



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة باجي مختار - عنابة
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA



FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER
LABORATOIRE BIORESSOURCES MARINES

THESE

en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences

THEME

**BIOLOGIE ET DYNAMIQUE DU ROUGET
BARBET DE VASE
Mullus barbatus (LINNAEUS, 1758)
DES CÔTES DE L'EST ALGERIEN.**

Par :

BOUDRAA Imene

Soutenu publiquement le :

Devant le jury composé de :

DERBAL F.	Professeur	Président	Université d'Annaba
KARA M.H.	Professeur	Directeur de thèse	Université d'Annaba
BENSAHLA-TALET A.	Professeur	Examineur	Université d'Oran
BOUAZIZ A.	Professeur	Examineur	Université d'Alger
CHAOUI L.	Professeur	Examineur	Université d'Annaba
MOUFFOK S.	Professeur	Examineur	Université d'Oran

2018

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer à tous ceux qui m'ont permis de mener à bien ce travail, mes sentiments de reconnaissance. Mes remerciements vont en premier lieu aux membres du jury :

- Monsieur Mohamed Hichem Kara (Professeur, Directeur du Laboratoire Bioressources Marines, Université Badji-Mokhtar), pour avoir accepté de diriger cette thèse. Il m'a fait part de son expérience et son savoir-faire. J'ai particulièrement apprécié son soutien, ses encouragements, ses précieuses orientations et la confiance qu'il a bien voulu m'accorder.

- Monsieur Farid Derbal (Professeur, Université Badji-Mokhtar), à qui j'exprime également mes plus vifs remerciements, pour son aide précieuse qu'il m'a apportée dans la partie régime alimentaire et pour avoir accepté d'évaluer cette thèse et d'en présider le jury de soutenance.

- Monsieur BENSAPHLA – TALET A. (Professeur, Université d'Oran), BOUAZIZ A. (Professeur, Université d'Alger) et MOUFFOK S. (Professeur, Université d'Oran), à qui j'exprime ma vive gratitude pour avoir répondu favorablement à notre invitation de faire partie du jury de soutenance en qualité d'examineurs.

- Madame CHAOUI Lamia (Professeure, Université Badji-Mokhtar, Annaba) qui me fait l'honneur de lire et d'évaluer cette thèse. Sa présence dans ce jury témoigne de l'intérêt qu'elle porte à ce travail.

Je tiens également à remercier :

- Mes compagnons de thèse pour nos discussions scientifiques ainsi que pour les beaux moments passés au laboratoire. une pensée particulière à Wafa, Rima et Mounira.

- Tous les membres du Laboratoire Bioressources Marines pour l'aide et la sympathie qu'ils m'ont témoignées durant ces années de dur labeur.

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Limites géographiques des lieux de pêche de <i>Mullus barbatus</i> des côtes Est de l'Algérie.	6
02	Bathymétrie du golfe d'Annaba (VAISSIERE et FRIDJ, 1963).	7
03	Différences entre le rouget de roche (<i>M. surmuletus</i>) (A) et le rouget de vase (<i>M. barbatus</i>) (B).	12
04	Photographie d'un rouget barbet de vase.	12
05	Répartition géographique de <i>M. barbatus</i> .	13
06	Capture totale et production mondiale de <i>M. barbatus</i> (tonnes).	14
07	Production des rougets les deux espèces confondues (<i>M. barbatus</i> et <i>M. surmuletus</i>) au niveau du port d'Annaba..	14
08	Mesures prises sur les spécimens examinés de <i>M. barbatus</i> des côtes Est de l'Algérie.	17
09	Photo montrant les différentes mesures prises sur l'otolithe sagitta.	21
10	Variations du coefficient d'allométrie chez les femelles (A), les mâles (B) et la population totale (C) de <i>M. barbatus</i> des côtes Est d'Algérie.	23
11	Similitudes de la longueur des otolithes droit (OD) et gauche (OG) chez <i>M. barbatus</i> des côtes Est d'Algérie.	25
12	Droites de régression exprimant les relations biométriques entre l'otolithe droit et les différentes caractéristiques métriques et pondérale de <i>M. barbatus</i> des côtes Est de l'Algérie (A,B,C).	26
13	Mesures otolithométriques effectuées sur la sagitta de <i>M. barbatus</i> des côtes Est d'Algérie.	33
14	Variations mensuelles de l'accroissement marginal (AM) (mm) calculé à partir des otolithes chez la population totale de <i>M. barbatus</i> des côtes Est d'Algérie.	38
15	Croissance linéaire observée (CLO), théorique (CLT) et accroissement linéaire théorique (AA) chez les sexes confondus (A), les femelles (B) et les mâles (C) de <i>M. barbatus</i> des côtes de l'Est de l'Algérie.	41
16	Variations mensuelles des coefficients d'allométrie de la relation taille-masse chez la population totale de <i>M. barbatus</i> des côtes Est de l'Algérie.	43
17	Croissance pondérale théorique (CPT) et accroissement pondéral théorique (A) chez les sexes confondus (A), les femelles (B) et les mâles (C) de <i>M.</i>	

	<i>barbatus</i> des côtes Est de l'Algérie.	44
18	Structure de la population de <i>M. barbatus</i> des côtes Est de l'Algérie.	56
19	Evolution mensuelle de la sex-ratio de <i>M. barbatus</i> des côtes Est de l'Algérie.	57
20	Evolution de la sex-ratio en fonction de la taille de <i>M. barbatus</i> des côtes Est algérien.	57
21	Répartition mensuelle des différents stades de maturité des gonades (Stades: I, II, III, IV et V) chez les individus femelles (A) et mâles (B) de <i>M. barbatus</i> .	58
22	Évolution mensuelle du RGS chez les femelles (A) et chez les mâles (B) de <i>M. barbatus</i> des côtes Est de l'Algérie.	59
23	Évolution mensuelle du RHS chez les femelles (A) et chez les mâles (B) de <i>M. barbatus</i> des côtes Est de l'Algérie.	60
24	Évolution mensuelle de l'adiposité de <i>M. barbatus</i> des côtes Est de l'Algérie.	61
25	Proportion des femelles (A) et des mâles (B) matures de <i>M. barbatus</i> des côtes de l'Est de l'Algérie.	62
26	Évolution mensuelle de l'indice de condition K chez les mâles (A) et chez les femelles (B) de <i>M. barbatus</i> des côtes Est de l'Algérie.	63
27	Evolution mensuelle du coefficient de vacuité de <i>M. barbatus</i> des côtes Est d'Algérie.	71
28	Evolution saisonnière du coefficient de vacuité de <i>M. barbatus</i> des côtes Est d'Algérie.	71
29	Composition de l'alimentation de <i>M. barbatus</i> des côtes Est d'Algérie et classement des proies ingérées selon l'importance du % IRI.	72
30	Modifications saisonnières du régime alimentaire de <i>M. barbatus</i> des côtes Est d'Algérie.	73
31	Comparaison saisonnière du régime alimentaire de <i>M. barbatus</i> des côtes Est d'Algérie utilisant le test de similarité ANOSIM.	74
32	Modification en fonction du sexe du régime alimentaire de <i>M. barbatus</i> des côtes Est d'Algérie	75
33	Comparaison en fonction du sexe du régime alimentaire de <i>M. barbatus</i> des	

	côtes Est d'Algérie utilisant le test de similarité ANOSIM.	75
34	Variations ontogénétiques du régime alimentaire de <i>M. barbatus</i> des côtes Est d'Algérie.	76
35	Comparaison ontogénétique du régime alimentaire de <i>M. barbatus</i> des côtes Est d'Algérie utilisant le test de similarité ANOSIM.	76

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Distribution statistique des différents caractères méristiques étudiés chez <i>M. barbatus</i> .	22
02	Comparaison de la pente des droites de régression chez les femelles et les mâles de <i>M. barbatus</i> des côtes Est de l'Algérie.	24
03	Comparaison des valeurs des caractères numériques chez cinq espèces de mullidae.	28
04	Distribution des classes de tailles de <i>M. barbatus</i> des côtes Est d'Algérie à partir de la lecture des otolithes.	39
05	Longueur moyenne corporelle (cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance à partir des otolithes chez les sexes confondus de <i>M. barbatus</i> des côtes Est de l'Algérie.	39
06	Longueur moyenne corporelle (cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance à partir des otolithes des femelles de <i>M. barbatus</i> des côtes de l'Est de l'Algérie.	40
07	Longueur moyenne corporelle (cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance à partir des otolithes des mâles de <i>M. barbatus</i> des côtes Est de l'Algérie.	40
08	Comparaison entre les paramètres de croissance de VON BERTALANFFY et les indices de performance de croissance (Φ) chez <i>M. barbatus</i> dans les différentes localités.	47
09	Echelle macroscopique de la maturité sexuelle chez les femelles de rouget barbet (N'DA & DENIEL, 1993).	51
10	Echelle macroscopique de la maturité sexuelle chez les mâles de rouget barbet (N'DA & DENIEL, 1993).	52

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	5
1- Description du milieu d'étude	6
1.1. Zone d'étude et sites d'échantillonnage	6
1.2. Morphobathymétrie	6
1.3. Circulation des eaux : Facteurs hydrodynamiques	8
1.3.1. Le courant.....	8
1.3.2. La houle	8
1.3.3. Apports continentaux.....	9
2- Présentation de l'espèce	10
2.1. Taxonomie.....	10
2.2. Noms vernaculaires et synonymes	10
2.3. Critères de diagnose.....	11
2.3.1. Caractéristiques de la famille des Mullidae.....	11
2.3.2. Caractéristiques du genre <i>Mullus</i>	11
2.3.3. Caractéristiques de l'espèce <i>barbatus</i>	12
2.4. Eléments d'écobiologie.....	13
2.4.1. Répartition géographique.....	13
2.4.2. Habitat et éléments de biologie.....	13
2.4.3. Pêche et production.....	14
CHAPITRE II : BIOMETRIE	15
INTRODUCTION	16
1- Matériel et méthodes.. ..	16
1.1. Provenance des échantillons.....	16
1.2. Morphométrie.....	17
1.3. Dimorphisme sexuel.....	18
1.4. Biométrie des otolithes.....	20
2- Résultats.....	21
2.1. Morphométrie.....	21

2.1.1 Caractères méristiques.....	21
2.1.2 Caractères métriques.....	22
2.2. Dimorphisme sexuel.....	24
2.3. Otolithométrie	25
3. Discussion.....	27
CONCLUSION	28
CHAPITRE III : AGE ET CROISSANCE.....	30
INTRODUCTION.....	31
1- Matériels et méthodes	32
1.1. Etude de l'âge.....	32
1.1.1. Otolithes et otolithométrie.....	32
1.1.2. Prélèvement et examen des otolithes.....	32
1.2. Lecture d'âge.....	33
1.2.1. Relation entre la longueur du poisson et le rayon de l'otolithe.....	33
1.2.2. Périodicité de la formation de l'anneau d'arrêt de croissance	34
1.2.3. Détermination de l'âge par la méthode rétrocalcul	34
1.3. Modélisation de la croissance.....	35
1.3.1. Croissance linéaire absolue	35
1.3.2. Croissance relative ou relation taille-poids.....	36
1.3.3. Croissance pondérale absolue.....	37
2- Résultats	37
2.1. Etude de l'âge.....	37
2.1.1. Relation entre la longueur du poisson et le rayon de l'otolithe.....	37
2.1.2. Périodicité de la formation de l'anneau d'arrêt de croissance.....	38
2.1.3. Calcul des tailles moyennes aux différents âges (rétrocalcul).....	38
2.2. Modélisation de la croissance.....	40
2.2.1. Croissance linéaire absolue	40
2.2.2. Croissance relative ou relation taille-poids.....	42
2.2.3. Croissance pondérale absolue	43
3- Discussion.....	45
CONCLUSION	48

CHAPITRE IV : REPRODUCTION	49
INTRODUCTION.....	50
1- Matériel et méthodes... ..	50
1.1. Identification de la maturité.....	50
1.2. Sex-ratio	52
1.3. Rapport gonado-somatique ou RGS.....	53
1.4. Rapport hépato-somatique ou RHS.....	54
1.5. Adiposité.....	54
1.6. Taille à la première maturité sexuelle.....	55
1.7. Condition ou indice pondéral.....	55
1.8. Analyse statistique.....	56
2- Résultats	56
2.1. Sex-ratio.....	56
2.2. Identification de la maturité.....	57
2.3. Rapport gonado-somatique.....	58
2.4. Rapport hépato-somatique	59
2.5. Adiposité	60
2.6. Taille à la première maturité sexuelle.....	61
2.7. Coefficient de condition ou indice pondéral	62
3. DISCUSSION.....	63
CONCLUSION	65
CHAPITRE V : REGIME ALIMENTAIRE	66
INTRODUCTION.....	67
1- Matériel et méthodes... ..	67
2- Résultats	70
2.1. Intensité alimentaire	70
2.2. Composition du régime alimentaire	72
2.3. Variation saisonnière du régime alimentaire.....	72
2.4. Variation du régime alimentaire en fonction du sexe	74
2.5. Variations ontogénétiques du régime alimentaire	75
3- Discussion	76
CONCLUSION	79

CONCLUSION GENERALE	80
Résumés	83
Bibliographie	86
Annexes	106

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

Les ressources naturelles et écologiques constituent une richesse, dont la dégradation peut représenter une contrainte au développement humain et économique et souvent une menace pour l'équilibre social. La surexploitation des ressources halieutiques est un risque majeur de réduction des stocks d'espèces. Elle peut entraîner la disparition des poissons les plus gros et les plus âgés d'une population ou d'un stock. Ces populations se caractériseront alors par la présence de poissons moins productifs et plus petits (indicateur du déclin des stocks). La surexploitation peut avoir également une incidence négative sur l'écosystème. Attaquer un maillon de la chaîne alimentaire revient à perturber un écosystème dans sa totalité.

L'exploitation des espèces par l'homme est une cause de mortalité additionnelle (en sus de la mortalité naturelle). Si les individus d'une espèce sont capturés plus rapidement qu'ils ne peuvent se reproduire ou si la fécondité de l'espèce n'augmente pas, le taux de croissance de la population va décliner. Dans l'Atlantique nord, par exemple, les populations de grands poissons ont diminué des deux tiers au cours des 50 dernières années à cause d'une surpêche.

La production totale de la pêche de capture marine a été de 81,5 millions de tonnes en 2014, soit une légère augmentation par rapport aux deux années précédentes. A partir de 1950, on observe une progression des captures mondiales jusqu'en 1988, date à laquelle elles ont dépassé 78 millions de tonnes. Leur volume s'est ensuite stabilisé, avec toutefois certaines fluctuations. De 2003 à 2009, le volume total des captures est resté exceptionnellement stable, ses variations d'une année sur l'autre n'ayant jamais dépassé 1 pour cent en valeur absolue. A partir de 2010, enfin, on a enregistré chaque année une légère croissance, jusqu'à un nouveau pic en 2014, année où les captures mondiales ont atteint 78,4 millions de tonnes (FAO, 2016).

En Algérie, l'exercice de la pêche s'étend sur une façade maritime de plus de 1280 km de long, avec une aire exploitable d'environ 2,2 millions d'hectares sur l'ensemble de la superficie sous juridiction nationale estimée à 9,5 millions d'hectares (ANONYME, 2001). Selon les statistiques de la FAO, la production moyenne est estimée à environ 129818 tonnes entre 2000 et 2006, ce qui représente environ 8,5% de la production annuelle de la Méditerranée (mer Noire incluse) (ANONYME, 2008). Avec un plateau continental restreint et accidenté dans son ensemble, l'exercice de la pêche a tendance à s'accroître d'une manière

Introduction Générale

continue sur les secteurs côtiers, comme en témoignent les caractéristiques de la flottille nationale (27% de sardiniers, 59% de petits métiers, 12% de chalutiers et 2% de corailleurs) (ANONYME, 1998), son mode de gestion, l'organisation de son activité et son rayon d'action. D'une manière générale, la quasi-totalité des captures en Algérie (75 à 85 %) est représentée par les poissons, le reste étant essentiellement des crevettes, des mollusques céphalopodes et le corail rouge (DERBAL, 1993).

Sur le littoral Est de l'Algérie, l'activité de la pêche s'apparente plutôt au mode de pêche artisanale et côtière et cible de nombreuses espèces de poissons téléostéens d'intérêt économique. Parmi celles-ci, les Mullidés qui comptent 15 genres dont quatre (*Mullus*, *Upeneus*, *Pseudopeneus* et *Parapeneus*) sont recensés en Méditerranée (HUREAU, 1986 ; GOLANI, 1994). Le genre *Mullus* est représenté par deux espèces, *M. surmuletus* ou rouget de roche et *M. barbatus* ou rouget de vase, qui se distinguent par la forme de leur museau et par la présence ou l'absence de stries sur la première nageoire dorsale (ANONYME, 2014).

Pour favoriser une exploitation durable des ressources halieutiques, une gestion rationnelle des stocks s'impose. Cet objectif nécessite des informations précises fondées sur des données scientifiques fiables sur la biologie et l'écologie des principales espèces exploitées. D'intérêt économique et écologique, le rouget de vase a fait l'objet de beaucoup de travaux en méditerranée qui ont concerné des aspects différents, notamment son alimentation (CHERIF *et al.*, 2011 ; LAYACHI *et al.*, 2007; BEN ELIAHU et GOLANI 1990; GOLANI et GALIL 1991 ; ESPOSITO *et al.*, 2014), sa croissance (TÜRELI et ERDEM, 1997 ; VASSILOPOULOU et PAPAConstantinou, 1992 ; ÇELIK et TORC 2000 ; AYDIN et KARADURMUS, 2013 ; ARSLAN et İSMEN, 2014 ; KINACIGIL *et al.*, 2001 ; AKYOL *et al.*, 2000 ; TOGULGA et MATER 1992 ; TOKAÇ et GURBET ,1992 ; KINACIGIL, 1994 ; TESCH, 1971 ; JOKSIMOVIC *et al.*, 2008 ; MEHANNA,2009), sa reproduction (LAYACHI *et al.*, 2007 ; GHARBI et KTARI,1981 ; VASSILOPOULOU et PAPAConstantinou, 1992 ; JUKIC et PICCIENTTI , 1981 ; VOLIANI *et al.*, 1998 ; LIVADAS, 1988 et ARSLAN et ISMEN, 2014) ainsi que l'aspect génétique (TURAN, 2006 ; MAGGIO *et al.*, 2009). En Algérie, par contre peu de connaissances sont acquises sur les rougets de vase.

Cette étude s'insère dans le cadre d'un projet de recherche initié par le laboratoire bioressources marines qui vise une meilleure connaissance de la biologie et de la dynamique des mullidés des côtes Est de l'Algérie. Méthodologiquement, cette investigation est

Introduction Générale

organisée en cinq chapitres. Le premier chapitre est une synthèse bibliographique qui passe en revue les caractéristiques environnementales du milieu d'étude situé entre Chetaibi et El Kala, et une présentation de l'espèce. Le second chapitre traite les relations biométriques chez la population des côtes Est de l'Algérie. Dans le troisième chapitre, nous avons étudié l'âge par otolithométrie. L'information sur l'âge est importante étant donné qu'elle forme la base pour le calcul de la croissance, le taux de productivité et la mortalité. Ces données sont cruciales pour le développement de plans de gestion et pour la conservation des stocks naturels. Le quatrième chapitre s'intéresse à la biologie de la reproduction. L'un des aspects de l'étude du cycle reproducteur est la caractérisation des principales phases évolutives des glandes sexuelles (période de reproduction, stade de maturation et première maturité sexuelle). La longueur à laquelle une espèce de poisson atteint la maturité sexuelle est souvent employée pour placer des longueurs légales minimales indispensables pour la gestion de la pêche. Enfin le cinquième et dernier chapitre aborde le régime alimentaire de *M. barbatus*, à travers l'analyse des contenus des tubes digestifs.

CHAPITRE I
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1- Description du milieu d'étude

1.1. Zone d'étude et sites d'échantillonnage

Le littoral algérien s'étend de l'oued Kiss (frontière marocaine) au cap Roux (frontière tunisienne), soit une façade maritime de plus de 1280 Km. La zone d'étude se situe à l'extrême Est des côtes algériennes, entre Chetaibi à l'Ouest et El Kala à l'Est. Les échantillons de *Mullus barbatus* proviennent essentiellement du golfe d'Annaba. La figure 1 représente les limites géographiques de la zone d'étude.

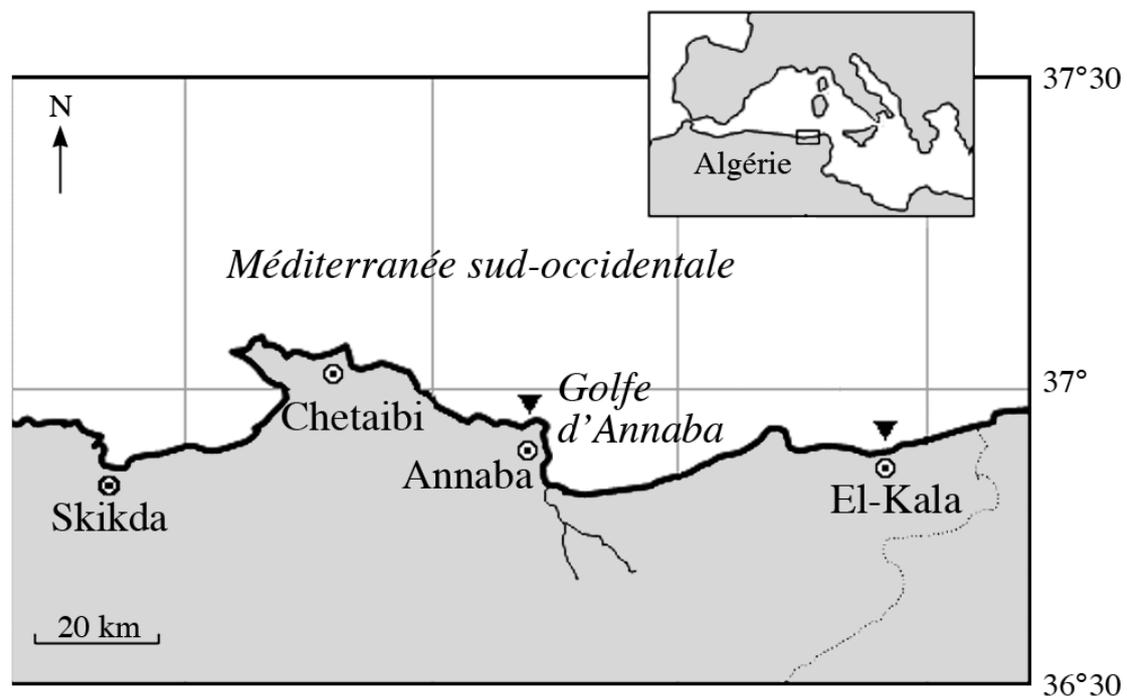


Figure 1. Limites géographiques des lieux de pêche (▼) de *M. barbatus* des côtes Est de l'Algérie. Les flèches indiquent les limites géographiques des zones de pêche.

1.2. Morphobathymétrie

La zone côtière située entre Chetaibi et El-Kala est bordée de falaises abruptes et légèrement découpées, avec quelques secteurs de dépressions largement ouvertes en forme de baies ou de golfes. Entre ces limites se dessinent de l'Ouest à l'Est cinq baies ou golfes dans l'ordre suivant : le golfe de Skikda, la baie de Sidi Akkèche, la baie de Chetaibi, le golfe d'Annaba et la baie d'El-Kala. Entre la baie de Chetaibi et la baie d'Annaba, le littoral s'ouvre largement sur un glacis continental en pente douce très étendue, depuis la côte jusqu'à

la plateforme continentale qui s'amorce vers - 100 m (LECLAIRE, 1972). Entre les caps Toukouch et Axine, le substratum devient de plus en plus accidenté, et ce jusqu'au cap de Garde. Néanmoins, la baie d'Annaba se caractérise par des fonds ne présentant pas ou peu d'accidents morphologiques majeurs.

Du cap de Garde jusqu'à la pointe du Lion (port d'Annaba), la côte est orientée Nord-Sud. On observe une alternance de falaises, d'anses et de petites plages créées dans les sinuosités du rivage sur un parcours d'environ 15 Km. A l'extrémité de la pointe du Lion, s'enracine la jetée du Lion, orientée Nord-Est et formant l'avant-port d'Annaba et qui le protège des tempêtes Nord- Ouest.

Dans la région d'Annaba, le plateau continental est étroit dans son ensemble avec un fond hétérogène surtout au voisinage des caps de Garde et Rosa. Entre les deux caps, la profondeur moyenne est estimée à 50 m. Les isobathes -10, -20, -30, -40, -50 m sont assez éloignés les uns des autres au Sud du golfe et se rapprochent ensuite vers le Nord du cap de Garde. Ceux de -50 et de -100 m sont aussi rapprochés et parallèles à la ligne du rivage. A partir du cap de Garde, ces isobathes s'éloignent avant de se rapprocher à l'Est d'EL Kala jusqu'à la longitude 08° 30' où ils deviennent parallèles (Fig. 2).

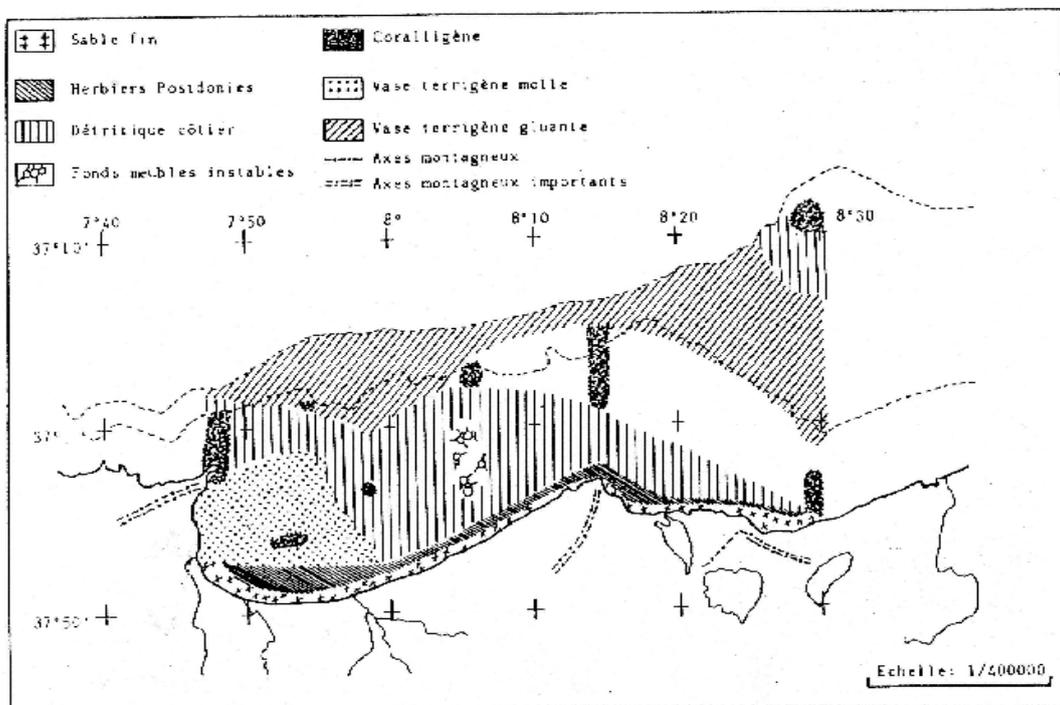


Figure 2. Bathymétrie du golfe d'Annaba (VAISSIERE et FRIDJ, 1963).

A partir de cap Rosa, le plateau continental s'étend en pente douce jusqu'au détroit de Sicile, puis s'élargit en direction Nord- Est. Ce plateau prolonge la plate-forme continentale jusqu'à l'isobathe - 500m. Il présente en son centre une légère dépression dont les bords sont généralement accidentés avec des écueils.

Au large, se trouvent des hauts fonds accusant une dénivellation considérable par rapport aux profondeurs environnantes. Les principaux sont:

- la seiche Takouch (recouverte au minimum de 13 m),
- la roche Axine (recouverte au minimum de 30 m),
- la seiche Ain Barbar (recouverte au minimum de 40 m),
- la petite Seiche (recouverte au minimum de 13 m),
- la roche du Vautour (recouverte au minimum de 8 m),
- la roche Saint Joseph (recouverte au minimum de 13 m).

1.3. Circulation des eaux : Facteurs hydrodynamiques

1.3.1. Le courant

La vitesse du courant atlantique circulant le long des côtes algériennes est de 0,5 à 0,7 m.s⁻¹(LACOMBE et RICHEZ, 1982). Ainsi, l'écoulement des eaux le long de ces côtes est initialement structuré en une veine qui coule vers l'Est, puis devient plus large et se détache de la côte (BENZOHRA, 1993).

L'étude faite par l'administration des ponts et chaussées en 1959 et 1960 sur la courantologie du golfe d'Annaba, montre l'existence d'un courant général dirigé vers l'Est, pouvant atteindre une vitesse de 1 à 2,5 nœuds et passant au large à quelques miles des côtes et un courant de 0,5 à 1,5 nœud qui circulerait plus près des côtes, entre le cap de Garde et l'Oued Mafrag, et qui pourrait s'inverser par tempête d'Est (fig. 3) (ANONYME, 1996).

1.3.2. La houle

La direction de la houle au niveau des cotes algériennes, suit le régime du vent qui est un régime saisonnier (LECLAIRE, 1972). C'est le facteur le plus important dans la dynamique des sédiments des petits fonds.

Le golfe d'Annaba reçoit directement les houles du large, du Nord-Ouest et Est Nord- Est. Celles d'origines Ouest et Ouest Nord-Ouest y pénètrent après diffraction autour du cap de Fer, puis des caps Toukouch et de Garde. Elles se présentent à l'entrée du golfe venant de l'Ouest. L'amplitude des houles dépasse exceptionnellement 6 m pour une durée de 10 à 12 s. Une telle houle est susceptible de provoquer théoriquement une oscillation des éléments particuliers de 0,1 à 0,2 mm jusque dans les fonds de 50 à 60 m. En moyenne, l'amplitude est de l'ordre de 1 m, et peut engendrer une oscillation des éléments particuliers à des profondeurs de 10 à 15 m. Les houles de secteur Nord-Est, les plus fréquentes, ont lieu d'avril à octobre. Les houles du secteur Nord à Nord-Ouest sont beaucoup plus importantes que celles du Nord-Est ; elles pivotent après diffraction et réfraction, autour du cap de Garde et dans le golfe.

1.3.3. Apports continentaux

La zone d'étude est soumise de l'Ouest à l'Est à deux principaux effluents naturels : Oueds Seybouse et Mafrag dans le golfe d'Annaba. L'oued Seybouse draine un vaste bassin versant d'une superficie de 6474 km². Les apports continentaux dans la baie d'Annaba proviennent essentiellement de cet oued auxquels s'ajoutent les rejets urbains et industriels. Le débit de l'oued est de l'ordre de 15 millions m³.s⁻¹ et décharge annuellement dans la baie environ un demi-milliard de mètres cubes d'eau (LCHF, 1976). Les eaux de l'oued Seybouse sont excessivement riches en nutriments (nitrites, ammonium et azote) (DJABRI, 1992), engendrant une eutrophisation du milieu (GAÏD, 1986 ; DJABRI *et al.*, 1998), qui s'étend jusqu'au littoral adjacent où de fortes concentrations en sels nutritifs et en chlorophylle sont observés (FREHI, 1995 ; OUNISSI *et al.*, 1998 ; FREHI *et al.*, 2004). Selon OUNISSI *et al.*, (2002), le golfe d'Annaba reçoit de la Seybouse des quantités excessives d'azote minéral, de phosphates et de carbone organique dissous. Le golfe d'Annaba reçoit également les eaux de l'oued Mafrag. Ces eaux sont généralement troubles tout le long de la côte jusqu'à la plage D'raouch et parfois au-delà. Elles sont fortement eutrophes et mal renouvelées (OUNISSI *et al.*, 2002). Plus à l'Est, au voisinage du lac Mellah et jusqu'à El-Kala, les eaux sont relativement plus transparentes. Cette lagune, reliée à la mer par un chenal long de 900 m, constitue un véritable bassin de dilution exportant directement ses eaux vers le littoral adjacent. En effet, elle exporte directement vers la baie d'El-Kala environ 180 millions de mètres cube d'eaux par an (OUNISSI, 2001).

2. Présentation de l'espèce

2.1. Taxonomie

La position systématique des Mullidae a toujours été peu stable et reste jusqu'à aujourd'hui peu claire selon les caractères morphologiques utilisés. Par exemple, GÜNTHER (1859) a utilisé le nombre de rayons branchiostèges et a placé cette famille chez les Polymixidae. BOULENGER (1904), par ailleurs, a utilisé les vertèbres des Mullidae et leurs caractéristiques et les a placés avec la famille des Sparidae. Mais GOSLINE (1984) a revu les structures spécifiques des Mullidae en concluant qu'il n'y avait pas de corrélation entre ces deux familles. Les poissons sont de loin le groupe le plus divers parmi les vertébrés vivants. NELSON (1994) estime qu'il y a 482 familles contenant 24 618 espèces de poissons, dont presque 10.000 espèces d'eau douce. Actuellement, la classification systématique des Mullidae est basée sur celle proposée par NELSON (1994) :

Règne : Animal

Embranchement : Chordata (Chordés)

Sous-embranchement : Vertebrata (Vertébrés)

Super-classe : Pisces (Poissons)

Classe : Osteichtii (Osteichtyens)

Sous-classe : Actinopterygi (Actinoptériens)

Infra-classe : Teleostei (Téléostéens)

Ordre : Percomorphi (Perciformes)

Sous-ordre : Percodei (Percoidés)

Famille : Mullidae (Mullidés)

Genre : *Mullus*

Espèce : *barbatus* (Linnaeus, 1758)

2.2. Noms vernaculaires et synonymes

Le nom scientifique permet de reconnaître l'espèce. Cependant, il n'est utilisé que par la communauté scientifique. Ainsi, il y a un nom vernaculaire voire plusieurs selon les pays pour son appellation usuelle :

Français: Rouget, Rouget barbet, Rouget de vase ;

Arabe: Barbouni el hagar, Mlal elkhaz, Rougi, Trilla;

Anglais: Red mullet, Striped goatfish, Striped mullet

Italien: Triglia di fango

Espagnole: Salmonete, Salmonete de fango;

Turque: Barbunya .

Synonyme: *Mullus ruber*.

2.3. Critères de diagnose

2.3.1. Caractéristiques de la famille des Mullidae

Poissons de taille petite à modérée, corps légèrement comprimé, face ventrale de la tête et du ventre plate. Deux barbillons épais sous le menton pouvant se replier sur la gorge dans un sillon médian. Deux nageoires dorsales bien séparées, la première à 7-9 épines, la seconde à 1 épine et 8 rayons mous. Ecailles relativement grandes, légèrement cténoïdes, très caduques. Coloration vive, les tons rouges, roses et jaunes prédominants. Poissons démersaux en eaux côtières, sur fonds sableux ou vaseux. Les barbillons portent des organes sensoriels tactiles et gustatifs utilisés pour la recherche de la nourriture qui se compose principalement de petits invertébrés benthiques. Ils vivent isolés ou en groupes (BAUCHOT, 1987 ; HUREAU, 1986).

2.3.2. Caractéristiques du genre *Mullus*

La famille des Mullidae compte 15 genres dont quatre (*Mullus*, *Upeneus*, *Pseudopeneus* et *Parapeneus*) sont recensés en Méditerranée (HUREAU, 1986 ; GOLANI, 1994). Le genre *Mullus* est représenté par deux espèces, *M. barbatus* ou rouget de vase et *M. surmuletus* ou rouget de roche). Ils se distinguent par la forme de leur museau : le rouget de roche présente un profil moins raide que le rouget de vase. De plus, le rouget de roche a des stries sur sa première nageoire dorsale contrairement à la couleur unie du rouget de vase (ANONYME, 2014). Certains auteurs déclaraient que ces deux espèces distinctives n'étaient qu'une seule et même espèce (BRÜNNICH, 1768), ou que le *Mullus surmuletus* était la femelle de *Mullus barbatus* (GRONOVIVUS, 1780). Depuis les travaux de LACEPEDE (1798), de COUCH (1864) et de FAGE (1909), ces deux espèces sont bien différenciées (Fig. 3).

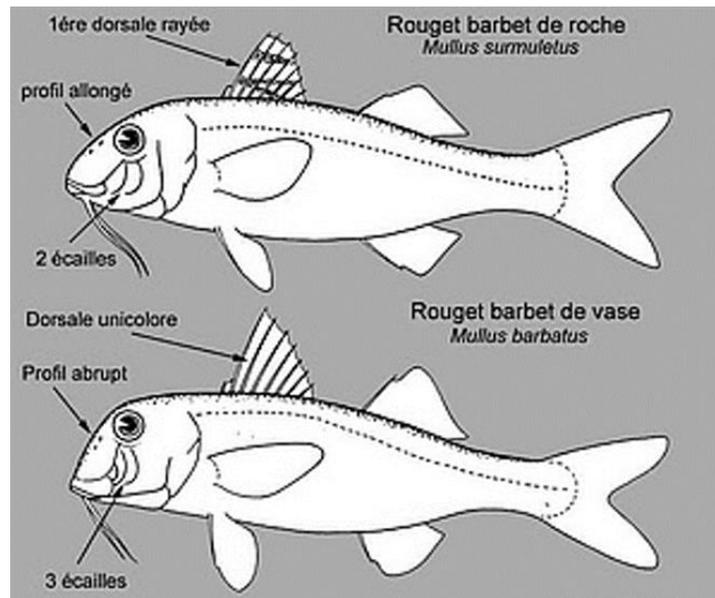


Figure 3. Différences entre le rouget de roche (*M. surmuletus*) (A) et le rouget de vase (*M. barbatus*) (B).

2.3.3. Caractéristiques de l'espèce *barbatus*

Le corps du rouget de vase est allongé et légèrement comprimé (fig. 4). La tête est courte avec une paire de barbillons épais sous le menton, leur longueur est inférieure ou égale à celle des nageoires pectorales. Les yeux sont positionnés près du sommet de la tête. La bouche est petite et légèrement protractile. Première nageoire dorsale à 8 épines, la première très petite ; seconde nageoire avec 1 épine et 8 rayons mous ; anale à 2 épines et 6 ou 7 rayons mous. Grandes écailles peu adhérentes, 31 à 35 sur la ligne latérale. Coloration : rosé, sans aucune tache sur le corps ou les nageoires (BAUCHOT et PRAS, 1980 ; FISHER *et al.*, 1987).



Figure 4. Photographie d'un rouget barbet de vase des côtes Est d'Algérie

2.4. Eléments d'écobiologie

2.4.1. Répartition géographique

Du point de vue géographique, *M. barbatus* présente une large distribution (fig. 5). La répartition générale de l'espèce va de l'Océan Atlantique, des côtes d'Europe (de la Scandinavie au golfe de Gascogne) jusqu'au Maroc et au Sénégal et Dakar, en incluant les îles Açores et les îles Canaries (TORTONESE, 1975 ; HUREAU, 1986 ; FISHER *et al.*, 1987), à la Méditerranée (FISHER *et al.*, 1987) y compris la mer Noire (WHITEHEAD *et al.*, 1986) et la mer Égée (SUQUET et PERSON-LE RUYET, 2001), ainsi que le Canal de Suez (BEN TUVIA ET KISSIL, 1988) et la mer Adriatique où il est uniformément réparti (JARDAS, 1996). Elle est rare au nord de la pointe de Bretagne et en Manche (BAUCHOT, 1987) et elle n'est présente que dans la moitié sud du golfe de Gascogne, sur les fonds vaseux du plateau continental et du bord du talus, entre 10 et 300 m de profondeur. L'espèce serait peu fréquente en Irlande, en Angleterre et l'ouest de l'Ecosse (GIBSON et ROBB, 1997).

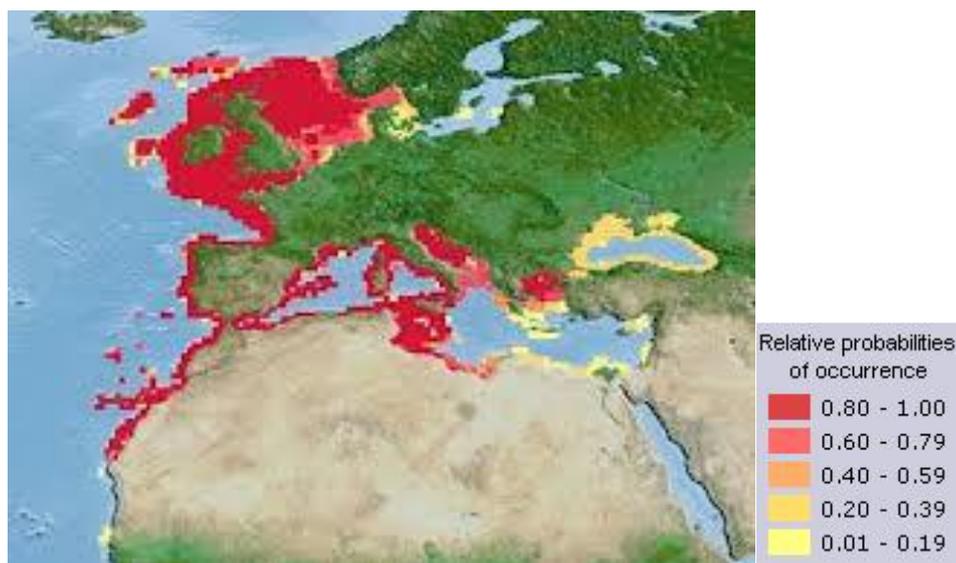


Figure 5. Répartition géographique de *M. barbatus* (www.sealifebase.org).

2.4.2. Habitat et éléments de biologie

Les œufs, les larves et les post larves de *M. barbatus* sont pélagiques. Les juvéniles à partir de 3 à 4 cm commencent à gagner le fond (SUQUET et PERSON-LE RUYET, 2001). Le rouget de vase adulte est une espèce démersale, sur fonds de vase, de sable ou de gravier du plateau continental, de 10 à près de 500 m de profondeur.

M. barbatus a un comportement grégaire. Sa taille maximale peut atteindre 30 cm pour un poids de 500 g, la taille moyenne est comprise entre 10 à 20 cm (8 à 12 cm en mer

noire). C'est une espèce gonochorique, se reproduit pendant les saisons printanière et estivale sur fonds vaseux, de 10 à 55m de profondeur. Se nourrit de petits invertébrés benthiques (crustacés, vers, mollusques, échinodermes, etc.).

2.4.3. Pêche et production

Le rouget barbet de vase a une grande valeur commerciale. Il a été recommandé parmi les espèces prioritaires pour des études d'évaluation en méditerranée (FAO-GPM 2002). Les rougets barbets de vase sont pêchés d'une manière artisanale (filets maillants) et par les chalutiers au moyen du chalut de fond. Au niveau mondial, la production du rouget barbet de vase n'a fait qu'augmenter depuis les années soixante, pour connaître une stabilité durant la dernière décennie (Fig. 6).

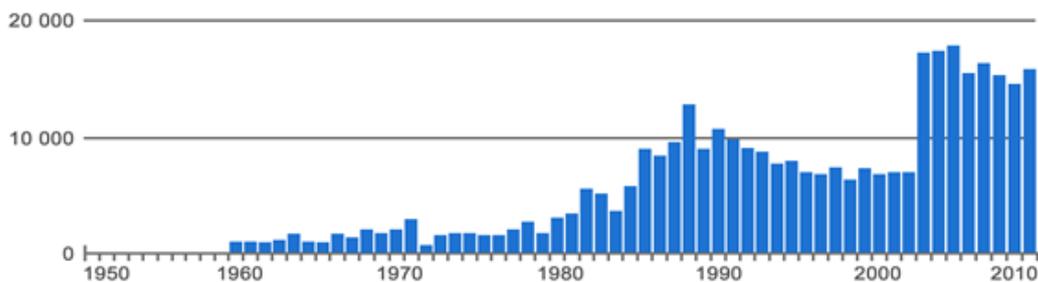


Figure 6. Production mondiale (tonnes) de *M. barbatus*

La figure 7 résume la production des rougets les deux espèces confondues au niveau du port d'Annaba depuis 2010 jusqu'à 2014 (Source : Direction de la pêche de la wilaya d'Annaba).

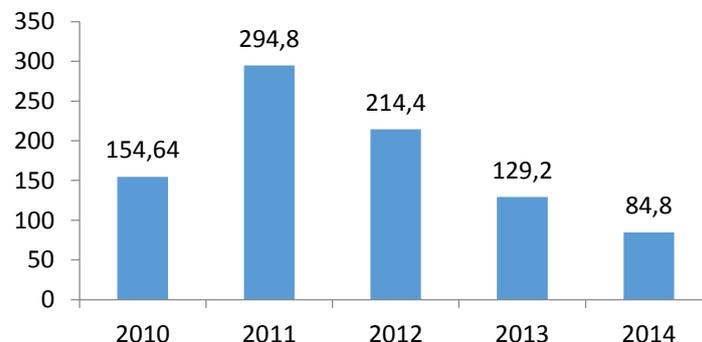


Figure 7. Production (tonnes) des rougets les deux espèces confondues (*M. barbatus* et *M. surmuletus*) au niveau du port d'Annaba.

CHAPITRE II :

BIOMETRIE

CHAPITRE II :

BIOMETRIE

INTRODUCTION

L'étude de la biométrie permet de distinguer des différences, soit spécifiques, soit au sein d'une même espèce, des sous espèces ou groupements raciaux, sur la base de critères morphométriques et méristiques. Ces critères morphologiques responsables de la plasticité phénotypique chez les poissons (SWAIN et FOOTE, 1999) sont liés à l'influence des facteurs environnementaux comme la salinité, la lumière, l'oxygène dissous, la température (ALI et LINDSAY, 1974 ; BEACHAM, 1990) et l'alimentation (disponibilité de la nourriture, type d'aliment) qui affecte en particulier la plasticité méristique (ROBINSON et WILSON, 1995 ; DAY et MCPHALL, 1996).

Malgré les avancées technologiques extraordinaires de la biologie moléculaire, observées au cours de ces dernières décennies dans les domaines de la systématique et de la paléontologie, les caractères morphométriques (métriques et méristiques) sont toujours employés pour déterminer la divergence phénotypique des poissons téléostéens, comme c'est le cas chez le loup *Dicentrarchus labrax* (KARA et FREHI, 1997), la dorade *Sparus aurata* (CHAOUI *et al.*, 2001) et le sar *Diplodus sargus sargus* (BENCHALEL et KARA, 2010).

L'objectif de la présente étude est de caractériser la morphologie de *M. barbatus* de la côte Est d'Algérie. Son intérêt est de fournir une référence régionale utile aux recherches actuelles sur la différenciation des populations de cette espèce. Par ailleurs, nous essayerons d'apprécier l'influence du sexe sur la morphologie (dimorphisme sexuel) et, à travers une étude biométrique des otolithes (sagitta), nous déterminerons la relation entre la croissance de ces derniers et les caractéristiques linéaires et pondérales du poisson.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Provenance des échantillons

L'échantillonnage est réalisé soit par acquisition directe auprès des pêcheurs au moment des débarquements, soit indirectement au niveau des poissonneries d'Annaba. Sa pêche est réalisée au moyen de filet trémail et au chalut.

Nous avons procédé à un échantillonnage mensuel effectué entre décembre 2007 et novembre 2008. Un total de 288 individus de longueur totale comprise entre 9,5 cm et 22,2cm et de poids total allant de 08,6 g à 129 g, a été examiné. L'échantillon comporte 118 mâles, 70 femelles et 100 immatures.

1.2. Morphométrie

Cette étude tient compte de 17 caractères métriques (Fig.8) et de 8 caractères méristiques qui sont : le nombre de rayons (durs et mous) de chacune des deux nageoires dorsales ainsi que de la nageoire anale et le nombre de branchiospines sur la partie inférieure et sur la partie supérieure du premier arc branchial gauche.

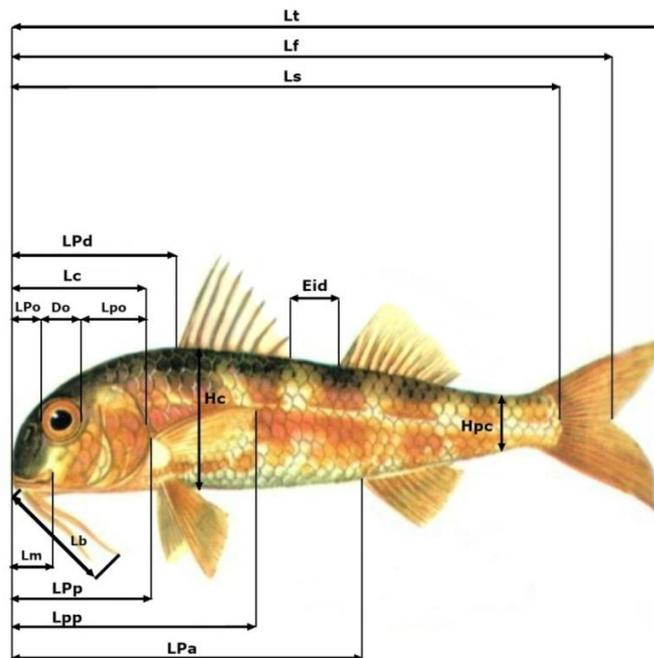


Figure 8. Mesures prises sur les spécimens examinés de *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie.

Lt: longueur totale ; Lf: longueur à la fourche caudale ; Ls: longueur standard ; Lc: longueur céphalique ; Hc: hauteur du corps ; Hpc: hauteur du pédoncule caudal ; LPd: longueur prédorsale ; Lpp: longueur pré-pectorale ; Lpa: longueur préanale ; Do: diamètre de l'œil ; Lpo: longueur post-orbitaire ; Lm: longueur du maxillaire supérieur ; Lb : longueur du barbillon, Eid: Espace interdorsal (Ec : Epaisseur du corps et Eio : Espace interorbitaire ne sont pas représentés dans la figure).

Les mesures sont prises au millimètre près et exprimées en fonction de la longueur totale (Lt) ou de la longueur céphalique (Lc) par la méthode des moindres rectangles qui est une équation de régression préconisée par TEISSIER (1948). Elle s'écrit de la manière suivante :

$$Y = bX + a \quad \text{avec:}$$

b : pente de la droite ;

a : ordonnée à l'origine ;

X et Y : dimensions mesurées sur un même individu.

Le coefficient de corrélation "r" est calculé et le type d'allométrie est déterminé en utilisant le test "t" de STUDENT (DAGNELIE, 1975) qui s'écrit de la manière suivante :

$$t_{obs} = \frac{(|b^2 - 1|\sqrt{n-2})}{2b\sqrt{1 - r^2}}, \quad \text{où}$$

n : nombre de couples de données.

r : coefficient de corrélation.

b : coefficient d'allométrie.

La valeur de t_{obs} est comparée à celle de "t" théorique : $t_{1-\alpha/2}$ (donnée par la table de Student), où α représente le seuil de confiance au risque d'erreur de 5 % pour $n - 2$ degrés de liberté. Deux cas peuvent se présenter :

- Si $t_{obs} \leq t_{1-\alpha/2}$, on accepte l'hypothèse, la différence n'est pas significative et la valeur de $b=1$. Il y a donc isométrie entre les deux paramètres étudiés.
- Si $t_{obs} > t_{1-\alpha/2}$, on rejette l'hypothèse, la différence est significative. Il y a donc une allométrie minorante (négative) si $b < 1$ ou majorante (positive) si $b > 1$. Les analyses statistiques sont effectuées à l'aide du programme Microsoft Excel.

1.3. Dimorphisme sexuel

Afin de mettre en évidence un éventuel dimorphisme sexuel, nous avons comparé, pour chaque caractère métrique étudié, les équations des droites de régression entre les deux sexes. Pour cela, nous avons utilisé le test "t" de Student adapté aux axes majeurs réduits (MAYRAT, 1959). On compare tout d'abord les pentes des deux axes en comparant une différence à son erreur standard :

$$tpe = \frac{a_1 - a_2}{\sqrt{\text{var}(a_1 - a_2)}}, \text{ à } (n - 4) \text{ degrés de liberté, où :}$$

a_1 et a_2 : pentes des deux droites.

n : nombre total de couples.

Si la différence de pente n'est pas significative, on compare alors la position des deux droites expérimentales par deux "droites auxiliaires" parallèles passant par les centres de gravité des échantillons, mais de pente intermédiaire commune. On calcule une variance commune autour de ces parallèles ; c'est une régression combinée "tpo" :

$$tpo = \frac{Y_{1P} - Y_{2P}}{\sqrt{\text{Var}(Y_{1P} - Y_{2P})}} = \frac{|\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2| - a_p(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{S^2 y_p \left[\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \times \left(\frac{2}{1 + R_p} \right) + \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2}{NS^2 X_p} \right]}} \text{ où}$$

$\bar{Y}_{1P} - \bar{Y}_{2P}$: distance entre les droites auxiliaires.

\bar{Y}_1 et \bar{Y}_2 : moyenne des Y des droites expérimentales.

\bar{X}_1 et \bar{X}_2 : moyenne des X des deux droites expérimentales.

a_p : pente de la droite auxiliaire.

R_p : coefficient de corrélation moyen.

$\frac{1}{n_1}(S^2 Y_p)$ et $\frac{1}{n_2}(S^2 Y_p)$: variance de $\bar{Y}_{1P} - \bar{Y}_{2P}$ considérées comme moyennes de $Y_{1P} - Y_{2P}$.

$NS^2 X_p$: covariance des X_p .

N : nombre total de couples.

Préalablement à cette analyse, nous avons vérifié la validité de l'hypothèse d'égalité des variances résiduelles: $H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$. Ce test s'écrit de la manière suivante:

$$F_{obs} = \frac{\sigma^2 \max}{\sigma^2 \min} \text{ dont } \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1^2 = \frac{SCEyx_1}{n_1 - 1} \\ \sigma_2^2 = \frac{SCEyx_2}{n_2 - 1} \end{array} \right\}$$

L'hypothèse d'égalité des variances résiduelles est rejetée au niveau α lorsque :

$$F_{obs} \geq F_{1-\frac{\alpha}{2}} \text{ pour } \left\{ \begin{array}{l} \alpha = 0,05 \\ K_1 = (n_1 - 1)ddl \\ K_2 = (n_2 - 1)ddl \end{array} \right\} \text{ où :}$$

SCE_{yx_1} : somme des carrés des écarts du premier échantillon.

SCE_{yx_2} : somme des carrés des écarts du deuxième échantillon.

n_1 : effectif total du premier échantillon.

n_2 : effectif total du deuxième échantillon.

1.4. Biométrie des otolithes

La paire d'otolithes la plus étudiée est la sagitta. La plus volumineuse, donc la plus visible, elle se présente sous la forme classique d'une paire de concrétions calcifiées situées dans le labyrinthe de l'oreille interne du poisson (Fig. 9). La forme et les variations intra-spécifiques des otolithes, la présence ou l'absence de certains composés chimiques, sont autant d'éléments qui permettent de caractériser les poissons.

Au total, 120 paires d'otolithes sagitta ont été analysées chez des individus de longueurs totales comprises entre 10,1cm et 22,2 cm. L'étude biométrique des sagitta consiste à mesurer la longueur (Lo), la largeur (Lao), des otolithes gauche et droit, puis les peser séparément (Po). Chaque otolithe a été pesé à l'aide d'une balance de précision (précision : 0,0001 g) puis analysé à l'aide du logiciel TNPC (Traitement Numérique des Pièces Calcifiées).

Les changements relatifs de ces dimensions, sont étudiés en utilisant l'équation de régression de type axe majeur réduit, préconisée par TEISSIER (1948) pour les études d'allométrie et décrite précédemment.

Le test d'égalité des moyennes de STUDENT ($H_0 : m_1 = m_2$) est appliqué pour comparer l'homogénéité des otolithes droit et gauche d'un même poisson selon la formule:

$$t_{obs} = \frac{(|m_1 - m_2|)}{\sqrt{\frac{SCE_1 + SCE_2}{n(n-1)}}}$$

m_1 : la moyenne des paramètres métriques mesurés sur l'otolithe droit.

m_2 : la moyenne des paramètres métriques mesurés sur l'otolithe gauche.

SCE_1 : somme des carrés des écarts de l'otolithe droit.

SCE_2 : somme des carrés des écarts de l'otolithe gauche.

n : effectif total.

$2(n-1)$: degrés de liberté.

- Si $t_{obs} \leq t_{1-\alpha/2}$: on accepte l'hypothèse d'égalité des deux moyennes.
- Si $t_{obs} > t_{1-\alpha/2}$: on rejette l'hypothèse et on considère que les deux otolithes sont différents.

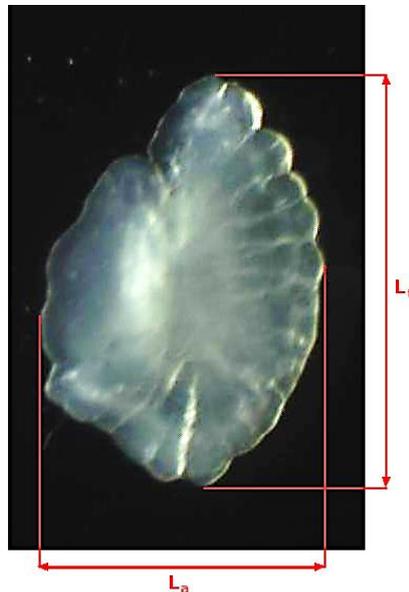


Figure 9. Photo montrant les différentes mesures prises sur l'otolithe sagitta (L_t : longueur totale de l'otolithe ; L_a : largeur de l'otolithe) de *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie.

2. RÉSULTATS

2.1. Morphométrie

2.1.1. Caractères méristiques

Les données acquises sur les caractères méristiques de *M. barbatus*, sont regroupées dans le tableau 1. Le premier arc branchial possède 3 à 8 branchiospines supérieurs et 10 à 18 branchiospines inférieurs. La première nageoire dorsale est munie de 8 épines (rayons ossifiés), tandis que la seconde nageoire possède un rayon ossifié et 7 à 8 rayons mous. La nageoire anale, est pourvue de 1 à 2 rayons ossifiés et 6 rayons mous.

Tableau 1. Distribution statistique des différents caractères méristiques étudiés chez *M. barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie (N = 169).

Caractères numériques	Moyenne	Ecart-type	Mode	Valeurs extrêmes
Nombre de branchiospines (partie supérieure)	5,81	0,739	6	3-8
Nombre de branchiospines (partie inférieure)	14,9	1,25	15	10 - 18
Nombre de rayons durs de la première nageoire dorsale	8	0	8	8
Nombre de rayons mous de la première nageoire dorsale	0	0	0	0
Nombre de rayons durs de la deuxième nageoire dorsale	1	0	1	1
Nombre de rayons mous de la deuxième nageoire dorsale	7,99	0,07	8	7-8
Nombre de rayons durs de la nageoire anale	1,99	0,12	2	1-2
Nombre de rayons mous de la nageoire anale	6	0	6	6

2.1.2. Caractères métriques

Les équations de conversion des différents caractères métriques en fonction de la longueur totale (Lt) ou de la longueur céphalique (Lc) et leurs coefficients de corrélation (r) sont consignées dans la figure 10 (A, B, C) et les tableaux I, II et III (annexes). Tous les paramètres mesurés sont significativement corrélés à la longueur totale ou à la longueur céphalique. La plus faible corrélation est celle qui lie le diamètre de l'œil à la longueur céphalique.

Chez la population totale, l'isométrie de croissance concerne cinq cas : L_s/L_t ; L_f/L_t ; LP_p/L_t ; L_{pa}/L_t ; et L_{po}/L_c . L'allométrie majorante est mise en évidence pour les dimensions suivantes : L_c/L_t ; LP_d/L_t ; H_c/L_t ; H_{pc}/L_t ; E_{id}/L_t ; L_b/L_t ; LP_o/L_c ; E_c/L_t ; E_{io}/L_c ; L_m/L_c . L'allométrie minorante est notée pour deux paramètres : L_{pp}/L_t et D_o/L_c .

Chez les femelles les équations de régression montrent que L_s/L_t ; L_f/L_t ; L_c/L_t ; LP_p/L_t ; L_{pa}/L_t ; L_{po}/L_c ; E_{io}/L_c et L_m/L_c , présentent une croissance isométrique. L'allométrie minorante n'est mise en évidence que pour un seul paramètre (D_o) alors que tous les autres paramètres présentent une croissance plus rapide.

Chez les mâles, nous notons neuf cas d'isométrie : Ls/Lt ; Lf/Lt ; Lc/Lt ; LPp/Lt ; Lpp/Lt ; LPa/Lt ; Eio/Lc ; Hpc/Lt et Lm/Lc. L'allométrie minorante n'est vérifiée que dans un seul cas (LPd/Lt). L'allométrie des autres dimensions est majorante.

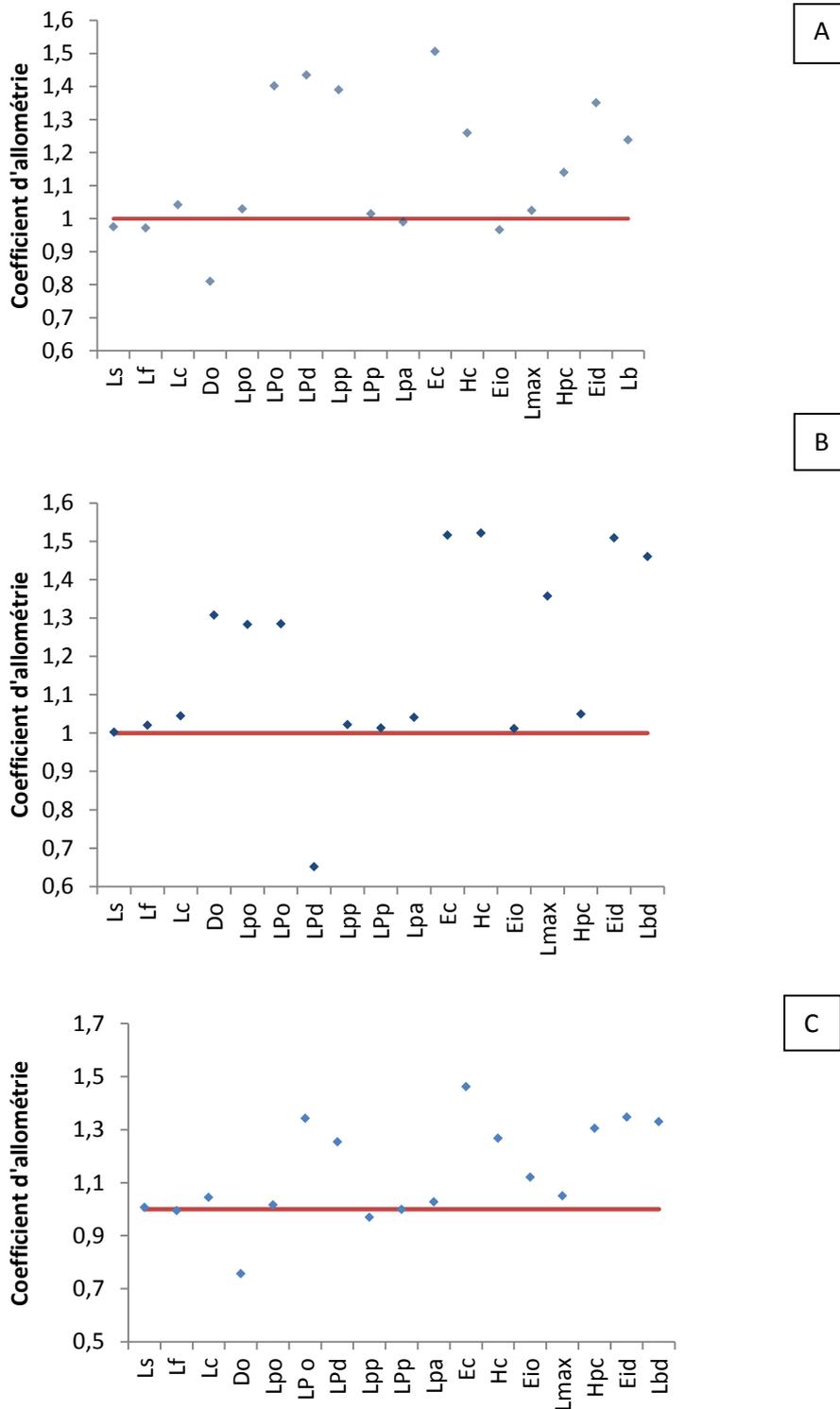


Figure 10. Variations du coefficient d'allométrie chez les femelles (A), les mâles (B) et la population totale (C) de *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie.

2.2. Dimorphisme sexuel

L'égalité des variances résiduelles entre les mâles et les femelles est confirmée par le test F. Les paramètres considérés ne montrent aucune différence significative, aussi bien au niveau des pentes des droites de régression que de leurs ordonnées à l'origine (Tab. 2).

Tableau 2. Comparaison de la pente des droites de régression chez les femelles et les mâles de *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie.

Fonction	Equation de régression Femelles	Equation de régression Mâles	Tpe		tpo	
			t _{obs}	t _{1-α/2}	t _{obs}	t _{1-α/2}
Lf = f (Lt)	0,972Lt - 0,019	1,021Lt - 0,079	1,002	2,16	0,01	2,16
Ls = f (Lt)	0,975Lt - 0,072	1,002Lt - 0,107	1,008	2,16	0,037	2,16
Lc = f (Lt)	1,042Lt - 0,688	1,045Lt - 0,696	-	2,16	-	2,16
LPd = f (Lt)	1,434Lt - 1,049	0,651Lt - 0,137	-	2,16	-	2,16
LPp = f (Lt)	1,014Lt - 0,644	1,014Lt - 0,645	-	2,16	-	2,16
Lpp = f (Lt)	1,389Lt - 0,867	1,022Lt - 0,403	-	2,16	-	2,16
LPa = f (Lt)	0,990Lt - 0,276	1,041Lt - 0,344	-	2,16	-	2,16
Hc = f (Lt)	1,260Lt - 1,046	1,521Lt - 1,331	-	2,16	-	2,16
Hpc = f (Lt)	1,140Lt - 1,297	1,05Lt - 1,187	1,323	2,16	0,029	2,16
EC = f (Lt)	1,506Lt - 1,518	1,516Lt - 1,506	-	2,16	-	2,16
Eid = f (Lt)	1,351Lt - 1,362	1,509Lt - 1,649	-	2,16	-	2,16
Lbd = f (Lt)	1,239Lt - 1,083	1,461Lt - 1,336	-	2,16	-	2,16
DO = f (Lc)	0,810Lc - 0,434	1,308Lc - 0,517	-	2,16	-	2,16
LPo = f (Lc)	1,402Lc - 0,548	1,285 Lc - 0,487	-	2,16	-	2,16
Lpo = f (Lc)	1,029Lc - 0,408	1,283Lc - 0,461	-	2,16	-	2,16
EIO = f (Lc)	0,966Lc - 0,445	1,012Lc - 0,451	0,126	2,16	0,361	2,16
Lm = f (Lc)	1,025Lc - 0,481	1,357Lc - 0,607	-	2,16	-	2,16

2.3. Otolithométrie

Le test d'égalité des moyennes a confirmé la similitude métrique des deux otolithes sagittas droit et gauche (Fig. 11 ; Tab. IV, annexes). De ce fait, nous avons retenu pour l'étude biométrique la sagitta droite.

Les corrélations entre les différents paramètres étudiés (longueur, largeur, et poids de l'otolithe en fonction de la taille et/ou du poids somatique) sont très hautement significatives ($0,899 \leq r \leq 0,99$).

L'examen des paramètres métriques révèle que la longueur et la largeur de l'otolithe présentent une croissance majorante par rapport à la taille du poisson alors que son poids montre une croissance minorante par rapport au poids somatique.

Les équations de régression, les coefficients de corrélation et les types d'allométrie de croissance sont précisés dans le tableau V (en annexes) et exprimés graphiquement par la figure 12 (A, B et C).

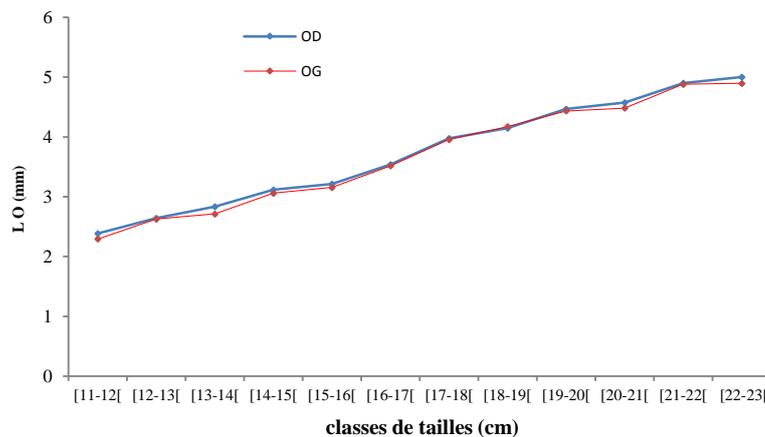


Figure 11. Similitude de la longueur des otolithes droits (OD) et gauches (OG) chez *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie.

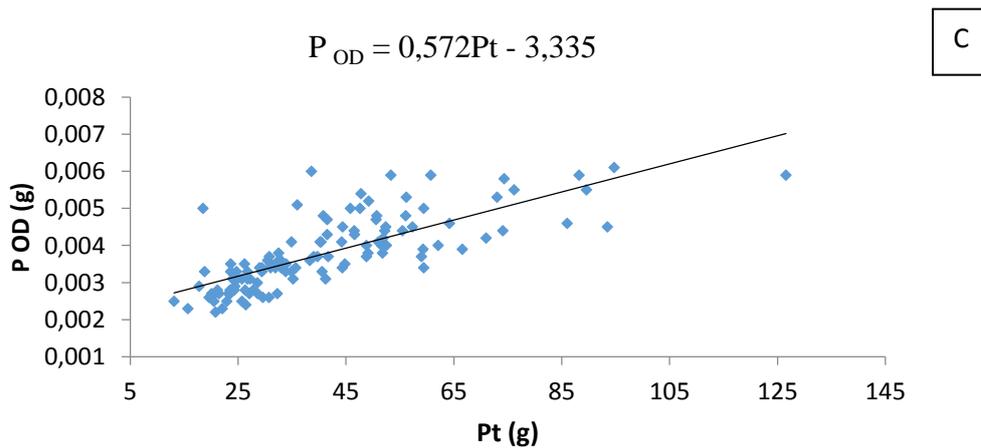
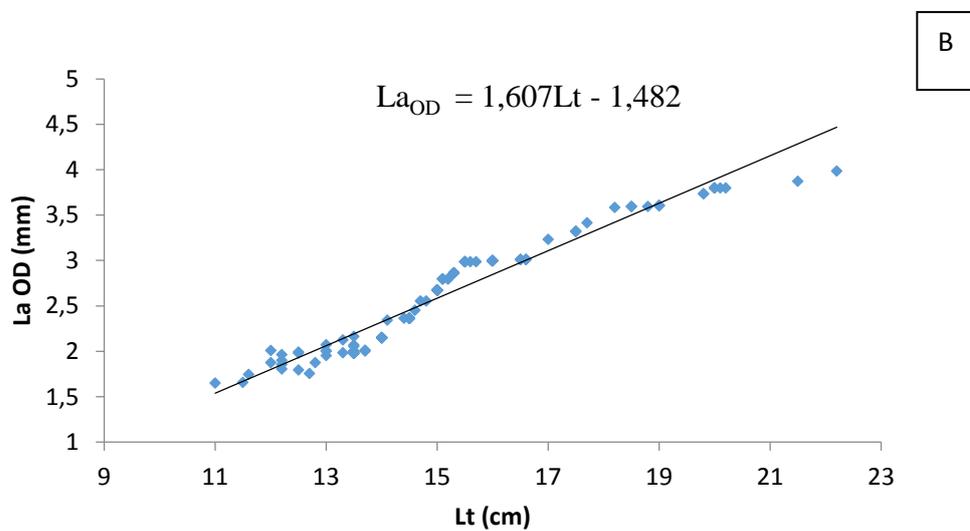
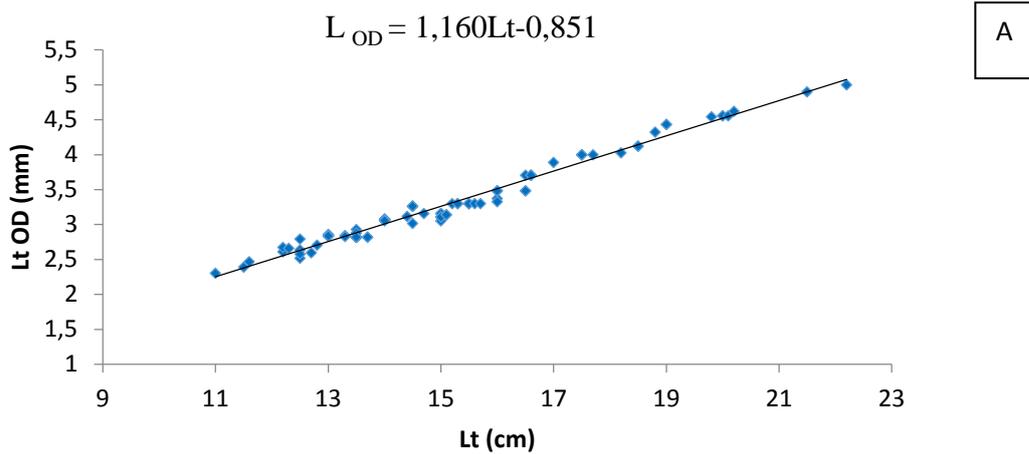


Figure 12. Droites de régression exprimant les relations biométriques entre l’otolithe droit et les différentes caractéristiques métriques et pondérales de *M. barbatus* des côtes Est de l’Algérie (A, B, C). (L_{OD} = longueur totale de l’otolithe droit ; La_{OD} = largeur de l’otolithe droit ; P_{OD} = poids total de l’otolithe droit).

3. DISCUSSION

Les caractères numériques considérés présentent des valeurs égales ou très proches de celles décrites par TURAN(2006) chez cinq espèces de mullidae (Tab. 3). La disparité dans le nombre de branchiospines peut être attribuée à la méthode de comptage qui diffère d'un auteur à un autre. Selon SWAIN et FOOTE (1999), le nombre de branchiospines pourrait varier sensiblement en fonction des habitudes alimentaires au cours du développement ontogénétique du poisson.

Les caractères métriques mesurés chez *M. barbatus*, sont significativement corrélés à la longueur totale (Lt) ou à la longueur céphalique (Lc). La plus faible corrélation est celle qui lie le diamètre de l'œil à la longueur céphalique. Chez la population totale, la majorité des caractères examinés (10/17) ont une croissance plus rapide (allométrie majorante). Ces résultats diffèrent de ceux obtenus chez les rougets du littoral oranais où l'allométrie majorante concerne uniquement deux caractères (LPo/Lc et Hc/Lt) (HEBBAR, 2013). Le diamètre de l'œil et la longueur post-pectorale présentent une croissance ralentie par rapport à la longueur de la tête. Le ralentissement puis l'arrêt de la croissance de l'œil est en fait un phénomène assez classique rencontré chez les téléostéens. Dwivedi (1964) a montré que le diamètre de l'œil peut varier sensiblement selon la taille et le sexe. Chez les rougets du littoral oranais, le ralentissement de croissance concerne quatre caractères (Lpd/Lt et Lc/Lt ; Do/Lc et Lpo/Lc) (HEBBAR 2013). En fonction du sexe, la croissance évolue d'une manière différente. Chez les femelles, le diamètre de l'œil a une croissance ralentie alors que chez les mâles elle est rapide et le ralentissement de croissance concerne la longueur pré-dorsale. La longueur post-orbitaire a une croissance majorante chez les mâles alors que chez les femelles elle présente une croissance isométrique. La croissance du pédoncule caudale est rapide chez les femelles alors qu'elle est isométrique chez les mâles. Chez les rougets du littoral oranais, la croissance en fonction du sexe, évolue également de manière différente (HEBBAR, 2013). En effet, l'étude morphométrique chez les mâles de ces spécimens, révèle un seul cas d'allométrie majorante (Hc/Lt), tous les autres caractères présentent un ralentissement de croissance, aucun cas d'isométrie n'a donc été enregistré. Chez les femelles l'isométrie de croissance a été observée chez trois caractères métriques (Lf/Lt, Ls/Lt et Lpa/Lt), l'allométrie majorante concerne uniquement deux cas (LPo/Lc et Hc/Lt.), les autres caractères ont une croissance ralentie (HEBBAR, 2013).

La comparaison des droites de régression ne montre aucune différence significative entre les longueurs des paramètres mesurés chez les mâles et les femelles. Des résultats similaires ont été observés chez les rougets du littoral oranais (HEBBAR, 2013). Toutefois chez ces derniers, le dimorphisme sexuel a été mis en évidence par l'analyse Anova (le test de Kruskal-Wallis), les mâles et les femelles peuvent être distingués par la hauteur du corps, la longueur totale, la longueur pré-dorsale et la longueur pré-anale (HEBBAR, 2013). Selon ARMSTRONG *et al.* (2003), les variations morphométriques entre les deux sexes suivent les variations environnementales formées principalement par les conditions chimiques et hydrauliques. En plus, ces différences peuvent être dues aussi à des différences de croissance, de mortalité et du taux de reproduction (SILVA, 2003 ; SPADELLA *et al.*, 2005). L'intervention de forces évolutives comme la sélection sexuelle pourraient avoir une importante influence sur les modèles de différenciation trouvés chez certaines espèces (D'ANATRO & LOUREIRO, 2005). Toutefois, le dimorphisme sexuel peut contribuer essentiellement à cette différence entre les sexes (PARENTI, 1981). Dans la pratique, il est difficile de distinguer le sexe à l'aide des caractéristiques morphologiques qui restent très proches.

L'absence de différences significatives entre les otolithes droit et gauche de *M. barbatus* a été démontrée. Cette similitude morphologique des sagittae est classique et déjà notée chez d'autres téléostéens (NOLF, 1985 ; CAMPANA, 1992 ; LOMBARTE, 1992 ; ARELLANO *et al.*, 1995 ; AGUIRRE et LOMBARTE, 1999 ; SLATNI, 2002). La longueur et la largeur de l'otolithe droit présentent une croissance majorante par rapport à la longueur totale du poisson, alors que son poids montre une croissance minorante. D'après LOUBENS (1978), l'otolithe jeune, relativement plat, s'accroît d'abord dans les trois dimensions. Peu à peu, la croissance en longueur et en largeur ralentit et peut même s'arrêter complètement. REZNICK *et al.* (1989), SECOR et DEAN (1989) et BAUMANN *et al.* (2005) ont démontré que les individus ayant une croissance somatique plus rapide présentent des otolithes de taille relativement plus petite que les individus à croissance somatique lente ou nulle. D'autres travaux ont montré que la taille relative des otolithes dépend de la température (MOSEGAARD *et al.*, 1988 ; OTTERLEI *et al.*, 2002). En outre, les changements ontogéniques peuvent également influencer sur la relation taille de l'otolithe – taille de l'individu (WRIGHT *et al.*, 1990).

Tableau 3. Comparaison des valeurs des caractères numériques chez cinq espèces de mullidae.

Espèce	RD 1	RD 2	RA	BR
<i>Mullus barbatus</i>	8	9	7	23-25
<i>Mullus surmuletus</i>	8	9	7	24-25
<i>Upeneus moluccensis</i>	8	9	7	25-27
<i>Upeneus pori</i>	7	8-9	8-9	25-29
<i>Présente étude</i>	8	9	8	13-25

CONCLUSION

L'étude biométrique de *M. barbatus* a montré que les valeurs numériques obtenues sont proches ou égales de celles rapportées par la littérature. L'ensemble des paramètres métriques mesurés sont significativement corrélés à la longueur totale ou à celle de la tête. Chez la population totale, 10 caractères métriques présentent une allométrie majorante. L'allométrie est minorante pour le diamètre de l'œil et la longueur post-pectorale. L'allométrie majorante domine également chez les femelles suivie par l'isométrie de croissance. Chez les mâles, 9 caractères métriques présentent une isométrie de croissance et 7 caractères présentent une croissance rapide. L'allométrie minorante n'est observée que pour un seul cas chez les deux sexes. Aucune différence significative entre les longueurs des paramètres mesurés chez les mâles et les femelles n'a été observée. La longueur (Lo) et la largeur (Lao) des otolithes sagitta sont significativement corrélées à la longueur totale du poisson et montrent une croissance majorante. Le poids (Po) de ces structures osseuses est lui aussi corrélé au poids du poisson avec lequel il présente une allométrie minorante.

Ces données morphométriques constituent une référence régionale utile pour une éventuelle recherche de populations différentes au sein de l'espèce *M. barbatus* dans son aire de distribution géographique.

CHAPITRE III :

AGE ET CROISSANCE

CHAPITRE III :

AGE ET CROISSANCE

INTRODUCTION

L'estimation de l'âge et de la croissance est indispensable pour une meilleure connaissance de la dynamique des populations et la gestion des stocks (CASSELMAN, 1987 ; BACHA et CHAUVELON, 1990 ; CAILLIET *et al.*, 2001). Plusieurs procédés sont susceptibles d'être employés pour l'étude de l'âge chez les poissons, chacun présentant des avantages et des inconvénients. La méthode des filiations modales (technique de Petersen) est basée sur l'analyse des distributions des fréquences des tailles. Elle consiste à suivre dans le temps le déplacement des modes des histogrammes des fréquences des tailles des cohortes sur l'axe des longueurs (BENECH, 1975 ; LALEYE, 1995). La méthode de capture-marquage-recapture est basée sur le marquage individuel de spécimens dont la recapture fournira les informations voulues sur la croissance pendant un laps de temps donné (PHILIPPART, 1975). Cette opération nécessite la connaissance de l'âge de l'individu lors de la première capture et le nombre de poissons repris doit être suffisant afin de permettre une estimation correcte de la croissance (MERONA et ECOUTIN, 1979).

La méthode sclérochronologique consiste en une estimation de l'âge à partir des marques enregistrées et conservées par les tissus durs chez les animaux, plus particulièrement les écailles (la scalimétrie), les otolithes (l'otolithométrie), les rayons épineux des nageoires et les vertèbres (la squelettochronologie) (BAGLINIERE *et al.*, 1992 ; PANFILI *et al.*, 2002). Les animaux subissent des variations de croissance saisonnières qui s'inscrivent sur toutes les formations osseuses sous forme de zones de croissance rapide et des zones de croissance lente.

L'étude de la croissance de *Mullus barbatus* a fait l'objet de beaucoup de travaux (GHARBI et KTARI, 1981 ; CHERIF *et al.*, 2007 ; ARSLAN et İSMEN, 2014 ; KINACIGIL *et al.*, 2001 ; AKYOL *et al.*, 2000 ; TOGULGA et MATER 1992 ; TOKAÇ et GURBET, 1992 ; SÜER, 2008 ; ÇELIK et TORC, 2000 ; VRANTZAS *et al.*, 1992 ; VASSILOPOULOU, 1992 ; VASSILOPOULOU et PAPANASTASIOU 1992 ; AKYOL et ÖZEKINCI, 2000 ; ÖZBILGIN *et al.*, 2000). Le travail présenté ici, fournit les premières données sur la croissance du rouget de vase des côtes Est d'Algérie. La

détermination de l'âge s'est effectuée en utilisant l'otolithométrie. Nous avons écarté l'approche scalimétrique au profit des otolithes parce que les écailles ont tendance à se détacher facilement.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Etude de l'âge

1.1.1. Otolithes et otolithométrie

Les otolithes des poissons se présentent sous la forme classique de trois paires de concrétions calcifiées situées dans le labyrinthe de l'oreille interne du poisson : la lapillus, l'astericus et la sagitta. Ces pièces minéralisées, véritables "boîtes noires des poissons téléostéens" (LECOMTE-FINIGER, 1999), renferment des informations précieuses permettant de reconstruire l'histoire individuelle du poisson. Pour l'estimation de l'âge, les sagittae sont souvent utilisées, car elles sont généralement les plus grandes. Les sagittae des rougets barbets sont de forme elliptique, forme classique chez les Perciformes, arrondie sur le bord postérieur et effilée antérieurement. Elles ont des bords lisses, et sont médio-latéralement plates. Leur face interne est convexe et porte un sillon antéro-postérieur (le *sulcus acusticus*) et leur face externe est concave (N'DA, 1992 ; AGUIRRE et LOMBARTE, 1999). Dans la partie antérieure de l'otolithe, une différence bien définie dans le *rostrum* et l'*antirostrum* délimite l'ostiole *excisura*. Le *sulcus acusticus* est de type homosulcoïde (SCHWARZHANS, 1980), c'est-à-dire qu'il n'a pas d'ostiole *colliculum* (AGUIRRE et LOMBARTE, 1999).

1.1.2. Prélèvement et examen des otolithes

Le prélèvement des otolithes s'est effectué sur un échantillon de 500 individus de longueur totale comprise entre 10 et 22 cm. Seulement 303 paires ont été utilisées pour étudier la croissance à cause des difficultés rencontrées lors de la lecture d'âge (opacité des otolithes).

Une fois placés dans une goutte d'eau, les otolithes ont été photographiés avec une caméra numérique (Infinity Lite 0,5X) fixée sur une loupe binoculaire, le tout permettant de visualiser sur un écran de PC à haute résolution, les images de ces pièces. Par la suite, toutes les images ont été calibrées, puis les mensurations et la quantification d'âge ont été prises avec une précision de 0,001 mm en utilisant le logiciel TNPC (Traitement Numérique des Pièces Calcifiées) (Version 5) (FABLET et OGOR, 2005) développé par l'Ifremer.

1.2. Lecture d'âge

1.2.1. Relation entre la longueur du poisson et le rayon de l'otolithe

Les mesures biométriques réalisées sur les sagitta ont permis d'étudier la périodicité d'apparition des anneaux par l'intermédiaire de la relation entre le rayon de l'otolithe et la longueur totale du poisson. Les différentes mesures sont prises en respectant une direction définie qui passe par le centre du noyau et le sommet du dôme dorsal au niveau du champ ventral. Le long de cette direction, le rayon de l'otolithe (R) est mesuré du centre du noyau au sommet du dôme dorsal.

Pour connaître le mode d'association de ce dernier avec la longueur du poisson, nous avons calculé le coefficient de corrélation « r ». Par la méthode des moindres carrés, nous avons calculé l'équation de la droite représentative de tous les points à partir de 303 couples de données. L'équation est déterminée en utilisant l'expression suivante :

$$L_t = aR + b \quad \text{avec :}$$

L_t : longueur totale du poisson ;

R : rayon total de l'otolithe ;

a : pente de la droite de régression ;

b : ordonnée à l'origine de la droite de régression.

Une fois le rayon de l'otolithe connu, le passage à la taille du poisson devient facile et inversement.

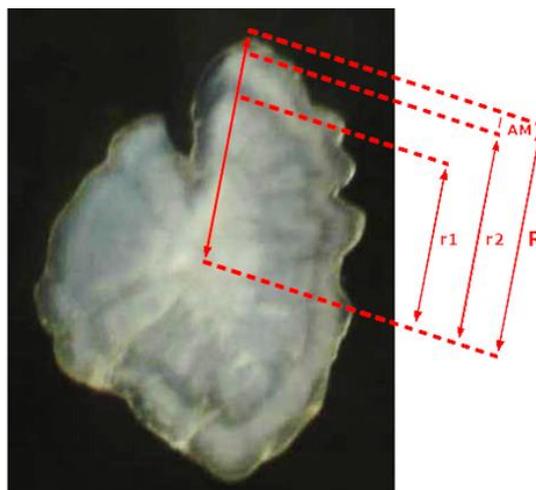


Figure 13. Mesures otolithométriques effectuées sur la sagitta de *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie. (AM : accroissement marginal, R : rayon de l'otolithe, r_1 et r_2 : rayons du premier et deuxième anneau opaque).

1.2.2. Périodicité de la formation de l'anneau d'arrêt de croissance

La plupart des poissons de milieux tempéré et boréal forment un seul anneau pendant l'hiver (GUEGUEN, 1969). La périodicité d'apparition des anneaux d'arrêt de croissance sur les otolithes a été vérifiée en calculant l'accroissement entre la dernière et l'avant-dernière strie ou l'allongement marginal (A.M.) :

$$AM = \frac{(R - R_n)}{(R_n - R_{n-1})} \quad \text{avec :}$$

AM : accroissement marginal de l'otolithe (mm).

R : rayon total de l'otolithe (mm).

R_n : rayon du dernier anneau opaque formé (mm).

R_{n-1} : rayon de l'anneau qui précède R_n (mm).

La chronologie de l'apparition des anneaux d'arrêt de croissance a été déterminée par la simple mesure de l'allongement marginal (AM) et son suivi mensuel. Il est mesuré à l'aide de TNPC et correspond à la distance entre le dernier anneau opaque et l'extrémité de l'otolithe (STEQUERT, 1971). Cet accroissement est maximal immédiatement avant la formation du $(n + 1)$ ième anneau, c'est à dire au moment de la reprise de la croissance. Dans notre étude, la croissance marginale a été suivie pendant un cycle annuel. L'ANOVA a été utilisée pour comparer les valeurs moyennes de la croissance marginale.

1.2.3. Détermination de l'âge par la méthode de rétrocalcul

Après avoir démontré l'existence d'une relation linéaire entre le rayon total de l'otolithe et la longueur totale du poisson, nous avons utilisé la formule de LEA (1910) dont le principe est le suivant : chaque fois qu'une zone de moindre croissance s'inscrit sur l'écaille ou l'otolithe, la distance du nucleus ou du noyau à cette zone est proportionnelle à la longueur du poisson lors de la formation de cette dernière.

Si « r_i » représente le rayon de l'otolithe à l'époque « i » de formation du « i ème » anneau, la taille « L_i » du poisson atteinte à cette époque lui est reliée par l'expression :

$$\frac{l_i}{r_i} = \frac{L}{R} \quad \text{d'où} \quad l_i = L \cdot \left(\frac{r_i}{R} \right) \quad \text{avec :}$$

L : longueur (en mm) mesurée au moment de la capture.

R : rayon (en mm) de l'otolithe.

LEE (1912) pense que le raisonnement de LEA n'est pas représentatif de la réalité puisque le poisson a déjà une certaine taille lorsque l'écaille apparaît. Il rectifie l'équation de LEA par un terme correctif "b" correspondant à la taille du poisson au moment de la formation de ses écailles. La nouvelle équation est alors :

$$l_i = L \cdot \left(\frac{r_i}{R} \right) + b$$

La valeur de "b" est égale à l'ordonnée à l'origine de la droite de régression exprimant la relation entre le rayon de l'otolithe et la taille du poisson.

1.3. Modélisation de la croissance

1.3.1. Croissance linéaire absolue

De nombreux modèles mathématiques traduisant la croissance en longueur des poissons d'une population en fonction de leur âge existent à ce jour. Le modèle le plus couramment employé pour l'étude des populations de poissons est le modèle de VON BERTALANFFY (1938) qui est fondé sur des considérations biologiques théoriques relatives au métabolisme des organismes. L'expression mathématique représentant l'équation de la croissance linéaire absolue est la suivante :

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

L_t : longueur totale à l'âge t (cm).

L_∞ : longueur asymptotique ou longueur théorique maximale (cm).

K : taux de croissance ou coefficient instantané de la croissance ($K > 0$).

t_0 : âge théorique (année) que le poisson aurait eu à la taille zéro ($L_t = 0$).

t: âge.

La détermination des paramètres L_∞ , k et t_0 est réalisée par la méthode de FORD-WALFORD (1946) en utilisant le programme FISAT II (GAYANILO *et al.*, 1996). L'indice de performance de croissance (ϕ) a été calculé pour comparer nos résultats avec ceux obtenus dans différentes régions. Il a été déterminé par la formule de PAULY et MUNRO (1984) :

$$\phi = \log k + 2 \log L_\infty.$$

1.3.2. Croissance relative ou relation taille-poids

L'étude de la croissance relative permet de vérifier l'existence d'une corrélation liant le poids à la taille du poisson et de modéliser la relation. Si le poisson garde la forme générale et le même poids durant toute son existence, son poids sera proportionnel au cube de sa longueur. Donc, la relation liant la taille au poids est une fonction exponentielle de forme :

$$P = a.L^b \text{ avec :}$$

P: poids éviscéré (g).

L: longueur totale (cm).

a: constante.

b: coefficient d'allométrie.

Linéarisée, cette relation devient :

$$\text{Log } P = \text{Log } a + b \text{ Log } L$$

La valeur du coefficient b est comparée statistiquement à $b_0 = 3$ au seuil $\alpha = 5\%$, à l'aide d'un test t de Student (DAGNELIE, 1975) selon la formule suivante:

$$t_{\text{obs}} = \frac{|b^2 - b_0^2| \sqrt{n-2}}{2b_0 \cdot b \sqrt{1-r^2}} \text{ avec :}$$

n: effectif.

b: pente.

r: coefficient.

b_0 : pente théorique (= 3).

La valeur de t_{obs} est comparée à celle de "t" théorique: $t_{1-\alpha/2}$ (donnée par le test de Student) où α représente le seuil de confiance au risque d'erreur de 5 % pour n - 2 degré de liberté. Trois cas peuvent alors se présenter: Si $b < 3$: cas d'allométrie minorante; si $b = 3$: cas

d'isométrie et si $b > 3$: cas d'allométrie majorante. Pour éviter les aléas pondéraux dus aux contenus stomacaux, nous avons considéré le poids éviscéré "P_e".

1.3.3. Croissance pondérale absolue

Connaissant tous les paramètres de l'équation de VON BERTALANFFY et le coefficient d'allométrie "b", nous avons calculé le poids théorique à chaque âge. L'équation de la croissance pondérale absolue s'écrit de la manière suivante :

$$P_t = P_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})^b \text{ avec :}$$

P_t: poids total du poisson à l'âge t (g).

P : poids asymptotique ou poids théorique maximal (g).

b: pente de la droite exprimant la relation taille-poids.

K et t₀ sont identiques à ceux de l'équation de la croissance linéaire absolue.

2. RÉSULTATS

2.2. Etude de l'âge

2.2.1. Relation entre la longueur du poisson et le rayon de l'otolithe

La régression linéaire de la longueur totale du poisson (L_t) en fonction du rayon de l'otolithe (R) est exprimée par l'équation suivante: $L_t = 97,16 R + 10,30$ ($r = 0,82$), où la valeur de l'ordonnée à l'origine ($b = 10,30$ mm) correspond à la longueur du poisson lorsque le rayon de l'otolithe est nul, c'est-à-dire lors de l'apparition des otolithes.

2.2.2. Périodicité de la formation de l'anneau d'arrêt de croissance

L'évolution de l'allongement marginal des otolithes au cours d'un cycle annuel montre que la valeur la plus élevée est observée en juillet ($AM = 0,61 \pm 0,10$) mm. Cette valeur est ensuite suivie d'une chute brusque en août ($AM = 0,39 \pm 0,06$). La comparaison des valeurs moyennes mensuelles de l'accroissement marginal des otolithes par le test de l'ANOVA montre une différence très hautement significative entre ces valeurs ($F = 2,011$, $P < 0,05$) (Tab. VI, annexes).

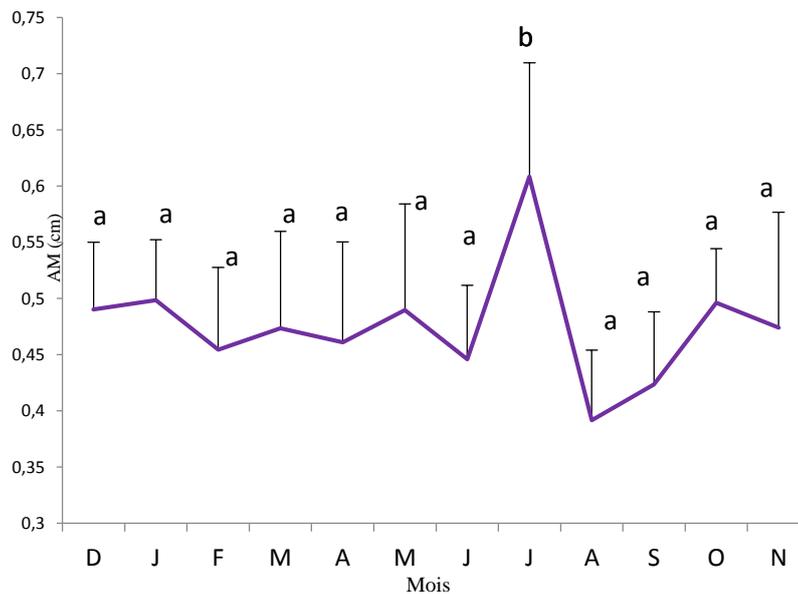


Figure 14. Variations mensuelles de l'accroissement marginal (AM)(mm) calculé à partir des otolithes chez la population totale de *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie. La différence des lettres indique une différence significative entre les points.

2.2.3. Calcul des tailles moyennes aux différents âges (rétrocalcul)

Le tableau 4, traduit l'allure générale de la distribution des longueurs totales individuelles d'après la lecture des otolithes. Les tableaux 5, 6 et 7, résument les résultats des longueurs moyennes rétrocalculées pour chaque âge chez les sexes confondus, les mâles et les femelles de *M. barbatus* pour un effectif de 303 otolithes dont 112 mâles, 128 femelles et 63 immatures. L'échantillon analysé est constitué en majorité d'individus des groupes d'âge 2 (74,26 %) et d'âge 3 (20,79 %), tandis que les individus d'âge 1 (1,32 %) et 4 (3,63 %) sont plus rares.

La comparaison statistique des longueurs obtenues par le rétrocalcul entre les mâles et les femelle montre une différence significative pour les individus d'âge 2 ($t_{\text{obs}} = 3,849$; $P < 0,05$). Aucune différence significative n'est observée pour les individus d'âge 3 ($t_{\text{obs}} = 0,528$; $P = 0,614$).

Tableau 4. Distribution des classes de tailles de *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie à partir de la lecture des otolithes (Im : immatures ; M : mâles ; F : femelles).

Classe de taille	Age 1			Age 2			Age 3			Age 4			Effectif total
	Immat	F	M	Immat	F	M	Immat	F	M	Immat	F	M	
[10 - 11[	2	-	-										2
[11 - 12[	2	-	-	1	-	-							3
[12 - 13[				9	7	15							31
[13 -14[				11	7	26							44
[14 -15[				17	10	25							52
[15 -16[				15	18	25							58
[16 -17[				6	20	13	-	4	2				45
[17 -18[							-	20	4				24
[18 -19[							-	13	2				15
[19-20[							-	10	-	-	2	-	12
[20 -21[								7		-	7	-	14
[21 -22[								1		-	2	-	3
Effectif total	4	0	0	59	62	104	0	55	8	0	11	0	303
Lt moyenne	10.65	-	-	13.61	13.94	13.52	-	18	16.77	-	20.47	-	
Ecartype	0.723	-	-	1.19	1.197	0.697	-	0.78	0.306	-	0.778	-	
Pev moyen	10.3	-	-	24.57	30.06	24.99	-	68.59	35.25	-	88.22	-	
Ecartype	1.68	-	-	7.81	8.24	8.44	-	18.99	3.20	-	15.07	-	

Tableau 5. Longueur moyenne corporelle (cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance à partir des otolithes chez les sexes confondus de *M. barbatus* des côtes Est de l'Algérie. (M : moyenne, Et : écart-type, N : effectif, Lt : Longueur totale).

Age		Lt1	Lt2	Lt3	Lt4
1	N	4			
	M	9.27			
	E	0.07			
2	N	225	225		
	M	10.37	12.66		
	E	1.10	1.16		
3	N	63	63	63	
	M	11.08	13.59	16.05	
	E	1.30	1.07	1.01	
4	N	11	11	11	11
	M	12.32	15.58	17.70	19.35
	E	1.20	1.18	0.91	1.14
Total	N	303	303	303	303
	M	10.59	13.04	16.33	19.35
	E	1.19	1.33	1.14	1.14

Tableau 6. Longueur moyenne corporelle (cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance à partir des otolithes des femelles de *M. barbatus* des côtes Est de l'Algérie. (M : moyenne, Et : écart-type, N : effectif, Lt : Longueur totale).

Age	Lt1	Lt2	Lt3	Lt4
II	N 62	62		
	M 10.08	12.5		
	E 0.95	1.42		
III	N 55	55	55	
	M 11.31	13.78	16.35	
	E 1.30	1.07	1.01	
IV	N 11	11	11	11
	M 12.31	15.58	17.69	19.35
	E 1.19	1.176	0.91	1.14
Total	N 128	128	128	128
	M 10.99	13.95	16.64	19.35
	E 1.17	1.38	1.08	1.14

Tableau 7. Longueur moyenne corporelle (cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance à partir des otolithes des mâles de *M. barbatus* des côtes Est de l'Algérie. (M : moyenne, Et : écart-type, N : effectif, Lt : Longueur totale).

Age	Lt1	Lt2	Lt3
II	N 104	104	
	M 9.79	11.72	
	Et 1.04	0.96	
III	N 8	8	8
	M 7.83	13.03	15.31
	Et 0.87	1.07	0.48
Total	N 112	112	112
	M 10.51	12.46	15.31
	Et 1.03	0.97	0.48

2.2. Modélisation de la croissance

2.2.1. Croissance linéaire absolue

L'application du modèle de VON BERTALANFFY aux couples âge-longueur s'exprime par les équations suivantes :

Sexe	Equation
Sexes confondus	$Lt = 22,44 (1 - e^{-0,55 \cdot (t + 0,36)})$
Femelles	$Lt = 25,84 (1 - e^{-0,39 \cdot (t + 0,44)})$
Mâles	$Lt = 17,15 (1 - e^{-0,9 \cdot (t + 0,22)})$

Les valeurs théoriques des longueurs correspondant à chaque âge sont représentées graphiquement dans la figure 15 (Tab.VII, annexes). Chez les sexes confondus, la taille maximale théorique ($L_t = 19,90$ cm) concorde parfaitement avec la longueur maximale observée ($L_t = 19,35$ cm). Chez les femelles ($L_t = 21,27$ cm), et les mâles ($L_t = 16,20$ cm), elle est plus élevée ($L_t = 19,35$ cm et $15,31$ cm respectivement).

Les accroissements linéaires moyens annuels, montrent un allongement corporel notable au cours de la première année de vie au bout de laquelle une taille de $11,42$; $11,1$ et $11,07$ est atteinte chez les mâles, les femelles et les sexes confondus respectivement. Ensuite les allongements corporels tendent à diminuer progressivement.

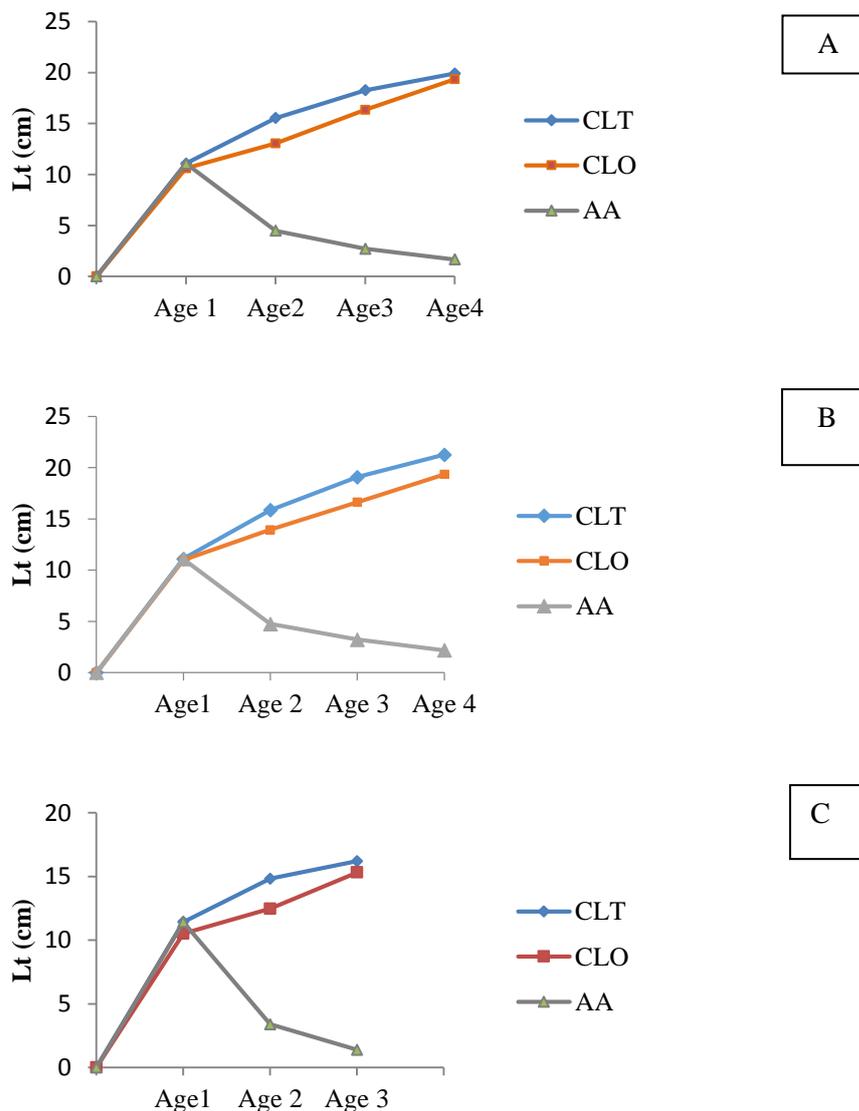


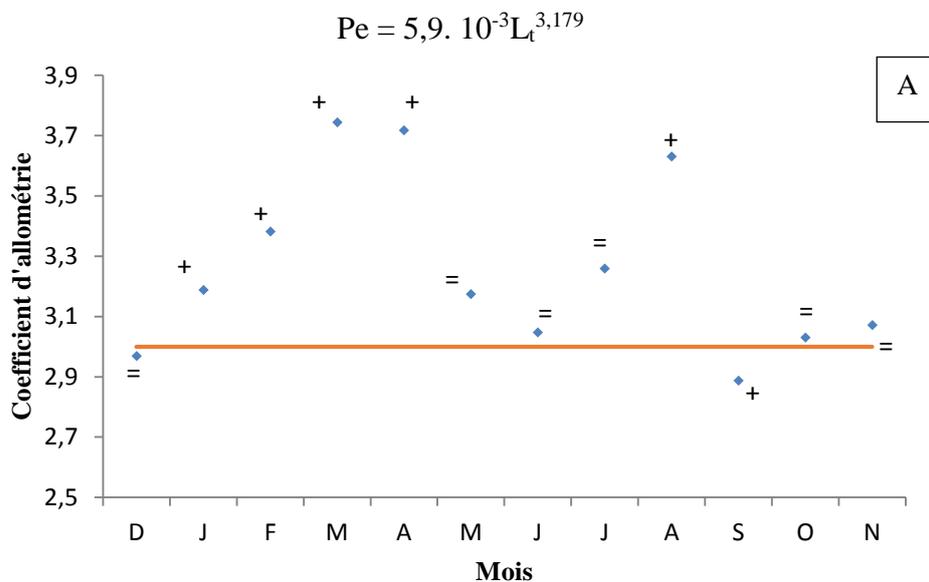
Figure 15. Croissance linéaire observée (CLO), théorique (CLT) et accroissement linéaire théorique (AA) chez les sexes confondus (A), les femelles (B) et les mâles (C) de *M. barbatus* des côtes Est de l'Algérie.

2.2.2. Croissance relative ou relation taille-poids

La relation liant le poids du poisson à sa longueur chez la population totale est exprimée par la relation $P = 5,9 \cdot 10^{-3} L_t^{3,179}$, avec un coefficient de corrélation $r = 0,99$. Le coefficient d'allométrie (3,179) est significativement supérieur à 3 au risque d'erreur 5 %. L'allométrie entre la taille et le poids est majorante, traduisant ainsi une croissance pondérale plus rapide que la croissance linéaire (Fig.16 A ; Tab. VIII, annexes). Toutefois une isométrie de croissance est constatée pendant les mois de décembre ($b = 2,969$), mai ($b = 3,175$), juin ($b = 3,048$), juillet ($b = 3,260$), octobre ($b = 3,031$) et novembre ($b = 3,072$).

Chez les femelles, la croissance est isométrique pour la majorité des mois, alors qu'elle est minorante en février, et majorante en janvier. Globalement, la relation taille-masse est fortement corrélée ($r = 0,974$), avec une allométrie majorante ($b = 3,206$; $P \leq 0,05$) (Fig.16 B ; Tab. IX, annexes).

Nous avons également noté l'existence d'une étroite relation liant le poids éviscéré à la longueur totale des mâles ($r = 0,953$). Globalement, le poids croît plus vite que la taille ($b = 3,541$; $P \leq 0,05$). L'isométrie de croissance est toutefois signalée pendant 8 mois (Fig.16 C ; Tab. X, annexes).



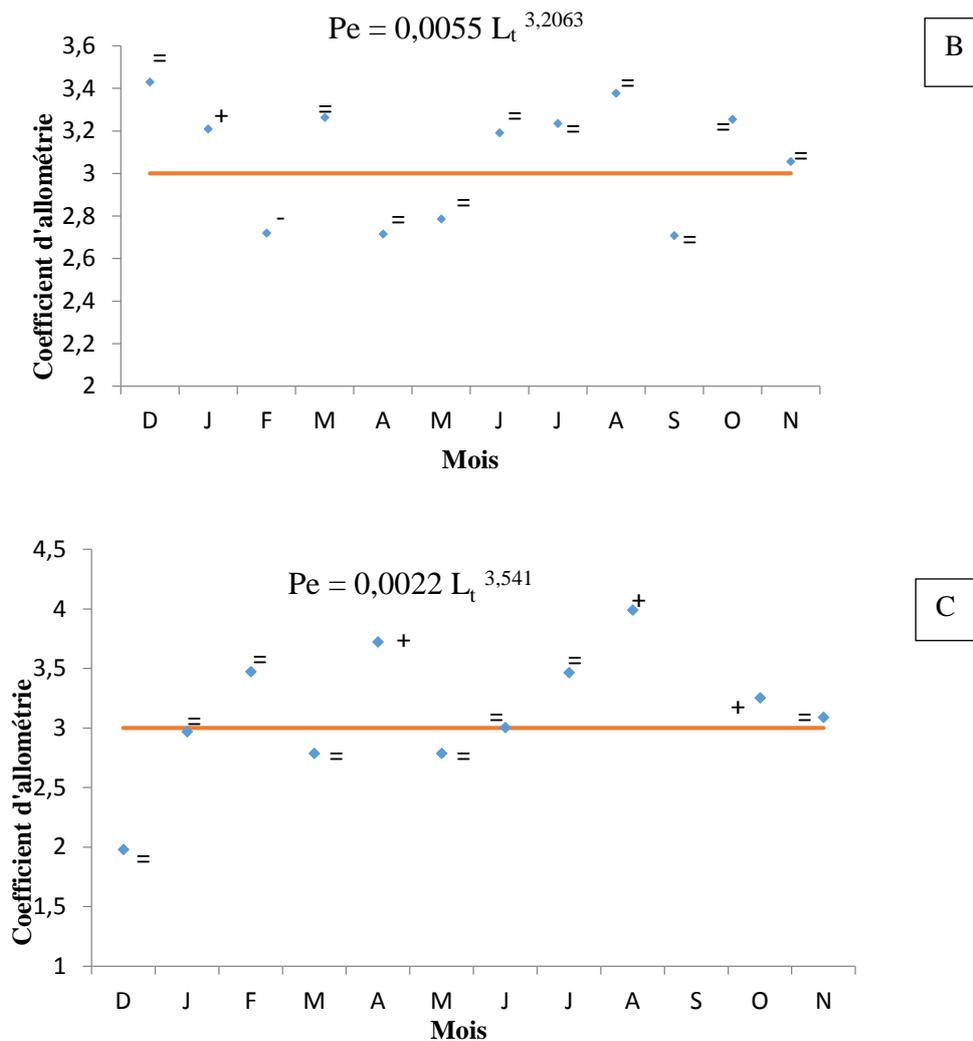


Figure 16. Variations mensuelles des coefficients d'allométrie de la relation taille-masse chez la population totale (A), les femelles (B) et les mâles (C) de *Mullus barbatus* des côtes Est de l'Algérie. (+ : allométrie majorante, - : allométrie minorante, = : isométrie).

2.2.3. Croissance pondérale absolue

Connaissant le coefficient d'allométrie de la relation taille poids et les paramètres du modèle de VON BERTALANFFY (L_{∞} , K et t_0), les courbes de croissance pondérale absolue sont représentées graphiquement par la figure 17 (A, B et C) et exprimées par les équations suivantes :

Sexe	Equation
Sexes confondus	$P_e = 117,78 (1 - e^{-0,55 \cdot (t + 0,36)})^{3,18}$
Femelles	$P_e = 187,53 (1 - e^{-0,39 (t + 0,44)})^{3,21}$
Mâles	$P_e = 52,66 (1 - e^{-0,9(t+0,22)})^{3,54}$

Les poids éviscérés asymptotiques P_{∞} chez les mâles, les femelles et les sexes confondus (52,66 g, 187,53 g ; 117,78 g respectivement) sont supérieurs aux poids éviscérés maximaux échantillonnés (44,31g ; 88,22 g ; 88,22 g respectivement). Le poids et l'accroissement annuel théoriques correspondant à chaque âge sont calculés (Tab. XI, annexes), et représentés graphiquement par la figure 17 (A, B et C).

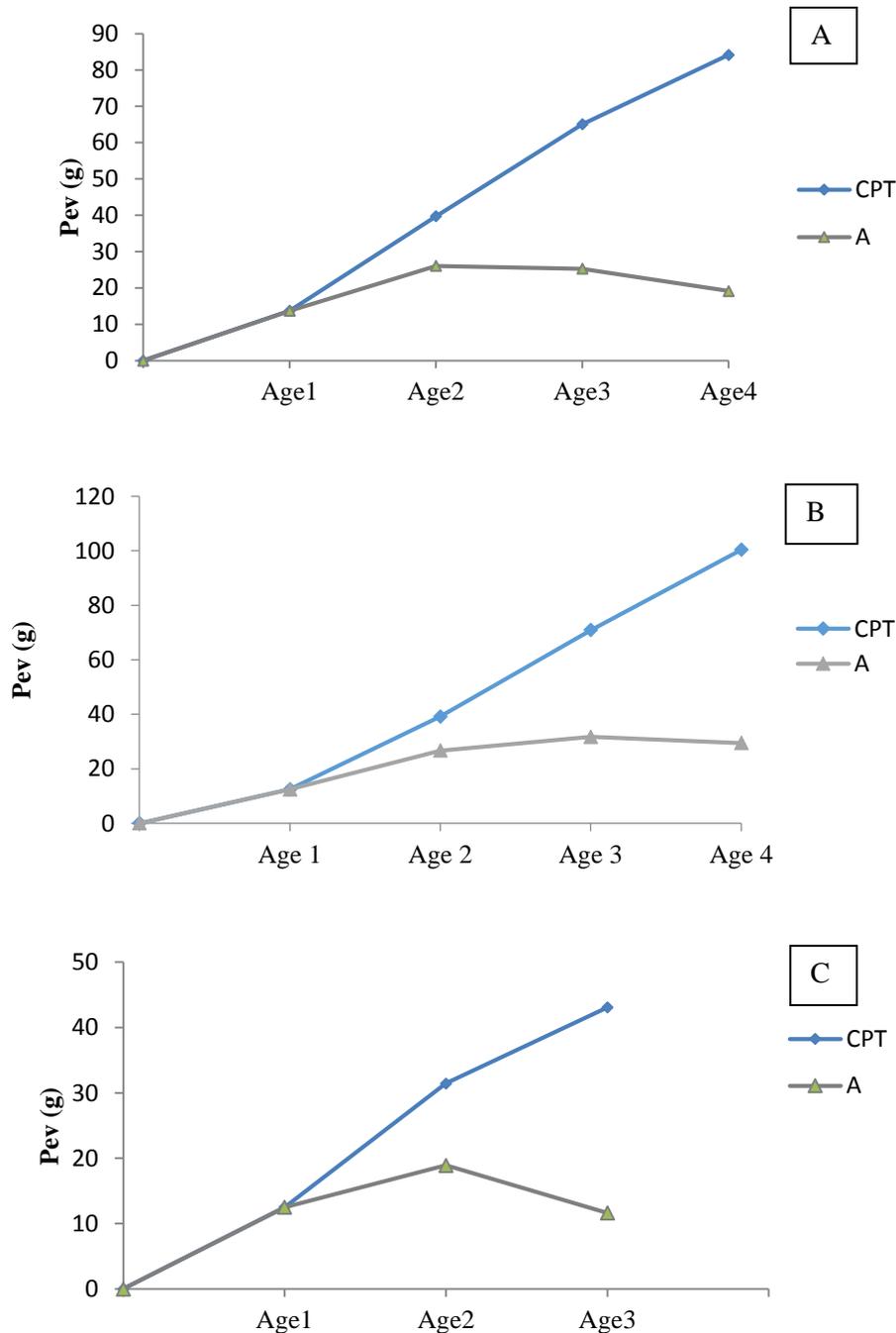


Figure 17. Croissance pondérale théorique (CPT) et accroissement pondéral théorique (A) chez les sexes confondus (A), les femelles (B) et les mâles (C) de *M. barbatus* des côtes Est de l'Algérie.

3. DISCUSSION

Les valeurs de l'accroissement marginal des otolithes suggèrent la formation d'un seul anneau d'arrêt de croissance en juillet, devenant apparent en août. À l'inverse, on constate un ralentissement de l'allongement marginal de décembre à mars. Chez les rougets de vase du littoral Oranais, l'anneau se dépose en mars. (HEBBAR, 2013). Connaissant l'influence de la basse température de l'eau en période hivernale, dans la formation des marques squelettiques, le ralentissement de croissance observé en été chez l'espèce étudiée, peut être expliqué par certains facteurs. En effet, d'autres événements peuvent produire des anneaux identiques aux anneaux annuels. Ces événements peuvent être : soit l'épanouissement du plancton ou des changements subits hors-saison de la température ou le déversement accidentel de polluants. Outre ces exemples, où les arrêts de croissance périodiques et réguliers peuvent être mis en relation avec des facteurs exogènes, il existe des cas où la formation de nombreuses marques ne peut être reliée à des variations environnementales ou à une fonction physiologique précise comme la reproduction. Ce phénomène est observé dans les milieux les plus stables, comme les grands lacs équatoriaux et chez des espèces animales marines tel l'ange de mer, *Squatina calzjmzica*. En effet chez cette espèce (MEUNIER, 1988), les marques de croissance n'ont aucun caractère saisonnier annuel. Dans ces cas, ce rythme apparaît lié uniquement à la croissance somatique ; il serait donc essentiellement sous contrôle endogène et correspondrait à des nécessités physiologiques. Les facteurs du milieu joueraient seulement alors le rôle de régulateurs de ces mécanismes endogènes.

La forte corrélation positive ($r = 0,82$) notée entre le rayon de l'otolithe et la longueur totale du poisson a autorisé le calcul des tailles aux différents âges. La taille des alevins lors de l'apparition des otolithes est de 10,30 mm. Il ne peut pas être possible de la comparer à sa valeur réelle, car nous n'avons jamais pêché des individus de très petite taille.

La population échantillonnée est composée de 4 groupes d'âge chez les femelles et 3 chez les mâles. Des résultats similaires ont été obtenus chez les spécimens de la baie d'Izmir (AKYOL *et al.*, 2000 ; KINACIGİL *et al.*, 2001) et le Déroit de Sicile (GANCITANO *et al.*, 2012). Tandis que chez les rougets des côtes Ouest d'Algérie (HEBBAR, 2013), tunisiennes (GHARBI et KTARI, 1980) et de la mer Ionienne (TURCI *et al.*, 1994), l'âge maximum est de 5 ans. ARSLAN et İSMEN, 2014 ont signalé chez les rougets de la mer Egée, une longévité de 8 ans chez les femelles et 5 ans chez les mâles. STERGIUO *et al.* (1997) ont enregistré un âge maximum de 11 ans. La population échantillonnée est jeune, où les

individus d'âge 2 sont largement dominants (74,26 %). Des résultats similaires ont été obtenus chez les rougets barbet des côtes d'Adana (40,8 %) (TÜRELI et ERDEM, 1977). VASSILOPOULOU et PAPAConstantinou (1992) ont montré que les individus des groupes d'âge 1 et 2 sont dominants au nord de la mer Egée. Le modèle de VON BERTALANFFY rend parfaitement compte de la croissance : les tailles théoriques déterminées sont proches de celles obtenues par le rétrocalcul ou par le dénombrement des anneaux des otolithes. La comparaison des paramètres de croissance de VON BERTALANFFY entre les différentes régions est donnée par le tableau 7. Les paramètres de croissance obtenus dans la zone d'étude diffèrent de ceux enregistrés dans les autres régions (KINACIGIL *et al.*, 2001 ; AYDIN et KARADURMUS, 2013 ; AKYOL et ÖZEKINCI, 2000 ; ÇELIK et TORC, 2000 ; VRANTZAS *et al.*, 1992 ; VASSILOPOULOU, 1992 ; VASSILOPOULOU et PAPAConstantinou 1992 ; AKYOL et ÖZEKINCI, 2000 ; ÖZBILGIN *et al.*, 2004 ; SÜER, 2008 ; ARSLAN et İSMEN, 2014). La longueur asymptotique " L_{∞} " des femelles, est supérieure à celle des mâles, comme c'est le cas des rougets barbets de la mer noire (SÜER, 2008), du golfe Saranikos (KARLOU-RIGA et VRANTZAS, 1989) et de la Méditerranée centrale (VOLIANI *et al.*, 1995). Toutefois, chez les femelles des rougets de la mer Egée, la valeur de L_{∞} est inférieure à celle des mâles (ARSLAN et İSMEN, 2014). La plus grande valeur de la longueur asymptotique a été enregistrée chez les rougets de la mer Egée, sexes confondus (ARSLAN et İSMEN, 2014), et chez les femelles des rougets de la Méditerranée centrale (VOLIANI *et al.*, 1995). Par ailleurs, l'indice de performance de croissance (Φ), montre des valeurs élevées par rapport à celles obtenues dans d'autres secteurs, annonçant une croissance relativement rapide de la population locale. Le gain de croissance linéaire annuel est élevé durant la première année de vie, puis chute progressivement entre la deuxième et la quatrième année. Ce ralentissement de croissance coïncide avec l'âge de la première maturité sexuelle (2ans). La croissance relative globale indique une allométrie majorante pour la population totale ainsi que chez les deux sexes. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus chez *M. barbatus* des côtes tunisiennes (GHARBI et KTARI, 1981 ; CHERIF *et al.*, 2007), de la mer Egée (ARSLAN et İSMEN, 2014 ; KINACIGIL *et al.*, 2001 ; AKYOL *et al.*, 2000), de la baie d'Izmir (TOGULGA et MATER 1992 ; TOKAÇ et GURBET, 1992 ; KINACIGIL, 1994 ; GÖKÇE *et al.*, 2010 ; İLKYZAZ *et al.*, 2008, de la mer noire (SÜER, 2008). Toutefois, une allométrie minorante a été enregistrée chez les rougets de vase de la mer noire centrale (KALAYCI *et al.*, 2007).

Les valeurs de b supérieures à 3 indiquent que le poids du poisson augmente plus rapidement que sa longueur. Cette relation (taille-poids) est variable dans le temps sous l'influence de plusieurs facteurs biotiques et abiotiques, notamment l'habitat, l'effet secteur/saison, la vacuité stomacale, la maturité de la gonade, le sexe, l'embonpoint et le développement ontogénique des spécimens attrapés (TESCH, 1971 ; WOOTTON, 1998).

Tableau 8. Comparaison entre les paramètres de croissance de VON BERTALANFFY et les indices de performance de croissance (Φ) chez *M. barbatus* dans les différentes localités.

Source	Localité	Sexes	L_{∞}	K	t_0	Φ
Papaconstantinou (1992)	Mer Egée	M	22.7	0.25	-1.13	2.11
Vrantzas <i>et al.</i> (1992)	Saronikos(Grèce)	SC	23.5	0.51	-0.86	2.45
Vassilopoulou (1992)	Mer Egée	M	23.6	0.18	-3.01	2.00
Vassilopoulou et Papaconstantinou (1992)	Mer Egée	F	25.5	0.21	-2.13	2.14
Karlou-Riga and Vrantzas (1989)	Golfe de Saronikos	M	21.5	0.27	-2.10	-
		F	28.6	0.15	-2.09	-
Voliani <i>et al.</i> (1995)	Méditerranée centrale	F	29.2	0.68	-	-
		M	22	0.74	-	-
Çelik et Torc (2000)	Baied'Edremit	SC	26.1	0.13	-3.54	1.94
Akyol et Özekinci (2000)	Baie d'Izmir	SC	27.0	0.16	-2.05	2.08
Kinacgil <i>et al.</i> (2001)	Baie d'Izmir	SC	19.0	0.44	-0.78	2.20
Özbilgin <i>et al.</i> (2004)	Baie d'Izmir	SC	24.3	0.57	-0.35	2.52
Süer (2008)	Mer noire	M	25.3	0.54	-1.59	2.53
		F	29.4	0.08	-1.92	1.84
Aydın et Karadurmuş (2013)	Mer noire	SC	27.4	0.14	-2.35	2.02
Arslan et İşmen (2014)	Mer Egée	F	26.6	0.18	-1.75	2.11
		M	28.3	0.14	-2.39	2.06
		SC	28.7	0.16	-1.92	2.10
Présente étude	E. Algérie	F	25.84	0.39	-0.44	2.41
		M	17.15	0.9	-0.22	2.44
		SC	22.44	0.55	-0.36	2.40

CONCLUSION

La méthode otolithométrique utilisée pour l'estimation de l'âge de *M. barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie a conduit à des résultats satisfaisants. Le suivi de l'accroissement marginal des otolithes pendant un cycle annuel montre une discontinuité de la croissance où s'individualise une seule zone opaque par an, qui s'inscrit en aout à la fin de la période de reproduction. Le coefficient de corrélation entre la longueur totale et le rayon de l'otolithe est égal à 0,82, sa valeur hautement significative, nous a permis d'effectuer le rétrocalcul des tailles du poisson aux différents âges. 4 groupes d'âges ont été déterminés. La taille à l'apparition des otolithes correspond approximativement à 10,30 mm. Les valeurs observées et théoriques de la croissance linéaires et de la croissance pondérale sont très proches ce qui indique une description satisfaisante de la croissance par le modèle de VON BERTALANFFY. Le gain de croissance linéaire annuel est élevé durant la première année de vie, puis chute progressivement entre la deuxième et la quatrième année. La taille maximale théorique de cette espèce est de 16,20 cm pour les mâles, de 21,27 cm pour les femelles et de 19,90 cm pour la population globale. Ces tailles correspondent à des poids théoriques maximums respectifs de 43,07 g, 100,35 g et 84,18 g. La comparaison des paramètres de croissance du modèle de Von Bertalanffy et de l'indice d'importance de croissance (Φ), montre une croissance relativement rapide de la population locale par rapport aux populations d'autres localités de la Méditerranée. La croissance relative globale indique une allométrie majorante pour la population totale ainsi que chez les deux sexes.

CHAPITRE IV :
REPRODUCTION

CHAPITRE IV : REPRODUCTION

INTRODUCTION

L'étude de la reproduction constitue l'un des aspects les plus importants dans la connaissance de la biologie d'une espèce donnée, et dans le contrôle de l'état du stock exploité, son renouvellement et son évolution à travers le temps et l'espace.

Chez les poissons, comme chez la plupart des vertébrés, la reproduction est un phénomène cyclique dont la périodicité annuelle est souvent régie par les conditions environnementales qui agissent sur la maturation des gonades, sur le développement des caractères sexuels secondaires et sur le comportement des reproducteurs (DE VLAMING, 1974 ; BILLARD *et al.*, 1978; BURNS, 1985). Bien que le gonochorisme soit la règle générale chez la majorité des téléostéens, il existe des groupes de poissons qui passent au cours de leur développement par une phase transitoire d'intersexualité, ils sont alors qualifiés d'hermaphrodites.

Le rouget de vase est un poisson gonochorique. En absence de caractères phénotypiques permettant de mettre en évidence un dimorphisme sexuel apparent, la reconnaissance du sexe n'est possible que par l'examen des gonades.

Les informations relatives à la reproduction de *Mullus barbatus* sont disponibles dans différentes régions de la Méditerranée (GHARBI et KTARI, 1981 ; CHERIF *et al.*, 2007 ; ARSLAN et ISMEN, 2014 ; VOLIANI *et al.*, 1998 ; VASSILOPOULOU et PAPACONSTANTINO, 1992 ; PAPACONSTANTINO *et al.*, 1981 ; JUKIC et PICCIENTTI). Nous présentons ici les premières informations sur la biologie de la reproduction de *M. barbatus* des côtes de l'Est algérien, en particulier, la période de reproduction, les stades de maturation, la taille à la première maturité sexuelle, la sex-ratio et la condition.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Parmi les prélèvements mensuels effectués au cours d'un cycle annuel, 726 individus ont pu être utilisés pour étudier la reproduction.

1.1. Identification de la maturité

L'identification du stade de maturité sexuelle a été réalisée à l'échelle macroscopique. Les femelles de rouget barbet présentent des ovaires fusiformes. Au cours du

cycle sexuel, les ovaires se modifient dans leur aspect extérieur mais aussi en volume et en poids. De ce fait, il est possible de suivre leur évolution au cours du cycle en utilisant une échelle de développement (Tab. 9).

Tableau 9. Echelle macroscopique de la maturité sexuelle chez les femelles de rouget barbet (N'DA & DENIEL, 1993).

Stade de maturité	Ovogenèse	Caractéristiques des ovaires
I	Immatures	Ovaires fins ; blancs translucides à rosés ; se différencient difficilement des testicules.
II	Immatures en développement, adultes en repos sexuel	Ovaires peu volumineux ; coloration rosâtre à rouge ; vascularisation intense chez les immatures en développement.
III	Vitellogenèse	Ovaires volumineux ; coloration rosâtre à jaune pâle, richement vascularisés. Les ovocytes présentent un aspect granuleux.
IV	Ponte	Ovaires très volumineux, occupant toute la cavité abdominale ; coloration jaune pâle ; très vascularisés. Des ovules donnent à l'ensemble un aspect moucheté. La paroi ovarienne est relativement fine et transparente. Une pression sur le ventre libère des ovules.
V	Post-ponte	Ovaires flasques, rose foncé à rouge. La paroi ovarienne est devenue très épaisse.

Ce suivi peut être réalisé de la même façon sur les testicules qui sont multilobés, de forme allongée et peu vascularisés à leur surface. Cependant, l'échelle de maturité sexuelle des mâles ne comporte que 4 stades (Tab 10.).

Tableau 10. Echelle macroscopique de la maturité sexuelle chez les mâles de rouget barbet (N'DA & DENIEL, 1993).

Stade de maturité	Spermatogénèse	Caractéristiques des testicules
I	Immatures	Testicules de petite taille, translucides, se différenciant difficilement des ovaires des femelles immatures.
II	Immatures en développement, adultes en repos sexuel	Testicules volumineux et lobés ; coloration blanchâtre du spermiducte.
III	Emission	Testicules très volumineux, très lobés et de couleur blanchâtre. Le sperme s'écoule sous la pression sur le ventre du poisson.
IV	Post-émission	Testicules volumineux et lobés comme au stade II. La pression sur le ventre ne libère plus de sperme. Persistances de larges bandes blanchâtres dans le spermiducte.

1.2. Sex-ratio

La sex-ratio (SR) désigne la proportion entre les mâles et les femelles des poissons échantillonnés. Il s'exprime par le pourcentage du nombre de mâles ou de femelles par rapport à la population échantillonnée.

$$SR = \frac{NM}{NM+NF} \times 100, \quad \text{avec :}$$

NM : nombre des mâles.

NF : nombre des femelles.

L'écart des valeurs observées de la sex-ratio par rapport à la proportion théorique 50% est évalué par un test de khi-deux (χ^2) (DAGNELIE, 1975) ; l'hypothèse nulle H_0 : sex-ratio = 50% est testée par le calcul de la quantité:

$$\chi^2_{\text{obs}} = \left(\frac{m^2}{F} + \frac{f^2}{F} \right) - n, \quad \text{où :}$$

m: nombre de mâles.

f: nombre de femelles.

n = m+f: nombre de mâles et de femelles dans l'échantillon.

F = n/2 : fréquence absolue théorique pour chaque sexe.

L'hypothèse nulle est rejetée au niveau de signification lorsque la valeur observée de χ^2 est supérieure ou égale à la valeur théorique $\chi^2_{1-\alpha}$ de la distribution du χ^2 à n-1 degré de liberté. Ce test n'est applicable que pour des effectifs mâles ou femelles supérieurs à 5 individus. La sex-ratio est recherchée mensuellement et en fonction des différentes classes de taille.

1.3. Rapport gonado-somatique ou RGS

Les variations pondérales des ovaires et des testicules peuvent être suivies au cours du cycle sexuel par l'indice gonado-somatique. Le suivi mensuel de ce rapport gonado-somatique permet de connaître les périodes d'activité sexuelle des poissons ainsi que les périodes de reproduction. Ce rapport est défini par BOUGIS (1952) comme étant « égal à cent fois le poids des gonades divisés par le poids éviscéré du corps ». En pratique, on peut utiliser soit le poids total du poisson, soit son poids éviscéré. Toutefois, ce dernier à l'avantage d'éliminer le biais d'erreurs dues au poids des gonades et du contenu du tube digestif qui est variable en fonction des individus et de leur période de capture. Le RGS est calculé mensuellement pour chaque individu en utilisant l'expression suivante :

$$RGS = \frac{Pg}{Pe} \times 100, \quad \text{où :}$$

Pg: poids des gonades.

Pe: poids éviscéré du poisson.

1.4. Rapport hépato-somatique ou RHS

Chez les poissons, la gamétogenèse nécessite un apport important d'énergie que les espèces stockent en partie dans le foie sous forme de glycogène et de lipides essentiellement. L'évolution du métabolisme lipidique en période d'activité sexuelle, représentée par le rapport hépato-somatique ou RHS, se traduit chez les femelles, par un transfert des réserves vers les ovaires. En effet, le foie est un organe responsable de la synthèse de la vitellogénine, principale protéine précurseur du vitellus des ovocytes (NUNEZ, 1985). Ce rapport est défini par BOUGIS (1952) comme étant « égal à cent fois le poids du foie divisé par le poids éviscéré du corps » :

$$RH = \frac{P_f}{P_e} \times 100 \text{ où,}$$

P_f : poids du foie.

P_e : poids du corps éviscéré.

Son évolution saisonnière permet de quantifier les variations pondérales du foie au cours du cycle reproducteur. BERTIN (1958) distingue deux types de poissons selon le mode de stockage et la mobilisation des substances de réserve au niveau de cet organe :

- les "poissons maigres", pour lesquels la maturation des gonades est précédée d'une importante accumulation de lipides dans le foie ; ainsi, les valeurs maximales du RHS précèdent celle du RGS.

- les "poissons gras", pour lesquels l'accumulation de lipides s'effectue au niveau des muscles, le foie n'intervenant que dans la transformation de ces réserves lipidiques ; dans ce cas le RHS évolue parallèlement au RGS.

1.5. Adiposité

L'adiposité désigne l'accumulation de tissu graisseux dans une partie localisée de l'organisme (muscles, viscères). Son évolution chez les Ostéichthyens permet de comprendre la contribution des graisses mésentériques dans les processus de transfert d'énergie destinée à

la production de gamètes. Chez les perciformes, la teneur en lipides dans les muscles est faible et constante ; ses variations sensibles s'observent au niveau du mésentère et constituent l'adiposité (BARNABE, 1976). L'adiposité a été suivie et appréciée directement à l'œil nu en s'inspirant de l'échelle empirique à 4 niveaux de NIKOLSKY (1963).

- Unité 0 : absence de tissus graisseux mésentériques.
- Unité 1 : présence de minces cordons graisseux adhérent l'anse intestinale.
- Unité 2 : développement des graisses mais l'intestin reste toutefois visible.
- Unité 3 : le tissu graisseux devient épais et dissimule complètement l'intestin.

1.6. Taille à la première maturité sexuelle

La taille à la première maturité sexuelle est estimée d'après l'évolution du pourcentage des poissons matures en fonction de leur longueur totale, en période de reproduction. Il s'agit de la taille à laquelle 50 % des individus présentent des signes d'activité sexuelle (gonades bien développées). Les testicules contenant du sperme et les ovaires granuleux contenant des ovocytes vitellogéniques indiquent le sexe et le stade de maturité sexuelle du poisson.

1.7. Condition ou indice pondéral

Pour compléter l'étude de la reproduction, nous avons suivi les variations du coefficient de condition "K" au cours d'un cycle annuel. Ce coefficient permet d'apprécier l'état pondéral relatif des poissons et la vitesse de croissance. Il peut varier en fonction des saisons, de la taille, de l'âge, de l'état de maturation des gonades et de l'adiposité. Compte tenu du caractère isométrique ($b = 3$) de la relation taille-poids, le coefficient composite de FULTON (1911) est utilisé pour exprimer la condition des poissons :

$$K = (Pe / l_t^3) \times 100, \text{ où :}$$

L_t : longueur totale.

P_t : poids éviscéré.

Cette formule implique une croissance isométrique, or chez *M. barbatus* des côtes Est de l'Algérie la croissance est allométrique. Par conséquent, la formule de K devient :

$$K = \frac{Pe}{L_t^b} \times 100$$

b : coefficient d'allométrie de la relation taille-Poids.

1.8. Analyse statistique

Les valeurs moyennes mensuelles du RGS, du RHS et du coefficient K sont comparées à l'aide d'une analyse de variance à un critère de classification, complétée par une comparaison multiple de moyennes (DAGNELIE, 1970). Il existe une différence significative lorsque les lettres reportées sur le graphique sont différentes. Il n'existe aucune différence significative quand les lettres sont similaires, ce qui indique que les valeurs moyennes sont égales.

2. RESULTATS

2.1. Sex-ratio

La population échantillonnée est structurée comme suite : immatures (27,27 %), mâles (30,85 %) et femelles (41,87 %) (Fig. 18). La sex-ratio globale est en faveur des femelles (57,57 %) ($\chi^2 = 12,12$; $P \leq 0,001$). Les variations mensuelles de la sex-ratio sont représentées par la figure 19 (Tab. XII en annexe). La sex-ratio est en faveur des femelles pendant tous les mois d'échantillonnage à l'exception du mois d'avril et du mois de mai où les mâles dominent par rapport aux femelles. Les variations de la sex-ratio en fonction des classes de taille, montrent que les mâles ont prédominé dans les plus petits intervalles de taille et les femelles dans les plus grandes tailles (Fig. 20) ; (Tab XIII en annexes).

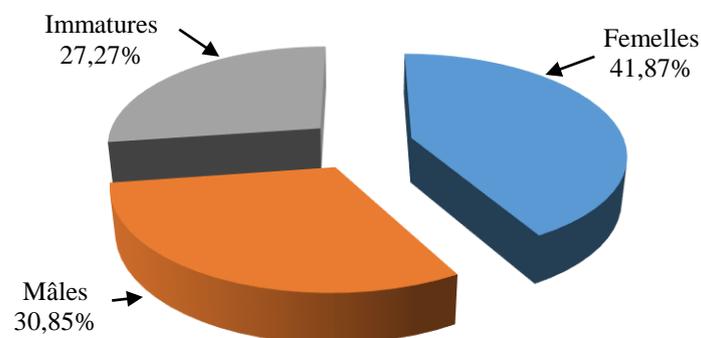


Figure 18. Structure de la population de *M. barbatus* des côtes Est de l'Algérie.

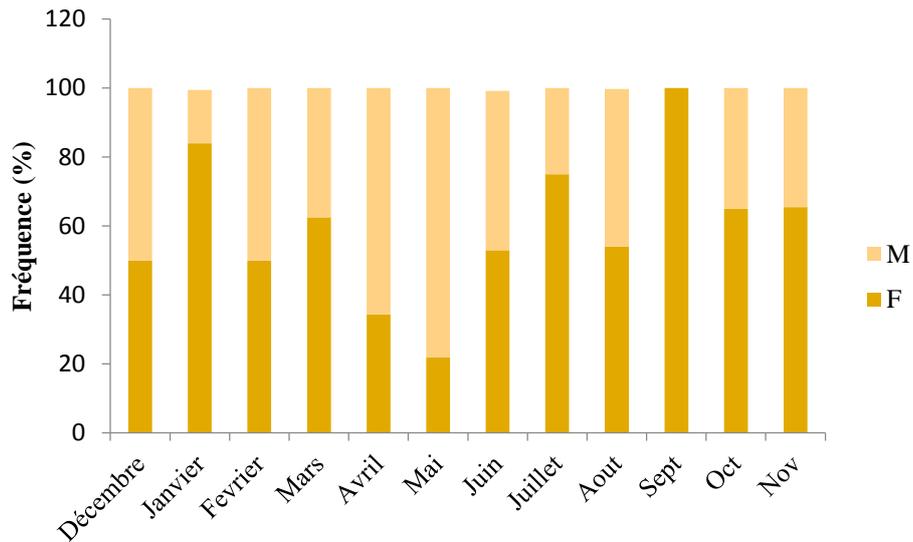


Figure 19. Evolution mensuelle de la sex-ratio de *M. barbatus* des côtes Est d’Algérie.

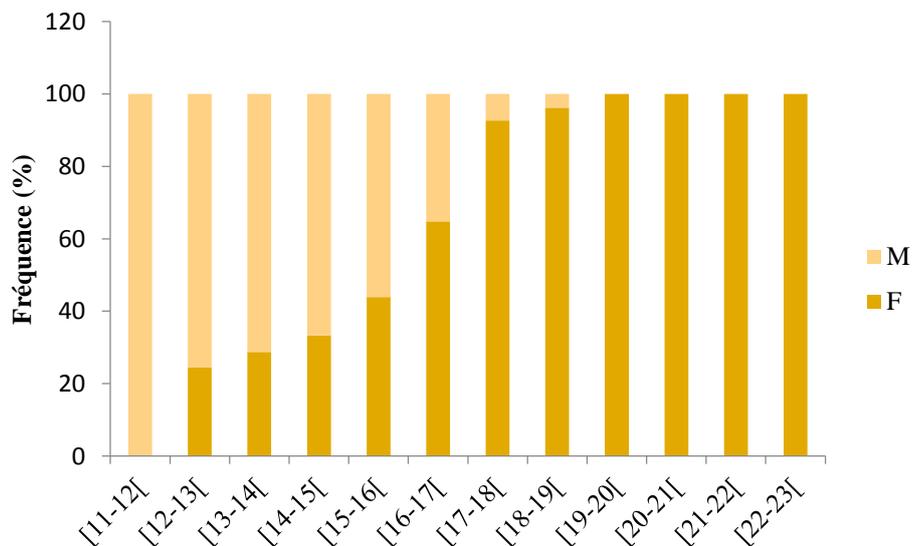


Figure 20. Evolution de la sex-ratio en fonction de la taille de *M. barbatus* des côtes Est d’Algérie.

2.2. Identification de la maturité

Chez les femelles, les stades III (vitellogénèse) et IV (ponte), sont fortement représentés en avril mai et juin, donc cette période représente la période de reproduction. Après la période de reproduction, on observe une période de post-ponte qui caractérise les mois juillet, aout et septembre. Enfin, les autres mois de l’année, les femelles sont soit en développement pour devenir matures, soit en repos sexuel lorsqu’elles sont matures (stade II) (Fig.21, A ; Tab. XIV en annexe).

L'évolution mensuelle des 4 stades macroscopiques chez les mâles montre qu'ils sont fortement actifs (stade III) de mars à mai. La phase de post-émission (stade IV) caractérise les mois juin, juillet et août. Le stade II est représenté durant les autres mois de l'année (Fig. 21, B ; Tab. XV en annexes).

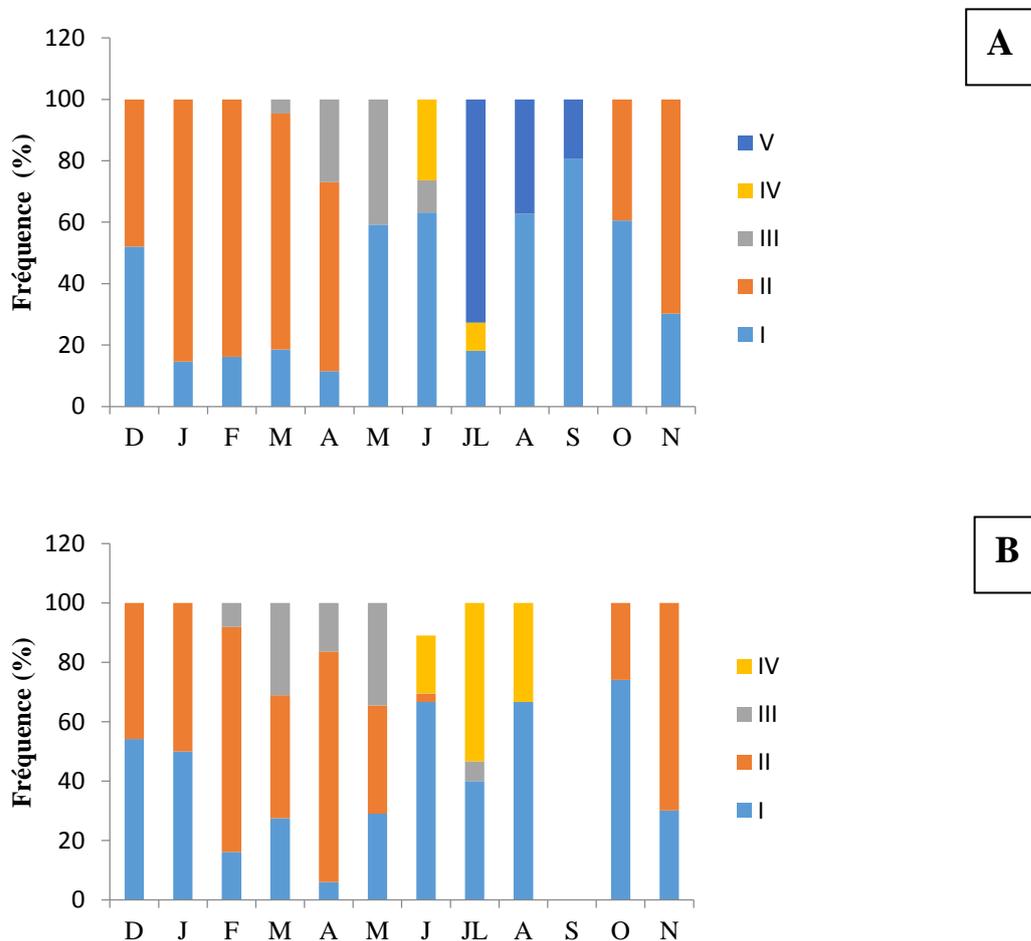


Figure 21. Répartition mensuelle des différents stades de maturité des gonades (Stades : I, II,III , IV et V) chez les individus femelles (A) et mâles (B) de *M. barbatus*.

2.3. Rapport gonado-somatique

L'évolution mensuelle du rapport gonado-somatique (RGS), montre que ses plus fortes valeurs sont enregistrées entre avril et juin chez les femelles (Fig. 22, A ; Tab. XVI en annexes), et entre mars et mai chez les mâles (Fig. 22, B ; Tab. XVI en annexes). Une période de post-ponte puis de repos sexuel est enregistrée de juillet à novembre pour les deux sexes. L'analyse de la variance (ANOVA) appliquée aux valeurs moyennes du rapport gonado-somatique indique leur hétérogénéité (femelles : $F_{obs} = 71,009$; mâles : $F_{obs} = 17,349$; $P \leq 0,001$). La comparaison multiple des valeurs moyennes montre que le mois d'avril est différent des autres mois chez les femelles. Chez les mâles, mars et avril sont différents des

autres mois. La courbe des valeurs mensuelles du rapport gonado-somatique montre que *M. barbatus* des côtes de l'Est algérien se reproduit une fois par an. Le rapport gonado-somatique des femelles est à son maximum en avril, un mois après celui des mâles. En juillet et aout la majorité des poissons sont en post-ponte.

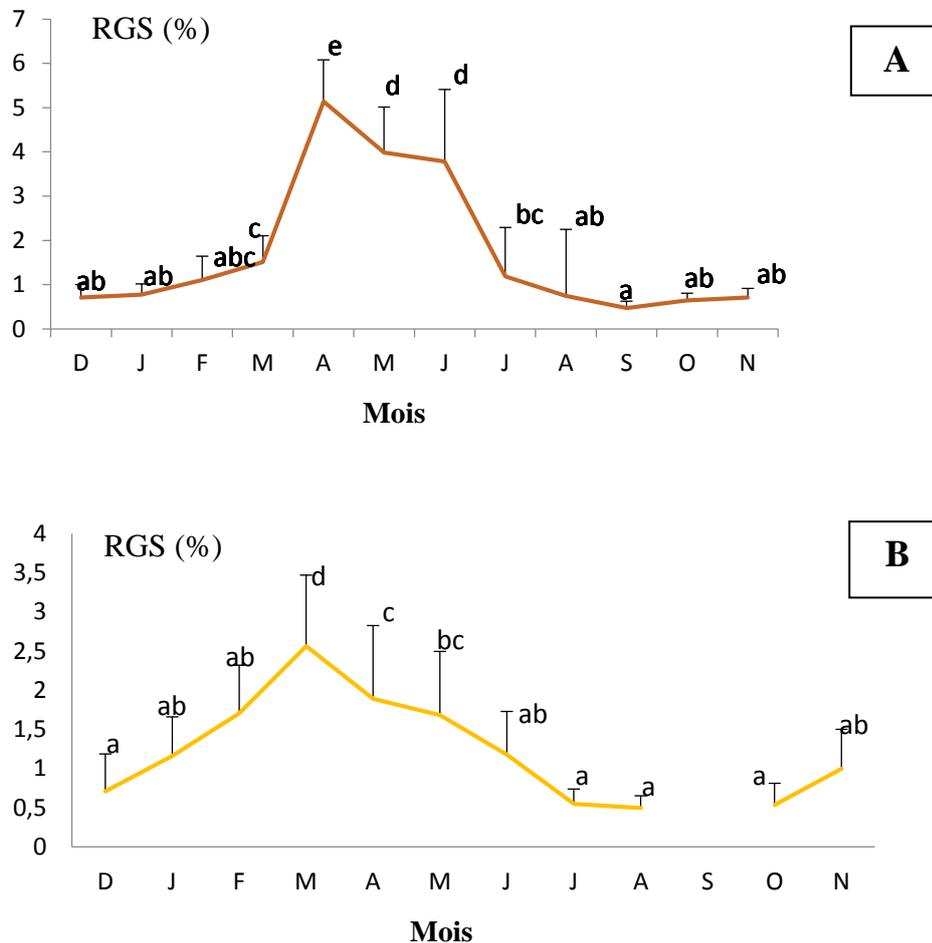


Figure 22. Évolution mensuelle du RGS chez les femelles (A) et chez les mâles (B) de *M. barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.

2.4. Rapport hépato-somatique

Les valeurs moyennes mensuelles du rapport hépato-somatique augmentent rapidement de février à mars chez les deux sexes avec des valeurs plus basses chez les mâles ($1,21 \pm 0,47$) par rapport à celle des des femelles ($2,08 \pm 0,66$) (Fig. 23 ; Tab. XVII en annexes). L'analyse de la variance (ANOVA) indique leur hétérogénéité (mâles : $F_{obs} = 2,278$; femelles : $F_{obs} = 14,376$; $P \leq 0,001$). La comparaison multiple des valeurs moyennes montre que le mois de mars chez les femelles et le mois d'octobre chez les mâles, diffèrent des autres mois.

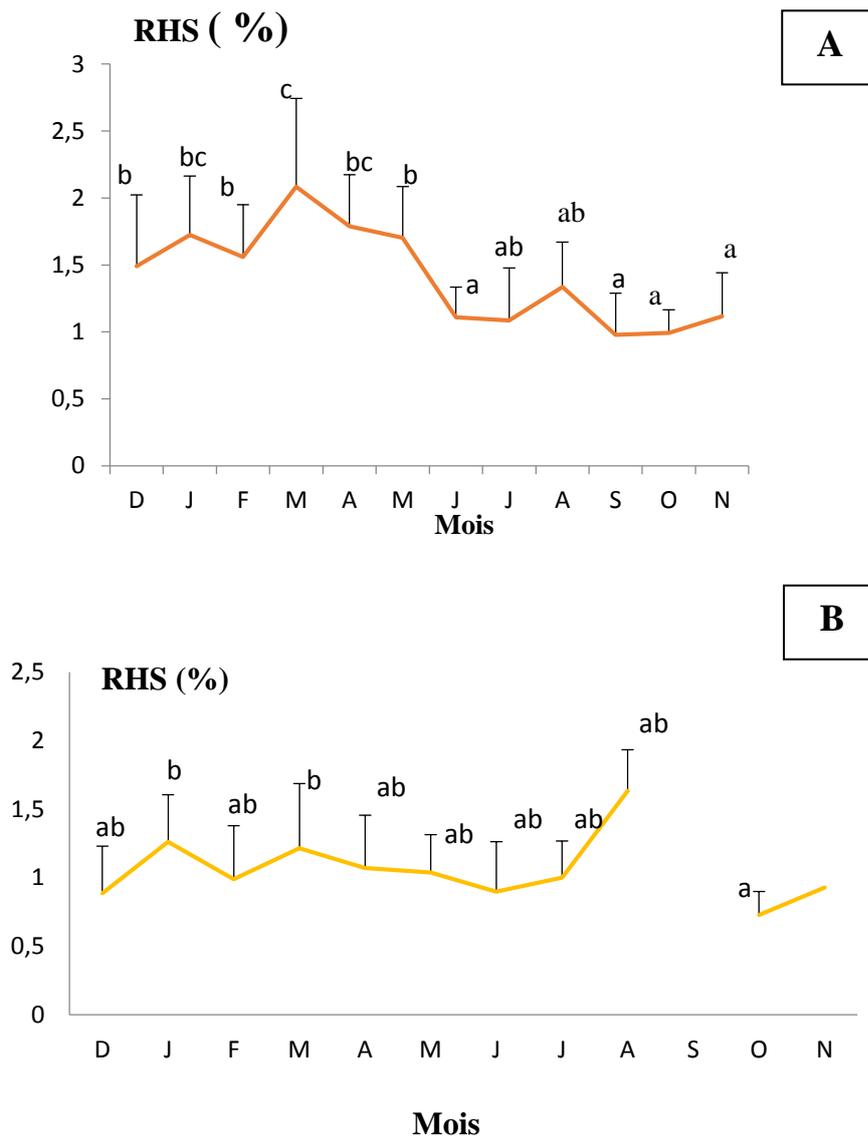


Figure 23. Évolution mensuelle du RHS chez les femelles (A) et chez les mâles (B) de *M. barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.

2.5. Adiposité

Les valeurs de l'adiposité enregistrées durant le cycle annuel chez les sexes confondus, sont très faibles et souvent égales à zéro à l'exception de quatre mois (janvier, février, octobre et novembre) où l'adiposité marque une légère augmentation. Calculées pour chaque sexe séparément, les valeurs de l'adiposité enregistrées sont très faibles à l'exception du mois de septembre où on note une importante augmentation chez les femelles (Fig. 24).

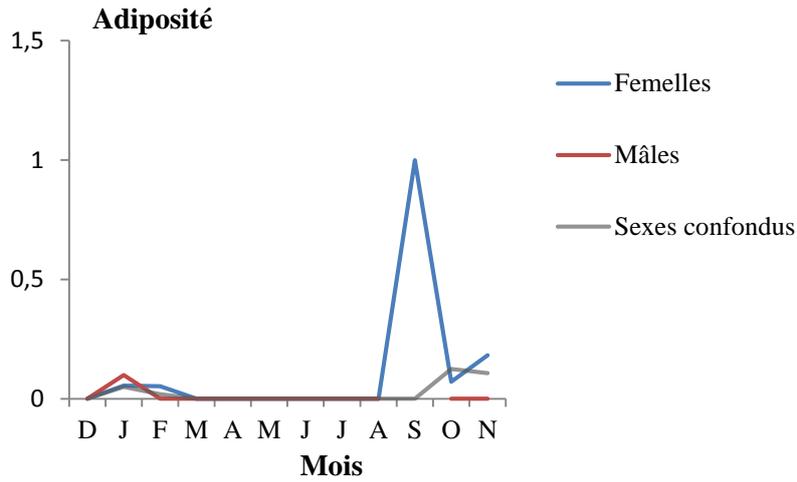
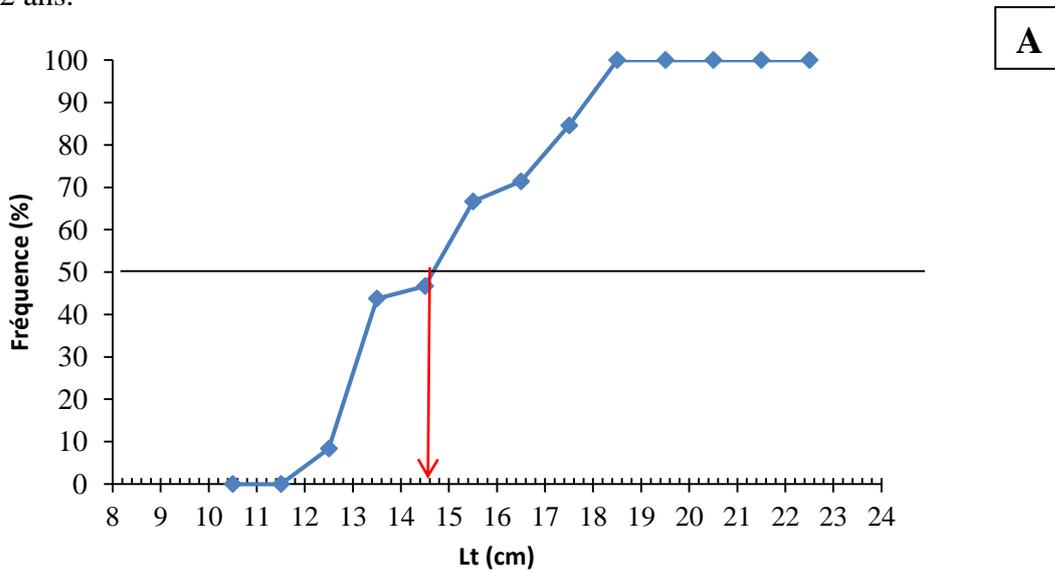


Figure 24. Évolution mensuelle de l’adiposité de *M. barbatus* des côtes de l’Est de l’Algérie.

2.6. Taille à la première maturité sexuelle

La fréquence des individus matures en fonction de la longueur totale nous a permis de situer la taille des poissons à leur première maturité sexuelle (Lt 50) à 14,6 cm chez les femelles (Fig. 25, A ; Tab. XVIII en annexes) et à 14,1 cm chez les mâles (Fig. 25, B ; Tab. XIX en annexes) et en tenant compte de la lecture des otolithes, cette taille correspond à l’âge de 2 ans.



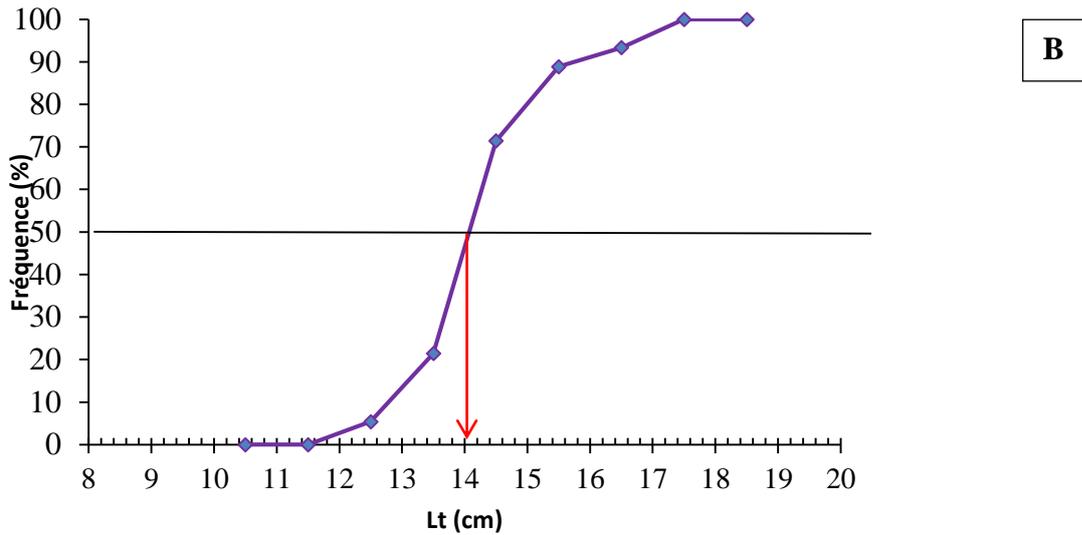
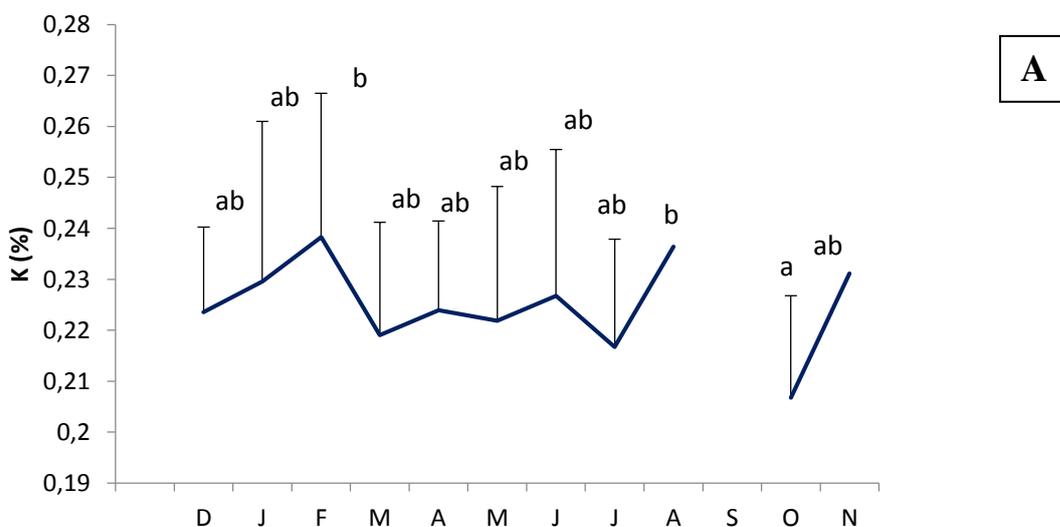


Figure 25. Proportion des femelles (A) et des mâles (B) matures de *M. barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie.

2.7. Coefficient de condition ou indice pondéral

L'évolution mensuelle de l'indice de condition K chez les deux sexes, montre que sa plus faible valeur est enregistrée en période de reproduction (Fig. 26 ; Tab. XX, en annexes). Cette diminution est suivie d'une augmentation à partir du mois d'aout tant pour les mâles (Fig. 26, A) que pour les femelles (Fig. 26, B). L'analyse de la variance (ANOVA) appliquée aux valeurs moyennes de K indique leur hétérogénéité (Mâles : $F = 2,276$; Femelles : $F = 7,75$; $P \leq 0,05$)



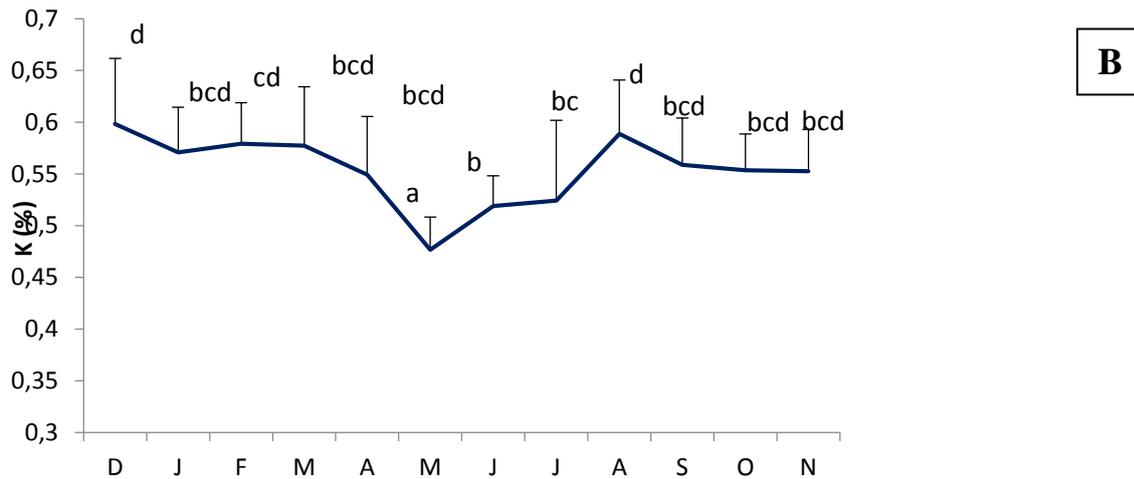


Figure 26. Évolution mensuelle de l'indice de condition K chez les mâles (A) et chez les femelles (B) de *M. barbatus* des côtes Est de l'Algérie. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.

3. DISCUSSION

La valeur moyenne de la sex-ratio de la population échantillonnée de *M. barbatus* (57,57 %) est en faveur des femelles. Les mâles dominent largement pendant la période de reproduction qui se situe au printemps. Les mois de juillet et août où les femelles sont capturées en abondance, correspondent à la période de fin de la reproduction. En fonction de la taille, les femelles sont nettement plus nombreuses dans les plus grandes classes de taille, ces résultats sont similaires à ceux obtenues chez les rougets du littoral oranais (HEBBAR, 2013). Cette prédominance est due à plusieurs facteurs biotiques et/ou abiotiques, agissant seuls ou combinés : les aléas dus à l'échantillonnage (action sélective des engins de pêche), peuvent être à l'origine de la dominance de certaines classes de taille sur d'autres, le comportement ségréatif et dispersé des deux sexes en période de reproduction ainsi que la qualité et la quantité de nourriture disponible dans le milieu sont parmi les causes essentielles de la fluctuation de la sex-ratio, notamment en période de reproduction.

Les variations mensuelles du rapport gonado-somatique (RGS), indiquent que la saison de reproduction de *M. barbatus* dans la région étudiée se déroule durant la période printemps-été. C'est aussi le cas pour les populations du littoral oranais (HEBBAR, 2013), des côtes marocaines LAYACHI *et al.*, 2007), tunisiennes (GHARBI et KTARI, 1981 ; CHERIF *et al.*, 2007) et les populations du nord de la mer Egée (ARSLAN et ISMEN, 2014). Selon VASSILOPOULOU et PAPACONSTANTINO (1992) et JUKIC et PICCIENTTI

(1981), la reproduction de la même espèce en mer Egée, débute au printemps et se prolonge jusqu'à la fin de l'automne. VOLIANI *et al* (1998) confirment que la saison de reproduction se déroule durant la période printemps-été et que la ponte a lieu entre juin et juillet. VRANTZAS *et al* (1992) ont montré que la période de ponte se déroule entre mai et juillet. L'ensemble des résultats mentionnés en méditerranée, corrobore ceux obtenus dans la région étudiée.

Entre les sexes mâles et femelles il existe une dissemblance dans le cycle sexuel. Les femelles ont une maturation de leur gonade plus tardive par rapport à celle des mâles. Les mâles possèdent donc des spermatozoïdes en dehors de la période de reproduction des femelles et pendant cette période. Chez les téléostéens, il semble que cela ne soit pas une exception. D'après BOUGIS (1952), chez les téléostéens mâles, l'existence d'une maturation des produits génitaux devant celles des femelles, est un phénomène répandu et bien marqué chez les mullidae.

Le rapport hépato-somatique montre des variations significatives d'un mois à l'autre, reflétant ainsi le rôle important des réserves hépatiques pendant la reproduction. Le RHS montre une évolution comparable à celle du RGS où sa valeur est à son maximum pendant la période de reproduction, indiquant ainsi sa fiabilité remarquable comme paramètre de la reproduction chez *M. barbatus*. BOUGIS (1952), indique que chez les téléostéens, la reproduction constitue un facteur essentiel agissant sur les variations pondérales du foie et par la suite conditionne le RGS. La superposition de ces deux indices indiquent que le rouget fait partie des poissons appelés gras. LAHAYE (1981), dans son étude sur les cycles sexuels chez les poissons marins, donne la définition suivante : chez les poissons gras comme le hareng, le merlu, le rouget, ... etc., les réserves de graisse se font d'abord sous la peau, dans le mésentère et dans les muscles. Ensuite, elles passeront simultanément dans les gonades et dans le foie et assureront les besoins énergétiques des reproducteurs. Chez ces poissons, le maximum du RHS va coïncider avec celui du RGS. Les mâles deviennent matures sexuellement plus tôt que les femelles. Ces résultats confirment ceux mentionnés dans les autres régions de la méditerranée (VASSILOPOULOU et PAPAConstantinou, 1992 ; PAPAConstantinou *et al.*, 1981).

La taille à la première maturité sexuelle enregistrée chez les mâles et les femelles de *M. barbatus* est supérieure à celles obtenues dans les côtes marocaines (LAYACHI *et al.*, 2007) et les côtes tunisiennes (CHERIF *et al.*, 2007). Selon VOLIANI *et al* (1998), la taille à

la première maturité sexuelle chez cette espèce est de 9,3 cm pour les deux sexes confondus. VRANTZAS *et al* (1992) ont montré que la taille à la première maturité sexuelle est 12,8 cm pour les deux sexes confondus. Pour VASSILOPOULOU et PAPACONSTANTINOU (1992) la taille à la première maturité sexuelle chez les mâles est de 9,4 cm alors que chez les femelles elle est de 10,4 cm. LIVADAS (1988) rapporte que dans les eaux de Chypre, la taille à la première maturité sexuelle des deux sexes est 9 cm. PAPACONSTANTINOU *et al* (1981) ont observé que dans deux golfes de la Grèce, les mâles atteignent la taille de la première maturité sexuelle à 10 cm alors que les femelles l'atteignent à 12 cm. Dans la baie de Saros, la taille à la première maturité sexuelle chez les mâles et les femelles est de 12,1 cm et 11,9 cm respectivement (ARSLAN et ISMEN, 2014).

Le suivi des variations temporelles du coefficient de condition K chez *M. barbatus* a été mis en évidence au cours du cycle annuel. La tendance à la diminution de cet indice pendant la période de reproduction (printemps-été) serait le résultat de la demande d'énergie pour le processus de la gamétogenèse (SANTOS *et al.*, 1996), comme c'est le cas des nombreux poissons téléostéens marins côtiers (SABAT *et al.*, 2004 ; CHAOUI *et al.*, 2005). L'augmentation de l'indice pondéral en fin de période de reproduction (aout) s'expliquerait également par une intensification alimentaire pour récupérer l'énergie utilisée dans l'élaboration des gamètes.

CONCLUSION

Les variations mensuelles de l'indice gonado-somatique (RGS) et les différents stades de maturation des gonades indiquent que la saison de reproduction de *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie se déroule durant la période printemps-été. Globalement, la sex-ratio est en faveur des femelles. Les femelles dominent également dans les grandes classes de tailles, tandis que les mâles dominent en période de reproduction. Les mâles deviennent matures sexuellement plus tôt que les femelles. Le rapport hépatosomatique et l'embonpoint montrent des variations notables liées également au cycle reproducteur lui-même conditionné par des facteurs biotiques et/ou abiotiques. Ces facteurs en agissant seuls ou combinés influencent la physiologie de l'individu et, par conséquent, tout le comportement et la biologie de l'espèce. La première maturité sexuelle est acquise à partir d'une longueur totale de 14,1cm chez les mâles et 14,6 cm chez les femelles, correspondant à un âge d'environ deux ans.

CHAPITRE V :
REGIME ALIMENTAIRE

CHAPITRE V : REGIME ALIMENTAIRE

INTRODUCTION

L'étude des habitudes alimentaires et de l'alimentation constituent la clé de la compréhension des divers mécanismes et processus biologiques, écologiques, physiologiques et comportementaux (ROSECCHI et NOUAZE, 1987 ; GONÇALVES et ERZINI, 1998) qui structurent et influencent directement les peuplements ichtyologiques (KOTRSHALL et THOMSON, 1986). Compte tenu des difficultés inhérentes à l'observation des habitudes alimentaires en milieu naturel, l'analyse des contenus stomacaux ou digestifs semble être la méthode propice et certainement la plus utilisée pour étudier le régime alimentaire des poissons (VALENTE, 1992) et leur niveau trophique (STERGIOU et KARPOUZI, 2002). L'analyse du contenu stomacal permet ainsi de décrire le régime alimentaire à l'échelle individuel ou de la population, d'examiner le chevauchement de niche écologique et la compétition entre les prédateurs (LAWROR, 1980 ; GRAHAM et VRIJENHOEK, 1988), d'étudier les interactions intra et inter-spécifiques (FORNEY, 1977), de déterminer le rôle d'une espèce dans la chaîne alimentaire (HYSLOP, 1980 ; VALENTE, 1992) dans un contexte de gestion des pêcheries (CADDY et SHARP, 1988).

Le régime alimentaire de *Mullus barbatus* a été étudié par plusieurs auteurs (GHARBI et KTARI, 1979 ; CHERIF *et al.*, 2011 ; AGUIRRE VILLASEÑOR, 2000 ; ARSLAN et ISMEN, 2014 ; NIKOLSKY, 1963 ; ROSS, 1978 ; MACPHERSON, 1981 ; FROGLIA, 1988 ; N'DA, 1992 ; GUILLEN et MARTINEZ, 1995 ; GOSLINE, 1984 ; LOMBARTE et AGUIRRE, 1997 ; MAZZOLA *et al.*, 1999).

L'étude présentée ici a pour objectif de fournir des informations nouvelles sur le régime alimentaire de *M. barbatus* des côtes de l'Est algérien. La composition et les modifications saisonnières, ontogénétiques (juvéniles et adultes) et en fonction des sexes du régime alimentaire ont été particulièrement recherchées chez cette espèce.

1. MATERIEL ET METHODES

Le régime alimentaire de *M. barbatus*, des côtes de l'Est d'Algérie, a été étudié sur des échantillons prélevés entre décembre 2007 et novembre 2008. Au total, 573 individus, de longueur totale comprise entre 10 et 22 cm et de poids total compris entre 11 et 130 g, ont été

analysés. Les tubes digestifs, prélevés sur des poissons frais, ont été conservés dans une solution de formol à 5 %. Chaque tube digestif a été sectionné longitudinalement et vidé de son contenu. Le nombre de tubes digestifs a été noté. Les proies ingérées ont été identifiées sous une loupe binoculaire puis comptées et pesées au centième du gramme près.

L'identification a été poussée jusqu'au niveau taxonomique le plus précis possible en tenant compte des règles citées ci-dessous :

- Les Crustacés sont aisément reconnaissables par leurs appendices céphalothoraciques (périopodes, pièces buccales) ou abdominaux (pléopodes, telson). Lorsque leur reconstitution est incertaine, le nombre d'individus correspond au nombre des yeux pédonculés divisé par deux.

- le dénombrement des mollusques s'est effectué en tenant compte de la présence des coquilles ingérées par le prédateur.

- Les vers sont représentés essentiellement par des annélides polychètes. Les plathelminthes (vers plats) et nématodes (vers ronds) sont faiblement représentés numériquement. Les polychètes sont aisément reconnaissables à leur corps annelé bordé latéralement de soies lorsqu'ils sont entiers. Dans le cas d'une digestion avancée, seules les soies et les mâchoires témoignent de leur présence. Quel que soit le nombre observé de soies, ils sont considérés comme une proie unique. La numération des polychètes s'effectue en divisant le nombre de mâchoires par deux.

- Les actinoptérygiens, partiellement digérés, sont reconnus selon la présence de la chair et des structures ossifiées, souvent des écailles et/ou arêtes. Quel que soit le nombre de fragments musculaires, d'écailles ou d'arêtes trouvés dans le même tube digestif, nous comptabilisons la présence d'une seule proie.

- Les bryozoaires sont difficilement identifiables, avec des colorations et des formes très variées (lamelles, branches ramifiées, ... etc.). Quel que soit le nombre de fragments ayant la même ressemblance morphologique, nous comptons la présence d'une seule proie.

- Les échinodermes sont reconnaissables grâce à leur piquants ou aux fragments de leur test. Quel que soit le nombre de piquants ou de fragments de tests, ils sont aussi considérés comme une proie unique.

- Les cnidaires sont représentés essentiellement par des anthozoaires à l'état de polypes. Quel que soit le nombre de fragments, nous comptons la présence d'une seule proie.

- Les spongiaires sont représentés par des fragments spongieux. Quel que soit le nombre de fragments de même ressemblance morphologique, nous comptons la présence d'une seule proie.

- Les végétaux ou macrophytes sont considérés aussi comme une proie unique quelle que soit leur prépondérance numérique.

- Enfin, tous les éléments non reconnaissables sont classés dans le groupe "Divers".

L'analyse quantitative du régime alimentaire consiste à calculer le coefficient de vacuité digestive (C_v), qui est le pourcentage de tubes digestifs vides par rapport au nombre total de tubes digestifs examinés. Les variations significatives de la vacuité digestive en fonction du sexe, de l'état de maturité sexuelle (juvéniles et adultes) et des différentes saisons ont été recherchées.

Les différentes proies ont été classées en utilisant l'indice d'importance relative (IRI) de PINKAS *et al.* (1971), modifié par HACUNDA (1981). Cet indice mixte présente l'avantage d'intégrer dans son expression les 3 principaux descripteurs de la présence des proies : le pourcentage numérique C_{n_i} (%) le pourcentage pondéral C_{p_i} (%) et l'indice de fréquence relative F_i (%). Il permet ainsi une interprétation plus réaliste du régime en minimisant les biais occasionnés par chacun de ces pourcentages. Son équation s'écrit de la manière suivante :

$$IRI = F_i \cdot (C_{n_i} + C_{p_i}), \text{ avec :}$$

$$F_i (\%) = \text{Fréquence d'une proie} = \frac{\text{Nombre de tubes digestifs contenant la proie } i \text{ ou } N_i}{\text{Nombre de tubes digestifs pleins examinés}} \times 100$$

$$C_{n_i} (\%) = \text{Pourcentage numérique d'une proie} = \frac{\text{Nombre d'individus de la proie } i \text{ ou } n_i}{\text{Nombre total des proies}} \times 100$$

$$C_{p_i} (\%) = \text{Pourcentage pondéral d'une proie} = \frac{\text{Poids total de la proie } i \text{ ou } p_i}{\text{Poids total des proies}} \times 100$$

La classification des différentes catégories d'aliments (préférentiels, secondaires et accidentels) tient compte des pourcentages indiciaires de l'IRI (ROSECCHI et NOUAZE, 1987). Cet indice est calculé comme suit :

$$\% IRI = \left(\frac{IRI}{\sum IRI} \right) \cdot 100$$

Les variations du régime alimentaire de *M. barbatus* ont été analysées en fonction de la saison d'échantillonnage, du sexe et du développement ontogénétique des poissons, en considérant deux catégories de taille, les juvéniles ($L_t < 14$ cm) et les adultes ($L_t \geq 14$ cm). Dans notre cas, la longueur totale de 14 cm correspond à celle de la première maturité sexuelle (population totale) (BOUDRAA et KARA, données non publiées). La signification statistique des variations observées est évaluée par le coefficient de corrélation de Spearman (ρ) (FRITZ, 1974), appliqué sur les rangs qu'occupent les différentes proies :

$$\rho = 1,0 - \frac{(6 \sum d^2)}{n^3 - n}, \text{ avec :}$$

n : nombre d'items ingérés,

d : différence entre rangs.

Les proies sont rangées par ordre d'indice décroissant et l'on obtient deux séries appariées. Le nombre de rangs doit être identique dans les deux échantillons, de manière à ce que si l'une des catégories de taxons n'apparaît pas dans l'un des échantillons, elle se voit tout de même affectée un rang. Si le pourcentage d'indice d'importance relative (% IRI) est identique à l'intérieur d'une même série taxonomique, on assigne à chacun des items un rang commun, qui sera la moyenne des rangs que les proies auraient eu s'il n'y avait pas eu d'ex-æquo. La signification statistique de ρ est connue grâce à la distribution "t" de Student à n - 2 degrés de liberté (DAGNELIE, 1975) :

$$t = \left[\frac{\rho}{(1 - \rho^2)^{1/2}} \right] \cdot (n - 2)^{1/2}$$

Une analyse de similarité a été effectuée à partir des données d'abondance des proies ingérées (n_i), en utilisant le test ANOSIM, afin de comparer la composition du régime alimentaire de *M. barbatus* en fonction de la saison, du sexe et du stade de maturité. L'analyse a été réalisée en utilisant le programme software PAST 2.15 (HAMMER *et al.*, 2001).

2. RESULTATS

2.1. Intensité alimentaire :

Calculé sur l'ensemble de l'échantillon, le coefficient de vacuité digestif moyen (C_v) est de 37,87 % et varie au cours du temps (Fig. 27). Il est nul en juillet et présente une valeur maximale en septembre (84,44 %). En fonction des saisons (Fig. 29), le coefficient de vacuité moyen montre une valeur maximale en automne ($C_v = 72,58$ %), la valeur minimale

est observée en été (Cv = 1,81 %). En hiver et en printemps, les valeurs du coefficient de vacuité sont proches et sont respectivement égales à 48,48 % et 41,30 % (Fig. 28). Le test de χ^2 , montre la significativité des variations du coefficient de vacuité moyen en fonction des saisons ($\chi^2 = 169,91$; $p \leq 0,05$). En fonction du sexe, le coefficient de vacuité chez les mâles (Cv = 45,41 %) est significativement supérieur à celui des femelles (Cv = 20,66 %), ($\chi^2 = 28,49$; $P \leq 0,05$). La comparaison du coefficient de vacuité entre les individus adultes (Cv = 29,70 %) et les juvéniles (Cv = 60,30%) montre l'existence d'une différence significative ($\chi^2 = 8,05$; $P \leq 0,01$).

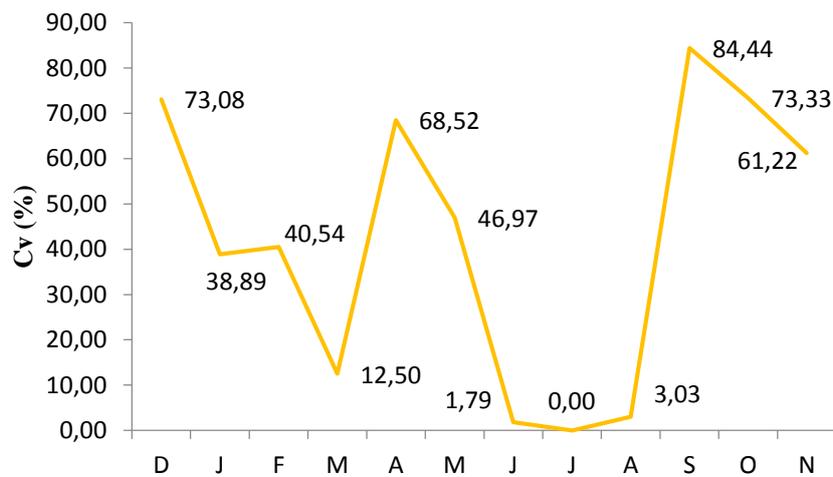


Figure 27. Evolution mensuelle du coefficient de vacuité de *Mullus barbatus* des côtes Est d'Algérie.

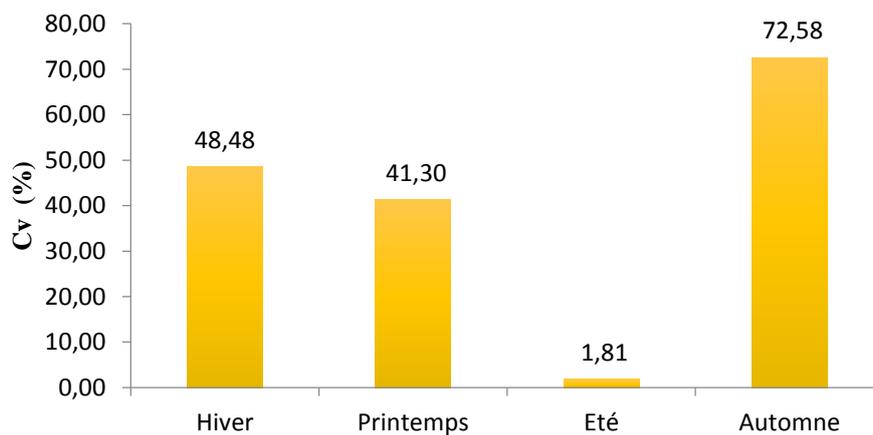


Figure 28. Evolution saisonnière du coefficient de vacuité de *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie.

2.2. Composition du régime alimentaire :

Le tableau XXI (annexes) rend compte des résultats globaux de l'analyse quantitative et qualitative des proies ingérées par *M. barbatus*.

Au total 1491 proies ont été identifiées, pesant 63,41 g. Soit un nombre et un poids moyen par tube digestif plein de 4,19 et de 0,18 g, respectivement. Le régime alimentaire est très diversifié, au total 11 items différents ont été identifiés (Crustacea, Mollusca, Annelida, Actinoptérygii, Bryozoa, Nematelmintha, Plathelmintha, Cnidaria, Echinodermata, Porifera, et Macrophyta). Le classement des proies selon l'IRI, a permis de regrouper les crustacés parmi les proies préférentielles (% IRI = 70,09 %). Ils sont représentés essentiellement par les décapodes macroures (% IRI = 18,57 %) et par les peracarides (% IRI = 11,19 %). Les mollusques ont été classés comme proies secondaires (% IRI = 28,04 %). Les autres proies ont été ingérées accidentellement (% IRI < 5 %) (Fig. 29).

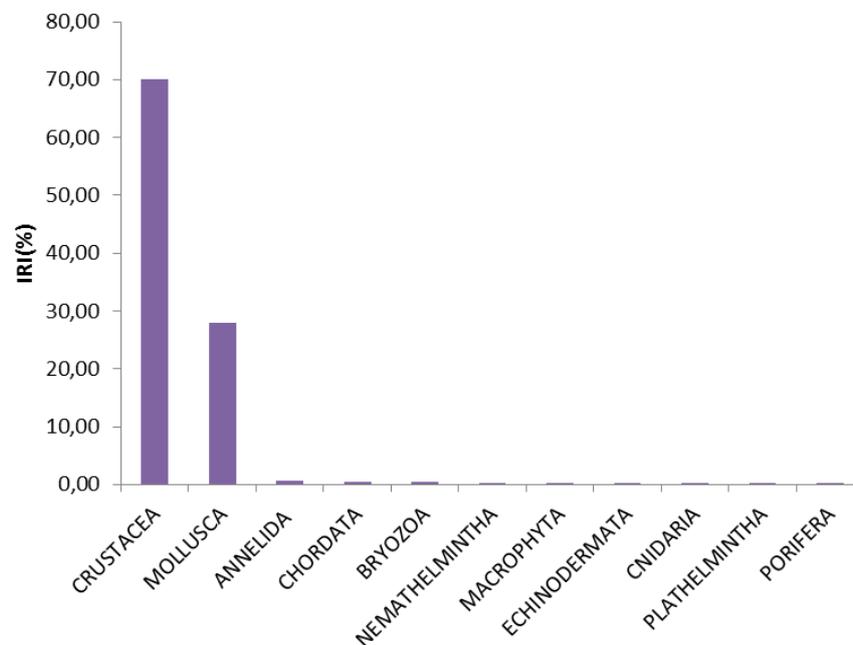


Figure 29. Composition de l'alimentation de *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie et classement des proies ingérées selon l'importance du % IRI.

2.3. Variation saisonnière du régime alimentaire :

Durant toute l'année, et quelle que soit la saison d'échantillonnage, l'alimentation est composée essentiellement de crustacés. Ils sont considérés comme des proies préférentielles où les pourcentages de l'IRI dépassent les 90 % en hiver et en automne. Les mollusques sont des proies secondaires, à l'exception de la période hivernale où ils sont consommés accidentellement (Tab. XXII, annexes). Par ailleurs, on note une diminution de la richesse

taxonomique en hiver (RT = 4) par rapport aux autres saisons (printemps : RT = 10 ; été : RT = 8 ; automne : RT = 8). Durant la saison hivernale, le poids et le nombre moyens des proies par tube digestif sont les plus faibles (Pm = 0,08 g ; Nm = 0,98). Ces valeurs sont plus élevées durant les autres saisons où le nombre moyen des proies atteint une valeur maximale en été (Nm = 5,34 ; Pm = 0,16 g). Malgré les variations numériques et pondérales des proies ingérées par *M. barbatus*, la comparaison des coefficients de corrélation de rang de Spearman met en évidence un régime alimentaire homogène au cours des quatre saisons d'échantillonnage (Fig. 30 ; Tab. XXIII, annexes). Le test de similarité ANOSIM, montre la significativité des variations numériques saisonnières de la composition du régime alimentaire de *M. barbatus* ($r = 0,87$; $P \leq 0,001$) (Fig. 31).

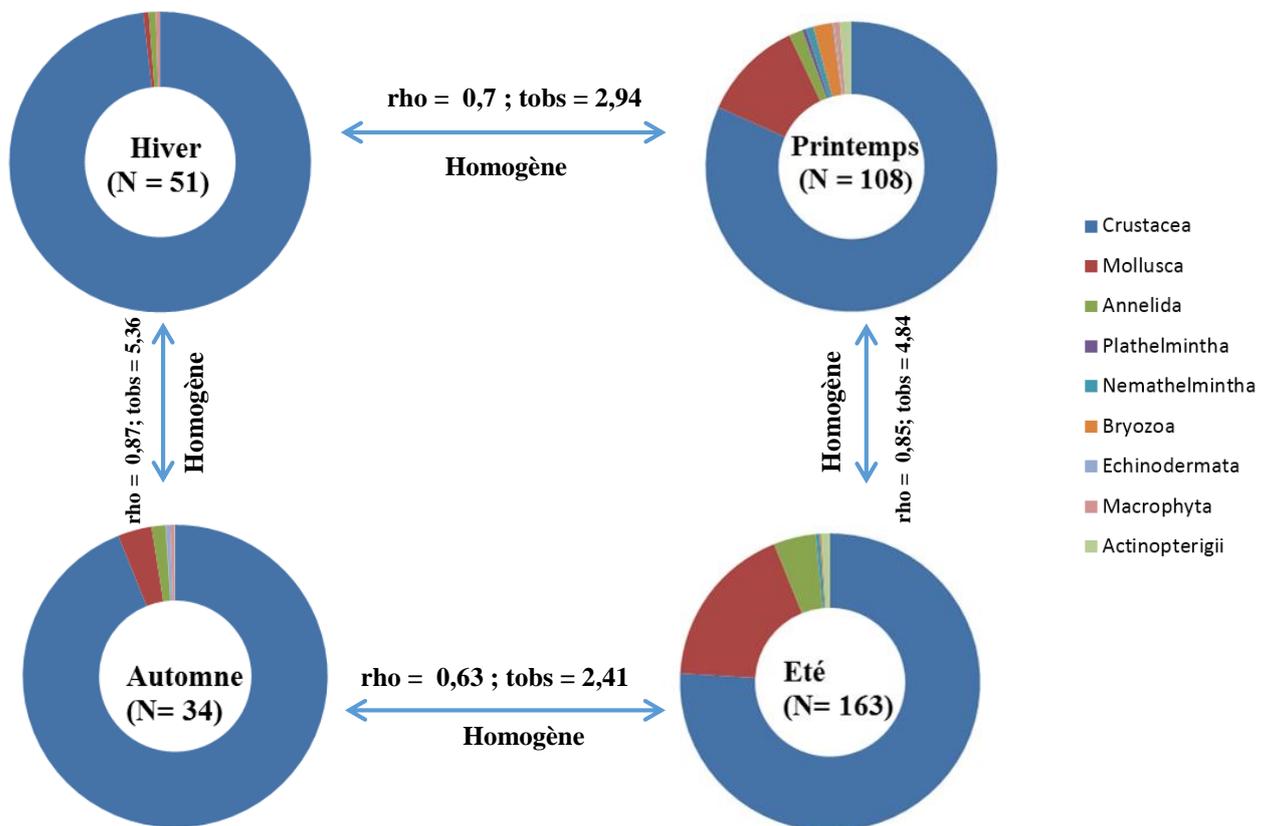


Figure 30. Modifications saisonnières du régime alimentaire de *Mullus barbatus* des côtes Est d'Algérie.

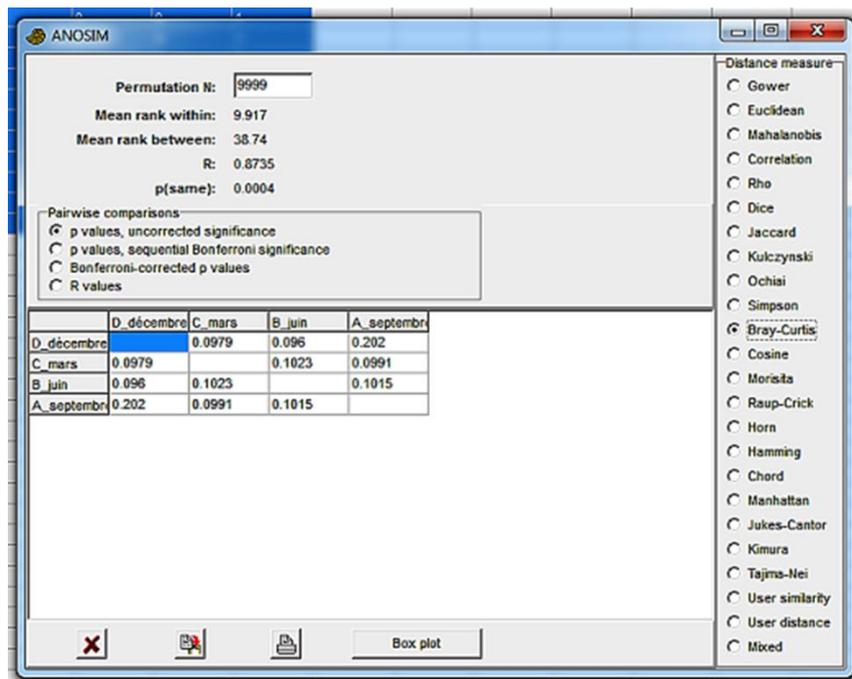


Figure 31. Comparaison saisonnière du régime alimentaire de *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie utilisant le test de similarité ANOSIM.

2.4. Variation du régime alimentaire en fonction du sexe

Le pourcentage indiciaire de l'IRI fait ressortir les Crustacés comme aliments préférentiels chez les deux sexes (% IRI = 71,41 % chez les mâles ; % RI = 90,62 % chez les femelles). Les mollusques qui sont considérés comme des proies secondaires chez les mâles (% IRI = 19,69 %), sont des proies accidentelles chez les femelles (% IRI = 3,47). Les autres proies (% IRI < 5 %) sont des proies accidentelles aussi bien chez les mâles que chez les femelles (Tab. XXIV). Le nombre et le poids moyens des proies ingérées par les femelles (Nm = 3,05 ; Pm = 0,25 g) sont supérieurs à ceux enregistrés chez les mâles (Nm = 1,64 ; Pm = 0,06 g). Toutefois, le coefficient de corrélation de Spearman, met en évidence une homogénéité du régime alimentaire chez les deux sexes (Fig. 32) ($\rho = 0,89$; $t_{obs} = 5,96$; $P < 0,05$). Le test de similarité ANOSIM, montre la significativité des variations numériques en fonction du sexe, de la composition du régime alimentaire de *M. barbatus* ($r = 0,99$; $P \leq 0,001$) (Fig. 33). Par ailleurs, la richesse taxonomique chez les femelles (RT = 10) est légèrement supérieure à celle des mâles (RT = 9).

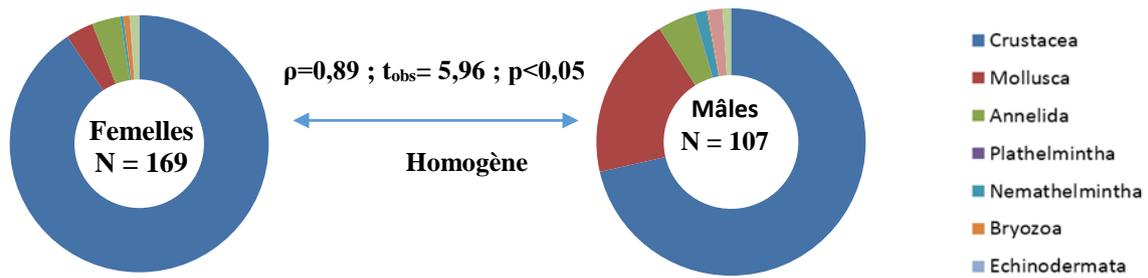


Figure 32. Modification en fonction du sexe du régime alimentaire de *M. barbatus* des côtes Est d’Algérie.

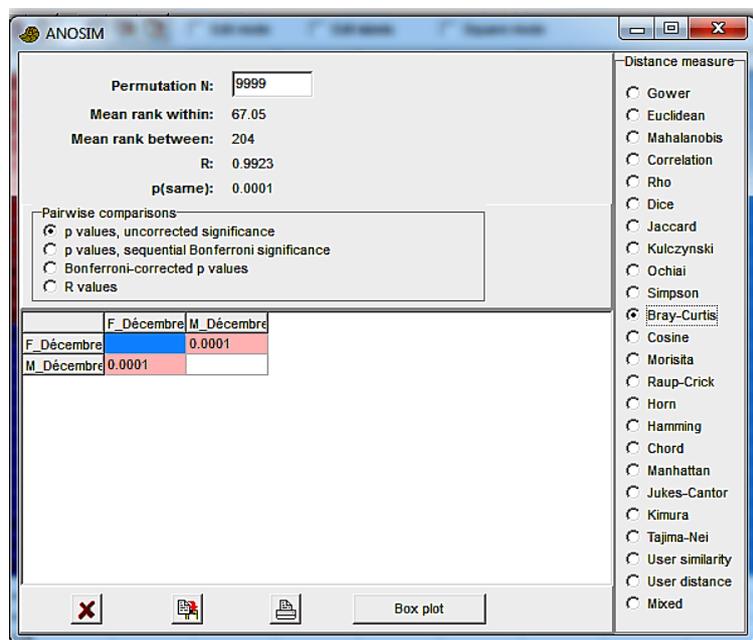


Figure 33. Comparaison en fonction du sexe du régime alimentaire de *M. barbatus* des côtes Est d’Algérie utilisant le test de similarité ANOSIM.

2.5. Variations ontogénétiques du régime alimentaire

Les Crustacés constituent les proies préférentielles des individus adultes et juvéniles. Le pourcentage indiciaire de l’IRI est de 89,52 % chez les premiers et de 94,25 % chez les seconds (Tab. XXV). Le nombre moyen des proies ingérées par les juvéniles (Nm = 4,12) est supérieur à celui des adultes (Nm = 3,15). Le coefficient de corrélation de Spearman, montre toutefois, une homogénéité du régime alimentaire chez les deux groupes d’individus (Fig. 34) ($\rho = 0,79 ; t_{obs} = 3,85 ; P \leq 005$). Le test de similarité ANOSIM, indique une différence

numérique significative du régime alimentaires entre les deux stades du développement ontogénétique ($r = 0,73$; $P \leq 0,001$) (Fig. 35). Par ailleurs, la richesse taxonomique est la même quel que soit le stade de maturité.

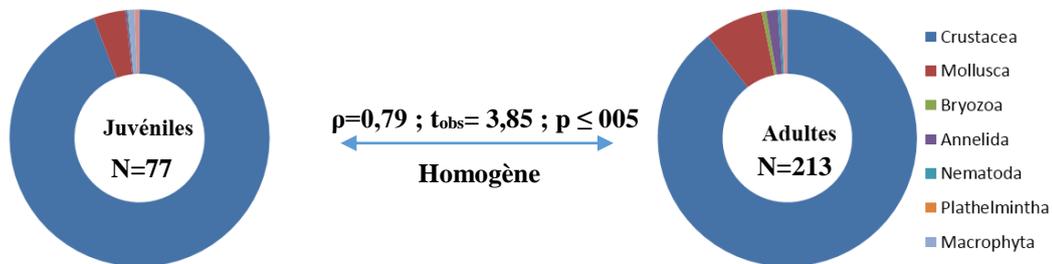


Figure 34. Variations ontogénétiques du régime alimentaire de *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie.

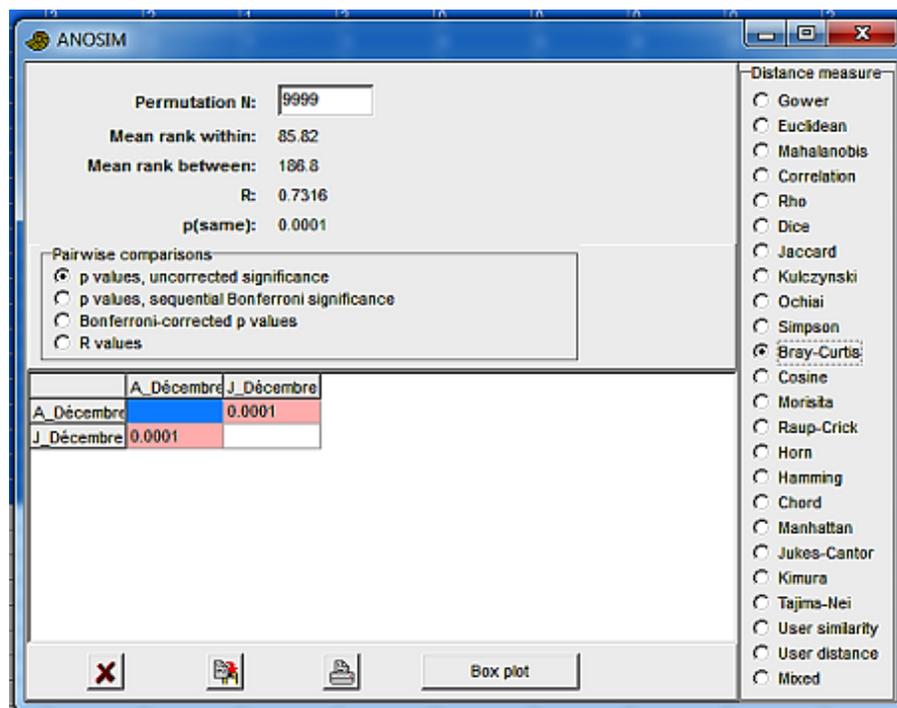


Figure 35. Comparaison ontogénétique du régime alimentaire de *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie utilisant le test de similarité ANOSIM.

3. Discussion

La faible valeur moyenne annuelle du coefficient de vacuité digestive de *M. barbatus* (37,87 %) est une caractéristique des prédateurs voraces. Elle est très proche de celle

enregistrée sur les côtes Nord-Est méditerranéennes du Maroc ($C_v = 35,33 \%$) (LAYACHI *et al.*, 2007), ce qui n'est pas le cas sur les côtes tunisiennes où cette espèce semble être moins vorace ($C_v = 60,6 \%$) (CHERIF *et al.*, 2011). Les fluctuations mensuelles de la vacuité digestive sur les côtes Est algériennes mettent en évidence un rythme alimentaire saisonnier. L'activité trophique est relativement intense en été (juin à août), puis ralentie en automne (septembre à décembre), lorsque la température de l'eau chute. L'influence des conditions thermiques sur le rythme alimentaire des poissons est assez bien connue, aussi bien chez les populations naturelles (PASQUAND *et al.*, 2004 ; KARA et DERBAL, 1996 ; CHAOUI *et al.*, 2005) que celles d'élevage (WASSEF et EISAWY, 1985). L'augmentation de la vacuité entre avril et mai coïncide avec la période de reproduction qui se situe précisément entre avril et juin (BOUDRAA et KARA, données non publiées). Durant la gamétogenèse, l'accroissement pondéral des gonades comprimerait le tube digestif réduisant ainsi la capacité du poisson à s'alimenter. Cette situation est observée non seulement chez les Mullidae (LAYACHI *et al.*, 2007 ; DERBAL *et al.*, 2010 ; CHERIF *et al.*, 2011) mais aussi chez d'autres téléostéens côtiers du golfe d'Annaba (DERBAL *et al.*, 2007 ; BENCHALEL *et al.*, 2010). Selon MAZZOLA *et al.* (1999), la vacuité varie aussi, et d'une manière très sensible, en fonction du nyctémère. En effet, ces auteurs trouvent, dans la lagune côtière de Stagnone di Marsala (Sicile), une valeur nulle du coefficient de vacuité chez les juvéniles pêchés de jour et égale à 100 % chez ceux capturés de nuit. Les faibles valeurs de ce coefficient sont considérées comme un indice de disponibilité et de fréquence des proies dans le milieu.

D'un point de vue qualitatif, *M. barbatus* est un prédateur benthique avec un large spectre alimentaire. Il cible principalement les crustacés, notamment les décapodes macroures et les pécarides, tandis que les mollusques sont consommés secondairement. Les crustacés constituent aussi des proies préférentielles chez d'autres populations de *M. barbatus* de la Méditerranée (GHARBI et KTARI 1979 ; BEN ELIAHU et GOLANI 1990 ; GOLANI et GALIL 1991 ; CHERIF *et al.*, 2011 ; ESPOSITO *et al.*, 2014), ce qui n'est pas le cas sur les côtes grecques où l'aliment de base de cette espèce est dominé par des polychètes par rapport aux mollusques et aux crustacés décapodes (VASSILOPOULOU et PAPACONSTANTINO, 1993 ; LABROPOULOU et ELEFHERIOU, 1997). Par ailleurs, la classification des proies ingérées par les rougets barbets de vase de la mer Egée, montre que les mollusques constituent les proies principales (% IRI = 31,71) par rapport aux polychètes (% IRI = 31,5 %) et aux crustacés (% IRI = 22,1 %) (ARSLAN et ISMEN 2014).

Quelle que soit la saison de capture de *M. barbatus* sur la côte Est algérienne, les crustacés constituent toujours des proies principales. Les mollusques sont consommés secondairement à l'exception de la saison hivernale. La préférence des proies ne change donc pas durant l'année, comme c'est le cas dans d'autres régions de la Méditerranée (GHARBI et KTARI, 1979 ; AGUIRRE VILLASEÑOR, 2000).

Les femelles de *M. barbatus* consomment presque deux fois plus de proies massives que les mâles. Les crustacés sont toujours des proies préférentielles chez les deux sexes. L'homogénéité du régime alimentaire chez les mâles et les femelles de *M. barbatus* a été également observée sur les côtes tunisiennes (GHARBI et KTARI, 1979 ; CHERIF *et al.*, 2011). La question des variations des habitudes alimentaires chez *M. barbatus* en fonction du sexe n'a pas été suffisamment explorée pour évoquer ses variations biogéographiques éventuelles.

Les variations ontogénétiques de la composition du régime alimentaire chez les poissons ont été démontrées par de nombreux auteurs (NIKOLSKY, 1963 ; ROSS, 1978 ; MACPHERSON, 1981). Sur les côtes Est d'Algérie, les juvéniles de *M. barbatus* consomment plus de proies de petite taille que les adultes. Des situations similaires ont été observées pour la même espèce en Méditerranée marocaine (LAYACHI *et al.*, 2007), française (BAUTISTA-VEGA *et al.*, 2008) et tunisienne (CHERIF *et al.*, 2011). Cette tendance alimentaire vers des proies de plus en plus volumineuses au détriment de leur nombre, observée au cours du développement ontogénétique, est une caractéristique des poissons prédateurs. Elle pourrait être considérée comme une adaptation permettant une optimisation du bilan entre l'énergie dépensée pour la capture des proies et l'énergie fournie par la nourriture (STONER & LINGVISTON, 1984). Chez les jeunes rougets, la présence des dents sur l'extrémité du prémaxillaire suggère que celles-ci sont utilisées pour la capture des proies pélagiques, comme le montre la présence de proportions élevées de ce type de proies dans leur estomac (FROGLIA, 1988 ; N'DA, 1992 ; GUILLEN et MARTINEZ, 1995). Les adultes, dépourvus de dents, s'alimentent par succion des proies endogées du sédiment meuble (GOSLINE, 1984), comme le montre la présence des proies benthiques dans leur estomac (FROGLIA, 1988 ; N'DA, 1992). Il a été également démontré, qu'en grandissant, *M. barbatus* utiliserait de plus en plus ses barbillons sous-mentonniers pour accéder aisément aux proies qui se trouvent enfouies dans le sédiment (N'DA, 1992 ; MC CORMICK, 1995 ; AGUIRRE et SANCHEZ, 2005). Chez son congénère *M. surmuletus*, le régime alimentaire des juvéniles est différent d'une région à une autre (N'DA, 1992 ; LOMBARTE et AGUIRRE, 1997 ; MAZZOLA *et al.*, 1999) et aussi en fonction du nyctémère (La ROSA *et*

al., 1997). Dans le golfe de Gascogne, N'DA (1992) considère que les proies pélagiques, représentées surtout par des copépodes et des mysidacés, sont mieux représentées numériquement (70 %) par rapport aux proies benthiques (30 %) dans les contenus stomacaux des juvéniles de 2 à 7 cm, alors que LOMBARTE et AGUIRRE (1997) ont mis en évidence un comportement strictement benthivore. Selon MAZZOLA *et al.* (1999), les juvéniles de 5 cm de longueur standard auraient une préférence prononcée pour les crustacés copépodes, les amphipodes, les tanaidacés et les polychètes. Chez les adultes, les branchiospines pourraient constituer, chez les individus âgés, un moyen de rétention complémentaire, suffisamment fin et efficace, pour retenir la faune invertébrée endogée de petite taille (DERBAL *et al.*, 2010).

CONCLUSION

Les informations recueillies sur l'alimentation de *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie nous ont permis de mettre en évidence l'importance de l'intensité alimentaire et de dresser un inventaire des différentes proies ingérées par cette espèce. Le coefficient de vacuité annuel est de 37,87 %, et varie significativement en fonction des saisons, du sexe et de la maturité sexuelle.

Ce prédateur côtier se nourrit principalement de crustacés qui sont des proies préférentielles quelle que soit la saison d'échantillonnage, le sexe et le stade de maturité. L'étude montre également que cette espèce a un spectre alimentaire diversifié. Malgré les variations numériques et pondérales des proies ingérées par *M. barbatus*, la comparaison statistique, en utilisant le coefficient de Spearman (ρ), a révélé l'homogénéité de son régime alimentaire tout au long de l'année et quel que soit le sexe ou l'état de maturité sexuelle.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'étude de la morphologie de *M. barbatus* montre que l'ensemble des paramètres métriques mesurés sont significativement corrélés à la longueur totale ou à celle de la tête. Chez la population totale, l'allométrie majorante domine. En fonction du sexe, la croissance évolue de façon différente. Toutefois, l'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les longueurs des paramètres mesurés chez les mâles et les femelles. Les caractères numériques considérés présentent une amplitude de variations égale ou très proche de celle rapportée par la littérature. La longueur et la largeur des otolithes sagitta sont montrant une croissance majorante. Le poids (Po) de ces structures osseuses est lui aussi corrélé au poids du poisson avec lequel il présente une allométrie minorante.

L'âge de *M. barbatus* a été déterminé par la lecture des otolithes. 4 groupes d'âges ont été déterminés. Le suivi de l'accroissement marginal des otolithes pendant un cycle annuel montre une discontinuité de la croissance où s'individualise une seule zone opaque par an, qui s'inscrit en aout à la fin de la période de reproduction. Une étroite relation entre la longueur totale du poisson et le rayon de son otolithe a été mise en évidence, ce qui nous a permis d'effectuer un rétrocalcul des tailles du poisson aux différents âges. La taille à l'apparition des otolithes correspond approximativement à 10,30 mm. Les valeurs observées et théoriques de la croissance linéaires et de la croissance pondérale sont très proches ce qui indique une description satisfaisante de la croissance par le modèle de Von Bertalanffy. La comparaison des paramètres de croissance de Von Bertalanffy (L_{∞} , k , t_0) et de l'indice de performance (ϕ) chez *M. barbatus* des côtes Est d'Algérie par rapport à ceux obtenus dans les autres régions de la Méditerranée montre des différences notables. Le gain de croissance linéaire annuel est élevé durant la première année de vie, puis chute progressivement entre la deuxième et la quatrième année. La croissance relative globale indique une allométrie majorante pour la population totale ainsi que pour les mâles et les femelles.

La reproduction du rouget barbet de vase a lieu une seule fois dans l'année et se déroule durant la période printemps-été. Le rapport hépato-somatique et l'embonpoint montrent des variations liées au cycle reproducteur. La sex-ratio est globalement en faveur des femelles. Les femelles dominant également dans les grandes classes de tailles, tandis que les mâles dominant en période de reproduction. La première maturité sexuelle est acquise à partir d'une longueur totale de 14,1cm chez les mâles et 14,6 cm chez les femelles, correspondant à un âge d'environ deux ans.

M. barbatus des côtes Est d'Algérie est un prédateur benthique avec un large spectre alimentaire. Il cible principalement les crustacés, notamment les décapodes macroures et les péracarides, tandis que les mollusques sont consommés secondairement. En toute saison les mêmes proies sont ingérées aussi bien par les mâles que par les femelles, par les adultes que par les juvéniles. Ces derniers consomment plus de proies de petite taille que les adultes. La comparaison statistique, en utilisant le coefficient de Spearman (ρ), a révélé l'homogénéité de son régime alimentaire tout au long de l'année et quel que soit le sexe ou l'état de maturité sexuelle.

A l'avenir, il serait intéressant d'approfondir les analyses morphologiques par une étude génétique de cette espèce. L'histologie des gonades est également une des perspectives pour mieux comprendre le cycle de reproduction. Etant donné que *M. barbatus* est déclaré par la FAO comme une espèce bio-indicatrice de la pollution marine, il serait intéressant de mener une étude dans ce sens afin d'évaluer notamment la contamination par les métaux lourds.

RESUMES

ملخص :

هذا البحث مخصص لدراسة بيولوجيا *Mullus barbatus* (L. 1758) لسواحل الشرق الجزائري. يتناول الفصل الاول الخصائص البيئية للوسط المدروس و معلومات عامة عن Rouget barbet de vase، أما الفصول الأخرى، فقد خصصت لدراسة العوامل الأساسية لبيولوجيا هذا النوع : المورفولوجيا، العمر والنمو، التكاثر والتغذية. تمتاز مورفولوجيا *M. barbatus* بسبع عشرة معيارا متريا وثمانية معايير عددية. أظهرت المعايير المترية ارتباطا كبيرا للغاية مع الطول الإجمالي أو طول الرأس. بالنسبة للعشيرة كاملة، 58,82% من المعايير تظهر allométrie majorante. حسب الجنس، النمو سريع لدى 47,06% من الحالات عند الإناث، و 41,18% من الحالات عند الذكور.

تم تقدير العمر والنمو بطريقة otolithométrie. حلقة نمو واحدة انفردت في السنة، خلال فترة نهاية التكاثر (جويلية). أقصى طول نظري لهذا النوع هو 16,20 سم عند الذكور، 21,27 سم عند الإناث و 19,90 سم عند العشيرة كاملة. توافق هذه الأطوال أوزان نظرية قصوى وهي على التوالي : 43,07 غ، 100,35 غ، 84,18 غ. يشير النمو النسبي إلى allométrie miorante لدى العشيرة كاملة كما لدى الذكور والإناث.

التكاثر لدى *M. barbatus* موسمي ويحدث مرة واحدة في السنة بين أبريل وجوان. تظهر النسب l'embonpoint، hépato-somatique تغيرات مرتبطة بالدورة التكاثرية. يبدأ النضج الجنسي الأول ابتداء من 14,1 سم لدى الذكور، و 14,6 سم لدى الإناث موافقة للعمر 2 سنة. تكون النسبة الجنسية لصالح الإناث.

M. barbatus مفترس benthique، يتغذى أساسا على القشريات، خاصة décapodes macroures و péracarides. في كل موسم، نفس الفريسة تستهلك من طرف الإناث والذكور، كذلك من طرف الكبار والصغار. أظهرت المقارنة للنظام الغذائي باستعمال معامل Spearman (rho) تجانس نظامها الغذائي على مدار السنة بغض النظر عن الجنس أو حالة النضج.

الكلمات المفتاحية :

Mullus barbatus، التكاثر، النمو، السلوك الغذائي.

SUMMARY

This study is devoted to the biology of the red mullet *Mullus barbatus* (L. 1758) from eastern coasts of Algeria. The first chapter reviews general information on the main environmental characteristics of the study environment and on *Mullus barbatus*. The other chapters treat the main descriptors of the biology of *Mullus barbatus* (morphology, age and growth, reproduction and food).

The morphology of *Mullus barbatus* is characterized on the basis of seventeen morphometric criterion and eight meristic characters. A highly significant correlation was demonstrated for all the metric parameters relative to the total length or total head. The positive allometry is highlighted in the total population (58.82 %), females (47.06%) and males (41,18 %). The numerical parameters indicate close or equal to those reported in the literature.

Age and growth are estimated by otoliths reading. One ring is individualized per year and occurs in July. The maximum theoretical size of this species is 16.20 cm for males, 21.27 cm for females and 19.90 cm for the total population. These sizes correspond to the maxima theoretical weights of 43.07 g, 100.35 g and 84.18 g respectively. The relative growth of this species shows a positive allometric growth in the total population, females and males.

The reproduction of *Mullus barbatus* is seasonal and occurs only once a year, between April and June. The hepatosomatic ratio and overweight show variations related to the reproductive cycle. The first maturity is reached at 14.6 cm in females and 14.1cm in males, corresponding to 2 years. The sex-ratio is in favor of females.

M. barbatus is a benthic predator, it is nourished at seasonal intervals with a marked preference for decapod crustaceans and Peracarida. Whatever the sampling season, Crustacea predominate in the diet of females, males, adults and juveniles. Statistical comparison using ANOSIM test showed that the abundance of prey changes significantly according seasons, sex and the stage of maturity. In spite of numerical and weight fluctuations of the ingested preys, statistical comparison using Spearman rank coefficient (ρ) did not show any qualitative and quantitative changes of its diet whatever the season, the sex and the state of sexual maturity.

Keywords :

Mullus barbatus, reproduction, growth, feeding habits.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGUIRRE H. & LOMBARTE A.** (1999). Ecomorphological comparaisons of sagittae in *Mullus barbatus* and *Mullus surmuletus*. *J.Fish. Biol.*, 55: 105-114.
- AGUIRRE H. & SANCHEZ P.** (2005). Feeding resource partitioning between *Mullus barbatus* and *M. surmuletus* in the Catalan Sea (northwestern Mediterranean). *Scientias Marinas*, 31 : 429-439.
- AGUIRRE VILLASEÑOR H.** (2000). Aspectos Biológicos y Ecológicos del Salmonete de Fango *Mullus barbatus* L., 1758 y del Salmonete de Roca *Mullus surmuletus* L.,1758, del Mediterráneo Noroccidental. Thèse, Universitat Politecnica de Catalunya, Barcelona, 218 p + annexes.
- AKYOL O., TOSUNOGLU Z. & TOKAÇ A.** (2000). Investigations of the growth and reproduction of red mullet (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758) population in the Bay of İzmir (Aegean Sea). *Anadolu University Journal of Science and Technology* 1 (1): 121-127.
- AKYOL O. & ÖZEKINCI U.** (2000). The effects of beach seine net on some economic fish species in the Aegean Sea. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 17: 185-199.
- ALBARET J.J.** (1977). La reproduction de l'albacore (*Thunnus albacares*) dans le golfe de Guinée. *Cah. ORSTOM. sér. Océanogr.*, 15(4): 389-419.
- ALI M.Y. & LINDSAY C.C.** (1974). Heritable and temperature-induced meristic variation in the medaka *Oryzias latipes*. *Can. J.Fish Biol.*, 55 :959-976.
- ARMSTRONG D., KEMP P.S., KENNEDY G.A., LADLE M. & MILNER N.** (2003). Habitatrequirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. *Fish. Res.*, 62:143-170.
- ANONYME.** (2001). Le secteur de la pêche et de l'aquaculture en Algérie : Capacités et perspectives. MPRH, 2001. 21 p.
- ANONYME.** (1996). Etude d'extension du port de la pêche de Stora. Avant projet sommaire. Rapport, juillet, 1996: 13 p.
- ANONYME.** (1998). La pêche par les chiffres en Algérie. DGP, M.A.P, N° 8.23 p + annexes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME.** (2008). Bases de données et statistiques. Fisheries département capture production. FAO, by major fishing areas.
- ANONYME.** (2014). Guide des espèces. Sea Weab Europe. Edition 2014, 90pp
- ARELLANO R.V., HAMERLYNCK O., VINEX M., MEES J., HOSTENS K. & GIJSELINCK W.** (1995). Changes in the ratio of the sulcus ascusticus area to the Sagitta area of *Pomatoschistus minutes* and *P. lozanoi* (Pisces, Gobiidae). *Mar. Biol.*, 122: 355-360.
- ARSLAN M. & İSMEN A.** (2014). Age, growth, reproduction and feeding of *Mullus barbatus* in Saros Bay (North Aegean Sea). *Journal Black Sea/Mediterranean Environment*, 20:184-199.
- AYDIN M. & KARADURMUS U.** (2013). An Investigation on age, growth and biological characteristics of red mullet (*Mullus barbatus ponticus*, Essipov 1927) in the Eastern Black Sea. *Iranian Journal of Fisheries Science* 12(2):277-288.
- BACHA S. & CHAUVELON P.** (1990). Rétrocalcul et otolithométrie sans contrainte de standardisation de lecture. Actes de Colloque National, Bondy: 128-138.
- BAGLINIERE J.L., CASTANET J., CONAND F. & MEUNIER F.J.** (1992). Tissus durs et âge individuel des vertébrés. Colloques et Séminaires ORSTOM-INRA, Paris, France.
- BARNABE G.** (1973). Etude morphologique du loup *Dicentrarchus labrax* (L) de la région de Sète. – *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 37 : 397-410.
- BAUCHOT M. L.** (1987). POISSONS OSSEUX. P 891- 1421. In: W. Fischer, M.-L. Bauchot and M. Schneider (eds.) Fishes FAO d'identification pour les besoins de la pêche (rev. 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. II. Commission des communautés Européennes & FAO, Rome.
- BAUCHOT M. I. & PRAS A.** (1980). Guide des poissons marins d'Europe. *Edition Delachaux & Nestlé.* 427p.
- BAUMANN H., PECK M.A. & HERRMANN J.** (2005). Short-term decoupling of otolith and somatic growth induced by food level changes in postlarval Baltic sprat, *Sprattus sprattus*. *Mar. Fres. Res.*, 56: 539-547.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAUTISTA-VEGA A.A., LETOURNEUR Y., HARMELIN-VIVIEN M. & SALEN-PICAR C.** (2008). Difference in diet and size-related trophic level in two sympatric fish species, the red mullets *Mullus barbatus* and *Mullus surmuletus*, in the Gulf of Lions (north-west Mediterranean Sea). *Journal of Fish Biology*, 73(10): 2402–2420.
- BEACHAM T.D.** (1990). A genetic analysis of meristic and morphometric variation in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) at three different temperatures. *Can. J. Zool.*, 68: 225-229.
- BEN ELIAHU M. & GOLANI D.** (1990). Polychaetes (Annelids) in the gut contents of goatfishes (Mullidae), with new polychaete records for the Mediterranean coast of Israel and the Gulf of Elat. *PSZNI Marine Ecology*, 11: 193-205.
- BENCHALEL W. & KARA M.H.** (2010). Biométrie et dimorphisme sexuel du sar commun *Diplodus sargus sargus* (sparidae) des côtes de l'est algérien. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 135(3-4): 149-162.
- BENCHALEL W., DERBAL F. & KARA M.H.** (2010). Régime alimentaire du sar commun *Diplodus sargus sargus* (Sparidae) des côtes de l'est algérien. *Cybium*, 34: 231-242.
- BENECH V.** (1975). Croissance, mortalité et production de *Brachysynodontis batensoda* dans l'archipel Sud-Est du lac Tchad. *Cab. ORSTOM, ser. hydrobiol.*, 9(2) : 23-33.
- BEN-TUVIA A. & KISSIL G.W.** (1988). Fishes of the family Mullidae in the Red Sea, with a Key to the species in the Red Sea and the eastern Mediterranean. *Ichthyol. Bull.*, 52: 1-16.
- BENZOHRA M.** (1993). Les structures hydrodynamiques le long des côtes algériennes. In: Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb, INOC, Izmir: 33-46.
- BERTALANFFY L. VON.** (1938). A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, 10(2): 181-213.
- BERTIN L.** (1958). Sexualité et fécondation. Nidification. In: GRASSE, P.P. *Traité de Zoologie*, MASSON et CIE, 13(2): 1584-1684.1975 ;
- BEYER J.E.** (1991). On length-weight relationships. 2. Computing mean weights from length statistics. *Fish byte* 9, 50-54.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BILLARD R., BRETON B., FOSTIER A., JALABERT B. & WELL C.** (1978). Endocrine control of the teleost reproductive cycles and its relation to external factors: Salmonid and Cyprinid models. 37-48, in P-J. Gaillard and H.H. Boer, Comparative endocrinology, *Elsevier North Holland. Amsterdam*.
- BOUGIS P.** (1952). Rapport-hépatosomatique et rapport gonado-somatique chez *Mullus barbatus* L. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 74 (6), 326-330.
- BOULENGER G.A.** (1904). Fishes (Systematic account of the Teleostei). In: the Cambridge Natural History, 7: 541-727.
- BLEEKER P.** (1874). Zesde bijdrage tot de kennis der ichthyologische fauna van Amboina. *Nat. Tijdschr. Ned. Indië* 8: 391-434.
- BRÜNNICH M.T.** (1768). Ichthyologia Massiliensis, Sistens Piscium Descriptiones Eorumque Apud Incolas Nomina. *Accedunt Spolia Maris Adriatici*. Copenhagen. 72.
- BURNS J. R.** (1985). The effect of low-latitude photoperiods on the reproduction of female and male *Poeciliopsis gracilis* and *Poecilia sphenops*. *Copeia*: 961-965.
- CADDY J.F. & SHARP G.D.** (1988). An ecological framework for marine fishery investigations. FAO Fisheries Technical Paper 283. Rome, Italy, 152 pp.
- CAILLIET G. M., ANDREWS A. H., BURTON E. J., WATTERS D. L., KLINE D. E. & FERRY-GRAHAM L. A.** (2001). Age determination and validation studies of marine fishes: do deep-dwellers live longer? *Exp. Gerontol.* 36: 739-764.
- CAMPANA S. E.** (1992). Measurement and interpretation of the microstructure of fish otoliths. In: D.K. Stevenson and S.E. Campana (editors). Otoliths microstructure examination and analysis. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 117: 59-71
- CASSELMAN J. M.** (1987). Determination of age and growth. In: Weatherley, A.H., Gill, H.S. (eds.), *The Biology of Fish Growth*. Academic Press, London, pp. 209-242.
- ÇELİK Ö. & TORCU H.** (2000). Investigations on the biology of red mullet (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758) in Edremit Bay, Aegean Sea, Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 24: 287-295.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CHAOUI L., DERBAL F., KARA M. H. & QUIGNARD J. P.** (2005). Alimentation et condition de la dorade *Sparus aurata* (Teleostei: Sparidae) dans la lagune du Mellah (Algérie Nord Est). *Cah. Biol. Mar.*, 46: 221-225.
- CHAOUI L., QUIGNARD J. P. & KARA M. H.** (2001). Différenciation morphologique de deux populations marine et lagunaire de daurade *Sparus aurata* (Linné, 1758). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 36: 371.
- CHERIF M., ZARRAD R., GHARBI H., MISSAOUI H. & JARBOUI O.** (2007). Some biological parameters of the red mullet, *Mullus barbatus* L., 1758, from the Gulf of Tunis. *Acta Adriatica* 48(2): 131-144.
- CHÉRIF M., M.M. BEN AMOR S. SELMIH. GHARBI H. MISSAOUI & CAPAPÉ C.** (2011). Food and feeding habits of the red mullet, *Mullus barbatus* (Actinopterygii: Perciformes: Mullidae), off the northern Tunisian coast (Central Mediterranean). *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 41: 109-116.
- COUCH J.** (1864). History of the Fishes of the British Islands. *Groombridge & sons eds. London*, 5(1) : 245p.
- D'ANATRO, A. & M. LOUREIRO.** (2005). Geographic variation in *Austrolebias luteoflamulatus* Vaz-Ferreira, Sierra & Scaglia (Cyprinodontiformes, Rivulidae). *J. Fish Biol.*, 67: 849-865.
- DAGNÉLIE P.** (1975). Théorie et Méthodes statistiques. Vol. 2 : Les Méthodes de l'Inférence statistique. Les presses agronomiques de Gembloux, 451pp.
- DAGNELIE P.** (1970). Théorie et méthodes statistiques, Vol. 2: les méthodes de l'inférence statistique. Duculot ed., Gembloux. 451 pp.
- DAY T. & MCPHAIL J.D.** (1996). The effect of behavioural and morphological plasticity on foraging efficiency in the threespine stickleback (*Gasterosteus* sp.). *Oecologia*, 108, 380-388.
- DE VLAMING V. L.** (1974). Environmental and endocrine control of teleost reproduction, 13-83. In SCHRECK C. B., Control of sex of fishes. Extension Div. Virginia Polytech. Inst. State Univ., Blacksburg, Virginia 24061.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DERBAL F.** (1993). Aperçu sur la faune ichtyologique et carcinologique des fonds chalutables du golfe d'Annaba. Pêche maritime, Moreux. S.A eds., Paris, mai 1993: 247-249.
- DERBAL F., NOUACER S. & KARA. M.H.** (2007). Composition et variations du régime alimentaire du sparailon *Diplodus annularis* (Sparidae) du golfe d'Annaba (Est de l'Algérie). *Cybium*, 31: 443-450
- DERBAL F., SLATNI S. & KARA M.H.** (2010). Variations du régime alimentaire du rouget de roche *Mullus surmuletus* (Mullidae) des côtes de l'est de l'Algérie. *Cybium*, 34: 373-380.
- DWIVEDI S.N.** (1964). Ecologie, morphologie et biologie comparées des deux espèces du genre *lepidorhombus* : *l. Megastoma* (donovan) et *l. Boscell* (risso) étude de leurs races et populations. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 28 (4) : 321-399.
- DJABRI L., MANIA D., MESSADI A., HANI R., DJAFFER S., DFFER S., BENHARKET S., DJABRI A., AIDAOUI K. & BOUKHMIS A.** (1998). Pollution des eaux de l'oued Seybouse et des nappes de Guelma, Bouchegouf et Annaba (Est algérien) par les nutriments. *Bull. Intern. Eau & Environ.*, N° 20, septembre 1998: 16-25.
- DJABRI L.** (1992). Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse. Origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Badji-Mokhtar, Algérie.
- ESPOSITO V., ANDALORO F., BIANCA D., NATALOTTO A., ROMEO T., SCOTTI G. & LUCA CASTRIOTA L.** (2014). Diet and prey selectivity of the red mullet, *Mullus barbatus* (Pisces: Mullidae), from the southern Tyrrhenian Sea: the role of the surf zone as a feeding ground. *Marine Biology Research*, 10: 167-178.
- FABLET R. & OGOR A.** (2005). TNPC (digital processing of calcified structures): user manual. www.ifremer.fr/lasaa/tnpc.
- FAGE L.** (1909). Etude de la variation chez le Rouget (*Mullus barbatus* L., *M. surmuletus* L.)." *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale*, 1(5) : 55p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- FISHER W., BAUCHOT M.L. & SCHNEIDER M.** (1987). Méditerranée et Mer Noire. Vertébrés. In: Fishes. FAO d'identification des Espèces pour les Besoins de la Pêche. Rome. Vol II : 761-1530.
- FAO.** (2016). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. Rome. 224 pages.
- FORD-Walford L.A.** (1946). A new graphic method of describing the growth of animal. *Biol. Bull.*, 90(2): 141-147.
- FORNEY J.L.** (1977). Evidence of inter- and intra-specific competition as factor regulating walleye (*Sizostedion vitem vitem*) biomass in Oneida lake, New York. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34: 1812-1820.
- FREHI H.** (1995). Etude de la structure et du fonctionnement du système phytoplanctonique dans un écosystème marin côtier. Eutrophisation de la baie d'Annaba. Thèse de Magister, Université Badji-Mokhtar, Algérie.
- FREHI H., AYADA M., KARA M.H. & COUTE A.** (2004). Hydrobiologie de la baie d'Annaba (Algérie nord est): Caractères physico-chimiques et biomasse chlorophyllienne. *Rapp. Comm. int. Mer Méditer.*, 37. 359 p.
- FREHI H., COUTÉ A., MASCARELL G., PERRETTE-GALLET C., AYADA M. & KARA M. H.** (2007). Dinoflagellés toxiques et/ou responsables de blooms dans la baie d'Annaba. *C. R. biol.*, 330(8): 615-628.
- FRITZ E.S.** (1974). Total diet comparison fishes by Spearman rank correlation coefficient. *Copeia*, 1974(1): 210-215.
- FROGLIA C.** (1988). Food preferences of juvenile red mullet *Mullus barbatus* in Western Adriatic nursery ground (Osteichthyes: Mullidae). *Rapports et Procès-Verbaux du Comité international pour l'exploration scientifique de la mer Méditerranée*, 31: 263.
- FULTON T.W.** (1911). *The Sovereignty of the Sea*. London, Edinburgh.
- GAÏD A.** (1986). L'eutrophisation des lacs et barrages. *Revue eaux et sols d'Algérie*, Vol. 2-92: 72-82.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- GANCITANO V., BASILONE G., BONANNO A., CUTTITTA A., GAROFALO G., GIUSTO G.B., GRISTINA M., MAZZOLA S., PATTI B., SINACORI G., FIORENTINO F.** (2011). Rapporto annuale sullo stato delle risorse della GSA16 - Stretto di Sicilia. In: Rapporto annuale sullo stato delle risorse biologiche dei mari circostanti l'Italia: 90-116.
- GAYANILO F.C.JR., SPAREE P. & PAULY D.** (1996). FAO - ICLARM Stock assessment tools (FISAT). Computer software package series manual. FAO computerized information series (Fisheries). 126 p.
- GAYANILO, F. C. & PAULY, P.** (1996). F.A.O.ICLARM Stock assesement Tools (FISAT). Reference Manual. F.A.O. Computerized information Service N° 8.
- GHARBI H. & KTARI M.H.** (1981). Biologie de *Mullus barbatus* L., 1758 et *Mullus surmuletus* L maturité sexuelle, cycle sexuel et coefficient de condition. Bull. Inst. Natn. Scient. Techn. Océanogr. Pêche Salammbô, 8, 41-51.
- GHARBI H. & KTARI M.H.** (1979). Diet of red mullets (*Mullus barbatus*- Linnaeus, 1758 and *Mullus surmuletus*- Linnaeus, 1758) in the Tunis Gulf. Bull. Inst. Natl. Sci. Tech. Oceanogr. Peche Tunisia, 6(1-4): 41-52.
- GIBSON R.N. & ROBB L.** (1997). Occurrence of juvenile of red mullet (*Mullus surmuletus*) on the west coast of Scotland. J. Mar. Biol. Assoc. UK, 77: 911-912.
- GÖKÇE G., ÇEKIÇ M., FILIZ H.** (2010). Length-weight relationships of marine fishes off Yumurtalık coast (İskenderun Bay), Turkey. *Turkish Journal of Zoology* 34: 101-104.
- GOLANI D.** (1994). Niche separation between colonizing and indigenous goat fish (Mullidae) along the Mediterranean coast of Israel. *Journal of Fish Biology*, 45 : 503-513.
- GOLANI D. & GALIL B.** (1991). Trophic relationships of colonizing and indigenous goatfish (Mullidae) in the eastern Mediterranean with special emphasis on decapods crustaceans. *Hydrobiologia*, 218: 27-33.
- GONÇALVES J. M. S. & ERZINI K.** (1998). Feeding habits of the two-banded sea bream (*Diplodus vulgaris*) and the black sea bream (*Spondyliosoma cantharus*) (Sparidae) from the south-west coast of Portugal. *Cybium*, 22: 245-254.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- GONÇALVES J. M. S., BENTES L., LINO P. G., RIBEIRO J., CANÁRIO A. V. M. & ERZINI K.** (1997). Weight-length relationships for selected fish species of the small-scale demersal fisheries of the south and south-west coast of Portugal. *Fish. Res.*, 30: 253-256.
- GOSLINE W.A.** (1984). Structure, function, and ecology in the goatfishes (family Mullidae). *Pac Sci* 38:312–323
- GRAHAM J. & VRIJENHOEK R.C.** (1988). Detrended correspondence analysis of dietary data. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, vol. 117, no.1, p. 29-36.
- GRONOVIVS L.T. (1780).** *Systema Ichthyologicum*. Ed. Gray, 108p.
- GUEGUEN J.** (1969). Croissance de la Daurade *Pagellus centrodentus*. Delaroche. *Rev. Trav. Inst. Scient. Techn. Pêche marit.*, 18(3) : 251-254.
- GUILLEN J.E. & MARTINEZ M.** (1995). *Mullus surmuletus* (L.1758) : Decapoda selective predation. *Rapports de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*, 34: 244.
- GÜNTHER A.** (1859). *Catalogue of the Acanthopterygian Fishes in the Collection of the British Museum*, Vol. 1. London: British Museum. I: 397-411.
- HACUNDA J. S.** (1981). Trophic relationships among demersal fishes in coastal area of the Gulf of Main. *Fish. Bull.*, 79: 775-788.
- HAMMER Ø., HARPER D.A.T. & RYAN P.D.** (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, vol. 4, no. 1, 9 p. Available from: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>. Access in: 17 Oct. 2014.
- HEBBAR C.** (2013). Contribution à l'étude de la biologie et de l'exploitation du rouget barbet de vase (*Mullus barbatus* Linné., 1758) pêché dans le littoral oranais. Thèse de doctorat en sciences de l'environnement Université Badji-Mokhtar, Algérie. 92-126 p
- HUREAU J.C.** (1986). Mullidae. In: *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean (FNAM)*, Vol. 2 (Whitehead P.J.P., Bauchot M.-L., Hureau J.-C., Nielsen J. & E. Tortonese, eds), pp. 877-882. Paris: UNESCO.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- HYSLOP E.J.** (1980). Stomach contents analysis: A review of methods and their application. *J. Fish Biol.*, 17, 411-429.
- İLKYAZ A.T., SOYKAN G., METIN O. KINACIGIL H. T.** (2008). Length-weight relationship of 62 fish species from the central Aegean Sea, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology* 24(6): 699-702.
- JARDAS I.** (1996). Jadranska ihtiofauna. Školska knjiga, Zagreb, 536 p.
- JOKSIMOVIC A., REGNER S., KASALICA O., ĐUROVIĆ M., PEŠIĆ A., & M. MANDIĆ.** (2008). Growth of the red mullet, *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758, on the Montenegrin shelf (South Adriatic). *Electron. J. Ichthyol.* 4 (1), 1-7
- JUKIĆ S. & PICCIENTTI C.** (1981). Quantitative and qualitative characteristics of demersal resources in the Adriatic Sea with some population dynamics estimates. General Fisheries council for the Mediterranean. Report of the second Technical Consultation on Stock Assessment in the Adriatic, Ancona, 18-22. May 1981. F.A.O Fisheries Report, no 253, 73-91.
- KALAYCI F., SAMSUN N., BILGIN S. & SAMSUN O.** (2007) Length-weight relationship of 10 fish species caught by bottom trawl and midwater trawl from the Middle Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 7: 33-36.
- KARA M. H. & DERBAL F.** (1996). Régime alimentaire du loup *Dicentrarchus labrax* (Poisson Moronidé) du golfe d'Annaba (Algérie). *Ann. Inst. Océanogr.*, Paris, 72: 185-194.
- KARA M. H. & FREHI H.** (1997). Etude morphologique du loup *Dicentrarchus labrax* du golfe d'Annaba. Différenciation d'une population lagunaire voisine. *J. Rech. Océanogr.*, 22(2): 45-50.
- KARA M.H.** (1997). Cycle sexuel et fécondité du loup *Dicentrarchus labrax* (Poisson Moronidé) du golfe d'Annaba. *Cah. Biol. Mar.*, 38: 161-168.
- KARLOU-RIGA C., VRANTZAS N.** (1989). Evaluation of the relative yield-per-recruit approach in the case of the stock of red mullet (*Mullus barbatus* L. 1758) in the Saronikos Gulf. *FAO Fish. Rep.* 412: 28-43.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- KINACIGİL H. T.** (1994). The studies on the distribution abundance and catchability of red mullet (*Mullus barbatus* Lin., 1758) stocks in Gülbahçe Bay (in Turkish). *Ege University, Journal of Faculty of Science, Series B*, app.16/1:13 pp.
- KINACIGIL H.T., İLKHAZ, A.T., AKYOL, O., METIN, G., ÇIRA, E., AYZ, A.** (2001). Growth parameters of red mullet (*Mullus barbatus* L. 1758) and seasonal cod-end selectivity of traditional bottom trawl nets in İzmir Bay (Aegean Sea). *Acta Adriat.* 42(1): 113-123.
- KOTRSHALL K. & THOMPSON D.A.** (1986). Feeding patterns in eastern tropical Pacific blennioid fishes (Teleostei: Tripterygiidae, Labrisomidae, Chaenopsidae, Blennidae). *Oecologia* 70 (3): 367–378.
- LA ROSA T., LOPIANO L., SARÀ G. & MAZZOLA A.** (1997). Osservazioni sulla dieta di forme giovanili di *Mullus surmuletus* (Sicilia occidentale). *Biol. Mar. Medit.*, 4: 530-532.
- LABROPOULOU M. & ELEFThERIOU A.** (1997). The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species : importance of morphological characteristics in prey selection. *J. Fish Biol.*, 50 : 324-340. Lacépède, 1798. Histoire Naturelle des Poissons. TIII, 391p.
- LACEPEDE** (1798). Histoire Naturelle des Poissons. TIII, 391p
- LCHF** (1976). Extension du port d'Annaba. Etude générale des conditions naturelles dans le Golfe (synthèse finale du LCHF), 50 p.
- LACOMBE H. & RICHEZ C.** (1982). Regime of the strait of Gibraltar and of its east and west approaches. In: Hydrodynamics of semi- enclosed seas, J.C.J. Nihoul, editor, Elsevier, Amsterdam, 13-73.
- LAHAYE J.** (1981). Les cycles sexuels chez les poissons marins. *Oceanis*, 6 (7): 637-654.
- LALAYE P.** (1995). Ecologie comparée de deux espèces de Chrysischthys, Poissons siluriformes (Claroteidae) du complexe lagunaire lac Nokoué - lagune de Porto Novo au Bénin. Thèse de doctorat, Université de Liège, Liège, p.152.
- LAWROR L.R.** (1980). Overlap, similarity and competition coefficients. *Ecology*, 61(2), 245- 251

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- LAYACHI M., MELHAOUI M., RAMDANI M. & SROUR A.** (2007). Etude préliminaire du régime alimentaire du rouget barbet (*Mullus barbatus* L.) de la côte nord-est méditerranéenne du Maroc (Nador) au cours de l'année 2001 (Poissons, Mullidae). Bull. Inst. Sci., Rabat, SV (29): 35-41.
- LEA, E.**, (1910). On the methods used in the herring investigation. Publ. Circ. Con. Int. Expl. Mer Copenhaguen, 53: 7-175.
- LEA E.** (1910). On the methods used in the herring investigations. *Publ. Circ. Con. Int. Expl. Mer Copenhaguen*, 53: 7-175.
- LECLAIRE L.** (1972). La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algérolaléares (précontinent algérien). *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat. Série C. Tome XXIV. Ed. du Muséum*, Paris: 391 p.
- LECOMTE-FINIGER R.** (1999). L'otolithe : la "boite noire" des téléostéens. *Année Biol.* 38 : 107-122.
- LEE R. M.** (1912). A review of the methods of age and growth determination in fish by means of scales. Fisheries Fish Inves. London, 2(4): 32 p.
- LIVADAS R.J.** (1988). A study of the growth and maturity of striped mullet (*Mullus barbatus* L., 1758) in waters of Cyprus. F.A.O. Fish. Rept., 412, 44-51.
- LOMBARTE A. & AGUIRRE H.** (1997). Quantitative differences in the chemoreceptor systems in the barbels of two species of Mullidae (*Mullus surmuletus* and *Mullus barbatus*) with 159 different bottom habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 150: 57-64.
- LOMBARTE A.** (1992). Changes in otoliths areas: sensory area ratio with body size and depth. *Environ. Biol. Fish.*, 33: 405-410.
- LOUBENS G.** (1978). Biologie de quelques espèces du Lagon Néo-Calédonien. I. Détermination de l'âge : *Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Océanogr.*, Vol XVI, no 34, 1978: 263-283.
- LOUBENS G.** (1980). Biologie de quelques espèces de Poissons du lagon néo-calédonien. II. Sexualité et reproduction.
- MACPHERSON E.** (1998). Ontogenetic shifts in habitat use and aggregation in juvenile sparid fishes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 220: 127-150.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- MAGGIO T., BRUTTO S. L., GAROIA F., TINTI F., & ARCULEO M. (2009).** Microsatellite analysis of red mullet *Mullus barbatus* (Perciformes, Mullidae) reveals the isolation of the Adriatic Basin in the Mediterranean Sea. *Journal of Marine Science*, 66: 1883–1891.
- MAYRAT A. (1970).** Allométrie et taxonomie. *Revue de statistique appliquée*, XVIII(4) : 47-58.
- MAZZOLA A., LOPIANO L., LA ROSA T. & SARÀ G. (1999).** Diet feeding habits of juveniles of *Mullus surmuletus* (L., 1758) in the lagoon of the Stagnone di Marsala (Western Sicily, Italy). *Journal of Applied Ichthyology*, 5: 143-148.
- MC CORMICK M. I. (1993).** Development and changes at settlement in the barbel structure of the reef fish, *Upeneustragula* (Mullidae). *Environmental Biology of Fishes*, 37:269-282.
- MEHANNA S.F. (2009).** Growth, mortality and spawning stock biomass of the striped red mullet *Mullus surmuletus*, in the Egyptian Mediterranean waters. *Med. Mar. Sci.*10 (2):5-17.
- MERONA BERNARD DE, ECOUTIN JEAN-MARC. (1979).** La croissance des poissons d'eau douce africains : Revue bibliographique et essai de généralisation. Paris : ORSTOM, 1979, 139 p. Réunion de Travail sur la Limnologie Africaine, Nairobi (KEN), 12/16-23.
- MEUNIER F.J. (1988).** Détermination de l'âge individuel chez les Ostéichtyens à l'aide de la squelettochronologie: historique et méthodologie. *Acta. Oecol., Oecol. Gener*, 9(3): 299-329.
- MOSEGAARD H., SVEDANG H. & TABERMAN K. (1988).** Uncoupling of somatic and otolith growth rates in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) as an effect of differences in temperature response. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 1514-1524.
- N'DA K. & DÉNIEL C. (1993).** Sexual cycle and seasonal changes in the ovary of the red mullet, *Mullus surmuletus*, from the southern coast of Brittany. *J. Fish. Biol.*, 43: 229-244.
- N'DA K. (1992).** Régime alimentaire du rouget de roche *Mullus surmuletus* (Mullidae) dans le nord du golfe de Gascogne. *Cybium*, 16: 159-167.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- NELSON J.S.** (1994). *Fishes of the World*, 2nd ed. New York: John Wiley.
- NIKOLSKY G.V.** (1963). *The ecology of fishes*. Academic Press. 352 p.
- NOLF D.** (1985). *Otololithi piscium*. In *hand book of paleoichthyology*, Vol X (SCHULTZEI & KUHN O., Eds), pp. 1-26. Stuttgart: Fisher Verlag.
- NUNEZ J.** (1985). Contribution à l'étude de la biologie de la reproduction de la sole (*Solea vulgaris*, Quensel, 1806): approche ultrastructurale et physiologique. Thèse de 3^{ème} cycle. Univ. Bordeaux I. 109 p.
- OTTERLEI E., FOLKVORD A. & NYHAMMER G.** (2002). Temperature dependent otolith growth of larval and early juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*). *ICES. J. Mar. Sc.*, 59: 851-860.
- OUNISSI M., FREHI H. & KHELIFI-TOUHAMI M.** (1998). Composition et abondance du zooplancton en situation d'eutrophisation dans un secteur côtier du Golfe d'Annaba (Algérie). *Ann. Inst. Océanogr.*, Paris, 74 (1): 13-28.
- OUNISSI M.** (2001). Echanges du microphytoplancton entre la lagune Mellah et le littoral adjacent (Algérie) en été (22-25 août 1999) entre treize étales successives de marée. Inter- Islamic Science and Technology Network on Oceanography, International Workshop on Marine Biodiversity in Muslim Countries, Algiers, Algeria, 22-24 october 2001.
- OUNISSI M., KHALED-KHODJA M., KHELIFI-TOUHAMI M., HALLAL S. & AYAD M.** (2002). Flux de matières minérales et organiques de l'oued Seybouse au littoral d'Annaba (Algérie) en hiver et au printemps 2002. Cinquièmes Journées Tunisiennes des Sciences de la Mer, Aïn-Draham, 21-24 décembre 2002.
- ÖZBILGIN H., TOSUNOGLU Z., BILECENOGLU M., TOKAÇ A.** (2004). Population parameters of *Mullus barbatus* in İzmir Bay (Aegean Sea), using length frequency analysis. *J. Appl. Ichthyol.* 20(4):231-233.
- PANFILI J., DE PONTUAL H., TROADEC H. & WRIGHT P.J.** (2002). *Manuel de sclérochronologie des poissons*. Coéditions IFREMER-IRD, 464p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- PAPACONSTANTINO C. & CARAGITSOU E.** (1987). Preliminary study of the trophic relationship of red mullet (*Mullus barbatus*) off the western coast of Greece. Proc. 2nd Panhellenic Symp. *Oceanogr. Fish.*, 2: 577-583.
- PARENTI L.R.** (1981). A phylogenetic and biogeographic analysis of cyprinodontiform Fishes (Teleostei: Atherinomorpha). *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 168: 341-557.
- PASQUAND S., GIRARDIN M. & ELIE P.** (2004). Étude des gobies du genre *Pomaeschstus* (*P. microps* et *P. minutus*) dans l'estuaire de la Gironde (France). *Cybium*, 28: 99-106.
- PAULY D.** (1993). Fishbyte section editorial. *Naga, ICLARM Quart.* 16, 26.
- PAULY D., MUNRO J. L.** (1984). Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte* 2, 21.
- PETRAKIS G. & STERGIO K. I.** (1995). Weight-length relationship for 33 species in Greek Waters. *Fisheries Research* 21: 465-469.
- PHILIPPART J.C.** (1975). Dynamique des populations des poissons d'eau douce non exploitées IN : Problèmes d'écologie. Lamotte M., Bourlière F. Masson, Paris :291-394.
- PINKAS L., OLIPHANT M.S. & IVERSON I.L.K.** (1971). Food habits of albacore, blue fin tuna and bonito in California waters. *Californian fish game*, 152, 1-105.
- REZNICK D., LINDBECK E. & BRYGA H.** (1989). Slower growth results in larger otoliths: an experimental test with guppies (*Poecilia reticulata*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46: 108- 112.
- RICHTER H.C., LUCKSTADT C., FOCKEN U. & BECKER K.** (2000). An improved procedure to assess fish condition on the basis of length-weight relationships. *Arch. Fish. Mar. Res.*, 48: 255-264.
- RIKHTER V.A. & EFANOV V.N.** (1976). On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries Res. Doc. 76, 8-12.
- ROBINSON B.W. & WILSON D.S.** (1995). Experimentally induced morphological diversity in Trinidadian guppies (*Poecilia reticulata*). *Copeia* 1995: 294-305.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ROSECCHI E. & NOUAZE Y.** (1987). Comparaison de cinq indices alimentaires utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux. *Rev. Inst. Pêches marit*, 49(3 et 4): 111-123.
- ROSS S.T.** (1977). Patterns of resource partitioning in searobins (Pisces: Triglidae). *Copeia*, 561-571.
- SABAT M., HERNANDEZ M.R., MUNOZ M. & CASADEVALL M.** (2004). Ovarian structure and annual reproductive cycle of *Scorpaena porcus*. *Rapp. Comm. Int. Mer. Médit.*, 37: 431.
- SAFRAN P.** (1992). Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles. *Mar. Biol.*, 112: 545-551.
- SANTOS M.B., PIERCE G.J., LOPEZ A., BARREIRO A. & GUERRA A.** (1996). Diets of small cetaceans stranded NW Spain 1994-95 (C.M. 1996/N: 11). 6 p.
- SILVA A.** (2003). Morphometric variation among sardine (*Sardina pilchardus*) populations from the northeastern Atlantic and the western Mediterranean. *ICES J. Mar. Sci.*, 60: 1352-1360.
- SCHWARZHANS W.** (1980). Die tertiäre Teleosteer-Fauna Neuseelands, rekonstruiert anhand von otolither. *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen*, 26: 1-211.
- SECHET G.** (2004). Quel temps! Chronique de la météo de 1900 à nos jours. Editions Hermé, 255p.
- SECOR D.H. & Dean J.M.** (1989). Somatic growth effects on the otolith - fish size relationships in young pond-reared striped bass, *Morone saxatilis*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46: 113-121.
- SLATNI S.** (2002). Contribution à la connaissance de la biologie du rouget de roche *Mullus surmuletus* (Linné, 1758) des côtes de l'Est algérien. Mémoire de Magister, Université Badji-Mokhtar, Algérie. 78p + annexe.
- SPADELLA M.A., BRAZ DE CASTILHO-ALMEIDA R., QUAGIO-GRASSIOTTO I. & CESARIO M.D.** (2005). Follicular diameter range based on morphological features in *Synbranchus marmoratus* (Bloch, 1795) (Teleostei, Synbranchiformes, Synbranchidae) from the South-central region of Brazil. *Tissue and Cell*, 37: 91-100.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- STEUERT B.** (1971). Contribution à l'étude du sar *D. labrax* L. des réservoirs à poissons de la région d'Arcachon. Thèse 3ème cycle, Faculté des Sciences, Bordeaux. 149 p.
- STERGIOU K.I. & KARPOUZI V.** (2002). Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 11:217-254.
- STERGIOU K.I., CHRISTOU, E.D., GEORGOPOULOUS, D., ZENETOS, A., SOUVERMEZOGLOU, C.** (1997) The Hellenic Seas: physics. chemistry. biology and fisheries. In: *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, (eds., A.D. Ansell, R.N. Gibson, M. Barnes), *UCL Press*, pp. 415-538.
- STONER A. W. & LINGVISTON R.J.** (1984). Ontogenetic patterns in diet and feeding morphology in sympatric sparid fishes from sea-grass meadows. *Copeia*, 1984: 174-178.
- SÜER S.** (2008) Determination of Age and Growth Model of Red Mullet *Mullus barbatus ponticus* (Essipov 1927) (Mullidae) by Means of Otolith Reading and Length-Frequency Analysis. 19 May University. Ph.D. Thesis. 99 pp. (in Turkish).
- SUQUET M. & PERSON-LE RUYET J.** (2001). Les rougets barbets (*Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus*). Biologie, pêche, marché et potentiel aquacole. *Ifremer eds.* 47p.
- SWAIN D.P. & FOOTE C.D.** (1999). Stochs and chameleons: the use of phenotypic variation in stock identification. *Fisheries Research*, 43:113-128.
- TEISSIER G.** (1948). La relation d'allométrie : sa signification statistique et biologique. *Biometrics*, 4(1): 14-53.
- TESCH F.W.** (1971). Age and growth. In: *Fish Production in Fresh waters*. Blackwell Scient. Pub., Oxford, 2ème édition: 98-130.
- TOGULGA M. & MATER S.** (1992). A comparison of data on the population dynamics of red mullet (*Mullus barbatus* L.) from the Izmir Bay in 1973 and 1990. *J. Fac. Sci. Ege Univ.* 14, 11-28.
- TOKAÇ A. & GURBET R.** (1992). The studies on catchability of red mullet (*Mullus barbatus* Lin.,1758) in İzmir Bay (in Turkish). The Seminar Book of Fishing and Processing Technology, Edit. Rtn. Işık Oray (Editor). İstanbul Beyoğlu Rotary Club, İstanbul, 7 pp.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- TORTONÈSE E.** (1975). Osteichthyes, (Pesci ossei). Parte Seconda. Edizioni Calderini, Bologna. *Fauna Italia*, (11) : 1-636.
- TURAN C.** (2006). Phylogenetic relationships of Mediterranean Mullidae species (Perciformes) inferred from genetic and morphologic data. *Sci. Mar.*, 70(2): 311-318.
- TURSI A., MATARRESE A., D'ONGHIA G & SION L.** (1994). Population biology of red Mullet (*Mullus barbatus* L., 1758) from the ionian sea. *Marine Life* 4: 33-43.
- TURELI C. & ERDEM U.** (1997). Adana İli kıyı yöresinde ekonomik öneme sahip balık türlerinden barbunya (*Mullus barbatus* L., 1758) ve ıskarmoz (*Saurida undosquamis* Richardson, 1848) balıklarının büyüme özellikleri (İskenderun Körfezi, Türkiye). *TUBİTAK J. of Zool.* 21:329-334.
- VAISSIERE R. & FRIDJ G.** (1963). Contribution à l'étude de la faune benthique du plateau continental de l'Algérie. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, Vol. 60. 1272, 83 p, 5 cartes.
- VALENTE A.C.N.** (1992). A alimentação natural dos peixes. Série Monografias – Instituto de Zoologia Dr. Augusto Nobre, Universidade do Porto – Portugal. 33p.
- VASSILOPOULOU V. & PAPACONSTANTINOUC.** (1992). Aspects of the biology of the red mullet (*Mullus barbatus*) in the Aegean Sea. *FAO Fisheries Report*, 477: 115-126.
- VASSILOPOULOU V.** (1992). Biological aspects of red mullet. *Mullus barbatus*. of the coasts of central Greece. *Bull. Mar. Biol. Res. Cent.* 9(1):61-81.
- VASSILOPOULOU V. & PAPACONSTANTINOUC.** (1993). Feeding habits of red mullet (*Mullus barbatus*) in a gulf in western Greece. *Fisheries Research*, 16 : 69-83.
- VOLIANI A., ABELLA A., AUTERI, R.** (1995). Length based methods for determination of growth parameters separately by sex in *Mullus barbatus*. In: *Marine Population Dynamics*, CIHEAM-IAMZ, Zaragoza, pp. 69-70.
- VOLIANI A., ABELLA A., AUTERI R.** (1998). Some considerations on the growth performance of *Mullus barbatus*. *Cah. Opt. Mediterr.* 35: 93-106.
- VOLIANI A.** (1999). *Mullus barbatus*. In: Relini G., J. A. Bertrand and A. Zamboni (eds.) *Synthesis of knowledge on bottom fishery resources in central Mediterranean (Italy and Corsica)*. *Biol. Mar. Medit.* 6(1):276-291.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- VON BERTALANFFY.** (1938). A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.*, 10(2): 181-213.
- KARLOU-RIGA C., VRANTZAS N.** (1989). Evaluation of the relative yield-per-recruit approach in the case of the stock of red mullet (*Mullus barbatus* L. 1758) in the Saronikos Gulf. *FAO Fish. Rep.* 412: 28-43.
- VRANTZAS N., KALAGIA M. & KARLOU C.** (1992). Age, growth and state of stock of Red mullet (*Mullus barbatus* L. 1758) in the Saronikos Gulf of Greece. *FAO Fish. Rep.* 477: 51-67.
- WASSEF E.A. & EISAWY A.** (1985). Food and feeding habitats of wild and reared gilthead bream *Sparus aurata* L. *Cybium*, 9 : 233-242.
- WHITEHEAD P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J. & Tortonese E.** (1986). Fishes of the North Eastern Atlantic and the Mediterranean. Poissons de l'Atlantique du Nord- Est et de la Méditerranée, vol. 1, 2 et 3. Unesco, Paris.
- WOOTTON R. J.** (1998). Ecology of Teleost Fishes. Kluwer Academic Publishers. Fish and Fisheries Series, no. 24, Dordrecht, The Netherlands.
- WRIGHT P.J., METCALFE N.B. & THORPE J.E.** (1990). Otolith and somatic growth rates in Atlantic salmon parr, *Salmo salar* L.: evidence against coupling. *J. Fish. Biol.*, 36: 241-249.

Annexes

Annexe A

Annexe A

Tableau I. Coefficient de corrélation(R) et équation des droites de régression des caractères métriques mesurés en fonction de la longueur totale ou de la longueur céphalique chez la population totale de *M. barbatus* (+ : allométrie majorante, - : allométrie minorante, = : isométrie).

Fonction	Equation de régression	R	t_{obs} ($t_{1-\alpha/2}=1,96$)	Type d'allométrie	Valeurs limites (cm)
Ls=f(Lt)	$L_s = 1,007L_t - 0,112$	0,991	0,839	=	$9,5 \leq L_t \leq 22,2$ $7,5 \leq L_s \leq 17,8$
Lf=f(Lt)	$L_f = 0,994L_t - 0,04$	0,991	0,630	=	$8,2 \leq L_f \leq 19,8$
Lc=f(Lt)	$L_c = 1,044L_t - 0,693$	0,952	2,243	+	$2,4 \leq L_c \leq 5,3$
LPd=f(Lt)	$LP_d = 1,254L_t - 0,818$	0,932	9,976	+	$1,5 \leq LP_d \leq 7,3$
LPp=f(Lt)	$LP_p = 0,999L_t - 0,625$	0,962	0,050	=	$2,3 \leq LP_p \leq 5,4$
Lpp=f(Lt)	$L_{pp} = 0,969L_t - 0,342$	0,976	2,292	-	$4,1 \leq L_{pp} \leq 9,5$
LPa=f(Lt)	$LP_a = 1,028L_t - 0,327$	0,971	1,843	=	$4,9 \leq LP_a \leq 12$
Hc=f(Lt)	$H_c = 1,268L_t - 1,046$	0,916	9,480	+	$1,6 \leq H_c \leq 4,6$
Hpc=f(Lt)	$H_{pc} = 1,305L_t - 1,485$	0,870	8,633	+	$0,2 \leq H_{pc} \leq 1,8$
EC=f(Lt)	$EC = 1,462L_t - 1,455$	0,930	16,713	+	$0,9 \leq EC \leq 3,2$
Eid=f(Lt)	$E_{id} = 1,347L_t - 1,346$	0,852	9,124	+	$1 \leq E_{id} \leq 3$
Lbd=f(Lt)	$L_{bd} = 1,330L_t - 1,188$	0,924	12,012	+	$1,1 \leq L_{bd} \leq 4,2$
Do=f(Lc)	$DO = 0,756L_c - 0,388$	0,734	6,566	-	$0,7 \leq Do \leq 1,5$
LPo=f(Lc)	$LP_o = 1,342L_c - 0,511$	0,942	14,113	+	$1 \leq LP_o \leq 2,7$
Lpo=f(Lc)	$L_{po} = 1,016L_c - 0,392$	0,841	0,484	=	$0,9 \leq L_{po} \leq 2,2$
Eio=f(Lc)	$E_{io} = 1,120L_c - 0,517$	0,858	3,518	+	$0,3 \leq E_{io} \leq 1,8$
Lm =f(Lc)	$L_m = 1,051L_c - 0,483$	0,835	1,424	+	$0,9 \leq L_m \leq 1,9$

Annexe A

Tableau II. Coefficient de corrélation(R) et équations des droites de régression des caractères métriques mesurés en fonction de la longueur totale ou de la longueur céphalique chez les femelles de *M. barbatus*.

Fonction	Equation de régression.	R	t_{obs} $t_{1-\alpha/2=1,99}$	Type d'allométrie	Valeurs limites (cm)
Ls=f(Lt)	$Ls = 0,975Lt - 0,072$	0,985	1,199	=	$12,5 \leq Lt \leq 22,2$ $10,3 \leq Ls \leq 17,8$
Lf=f(Lt)	$Lf = 0,972Lt - 0,019$	0,988	1,527	=	$11,5 \leq Lf \leq 19,8$
Lc=f(Lt)	$Lc = 1,042Lt - 0,688$	0,952	1,121	=	$2,9 \leq Lc \leq 5,3$
LPd=f(Lt)	$LPd = 1,434Lt - 1,049$	0,911	7,381	+	$1,5 \leq LPd \leq 7,3$
LPp=f(Lt)	$LPp = 1,014Lt - 0,644$	0,964	0,463	=	$3 \leq LPp \leq 5,4$
Lpp=f(Lt)	$Lpp = 1,389Lt - 0,867$	0,859	5,411	+	$1,9 \leq Lpp \leq 9,5$
LPa=f(Lt)	$LPa = 0,99Lt - 0,276$	0,969	0,337	=	$6,7 \leq LPa \leq 12$
Hc=f(Lt)	$Hc = 1,26Lt - 1,046$	0,912	4,706	+	$2 \leq Hc \leq 4,6$
Hpc=f(Lt)	$Hpc = 1,14Lt - 1,297$	0,919	2,763	+	$0,9 \leq Hpc \leq 1,8$
EC=f(Lt)	$EC = 1,506Lt - 1,518$	0,931	9,565	+	$1,2 \leq EC \leq 3,2$
Eid=f(Lt)	$Eid = 1,351Lt - 1,362$	0,842	4,671	+	$1,2 \leq Eid \leq 3$
Lb=f(Lt)	$Lb = 1,239Lt - 1,083$	0,922	4,611	+	$1,9 \leq Lbd \leq 4,2$
Do=f(Lc)	$Do = 0,810Lc - 0,434$	0,812	2,999	-	$0,9 \leq Do \leq 1,5$
LPo=f(Lc)	$LPo = 1,402Lc - 0,548$	0,940	8,346	+	$1,2 \leq LPo \leq 2,7$
Lpo=f(Lc)	$Lpo = 1,029Lc - 0,408$	0,871	0,489	=	$1,1 \leq Lpo \leq 2,2$
Eio=f(Lc)	$Eio = 0,966Lc - 0,445$	0,869	0,574	=	$1 \leq Eio \leq 1,8$
Lm =f(Lc)	$Lm = 1,025Lc - 0,481$	0,851	0,389	=	$0,9 \leq Lm \leq 1,9$

Annexe A

Tableau III. Coefficient de corrélation(R) et équations des droites de régression des caractères métriques mesurés en fonction de la longueur totale ou de la longueur céphalique chez les mâles de *M. barbatus*.

Fonction	Equation de régression	R	t observé $t_{1-\alpha/2} = 1,95$	Type d'allométrie	Valeurs limites (cm)
Ls=f(Lt)	$Ls = 1,002Lt - 0,107$	0,977	0,119	=	$11,5 \leq Lt \leq 17,2$ $8,8 \leq Ls \leq 13,5$
Lf=f(Lt)	$Lf = 1,021Lt - 0,079$	0,981	1,188	=	$10 \leq Lf \leq 15$
Lc=f(Lt)	$Lc = 1,045Lt - 0,696$	0,874	0,682	=	$2,5 \leq Lc \leq 4$
LPd=f(Lt)	$LPd = 0.651Lt - 0,137$	0,826	8,457	-	$1,5 \leq LPd \leq 7,3$
LPp=f(Lt)	$LPp = 1,014Lt - 0,645$	0,884	0,318	=	$2,7 \leq LPp \leq 4,2$
Lpp=f(Lt)	$Lpp = 1.022Lt - 0.403$	0,928	0,641	=	$5 \leq Lpp \leq 7,1$
LPa=f(Lt)	$LPa = 1,041Lt - 0,344$	0,912	1,063	=	$5,7 \leq LPa \leq 7,5$
Hc=f(Lt)	$Hc = 1,521Lt - 1,331$	0,756	7,117	+	$1,7 \leq Hc \leq 3,7$
Hpc=f(Lt)	$Hpc = 1,05Lt - 1,187$	0,876	1,090	=	$0,9 \leq Hpc \leq 1,4$
EC=f(Lt)	$Ec = 1,516Lt - 1,506$	0,745	6,921	+	$1,2 \leq EC \leq 2,5$
Eid=f(Lt)	$Eid = 1,509Lt - 1,649$	0,889	9,949	+	$1,1 \leq Eid \leq 2,3$
Lb=f(Lt)	$Lb = 1,461Lt - 1,336$	0,792	6,842	+	$1,5 \leq Lb \leq 3$
Do=f(Lc)	$Do = 1.308Lc - 0.517$	0,746	4,399	+	$0,9 \leq Do \leq 1,5$
LPo=f(Lc)	$LPo = 1.285 Lc - 0.487$	0,797	4,523	+	$1 \leq LPO \leq 2,7$
Lpo=f(Lc)	$Lpo = 1.283Lc - 0,461$	0,716	4,219	+	$0,9 \leq LpO \leq 2,2$
Eio=f(Lc)	$Eio = 1.012Lc - 0.451$	0,765	0,196	=	$0,3 \leq Eio \leq 1,8$
Lm =f(Lc)	$Lm = 1.357Lc - 0.607$	0,765	1,090	=	$0,9 \leq Lm \leq 1,7$

Annexe A

Tableau IV. Comparaison des longueurs des otolithes sagittae droites et gauches de *Mullus barbatus*.

Classes de taille (cm)	Longueur moyenne de l'otolithe droit (mm)	Longueur moyenne de l'otolithe gauche (mm)	Effectif	t _{obs}	t _{1-α/2}
[11-12[	2,38	2,29	3	1,943	2,776
[12-13[	2,64	2,63	9	0,327	2,119
[13-14[	2,84	2,71	22	0,241	2,031
[14-15[	3,12	3,05	17	1,911	2,014
[15-16[	3,22	3,16	15	1,535	2,048
[16-17[	3,54	3,52	11	0,369	2,086
[17-18[	3,98	3,95	5	0,686	2,306
[18-19[	4,15	4,17	4	0,339	2,447
[19-20[	4,47	4,43	3	0,730	2,776
[20-21[	4,57	4,48	4	2,162	2,447
[21-22[	4,9	4,88	1	-	-
[22-23[	4,99	4,89	1	-	-

Tableau V. Coefficients de corrélation (r) et équations de régression de la longueur (L_{OD}), de la largeur (L_{aOD}) et du poids de l'otolithe droit (P_{OD}) en fonction de la longueur totale (Lt) et du poids somatique total (Pt) de *Mullus barbatus* (Longueur en cm; poids en g).

Fonction	r	Equation de régression	Relation d'allométrie	T _{obs}	Valeurs limites (cm)
L _{OD} = f(Lt)	0,99	L _{OD} = 1,160 Lt - 0,851	L _{OD} = 0,07 Lt ^{1,160}	11,495 (+)	2,301 ≤ L _{OD} ≤ 4,998 11 ≤ Lt ≤ 22,2
L _{aOD} = f(Lt)	0,924	L _{aOD} = 1,607 Lt - 1,482	L _{aOD} = 0,171 Lt ^{1,607}	20,32 (+)	1,65 ≤ L _{aOD} ≤ 3,987 11 ≤ Lt ≤ 22,2
P _{OD} = f(Pt)	0,899	P _{OD} = 0,572 Pt - 3,335	P _{OD} = 0,523 Pt ^{0,572}	10,62 (-)	0,002 ≤ P _{OD} ≤ 0,006 13,1 ≤ Pt ≤ 126,6

Annexe A

Tableau VI. Evolution mensuelle de l'accroissement marginal (AM) calculé à partir des otolithes (mm) de *M. barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie (Et: écart-type).

Mois	AM	Et
D	0,49	0,06
J	0,5	0,05
F	0,45	0,07
M	0,47	0,09
A	0,46	0,09
M	0,49	0,09
J	0,45	0,07
J	0,61	0,1
A	0,39	0,06
S	0,42	0,06
O	0,5	0,05
N	0,47	0,1

Annexe A

Tableau VII. Croissance linéaire observée (CLO), théorique (CLT) et accroissement linéaire annuel (AA) à partir des otolithes en (mm) de *Mullus barbatus* (M: mâles; F: femelles; SC: sexes confondus).

Âge (années)	Sexe	CLO (cm) rétrocalcul	CLT (cm)	AA (cm)
I	M	10.514	11.429	11.429
	F	10.987	11.1036	11.1
	SC	10.595	11.071	11.077
II	M	12.46	14.824	3.394
	F	13.951	15.863	4.76
	SC	13.045	15.544	4.473
III	M	15.31	16.204	1.380
	F	16.64	19.085	3.22
	SC	16.330	18.257	2.713
IV	M	-	-	-
	F	19.35	21.266	2.18
	SC	19.353	19.903	1.645

Annexe A

Tableau VIII. Expressions mathématiques de la relation taille-poids chez la population totale de *M. barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie. (+: allométrie majorante, -: allométrie minorante, =: isométrie, N: effectif, Lt : longueur totale (mm), Pe: poids éviscéré (g).

Mois	N	Équation de régression	Relation T-P _e	r	t _{obs}	Valeurs limites
Décembre	26	Log P _e =2,969Log Lt-1,993	P _e =1,015.10 ⁻² L _t ^{2,969}	0,934	0,195 (=)	9.5 ≤ L _t ≤ 14,8 7.9 ≤ P _e ≤ 27,5
Janvier	100	Log P _e =3,189.Log Lt-2,225	P _e =0,59.10 ⁻² L _t ^{3,189}	0,991	4,638 (+)	11.1 ≤ L _t ≤ 20.6 12.9 ≤ P _e ≤ 93.1
Février	37	Log P _e =3,382.Log Lt-2,438	P _e =0,364.10 ⁻² L _t ^{3,382}	0,95	2,289 (+)	12 ≤ L _t ≤ 20.2 17.5 ≤ P _e ≤ 83.3
Mars	37	Log P _e =3,744.Log Lt-2,904	P _e =0,124.10 ⁻² L _t ^{3,744}	0,943	3,97 (+)	13.5 ≤ L _t ≤ 22 13.5 ≤ P _e ≤ 117.7
Avril	58	Log P _e =3,718.Log Lt-2,848	P _e =0,142.10 ⁻² L _t ^{3,718}	0,853	3,104 (+)	11,5 ≤ L _t ≤ 15 10.5 ≤ P _e ≤ 31
Mai	68	Log P _e =3,175.Log Lt-2,258	P _e =0,552.10 ⁻² L _t ^{3,175}	0,946	1,417 (=)	11.5 ≤ L _t ≤ 16 12 ≤ P _e ≤ 33.5
Juin	57	Log P _e =3,048.Log Lt-2,077	P _e =0,838.10 ⁻² L _t ^{3,048}	0,987	0,747 (=)	12.2 ≤ L _t ≤ 22.2 16.6 ≤ P _e ≤ 115.9
Juillet	45	Log P _e =3,260.Log Lt-2,347	P _e =0,449.10 ⁻² L _t ^{3,260}	0,818	0,950 (=)	15.5 ≤ L _t ≤ 20.5 33.6 ≤ P _e ≤ 82.1
Août	72	Log P _e =3,632.Log Lt-2,744	P _e =0,18.10 ⁻² L _t ^{3,632}	0,955	5,444 (+)	13 ≤ L _t ≤ 17.5 19 ≤ P _e ≤ 55.7
Septembre	53	Log P _e =2,888.Log Lt-1,838	P _e =1,452.10 ⁻² L _t ^{2,888}	0,993	2,44 (+)	10 ≤ L _t ≤ 21 10.3 ≤ P _e ≤ 87.6
Octobre	40	Log P _e =3,031.Log Lt-2,043	P _e =0,905.10 ⁻² L _t ^{3,031}	0,991	0,505 (=)	10.5 ≤ L _t ≤ 21.8 10.9 ≤ P _e ≤ 108.8
Novembre	81	Log P _e =3,072.Log Lt-2,095	P _e =0,803.10 ⁻² L _t ^{3,072}	0,966	0,809 (=)	14 ≤ L _t ≤ 20.2 26.4 ≤ P _e ≤ 82.1

Annexe A

Tableau IX. Expressions mathématiques de la relation taille-poids chez la population femelle de *Mullus barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie. (+: allométrie majorante, - : allométrie minorante, =: isométrie, $P \leq 5\%$).

Mois	N	Equation de régression	Relation T-P _e	r	t _{obs}
Décembre 2007	3	Log P _e = 3,43 log Lt- 2,433	P _e = 0,368.10 ⁻² L _t ^{3,43}	0,97	1,59 (=)
Janvier	71	Log P _e =3,21 log Lt- 2,249	P _e = 0,563.10 ⁻² L _t ^{3,21}	0,98	3,79 (+)
Février	8	Log P _e = 2,72log Lt- 1,62	P _e = 2,398833.10 ⁻² L _t ^{2,72}	0,98	3,09 (-)
Mars	15	Log P _e =3,26 log Lt- 2,299	P _e = 0,502.10 ⁻² L _t ^{3,26}	0,95	1,41 (=)
Avril	10	Log P _e =2,71 log Lt -1,704	P _e = 1,976.10 ⁻² L _t ^{2,71}	0,83	1,31 (=)
Mai	11	Log P _e =2,79 log Lt -1,836	P _e = 1,459.10 ⁻² L _t ^{2,79}	0,94	1,56 (=)
Juin	17	Log P _e =3,19 log Lt -2,267	P _e = 0,541. 10 ⁻² L _t ^{3,19}	0,98	1,63 (=)
Juillet	26	Log P _e = 3,235 Lt -2,320	P _e = 0,479. 10 ⁻² L _t ^{3,235}	0,79	0,7 (=)
Aout	19	Log P _e = 3,38 log Lt-2,466	P _e = 0,342. 10 ⁻² L _t ^{3,38} .	0,83	1,26 (=)
Septembre	10	Log P _e = 2,71log Lt-1,621	P _e = 2,393. 10 ⁻² L _t ^{2,71}	0,94	0,85 (=)
Octobre	14	Log P _e =3,25 log Lt -2,324	P _e = 0,474. 10 ⁻² L _t ^{3,25}	0,97	1,46 (=)
Novembre 2008	43	Log P _e =3,06 log Lt - 2,077	P _e = 0,837. 10 ⁻² L _t ^{3,06}	0,97	0,57 (=)
Total	303	LogP _e =3,206log L _t -2,255	P _t = 0.0055 L _t ^{3,2063}	0,97	5,17 (+)

Annexe A

Tableau X. Expressions mathématiques de la relation taille-poids chez la population mâle de *Mullus barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie. (+: allométrie majorante, - : allométrie minorante, =: isométrie, $P \leq 5\%$).

Mois	N	Equation de régression	Relation T-P _e	r	t _{obs}
Décembre	6	Log P _e = 1,987 log L _t - 0,876	P _e = 0,133 L _t ^{1,987}	0,9	1,944 (=)
Janvier	14	Log P _e = 2,967 log L _t - 1,971	P _e = 0,0106 L _t ^{2,967}	0,97	2,160 (=)
Février	16	Log P _e = 3,473 log L _t - 2,544	P _e = 0,0028 L _t ^{3,473}	0,86	1,067 (=)
Mars	16	Log P _e = 2,788 log L _t - 1,744	P _e = 0,0180 L _t ^{2,788}	0,88	0,580 (=)
Avril	45	Log P _e = 3,724 log L _t - 2,857	P _e = 0,0014 L _t ^{3,724}	0,78	2,301 (+)
Mai	40	Log P _e = 2,785 log L _t - 1,801	P _e = 0,0158 L _t ^{2,785}	0,93	1,282 (=)
Juin	12	Log P _e = 3,005 log L _t - 2,0189	P _e = 0,0095 L _t ^{3,005}	0,93	0,0142 (=)
Juillet	8	Log P _e = 3,162 Lt - 2,157	P _e = 0,0069 L _t ^{3,162}	0,89	0,284 (=)
Aout	17	Log P _e = 3,991 log L _t - 3,164	P _e = 0,0007 L _t ^{3,991}	0,90	2,675 (+)
Septembre	ABSENCE D'INDIVIDUS				
Octobre	6	Log P _e = 4,480 log L _t - 3,816	P _e = 0,00015 L _t ^{4,480}	0,96	2,988 (+)
Novembre 2008	20	Log P _e = 3,09 log L _t - 2,107	P _e = 0,0078 L _t ^{3,09}	0,86	0,253 (=)
Total	228	log P _e = 3,541 L _t - 2,6476	P _e = 0,0022 L _t ^{3,541}	0,95	8,290 (+)

Annexe A

Tableau XI. Croissance pondérale observée (CPO), théorique (CPT) (poids éviscéré) et accroissement pondéral annuel (AA, en g) à partir des otolithes de *M. barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie. (M: mâles; F: femelles; SC: sexes confondus).

Âge	Sexe	Poids observés (g)	Poids théoriques (g)	AA (g)
I	M	-	12.518	12.518
	F	-	12.461	12.46
	SC	10.3	13.707	13.71
II	M	24.996	31.431	18.912
	F	30.061	39.157	26.69
	SC	26.292	39.754	26.05
III	M	35.225	43.073	11.642
	F	68.592	70.895	31.74
	SC	50.776	65.049	25.29
IV	M	-	-	-
	F	88.22	100.347	29.45
	SC	88.22	84.178	19.13

Annexe A

Tableau XII. Evolution mensuelle de la sex-ratio chez *M. barbatus* des côtes de l'Est algérien. (N: effectif ; - : test non applicable ; n.s : non significatif ; $P \leq 0,05$)

Mois	N mâles	N femelles	N total	Sex-ratio	χ^2
Décembre	12	12	24	50	0
Janvier	13	71	84	84,52	40.05 n.s
Février	31	31	62	50	0
Mars	21	35	56	62,5	3.5 n.s
Avril	44	23	67	34,33	6.58 n.s
Mai	39	11	50	22	15.68 n.s
Juin	12	14	26	53 ,84	0.15 n.s
Juillet	09	27	36	75	9 n.s
Août	16	19	35	54,29	0.26 n.s
Septembre	0	10	10	100	-
Octobre	7	13	20	65	1.8 n.s
Novembre	20	38	58	65,51	5.57 n.s

Tableau XIII Variation de la sex-ratio en fonction de la taille (en cm) de *M. barbatus* (C.T: classes de taille; N: effectif ; - test non applicable ; n.s : non significatif).

C.T (cm)	N mâles	N femelles	N total	Sex-ratio	χ^2
[11-12[	3	0	3	0	-
[12-13[	34	11	45	24.44	11.76 n.s
[13-14[	47	19	66	28.78	11.88 n.s
[14-15[	44	22	66	33.33	7.33 n.s
[15-16[	51	40	91	43.95	1.33 n.s
[16-17[	45	83	128	64.84	11.28 n.s
[17-18[	5	63	68	92.65	-
[18-19[	2	50	52	96.153	-
[19-20[	0	29	29	100	-
[20-21[	0	16	16	100	-
[21-22[	0	8	8	100	-
[22-23[	0	5	5	100	-

Annexe A

Tableau XIV. Répartition mensuelle des différents stades de maturation sexuelle (I, II, III, IV et V) chez les femelles de *M. barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie (N: effectif; %: fréquence).

Mois	Stade I		Stade II		Stade III		Stade IV		Stade V	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Décembre	13	52	12	48	0	0	0	0	0	0
Janvier	12	14.63	70	85.37	0	0	0	0	0	0
Février	6	16.22	31	83.78	0	0	0	0	0	0
Mars	8	18.60	33	76.74	2	4.65	0	0	0	0
Avril	3	11.54	16	61.54	7	26.92	0	0	0	0
Mai	16	59.26	0	0	11	40.74	0	0	0	0
Juin	24	63.16	0	0	4	10.53	10	26.32	0	0
Juillet	6	18.18	0	0	0	0	3	9.09	24	72.73
Août	32	62.75	0	0	0	0	0	0	19	37.25
Septembre	42	80.77	0	0	0	0	0	0	10	19.23
Octobre	20	60.61	13	39.39	0	0	0	0	0	0
Novembre	16	30.19	37	69.81	0	0	0	0	0	0

Annexe A

Tableau XV. Répartition mensuelle des différents stades de maturation sexuelle (I, II, III et IV) chez les mâles de *M. barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie (N: effectif; %: fréquence).

Mois	Stade I		Stade II		Stade III		Stade IV	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Décembre	13	54.167	11	45.83	0	0	0	0
Janvier	12	50	12	50	0	0	0	0
Février	6	16.22	28	75.67	3	8.12	0	0
Mars	8	27.59	12	41.38	9	31.03	0	0
Avril	3	6.12	38	77.55	8	16.33	0	0
Mai	16	29.09	20	36.36	19	34.54	0	0
Juin	24	66.67	1	2.78	4	0.11	7	19.44
Juillet	6	40	0	0	1	6.67	8	53.33
Août	32	66.67	0	0	0	0	16	33.33
Septembre	Absence d'individus mâle							
Octobre	20	74.07	7	25.93	0	0	0	0
Novembre	16	47.06	18	52.94	0	0	0	0

Annexe A

Tableau XVI. Variations mensuelles du rapport gonado-somatique (RGS) chez les mâles (M) et les femelles(F) de *Mullus barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie. (N: effectif ; Et : Ecartype ; - : absence).

Mois	RGS M	Et M	RGS F	Et F	N M	N F
Décembre	0.71	0.48	0.708	0.294	12	12
Janvier	1.16	0.5	0.776	0.24	13	71
Février	1.7	0.62	1.105	0.54	31	31
Mars	2.56	0.91	1.513	0.59	21	31
Avril	1.89	0.94	5.138	0.94	45	8
Mai	1.68	0.81	3.982	1.03	39	11
Juin	1.18	0.55	3.779	1.63	12	14
Juillet	0.55	0.19	1.184	1.11	9	27
Août	0.49	0.16	0.741	1.51	16	19
Septembre	-	-	0.467	0.16	-	10
Octobre	0.54	0.27	0.644	0.16	6	13
Novembre	0.99	0.51	0.649		21	38

Annexe A

Tableau XVII. Variations mensuelles du rapport hépato-somatique (RHS) chez les mâles (M) et les femelles (F) de *M. barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie. (N : effectif ; Et : Ecartype ; -: absence).

Mois	RHS M	Et M	RHS F	Et F	N M	N F
Décembre	0.89	0.34	1.49	0.53	12	12
Janvier	1.26	0.34	2.08	0.44	13	71
Février	0.99	0.39	1.56	0.39	31	31
Mars	1.21	0.47	2.09	0.66	21	25
Avril	1.07	0.38	1.79	0.38	45	8
Mai	1.04	0.28	1.7	0.38	39	11
Juin	0.9	0.36	1.11	0.22	12	14
Juillet	1	0.27	1.08	0.39	9	26
Août	1.63	0.3	1.34	0.34	16	19
Septembre	-	-	0.98	0.31	-	10
Octobre	0.73	0.17	0.99	0.17	7	12
Novembre	0.93	0.28	1.12	0.33	20	38

Annexe A

Tableau XVIII. Fréquence des femelles matures de *Mullus barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie. (C.T : classes de taille ; N: effectif).

C.T (mm)	N (immatures + matures)	N Matures	Fréquence (%)
13-14	12	1	8.33
14-15	16	7	43.75
15-16	15	7	46.67
16-17	6	4	66.67
17-18	14	10	71.43
18-19	13	11	84.62
19-20	13	13	100
20-21	3	3	100
21-22	5	5	100
22-23	2	2	100
23-24	1	1	100

Annexe A

Tableau XIX. Fréquence des mâles matures de *Mullus barbatus* des côtes de l'Est de l'Algérie. (C.T: classes de taille; N: effectif; -: absence d'individus ; im : immatures).

C.T (mm)	N (immatures + matures)	N Matures	Fréquence (%)
11-12	5	0	0
12-13	37	2	5.41
13-14	42	9	21.43
14-15	14	10	71.43
15-16	9	8	88.88
16-17	15	14	93.33
17-18	4	4	100
18-19	1	1	100

Tableau XX. Variations de l'indice de condition K de *M. barbatus* en fonction du sexe (M : mâles ; F : femelles ; Et : écartype ; N : effectif).

Mois	K M	Et M	K F	Et F	N M	N F
Décembre	0.22	0.02	0.6	0.06	6	3
Janvier	0.23	0.02	0.57	0.04	13	72
Février	0.24	0.03	0.58	0.04	32	31
Mars	0.22	0.03	0.58	0.06	23	39
Avril	0.22	0.02	0.55	0.06	45	9
Mai	0.22	0.02	0.48	0.03	40	11
Juin	0.23	0.03	0.52	0.03	12	17
Juillet	0.22	0.03	0.52	0.08	8	26
Août	0.24	0.02	0.59	0.05	17	19
Septembre	-	-	0.56	0.05	-	10
Octobre	0.21	0.02	0.55	0.04	7	13
Novembre	0.23	0.02	0.55	0.04	26	54

Annexe A

Tableau XXI. Composition de l'alimentation de *Mullus barbatus* et classement des proies ingérées selon l'importance du % IRI. Cn : pourcentage numérique d'une proie ; Cp : pourcentage pondéral d'une proie ; F : fréquence d'occurrence d'une proie ; nd: non déterminé ; ni : nombre d'individus d'une proie ; Pi : poids d'une proie %IRI :pourcentage de l'indice d'importance relative.

Taxons	ni	Pi	Cn%	Cp%	F%	IRI	IRI%
CRUSTACEA	755	37,27	50,64	58,78	83,15	9097,71	70,09
DECAPODA	215	28,64	14,42	45,17	40,45	2410,24	18,57
Macrura	115	17,78	7,71	28,05	20,79	743,32	5,73
Palaemonidae	14	1,21	0,94	1,91	2,53	7,19	0,06
<i>Palaemon</i> sp.	3	0,48	0,20	0,75	0,56	0,53	0,00
Alpheidae	22	3,79	1,48	5,98	3,09	23,03	0,18
<i>Alpheus</i> sp.	6	0,37	0,40	0,58	0,56	0,55	0,00
<i>Athanas</i> sp.	7	1,24	0,47	1,95	0,84	2,04	0,02
Thalassinidae	1	0,45	0,07	0,71	0,28	0,22	0,00
Processidae	4	3,13	0,27	4,94	0,84	4,39	0,03
Hippolytidae	3	0,92	0,20	1,46	0,56	0,93	0,01
Macruraund.	71	8,28	4,76	13,06	13,48	240,28	1,85
Brachyura	11	0,41	0,74	0,65	2,53	3,52	0,03
Portunidae	1	0,04	0,07	0,06	0,28	0,04	0,00
Decapodaund.	18	2,16	1,21	3,41	3,65	16,85	0,13
PERACARIDA	503	7,34	33,74	11,58	34,27	1552,91	11,96
Isopoda	34	0,30	2,28	0,47	5,90	16,20	0,12
Cirolanidae	1	0,07	0,07	0,10	0,28	0,05	0,00
Sphaeromatidae	3	0,01	0,20	0,02	0,56	0,12	0,00
<i>Sphaeroma</i> sp.	3	0,01	0,20	0,02	0,56	0,12	0,00
Gnathidae	3	0,01	0,20	0,01	0,28	0,06	0,00
<i>Gnathia</i> sp.	3	0,01	0,20	0,01	0,28	0,06	0,00
Isopodaund.	27	0,21	1,81	0,33	4,78	10,22	0,08
Amphipoda	455	3,39	30,52	5,34	19,38	695,03	5,35
Gammaridae	2	0,02	0,13	0,03	0,56	0,09	0,00
Cirripedia	12	0,34	0,80	0,54	0,28	0,38	0,00
Mysidacea	12	3,66	0,80	5,77	3,09	20,31	0,16

Annexe A

Ostracoda	2	0,00	0,13	0,00	0,56	0,08	0,00
HOPLOCARIDA	1	0,06	0,07	0,10	0,28	0,05	0,00
Stomatopoda	1	0,06	0,07	0,10	0,28	0,05	0,00
Pancrustaceaund.	36	1,23	2,41	1,94	8,15	35,46	0,27
MOLLUSCA	456	13,21	30,58	20,84	70,79	3640,02	28,04
Bivalvia	254	5,63	17,04	8,88	35,11	910,08	7,01
Nuculidae	33	0,76	2,21	1,20	2,53	8,62	0,07
<i>Nucula</i> sp.	33	0,76	2,21	1,20	2,53	8,62	0,07
Cardiidae	36	0,56	2,41	0,88	2,25	7,39	0,06
<i>Cardium</i> sp.	36	0,56	2,41	0,88	2,25	7,39	0,06
Pectinidae	2	0,50	0,13	0,79	0,56	0,52	0,00
<i>Chlamys</i> sp.	1	0,00	0,07	0,00	0,28	0,02	0,00
Pectinidaeund	1	0,50	0,07	0,79	0,28	0,24	0,00
Donacidae	3	0,10	0,20	0,16	0,28	0,10	0,00
<i>Donax</i> sp.	3	0,10	0,20	0,16	0,28	0,10	0,00
Glymerididae	1	0,00	0,07	0,00	0,28	0,02	0,00
Bivalviaund.	178	3,72	11,94	5,86	28,93	515,00	3,97
Gastropoda	18	0,02	1,21	0,03	4,78	5,89	0,05
Hydrobiidae	4	0,00	0,27	0,00	1,12	0,30	0,00
Rissoidae	1	0,00	0,07	0,00	0,28	0,02	0,00
<i>Alvania</i> sp.	1	0,00	0,07	0,00	0,28	0,02	0,00
Rissoidaeund.	1	0,00	0,07	0,00	0,28	0,02	0,00
Trochidae	2	0,00	0,13	0,00	0,56	0,08	0,00
<i>Gibbula</i> sp.	2	0,00	0,13	0,00	0,56	0,08	0,00
Cerithiidae	3	0,00	0,20	0,01	0,28	0,06	0,00
<i>Bittium</i> sp.	2	0,00	0,13	0,00	0,56	0,08	0,00
<i>Ceritium</i> sp	1	0,00	0,07	0,01	0,28	0,02	0,00
Turritellidae	1	0,01	0,07	0,01	0,28	0,02	0,00
Gastropodaund.	6	0,00	0,40	0,00	1,97	0,79	0,01
ANNELIDA	131	4,83	8,79	7,62	5,62	92,19	0,71
Polychaeta	18	0,89	1,21	1,40	2,81	7,33	0,06
Nereidae	5	0,63	0,34	0,99	1,40	1,87	0,01
Siboglinidae	3	0,00	0,20	0,00	0,84	0,17	0,00

Annexe A

Polychaetaund.	10	0,26	0,67	0,41	0,56	0,60	0,00
Sipunculidae	1	0,11	0,07	0,17	0,28	0,07	0,00
Annelidaund.	102	3,58	6,84	5,65	1,97	24,56	0,19
ACTINOPTERYGII	36	1,98	2,41	3,12	10,11	55,98	0,43
BRYOZOA	25	3,76	1,68	5,92	6,46	49,11	0,38
NEMATHELMINTHA	56	0,15	3,76	0,23	7,87	31,34	0,24
MACROPHYTA	15	0,93	1,01	1,47	4,21	10,43	0,08
ECHINODERMATA	7	0,94	0,47	1,49	1,97	3,85	0,03
Ophiuroidae	1	0,03	0,07	0,05	0,28	0,03	0,00
Spatangidae	1	0,00	0,07	0,00	0,28	0,02	0,00
Echinidae	2	0,01	0,13	0,01	0,56	0,08	0,00
Echinodermataund.	3	0,90	0,20	1,42	0,84	1,37	0,01
CNIDARIA	1	0,08	0,07	0,13	0,28	0,05	0,00
PLATHELMINTHA	8	0,00	0,54	0,00	0,28	0,15	0,00
PORIFERA	1	0,25	0,07	0,40	0,28	0,13	0,00
Divers	102	16,45	6,84	25,95	28,65	939,43	7,24
Totale	1491	63,41					

Tableau XXII. Modifications saisonnières du régime alimentaire de *Mullus barbatus*. RT : richesse taxonomique ; Nm : nombre moyen des proies ; Pm : Poids moyen des proies ; N :effectif.

Item	Hiver (N=51)		Printemps (N=108)		Eté (N=163)		Automne (N=34)	
	IRI%	Rang	IRI%	Rang	IRI%	Rang	IRI%	Rang
Crustacea	98,2	1	81,72	1	75,95	1	93,92	1
Mollusca	0,58	3	11,29	2	17,96	2	3,61	2
Annelida	0,75	2	1,53	4	4,54	3	1,46	3
Plathelmintha	-	8	0,41	8	-	10	-	10
Nemathelmintha	-	8	0,83	6	0,44	5	0,03	8
Bryozoa	-	8	2,15	3	0,19	6	0,04	7
Echinodermata	-	8	0,16	9	0,03	7	0,44	5
Macrophyta	0,47	4	0,62	7	0	8	0,46	4
Actinopterygii	-	8	1,28	5	0,89	4	-	10
Porifera	-	8	0,02	10	-	10	-	10
Cnidaria	-	8	-	11	-	10	0,06	6
TR	4		10		8		8	
Nm	0,98		1,9		5,34		2,62	
Pm	0,08		0,17		0,16		0,18	

Annexe A

Tableau XXIII. Comparaison statistique du régime alimentaire de *Mullus barbatus* en fonction des différentes saisons. r : coefficient de corrélation de Spearman. tobs : valeur “t” du test de Student ; + : régime alimentaire homogène ; - : régime alimentaire hétérogène.

Saison	rho	tobs	Signification à 0,05
Hivers-Printemps	0,7	2,941	+
Printemps-Eté	0,85	4,841	+
Été-Automne	0,626	2,409	+
Automne-Hivers	0,873	5,363	+

Tableau XXIV. Modification du régime alimentaire de *M. barbatus* en fonction du sexe.

RT : richesse taxonomique ; Nm : nombre moyen des proies ; Pm : Poids moyen des proies.

Item	Femelles (N=169)		Mâles (N=107)	
	IRI%	Rang	IRI%	Rang
Crustacea	90,62	1	71,41	1
Mollusca	3,47	3	19,69	2
Annelida	3,56	2	4,45	3
Plathelmintha	-	11	0,06	8
Nemathelmintha	0,37	6	1,48	5
Bryozoa	0,77	5	0,14	7
Echinodermata	0,07	7	0,01	9
Macrophyta	0,04	8	1,75	4
Actinopterygii	1,1	4	1,01	6
Porifera	0	10,5	-	10,5
Cnidaria	0	10,5	-	10,5
TR		10		9
Nm		3,05		1,64
Pm		0,25		0,06
IV(%)		20,66		45,41

Annexe A

Tableau XXV. Variations ontogénétiques du régime alimentaire de *M. barbatus*. RT : richesse taxonomique ; Nm : nombre moyen des proies ; Pm : Poids moyen des proies.

	Juvéniles (N=77)		Adultes (N=213)	
	TR	Nm	TR	Nm
	7	4.12	7	3.15
		Pm 0.13		Pm 0.19

Items	IRI%	Rang	IRI%	Rang
Crustacea	94.25	1	89.52	1
Mollusca	3.99	2	7.29	2
Bryozoa	0	9.5	0.56	5
Annelida	0.23	5	1.45	3
Nematoda	0.12	6	0.39	6
Plathelmintha	0.03	7	0	9.5
Macrophyta	0.72	3	0.03	7
Actinopterygii	0.65	4	0.76	4
Porifera	0	9.5	0	9.5
Cnidaria	0	9.5	0	9.5
Echinodermata	0	9.5	0	9.5

Annexe B

FEEDING HABITS OF THE RED MULLET, *MULLUS BARBATUS* (MULLIDAE) OF EASTERN COASTS OF ALGERIA

I. BOUDRAA, F. DERBAL, M. H. KARA*

Marine Bioresources Laboratory, Annaba University Badji-Mokhtar, Annaba, Algeria

* Corresponding author: kara_hichem@yahoo.com

MULLIDAE
MULLUS BARBATUS
DIET
MEDITERRANEAN
ALGERIA

ABSTRACT. – The diet of the red mullet *Mullus barbatus* (L., 1758) off eastern coasts of Algeria was studied between December 2007 and November 2008. A total of 573 individuals with lengths between 10 and 22 cm and of total weight ranging from 11 g to 130 g were examined. Qualitative and quantitative analyses were performed according to sex, state of sexual maturity of the predator (juveniles and adults) and seasons. The average annual index of vacuity was 37.87 % and varied significantly according to seasons ($\chi^2 = 169.91$; $p \leq 0.05$), sex ($\chi^2 = 28.49$; $p \leq 0.05$) and between juveniles and adults ($\chi^2 = 8.05$; $p \leq 0.05$). A total of 1491 preys (63.4 g) belonging to 11 items (Crustacea, Mollusca, Annelida, Actinopterygii, Bryozoa, Nematelmintha, Plathelmintha, Cnidaria, Echinodermata, Porifera and Macrophyta) was recorded, which corresponds to a mean number of four preys per full gut examined. The mean prey weight per gut was 0.2 g. Statistical comparison using ANOSIM test showed that the abundance of prey changes significantly according to seasons, sex and sexual maturity. In spite of numerical and weight fluctuations of the ingested preys, statistical comparison using Spearman rank coefficient (ρ) did not show any qualitative and quantitative changes of *M. barbatus* diet whatever the season, the sex and the sexual maturity.

INTRODUCTION

The red mullet *Mullus barbatus* belongs to the family Mullidae which counts fifteen genera, three of them (*Mullus*, *Upeneus*, *Pseudopeneus* and *Parupeneus*) were listed in the Mediterranean Sea (Quignard & Tomasini 2000, Bariche *et al.* 2013). *Mullus* is represented by two species, *M. surmuletus* and *M. barbatus* (Hureau 1986).

Mullus barbatus is a gregarious species whose maximum size can reach 30 cm for a total weight of 500 g. It is very common in the Mediterranean, on the muddy, gravel or sandy bottoms of continental shelf from 10 to 500 m depth. It is also distributed in the Black Sea and in the Eastern Atlantic, from Senegal to Scandinavia (Bauchot 1987). In Mediterranean, the red mullet is one of the most commercially important demersal fish and is one of the principal target species of trammel net and bottom trawl fisheries (Voliani 1999, Tserpes *et al.* 2002). It is recommended by FAO experts as priority species in stock assessment studies (Slimani *et al.* 2003).

On Algerian coasts, Mullidae are represented by two species *M. surmuletus* and *M. barbatus* (Djabali *et al.* 1983, Derbal & Kara 2001, Refes *et al.* 2010). They are fished by artisanal gears (gill nets) and by bottom trawls. Total capture of red mullets (considering the two species) in eastern Algeria (2010-2014) represent approximately 13.95 % (848.25 tons) of the total fished demersal species estimated at 6081.64 tons (DPRH, unpubl. data).

The study of the food and feeding habits constitutes the key of the comprehension of biological, ecological, physiological and behavioral processes that structure and

directly influence fish populations (Kotrschall & Thompson 1986). The diet and the trophic relations of the different developmental stages of *M. barbatus* in Mediterranean were studied in Southern Tyrrhenian Sea (Focardi *et al.* 1979, Esposito *et al.* 2014), Aegean Sea (Caragitsou & Tsimenides 1982, Katagan *et al.* 1990, Vassipoulou & Papaconstantinou 1992, Labropoulou & Eleftheriou 1997, Çelik & Torcu 2000, Arslan & Ismen 2014), Adriatic Sea (Frogliia 1988), Greek coasts (Papaconstantinou & Caragitsou 1987, Vassipoulou & Papaconstantinou 1993) and Israel coasts (Golani & Galil 1991, Badalamenti *et al.* 2000). In North Africa, the feeding habits of this species were studied in Tunisia (Gharbi & Ktari 1979, Chérif *et al.* 2011) and in Morocco (Layachi *et al.* 2007). In Algeria, only Derbal *et al.* (2010) studied the diet of the congener species *M. surmuletus* in eastern coasts.

The present study fits within the frame work of a national research program which aims at a better knowledge of the biology and dynamics of Mullidae of Eastern Algeria. The particular purpose of this research is to know the role of *M. barbatus* in its ecosystem and its possible trophic interactions with its congener and other fish species. This information may explain certain traits of its behavior, such as its spatial distribution and its growth performance. They are also of great interest to fisheries, in particular for fishery management programs.

MATERIAL AND METHODS

Samples were taken between December 2007 and November

2008 by monthly samplings. A total of 573 individuals of total length ranging from 10 (11 g) to 22 cm (130 g) were examined. Fish were mainly collected from the fishmongers of Annaba city, captured by gill nets between “Cap de Garde” to the West and El-Kala Bay in the East, at depth of about 50 m (Fig. 1).

At the laboratory, each fish was measured to the nearest millimeter and weighed for total mass to the nearest gram. Males and females were separately considered. The digestive tract of fresh specimens was removed and fixed in 5 % buffered formalin. The digestive tract contents were removed, examined under a binocular microscope, counted and weighed to the nearest 0.01 g. Prey items were identified to the lowest possible taxon, following taxonomic features reported by Hayward *et al.* (2014), and counted by taking into account the rules quoted below:

– Crustacea was easily recognizable by their cephalothoracic or abdominal appendices. When their reconstitution was uncertain, the number of individuals was assessed considering the number of the eye stalks divided per two.

– The number of bivalves was assessed dividing the number of dorsal valve edges per two.

– The counting of Polychaeta was carried out by dividing the number of jaws per two.

– Echinoderms were recognizable with the general shape of the body. Their enumeration took into account the radiate pentagonal structure of the test or their fragments.

– Cnidarians were represented primarily by anthozoans with the state of polyps. Whatever the number of the fragments, we counted the presence of only one prey.

– Sponges were represented by spongy fragments. Whatever the number of the fragments, we counted the presence of only one prey.

– The actinopterygian fish partially digested were recognized by the presence of the flesh and scales. Whatever the number of these fragments, we counted the presence of only one prey.

– Macrophyta were regarded also as a single prey whatever their numerical preponderance.

– Lastly, all the no recognizable elements were classified in the group “Various or Unidentified”.

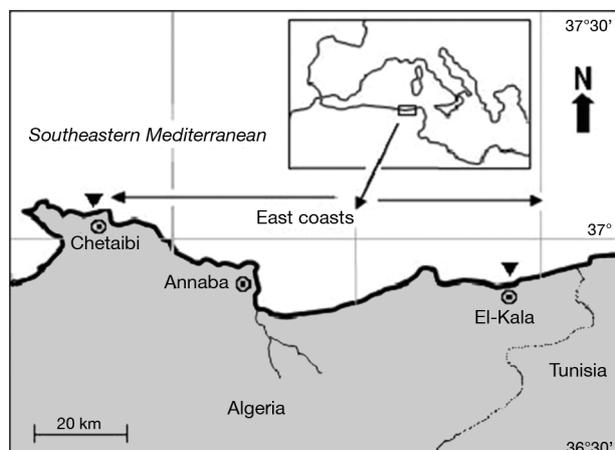


Fig. 1. – Map showing the sampling site of *Mullus barbatus* in eastern coasts of Algeria.

To analyze the food and feeding habits of *M. barbatus*, we used the following indices:

Vacuity index (VI %) = (Number of empty digestive tracts / Total number of digestive tract) × 100

Frequency of occurrence (Fi %) = (Number of digestive tracts containing prey *i* or *Ni* / Total number of full digestive tracts) × 100

Percentage of numerical abundance (Cni %) = (Number of prey *i* or *ni* / Total number of prey) × 100

Percentage of gravimetric composition (Cwi %) = (Weight of prey *i* or *Wi* / Total weight of all prey) × 100

The main food items were identified using the index of relative importance (IRI) of Pinkas *et al.* (1971), as modified by Hacunda (1981). This index, that integrates the three previous percentages (Cni, Cwi, Fi) was calculated as follows:

$$IRI = (Cni + Cwi) \times Fi$$

The value of the index of every item was expressed in percentage of the sum of all indices (Σ IRI). Prey species were stored in decreasing order according to their percentage IRI contribution, and then, cumulative % IRI was calculated:

$$\% IRI = (IRI / \Sigma IRI) \times 100$$

In this order, the % IRI of the first prey was gradually added until obtaining 50 % or more, these items were the main food. This calculation was pursued until getting 75 % or more; these items were called secondary preys. The other items were accidentally.

The feeding habits were investigated with respect to season, sex and ontogenetic development of fish by considering two categories of sizes: juveniles (TL < 14 cm) and adult specimens (TL ≥ 14 cm). This limit corresponds to the size of the first sexual maturity (unpubl. data). The statistical comparison of the variations was evaluated using Spearman rank correlation coefficient (ρ) (Fritz 1974).

$$\rho = 1 - [(6 \Sigma d^2) / (n^3 - n)]$$

n: number of prey item.

d: difference between ranges.

The statistical significance of ρ is known using the *t* distribution of Student with *n*–2 degrees of freedom (Dagnélie 1975).

$$t = [\rho / (1 - \rho^2)^{1/2}] \times (n - 2)^{1/2}$$

A one-way ANOSIM analysis, performed on the prey abundance data, was directly used, with no transformation, to evaluate the difference in diet composition among seasons, sex and ontogenetic development, considering each factor separately and using Bray-Curtis similarity index. Analyses were conducted using the statistical software PAST 2.15 (Hammer *et al.* 2001), and the significance level adopted was 5 %.

RESULTS

Digestive vacuity, diet composition and classification of preys

The average annual vacuity index, calculated on the whole sample, is 37.87 %. Table I reports the overall results of the qualitative and quantitative analysis of

ingested prey. We identified a total of 1491 preys, for a global weight of 63.41 g. The average number and weight of prey by full digestive tract are 4 and 0.2 g, respectively.

Owing to the advanced state of digestion, we identified only 13 species, of which five Crustacea (*Palaemon* sp., *Alpheus* sp., *Athanas* sp., *Sphaeroma* sp., *Gnathia* sp.) and seven molluscs (*Nucula* sp., *Cardium* sp., *Chlamys* sp., *Donax* sp., *Gibbula* sp., *Bittium* sp., *Ceritium* sp.). *Mul-*

lus barbatus fed preferentially on Crustacea (% IRI = 70), especially Decapoda Macrura (% IRI = 18.6) and Peracarida (% IRI = 11.19), then secondarily on molluscs (% IRI = 28). All the other food items (Annelida, Actinopterygii, Bryozoa, Nematelmintha, Platyhelmintha, Cnidaria, Echinodermata, Porifera and Macrophyta) were consumed in negligible amounts. However, a significant part in terms of number and weight was represented by unidentified debris (% IRI = 7.24).

Table I. – Feeding composition of *Mullus barbatus* of the eastern coast of Algeria and classification of ingested preys according to the % IRI importance (ni: number of individuals of a prey; Wi: prey weight; Cn %: numeric percentage of a prey; Cw %: weight percentage of a prey; F %: frequency of occurrence of prey; IRI: Index of relative importance; % IRI: percentage of relative importance; und: undetermined).

Items	ni	Wi	Cn%	Cw%	F%	IRI	IRI%
CRUSTACEA	755	37.27	50.64	58.78	83.15	9097.71	70.09
DECAPODA	215	28.64	14.42	45.17	40.45	2410.24	18.57
Macrura	115	17.78	7.71	28.05	20.79	743.32	5.73
Palaemonidae	14	1.21	0.94	1.91	2.53	7.19	0.06
<i>Palaemon</i> sp.	3	0.48	0.20	0.75	0.56	0.53	0.00
Alpheidae	22	3.79	1.48	5.98	3.09	23.03	0.18
<i>Alpheus</i> sp.	6	0.37	0.40	0.58	0.56	0.55	0.00
<i>Athanas</i> sp.	7	1.24	0.47	1.95	0.84	2.04	0.02
Thalassinidae	1	0.45	0.07	0.71	0.28	0.22	0.00
Processidae	4	3.13	0.27	4.94	0.84	4.39	0.03
Hippolytidae	3	0.92	0.20	1.46	0.56	0.93	0.01
Macrura und.	71	8.28	4.76	13.06	13.48	240.28	1.85
Brachyura	11	0.41	0.74	0.65	2.53	3.52	0.03
Portunidae	1	0.04	0.07	0.06	0.28	0.04	0.00
Decapoda und.	18	2.16	1.21	3.41	3.65	16.85	0.13
PERACARIDA	503	7.34	33.74	11.58	34.27	1552.91	11.96
Isopoda	34	0.30	2.28	0.47	5.90	16.20	0.12
Cirolanidae	1	0.07	0.07	0.10	0.28	0.05	0.00
Sphaeromatidae	3	0.01	0.20	0.02	0.56	0.12	0.00
<i>Sphaeroma</i> sp.	3	0.01	0.20	0.02	0.56	0.12	0.00
Gnathidae	3	0.01	0.20	0.01	0.28	0.06	0.00
<i>Gnathia</i> sp.	3	0.01	0.20	0.01	0.28	0.06	0.00
Isopoda und.	27	0.21	1.81	0.33	4.78	10.22	0.08
Amphipoda	455	3.39	30.52	5.34	19.38	695.03	5.35
Gammaridae	2	0.02	0.13	0.03	0.56	0.09	0.00
Cirripedia	12	0.34	0.80	0.54	0.28	0.38	0.00
Mysidacea	12	3.66	0.80	5.77	3.09	20.31	0.16
Ostracoda	2	0.00	0.13	0.00	0.56	0.08	0.00
HOPLOCARIDA	1	0.06	0.07	0.10	0.28	0.05	0.00
Stomatopoda	1	0.06	0.07	0.10	0.28	0.05	0.00
Crustacea und.	36	1.23	2.41	1.94	8.15	35.46	0.27
MOLLUSCA	456	13.21	30.58	20.84	70.79	3640.02	28.04
Bivalvia	254	5.63	17.04	8.88	35.11	910.08	7.01
Nuculidae	33	0.76	2.21	1.20	2.53	8.62	0.07
<i>Nucula</i> sp.	33	0.76	2.21	1.20	2.53	8.62	0.07
Cardiidae	36	0.56	2.41	0.88	2.25	7.39	0.06
<i>Cardium</i> sp.	36	0.56	2.41	0.88	2.25	7.39	0.06

Table I. – Continued.

Items	ni	Wi	Cn%	Cw%	F%	IRI	IRI%
Pectinidae	2	0.50	0.13	0.79	0.56	0.52	0.00
<i>Chlamys</i> sp.	1	0.00	0.07	0.00	0.28	0.02	0.00
Pectinidae und.	1	0.50	0.07	0.79	0.28	0.24	0.00
Donacidae	3	0.10	0.20	0.16	0.28	0.10	0.00
<i>Donax</i> sp.	3	0.10	0.20	0.16	0.28	0.10	0.00
Glymerididae	1	0.00	0.07	0.00	0.28	0.02	0.00
Bivalvia und.	178	3.72	11.94	5.86	28.93	515.00	3.97
Gastropoda	18	0.02	1.21	0.03	4.78	5.89	0.05
Hydrobiidae	4	0.00	0.27	0.00	1.12	0.30	0.00
Rissoidae	1	0.00	0.07	0.00	0.28	0.02	0.00
<i>Alvania</i> sp.	1	0.00	0.07	0.00	0.28	0.02	0.00
Rissoidae und.	1	0.00	0.07	0.00	0.28	0.02	0.00
Trochidae	2	0.00	0.13	0.00	0.56	0.08	0.00
<i>Gibbula</i> sp.	2	0.00	0.13	0.00	0.56	0.08	0.00
Cerithiidae	3	0.00	0.20	0.01	0.28	0.06	0.00
<i>Bittium</i> sp.	2	0.00	0.13	0.00	0.56	0.08	0.00
<i>Ceritium</i> sp.	1	0.00	0.07	0.01	0.28	0.02	0.00
Turritellidae	1	0.01	0.07	0.01	0.28	0.02	0.00
Gastropoda und.	6	0.00	0.40	0.00	1.97	0.79	0.01
ANNELIDA	131	4.83	8.79	7.62	5.62	92.19	0.71
Polychaeta	18	0.89	1.21	1.40	2.81	7.33	0.06
Nereidae	5	0.63	0.34	0.99	1.40	1.87	0.01
Siboglinidae	3	0.00	0.20	0.00	0.84	0.17	0.00
Polychaeta und.	10	0.26	0.67	0.41	0.56	0.60	0.00
Sipunculidae	1	0.11	0.07	0.17	0.28	0.07	0.00
Annelida und.	102	3.58	6.84	5.65	1.97	24.56	0.19
ACTINOPTERYGII	36	1.98	2.41	3.12	10.11	55.98	0.43
BRYOZOA	25	3.76	1.68	5.92	6.46	49.11	0.38
NEMATHELMINTHA	56	0.15	3.76	0.23	7.87	31.34	0.24
MACROPHYTA	15	0.93	1.01	1.47	4.21	10.43	0.08
ECHINODERMATA	7	0.94	0.47	1.49	1.97	3.85	0.03
Ophiuroidae	1	0.03	0.07	0.05	0.28	0.03	0.00
Spatangidae	1	0.00	0.07	0.00	0.28	0.02	0.00
Echinidae	2	0.01	0.13	0.01	0.56	0.08	0.00
Echinodermata und.	3	0.90	0.20	1.42	0.84	1.37	0.01
CNIDARIA	1	0.08	0.07	0.13	0.28	0.05	0.00
PLATYHELMINTHA	8	0.00	0.54	0.00	0.28	0.15	0.00
PORIFERA	1	0.25	0.07	0.40	0.28	0.13	0.00
VARIOUS	102	16.45	6.84	25.95	28.65	939.43	7.24
TOTAL	1491	63.41					

Diet seasonal variation

The seasonal vacuity index varied significantly over the sampling period ($\chi^2 = 169.91$; $p \leq 0.05$). Highest feeding intensity was recorded in summer (IV = 1.81 %), and decreased in the other seasons reaching its lowest value in autumn (IV = 72.58 %). The average number and weight of the preys ranged from 0.98 (Wm = 0.08 g)

in winter, to 5.34 (Wm = 0.16 g) in summer (Table II). Whatever the sampling season, Crustacea predominated in the diet, especially in autumn (% IRI = 93.92) and winter (% IRI = 98). Molluscs were consumed secondarily (% IRI < 20). Statistical comparison using the Spearman rank coefficient (ρ) did not show significant variation of the diet. However, the ANOSIM test revealed significant differences ($r = 0.87$, $p \leq 0.001$) among all sampling sea-

Table II. – Diet of *Mullus barbatus* of the eastern coasts of Algeria according to seasons (Rank: classification of the prey; N: total number of fish; VI %: vacuity index; TR: taxonomic richness; Nm: average number of preys; Wm: average weight of preys).

Item	Winter (N = 51)		Spring (N = 108)		Summer (N = 163)		Autumn (N = 34)	
	IRI%	Rank	IRI%	Rank	IRI%	Rank	IRI%	Rank
Crustacea	98.20	1	81.72	1	75.95	1	93.92	1
Mollusca	0.58	3	11.29	2	17.96	2	3.61	2
Annelida	0.75	2	1.53	4	4.54	3	1.46	3
Platyhelmintha	–	8	0.41	8	–	10	–	10
Nemathelmintha	–	8	0.83	6	0.44	5	0.03	8
Bryozoa	–	8	2.15	3	0.19	6	0.04	7
Echinodermata	–	8	0.16	9	0.03	7	0.44	5
Macrophyta	0.47	4	0.62	7	0.00	8	0.46	4
Actinoptergii	–	8	1.28	5	0.89	4	–	10
Porifera	–	8	0.02	10	–	10	–	10
Cnidaria	–	8	–	11	–	10	0.06	6
TR	4		10		8		8	
Nm	0.98		1.9		5.34		2.62	
Wm	0.08		0.17		0.16		0.18	
VI (%)	48.48		41.3		1.81		72.58	

Table III. – Diet variations of *Mullus barbatus* of the eastern coasts of Algeria according to sex (see Table II for abbreviations).

Item	Females (N = 169)		Males (N = 107)	
	IRI%	Rank	IRI%	Rank
Crustacea	90.62	1	71.41	1
Mollusca	3.47	3	19.69	2
Annelida	3.56	2	4.45	3
Platyhelmintha	–	11	0.06	8
Nemathelmintha	0.37	6	1.48	5
Bryozoa	0.77	5	0.14	7
Echinodermata	0.07	7	0.01	9
Macrophyta	0.04	8	1.75	4
Actinoptergii	1.1	4	1.01	6
Porifera	0.00	10.5	–	10.5
Cnidaria	0.00	10.5	–	10.5
TR		10		9
Nm		3.05		1.64
Wm		0.25		0.06
IV(%)		20.66		45.41

sons. This difference was observed mainly during winter (December) and spring (March) when the highest frequencies of Crustacea were observed.

Diet variation according to sex

The vacuity index showed significant difference ($\chi^2 = 28.49$; $p \leq 0.05$) between males (VI % = 45.41)

and females (VI % = 20.66). Females consumed almost twice as massive prey (Nm = 3.05; Wm = 0.25) than males (Nm = 1.64; Wm = 0.06.) (Table III). Regardless of sex, Crustacea represented the main prey items (% IRI_q = 90.62; % IR I_σ = 71.41). Mollusca were secondary prey for males (% IRI = 19.69 %), and only accidentally prey for females (% IRI = 3.47).

Despite numerical and weight variations of the ingested prey between the two sexes, non-significant values of the rank correlation coefficient ($\rho = 0.89$; $t_{\text{obs}} = 5.36$) were observed. However, statistical comparison using ANOSIM test, applied on prey abundance data, showed significant dif-

ference ($r = 0.99$, $p \leq .001$) in the diet composition of female and male specimens of *M. barbatus*. A slight difference has also been observed in the taxonomic richness of their diet, which appeared to be superior in females diet (TR = 10) to that of males (TR = 9) (Table IV).

Diet ontogenetic variation

According to sexual maturity, the vacuity index was 29.70 % for matures and 60.30 % for juveniles. It was significantly different between the two life stages ($\chi^2 = 8.05$; $p \leq 0.05$). The average number of preys was higher for juveniles (Nm = 4.12) than for adults (Nm = 3.15). In both cases, Crustacea were revealed as main preys (% IRI_J = 94.25; %IRI_A = 89.52). The Spearman correlation coefficient evidenced the homogeneity of the diet between the mature and non-mature individuals ($\rho = 0.86$; $t_{\text{obs}} = 5.14$). In contrast to this results, also in this case, ANOSIM test showed that the diet compositions of the two life stages were significantly different ($r = 0.73$, $p \leq 0.001$). However, there is no difference in the taxonomic richness in the diet (Table IV).

DISCUSSION

The low annual average value of the vacuity index (37.87 %), revealed by our analyses, may be linked to the high trophic activity of *M. barbatus* in the study region. This value is similar to that recorded on the Mediterranean North-eastern coasts of Morocco (VI = 35.33 %)

Table IV. – Diet ontogenetic variations of *Mullus barbatus* of the eastern coasts of Algeria (see Table II for abbreviations).

Items	Juveniles (N = 77)		Adults (N = 213)	
	IRI%	Rank	IRI%	Rank
Crustacea	94.25	1	89.52	1
Mollusca	3.99	2	7.29	2
Bryozoa	0.00	9.5	0.56	5
Annelida	0.23	5	1.45	3
Nematoda	0.12	6	0.39	6
Plathelmintha	0.03	7	0.00	9.5
Macrophyta	0.72	3	0.03	7
Actinopterygii	0.65	4	0.76	4
Porifera	0.00	9.5	0.00	9.5
Cnidaria	0.00	9.5	0.00	9.5
Echinodermata	0.00	9.5	0.00	9.5
TR		7		7
Nm		4.12		3.15
Wm		0.13		0.19

(Layachi *et al.* 2007), but it is highly different from that recorded on the Tunisian coasts (VI = 60.6 %) (Chérif *et al.* 2011). Moreover, the observed fluctuations of the vacuity index highlight a seasonal rhythm. The trophic activity appears relatively intense in summer (from June to August), then slows down in autumn (from September to December), when the temperature of water falls to 10 °C (Frehi *et al.* 2007). This influence of the thermal conditions on the food rhythm of coastal fish is rather well known (Kara & Derbal 1996, Pasquand *et al.* 2004, Chaoui *et al.* 2005). In addition, the observed increase in vacuity index during April and May coincides with the reproduction period of *M. barbatus*, that in the study area, lasts from April to June (unpubl. data). During gametogenesis, the increase in gonad weight and volume would compress the digestive tract, thus reducing the capacity of fish to feed. This condition is observed not only in Mullidae (Layachi *et al.* 2007, Derbal *et al.* 2010, Chérif *et al.* 2011), but also in other teleosts in eastern Algeria (Derbal *et al.* 2007, Benchalel *et al.* 2010).

From a qualitative point of view, *M. barbatus* is a benthic predator with a broad food spectrum. Results of the present study revealed that it targets mainly Crustacea, in particular Decapods Macrurans and Peracarida, while the molluscs are consumed secondarily. Crustacea constitutes also preferential preys for other populations of *M. barbatus* in the Mediterranean Sea (Gharbi & Ktari 1979, Ben Eliahu & Golani 1990, Golani & Galil 1991, Chérif *et al.* 2011, Esposito *et al.* 2014), while some other populations, such as that of the Greek coasts, rely mainly on polychaetes (Vassipoulou & Papaconstantinou 1993, Labropoulou & Eleftheriou 1997). On the other hand, the classification of the preys ingested by *M. barbatus* of the Aegean Sea showed that the molluscs constituted the basic food (% IRI = 31.71) prior to polychaetes

(% IRI = 31.5) and crustaceans (% IRI = 22.1) (Arslan & İsmen 2014). These changes in diet could be the results of sampling and/or biological environment. Our results indicate that *M. barbatus* mainly feeds on small crustaceans. Large crustaceans, such as shrimps, were not found in their stomachs probably because, as suggested by Hureau (1986), *M. barbatus* usually feeds on small benthic invertebrates, inhabiting sandy and/or muddy bottoms, and detected by chemoreceptor barbels on the chin. Other preys, such as polychaetes, nematodes, teleosts, echinoderms, bryozoans and algal remains, were found in the stomach contents, but were less important.

Whatever the capturing season, Crustacea still constitutes the main prey. In contrast, molluscs are eaten only secondarily throughout the annual cycle. However, the abundance of the preys changes significantly during the year, especially in winter (December) and spring (March), when the highest frequencies of Crustacea were observed. The same phenomenon was recorded in the southern Tyrrhenian Sea (Esposito *et al.* 2014). On these coasts, *M. barbatus* prefers mysid shrimp and bivalve *Fabulina fabula* in summer and cumaceans and polychaetes in winter. Seasonal variation in the diet is also noticed on the Tunisian coasts where crustaceans and polychaetes are the dominant prey groups throughout the year, especially in autumn and winter (Chérif *et al.* 2011).

In the study area, the females of *M. barbatus* consume twice as massive preys than males. The % IRI index indicates that the main prey group are Crustacea for both males and females. These results are similar to that found on Tunisian coasts (Gharbi & Ktari 1979, Chérif *et al.* 2011). The ontogenetic variation of fish diet composition is reported by many authors (Nikolsky 1963, Ross 1978, Macpherson 1981, Layachi *et al.* 2007, Chérif *et al.* 2011). In our case, juveniles of *M. barbatus* consume more small preys than adults. Similar situations are observed on Moroccan (Layachi *et al.* 2007), French (Bautista-Vega *et al.* 2008) and Tunisian coasts (Chérif *et al.* 2011). This food tendency towards increasingly massive preys with the detriment of their number, observed during the ontogenetic development, is a characteristic of predatory fish. It could be regarded as an adaptation allowing an optimization of the assessment between the energy spent for the capture of the prey and the energy provided by food (Stoner & Lingviston 1984). It was also shown that while growing, *M. barbatus* would use more its barbels, reaching easily the preys which are hidden in the sediment (N'Da 1992, Mc Cormick 1993, Aguirre & Sanchez 2005). In the Bay of Biscay, N'Da (1992) considers that the pelagic preys, represented especially by Copepoda and Mysidacea, are better represented numerically (70 %) compared to the benthic preys (30 %) in the stomach contents of juveniles from 2 to 7 cm. According to Mazzola *et al.* (1999), the juveniles with standard length of 5 cm would have a pronounced preference for copepods, amphipods, tanaids and polychaetes. Ontoge-

netic differences might reflect a combination of increasing mouth size, an improved ability to handle preys and to swim faster. In the adults, the gillrakers could constitute, for the old individuals, a means of complementary retention, sufficiently fine and effective, to retain the endogeic invertebrate fauna of small size.

CONCLUSION

This study shows that *M. barbatus* is an omnivorous and opportunist feeder with preference for Crustacea whatever the sampling season, sex and sexual maturity. The obtained results will be used to compare the ecological niche of this species with that of its sympatric congener *M. surmuletus* in the study area. The acquired knowledge on the feeding habits of this species could give us more information for understanding some aspects of its biology and ecology. Additional information on its growth, sexuality and exploitation would be needed for better management of natural stocks of *M. barbatus* in southern Mediterranean Sea.

ACKNOWLEDGEMENTS. – The authors thank the Algerian Ministry of Higher Education and Scientific Research for financial support of this study in the framework of the project entitled “Optimisation de la pêche artisanale dans le golfe d’Annaba : écologie et biologie des principaux stocks exploités”, as part of the National Research Program (NRP).

REFERENCES

- Aguirre H, Sanchez P 2005. Feeding resource partitioning between *Mullus barbatus* and *M. surmuletus* in the Catalan Sea (northwestern Mediterranean). *Sci Mar* 3: 429-439.
- Arslan M, İsmen A 2014. Age, growth, reproduction and feeding of *Mullus barbatus* in Saros Bay (North Aegean Sea). *J Black Sea/Med Environ* 20: 184-199.
- Badalamenti F, Pinnegar JK, Polunin NVC, D’Anna G 2000. Estimates of trophic level in the red mullet *Mullus barbatus*: comparison between gut-contents and stable-isotope data. In Briand F Ed., *Fishing down the Mediterranean Food Webs?* CIESM Workshop Series, Vol 12: 19-21.
- Bariche M, Bilecenoglu M, Azzurro E 2013. Confirmed presence of the Red Sea goatfish *Parupeneus forsskali* (Fourmanoir & Guézé, 1976) in the Mediterranean Sea. *BioInvasions Rec* 2(2): 173-175.
- Bauchot ML 1987. Poissons osseux. In Fischer W, Bauchot ML & Schneider M Eds, *Fiches FAO d’Identification pour les Besoins de la Pêche (Rev 1), Méditerranée et Mer Noire, Zone de Pêche 37, Vol. 2: 891-1421*. CCE & FAO.
- Bautista-Vega AA, Letourneur Y, Harmelin-Vivien M, Salen-Picard C 2008. Difference in diet and size-related trophic level in two sympatric fish species, the red mullets *Mullus barbatus* and *M. surmuletus*, in the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *J Fish Biol* 73: 2402-2420.
- Benchalel W, Derbal F, Kara MH 2010. Régime alimentaire du Sar commun *Diplodus sargus sargus* (Sparidae) des côtes de l’est algérien. *Cybium* 34: 231-242.
- Ben Eliahu M, Golani D 1990. Polychaetes (Annelids) in the gut contents of goatfishes (Mullidae), with new polychaete records for the Mediterranean coast of Israel and the Gulf of Elat. *PSZNI Mar Ecol* 11: 193-205.
- Caragistou E, Tsimenidis N 1982. Seasonal changes and comparative analysis of the food of the red mullet (*M. barbatus*) in the Gulf of Saronikos and Thermaikos. *Thalassographica* 5: 41-61.
- Çelik Ö, Torcu H 2000. Investigations on the biology of red mullet (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758) in Edremit Bay, Aegean Sea, Turkey. *Turk J Vet Anim Sci* 24: 287-295.
- Chaoui L, Derbal F, Kara MH, Quignard JP 2005. Alimentation et condition de la Dorade *Sparus aurata* (Teleostei: Sparidae) dans la lagune du Mellah (Algérie Nord Est). *Cah Biol Mar* 46: 221-225.
- Chérif M, Ben Amor MM, Selmi S, Gharbi H, Missaoui H, Capapé C 2011. Food and feeding habits of the red mullet, *Mullus barbatus* (Actinopterygii: Perciformes: Mullidae), off the northern Tunisian coast (Central Mediterranean). *Acta Ichthyol Piscat* 41(2): 109-116.
- Dagnélie P 1975. Théorie et Méthodes statistiques. Vol. 2: Les Méthodes de l’Inférence statistique. Les presses agronomiques de Gembloux: 451 p.
- Derbal F, Kara MH 2001. Inventaire des Poissons des côtes de l’Est algérien. Rapports de la commission internationale pour l’exploration scientifique de la mer Méditerranée. CIESM, 36: 258.
- Derbal F, Nouacer S, Kara MH 2007. Composition et variations du régime alimentaire du Sparailon *Diplodus annularis* (Sparidae) du golfe d’Annaba (Est de l’Algérie). *Cybium* 31: 443-450.
- Derbal F, Slatni S, Kara MH 2010. Variations du régime alimentaire du Rouget de roche *Mullus surmuletus* (Mullidae) des côtes de l’est de l’Algérie. *Cybium* 34: 373-380.
- Djabali F, Brahmi B, Maamasse M 1993. Poissons des côtes algériennes. *Pelagos* n° sp: 215 p.
- Esposito V, Andaloro F, Bianca D, Natalotto A, Romeo T, Scotti G, Luca Castriota L 2014. Diet and prey selectivity of the red mullet, *Mullus barbatus* (Pisces: Mullidae), from the southern Tyrrhenian Sea: the role of the surf zone as a feeding ground. *Mar Biol Res* 10: 167-178.
- Focardi S, Falciai L, Gambi C, Spadini V 1979. Alimentazione di *Mullus barbatus* L. nel Mar Tirreno. XI Congresso della Società Italiana di Biologia Marina, Orbetello. Atti della Società Toscana di Scienze Naturali. *Memoria* 86(suppl.): 392-395.
- Frehi H, Couté A, Mascarell G, Perrette-Gallet C, Ayada M Kara MH 2007. Dinoflagellés toxiques et/ou responsables de blooms dans la baie d’Annaba. *C R Biol* 330(8): 615-628.
- Fritze S 1974. Total diet comparison fishes by Spearman rank correlation coefficient. *Copeia* 1974(1): 210-215.
- Frogliola C 1988. Food preferences of juvenile red mullet *Mullus barbatus* in Western Adriatic nursery ground (Osteichthyes: Mullidae). *Rapp PV Com Int Explor Sci Mer Médit* 31: 263.
- Gharbi H, Ktari MH 1979. Régime alimentaire des Rougets (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758 et *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758) du golfe de Tunis. *Bull Inst Nat Sci Tech Océanogr Pêche Salammbô* 6: 41-52.
- Golani D, Galil B 1991. Trophic relationships of colonizing and indigenous goatfish (Mullidae) in the eastern Mediterranean with special emphasis on decapod crustaceans. *Hydrobiologia* 218: 27-33.
- Hacunda JS 1981. Trophic relationships among demersal fishes in coastal area of the Gulf of Main. *Fish Bull* 79: 775-788.

- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, Vol 4, no 1, 9 p. Available from: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Accessed 17 Oct. 2014.
- Hayward P, Nelson-Smith T, Shields C 2014. Guide des Bords des Mers (Mer du Nord, Atlantique, Méditerranée). Ed. Delachaux et Niestlé.
- Hureau JC 1986. Mullidae. In Bauchot ML, Hureau JC, Nielsen J, Tortonese E, Whitehead PJP Eds, Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean (FNAM) Vol 2: 877-882. Paris: UNESCO.
- Kara MH, Derbal F 1996. Régime alimentaire du Loup *Dicentrarchus labrax* (Poisson Moronidé) du golfe d'Annaba (Algérie). *Ann Inst Océanogr Paris* 72: 185-194.
- Katagan T, Kaya M, Eren Z, Önen M 1990. Diet regime of *Mullus barbatus* in İzmir Bay. *Turk J Zool* 14: 179-187.
- Kotrshall K, Thompson DA 1986. Feeding patterns in eastern tropical Pacific blennioid fishes (Teleostei: Tripterygiidae, Labrisomidae, Chaenopsidae, Blennidae). *Oecologia* 70: 367-378.
- Labropoulou M, Eleftheriou A 1997. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection. *J Fish Biol* 50: 324-340.
- Layachi M, Melhaoui M, Ramdani M, Srour A 2007. Étude préliminaire du régime alimentaire du Rouget-barbet (*Mullus barbatus* L.) de la côte Nord-Est méditerranéenne du Maroc (Nador) au cours de l'année 2001 (Poissons, Mullidae). *Bull Inst Sci Rabat, Sect Sci Vie* 29: 35-41.
- Macpherson E 1981. Resource partitioning in a Mediterranean demersal fish community. *Mar Ecol Prog Ser* 4: 183-193.
- Mazzola A, Lopiano L, La Rosa T, Sarà G 1999. Diet feeding habits of juveniles of *Mullus surmuletus* (L., 1758) in the lagoon of the Stagnone di Marsala (Western Sicily, Italy). *J App. Ichthyol* 5: 143-148.
- McCormick MI 1993. Development and changes at settlement in the barbel structure of the reef fish, *Upeneus tragula* (Mullidae). *Environ Biol Fish* 37: 269-282.
- N'Da K 1992. Régime alimentaire du Rouget de roche *Mullus surmuletus* (Mullidae) dans le nord du golfe de Gascogne. *Cybium* 16: 159-167.
- Nikolsky GV 1963. The ecology of fishes. *Copeia* 1: 174-178.
- Papaconstantinou C, Caragitsou E 1987. Preliminary study of the trophic relationship of red mullet (*Mullus barbatus*) off the western coast of Greece. *Proc 2nd Panhellenic Symp Oceanol Fish* 2: 577-583.
- Pasquand S, Girardin M, Elie P 2004. Étude des Gobies du genre *Pomatoschistus* (*P. microps* et *P. minutus*) dans l'estuaire de la Gironde (France). *Cybium* 28: 99-106.
- Pinkas L, Oliphant MS, Iverson ILK 1971. Food habits of albacore, blue fin tuna and bonito in California waters. *Calif Fish Game* 152: 1-105.
- Quignard JP, Tomasini JA 2000. Mediterranean fish biodiversity. *Biol Mar Medit* 7(3): 1-66.
- Refes W, Semahi N, Boulahdid M 2010. Diversité et biogéographie de l'ichtyofaune orientale de la côte algérienne. *J Sci Hal Aquat* 3: 54-66.
- Ross ST 1978. Trophic ontogeny of the leopard sea robin, *Pri-notus scitulus* (Pisces: Triglidae). *Fish Bull* 76: 225-234.
- Slimani A, El Oumari N, Hamdi H 2003. État des stocks des principales ressources démersales en Méditerranée marocaine. Rapport interne, Centre régional de la recherche en halieutique, INRH Nador, Maroc: 12 p.
- Stoner AW, Lingviston RJ 1984. Ontogenetic patterns in diet and feeding morphology in sympatric sparid fishes from seagrass meadows. *Copeia*: 174-178.
- Tserpes G, Fiorentino F, Levi D, Cau A, Murenu M, Zamboni A 2002. Distribution of *Mullus barbatus* and *M. surmuletus* (Osteichthyes: Perciformes) in the Mediterranean continental shelf: implications for management. *Sci Mar* 66(2): 39-54.
- Vassilopoulou V, Papaconstantinou C 1992. Aspects of the biology of the red mullet (*Mullus barbatus*) in the Aegean Sea. *FAO Fish Rep* 477: 115-126.
- Vassilopoulou V, Papaconstantinou C, Caragitsou E 2001. Adaptations of demersal fish species in a nutrient-rich embayment of the Ionian Sea (Greece). In Thurston RV Ed, Fish Physiology, Toxicology, and Water Quality, Proceedings of the 6th International Symposium. Athens, GA: Ecosystem Research Division: 107-21.
- Vassilopoulou V, Papaconstantinou C 1993. Feeding habits of red mullet (*Mullus barbatus*) in a gulf in western Greece. *Fish Res* 16: 69-83.
- Voliani A 1999. *Mullus barbatus*. In Relini G, Bertrand J, Zamboni A Eds, Synthesis of Knowledge on Bottom Fishery Resources in Central Mediterranean (Italy and Corsica). *Biol Mar Medit* 6(1): 276-91.

Received on August 23, 2017

Accepted on July 25, 2018

Associate editor: T Changeux

RESUME

Cette étude est consacrée à la biologie du rouget barbet de vase *Mullus barbatus* (L. 1758) des côtes de l'Est algérien. Le premier chapitre est une synthèse des connaissances sur le milieu d'étude et sur le rouget barbet de vase. Les autres chapitres sont consacrés aux principaux descripteurs de la biologie de cette espèce : morphologie, âge et croissance, reproduction et alimentation.

La morphologie de *M. barbatus* est caractérisée par dix-sept caractères métriques et huit caractères méristiques. Une corrélation très significative est mise en évidence pour l'ensemble des paramètres métriques par rapport à la longueur totale ou céphalique. Chez la population totale, 58,82 % des paramètres présentent une allométrie majorante. En fonction du sexe, la croissance est rapide chez 47,06 % des cas chez les femelles et 41,18 % des cas chez les mâles. Les paramètres numériques indiquent des valeurs proches de celles rapportées par la littérature.

L'âge et la croissance ont été estimés par la méthode otolithométrique. Une seule zone opaque s'individualise par an et s'inscrit à la fin de la période de reproduction (aout). La taille maximale théorique de cette espèce est de 16,20 cm pour les mâles, de 21,27 cm pour les femelles et de 19,90 cm pour la population globale. Ces tailles correspondent à des poids théoriques maximums respectifs de 43,07 g, 100,35 g et 84,18 g. La croissance relative indique une allométrie majorante pour la population totale ainsi que chez les deux sexes.

La reproduction de *M. barbatus* est saisonnière et n'a lieu qu'une seule fois par an, entre avril et juin. Le rapport hépato-somatique et l'embonpoint montrent des variations liées au cycle reproducteur. La première maturité sexuelle est acquise à partir d'une longueur totale de 14,1cm chez les mâles et 14,6 cm chez les femelles, correspondant à un âge d'environ deux ans. La sex-ratio est en faveur des femelles.

M. barbatus est un prédateur benthique, il se nourrit à un rythme saisonnier et cible principalement les crustacés, notamment les décapodes macroures et les pécarides. En toute saison les mêmes proies sont ingérées aussi bien par les mâles que par les femelles, par les adultes que par les juvéniles. La comparaison statistique, en utilisant le coefficient de Spearman (ρ), a révélé l'homogénéité de son régime alimentaire tout au long de l'année et quel que soit le sexe ou l'état de maturité sexuelle.

Mots clés :

Mullus barbatus, reproduction, croissance, comportement alimentaire.