



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE 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

Thèse

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

Intitulée

**Morphologie, dynamique et exploitation de la saupe
Sarpa salpa (Linnaeus, 1758) des côtes de l'Est algérien**

par :

Lilia Labiba GROUD née KARA

Devant le jury composé de :

Président:	FRIHI Hocine	Université d'Annaba Badji Mokhtar
Directeur:	KARA Mohamed Hichem	Université d'Annaba Badji Mokhtar
Examineur:	BENSAHLA-TALET Lotfi	Université d'Oran Ahmed Ben Bella
Examineur:	NASRI Hichem	Université d'El Tarf Chadli Bendjedid

Groud L. L., 2021. Morphologie, dynamique et exploitation de la saupe *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) des côtes de l'Est algérien. Thèse de Doctorat en Sciences. Université d'Annaba Badji Mokhtar, Algérie. 133 pp.

AVANT PROPOS

Avant de commencer l'exposé des résultats de cette recherche, je tiens à exprimer ma gratitude et ma reconnaissance à tous ceux qui, à divers titres, directement ou indirectement, m'ont permis de mener à bien cette investigation.

Tout d'abord, je suis reconnaissante à Monsieur le Professeur FRIHI H., enseignant chercheur au département des Sciences de la Mer de l'Université d'Annaba, pour avoir accepté d'évaluer cette thèse et d'en présider le jury de soutenance.

Il ne fait aucun doute que cette tâche n'aurait pu être réalisée sans l'intérêt continu accordé par Monsieur le Professeur KARA M. H., Directeur du laboratoire Bioressources Marines, à mon étude. Grâce à son appui et à son organisation, j'ai pu trouver le temps nécessaire, malgré mes autres occupations familiales et professionnelles. Je le remercie pour le temps qu'il m'a consacré et j'espère que les résultats obtenus seront à la hauteur de ses attentes.

Monsieur le Professeur BENSAPHLA-TALET L. de l'Université d'Oran Ahmed Ben Bella et Monsieur le Professeur NASRI H. de l'Université d'El Tarf Chadli Bendjedid me font honneur de lire et d'évaluer cette thèse. Leur présence dans ce jury témoigne de l'intérêt qu'ils portent à ce travail. Je leur adresse ici mes respectueux remerciements.

C'est grâce au soutien constant de Madame CHAOUI L., Professeur au Département des Sciences de la Mer de l'Université d'Annaba, que j'ai pu surmonter de nombreuses difficultés. Pour cela, je la remercie infiniment.

Je ne saurais passer sous silence la disponibilité de mes collègues, Madame MOHDEB R., Mademoiselle BOUREHAIL N. et Monsieur BOUDINAR A. S., chercheurs au laboratoire Bioressources Marines. Ils m'ont beaucoup aidé dans le traitement de mes données et m'ont initié à l'exploitation des logiciels utilisés. Je les remercie très sincèrement.

Et sans oublier mes anciens collègues de la direction régionale du commerce de la wilaya d'Annaba avec qui j'ai passé de nombreuses années. Ils sont également à remercier pour l'aide et la sympathie qu'ils m'ont témoignées.

Enfin, mes sentiments les plus profonds vont à mes parents: ma mère, mes frères, ma sœur, mon fils et mon mari qui ont su respecter la priorité donnée à mon travail. Papa, rabi yarhmek, tu n'as jamais cessé de m'encourager à aller toujours plus loin. Merci pour tes conseils et tes sacrifices. Cette thèse est aussi la tienne, je te la dédie.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
2.1	Distribution statistique des différents caractères méristiques étudiés chez <i>Sarpa salpa</i> des côtes de l'Est algérien (N = 586).	29
2.2	Coefficients de corrélation et relations d'allométrie entre les différentes longueurs mesurées chez la population totale de <i>S. salpa</i> des côtes de l'Est de l'Algérie (N = 586).	31
2.3	Comparaison de la pente et de la position des droites de régression chez les femelles et les mâles de <i>Sarpa salpa</i> des côtes de l'Est de l'Algérie.	33
2.4	Comparaison des limites de distribution des caractères méristiques chez <i>Sarpa salpa</i> dans différents secteurs de la Méditerranée et de l'Atlantique.	35
3.1	Descripteurs de distance pris en considération et formules de calcul des indices de forme.	48
3.2	Taux de reclassement et pourcentage de chaque groupe d'individus.	51
3.3	Données statistiques sur la distribution des différents caractères numériques chez <i>S. salpa</i> dans 5 localités en Méditerranée. Comparaison des caractères numériques entre les cinq échantillons de <i>S. salpa</i> des côtes méditerranéennes.	53
3.4	Distance de Mahalanobis entre les différentes populations de saupe issues de 5 localités méditerranéennes.	54
3.5	Pourcentages de reclassement des différents échantillons dans les couples de localités comparées.	55
3.6	Comparaisons multiples des moyennes des indices de forme des otolithes entre les différents échantillons de <i>S. salpa</i> .	56
3.7	Données sur l'appartenance des individus aux différents groupes et leurs pourcentages.	57
3.8	Variations mensuelles et saisonnières du sex-ratio de <i>S. salpa</i> sur les côtes de l'Est algérien.	58
4.1	Clé âge-longueur de <i>S. Salpa</i> , mâles, femelles et sexes confondus sur les côtes Est de l'Algérie, basée sur la lecture directe des écailles.	76
4.2	Longueur totale (TL en cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance sur les écailles de <i>Sarpa salpa</i> , sexes confondus, des côtes de l'Est algérien.	79
4.3	Paramètres du modèle de croissance de Von Bertalanffy (L_{∞} , K, t_0), coefficient d'allométrie de la relation taille-poids (b) et indice de performance de croissance (ϕ) de <i>S.salpa</i> dans différentes localités méditerranéennes et atlantiques.	80

5.1	Données biométrique sur les individus de <i>S. salpa</i> échantillonnés pour l'analyse de toxicité (J: juvéniles, S.a: sub-adultes, A: adultes).	93
5.2	Variations des niveaux des TBARS (en nmol/mg de protéines) dans le foie, le cerveau et le muscle de <i>S. salpa</i> en fonction de la taille des poissons en hiver et en été (J: juvéniles, S.a: sub-adultes, A: adultes).	96
6.1	Caractères métriques, numériques et pondérale du spécimen de <i>Kyphosus vaigiensis</i> capturé sur les côtes d'Annaba en décembre 2013.	107

Liste des figures

N°	Titre	Page
1.1	Vue satellite du golfe d'Annaba (Google Earth, 2021, modifiée).	8
1.2	Topographie du fond du golfe d'Annaba (d'après Vaissière et Fredj, 1963).	9
1.3	Sédimentologie du golfe d'Annaba (d'après Vaissière et Fredj, 1963).	9
1.4	Dynamique des eaux du golfe d'Annaba (d'après LCHF, 1974).	10
1.5	Morphologie externe de la saupe <i>Sarpa salpa</i> .	15
1.6	Distribution géographique et probabilités d'occurrence de <i>Sarpa salpa</i> (source Fishbase).	16
2.1	Limites géographiques des sites d'échantillonnage de <i>S. salpa</i> sur les côtes d'Annaba.	24
2.2	Mesures prises sur les spécimens examinés de <i>Sarpa salpa</i> des côtes de l'Est de l'Algérie.	26
2.3	Variations du coefficient d'allométrie de la relation taille-taille chez la population totale (a), les mâles (b) et les femelles (c) de <i>S. salpa</i> des côtes de l'Est algérien.	32
3.1	Localisation des zones d'échantillonnage de <i>S. salpa</i> sur les côtes algériennes, tunisiennes et françaises.	41
3.2	Illustration des trois étapes de la superposition Procruste (GPA) (d'après Mitteroecker & Gunz, 2009).	45
3.3	Photographie numérisée d'un individu de <i>S. salpa</i> .	46
3.4	Représentation des 18 repères utilisés dans le programme tpsDig2.	46
3.5	Etapes de l'application du logiciel 'MorphoJ'.	46
3.6	Acquisition des images des otolithes de <i>S. salpa</i> et détermination des descripteurs de Fourier.	47
3.7	Descripteurs de distance mesurés sur l'image binarisée d'une <i>sagitta</i> de <i>S. salpa</i> . <i>Lo</i> : longueur maximale, <i>Wo</i> : largeur maximale, <i>Po</i> : périmètre, <i>Ao</i> : surface projetée.	48
3.8	Variations du pourcentage de la moyenne cumulée de la puissance de Fourier en relation avec le nombre d'harmoniques décrivant la forme de l'otolithe de <i>S. salpa</i> des côtes de l'Est algérien.	50

3.9	Analyse discriminante inter-sites utilisant les paramètres métriques de <i>S. salpa</i> .	51
3.10	Graphique représentant le résultat de l'analyse canonique de la variance appliquée aux données morphogéométriques pour les populations de Mahdia, Chétaibi, Gabés, Marseille et Oran.	54
3.11	Représentation graphique de l'analyse factorielle discriminante utilisant les descripteurs de fourier.	58
4.1	Dispositif d'observation et de mesures utilisé pour la lecture de l'âge à l'aide du logiciel TNPC.	68
4.2	Distribution des fréquences des tailles de <i>S. salpa</i> femelles, mâles, bisexués et indifférenciés sur les côtes Est de l'Algérie.	75
4.3	Écaille d'une saupe <i>S. salpa</i> de 30 cm LT, âgée de 4 ans, pêchée à Annaba.	77
4.4	Variations mensuelles de l'accroissement marginal (AM) des écailles de <i>S. salpa</i> des côtes de l'Est algérien.	78
4.5	Croissances linéaires observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de <i>Sarpa salpa</i> des côtes de l'est Algérien.	81
4.6	Variations mensuelles du coefficient d'allométrie de la relation taille-poids chez la population totale (A), les femelles (B) et les mâles (C) de <i>Sarpa salpa</i> des côtes de l'est algérien.	83
4.7	Croissance pondérale théorique et taux de croissance pondéraux annuels de <i>S. salpa</i> des côtes de l'Est Algérien.	84
5.1	Réactions de peroxydation des acides gras insaturés conduisant à la formation du malondialdéhyde.	95
6.1	Carte montrant le lieu de capture de <i>Kyphosus vaigiensis</i> sur les côtes algériennes (6) et chronologie des différents signalements en Méditerranée.	105
6.2	Photographie du spécimen de <i>Kyphosus vaigiensis</i> (41,5 cm TL; 1,27 kg TW) capturé à Annaba en décembre 2013.	106

SOMMAIRE

	Page
Introduction générale	1
<hr/>	
Chapitre 1.	
Généralités : l'environnement et l'espèce <i>Sarpa salpa</i>	7
1. L'environnement régional.....	7
1.1. Cadre géographique.....	7
1.2. Bathymétrie et sédimentologie.....	7
1.3. Courants et houles	10
1.4. Physico-chimie et biomasse chlorophyllienne.....	11
1.5. Biodiversité	11
1.5.1. Le phytoplancton et le zooplancton.....	11
1.5.2. Le benthos	12
1.5.3. Les poissons.....	12
2. La saupe <i>Sarpa salpa</i>	13
2.1. Position systématique.....	13
2.2. Etymologie, Synonymes et appellations vernaculaires.....	13
2.3. Critères de diagnose.....	14
2.3.1. Caractéristiques de la famille des Sparidés.....	14
2.3.2. Caractéristiques du genre <i>Sarpa</i>	14
2.3.3. Caractéristiques de l'espèce <i>Sarpa salpa</i>	14
2.4. Distribution géographique.....	15
2.5. Ecologie	16
2.5.1. Habitat.....	16
2.5.2. Taille, longévité, sex-ratio.....	17
2.6. Biologie.....	17
2.6.1. Régime alimentaire	17
2.6.2. Reproduction et comportement reproducteur.....	18
2.7. Valeur nutritive et toxicité	19
2.8. Importance économique.....	20
Chapitre 2.	
Morphologie et dimorphisme sexuel	23
<hr/>	
Introduction.....	23
1. Matériels et méthodes.....	24
1.1. Provenance des échantillons.....	24
1.2. Morphométrie somatique.....	24
1.2.1. Caractères méristiques.....	25
1.2.2. Caractères métriques.....	27
1.2.3. Comparaison de la morphologie des mâles et des femelles.....	27
2. Résultats.....	29
2.1. Morphométrie somatique.....	29
2.1.1. Caractères méristiques.....	29
2.1.2. Caractères métriques.....	30
2.1.3. Dimorphisme sexuel.....	30
3. Discussion.....	33

Chapitre 3.

Différenciation morphologique des populations méditerranéennes de <i>S. salpa</i>	37
Introduction.....	39
1. Matériel et méthodes.....	40
1.1. Echantillonnage.....	40
1.2. Biométrie.....	40
1.2.1. Caractères métriques.....	40
1.2.2. Caractères numériques.....	42
1.2.3. Comparaison de la biométrie des différents échantillons.....	43
1.3. Morphogéométrie.....	44
1.3.1. Principe.....	44
1.3.2. Acquisition des données.....	45
1.4. Analyse de la forme des otolithes.....	47
1.4.1. Descripteurs de distance et indices de forme.....	47
1.4.2. Description du contour.....	48
2. Résultats.....	50
2.1 Biométrie.....	50
2.1.1. Caractères métriques.....	50
2.1.2. Caractères numériques.....	52
2.2. Morphogéométrie.....	54
2.2.1. Analyse canonique de la variance (CVA).....	54
2.2.2. Analyse discriminante.....	56
2.3. otolithométrie.....	56
2.3.1. Indices de forme.....	56
2.3.2. Descripteurs de Fourier.....	58
3. Discussion.....	59

Chapitre 4.

Démographie, âge, croissance et mortalités de <i>S. sarpa</i> sur les côtes d'Annaba.....	63
Introduction.....	65
1. Matériel et méthodes.....	66
1.1. Structure démographique et sex-ratio.....	66
1.2. Etude de l'âge.....	66
1.2.1. Ecailles et scalimétrie.....	67
1.2.1.1. Prélèvement, stockage et examen des écailles.....	67
1.2.1.2. Lecture de l'âge.....	67
1.2.1.3. Relation entre la longueur totale du poisson et le rayon de l'écaille.....	69
1.2.1.4. Croissance marginale des écailles et périodicité du dépôt des anneaux d'arrêt de croissance.....	69
1.2.1.5. Détermination de l'âge par le rétro calcul (Méthode de Lea).....	70
1.3. Modélisation de la croissance.....	71
1.3.1. Croissance linéaire absolue.....	72
1.3.2. Croissance relative ou relation taille-poids.....	73
1.3.3. Croissance pondérale absolue.....	74
1.3.4. Estimation des mortalités et du taux d'exploitation.....	74
2. Résultats.....	75
2.1. Structure démographique, sex-ratio.....	75
2.2. Description des écailles.....	76
2.3. Détermination de l'âge.....	77
2.3.1. Relation entre la longueur totale du poisson et le rayon total de l'écaille.....	77
2.3.2. Périodicité de la formation des anneaux d'arrêt de croissance.....	77
2.3.3. Détermination de l'âge individuel et des tailles rétro-calculées.....	78

2.4. Modélisation de la croissance.....	81
2.4.1. Croissance linéaire absolue.....	81
2.4.2. Croissance relative ou relation taille –poids.....	82
2.4.3. Croissance pondérale absolue.....	82
2.5. Estimation des paramètres de mortalité et d’exploitation.....	84
3. Discussion.....	84
Chapitre 5.	89
<u>Contribution à l’évaluation de la toxicité de la saupe <i>Sarpa salpa</i> des côtes d’Annaba.....</u>	
Introduction.....	91
1. Matériel et méthodes.....	93
2. Résultats.....	96
3. Discussion.....	96
Chapitre 6.	
<u>Sur la présence de la saupe grise <i>kyphosus vaigiensis</i> sur les côtes de l’est algérien</u>	101
Introduction.....	103
1. Matériel et méthodes.....	104
2. Résultats.....	105
3. Discussion.....	106
<u>Conclusion générale.....</u>	111
<u>Références bibliographiques.....</u>	119
<u>Annexes.....</u>	135
Annexe I	
Annexe II	
Annexe III	

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GENERALE

Les sparidés sont des poissons osseux à la nageoire dorsale unique, avec un corps plutôt ovale et plat et une nageoire caudale fourchue. La famille des sparidés comprend 36 genres et 112 espèces. La Mer Méditerranée héberge, à elle seule, 12 genres et 25 espèces dont une endémique et deux lessepsiennes (KARA et QUIGNARD, 2019). Sur les côtes algériennes, on trouve 10 genres (*Oblada*, *Diplodus*, *Sparus*, *Pagellus*, *Dentex*, *Sarpa*, *Boops*, *Pagrus*, *Lithognathus* et *Spondylisoma*) et 20 espèces natives de Sparidés (DIEUZIDE *et al.*, 1955, DJABALI *et al.*, 1993). Cette même diversité se retrouve sur les côtes Est du pays (DERBAL et KARA, 2001).

En Algérie, les Sparidés constituent une part importante de la pêche aux petits métiers et contribuent significativement aux revenus de la pêche artisanale. D'après HANNACHI (2015), 44,7% de l'effectif des poissons pêchés à l'aide de sennes de plage sur les côtes d'Annaba sont des Sparidés, au sein desquels la bogue *Boops boops* et la saupe *Sarpa salpa* occupent respectivement la première (24,6%) et la seconde (16,7%) place. La saupe représente, à elle seule, 17,3% de la biomasse totale pêchée, toutes espèces confondues. Sur les côtes méditerranéennes françaises, la saupe constitue aussi une partie considérable de la faune ichthyologique des herbiers à posidonie où elle atteint 40 à 70% de sa biomasse totale (FRANCOUR, 2000).

En Algérie, la saupe est l'une des espèces principales de la pêche côtière où elle a "la réputation de guérir de l'anémie" dans la croyance populaire. Elle est pêchée quasi-régulièrement à l'aide de filets maillants. Malheureusement, le recueil des statistiques de l'administration des pêches ne fait pas de distinction entre les différentes espèces de sparidés, ce qui n'autorise pas de quantification. Il faut cependant noter que la production mondiale de cette espèce a atteint 4801 tonnes en 2007, dont 84 % proviennent de la Méditerranée. Généralement, la Tunisie assure environ 50% des apports méditerranéens. Depuis 2005, l'Italie contribue de plus en plus pour atteindre 1066 t en 2007 (KARA et QUIGNARD, 2018).

Sarpa salpa (Linnaeus, 1758) est une espèce eurytherme, largement distribuée dans toute la Méditerranée et sur les côtes de l'Atlantique Est, de l'Afrique du Sud et le Sud du Mozambique aux Açores en passant par les îles Canaries (BAUCHOT et HUREAU, 1990). Elle est hermaphrodite protandre (CRISCOLI *et al.*, 2006) et vit dans les eaux littorales, près

des roches avec algues où elle peut atteindre une profondeur de 70 mètres (PALLAORO *et al.*, 2008). Unique espèce herbivore autochtone de Méditerranée, elle représente jusqu'à 75% de la consommation totale herbivore (CEBRIAN *et al.*, 1996).

Malgré les pressions naturelles (réchauffement du climat, compétition avec le genre invasif *Siganus*) et anthropiques (aménagement littoraux, pollutions diverses) qui pèsent sur *S. salpa* et sur son habitat essentiel, la posidonie, elle reste considérée "à préoccupation mineure" (LC, least concern) dans les listes rouges globale (RUSSELL *et al.*, 2014) et méditerranéenne (BIZSEL *et al.*, 2011) de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN).

Peu étudiée en Méditerranée, *S. salpa* suscite de plus en plus l'intérêt de la recherche. Cet intérêt est motivé par: (1) son rôle de macro-brouteur d'herbes marines (VERLAQUE, 1981; VELIMIROV, 1984; HAVELANGE *et al.*, 1997; JADOT *et al.*, 2000, 2002), (2) le manque d'informations sur sa biologie halieutique et son écologie pour les besoins de sa gestion et de sa conservation (MENDEZ VILLAMIL *et al.*, 2001, 2002; CRISCOLI *et al.*, 2006; PALLAORO *et al.*, 2008), (3) sa toxicité qui peut engendrer chez l'homme des intoxications du type *Ciguatera* (SPANIER, 1988; SPANIER *et al.*, 1989; CHEVALDONNE, 1990; BELLASSOUED *et al.*, 2012a, 2014, 2015), éventuellement dues à la consommation de Dinoflagellés du genre *Gambierdiscus* (SPANIER *et al.*, 1988, 1989) ou de l'algue *Caulerpa prolifera* (CHEVALDONNE, 1990), son intérêt récent pour l'élevage (KARA, comm. pers.).

Sur les côtes de l'Est de l'Algérie, les Sparidés, comme d'autres familles de poissons côtiers (Labridés, Mullidés, Scorpaenidés, Moronidés, Mugilidés, Serranidés) ont bénéficié de plusieurs programmes de recherche depuis plus de 2 décennies, à l'initiative en particulier des chercheurs du laboratoire bioressources marines de l'Université d'Annaba. Actuellement, des informations complètes et directement valorisables dans les domaines de l'écologie et de la biologie halieutique sont disponibles sur plusieurs taxons, parmi lesquels nous citons le sar tambour *Diplodus cervinus*, (DERBAL et KARA, 2006;2013), la daurade *Sparus aurata* (CHAOUÏ *et al.*, 2005, 2006), le sparailon *Diplodus annularis* (DERBAL *et al.*, 2007), la bogue *Boops boops* (DERAL et KARA, 2008), le sar commun *Diplodus sargus* (BENCHALEL *et al.*, 2010; BENCHALEL et KARA, 2013), la daurade grise *Spondylisoma cantharus*, (BOUGHAMOU *et al.*, 2015), le denté du Maroc *Dentex maroccanus* (MOHDEB et KARA, 2014; MOHDEB *et al.*, 2018) et le marbré *Lithognathus mormyrus* (HAMIDA *et al.*, 2018).

Dans le cadre de cette thèse, nous avons pour objectif de réaliser une étude de la morphologie, de la biologie et de la dynamique de *S. salpa* des côtes de l'Est algérien, ainsi que son potentiel toxique éventuel. A notre connaissance, ces aspects n'ont pas été abordés sur les côtes nord-africaines, mis à part les données préliminaires contenus dans le travail de BRADAI (2000) concernant le golfe de Gabès sur les côtes sud-est de la Tunisie, et ceux de BELLASOUED et al. (2012a,b) sur la toxicité de cette espèce dans la même région. Les résultats que nous avons obtenus sont organisés en six chapitres indépendants et complémentaires:

Le premier chapitre décrit en partie l'environnement du golfe d'Annaba, siège de cette étude, des points de vue des conditions du milieu physique (cadre géographique, paramètres abiotiques, bathymétrie, sédimentologie, hydrologie) et de la biodiversité présente. Une mise au point sur la systématique et la morphologie de l'espèce *S. salpa* est faite dans une partie suivante, avant de passer en revue toutes les connaissances acquises sur sa biologie (alimentation, reproduction et comportement), son écologie (habitat, distribution), sa dynamique (sex-ratio, longévité, croissance), son importance économique et sa toxicité.

Le second chapitre décrit de manière précise la morphologie de l'espèce sur les côtes d'Annaba, en utilisant des paramètres métriques et numériques. Les critères métriques sont employés pour tenter de différencier les sexes. Cette démarche permet de caractériser la morphologie de l'espèce localement et de tenter ultérieurement une différenciation morphologique géographique. Cet aspect fait l'objet du chapitre qui suit.

Dans le troisième chapitre, nous avons recherché un éventuel polymorphisme de la saupe en Méditerranée, en employant différents outils liés à la morphologie (rapports biométriques, morphogéométrie, forme des otolithes). Les échantillons utilisés proviennent de différentes localités qui représentent les deux bassins, occidental et oriental. Cette approche, préliminaire à une exploration plus approfondie en génétique moléculaire, permet d'identifier à moindre coût les différents stocks en présence dans la perspective de leur gestion rationnelle.

Le quatrième chapitre est consacré à la dynamique de la population de saupes qui habite les côtes de l'Est algérien. D'abord, la composition et la structure démographique de cette population sont déterminées en tenant compte du sexe et des saisons. L'âge est estimé par scalimétrie et la croissance est exprimée par un modèle mathématique approprié. Les paramètres d'exploitation (mortalités et coefficient d'exploitation) sont déduits, afin d'apprécier l'importance de la pression de la pêche sur cette espèce dans l'espace géographique considéré.

Dans le cinquième chapitre, nous nous sommes attelés à apprécier le potentiel toxique de *S. Salpa* des côtes d'Annaba. Un suivi saisonnier selon la longueur individuelle a été réalisé. Le but étant de tenter d'orienter le consommateur sur les catégories de tailles et les saisons où la consommation de cette espèce serait la moins risquée pour la santé humaine.

Le dernier chapitre annonce pour la première fois la présence de la saupe grise à lignes jaunes *Kyphosus vaigiensis* sur les côtes de l'Afrique du nord. Nous avons jugé intéressant d'intégrer cette découverte dans cette thèse, en raison de la compétition que pourrait exercer cette espèce sur la saupe méditerranéenne *S. salpa* compte tenu de la superposition de leurs niches écologiques, les deux étant les seules espèces herbivores de nos côtes.

CHAPITRE I.

GENERALITES : L'ENVIRONNEMENT ET L'ESPECE *SARPA SALPA*

GENERALITES :
L'ENVIRONNEMENT ET L'ESPECE *SARPA SALPA*

1. L'environnement régional

1. 1. Cadre géographique

Le golfe d'Annaba, situé dans la partie orientale de la côte algérienne, s'étend sur une quarantaine de kilomètres entre le cap de Garde à l'ouest ($36^{\circ} 58' 11,18''$ N – $7^{\circ} 47' 31,08''$ E) et le cap Rosa à l'est ($36^{\circ} 56' 55,84''$ N – $8^{\circ} 74' 14,27''$ E) (fig. 1. 1). Au niveau continental, trois ensembles géomorphologiques peuvent être distingués:

- le massif de l'Edough: culminant à 1008 m, il surplombe la ville d'Annaba et sa vaste plaine. Il s'allonge sur 20 km environ en direction Sud Ouest - Nord Est, depuis les abords du lac Fetzara jusqu'au cap de Garde,
- le système dunaire: il occupe tout le littoral depuis la ville jusqu'au cap Rosa. Son étendue diminue d'est en ouest, formant un cordon dunaire dans la partie ouest de la baie, qui se développe dans la partie est en un massif dunaire: le Boutheldja.
- les plaines d'Annaba: le bas pays est constitué de la "petite plaine" au pied des massifs de l'Edough et de Boukhadra, et, de la "grande plaine" limitée au nord par le littoral, à l'ouest par le lac Fetzara, au sud par les monts de la Cheffia. La grande plaine est traversée par deux grands oueds: la Seybouse et le Bounamoussa. Ce dernier, après son confluent avec le oued Kebir de l'est, à quelques kilomètres de la mer, forme l'oued Mafragh. Ces deux cônes de déjection déversent en mer des matières minérales et organiques d'origines terrigène, agricole et domestique. Les effluents de trois industries principales (Asmidal: complexe d'engrais phosphatés, Sider: complexe sidérurgique, Sonelgaz: centrale électrique) aboutissent également dans les eaux du Golfe.

1. 2. Bathymétrie et sédimentologie

La figure 1. 2 représente la topographie du fond marin de -20 à -1000 m, entre les latitudes $36^{\circ}52'$ et $37^{\circ}16'$. Le plateau continental est accidenté et étroit au cap de Garde puisqu'il ne dépasse pas 3 milles marins. Il s'élargit dans le golfe atteignant 9 milles pour ensuite se rétrécir légèrement au niveau du cap Rosa, puis plus vivement vers la ville

d'El Kala. A 7 milles au nord du cap Rosa, l'éloignement entre les isobathes -100 et -500 m correspond à la naissance d'une vallée qui aboutit à une cuvette dont le point le plus profond se trouve à -164 m, à mi-chemin entre le banc Lesec et El Kala. En plusieurs points du golfe se trouvent des hauts fonds isolés, accusant une dénivellation considérable par rapport aux profondeurs voisines. Les principaux sont: (1) le banc rocheux de la petite seiche (13 m), (1) la roche du vautour (8 m), (3) la roche Saint-Joseph (13 m).



Figure 1. 1. Vue satellite du golfe d'Annaba (Google Earth, 2021, modifiée)

La figure 1. 3 montre que, depuis la côte, le fond débute par du sable fin, auquel succède une chaîne d'herbiers de posidonies dont la profondeur ne semble pas dépasser 25 m. Cette dernière est installée sur un substrat rocheux qui se continue par des vases terrigènes molles, mélangées à du sable ou à des débris coquilliers. La largeur des deux bandes (sable et prairies) diminue vers l'est, ce qui paraît en rapport avec le rétrécissement du plateau continental. Le détritique côtier apparaît plus important au dessus de l'isobathe -100 m, dans la zone comprise entre l'oued Mafragh et le cap Rosa. Au delà, dans le prolongement du golfe vers la vallée de Tabarka, on rencontre un substrat constitué surtout de vase terrigène gluante. Les peuplements corraligènes, relativement nombreux, paraissent tous liés à la nature rocheuse du substrat et ne semblent pas aller au delà de -100 m. Le golfe d'Annaba reçoit les apports solides drainés à partir des versants des monts de la Medjerda, par les réseaux hydrographiques des oueds Seybouse, Bounamoussa et Kebir de l'Est.

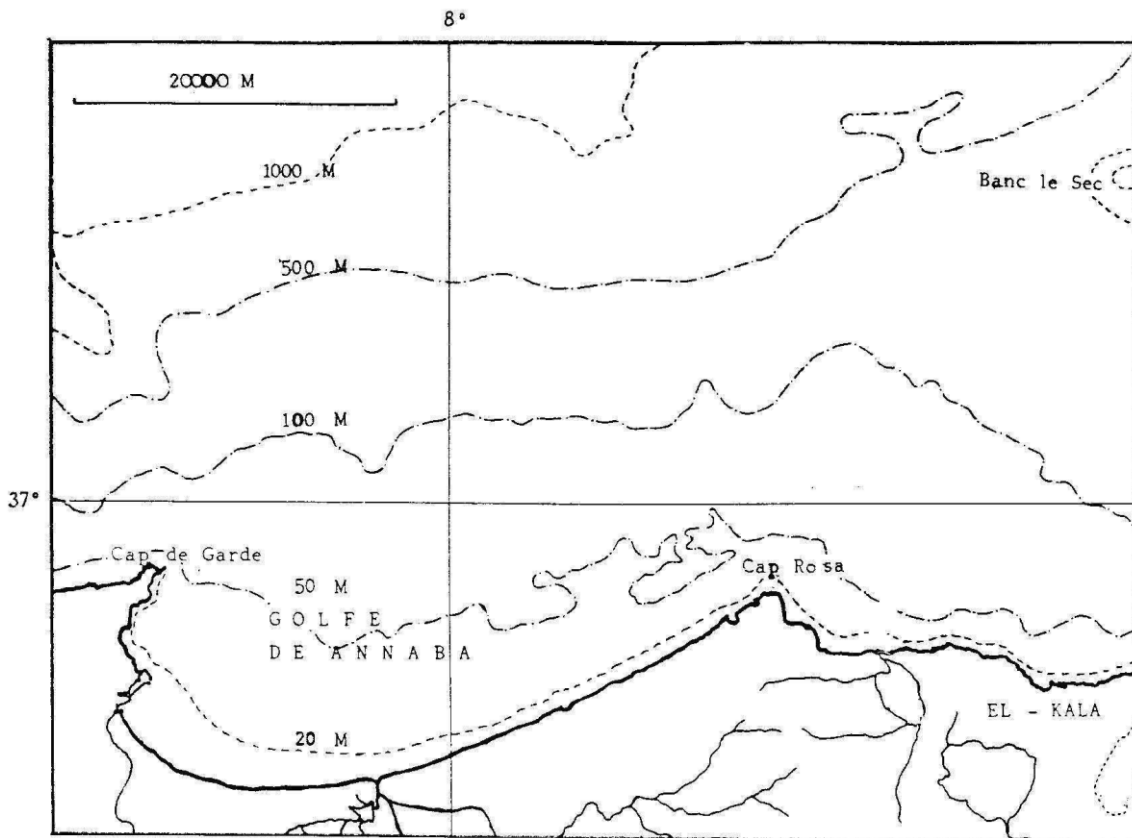


Figure 1.2. Topographie du fond du golfe d'Annaba (d'après VAISSIERE et FREDJ, 1963).

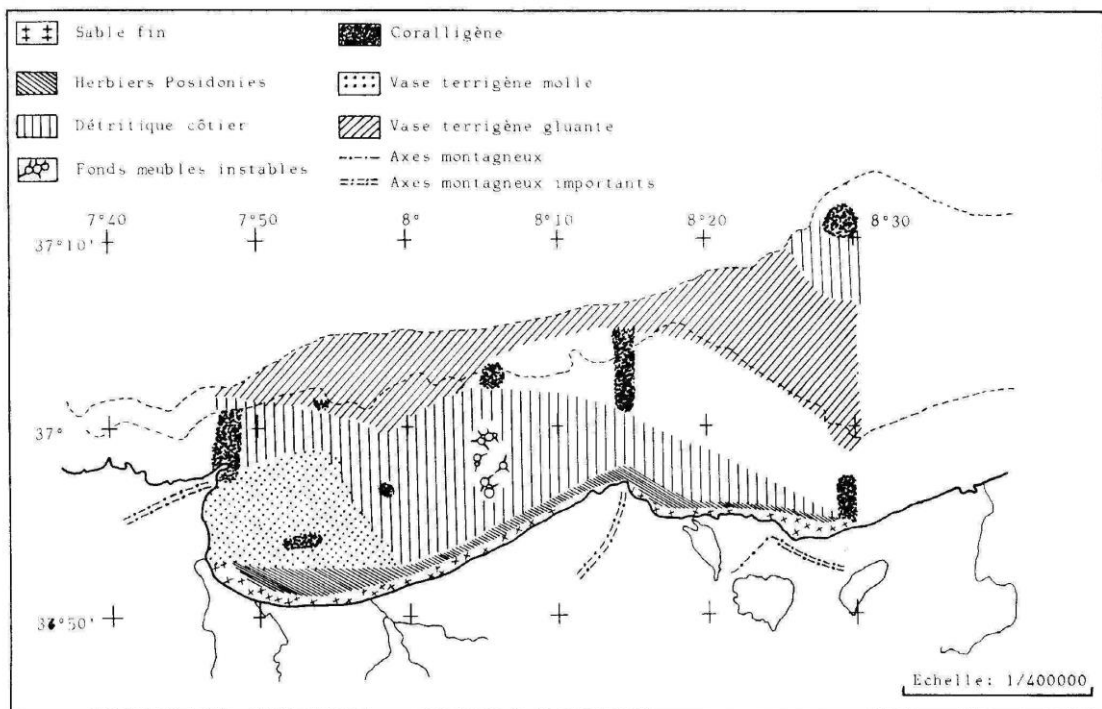


Figure 1. 3. Sédimentologie du golfe d'Annaba (d'après VAISSIERE et FREDJ, 1963).

1. 3. Courants et houles

Le golfe d'Annaba n'est le siège d'aucun courant établi d'intensité notable et, à fortiori, d'aucun courant de marée régulier et important (LCHF, 1974). En général, les vitesses mesurées sont inférieures à 0,25 m/s et le plus souvent comprises entre 0,05 et 0,15 m/s, en surface comme en profondeur. A partir du cap de Garde se fait sentir la circulation générale méditerranéenne, orientée d'ouest en est, avec des vitesses fluctuantes qui peuvent atteindre 0,5 à 1 m/s. Ce courant, relativement permanent, tend à se propager dans l'échancrure du golfe en s'infléchissant vers le sud-est et en diminuant d'ailleurs d'intensité jusqu'à 0,5 m/s (fig. 1. 4). Dans l'ombre portée du cap par rapport au courant extérieur (zone située au sud-ouest d'une ligne imaginaire cap de Garde - oued Mafragh), et en l'absence de toute autre cause de mise en mouvement des eaux, de lents tourbillons plus ou moins vastes prennent naissance. Les plus amples sont observables dans l'aire, doublement abritée de la circulation extérieure, qui s'étend au sud et au sud-est du port d'Annaba. Le golfe d'Annaba reçoit du large les houles des directions suivantes: (1) Nord-est et est-nord-est, avec une amplitude variant de 1,2 à 6 m (fréquence 30% de l'année), (2) Ouest et ouest-nord-ouest, avec une amplitude variant de 1 à 5 m (fréquence 50% de l'année), (3) 20% des houles allant de 1 à 2 m proviennent de différentes directions.

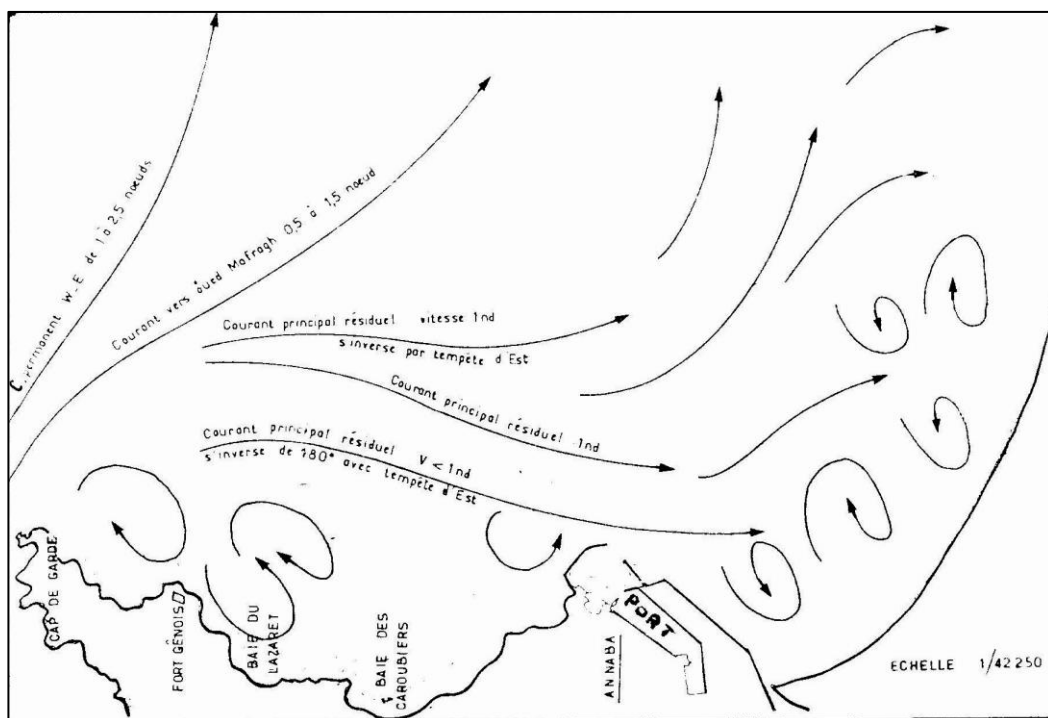


Figure 1. 4. Dynamique des eaux du golfe d'Annaba (d'après LCHF, 1974).

1. 4. Physico-chimie et biomasse chlorophyllienne

Les résultats des mesures des paramètres physico-chimiques et de la biomasse chlorophyllienne (FREHI *et al.*, 2007) révèlent l'existence d'un gradient spatial de température, de salinité et de concentration des sels nutritifs et de la chlorophylle *a*, de la côte vers le large. La température fluctue entre 14°C en hiver et 25,8°C en été. La salinité varie entre 35,1 PSU en hiver et 37,5 PSU en été; elle est comparable à celle des eaux du large, dont la moyenne annuelle est de 37,4 PSU.

Les teneurs élevées en sels nutritifs et en chlorophylle *a* traduisent une eutrophisation qui s'accroît en période estivale. L'établissement d'un gradient décroissant sud-nord est plus marqué pour l'ion ammonium dont les teneurs sont très élevées (jusqu'à 272,82 $\mu\text{mol L}^{-1}$) (FREHI *et al.*, 2007). La plus forte concentration en chlorophylle *a* est notée au cours du mois de juillet, atteignant des valeurs très élevées allant jusqu'à 39,51 $\mu\text{g L}^{-1}$. D'après la classification des niveaux trophiques des milieux aquatiques, la baie d'Annaba est considérée par FREHI *et al.* (2007) comme eutrophe, avec des teneurs en chlorophylle *a* se situant entre 5 et 20 $\mu\text{g L}^{-1}$.

1. 5. Biodiversité

1. 5. 1. Le phytoplancton et le zooplancton

Le phytoplancton présente de fortes fluctuations d'abondance, allant de quelques dizaines à plus de 10^6 cell.l⁻¹. Il est très dense mais faiblement diversifié; les populations de Diatomées y sont toujours abondantes et formées principalement par *Coscinodiscus radiatus*, *Chaetoceros sp.* et *Rhizosolenia sp.* Cependant, les Dinoflagellés dominent les zones exposées aux intrusions des eaux marines (OUNISSI et FREHI, 1999). Globalement, ces auteurs dénombrent dans la baie d'Annaba 21 espèces de Diatomées et environ 134 espèces de Dinoflagellés dont 61 espèces et variétés appartiennent au genre *Ceratium*. Elles sont suivies par 23 *Protoperdinium*, 10 *Dinophysis*, 5 *Oxytoxum*, 4 *Podolampas*, 3 *Pyrocystis*, 2 *Prorocentrum*, 3 *Heterodinium*, 2 *Amphisolenia*, 3 *Ceratocorys*, 2 *Protoceratium*, 2 *Pyrophacus*, 2 *Ornithocercus*, 2 *Goniodoma* et une espèce de chacun de ces genres: *Spiraulax*, *Scripsiella*, *Oxyphysis*, *Blepharocysta*, *Gymnodinium*, *Noctiluca*, *Alexandrium*, *Diplopeltopsis*, *Protoceratium*, *Lingulodinium* (FREHI *et al.*, 2007).

L'étude réalisée par OUNISSI *et al.* (1998) montre que le zooplancton développe des populations denses (17461-202085 ind.m⁻³) dans les eaux du golfe d'Annaba. Il est constitué essentiellement par les Péridiniens et les Tintinnidés. Selon les travaux de

OUNISSI et FREHI (1999), les Périдиниens peuvent développer en saison chaude de forts effectifs. Les Tintinnidés montrent des explosions démographiques avec des fluctuations qui varient de 0.001 à 183 ind.l⁻¹, particulièrement en été.

1. 5. 2. Le benthos

Selon DERBAL et KARA (2005), la richesse spécifique est estimée à 198 unités taxonomiques dont 13 devenus rares ou protégées dans le bassin méditerranéen. Neuf embranchements regroupent les différentes espèces inventoriées. On note, les Arthropodes, Mollusques, Coelentérés, Echinodermes, Spongiaires, Annélides, Vermidiens ou Bryozoaires, Echiuriens et Sipunculien. Les Arthropodes sont représentés essentiellement par les Crustacés Malacostracés dont la richesse spécifique est estimée à 79 (61 Eucarides, 15 Peracarides et 3 Hoplocarides). Les Peracarides regroupent les Amphipodes (8 espèces), les Isopodes (5 espèces), les Mysidacae (1 espèce) et les Tanaidacae (1 espèce). Les Holocarides n'englobent que 3 espèces de squilles. Les Mollusques viennent en seconde position avec 65 espèces. Elles appartiennent principalement à 4 ordres différents: les Gastéropodes Prosobranches (31 espèces) et Opisthobranches (5 espèces), les Lamellibranches (20 espèces), les Céphalopodes (7 espèces) et les Placophores (2 espèces). Les Coelentérés inventoriés appartiennent à deux classes: les Anthozoa et les Scyphozoa. Les Anthozoa sont représentés par les Octocorallia qui comprennent principalement les Gorgonacea (4 espèces), les Alcyonacea ou coraux (1 espèce), les Ceriantharia (1 espèce) ainsi que les Hexacorallia (9 espèces). Les Echinodermes représentés par les Echinides, les Astérides et les Holothurides viennent juste après les Coelentères avec une richesse spécifique de 15. Les Spongiaires se limitent à 9 espèces, viennent ensuite les Annélides (5), les Vermidiens (Bryozoaires) (4), les Echiuriens (1) et les Sipunculien (1).

1. 5. 3. Les poissons

L'inventaire qualitatif de la faune ichthyologique du golfe d'Annaba, établi par DERBAL et KARA (2001), révèle l'existence de 165 espèces de poissons, dont 139 Téléostéens et 26 Sélaciens. Parmi les Téléostéens, 51 familles ont été déterminées dont 21 familles appartiennent aux perciformes. Ces derniers regroupent 66 espèces. Les Sélaciens sont numériquement moins importants, avec 7 familles de pleurotrèmes (13 espèces) et 5 familles d'hypotrèmes (12 espèces). La richesse spécifique dans la région d'Annaba est assez variable selon les biotopes. On enregistre une tendance à l'appauvrissement avec l'augmentation de la profondeur. Les herbiers à posidonies sont plus riches qualitativement

et quantitativement. Ils abritent particulièrement des espèces grégaires et erratiques, comme les Sparidés et de nombreux Labridés (DERBAL et KARA, 2001). HANNACHI (2015) a recensé sur les petits fonds mixtes de la baie d'Annaba, en utilisant deux engins de pêche différents (senne de plage et filet trémail), 62 espèces appartenant à 26 familles. Les familles les mieux représentées sont les Sparidés (41,6%), les Athérinidae (26,2%) et les Mugilidae (18,3%). Les espèces les plus abondantes sont dans l'ordre décroissant: la bogu *Boops boops*, la saupe *Sarpa salpa* et l'athérine *Atherina boyeri*.

2. La saupe *Sarpa salpa*

2. 1. Position systématique

La position systématique adoptée est celle proposée par BAUCHOT et HUREAU (1990) :

- Embranchement: Chordés
- Sous embranchement: Vertébrés
- Super- classe: Ostéichthyens
- Classe: Actinoptérygiens
- Sous-classe: Néoptérygiens
- Infra-classe : Téléostéens
- Super-ordre: Acanthoptérygiens
- Ordre: Perciformes
- Sous-ordre: Percoïdes
- Famille: Sparidés
- Genre: *Sarpa* (BONAPARTE, 1831)
- Espèce: *salpa* (LINNE, 1758)

2.2. Etymologie, Synonymes et appellations vernaculaires

Salpa, dérivé du grec "sk(a)lpé", nom d'un poisson de mer. Selon la littérature relative à la taxonomie des Sparidés (FICHER et al., 1987; BAUCHOT et HUREAU, 1990; QUIGNARD et TOMASINI, 2000; FROESE et PAULY, 2021), nous citons les synonymes suivants de *Sarpa salpa* : *Boops salpa* (LINNAEUS, 1758), *Boops goreensis* (VALENCIENNES, 1830), *Boops salpa* (LINNAEUS, 1758), *Box goreensis* (VALENCIENNES, 1830), *Box salpa* (LINNAEUS, 1758), *Eusalpa salpa* (LINNAEUS, 1758), *Sarpa salpa* (LINNAEUS, 1758), *Sparus salpa* (LINNAEUS, 1758).

Les appellations vernaculaires de *Sarpa salpa* diffèrent d'un pays à un autre et d'une région à une autre. Nous trouvons en Méditerranée: *Chelba* en Algérie et en Tunisie, *Sarb* en Espagne, *saupe* en France, *Salpa* en Grèce et en Italie, *Xilpa* à Malte, *Citari* en Turquie. Le nom anglais est *Salema*.

2.3. Critères de diagnose

2.3.1. Caractéristiques de la famille des Sparidés

La famille des Sparidés ou (brèmes de mer) compte 35 genres et 112 espèces dont 11 genres et 23 espèces en Méditerranée. Ils se distinguent par un corps fusiforme ou ovale plus ou moins élevé et comprimé. La ligne latérale est complète et s'étend jusqu'à la nageoire caudale. La tête est souvent forte avec un opercule écailleux sans épines. Le museau et la région sous orbitaire sont dépourvues d'écailles. Les joues sont écailleuses et le pré-opercule avec ou sans écailles ou épines sur son bord postérieur. La bouche est petite en position horizontale ou inclinée et légèrement protractile. La mâchoire supérieure ne dépasse jamais le niveau du centre de l'œil. La dentition est bien développée (dents coniques ou caniniformes, dents aplaties ou incisiformes, dents en pavé ou molariformes) et le plafond buccal (vomeres et palatins) est dépourvu de dents. La nageoire dorsale est unique et porte 11 à 15 épines dont les deux premières sont petites et 9 à 17 rayons mous, sans échancrures entre les parties épineuses et molles. La nageoire anale possède 3 épines et 7 à 16 rayons mous, alors que les pectorales sont généralement longues et pointues. Les pelviennes sont insérées au dessous ou juste en arrière de la base des pectorales et comprennent une seule épine et 5 rayons mous. La caudale est plus ou moins fourchue. Les écailles recouvrant le corps sont généralement cycloïdes et parfois cténoïdes. La coloration du corps est très variable: rose, rouge, marron, gris plus ou moins foncé, avec des reflets argentés, des taches, des rayons ou des bandes transversales ou longitudinales sombres. En période de reproduction, des taches jaunes apparaissent fréquemment sur la tête claire (WHITEHEAD et al., 1986; FISHER et al., 1987; BAUCHOT et HUREAU, 1990).

2.3.2. Caractéristiques du genre *Sarpa*

Le genre *Sarpa* est mono-spécifique.

2.3.3. Caractéristiques de l'espèce *Sarpa salpa*

La saupe est caractérisée par un corps ovale allongé, comprimé latéralement (fig. 1.5). Le profil de sa tête courte est légèrement arqué avec un museau obtus terminé

par une petite bouche à lèvres épaisses. Elle est couverte de petites écailles dont les bords postérieurs sont en forme de scie. L'œil n'est pas grand (BAUCHOT et PRAS, 1980; BERGBAUER et HUMBERG, 2000). La mâchoire supérieure est légèrement proéminente. Il n'y a qu'une seule rangée d'incisives aux deux mâchoires, les supérieures à bord échancrées, les inférieures présentant une dépression sur leur face externe et se terminant par une seule pointe triangulaire. Toutes les incisives ont une racine très visible à l'intérieur de la bouche. Il y a 12 à 14 branchiospines inférieures et 6 ou 7 supérieures sur le premier arc branchial. L'opercule est non denté et sans piquants (BAUCHOT et PRAS, 1980). Les nageoires dorsale et anale sont peu saillantes avec des rayons épineux et la nageoire caudale est fourchue (MOJETTA et GHISOTTI 1994). La nageoire dorsale a 11 ou 12 épines et 14 à 17 rayons mous, l'anale possède 3 épines et 13 à 15 rayons mous, les pectorales sont courtes et n'atteignent pas l'anus. La tête est sombre avec des yeux jaunes. Le corps est gris olivâtre – bleuâtre à gris argenté avec le ventre plus clair. La Saupe est facilement reconnaissable par la présence de 10 à 12 stries longitudinales dorées (GOTHEL, 1992; MOJETTA et GHISOTTI 1994). Les nageoires sont jaunâtres avec une petite tache noire à la base des pectorales. La ligne latérale est sombre et très nette avec 70 à 80 écailles. La longueur moyenne est de 25 à 35 cm, mais certains individus peuvent exceptionnellement atteindre 50 cm.



Figure 1. 5. Morphologie externe de la saupe *Sarpa salpa*

2.4. Distribution géographique

S. salpa est présente dans toute la Méditerranée et sur les côtes européennes et africaines de l'Océan Atlantique, du golfe de Gascogne à l'Afrique du Sud (y compris Madère, les îles Canaries et le Cap vert), à l'ouest de l'Océan Indien (du Mozambique au Cap de Bonne Espérance) (fig. 1.6). Elle est rare en Mer Noire.

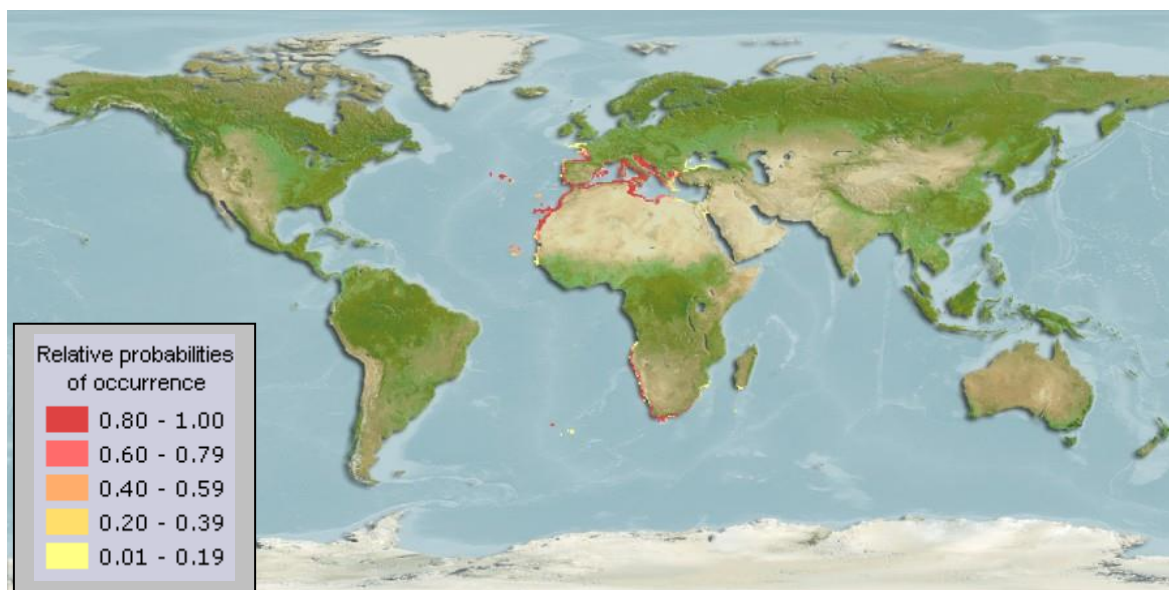


Figure 1. 6. Distribution géographique et probabilités d'occurrence de *Sarpa salpa* (source Fishbase: https://www.aquamaps.org/receive.php?type_of_map=regular).

2.5. Ecologie

2.5.1. Habitat

La saupe vit dans la zone infralittorale côtière et dans les milieux lagunaires. Elle est présente de la surface à 20 m de profondeur, mais peut se rencontrer jusqu'à - 70 m (FAGGIANELLI et COOK, 1981; VERLAQUE, 1990; HARMELIN-VIVIEN *et al.*, 1995). Espèce benthopélagique, elle fréquente les fonds rocheux recouverts d'algues ou d'herbiers, les fonds meubles à *Posidonie*, *Zostères*, *Cymodocée* et *Caulerpe*, de 0 à 40 m (VERLAQUE, 1990; MENDEZ-VILLAMIL, 2001). Elle se trouve aussi sur les fonds sablo-vaseux plus profonds. *S. salpa* joue un rôle écologique important au sein des herbiers de posidonies et prélève 75% des végétaux consommés par l'ensemble des herbivores (CEBRIAN *et al.*, 1996).

Espèce grégaire, *S. salpa* forme parfois d'importants bancs constitués d'individus de tailles relativement homogènes (FAGGIANELLI et COOK, 1981; VERLAQUE, 1990). Leur densité est estimée entre 0,03 et 77,6 ind/m² (FRANCOUR, 1997; HARMELIN-VIVIEN et FRANCOUR, 1997). Active de l'aube jusqu'au crépuscule, elle alterne des phases de déplacements verticaux d'alimentation en pleine eau le jour et de repos la nuit à proximité du fond (VERLAQUE, 1990). Elle accomplit aussi des mouvements plus ou moins erratiques durant la saison chaude entre la mer et les lagunes profondes où elle séjourne durant des laps de temps très variables.

2.5.2. Taille, longévité, sex-ratio

Dans l'Adriatique centre-est, le plus vieux mâle atteint 9 ans (37 cm Lt), tandis que les femelles atteignent 15 ans (un individu de 43,8 cm Lt) (PALLAORO *et al.*, 2008). En Mer Tyrrhénienne, CRISCOLI *et al.* (2006) trouvent une longévité maximale de 7 ans. Elle est de 8 ans en Tunisie (BRADAI, 2000). En Méditerranée Nord occidentale, RAVENTOS *et al.* (2009) ont montré que la taille moyenne de *S. salpa* diffère en fonction de l'état de protection des herbiers. Les individus de grande taille sont plus abondants dans les espaces protégés.

En Adriatique Centre Est, le sex-ratio (males:femelles) est de 3,1:1 (PALLAORO *et al.*, 2008). La population est composée de 66,9% de mâles, 23,3% de femelles et 0,6% d'intersexués. L'effectif restant (9,2%) est composé d'immatures appartenant au groupe d'âge 1. Les mâles sont observés jusqu'à 37 cm Lt, les hermaphrodites intersexués ont des tailles comprises entre 18 et 21 cm Lt et les femelles entre 24 et 44 cm Lt. Dans ce secteur, il est noté une forte proportion d'individus de 1 à 7 ans (PALLAORO *et al.*, 2008). Dans la baie d'Izmir, le rapport M:F est 1,29:1 (BAYHAN et KARA, 2015).

2.6. Biologie

2.6.1. Régime alimentaire

La saupe est le seul téléostéen herbivore strict de la Méditerranée. Son niveau trophique est estimé à 2,06 (KONSTANTINOS *et al.*, 2002). Elle mange ce qui se trouve sur son itinéraire (FAGGIANELLI et COOK, 1981) en ingérant de grandes quantités de feuilles photosynthétiques de *P. oceanica* et leurs épiphytes (VERLAQUE, 1981; VELIMIROV, 1984; HAVELANGE *et al.*, 1997). Lorsqu'elle broute les feuilles de la posidonie, elle ingère non seulement des éléments foliaires, mais aussi une grande quantité d'épiphytes, tant végétaux (diverses algues vertes, brunes et rouges...) qu'animaux (spongiaires, hydriques, bryozoaires...), ainsi qu'un feutrage ou "gazon" superficiel constitué de microorganismes (protozoaires, bactéries et diatomées) dont la densité est parfois considérable (10^3 à 10^5 mm⁻²) (NOVAK, 1984). Tous ces éléments ont une valeur énergétique supérieure à celle de l'ingestion du seul matériel foliaire, ce qui permet de considérer que ce poisson n'est pas un "herbivore strict" (VERLAQUE, 1990). L'activité alimentaire est diurne (VERLAQUE, 1985, 1990; JADOT *et al.*, 2002, 2006). Durant cette phase, tous les individus d'un même banc ne se nourrissent pas en même temps: la moitié

du banc se nourrit, tandis que l'autre moitié évolue dans la colonne d'eau (VELIMIROV, 1984). Après 10 à 15 minutes, s'effectue un changement de site d'alimentation.

Les saupes ont un spectre trophique qui évolue avec leur taille, en fonction de l'accroissement des capacités de broutage (taille des mâchoires et forme des dents) d'une part, et de l'amplitude de leur répartition bathymétrique, d'autre part (VERLAQUE, 1985). Les jeunes (taille inférieure à 2,5 cm Lt) sont surtout carnivores et se nourrissent essentiellement de crustacés (ANATO et KTARI, 1983; CHRISTENSEN, 1978; VERLAQUE, 1985, 1990), tandis que les adultes deviennent herbivores (contenus digestifs constitués entre 90,9 et 99,4% de végétaux) se nourrissant d'algues ou de feuilles de posidonies. Selon HAVELANGE *et al.* (1997), *S. salpa* a une alimentation différente selon l'âge des individus: les alevins sont planctonophages, les juvéniles, les sub-adultes et les adultes sont herbivores (feuilles de posidonie et ses épiphytes).

2.6.2. Reproduction et comportement reproducteur

S. salpa est hermaphrodite protandrique (LISSIA-FRAU, 1966, 1968; SELLAMI and BRUSLE, 1975; MENDEZ-VILLAMIL *et al.*, 2002; CRISCOLI *et al.*, 2006; PALLAORO *et al.*, 2008). L'inversion sexuelle intervient dans une large gamme de tailles: 24-31 cm Lt (3-7 ans) sur les côtes centre ouest de l'Italie (CRISCOLI *et al.*, 2006). L'étude histologique du développement de la gonade bisexuée, en particulier de l'aire ovarienne, au cours de la différenciation sexuelle, a confirmé l'existence d'hermaphrodites protandres rudimentaires ou potentiels (MALO-MICHELE, 1977). Cet auteur a établi un tableau de l'évolution des deux aires de la gonade. A partir d'une gonade bisexuée, on aboutirait:

- soit à une protandrie fonctionnelle typique avec des mâles fonctionnels dont l'ovotestis comporte une aire ovarienne souvent assez développée, mais non fonctionnelle. Par inversion sexuelle, ces mâles se transforment en femelles secondaires fonctionnelles, après inactivation et élimination de l'aire testiculaire,

- soit à des femelles, dites femelles primaires, qui ne résultent pas de l'inversion de mâles fonctionnels (l'aire testiculaire embryonnaire disparaît progressivement),

- soit à des mâles fonctionnels (parfois abusivement dits "primaires") dont l'aire ovarienne embryonnaire, non fonctionnelle, se réduit et pourrait peut-être disparaître. Ces mâles ne subiront pas l'inversion sexuelle, à savoir la transformation de mâles fonctionnels en femelles fonctionnelles. Ils fonctionnent toute leur vie en tant que mâles.

En Adriatique, la taille à la première maturité sexuelle est de 20,6 cm Lt (2 ans) pour les mâles (PALLAORO *et al.*, 2008). Le mâle le plus petit avec des signes d'activité sexuelle est de 17,2 cm Lt. Tous les mâles sont matures à 26 cm Lt. Sur les côtes centre-ouest de l'Italie, la taille à la première maturité sexuelle est de 19,5 cm Lt; le processus d'inversion sexuelle a lieu vers 24 cm et presque toutes les femelles de plus de 26 cm Lt, pêchées durant la saison de reproduction, sont matures (CRISCOLI *et al.*, 2006). Dans le golfe de Gabès, la première maturité sexuelle est à 24,1 cm Lt (4 ans, sexe non mentionné) (BRADAI, 2000).

La période de reproduction est hivernale en Méditerranée (golfe de Tunis: ANATO *et al.*, 1983; ANATO et KTARI, 1983; Adriatique Sud: ANTOLIC *et al.*, 1994). Cependant, LO BIANCO (1909) et BRADAI (2000) indiquent une reproduction automnale, respectivement en septembre-octobre à Naples et d'octobre à décembre dans le golfe de Gabès. CRISCOLI *et al.* (2006) distinguent deux périodes de ponte sur les côtes centre-ouest de l'Italie; la première de mars à mai et la seconde de la fin septembre à novembre. La ponte se fait en banc sur des fonds peu profonds. A la fin de l'été (septembre), les géniteurs se rassemblent près de la côte (VERLAQUE, 1990) avant de descendre frayer dans l'Infralittoral inférieur et le circalittoral (entre -40 et -50 m). Des descriptions des larves de saupe sont données par LO BIANCO (1909) et RANZI (1930, 1933).

2.7. Valeur nutritive et toxicité

La saupe peut être consommée, mais ne présente pas d'intérêt culinaire particulier. Des cas d'intoxication du type ciguatera ont été cités suite à sa consommation en Afrique du nord et au Moyen Orient. Selon SPANIER *et al.* (1988, 1989), ces poissons seraient des consommateurs de dinoflagellés (tel que le genre *Gambierdiscus*), producteurs de la toxine responsable de ces troubles. CHEVALDONNE (1990) indique que les intoxications ne sont pas la conséquence d'une consommation de dinoflagellés, mais de l'algue *Caulerpa prolifera*. D'après DE HARO et POMMIER (2006), l'ichthyoallyeinotoxicité est rarement contractée suite à la consommation de saupe. Deux cas ont été rapportés, celui d'un homme de 40 ans qui présentait des troubles digestifs et des hallucinations visuelles et auditives après avoir mangé une saupe dans un restaurant. Hospitalisé, il s'est rétabli au bout de 36 h, mais il était incapable de se rappeler la période hallucinatoire. Le deuxième cas est celui d'un homme de 90 ans, auparavant en bonne santé, qui présentait des hallucinations auditives 2 heures après avoir consommé un spécimen de saupe et faisait de

nombreux cauchemars durant les deux nuits suivantes. Ces troubles ont cessé spontanément au bout de 3 jours. Des tests souris, complétés par des investigations biochimiques et histologiques, ont permis à BELLASSOUED *et al.* (2012a, 2014, 2015) de démontrer la toxicité d'extraits de muscle, de cerveau, de foie et surtout de viscères de saupes pêchées en automne dans le golfe de Gabès. Cette toxicité atteint en particulier le foie, le rein et surtout le cerveau des sujets traités. Une toxicité a été mise en évidence à partir d'extraits hépatiques de saupe pêchée en été à Sfax, en Tunisie (BELLASSOUED *et al.*, 2012b).

2. 8. Importance économique

La saupe est l'une des principales espèces cibles de la pêche aux petits métiers en Adriatique Est, avec un apport annuel d'environ 200 tonnes (JARDAS, 1996). Commercialisée fraîche, cette espèce est régulièrement présente sur les marchés en Espagne, mer Tyrrénienne, Yougoslavie, Grèce, Chypre, Turquie, Tunisie et Maroc, occasionnellement en France, Adriatique et Israël, rarement en Sicile et mer Noire. Les prises les plus importantes sont enregistrées pendant les mois chauds, d'avril à novembre (PALLAORO *et al.*, 2008). En Croatie, les principaux engins de pêche utilisés sont la seine tournante côtière, les filets maillants de fond, etc... (GRUBISIC, 1988; CETINIC *et al.*, 2002). La production mondiale a atteint 4801 tonnes en 2007, dont 84 % proviennent de la Méditerranée. Généralement, la Tunisie assure environ 50% des apports méditerranéens. Depuis 2005, l'Italie contribue de plus en plus pour atteindre 1066 t en 2007.

Sur les côtes algériennes, il n'existe pas de statistiques qui distinguent les différentes espèces de sparidés. Néanmoins, nous pouvons constater la présence assez régulière de cette espèce sur les étals des marchés et chez les poissonniers à El Kala, Annaba et Skikda. La consommation de saupe a cependant la "réputation" d'aider à traiter les personnes atteintes d'anémie.

CHAPITRE II.

MORPHOLOGIE ET DIMORPHISME SEXUEL

MORPHOLOGIE ET DIMORPHISME SEXUEL

Introduction

La condition préalable à toute étude d'un groupe d'organismes vivants, animaux ou autres, est l'identification des individus qui le composent. Le concept morphologique estime que la distinction morphologique est le critère décisif du rang de l'espèce. Ce concept typologique est parfois fallacieux car il surestime le rôle strictement secondaire des différences de forme qui sont souvent le fait des conditions différentes de l'environnement. Le critère principal du rang de l'espèce d'une population naturelle n'est en fait représenté que par l'isolement reproductif.

Chez les poissons, les caractères méristiques (ou numériques) et morphométriques, et actuellement la morphogéométrie, sont toujours employés pour déceler des signes de divergence génétique au sein des espèces, bien que leur utilisation dans ce but présente certains inconvénients: (1) leur expression résulte généralement d'interactions complexes entre les facteurs de l'environnement et le programme génétique de l'animal, (2) leur héritabilité est polygénique et d'intensité variable. C'est la raison pour laquelle l'utilisation de cet outil est complétée, à chaque fois qu'il est possible, par des techniques plus précises de génétique moléculaire.

La caractérisation de la morphologie est utile dans le cadre de la recherche d'éventuelles populations différentes au sein des espèces, donnée nécessaire à une gestion juste des stocks présents. En effet, une espèce géographiquement structurée ne peut pas recevoir les mêmes modes de gestion et d'exploitation halieutique, compte tenu des différences qui peuvent caractériser les traits d'histoire de vie (croissance, maturité sexuelle, fécondité, etc.) de ses différentes populations constitutives.

L'objectif premier de cette étude a donc été de caractériser la morphologie de l'espèce *Sarpa salpa*, et de ses otolithes sagittae avant d'aborder d'autres aspects de sa biologie et de sa dynamique. Nous avons pour cela utilisé des critères méristiques et métriques. Le but étant d'avoir une référence biométrique régionale utile aux recherches actuelles et futures sur la différenciation éventuelle des populations de cette espèce (LENFANT & PLANES, 1996; GONZALEZ-WANGUEMERT et al., 2004). En particulier, l'influence du sexe sur la morphologie sera recherchée.

1. Matériels et méthodes

1.1. Provenance des échantillons

L'obtention d'un échantillon représentatif d'une population est l'un des principaux problèmes dans l'étude de la dynamique des communautés animales. Cette étude est réalisée sur des échantillons de poissons recueillis mensuellement auprès des mareyeurs et des poissonneries de la ville d'Annaba durant un cycle annuel, de mars 2010 à mars 2011. Leur pêche a été réalisée au moyen de chaluts et de filets maillants sur les côtes d'Annaba (fig. 2.1). Un total de 586 poissons, de longueur totale comprise entre 3,9 cm et 31,3 cm et de poids total allant de 0,78 g à 550 g ont été obtenus. L'échantillon utilisé dans cette étude morphologique est composé de 128 mâles: $16,2 < Lt \text{ (cm)} < 27,8$; $60,73 < Pt \text{ (g)} < 324,61$ et 94 femelles: $17 < Lt \text{ (cm)} < 31,3$; $60 < Pt \text{ (g)} < 550$.

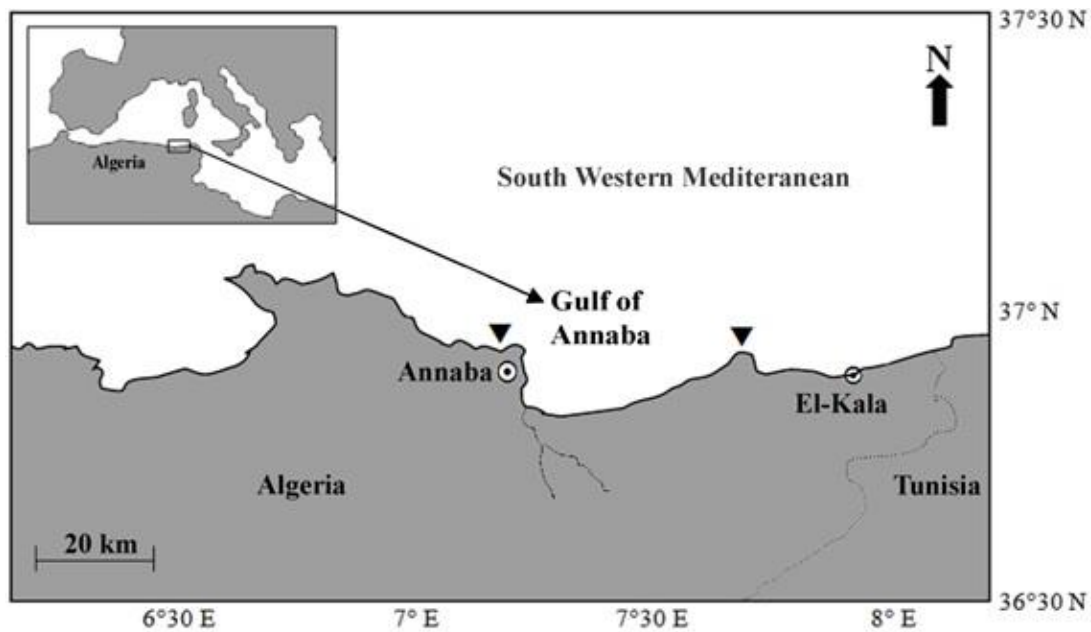


Figure 2. 1. Limites géographiques des sites d'échantillonnage de *S. salpa* sur les côtes d'Annaba.

1.2. Morphométrie somatique

La morphologie de chaque individu est caractérisée par deux types de données: les dimensions des différentes parties du corps (caractères métriques) et les caractères numériques ou méristiques. La combinaison de ces deux types de critères permet de caractériser la biométrie de la population considérée.

1.2.1. Caractères méristiques

Sept caractères méristiques ont été étudiés:

- Le nombre de branchiospines: il est compté sur la partie inférieure et supérieure du premier arc branchial gauche sous une loupe binoculaire, sauf pour les gros spécimens. Pour être prise en compte, une branchiospine doit être capable de retenir une aiguille montée, appuyée le long de l'arc branchial.
- Le nombre d'écailles sur la ligne latérale: pour les petits spécimens, le comptage est facilité par l'utilisation d'une loupe. La limite de la partie charnue du pédoncule caudal (limite de la mesure de la longueur standard) marque l'arrêt du comptage, car la numération des toutes dernières écailles est aléatoire.
- Le nombre de rayons durs et mous de la nageoire dorsale.
- Le nombre de rayons durs et mous de la nageoire anale.

Les rayons durs se distinguent facilement des rayons mous par leur structure ossifiée et pointue à leur extrémité distale. Pour éviter éventuellement toute erreur de comptage, les rayons mous ont été dénombrés à partir de leur base.

1.2.2. Caractères métriques

Seize caractères métriques sont retenus dans cette étude pour décrire la morphologie de *Sarpa salpa*. Ces derniers sont mesurés sur chaque individu au millimètre près (figure 2. 2). Il s'agit de: la longueur totale (Lt), la longueur standard (Ls), la longueur à la fourche (Lf), la longueur pré-pectorale (LPp), la longueur post-pectorale (Lpp), le diamètre de l'œil (Do), la longueur pré-orbitaire (LPo), la longueur post-orbitaire (Lpo), la hauteur du corps (Hc), la hauteur du pédoncule caudale (Hpc), l'épaisseur du corps (Ec), la longueur pré-dorsale (LPd), la longueur pré-anale (LPa), la longueur du maxillaire (Lm), le diamètre inter-orbitaire (Dio) et la longueur céphalique (Lc). La longueur totale est mesurée à l'aide d'un ichtyomètre. Les longueurs standard (Ls), céphalique (Lc), pré-dorsale (Pd) et pré-pectorale (Pp) sont appréciées à l'aide d'une règle graduée en plexiglas. Le repérage des points limites se fait par transparence. Toutes les autres mesures sont faites à l'aide d'un compas à pointes sèches.

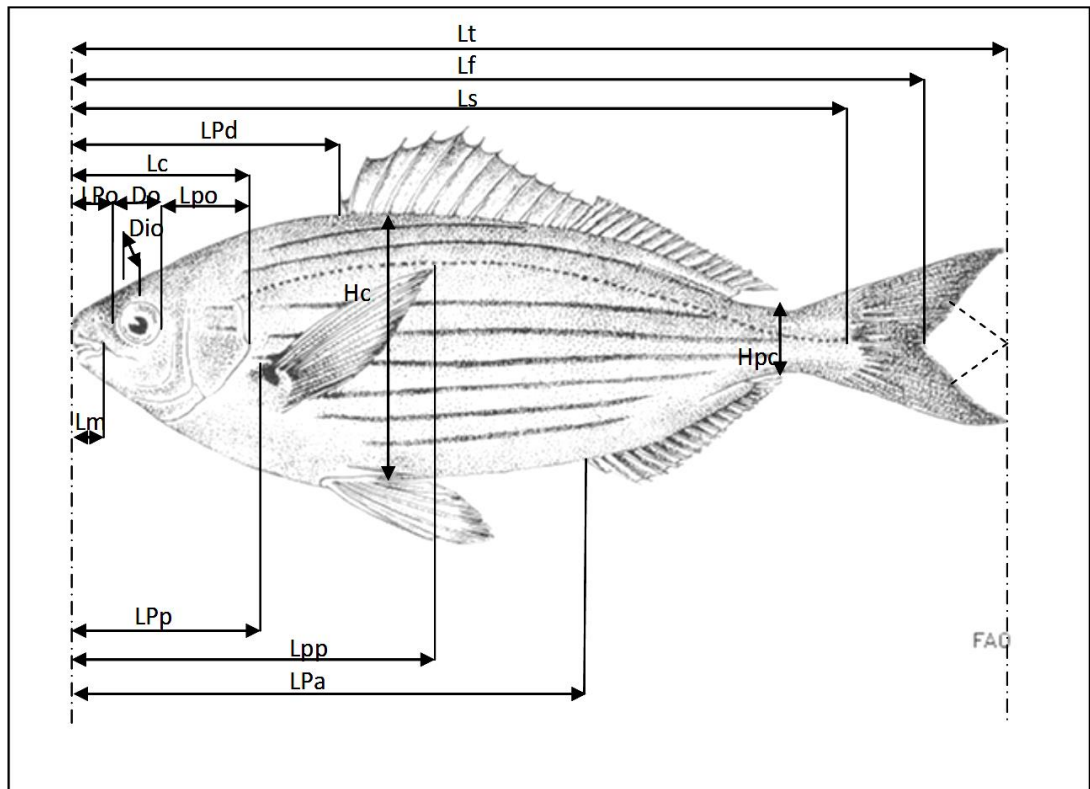


Figure 2. 2. Mesures prises sur les spécimens examinés de *Sarpa salpa* des côtes de l'Est de l'Algérie. Lt: longueur totale, Ls: longueur standard, Lf: longueur à la fourche, LPP: longueur pré-pectorale, Lpp: longueur post-pectorale, Do: diamètre de l'œil, LPO: longueur pré-orbitaire, Lpo: longueur post-orbitaire, Hc: hauteur du corps, Hpc: hauteur du pédoncule caudal, Ec: épaisseur du corps, LPd: longueur pré-dorsale, LPa: longueur pré-anale, Lm: longueur du maxillaire, Dio: diamètre inter-orbitaire, Lc: longueur céphalique.

Afin de mieux décrire les changements éventuels de la croissance relative des différentes parties du corps du poisson au cours de sa croissance somatique, les critères métriques sont exprimés en fonction de la longueur totale ou de la longueur céphalique. Ainsi, dans le but de mettre de manière plus expressive les changements relatifs de ces dimensions, nous avons utilisé l'équation de régression de type axe majeur réduit, préconisée par TEISSIER (1948) pour les études d'allométrie et dont la formule est:

$$Y = a X^b$$

avec

a : constante

b: coefficient d'allométrie

La comparaison statistique du coefficient d'allométrie de cette relation à la valeur 1 est réalisée à l'aide du test t de student (DAGNELIE, 1998). C'est un test d'égalité des écarts-types ou des variances de deux variables aléatoires éventuellement corrélées, selon la formule :

$$t_{obs} = \frac{[(|b^2 - 1|) \cdot \sqrt{n - 2}]}{2b \cdot \sqrt{1 - r^2}}$$

où:

n: nombre de couples de données

r: coefficient de corrélation

b: coefficient d'allométrie (pente)

La valeur de t_{obs} est comparée à celle de t théorique $t_{1-\alpha/2}$ de la distribution 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 ya donc une isométrie (ou allométrie simple) entre les deux paramètres étudiés.
- Si $t_{obs} \geq t_{1-\alpha/2}$, 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 (V. 2007).

1.2.3. Comparaison de la morphologie des mâles et des femelles

Pour déceler un éventuel dimorphisme sexuel, nous avons comparé pour chaque caractère métrique, 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 :

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

a_1 et a_2 : pentes des deux droites de régression.

n: nombre total de couples.

Si la différence de pente n'est pas significative, on compare alors la position des deux droites sur toute leur longueur et non pas simplement à leur origine. On remplace les 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":

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

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:

$$F_{obs} = \frac{\sigma^2 \max}{\sigma^2 \min} \text{ dont } \begin{cases} \sigma_1^2 = \frac{SCE_{yx_1}}{n_1 - 1} \\ \sigma_2^2 = \frac{SCE_{yx_2}}{n_2 - 1} \end{cases}$$

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

$$F_{obs} = F_{1-\frac{\alpha}{2}} \text{ pour } \begin{cases} \alpha = 0,05 \\ K_1 = (n_1 - 1)dcl \\ K_2 = (n_2 - 1)dcl \end{cases} \text{ où:}$$

SCE_{yx_1} : Somme des carrées des écarts du premier échantillon.

SCE_{yx_2} : Somme des carrées des écarts du deuxième échantillon.

n_1 : Effectif total de premier échantillon.

n_2 : Effectif total du deuxième échantillon.

2. Résultats

2.1. Morphométrie somatique

2.1.1. Caractères méristiques

Du point de vue des caractères méristiques, l'arc branchial gauche de la saupe de la côte Est de l'Algérie porte 9 à 16 branchiospines inférieures (mode = 12) et 3 à 7 branchiospines supérieures (mode = 4). La nageoire dorsale est munie de 10 à 12 rayons ossifiés (mode = 11) et de 10 à 18 rayons mous (mode = 16). La nageoire anale comprend 3 épines (mode = 3) et 10 à 15 rayons mous (mode = 14). Le nombre d'écailles sur la ligne latérale varie entre 66 et 85, soit une valeur modale de 75 écailles. Les données statistiques concernant la distribution de ces sept caractères sont précisées dans le tableau 2. 1, indépendamment du sexe ou de la taille des poissons.

Tableau 2. 1. Distribution statistique des différents caractères méristiques étudiés
Chez *Sarpa salpa* des côtes de l'Est algérien (N = 586).

Caractères numériques	Moyenne	Ecart-type	Mode	Valeurs extrêmes
Nombre de branchiospines (partie inférieure)	12,483	0,935	12	9-16
Nombre de branchiospines (partie supérieure)	4,470	0,778	4	3-7
Nombre d'écailles sur la ligne latérale	75,462	2,663	75	66-85
Nombre de rayons durs de la nageoire dorsale	10,992	0,097	11	10-12
Nombre de rayons mous de la nageoire dorsale	15,521	0,903	16	10-18
Nombre de rayons durs de la nageoire anale	3	-	3	-
Nombre de rayons mous de la nageoire anale	13,794	0,682	14	10-15

2.1.2. Caractères métriques

Les relations d'allométrie des différents caractères métriques en fonction de la longueur totale (Lt) ou de la longueur céphalique (Lc) et leurs coefficients de corrélation sont consignées dans le tableau 2. 2 dans le cas de la population totale. Tous les paramètres mesurés sont significativement corrélés à la longueur totale ($0,774 \leq r \leq 0,999$; $P \leq 0,001$) ou à la longueur céphalique ($0,689 \leq r \leq 0,985$; $P \leq 0,001$). La corrélation la moins forte est celle qui lie la longueur du maxillaire à la longueur de la tête ($0,689 \leq r \leq 0,907$; $P \leq 0,001$).

Chez la population totale (fig. 2. 3a), l'isométrie de croissance concerne trois caractères des seize mesurés: LPa/Lt, Hpc/Lt, Lpo/Lc. Une allométrie minorante est mise en évidence dans sept cas (Lf/Lt, Lc/Lt, LPd/Lt, LPp/Lt, Lpp/Lt, Lm/Lc, Do/Lc), alors que l'allométrie majorante n'est vérifiée que dans cinq cas (Ls/Lt, Ec/Lt, Hc/Lt, Dio/Lc, LPo/Lc). Chez les mâles (fig. 2. 3b), les équations de régressions montrent que Lf/Lt, Ls/Lt, LPd/Lt, Lpp/Lt, LPa/Lt, Hpc/Lt, Lm/Lc, Dio/Lc, Lpo/Lc présentent une croissance isométrique. Les longueurs céphaliques et pré-pectorales présentent une allométrie minorante par rapport à la longueur totale, de même une allométrie minorante est observée pour le rapport Do/Lc. Une croissance allométrique majorante est notée pour les caractères suivants: Ec/Lt, Hc/Lt, LPo/Lt. Chez les femelles (fig. 2. 3c), l'isométrie de croissance concerne neuf caractères comme pour les mâles, mais pas les mêmes. Il s'agit dans ce cas de: Lf/Lt, Ls/Lt, Lc/Lt, LPp/Lt, LPa/Lt, Hpc/Lt, Lm/Lc, Dio/Lc, Lpo/Lc. La longueur pré-dorsale, l'épaisseur du corps, la hauteur du corps présentent une allométrie majorante par rapport à la longueur totale. La longueur pré-orbitaire montre la même allométrie par rapport à la longueur céphalique, alors que l'allométrie minorante n'est vérifiée que dans deux cas (Lpp/Lt et Do/Lc).

2.1.3 Dimorphisme sexuel

L'égalité des variances résiduelles entre les mâles et les femelles est confirmée par le test F. Les valeurs de "tpe" montrent une différence significative ($P < 0,001$) des pentes pour 5 paramètres: les longueurs à la fourche, standard et pré-anale, l'épaisseur du corps et la hauteur du pédoncule caudal, alors que les valeurs de "tpo" montrent que les positions de ces droites sont significativement différentes ($P < 0,001$) dans le cas de la longueur du maxillaire et du diamètre orbitaire (tab. 2. 3). La longueur du maxillaire (Lm) et le diamètre orbitaire (Do) croissent plus rapidement chez les femelles que chez les

mâles. Les sept caractères ci-dessus mettent en évidence l'existence d'un dimorphisme sexuel chez *Sarpa salpa*.

Tableau 2. 2. Coefficients de corrélation et relations d'allométrie entre les différentes longueurs mesurées chez la population totale de *S. salpa* des côtes de l'Est de l'Algérie (N = 586).

Fonction	r	Equation de régression	Relation d'allométrie	Type d'allometrie	Valeurs limites
Lf = f (Lt)	0,999	Lf = 0,974 Lt - 0,02	Lf = 1,954 Lt ^{0,974}	t _{obs} =14,776 (-)	3,9 ≤ Lt ≤ 31,3 3,7 ≤ Lf ≤ 27,9
Ls = f (Lt)	0,998	Ls = 1,012 Lt - 0,105	Ls = 0,785 Lt ^{1,012}	t _{obs} =4,559 (+)	3,9 ≤ Lt ≤ 31,3 3,3 ≤ Ls ≤ 26,1
Lc = f (Lt)	0,993	Lc = 0,841 Lt - 0,49	Lc = 0,323 Lt ^{0,841}	t _{obs} =35,757 (-)	3,9 ≤ Lt ≤ 31,3 1 ≤ Lc ≤ 6,2
LPd = f (Lt)	0,979	LPd = 0,917 Lt - 0,474	LPd = 0,335 Lt ^{0,917}	t _{obs} =10,336 (-)	3,9 ≤ Lt ≤ 31,3 1,4 ≤ LPd ≤ 8,9
LPp = f (Lt)	0,991	LPp = 0,848 Lt - 0,457	LPp = 0,349 Lt ^{0,848}	t _{obs} =29,911 (-)	3,9 ≤ Lt ≤ 31,3 1,2 ≤ LPp ≤ 6,8
Lpp = f (Lt)	0,986	Lpp = 0,930 Lt - 0,313	Lpp = 0,486 Lt ^{0,930}	t _{obs} =10,6 (-)	3,9 ≤ Lt ≤ 31,3 1,7 ≤ Lpp ≤ 12,1
Lpa = f (Lt)	0,989	Lpa = 1,006 Lt - 0,268	Lpa = 0,539 Lt ^{1,006}	t _{obs} =0,973 (=)	3,9 ≤ Lt ≤ 31,3 2,1 ≤ Lpa ≤ 18
Ec = f (Lt)	0,962	Ec = 1,354 Lt - 1,382	Ec = 0,041 Lt ^{1,354}	t _{obs} =27,239 (+)	3,9 ≤ Lt ≤ 31,3 0,2 ≤ Ec ≤ 4,6
Hc = f (Lt)	0,971	Hc = 1,208 Lt - 0,82	Hc = 0,151 Lt ^{1,208}	t _{obs} =19,157 (+)	3,9 ≤ Lt ≤ 31,3 0,7 ≤ Hc ≤ 10,7
Hpc = f (Lt)	0,950	Hpc = 1,006 Lt - 1,193	Hpc = 0,064 Lt ^{1,006}	t _{obs} =0,459 (=)	3,9 ≤ Lt ≤ 31,3 0,2 ≤ Hpc ≤ 2,2
L _m = f (L _c)	0,907	L _m = 0,872 L _c - 0,529	L _m = 0,295 L _c ^{0,872}	t _{obs} =7,900 (-)	1 ≤ L _c ≤ 6,2 0,3 ≤ L _m ≤ 1,7
Do = f (L _c)	0,940	Do = 0,721 L _c - 0,398	Do = 0,399 L _c ^{0,721}	t _{obs} =23,576 (-)	1 ≤ L _c ≤ 6,2 0,4 ≤ Do ≤ 1,5
Dio = f (L _c)	0,981	Dio = 1,255 L _c - 0,574	Dio = 0,266 L _c ^{1,255}	t _{obs} =28,590 (+)	1 ≤ L _c ≤ 6,2 0,2 ≤ Dio ≤ 2,6
LPo = f (L _c)	0,977	LPo = 1,097 L _c - 0,54	LPo = 0,288 L _c ^{1,097}	t _{obs} =10,458 (+)	1 ≤ L _c ≤ 6,2 0,3 ≤ LPo ≤ 2,3
Lpo = f (L _c)	0,985	Lpo = 1,007 L _c - 0,386	Lpo = 0,411 L _c ^{1,007}	t _{obs} =0,971 (=)	1 ≤ L _c ≤ 6,2 0,4 ≤ Lpo ≤ 2,7

=: isométrie, +: allométrie majorante, -: allométrie minorante.

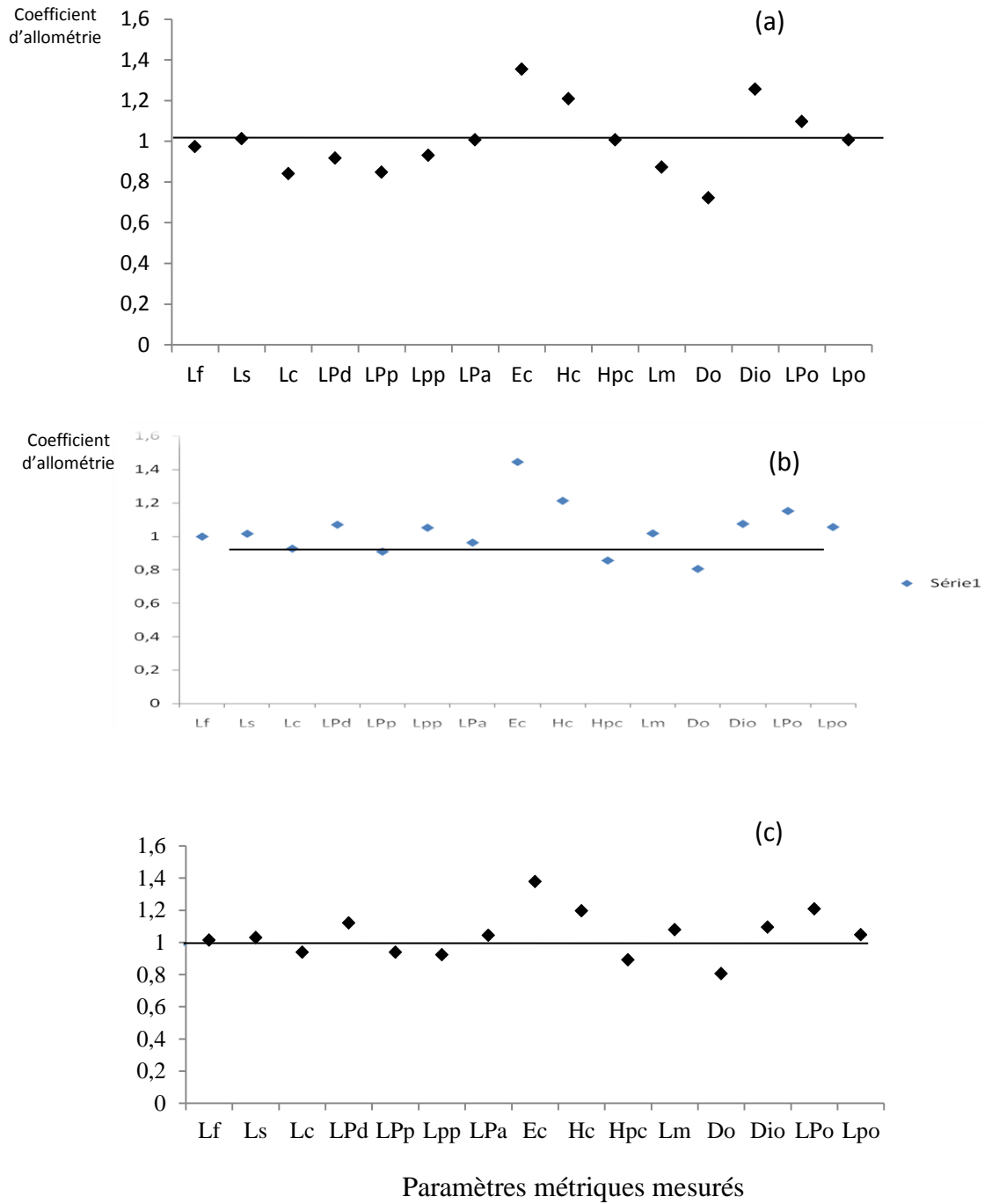


Figure 2. 3. Variations du coefficient d'allométrie de la relation taille-taille chez la population totale (a), les mâles (b) et les femelles (c) de *S. salpa* des côtes de l'Est algérien.

Tableau 2. 3. Comparaison de la pente et de la position des droites de régression chez les femelles et les mâles de *Sarpa salpa* des côtes de l'Est de l'Algérie.

Fonction	Equation de régression		Homogénéité des variances		tpe		tpo	
	Femelles	Mâles	F _{obs}	F _{1-α/2} α=0,05	t _{obs}	t _{1-α/2} α=0,001	t _{obs}	t _{1-α/2} α=0,001
Lf = f(Lt)	Lf=1,015Lt -0,074	Lf = Lt -0,054	1,33	1,37	3,75	3,337*	-	3,337
Ls = f(Lt)	Ls=1,030Lt -0,129	Ls = 1,017Lt -0,112	1,22	1,37	6,5	3,337*	-	3,337
Lc = f(Lt)	Lc=0,939Lt-0,619	Lc=0,928 Lt -0,606	1,01	1,37	1,83	3,337	2,967	3,337
LPd= f(Lt)	LPd=1,121Lt-0,744	LPd =1,071Lt -0,676	1	1,37	2,5	3,337	-	3,337
LPp =f(Lt)	LPp=0,939Lt -0,576	LPp=0,910Lt -0,54	1,02	1,37	2,9	3,337	-	3,337
Lpp=f(Lt)	Lpp=1,924Lt-0,306	Lpp=1,053Lt -0,477	1,02	1,37	3	3,337	-	3,337
LPa=f(Lt)	LPa=1,045Lt -0,324	LPa= 0,964Lt -0,209	1,11	1,37	8,1	3,337*	-	3,337
Ec=f(Lt)	Ec=1,378Lt-1,411	Ec=1,446Lt-1,499	1,05	1,37	3,4	3,337*	-	3,337
Hc=f(Lt)	Hc=1,196Lt -0,814	Hc=1,214Lt -0,827	1	1,37	0,58	3,337	2	3,337
Hpc=f(Lt)	Hpc=0,893Lt-1,046	Hpc=0,857Lt-0,999	1,01	1,37	3,6	3,337*	-	3,337
Lm=f(Lc)	Lm=1,080Lc-0,679	Lm=1,019Lc-0,619	1,06	1,37	1,84	3,337	7	3,337*
Do=f(Lc)	Do=0,806Lc-0,467	Do=0,807Lc-0,452	1,12	1,37	0,05	3,337	4,666	3,337*
Dio=f(Lc)	Dio=1,096Lc-0,475	Dio=1,076Lc-0,466	1,01	1,37	2	3,337	-	3,337
LPo=f(Lc)	LPo= 1,209Lc-0,615	LPo=1,153Lc-0,57	1,01	1,37	2,8	3,337	-	3,337
Lpo=f(Lc)	Lpo= 1,048Lc-0,41	Lpo=1,057Lc-0,415	1,01	1,37	0,37	3,337	0,333	3,337

*: différence significative

3. Discussion

Les différents caractères morphométriques considérés possèdent des coefficients de corrélation proches de 1, qui expriment leur forte relation avec la longueur totale ou la longueur céphalique. Le caractère qui semble le moins lié à la taille est la longueur du maxillaire (Lm). Ce phénomène est classique chez les poissons et traduit un ralentissement puis l'arrêt de la croissance du maxillaire.

Les régressions des différents paramètres en fonction de la longueur totale ou de la longueur céphalique ont été définies afin d'évaluer leurs constantes d'allométrie. La majorité de ces caractères (44,46%) a une croissance moins rapide (allométrie minorante) que la

longueur totale ou la longueur céphalique. L'isométrie de croissance est notée pour seulement 20% des caractères examinés, alors que 33,3% des caractères présentent une allométrie majorante, indiquant leur croissance plus rapide par rapport à la longueur totale ou à la longueur de la tête. Les relations biométriques chez la saupe n'ont été abordées que par BAYHAN et KARA (2015) dans la baie d'Izmir en Turquie et n'ont concerné que les longueurs standard et à la fourche. Sur 927 individus, sexes confondus, ces auteurs mettent en évidence une isométrie (1,06) de croissance dans le cas de Lf/Lt et une allométrie minorante (0,84) dans le cas de Ls/Lt. Les mêmes conclusions restent valables lorsque les sexes sont séparés.

En fonction du sexe, la croissance relative évolue d'une manière différente. Chez les mâles, l'isométrie est vérifiée pour 60% des caractères considérés et le même pourcentage, soit 20% des paramètres mesurés, présentent une allométrie majorante ou minorante. Chez les femelles, 60 % des paramètres examinés ont une croissance isométrique comme chez les mâles, 26,66% montrent une allométrie majorante et 13,33 % présentent une croissance minorante. L'analyse statistique que nous avons appliquée montre que certains caractères peuvent être utilisés pour différencier les sexes. Il s'agit de la longueur du maxillaire et du diamètre orbitaire qui semblent valables pour la distinction des mâles et des femelles. Ces dernières auraient un maxillaire et un diamètre orbitaire plus grands. Ce dimorphisme sexuel est rencontré chez d'autres poissons téléostéens habitant la Méditerranée, comme le loup *Dicentrarchus labrax* où les femelles ont un maxillaire plus court (KARA, 1997), tandis que BARNABE (1973) trouve chez la même espèce d'autres caractères impliqués dans le dimorphisme sexuel, comme les longueurs de la tête, de la pré-anale, de la pré-dorsale et la hauteur du corps qui sont plus grands chez la femelle. Chez le baraccuda *Sphyraena sphyraena*, la longueur du maxillaire supérieur est le seul caractère impliqué dans le dimorphisme sexuel (BOUREHAIL, 2004).

Concernant les caractères numériques, le tableau 2. 4 compare nos résultats à ceux obtenus dans d'autres localités en Méditerranée et en Atlantique. Le nombre de branchiospines sur les parties inférieure (9-16) et supérieure (3-7) du premier arc branchial gauche montre une dispersion différente de celle trouvée par DE LA PAZ (1975), Whitehead *et al.* (1986) et FISHER *et al.* (1987) dans différentes régions de la Méditerranée (9-12/ 6-9) et de l'Atlantique (15-21) (DE LA PAZ, 1975). Le nombre d'écailles de la ligne latérale s'étale de 66 à 85. Cet intervalle est plus étendu que celui observé par DE LA PAZ (1975), WHITEHEAD *et al.* (1986) et FISHER *et al.* (1987) en Méditerranée (entre 58 et 67) et en Atlantique entre (57 et 68) (DE LA PAZ, 1975). Le nombre de rayons durs de la nageoire

dorsale (10-12) est constant, alors que celui des rayons mous (10-18) est variable (12-16) (DE LA PAZ, 1975; WHITEHEAD *et al.*, 1986; FISHER *et al.*, 1987). Avec 10 à 15 rayons mous, la nageoire anale se distingue par une étendue plus large qu'ailleurs en Méditerranée et en Atlantique (12-14) (DE LA PAZ, 1975; WHITEHEAD *et al.*, 1986; FISHER *et al.*, 1987). Cependant, la morphologie seule ne peut prétendre conduire à une certitude absolue des résultats dans tous les cas, puisque pour chaque espèce, la probabilité n'est pas nulle de rencontrer des individus dont les caractères s'écartent des valeurs limites propre à l'espèce considérée. Des disparités observées au niveau des caractères numériques, comme c'est le cas du nombre de branchiospines, des écailles de la ligne latérale ou des rayons des nageoires, peuvent être dues à la méthodologie (limites de comptage) qui, souvent n'est pas précisée.

Tableau 2. 4. Comparaison des limites de distribution des caractères méristiques chez *Sarpa salpa* dans différents secteurs de la Méditerranée et de l'Atlantique.

Caractères	Méditerranée*	Atlantique**		Présente étude
Branchiospines inférieures	9-12	15-21		9-16
Branchiospines supérieures	6-9			3-7
Écailles de la ligne latérale	58-67	55-68	57-68	66-85
Rayons durs de la nageoire dorsale	XI-XII	XI-XIII	XI-XIII	X-XII
Rayons mous de la nageoire dorsale	12-15	12-16	12-16	10-18
Rayons durs de la nageoire anale	III	III	III	III
Rayons mous de la nageoire anale	12-14	12-14	12-14	10-15

*WHITEHEAD *et al.* (1986); FISCHER *et al.* (1987)

**DE LA PAZ, (1975)

CHAPITRE III

**DIFFERENCIATION MORPHOLOGIQUE
DES POPULATIONS MEDITERRANENNES DE *SARPA SALPA***

**DIFFÉRENCIATION MORPHOLOGIQUE
DES POPULATIONS MÉDITERRANÉENNES DE *SARPA SALPA***

Introduction

La caractérisation des populations naturelles contribue à la gestion rationnelle des stocks destinés à l'élevage, mais aussi ceux exploités. Elle requiert l'usage de différentes approches, directes et indirectes, dont la morphologique et la génétique. D'ailleurs, ces dernières années, la combinaison de données morphologiques et génétiques ont été fréquemment utilisés pour caractériser les populations (HEDGECOCK *et al.*, 1989; ERGÜDEN & TURAN, 2005; ERDOGAN *et al.*, 2009).

Les variables morphométriques ainsi que les caractères méristiques sont fréquemment utilisés afin de caractériser et discriminer les différentes populations de poissons (e.g. IHSEN *et al.*, 1981; HAAS & MCPHAIL, 1991; KINSEY *et al.*, 1994; SILVA, 2003; TURAN, 2004; ERGÜDEN & TURAN, 2005; BAHRI-SFAR & BEN HASSINE, 2009), d'autant plus que les protocoles utilisés en morphométrie sont moins coûteux et rapides à mettre en place (PERSAT, 1988; BERNATCHEZ, 1994). Récemment, les méthodes d'investigations morphologiques classiques ont été rénovées grâce au recours aux techniques de traitement d'image et à l'utilisation de nouveaux outils analytiques, générant une meilleure collecte de données avec des descriptions plus efficaces de la forme et un pouvoir discriminant plus important (CADRIN & FRIEDLAND, 1999).

L'analyse de forme est une technique développée par KUHL et GIARDANA (1982) dans le cadre d'applications pour l'aviation militaire. Elle permet de quantifier des contours fermés quel que soit leur degré de complexité morphologique, en se basant sur le théorème de Fourier énonçant que toute fonction périodique peut être décomposée en une série de sinusoïdes ou harmoniques. L'étude des variations morphologiques et les comparaisons individuelles reposent ensuite sur l'analyse statistique des paramètres issus des développements en série de Fourier. Cette méthode présente l'avantage de prendre en compte toute l'information morphologique du contour.

Les otolithes sont utilisées dans un large éventail d'études, telles que l'identification des espèces (AGUIRRE et LOMBARTE, 1999; PARMENTIER *et al.*, 2001), l'âge et l'évaluation de la croissance (CARDINALE *et al.*, 2004), l'évaluation des stocks

(FRIEDLAND et REDDIN, 1994; GONZALEZ-SALAS et LENFANT, 2007) ou encore dans l'étude du régime alimentaire de certains grands prédateurs (LILLIENDAHL et SOLMUNDSSON, 2006). En plus de leurs variabilités inter-spécifiques, elles présentent également des variations au niveau intra-spécifique. La forme des otolithes change durant l'ontogénie (HÜSSY, 2008), mais aussi change en réponse à des différences de taux de croissance (SMITH, 1992; CAMPANA et CASSELMAN, 1993; FRIEDLAND et REDDIN, 1994; HÜSSY, 2008), selon les conditions environnementales, tels que la profondeur (GAULDIE et CRAMPTON, 2002; MORAT *et al.*, 2012), la température et/ou la salinité (CARDINALE *et al.*, 2004; GONZALES-SALAS et LENFANT, 2007) ou des variations dans le régime alimentaire (GAGLIANO et MCCORMICK, 2004). Leur forme peut être associée à des niches à échelle spatiale, ou temporelle (AGUIRRE et LOMBARTE, 1999; MERIGOT *et al.*, 2007).

Dans ce chapitre, nous avons tenté de discriminer différents échantillons de saupe, provenant de différentes localités en Méditerranée (occidentale et sud orientale), en utilisant trois outils différents: la morphologie (métrique et numérique, la morphogéométrie, la forme des otolithes). La superposition des résultats de ces trois méthodes donnerait davantage de rigueur et de réalité aux conclusions qui en découleront.

1. Matériel et méthodes

1.1. Echantillonnage

Cinq échantillons de *S. salpa* issus de cinq régions de la Méditerranée, Est et Ouest, sont considérés (fig. 3. 1). Deux proviennent d'Algérie: Oran ($n = 9$; $26,2 \leq Lt \leq 37,6$ cm) et Chétaïbi ($n = 35$; $18,5 \leq Lt \leq 27,1$ cm), deux de Tunisie: Mahdia ($n = 19$; $18,5 \leq Lt \leq 22$ cm) et Gabés ($n = 30$; $15,3 \leq Lt \leq 19,2$ cm) et un de Marseille ($n = 21$; $27,5 \leq Lt \leq 32,3$ cm). Les échantillons sont traités frais.

1.2. Biométrie

1.2.1. Caractères métriques

Treize caractères métriques (voir chapitre 2, figure 2.2, page 26) ont été utilisés afin de décrire la morphologie de la saupe dans les différents échantillons: la longueur totale (Lt), la longueur à la fourche (Lf), la longueur standard (Ls), la longueur post-pectorale (LPP), la longueur pré-pectorale (LPP), la longueur pré-anale (Lpa), la longueur céphalique (Lc), la longueur de la mâchoire (Lm), la longueur pré-orbitaire (Lpo), le diamètre orbitaire (Do), la longueur pré-dorsale (Lpd), la hauteur du corps (H), la hauteur du pédoncule caudal (Hpc).

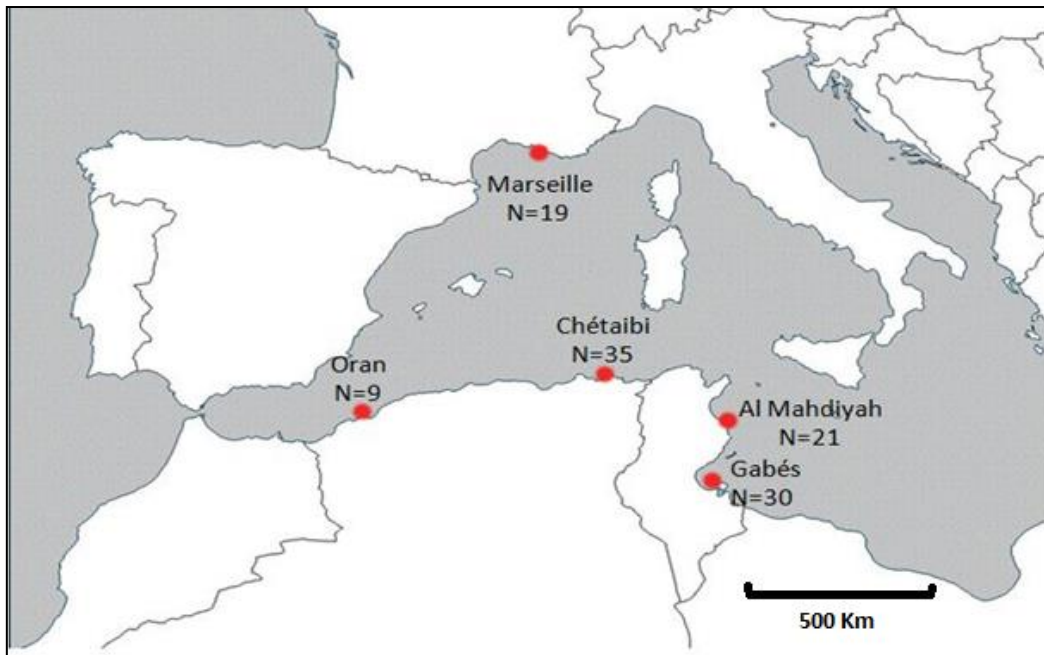


Figure 3.1. Localisation des zones d'échantillonnage de *S. salpa* sur les côtes algériennes, tunisiennes et françaises.

Les différentes longueurs calculées sont rapportées à la taille totale de l'individu (L_t) ou à celle de sa tête (L_c) par une équation de régression de type axe majeur réduit de Teissier, préconisé par DAGET (1976). Toutes les analyses effectuées sur les échantillons de chaque localité indépendamment sont identiques à celles subies par l'échantillon des côtes d'Annaba. Ces analyses sont exposées dans le chapitre 2 (pages 26 à 28).

Une analyse factorielle discriminante (AFD), généralement utilisée pour discriminer des espèces supposées ou des populations au sein d'une même espèce (SEMPLÉ *et al.*, 1991), a été utilisée pour déceler d'éventuelles différences entre les 5 localités. La structure des tailles des différents échantillons étant différente, nous avons supprimé l'effet de la taille en transformant la matrice de données en matrice de résidus à l'aide du logiciel Excel. Chaque échantillon a été scindé aléatoirement en deux parties égales pour vérifier l'effet inter et intra spécifique. L'analyse a été réalisée en utilisant le logiciel SPSS 13 (SPSS, 2004).

1.2.2. Caractères numériques

Les caractères numériques étudiés sont: le nombre d'épines et de rayons de la nageoire dorsale (Ned), le nombre d'épines et de rayons de la nageoire anale (Nena), le nombre de

rayons de la nageoire pectorale (Nrnp), le nombre de branchiospines supérieures (B. sup.), le nombre de branchiospines inférieures (B. inf.) et le nombre de vertèbres (N. ver).

Les rayons durs sont facilement reconnaissables des rayons mous par leur structure très ossifiée et pointus à leur extrémité distale, tandis que les rayons mous sont comptés à partir de leur base pour éviter toute erreur de comptage. En ce qui concerne le nombre d'écailles sur la ligne latérale, le comptage est démarré à partir de la base de la bordure operculaire et la limite de la partie charnue du pédoncule caudal (limite de la mesure de la longueur standard).

Afin de déceler d'éventuelles différences au niveau des caractères numériques en fonction des populations, chaque caractère est décrit par son mode, ses valeurs limites et sa moyenne. Nous avons comparé cette dernière selon les sites avec un teste t de Student qui s'écrit de la manière suivante :

$$t = \frac{|m_1 - m_2|}{\sqrt{\frac{\text{var}(a_1)}{n_1} + \frac{\text{var}(a_2)}{n_2}}}$$

La valeur calculée de "t" est comparé à un t tabulé pour un nombre de degrés de liberté (d.d.l.) égal à $n_1 + n_2 - 2$, et à un risque α choisi. Si le t calculé est supérieur au t tabulé, on rejette l'hypothèse nulle, ce qui revient à considérer que les moyennes sont significativement différentes. Lorsqu'il y a une différence entre les deux échantillons, nous avons calculé le coefficient de différence (CD) de MAYR, LINSLEY, et USINGER (QUIGNARD, 1966) pour connaître leur niveau taxonomique respectif:

$$\text{C.D.} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_1 + S_2}$$

où:

\bar{X} : Valeur moyenne du caractère étudié

S: écart-type de la moyenne

Il est généralement admis (Géry, 1962) que lorsque 75 % des individus d'une population diffèrent par un ou plusieurs caractères de 75 % des individus d'une autre population ($CD > 0,67$), nous sommes en présence de différences raciales entre ces deux populations. Lorsque 75 % des individus d'une population diffèrent de 97 % de ceux d'une autre population ($CD > 1,28$), ces deux populations diffèrent sub-spécifiquement.

1.2.3. Comparaison de la biométrie des différents échantillons

Pour déceler un éventuel dimorphisme entre les populations, nous les avons comparées deux à deux. Pour un caractère donné, nous avons comparé les droites de régression des deux populations en question. Pour cela, nous avons utilisé le test "t" de Student adapté aux axes majeurs réduits. On compare tout d'abord les pentes des deux axes en comparant une différence à son erreur standard à "n - 4" degrés de liberté:

$$tpe = \frac{|a_1 - a_2|}{\sqrt{\text{Var}(a_1 - a_2)}}$$

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 sur toute leur longueur et non pas simplement à leur origine. On remplace les 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.

Avant d'effectuer l'analyse statistique, nous avons contrôlé 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 doit être rejetée au niveau α lorsque:

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

$SCEyx_1$: Somme des carrées des écarts du premier échantillon.

$SCEyx_2$: Somme des carrées des écarts du deuxième échantillon.

n_1 : Effectif total de premier échantillon.

n_2 : Effectif total du deuxième échantillon.

La valeur de t_{obs} est comparée à celle de "t" théorique = $t_{1-\alpha/2}$ (valeur donnée par la table de Student) ou α représente le seuil de confiance au risque d'erreur de 5%.

1.3. Morphogéométrie

1.3.1. Principe

L'approche de la morphométrie géométrique est basée sur le choix des points de repère homologues positionnés sur les points les plus importants sur les images corporelles des poissons. Pour chaque point de repère, les coordonnées en deux dimensions X et Y ont été assignées. Une fois les informations récoltées, l'une des premières étapes est d'inspecter l'ensemble des données et de les vérifier, afin d'éliminer les données aberrantes, ou encore corriger toute erreur d'inattention, notamment la digitalisation de points repères inter changés avec le logiciel MorphoJ, version 1.06d (KLINGENBERG, 2011).

Afin de s'affranchir des différences de taille et de l'orientation et la position du caractère étudié entre les différents individus, nous avons utilisée la méthode traditionnelle d'alignement des conformations géométriques, dite de superposition Procruste ou GPA (Generalized Procrustes Analysis) (KLINGENBERG, 2011). Cette superposition se décompose en trois étapes (fig. 3. 2.): 1) une mise à l'échelle des configurations par rapport à la taille centroïde, 2) une translation des configurations permettant la superposition des centroïdes (centres de gravité), 3) une rotation des configurations autour de leurs centroïdes, afin d'obtenir une superposition optimale des points repères homologues. Les nouvelles coordonnées obtenues, appelées coordonnées Procruste, contiennent l'information complète sur la forme. Elles sont ainsi utilisées comme variables de forme.

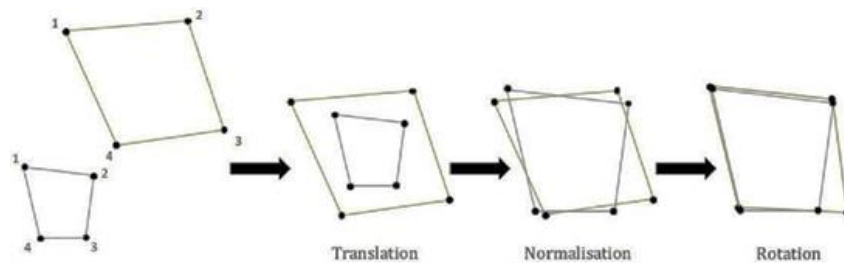


Figure 3. 2. Illustration des trois étapes de la superposition Procruste (GPA) (d'après MITTEROECKER & GUNZ, 2009).

1.3.2. Acquisition des données

Une fois étiquetés, tous les individus sont scannés (scanner Epson V700). Si les individus ont des tailles supérieures à 30 cm (dépassant la taille limite du scanner), nous les avons pris en photo en utilisant une caméra de haute qualité montée sur un trépied. Les prises doivent incorporer une échelle de mesure (règle ou lame graduée) (fig. 3. 3). Dix-huit points de repère ont été positionnés sur des images (fig. 3. 4) en utilisant le logiciel tpsDig v2.17. Toutes les images ont été standardisées. Les informations sur la forme ont été extraites des données avec une superposition de procrustes et groupées par localité en utilisant le programme tps Utility v1.47. Nous avons utilisé l'analyse canonique des variances (CVA) pour trouver les caractéristiques de forme qui englobent les groupes d'individus. Cette analyse a été réalisée sur une matrice de repères tps en utilisant le logiciel MorphoJ (KLINGENBERG, 2011) selon les étapes indiquées dans la figure 3. 5. Une analyse discriminante (Discriminant Function Analysis, DFA) pour les comparaisons deux-à-deux (Albrecht, 1980) a ensuite été appliquée sur les coordonnées procuste de chaque groupe d'individus.



Figure 3. 3. Photographie numérisée d'un individu de *S. salpa*.

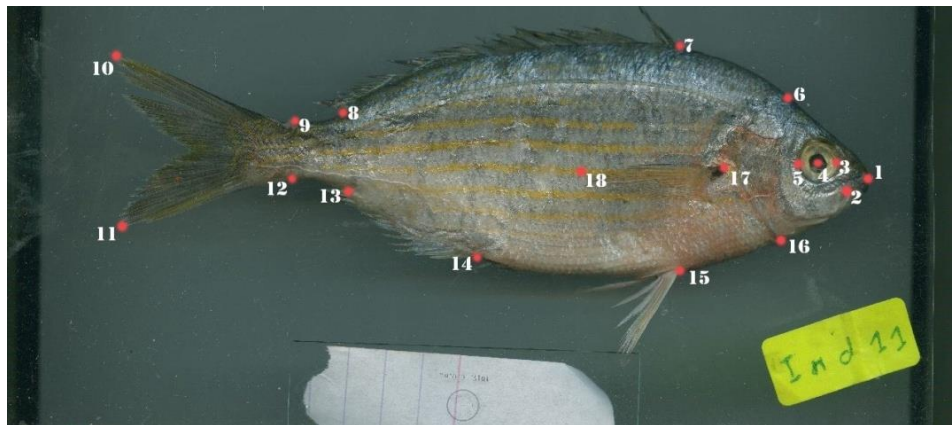


Figure 3. 4. Représentation des 18 repères utilisés dans le programme tpsDig2.

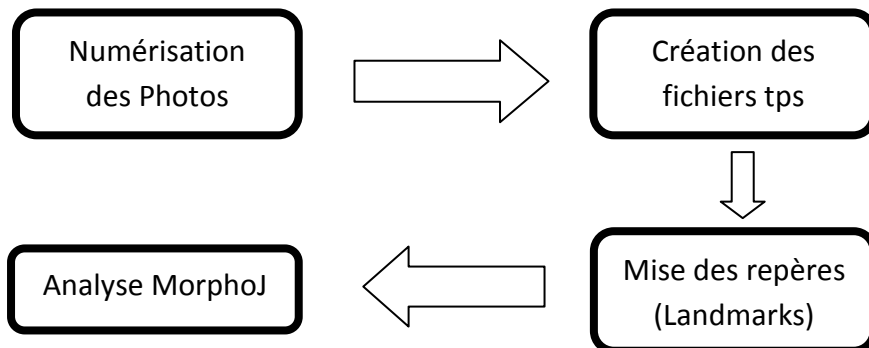


Figure 3. 5. Etapes de l'application du logiciel "MorphoJ".

1.4. Analyse de la forme des otolithes

L'analyse de la forme des otolithes a été réalisée sur les mêmes spécimens utilisés précédemment dans les études biométriques et morphogéométriques. Au total, 114 spécimens ont été analysés: Oran ($n = 9$), Chétaibi ($n = 35$), Mahdia ($n = 19$), Gabés ($n = 30$), Marseille ($n = 21$). Les otolithes sagittae ont été prises par paires, lavées avec de l'eau douce, séchées à l'air libre puis stockées dans des tubes Eppendorf. Les deux otolithes droit et gauche ont été numérisées avec le logiciel TNPC (MAHE et al., 2011), le *sulcus acusticus* orienté vers l'observateur, à l'aide d'un microscope optique munie d'une caméra vidéo (Lumenera's INFINITY lite), reliée à un ordinateur. Un éclairage épiscopique par fibre optique a permis de régler la direction et l'intensité de la lumière, afin d'obtenir l'image la plus contrastée possible, facilitant l'extraction du grand contour des objets par la technique du seuillage d'image (fig. 3. 6).

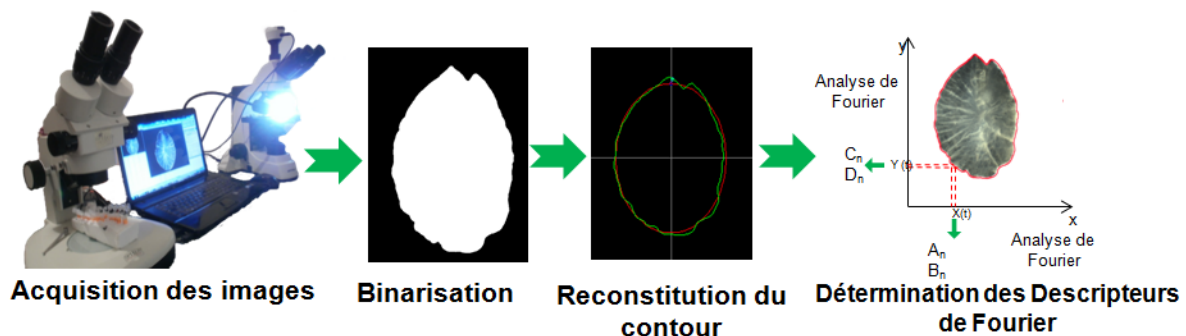


Figure 3. 6. Acquisition des images des otolithes et détermination des descripteurs de Fourier.

1.4.1. Descripteurs de distance et indices de forme

Les descripteurs de distance (longueur, largeur, périmètre, surface) (fig. 3. 7) ont été extraits automatiquement à partir de l'image binarisée en utilisant le logiciel TNPC (MAHE *et al.*, 2011) pour chaque otolithe. Les indices de forme sont calculés à partir des descripteurs de distance combinés de manières différentes (tab. 3. 1) (TUSET *et al.*, 2003). Ces indices estiment respectivement l'irrégularité de l'aire, donnent des informations sur la similarité des différentes caractéristiques du cercle parfait, décrivent les variations de la longueur et de la largeur par rapport à l'aire et indiquent les changements dans l'axe proportionnels. Les différences entre les indices de forme selon le site d'échantillonnage ont été testées par une analyse de variances (ANOVA) complétée par le test de comparaison des moyennes deux à deux (test de Newman-Keuls, SNK) utilisant le logiciel SPSS v. 13.0 (SPSS, 2004).

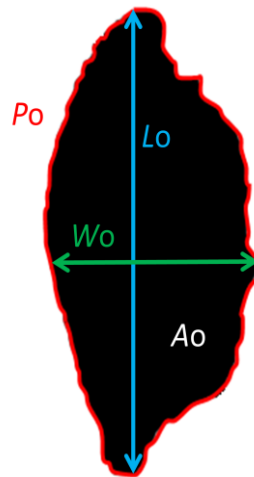


Figure 3. 7. Descripteurs de distance mesurés sur l’image binarisée d’une *sagitta* de *S. salpa*.
 Lo: longueur maximale, Wo: largeur maximale, Po: périmètre, Ao: surface projetée.

Tableau 3. 1. Descripteurs de distance pris en considération
 et formules de calcul des indices de forme.

Descripteurs de distance	Indices de forme
Surface (Ao)	Circularité= Po^2/Ao
Périmètre (Po)	Ellipticité= $(Lo - Wo)/(Lo + Wo)$
Longueur (Lo)	Rectangularité= $Ao/(Lo \times Wo)$
Largeur (Wo)	Facteur de forme= $(4Ao)/Po^2$
	Rondeur= $(4Ao)/(\pi Lo^2)$

1.4.2. Description du contour

La forme d’un objet peut être décrite à divers degrés de précision en utilisant la décomposition de son contour par les transformées elliptiques de Fourier. Le contour de l’otolithe dans notre cas est décrit par l’utilisation de la méthode des ellipses de Fourier (LESTREL, 2008). Chaque ellipse est appelé harmonique et est décrite par une somme de fonctions trigonométriques de sinus et cosinus et dont les paramètres associés sont les coefficients ou descripteurs de Fourier (EFDs). Chaque harmonique est composée de 4 coefficients (An, Bn, Cn et Dn) résultant de la projection de chaque point du contour sur l’axe des abscisses (x) et l’axe des ordonnées (y). Ils servent de variables descriptives de la forme de l’objet. La première harmonique est une simple ellipse, mais augmenter le nombre d’harmoniques accroît la complexité de la forme et donc la précision de sa description (KUHL et GIARDINA, 1982).

Les descripteurs de Fourier sont obtenus en utilisant le logiciel Shape v1.2 (IWATA et UKAI, 2002), après un seuillage qui permet la détection du contour des otolithes. Elles sont toutes alignées et présentent toutes le même point de départ et sens de rotation. Une normalisation par rapport à la longueur de la première ellipse a été utilisée pour que tous les otolithes aient la même taille quelle que soit la classe de taille des individus considérés. En outre, le calcul de la puissance de Fourier (PF) permet de déterminer le nombre suffisant d'harmoniques représentant la meilleure reconstruction du contour de l'otolithe (CRAMPTON, 1995; POTHIN *et al.*, 2006) par la formule suivante:

$$PF_n = \frac{A_n^2 + B_n^2 + C_n^2 + D_n^2}{2}$$

où: A_n , B_n , C_n et D_n sont les descripteurs de Fourier de n th harmoniques.

Par la suite, on peut calculer le pourcentage de la puissance cumulé (PF_c) comme suit:

$$PF_c = \sum_1^n PF_n$$

Pour se faire, un sous-échantillon de 50 otolithes (10 échantillons \times 5 populations) a été sélectionné aléatoirement. L'objectif étant le calcul du nombre d'harmoniques "EFDs" nécessaire pour expliquer 99,99% de la variance du contour observée, c'est-à-dire que la forme du contour de l'otolithe soit reconstruite à 99,99% (LESTREL, 2008). Comme les 13 premières harmoniques atteignent 99,99% de la moyenne cumulée de la puissance de Fourier (fig. 3. 8), l'analyse de Fourier indique que la forme des otolithes de *S. salpa* peut être décrite avec 14 harmoniques. Cependant, l'harmonique 1 doit être éliminée des analyses statistiques puisqu'elle ne contient que l'information de la position du contour sur la table à digitaliser. Nous ne retenons donc que 13 harmoniques (52 coefficients de Fourier) pour l'analyse statistique. Utilisant la version SPSS 13.0 (SPSS, 2004), une analyse factorielle discriminante (FDA) a été réalisée utilisant les coefficients de Fourier. La qualité et la validité de la discrimination ont été évaluées dans toutes les analyses par validation croisée (JACKKNIFE). De plus, une classification hiérarchique basée sur la méthode de Ward, permettant d'observer la similarité de la forme des otolithes selon le site d'échantillonnage, a été réalisée avec le package Facto MineR avec le logiciel R® (R Development Core Team, 2014).

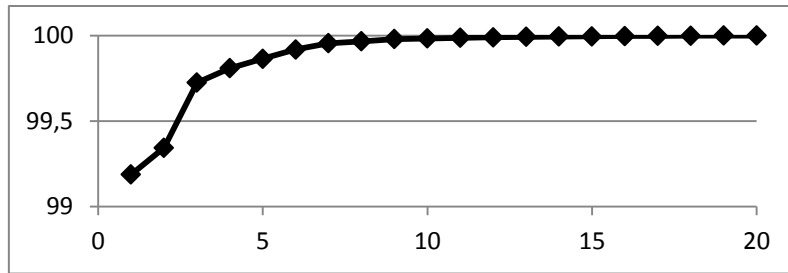


Figure 3. 8. Variations du pourcentage de la moyenne cumulée de la puissance de Fourier en relation avec le nombre d'harmoniques décrivant la forme de l'otolithe de *S. salpa* des côtes de l'Est algérien.

2. Résultats

2.1 Biométrie

2.1.1. Caractères métriques

Les différents caractères métriques examinés possèdent des coefficients de corrélation plus au moins élevés qui expriment leurs relations avec Lt ou Lc. Les valeurs de "r" sont présentées comme suit: $0,63 \leq r \leq 0,99$ pour la population de Chétaibi, $0,16 \leq r \leq 0,92$ pour la population de Mahdia, $0,6 \leq r \leq 0,99$ pour la population d'Oran, $0,15 \leq r \leq 0,98$ pour la population de Marseille, et pour la population de Gabés entre 0,13 et 0,97.

Les régressions des différents paramètres en fonction de la longueur totale ou céphalique ont été définies afin d'évaluer leurs constantes d'allométrie. Les équations de régression et le type d'allométrie ont été déterminés pour chaque caractère et pour tous les sites (annexe I). Chez la population de Chétaibi, l'isométrie de croissance concerne cinq caractères: Lcep/Lt, LPp/Lt, LpP/Lt, Hc/Lt, Hpc/Lt. Une allométrie majorante est mise en évidence dans six cas: Lf/Lt, Ls/Lt, Lmax/Lcep, Lpo/Lcep, Lpd/Lt, Lpa/Lt, alors que l'allométrie minorante n'a été observé que dans un seul cas: Do/Lcep. Pour la population de Mahdia, l'isométrie de croissance est observée dans neuf cas: Lf/Lt, Ls, Lt, Lcep/Lt, Do/Lcep, LPp/Lt, LpP/Lt, Lpa/Lt, Hc/Lt, Hpc/Lt; pour le reste des paramètres (Lmax/Lcep, Lpo/Lc, Lpd/Lt), l'allométrie est majorante. A Oran, l'isométrie de croissance est observée dans dix cas: Lf/Lt, Lcep/Lt, Lmax/Lc, Do/Lcep, Lpo/Lcep, Lpd/Lt, LPp/Lt, LpP/Lt, Hc/Lt et Hpc/Lt; l'Allométrie majorante ne concerne que deux caractères qui sont la longueur standard et la longueur pré-anale par rapport à la longueur totale. Pour la population de Marseille, nous n'avons observé aucun cas d'allométrie minorante, par contre les cas d'isométrie sont présents pour les caractères suivants: Lf/Lt, Ls/Lt, DO/Lcep, Lpa/Lt, Hc/Lt, Hpc/Lt, alors que les cas

d'allométrie majorante ont concerné les caractères suivants: Lcep/Lt, Lmax/Lcep, LPO/Lcep, LPd/Lt, LPp/Lt, LpP/Lt. Enfin, pour la population de Gabés, nous avons 9 cas d'isométrie: Lf/Lt, Ls/Lt, Lcep/Lt, LPO/Lcep, LPd/Lt, LPp/Lt, LpP/Lt, Hc/Lt, Hpc/Lt; les 3 caractères restants présentent des allométries majorantes.

L'analyse factorielle discriminante utilisant les caractères métriques nous a permis d'identifier trois groupes distincts (Fig. 3. 9) (Wilks's lambda = 0,084; P < 0,001): (1) l'échantillon de Marseille (Rive Nord de la méditerranée occidentale), (2) l'échantillon d'Oran (sud-ouest de la Méditerranée occidentale), (3) les trois échantillons de Chétaibi, Mahdia et Gabés.

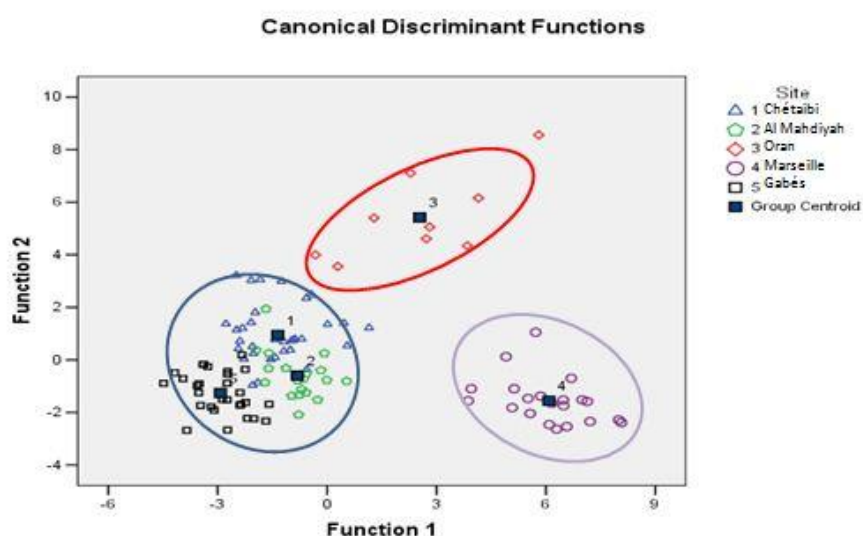


Figure 3. 9. Analyse discriminante inter-sites en utilisant les paramètres métriques de *S. salpa*.

Le taux de bon reclassement global (tab. 3. 2) est de 94,7 %. Celui propre à chaque échantillon est de 91,42% pour les individus de Chétaibi, de 84,21% pour ceux provenant de Mahdia, de 77,77% pour ceux provenant d'Oran et 100% pour ceux provenant de Marseille ou de Gabès.

Tableau 3. 2. Taux de reclassement et pourcentage de chaque groupe d'individus.

	L'appartenance prédite à un groupe					Pourcentage (%)
	Chétaibi	Mahdia	Oran	Marseille	Gabès	
Chétaibi	32	1	0	0	2	91.42
Mahdia	3	16	0	0	0	84.21
Oran	2	0	7	0	0	77.77
Marseille	0	0	0	21	0	100
Gabès	0	0	0	0	30	100

La comparaison des rapports morphométriques, deux à deux, entre les 5 échantillons montre l'existence de différences significatives ($P < 0,05$) (annexe I) qui concernent: la longueur à la fourche (Marseille/Gabés Marseille/Oran, Oran/Gabés), la longueur standard (Chétaibi/Gabés, Chétaibi/Marseille, Oran/Gabés, Oran/Marseille), la longueur céphalique (Marseille/toutes les autres populations, Chétaibià/Gabés, Chétaibi/Mahdia, Gabés/Mahdia), la longueur des maxillaires pour tous les couples, le diamètre orbitaire (Marseille/toutes les autres populations, Gabés/Chétaibi, Gabès/Oran, Gabès/Mahdia), longueur pré-orbitaire (Marseille/toutes les autres populations, Mahdia/Gabés, Mahdia/Oran, Mahdia/Chétaibi, Gabés/Chétaibi), la longueur pré-dorsale (Marseille/Oran, Marseille/Gabés, Chétaibi/Gabés), la longueur pré-pectorale (Marseille/reste des populations, Gabés/Chétaibi, Gabès/Mahdia, Gabès/Oran), la longueur post-pectorale (Gabés/Chétaibi, Gabès/Mahdia, Gabès/Marseille, Marseille/Oran), la longueur pré-anale (Gabés/reste des populations, Chétaibi/Mahdia, Oran/Marseille), la hauteur du corps (Chétaibi/Gabés, Chétaibi/Mahdia, Oran/Marseille), la hauteur du pédoncule caudale (Gabés/reste des populations, Chétaibi/Mahdia, Chétaibi/Oran, Marseille/Mahdia, Marseille/Oran).

2.1.2. Caractères numériques

Les valeurs des caractères numériques de *S. salpa* dans les cinq sites étudiés sont représentées dans le tableau 3. Le nombre d'épines et de rayons sur la nageoire anale est de 3 épines pour toutes les populations et 13 rayons pour les populations de Chétaibi et Gabès. Quant aux populations de Mahdia et d'Oran, le nombre de rayons varient entre 13 et 14, alors que pour la population de Marseille il varie entre 13 et 15. Le nombre d'épines et de rayons de la nageoire dorsale est de 11 épines pour toutes les populations et 15 rayons mous pour toutes les populations, sauf celle de Marseille où ce nombre varie de 16 à 17. Le nombre d'écailles sur la ligne latérale est compris entre 72 et 76 à Chétaibi pour une moyenne de 73, entre 71 et 77 à Mahdia, entre 73 et 79 à Oran avec une moyenne de 76 écailles. La moyenne est de 76 également à Marseille, alors qu'à Gabès ce nombre est compris entre 71 et 79. Le nombre de branchiospines inférieures est compris entre 12 et 14 pour tous les échantillons. Le nombre de branchiospines supérieurs est pour l'échantillon de Chétaibi entre 7 et 8, entre 6 et 8 à Mahdia, Gabés et Marseille et entre 7 et 8 à Oran. Le nombre de vertèbres est de 23 à Chétaibi, Oran et Mahdia.

Tableau 3. 3. Données statistiques sur la distribution des différents caractères numériques
Chez *S. salpa* dans 5 localités en Méditerranée.

Caractère	Site	N. obs	Moy	ET	M	Min	Max
NeAn-M	Chétaibi	35	13	-	13	13	13
	Mahdia	19	13,21	0,418	13	13	14
	Gabés	30	13,16	0,37	13	13	14
	Marseille	21	14,8	0,4	15	14	15
	Oran	9	13,11	0,33	13	13	14
Ned-M	Chétaibi	35	15	-	15	15	15
	Mahdia	19	15	-	15	15	15
	Gabés	30	15	-	15	15	15
	Marseille	21	16,85	0,35	17	16	17
	Oran	9	15	-	15	15	15
Ned-D	Chétaibi	35	11	-	11	11	11
	Mahdia	19	11	-	11	11	11
	Gabés	30	11	-	11	11	11
	Marseille	21	11	-	11	11	11
	Oran	9	11	-	11	11	11
Ecailles	Chétaibi	35	73,82	1,09	73	72	76
	Mahdia	19	73,68	1,85	74	71	77
	Gabés	30	75,6	2,22	77	71	79
	Marseille	21	76	-	76	76	76
	Oran	9	76,11	1,76	76	73	79
Branchiospines inférieures	Chétaibi	35	11,08	0,5	11	10	12
	Mahdia	19	11,31	0,58	11	10	12
	Gabés	30	12,26	0,58	12	12	14
	Marseille	21	12,76	0,83	12	12	14
	Oran	9	11,66	0,5	12	11	12
Branchiospines supérieures	Chétaibi	35	7,97	0,38	8	7	9
	Mahdia	19	7,42	0,6	8	6	8
	Gabés	30	6,9	0,88	8	6	8
	Marseille	21	7,14	0,72	7	6	8
	Oran	9	7,88	0,33	8	7	8
Nep	Chétaibi	35	16	-	16	16	16
	Mahdia	19	16	-	16	16	16
	Gabés	30	16	-	16	16	16
	Marseille	21	16	-	16	16	16
	Oran	9	16	-	16	16	16
Vertèbres	Chétaibi	35	23	-	23	23	23
	Oran	9	23	-	23	23	23
NeAn-D	Chétaibi	34	3	-	3	3	3
	Mahdia	19	3	-	3	3	3
	Gabés	30	3	-	3	3	3
	Marseille	21	3	-	3	3	3
	Oran	10	3	-	3	3	3

N.obs : nombre d'observations, Moy: moyenne, ET: écart-type, M: mode, Min: minimum, Max: maximum.

La comparaison des caractères numériques suivant le site d'échantillonnage (tab. 3. 4) montre qu'il existe des différences significatives dans la majorité des cas. Ces différences sont de niveau racial pour le nombre de branchiospines supérieures en comparant les couples de populations suivants: Chétaibi/Gabés, Chétaibi/Marseille, Oran/Gabés et Oran/Marseille. Il en est de même pour le nombre d'écailles sur la ligne latérale pour les couples suivants: Chétaibi/Oran, Mahdia/Oran, Mahdia/Marseille. Ces différences atteignent un niveau de différence sub-spécifique concernant le nombre d'écailles sur la ligne latérale et le nombre d'épines sur la nageoire anale en comparant la population de Marseille aux autres populations, ou les individus provenant de Chétaibi à ceux provenant de Mahdia. Une différence sub-spécifique est observée aussi entre Marseille et Chétaibi concernant le nombre d'écailles sur la ligne latérale.

Tableau 3. 4. Comparaison des caractères numériques entre les cinq échantillons de *S. salpa* des côtes méditerranéennes.

Caractères	Chétaibi-Mahdia		Chétaibi-Oran		Mahdia-Oran		Chétaibi-Gabés		Chétaibi-Marseille	
	<i>t</i>	C.D.	<i>t</i>	C.D.	<i>t</i>	C.D.	<i>t</i>	C.D.	<i>t</i>	C.D.
Branchiospines sup.	3,58	0,55	0,64	-	2,62	0,49	6,15	0,84	4,83	0,74
Branchiospines inf.	1,44	-	3,09	0,57	1,64	-	1,97	0,24	0,72	-
Ecailles ligne latérale	0,31	-	3,7	0,79	3,34	0,67	3,97	0,53	11,7	<u>1,97</u>
NeAn-M	1,64	0,25	0,02	-	1,31	-	0,59	-	16,86	<u>2,44</u>
Caractères	Oran-Gabés		Oran-Marseille		Mahdia-Marseille		Gabés-Marseille		Mahdia-Gabés	
	<i>t</i>	C.D.	<i>t</i>	C.D.	<i>t</i>	C.D.	<i>t</i>	C.D.	<i>t</i>	C.D.
Branchiospines sup.	5,04	0,81	3,85	0,7	1,31	-	1,07	-	2,44	0,34
Branchiospines inf.	0,67	-	1,04	-	0,97	-	2,35	0,35	1,35	-
Ecailles ligne latérale	0,71	-	0,18	-	5,43	1,24	0,98	-	3,25	0,46
NeAn-M	0,42	-	12,77	<u>2,41</u>	11,47	<u>1,82</u>	15,32	<u>2,21</u>	1,15	<u>1,96</u>

t: test de Student, C.D: coefficient de différence, **Gras**: différence raciale, souligné: différence sub-spécifique.

2.2. Morphogéométrie somatique

2.2.1. Analyse canonique de la variance (CVA)

Selon la projection sur l'axe CVA1 qui explique 88% de la variance, nous avons pu distinguer deux groupes (Fig. 3. 10) : un premier groupe englobant la population de Mahdia, Chétaibi et Oran, et un deuxième groupe comprenant la population de Marseille et celle de Gabès.

La distance de Mahalanobis (tab. 3. 5) est une mesure de distance. Elle est basée sur la corrélation entre des variables par lesquelles différents modèles peuvent être identifiés et analysés. Les populations les plus proches sont celles de Chétaibi et de Mahdia avec la plus faible distance (7,36) et les plus lointaines sont celles de Mahdia et de Gabés avec une distance de 29,86.

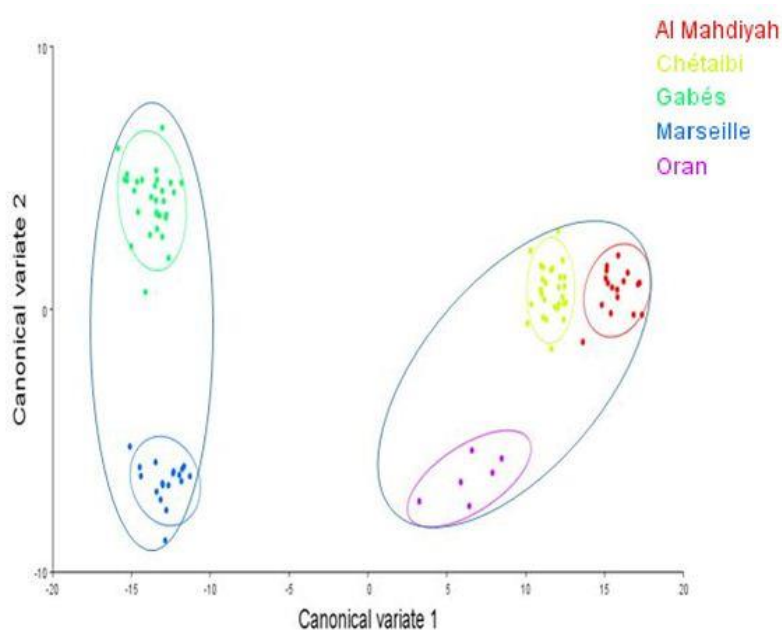


Figure 3.10. Graphique représentant le résultat de l'analyse canonique de la variance appliquée aux données morphogéométriques pour les populations de Mahdia, Chétaibi, Gabés, Marseille et Oran.

Tableau 3.5. Distance de Mahalanobis entre les différentes populations de saupe issues de 5 localités méditerranéennes.

Distance entre les populations				
Population	Mahdia	Chétaibi	Gabés	Marseille
Chétaibi	7,36	-	-	-
Gabès	29,86	25,70	-	-
Marseille	29,80	25,62	10,85	-
Oran	13	11,07	23,16	20,25

2.2.2. Analyse discriminante

Les résultats de l'analyse discriminante entre les différents couples de localités sont présentés dans le tableau 3. 6 et illustrés dans l'annexe II. Des différences significatives ($P < 0,01$) de la forme somatique existent entre tous les couples de localités. Le pourcentage de reclassement le plus faible est de 50% à Oran pour le couple Marseille/Oran. Le pourcentage de reclassement est de 100% pour les deux localités comparées dans le cas du couple Annaba/Gabès.

Tableau 3. 6. Pourcentages de reclassement des différents échantillons dans les couples de localités comparées.

Couple de localités	% de reclassement
Mahdia / Gabès	94,73 / 100
Mahdia / Marseille	94,73 / 90,47
Mahdia / Oran	94,73 / 87,50
Annaba / Mahdia	96,55 / 84,21
Annaba / Gabès	100 / 100
Annaba / Marseille	100 / 95,23
Annaba / Oran	92,85 / 75,00
Gabès / Marseille	90,00 / 85,71
Gabès / Oran	100 / 62,50
Marseille / Oran	90,47 / 50,00

2.3. Morphologie géométrique des otolithes

2.3.1. Indices de forme

La comparaison des indices de forme des otolithes sagittae (tab. 3. 7) indique une différence significative entre les échantillons et pour l'ensemble des indices étudiés. Selon le paramètre considéré, les différences sont plus ou moins prononcées. Pour le facteur de forme ou de rondeur, une différence significative entre les populations est observée selon le site d'échantillonnage ($F_{\text{forme}} = 18,583$; $F_{\text{rondeur}} = 27,225$; $P < 0,001$) avec la distinction des groupes suivants: le groupe A (Marseille), le groupe B (Oran), le groupe C (Mahdia, Gabès, Chetaïbi). De même pour la circularité, une différence significative est mise en évidence ($F = 8,654$; $P < 0,001$) avec la distinction des groupes suivants: le groupe A (Mahdia), le groupe B (Oran), le groupe C (Marseille), avec la population de Chetaïbi et de Gabès appartenant aux groupes A et B. Une différence significative est aussi observée en comparant la rectangularité

des otolithes ($F = 20,558$; $P < 0,001$), avec la distinction des groupes suivants: A (Mahdia, Chétaïbi, Gabès), B (Marseille, Oran). L'ellipticité des otolithes montre qu'il existe deux groupes ($F = 8,995$; $P < 0,001$), l'un représenté par la population de Marseille, alors que le deuxième regroupe le reste des populations (Mahdia, Chétaïbi, Oran, Gabès).

Tableau 3. 7. Comparaisons multiples des moyennes des indices de forme des otolithes entre les différents échantillons de *S. salpa*.

Indice	Site Code	Effectif	Moyenne±SD	Groupe de moyennes	F value	P value
Facteur de forme	Marseille	28	0,531±0,037	A	18,583	P < 0,001
	Mahdia	35	0,629±0,029	C		
	Chétaïbi	57	0,606±0,024	C		
	Oran	16	0,568±0,049	B		
	Gabès	57	0,608±0,076	C		
Rondeur	Marseille	28	0,403±0,014	A	27,225	P < 0,001
	Mahdia	35	0,449±0,016	C		
	Chétaïbi	57	0,443±0,027	C		
	Oran	16	0,426±0,025	B		
	Gabès	57	0,454±0,022	C		
Circularité	Marseille	28	23,759±1,845	C	8,654	P < 0,001
	Mahdia	35	20,003±1,024	A		
	Chétaïbi	57	20,762±0,859	AB		
	Oran	16	22,27±1,927	B		
	Gabès	57	21,189±4,609	AB		
Rectangularité	Marseille	28	0,677±0,017	B	20,558	P < 0,001
	Mahdia	35	0,72±0,012	A		
	Chétaïbi	57	0,716±0,017	A		
	Oran	16	0,707±0,024	B		
	Gabès	57	0,716±0,028	A		
Ellipticité	Marseille	28	0,362±0,017	A	8,995	P < 0,001
	Mahdia	35	0,342±0,014	B		
	Chétaïbi	57	0,346±0,022	B		
	Oran	16	0,357±0,019	B		
	Gabès	57	0,334±0,028	B		

2.3.2. Descripteurs de Fourier

L'analyse factorielle discriminante utilisant les descripteurs de Fourier nous a permis de distinguer trois groupes (fig. 3. 11) (Wilks's lambda = 0,079; $P < 0,001$). Le premier est représenté par Marseille, le second contient Oran et le troisième regroupe les trois autres localités (Chétaibi, Mahdia, Gabès). Le taux de bon reclassement global (tab. 3. 8) est de 59,8 %. Celui propre à chaque population est de 56,14% pour les individus de Chétaibi, de 38,88% pour ceux provenant de Mahdia, de 37,5% pour ceux provenant d'Oran, 75% pour ceux provenant de Marseille et de 52,63 % pour ceux issus de Gabès.

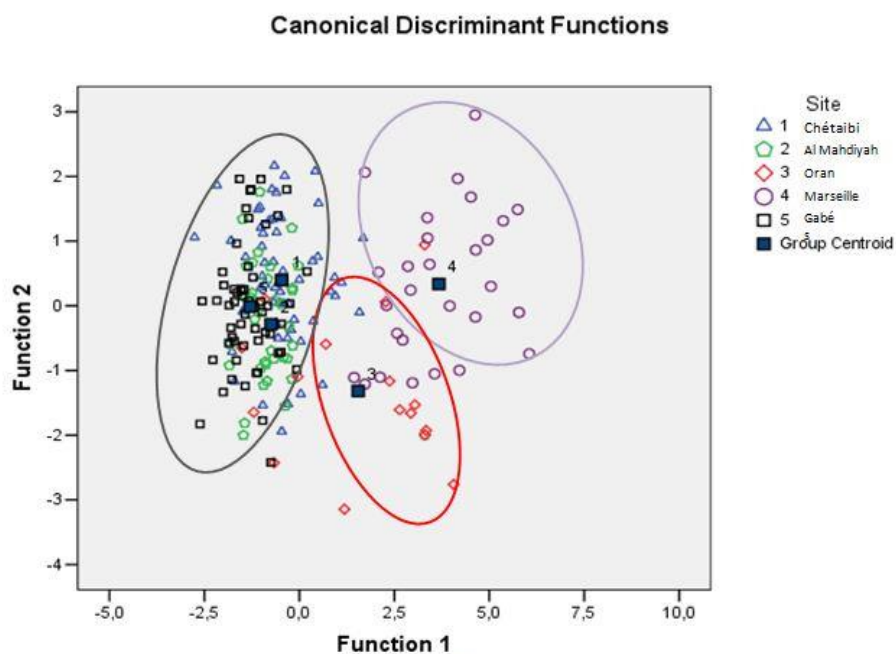


Figure 3. 11. Représentation graphique de l'analyse factorielle discriminante utilisant les descripteurs de Fourier.

Tableau 3. 8. Données sur l'appartenance des individus aux différents groupes et leurs pourcentages.

	Appartenance prédite à un groupe					Total	%
	Chétaibi	Mahdia	Oran	Marseille	Gabès		
Chétaibi	32	11	4	0	10	57	56.14
Mahdia	11	14	1	0	10	36	38.88
Oran	2	3	6	4	1	16	37.5
Marseille	1	0	6	21	0	28	75
Gabès	12	15	0	0	30	57	52.63

3. Discussion

La morphologie de la saupe *S. salpa* n'a été étudiée que par BAYHAN et KARA (2015) dans la baie d'Izmir en Turquie, où seules quelques relations métriques ont été recherchées. Cependant, la différenciation des populations de cette espèce n'a jamais été abordée, ni en Méditerranée ni en Atlantique. Ainsi, cette étude est originale, aussi bien par son approche qui utilise trois outils morphométriques différents, que par la rareté des données sur l'espèce considérée.

L'analyse factorielle discriminante utilisant différentes relations métriques qui considèrent 13 paramètres descriptifs, nous a permis de séparer les 5 échantillons obtenus (Marseille, Oran, Chétaibi, Mahdia, Gabès) en trois groupes. L'échantillon marseillais constitue le premier groupe, celui d'Oran forme un second groupe et le troisième groupe englobe les individus provenant de Chétaibi, Mahdia et Gabès.

La comparaison des valeurs moyennes des neuf caractères numériques comptés chez les 5 échantillons prélevés (test *t* de Student) et le calcul du coefficient de différence (C.D.), montrent qu'il existe des différences raciales pour le nombre de branchiospines supérieures concernant les couples d'échantillons suivants: Chétaibi/Gabès, Chétaibi/Marseille, Oran/Gabès et Oran/Marseille. Le nombre des écailles sur la ligne latérale différencie au niveau racial les couples suivants: Chétaibi/Oran, Mahdia/Oran et Mahdia/Marseille. Ces disparités atteignent un niveau de différence sub-spécifique concernant le nombre d'écailles sur la ligne latérale et le nombre d'épines sur la nageoire anale en comparant Marseille aux autres populations. Il en est de même entre Chétaibi et Mahdia. Un autre cas de différence sub-spécifique est observé en comparant le nombre d'écailles sur la ligne latérale entre Marseille et Chétaibi.

Par la morphogéométrie, une nette différence est mise en évidence entre Chétaibi, Mahdia et Oran d'une part, Marseille et Gabès d'autre part. Une étude antérieure visant la différenciation morphologique et génétique du sar à tête noire *Diplodus vulgaris* sur les côtes Tunisiennes (KAOUACHE *et al.*, 2013) a montré un éloignement entre la population de Gabès et le reste des populations considérées, entre autres celle de Mahdia, ce qui s'accorde avec nos résultats. Cette incohérence de structuration spatiale pourrait être expliquée par les conditions environnementales locales, notamment la pollution enregistrée au niveau du golfe de Gabès et du littoral de Marseille (GILLES *et al.*, 1978; GUILLAUMONT *et al.*, 1995) et qui pourraient impacter la morphologie des poissons. En effet, les conditions de stress auxquelles sont soumis les individus entre autres, la pollution, et les conditions d'alimentation défavorables pourraient être à l'origine des différences observées. Par ailleurs, il est connu que les eaux

côtières du Golfe de Gabès sont relativement fraîches, se rapprochant des températures qui prévalent sur les côtes de Méditerranée nord-occidentale. Cette situation pourrait expliquer la proximité morphologique des saupes issues de ces deux localités.

Les otolithes sont utilisés dans un large éventail d'études, tels que l'identification des espèces (AGUIRRE et LOMBARTE 1999; PARMENTIER *et al.*, 2001), et peuvent varier au sein d'une même espèce en fonction de la taille du poisson ou de l'habitat (BEGG *et al.*, 2001; STRANSKY et MACLELLAN, 2005; HÜSSY 2008; BOUDINAR *et al.*, 2015). Plusieurs études ont également montré que l'analyse de la forme des otolithes permet la discrimination entre stocks de poissons locaux en fonction des facteurs écologiques (SMITH, 1992; FRIEDLAND & REDDIN, 1994; BOLLES & BEGG, 2000; CARDINALE *et al.*, 2004). Les influences environnementales sont susceptibles d'être à l'origine de l'apparition des différences observées. La température de l'eau et la salinité sont des facteurs clés qui influencent les propriétés physiologiques des poissons et le processus de biominéralisation des otolithes. Ainsi, la croissance des otolithes est étroitement liée à la physiologie des poissons et leur métabolisme et peuvent ainsi influencer les différences morphologiques entre les otolithes (BANG & GRØNKJÆR, 2005; STRANSKY *et al.*, 2008). Dans notre étude, les résultats obtenus par l'analyse factorielle discriminante, utilisant les descripteurs elliptiques de Fourier appliqués aux otolithes, donnent un pattern différent de celui observé en utilisant la morphologie somatique. L'échantillon provenant de Marseille constitue un premier groupe, celui provenant d'Oran constitue le deuxième et le troisième groupe englobe les populations provenant de Chétaibi, Mahdia et Gabès. Des différences similaires au sein d'une même espèce ont été observées par BOUDINAR *et al.*, (2015) en comparant des populations d'athérines *Atherina boyeri* dans différents habitats, marins et lagunaires des côtes Est de l'Algérie, en combinant comme ici, la morphologie somatique et la forme des otolithes. MESSAOUD *et al.*, (2011) a mené une étude otolithométrique dans le but d'étudier l'hétérogénéité des stocks d'anchois dans trois sites de la côte tunisienne (lagune de Bizerte, Korba, Ile de Zembra). L'analyse a mis en évidence une nette séparation des différentes populations étudiées. Ceci démontre le pouvoir discriminant de cet outil.

Dans cette étude, en combinant la biométrie somatique, la forme du corps et celle des otolithes, nous avons démontré l'existence d'au moins trois populations différentes de *S. salpa* en Méditerranée, avec des différences Nord/Sud et Sud-Est/Sud-Ouest de cette mer. Cependant, le nombre différent de populations discriminées (2 avec la morphogéométrie et 3 avec la biométrie et la forme des otolithes) pourrait renseigner sur la force relative de ces outils dans la recherche d'éventuelles structurations géographiques ou habitat-dépendante de

cette espèce. Il pourrait également refléter une réponse (ou une indifférence) spécifique des paramètres mesurés selon la nature du facteur environnemental agissant. Des différences morphologique suivant la répartition géographique et l'habitat ont été observées chez d'autres espèces en utilisant des outils biométriques, comme chez la daurade *Sparus aurata* (CHAOUI *et al.*, 2009; 2012), le loup *Dicentrarchus labrax* (KARA & FREHI, 1997; BAHRI-SFAR & BEN HASSINE 2009) et le marbré *Lithognathus mormyrus* (HAMMAMI *et al.*, 2011, 2013). Ces phénotypes pourraient avoir un déterminisme génétique lié à l'état et au niveau de connectivité écologique entre les stades de vie de ces poissons (LEMAIRE *et al.*, 2000; CHAOUI *et al.*, 2012).

Compte tenu des résultats que nous avons obtenus, des investigations plus approfondies, impliquant des outils de biologie moléculaire, doivent être menées afin de vérifier l'hypothèse d'une structuration géographique de *S. salpa* en Méditerranée, et éventuellement entre la Méditerranée et l'Atlantique. Les conclusions à obtenir seraient définitives et auraient un intérêt indéniable dans la gestion des stocks de pêche de cette espèce et dans les programmes de conservation à mettre en oeuvre.

CHAPITRE IV

DEMOGRAPHIE, AGE, CROISSANCE ET MORTALITES DE SARPA SALPA DES CÔTES D'ANNABA

DÉMOGRAPHIE, ÂGE, CROISSANCE ET MORTALITÉS

Introduction

L'étude des caractéristiques biologiques des populations animales requiert le plus souvent l'utilisation de données d'âge, afin de pouvoir replacer l'apparition et les manifestations des faits analysés dans le temps et la vie des individus. La détermination de l'âge est donc un préalable dont on ne peut se passer dans les études de dynamique des populations. Ainsi, il nous est apparu nécessaire de rappeler ici les principales méthodes mises en oeuvre dans ce but chez les poissons.

Chez les poissons, plusieurs pièces anatomiques peuvent servir à estimer l'âge des individus, notamment les écailles, les otolithes, ou encore les os operculaires ou les vertèbres. Ces pièces rendent compte de la croissance de l'animal sous forme de dépôts successifs, dont le nombre et la disposition permettent de déduire l'âge de l'individu. Cependant, comme le rappelle SYCH (1971), l'estimation de l'âge des poissons nécessite une prise de décision de la part du lecteur, ce qui induit un risque d'erreurs. Entre l'âge réel du poisson et l'âge déterminé, cet auteur fait apparaître trois sources d'erreurs potentielles dont une, la première, ne dépend pas du lecteur mais du matériel biologique: (1) un défaut dans le codage naturel de l'information, comme par exemple l'absence du premier annulus ou la présence de "faux anneaux", (2) une mauvaise lecture du matériel biologique, le lecteur étant en effet susceptible de mal compter le nombre d'annuli visibles, ou de ne pas déceler un défaut naturel de l'écaille, (3) un mauvais traitement de l'information pouvant introduire un biais de plus ou moins un an dans l'estimation de l'âge. En effet, il faut tenir compte des dates de prélèvement des écailles et d'apparition de l'anneau, afin de pouvoir éventuellement corriger l'information brute "nombre d'anneaux".

Des méthodes dites "indirectes" permettent aussi de définir le nombre de groupes d'individus composant un échantillon de poissons. Ces cohortes sont déduites des structures en tailles. Cette approche est la seule alternative pour déterminer l'âge chez les espèces dont les marques d'arrêt de croissance ne s'inscrivent pas, ou s'inscrivent mal, sur les pièces osseuses, ce qui rend impossible la lecture de l'âge. Examinées par strates bathymétriques et géographiques, les structures en âge permettent aussi de préciser la distribution spatiale des

cohortes par sexe. Il est alors possible d'interpréter d'éventuels comportements de ségrégation ou de migration ontogénique dans une population (HARDEN, 1968).

La dynamique des populations de saupes reste insuffisamment connue en Méditerranée, notamment en Afrique du nord. Les données disponibles concernent les mers Adriatique (MATIC-SKOKO et al., 2004; PALLAORO et al., 2008) et Tyrrhénienne (CRISCOLI et al., 2006). Nous avons donc consacré ce chapitre à la composition démographique et à l'étude du développement somatique des saupes des côtes de l'Est algérien. Les descripteurs utilisés dans ce but sont: (1) le sex-ratio et ses variations ontogéniques et temporelles, (2) la croissance absolue à travers l'âge par deux méthodes, directe en utilisant la scalimétrie et indirecte, (3) la croissance relative.

1. Matériel et méthodes

1.1. Structure démographique et sex-ratio

Afin de décrire la composition de la population de saupes présente dans la région d'Annaba, nous avons commencé par représenter les effectifs de cette espèce par classe de taille. Il s'agit en fait de l'application de la méthode de PETERSEN (1892). Cette méthode consiste à faire des hypothèses sur l'intervalle de temps qui sépare les différents pics d'une fréquence de taille; ces pics étant supposés représenter des groupes d'âge distincts, c'est-à-dire que chaque mode est assimilé à la moyenne d'une classe d'âge (effectif en fonction des centre de classes). Par ailleurs, nous avons apprécié la distribution temporelle mensuelle des différents composants de la population (mâles, femelles, immatures, hermaphrodites). Cette démarche est une approche du sex-ratio de l'espèce.

1.2. Etude de l'âge

De prime abord, notre démarche a été d'utiliser les otolites comme moyen d'âge, comme l'ont fait tous les auteurs consultés, aussi bien en Atlantique (VAN DER WALT et BECKLEY, 1997; MENDEZ-VILLAMIL et al., 2002; PAIVA et al., 2016) qu'en Méditerranée (CRISCOLI et al., 2006; PALLAORO et al., 2008). Différentes techniques de préparation (immersion dans différents liquides: eau, différentes huiles, brulage, ponçage) et d'observation (lumières transmises, réfléchies), ont été utilisées sans succès. La difficulté de lecture est liée essentiellement à leur opacité et à la présence de nombreux anneaux

discontinus qui ne semblent pas liés à des événements annuels. Nous nous sommes donc tournés vers les écailles qui seront considérés exclusivement dans ce qui suit.

1.2.1. Ecailles et scalimétrie

Les écailles font partie du squelette superficiel des poissons au même titre que les rayons des nageoires (MEUNIER, 1988). Leur prélèvement étant aisé, nous avons tenté de déterminer l'âge des poissons par scalimétrie.

1.2.1.1. Prélèvement, stockage et examen des écailles

Le prélèvement des écailles s'est effectué sur un échantillon de 756 individus de longueur totale comprise entre 6,8 et 33,9 cm dont 146 males ($16,2 \text{ cm} \leq L_t \leq 28,3 \text{ cm}$; $58,87 \text{ g} \leq P_t \leq 340 \text{ g}$) et 108 femelles ($17 \text{ cm} \leq L_t \leq 33,9 \text{ cm}$; $60,35 \text{ g} \leq P_t \leq 550 \text{ g}$). Nous avons effectué notre prélèvement au même endroit, sous la nageoire pectorale gauche lorsqu'elle est rabattue. Ce choix est justifié par l'existence à ce niveau d'écailles dépourvues de "cal". En effet, ces dernières sont relativement protégées des agressions externes et donc peu fréquemment arrachées.

Au moins une dizaine d'écailles sont prélevées sur des individus dont la longueur totale est mesurée au millimètre près (aucune anomalie de la nageoire caudale n'est observée) et dont le poids est déterminé au gramme près. Elles sont nettoyées à l'aide d'une petite brosse à dents dans une eau javellisée, puis rincées à l'eau de robinet et placées à sec entre deux lames porte objets pour être examinées ultérieurement.

1.2.1.2. Lecture de l'âge

La lecture de l'âge et la mesure du rayon total de l'écaille (R) et des rayons correspondants aux différents anneaux d'arrêt de croissance (R1, R2,..., Rn) ont été faites en suivant une ligne verticale partant du nucleus. Le dispositif d'observation employé est composé d'une caméra numérique à haute résolution (Infinity Lite 0,5X) montée sur une loupe binoculaire. L'ensemble est connecté à un écran de PC à haute résolution (24'') et un ordinateur équipé du logiciel de Traitement Numérique des Pièces Calcifiées (TNPC5) (FABLET et OGOR, 2005) (fig. 4. 1). Les différentes mesures et la quantification de l'âge ont été prises avec une précision de 0,001 mm.



Figure 4. 1. Dispositif d'observation et de mesure utilisé pour la lecture de l'âge à l'aide du logiciel TNPC.

Pour la notation de l'âge, nous nous sommes inspirés du travail de MAN-WAI et QUIGNARD (1984) qui considèrent qu'un poisson avec une marque d'arrêt de croissance sur l'écaille ou sur l'otolithe appartient à la classe d'âge 1^+ . Cet anneau correspond généralement à la période de ralentissement de la croissance somatique. Bien évidemment, la connaissance de la date de capture et la période de reproduction sont nécessaires pour déterminer la date de formation et d'apparition des anneaux d'arrêt de croissance (GORDOA *et al.*, 2000). L'estimation de l'âge sur les écaillies photographiées a été faite par trois lecteurs indépendants. La précision d'estimation de l'âge entre les trois lecteurs a été testée par le calcul de l'indice du pourcentage moyen d'erreur ou *index of average percent error* (IAPE) (BEAMISH et FOURNIER, 1981) et le coefficient de variation (CV) (CHANG, 1982):

$$IAPE = 100 \times \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|Y_{ij} - \bar{Y}_j|}{\bar{Y}_j} \right)$$

$$CV = 100 \times \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(Y_{ij} - \bar{Y}_j)^2}{R-1}}}{\bar{Y}_j}$$

où:

N: nombre de poissons âgés

R: nombre d'estimations d'âges répliqués par poisson

Y_{ij} : $i^{\text{ème}}$ détermination d'âge du $j^{\text{ème}}$ poisson

\bar{Y}_j : âge moyen du $j^{\text{ème}}$ poisson.

1.2.1.3. Relation entre la longueur totale du poisson et le rayon de l'écaille

Afin d'estimer l'âge des poissons au moyen de la scalimétrie, il faut d'abord vérifier si l'écaille croît uniformément avec la longueur du corps. Sur la base de cette relation, nous pouvons aussi estimer la taille des alevins lors de l'apparition des premières écailles sur le corps.

Le rayon de l'écaille (R_t) est mesuré suivant l'axe antéro-médian. Pour connaître le mode d'association de ce dernier avec la longueur du poisson, nous avons calculé le coefficient de corrélation " r " entre le rayon de l'écaille et la longueur totale du poisson. Par la méthode des moindres carrés, nous avons déterminé l'équation de la droite de régression représentative de tous les points à partir de 756 couples de données (L_t) selon l'expression suivante:

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

L_t : longueur totale du poisson (mm).

R : rayon total de l'écaille du poisson (mm).

a : pente de la droite de régression.

b : ordonnée à l'origine qui correspond à longueur du poisson à l'apparition des premières écailles.

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

1.2.1.4. Croissance marginale des écailles et périodicité du dépôt des anneaux d'arrêt de croissance

Compte tenu de l'importance de la périodicité du dépôt des anneaux, qui conditionne à travers la connaissance de l'âge celle de presque toute la biologie de l'espèce, il nous a paru essentiel de suivre et de préciser ce processus. La croissance des écailles correspond à une stratification progressive de matière calcifiée (BERTIN, 1958).

Le suivi de l'évolution de l'accroissement ou l'allongement marginal (AM) de l'écaille permet de préciser, indifféremment des âges, la période de formation de l'anneau d'arrêt de croissance. Ces variations temporelles ont été également suivies, afin de mettre en évidence d'éventuelles périodes de ralentissement de la croissance. Cet accroissement marginal s'exprime par la relation:

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

R: rayon total de l'écaille

R_n : rayon du dernier anneau

R_{n-1} : rayon de l'avant dernier anneau

La chronologie de l'apparition des anneaux d'arrêt de croissance est déterminée par la mesure de leur accroissement marginal (AM) et son suivi mensuel. Cet allongement correspond à la distance entre le dernier anneau de faible croissance, auquel nous donnerons la valeur "n", et le bord antérieur de l'écaille. Il est maximal immédiatement avant la formation du $(n+1)^{\text{ème}}$ anneau, nul pendant celui ci, puis correspond à la plus faible des valeurs observées juste après la formation du $(n+1)^{\text{ème}}$ anneau, c'est à dire au moment de la reprise de la croissance. L'anneau d'arrêt de croissance ou "annulus" n'est considéré que lorsqu'il constitue une marque continue faisant le tour de l'écaille (MEUNIER, 1988). Dans notre cas, la croissance marginale a été suivie pendant un cycle annuel.

1.2.1.5. Détermination de l'âge par le rétro calcul (Méthode de Lea)

Après avoir démontré l'existence d'une relation linéaire entre le rayon de l'écaille et la longueur totale du poisson, l'âge est rétro-calculé par la méthode de LEA (1910) dont le principe est le suivant: chaque fois qu'une zone de moindre croissance s'inscrit sur l'écaille, la distance du nucléus à cette zone est proportionnelle à la longueur du poisson lors de la formation de cette dernière. Si e_i représente le rayon de l'écaille à l'époque i de formation du $i^{\text{ème}}$ anneau, la taille du poisson atteinte à cette époque (l_i) lui est reliée par l'expression:

$$l_i / e_i = L / E \quad \text{d'où } l_i = L \cdot (e_i / E) \quad \text{avec:}$$

l_i : longueur du poisson (en cm) à un instant donné

e_i : rayon (cm) de l'écaille à l'instant i

L: longueur (cm) mesurée au moment de la capture

E: rayon (cm) de l'écaille au moment de la capture.

Ces différentes longueurs sont mesurées sur les écailles des mâles et des femelles possédant au moins un anneau. Leur moyenne par âge va nous permettre de déduire le profil

de la croissance antérieure. Ainsi, par une simple règle de trois, il est possible de calculer la position des anneaux sur l'écaille et la longueur que devait avoir le poisson au moment de l'apparition de chacun d'entre eux.

LEE (1912) pense que le raisonnement de LEA (1910) n'est pas représentatif de la réalité. En effet, le poisson a déjà une certaine taille lorsque l'écaille apparaît. LEE reprend donc l'équation de LEA à laquelle il adjoint un terme correctif "b". Cette variable correspond à l'ordonnée à l'origine de la droite de régression qui exprime la relation entre le rayon de l'écaille et la longueur du poisson. Ainsi, l'équation ci-dessus devient :

$$l_i = L. (e_i / E) + b$$

1.3. Modélisation de la croissance

Selon la définition de NIKOLSKI (1963), la croissance résulte de la consommation de nourriture, de son assimilation et par conséquent de la construction du corps. En matière d'analyse des populations, il est intéressant de pouvoir décrire par une expression mathématique la croissance des animaux aquatiques. Il faut essentiellement une expression facile à incorporer dans les équations de rendement et conforme aux données observées sur la taille aux différents âges.

Il existe plusieurs équations de croissance, mais aucune d'elles ne peut donner entièrement satisfaction pour toutes les situations. En vérité, il serait bien surprenant qu'une équation simple puisse toujours décrire la croissance même d'un seul animal aquatique durant la majeure partie de sa vie, si l'on songe aux différences considérables pouvant exister en matière de disponibilité alimentaire, d'épuisement consécutif au frais, etc.

Dans ce contexte, l'étude de la croissance est envisagée dans un but descriptif et prédictif. Il s'agit dans un premier temps d'exprimer de manière continue la variation de la longueur et du poids des individus en fonction de leur âge, en ajustant une fonction mathématique connue aux données observées. Dans un second temps, les équations ainsi obtenues peuvent servir à comparer la croissance de populations issues de milieux différents.

1.3.1. Croissance linéaire absolue

Deux modèles mathématiques sont habituellement employés pour exprimer la croissance des poissons: le modèle de GOMPERTZ et le modèle de VON BERTALANFFY. Le premier est connu pour décrire d'une manière satisfaisante la croissance d'un poisson tout au long de son existence. Cependant, sa formulation mathématique le rend peu commode lors

de son intégration dans d'autres modèles concernant la dynamique des populations de poissons (modèles pour l'estimation de la production notamment). Ainsi, on préfère généralement le modèle de VON BERTALANFFY (1938) qui est fondé sur des considérations biologiques théoriques relatives au métabolisme des organismes. Ainsi, la croissance d'un organisme peut être considérée comme la résultante des réactions simultanées de facteurs antagonistes, l'anabolisme et le catabolisme. Ce modèle dont l'emploi est souple est largement répandu en biologie des pêches. Usuellement, c'est celui de BERTALANFFY (1938) qui s'adapte le mieux pour exprimer la croissance individuelle en longueur et en masse. Cependant, il faut noter que la fraction pré-recrutée (juvéniles et larves) est mal décrite par cette méthode, mais ceci ne constitue pas un inconvénient dans notre cas car les données utilisées ne concernent que des poissons âgés au minimum d'un an. Généralement, le développement mathématique aboutit à l'expression finale qui représente l'équation de croissance linéaire absolue:

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

où

L_t (cm): longueur totale à l'instant t .

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

K : taux de croissance.

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

t : âge (en années).

La détermination des paramètres L_∞ , K et t_0 est réalisée par la méthode de FORD-WALFORD (1946), en utilisant le programme FISAT II (version 1.2.2) (GAYANILO et al., 1996). Pour comparer les paramètres de croissance obtenus dans différentes localités, nous avons utilisé l'indice de performance de croissance de MUNRO et PAULY (1983) qui s'écrit comme suit : $\phi = \log K + 2 \log L_\infty$.

Compte tenu du fait que *S. slapa* est hermaphrodite protérandrique, et qu'elle présente une inversion sexuelle, l'étude de la croissance n'a pas considéré les sexes séparés, comme recommandé par WALT et BECKLEY (1997).

1.3.2. Croissance relative ou relation taille-poids

L'expression mathématique de la croissance relative permet, pour sa part, de connaître l'embonpoint des poissons (RICHTER et al., 2000) et constitue une donnée nécessaire pour l'estimation des biomasses des poissons et l'analyse des changements ontogénétiques (SAFRAN, 1992) et différents aspects de la dynamique des populations. La croissance relative s'applique dans divers domaines de la biologie, de la physiologie, de l'écologie et dans la gestion des ressources halieutiques. Ses variations mensuelles peuvent nous renseigner sur l'activité sexuelle, notamment sur la période de reproduction. Dans les sciences halieutiques, cette croissance permet d'estimer le poids à partir de la taille (BEYER, 1991), le poids à partir de l'âge (PETRAKIS et STERGIU, 1995) et d'exprimer l'équation de la croissance linéaire en croissance pondérale (PAULY, 1993). Elle permet aussi de distinguer l'histoire de vie et la morphologie d'une espèce à une autre et entre les populations des différents habitats et/ou régions (GONÇALVES et al., 1997).

D'une manière générale, la croissance relative permet de vérifier l'existence d'une corrélation liant le poids à la taille du poisson et de modéliser cette relation. Si le poisson garde la même forme générale et le même poids spécifique durant toute son existence, son poids sera proportionnel au cube de sa longueur suivant la formule suivante :

$$P = a L^b \quad \text{où :}$$

P (g): poids éviscéré.

L (cm): longueur totale.

a: constante.

b : coefficient d'allométrie.

Les paramètres "a" et "b" sont déterminés par le programme Fishparm (version 1.2.2) (GAYANILO et PAULY, 1996). Cette équation peut être Linéarisée par transformation logarithmique des données:

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

L'ajustement de ce modèle linéaire aux données longueur-poids observées est réalisé par la méthode des moindres rectangles. La valeur de coefficient b est comparée statistiquement à $b_0 = 3$ au seuil $\alpha = 5\%$, 1% et $0,1\%$ à l'aide du test de Student (DAGNELIE, 1975) selon la formule suivante:

$$t_{obs} = \frac{\left(|b^2 - b_o^2| \cdot \sqrt{n-2} \right)}{\left(2b \cdot b_o \sqrt{1-r^2} \right)}$$

n: effectif.

b: pente.

r: coefficient de corrélation.

b₀: 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 degrés 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 ici le poids éviscéré P_e .

1.3.3. Croissance pondérale absolue

Connaissant les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy et le coefficient d'allométrie b , nous avons calculé le poids théorique pour chaque groupe d'âge. L'équation de la croissance pondérale absolue s'écrit de la manière suivante :

$$P_t = P_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^n$$

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

P_∞ (g): poids asymptotique ou poids théorique maximal.

K, t_0 sont identiques à ceux de l'équation de la croissance linéaire.

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

1.3.4. Estimation des mortalités et du taux d'exploitation

Le coefficient de mortalité totale (Z) est estimé par le modèle de Hoenig en utilisant le programme FiSAT II (GAYANILO *et al.*, 2005). L'équation empirique de DJABALI *et al.* (1993) est appliqué pour l'estimation de la mortalité totale (M). Cette équation, basée sur 56 stocks de poissons téléostéens méditerranéens, fournit une meilleure estimation de ce paramètre que le modèle largement utilise de PAULY (1980), basé sur 175 stocks halieutiques, mais qui n'inclut que cinq d'origine méditerranéenne. Le coefficient de mortalité par pêche (F) est déduit de l'équation $F = Z - M$. Une estimation du taux d'exploitation est obtenu par la relation $E = F/Z$.

2. Résultats

2.1. Structure démographique et sex-ratio

Sur un total de 756 individus échantillonnés, dont la longueur totale moyenne est de 18,92 cm, 146 étaient des mâles (19,32%; $16,2 \text{ cm} \leq \text{LT} \leq 28,3 \text{ cm}$; $58,8 \text{ g} \leq \text{WT} \leq 340 \text{ g}$), 108 des femelles (14,28%; $17 \text{ cm} \leq \text{TL} \leq 31,9 \text{ cm}$; $60,3 \text{ g} \leq \text{TW} \leq 550 \text{ g}$), 446 bisexués (58,9%; $13,6 \text{ cm} \leq \text{TL} \leq 27 \text{ cm}$; $48,2 \text{ g} \leq \text{TW} \leq 237 \text{ g}$) et 56 indifférenciés (7,4%; $6,8 \text{ cm} \leq \text{TL} \leq 18 \text{ cm}$; $4,2 \text{ g} \leq \text{TW} \leq 63,3 \text{ g}$). La figure 4. 2 montre la structure en tailles de la population échantillonnée en tenant compte du sexe. Le sex-ratio global F:M est 1:1,29. Le test χ^2 montre une différence significative par rapport à l'équilibre 1:1 (χ^2 : 4,37; $P < 0,05$). Pour des tailles inférieures à 13 cm, 100% des poissons sont indifférenciés. A partir de cette taille, des individus bisexués font leur apparition et dominant jusqu'à une longueur de 20 cm LT. Des mâles avec une nette dominance de la fraction testiculaire dans la gonade apparaissent entre 16 et 27 cm et tous les poissons de plus de 27 cm sont femelles. Une variation saisonnière du sex-ratio est mise en évidence (tab. 4. 1), avec des mâles qui dominant significativement en été ($\chi^2 = 15,69$; $P < 0,05$). L'évolution mensuelle du sex-ratio montre un déséquilibre en leur faveur en juin ($\chi^2 = 6,75$; $P < 0,05$) et en août ($\chi^2 = 6,75$; $P < 0,05$).

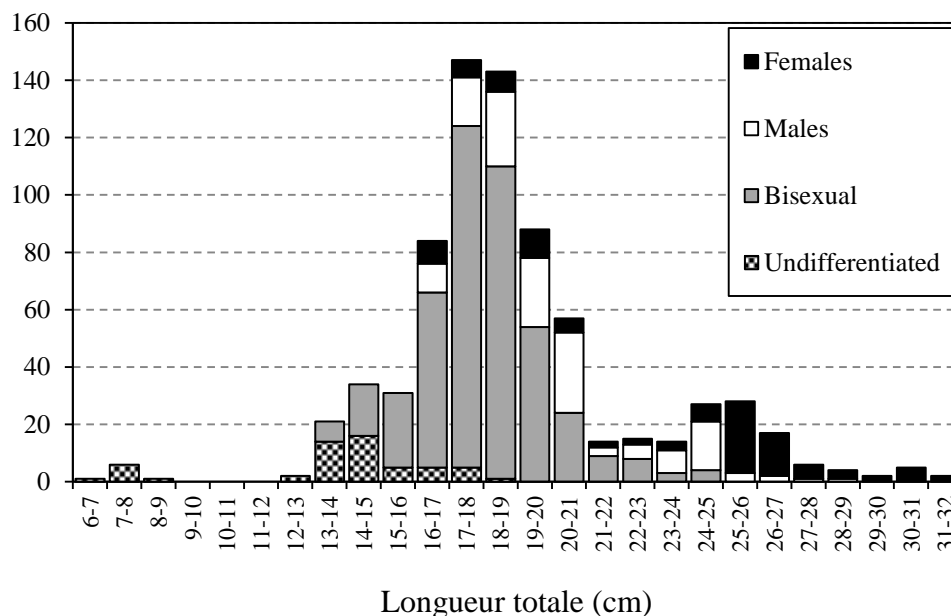


Figure 4. 2. Distribution des fréquences des tailles de *S. salpa* femelles, mâles, bisexuées et indifférenciées sur les côtes Est de l'Algérie.

Table 4. 1. Variations mensuelles et saisonnières du sex-ratio de *S. salpa* sur les côtes de l'Est algérien.

Saison/Mois	Mâles (%)	Femelles (%)	N	χ^2
Printemps	46.51	53.48	86	0.41
Mars	46.66	53.33	15	0.066
Avril	45.94	54.06	37	0.242
Mai	47.05	52.95	34	0.116
Eté	70.65	29.34	92	15.69***
Juin	68.75	31.25	48	6.75***
Juillet	57.14	42.86	14	0.284
Août	80.00	20.00	30	10.8***
Automne	46.34	53.65	45	0.21
Septembre	80.00	20.00	10	3.6***
Octobre	45.83	54.17	24	0.166
Novembre	54.54	45.46	11	0.09
Hiver	55.55	44.44	41	0.55
Décembre	58.82	41.18	17	0.528
Janvier	52.94	47.06	17	0.058
Février	0	100	7	7***

***P < 0.001

2.2. Description des écailles

Les écailles de la saupe sont cténoïdes et grossièrement quadrangulaires (fig. 4. 3). Quatre champs peuvent être déterminés sur l'écaille: antérieur, postérieur, latéral dorsal et latéral ventral. D'une écaille, seule la partie postérieure (ou apicale) est visible; le champ postérieur contient des ctenii (ou spinules) disposés radialement. Le champ antérieur se trouve caché sous l'écaille précédente, et présente un aspect triangulaire ayant pour sommet le nucleus (ou foyer). Il est constitué de circuli (ou crêtes concentriques) interrompus par des radii (ou crêtes radiales). Les champs latéraux présentent également des circuli, mais ceux-ci sont beaucoup plus marqués et en nombre moindre. Dans le champ antérieur, on note une organisation alternée des zones larges à circuli régulièrement espacés et des zones très étroites à circuli irréguliers, appelées anneaux de croissance.

De "faux anneaux" ou "false rings" sont parfois observés. Souvent, ils apparaissent au milieu d'une zone de forte croissance et proviennent normalement de difficultés physiologiques momentanées. Certains d'entre eux sont facilement repérables comme faux anneaux car ils sont peu marqués. Sur certaines écailles, le nucleus n'est plus visible. Le centre de l'écaille est occupé par un espace scaliforme granuleux appelé "cal". Il s'agit en fait d'une écaille régénérée et le "cal" a théoriquement la même grandeur que l'écaille avant son arrachement.

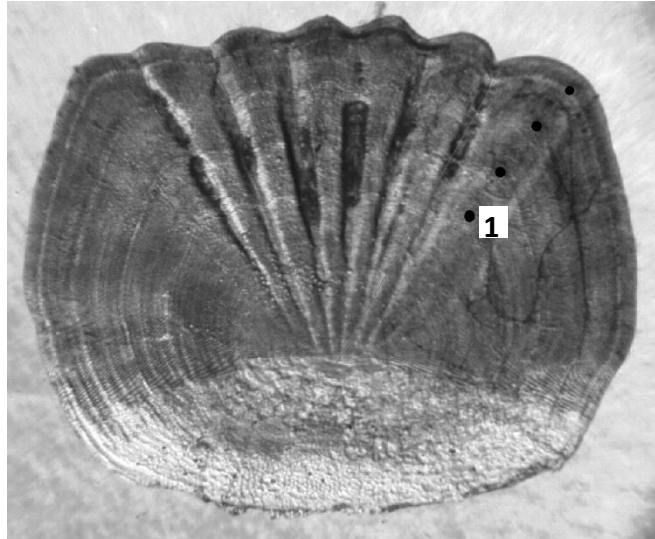


Figure 4. 3. Ecaille d'une saupe *S. salpa* de 30 cm LT, âgée de 4 ans, pêchée à Annaba.

Les points noirs indiquent l'emplacement des anneaux d'arrêt de croissance.

2.3. Détermination de l'âge

2.3.1. Relation entre la longueur totale du poisson et le rayon total de l'écaille

Le coefficient de corrélation entre la longueur totale du poisson (Lt) et le rayon de son écaille (R) est égal à 0,862 et montre une haute signification ($P \leq 0,001$), ce qui met en évidence une relation étroite entre ces deux paramètres et autorise le calcul rétrospectif des tailles aux différents âges. Cette relation est exprimée par l'équation de régression suivante:

$$Lt = 76,05 R - 29,73$$

La valeur de l'ordonnée à l'origine de cette équation (29,73 mm) correspond à la taille théorique de *S. salpa* lors de l'apparition de ses premières écailles.

2.3.2. Périodicité de la formation des anneaux d'arrêt de croissance

Les variations mensuelles de l'accroissement marginal des écailles (fig. 4. 4) indiquent que ses valeurs évoluent généralement autour de 0,4 cm et montrent une certaine homogénéité. Cependant, de ce point de vue, les mois de décembre et janvier sont différents ($P < 0,05$). L'accroissement marginal est maximum au moment de la formation de l'anneau d'arrêt de croissance en décembre et atteint son minimum juste après en janvier.

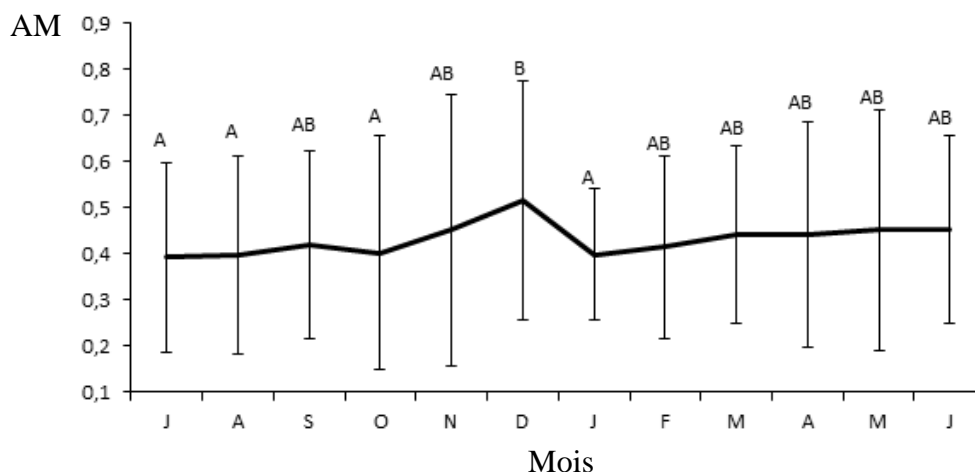


Figure 4. 4. Variations mensuelles de l'accroissement marginal (AM) des écailles de *S. salpa* des côtes de l'Est algérien. Les différentes lettres indiquent des différences significatives entre les valeurs mensuelles.

2.3.3. Détermination de l'âge individuel et des tailles rétro-calculées

La correspondance des lectures des écailles entre les trois opérateurs impliqués est relativement élevée et égale à 98%, avec des valeurs assez faibles de l'indice du pourcentage moyen d'erreur (IAPE = 0,02 %) et du coefficient de variation (CV = 0,02 %).

En tenant compte de la date de capture de chaque individu, de la date de la formation de l'anneau d'arrêt de croissance sur ses écailles et de la période de reproduction de l'espèce, nous avons pu définir par la lecture directe des écailles sept groupes d'âge, de 1 à 7 ans (tab. 4. 2). L'âge 1 est composé d'individus de 6 à 19 cm LT et l'âge 7 comprend des individus de 29 à 31 cm LT. Les âges 2 et 3 dominent nettement dans les captures (73,4%): 38,8% pour l'âge 2 et 34,5% pour l'âge 3. Le mâle le plus vieux a 5 ans et la femelle la plus âgée atteint 7 ans.

En tenant compte de la forte corrélation qui existe entre la longueur des poissons et les rayons de leurs écailles d'une part, et de la formation d'un seul anneau d'arrêt de croissance par an d'autre part, la longueur totale moyenne à la formation de chaque anneau d'arrêt de croissance est indiquée dans le tableau 4. 3 pour les âges 1 à 7 ans. A un an, la longueur totale observée est de 11,45 cm. Elle atteint 26,19 cm à l'âge de 7 ans, avec un taux de croissance linéaire annuel décroissant en général. Il passe de 11,45 cm au cours de la première année à 1,28 cm entre 6 et 7 ans. Les valeurs intermédiaires restent relativement faibles, entre 2,5 et 4 cm par an.

Tableau 4. 2. Clé âge-longueur de *S. Salpa*, mâles, femelles et sexes confondus sur les côtes Est de l'Algérie, basée sur la lecture directe des écailles.

LT (cm)	Age 1	Age 2				Age3				Age 4				Age 5				Age 6			Age 7		
	I	B	M	F	T	B	M	F	T	B	M	F	T	B	M	F	T	B	F	T	F	T	
6-7	1																						
7-8	6																						
8-9	1																						
9-10	0																						
10-11	0																						
11-12	0																						
12-13	2																						
13-14	14	7			7																		
14-15	16	15			15	3			3														
15-16	5	19			19	7			7														
16-17	5	47	7	7	61	14	3	1	18														
17-18	5	71	8	2	80	47	8	4	59	2	1		3										
18-19	1	51	15		65	54	12	8	72	5	0		5										
19-20		18	9		27	32	14	6	52	4	1	4	9										
20-21		8	7		15	6	16	3	25	11	5	2	17										
21-22		2	0		2	4	0	1	5	3	3	1	7										
22-23		1	0		1	3	2	0	5	4	3	2	9										
23-24		1	1		2	0	2	1	3	2	4	2	9		1		1						
24-25						1	2	1	7	1	10	5	16	1	5		6	1		1			
25-26								2	2	0	2	6	8		1	11	12		6	6			
26-27								3	3	1	1	3	5		1	7	9		2	2			
27-28															1	4	5		1	1			
28-29															1	2	3		1	1			
29-30																1	1		0	0	1	1	
30-31																4	4		0	0	1	1	
31-32																			2	2			
N	56	240	47	9	294	171	59	30	261	33	30	25	88	1	10	29	41	1	12	13	2	2	
LTm	13.82	17.47	18.69	17.31	17.7	18.35	19.56	20.62	18.99	20.75	22.96	23.62	22.46	24.9	25.5	27.16	26.9	24.5	27.13	26.93	29.85	29.85	
ES	2.88	1.63	1.45	1.94	1.68	1.43	1.83	3.04	2.07	2.14	2.15	2.5	2.7	-	1.54	1.81	2.14	-	2.16	2.19	1.06	1.06	
EWm	40.53	73.2	92.99	105.88	77.3	84.1	107.69	132.7	96.1	120.82	177.97	207.27	166.88	204.7	250.51	291.25	280.15	194.97	288.03	280.87	357.32	357.32	
ES	20.05	21.28	23.92	49	24.47	22.64	32.58	72.19	39.21	40	49.75	80.38	66.93	-	48.17	77.04	72.12	-	96.43	95.86	28.5	28.5	

LTm: longueur totale moyenne, SE: erreur standard, EWm: poids éviscéré moyen, I: indifférenciés, B: bisexués, M: mâles, F: femelles T: total.

Tableau 4. 3. Longueur totale (TL en cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance sur les écailles de *Sarpa salpa*, sexes confondus, des côtes de l'Est algérien

Age	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	TL6	TL7
I	N=56						
	M=11.555						
	DS=3.183						
II	N=294		N=294				
	M=12.564	M=16.257					
	DS=2.132	DS=2.286					
III	N=261		N=261		N=261		
	M=10.580	M=14.580	M=17.706				
	DS=2.004	DS=2.140	DS=2.289				
IV	N=89		N=89		N=89		
	M=10.674	M=14.765	M=18.317	M=21.075			
	DS=2.130	DS=2.245	DS=2.441	DS=2.522			
V	N=41		N=41		N=41		
	M=11.314	M=15.280	M=18.910	M=22.025	M=24.421		
	DS=2.226	DS=2.215	DS=2.413	DS=2.774	DS=2.876		
VI	N=13		N=13		N=13		N=13
	M=9.179	M=13.267	M=16.947	M=20.004	M=22.874	M=25.175	
	DS=2.370	DS=2.194	DS=2.608	DS=2.533	DS=2.594	DS=2.967	
VII	N=2		N=2		N=2		N=2
	M=10.234	M=13.162	M=15.868	M=18.787	M=21.015	M=23.202	M=26.194
	DS=1.573	DS=2.126	DS=2.533	DS=2.823	DS=2.802	DS=3.392	DS=3.983
Total	N=756		N=700		N=406		N=145
	M=11.450	M=15.321	M=17.928	M=21.216	M=23.940	M=24.912	M=26.194
	DS=2.383	DS=2.367	DS=2.380	DS=2.651	DS=2.894	DS=2.974	DS=3.983

N: nombre de poissons, M: longueur moyenne, DS: déviation standard, LT: longueur totale.

2.4. Modélisation de la croissance

2.4.1. Croissance linéaire absolue

Les couples âge-longueur obtenus par les deux méthodes ci-dessus (rétro-calcul et lecture directe des écailles) sont proches et se corroborent mutuellement. Cependant, nous avons préféré déterminer les modèles de croissance sur la base des résultats du rétrocalcul. Ces derniers ont l'avantage d'être plus précis et de s'affranchir des biais éventuellement dus à l'échantillonnage. Ainsi, la détermination des paramètres du modèle de Von Bertalanffy par la méthode Ford-Walford, nous a permis d'exprimer la croissance linéaire de *S. salpa* des côtes de l'est algérien par l'équation suivante:

$$LT = 27,61 (1 - e^{-0,41 (t)})$$

Cette équation nous donne les valeurs théoriques âge-longueur que nous avons comparés aux valeurs observées. La figure 4. 5 montre la similitude de la tendance des deux courbes et confirme l'applicabilité du modèle de Von Berthalanffy à la croissance de *S. salpa*. Notons cependant que la valeur de L_{∞} (27,61) est supérieure à la taille du plus grand poisson capturé (32 cm) est que la valeur de t_0 est nulle.

A un an, le gain de croissance linéaire annuel est de 11,4 cm et diminue rapidement au delà pour se stabiliser autour de 3,1 cm/an jusqu'à 6 ans. Entre 6 et 7 ans, l'accroissement annuel est de 1,2 cm. L'indice de performance de croissance de MUNRO et PAULY (1983), calculé pour la population totale, sexes confondus, est égal à 2,49.

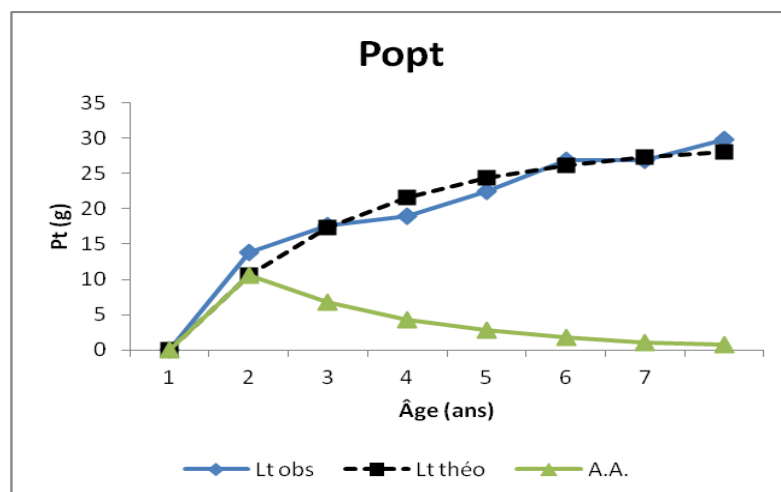


Figure 4.5. Croissances linéaires observée et théorique et accroissement annuel théorique chez la population totale de *Sarpa salpa* des côtes de l'est Algérien.

2.4.2. Croissance relative ou relation taille –poids

La relation entre la taille et le poids des poissons est d'abord établie globalement pour toute la population, sexes et saisons confondues, puis mensuellement. Globalement, les résultats mettent en évidence, au seuil $\alpha = 0,05$, une forte corrélation entre ces deux paramètres ($r = 0,98$) dont la dépendance semble établie. La croissance relative s'exprime par la relation:

$$Pe = 1,033 \cdot 10^{-2} \cdot LT^{3,017}$$

La comparaison statistique du coefficient d'allométrie de cette relation ($b = 3,017$) avec la valeur théorique ($b_0 = 3$), indique une croissance isométrique du poids par rapport à la longueur. Le suivi des variations mensuelles du coefficient d'allométrie (fig. 4. 6) et leur test statistique montrent que l'isométrie est la règle générale. Cependant, des cas d'allométrie minorante sont enregistrés en avril, juillet, novembre et février. Trois cas d'allométrie majorante sont mis en évidence pour les mois d'août, septembre et octobre.

Chez les mâles, $Pe = 1,789 \cdot 10^{-2} \cdot LT^{2,839}$ ($r = 0,97$). La comparaison statistique du coefficient d'allométrie avec la valeur théorique ($n = 3$), indique une croissance moins rapide du poids par rapport à la longueur, tandis que chez les femelles, la relation taille-masse $Pe = 1,034 \cdot 10^{-2} \cdot LT^{3,019}$ ($r = 0,96$) indique une croissance isométrique. Une différence significative existe entre les croissances relatives des mâles et des femelles (ANCOVA: $F = 10,62$; $P < 0,05$).

2.4.3. Croissance pondérale absolue

Connaissant les paramètres du modèle de Von Bertalanffy ($L_\infty = 29,25$ cm, $K = 0,45$, $t_0 = 0$) et le coefficient d'allométrie de la relation taille poids ($b = 3,017$), le modèle de croissance pondérale absolue s'écrit comme suit:

$$Pt = 230 (1 - e^{-0,41(t)})^{3,017}$$

Le poids asymptotique ($P_\infty = 230$ g) est nettement inférieur au poids maximal échantillonné. Le poids théorique correspondant à chaque âge est ainsi calculé et exprimé graphiquement dans la figure 4. 7. Théoriquement, à un an, lorsqu'elle mesure 11,4 cm, *S. salpa* des côtes d'Annaba pèse environ 9 g. Le gain de poids annuel augmente progressivement pour atteindre

120 g à 4 ans (LT moyen = 21,2 cm) et 193 g à 7 ans (LT moyen = 26,1 cm). Ces valeurs théoriques sont généralement plus faibles que les poids observés, révélés par la clé âge-longueur (tab. 4. 2). L'écart se creuse au fur et à mesure que l'âge avance, mais cette différence reste dans des proportions acceptables en valeur relative.

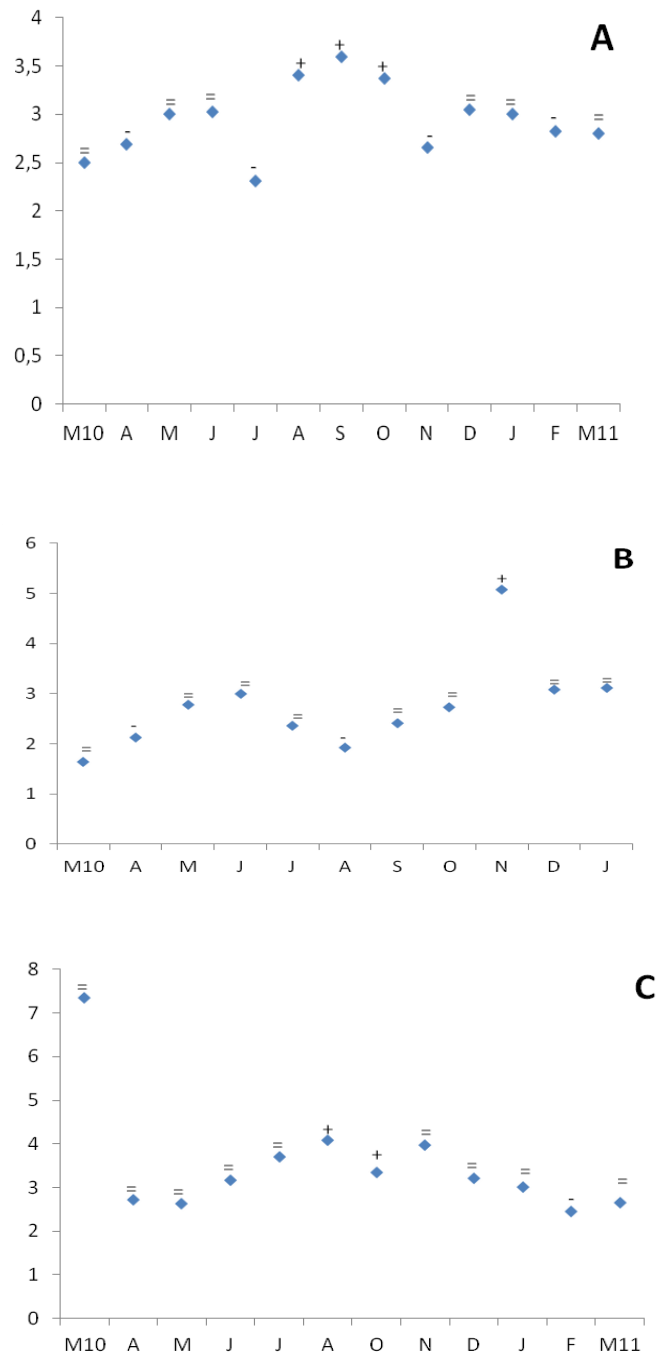


Figure 4. 6. Variations mensuelles du coefficient d'allométrie de la relation taille-poids chez la population totale (A), les femelles (B) et les mâles (C) de *S. salpa* des côtes de l'Est algérien.

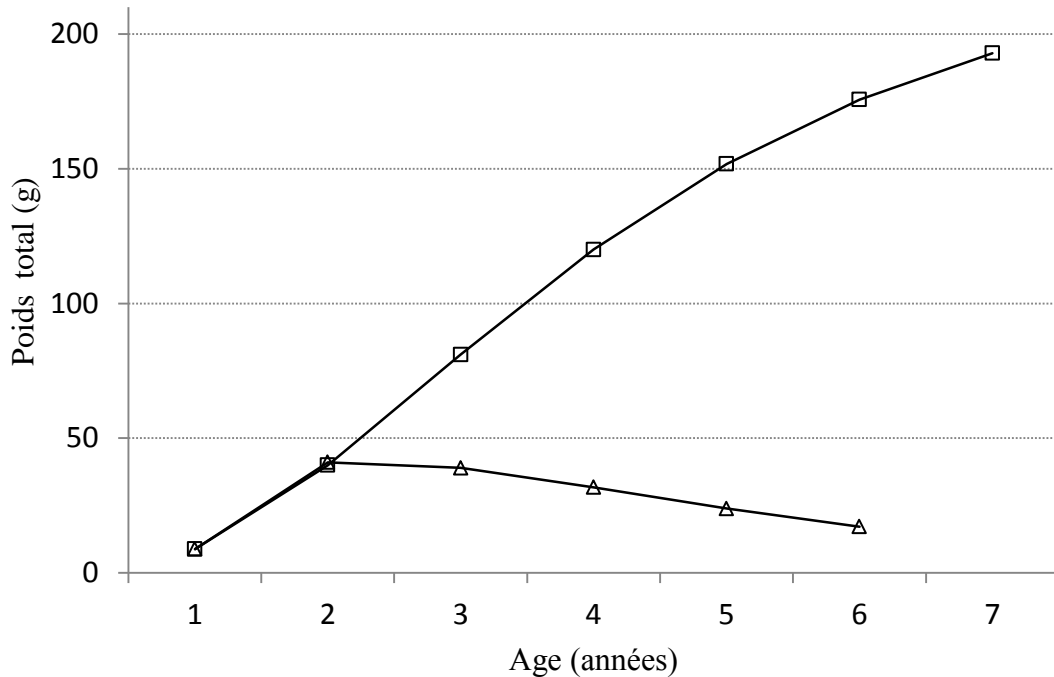


Figure 4. 7. Croissance pondérale théorique et taux de croissance pondéraux annuels de *S. salpa* des côtes de l'Est Algérien.

2.5. Estimation des paramètres de mortalité et d'exploitation

Seules les tailles pleinement recrutées sont considérées dans l'estimation de la mortalité totale dont la valeur est égale à 0,724. Les coefficients de mortalité naturelle (M) et par pêche (F) sont respectivement de 0,403 et 0,321. Le taux d'exploitation (E) est de 0,443.

3. Discussion

Le sex-ratio de la population de saupes des côtes de l'Est de l'Algérie est en faveur des mâles (1:1,29, $\chi^2 = 4,37$, $P < 0,05$). Le même ratio est obtenu dans la baie d'Izmir en Turquie (BAYHAN and KARA, 2015). Dans le centre-est de l'Adriatique, cette proportion est de 1:3,1 (PALLAORO *et al.*, 2008) et la population est composée de 66,9% de mâles, 23,3% de femelles et 0,6% d'individus bisexués. Le reste de la population (9,2%) est composé de poissons immatures appartenant au groupe d'âge 1, comme c'est le cas dans notre région. Les mâles dominent aussi dans le centre-est de l'Atlantique, dans l'Archipel des Canaries (1:0,31) (MENDEZ-VILLAMIL *et al.*, 2002). Dans le centre-ouest de l'Italie, le sex-ratio est équilibré

(CRISCOLI *et al.*, 2006), alors que sur les côtes portugaises il y a une femelle pour 0,73 mâles (PAIVA *et al.*, 2016). Le déterminisme des variations régionales du sex-ratio est difficile à trouver, tant que les méthodes et les périodes d'échantillonnage ne sont pas standardisées. En effet, nous avons démontré ici la singularité estivale du sex-ratio. L'approche de la saison de reproduction pourrait aussi influencer le comportement et la distribution de cette espèce.

Le profil de distribution de la fréquence des sexes en fonction des tailles, la présence d'individus avec des ovotestis et la prédominance de mâles avec de petites tailles, suggère que *S. salpa* est hermaphrodite protandre, ce qui a déjà été observé en Méditerranée (Sardinia, LISSIA-FRAU, 1966), à l'Est de l'Océan Atlantique (Archipel des Canaries, MENDEZ-VILLAMIL *et al.*, 2002) et à l'ouest de l'Océan Indien (Afrique du sud, Van der Walt and Mann, 1998). Le pourcentage d'individus hermaphrodites (58,9%) est plus élevé que les valeurs maximales enregistrées en Méditerranée (6,8%, CRISCOLI *et al.*, 2006) et en Atlantique (27,4%, PAIVA *et al.*, 2016). Les causes de ces différences ne seraient pas dues uniquement à un déterminisme individuel, mais pourraient aussi dépendre d'autres conditions environnementales et sociales (HAPPE and ZOHAR, 1988). L'inversion sexuelle intervient dans un large intervalle de tailles (16-27 cm) correspondant à des âges compris entre 3 et 7 ans, comme c'est le cas sur les côtes ouest d'Italie (24-31 cm LT, CRISCOLI *et al.*, 2006), sur les côtes portugaises (17,2-41,5 cm LT, Paiva *et al.*, 2016) et aux îles Canaries (22,1-38 cm LT, MENDEZ-VILLAMIL *et al.*, 2002). La présence d'individus hermaphrodites dans un large intervalle de tailles montre que la conversion sexuelle est un phénomène graduel et qui n'a pas lieu simultanément chez tous les individus mâles.

Cette étude est la première à démontrer l'intérêt d'utiliser les écailles dans la détermination de l'âge de *S. salpa*, et aussi la première à fournir des données sur la dynamique populationnelle de cette espèce dans le sud-ouest de la Méditerranée. Toutes les lectures d'écailles ont été comparées entre 3 opérateurs, afin de minimiser les erreurs associées à la subjectivité de cette opération. L'indice de pourcentage d'erreur moyen (IAPE: index of average percentage error) est estimé à 0,02%. Ce chiffre est bien inférieur à celui calculé pour les otolithes de cette espèce vivant sur les côtes Est de l'Afrique du sud (3,9%; WALT & BECKLEY, 1997), l'Archipel des Canaries (3,1%; MENDEZ-VILLAMIL *et al.*, 2002) et dans la région centre des côtes du Portugal (1,37%; PAIVA *et al.*, 2016), ce qui indique une bonne reproductibilité de la détermination de l'âge dans notre étude. Ce résultat montre aussi qu'il n'est pas nécessaire de recourir à l'otolithométrie, ce qui permet de

s'affranchir des traitements longs et coûteux qu'exige cette méthode. Cependant, il est à noter que toutes les études antérieures de l'âge de *S. salpa* se sont basées sur les otolithes, aussi bien en Méditerranée qu'en Atlantique (tableau 4. 4).

L'accroissement marginal des écailles montre qu'il ne se forme qu'un seul anneau d'arrêt de croissance par an, en Décembre, et devient apparent en Janvier. Ceci indique une discontinuité temporelle du développement somatique de cette espèce, caractérisée par un ralentissement hivernal lorsque la température de l'eau de mer est la plus basse de l'année dans le golfe d'Annaba (autour de 14°C, FREHI et al., 2007). Cette discontinuité est décrite par d'autres auteurs qui l'interprètent comme une réponse physiologique aux variations de température de la mer (MENDEZ-VILLAMIL *et al.*, 2002; CRISCOLI *et al.*, 2006; PAIVA *et al.*, 2016). Le mâle le plus vieux est âgé de 5 ans (28,3 cm LT) et la femelle la plus vieille est âgée de 7 ans (30,2 cm LT). L'âge maximum enregistré dans cette étude est similaire à celui donné par CRISCOLI *et al.*, 2006 (7 ans, 33 cm TL) sur les côtes centre de l'Italie, mais supérieur à celui obtenu sur les côtes Est de l'Afrique du Sud (6 ans, 27 cm LT) (WALT & BECKLEY, 1997) et inférieur à ce qui est trouvé en Mer Adriatique (15 ans, 44 cm TL) et les îles Canaries (11 ans, 45 cm LT) (MENDEZ-VILLAMIL *et al.*, 2002). Ces écarts seraient le reflet des critères différents utilisés dans l'interprétation des marques sur les otolithes employés dans les autres travaux. Les caractéristiques différentes de l'environnement et de l'habitat entre les différentes régions considérées pourraient également expliquer les différences dans la longévité et dans les profils de croissance. Par exemple, il est connu que dans les eaux relativement froides, les populations d'une espèce vivent plus longtemps que dans les eaux plus chaudes.

Le taux de croissance linéaire est relativement élevé durant la première année de vie (11,4 cm). Il est de 3,8 cm durant la seconde année, ensuite il se stabilise autour d'une moyenne de 2,8 cm entre la troisième et la cinquième année. Au-delà, il ne dépasse pas 1 cm/an. Dans l'archipel de Kornati, à l'Est de la Mer Adriatique, les juvéniles de saupe mesurent 11,59 cm à l'âge de 12 mois (MATIC-SKOKO *et al.*, 2004). Sur les côtes Centre-ouest de l'Italie, les individus nés en automne atteignent 5-6 cm LT en janvier et 12 cm LT en janvier de l'année suivante pour les individus nés au printemps (CRISCOLI *et al.*, 2006). Ces valeurs corroborent nos résultats.

La comparaison des longueurs observées et théoriques par âge permettent de confirmer que le modèle mathématique de von Bertalanffy décrit correctement la croissance de cette espèce dans le golfe d'Annaba. La faible valeur de L_{∞} (27,61 cm) par rapport à L_{max}

est probablement due au faible nombre d'individus dans les grandes tailles. L'indice de performance de croissance de MUNRO et PAULY (1983) est intermédiaire ($\Phi = 2,49$), comparé à ses valeurs obtenues ailleurs en Méditerranée: $\Phi = 2,59$ (Criscolli et al., 2006), $\Phi = 2,46$ (PALLAORO *et al.*, 2008) et en Atlantique: 2,69 aux îles Canaries (MENDEZ-VILLAMIL *et al.*, 2002), 2,45 en Afrique du Sud (VAN DER WALT and BECKLEY, 1997) et sur les côtes du Portugal (PAIVA *et al.*, 2016) (tableau 4. 4). Ces différences peuvent être expliquées par la diversité des habitats, le niveau de disponibilité alimentaire, les facteurs climatiques et les caractéristiques physico-chimiques de l'eau qui affectent directement la biologie des poissons.

Les relations entre la longueur et le poids des poissons montrent une allométrie de croissance négative chez les males ($b = 2,83$), une isométrie chez les femelles ($b = 3,019$) et dans la population entière, sexes confondus ($b = 3,017$). Ce dimorphisme sexuel est probablement la résultante du profil différent de la distribution des tailles des poissons, en raison de l'hermaphrodisme protandre. Une comparaison de ces valeurs est donnée dans le tableau 4. 4 où des différences géographiques sont observées. Ces variations sont attribuées à des différences dans l'âge et dans la maturité sexuelle entre les échantillons utilisés et/ou aux environnements qui leur sont associés (BAGENAL and TESCH, 1978).

Les valeurs des coefficients de mortalité indiquent que la population de *S. salpa* du golfe d'Annaba n'est pas soumise à une forte exploitation par la pêche ($E = 0,443$). Associées à des enquêtes indépendantes sur les pêcheries et à des données commerciales de prises par âge, toutes les informations fournies ici constituent une base pour une gestion holistique de cette espèce dans le sud-ouest de la Méditerranée.

Table 4. 4. Paramètres du modèle de croissance de Von Bertalanffy (L_{∞} , K, t_0), coefficient d'allométrie de la relation taille-poids (b) et indice de performance de croissance(φ) de *S. salpa* dans différentes localités méditerranéennes et atlantiques.

Localité	Sexe	Méthode	N	Intervalle d'âges (années)	b	L_{∞} (cm)	K	t_0	φ	Auteur
Afrique Sud-Est	M+F	O	575	0-6	-	22.44	0.55	-0.51	2.45	VAN DER WALT ET BECKLEY (1997)
Iles Canaries	M+F	O	960	0-11	3.011	48.0	0.21	-0.97	2.69	MENDEZ-VILLAMIL <i>et al.</i> (2002)
	F		267	0-11	2.957	49.7	0.20	-1.26	2.70	
	M		649	0-8	2.976	44.5	0.22	-1.02	2.65	
Italie Centre-Ouest	M+F	O	408	0-7	3,043	37.27	0.27	- 0.53	2.59	CRISCOLI <i>et al.</i> (2006)
Adriatique Centre-Est	M	O	505	1-9	3,00	33.11	0,51	- 0,39	2.747	PALLAORO <i>et al.</i> (2008)
	F		163	3-15	3,17	40.85	0,17	- 2,60	2.452	
	M+F		756	1-15	3,10	36.62	0,22	- 0,92	2.469	
Côtes portugaises	M+F	O	579	0-14	2.98	45.07	0.14	-1.43	2.45	PAIVA <i>et al.</i> (2016)
Algérie Est	M+F	S	756	1-7	3.017	27.61	0.41	0.00	2.495	Ce travail

M: mâles, F: femelles, H: hermaphrodites, O: otolithometrie, S: scalimetrie.

CHAPITRE V

**CONTRIBUTION A L'EVALUATION DE LA TOXICITE
DE LA SAUPE *SARPA SALPA* DES CÔTES D'ANNABA**

**CONTRIBUTION A L'ÉVALUATION DE LA TOXICITÉ
DE LA SAUPE *SARPA SALPA* DES CÔTES D'ANNABA**

Introduction

En Méditerranée, plusieurs espèces de poissons sont connues pour leur dangerosité. C'est le cas de la grande vive *Trachinus draco* qui possède un dard venimeux sur sa nageoire dorsale, de la rascasse rouge *Scorpaena scrofa* dont les nageoires sont pleines de rayons venimeux, de la raie fleurie *Leucoraja naevus* qui possède un aiguillon venimeux. La murène *Muraena helena* n'est pas venimeuse, mais elle peut mordre. Sa salive contient des sécrétions à action digestive, hémolytique et neurotoxique. Parmi les poissons exotiques, on peut citer le poisson lion *Pterois volitans* dont les 17 épines ultra venimeuses peuvent être fatales. D'autres espèces sont connues pour leur toxicité. Parmi les autochtones, il y a la saupe *Sarpa salpa* et parmi les allochtones, les Tetraodontidés *Lagocephalus sceleratus* (KARA et al., 2015) et *Sphoeroides pachygaster* (KARA et al., 2020), toutes les deux présentes en Algérie.

La saupe peut être à l'origine d'intoxications alimentaires avec syndromes hallucinatoires (ichthyoalleinotoxie). Ces propriétés hallucinogènes sont utilisées dans l'Océan pacifique par les Mélanésien et Polynésien lors de rites religieux. De telles utilisations étaient également décrites en Méditerranée durant l'empire Romain (DE HARO et POMMIER, 2006). Quelle que soit la région, les poissons responsables ne sont pas toxiques toute l'année, mais seulement durant quelques mois ou quelques semaines. Cette dernière notion fait suspecter le rôle de toxines d'algues ingérées par les poissons, et pullulant à certaines périodes. Les intoxications surviennent surtout lorsque le poisson pêché n'est pas immédiatement vidé de ses viscères contenant de grandes quantités d'algues. D'après DE HARO et POMMIER (2008), le tableau clinique est dominé par des signes neurologiques centraux: deux heures environ après le repas, les patients présentent vertiges, troubles de la coordination, perturbations de la sensibilité thermique au niveau buccale et pharyngé, cauchemars puis hallucinations visuelles et auditives, délire et agitation. Des troubles digestifs (nausées, vomissements, douleurs abdominales) sont possibles, mais ils sont modérés et peu fréquents. Il n'existe pas de traitement spécifique et l'essentiel de la prise en charge consiste à éviter tout comportement auto ou hétéro agressif lors des hallucinations qui sont vécues par

les patients comme des phénomènes très désagréables (animaux monstrueux, impression de mort imminente). Les signes durent en moyenne 24 heures et lors du retour à la normale, plusieurs cas d'amnésie post-événementielle ont été collectés.

La saupe n'est consommée qu'en France, en Israël, en Tunisie et en Algérie où on lui attribue des vertus anti-anémiques. Les trois premiers pays sont les seuls où l'on décrit régulièrement des cas d'ichtyosarcotoxisme ou ciguatera méditerranéens. La ciguatera (vulgairement "gratte" en Nouvelle-Calédonie) est une forme particulière d'ichtyosarcotoxisme (du grec *ichthys*: poisson, *sarcos*: chair, *toxicon*: toxique), c'est-à-dire une intoxication alimentaire par les chairs de poissons contaminés par la microalgue benthique *Gambierdiscus toxicus* présente dans les récifs coralliens. Comme de nombreuses toxines naturelles et artificielles, la ciguatoxine s'accumule dans les organismes et sa concentration augmente au fur et à mesure que l'on monte les échelons de la chaîne alimentaire, selon le principe de la bioamplification.

Des cas d'intoxication du type ciguatera ont été cités après la consommation de saupes en Afrique du nord et au Moyen Orient. Selon SPANIER (1988) et SPANIER *et al.* (1989), ces poissons seraient des consommateurs de dinoflagellés (tel que le genre *Gambierdiscus*), producteurs de la toxine responsable de ces troubles. CHEVALDONNE (1990) indique que les intoxications ne sont pas la conséquence d'une consommation de dinoflagellés, mais de l'algue *Caulerpa prolifera*. D'après DE HARO et POMMIER (2006), l'ichthyoallyeinotoxicité est rarement contractée suite à la consommation de saupe. Deux cas ont été rapportés, celui d'un homme de 40 ans qui présentait des troubles digestifs et des hallucinations visuelles et auditives après avoir mangé une saupe dans un restaurant. Hospitalisé, il s'est rétabli au bout de 36 h, mais il était incapable de se rappeler la période hallucinatoire. Le deuxième cas est celui d'un homme de 90 ans, auparavant en bonne santé, qui présentait des hallucinations auditives 2 heures après avoir consommé un spécimen de saupe et faisait de nombreux cauchemars durant les deux nuits suivantes. Ces troubles ont cessé spontanément au bout de 3 jours. Des tests souris, complétés par des investigations biochimiques et histologiques, ont permis à BELLASSOUED *et al.* (2012a, 2014, 2015) de démontrer la toxicité d'extraits de muscle, de cerveau, de foie et surtout de viscères de saupes pêchées en automne dans le golfe de Gabès. Cette toxicité atteint en particulier le foie, le rein et surtout le cerveau des sujets traités. Une toxicité a été mise en évidence à partir d'extraits hépatiques de saupe pêchée en été à Sfax (BELLASSOUED *et al.*, 2012b).

Il est connu pour une large gamme de polluants environnementaux, comme les métaux lourds et la ciguatoxine (neurotoxines), qu'ils peuvent induire un stress oxydatif chez les

animaux aquatiques, y compris le poisson. La génération d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) est généralement associée à des lésions cellulaires dues aux altérations de l'ADN, des protéines et des membranes (LEONARD et coll. 2004). Il a été démontré qu'une estimation de la peroxydation lipidique peut servir de biomarqueur de cet effet (GUILHERME et al., 2008). En outre, des enzymes antioxydantes ont été proposées comme biomarqueurs de stress oxydatif chez divers organismes marins, et leur induction reflète une réponse spécifique à des polluants ou toxines (COSSU et al., 1997). En raison des effets possibles sur le poisson et sur la santé humaine, il est pertinent d'étudier le stress oxydatif chez les poissons.

Dans ce chapitre, nous avons tenté d'évaluer le risque de toxicité de la saupe *S. salpa* pêchée dans le golfe d'Annaba selon la taille des poissons. Deux périodes de l'année sont considérées ici, l'hiver et l'été.

1. Matériel et méthodes

Cette étude est réalisée sur des poissons issus de la baie d'Annaba. Cet espace est caractérisé par la présence d'importantes prairies de posidonies (voir chapitre 1). Les 28 spécimens de *S. salpa* objet de ce travail ont été collectés en hiver et en été, 15 en janvier et 13 en juillet 2018. Tous les individus ont été mesurés au mm près et pesés au gramme près. Leurs tailles étaient comprises entre 11 et 30 cm Lt pour l'échantillon hivernal et entre 12 et 28 cm Lt pour l'échantillon estival (tab. 5. 1). Les échantillons ont été divisés en 3 classes d'âge en accord avec PALLAORO et al. (2008): adultes (3-7 ans), sub-adultes (2 ans) et juvéniles (1 an).

Tableau 5. 1. Données biométrique sur les individus de *S. salpa* échantillonnés pour l'analyse de toxicité (J: juvéniles, S.a: sub-adultes, A: adultes).

Saison	Hiver			Eté		
	J	S.a	A	J	S.a	A
Catégories d'âge	J	S.a	A	J	S.a	A
Effectif	3	8	4	3	6	4
Poids moyen (g)	45,8	93,3	258	58,6	113,8	289,3
Lt moyen (cm)	12,2	16,5	28,3	13,3	19,1	24,1
Ecart-type	1,3	2,7	3,2	0,9	1,1	2,7

Le foie, le cerveau et un fragment de muscle ont été prélevés sur chaque poisson fraîchement pêché et conservés au congélateur jusqu'à la date de l'analyse. Ces organes ont été sélectionnés sur la base de critères fonctionnels qui en font des cibles privilégiées: le foie étant le siège du métabolisme xénobiotique, le cerveau subit les effets neurotoxiques des dinoflagellés toxiques ingérés par le poisson et le muscle est la partie utilisée par le consommateur humain.

L'intoxication des saupes par les toxines issues de la consommation des épiphytes de *P. oceanica* devrait induire une élévation des taux de TBARS (thiobarbituric acid-reactive substances ou substances réactives à l'acide thiobarbiturique) au niveau de ses tissus, confirmant des dommages oxydatifs, tels que la peroxydation des lipides membranaires, en raison de la production de radicaux peroxydes induite par l'intoxication. Les TBARS sont des coproduits formés au cours de la peroxydation des acides gras insaturés (acides gras de la série omega 3 et acides gras polyinsaturés de la série omega 6). Ces composés sont généralement stables et responsables d'odeurs; ils reflètent l'état d'oxydation de l'échantillon analysé. Les TBARS, produits de cette peroxydation lipidique, sont utilisés comme marqueurs pour en évaluer l'intensité (KAMALAKKANAN et PRINCE, 2004). Leur mesure est exprimée en matière d'équivalents en malondialdéhyde (MDA) (LIGERET *et al.*, 2004; OKHAWA *et al.*, 1979) (fig. 5. 1). Le principe de son dosage repose sur la liaison en milieu acide (pH = 2 à 3) et chaud du MDA avec deux molécules d'acide thiobarbiturique (TBA) pour former un pigment rosé, le complexe MDA-(TBA)₂ qui absorbe à une longueur d'onde de 532 nm (RICHARD *et al.*, 1992).

L'analyse des échantillons a été réalisée au Département de Chimie de la faculté des sciences de l'Université Dokuz Eylül à Izmir (Turquie). Le protocole expérimental qui nous a été communiqué est le suivant : les organes congelés (1 g), c'est-à-dire le foie, le cerveau et les muscles ont été homogénéisés (Ultra Turrax T25, Allemagne) dans un tampon glacé (1/2, w / v; TBS, 50 mM Tris; 150 mM NaCl; pH 7,4) et centrifugés (5000 g, 30 min, 4 ° C); les surnageants ont été congelés à -80 ° C. La peroxydation lipidique a été estimée en mesurant la formation de substances réactives à l'acide thiobarbiturique (TBARS) selon la méthode de ESTERBAUER (1993). La teneur en protéines des extraits de tissus a été déterminée en utilisant la méthode de LOWRY et al. (1951) utilisant l'albumine sérique bovine comme étalon de référence.

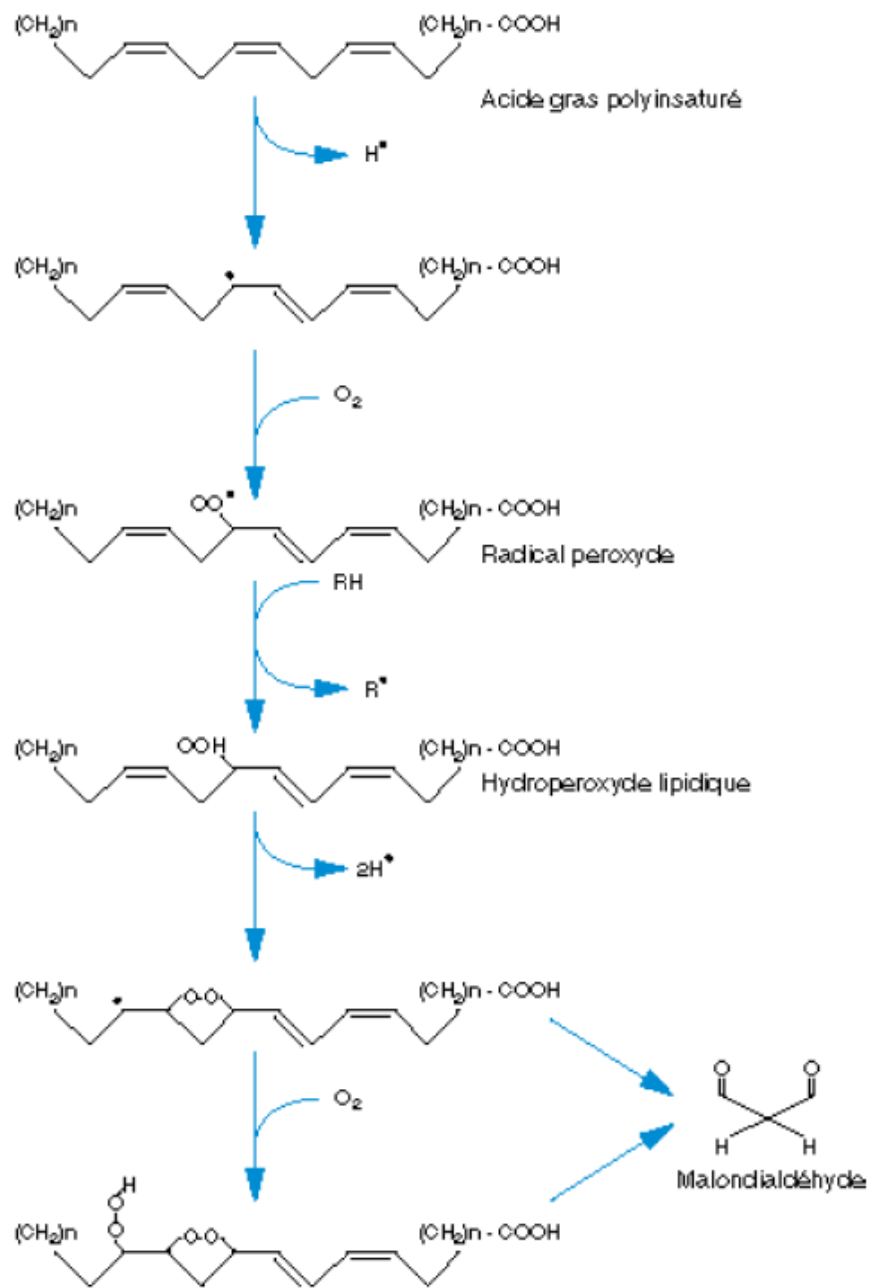


Figure 5. 1. Réactions de peroxydation des acides gras insaturés conduisant à la formation du malondialdéhyde.

Les données sont présentées sous forme de moyenne \pm écart type. Les calculs ont été effectués sur des groupes d'au moins 3 animaux chacun, et les différences ont été examinées par une analyse de la variance à deux facteurs (facteurs fixes: taille et saison), suivie du test de Fisher. La signification a été acceptée à $P < 0,05$.

2. Résultats

Les niveaux de peroxydation lipidique (TBARS) dans les différents organes et compartiments des spécimens de *S. salpa* ont été étudiés et comparés entre les saisons et entre les classes de tailles considérées. Les résultats sont exprimés dans le tableau 5. 2.

Tableau 5. 2. Variations des niveaux des TBARS (en nmol/mg de protéines) dans le foie, le cerveau et le muscle de *S. salpa* en fonction de la taille des poissons en hiver et en été (J: juvéniles, S.a: sub-adultes, A: adultes).

Organe	Hiver 2018			Eté 2018		
	J	S.a	A	J	S.a	A
Foie	0,023 ± 0,002	0,018 ± 0,008	0,020 ± 0,004	1,07 ± 0,09	1,30 ± 0,14	2,09 ± 0,06
Cerveau	0,022 ± 0,008	0,022 ± 0,003	0,028 ± 0,003	1,28 ± 0,11	1,40 ± 0,08	1,75 ± 0,17
Muscle	0,019 ± 0,006	0,021 ± 0,003	0,020 ± 0,005	0,49 ± 0,07	0,60 ± 0,04	1,20 ± 0,10

En hiver, les valeurs des TBARS enregistrées sont comprises entre 0,010 et 0,025 nmol/mg dans le foie, entre 0,014 et 0,031 nmol/mg dans le cerveau et entre 0,013 et 0,024 nmol/mg dans le muscle. Quel que soit l'organe considéré, il n'y a pas de différence entre les teneurs en substances réactives à l'acide thiobarbiturique selon la taille des poissons, ni selon l'organe analysé ($P > 0,05$). En revanche, en été, les valeurs de ces substances sont bien plus élevées par rapport à l'hiver. La quantité de TBARS varie de 0,98 à 2,15 nmol/mg dans le foie, de 1,17 à 1,92 nmol/mg dans le cerveau et de 0,42 à 1,30 nmol/mg dans le muscle. Elle est plus élevée dans le foie et le cerveau par rapport au muscle. En même temps, des différences significatives sont mises en évidence entre les juvéniles, les sub-adultes et les adultes ($P < 0,05$) en ce qui concerne les 3 organes considérés. Une forte corrélation ($0,83 \leq r \leq 0,93$; $P < 0,01$) est notée entre la concentration des TBARS et la taille des poissons.

3. Discussion

Afin de mieux interpréter nos résultats, il serait utile de revenir sur le régime alimentaire de la saupe. *Sarpa salpa* est le seul téléostéen herbivore strict de la Méditerranée. Son niveau trophique est estimé à 2,06 (KONSTANTINOS *et al.*, 2002). Elle mange ce qui se trouve sur son itinéraire (FAGGIANELLI et COOK, 1981) en ingérant de grandes quantités

de feuilles photosynthétiques de *P. oceanica* et leurs épiphytes (VERLAQUE, 1981; VELIMIROV, 1984; HAVELANGE *et al.*, 1997). Elle ingère non seulement des éléments foliaires, mais aussi une grande quantité d'épiphytes, tant végétaux (diverses algues vertes, brunes et rouges...) qu'animaux (spongiaires, hydraires, bryozoaires...), ainsi qu'un feutrage ou "gazon" superficiel constitué de microorganismes (protozoaires, bactéries et diatomées) dont la densité est parfois considérable (10^3 à 10^5 mm⁻²) (NOVAK, 1984). Tous ces éléments ont une valeur énergétique supérieure à celle de l'ingestion du seul matériel foliaire, ce qui permet de considérer que ce poisson n'est pas un "herbivore strict" (VERLAQUE, 1990). Ainsi, à Calvi en Corse, la consommation de la saupe a été estimée à 24 g C m⁻² an⁻¹ fournis par les feuilles de posidonies, 4,8 g provenant des épiphytes et 13 g ayant pour origine des algues épilithiques (HAVELANGE *et al.*, 1997). A Alicante, MARCO-MENDEZ *et al.* (2015) ont comparé la préférence de *S. salpa* pour *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa*, avec et sans épiphytes. Le broutage s'est révélé plus important sur *P. oceanica* couverte d'épiphytes.

De ce qui précède, nous comprenons que les niveaux de concentration des TBARS dans les différents organes de la saupe considérés ici (foie, muscle, cerveau) sont étroitement liés à l'abondance des épiphytes sur les feuilles de *P. oceanica*. En regardant le comportement alimentaire de *S. salpa*, il semblerait que les faibles niveaux de TBARS en hiver soient le résultat de l'absence de dinoflagellé épiphyte toxique sur les feuilles de *P. oceanica* consommées. Malheureusement, nous ne disposons pas d'informations de terrain, ni d'observations des feuilles de ce végétal à cette époque pour pouvoir le confirmer. En été, l'augmentation du niveau des TBARS est certainement due à la présence d'algues toxiques dinoflagellés dans le contenu de l'estomac de *S. salpa* qui montre une activité trophique relativement forte pendant cette période (obs. pers.). Cependant, il est à noter que de nombreux autres facteurs peuvent contribuer à la formation des TBARS, en particulier l'âge des organismes et le type de nourriture (BOCQUENE et GALGANI 1998). Pendant cette saison, les feuilles de *P. oceanica* seraient davantage colonisées par les épiphytes du fait que l'eau environnante est plus calme et *S. salpa* aurait un maximum de temps de pâturage sur les feuilles de *P. oceanica* (BELLASOUED *et al.*, 2012a). Ceci a un effet sur le niveau des TBARS dans les différents organes de *S. salpa*. Autour des îles Kerkennah (Golfe de Gabès, Tunisie), les saupes de toutes les tailles consomment préférentiellement les feuilles de *P. oceanica* (> 50 %) en été et en automne (BELLASOUED *et al.*, 2012a). Cette étude montre que le pourcentage d'espèces ciguatériques pendant l'automne, comparé aux autres saisons,

était le plus élevé (5,26%) et cela reflétait le taux de TBARS avec des niveaux les plus élevés dans tous les tissus étudiés.

Par rapport aux autres organes, le cerveau est le tissu dans lequel les valeurs de TBARS sont les plus élevées, aussi bien en hiver qu'en été. Le cerveau est très sensible aux dommages oxydatifs dus à la forte teneur en membranes cellulaires contenant des lipides insaturés et au taux élevé de métabolisme de l'oxygène (GIUFFRIDA-STELLA et LAJTHA 1987). Cependant, le cerveau n'est pas particulièrement enrichi en enzymes antioxydantes (BENZI et MORETTI, 1995). Les concentrations relativement élevées dans le foie en été sont la conséquence de la fonction de cet organe qui assure le stockage des lipides chez les poissons. De ces résultats, on déduit que pendant la saison chaude il y a un pic de toxicité (stress oxydatif) chez *S. salpa* des côtes d'Annaba et que cette toxicité s'étend même dans le muscle, notamment chez les poissons de grande taille.

L'interaction entre les herbivores et les herbiers peut être médiée par les épiphytes (TOMAS et al., 2005; YOUNG et al., 2005), du moins en partie, car les herbiers ne semblent pas être une source de nourriture attrayante (BULLERI et al., 1999; HEREU, 2006) à cause de leur teneur en composés phénoliques qui se révèlent être une source de dissuasion chimique (MCMILLAN, 1984). Les ciguatoxines sont produites généralement par les dinoflagellés *Gambierdiscus toxicus* vivant sur les macroalgues et autres substrats dans les zones tropicales (BELLESOUED et al., 2013). D'autres dinoflagellés ont également été suspectés (par exemple *Amphidinium carterae*, *Coolia monotis*, *Prorocentrum lima*, *P. concavum*, *P. rhathymum* et *Ostreopsis siamensis* (SWIFT et SWIFT 1993). Ainsi, des travaux sur les épiphytes de *P. oceanica* des côtes d'Annaba aurait permis une meilleure identification des sources de toxicité de la saupe locale.

A titre comparatif, les mollusques bivalves présentant un niveau de toxicité décelable par un test souris sont considérés comme potentiellement dangereux pour la consommation humaine. Malheureusement, il ne nous a pas été possible de réaliser cette évaluation de la toxicité sur nos échantillons de saupe. Néanmoins, en pratique, il est généralement admis qu'une valeur de 20 MU/100 g de chair, soit environ 80 µg/100 g de chair (U.S. Food and Drug Administration: USFDA, 2005), est considérée comme un niveau indicatif à partir duquel ou au-dessus duquel les mollusques sont interdits de récolte.

Bien que préliminaire, cette investigation indique clairement que l'accumulation des dinoflagellés toxiques est responsable de l'augmentation du stress oxydatif dans les organes de *S. salpa*. Par conséquent, les parties comestibles de ce poisson peuvent constituer une menace pour la santé humaine et la consommation devrait, pour cette raison, être dissuadée. Ce constat est valable surtout pour les individus pêchés en été.

Compte tenu des résultats acquis, des travaux complémentaires sont identifiés. Il s'agit en premier lieu d'augmenter le nombre d'observations et de les étaler dans le temps, afin de couvrir toutes les saisons. En parallèle, un inventaire des espèces épiphytes, animales et végétales, est nécessaire afin de déterminer avec précision la source des toxines et d'anticiper leur impact éventuel sur les humains, sachant que plusieurs de ces toxines augmentent à des niveaux dangereux lors de leur transmission par les herbivores et les poissons carnivores (VAILLANT et al. 2001).

CHAPITRE VI

**SUR LA PRÉSENCE DE LA SAUPE GRISE *KYPHOSUS VAIGIENSIS*
SUR LES CÔTES DE L'EST ALGÉRIEN**

**SUR LA PRÉSENCE DE LA SAUPE GRISE *KYPHOSUS VAIGIENSIS*
SUR LES CÔTES DE L'EST ALGÉRIEN**

Introduction

La taxonomie des Kyphosidae est restée confuse pendant très longtemps (ORSI RELINI, 2017). Cette famille comprend actuellement 12 espèces rattachées à 2 genres *Neoscorpis* SMITH, 1931 et *Kyphosus* (LACEPEDE, 1801) (KNUDSEN AND CLEMENTS, 2013, 2016; KNUDSEN et al., 2019). Leur morphologie est uniforme avec seulement des différences subtiles entre espèces (HUMANN, 1994). Le genre *Kyphosus* contient 11 espèces largement distribuées dans les océans Atlantique, Indien et Pacifique (SAKAI and NAKAABO, 1995, 2014, 2016; KNUDSEN and CLEMENTS, 2013). Toutes sont herbivores et vivent dans les eaux peu profondes (0-10 m de profondeur), dans les récifs rocheux des régions tropicales et tempérées du monde (TOPP, 1970).

En Méditerranée, il existe deux espèces de Kyphosidae: la calicagère blanche *Kyphosus sectatrix* (LINNAEUS, 1758) et la saupe cuivrée *K. vaigiensis* (QUOY & GAIMARD, 1825). La première est plus commune dans les mers subtropicales et tempérées, mais peut aussi se trouver dans les eaux plus tropicales (KNUDSEN and CLEMENTS 2013). Elle a été listée dans la faune des poissons de Méditerranée (TORTONESE, 1975, 1986) sur la base d'anciens signalements (1846-1903) de quelques individus à Trieste, Palerme et Gênes en Italie (ORSI RELINI et al., 2011). Depuis, elle a été signalée plusieurs fois dans l'Ouest et le Centre de la Méditerranée, souvent sous le nom invalide de *K. saltatrix* (LELONG, 2012; KIPARISSIS et al., 2012; ELBARAASI et al. 2013) ou *K. sectator* (HEMIDA et al., 2004; FRANCOUR and MOUINE, 2008). Initialement considérée comme restreinte à l'Indo-Pacifique, *K. vaigiensis* est une espèce circumtropicale, distribuée le long des Océans Indien, Atlantique et Pacifique, la Mer Rouge et la Méditerranée (KNUDSEN and CLEMENTS, 2013, 2016; BAÑON et al., 2017; EVANS et al., 2020). Non native de la Méditerranée, elle a d'abord été signalée 3 fois sous le nom d'espèce *K. incisor* (CUVIER, 1831): deux fois à proximité d'Almunécar (Granada, Espagne) dans l'ouest de la Méditerranée en Juin 1998 (AZZURRO et al., 2013) et Mai 2013 (PEÑA-RIVAS and AZZURRO, in BILECENOGLU et al., 2013) et le long des côtes de Mer Ligure (Camogli, Italy) en Juillet 2009 (ORSI RELINI et al., 2011) (fig. 6. 1). LIGAS et al. (2011) l'ont confondu avec un individu de *K.*

saltatrix (KNUDSEN and CLEMENTS, 2013; MANNINO et al., 2015), trouvé en Août 2009 non loin du port de Livourne en Italie. D'autres occurrences ont été rapportées plus tard en Sicile (MANNINO et al., 2015), à Malte (VELLA et al., 2016), en Israël (GOREN et al., 2016), à Chypre (MICHAILIDIS and ROUSOU, In: GEROVASILEIOU et al., 2017) et en Turquie (KIYAGA et al., 2019) (fig. 6. 1). A l'exception d'ORSI RELINI et al. (2011) qui ont trouvé 2 individus de cette espèce (dont une seule a été mesurée), tous les autres auteurs ne signalent qu'un seul spécimen.

Kyphosus vaigiensis est une espèce côtière présente sur les fonds durs, mais elle peut également se trouver au large sous des objets flottants ou suivant les bateaux en mouvement (NELSON, 1994). Elle se nourrit surtout d'algues (CARPENTER, 2002), mais SILVANO and GÜTH (2006) remarquent son omnivorie sur les récifs subtropicaux au Brésil. Quelques données sur la biologie de sa reproduction sur les côtes colombiennes sont données par RUEDA et al. (2015), mais en général sa biologie et son écologie sont très peu documentées (SILVANO and GÜTH, 2006).

Dans ce chapitre, nous confirmons une nouvelle fois la présence de *Kyphosus vaigiensis* en Méditerranée. Cette espèce est signalée pour la première fois sur les côtes d'Afrique du Nord. La morphologie de l'unique individu capturé ici est décrite, ainsi que les hypothèses relatives à son arrivée sur les côtes algériennes.

Matériels et méthodes

Le 18 décembre 2013, à l'occasion d'un épisode d'échantillonnage de saupes *Sarpa salpa* chez un poissonnier de la ville d'Annaba, un individu s'apparentant au genre *Kyphosus* a été détecté parmi les saupes sur les étals. Ces dernières ont été pêchées dans le golfe d'Annaba (fig. 6. 1) à l'aide d'un filet trémail. L'individu a été récupéré, photographié, pesé et identifié sur la base de critères métriques et numériques, pris en utilisant des caractères standards, ainsi que d'autres recommandations considérées dans la description des espèces du genre *Kyphosus* (CARPENTER, 2002; SAKAI and NAKABO, 2004; ORSI-RELINI et al., 2011; AZZURRO et al., 2013).

L'individu est ensuite conservé dans du formol à 8% et déposé dans la collection ichtyologique du laboratoire bioressources marines à l'Université d'Annaba. Depuis cette prise en 2013, une enquête a été menée auprès des pêcheurs des régions d'Annaba et d'El Kala, afin de vérifier si d'autres individus de *K. vaigiensis* ont été vus. Cette enquête est basée sur des photographies de l'espèce.

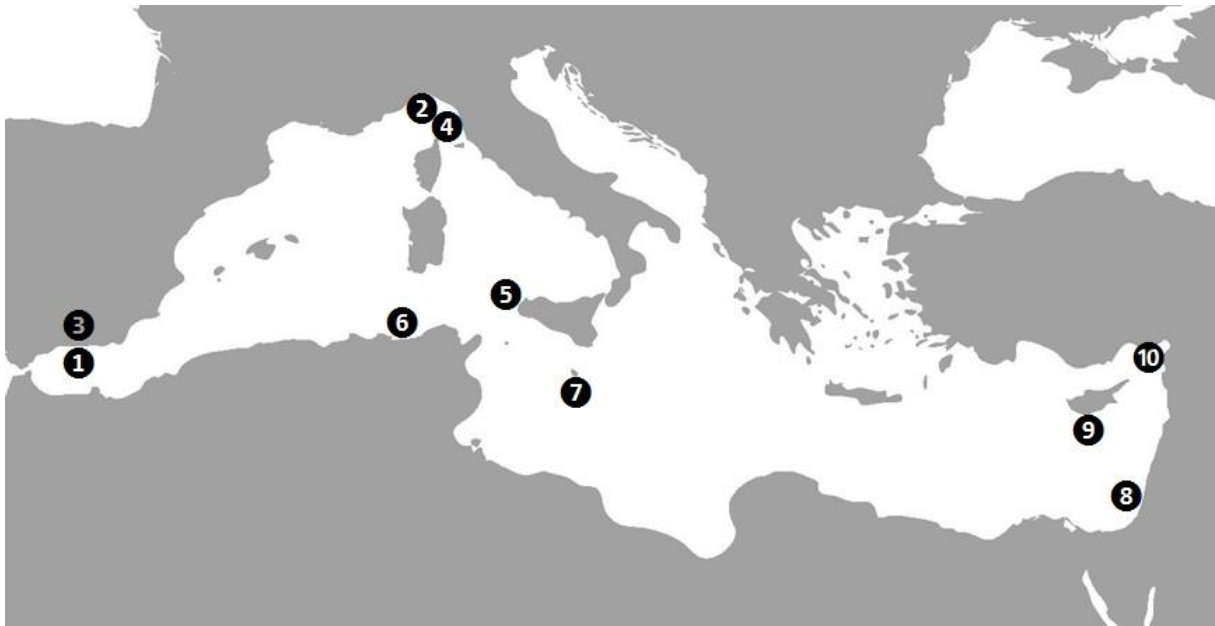


Figure 6. 1. Carte montrant le lieu de capture de *Kyphosus vaigiensis* sur les côtes algériennes (6) et chronologie des différents signalements en Méditerranée: 1 = Azzurro et al., 2013 (31 cm TL, 0.45 kg TW), 2 = Orsi Relini et al., 2011 (48 cm TL, 1.80 kg TW), 3 = Bilecenoglu et al., 2013 (46 cm TL, 1.64 kg TW), 4 = Ligas et al., 2011 (49.5 cm TL, 1.65 kg TW), 5 = Mannino et al., 2015 (47.5 cm TL), 6 = This record (45.1 cm TL, 1.27 kg TW), 7 = Vella et al., 2016 (15.7 cm TL, 0.49 g EW), 8 = Goren et al., 2016 (42.0 cm SL), 9 = Michailidis and Rousou, 2017 (27.2 cm TL, 403 g TW), 10 = Kiyaga et al., 2019 (53.1 cm TL, 2.27 kg TW).

Résultats

Les données morphométriques et meristiques concernant l'unique spécimen capturé (fig. 6. 2) sont listées dans le tableau 6. 1. Elles sont tout à fait en accord avec les différentes descriptions de *K. vaigiensis* faites par d'autres auteurs (SGANO, 1981; CARPENTER and NIEM, 2001; CARPENTER, 2002; ORSI RELINI et al., 2011; AZZURRO et al., 2013; SAKAI and NAKABO, 2014, 2016). Le corps est de forme ovale et modérément profond. La tête est courte avec une bouche petite et horizontale dont le maxillaire glisse sous le bord de l'os préorbitaire. Le profil de la tête, en avant de l'œil, est légèrement convexe (au lieu d'une bosse chez *K. sectatrix*). Chaque mâchoire est dotée d'une rangée régulière de dents rondes en forme d'incisive serrées. Leurs bases sont fixées horizontalement, ressemblant à une plaque osseuse striée radialement à l'intérieur de la bouche. Les écailles sont cténoïdes, petites et

rugueuses au toucher, couvrant la majeure partie de la tête. La couleur est dorsalement grise à argentée sur le ventre. Des séries de rayures longitudinales jaune-or traversent le corps. Sur la tête, il y a deux bandes horizontales cuivrées séparées par une bande argentée sous l'œil. Les nageoires et la membrane operculaire sont foncées.



Figure 6.2. Photographie du spécimen de *Kyphosus vaigiensis* (41,5 cm TL; 1,27 kg TW) capturé à Annaba en décembre 2013.

Discussion

La morphologie du spécimen capturé, aussi bien que ses caractéristiques chromatiques, métriques et méristiques confirment son appartenance à l'espèce *Kyphosus vaigiensis*, comme déjà décrite dans la littérature (TORTONESE, 1975, 1986; SGANO, 1981; CARPENTER, 2002; KNUDSEN and CLEMENTS, 2013; SAKAI and NAKABO, 2016; CARPENTER and DE ANGELIS, 2016) et par les auteurs d'autres signalements de cette espèce en Mer Méditerranée (ORSI RELINI et al., 2011; LIGAS et al., 2011; AZZURRO et al., 2013; MANNINO et al., 2015; VELLA et al., 2016; GOREN et al., 2016; MICHAILIDIS and ROUSOU, In: GEROVASILEIOU et al., 2017; KIYAGA et al., 2019). En particulier, AZZURRO et al., (2013) insistent sur les spécificités morphologiques qui permettent de différencier *K. vaigiensis* de son congénère *K. sectatrix*, deux espèces très proches morphologiquement et qui cohabitent en Méditerranée: nageoire anale avec 12 à 13 rayons mous (11, rarement 10 ou 12 chez *K. sectatrix*), 19 à 22 branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial (16 à 19, rarement 19 chez *K. sectatrix*) et le profil de la tête légèrement convexe à l'avant de l'œil (une bosse distincte chez *K. sectatrix*).

Tableau 6.1. Caractères métriques, numériques et pondérale du spécimen de *Kyphosus vaigiensis* capturé sur les côtes d'Annaba en décembre 2013.

Caractères métriques (cm)		Caractères numériques	
Longueur totale	41,5	Epines et rayons de la dorsale	XI+1
Longueur à la fourche	38,0	Epines et rayons de l'anale	III+1
Longueur standard	31,0	Rayons de la nageoire pectorale	17
Longueur de la tête	9,2	Epines et rayons de la pelvienne	I+5
Profondeur de la tête à l'opercule	13,0	Rayons de la nageoire caudale	18
Profondeur de la tête à l'orbite	9,5	Ecailles poreuses de la ligne latérale	60
Largeur de la tête à l'opercule	6,2	Rangées d'écailles au-dessus de la ligne	11
Diamètre de l'œil	2,0	Rangées d'écailles au-dessous de la ligne	17
Longueur pré-orbitaire	3,0	Nombre de branchiospines sur le premier arc	10+1
Longueur post-orbitaire	4,3	Dents incisiformes sur la mâchoire	31
Largeur du corps à l'origine de la	6,1	Dents incisiformes sur la mâchoire inférieure	32
Largeur du corps à l'origine de l'anale	5,0		
Hauteur du corps	15,5		
Longueur pré-dorsale	11,2		
Longueur pré-anale	21,0		
Profondeur du pédoncule caudal	3,5		
Longueur du pédoncule caudal	4,0		
Longueur de la base de la dorsale	16		
Longueur de la nageoire pectorale	6,5		
Longueur de la base de la pectorale	2,0		
Longueur de la nageoire pelvienne	6,0		
Longueur de la base de la pelvienne	2,0		
Longueur de la base de l'anale	9,6		
Hauteur de la nageoire caudale	16,0		
Longueur de la nageoire caudale	9,0		
Espace internasal	2,4		
Distance inter-orbitaire	4,2		
Longueur de la mâchoire supérieure	3,0		
Longueur de la mâchoire inférieure	1,8		
6 ^{ème} épine dorsale (la plus longue)	3,7		
4 ^{ème} rayon dorsal (le plus long)	2,9		
Poids total (g)	1270		

Parmi la quinzaine de pêcheurs qui ont participé à l'enquête menée, deux ont confirmé avoir rencontré ce poisson une fois. Un seul individu dans le premier cas (date non spécifiée) et deux dans le second (en 2019), tous ne dépassent pas 30 cm. Cependant, compte tenu de la grande similarité de la morphologie et de l'apparence des deux espèces *K. vaigiensis* et *K. sectatrix*, il est impossible de confirmer de quelle espèce il s'agissait.

Ce nouveau signalement de *K. vaigiensis* en Afrique du Nord confirme sa propagation en Méditerranée. Aucun des inventaires précédents de la faune ichthyologique marine de l'Algérie ne l'avait cité (DIEUZEIDE *et al.*, 1954; DJABALI *et al.*, 1994; DERBAL and KARA, 2001). Cette espèce est le dixième poisson non indigène trouvé en Algérie, mais le premier d'origine circumtropicale. Toutes les autres espèces exotiques arrivées sont des migrants Lessepsiens d'origine Indienne ou Indo-Pacifique: *Pomadasys stridens* (FORSSKÁL, 1775) (CHALABI, 1999), *Siganus luridus* (RÜPPEL, 1829) (CHALABI, 1999), *Atherinomorus forskali* (RÜPPEL, 1838) (MASSUTI *et al.*, 2004), *Fistularia commersonii* RÜPPEL, 1838 (KARA and OUDJANE, 2009), *Hemiramphus far* (FORSSKÁL, 1775) (KARA *et al.* 2012), *Synagrops japonicus* DÖDERLEIN, 1883 (HANNACHI *et al.* 2015), *Lagocephalus sceleratus* (GMELIN, 1789) (KARA *et al.*, 2015), *Etrumeus golanii* DI BATTISTA, RANDALL & BOWE, 2012 (STAMOULI *et al.*, 2017). *Sphyraena flavicauda* RÜPPELL, 1838 (KARA et BOUREHAIL, 2020). Two species (*F. commersonii* and *L. sceleratus*) are considered established (GRIMES *et al.*, 2018).

L'introduction de *K. vaigiensis* en Méditerranée pourrait être attribuée à une expansion naturelle de son aire de répartition (ZENETOS *et al.*, 2012). Ses adultes sont capables de traverser de longues distances (AZZURRO *et al.*, 2013) et ses juvéniles sont pélagiques et se trouvent souvent associés à des objets flottants en mer (KNUDSEN and CLEMENTS, 2016). Ainsi, elle serait arrivée activement ou passivement en traversant le canal de Suez ou le Détroit de Gibraltar. Néanmoins, la chronologie de ses occurrences, qui montre une nette progression spatiale d'Ouest en Est et une arrivée récente (après 2015) dans l'Est de la Méditerranée, sont en faveur de l'hypothèse de son origine Atlantique. Néanmoins, Annaba étant une ville portuaire importante, accueillant des centaines de bateaux par an de toutes les parties du monde (autour de 10.000 bateaux visitent les ports algériens chaque année, CHENITI *et al.*, 2018), ses côtes sont exposées à des introductions d'espèces exotiques provenant de toutes les mers du monde. Ainsi, l'individu découvert à Annaba serait arrivé dans les eaux de ballast des bateaux à partir d'une des régions couvertes par sa répartition géographique actuelle. En effet, les espèces du genre *Kyphosus* sont souvent observées autour des bateaux dans les mers tropicales, en attente de la décharge des ordures ménagères (Cuvier

1831, in ORSI RELINI *et al.*, 2011) et sont souvent qualifiées de "rudderfish" ou "poissons de gouvernail" (EVANS *et al.*, 2020). Ce comportement les expose à être embarqués à bord des bateaux. De ce fait, leur présence en Méditerranée peut être considérée comme anthropogénique comme le propose LO BRUTTO (2017).

Jusqu'à présent, les signalements de *K. vaigiensis* en Méditerranée sont restés limités à un ou deux individus. Tout comme *K. sectatrix* (FRANCOUR and MOUINE, 2008), *K. vaigiensis* peut être considérée comme un néocolonisateur au sens de QUIGNARD et TOMASINI (2000). Néanmoins, dans le contexte actuel de réchauffement de la Mer Méditerranée, la capacité de l'espèce de voyager sur de longues distances et son caractère thermophile pourraient, dans le futur, faciliter son établissement en Méditerranée. Dans cette situation, sa coexistence avec le Sparidé indigène *Sarpa salpa*, l'unique espèce herbivore de Méditerranée, pourrait reproduire le scénario d'interaction *S. salpa* / *Siganus luridus* et *S. rivulatus* survenu en Méditerranée orientale, avec ses conséquences sur l'écosystème côtier et ses habitants.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'examen morphologique des saupes des côtes d'Annaba révèle une isométrie de croissance de la majorité des caractères métriques considérés (9 sur 16), aussi bien chez les femelles que chez les mâles, mais il ne s'agit pas toujours des mêmes caractères. Deux caractères montrent un dimorphisme morphologique sexuel: la longueur du maxillaire et le diamètre de l'œil. Les femelles auraient un maxillaire et un diamètre orbitaire plus grands. Concernant les critères numériques, nous relevons leur plus grande étendue chez les saupes des côtes d'Annaba par rapport aux autres populations méditerranéennes et atlantiques étudiées.

En utilisant quatre outils différents de différenciation morphologique (caractères métriques, caractères numériques, morphogéométrie, forme des otolithes), nous avons pu mettre en évidence une structuration géographique de la saupe en Méditerranée. Par la biométrie, trois groupes sont identifiés: Marseille (G1), Oran (G2), Chétaibi, Mahdia et Gabès (G3). Concernant les caractères numériques, le nombre d'écailles de la ligne latérale est le plus structurant. Il permet de séparer, au niveau sub-spécifique, Marseille des autres localités et Chétaibi de Mahdia. Par la morphogéométrie somatique, 2 groupes sont reconnus: Chétaibi, Mahdia et Oran d'une part, Marseille et Gabès d'autre part. L'analyse de la forme des otolithes donne un pattern différent de celui observé en utilisant la morphologie somatique, mais identique à celui utilisant la biométrie avec 3 groupes. Ainsi, nous avons pu démontrer l'existence d'au moins trois populations différentes de *S. salpa* en Méditerranée, avec des différences Nord/Sud et Sud-Est/Sud-Ouest de cette mer. Des investigations complémentaires, impliquant des outils de biologie moléculaire, seront utiles afin de vérifier l'hypothèse d'une structuration géographique de *S. salpa* en Méditerranée, et éventuellement entre la Méditerranée et l'Atlantique.

Le sex-ratio des saupes d'Annaba est généralement en faveur des mâles (1:1,29) avec une nette dominance en été. La présence d'individus avec des ovotestis et la prédominance des mâles dans les petites tailles, suggère que *S. salpa* est hermaphrodite protandre. L'inversion sexuelle intervient dans un large intervalle de tailles (16-27 cm, 3-7 ans), ce qui indique que la conversion sexuelle est un phénomène graduel qui n'a pas lieu simultanément chez tous les individus mâles.

Dans cette étude, il est démontré pour la première fois l'intérêt d'utiliser les écailles dans la détermination de l'âge individuel de *S. salpa*. Le suivi mensuel de l'accroissement marginal des écailles montre qu'il ne se forme qu'un seul anneau d'arrêt de croissance par an, en Décembre, et devient apparent en Janvier. La croissance somatique est donc discontinue avec un ralentissement hivernal lorsque la température de l'eau de mer est la plus basse de l'année dans le golfe d'Annaba. Le mâle le plus vieux est âgé de 5 ans (28,3 cm LT) et la femelle la plus vieille est âgée de 7 ans (30,2 cm LT). Le taux de croissance linéaire est relativement élevé durant la première année (11,4 cm) et se stabilise autour d'une moyenne de 2,8 cm/an entre 3 et 5 ans. La comparaison des couples âge-longueur observés et théoriques confirme la validité du modèle de von Bertalanffy chez cette espèce dans le golfe d'Annaba. La valeur de l'indice de performance de croissance obtenue ($\Phi = 2,49$) est intermédiaire entre les données de la Méditerranée et de l'Atlantique. Les relations taille-poids obtenues indiquent une allométrie de croissance négative chez les mâles ($b = 2,83$) et une isométrie chez les femelles ($b = 3,019$). Les valeurs des coefficients de mortalité donnent un taux d'exploitation $E = 0,443$, ce qui permet de considérer le stock de saupes du golfe d'Annaba comme sous-exploité à équilibré.

L'évaluation de la toxicité de la saupe des côtes d'Annaba révèle un risque lié à la consommation par cette espèce de dinoflagellés toxiques, épiphytes du phanérogame *Posidonia oceanica*, ce qui augmente le stress oxydatif dans les organes de cette espèce. Un pic de toxicité est atteint dans le foie et le cerveau en été et s'étend dans le muscle, notamment chez les individus de grande taille. De ce fait, les parties comestibles de ce poisson peuvent constituer une menace pour la santé humaine et la consommation devrait être contrôlée et réglementée. Bien que préliminaire, cette étude attire l'attention sur le risque encouru pour la santé publique.

Le signalement de la présence de *Kyphosus vaigiensis* en Algérie confirme sa propagation vers les côtes de l'Afrique du Nord. Aucun des inventaires précédents de la faune ichtyologique marine de l'Algérie ne l'avait cité. Cette espèce est le dixième poisson non indigène trouvé en Algérie, mais le premier d'origine circumtropicale. Toutes les autres espèces exotiques arrivées sont des migrants Lessepsiens d'origine Indienne ou Indo-Pacifique. Par ailleurs, il s'agit d'une espèce herbivore dont la prolifération risque de la mettre dans une compétition sérieuse avec l'espèce autochtone *S. salpa*.

Beaucoup d'aspects abordés dans cette étude sont nouveaux, aussi bien d'un point de vue géographique que thématique. En effet, à part une investigation préliminaire sur quelques descripteurs de l'écobiologie de *S. salpa* sur les côtes sud de la Tunisie, peu de choses sont connues sur sa biologie, son écologie, sa dynamique et son exploitation. Les informations acquises dans le cadre de ce travail, constituent des outils intéressants pour une exploitation raisonnée de cette espèce et pour sa préservation dans un contexte marqué par l'arrivée d'espèces exotiques au fort potentiel invasif. Il s'agit en particulier de l'espèce compétitive *K. vaigiensis* et éventuellement d'autres espèces, comme celles appartenant au genre *Siganus*, toutes herbivores.

Ce travail ouvre d'intéressantes perspectives de recherche qui viendront le compléter. Il s'agit en particulier: (1) d'approfondir les recherches sur la structuration spatiale de cette espèce, aussi bien au sein de la Méditerranée qu'entre la Méditerranée et l'Atlantique en utilisant des marqueurs moléculaires pertinents, (2) d'aborder l'étude de son cycle sexuel à partir d'échantillons représentatifs des différentes cohortes et des différentes saisons, (3) de déterminer la composition de son régime alimentaire en identifiant les organismes épiphytes qui le composent et leurs variations ontogéniques et temporelles, (4) d'évaluer le niveau de toxicité du muscle de ce poisson en accédant directement à l'analyse des toxines responsables.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- Aguirre H. & Lombarte A., 1999. Ecomorphological comparaisons of sagittae in *Mullus barbatus* and *Mullus surmuletus*. *J. Fish. Biol.*, 55: 105-114.
- Albrecht G. H., 1980. Multivariate Analysis and the Study of Form, with Special Reference to Canonical Variate Analysis. *Integrative and Comparative Biology* 20(4):679-693.
- Anato C.B. & Ktari M.H., 1983. Reproduction de *Boops boops* (Linné, 1758) et de *Sarpa salpa* (Linné, 1758), Poissons Téléostéens, Sparidés du Golfe de Tunis. *Bull. Inst. Nat. Scient. Tech. Océanogr. Pêche, Salamambo*, 10: 49-53.
- Anato C.B., Ktari M.H. & Kamoun M.N., 1983. La bogue et la saupe dans les pêcheries tunisiennes. *Bull. Inst. Nat. Scient. Tech. Océanogr. Pêche, Salamambo*, 10: 99-106.
- Antolic B., Skaramuca B., Span A., Musin D. & Sanko-Njire J., 1994. Food and feeding habits of a herbivore fish *Sarpa salpa* (L.) (Teleostei, Sparidae) in the southern Adriatic (Croatia). *Acta Adriat.*, 35(1-2): 45-52.
- Azzurro A., Pena-Rivas L., Lloris D., Bariche M. 2013. First documented occurrence of *Kyphosus incisor* in the Mediterranean Sea. *Marine Biodiversity Records* 6: e98. DOI: 10.1017/S1755267213000717.

B

- Bagenal T. B., Tesch F. W. (Eds.), 1978. Age and growth. In: *Methods for assessments of fish production in Fresh waters*, I.B.P. Handbook, No.3, 3rd Edn, Blackwell scientific Publications, Oxford, pp. 101–136.
- Bahri-Sfar L., Ben Hassine O.K., 2009. Clinal variations of discriminative meristic characters of sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Moronidae, Perciformes) populations on Tunisian coasts. *Cybum* 33, 211–218.
- Bang A, GrønkJær P., 2005. Otolith size-at-hatch reveals embryonic oxygen consumption in the zebrafish, *Danio rerio*. *Marine Biology* 147(6):1419-1423
- Bañón R., Barros-García D., de Carlos A. 2017. Integrative taxonomy supports the presence of two species of *Kyphosus* (Perciformes: Kyphosidae) in Atlantic European waters. *Scientia Marina*. 81 (4): 467-475. DOI: 10.3989/scimar.04601.08A
- 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. , J.-C. Hureau., 1990. Sparidae, pp. 790-812. In: Quéro J.-C., Hureau J.-C., Karrer C., Post A., Saldanha L. (Ed.). *Checklist of the Fishes of the eastern tropical Atlantic - Catalogue des poissons de l'Atlantique tropical oriental (Clófeta)*. Paris, Unesco, 1990, 3 vol., xxxi + 1492 p.
- Bauchot, M. I. & Pras, A., 1980. Guide des poissons marins d'Europe. *Edition Delachaux & Nestlé*. 427p.
- Bayhan B. & Kara A., 2015. Length-Weight and Length-Length Relationships of the Salema *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) in Izmir Bay (Aegean Sea of Turkey) *Pakistan Journal of Zoology*, 47(4): 1141-1146.
- Beamish R.J. & Fournier D.A. 1981. A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(8): 982-983. DOI: 10.1139/f81-132.
- Begg G.A., Overholtz W. J., Munroe N. J., 2001. The use of internal otolith morphometrics for identification of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) stocks on Georges Bank. *Fishery Bulletin. National Oceanic and Atmospheric Administration*, 99(1):1-14.

- Bellesoued K., Hamza A., Abdelmouleh A., Makni F.A., Van PELT J. & Elfeki A., 2012a. Toxicity assessment of dreamfish *Sarpa salpa* from the gulf of Gabes (Tunisia, Eastern Mediterranean Sea). *J. Food Agric. Env.*, 10(2): 1308-1313.
- Bellassoued K., Hamza A., Van Pelt J. & Elfeki A., 2012b. Evaluation of cytotoxic compounds in different organs of the sea bream *Sarpa salpa* as related to phytoplankton consumption: an in vitro study in human liver cell lines HepG2 and WRL68. *In vitro Cell. Dev. Biol.- Anim.*, 48(8): 528-534.
- Bellassoued K., Makni-Ayadi F., Van Pelt J. & Elfeki A., 2014. Hepatotoxicity in rats induced by the poisonous dreamfish (*Sarpa salpa*). *Toxicol. Mech. Meth.*, 24(2): 151-160.
- Bellassoued K., Van Pelt J. & Elfeki A., 2015. Neurotoxicity in rats induced by the poisonous dreamfish (*Sarpa salpa*). *Pharm. Biol.*, 53(2): 286-295.
- Benchalel W., Derbal F., & Kara. M. H., 2010. Régime alimentaire du sarcommun *Diplodus Sargus sargus* (Sparidae) des côtes de l'est algérien. *Cybium*, 34(3) 231-242.
- Benchalel W., Kara M.H. (2013). Age, growth and reproduction of the white seabream *Diplodus sargus sargus* (Linnaeus, 1758) off the eastern coast of Algeria. *Journal of Applied Ichthyology* 29, 64-70.
- Benzi G., & Moretti A. 1995. Are reactive oxygen species involved in Alzheimer's disease? *Neurobiology of Aging*, 16: 661–674.
- Bergbuer, M. et Humberg, B., 2000. La vie sous-marine en Méditerranée, guide Vigot, (ed). Vigot. 318p.
- Bernatchez L. 1994. Techniques de la biologie moléculaire comme outils de gestion des pêches: bilan et perspectives. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 332: 1-9.
- Bertin L., 1958. Sexualité et fécondité. Nidification. *In: GRASSE, P.P. Traité de Zoologie*, Masson et Cie, 13(2): 1584-1684.
- Beyer J. E., 1991. On length-weight relationships. 2. Computing mean weights from length statistics. *Fishbyte* 9, 50-54.
- Bilecenoglu M., Alfaya J., Azzurro E., Baldaconi R., Boyaci Y., Circosta V., Compagno L., Coppola F., Deidun A., Durgham H., Durucan F., Ergüden D., Fernández-Álvarez F., Gianguzza P., Giglio G., Gökoğlu M., Gürlek M., Ikhtiyar S., Kabasakal H., Karachle P., Katsanevakis S., Koutsogiannopoulos D., Lanfranco E., Micarelli P., Özvarol Y., Pena-Rivas L., Poursanidis D., Saliba J., Sperone E., Tibullo D., Tiralongo F., Tripepi S., Turan C., Vella P., Yokeş M., Zava B. 2013. New Mediterranean Marine biodiversity records (December, 2013). *Mediterranean Marine Science*, 14 (2): 463-480. DOI: 10.12681/mms.676
- Bizsel C., Kara, M.H., Pollard, D., Yokes, B., Goren, M. & Francour, P. 2011. *Sarpa salpa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T170169A6727829. Downloaded on 13 June 2018.
- Bocquené G., & Galgani F. 1998. Cholinesterase inhibition by organophosphorous and carbamate compound. *Technics in Marine Environmental Science*, 22, 1–12.
- Bolles K L, Begg G A. 2000. Distinction between silver hake (*Merluccius bilinearis*) stocks in U.S. waters of the northwest Atlantic based on whole otolith morphometrics. *Fish. Bull.*, 98(3): 451–462.
- Boudinar A. S., Chaoui L., Mahe K., Cachera M., Kara M. H., 2015. Habitat discrimination of big-scale sand smelt *Atherina boyeri* (Risso, 1810) in the eastern Algeria using somatic morphology and otolith shape. *Italian Journal of Zoology*, 82(3): 446-453.
- Boughamou N., Derbal F., Kara M. H., 2015. Age, growth and reproduction of the black sea bream *Spondyliosoma cantharus* (Sparidae) in the Gulf of Annaba (Algeria). *Journal of Applied Ichthyology*. DOI: 10.1111/jai.12714.

- Bourehail N., 2004. Les Sphyraenidés des côtes algériennes. Biologie et dynamique du Barracuda *Sphyraena sphyraena* (Linnaeus, 1758). Thèse de Magister, Université d'Annaba, 123 p.
- Bradai M.N., 2000. Diversité du peuplement ichtique et contribution à la connaissance des sparidés du golfe de Gabès. *Thèse Doct. Es Sciences*. Université de Sfax.
- Bulleri F., Benedetti-Cecchi L. & Cinelli, F. 1999. Grazing by the sea urchins *Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* Lam. in the Northwest Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 241, 81–95.

C

- Cadrin S. X., & Friedland K. V. 1999. The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. *Fisheries Research*, 43, 129-39.
- Campana S.E., and I.M. Casselman. 1993. Stock discrimination using otolith shape analysis. *Can. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1062-4083
- Cardinale M., P.Doering-Arjes, M .Kastowsky, and H.Mosegaard. 2004. Effects of sex, stock, and environment on the shape of known-age Atlantic cod (*Gadus morhua*) otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61: 158–167.
- Carpenter K.E. 2002. Kyphosidae: sea chubs. In Carpenter K.E. (ed.) *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the western central Atlantic. Volume 3. Bony fishes. Part 2. (Opistognathidae to Molidae)*, sea turtles and marine mammals. Rome: FAO, pp. 1684-1687.
- Carpenter K.E., Niem V.H. (eds). 2001. *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 5. Bony fishes part 3 (Menidae to Pomacentridae)*. Rome, FAO, pp. 2791-3380.
- Carpenter K.E., De Angelis N. (eds.). 2016. *The living marine resources of the Eastern Central Atlantic. Vol. 2: Bivalves, gastropods, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes*, Rome, FAO. pp. 665-1509.
- Cebrian J., Duarte C.M., Marba N., Enriquez S., Gallegos M. & Olesen B. 1996. Herbivory on *Posidonia oceanica*: magnitude and variability in the Spanish Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 30: 147-155.
- Cetinic´ P., Soldo A., Dulcic´ J. & Pallaoro A., 2002. Specific method of fishing for Sparidae species in the eastern Adriatic. *Fish. Res.*, 55, 131–191.
- Chalabi A. 1999. Espèces endémiques et espèces atlanto-méditerranéennes des côtes algériennes. Pp. 47–49. *In: Precautionary approaches to local fisheries and species introductions in the Mediterranean*, 23–26 September, Kerkenna, Tunisia. CIESM Workshop Series No. 7.
- Chang W.Y.B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39(8): 1208–1210.
- 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., Gagnaire P. A., Guinand B., Quignard J. P., Tsigenopoulos C., Kara M. H., Bonhomme F., 2012. Microsatellite length variation in candidate genes is associated with habitat type in the gilthead sea bream *Sparus aurata*. *Molecular Ecology*, 21: 5497-5511.
- Chaoui L., Kara M. H., Faure E., Quignard J. P., Bonhomme F., 2009. Strong genetic differentiation of the gilthead sea bream *Sparus aurata* (L., 1758) between the two western banks of the Mediterranean. *Comptes Rendus Biologies*, 332: 329–335.

- Chaoui L., Kara, M. H., Faure, E. & Quignard, J. P., 2006. Growth and reproduction of the gilthead seabream *Sparus aurata* in Mellah lagoon (north-eastern Algeria). *Sci. Mar.*, 70: 545-552.
- Cheniti R., Rochon A., Frihi H. 2018. Ship traffic and the introduction of diatoms and dinoflagellates via ballast water in the port of Annaba, Algeria. *Journal of Sea Research* 133: 154-165. DOI: 10.1016/j.seares.2017.07.008.
- Chevaldonne P., 1990. Ciguatera and the saupe, *Sarpa salpa* (L.) in the Mediterranean: a Possible Misinterpretation. *J. Fish Biol.*, 37: 503-504.
- Christensen M.S., 1978. Trophic relationships in juveniles of three species of sparid fishes in the South African marine littoral. *Fish. Bull.*, 76: 389-401.
- Cossu C., Doyotte A., Jacquin MC., Babut M., Exinger A., Vasseur P., De Haro L., Pommier P., 1997. Glutathione reductase, selenium-dependent glutathione peroxidase, glutathione levels, and lipid peroxidation in freshwater bivalves, *Unio tumidus*, as biomarkers of aquatic contamination in field studies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 138(2): 122-131.
- Crampton J. S., 1995. Elliptic Fourier shape analysis of fossil bivalves: some practical considerations. *Lethaia*, 28(2): 179-186
- Criscoli A., Colloca F., Carpentieri P., Belluscio A. & Ardizzone G., 2006. Observations On the reproductive cycle, age and growth of the salema, *Sarpa salpa* (Osteichthyes: Sparidae) along the western central coast of Italy. *Sci. Mar.*, 70(1): 131-138.

D

- Daget J., 1976. Les modèles mathématiques en écologie. *Masson*, Paris. 172 p.
- Dagnelie P., 1975. Analyse statistique à plusieurs variables. Gembloux, presses agronomiques de Gembloux, 362 p.
- Dagnelie P., 1975. Théorie et méthodes statistiques. 2^{ème} Ed. Les méthodes de l'inférence statistique. Les presses agronomiques de Gembloux. 451 pp.
- De Haro L. & Pommier P., 2006. Hallucinatory Fish Poisoning (Ichthyoallyeinotoxism): Two Case Reports From the Western Mediterranean and Literature Review. *Clin.Toxicol.*, 44(2): 185-188.
- De Lapaz R. M., 1975. Systématique et phylogénèse des Sparidae du genre *Diplodus* Raf. (Pisces, Teleostei). *Trav. Doc. ORSTOM*, 45: 1-96.
- Derbal F. & Kara M. H., 2001. Inventaire des poissons des côtes de l'Est algérien. *Rapp.Comm. Int. Mer Médit.*, 36: 258.
- Derbal F. & Kara M. H., 2006. Régime alimentaire du sar tambour *Diplodus cervinus cervinus* (Sparidae) des côtes de l'est algérien. *Cybium*, 30: 161-170.
- Derbal F. & Kara M.H. 2013. Âge, croissance et reproduction du sar tambour *Diplodus cervinus cervinus* (Sparidae) des côtes de l'Est algérien. *Cybium*, 37(4): 247-254.
- Derbal F. & Kara. M. H., 2008. Composition du régime alimentaire du bogue *Boops boops* (Sparidae) dans le golfe d'Annaba (Algérie). *Cybium*, 32: 1-9.
- 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. & Kara, M. H., 2005. Contribution à l'inventaire de la faune invertébrée des côtes de l'Est algérien. *In: Marine & Costal Protected Areas.* (eds) Chouikhi, A.Menioui, M., Inter-Islamic Science & Technology Network on Oceanography, 2005: 237- 246.
- Dieuzeide R., Novella M. & Roland J., 1955. Catalogue des poissons des côtes algériennes. *Bulletin de la station d'aquaculture et de pêche de Castiglione*, Numéro spécial 6, 1-384.

- Dieuzeide R., Novella M., Roland J. 1954. Catalogue des poissons des côtes algériennes. II. Ostéoptérygiens. Bulletin de la Station d'Aquaculture et de Pêche de Castiglione, n. s., Alger. 258 p.
- Djabali F., A. Mehailia M. Koudil & Brahmi B. 1993. Empirical equations for the estimation of natural mortality in Mediterranean teleosts. *Naga ICLARM*, 16(1): 35-37.

E

- Elbaraasi H., Bogarara O., Elsilini O., Bojwari J. 2013. First record of the Bermuda sea chub, *Kyphosus saltatrix* (Actinopterygii: Perciformes: Kyphosidae), in the coastal waters of Libya. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 43 (3): 251-253. DOI: 10.3750/AIP2013.43.3.09
- Erdoğan Z., Turan C. & Torcu Koç, H. 2009. Morphologic and allozyme analyses of European anchovy (*Engraulis encrasicolus* (L. 1758)) in the Black, Marmara and Aegean Seas. *Acta Adriat.* 50: 77-90.
- Erguden D., Turan C., 2005. Growth Properties of Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* (L., 1758), Perciformes: Moronidae) Live in Iskenderun Bay. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8: 1584-1587.
- Esterbauer H., 1993. Cytotoxicity and genotoxicity of lipidoxidation products. *American Journal of Clinical Nutrition*, 57, 779-785.
- Evans J., Arndt E., Schembri P.J. 2020. Atlantic fishes in the Mediterranean: using biological traits to assess the origin of newcomer fishes. *Marine Ecology Progress Series*, 643: 133-143. DOI: 10.3354/meps13353.

F

- Fablet R. & Ogor A. 2005. TNPC (digital processing of calcified structures): user manual. www.ifremer.fr/lasaa/TNPC.
- Faggianelli D.J. & Cook E., 1981. Contribution à l'étude de l'écologie de la saupe (*Sarpa salpa* L.) sur la côte occidentale de la Corse. Rapport Ingéniorat. USTL., Montpellier, France; 92 pp.
- Fischer W., Schneider M. & Bauchot M. L., 1987. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer noire. Zone de pêche 37, Vol. 1 et 2, 762 p et 660 p.
- Ford-Walford L.A., 1946. A New Graphic Method Of Describing The Growth Of Animal. *Biol. Bull.*, 90(2): 141-147.
- Francour P., 1997. Fish Assemblages of *Posidonia oceanica* Beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean): Assessment of Composition and Long-Term Fluctuations by Visual Census. *P.S.Z.N.: Marine Ecology*, 18 (2): 157-173.
- Francour P., 2000. Evolution spatio-temporelle à long terme des peuplements de poissons des herbiers à *Posidonia oceanica* de la réserve naturelle de Scandola (Corse, Méditerranée, Nord occidentale). *Cybium*, 24(3): 85-95.
- Francour P., Mouine N. 2008. First record of *Kyphosus sectator* (Kyphosidae) along the French Mediterranean coast. *Cybium* 32 (3): 275-276.
- 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 (Algérie). *Comptes Rendus Biologies*, 330: 615-628.
- Friedland K.D. & Reddin, D.G. 1994. Use of otolith morphology in stock discriminations of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 51: 91-98.
- Froese R. and D. Pauly. Editors. 2021. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org (02/2021).

G

- Gagliano M., Mc Cormick M. I., 2004. Compensating in the wild: is flexible growth the key to early juvenile survival ? *Oikos*, 116(1): 111-120
- Gauldie J.S., Crampton J., 2002. An eco-morphological explanation of individual variability in the shape of the fish otolith: comparison of the otolith of *Hoplostethus atlanticus* with other species by depth. *Journal of Fish Biology*, 60 (5): 1204-1221.
- Gayanilo F.C. Jr., Sparre P., Pauly D. 1996. FAO-ICLARM stock assessment tools (FISAT). User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8, FAO, Rome.
- Gerovasileiou V., Akel E.H.Kh., Akyol O., Alongi G., Azevedo F., Babali N., Bakiu R., Bariche M., Bennoui A., Castriota L., Chintiroglou C.C., Crocetta F., Deidun A., Galinou-Mitsoudi S., Giovos I., Gökoğlu M., Golemaj A., Hadjioannou L., Hartingerova J., Insacco G., Katsanevakis S., Kleitou P., Korun J., Lipej L., Malegue M., Michailidis N., Mouzai Tifoura A., Ovalis P., Petović S., Piraino S., Rizkalla S.I., Rousou M., Savva I., Şen H., Spinelli A., Vougioukalou K.G., Xharahi E., Zava B., Zenetos A. 2017. New Mediterranean Biodiversity Records. *Mediterranean Marine Science*, 18 (2): 355-384. DOI: 10.12681 / mms.13771.
- Gery J., 1962. Le problème de la sous-espèce et de sa définition statistique. A propos du coefficient de Mayr-Linsley-Usinger. *Vie et Milieu*, 13(3), 521-541.
- Giuffrida-Stella A. M., & Lajtha A. 1987. Macromolecular turnover in brain during aging. *Gerontology*, 33, 136–148.
- 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.
- Gonzales-Salas C. & Lenfant P. 2007. Interannual variability and intraannual stability of the otolith shape in European anchovy *Engraulis encrasicolus* (L.) in the Bay of Biscay. *J. Fish. Biol.* 70: 35-49.
- González-Wangüemert M., Giménez-Casalduero F. & Pérez-Ruzafa A., 2004. Genetic differentiation of *Elysia timida* (Risso, 1818) populations in the Southwest Mediterranean and Mar Menor coastal lagoon. *Biochem. Syst. Ecol.*, 34(6): 514-527. DOI: 10.1016/j.bse.2005.12.009
- Gordoa A., Moloa B. & Raventoas N., 2000. Growth performance of four wrasse species on the north-western Mediterranean coast. *Fish. Res.*, 45: 43-50.
- Goren M., Galil B., Roy G., Nir S. 2016. First record of the Brassy Chub *Kyphosus vaigiensis* (Quoy & Gaimard, 1825) in the Eastern Mediterranean (Osteichthyes: Perciformes: Kyphosidae). *Zoology in the Middle East*, 62 (4): 319-322. DOI: 10.1080/09397140.2016.1250710.
- Gothel H., 1992. Guide de la faune sous-marine : La Méditerranée. Eugen Ulmer GmbH & Co édit., 318 pp.
- Grimes S., Benabdi M., Babali N., Refes W., Boudjelal- Kaidi N., Seridi H. 2018. Biodiversity changes along the Algerian coast (southwest Mediterranean basin): From 1834 to 2017: A first assessment of introduced species. *Mediterranean Marine Science*, 19 (1): 156– 179. DOI: 10.12681/mms.13824.
- Grubisić F., 1988. Fishes, crustaceans and mussels of the Adriatic Sea. ITRO Naprijed – GRO Liburnija, Zagreb-Rijeka, 239 pp. (In Croatian).
- Guilherme S., Válega M., Pereira M. E., Santos M. A., & Pacheco, M. 2008. Antioxidant and biotransformation responses in *Liza aurata* under environmental mercury exposure relationship with mercury accumulation and implications for public health. *Marine Pollution Bulletin*, 56, 845–859.

H

- Haas G.R. and J.D. McPhail. 1991. Systematics and distributions of Dolly Varden (*Salvelinus malma*) and bull trout (*Salvelinus confluentus*) in North America. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48:2191-2211.
- Hammami I., Bahri-Sfar L., Ben Hassine O. K., 2011. Morphological variations of striped seabream, *Lithognathus mormyrus*, populations along the Tunisian coast *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 91 (6) (2011), pp. 1261-1271
- Hammami I., Bahri-Sfar L., Kaouèche M., Grenouillet G., Lek S., Kara M. H., Ben Hassine O. K., 2013. Morphological characterization of striped seabream (*Lithognathus mormyrus*, Sparidae) in some Mediterranean lagoons. *Cybium*, 37(1-2): 127-139.
- Hannachi M. S., Boubekour S., Derbal F., Kara M.H., 2015. Unusual presence of juveniles of the Indo-Pacific blackmouth splitfin *Synagrops japonicus* in the southwest Mediterranean coast. *Acta Adriatica*, 56(2), 297-304.
- Happe A. & Zohar Y. 1988. Self fertilization in the protandrous hermaphrodite *Sparus aurata*: development of the technology. In: Y. Zohar and B. Breton (eds.), *Reproduction in fish. Basic and applied aspects in endocrinology and genetics*, pp. 177-180. Les colloques de l'INRA, n° 44, Paris: INRA.
- Harden J. F.R, 1968. Fish migration. London: Edwards Arnold.
- Harmelin-Vivien M.L. & Francour P., 1997. Trawling or visual census ? Methodological bias in the assessment of fish population in seagrass beds. *Mar. Ecol.* 13, 41–51.
- Harmelin-Vivien M.L., Harmelin J.G. & Leboulleux V., 1995. Microhabitat requirements for settlement of juvenile sparid fishes on Mediterranean rocky shores. *Hydrobiol.*, 300/301: 309-320.
- Havelange S., Lepoint G., Dauby P. & Bouquegneau, J.M., 1997. Feeding of the sparid fish *Sarpa salpa* in a seagrass ecosystem: diet and carbon flux. *Mar. Ecol.*, 18, 287–297.
- Hedgecock D., E.S. Hutchinson, L. Gang, F.L. Sly et K. Nelson, 1989. Genetic and morphometric variation in the Pacific sardine, *Sardinops sagax caerulea*: comparisons and contrasts with historical data and with variability in the northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fishery Bulletin* 87: 653–671.
- Hemida C., Derbal F., Kara M. H., 2018. Diet composition and variations of the striped seabream *Lithognathus mormyrus* (Teleostei, Sparidae) in Eastern coast of Algeria. *Cahiers de Biologie marine*, 59: 9-17.
- Hemida F., Kanoun N., Golani D., Ben Souissi J., Guelorget O., Capapé C. 2004. Records of the Bermuda sea chub, *Kyphosus sectator* (Linnaeus, 1758) (Osteichthyes: Kyphosidae) from the coastal waters of Algeria (southern Mediterranean). *Annales, Series Historia Naturalis* 14 (1): 49-52.
- Hereu B., 2006. Depletion of palatable algae by sea urchins and fishes in a Mediterranean subtidal community. *Marine Ecology Progress Series*, 313, 95–103.
- Humann P. 1994. Reef fish identification: Florida, Caribbean, Bahamas. 2nd edition. Jacksonville, FL: New World Publications, 396 pp.
- Hüssy K., 2008. Otolith shape in juvenile cod (*Gadus morhua*): Ontogenetic and environmental effects. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 364, 35-41.

I

- Ihssen PE, Booke HE, Casselman JM, McGlade JM, Payne NR, Utter FM. 1981. Stock identification: materials and methods. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38:1838–1855.
- Iwata H., Ukai Y., 2002. Shape: a computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. *J. Hered.*, 93: 384–385.

J

- Jadot C., Donnay A., Acolas M.L., Cornet Y. & Bégout Anras, M.L. 2006. Activity patterns, home-range size, and habitat utilization of *Sarpa salpa* in the Mediterranean. *ICES Journal of Marine Sciences*, 63: 128-139.
- Jadot C., Graux D., Michel, C., & Voss J., 2000. Contribution à la caractérisation du comportement reproducteur et alimentaire de la Saupe (*Sarpa salpa* (Linne', 1758)). *Cahier d'Ethologie*, 20: 33-44.
- Jadot C., Ovidio M. & Voss J., 2002. Diel activity of *Sarpa salpa* (Sparidae) by ultrasonic telemetry in a *Posidonia oceanica* meadow of Corsica (Mediterranean Sea). *Aquatic Living Resources*, 15: 343–350.
- Jardas I., 1996. Adriatic ichthyofauna. Skolska knjiga d.d., Zagreb, 535 pp. (in Croatian).

K

- Kamalakkanan N., Prince P.S.M., 2004. Antidiabetic and anti-oxidant activity of Aeglemarmelos extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Pharm. Biol.* 42, 125–130.
- Kaoueche M., Bahri-Sfar L., Benhassine O. K., 2013. Morphological And Genetic Variations of *Diplodus vulgaris* along the Tunisian coasts. *Cybium*, 37(1-2): 127-140.
- 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., Oudjane F. 2009. First observations of the Indo-Pacific bluespotted cornetfish *Fistularia commersonii* (Fistularidae) from Algerian coasts. *Marine Biodiversity Records* 2: e83. DOI: 10.1017/ S1755267209000438
- Kara M.H., Rouag F., Laouira L. 2012. Westward range expansion of the Lessepsian spotted halfbeak *Hemiramphus far* (Hemiramphidae) in the Mediterranean Sea. *Marine Biodiversity Records* 5: e45. DOI: 10.1017/S1755267212000139
- Kara M.H., Ben Lamine E., Francour P., 2015. Range expansion of the invasive pufferfish *Lagocephalus sceleratus* to the southwestern Mediterranean. *Acta Ichthyologica & Piscatoria*, 45(1): 103-108.
- Kara M. H., Quignard J. P., 2018. Fishes in lagoons and estuaries in the Mediterranean 1. Diversity, bioecology and exploitation. Ed. ISTE-Wiley, 288p.
- Kara M. H., Quignard J. P., 2019. Fishes in lagoons and estuaries in the Mediterranean 3B. Migratory fish. Ed. ISTE-Wiley. 306 p.
- Kara M. H., Mezali K., Kacher M., Etsouri M., Chaoui L., Francour P., 2020. New multiple records of the blunthead puffer *Sphoeroides pachygaster* (Müller & Troschel, 1848) along the Western Mediterranean coasts and reassessment of its biogeography. *Vie et Milieu*, 70(1): 55-63.
- Kara M.H., Bourehail N. 2020. First record of the indo-pacific yellowtail barracuda *Sphyraena flavicauda* (Actinopterygii: Perciformes: Sphyraenidae) in the Western Mediterranean. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 50 (3): 363-366. DOI: 10.3750/AIEP/02987
- Kinsey S. T., Orsoy T., Bert T. M., Mahmoudi B., 1994. Population structure of the Spanish sardine *Sardinella aurita*: natural morphological variation in a genetically homogenous population. *Mar. Biol.*, 118 (1994), pp. 309-317
- Kiparissis S., Loukovitis D., Batargias C. 2012. First record of the Bermuda sea chub *Kyphosus saltatrix* (Pisces: Kyphosidae) in Greek waters. *Marine Biodiversity Records*: 5(e11). DOI: 10.1017/S1755267211001199
- Kiyağa V.B., Mavruk S., Özyurt C.E., Akamca E., Coşkun Ç. 2019. Range extension of *Kyphosus vaigiensis* (Quoy & Gaimard, 1825) in the northeastern Mediterranean,

- İskenderun Bay, Turkey. *Turkish Journal of Zoology* 43: 644-649. DOI: 10.3906/zoo-1901-1
- Klingenberg C.P., 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Mol. Ecol. Res.*, 11(2): 353-357.
- Knudsen S.W., Choat J.H., Clements K.D. 2019. The herbivorous fish family Kyphosidae (Teleostei: Perciformes) represents a recent radiation from higher latitudes. *Journal of Biogeography*, 46: 2067–2080. DOI: 10.1111 / jbi.13634
- Knudsen S.W., Clements K.D. 2013. Revision of the fish family Kyphosidae (Teleostei: Perciformes). *Zootaxa*, 3751(1): 1-101. DOI: 10.11646/zootaxa.3751.1.1
- Knudsen S.W., Clements K.D. 2016. World-wide species distributions in the family Kyphosidae (Teleostei: Perciformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 101: 252-266. DOI: 10.1016/j.ympev.2016.04.037
- Konstantinos I., Stergiou K., & Karpouzi V.S. 2002. Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Reviews in Fish Biology*, 11: 217–254.
- Kuhl F. and Giardina, C. 1982. Elliptical Fourier Features of a Closed Contour. *Computer Graphics Image Processing*, 18, 236-258.

L

- LCHF., 1974. Extension du port d'Annaba. Etude générale des conditions naturelles dans le Golfe (synthèse finale du LCHF), 50 p.
- Lea E., 1910. On the methods used in the herring investigation. *Publ. Circ. Con. Int. Expl. Mer Copenhaguen*, 53: 7-175.
- 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.
- Lelong P. 2012. A new record of Bermuda sea chub, *Kyphosus saltatrix* (Linnaeus, 1758), (Osteichthyes, Kyphosidae) from Galite Islands (Tunisia, southern Mediterranean). *Marine Life*, 18 (1): 3-7.
- Lemaire C., Allegrucci G., Naciri M., Bahri-Sfar L., Kara M.H. & Bonhomme F., 2000. Do discrepancies between microsatellite and allozyme variation reveal differential selection between sea and lagoon in the seabass (*D. labrax*)? *Molecular Ecology*, 9(4): 457-468.
- Lenfant P. & Planes S., 1996. Using allozyme markers to distinguish populations of white seabream (*Diplodus sargus*, Linné 1758). *Iso. Bull.*, 29: 32.
- Leonard S. S., Harris G. K., & Shi X., 2004. Metal-induced oxidative stress and signal transduction. *Free Radical Biology and Medicine*, 37, 1921–1942.
- Lestrel P., 2008. Fourier Descriptors and their Applications in Biology. Pete E. Lestrel Ed., University of California, Los Angeles, 484 p
- Ligas A., Sartor, P., Sbrana M., de Ranieri S. 2011. A new record of *Kyphosus saltatrix* (Pisces: Kyphosidae) along the Italian coasts (north-western Mediterranean). *Marine Biodiversity Records* 4 (1–3). DOI: 10.1017/s1755267210001211
- Ligeret H., S. Barthelemy, R. Zini, J.P. Tillement, S. Labidalle Et D. Morin., 2004. Effect of curcumin and curcumin derivatives on mitochondrial permeability transition pore. *Free Radic. Biol. Med.*, 36, 919-929.
- Lilliendahl K., Solmundsson J., 2006. Feeding ecology of sympatric European shags *Phalacrocorax aristoteles* and great cormorants *P. carbo* in Iceland. *Mar. Biol.* 149: 979–990.
- Linnaeus C. 1758. *Systema naturae per Regna Tria Naturae secundum Classes, Ordinus, Genera, Species cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis.* 10^{ème}ed., Vol.1.Holmiae Salvii., 824p.
- Lissia-Frau A.M. 1966. Ricerche sul differenziamento sessuale di *Boops salpa* (L.)(Teleostei, Perciformes). *Atti Accademia Gioenia*, 6(18): 165-174.

- Lissia-Frau A. M. And S. Casu., 1968. Il processo gonado genetico in alcune specie di Sparidi (Teleostei, Perciformes). Studi Sassaesi, 1: 1-23.
- Lo Bianco S., 1909. Notizie biologiche riguardanti specialmente il periodo di matura sessuale degli animali del golfo di Napoli. *Mitt.zool. St. Neapel*, 19: 513-761.
- Lo Brutto S. 2017. The Case of a Rudderfish Highlights the Role of Natural History Museums as Sentinels of Bio-invasions. *Zootaxa* 4254 (3): 382. DOI: 10.11646/zootaxa.4254.3.8
- Lowry OH., Rosebrough NJ., Farr AL., Randall RJ. 1951. Protein measurement with Folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193:265–75.

M

- Mahé K, Fave S, Couteau J 2011. TNPC User guide. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00032/14288>
- Malo-Michèle M., 1977. Contribution à l'étude histologique de la gonade, en particulier de l'ovaire, chez la saupe, *Boops salpa* (L.) (Téléostéen, Sparidae). Données nouvelles sur son type d'hermaphrodisme. *Inv. Pesq.*, 41(1): 165-183.
- Mannino A.M., Balistreri P., Iacofano D., Galil B.S., Lo Brutto S. 2015. An additional record of *Kyphosus vaigiensis* (Quoy & Gaimard, 1825) (Osteichthyes, Kyphosidae) from Sicily clarifies the confused situation of the Mediterranean kyphosids. *Zootaxa*, 3963(1): 45-54. DOI: 10.11646 / zootaxa.3963.1.3
- Man-Wai R. & Quignard J.P., 1984. Les sars *Diplodus sargus* (Linné, 1758) du golfe du Lin : croissance et caractéristique des débarquements aux criées de Sète et Grau du Roi. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 46 : 173-194.
- Marco-Mendez C., Ferrero-Vicente L.M., Prado O., Heck K.L., Cebrian J. & Sanchez-Lizaso J.L., 2015. Epiphyte presence and seagrass species identity influence rates of herbivory in Mediterranean seagrass meadows. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 154: 94-101.
- Massuti E., Ordinas F., Guijarro B., Pomar B., Fliti K., Refes W., Zaghdoudi S., Bouaicha M., Reghis M., Miraoui M., Naili R., Ait Ferroukh B. 2004. Informe de la campaña Argelia0204 para la evaluación de recursos demersales en las costas de Argelia (Mediterráneo Sud Occidental). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Gobierno de España, Madrid, España.
- Matić-Skoko S., Kraljević M., Dulčić J. & Pallaoro A. 2004. Growth of juvenile salema, *Sarpa salpa* (Teleostei: Sparidae), in the Kornati Archipelago, eastern Adriatic Sea. *Scientia Marina* 68(3): 411-417.
- Mayrat A., 1959. Nouvelle méthode pour l'étude comparée d'une croissance relative dans deux échantillons. Application à la carapace de *Penaeus kerathurus* (Forskal). – *Bulletin de l'I.F.A.N.*, XXI, série A : 1.
- McMillan C., 1984. The condensed tannins (Proanthocyanidins) in seagrasses. *Aquatic Botany*, 20: 351–357.
- Méndez-Villamil M., Lorenzo J.M., Pajuelo J.G., Ramos A. & Coca J. 2002. Aspects of the live history of the salema, *Sarpa salpa* (Pisces, Sparidae), of the Canarian Archipelago (central-east Atlantic). *Environmental Biology of Fishes*, 63: 183-192
- Méndez-Villamil M., Pajuelo J.G., Lorenzo J.M., Coca J. & Ramos A.G., 2001. Age and growth of the salema, *Sarpa salpa* (Osteichthyes, Sparidae), off the Canary Islands (East-Central Atlantic). *Arch. Fish. Mar. Res.*, 49: 139–148.
- Mérigot B., Bertrand J.A., Gaertner J.J.-C., Durbec J.-P., Mazouni N., Manté C., 2007. Multi-component structuration of the species diversity of ground fish assemblages of the east coast of Corsica (Mediterranean Sea): variation according to the bathymetric. *Fish.Res.*, 88: 120–132.
- Messaoud R.B., Chérif M., Rjeibi O., Bradai M.N., Bejaoui N., 2011. Expérimentation d'un répulsif acoustique pour la limitation des interactions entre les senneurs et les

- delphinidés de la région du Cap-Bon (Kélibia-Tunisie). *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer*, 38: 149-157.
- Meunier F.J., 1988. Détermination de l'âge individuel chez les ostéichthyens à l'aide de la squeletteochronologie : historique et méthodologie. *Acta Oecol.*, 9(3):299-329.
- Mitteroecker P., Gunz P. 2011. Advances in Geometric Morphometrics. *Evol. Biol.*, 36:235–247.
- Mohdeb R., Derbal F., Kara M. H., 2018. Diet composition and variations of Morocco dentex *Dentex maroccanus* (Actinopterygii: Perciformes: Sparidae) in Eastern coast of Algeria. *Cybiurn*, 41(4): 317-324.
- Mohdeb R., Kara M. H., 2014. Age, growth and reproduction of the Morocco dentex *Dentex maroccanus* of the eastern coast of Algeria. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. DOI:10.1017/S0025315414001945.
- Mojetta A., Ghisotti A., 1994. Flore et faune de la Méditerranée. Solar édit., 317 pp.
- Morat F., Letourneur Y., Nerini D., Banaru D., Batjakas IE. 2012. Discrimination of red mullets populations (Teleosts, Mullidae) along multi-spatial and ontogenetic scales within the Mediterranean basin on the basis of otolith shape analysis. *Aquat Living Resour.*, 25: 27-39.
- Munro J. L.; Pauly D., 1983. A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. *ICLARM Fishbyte* 1, 5–6.

N

- Nelson J.S. 1994. *Fishes of the world*. 3rd edition. New York: John Wiley & Sons, 600 pp.
- Nikolsky G.V., 1963. *The ecology of fishes*. Academic Press. 352 p.
- Novack R., 1984. A study of ultra-ecology microorganisms on the seagrass *Posidonia oceanica* (L). *Mar. Ecol.*, 5(2): 143-190.

O

- Okhawa H., N. Ohishi et K. Yagi 1979. Assay of lipid peroxides in animal tissue by thiobarbituric reaction. *Anal. Biochem.*, 95, 351-358.
- Orsi Relini L. 2017. Notes on recent revisions of the taxonomy of Kyphosidae. *Biologia Marina Mediterranea* 24 (1) : 206-208.
- Orsi Relini L., Costa M.R., Relini M. 2011. First record of the yellow sea chub *Kyphosus incisor* in the Mediterranean. *Marine Biodiversity Records* e4: 1-3. DOI: 10.1017/S1755267209991096
- Ounissi M. & Frehi H., 1999. Variabilité du microphytoplancton et des Tintinnidae (Protozoaires Ciliés) d'un secteur eutrophe du Golfe d'Annaba (Méditerranée sudoccidentale). *Cah. Biol. Mar.* 40: 141-153.
- 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.

P

- Paiva R.B., Neves A., Sequeira V. & Voeira A.R. 2016. Age, growth and reproduction of the protandrous hermaphrodite fish, *Sarpa salpa*, from the Portuguese continental coast. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, <https://doi.org/10.1017/S0025315416001405>
- Pallaoro A., Dulcic J., Matic-Skoko M., Kraljevic M. & Jardas I. 2008. Biology of the salema, *Sarpa salpa* (L. 1758) (Pisces, Sparidae) from the middle-eastern Adriatic. *Journal of Applied Ichthyology*, 24: 276-281.

- Parmentier E., Vandewalle P. and Lagardère F., 2001. Morpho-anatomy of the otic region in carapidfishes: eco-morphological study of their otoliths. *J. Fish Biol.*, 58: 1046-1061.
- Pauly D., 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 39: 175–192.
- Pauly D., 1993. Fishbyte section editorial. Naga, ICLARM Quart. 16, 26.
- Persat H., 1988. De la biologie des populations de l'ombre commun *Thymallus thymallus* (L., 1758) à la dynamique des communautés dans un hydrosystème fluvial aménagé, le Haut-rhône français. Éléments pour un changement d'échelles. State thesis, 223 p. Univ. Lyon 1, France.
- Petersen C. G. G., 1892. Fiskensbiologiske forhold I Holbock Fjord, 1890-1891. *Beretning fra de Danske Biologiske Station, I*.
- Petrakis G. & Stergiou K. I., 1995. Weight-length relationships for 33 fish species in Greek waters. *Fish. Res.*, 21: 465-469.
- Pothin K., Gonzalez-Salas C., Chabanet P., and Lecomte-Finiger R., 2006. Distinction between *Mulloidichthys flavolineatus* juveniles from Reunion Island and Mauritius Island (south-west Indian Ocean) based on otolith morphometrics. *Journal of Fish Biology*, 69: 38 – 53.

Q

- Quignard J. P., 1966. Recherches sur les Labridae (Poissons Téléostéens) des côtes européennes. Systématique et biologie. *Naturalia Monspeliensia*. Sér. Zoologique, 5, 1-247.
- Quignard J.P., Tomasini J.A. 2000. Mediterranean fish diversity. *Biologia Marina Mediterranea*, 7: 1-66.

R

- Randall J.E. 2007. Reef and shore fishes of the Hawaiian Islands. Sea Grant College Program, University of Hawaii, Honolulu, 546 pp.
- Ranzi S., 1930. Stadi giovanili di Sparidi del Golfo di Napoli. *Pub.Staz. Zool. Napoli*, 10: 407-416.
- Ranzi S., 1933. Sparidae, Lobotidae, in Uova, larve e stadi giovanili di Teleostei. *Fauna Flora Golfo Napoli*, 38: 332-383.
- Raventos N., Ferrari B. & Planess., 2009. Differences in population parameters and behavior of the herbivorous fish *Sarpa salpa* between protected and unprotected seagrass meadows in the north-western Mediterranean. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, doi: 10.1017/S0025315409000423
- Richard M. J., Portal B., Meo J., Coudray C., Hadjlan A., Favier A., 1992. Malondialdehyde Kit Evaluated for Determining Plasma and Lipoprotein Fractions That React with Thiobarbituric Acid. *Clin. Chem.*, 38:15,704-70.
- 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.
- Rueda M., Bolivar V.W., Bustos-Montes D., Osorio S.P., Sanjuanelo A., Rodriguez A., Correa M.C. 2015. Parametros biológico-pesqueros del striped chub (*Kyphosus incisor*) relevantes para su manejo y conservacion en el parque nacional natural old providence McBean lagoon. *Bolletín Investigacione Marine Coasts*, 44 (1): 71-92. DOI: 10.25268/bimc.invemar.2015.44.1.21
- Russell B., Pollard D., Mann B.Q., Buxton C.D. & Carpenter K.E., 2014. *Sarpa salpa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T170169A1286510.

S

- Safran P., 1992. Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles. *Mar. Biol.*, 112: 545-551.
- Sakai K., Nakabo T. 1995. Taxonomic review of the Indo-Pacific kyphosid fish, *Kyphosus vaigiensis* (Quoy and Gaimard). *Japanese Journal of Ichthyology* 42(1): 61-70. DOI: 10.11369/JJI1950.42.61
- Sakai K., Nakabo T. 2004. Two new species of *Kyphosus* (Kyphosidae) and a taxonomic review of *Kyphosus bigibbus* Lacepède from the Indo-Pacific. *Ichthyological Research* 51: 20-32. DOI: 10.1007/s10228-003-0186-2.
- Sakai K., Nakabo T. 2014. Taxonomic review of *Kyphosus* (Pisces: Kyphosidae) in the Atlantic and Eastern Pacific Oceans. *Ichthyological Research* 61(3): 265-292. DOI: 10.1007/s10228-014-0395-x.
- Sakai K., Nakabo T. 2016. Kyphosidae. In: Carpenter K.E., De Angelis N. (eds), The living marine resources of the Eastern Central Atlantic. Vol. 4. FAO, Rome: 2680-2685.
- Sellami A. & Brusle J., 1975. Contribution à l'étude de la sexualité de la saupe *Boops salpa* Linnaeus 1758 (Téléostéen Sparidae) des côtes de Tunisie. *Vie Milieu*, 23A(2): 261e276.
- Semple JC, Chmielewski JG, Leeder C. 1991. A multivariate morphometric study and revision of *Astersubg. Doellingeriasect. Triplopappus* (Compositae: Astereae): The *Aster umbellatus* complex. *Canadian Journal of Botany*, 69: 256–276.
- Sgano T. 1981. Kyphosidae. In: Fischer W. (ed) FAO species identification sheet for fishery purposes. Eastern Central Atlantic (Fishing Areas 34, 47 in part). Vol. 2. FAO, Rome.
- Silva A., 2003. Morphometric variation among sardine (*Sardina pilchardus*) populations from the northeastern Atlantic and the western Mediterranean ICES *J. Mar. Sci.*, 60(6): 1352-1360.
- Silvano R.A.M., Güth A.Z. 2006. Diet and feeding behavior of *Kyphosus* spp. (Kyphosidae) in a Brazilian Subtropical Reef. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49 (4): 623-629. DOI: 10.1590/S1516-89132006000500012.
- Smith M. K., 1992. Regional differences in otolith morphology of the deep slope red snapper *Etelis carbunculus*. *Can J Fish Aquat Sci.*, 49:795–804.
- Spanier E., 1988. Ciguatera-like poisoning in the Mediterranean. *Vet. Hum. Toxicol.*, 30(6): 352-353.
- Spanier E., Finkelstein Y & Raikhlin-Eisenkraft B., 1989. Toxicity of the saupe, *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758), on the Mediterranean coast of Israel. *Journal of Fish Biology*, 34: 635-636.
- Stamouli C, Akel EHKh, Azzurro E, Bakiu R, Bas AA, Bitar G, Boyaci YO, Cakalli M, Corsini-Foka M, Crocetta F, Dragičević B, Dulčić J, Durucan F, El Zrelli R, Erguden D, Filiz H, Giardina F, Giovo I, Gonulal O, Hemida F, Kassar A, Kondylatos G, Macali A, Mancini E, Ovali P, Paladini de Mendoza F, Pavičić M, Rabaoui L, Rizkalla SI, Tiralongo F, Turan C, Vrdoljak D, Yapici S, Zenetos A (2017) New Mediterranean biodiversity records (December 2017). *Mediterr. Mar. Sci.*, 18(3):534–556.
- Stransky C. & MacLellan S.E. 2005. Species separation and zoogeography of redfish and rockfish (genus *Sebastes*) by otolith shape analysis. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 62: 2265–2276.
- Stransky C., Murta, A.G., Schlickeisen, J., Zimmermann, C., 2008. Otolith shape analysis as a tool for stock separation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean. *Fish. Res.* 89, 159–166.
- Swift A. E., Swift, T. R., 1993. Ciguatera. *Journal of Toxicology, Clinical Toxicology*, 31: 1-29.

Sych R. 1971. Some considerations on the theory of age determination of fish from their scales - Finding proofs of reliability. *EIFAC Technical Paper*.13: 68 pp.

T

- Teissier G., 1948. La relation d'allométrie: sa signification statistique et biologique. *Biometrics*, 4 (1): 14-53.
- Tomas F., Turon X., Romero J., 2005. Seasonal and small scale spatial variability of herbivory pressure on the temperate seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series*, 301: 95–107.
- Topp R.W. 1970. Behavior and color change of rudderfish, *Kyphosus elegans*, in Gulf of Panama. *Copeia*, 4: 763-765.
- Tortonese E. 1975. Fauna d'Italia. Osteichthyes (Pesci Ossei), Volume 11. Bologna: Calderini, 636 pp.
- Tortonese E. 1986. Kyphosidae. In Whitehead P. J. P., Bauchot M. L., Hureau J. C., Nielsen J. and Tortonese E. (eds). Fishes of the northeastern Atlantic and the Mediterranean, Volume 2. Paris: UNESCO, pp. 912-913.
- Turan C. 2004. Stock identification of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) using morphometric and meristic characters. *ICES J. Mar. Sci.* 61: 774-781.
- Tuset V.M., Lombarte A., González,J.A., Pertusa J.F.,& M. Lorente J. 2003. Comparative morphology of the sagittal otolith in *Serranus spp.* *Journal of Fish Biology*, 6 (1), 1491-1504.

U

USFDA. 2005. National Shellfish Sanitation Program Guide for the Control of Molluscan Shellfish. Washington, DC: US Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition.

V

- Vaillant V., Caumes E., DeValk H., Mesnage V., Griffon A. M., 2001. Intoxication alimentaire à la ciguatera: Savoir l'évoquer même en l'absence de voyage. *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire*, 38.
- Vaissiere R. & Fredj 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.
- Van der Walt B.A. & Beckley L.E. 1997. Age and growth of *Sarpa salpa* (Pisces, Sparidae) off the east coast of South Africa. *Fisheries Research*, 31: 241–248.
- Van der Walt B.A. & Mann B.Q. 1998. Aspects of the reproductive biology of *Sarpa salpa* (Pisces: Sparidae) off the east coast of South Africa. *South Africa Journal of Zoology*, 33: 241–248.
- Velimirov B., 1984. Grazing of *Sarpa salpa* L. on *Posidonia oceanica* and utilization of soluble compounds. Int. Workshop on *Posidonia oceanica* beds. Boudouresque, C.F., Jedy de Grissac, A., Olivier, J. Edit. Gis Posidonie Publ. Fr. 381-387
- Vella N., Vella A., Darmanin S.A. 2016. The first record of the lowfin chub *Kyphosus vaigiensis* (Quoy & Gaimard, 1825) from Malta. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 22(2): 175-181.
- Verlaque M., 1981. Preliminary data on some *Posidonia* feeders. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 27: 201–202.
- Verlaque M., 1985. Note préliminaire sur le comportement alimentaire de *Sarpa salpa* (L.) (Sparidae) en Méditerranée. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 29(5): 193–196.

Verlaque M., 1990. Relation entre *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) (Téléostéen, Sparidae), les autres poissons brouteurs et le phytobenthos algal Méditerranéen. *Oceanologica Acta*, 13: 373–388.

Von Bertalanffy L., 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Bio.*, 10 (2) : 181-213.

W

Walt B.A. & Beckley L.E. 1997. Age and growth of *Sarpa salpa* (Pisces: Sparidae) off the east coast of South Africa. *Fisheries Research*, 31: 241–248.

Whitehead P.G.P., Bauchot M. L., Hureau J.C., Nielsen J. & Tortonese E., 1986. Fishes of the north eastern Atlantic and the Mediterranean, Vol II. 515-1007. UNESCO Paris: 780-792.

Y

Young E. B., Lavery P. S., van Elven B., Dring M. J., Berges J. A., 2005. Nitrate reductase activity in macroalgae and its vertical distribution in macroalgae epiphytes of seagrass. *Marine Ecology Progress Series*, 288, 103–114.

Z

Zenetos A., Gofas s., Morri C., Rosso A., Violanti D., Garcia Raso J.E., Cinar M.E., Almogilabin A., Ates A.S., Azzurro E., Ballesteros E., Bianchi C.N., Bilecenoglu M., Gambi M.C., Giangrande A., Gravili C., Hyams-Kaphzan O., Karachle P. K., Katsanevaki S., Lipej L., Mastrototaro F., Mineur F., Pancucci-Papadopoulou M.A., Ramos Espla A., Salas C., San Martin G., Sfriso A., Streftaris N., Verlaque M. 2012. Alien species in the Mediterranean Sea by 2012. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part 2. Introduction trends and pathways. *Mediterranean Marine Science*, 13(2): 328-352. DOI: 10.12681/mms.327.

ANNEXE I

ANNEXE I

Annexe I. 1. Dimorphisme entre les deux populations de Chétaibi et d'El Mahdia

Fonction	Chétaibi - Mahdia				
	Régression		Tpe	tpo	Tth
	Chétaibi	Mahdia			
Lf=f(Lt)	$0.749Lt^{1.056}$	$1.038Lt^{0.949}$	1,26	0,41	1,96
Ls=f(Lt)	$0.614Lt^{1.097}$	$0.595Lt^{1.108}$	0,11	0,77	1,96
Lcep=f(Lt)	$0.135Lt^{1.106}$	$0.114Lt^{1.167}$	0,28	3,46	1,96
Lmax=f(Lcep)	$0.1Lc^{1.485}$	$0.036Lc^{2.197}$	1,63	2,6	1,96
DO=f(Lcep)	$0.402Lc^{0.682}$	$0.426Lc^{0.64}$	0,34	0,68	1,96
LPO=f(Lcep)	$0.107Lc^{1.629}$	$0.043Lc^{2.332}$	1,92	3,45	1,96
LPd=f(Lt)	$0.106Lt^{1.3}$	$0.094Lt^{1.351}$	0,35	5,97	1,96
LPp=f(Lt)	$0.142Lt^{1.115}$	$0.141Lt^{1.12}$	0,02	0,82	1,96
LpP=f(Lt)	$0.322Lt^{1.054}$	$0.29Lt^{1.088}$	0,23	0,35	1,96
Lpa=f(Lt)	$0.297Lt^{1.164}$	$0.455Lt^{1.046}$	0,71	12,61	1,96
Hc=f(Lt)	$0.263Lt^{1.005}$	$0.271Lt^{1.021}$	0,08	12,22	1,96
Hpc=f(Lt)	$0.132Lt^{0.807}$	$0.038Lt^{1.23}$	2,08	-	1,96

Annexe I. 2. Dimorphisme entre les deux populations de Chétaibi et d'Oran.

Fonction	Chétaibi - Oran				
	Régression		Tpe	tpo	Tth
	Mahdia	Oran			
Lf=f(Lt)	$0.749Lt^{1.056}$	$0.728Lt^{1.063}$	0,19	0,09	1,96
Ls=f(Lt)	$0.614Lt^{1.097}$	$0.496Lt^{1.155}$	1,02	0,28	1,96
Lcep=f(Lt)	$0.135Lt^{1.106}$	$0.126Lt^{1.119}$	0,07	0,46	1,96
Lmax=f(Lcep)	$0.1Lc^{1.485}$	$0.337Lc^{0.711}$	5,06	-	1,96
DO=f(Lcep)	$0.402Lc^{0.682}$	$0.271Lc^{0.874}$	1,26	1,68	1,96
LPO=f(Lcep)	$0.107Lc^{1.629}$	$0.137Lc^{1.417}$	0,78	1,41	1,96
LPd=f(Lt)	$0.106Lt^{1.3}$	$0.162Lt^{1.141}$	1,04	1,71	1,96
LPp=f(Lt)	$0.142Lt^{1.115}$	$0.096Lt^{1.213}$	0,46	0,91	1,96
LpP=f(Lt)	$0.322Lt^{1.054}$	$0.318Lt^{1.046}$	0,06	0,74	1,96
Lpa=f(Lt)	$0.297Lt^{1.164}$	$0.22Lt^{1.245}$	0,82	0,48	1,96
Hc=f(Lt)	$0.263Lt^{1.005}$	$0.187Lt^{1.122}$	0,77	0,92	1,96
Hpc=f(Lt)	$0.132Lt^{0.807}$	$0.052Lt^{1.108}$	3,07	-	1,96

Annexe I. 3. Dimorphisme entre les deux populations d'El Mahdia et d'Oran

Fonction	Mahdia - Oran				
	régression		Tpe	Tpo	Tth
	Mahdia	Oran			
Lf=f(Lt)	$1.038Lt^{0.949}$	$0.728Lt^{1.063}$	1,47	0,01	1,96
Ls=f(Lt)	$0.595Lt^{1.108}$	$0.496Lt^{1.155}$	0,52	0,38	1,96
Lcep=f(Lt)	$0.114Lt^{1.167}$	$0.126Lt^{1.119}$	0,44	0,59	1,96
Lmax=f(Lcep)	$0.036Lc^{2.197}$	$0.337Lc^{0.711}$	3,65	-	1,96
DO=f(Lcep)	$0.426Lc^{0.64}$	$0.271Lc^{0.874}$	2,67	-	1,96
LPO=f(Lcep)	$0.043Lc^{2.332}$	$0.137Lc^{1.417}$	3,72	-	1,96
LPd=f(Lt)	$0.094Lt^{1.351}$	$0.162Lt^{1.141}$	3,92	-	1,96
LPp=f(Lt)	$0.141Lt^{1.12}$	$0.096Lt^{1.213}$	0,97	0,84	1,96
LpP=f(Lt)	$0.29Lt^{1.088}$	$0.318Lt^{1.046}$	1,08	0,47	1,96
Lpa=f(Lt)	$0.455Lt^{1.046}$	$0.22Lt^{1.245}$	1,48	1,06	1,96
Hc=f(Lt)	$0.271Lt^{1.021}$	$0.187Lt^{1.122}$	1,1	0,62	1,96
Hpc=f(Lt)	$0.038Lt^{1.23}$	$0.052Lt^{1.108}$	0,68	0,64	1,96

Tableau I. 4. Dimorphisme entre les deux populations d'El Mahdia et de Gabés.

Fonction	Mahdia - Gabés				
	Régression		Tpe	Tpo	Tth
	Mahdia	Gabés			
Lf=f(Lt)	0.749Lt ^{1.056}	0.843Lt ^{1.023}	0.96	0.47	1.96
Ls=f(Lt)	0.614Lt ^{1.097}	0.971Lt ^{0.947}	1.61	0.46	1.96
Lcep=f(Lt)	0.135Lt ^{1.106}	0.253Lt ^{0.93}	1.14	3.89	1.96
Lmax=f(Lcep)	0.1Lc ^{1.485}	0.11Lc ^{1.527}	1.86	13.82	1.96
DO=f(Lcep)	0.402Lc ^{0.682}	0.132Lc ^{1.52}	5.34	-	1.96
LPO=f(Lcep)	0.107Lc ^{1.629}	0.266Lc ^{1.027}	3.87	-	1.96
LPd=f(Lt)	0.106Lt ^{1.3}	0.185Lt ^{1.143}	1.84	2.19	1.96
LPp=f(Lt)	0.142Lt ^{1.115}	0.293Lt ^{0.907}	1.23	4.70	1.96
LpP=f(Lt)	0.322Lt ^{1.054}	0.506Lt ^{0.921}	1.22	2.71	1.96
Lpa=f(Lt)	0.297Lt ^{1.164}	0.168Lt ^{1.393}	2.85	-	1.96
Hc=f(Lt)	0.263Lt ^{1.005}	0.23Lt ^{1.081}	0.37	0.62	1.96
Hpc=f(Lt)	0.132Lt ^{0.807}	0.111Lt ^{0.894}	1.92	3.41	1.96

Tableau I. 5. Dimorphisme entre les deux populations d'El Mahdia et de Marseille.

Fonction	Mahdia - Marseille				
	Régression		Tpe	Tpo	Tth
	Mahdia	Marseille			
Lf=f(Lt)	0.749Lt ^{1.056}	1.144Lt ^{0.933}	0.21	0.81	1.96
Ls=f(Lt)	0.614Lt ^{1.097}	1.056Lt ^{0.94}	1.64	0.53	1.96
Lcep=f(Lt)	0.135Lt ^{1.106}	0.007Lt ^{1.927}	4.42	-	1.96
Lmax=f(Lcep)	0.1Lc ^{1.485}	0.048Lc ^{1.72}	1.29	5.26	1.96
DO=f(Lcep)	0.402Lc ^{0.682}	0.219Lc ^{0.946}	2.27	-	1.96
LPO=f(Lcep)	0.107Lc ^{1.629}	0.065Lc ^{1.796}	1.61	4.50	1.96
LPd=f(Lt)	0.106Lt ^{1.3}	0.131Lt ^{1.216}	1.26	1.30	1.96
LPp=f(Lt)	0.142Lt ^{1.115}	0.014Lt ^{1.759}	2.77	-	1.96
LpP=f(Lt)	0.322Lt ^{1.054}	0Lt ^{2.917}	1.06	0.71	1.96
Lpa=f(Lt)	0.297Lt ^{1.164}	0.532Lt ^{1.012}	0.24	0.76	1.96
Hc=f(Lt)	0.263Lt ^{1.005}	0.281Lt ^{1.007}	0.10	0.19	1.96
Hpc=f(Lt)	0.132Lt ^{0.807}	0.117Lt ^{0.823}	2.11	-	1.96

Tableau I. 6. Dimorphisme entre les deux populations de Gabés et de Marseille

Fonction	Gabés - Marseille				
	Régression		Tpe	Tpo	Tth
	Gabés	Marseille			
Lf=f(Lt)	0.843Lt ^{1.023}	1.144Lt ^{0.933}	3.89	-	1.96
Ls=f(Lt)	0.971Lt ^{0.947}	1.056Lt ^{0.94}	0.31	0.85	1.96
Lcep=f(Lt)	0.253Lt ^{0.93}	0.007Lt ^{1.927}	3.70	-	1.96
Lmax=f(Lcep)	0.11Lc ^{1.527}	0.048Lc ^{1.72}	2.46	-	1.96
DO=f(Lcep)	0.132Lc ^{1.52}	0.219Lc ^{0.946}	6.06	-	1.96
LPO=f(Lcep)	0.266Lc ^{1.027}	0.065Lc ^{1.796}	13.75	-	1.96
LPd=f(Lt)	0.185Lt ^{1.143}	0.131Lt ^{1.216}	2.09	-	1.96
LPp=f(Lt)	0.293Lt ^{0.907}	0.014Lt ^{1.759}	2.96	-	1.96
LpP=f(Lt)	0.506Lt ^{0.921}	0Lt ^{2.917}	2.51	-	1.96
Lpa=f(Lt)	0.168Lt ^{1.393}	0.532Lt ^{1.012}	5.09	-	1.96
Hc=f(Lt)	0.23Lt ^{1.081}	0.281Lt ^{1.007}	0.90	0.51	1.96
Hpc=f(Lt)	0.111Lt ^{0.894}	0.117Lt ^{0.823}	0.87	2.64	1.96

Tableau 1. 7. Dimorphisme entre les deux populations d'Oran et de Marseille

Fonction	Oran - Marseille				
	Régression		Tpe	Tpo	Tth
	Oran	Marseille			
Lf=f(Lt)	0.728Lt ^{1.063}	1.144Lt ^{0.933}	5.51	-	1.96
Ls=f(Lt)	0.496Lt ^{1.155}	1.056Lt ^{0.94}	4.16	-	1.96
Lcep=f(Lt)	0.126Lt ^{1.119}	0.007Lt ^{1.927}	3.99	-	1.96
Lmax=f(Lcep)	0.337Lc ^{0.711}	0.048Lc ^{1.72}	5.82	-	1.96
DO=f(Lcep)	0.271Lc ^{0.874}	0.219Lc ^{0.946}	0.71	4.39	1.96
LPO=f(Lcep)	0.137Lc ^{1.417}	0.065Lc ^{1.796}	1.69	2.55	1.96
LPd=f(Lt)	0.162Lt ^{1.141}	0.131Lt ^{1.216}	0.62	49.87	1.96
LPp=f(Lt)	0.096Lt ^{1.213}	0.014Lt ^{1.759}	2.60	-	1.96
LpP=f(Lt)	0.318Lt ^{1.046}	0Lt ^{2.917}	1.71	8.26	1.96
Lpa=f(Lt)	0.22Lt ^{1.245}	0.532Lt ^{1.012}	4.59	-	1.96
Hc=f(Lt)	0.187Lt ^{1.122}	0.281Lt ^{1.007}	1.07	5.59	1.96
Hpc=f(Lt)	0.052Lt ^{1.108}	0.117Lt ^{0.823}	3.84	-	1.96

Tableau 1. 8. Dimorphisme entre les deux populations d'Oran et de Gabés

Fonction	Oran - Gabés				
	Régression		Tpe	Tpo	Tth
	Oran	Gabés			
Lf=f(Lt)	0.728Lt ^{1.063}	0.843Lt ^{1.023}	8.59	-	1.96
Ls=f(Lt)	0.496Lt ^{1.155}	0.971Lt ^{0.947}	4.49	-	1.96
Lcep=f(Lt)	0.126Lt ^{1.119}	0.253Lt ^{0.93}	1.06	1.11	1.96
Lmax=f(Lcep)	0.337Lc ^{0.711}	0.11Lc ^{1.527}	4.28	-	1.96
DO=f(Lcep)	0.271Lc ^{0.874}	0.132Lc ^{1.52}	4.63	-	1.96
LPO=f(Lcep)	0.137Lc ^{1.417}	0.266Lc ^{1.027}	1.69	0.92	1.96
LPd=f(Lt)	0.162Lt ^{1.141}	0.185Lt ^{1.143}	0.009	1.25	1.96
LPp=f(Lt)	0.096Lt ^{1.213}	0.293Lt ^{0.907}	1.55	1.57	1.96
LpP=f(Lt)	0.318Lt ^{1.046}	0.506Lt ^{0.921}	0.95	0.81	1.96
Lpa=f(Lt)	0.22Lt ^{1.245}	0.168Lt ^{1.393}	2.69	-	1.96
Hc=f(Lt)	0.187Lt ^{1.122}	0.23Lt ^{1.081}	0.29	0.77	1.96
Hpc=f(Lt)	0.052Lt ^{1.108}	0.111Lt ^{0.894}	6.49	-	1.96

Tableau 1. 9. Dimorphisme entre les deux populations de Chétaibi et de Gabés

Fonction	Chétaibi - Gabés				
	Régression		Tpe	tpo	Tht
	Chétaibi	Gabés			
Lf=f(Lt)	0.749Lt ^{1.056}	0.843Lt ^{1.023}	0.94	0.73	1.96
Ls=f(Lt)	0.614Lt ^{1.097}	0.971Lt ^{0.947}	4.46	-	1.96
Lcep=f(Lt)	0.135Lt ^{1.106}	0.253Lt ^{0.93}	6.07	-	1.96
Lmax=f(Lcep)	0.1Lc ^{1.485}	0.11Lc ^{1.527}	0.16	7.65	1.96
DO=f(Lcep)	0.402Lc ^{0.682}	0.132Lc ^{1.52}	4.08	-	1.96
LPO=f(Lcep)	0.107Lc ^{1.629}	0.266Lc ^{1.027}	4.27	-	1.96
LPd=f(Lt)	0.106Lt ^{1.3}	0.185Lt ^{1.143}	1.79	2.69	1.96
LPp=f(Lt)	0.142Lt ^{1.115}	0.293Lt ^{0.907}	2.84	-	1.96
LpP=f(Lt)	0.322Lt ^{1.054}	0.506Lt ^{0.921}	3.05	-	1.96
Lpa=f(Lt)	0.297Lt ^{1.164}	0.168Lt ^{1.393}	2.05	-	1.96
Hc=f(Lt)	0.263Lt ^{1.005}	0.23Lt ^{1.081}	1.12	3.06	1.96
Hpc=f(Lt)	0.132Lt ^{0.807}	0.111Lt ^{0.894}	0.84	3.58	1.96

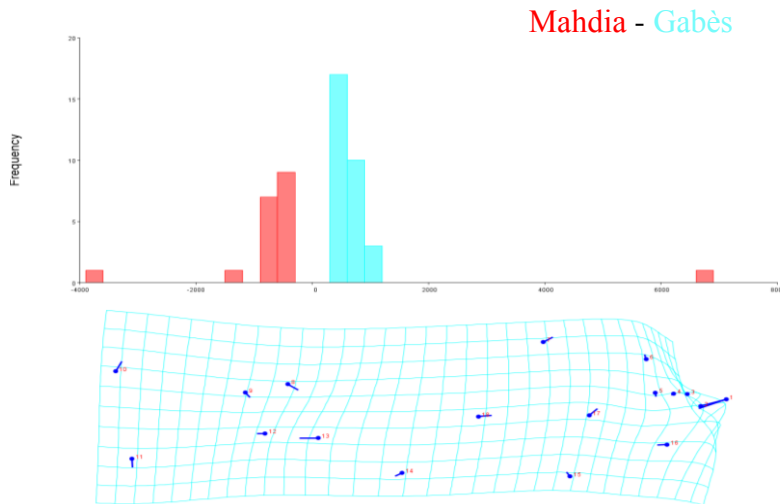
Tableau 1. 10. Dimorphisme entre les deux populations de Chétaibi et de Marseille

Fonction	Chétaibi - Marseille				
	Régression		Tpe	Tpo	Tth
	Chétaibi	Marseille			
Lf=f(Lt)	$0.749Lt^{1.056}$	$1.144Lt^{0.933}$	2.94	-	1.96
Ls=f(Lt)	$0.614Lt^{1.097}$	$1.056Lt^{0.94}$	6.39	-	1.96
Lcep=f(Lt)	$0.135Lt^{1.106}$	$0.007Lt^{1.927}$	3.03	-	1.96
Lmax=f(Lcep)	$0.1Lc^{1.485}$	$0.048Lc^{1.72}$	1.01	7.73	1.96
DO=f(Lcep)	$0.402Lc^{0.682}$	$0.219Lc^{0.946}$	1.44	6.91	1.96
LPO=f(Lcep)	$0.107Lc^{1.629}$	$0.065Lc^{1.796}$	1.10	5.74	1.96
LPd=f(Lt)	$0.106Lt^{1.3}$	$0.131Lt^{1.216}$	0.89	1.43	1.96
LPp=f(Lt)	$0.142Lt^{1.115}$	$0.014Lt^{1.759}$	2.17	-	1.96
LpP=f(Lt)	$0.322Lt^{1.054}$	$Lt^{2.917}$	1.13	0.57	1.96
Lpa=f(Lt)	$0.297Lt^{1.164}$	$0.532Lt^{1.012}$	1.85	1.53	1.96
Hc=f(Lt)	$0.263Lt^{1.005}$	$0.281Lt^{1.007}$	0.01	1.74	1.96
Hpc=f(Lt)	$0.132Lt^{0.807}$	$0.117Lt^{0.823}$	0.25	1.89	1.96

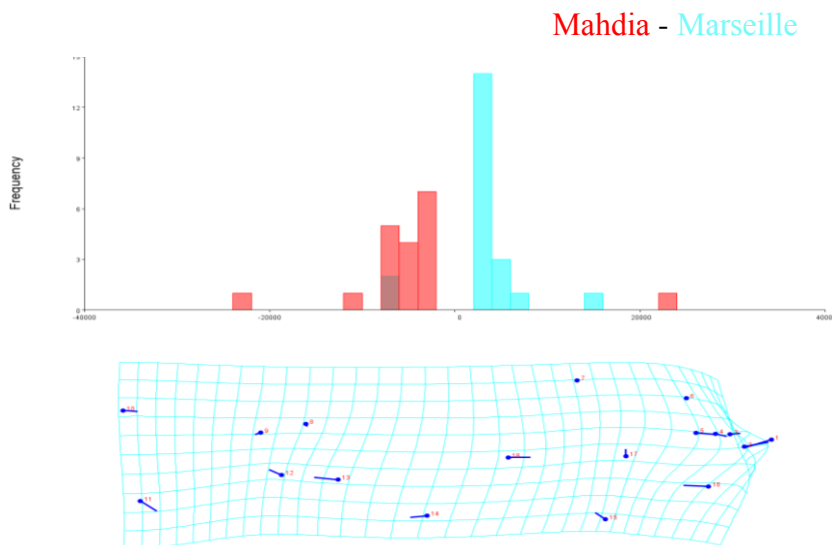
ANNEXE II

ANNEXE II

Illustration du changement de la forme du poisson associé à l'axe de l'analyse discriminante entre sites et pourcentage du bon taux de reclassement par validation croisée des individus. Le pourcentage du bon taux de reclassement est mentionné en gras.

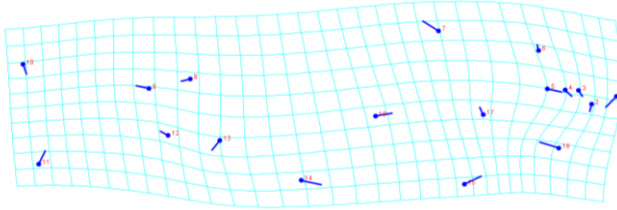
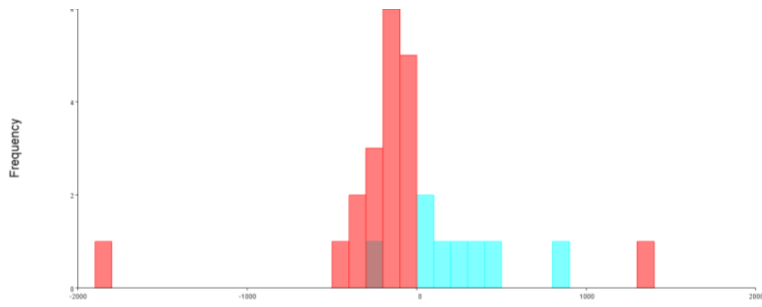


Groupe	Mahdia	Gabès	% Correcte
Mahdia	18	1	94,73
Gabès	0	30	100



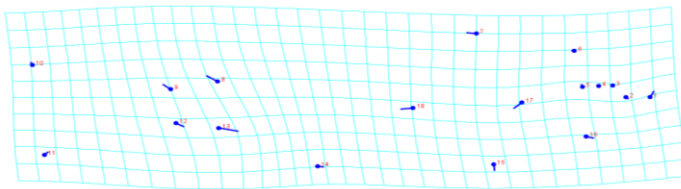
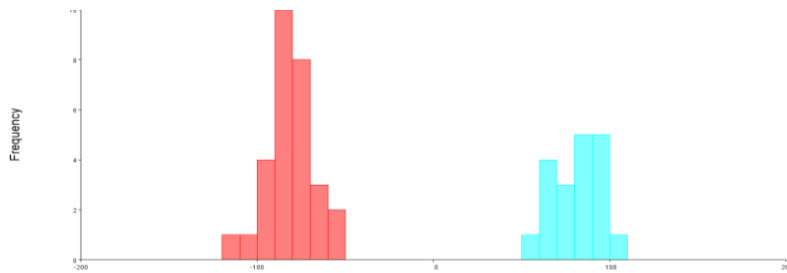
Groupe	Mahdia	Marseille	% Correcte
Mahdia	18	1	94,73
Marseille	2	19	90,47

Mahdia - Oran



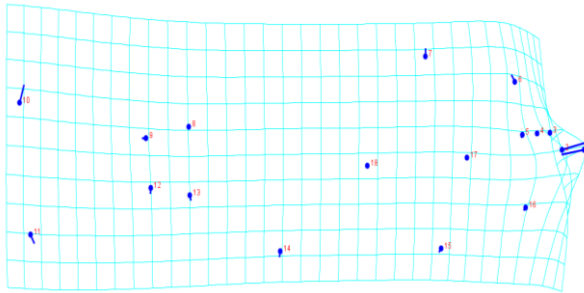
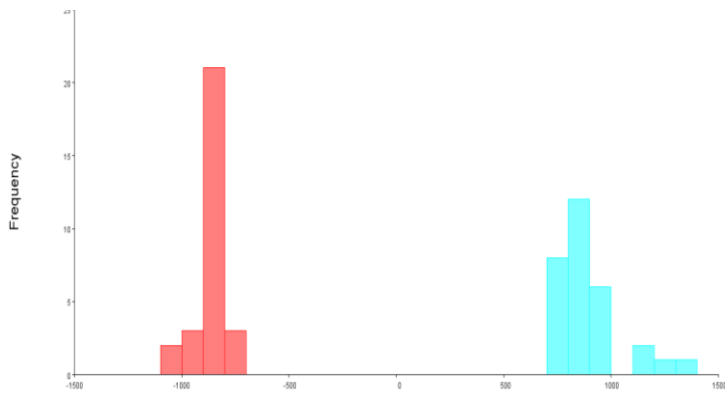
Groupe	Al Mahdia	Oran	%Correcte
Al Mahdia	18	1	94,73
Oran	1	7	87,5

Annaba - Mahdia



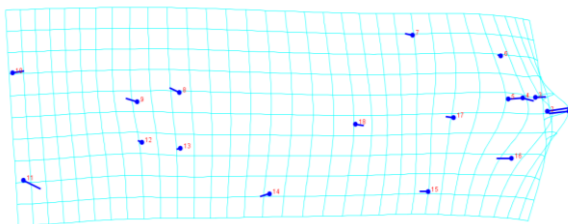
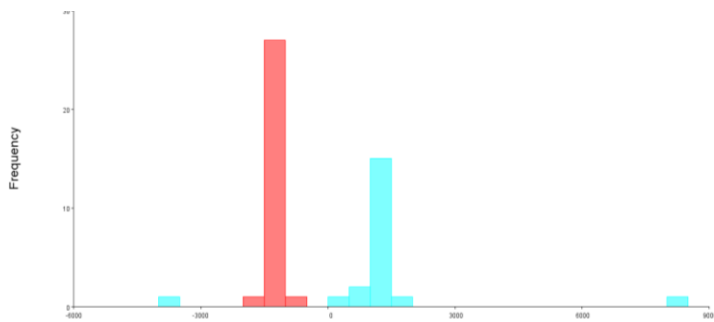
Groupe	Annaba	Al Mahdia	%Correcte
Annaba	28	1	96,55
Al Mahdia	3	16	84,21

Annaba – Gabès



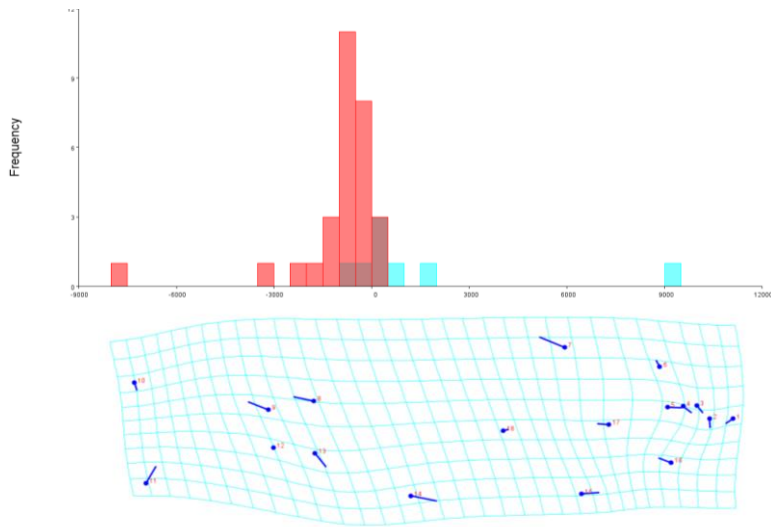
Groupe	Annaba	Gabès	%Correcte
Annaba	29	0	100
Gabès	0	30	100

Annaba – Marseille



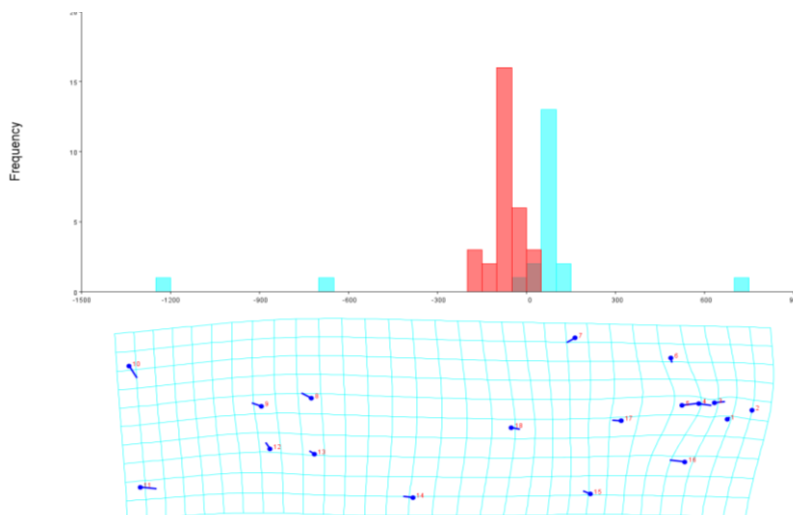
Groupe	Annaba	Marseille	%Correcte
Annaba	29	0	100
Marseille	1	20	95.23

Annaba – Oran



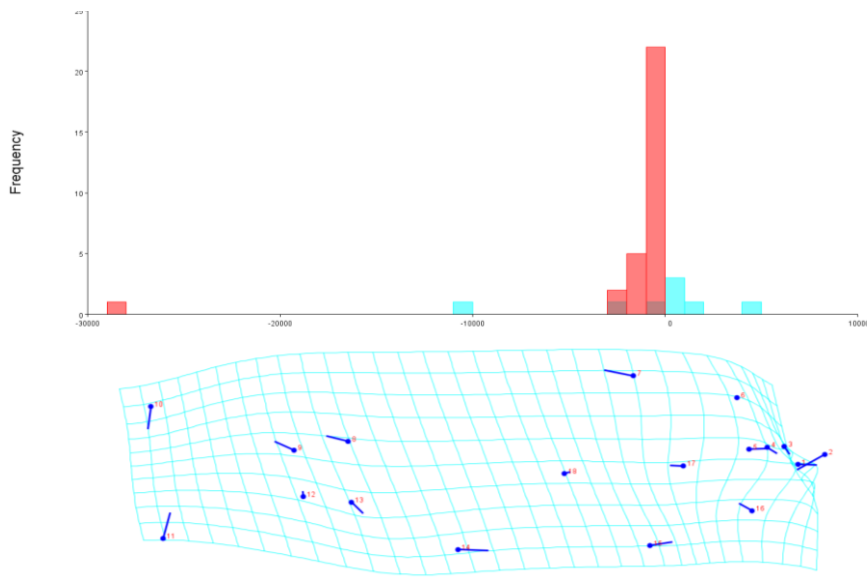
Groupe	Annaba	Oran	%Correcte
Annaba	26	3	92.85
Oran	2	6	75

Gabès – Marseille



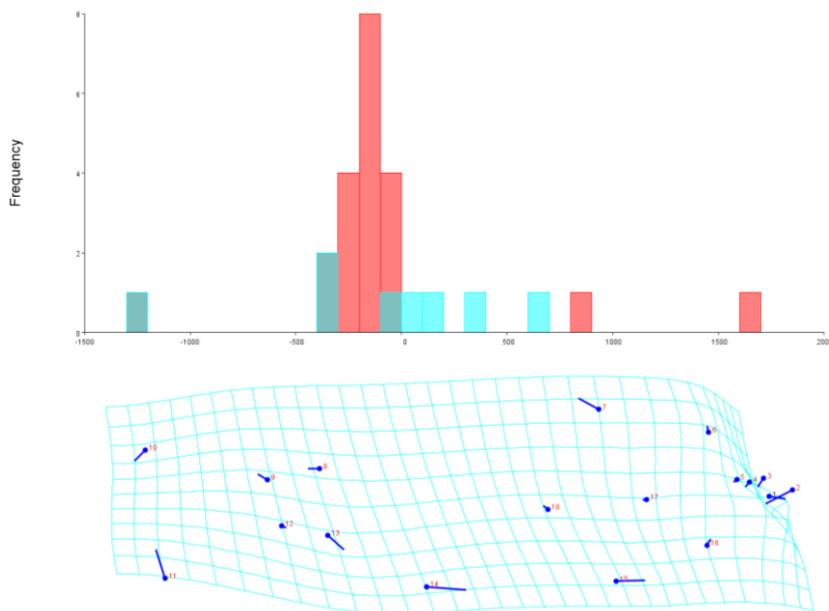
Groupe	Gabès	Marseille	%Correcte
Gabès	27	3	90
Marseille	3	18	85.71

Gabès – Oran



Groupe	Gabès	Oran	%Correcte
Gabès	30	0	100
Oran	3	5	62.5

Marseille – Oran

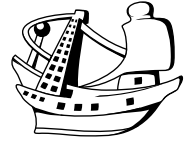


Groupe	Marseille	Oran	%Correcte
Marseille	19	2	90.47
Oran	4	4	50

ANNEXE III :

Publications

- P1.** Groud L. L., M. H. Kara., 2019. Sex-ratio, growth and mortality of the Salema *Sarpa salpa* (L. 1758) (Teleostei, Sparidae) along the eastern coast of Algeria. *Cahiers de Biologie Marine*, 60: 251-263.
- P2.** Groud L. L., Chaoui L., Kara M. H., 2021. A new record of the brassy chub *Kyphosus vaigiensis* (Actinopterygii: Perciformes: Kyphosidae) for the Mediterranean sea. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, in press.



Sex-ratio, growth and mortality of the Salema *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) (Teleostei: Sparidae) along the eastern coast of Algeria

Lilia Labiba GROUD and M. Hichem KARA

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

Corresponding author: kara_hichem@yahoo.com

Abstract: A total of 756 specimens of *Sarpa salpa* (L. 1758) caught in the eastern coast of Algeria was used for population dynamics. Fish ranged in size from 68 to 320 mm total length and weighed from 4.2 to 550 g, with a global sex ratio of 1:1.29 in favor of males. The frequency distribution of the sexes was in favor of a protandrous hermaphroditism. The age of the fish was determined by scalimetry. Maximum estimated age was 7 years for females and 5 years for males with dominance of individuals aged 2 and 3 years (73.4%). The Von Bertalanffy growth model is $TL = 27.61 \times (1 - e^{-0.41t})$ for the total population. Growth performance index of Munro & Pauly (1983) is $\Phi = 2.49$. The relationship between Total length and eviscerated weight (EW) was estimated as $EW = 1.034 \times 10^{-2} \times Lt^{3.019}$ for females and $EW = 1.789 \times 10^{-2} \times Lt^{2.839}$ for males. The natural mortality coefficient (M) estimates was 0.403 year^{-1} while fishing mortality coefficient (F) was 0.321 year^{-1} and the exploitation rate $E = 0.443$. This work is the first to study the age of *S. salpa* by scalimetry and the only one that addresses the structure and dynamics of this species on the southern shores of the western Mediterranean.

Résumé : *Sex-ratio, croissance et mortalité de la saupe Sarpa salpa (Linnaeus, 1758) (teleostei : Sparidae) le long des côtes algériennes.* Un total de 756 saupes *Sarpa salpa* (L. 1758), pêchés entre mars 2010 et février 2011 sur les côtes est de l'Algérie, ont fait l'objet d'une étude de la dynamique de leur population. Les tailles individuelles des poissons sont comprises entre 68 (4,2 g) et 320 mm (550 g) de longueur totale, avec un sex-ratio global de 1:1,29 en faveur des mâles. La distribution des fréquences des sexes en fonction de la taille indique un hermaphrodisme protandre. L'âge des poissons est déterminé par scalimétrie. L'âge maximum atteint est de 7 ans pour les femelles et de 5 ans pour les mâles, avec une dominance des âges 2 et 3 ans (73,4%). L'équation du modèle de croissance linéaire de Von Bertalanffy s'écrit $TL = 27,61 \times (1 - e^{-0,41t})$ pour les deux sexes confondus. L'indice de performance de croissance de Munro & Pauly (1983) est $\Phi = 2,49$. La relation entre la longueur totale et le poids éviscéré (EW) est $EW = 1,034 \times 10^{-2} \times Lt^{3,019}$ chez les femelles et $EW = 1,789 \times 10^{-2} \times Lt^{2,839}$ chez les mâles. Le coefficient de mortalité naturelle (M) est égal à 0,403 et le coefficient de mortalité par pêche (F) est de 0,321. Le taux d'exploitation (E) de cette population est estimé à 0,443.

Keywords: Sex-ratio • Age • Growth • Mortality • *Sarpa salpa* • Mediterranean Sea

Introduction

Sarpa salpa (Linnaeus, 1758) is a benthopelagic gregarious sparid species that sometimes forms sizeable schools which can reach several hundred individuals (Verlaque, 1990). It is present throughout the Mediterranean Sea and on the European and African coasts of the Atlantic Ocean, from the Bay of Biscay to South Africa (including Madeira, Canary Islands and Cape Verde), west of the Indian Ocean (from Mozambique to the Good Hope Cape). It is rare in the Black Sea.

S. salpa is the only strict macro-herbivorous teleost of the Mediterranean with a trophic level of 2.06 (Konstantinos et al., 2002). It feeds on a wide range of macroalgae and seagrasses. However, its larvae have a mixed diet which includes copepods and diatoms. Protandric hermaphrodite, it is commonly observed in littoral waters, from the surface to 20 m deep near rocks with algal, seagrass beds and sandy mud flats from 0 to 40 m (Verlaque, 1990; Mendez-Villamil et al., 2002) and can go down to -70 m (Pallaoro et al., 2008). Juveniles of this species inhabit *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813 beds (Matic-Skoko et al., 2004).

S. salpa plays an important ecological role in the *Posidonia oceanica* seagrass meadows, endemic of the Mediterranean Sea. This species account for up to 75% of the total herbivorous consumption (Cebrian et al., 1996) and represent a significant part of the fish fauna, especially during summer (40-70 % in biomass) (Francour, 1997 & 2000). Guidetti & Bussotti (2000) showed that the abundance of *Sarpa salpa* is positively correlated with the density of the clusters of a mixed lawn of *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, 1870 and *Zostera noltii* Hornemann, 1832.

In the Mediterranean, *S. salpa* has been studied from the point of view of its ecology (Verlaque, 1990; Jadot et al., 2002 & 2006; Ferrari, 2006) and biology: reproduction (Lissia-Frau, 1966; Criscoli et al., 2006; Pallaoro et al., 2008), feeding (Verlaque, 1990; Antolic et al., 1994; Dobroslavic et al., 2013) and toxicity (Spanier et al., 1989; Bellesoued et al., 2012). However, the dynamics of its populations is poorly known and concerns only the Adriatic (Matić-Skoko et al., 2004; Pallaoro et al., 2008) and Tyrrhenian (Criscoli et al., 2006) seas. This work addresses for the first time the study of sex-ratio, demography, growth and mortalities of *S. salpa* in North Africa.

In Algeria, Salema is targeted by artisanal fishing. The population parameters of this species from eastern Algeria are investigated in this study because the findings may be used to develop management strategy and will provide an insight into the life history of the species.

Materials and Methods

The study was performed along the eastern coast of Algeria (Fig. 1), in an area characterized by rocky bottoms and scattered *Posidonia oceanica* meadows. A total of 756 individuals ($6.8 \text{ cm} \leq \text{TL} \leq 32.0 \text{ cm}$, $4.2 \text{ g} \leq \text{TW} \leq 550 \text{ g}$) were collected monthly between March 2010 and February 2011 from the wholesale fish merchants and fishmongers, after ensuring that they came from fisheries of the same area. They were caught using trawls and hand lines.

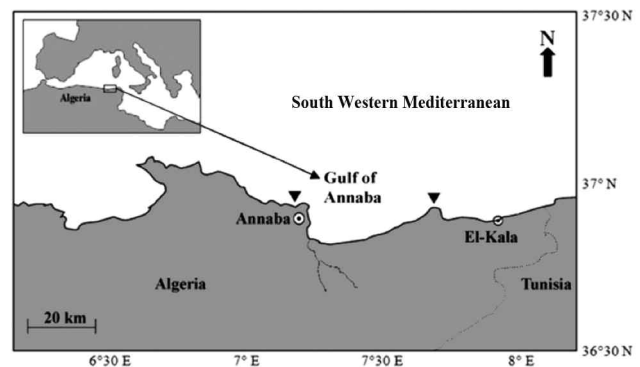


Figure 1. *Sarpa salpa*. Geographical limits of fishing sites (▼) in Annaba Gulf.

Total length (TL) was measured to the nearest mm, total weight (TW) and eviscerated weight (EW) were recorded to the nearest g. Sex ratio (SR) value was calculated as:

$$\text{SR} = (\text{number of females/total number}) \times 100 \quad (1)$$

Its variations according to seasons were analysed using the χ^2 test (Dagnelie, 1975). Sex was determined by macroscopic observation of the gonads.

We used the scalimetry for age determination. Scales were removed from under the left pectoral fin, cleaned and preserved for later analysis. Age was estimated by interpreting growth rings on scales of 756 individuals (56 undifferentiated, 146 males, 108 females, 446 bisexual). Scales were read using TNPC5 (Numerical treatment of calcified pieces) software (Fablet & Ogor, 2005). Readings were made by three independent investigators; the scales were used in subsequent analyses only when all three readings were in agreement. The precision of estimations was tested by the index of average percentage error (IAPE) (Beamish & Fournier, 1981) and the coefficient of variation (CV) (Chang, 1982).

In order to determine when the growth rings formed, we analysed the monthly variations of marginal increment (MI):

$$\text{MI} = (R - R_n) / (R_n - R_{n-1}) \quad (2)$$

where R, R_n and R_{n-1} are respectively, the radius, the radius of the last and the next-to-last growth rings. Monthly values

of MI were compared using a one-way ANOVA test, followed by a multiple sample comparison of means (Dagnelie, 1975). The function between the total length of fish and the radius of the scale was evaluated on the basis of the correlation coefficient (r). Significance of the correlation coefficient was evaluated by Student's t -test. Age-length relationship was back-calculated using the method of Lee (1920). Parameters (L_{∞} , K , t_0) of the Von Bertalanffy (1938) growth model were estimated using Fishfarm software (Prager et al., 1989):

$$TL = L_{\infty} \times (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (3)$$

where L_{∞} is the ultimate length that an average fish would achieve if it continued to live and grow, k is the growth coefficient which determines how fast the fish approaches L_{∞} and t_0 is the hypothetical age for $TL = 0$. Since this species is hermaphrodite and presents sex reversal, the study of growth by sex was not considered (Walt & Beckley, 1997). Fishfarm software was also used to estimate growth parameters of the length-weight relationship which was calculated applying the exponential regression equation:

$$W_e = a \times TL^b \quad (4)$$

where W_e is the eviscerated weight in grams, TL the total length in cm, a and b the parameters to be estimated, with b being the coefficient of allometry. The growth performance index (Pauly & Munro, 1984):

$$\phi = \text{Log}(K) + 2 \times \text{Log}(L_{\infty}) \quad (5)$$

was estimated in order to compare growth performance of *S. salpa* of eastern Algeria with those reported in other areas.

Total mortality coefficient (Z) was estimated by Hoenig's model using the FiSAT II program (Gayanilo et al., 2005). Djabali and al. (1993) empirical equation was applied for the estimation of natural mortality coefficient (M). This equation using 56 stocks of Mediterranean teleost fish generate more reliable estimates of M than the widely-used model of Pauly (1980), which was based on 175 fish stocks, but included only five stocks from the Mediterranean. Fishing mortality (F) was assessed as follows:

$$F = Z - M \quad (6)$$

whereas the exploitation rate was calculated as:

$$E = F / Z \quad (7)$$

Results

On a total of 756 individuals sampled whose average size is 18.92 cm, 146 were males (19.32%; 16.2 cm \leq TL \leq 28.3 cm, 58.8 g \leq TW \leq 340 g), 108 females (14.28%; 17 cm \leq TL \leq 31.9 cm, 60.3 g \leq TW \leq 550 g), 446 bisexual (58.9%; 13.6 cm \leq TL \leq 27 cm, 48.2 g \leq TW \leq 237 g) and 56 undifferentiated fish (7.4%; 6.8 cm \leq TL \leq 18 cm, 4.2 g \leq

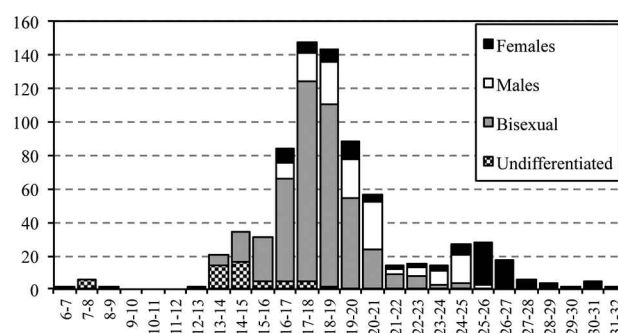


Figure 2. *Sarpa salpa*. Length-frequency distribution for females, males, undifferentiated and bisexual from eastern coasts of Algeria.

TW \leq 63.3 g). Figure 2 shows the length and sex structure of the sampled population. The overall sex ratio F:M was 1:1.29. The χ^2 analysis showed significant differences from the ratio 1:1 ($\chi^2 = 4.37$, $P < 0.05$). For a total length less than 13 cm, 100% of the fish were undifferentiated. From this size, bisexual individuals appear and dominate to a length of 20 cm TL. Males with a clear dominance of the testes part of the gonad appeared between 16 and 27 cm and all fish greater than 27 cm were female. A seasonal difference in sex ratio was observed (Table 1), with males that dominate significantly in summer ($\chi^2 = 15.69$, $P < 0.05$). Monthly evolution of sex ratio shows an imbalance in June ($\chi^2 = 6.75$, $P < 0.05$) and August ($\chi^2 = 6.75$, $P < 0.05$).

Table 1. *Sarpa salpa*. Seasonal variation of sex-ratio of estimated in the North-Eastern of Algeria. *** < 0.001 .

Season	Male (%)	Female (%)	N	χ^2
Spring	46.51	53.48	86	0.41
Summer	70.65	29.34	92	15.69***
Autumn	46.34	53.65	45	0.21
Winter	55.55	44.44	41	0.55

S. salpa has ctenoid scales (Fig. 3). The equation expressing the linear relationship between TL and the scale radius (R_t) is: $TL = 76.05 R_t - 29.73$ ($r = 0.86$, $P \leq 0.001$). The ordinate to the origin of this equation (29.73 mm) corresponds to the theoretical size of the fish at the time of formation of the first scales. Monthly variations of the marginal increment (MI) of scales showed a significant difference between December and January ($P < 0.05$) (Fig. 4). The value of the marginal increment is at its maximum when the ring is forming in December and is at its minimum just thereafter in January.

The exact match of the averaged readings of scales between the three readers was relatively high (98%) with

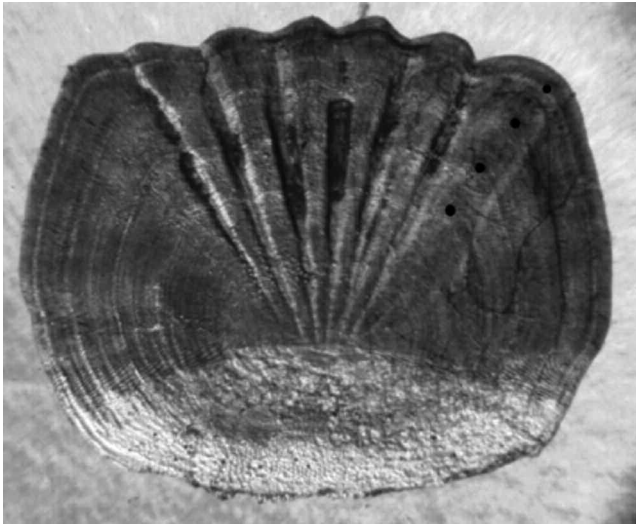


Figure 3. *Sarpa salpa*. Scale of a 30 cm (4 year old) specimen fished on the east coast of Algeria. Black dots indicate annuli counted.

quite low values of IAPE (0.02%) and CV (0.02%). Age range of the sampled fish was 1-7 years, with a predominance of age classes of 2 and 3 years in the catch (73.4 %): 38.8 % in age 2, 34.5 % in age 3. The oldest male was estimated at 5 years and the oldest female reached 7 years (Table 2). Back-calculated lengths by age are given in table 3 for both sexes. The growth model of von Bertalanffy's using back-calculated lengths was estimated as:

$$TL = 27.61 \times (1 - e^{-0.41t}) \quad (8)$$

The growth performance index of Munro & Pauly (1983) is equal to 2.49. Length-weight relationship was estimated as:

$$EW = 1.034 \times 10^{-2} \times TL^{3.019} \quad (r = 0.96) \text{ for females} \quad (9)$$

$$EW = 1.789 \times 10^{-2} \times TL^{2.839} \quad (r = 0.97) \text{ for males} \quad (10)$$

$$EW = 1.033 \times 10^{-2} \times TL^{3.017} \quad (r = 0.98) \text{ for both sexes} \quad (11)$$

Only fully recruited sizes are considered in the estimation of total mortality Z , the value of which is 0.724. Natural mortality (M) and fishing mortality (F) coefficients are respectively 0.403 and 0.321. The exploitation rate (E) is 0.443.

Discussion

Sex ratio of the population of Salema in eastern Algeria is in favor of males (1:1.29, $\chi^2 = 4.37$, $P < 0.05$). Exactly the same ratio is obtained in Izmir Bay in Turkey (Bayhan & Kara, 2015). In the middle-eastern Adriatic, this proportion is 1:3.1 (Pallaoro et al., 2008) and the population consisted of 66.9% males, 23.3% females and 0.6% bisexuals. The remaining population (9.2%) is immature and belongs to age group 1 as is the case in our region. Males also dominate in the Central-East Atlantic (1:0.31 in Canary

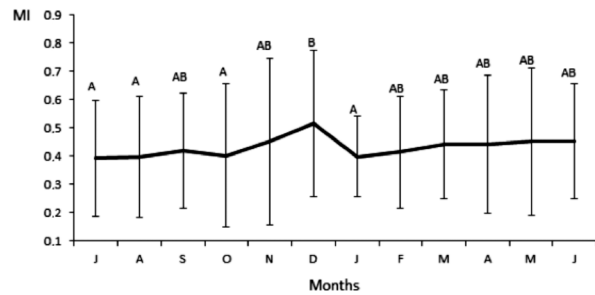


Figure 4. *Sarpa salpa*. Monthly evolution of marginal increment (MI) on the scales of individuals from eastern coast of Algeria. The different letters indicate significant differences between sampling points. Bar: standard deviation.

Archipelago) (Méndez-Villamil et al., 2002). On the west-central coast of Italy, the sex ratio is balanced (Criscoli et al., 2006), while on the Portuguese coasts, we have one female for 0.73 males (Paiva et al., 2016). The determinism of regional variations in sex ratio is difficult to find until the methods and sampling periods are the same. Indeed, we have demonstrated here the singularity of the summer sex ratio. The approach of the reproduction season would also influence the behavior and distribution of this species.

Sex frequency distribution profile according to the size of the fish, the presence of individuals with ovotestes and the predominance of males at smaller sizes, suggest that *S. salpa* displays protandric hermaphroditism, what has already been observed in the Mediterranean (Sardinia: Lissia-Frau, 1966), in the eastern Atlantic Ocean (Canary Archipelago: Mendez-Villamil et al., 2002) and in the western Indian Ocean (South Africa: Van der Walt & Mann, 1998). The percentage of hermaphroditic individuals (58.9%) is higher than the maximum values found in the Mediterranean (6.8%, Criscoli et al., 2006) and in the Atlantic (27.4%, Paiva et al., 2016). The causes of these differences may not be solely related to individual determinism but could depend on the environmental and social conditions (Happe & Zohar, 1988). Sexual inversion takes place within a wide size range (16-27 cm) which corresponds to 3 to 7 year old individuals, as on the west coast of Italy (24-31 cm LT, Criscoli et al., 2006), the Portuguese coast (17.2-41.5 cm LT, Paiva et al., 2016) and Canary Archipelago (22.1-38 cm LT, Méndez-Villamil et al., 2002). The presence of hermaphrodites in a wide size range suggests that the sex conversion is a gradual phenomenon and does not occur simultaneously for all males.

Our study is the first to demonstrate the usability of scales to study age of *S. salpa* and the first to provide data on its population dynamics in the South Western Mediterranean Sea. Whole scale readings were compared between three readers to minimize the error associated with

Table 2. *Sarpa salpa*. Age-length key for males, females and both sexes in eastern Algeria, based on scales reading. TLm: mean total length, SE: standard error, EWm: mean eviscerated weight, U: undifferentiated, B: bisexual, M: males, F: females

TL (cm)	Age 1			Age 2			Age 3			Age 4			Age 5			Age 6			Age 7			
	U	B	M	F	T	B	M	F	T	B	M	F	T	B	M	F	T	B	M	F	T	
6-7	1																					
7-8	6																					
8-9	1																					
9-10	0																					
10-11	0																					
11-12	0																					
12-13	2																					
13-14	14	7			7																	
14-15	16	15	3		3																	
15-16	5	19	7		7																	
16-17	5	47	7	7	61	14	3	1	18													
17-18	5	71	8	2	80	47	8	4	59	2	1		3									
18-19	1	51	15		65	54	12	8	72	5	0		5									
19-20		18	9		27	32	14	6	52	4	1	4	9									
20-21		8	7	15	6	16	3	25	11	5	2	17										
21-22		2	0	2	4	0	1	5	3	3	1	7										
22-23		1	0	1	3	2	0	5	4	3	2	9										
23-24		1	1	2	0	2	1	3	2	4	2	9		1								
24-25					1	2	1	2	7	1	10	5	16	1	5		6	1				
25-26								2	2	0	2	6	8				11	12		6	6	
26-27								3	3	1	1	3	5				7	9		2	2	
27-28																	4	5		1	1	
28-29																	1	2	3	1	1	
29-30																	1	1	1	0	0	1
30-31																	4	4	4	0	0	1
31-32																				2	2	
N	56	240	47	9	294	171	59	30	261	33	30	25	88	1	10	29	41	1	12	13	2	2
TLm	13.82	17.47	18.69	17.31	17.7	18.35	19.56	20.62	18.99	20.75	22.96	23.62	22.46	24.9	25.5	27.16	26.9	24.5	27.13	26.93	29.85	29.85
SE	2.88	1.63	1.45	1.94	1.68	1.43	1.83	3.04	2.07	2.14	2.15	2.5	2.7	-	1.54	1.81	2.14	-	2.16	2.19	1.06	1.06
EWm	40.53	73.2	92.99	105.88	77.3	84.1	107.69	132.7	96.1	120.82	177.97	207.27	166.88	204.7	250.51	291.25	280.15	194.97	288.03	280.87	357.32	357.32
SE	20.05	21.28	23.92	49	24.47	22.64	32.58	72.19	39.21	40	49.75	80.38	66.93	-	48.17	77.04	72.12	-	96.43	95.86	28.5	28.5

Table 3. *Sarpa salpa*. Back-calculated lengths (cm) at age for the total population in eastern Algeria based on scales readings. N: number of fish, M: mean length, SD: standard deviation, TL: total length.

Age	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	TL6	TL7
I	N = 56 M = 11.555 SD = 3.183						
II	N = 294 M = 12.564 SD = 2.132	N = 294 M = 16.257 SD = 2.286					
III	N = 261 M = 10.580 SD = 2.004	N = 261 M = 14.580 SD = 2.140	N = 261 M = 17.706 SD = 2.289				
IV	N = 89 M = 10.674 SD = 2.130	N = 89 M = 14.765 SD = 2.245	N = 89 M = 18.317 SD = 2.441	N = 89 M = 21.075 SD = 2.522			
V	N = 41 M = 11.314 SD = 2.226	N = 41 M = 15.280 SD = 2.215	N = 41 M = 18.910 SD = 2.413	N = 41 M = 22.025 SD = 2.774	N = 41 M = 24.421 SD = 2.876		
VI	N = 13 M = 9.179 SD = 2.370	N = 13 M = 13.267 SD = 2.194	N = 13 M = 16.947 SD = 2.608	N = 13 M = 20.004 SD = 2.533	N = 13 M = 22.874 SD = 2.594	N = 13 M = 25.175 SD = 2.967	
VII	N = 2 M = 10.234 SD = 1.573	N = 2 M = 13.162 SD = 2.126	N = 2 M = 15.868 SD = 2.533	N = 2 M = 18.787 SD = 2.823	N = 2 M = 21.015 SD = 2.802	N = 2 M = 23.202 SD = 3.392	N = 2 M = 26.194 SD = 3.983
Total	N = 756 M = 11.450 SD = 2.383	N = 700 M = 15.321 SD = 2.367	N = 406 M = 17.928 SD = 2.380	N = 145 M = 21.216 SD = 2.651	N = 56 M = 23.940 SD = 2.894	N = 15 M = 24.912 SD = 2.974	N = 2 M = 26.194 SD = 3.983

Table 4. *Sarpa salpa*. Von Bertalanffy growth parameters (L_{∞} , K, t_0), allometric coefficient of length-weight relationship (b) and growth performance index (ϕ) estimated in different areas. M: males, F: females, H: hermaphrodites, O: otolithometry, S: scalimetry.

Locality	Sex	Method	N	age range (years)	b	L_{∞} (cm)	K	t_0	ϕ	Author
Eastern South Africa	M+F	O	575	0-6	-	22.44	0.55	-0.51	2.45	Van der Walt & Beckley (1997)
Canarian Archipelago	M+F	O	960	0-11	3.011	48.0	0.21	-0.97	2.69	Méndez-Villamil et al. (2002)
	F		267	0-11	2.957	49.7	0.20	-1.26	2.70	
	M		649	0-8	2.976	44.5	0.22	-1.02	2.65	
Western Central Italy	M+F	O	408	0-7	3.043	37.27	0.27	-0.53	2.59	Criscoli et al. (2006)
Middle-eastern Adriatic	M	O	505	1-9	3	33.11	0.51	-0.39	2.747	Pallaoro et al. (2008)
	F		163	3-15	3.17	40.85	0.17	-2.6	2.452	
	M+F		756	1-15	3.1	36.62	0.22	-0.92	2.469	
Portuguese coast.	M+F	O	579	0-14	2.98	45.07	0.14	-1.43	2.45	Paiva et al. (2016)
Eastern Algeria	M+F	S	756	1-7	3.017	27.61	0.41	0.00	2.495	This study

the subjectivity of the age estimate. The index of average percentage error (IAPE) is estimated at 0.02%. It's much lower than what was calculated for the otoliths of this species on the eastern coast of South Africa (3.9%, Walt & Beckley, 1997), in Canary Islands archipelago (3.1%, Méndez-Villamil et al., 2002) and in the central region of the Portuguese coast (1.37%, Paiva et al., 2016), indicating a good reproducibility of the age determination for this study. It also suggests that whole scales are adequate for age and growth studies of this species and that no other otolith ring strengthening technique is needed, thus avoiding long and expensive analysis processes. Note that all previous studies of the age of *S. salpa* have used otoliths; both in the Mediterranean and Atlantic (Table 4).

S. salpa marginal increment values suggested that only one growth ring is formed annually in December and becomes visible in January. This indicates a discontinuity of growth, characterized by a winter slowdown when the temperature is the lowest of the year in the Gulf of Annaba (close to 14°C, Fréhi et al., 2007). This discontinuous growth pattern is described by other authors who also interpret it as physiological responses to variations in the temperature of the sea (Méndez-Villamil et al., 2002; Criscoli et al., 2006; Paiva et al., 2016). The oldest male was estimated at 5 years (28.3 cm TL) and the oldest female was 7 years old (30.2 cm TL). The maximum age obtained in this study is similar to that observed by Criscoli et al. (2006) (7 years, 33 cm TL) on the central coast of Italy, higher than the estimated age on the eastern coast of South Africa (6 years, 27 cm LT) (Walt & Beckley, 1997) and lower than that found in the Adriatic Sea (15 years, 44 cm TL) and the Canary Islands (11 years old, 45 cm TL) (Méndez-Villamil et al., 2002). These discrepancies may be related to different criteria of interpretation of the growth marks on otoliths used in the different studies. Different characteristics of the environment and habitat of each area also can explain the differences in longevity and growth pattern. For example, it is known that in colder waters, species often live longer than in warmer waters.

The linear growth rate is relatively high during the first year (11.4 cm). It is 3.8 cm during the second year, and then stabilizes around an average of 2.8 cm between the third and fifth years. Beyond, it does not exceed 1 cm/year. In the Kornati Archipelago (eastern Adriatic Sea), the juveniles of Salema measure 11.59 cm at the age of 12 months (Matić-Skoko et al., 2004). On the central west coast of Italy, *S. salpa* individuals born in autumn reach 5-6 cm Lt in January and 12 cm Lt in January of the following year for individuals born in spring (Criscoli et al., 2006). These values are quite consistent with our results.

Comparison of observed and theoretical lengths by age indicates that von Bertalanffy model correctly describes the growth of this species. The low value of L_{∞} (27.61 cm) in

relation to L_{max} is probably due to the low number of individuals of large size. The growth performance index of Munro & Pauly (1983) is intermediate ($\Phi = 2.49$) compared to those found elsewhere in the Mediterranean: $\Phi = 2.59$ (Criscoli et al., 2006), $\Phi = 2.46$ (Pallaoro et al., 2008) and Atlantic: 2.69 in Canary Archipelago (Mendez-Villamil et al., 2002), 2.45 in South Africa (Van der Walt & Beckley, 1997) and on Portuguese coast (Paiva et al., 2016) (Table 4). These differences can be explained by the diversity of the habitat, the quantity and food availability, climatic factors and physicochemical contents of water, which directly affect fish biology.

Length-weight relationship showed negative allometric growth for males ($b = 2.83$) and isometric growth for females ($b = 3.019$) and total population ($b = 3.017$). The difference between sexes is probably due to the difference in distribution profile of their respective sizes because of their protandrous hermaphrodite nature. A comparison of these values is given in table 4 where geographical differences are observed. These variations could be attributed to differences in age and maturity of the samples used and/or to associated environmental conditions (Bagenal & Tesch, 1978).

The estimated fishing mortality indicates that *S. salpa* is still facing a low exploitation rate ($E = 0.443$) in Annaba Gulf fishery. Coupled with fisheries-independent surveys and commercial catch-at-age data, all the information provided here constitute a basis for holistic management of the Salema *S. salpa* in the south-western Mediterranean.

Acknowledgements

The authors thank the Algerian Ministry for Higher education and scientific research (General directorate for scientific research and technology development, GDRSDT) which financially supported this study, within the framework of the National Funds of Research (NFR).

References

- Antolic B., Skaramuca B., Span A., Musin D. & Sanko-Njire J. 1994.** Food and feeding habits of a herbivore fish *Sarpa salpa* (L.) (Teleostei, Sparidae) in the southern Adriatic (Croatia). *Acta Adriatica*, **35**: 45-52.
- Bagenal T.B. & Tesch F.W. 1978.** Age and growth. In: *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. 3rd ed (T.B. Bagenal ed), pp. 101-136. IBP Handbook No. 3. Blackwell Scientific Publications: Oxford.
- Bayhan B. & Kara A. 2015.** Length-weight and length-length relationships of the Salema *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) in Izmir Bay (Aegean Sea of Turkey). *Pakistan Journal of Zoology*, **47**: 1141-1146.
- Beamish R.J. & Fournier D.A. 1981.** A method for comparing

- the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **38**: 982-983. Doi: 10.1139/f81-132
- Bellesoued K., Hamza A., Abdelmouleh A., Makni F.A., Van Pelt J. & Elfeki A. 2012.** Toxicity assessment of dreamfish *Sarpa salpa* from the gulf of Gabes (Tunisia, Eastern Mediterranean Sea). *Journal of Food and Agriculture Environment*, **10**: 1308-1313. Doi: 10.1234/4.2012.3253
- Bertalanffy Von L. 1938.** A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, **10**: 181-213.
- Cebrian J., Duarte C.M., Marba N., Enriquez S., Gallegos M. & Olesen B. 1996.** Herbivory on *Posidonia oceanica*: magnitude and variability in the Spanish Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, **30**: 147-155. Doi: 10.3354/meps130147
- Chang W.Y.B. 1982.** A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **39**: 1208-1210. Doi: 10.1139/f82-158
- Criscoli A., Colloca F., Carpentieri P., Belluscio A. & Ardizzone G. 2006.** Observations on the reproductive cycle, age and growth of the salema, *Sarpa salpa* (Sparidae) along the western central coast of Italy. *Scientia Marina*, **70**: 131-138. Doi : 10.3989/scimar.2006.70n1131
- Dagnélie P. 1975.** *Théorie et méthodes statistiques. 2^{ème} ed. Les méthodes de l'inférence statistique.* Les presses agronomiques de Gembloux. 451 pp.
- Djabali F., Mehailia A., Koudil M. & Brahmî B. 1993.** Empirical equations for the estimation of natural mortality in Mediterranean teleosts. *Naga: the ICLARM quarterly*, **16**: 35-37.
- Dobroslavic T., Zlatović A., Bartulović V., Lučić D. & Glamuzina B. 2013.** Diet overlap of juvenile salema (*Sarpa salpa*), bogue (*Boops boops*) and common two-banded sea bream (*Diplodus vulgaris*) in the south-eastern Adriatic. *Journal of Applied Ichthyology*, **29**: 181-185. Doi: 10.1111/j.1439-0426.2012.02046.x
- Fablet R. & Ogor A. 2005.** TNPC (digital processing of calcified structures): user manual. www.ifremer.fr/lasaa/TNPC
- Ferrari B. 2006.** Etude synécologique de *Posidonia oceanica* et de *Sarpa salpa* le long de la côte rocheuse des Albères (Pyrénées-Orientales, France); influence d'une aire marine protégée. PhD thesis, Université de Perpignan, France. 315 pp.
- Francour P. 1997.** Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean): assessment of composition and long-term fluctuations by visual census. *P.S.Z.N.: Marine Ecology*, **18**: 157-173.
- Francour P. 2000.** Evolution spatio-temporelle à long terme des peuplements de poissons des herbiers à *Posidonia oceanica* de la réserve naturelle de Scandola (Corse, Méditerranée, Nord occidentale). *Cybium*, **24**: 85-95.
- 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 (Algérie). *Comptes Rendus Biologies*, **330**: 615-628. Doi: 10.1016/j.crv.2007.05.002
- Gayanilo F.C. Jr, Sparre P. & Pauly D. 2005.** FAO-ICLARM stock assessment tools (FISAT). User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries). N° 8. FAO: Rome.
- Guidetti P. & Bussotti S. 2000.** Fish fauna of a mixed meadow composed by the seagrasses *Cymodocea nodosa* and *Zostera noltii* in the Western Mediterranean. *Oceanologica Acta*, **23**: 759-770. Doi: 10.1016/S0399-1784(00)01117-8
- Happe A. & Zohar Y. 1988.** Self fertilization in the protandrous hermaphrodite *Sparus aurata*: development of the technology. In: *Reproduction in fish. Basic and applied aspects in endocrinology and genetics* (Y. Zohar & Breton B. eds), pp. 177-180. INRA: Paris.
- Jadot C., Ovidio M. & Voss J. 2002.** Diel activity of *Sarpa salpa* (Sparidae) by ultrasonic telemetry in a *Posidonia oceanica* meadow of Corsica (Mediterranean Sea). *Aquatic Living Resources*, **15**: 343-350. Doi: 10.1016/S0990-7440(02)01193-2
- Jadot C., Donnay A., Acolas M.L., Cornet Y. & Bégout Anras M.L. 2006.** Activity patterns, home-range size, and habitat utilization of *Sarpa salpa* in the Mediterranean. *ICES Journal of Marine Sciences*, **63**: 128-139. Doi: 10.1016/j.icesjms.2005.06.010
- Konstantinos I., Stergiou K. & Karpouzi V.S. 2002.** Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Reviews in Fish Biology and fisheries*, **11**: 217-254.
- Lee R.M. 1920.** A review of the methods of age and growth determination in fishes by means of scales. *Fishery Investigations Series* **24**: 1-32.
- Lissia-Frau A.M. 1966.** Ricerche sul differenziamento sessuale di *Boops salpa* (L.) (Teleostei, Perciformes). *Atti Academia Gioenia*, **6**: 165-174.
- Matić-Skoko S., Kraljević M., Dulčić J. & Pallaoro A. 2004.** Growth of juvenile salema, *Sarpa salpa* (Teleostei: Sparidae), in the Kornati Archipelago, eastern Adriatic Sea. *Scientia Marina*, **68**: 411-417. Doi: 10.3989/scimar.2004.68n3411
- Méndez-Villamil M., Lorenzo J.M., Pajuelo J.G., Ramos A. & Coca J. 2002.** Aspects of the live history of the salema, *Sarpa salpa* (Pisces, Sparidae), of the Canarian Archipelago (central-east Atlantic). *Environmental Biology of Fishes*, **63**: 183-192.
- Paiva R.B., Neves A., Sequeira V. & Voiera A.R. 2016.** Age, growth and reproduction of the protandrous hermaphrodite fish, *Sarpa salpa*, from the Portuguese continental coast. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **98**: 269-281. Doi: 10.1017/S0025315416001405
- Pallaoro A., Dulcic J., Matic-Skoko M., Kraljevic M. & Jardas I. 2008.** Biology of the salema, *Sarpa salpa* (L. 1758) (Pisces, Sparidae) from the middle-eastern Adriatic. *Journal of Applied Ichthyology*, **24**: 276-281. Doi: 10.1111/j.1439-0426.2008.01063.x
- Pauly D. 1980.** On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *ICES Journal of Marine Science*, **39**: 175-192. Doi: 10.1093/icesjms/39.2.175
- Pauly D. & Munro J.L. 1984.** A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte*, **1**: 5-6.
- Prager M.H., Saila S.B. & Recksiek C.W. 1989.** *Fishparm: a microcomputer program for parameter estimation of nonlinear models in fishery science. 2nd edition.* Old Dominion University, Technical Report: Norfolk, VA. 18 pp.
- Spanier E., Finkelstein Y. & Raikhlin-Eisenkraft B. 1989.** Toxicity of the saupe, *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758), on the Mediterranean coast of Israel. *Journal of Fish Biology*, **34**: 635-636. Doi: 10.1111/j.1095-8649.1989.tb03342.x

- Van der Walt B.A. & Beckley L.E. 1997.** Age and growth of *Sarpa salpa* (Pisces, Sparidae) off the east coast of South Africa. *Fisheries Research*, **31**: 241-248.
- Van der Walt B.A. & Mann B.Q. 1998.** Aspects of the reproductive biology of *Sarpa salpa* (Pisces: Sparidae) off the east coast of South Africa. *South Africa Journal of Zoology*, **33**: 241-248.
- Verlaque M. 1990.** Relation entre *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) (Téléostéen, Sparidae), les autres poissons brouteurs et le phytobenthos algal Méditerranéen. *Oceanologica Acta*, **13**: 373-388.
- Walt B.A. & Beckley L.E. 1997.** Age and growth of *Sarpa salpa* (Pisces: Sparidae) off the east coast of South Africa. *Fisheries Research*, **31**: 241-248.

A new record of the brassy chub, *Kyphosus vaigiensis* (Actinopterygii: Perciformes: Kyphosidae), from the Mediterranean Sea

Lilia Labiba GROUD¹, Lamya CHAOUÏ¹, M. Hichem KARA¹

¹ Laboratoire Bioressources Marines, Université d'Annaba Badji Mokhtar, Annaba, Algeria

<http://zoobank.org/FF5F15F1-2CC6-461F-8A39-27A0733EFC76>

Corresponding author: M. Hichem Kara (kara_hichem@yahoo.com)

Academic editor: P. Karachle ♦ **Received** 14 July 2020 ♦ **Accepted** 6 February 2021 ♦ **Published** 12 July 2021

Citation: Groud LL, Chaoui L, Kara MH (2021) A new record of the brassy chub, *Kyphosus vaigiensis* (Actinopterygii: Perciformes: Kyphosidae), from the Mediterranean Sea. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 51(2): 219–223. <https://doi.org/10.3897/aiep.51.64069>

Abstract

One individual of the brassy chub, *Kyphosus vaigiensis* (Quoy et Gaimard, 1825) (41.5 cm TL, 1.27 kg TW), was caught off Annaba, on the eastern coasts of Algeria in December 2013. This circumtropical fish is found for the first time on the south-western Mediterranean coasts. The chronology of its records in the Mediterranean supports the hypothesis of its Atlantic origin.

Keywords

alien species, first record, *Kyphosus vaigiensis*, Mediterranean, Algeria

Introduction

The taxonomy of sea chubs (Kyphosidae, *Kyphosus*) was confused for a long time (Orsi Relini 2017). The perciform family Kyphosidae currently accommodates 12 species in two genera: *Neoscorpis* Smith, 1931 and *Kyphosus* Lacepède, 1801 (see Knudsen and Clements 2013, 2016; Knudsen et al. 2019). Their morphology is uniform with only subtle variations among species (Humann 1994). The genus *Kyphosus* is represented by 11 species widely distributed in the Atlantic, Indian, and the Pacific oceans (Sakai and Nakabo 1995, 2014, 2016; Knudsen and Clements 2013). All of them are herbivorous fishes and occur in shallow waters (0–10 m depth) in tropical and temperate rocky reefs (Topp 1970).

In the Mediterranean, two species of Kyphosidae have been reported: the beaked chub, *Kyphosus sectatrix* (Linnaeus, 1758), and the brassy chub, *Kyphosus vaigiensis* (Quoy et Gaimard, 1825). The former is more common in subtropical to temperate seas, but can also be encountered in more tropical areas (Knudsen and Clements 2013). It

was listed in the Mediterranean fish fauna (Tortonese 1975, 1986) based on old records (1846–1903) of a few individuals at Trieste, Palermo, and Genoa in Italy (Orsi Relini et al. 2011). Since then, it has been reported several times in the western and central Mediterranean, often under invalid names such as *Kyphosus saltatrix* (Linnaeus, 1758) (see Kiparissis et al. 2012; Lelong 2012; Elbarassi et al. 2013) or *Kyphosus sectator* (Linnaeus, 1758) (see Hemida et al. 2004; Francour and Mouine 2008). Initially thought to be restricted to the Indo-Pacific, *K. vaigiensis* is a circumtropical species distributed along the Indian, Atlantic, and Pacific oceans, the Red Sea, and the Mediterranean (Knudsen and Clements 2013, 2016; Bañón et al. 2017; Evans et al. 2020). Not native to the Mediterranean, it was first reported three times under the species name *Kyphosus incisor* (Cuvier, 1831): twice in the vicinity of Almunécar (Granada, Spain) in the western Mediterranean Sea in June 1998 (Azzurro et al. 2013) and May 2013 (Peña-Rivas and Azzurro in Bilecenoglu et al. 2013) and along the Ligurian coast (Camogli, Italy) in July 2009 (Orsi Relini et al. 2011). Ligas et al. (2011)

had confused it with an individual of *Kyphosus saltatrix* (see Knudsen and Clements 2013; Mannino et al. 2015) found in August 2009 not far from the port of Livorno in Italy. Additional occurrences were reported thereafter in Sicily (Mannino et al. 2015), Malta (Vella et al. 2016), Israel (Goren et al. 2016), Cyprus (Michailidis and Rousou in Gerovasileiou et al. 2017), and Turkey (Kiyaga et al. 2019). With the exception of Orsi Relini et al. (2011) who found 2 individuals of this species (only one of which was measured), all the other authors report only one specimen.

Kyphosus vaigiensis is inshore species found over hard bottoms. It can also occur offshore under floating objects or following ships (Nelson 1994). It feeds mainly on algae, including sargassum (Carpenter 2002). Silvano and Güth (2006) highlight the omnivory of this species in a Brazilian subtropical reef. Some data on the biology of its reproduction on the Colombian coasts are given by Rueda et al. (2015), but its biology and ecology are in general poorly known (Silvano and Güth 2006).

The present note describes a new record of *K. vaigiensis* in the Mediterranean. This species is reported for the first time on the coasts of North Africa.

Methods

On 18 December 2013, one individual of *K. vaigiensis* was recorded from the Gulf of Annaba (Fig. 1). Caught using a trammel net, it was found at a fishmonger among a batch of salemas, *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758). It was photographed, weighed, and identified based on both meristic and morphometric characters. These were taken

following standard procedures used in other descriptions of sea chubs (Carpenter 2002; Sakai and Nakabo 2004; Orsi-Relini et al. 2011; Azzurro et al. 2013). The specimen was fixed in formalin and deposited in the fish collection of the Marine Bioresources Laboratory at the Annaba University, Algeria. Since this report in 2013, a survey has been conducted with fishermen in the region to find out if other individuals of *K. vaigiensis* have been seen. This survey was carried out based on photographs.

Results

The meristic and morphometric data of the fished specimen (Fig. 2) are listed in Table 1. They agree with the different descriptions of *K. vaigiensis* given by other authors (Sgano 1981; Carpenter and Niem 2001; Carpenter 2002; Orsi Relini et al. 2011; Azzurro et al. 2013; Sakai and Nakabo 2014, 2016). Morphologically, its body is oval shaped and moderately deep. The head is short with a small and horizontal mouth whose maxilla is slipping under edge of preorbital bone. Head profile in front of eye is gently convex (instead of a bump in *K. sectatrix*). Each jaw is provided with a regular row of close-set incisor-like, round-tipped teeth. Their bases set horizontally, resembling a radially striated bony plate inside mouth. Scales are ctenoid, small and rough to touch, covering most of the head. Color is dorsally grey to silvery on the belly. Series of longitudinal yellow-golden stripes across the body. On head, there are two brassy horizontal bands separated by a silver stripe under the eye. Fins and opercular membrane are dark.

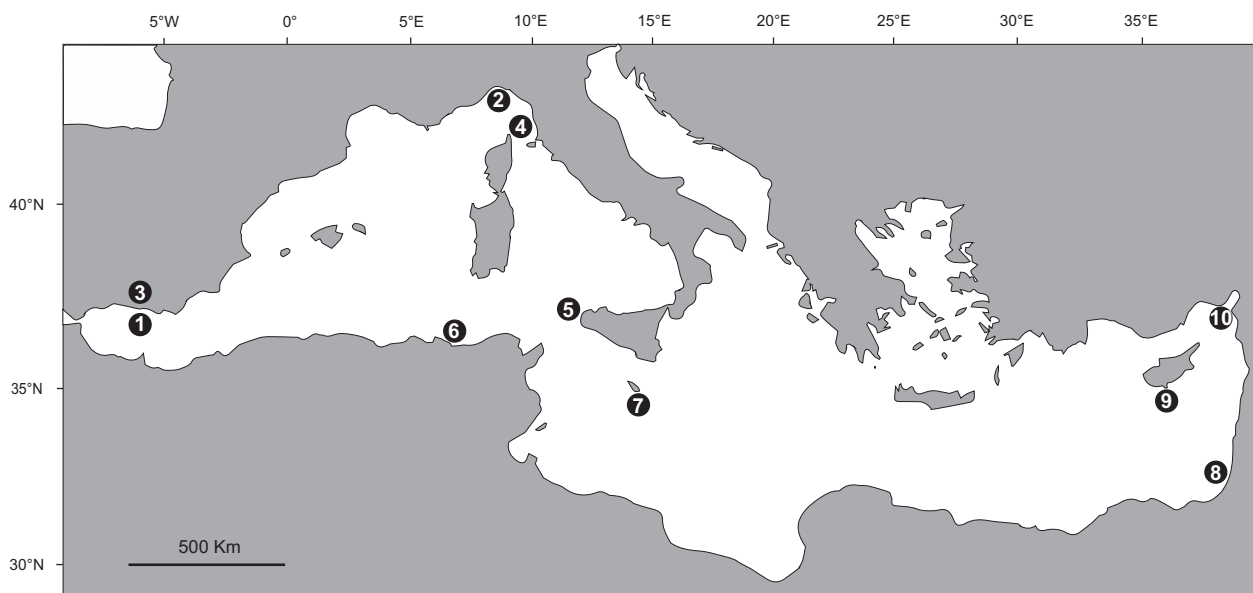


Figure 1. Map pointing out the capture locality of *Kyphosus vaigiensis* on Algerian coasts and chronology of the other records in the Mediterranean: 1 = Azzurro et al. (2013) (31 cm TL, 0.45 kg TW), 2 = Orsi Relini et al. (2011) (48 cm TL, 1.80 kg TW), 3 = Bilecenoglu et al. (2013) (46 cm TL, 1.64 kg TW), 4 = Ligas et al. (2011) (49.5 cm TL, 1.65 kg TW), 5 = Mannino et al. (2015) (47.5 cm TL), 6 = presently reported finding (45.1 cm TL, 1.27 kg TW), 7 = Vella et al. (2016) (15.7 cm TL, 0.49 g EW), 8 = Goren et al. (2016) (42.0 cm SL), 9 = Michailidis and Rousou in Gerovasileiou et al. (2017) (27.2 cm TL, 403 g TW), 10 = Kiyaga et al. (2019) (53.1 cm TL, 2.27 kg TW).



Figure 2. Specimen of *Kyphosus vaigiensis* (41.5 cm TL, 1.27 kg TW) caught in the Gulf of Annaba, Algeria in December 2013.

Table 1. Morphometric and meristic characters of *Kyphosus vaigiensis* captured off Annaba coast (eastern Algeria) in December 2013.

Morphometric characters [cm]	
Total length	41.5
Fork length	38.0
Standard length	31.0
Head length	9.2
Head depth at end of operculum	13.0
Head depth at end of orbit	9.5
Head width at operculum	6.2
Eye diameter	2.0
Pre-orbital length	3.0
Post-orbital length	4.3
Body width at dorsal origin	6.1
Body width at anal origin	5.0
Body height	15.5
Pre-dorsal length	11.2
Pre-anal length	21.0
Caudal peduncle depth	3.5
Caudal peduncle length	4.0
Dorsal fin base length	16
Pectoral fin length	6.5
Pectoral fin base length	2.0
Pelvic fin length	6.0
Pelvic fin base length	2.0
Anal fin base length	9.6
Caudal fin height (vertically extended)	16.0
Caudal fin length	9.0
Intermasal space	2.4
Inter-orbital distance	4.2
Upper jaw length	3.0
Lower jaw length	1.8
6 th dorsal fin spine (longest)	3.7
4 th dorsal fin ray (longest)	2.9
Total weight [g]	1270
Meristic characters	
Dorsal fin spines and soft rays	XI + 13
Anal fin spines and soft rays	III + 12
Pectoral fin rays	17
Pelvic fin spines and soft rays	I + 5
Caudal fin rays	18
Pored scales in lateral line	60
Scales rows above lateral line	11
Scales rows below lateral line	17
Gill rakers on first arch (upper limb + lower limb)	10 + 19
Incisor-like teeth on upper jaws	31
Incisor-like teeth on lower jaws	32

Discussion

The morphology of the caught specimen, as well as its chromatic, meristic, and metric characteristics, confirm that it represents *K. vaigiensis*, as described in the literature (Tortonese 1975, 1986; Sgano 1981; Carpenter 2002; Knudsen and Clements 2013; Carpenter and De Angelis 2016; Sakai and Nakabo 2016) and by the authors of other records of this species in the Mediterranean (Ligas et al. 2011; Orsi Relini et al. 2011; Azzurro et al. 2013; Mannino et al. 2015; Goren et al. 2016; Vella et al. 2016; Michailidis and Rousou in Gerovasileiou et al. 2017; Kiyaga et al. 2019). In particular, Azzurro et al. (2013) insist on the morphological characters which differentiate *K. vaigiensis* from its congener *K. sectatrix*, two very similar species who cohabit in the Mediterranean: anal fin with 12 or 13 soft rays (11, rarely 10 or 12 in *K. sectatrix*), 19 to 22 gill rakers on the lower limb of first gill arch (16 to 19, rarely 19 in *K. sectatrix*) and the gently convex head profile in front of eye (a distinct bump in *K. sectatrix*).

Among the fifteen fishermen we surveyed, two confirmed that they had encountered this fish once. A single individual in the first case (date not specified) and two in the second (in 2019), both of size not exceeding 30 cm. However, given the morphologic similarity between the two species *K. vaigiensis* and *K. sectatrix*, it was not possible to confirm which of the two species it was.

This additional record of *K. vaigiensis* from the Mediterranean confirms its spread along the North-African coast. None of the ichthyological inventories carried out on the Algerian coasts had mentioned it (Dieuzeide et al. 1954; Djabali et al. 1993; Derbal and Kara 2001). This species is the tenth non-indigenous marine fish recorded in Algeria, but the first of circumtropical origin. All the other alien species that arrived are Lessepsian migrants of Indian or Indo-Pacific origin (Kara and Bourehail 2020).

The introduction of *K. vaigiensis* in the Mediterranean could be attributed to the natural expansion of its range

(Zenetos et al. 2012). Its adults can travel long distances (Azzurro et al. 2013) and its juveniles are pelagic and found associated with floating objects (Knudsen and Clements 2016). Thereby, it would have arrived actively or passively through the Suez Canal or the Strait of Gibraltar. However, the chronology of its occurrences which shows a clear spatial progression from west to east and a recent entry (after 2015) into the eastern Mediterranean supports the hypothesis of its Atlantic origin. Otherwise, Annaba being a port city, receiving hundreds of ships per year from all regions of the world (around 10 000 visit Algerian ports each year; Cheniti et al. 2018), its coasts are exposed to the introduction of exotic species. Thus, the recorded *K. vaigiensis* individual would have arrived by ships' ballast water from one of its natural geographic ranges. Indeed, sea chubs are often observed around ships in subtropical waters waiting for the dumping of garbage (Orsi Relini et al. 2011) and are commonly referred to as "rudderfish" (Evans et al. 2020). This behavior exposes them to being "embarked" on board the boats. Thus, their presence in the Mediterranean can also be considered as human-mediated as proposed by Lo Brutto (2017).

References

- Azzurro A, Pena-Rivas L, Lloris D, Bariche M (2013) First documented occurrence of *Kyphosus incisor* in the Mediterranean Sea. *Marine Biodiversity Records* 6: e98. <https://doi.org/10.1017/S1755267213000717>
- Bañón R, Barros-García D, de Carlos A (2017) Integrative taxonomy supports the presence of two species of *Kyphosus* (Perciformes: Kyphosidae) in Atlantic European waters. *Scientia Marina* 81(4): 467–475. <https://doi.org/10.3989/scimar.04601.08A>
- Bilecenoglu M, Alfaya J, Azzurro E, Baldacconi R, Boyaci Y, Circosta V, Compagno L, Coppola F, Deidun A, Durgham H, Durucan F, Ergüden D, Fernández-Álvarez F, Gianguzza P, Giglio G, Gökoğlu M, Gürlek M, İkhtiyar S, Kabasakal H, Karachle P, Katsanevakis S, Koutsogiannopoulos D, Lanfranco E, Micarelli P, Özvarol Y, Pena-Rivas L, Poursanidis D, Saliba J, Sperone E, Tibullo D, Tiralongo F, Tripepi S, Turan C, Vella P, Yokeş M, Zava B (2013) New Mediterranean Marine biodiversity records (December, 2013). *Mediterranean Marine Science* 14(2): 463–480. <https://doi.org/10.12681/mms.676>
- Carpenter KE (2002) Kyphosidae: sea chubs. In: Carpenter KE (Ed.) *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the western central Atlantic. Vol. 3. Bony fishes. Part 2. (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals.* FAO, Rome, 1684–1687.
- Carpenter KE, De Angelis N [Eds] (2016) *The living marine resources of the Eastern Central Atlantic. Vol. 2: Bivalves, gastropods, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras.* FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. FAO, Rome, 665–1509.
- Carpenter KE, Niem VH [Eds] (2001) *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Vol. 5. Bony fishes part 3 (Menidae to Pomacentridae).* FAO, Rome, 2791–3380.
- Cheniti R, Rochon A, Frihi H (2018) Ship traffic and the introduction of diatoms and dinoflagellates via ballast water in the port of Annaba, Algeria. *Journal of Sea Research* 133: 154–165. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.07.008>
- Derbal F, Kara MH (2001) Inventaire des poissons des côtes de l'Est algérien. *Rapport Commission Internationale de la Mer Méditerranée* 36: 258.
- Dieuzeide R, Novella M, Roland J (1954) Catalogue des poissons des côtes algériennes. II. Ostéoptérygiens. *Bulletin de la Station d'Aquaculture et de Pêche de Castiglione, n. s., Alger*, 258 pp.
- Djabali F, Brahmi B, Mammasse M (1993) Poissons des côtes algériennes. *Pelagos Numéro spécial*, 215 pp.
- Elbaraasi H, Bogarara O, Elsilini O, Bojwari J (2013) First record of the Bermuda sea chub, *Kyphosus saltatrix* (Actinopterygii: Perciformes: Kyphosidae), in the coastal waters of Libya. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 43(3): 251–253. <https://doi.org/10.3750/AIP2013.43.3.09>
- Evans J, Arndt E, Schembri PJ (2020) Atlantic fishes in the Mediterranean: Using biological traits to assess the origin of newcomer fishes. *Marine Ecology Progress Series* 643: 133–143. <https://doi.org/10.3354/meps13353>
- Francour P, Mouine N (2008) First record of *Kyphosus sectator* (Kyphosidae) along the French Mediterranean coast. *Cybium* 32(3): 275–276.
- Gerovasileiou V, Akel EHKh, Akyol O, Alongi G, Azevedo F, Babali N, Bakiu R, Bariche M, Bennoui A, Castriota L, Chintiroglou CC, Crocetta F, Deidun A, Galinou-Mitsoudi S, Giovos I, Gökoğlu M, Golemaj A, Hadjioannou L, Hartingerova J, Insacco G, Katsanevakis S, Kleitou P, Korun J, Lipej L, Malegue M, Michailidis N (2017) New Mediterranean Biodiversity Records. *Mediterranean Marine Science* 18(2): 355–384. <https://doi.org/10.12681/mms.13771>

Until now, records of *K. vaigiensis* in Mediterranean are limited to one or two isolated individuals. As *K. sectatrix* (see Francour and Mouine 2008), it can be considered a neocolonizer species sensu Quignard and Tomasini (2000). However, in the current context of seawater warming, the ability of *K. vaigiensis* to travel over large distances and its thermophilic character could in the future facilitate its establishment in the Mediterranean. In this situation, its coexistence with the indigenous sparid *Sarpa salpa*, the only herbivorous fish species in the Mediterranean, would reproduce the interaction scenario between *Sarpa salpa*, *Siganus luridus* (Rüppell, 1829), and *Siganus rivulatus* Forsskål et Niebuhr, 1775 which happened in the eastern Mediterranean.

Acknowledgments

The authors thank the Algerian Ministry of Higher Education and Scientific Research (General directorate for scientific research and technology development, GDRS-DT) which financially supported this study, within the framework of the National Funds of Research (NFR).

- Goren M, Galil B, Roy G, Nir S (2016) First record of the brassy chub *Kyphosus vaigiensis* (Quoy et Gaimard, 1825) in the Eastern Mediterranean (Osteichthyes: Perciformes: Kyphosidae). *Zoology in the Middle East* 62(4): 319–322. <https://doi.org/10.1080/09397140.2016.1250710>
- Hemida F, Kanoun N, Golani D, Ben Souissi J, Guelorget O, Capapé C (2004) Records of the Bermuda sea chub, *Kyphosus sectator* (Linnaeus, 1758) (Osteichthyes: Kyphosidae) from the coastal waters of Algeria (southern Mediterranean). *Annales. Series Historia Naturalis* 14(1): 49–52.
- Humann P (1994) Reef fish identification: Florida, Caribbean, Bahamas. 2nd edn. New World Publications, Jacksonville, 396 pp.
- Kara MH, Bourehail N (2020) First record of the Indo-Pacific yellow-tail barracuda *Sphyræna flavicauda* (Actinopterygii: Perciformes: Sphyrænidae) in the Western Mediterranean. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 50(3): 363–366. <https://doi.org/10.3750/AIEP/02987>
- Kiparissis S, Loukovitis D, Batargias C (2012) First record of the Bermuda sea chub *Kyphosus saltatrix* (Pisces: Kyphosidae) in Greek waters. *Marine Biodiversity Records* 5(e11): e11. <https://doi.org/10.1017/S1755267211001199>
- Kiyağa VB, Mavruk S, Özyurt CE, Akamca E, Coşkun Ç (2019) Range extension of *Kyphosus vaigiensis* (Quoy et Gaimard, 1825) in the northeastern Mediterranean, İskenderun Bay, Turkey. *Turkish Journal of Zoology* 43(6): 644–649. <https://doi.org/10.3906/zoo-1901-1>
- Knudsen SW, Clements KD (2013) Revision of the fish family Kyphosidae (Teleostei: Perciformes). *Zootaxa* 3751(1): 1–101. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3751.1.1>
- Knudsen SW, Clements KD (2016) World-wide species distributions in the family Kyphosidae (Teleostei: Perciformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 101: 252–266. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2016.04.037>
- Knudsen SW, Choat JH, Clements KD (2019) The herbivorous fish family Kyphosidae (Teleostei: Perciformes) represents a recent radiation from higher latitudes. *Journal of Biogeography* 46: 2067–2080. <https://doi.org/10.1111/jbi.13634>
- Lelong P (2012) A new record of Bermuda sea chub, *Kyphosus saltatrix* (Linnaeus, 1758), (Osteichthyes, Kyphosidae) from Galite Islands (Tunisia, southern Mediterranean). *Marine Life (Marseille)* 18(1): 3–7.
- Ligas A, Sartor P, Sbrana M, de Ranieri S (2011) A new record of *Kyphosus saltatrix* (Pisces: Kyphosidae) along the Italian coasts (north-western Mediterranean). *Marine Biodiversity Records* 4: e6. <https://doi.org/10.1017/S1755267210001211>
- Lo Brutto S (2017) The case of a rudderfish highlights the role of natural history museums as sentinels of bio-invasions. *Zootaxa* 4254(3): 382. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4254.3.8>
- Mannino AM, Balistreri P, Iacifano D, Galil BS, Lo Brutto S (2015) An additional record of *Kyphosus vaigiensis* (Quoy et Gaimard, 1825) (Osteichthyes, Kyphosidae) from Sicily clarifies the confused situation of the Mediterranean kyphosids. *Zootaxa* 3963(1): 45–54. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3963.1.3>
- Nelson JS (1994) *Fishes of the world*. 3rd edn. John Wiley and Sons, New York, 600 pp.
- Orsi Relini L (2017) Notes on recent revisions of the taxonomy of Kyphosidae. *Biologia Marina Mediterranea* 24(1): 206–208.
- Orsi Relini L, Costa MR, Relini M (2011) First record of the yellow sea chub *Kyphosus incisor* in the Mediterranean. *Marine Biodiversity Records* 4: 1–3. <https://doi.org/10.1017/S1755267209991096>
- Quignard JP, Tomasini JA (2000) Mediterranean fish diversity. *Biologia Marina Mediterranea* 7: 1–66.
- Rueda M, Bolivar VW, Bustos-Montes D, Osorio SP, Sanjuanelo A, Rodriguez A, Correa MC (2015) Parametros biológico-pesqueros del striped chub (*Kyphosus incisor*) relevantes para su manejo y conservacion en el parque nacional natural old providence McBean lagoon. *Bolletín Investigacione Marine Coasts* 44(1): 71–92. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2015.44.1.21>
- Sakai K, Nakabo T (1995) Taxonomic review of the Indo-Pacific kyphosid fish, *Kyphosus vaigiensis* (Quoy and Gaimard). *Japanese Journal of Ichthyology* 42(1): 61–70. <https://doi.org/10.11369/JJI1950.42.61>
- Sakai K, Nakabo T (2004) Two new species of *Kyphosus* (Kyphosidae) and a taxonomic review of *Kyphosus bigibbus* Lacepède from the Indo-Pacific. *Ichthyological Research* 51(1): 20–32. <https://doi.org/10.1007/s10228-003-0186-2>
- Sakai K, Nakabo T (2014) Taxonomic review of *Kyphosus* (Pisces: Kyphosidae) in the Atlantic and Eastern Pacific Oceans. *Ichthyological Research* 61(3): 265–292. <https://doi.org/10.1007/s10228-014-0395-x>
- Sakai K, Nakabo T (2016) Kyphosidae. In: Carpenter KE, De Angelis N (Eds) *The living marine resources of the Eastern Central Atlantic*. Vol. 4. FAO, Rome, 2680–2685.
- Sgano T (1981) Kyphosidae. In: Fischer W (Ed.) *FAO species identification sheet for fishery purposes*. Eastern Central Atlantic (Fishing Areas 34, 47 in part). Vol. 2. FAO, Rome.
- Silvano RAM, Güth AZ (2006) Diet and feeding behavior of *Kyphosus* spp. (Kyphosidae) in a Brazilian Subtropical Reef. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49(4): 623–629. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132006000500012>
- Topp RW (1970) Behavior and color change of rudderfish, *Kyphosus elegans*, in Gulf of Panama. *Copeia* 4(4): 763–765. <https://doi.org/10.2307/1442322>
- Tortonese E (1975) *Fauna d'Italia. Osteichthyes (Pesci Ossei)*, Vol. 11. Calderini, Bologna, 636 pp.
- Tortonese E (1986) Kyphosidae. In: Whitehead PJP, Bauchot ML, Hureau JC, Nielsen J, Tortonese E (Eds) *Fishes of the northeastern Atlantic and the Mediterranean*, Vol. 2. UNESCO, Paris, 912–913. <https://doi.org/10.2307/1444931>
- Vella N, Vella A, Darmanin SA (2016) The first record of the lowfin chub *Kyphosus vaigiensis* (Quoy et Gaimard, 1825) from Malta. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment* 22(2): 175–181.
- Zenetos A, Gofas S, Morri C, Rosso A, Violanti D, Garcia Raso JE, Cinar ME, Almogi-Labin A, Ates AS, Azzurro E, Ballesteros E, Bianchi CN, Bilecenoglu M, Gambi MC, Giangrande A, Gravili C, Hyams-Kaphzan O, Karachle PK, Katsanevakis S, Lipej L, Mastrototaro F, Mineur F, Pancucci-Papadopoulou MA, Ramos Espla A, Salas C, San Martin G, Sfriso A, Strefataris N, Verlaque M (2012) Alien species in the Mediterranean Sea by 2012. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part 2. Introduction trends and pathways. *Mediterranean Marine Science* 13(2): 328–352. <https://doi.org/10.12681/mms.327>

RÉSUMÉS

Résumé

Cette étude est une contribution à l'écologie, la biologie et la toxicologie de la saupe *Sarpa salpa* des côtes d'Annaba, une espèce de poissons de la famille des Sparidés. Ce travail est organisé en six chapitres complémentaires et indépendants.

Le premier chapitre est une synthèse des connaissances actuelles sur l'environnement du golfe d'Annaba, des points de vue de sa géomorphologie, de sa sédimentologie, de sa physico-chimie et de sa biodiversité. L'espèce objet de ce travail, *S. salpa*, y est décrite en tenant compte des nouveautés sur son histoire de vie, son comportement et ses risques toxiques.

Les deux chapitres qui suivent traitent de la biométrie de *S. salpa*. A l'aide de critères métriques et méristiques, la morphologie de l'espèce est caractérisée. En utilisant des outils différents: caractères métriques, caractères numériques, morphogéométrie, forme des otolithes, les saupes d'Annaba sont comparés à d'autres individus issus de différentes localités en Méditerranée: Algérie (Oran, Chétaibi), France (golfe du Lion), Tunisie (Mahdia, Gabés). Les résultats indiquent une forte structuration géographique de cette espèce.

Le quatrième chapitre est dédié à la dynamique de la population de saupe du golfe d'Annaba. Le sex-ratio est déterminée, ainsi que ses variations temporelles. L'âge individuel est lu par scalimétrie et révèle l'existence de 5 cohortes chez les mâles et de 7 cohortes chez les femelles. Le rythme de croissance est parfaitement décrit par le modèle théorique de Von Bertalanffy. L'indice de performance de croissance ($\Phi = 2,49$) est intermédiaire par rapport aux valeurs enregistrées ailleurs en Méditerranée ou en Atlantique. La distribution de la fréquence des sexes en fonction des tailles et la prédominance de mâles avec de petites tailles, suggère que *S. salpa* est hermaphrodite protandre. Les valeurs des coefficients de mortalité indiquent que la saupe n'est pas pleinement exploitée à Annaba.

Dans le cinquième chapitre, nous avons tenté d'évaluer le risque de toxicité de la saupe pêchée dans le golfe d'Annaba selon la taille des poissons et en fonction des saisons, l'hiver et l'été. Pour cela, nous avons dosé les TBARS (thiobarbituric acid-reactive substances) qui reflètent l'état et le niveau d'oxydation de l'échantillon analysé. Les résultats indiquent que le muscle, aussi bien que le foie et le cerveau des poissons présentent des risques de toxicité pour l'homme, notamment s'ils proviennent de poissons pêchés en été.

Enfin, le dernier chapitre alerte sur un nouveau signalement de la saupe cuivrée ou saupe brésilienne *K. vaigiensis* (Quoy & Gaimard, 1825) en Méditerranée. Nous découvrons cette espèce pour la première fois en Afrique du Nord. Son invasion éventuelle sur les côtes algériennes constituerait une menace certaine pour la saupe autochtone *S. salpa*. Etant les deux seules espèces herbivores de l'ichtyofaune régionale, leur entrée en compétition trophique serait inévitable.

Mots clés: Saupe, *Sarpa salpa*, biométrie, croissance, mortalités, Algérie, Méditerranée.

ملخص

تعد هذه الدراسة مساهمة في معرفة دورة حياة وديناميكيات وسمية *Sarpa salpa* من سواحل عنابة ، وهو نوع من الأسماك من عائلة Sparidae. تم تنظيم هذا العمل في ستة فصول متكاملة ومستقلة .

الفصل الأول هو تجميع للمعرفة الحالية عن بيئة خليج عنابة، من وجهة نظر الجيومورفولوجيا، وعلم الرواسب، والكيمياء الفيزيائية، والتنوع البيولوجي. يتم وصف نوع *S. salpa* هناك، مع مراعاة المستجدات في تاريخ حياتها وسلوكها ومخاطرها السامة.

يتناول الفصلان التاليان القياسات الحيوية ل *S. salpa*. باستخدام المعايير المترية والمرستية. يتم تمييز مورفولوجيا الأنواع باستخدام أدوات مختلفة: الأحرف المترية ، الأحرف العددية ، قياس التشكل ، وشكل غبار الأذن. وتقرن افراد عنابة بأفراد آخرين من مناطق مختلفة في البحر الأبيض المتوسط: الجزائر (وهران، شطبيبي) ، فرنسا (خليج ليون) ، تونس (المهدية ، قابس). وتشير النتائج إلى بنية جغرافية قوية لهذا النوع.

الفصل الرابع مخصص للديناميكيات السكانية لاسماك خليج عنابة. يتم تحديد نسبة الجنس، وكذلك الاختلافات الزمنية. يُقرأ العمر الفردي عن طريق قشر السمك ويكشف عن وجود 5 أفواج في الذكور و 7 أفواج في الإناث. تم وصف معدل النمو بشكل مثالي من خلال النموذج النظري لـ Von Bertalanffy. مؤشر أداء النمو ($\Phi = 2.49$) متوسط مقارنة بالقيم المسجلة في أماكن أخرى في البحر الأبيض المتوسط أو في المحيط الأطلسي. ويوحى توزيع تواتر الجنسين حسب الأحجام وغلبة الذكور ذوي الأحجام الصغيرة بأن *S. salpa* هو خنثى جاحظ. تشير قيم معاملات الوفيات إلى أن السوب لم يتم استغلاله بالكامل في عنابة.

في الفصل الخامس، حاولنا تقييم مخاطر السمية للسوب الذي يتم اصطياده في خليج عنابة، حسب حجم السمكة وحسب المواسم، الشتاء والصيف. للقيام بذلك ، قمنا بتقييم TBARS (المواد المتفاعلة مع حمض الثيوباربيتوريك) والتي تعكس حالة ومستوى أكسدة العينة التي تم تحليلها. تشير النتائج إلى أن عضلات الأسماك وكبدها ودماغها تشكل خطرًا على الإنسان، خاصة إذا كانت ناتجة عن الأسماك التي يتم صيدها في الصيف.

أخيرًا، يحذر الفصل الأخير من تقرير جديد لوجود سمكة (*K. vaigiensis* (Quoy & Gaimard, 1825) في البحر الأبيض المتوسط. نكتشف هذا النوع لأول مرة في شمال إفريقيا. غزو محتمل على السواحل الجزائرية سيشكل تهديدًا معينًا للنوع المحلي *Sarpa salpa*. نظرًا لكونهما النوعان الوحيدان من الأنواع العاشبة للإكتيوفونا الإقليمية ، فإن دخولهما في المنافسة الغذائية سيكون أمرًا لا مفر منه.

الكلمات الدالة: *Sarpa salpa* Saube ، مورفولوجيا، النمو، الوفيات، الجزائر، البحر الأبيض المتوسط.

SUMMARY

This study is a contribution to the ecology, biology and toxicology of the Salema *Sarpa salpa* of the coast of Annaba, a species of fish of the Sparidae family. This work is organized in six complementary and independent chapters.

The first chapter is a synthesis of current knowledge about the environment of the Gulf of Annaba, from the points of view of its geomorphology, its sedimentology, its physico-chemistry and its biodiversity. The species in question, *S. salpa*, is described taking into account the new scientific developments on its life history, behaviour and toxic risks.

The following two chapters deal with *S. salpa* biometrics. Using metric and meristic criteria, the morphology of the species is characterized. Using different tools: metric characters, numerical characters, morphogeometry, otolith shape, the samples from Annaba are compared to other individuals from different localities in the Mediterranean: Algeria (Oran, Chétaibi), France (Gulf of Lion), Tunisia (Mahdia, Gabes). The results indicate a strong geographical structure of this species.

The fourth chapter is dedicated to the dynamics of the population of Salema of Annaba's Gulf. The sex ratio is determined, as well as its temporal variations. Individual age is read by scalimetry and reveals the existence of 5 cohorts in males and 7 cohorts in females. The growth rhythm is perfectly described by Von Bertalanffy's theoretical model. The growth performance index ($\Phi = 2.49$) is intermediate compared to the values recorded elsewhere in the Mediterranean or the Atlantic. The distribution of the sex frequency according to sizes and the predominance of males with small sizes, suggests that *S. salpa* is hermaphrodite proandre. The mortality coefficient values indicate that Salema stock is not fully exploited in Annaba region.

In Chapter 5, we attempted to assess the toxicity of the Salema caught in the Gulf of Annaba based on fish size and seasons, winter and summer. To this end, we have provided TBARS (thiobarbituric acid-interactive substances) which reflect the state and level of oxidation of the sample analysed. The results indicate that muscle, as well as the liver and brain of fish, present risks of human health, especially if they come from fish caught in summer.

Finally, the last chapter warns about a new record of Brazilian Salema or Brassy chub *K. vaigiensis* (Quoy & Gaimard, 1825) in the Mediterranean. We discover this species for the first time in North Africa. Its possible invasion of the Algerian coast would pose a serious threat to the indigenous Salema *S. salpa*. As the two are the only herbivores of the regional ichthyofauna, their entry into trophic competition would be inevitable.

Keywords: Saube, *Sarpa salpa*, biometrics, growth, mortalities, Algeria, Mediterranean.