *Documents Scientifiques du Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye*, 08 : 114-171.
- Fréon P., 1988.** Réponses et adaptations des stocks de Clupeidae d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation : analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. Collection Etudes et Thèse, ORSTOM, Paris, 287p.
- Gibbs R. H. Jr. & Collette B. B., 1967.** Comparative systematics of the tunas, genus *Thunnus*. *Fishery Bulletin of Manuscript Review of the National Oceanic and Atmospheric Administration 's National Marine Fisheries Services*, 66: 65-130.

- Gibson R. N. & Ezzi I. A., 1980.** The biology of the scaldfish *Arnoglossus laterna* (Walbaum) on the West Coast of Scotland. *Journal of Fish Biology*, 17: 565-575.
- Gill T. N., 1862.** On the limits and arrangements of the family of scombroids. *Proceedings of the Academy of Natural Science of Philadelphia*, 1814: 124-127.
- Golé-Bi G. G., Koffi K. I. G. & Dadi S. G., 2005.** Contribution socio-économique de la pêche artisanale en Côte d'Ivoire. Programme pour des Moyens d'Existence Durables dans la Pêche (PMEDP) en Afrique de l'Ouest. FAO (GCP/INT/735/UK), 49 p.
- Gouriou Y., 1988.** Le milieu dans l'Atlantique tropical est. *In* : Ressources, Pêche et Biologie des Thonidés Tropicaux de l'Atlantique Centre-Est. (Fonteneau A. & Marcille J., Éditeurs). FAO, Document Technique sur les Pêches, 292, 11–32.
- Graamour A., Khemiri S., Mili S. & Abdallah B. L., 2004b.** L'anchois (*Engraulis encrasicolus*) des côtes Nord de la Tunisie ; reproduction et exploitation. *Bulletin de l'Institut National des Sciences de la Mer de Salammbô*, (31) : 8 p.
- Graham J. B., Koehn F. J. & Dickson K. A., 1983.** Distribution and relative proportions of red muscle in Scombrid fishes: consequences of body size and relationships to locomotion and endothermy. *Canadian Journal of Zoology*, 61: 2087-2096.
- Gray A. E., Mulligan T. J. & Hannah R. W., 1997.** Food habits, occurrence, and population structure of the bat ray, *Myliobatis californica*, in Humboldt Bay, California. *Environmental Biology of Fishes*, 49: 227–238.
- Grier H. J., 1993.** Comparative organization of Sertoli cells including the Sertoli cell barrier. *In*: The Sertoli Cell. (Russel L. D. & Griswold M. D. Editors). *Cache River Press*, Clearwater, Florida, 704-739.
- Grier H. J. Linton J. R., Leatherland J. F. & De Vlaming V. L., 1980.** Structural evidence for two different testicular types in teleost fishes. *American Journal of Anatomy*, 159: 331-345.
- Grossman G. D., 1980.** Ecological aspects of ontogenetic shifts in prey size utilization in the Bay goby (Pisces : Gobiidae). *Oceanologia*, 47; 233-238.

- Harmelin-Vivien H. L., Kaim-Malka R. A., Ledoyer M. & Jakob-Abraham S. S., 1989.** Food partitioning among scorpaenid fishes in Mediterranean seagrass beds. *Journal of Fish Biology*, 34: 715-734.
- Held U., 2010.** « Les questionnements scientifiques de la Médecine ont besoin de modèles statistiques ». *Forum Médical Suisse* 2010 ; 10 (32) : 528-530
- Herbland A. & Le Loeuff P., 1993.** Les sels nutritifs au large de la Côte d'Ivoire. In Environnement et Ressources Aquatiques de Côte d'Ivoire. 1. Le Milieu Marin. (Le Loeuff P., Marchal E. & Amon Kothias J. B., Éditeurs). ORSTOM, Paris, 123–148.
- Hervé A., 2001.** Bilan thonier des ports d'Abidjan, Dakar, Téma, année 2001. Version du 14 mai 2002, 38 p.
- Hervé A., Amon Kothias J. B. & Barrigah S., 1996.** Pêche piroguière au port d'Abidjan 88-95. Centre de Recherches Océanographiques. Août 1996, 46 p.
- Holland K., Brill R. W., Chang J., Sibert R. K. C. & Fournier D. A., 1992.** Physiological and behavioural thermoregulation in bigeye tuna (*Thunnus obesus*). *Nature*, 358: 410-411.
- Honji R. M., Vas-dos-Santos A. M. & Rossi W. S., 2006.** Identification of the stages of ovarian maturation of the Argentine hak *Merluccius hubbsi* Marini, 1933 (Teleostei: Merluccidae) advantages and disadvantages of the use of the macroscopic and microscopic scales. *Neotropical Ichthyology*, 443: 329-337.
- Horn H. S., 1966.** Measurement of “overlap” in comparative ecological studies. *American Naturalist*, 100: 419-424.
- Htun-Han M., 1978.** The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea: gonosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. *Journal of Fish Biology*, 13 (1) : 369-378.
- Hunter J. R. & Macewicz B., 1985a.** Management of spawning frequency in multiple spawning fishes. In: Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish. Application to the Northern Anchovy, *Engraulis mordax*. (Lasker R., Editor).

*Technical Report of the National Oceanic and Atmospheric Administration's National Marine Fisheries Services*, 36: 79-94.

**Hunter-J. R. & Macewicz B., 1985b.** Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fisheries Bulletin*, 83: 119-136.

**Hureau J. C., 1970.** Biologie comparée de quelques poissons antarctiques (Nototheniidae). *Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco*, 68. 250 p.

**Hyslop E. J., 1980.** Stomach content analysis – a review of methods and their applications. *Journal of Fish Biology*, 17: 411-429.

**ICCAT., 2000.** Rapport de la période biennale 2000–2001. Première Partie (2000) – 2. Version française. ICCAT, Madrid, 196 p.

**ICCAT., 2003.** Rapport de la période biennale 2002–2003. Première Partie (2002) –2. Version française. ICCAT, Madrid, 228 p.

**Ifremer., 2009.** [http://www.ifremer.fr/peche\\_eng/Le-mnde-de-la-pêche](http://www.ifremer.fr/peche_eng/Le-mnde-de-la-pêche). Dernière mise à jour de cette page: 09 décembre 2009.

**Ingham M. C., 1970.** Coastal upwelling in the North-Eastern Gulf of Guinea. *Bulletin of Marine Science* 20, 2-34.

**Jiménez-Prado P. R. & Béarez P., 2004.** Pecos Marinos del Ecuador continental. Tomo 2. Guía de Especies / Marine fishes of continental Ecuador. Volume 2. Species Guide. Sociedad para la Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad Ecuatoriana / Nazca / Instituto Franés de Estudios Andinos, Quito, 401 p.

**Joadder Md. A. R., 2007.** Food and feeding habits of *Gagata youssoufi* (Rahman) from the river Padma in Rajshahi. *University Journal of Zoology*, Rajshahi University, 25: 69-71.

**Jones R., 1982.** Ecosystems, food chains and fish yields. *ICLARM Conference Proceedings*, 9: 195–239.

- Jordan D. S. & Dickerson M. C., 1908.** On a collection of fishes from Fiji, with notes on certain Hawaiian fishes. *Proceedings of the United States' National Museum*, 34: 603-617.
- Kahraman A. E. & Oray I. K., 2001.** Age and growth of Atlantic Little Tunny (*Euthynnus alletteratus* Raf., 1810) in Turkish waters. Collective Volume of Scientific Papers of the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, 49: 719-732.
- Kahraman A. E., Göktürk D., Bozkurt E. R., Akayli T. & Karakulak F. S., 2010.** Some reproductive aspects of female bullet tuna, *Auxis rochei* (Risso), from the Turkish Mediterranean coasts. *African Journal of Biotechnology*, 9 (40): 6813-6818.
- Kartas F. & Quignard J. P., 1984.** La fécondité des poissons téléostéens. MASSON, Paris, Collection biologie des milieux marins (5) : 117 p.
- Kennedy M. & Fitzmaurice P., 1972.** Some aspects of biology of gudgeon *Gobio gobio* Irish waters. *Journal of Fish Biology*, 4: 425-440.
- Kishinouyé K., 1920.** Mexican little tunny. *Suisan Gakkai Ho*, 3 (2) : 113 p.
- Kishinouyé K., 1923.** Contributions to the comparative study of the so-called Scombroid fishes. *Journal of the College of Agriculture of the Imperial University of Tokyo*, 8(3) : 293-475
- Klawé W. L., 1963.** Observations on the spawning of four species of tuna: *Neothunnus macropterus*, *Katsuwonus pelamis*, *Auxis thazard*, *Euthynnus lineaetus* in the Eastern Pacific Ocean based on the distribution of their larvae and juveniles. *Bulletin of Inter-American Tropical Tuna Commission / Boletin. Comision InterAmericana Del Atun Tropical* Abb\_name: *Bulletin. I-ATCC*, 14: 507-544.
- Klawé W. L., Pella J. J. & Leet W. S., 1970.** The distribution, abundance and ecology of larval tunas from the entrance to the Gulf of California. *Bulletin. Inter-American Tropical Tuna Commission / Boletin. Comision InterAmericana Del Atun Tropical* Abb\_name: *Bull. I-ATCC*, 14: 507-544.

- Kleanthidis P. K., Sinis A. I. & Stergiou K. I., 1999.** Length-Weight relationships for freshwater fishes in Greece. *Naga*, 22: 25-28.
- Konan K. J., 2010.** Étude des paramètres de populations, de la Biologie de reproduction et des Stratégies alimentaires du Cichlidae *Tylochromis jentinki* (Steindochner, 1895) dans la lagune Ébrié (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 175 p.
- Koné T., 2000.** Régime alimentaire et reproduction d'un tilapia lagunaire (*Sarotherodon melanotheron* Rüppel, 1852) dans la rivière Bia et le lac de barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Katholieke University, Leuven (Belgique), 253 p.
- Konstantinova M. P. & Chur V. N., 1976.** Comparative biological characteristics of tunas of genus *Auxis*. Tropical Atlantic Nauchno-Issled Institute, Rybn-Khoz, *Oceanography*, 65: 125-135.
- Koranteng K. A., 1995.** The western Gulf of Guinea coastal upwelling – peculiarities, changes and fisheries implications. Review paper presented at the EU advanced study course on upwelling systems (Atlantic Ocean Eastern Boundary), Las Palmas, Gran Canaria, 14 July – 11 August 1995.
- Krebs C. J., 1989.** Ecological Methodology. Harper and Row, New York, 654 p.
- Labropoulou M., Machias. A., Tsimenides N. & Eleftheriou A., 1997.** Feeding habits and ontogenetic diet shift of the striped red mullet, *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758. *Fisheries Research*, 31 (1997) 257-267.
- Lacepède B., 1800-1801.** Le scombres thon (*Scomber thynnus*). In : Histoire naturelle des poissons. MASSON, Paris, 2 : 605-632.
- Lahaye J., 1980.** Les cycles sexuels chez les poissons marins. *Cahiers ORSTOM*, Série Océanographie 6 (7) : 637-654.
- Landau R., 1965.** Determination of age and growth rate in *Euthynnus alletteratus* and *Euthynnus affinis* using vertebrae. Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée, 8: 241-244.

- Langton R. W., 1982.** Diet overlap between Atlantic cod, *Gadus morhua*, silver hake *Merluccius bilinearis* and fifteen other northwest Atlantic finfish. *Fishery Bulletin of Manuscript Review of the National Oceanic and Atmospheric Administration's National Marine Fisheries Services*, 80: 745-759.
- Laurec A. & Le Guen J. C., 1981.** Dynamique des populations marines exploitées. CNEXO/Centre Oceanologique de Bretagne. Rapports scientifiques et techniques n° 45-1981. 1. Concepts et modèles, 118 p.
- Lauzanne L., 1975.** Régime alimentaire d'*Hydrocyon forskalii* (Pisces: Characidae) dans le lac Tchad et ses tributaires. *Cahiers ORSTOM, Série Hydrobiologie*, 9 : 105-121.
- Layachi M., Melhooui M., Ramdani M. & Srour A., 2007a.** Étude préliminaire du régime alimentaire du Rouget-barbet (*Mullus barbatus* L., 1758) (poissons Mullidae) de la côte nord-est méditerranéenne du Maroc (Nador) au cours de l'année 2001. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, 209: 25-41.
- Lévêque C., 1997.** La reproduction. In: Les poissons des eaux continentales africaines (Lévêque C. & Paugy D., Éditeurs), IRD, Paris, 129-151.
- Le Cren E. D., 1951.** The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the Perch (*P. fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20: 201-219.
- Lenarz W. H., 1974.** Length-weight relations for five eastern tropical Atlantic Scombrids. *Fishery Bulletin Manuscript Review of the National Oceanic and Atmospheric Administration's National Marine Fisheries Services*, 72: 848-851.
- Lhomme F. & Vendeville P., 1993.** La crevette rose *Penaeus notialis* (Pérez Farfanté, 1967) en Côte d'Ivoire. In Environnement et Ressources Aquatiques de Côte d'Ivoire. 1. Le Milieu Marin. (Le Loeuff P., Marchal E. & Amon-Kothias J. B., Éditeurs). ORSTOM, Paris, 489-520.
- Link J. S. & Burnett J., 2001.** The relationship between stomach contents and maturity state for major northwest Atlantic fishes; new paradigms? *Journal of Fish Biology*, 59: 783-794.

- Linnaeus C., 1758.** Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata. Laurentii Salvii. Tomus I. Holmiae, 824 p.
- Lowé T. E., Brill R. W. & Cousins K. L., 2000.** Blood oxygen-binding characteristics of bigeye Tuna (*Thunnus obesus*), a high-energy-demand teleost that is tolerant of low ambient oxygen. *Marine Biology* (2000), 136: 1087-1098.
- Lowère-Barbiéri S. K., Chittenden J. M. E. & Barbiéri L. R., 1996.** The multiple spawning pattern of weakfish in the Chesapeake Bay and middle Atlantic bight. *Journal of Fish Biology*, 48: 1139-1163.
- Lütken C., 1880.** Spolia Atlantica. Bidrag til kundskab om formforandringer hos fiske under deres vaext og udvikling saerligt hos nogle af Atlanterhavets Højsøfiske. *Dansk. Videnskapsselsk. København*, 5 (Series 12): 409-613.
- Madureira L. S. P. & Rossi-Wongtschowski C. L. D. B. (Eds.), 2005.** Prospecção de recursos pesqueiros na Zona Econômica Exclusiva da Região. Sudeste-Sul do Brasil. Hidroacústica e biomassas. Série documentos Revizee: Score Sul, Instituto Oceanografico, USP, São Paulo, Brazil, 144 p.
- Magnuson J. J., 1963.** Tuna behaviour and physiology, a review. *FAO Fisheries Report*, (6) 3: 1057-1066.
- Magnuson J. J., 1969.** Digestion and food consumption by skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). *Transactions of the American Fisheries Society*, 98: 379-392.
- Magnuson J. J., 1973.** Comparative study of adaptations for continuous swimming and hydrostatic equilibrium of Scombroid and Xiphoid fishes. *Fishery Bulletin of Manuscript Review of the National Oceanic and Atmospheric Administration's National Marine Fisheries Services*, 71 (2): 337\_356.
- Marchal E., 1963.** Exposé synoptique des données biologiques sur la thonine (*Euthynnus alletteratus*) (Rafinesque, 1810) : Atlantique orientale et Méditerranée. *FAO Fisheries Report*, (6) 2 : 648-662.

- Marsac F., 1998.** L'environnement océanique et son impact sur la pêche thonière hauturière : des relations individuelles et locales aux processus générés à l'échelle de l'océan. *In* : Le Thon, Enjeux et stratégies pour l'océan indien. (Carey P. & Le Gall J. Y., Éditeurs). Collection Colloques et Séminaires. ORSTOM, Paris, 139-176.
- Martin L., 1977.** Morphologie, sédimentologie et paléogéographie au quaternaire récent du plateau continental ivoirien. Paris, *Travaux et Documents de l'ORSTOM*, 61, 265 p.
- Martoja R. & Martoja-Pierson M., 1967.** Initiation aux techniques d'histologie animale. Masson, Paris, 345 p.
- Mathur D., 1977.** Food habits and competitive relationships of the bandfin shiner in Hala-wakee Creek, Alabama. *American Midland Naturalist*, 97: 89-100.
- Mayer J., Shackley S. E. & Ryland J. S., 1988.** Aspects of the reproductive biology of the bass, *Dicentrarchus labrax* L. I. An histological and histochemical study of oocyte development. *Journal of Fish Biology*, 33: 609-622.
- Meister H. S. & Pashuk O., 2005.** Male reproductive classification in gonochoristic marine fishes. *In*: Agenda for 2005 Gonadal Histology Workshop. July 12-13 FWC, St Petersburg, Florida, 36-40.
- Menezes M. F. & Aragão L. P., 1980.** Aspectos da biometria e biologia de bonito, *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque) do Estrado do Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar, Fortaleza*, 17 (2) : 95-100.
- Miyaké M., 1990.** Manuel d'opérations pour les statistiques et l'échantillonnage des thonidés et espèces voisines dans l'océan Atlantique, 190p.
- Mohamed A. & Al-Absawy E. G., 2010.** The reproductive biology and the histological and ultrastructural characteristics in ovaries of the female Gadidae fish *Merluccius merluccius* from the Egyptian Mediterranean Water. *African Journal of Biotechnology*, 9 (17): 2544-2559.
- MokuM., Kawaguchi K., Watanabe H. & Ohno A., 2000.** Feeding habits of three dominant myctophid fishes, *Diaphus theta*, *Sternobranchius leucopsarus* and *S. nannochir*, in the

- subarctic and transitional waters of the western North Pacific. *Marine ecology progress series*, 2007: 129-140.
- Moreau J., 1984.** Les populations exploitées, étude et aménagement. II- La croissance. Institut National Polytechnique de Toulouse, France, 81 p.
- Morisita M., 1959.** Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series E (Biology)*, 3: 65–80.
- Morlière A., 1970.** Les saisons marines devant Abidjan. *Documents Scientifiques du Centre de Recherches Océanographiques Abidjan*, 1(2): 1–15.
- Morlière A. & Rébert J. P., 1972.** Etude hydrologique du plateau continental ivoirien. *Documents Scientifiques du Centre de Recherches Océanographiques Abidjan*, 3: 1–30.
- N'Da K., 1992.** Biologie du rouget de roche *Mullus surmuletus* (poisson Mullidae) dans le nord du golfe de Gascogne : reproducteurs, larves et juvéniles. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 177 p.
- N'Da K., Dédo G. R. & Hervé A., 2007.** Le débarquement des « Faux Poissons » au Port de Pêche d'Abidjan : Phénomène en résurgence dans les données ICCAT en Côte d'Ivoire. SCRS/2006/047. *Collection du Volume Scientifique, Papiers ICCAT*, 60 (1) : 180-184 (2007).
- Nagahama Y., 1983.** The functional morphology of Teleost gonads. *In: Fish Physiology*. (Hoar W. S., Randall D. H. & Donalson E. M., Editors). New York. *Academic Press*, IXA: 223-275.
- Nakamura I. & Parin N. V., 1993.** FAO Species catalogue. Snake mackerels and cutlassfishes of the world (families Gempylidae and Trichiuridae). An annotated and illustrated catalogue of the snake mackerels, snoeks, escolars, gemfishes, sackfishes, domine, oilfish, cutlassfishes, scabbardfishes, hairtails, and frostfishes known to Date. *FAO Fisheries Synopsis* 125 (15). 136 p.
- Nelson J. S., 2006.** Fishes of the world. 4<sup>th</sup> Edition. (Wiley J. & Sons, Editors), 601 p.

- Nikolsky G. V., 1963.** The Ecology of Fishes (Translated by L. B. Kett). *Academic Press*, London, 352 p.
- Offem B. O., Adegbejo-Samsons Y. & Omoniyi I. J., 2007.** Biological assessment of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae; Linne, 1958) in a tropical floodplain river. *African Journal of Biotechnology*, 6 (16): 1966-1971.
- Olele N. F., 2008.** Reproductive biology of *Heterotis niloticus* in Onah Lake, Delta State, Nigeria. *Journal of Sustainable Tropical Agricultural Research Journal. STAR*, 28: 59-68.
- Olele N. F., 2010.** Reproductive biology of *Sarotherodon galilaeus* (Artemi, 1757) in Onah Lake, Delta State, Nigeria. *Journal of Applied Science Research*, 6 (12): 1981-1987.
- Olson R. J., 1982.** Feeding and energetics studies of yellowfin tuna: food for ecological thought. *Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT*, 17 (2): 444-457.
- Olson R. J. & Boggs C. H., 1986.** Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics and cesium concentrations. *Canadian Journal of Fish Aquatic Science*, 43: 1760-1775.
- Otémé Z. J., 2001.** Contribution à l'étude de la Physiologie de la reproduction du Silure *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840 (Clariidae) : gaméto-genèse naturelle et induction. Thèse de Doctorat 3<sup>me</sup> Cycle. Spécialité Biologie et Physiologie Animales – Option Pisciculture. Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 149 p.
- Ouattara M., 2000.** Stratégie de reproduction et réactions aux pressions de l'environnement chez le poisson africain *Mormyrops anguilloides* et *Marcusenius ussheri* (Mormyridae) *Schilbe mandibularis* et *S. intermedius* (Schilbeidae) (Bassin Bia et Agnébi, Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat. Université d'Abobo-Adjamé, 258 p.
- Pauly D. & Gayanilo Jr. F. C., 1997.** A Bee : An alternative approach to estimating the parameters of a length-weight relationship from length frequency samples and their bulk weights. *Naga*, International Centre for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 88 p.

- Pauly D., De Vildoso A. C., Mejia J., Samamé M. & Palomares M. L., 1987.** Population dynamics and estimated anchoveta consumption of bonito (*Sarda chiliensis*) off Peru, 1953 to 1982. *In: The Peruvian Anchoveta and its Upwelling Ecosystem, Three Decades of Change.* (Pauly D. & Tsukayama I., Editors). International Centre for Living Aquatic Resources Management Studies and Reviews, Manila, . Philippines, 15: 248-267.
- Pezenec O. & Bard F.X., 1992.** Importance écologique de la petite saison d'upwelling ivoiro-ghanéenne et changements dans la pêche de *Sardinella aurita*. *Aquatic Living Resources*, 5 : 249-259.
- Pinkas L., Oliphant M. S. & Iverson I. L. K., 1971.** Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *Fishery Bulletin of Manuscript Review of the National Oceanic and Atmospheric Administration's National Marine Fisheries Services*, 152: 1-105.
- Poinsard F. & Le Guen J. C., 1975.** Observations sur la définition d'une unité d'effort de pêche applicable à la pêche de thons de l'Atlantique tropical africain. Rapport du Procès Verbal de Réunion du Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 168 : 39-43.
- Postel E., 1950.** Note sur les thonidés de la presqu'île du Cap Vert. *Bulletin du Service Elevage Industrielle et Animale de l'Afrique Occidentale Française* (2-3) : 3-41.
- Postel E., 1954.** Contribution à l'étude des thonidés de l'Atlantique tropical. *Journal du Conseil Permanent International de l'Exploration de la Mer*, 19: 356-362.
- Postel E., 1955.** Contribution à l'étude de la biologie de quelques Scombridae de l'Atlantique tropico-oriental. *Annals of the South African Museum. Cape Town, Oceanography, Salammbô*, 10 : 167 p.
- Poulet N., 2004.** Le sandre (*Sander lucioperca* L.) : Biologie, Comportement et Dynamique des populations en Carmargue (Bouches du Rhône, France). Thèse de Doctorat, Université Toulouse III, 300 p.

- Price I., 2000.** Pearson's coefficient of Correlation (r). *In*: Chapter 4: Analysing the Data Part II: Descriptive Statistics. School of Psychology. University of New England, Armidale, NSW, 2351.
- Rafinesque C. S., 1810.** Caratteri di alcuni nuovi generi e nuove specie di animali e piante della Sicilia, con varie osservazioni sopra i medesimi. Paermo, 105 p.
- Ratty F. J., Laurs R. M., & Kelly R. M., 1989.** Gonad Morphology, Histology, and Spermatogenesis in South Pacific Albacore Tuna *Thunnus alalunga* (Scombridae). *Fisheries Bulletin*, United States, 88: 207-216.
- Regan C. T., 1909.** On the anatomy and classification on the Scombroid fishes. *Annals and Magazine of Natural History of New York* (Series. 8), 3: 66-75.
- Reyssac J., 1969.** Mesure de la production primaire par la méthode du  $^{14}\text{C}$  au large de la Côte d'Ivoire. *Document Scientifique Provisoire du Centre de Recherches Océanographiques Abidjan*, Février 1969, 1-16.
- Reyssac J., 1993.** Phytoplankton et production primaire dans les eaux marines ivoiriennes. *In* : Environnement et Ressources Aquatiques de Côte d'Ivoire. 1. Le Milieu Marin. (Le Loeuff P., Marchal E. & Amon Kothias J. B., Éditeurs). ORSTOM, Paris, 151–166.
- Richardson J., 1845.** Generic characters of *Gasterochisma melampus*, a fish which inhabits Port Nicholson, *New Zealand Annals of Magnific Natural History*, 15: 346 p.
- Roberts J. L., 1978.** Ram gill ventilation in fish. *In* : The physiological Ecology of Tunas. (Sharp G. D. & Dizon A. D., Editors). New York, *Academic Press*, 83-88.
- Rodier J., 1984.** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Chimie, Physico-chimie, Bactériologie, Biologie. 7<sup>ie</sup> édition. Dunod, Imprimerie Gauthier Villars, France. © Bordas, Paris 1984, 47-82.
- Rodriguez-Roda J., 1966.** Estudio de la bacoreta, *Euthynnus alletteratus* (Raf.), bonito, *Sarda sarda* (Bloch) y melva *Auxis thazard* (Lac.), capturados por las almadrabas españolas. *Investigacion Pesquera*, (Spain), 30: 247-92.

- Rodriguez-Roda J., 1979.** Edad y crecimiento de la Bacoreta, *Euthynnus alletteratus* (Raf.) de la Costa Sudatlántica de España. *Investigacion Pesquera*, (Spain), 43: 591-599.
- Rooker J. R., Alvarado-Bremer J. R., Block B. A., Dewar H., De Mekrio G., Correro A., Krauss R. T., Prince E. D., Rodriguez-Marío E. & Secor D. H., 2007.** Life History and Stock Structure of Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*). *Review in Fisheries Science*, 15: 265-310.
- Root R. B., 1967.** The niche exploitation pattern of the bluegray gnatcatcher. *Ecological Monographs*, 37: 317-350.
- Rosecchi E., 1983.** Régime alimentaire du pageot, *Pagellus erythrinus* Linné 1758 (Pisces, Sparidae) dans le golfe de Lyon. *Cybium*, 7 : 17-29.
- Rosecchi E. & Nouaze Y., 1987.** Comparaison de cinq indices utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux. *Revue des Travaux de l'Institut Scientifique des Pêches Maritimes*, 49: 111-123.
- Roy C., 1991.** Les upwellings: le cadre physique des pêcheries côtières ouest-africaines. Les fluctuations de l'environnement marin. *In* : Pêcheries ouest-africaines, Variabilité, instabilité et changements. (Cury P. & Roy C, Éditeurs). ORSTOM, 39-66.
- Roy C., 1995.** The Côte d'Ivoire and Ghana coastal upwellings dynamics and changes. *In*: Dynamics and Use of *Sardinella* Resources from Upwelling off Ghana and Ivory Coast. (Bard F. X. & Koranteng K. A., Editors). Acts of DUSRU Meeting, Accra, 5-8 October 1993. Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris, 346-361.
- Rudomiotkina G. P., 1983.** New data on reproduction of *Auxis spp.* in the gulf of Guinea. *Collection du Volume Scientifique, Papier ICCAT SCRS / 83 / 75*, 15 (2) : 465-467.
- Rudomiotkina G. P., 1984.** New data on reproduction of *Auxis spp.* in the Gulf of Guinea. *Collection du Volume Scientifique, Papier ICCAT*, 20 (2) : 465-468.
- Rudomiotkina G. P., 1986.** Data on reproduction of Atlantic black skipjack in the tropical West African waters. *Collective Volume of Scientific Papers*, ICCAT, 25 (2): 258-261.

- Samba G., 1974.** Contribution à l'étude de la Biologie et de la Dynamique d'un Polynemidae ouest africain *Galeoides decadactylus* (Bloch, 1793). Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux I, 144 p.
- Saruowski P. & Jezierska B., 2000.** A new coefficient for evaluation of condition of fish larvae. *Electronic Journal of Ichthyology*, 2: 69-76.
- Schaefer K. M., 1996.** Spawning time, frequency and batch fecundity of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, near Clyperon Atoll in the eastern Pacific Ocean. *United States' Fisheries and Wildlife Services Fish Bulletin*, 94: 98-112.
- Scherrer B., 1984.** Présentation des données. In : Biostatistique (Morain G., Éditeur). Louiseville, Canada, 103-126, 291-311 et 583-622.
- Schneider W., 1992.** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Guide de terrain des ressources marines commerciales du golfe de Guinée. FAO RAFR/FI/ 90/2 (F). Rome, 1992. 268 p.
- Schwartz D. & Lazar P., 1964.** Éléments de statistique à l'usage des étudiants en Propédeutique médicale. Édition Flammarion, 144 p.
- Séret B., 1986.** Poissons de Mer de l'Ouest africain tropical. Collection Initiations – documentations techniques n° 49. ORSTOM, Paris 1986, 353-371.
- Serventy D. L., 1948.** *Allothunnus fallai*, a new genus and species of tuna from New Zealand. Recorded at Canterbury Museum, New Zealand, 5 (3): 131-135.
- Shalloof K. A. Sh. & Khalifa N., 2009.** Stomach contents and Feeding habits of *Oreochromis niloticus* (L.) from Abu-Zabal Lakes, Egypt. *World Applied Sciences Journal*, 6 (1): 1-5.
- Sharp G. D., 1978.** Behavioural and physiological properties of tunas and their effects on vulnerability to fishing gears. In: The physiological ecology of tunas. (Sharp G. D. & Dizon A. E., Editors). New York, *Academic Press*, 397-450.

- Sharp G. D. & Dizon A. D., 1978.** The physiological Ecology of Tunas. New York, *Academic Press*, 485p.
- Shinkafi B. A. Ipinjolu J. K & Hassan W. A., 2011.** Gonad Maturation Stages of *Auchenoglanis occidentalis* (Valenciennes 1840) in River Rima, North-Western Nigeria. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 6 (3): 236-246.
- Soro Y., 2010.** Marlin bleu *Makaira nigricans* Lacepède, 1802 de la zone exclusive de l'Océan Atlantique de la Côte d'Ivoire : Biologie et Pêche. Thèse de Doctorat en Sciences de la Nature. Spécialité : Biologie et Productions Animales. Université d'Abobo-Adjamé, 176 p.
- South J. F., 1845.** *Thunnus*. In *Encyclopedia metropolitana*. (Smedley R. & London R., Editors). 2 (25): 620-622.
- Stéquert B., 1976.** Étude de la maturité sexuelle, de la ponte et de la fécondité du listao (*Katsuwonus pelamis*) de la côte nord-ouest de Madagascar. *Cahier ORSTOM, Série Océanographie*, 14 (3) ; 227-247.
- Stevens E. D. & Neill W. H., 1978.** Body temperature relations of tunas, especially Skipjack. In: *Fish physiology*. (Hoar W. S. & Randall D. J., Editors). New York *Academic Press*, III: 315-359.
- Stretta J. M., 1988.** Environnement et pêche thonière en Atlantique Tropical Oriental. In *Ressources, Pêche et Biologie des Thonidés Tropicaux de l'Atlantique Centre-Est*. (Fonteneau A. & Marcille J., Éditeurs). FAO, Document Technique sur les Pêches, 292. 269-316.
- Stretta J. M., Petit M. & Slepoukha M., 1993.** Les prises de thonidés et leur environnement au large de la Côte d'Ivoire. In : *Environnement et Ressources aquatiques de Côte d'Ivoire*. 1. Le Milieu Marin. (Le Loeuff P., Marchal E. & Amon-Kothias J. B., Éditeurs). ORSTOM, Paris, 323–352.
- Sund P. N. & Richards W. J., 1967.** Preliminary report on the feeding habits of tunas in the Gulf of Guinea. Special Scientific Report of the United States' Fisheries and Wildlife Services (Fish), (551) 6p.

- Sund P. N., Blackburn M. & Williams F., 1981.** Tuna and their environment in the Pacific Ocean,: a review. *American Review of Oceanography and Marine Biology*, 19: 443-512.
- Sverdrup H. U., Johnson M. W. & Fleming R. H., 1942.** The water masses and currents of the Oceans. *In: The Oceans; their physics, chemistry, and general biology. Prentice-Hall INC.* New York. 1087 p.
- Takashima F. & Hibiya T., 1995** (Editors). An Atlas of Fish Histology. Normal and Pathological Features. Second Edition. Kodansha Ltd. Tokyo, 195 p.
- Talbot F. H. & Penrich, M. J., 1963.** Synopsis of biological data on species of the genus *Thunnus* (sensu lato) (South Africa). FAO Fisheries Report, (6), 2 : 608-646.
- Tastet J. P., Martin L. & Aka K., 1993.** Géologie et Environnements sédimentaires de la marge continentale de Côte d'Ivoire. *In : Environnement et Ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 1. Le Milieu Marin.* (Le Loeuff P., Marchal E. & Amon-Kothias J. B., Éditeurs). ORSTOM, Paris, 23–61.
- Tesch F. W., 1968.** Age and Growth. W. F. Ricer (Eds). *In: Methods for Assessment of Fishes Production in Freshwater.* IBP Handbook, *Blackwell Science Publication*, London, 93-123.
- Valeiras L. & Abad E., 2010.** Description de l'auxide (FRI) / Biologie de la reproduction de *Euthynnus alletteratus*. *In : Manuel ICCAT, Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique, 1<sup>ie</sup> Édition* (janvier 2010), Chapitre 2.1.10.3. Description de l'auxide, pp 226-234./ Chapitre 2.1.10.5. Thonine, pp 244-251. Dernière mise à jour : 4 septembre 2006.
- Varlet F., 1958.** Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Essai d'océanographie littorale. Institut Français d'Afrique Noire, *Études Eburnéennes*, 7: 97–222.
- Verstraète J. M., 1970.** Etude quantitative de l'upwelling sur le plateau continental ivoirien. *Documents Scientifiques du Centre de Recherches Océanographiques Abidjan*, 1(3): 1-17.

- Wenner C. A., Roumillat W. A. & Waltz C. W., 1986.** Contributions to the Life History of Black Sea Bass, *Centropristis striata*, off the ssds Southeastern United States. *Fisheries Bulletin*, 84 (3): 723-741.
- Whitley G. P., 1935.** Studies in Ichthyology. No. 9. Recorded at Australian Museum, 19 (4): 215-250.
- Winemiller K. O., 1989.** Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes in the Venezuelan ilanos. *Environmental Biology of Fishes*, 26: 177–199.
- Wootton R. J., 1979.** Energy costs of egg production and environmental determinants of fecundity in teleost fishes. *Symposium of Zoological Society*, London, 44: 133-159.
- Wootton R. J., 1998.** Ecology of teleost fishes. 2<sup>nd</sup> Edition. Kluwer, London, 396 p.
- Wootton R. J., Evans G. W. & Mills L., 1998.** Annual cycle in female three-spined stick lebacks (*Gasterosteus aculeatus* L.) from an upland and lowland population. *Journal of Fish Biology*, 12: 331-343.
- Yoshida H. O., 1979.** Synopsis of biological data on tunas of the genus *Euthynnus*. *The National Oceanic and Atmospheric Administration's Technical Report / National Marine Fisheries Service Circular*, (429): 57 p. Issued also as FAO Fisheries Synopsis, (122): 57 p.
- Yu L., O'Brien J. J. & Yang J. Y., 2012.** On the remote forcing of the circulation in the Bay of Bengal. *Journal of Geophysical Research: Oceans* (1978-2012), 96 (11): 20449-20454.
- Zaki M. I., Abu-Shabana M. B. & Assem S. S., 1995.** The reproductive biology of the saddled Bream *Oblada melanura* (L. 1758) from the Mediterranean coast of Egypt. *Oebalia*, 21: 17-26.
- Zaret T. M. & Rand A. S., 1971.** Competition in tropical stream fishes : support for the competition exclusion principle. *Ecology*, 52: 336-342.
- Zavala-Camin L. A., 1986.** Predadores y areas de occurencia de listado (*Katsuwonus pelamis*). Revision de estudios sobre contenido estomachel / Compte-rendu de la Conférence de l'ICCAT sur le programme de l'Année Internationale du Listao. P. E. K. Symons, Miyake P. M. & Sakagawa G. T. Madrdid. ICCAT, 291-295.

# ANNEXES

**Annexe 1** : Composition du liquide de dissolution ou liquide de Gilson.

880 ml d'eau distillée,  
100 ml d'alcool éthylique 60°,  
15 ml d'acide nitrique à 80%,  
20 mg de chlorure mercurique cristallisé.

**NB** : Juste avant d'utiliser le produit, il faut y ajouter 10 ml d'acide acétique.

## Annexe 2 : Quelques étapes de l'étude des contenus stomacaux des thonidés.



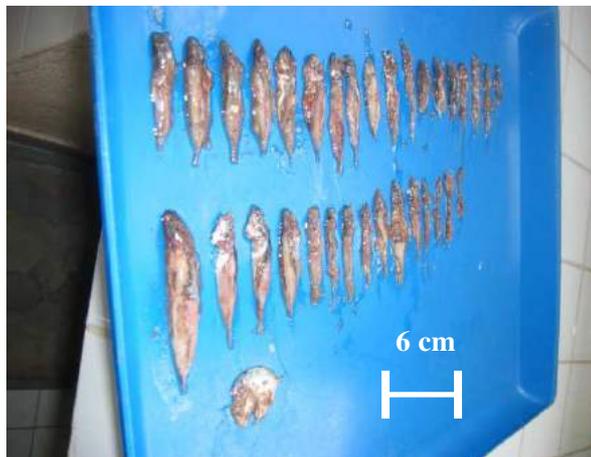
E 1 : Estomac (19 cm) d'une thonine



E 4 : Tri des items-proies



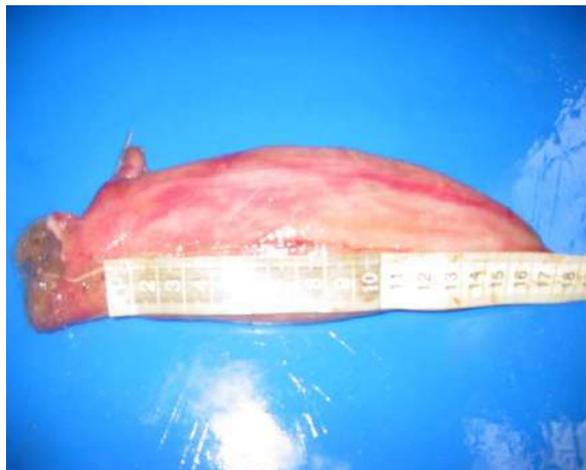
E 2 : Estomac vidé de son contenu

E 5 : *Auxis* juveniles entièrement dissociés, bien distincts de *Selene dorsalis*

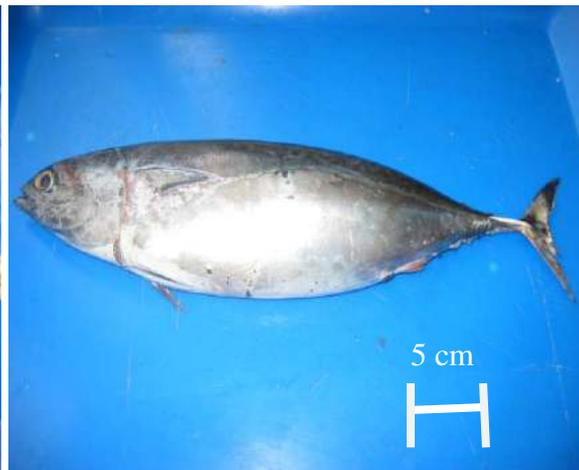
E 3 : Contenu partiellement rincé

E 6 : Juvéniles *Auxis sp* et *Selene dorsalis* pesés et disposés sur des feuilles puis mesurés

**Annexe 3** : Contenu stomacal d'une thonine et femelle mûre d'auxide.



I 1 : Estomac (17.5 cm) d'une thonine



I 4 : *Auxis thazard* de 34,5 cm LF (0,643 kg)



I 2 : Estomac vidé de son contenu (119,5 g)



I 5 : Dissection du spécimen *Auxis thazard*



I 3 : *Trichiurus lepturus*, Calmars juvéniles, *Sphaeroides pachygaster* et *Selene dorsalis* sont les items-proies du C S de la thonine



I 6 : Auxide femelle E4 et ses deux ovaires pesant 30,1 g

**Annexe 4** :Table de correspondance entre la taille (LF en cm) et le poids corporel (P en kg) chez *Auxis thazard* et chez *Euthynnus alletteratus*.

Longueur à la Fourche	Poids corporel (kg)					
	Auxides			Thonines		
	M	F	M + F	M	F	M + F
25	0,232	0,219	0,225	0,239	0,235	0,237
26	0,263	0,248	0,256	0,269	0,265	0,267
27	0,297	0,280	0,288	0,302	0,297	0,299
28	0,334	0,315	0,324	0,337	0,331	0,334
29	0,374	0,353	0,363	0,375	0,368	0,372
30	0,416	0,393	0,404	0,415	0,408	0,412
31	0,462	0,437	0,449	0,458	0,451	0,455
32	0,512	0,483	0,497	0,505	0,496	0,500
33	0,564	0,534	0,549	0,554	0,545	0,549
34	0,621	0,587	0,604	0,606	0,596	0,601
35	0,681	0,644	0,662	0,662	0,651	0,656
36	0,745	0,705	0,725	0,720	0,709	0,715
37	0,814	0,770	0,791	0,783	0,770	0,776
38	0,886	0,839	0,862	0,848	0,835	0,842
39	0,963	0,912	0,937	0,918	0,903	0,910
40	1,044	0,989	1,016	0,991	0,975	0,983
41	1,130	1,070	1,100	1,068	1,050	1,059
42	1,220	1,156	1,188	1,148	1,130	1,139
43	1,315	1,247	1,281	1,233	1,213	1,223
44	1,416	1,342	1,379	1,322	1,301	1,311
45	1,521	1,442	1,482	1,415	1,392	1,404
46	1,632	1,547	1,590	1,512	1,488	1,500
47	1,748	1,658	1,703	1,613	1,588	1,601
48	1,870	1,774	1,822	1,719	1,692	1,706
49	1,997	1,895	1,947	1,830	1,801	1,816
50	2,130	2,022	2,077	1,945	1,915	1,930
51	-	-	-	2,065	2,033	2,050
52	-	-	-	2,190	2,156	2,174
53	-	-	-	2,320	2,284	2,303
54	-	-	-	2,455	2,417	2,436
55	-	-	-	2,595	2,555	2,575
56	-	-	-	2,740	2,698	2,720
57	-	-	-	2,891	2,846	2,869
58	-	-	-	3,047	3,000	3,024
59	-	-	-	3,208	3,159	3,185
60	-	-	-	3,376	3,324	3,351
61	-	-	-	3,549	3,495	3,523
62	-	-	-	3,727	3,671	3,700
63	-	-	-	3,912	3,853	3,884
64	-	-	-	4,103	4,041	4,073
65	-	-	-	4,300	4,235	4,269
66	-	-	-	4,503	4,435	4,471
67	-	-	-	4,712	4,642	4,679
68	-	-	-	4,928	4,855	4,893
69	-	-	-	5,151	5,074	5,114
70	-	-	-	5,380	5,300	5,342

- : Absent ; M = mâles ; F = femelles

**Annexe 5** : Résultats de l'Analyse de la Variance réalisée entre les effectifs d'auxides et de thonines débarquées de 2002 à 2004 au Port de Pêche d'Abidjan par les pêcheurs artisans. Les chiffres en colonne ayant la même lettre en exposant ne sont pas significativement différents. Alfa = 0,05 ; ddl = 3

**Tableau III** : Test de comparaison (ANOVA) entre l'Effort de pêche (Ep), la capture nominale, la capture pondérale et la Prise par unité d'effort (PUE) pour chaque espèce débarquée en 2002.

	Ep	Capture nominale		Capture pondérale		PUE	
		A T	E A	A T	E A	A T	E A
PSF	451 <sup>a</sup>	1106 <sup>a</sup>	883 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>
GSC	516 <sup>a</sup>	1925 <sup>a</sup>	2146 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>
GSF	909 <sup>b</sup>	4930 <sup>b</sup>	4820 <sup>b</sup>	8 <sup>b</sup>	11 <sup>b</sup>	9 <sup>ab</sup>	12 <sup>a</sup>
PSC	273 <sup>a</sup>	2100 <sup>a</sup>	3224 <sup>ab</sup>	4 <sup>a</sup>	7 <sup>ab</sup>	12 <sup>b</sup>	26 <sup>b</sup>
Valeur F	15,165	14,379	12,557	14,379	12,557	8,121	22,373
Valeur p	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,008	0,000

AT = *Auxis thazard*, EA = *Euthynnus alletteratus*, PSF = petite saison froide, GSC = grande saison chaude, GSF = grande saison froide, PSC = petite saison chaude.

**Tableau IV** : Test de comparaison (ANOVA) entre l'Effort de pêche (Ep), la capture nominale, la capture pondérale et la Prise par unité d'effort (PUE) pour chaque espèce débarquée en 2003.

	Ep	Capture nominale		Capture pondérale		PUE	
		A T	E A	A T	E A	A T	E A
PSF	430 <sup>a</sup>	1470 <sup>a</sup>	1308 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>
GSC	465 <sup>a</sup>	1887 <sup>a</sup>	1791 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>
GSF	1145 <sup>b</sup>	4887 <sup>b</sup>	5095 <sup>b</sup>	8 <sup>b</sup>	11 <sup>b</sup>	8 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>
PSC	516 <sup>a</sup>	2691 <sup>a</sup>	2724 <sup>ab</sup>	5 <sup>ab</sup>	6 <sup>ab</sup>	9 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
Valeur F	3,526	9,151	11,043	9,151	11,043	0,403	0,459
Valeur p	0,068	0,006	0,003	0,006	0,003	0,755	0,719

AT = *Auxis thazard*, EA = *Euthynnus alletteratus*, PSF = petite saison froide, GSC = grande saison chaude, GSF = grande saison froide, PSC = petite saison chaude.

**Tableau V** : Test de comparaison (ANOVA) entre l'Effort de pêche (Ep), la capture nominale, la capture pondérale et la Prise par unité d'effort (PUE) pour chaque espèce débarquée en 2004.

	Ep	Capture nominale		Capture pondérale		PUE	
		A T	E A	A T	E A	A T	E A
PSF	594 <sup>a</sup>	1099 <sup>a</sup>	1318 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>
GSC	549 <sup>a</sup>	2684 <sup>a</sup>	1635 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>
GSF	2044 <sup>b</sup>	6891 <sup>b</sup>	5496 <sup>b</sup>	12 <sup>b</sup>	12 <sup>b</sup>	6 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>
PSC	755 <sup>a</sup>	3202 <sup>a</sup>	3775 <sup>ab</sup>	5 <sup>a</sup>	8 <sup>ab</sup>	8 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
Valeur F	16,238	12,104	15,546	12,104	15,546	1,513	4,081
Valeur p	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,284	0,050

AT = *Auxis thazard*, EA = *Euthynnus alletteratus*, PSF = petite saison froide, GSC = grande saison chaude, GSF = grande saison froide, PSC = petite saison chaude.

# **PUBLICATION**

# Food composition and feeding habits of little tunny (*Euthynnus alletteratus*) in continental shelf waters of Côte d'Ivoire (West Africa)

Laurent Bahou, Tidiani Koné, Valentin N'Douba, Kouassi J. N'Guessan, Essetchi P. Kouamélan, and Gooré B. Gouli

Bahou, L., Koné, T., N'Douba, V., N'Guessan, K. J., Kouamélan, E. P., and Gouli, G. B. 2007. Food composition and feeding habits of little tunny (*Euthynnus alletteratus*) in continental shelf waters of Côte d'Ivoire (West Africa) – ICES Journal of Marine Science, 64.

The stomach contents of 170 little tunny, *Euthynnus alletteratus*, sampled between June 2003 and December 2004 were examined. Fish size ranged from 27 to 81 cm fork length, and all fish were caught in gillnets deployed over the continental shelf off Côte d'Ivoire (West Africa). The type and quantity of prey ingested changed seasonally. Outside the major upwelling period the diet was more varied. Overall, fish were the dominant prey of all sizes of little tunny, far exceeding crustaceans, of which shrimps and prawns were commonest but were not found in the stomachs of juveniles (<42 cm FL) or larger adults ( $\geq 53$  cm FL). Little tunny are carnivorous fish that feed opportunistically. A relationship was found between the size of the prey and the size of the predator.

**Keywords:** diet, little tunny, upwelling, West Africa.

Received 30 August 2006; accepted 18 March 2007.

L. Bahou and K. J. N'Guessan: Centre de Recherches Océanologiques, BP V 18 Abidjan, Côte d'Ivoire. T. Koné, V. N'Douba, E. P. Kouamélan, and G. B. Gouli: Laboratoire d'Hydrobiologie, UFR Biosciences, Université de Cocody Abidjan, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire. Correspondence to L. Bahou: tel: +225 21355014/08402024; fax: +225 21351155; e-mail: lbahoucrothon@yahoo.fr

## Introduction

In oceanic ecosystems, tunas and swordfish are considered to be apex predators, occupying generally the highest trophic level (see Jones, 1982). Studies on tuna diet are numerous (for a review, see Stretta, 1988) and reveal the opportunistic feeding behaviour of these fish, which adapt their habits to feed on whatever is available. Most of these studies are conducted on large tuna species caught by purse-seine, longline, or in other fishing gears. In the Gulf of Guinea, skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) are actively fished by tuna purse-seiners and baitboats, and smaller species such as little tunny (*Euthynnus alletteratus*) or frigate tuna (*Auxis thazard*) are a bycatch of such fleets. Notwithstanding, large catches of both little tunny and frigate tuna are also made in the small-scale fisheries of West African countries such as Côte d'Ivoire.

Since 1984, a canoe fishery using drifting gillnets with large meshes has developed off Abidjan (Côte d'Ivoire) as an extension of the Ghanaian "nifa nifa" fishery which started in 1974 (Mensah and Doyi, 1994; Bard *et al.*, 2002). This fishery is a multispecies one (Bard and Amon Kothias, 1985; Amon Kothias, 1986), fishers primarily targeting billfish, sharks, and tunas. Bahou (2001) showed that most tuna catches were made during the main upwelling season (MUS) and that the proportions of little tunny (*E. alletteratus*), frigate, and bullet tunas (*Auxis* spp.) were important in terms of nominal catch. It is known that upwelling is seasonal along the coast of Côte d'Ivoire during the cooler season between June and October (Varlet, 1958; Morlière, 1970). Full descriptions of upwelling dynamics are given by Morlière

(1970), Verstraète (1970), and Morlière and Rébert (1972). This upwelling, like other upwelling in the Gulf of Guinea, cannot be explained by applying the classical, wind-driven Eckman model alone (Chidi and Abé, 2002). These last authors examined current-induced upwelling and remote forcing, two of the popular theories on upwelling dynamics. The cool season is considered by several authors (Binet, 1993; Herbland and Le Loeuff, 1993; Reyssac, 1993) to be crucial in priming the productivity of the ecosystem. Surface water temperatures fall below 25°C, surface water salinity rises, dissolved oxygen levels generally fall, there is a plankton bloom, and most fish spawn then (Mensah and Koranteng, 1988; Koranteng, 1995). Cold water reaching the surface brings nutrients into the euphotic layer, boosting the planktonic foodweb (Binet, 1995). According to Reyssac (1993), the greatest production of phytoplankton occurs each year during the long cool season, although it can sometimes be moderated by short phases of decline. Most zooplankton species (with the exception of the most thermo-tolerant ones) expand during this phase as they take advantage of the blooms of phytoplankton (Binet, 1993).

Despite their relative abundance and importance to the fishery, little is known about the feeding habits of little tunny. According to several authors (Blaber, 1997; Cruz-Escalona *et al.*, 2000; Hajisamae *et al.*, 2003), studies of trophic ecology are useful and fundamental to an understanding of the functional role of fish within their ecosystems. The overall objective of this study was therefore to describe the feeding habits of *E. alletteratus*, a scombrid that off Côte d'Ivoire matures at 42 cm fork length (FL)

(Cayré *et al.*, 1988; ICCAT, 2003). A specific goal was to investigate seasonal variations in prey composition and to determine whether or not there was any relationship between predator length and the length of the main fish prey. Food composition and changes in diet are discussed in relation to season and size class.

## Material and methods

### Sampling procedure

Fish were collected from a fishery, which operated with canoes powered by 40 hp motors and manned by about six persons. The fishing areas are located at the edge of the continental shelf, which is relatively narrow in the vicinity of Abidjan (Figure 1). Fishers generally operated daily from Tuesday to Saturday, but they stayed ashore when the weather was poor or there was no fuel for the canoes. Fishing was at night and landings were made mainly in the morning at the port. Tuna were caught with gillnets of 25 and 35 mm mesh joined to each other to form a single drifting gillnet up to as much as 2000–2500 m long (see Bard *et al.*, 2002). Each drifting gillnet was set before 19:00 local time, either perpendicular to the coast or to the east-flowing current. A buoy was attached to the top of each gillnet and lead weights hung below the bottom of the net to keep it stretched, and the whole unit was allowed to drift in the current. With the canoe illuminated by an oil lamp or locally-designed small lamp, fishers inspected the net from one end to the other every 30 min, and lifted the net up occasionally to gather up the fish that had been caught and bring them on board. Fishing operations generally ceased by 04:00 local time.

Samples were taken weekly at Abidjan fishing port between June 2003 and December 2004, as often as tuna occurred in the catches. Fish were taken to the laboratory for processing and stomach content analysis. Little tunny were measured to the nearest centimetre FL, i.e. from the snout tip to the fork of the caudal fin, and weighed to the nearest 0.1 g. They were subdivided into two main groups, juveniles (<42 cm FL) and adults ( $\geq 42$  cm FL), based on the maturity data of Cayré *et al.* (1988) and as reported by ICCAT (2003) for this species. Variation in diet inside the adult group was investigated by grouping fish in 2 cm size classes: <42 ( $n = 22$ ); 42–44 ( $n = 48$ ); 45–47 ( $n = 50$ ); 48–50 ( $n = 27$ ); 51–53 ( $n = 10$ ); and >53 cm ( $n = 13$ ). Fish were also grouped by sampling period for the analysis: (i) during the MUS (June–September) and (ii) out of the MUS (OMUS) (October–May).

### Analysis of stomach contents

Fish were dissected and their stomachs removed. Stomach fullness was determined on a scale of 0–4 corresponding to: 0, empty or containing only digestive fluids or accumulated material such as otoliths; 1, filled to one-quarter of stomach volume; 2 half-filled; 3, full stomach, more than three-quarters of the stomach filled, but not reaching the pyloric sphincter; and 4, very full stomach, i.e. a very distended stomach. Prey were sorted and classified into four categories: fish, cephalopods, crustaceans, and gastropods. Prey items were weighed to the nearest 0.01 g. Measurable, undigested prey items were measured to the nearest 1 mm. Stages of digestion of the food items were recorded. As the stomach contents of captured tuna would have been influenced by the digestive process, the initial weight of each stomach content was reconstituted according to the method of Bard

(2001). The fresh weights of prey were then calculated, dividing the wet weight of each prey item by a coefficient corresponding to its stage of digestion. The sum of these weights was therefore the total fresh weight of all items found in the stomach.

The taxonomic status of each item was determined using the keys and descriptions of Blache *et al.* (1970), Schneider (1992), and Nakamura and Parin (1993). Some cephalopods and crustaceans were lumped together because of the difficulty in identifying the digested material.

### Data analysis

The diet of *E. alletteratus* was assessed using percentage frequency of occurrence by number ( $n$ ), by weight ( $W$ ), by corrected percentage of occurrence ( $F_c$ ), and by the index of relative importance (IRI), the last evaluating the importance of single taxa in the diet of the fish (Pinkas *et al.*, 1971). The calculations used the following formulae:

- (i)  $\%n = n_i \times 100/n_t$ , where  $n_i$  is the total number of prey  $i$ , and  $n_t$  is the total number of all prey found (Hureau, 1970);
- (ii)  $\%W = W_i \times 100/W_t$ , where  $w_i$  is the total wet weight of prey item  $i$ , and  $W_t$  is the total wet weight of all prey (Hyslop, 1980);
- (iii)  $\%F_c = F_i/\sum F_i \times 100$ , with  $F_i = n_i/n_t$ , where  $F_i$  is the frequency with which prey item  $i$  was recorded,  $n_i$  the number of stomachs containing prey item  $i$ , and  $n_t$  is the total number of full stomachs examined (Rosecchi and Nouaze, 1987; Gray *et al.*, 1997);
- (iv)  $IRI_i = (n_i + W_i) \times F_{ci}$ , and expressed as  $\%IRI = (IRI/\sum IRI) \times 100$ .

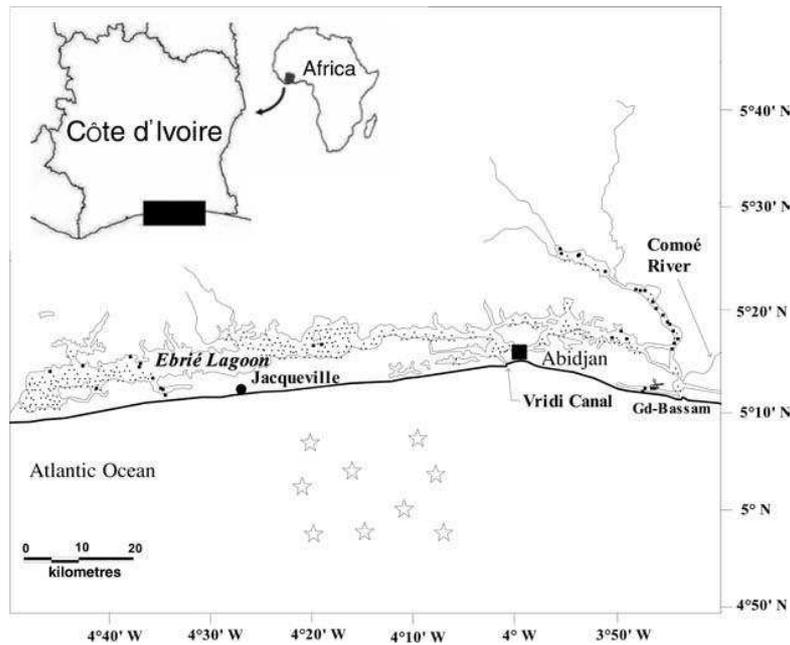
Classification of the prey follows the method of C. A. Simenstad (unpublished), discussed by Rosecchi and Nouazé (1987). For that purpose, they were arranged in decreasing order of %IRI, and then the cumulative %IRI was calculated. The first or single group of prey items with a cumulative %IRI of at least 50% was regarded as dominant. The %IRI values of the other prey items were then added to that of the dominant prey. Those items contributing to a cumulative %IRI of 75% were regarded as secondary prey items and the rest as incidental prey.

The intraspecific dietary overlap between size classes was investigated using the Morisita (1959) quantitative index of similarity, as modified by Horn (1966):

$$c_\lambda = \frac{2 \sum_{i=1}^s a_i \times b_i}{\sum_{i=1}^s a_i^2 + \sum_{i=1}^s b_i^2},$$

where  $s$  is the total number of prey species in the stomachs from two different size classes of predator, and  $a_i$  and  $b_i$  are the weights of prey  $i$  in the stomach contents of predators A and B, respectively. The dietary overlap was estimated for several pairs of predator groups.  $c_\lambda$  varies from 0, when the feeding regimes are completely distinct, to 1, when the regimes are identical. Above 0.6, the overlap between feeding regimes is considered to be biologically significant.

A Mantel test on two matrices containing the intraspecific overlap data between pairs of predator groups during the MUS and OMUS was used to determine whether or not diets overlapped significantly. The interpretation of the Mantel test is based on: (i) one of two hypotheses, the null hypothesis  $H_0$  (the matrices are not



**Figure 1.** Map of the fishing area, indicated by stars (the centre of the fishing area is approximately 4°30'N–5°10'N and 4°30'W–4°W).

correlated) or the alternative hypothesis  $H_a$  (the matrices are correlated), and (ii) comparison of computed  $p$ -values to the significance level  $\alpha$  (0.05).

Niche breadth for the utilization of food resources was calculated using the Shannon–Wiener index (Krebs, 1989), defined as

$$H' = -\sum_{i=1}^n (p_i) (\ln p_i),$$

where  $p_i$  is the proportion of a specific prey category for the  $n$  categories of prey listed. Trophic diversity  $H'$  was calculated using the IRI values (Carrassón *et al.*, 1992). The Shannon–Wiener index increases with the number of species. In practice,  $H'$  for biological communities does not seem to exceed 5.0 (Krebs, 1989).

The relationship between predator size and prey size was examined using predator size and dominant prey lengths [standard length (SL) and total length (TL)] by fish prey category. Length of prey per predator size was based only on predator with measurable (i.e. less digested) fish prey in their stomach. Predator–prey size relationships were tested by a Pearson correlation test between prey length and predator size.

Statistical analyses were performed using STATISTICA 7.1 software (Statsoft, Inc.) and XLSTAT 2007.2 software (Addinsoft™).

## Results

### Prey of little tunny

Of the 170 stomachs collected, just 4 (2.35%), all out of the MUS, were categorized as level 0, empty or containing only digestive fluids or accumulated material such as otoliths. All 51 stomachs collected during the MUS contained food, and 115 of the 119 (96.64%) collected outside the MUS contained food. The number of empty stomachs was marginally not significant. There was no conclusive trend with size in the proportion of

empty stomachs. In all, 23 prey taxa belonging to 15 families were identified: 19 fish species, 1 squid, and 3 crustacean species (Table 1).

Fish were the main prey mainly due to the presence of two species, Atlantic bigeye (*Priacanthus arenatus*) and largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*). Fish dominated the diet of little tunny by occurrence ( $F_c = 82.44\%$ ) and dominance (%IRI = 78.88). They were followed by crustaceans ( $F_c = 11.83\%$  and %IRI = 20.94). Little tunny also preyed heavily on juvenile and larval scombrids. Cephalopods and gastropods contributed little to the diet (Table 1). From the values of %IRI, we conclude that *E. alletteratus* preyed mainly on fish.

### Diet in relation to season and size class

The Spearman rank correlation test on the %IRI contribution of prey items consumed during the MUS and OMUS showed a significant difference in the diet by season ( $p < 0.05$ ). The diet of little tunny was dominated by few prey species, supported by the low value of the Shannon–Wiener diversity index ( $H' = 1.22 \pm 0.11$ ).

#### During main upwelling season

Fish dominated the diet and were found in all size classes of predator (Table 2). They contributed 71.95% $F_c$ , followed by crustaceans (% $F_c = 18.29$ ) and cephalopods (% $F_c = 9.76$ ). The consumption of fish, crustaceans, and cephalopods was particularly important in predators of FL 45–50 cm, the total values of % $F_c$  in those two size classes being higher than those in other size classes (Table 2).

Crustaceans and cephalopods seemed to be scarce or not consumed by small little tunny (<44 cm FL), and were totally absent from the stomachs of large little tunny (>51 cm FL). Of the crustaceans consumed by the little tunny in the medium size classes, shrimps and prawns dominated (Table 2).

**Table 1.** Overall diet composition of little tunny caught in continental shelf waters of Côte d'Ivoire (West Africa) ( $n = 166$ ).

Taxon	Prey item	%n	%W	%F <sub>c</sub>	IRI	%IRI	
Fish	Unidentified fish	1.45	1.82	4.30	14.08	0.56	
Carangidae	<i>Trachurus trecae</i>	0.01	0.53	0.36	0.20	0.01	
	<i>Selene dorsalis</i>	0.11	0.06	0.72	0.12	0.00	
	<i>Caranx crysos</i>	0.41	0.77	0.72	0.85	0.03	
	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	0.01	0.14	0.36	0.05	0.00	
	Unidentified	0.01	0.03	0.36	0.01	0.00	
Clupeidae	<i>Sardinella aurita</i>	1.10	4.84	7.89	46.89	1.85	
	<i>Sardinella maderensis</i>	0.26	2.26	6.09	15.38	0.61	
	Juvenile <i>Sardinella</i> sp.	2.61	1.47	0.72	2.93	0.12	
Dactylopteridae	<i>Dactylopterus volitans</i>	0.08	0.16	1.79	0.43	0.02	
Exocoetidae	<i>Hirundichthys speculiger</i>	0.01	0.15	0.72	0.12	0.00	
Gempylidae	<i>Promethichthys prometheus</i>	0.59	2.83	2.51	8.57	0.34	
	Unidentified	0.01	0.03	0.36	0.01	0.00	
Myctophidae	Unidentified	2.12	2.07	3.94	16.53	0.65	
Priacanthidae	<i>Priacanthus arenatus</i>	9.28	33.97	21.86	945.68	37.38	
Scombridae	<i>Auxis thazard</i>	0.05	1.54	1.08	1.70	0.07	
	<i>Auxis rochei</i>	0.02	1.14	1.08	1.25	0.05	
	Juvenile <i>Auxis</i> sp.	1.33	0.42	1.79	3.15	0.12	
	<i>Euthynnus alletteratus</i>	0.03	0.43	1.08	0.50	0.02	
	<i>Scomber japonicus</i>	2.09	2.54	2.51	11.60	0.46	
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides pachygaster</i>	0.05	0.13	0.36	0.06	0.00	
Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>	5.05	37.26	21.86	925.08	36.57	
Triglidae	<i>Lepidotrigla carolae</i>	0.13	0.03	0.36	0.06	0.00	
Crustaceans	Unidentified crustaceans	0.21	0.03	1.79	0.43	0.02	
	Shrimps and prawns	68.65	4.49	7.17	524.33	20.73	
	Nephropidae	<i>Nephropsis atlantica</i>	3.27	0.09	1.08	3.61	0.14
	Scyllaridae	<i>Scyllarides herklotsii</i>	0.01	0.01	0.36	0.00	0.00
	Squillidae	<i>Squilla aculeata calmani</i>	0.77	0.07	1.43	1.21	0.05
Cephalopods	Unidentified cephalopods	0.26	0.68	5.02	4.75	0.19	
	Octopodidae	<i>Octopus defilippi</i>	0.03	0.01	0.36	0.01	0.00
Gastropods	Unidentified gastropod	0.01	0.00	0.36	0.00	0.00	
All fish		26.79	94.62	82.44	1995.24	78.88	
All crustaceans		72.91	4.69	11.83	529.58	20.94	
All cephalopods		0.29	0.69	5.38	4.76	0.19	
All gastropods		0.01	0.00	0.36	0.00	0.00	

The consumption of juvenile *Auxis* spp. and other scombrids (such as *A. rochei* or *E. alletteratus* and *Scomber japonicus*), although not marked in any size class, nevertheless suggests that cannibalism does take place.

#### Out of main upwelling season

Fish dominated the diet by frequency of occurrence (Table 3). At a species level, *P. arenatus* and *T. lepturus* were the most abundant prey (25.38 and 21.32%, respectively). Although not very important, crustaceans contributed to the diet of little tunny of >42 cm FL. Shrimps and prawns were taken by fish of 42–53 cm FL (Table 3).

Fish, crustaceans, and cephalopods were recorded together only in little tunny of size classes 45–47, 51–53, and >53 cm, with relatively high percentage frequency of occurrence. During the OMUS, there was little consumption of scombrids by little tunny. As few gastropods occurred in juvenile stomachs only, they are considered to have been incidental prey.

#### Predator–prey relationships

Of the 1402 *P. arenatus* consumed by 60 tuna, 642 measurable (less digested) ones were selected to analyse the relationship between predator length and prey length. The lower limit of prey length remained static (probably reflecting availability), but the upper limit increased with size of little tunny. Prey length increased as little tunny grew, and there was a significant positive linear relationship between prey SL and predator FL ( $r^2 = 0.2013$ ;  $p < 0.05$ ; Figure 2).

Of the 417 *T. lepturus* consumed by 33 little tunny, the measurable 190 were selected to investigate the relationship between predator length and prey length. Overall prey length ranged from 20 to 44.3 cm. *T. lepturus* length was positively correlated to length of little tunny ( $r^2 = 0.1419$ ;  $p < 0.05$ ; Figure 3).

#### Dietary overlap

As the main pattern to emerge was a difference in diet composition between MUS and OMUS samples of little tunny, we examined the

**Table 2.** Percentages of  $F_c$  in the MUS by predator size ( $n = 51$ ).

Prey item	Overall % $F_c$	% $F_c$ per predator length class (cm FL)					
		<42	42–44	45–47	48–50	51–53	>53
Unidentified fish	6.10	–	1.22	3.66	1.22	–	–
<i>Selene dorsalis</i>	1.22	–	–	–	1.22	–	–
<i>Caranx crysos</i>	1.22	–	–	1.22	–	–	–
<i>Sardinella aurita</i>	1.22	1.22	–	–	–	–	–
<i>Sardinella maderensis</i>	2.44	–	–	1.22	–	–	1.22
<i>Promethichthys prometheus</i>	3.66	–	–	2.44	1.22	–	–
Unidentified myctophid	6.10	–	1.22	3.66	1.22	–	–
<i>Priacanthus arenatus</i>	13.41	–	1.22	1.22	3.66	–	7.32
<i>Auxis rochei</i>	1.22	–	–	–	–	1.22	–
Juvenile <i>Auxis</i> sp.	6.10	1.22	–	3.66	–	1.22	–
<i>Euthynnus alletteratus</i>	1.22	–	–	1.22	–	–	–
<i>Scomber japonicus</i>	4.88	1.22	–	1.22	2.44	–	–
<i>Trichiurus lepturus</i>	23.17	1.22	–	9.76	9.76	1.22	1.22
Unidentified crustaceans	2.44	–	–	1.22	1.22	–	–
Shrimps and prawns	13.41	–	1.22	6.10	6.10	–	–
<i>Squilla aculeata calmani</i>	2.44	–	–	2.44	–	–	–
Unidentified cephalopods	9.76	1.22	–	6.10	2.44	–	–
All fish	71.95	4.88	3.66	29.27	20.73	3.66	9.76
All crustaceans	18.29	0.00	1.22	9.76	7.32	0.00	0.00
All cephalopods	9.76	1.22	0.00	6.10	2.44	0.00	0.00

– Absent.

intraspecific dietary overlap separately for the two seasons. The Morisita and Horn index computed by pairs of predator size classes showed overlapping regimes between size classes related to season (Table 4).

Few overlapping regimes were observed during the MUS. There was no overlap between the diets of fish <53 and >53 cm FL, nor did the diet of juveniles overlap with that of adult fish. However, OMUS, the incidence of overlapping regimes increased. The feeding regime of juveniles overlapped with that of some adult little tunny. No perfect overlap existed between size classes caught during the MUS and OMUS.

The Mantel test also failed to show significant overlap between diets during and OMUS. Figure 4 shows no correlation between the two matrices (Table 5), and the Mantel  $r$ -statistic [ $r(AB)$ ] and corresponding two-tailed  $p$ -value for a significance level ( $\alpha$ ) of 0.05 were 0.155 and 0.604, respectively. We accept the null hypothesis  $H_0$  and reject the alternative hypothesis  $H_a$ , because the  $p$ -value computed is superior to the significance level ( $\alpha = 0.05$ ). The risk of rejecting the null hypothesis  $H_0$  whereas it is actually true is 60.4%. Figure 5 shows the distribution from which the  $p$ -value was obtained.

## Discussion

Little tunny in the continental shelf waters of Côte d'Ivoire clearly feed primarily on fish. The fish consumed are either demersal [e.g. Atlantic bigeye, flying gurnard (*Dactylopterus volitans*)], benthopelagic [e.g. largehead hairtail, promethean escolar (*Promethichthys prometheus*)], or pelagic [e.g. chub mackerel, *S. japonicus*; little tunny; mirrowing flyingfish (*Hirundichthys speculiger*)]. Additionally, the dominance of Atlantic bigeye and largehead hairtail, which are reported to be active at night (Schneider, 1992; Nakamura and Parin, 1993) points to nocturnal

feeding behaviour by little tunny. This assertion contradicts the observations of other authors (Bullis, 1967; Wichlund, 1968; Chur, 1977), who stated that little tunny fed in daylight.

Trophic specialization could be associated with less dietary overlap during the MUS. Given the few overlapping trophic regimes during the MUS and the relatively more frequent overlap out of the MUS, we infer that food resource partitioning is more widespread within little tunny size classes during the OMUS than during the MUS. A possible reason for this could be the abundance of prey during enrichment of the environment in the MUS, as noted by several authors (Binet, 1993; Herbland and Le Loeuff, 1993; Reyssac, 1993), resulting in high prey density that could restrict foraging to the most profitable prey types. Winemiller (1989) cited several authors who observed that many predatory fish exhibit changes in relative body proportions and other anatomical traits during growth associated with greater feeding specialization. Any anatomical change that is possibly associated with trophic specialization in little tunny would probably reduce the efficiency of shrimp and prawn feeding and increase the efficiency to capture fish. Cayré (1984) made a similar observation for skipjack (*K. pelamis*) in the Atlantic Ocean. In tuna, one anatomical trait that could preclude prey rejection is the comb-like structure located on the gills. In the current study, shrimps and prawns were not eaten by juveniles (<42 cm FL) or by larger adults (>53 cm FL), possibly through this comb-like anatomical structure not functioning adequately to retain these taxa.

The feeding behaviour of little tunny seems to depend on the most readily available prey. Clearly, opportunistic behaviour plays a role in feeding, because smaller fish are able to capture relatively large *P. arenatus* or *T. lepturus*, and little tunny tend to capture these prey regardless of their own size. In any event, predation on *T. lepturus* and *P. arenatus* undoubtedly coincided

**Table 3.** Percentages of  $F_c$  outside the MUS by predator size ( $n = 115$ ).

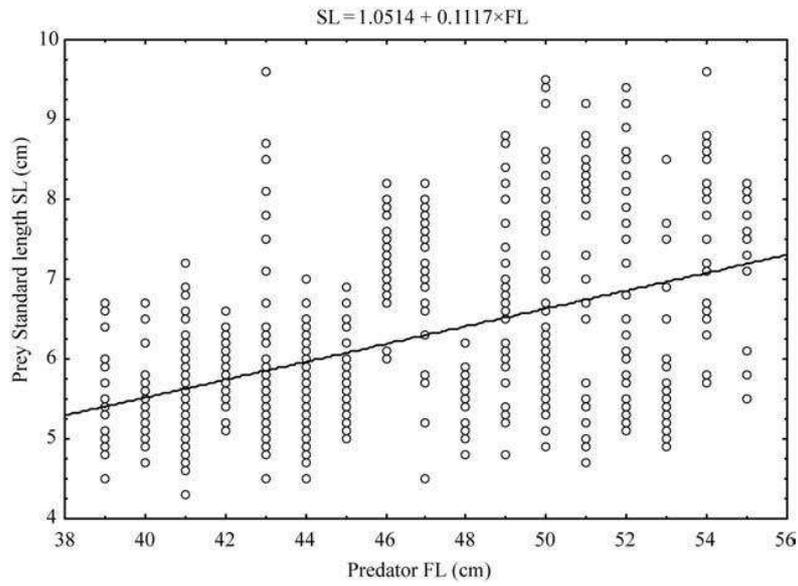
Prey item	Overall % $F_c$	% $F_c$ per predator length class (cm FL)					
		<42	42–44	45–47	48–50	51–53	>53
Unidentified fish	3.55	–	0.51	2.54	–	–	0.51
<i>Trachurus trecae</i>	0.51	–	–	–	0.51	–	–
<i>Selene dorsalis</i>	0.51	–	–	–	–	–	0.51
<i>Caranx crysos</i>	0.51	–	–	–	–	0.51	–
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	0.51	–	–	–	–	–	0.51
<i>Sardinella aurita</i>	10.66	1.52	6.60	2.03	0.51	–	–
<i>Sardinella maderensis</i>	7.61	0.51	6.09	1.02	–	–	–
Juvenile <i>Sardinella</i> sp.	1.02	–	–	1.02	–	–	–
<i>Dactylopterus volitans</i>	2.54	0.51	1.52	–	–	–	0.51
<i>Hirundichthys speculiger</i>	1.02	–	–	0.51	–	–	0.51
<i>Promethichthys prometheus</i>	2.03	–	–	0.51	–	0.51	1.02
Unidentified gempylids	0.51	–	0.51	–	–	–	–
Unidentified myctophid	3.05	–	–	2.03	0.51	–	0.51
<i>Priacanthus arenatus</i>	25.38	3.55	9.14	4.06	4.06	3.05	1.52
<i>Auxis thazard</i>	1.52	–	0.51	–	–	–	1.02
<i>Auxis rochei</i>	1.02	–	–	–	–	–	1.02
<i>Euthynnus alletteratus</i>	1.02	–	1.02	–	–	–	–
<i>Scomber japonicus</i>	1.52	–	0.51	1.02	–	–	–
<i>Sphoeroides pachygaster</i>	0.51	–	–	0.51	–	–	–
<i>Trichiurus lepturus</i>	21.32	5.08	10.15	5.08	–	0.51	0.51
<i>Lepidotrigla carolae</i>	0.51	–	–	0.51	–	–	–
Unidentified crustaceans	1.52	–	–	1.02	0.51	–	–
Shrimps and prawns	4.57	–	0.51	2.03	1.02	1.02	–
<i>Nephropsis atlantica</i>	1.52	–	0.51	0.51	–	–	0.51
<i>Scyllarides herklotsii</i>	0.51	–	0.51	–	–	–	–
<i>Squilla aculeata calmani</i>	1.02	–	0.51	–	–	–	0.51
Unidentified cephalopods	3.05	0.51	–	1.52	–	0.51	0.51
<i>Octopus deflippi</i>	0.51	–	–	–	–	–	0.51
Unidentified gastropod	0.51	0.51	–	–	–	–	–
All fish	86.80	11.17	36.55	20.81	5.58	4.57	8.12
All crustaceans	9.14	0.00	2.03	3.55	1.52	1.02	1.02
All cephalopods	3.56	0.51	0.00	1.52	0.00	0.51	1.02
All gastropods	0.51	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

– Absent.

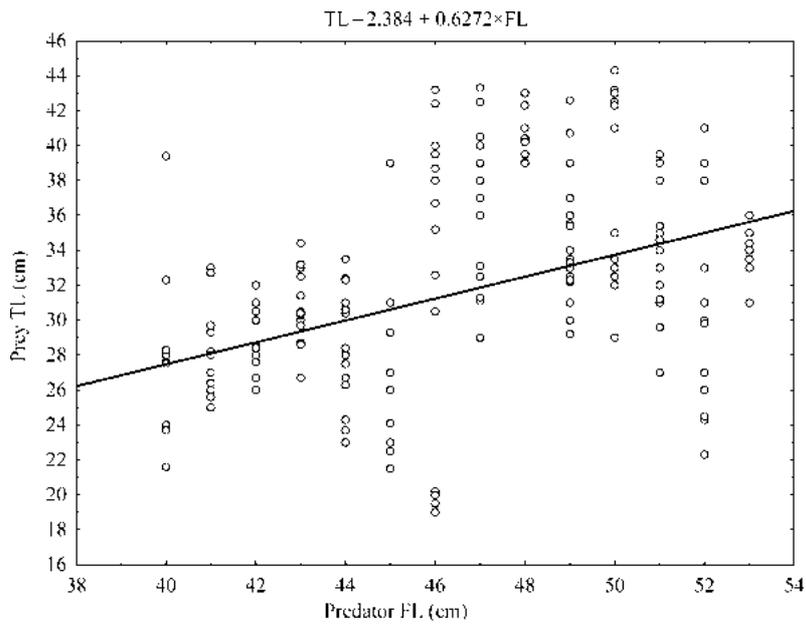
with increased abundance of these prey in the environment over the study period. However, the analysis of stomach contents did not indicate any clear selection for fish prey by different predator size classes, because all little tunny examined had taken similar prey. Clearly, trophic ontogeny in little tunny proceeds as a continuum of dietary change rather than by distinct segregation of food resources between size classes. In other words, as little tunny grow they tend to change their diet. These changes may be simply attributable to evolution in feeding habits with increasing size of predator. Three factors are likely involved in producing size-related patterns of feeding over size classes: (i) juvenile little tunny are constrained by their small size to take relatively small fish as prey; (ii) only following a probable period of initial growth can little tunny of size ranging between 42 and 53 cm FL switch to feeding on both crustaceans and fish, and (iii) when >53 cm FL, adult little tunny tend to prefer consuming fish to crustaceans or cephalopods.

The low value of the Shannon–Wiener diversity index recorded in the present study indicates that the diet of little tunny is dominated by relatively few items, so little tunny can be considered specialist feeders. They feed on fish, cephalopods, and crustaceans, which makes them carnivorous. Previous studies (Postel, 1954) in the tropical Atlantic Ocean have reported cannibalism by little tunny. In the present study cannibalism was marked during the MUS when the quantity of scombrids consumed was relatively greatest.

The occurrence of sardinellas in the stomachs of little tunny was less important during the MUS than OMUS. The relatively high frequency of occurrence of the round sardinella (*Sardinella aurita*) out of the MUS conflicts with the general belief that this species is associated with upwelling areas (Schneider, 1992), and hence supposed to occur mainly during upwelling. Possible reasons were, as Bard and Hervé (1995) concluded for the upwelling ecosystems of Ghana and Côte d'Ivoire for skipjack and yellowfin tuna: (i) predation by tuna on these sardinellas does



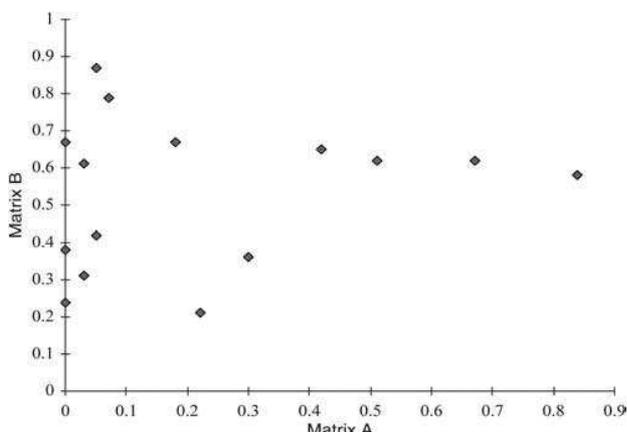
**Figure 2.** Scatterplot of the relationship between prey (Atlantic bigeye, *P. arenatus*) SL and the FL of the predator (little tunny, *E. alletteratus*).



**Figure 3.** Scatterplot of the relationship between prey (largehead hairtail, *T. lepturus*) TL and the FL of the predator (little tunny, *E. alletteratus*).

**Table 4.** Dietary overlap using the Morisita and Horn index,  $C_x$ , of different size classes of little tunny caught in the continental shelf waters of Côte d'Ivoire (West Africa). Emboldened values are considered to be biologically significant ( $n = 166$ ).

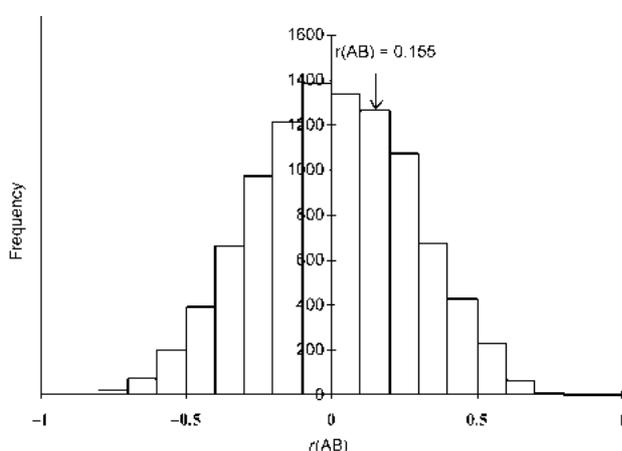
Predator size class (cm FL)	MUS					OMUS				
	42–44	45–47	48–50	51–53	>53	42–44	45–47	48–50	51–53	>53
<42	0.00	0.05	0.03	0.03	0.00	<b>0.67</b>	<b>0.87</b>	0.31	<b>0.61</b>	0.24
42–44		0.07	0.05	0.00	0.22		<b>0.79</b>	0.42	0.38	0.21
45–47			<b>0.84</b>	<b>0.67</b>	0.30			0.58	<b>0.62</b>	0.36
48–50				0.51	0.42				<b>0.62</b>	<b>0.65</b>
51–53					0.18					<b>0.67</b>



**Figure 4.** The lack of correlation in the analyses between matrices A and B.

**Table 5.** Dissimilarity matrices (A, MUS; B, OMUS) for the Mantel test. Size classes in cm FL.

	<42	42–44	45–47	48–50	51–53	>53
<b>A</b>						
< 42	1.00	0.00	0.05	0.03	0.03	0.00
42–44	0.00	1.00	0.07	0.05	0.00	0.22
45–47	0.05	0.07	1.00	0.84	0.67	0.3
48–50	0.03	0.05	0.84	1.00	0.51	0.42
51–53	0.03	0.00	0.67	0.51	1.00	0.18
> 53	0.00	0.22	0.30	0.42	0.18	1.00
<b>B</b>						
< 42	1.00	0.67	0.87	0.31	0.61	0.24
42–44	0.67	1.00	0.79	0.42	0.38	0.21
45–47	0.87	0.79	1.00	0.58	0.62	0.36
48–50	0.31	0.42	0.58	1.00	0.62	0.65
51–53	0.61	0.38	0.62	0.62	1.00	0.67
> 53	0.24	0.21	0.36	0.65	0.67	1.00



**Figure 5.** The distribution from which the Mantel test  $p$ -value was obtained.

not seem systematic and therefore would be moderate, and (ii) sardinellas stay in upwelling waters where they are not easily available to tuna.

In summary, little tunny feeding behaviour is based on heavy consumption of fish, mainly *T. lepturus* and *P. arenatus*, and moderate consumption of shrimps and prawns. Though their small size constrained them to exploiting relatively small prey, juveniles preyed mainly on fish, as did adult little tunny with which their feeding regime overlapped outside the main upwelling season. Little tunny respond to seasonal changes in food availability, which reflects the species' opportunistic behaviour and trophic adaptability, allowing them to take advantage of the most readily available prey in the environment at any time. They tend to rely mainly on the abundant fish as prey, although they will occasionally exploit squid and crustaceans to enhance their diet.

### Acknowledgements

This paper was derived from a doctoral thesis submitted to the “Laboratoire d’Hydrobiologie, UFR Biosciences” of the University of Cocody, Abidjan. The first author thanks the EU for financial support via a research grant to the Centre de Recherches Océanologiques (CRO), and the CRO and the French Institute for Research Development for allowing him to work on their sites and for placing infrastructure at his disposal. All authors also thank the anonymous reviewers for constructive remarks and suggestions.

### References

Amon Kothias, J. B. 1986. Analyse des débarquements des thonidés mineurs et poissons porte-épée en Côte d’Ivoire en 1984–1985. SCRS/85/46, ICCAT Recueil de Documents Scientifiques, 25: 262–264.

Bahou, L. 2001. Les thonidés débarqués par la pêche artisanale au filet maillant dérivant au port de pêche d’Abidjan (Côte d’Ivoire). Mémoire de Diplôme d’Etudes Approfondies, Université de Cocody. 58 pp.

Bard, F. X. 2001. Apparent effect of stomach repletion on catchability of large tunas to long-line gear. Comparison with other fishing gears. Collective Volume of Scientific Papers ICCAT, 52: 452–465.

Bard, F. X., and Amon Kothias, J. B. 1985. Evaluation des débarquements de thonidés mineurs et istiophoridés au port d’Abidjan 1981–1984. ICCAT Recueil de Documents Scientifiques, 23: 333–334.

Bard, F. X., and Hervé, A. 1995. Predation by tropical tunas on sardinellas. Possible induced changes in tunas populations by increase of *Sardinella* abundance. In Dynamics and Use of *Sardinella* Resources from Upwelling off Ghana and Ivory Coast. Acts of DUSRU Meeting Accra, 5–8 October 1993, pp. 85–97. Ed. by F. X. Bard, and K. A. Koranteng. Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris. 438 pp.

Bard, F. X., N’Goran, Y. N., Hervé, A., and Amon Kothias, J. B.. 2002. La pêche piroguière au filet maillant de grands pélagiques au large d’Abidjan (Côte d’Ivoire). Archives Scientifiques du Centre de Recherches Océanologiques Abidjan, 17: 13–35.

Binet, D. 1993. Zooplancton néritique de Côte d’Ivoire. In Environnement et Ressources aquatiques de Côte d’Ivoire. 1. Le Milieu Marin, pp. 167–193. Ed. by P. Le Loeuff, E. Marchal, and J. B. Amon Kothias. ORSTOM, Paris. 588 pp.

Binet, D. 1995. Hypotheses accounting for the variability of *Sardinella* abundance in the northern Gulf of Guinea. In Dynamics and Use of *Sardinella* Resources from Upwelling off Ghana Ivory Coast. Acts of DUSRU Meeting Accra, 5–8 October 1993, pp. 98–133. Ed. by F. X. Bard and K. A. Koranteng. Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris. 438 pp.

- Blaber, S. J. M. 1997. Fish and Fisheries of Tropical Estuaries. Fish and Fisheries Series, 22. Chapman and Hall, London. 367 pp.
- Blache, J., Cadenat, J., and Staauch, A. 1970. Faune tropicale XVII. Clés de détermination des poissons de mer signalés dans l'Atlantique orientale entre le 20<sup>ic</sup> parallèle Nord et le 15<sup>ic</sup> parallèle Sud. Editions de l'ORSTOM, Paris. 479 pp.
- Bullis, H. R. 1967. Phalanx orientation in feeding behaviour of the little tuna (*Euthynnus alletteratus*). Transactions of the American Fisheries Society, 96: 122–125.
- Carrassón, M., Stefanescu, C., and Cartes, J. E. 1992. Diet and bathymetric distributions of two bathyal sharks of the Catalan deep sea (western Mediterranean). Marine Ecology Progress Series, 82: 21–30.
- Cayré, P. 1984. Biologie et comportement du listao. In Le Listao de l'Atlantique, pp. 5–13. Ed. by R. Pianet, P. Cayré, F. X. Bard, and A. Fonteneau. Extrait de La Pêche Maritime, 1274/1275. 22 pp.
- Cayré, P., Amon Kothias, J. B., Diouf, T., and Stretta, J. M. 1988. Biologie des thons. In Ressources, Pêche et Biologie des Thonidés Tropicaux de l'Atlantique Centre-Est, pp. 157–268. Ed. by A. Fonteneau, and J. Marcille. FAO Document Technique sur les Pêches, 292. 391 pp.
- Chidi, A., and Abé, J. 2002. Introduction to Physical Oceanographic Processes in the Gulf of Guinea. GEF's Large Marine Ecosystem Project for the Gulf of Guinea. Ceda Editions, Cotonou, Bénin. 151 pp.
- Chur, V. N. 1977. Biology and fishing of skipjack, little tunny, frigate and bullet mackerels in the eastern Atlantic Ocean. Theses INBYUM, Sevastopol. 24 pp.
- Cruz-Escalona, V. H., Abifa-Cardenas, L. A., Campos-Davila, L., and Galvan-Magana, F. 2000. Trophic interrelations of the three most abundant fish species from Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico. Bulletin of Marine Science, 66: 361–373.
- Gray, A. E., Mulligan, T. J., and Hannah, R. W. 1997. Food habits, occurrence, and population structure of the bat ray, *Myliobatis californica*, in Humboldt Bay, California. Environmental Biology of Fishes, 49: 227–238.
- Hajisamae, S., Chou, L. M., and Ibrahim, S. 2003. Feeding habits and trophic organization of the fish community in shallow waters of an impacted tropical habitat. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 58: 89–98.
- Herbland, A., and LeLoeuff, P. 1993. Les sels nutritifs au large de la Côte d'Ivoire. In Environnement et Ressources Aquatiques de Côte d'Ivoire. 1. Le Milieu Marin, pp. 123–148. Ed. by P. Le Loeuff, E. Marchal, and J. B. Amon Kothias. ORSTOM, Paris. 588 pp.
- Horn, H. S. 1966. Measurement of overlap in comparative ecological studies. American Naturalist, 100: 419–424.
- Hureau, J. C. 1970. Biologie comparée de quelques poissons antarctiques (Nototheniidae). Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco, 68. 250 pp.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach content analysis—a review of methods and their applications. Journal of Fish Biology, 17: 411–429.
- ICCAT. 2003. Rapport de la Période Biennale 2002–2003. Première Partie (2002), 2, Version Française. ICCAT Madrid. 228 pp.
- Jones, R. 1982. Ecosystems, food chains and fish yields. ICLARM Conference Proceedings, 9: 195–239.
- Koranteng, K. A. 1995. The western Gulf of Guinea coastal upwelling—peculiarities, changes and fisheries implications. Review paper presented at the EU advanced study course on upwelling systems (Atlantic Ocean Eastern Boundary), Las Palmas, Gran Canaria, 14 July – 11 August 1995.
- Krebs, C. J. 1989. Ecological Methodology. Harper and Row, New York. 654 pp.
- Mensah, M., and Doyi, B. A. 1994. The catch statistics of the billfish fishery in Ghana. SCRS/92/146, ICCAT Recueil de Documents Scientifiques, 41: 287–305.
- Mensah, M., and Koranteng, K. A. 1988. A review of the oceanography and fisheries resources in the coastal waters of Ghana 1981–1986. Marine Fishery Research Reports, 8. Fisheries Department, Resources and Utilization Branch, Tema, Ghana.
- Morisita, M. 1959. Measuring of interspecific association and similarity between communities. Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series E, 3: 65–80.
- Morlière, A. 1970. Les saisons marines devant Abidjan. Documents Scientifiques du Centre de Recherches Océanographiques Abidjan, 1(2): 1–15.
- Morlière, A., and Rébert, J. P. 1972. Etude hydrologique du plateau continental ivoirien. Documents Scientifiques du Centre de Recherches Océanographiques Abidjan, 3: 1–30.
- Nakamura, I., and Parin, N. V. 1993. FAO species catalogue. Snake mackerels and cutlassfishes of the world (families Gempylidae and Trichiuridae). An annotated and illustrated catalogue of the snake mackerels, snoeks, escolars, gemfishes, sackfishes, domine, oilfish, cutlassfishes, scabbardfishes, hairtails, and frostfishes known to date. FAO Fisheries Synopsis, 125 (15). 136 pp.
- Pinkas, L., Oliphant, M. S., and Iverson, I. L. K. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in Californian waters. California Fish and Game, 152. 105 pp.
- Postel, E. 1954. Contribution à l'étude des thonidés de l'Atlantique tropical. Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer, 19: 356–362.
- Reyssac, J. 1993. Phytoplancton et production primaire dans les eaux marines ivoiriennes. In Environnement et Ressources Aquatiques de Côte d'Ivoire. 1. Le Milieu Marin, pp.151–166. Ed. by P. Le Loeuff, E. Marchal, and J. B. Amon Kothias. ORSTOM, Paris. 588 pp.
- Rosecchi, E., and Nouaze, Y. 1987. Comparaison de cinq indices utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux. Revue des Travaux de l'Institut Scientifique des Pêches Maritimes, 49: 111–123.
- Schneider, W. 1992. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Guide de terrain des ressources marines commerciales du golfe de Guinée. FAO RAFR/FI/ 90/2 (F). 268 pp.
- Stretta, J. M. 1988. Environnement et pêche thonière en Atlantique Tropical Oriental. In Ressources, Pêche et Biologie des Thonidés Tropicaux de l'Atlantique Centre-Est, pp. 269–316. Ed. by A. Fonteneau, and J. Marcille. FAO Document Technique sur les Pêches, 292. 391 pp.
- Varlet, F. 1958. Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan. Etudes Eburnéennes, 7: 97–222.
- Verstraète, J. M. 1970. Etude quantitative de l'upwelling sur le plateau continental ivoirien. Documents Scientifiques du Centre de Recherches Océanographiques Abidjan, 1(3): 1–17.
- Wichlund, R. I. 1968. Observations on the feeding behaviour of the false albacore. Underwater Nature, 5(2): 30–31.
- Winemiller, K. O. 1989. Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes in the Venezuelan ilanos. Environmental Biology of Fishes, 26: 177–199.

## RESUMÉ

L'auxide (*Auxis thazard*) et la thonine (*Euthynnus alletteratus*) sont des thons tropicaux, généralement côtiers. En Côte d'Ivoire, elles sont pêchées, sur le plateau continental, par une pêcherie artisanale maritime. De nombreux travaux ont été consacrés, certes, à ces espèces, notamment dans le golfe de Guinée. Cependant, la plupart sont devenus trop anciens. Un suivi régulier des débarquements de ces thonidés a été effectué au Port de pêche d'Abidjan (Côte d'Ivoire), de janvier 2002 à décembre 2004. Les captures les plus importantes sont réalisées pendant la grande saison froide, de juillet à octobre. Cette saison est favorable à la disponibilité des thonidés, certainement, en suscitant l'abondance de nourriture par enrichissement du milieu marin en éléments nutritifs responsables de l'activation des réseaux de production du phytoplancton et du zooplancton. La biologie de la reproduction et le régime alimentaire de *A. thazard* et de *E. alletteratus* ont été étudiés entre janvier 2004 et décembre 2004. Au total, 765 auxides (369 mâles et 396 femelles) et 801 thonines (406 mâles et 395 femelles) ont été examinées. La relation poids - longueur est différente chez les deux espèces. Elle traduit une allométrie majorante chez *A. thazard* et une croissance isométrique chez *E. alletteratus*. Les mâles et les femelles des deux espèces atteignent la maturité sexuelle simultanément. Les auxides femelles sont matures à 29,88 cm LF, tandis que les mâles le sont à 30,21 cm LF. Chez la thonine, les mâles atteignent la maturité sexuelle à 42,15 cm LF et les femelles à 42,54 cm LF. Le sex-ratio est de 1:1, chez l'auxide, quelle que soit la taille des individus. Par contre, chez la thonine, le sex-ratio est de 1:1, surtout dans le groupe des jeunes individus, alors que les mâles prédominent dans les captures des adultes, à partir d'une certaine taille. Les moyennes mensuelles du rapport gonado-somatique (RGS) et les pourcentages de stades de maturité, ainsi que l'étude histologique des gonades, indiquent que *A. thazard* pond de juin à novembre et que chez *E. alletteratus*, la période de ponte court de mai à octobre. La reproduction, chez ces thonidés, est synchrones. La croissance des produits sexuels intervient au moment où le rapport hépato-somatique (RHS) croît, atteignant des valeurs relativement élevées et où le facteur de condition (Kc) décroît pour atteindre des valeurs faibles. En revanche, le frai provoque la baisse du RHS et la hausse de Kc. Les réserves protéiques et lipidiques mobilisées pour la maturation des cellules sexuelles mâles et femelles sont, principalement, d'origine alimentaire et musculaire qu'hépatique, vu les variations du RGS, du RHS et celles du facteur de condition. Les études macroscopique et histologique des gonades ont permis d'identifier six stades de maturité sexuelle au cours desquels les ovaires et les testicules sont le siège de diverses modifications évoquées dans ce travail. Les contenus stomacaux de 765 auxides et de 801 thonines ont été analysés. Les quantités et les types de proies ingérées changent, selon la saison. Les régimes alimentaires sont légèrement différents. Les auxides consomment essentiellement des Malacostracés, alors que les thonines consomment plus de poissons. Une ségrégation semble s'opérer chez les juvéniles, chez les sub-adultes et chez les adultes, dans la consommation de Malacostracés et de poissons. L'ontogénie trophique se traduit chez l'auxide et chez la thonine par un continuum de changements, plutôt que par une ségrégation successive des proies, d'une classe de tailles à une autre. Ces thonidés mineurs sont des carnivores. Leurs régimes alimentaires dépendent des proies les plus disponibles. Les régimes alimentaires sont dominés par très peu d'items proies. Les deux espèces sont cannibales. Cependant, la thonine exerce la prédation sur l'auxide. Trois proies prédominantes, *Penaeus notialis*, *Priacanthus arenatus* et *Trichiurus lepturus*, sont celles qui déterminent l'importance relative des Malacostracés ou des poissons dans le régime alimentaire. La taille des poissons majoritairement consommés, tels le beau-clair soleil, *P. arenatus* et le poisson sabre commun, *T. lepturus*, est corrélée à celle des prédateurs.

**Mots-clés : Débarquements, Proies, Régime alimentaire, Saison froide, Thonidés.**

## ABSTRACT

Frigate tuna (*Auxis thazard*) and little tunny (*Euthynnus alletteratus*) are neritic tropical tunas. Both species are known to be fished in continental shelf waters of Côte d'Ivoire by a small-scale fishery. Previous works carried out on these species in the Gulf of Guinea are numerous, yet fairly old. A survey of tuna landings at Abidjan fishing port (Côte d'Ivoire) was carried out, between January 2002 and December 2004. Both frigate tuna and little tunny were heavily caught during the cooler season, between July and October. This period is tuna availability favourable, possibly due to the priming of the productivity of the ecosystem and to the increase in the planktonic foodweb. Reproductive biology and the feeding regimes of *Auxis thazard* and *Euthynnus alletteratus* were studied between January and December 2004. A total of 765 frigate tuna (369 males and 396 females) and 801 little tunny (406 males and 395 females) were examined. Results showed positive allometric growth in *Auxis thazard* whereas isometry was found in *Euthynnus alletteratus*. The male and female in both species reach maturity simultaneously. First sexual maturity is attained at 29.88 cm FL in females frigate tuna while males are mature at 30.21 cm FL. Yet males in little tunny reach maturity at 42.15 cm FL and females do at 42.54 cm FL. The sex-ratio was found to be 1:1 at all stages in frigate tuna. Yet in little tunny, the sex-ratio was 1:1 mainly in the younger stages, whereas in the mature phase, males predominated over a certain size in the catches. Monthly mean gonado-somatic index (GSI) and the percent maturity stages, enhanced by histology, revealed that the spawning season of *Auxis thazard* extends from June to November, whereas *Euthynnus alletteratus* spawn between May and October. In both tunas, growth of sexual products was synchronous, occurring when hepato-somatic index (HSI) reached higher values, and Somatic condition (Kc) attained lower ones. Spawning was positively correlated with HSI and negatively correlated with Kc. The depositions of proteins and lipids in the developing sexual products primarily originate from muscles or from consumed food rather than liver, in frigate tuna and little tunny, as GSI, HSI, and Somatic condition variations are considered. Macroscopic and histological observations of gonads revealed six stages as regards various events occurring in the ovaries and testes, which the study considered. Stomach contents of 765 frigate tuna and 801 little tunny were examined. The type and quantity of prey ingested changed seasonally. The feeding regimes of frigate tuna and that of little tunny are slightly different. The former tend to exclusive consumption of crustaceans, whereas the later turn out to be greater fish consumers. Segregation seems to occur in juveniles, sub-adults and adults, regarding fish and crustaceans consumption. Trophic ontogeny in frigate tuna and little tunny proceeds as a continuum of dietary change, rather than by distinct segregation of food resources between size classes. Frigate tuna and little tunny are carnivorous fish whose feeding behaviour seems to depend on the most readily available prey. Additionally, feeding regimes are dominated by few prey items. Both species show cannibalistic behaviour but little tunny prey on frigate tuna. Overall, *Penaeus notialis*, *Priacanthus arenatus*, and *Trichiurus lepturus* are the dominant prey that feature the feeding regimes reflected in the generally high levels of either crustaceans or fish. Sizes of heavily-consumed fish prey such as Atlantic bigeye, *Priacanthus arenatus* and largehead hairtail, *Trichiurus lepturus* closely correlated with predators' size.

**Keywords: Landings, Prey, Feeding regime, Cooler season, Tunas.**