

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences biologiques de l'Environnement

Laboratoire de Biochimie Appliquée

Centre National de Recherche et de Développement  
pour la Pêche et l'aquaculture (CNRDPA).



جامعة بجاية  
Tasdawit n Bgayet  
Université de Béjaïa



## THÈSE

Présentée par

M<sup>me</sup> ALIK OURIDA Epouse BETATACHE

Pour l'obtention du grade de

**DOCTEUR EN SCIENCES**

Filière : Biologie

Option : Ecologie et Environnement



### Thème

*Bio-Ecologie du Merlu, Merluccius merluccius (Linnaeus, 1758)  
et son utilisation comme un bio-indicateur de la pollution  
par quelques métaux lourds dans la frange côtière Est Algérienne.*

Soutenue le : 27/06/2021

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
Mr AYAD Abdelhanine	Professeur	Univ. de Bejaia	Président
Mme ZEBBOUDJ Aicha	Professeur	Univ. de Béjaïa	Rapporteur
Mme TAFOUGHALT Saida	Professeur	Univ. de Bejaia	Examineur
Mr ZOUGGAGHE Fatah	Professeur	Univ. de Bouira	Examineur
Mme FELLAH Fahima	MCA	Univ. de Bordj Bou Arreridj	Examineur
Mme RACHEDI Mounira	MCA	Univ. d'El-Tarf	Examineur

Année Universitaire : 2020-2021

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences biologiques de l'Environnement

Laboratoire de Biochimie Appliquée

Centre National de Recherche et de Développement

pour la Pêche et l'aquaculture (CNRDPA).



## THÈSE

Présentée par

M<sup>me</sup> ALIK OURIDA Epouse BETATACHE

Pour l'obtention du grade de

**DOCTEUR EN SCIENCES**

Filière : Biologie

Option : Ecologie et Environnement

### Thème

**Bio-Ecologie du Merlu, *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758)  
et son utilisation comme un bio-indicateur de la pollution  
par quelques métaux lourds dans la frange côtière Est Algérienne.**

Soutenue le : 27/06/2021

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
Mr AYAD Abdelhanine	Professeur	Univ. de Bejaia	Président
Mme ZEBBOUDJ Aicha	Professeur	Univ. de Béjaïa	Rapporteur
Mme TAFOUGHALT Saida	Professeur	Univ. de Bejaia	Examinateur
Mr ZOUGGAGHE Fatah	Professeur	Univ. de Bouira	Examinateur
Mme FELLAH Fahima	MCA	Univ. de Bordj Bou Arreridj	Examinateur
Mme RACHEDI Mounira	MCA	Univ. d'El-Tarf	Examinateur

Année Universitaire : 2020-2021

*Merci Merlu  
pour tout le courage  
que tu m'as donné,  
et de m'avoir offert la chance  
de te découvrir*



*Eh oui!!!  
Tu sais, compter les poissons est  
aussi simple que compter les arbres,  
sauf qu'ils sont invisibles  
et qu'ils bougent.*

*J'offre ce modeste travail à ;*

*A mes chers parents  
et adorable grand-mère*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération  
pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction  
et mon bien être.*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et  
j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*

*Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit  
de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.*

*Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie  
et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.*

*A mes frères et sœur*

*En témoignage de mon affection fraternelle,  
de ma profonde tendresse et reconnaissance,  
je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès  
et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.*

*A mes petits anges Yanis, Dacine et Akşel  
et mon cher mari Samir*

*Sachez que vous êtes la lumière de ma vie.  
Aucune dédicace ne saurait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous,  
Votre joie et votre exaltation me comblent de bonheur.*

*Puisse Dieu vous garder, éclairer votre chemin et vous aider  
à réaliser à votre tour vos vœux les plus chers.*



## *Remerciements*

C'est avec une grande joie et une certaine émotion que je rédige ces lignes de remerciements. Il y a quelques mois je n'aurais jamais cru que ce soit la partie la plus difficile à écrire. A l'heure où je mets un point final à mon travail, il m'est difficile de remercier ceux dont l'aide ou l'influence ont été déterminantes, cela supposerait que l'on ait tenu la liste à jour. Et pourtant, ça l'est maintenant. Je tiens cependant à exprimer ici ma reconnaissance à ceux qui ont permis à ce travail d'aboutir :

Ma reconnaissance est adressée à ma promotrice le Professeur **Aïcha ZEBBOUDJ-DEHBI** pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant d'achever ce travail. Qu'elle trouve ici toute ma gratitude pour m'avoir accueillie dans son laboratoire, pour la liberté qui m'a été procurée pour travailler calmement. Son accueil chaleureux, sa simplicité, sa générosité dans le partage d'information ont beaucoup contribué à mon amélioration. Elle a toujours apporté un gain pour moi. Je tiens à la remercier pour ses encouragements, sa patience et pour sa disponibilité quasi permanente en sa qualité de guide, pour ses conseils, son soutien ainsi que pour la relecture et la correction des mes communications ainsi de celui de ma thèse qu'elle a assuré en supplément de son travail.

J'exprime ma gratitude et mon profond respect à mon ancienne promotrice Madame **ZEROUALI-KHODJA Fatiha**, Professeur de l'Université d'USTHB. Merci de m'avoir mis le pied à l'étrier à mon arrivée au laboratoire et d'encadrer mes premiers pas pâteux, de se dévouer pour m'initier aux secrets et rouages de l'histologie, mais aussi pour ce tour des laboratoires de Bab-Ezzouar qui fut fort instructif au niveau professionnel, pour les conseils judicieux qu'elle n'a cessé de me prodiguer, pour son soutien moral et suivi inestimable. Je ne la remercierai jamais assez pour la liberté et la confiance qu'elle m'a accordées, et pour m'avoir fait profiter de son expérience sans jamais se ménager un effort pour m'aider à avancer. Elle m'a permis de me construire en tant que scientifique rigoureuse, de concrétiser mes projets et de réaliser ce travail, toujours dans la joie et la bonne humeur, même dans les moments difficiles. Mais aussi pour tous ses encouragements et son soutien qui m'ont permis d'avancer, de progresser et d'être ce que je suis aujourd'hui. Elle sera toujours pour moi, mon modèle, mon aînée, ma grande Sœur. Je lui dois éternelle reconnaissance et lui souhaite réussite dans tous ce qu'elle entreprendra.

J'exprime toute ma gratitude à l'égard de:

Monsieur **Abdelhanine AYAD**, Professeur à l'Université de Béjaïa pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant la présidence de jury de soutenance de Ma thèse ;

Monsieur **Fateh ZOUGUAGHE**, Professeur, à l'université de Bouira, qui m'a fait l'honneur de participer au jury et pour l'intérêt qu'il manifeste, encore une fois, pour l'examen de ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de toute ma gratitude ;

Madame **Saida TAFOUGHALT**, Professeur, à l'Université de Béjaïa, qui sans hésitation a répondu favorablement pour être membre du jury, qu'elle trouve ici l'expression de toute ma gratitude ;

Madame **Fahima FELLAH**, MCA à l'Université de Bordj Bou Arreridj, pour avoir accepté d'examiner mon travail et de participer à ce jury.

Madame **RACHDI Mounira**, MCA à l'Université d'El-Taref, de faire l'honneur de pour avoir accepté de juger ce travail.

Je vous prie, tous, d'accepter le témoignage de ma respectueuse reconnaissance.

Un grand merci à **Souhila BOUCHBAH**, pour tous les moments mémorables passés ensemble, tu as toujours été disponible pendant tout le travail de laboratoire... Bonne chance pour la suite et à très bientôt au bord d'un des parcours du doctorat!!!

Je tiens à remercier tout particulièrement mes collègues de choc : **M<sup>me</sup> Hakima YAHY, M<sup>elle</sup> Linda MEZHOUD, M<sup>me</sup> Loiza BOUAZA et M<sup>me</sup> Fella ISSAADI**, responsables du laboratoire de médecine de l'Université de Béjaïa, elles ont su donner au laboratoire une ambiance grivoise typiquement féminine qui m'a apportée des bouffées d'oxygène. Sans oublier **M<sup>me</sup> Fatima .....** responsable de la bibliothèque centrale de Béjaïa. Toutes camarades de galère, femmes de toutes les situations, celles qui vous résolvent un problème plus vite que leurs ombres, et que j'ai sollicité à maintes reprises pour faire face à mes obstacles. J'exprime une reconnaissance profonde pour votre participation, votre soutien, votre passion, ce fut un vrai bonheur de travailler avec vous. Je vous dois beaucoup.

Ah! Chers pêcheurs, sans votre aide et votre soutien je n'aurai pas pu terminer ce travail. Vous trouvez ici mes remerciements les plus loyaux. J'ai débuté la recherche dans le monde peu connu des poissons du Golfe de Béjaïa. Et parce que la vie ne serait pas aussi belle sans eux, je remercie l'ensemble (des pêcheurs, marins pêcheurs, mandataires.....), de m'avoir permis d'entrer dans cet univers scientifique, et de m'avoir fourni de précieux conseils, pour tout ce que nous avons partagé, pour leurs informations, surtout bon courage à vous pour la fin de cette grande aventure qui est la thèse.

A la formidable et sympathique équipe du **CNRDPA**, j'adresse mes vifs remerciements aux collègues de travail, pour tous les moments que nous avons partagés au bord du navire océanographique "GRINE BELKACEM", à tout son équipage je vous dis à la prochaine aventure... pour les sorties roller et après l'effort... pour tous ces petits restos de campagne que nous avons testés. Ma curiosité pour l'univers marin s'est éveillée alors que je n'arrive pas à plonger. Au cours de mes explorations du littoral, où j'ai découvert tout un petit monde aquatique dont les figures emblématiques étaient les "bébés Crabes, les Crevettes, les Potassaux, les mignonnes petites Langoustines, les Soles et les Gobies, sans oublier les enfantins Merlus. C'est là que j'ai compris que ce monde sous-marin, qui me passionnait depuis longtemps déjà, ferait désormais partie de ma vie...

Je réserve mes remerciements particuliers à ma famille. A mes parents, qui ont su donner pour leurs enfants, leur soutien, leurs encouragements et leur confiance. A mon très cher mari et mes petits anges (**Mayas, Dacine et Aksel**), on peut dire c'est fini, je leur suis reconnaissante pour leur soutien, leurs encouragements et leur amour et pour leur présence à mes côtés tout au long de mes fardeaux. (Et oui la fin d'un travail n'est pas une histoire malgré ce que l'on pourrait croire).

## Résumé

La présente étude porte sur la biologie de la croissance, la reproduction, l'exploitation du stock de l'espèce *Merluccius merluccius* et son utilisation comme bio indicateur de la pollution métallique. Cette dernière, réalisée sur 1662 individus dans le secteur Est Algérien à savoir le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba pendant l'année 2015/2016.

La croissance du Merlu des côtes du secteur Est Algérien, vérifie l'hypothèse d'une croissance rapide démontrée auparavant dans d'autres zones de distribution aussi bien en Méditerranée qu'en Atlantique Nord. La croissance en taille suit le modèle linéaire, rapide chez les jeunes individus et diminue avec l'âge. La vitesse de croissance calculée est deux fois supérieure à celle calculée précédemment dans d'autres zones, quant au taux de croissance en longueur des femelles, il reste supérieur à celui des mâles à partir de la fin de la première année de la vie du Merlu.

La croissance pondérale varie en sens inverse (les espèces prennent du poids en vieillissant). Une différence d'embonpoint se marque chez les deux sexes spécialement en période de reproduction. Elle se manifeste à l'avantage des femelles qui sont plus pesantes que les mâles de même longueur.

L'évolution du poids du Merlu par rapport à la taille (sans distinction du sexe) présente une allométrie majorante ( $b > 3$ ). Pour les mêmes tailles, le poids des femelles est supérieur à celui des mâles. La mortalité par pêche observée est très inquiétante du faite qu'elle est largement importante comparée à la mortalité naturelle pour *M. merluccius* indiquant une position déséquilibrée dans le stock.

Le cycle de développement des gonades a montré que la reproduction est en activité continue durant toute l'année avec un pic principal en printemps et deux pics secondaires en hiver et en été. Il se caractérise par une ponte fractionnée. La maturité sexuelle est acquise tardivement par les femelles (29 cm) par rapport aux mâles (25 cm) et le sex-ratio est en faveur des femelles dans le Golfe de Béjaïa, tandis qu'il est plus important chez les mâles que chez les femelles de la Baie de Jijel et du Golfe d'Annaba. Les variables biologiques (K et RHS) ne présentent aucune tendance significative d'évolution chez les mâles.

L'utilisation du Merlu comme bio indicateur dans l'évaluation de la contamination par les métaux lourds (Cd, Pb, Cu, Ni, Fe et Zn), a permis de mettre en évidence la présence de ces micropolluants au niveau de deux organes cibles (le foie et le muscle). Il paraît que les concentrations moyennes du Zinc et du Fer ne sont pas inquiétantes, celles du Cuivre et du Nickel présentent des teneurs très préoccupantes, enfin celles du Plomb et du Cadmium sont vraiment très alarmantes. Ces résultats ne font que révéler l'existence d'une relation étroite entre la pollution marine et les nombreux rejets industriels et urbains le long du littoral et des régions avoisinantes.

### Mots clés:

*Merluccius merluccius*, Croissance, Reproduction, Mortalités, Exploitation, Contamination, Métaux lourds, Secteur Est Algérien (Béjaïa, Jijel, Annaba).

## **Abstract**

This study focuses on the biology of growth, reproduction, exploitation of the stock of *Merluccius merluccius* and its use as a bioindicator of metal pollution. It was carried out on 1,662 individuals caught in the eastern Algerian sector in the Gulf of Béjaïa, the Bay of Jijel and the Gulf of Annaba between 2015 and 2016.

The growth of hake from the Algerian east coast confirms the hypothesis of the rapid growth aspect of this species, previously demonstrated in other distribution areas either in the Mediterranean or the North Atlantic. Size growth follows the linear pattern, rapid in young individuals and then decreases with age. The calculated growth rate is twice that calculated previously in other areas. As for the growth rate in female size, it remains higher than that of males from the end of the first year of the hake's life.

Weight growth varies inversely with age. There is a difference in being overweight in the two sexes, especially during the reproductive period. It is marked in females which are heavier than males having the same length. The evolution of hake's weight in relation to size (without distinction of sex) shows a positive allometry ( $b > 3$ ). For the same sizes, the weight of females is greater than that of males. The observed fishing mortality is high, compared to the natural mortality for *M. merluccius* indicating an unbalanced position in the stock.

The gonadal development cycle has shown that reproduction is in continuous activity throughout the year with a main peak in spring and two secondary peaks in winter and summer. It is characterized by fractional spawning. The sexual maturity of females is late (29 cm) compared to males (25 cm). The sex ratio is in favor of females in the Gulf of Béjaïa, while it is higher in males than in females in the Bay of Jijel and the Gulf of Annaba. The biological variables (K and HSI) do not show any significant evolutionary trend in males.

The use of hake as a bioindicator in the evaluation of contamination by heavy metals (Cd, Pb, Cu, Ni, Fe and Zn), has made it possible to highlight the presence of these micropollutants in the organs, such as liver and muscle. The average Zinc and Iron concentrations comply with standards. Those of Copper and Nickel present very worrying levels; on the other hand those of Lead and Cadmium are very alarming. These results reveal the existence of a close relationship between marine pollution and the numerous industrial and urban discharges along the eastern Algerian coast and neighboring regions.

## **Keywords:**

*Merluccius merluccius*, Growth, Reproduction, Mortalities, Exploitation, Heavy metals, Eastern Sector of Algeria (Gulf of Béjaïa, Bay of Jijel, Gulf of Annaba).

## Liste des Figures

### Liste des Figures

N° Figure	Titres	Page
01	Méditerranée, localisation des principaux bassins, détroits et mers marginales ( <b>PAM/PNUE-CAR/PB, 2009</b> )	07
02	Carte représentative du littoral algérien (pointillés rouges) entre les frontières marocaine et tunisienne (www. wikipedia.org. modifiée)	08
03	Circulation générale de la surface des courants en Méditerranée ( <b>Millot &amp; Taupier - Letage, 2005 modifiée</b> )	09
04	Image satellitaire montrant le gradient de salinité de surface dans le bassin méditerranéen ( <b>Millot &amp; Taupie - Letage, 2011</b> )	10
05	Image satellitaire montrant les variations des températures des eaux de surface dans le bassin méditerranéen ( <b>INGV, 2012</b> )	10
06	Répartition de la production halieutique par groupes d'espèces ( <b>MADRP, 2016</b> )	12
07	Secteurs géographique du littoral algérien et localisation des zones d'étude	13
08	Limites géographiques des zones de pêche et photographies des ports correspondants, <b>A</b> : le port de Tala Guilef; <b>B</b> : le port de Béjaïa	15
09	Zones de pêche dans la Baie de Jijel ( <b>DPRH Jijel, 2017</b> )	16
10	Port de pêche de Mansouriah, Jijel (2017)	17
11	Limites géographiques des zones de pêche et photographies des ports correspondants, <b>A</b> : Baie de Chetaïbi, <b>B</b> : Golfe d'Annaba, <b>C</b> : Littoral d'El-Kala à partir desquelles on a obtenue l'échantillonnage biologique	18
12	Le <i>Merluccius merluccius</i> ( <b>ALIK, 2015</b> )	20
13	Photographie du Merlu <i>Merluccius merluccius</i> ( <b>ALIK, 2019</b> )	25
14	Morphologie de <i>Merluccius merluccius</i>	25
15	Présentant dorsale de la crête de la tête de <i>Merluccius merluccius</i>	26
16	Répartition géographique du genre <i>Merluccius</i> (Lloris et al., 2005)	27
17	Vue d'ensemble d'un chalut de fond, à deux faces (FAO, 2007). <b>A</b> : chalut de fond à panneaux, à deux faces. <b>B</b> : pièces constitutifs d'un chalut de fond. <b>C</b> : Schéma représentatif d'une méthode de pêche au chalut à grande profondeur	37
18	Différentes mesures effectuées sur <i>Merluccius merluccius</i> échantillonnée dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba. Lt: longueur totale; Lf: longueur à la fourche; Ls: longueur standard. Lpa: longueur Pré-anale; Lpd1: longueur de la première pré-dorsale; Lpd2: longueur de la deuxième pré-dorsale; LPP: longueur pré-pectorale ; Lpp: longueur post- pectorale	43
19	Schémas montrant la position des otolithes de l'oreille interne chez les téléostéens (a), l'anatomie de l'oreille interne (b) et la position des otolithes dans les sacs otiques ( <b>Secor et al., 1992</b> )	47
20	Paires d'otolithes <i>sagittae</i> de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne	47
21	Protocole de nettoyage et de stockage des otolithes	48
22	Modèle de croissance de Von Bertalanffy	49
23	Structure mensuelle de la taille totale (Lt) (cm) moyenne et du poids total (Wt) (g) moyen dans les déférents sites d'étude. <b>A</b> : Golfe de Béjaïa; <b>B</b> : la Baie de Jijel; <b>C</b> : le Golfe d'Annaba	55
24	Paires d'otolithes <i>sagittae</i> droit (Od) et gauche (Og) observées sous loupe binoculaire de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne	56
25	Représentation des moyennes de la longueur des otolithes droits (Lod) et gauches (Log) chez <i>M. merluccius</i> , pêchée dans les eaux du secteur Est algérien. <b>A</b> : dans le golfe de Béjaïa ; <b>B</b> : dans la baie de Jijel ; <b>C</b> : dans le golfe d'Annaba ; <b>D</b> : La population de la Côte-Est Algérienne	58
26	Représentations de l'évolution des paramètres de croissance: longueur, largeur et poids de <i>Merluccius merluccius</i> pêchées dans différents site d'étude. <b>A</b> : Golfe de Beja ; <b>B</b> : Baie de Jijel ; <b>C</b> : Golfe d'Annaba	59
27	Individus numérotés des trois régions (B: Bejaia; J: Jijel; A : Annaba) projetés sur le plan factoriel I-II et variables contribuant à la formation des 3 axes	61
28	Décomposition de la distribution des fréquences de taille des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) de <i>Merluccius merluccius</i> dans le Golfe de Béjaïa en groupes d'âge par la méthode de Bhattacharya (FISAT II. 2005)	64
29	Décomposition de la distribution des fréquences de taille des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) de <i>Merluccius merluccius</i> dans la Baie de Jijel en groupes d'âge par la méthode de Bhattacharya (FISAT II. 2005)	64
30	Décomposition de la distribution des fréquences de taille des mâles (a), des femelles (b) et de la	66

## Liste des Figures

	population totale (c) de <i>Merluccius merluccius</i> dans le Golfe d'Annaba en groupes d'âge par la méthode de Bhattacharya (FISAT II. 2005)	
31	Décomposition de la distribution des fréquences de taille des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) de <i>Merluccius merluccius</i> de la population de la Côte-Est Algérienne en groupes d'âge par la méthode de Bhattacharya (FISAT II. 2005)	66
32	Courbes de croissances linéaires des mâles (a), des femelles (b) en (c) et de la population totale <i>M.merluccius</i> pêchée dans le Golfe de Béjaïa	72
33	Courbes de croissances linéaires des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale en (c) de <i>M.merluccius</i> pêchée dans la Baie de Jijel	72
34	Courbes de croissances linéaires des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale en (c) de <i>M.merluccius</i> pêchée dans le Golfe d'Annaba	73
35	Courbes de croissances linéaires des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale en (c) de <i>M.merluccius</i> pêchée le long du secteur Est Algérien	73
36	Courbes de la vitesse de croissance de <i>Merluccius merluccius</i> . <b>A</b> : dans le Golfe de Béjaïa; <b>B</b> : dans la Baie de Jijel; <b>C</b> : dans le Golfe d'Annaba ; <b>D</b> : toute la population du secteur Est Algérien.	78
37	Indice de performance de la population de <i>Merluccius merluccius</i> . <b>A</b> : dans le Golfe de Béjaïa; <b>B</b> : dans la Baie de Jijel; <b>C</b> : dans le Golfe d'Annaba ; <b>D</b> : de toute la population du secteur Est Algérien.	80
38	Courbes de croissance linéaire observée et théoriques et de l'accroissement linéaire théorique pour les mâles en (a) ; pour les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c), chez <i>Merluccius merluccius</i> du Golfe de Béjaïa.	83
39	Courbes de croissance linéaire observée et théoriques et de l'accroissement linéaire théorique pour les mâles en (a) ; pour les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c), chez <i>Merluccius merluccius</i> de la Baie de Jijel.	83
40	Courbes de croissance linéaire observée et théoriques et de l'accroissement linéaire théorique pour les mâles en (a) ; pour les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c), chez <i>Merluccius Merluccius</i> du Golfe d'Annaba.	84
41	Courbes de croissance linéaire observée et théoriques et de l'accroissement linéaire théorique pour les mâles en (a) ; pour les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c), chez <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne	84
42	Courbe théorique de croissance pondérale de <i>Merluccius. Merluccius</i> . <b>A</b> : dans le Golfe de Béjaïa ; <b>B</b> : dans la Baie de Jijel ; <b>C</b> : dans le Golfe D'Annaba ; <b>D</b> : La population totale du secteur Est Algérien.	96
43	Courbe théorique de croissance pondérale de <i>Merluccius. Merluccius</i> . <b>A</b> : dans le Golfe de Béjaïa ; <b>B</b> : dans la Baie de Jijel ; <b>C</b> : dans le Golfe d'Annaba ; <b>D</b> : La population totale du secteur Est Algérien.	98
44	Courbes de croissance pondérale théorique et accroissement théorique respectivement pour les mâles en (a) ; les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c) chez <i>Merluccius Merluccius</i> du Golfe de Béjaïa.	101
45	Courbes de croissance pondérale théorique et l'accroissement théorique respectivement pour les mâles en (a) ; les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c) chez <i>Merluccius Merluccius</i> de la Baie de Jijel.	102
46	Courbes de croissance pondérale théorique et l'accroissement théorique respectivement pour les mâles en (a) ; les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c) chez <i>Merluccius Merluccius</i> du Golfe d'Annaba.	102
47	Courbes de croissance pondérale théorique et l'accroissement théorique respectivement pour les mâles en (a) ; les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c) de toute la population de <i>M. Merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	116
48	Préparation des échantillons de gonade pour la fixation dans le Bouin Hollande. <b>A</b> : Coupe des gonades et maintien des échantillons dans une cassette; <b>B</b> : Conservation des cassettes.	117
49	Automate de déshydratation des gonades (Rf: type LEICA); <b>B</b> : Station d'enrobage des gonades (Rf : type LEICA); <b>C</b> : Plaque réfrigérante des cassettes (Rf: type LEICA, EG 1150 C).	118
50	Réalisation et montages des coupes. <b>A</b> : Coupe des lames par un microtome (Réf : type LEICA). <b>B</b> : Etalonnage du ruban d'organe sur des lames. <b>C</b> : Déplier les organes sur la plaque chauffante (Réf : type LEICA). <b>D</b> : Placer les lames dans une Etuve.	122
51	Gonade de la femelle de <i>M. merluccius</i> (ovaire)	123
52	Gonade du mâle de <i>M. merluccius</i> (testicule)	123
53	Individus symbolisés des trois régions (Béjaïa, Jijel et Annaba) projetés sur le plan factoriel I-II et variables contribuant à la formation des 3 axes.	126

## Liste des Figures

54	Projection des variables initiales dans le plan I-II	126
55	Représentation des cercles de corrélation des variables contribuant à la formation des axes factorielles.	127
56	Proportions totales de la population de <i>Merluccius Merluccius</i> du secteur Est algérien. <b>TM</b> : taux de masculinité; <b>TF</b> : taux de féminité; <b>Imm</b> : proportion des individus immatures et à sexe non déterminé. <b>A</b> : dans Golfe de Béjaïa; <b>B</b> : dans la Baie de Jijel; <b>C</b> : dans le Golfe d'Annaba; <b>D</b> : la population totale du secteur Est algérienne.	129
57	Variations mensuelle du sex-ratio et de la longueur totale moyenne chez <i>Merluccius merluccius</i> . <b>A</b> : dans Golfe de Béjaïa; <b>B</b> : dans la Baie de Jijel; <b>C</b> : dans le Golfe d'Annaba.	130
58	Variations du sex-ratio en fonction des saisons chez <i>Merluccius merluccius</i> . <b>A</b> : dans Golfe de Béjaïa; <b>B</b> : dans la Baie de Jijel; <b>C</b> : dans le Golfe d'Annaba.	132
59	Répartition du sex-ratio en fonction des classes de taille de <i>Merluccius merluccius</i> de la frange Côtière-Est Algérienne.	132
60	Etude comparée des rapports pondéraux (RGS-RHS) de <i>Merluccius merluccius</i> femelles-mâles de la Côte-Est Algérienne. <b>A-B</b> : Golfe de Béjaïa; <b>C-D</b> : Baie de Jijel; <b>E-F</b> : Golfe d'Annaba.	136
61	Etude comparée des rapports pondéraux (RGS-RHS) de <i>Merluccius merluccius</i> femelles-mâles entre les différentes zones d'étude de la Côte-Est Algérienne.	138
62	Taille à la première maturité sexuelle ( $L_{50}$ ) de <i>Merluccius merluccius</i> de la frange Côtière-Est Algérienne. <b>A</b> : Golfe de Béjaïa; <b>B</b> : Baie de Jijel; <b>C</b> : Golfe d'Annaba.	142
63	Evolution comparée du facteur de condition K moyen par groupes de taille de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	146
64	Variation mensuelle du facteur de condition K moyen de <i>Merluccius merluccius</i> mâles-femelles de la région Est Algérienne. <b>A</b> : Golfe de Béjaïa; <b>B</b> : Baie de Jijel; <b>C</b> : Golfe d'Annaba.	148
65	Les différents stades macroscopiques des gonades femelles de <i>M. merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne. a : Stade I; b : Stade II; c : Stade III; d : Stade IV; e : Stade V; f : Stade VII	151
66	Les différents stades macroscopiques des gonades mâles de <i>M. merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne. a : Stade I; b : Stade II; c : Stade III; d : Stade IV; e : Stade V; f : Stade VII	152
67	Répartition saisonnière des différents stades de maturité sexuelle des femelles de <i>M. merluccius</i> . <b>A</b> : dans Golfe de Béjaïa; <b>B</b> : dans la Baie de Jijel; <b>C</b> : dans le Golfe d'Annaba.	153
68	Répartition saisonnière des différents stades de maturité sexuelle des mâles de <i>Merluccius merluccius</i> . <b>A</b> : dans le Golfe de Béjaïa; <b>B</b> : dans la Baie de Jijel; <b>C</b> : dans le Golfe d'Annaba.	154
69	Aspect histologique des ovaires de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovocytes immatures ( <b>formation des ovogonies OV</b> )	155
70	Aspect histologique au niveau des ovaires de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovocytes au stade II ( <b>ovocyte primaire périnucléaire</b> ).	156
71	Aspect histologique au niveau des ovaires de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovocytes au stade III ( <b>formation des alvéoles corticaux</b> )	157
72	Aspect histologique des ovaires de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovocytes au stade IV ( <b>Ovocytes pré-vitellogéniques</b> )	158
73	Aspect histologique au niveau des ovaires de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte- Est Algérienne, illustrant des ovocytes au stade V ( <b>Ovocytes vitellogéniques</b> )	160
74	Aspect histologique au niveau des ovaires de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovocytes vitellogéniques au stade VI ( <b>Ovocyte en fin de vitellogénèse</b> ).	161
75	Coupes histologiques au niveau des ovaires de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovocytes vitellogéniques au stade VII ( <b>Ovocyte pré ovulatoire et ovulatoire</b> )	162
76	Aspect histologique des ovaires de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovaires au stade <b>post ovulatoire partielle</b> .	164
77	Aspect histologique des ovaires de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovaires au stade <b>post ovulatoire finale</b> .	164
78	Aspect histologique illustrant <b>des follicules post ovulatoires</b> des ovaires de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	166
79	Aspect histologique illustrant <b>des follicules dégénérescence et/ou en atrétiques</b> des ovaires de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	167
80	Schéma récapitulatif des phases de cycle sexuel et de la dynamique de ponte chez <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	169
81	Résultats obtenus en histochimie au cours de développement des follicules ovulatoires de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est algérienne.	171
82	Résultats obtenus en histochimie au cours de développement des follicules ovulatoires de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	173

## Liste des Figures

83	Evolution du diamètre ovocytaire chez <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	175
84	Evolution du diamètre de la paroi ovocytaire chez <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	176
85	Evolution des membranes pendant le développement du follicule ovarien de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	178
86	Evolution de diamètre du noyau au cours de développement des follicules ovocytaire de <i>M. merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	179
87	Evolution du diamètre de la zona radiata au cours de développement ovocytaire chez <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	180
88	Aspect histologique de la zona radiata au stade II en (a), stade IV en (b), et en stade V en (c) de développement folliculaire	181
89	Aspect histologique de la zona radiata au stade VII de développement folliculaire chez <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	182
90	Chorion entourant les ovocytes à un stade prévitelloginique de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	183
91	Testicule et coupe transversale d'un lobe testiculaire de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	190
92	Coupe histologique d'un testicule lors de la spermiation d'un individu de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est algérienne. <b>A</b> : coupe longitudinale illustrant la structure d'un bras de testicule; <b>B</b> et <b>C</b> : Détail montrant la structure lobulaire.	192
93	Coupe histologique lors de la spermatogenèse montrant l'épithélium germinale de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	193
94	Coupe histologique transversale détaillée des cellules sexuelles de la spermatogenèse et du tissu interstitiel de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est algérienne.	194
95	Différents types de cellules germinales dans le testicule de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	195
96	Coupe histologique dans le testicule montrant la division des spermatocytes en spermatides de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	196
97	Coupe histologique dans le testicule montrant la phase finale de la spermatogenèse et la production des spermatozoïdes qui se présentent dans la lumière des lobules de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	197
98	Coupe histologique détaillée des cellules du tissu interstitiel en <b>A</b> , riche en cellules de Leydig et cellules de Myoïde en <b>B</b> de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	198
99	Coupes histologiques de testicule montrant les étapes d'émission des spermatozoïdes de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	199
100	Courbe de sélection d'après Bougis (1976)	210
101	Calcul de la mortalité totale Z par la courbe de captures selon les longueurs totales chez <i>M. merluccius</i> . <b>a</b> : dans le Golfe de Béjaïa ; <b>b</b> : dans la Baie de Jijel ; <b>c</b> : dans le Golfe d'Annaba ; <b>d</b> : pour le secteur Est Algérienne. ● : Points retenus dans le calcul de la régression.	213
102	Estimation de la mortalité naturelle (M) chez <i>Merluccius merluccius</i> du Golfe de Béjaïa.	214
103	Estimation de la mortalité naturelle (M) chez <i>Merluccius merluccius</i> de la Baie de Jijel.	215
104	Estimation de la mortalité naturelle (M) chez <i>Merluccius merluccius</i> du Golfe d'Annaba.	216
105	Estimation de la mortalité naturelle (M) chez <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	216
106	Calcul des probabilités de captures à partir de la partie ascendante en ( <b>a</b> ), et représentation de courbe de captures en ( <b>b</b> ) chez <i>Merluccius merluccius</i> pêché dans le Golfe de Béjaïa.	221
107	Calcul des probabilités de captures à partir de la partie ascendante en <b>a</b> , et représentation de courbe de captures en <b>b</b> chez <i>Merluccius merluccius</i> pêché dans la Baie de Jijel.	221
108	Calcul des probabilités de captures à partir de la partie ascendante en <b>a</b> , et représentation de courbe de captures en <b>b</b> chez <i>Merluccius merluccius</i> pêché dans le Golfe d'Annaba.	222
109	Calcul des probabilités de captures à partir de la partie ascendante en <b>a</b> , et représentation de courbe de captures en <b>b</b> chez <i>Merluccius merluccius</i> pêché le long de la Côte-Est Algérienne.	222
110	Isoplèthes du rendement relatif par recrue chez <i>M. merluccius</i> . <b>a</b> : dans le Golfe de Béjaïa ; <b>b</b> : dans la Baie de Jijel ; <b>c</b> : dans le Golfe d'Annaba ; <b>d</b> : la population du secteur Est Algérien.	224
111	Isoplèthes de la biomasse relative par recrue chez <i>M. merluccius</i> . <b>a</b> : dans le Golfe de Béjaïa ; <b>b</b> : dans la Baie de Jijel ; <b>c</b> : dans le Golfe d'Annaba ; <b>d</b> : la population du secteur Est Algérien.	226
112	Courbes eumétriques de <i>Merluccius merluccius</i> du Golfe de Béjaïa.	227
113	Courbes eumétriques de <i>Merluccius merluccius</i> de la Baie de Jijel.	227
114	Courbes eumétriques de <i>Merluccius merluccius</i> du Golfe d'Annaba.	228
115	Courbes eumétriques de <i>Merluccius merluccius</i> de la population de la Côte-Est Algérienne.	228

## Liste des Figures

116	Relation dose effet d'éléments essentiels (Ex : Zn, Cu) et non nécessaires (Ex : Cd, Pb) (Bliefert & Perraud, 2011).	235
117	Points chauds de pollution le long du littoral Méditerranéen (PNUE- PAM-MED POL, 2010)	237
118	Exemple d'accumulation du Mercure le long de la chaîne trophique.	240
119	Processus interagissant et contrôlant le transfert trophique des métaux lourds chez les poissons. Les étoiles entre parenthèses indiquent les processus déjà étudiés en conditions expérimentales. Le nombre d'étoiles est proportionnel à l'information disponible dans la littérature.	243
120	Dissection, mensuration et prélèvement des organes cibles (foie, muscle) de <i>Merluccius merluccius</i> pêché le long de la frange Côtière-Est Algérienne.	250
121	Pourcentage des teneurs globales des métaux lourds analysés chez <i>Merluccius merluccius</i> dans les différentes zones d'étude du secteur Est Algérien.	256
122	variation des concentrations moyennes en ETM essentiels (Zinc, Fer) analysés chez <i>M. merluccius</i> pêché dans les différentes zones du secteur Est Algérien.	259
123	variation des concentrations moyennes en ETM essentiels à faible dose (Cuivre, Nickel) analysés chez <i>M. merluccius</i> pêché dans les différentes zones du secteur Est Algérien.	259
124	variations des concentrations moyennes en ETM toxiques (Plomb, Cadmium) analysés de <i>M. merluccius</i> pêché dans les différentes zones du secteur Est Algérien.	260
125	Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques essentiels (Zinc, Fer) en fonction des organes et des zones d'étude chez <i>Merluccius merluccius</i> du secteur Est Algérien.	262
126	Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques essentiels mais à faible dose (Cuivre, Nickel) en fonction des organes ciblés (Foie, Muscle) et des zones d'étude chez <i>Merluccius merluccius</i> du secteur Est Algérien.	263
127	Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques toxiques (plomb, cadmium) en fonction des organes ciblés (Foie, Muscle) et des zones d'étude chez <i>Merluccius merluccius</i> du secteur Est Algérien.	265
128	Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques essentiels du Zinc en (a) et du Fer en (b) en fonction de la taille marchande de <i>Merluccius merluccius</i> pêché le long des Côtes-Est Algériennes.	270
129	Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques essentiels mais à faible dose du Cuivre en (a) et du Nickel en (b) en fonction de la taille marchande de <i>Merluccius merluccius</i> pêché le long des Côtes-Est Algériennes.	272
130	Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques purement toxique du Plomb en (a) et du Cadmium en (b) en fonction de la taille marchande de <i>Merluccius merluccius</i> pêché le long des Côtes-Est Algériennes.	274
131	Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques essentielles (Zinc, Fer) en fonction du sexe chez <i>Merluccius merluccius</i> du secteur Est Algérien. <b>A:</b> Golfe d'Annaba; <b>B:</b> Golfe de Béjaïa ; <b>J :</b> Baie de Jijel.	277
132	Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques essentiels à faible dose (Nickel, Cuivre) en fonction du sexe est des zones d'étude ciblés chez <i>Merluccius merluccius</i> du secteur Est Algérien. <b>A:</b> Golfe d'Annaba; <b>B:</b> Golfe de Béjaïa ; <b>J :</b> Baie de Jijel.	279
133	Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques toxiques (Plomb, Cadmium) en fonction du sexe chez <i>Merluccius merluccius</i> du secteur Est Algérien. <b>A:</b> Golfe d'Annaba; <b>B:</b> Golfe de Béjaïa ; <b>J :</b> Baie de Jijel.	280
134	Variations des teneurs moyennes en éléments ETM essentiels (Zinc, Fer) en fonction des organes ciblés (Foie, Muscle), des classes de taille marchande (20 cm) et des sexes chez <i>Merluccius merluccius</i> pêché le long des Côtes-Est Algériennes.	284
135	Variations des teneurs moyennes en ETM essentiels à faible dose (Cuivre, Nickel) en fonction des organes ciblés (Foie, Muscle), des classes de taille marchande (20 cm) chez <i>Merluccius merluccius</i> pêché le long des Côtes-Est Algériennes.	286
136	Variations des teneurs moyennes en ETM toxiques (Plomb, Cadmium) en fonction des organes ciblés (Foie, Muscle), des classes de taille marchande (20 cm) et des sexes chez <i>Merluccius merluccius</i> pêché le long des Côtes-Est Algériennes.	287

Liste des tableaux

N° Figure	Titres	Page
01	Caractérisation du genre <i>Merluccius</i> selon Cohen <i>et al.</i> , 1990 et Lloris <i>et al.</i> , 2005	23
02	Régime alimentaire du <i>Merluccius merluccius</i>	32
03	Les tailles maximales observées pour le Merlu dans différentes régions atlantiques et méditerranéennes	33
04	Synthèse des périodes de ponte du <i>Merluccius merluccius</i> selon différents auteurs et selon les différentes régions	35
05	Différents noms vernaculaires locaux du <i>Merluccius merluccius</i> (FAO/SIDP Species Identification Sheets)	36
06	Effectifs de <i>Merluccius merluccius</i> échantillonné de la côte Est algérienne.	54
07	Résultats du test (t de Student) d'homogénéité des caractères métriques des otolithes sagittae gauches et droits chez <i>Merluccius merluccius</i> du secteur Est Algérien	57
08	Contribution des variables à la formation des axes I, II et III (méthode d'extraction : Varimax brut). Poids Factor. (Varim. Brut) Extraction: Composantes Princ	60
09	Représentation des clés âge-longueurs de <i>Merluccius merluccius</i> obtenus	63
10	Clé âge- longueur de <i>Merluccius merluccius</i> dans différentes régions Méditerranéennes et Atlantiques	68
11	Paramètres de l'équation de croissance linéaire de Von Bertalanffy de <i>Merluccius merluccius</i> avec les $\emptyset$ 'correspondants	71
12	Comparaison des paramètres de croissance linéaire de <b>Von Bertalanffy</b> ( $L_{\infty}$ , $K$ et $t_0$ ) obtenus par différents auteurs, par sexe, par zone du <i>Merluccius merluccius</i>	76
13	Indices de performance de croissance selon le sexe de <i>Merluccius merluccius</i> dans différentes aire géographique.	81
14	Paramètres de la relation taille-poids total du <i>Merluccius merluccius</i> de Golfe de Béjaïa	85
15	Paramètres de la relation taille-poids éviscéré du <i>Merluccius merluccius</i> de Golfe de Béjaïa	86
16	Test d'allométrie taille-poids total de <i>Merluccius merluccius</i> du Golfe de Béjaïa	86
17	Test d'allométrie taille-poids éviscéré de <i>Merluccius merluccius</i> du Golfe de Béjaïa	86
18	Equations de régression de la relation entre le poids total (g) et la longueur totale (cm) et entre le poids éviscéré (g) et la longueur totale (cm) chez <i>Merluccius merluccius</i> du Golfe de Béjaïa	87
19	Paramètres de la relation taille-poids total du <i>Merluccius merluccius</i> de la Baie de Jijel	88
20	Paramètres de la relation taille-poids éviscéré du <i>M. merluccius</i> de la Baie de Jijel	88
21	Test d'allométrie taille-poids total de <i>Merluccius merluccius</i> de la Baie de Jijel	89
22	Test d'allométrie taille-poids éviscéré de <i>Merluccius merluccius</i> de la Baie de Jijel	89
23	Equations de régression de la relation entre le poids total (g) et la longueur totale (cm) et entre le poids éviscéré (g) et la longueur totale (cm) de <i>M. merluccius</i> de la Baie de Jijel	89
24	Paramètres de la relation taille-poids total du <i>Merluccius merluccius</i> du Golfe d'Annaba	90
25	Paramètres de la relation taille-poids éviscéré du <i>M. merluccius</i> du Golfe d'Annaba	91
26	Test d'allométrie taille-poids total de <i>Merluccius merluccius</i> du le Golfe d'Annaba	91
27	Test d'allométrie taille-poids éviscéré de <i>Merluccius merluccius</i> du Golfe d'Annaba	91
28	Equations de régression de la relation entre le poids total (g) et la longueur totale (cm) et entre le poids éviscéré (g) et la longueur totale (cm) chez <i>Merluccius merluccius</i> du Golfe d'Annaba	92
29	Paramètres de la relation taille-poids total de <i>M. merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne	93
30	Paramètres de la relation taille-poids éviscéré de <i>M. merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne	93
31	Test D'allométrie Taille-Poids Total De <i>Merluccius Merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne	93
32	Test d'allométrie taille-poids éviscéré de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est algérienne	94
33	Equations de régression de la relation entre le poids total (g) et la longueur totale (cm) et entre le poids éviscéré (g) et la longueur totale (cm) chez <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne	94

34	Equations de croissance pondérale chez le <i>Merluccius merluccius</i>	95
35	Clé Age-Poids Obtenue Pour Les Merlus Femelles, Mâles Et Sexe Confondu Du Secteur Est Algérien	97
36	Résumé de la relation taille-poids des travaux réalisés sur le Merlu en Algérie	99
37	Résumé de la relation taille-poids de quelques travaux réalisés en Méditerranée et en Atlantique	104
38	Description macroscopique et microscopique de la classification de la maturité des testicules de <i>Merluccius merluccius</i> .	115
39	Description macroscopique et microscopique de la classification de la maturité des ovaires de <i>Merluccius merluccius</i> .	116
40	Programme détaillé de la circulation de l'automate de déshydratation.	118
41	Protocole de coloration des lames	120
42	Extraction des CP et valeurs propres des 3 premiers axes/Les valeurs propres et extraction: Composantes Principale	124
43	Contribution des variables à la formation des axes I, II et III (méthode d'extraction : Varimax brut). Poids Factor. (Varim. Brut) Extraction: Composantes Princ. (Poids marqués > ,700000).	125
44	Longueur totale du plus petit individu mâle-femelle mature (Lt ppin) observée pour chaque région d'échantillonnage.	141
45	Taille de première maturité sexuelle de <i>Merluccius merluccius</i> dans pêché le long des Côte Est Algériennes.	
46	Taille de première maturité sexuelle de <i>Merluccius merluccius</i> des différentes régions d'étude.	144
47	Résumé des résultats obtenus en histochimie sur les follicules ovariens de <i>Merluccius merluccius</i> aux différents stades de développement définis. D: début de la maturation sexuelle ; F: fin de la maturation sexuelle. -: absence de coloration spécifique ; + : coloration spécifique d'intensité faible ; ++ coloration d'intensité moyenne ; +++ : coloration spécifique d'intensité forte.	172
48	Description des types cellulaires de la spermatogenèse Chez <i>M.merluccius</i> et mode de division cellulaire impliqué.	192
49	Récapitulation Des Résultats Des Mortalités Par Pêche (F) Et Des Taux D'exploitation (E) calculés à partir des mortalités totale Z Et naturelle M, Chez <i>M. merluccius</i> du secteur Est Algérien	217
50	Mortalité ( <b>Z</b> , <b>M</b> , <b>F</b> ) estimées par d'autres auteurs dans différentes régions méditerranéenne.	219
51	Tailles des premières captures (Lc).	223
52	paramètres de croissance et indices d'exploitation pour le calcul de (Y'/R) et de (B'/R).	223
53	les indices d'exploitation pour le calcul de (Y'/R) et de (B'/R).	225
54	Classification périodique des éléments métalliques analysés	232
55	Eléments traces considérés dans les études expérimentales concernant l'assimilation chez les poissons. Les éléments traces dans les travaux de cette thèse sont indiqués en gras.	233
56	Sources des ETM étudiés dans l'environnement (Dean <i>et al.</i> , 1972 ; Martin <i>et al.</i> , 1979 ; Ross, 1994 ; Baize, 1997; Alloway & Ayres, 1997 ; Callender, 2003 ; Meybeck <i>et al.</i> , 2007 ; Adano <i>et al.</i> , 2008).	234
57	Teneurs moyennes en eau dans le muscle et le foie de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.	254
58	Pourcentages des différentes teneurs en métaux lourds observés au niveau du muscle du Merlu pêché dans trois sites ciblés à différentes périodes de l'année 2016.	255
59	Pourcentages des différentes teneurs en métaux lourds observés au niveau du foie du Merlu pêché dans trois sites ciblés à différentes périodes de l'année 2016.	255
60	Teneurs des métaux lourds analysés dans <i>Merluccius merluccius</i> dans le secteur Est Algérien (en ppm du poids frais).	258
61	Comparaison des doses maximales recommandées des teneurs moyennes en éléments traces métalliques dans le muscle de poisson.	261

# TABLE DES MATIÈRES

---

Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	

---

## INTRODUCTION

---

### *Premier Partie*

#### *GÉNÉRALITÉS SUR LA ZONE D'ÉTUDE*

---

I. Caractéristiques générales du bassin Méditerranéenne.....	06
II. Générales du littoral algérien .....	07
III. Activités de la pêche en Algérie.....	11
A. Les ports de pêche et sites de débarquement.....	11
B. Production halieutique en Algérie.....	11
C. Principales règlementations appliquées au secteur de la pêche.....	12
IV. Caractéristiques de la zone d'étude .....	12
A. Le Golfe de Béjaïa.....	14
B. La Baie de Jijel.....	16
C. Le Golfe d'Annaba .....	17

---

### *Deuxième Partie*

#### *PRÉSENTATION DE L'ESPECE MERLUCCIUS MERLUCCIUS*

---

I. Introduction.....	20
II. Présentation et identification.....	20
1. Position systématique de <i>Merluccius merluccius</i> .....	20
2. Origine et classification de <i>Merluccius merluccius</i> .....	21
3. La morphologie de <i>Merluccius merluccius</i> .....	25
4. Répartition et biogéographie de <i>Merluccius merluccius</i> .....	26
5. Répartition bathymétrique de <i>Merluccius merluccius</i> .....	30
III. Biologie de <i>Merluccius merluccius</i> .....	31
1. Régime alimentaire de <i>Merluccius merluccius</i> .....	31
2. L'âge et la croissance de <i>Merluccius merluccius</i> .....	32
3. Reproduction de <i>Merluccius merluccius</i> .....	34
IV. Dénomination.....	36
V. La pêche du Merlu en Algérie.....	36

---

### *Troisième Partie*

#### *TAITS DE LA CROISSANCE DE MERLUCCIUS MERLUCCIUS*

---

I. Introduction.....	39
II. Matériel et méthodes.....	42
1. Démographie et structure de la population .....	43

## *TABLE DES MATIÈRES*

2. Techniques morphométriques.....	43
A. Caractères méristiques.....	43
B. Caractères méristiques.....	43
C. Analyse statistique.....	44
3. Techniques d'estimations des âges et de la croissance.....	45
3.1. Détermination de l'âge.....	45
A. Méthode directe.....	45
B. Méthode de Marquages.....	48
C. Méthode indirecte.....	48
3.2. Modélisation de la croissance.....	49
A. Modèle de croissance somatique linéaire.....	49
B. Relation taille-poids.....	51
C. Modèle de croissance pondérale.....	52
3.3. Analyse statistique.....	53
III. Résultats et discussions.....	54
1. Structure en tailles et en poids moyens de l'échantillon.....	54
2. Evaluation de la croissance des otolithes de <i>M.merluccius</i> de la côte-Est algérienne.....	56
2.1. Relation longueur totale des individus et taille d'otolithe.....	56
2.2. Relation entre la taille, la largeur et le poids des otolithes Chez <i>M.merluccius</i> .....	58
3. Analyse statistique .....	60
4. Clé taille-âge chez <i>Merluccius merluccius</i> : méthode de Bhattacharya (1967).....	62
5. Modélisation de la croissance chez <i>Merluccius merluccius</i> .....	70
5.1. Croissance linéaire absolu .....	70
A. Les longueurs asymptotiques ( $L_{\infty}$ ).....	70
B. La constante de croissance K .....	77
C. L'indice de performance .....	79
D. Taux d'accroissements linéaire annuels théoriques.....	82
5.2. Croissance pondérale relative.....	85
A. Relation taille-poids.....	85
B. Croissance pondérale absolue.....	95
C. Taux d'accroissements pondéraux annuels théoriques.....	100

### *Quatrième Partie :*

## *BIOLOGIE DE LA REPRODUCTION DE MERLUCCIOUS MERLUCCIOUS*

I. Introduction.....	108
I. Matériel et méthodes.....	110
1. Échantillonnage et traitements au laboratoire.....	110
2. Etude du cycle sexuel de <i>Merluccius merluccius</i> .....	110
2.1. Le sex-ratio .....	110
2.1. Les indices pondéraux du cycle de reproduction de <i>Merluccius merluccius</i> .....	112

## TABLE DES MATIÈRES

A. Rapport Gonado-Somatique (RGS).....	112
B. Rapport Hypato-Somatique (RHS).....	112
2.2. Le coefficient de condition (K).....	112
2.3. Taille de première maturité sexuelle.....	113
3. Etude de la maturité sexuelle.....	114
3.1. Examen macroscopique et évolution des stades de la maturité sexuelle de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est algérienne.....	114
3.2. Examen de microscopie de la maturité sexuelle <i>Merluccius merluccius</i> «Histologie - Histochimie des gonades».....	117
II. Résultats et discussions.....	122
1. Aspect gonadiques de l'espèce <i>Merluccius merluccius</i> .....	122
2. Examen macroscopique du cycle de reproduction de <i>Merluccius merluccius</i> .....	123
2.1. Analyse Statistique de la population de <i>Merluccius merluccius</i> .....	123
2.2. Le sex-ratio.....	128
A. Variation globale du sex-ratio .....	128
B. Variation mensuel du sex-ratio .....	129
C. Variation du sex-ratio en fonction des saisons.....	131
D. Variation du sex-ratio en fonction de classes de taille.....	132
2.3. Indices pondéraux du cycle de reproduction de <i>Merluccius merluccius</i> .....	135
4. Rapport Gonado-Somatique (RGS).....	135
5. Rapport Hypato-Somatique (RHS).....	135
2.4. Etude comparée des rapports pondéraux (RGS-RHS) de <i>Merluccius merluccius</i> femelles-mâles entre les différentes zones d'étude de la région Est algérienne.....	137
2.5. Taille à la première maturité sexuelle .....	140
2.6. Coefficient de condition.....	145
➤ Variation du facteur de condition K par groupe de taille.....	145
➤ Variations mensuelles du facteur de condition K moyen.....	146
3. Etude de la maturité sexuelle de <i>Merluccius merluccius</i> .....	150
3.1. Evolution macroscopique des Stades de maturité sexuelle de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est algérienne.....	150
3.2. Examen microscopique <b>d'ovogenèse</b> de <i>Merluccius merluccius</i> de la Côte-Est algérienne .....	155
3.2.1. Stades de maturité sexuelle de <i>Merluccius merluccius</i> .....	155
Stade I. - Ovogonies (OV).....	155
Stade II. - Ovocyte primaire périnucléaire (Op).....	156
Stade III. - Alvéole cortical (Ac).....	157
Stade IV. - Ovocytes pré-vitellogéniques.....	158
Stade V. - Les ovocytes en vitellogénèse.....	159
Stade VI. - Ovocyte en fin de vitellogénèse.....	159
Stade VII. - Ovocyte en phase pré ovulatoire et ovulatoire.....	162
Stade VIII. - Ovaire en post-ponte.....	163

## TABLE DES MATIÈRES

---

---

A. Ovaire en post-ponte partielle.....	164
B. Ovaire en post-ponte finale.....	163
C. Follicule post-ovulatoire (POF).....	163
D. Atrésie folliculaire.....	168
3.2.2. Dynamique ovocytaire.....	168
A. Stratégie de ponte chez <i>Merluccius merluccius</i> .....	170
B. Histochemie des follicules ovariens.....	174
C. Comparaison du développement folliculaire de <i>Merluccius merluccius</i> avec celui d'autres Téléostéens.....	174
A. Taille des ovocytes de <i>Merluccius merluccius</i> .....	174
B. Développement de la paroi folliculaire chez <i>M. merluccius</i> .....	176
C. Evolution du noyau ovocytaire de <i>Merluccius merluccius</i> .....	179
D. L'enveloppe périovocytaire de <i>Merluccius merluccius</i> .....	184
E. Inclusions cytoplasmiques.....	118
F. Follicules atrétiques.....	186
G. Histochemie au niveau des follicules ovariens de <i>M. merluccius</i> ...	186
H. Physiologie des ovaires de <i>Merluccius merluccius</i> .....	188
3.3. Examen microscopique de la <b>spermatogenèse</b> de <i>M. merluccius</i> de la Côte-Est Algérienne.....	190
3.3.1. Observation des testicules de <i>Merluccius merluccius</i> .....	190
A. Coupe transversale de testicule.....	191
B. Organisation d'un lobule en coupe longitudinale.....	191
3.3.2. La structure testiculaire de <i>Merluccius merluccius</i> .....	191
A. Les cellules germinales.....	193
B. Les cellules somatiques.....	197
C. Emission partiel puis totale des spermatozoïdes.....	198
3.3.3. Comparaison de la structure testiculaire de <i>Merluccius merluccius</i> avec celui d'autres Téléostéens.....	199
Conclusion.....	203

---

### Cinquième Partie :

#### DYNAMIQUE D'EXPLOITATION DE *MERLUCCIVS MERLUCCIVS*

---

I. Introduction.....	205
II. Estimation de différentes mortalités.....	205
1. Mortalité totale (Z).....	205
2. Mortalité naturelle (M).....	207
3. Mortalité par pêche (F).....	208
III. Estimation du taux d'exploitation.....	209
IV. Probabilités de captures selon les longueurs.....	209
V. Modèle analytique d'exploitation.....	211
1. Estimation du rendement par recrue (Y'/R).....	211

## *TABLE DES MATIÈRES*

---

VI. Résultats et discussions.....	211
1. Estimation de la mortalité .....	212
1.1. Mortalité totale (Z).....	212
1.2. Mortalité naturelle (M) .....	212
1.3. Mortalité par pêche (F) et le taux d'estimation du taux d'exploitation.....	213 217
1.4. Probabilités de captures chez <i>Merluccius merluccius</i> : la sélection...	220
1.5. Approche analytique de l'exploitation.....	223
A. Données indispensables pour l'analyse virtuelle de la population (VPA).....	223
Conclusion .....	229

---

### *Sixième Partie*

## *LA BIOACCUMULATION DE QUELQUES ELEMENTS TRACES METALLIQUES CHEZ MERLUCCIUS MERLUCCIUS*

---

I. Introduction.....	231
II. Synthèses bibliographique des éléments traces métalliques ETM .....	231
1. Définition de métaux lourds .....	231
2. Origine des métaux traces dans le milieu marin .....	233
3. Essentialités des métaux lourds.....	235
A. Métaux essentiels.....	235
B. Métaux non nécessaires.....	236
4. Contamination des écosystèmes aquatiques par les éléments traces métalliques.....	236
5. Situation générale des métaux en Méditerranée.....	237
6. Les différentes voies d'exposition aux métaux.....	238
7. Le Transfert trophique des métaux : du phytoplancton aux poissons.....	238
8. Bioaccumulation des métaux par les organismes aquatiques.....	239
A. La bioaccumulation.....	239
B. La bioconcentration.....	239
C. La bioamplification.....	239
9. Facteurs affectant la bioaccumulation des métaux .....	240
A. L'espèce considérée.....	241
B. Les facteurs intrinsèques de l'espèce.....	241
C. Le niveau trophique considéré.....	241
D. Le stade de développement des individus.....	241
E. Le régime alimentaire.....	242
F. Les propriétés du contaminant.....	242
10. Caractéristiques physico-chimiques du milieu environnant.....	242
11. Interactions multifactorielles.....	243
12. Choix des éléments traces métalliques pris en compte.....	244
A. Le Fer "Fe".....	244
B. Le Cuivre "Cu ".....	245

## *TABLE DES MATIÈRES*

---

C. Le Zinc "Zn".....	245
D. Le Nickel "Ni".....	245
E. Le plomb "Pb".....	246
F. Le Cadmium "Cd".....	246
III. Matériel et méthodes.....	247
1. Choix et intérêt du matériel biologique.....	247
2. Choix des éléments traces métalliques ciblés.....	248
3. Echantillonnage biologique.....	249
4. Technique d'étude.....	249
A. Dissection.....	250
B. Minéralisation des échantillons.....	251
C. Méthodes de dosage des éléments traces métalliques.....	251
D. Détermination de la teneur en eau.....	253
5. Analyse statistique des résultats.....	253
IV. Résultats et discussions .....	253
1. Variations des pourcentages des teneurs en métaux lourds chez <i>Merluccius merluccius</i> en fonction des stations d'étude et organes ciblés.....	255
2. Teneurs globales des métaux lourds analysés .....	257
3. Variations des concentrations moyennes des ETM visés en fonction des organes ciblés chez <i>M. merluccius</i> pêché le long des côtes Est algériennes.....	261
4. Variation des concentrations moyennes des ETM ciblés de la taille marchande de <i>Merluccius merluccius</i> pêché le long des côtes Est algériennes.....	269
5. Variations des concentrations moyennes des ETM ciblés en fonction du sexe chez <i>Merluccius merluccius</i> des côtes Est algériennes.....	277
6. Variation des concentrations moyennes des ETM ciblés en fonction des organes ciblés, de la taille marchande, du sexe chez <i>Merluccius merluccius</i> pêché le long du secteur Est algérien.....	283
Conclusion .....	299
Conclusion générale.....	290
Références bibliographiques.	
Annexes.	

*« Vagabonder à la surface des océans est souvent source de sérénité, et, parfois, permet de tutoyer ses rêves. S'y immerger, c'est s'ouvrir à son observation et à sa compréhension »*

**Nicolas Hulot, Extrait de la revue *Ma planète* - Mai/Juin 1998**

---

---

## *Introduction*

---

---



### Introduction

Le poisson et les pêcheries font partie intégrante de la plupart des sociétés et contribuent à la santé et au bien-être économique et social dans de nombreux pays et régions. La production mondiale de poisson a régulièrement augmenté au cours des cinq dernières décennies et l'offre de poisson destiné à la consommation a progressé avec un taux de croissance annuel moyen de 3,2%, soit un taux plus élevé que celui de la population mondiale qui s'est établi à 1,6% (FAO, 2014).

L'effondrement et la raréfaction d'un grand nombre de stocks halieutiques à travers différentes régions du monde animent depuis des années les débats internationaux. L'augmentation incessante de la pression de pêche sur des stocks halieutiques, malgré leur aptitude à s'autorenouveler, est désignée comme étant la principale cause de la diminution des abondances des ressources halieutiques et constitue la plus grande menace au développement durable de l'activité de pêche. Selon les estimations établies par la FAO en 2016, près de 31,4% des stocks de poisson sont surexploités, 58,1% pleinement exploités et seulement 10,6% sous-exploités. En Méditerranée, la Commission Générale des Pêches (CGPM, 2016) estime la situation plus inquiétante encore avec 96% des stocks de poissons en état de surpêche.

En Algérie, l'activité de pêche a longtemps été marginalisée et alignée parmi les secteurs non stratégiques; elle a pu reconquérir sa place relative aux potentialités qu'elle recèle depuis 2000 avec un ministère dédié spécifiquement à la pêche, à l'aquaculture et à la ressource halieutique (MPRH) qui a été associé en 2012 à l'agriculture et au développement rural (MADRP, 2016).

Avec une façade maritime de plus de 1620 km et une surface réservée à la pêche évaluée à environ 10,10<sup>6</sup> hectares, l'activité de pêche dispose de 44 ports réparties en 3 catégories: ports mixtes, ports de pêche et abris de pêche, d'une flottille forte de 4035 unités: 552 chalutiers, 1295 senneurs, 3160 petits métiers et 17 thoniers, 11 corailleurs et d'un effectif marin de 48 072 (MADRP, 2016). Ce secteur a pu développer une activité économique méritant toute l'attention, en disposant d'un potentiel appréciable, constitué d'une ressource humaine qualifiée dans le domaine de la pêche et de moyens techniques considérables, en mesure de contribuer efficacement à la sécurité alimentaire du pays, à la création d'emplois et à la consolidation économique du pays.

Depuis les années 60, plusieurs campagnes d'évaluation des ressources halieutiques ont été exécutées. Après l'acquisition en 2010 du navire de recherche scientifique "Grine

Belkacem" un programme d'évaluation des ressources halieutiques nationales a été mis en place par le Centre national de recherche et de développement de la pêche et de l'aquaculture (CNRDPA) axé sur 4 campagnes:

- La 1<sup>ère</sup> campagne ALPEL 2011, effectuée en octobre 2011 a permis d'évaluer les ressources pélagiques ou poisson bleu (sardine, sardinelle, allache, anchois, bogue et bonite).
- La 2<sup>ème</sup> campagne ALMED 2012, lancée en mai 2012 a visé l'actualisation des données et informations concernant l'état d'exploitation des ressources démersales des fonds chalutables ainsi que leur tendance de croissance.
- La 3<sup>ème</sup> campagne ALPEL 2014 effectuée en mars 2014 a estimé la biomasse totale à 600.000 t, ainsi la répartition des 8 espèces pélagiques à savoir, la Sardine, l'Anchois, l'Allache, la Bogue les Saurels (*T. mediterraneus*, *T. trachurus* et *T. picturatus*) et le Maquereau.
- La 4<sup>ème</sup> campagne ALMED 2017, destinée à récolter des données pour la modélisation de la dynamique des espèces démersales (Rouget, Pageots, Merlu, Merlan bleu, Mostelle, Baudroie, Crevettes, Langoustine, Calamar, Seiche et Poulpe) s'est achevée en août 2017.

La préservation et la gestion raisonnée des ressources halieutiques sont une priorité mondiale. Cependant, la nécessité d'assurer un développement durable des pêcheries est prescrite à la fois par la Convention des Nations unies sur le droit de la Mer (CNUDM) et la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUED). Malgré cela, au cours des dernières décennies, la pêche a connu une crise grave poussant les pêcheurs à chaluter plus profond et même dans les zones interdites à la pêche afin de sauvegarder leur activité. Dès les années 90, d'autres méthodes telles que la pêche à la dynamite ont participé au déclin des quantités de poissons débarqués quotidiennement. Ajouté à cela, les aides financières visant à renouveler la flotte de pêche et améliorer le rendement dont a bénéficié le secteur. Pour une gestion raisonnée, il est nécessaire d'acquérir des connaissances fondamentales sur les espèces fréquentant le littoral algérien.

Néanmoins, la pollution est l'un des problèmes les plus graves qui menacent l'intégrité de l'écosystème aquatique de notre planète et qui est susceptible de réduire ses potentialités économiques, de perturber son fonctionnement écologique et, par conséquent, d'avoir des répercussions néfastes sur la santé humaine (Papagiannis *et al.*, 2004; Yakimov *et al.*, 2007).

Au cours de la dernière décennie, la lutte contre la pollution des écosystèmes aquatiques a été au cœur des discussions et débats mondiaux (Tarras-Wahlberg *et al.*, 2001;

Cheng, 2003; Malik *et al.*, 2010; Chasek *et al.*, 2016). Parmi les substances chimiques susceptibles de constituer un danger pour la vie aquatique en général, nous signalons les métaux lourds qui constituent une grave menace pour l'environnement et la santé des êtres vivants (Wu *et al.*, 2013a, 2013b; Khemis *et al.*, 2017).

Ainsi, les métaux traces sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, à la fois parce qu'ils sont naturellement présents (sources naturelles) ou parce que certaines activités de l'homme favorisent leur dispersion (source anthropique), en les utilisant dans les secteurs industriel et agricole (Bisone, 2012; Chang *et al.*, 2014; Pradhan & Kumar, 2014). Certains de ces éléments comme, le plomb, le cadmium sont très toxiques et de plus en plus utilisés dans les secteurs industriels. D'autre non toxiques comme, le zinc, le cuivre le deviennent vu leur pouvoir bio-accumulateur et leur rémanence dans le milieu aquatique compte tenu de leur non dégradation biologique. L'accumulation de résidus métalliques dans les producteurs aquatiques et les micro-organismes affecte les réseaux alimentaires et peut déclencher une toxicité à différents niveaux trophiques, ce qui accroît la vulnérabilité de la flore et de la faune et concerne en définitive la santé humaine (Türkmen *et al.*, 2008; Yi *et al.*, 2011; Medeiros *et al.*, 2012).

Selon les espèces et les métaux, il existe d'importantes différences. En effet, il semblerait que les fruits de mer, mollusques et crustacés et certaine poissons sont d'excellents capteurs de polluants (Ex: Rouget, Mustelle, Mulet, Merlu...). La toxicité des métaux lourds est très variable car elle est en fonction du niveau trophique, du facteur de bio-concentration (BCF) de chaque espèce, du phénomène de bio-amplification ainsi que de la forme même sous laquelle le micropolluant est ingéré.

C'est dans cette optique que Goldberg (1975) a proposé de suivre, à l'échelle internationale, les concentrations des contaminants dans les organismes vivants pour surveiller le milieu. C'est le principe des bio-indicateurs quantitatifs basé sur le fait que les organismes marins concentrent les contaminants, en particulier les métaux divalents, en relation avec les concentrations présentes dans le milieu (Sacan & Altun, 2011).

Pour constituer un bon « bio-indicateur quantitatif » l'espèce utilisée doit avoir, selon Butler *et al.* (1971) et Phillips & Rainbow (1994 ) les qualités suivantes : concentration du contaminant, sans effet létal aux concentrations rencontrées dans le milieu ; être sédentaire afin d'être représentatif de la zone d'échantillonnage, avoir une durée de vie suffisamment longue pour permettre l'échantillonnage de plusieurs classes d'âges, avoir une taille suffisante afin de donner une quantité de tissus pour l'analyse chimique, être euryhalin, concentrer

suffisamment pour permettre des dosages sans pré concentration, Il devrait exister une corrélation entre la teneur en contaminants dans l'organisme et la concentration dans l'eau environnante.

Le Merlu qui présente certaines caractéristiques telles que: sa large répartition géographique ; son mode de vie sessile et euryhalin, sa faculté d'accumuler les métaux présents dans l'environnement, la stabilité de sa population, sa tolérance à différents stress, la possibilité de la transplanter, sa consommation par l'homme, donc vecteur de contamination. C'est pourquoi le Merlu est utilisé dans les programmes de surveillance visant à établir la variabilité spatiale et temporelle des contaminants de l'environnement côtier.

Le Merlu est une espèce à haute valeur commerciale et intensivement exploitée aussi bien dans l'Atlantique que dans le bassin Méditerranée. Aussi en Algérie la production du Merlu est en déclin considérable dans les débarquements halieutiques particulièrement ces dernières années. Plusieurs travaux ont déjà été menés sur cette espèce dans différentes régions de la Méditerranée et de l'Atlantique où divers aspects ont été traités dont la morphologie, la biologie et la physiologie de la reproduction, l'âge, la croissance, le recrutement ou encore la génétique. Cette synthèse bibliographique laisse paraître quelques insuffisances sur cette thématique le long de littoral Est algérien, mise à part les travaux de [Bouaziz \(1992, 1998\)](#) et [Belhoucine \(2012\)](#) respectivement dans le secteur Centre algérien (Baie de Bou-Ismaïl) et le secteur Ouest algérien (Baie d'Oran) aucune étude menée le long du secteur n'Est algérienne.

C'est dans ce cadre, que nous avons situé la problématique de cette thèse que nous avons axé sur l'état de santé de stock de merlu exploité le long du secteur Est algérien. Pour cela cette présente étude a donc un double objectif :

- Dans un premier temps, est d'enrichir les connaissances d'ordre biologique (âge, croissance et reproduction) se rapportant à l'espèce *Merluccius merluccius*, espèce de plus en plus en déclin dans les pêcheries, et dans le but d'adopter une bonne politique de gestion de pêche de ce merluccidé.

- Dans un second temps, son utilisation comme un bon-indicateurs de l'état de santé et de la qualité des écosystèmes marins le long du secteur Est algérien, et la détermination de l'importance des apports anthropiques en métaux lourds. Pour cela, nous avons retenu la zone côtière du Golfe de Bejaia, Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba dont le choix de ces écosystèmes aquatiques est basé sur les caractéristiques propres à chaque région.

Dans ce contexte, nous, nous avons adopté le développement suivant:

➤ **La première partie** résume le bilan des connaissances sur les caractéristiques de la zone d'étude ainsi celle de l'espèce prise comme modèle d'étude *Merluccius merluccius*.

➤ **La deuxième partie** concernera l'étude des caractéristiques biométriques et de la morphologie de *Merluccius merluccius* afin d'établir une étude statistique de l'ensemble des données échantillonnées au cours de période d'étude et dans différents sites ciblés à savoir le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel, le Golfe d'Annaba et avoir une aide générale sur la distribution de la population du merlu de tout le secteur algérien.

➤ **La troisième partie** concerne l'étude de la structure de l'âge et de la croissance absolue et relative de l'espèce en fonction de la taille et du poids de *Merluccius merluccius*, en utilisant la méthode indirecte de [Bhattacharya \(1967\)](#).

➤ **La quatrième partie** sera relative à la biologie de reproduction dans le but d'établir des valeurs des points de références biologique concernant le sex-ratio, le cycle de reproduction et la période de ponte, la taille à la 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle, l'état d'embonpoint et enfin la cinétique d'ovogenèse et de la spermatogenèse chez le *Merluccius merluccius*.

➤ **La cinquième partie** Diagnostique des taux de mortalités et le taux d'Exploitation de stock de *Merluccius merluccius*, en plus du traitement de la dynamique et la gestion du stock du Merlu à partir de la compilation de tous les résultats, afin d'établir un état de l'exploitation de la ressource et de contribuer à l'amélioration et surtout à la préservation de cette ressource en vue d'élaborer des recommandations d'aménagement et de gestion durable en établissant des valeurs cibles de référence et en fixant la valeur du Total Admissible de Capture (TAC).

➤ **La dernière partie** consacrée à l'étude de la bioaccumulation de quelques éléments traces métalliques chez *Merluccius merluccius* du secteur Est algérienne.

*Pour moi la mer est un continuel miracle.  
 Tous ces poissons qui naagent,  
 tous ces rochers, le mouvement des vagues,  
 il navires avec les hommes qu'ils portent.  
 Y a-t-il plus étrange miracle ?*

*Pour cela, sois toujours comme la mer,  
 qui, se brisant contre les rochers  
 et trouve toujours la force de recommencer.*

---



---

## *Première partie*

### *Caractéristiques générales de la zone d'étude*

---



---



*Sur les bords de la Méditerranée, le sommeil n'est pas sacré. Il est interrompu sans regrets, repris, abandonné à l'aube. La sieste remédie à ces imperfections de la nuit.*

*Michel Déon*

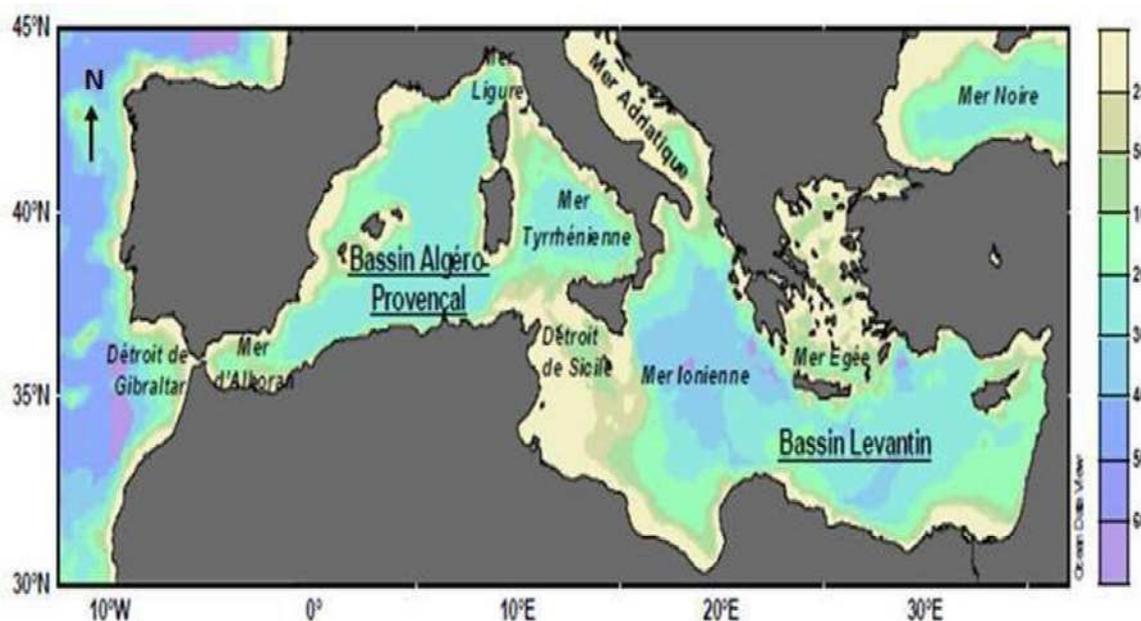
## **Caractéristiques de la Côte-Est Algérienne**

### **I. Caractéristiques générales du bassin Méditerranéen**

La Méditerranée doit son nom au fait qu'elle est littéralement une « mer au milieu des terres », en latin *mare medi terra* (Quignard, 2002; Astruc, 2005). Bordée par trois continents: au Nord par l'Europe, au Sud par l'Afrique et à l'Est par l'Asie, cette dernière est une mer épicontinentale semi-fermée de 4 000 km de long, de 800 km de large et de 1500 m de profondeur en moyenne. D'une superficie totale de près de 3 millions de km<sup>2</sup> (mer Noire comprise), la Méditerranée représente respectivement 0,7 % et 0,3 % de la surface et du volume de l'océan mondial (Béthoux *et al.*, 1999). Exposée à un climat continental sec, les pertes par évaporation sont supérieures aux apports cumulés des précipitations et des fleuves, expliquant les salinités très élevées (jusqu'à 39,1) rencontrées dans les eaux méditerranéennes (Jacques & Tréguer, 1986). Elle est caractérisée par l'étroitesse de son plateau continental et de sa zone littorale et un bassin hydrographique restreint, particulièrement dans la partie nord.

La côte méditerranéenne se présente sous la forme de quatre grandes concavités. Elle est constituée de plages sableuses, de platiers rocheux, de falaises mortes ou vives et de grandes dunes dominant immédiatement la côte. Ces structures sont interrompues au niveau des embouchures d'oueds et des lagunes. La Méditerranée est bordée par 23 pays, 69 fleuves, les plus importants étant le Pô, le Rhône, le Nil et l'Ebre (Béthoux *et al.*, 1999).

La Méditerranée se divise en deux bassins principaux de profondeur comprise entre 2500 et 5000 m, le bassin Algéro-Provençal et le bassin Levantin, séparés par le détroit de Sicile dont la faible profondeur contribue au découplage hydrodynamique et écologique des deux bassins (Crise *et al.*, 1999). A l'inverse d'autres mers épicontinentales, les marges continentales sont peu développées, à l'exception du plateau Catalan, du plateau Tunisien et du Golfe du Lion, ce qui favorise les interactions directes entre eaux côtières et eaux profondes (Fig. 1). Les mers marginales (mer Adriatique, mer Egée) contribuent par leurs apports à mitiger les conditions d'oligotrophie généralisées en Méditerranée (Crise *et al.*, 1999). Les eaux méditerranéennes sont en effet considérées comme parmi les plus oligotrophes de la planète et se caractérisent par un gradient d'oligotrophie qui s'accroît d'ouest en est (Jacques & Tréguer, 1986).



**Figure 1:** Méditerranée, localisation des principaux bassins, détroits et mers marginales (PNUE/PAM-CAR/PB, 2009).

## II. Généralités du littoral Algérien

Le littoral Algérien est localisé au sud du bassin méditerranéen à une latitude de 35 à 40° Nord pour une longitude de 2° Ouest à 7°45' Est. Sa façade maritime qui s'étend sur une superficie de 2 381 741 km<sup>2</sup>, longe d'Est en Ouest la Méditerranée sur 1622 Km et s'étire du Nord vers le Sud sur près de 2 000 km (MATET, 2009).

Du point de vue écologique, le littoral Algérien est riche et diversifié, sa façade maritime longue alterne rivages, plages sablonneuses et zones humides. Situé entre la frontière Algéro-marocaine à l'Ouest à la frontière Algéro-tunisienne à l'Est (Fig. 2), il est caractérisé par un plateau continental réduit à l'exception dans la région de Ghazaouet (wilaya de Tlemcen) à l'extrême Ouest et la région d'El Kala (wilaya d'El Tarf) à l'extrême Est (Benzohra & Millot, 1995). La superficie maritime sous juridiction nationale offre environ 10.10<sup>6</sup> d'hectares aux activités de la pêche, mais la majeure partie de la flotte exploite seulement le plateau continental. Les bandes les plus larges se situent sur les côtes occidentales et orientales du littoral, elles sont séparées par une zone centrale où les aires de pêche sont limitées (Lalami, 1979; Hemida, 2005).

Le littoral Algérien se caractérise par une côte basse correspond à un plateau continental large à pente faible et une côte élevée (massif montagneux, falaises côtières) correspondant à un plateau continental réduit ou parfois inexistant, le cas du Golfe de Béjaïa,

et une marge continentale escarpée (Boutiba, 1992). La sédimentation de ses fonds marins conditionne la nature et la mise en place de sa flore et de sa faune benthique et ichthyologique (Leclaire, 1972). Cette zone est fortement influencée par les facteurs hydrologiques du bassin méditerranéen (Boutiba, 1992), c'est un secteur clé pour la circulation générale dans la Méditerranée occidentale (Puillat *et al.*, 2002) et un réservoir où l'eau d'origine atlantique s'accumule avant de s'écouler vers le Nord et vers l'Est (Millot, 1985).

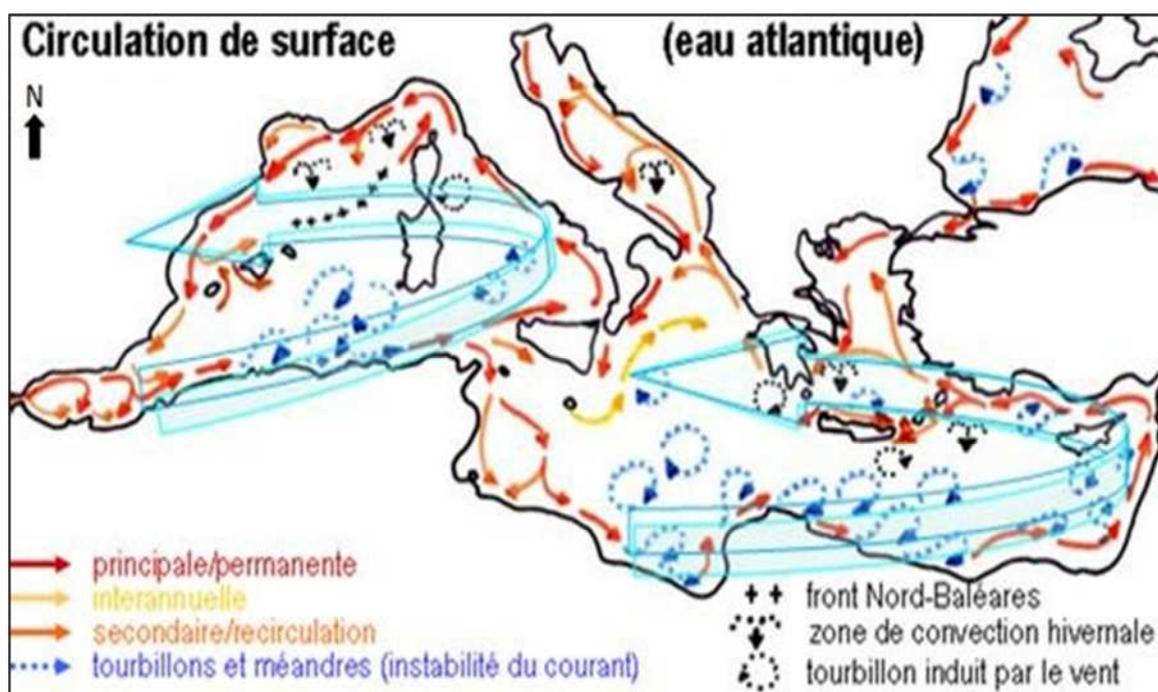


**Figure 2:** Carte représentative du littoral algérien (pointillés rouges) entre les frontières marocaine et tunisienne ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)).

La côte Algérienne est caractérisée par deux couches d'eaux superposées, l'eau de l'Atlantique modifiée et l'eau de la Méditerranée. L'eau atlantique pénètre dans la mer d'Alboran où ses caractéristiques initiales changent pour donner naissance à l'eau atlantique modifiée (Benzohra, 1993).

L'eau atlantique modifiée décrit un écoulement plus ou moins stable avant de se diviser en deux branches d'eaux superposées, l'eau atlantique modifiée et l'eau méditerranéenne.

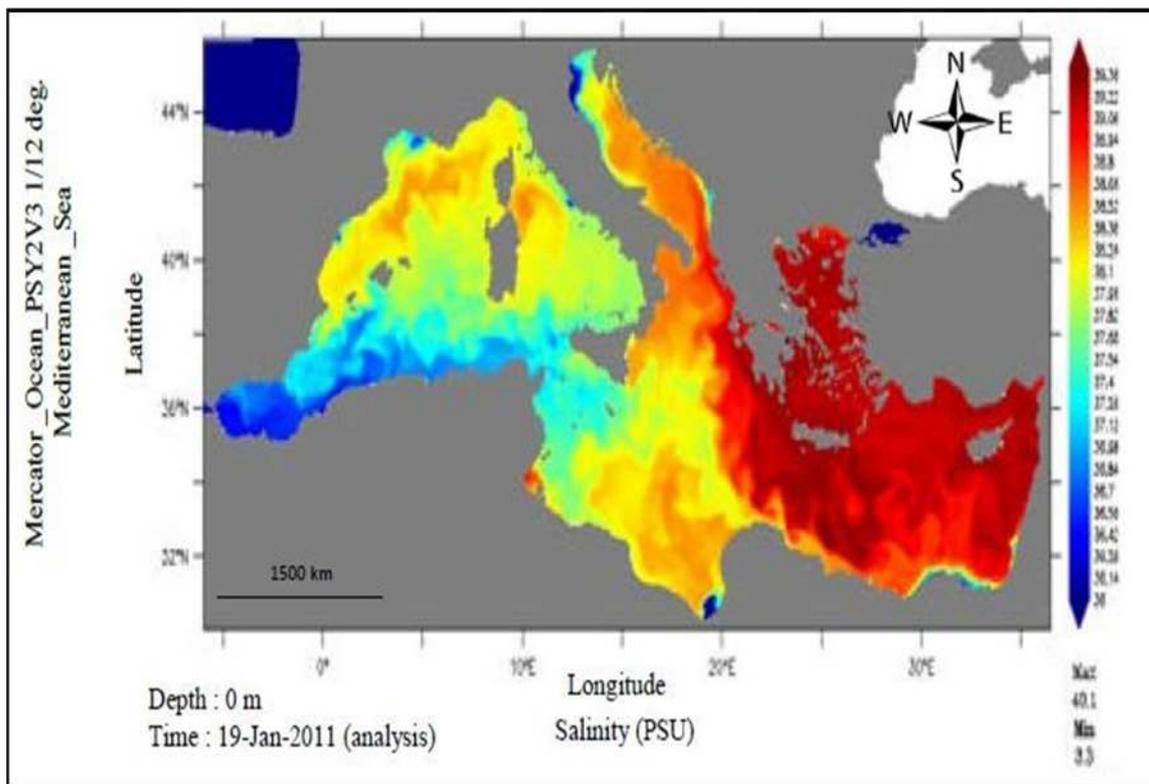
L'eau atlantique pénètre, en effet, dans la mer d'Alboran où ses caractéristiques initiales commencent à s'altérer, donnant ainsi naissance à l'eau atlantique modifiée et qui se reconnaît par une couche superficielle de 150 m d'épaisseur. Cette dernière constitue l'essentiel du courant algérien en pénétrant sous forme d'une veine de courant étroite qui donne naissance à des méandres et tourbillons côtiers associés à des upwellings (Fig. 3). Ces derniers favoriseraient une forte productivité biologique et, par conséquent, une augmentation des capacités trophiques du milieu (Millot, 1987; Millot, 1993; Benzohra, 1993; Millot & Taupier-Letage, 2005).



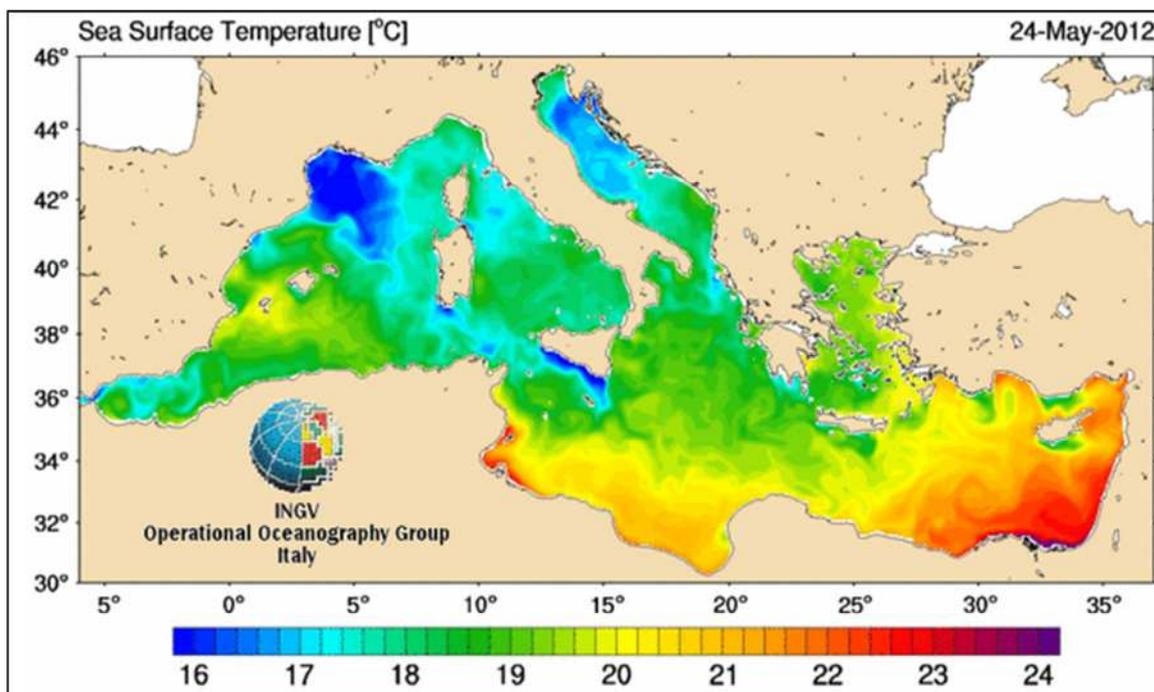
**Figure 3:** Circulation générale de la surface des courants en Méditerranée (Millot & Taupier-Letage, 2005).

La salinité peut varier d'une région à une autre au sein du bassin méditerranéen et ses concentrations sont selon Guillard *et al.*, (2004) étroitement liées à l'hydrodynamisme, ses valeurs varient entre 36,4‰ à l'Ouest et 37,6‰ à l'Est (Assassi, 2011) (Fig. 4).

La température de l'eau atlantique qui longe les côtes algériennes détermine les périodes de migrations, de reproduction et d'autres facteurs étho-physiologiques. Elle fluctue superficiellement entre 10,8 et 15,5°C en hiver et 20 à 24°C en été (Ghaidalia & Bourgeois, (1961) (Fig. 5).



**Figure 4:** Image satellitaire montrant le gradient de salinité de surface dans le bassin méditerranéen (Millot & Taupie-Letage, 2011).



**Figure 5:** Image satellitaire montrant les variations des températures des eaux de surface dans le bassin méditerranéen (INGV, 2012).

### **III. Activités de la pêche en Algérie**

Le secteur de la pêche est considéré comme une activité économique à part entière, par sa capacité de contribuer à l'amélioration des besoins alimentaires, à la création d'emplois et à la consolidation de l'économie nationale. Toutefois, les efforts consentis par les pouvoirs publics, pour la relance de ce secteur, devraient prendre en considération l'état du potentiel naturel (ressources) et les exigences de la société. La frange côtière Algérienne, est composée de 14 wilayas, représentée par 14 directions de pêche et aquaculture «DPRH» relevant du Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques «MPRH» qui depuis 2012 est devenu Ministère, de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche «MADRP» (JORA, 2016).

#### **A. Les ports de pêche et sites de débarquement**

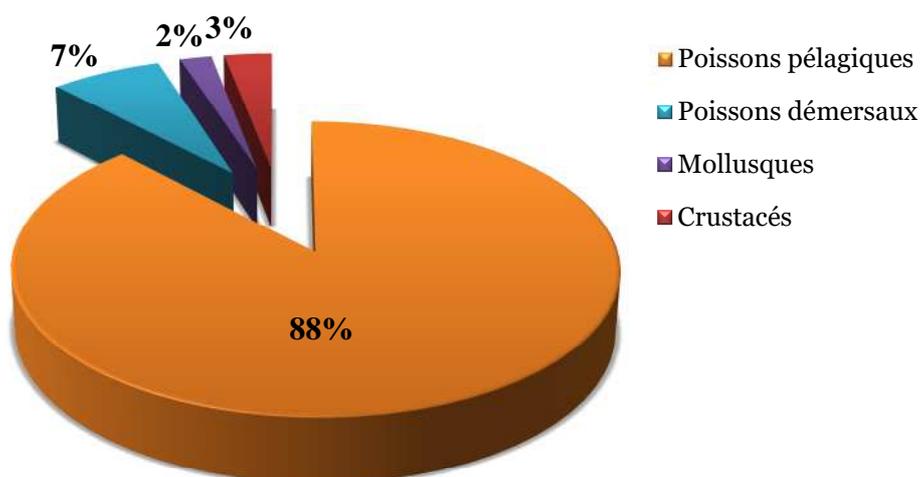
L'activité de pêche en Algérie se distingue par son caractère traditionnel, elle se pratique sur tout le littoral. Il existe sur la côte 75 points de débarquement, parmi lesquels on distingue 44 ports de pêche, 23 plages d'échouages et 8 abris de pêche (MPRH, 2010).

La flottille de pêche s'articule autour de 3 grands types d'embarcations:

- **Les chalutiers**, destinés, principalement à la capture du poisson demersal (poisson de fond) appelé communément «poisson blanc» ;
- **Les sardiniers** (senneurs), destinés à la capture du poisson pélagique (de surface) appelé également «poisson bleu» ;
- **Les petits métiers**, appellation locale qui désigne des petites embarcations, destinées principalement à la pêche de l'espadon et des Sparidés. En 2015 l'état a accordé des aides qui ont permis d'acquérir 247 embarcations (MADRP, 2016).

#### **B. Production halieutique en Algérie**

Alors qu'en Méditerranée, les espèces pélagiques totalisent presque 50% des débarquements annuels (Ramon & Castro, 1997; Leonard & maynou, 2003; Barazi-Yeroulanos, 2010; FAO, 2016), en Algérie, elles constituent environ 88% de la production totale nationale contre 12% pour les crustacés, mollusques et poissons demersaux (Fig. 6) (MADRP, 2016).



**Figure 6:** Répartition de la production halieutique par groupes d'espèces (MADRP, 2016).

### C. Principales réglementations appliquées au secteur de la pêche

Le secteur de la pêche a inscrit sa politique de gestion et de développement dans un cadre responsable et durable. La loi N° 01-11 du 03 juillet 2001 (MPRH, 2004) relative à la pêche et à l'aquaculture a consacré un ensemble de principes et de dispositions devant permettre:

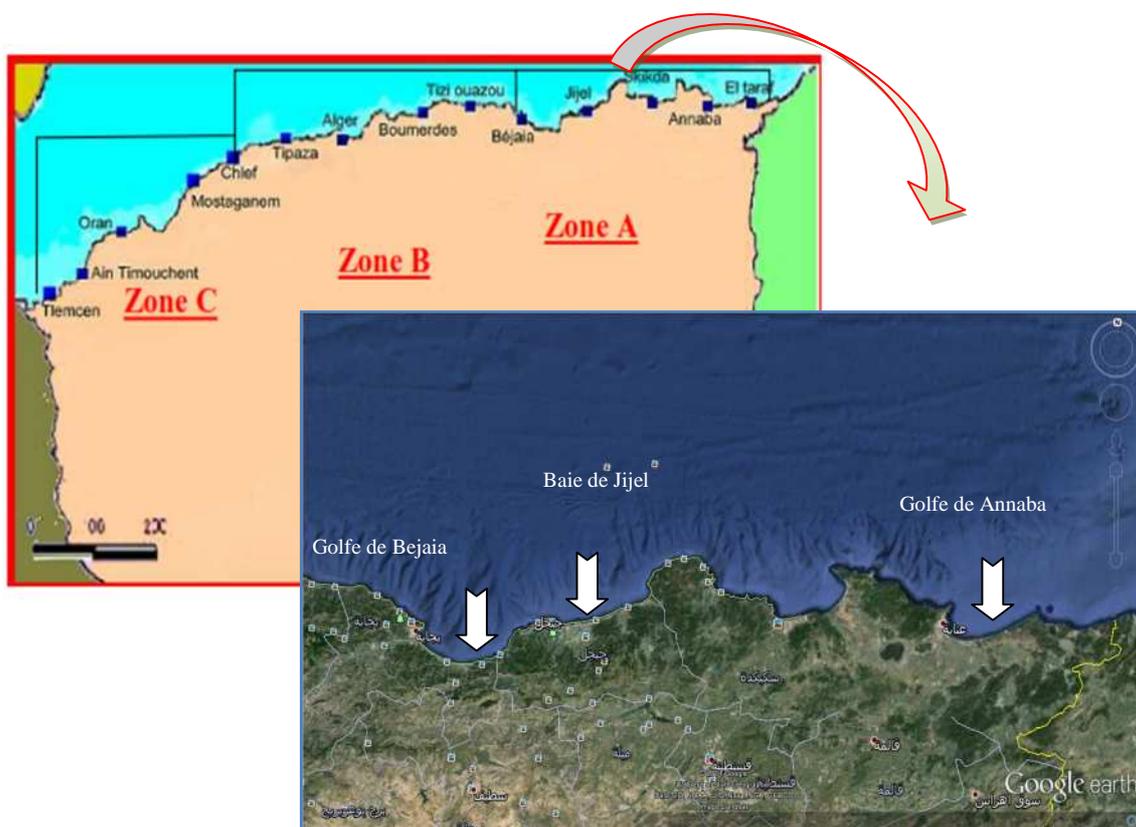
- une exploitation rationnelle, une protection de l'environnement et des ressources halieutiques ;
- une maîtrise des connaissances des ressources biologiques à travers une évaluation scientifique régulière ;
- La délimitation des zones de pêche, la classification des engins de pêche, la limitation des tailles minimales marchandes et le contrôle-surveillance en respectant les textes traitants des aspects de l'autorisation de pêche.

### IV. Caractéristiques de la zone d'étude

L'immensité du littoral Algérien, à grande vocation maritime, nous amènera plus loin à une présentation plus détaillée des zones d'échantillonnage à savoir « le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe de Annaba (Fig. 7). A ces données sont associées les informations obtenues lors de la participation à la campagne d'évaluation des ressources halieutiques démersales « ALDEM 2014, CNRDPA » à bord du bateau scientifique «GRINE Belkacem », le long du littoral Algérien en juin 2014.

En fonction de ses caractéristiques, l'amplitude, la longueur d'onde, l'épaisseur de la tranche d'eau et la nature du fond, la houle transporte des matériaux du large vers la côte "flot de fond". En revanche, un courant de compensation engendré par le retour, des eaux "underflow" repousse les particules mises en suspension vers le large. Les vents d'Ouest provoquent des houles de tempêtes très fortes, pouvant atteindre des hauteurs de 3 m en hiver, en automne et au printemps, par contre ces houles suivent la direction Est et Nord, qui sont toujours dominantes pendant la période estivale (Millot, 1999).

Le courant Algérien instable, qui arrive du côté Ouest, longe les côtes et tourbillonne, donne naissance dès 1°-2° à des tourbillons de moyenne échelle (50 Km de large) de différents sens ainsi qu'à des phénomènes d'upwelling, le tout dérivent vers l'Est. Une branche secondaire se détache et s'incurve dans la partie orientale du Golfe de Béjaïa en se déplaçant vers l'Est à une vitesse inférieure à 7 nœuds (12,6 Km/h). Il crée alors des courants résiduels se dirigeant vers la côte dont la vitesse est inférieure à 0,5 nœuds. Ces derniers, au contact de la côte engendrent des courants de dérive littorale qui agissent dans les zones de déferlement par une remise en suspension des sédiments.



**Figure 7:** Secteurs géographiques du littoral Algérien et localisation des zones d'étude.

Seuls les tourbillons anticycloniques avec l'upwelling attaché à leur bord Sud-ouest, croissant leur taille avec l'avancé des eaux. Ces phénomènes hydrologiques de moyenne échelle jouent un rôle déterminant dans les processus biologiques.

Dans le but de réaliser une étude complète sur la biologie du *Merluccius merluccius*, trois principales zones représentatives le long de la côte Est algérienne ont été choisies à savoir : le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe de Annaba.

### **A. Le Golfe de Béjaïa**

La ville de Béjaïa est située à environ 250 km à l'Est d'Alger, avec une superficie de 3261.26 Km<sup>2</sup>, elle compte une façade maritime d'environ 100 km située entre les limites géographiques du découpage administratif de la wilaya de Tizi-Ouzou à l'Ouest et de la wilaya de Jijel à l'Est.

Le Golfe de Béjaïa présente la forme d'un croissant (Fig. 8) ouvert vers le Nord au cœur de la Méditerranée, limité à l'Est par le cap Cavallo, à l'Ouest et au Nord par le mont de Gouraya et ses prolongements les caps carbon et Bouak, mais la rade proprement dite s'étend du cap Bouak à l'embouchure de la Soummam (Milot & Taupier-Letage, 2005). La wilaya maritime de Béjaïa possède deux ports : le port de Béjaïa et celui de Tala Guilef.

Le Golfe de Béjaïa est une importante échancrure délimitée par les falaises jurassiques du cap Bouak à l'Ouest et le massif volcanique miocène d'El-Aouana (Ex Cavallo) à l'Est. Ce golfe se singularise par sa morphologie très particulière avec un plateau continental peu étendu, et un talus continental festonné par d'imposantes "cirques" (Cap Aokas, Béni-Segoual) d'où partent des vallées sous-marines et un littoral sablonneux (dunes) qui borde le pied des falaises (Leclaire, 1972). La profondeur maximale du Golfe est d'environ 1000 m avec une largeur moyenne de 1,5 km.

D'après les travaux de la campagne « THALASSA (1982) » et « ICHTYS JOAMY » (1982), entre le littoral et l'isobathe 200 m, deux faciès dominant :

- Les sables et les sablons siliceux sur les bandes littorales ;
- Les boues silico-argileuses entre l'isobathe 40 m et la bordure continentale.



**Figure 8:** Limites géographiques des zones de pêche et photographies des ports correspondants, **A:** le port de Tala Guilef; **B :** le port de Béjaïa.

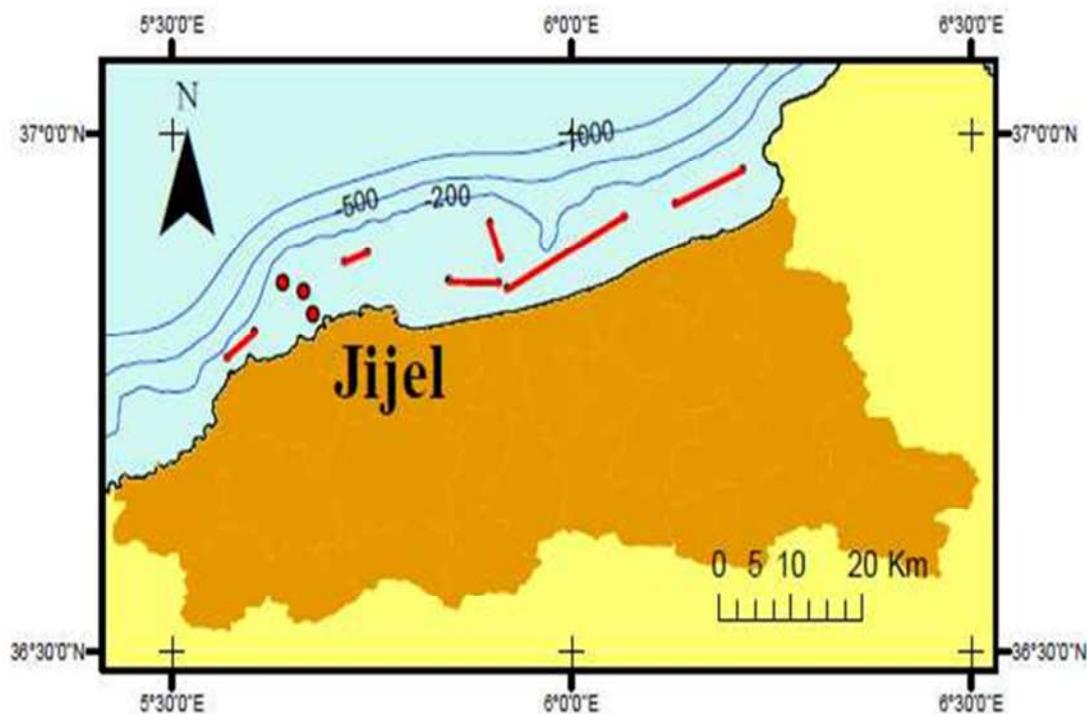
La région de Béjaïa est traversée par plusieurs Oueds drainant les eaux de ruissellement plus exactement dans la Golfe de Béjaïa dont les plus importants sont l'Oued Djemaa (46Km); l'Oued Agarioun (80Km); l'Oued Zitoun (30Km) et enfin l'Oued Soummam drainant un réseau hydrographique dense et un bassin versant d'une superficie de 9 200 km<sup>2</sup> réparti comme suit :

- Bassin de l'Oued Sahel de Sour El-Ghozlane (wilaya de Bouira) à Akbou : 3 750 km<sup>2</sup> ;
- Bassin de l'Oued Bou Sellam de Aïn-Oulmane (wilaya de Sétif) à Akbou : 4 500 km<sup>2</sup> ;
- Bassin de la Soummam, au sens strict, d'Akbou jusqu'à la mer : 950 km<sup>2</sup>.

Cette région côtière et assez arrosée avec une pluviométrie moyenne de 900 mm/an. La température et la salinité ont des valeurs particulièrement basses, la première varie entre 18,5 à 19°C et la seconde ne dépasse jamais 36,55‰. Ceci serait dû à l'existence de plumes d'eau froide « Cool-plumes » (Millot, 1985).

## B. La Baie de Jijel

La wilaya de Jijel est située au Nord - Est de l'Algérie, elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par la wilaya de Béjaïa, Sétif et Mila au Sud, et Skikda à l'Est. Elle se situe entre les latitudes Nord 36° :10' et 36° :50' et les longitudes Est 5° :25' et 6°:30'. La wilaya de Jijel s'étend sur une superficie de 2 398,69 km<sup>2</sup> et possède une façade maritime de 120 km (Fig. 9).



**Figure 9** : Zones de pêche dans la Baie de Jijel (DPRH Jijel, 2017).

La Partie Ouest de Jijel ville est formée de criques rocheuses intercalées par quelques petites plages sableuses, par contre la côte Est est constituée d'une plage sableuse rectiligne et assez large. La superficie de la zone réservée à la pêche (eaux sous juridiction nationale) est de 10 660 km<sup>2</sup>. La zone de pêche autorisée, commence à la limite de l'isobathe de 40 mètres. Du 1 mai au 31 août, la pêche chalutière s'exerce au delà des 3 milles nautiques à compter des lignes de référence de pêche (DPRH Jijel, 2017).

La Baie de Jijel illustre la variété de site sous marin de la région. Trois compartiments morphologiques apparaissent nettement ; à l'Ouest, le plateau de Jijel accidenté, échancré dans sa partie médiane au niveau du rebord, atteint son maximum d'extension au droit du haut-fond du même nom (12 km), présenté par le port de pêche de Mansouriah (Fig. 10). La

pente continentale qui succède au large est accore ( $15^\circ$ ). Entre ce haut-fond et le Ras Oum-Achiche, tout change : la surface du plateau continental s'apparente à celle d'un talus d'accumulation de matériaux meubles. Sa pente est moyenne et très régulière. On retrouve des festons d'ordre différent avec cirques sous marines et pédoncules inter-thalweg: cirques de Seddets, de l'Abrioun, séparés par un bombement à l'endroit de l'embouchure de l'oued El kébir (Leclaire, 1972).



**Figure 10** : Port de pêche de Mansouriah, Baie de Jijel (2017).

Le plateau continental Jijelien s'élargit entre le môle granitique de Collo et la grande barre calcaire de Béjaïa jusqu'à Collo. Il devient calcaire et particulière au niveau d'un secteur à hauts-fonds qui sépare le Golfe de Béjaïa de la Baie de Jijel.

Les sédiments de la zone d'étude du plateau de Jijel sont de nature calcaire (vase calcairéo-siliceuses) qui couvrent une surface relativement importante, ainsi que les sédiments siliceux qui représentent 63 à 64% du recouvrement sédimentaire du plateau continental. Les sables et les sablons siliceux couvrent la plage de l'oued Zhou, la grande plage de Jijel et les plages de la côte rocheuses de Jijel à Ziama Mansouriah (Leclaire, 1972).

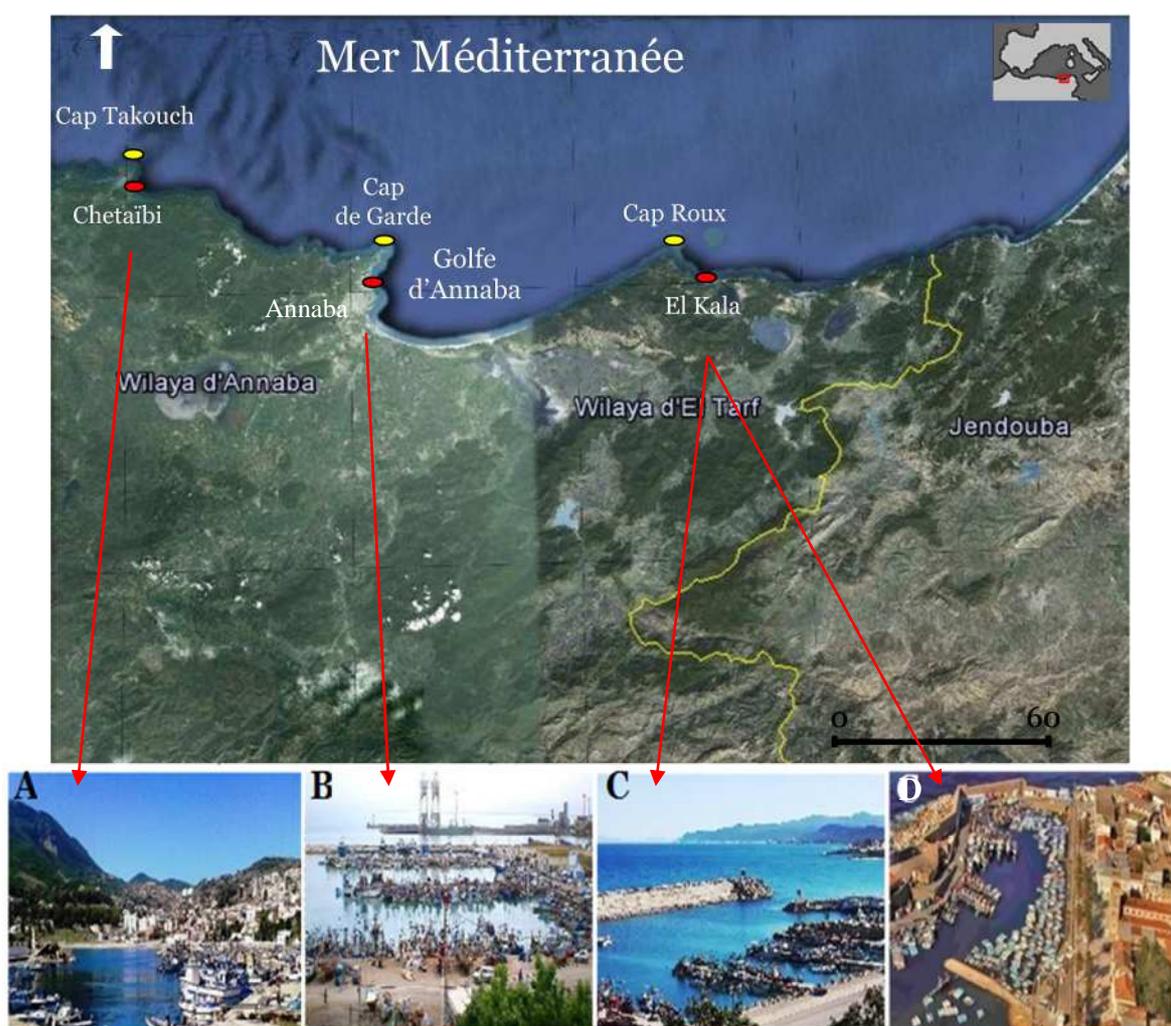
### **C. Le Golfe d'Annaba**

La zone d'étude est située à l'extrême Est du littoral Algérien, entre Chetaïbi à l'Ouest et El Kala à l'Est, on a successivement la Baie de Chetaïbi, le Golfe d'Annaba et le littoral d'El-Kala (Fig. 11).

➤ **Le port de pêche de Chetaïbi** : situé à environ 70 km à l'Ouest d'Annaba, ouvert au Sud, est protégé par le Cap Takouch et par une digue Est de 180 m de longueur. Il est caractérisé par les coordonnées géographiques suivantes: Latitude Nord:  $37^\circ 04' 04''$  et longitude Est:  $07^\circ 83' 03''$  (Fig. 11A), sa flottille de pêche est composée de chalutiers, sardiniers et petits métiers, elle est passée de 140 embarcations en 2006 à 98 en 2016 (DPRH

Annaba). La baie de Chetaïbi, recèle d'un potentiel halieutique non négligeable, composé essentiellement de poissons bleus dont les tonnages respectifs sont passés de 1172,5 en 2006 à 790,2 tonnes contre 242,21 en 2006 à 49,8 tonnes en 2016 de poissons blancs (DPRH d'Annaba, 2017).

➤ **Le port de pêche d'Annaba** se situe dans la sortie Sud-Ouest du golfe d'Annaba aux coordonnées  $07^{\circ} 47' 3''$  de longitude Est et  $36^{\circ} 54' 11''$  de latitude Nord, il est caractérisé par son étroitesse vu son emplacement au sein des organismes urbains, (Fig.11 B). Sa flottille de pêche est constituée de chalutiers, sardiniers et petits métiers, composée de 292 embarcations en 2006, elle a atteint 504 en 2016 (DPRH Annaba, 2017).



**Figure 11:** Limites géographiques des zones de pêche et photographies des ports correspondants, A: Baie de Chetaïbi ; B: Golfe d'Annaba ; C et D: Littoral d'El-Kala à partir desquelles on a obtenu l'échantillonnage biologique.

La pêche dans le port d'Annaba est dominée par les poissons bleus. Leurs tonnages sont passés de 5301,1 tonne en 2006 à 4274,6 en 2016 contre 2325,9 tonne en 2006 à 1107,4 en poissons blancs.

➤ **Littoral d'El kala** distante de 77 km d'Annaba. Elle dispose de 2 ports de pêche, le premier port se situe à une latitude Nord:  $36^{\circ}54'09''$  et une longitude Est:  $06^{\circ}06'24''$  et le second à une latitude Nord:  $36^{\circ}54'1,02''$  et longitude Est :  $08^{\circ}25'23,94''$  (Figs. 11, C1 et 11, C2). Comme pour les ports de Chetaïbi et d'Annaba, la flottille de pêche des ports d'El kala est composée de chalutiers, sardiniers et petits métiers; elle a augmenté entre 2006 et 2016 en passant de 170 à 228 embarcations (DPRH Annaba, 2017).

Dans ces 2 ports, la pêche est également dominée par les poissons bleus, leurs tonnages respectifs sont passés de 2030 tonnes en 2006 à 1348,36 tonnes en 2016 par contre le poisson blanc qui enregistre 593 tonnes en 2006 à 253,13 tonnes en 2016 (DPRH Annaba, 2017).

Du point de vue sédimentologie, le fond marin débute par du sable fin dans le secteur Ouest puis ce sable se mélange avec de la vase fine. Au large du Golfe, on trouve essentiellement des vases terrigènes molles mélangées à du sable ou des débris conchyliens. Au delà, le prolongement du golfe vers les vallées de Tabarka (Tunisie), le substrat est constitué surtout de vase terrigène gluante.

La température varie entre  $16^{\circ}\text{C}$  en hiver et  $28,8^{\circ}\text{C}$  en été avec une amplitude de  $12,8^{\circ}\text{C}$  (Frehi, 1998), la température joue un rôle important dans les variations de densité de l'eau. Ounissi *et al.*, (1998) rapportent que l'écart de la température, entre l'eau de surface et celle se trouvant à 50 m, dépasse  $4^{\circ}\text{C}$ , quant à la salinité, la différence entre l'eau de surface et celle des profondeurs, n'excède pas 1psu.

*« Comment peut-on espérer connaître la biologie d'une espèce ?  
Tant qu'on ignore ses limites zoologiques et géographiques  
et tant que l'on est incapable de la séparer des espèces voisines ».*

**Johannes Schmidt**

Océanographe et Biologiste Danois  
(1877-1933).

---

---

*Deuxième partie*

*Présentation du Merlu, Merluccius merluccius Linnaeus., 1758.*

---

---





## Présentation de l'espèce Merlu (*Merluccius merluccius*)

### I. Introduction

Le Merlu européen *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) est une espèce largement présente en Atlantique et en Méditerranée. La valeur économique du Merlu fait de lui une espèce plus ciblée par une pêche complexe et composée utilisant des engins de pêche plus divers. Les chalutiers utilisent des chaluts de fond réalisant une pêche aux filets ciblant plus de juvéniles, les palangriers et les petits métiers opérant aux filets maillants et hameçons sur des fonds rocheux ou plus au large pour pêcher des individus plus gros.

Dans la mer Adriatique par exemple, on a pêché 5 fois trop de merlus en 2012 par rapport au rendement maximum durable. Les records dans les eaux du nord de l'Espagne et du Golfe du Lion surpassent tout: on y attrape 10 fois trop de merlus (FAO, 2016). Le diagnostic de la Commission Européenne sur les populations du Merlu ne laisse planer aucun doute sur l'état déplorable de la surexploités de ces stocks. Les captures ont augmentés aussi bien dans la partie orientale que dans la partie occidentale de la Méditerranée jusqu'en 1995 (Fiorentino *et al.*, 2003 ; Caddy *et al.*, 1995). Ces dernières années, les captures sont en déclin d'une année à l'autre aussi bien dans la Méditerranée qu'au niveau du littoral Algérien.

### II. Présentation et identification de *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758)

#### 1. Position systématique

La position systématique de l'espèce *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) (Fig. 12) est établie à partir de différents travaux notamment ceux de (Dieuzeide *et al.*, 1955; Bauchot & Pras, 1980; Fischer *et al.*, 1987; Quero & Vayne, 1997), et qui se présente de la manière suivante :

**Embranchement** : Vertébrés

**Sous Embranchement** : Gnathostomes

**Super classe** : Ostéichtyens.

**Classe** : Actinoptérygiens.

**Sous classe** : Néoptérygiens.

**Infra classe** : Téléostéens.

**Super ordre** : Acanthoptérygiens.

**Ordre** : Gadiforme

**Famille** : Merlucciidés

**Sous- Famille** : Merlucciinae

**Genre** : *Merluccius*

**Espèces** : *Merluccius merluccius*.



**Figure 12** : Le Merlu  
*Merluccius merluccius* (ALIK, 2015)



## 2. Origine et classification de *Merluccius merluccius*

*Merluccius merluccius smiridus* Rafinesque, 1810 est un animal **cordés Vertébrés Ostéichtyen** (poissons osseux), **Actinoptérygien** (poisson épineux) **Neopterygien** (nouveaux nageoires), **Téléostéen Paracanthopterygien Gadiforme Merlucciinae**.

L'étude réalisée par [Lloris et al., \(2005\)](#) sur la systématique des *Merluccius* du monde entier a rassemblé l'attribution de plusieurs synonymes à cette espèce à savoir : *Gadus ruber* Lacepède, 1803; *Merluccius smiridus* Rafinesque, 1810; *Onus riali* Rafinesque, 1810; *Merlucius esculentus* Risso, 1826; *Merluccius vulgaris* Fleming, 1828; *Hidronus marlucius* Minding, 1832; *Merlucius sinuatus* Swainson, 1838; *Merlucius ambiguus* Lowe, 1840; *Merlucius lanatus* Gronow, 1854; *Merluccius argentatus* Günther, 1862; *Merluccius linnei* Malm, 1877; *Onus guttatus* Collett, 1890; *Trachinoides maroccanus* Borodin, 1934.

Après le développement du système binomial de nomenclature des espèces, *Merluccius* est classé comme étant *Gadus merluccius* par [Rafinesque \(1810\)](#). Selon [Murua \(2010\)](#), l'origine de la dénomination *Merluccius* vient du mot latin «**Marlutiu**» qui a été décrite pour la première fois par [Belon \(1553\)](#). «**Marlutiu** » provient du Maris lucium (Mar : mer ; lutiu : brochet) due à l'apparence similaire au brochet.

En 1864 la famille Merlucciidés a été créée par [Adams](#) en séparant *Merluccius* des Gadidae. Vingt trois ans plus tard, [Günther \(1887\)](#) inclut *Merluccius* avec Gadidae, *Macruronus* en Macrouridae et crée la famille Lyconidae pour *Lyconus*. Vers la fin du XIX siècle, [Goode & Bean \(1896\)](#) acceptent les deux familles Lyconidae et Merlucciidae mais incluent *Macruronus* et *Steindachneria* en Macrouridae. [Gilchrist \(1922\)](#) et [Barnard \(1925\)](#) décrivent *Lyconodes* comme étant le genre des affinités contraires, mais associent *Lyconus*, appartenant à la famille Lyconinae sous les Coryphaenoididae.

La révision des Gadiformes par [Svetovidov \(1948\)](#) considère Merlucciinae comme la sous-famille rassemblant les Gadidae avec Lotinae et Gadinae. [Norman \(1966\)](#) était le premier à considérer *Macruronus* et *Lyconus* comme Merlucciidae, mais appartenant à la sous-famille Macruroninae. [Marshall \(1966\)](#) et [Cohen \(1984\)](#) présentent la famille Merlucciidae constituée de Merlucciinae (*Merluccius*), Macruroninae (*Macruronus*, *Lyconus* et *Lyconodes*) et Steindachneriinae (*Steindachneria*). [Marshall & Cohen \(1973\)](#), [Fahay & Markle \(1984\)](#) et [Okamura \(1989\)](#) séparent *Steindachneria* des Merluccidés et l'associe à la famille Steindachneriidés.

Dans le but de permettre une rapide identification des espèces commerciales les



chercheurs utilisent des méthodes communes de comparaison en se basant sur des études méristiques et des caractères morphométriques. Lorsqu'il ne sera pas le cas, l'utilisation de l'anatomie et de la génétique est toujours utile pour la séparation des espèces et la compréhension de l'arbre phylogénétique du genre *Merluccius*. En effet, l'identification de ces espèces nécessite un dénombrement que ce soient des rayons des nageoires, des écailles, des branchiospines et des vertèbres (Cohen *et al.*, 1990).

Nolf & Steurbaut (1989) analysant les otolithes arrivent à la même conclusion, mais constituée de Steindachneriinae et Merlucciinae, avec les Gadidae.

Utilisant les caractères osseux et ontogénétiques, Fahay (1989) sépare *Steindachneria* des Merlucciidae et les relie au Macruridae. Tandis que (Markle, 1989) parle de 3 familles à savoir :

- a. les Steindachneriidés constitué d'une seule espèce appartenant au Macruridae.
- b. les Merlucciidés aussi monotype et Macruronidés (*Macruronus* et *Lyconus*) qui sont groupées sous Gadidae. Les Macruronidae rassemblent les 3 genres: *Macruronus*, *Lyconus* et *Lyconodes*.
- c. les Merlucciidés constitué d'une seule espèce *Merluccius merluccius*.

Les dernières recherches sur la systématique de *Merluccius merluccius* révisée par Lloris *et al.*, (2005) présentent la famille Merlucciidés en deux sous-familles ( Merlucciinae et Macruroninae) englobant 4 genres et 18 espèces. Entre autres ces espèces sont connues par le nom du Merlu ou de Grenadier dont 13 appartiennent au genre *Merluccius* et les 2 autres au genre *Macruronus* (Tab. 1).

Dans la sous-famille Merlucciinae, le nombre des espèces appartenant à ce genre était toujours un débat de recherche pour plusieurs études de la systématique. D'après les dernières révisions, Inada (1981) a conclu qu'il existait 12 espèces. De nos jours, 13 espèces sont connues à savoir :

1. *Merluccius albidus* (Mitchill, 1818) ;
2. *Merluccius angustimanus* (Garman, 1899) ;
3. *Merluccius australis* (Hutton, 1872) ;
4. *Merluccius bilinearis* (Mitchill, 1814) ;
5. *Merluccius capensis* (Castelnau, 1861) ;
6. *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848) ;
7. *Merluccius hubbsi* (Marini, 1933) ;
8. *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) ;



9. *Merluccius paradoxus* (Franca, 1960) ;
10. *Merluccius patagonicus* (Lloris et Matallanas, 2003) ;
11. *Merluccius polli* (Cadenat, 1950) ;
12. *Merluccius productus* (Ayres, 1955) ;
13. *Merluccius senegalensis* (Cadenat, 1950).

Ces espèces sont connues par leur grand intérêt surtout économique, vu leur haute valeur commerciale dans les marchés mondiaux. Pour *Merluccius*, la caractérisation entre ces différentes espèces n'est pas forcément évidente (**Tab. 1**), les taxonomistes sont confrontés toujours à des difficultés. L'expérience montre que la clé d'identification n'est pas toujours adéquate dans le cas de deux ou plus d'entités congénères présentes dans les mêmes zones géographiques ou des spécimens venant de l'Est et de l'Ouest de la côte Atlantique ou du Sud et de l'Est du Pacifique et il est toujours plus difficile lorsqu'il s'agit des spécimens d'origine inconnue.

**Tableau 1 :** Caractérisation du genre *Merluccius* (Cohen *et al.*, 1990 ; Lloris *et al.*, 2005).

Genre : <i>Merluccius</i>	Caractéristiques	Photos
<i>Albidus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de branchiospines du premier arc branchial est &lt; à 13</li> <li>- Grandes écailles</li> <li>- Écailles le long de la ligne latérale &lt; à 120</li> <li>- Corps argenté, blanc</li> </ul>	
<i>angustimanus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de branchiospines entre 16-18</li> <li>- Nombre égale de branchiospines et des rayons de la nageoire anale &lt; 57</li> <li>- Nombre de vertèbres abdominales entre 21-23</li> <li>- Écailles le long de la ligne latérale &lt; à 31</li> <li>- Dos argenté, ventre blanc</li> </ul>	
<i>australis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de branchiospines allant de 12 à 14</li> <li>- Petites Branchiospines</li> <li>- Mince urohyal</li> <li>- Nombre de vertèbres 55-57</li> <li>- Nombre des rayons de 41 à 45</li> <li>- Dos acier gris, flanc plus clair et ventre argent blanc</li> </ul>	
<i>bilinearis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de branchiospines &gt; 15</li> <li>- Nombre égale de branchiospines et des rayons de la nageoire anale &lt; 57</li> <li>- Nombre de vertèbres abdominales de 26 à 29</li> <li>- Écailles sur la ligne latérale &lt; 111</li> <li>- corps argenté, blanc</li> </ul>	
<i>capensis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de branchiospines entre 16-20</li> <li>- Nombre égale de branchiospines et des rayons de la nageoire anale &lt; 57</li> <li>- Nombre total de vertèbres allant de 49 à 52</li> <li>- Écailles sur la ligne latérale &gt; à 131</li> <li>- Dos argenté, avec quelque peu de marron, ventre blanc.</li> </ul>	



<i>Gayi</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de branchiospines est entre 19 et 23</li> <li>- Nombre égale de branchiospines et des rayons de la nageoire anale &lt; 57</li> <li>- Nombre de vertèbres abdominales de 21 à 24</li> <li>- Ecailles sur la ligne latérale &lt; 131</li> <li>- Dos argent, ventre argent blanc</li> </ul>	
<i>Hubbsi</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de branchiospines allant de 13 à 15</li> <li>- Mince urohyal ossifié</li> <li>- Nombre de vertèbres 55-57</li> <li>- Dos argenté avec un éclat doré, ventre argent blanc</li> </ul>	
<i>merluccius</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de branchiospines est &lt; à 13</li> <li>- Petites écailles</li> <li>- Ecailles le long de la ligne latérale entre 127 et 156</li> <li>- Mince urohyal</li> <li>- Nombre égale de branchiospines et des rayons de la nageoire anale allant de 44 à 51</li> <li>- Dos gris acier, flanc plus clair et ventre blanc</li> </ul>	
<i>paradoxus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de branchiospines &gt;15 et - Nombre égale de branchiospines et des rayons de la nageoire anale &gt; 56</li> <li>- Nombre des vertèbres &gt; 53 et Nombre de vertèbres abdominales allant de 26 à 28</li> <li>- Ecailles sur la ligne latérale &gt; à 120</li> <li>- Dos marron foncé et ventre argent blanc.</li> </ul>	
<i>patagonicus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de branchiospines du premier arc branchial est 12-17</li> <li>- Ecailles le long de la ligne latérale allant de 123 à 125</li> <li>- Nombre des rayons de la nageoire anale est entre 37-39</li> <li>- Dos gris, avec quelques peu de gris foncé, flanc plus clair et ventre blanc</li> </ul>	
<i>Polli</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de branchiospines du premier arc branchial est &lt; à 13</li> <li>- Ecailles autour la ligne latérale entre 102 et 127</li> <li>- Dos noir; gris acier à noir au ventre; nageoire caudale à une strie blanche</li> </ul>	
<i>productus</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de branchiospines &gt;15</li> <li>- Nombre égale de branchiospines et des rayons de la nageoire anale &gt; 56</li> <li>- Nombre total de vertèbres allant de 53 à 54</li> <li>- Nombre des vertèbres abdominales est entre 23 et 25</li> <li>- Ecailles sur la ligne latérale &gt; à 124</li> <li>- Dos argenté et ventre blanc.</li> </ul>	
<i>senegalensis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nombre de branchiospines allant de 13 à 16</li> <li>- Nombre égale de branchiospines et des rayons de la nageoire anale &lt; 57</li> <li>- Nombre total de vertèbres allant de 52 à 55</li> <li>- Nombre des vertèbres abdominales est entre 25 et 28</li> <li>- Ecailles sur la ligne latérale &gt; à 123</li> <li>- Dos gris acier à noir, flanc et ventre argenté blanc.</li> </ul>	

Les difficultés au niveau taxonomique à cause de la similarité morphologique entre les espèces et l'incertitude phylogénétique suggèrent l'application des techniques moléculaires, telles que l'électrophorèse des allozymes ou même les préparations et l'alignement des mitochondries et des séquences d'ADN qui permettent la comparaison des niveaux de la divergence génétique entre les taxons et de dresser l'arbre généalogique des différentes espèces du *Merluccius*.



### 3. La morphologie de *Merluccius merluccius*

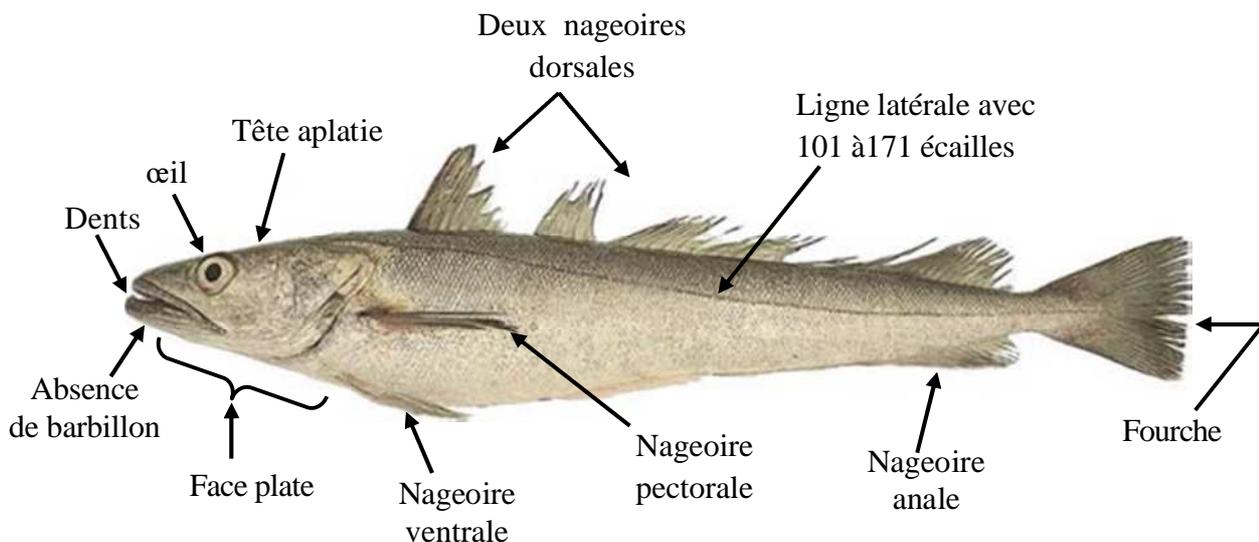
Selon Bauchot (1987) le Merlu est connu par ces trois couleurs : le gris acier sur le dos, le plus clair sur les flancs et le blanc argenté sur le ventre. Le merlu se distingue par un corps fusiforme, mince et comprimé latéralement (Fig. 13).

La famille des Merlucidés ont un corps symétrique couverts par les petites écailles cycloïdes. La ligne latérale est plus ou moins rectiligne et parallèle au profil dorsal contient 101 à 171 écailles qui forment une ligne noire le long du corps (Fig. 14).



**Figure 13 :** Photographie du Merlu, *Merluccius merluccius* (ALIK, 2019).

Cet animal se caractérise par l'absence d'épines aigues au niveau des nageoires. Il présente deux nageoires dorsales distinctes et séparées ; la première courte, haute et triangulaire présentant 8 à 13 rayons, le premier rayon est une pseudo-colonne vertébrale tandis que la seconde est longue et semblable à la nageoire anale avec une échancrure dans sa partie moyenne, elle est menue de 34 à 46 rayons mous. L'anale est semblable à la seconde dorsale, les pectorales sont longues et minces, dont les pelviennes sont situées en avant des pectoraux. La nageoire caudale est relativement droite et courte et acquiert avec la croissance une forme en fourche (Fig. 14).



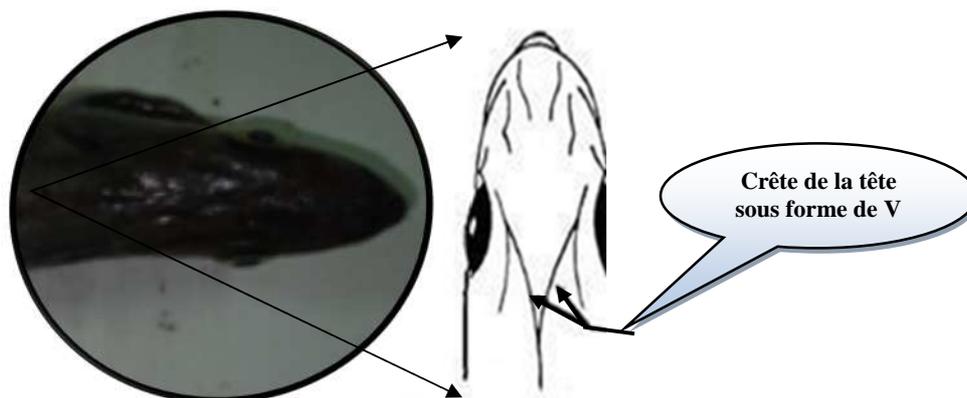
**Figure 14:** Morphologie de *Merluccius merluccius*.



Le nombre de branchiospines varie de 8 à 12 sur le premier arc branchial avec absence de rayons épineux aux nageoires. La colonne vertébrale est composée de 48-58 vertèbres. Les nervures s'étendent à partir des vertèbres cervicales, tandis que le reste est flottant. Les os plats de la queue sont fusionnés. Cette fonctionnalité, combinée à la haute quantité de muscle blanc que le merlu possède et sa forme hydrodynamique, suggère une forte capacité à la nage rapide ou prolongée (Bauchot & Pras, 1980; Alheit & Pitcher, 1995 ; Nelson, 2006).

Le dos est normalement noir ou gris pâle et le ventre blanc ou argent. Sa formule radiaire est la suivante: **D1 : 9/11; D2 : 36/10; A : 36/40; C : 5-17/20-5; P : 12/14; V : 7.**

La face de la tête est aplatie et porte une crête en forme de V, sa tête dépasse légèrement la mâchoire supérieure avec des dents pointues et articulées se terminant postérieurement à l'aplomb du centre de l'œil (Fig. 15). Le merlu ne présente pas de barbillon au menton (Matallanas & Oliver, 2003).



**Figure 15:** Présentant dorsale de la crête de la tête de *Merluccius merluccius*.

La bouche est largement fendue, le maxillaire s'étend jusqu'à la verticale du centre de l'œil, mâchoire inférieure dépassant légèrement la supérieure, les dents des mâchoires fortes et inclinables.

#### **4. Répartition et biogéographie de *Merluccius merluccius***

Depuis l'ère tertiaire, le Merlu existait. Des fossiles du Merlu ont été trouvés dans le Pacifique datant de l'Eocène et en Europe datant d'Oligocène (Alheit & Pitcher, 1995). Cette persistance est due à la flexibilité morpho-physiologique de l'espèce contre les contraintes



environnementales, sa large distribution verticale couvrant la côte et le talus, la période de reproduction est assez prolongée et la possibilité du cannibalisme surtout lors des importantes densités au sein d'une population (Orsi-Relini *et al.*, 2002).

Selon les dernières révisions, Lloris *et al.*, (2005) révèlent que le genre *Merluccius* est largement réparti géographiquement. Quoique certaines discontinuités sont bien nettes au niveau équatorial et les latitudes en voisinage, ce genre est présent dans les deux hémisphères Nord et Sud. En effet, *Merluccius* vit le long de la côte d'Europe (*M. merluccius*), de l'Ouest d'Afrique allant du Nord jusqu'au Sud (*M. senegalensis*, *M. polli*, *M. capensis*, *M. paradoxus*), du Nord-Est américain (*M. bilinearis*, *M. albidus*) du Sud-Est américain (*M. hubbsi*, *M. australis*, *M. patagonicus*) du Nord-Ouest américain (*M. productus*, *M. angustimanus*) du Sud-Ouest américain (*M. gayi*, *M. australis*) et de l'Est de New Zélande (*M. australis*) (Fig. 16).

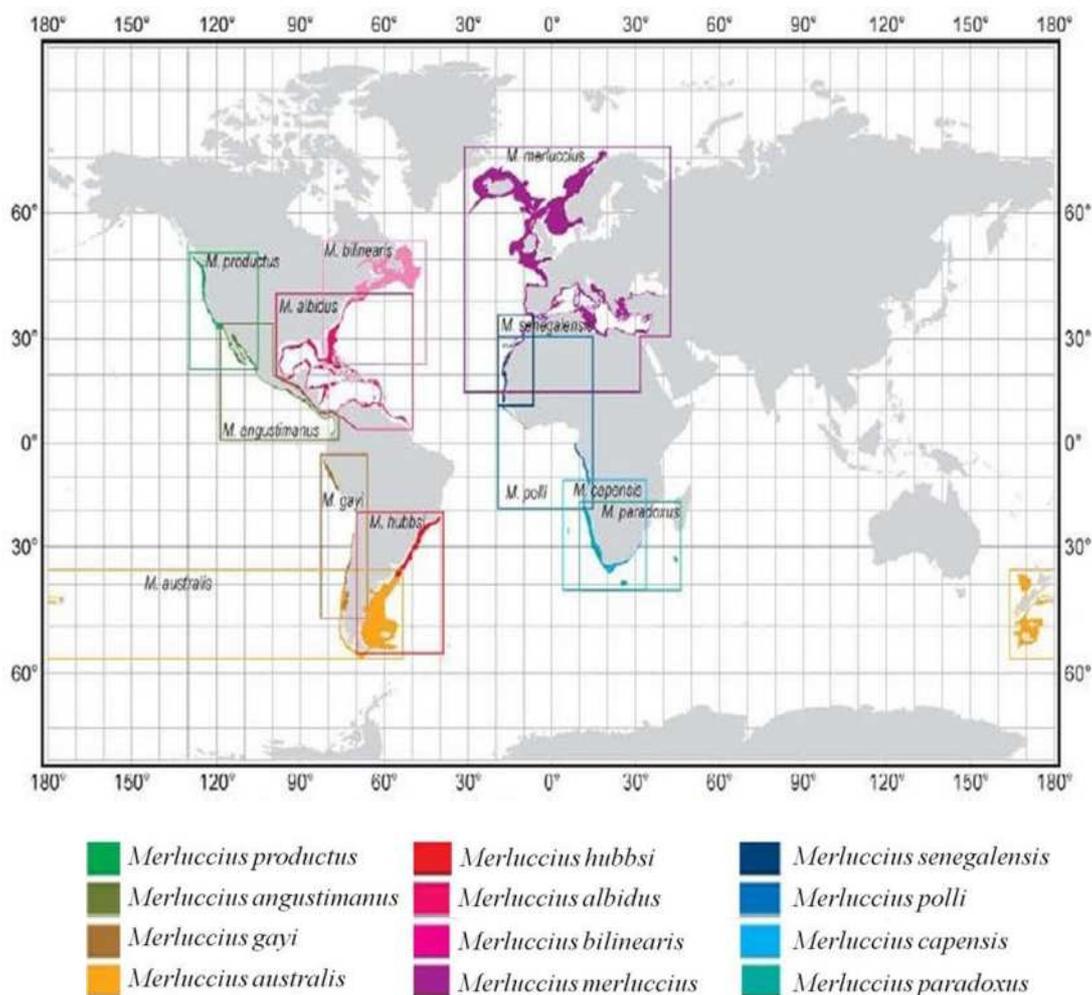


Figure 16 : Répartition géographique du genre *Merluccius* (Lloris *et al.*, 2005).



On remarque bien que la similarité morphologique entre les espèces et l'incertitude des relations phylogénétiques suggèrent l'application des techniques moléculaires. En effet, la participation de la génétique moléculaire jouait un rôle important pour estimer le degré de divergence, comprendre la relation phylogénétique et interpréter la biogéographie et la spéciation entre les espèces (Campo *et al.*, 2007).

Très peu de recherches, basées sur les informations génétiques, sont consacrées à l'étude de l'évolution du genre *Merluccius*. Roldán *et al.*, (1999) tracent une relation génétique entre 9 espèces seulement de *Merluccius* en se basant sur la variation dans 21 loci d'allozymes. Quinteiro *et al.*, (2000) analysent la variation des séquences de 450 paires de bases d'ADN de mitochondrie extraites du domaine gauche de la région de contrôle pour 26 individus de 11 espèces. Grant & Leslie (2001) font un bilan des données génétiques publiées précédemment et en rapport avec *Merluccius* et les combinent avec 20 nouvelles données sur loci d'allozymes. Campo *et al.*, (2007) se fondent sur des séquences mitochondriales et les gènes nucléaires pour déterminer les relations phylogénétiques et biogéographiques de 12 espèces.

Campo *et al.*, (2007) confirment ce qui a été dit par des anciennes études indiquant que *Merluccius* est apparu à l'Atlantique Nord au milieu de l'Oligocène (Kabata & Ho, 1981; Inada, 1981; Fedotov & Bannikov, 1989). Le stock ancestral était probablement divisé entre deux régions, notamment, la région Est incluant les espèces Euro-Africaines et celles de l'Ouest constituées des espèces américaines et plus précisément les espèces du Pacifique Est et Ouest de l'Atlantique (Roldán *et al.*, 1999; Quinteiro *et al.*, 2000; Grant & Leslie 2001). Les espèces du Pacifique ont pénétré par la péninsule de Panama (Inada, 1981; Ho, 1990). A propos de l'origine de *M. hubbsi*, certains proposent une origine de l'Est du Pacifique Sud (Inada, 1981; Szidat, 1955) mais d'autres contrastent par une dérive du stock du Nord-Ouest de l'Atlantique (Kabata & Ho, 1981 ; Ho, 1990). Les études génétiques récentes supportent l'hypothèse décrite par Inada (Roldán *et al.*, 1999 ; Quinteiro *et al.*, 2000 ; Grant & Leslie 2001).

D'après les dernières recherches *M. bilinearis* semble être la plus ancienne espèce (Campo *et al.*, 2007). La remontée de la péninsule de Panama est considérée comme étant le premier facteur permettant le processus de spéciation. Pour les espèces Euro- Africaines, des événements successifs de la différenciation géographique pouvant expliquer cette répartition. Au niveau américain, l'espèce merlu du Nord Atlantique, *M. bilinearis*, est distinctement séparée des autres espèces. Pour les espèces du Pacifique notamment, *M. productus*, *M.*



*angustimanus* et *M. gayi* se mettent ensembles à l'exception des trois autres espèces, *M. albidus*, *M. australis* et *M. hubbsi*. Sachant que *M. albidus* du Nord Atlantique est considérée comme étant le taxon frère du clade constitué des 2 Merlus déjà cités appartenant à l'Amérique de Sud. Dans le clade Euro-Africain, on différencie deux groupes :

- Le premier et celui de *M. capensis* et son groupe frère constitué de deux espèces qui se rapprochent beaucoup : *M. merluccius* et *M. senegalensis*
- Le deuxième groupe comprenant les deux espèces sœurs : *M. paradoxus* et *M. polli*.

*Merluccius merluccius* présente deux sous-espèces séparées par le détroit de Gibraltar (Villa *et al.*, 1990; Pla *et al.*, 1991), génétiquement (Pla *et al.* 1991; Roldan *et al.* 1999; Castillo *et al.*, 2003), chimiquement (Imsiridou & Triantaphyllidis, 1999) et enfin phylogénétiquement (Grant & Leslie, 2001).

Jusqu'aux nos jours, les études génétiques menées sur le Merlu sont exceptionnelles, mais viennent confirmer cette hétérogénéité entre l'Atlantique et la Méditerranée (Pla *et al.*, 1991; Roldán *et al.*, 1998; Lundy *et al.*, 2000; Castillo *et al.*, 2004). Ceci montre bien l'importance des paramètres environnementaux, comme la salinité et la température, dans la différenciation génétique et la distinction entre les divers stocks (Cimmaruta *et al.*, 2005), confirment l'existence de deux sous-espèces à savoir :

- 1- *Merluccius merluccius smiridus* Rafinesque, 1810 pour la population Méditerranéenne formant un stock à part ;
- 2- *Merluccius merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) pour la population de l'Atlantique qui se divise en deux stocks :
  - a- Celui du Nord nommé Nord-européen qui se répartit de la Norvège jusqu'au Sud du golfe de Gascogne ;
  - b- Celui du Sud-européen qui se distribue le long des côtes Ibériques (Laubier, 2003).

Pour le stock Méditerranéen, les études sont plus ou moins contradictoires. En effet, des techniques moléculaires montrent l'unicité du stock (Lo Brutto *et al.*, 1998; Lundy *et al.*, 2000; Levi *et al.*, 2004) et d'autres la coexistence de deux stocks pour le Merlu occidental l'un indigène et l'autre semblable à celui de l'Atlantique et qui se rencontre surtout dans le plateau Sud (Espagne) (Caddy, 1998).

*Merluccius merluccius*, comme nous l'avons avancé antérieurement est une espèce présentant deux sous-espèces séparées par le détroit de Gibraltar (Villa *et al.*, 1990; Pla *et al.*, 1991). Cette hypothèse est soutenue aussi par les données méristiques (nombre de vertèbres)



(Belloc, 1935 ; Cadenat, 1952 ; Maurin, 1968). Ainsi, la distinction entre les deux sous-espèces se base sur la comparaison des nageoires pectorale et ventrale par rapport à la tête et le calcul des indices métriques (Heldt, 1952; Matta, 1955; Bouhlal, 1973, 1975) en suivant la méthode proposée par Le Gall (1952).

- ✓ En conséquence, si les deux nageoires sont égales et que cette longueur étant égale à environ la moitié de celle de la tête, c'est qu'on est en présence de *M. merluccius smiridus* (Rafinesque, 1810) ;
- ✓ mais si la ventrale est moins longue que celle de la pectorale et la longueur de cette dernière étant égale à environ les 2/3 de celle de la tête, c'est donc *Merluccius merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758).
- ✓ Si la pectorale est inférieure à la ventrale, c'est *Merluccius merluccius lessepsianus*. Elle représente le seul spécimen examiné venant de la mer rouge enregistré pour la première fois comme étant *Merluccius* (20°00'N – 39° 00'E) (Lloris *et al.*, 2005).

La dernière étude moléculaire (Milano *et al.*, 2014) a montré que les stocks de l'Atlantique Nord et du Sud ne sembleraient pas constituer des populations génétiquement différenciées. En effet une discontinuité génétique a été trouvée dans la mer du Nord. Les stocks des merlus méditerranéens, actuellement gérés par les différents pays en fonction de GSA, sont attribuables à trois principaux groupes génétiques correspondant à l'Ouest, au centre et aux populations de la Méditerranée orientale, ce qui vient confirmer les études méristiques, de parasite et des données de pêche (Maurin, 1965; Orsi Relini *et al.*, 2002; Mattiucci *et al.*, 2004).

## 5. Répartition bathymétrique de *Merluccius merluccius*

En Sardaigne, Dupont (1970) constate que c'est surtout la taille maximale du Merlu qui augmente avec la profondeur et que la taille minimale ne suit que de loin, cette tendance. Les premiers travaux de Bouhlal (1973) montrant que vers la fin de l'hiver et le printemps le Merlu des côtes de Tunisie effectue lui aussi des déplacements du large vers la côte. Cet aspect semble être une caractéristique comportementale du Merlu confirmé par plusieurs auteurs. D'après Azouz (1974 et 1975), il semble que la taille augmente avec la profondeur malgré l'importance des captures des jeunes de 15 à 17 cm dans les grandes profondeurs. Tandis que dans la région du Golfe de Gabès, le Merlu est récolté en grande quantité, mais avec une taille moyenne.



Un bon nombre d'auteurs tels que Belloc, (1935); Maurin, (1954); Angeleseu *et al.* (1958); Zupanovic, (1986) annoncent que les jeunes peuplent les eaux côtières et les adultes se tiennent d'autant plus au large qu'ils sont âgés. Les observations faites à Bou-Ismaïl par Bouaziz *et al.* (1998), confirment la première de ces deux remarques ; en ce qui concerne la deuxième a été constatée à Béni-Saf et Annaba-El-Kala.

Khoufi *et al.* (2012a) montrent que l'espèce a une large répartition bathymétrique allant de la côte jusqu'aux grandes profondeurs, en effet, les individus sont présents entre 30 et 600 m, bien que la présence de l'espèce est faible pour des profondeurs supérieures à 400 m, le merlu est réparti tout le long des strates bathymétriques avec une abondance estimée à 8,23 kg.h<sup>-1</sup> au niveau de la strate 250 et 400 m et une abondance relativement importante estimée à 13,45 kg.h<sup>-1</sup> entre les isobathes comprises entre 50 et 200 m.

*Merluccius merluccius* est parmi les espèces démersales et bentho-pélagiques caractérisées par une importante ségrégation bathymétrique durant son ontologie. En effet, la répartition bathymétrique de cette espèce est liée au comportement éco-biologique de l'espèce (Maurin, 1954; Bartolino *et al.*, 2008), précisément du cycle de reproduction (Guichet, 1996 ; Bouaziz *et al.*, 1998) et le régime alimentaire (Bouaziz *et al.*, 1990 ; Maynou *et al.*, 2003) qui déterminent les principales migrations et la répartition géographique des différents groupes d'âge.

### III. Biologie de *Merluccius merluccius*

La biologie de l'ensemble des espèces du genre merlu est liée aux caractéristiques hydrodynamiques et écologiques du milieu dans lequel elles évoluent (Jeffrey & Taggart, 2000; Olivar *et al.*, 2003; Alvarez *et al.*, 2004), et les rapports entre le Merlu et son milieu sont semblables quel que soit le secteur géographique.

La connaissance de l'un des facteurs essentiels de l'écologie du Merlu, à savoir sa répartition bathymétrique permet de mieux comprendre les variations de croissance, du régime alimentaire et comment s'effectuent les migrations de l'espèce.

#### 1. Régime alimentaire de *Merluccius merluccius*

C'est un grand prédateur qui vit au fond des mers le jour et remonte la nuit pour chasser et s'alimenter. Ichtyophage et cannibale (Guichet, 1996) (Tab. 2), en plus, le Merlu est un prédateur carnivore situé en haut de la chaîne alimentaire avec peu de prédateurs et beaucoup de proies (Hickling, 1927; Guichet, 1995; Du Buit, 1996; Velasco *et al.*, 1998; Gonzales *et al.*, 2000 ; Mahé, 2005; Mahé *et al.*, 2007).



Le régime alimentaire du Merlu est assez varié (Guichet, 1995). Il évolue au cours de sa vie (Mahé *et al.*, 2007). Cette évolution peut être expliquée par une relation significative existant entre la taille du prédateur et la taille de la proie (Guichet, 1995 ; Velasco *et al.*, 1998 ; Gonzales *et al.*, 2000 ; Mahé *et al.*, 2007).

## 2. L'âge et la croissance de *Merluccius merluccius*

Depuis les années 30, de nombreuses études se sont penchées sur la détermination de la croissance du Merlu (Hickling, 1933; Belloc, 1935). Ces études décrivent des estimations de croissance très différentes, tant en Atlantique Nord-Est (Bagenal, 1954; Meriel-Busy, 1966 ; Guichet *et al.*, 1973; Robles *et al.*, 1975; Decamps & Labastie, 1978; Iglesias & Dery, 1981; Goñi, 1983; Goñi & Piñeiro, 1988; Guichet, 1988; Piñeiro & Hunt, 1989; Piñeiro & Pereiro, 1993; Morales-Nin *et al.*, 1998; Lucio *et al.*, 2000; Piñeiro & Sainza, 2003), qu'en Méditerranée (Aldebert, 1981; Aldebert & Carriès, 1989a; Orsi Relini *et al.*, 1989; Oliver, 1991; Recasens, 1992; Aldebert & Morales-Nin, 1992; Aldebert & Recasens, 1995, 1996; Morales-Nin & Aldebert, 1997; Moraes-Nin *et al.*, 1998; Garcia-Rodriguez & Esteban, 2002; Morales-Nin & Moranta 2004).

**Tableau 02** : Régime alimentaire du *Merluccius merluccius*.

Auteurs	Région	Taille des individus	Alimentation
Andaloro <i>et al.</i> , 1985; Orisi-Relini <i>et al.</i> , 1989; Bryckcart <i>et al.</i> , 2002; Ferraton <i>et al.</i> , 2007	Golfe de Lion	le stade larvaire	- Crustacés planctoniques : Ex : 90% d' <i>Euphausia krohni</i>
		Juveniles moins de 20 cm	- Crustacés Suprabenthiques : Ex : Euphausiacés, Mysidacés - Petits Poissons Démérsaux : Ex : Gobies
ICES, 2004 ; Kacher <i>et al.</i> , 2004; Ferraton <i>et al.</i> , 2007	Golfe de Lion	Merlus de 20-24 cm	- Régime pleinement piscivore : Maquereau ( <i>Scomber scomber</i> ), Anchois ( <i>Engraulis encrasicolus</i> ), Sardine ( <i>Sardina pilckardus</i> ), Chanchard ( <i>Trachurus sp.</i> ).
Bouaziz (1992)	Côte Algéroise	Merlus adultes	- Crevettes : Ex : Crustacés Natantia
Casey & Pereiro, 1995; Kacher <i>et al.</i> , 2004	Méditerranée	Merlus adultes	- L'importance du cannibalisme des juvéniles



Dans ces études, la croissance est estimée soit à partir de la lecture des otolithes, soit à partir des fréquences de taille (Tab. 03). L'interprétation de l'âge du Merlu à partir des macrostructures d'otolithes est particulièrement complexe du fait de la multiplicité des anneaux de croissance observés (Goni & Pineiro, 1988 ; Pineiro & Hunt, 1989; Guichet, 1996; Piñeiro & Sainza, 2003), qui du moins en Méditerranée ne sont pas formés en fonction des saisons (Morales-Nin *et al.*, 1998) et ne correspondent donc pas à des structures annuelles (Guichet *et al.*, 1973).

Les difficultés de lecture des otolithes du Merlu liées à leur structure et à leur forme sont à l'origine des divergences rencontrées lors de l'estimation de l'âge. Finalement, le groupe de travail merlu du CIEM a retenu les paramètres de croissance en longueur.

Selon ICES (2007), le merlu européen peut atteindre 1,40 mètres de longueur et un poids 15 Kg. Actuellement, on pense que sa durée de vie est de l'ordre de 12 ans. En plus, de nombreux auteurs ont décrit pour le Merlu européen, une croissance plus rapide des femelles, comparée à celle des mâles, aussi bien pour la population atlantique (Casey & Pereiro, 1995; Pineiro & Sainza, 2003) que méditerranéenne (Aldebert & Carries, 1989a; Recassens *et al.*, 1998; Bouaziz *et al.*, 1998b; Belhoucine, 2012).

**Tableau 03:** Les tailles maximales observées pour le Merlu dans différentes régions atlantiques et méditerranéennes.

Auteurs	Région	Sexe	Lt max (cm)
Aldebert & Recassens, 1995	Golfe du Lion	♂	72,8
		♀	100,7
Lucio <i>et al.</i> , (2000)	Baie de Biscay	♂	80
		♀	110
de Pontual <i>et al.</i> , (2006)	Baie de Biscay	♂	80
		♀	110
Jadaud <i>et al.</i> , (2006)	Golfe du Lion	♂	60
		♀	98
Mellon-Duval <i>et al.</i> , (2010)	Golfe du Lion	♂	72,2
		♀	100,7
El Habouz , (2011)	Atlantique centre-Maroc	♂	101,9
		♀	114,8
Bouaziz <i>et al.</i> , (1998a)	Bou-Ismaïl, Algérie	♂	100,7
		♀	80,6
Belhoucine, (2012)	Baie d'Oran, Algérie	♂	51,45
		♀	59,87



### 3. Reproduction de *Merluccius merluccius*

La reproduction du Merlu Européen se caractérise par le développement asynchrone des ovocytes, ce qui a été interprété comme la preuve d'une durée indéterminée de la fécondité au cours de l'année (Murua *et al.*, 1998). Cependant, cette stratégie de reproduction prolongée de cet Ostéichthyen peut augmenter le succès de survie de la progéniture (Dominguez-Petit *et al.*, 2008, 2009).

Les œufs du Merlu sont principalement retrouvés en bordure du plateau continental, majoritairement vers 100 mètres de fond (Olivar *et al.*, 2003) (Fig. 16). Selon Bjelland & Skiftesvijk (2006), les larves éclosent environ 4 jours après la fécondation (Belloc, 1929) et se concentrent au niveau des frayères (Lago de Lanzos, 1993 ; Fives *et al.*, 2001; Alvarez *et al.*, 2001). La transition entre les larves et les stades juvénile est observé après 30 jours de l'éclosion. A une taille d'environ 2,5 cm, les juvéniles rejoignent le fond (Morales-Nin & Moranta, 2004; Belcari *et al.*, 2006), majoritairement sur le plateau continental, avec des densités plus importantes sur les fonds de 100 à 200 m, et des abondances plus fortes au printemps (Recasens *et al.*, 1998).

Les zones de nourricerie sont généralement localisées sur des fonds vaseux, situés entre 75 et 120 m. La Grande vasière, dans le golfe de Gascogne (Bez *et al.*, 1995) et la grande sol au sud de l'Irlande ( Fives *et al.*, 2001) , sont les plus importantes nourriceries du merlu.

Le cycle de reproduction détermine les principales migrations et la répartition géographique des différents groupes d'âge: Après la phase larvaire, les juvéniles restent deux ans et demi sur les vasières, vers l'âge de trois ans (31 cm), ils migrent vers les eaux plus côtières puis se dispersent sur l'ensemble du plateau continental. Les adultes rejoignent ensuite le talus pour y pondre (Guichet, 1996).

Le Merlu montre une distribution de ses différents stades de vie fortement liée à la profondeur et le développement embryonnaire des œufs émis au niveau de la rupture du plateau continental et du haut de la pente (autour des 200 m) durant quelques jours (Coombs & Mitchell, 1982). Les larves ainsi produites vivent dans le plancton, où leur métamorphose en juvénile se déroule en moyenne en deux mois (Motos *et al.*, 2000, Morales-Nin & Moranta, 2004).

D'après (Oliver & Massutí, 1995 ; Belcari *et al.*, 2006 ; Orsi Relini *et al.*, 2002, Maynou *et al.*, 2003 ; Goñi *et al.*, 2004), l'installation des juvéniles dans les zones de



nourricerie du plateau continental, avec des abondances plus fortes sur les fonds de 100 à 200 m, a lieu pour des individus dont la longueur totale est de 2,5 à 3 cm. Les jeunes adultes sont répartis sur l'ensemble du plateau continental, et les adultes plus âgés vivent à des profondeurs plus importantes au niveau de la pente continentale et des têtes de canyons.

Les études déjà réalisées sur la reproduction de *Merluccius merluccius*, du côté Atlantique (Sarano, 1986 ; Lucio *et al.*, 2000 ; Fives *et al.*, 2001 ; Piñeiro & Saínza, 2003 ; Álvarez *et al.*, 2004 ; Murúa & Motos, 2006; Lannin, 2006 ; Domínguez-Petit, 2007 ; Silva *et al.*, 2007) ou bien dans la Méditerranée (Recasens *et al.*, 1998 ; Arneri & Morales-Nin, 2000 ; Morales-Nin & Moranta, 2004 ; Bouaziz & *al.*, 1998b ; Belhoucine, 2012), mentionnent des périodes de ponte qui s'étalent sur toute l'année (Tab.4).

**Tableau 04:** Synthèse des périodes de ponte du *Merluccius merluccius*.

Auteurs	Région	Période de ponte
Lago de Lanzós, 1993; Valencia <i>et al.</i> , 1989; Alvarez <i>et al.</i> , 2001	le Nord et le Nord-Ouest des eaux Ibériques	février et mars
Arbault & Lacroix-Boutin, 1969; Sarano, 1983; Martin, 1991; Casarino & Motos, 1996 ; Lucio <i>et al.</i> , 2000; Lannin, 2006.	le Golfe de Gascogne	entre janvier et mai
Clark, 1920; Coombs & Mitchell, 1982; Horstman, 1988; Fives <i>et al.</i> , 2001; Lannin, 2006.	Mer Celtique	entre avril et juin
Hickling, 1930; Hickling & Rutemberg, 1936; Fariña & Fernández, 1986.	Sud et à l'Ouest de l'Irlande	mars à juillet
Hickling, 1930; O'Brien, 1986	les eaux de de l'Ouest Ecosse	avril à juillet
Kvenseth <i>et al.</i> , 1996	les eaux Occidentales de la Norvège	août
Recasens <i>et al.</i> , 1998 ; Olivar <i>et al.</i> , 2003.	Golfe de Lion	s'étale sur toute l'année
Arneri & Morales-Nin, 2000	Mer Adriatique	Juin à août
Bouhlal, 1975.	Nord Tunisie	s'étale sur toute l'année
Bouaziz <i>et al.</i> , 1998b	Baie de Bou-Ismaïl	Janvier à mars et d'octobre à décembre
Belhoucine, 2012	Baie d'Oran	Janvier à mars et d'octobre à décembre



Bien que nombreuses, les études faites sur la reproduction du côté Atlantique et à l'Ouest de la Méditerranée, ne se sont jamais intéressées au *Merluccius merluccius* de la **Côte-Est algérienne**. De plus, la cinétique de l'ovogenèse n'a pas été détaillée pour cette espèce.

#### IV. Dénomination

Selon les pays *Merluccius merluccius* est connu par plusieurs noms locaux comme le montre le tableau 5.

**Tableau 05 :** Différents noms vernaculaires locaux du *Merluccius merluccius* (FAO. 2007.SIDP. Species Identification Sheets).

Pays	Nom local
Algérie	Merluzzo
Danemark	Kulmule
Egypte	Nazelli
France	Brochet de mer, Merlu commun, Merlu
Allemagne	Hechtdorsch, Seehecht
Angleterre	European hake
Grèce	Bakaliáros
Israël	Saai, Saqqaya
Italie	Merluzzo, Nasello
Malta	Marloz
Portugal	Pescada, Pescadinha
Espagne	Merfuza
Tunisie	Nasalli
Turkie	Berlam

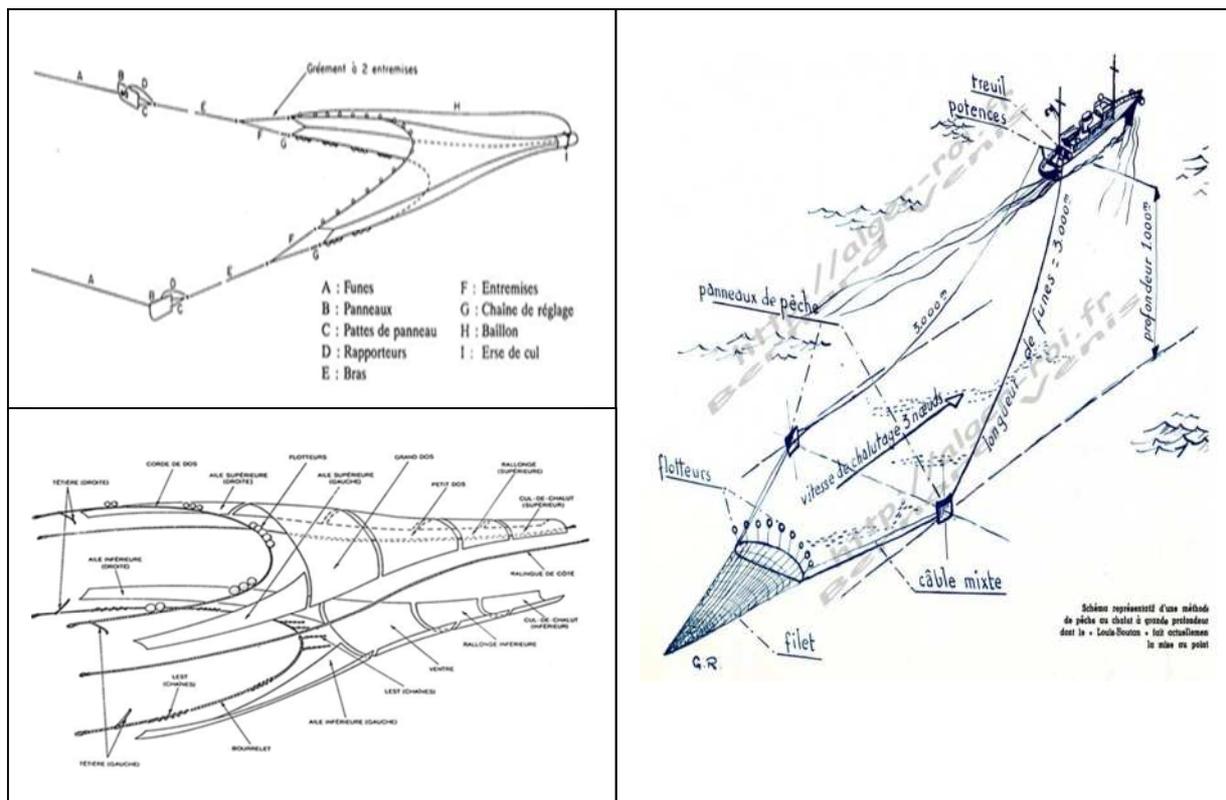
#### V. La pêche du Merlu en Algérie

La pêche du Merlu, en Algérie est essentiellement convoitée vers le Merlu blanc (*Merluccius merluccius*). La population du Merlu blanc en Méditerranée algérienne est considérée comme un seul stock. La flottille d'Algérie est composée de plus de 4000 unités de pêche (chalutiers, senneurs, petits-métiers) distribuée sur 29 ports, ciblant plusieurs espèces démersales dont le Merlu et espèces pélagiques. Leur production annuelle est d'ordre de 150 mille tonnes par an (FAO, 2007). Les débarquements de Merlu en Algérie durant la période de 1950 à 2006 est d'environ 55700 T (FAO, 2007). La pêche au Merlu est réalisée principalement par les chalutiers, mais aussi par les petits métiers (filets fixes et palangres de fond).



Les engins les plus utilisés sur le littoral Algérien sont les chaluts de fond de type espagnol (le HUELVANO et le MINIFALDA), le chalut de fond type français (le CHARLESTON) et le chalut de fond de type italien (MAGLIOUCHE), et le chalut semi pélagique (04 faces). Le principe de la technique de pêche au chalut est le même quelque soit le type de filet et le procédé de remorquage utilisé.

En l'occurrence au niveau des différents ports du littoral Algérien, le chalut espagnol (MINIFALDA) est essentiellement employé. Ce chalut est un filet dérivé de l'engin utilisé dans l'île ibérique. Son introduction en Algérie remonte vers la fin du XIXe siècle (Kadari, 1984). Ce type de gréement est un chalut de fond à deux faces, à panneaux ovales (Fig. 17). Il est constitué des nappes de filets à petits maillages 100 mm au niveau des ailes jusqu'à 40 mm au niveau de la poche (sac ou cul du chalut). Il est muni d'une corde de dos de 40 m, de flotteurs de 28 litres et d'un lest (bourelet) de 38 à 45 kg de chaînes. Ce chalut, dessiné pour la capture d'animaux benthiques vivants près du fond, tels que poissons plats, raies et crevettes mais aussi de poissons démersaux comme le rouget et le Merlu.



**Figure 17 :** Vue d'ensemble d'un chalut de fond, à deux faces (FAO, 2007). A : chalut de fond à panneaux, à deux faces. B : pièces constitutifs d'un chalut de fond. C : Schéma représentatif d'une méthode de pêche au chalut à grande profondeur.



Les difficultés d'accès aux sites rocheux profonds ont aggravé la pression sur les autres zones ciblées par la pêche artisanale en particulier les fonds littoraux, surtout la première zones de pêche convoitée pour la reproduction du poisson, facilement accessibles en raison de leur faible profondeur et de leur proximité de la côte. C'est aussi malheureusement une zone où se concentre la quasi-totalité des frayères le plus souvent localisées dans les herbiers. Cette zone privilégiée est fragilisée sous l'effet conjugué de la multiplication des engins dormants et de l'activité anthropique. Une autre source de dégradation concerne le chalutage; bien que ce dernier soit interdit au-dessus de l'isobathe 50 m et de 40 m dans le golfe de Béjaïa, des incursions sont signalées régulièrement.

Ainsi, la pêche littorale qui aurait pu être considérée comme une pêche relativement peu nocive, provoque des dégâts mal évalués, faute d'étude d'impact à ce sujet. Le problème devient encore plus épineux quand cette pêche se pratique à proximité de sites classés ou en voie de l'être. Le Décret Arrêté du 4 Rabie El Aouel 1425 correspondant au 24 avril 2004 fixe les limitations d'utilisation des chaluts pélagiques, semi pélagiques et du fond dans le temps et dans l'espace (MPRH, 2004).

**En conclusion**, nous avons noté que *Merluccius merluccius* est une espèce qui est dotée d'une large répartition présentant deux sous-espèces séparées par le détroit de Gibraltar.

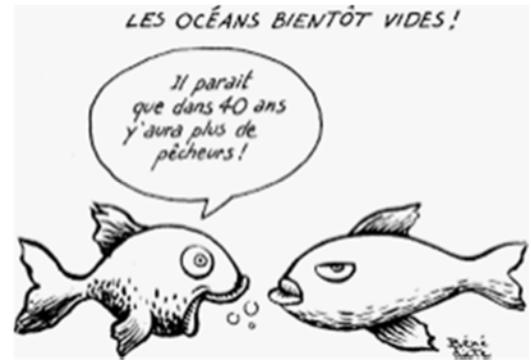
C'est une espèce qui se reproduit au niveau de la rupture du plateau continental « **canyon continental** ». A l'éclosion, deux phases marquent le cycle de vie du Merlu à savoir la phase pélagique et benthique.

Le Merlu compte parmi les espèces de poissons blancs exploités en Algérie, ciblé par la pêcherie chalutière et artisanale, exploité par plusieurs engins.

Le Merlu est caractérisé par sa large distribution verticale et horizontale allant de 50 m jusqu'à plus de 600 m. Comme il est abondant durant toute les saisons et tout le long du littoral Algérien.

La taille réglementaire pour pêcher le Merlu en Algérie est de **20 cm**.

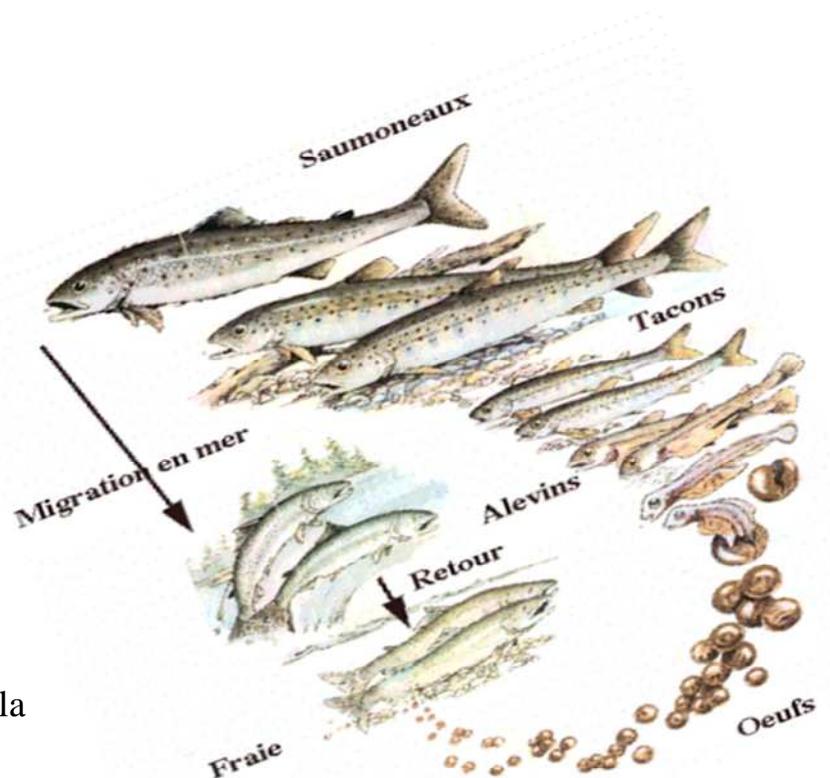
On croit que je compte les poissons.  
Non.  
Je scrute leur âme, je lis leurs rêves  
et ils envahissent les miens.  
Les gens pensent que c'est con un poisson.  
C'est faux.  
Ils savent se taire, car seul le poisson connaît  
le goût de l'hameçon.



---

*Troisième partie*  
*Biologie de croissance de Merluccius merluccius*

---



Le poisson est un animal dont la croissance est excessivement **rapide** entre le moment où il est pris et le moment où le pêcheur en fait la description à ses amis



---

---

***Etude de l'âge et de la croissance de Merluccius merluccius  
du secteur Est Algérien***

**I. Introduction**

L'étude de la croissance est une approche très délicate en halieutique. Afin de la réaliser, chaque biologiste des pêches essaye de trouver la méthode qui s'adapte le mieux aux données de base (couples de données taille-âge) et choisit le modèle qui décrit le mieux la relation entre ces deux variables (Sidibé, 2003).

Les études d'âge et de croissance sont fondamentales pour connaître la chronologie des différentes phases du cycle de vie d'une espèce. Pour les premiers stades de vie, les informations obtenues peuvent aider à comprendre les facteurs qui déterminent le succès du recrutement. Pour les adultes, elles sont utilisées pour comprendre les événements vitaux comme l'âge à la première maturité, mais aussi pour déterminer l'effet de la pêche sur les stocks, améliorer leur gestion et optimiser l'effort de capture pour espérer une production maximale équilibrée (Jones, 1983).

Le développement des recherches sur l'aménagement rationnel des pêches et la dynamique des stocks exploités a provoqué un regain d'intérêt pour les méthodes de détermination précise de l'âge (Daget & Le Guen, 1975).

En biologie halieutique, l'étude de l'âge des poissons est fondamentale pour une meilleure connaissance de la dynamique des populations et la gestion des stocks (Casselman, 1987; Bach & Chauvelon., 1994; Cailliet *et al.*, 2001). En effet, les données acquises constituent la base des calculs menant à la connaissance de la croissance linéaire et pondérale, la mortalité et le recrutement des stocks étudiés (Campana, 2001) et peuvent aussi être intégrées dans des modèles de dynamique des populations, nécessaires aux calculs de production et de rendement de la pêche.

L'estimation de l'âge par la scalimétrie se fait à partir de l'observation et du dénombrement des marques de croissance saisonnières sur les écailles ; leur préparation est très simple, ce qui est un avantage. La méthode comporte quelques inconvénients : la mise en place des écailles ne se fait pas immédiatement à l'éclosion ; les écailles arrachées régénèrent et sont inutilisables, en raison de l'absence de marques de croissance dans la région régénérée (Meunier, 1988).

L'otolithométrie traite les marques de croissance des otolithes qui sont comptées et interprétées. Elles sont couramment utilisées pour estimer l'âge des poissons depuis 1899



quand [Reibisch](#) a observé que des anneaux se formaient dans les otolithes.

Aujourd'hui, il est même possible à partir des différentes pièces calcifiées (otolithe, écaille, squelette), de reconstituer l'histoire individuelle des organismes vivants. Ainsi, au niveau de l'otolithe, par exemple, l'analyse microchimique permet de décrypter, même chez les jeunes poissons, la période de formation de marques journalières par le biais de marqueurs spécifiques ([Lagardere et al., 1997](#); [Pothin et al., 2006](#)).

Les méthodes statistiques dites « indirectes » qui consistent à étudier la structure de taille d'une population sont beaucoup plus aisées à mettre en place que les méthodes directes et surtout moins coûteuses. L'analyse des données est basée sur l'identification rétrospective des modes qui représentent la structure de taille et correspondant aux diverses cohortes qui composent la population. Généralement, ces méthodes sont appliquées à un groupe d'individus, qui donnent un âge moyen pour certaines catégories.

Le Merlu est parmi les espèces qui ont fait couler beaucoup d'encre dans ce cadre aussi bien en Atlantique qu'en Méditerranée. La recherche sur la croissance et l'âge du Merlu présente une large littérature dévoilant que la croissance demeure parmi les anciennes problématiques étudiées jusqu'aux nos jours ([Hickling, 1933](#); [Belloc, 1935](#); [Bagenal, 1954](#); [Meriel-Busy, 1966](#) ; [Bouhlal, 1975](#); [Robles et al., 1975](#) ; [Descamps & Labastie, 1978](#); [Iglesias & Dery, 1981](#); [Aldebert, 1981](#) ; [Goñi, 1983](#); [Guichet, 1988](#) ; [Aldebert & Carriès, 1988](#); [Goñi & Piñeiro, 1988](#); [Piñeiro & Hunt, 1989](#); [Orsi-Relini et al., 1989](#); [Oliver, 1991](#); [Recasens, 1992](#); [Aldebert & Morales-Nin, 1992](#); [Piñeiro & Pereiro, 1993](#); [Morales-Nin & Aldebert, 1997](#) ; [Morales-Nin et al., 1998](#); [Bouaziz et al., 1998a](#) ; [Morales-Nin & Moranta, 2004](#) ; [de Pontual et al., 2003, 2006](#) ; [Ferraton, 2007](#) ; [Courbin et al., 2007](#) ; [Mellon-Duval et al., 2010](#) ; [Otxotorena et al., 2010](#) ; [Khoufi et al., 2012](#)).

L'étude de la macrostructure des otolithes n'était pas conclusive, l'étude des micro-stries ont permis d'améliorer les connaissances de la croissance du Merlu durant ses premiers stades de vie aussi bien en Méditerranée ([Morales-Nin & Aldebert, 1997](#) ; [Arneri & Morales-Nin, 2000](#) ; [Morales-Nin & Moranta, 2004](#) ; [Belcari et al., 2006](#)) qu'en Atlantique ([Kacher & Amara, 2005](#); [Piñeiro et al., 2008](#)).

Le suivi de l'histoire de l'estimation d'âge pour le Merlu montre deux hypothèses qui ont été supportées :

➤ La première, classe le Merlu comme étant une espèce à croissance lente ([Hickling, 1933](#) ; [Meriel-Busy, 1966](#) ; [Guichet et al., 1973](#) ) ;



➤ La deuxième, la classe comme étant une espèce à croissance relativement rapide (Belloc, 1935 ; Bagenal, 1954).

Cette dernière a été confirmée par les expériences de marquages, en Atlantique dans le Golfe de Gascogne (de Pontual *et al.*, 2003) et en Méditerranée dans le Golfe du Lion (Mellon-Duval *et al.*, 2010) qui ont confirmé la sous-estimation des paramètres de croissance estimés lors des études antérieures (de Pontual *et al.*, 2003 ; 2006).

L'objectif de cette partie est la détermination de la structure de taille de la population, sa croissance, son âge, ainsi que la relation taille poids de l'espèce *M. merluccius*, au niveau de la zone d'étude et établissant une base de données spécifique pour notre zone d'étude. La connaissance de ces paramètres permet aussi d'établir certains modèles mathématiques de dynamique des populations et de réaliser des analyses démographiques. Les équations de croissance peuvent servir également à comparer des populations d'une même espèce géographiquement distantes. Ces paramètres de croissance constituent une donnée indispensable pour une bonne compréhension de la biologie générale des populations de *M. merluccius* (Daget & Le Guen, 1975a, 1975b; Laurec & Le Guen, 1981; Meunier, 1988).

L'étude de la croissance consiste essentiellement à établir une relation entre une variable mesurable (taille ou poids), caractérisant un individu et son âge.

Une revue détaillée en a été faite par Beverton & Hote (1957), Ursin (1967), Gulland (1971), Sparre & Venema (1996) et Pauly & Moreau (1997), dans le but d'appliquer des modèles mathématiques pour exprimer la croissance chez les poissons.

Deux modèles mathématiques sont habituellement employés pour exprimer la croissance des poissons:

- Le modèle de **Gompertz** exprimé par cinq paramètres.
- Le modèle de **Von Bertalanffy** exprimé par trois paramètres.

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 relatifs à la dynamique des populations de poissons (modèles pour l'estimation de la production notamment). Ainsi, lui préfère-t-on généralement le modèle de Von Bertalanffy (1938) qui est fondé sur des considérations biologiques théoriques relatives au métabolisme des organismes.



Ce modèle est largement répandu en biologie des pêches du fait que son emploi est plus souple et couramment le mieux qui s'adapte pour exprimer la croissance individuelle en longueur et en masse. 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 changements morphologiques manifestés d'une espèce à une autre et entre les populations des différents habitats et /ou régions (Gonçalves *et al.*, 1998).

## II. Matériel et méthodes

La collecte des échantillons a été effectuée :

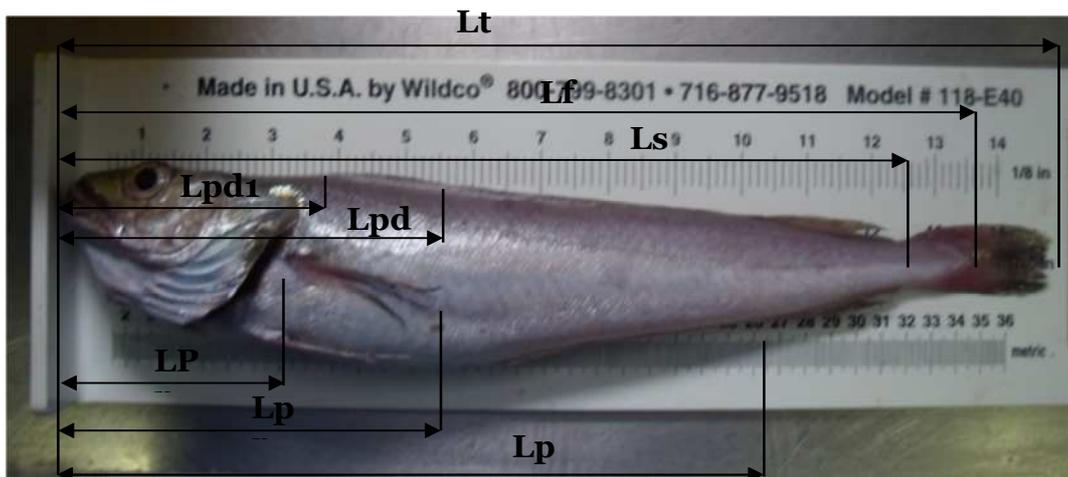
En 2014, durant la période de juin à juillet, lors de la campagne scientifique de chalutages expérimentaux de poissons démersaux sur le bateau de recherche ministérielle Grine Belkacem gérée par l'équipe du CNRDPA.

En 2015/2016, un échantillonnage mensuel a été effectué durant un cycle biologique de 12 mois. L'échantillonnage provient de la flottille chalutière et des petits métiers des ports de pêche de Béjaïa, Jijel et Annaba.

Nous avons échantillonné un total de **1690** spécimens dont **806** dans le Golfe de Béjaïa, **466** dans la Baie de Jijel et **415** dans le Golfe d'Annaba.

Immédiatement après débarquement du poisson par les pêcheurs dans différents sites d'étude, notre échantillonnage est acheminé directement au laboratoire sous glace sèche dans une glacière. Une fois au laboratoire et pour aborder les différentes parties de notre étude, à savoir la morphométrie, la détermination de la structure de taille de la population, l'âge et la croissance, la relation taille-poids, la mortalité, la reproduction et le taux d'exploitation de l'espèce *Merluccius merluccius* de la Côte-Est algérienne, un ensemble de mesures et de prélèvements ont été faits à savoir:

- Mesure des différentes longueurs en cm à l'aide d'un ichtyomètre;
- Mesure du poids total (**Pt**), et du poids somatique (**Ps**) et le poids du poisson éviscéré (**Pev**) avec une balance analytique;
- Extraction et pesée des poids du foie (**Pf**), et le poids des gonades (**Pg**) à l'état frais après identification macroscopique des sexes;
- Extraction, pesée, mesure et confection des otolithes.



**Figure 18:** Différentes mesures effectuées sur *Merluccius merluccius* échantillonné dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba. Lt: longueur totale; Lf: longueur à la fourche; Ls: longueur standard. Lpa: longueur Pré-anale; Lpd1: longueur de la première pré-dorsale; Lpd2: longueur de la deuxième pré-dorsale; LP: longueur pré-pectorale ; Lpp: longueur post- pectorale

## 1. Démographie et structure de la population

Une première étape a été la détermination de la structure de taille de la population provenant des prélèvements mensuels. L'objectif est de constituer et obtenir une image fiable de la structure démographique des populations du Merlu de la zone d'étude.

## 2. Techniques morphométriques

La morphologie de chaque poisson est caractérisée par 2 types de données: les dimensions des différentes parties du corps (caractères métriques) et les caractères méristiques.

### A. Caractères méristiques

Les caractères méristiques de mérist = partie, sont des critères permettant la définition de race ou population ou encore d'unités de stock, au sein d'une même espèce.

### B. Caractères métriques

Les indices métriques entre les différentes parties du corps du poisson ont été mesurés, les résultats obtenus nous ont permis de confirmer ou d'infirmer la stabilité morphologique en fonction du sexe et de la taille du poisson. Sur chaque poisson, 08 mensurations ont été effectuées :

1 : longueur totale (Lt); 2 : longueur standard (Ls) ; 3 : longueur à la fourche (Lf) ;



4 : longueur de la première pré-dorsale (Lpd1) ; 5 : longueur de la deuxième pré-dorsale (Lpd2) ; 6 : longueur pré-pectorale (Lpp) ; 7 : longueur post-pectorale (Lpp) ; 8 : longueur pré-anale (Lpa).

Les mesures sont effectuées sur des poissons frais, à l'aide d'un ichtyomètre et d'un compas à pointes sèches.

### C. Analyse statistique

Afin de déceler d'éventuelles différences entre les caractères méristiques en fonction des sexes, nous avons effectué une analyse statistique utilisant le test t de Student à 2 échantillons à l'aide d'un logiciel statistique (Minitab, version 13.2).

Pour les caractères métriques, les différentes parties du corps mesurées sont exprimées en fonction de la longueur totale (Lt). Etant donnée les variations de certains de ces rapports au cours de la croissance du poisson et afin de mettre en évidence les changements relatifs de ces dimensions, nous avons utilisé la méthode des moindres rectangles (axe majeur réduit) préconisé par Teissier (1948):

$$y = a x^b$$

Où :

b: pente de la droite; a: ordonné à l'origine;

y et x: dimensions mesurées sur un même individu.

La comparaison statistique du coefficient "t" d'allométrie de cette équation avec la valeur 1 est réalisée par le test de Student (Dagnélie, 1975) :

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

Où :

r: coefficient de corrélation;

b: coefficient d'allométrie (pente); n: nombre de couples de données.

La valeur de  $t_{\text{obs}}$  est comparée à celle de "t" théorique =  $t_{1-\alpha/2}$  (selon table de Student) ou  $\alpha = 0,05$ , ainsi, 2 cas peuvent se présenter:

- Si  $t_{\text{obs}} \leq t_{1-\alpha/2}$ : on accepte l'hypothèse, la différence n'est pas significative et  $b = 1$ , il y a donc une isométrie entre les 2 paramètres étudiés.
- Si  $t_{\text{obs}} > t_{1-\alpha/2}$ : on rejette l'hypothèse, la différence est significative entre la pente et la valeur théorique, il y a donc une allométrie minorante ou négative, si  $b < 1$ , ou allométrie majorante ou positive, si  $b > 1$ .



➤ **L'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA) :**

La comparaison entre les différentes stations d'étude réalisée à l'aide de l'analyse de la variance à un facteur contrôlé (zone) (Dagnélie, 2000).

- Si  $p > 0,05$  : il n'existe pas des différences significatives.
- Si  $p \leq 0,05$  : il existe des différences significatives\*.
- Si  $p \leq 0,01$  : il existe des différences hautement significatives entre les saisons\*\*.
- Si  $p \leq 0,001$  : il existe des différences très hautement significatives entre les saisons\*\*\*.

**3. Techniques d'estimations des âges et de la croissance**

Selon Laslett *et al.*, (2002), la croissance est un des processus majeurs de la biologie des poissons et constitue un des processus clés des modèles structurés en longueur (Chen *et al.*, 2003). Un « bon » modèle doit conjointement décrire la croissance moyenne et la variabilité interindividuelle de croissance (Sainsbury, 1980 ; Laslett *et al.*, 2002 ; Chen *et al.*, 2003).

La connaissance de l'âge et du processus de croissance constitue un aspect fondamental de l'étude de la démographie et de la dynamique des populations de poissons. Cette connaissance permet de mettre en place une politique rationnelle de gestion des pêches (Casselman, 1987; Bach & Chauvelon, 1994; Cailliet *et al.*, 2006; Panfili *et al.*, 2002; Santana *et al.*, 2006).

Pour établir un modèle de croissance, de mortalité ou de recrutement, il est nécessaire de connaître l'âge des poissons (Laurec & Le Guen (1981), *in* Mahé *et al.*, 2009).

**3.1. Détermination de l'âge**

Chez les populations naturelles, l'âge est déterminé selon trois approches différentes:

- Méthode directe par lecture des pièces anatomiques : écailles (scalimétrie), otolithes (otolithométrie), des os (squelettochronologie) ;
- Méthode de marquage (Micha, 1971; Daget & Le Guen, 1975) ;
- Méthode indirecte par méthode statistique en étudiant la distribution d'un caractère mesurable quelconque (caractère métrique), et la répartition de cette distribution en classe d'âge (Do-Chi, 1977).

**A. Méthode directe**

Elle s'accomplit par la lecture des lignes d'arrêt de croissance ou *annulii* inscrites sur les diverses pièces anatomiques, la sclérochronologie. L'écaille est un bon modèle et un outil de choix pour une première approche biologique d'une espèce et surtout pour le suivi



individuel des poissons (Bougis, 1952). Toutefois, le choix de la pièce osseuse pour la lecture des anneaux de croissance dépend et varie d'une espèce à une autre. Les fonctions de croissance peuvent aussi différer d'une espèce à une autre, mais également entre 2 stocks à l'intérieur de la même espèce et avoir des valeurs différentes selon les zones de répartition biogéographique.

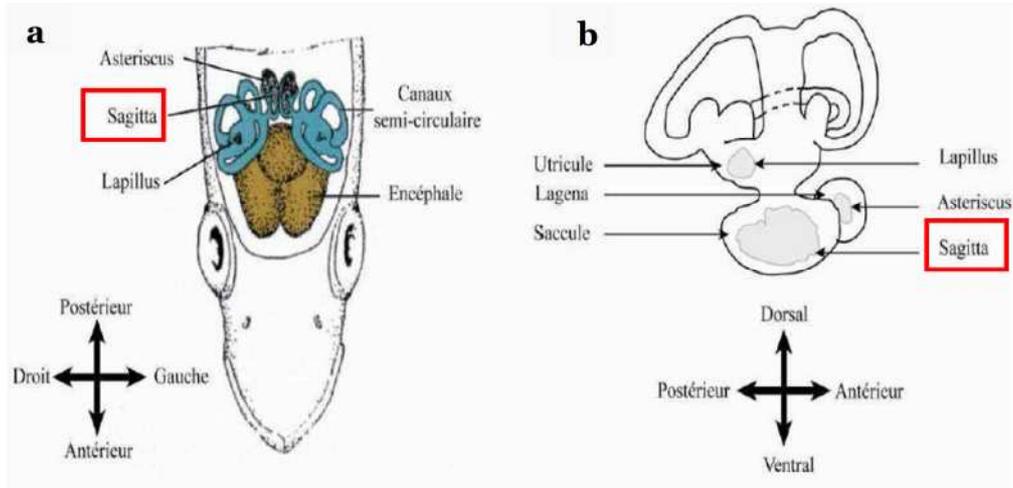
Aujourd'hui, il est possible à partir des différentes pièces calcifiées comme les otolithes de reconstituer l'histoire individuelle des organismes vivants. Ainsi, dans l'otolithe, l'analyse microchimique permet de décrypter, même chez les jeunes poissons, la période de formation de marques journalières par le biais de marqueurs spécifiques (Lagardere *et al.*, 2000; Pothin *et al.*, 2003). L'estimation des âges à partir des otolithes ne cesse d'évoluer sur le plan méthodologique et technologique.

#### ➤ **Méthode otolithométrique**

L'otolithe vient du mot grec «oto» qui désigne l'oreille, et «lithos» qui signifie pierre, il s'agit, donc de la «pierre de l'oreille», sensible à la pesanteur et à l'accélération c'est l'organe de l'équilibre. Au cours de ces dernières années, depuis la mise en évidence et l'analyse de marques de croissance supposées journalières (Panella, 1971), l'intérêt des otolithes s'est encore accru. En effet, elles apparaissent comme de véritables "mémoires enregistreuses" où s'inscrivent non seulement l'âge mais aussi tous les éléments marquants de la vie de l'individu (résorption du sac vitellin, changement d'habitat, maturité sexuelle, reproduction, stress,..) (Baillon, 1992) sans aucune altération car elles restent protégées par la boîte crânienne (Raymonde, 1999).

Les poissons osseux (Ostéichthyens), possèdent trois sacs otiques par oreille, chacun contenant une structure calcaire appelée « **otolithe** ». Les 3 sacs sont: le *sacculus* (**saccule**), l'*utricle* (**utricule**) et la *lagena*, qui contient respectivement la *sagitta*, le *lapillus* et l'*asteriscus* (Fig. 19).

Chez la plupart des espèces, la *sagitta* est le plus grand des otolithes, souvent visible à l'œil nu et c'est donc le plus utilisé dans les études d'estimation de l'âge (Fig. 20). Dans la littérature, le terme «otolithe» est souvent utilisé pour décrire une seule des 3 paires, généralement la paire de *sagittae*, d'où la nécessité de le définir dans toute étude (Panfili *et al.*, 2002).

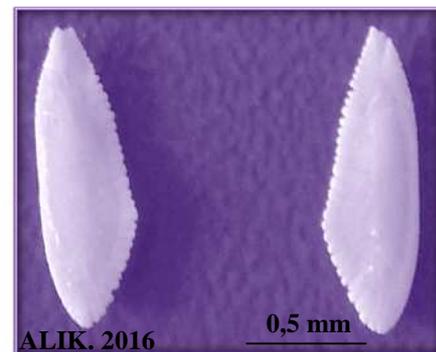


**Figure 19:** Schémas montrant la position des otolithes de l'oreille interne chez les téléostéens (a), l'anatomie de l'oreille interne (b) et la position des otolithes dans les sacs otiques (Secor *et al.*, 1992).

#### ➤ Technique d'extraction des otolithes

Une section transversale de la tête est pratiquée sur la partie postérieure du crâne, en passant à travers la région inférieure de l'os pré-operculaire. La tête entière est coupée et la partie antérieure est séparée du reste du corps.

La partie postérieure du cerveau contenant le bulbe rachidien est alors visible dans la partie supérieure du crâne et les 2 cavités des oreilles internes sont localisées latéralement et sous le cerveau. Les otolithes ou *sagittae* sont directement prélevés avec des pinces fines (Fig. 20).

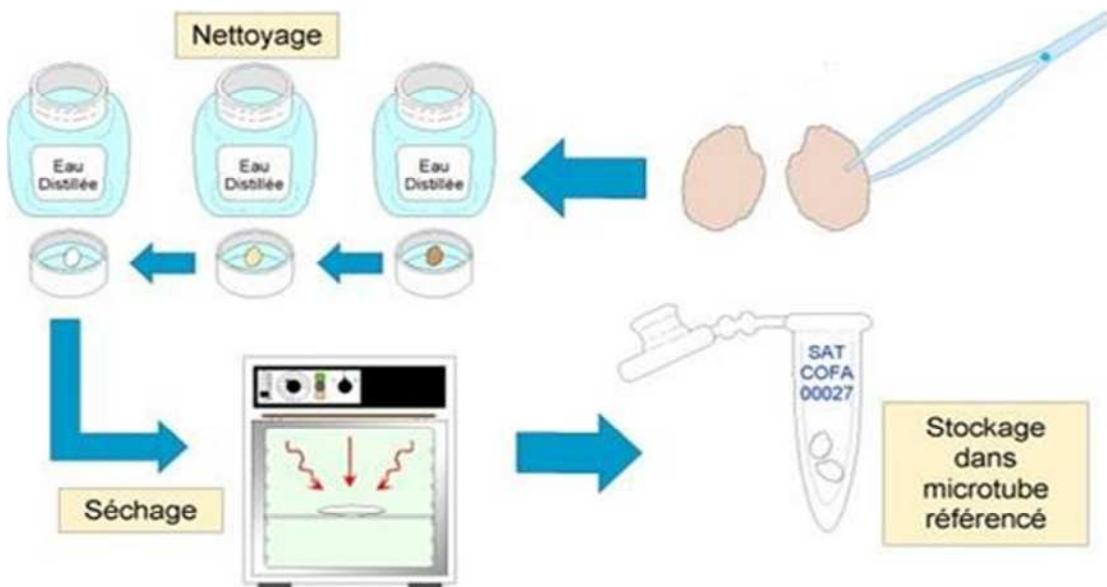


**Figure 20:** Paires d'otolithes *sagittae* de *Merluccius merluccius* des Côtes-Est Algérienne.

#### ➤ Protocoles de nettoyage et de conservation des otolithes

Afin d'ôter les tissus de la *macula* et du vestibule adhérent après la dissection, les otolithes sont rincés dans 3 bains successifs d'eau distillée puis 1 bain d'alcool (75 %) et nettoyés mécaniquement en supprimant les tissus avec des pinces fines ou à la main.

Ensuite, ils sont séchés par exposition à l'air à une température ambiante ou dans une étuve à 30°C, puis placés dans des microtubes (type Eppendorf) référencés pour une observation et études ultérieures. Enfin ils sont stockés dans un endroit frais et obscur (Panfili *et al.*, 2002) (Fig. 21).



**Figure 21:** Protocole de nettoyage et de stockage des otolithes (Panfili *et al.*, 2002).

Les difficultés de lecture des otolithes du Merlu liées à leur structure et à leur forme sont à l'origine des divergences rencontrées lors de l'estimation de l'âge. Finalement, le groupe de travail sur le Merlu du CIEM a retenu les paramètres de croissance en longueur.

### B. Méthode de Marquages

Une autre méthode directe est la technique du marquage/recapture à l'aide des marqueurs chimiques ou celles d'implants externes ou internes. Le marquage a pour but de faciliter le repérage des poissons pour suivre l'évolution des paramètres biologiques dont fait partie la croissance en longueur et en poids, lorsque l'espèce et son environnement s'y prêtent et les résultats sont fonction du nombre de poissons que l'on repêche.

### C. Méthode indirecte

La méthode de [Bhattacharya \(1967\)](#), dont le protocole d'application est légèrement modifié par [Gayanilo \*et al.\* \(2005\)](#), a été retenue pour la détermination de la clé âge-longueur, suite aux recommandations du groupe de travail DYNPOP de la CIESM ([Abella \*et al.\*, 1995](#); [Aldebert & Recasens, 1995](#); [Alemany & Oliver, 1995](#)) et celle de [Campana \(2001\)](#). Cette méthode a nécessité l'exploitation du logiciel **FISAT II version 1.2.0** ([Gayanilo \*et al.\*, 2005](#)). C'est une analyse des compositions en taille des captures, qui permet d'identifier les différents groupes d'âges présents, en se basant sur l'hypothèse que chaque groupe d'âge possède une distribution gaussienne des tailles individuelles et une taille modale qui lui est propre.

De nombreuses analyses de pêcheries dépendent d'estimations exactes et fiables des structures en âge des captures. D'après [Panfili et al. \(2002\)](#), il est impossible de connaître l'âge absolu «âge véritable» d'un poisson prélevé au hasard dans son environnement naturel, la détermination de l'âge par la lecture directe nécessite dans tous les cas **une validation**.

La méthode préconisée dans notre travail est la méthode indirecte pour la détermination de l'âge. Notre choix s'est porté sur cette méthode en raison de non disponibilité de matériel adapté, de l'insuffisance ou de la difficulté de lecture des otolithes et des écailles.

### 3.2. Modélisation de la croissance

#### A. Modèle de croissance somatique linéaire

La croissance de poisson est traduite par les variations des longueurs  $L_t$  en fonction du temps mise en évidence par l'analyse de l'évolution de la structure des populations en taille et en âge) (Fig. 22). Il est défini par deux phases :

- Une phase souvent exponentielle, ne pouvant pas se poursuivre indéfiniment ;
- Une phase décrivant un ralentissement aboutissant à une taille limite.

Suit à la non disponibilité des moyenne de lecture des pièces calcifère, principalement les otolithes et vu le coût des opérations de marquage et la difficulté du suivi de la croissance en captivité, actuellement, le modèle de [Von Bertalanffy, \(1938\)](#) constitue notre seul recours pour estimer les paramètres de la croissance linéaire du merlu des deux sexes séparés et combinés du merlu de la population du secteur Est algérienne ainsi que pour toutes les stations ciblés.

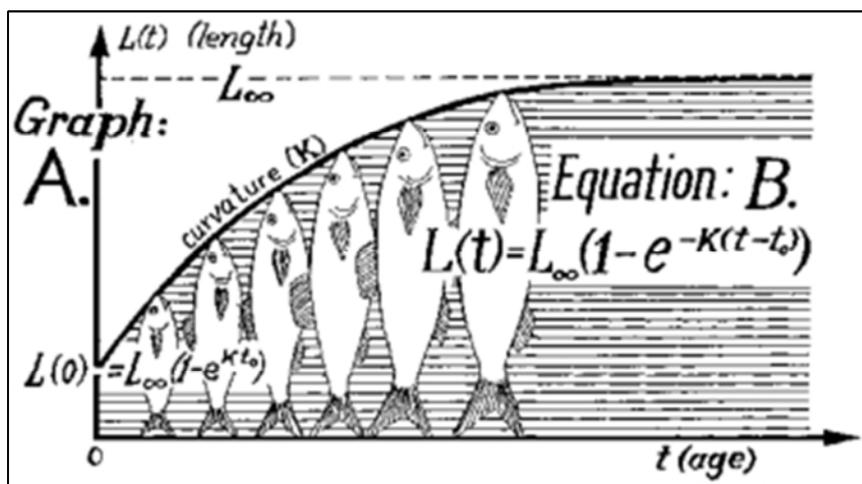


Figure 22 : Modèle de croissance de [Von Bertalanffy, \(1938\)](#).



Comme chez tous les êtres vivants évolués, la vitesse de croissance tend à diminuer au fur et à mesure que la taille augmente. L'équation décrit la croissance individuelle exprimée en poids ou en longueur dans le temps et sa formule s'adapte à la plupart des données de croissance observées. Elle s'écrit comme suit:

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

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

Où:

$L_t$  et  $W_t$ : longueur et poids moyenne du poisson à l'instant  $t$  (cm);

$L_\infty$  et  $W_\infty$ : longueur et poids asymptotique (cm) qui serait atteinte à l'âge théorique infini;

$K$ : coefficient de croissance ( $\text{an}^{-1}$ ) caractérisant

$t_0$ : âge théorique pour lequel la taille du poisson en cm la vitesse avec laquelle l'espèce croît vers sa taille asymptotique; est nulle ( $L_t = 0$  cm). La valeur de  $t_0$  n'a pas de signification biologique (Knight, 1968).

L'expression mathématique de Von Bertalanffy (1938) fait apparaître trois paramètres d'ajustement:  $L_\infty$ ,  $K$  et  $t_0$  déterminés dans le cas de la présente étude par le logiciel New VONBIT (Stamatopoulos, 2005). Le paramètre  $t_0$  peut être déterminé à partir de la taille moyenne du premier mode observé, par la relation suivante:

$$t_0 = 1 + \frac{\ln(1 - \frac{L_1}{L_\infty})}{K}$$

Où:

$t_0$ : est l'âge conventionnel théorique pour lequel le poisson a une longueur nulle;

$L_1$ = taille moyenne du premier mode correspondant au premier groupe d'âge;

$K$  et  $L_\infty$ = paramètres de croissance de l'équation de Von Bertalanffy (1938).

Nous pouvons considérer qu'une cohorte (groupe d'âge) représente une sous population, de ce fait,  $L_\infty$  correspondant est calculée à partir de la formule de Taylor (1962) in Pauly (1997):

$$L_\infty = L_{max} / 0,95$$

Où:

$L_{max}$ : dernière valeur de la taille du plus grand poisson mesuré dans un stock échantillonné en tenant compte de toutes les gammes de tailles.

Les différents paramètres de cette équation ( $L_\infty$ ,  $K$ ,  $t_0$ ) établis pour *M. Merluccius*, nous ont permis de calculer la longueur théorique pour chaque groupe d'âge et de tracer les courbes de la croissance linéaire théorique.



Le **test phi prime ( $\Phi'$ )** utilisé pour comparer les paramètres de croissance de la même espèce du même stock ou stocks différents (Munro & Pauly, 1983 ; Pauly & Munro, 1984). L'indice de performance de croissance (Phi prime  $\Phi'$ ) a été calculé pour comparer nos résultats avec ceux obtenus dans d'autres régions. Il a été déterminé à partir des valeurs de  $L_\infty$  et K selon la formule de Pauly & Munro (1984):

$$\Phi' = \text{Log}_{10} K + \text{Log}_{10} L_\infty$$

Ce test repose sur la découverte de Pauly (1979) qui a montré que les valeurs de **Phi-prime** sont très semblables à l'intérieur des taxa voisins et qu'elles ont des distributions normales étroites (Sparre & Venema, 1996).

Les paramètres de croissance sont estimés à partir du logiciel Fishparm pour les mâles et les femelles distinctement. Vu le nombre faible des adultes, un ajustement du modèle a été réalisé en fixant la longueur totale ( $L_\infty$ ) à 110 cm (de Pontual *et al.*, 2006). Comme nous avons fixé la taille du merlu à l'âge de 1 an, ainsi la  $t_0$  à la valeur de zéro, la valeur de k a été estimée selon le nouveau modèle ajusté.

## B. Relation taille-poids

L'étude de la relation taille-poids répond à 2 objectifs:

- La détermination du poids des individus dont on connaît la taille (Beyer, 1991) ;
- La description des formes de l'embonpoint au cours de la croissance (Richter *et al.*, 2000).

Ces objectifs présentent un intérêt pratique dans les modèles d'exploitation raisonnée des populations des ressources halieutiques.

Corrélativement, la relation d'allométrie qui permet d'interpréter les changements de forme des poissons en fonction de la taille est exprimée par la formule suivante:

$$W_t = a * L_t^b$$

Où:

$W_t$ : poids total du poisson en g ;

$L_t$ : longueur totale (cm) ;

a: constante de proportionnalité;

b: coefficient d'allométrie, (souvent proche de 3); ce dernier renseigne sur la proportionnalité des croissances pondérale et linéaire.

Cette relation de type allométrique permet de convertir les tailles mesurées en données pondérales et par transformation logarithmique on peut linéariser cette équation sous la forme :

$$\log W = b \log L + \log a$$



Cette transformation réduit la variabilité et d'homogénéiser les deux variables (poids total ou éviscéré et longueur totale). Ce qui permet de calculer par la méthode des moindres carrés les valeurs des paramètres « **a** » (pente) et « **b** » (ordonnée à l'origine) de cette droite.

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  $\alpha = 5\%$  à l'aide du test *t* de Student (Dagnélie, 2011):

$$t_{obs} = \frac{|b^2 - b_0^2| \sqrt{n-2}}{2b * b_0 \sqrt{1-r^2}}$$

Où:

- $t_{obs}$ : *t* observé ;
- n: Effectif;
- b: Pente;  $b_0$ : Pente théorique ( $b_0 = 3$ );
- r: Coefficient de corrélation.

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

- Si  $t_{obs} \leq t_{théorique}$ , il y a une **isométrie** ( $b = 3$ ), le poids croit proportionnellement à la longueur ;
- Si  $t_{obs} > t_{théorique}$  on a 2 situations:
  1. Si  $b < 3$ , l'allométrie est **minorante**, le poids croit moins vite que la longueur ;
  2. Si  $b > 3$ , l'allométrie est **majorante**, le poids croit plus vite que la longueur.

Dans ce présent travail, les relations longueur totale-poids total et longueur totale-poids éviscéré des spécimens ont été établies pour les femelles, les mâles et toute la population.

### C. Modèle de croissance pondérale

La courbe théorique de croissance pondérale résulte de la combinaison entre l'équation de croissance linéaire d'une part, et celle de la relation taille-poids d'autre part, sachant que le poids est lié à la taille par la relation:  $Wt = a * Lt^b$ , et que le modèle décrivant la croissance linéaire en fonction du temps est celui de Von Bertalanffy, nous pouvons admettre que la relation:

$$Wt = W_{\infty} (1 - e^{-k(t - t_0)})^b$$

Où:

$W_{\infty}$  est calculé à partir de l'équation (Ricker, 1975).



$$W_{\infty} = a * L_{\infty}^b$$

Où:

$W_t$ : le poids total du poisson à l'instant t en g;

$W_{\infty}$ : le poids correspondant à  $L_{\infty}$ ;

a: le coefficient d'allométrie où la pente de la droite exprimant la relation taille-poids sous sa forme logarithmique.

Les paramètres k et  $t_0$  sont ceux de l'équation de la croissance linéaire absolue. Tous les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy étant connus, nous avons calculé le poids pour chaque groupe d'âge.

### 3.3. Analyse statistique

Pour mettre en évidence une relation entre les différents paramètres métriques, nous avons utilisé le coefficient de corrélation linéaire de Bravais-Pearson. Ce coefficient de corrélation « r » mesure l'intensité du lien qui existe entre les 2 caractéristiques ou variables quantitatives quelconques pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire.

Par exemple, pour 2 caractéristiques quelconques x et y, le coefficient de corrélation est déterminé par la formule suivante:

$$r = cov(x, y) / sX * sY$$

Où:

Cov (x, y): la covariance de x et y;

sX et sY: les écarts-types de x et y.

Ce coefficient est compris entre -1 et +1. Il est, en valeur absolue, d'autant plus proche de 1 que la liaison entre les 2 séries d'observation est nette pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire. En revanche, si le coefficient de corrélation est nul, ou presque nul, cela signifie que les 2 caractéristiques ne sont pas corrélées entre elles.

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



### III. Résultats et discussions

Les résultats s'articulent autour de 5 parties, nous abordons la morphométrie où nous mesurons les paramètres méristiques et métriques avant de structurer les âges, d'apprécier le suivi des croissances et d'étudier la mortalité pour finalement aborder l'état d'exploitation des stocks de *Merluccius merluccius* pêchées le long de la côte Est algérienne.

#### 1. Structure en tailles et en poids moyens de l'échantillon

Les merlus échantillonnés dans la côte-Est algérienne sont au nombre de 1690 spécimens (Tab. 06 ; Fig. 23). Sur l'ensemble du matériel biologique, 186 individus à sexe indéterminé soit **11 %** n'ont pas été pris en considération.

Les résultats ont été raffinés comme suit :

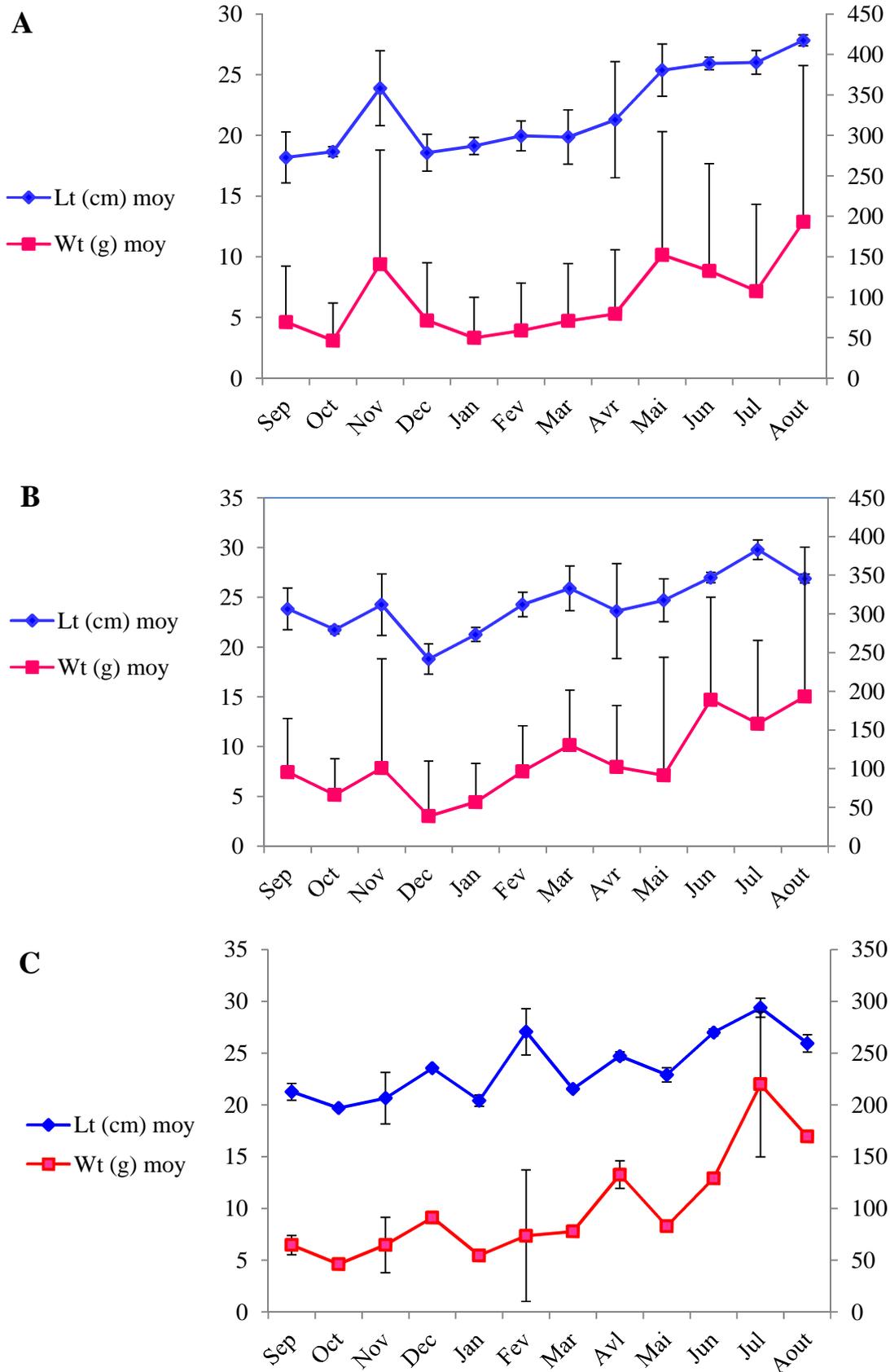
- **Le Golfe de Béjaïa** : 528 femelles, de tailles comprises entre 15,6 et 64,2 cm avec (Lt moy =  $23,76 \pm 5,91$  cm) et des poids qui s'étend entre 15,45 et 1200,65 g avec (Wt moy =  $116,95 \pm 112,21$  g), alors que celles des 202 spécimens mâles, de tailles comprises entre 15,6 et 32,8 cm avec (Lt moy =  $21,04 \pm 2,25$  cm) et ont des poids qui se situent entre 19,75 et 268,75 g avec (Wt moy =  $78,39 \pm 27,11$  g) (Fig. 23A).

- **La Baie de Jijel** : 246 femelles, de tailles comprises entre 15,8 et 43,7 cm avec (Lt moy =  $24,26 \pm 4,01$  cm) et des poids qui s'étend entre 25,3 et 500,25 g avec (Wt moy =  $110,59 \pm 59,97$  g), alors que celles des 158 spécimens mâles, elles se situent entre 16,8 et 33,8 cm avec (Lt moy =  $24,4 \pm 3,17$  cm), et ont des poids qui se situent entre 43,3 et 268,75 g avec (Wt moy =  $78,39 \pm 27,11$  g) (Fig. 23B).

- **Le Golfe d'Annaba** : 154 femelles, de tailles comprises entre 16,2 et 41,3 cm avec (Lt moy =  $23,40 \pm 3,07$  cm) et des poids qui s'étend entre 95,3 et 500,25 g avec (Wt moy =  $97,91 \pm 35,25$  g), en plus de 216 spécimens mâles, de tailles qui se situent entre 15,9 et 34,9 cm avec (Lt moy =  $23,95 \pm 3,48$  cm) et ont des poids qui s'étend entre 21,15 et 331,6 g avec (Wt moy =  $103,13 \pm 43,98$  g) (Fig. 23C).

**Tableau 06** : Effectifs de *Merluccius merluccius* échantillonné de la côte Est algérienne.

Zones	N(♂)	N(♀)	N(Imm)	Total
Béjaïa	202	528	79	806
Jijel	158	246	62	466
Annaba	216	154	45	415
<b>Total</b>	576	928	186	1690



**Figure 23 :** Structure mensuelle de la taille totale (Lt) (cm) moyenne et du poids total (Wt) (g) moyen de *Merluccius merluccius* échantillonné dans les différents sites d'étude.

A: Golfe de Béjaïa; B: la Baie de Jijel; C: le Golfe d'Annaba.



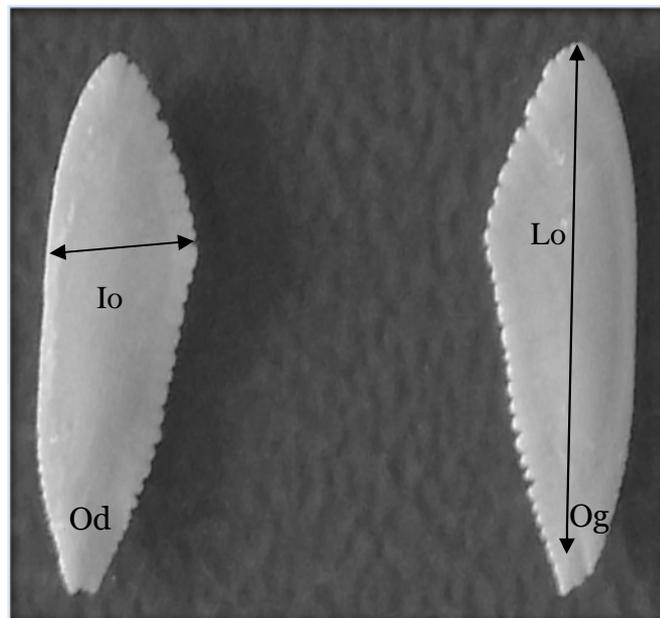
Généralement, au dessus de 30 cm de longueur totale, les femelles sont dominantes, mais au delà de cette taille, les proportions des mâles deviennent de plus en plus importantes et la dominance se fait soit au profit des mâles, soit au profit des femelles.

## **2. Evaluation de la croissance des otolithes de *M. merluccius* de la Côte-Est Algérienne**

Avant d'entamer une étude de l'âge, nombreux halieutes conseillent de tester d'abord la dépendance entre la longueur du poisson ( $L_t$ ) et les différentes longueurs de l'otolithe ainsi que sa surface ( $L_o$ ,  $l_o$  et  $S_o$ ) basé sur le coefficient de corrélation qui mesure l'intensité de la liaison entre les 4 caractères étudiés. Chez 1690 poissons: 648 femelles et 649 mâles, sont prises en considération pour prendre les mesures nécessaires sur dont 200 paires d'otolithes ont été retenues pour l'étude de la relation  $L_t$  et taille de l'otolithe.

### **2.1. Relation longueur totale des individus et taille d'otolithe**

Un total de 200 paires d'otolithes (Fig. 24) prélevés chez des individus de *Merluccius merluccius* dans différentes zones d'études ciblées (Golfe de Bejaia, Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba) de  $L_t$  comprises entre 6,64 et 15,99 cm ont été examinés.



**Figure 24:** Paires d'otolithes *sagittae* droit (Od) et gauche (Og) observés sous loupe binoculaire de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne (Alik, 2018).



Le test d'homogénéité avec  $t_{obs} = 0,57$  et  $t_{obs} = 0,43$  respectivement pour Lo, Io, confirme la similitude métrique entre les otolithes gauches et droits (Tab. 07). Le test d'égalité des moyennes par classes de tailles des otolithes droits (Lod) et gauches (Log) confirme cette analogie métrique des *sagittae* (Fig. 25). De ce fait, nous avons retenu la *sagittae* droite pour l'étude biométrique.

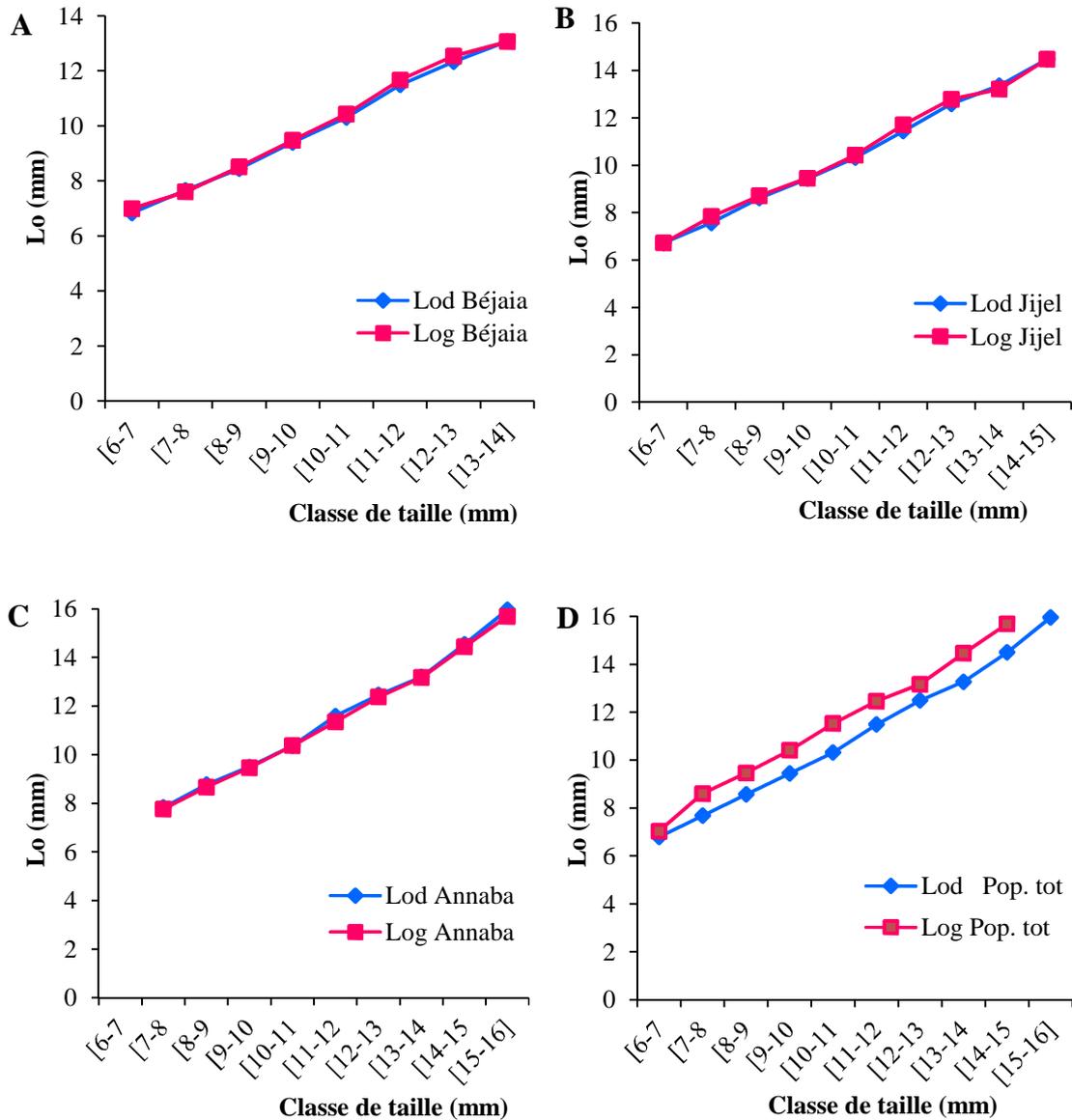
L'analyse de la relation entre la longueur, la largeur et la surface des otolithes droits et la taille totale des poissons Lt tout sexe confondu ne montre pas de différence significative car dans tous les cas  $p > 0,05$ .

**Tableau 7:** Résultats du test de comparaison (t de Student) des caractères métriques des otolithes *sagittae* gauches et droites chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.

Zone	Param-ètres	N°	Lt min	Lt max	Lt moy± Ecartype	tobs	t théo	Type d'hypothèse	P	Signification
Golfe de Béjaia	Lod	80	6,45	13,08	8,89±1,48	0,53	1,96	AH	0,92	n.s
	Log	80	6,65	13,06	8,87±1,42	0,45			0,67	
Baie de Jijel	Lod	80	6,47	14,69	10±1,73	0,67	1,96	AH	0,85	n.s
	Log	80	6,47	14,61	10,21±1,6	0,48			0,92	
Golfe d'Annaba	Lod	80	7,69	15,99	10,73±2,15	0,52	1,96	AH	0,89	n.s
	Log	80	7,55	15,95	10,74±2,21	0,46			0,99	
Secteur Est Algérien	Lod	240	6,45	15,99	9,93±1,94	0,57	1,96	AH	0,88	n.s
	Log	240	6,65	14,61	9,89±1,9	0,43			0,9	

N° : nombre d'otolith ; Lt min : taille minimale ; Lt max : taille maximale;  $P > 0,05$ : n.s, différence non significative, AH: hypothèse d'égalité des 2 moyennes acceptées car  $t_{obs} \leq t_{théo}$ .

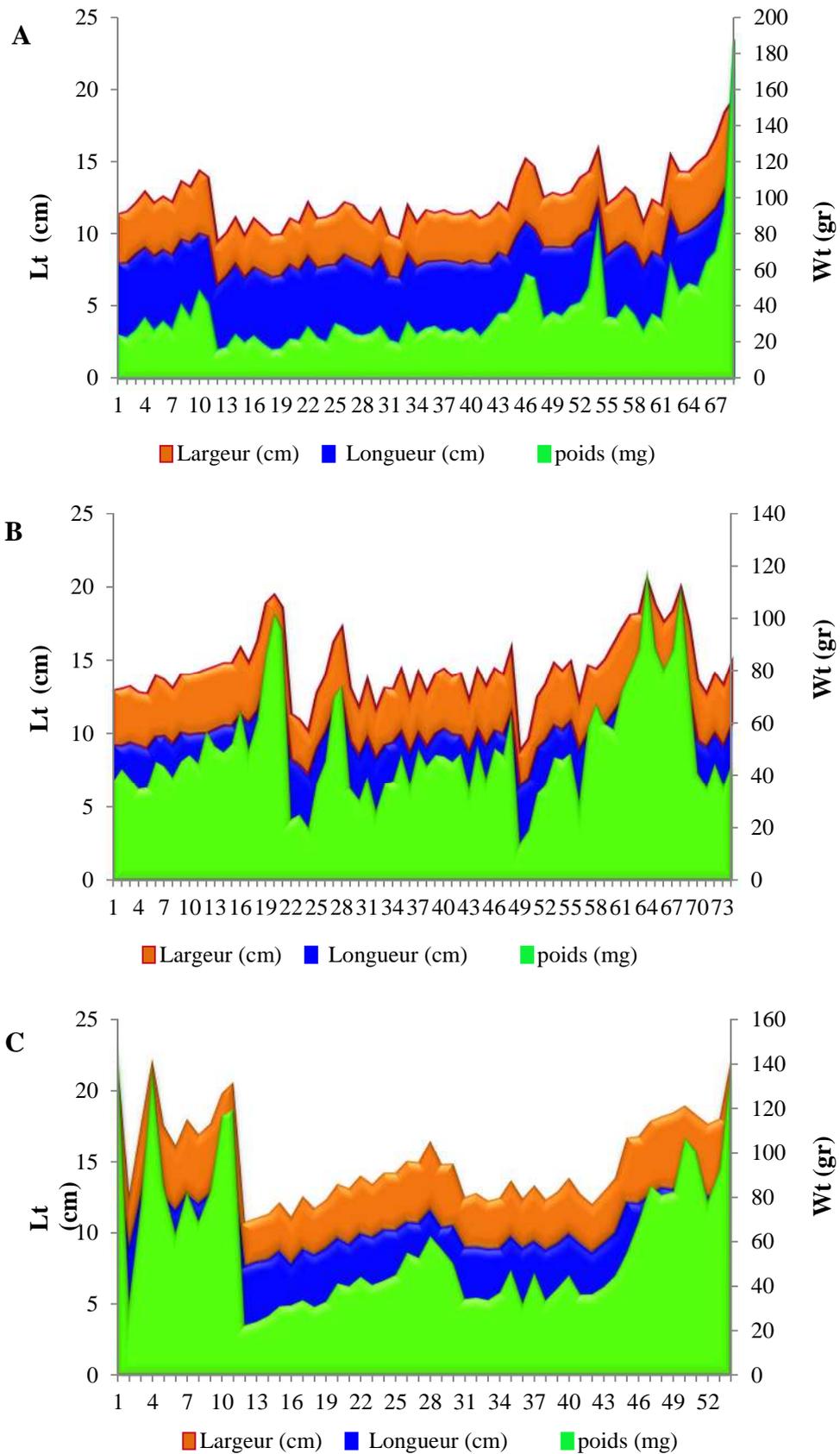
Noter la similitude entre Lod et Log quelle que soit la classe de taille. Les mesures des paramètres des otolithes, révèlent l'existence d'une corrélation très hautement significative avec la longueur totale. En effet, les valeurs de r varient entre 0,89 pour la relation Lod-Lt et 0,88 pour Log-Lt avec  $p \leq 0.001$ . La longueur et la largeur de la *sagittae* droite ont une croissance minorante (-), par rapport à la taille totale du poisson.



**Figure 25:** Représentation des moyennes de la longueur des otolithes droites (Lod) et gauches (Log) chez *M. merluccius*, pêchée dans les eaux du secteur Est Algérien. **A** : dans le Golfe de Bénéjaïa ; **B** : dans la Baie de Jijel ; **C** : dans le Golfe d'Annaba ; **D** : La population de la Côte-Est Algérienne.

## 2.2. Relation entre la taille, la largeur et le poids des otolithes chez *M. merluccius*

La taille, la largeur et le poids des otolithes croissent simultanément d'une manière linéaire, elles sont rapides puis ralentissent pour se stabiliser à l'âge adulte. La planche 26, montrent les fluctuations de ces trois paramètres d'un individu à un autre et en fonction des zones d'étude ciblées chez le Merlu pêché le long du secteur Est Algérien.



**Figure 26:** Représentations de l'évolution des paramètres de croissance: longueur, largeur et poids de *Merluccius merluccius* pêché dans différents sites d'étude.  
A : Golfe de Béjaïa ; B : Baie de Jijel ; C : Golfe d'Annaba.



### 3. Analyse statistique

#### ➤ Analyse des composantes principales : ACP

L'analyse a été effectuée sur une matrice de 300 individus et 09 variables : Lt, Lf, Ls, Pt, Pev, Lod, Log, Pod, Pog. Les deux premiers axes (Tab. 08) reconstruisent 96,45% de l'information. Nous pouvons nous limiter au plan principal I-II, pour les variables et les individus ; pour plus de précision, ont été considérés les 3 axes du nuage.

Les coefficients de corrélation entre les variables initiales et les axes principaux (Fig. 27) mettent en évidence les contributions de chacune de ces variables dans la construction de ces axes. Trois variables Lt, Lf, Ls sont bien représentées contribuent à la formation du I<sup>er</sup> axe ( $r > 0,89$ ). Les variables Lod, Log, Pod, Pog contribuent à la formation de II<sup>ème</sup> axe ( $r > 0,90$ ) et enfin les deux variables Io et Lo contribuent relativement à la formation de II<sup>ème</sup> et III<sup>ème</sup> axes ( $r > 0,89$ ).

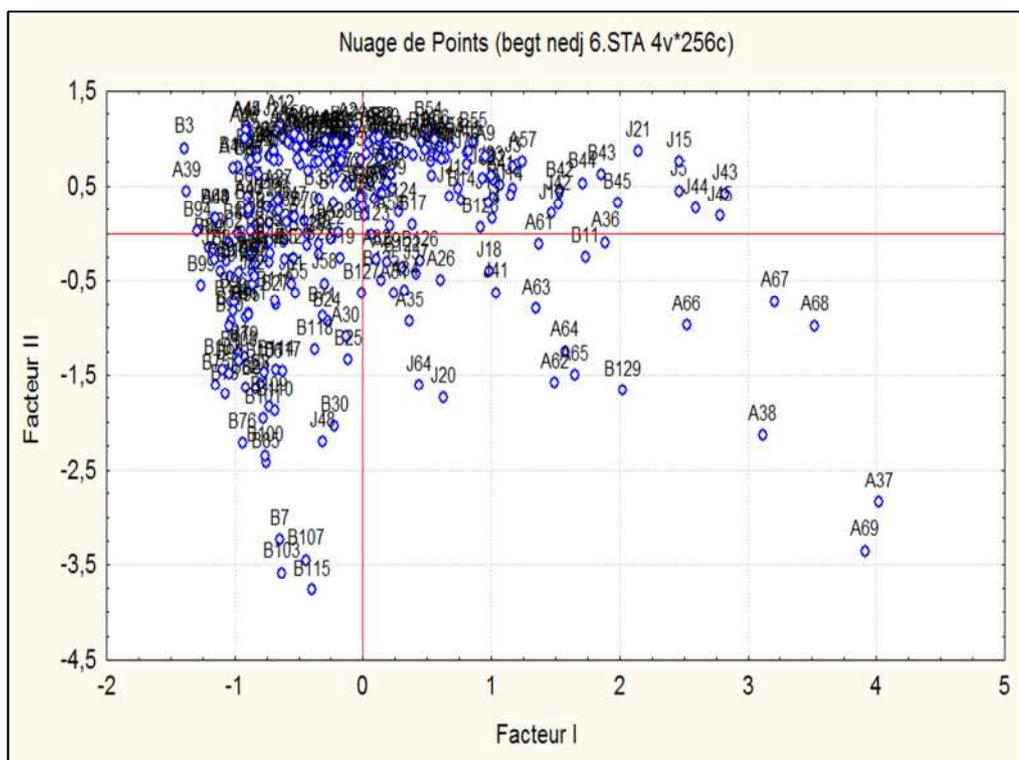
**Tableau 08 :** Contribution des variables à la formation des axes I, II et III (méthode d'extraction : Varimax brut). Poids Factor. (Varim. Brut)  
Extraction: Composantes Princ. (Poids marqués > ,700000).

	Fact. 1	Fact. 2	Fact. 3
<b>L<sub>T</sub></b>	0,968288	0,146676	0,111776
<b>L<sub>F</sub></b>	0,978741	0,146026	0,095138
<b>L<sub>S</sub></b>	0,97517	0,165514	0,091134
<b>Lod</b>	0,976726	0,042964	0,04458
<b>Log</b>	0,017281	-0,99507	0,097476
<b>Pod</b>	-0,415139	-0,815713	-0,401498
<b>Pog</b>	0,354586	-0,857612	-0,35468
<b>Var Expl</b>	3,856310	1,63763	0,22554
<b>Prp. Tot</b>	0,762184	0,367938	0,1233757

Pour plus de précision, la projection des paramètres mesurés sur l'ensemble des individus dans le plan I-II (Fig. 27) forme globalement deux nuages de points :

- le premier nuage est formé par la majorité des individus des trois régions.
- le second comporte les représentants de la région de Jijel et d'Annaba à droite du graphe. Quelques individus ont tendance à s'isoler à l'extrême droite du graphe (Fig. 27).

L'examen de leurs coordonnées permettra de trouver leurs caractéristiques qui les isolent: a priori, il semblerait y avoir un dimorphisme sexuel lié à la taille et au poids des gonades.



**Figure 27 :** Individus numérotés des trois régions (B: Bejaia; J: Jijel; A : Annaba) projetés sur le plan factoriel I-II et variables contribuant à la formation des 3 axes.

La figure représente dans l'ensemble la contribution des individus du Merlu échantillonné dans les différents sites d'étude à la formation des axes principaux présentant trois nuages de points.

La répartition des variables par rapport au plan I-II-III montre que les variables qui contribuent le plus à la formation de l'axe I (poids marqués > 0,80) se regroupent.

Pour être sûr des résultats, la détermination du sexe des individus est obligatoire vu que le poids des gonades a été relevé. Deux hypothèses peuvent être mises en évidence :

- Si les individus numérotés B129, A67, A37, A69,.... Sont presque tous des femelles (ou des mâles), le problème est réglé : il y a bien une différence liée au sexe.
- Si les individus A67, A37, A69,....sont mâles et femelles, il faut considérer que les trois stocks sont différents ; ce qui confirmerait quelque peu l'Anova.

**Conclusion :** le diagnostic de l'ensemble des paramètres biologiques, permettent de noter que les trois stocks du Merlu sont différents, donc le traitement de nos échantillons se réaliserait séparément par zones d'études à savoir le Golfe de Béjaïa, Baie de Jijel, le Golfe d'Annaba et enfin prendre dans l'ensemble toute la population du secteur Est Algérien.



#### **4. Clé taille-âge chez *Merluccius merluccius* : méthode de Bhattacharya (1967)**

La détermination de l'âge par la méthode indirecte de [Bhattacharya \(1967\)](#) par le FISAT II 1.2.0 ([Gayanilo et al, 2005](#)) avec un pas de 2 cm, nous fournit la Clé âge-longueur qui nous a permis de représenter la structure démographique du stock (Tab. 09).

Le traitement des résultats de la population du merlu par chaque site d'étude, ainsi celui de toute la population de la frange côtière Est algérienne nous permet d'extraire un ensemble de points:

##### **➤ Dans le Golfe de Béjaïa**

Les échantillons mâle et femelle comportent respectivement, **7** composantes ou cohortes; pendant que la population totale se compose de **8** cohortes (Tab. 01, 02, 03; annexe 2). Leurs tailles moyennes diffèrent d'un groupe d'âge à un autre et en fonction du sexe, regroupées autour des longueurs moyennes de  $45,92 \pm 20,07$  cm et  $49,22 \pm 21,14$  cm respectivement pour les mâles et les femelles (Fig. 28a, 28b); pendant que toute la population tous sexes confondus enregistre une valeur moyenne au alentour de  $47,56 \pm 20,37$  cm (Fig. 28c).

La population totale de Merlus (Fig. 28c), âgé de 1 et 2 ans sont les plus représentés dans les prises, avec respectivement 38,95 et 56,72 %. Le minimum de capture est observé chez les spécimens de 5 et 6 ans avec 0,27 % chacun. L'indice de séparation (S.I.) est supérieur à 2, ce qui confirme la fiabilité des résultats.

##### **➤ Dans la Baie de Jijel**

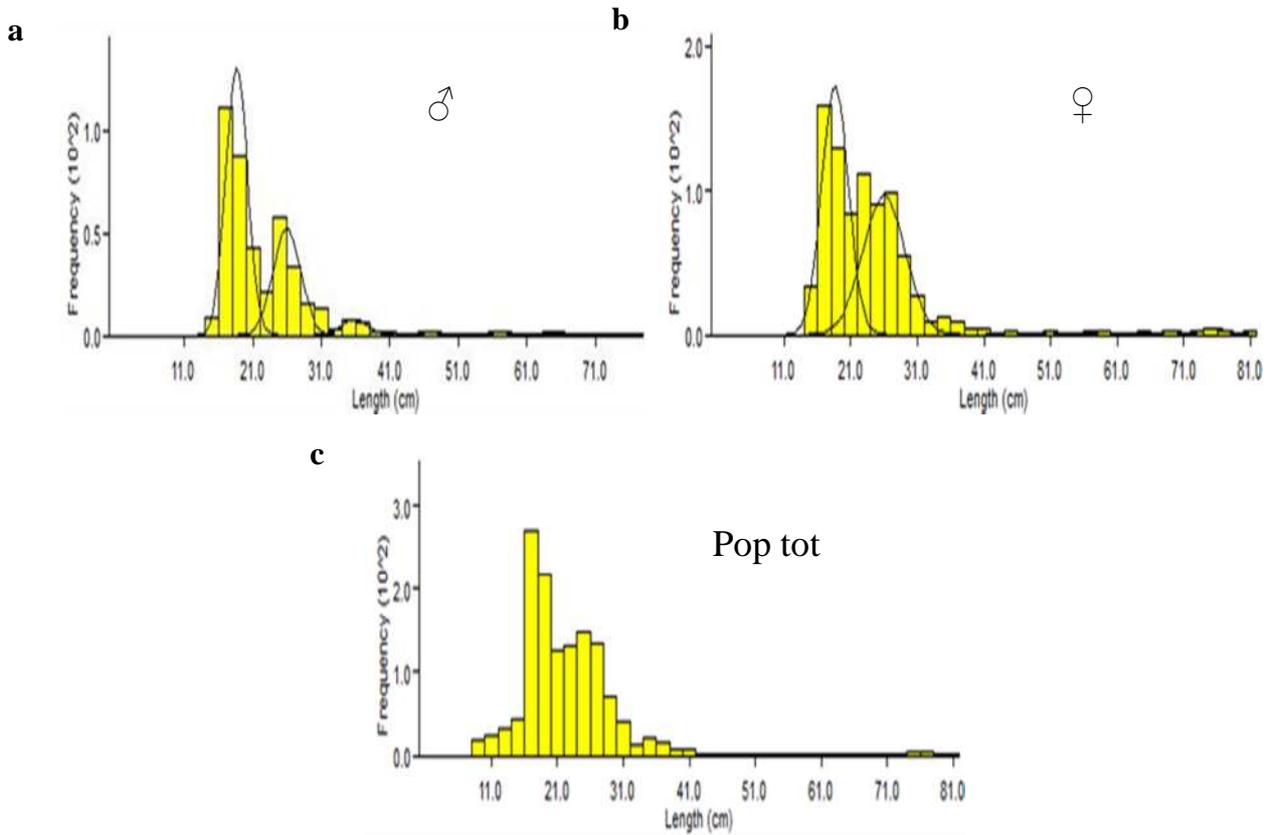
Les échantillons mâle et femelle comportent respectivement, **6** et **7** composantes ou cohortes, pendant que la population totale se compose de **7** cohortes (Tab.04, 05, 06; annexe 2). Leurs tailles moyennes diffèrent d'un groupe d'âge à un autre regroupées autour d'une longueur moyenne de  $41,98 \pm 17,02$  et  $46,69 \pm 19,6$  cm respectivement pour les mâles et les femelles (Fig. 29a, 29b); pendant que toute la population tous sexes confondus enregistre une valeur moyenne de l'ordre de  $40,38 \pm 17,77$  cm (Fig. 29c).

La population totale de Merlus (Fig. 29c), âgé de 1 et 2 ans sont les plus représentés dans les prises, avec respectivement 35,85 et 47,09 %. Le minimum de capture est observé chez les spécimens de 6 ans, avec 0,88 %. L'indice de séparation (S.I.) est supérieur à 2, ce qui confirme la fiabilité des résultats.

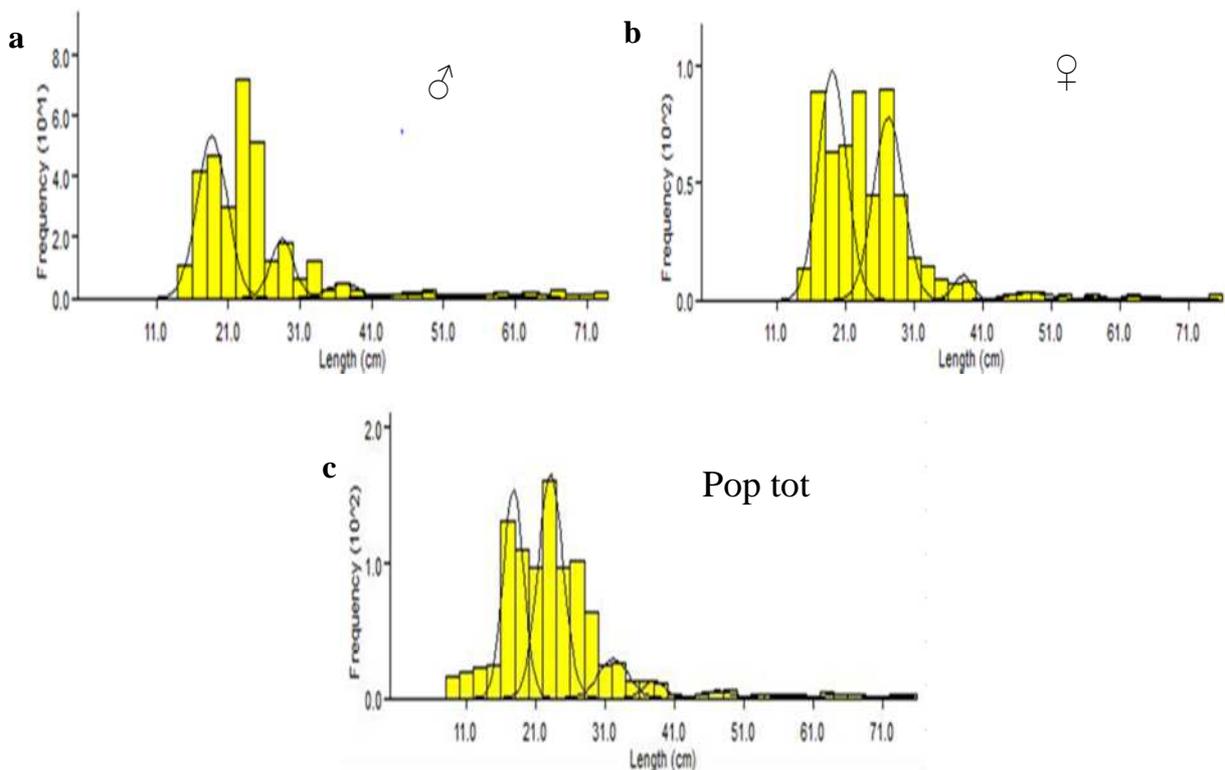
**Tableau 09:** Représentation de la clé âge-longueurs de *Merluccius merluccius* obtenues.

Zone d'étude	Sexe Age	Mâles			Femelles			Population totale		
		M	N	S.I.	M	N	S.I.	M	N	S.I.
Golfe de Béjaïa	1	18,65	258	n.a.	18,62	431	n.a.	17,79	559	n.a.
	2	25,97	131	2,37	25,99	384	2,21	25,03	814	2,15
	3	35,77	19	2,41	45	4	2,97	36,63	31	2,35
	4	47	5	2,4	51,11	4	2,12	46,01	6	2,27
	5	57	5	2,27	59,24	8	2,11	51,48	4	2,1
	6	65,01	5	2,16	69,08	5	2,16	59	4	2,18
	7	72,08	7	2,1	75,52	11	2,09	69	5	2,23
	8							75,58	12	2,09
Baie de Jijel	1	18,75	141	n.a.	19,15	253	n.a.	17,81	284	n.a.
	2	28,54	40	2,58	27,3	216	2,37	23,17	373	2,22
	3	37,1	13	2,31	38,12	17	2,49	32,19	78	2,4
	4	47,35	9	2,21	48,08	13	2,27	38,16	24	2,14
	5	56,92	3	2,11	57,26	4	2,17	47,07	14	2,26
	6	63,25	4	2,06	64,22	6	2,08	58,54	7	2,31
	7				72,72	4	2,06	65,73	12	2,04
Golfe d'Annaba	1	20,43	237	n.a.	18,66	222	n.a.	21,67	881	n.a.
	2	27,39	64	2,31	27,29	122	2,38	29	48	2,18
	3	33,05	36	2,19	36,04	33	2,29	33,42	101	1,95
	4	45	4	2,5	46,19	5	2,2	49,02	5	2,56
	5	52,09	6	2,02	55,42	5	2,05	57	5	2,21
	6	60,08	2	2	65,06	5	2,04	63,03	5	2,11
	7	64,88	5	2	69,49	2	1,97	69,03	5	2,1
Côte-Est Algérienne	1	20,22	768	n.a.	21	1388	n.a.	21,17	2299	n.a.
	2	32,43	100	2,64	34,65	115	2,62	33,25	312	2,49
	3	47	11	2,56	45,59	9	2,38	48,72	22	2,58
	4	55,18	4	2,16	57,24	9	2,39	57,41	17	2,21
	5	63	8	2,18	64,05	9	2,13	68,62	14	2,27
	6	74	7	2,2	75,58	13	2,24	75,02	16	2,08

**M:** moyenne du groupe d'âge ; **N:** effectif du groupe d'âge ;  
**S.I.:** indice de séparation qui doit être > 2 ;  
**n.a.:** non affiché.



**Figure 28:** Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) de *Merluccius merluccius* pêché dans le Golfe de Béjaïa.



**Figure 29:** Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) de *Merluccius merluccius* pêché dans la Baie de Jijel.



➤ ***Dans le Golfe d'Annaba***

Les échantillons mâle et femelle comportent respectivement, **6** et **7** composantes ou cohortes, de même pour la population totale (Tab. 07, 08, 09; annexe 2). Leurs tailles moyennes diffèrent d'un groupe d'âge à un autre regroupées autour d'une longueur moyenne de  $43,27 \pm 16,87$  et  $45,45 \pm 19,14$  cm respectivement pour les mâles et les femelles (Fig. 30a, 30b); pendant que toute la population tous sexes confondus enregistre une valeur moyenne de  $46,02 \pm 18,1$  cm (Fig. 30c).

La population totale du Merlu (Fig. 30c), âgé de 1 ans sont les plus représentés dans les prises, avec 83,9 %. Le minimum de capture est observé chez les spécimens de 5, 6 et 7 ans avec 0,47 % chacun. L'indice de séparation (S.I.) est supérieur à 2, ce qui confirme la fiabilité des résultats.

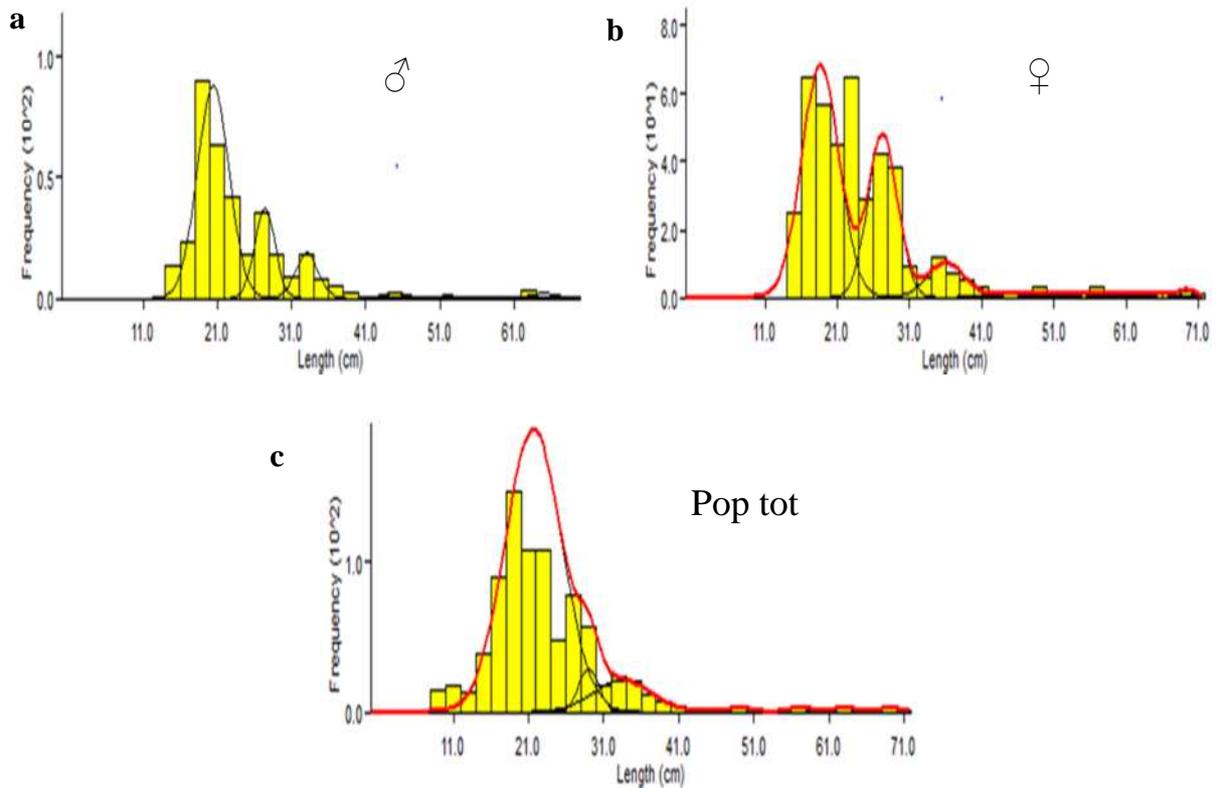
➤ ***La population totale du secteur Est algérien***

Les échantillons mâle et femelle comportent **6** composantes ou cohortes, de même pour la population totale (Tab. 10, 11, 12; annexe 2). Leurs tailles moyennes diffèrent d'un groupe d'âge à un autre regroupées autour d'une longueur moyenne de  $48,63 \pm 19,82$  cm et  $49,68 \pm 19,99$  cm respectivement pour les mâles et les femelles (Fig. 31a, 31b); pendant que la population totale tous sexes confondus enregistre une valeur moyenne de  $50,69 \pm 20,67$  cm (Fig. 31c).

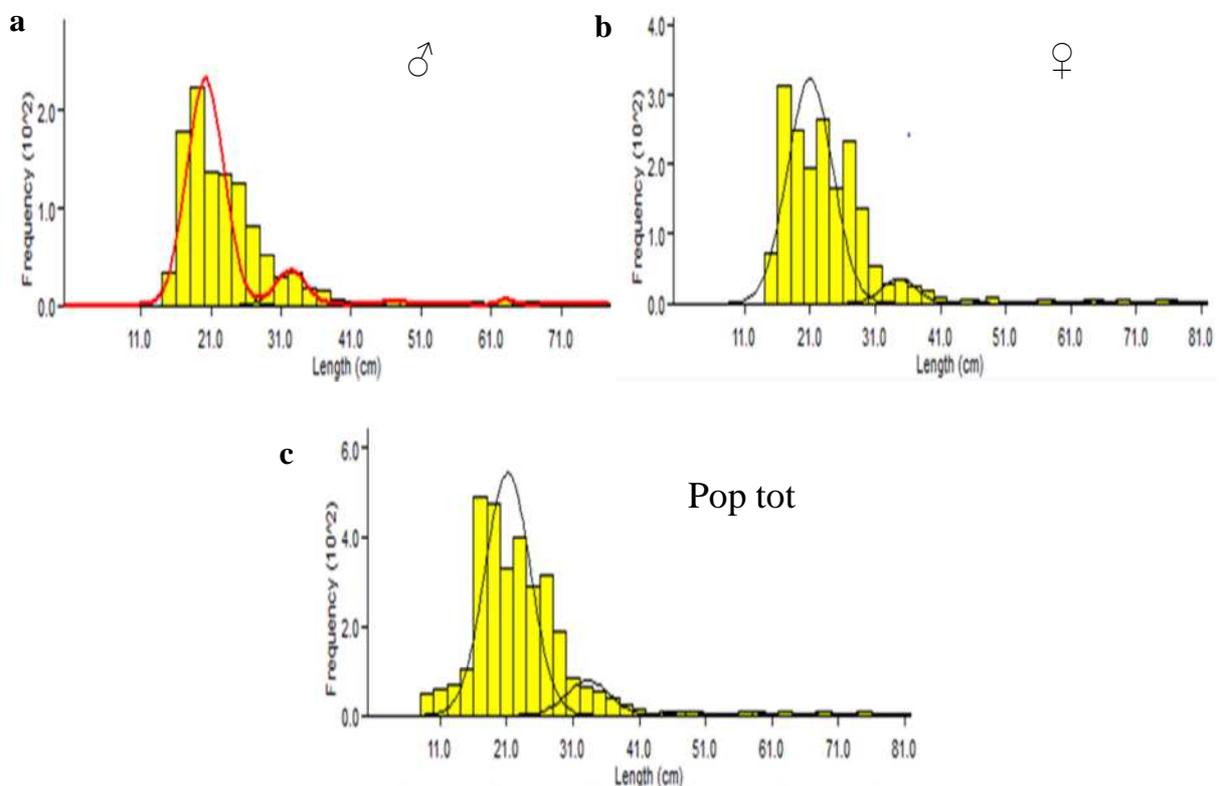
La population totale du Merlu (Fig. 31c), âgé de 1 ans dominant toujours dans les prises, avec 85,78 %. Le minimum de capture est observé chez les individus de 5 ans avec 0,52 %. L'indice de séparation (S.I.) est supérieur à 2, ce qui confirme la fiabilité des résultats.

Les longueurs calculées par le modèle de Bhattacharya coïncident avec celles observées, suggérant ainsi que l'échantillon est représentatif de la gamme de taille des Merlus présents le long de la côte-Est algérienne. L'ensemble des données nous a permis d'effectuer un examen comparatif de la croissance de chaque sexe. Cette comparaison montre qu'il existe, chez *M. merluccius*, une différence significative entre les mâles et les femelles, et que le taux de croissance est en faveur des femelles.

Durant cette étude, les plus grandes femelles étaient âgées de 7 ans dans chaque zone d'étude, de même pour les plus grands mâles de Béjaïa et d'Annaba. Cependant, les plus grands mâles de la Baie de Jijel sont âgés de 6 ans. La population totale du Golfe de Béjaïa est âgée de 8 ans au moment où celle de la Baie de Jijel et de Golfe d'Annaba atteint l'âge de 7 ans



**Figure 30:** Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) de *Merluccius merluccius* pêché dans le Golfe d'Annaba.



**Figure 31:** Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale (c) de *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.



Toutefois, la plus grande population des Merlus mâles, femelles et tous sexes confondus de la côte-Est Algérienne ont 6 ans (Tab. 09).

*L'estimation de la taille de la fin de la première année d'âge du Merlu* est de (18,62 ; 19,15 ; 18,66 ; 21) cm chez la femelle, de (18,65 ; 18,75 ; 20,43 ; 20, 22) cm pour les mâles et (17,79 ; 17,81 ; 21,67 ; 21,17) cm pour les deux sexes combinés respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel, le Golfe d'Annaba et pour toute la population de secteur Est algérien. Les tailles moyennes de la fin de la première année d'âge du Merlu de l'ensemble de nos résultats coïncident à celles estimées dans la Baie d'Oran par **Belhoucine (2012)** transcrites à 20,89 cm chez la femelle, 20,5 cm pour les mâles et 19,77 cm pour les deux sexes combines (Tab. 10).

Ces tailles à la première année de vie de *Merluccius merluccius* paraissent largement supérieures à celles estimées par **Bouaziz et al, (1998a)** en Méditerranée algérienne dans la région de Bou- Ismail à 11,5 cm et celles d'**Oliver (1990)** est de 11,2 cm pour les deux sexes. Toutefois, nos résultats sont inférieurs à ceux obtenus par **de Pontual (2006)** et **El-Habouz et al. (2011)** en Atlantique, estimant la longueur totale de la fin de la première année de vie du Merlu (sexes confondus) respectivement à 24 cm et 27,2 cm (Tab. 10).

De plus, nos résultats concordent avec les estimations de longueur basées sur l'analyse de la microstructure des otolithes des juvéniles dans d'autres zones méditerranéennes, mais différent de celles de l'Atlantique. Au Golfe du Lion le taux de croissance estimé à 16 cm annoncé par **Morales-Nin & Aldebert (1997)**. En mer de Catalogne, les taux de croissance saisonniers rapportés par **Morales-Nin & Moranta (2004)** ont donné une longueur approximative de 20 cm à la fin de la première année.

La longueur à l'âge de 1an était estimée à 16 cm dans le centre de l'Adriatique (**Arneri & Morales-Nin, 2000**), à 17 cm dans la mer Égée (**Uçkun et al., 2001**) et à 18,3 cm dans la mer Tyrrhénienne (**Belcari et al., 2006**). Dans l'Atlantique, la longueur rapportée à l'âge 1 an est d'environ 23,8 cm (**Kacher & Amara, 2005; de Pontual et al., 2006**) et 25,3 cm (**Piñeiro et al., 2008**), valeur proche de celle (23,6cm) rapportée par **Garcia-Rodriguez & Esteban (2002)** pour le Golfe d'Alicante en Méditerranée, valeur basée sur l'analyse des fréquences de longueur (Tab. 10).

Nous avons trouvé des preuves de différents modèles de croissance entre les deux sexes chez les poissons plus de 20 cm au début de la deuxième année de vie, avec des taux de croissance plus lents chez les mâles que chez les femelles dans la gamme de taille 20-30 cm.

**Tableau 10:** Clé âge- longueur du *Merluccius merluccius* dans différentes régions Méditerranéennes et Atlantiques.

Auteur	Zone d'étude	Classes d'âge										Méthode d'analyse		
		Sexe	0	1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Goni, 1983	Atlantique marocain	M	16	21,4	26,5	31,3	35,7	39,9	43,8	47,3	50,9	-	-	Orolithes
		F	15,4	21,4	26,9	32,2	37,1	41,7	46	50	53,8	-	-	
		C	14,8	20,7	26,3	31,4	36,3	40,9	45,2	49,2	53	-	-	
Pizarro de Senza, 2003	Atlantique Iberique	M	17	21	29,5	36,4	42,7	45,7	49,7	54,2	60	-68,7	-	Orolithes
		F	16,8	20,9	28,4	37	44,5	48,7	53,7	56,4	62,3	67,1	75	
		C	11,9	20,6	29	36,7	43,8	50	55,4	58,3	63,1	75	-	
de Pontual et al., 2006	Baie de Biscay	C	-	24,3	43,3	58	69,5	78,5	-	-	-	-	-	Merguez-recapture
		M	15,4	24,6	32,9	40,3	46,9	52,8	58	62,7	66,9	70,6	74	
		F	15,9	27,8	38,4	47,6	55,7	62,9	69,2	74,7	79,5	83,8	87,6	
El Habbouz et al., 2011	Atlantique Centre Marocain	C	13,9	27,2	38,7	48,7	57,4	65	71,6	77,3	82,3	86,6	90,4	Analyse des tailles
		M	11	19	26,2	33,3	39,5	-	-	-	-	-	-	
		F	11,2	16,3	21,9	28,4	34,7	38,2	-	-	-	-	-	
Olivier, 1990	Iles Baléares	C	-	11,5	21,5	25,5	29,5	31,5	-	-	-	-	-	Orolithes
		M	11,9	18,3	26,3	32,5	38,9	49,2	-	-	-	-		
		F	12	17,4	25	34,9	44,5	50,8	54,9	56,6	-	-	-	
Garcia- Rodriguez et Esteban, 2002	Méditerranée (Golfe Alcantar)	C	17,9	32,9	45,5	56	64,8	-	-	-	-	-	-	Merguez-recapture
		M	15,1	27,1	36,6	44,1	50,1	-	-	-	-	-		
		F	21,2	37,9	51,1	61,5	69,8	-	-	-	-	-		
Mallon- Duval et al., 2010	Golfe de Lion	M	15,5	20,5	28,5	34,4	38,8	42,1	44,5	46,3	47,6	-	-	Analyse des tailles
		F	12,4	20,8	34,5	43,3	49,1	52,8	55,3	56,9	-	-		
		C	15,1	19,7	27,6	34	39,1	43,2	46,5	49,1	51,1	-	-	
Balboncini, 2012	Baie d'Oran Algérie	M	18,65	25,97	35,77	47	57	65,01	72,08	-	-	-	-	Analyse des tailles
		F	18,62	25,99	45	51,11	59,24	69,08	75,52	-	-	-	-	
		C	17,79	25,03	36,63	45,01	51,48	59	69	75,58	-	-	-	
		M	18,75	28,54	37,1	47,35	56,92	63,25	-	-	-	-	-	
		F	19,15	27,3	38,12	48,08	57,26	64,22	72,72	-	-	-	-	
		C	17,81	23,17	32,19	38,16	47,07	58,54	65,73	-	-	-	-	
		M	20,43	27,39	33,05	45	52,09	60,08	64,88	-	-	-	-	
		F	18,66	27,29	36,04	46,19	55,42	65,06	69,49	-	-	-	-	
		C	21,67	29	33,42	49,02	57	63,03	69,03	-	-	-	-	
		M	20,22	32,43	47	55,18	63	74	-	-	-	-	-	
		F	21	34,65	45,59	57,24	64,05	75,58	-	-	-	-	-	
		C	21,17	23,25	48,72	57,41	68,62	75,02	-	-	-	-	-	



Ce résultat est en accord avec les travaux de [Pineiro & Sainza \(2003\)](#) qui ont constaté que les mâles grandissent plus rapidement que les femelles avant la maturité sexuelle, mais juste après les femelles, croissent plus vite que les mâles. Ceci est cohérent pour la taille à la première maturité,  $L_{50}$ , soit 28 et 38 cm pour les mâles et les femelles, respectivement, dans le golfe du Lion ([Recasens et al., 1998](#)).

Pour les deux sexes, la diminution des taux de croissance coïncide avec le début de la maturité sexuelle, ce qui s'explique par la part du taux métabolique consacré à la reproduction plutôt qu'à la croissance somatique. Le taux de croissance moyen des mâles de 25-30 cm est similaire à celui des femelles de 30-45 cm. Un tel dimorphisme sexuel pour la croissance au cours de la deuxième année de vie a déjà été commenté par [Garcia-Rodriguez & Esteban \(2002\)](#) pour la Baie de Santa Paola, par [Garcia-Rodriguez & Esteban \(2002\)](#) pour le golfe d'Alicante, et par [Colloca et al., \(2013\)](#) pour la mer Tyrrhénienne centrale. À 2 ans, les longueurs totales sont de 37,9 cm pour les femelles et 27,1 cm pour les mâles, une telle taille de femelles correspondent aux estimations précédentes pour l'âge de 3 ans dans le Golfe du Lion ([Aldebert & Recasens, 1995](#); [Recasens et al., 1998](#)) ou même 4 ou 5 ans dans d'autres régions méditerranéennes ([Andaloro et al., 1985](#); [Biagi et al., 1995](#); [Tursi et al., 1998](#); [Colloca et al., 2003](#)) (Tab. 10). La différence de croissance entre les deux sexes permet aux femelles d'atteindre des tailles plus grandes que les mâles pour les mêmes âges ([Godinho, 2001](#)).

Dans la région Sud de la Méditerranée, principalement sur le littoral algérien, *Merluccius merluccius* peut être rencontré au cours de toute l'année avec un maximum d'abondance au mois en saison printanière. En se référant aussi aux travaux réalisés par [Bouaziz et al. \(1998c\)](#), le recrutement et la pêche chalutière qui se manœuvre du septembre à avril pour le Golfe de Béjaïa suit à l'arrêt de la pêche pendant la saison estivale, alors qu'il se pratique au cours de toute l'année pour les deux autres régions visées à savoir la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba.

En plus, les légères différences entre les résultats obtenus dans la présente étude et ceux enregistrés par d'autres auteurs dans différentes régions sont dues essentiellement à l'identification du premier mode qui est très délicate vu les méthodes subjectives utilisées pour l'étude de la croissance de cette espèce et surtout à cause du maillage des engins de pêche qui diffèrent selon la zone d'étude, suggérant une envergure de vie maximale du Merlu avec une exploitation qui cible surtout les individus de la deuxième année. La difficulté



d'échantillonnage des petits spécimens de *Merluccius merluccius* dans la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba est due au fait que la pêche se fait au-delà de la première zone au large.

Le chevauchement des modes chez les individus âgés est très spectaculaire à cause de la diminution du taux de croissance et l'importance du taux de mortalité par pêche (Ragonese, 2012). En effet, pour les populations exploitées, les grandes classes d'âges sont distinguées uniquement en utilisant d'autres méthodologies de recherche pour l'estimation de l'âge telle que le marquage des individus (de pontuel *et al.*, 2010).

Cette méthode a permis de montrer qu'il existe plus de classes d'âges et que la durée de vie chez cette espèce, est plus longue que celle estimée par les méthodes classiques d'estimation d'âge (Mellon-Duvale *et al.*, 2010 ; de pontuel *et al.*, 2007). Pendant que le changement du rythme de croissance entre les deux sexes est influencé par la maturité sexuelle, l'inversion du taux de croissance entre les mâles et les femelles à la limite de la maturité sexuelle peut être expliquée par la différence du métabolisme entre les deux sexes comme la différence de la consommation de l'oxygène (Pauly, 1994) et/ou la différence de niveau d'excès d'énergie entre la reproduction et la croissance somatique (Rijnsdorp & Ibelings, 1989).

## 5. Modélisation de la croissance chez *Merluccius merluccius*

### A. Croissance linéaire absolu

Dans cette présente étude, La croissance linéaire du merlu européen *Merluccius merluccius* a été étudiée selon le modèle de Von Bertalanffy (1938). Les paramètres de croissance linéaire:  $L_{\infty}$ ,  $K$  et  $t_0$  ont été estimés pour les mâles, les femelles et pour les deux sexes combinés dans chaque site d'étude et enfin pour toute la population du Merlu de la frange côtière Est algérienne.

#### A. Les longueurs asymptotiques ( $L_{\infty}$ )

Les paramètres de croissance obtenus grâce au logiciel FISAT II 1.2.0 (Gayanilo *et al.*, 2005). Les paramètres de l'équation de croissance linéaire de Von Bertalanffy calculés sont illustrés dans le tableau 11 et les courbes de croissance linière sont représentées graphiquement par la figure 32, 33, 34, 35.

L'ensemble des résultats obtenus nous ont permis de tirer les points suivants :

➤ Les longueurs asymptotiques ( $L_{\infty}$ ) obtenues pour les Merlus mâles sont différentes d'une zone à une autre ainsi que :  $L_{\infty}$  des Merlus mâles de Béjaïa >  $L_{\infty}$  des Merlus mâles de Jijel >  $L_{\infty}$  des Merlus mâles d'Annaba ;

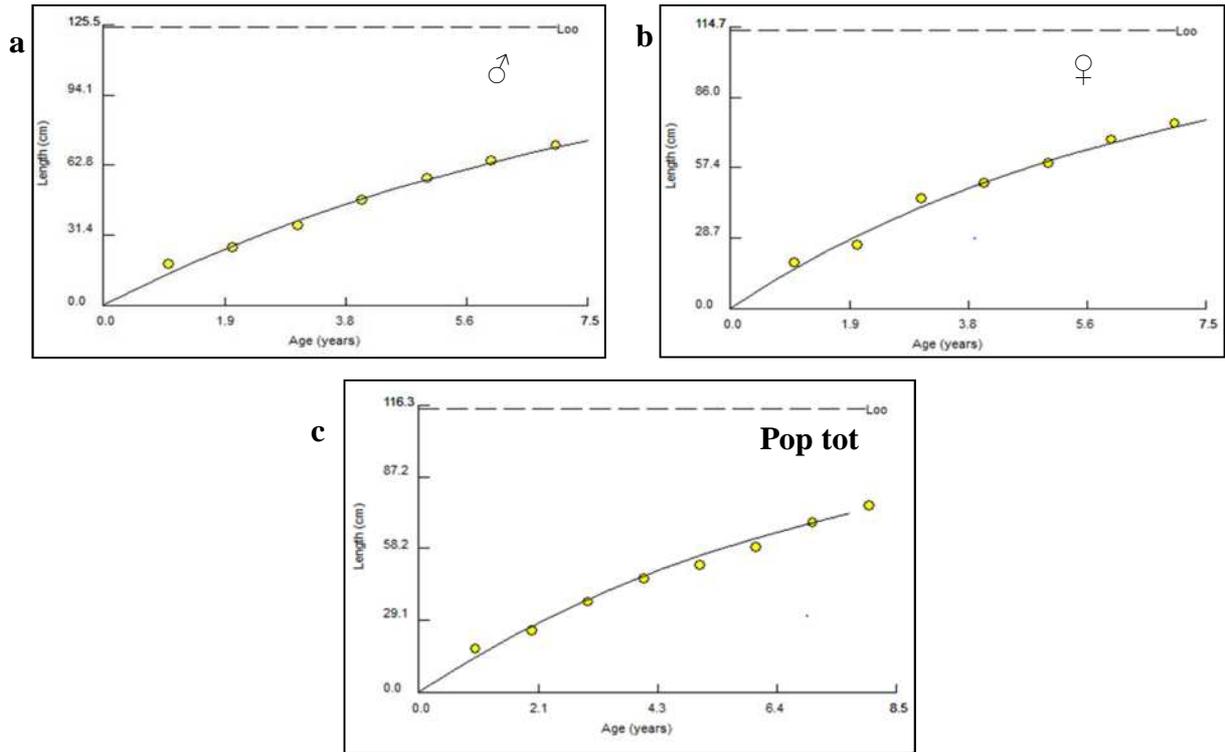


➤ Les longueurs asymptotiques ( $L_{\infty}$ ) obtenues pour les Merlus femelles enregistrent des différences d'une zone à une autre ainsi que :  $L_{\infty}$  des Merlus femelles d'Annaba >  $L_{\infty}$  des Merlus femelles de Jijel >  $L_{\infty}$  des Merlus femelles de Béjaïa ;

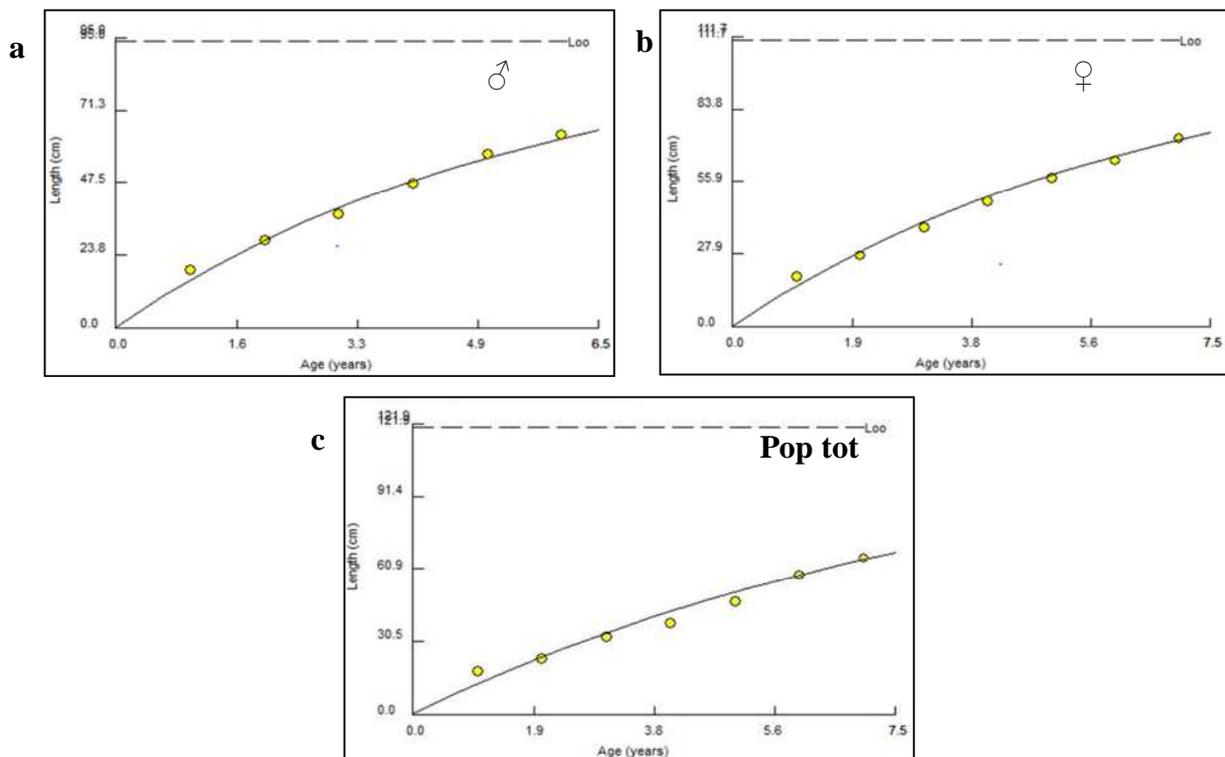
**Tableau 11:** Paramètres de l'équation de croissance linéaire de **Von Bertalanffy** de *Merluccius merluccius* avec les  $\emptyset$ ' correspondants.

Zone D'étude	Sexe	Paramètres				Equation	Lmax (cm)
		$L_{\infty}$	K	$t_0$	$\emptyset$	$L(t)=L * (1-e^{-K(t-t_0)})$	
Golfe de Béjaïa	Mâles	124,53	0,12	-0,076	3,27	$L(t)= 124,53*(1-e^{-0,12(t+0,076)})$	78cm
	Femelles	113,73	0,15	-0,095	3,27	$L(t)= 113,73*(1-e^{-0,15(t+0,095)})$	62cm
	Sexes Confondus	115,31	0,13	-0,87	3,238	$L(t)= 115,31*(1-e^{-0,13(t+0,087)})$	82cm
Baie de Jijel	Mâles	94,02	0,18	-0,049	3,202	$L(t)= 94,02*(1-e^{-0,18(t+0,049)})$	74cm
	Femelles	110,74	0,15	-0,068	3,265	$L(t)= 110,74*(1-e^{-0,15(t+0,068)})$	76cm
	Sexes Confondus	120,86	0,11	-0,384	3,206	$L(t)= 120,86*(1-e^{-0,11(t+0,384)})$	76cm
Golfe d'Annaba	Mâles	91,12	0,17	-1,013	3,12	$L(t)= 91,12*(1-e^{-0,17(t+1,013)})$	72cm
	Femelles	108,55	0,14	-0,171	3,22	$L(t)= 108,55*(1-e^{-0,14(t+0,171)})$	70cm
	Sexes Confondus	94,74	0,18	-0,054	3,21	$L(t)= 94,74*(1-e^{-0,18(t+0,054)})$	72cm
Côte -Est Algérienne	Mâles	106,95	0,19	-0,042	3,337	$L(t)= 106,95*(1-e^{-0,19(t+0,042)})$	78cm
	Femelles	105,22	0,2	-0,016	3,345	$L(t)= 105,22*(1-e^{-0,2(t+0,016)})$	82cm
	Sexes Confondus	111,65	0,19	-0,055	3,374	$L(t)= 111,65*(1-e^{-0,19(t+0,055)})$	82cm

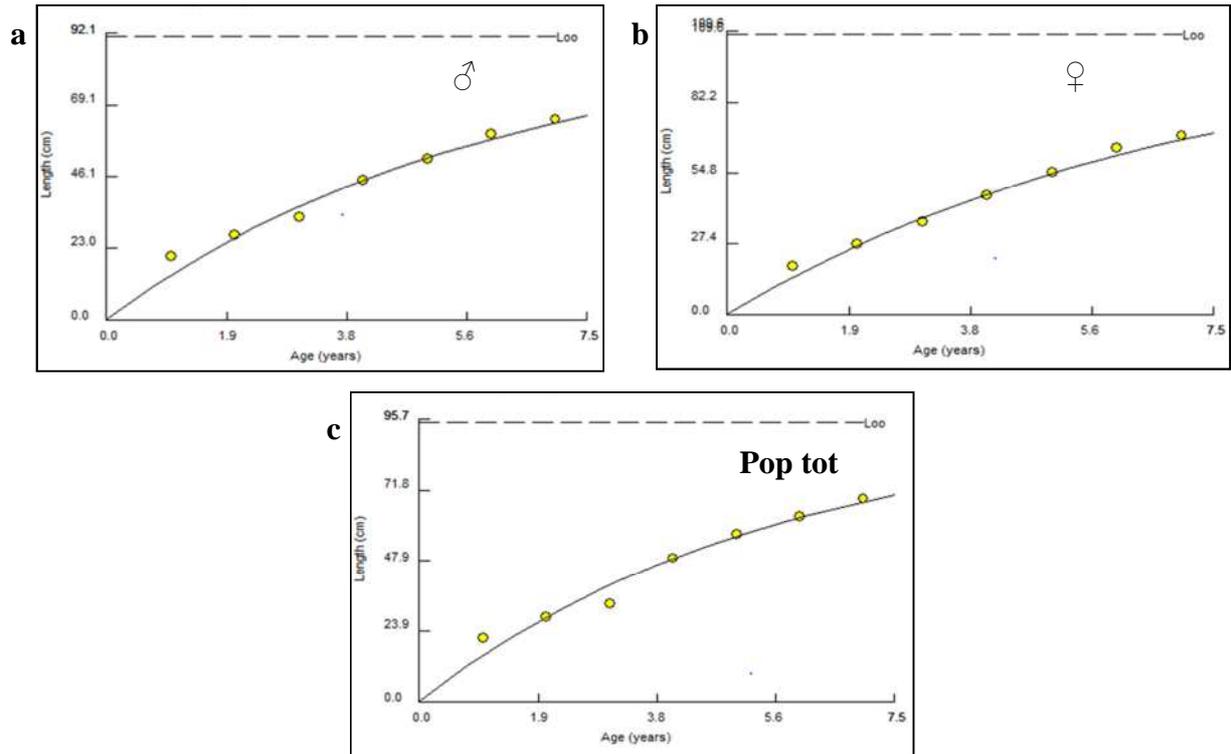
$L_{\infty}$ : longueur asymptotique, K: coefficient de vitesse de croissance,  $t_0$  : âge théorique ;  
 $L_{t_{max}}$ : taille totale maximale échantillonnée.



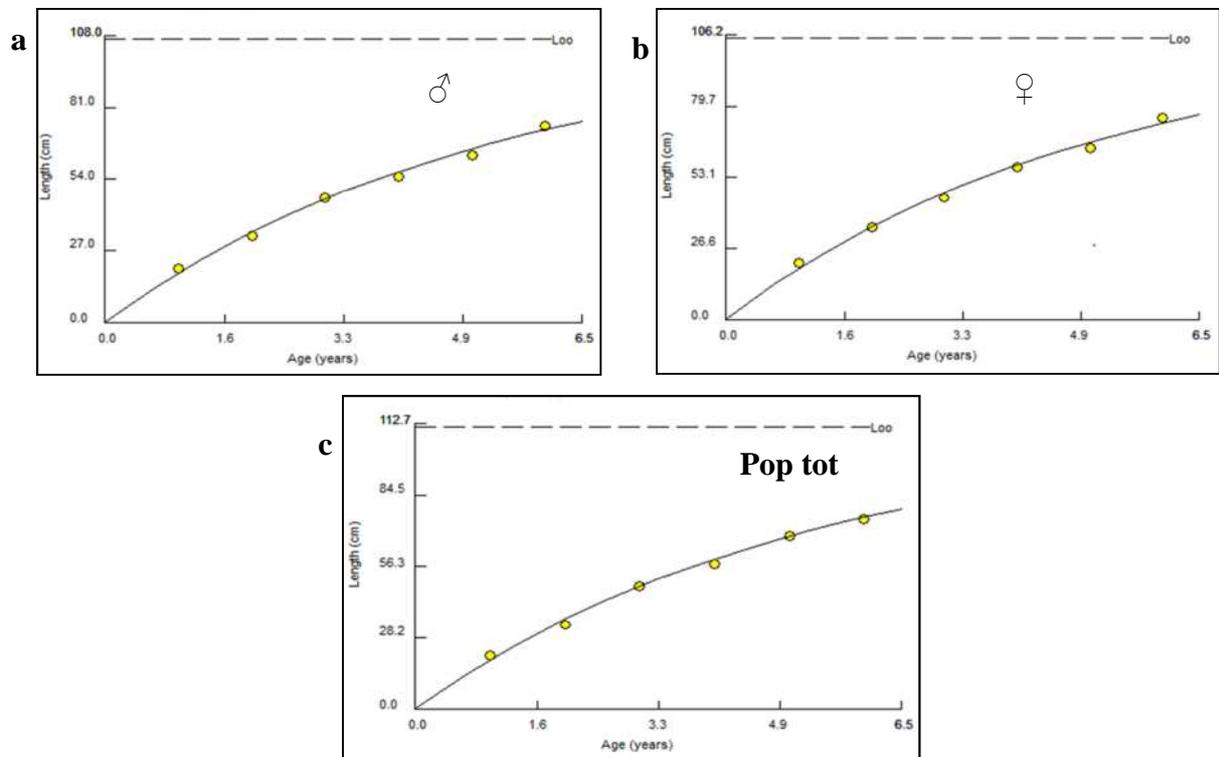
**Figure 32:** Courbes de croissances linéaires des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale en (c) de *Merluccius merluccius* pêché dans le Golfe de Béjaïa.



**Figure 33:** Courbes de croissances linéaires des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale en (c) de *Merluccius merluccius* pêché dans la Baie de Jijel.



**Figure 34:** Courbes de croissances linéaires des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale en (c) de *Merluccius merluccius* pêché dans le Golfe d'Annaba.



**Figure 35:** Courbes de croissances linéaires des mâles (a), des femelles (b) et de la population totale de *Merluccius merluccius* pêché le long du secteur Est Algérien.



➤ Les longueurs asymptotiques ( $L_{\infty}$ ) des Merlus femelles sont toujours plus grandes que celles des mâles dans la Baie de Jijel, le Golfe d'Annaba et dans toute la Côte-Est Algérienne avec des différences respectivement de 16,45 ; 19,43 et 1,73 cm, alors que la constante de croissance ( $K$ ) pour les mâles est plus grande que celle des femelles ;

➤ Cependant, la longueur asymptotique ( $L_{\infty}$ ) enregistrée dans le Golfe de Béjaïa pour les Merlus mâles est plus grande que celle des femelles avec une différence de 10,8 cm, alors que la constante de croissance ( $K$ ) pour les femelles est plus grande que celle des mâles ;

➤ La longueur asymptotique ( $L_{\infty}$ ) des Merlus tous sexes confondus est presque toujours en intermédiaires de celles des mâles et des femelles, beaucoup plus importante chez la population du Merlu de la Baie de Jijel de l'ordre de 120,86 cm ; suivie par celle de Béjaïa puis Annaba respectivement avec 115,31 et 94,74 cm. Le même résultat constaté pour toute la population région Est algérienne. Cependant, la constante de croissance ( $K$ ) est stable pour toute la zone d'étude.

Ces résultats mettent en évidence une croissance différentielle entre les deux sexes et en fonction des différents sites d'étude, en faveur des femelles ; Le calcul de la courbe de croissance des deux sexes réunis conduit à une courbe moyenne (Fig. 35c, 35c, 35c, 35c). La longueur asymptotique est, dans ce cas, légèrement basse que celle des femelles et plus grande que celle des mâles.

**La croissance linéaire** du Merlu (*Merluccius merluccius*) de la côte-Est algérienne a été étudiée à travers la méthode de progression modale. Pour ce fait, ont été analysées les données de distribution de tailles et le modèle de Von Bertalanffy (1938) a été appliqué pour la croissance linéaire aux deux sexes séparés et combinés ainsi que pour toute la population du Merlu du secteur Est Algérien.

Les paramètres de croissance de la relation de Von Bertalanffy ( $L_{\infty}$ ,  $K$ ,  $t_0$ ) obtenus à travers notre étude dans les eaux de secteur Est Algérien (Tab. 12), montrent que les taux de croissance relatifs à chaque sexe diminuent avec l'âge; ils sont maximum pour les petites tailles à cause de la croissance rapide des jeunes individus par rapport aux plus âgés ensuite, ils chutent au fur et à mesure que la taille des poissons s'approche de la taille et du poids asymptotiques.

Les travaux effectués dans la région méditerranéenne par [Recasens et al. \(1998\)](#) montrent que la longueur totale maximale  $L_{t_{max}}$  est de 40 cm dans le Golfe de Lion, alors que [Khoufi et al. \(2014b\)](#) notent une valeur de 38 cm sur les côtes Tunisie.



Dans l'Atlantique, El-Habouz *et al.* (2011) ont avancé une  $L_{t_{max}}$  de l'ordre de 45 cm et Costa, (2013) a dévoilé une  $L_{t_{max}}$  de 50 cm, Piñeiro & Saïnza, (2003) ont donnés une  $L_{t_{max}}$  de l'ordre de 60 cm. Au sujet de la présente étude, les longueurs totales maximales  $L_{t_{max}}$  notées pour les mâles sont 45,2 cm, 33,8 cm et 34,9 cm respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba. Ceci est expliqué par une longévité plus faible pour les mâles comparée aux femelles (Martin, 1991; Morales-Nin *et al.*, 1998 ; Mellon-duval *et al.*, 2010; Khoufi *et al.*, 2014a) pour cette espèce ou à la région de l'Atlantique.

Les valeurs de  $L_{\infty}$  et  $L_{max}$  sont très différentes parce que souvent les individus échantillonnés ne comprennent pas des individus très âgés et donc il est impossible de capturer des individus ayant une longueur égale à  $L_{max}$ . Ce cas se produit surtout s'il y a surpêche, ce même cas a été identifié surtout pour les espèces à croissance rapide comme le cas du Merlu. Il est à noter aussi que, les courbes de croissance ne sont pas asymptotiques à l'intérieur de l'intervalle des observations. La défaillance d'échantillonnages des juvéniles et des individus âgés peut être expliquée par le comportement et le mode de vie de cette espèce. En effet, les femelles quittent rarement les zones de frayères aux cours de la reproduction, lorsqu'elles sont en train d'incuber les œufs, ce qui diminue leur capturabilité surtout là où la pêche se fait au large contrairement au Golfe de Béjaïa où l'activité de la pêche se pratique dans la zone interdite, à moins de 40m de profondeur.

Le modèle de Von Bertalanffy reste, à cause de sa flexibilité qui l'adapte à plusieurs types de croissances, de loin le plus utilisé dans l'estimation de la croissance des poissons. Son application dans ce présent travail donne des valeurs plus proches de celles observées (Tab. 12). Si l'on considère les valeurs des paramètres de l'équation de Von Bertalanffy trouvées dans les régions méditerranéennes voisines (Tab. 12), nous remarquons que nos résultats s'intègrent bien dans l'ensemble. La croissance linéaire du Merlu de la Côte-Est Algérienne méditerranéen vérifie l'hypothèse d'une croissance rapide, résultat qui concorde avec celui de Bouaziz *et al.* (1998a) au centre d'Alger, au Golfe de Lion (Mellon-Duval *et al.*, 2010) et en Méditerranée de l'Ouest (Garcia- Rodriguez & Esteban, 2002 ; Belhoucine, 2012). En Atlantique, d'autres auteurs ont noté des croissances similaires pour la même espèce en particulier dans la Baie de Biscaye (de Pontuel *et al.*, 2003, 2006), dans les eaux Ibériques (Pineiro *et al.*, 2007) et les eaux atlantiques marocaines (El Habouz *et al.*, 2011). L'étude du tableau 12 nous indique que la croissance linéaire du Merlu est plus rapide en Atlantique Nord (Baie de Biscaye et eaux atlantiques de la péninsule ibérique) qu'en Méditerranée.

**Tableau 12 :** Comparaison des paramètres de croissance linéaire de **Von Bertalanffy** ( $L_{\infty}$ ,  $K$  et  $t_0$ ) obtenus par différents auteurs, par sexe, par zone de *Merluccius merluccius*.

Zone	Référence	Région	Sexe	$L_{\infty}$	$k$	$t_0$
Atlantique	Décamps & Labastie (1978)	Golfe de Gascogne (Stock Nord)	Confondus	108	0,21	0,12
	Iglesias & Dery (1981)	Golfe de Gascogne (Stock)	Confondus	83	0,148	-0,42
			Mâles	116	0,098	-0,51
			Femelles	64,3	0,15	-1,03
	ICES (1993)	Baie de Biscaye	Confondus	127,5	0,073	-1,13
	Lucio <i>et al.</i> , (2000)	Baie de Biscaye	Confondus	110	0,124	-0,452
			Mâles	80	0,181	-0,724
			Femelles	110	0,122	-0,619
	Godinho (2001)	Nord Est atlantique (Espagne)	Confondus	110,6	0,08	-0,97
			Confondus	88	0,128	-1,174
	Pinéro & Sainza (2003)	Eaux Ibériennes	Mâles	70	0,184	-0,976
			Femelles	89	0,13	-1,15
	de Pontual <i>et al.</i> , (2006)	Baie de Biscaye	Confondus1	89,9	0,362	0
			Confondus2	110	0,25	0
			Mâles	80	0,436	0
Femelles			110	0,261	0	
El Habouz (2011)	Atlantique centre- Maroc	Confondus	115,4	0,14	-0,919	
		Mâles	101,9	0,113	-1,153	
		Femelles	114,8	0,129	-1,449	
Méditerranée	Présente étude	Golfe de Béjaïa	Confondus	133,2	0,1	-0,15
			Mâles	134,84	0,13	-0,012
			Femelles	120,04	0,14	-0,038
		Baie de Jijel	Confondus	147,25	0,1	-0,051
			Mâles	105,47	0,13	-0,118
			Femelles	124,48	0,12	-0,116
		Golfe d'Annaba	Confondus	108,62	0,14	-0,159
			Mâles	101,91	0,14	-0,181
			Femelles	128,91	0,11	-0,14
	Côte-Est Algérienne	Confondus	113,56	0,18	-0,035	
		Mâles	112,73	0,17	-0,052	
		Femelles	114,7	0,17	-0,666	
	Oliver (1993)	Iles Baléares	Confondus	94,2	0,086	-0,59
	Mâles		48,72	0,321	-0,07	
	Femelles		126,9	0,184	-0,04	
	Recasens <i>et al.</i> , 1994	Golfe de Lion	Confondus	94,7	0,131	-0,122
	Mâles		72,8	0,149	-0,383	
	Femelles		100,7	0,124	-0,35	
	Bouaziz <i>et al.</i> , 1998a	Côte Centre Algérienne (Bou-Ismaïl)	Mâles	100,7	0,124	-0,12
	Femelles		80,64	0,13	-0,44	
	Ungaro <i>et al.</i> , 2001	Mer Adriatique	Mâles	75,7	0,15	0
			Femelles	82,6	0,13	0
	Garcia-Rodriguez & Esteban, 2002	Iberian Peninsula (Santa Pola, Alicante)	Confondus	106,8	0,2	0,003
			Mâles	94	0,27	0,199
			Femelles	103,9	0,212	0,031
	Mariano <i>et al.</i> , 2002	Espagne (Méditerranée)	Mâles	93	0,2	-0,09
			Femelles	108	0,21	0,12
Colloca <i>et al.</i> , 2013	Méditerranée Centrale	Mâles	45,7	0,4	0,1	
		Femelles	93,2	0,13	-0,35	
Mellon-Duval <i>et al.</i> , 2010	Golfe de Lion	Confondus	110	0,183	0	
		Mâles	72,8	0,239	0	
		Femelles	100,7	0,236	0,823	
Belhoucine (2012)	Côte Ouest Algérienne (Baie d'Oran)	Confondus	59,27	0,22	- 0,823	
		Mâles	51,45	0,30	-0,70	
		Femelles	59,87	0,23	-0,001	
Koufi (2015)	Côte Nord Tunisienne	Mâles	40,700	0,619	-0,992	
		Femelles	102,850	0,141	-1,345	



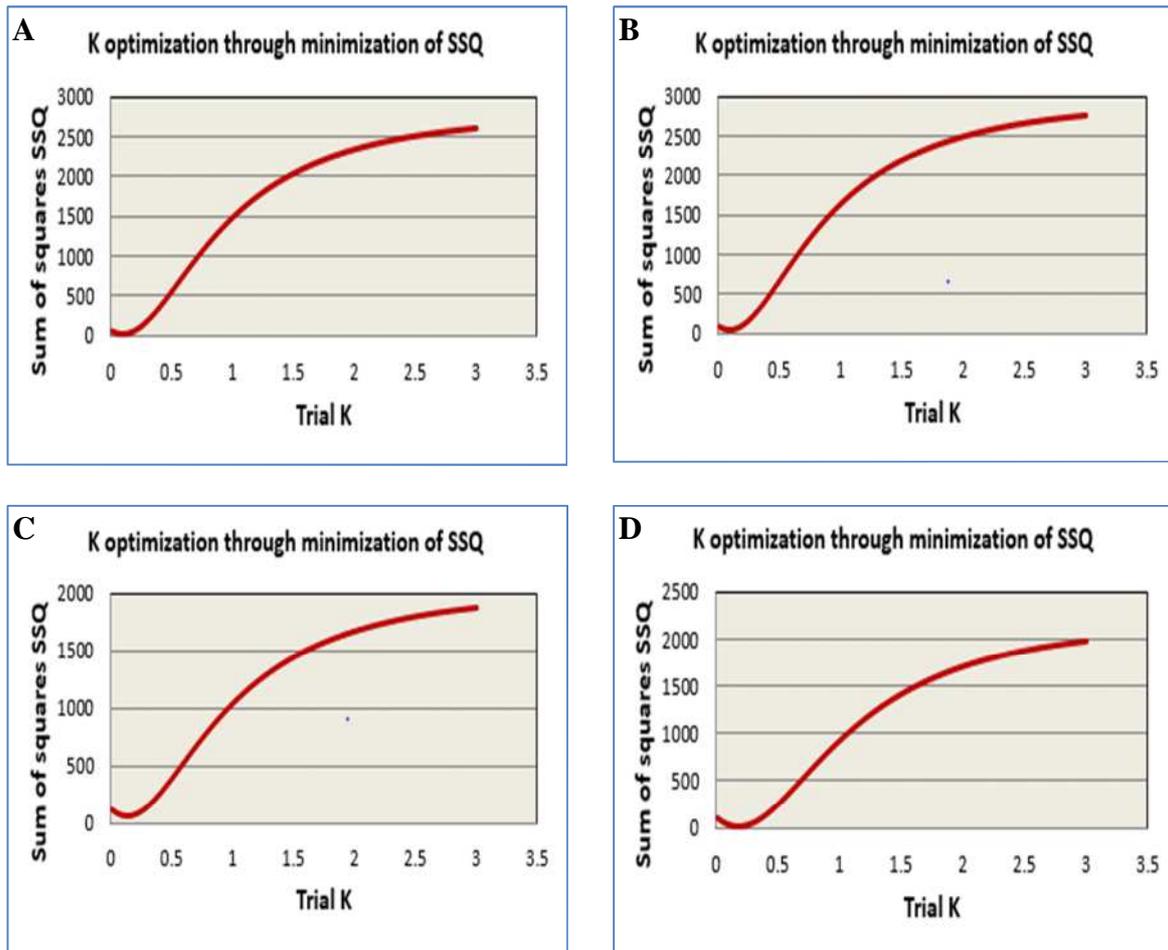
Nos résultats sont en accord avec de nombreux auteurs qui ont décrit pour le Merlu européen, une croissance plus rapide des femelles, comparée à celle des mâles (Casey & Pereira, 1995; Pineiro & Sainza, 2003 ; de Pontual *et al.*, 2006 ; El Habouz, 2011) qu'en Méditerranée (Aldebert & Carries, 1989a; Recassens *et al.*, 1998 ; Mellon-Duval *et al.*, 2010 ; Belhoucine, 2012 ; Koufi, 2015). Ainsi les paramètres ( $L_{\infty}$ ,  $K$ ,  $t_0$ ) estimés lors de notre étude permettent d'identifier les différences en croissance de cette espèce entre l'Atlantique et la Méditerranée Est, Centrale et Ouest (Tab. 12).

Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer la dominance des femelles pour les grandes tailles, parmi lesquelles plusieurs facteurs biotiques (abondance et quantité et/ou qualité de la nourriture, âge, maturité, différence des taux de mortalité, la différence du taux de croissance....) ou abiotiques (engins de pêches utilisés, technique d'échantillonnage,  $L_{t_{max}}$  observée, région, facteurs climatiques, hydrodynamisme, méthode utilisée pour la lecture d'âge...).

Les résultats des paramètres de croissance linéaire du Merlu de la Côte-Est Algérienne, obtenus dans ce travail, qu'à l'instar de ce qui a été démontré par d'autres auteurs dans différents secteurs géographiques de distributions de l'espèce *Merluccius merluccius* s'avère un peu difficile en raison des différentes approches méthodologiques adoptées (Analyse des fréquences de tailles, lecture des otolithes et marquage - recapture). Néanmoins, des études de la croissance des juvéniles à partir de l'analyse des microstructures des otolithes et des techniques de marquage et recapture sont indispensables pour bien cerner la croissance linéaire chez le merlu des côtes algériennes.

### ***B. La constante de croissance K***

Un paramètre qui décrit la vitesse de croissance du poisson avec laquelle il atteint la longueur asymptotique  $L_{\infty}$ . Dans la modélisation de la croissance de Von Bertalanffy, des valeurs élevées de  $K$  obtenues quel que soit le modèle ajusté indiquent que le Merlu a une croissance rapide (Fig. 36). Les moyennes des composantes modales estimées sont très proches. Cependant, la faible valeur de  $K$  obtenue pour le Merlu peut être expliquée par le faible effectif d'individus analysés. Les classes de tailles communes dans les captures sont celles de 20 à 30 cm ce qui indique que la pêche cible essentiellement les individus matures dans la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba, contrairement au Golfe de Béjaïa dont on a enregistré les gammes de tailles les plus dominantes aux alentours de 16 à 25cm.



**Figure 36:** Courbes de la vitesse de croissance de *Merluccius merluccius*. **A** : dans le Golfe de Béjaïa; **B** : dans la Baie de Jijel; **C** : dans le Golfe d'Annaba ; **D** : toute la population du secteur Est Algérien.

L'ajustement des paramètres de croissance au modèle de [Von Bertalanffy \(1938\)](#) du Merlu de la Côte-Est Algérienne méditerranéenne vérifie l'hypothèse d'une croissance rapide, montrant que les valeurs de la constante de croissance (**K**) pour les mâles sont plus élevées que celles des femelles tandis que leur tailles et poids asymptotiques ( $L_{\infty}$ ,  $W_{\infty}$ ) sont plus petits que ceux des femelles.

Nos estimations de **K** sont proches de celles obtenues dans les zones méridionales en utilisant d'autres méthodologies (lecture des les otolithes), dans la Baie de Santa Pola ([Garcia-Rodriguez & Esteban, 1996, 1998](#)), dans le Golfe d'Alicante ([Garcia-Rodriguez & Esteban, 2002](#)), en Espagne ([Mariano et al., 2002](#)) et celles du [Mellon-Duval et al. \(2010\)](#) utilisant l'approche marquage-recapture dans le Golfe de Lion, mais deux fois supérieures aux valeurs calculées par d'autres auteurs dans la même zone (Tab. 12).



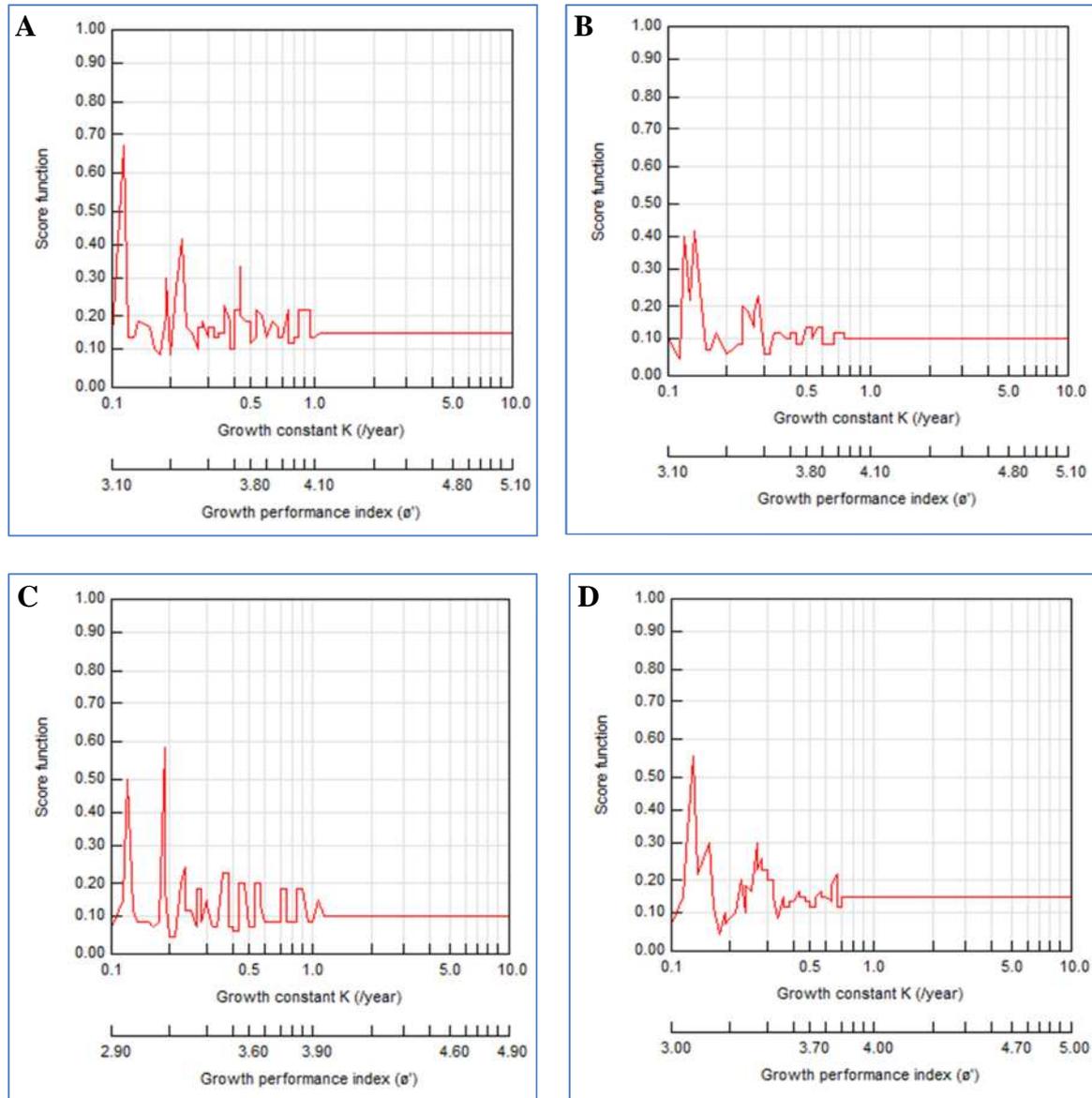
En comparaison avec des études effectuées en Atlantique nos, résultats sont proches de ceux enregistrés par [de Pontual et al. \(2006\)](#) dans le Golfe de Gascogne. Dans toutes les autres zones méditerranéennes, les valeurs de K rapportées sont d'environ  $0,1 \text{ an}^{-1}$  ([Fiorentino et al., 2000](#)). D'autres auteurs ont noté des croissances similaires pour la même espèce en particulier dans la Baie de Biscaye ([de Pontuel et al., 2003 et 2006](#)), dans les eaux Ibériques ([Pineiro et al, 2007](#)) et les eaux atlantiques marocaines ([El Habouz, 2011](#)). Ainsi, l'étude du tableau 12 nous indique que la vitesse de croissance linéaire du Merlu est plus rapide en Atlantique Nord (Baie de Biscaye et eaux atlantiques de la péninsule Ibérique) qu'en Méditerranée.

Une défaillance a été remarquée en utilisant le modèle de Von Bertalanffy. Ce dernier qui est utilisé comme modèle de croissance, ajuste les données de façon globale sans tenir compte de la différence du rythme des mues entre les juvéniles, les adultes et les individus âgés, bien que Von Bertalanffy ait justifié son modèle par des changements métaboliques intrinsèques (physiologie des individus) et les facteurs extrinsèques environnementaux. Il est préférable de le voir comme un modèle descriptif, et être prudent de ne pas attribuer trop de signification biologique aux paramètres  $L_{\infty}$ , K et  $t_0$  qui ne font que résumer l'ensemble des données disponibles. C'est-à-dire les courbes de croissance ne sont valables en toute rigueur que dans l'intervalle d'âge ou de taille correspondant aux données observées.

### *C. L'indice de performance*

Le **test phi-prime ( $\Phi'$ )** a été utilisé pour comparer les paramètres de croissance linéaire  $L_{\infty}$  et **K** estimés pour l'ensemble des sexes et sexes séparés avec ceux obtenus par d'autres études. En général, la comparaison par ce test montre des similitudes des différents  $\Phi'$  calculés, avec de légères différences (Fig. 37). Les  $\Phi'$  collectés de la bibliographie, varient de 2,78 à 3,47. Les paramètres de croissance calculés dans cette étude sont dans la gamme des estimations faites puisqu'ils varient de 3,16 à 3,59 (Tab. 13).

L'indice de performance des Merlus femelles de la Côte-Est Algérienne est supérieur à celui des Merlus mâles, ceci est corroboré par toutes les études antérieures (Tab. 13). Cette différence entre les deux sexes traduit qu'à un âge donné, le poids et la taille d'une femelle sont plus élevés que ceux d'un mâle ([Decamps & Labastie, 1978](#) ; [Iglesias & Dery, 1981](#) ; [Lucio et al., 2000](#)).



**Figure 37:** Indice de performance de la population de *Merluccius merluccius*.  
**A :** dans le Golfe de Béjaïa; **B :** dans la Baie de Jijel; **C :** dans le Golfe d'Annaba ;  
**D :** de toute la population du secteur Est Algérien.

Les valeurs de notre étude sont plus importantes que celles obtenues par [Bouaziz et al. \(1998a\)](#) dans le secteur Centre Algérien et celles obtenues par [Belhoucine, \(2012\)](#) dans le secteur Ouest Algérien. Ainsi, l'indice de performance de croissance est directement lié au taux de croissance K. La valeur de K des Merlus de l'Atlantique Nord dans le Golfe de Gascogne ([de Pontual et al., 2006](#)) est minime par rapport à celle des Merlus provenant de la Méditerranée ([Mellon-Duval et al., 2010](#) ; [Khoufi et al., 2014](#)).



Les valeurs de  $\emptyset'$  calculées par la même approche (otolithes, distribution de tailles ou marquage-recapture) sont similaires au sein de la même région d'étude. Cependant, les résultats de  $\emptyset'$  issus de la lecture des otolithes restent inférieurs à ceux issus des fréquences de tailles et des techniques de marquage et recapture (Tab. 13).

**Tableau 13** : Indices de performance de croissance selon le sexe de *Merluccius merluccius* dans différentes aires géographiques.

Auteurs	Lieu	$\emptyset'$ pour les mâles (cm.an <sup>-1</sup> )	$\emptyset'$ pour les femelles (cm.an <sup>-1</sup> )	$\emptyset'$ pour sexes confondus (cm.an <sup>-1</sup> )
Ungaro <i>et al.</i> , 2001	Mer Adriatique	2,93	2,95	-
Garcia Rodireguez & Esteban, 2002	Côte Est de l'Espagne	3,23	3,36	3,39
Pinéro & Sainza, 2003	Eaux Ibériennes	2,96	3,13	-
Mellon-Duval <i>et al.</i> , 2010	Golfe de Lion	3,1	3,37	3,33
Lucio <i>et al.</i> , 2000	Golfe de Gascogne	3,06	3,17	3,18
El Habouz <i>et al.</i> , 2011	Atlantique marocaine	-	-	3,27
Décamps & Labastie, 1978	Golfe de Gascogne (Stock Nord)	-	-	3,27
de Pontual <i>et al.</i> , 2006	Golfe de Gascogne	3,44	3,5	3,48
Bouhlal, 1975	Golfe de la Tunisie	2,82	2,2	2,93
Khoufi, 2014	Côte Nord de la Tunisie	3,01	3,17	3,29
Bouaziz <i>et al.</i> , 1998a	Baie de Bou-Ismaïl Secteur <b>Centre</b> de l'Algérie	2,88	2,96	-
Belhoicine, 2012	Baie d'Oran Secteur <b>Ouest</b> de l'Algérie	2,9	3,188	2,897
<b>Présente étude</b>	Golfe de Bejaïa Secteur <b>Est</b> de l'Algérie	3,27	3,59	3,238
	Baie de Jijel Secteur <b>Est</b> de l'Algérie	3,16	3,265	3,336
	Golfe d'Annaba Secteur <b>Est</b> de l'Algérie	3,16	3,262	3,218

Une valeur importante de cet indice reflète une croissance rapide pour cette espèce. La variabilité de ce dernier entre les différentes zones géographiques peut être due à la déférence des données d'échantillonnage (commerciales ou à partir des données de campagnes de prospection), à la gamme de tailles des échantillons, à la période de l'échantillonnage (variations saisonnières et interannuelles), l'incertitude de l'estimation de l'âge à partir de différentes méthodes d'études. Les caractéristiques hydro-climatiques et environnementales de chaque zone induisant des performances de croissance variables (température, salinité, profondeur, up-welling...) sont aussi déterminants pour expliquer la différence du taux de croissance, ainsi les températures en Atlantique (Puillat *et al.*, 2004) sont plus faibles qu'en



Méditerranée (Lefevre *et al.*, 1997). En plus, la différence du taux de croissance entre l'océan Atlantique et le bassin de la Méditerranée peut-être due à des facteurs génétiques, confirmant l'existence de deux populations distinctes du Merlu (Cimmaruta *et al.*, 2005). De même, les facteurs biotiques comme la disponibilité de la nourriture qui joue un rôle important dans la croissance pouvant contribuer à expliquer une telle différence entre les deux populations du Merlu parce que le côté Atlantique est plus riche en nutriments que le bassin Méditerranéen qui est oligotrophe (Béthoux *et al.*, 1998).

#### ***D. Taux d'accroissements linéaires annuels théoriques***

L'analyse du taux d'accroissement entre les groupes d'âge permet d'obtenir le taux d'accroissement annuel. Celui-ci a été calculé pour l'ensemble de l'échantillon et par sexe dans chaque site d'étude et pour toute la population totale de la frange Côtière-Est Algérienne.

##### **➤ *Le Golfe de Béjaïa***

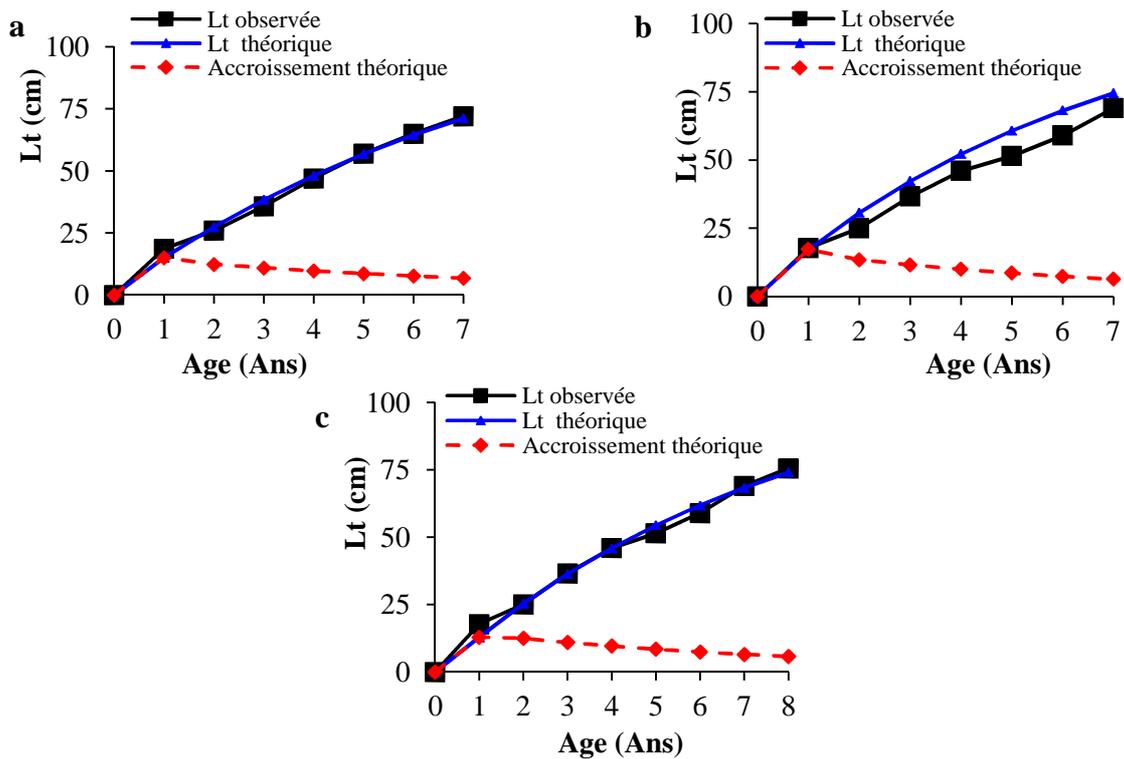
L'accroissement annuel de la population de *M. merluccius* enregistre des fluctuations d'une année à une autre et diminue progressivement avec l'âge (Tab. 01 ; annexe 3). Chez les mâles, les taux d'accroissement calculés défilent de 11,23 cm/an à 7,07 cm/an (Fig. 38a), pendant que les accroissements des femelles passent de 19,01 cm/an à 6,44 cm/an (Fig. 38b). Les constatations sont similaires pour le sexe confondu qui enregistre des variations de 11,6cm/an à 5,47cm/an (Fig. 38c). La croissance de *Merluccius merluccius* montre une diminution régulière des accroissements.

##### **➤ *La Baie de Jijel***

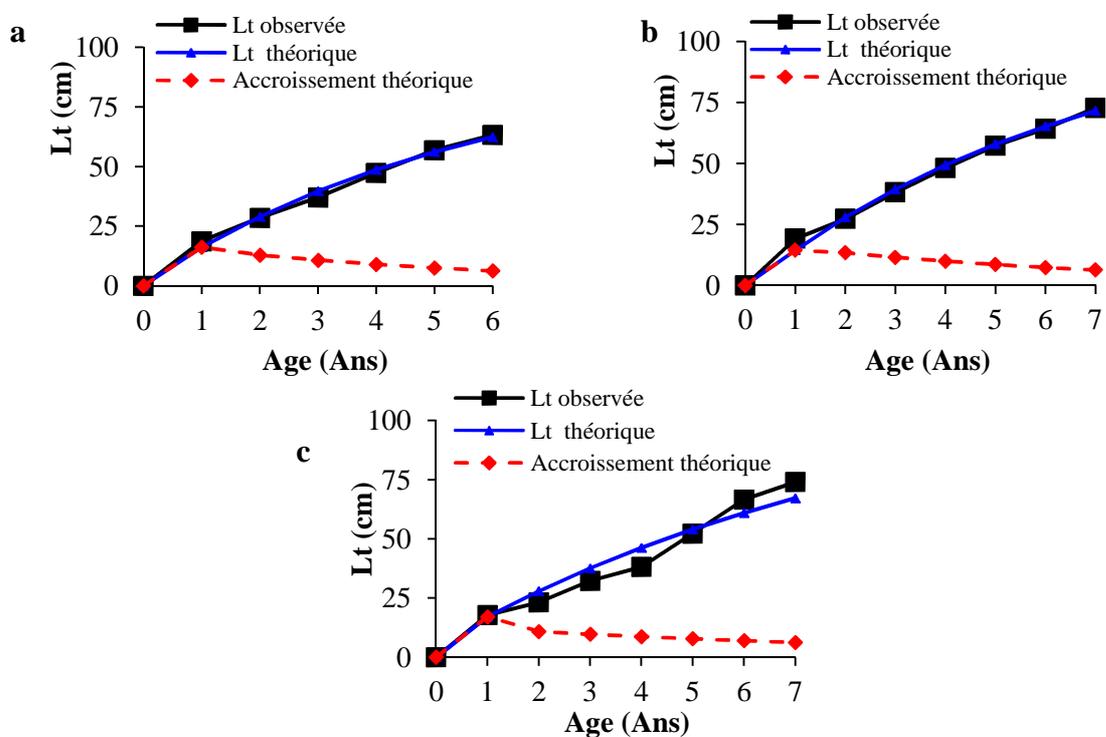
Chez la population du Merlu de la Baie de Jijel, les taux d'accroissement calculés pour les mâles défilent de 9,79 cm/an à 6,33 cm/an (Fig. 39a) (Tab. 02 ; annexe 3). Les accroissements des femelles passent de 8,15 cm/an à 6,96 cm/an (Fig. 39b). Les sexes confondus enregistrent des variations de 5,36 cm/an à 7,19 cm/an (Fig. 39c).

##### **➤ *Le Golfe d'Annaba***

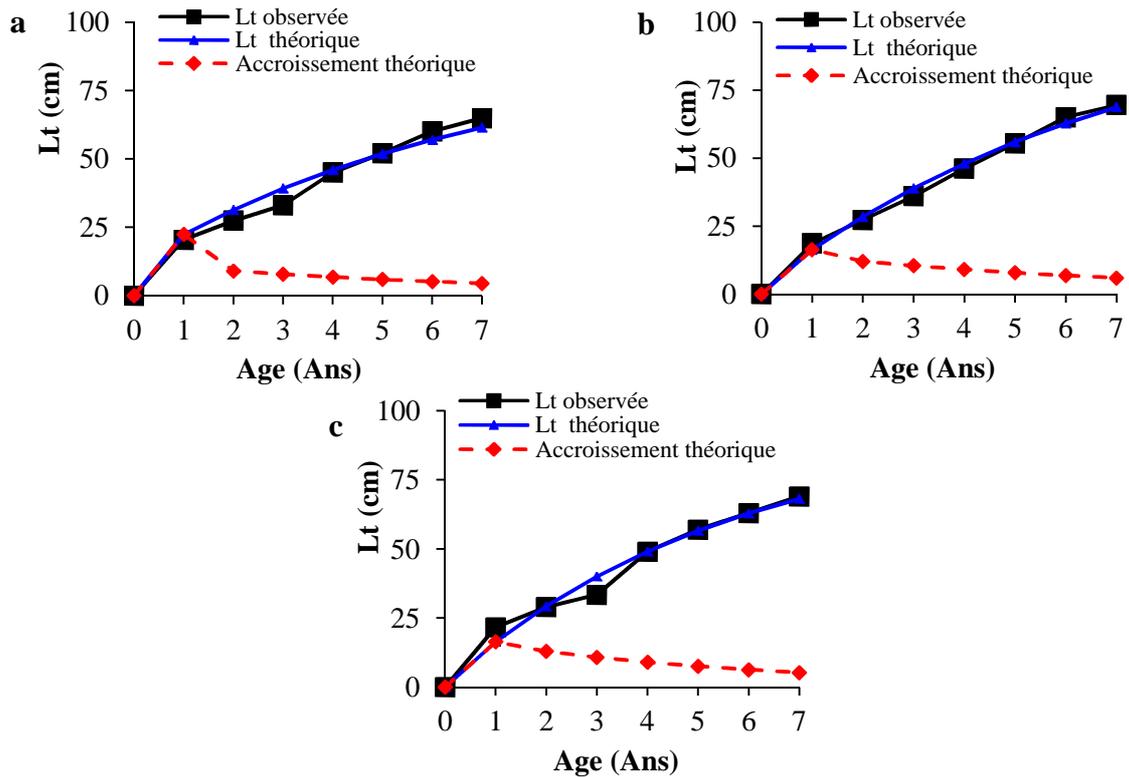
L'accroissement annuel de la population de *Merluccius merluccius* du Golfe d'Annaba enregistre des fluctuations d'une année à une autre et diminue progressivement avec l'âge (Tab. 03 ; annexe 3). Chez les mâles, les taux d'accroissement varient de 6,96 cm/an à 4,8 cm/an (Fig. 40a), pendant que les accroissements des femelles passent de 8,63 cm/an à 4,43 cm/an (Fig. 40b). Les constatations sont similaires pour le sexe confondu qui enregistrent des variations de 7,33 cm/an à 6 cm/an (Fig. 40c).



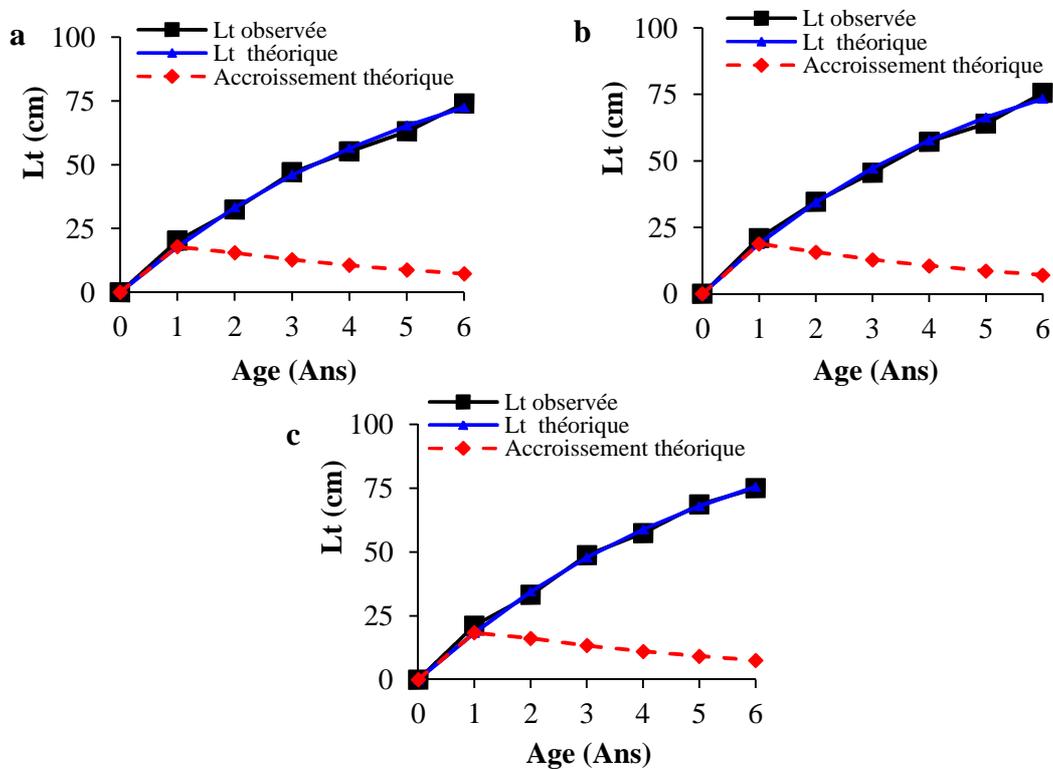
**Figure 38:** Courbes de croissance linéaire observée et théoriques et de l'accroissement linéaire théorique pour les mâles en (a) ; pour les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c) chez *Merluccius merluccius* du Golfe de Béjaïa.



**Figure 39:** Courbes de croissance linéaire observée et théoriques et de l'accroissement linéaire théorique pour les mâles en (a) ; pour les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c) chez *Merluccius merluccius* de la Baie de Jijel.



**Figure 40:** Courbes de croissance linéaire observée et théoriques et de l'accroissement linéaire théorique pour les mâles en (a) ; pour les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c) chez *Merluccius Merluccius* du Golfe d'Annaba.



**Figure 41:** Courbes de croissance linéaire observée et théoriques et de l'accroissement linéaire théorique pour les mâles en (a) ; pour les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c) chez *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.



➤ **La Côte-Est Algérienne**

Chez la population du Merlu du secteur Est algérien, les taux d'accroissement calculés pour les mâles défilent 6,96 cm/an à 4,8 cm/an (Fig. 41a), pendant que les accroissements des femelles passent de 8,63 cm/an à 4,43 cm/an (Fig. 41b). Les sexes confondus marquent des variations de 7,33 cm/an à 6 cm/an (Fig. 41c) (Tab. 04 ; annexe 3).

**5.2. Croissance pondérale relative**

**A. Relation taille-poids**

Afin de déterminer le poids correspondant à toutes les longueurs calculées, la relation « taille- poids » a été déterminée pour les Merlus mâles, femelles et sexes combinés dans chaque site d'étude et pour toute la population du secteur Est Algérien.

Nous avons tenu compte de tous les couples, sans regroupement préalable repartis sur un cycle annuel. Cette relation a été estimée aussi bien par rapport au poids total que par rapport au poids éviscéré afin d'éliminer le biais que pourrait engendrer les viscères sur le poids réel du poisson.

➤ **Le Golfe de Béjaïa**

L'ensemble des résultats des variations de la relation liant le poids total et la longueur totale, le poids éviscéré et la longueur totale pour chaque sexe et pour l'ensemble des individus des Merlus regroupés pour la zone de Béjaïa sont synthétisés dans les tableaux (14, 15, 16, 17,18) et reportés graphiquement sur les figures 42a.

**Tableau 14** : Paramètres de la relation taille-poids total de *Merluccius merluccius* du Golfe de Béjaïa.

Zone de pêche	Sexe	a	b	R <sup>2</sup>	r	N	Lt min (cm)	Lt max (cm)
Golfe de Béjaïa	Mâles	0,0022	3,357	0,749	0,865	353	15,6	32,8
	Femelles	0,0028	3,274	0,817	0,904	333	14,3	62,4
	Sexes Confondus	0,0028	3,275	0,784	0,885	586	14,3	62,4

*a*: constante, *b* : Coefficient d'allométrie, R<sup>2</sup>: coefficient de détermination, *r*: coefficient de corrélation, *N* : effectifs ; Lt min : taille minimale de l'échantillon, Lt max : taille maximale de l'échantillon.



**Tableau 15 :** Paramètres de la relation taille-poids éviscéré de *Merluccius merluccius* du Golfe de Béjaïa.

Zone de pêche	Sexe	a	b	R <sup>2</sup>	r	N	Lt min (cm)	Lt max (cm)
<b>Golfe de Béjaïa</b>	<b>Mâles</b>	0,002	3,356	0,74	0,86	353	15,6	32,8
	<b>Femelles</b>	0,0027	3,24	0,827	0,909	333	14,3	62,4
	<b>Sexes Confondus</b>	0,0027	3,25	0,795	0,891	586	14,3	62,4

*a*: constante, *b*: Coefficient d'allométrie, R<sup>2</sup>: coefficient de détermination, *r*: coefficient de corrélation, *N*: effectifs; *Lt min*: taille minimale de l'échantillon, *Lt max*: taille maximale de l'échantillon.

**Tableau 16:** Test d'allométrie taille-poids total de *Merluccius merluccius* du Golfe de Béjaïa.

Zone de pêche	Sexe	b	Tobs.	Ttheo.	Type d'allométrie
<b>Golfe de Béjaïa</b>	<b>Mâles</b>	3,357	3,567	1,96	<b>Majorante</b>
	<b>Femelles</b>	3,274	3,729	1,96	<b>Majorante</b>
	<b>Sexes Confondus</b>	3,275	4,569	1,96	<b>Majorante</b>

**Tableau 17:** Test d'allométrie taille-poids éviscéré de *Merluccius merluccius* du Golfe de Béjaïa.

Zone de pêche	Sexe	b	Tobs.	Ttheo.	Type d'allométrie
<b>Golfe de Béjaïa</b>	<b>Mâles</b>	3,356	3,5	1,96	<b>Majorante</b>
	<b>Femelles</b>	3,24	3,42	1,96	<b>Majorante</b>
	<b>Sexes Confondus</b>	3,25	4,32	1,96	<b>Majorante</b>

L'application du test t de Student basé sur la comparaison de deux pentes, fournit des valeurs supérieures à 1,96 pour  $\alpha = 5\%$ . Les valeurs estimées de **b** sont supérieures à 3 quelque soit le sexe (Tab. 17 et 18 ; Fig. 36a).



Ce résultat permet de dire que *Merluccius merluccius*, pêché dans les eaux du secteur Est Algérien, se caractérise par une allométrie de type **majorante**, entre  $W_t - L_t$  et entre  $W_{ev} - L_t$ , aussi bien pour les sexes séparés que confondus (Fig. 42a). Ceci nous permet de dire que le développement du corps (croissance pondérale) croît plus vite que la taille de l'individu pour les deux sexes. La valeur de **b** est concordante avec celle habituellement rapportée et admise par la littérature et qui situe cette valeur entre 2,5 et 3,5 (Pauly, 1997) de la relation taille-poids.

Les coefficients de corrélation obtenus sont voisins de 1, montrant ainsi une très bonne dépendance entre les différentes variables mesurées.

**Tableau 18 :** Equations de régression de la relation entre le poids total (g) et la longueur totale (cm) et entre le poids éviscéré (g) et la longueur totale (cm) chez *Merluccius merluccius* du Golfe de Béjaïa.

Zone de pêche	Sexe	Relations taille-poids total	Relations biométriques
Golfe de Béjaïa	Mâles	$W_t = 0,0022 L_t^{3,357}$	$W_t = 3,357 L_t - 2,686$
	Femelles	$W_t = 0,0028 L_t^{3,274}$	$W_t = 3,274 L_t - 2,55$
	Sexes Confondus	$W_t = 0,0028 L_t^{3,275}$	$W_t = 3,275 L_t - 2,558$
		Relations taille-poids éviscéré	Relations biométriques
	Mâles	$W_t = 0,002 L_t^{3,356}$	$We = 3,356 L_t - 2,647$
	Femelles	$W_t = 0,0027 L_t^{3,24}$	$We = 3,24 L_t - 2,55$
	Sexes Confondus	$W_t = 0,0027 L_t^{3,25}$	$We = 3,25 L_t - 2,547$

La comparaison statistique entre les tailles moyennes atteintes des deux sexes par groupe d'âge de *Merluccius merluccius* échantillonné dans le Golfe de Béjaïa réalisée à l'aide du test ANOVA nous donne le résultat suivant:  $F=0,09$  pour un ddl=1 et un  $P=0,760$ , qui est en faveur de l'acceptation de l'hypothèse nulle d'égalité des deux pentes, c'est-à-dire il n'y a pas une différence significative entre la distribution des tailles entre les deux sexes.

Puisque les pentes sont égales, on compare les ordonnées à l'origine en terme de poids totaux et ce en appliquant le test ANOVA transcrivant ainsi le résultat suivant :  $F=1,752$  pour



un ddl=1 et un P=0,21 ne dévoilant aucune différence significative au seuil de 5%. Cependant, on note l'existence d'une différence de croissance pondérale entre les mâles et les femelles ainsi la croissance linéaire ne dépend pas de la croissance pondérale ; à une taille égale, les mâles sont plus légers que les femelles.

➤ **La Baie de Jijel**

L'ensemble des résultats des variations de la relation liant le poids total et la longueur totale et le poids éviscéré et la longueur totale pour chaque sexe et pour l'ensemble des individus des Merlus regroupés pour la Baie de Jijel sont synthétisés dans les tableaux (19, 20, 21, 22, 23) et reportés graphiquement sur les figures 42b.

**Tableau 19** : Paramètres de la relation taille-poids total de *Merluccius merluccius* de la Baie de Jijel.

Zone de pêche	Sexe	a	b	R <sup>2</sup>	r	N	Lt min (cm)	Lt max (cm)
Baie de Jijel	Mâles	0,0021	3,372	0,542	0,726	176	16,8	33,8
	Femelles	0,0028	3,277	0,79	0,888	246	15,8	43,7
	Sexes Confondus	0,0027	3,294	0,707	0,84	422	15,8	43,7

*a*: constante, *b* : Coefficient d'allométrie, R<sup>2</sup>: coefficient de détermination, *r*: coefficient de corrélation, *N* : effectifs ; Lt min : taille minimale de l'échantillon, Lt max : taille maximale de l'échantillon.

**Tableau 20** : Paramètres de la relation taille-poids éviscéré de *Merluccius merluccius* de la Baie de Jijel.

Zone de pêche	Sexe	a	b	R <sup>2</sup>	r	N	Lt min (cm)	Lt max (cm)
aie de Jijel	Mâles	0,0052	3,06	0,621	0,788	176	17,6	33,8
	Femelles	0,0031	3,22	0,806	0,897	2,46	15,8	43,7
	Sexes Confondus	0,0038	3,157	0,749	0,865	9422	15,8	43,7

*a*: constante, *b* : Coefficient d'allométrie, R<sup>2</sup>: coefficient de détermination, *r*: coefficient de corrélation, *N* : effectifs ; Lt min : taille minimale de l'échantillon, Lt max : taille maximale de l'échantillon.



**Tableau 21:** Test d'allométrie taille-poids total de *Merluccius merluccius* de la Baie de Jijel.

Zone de pêche	Sexe	b	Tobs.	Ttheo.	Type d'allométrie
Baie de Jijel	Mâles	3,372	2,289	1,96	Majorante
	Femelles	3,277	3,02	1,96	Majorante
	Sexes Confondus	3,294	3,551	1,96	Majorante

**Tableau 22:** Test d'allométrie taille-poids éviscéré de *Merluccius merluccius* de la Baie de Jijel.

Zone de pêche	Sexe	b	Tobs.	Ttheo.	Type d'allométrie
Baie de Jijel.	Mâles	3,06	0,428	1,96	Majorante
	Femelles	3,22	2,519	1,96	Majorante
	Sexes Confondus	3,157	2,096	1,96	Majorante

**Tableau 23 :** Equations de régression de la relation entre le poids total (g) et la longueur totale (cm) et entre le poids éviscéré (g) et la longueur totale (cm) de *M. merluccius* de la Baie de Jijel.

Zone de pêche	Sexe	Relations taille-poids t---otal	Relations biométriques
Baie de Jijel	Mâles	$Wt = 0,0021 Lt^{3,372}$	$Wt = 3,372 Lt - 2,66$
	Femelles	$Wt = 0,0028 Lt^{3,277}$	$Wt = 3,277 Lt - 2,548$
	Sexes Confondus	$Wt = 0,0027 Lt^{3,294}$	$Wt = 3,294 Lt - 2,56$
		Relations taille-poids éviscéré	Relations biométriques
	Mâles	$We = 0,0052 Lt^{3,06}$	$We = 3,06 Lt - 2,28$
	Femelles	$We = 0,0031 Lt^{3,22}$	$We = 3,22 Lt - 2,508$
	Sexes Confondus	$We = 0,0038 Lt^{3,157}$	$We = 3,157 Lt - 2,417$



Les résultats obtenus permettent de dire que *Merluccius merluccius*, pêché dans la Baie de Jijel, se caractérisent par une allométrie de type **majorante**, entre le poids total ( $W_t$ ) et la longueur totale ( $L_t$ ) et entre le poids éviscéré ( $W_{ev}$ ) et la longueur totale ( $L_t$ ) aussi bien pour les sexes séparés que confondus (Fig. 42b). Ainsi, le Merlu a une croissance pondérale supérieure à sa croissance en taille.

La comparaison statistique entre les tailles moyennes atteintes des deux sexes par groupe d'âge de *Merluccius merluccius* échantillonné dans la Baie de Jijel réalisée à l'aide du test ANOVA nous donne le résultat suivant:  $F=0,001$  pour un  $ddl=1$  et un  $P=0,971$ , qui est en faveur de l'acceptation de l'hypothèse nulle d'égalité des deux pentes, c'est-à-dire il n'y a pas une différence significative entre la distribution des tailles entre les deux sexes.

Puisque les pentes sont égales, on compare les ordonnées à l'origine en terme de poids totaux et ce en appliquant le test ANOVA transcrivant ainsi le résultat suivant :  $F=0,626$  pour un  $ddl=1$  et un  $P=0,448$ , dévoilant aucune différence significative au seuil de 5%. Cependant, on note l'existence d'une différence de croissance pondérale entre les mâles et les femelles ainsi la croissance linéaire ne dépend pas de la croissance pondérale ; à une taille égale, les mâles sont plus légers que les femelles.

➤ **Le Golfe d'Annaba**

L'ensemble des résultats des variations de la relation liant le poids total et la longueur totale et le poids éviscéré et la longueur totale pour chaque sexe et pour l'ensemble des individus des Merlus regroupés pour le Golfe d'Annaba sont synthétisés dans les tableaux (24, 25, 26, 27, 28) et reportés graphiquement sur la figure 42c.

**Tableau 24** : Paramètres de la relation taille-poids total de *Merluccius merluccius* du Golfe d'Annaba.

Zone de pêche	Sexe	a	b	R <sup>2</sup>	r	N	Lt min (cm)	LT max (cm)
Golfe d'Annaba	Mâles	0,0022	3,357	0,774	0,88	271	15,9	34,9
	Femelles	0,0027	3,28	0,821	0,906	207	15,9	41,3
	Sexes Confondus	0,0028	3,26	0,793	0,89	478	15,9	41,3

$a$ : constante,  $b$  : Coefficient d'allométrie,  $R^2$ : coefficient de détermination,  $r$ : coefficient de corrélation,  $N$  : effectifs ;  $L_t$  min : taille minimale de l'échantillon,  $L_t$  max : taille maximale de l'échantillon.



**Tableau 25 :** Paramètres de la relation taille-poids éviscéré de *Merluccius merluccius* du Golfe d'Annaba.

Zone de pêche	Sexe	a	b	R <sup>2</sup>	r	N	Lt min (cm)	Lt max (cm)
Golfe d'Annaba	Mâles	0,0026	3,27	0,793	0,89	271	15,9	34,9
	Femelles	0,0025	3,26	0,825	0,908	207	15,9	41,3
	Sexes Confondus	0,0029	3,23	0,806	0,898	478	15,9	41,3

*a*: constante, *b*: Coefficient d'allométrie, R<sup>2</sup>: coefficient de détermination, *r*: coefficient de corrélation, N: effectifs; Lt min: taille minimale de l'échantillon, Lt max: taille maximale de l'échantillon.

**Tableau 26:** Test d'allométrie taille-poids total de *Merluccius merluccius* du Golfe d'Annaba.

Zone de pêche	Sexe	b	Tobs.	Ttheo.	Type d'allométrie
Golfe d'Annaba	Mâles	3,357	3,894	1,96	Majorante
	Femelles	3,28	3,05	1,96	Majorante
	Sexes Confondus	3,26	4,133	1,96	Majorante

**Tableau 27:** Test d'allométrie taille-poids éviscéré de *Merluccius merluccius* du Golfe d'Annaba.

Zone de pêche	Sexe	b	Tobs.	Ttheo.	Type d'allométrie
Golfe d'Annaba	Mâles	3,27	3,129	1,96	Majorante
	Femelles	3,26	2,909	1,96	Majorante
	Sexes Confondus	3,23	3,734	1,96	Majorante

L'ensemble des résultats obtenus en appliquant le test de Student permet de dire que *M. merluccius*, pêché dans le Golfe d'Annaba, se caractérise par une allométrie, entre le poids total ( $W_t$ ) et la longueur totale ( $L_t$ ) et entre le poids éviscéré ( $W_{ev}$ ) et la longueur totale ( $L_t$ ), de type **majorante**, aussi bien pour les sexes séparés que confondus (Tab. 26 et 27; Fig. 42c). Ainsi, le Merlu a une croissance pondérale supérieure à sa croissance en taille.



**Tableau 28 :** Equations de régression de la relation entre le poids total (g) et la longueur totale (cm) et entre le poids éviscéré (g) et la longueur totale (cm) chez *Merluccius merluccius* du Golfe d'Annaba.

Zone de pêche	Sexe	Relations taille-poids total	Relations biométriques
Golfe d'Annaba	Mâles	$W_t = 0,0022 L_t^{3,357}$	$W_t = 3,357 L_t - 2,65$
	Femelles	$W_t = 0,0027 L_t^{3,028}$	$W_t = 3,028 L_t - 2,56$
	Sexes Confondus	$W_t = 0,0028 L_t^{3,26}$	$W_t = 3,26 L_t - 2,54$
		Relations taille-poids éviscéré	Relations biométriques
	Mâles	$W_e = 0,0026 L_t^{3,27}$	$W_e = 3,27 L_t - 2,58$
	Femelles	$W_e = 0,0025 L_t^{3,26}$	$W_e = 3,26 L_t - 2,56$
	Sexes Confondus	$W_e = 0,0029 L_t^{3,23}$	$W_e = 3,23 L_t - 2,53$

La comparaison statistique entre les tailles moyennes atteintes des deux sexes par groupe d'âge de *Merluccius merluccius* échantillonné dans le Golfe d'Annaba réalisée à l'aide du test ANOVA nous donne le résultat suivant:  $F=0$  pour un  $ddl=1$  et un  $P=1$ , qui est en faveur de l'acceptation de l'hypothèse nulle d'égalité des deux pentes, c'est-à-dire il n'y a pas une différence significative entre la distribution des tailles entre les deux sexes.

Puisque les pentes sont égales, on compare les ordonnées à l'origine en terme de poids totaux et ce en appliquant le test ANOVA transcrivant ainsi le résultat suivant :  $F=1,929$  pour un  $ddl=1$  et un  $P=0,19$ , ne dévoilant aucune différence significative au seuil de 5%. Cependant, on note l'existence d'une différence de croissance pondérale entre les mâles et les femelles ainsi la croissance linéaire ne dépend pas de la croissance pondérale ; à une taille égale, les mâles sont plus légers que les femelles.

#### ➤ *La Côte-Est Algérienne*

L'ensemble des résultats des variations de la relation liant le poids total et la longueur totale et le poids éviscéré et la longueur totale pour chaque sexe et pour l'ensemble des individus des merlus regroupés pour la Côte Est Algérienne sont synthétisés dans les tableaux (29, 30, 31, 32, 33) et reportés graphiquement sur les figure 42d.



**Tableau 29 :** Paramètres de la relation taille-poids total de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

Zone de pêche	Sexe	a	b	R <sup>2</sup>	r	N	Lt min (cm)	Lt max (cm)
La Côte-Est Algérienne	Mâles	0,0022	3,36	0,756	0,869	701	15,6	34,9
	Femelles	0,0027	3,28	0,78	0,8883	786	14,3	62,4
	Sexes confondus	0,0028	3,3	0,75	0,866	1486	14,3	62,4

**Tableau 30 :** Paramètres de la relation taille-poids éviscéré de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

Zone de pêche	Sexe	a	b	R <sup>2</sup>	r	N	Lt min (cm)	Lt max (cm)
La Côte-Est Algérienne	Mâles	0,0027	3,26	0,756	0,869	701	15,6	34,9
	Femelles	0,0026	3,257	0,796	0,892	786	14,3	62,4
	Sexes confondus	0,0028	3,248	0,768	0,876	1486	14,3	62,4

Les résultats obtenus pour toute la population de *Merluccius merluccius*, pêché le long du secteur Est Algérien sont similaires à ceux dénotés dans d'autres zones d'étude ; sont de type **majorante**, aussi bien pour les sexes séparés que confondus (Fig. 42d). Ainsi, le Merlu a une croissance pondérale supérieure à sa croissance en taille.

**Tableau 31:** Test d'allométrie taille-poids total de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

Zone de pêche	Sexe	b	Tobs.	Ttheo.	Type d'allométrie
La Côte- Est Algérienne	Mâles	3,36	6,126	1,96	Majorante
	Femelles	3,28	5,436	1,96	Majorante
	Sexes confondus	3,3	7,453	1,96	Majorante



**Tableau 32:** Test d'allométrie taille-poids éviscéré de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

Zone de pêche	Sexe	b	Tobs.	Ttheo.	Type d'allométrie
Baie de Jijel.	Mâles	3,26	4,466	1,96	Majorante
	Femelles	3,257	5,118	1,96	Majorante
	Sexes confondus	3,248	6,376	1,96	Majorante

**Tableau 33 :** Equations de régression de la relation entre le poids total (g) et la longueur totale (cm) et entre le poids éviscéré (g) et la longueur totale (cm) chez *Merluccius merluccius* de la côte-Est Algérienne.

Zone de pêche	Sexe	Relations taille-poids total	Relations biométriques
La Côte-Est Algérienne	Mâles	$W_t = 0,0022 L_t^{3,36}$	$W_t = 3,36 L_t - 2,65$
	Femelles	$W_t = 0,0027 L_t^{3,28}$	$W_t = 3,28 L_t - 2,56$
	Sexes confondus	$W_t = 0,0026 L_t^{3,30}$	$W_t = 3,30 L_t - 2,58$
		Relations taille-poids éviscéré	Relations biométriques
	Mâles	$W_e = 0,0027 L_t^{3,26}$	$W_e = 3,26 L_t - 2,56$
	Femelles	$W_e = 0,0026 L_t^{3,257}$	$W_e = 3,257 L_t - 2,57$
	Sexes confondus	$W_e = 0,0028 L_t^{3,248}$	$W_e = 3,248 L_t - 2,55$

La comparaison statistique entre les tailles moyennes atteintes des deux sexes par groupe d'âge de *Merluccius merluccius* échantillonné le long du secteur Est Algérien réalisée à l'aide du test ANOVA nous donne le résultat suivant:  $F=0,008$  pour un ddl=1 et un  $P=0,929$ , qui est en faveur de l'acceptation de l'hypothèse nulle d'égalité des deux pentes, c'est-à-dire il n'y a pas une différence significative entre la distribution des tailles des deux sexes.

Puisque les pentes sont égales, on compare les ordonnées à l'origine en terme de poids totaux et ce en appliquant le test ANOVA transcrivant ainsi le résultat suivant :  $F=0,565$  pour un ddl=1 et un  $P=0,469$ , dévoilant aucune différence significative au seuil de 5%. Cependant, on note l'existence d'une différence de croissance pondérale entre les mâles et les femelles ainsi la croissance linéaire ne dépend pas de la croissance pondérale ; à une taille égale, les mâles sont plus légers que les femelles.



### **B. Croissance pondérale absolue**

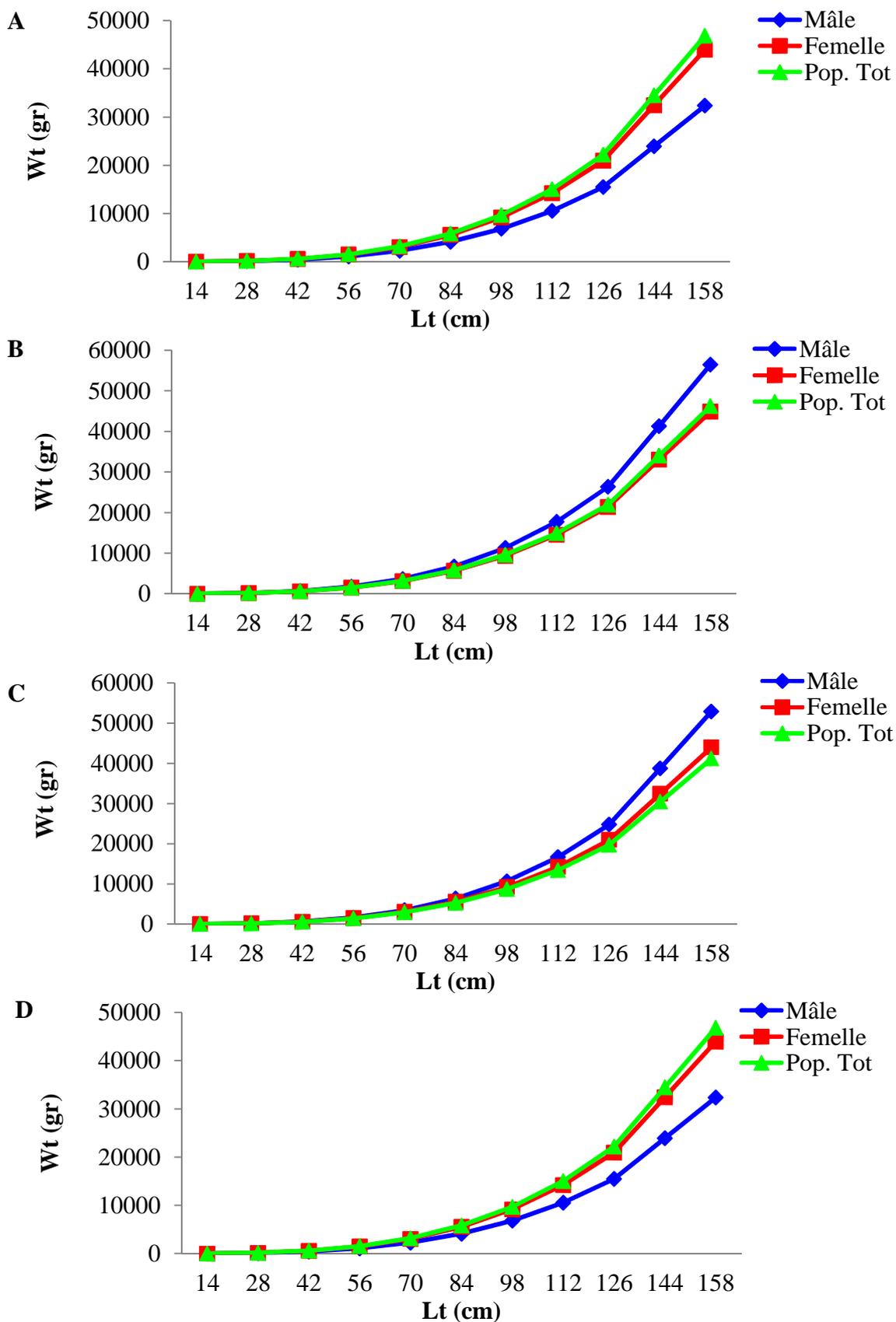
La courbe théorique de croissance pondérale résulte de la combinaison entre l'équation de croissance linéaire d'une part, et celle de la relation taille-poids d'autre part.

Les poids asymptotiques ont été établis pour les deux sexes séparément et combinés, pour chaque site ciblé et enfin pour toute la région Est Algérienne.

Les paramètres K et  $t_0$  sont identiques à ceux calculés à partir de l'équation de croissance linéaire. Les formules ci-dessous ont permis de dresser le tableau de correspondance âge-poids par sexe (Tab. 37). La figure 38 représente les courbes de croissance pondérales théoriques.

**Tableau 34:** Equations de croissance pondérale chez *Merluccius merluccius*

<b>Zone D'étude</b>	<b>Sexe</b>	<b>Croissance Pondérale</b>
<b>Golfe de Béjaïa</b>	<b>Mâles</b>	$W_t = 31061,627 * (1 - e^{-0,13 (t + 0,012)})^{3,357}$
	<b>Femelles</b>	$W_t = 17983,379 * (1 - e^{-0,14 (t + 0,038)})^{3,274}$
	<b>Sexes confondus</b>	$W_t = 25404,424 * (1 - e^{-0,1 (t + 0,15)})^{3,275}$
<b>Baie de Jijel</b>	<b>Mâles</b>	$W_t = 13938,309 * (1 - e^{-0,13 (t + 0,012)})^{3,372}$
	<b>Femelles</b>	$W_t = 20744,802 * (1 - e^{-0,13 (t + 0,012)})^{3,327}$
	<b>Sexes confondus</b>	$W_t = 37405,712 * (1 - e^{-0,13 (t + 0,012)})^{3,294}$
<b>Golfe de Annaba</b>	<b>Mâles</b>	$W_t = 12134,069 * (1 - e^{-0,14 (t + 0,181)})^{3,357}$
	<b>Femelles</b>	$W_t = 6626,918 * (1 - e^{-0,11 (t + 0,14)})^{3,028}$
	<b>Sexes confondus</b>	$W_t = 12140,147 * (1 - e^{-0,14 (t + 0,169)})^{3,26}$
<b>Côte-Est Algérienne</b>	<b>Mâles</b>	$W_t = 17269,32 * (1 - e^{-0,17 (t + 0,052)})^{3,36}$
	<b>Femelles</b>	$W_t = 15372,049 * (1 - e^{-0,17 (t + 0,666)})^{3,328}$
	<b>Sexes confondus</b>	$W_t = 15747,69 * (1 - e^{-0,18 (t + 0,035)})^{3,330}$

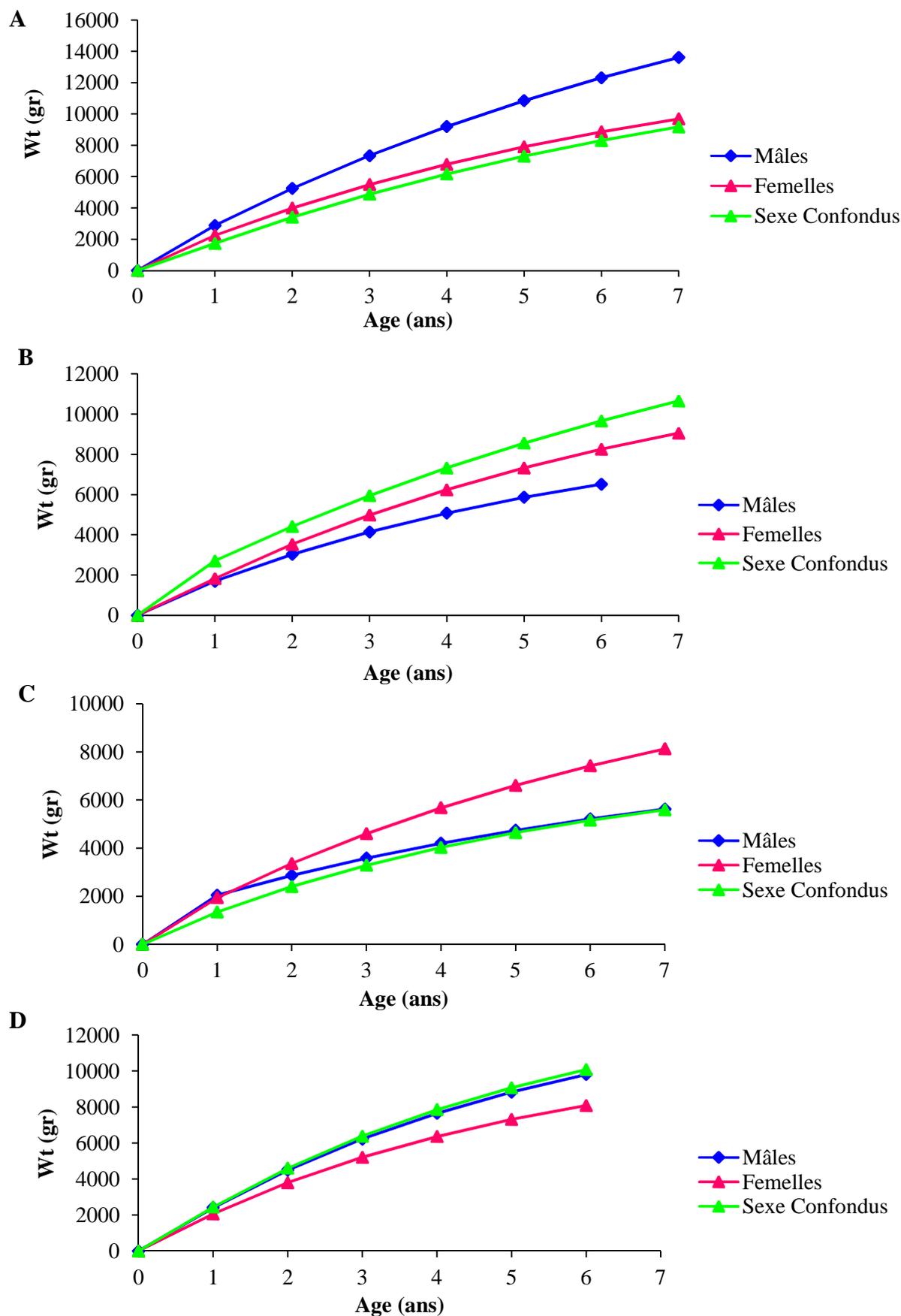


**Figure 42 :** Courbes de croissance pondérale théorique en fonction de la taille de *Merluccius merluccius*. **A :** dans le Golfe de Béjaïa ; **B :** dans la Baie de Jijel ; **C :** dans le Golfe d'Annaba ; **D :** La population totale du secteur Est Algérien.



**Tableau 35:** Clé âge-poids obtenue pour les Merlus femelles, mâles et sexes confondus du secteur Est Algérien.

<b>Zone</b>	<b>Age (an)</b>	<b>Mâles</b>	<b>Femelles</b>	<b>Sexes Confondus</b>
<b>Golfe de Béjaïa</b>	<b>1</b>	2879,8212	2240,4316	1731,4282
	<b>2</b>	5243,4867	3988,0179	3406,1044
	<b>3</b>	7339,8699	5492,1794	4876,6299
	<b>4</b>	9199,1951	6786,8232	6167,8917
	<b>5</b>	10848,269	7901,1335	7301,7427
	<b>6</b>	12310,865	8860,2292	8297,3721
	<b>7</b>	13608,073	9685,7305	9171,6298
	<b>8</b>			9939,3114
<b>Baie de Jijel</b>	<b>1</b>	1690,4529	1827,4234	2703,4353
	<b>2</b>	3029,8677	3523,9359	4416,1683
	<b>3</b>	4148,6411	4984,1378	5950,493
	<b>4</b>	5083,1191	6240,9452	7324,9934
	<b>5</b>	5863,6607	7322,6894	8556,3178
	<b>6</b>	6515,6239	8253,7552	9659,3802
	<b>7</b>		9055,1309	10647,541
<b>Golfe d'Annaba</b>	<b>1</b>	2046,4944	1939,4325	1343,3785
	<b>2</b>	2867,8862	3362,2068	2402,7298
	<b>3</b>	3581,95	4599,1074	3287,5743
	<b>4</b>	4202,7645	5674,4171	4026,6583
	<b>5</b>	4742,4574	6609,2464	4643,9936
	<b>6</b>	5211,6438	7421,948	5159,6352
	<b>7</b>	5619,5349	8128,4768	5590,3353
<b>Côte-Est Algérienne</b>	<b>1</b>	2407,6681	2068,8985	2446,7893
	<b>2</b>	4494,9537	3793,6339	4600,0471
	<b>3</b>	6221,0535	5205,7272	6380,7033
	<b>4</b>	7648,4676	6361,8527	7853,2333
	<b>5</b>	8828,8807	7308,4076	9070,9553
	<b>6</b>	9805,0341	8083,3812	10077,962



**Figure 43** : Courbes de croissance pondérale théorique en fonction de l'âge de *Merluccius merluccius*. **A** : dans le Golfe de Béjaïa ; **B** : dans la Baie de Jijel ; **C** : dans le Golfe d'Annaba ; **D** : La population totale du secteur Est Algérien.



La représentation graphique de la croissance pondérale, obtenue à partir de la méthode indirecte montre des différences de croissance entre les mâles et les femelles à partir de la première année de vie avec des gains en poids plus marqués chez les mâles du Golfe de Béjaïa, par contre la croissance pondérale des femelles de la Baie de Jijel et du Golfe d'Annaba enregistrent des poids plus importants par rapport aux mâles. Cette différence entre les deux sexes est faible en début de vie du poisson puis augmente progressivement avec l'âge pour arriver au poids asymptotique  $W_{\infty}$  (Fig. 42).

**La croissance taille-poids :** l'analyse de la relation taille-poids pour le Merlu de la Côte-Est Algérienne dévoile une différence de croissance entre les mâles et les femelles. Deux études antérieures ont déjà présenté une différence de croissance en fonction des sexes en confirmant la croissance rapide pour les femelles par rapport aux mâles à savoir celle de [Bouaziz et al., \(1998a\)](#) dans le secteur Centre Algérien dans la Baie de Bou-Ismaïl et celle menée par [Belhoucine, \(2012\)](#) dans le secteur Ouest Algérien dans la Baie d'Oran (Tab. 36).

L'ensemble des résultats établis dans le secteur Est Algérien au cours de notre étude dénotent une croissance majorant pour les mâles, les femelles et pour tous sexes combinés, contrairement aux autres études effectuées le long du littoral Algérien ([Bouaziz et al., 1998a](#) ; [Belhoucine, 2012](#)) qui ont mis en évidence une croissance pondérale isométrique ( $b \approx 3$ ) pour les mâles, les femelles ainsi que pour tout sexe confondus (Tab. 36).

**Tableau 36 :** Résumé de la relation taille-poids des travaux réalisés sur le Merlu en Algérie.

Source	Lieu	Femelles	Mâles	Sexes confondus
<b>Présente étude</b>	Secteur Est Algérien (Golfe de Béjaïa)	$W_t = 0,0028 L_t^{3,274}$	$W_t = 0,0022 L_t^{3,357}$	$W_t = 0,0028 L_t^{3,275}$
	Secteur Est Algérien (Baie de Jijel)	$W_t = 0,0028 L_t^{3,277}$	$W_t = 0,0021 L_t^{3,372}$	$W_t = 0,0028 L_t^{3,277}$
<b>Bouaziz et al., 1998a</b>	Secteur Est Algérien (Golfe d'Annaba)	$W_t = 0,0027 * L_t^{3,028}$	$W_t = 0,0022 * L_t^{3,357}$	$W_t = 0,0028 * L_t^{3,26}$
	Secteur Centre Algérien (Baie de Bou-Ismaïl)	$W_t = 0,0065 * L_t^{2,99}$	$W_t = 0,0044 * L_t^{3,11}$	$W_t = 0,006 * L_t^{3,02}$
<b>Belhoucine, 2012</b>	Secteur Ouest Algérien (Baie d'Oran)	$W_t = 0,0065 * L_t^{3,02}$	$W_t = 0,0056 * L_t^{3,057}$	$W_t = 0,0059 * L_t^{3,045}$



### **C. Taux d'accroissements pondéraux annuels théoriques**

L'analyse du taux d'accroissement en masse entre les groupes d'âge permet d'obtenir le taux d'accroissement annuels. Celui-ci a été calculé pour l'ensemble de l'échantillon, par sexe, dans chaque site d'étude et pour toute la population totale de la frange Côtière-Est Algérienne.

#### **➤ Le Golfe de Béjaïa**

Le taux d'accroissement en masse du Merlu des stades juvéniles est vraiment important et qui a une tendance à diminuer avec l'âge (Tab. 05 ; annexe 03), que ce soit pour les mâles qui défilent de 2363,66 gr/an à 1297,20 gr/an (Fig. 44a), pendant que les accroissements des femelles passent de 1747,58 à 825,50 (Fig. 44b), aussi pour toute la population tous sexes confondus qui enregistre des variations de 2674,67 gr/an à 767,68 gr/an (Fig. 44c).

#### **➤ La Baie de Jijel**

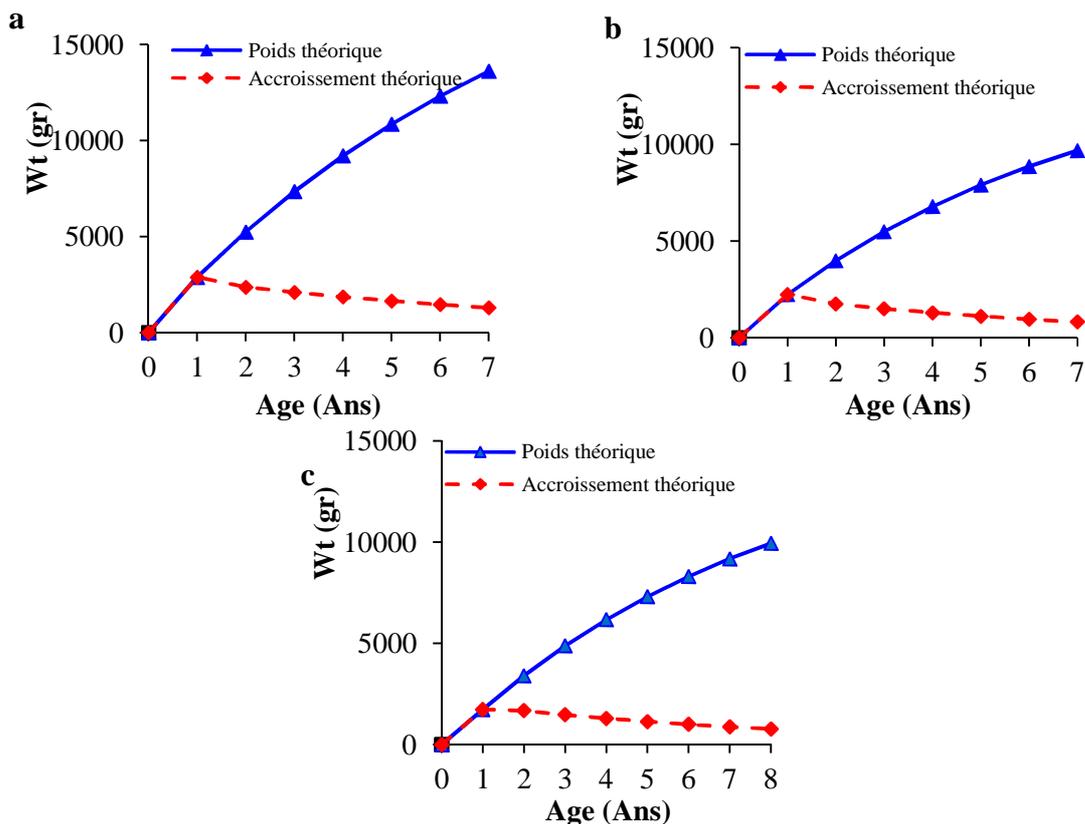
On constate que le taux d'accroissement en masse du Merlu de la Baie de Jijel suit la même aptitude que celui du Golfe de Béjaïa (Tab. 06; annexe 03), que ce soit pour les mâles qui passent de 1339,41gr/an à 651,963gr/an (Fig. 45a), pendant que les accroissements des femelles passent de 1696,51à 801,37 (Fig. 45b), aussi pour toute la population tous sexes confondus qui enregistre des variations de 801,37gr/an à 988,16 gr/an (Fig. 45c).

#### **➤ Le Golfe d'Annaba**

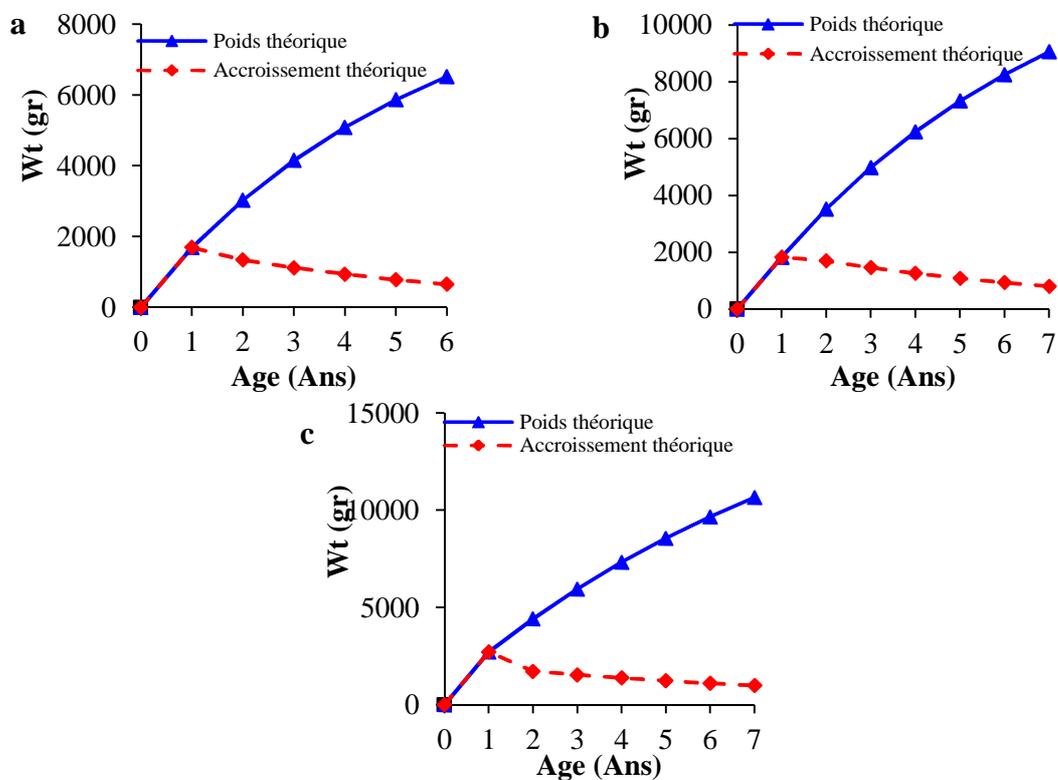
L'accroissement en masse est faible chez les juvéniles et augmente avec l'âge du Merlu (Tab. 07; annexe 03), que ce soit pour les mâles qui défilent de 821,39 gr/an à 407,89 gr/an (Fig. 46a), pour les femelles qui enregistrent un taux de 1422,77 gr/an à 706,53 gr/an (Fig. 46b), pendant que la population totale enregistre des variations entre 1059,35 gr/an à 430,70 gr/an (Fig. 46c). Les taux d'accroissements annuels en masse enregistrent des fluctuations d'une année à une autre et diminuent constamment avec l'âge du Merlu.

#### **➤ La Côte-Est Algérienne**

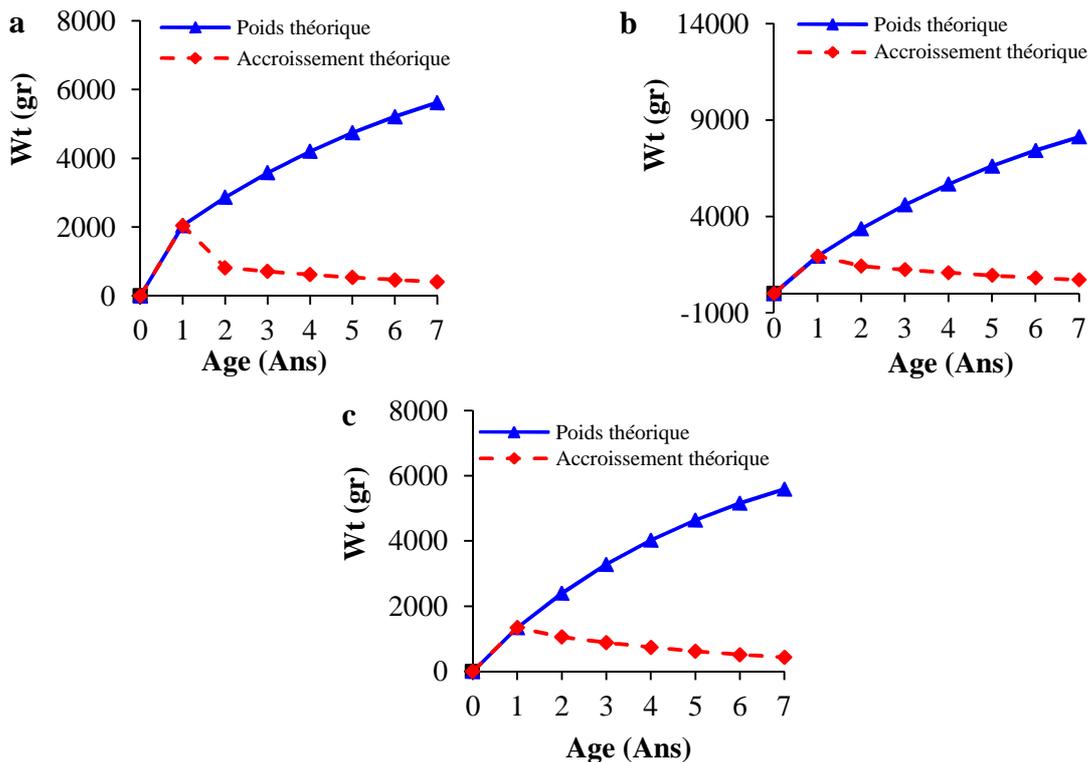
Chez la population du Merlu du secteur Est Algérien, le taux d'accroissement en masse est aussi en déclin avec l'âge du Merlu (Tab. 08 ; annexe 03), que ce soit pour les mâles qui passent de 2087,28 gr/an à 976,15 gr/an (Fig. 47a), pendant que les accroissements des femelles passent de 1724,73 à 774,97 (Fig. 47b), aussi pour toute la population tous sexes confondus qui enregistre des variations de 2153,25 gr/an à 1007 gr/an (Fig. 47c).



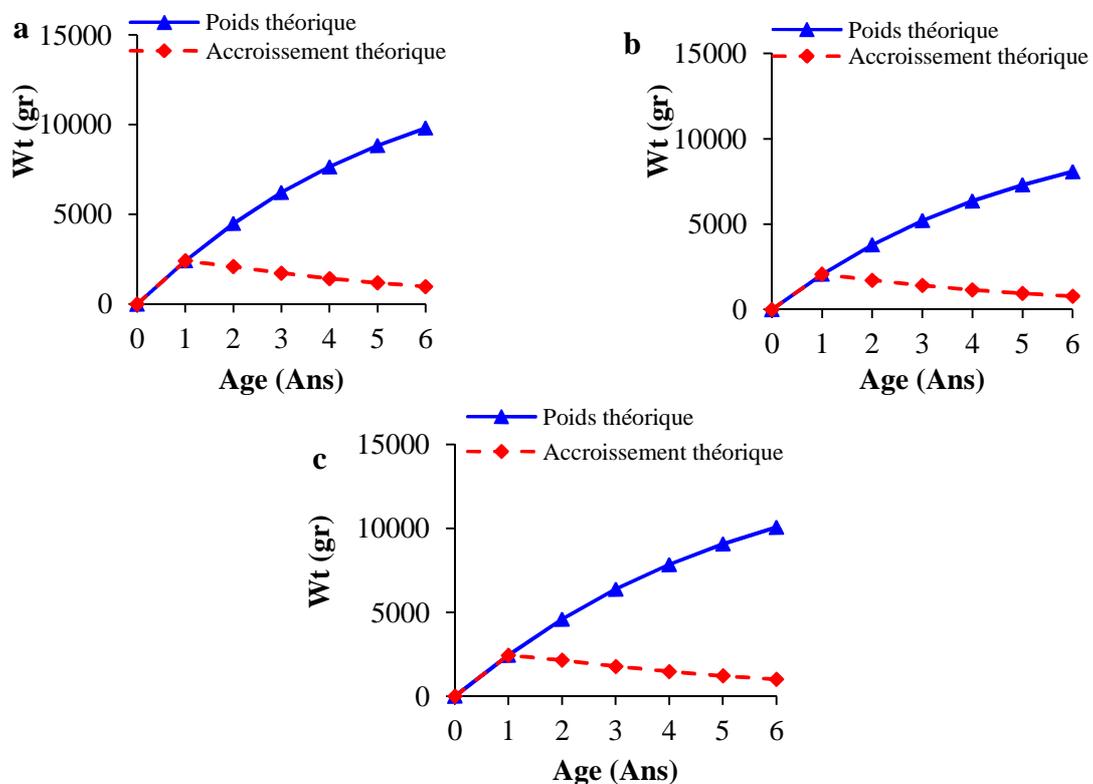
**Figure 44:** Courbes de croissance pondérale théorique et accroissement théorique respectivement pour les mâles en (a) ; les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c) chez *Merluccius merluccius* du Golfe de Béjaïa.



**Figure 45:** Courbes de croissance pondérale théorique et l'accroissement théorique respectivement pour les mâles en (a) ; les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c) chez *Merluccius merluccius* de la Baie de Jijel.



**Figure 47:** Courbes de croissance pondérale théorique et l'accroissement théorique respectivement pour les mâles en (a) ; les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c) chez *Merluccius merluccius* du Golfe d'Annaba.



**Figure 47:** Courbes de croissance pondérale théorique et l'accroissement théorique respectivement pour les mâles en (a) ; les femelles en (b) et pour tous sexes confondus en (c) de toutes la population de *M. merluccius* de la Côte-Est Algérienne.



L'analyse du taux d'accroissement entre les groupes d'âge permet d'obtenir le taux d'accroissement annuel. Celui-ci a été calculé pour l'ensemble de l'échantillon et par sexe.

Le taux d'accroissement annuel enregistre des fluctuations d'une année à une autre et diminue au cours de la vie du poisson.

Le taux d'accroissement d'un poisson au stade juvénile est plus important par rapport à celui d'un poisson en stade adulte.

A un âge donné, les observations montrent qu'une femelle est toujours plus grosse et plus grande qu'un mâle pour tous les sites d'étude.

### **Pour toutes les courbes de la relation taille-poids**

En Méditerranée, l'analyse de la relation taille-poids du Merlu montre une différence d'une région à une autre. A l'inverse, en Atlantique Nord-Est, il n'existe pas de différence importante entre le Golfe de Gascogne, la mer Celtique et la mer du Nord (Tab. 37).

Les points expérimentaux s'ordonnent à peu près autour de la courbe théorique, ceci s'explique par le fait que les valeurs du coefficient de corrélation sont élevées. Ceci démontre que les différentes équations établies traduisent convenablement les relations entre les poids totaux, les poids éviscérés des poissons et leurs longueurs totales.

Lorsque la relation est établie avec des individus éviscérés, le coefficient de corrélation est meilleur. Ceci est surtout dû au développement des gonades pendant la période de ponte chez les femelles et à l'alimentation chez les mâles correspondants. La comparaison des pentes et des positions des droites de régression de la relation taille-poids total entre les individus mâles et femelles, montre que les lois de la croissance relative chez les deux sexes sont identiques; mais à tailles égales, les femelles ont une masse pleine plus importante que celle des mâles. Ainsi, les femelles grossissent plus que les mâles.

En ce qui concerne les masses éviscérées, les pentes des droites de régression de la relation taille-poids éviscéré, statistiquement différentes chez les mâles et les femelles, montrent que les lois de la croissance relative sont différentes chez les deux sexes. A poids éviscéré égal, les femelles sont moins lourdes que les mâles.

Dans le but d'une comparaison avec les résultats d'autres auteurs, le tableau 37 résume les paramètres de la croissance relative mentionnés dans différentes régions de la Méditerranée et de l'Atlantique.



**Tableau 37 :** Résumé de la relation taille-poids de quelques travaux réalisés en Méditerranée et en Atlantique.

	Auteurs	Zones	Sexe	a	b	Type d'allométrie
<b>Atlantique</b>	Coull <i>et al.</i> , 1989	Mer Nord et de l'Ouest de l'Ecosse	C	0,0047	3,099	Isométrie
	ICES, 1991	Golfe de Gascogne	C	0,00513	3,074	Isométrie
	Lucio <i>et al.</i> , 2000	Golfe de Gascogne	C	0,00632	3,019	Isométrie
	Piñeiro <i>et al.</i> , 2003	N et NW eaux ibériennes	M	0,013	2,813	minorante
			F	0,008	2,942	Isométrie
			C	0,0733	2,981	Isométrie
	Lleonart <i>et al.</i> , 2003	Golfe du Lion	C	0,0069	3,030	Isométrie
Kacher & Amara, 2005	Golfe de Gascogne et mer Celtique	C	0,0056	3,067	Isométrie	
Mendes <i>et al.</i> , 2004	Côte ouest portugaise	C	0,004	3,161	majorante	
<b>Méditerranée</b>	Bouhlal, 1973	Golfe de Tunis	C	0,0035	3	Isométrie
	Campillo, 1992	Golfe de Lion	C	0,0069	3,029	Isométrie
	Aldebert & Recasens, 1996	Golfe de Lion	C	0,0069	3,03	Isométrie
	Merella <i>et al.</i> , 1997	Espagne (Iles Baléares)	C	0,0046	3,07	Isométrie
	Moutopoulos & Stergiou, 1998	Grèce Kyclade	C	0,0018	3,4	majorante
	Moutopolous & Stergiou, 2002	Mer Egée (Grèce)	C	0,0036	3,2	majorante
	Morey <i>et al.</i> , 2003	Méditerranée Occidentale	C	0,0337	2,353	minorante
	Ozaydin & Taskavak, 2006	Mer Egée orientale (Turquie)	C	0,005	3,154	majorante
	Akyol <i>et al.</i> , 2007	Mer Egée (Turquie)	C	0,0061	3,036	Isométrie
	Sangun <i>et al.</i> , 2007	Côte Nord -Est Méditerranéenne (Turquie)	C	0,0337	2,353	minorante
	Belhoucine, 2012	Secteur Ouest algérien (Baie d'Oran)	M	0,0056	3,0579	Isométrie
			F	0,0065	3,0200	Isométrie
			C	0,0059	3,0454	Majorante
	Khoufi <i>et al.</i> , (2012)	Nord de la Tunisie	M	0,005	3,099	majorante
			F	0,004	3,152	
			C	0,036	3,115	
	<b>Présente étude</b>	Golfe de Béjaïa	M	0,0022	3,357	majorante
F			0,0028	3,274		
C			0,0028	3,275		
Baie de Jijel		M	0,0021	3,272		
		F	0,0028	3,277		
		C	0,0027	3,294		
Golfe d'Annaba		M	0,0022	3,357		
		F	0,027	3,28		
		C	0,0028	3,26		

(M: Mâle; F: Femelle, C: Sexes confondus)



IL est à noter la diversité des observations dans ces différentes régions. Si on considère la population dans sa totalité, nos résultats rejoignent ceux de [Moutopoulos & Stergiou \(1998, 2002\)](#) en Grèce, [Ozaydin & Taskavak \(2006\)](#) en Turquie (Mer Egée orientale) et [Mendes et al. \(2004\)](#) en Portugal (Côte-Ouest). En revanche, [Piñeiro et al. \(2003\)](#) dans les eaux Ibériennes et [Morey et al. \(2003\)](#) dans la Méditerranée occidentale ont montré que la relation longueur-masse chez *M. merluccius* présente une allométrie minorante; alors que [Bouaziz et al. \(1998c\)](#) dans la Baie de Bou Ismail et [Bouhlal \(1973\)](#) dans le Golfe de Tunis ont indiqué une relation isométrique chez la même espèce.

La relation taille-poids montre bien une variabilité en fonction des sexes et en fonction des zones géographiques. Ceci est expliqué par la variation du coefficient d'allométrie ( $b$ ), qui représente la forme du corps.

La divergence entre les résultats pourrait être étroitement liée aux nombre d'échantillons ou aux couples des valeurs pris en considération pour le calcul de la relation taille-poids, dont le coefficient  $b$  augmente avec la longueur du poisson. Ce facteur est directement lié au poids, qui à son tour dépend de l'habitat, et donc des facteurs écologiques (température, disponibilité de la nourriture), physiologiques (période de reproduction) et halieutiques (zone de pêche, période de pêche...).

Les travaux accomplis à l'étude de la croissance du Merlu sont réalisés dans le but de déterminer les différents paramètres de la croissance relative et absolue de cette espèce, tandis que de nombreuses études ont montré l'importance de l'estimation de ces paramètres qui sont fondamentaux dans l'évaluation d'un stock et sa gestion ([Campana, 2001](#) ; [Lai & Gunderson, 1987](#) ; [Rivard, 1989](#) ; [Tyler et al., 1989](#); [Restrepo & Powers, 1990](#) ; [Bradford, 1991](#) ; [Reeves, 2003](#) ; [Bertignac & de Pontual, 2007](#)).

Ces paramètres sont utilisés dans l'analyse du rendement par recrue, l'estimation de la biomasse féconde, la relation stock-recrutement et la distribution en âge de la capture ([Hilborn & Walters, 1992](#)).



## **Conclusion**

Les valeurs de la longueur asymptotique ( $L_{\infty}$ ) indicatrices de la croissance linéaire et du coefficient de vitesse de croissance (K) du stock de *Merluccius merluccius*, se rapprochent des résultats trouvés chez le Merlu par de nombreux auteurs. Toutefois, il existe des dissemblances dans la  $L_{\infty}$  et le K entre les différentes populations d'une même espèce. Ces différences sont dues principalement à:

- La divergence des méthodes d'échantillonnages.
- L'hétérogénéité des méthodes de calcul utilisées comme la lecture directe sur les otolithes ou les écailles, le rétro-calcul, l'analyse de fréquence de taille.
- Divers travaux ont montré que les variations de la  $L_{\infty}$ , observées chez des groupes d'individus de la même espèce, pouvaient être attribuées à des conditions de vie dans le milieu (température en particulier), ou encore au taux d'exploitation. D'autres auteurs expliquent ces différences comme étant dues à des facteurs génétiques, où les individus à forte croissance possèdent une structure génotypique particulière.

L'indice de performance de croissance ( $\Phi'$ ) a été calculé chez la population du Merlu à partir des valeurs de  $L_{\infty}$  et K. Cet indice est très proche de ceux trouvés chez la même espèce par de nombreux auteurs dans différentes régions de la Méditerranée et de l'Atlantique. Ainsi, la croissance linéaire de *Merluccius merluccius* évolue d'une manière rapide et identique dans toutes les zones d'étude ciblées et même pour toute la population du Merlu de la frange côtière Est Algérienne. Nos résultats convergent dans le même sens que ceux signalés chez la même espèce dans différentes régions méditerranéennes et en atlantiques.

La croissance relative de la population de *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien de type allométrie majorante avec un b supérieur à 3, donc notre espèce grossit plus qu'elle grandit, traduisant une bonne croissance pondérale pour cette espèce. Aussi comme déjà signalé ces résultats sont comparables à ceux obtenus dans différentes régions du monde par d'autres auteurs.

Les taux d'accroissement linéaire annuels enregistrent des fluctuations d'une année à une autre et diminuent progressivement avec les groupes d'âge en fonction du sexe ou bien de zones d'études ciblées. L'accroissement en masse est faible chez les juvéniles et augmente avec l'âge du poisson que ce soit des mâles, des femelles ou bien pour toute la population du Merlu.



Le taux d'accroissement annuels, qu'il soit pondéral ou linéaire, est toujours supérieur pour les femelles que pour les mâles qu'on se situe dans le Golfe de Béjaïa, dans la Baie de Jijel ou dans le Golfe d'Annaba. Les mêmes constatations ont été relevées pour toute la population du Merlu de toute la Côte-Est Algérienne.

Les différences de croissance observées chez la population du Merlu dans différentes régions sont probablement dues à des facteurs internes et externes tels que l'âge, le sexe, la disponibilité de nourriture, la température, la salinité, le régime alimentaire ou encore le développement des gonades.



*Impossible de confiner un saumon à l'étang du Roi :  
le temps venu, il franchira tous les obstacles  
afin de retourner à son lieu de naissance  
pour se reproduire et mourir*

*Proverbe Ekim*

---

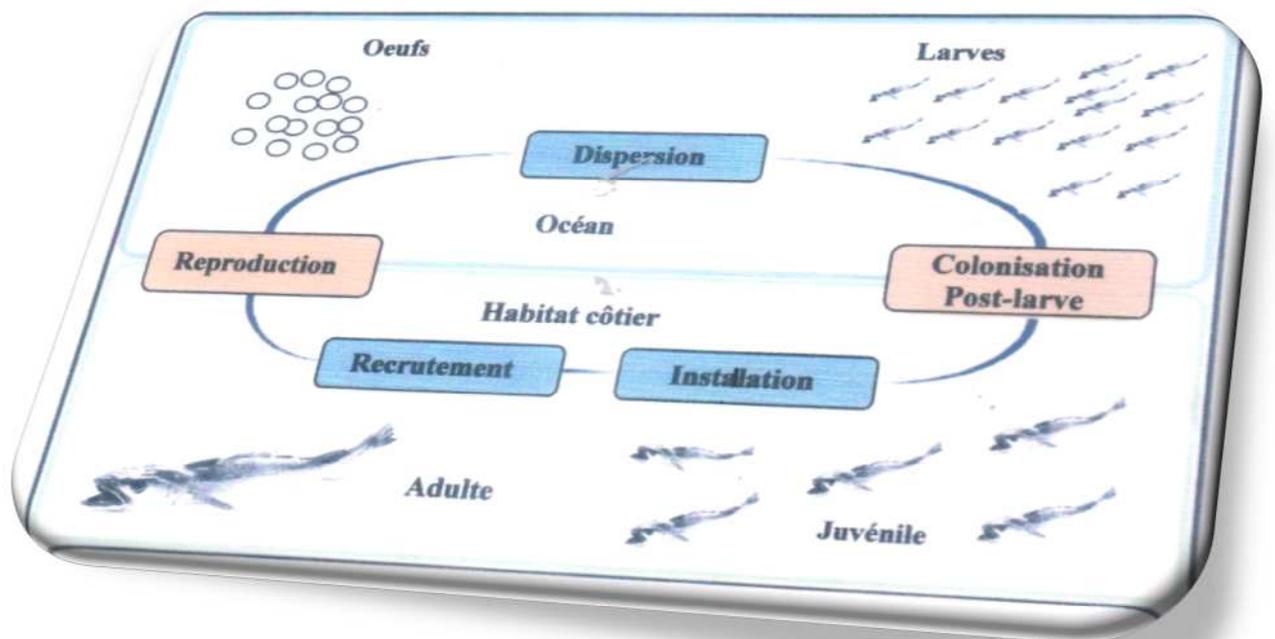
---

### *Quatrième partie*

*Biologie de la reproduction de Merluccius merluccius  
de la frange Côtière-Est Algérienne.*

---

---



*Le poisson ne voit pas l'hameçon, il ne voit que l'appât,  
L'home ne voit pas le péril, il ne voit que le profit.*

*Proverbe mandchou*



***Biologie de la reproduction de Merluccius merluccius  
du secteur Est Algérien***

**I. Introduction**

La connaissance fondamentale de la biologie de la reproduction d'une espèce est un facteur clé pour comprendre la dynamique de sa population et préciser sa stratégie vitale. La détermination du sexe et de la suite des changements du stade de maturité au cours de l'année est d'une très grande importance pour édifier une connaissance précise de la biologie générale d'un stock exploité.

Les premières étapes d'évaluation de l'état d'un stock est l'étude du cycle de vie d'une espèce (Campana, 2001). Chez les poissons, la reproduction est un phénomène cyclique et la périodicité des cycles sexuels est annuelle chez la grande majorité des Téléostéens et se trouve régie par les variations saisonnières des conditions du milieu ambiant (Kartas & Quignard, 1984). Les informations sur les caractéristiques et la stratégie de reproduction sont des données de base pour la gestion du stock des ressources halieutiques (Hunter *et al.*, 1992 ; Marshall *et al.*, 2003 ; Joaquim *et al.*, 2008 ; Butler & Rowland, 2009 ; Reñones *et al.*, 2010).

Généralement, le stade de maturité ovarienne correspond à la cellule sexuelle présente la plus avancée dans l'ovogenèse ou stade ovocytaire. Le nombre de stades et de sous-stades gonadiques peut varier considérablement selon le schéma de développement ovarien de chaque espèce mais également en fonction de différents critères de classification utilisés par les auteurs, ainsi que la description histologique correspondante sont très variables (Stahl & Leray, 1961; Fontana, 1969; Gupta, 1975; Wallace & Selman, 1981; De Moussac, 1986; Deniel, 1989; Le Duff & *al.*, 1996; Gaamour, 1999; Carrasson & Bau, 2003; Santos & *al.*, 2005a, 2006).

La maturation ovocytaire est accompagnée d'importants changements au sein du cytoplasme et du vitellus. Donc, **l'ovulation** elle même consiste en une rupture des parois ovarienne et folliculaire, pendant que l'ovocyte subit d'ultimes modifications le rendant apte à la fécondation. Aussitôt après, le follicule déhiscent se transforme en corps jaune.

Si cette description générale de l'ovogénèse s'applique à l'ensemble des téléostéens (excepté les espèces vivipares, chez lesquelles il n'y a pas ovulation mais seulement fécondation intra-folliculaire (Billard, 1979), la dynamique de développement des ovocytes dans l'ovaire présente néanmoins une extrême diversité dans ce groupe (Wallace & Selman,



1993). La taille et le nombre des ovocytes produits sont, par ailleurs, absolument variables suivant les espèces et les milieux colonisés.

La détermination d'une échelle macroscopique de maturité est plus aisée quand des lots d'ovocytes évoluent au même rythme pendant la vitellogenèse, ce qui est le cas pour des espèces dont les ovocytes ont un développement synchrone (De Vlaming, 1982 ; Billard, 1979). La distribution de fréquence de tailles des ovocytes est unimodale et une ponte unique est observée dans un cycle, comme chez les Saumons et les Anguilles (West, 1990). Chez d'autres espèces, plusieurs lots d'ovocytes se développent d'une manière synchrone dans les ovaires (groupes synchrones) et au moins deux groupes d'ovocytes sont présents en même temps ; ceux du mode principal, celui des plus avancés dans leur développement, seront pondus les premiers. C'est le cas chez le Hareng *Clupea harengus*, la Plie *Pleuronectes les platessa* et la Sole *Solea solea* (Horwood, 1990 ; Le Duff, 1996, 1997). Dans ces deux premiers cas, les espèces sont à ponte totale (Holden & Raitt, 1974).

Les espèces avec des ovaires dont les ovocytes présentent un développement asynchrone représentent un troisième cas: plusieurs lots d'ovocytes à divers stades de développement sont présents en même temps. Ils ne se développent pas simultanément et seront pondus en plusieurs vagues successives: ce sont des espèces à pontes multiples ou en séries (Holden & Raitt, 1974). C'est le cas, par exemple de les Sardines *Sardinella brasiliensis*, *Sardina pilchardus*, *Sardinops sagax*, le Menhaden *Brevoortia aurea* et les Anchois *Engraulis mordax*, *E. capensis*, *E. rigens*, *Anchoita anchoita* (Hunter & Goldengerg, 1980; Matsuura, 1998; Macchi & Acha, 2000).

*Merluccius merluccius* est une espèce démérisales importante sur les plans économique et écologique qui habite l'océan Atlantique et la mer Méditerranée. Cependant, les connaissances en matière de reproduction concernant cette espèce, le long de la côte nord-africaine, font toujours défaut.

Les paramètres de reproduction ont été mesurés et les données histologiques et histochimiques de tissus gonadiques ont fourni des informations détaillées sur la biologie de la reproduction en se basant sur plusieurs indices qui sont aujourd'hui utilisés pour déterminer et visualiser les périodes de reproduction et l'inspiration de la période de ponte maximale réalisés dans les eaux européennes de l'Atlantiques Nord-Est (Lahaye, 1980; Billard, 1979; Perez *et al.*, 1981, 1985; Piñeiro & Sainza, 2003; Murua & Motos, 2006; Dominguez-Petit *et al.*, 2008a), et en Méditerranée (Aldebert, 1981 ; Abella *et al.*, 2005 ), de même sur le littoral Algérien en trouve les travaux de (Bouaziz, 1998b ; Belhoucine, 2012).



Nous nous intéressons au cours de notre étude du cycle vital de l'espèce *Merluccius merluccius* à la connaissance de plusieurs paramètres à savoir:

- L'étude du sex-ratio ;
- Rapport Gonado-Somatique et Rapport Hépat-Somatique ;
- Les phases évolutives de la gonade femelle et mâle;
- Facteur de condition ;
- Taille à la première maturité sexuelle ;
- En dernier, une étude histologique et histochimique des gonades.

## **II. Matériel et méthodes**

### **1. Échantillonnage et traitements au laboratoire**

Le Merlus, *Merluccius merluccius*, provenant de la flottille chalutière et des petits métiers du port de pêche de Béjaïa, Jijel et Annaba, ont été collectés entre 2015-2016. Un échantillonnage mensuel a été effectué durant un cycle biologique de 12 mois. Nous avons échantillonné un total de 1690 spécimens dont 809 dans le Golfe de Béjaïa, 466 dans la Baie de Jijel et 415 dans le Golfe d'Annaba.

Immédiatement après débarquement du poisson par les pêcheurs dans les différents sites d'étude, notre échantillonnage est acheminé directement au laboratoire sous glace sèche dans une glacière. Une fois au laboratoire, pour chaque individu, les paramètres suivants ont été évalués:

- La longueur totale (**Lt**) mesurée au mm près à l'aide d'un ichtyomètre entre l'extrémité du maxillaire et la nageoire caudale.
- Le poids total (**Pt**), le poids somatique (**Ps**) et le poids du poisson éviscéré (**Pv**) au 1/100 g près.
- Le poids du foie (**Pf**) et le poids des gonades (**Pg**) au 1/100 g près.

### **2. Etude du cycle sexuel de *Merluccius merluccius***

#### **2.1. Le sex-ratio**

Les proportions de chaque sexe dans les captures sont une donnée utile pour mieux connaître la structure démographique d'une population (Camarenã, 1986). Le sexe ratio (SR) indique le taux de masculinité ou taux de féminité dans un stock. Le Merlu ne présente pas de dimorphisme sexuel apparent, le sexe a été déterminé après dissection des individus et observations macroscopiques de leurs gonades. Après élimination de l'inventaire de tous les



poissons immatures et à sexe non déterminé, le sex-ratio retenu dans la présente étude est exprimé sous différentes formes (Kartas & Quignard, 1984):

- Pourcentage respectif de mâles ou taux de masculinité (TM):

$$TM = (M / M + F) \times 100$$

- Pourcentage respectif de femelles ou taux de féminité (TF):

$$TF = (F / M + F) \times 100$$

- Rapport du nombre de mâles au nombre de femelles ou Sex-ratio (SR):

$$SR = M / F$$

Où M et F: nombre respectif des mâles et des femelles dans l'échantillon total.

Nous avons constaté des changements dans la proportion de distribution des deux sexes en fonction du temps et de la taille d'où l'intérêt d'étudier ce paramètre et essayer d'expliquer ces changements. La différence entre les deux sexes a été vérifiée par le test  $\chi^2$  : hypothèse nulle H0 (SR M=SR F) contre hypothèse H1 (SR M  $\neq$  SR F) à ddl=1 p<0,05.

#### ➤ Sex-ratio en fonction de la taille

L'abondance de chaque sexe par rapport aux classes de taille permettra de voir la distribution de la population mâle et femelle du Merlu. Fontana (1969) fait remarquer que l'évolution du sex-ratio en fonction de la taille peut apporter des indications sur l'étude de la croissance, car la difficulté qu'on a parfois à suivre la progression des modes, particulièrement pour les classes âgées, peut être due à une croissance différentielle des sexes à partir d'un certain âge.

La distribution des fréquences des états sexuels (M, F) en fonction de la taille (Lt) a été suivie, en regroupant les spécimens en classes de tailles de 2cm d'amplitude allant de 8 à 82 cm. La proportion des sexes a été également suivie par saison.

#### ➤ Sex-ratio en fonction des mois

L'évolution de ce rapport au cours de l'année nous permettra d'avoir un aperçu sur la période de reproduction et la ponte de ce Merlucidé.

Une comparaison statistique des proportions des 2 sexes au risque d'erreur de 5% est effectuée en utilisant le test de khi-deux ( $\chi^2$ ) (Dagnélie, 1975).



L'étude du cycle sexuel chez *Merluccius merluccius* a pour objet la caractérisation des principales phases évolutives des glandes sexuelles, basée essentiellement sur 3 types de critères d'ordre pondéral, macroscopique et microscopique.

## 2.2. Les indices pondéraux du cycle de reproduction de *M. merluccius*

L'activité sexuelle et la saisonnalité de la reproduction des individus mâles et femelles ont été analysées, au cours d'un cycle biologique, à travers le suivi mensuel de 3 indices pondéraux: le Rapport Gonado-Somatique (RGS), le Rapport Hépat-Somatique (RHS) et le coefficient de condition (K).

### A. Le Rapport Gonado-Somatique (RGS)

Il consiste à chiffrer l'accroissement des gonades et déterminer leur degré de maturation. Ce rapport est considéré par Lahaye (1972) comme un véritable coefficient de maturité, il est défini par la relation:

$$RGS = (Pg \times 100) / Pev$$

Où:

Pg: poids des gonades.

Pev: poids éviscéré.

### B. Le Rapport Hépat-Somatique (RHS)

Il permet d'évaluer les variations pondérales du foie au cours du cycle sexuel. Il est alculé comme le préconise Bougis (1952) par l'équation:

$$RHS = (Pf \times 100) / Pev$$

Où:

Pf: poid du foie.

Pev: poids éviscéré.

## 2.3. Le coefficient de condition (K)

Il consiste à suivre dans le temps les caractéristiques pondérales des poissons, il reflète leurs conditions écologiques et physiologiques comme la maturation et la ponte. Ce coefficient est obtenu par la formule de Ricker (1971, 1973):

$$K = Pev \times 100 / Lt^b$$

Où:

Pev: poids éviscéré.

Lt: longueur totale.

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



Nous avons adopté le poids éviscéré (Pev) du poisson, paramètre retenu généralement comme la référence la plus fiable (Dieheb *et al.*, 2006; Ouattara *et al.*, 2008; Nunes *et al.*, 2011; Derbal & Kara, 2013).

Les valeurs mensuelles moyennes de chaque indice (RGS, RHS et K) sont comparées par une analyse de variance (ANOVA) (Dagnélie, 2011).

### 2.3. Taille de première maturité sexuelle

La détermination de la taille de première maturité sexuelle nous permet d'évaluer le rôle des petits spécimens de *Merluccius merluccius* et leur relation avec le renouvellement de la biomasse. Plusieurs définitions ont été décrites pour cette taille ainsi :

- Postel (1955) et Simmons (1969) précisent que c'est la longueur à laquelle quelques individus de la population sont mûrs.
- Fontana & Pianet (1973) et Stéquert (1976), c'est la longueur à laquelle 100% des individus sont mûrs.
- Mac Gregor (1966) affirme que c'est la taille du plus petit individu mature ou celle du plus grand individu immature.
- Fontana & Le Guen (1969), par une méthode statistique, déterminent cette taille par une projection de l'ordonnée 50 % sur l'axe des abscisses de la courbe du pourcentage d'individus matures durant la période de ponte.
- Batts (1972) ; Shung (1973); Conand (1977) avancent que c'est la longueur à laquelle 50% des individus sont mûrs.

Nous avons opté pour la dernière définition. Une fonction logistique a été utilisée reliant les proportions d'individus matures à la longueur totale des poissons, vu qu'elle donne une meilleure interprétation statistique et se rapproche des valeurs réelles observées au cours de l'échantillonnage (Saila *et al.*, 1988) :

$$P = 1 / [1 + e^{-b(Lt - Lm)}]$$

Le graphe obtenu est une sigmoïde dont le point d'inflexion (point  $Lm$ ) correspond en ordonnées à 50% d'individus matures et en abscisses à la taille de première maturité sexuelle.  $P$  est le pourcentage d'individus matures,  $b$  est la pente de la courbe et  $Lm_{50\%}$  est la taille à laquelle 50% des individus sont matures obtenue après extrapolation de la valeur 50% sur l'axe des abscisses. Les valeurs de la  $Lm$  calculées seront comparées par un test-t entre les deux sexes. Cette longueur peut être considérée comme la taille



minimale marchande pour l'application de lois interdisant la pêche d'individus n'ayant pas encore atteint cette taille afin d'assurer le renouvellement de la ressource.

### **3. Etude de la maturité sexuelle**

L'examen macroscopique et le calcul des RGS et RHS permettent d'avoir une première information générale sur le déroulement de la reproduction en localisant :

- les périodes de maturation ;
- Et/ou de la ponte ;
- Et de repos sexuel de l'ensemble des poissons.

Cependant ces techniques restent relativement peu précises (West, 1990); pour avoir une connaissance plus détaillée du déroulement de la gamétogenèse et de la période de reproduction, il est indispensable de réaliser un examen macroscopique et microscopique des gonades.

#### **3.1. Examen macroscopique et évolution des stades de la maturité sexuelle de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne**

Chez *Merluccius merluccius*, la détermination du sexe et du stade de maturité sexuelle de chaque individu repose sur l'observation macroscopique de l'état externe des gonades. Le principe d'attribution d'un stade à un poisson consiste à observer et à examiner attentivement et fréquemment un grand nombre de gonades afin d'obtenir une image des plus représentatives possible du stade de maturité de la population étudiée et des changements qui y surviennent avec le temps. Lorsqu'il est difficile de distinguer le sexe des juvéniles, généralement de taille égale ou inférieure à 15 cm, l'individu est considéré dans ce cas comme étant immature; ainsi groupé dans la classe de sexe indéterminé.

L'observation macroscopique tient compte de nombreux critères morphologiques qui sont, comme les résume Albaret (1994):

- La coloration et la consistance de la gonade.
- L'importance de la vascularisation superficielle.
- L'épaisseur et la transparence de la paroi ovarienne et testiculaire.
- La forme et le volume occupé par la gonade dans la cavité abdominale
- La présence des ovocytes bien visible cas des femelles matures.

Cependant, nous sommes arrivés à séparer le Merlu males et femelles en deux groupes: les immatures et les matures en tenant compte de la couleur et du poids des



testicules, de la longueur totale du poisson et surtout de l'aspect histologique de la gonade.

Nous avons procédé à un suivi de l'évolution mensuelle des pourcentages des stades de maturité sexuelle chez (528, 246, 154) femelles et (202, 158, 216) mâles respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba, et ceux durant un cycle annuel de septembre 2015 à août 2016 pour les individus dont les tailles comprises entre 17 à 81cm et ayant des poids totaux compri entre 32 et 1127,31 g.

Les stades de maturité sexuelle permettent d'apprécier le niveau de développement sexuel des poissons. Certaines données descriptives reposent sur des observations macroscopiques et microscopique des gonades qui nous ont permis de définir une échelle de maturité en quatre et sept stades respectivement pour les testicules et les ovaires de *Merluccius merluccius*.

Pour suivre l'évolution des gonades mâles et femelles et déterminer leurs degrés de maturité, nous avons adopté une échelle de référence de maturité sexuelle. Chez le mâle, l'échelle macroscopique utilisée est celle présentée par [Lucio et al. \(2000\)](#) et [ICES \(2007\)](#) (Tab. 38) et celle des femelles est décrite par [Sarano \(1986\)](#) et améliorée par [Recasens et al. \(2008\)](#) en se basant sur plusieurs critères (Tab. 39).

**Tableau 38:** Description macroscopique et microscopique de la classification de la maturité des testicules de *Merluccius merluccius*.

	Stade	Description macroscopique	Description Microscopique
<b>I</b>	Juvenile (Immature)	Petit ruban ou petite bande blanche. Transparent.	Présence des spermatogonies et spermatocytes. Absence de spermatozoïdes.
<b>II</b>	En maturation	Moyen, large ruban nacré, se coule en le coupant.	Présence des spermatogonies et spermatocytes et quelques and spermatozoïdes.
<b>III</b>	Emission	Large bande nacré, se coule en appliquant une pression sur l'abdomen.	Dominance de spermatozoïdes.
<b>IV</b>	Post-Emission	Large bande vide et déformée. Blanche ou rose, présence ou absence d'un petit résidu.	Vides, des spermatozoïdes en résidu et certaines spermatogonies.



**Tableau 39:** Description macroscopique et microscopique de la classification de la maturité des ovaires de *Merluccius merluccius*.

Stade		Description macroscopique	Description Microscopique
<b>I</b>	<b>Juvénile (Immature)</b>	Petites, rosées, légèrement translucides, peu ou pas veinés, turgescents. Aucun ovocyte n'est visible à l'œil nu.	Ovocyte de petite taille avec un gros noyau central, la vitellogénèse n'a pas commencé.
<b>II</b>	<b>En maturation</b>	Augmentation de volume. Crème ou orange, aspect granulé. Présence d'ovocytes opaques et absence des ovocytes hyalins.	Présence des alvéoles corticale et / ou toutes les phases de la vitellogénèse et / ou de la phase de migration des noyaux, mais follicules post-ovulatoires ne sont pas présents et aucun signe d'une ponte.
<b>III</b>	<b>Pre-ponte</b>	Gonade orangé, occupant la casi- totalité de la cavité abdominale. Ovocytes sont visibles.	Présence d'un pourcentage élevé d'ovocytes hydratés.
<b>IV</b>	<b>Ponte</b>	Présence d'ovocytes opaques et hyalins, occupe la totalité de la cavité abdominale, se coule en appliquant une simple pression.	Présence d'un pourcentage élevé d'ovocytes hydratés et / ou de follicules post-ovulatoire (jour 0), avec des ovocytes en vitellogénèse à différents stades. Présence des signes d'une ponte avancée.
<b>II+</b>	<b>Post-ponte partielle</b>	Orange, pâle large et rétrécies, présence des ovocytes opaques et absence d'ovocyte hyalins, vascularisation intense, flasque avec d'espaces.	Follicules post-ovulatoires (jours 1 et 2) et ovocytes en vitellogénèse à différents stades pour la prochaine ponte.
<b>V</b>	<b>Post-ponte totale</b>	Absence d'ovocytes mûrs, tache sanguine, vascularisation intense, apparence rouge.	Peu ou absence d'ovocyte en vitellogénèse et sans des follicules post- ovulatoires âgé de moins de 72 h (Jour > 2), mais avec des signes de ponte comme le nombre élevé de vaisseaux sanguins, de l'enflure des parois de l'ovaire, l'atrésie, la désorganisation de la structure de l'ovaire. A ce stade les femelles ne produisent plus d'ovocytes.
<b>VI</b>	<b>Régression</b>	Gonade rétrécie, apparence rouge.	
<b>VII</b>	<b>Repos</b>	Gonades en tube, orange pâle, opacité.	



### **3.2. Examen de microscopique de la maturité sexuelle *Merluccius merluccius***

#### **«Histologie - Histochimie des gonades»**

Pour décrire le cycle sexuel de *M. merluccius*, les critères d'ordre pondéral, basés sur des évaluations quantitatives, et l'aspect macroscopique des gonades, sont peu rigoureux et inévitablement subjectifs. Cependant, notre étude, basée sur l'observation macroscopique de la reproduction de *Merluccius merluccius* mériterait d'être poursuivie et confirmée par une étude histologique de la gamétogenèse.

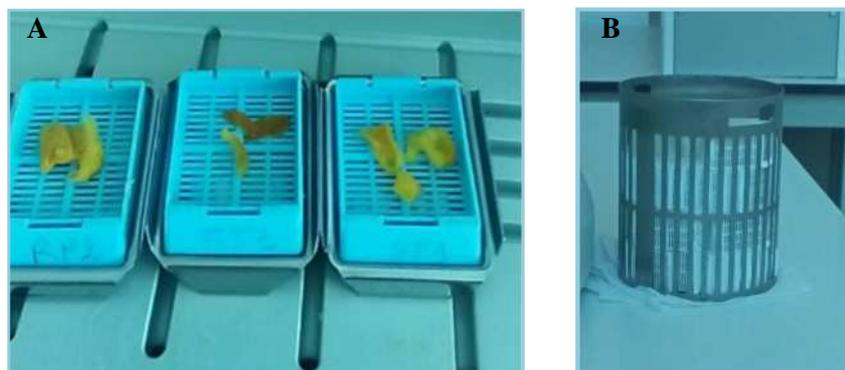
L'examen microscopique des ovaires à différents stades de maturité sexuelle nous a permis de mettre en évidence les changements histologiques progressifs au cours du temps. Pour cela, 180 ovaires (15 / mois) dans le Golfe de Béjaïa, 120 ovaires (10/mois) dans la Baie de Jijel et 120 (10/mois) dans le Golfe d'Annaba de *Merluccius merluccius* ont été prélevés et immédiatement fixés dans le liquide de Bouin Hollande. Une pièce d'environ 1cm est prélevée dans la partie médiane de chaque ovaire.

#### **A. Prélèvements des tissus biologiques et conservation**

Pour chaque individu étudié, mâle ou femelle, les gonades ont été prélevées (concernant les grands spécimens une partie au centre de l'organe est concernée). Les échantillons conservés ont subi une série de traitements.

#### **B. Fixation**

Les fragments prélevés (Fig. 48), sont fixés dans le Bouin Hollande (Annexe 4), pendant deux semaines. La fixation permet d'immobiliser les structures et les constituants cellulaires dans un état aussi voisin que possible du vivant et ainsi les conserver pour permettre des préparations permanentes (Martoja & Martoja-Pierson, 1967). La fixation dans du Bouin Hollande pendant 5 à 6 jours au minimum; comme elle peut durer jusqu'à un mois.



**Figure 48 :** Préparation des échantillons de gonade pour la fixation dans le Bouin Hollande. **A:** Coupe des gonades et maintien des échantillons dans des cassettes; **B:** Conservation des cassettes dans le bac de l'automate.



### **C. Déshydratation**

Ils sont ensuite déshydratés dans des bains d'alcool successifs, de degrés croissants pendant une heure pour chaque bain. Les cassettes préparées subissent une déshydratation dans un automate de déshydratation (Fig. 40A), dans des solutions d'alcool de degrés croissants (70% , 75%, 80%, 90%, %95%, 100%, 100%), après viennent deux bains de xylène et les deux derniers conçus pour l'imprégnation dans la paraffine.

**Tableau 51** : Programme détaillé du la circulation de l'automate de déshydratation.

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
<b>déshydratation</b>	45 mn											
<b>Éclaircissement (xylène)</b>									30 mn	30 mn		
<b>Imprégnation (paraffine)</b>											1h 30mn	1h 30mn

Les différentes étapes de déshydratation sont résumées dans le tableau 51 et la durée de cette étape est de 11 heures.

### **Eclaircissement**

Le remplacement de l'éthanol par un solvant qui est le xylène pour éclaircissement, est destiné à chasser l'éthanol (Tab. 51).



**Figure 49** : **A** : Automate de déshydratation des gonades (Rf : type LEICA); **B** : Station d'enrobage des gonades (Rf : type LEICA) ; **C** : Plaque réfrigérante des cassettes (Rf : type LEICA, EG 1150 C).



#### **D. Inclusion à la paraffine**

Après déshydratation, l'inclusion proprement dite dans la paraffine fondue prend la place du solvant (Tab. 51). En passant à la station d'enrobage (Fig. 49B), la préparation des blocs de paraffines se fait dans des cassettes à l'aide de moules en inox (Fig. 49C).

Les pièces sont positionnées verticalement ou horizontalement dans le moule afin que les coupes puissent ensuite être réalisées soit dans le sens transversal où bien longitudinal de la gonade. En suite, les pièces sont imbibées par la paraffine fondue (Fig. 49B).

#### **E. Réalisation des coupes au microtome**

Après le refroidissement des blocs sous l'effet d'une baisse de température (Fig. 49A), les blocs sont dégrossés et l'excès de paraffine est éliminé (Fig. 50A), puis remis sur une plaque réfrigérante à -20°C pendant quelques minutes (Fig. 39A). Les tissus gonadiques sont ensuite coupés au microtome LEIACA à 2-3 µm d'épaisseur (Fig. 50A).

Plaçant le ruban d'échantillons sur des lames (Fig. 40B), après passage du ruban obtenu dans un cristallisateur placé sur une plaque chauffante à 50°C afin de le déplisser et de l'étaler sur les lames (Fig. 50C). Enfin, nos échantillons seront placés dans une étuve à une température 70°C afin de déparaffiner les tissus biologiques (Fig. 50D).



**Figure 50** : Réalisation et montages des coupes. **A**: Coupe des lames par un microtome (Réf : type LEICA). **B**: Etalement du ruban sur la lame. **C**: Déplisser lu ruban sur la plaque chauffante (Réf : type LEICA). **D**: Déparaffinage des lames dans une Etuve.



## **F. Colorations histologiques et histochimiques**

### **A. Histologie des gonades**

Ultérieurement, d'un côté nous avons fait une coloration différentielle par l'Hématoxyline-éosine pour une série de lames, en suivant un protocole bien spécifique résumé dans le tableau 52, ainsi nous avons réalisés une coloration à l'Azan modifié.

La coloration à l'Azan est une coloration à base d'Azocarmin et d'Aniline qui permet une mise en évidence fine de nombreuses structures histologiques, en particulier elles donnent des images très détaillées de la répartition de la chromatine (l'azocarmin peut être remplacé par le rouge nucléaire).

Après la coloration, les lames sont couvertes des lamelles à l'aide de la résine. Après le séchage les lames sont observées au microscope photonique muni d'un appareil photo qui est connecté, à son tour, à un ordinateur pour la visualisation des photos de différents stades de maturité sexuelle en utilisant le « ProPlus » comme logiciel.

**Tableau 52 :** Protocole de coloration des lames.

<b>Étapes</b>	<b>Solution</b>	<b>Temps (min)</b>
<b>1</b>	Xylène	10:00
<b>2</b>	Ethanol 100 %	10:00
<b>3</b>	Ethanol 100 %	10:00
<b>4</b>	Eau	2:00
<b>5</b>	Haematoxyline	4:00
<b>8</b>	Eau	3:00
<b>10</b>	Eau	1:00
<b>11</b>	Ethanol 70 %	1:00
<b>12</b>	Eosin floxine b	2:00
<b>13</b>	Ethanol 96 %	5:00
<b>14</b>	Ethanol 100 %	5:00
<b>15</b>	Xylène	5:00
<b>16</b>	Xylène	5:00

### **B. Histochimie des ovaires**

Les colorations histochimiques permettent de caractériser les composés chimiques présents dans les tissus. Ces techniques peuvent être appliquées sur des tissus fixés. Il faudra, la plupart du temps, utiliser plusieurs techniques histochimiques accompagnées de réaction de contrôle, afin de pouvoir déterminer avec sûreté la nature d'un composé.

Il est souvent possible de combiner plusieurs réactions histochimiques afin de détecter la présence de plusieurs composés sur la même coupe.



### **C. Histochimie des glucides**

#### **a. La détection des glucides**

##### ➤ **Méthode à l'acide périodique-Schiff (APS/PAS)**

L'APS/PAS (Acide Périodique-Schiff), appelée réaction de **Hotchkiss-McManus**, dans le but de détecter des polysaccharides simples basée sur deux découvertes différentes :

- **La réaction de Malaprade (1928)** ; permet la détection des polysaccharides simples. La méthode consiste à oxyder les composés possédant des groupements glycol par l'acide périodique, ils libèrent alors des groupements aldéhyde -CHO.

- **La leucofuchsine de Schiff (1866)** : couramment appelée fuchsine, solution basique décolorée par l'acide sulfureux, les groupements aldéhyde libres ont la propriété de se combiner et réagit avec la solution de fuchsine pour produire une teinte rouge vif. L'Acide Périodique-Schiff combiné avec hématoxyline pour obtenir un colorant nucléaire bleu.

#### **b. La détection des protéoglycanes**

##### ➤ **Méthode au Bleu alcian**

Ce sont des protéoglycanes azotés possédant des groupes acides (-COOH et -OSO<sub>3</sub>H). Leur détection est réalisée à l'aide du Bleu alcian. Les colorants de la famille du **Bleu alcian** sont des colorants basiques. Leur sélectivité est accrue par abaissement du pH.

Deux colorations ont été réalisées :

- Une au Bleu alcian à pH = 0,5 : qui met en évidence les protéoglycanes soufrés (-OSO<sub>3</sub>H) ;
- Une au Bleu alcian à pH = 2,5 : qui permet de visualiser les protéoglycanes carboxyles (-COOH).

En fin, **le rouge nucléaire** permet de différencier les noyaux.

### **B.2. Histochimie des protéines**

Les protéines sont localisées dans toutes les structures de la matière vivante. Les acides aminés libres et les polypeptides simples ne sont pas conservés par la fixation. Certaines réactions sont générales, d'autres permettent de préciser la nature des acides aminés constituant les protéines.

La méthode de Tétrazoréaction de Danielli est mise en œuvre pour déterminer la nature protéique de certaines structures ou sécrétions. Cette méthode révèle l'histidine, le tryptophane, la tyrosine, la lysine, la cystéine et l'arginine.



### III. Résultats et discussions

Les données histologiques et histochimiques de tissus gonadiques ont fourni des informations détaillées sur la biologie de la reproduction en se basant sur plusieurs indices qui sont aujourd'hui utilisés pour déterminer et visualiser les périodes de reproduction et l'inspiration de la période de ponte maximale du Merlu de la région Est Algérienne lors de son cycle sexuelle.

#### 1. Aspect gonadiques de l'espèce *Merluccius merluccius*

Chez le poisson Téléostéen, en général, il n'existe pas de caractère externe de dimorphisme sexuel. En période de reproduction, la distinction est alors possible : une pression sur l'abdomen fait sortir les produits sexuels. Le reste de l'année, seule la dissection du poisson permet de différencier les sexes.

Le Merlu blanc "*Merluccius merluccius*" est une espèce gonochorique: les sexes sont parfaitement séparés. Chez les immatures, les gonades ont l'aspect de minces cordons ; chez les matures, les gonades occupent la moitié postérieure de l'abdomen et sont très différenciées selon les sexes. Chez le Merlu, il n'y a pas d'accouplement, la femelle et le mâle, en état de maturité, expulsent leurs produits sexuels (œufs ou spermatozoïdes) et la fécondation se fait dans l'eau (Belloc, 1929). Une fois matures, les Merlus des deux sexes se reproduisent jusqu'à la mort du poisson (Bouhlal, 1973).

Les ovaires, pendant la période de repos sexuel, sont cylindriques et rosâtres et les testicules sont aplatis et blanchâtres. Au cours de la maturation, les ovaires deviennent de plus en plus granuleux et la paroi de plus en plus mince, alors que les testicules restent lisses. Durant la période de reproduction, l'évolution de l'aspect et de la couleur des gonades s'accompagnent d'une augmentation du volume. En effet, les gonades peuvent s'accroître et occupent la quasi-totalité de la cavité abdominale.

##### ➤ Les ovaires de *Merluccius merluccius*

Comme c'est le cas chez la plupart des Téléostéens, les ovaires sont pairs chez l'espèce, leurs parties postérieures sont unies. Ils sont de couleur jaune-orangé suivant les stades de leur cycle ovogénétique et de forme allongés. Ils s'étendent de chaque côté de l'intestin et sont prolongés en arrière au-delà de l'anus. Ils sont ordinairement de grandeur inégale, l'ovaire gauche étant plus long que le droit (Fig. 51). Ils peuvent atteindre une grande taille à la période de la maturité sexuelle, à ce moment, ils occupent avec le



foie la plus grande partie de la cavité abdominale et compriment l'estomac que l'on trouve presque toujours vide.

➤ **Les testicules de *Merluccius merluccius***

Aussi au nombre paire, sont de couleur blanche, allongés avec bords festonnés (Fig. 52) et sont comparativement plus longs que les ovaires.



**Figure 51:** Gonade de la femelle de *M. merluccius* (ovaire)



**Figure 52:** Gonade du mâle de *M. merluccius* (testicule)

## 2. Examen macroscopique du cycle de reproduction de *Merluccius merluccius*

### 2.1. Analyse Statistique des données de la population de *Merluccius merluccius*

Toutes les mesures effectuées sont représentées soit par la moyenne de la grandeur mesurée soit par son minimum et son maximum. L'erreur standard moyenne ( $ESM = \sigma/\sqrt{n}$ ) évalue la dispersion des résultats.

Pour les femelles, une analyse de la variance à un facteur a été réalisée sur les résultats des mesures des diamètres des cellules et des noyaux et des épaisseurs des membranes afin d'évaluer l'influence du facteur stade sur ces différentes tailles.

Les variances de ces mesures entre les différents stades n'étant pas homogènes il a fallu appliquer à la variable la transformation racine carré afin de stabiliser la variance. Pour que les hypothèses de normalité des résidus et d'homoscédasticité soient validées (test de Bartlett), l'effet du facteur étudié (facteur stade de maturation) sur la taille sera considéré comme significatif pour  $P < 0,05$ . Dans ces conditions la comparaison multiple des moyennes sera réalisée à l'aide d'un test de Newman-Keuls pour un risque de 5%.



Pour les deux sexes, la comparaison de deux séries de tailles de cellules a été réalisée à l'aide du test de Student sur les deux séries appariées. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées sur le logiciel StatBox.

➤ **Analyse de l'ANOVA**

L'ANOVA réalisée dans ce travail est relative à un seul facteur ; on parle d'analyse de variance simple : le facteur ou variable de classement est la région, les variables dépendantes sont tour à tour LT, Lf, Ls, Pev, RHS et RGS (PG/Pev et PF/Pev).

Lorsque l'analyse de tous les effets rejette l'hypothèse d'égalité des moyennes, le test de Scheffé permet de repérer les paires de moyennes qui sont à l'origine de ce rejet.

La provenance est codée B pour Bejaia, J pour Jijel et A pour Annaba. Les individus sont codés B1, B2 ..., J1,J2, ....et A1, A2,.....

➤ **Analyse des composantes principales : ACP**

L'analyse a été effectuée sur une matrice de 256 individus et 05 variables :  $L_T$ ,  $L_F$ , Ls, Pev, RHS et RGS (PG/Pev et PF/Pev). Les deux premiers axes (Tab. 53) reconstruisent 96,45% de l'information. Nous pouvons nous limiter au plan principal I-II, pour les variables et les individus ; pour plus de précision, on considéré les 3 axes du nuage.

**Tableau 53** : Extraction des ACP et valeurs propres des 3 premiers axes/  
Les valeurs propres et extraction des Composantes Principale.

		% Total	Cumul	Cumul
	Val Propr	Variance	Val Propr	% age
<b>I</b>	4,311919	71,86532	4,311919	71,86532
<b>II</b>	1,47481	24,58016	5,786729	96,44548
<b>III</b>	0,116546	1,94244	5,903275	98,38792

Les coefficients de corrélation entre les variables initiales et les axes principaux (Tab. 54 et Fig. 53) mettent en évidence les contributions de chacune de ces variables dans la construction de ces axes.



- Trois variables sont bien représentées (Tab. 54) et contribuent à la formation du 1<sup>er</sup> axe ( $r > 0.70$ ) :  $L_T$ ,  $L_F$ ,  $L_S$ .
- Deux variables contribuent à la formation du 2<sup>ème</sup> axe ( $r > 0.70$ ) :  $RGS$  et  $RHS$ . Les variables  $IO$  et  $LAD$  contribuent relativement à la formation des axes II et III ( $r > 0.70$ ).

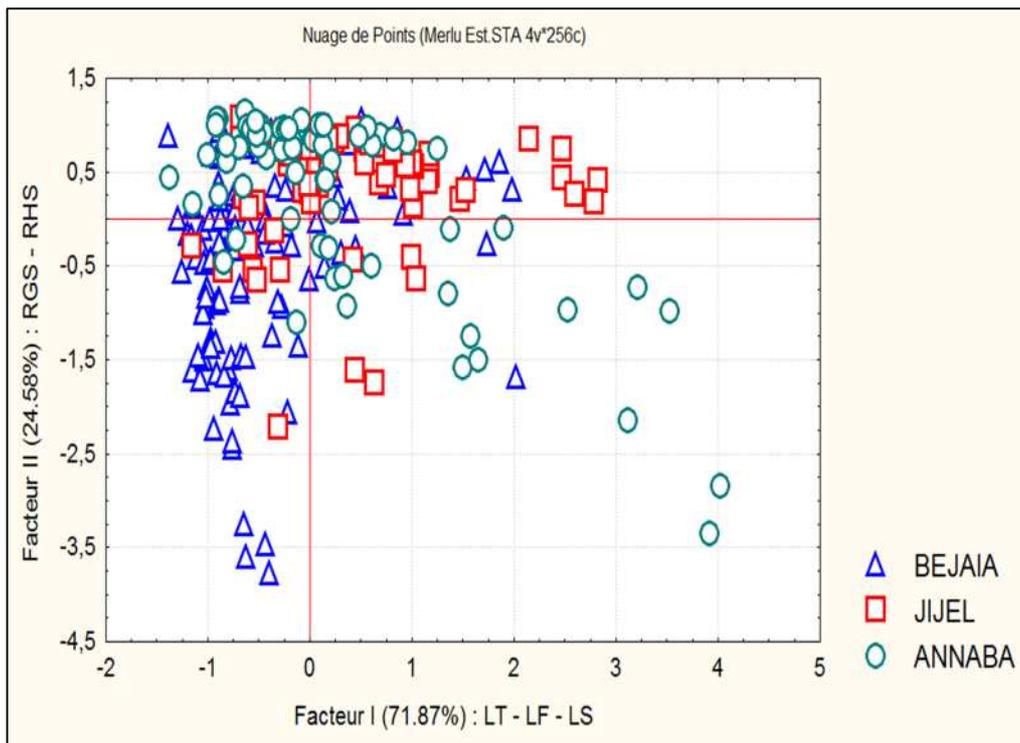
**Tableau 54** : Contribution des variables à la formation des axes I, II et III (méthode d'extraction : Varimax brut). Poids Factor. (Varim. Brut) Extraction: Composantes Princ. (Poids marqués  $> ,700000$ ).

	<b>Fact. 1</b>	<b>Fact. 2</b>	<b>Fact. 3</b>
<b><math>L_T</math></b>	0,968288	0,146676	0,111776
<b><math>L_F</math></b>	0,978741	0,146026	0,095138
<b><math>L_S</math></b>	0,97517	0,165514	0,091134
<b><math>P_{EV}</math></b>	0,976726	0,042964	0,04458
<b><math>RGS</math></b>	0,017281	-0,99507	0,097476
<b><math>RHS</math></b>	-0,415139	-0,815713	-0,401498
<b>Var Expl</b>	3,973106	1,72763	0,20254
<b>Prp. Tot</b>	0,662184	0,287938	0,033757

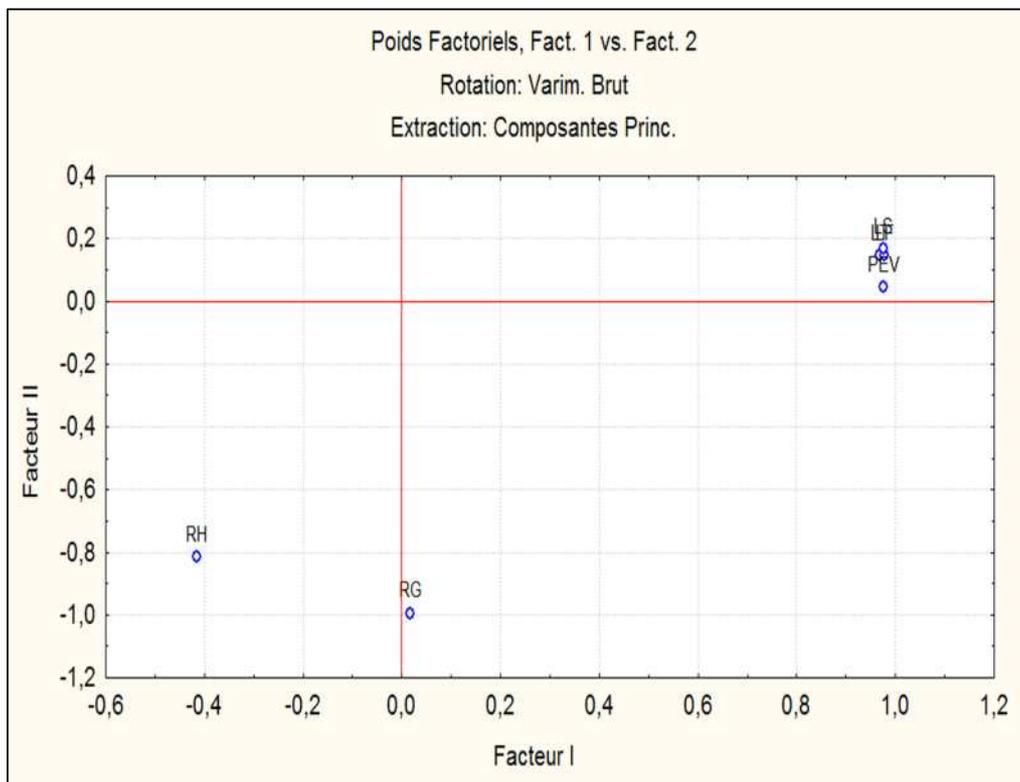
**$L_T$**  : Longueur total ;  **$L_F$** : Longueur a la fourche ;  **$L_S$** : Longueur standard ;  **$P_{EV}$**  : Poids éviscéré ;  **$RGS$**  : Rapport gonado-somatique ;  **$RHS$**  : Rappoort Hypato-somatique ; **Var Expl** : Valeur extrapolée.

La figure 53 représente dans l'ensemble la contribution des individus du Merlu échantillonnés dans les différents sites d'étude à la formation des axes principaux présentant trois nuages de points.

L'extraction des composantes principales (Fig. 54) à partir de différents coordonnés contribué de chaque individu, exposent la contribution de ces derniers à la formation des deux axes factoriels I et II.



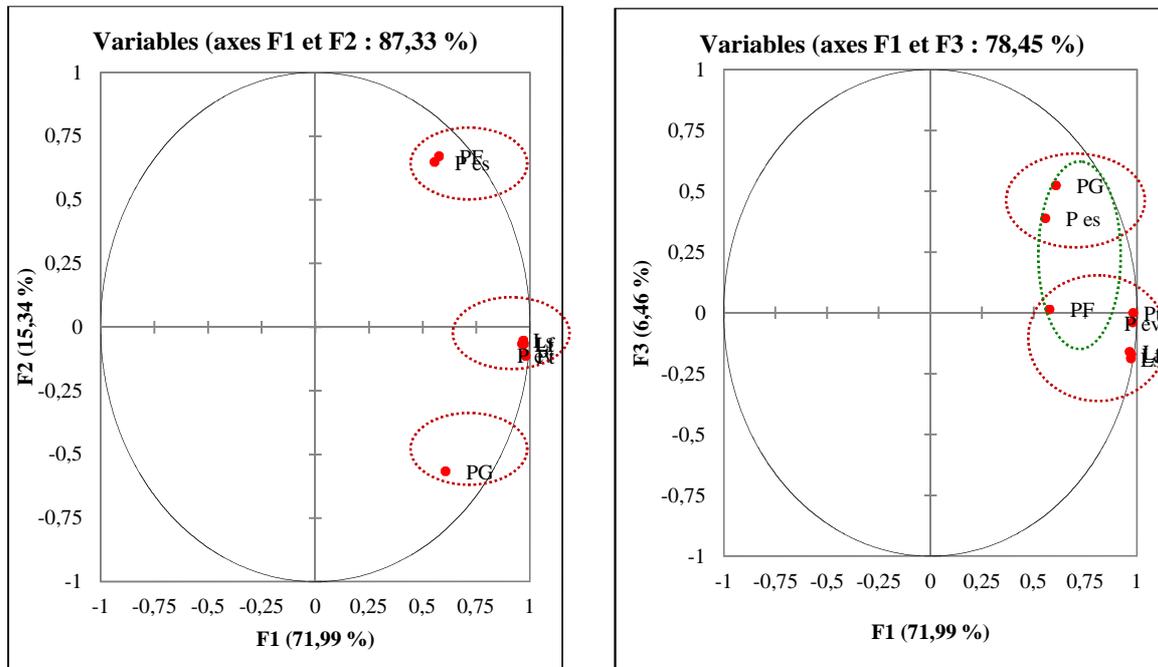
**Figure 53** : Individus symbolisés des trois régions (Béjaïa, Jijel et Annaba) projetés sur le plan factoriel I-II et variables contribuant à la formation des 3 axes.



**Figure 54** : Projection des variables initiales dans le plan I-II



Si on représente dans un cercle de rayon 1 (cercle de corrélation), chaque variable par un point dont l'abscisse et l'ordonnée sont respectivement les valeurs du coefficient de corrélation sur l'axe I et sur l'axe II et/ou III (Fig. 55), nous pouvons interpréter chaque axe factoriel et repérer la ou les variables sont liées entre elles ou bien opposées.



**Figure 55:** Représentation des cercles de corrélation des variables contribuant à la formation des axes factorielles.

**Noter bien :**

Suite à la détermination du sexe des individus des trois stations on a pu confirmer qu'il y a une différence de distribution par sexe et par région. C'est-à-dire, au moment où la majorité des individus échantillonnés, au cours de la période d'étude, dans le Golfe de Béjaïa sont presque dominés par des femelles, les individus des deux autres régions, à savoir la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba, présentent une large dominance des mâles par rapport aux femelles.

Ainsi la différenciation sexuelle joue un rôle important dans la distribution des stocks du poisson, de ce fait la première hypothèse est vérifiée, donc il faut considérer que le Merlu des trois zones d'études (Béjaïa, Jijel, Annaba) constitue trois stocks différents.



## 2.2. Le Sex-ratio

La proportion des sexes est directement liée à la reproduction, en effet, plus le rapport entre les mâles et les femelles est proche de l'équilibre (1), plus la reproduction comme le montre Legendre (1991) est meilleure. Le sexe est déterminé alors après dissection et observation macroscopique des gonades. Après élimination de l'inventaire de tous les poissons immatures et à sexe non déterminé, le sex-ratio retenu dans la présente étude est exprimé comme étant le rapport entre le pourcentage des mâles et celui des femelles. Cette répartition de sexes est défilée en fonction des différentes stations d'études à savoir le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba par une évaluation globale de l'ensemble des données (Fig. 56), une variation mensuelle du sex-ratio (Fig. 57), par sa distribution en fonction des classes de taille (Fig. 58) et du temps (Fig. 59).

### A. Variation globale du sex-ratio

Pour chaque sexe, concernant chaque site d'échantillonnage et pour toute la région Est, les pourcentages du sex-ratio global chez *M. merluccius* sont défilés comme suit :

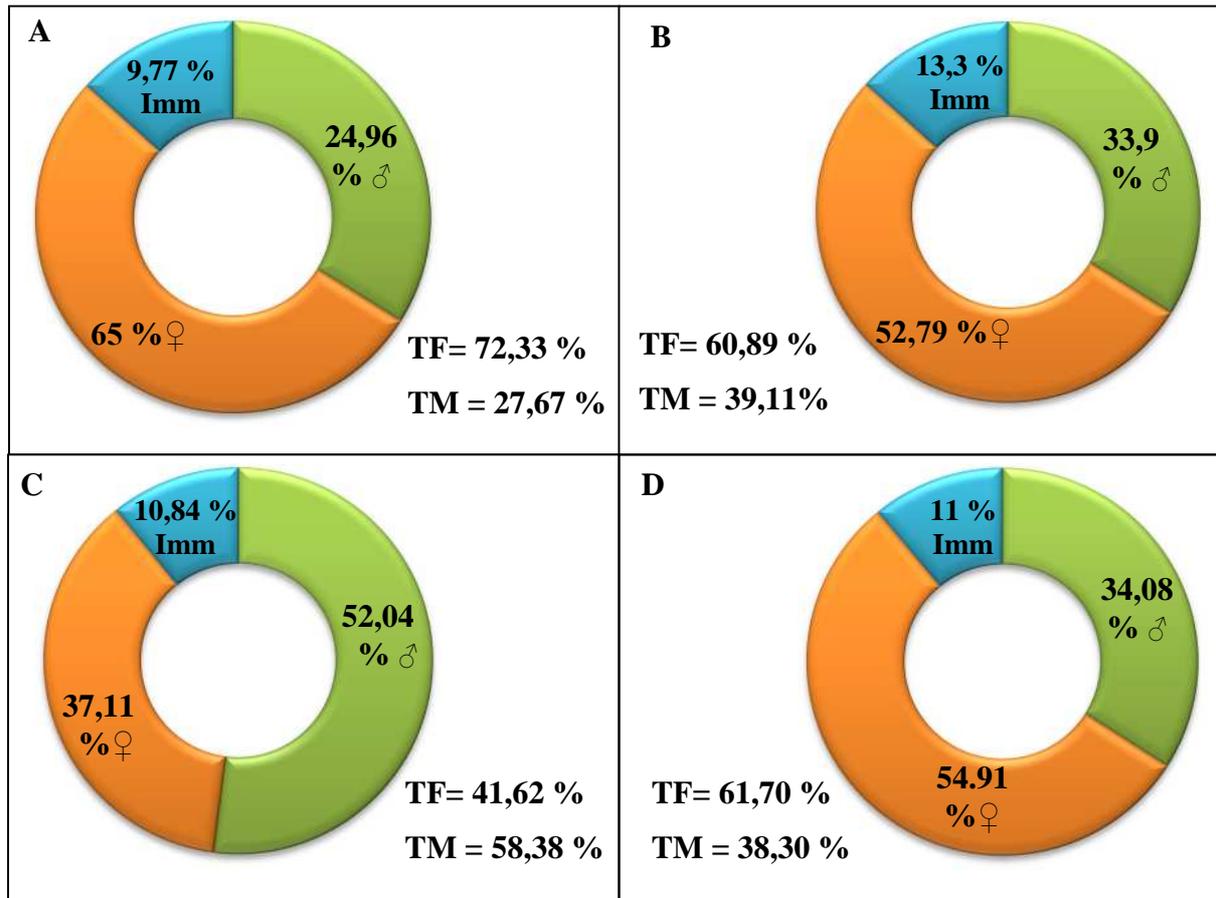
➤ **2,61** avec une différence très hautement significative enregistrée dans le Golfe de Béjaïa ( $\chi^2_{\text{cal}} = 40,7$  ;  $P \leq 0,001$ ), raffinée à partir d'un pourcentage global de féminité qui est égal à **72,33 %** largement dominant à celui des mâles qui est de l'ordre de **27,67%** (Fig. 56A).

➤ **1,56** sans différence significative dans la Baie de Jijel ( $\chi^2_{\text{cal}} = 1,92$  ;  $P \leq 0,05$ ), enregistrée à partir d'un pourcentage global de féminité qui est égal à **60,89 %** et celui de masculinité qui est de l'ordre de **39,11 %** (Fig. 56B).

➤ **0,71** sans différence significative pour le Golfe d'Annaba ( $\chi^2_{\text{cal}} = 2,64$  ;  $P \leq 0,05$ ), fournie à partir d'un pourcentage global de femelles qui présente **41,61 %** et un taux de masculinité de l'ordre de **58,38 %** (Fig. 56C).

➤ le sex-ratio global, de la région Est est de l'ordre de **1,61** (Fig. 56D). Il est couramment en faveur des femelles, pendant toute la période d'échantillonnage, de l'ordre de **61,70 %** pour un taux de masculinité de **38,30 %**.

Les valeurs globales du sex-ratio fournissent peu de renseignements sur la composition par sexe de la population étudiée, pour cela nous avons entrepris l'étude des variations du sex-ratio en fonction des saisons, de classes de taille et des zones d'étude pour plus de précision aux résultats.

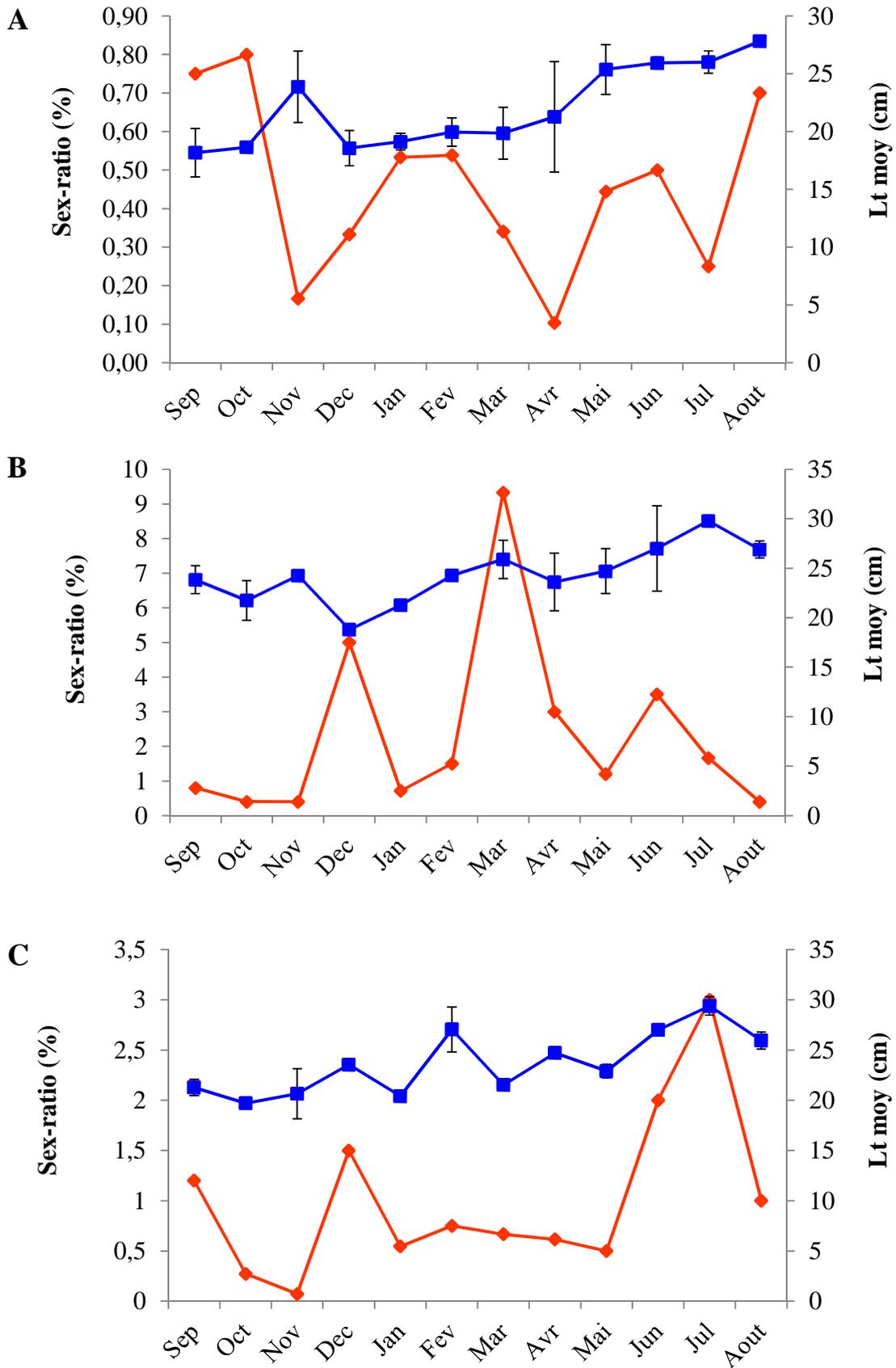


**Figure 56:** Proportions totales de la population de *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien. **TM** : taux de masculinité; **TF** : taux de féminité ; **Imm** : proportion des individus immatures et à sexe non déterminé. **A** : dans Golfe de Béjaïa ; **B** : dans la Baie de Jijel ; **C** : dans le Golfe d'Annaba ; **D** : La population totale du secteur Est Algérien.

### B. Variation mensuelle du sex-ratio

Les taux de masculinité et de féminité sont presque déférents d'une zone à une autre dont l'évolution mensuelle du sex-ratio dénote des variations entre les différents sites d'étude comme suit :

➤ **Le Golfe de Béjaïa** a montré que le taux d'apparition des femelles dans les prises en Merlu est inégal, et prédomine largement par rapport aux mâles (Fig. 57A). Les valeurs ont oscillé entre un minimum de 42,86% et un maximum de 90,63 % sur toute la période d'étude. Les femelles ont connu leur maxima durant les mois qui précèdent la période d'ovulation en novembre-avril-juillet respectivement avec 85,71 %, 90,63% et 80 %. Aussi, il apparaît qu'elles sont les plus prédominantes même aux périodes de reproduction. Cependant, le sex-ratio engendre des variations mensuelles entre 0,1 et 0,8.



**Figure 57:** Variations mensuelle du sex-ratio et de la longueur totale moyenne chez *Merluccius merluccius*. **A** : dans Golfe de Béjaïa ; **B** : dans la Baie de Jijel ; **C** : dans le Golfe d'Annaba.



➤ **La Baie de Jijel** enregistre des proportions oscillées entre un minimum de 9,68 % et un maximum de 71,43 % pour les mâles pour tout la période d'étude, pendant que les femelles qui se présentent les mois de mars-avril ont connu des fréquences qui basculent entre 28,57 % et 90,32 % et il apparaît que, les femelles sont les plus prédominantes aux périodes de reproduction, et qui dévoilent des variations mensuelles du sex-ratio entre 0,3 et 9,3 (Fig. 57B).

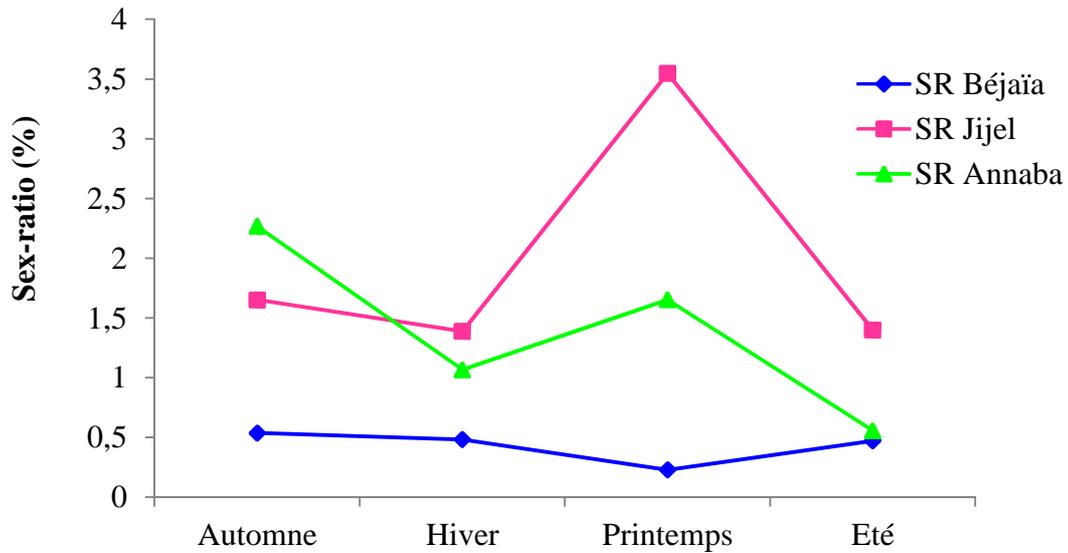
➤ **Le Golfe d'Annaba** dévoile que l'évolution mensuelles du sex-ratio enregistre une inversion sexuelle qui se présente par rapport aux zones précédentes avec des variations oscillantes entre 0,07 à 2 (Fig. 57C). Une prédominance des mâles par rapport aux femelles dont les valeurs ont oscillé entre un minimum de 25 % et un maximum de 93,33 %. Par contre, les femelles présentent les proportions minimales presque tout au long du cycle annuel et le taux de féminité a fluctué entre 6,67 % pendant le mois de novembre et présentant leurs maxima durant les mois de Juin et Juillet respectivement avec 66,67 % et 75 %.

Pour évaluer l'effet du sex-ratio sur la variabilité de la taille moyenne mensuelle, un test non paramétrique du coefficient de corrélation de rang de Spearman (Gibbons, 1985) a été réalisé entre les valeurs moyennes de  $P_t$  et de  $L_t$  et le sexe. Les résultats discernés montrent que le sex-ratio se présente avec une relation non significative indiquant que la variabilité du nombre de femelles ou du sex-ratio mensuel n'affecte pas la variabilité de  $L_t$  ou de  $P_t$ .

Une telle analyse n'exclut pas la présence de mouvements migratoires de frai (ponte), mais suggère que les différences de taille tout au long de la période d'étude ne sont pas affectées par la proportion de femelles, qui grandissent plus rapidement et atteignent une plus grande longueur que les mâles.

### **C. Variation du sex-ratio en fonction des saisons**

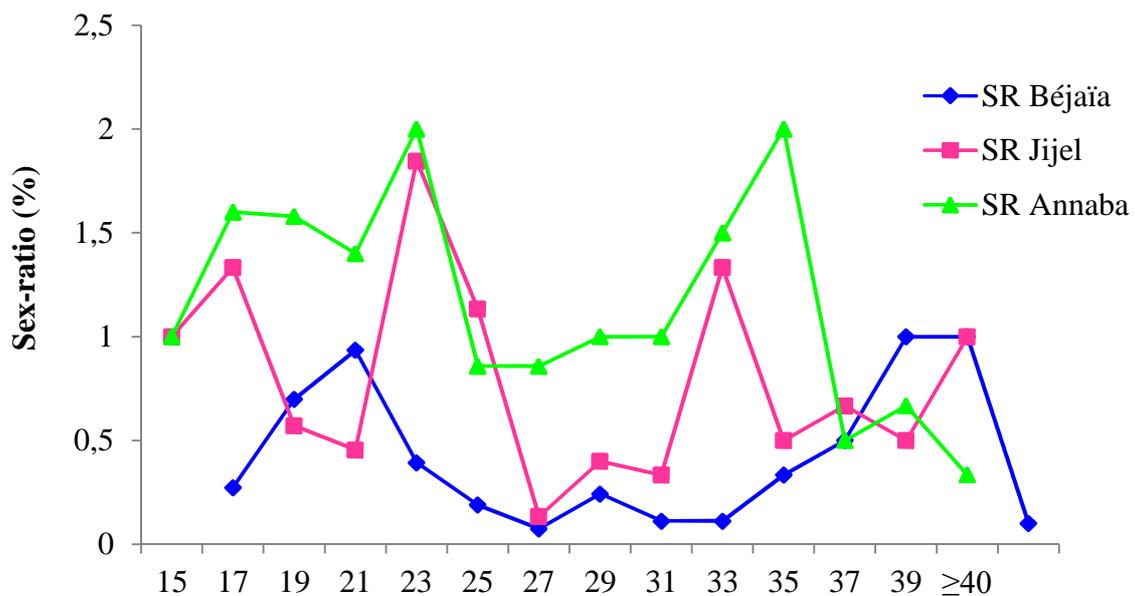
L'analyse temporelle du sex-ratio montre qu'il est étroitement lié aux conditions du milieu. Les femelles dominent dans les prises au cours de l'année dans le Golfe de Béjaïa avec une moyenne de  $3,14 \pm 0,89$  pour un  $P \leq 0,05$  (Fig. 58). Dans la Baie de Jijel, le sex-ratio est en faveur des mâles durant la saison de l'automne ( $SR = 0,55$ ), alors que le reste de l'année il est en faveur des femelles avec une moyenne de  $1,55 \pm 0,91$  pour un  $P \leq 0,05$  (Fig. 58). En fin, une inversion sexuelle enregistrée dans le Golfe d'Annaba en faveur de la population masculine avec un sex-ratio de  $0,85 \pm 0,52$  pour un  $P \leq 0,05$  (Fig. 58).



**Figure 58:** Variations du sex-ratio en fonction des saisons chez *Merluccius merluccius*.  
A : dans Golfe de Béjaïa ; B : dans la Baie de Jijel ; C : dans le Golfe d'Annaba.

#### D. Variation du sex-ratio en fonction de classes de taille

Les merlus mesurant de 15 à 81,9 cm ont été regroupés par classes de taille de 2 cm de longueur totale. Le choix de cet intervalle a pour but de mettre en évidence des variations significatives de cette distribution. Nous avons calculé les pourcentages des effectifs des mâles et celui des femelles pour chaque groupe de taille et par zone d'échantillonnage (Fig. 59).



**Figure 59:** Répartition du sex-ratio en fonction des classes de taille de *Merluccius merluccius* de la frange côtière Est Algérienne.



L'évolution du sex-ratio en fonction de la taille montre que les femelles présentent les proportions dominantes dans toutes les classes de taille de l'ordre de  $5,26 \pm 4$  dans le Golfe de Béjaïa, de  $2,39 \pm 2,25$  dans la Baie de Jijel (Fig. 59). Pendant que les mâles dominant dans la population du Golfe d'Annaba avec un sex-ratio de l'ordre de  $0,77 \pm 0,33$  (Fig. 59). Cependant pour les tailles supérieures et à partir de 34 cm, rien que les femelles qui sont rencontrées dans les captures et elles dominant dans la quasi la totalité de la population.

Dans les études de dynamique des populations, il est toujours nécessaire de connaître le sex-ratio. C'est en effet du nombre de femelles dans la population que dépend celui des futures recrues. L'analyse du sex-ratio change selon que nous prenons en compte l'ensemble de la population ou bien les classes de taille séparément. De plus, le sex-ratio évolue en fonction du temps (saisons et années). Or, nos résultats indiquent aussi que le sex-ratio varie selon qu'on se situe dans la zone de Bejaïa, de Jijel ou bien d'Annaba.

Le potentiel de reproduction des stocks de poisson est lié aux interactions de plusieurs caractéristiques biologiques de la reproduction, telles que l'âge et la taille du géniteur, la taille à maturité, la condition somatique et les antécédents de reproduction (Trippel, 1999). Chez le Merlu les femelles sont beaucoup plus abondantes au printemps et en été alors que les mâles le sont en automne et en hiver. Les fluctuations saisonnières du sex-ratio sont la conséquence de 3 principaux mécanismes:

1. Les aléas dus à l'échantillonnage, notamment l'action sélective des engins de pêche ;
2. Les mécanismes d'ajustement de la structure d'une population à chaque modification de l'environnement surtout les variations de la qualité et de la quantité de nourriture disponible dans le milieu (Nikolsky, 1969). Ces dernières sont parmi les causes essentielles des fluctuations saisonnières du sex-ratio au sein de la population peuplant le secteur Est Algérien, notamment en période de reproduction ;
3. La protection des progénitures est appuyée par une grande présence des mâles notamment par la mise en place de nids de ponte contre la prédation. Ce constat est signalé par Luttbeg & Warner (1999).

Selon Albaret (1994), ces variations sont imputables aux différentes stratégies développées par les poissons pour une meilleure adaptation aux conditions environnementales. Cependant, l'évolution du sex-ratio en fonction des classes de taille montre un passage des longueurs à prédominance masculine (Fig. 59). Cette tendance à la hausse a atteint un ratio de 4,13 ; 2,5 ; 1,17 respectivement pour Béjaïa, Jijel et Annaba à plus



de 25 cm, alors que 99% des individus plus grands plus de 35 cm de long étaient des femelles. Cependant, une prédominance féminine significative est déjà enregistrée pour la classe de longueur supérieure à 30 cm. D'un côté, des résultats similaires ont été obtenus par [Khoufi et al. \(2012a\)](#) en Méditerranée dans les côtes nord de la Tunisie, [El Habouz et al. \(2011\)](#) en Atlantique centre marocain et [Martic et al. \(2009\)](#) dans les eaux de Montegrine (la Croatie). Par contre, [Pineiro et al. \(2007\)](#), ont distingué que les proportions des mâles et des femelles sont égales jusqu'à la taille de 45 cm, et qu'au delà de cette taille, les proportions des femelles sont plus dominantes, jusqu'à la taille 60 cm où les femelles atteignent 100% de la population. La dominance des femelles dans les petites classes de tailles est constatée par l'identification précoce et assez aisée des petits ovaires par rapport aux petits testicules. La supériorité numérique des individus femelles des poissons Téléostéens dans les grandes classes de tailles a été rapportée et confirmée par plusieurs études, citons à titre d'exemple celles de :

- [Giraldez & Abad, 1995](#) ; [Millàn, 1999](#) et [Ouattara et al., 2008](#) chez l'anchois (*Engraulis encasicolus* L., 1758) ;
- [El Bakali & al. \(2010\)](#) chez le Rouget de roche (*Mullus surmuletus* L., 1758) ;
- [Djouahra & al. \(2013\)](#) chez le Sar (*Diplodus vulgaris* St. Hilaire, 1817) ;
- [Belhoucine, \(2012\)](#) chez le Merlu (*Merluccius merluccius* L., 1758) ;
- [Benghali & al. \(2014\)](#) chez la Mostelle (*phycis blennoides* brünnich, 1768)
- [Glavic & al. \(2014\)](#) chez la Mostelle (*phicis phicys* L., 1766).

Cette supériorité est due probablement à l'influence de plusieurs facteurs dont les plus possibles seraient :

- Une plus grande longévité et une croissance plus rapide des femelles ([Martin, 1991](#)) Ainsi une étude récente sur la croissance de *M. merluccius*, utilisant des techniques de marquage et de recapture, a montré que les femelles grandissent plus vite que les mâles à partir de la deuxième année de vie ([de Pontual et al., 2006](#) ; [Mellon-Duval et al., 2010](#)) ;
- Une importante vulnérabilité vis- à-vis des engins de pêche, une mortalité naturelle différente selon le sexe ([Parrish et al., 1986](#); [Motos & Uriarte, 1991](#) ; [El Habouz et al., 2011](#); [Pineiro, 2011](#)) ;
- Enfin, l'hypothèse la plus plausible serait la migration. En effet, le déplacement spatio-temporel affecte différemment toutes les classes de taille ([Marchal, 1993](#)).



• Toutefois, Valdivia (2012) suite à une étude sur la truite arc-en-ciel, *Oncorhynchus mykiss*, démontre que l'augmentation de la température (18°C) influence fortement la masculinisation. En plus, chez les poissons Téléostéens gonochoriques, les déterminismes du sexe sont soit environnementaux, soit génétiques avec une interaction possible entre ces deux facteurs.

### 2.3. Indices pondéraux du cycle de reproduction de *Merluccius merluccius*

Les variations mensuelles des indices pondéraux: RGS, RHS et K, chez les mâles et les femelles de *Merluccius merluccius* ont été analysées durant un cycle biologique.

#### A. Rapport Gonado-Somatique (RGS)

L'évolution mensuelle moyenne du RGS montre qu'il y a une évolution similaire pour les trois zones d'étude (Fig. 60). En général le RGS des femelles est supérieur à celui des mâles. Les valeurs mensuelles moyennes du rapport gonado-somatique (RGS) sont caractérisées par des fluctuations importantes qui varient comme suit:

➤ **Dans le Golfe de Béjaïa :** le RGS enregistre des variations entre 0,86 % à 2,02 % avec une moyenne de  $1,25 \pm 0,46$  % chez les femelles (Fig. 60A), et entre 0,59 % et 1,19 % avec une moyenne de  $0,94 \pm 0,24$  % chez les mâles (Fig. 60B).

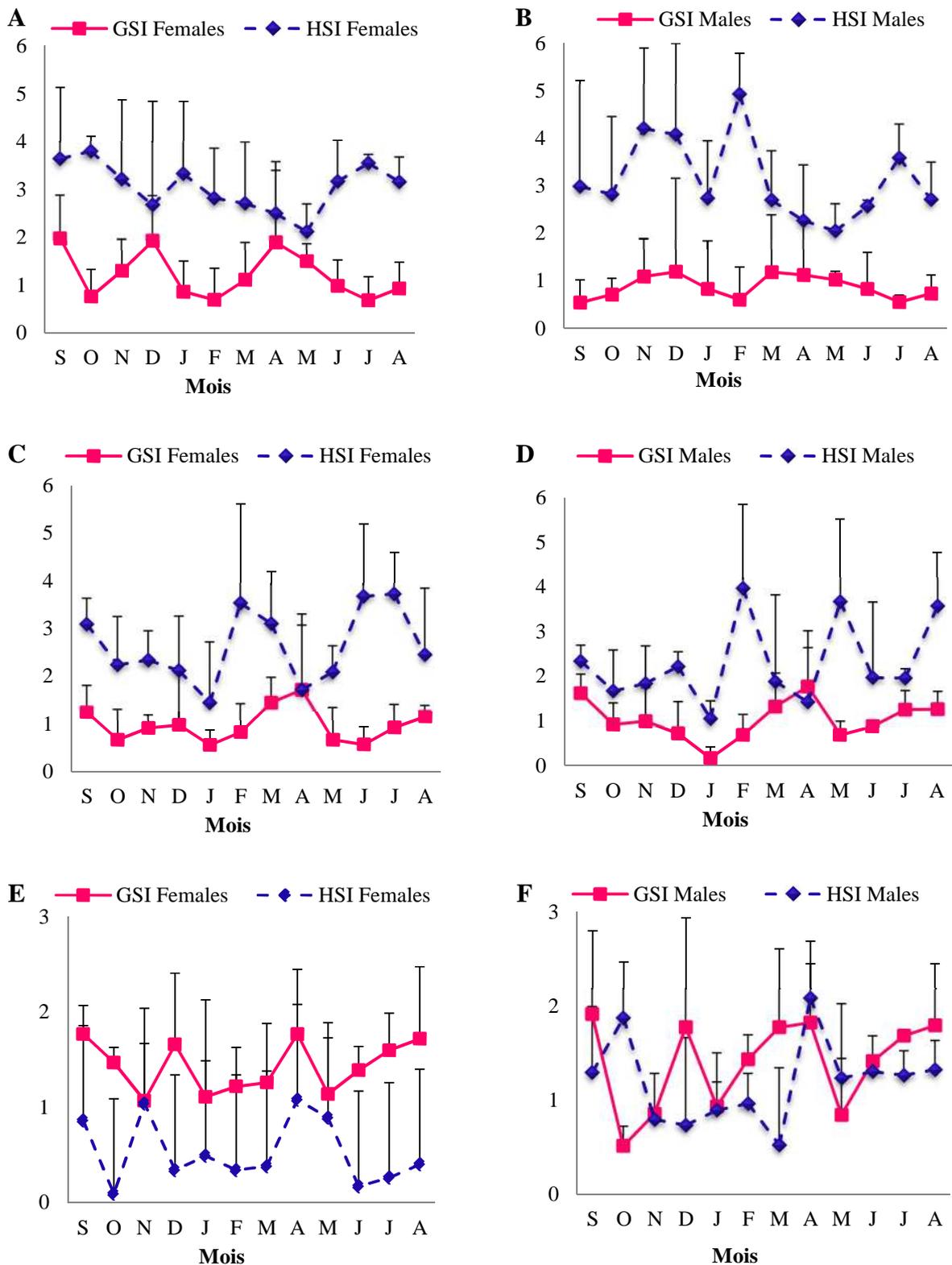
➤ **Dans la Baie de Jijel :** le RGS enregistre des variations entre 1,07 % à 1,77% avec une moyenne de  $1,43 \pm 0,27$  % chez les femelles (Fig. 60C), et 0,16 % à 1,76% avec une moyenne de  $1,04 \pm 0,46$  % chez les mâles (Fig. 60D).

➤ **Dans le Golfe d'Annaba :** le RGS enregistre des variations entre 0,55 % à 1,72% avec une moyenne de  $0,98 \pm 0,34$  % chez les femelles (Fig. 60E), et 0,51 % à 1,82% avec une moyenne de  $1,39 \pm 0,48$  % chez les mâles (Fig. 60F).

#### B. Rapport Hépat-Somatique (RHS)

L'évolution mensuelle moyenne du RHS chez les deux sexes est inverse à celui du RGS. Ceci prouve que les réserves emmagasinées dans le foie sont utilisées au profit du développement des gonades.

L'évolution mensuelle moyenne du Rapport Hypato-somatique (RHS) montre qu'il y a une évolution similaire pour les trois zones d'étude (Fig. 60). En général le RHS moyenne des femelles est supérieur à celui des mâles, et il est caractérisé par des fluctuations importantes qui varient comme suit :



**Figure 60:** Etude comparée des rapports pondéraux (RGS-RHS) de *Merluccius merluccius* femelles-mâles de la Côte-Est Algérienne. **A-B:** Golfe de Béjaïa ; **C-D:** Baie de Jijel ; **E-F:** Golfe d'Annaba.



➤ **Dans le Golfe de Béjaïa** : le RHS enregistre des variations entre 2,33 % à 3,69 % avec une moyenne de  $2,87 \pm 0,39$  % chez les femelles (Fig. 60A), et entre 2,11 % et 3,11 % avec une moyenne de  $2,46 \pm 0,33$  % chez les mâles (Fig. 60B).

➤ **Dans la Baie de Jijel** : le RHS enregistre des variations entre 1,45 % à 3,67% avec une moyenne de  $2,42 \pm 0,75$  % chez les femelles (Fig. 60C), et 1,54 % à 2,76% avec une moyenne de  $2,06 \pm 0,39$  % chez les mâles (Fig. 60D).

➤ **Dans le Golfe d'Annaba** : le RHS enregistre des variations entre 1,08 % à 1,89 % avec une moyenne de  $1,43 \pm 0,27$  % chez les femelles (Fig. 60E), et 0,52 % à 2,08 % avec une moyenne de  $1,87 \pm 0,45$  % chez les mâles (Fig. 60F).

Les valeurs du rapport augmentent brusquement surtout en mai et juin pour atteindre les valeurs maximales de  $4,92 \pm 1,5$ ;  $3,72 \pm 0,87$  et  $1,08 \pm 0,61$  chez les femelles et  $4,92 \pm 0,87$ ;  $3,67 \pm 1,85$  et  $2,08 \pm 0,61$  chez les mâles respectivement dans le Golf de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba.

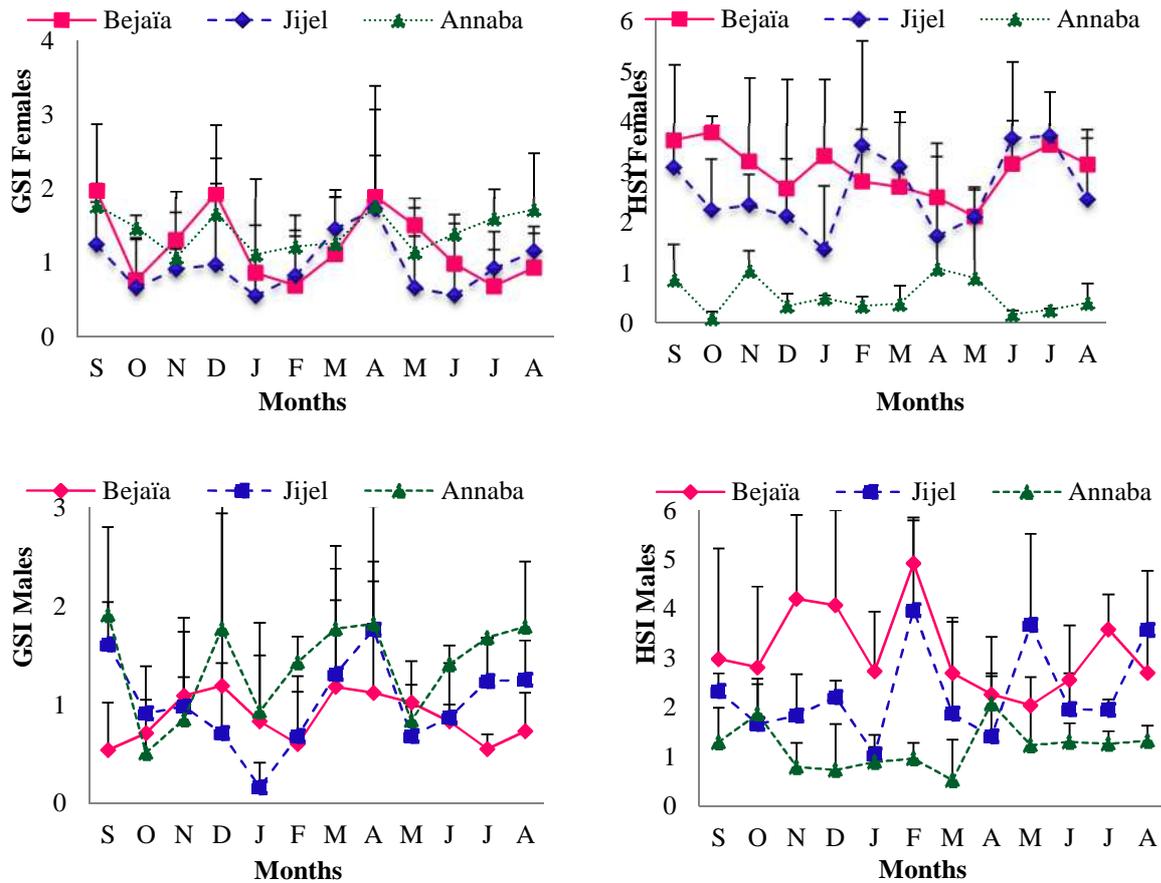
Chez *Merluccius merluccius*, le RHS évolue de façon inverse avec celui du RGS et montre des fluctuations sensibles liées au cycle reproducteur.

#### **2.4. Etude comparée des rapports pondéraux (RGS-RHS) de *Merluccius merluccius* femelles-mâles entre les différentes zones d'étude de la région Est algérienne.**

L'analyse de la variance entre les valeurs mensuelles moyennes du RGS et les différents endroits étudiés, montre l'existence **d'une différence très hautement significative** à la fois chez les femelles ( $F_{obs} = 4,36$  ;  $P \leq 0,001$ ) et les mâles ( $F_{obs} = 5,39$  ;  $P \leq 0,001$ ).

L'analyse de la variance entre les valeurs mensuelles moyennes du RHS et les différents endroits étudiés (Fig. 61), montre qu'il y a **une différence très hautement significative** que ce soit pour les femelles ( $F_{obs} = 67,87$  ;  $P \leq 0,001$ ) ou pour les mâles ( $F_{obs} = 18,45$  ;  $P \leq 0,001$ ).

L'analyse des valeurs de RGS, RHS moyennes montre qu'il y a une évolution similaire pour les trois zones d'étude (Fig. 61). En général le RGS des femelles est supérieur à celui des mâles. Les valeurs moyennes de RGS, RHS observées, dans les trois zones d'étude montrent que la période de reproduction moyenne est développée sur toute l'année et les valeurs maximales se situent aux alentours de septembre, décembre et avril pour toutes les zones d'étude chez les femelles et les mâles (Fig. 61).



**Figure 61:** Etude comparée des rapports pondéraux (RGS-RHS) de *Merluccius merluccius* femelles-mâles entre les différentes zones d'étude de la Côte-Est Algérienne.

L'étude macroscopique du cycle sexuel montre que la connaissance de la période de ponte et de sa durée est importante pour la compréhension de la dynamique des populations. Depuis longtemps, les chercheurs ont déterminé les stades de développement d'après la morphologie des gonades et l'état d'avancement de la gamétogenèse. Ensuite, ils se sont interrogés sur les modalités de la reproduction du Merlu dans différents secteurs géographiques. En fait, la période de ponte d'une espèce peut-être déterminée par:

- *Un suivi mensuel de l'état de maturité macroscopique des ovaires,*
- *Un suivi de l'évolution du poids des gonades,*
- *Un suivi de la distribution mensuelle de l'état de maturité des femelles déterminé macroscopiquement et exprimé graphiquement par une succession d'états caractéristiques pour une femelle type.*



Le **RGS** est un véritable coefficient de maturation des gonades. Son augmentation coïncide avec une gamétogenèse alors que sa diminution indique une ponte active (Lahaye, 1972). Le cycle sexuel étudié montre une synchronisation des variations, mensuelles et saisonnières, du **RGS** des ovaires et des testicules. Toutefois, la grande taille et/ou poids des ovaires par rapport aux testicules permet d'enregistrer des pourcentages du **RGS** des femelles plus importants que ceux des mâles. En effet, le RGS est influencé par trois facteurs : la proportion des femelles matures, la fécondité et le poids gonadique (Taylor, 1958; Ganas *et al.*, 2009).

D'autre part, le **RGS** nous a permis de connaître les périodes d'activité sexuelle du Merlu ainsi que les périodes de reproduction. En effet, nous avons pu observer la présence de femelles en ponte en toute saison, avec des maxima en hiver (décembre-janvier), au printemps (mars-avril), et en été (août, septembre).

La dominance de femelles a pu être observée en toute saison dans le Golfe de Béjaïa, là où la pêche se fait dans la zone interdite ; première zone moins de **40 m** réservée spécialement pour la reproduction de la majorité des poissons ; contrairement au Golfe d'Annaba ; caractérisé par un plateau continental continu là où la pêche se fait dans la deuxième et troisième zone. On a constaté la dominance des mâles dans les débarquements. Cependant, la Baie de Jijel est caractérisée par la dominance des femelles pendant la période printanière et le reste de l'année est marqué par la dominance des mâles dans les débarquements.

Par ailleurs, il n'y a pas de femelles au repos sexuel en été, période pendant laquelle aucune pêche chalutière n'a été faite dans le Golfe de Béjaïa. Ces observations s'expliqueraient par le fait qu'après la ponte la quasi-totalité des femelles adultes regagneraient les eaux profondes (Bouaziz, 1992). De même, les mâles ont des émissions de leurs produits sexuels avec deux maxima en printemps et en été, et deux autres émissions de moindre importance en automne et en hiver. Ceci, nous conduit à conclure que la ponte des œufs au niveau de l'espèce étudiée pourrait avoir lieu toute l'année avec des intensités plus ou moins variables en relation avec les saisons.

Pendant que, Bouaziz *et al.* (1998b) montrent la présence de femelles et de mâles en ponte en toute saison, avec des pontes en été et en hiver, Alemany & Oliver (1995) ont constaté l'existence de deux pontes moyennes annuelles, l'une apparaît en automne et l'autre en hiver-printemps. Les résultats obtenus par Ungaro *et al.* (2001) en mer Adriatique, signalent deux pics de frai, l'un en hiver et l'autre en été. Recasens *et al.* (1998) rapportent que



l'activité de reproduction du Merlu européen dans le nord de la Mer Tyrrhénienne a été concentrée de janvier à mai, avec des pics en février et mai, tandis que dans la mer Catalane, la principale saison de reproduction s'est produite à partir d'août à décembre, avec des pics de ponte en septembre et décembre.

Les observations macroscopiques des gonades de *Merluccius merluccius* au cours de son cycle de reproduction, nous a permis d'identifier 5 stades de maturité, résultant de la combinaison de celle proposée par [Meriel-Bussy \(1966\)](#) et celle préconisée par [Sarano \(1986\)](#). L'analyse des variations mensuelles de ces stades de maturité sexuelle montre que les gonades de *Merluccius merluccis* se trouvent à différents stades de maturité au cours de l'année.

*Noter bien : Les pics des RGS moyens observés pour les mâles et les femelles laissent supposer que la ponte et l'émission des spermatozoïdes ont lieu en trois phases au cours d'année. Cependant, les RGS individuels montrent que les mâles et les femelles émettent leurs gamètes toute l'année.*

*Le suivi du RHS chez les mâles et les femelles met en évidence qu'une mise en réserve a lieu dans le foie, qu'en général un inversement entre les pics de RGS et de RHS remarquable au cours de l'année. Chez les femelles une augmentation du RHS en phase avec celle du RGS a été notée donc le stockage de réserves dans le foie semble en partie lié à la reproduction.*

## **2.5. Taille à la première maturité sexuelle**

La connaissance de la taille de première maturité sexuelle est très utile dans la détermination de la taille minimale de capture. D'après l'observation macroscopique des gonades au cours de notre échantillonnage, nous avons attribué pour chaque individu un stade.

En se basant sur les observations macroscopiques des gonades, nous avons convenu de considérer comme mûres, les femelles dont les ovaires, de couleur jaunâtre, pondéralement très développés, présentant des ovules visibles à l'œil nu et occupant la presque totalité de la cavité abdominale et les mâles dont les testicules, d'un blanc laiteux, remplissant presque toute cette cavité.

D'après [Samb \(1989\)](#), la taille de la première maturité sexuelle est la longueur à laquelle **50 %** des individus sont matures. Dans notre cas, l'estimation biologique de la taille à la première reproduction à partir de l'observation du plus petit individu mature correspondant à un stade I (Tab. 55). En effet, comme le mentionne [Cherabi \(1987\)](#), chez



les individus jeunes, un premier développement des gonades n'aboutit pas forcément à l'élaboration de produits réellement aptes à la reproduction.

**Tableau 55:** Longueur totale du plus petit individu mâle-femelle mature (Lt ppin) observée pour chaque région d'échantillonnage.

Zone d'étude	Lt ppin (cm)	
	Mâles	Femelles
<b>Le Golfe de Béjaïa</b>	15,6	15,6
<b>La Baie de Jijel</b>	16,8	15,8
<b>Le Golfe de Annaba</b>	15,9	16,2

Le calcul des proportions des individus matures par classe de taille, nous a permis de tracer les courbes de maturité, qui traduisent le passage progressif de l'état juvénile à l'état adulte et d'estimer la taille de 1<sup>ère</sup> maturité sexuelle ( $L_{50}$ ) du stock de *Merluccius merluccius*.

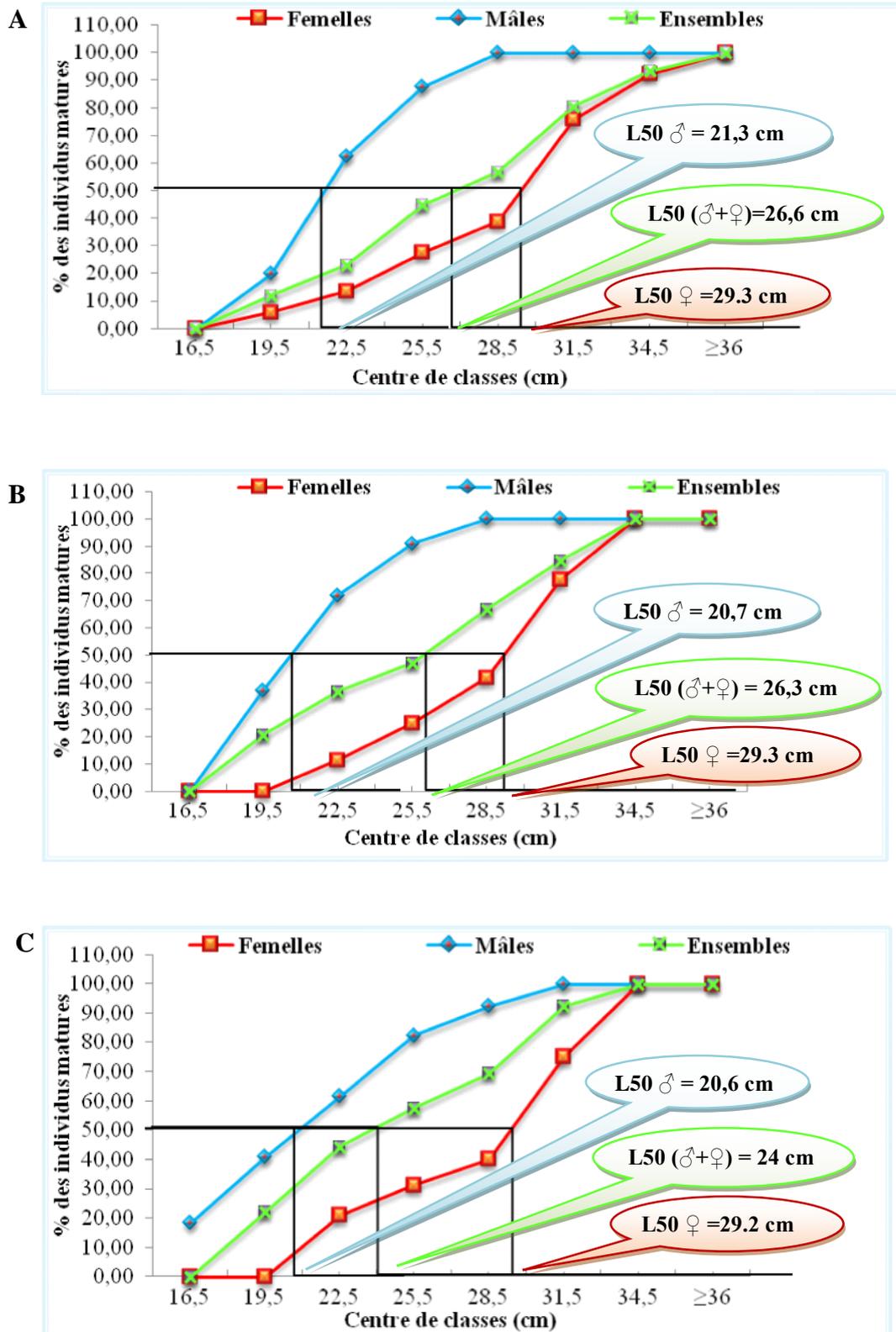
Les résultats de  $L_{50}$  sont transcrits dans le tableau 56 et les pourcentages des individus matures par classe de taille de 4 cm sont reportés graphiquement (Fig. 62).

**Tableau 56:** Taille de première maturité sexuelle de *Merluccius merluccius* dans différentes régions d'étude.

Zone d'étude	$L_{50}$ (cm)		
	Mâles	Femelles	Ensemble
<b>Golfe de Béjaïa</b>	21,3	29,3	26,6
<b>Baie de Jijel</b>	20,7	29,2	26,3
<b>Golfe de Annaba</b>	20,6	29,2	24

Les courbes de la figure 52 permettent de correspondre la taille de la première maturité sexuelle ( $L_{50}$ ) des Merlus femelles à une longueur de 29,3- 29,2 et 29,2 cm respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba, et qui sont aptes à se reproduire toutes à partir de 36 cm. En ce qui concerne la taille de la première maturité sexuelle ( $L_{50}$ ) des Merlus mâles est de l'ordre de 21,3- 20,7 et 20,6 cm respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba, et au-delà de 28 cm, tous les mâles rencontrés sont adultes.

La comparaison statistique des valeurs calculées de la  $L_{m50}$  indique que la différence entre les deux sexes est très hautement significative ( $F = 73,05$ ;  $P \leq 0,001$ ) ce qui montre bien que les mâles sont pubères plutôt que les femelles.



**Figure 62:** Taille à la première maturité sexuelle ( $L_{50}$ ) de *Merluccius merluccius* de la frange côtière Est Algérienne.

A: Golfe de Béjaïa ; B: Baie de Jijel ; C: Golfe d'Annaba.



**La taille de première maturité sexuelle** est un des critères les plus importants dans la gestion des stocks. Cette dernière, en effet, va nous renseigner sur la fraction du stock qui est apte à assurer le renouvellement de l'espèce et, par conséquent, nous informer sur la taille minimale légale des poissons pouvant être pêchés dont l'objectif est la préservation d'une fécondité suffisante pour régénérer les stocks.

L'interprétation de la taille de première maturité sexuelle est très variée selon les auteurs. Selon [Postel \(1955\)](#), c'est la longueur du plus petit individu adulte. Selon [Fantana & Pianet \(1973\)](#), [Le Grand \(1960\)](#) et [Stequert \(1976\)](#), c'est la longueur à laquelle 100% des individus sont matures. La définition la plus utilisée est celle de [Batts \(1972\)](#) et [Shung \(1973\)](#), [Conand \(1977\)](#) qui définissent la taille de la première maturité sexuelle comme étant la longueur à laquelle **50 %** des individus sont matures.

Dans notre étude, l'estimation biologique de la taille à la première reproduction  $L_p$  à partir de l'observation du plus petit individu mature est de 15,6 cm ; 15,8 cm et 16,2 cm pour les femelles et 15,6 cm ; 16,8 cm et 15,9 cm pour les mâles ; respectivement pour le Golfe de Bejaia, la Baie de Jijel et le Golfe de Annaba ; correspondant à un stade I. En effet, chez les individus jeunes, un premier développement des gonades n'aboutit pas forcément à l'élaboration de produits réellement aptes à la reproduction.

D'après l'ogive de maturité sexuelle des deux sexes du Merlu de la Côte-Est Algérienne, on dénote que ; dans les différentes sites d'étude ; les femelles du Merlu atteindraient leur puberté ou bien la taille à la première maturité sexuelle plus tardivement que les mâles. En effet, la  **$L_{m50}$**  permettent de l'estimer à 29,3 cm, 29,2 cm et de 29,2 cm, respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba, la taille à laquelle 50 % des Merlus femelles sont aptes à se reproduire et toutes le sont à partir de 36 cm. En ce qui concerne les mâles, 21,3 cm, 20,7 cm et de 20,6 cm représentent les tailles auxquelles 50 % de la population a atteint la maturité. Au-delà de 28 cm, tous les mâles rencontrés sont adultes. Enfin, l'analyse de l'ensemble des données révèle que la population du Merlu tous sexes confondus atteint sa taille de première maturité ( $L_{50}$ ) à 26,6 cm ; 26,3 cm et de 24 cm dans les trois stations respectives.

Dans la région Méditerranéenne (Tab. 57), nos observations rejoignent celles signalées par [Bouhlal \(1973\)](#) ; [Bouaziz et al. \(1998b\)](#) ; [Zoubi \(1998\)](#) ; [Ungaro et al. \(2001\)](#) ; [Khoufi \(2014b\)](#). Cependant, en Atlantique [Pineiro & Saniza \(2003\)](#) dans les eaux ibériennes, font remarquer que les mâles sont mûres avant les femelles, la  **$L_{50}$**  des mâles est de 30,6 cm



tandis que celle des femelles est de 45,4 cm et dans le Golfe de Gascogne et en mer Celtique, [Lucio et al. \(2000\)](#) signalent que les mâles atteignent leur maturité à des tailles inférieures à celles des femelles (respectivement 39 cm et 47 cm). D'autres travaux sur la taille de première maturité sexuelle chez la population du Merlu dans différentes régions vont dans le même sens que nos résultats sont résumés dans le tableau 57.

**Tableau 57 :** Taille de première maturité sexuelle de *Merluccius merluccius* dans différentes régions d'étude.

	Aire d'étude	L <sub>50</sub> (cm)		References
		Femelle (cm)	Mâle (cm)	
Méditerranée	Mer Catalane	39	32	<a href="#">Sánchez &amp; Martin (1985)</a>
		35,8	-	<a href="#">Recasence et al. (2008)</a>
	Nord Tyrrhénien	42,5	27	<a href="#">Biagi et al. (1995)</a>
		35,9	21,7	<a href="#">Ligas et al. (2015)</a>
		35,1	-	<a href="#">Recasence et al. (2008)</a>
	Golf de Lion	43	-	<a href="#">Aldebert &amp; Carriès (1989)</a>
		38	28,8	<a href="#">Recasence et al. (1998)</a>
	Nord du Maroc côté Atlantique	41,1	37,8	<a href="#">Lahrizi (1996)</a>
		33,8	28,6	<a href="#">El Habouz et al. (2011)</a>
	Nord et Nord-Ouest mer Ibérienne	58	-	<a href="#">Perez &amp; Pereiro (1985)</a>
		45,4	32,8	<a href="#">Piñeiro &amp; Saínza (2003)</a>
	Baie de Bou-Ismaïl	30,6	21,5	<a href="#">Bouaziz et al. (1998b)</a>
	Baie d'Oran	33,5	20,5	<a href="#">Belhoucine (2012)</a>
29		28	<a href="#">Bouhlal (1973)</a>	
Nord de la Tunisie	29	25	<a href="#">Khoufi (2015)</a>	
Atlantique	Mer Catalane	38-42	38-42	<a href="#">Maurin (1954)</a>
	Golfe de Gascogne	50	35-55	<a href="#">Meriel-Bussy (1966)</a>
	Asturias	54-54	40-44	<a href="#">Alcázar et al. (1983)</a>
	Gallega (N.W. Espagne)	47-58	36,5-39,6	<a href="#">Perez et al. (1985)</a>
	Atlantique Ibérique	46,0	-	<a href="#">Domínguez-Petit et al. (2008a)</a>
	Atlantique Nord	41,0	-	<a href="#">Domínguez-Petit et al. (2007)</a>
	Atlantique Centre marocain	33,8	28,6	<a href="#">El Habouz et al. (2011)</a>



Suite à l'analyse de l'ensemble des résultats enregistrés dans le tableau on constate que la taille de la première maturité sexuelle de la population du Merlu de la Méditerranée est inférieure à celle de la population Nord Atlantique, ce qui permet de conclure que le Merlu de la Méditerranée et ceux de la même latitude dans l'Atlantique sont matures avant ceux des hautes latitudes de l'Atlantique. Ceci vient confirmer l'hypothèse de Hesse (1937) qui fait remarquer que le délai requis pour atteindre la maturité sexuelle est plus long aux basses températures, tout comme celui nécessaire à la croissance somatique, de même Abdulfatah *et al.* (2007) annoncent que la température de l'eau est le facteur déterminant qui synchronise la ponte.

En outre, cette différence pourrait être expliquée par les caractéristiques environnementales de chaque zone en particulier par l'influence de la luminosité, la température et du régime alimentaire dans les deux régions (Maurin, 1954), alors que selon Albaret (1994), ces variations sont imputables aux différentes stratégies développées par les poissons pour une meilleure adaptation aux conditions environnementales. Il ne faut pas oublier que l'ensemble des résultats obtenus sur des populations du Merlu de l'Atlantique et de la Méditerranée montrent une diminution de  $L_{50}$  durant ces dernières décennies, surtout que le stock de la population du Merlu est surexploité.

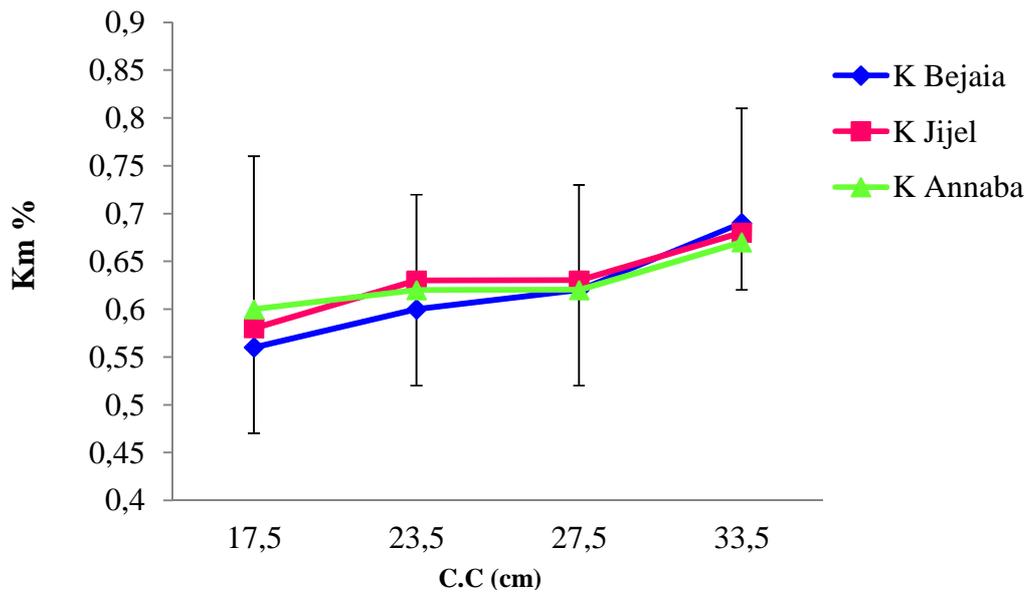
## **2.6. Le Coefficient de condition K**

### **A. Variation du facteur de condition K par groupe de taille**

La variation du facteur de condition moyenne par groupe de taille a été uniquement réalisée chez les Merlus femelles (Fig. 63), car ce dernier est globalement identique pour les deux sexes.

Si nous considérons les groupes de tailles 15-20cm ; 20-25cm ; 25-30cm et  $\geq 30$  cm, la comparaison des valeurs du facteur de condition entre les jeunes et les grands reproducteurs varie de  $0,62 \pm 0,05$  ;  $0,63 \pm 0,04$  et  $0,62 \pm 0,03$  chez les femelles respectivement dans le Golf de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba (Fig. 63).

Les courbes du facteur de condition K moyen présentent une évolution en dents de scie entre les jeunes et les grands reproducteurs. Les courbes évoluent d'une disposition similaire mais les profils se différencient selon les groupes et les zones considérées. L'analyse de variance entre les valeurs moyennes du coefficient de condition et les différentes zones d'études montre qu'il n'y a aucune différence significative ( $F_{obs} = 0,095$ ;  $P \leq 1$ ) pour les femelles.



**Figure 63:** Evolution comparée du facteur de condition K moyen par groupes de taille de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

Tandis que la condition pour les individus juvéniles et les jeunes Merlus dont le coefficient de l'embonpoint est plus faible dans le Golfe de Béjaïa ; sûrement à cause de la pression de la pêche exercée dans cette zone de nurserie et de production des poissons ainsi la nature de plateau continental; ce dernier présente des valeurs relativement stables dans la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba.

A une certaine gamme de taille oscillant entre 23,5 et 27,5 cm les jeunes Merlus du Golfe de Béjaïa montrent une augmentation de leurs embonpoints. Les dispositions s'inversent pour les grands géniteurs dont des valeurs plus élevées du K moyen en faveur des femelles du Golfe de Béjaïa et sont moins importantes dans le Golfe d'Annaba.

### **B. Variations mensuelles du facteur de condition K moyen**

L'évolution dans le temps du facteur de condition K est similaire chez les deux sexes et dans toutes les régions d'études (Fig. 64). On a remarqué qu'au cours de notre étude il y a une faible baisse de K pendant la période de reproduction, suivi par une certaine augmentation juste après la ponte.

#### **➤ Dans le Golfe de Béjaïa**

Les valeurs mensuelles moyennes du coefficient de condition varient de 0,51 % à 0,68 % chez les femelles et de 0,51% à 0,71% chez les mâles (Fig. 64A). La variation du facteur de condition mensuelle moyenne des femelles présente des valeurs qui concordent bien avec



celles de **RGS**. Des résultats qui nous permettent d'avancer que les femelles sont alors dans leur plus mauvaise condition à ces moments. Toutefois, l'embonpoint des femelles reste élevé pour le reste de l'année. Aussi, les Merlus mâles marquent un coefficient de condition pratiquement flottant tout au long de l'année et spécialement pendant la période de ponte.

L'analyse de la variance de facteur de condition mensuelles moyennes de cet indice entre les mâles et les femelles ne montre aucune différence significative ( $F = 0,4$  ;  $P \geq 5$ ).

### ***C. Dans la Baie de Jijel***

Les données obtenues pour la région de Jijel portées graphiquement sur la figure 64B. Le facteur de condition, qui traduit l'état général du poisson en fonction des activités physiologiques, subit des fluctuations durant le cycle étudié.

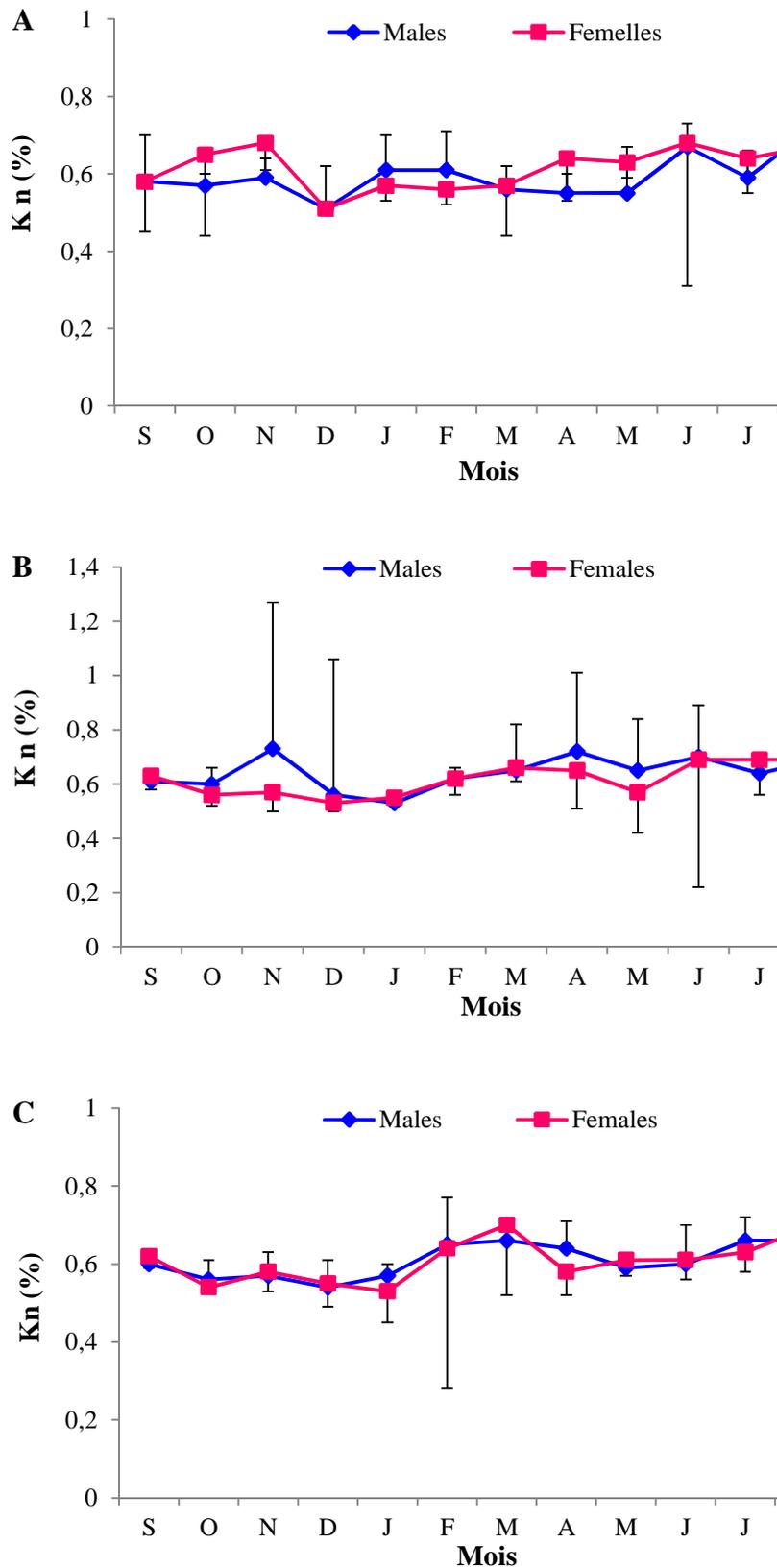
Les valeurs de facteur de condition sont en faveur des mâles avec une moyenne de  $0,65 \pm 0,06$  % contre celui des femelles qui est de l'ordre de  $0,62 \pm 0,06$  %. Cependant, les deux variantes évoluent d'une manière similaire dont les valeurs moyennes de **K** s'élèvent durant la période qui précède le démarrage de la reproduction pour qu'elles diminuent au cours des périodes de ponte signalées.

L'analyse de la variance des valeurs mensuelles moyennes de facteurs de condition présente une différence significative chez les deux sexes ( $F = 1,58$ ;  $P \leq 0,5$ ).

### ***D. Dans le Golfe d'Annaba***

Les valeurs mensuelles moyennes du coefficient de condition varient de 0,60 à 0,04 % chez les mâles et de 0,61 à 0,05 % chez les femelles (Fig. 64C). L'analyse de la variance des valeurs mensuelles moyennes de facteurs de condition ne présente aucune différence significative chez les deux sexes ( $F = 0,08$ ;  $P \geq 0,5$ ).

Les paramètres de reproduction de *Merluccius merluccius* ainsi obtenus, nous permettent d'entamer l'étude de la dynamique de cette espèce. Cependant, notre étude, basée sur l'observation macroscopique de la reproduction de *Merluccius merluccius* mériterait d'être poursuivie et confirmée par une étude histologique de la gamétogenèse et de la spermatogenèse.



**Figure 64:** Variation mensuelle du facteur de condition K moyen de *Merluccius merluccius* mâles-femelles de la région Est Algérienne.  
**A:** Golfe de Béjaïa ; **B:** Baie de Jijel ; **C:** Golfe d'Annaba.



**Le coefficient de condition (K)** reflète l'état d'embonpoint des poissons, traduisant la capacité d'accumuler des réserves dans le muscle ainsi que les différents organes. L'évolution mensuelle de ce coefficient permet de déduire une stratégie dans l'utilisation des apports énergétiques. En effet, le coefficient de condition est corrélé positivement à la densité de lipides, ces derniers étant utilisés comme le montrent [Robinson et al. \(2008\)](#) durant les périodes de jeûne, de reproduction et de maturation.

Dans l'ensemble, le facteur de condition des mâles et des femelles présente des valeurs proches et une évolution temporelle sensiblement analogue. En revanche, il présente des variations saisonnières et régionales. Les fortes variations du FC moyen coïncident avec celles du RGS moyen. Donc, le FC nous renseigne sur l'état sexuel des individus. Le FC traduit ici les variations de la condition physique des Merlus, l'amaigrissement qui les affecte pendant les pontes et la reprise de poids qui lui succède. Ces modifications au cours d'un cycle annuel correspondent à des périodes bien distinctes quelle que soit la région et le groupe de taille considérés et synchronisent à:

➤ Une période d'accroissement caractérisée par la prise de la masse corporelle par accumulation des réserves par le poisson ou de bonne condition anticipant l'activité sexuelle. Durant, la saison hivernale et automnale, la maturation gonadique semble influencer directement les réserves corporelles présentant une oscillation en opposition avec le développement gonadique. Tandis que pendant le printemps-été, les conditions corporelles semblent moins affectées par la maturation des gonades, ce qui suggère la présence d'autres sources d'énergies externes qui pourraient être expliquées par l'ingestion de la nourriture qui est disponible dans le milieu ([Domínguez-Petit, 2007](#)).

➤ Une période de diminution ou de mauvaise condition est marquée par un amaigrissement du Merlu. L'amélioration de la condition se situe essentiellement au printemps avec un décalage plus ou moins important dans la saison estivale, la zone et le groupe de taille considérés. Cependant, durant le printemps et l'été, l'énergie au lieu d'être stockée dans le foie, elle est convertie en poids des gonades comme il a été démontré par la relation directe entre le RHS et le RGS avant et après la saison de ponte.

Le RHS joue un rôle utile pour obtenir des informations sur l'état physiologique des poissons en emmagasinant des réserves énergétiques dans le foie ([Shulman, 1974](#); [Crupkin et al., 1988](#)) comme c'est un bon indicateur pour la consommation alimentaire ([Heidinger & Crawford, 1977](#)). Durant la maturation ovocytaires, les réserves lipidiques accumulées dans le foie seront converties ultérieurement en vitellus qui joue le rôle d'un précurseur durant la



vitellogenèse (Lahaye, 1972; Love, 1970; Billard, 1979 ; Bohemen & Lambert, 1981). Pendant l'automne-hiver, le facteur de condition et le RGS sont clairement corrélés, mais durant la principale saison de ponte (printemps- été), il n'y a pas de relation directe bien définie. La relation indirecte entre les conditions somatiques de l'espèce et l'indice gonadique est expliquée dans la littérature par un décalage dans le temps des périodes de reproduction (Murua, 2006; Costa, 2013).

Ces observations sur le Merlu sont décrites par le terme d'un comportement intermédiaire de reproduction c'est un comportement permettant à l'animal d'utiliser deux stratégies à savoir les réserves corporelles (capital) et des proies récemment digérées. La persistance de bonnes valeurs de FC devant la forte condition gonadique durant les saisons printemps-été peut être liée aux ressources alimentaires disponibles durant cette période qui seront utilisées pour la croissance somatique plus que la croissance gonadique. Les faibles valeurs de l'RHS durant la période de croissance des gonades peuvent refléter les dépenses énergétiques, mais après la ponte, l'RGS diminue et le RHS reste élevé ce qui suggère que le Merlu n'atteint pas l'état d'épuisement à la fin de la saison de ponte (Crupkin *et al.*, 1988).

### **3. Etude de la maturité sexuelle de *Merluccius merluccius***

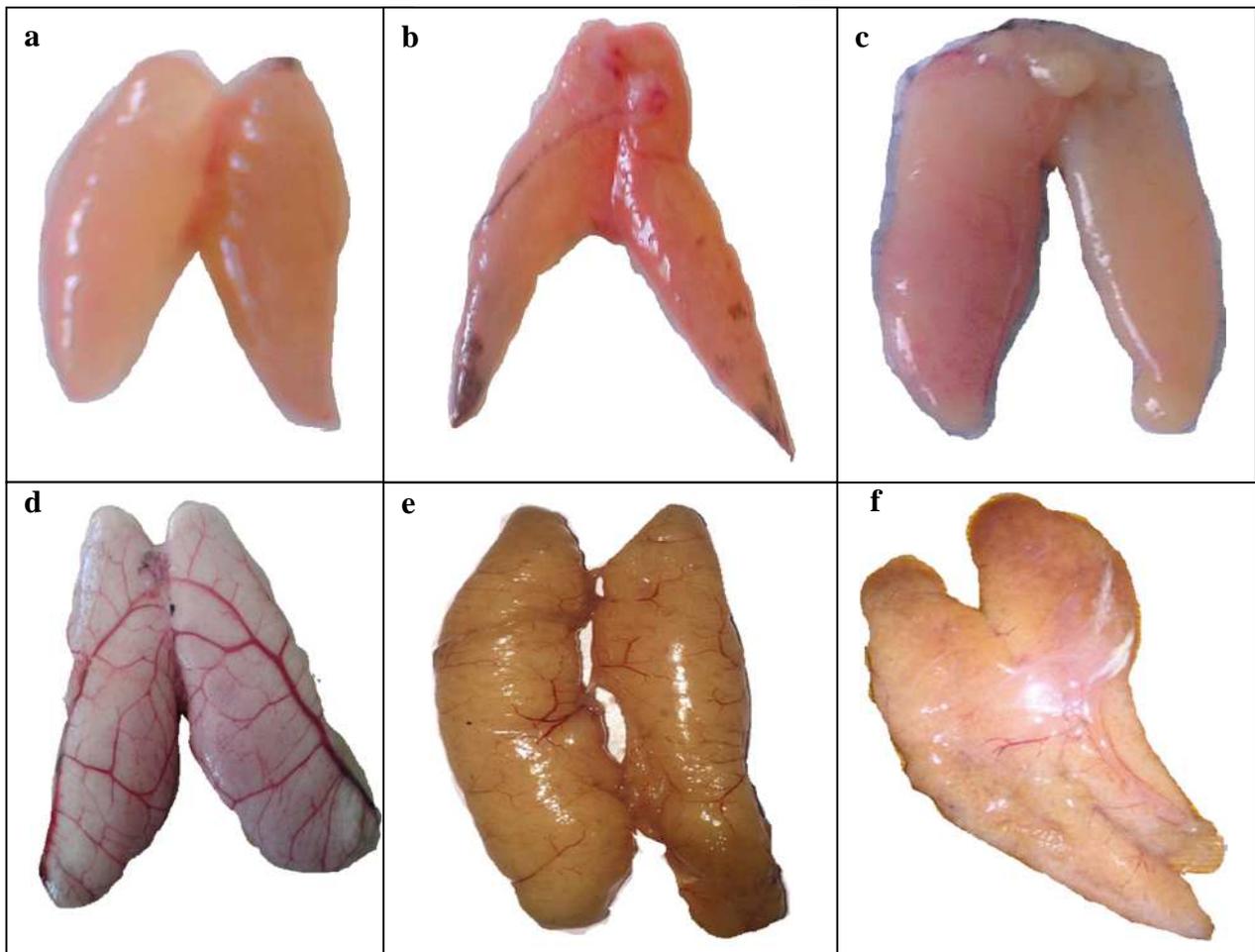
#### **3.1. Examen macroscopique et évolution des stades de la maturité sexuelle de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne**

Des individus à tous les stades sont présents toute l'année avec cependant des fréquences variables. D'après l'observation macroscopique des gonades au cours de notre échantillonnage, nous avons attribué pour chaque individu un stade (Fig. 65, 66).

##### **Stade I**

Les femelles immatures sont observées au cours de toute l'année sauf aux mois de juin et juillet. Elles présentent des gonades fermes, transparentes, de forme cylindrique et de petite taille. Celles-ci sont disposées en forme de V situées à l'extrémité postérieure de la cavité abdominale. Les ovocytes ne sont pas visibles (Fig. 65a).

Les mâles présentent des testicules très fins de petite taille, filiformes et totalement transparents. Ceux-ci aussi, sont disposés en forme de V dont la pointe se situe à l'extrémité postérieure de la cavité abdominale (Fig. 66a).



**Figure 65:** Les différents stades macroscopiques des gonades femelles de *M. merluccius* de la Côte-Est Algérienne. **a** : Stade I; **b** : Stade II; **c** : Stade III; **d** : Stade IV; **e** : Stade V; **f** : Stade VII

### Stade II

Il est observé durant tous les mois avec un maximum aux mois d'octobre et février. Présenté par les femelles qui sont en cours de maturation, ou bien la phase du repos sexuel celles qui sont en début de maturation. Chaque individu présente un fin réseau vasculaire sanguin visible avec une tunique externe de plus en plus rigide (Fig. 65b).

Les mâles représentent des testicules moyens, large ruban nacré, se coule en le coupant (Fig. 66b).

### Stade III

Correspond au début de la maturation des gonades. Les ovaires prennent du volume donc de la place au détriment du foie. Un changement dans la coloration qui se défile de rose pâle au rose foncé. Il est présent à toute l'année. Quelques ovocytes sont déjà visibles à l'œil nu (Fig. 65c).

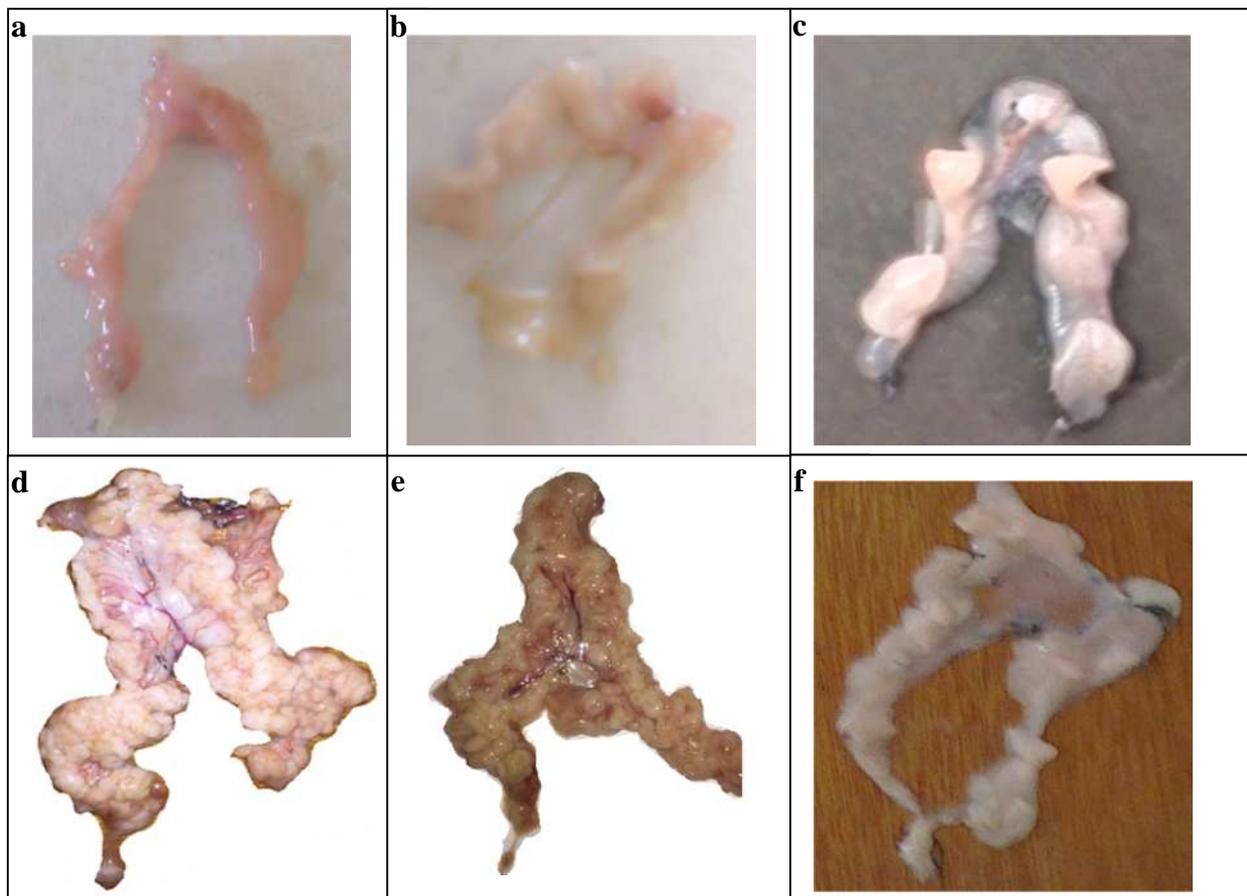


C'est le début de la maturation des testicules qui deviennent fermes, consistants et blanchâtres et qui prennent de la place dans la cavité abdominale (Fig. 66c). Aussi, chaque testicule de couleur blanchâtre et mou, porte un fin réseau vasculaire sanguin visible (Fig. 66b).

#### Stade IV

Stade pré-ponte pour les femelles. Les ovaires occupent la plus grande partie de la cavité abdominale avec des ovocytes de grande taille ; leurs couleur est orangé et leur paroi devient de plus en plus mince (Fig. 65d).

Stade pré-émission pour les mâles. Les testicules ont plus du volume, de couleur blanchâtre avec une paroi plus mince (Fig. 66d).



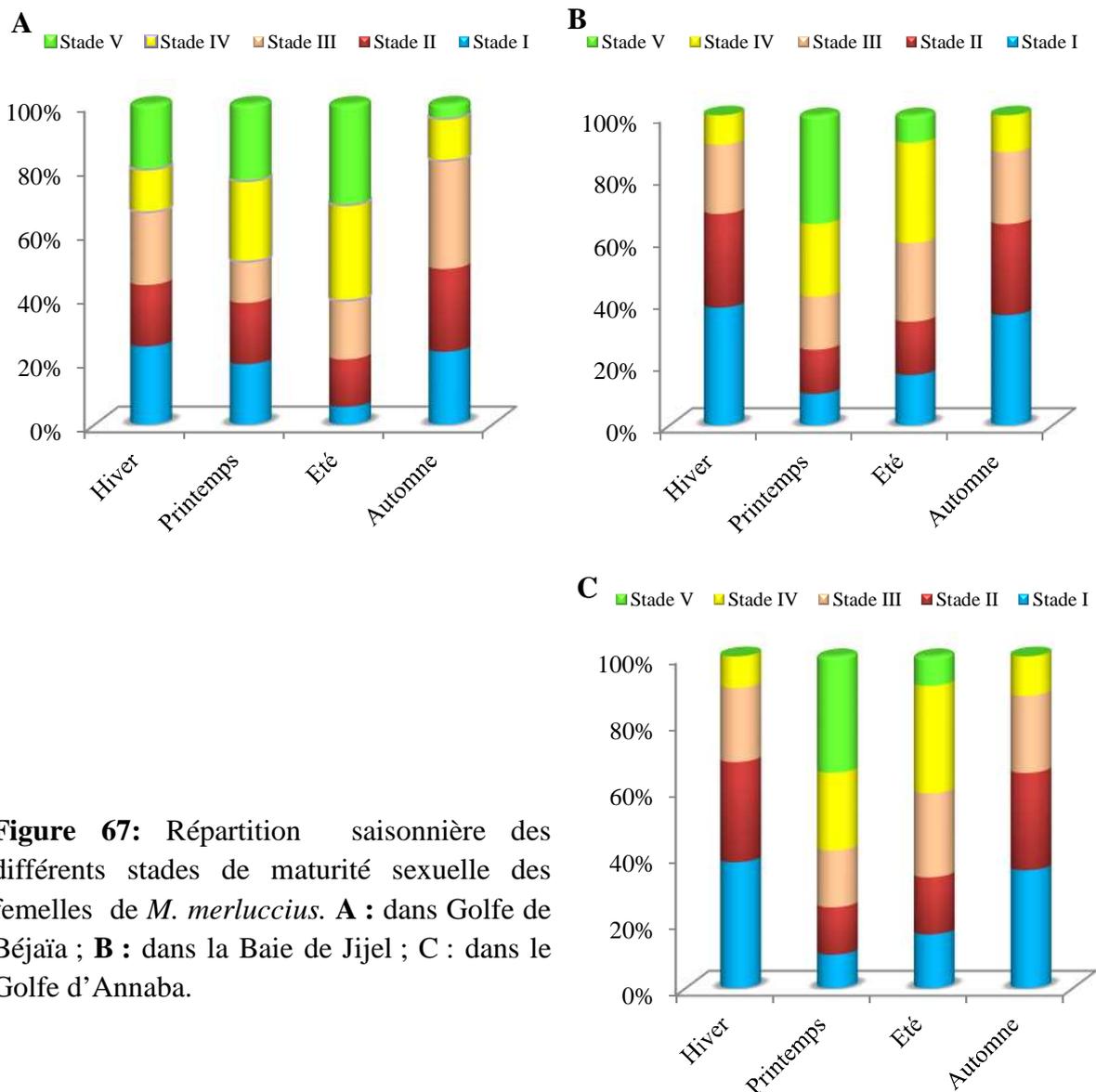
**Figure 66:** Les différents stades macroscopiques des gonades mâles de *M. merluccius* pêché le long de la Côte-Est Algérienne. **a** : Stade I; **b** : Stade II; **c** : Stade III; **d** : Stade IV; **e** : Stade V; **f** : Stade VII



### Stade V

Correspond au stade de ponte pour les femelles. Les gonades occupent la majeure partie de la cavité abdominale. Les ovocytes sont nettement visibles, transparents et de grande taille. La paroi ovarienne bien vascularisée et beaucoup plus mince ; une moindre pression provoque l'expulsion des ovules (Fig. 65e).

Les mâles se présentent par le stade d'émission des spermatozoides et les testicules occupent une grande partie de la cavité abdominale. La paroi de la gonade est beaucoup plus mince et brillante ; une moindre pression provoque l'écoulement du la laitance (Fig. 66e).



**Figure 67:** Répartition saisonnière des différents stades de maturité sexuelle des femelles de *M. merluccius*. **A** : dans Golfe de Béjaïa ; **B** : dans la Baie de Jijel ; **C** : dans le Golfe d'Annaba.

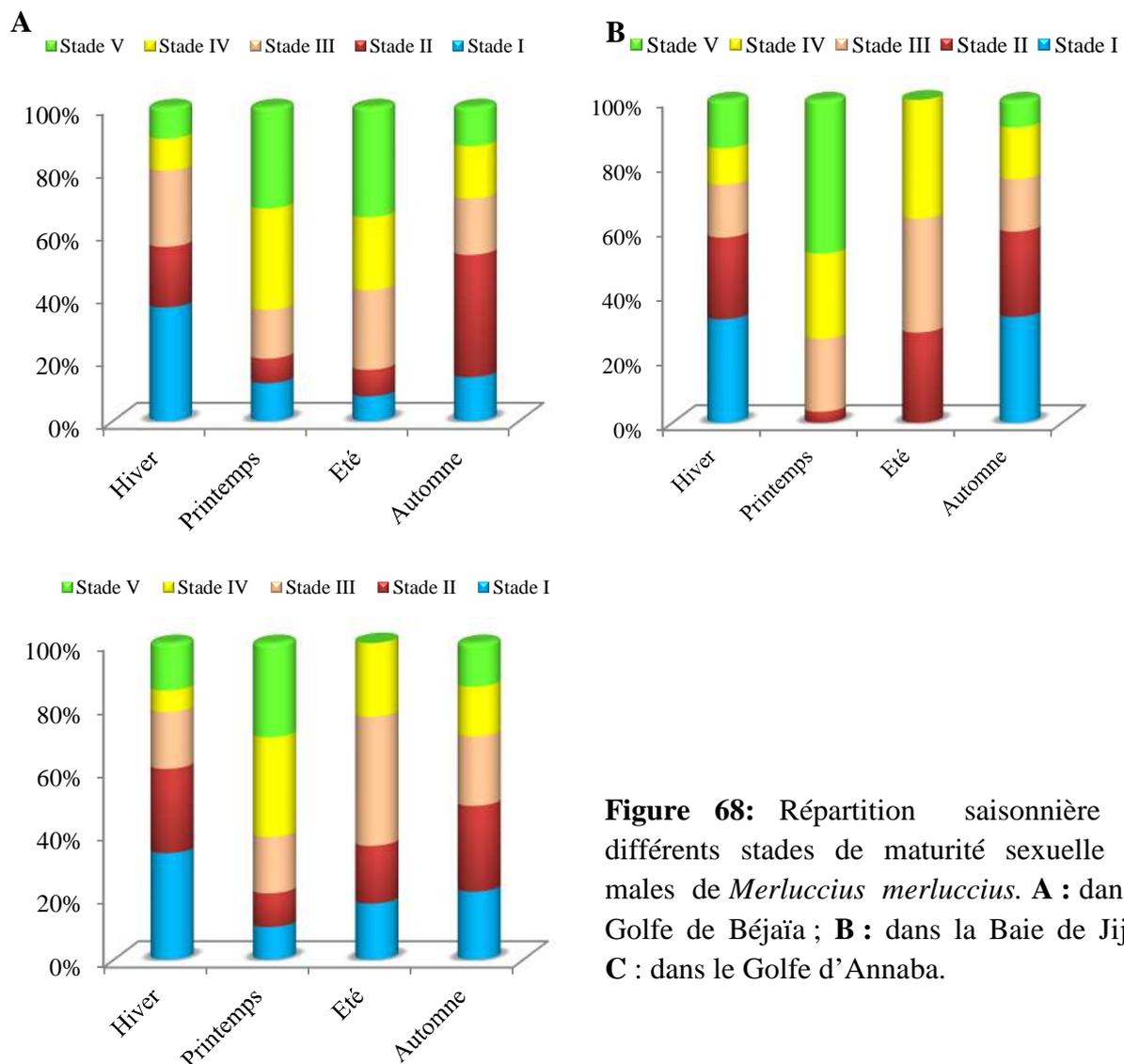


### Stade VI

Correspond au stade post-ponte des femelles dont les ovaires sont vides et deviennent flasques, de couleur rouge suite à la forte vascularisation (Fig. 65f).

Les mâles se présentent par une phase post-émission des spermatozoides. Les testicules sont flasques et la diminution de leur volume est nettement visible (Fig. 66f).

Les pourcentages de chaque stade de maturité sexuelle calculés sont reportés dans les tableaux (01, 02, 03 ; annexe 05), et illustrés graphiquement par les figures 67 pour les femelles, cependant ceux des mâles sont reportés dans les tableaux (04, 05, 06 ; annexe 05) et illustrés graphiquement par les figures 68, respectivement pour le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe de Annaba.



**Figure 68:** Répartition saisonnière des différents stades de maturité sexuelle des mâles de *Merluccius merluccius*. **A** : dans le Golfe de Béjaïa ; **B** : dans la Baie de Jijel ; **C** : dans le Golfe d'Annaba.



### 3.2. Examen microscopique d'ovogenèse de *M. merluccius* de la Côte-Est Algérienne

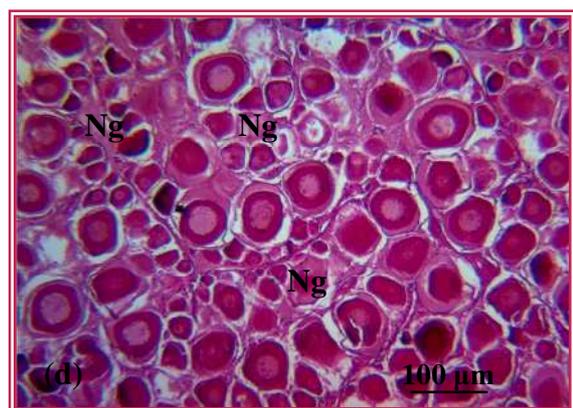
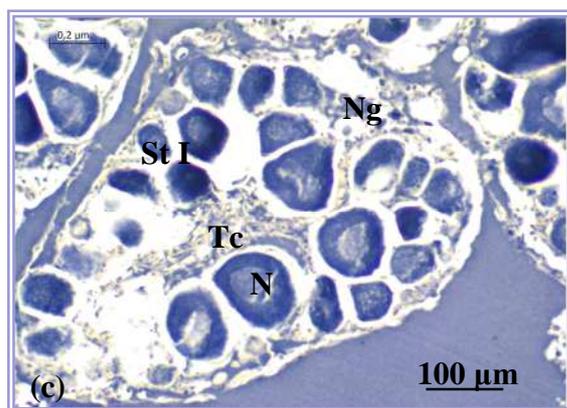
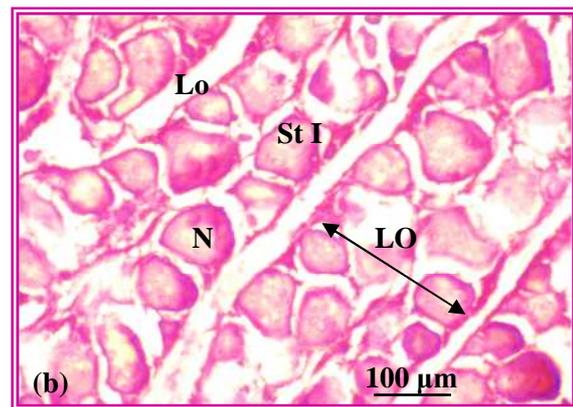
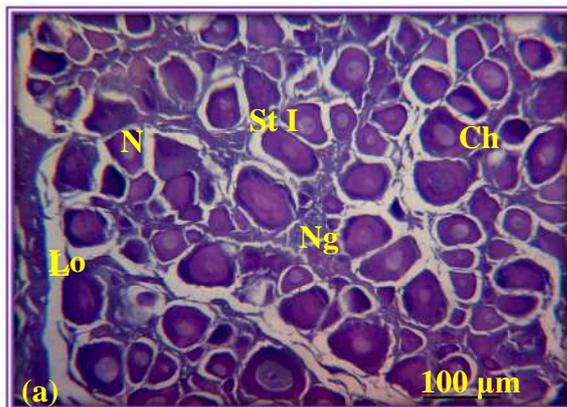
Des individus à tous les stades sont présents toute l'année avec cependant des fréquences variables. D'après l'observation macroscopique des gonades analysées, nous avons attribué à chaque individu un stade microscopique.

#### 3.2.1. Stades de maturité sexuelle de *Merluccius merluccius*

##### Stade I. - Ovogonies (OV)

Les cellules germinales sont des ovogonies ou de très jeunes ovocytes de forme irrégulière, de 24 à 33  $\mu\text{m}$  et une moyenne de  $28,35 \pm 3,16 \mu\text{m}$ , regroupés en nid (Fig. 69a). Un noyau sphérique contenant 1 à 3 gros nucléoles basophiles non périphériques (Fig. 69b), la chromatine est répartie en filaments épais (Fig. 69c).

Le cytoplasme peu abondant, est faiblement basophile, d'aspect homogène et qui donne naissance à l'ovocyte I (Ov). Toutefois, on constate la présence des stades avancés (Fig. 69a, 69d). Aucune cellule folliculaire n'est mise en évidence.



#### Abréviations

**Ch:** Cytoplasme homogène ; **Ng:** nid germinatif ; **Lo:** Lumière ovarienne ; **LO:** Lamelle ovarique ; **n:** Nucléole ; **N:** Noyau ; **St :** Stade ; **Tc:** Tissu conjonctif.

#### Coloration

- a. Hématoxyline d'Harris
- b. Bleu d'alcian
- c. Acide périodique de shift.
- d. Hématoxyline de Mayer

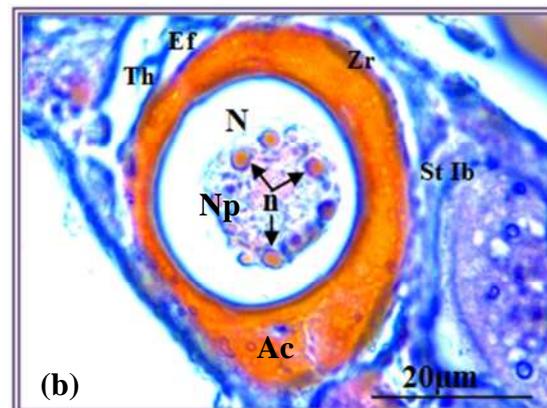
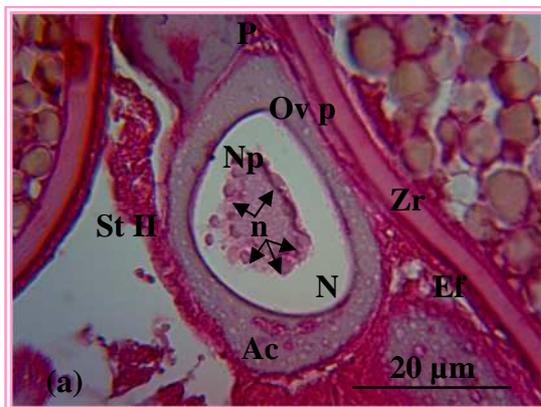
**Figure 69:** Aspect histologique des ovaires de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovocytes immatures (*formation des ovogonies OV*).



### Stade II. - Ovocyte primaire périnucléaire (Op)

Les ovocytes (Fig. 70) sont des cellules de plus grande taille. Les follicules contenant de jeunes ovocytes mesurent 62 à 86  $\mu\text{m}$  avec une moyenne de  $75,31 \pm 6,7 \mu\text{m}$ . Le cytoplasme de l'ovocyte dense et homogène fortement coloré par le colorant basique et augmentent de volume. Le noyau apparaît large, central et occupe environ 2/3 du volume cellulaire, plus clair que le cytoplasme qui commence à devenir hétérogène suite à l'apparition des alvéoles corticaux. De multiples nucléoles centraux apparaissent dans le nucléoplasme (Fig. 70a, 70b).

Les ovocytes immatures sont entourés d'une fine couche de cellules folliculaires constituées de deux enveloppes bien distinctes, la zona radiata et l'épithélium folliculaire simple limité par une troisième moins distincte, la **thèque**. Ces transformations sont accompagnées par la réduction de la cavité centrale et de l'épaississement de la paroi ovarienne. A la fin de ce stade, les nucléoles commencent à se diriger vers la périphérie du noyau. Quelques Ovocytes sont pédonculés (Fig. 60a).



#### Abréviations

**Ac** : Alveole corticale ; **En** : Enveloppe nucléaire ;  
**Ef** : Epithélium folliculaire ; **N** : Noyau ; **Np** :  
Nucléoplasme ; **n** : Nucléole ; **P** : Pédoncule ; **Ov p** :  
Ovocyte pédonculé ; **St** : Stade ; **Th** : Thèque ; **Zn** :  
Zona radiata.

#### Coloration

**a.** Hématoxyline de Mayer  
**b.** Azan modifié

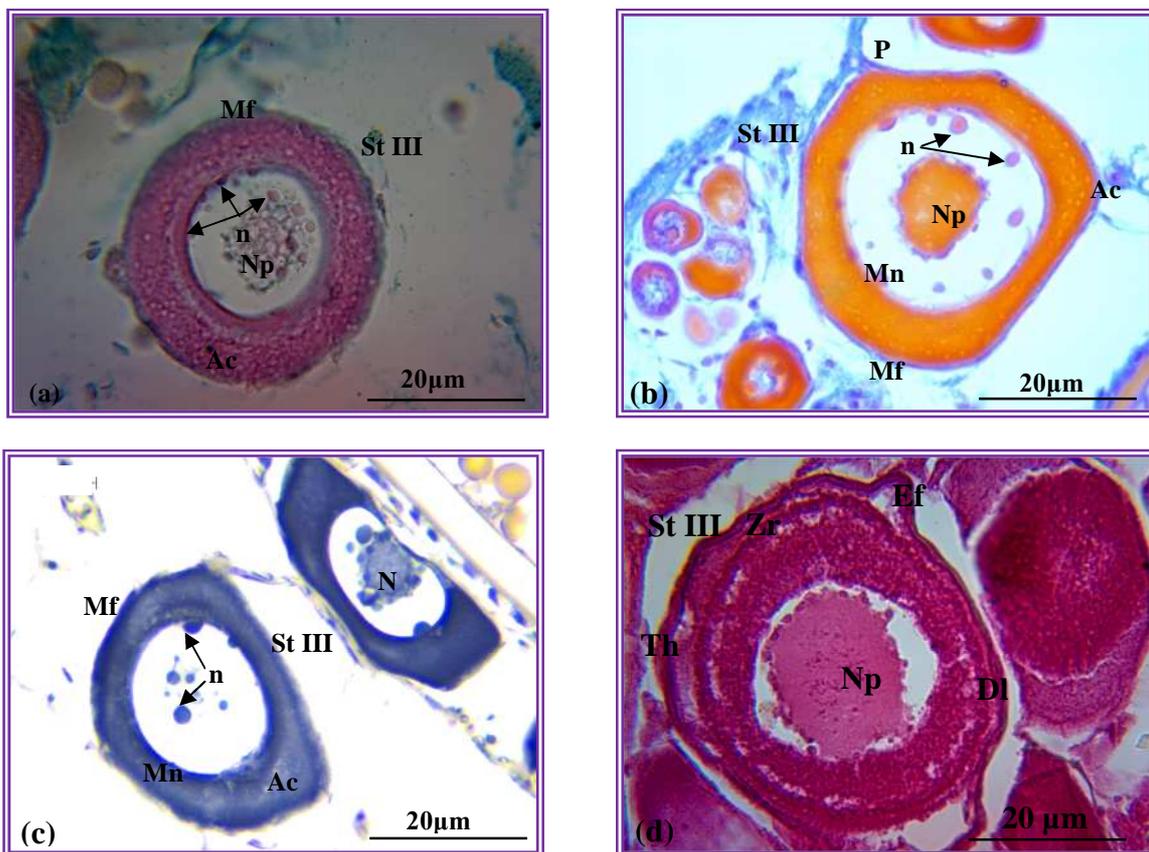
**Figure 70:** Aspect histologique au niveau des ovaires de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovocytes au stade II (*ovocyte primaire périnucléaire*).



**Stade III. - Alvéole cortical (Ac)**

A la fin du stade II, les nucléoles commencent à migrer vers la périphérie interne du noyau (Fig. 71). Les ovocytes en maturation augmentent du volume, mesurant entre 74 à 91  $\mu\text{m}$  avec une moyenne de  $83,43 \pm 6,74 \mu\text{m}$ . Le cytoplasme commence à devenir très hétérogène, peu basophile, par la présence des alvéoles corticaux toujours très aplatis et sont nombreux qu'au stade II et qui commencent à former de petit dépôts lipidiques organisés en couronne à la périphérie de l'ovocyte pré-vitéllogénique (Fig. 71d).

Un grand nombre de nucléoles se dirige vers la membrane nucléaire (Fig. 71a, 71b, 71c). A la fin de ce stade, le noyau toujours central, la chromatine ou le nucleoplasme commence à se disperser dans le noyau (Fig. 61d). La membrane cellulaire s'épaissit, la zona radiata et les cellules folliculaires sont plus épaisses (Fig. 71a). Le pourcentage de la dégénérescence est inférieur à 1 %.



**Abréviations**

**Ac:** Alvéole corticale ; **Dl :** dépôt lipidique ; **Ef:** Epithélium folliculaire ; **Mf:** Membrane folliculaire ; **Mn:** Membrane nucléaire ; **N:** noyau ; **Np:** Nucléoplasme; **n:**Nucléole ; **P:** Pédoncule ; **St:** Stade ; **Th:** Thèque ; **Zr:** Zona radiata.

**Coloration**

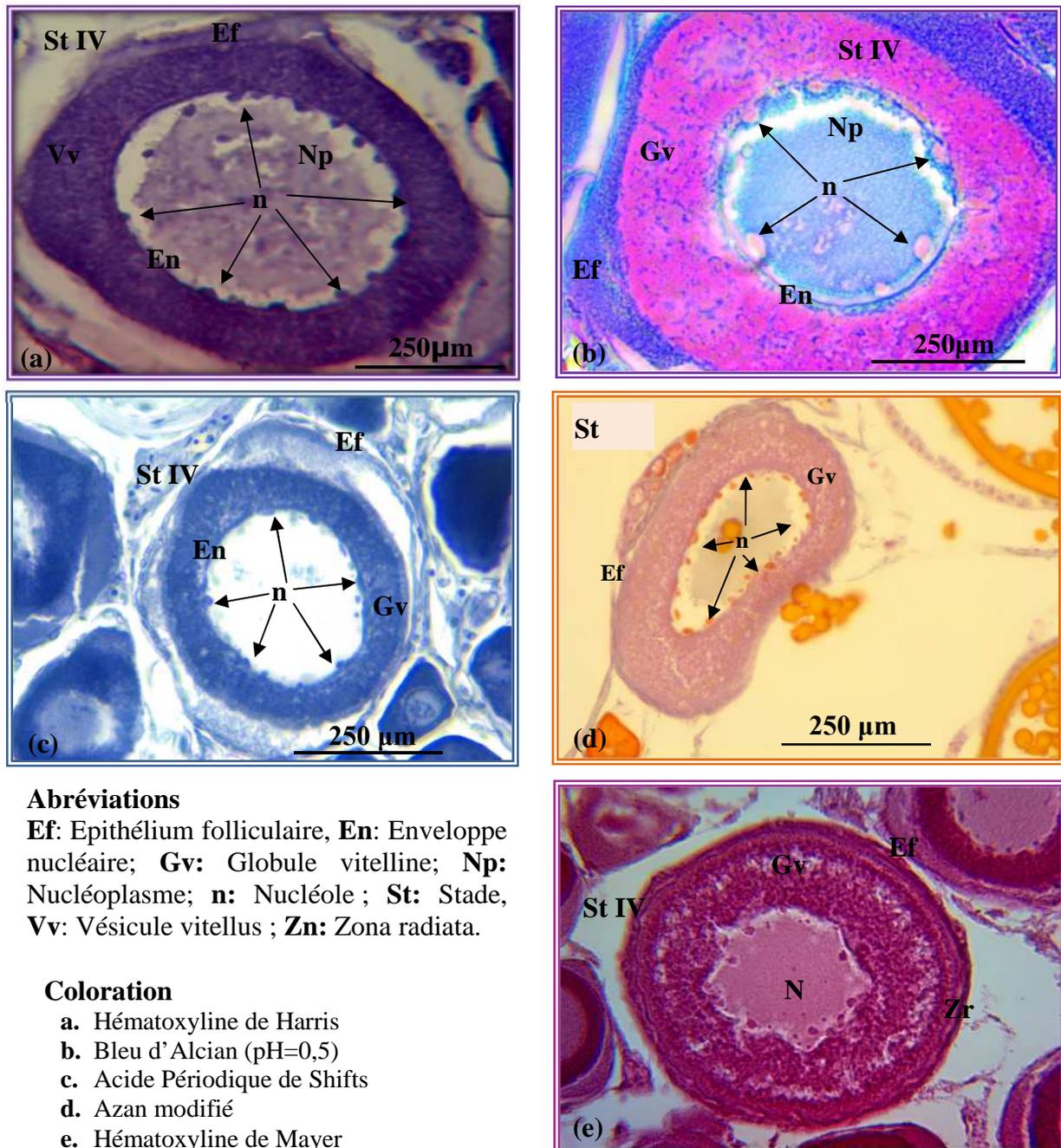
- a.** Bleu d'alcan
- b.** Azan modifié
- c.** Acide Périodique de Shifts
- d.** Hématoxyline de Mayer

**Figure 71:** Aspect histologique au niveau des ovaires de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovocytes au stade III (*formation des alvéoles corticaux*)



#### Stade IV. - Ovocytes pré-vitellogéniques

Les ovocytes en maturation à toutes les étapes de leur genèse mesurent entre 370 à 490  $\mu\text{m}$  avec une moyenne de  $458,75 \pm 43,4 \mu\text{m}$  (Fig. 2). Le noyau, toujours central, possède une forme de plus en plus régulière. Le nucléoplasme est répandu sur tout le noyau et les nucléoles parviennent tous à la périphérie de l'enveloppe nucléaire; présentant des affinités tinctoriales pour chaque colorant spécifique (Fig. 72a, 72b, 72c, 72d).



**Figure 72:** Aspect histologique des ovaires de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovocytes au stade IV (*Ovocytes pré-vitellogéniques*).



De nombreuses globules vitellins plus épiassent que précédemment et de petites vésicules de vitellus envahissent le cytoplasme marquant l'étape de la pré-vitellogénèse. Ces dernières sont arrangées tout d'abord de côté du cytoplasme avant de l'occuper entièrement (Fig. 72e).

#### ***Stade V. - Les ovocytes en vitellogénèse***

L'ovocyte augmente de volume (Fig. 73). La vitellogénèse est avancée; la majeure partie de l'ovaire est occupée par des ovocytes à vitellogénèse primaire et secondaire (Ov D1, Ov D2); mesurant entre 520 et 590  $\mu\text{m}$  avec une moyenne de  $547,89 \pm 20,17 \mu\text{m}$ . Les globules vitellins augmentent de volume de la périphérie (Fig. 73a), pour que à la fin parviennent au centre pour finalement fusionner près du noyau en formant de gros globules lipidiques (Fig. 73b, 73c).

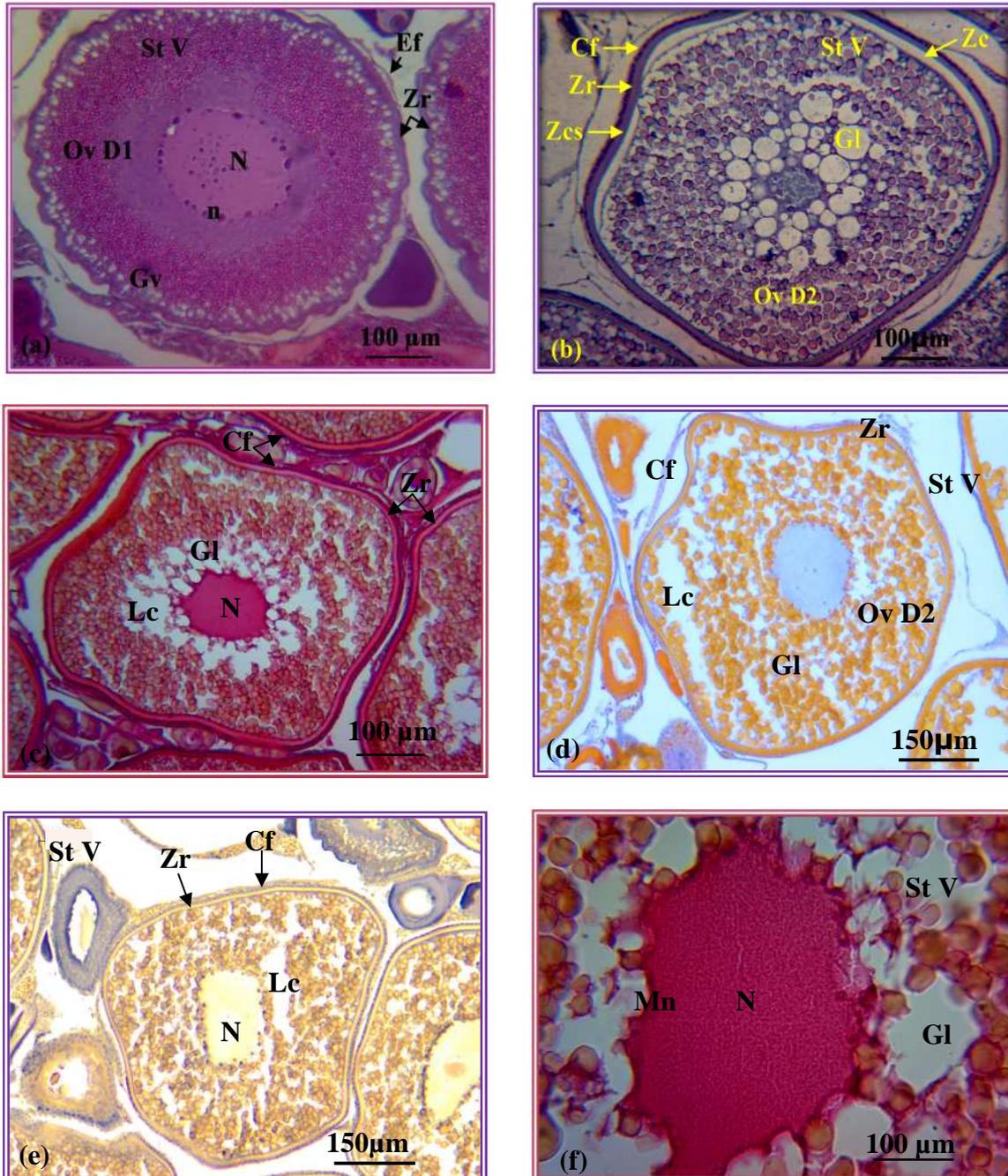
A la fin de ce stade ; à l'extérieur de l'ovocyte ; la couche folliculaires est importante et parvient à une moyenne de  $15,74 \pm 1,79 \mu\text{m}$ , les membranes cellulaires bien distinctes. La zona radiata, bien développée, présentant un diamètre de  $7,55 \pm 1,61 \mu\text{m}$  (Fig. 73b).

Les nucléoles couronnent la périphérie du noyau qui devient dentelé, toujours central et moins important que précédemment avec un diamètre de  $118,86 \pm 13,16 \mu\text{m}$  (Fig. 73f). Les globules lipidiques sont de plus en plus abondants et volumineux continuant de fusionner pour donner naissance à des gouttelettes d'huile qui forment une seule plaque constituant les lipides coalescents qui déplaceront le noyau vers le pôle (Fig. 73c, 73d).

#### ***Stade VI. - Ovocyte en fin de vitellogénèse***

Les follicules ovariens ont atteint la taille maximale (Fig. 74). L'ovocyte porte une forme cubique au début de ce stade (Fig. 74a, 74b). Le noyau de l'ovocyte (ou vésicule germinative), dont l'aspect n'a pas changé par rapport au stade V (Fig. 74c). Les vésicules corticales de petite taille, sont rejetées à la périphérie de l'ovocyte et disposées en couronne (Fig. 74d).

Les inclusions vitellines ont complètement envahi le cytoplasme formant des plaques de plus en plus importantes (Fig. 74e). La zona radiata, d'un diamètre de  $8,83 \pm 1,04 \mu\text{m}$  est fortement colorée par les différentes teintures. L'épais espace sous folliculaire est coloré en violé à l'Hématoxyline d'Harris, l'Hématoxyline de Mayer et à l'APS (Fig. 74a, 74b, 74e), par contre, il prend une teinte rose au Bleu d'alcian (Fig. 74d). Enfin, la paroi folliculaire atteint un diamètre de  $17,2 \pm 2,59 \mu\text{m}$ .



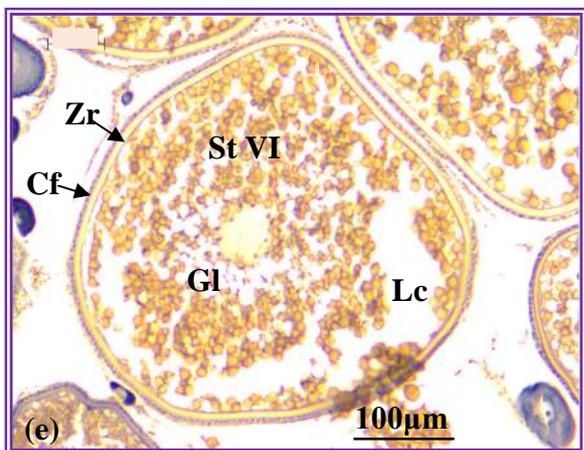
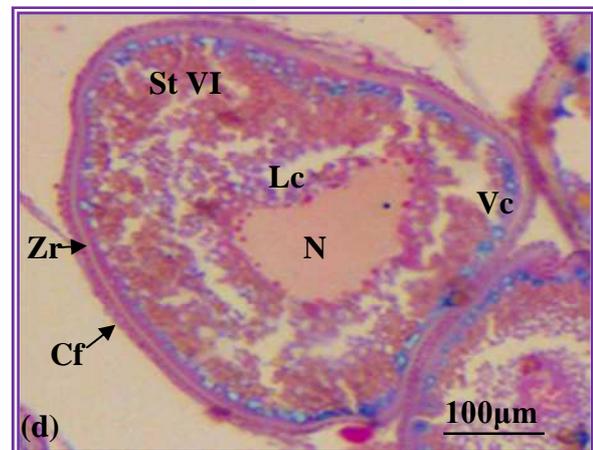
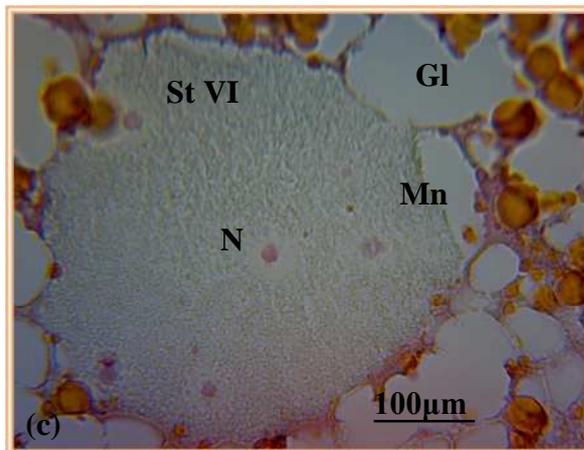
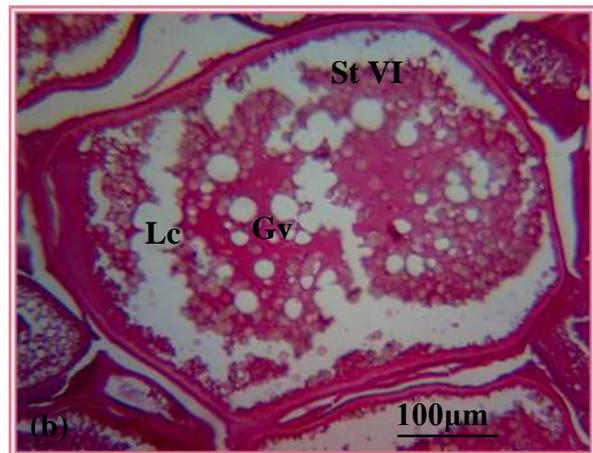
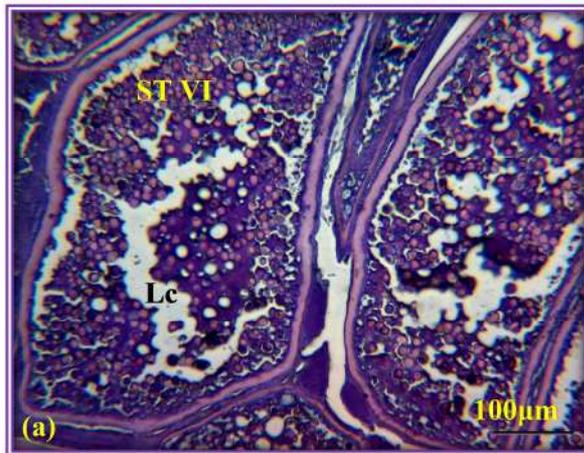
#### Abréviations

**Cf**: Cellules folliculaires ; **Gl**: globule lipidique ; **Lc** : Lipides coalescent ; **N** : Noyau ; **Ov** : Ovocyte ; **Mn** : Membrane nucléaire ; **Zc**: Zone corticale ; **Zsc**: Zone striée cytoplasmique ; **Zr**: Zona radiata.

#### Coloration

- a. Bleu d'alcan
- b. Hématoxyline d'Harris
- c-f. Hématoxyline de Mayer
- c. Azan modifié
- d. Acide périodique de shifts

**Figure 73:** Aspect histologique au niveau des ovaires de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovocytes au stade V (*Ovocytes vitellogéniques*)



#### Abréviations

**Cf**: Cellule folliculaire ; **Gl**: Globule lipidique ; **Lc**: Lipides coalescent ; **N**: Noyau ; **Ov**: Ovocyte ; **Vc**: Vésicule corticale ; **Zr**: Zona radia.

#### Coloration

- Hématoxyline d'Harris
- Hématoxyline de Mayer
- Azan modifié
- Bleu d'alcan
- Acide périodique de shifts

**Figure 74:** Aspect histologique au niveau des ovaires de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovocytes vitellogéniques au stade VI (Ovocyte en fin de vitellogénèse).

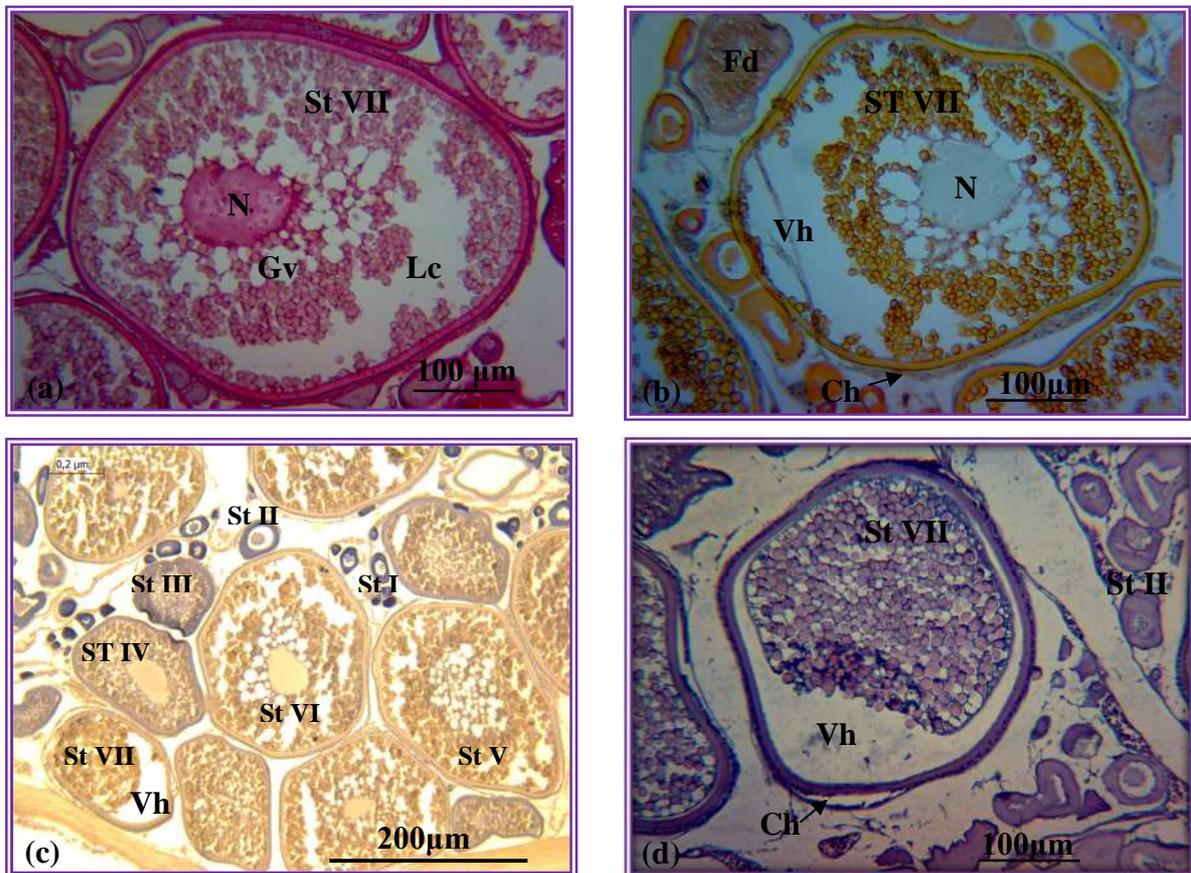
A la fin du stade VI, les cellules folliculaires ont alors repris une forme aplatie le fait que l'ovulation approche, mesurant entre 570 et 630  $\mu\text{m}$  avec une moyenne de  $589,34 \pm 24,77 \mu\text{m}$  (Fig. 74d, 74e). La lame basale et les cellules thécales n'ont pas changé d'aspect.



**Stade VII. - Ovocyte en phase pré ovulatoire et ovulatoire**

Ce stade est appelé stade **pré-ponte**. L'ovaire étant à son poids maximal au stade VII, repéré par des ovocytes qui sont mûrs de plus en plus volumineux, d'un diamètre qui varie de 560 et 680  $\mu\text{m}$  avec une moyenne de  $606,37 \pm 36,09 \mu\text{m}$ , prêts à être pondus encore à l'intérieur de l'ovaire (Fig. 75) ou après ovulation, libérés à l'extérieur, distinguées par des follicules post ovulatoires (Fig. 75b). On constate la coexistence de plusieurs stades de maturité sexuelle différente (Fig. 75a, 75b, 75c).

A ce stade, le noyau prend l'appellation de **vésicule germinative**, toujours entouré d'une membrane nucléaire et qui devient de plus en plus petit (Fig. 75b, 75c), d'un diamètre illustré entre 120 et 135  $\mu\text{m}$  et une moyenne de  $126,65 \pm 4,35 \mu\text{m}$ .



**Abréviations**

**Ch** : Chorion; **Fd** : Follicule en dégénérescence; **Fop** : Follicule poste ovulatoire; **St** : Stade ; **Vh** : Vitellus hyalin.

**Coloration**

- a. Hématoxyline de Mayer
- b. Azan modifié
- c. Acide périodique de shifts
- d. Hématoxyline d'Harris

**Figure 75:** Coupes histologiques au niveau des ovaires de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovocytes vitellogéniques au stade VII (*Ovocyte pré ovulatoire et ovulatoire*)



A la fin de la vitellogenèse, les inclusions lipidiques denses se fusionnent formant des plaquettes vitellines très homogènes, exerçant une pression sur le noyau le refoulant ainsi à la périphérie (Fig. 75), ce sont des **ovocytes hyalins** ; qui apparaissent irréguliers et qui seront pondus ultérieurement.

La membrane cellulaire s'épaissit davantage présentant une moyenne de  $21,76 \pm 3,25$   $\mu\text{m}$ . La zona radiata et les cellules folliculaires aboutissent à leur développement maximal présentant toujours le même aspect. Les vésicules corticales sont rejetées à la périphérie du cytoplasme, elles ont fusionné et forment une fine zone corticale, plaquée contre la zona radiata, teintée en rose à l' Hématoxyline de Mayer (Fig. 75a), en bleu à l'Azan modifié (Fig. 75b) et en violet à l'Hématoxyline d'Harris et à l'Acide périodique de shifts (Fig. 75c, 75d).

Autour de ces ovocytes est apparue une nouvelle enveloppe appelée chorion dont la coloration est bleu à l'azan modifié (Fig. 75b) et violet à l'Hématoxyline d'Harris (Fig. 75d), déterminant la nature glucidique. Cette enveloppe, facilement déformable, paraît, à l'inverse de la zona radiata, souple, gélatineuse et ayant un aspect alvéolé.

### ***Stade VIII. - Ovaire en post-ponte***

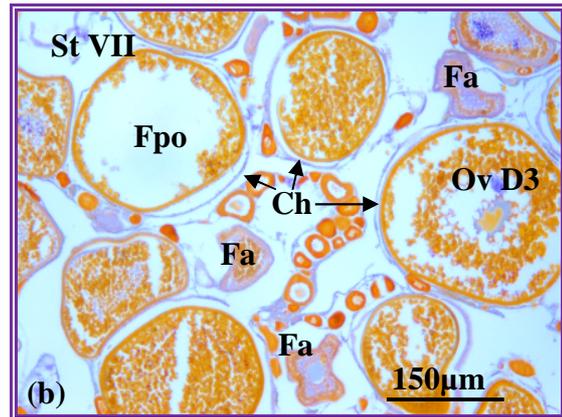
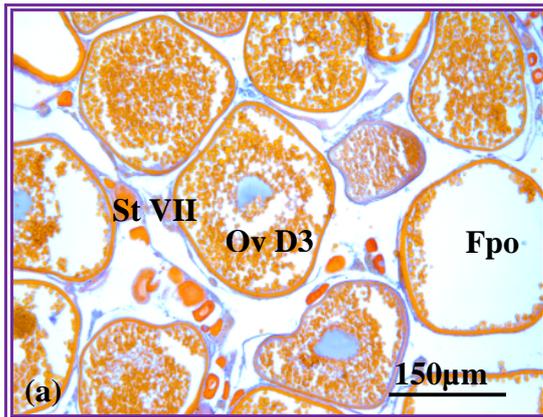
Défini comme un stade **post-ponte** ou bien stade après la ponte, phase d'expulsion des ovocytes hors de l'ovaire, ce stade est distingué par deux étapes:

#### ***A. Ovaire en post-ponte partielle***

Des ovocytes à différents stades de développement et des follicules post-ovulatoires (Fpo) sont présents à ce stade indiquant une ponte ultérieure (Fig. 76). Le degré de maturité du lot d'ovocytes le plus avancé correspond à celui du stade pré-ponte ; ovocytes vitellogéniques tertiaires (Ov D3).

Ces derniers, lorsqu'ils arrivent à maturité, vont être pondus par lots et les follicules se vident au fur et à mesure que la ponte se poursuit. Certains de ceux-ci qui n'ont pas été émis sont voués à l'atrésie (Fig. 76b). Le tissu conjonctif, sur lequel reposent les follicules mûrs devient lâche avec quelques gouttelettes vitellines à la périphérie.

Après la dernière ponte, les ovaires apparaissent nettement désorganisés et tous les ovocytes vitellogéniques en voie de maturation présentent des signes de nécrose. L'atrésie est le signe de la fin de la ponte et le début de la récupération.



#### Abréviations

**Fpo**: Follicule poste ovulatoire ; **Fa**:  
Follicule atrétique ; **Ov D3** :  
ovocytes vitellogéniques tertiaires.

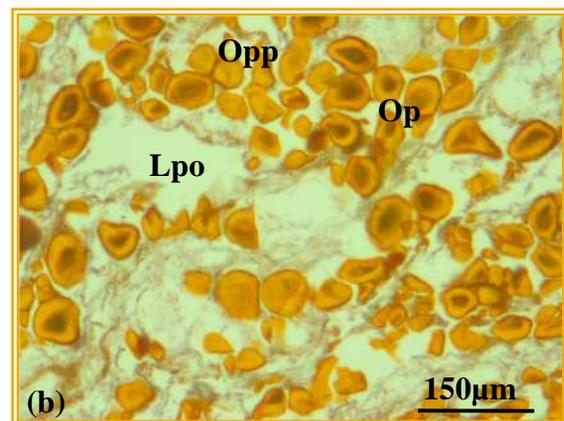
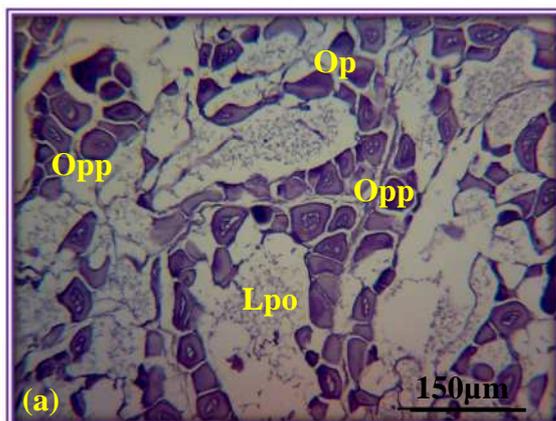
#### Coloration

a et b. Azan modifié

**Figure 76:** Aspect histologique des ovaires de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovaires au stade *post ovulatoire partielle*.

### B. Ovaire en post-ponte finale

Les ovaires de *Merluccius merluccius* en post-ponte finale apparaissent à la fin de la période de reproduction. Au cours de ce stade et après la ponte finale il ne reste que des ovocytes aux premiers stades de maturité ovarienne, appelés **ovocytes de réserve** avec une irrégularité de contour. Ainsi, les ovocytes pondus laissent apparaître de nombreuses lacunes post-ovulatoires (Fig. 77).



#### Abréviations

**Lpo** : Lacune poste ovulatoire ; **Opp** : Ovocyte  
prépérinucléaire ; **Op** : Ovocyte périnucléaire.

#### Colorations

a . Hématoxyline d'Harris  
b . Azan modifié

**Figure 77:** Aspect histologique des ovaires de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne, illustrant des ovaires au stade *post ovulatoire finale*.



Lorsque la période de reproduction prend fin, les ovaires de *Merluccius merluccius* rentrent en **phase de récupération** et se réorganisent histologiquement. Les ovaires en stade de repos sexuel se caractérisent par la présence de:

- Nombreux ovocytes immatures, prépérinucléaires (Opp) et périnucléaires (Op), disposés irrégulièrement sur l'épithélium des lamelles ovariennes, permettant l'apparition d'espaces inter-folliculaires appelées lacunes poste ovulatoires (Lpo).
- Quelques follicules atrétiques qui tendent à se disparaître.
- Les ovocytes vitellogéniques sont complètement absents.
- Une atrésie qui marque la fin de la saison de reproduction et le début de la récupération.

### ***C. Follicule post-ovulatoire (POF)***

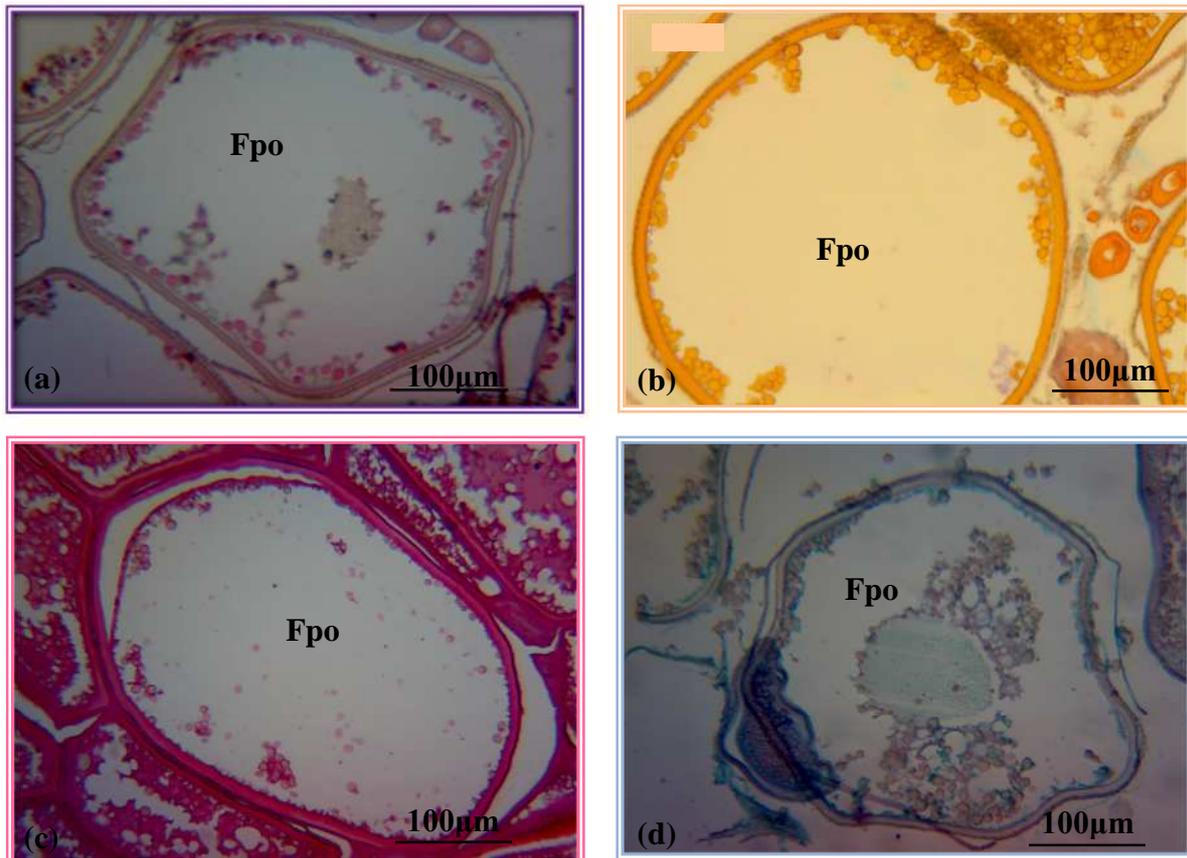
Des coupes d'ovaires, montrent des follicules vides après expulsion des ovocytes (Fig. 78). Immédiatement après la ponte, les follicules post-ovulatoires possèdent une lumière ronde, large, des cellules folliculaires peu nombreuses soutenues par une membrane basale intacte et une fine thèque.

Ensuite la lumière se réduit, devient convolutive et les cellules de la granulosa deviennent plus grosses, de forme plus cubique. La membrane basale se fragmente permettant aux cellules de la granulosa de se détacher et d'envahir la lumière. Enfin les cellules folliculaires prolifèrent formant un collapsus qui provoque l'occlusion totale de la lumière.

### ***D. Atrésie folliculaire***

Après l'ovulation, les follicules sont vides avec la présence de résidus cellulaires. Les figures 79 montrent des follicules atrétiques. L'atrésie consiste en une autolyse des ovocytes. Des ovocytes à différents stades de développement ou bien au stade pré-ponte, dont la dégénérescence est sans doute causée par une absence de ponte, ou bien ne sont pas matures à cause de divers facteurs (environnementaux, physiologiques ou physiques) ou qui sont en dégénérescence lors du stade post-ovulatoire (Fig. 79b, 79c, 79d, 79f).

Après la ponte et même au cours de celle-ci, on observe quelques ovocytes mûrs avec une irrégularité de contour, d'ailleurs certains de ceux-ci qui n'ont pas été pondus sont voués à l'atrésie (Fig. 79a, 79e).



#### Abréviations

**Fpo** : Follicule poste ovulatoire

#### Coloration

- a. Hématoxyline d'Harris
- b. Azan modifié
- c. Hématoxyline de Mayer
- d. Bleu d'alcan

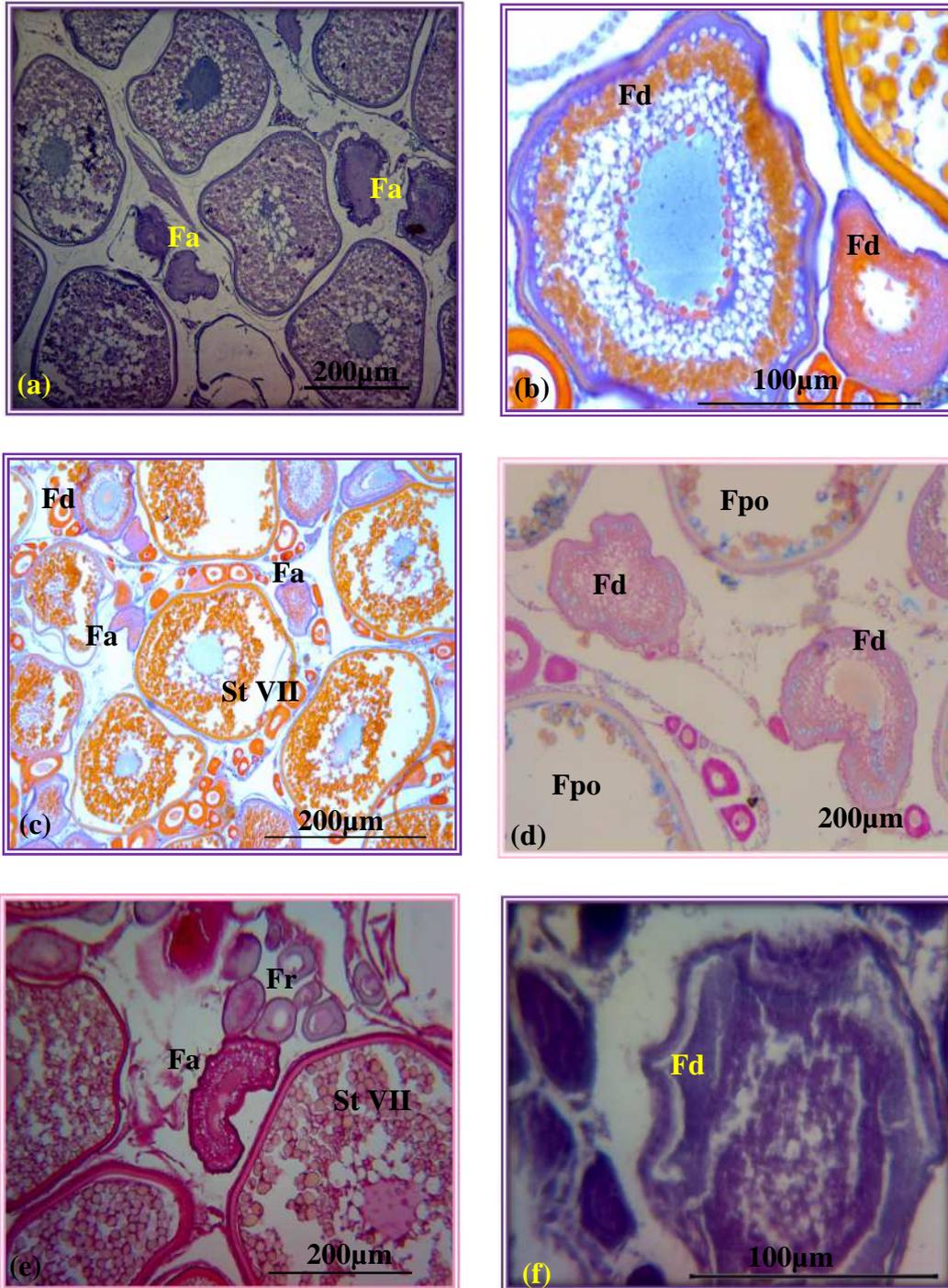
**Figure 78:** Aspect histologique illustrant *des follicules post ovulatoires* des ovaires de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

Selon cette étude, les follicules atrétiques sont caractérisés par :

1. La phase initiale de l'atrésie des ovocytes : le contour de la zona radiata est brisé, l'ovocyte se dégrade; les cellules de granulosa se désorganisent et des vacuoles apparaissent dans le cytoplasme, et la taille cellulaire diminue (Fig. 79b, 79c, 79d, 79e) ;

2. Des structures cytoplasmiques désorganisées distinguées par leurs membranes plasmiques plissées, des vacuoles occupant la totalité de la cellule, absence de nucléus et du chorion et la taille de la cellule est considérablement réduite.

A l'échelle microscopique, l'examen histologique des gonades des Merlus femelles indique la maturation des ovaires asynchrones pour cette espèce. L'ovaire présente des ovocytes à tous les stades de leur développement tout au long de la période de reproduction.



#### Abréviations

**Fa** : Follicule atrétique ;  
**Fd** : Follicule en  
dégénérescence ;

#### Coloration

**a, f.** Hématoxyline d'Harris  
**b, c.** Azan modifié  
**e.** Hématoxyline de Mayer  
**d.** Bleu d'alcian

**Figure 79:** Aspect histologique illustrant *des follicules dégénérescence et/ou en atrétiques* des ovaires de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.



### 3.2.2. Dynamique ovocytaire

La dynamique ovocytaire a été suivie à partir de 300 ovaires de *Merluccius merluccius* utilisés à partir de spécimens prélevés au cours d'un cycle annuel mesurant entre 9 et 82 cm de longueur totale.

#### A. Stratégie de ponte chez *Merluccius merluccius*

Chez *Merluccius merluccius*, la succession des différents stades de maturité sexuelle, la dynamique ovocytaire et l'examen de la structure histologique des ovaires, collectés à différentes période de l'année, nous ont permis de cerner les différentes phases de leurs cycles sexuels et de suivre la dynamique de leur ponte.

Selon la cinétique de l'ovogenèse, le cycle sexuel de *Merluccius merluccius* est subdivisé en 3 grandes phases successives:

➤ **Une phase de maturation ovarienne** : correspondant au passage des ovocytes de la pré-vitellogenèse à la vitellogenèse. Cette phase est caractérisée par l'élaboration de réserves et leur incorporation dans les ovocytes.

➤ **Une phase de ponte** : qui correspond à la fin de vitellogenèse et l'évacuation d'ovocytes mûrs vers l'extérieur.

➤ **Une phase de récupération** : correspond à la période pendant laquelle les ovaires se réorganisent histologiquement par reconstitution des lamelles ovariennes et un nouveau stock d'ovocytes pré-vitellogéniques se met en place par multiplication des ovogonies.

La structure histologique des ovaires de *Merluccius merluccius* est hétérogène. Pendant toute la période de ponte, des ovocytes pré-vitellogéniques et des ovocytes vitellogéniques à tous les stades de développement sont présents dans les ovaires. En outre, la distribution des ovocytes au sein d'un même ovaire est plurimodale et les ovocytes lorsqu'ils arrivent à maturité sont pondus par lots successifs. L'ensemble de nos résultats nous permet de considérer que le Merlu est une espèce à ponte fractionnée, susceptible d'effectuer plusieurs actes de ponte durant une même saison de reproduction.

Ainsi, les différents stades de maturité ovarienne se succèdent d'une façon cyclique comme suit (Fig. 80):

➤ Après leur maturation normale, de l'immatunité (1) à la pré-ponte (3), les ovaires rentrent en reproduction (4) et effectuent l'émission du 1<sup>er</sup> lot d'ovocytes mûrs (1<sup>ère</sup> ponte).

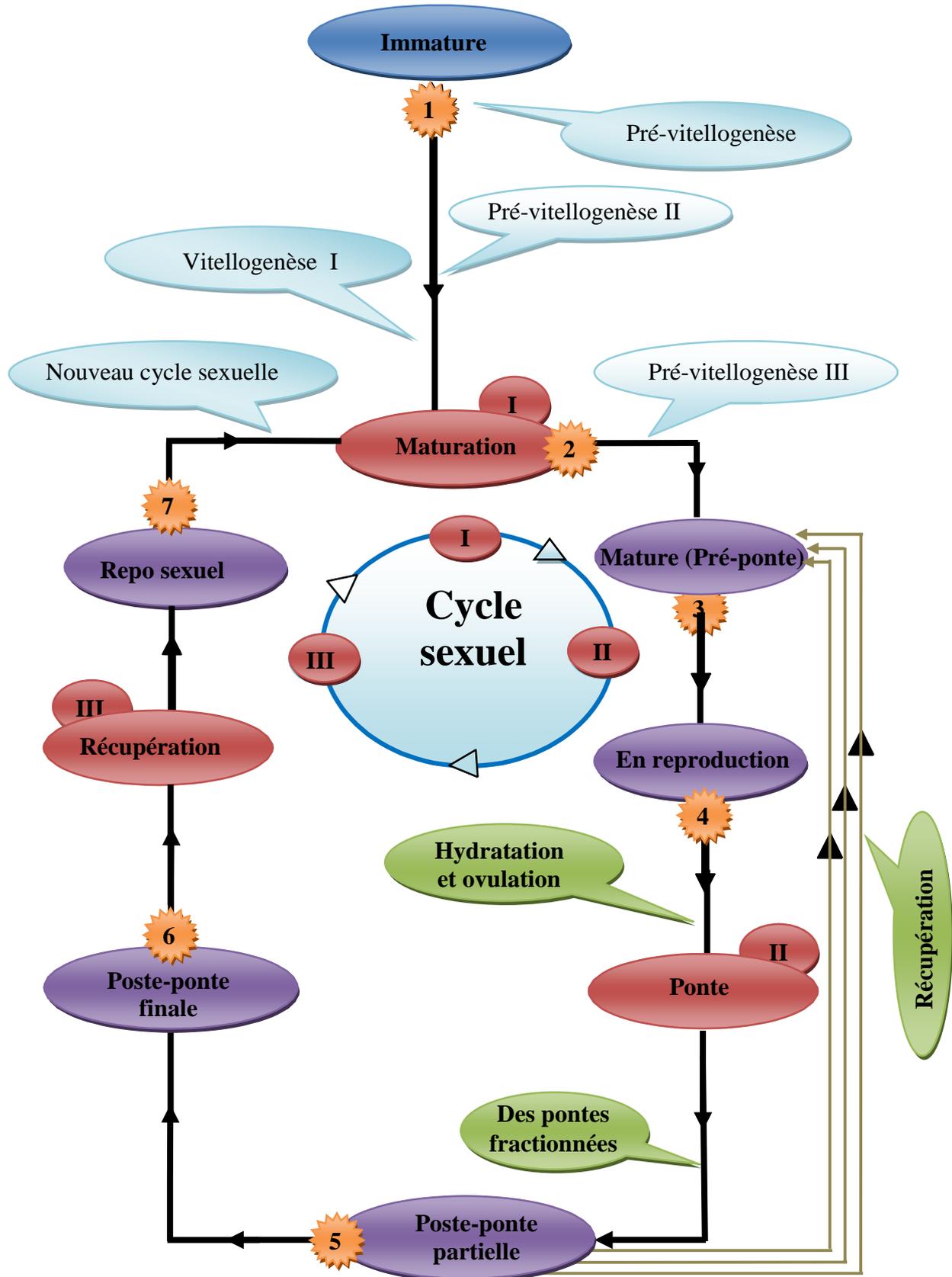


Figure 80 : Schéma récapitulatif des phases de cycle sexuel et de la dynamique de ponte chez *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.



- Ensuite, les ovaires passent au stade post-ponte partielle (5) puis reviennent au stade pré-ponte (3), cela plusieurs fois durant une même saison de reproduction. A chaque fois, les ovaires effectuent l'évacuation d'un lot d'ovocytes mûrs (2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup>, jusqu'au n<sup>ème</sup> ponte) et rentrent en post-ponte partielle (5).
- Les follicules se vident au fur et à mesure que la ponte se poursuit.
- A la fin de la saison de reproduction (4), tous les ovaires passent au stade post-ponte finale (6) puis au repos sexuel (7) avant de recommencer un nouveau cycle sexuel.
- Le stade post-ponte finale (6) est atteint une fois toutes les pontes effectuées.

### **B. Histochimie des follicules ovariens**

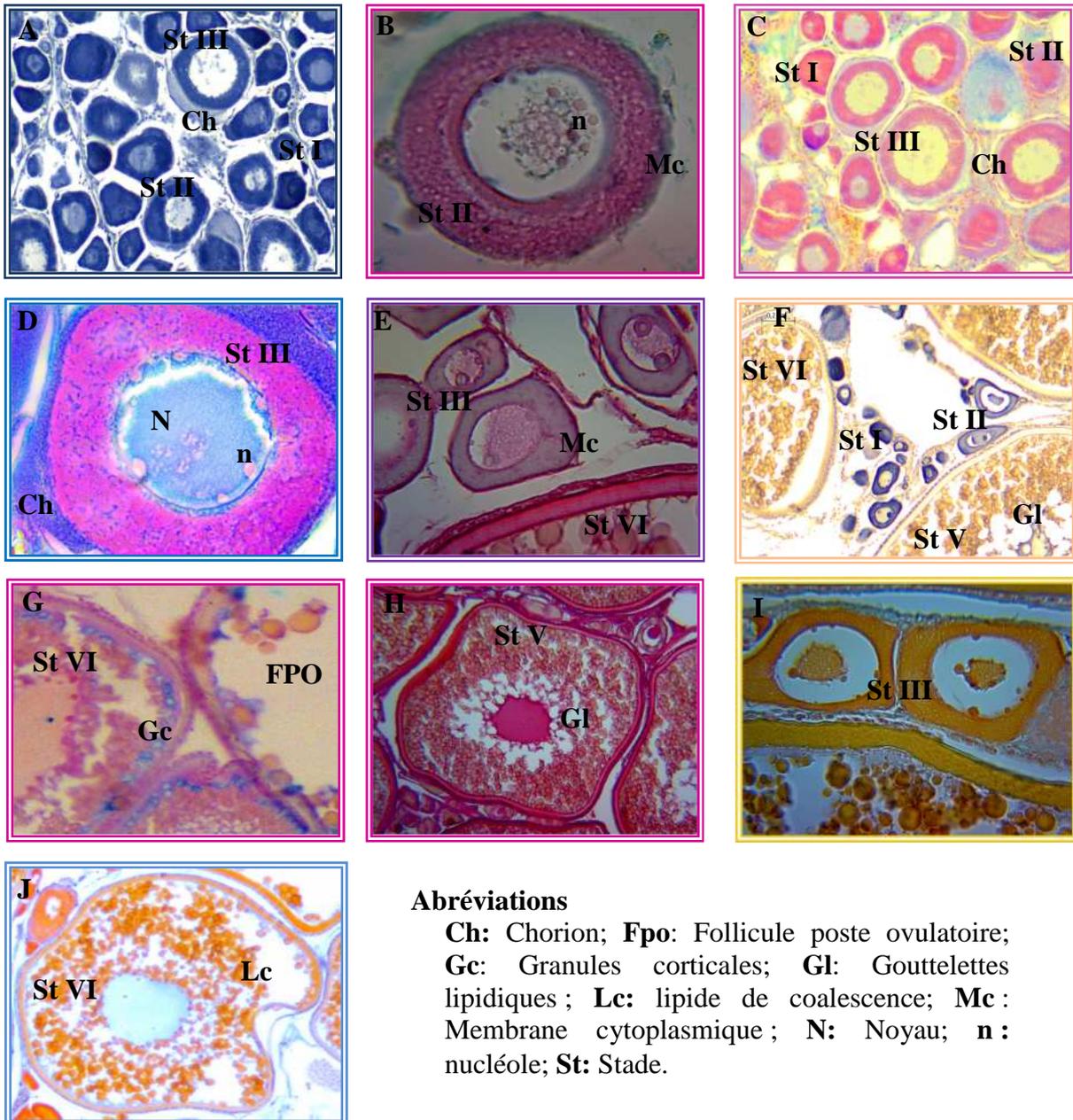
Certaines colorations histochimiques ont été effectuées afin de préciser la nature biochimique des différentes structures constituant le follicule ovarien. Les résultats sont résumés dans le tableau 58.

Les lipides ont été dissous pendant la phase d'inclusion des tissus. Les figures 81, 82 présentent quelques photos de coupes de follicules ovariens de *M. merluccius* à différents stades de développement sexuel soumis à différentes réactions histochimiques.

Les ovocytes jeunes se caractérisent par l'absence de composants glucidiques puisque les structures biologiques retrouvées dans ces cellules ne réagissent ni à l'APS (Fig. 81A), ni au bleu alcian à pH : 0,5 et 2,5 (Fig. 81B, 81C), ni à Hématoxyline de Mayer (Fig. 81E), ni à l'Azan modifié (Fig. 81I).

La couronne basophile est riche en protéines alors que la couronne striée du cytoplasme ne présente pas de coloration spécifique. Les alvéoles corticales renferment des glucides (APS positif) (Fig. 81F) et en particulier des protéoglycanes acides. Ce sont des protéoglycanes fortement carboxylés (bleu alcian pH : 2,5 très positif) (Fig. 81D, 81G) mais peu sulfatés (bleu alcian pH : 0,5 très légèrement positif) (Fig. 81C). Les alvéoles corticales sont donc composées de glycoprotéines acides et éventuellement de glycoprotéines neutres (Fig. 81F, 81H, 81J).

La zona radiata réagit très positivement à l'APS au début de sa formation (stade III), montrant une coloration jaune orangé qui pâlit au cours de son épaissement (stades V et VI) (Fig. 81F). Cette dernière réagit aussi à l'Hématoxyline de Mayer prenant une couleur rose (Fig. 81H), et à l'Azan modifié teinté avec du jaune orangé (Fig. 81J).



#### Abréviations

**Ch:** Chorion; **Fpo:** Follicule poste ovulatoire;  
**Gc:** Granules corticales; **Gl:** Gouttelettes lipidiques ; **Lc:** lipide de coalescence; **Mc :** Membrane cytoplasmique ; **N:** Noyau; **n :** nucléole; **St:** Stade.

**A :** Stades I et II, présentant une coloration négative à l'APS ; **B :** Stades I et II présentant une coloration négative au bleu alcian à pH: 0,2 ; **C :** Stades I, II et III présentant une coloration légèrement positive au bleu alcian pH : 0,5; **D :** Stade III présentant une coloration positive au bleu alcian à pH : 0,2 ; **E :** Stades III présentant une coloration négative à Hématoxyline de Mayer ; **F :** Stade V et VI, présentant une coloration positive à l'APS ; **G :** Stade VI présentant une coloration positive au bleu alcian à pH : 0,5 ; **H :** Stades V présentant une coloration positive à Hématoxyline de Mayer; **I :** Stades III présentant une coloration négative à l'Azan modifié ; **J :** Stades VI présentant une coloration positive à l'Azan modifié.

**Figure 81:** Résultats obtenus en histochimie au cours de développement des follicules ovulatoires de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.



Le vitellus est composé de glycoprotéines neutres, mais la réaction à l'APS est peu intense, contrairement à l'Hématoxyline de Mayer et l'Azan modifié (Fig. 81H, 81J). Elle apparaît également réactive aux colorants des protéines mais pas au bleu alcian. Elle est donc riche en glycoprotéines neutres mais dépourvue de protéoglycanes acides.

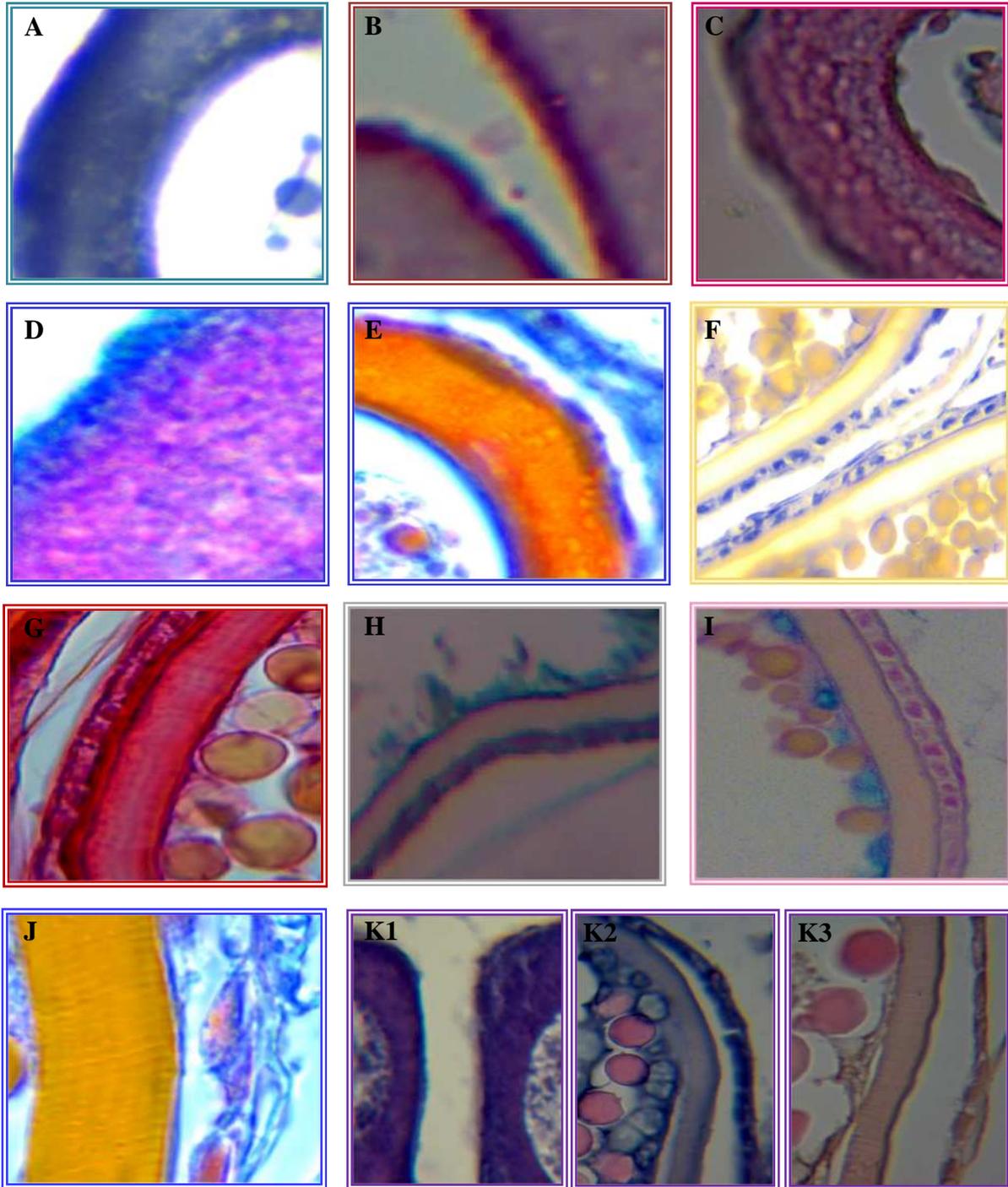
La lame basale présente le même type de réactivité vis-à-vis de ces colorations histochimiques.

Le cytoplasme des cellules thécales évolue peu au cours de la maturation sexuelle, il semble s'enrichir légèrement en glucides neutres en fin de maturation dont la réaction :

- Positive à l'APS (Fig. 82F), Hématoxyline de Mayer (Fig. 82H), Hématoxyline d'Harris et à l'Azan modifié (Fig. 82K)
- Mais la réaction est légèrement positive au bleu alcian à pH : 2,5 (Fig. 82H) et positive à pH : 0,5 (Fig. 82I).

**Tableau 58:** Résumé des résultats obtenus en histochimie sur les follicules ovariens de *Merluccius merluccius* aux différents stades de développement définis. **D:** début de la maturation sexuelle ; **F:** fin de la maturation sexuelle. – : absence de coloration spécifique ; + : coloration spécifique d'intensité faible ; ++ coloration d'intensité moyenne ; +++ : coloration spécifique d'intensité forte.

	PAS (Acide PériodiqueSchiff)	Bleu alcian pH : 0,5	Bleu alcian pH : 2,5
Alvéoles corticales	++	±	+++
Zone striée cytoplasmique	-	-	-
Couronne basophile	-	-	-
Nucléoles	-	-	-
Noyau	-	-	-
Cellules atrétiques	-	-	-
Cytoplasme des cellules thécales	D <sup>-</sup> F <sup>+</sup>	D <sup>-</sup> F <sup>+++</sup>	D <sup>-</sup> F <sup>+++</sup>
Cytoplasme des cellules folliculaires	-	-	-
Noyaux des cellules folliculaires	+	-	-
Lame basale	++	-	-
Zona radiata	++	-	-
Vitellus	+	-	-



**A, B, C, E :** Stades II, membrane ovocytaire présentant une coloration négative à (APS, Hématoxyline de Mayer, au bleu alcian à pH : 0,2 , Azan modifié) ; **D :** Stades III présentant une coloration positive au Bleu d'alcian à pH : 0,5 ; **F,G,I,J,K :** Stade VI et VII, membrane ovocytaire présentant une coloration positive au (APS, Hématoxyline de Mayer, Bleu d'alcian à pH : 0,5, Azan modifié, Hématoxyline d'Haris), **H :** Stades VI présentant une coloration légèrement positive au bleu alcian à pH : 0,2 ;

**Figure 82:** Résultats obtenus en histochimie au cours de développement des follicules ovulatoires de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.



Le cytoplasme des cellules de la granulosa, au contraire, voit sa composition glucidique évoluer au cours du développement folliculaire. Elle s'enrichit très fortement en protéoglycanes sulfatés à partir du stade VI (Fig. 82F, 82G, 82H, 82I, 82J, 82K).

Sur les ovocytes ovulés, la nouvelle enveloppe d'aspect alvéolaire présente une coloration bipartite à l'APS : les alvéoles apparaissent bordées de jaune orangé dans une matrice grisâtre (Fig. 82F). Cette enveloppe réagit fortement au bleu alcian à pH : 0,5 et 2,5 (Fig. 82H, 82K) et est aussi positive à la réaction de l'Hématoxyline de Mayer et d'Harris (Fig. 82G, 82K), ainsi à l'Azan modifié (Fig. 82J). Cette enveloppe formée à l'ovulation est donc très riche en protéoglycanes acides.

### C. Comparaison du développement folliculaire de *Merluccius merluccius* avec celui d'autres Téléostéens

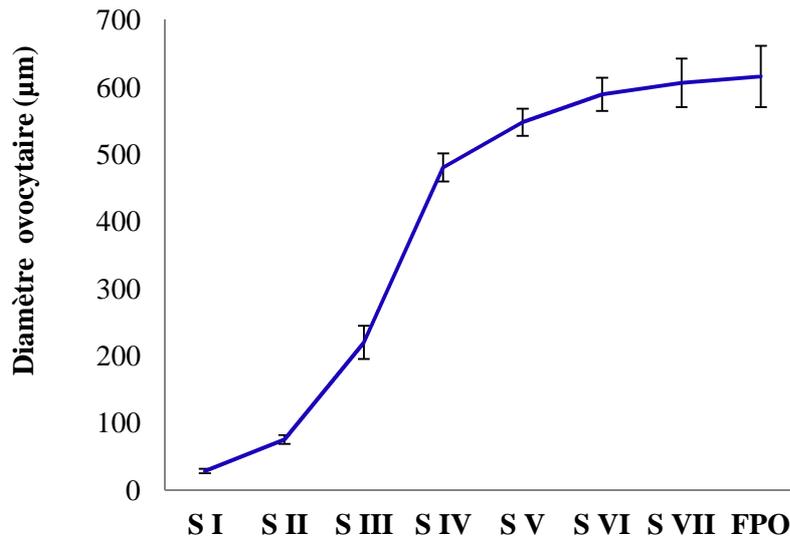
Plusieurs critères sont employés pour décrire le processus de l'ovogenèse. Chaque stade peut être caractérisé par la taille de la cellule, l'apparence du noyau et des nucléoles, la localisation et la nature des inclusions cytoplasmiques (Nagahama, 1983). Au vu des résultats, il apparaît très nettement que le Merlu juvénile, au cours de la période d'étude, présente sept stades de développement des ovocytes.

#### A. Taille des ovocytes de *Merluccius merluccius*

Le diamètre des ovocytes sert aussi d'indicateur de la maturité sexuelle (Goubier *et al.*, 1997). L'accumulation en grande quantité dans le cytoplasme de lipides, de glycoprotéines et de lipoprotéines tout au long du développement, du stade I au V, est responsable d'une augmentation d'un facteur cent du diamètre des cellules.

La distribution des fréquences des diamètres ovocytaires reportés graphiquement sur la figure 83 est plurimodale du fait de l'existence de nombreux lots d'ovocytes au sein d'un même ovaire et dans toutes les stations d'étude (Tab. 01 ; annexe 07). Toutes les gonades renferment un lot d'ovocytes de réserve d'un diamètre modal de 80  $\mu\text{m}$  et d'une moyenne de  $83,43 \pm 6,74 \mu\text{m}$  (ovocyte près vitellogenèse).

La taille des jeunes ovocytes chez le Merlu est de  $28,35 \pm 3,15 \mu\text{m}$ . Comparativement à d'autres perciformes cette taille est importante. La littérature rapporte des valeurs de 8 à 15  $\mu\text{m}$  chez *Perca flavescens* (Malservisi & Magnin, 1968), approximativement de 20  $\mu\text{m}$  chez *Micropterus salmoides* (Goubier *et al.*, 1997), de l'ordre de 20  $\mu\text{m}$  pour *Morone saxatilis* (Specker *et al.*, 1987) et entre 8 et 16  $\mu\text{m}$  pour *Dicentrarchus labrax* (Mayer *et al.*, 1988).



**Figure 83:** Evolution du diamètre ovocytaire chez *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

A partir de ces jeunes ovocytes se détache un 1<sup>er</sup> lot d'ovocytes provenant de la prolifération des ovocytes de réserve. Ensuite, plusieurs lots successifs de diamètres modaux plus avancés sont observés dans les gonades au cours d'un cycle sexuelle.

La maturation des ovocytes se fait par vagues successives, au fur et à mesure que le 1<sup>er</sup> lot d'ovocytes mûrit, un second prend sa place et ainsi de suite. Le diamètre de lot d'ovocytes le plus avancé peut atteindre un diamètre modal de 600 et 700 µm constituant le groupe d'ovocytes matures et hydratés susceptibles d'être émis. Il atteint une moyenne de  $589,34 \pm 24,77$  µm au stade VI et  $606,38 \pm 36,09$  µm au stade VII.

Nos résultats sont inférieurs à celui de la *Perca flavescens* (Malservisi & Magnin, 1968), de la perche commune *Perca fluviatilis* (Sulistyo *et al.*, 1998), du Black-bass et le Bar (Mayer *et al.*, 1988).

### **B. Développement de la paroi folliculaire chez *Merluccius merluccius***

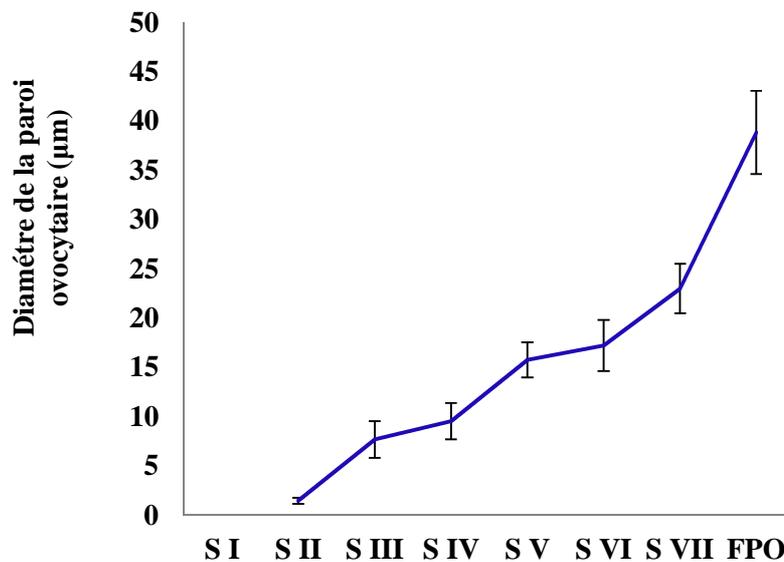
Le diamètre de la paroi ovocytaire en fonction de l'évolution des stades de reproduction (Tab. 02 ; annexe 07) est représenté graphiquement sur la figure 84. La paroi ovarienne suit son développement par stade pour parvenir à un diamètre final d'une moyenne de  $38,8 \pm 4,23$  µm.

Les jeunes ovocytes (ovogonies) de formes irrégulières recouverts par une membrane ovocytaire très fine. Au stade II, la membrane cellulaire s'épaissit, composée d'une fine



couche de cellules folliculaires et d'une zona radiata constituant la paroi folliculaire d'un diamètre moyen de  $1,44 \pm 0,3 \mu\text{m}$  (Fig. 85).

Vers la fin de la reproduction, la paroi ovarienne est bien développée, dévoilée par différentes couches cellulaires la zona radiata, lame basale, cellules folliculaires pour que le follicule ovarien se recouvre par une dernière couche qui est la thèque, symbolisée par les figures suivantes, présentant des affinités tinctoriales particulières pour chaque colorant spécifique.



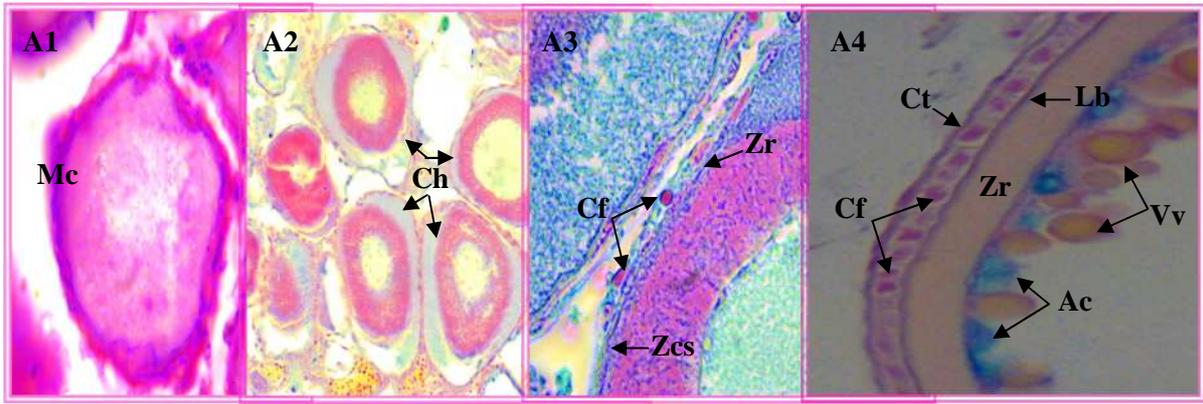
**Figure 84** : Evolution du diamètre de la paroi ovocytaire chez *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

### C. Evolution du noyau ovocytaire de *Merluccius merluccius*

Le premier stade d'évolution de l'ovocyte, stade I du Merlu, est essentiellement défini par rapport aux changements dans le noyau d'un côté et par la quantité du nucléoplasme, le nombre des nucléoles et leurs position vis-à-vis de la membrane du noyau ovocytaire. De l'autre côté, vue le changement dans le diamètre du noyau qui diminue (Tab. 03, annexe 07), au cour de développement des follicules ovocytaires (Fig. 86).

D'après les données de la littérature (Selman & Wallace, 1989 ; Sarasquete *et al.*, 2002), il est divisé en deux stades caractérisés par la position et le nombre de nucléoles:

➤ Le premier stade correspond à la présence de quelques nucléoles centraux (stade II du Merlu) ;

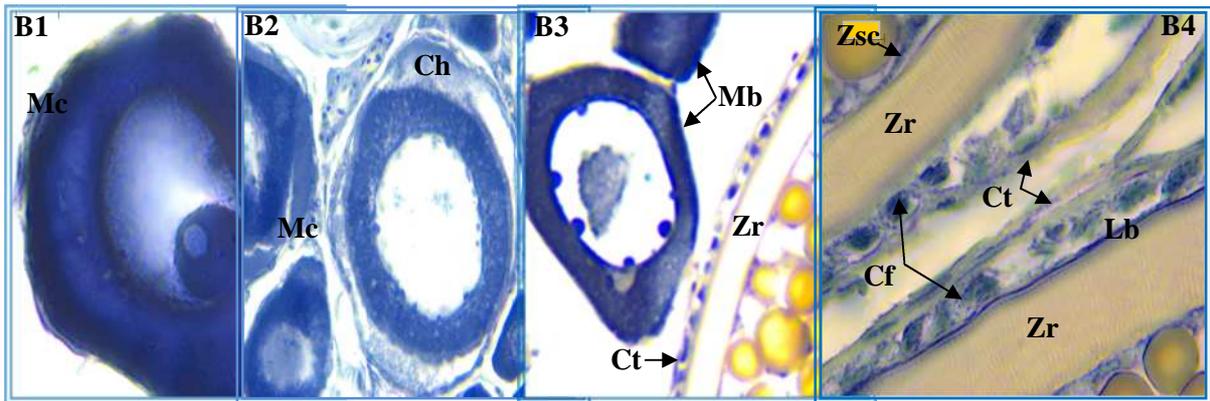


G \*10

G \*10

G \*40

G\*40

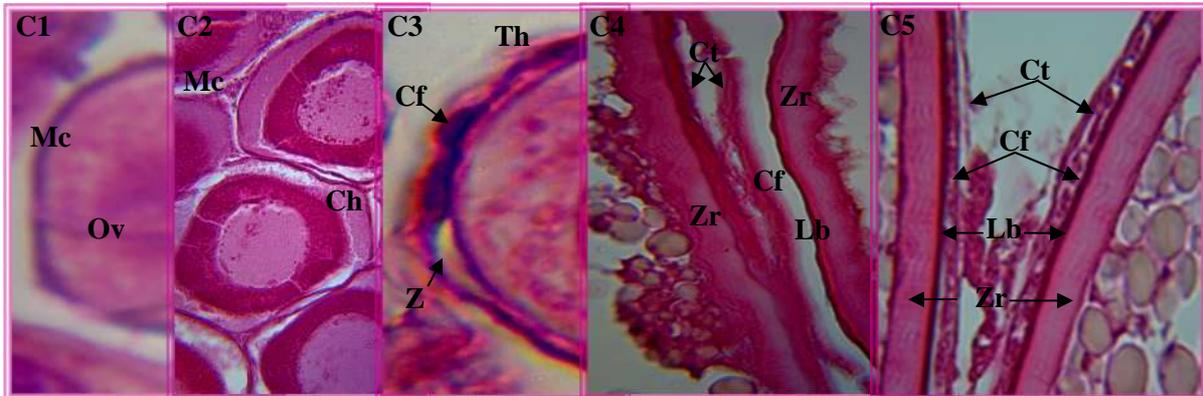


G \*100

G \*40

G \*40

G \*100



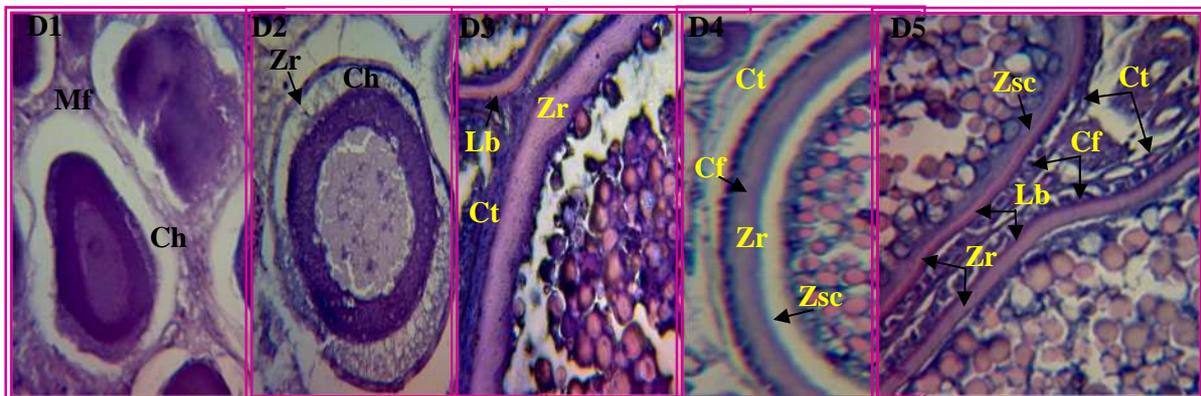
G \*40

G \*10

G \*100

G \*40

G \*40



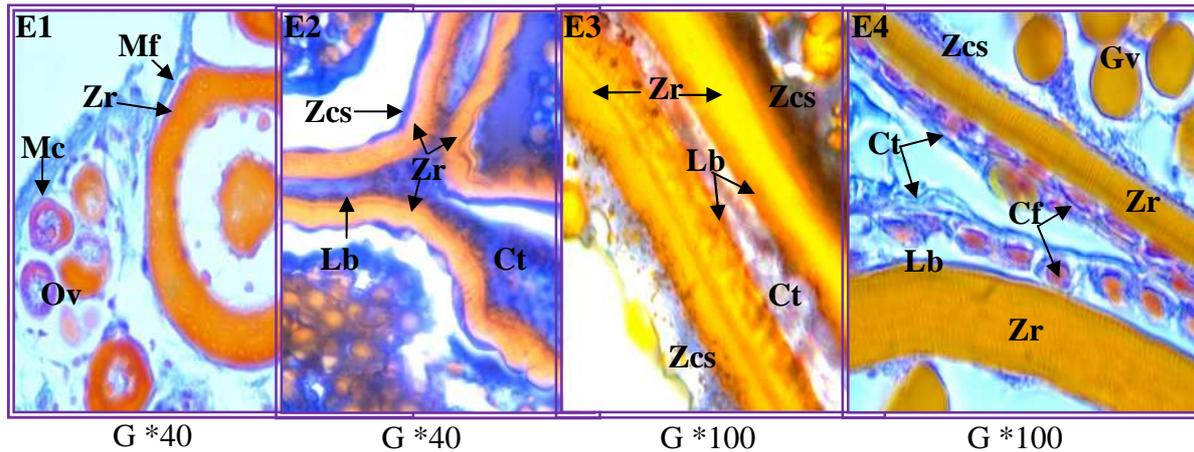
G \*10

G \*40

G \*40

G \*40

G \*40



#### Abréviations

**Cf** : Cellule folliculaire ; **Ch** : Chorion ; **Ct** : Cellule thécale ; **Gv** : Globule vitelline ; **Lb** : Lamelle basale ; **Mc** : Membrane cytoplasmique ; **Mf** : Membrane folliculaire ; **Ov** : Ovogonie ; **Zsc** : Zone striée cytoplasmique ; **Zr** : Zona radiata.

#### Colorations

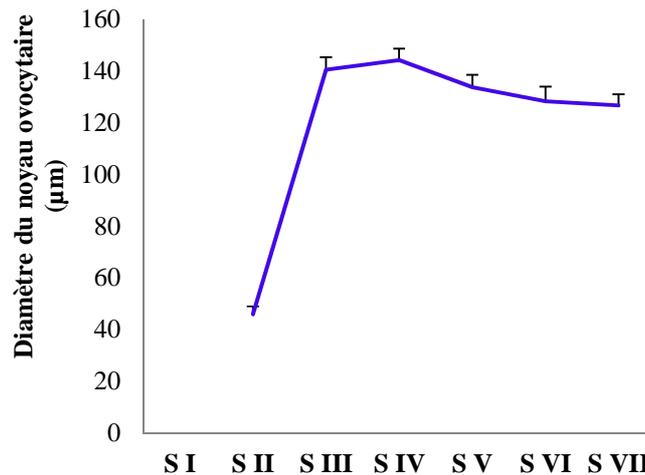
**A.** Bleu alcalin  
**B.** Acide périodique de shift  
**C.** Hématoxyline de Mayer  
**D.** Hématoxyline d'Harris  
**E.** Azane modifié

**A.B.C.D.E (1)** : Ovocytes Immature ; **A.B.C.D.(2), E1** : Ovocytes pré-vitellogéniques ;  
**A.B.C.D.E (3)** : Vitellogenèse primaire ; **A.B.C.D.E (4,5)** Vitellogenèse secondaire et

**Figure 85** : Evolution des membranes pendant le développement du follicule ovarien de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

- le second est défini par la multiplication des nucléoles et leur migration en position périnucléaire (stades II et III) ;
- Au stade IV, caractérisé par la présence des lipides, le noyau se déforme comme reporté par [Mayer et al. \(1988\)](#) ;
- Au stade V, caractérisé par la forme cubique des follicules ovulatoires ;
- Au stade VI, deux événements synchrones se produisent. La vésicule germinative migre vers la périphérie du cytoplasme en direction du micropyle au pôle animal ([Mayer et al., 1988](#) ; [Saat, 1993](#)) et la méiose est réengagée ([Wallace et al., 1993](#)).

Lors de cette étude le micropyle est observé seulement sur un ovocyte au stade VI alors que la vésicule germinative est déjà disloquée. Le diamètre des noyaux croît jusqu'au stade IV et le rapport nucléoplasmique diminue ce qui est en accord avec les observations réalisées sur la plupart des téléostéens ([Wallace & Selman, 1981](#) ; [Selman & Wallace, 1991](#)), de [Mayer et al. \(1988\)](#) sur le Bar (*Dicentrarchus labrax*), de [Sales et al. \(2012\)](#) sur le poisson chat (*Pimelodella vittata*) et de [Fahmy \(2019\)](#) sur le poisson lapin (*Siganus rivulatus*).



**Figure 86 :** Evolution de diamètre du noyau au cours de développement des follicules ovocytaire de *M. merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

#### ***D. L'enveloppe périovocytaire de Merluccius merluccius***

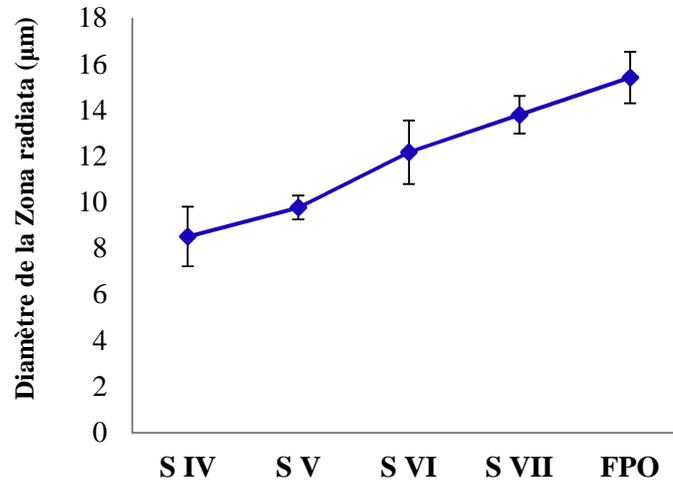
Les ovocytes en développement s'entourent de couches concentriques cellulaires et non cellulaires et forment ainsi les follicules ovariens. L'enveloppe vitelline commence à se former pendant les stades II et III, et continue à augmenter en taille et à se différencier durant tout le développement du follicule. Pendant cette croissance, l'enveloppe périovocytaire acquiert une architecture complexe très ordonnée :

- La couche directement adjacente à l'ovocyte est la zona radiata ou enveloppe vitelline (Wallace & Selman, 1990).
- Au-dessus, s'observent les cellules folliculaires.
- Enfin, se rencontrent les cellules thécales isolées de la couche folliculaire ou granulosa par la lame basale (Martin *et al.*, 2001).

Alors que l'ovocyte atteint le stade IV, la zona radiata se forme sous l'aspect d'une couche d'abord étroite et d'emblée striée. La croissance en épaisseur de la zona radiata du Merlu (Tab. 04 ; annexe 07) est représentée graphiquement sur la figure 87, se poursuit tout au long du développement de l'ovocyte pour atteindre une mesure de  $15,4 \pm 1,09 \mu\text{m}$  avec un maximum à  $16,76 \mu\text{m}$ . La zona radiata est observée selon l'espèce avant la formation des vacuoles corticales (Mayer *et al.*, 1988) ou après (Stahl & Leray, 1961). L'épaisseur de la zona radiata est particulièrement importante chez *Merluccius merluccius* par rapport à d'autres téléostéens. La littérature rapporte des tailles de la zona radiata de *Zingle asper* à  $29,0 \pm 0,3 \mu\text{m}$  avec un maximum à  $45 \mu\text{m}$  (Chevalier *et al.*, 2005), de 10 à  $13 \mu\text{m}$  pour *Perca*



*flavescens* (Malservisi & Magnin, 1968), de 12 à 25  $\mu\text{m}$  pour le Bar (Mayer *et al.*, 1988), de 10  $\mu\text{m}$  pour le White sucker (Lalancette, 1975) et de 10 à 13  $\mu\text{m}$  pour un Cichlidae du genre *Cichlasoma* (Busson-Mabillot, 1973).



**Figure 87:** Evolution du diamètre de la zona radiata au cours de développement ovocytaire chez *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

La zona radiata, couche acellulaire, est constituée d'un matériel protéique d'origine extraovarienne hépatique (Oppen-Berntsen *et al.*, 1992 ; Scapigliati *et al.*, 1999). Certains auteurs ont mis en évidence la présence de différentes couches dans la zona radiata, distinguées par leur nature chimique (Mayer *et al.*, 1988 ; Martin *et al.*, 2001) et leur aspect en microscopie électronique (Caporiccio & Connes, 1977 ; Berois *et al.*, 2007).

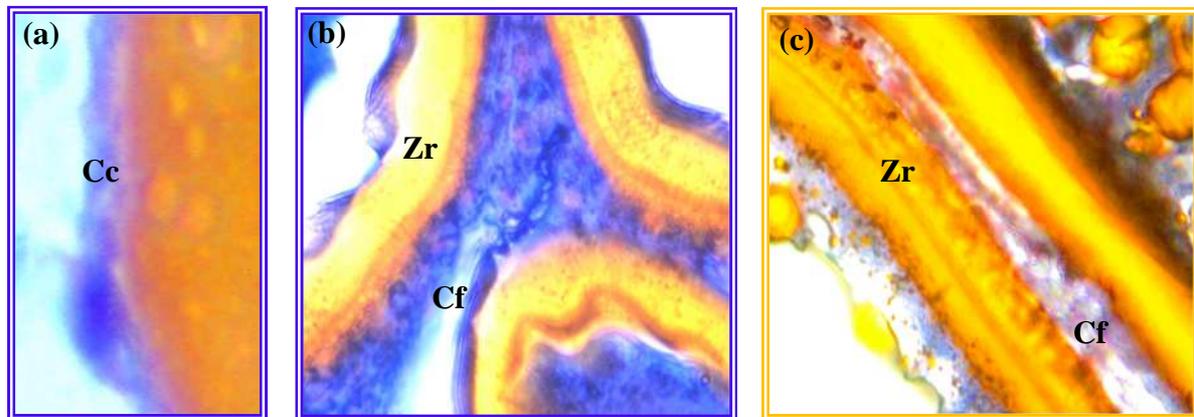
L'étude menée sur le Merlu a mis en évidence ce phénomène sur des lames histologiques (ovocytes au stade IV), sur laquelle la zone interne se colore en bleu à l'azan modifié et la zone externe en jaune (Fig. 88b). Cette unique observation ne permet pas de conclure quant à la structure en bicouche de la zona radiata car la couche de cellules folliculaires est visible dès le stade II (Fig. 88a), comme chez le Bar (Mayer *et al.*, 1988).

Cette dernière est d'abord fine avec des cellules en fuseau qui deviennent ovales (Fig. 89a), et enfin cubiques (Fig. 89c), constituant alors la granulosa (Caporiccio & Connes, 1977). Cette chronologie est également rapportée par Stahl & Leray (1961).

La lame basale est située entre la couche de cellules folliculaires et les cellules thécales (Fig. 79c). Cette description se retrouve chez d'autres Perciformes comme le Bar (Caporiccio & Connes, 1977), le Black bass (Martin *et al.*, 2001) et d'autres téléostéens tels



que la Morue *Gadus morhua* (Oppen-Berntsen *et al.*, 1992) et un Vairon américain, le *Cyprinodon variegatus* (Wallace & Selman, 1990).



**Abréviations**

**Cc** : Couche cellulaire ; **Cf** : Cellule folliculaire ; **Zr** : Zona radiata.

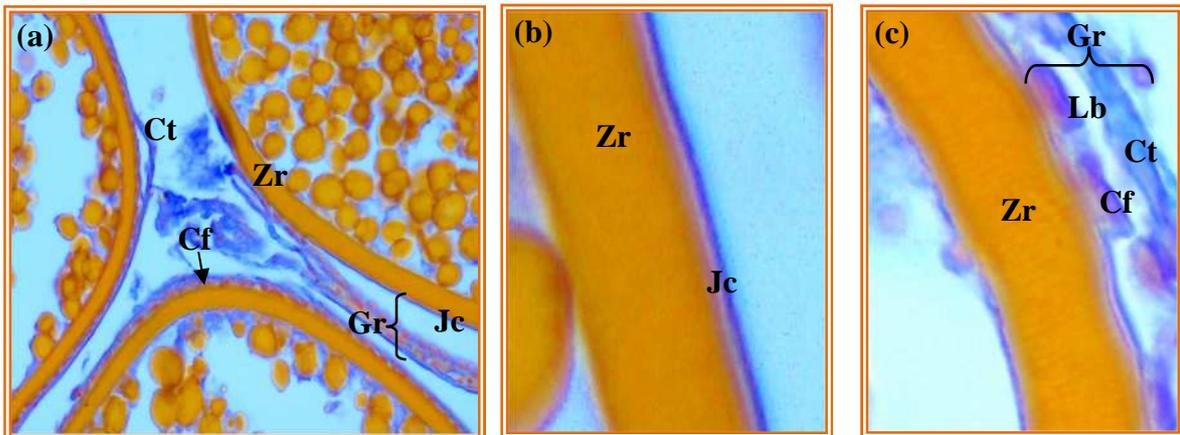
**Coloration** : Azan modifié.

**Echelle** : a : G\*40 ; b et c : G\*100

**Figure 88** : Aspect histologique de la zona radiata au stade II en (a), stade IV en (b), et en stade V en (c) de développement folliculaire.

Au stade VII, à l'ovulation, le follicule de *Merluccius merluccius* sécrète une nouvelle enveloppe recouvrant entièrement l'ovocyte (Fig. 89a), elle est d'apparence gélatineuse et alvéolaire en microscopie photonique. Ce nouveau tégument semble pouvoir être assimilé au *Jelly coat* présent autour des œufs d'invertébrés marins (Kitazume-Kawaguchi, 1998), de batraciens et de certains téléostéens (Kuchnow & Scott, 1977 ; Selman & Wallace, 1986 ; Abraham *et al.*, 1993 ; Rizzo *et al.*, 2002). Le *Jelly coat* (Fig. 89b), est une couche muqueuse couvrant la zona radiata, constituée de fines fibres entrelacées (Rizzo *et al.*, 2002). Cette couche est présente chez tous les Siluriformes mais également chez des Cypriniformes, Cyprinodontiformes Characiformes et Perciformes.

Chez les téléostéens, la zona radiata subit des modifications moléculaires au moment de la ponte et devient le chorion, dont la structure finale reflète les adaptations aux conditions de l'environnement (Rizzo *et al.*, 2002). Les membranes les moins élaborées sont celles des œufs non adhésifs (Rizzo *et al.*, 2002), et les autres œufs possèdent des appendices divers, filaments, protubérances, villosités...., associés à la zona radiata, qui leur permettent de se fixer à différents substrats (Riehl & Patzner, 1998). Chez les Siluriformes, ce *Jelly coat* est présent dans toutes les espèces, les œufs ne sont pourtant pas forcément adhésifs (Rizzo *et al.*, 2002).



**Abréviations**

**Cf** : Celled folliculaire ; **Ct** : Cellule thécale ; **Gr** : Granulosa ; **Jc** : Jelly coat ;  
**Zr** : Zona radiata.

**Echelle** : a : G\*20 ; b et c : G\*100

**Figure 89** : Aspect histozologique de la zona radiata au stade VII de développement folliculaire che *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

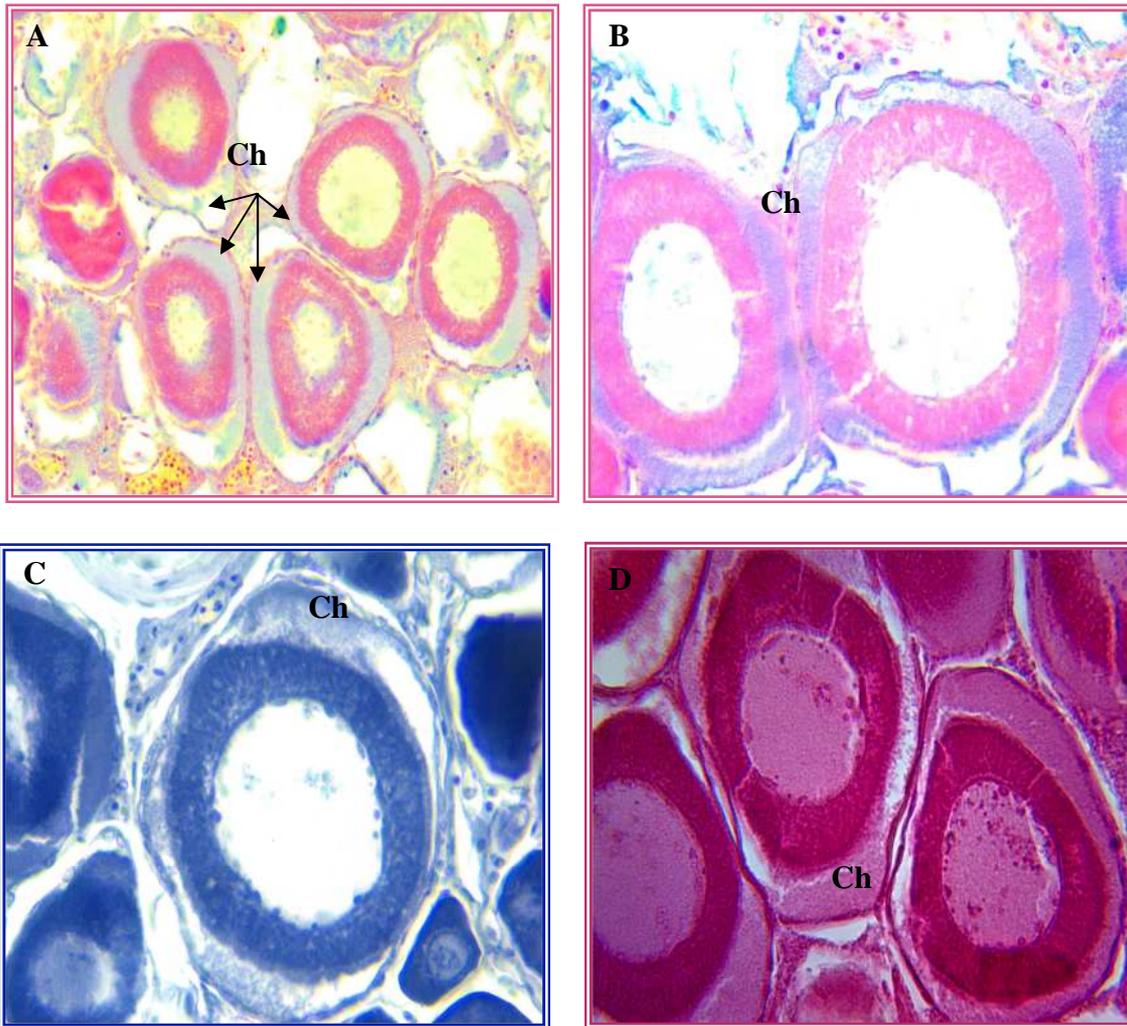
Ces structures adhésives peuvent être présentes sur l'ensemble de la surface de l'œuf ou au contraire limitées au pôle végétal ou animal (Riehl & Patzner, 1998). Des observations sont comparables avec celles faites pour les ovocytes de *Merluccius merluccius* dans le présent travail.

Riehl & Patzner (1998) attribuent à cette surface alvéolée un rôle adhésif, ce qui est confortée par le fait que les oeufs du Merlu possèdent une forte faculté d'adhésion au substrat (Mari, 2001). D'après des observations en microscopie électronique à balayage, Riehl & Bless (1995) attribuent l'apparition de cette surface alvéolaire à une modification de la zona radiata externe. Les images des ovocytes de *M. merluccius* en microscopie photonique montrent une structure paraissant très souple, déformable (Fig. 89a), contrairement à la zona radiata qui est rigide. Cette différence morphologique ne semble pas compatible avec l'hypothèse de Riehl & Bless (1995). Ces deux enveloppes présentent de plus des réactivités distinctes aux colorants histologiques.

Une zone hyaline et gélatineuse, le chorion, est présente chez d'autres Percidae, tels *Perca fluviatilis* et *Perca flavescens* (Malservisi & Magnin, 1968 ; Treasurer & Holliday, 1981 ; Riehl & Patzner, 1998). Elle n'est pas alvéolaire et semble traversée de canalicules. L'apparition de cette structure chez ces deux espèces de perche est beaucoup plus tardive que



celle mise en évidence chez *M. merluccius* est qui est plus précoce marquée au stade prévitellogénique (Fig. 90), en effet elle est visible dès le début de la vitellogénèse (Malservisi & Magnin, 1968 ; Treasurer & Holliday, 1981). Ceci correspond aux observations réalisées dans le présent travail chez *P. fluviatilis*. Riehl & Patzner (1998) accordent également à cette couche gélatineuse externe les propriétés adhésives des œufs de la Perche qui sont déposés en longs filaments, collés aux végétaux aquatiques.



#### Abréviations

**Ch** : Chorion.

**Echelle** : A : G\*20 ; B : G\*40

C : G\*40 ; D : G\*40

#### Coloration

A. Bleu alcalin pH=0,2

B. Bleu alcalin pH=0,5

C. Acide périodique-Schiff

D. Hématoxyline de Mayer

**Figure 90** : Chorion entourant les ovocytes à un stade prévitellogénique de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.



### ***E. Inclusions cytoplasmiques***

Chez le Merlu, l'étude histologique montre trois types d'inclusions cytoplasmiques formées au cours de l'évolution de l'ovocyte :

- Les premières à se former, pendant la prévitellogenèse, sont de nature lipidique (stade II)
- Puis apparaissent les vacuoles corticales (stade III) ;
- Enfin, les vésicules de vitellus, marquant le début de la vitellogenèse (stade IV).

Cette évolution est identique à celle rapportée par de nombreux auteurs chez les poissons en général et les Perciformes en particulier (Nagahama, 1983 ; Berlinsky & Specker, 1991 ; Mutambue *et al.*, 1991 ; Goubier *et al.*, 1997). Cependant la séquence d'apparition des réserves change avec l'espèce (Nagahama, 1983 ; Sarasquete *et al.*, 2002). Ainsi, une chronologie différente est rapportée pour *Perca flavescens* (Malservisi & Magnin, 1968), le White sucker *Catostomus commersoni* (Lalancette, 1975) et certains téléostéens (Selman & Wallace, 1989 ; Selman *et al.*, 1991).

En effet chez ces poissons les vacuoles corticales sont les premières inclusions observées, puis se forment les lipides et enfin les vésicules de vitellus. Dans les ovaires du Thon *Thunnus thynnus* (Sarasquete *et al.*, 2002) et du Bar, *Dicentrarchus labrax* (Mayer *et al.*, 1988) les lipides apparaissent en premier, suivis respectivement par les vésicules de vitellus et les vacuoles corticales.

Il est souvent rapporté que les gouttelettes lipidiques apparaissent dans la zone périnucléaire puis migrent vers la périphérie de la cellule dans les stades les plus avancés (Malservisi & Magnin, 1968 ; Nagahama, 1983 ; Selman & Wallace, 1989). Chez le Merlu les lipides apparaissent d'abord par une vacuolisation mal délimitée, située en couronne au centre du cytoplasme, pour ensuite se réunir en gouttelettes bien différenciées, réparties de façon aléatoire, ce qui rappelle ce qui a été décrit chez *Micropterus salmoides* (Mayer *et al.*, 1988 ; Goubier *et al.*, 1997).

A partir du stade V, les réserves lipidiques commencent à fusionner pour former une goutte unique au stade VI. Cette coalescence peut être utilisée comme critère indicateur de l'avancement de la maturité sexuelle du Merlu comme chez les autres téléostéens (Barnabé, 1991). Une revue bibliographique indique que ces lipides sont des lipides libres insaturés (Mayer *et al.*, 1988 ; Sarasquete *et al.*, 2002).

Des études histochimiques et morphologiques réalisées chez de nombreux téléostéens (Bazzoli & Godinho, 1995) montrent que chez les perciformes étudiés les vacuoles corticales



apparaissent tout d'abord à la périphérie de l'ovoplasme, puis finissent par occuper tout le cytoplasme. Pendant la vitellogenèse, elles migrent à la périphérie pour être finalement disposées en une seule couche continue de petites vacuoles. Chez le Merlu leur évolution suit ce schéma. [Selman & Wallace \(1989\)](#) précisent que ces vacuoles corticales, d'origine endogène, ne contiennent pas de vitellus.

Le vitellus, provenant de la vitellogénine d'origine hépatique, forme d'abord de petites vésicules puis des globules qui fusionnent dans les ovocytes matures ([Nagahama, 1983](#) ; [Selman & Wallace, 1989](#)). Plusieurs travaux notent que ces corps vitellins apparaissent sous forme d'anneau près de la zona radiata puis remplissent le cytoplasme de façon centripète ([Malservisi & Magnin, 1968](#) ; [Nagahama, 1983](#) ; [Selman & Wallace, 1989](#) ; [Goubier et al., 1997](#)). Le fait marquant chez le Merlu est que le vitellus apparaît toujours initialement d'un seul côté de l'ovocyte pour remplir ensuite tout le cytoplasme. A la fin du stade V, les globules vitellins deviennent coalescents.

La présence en périphérie du cytoplasme, d'un anneau très basophile est mentionnée par [Specker et al. \(1987\)](#) lors de l'étude histologique du développement des ovocytes de *Morone saxatilis*, il apparaît, comme pour Le Merlu, lorsque les premières cellules folliculaires sont visibles. La bande différenciée, basophile et striée dans le sens radial du cytoplasme observée dès le stade II et au stade III, cette basophilie est due à la présence d'ARN, pareillement décrite dans la littérature chez des téléostéens ([Stahl & Leray, 1961](#)).

#### ***F. Follicules atrétiques***

L'atrésie folliculaire se manifeste à des pourcentages de plus en plus élevés au fur et à mesure qu'on avance dans les stades de développement. Ce dernier peut affecter les follicules à tous les stades de maturation ([Lang, 1981a](#) ; [Sarasquete et al., 2002](#)). Comme observé chez le Merlu, ce processus se traduit initialement pour les stades prévitellins par une modification des membranes et l'apparition de vacuoles dans le cytoplasme de l'ovocyte ([Rizzo & Bazzoli, 1995](#)). Pour les stades vitellins, selon les descriptions de [Sarasquete et al. \(2002\)](#) et [Lang \(1981a\)](#) l'enveloppe vitelline se fragmente, le noyau des cellules folliculaires devient irrégulier et plus basophile puis il se disloque. La zona radiata se fragmente également, elle perd sa striation pendant que le vitellus dégénéré est visible. Les cellules folliculaires prolifèrent et s'hypertrophient pour former une structure compacte bien vascularisée appelée corps atrétique ([Mayer et al., 1988](#)). Lorsqu'elle concerne un ovocyte et son follicule au stade V, cette dégénérescence est le résultat d'un stress environnemental ([Nagahama, 1983](#)) ou d'une absence de ponte pour des raisons externes telles qu'une



température trop basse, une densité de poissons trop importante, ou l'absence de substrat adéquat (Martin *et al.*, 1998a).

### **G. Histochimie au niveau des follicules ovariens de *Merluccius merluccius***

Les globules lipidiques présents dans le cytoplasme dès la vitellogenèse précoce sont dissous pendant l'inclusion, d'après Sarasquete *et al.* (2002) ceci indique qu'ils sont composés de lipides libres insaturés tels que des triglycérides, des cérides ou des esters du cholestérol. La présence des ces lipides a été décrite chez *Dicentrachus labrax* (Mayer *et al.*, 1988).

La réaction à l'acide périodique-Schiff (APS) met en évidence les glucides possédant des groupements a glycol comme le glycogène ou les glycoprotéines neutres. Une réaction positive à l'APS dans les alvéoles corticales est un fait largement répandu. Il est rapporté chez de nombreuses espèces telles que *Oreochromis nitolicus* (Alves *et al.*, 1983), *Solea senegalensis* (Gutiérrez *et al.*, 1985); *Dicentrachus labrax* (Mayer *et al.*, 1988), *Sparus aurata* (Sarasquete *et al.*, 1993a), *Halobatrachus didactylus* (Gonzales de Canales *et al.*, 1992), *Thunnus thynnus* (Sarasquete *et al.*, 2002) et chez l'Apron du Rhône *Zingel asper* (Chevalier *et al.*, 2005). Sur dix espèces de characiformes brésiliens étudiées par Bazzoli & Rizzo (1990), neuf sont APS positives au niveau des alvéoles corticales. Chez *M. merluccius*, la double réactivité à l'APS et bleu alcian à pH : 2,5 indique que des glucides neutres sont accompagnés de protéoglycanes acides, carboxylés et/ou sulfatés.

Chez la plupart des poissons cités ci-dessus, ainsi que chez le Merlu, les alvéoles corticales contiennent également des protéines ce qui incite à penser que ces inclusions cytoplasmiques sont riches en glycoprotéines.

*Merluccius merluccius* présente la même réactivité, bien qu'atténuée, vis à vis de l'APS, et des colorants des protéines est retrouvée au niveau des vésicules vitellines. Cela montre que ces inclusions sont également composées de glycoprotéines neutres mais pas de protéoglycanes acides. Ces derniers ne sont également pas retrouvé chez d'autres espèces (Gutiérrez *et al.*, 1985 ; Bazzoli et Rizzo, 1990 ; Gonzales de Canales *et al.*, 1992 ; Grau *et al.*, 1996 ; Sarasquete *et al.*, 1993a, 2002). Dans de nombreuses espèces le vitellus est composé de glycoprotéines neutres et glycolipides (Sarasquete *et al.*, 2002). L'existence de glycolipides, glycoprotéines et phospholipides dans les vésicules vitellines peut être expliquée par la présence de dérivés de la vitellogénine (phosphovitelline et lipovitelline) dans ces inclusions cytoplasmiques (Sarasquete *et al.*, 1993a, 2002).



Chez le Merlu, la zona radiata réagit fortement à l'APS et positivement aux colorants des protéines même au bleu alcian. Ce type de réactivité est retrouvé chez tous les poissons pour lesquels une étude histochimique de cette membrane a été conduite (Alves *et al.*, 1983 ; Gutiérrez *et al.*, 1985 ; Mayer *et al.*, 1988 ; Bazzoli & Rizzo, 1990 ; Gonzales de Canales *et al.*, 1992 ; Grau *et al.*, 1996 ; Sarasquete *et al.*, 2002 ; Chevalier *et al.*, 2005). Scapigliati *et al.* (1999) utilisant des méthodes biochimiques et immunohistochimiques montrant que certaines des protéines de la zona radiata sont glycosylées. Chez *M. merluccius* la zona radiata est donc riche en glycoprotéines neutres mais dépourvue de mucopolysaccharides acides. La coloration à l'APS s'affaiblit de stade en stade, donc la fraction glucidique tend à diminuer au cours de la maturation. Les colorations obtenues aussi bien par l'APS que par les colorants des protéines sont homogènes, elles ne permettent pas de mettre en évidence une zona radiata dipartite comme rapporté par Caporiccio & Connes (1977), Mayer *et al.* (1988) et Martin *et al.* (2001).

Chez *Halobatrachus didactylus* (Gonzales de Canales *et al.*, 1992), *Seriola dumerili* (Grau *et al.*, 1996) et *Dicentrarchus labrax* (Mayer *et al.*, 1988), la zona radiata interne (ZRI) et la zona radiata externe (ZRE) sont également positives aux protéines alors que la seule la ZRE présente une réaction intense à l'APS. Chez ces espèces la ZRI contient des protéines riches en cystines permettant la création de ponts disulfure (Mayer *et al.*, 1988 ; Gonzales de Canales *et al.*, 1992 ; Grau *et al.*, 1996).

La couche gélatineuse présente sur les œufs de *M. merluccius* est composée de protéines et est très riche en protéoglycanes acides carboxylés et sulfatés. Une réactivité forte à l'APS et au bleu alcian est également rapportée pour la couche alvéolaire des œufs de *Zingel streber* (Riehl & Patzner, 1998) et *Zingel asper* (Chevalier *et al.*, 2005). Ces composés, également souvent présents dans la couche externe de la zona radiata (Bazzoli & Rizzo, 1990) sont responsables des interactions entre l'œuf et son environnement aquatique (Rizzo *et al.*, 2002).

Une substance de nature biochimique identique remplit le cytoplasme des cellules folliculaires durant le dernier stade avant l'ovulation. Ceci laisse à penser que ces polysaccharides sont synthétisés et/ou stockés au niveau de la granulosa. Des résultats identiques concernant aussi bien les cellules folliculaires que les structures associées à l'œuf de *Bryconops affinis* sont rapportés par Andrade *et al.* (2001). Pendant l'ovogenèse du Silure européen *Silurus glanis*, les cellules folliculaires synthétisent des mucosomes. Le *Jelly coat* de ce poisson est donc, avant l'ovulation, une couche cellulaire constituée par des cellules muco-folliculaires. Après l'ovulation les mucosomes sont libérés et responsables de la forte



adhérence des œufs (Abraham *et al.*, 1993). Selman & Wallace (1986) font également l'hypothèse que ce sont les cellules folliculaires qui, juste avant l'ovulation, synthétisent l'enveloppe filamenteuse recouvrant l'œuf de *Fundulus heteroclitus*.

#### ***H. Physiologie des ovaires de Merluccius merluccius***

Chez les poissons, trois types d'ovaires ont été classés selon le schéma de développement des ovocytes (Wallace & Selman, 1981 ; Nagahama, 1983 ; Specker *et al.*, 1987 ; Tyler & Sumpter, 1996) :

➤ Les ovaires totalement synchrones se caractérisent par la présence d'ovocytes tous au même stade de développement, trouvés chez les téléostéens qui ne pondent qu'une fois avant de mourir ;

➤ Les ovaires synchrones par groupe possèdent deux populations d'ovocytes. Une première population de gros ovocytes relativement synchrones, et une autre plus hétérogène de petits ovocytes, parmi lesquels, les premiers sont recrutés. Ce schéma est généralement caractéristique des téléostéens n'ayant qu'une ponte annuelle avec une saison de reproduction relativement courte.

➤ Enfin les ovaires asynchrones caractérisés par la présence d'ovocytes à tous les stades sans population dominante. Ce schéma se trouve chez les espèces qui pondent plusieurs fois pendant une saison de reproduction longue.

Le pourcentage de chaque stade de développement de l'ovocyte en fonction des mois permet de penser que durant le cycle de reproduction, le Merlu présente une première population d'ovocytes engagée dans le processus de développement sexuel et une population prédominante d'ovocytes de réserve. Ce schéma est identique à celui observé pour le Striped bass par Specker *et al.* (1987). Ses ovaires fonctionnent donc selon le modèle synchrone par groupe. Le mode de reproduction du *M. merluccius* comporte une ponte fractionnée et une saison de fraie courte.

L'étude histologique de l'ovaire du Merlu montre que, chez cette espèce, l'évolution des follicules et des ovocytes est conforme au modèle général décrit chez les autres poissons téléostéens (Selman & Wallace, 1989) et en particulier chez des poissons phylogénétiquement proches du Merlu (Malservisi & Magnin, 1968 ; Groman, 1982 ; Specker *et al.*, 1987 ; Wallace *et al.*, 1993 ; Goubier *et al.*, 1997).

Pendant toute la période de ponte, des ovocytes pré-vitellogéniques, des ovocytes vitellogéniques à tous les stades de développement et des follicules post-ovulatoires sont présents dans les ovaires, leurs croissances et leurs distributions sont plurimodales. Au sein



d'un même ovaire, plusieurs lots d'ovocytes sont visibles. L'accroissement final de chaque lot correspond à l'hydratation des ovocytes qui atteignent une taille définitive d'environ 700 µm. Ces ovocytes lorsqu'ils arrivent à maturité, sont pondus par lots successifs. La stratégie de ponte chez *M. merluccius* de la Côte-Est Algérienne est de type «**Ponte fractionnée**», ce poisson est susceptible d'effectuer plusieurs actes de ponte de façon fractionnée durant la même saison de reproduction.

À la lumière de ces différences avec d'autres espèces et entre différentes zones, *Merluccius merluccius* pourrait être considéré comme une stratégie de vie opportuniste, comportement inhabituel pour une espèce gadoïde et démérsales, soulevant plusieurs questions sur la biologie et l'écologie de *Merluccius merluccius* qui doivent être abordées. Compte tenu de cette grande variabilité, davantage de données seront nécessaires pour fournir des résultats concluants sur l'écologie de la reproduction du stock étudié.

La reproduction dépendant principalement de la température, de la photopériode et de la ressource alimentaire, signaux environnementaux qui initient le début du cycle de reproduction et le déclenchement de la ponte (Bieniarz *et al.*, 1977 ; Davies et Hanyu, 1986a,b ; Jobling, 1993 ; Koger *et al.*, 1999 ; Sherwood *et al.*, 2002 ; Migaud *et al.*, 2003 ; Yoneda et Wright, 2005). D'une part, Abdulfatah *et al.* (2007) distinguent que la température de l'eau est le facteur qui permet l'achèvement de la maturation sexuelle et le déclenchement de la ponte, d'autre part, certains auteurs (Wootton, 1990 ; Mandić *et al.*, 2012) relient cette différence régionale dans le temps et le moment de la ponte par la turbulence et l'hydrodynamique dans les différentes régions du bassin méditerranéen avec la température. La durée de la saison de reproduction est d'autant plus longue lorsque les conditions environnementales sont favorables (Gonclaves & Erzini, 1998), la remontée et l'abondance du zooplancton peut aussi affecter la reproduction des espèces (Parrish *et al.*, 1981). Les différences latitudinales de la ponte ont été mises en relation avec les différents régimes de températures (Encina *et al.*, 1997 ; Alvarez *et al.*, 2001).

Nous adhérons à l'avis que cette stratégie, favorisée en présence d'un milieu tempérée, induit une période de reproduction plus longue que celle des espèces à ponte unique, et permet de ce fait, une meilleure survie des jeunes de l'année en fonction des conditions favorables du milieu (Galloway & Munkittrick, 2006). Cependant, la longue période de frai est une caractéristique spécifique de *Merluccius merluccius*.



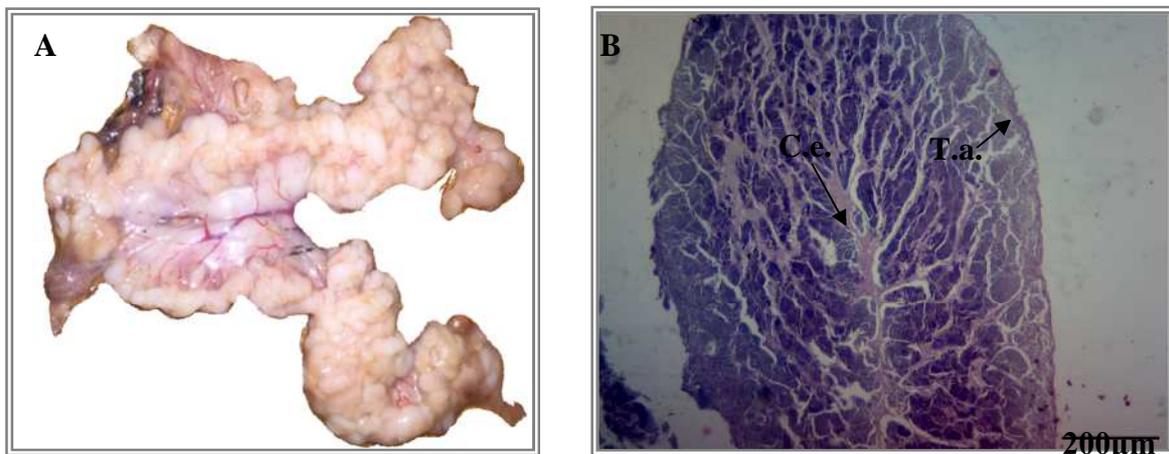
### 3.3. Examen microscopique de spermatogenèse de *M.merluccius* de la Côte-Est Algérienne

Après une description de la structure testiculaire du Merlu, une analyse fine de la gamétogenèse par microscopie photonique permet d'identifier et de caractériser les différents types cellulaires dans le testicule du Merlu et de décrire la dynamique du cycle sexuel des mâles. L'état de maturité des poissons est apprécié par l'examen de l'état des gonades.

#### 3.3.1. Observation des testicules de *Merluccius merluccius*

Un examen macroscopique montre que le testicule du Merlu est un organe pair, allongé, localisé dans la partie médiane et antérieure de la cavité abdominale (Fig. 91A). Il n'existe pas de vésicules séminales ou de glandes testiculaires annexes. Les testicules immatures sont rosés, les matures sont blancs.

L'examen microscopique montre que chaque lobe possède un canal déférent situé au fond d'un sillon, tel que le montre la coupe transversale (Fig. 91B). Les deux canaux fusionnent juste avant l'orifice urogénital. Sur cette coupe se distingue également la membrane du testicule, appelée couramment *tunica albuginea*.



**Abréviations :**

**C.e.** : Canal efférent ; **T.a.** : Tunica albuginea

**Coloration:**

**B.** Hématoxyline d'Harris.

**A** : Testicule entier (organe pair allongé) en période de développement sexuel ; **B** : coupe transversale d'un lobe testiculaire montrant le canal efférent et la membrane testiculaire : *Tunica albuginea*.

**Figure 91:** Testicule et coupe transversale d'un lobe testiculaire de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.



### **A. Coupe transversale de testicule**

Le testicule est organisé en lobules « non structurés ». Tous les types de cellules sexuelles sont présents le long du lobule. Les spermatozoïdes se concentrent au niveau de la lumière du lobule avant de rejoindre le canal efférent pour être émis.

### **B. Organisation d'un lobule en coupe longitudinale**

Le lobule est délimité par une membrane basale et en son centre se situe la lumière lobulaire. Il est organisé en cystes à l'intérieur desquels toutes les cellules sexuelles sont au même niveau de différenciation. Chaque cyste est entouré d'une enveloppe constituée de cellules de Sertoli. Les cellules de Leydig, à fonction endocrine, se situent dans l'espace interstitiel, entre deux lobules.

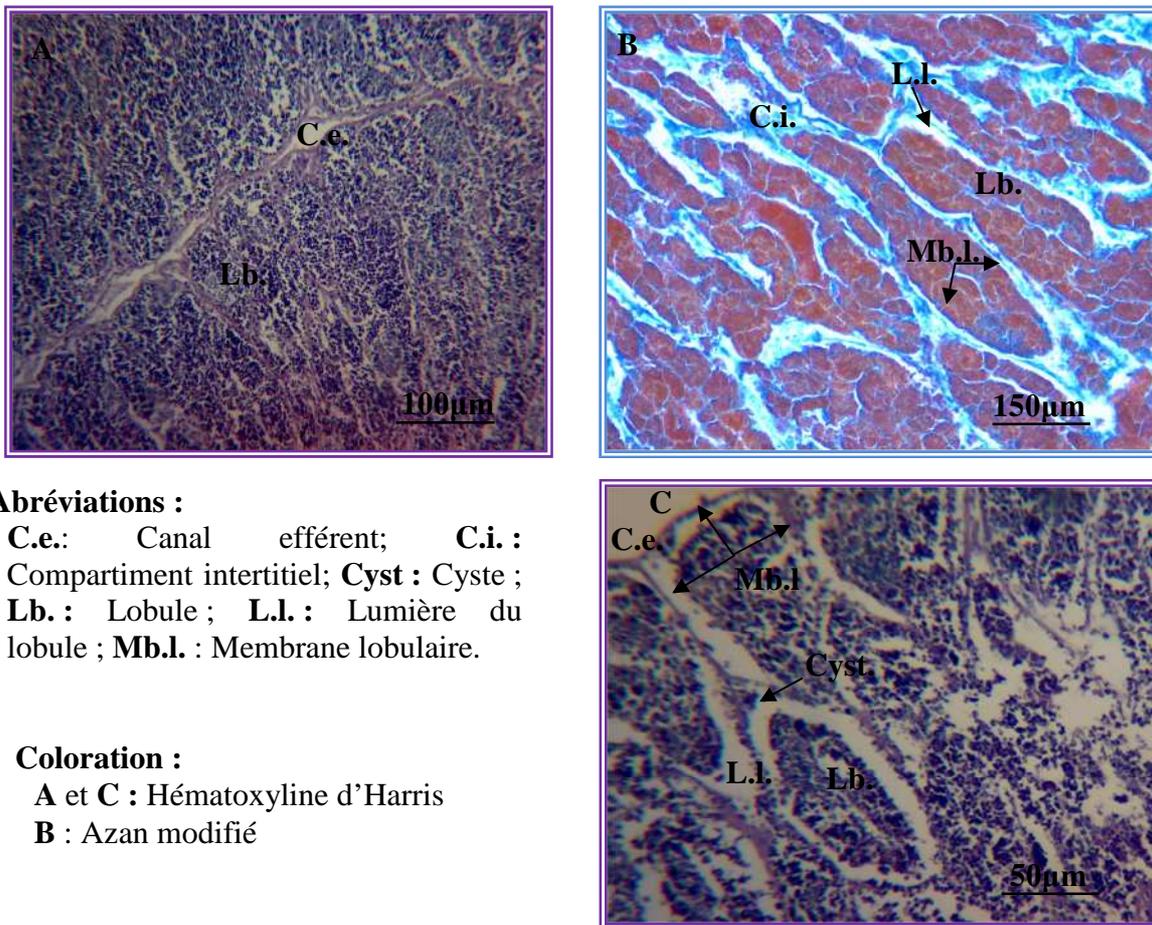
#### **3.3.2. La structure testiculaire de *Merluccius merluccius***

Chez le Merlu, les testicules sont organisés en lobules de types « non structurés » ou « unrestricted » décrits par [Grier \(1981, 1993\)](#), cas le plus fréquemment rencontré chez les téléostéens (Fig. 92A). Chaque lobule est constitué d'un épithélium germinale et présente une lumière qui permettra l'évacuation des spermatozoïdes vers le canal efférent.

Les cellules sexuelles sont organisées en cystes (seules les spermatogonies avant multiplication mitotique sont isolées), entourés d'une enveloppe constituée de cellules de Sertoli (Fig. 92B, 92C). Les lobules sont délimités par une membrane basale acellulaire et séparés par un épithélium interstitiel, où sont observés des îlots de cellules de Leydig à fonction endocrine.

Les différents stades de développement sont chronologiques. La spermatogenèse, qui se déroule à l'intérieur de cystes, se résume à une succession de cellules sexuelles obtenues après division cellulaire : spermatogonies, spermatocytes I, spermatocytes II, spermatides et spermatozoïdes. Les spermatogonies sont issues de cellules germinales primordiales lors de la phase de différenciation sexuelle.

Un stock résiduel de cellules indifférenciées subsiste au cours de la maturation sexuelle et perdure jusqu'à la prochaine phase de quiescence. Les caractéristiques des cellules sexuelles différenciées, ainsi que le mode de division cellulaire impliqué, sont décrits dans le tableau 59.



**Abréviations :**

**C.e.:** Canal efférent; **C.i. :** Compartiment interstitiel; **Cyst :** Cyste ;  
**Lb. :** Lobule ; **L.l. :** Lumière du lobule ; **Mb.l. :** Membrane lobulaire.

**Coloration :**

**A et C :** Hématoxyline d'Harris  
**B :** Azan modifié

**Figure 92:** Coupe histologique d'un testicule lors de la spermiation d'un individu de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne. **A :** coupe longitudinale illustrant la structure d'un bras de testicule; **B et C :** Détail montrant la structure lobulaire.

**Tableau 59 :** Description des types cellulaires de la spermatogenèse Chez *M.merluccius* et mode de division cellulaire impliqué.

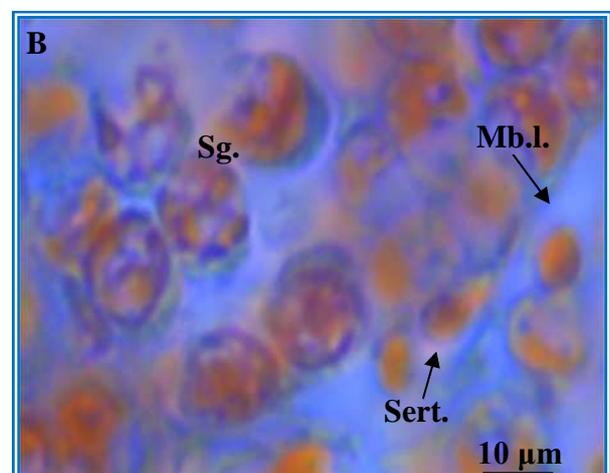
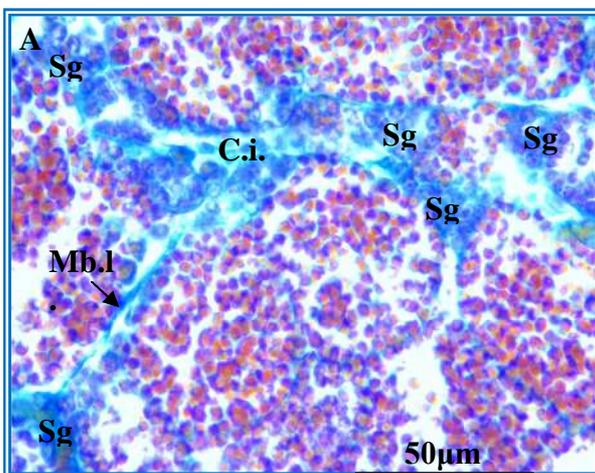
Type cellulaire	Division cellulaire		Degré de diploïdie
Spermatogonies	Mitose		2n
Spermatocytes I	Méiose	1ère division réductionnelle	2n
Spermatocytes II		2ème division équationnelle	2n
Spermatides			n
Spermatozoides			n



### **A. Les cellules germinales**

Sont les plus grandes cellules, plus au moins de formes sphériques pouvant être isolées ou en amas observées principalement en périphérie du testicule et des lobules appelés spermatogonies de type A. Les spermatogonies de forme ovoïde présentent un grand nucléus central et sont encapsulés en cystes (Fig. 93). Les spermatogonies primaires A, vont subir des mitoses et vont se transformer en spermatogonies secondaires, B, qui vont s'engager dans le processus de spermatogénèse. Les spermatogonies A sont associés à des cellules somatiques, les cellules de Sertoli, qui amorcent l'individualisation des cystes à spermatogonies B (Fig. 93B). L'évolution des cellules germinales est synchrone à l'intérieur de chaque cyste.

La migration des cystes de spermatogonies B, spermatocytes I et II et spermatides se fait de façon centripète. En effet, dans les lobules, les spermatogonies A et les cystes de spermatogonies B sont en périphérie alors que les cystes des spermatocytes et des spermatides sont au centre des lobules, proches des lumières (Fig. 93A). Au cours de la maturation sexuelle, les cystes augmentent en taille, en parallèle, dans chaque cyste, le nombre de cellules augmente et leur taille diminue. Les cellules germinales ont une coloration qui va du rose au rouge à l'azan modifié (Fig. 93A). Elles sont associées aux cellules de Sertoli au sein de l'épithélium germinale délimité par une membrane basale (Fig. 93B).



#### **Abréviations :**

**C.i. :** Compartiment interstitiel ; **Mb.l. :** Membrane basale de lobule ; **Sert. :** Cellule de Sertoli ; **Sg. :** Spermatogonies.

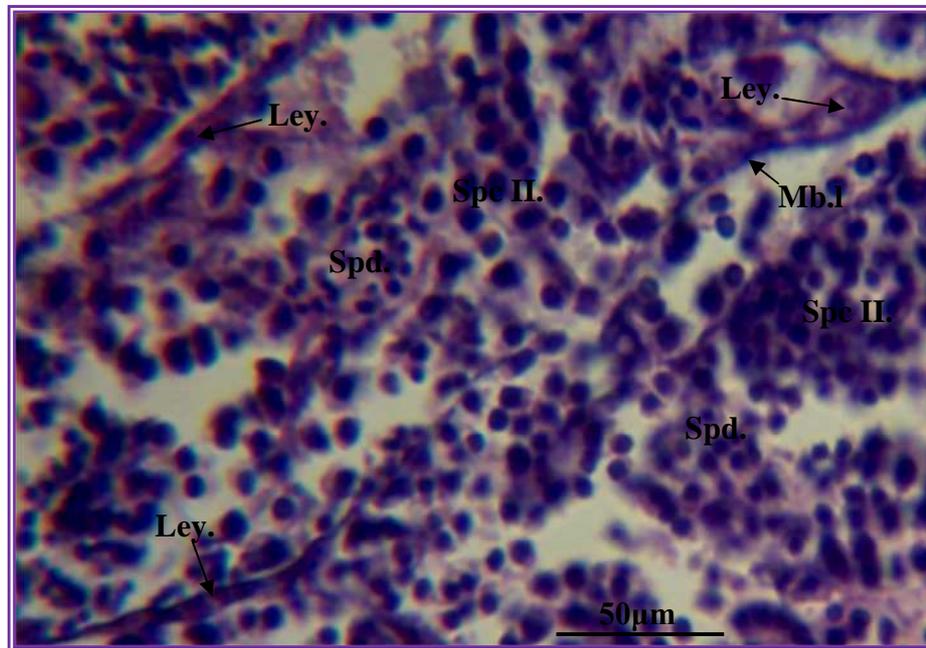
#### **Coloration:**

Azan modifié

**Figure 93:** Coupe histologique lors de la spermatogénèse montrant l'épithélium germinale de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.



A l'extérieur de cette membrane le tissu interstitiel est riche en fibres conjonctives colorées en bleu en plus des vaisseaux sanguins (Fig. 93A). Les cellules de Leydig sont visibles dans l'espace interstitiel en plus des cellules des cellules Myoïdes (Fig. 94).



**Abréviations :**

**Ley.** : Cellule de Leydig ; **Mb.l.** : Membrane basale du lobule ; **Spc.** : Spermatocyte ; **Spd.** : Spermatide.

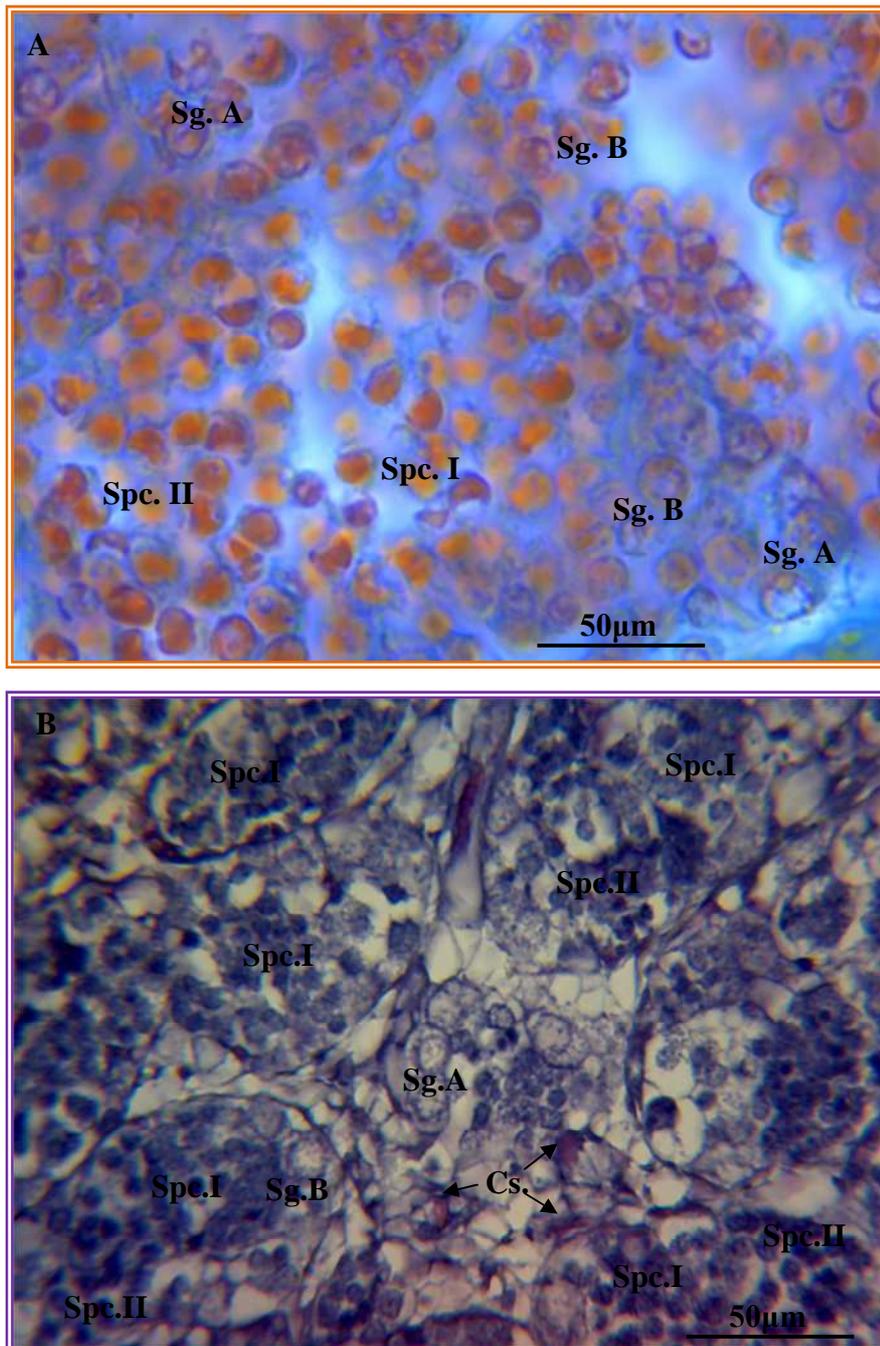
**Coloration :**

Hématoxyline d'Harris.

**Figure 94:** Coupe histologique transversale détaillée des cellules sexuelles de la spermatogenèse et du tissu interstitiel de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

Dans les lobules, une succession de divisions et de transformations des spermatogonies A en spermatozoïdes (SPZ) ont lieu : c'est la spermatogenèse. Une fois formés, les SPZ sont libérés des cystes. Ils se déversent et se concentrent dans la lumière des lobules d'où ils gagnent les systèmes évacuateurs : c'est la spermiation.

Par mitose, les Sg B se transforment en Spc I. Les spermatocytes I sont plutôt ronds présentant ont une taille plus petite et un noyau à chromatine condensée et une aire cytoplasmique très fine que celle des Sg B et rassemblée en paquet, conférant au noyau son aspect granuleux. Les nucléoles ne sont pas toujours visibles (Fig. 95).



**Abréviations**

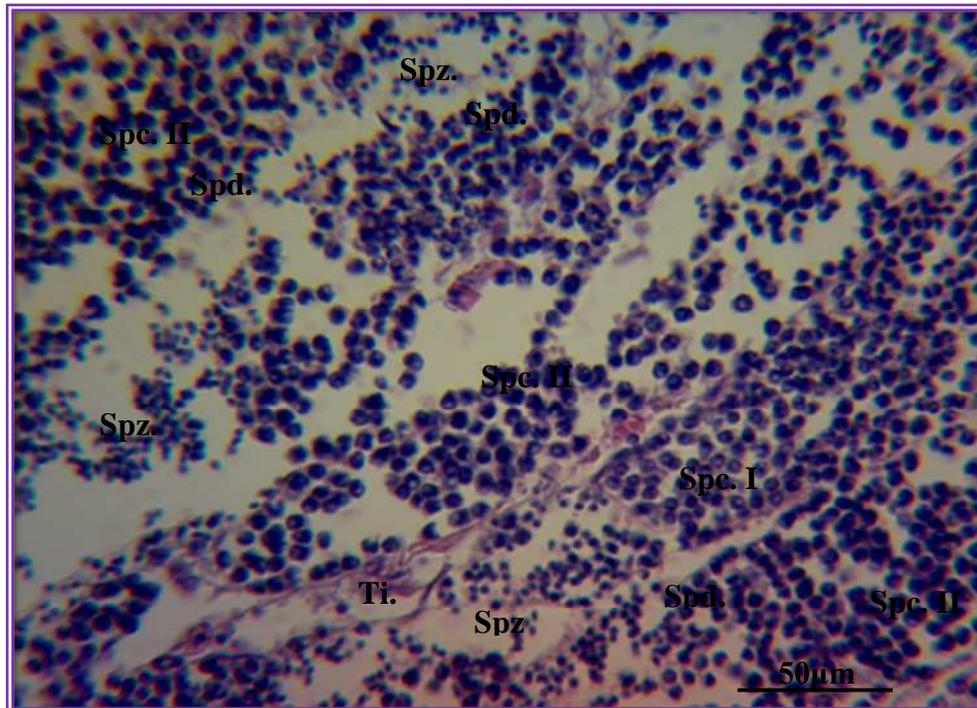
**Sg. A** : Spermatogonies A; **Sg. B** : Spermatogonies B;  
**Spc. I** : Spermatocytes I ; **Spc. II** : Spermatocytes II.

**Coloration**

**A.** Azan modifié  
**B.** Hématoxyline d'Harris

**Figure 95:** Différents types de cellules germinales dans le testicule de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

Les spermatocytes I entrent en méiose dont la première division donne naissance aux spermatocytes II et la seconde aux spermatides. Les SPC II ont une durée de vie très courte et sont rapidement divisés en jeunes spermatides (Fig. 96).



**Abréviations**

**Spc. I** : Spermatocytes I ; **Spc. II** : Spermatocytes II; Hématoxyline d'Harris  
**Spd.** : Spermatides ; **Ti.** Tissu interstitiel.

**Coloration**

**Figure 96:** Coupe histologique dans le testicule montrant la division des spermatocytes en spermatides de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

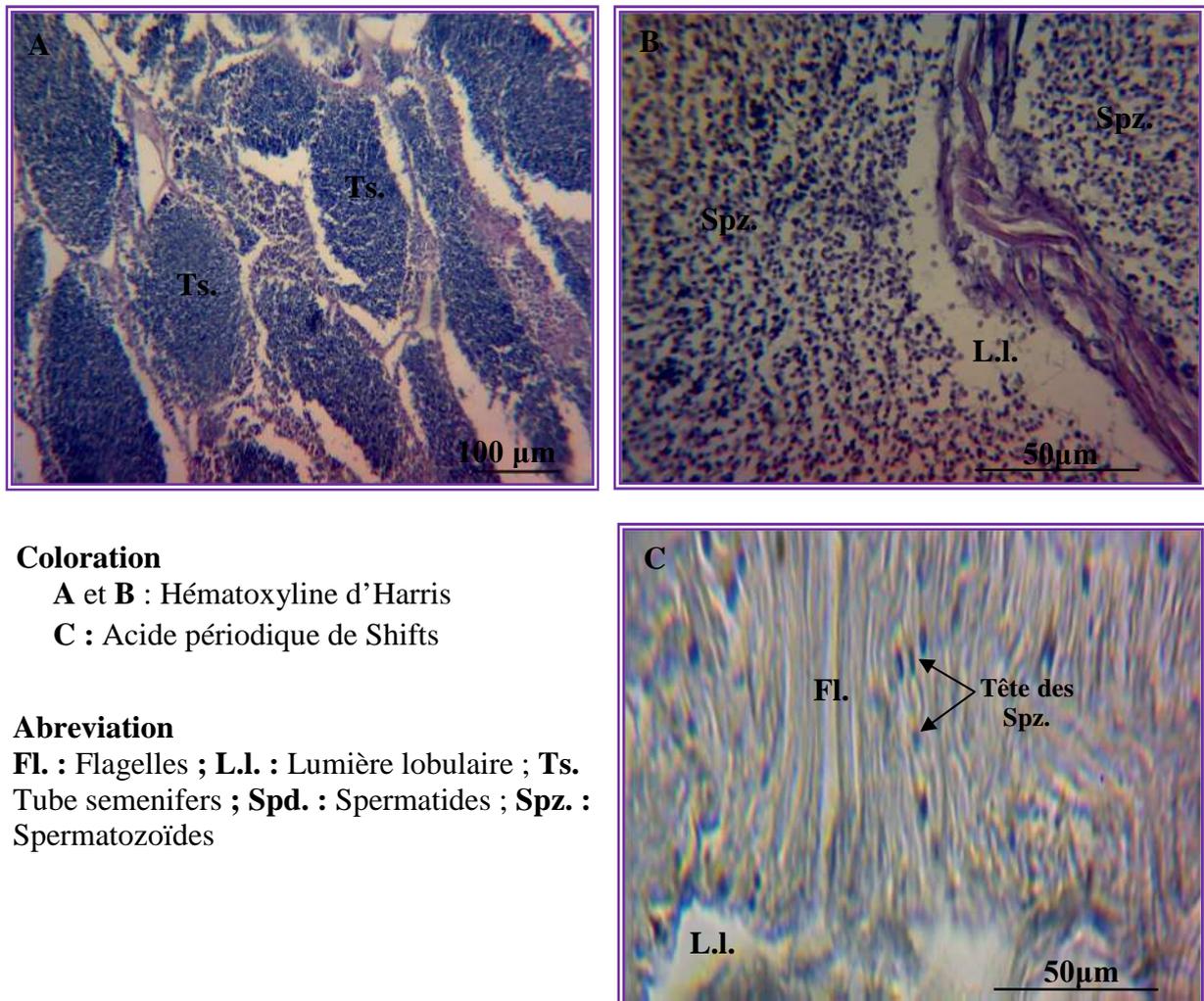
L'étude de la gamétogenèse du Merlu mâle par microscopie photonique n'a pas permis la distinction des deux types cellulaires. A ce stade de l'évolution des cellules germinales, le cytoplasme n'est plus visible (Fig. 96). Il n'y a plus de nucléoles. Les spermatides sont très basophiles. Le Développement des spermatides est accompagné par une réduction de taille et un noyau très basophile. Au cours de l'évolution des spermatides, elles passent par une étape où leurs noyaux apparaissent en croissant défini par un côté nettement plus clair que l'autre. Les cystes des spermatides sont proches du centre des lobules. Les spermatides matures évoluent alors en spermatozoïdes lors de la spermatogenèse.

Les spermatozoïdes sont les plus petites cellules de la lignée avec un noyau très dense et ils sont distingués par la présence de la lumière dans les lobes (Fig. 97). La phase finale de la spermatogenèse est marquée par les tubes séminifères remplis de spermatozoïdes (Fig. 07A) ; et seuls des spermatozoïdes sont observés dans les lumières des lobules. (Fig. 97B).

L'acide périodique de Shifts réalisée sur un testicule contenant des spermatozoïdes montre que ces derniers sont monoflagellés, présentant une tête ovoïde et une pièce



intermédiaire très fine (Fig. 97C). Sur les coupes, les spermatozoïdes sont observés en paquet formant "un parachute" ou un "bouquet".



#### Coloration

A et B : Hématoxyline d'Harris

C : Acide périodique de Shifts

#### Abreviation

Fl. : Flagelles ; L.l. : Lumière lobulaire ; Ts.  
Tube semenifers ; Spd. : Spermatisdes ; Spz. :  
Spermatozoïdes

**Figure 97:** Coupe histologique dans le testicule montrant la phase finale de la spermatogenèse et la production des spermatozoïdes qui se présentent dans la lumière des lobules de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

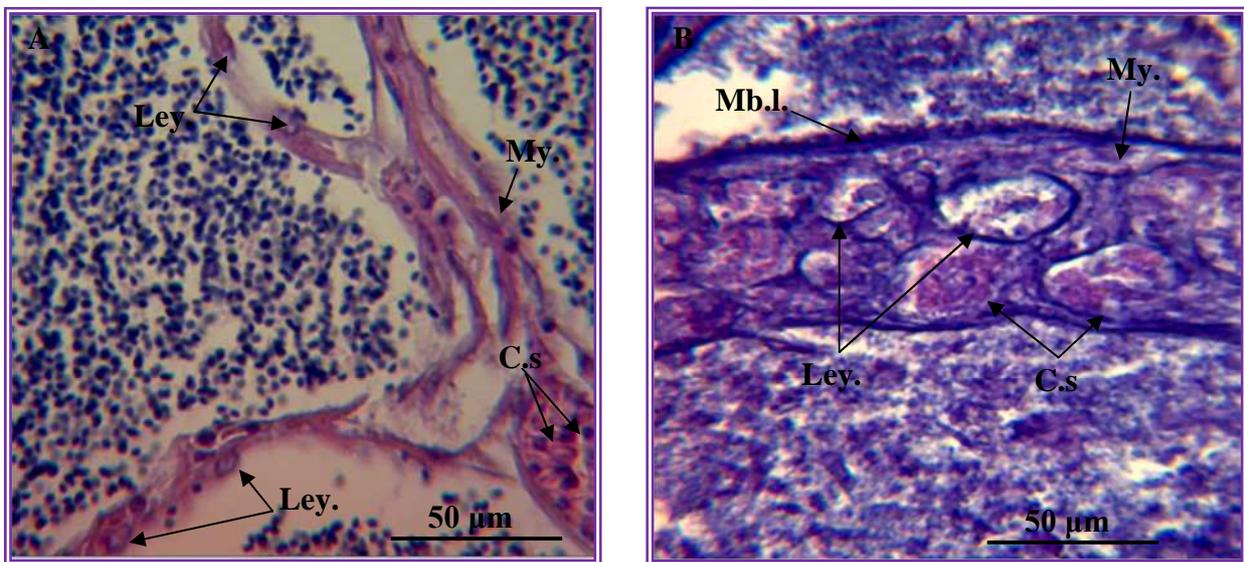
### **B. Les cellules somatiques**

Dans l'épithélium germinale du Merlu mâle, les cellules de Sertoli ont été identifiées. En présence des spermatogonies A et spermatogonies B, ces cellules sont fusiformes et allongées souvent triangulaire, contenant parfois un nucléole peu marqué (Fig. 98B). Elles sont plus basophiles que les spermatogonies A et B. Elles sont plaquées contre les spermatogonies A et forment les premiers cystes, en entourant les spermatogonies B. En présence des spermatocytes I, spermatocytes II et des spermatisdes les cellules de Sertoli ne sont plus observées que sous la forme d'une fine enveloppe qui délimite les différents cystes.



En effet, ces cellules libres, rondes et peu basophiles ressemblent aux cellules de Sertoli associées aux spermatogonies.

Dans l'épithélium interstitiel, les cellules de Leydig ont été très peu observées sur les coupes étudiées (Fig. 98). Elles se situent à la périphérie des vaisseaux sanguins. Leur cytoplasme est très peu visible. Ce sont des cellules au noyau elliptique, peu basophile avec une chromatine dispersée. Sur certaines d'entre elles, un nucléole est discernable. Un autre type de cellule est présent dans le tissu interstitiel. Elles sont plaquées contre la lame basale des lobules et de forme très allongée (Fig. 98). Elles peuvent être identifiées comme des cellules Myoïdes.



#### **Abréviations**

**C.s.** : Capillaire sanguine ; **Ley.** : Cellule de Leydig ; **Mb.l** : Membrane basale du lobule ;  
**My.** : Cellule de myoïde

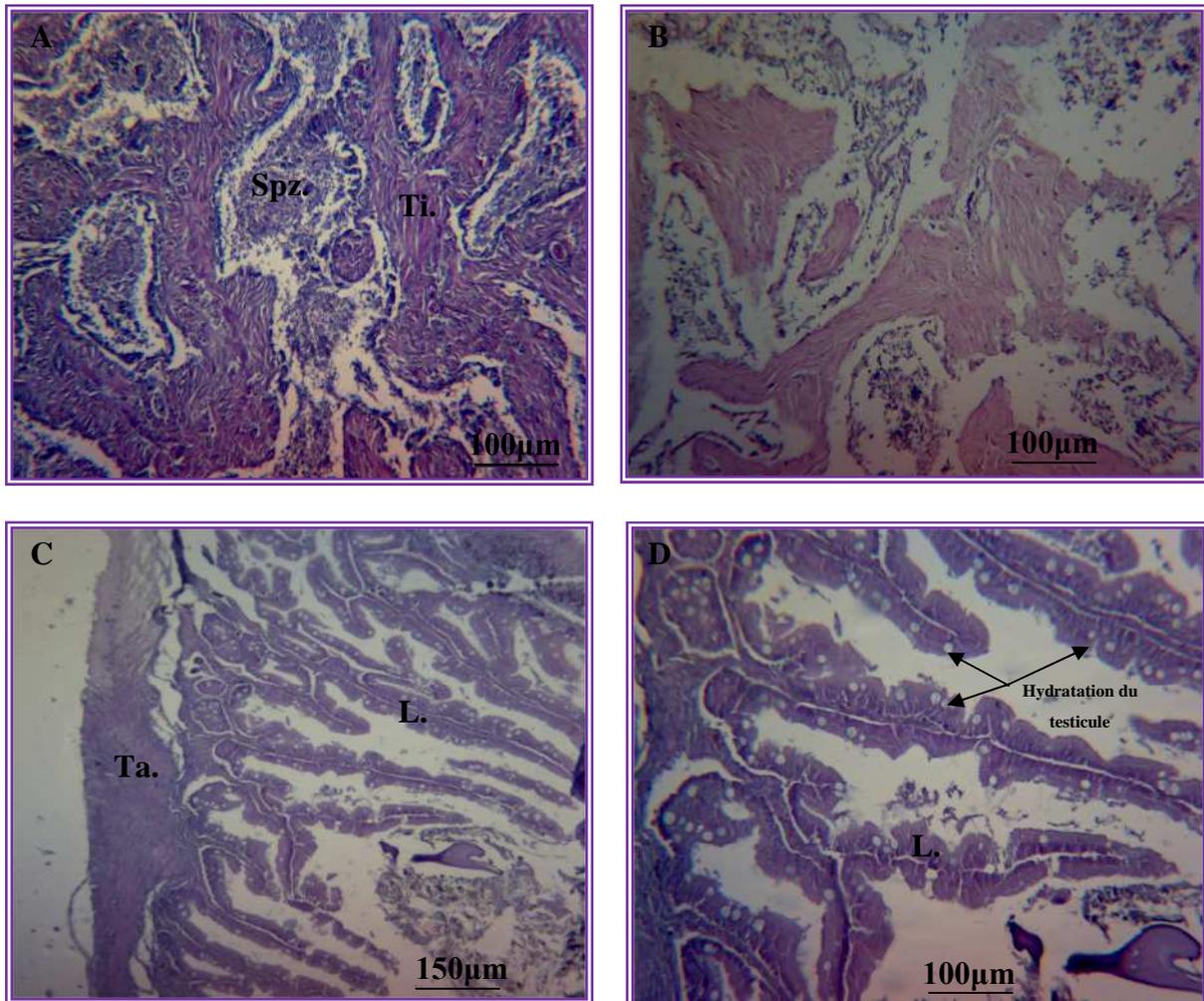
#### **Coloration**

**A et B** : Hématoxyline d'Harris.

**Figure 98:** Coupe histologique détaillée des cellules du tissu interstitiel en **A**, riche en cellules de Leydig et cellules de Myoïde en **B** de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

### ***C. Emission partielle puis totale des spermatozoïdes***

Ce dernier stade est présenté par deux phases émission partielle puis une deuxième poste-émission totale des spermatozoïdes. En premier, les spermatozoïdes qui sont présents dans la lumière des lobules, remplissent tous les tubes séminifères, qui les confluent vers le canal efférent. Le tissu interstitiel se trouve envahi par les spermatozoïdes (Fig. 99A, 99B). Enfin, ce dernier stade est présenté par la phase poste-émission dont le testicule se vide carrément suite à l'émission totale des spermatozoïdes (Fig. 99C, 99D).



**Abréviations:**

**L.** : lobule ; **Ta.** : Tunica albuginea ; **Ti.** : Tissu inertiel ; **Spz.** : Spermatozoïdes.

**Coloration:**

Hématoxyline d'Harris.

**A** : Coupe illustrant l'émission partielle des spermatozoïdes ; **B** : Coupe illustrant l'émission totale des spermatozoïdes ; **C** : Coupe longitudinale illustrant la structure en branche (flèche) ; **D** : Détail montrant la structure lobulaire après émission totale des spermatozoïdes.

**Figure 99:** Coupes histologiques de testicule montrant les étapes d'émission des spermatozoïdes de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

### 3.3.3. Comparaison de la structure testiculaire de *Merluccius merluccius* avec celle d'autres Téléostéens

Une compréhension de la reproduction des poissons est fondamentale pour plusieurs domaines de recherche tels que la dynamique des populations, les processus d'invasion, l'écotoxicologie, l'aquaculture, etc... (Rocha *et al.*, 2008 ; Sculz *et al.*, 2010). La reproduction chez les téléostéens est étudiée principalement chez les femelles car l'ovogenèse contrôle la



fécondité (Murua *et al.*, 2003; Thorsen *et al.*, 2006), mais peu d'auteurs se sont intéressés au développement testiculaire, à l'échelle macroscopique ou microscopique, du fait que le mâle ne cause pas un problème pour la reproduction, tandis que la spermatogenèse et la régulation endocrinienne des poissons ont été largement décrites (Grier, 1981; Billard *et al.*, 1992; Nagahama, 1983 ; Billard, 1986; Callard, 1991; Grier, 1992; Takashima & Hibiya, 1995; Schulz & Miura, 2002; Vizziano *et al.*, 2008c).

En plus, quelques études histologiques sur les gonades de poissons mâles, réalisées en milieu naturel (Carrasson & Bau, 2003; Dziewulska & Domagala, 2003; El-Halfawy *et al.*, 2007) ou en captivité (Gupta, 1975), ont conduit à définir des stades de maturité sexuelle basés sur l'évolution de la spermatogenèse. Ces études, principalement basées sur l'apparence macroscopique des gonades, la présence des cellules sexuelles les plus évoluées et certains critères cytologiques, ont permis d'identifier 5 à 9 niveaux de maturité (Dziewulska & Domagala, 2003).

La structure testiculaire du Merlu mâles est décrite à travers l'observation de plus de 250 individus âgés de 1 à 7ans. L'analyse des testicules montre une structure commune à la plupart des téléostéens (Grier, 1980), un organe pair, allongé, localisé dans la partie médiane et antérieure de la cavité abdominale et se prolonge en direction caudale. Il est à préciser que contrairement à certains Siluriformes qui ont un testicule frangé (Billard, 1983b ; Billard, 1990 ; Santos *et al.*, 2001 ; Guimarães-Cruz & Dos Santos, 2004), le testicule du Merlu est lisse. En outre, il ne possède pas de vésicule séminale comme il en existe chez un autre Perciforme (Cinquetti, 1997).

Comme chez de nombreux téléostéens (Selman & Wallace, 1986 ; Legendre & Jalabert, 1988 ; Manni & Rasotto, 1997) les deux canaux testiculaires occupent presque toute la longueur du testicule et se réunissent postérieurement dans un canal unique qui se termine au niveau de l'orifice urogénital où le sperme est expulsé. Les tubes séminifères du Merlu ont une extrémité aveugle à la périphérie des gonades ce qui lui confère une structure lobulaire (Grier *et al.*, 1980; Billard, 1990 ; Mellinger, 2002), rencontrée chez la plupart des téléostéens: *Salmo trutta fario* un Salmonidae (Billard, 1983a), *Labeo victorinus* un Cyprinidae (Rutaisire *et al.*, 2003) et plus particulièrement chez les Perciformes : *Centropomus undecimalis* (Grier et Taylor, 1998), *Macropodus opercularis* (Lee *et al.*, 2006), *Acanthopagrus schlegeli* (Huang *et al.*, 2002). Cependant, la morphologie du testicule est variable, même à l'intérieur d'un même groupe (Billard, 1990).

Chaque lobule est constitué d'un épithélium germinale dont les cellules sexuelles sont disposées en kystes (seules les spermatogonies avant multiplication mitotique sont isolées).



Ces derniers, présentent une lumière qui permet l'évacuation des spermatozoïdes vers le canal efférent. Les lobules sont délimités par une membrane basale acellulaire et entre chaque lobule, dans l'épithélium interstitiel, se trouvent des poches de cellules de Leydig et myoïdes à fonction endocrine. D'autre part, l'examen microscopique des coupes de testicules du Merlu ont permis de caractériser et de décrire d'une part la structure testiculaire et d'autre part les différents types cellulaires ; les spermatogonies A et B, les spermatocytes de type I et II, les spermatides et les spermatozoïdes. La spermatogenèse peut se résumer donc à une succession de cellules sexuelles obtenues après division cellulaire: spermatogonie, spermatocytes I, spermatocytes II, spermatides et spermatozoïdes. Les caractéristiques de ces cellules, ainsi que les moyens de division cellulaire impliqués, sont décrits dans le tableau 49.

Le terme «cellule germinale primordiale» est utilisé avant la différenciation sexuelle des gonades, chaque cellule germinale étant à l'origine d'un spermatogonium (ou oogonia) (Dodd, 1986). Cependant, un stock résiduel indifférencié existe pendant la maturation sexuelle qui reste jusqu'à la prochaine phase de repos.

Les spermatogonies sont des cellules de grande taille avec un noyau volumineux contenant un nucléole central (très chromophile); la chromatine n'est pas bien diffusée dans le nucléoplasme qui présente une couleur très claire avec un aspect granuleux. Les spermatogonies ( $2n$ ) se multiplient par division mitotique pour former des kystes de spermatogonies, puis des spermatocytes I ( $2n$ ). Des spermatogonies de type A associées à des cellules de Sertoli, qui forment une fine enveloppe autour des kystes, sont dispersées tout le long des lobules en particulier dans les tubes séminifères de la périphérie du testicule. Cette distribution correspond au type de testicule à spermatogenèse non restreinte (Grier *et al.*, 1980 ; Grier & Lo Nastro, 2000), observée chez d'autres perciformes (Manni et Rasotto, 1997 ; Hardy *et al.*, 2002 ; Huang *et al.*, 2002 ; Fishelson, 2003 ; Schulz *et al.* , 2003, 2004 ; Parenti & Grier, 2004 ; Schulz *et al.*, 2010).

Dans les lobules les spermatogonies A subissent de nombreuses divisions mitotiques produisant des cystes de spermatogonies B. De façon similaire aux poissons possédant un testicule de type lobulaire, au cours de la maturation, les cystes délimités par les extensions des cellules de Sertoli contiennent des cellules germinales toutes au même stade de maturité (Nagahama, 1986 ; Fishelson *et al.*, 2006). La littérature montre qu'ils ne se développent pas tous en même temps (Lalancette, 1975 ; Groman 1982). Les cystes grossissent, migrent vers la lumière au centre des lobules puis s'ouvrent (Fishelson, 2003). Les seules cellules germinales visibles dans les lumières de ces lobules sont les spermatozoïdes ce qui confère à



*Merluccius merluccius* testicule de type cystique opposé au type semicystique (Mattei *et al.*, 1993). Dans le super ordre des téléostéens, les deux types de testicules s'observent, cystique pour *Labeo victorianus*, un Cypriniforme (Rutaisire *et al.*, 2003), *Piaractus mesopotamicus*, un Characiformes (Da Cruz-Landim *et al.*, 2005), *Plagioscion squamosissimus*, un Perciforme (Gusmão *et al.*, 1999) et semi-cystique ou à spermiation anticipée (Mellinger, 2002) pour un Perciforme *Opistognathus whitehurstii* (Manni & Rasotto, 1997), un Lophiiforme *Lophius litulon* (Yoneda *et al.*, 2005) et un Gasterosteiforme *Gasterosteus aculeatus* (Sokolowska & Kulczykowska, 2006).

Chez *Merluccius merluccius*, au cours du développement sexuel, les spermatogonies A et B, spermatocytes I et II, spermatides et spermatozoïdes ont été observées sur des coupes de testicules par microscopie photonique. Les spermatogonies caractérisés chez le Merlu sont morphologiquement semblables aux gonies des testicules de téléostéens largement décrites dans la littérature par observation en microscopie photonique (Guimarães-Cruz *et al.*, 2005 ; Santos *et al.*, 2006). De nombreux auteurs (Nagahama, 1983 ; Fishelson *et al.*, 2006) caractérisent les spermatocytes I par la présence de chromatine condensée irrégulière. Les nucléoles, en tant que corps identifiés, ne se distinguent pas toujours (Raizada, 1975 ; Lo Nostro *et al.*, 2003). Les spermatocytes I ont également une chromatine condensée en paquet et les nucléoles ne sont que rarement visibles.

Les spermatocytes II ont une durée de vie très courte (Nagahama, 1983 ; Miura, 1999). En effet, la méiose est très rapide. Ils sont peu fréquents et rapidement divisés pour former les spermatides donc difficiles à reconnaître. Il est important de mettre en relief qu'au cours de l'évolution du jeune spermatide vers le spermatide mature, la chromatine répartie régulièrement est par la suite répartie en croissant dans le noyau. A la fin de ce stade, le noyau est homogène et un flagelle se développe au pôle postérieur du noyau. Les spermatides du Perciforme *Thalassoma bifasciatum* (Koulish *et al.*, 2002) et du Percidae *Zingel asper* (Chevalier *et al.*, 2005) présentent des caractéristiques similaires. Sur les coupes de testicules d'individus matures, il a pu être observé juste avant la spermiation, des spermatozoïdes groupés en forme de parachute.

Tout au long de la période d'étude, les cellules de Sertoli ont été observées, associées aux différentes cellules germinales à l'intérieur des lobules délimités par une membrane basale. Cette structure tripartite (cellules de Sertoli, cellules germinales et lame basale) définit l'épithélium germinal est présente communément chez les téléostéens (Koulish *et al.*, 2002 ; Fishelson *et al.*, 2006 ; Lee *et al.*, 2006) dont *Merluccius merluccius*. D'après Grier (1992,



1993, 2000) et Billard (1990) c'est un épithélium germinal permanent. D'autres cellules participent également à la spermatogenèse: cellules hormonales ou Leydig, existant dans le compartiment interstitiel, et cellules de Sertoli. Diverses fonctions ont été attribuées aux cellules de Sertoli: elles jouent un rôle dans le soutien structurel des cellules germinales et leur nutrition (Alavi *et al.*, 2008).

### **Conclusion**

Selon la littérature, le Merlu en Méditerranée présente une variabilité dans la saison de reproduction et les résultats actuels sont dans la gamme de cette variabilité.

Il nous a fallu, après une description de l'évolution des cellules sexuelles, établir ensuite une codification des stades de maturité sexuelle. La description de l'évolution des cellules reprend les différents stades connus chez d'autres espèces de poissons, conformément aux travaux de Stahl & Leray (1961), Fontana (1969), Gupta (1975), Wallace & Selman (1981), Sarano (1986) ; De Moussac (1986), Deniel (1989), Le Duff *et al.* (1996), Gaamour (1999), Carrasson & Bau (2003).

La détermination de l'état de maturité ovarienne se réfère à ces stades cellulaires mais selon des critères variables. Cependant, le stade de maturité des individus désigne la cellule sexuelle la plus évoluée. Dans la présente étude, les huit stades ovariens de maturation sexuelle ont été définis en référence aux types cellulaires présents et les surfaces relatives, exprimées en pourcentages, qu'ils occupent dans une coupe histologique transversale d'ovaire, ce qui permet de préciser par des données numériques originales, les différents états de la maturité ovarienne ainsi que leur évolution. Les stades de repos sexuel, de maturation, et de reproduction (émission des gamètes) sont décelables et parfaitement définis par un codage qui, associé à l'analyse des RGS, a permis un diagnostic précis du développement ovarien au cours de l'ovogenèse.

A l'échelle macroscopique, la période de reproduction de *Merluccius merluccius* se présente avec trois pics principaux au cours d'un cycle sexuelle, le premier commence et en mars-avril, le deuxième se manifeste en août-septembre et le dernier enregistré en novembre-décembre. Cette étude nous a permis de situer avec précision la période de reproduction du Merlu et de montrer qu'elles concordent avec celles calculées grâce au RGS en 2013-2014 (Alik, 2015). L'ensemble de nos résultats s'octroie avec celle d'autres auteurs (Tornaritis *et al.*, 1993, Soriguer *et al.*, 1997; Recasens *et al.*, 1998, 2008; Lloret *et al.*, 2008 ; Dominguez-



Petit *et al.*, 2010 ; Absawy et Abd . 2010 ; El Habouz *et al.*, 2011 ; Costa ., 2013 ; Khoufi *et al.*, 2014).

A l'échelle microscopique, l'examen histologique des gonades des Merlus femelles indique la maturation des ovaires asynchrones pour cette espèce. L'ovaire présente des ovocytes à tous les stades de leur développement tout au long de la période de reproduction. Nous avons apporté la preuve histologique que la reproduction des femelles de *Merluccius merluccius* est de type « **batch spawner** », c'est-à-dire à ponte fractionnée avec un développement asynchrone des ovocytes, comme le montrent [Kartas & Quignard \(1984\)](#), où la ponte des œufs se fractionne en plusieurs «fournées». La présence relative des individus à différents stades de maturité a montré une forte corrélation avec la saisonnalité. Nos résultats concordent avec ceux de la littérature où la ponte est très étalée dans le temps ([Bouaziz, 1992](#); [Recansens, 1992](#); [Ungaro \*et al.\*, 2001](#) ; [Belhoucine, 2012](#) ; [Khoufi \*et al.\*, 2014b](#)).





*Dans son livre intitulé «**les ressources de la mer**» publiée en 1997, le géographe **Jean-Claude Chaussade** se demandait, au vu de la situation actuelle d'intense exploitation sur ces ressources halieutiques de quelle manière la mer pouvait encore contribuer et venir au secours de l'humanité sur le plan de l'alimentation.*

---

### *Cinquième partie*

#### *Exploitation du stock de **Merluccius merluccius***

---

*Certains filets dérivants mis bout à bout s'étendent sur 30 à 40 kms, capturant toutes les espèces présentes.*





***Mortalités et Exploitation du Stock  
de Merluccius merluccius du secteur Est Algérien***

**I. Introduction**

Afin d'estimer le niveau optimal d'exploitation, il est nécessaire de connaître à la fois le taux de croissance et le taux de mortalité. En règle générale, au cours de la période entre l'arrivée de jeunes spécimens dans la zone de pêche et l'âge de la première capture, seuls les facteurs de mortalité naturelle sont apparents. Après la première capture de jeunes spécimens, la mortalité par pêche commence aussi à avoir de l'influence. La mortalité de l'espèce, à ce moment-là, est le résultat de l'action combinée de la mortalité naturelle et de la mortalité par pêche (Hebbar, 2013 ; Bouaziz *et al.*, 2014).

**II. Estimation des différentes mortalités**

La mortalité étant la disparition des individus durant un intervalle de temps donné. Plusieurs causes de diminution de l'effectif interviennent dans une population soumise à la pêche.

- d'une part, les captures résultant des activités humaines ;
- d'autre part, la mort dite naturelle.

**1. Mortalité totale (Z)**

**Z** est défini comme le coefficient instantané de mortalité totale, avant d'estimer séparément la mortalité par pêche et la mortalité naturelle, il est convenable d'évaluer la mortalité totale (Gulland, 1969).

Si les apports apportés à un stock de poissons sont scindés en 2 parties, représentées par la croissance et le recrutement provenant de la reproduction, ces pertes sont représentées par une seule partie: **la mortalité**. Le taux de mortalité **Z** est une donnée nécessaire pour l'aménagiste des pêches, à l'échelle d'une année, il est composé de la mortalité due aux captures par pêches (**F**) et aux mortalités naturelles (**M**) (physiologiques, génétiques, climatiques, etc.) (Pauly, 1997).

Où:

$$Z = F + M$$

F: coefficient instantané de mortalité par pêche ( $\text{an}^{-1}$ );

M: coefficient instantané de mortalité naturelle ( $\text{an}^{-1}$ ).

Dans le cas d'absence de toute activité d'exploitation ou de pêche, la mortalité totale se confond avec la mortalité naturelle on a:

$$Z = M$$



Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de la mortalité totale  $Z$  à partir des distributions de fréquences de tailles. On peut obtenir, comme le suggèrent [Beverton & Holt, \(1956\)](#) ou encore [Jones \(1983\)](#) et [Pauly \(1997\)](#), une évaluation raisonnable de  $Z$  en connaissant la longueur moyenne d'un échantillon représentatif de la population ou en traçant la droite dite des effectifs cumulés. Une des méthodes les plus communément appliquées dans les eaux tempérées pour l'estimation de la mortalité totale est la méthode de la courbe des captures en longueur avec des intervalles de temps constant.

Les premières utilisations de cette méthode datent des travaux d'[Edser, \(1908\)](#) ; [Heincke \(1913\)](#) et [Baranov \(1918\)](#). Cette méthode a été revue par [Beverton & Holt \(1956\)](#); [Chapman & Robson \(1960\)](#); [Robson & Chapman \(1961\)](#); [Ricker \(1975\)](#), [Sparre & Venéma \(1998\)](#) et [Pauly \(1984a; 1984b; 1990, 1997\)](#).

Nous avons retenu la méthode de [Pauly \(1984 a; 1984 b; 1990, 1997\)](#) appelée, «**méthode de la courbe de capture linéarisée**», basée sur l'élaboration de la courbe de captures selon les longueurs. L'application de cette méthode nécessite le regroupement des échantillons mensuels sur une année. L'estimation de  $Z$  au moyen de la courbe des prises est basée sur l'analyse des structures démographiques issues de la clé âge-longueur. Pour obtenir  $Z$  de cette façon, il faut 3 conditions ([Pauly & Moreau, 1997](#)):

1. Regrouper les différents échantillons en une distribution de fréquences unique représentative de la population pendant la période considérée ;
2. Construire la courbe de captures elle-même à partir de cet échantillon unique et de l'équation de courbe de croissance en longueur ;
3. Ne prendre en considération que la partie descendante située sur la droite de la courbe de captures.

Les courbes de captures selon les longueurs sont de 2 types avec et sans saisonnalité. Nous avons utilisé les courbes de captures selon les longueurs **sans saisonnalité** pour le calcul de la mortalité totale ( $Z$ ), dont les paramètres de saisonnalité  $C = 0$  (FISAT II ([Gayanilo et al., 2005](#))).

Cette méthode permet l'estimation des probabilités de captures qui ne prennent pas en considération les oscillations saisonnières de croissance. Cette courbe est définie par l'équation:



$$\ln (N_i / \Delta t_i) = a + b$$

Où:

$N_i$ : nombre de survivants à l'âge  $t_i$ ;

$a$ : constante correspondant à l'ordonnée à l'origine;

$b = -Z$ ;

$t_i$ : temps moyen que prend un poisson, au cours de sa croissance, pour traverser la classe de tailles  $i$ .

Il se calcule par:

$$\Delta t_i = \ln [(L_\infty - Li_1)/(L_\infty - Li_2)]/K$$

Où :

$Li_1$  et  $Li_2$  sont respectivement les limites < et > de la classe de longueur  $i$ .

## 2. Mortalité naturelle (M)

En réalité, la mortalité naturelle englobe plus d'un seul phénomène naturel de mort physique pour les halieutes. En effet, dès qu'un animal sort de la zone où s'exerce la pêche que ce soit par migration, maladie, prédation, vieillesse ou décès, il est considéré comme mort.

La mortalité naturelle **M** représente toute source de mortalité autre que la mortalité liée à la pêche (Pauly, 1988). Le coefficient **M** est l'un des paramètres les plus difficiles à évaluer, pourtant, une valeur aussi exacte que possible de **M** est nécessaire pour mettre en œuvre la plupart des modèles habituels de gestion des stocks (Beverton & Holt, 1956; Taylor, 1959 ; Rikhter & Evanof, 1976 ; Ricker, 1980; Pauly & Monreau, 1997).

Un certain nombre de méthodes empiriques fondées sur des caractéristiques liées à la longévité, à la croissance, à la maturation, et les conditions du milieu peuvent être utilisées pour estimer **M**, parmi elles:

### ➤ La méthode de Djabali *et al.* (1993)

La méthode de Djabali *et al.* (1993) spécifique aux poissons téléostéens de la Méditerranée la plus proposée pour estimer (M). Cette dernière utilise une équation déduite de régressions linéaires multiples, basée sur les paramètres de croissance et de mortalité obtenus à partir de 56 stocks de poissons vivant en Méditerranée parmi lesquels notre espèce *Merluccius merluccius*.

$$\text{Log}_{10} M = -0,0278 - 0,1172 \text{Log}_{10} L_\infty + 0,5092 \text{Log}_{10} K$$



➤ **La méthode de Pauly (1980)**

Pauly, se basant sur quelques observations d'autres auteurs, montre que la mortalité diffère selon la taille des poissons, donc la mortalité naturelle chez les poissons est corrélée avec la longévité donc avec **K**, avec la taille supposée et avec la température moyenne de leur environnement.

L'expression de **Pauly** lie le coefficient de mortalité naturelle (**M**) à  $L_{\infty}$ , **K** et  $t_0$ ; elle est établie sur la base de 175 stocks de poissons tropicaux dont cinq espèces vivent en Méditerranée. Il est supposé que la mortalité naturelle **M** reste constante pour toutes les cohortes considérées.

L'équation empirique de **Pauly (1980)** est donnée par la formule suivante :

$$\text{Log } M = - 0,0066 - 0,279 \text{ Log}(L_{\infty}) + 0,6543 \text{ Log } (K) + 0,4634 \text{ Log } (T^{\circ})$$

Où:

**K** et  $L_{\infty}$ : Paramètres de l'équation de Von Bertalanffy ;

**T**: température moyenne annuelle en °C de l'eau où la population a été échantillonnée.

Cette relation linéaire empirique a été établie à partir des régressions multiples dérivées de 175 jeux de données (**M**,  $L_{\infty}$ , **K**,  $T^{\circ}$ ) extrait de la littérature pour des températures allant de 5°C à 30°C. En général et selon l'estimation de **Beverton & Holt (1959)** ; **Gulland (1969)** et **Pauly (1980)**, il faut vérifier que  $K < M < 2K$ .

La méthode de **Pauly (1980)** liée au paramètre de croissance et corrélée avec la température moyenne annuelle de l'habitat du poisson ( $T^{\circ}$ ), peut conduire comme le montrent **Sparre & Venema, (1996)** à des erreurs car, si au cours de l'année, l'eau ambiante chauffe, la mortalité naturelle s'élève et vice - versa.

**3. Mortalité par pêche (F)**

Décrit la quantité de poissons prélevés par l'activité de pêche en une année. La mortalité par pêche est un paramètre essentiel pour l'étude de la dynamique d'un stock exploité (**Laubier, 2003**).

Après avoir calculé les coefficients **Z** et **M**, la détermination de la mortalité par pêche (**F**) se fait à partir de la relation suivante:

$$Z = M + F$$

➔

$$F = Z - M$$



### III. Estimation du taux d'exploitation (E)

L'intérêt des études des stocks en dynamique de population consiste à mettre en relation la production de l'activité de pêche avec l'impact de celle-ci sur l'évolution de l'effectif du stock (Cherabi, 1987 ; Chali-chabane, 1988 ; Harchouche, 2006).

Le taux d'exploitation **E** est le rapport des individus morts par pêche sur le nombre d'individus morts par diverses causes. Il est déterminé par la formule de Pauly (1997) comme étant la quantité suivante :

$$E = F / Z = F / (F + M)$$

Pour Gulland (1969), la valeur de ce taux traduit la probabilité pour qu'un poisson ayant fuit, soit repris plus tard, si la mortalité par pêche (F) et la mortalité naturelle (M) étaient constantes. En 1971 (in Pauly, 1984), Gulland suggère que dans un stock où l'exploitation atteint son optimum, F est sensiblement égal à M, alors E optimum est égal à 0,5. Autrement dit, le stock est en équilibre lorsque E est proche de 0,5. Ceci repose sur l'hypothèse postulant que la prise potentielle est optimisée quand on a égalité entre la mortalité naturelle et la mortalité par pêche:

- **E < 0,5**: Stock sous-exploité « underfishing »;
- **E > 0,5**: Stock surexploité « overfishing »;
- **E = 0,5**: Stock en équilibre « equilibrium »; situation idéale dans la mesure où la production est maximale tout en assurant la pérennité de l'activité et de l'espèce.

### IV. Probabilités de captures selon les longueurs

Selon Bougis (1976), la sélection est le phénomène d'entrée des poissons dans les captures, donc la probabilité qu'un poisson soit capturé par un engin de caractéristiques données. L'auteur ajoute que ce phénomène ne s'opère pas en bloc, il est progressif et revêt l'allure de la courbe présentée sur la figure 100.

Ainsi, **La sélectivité** est un des processus liés à la mortalité par pêche, c'est une mesure de la capacité d'un engin de pêche à ne capturer qu'une partie des spécimens présents.

Selon Gascuel (2008), elle correspond donc à une sélection soit des espèces pêchées, soit de la gamme des tailles et donc des âges pêchés. Dans ce cas, la sélectivité peut être exprimée par une courbe des taux de capture en fonction des tailles. Drouineau (2008) note que, le plus souvent la sélectivité est décrite par une fonction mathématique (sigmoïde,



gamma ou double gaussienne) de la taille du poisson et des caractéristiques techniques de l'engin par exemple, la maille pour un chalut ou un filet.

L'âge de 1<sup>ère</sup> capture est celui qui correspond à un échappement de 50% (Gascuel, 2008). Le FISAT II (Gayaniilo *et al.*, 2005) est appliqué pour estimer les paramètres de sélectivité, ( $L_{c25}$ ,  $L_{c50}$ ,  $L_{c75}$ ).

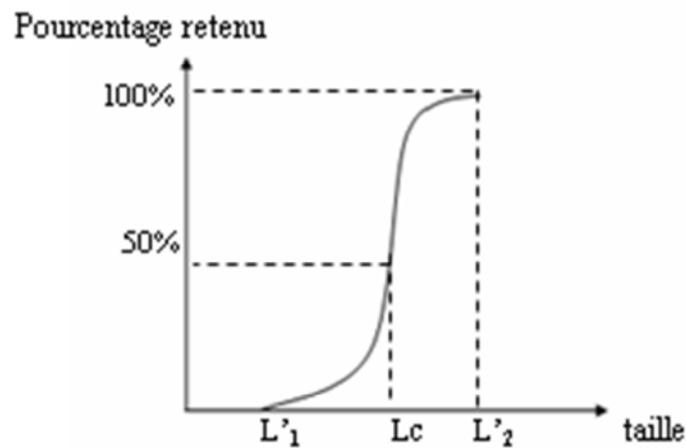


Figure 100 : Courbe de sélection d'après Bougis (1976).

D'après Pauly (1984 a), les probabilités de captures se calculent comme suit:

$$\ln [(1/PL)-1] = S1 - S2 L$$

Où:

PL: est la probabilité de capture pour la longueur L.

$$Lc_{25} = [Ln(3) - S1] / S2$$

$$Lc_{50} = S1 / S2$$

$$Lc_{75} = [Ln(3) + S1] / S2$$

Où:

S1 et S2 : variables utilisées dans l'estimation des probabilités de captures dans le modèle logistique.



#### IV. Modèle analytique d'exploitation

Les modèles d'évaluation de stocks sont constitués de deux éléments :

- Un modèle de la dynamique de la population régie par les processus naturels et les effets de l'exploitation,
- Un ou plusieurs modèles décrivant la relation entre observations et attributs de la population.

Les modèles les plus usités pour déterminer l'état d'un stock donné sont regroupés en deux grandes classes : les modèles globaux ou de production et les modèles analytiques.

Les premiers ne tiennent pas compte des paramètres biologiques; ils ne font intervenir que les statistiques de pêche et les biomasses exprimées en prises totales et en captures par effort de pêche sans distinguer la structure en taille ou en âge. Les seconds intègrent les aspects biologiques et démographiques du stock en considérant que la population est, à tout instant, constituée de groupes d'âge issus de classes ou cohortes successives. La dynamique de la population est décrite à travers celle de chaque cohorte, en tenant compte des phénomènes élémentaires de recrutement, de croissance et de mortalité naturelle ou par pêche (Beverton & Holt, 1957 ; Ricker, 1958 ; Sparre & Venema, 1996).

##### 1. Estimation du rendement par recrue ( $Y'/R$ )

Beverton & Holt (1966) ont élaboré un modèle de production relative par recrue, qui présente l'avantage d'exiger moins de paramètres, en comparaison avec le modèle de (Beverton & Holt, 1956 ; Sparre & Venema, 1996).

Le modèle de production relative par recrue de Beverton et Holt (1966, *in* Gayanilo et al., 2005) est défini comme suit :

$$(Y'/R) = EU^{M/K} [(1-(3U/1+m) + (3U^2/1+2m) - (U^3/1+3m)]$$

Où :

( $Y'/R$ ): rendement relatif par recrue (g).  $E = F/Z$ .

$U = 1 - (L_c / L_\infty)$ .

$m = 1 - E / (M/K)$ .

Le rendement relatif par recrue ( $Y'/R$ ) est calculé pour des valeurs données de  $M/K$  et de  $L_c/L_\infty$ ; pour des valeurs de  $E$  allant de 0 à 1, correspondant à des valeurs de  $F$  allant de 0 à  $\infty$ . Selon Gayanilo et al., (2005). La biomasse relative par recrue ( $B'/R$ ) est évaluée à partir



de la relation suivante :

$$(B'/R) = [(Y'/R) / F]$$

Où :

B'/R biomasse relative par recrue (g).

Ce modèle permet d'estimer les valeurs prédictives suivantes :

- E max, exploitation avec rendement productif maximum.
- E10, exploitation avec une augmentation de 10% du rendement.
- E50, exploitation sous la quelle le stock sera réduit de 50% de sa biomasse inexploitée.

Les courbes donnent, pour chaque intensité de pêche (F), la valeur de  $t_c$  ou l'âge de première capture (c'est-à-dire l'activité de l'engin de pêche) qui devrait être utilisée pour produire un maximum de rendement (Nouar, 2003).

## V. Résultats et discussions

La mortalité est définie généralement comme étant l'effectif des individus qui disparaît durant un intervalle de temps t.

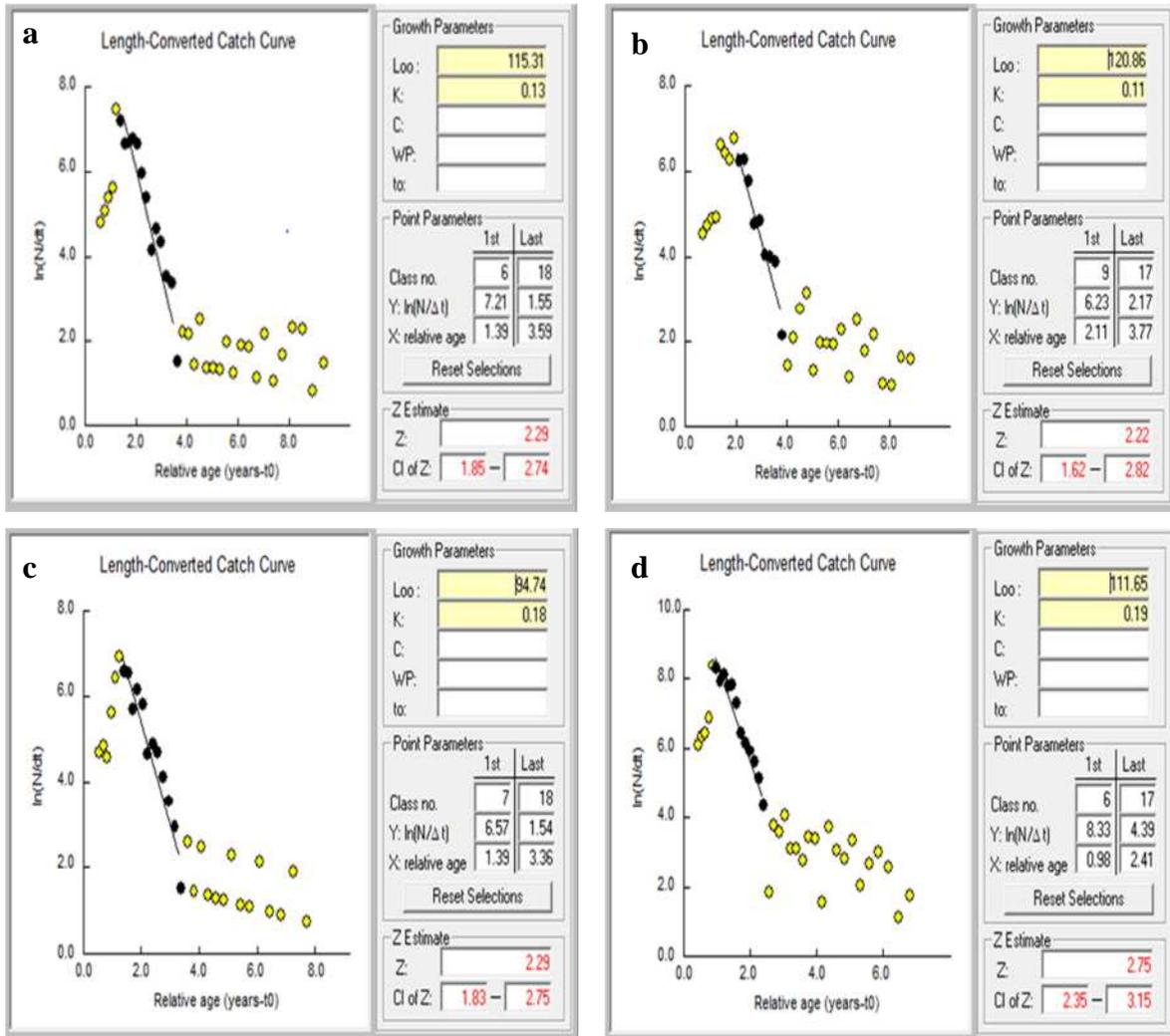
### 1. Estimation des différentes mortalités

#### 1.1. Mortalité totale Z chez *Merluccius merluccius*

La mortalité totale (Z) de l'ensemble de la population a été estimée à l'aide du FISAT II (Gayaniilo *et al.*, 2005) à partir de la distribution de fréquence de taille, donc des deux paramètres de croissance ( $L_\infty$  et K) (Fig. 101).

Selon les préconisations de Sparre et Venema (1998), des observations sont exclues de la régression de la courbe de captures linéarisées. Les premières classes de tailles qui forment la partie ascendante de la courbe correspondent aux poissons qui ne sont pas encore pleinement recrutés pour la pêche.

Les classes de tailles les plus grandes sont également exclues pour deux raisons : leur faible effectif et l'incertitude de la relation entre l'âge et la longueur au fur et à mesure que l'on s'approche de la taille asymptotique  $L_\infty$ .



**Figure 101:** Calcul de la mortalité totale Z par la courbe de captures selon les longueurs totales chez *M. merluccius*. **a** : dans le Golfe de Béjaïa ; **b** : dans la Baie de Jijel ; **c** : dans le Golfe d'Annaba ; **d** : pour le Secteur Est Algérien. ● : Points retenus dans le calcul de la régression.

### 1.2. Mortalité naturelle (M) chez *Merluccius merluccius*

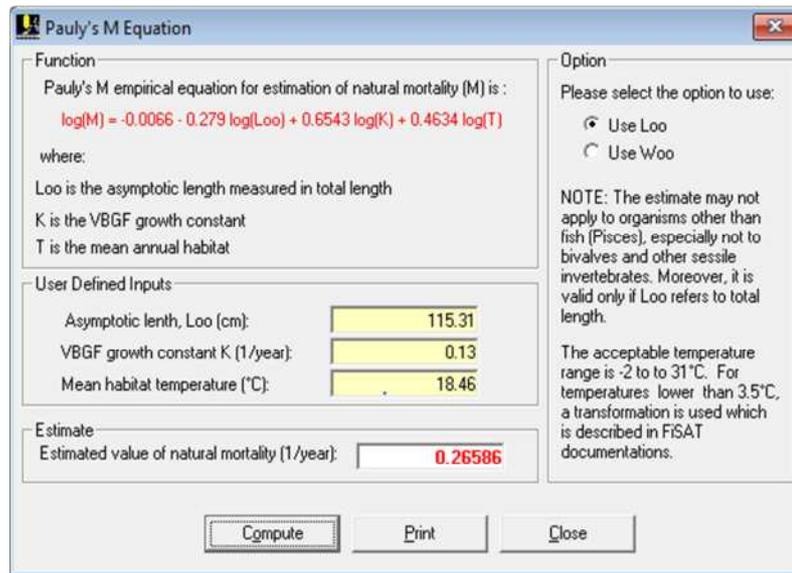
A partir des paramètres de croissance  $L_{\infty}$  et K et une température annuelle moyenne de l'eau estimée dans différents sites d'étude (annexe 07), nous avons évalué la mortalité naturelle (M) chez *Merluccius merluccius* de la frange côtière-Est Algérienne. Pour cela, nous avons utilisé deux méthodes (Djabali *et al.*, 1993 ; Pauly, 1980) qui nous ont donné deux résultats déférents.

#### ➤ Dans le Golfe de Béjaïa

La mortalité naturelle (M) chez *Merluccius merluccius* estimée par la méthode de Djabali *et al.* (1993) donne un coefficient de **0,22 an<sup>-1</sup>**. Cette valeur est inférieure lorsqu'on applique l'équation de Pauly, (1980) qui dévoile une valeur de **M ≈ 0,27 an<sup>-1</sup>** (Fig. 102).



Les travaux du groupe CGPM, (1981) sur les Clupéidés de Méditerranée et qui tiennent compte de l'équation proposée par Beverton & Holt, (1959) mettant en rapport le coefficient de mortalité naturelle (M) et la vitesse de croissance (K), annoncent que M/K doit être comprise entre 1 et 2. Dans ce cas  $M = 0,22 \text{ an}^{-1}$  est retenu car le rapport  $M/K = 1,69$ . La méthode préconisée par Pauly donne un rapport  $M/K = 2,07$ .



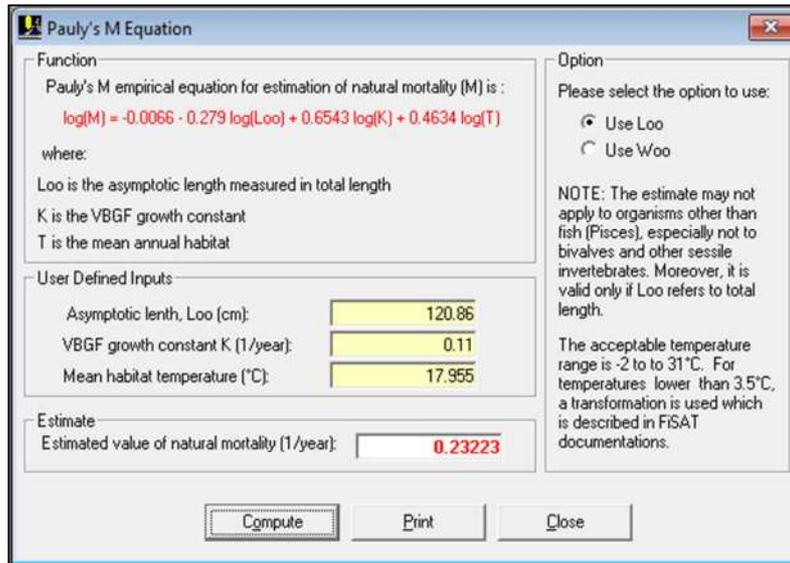
Pauly, 1980	$\approx 0,27$
Djabali <i>et al.</i> , 1993	$\text{Log}_{10} M = 0.0278 - 0.1172 \text{ log}_{10} L_{\infty} + 0.5092 \text{ Log}_{10} K$ <p style="text-align: center;"><b>0,22*</b></p> <p>* valeur retenue pour l'exploitation du stock de <i>M. Merluccius</i>.</p>

**Figure 102:** Estimation de la mortalité naturelle (M) chez *Merluccius merluccius* pêché dans le Golfe de Béjaïa.

➤ *Dans la Baie de Jijel*

La mortalité naturelle (M) chez *Merluccius merluccius* estimée par la méthode de Djabali *et al.* (1993) donne un coefficient de  $0,2 \text{ an}^{-1}$  cette valeur est inférieure quand on applique l'équation de Pauly (1980)  $M \approx 0,23 \text{ an}^{-1}$  (Fig. 103).

Dans ce cas  $M = 0,2 \text{ an}^{-1}$  est retenu car le rapport  $M/K = 1,82$ . La méthode préconisée par Pauly donne un rapport  $M/K = 2,09$ .



Pauly, 1980	$\approx 0,23$
Djabali <i>et al.</i> , 1993	$\text{Log}_{10} M = 0.0278 - 0.1172 \log_{10} L_{\infty} + 0.5092 \text{Log}_{10} K$ <p style="text-align: center;"><b>0,2*</b></p> <p>* valeur retenue pour l'exploitation du stock de <i>M. Merluccius</i>.</p>

**Figure 103:** Estimation de la mortalité naturelle (M) chez *Merluccius merluccius* pêché dans la Baie de Jijel.

➤ **Dans le Golfe d'Annaba**

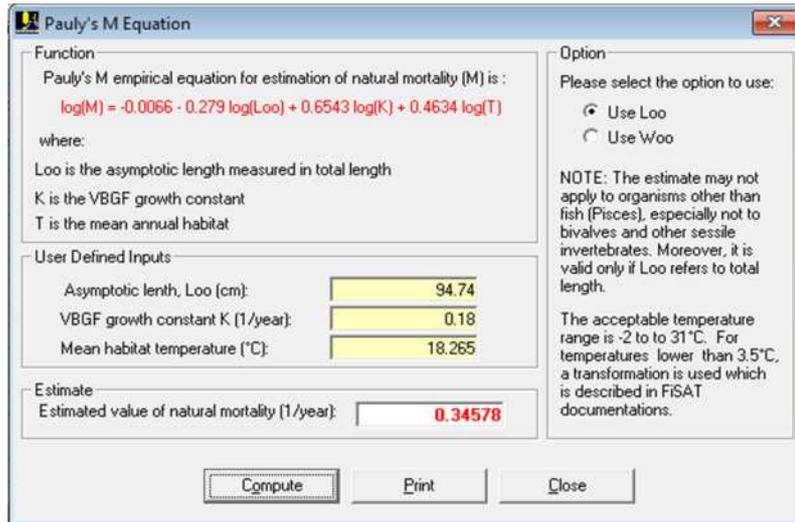
La mortalité naturelle (M) chez *Merluccius merluccius* estimée par la méthode de Djabali *et al.* (1993) donne un coefficient de **0,26 an<sup>-1</sup>** cette valeur est inférieure quand on applique l'équation de Pauly (1980)  $M \approx 0,35 \text{ an}^{-1}$  (Fig. 104).

Le résultat de  $M = 0,2 \text{ an}^{-1}$  est retenu car le rapport  $M/K = 1,44$ . La méthode préconisée par Pauly donne un rapport  $M/K = 1,94$ .

➤ **La population de la Côte-Est Algérienne**

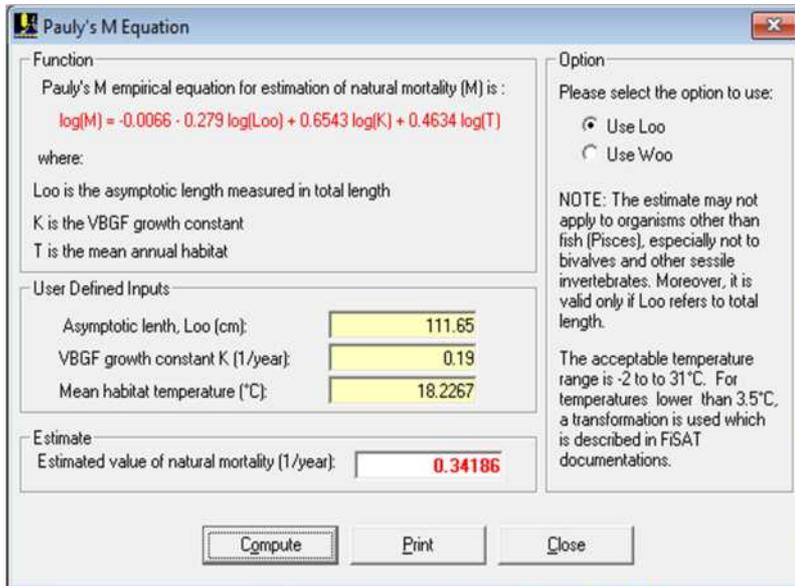
La mortalité naturelle (M) chez *Merluccius merluccius* estimée par la méthode de Djabali *et al.* (1993) donne un coefficient de  $0,26 \text{ an}^{-1}$  cette valeur est inférieure quand on applique l'équation de Pauly (1980)  $M \approx 0,34 \text{ an}^{-1}$  (Fig. 105).

La mortalité naturel  $M = 0,2 \text{ an}^{-1}$  est retenu car le rapport  $M/K = 1,37$ , car la méthode préconisée par Pauly donne un rapport  $M/K = 1,79$ .



Pauly, 1980	$\approx 0,35$
Djabali <i>et al.</i> , 1993	$\text{Log}_{10} M = 0.0278 - 0.1172 \text{log}_{10} L_{\infty} + 0.5092 \text{Log}_{10} K$ <p style="text-align: center;"><b>0,26*</b></p> <p>* valeur retenue pour l'exploitation du stock de <i>M. merluccius</i>.</p>

Figure 104: Estimation de la mortalité naturelle (M) chez *Merluccius merluccius* pêché dans le Golfe d'Annaba.



Pauly, 1980	$\approx 0,34$
Djabali <i>et al.</i> , 1993	$\text{Log}_{10} M = 0.0278 - 0.1172 \text{log}_{10} L_{\infty} + 0.5092 \text{Log}_{10} K$ <p style="text-align: center;"><b>0,26*</b></p> <p>* valeur retenue pour l'exploitation du stock de <i>M. merluccius</i>.</p>

Figure 105: Estimation de la mortalité naturelle (M) chez *Merluccius merluccius* pêché dans la Côte-Est Algérienne.



### 1.3. Mortalité par pêche (F) et Taux d'exploitation (E) chez *M. merluccius*

Le coefficient de mortalité par pêche (F) calculé à partir des valeurs des mortalités totale Z et naturelle M:  $F = Z - M$ , et les résultats du taux d'exploitation  $E = F/Z$  sont rapportés dans le tableau 60.

L'ensemble des valeurs révèlent un état de **surexploitation** (overfishing), si l'on se réfère à l'hypothèse formulée par Gulland (1971) qui explique que :

- Si  $E < 0,5$  on est en état de sous exploitation,
- Si  $E = 0,5$  en équilibre,
- Si  $E > 0,5$  on est en surexploitation du stock.

**Tableau 60** : Récapitulation des résultats des mortalités par pêche (F) et des taux d'exploitation ( E ) calculés à partir des mortalités totale Z et naturelle M, chez *M. Merluccius* du secteur Est Algérien.

Zone d'études	$L_{\infty}$	K	Z	Méthodes	M	F	E
Golfe de Béjaïa	115,31	0,13	2,29	Pauly (1980)	0,27	2,02	<b>0,88</b>
				Djabali <i>et al.</i> , (1993)	0,22	2,07	<b>0,9</b>
Baie de Jijel	120,86	0,11	2,22	Pauly (1980)	0,23	1,99	<b>0,9</b>
				Djabali <i>et al.</i> , (1993)	0,2	2,02	<b>0,91</b>
Golfe d'Annaba	94,74	0,18	2,29	Pauly (1980)	0,35	1,94	<b>0,85</b>
				Djabali <i>et al.</i> , (1993)	0,26	2,03	<b>0,89</b>
Secteur Est Algérien	111,65	0,11	2,75	Pauly (1980)	0,34	2,41	<b>0,89</b>
				Djabali <i>et al.</i> , (1993)	0,26	2,49	<b>0,91</b>

**La détermination de M** est une démarche ardue qui aboutit à des estimations dont on ne peut pas définir le niveau d'incertitude et qui doivent être acceptées telles quelles. Il est généralement difficile d'estimer directement la mortalité naturelle (M).

Toutes les méthodes constituent des approches à cette détermination et ne tiennent compte que des paramètres environnementaux et biologiques, éliminant ainsi toute interaction avec le facteur pêche.



Cependant, plusieurs méthodes d'estimation indirecte de  $M$  sont utilisées. Ainsi, le paramètre ( $K$ ) de la courbe de Von Bertalanffy, est sans doute lié à la longévité des poissons (Beverton & Holt, 1959), elle-même liée à la mortalité naturelle (Tanaka, 1960 ; Holt, 1965 ; Saville, 1977). D'une manière générale, plus  $K$  est grand plus  $M$  est élevé. La mortalité naturelle serait également liée à la taille et au poids asymptotiques ( $L_{\infty}$  et  $W_{\infty}$ ) (Taylor, 1960 ; Peterson & Wroblewski, 1984 ; Roff, 1984). D'autres études suggèrent que  $M$  est corrélé à la reproduction, les espèces de poissons arrivant précocement à maturité ayant une forte mortalité (Rikhter & Efanov, 1976). C'est dans le même ordre d'idées que Gunderson & Dygert (1988) relie  $M$  au rapport gonado-somatique.

Deux méthodes ont été utilisées pour prédire l'indice de mortalité  $M$ . Selon Pauly (1980), la mortalité s'avère corrélée à la température en plus de la valeur de  $K$  et de la taille asymptotique  $L_{\infty}$ . Cependant, le paramètre  $K$  est celui qui influence le plus la mortalité naturelle (Pauly & Moreau, 1997). Ainsi, le modèle de Taylor (1960) se base uniquement sur  $K$  pour estimer la mortalité. La méthode utilisée pour déterminer l'estimation de la mortalité totale  $Z$  aboutit à des résultats approuvables (Tab. 61). Quelle que soit la méthode utilisée, les valeurs estimées sont entièrement dépendantes du choix des points utilisés pour le calcul de la droite de régression.

Les mortalités ( $Z$ ,  $M$ ,  $F$ ), diffèrent légèrement d'un auteur à un autre et d'une région à une autre (Tab.61), ceci reviendrait probablement à la divergence des méthodes utilisées pour leurs détermination; par rapport aux valeurs élevées de  $K$  et de  $L_{\infty}$  qui peuvent aussi influencer directement les mortalités  $M$  et  $Z$ ; et à la température de l'eau. Selon Winberg (1960), les poissons tropicaux mangent plus que ceux des régions tempérées pour satisfaire des besoins métaboliques plus élevés. Ceci forcerait donc les prédateurs à consommer davantage de proies par unité de temps que leurs congénères des eaux froides. Ceci donnerait des mortalités plus élevées chez les poissons proies (Bouaziz, 2007).

Les résultats obtenus des coefficients de mortalité naturelle  $M$  diffèrent d'une région à une autre. Celui du Golfe de Béjaïa semble dans le même sens que celui de Bouaziz *et al.* (2001) dans le secteur Centre Algérien (Baie de Bou-Ismaïl), ainsi que celui Belhoucine, 2012 dans le secteur Ouest Algérien (Baie d'Oran) (Tab. 61). Ce dernier s'avère plus important en allant vers l'extrême Est Algérien dans le Golfe d'Annaba, pendant que la population du Merlu de toute la Côte-Est Algérienne note un coefficient de mortalité naturel important par rapport à tous ceux enregistrés dans d'autres régions méditerranéennes (Tab. 61).



**Tableau 61:** Mortalité (**Z**, **M**, **F**) estimées par d'autres auteurs dans différentes régions méditerranéennes.

Auteur	Zones	Sexe combiné	Z (an <sup>-1</sup> )	M (an <sup>-1</sup> )	F (an <sup>-1</sup> )
Djabali <i>et al.</i> , (1991)	Algérie	C	0,66	0,3	0,36
Addis <i>et al.</i> , (1998)	(île de Sardigne) Italie	C	0,85	0,31	0,54
Papaconstantinou, (2000)	Grèce	C	0,85	0,18	0,67
Bouaziz <i>et al.</i> , (2001) (Secteur Centre Algérien)	Bou-Ismaïl	C	0,78	0,27	0,51
Belhoucine, (2012) (Secteur Ouest Algérien)	Baie d'Oran (Algérie)	C	0,86	0,23	0,63
Présente étude (Secteur Est Algérien)	Golfe de Béjaïa	C	2,29	0,27	2,02
	Baie de Jijel	C	2,22	0,23	1,99
	Golfe d'Annaba	C	2,29	0,35	1,94
	Côte-Est Algérienne	C	2,75	0,34	2,41

Le coefficient de mortalité par pêche (**F**) est généralement supérieur à celui de la mortalité naturelle (**M**). Les résultats obtenus sont relativement très élevés par rapport à d'autres régions du littoral Centre et Ouest Algérien (Tab. 50). Cette situation serait due à une pêche qui se concentre essentiellement sur de petits fonds, n'excédant pas 200 m de profondeurs, peuplés par des jeunes individus immatures. Il serait souhaitable de déplacer l'effort de pêche soit vers les grands fonds quasiment inexploités, soit vers d'autres fonds chalutables vierges, un constat consigné même par Bouaziz *et al.* (2001).

La mortalité par pêche observée (2,02 ; 1,99 ; 1,94 ; 2,41 an<sup>-1</sup>) comparée à la mortalité naturelle (0,27 ; 0,23 ; 0,35 ; 0,34 an<sup>-1</sup>) de *M. merluccius* respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel, le Golfe d'Annaba et celui de la population du Merlu de toute la Côte-Est Algérienne indique une position déséquilibrée dans le stock. Ceci pourrait être dû à la pression de la fréquentation de la pêche surtout dans de la zone interdite du Golfe de Béjaïa. Ce qui justifie que le niveau d'exploitation E est supérieur au seuil critique (0,50).

Selon Gulland (1971), l'état d'exploitation d'un stock peut être évalué en se basant sur le fait que le rendement optimum est atteint quand F=M, c'est-à-dire Eopt (0,50).

Suite aux résultats obtenus, on pourrait affirmer que la population de *M. merluccius* est **surexploitée** au niveau de la frange côtière-Est Algérienne lors de notre période d'étude.



Sparre & Venema (1992) évoquaient l'usage de **Eopt** pour décider de l'état de la sous ou surexploitation d'un stock, et suggèrent des mesures de gestion, si nécessaire, parce que la valeur idéale hypothétique de 0,50 est seulement possible si la mortalité naturelle et la mortalité par pêche sont égales. Dans ce cas, aucune population de poisson n'existerait (Beverton & Holt 1957).

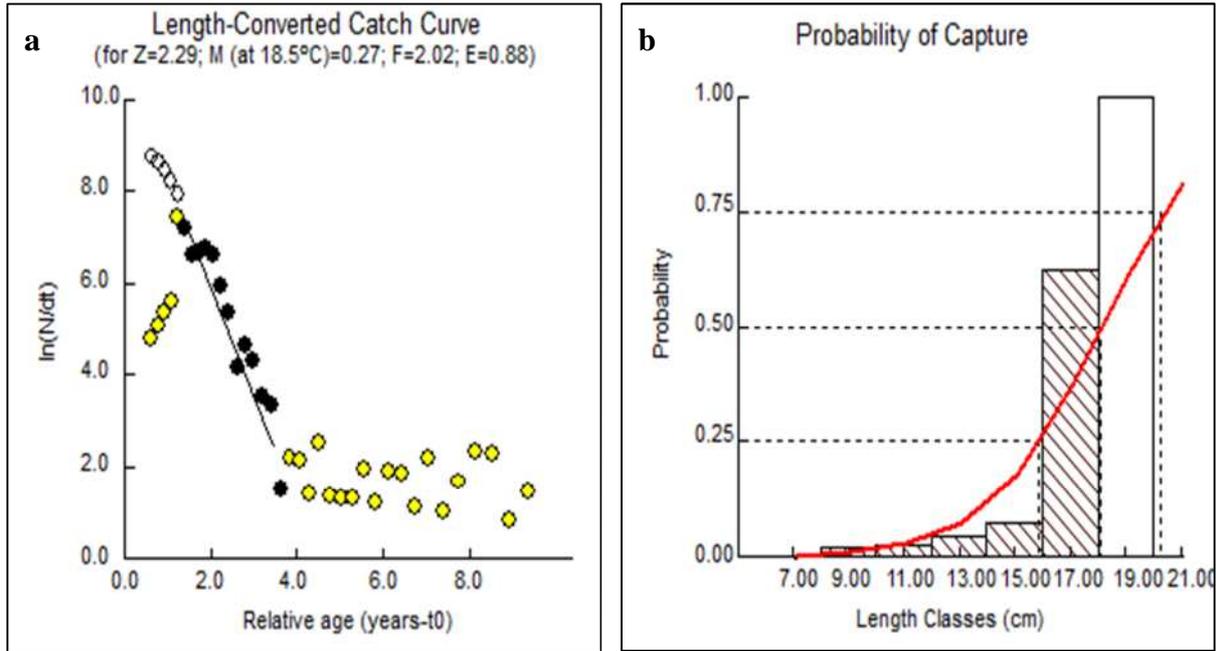
En 1989, Barry & Tegner ont énoncé la règle générale suivante:  $Z/K > 1$ , la population a une tendance de mortalité. Dans cette population, si la proportion  $Z/K$  est aux environs de deux, celle-ci est alors légèrement exploitée. Par contre, si cette proportion est largement supérieure à deux, il existe une surexploitation (Barry & Tegner, 1989).

Les résultats obtenus dans notre présent travail dévoilent des valeurs largement supérieures à 2, ce qui confirme l'état d'une surexploitation du stock de la population de *Merluccius merluccius* dans les différents sites d'études, ainsi le stock de tout le secteur Est Algérien, ce qui justifie en quelque sorte le déclin de la production halieutique pour cette espèce dans les débarquements d'une année à une autre. Ce même constat a été observé par Bouaziz *et al.* (2001) sur la même espèce et aussi confirmé par les résultats obtenus par Belhoucine (2012) respectivement dans la Baie de Bou-Ismaïl pour le secteur Centre Algérien et dans la Baie d'Oran pour le secteur Ouest Algérien.

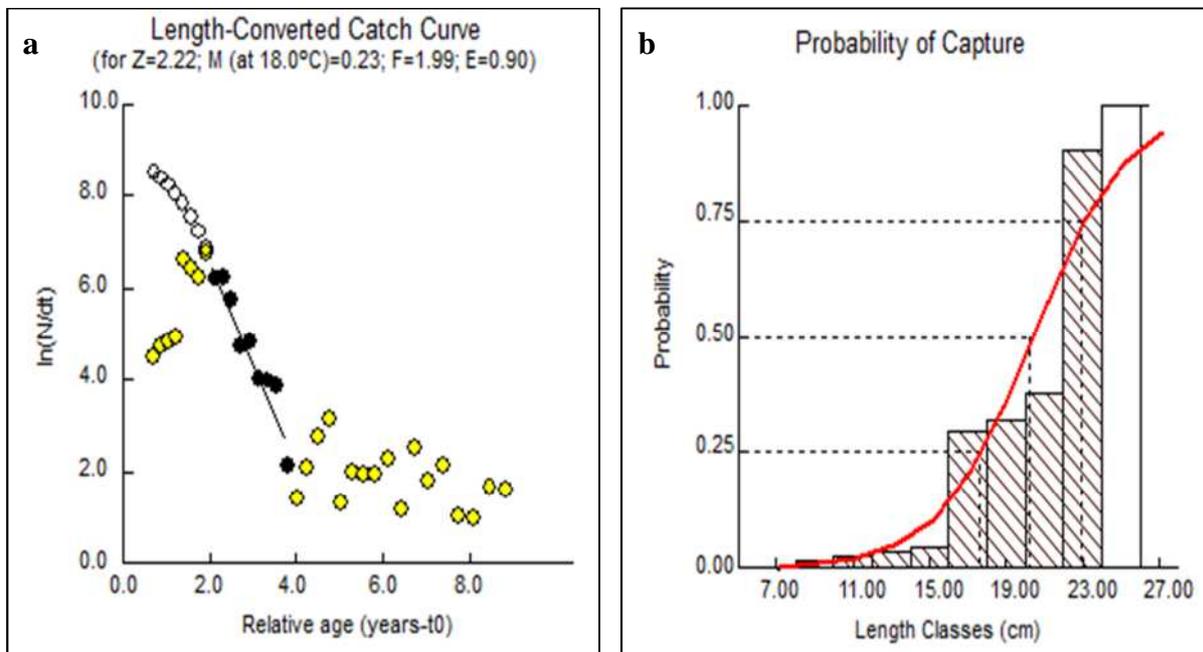
#### 1.4. Probabilités de captures chez *Merluccius merluccius* : la sélection

En fonction des longueurs totales des poissons signalées dans les figures 32, 33, 34, 35 (partie croissance) et des probabilités de captures (P) nous avons pu analyser la probabilité de 1<sup>ère</sup> capture chez le Merlu du Golfe de Béjaïa (Fig.106), de la Baie de Jijel (Fig.107), du Golfe d'Annaba (Fig.108) et celui de la population de tout le secteur Est Algérien (Fig.109).

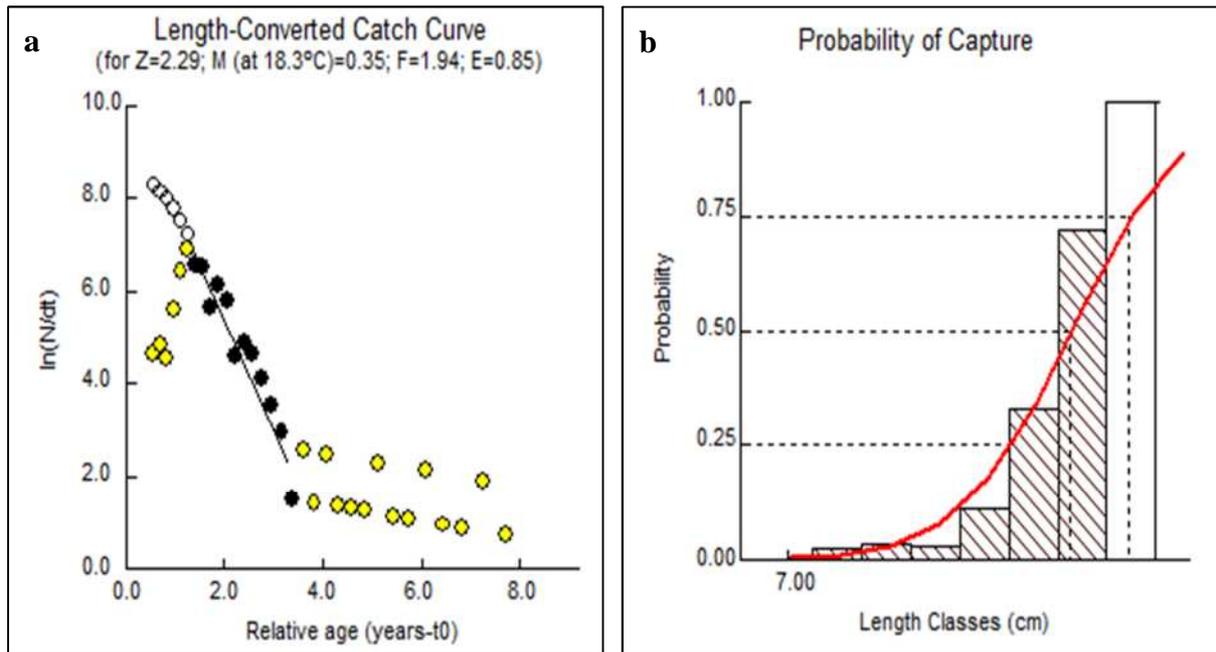
La compilation des valeurs de la mortalité totale (Z) en fonction des centres de classe de taille (cm) obtenues par le logiciel FISAT II (Gayaniilo *et al.*, 2005) illustrent les probabilités de captures (P), ce qui permet l'estimation graphique de  $L_{25}$ ,  $L_{50}$  et  $L_{75}$  pour les deux sexes confondus dans les différentes zones d'étude et pour toute la population de *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien. L'ensemble des valeurs obtenues sont reportées dans le tableau 62.



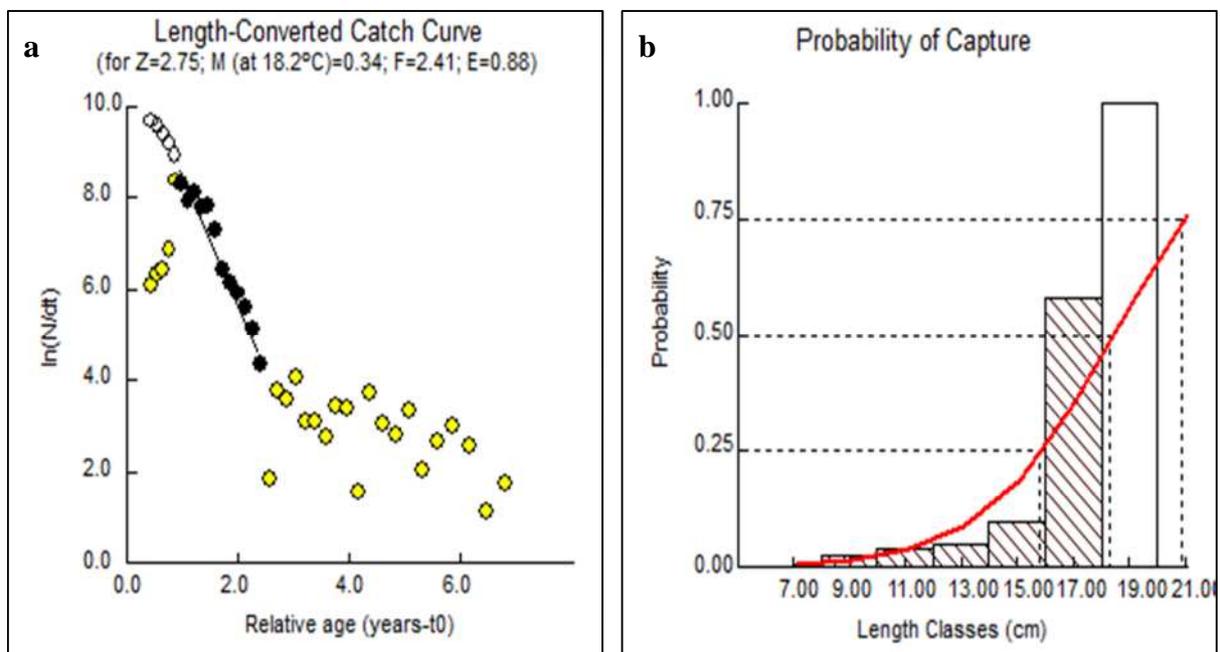
**Figure 106:** Calcul des probabilités de captures à partir de la partie ascendante en (a), et représentation de courbe de captures en (b) chez *Merluccius merluccius* pêché dans le Golfe de Béjaïa.



**Figure 107:** Calcul des probabilités de captures à partir de la partie ascendante en a, et représentation de courbe de captures en b chez *Merluccius merluccius* pêché dans la Baie de Jijel.



**Figure 108:** Calcul des probabilités de captures à partir de la partie ascendante en **a**, et représentation de courbe de captures en **b** chez *Merluccius merluccius* pêché dans le Golfe d'Annaba



**Figure 109:** Calcul des probabilités de captures à partir de la partie ascendante en **a**, et représentation de courbe de captures en **b** chez *Merluccius merluccius* pêché le long de la Côte-Est Algérienne.



**Tableau 62 :** Tailles des premières captures (Lc).

Zone de pêche	Lc25 (cm)	Lc50 (cm)	Lc75 (cm)
<b>Golfe de Béjaïa</b>	15,84	18,07	20,30
<b>Baie de Jijel</b>	17,58	20,26	22,94
<b>Golfe d'Annaba</b>	16,03	18,46	20,90
<b>Côte-Est Algérienne</b>	15,79	15,79	20,88

### 1.5. Approche analytique de l'exploitation

#### A. Données indispensables pour l'analyse virtuelle de la population (VPA).

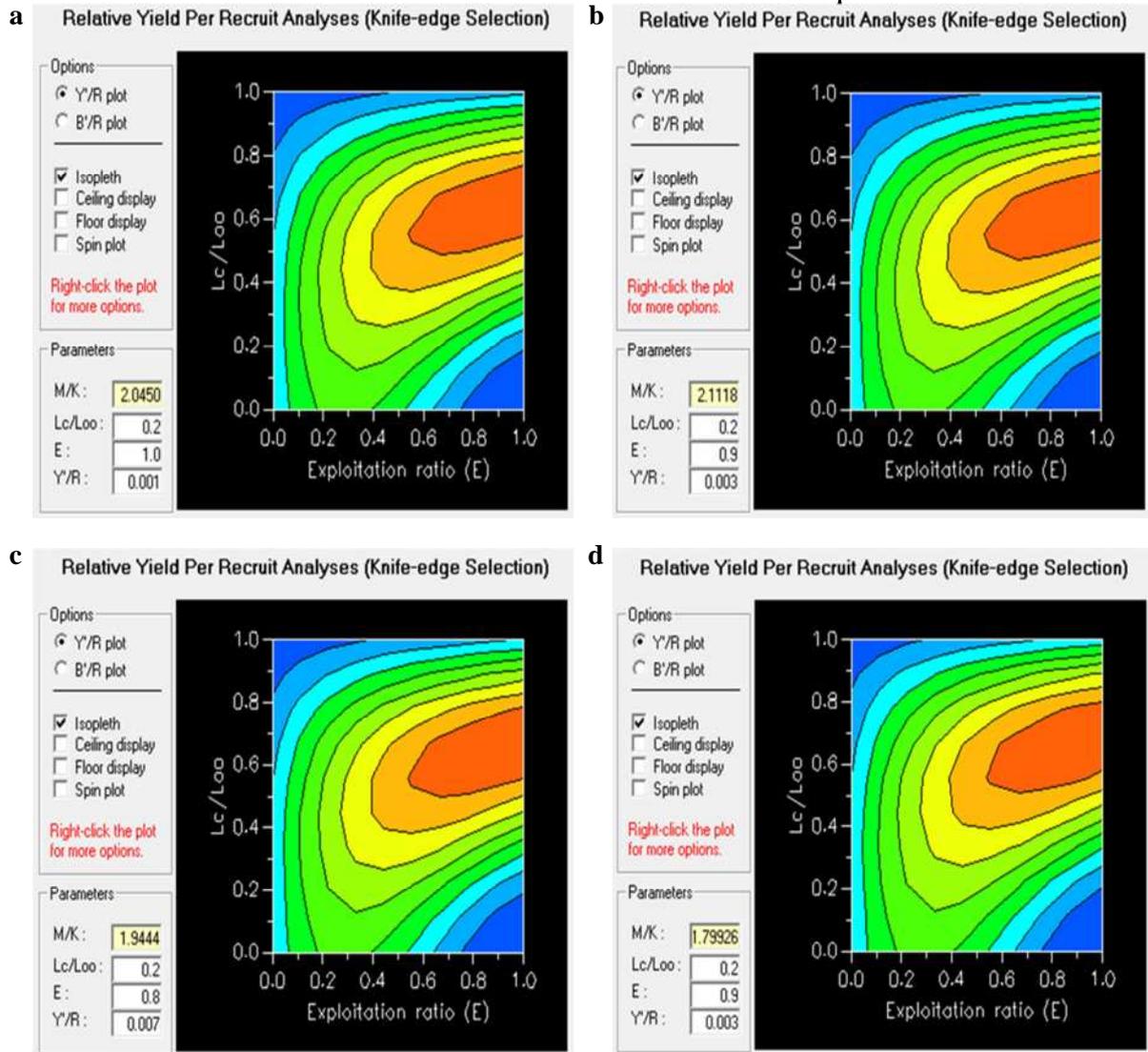
Les paramètres de la croissance linéaire et pondérale ainsi que les indices d'exploitation retenus précédemment sont repris dans le tableau 63 et sont utilisés pour le calcul du rendement relatif par recrue ( $Y'/R$ ) et de la biomasse relative par recrue ( $B'/R$ ).

**Tableau 63 :** paramètres de croissance et indices d'exploitation  
pour le calcul de ( $Y'/R$ ) et de ( $B'/R$ ).

Zone d'études	$L_{\infty}$	K	Z	M	F	E	Lc 50	$Y'/R$	$B'/R$
<b>Golfe de Béjaïa</b>	115,31	0,13	2,29	0,27	2,02	0,88	18,07	0,001	0,05
<b>Baie de Jijel</b>	120,86	0,11	2,22	0,23	1,99	0,9	20,26	0,003	0,0015
<b>Golfe d'Annaba</b>	94,74	0,18	2,29	0,35	1,94	0,85	18,46	0,007	0,0036
<b>Secteur Est Algérien</b>	111,65	0,11	2,75	0,34	2,41	0,89	15,79	0,003	0,0012

Les résultats obtenus à partir des calculs exécutés sur ordinateur (selon le type de sélection dit «Knife-edge-selection» des anglo-saxons dans le programme FISAT II (Gayaniilo *et al.*, 2005) ont permis de construire les diagrammes des courbes d'égal rendement (Fig. 110 et 111).

Les graphiques sont dressés pour une série de valeurs de  $M/K$ , de sorte qu'ils permettent de déterminer le rendement relatif par recrue et la biomasse relative par recrue en fonction du taux d'exploitation  $E$  selon différentes valeurs de  $Lc/L_{\infty}$  (Beverton & Holt, 1966) on utilisant le logiciel FISAT II (Gayaniilo *et al.*, 2005). Les différentes couleurs correspondent à des rendements relatifs et biomasses relatives par recrue; les zones rouges délimitent les valeurs optimales.



**Figure 110 :** Isoplèthes du rendement relatif par recrue chez *M. merluccius*.

**a :** dans le Golfe de Béjaïa ; **b :** dans la Baie de Jijel ; **c :** dans le Golfe d'Annaba ; **d :** la population du secteur Est Algérien.

Après avoir situé l'impact actuel des pêcheries, position (✦) sur les courbes d'égaux rendements, correspondants aux valeurs de  $Y'/R$  comprises entre 0 et 0,01 g, nous pouvons faire les remarques suivantes :

- Le rendement relatif actuel ( $Y'/R$ ) est respectivement de l'ordre de :
  - **0,001 g** chez le Merlu du Golfe de Béjaïa, pour un effort de pêche de **0,02** et une taille de première capture de **18,07cm**;
  - **0,003g** chez le Merlu de la Baie de Jijel, pour un effort de pêche de **1,99** et une taille de première capture de **20,26 cm**;
  - **0,007 g** chez le Merlu du Golfe d'Annaba ; pour un effort de pêche de **1,94** et une



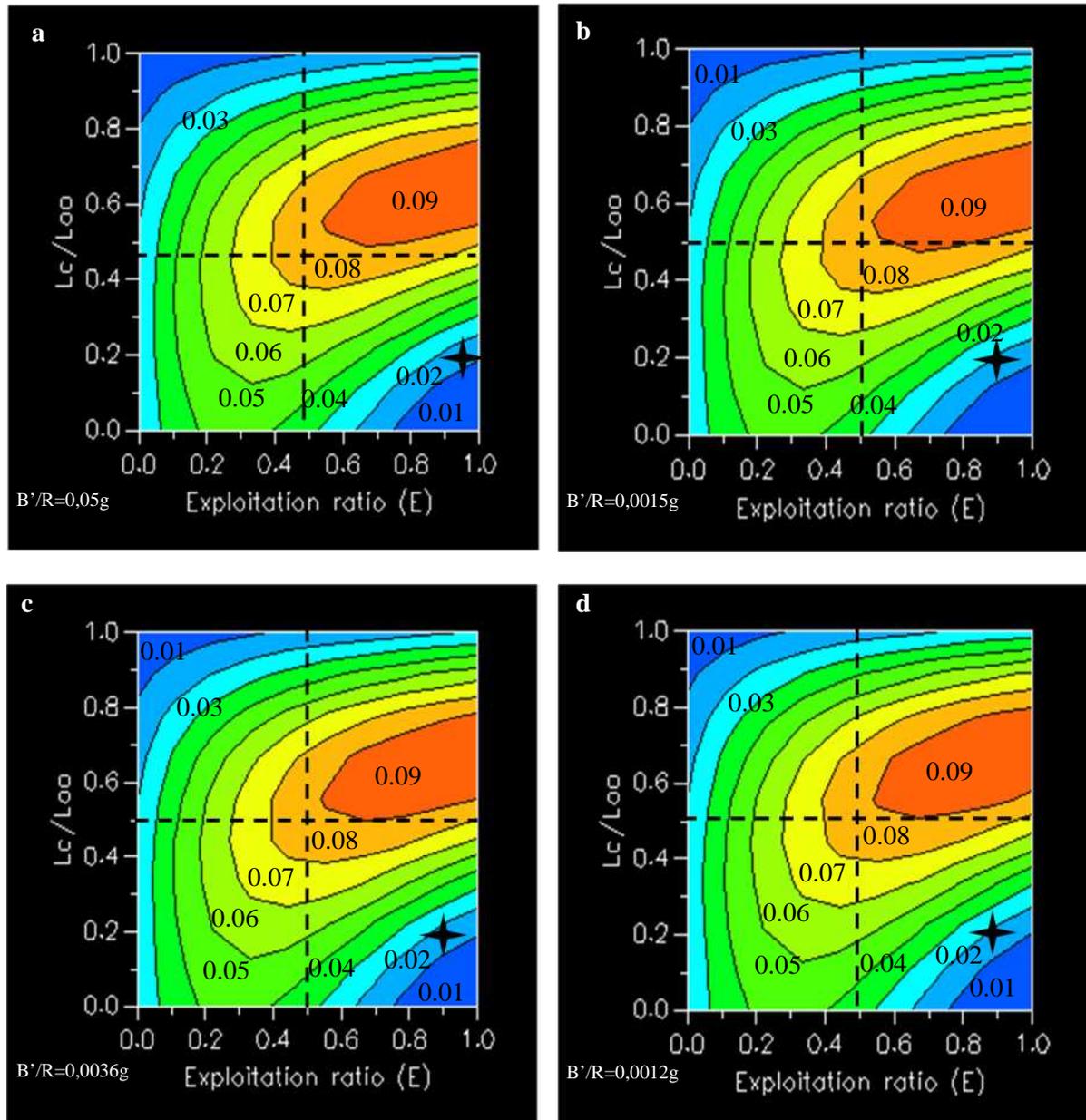
taille de première capture de **18,46 cm** ;

- **0,003g** chez le Merlu de la population de tout le secteur Est algérien, pour un effort de pêche de 2,41 et une taille de première capture de **15,79 cm**.
- La production augmente lorsque l'effort de pêche croît et que l'âge à la première capture augmente ;
- La biomasse relative actuelle ( $B'/R$ ) pour notre espèce (Tab.52), est respectivement de l'ordre de :
  - **0,05 g** par recrue et par unité d'effort de pêche pour ( $E= 0,88$  ;  $L_c/L_\infty= 18,07$ ) dans le Golfe de Béjaïa ;
  - **0,0015 g** par recrue et par unité d'effort de pêche pour ( $E= 0,9$  ;  $L_c/L_\infty= 20,26$ ) dans la Baie de Jijel ;
  - **0,05 g** par recrue et par unité d'effort de pêche pour ( $E= 0,85$  ;  $L_c/L_\infty= 18,46$ ) dans le Golfe d'Annaba.
- La biomasse relative par recrue chute quand  $E$  augmente et s'élève lorsque  $L_c/ L_\infty$  croît ;
- L'interception de  $L_{c50} / L_\infty$  et le taux d'exploitation actuel des isoplèthes de rendement placent la pêcherie de *Merluccius merluccius* dans le quadrant D (selon Knife-Edge Selection) (Fig.111), **ce qui signifie qu'en termes de rendement relatif par recrue, la capture du Merlu dans les eaux de la côte-Est algérienne pour les toutes les zone d'étude ciblées, touche les petits poissons qui sont capturés à des niveaux d'effort élevés (surpêche) (Pauly & Soriano, 1986), cependant, la solution à ce problème est d'augmenter le maillage et diminuer l'effort de pêche.**

Le tableau 64 résume les valeurs de ( $Y'/R$ ) et ( $B'/R$ ) pour différentes valeurs du taux d'exploitation dans les différents sites d'étude.

**Tableau 64:** Paramètres de croissance et indices d'exploitation pour le calcul de ( $Y'/R$ ) et de ( $B'/R$ ).

Zone d'études	$Y'/R$	$B'/R$
<b>Golfe de Béjaïa</b>	0,001	0,05
<b>Baie de Jijel</b>	0,003	0,0015
<b>Golfe d'Annaba</b>	0,007	0,0036
<b>Secteur Est Algérien</b>	0,003	0,0012



**Figure 111** : Isoplèthes de la biomasse relative par recrue chez *M.merluccius*.  
**a** : dans le Golfe de Béjaïa ; **b** : dans la Baie de Jijel ; **c** : dans le Golfe d'Annaba ; **d** : la population du secteur Est Algérien.

Les figures (112, 113, 114, 115) représentent les courbes des rendements eumétriques ( $Y'/R$ ) et des biomasses ( $B'/R$ ) en fonction des différentes valeurs de  $E$ .

Chez le Merlu du Golfe de Béjaïa la valeur prédictive  $E_{max}$ , exploitation avec rendement productif maximum est de **0,416**, celle de  $E_{10}$ , taux d'exploitation pour une augmentation de ( $Y'/R$ ) de **10%** représente **0,305** et  $E_{50}$ , valeur sous laquelle le stock à été réduit de **50%** de sa biomasse inexploitée vaut **0,260** (Fig. 112). La courbe de la biomasse relative diminue progressivement avec l'augmentation du niveau d'exploitation.

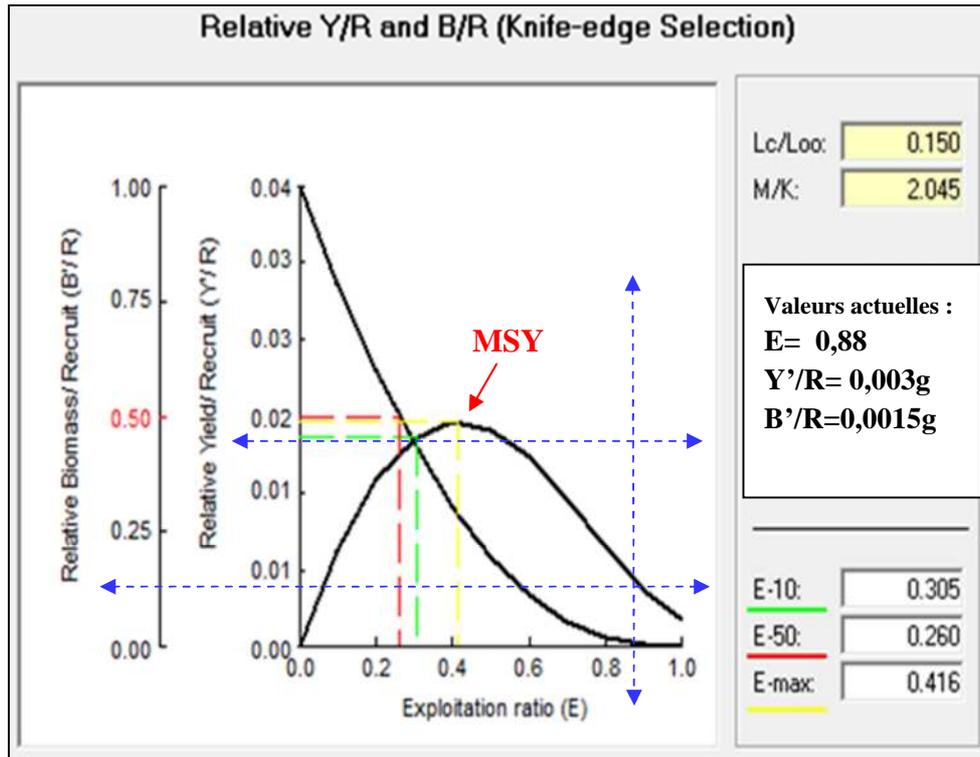


Figure 112 : Courbes eumétriques de *Merluccius merluccius* du Golfe de Béjaïa.

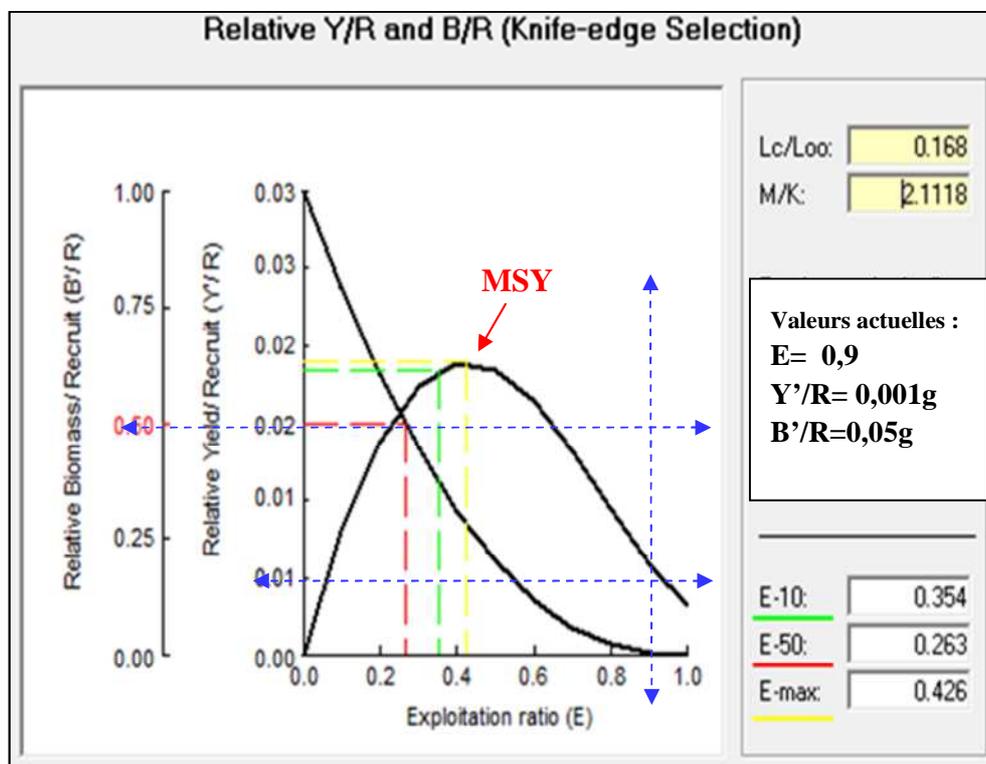


Figure 113 : Courbes eumétriques de *Merluccius merluccius* de la Baie de Jijel.

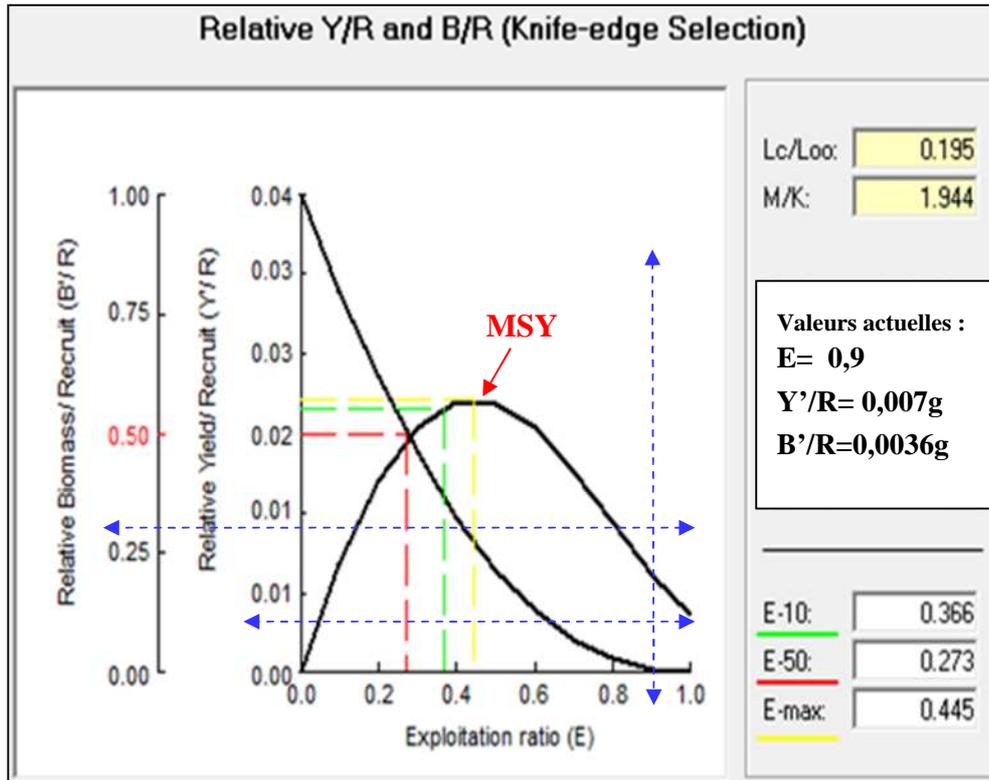


Figure 114 : Courbes eumétriques de *Merluccius merluccius* du Golfe d'Annaba.

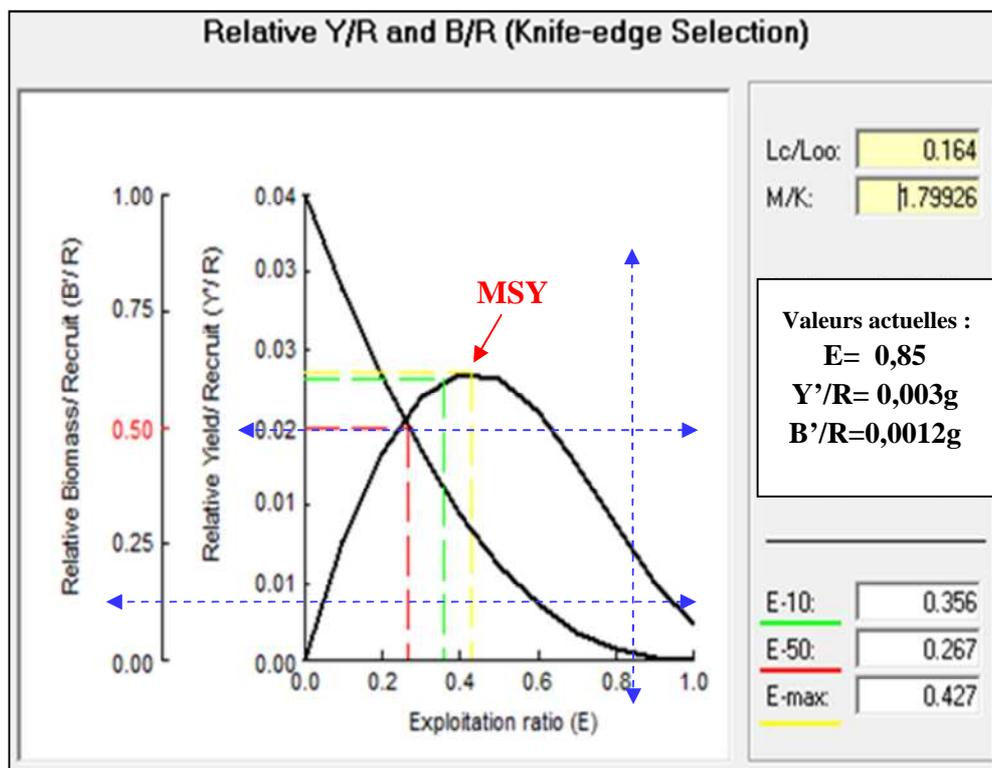


Figure 115 : Courbes eumétriques de *Merluccius merluccius* de la population de la Côte-Est Algérienne.



Chez le Merlu de la Baie de Jijel la valeur prédictive  $E_{max}$ , exploitation avec rendement productif maximum est de **0,426**, celle de  $E_{10}$ , taux d'exploitation pour une augmentation de  $(Y'/R)$  de **10%** représente **0,354** et  $E_{50}$ , valeur sous laquelle le stock à été réduit de **50%** de sa biomasse inexploitée vaut **0,263** (Fig. 113). La courbe de la biomasse relative diminue progressivement avec l'augmentation du niveau d'exploitation.

Chez le Merlu du Golfe d'Annaba la valeur prédictive  $E_{max}$ , exploitation avec rendement productif maximum est de **0,445**, celle de  $E_{10}$ , taux d'exploitation pour une augmentation de  $(Y'/R)$  de **10%** représente **0,366** et  $E_{50}$ , valeur sous laquelle le stock à été réduit de **50%** de sa biomasse inexploitée vaut **0,273**. La courbe de la biomasse relative diminue progressivement avec l'augmentation du niveau d'exploitation (Fig. 114).

En fin, la valeur prédictive de toute la population de *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien  $E_{max}$ , exploitation avec rendement productif maximum est de **0,427**, celle de  $E_{10}$ , taux d'exploitation pour une augmentation de  $(Y'/R)$  de **10%** représente **0,356** et  $E_{50}$ , valeur sous laquelle le stock à été réduit de **50%** de sa biomasse inexploitée vaut **0,267**. La courbe de la biomasse relative diminue progressivement avec l'augmentation du niveau d'exploitation (Fig. 115).

### **Conclusion**

**Les mortalités** totales, naturelles et par pêche, estimés au cours de notre étude, touchent en majorité les individus juvénile appartenant à la classe de taille moins de 20 cm. De ce diagnostic, il ressort un état de surexploitation du stock du Merlu le long du secteur Est Algérien et il semble que les petits poissons sont capturés à des niveaux d'effort élevés (surpêche)  **dans l'urgence à recommander d'augmenter le maillage et diminuer l'effort de pêche.**

Le Merlu est parmi les espèces importantes pour le secteur de la pêche et qui constitue le poisson démersal le plus capturé et le plus ciblé principalement par les chalutiers et surtout les petits métiers. Pour un aménagement est l'utilisation durable des ressources halieutiques, mais d'une façon générale, les décisions prises actuellement sont de simples tentatives pour résoudre des problèmes immédiats sans tenir compte de la situation à long terme.

Ces dernières années, et suite à l'augmentation de la flottille de pêche, nous assistons à des massacres extrêmes de différents stocks de poissons. Pour notre étude, et suite à l'utilisation de l'approche mono spécifique en utilisant aussi bien l'approche globale ou



analytique, il est indispensable et dans l'urgence une combinaison entre une diminution de l'effort de pêche et une augmentation du maillage car plus nous augmentons le maillage plus il est accompagné par une diminution de l'effort de pêche plus nous avons une amélioration du profil de rendement par recrue pour une meilleure gestion des espèces à long terme.

En effet, la combinaison des résultats, nous a permis de conclure que la gestion des captures, le contrôle de l'effort de pêche et l'efficacité conjugué de l'engin et du navire sont des étapes primordiales pour l'aménagement de nos pêcheries, prévoyant des mesures de gestion qui se résument dans l'actualisation de la réglementation du maillage utilisé afin d'améliorer la sélectivité des engins de pêche pour réduire les prises accessoires des juvéniles et des petits individus de l'espèce étudiée et des espèces non commerciales et protéger ainsi le recrutement de notre ressource et assurer un développement durable.

Enfin, la nécessité de contrôler la gestion des captures et de l'effort sont considérés comme des strictes mesures de conservation et le succès de cette étape est lié à l'adhésion de l'effort de tous les partenaires à savoir les professionnels, les gestionnaires et les scientifiques.

## LA FAUNE SOUS-MARINE DE NOS JOURS



---

### *Sixième partie*

*La contamination de Merluccius merluccius pêché  
le long du secteur Est Algérien par quelques éléments traces métalliques  
(Pb, Cd, Zn, Fe, Cu, Ni).*

---



Ici



!!!



*Je préjuge aujourd'hui  
que la nature se venge de la science  
qui l'opprime, la défigure  
et la pollue depuis bien des années.*



***La contamination de Merluccius merluccius (Linnée, 1758)  
pêché dans la frange Côtière-Est Algérienne par quelques éléments traces métalliques  
(Pb, Cd, Zn, Fe, Cu, Ni).***

## **I. Introduction**

Les écosystèmes estuaires et côtiers sont des milieux fortement affectés par les activités humaines. L'industrialisation et le développement urbain, agricole ou touristique des villes en zone côtière sont les principales causes de l'augmentation de la pression exercée sur ces milieux (Huang *et al.*, 2007; Rao *et al.*, 2007; Memet & Bülent, 2012, Xuelu & Chentung, 2012 ; Chang *et al.*, 2014).

Parmi les substances chimiques susceptibles de constituer un danger pour la vie aquatique en général, figurent **les métaux lourds**. Ces derniers sont rejetés dans la colonne d'eau puis piégés dans les sédiments et peuvent exercer des effets délétères sur les ressources halieutiques, le long de la chaîne alimentaire jusqu'aux êtres humains. A l'interface des zones continentales et océaniques, les sédiments côtiers estuaires jouent un rôle de filtres et de réservoirs pour les contaminants mais sont aussi d'importantes sources de contamination qui tendent à dégrader la qualité de ces habitats (Boening, 1999 ; Buggy *et al.*, 2008 ; Courrat *et al.*, 2009).

## **II. Synthèses bibliographique des éléments traces métalliques ETM**

### **1. Définition des métaux lourds**

Les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser. D'un point de vue purement scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être également définis comme :

- tout métal ayant une densité supérieure à 5g/cm<sup>3</sup> ;
- tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du Sodium (Z=11) ;
- tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques.

La notion de métaux lourds est apparue lorsque les premiers biologistes ont cherché à caractériser les protéines qui contenaient du Soufre. Les sels solubles dans l'eau du Plomb, du Mercure et du Cadmium, ajoutés à une solution aqueuse d'une protéine, conduisaient à la formation de précipitations volumineuses et très denses due à une combinaison solide entre les fonctions soufrées de ces protéines et ces ions métalliques, selon la réaction suivante :





SH: fonction soufrée de protéine (S : soufre, H : hydrogène)

M<sup>++</sup> : forme ionisée divalente du métal lourd (Hg<sup>++</sup>, Pb<sup>++</sup>, Cd<sup>++</sup>).

Les propriétés néfastes de ces trois éléments sont :

- Grande affinité pour le Soufre ;
- Forte bioaccumulation dans les chaînes alimentaires ;
- Importante toxicité pour de nombreux êtres vivants animaux et / ou végétaux.

Ces propriétés se présentent aussi chez certains autres éléments comme le Thallium, l'Argent ou l'Or... tous reconnus toxiques mais qui ne doivent pas être classés parmi les métaux lourds, car ce terme est réservé uniquement pour le Mercure, le Plomb et le Cadmium (Picot, 2002).

Le rapport d'information au Senat français « les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé » (Rapport n°261, Senat Français, 2001) indique que:

« L'appellation métaux lourds est cependant une appellation courante qui n'a ni fondement scientifique, ni juridique ». C'est pourquoi la classification des métaux lourds est souvent discutée.

Certains chercheurs utilisent des définitions plus spécifiques encore. Le géologue par exemple, considèrera comme métal lourd tout métal réagissant avec la pyrimidine.

Enfin, dans l'industrie en général, on considère comme métal lourd tout métal de densité supérieure à 5, de numéro atomique élevé et présentant un danger pour l'environnement et /ou pour l'homme (Tab. 54).

**Tableau 54** : Classification périodique des éléments métalliques analysés

**CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS**

■ Métaux

■ Semi-conducteurs

■ Non-métaux

■ Gaz nobles

■ Lanthanides et actinides

Li : Solide à 25°C, sous 1 bar

He : Gaz à 25°C, sous 1 bar

Br : Liquide à 25°C, sous 1 bar

Tc : Obtenu par synthèse

																		VIII																																																																																								
I																	2																																																																																									
1	H																	He																																																																																								
2	Li	Be																	B	C	N	O	F	Ne																																																																																		
3	Na	Mg																	Al	Si	P	S	Cl	Ar																																																																																		
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																																																																																								
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																																																																																								
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																																																																																								
7	Fr	Ra	Lw	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uum	Uuu	Uub																																																																																														
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td colspan="16">Série des Lanthanides</td> </tr> <tr> <td>57</td><td>La</td><td>58</td><td>Ce</td><td>59</td><td>Pr</td><td>60</td><td>Nd</td><td>61</td><td>Pm</td><td>62</td><td>Sm</td><td>63</td><td>Eu</td><td>64</td><td>Gd</td><td>65</td><td>Tb</td><td>66</td><td>Dy</td><td>67</td><td>Ho</td><td>68</td><td>Er</td><td>69</td><td>Tm</td><td>70</td><td>Yb</td> </tr> <tr> <td colspan="16">Série des Actinides</td> </tr> <tr> <td>89</td><td>Ac</td><td>90</td><td>Th</td><td>91</td><td>Pa</td><td>92</td><td>U</td><td>93</td><td>Np</td><td>94</td><td>Pu</td><td>95</td><td>Am</td><td>96</td><td>Cm</td><td>97</td><td>Bk</td><td>98</td><td>Cf</td><td>99</td><td>Es</td><td>100</td><td>Fm</td><td>101</td><td>Md</td><td>102</td><td>No</td> </tr> </table>																Série des Lanthanides																57	La	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	Série des Actinides																89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No
Série des Lanthanides																																																																																																										
57	La	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb																																																																															
Série des Actinides																																																																																																										
89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No																																																																															

illustration : <http://www.ac-rouen.fr/lycees/galilee/elements.htm>



Dans le traitement des déchets liquides, les métaux lourds indésirables auxquels on s'intéresse principalement sont : As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Se, Zn. Dans les Sciences Environnementales, les métaux lourds associés aux notions de *pollution* et de *toxicité* sont généralement : As, Cd; Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sn, Zn (Tab. 55).

Toutes ces formes, même si elles sont présentes en quantité minime, et quelles que soient les transformations qu'elles subissent lors de leur cheminement dans l'environnement, doivent être prises en compte lorsque on étudie les métaux lourds et ceci confère à ce sujet toute sa complexité. L'étude de toutes ces formes de métaux lourds constitue une discipline à part entière, connue actuellement sous le terme d'étude de la «*Spéciation des métaux lourds*».

## 2. Origine des métaux traces dans le milieu marin

Normalement dans les écosystèmes aquatiques naturels, les éléments traces métalliques (ETM) sont présents à de faibles teneurs (à l'état de traces en µg/l, moins de 0,1%) dans les sols, les sédiments, les eaux de surface et les organismes vivants (Tab. 56).

**Tableau 55** : Eléments traces considérés dans les études expérimentales concernant l'assimilation chez les poissons. Les éléments traces dans les travaux de cette thèse sont indiqués en gras.

Eliment	Numéro atomique	Masse atomique	Essentialité
<b>Fe Fer</b>	26	56	Oui
Ag Argent	47	108	Non
Am Américium	95	243	Non
As Arsenic <sup>(1)</sup>	33	75	Oui
<b>Cd Cadmium</b>	48	112	Non <sup>(2)</sup>
<b>Pb Plomb</b>	82	207	Non <sup>(2)</sup>
Co Cobalt	27	59	Oui
<b>Cr Chrome</b>	24	52	Oui
Cs Césium	55	133	Non
<b>Cu Cuivre</b>	29	64	Oui
Hg Mercure	80	201	Non
Mn Manganèse	25	55	Oui
Po Polonium	84	209	Non
Se Sélénium <sup>(1)</sup>	50	109	Oui
<b>Zn Zinc</b>	30	65	Oui
<b>Ni Nickel</b>	28	57	Oui



**Tableau 56** : Sources des ETM étudiés dans l'environnement (Dean *et al.*, 1972 ; Martin *et al.*, 1979 ; Ross, 1994 ; Baize, 1997; Alloway & Ayres, 1997 ; Callender, 2003 ; Meybeck *et al.*, 2007 ; Adano *et al.*, 2008).

<b>1. Les mines et les fonderies de métaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Terrils et résidus – contamination par lixiviation et érosion éolienne (Cd, Hg, Pb)</li> <li>b) Résidus dispersés par les eaux – contamination des sols suite aux crues, inondations, etc. (Cd, Pb)</li> <li>c) Transport des minerais (Cd, Pb)</li> <li>d) Fonderie – contaminations dues aux poussières et aérosols (Cd, Pb)</li> <li>e) Industrie du fer et de l'acier (Cu, Ni, Pb)</li> <li>f) Traitement des eaux (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd)</li> </ul>
<b>2. Les industries</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Plastiques (Co, Cr, Cd)</li> <li>b) Textiles (Zn, Al)</li> <li>c) Microélectronique (Cu, Ni, Cd, Zn)</li> <li>d) Traitement du bois (Cu, Cr)</li> <li>e) Raffineries (Pb, Ni, Cr)</li> </ul>
<b>3. Les retombées atmosphériques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Sources urbaines/industrielles, dont incinérateurs et élimination des déchets (Cd, Cu, Pb)</li> <li>b) Industries pyro-métallurgiques (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn)</li> <li>c) Gaz d'échappements automobiles (Mo, Pb)</li> <li>d) Combustion des carburants fossiles (dont les centrales énergétiques) (Pb, Zn, Cd)</li> </ul>
<b>4. L'agriculture</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Engrais (ex : Cd, Mn et Zn dans certains engrais phosphatés)</li> <li>b) Lisiers (ex : Cu dans des lisiers de porcs et de volailles, Mn et Zn dans certains lisiers de ferme)</li> <li>c) Chaulage (Pb)</li> <li>d) Pesticides (Cu, Mn et Zn dans les fongicides, Pb utilisés dans les vergers)</li> <li>e) Eaux d'irrigation (Cd, Pb)</li> <li>f) Corrosion des métaux (Fe, Pb, Zn)</li> </ul>
<b>5. Les dépôts de déchets sur les sols</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Boues d'épuration (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn)</li> <li>b) Percolât des décharges (Cd, Fe, Pb)</li> <li>c) Tas de ferrailles (Cd, Cr, Cu, Pb, Zn)</li> <li>d) Feux, cendres etc. (Cu, Pb)</li> </ul>

Compte tenu de la toxicité des ETM, il est important d'en connaître la source et de savoir ce qu'ils deviennent dans l'environnement sachant que les ETM qui entrent dans l'environnement aquatique proviennent à la fois de sources naturelles tels que les fonds géochimiques, volcans, incendies de forêts et des multiples activités anthropogènes (Tab. 55)



(Dell'Anno *et al.*, 2003 ; Eggleton *et al.*, 2004 ; Chatterjee *et al.*, 2006 ; Türkmen *et al.*, 2008).

### 3. Essentialités des métaux lourds

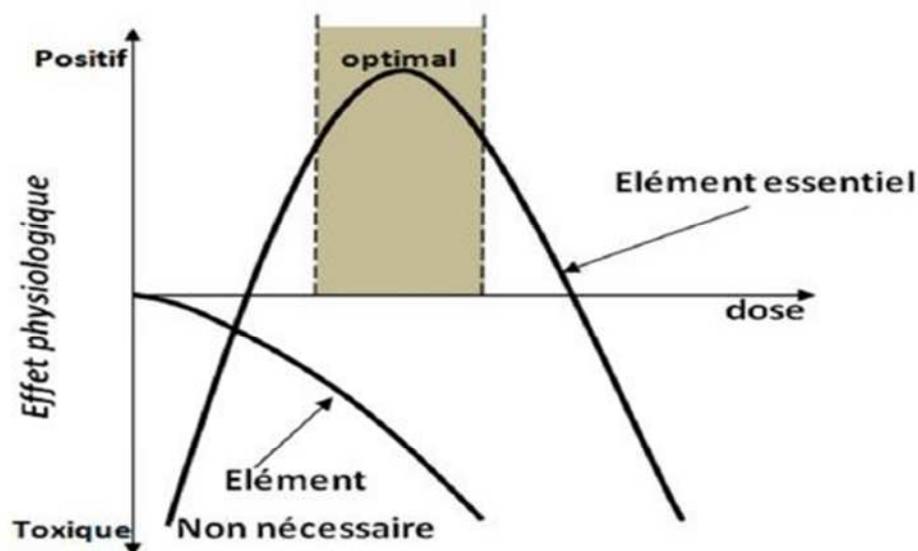
Ces éléments traces métalliques ont des effets très différents sur le milieu vivant. Quelques-uns sont nécessaires pour les organismes, ils sont dits « **essentiels** » ; et d'autre non aucun rôle biologique (Fig. 116), ils sont dits « **non nécessaires** ».

#### A. Métaux essentiels

Ce sont des métaux dont l'organisme a besoin dans des concentrations bien déterminées, s'il veut vivre normalement, sainement et qui doivent lui être fournis par la nourriture. Bien qu'à des fortes concentrations, ils peuvent être nocifs pour les organismes. Parmi ces éléments dont l'absence entrave le fonctionnement ou empêche le développement d'un organisme, on trouve plusieurs groupes dont :

- Le Fer, le Manganèse, le Zinc et le Cuivre pour les animaux;
- Le Molybdène est un micronutriment pour les végétaux.

Ces éléments constituent des enzymes et protéines qui sont très importantes dans les processus métaboliques des organismes (Alloway & Ayres, 1997 ; De Boeck *et al.*, 2004). Selon Oliveira-Ribeiro *et al.* (2005) et Bliefert & Perraud (2011), si ces éléments essentiels se trouvent être en fortes concentrations, ils peuvent devenir toxiques.



**Figure 116:** Relation dose effet d'éléments essentiels (Ex : Zn, Cu) et non nécessaires (Ex : Cd, Pb) (Bliefert & Perraud, 2011).



### **B. Métaux non nécessaires**

Ces métaux ne sont pas nécessaires à la vie, n'ont aucun rôle physiologique mais ils perturbent souvent le cours normal des processus métaboliques, même à l'état de traces ; à l'exception de faibles doses tolérables, de tels métaux ont souvent un effet toxique (Bliefert & Perraud, 2011).

#### **4. Contamination des écosystèmes aquatiques par les ETM**

La contamination par les métaux lourds des écosystèmes est une préoccupation justifiée par les risques que ces éléments constituent pour l'équilibre d'un écosystème, et ceci même à des concentrations très faibles en raison de leurs puissantes activités biologiques et de leurs tendances à s'accumuler dans les organismes vivants. Plusieurs approches ont été développées pour évaluer ces risques. Il est important de rappeler que les polluants se répartissent entre les différents compartiments des sédiments.

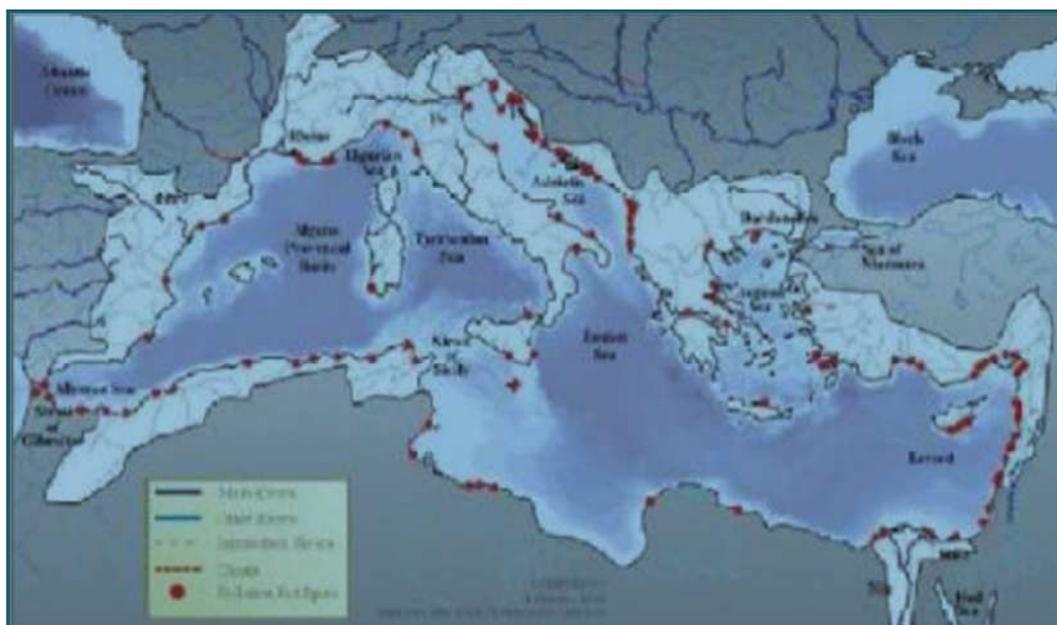
On distingue deux phases principales qui sont l'eau interstitielle et les particules. Les liaisons entre micropolluants et particules sont de nature assez variée où se forment des résidus non extractibles. Les effets toxiques et les risques pour l'écosystème découlent de cette répartition des micropolluants entre les phases du sédiment (Bahut & Alzieu, 2003 ; Diop *et al.*, 2016). Il s'agit donc d'établir des relations de causes à effet, dans le but d'interpréter convenablement les relations concentrations-effets, d'où il est nécessaire de comprendre la cinétique des éléments traces métalliques.

Les métaux lourds, dans les eaux de surface subissent des cycles de transformations, de complexation, de précipitation qui peuvent expliquer le comportement de ces métaux dans le milieu aquatique. La complexation avec le carbone organique dissous, avec les particules en suspension, avec les particules solides et les réactions avec les sulfures des sédiments dans les processus qui contrôlent la persistance des métaux et par conséquent le niveau de l'exposition de la faune aquatique (Di Toro, 2001 ; Augier, 2008). Comme le montre la figure 117, les métaux se trouvent distribués sous les mêmes formes que celles de la colonne d'eau, mais avec des concentrations différentes. Les métaux fixés sur les particules des sédiments sont absorbés avec les sulfures, ainsi seule la fraction assimilable par la faune benthique peut avoir un effet biologique et de ce fait leur spéciation peut apporter des éléments de réponse.

Parmi les approches évaluant la qualité d'un écosystème aquatique, la plus utilisée consiste à déterminer les concentrations des métaux dans les compartiments biotiques et abiotiques et les comparer aux teneurs naturelles. Cette approche repose sur la connaissance



du taux réel des métaux dans l'eau, les sédiments, la faune et la flore aquatique. Les teneurs naturelles en métaux ou background concentrations, doivent être déterminées dans des zones où les activités humaines pouvant contaminer les milieux sont absentes. De plus les concentrations naturelles varient d'une région à une autre à travers le monde et dépendent de la nature de la roche mère (Meybeck, 2007 ; Ouali *et al.*, 2008 ; Pradhan *et al.*, 2014) ; c'est-à-dire de la composition de la croûte terrestre et du type de sol.



**Figure 117** ● Points chauds de pollution le long du littoral Méditerranéen (PNUE- PAM-MED POL, 2010)

## 5. Situation générale des métaux lourds en Méditerranée

La Méditerranée est une mer semi-fermée, chaude et salée, entourée de trois continents, les apports atmosphériques et telluriques sont donc importants. Sa superficie est de  $2,5.10^{12}$  km<sup>2</sup>, alors que son bassin versant représente  $1,8.10^{12}$  km<sup>2</sup>. Le renouvellement lent des eaux en font un bassin de concentration pour différentes pollutions (déchets macroscopiques, hydrocarbures, métaux lourds...). Toutes ces caractéristiques font de la Méditerranée une mer particulièrement fragile et vulnérable (Albakjaji, 2011 ; Stancheva *et al.*, 2013).

Espace convoité, le littoral méditerranéen est le siège de nombreuses activités économiques (pêche, industrie, agriculture...), engendrant des points chauds de pollution le long du littoral Méditerranéen (Fig. 117). Vingt-deux pays sont les riverains de cette mer, en Europe, au Moyen-Orient et en Afrique du Nord, qui comptent plus de 450 millions de



résidants en 1996 et l'on estime que ce chiffre passera à 520–570 millions en 2030, pour atteindre approximativement 600 millions en l'an 2050 et, éventuellement, plus de 700 millions à la fin du 21<sup>ème</sup> siècle (AEE, 1999).

Parmi les problèmes de l'environnement méditerranéen, l'accent a été mis sur le développement, l'urbanisation, la pollution et la surexploitation du littoral. Mais les grands fonds de la Méditerranée selon certains auteurs figurent parmi les milieux d'eaux profondes les plus lourdement atteints au monde, tout en étant les zones les moins connues au plan de la biodiversité (UNEP-MAP, RAC/SPA, 2010): le risque existe qu'une perte importante de biodiversité se produise avant que les scientifiques n'aient le temps de documenter son existence (Briand, 2003).

## **6. Les différentes voies d'exposition des organismes aquatiques aux ETM**

Sur les voies de pénétration et le devenir des métaux chez le poisson, les micropolluants pénètrent dans l'organisme par deux voies principales:

- Une voie respiratoire (branchies, peau ou absorption directe au niveau de la muqueuse intestinale);
- Une voie digestive ou trophique par ingestion de proies contaminées, voie majoritaire démontrée par plusieurs auteurs (Metian *et al.*, 2009 ; Mathews & Fisher 2009).

Les métaux, tout comme les composés organiques, peuvent pénétrer dans les organismes marins directement à partir de l'eau de mer en traversant les membranes perméables des cellules des organismes. Dans les tissus, ils sont compartimentés, stockés et liés à des ligands pour en réduire la réactivité toxique (Medeiros *et al.*, 2013 ; Saher *et al.*, 2016). Ces procédés éliminent les métaux des fluides tissulaires et permettent le maintien de gradients de diffusion indispensables aux processus osmorégulateurs.

## **7. Le Transfert trophique des métaux lourds : du phytoplancton aux poissons**

Depuis les producteurs primaires (phytoplancton) à des consommateurs primaires (zooplancton), le risque de contamination s'amplifie au fur et à mesure que l'on remonte à travers les maillons de la chaîne trophique (Fig. 117) indiqué par un phénomène de bioaccumulation) (Wang & Fisher, 1998a ; Yu & Wang 2004 ; Blackmore & Wang, 2002 ; Yildirim *et al.*, 2009 ; Yi *et al.*, 2011 ; Wang *et al.*, 2013a).



## **8. Bioaccumulation des métaux par les organismes aquatiques**

### **A. La bioaccumulation**

La bioaccumulation est le résultat des processus de contamination, une combinaison des mécanismes d'excrétion vers l'environnement et de biotransformation endogène (Ribeyre & Boudou, 1980). Tous ces phénomènes vont également conditionner les perturbations plus ou moins délétères des fonctions biologiques (Boudou & Ribeyre, 1989a, 1989b). Ney & Van Hassel, (1983), relie les effets toxiques, les processus de transferts entre les organes et l'excrétion des contaminants à plusieurs facteurs tels que:

- Les propriétés physico-chimiques des contaminants ;
- La forme de stockage des contaminants ;
- L'état physiologique de l'organisme.

### **B. La bioconcentration**

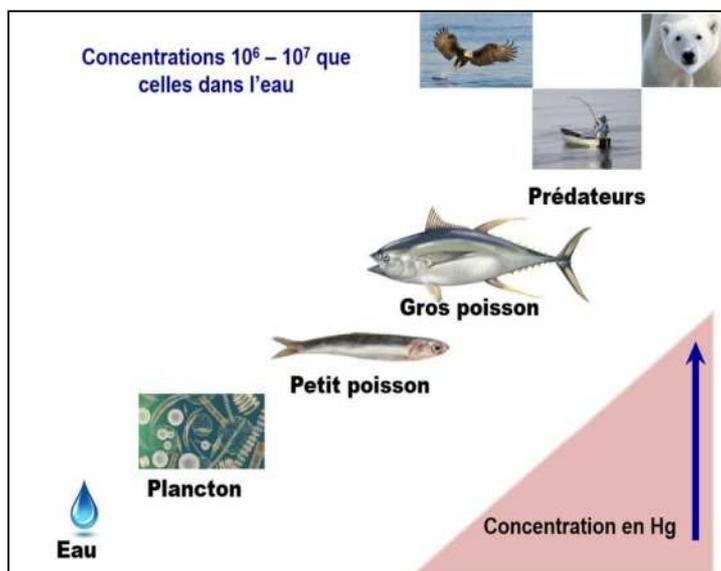
La bioconcentration est un cas particulier de la bioaccumulation. Elle est définie comme le processus par lequel une substance est présente dans un organisme vivant à une concentration supérieure à celle de son milieu environnant. C'est une augmentation de la concentration d'un contaminant lorsqu'il passe de l'eau à un organisme vivant.

Le facteur de concentration (FBC) peut être défini comme une constante issue du rapport de la concentration d'une substance dans un organisme en état d'équilibre à sa concentration dans le biotope (Ramade, 1911).

### **C. La bioamplification**

La bioamplification est le processus par lequel le prédateur concentre une substance à un niveau supérieur à celui où il se trouve dans la proie (Fig. 118). Ainsi, le concept de la bioaccumulation résulte de la balance nette des processus de capture, de stockage et d'excrétion d'une substance dans un organisme due à l'exposition dans l'eau, la nourriture, le sédiment et l'air (Neff, 2002).

La Pénétration, le stockage dans les organes cibles et contamination sont sous la dépendance des facteurs abiotiques du milieu, de la nature du contaminant et des caractéristiques physiologiques et biochimiques de l'organisme ou de l'espèce considérée. Quand la contamination se fait, les barrières cutanées et respiratoires (concernant la contamination direct), et intestinales (la contamination trophique) montrent des propriétés biologiques liées à leur structure et aux conditions physico-chimiques de l'environnement (Casas, 2005 ; Casas *et al.*, 2007). La membrane plasmique est la structure primaire impliquée dans ces processus (Luoma, 1982 et 1983).



**Figure 118:** Exemple d'accumulation du Mercure le long de la chaîne trophique.

### 9. Facteurs affectant la bioaccumulation des métaux

Il est possible de caractériser les facteurs influençant le transfert trophique en trois compartiments (Fig. 118): les proies, les prédateurs et leur environnement. La majorité des études relatives au transfert trophique des métaux chez les poissons se sont intéressées aux facteurs relatifs aux proies susceptibles d'impacter leur assimilation. Ainsi, différents travaux ont montré que, chez une même espèce prédatrice, l'assimilation des métaux peut varier selon le type d'aliment ingéré (Wang & Wong, 2003 ; Dutton & Fisher, 2011 ; Yabe *et al.*, 2013).

Les processus de contamination et de décontamination sont superposés dans le temps et leur importance relative varie fortement selon :

- Les modalités de la contamination (voies d'entrée, doses absorbées...);
- Les niveaux d'accumulation dans l'organisme et dans les organes ;
- Les facteurs physico-chimiques du milieu environnant (Boudou, 1982 ; Simkiss & Taylor, 1995).

Il est connu que les niveaux de concentrations métalliques dans les organismes ne sont pas le seul résultat de leur biodisponibilité dans l'environnement ; les processus impliqués sont très complexes et sont influencés par :

- le contaminant (taille de la molécule, spéciation chimique....) ;
- l'organisme récepteur (propriétés membranaires, composition chimique, processus actifs) ;
- l'environnement intra et extracellulaire (température, pH....). Les facteurs biotiques



sont, quant à eux, liés aux espèces et surtout à leur anatomie (taille, nature ...).

Cependant, les capacités de bioaccumulation, pour un même produit chimique, peuvent varier considérablement selon :

#### ***A. L'espèce considérée***

Des comparaisons interspécifiques ont été faites sur l'assimilation chez plusieurs prédateurs. Les différences observées ont été mises en relation avec l'écologie trophique des organismes (Ni *et al.*, 2000 ; Zeitoun & Mehana, 2014) et la diversité phylogénique, c'est-à-dire les caractéristiques anatomiques, physiologiques et biologiques (Genç *et al.*, 2017). Cependant, dans une autre étude menée chez une espèce de poisson herbivore, le Sigan, *Siganus canaliculatus*, l'augmentation des concentrations métalliques dans les macroalgues n'a pas eu d'effet significatif sur l'assimilation des métaux lourds.

#### ***B. Les facteurs intrinsèques de l'espèce***

Par une approche mécanistique, certains auteurs ont étudié les facteurs intrinsèques aux proies qui pourraient expliquer les différences d'assimilation observées. La relation entre la répartition subcellulaire des métaux dans la nourriture et l'assimilation observée chez les prédateurs a été étudiée chez plusieurs espèces, suite notamment aux travaux initiés sur des invertébrés (Zubcov *et al.*, 2008). Les résultats de ces travaux sont encore contrastés. Certains auteurs ont mis en évidence une relation positive entre la répartition subcellulaire du Cd, du CH<sub>3</sub>Hg et du Zn dans les proies et l'assimilation de ces éléments chez différentes espèces de poissons (Seebaugh *et al.*, 2005 ; Zhang & Wang, 2007 ; Dang & Wang, 2010) mais cela n'a pu être démontré que pour un nombre réduit de métaux et par un nombre limité d'études.

#### ***C. Le niveau trophique considéré***

Les concentrations métalliques dans les proies sont également susceptibles d'impacter l'assimilation des métaux par les prédateurs. En effet, Wang *et al.*, (2012) ont démontré qu'avec des niveaux croissants de Cd et de Zn ajoutés dans un aliment commercial, leurs efficacités d'assimilation diminuent de façon significative chez le Pagre à tête noire, *Acanthopagrus schlegeli*, alors que l'assimilation du Hg inorganique n'a pas été affectée.

#### ***D. Le stade de développement des individus***

L'influence de la taille des prédateurs (allométrie) sur l'assimilation des métaux a également été étudiée chez le Pagre à tête noire, *A. schlegeli*. Dans cette étude, l'assimilation du Se et du Zn augmentait avec la taille des poissons alors qu'aucun effet significatif n'a été mis en évidence pour le Cd (Zhang & Wang, 2007).



### ***E. Le régime alimentaire***

Il existe encore peu d'études concernant le comportement alimentaire des prédateurs alors que ce paramètre semble être important dans la compréhension de l'assimilation des métaux. L'approche expérimentale a permis d'étudier les facteurs biologiques susceptibles d'influencer le transfert trophique des métaux chez les poissons.

A titre d'exemple, [Van Campenhout et al. \(2007\)](#) ont étudié l'influence de la composition de la nourriture mais également l'état physiologique du prédateur étudié, la Carpe commune *Cyprinus carpio*. Par ailleurs, cette étude se distingue par la prise en compte des effets de la température sur l'assimilation des métaux chez cette espèce.

### ***F. Les propriétés du contaminant***

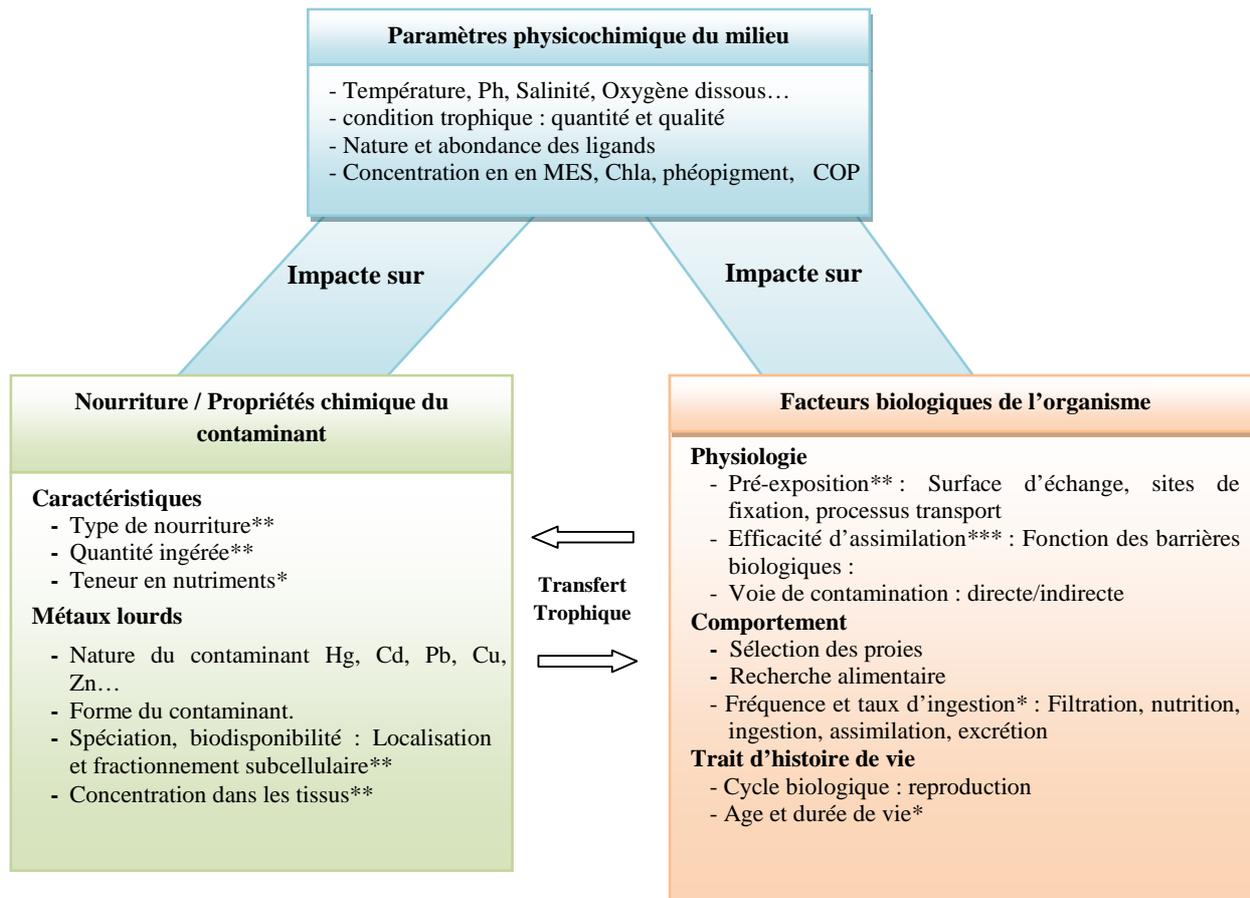
L'étude de l'interaction entre les contaminants et les barrières biologiques est d'un intérêt considérable pour la compréhension des phénomènes écotoxicologiques, particulièrement la bioaccumulation et les transferts à travers les chaînes trophiques ([Luoma, 1983](#)).

## **10. Caractéristiques physico-chimiques du milieu environnant**

Parmi les facteurs abiotiques (Fig. 119), les facteurs physico-chimiques (températures, salinité, oxygène dissous, pH...) du milieu jouent un rôle essentiel puisqu'ils influent à la fois sur la forme physico-chimique des métaux (état de valence, adsorption-désorption sur les métaux en suspension, etc.) donc sur leur biodisponibilité, mais également sur le métabolisme des espèces (respiration, reproduction, activités trophiques...) dont dépendent en partie les cinétiques d'accumulation et d'excrétion des métaux. Ces facteurs sont spécifiques d'un site et varient dans le temps ([Karayücel & Karayücel, 2000](#)).

Les facteurs climatiques agissent sur des paramètres comme la température, l'oxygène dissous et la salinité. Ces conditions du milieu modifient l'efficacité des processus biologiques responsables de la bioaccumulation ; en particulier la température qui intervient directement sur la cinétique des processus biologiques, ces organismes étant poïkilothermes. Les variations saisonnières de ces paramètres doivent être prises en ligne de compte ([Langston & Spence, 1995](#)).

En effet, bien que les facteurs environnementaux tels que la température et le pH soient connus pour affecter la physiologie digestive des organismes aquatiques et notamment des poissons dans leurs jeunes stades de vie ([Pimentel et al., 2015](#) ; [Pouil et al., 2015](#)), peu d'études relatives au transfert trophique des métaux ont considéré ces facteurs.



**Figure 119 :** Processus interagissant et contrôlant le transfert trophique des métaux lourds chez les poissons. Les étoiles entre parenthèses indiquent les processus déjà étudiés en conditions expérimentales. Le nombre d'étoiles est proportionnel à l'information disponible dans la littérature.

## 11. Interactions multifactorielles

La qualité et la quantité de la nourriture ingérée agissant sur la bioaccumulation, directement en modifiant l'assimilation des métaux (flux entrant, biodisponibilité), ou indirectement sur la croissance de l'organisme indicateur (Wang & Wong, 2003) et sont corrélés à l'action de plusieurs paramètres hydrobiologiques: les substances humiques et fulviques (Gagnon & Fisher, 1997), la part de phase dissoute et particulaire dans la nourriture (Wang & fisher, 1997 ; Allison *et al.*, 1998), les quantités du seston (Riisgard *et al.*, 2003), le carbone organique dissout et particulaire (Pan & Wang, 2004) et le type du sédiment (Griscom *et al.*, 2000).

La compréhension des mécanismes de transfert métallique et d'accumulation à différents niveaux de la pyramide trophique requiert des études et des approches écologiques (production primaire, cinétique de sédimentation et de l'apport en matière organique en



suspension), toxicologiques (biodisponibilité des métaux et bioaccumulation) et physiologiques (activités nutritives, ingestion et excrétion). Ces trois facteurs sont liés et vont intervenir dans ces interactions entre les composés métalliques et les barrières biologiques.

De nombreux auteurs rapportent la relation nette entre les concentrations de différents contaminants métalliques (Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn) dans le poisson. En effet, les travaux de [Boyden \(1977\)](#) ont montré que les concentrations métalliques mesurées chez les espèces marines peuvent varier en fonction de leur taille, donc de leur âge et de leur poids ([Cossa , 1980 ; Cossa & Rondeau, 1985 ; Cain & Luoma , 1986; Rainbow et al., 1990; Stronkhorst, 1992; Langston & Spence, 1995; Mikac et al,1996; Morono et al., 2001](#)), aussi de toutes les fonctions physiologiques (nutrition, filtration , croissance , reproduction , excrétion) du métabolisme de l'organisme indicateur ([Bayne & Newel, 1983](#)).

## **12. Choix des éléments traces métalliques pris en compte**

Les métaux que nous avons proposés d'étudier dans ce présent travail pour évaluer le niveau de la contamination sont le Zinc (Zn), le Fer (Fe), le Cuivre (Cu), le Nickel (Ni), le Plomb (Pb) et le Cadmium (Cd). Ce choix a été motivé par leur grande persistance dans l'environnement, leur faculté à s'accumuler dans les tissus adipeux des organismes vivants et à se propager le long de la chaîne trophique, en plus de leur toxicité potentielle pour les écosystèmes et la santé humaine, qui constitue une préoccupation mondiale ([WHO, 2004 ; PNUE, 2005 ; FISC, 2006 ; CEE, 2011](#)).

### **A. Le Fer "Fe"**

Le Fer est un oligo-élément indispensable à la vie et, de ce fait, il est indispensable dans le régime alimentaire de l'homme et des mammifères; néanmoins sa présence à de trop fortes concentrations dans l'eau, si elle ne présente pas de problèmes de toxicité entraîne divers inconvénients : goût et odeur désagréable et plus particulièrement dans les systèmes de distribution d'eau, des dépôts dans les canalisations favorisant le développement de bactéries filamenteuses dont la présence peut être gênante dans certaines eaux à usage industriel ; dans bien des cas un prétraitement de l'eau devra être appliqué afin d'éliminer le fer .

Le Fer dans les eaux semble avoir un effet de stimulation sur la croissance algale vis à vis des poissons ; la toxicité du fer dépend du pH et reliée au dépôt d'hydroxyde ferrique sur les branchies. Vis à vis des organismes inférieurs et microorganismes, la limite de toxicité est considérablement plus élevée et dans le plus défavorable des cas est de l'ordre de 80 mg/L.

Selon [Levesque, 1979](#), le Fer à une concentration de 0,52 mg/L cause la mort d'œufs



de poissons incubés. Celle-ci résulterait d'une précipitation du Fer sous forme d'oxydes sur la membrane de l'œuf.

### ***B. Le Cuivre "Cu "***

Le Cuivre est un élément essentiel chez l'homme et l'animal. Il est impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine et la maturation des polynucléaires neutrophiles. De plus, il est un cofacteur spécifique de nombreuses enzymes et métalloprotéines de structure intervenant dans un métabolisme oxydatif, la respiration cellulaire, la pigmentation (OMS. IPCS, 1998). Il a une importance capitale dans l'entretien des processus biologiques. Chez les mollusques, le sang renferme un pigment respiratoire à base de cuivre, l'hémocyanine.

La toxicité vis à vis des organismes marins dépend de la forme chimique du cuivre et de son état d'oxydation. En particulier, la concentration létale en 48 h pour 50 % des larves d'huîtres plates serait de 1 à 3 µg/L et des inhibitions de croissance du phytoplancton se produisent à partir de 4 µg/l. Les caractéristiques physico-chimiques du milieu (pH, dureté, teneurs en autres éléments inorganiques) agissent sur le degré de dissociation entre les formes métalliques et ioniques. Le cuivre complexé est moins toxique que le cuivre à l'état ionique.

### ***C. Le Zinc "Zn"***

Comme le Cuivre, le Zinc est un métal essentiel, nécessaire à la vie d'un grand nombre d'organismes, en quantité généralement faible. Le Zinc est l'un des oligo-éléments les plus abondants chez l'homme (besoins 15 mg/jour).

Il intervient au niveau de la croissance, du développement osseux et cérébral, de la reproduction, du développement fœtal, du goût et de l'odorat, des fonctions immunitaires et de la cicatrisation des blessures (NAS/NRC, 1989). Sa toxicité pour les organismes aquatiques n'en fait pas un contaminant prioritaire, bien qu'il agisse, à de fortes concentrations, sur la reproduction des moules et la croissance des larves.

### ***D. Le Nickel "Ni"***

D'après le Water Quality Criteria, le Nickel apparaît moins toxique à la vie aquatique que le Cuivre et le Zinc. Il semble néanmoins plus toxique pour les poissons que le Fer et le Manganèse. Des études réalisées par Friedrich & Filice, (1976) sur l'accumulation du Nickel chez un mollusque bivalves d'eau de mer ont montré que pour des concentrations en Nickel comprises entre 0,018 mg/L et 0,03 mg/L, il n'y a pas d'accumulation significative du Nickel dans les tissus des organismes exposés. Celle-ci devient significative pour des concentrations



supérieures comprises entre 0,03 et 0,107 mg/L.

L'ingestion quotidienne, à partir de l'alimentation et les boissons, varie de 300 à 600 µg/jour pour un adulte. Certaines boissons peuvent contribuer de manière importante à l'apport de Nickel à l'organisme : thé, café, qui peuvent contenir jusqu'à 100 µg/100 g. D'après les analyses effectuées sur plusieurs groupes d'êtres humains, le Nickel absorbé par l'organisme, suite à une ingestion orale, se trouve surtout dans le foie, les reins, l'aorte, le cœur, la rate et le cerveau (Friedrich & Filice, 1976).

La toxicité du Nickel se manifeste plutôt lorsqu'il est administré par injection ou lorsqu'il est inhalé. Le carbonyle du Nickel est le seul composé reconnu pour être systématiquement toxique vis à vis de l'homme. De nombreux cas d'empoisonnement par ce produit ayant été répertoriés chez les ouvriers de l'industrie du Nickel. Les principales lésions sont une hémorragie et un œdème pulmonaire ainsi qu'une hémorragie cérébrale.

Le carbonyle de Nickel d'autre part est reconnu comme étant un élément carcinogène touchant principalement les voies respiratoires (poumons, cavité nasale). La norme européenne pour le Nickel dans l'eau de consommation est fixée à 0,05 mg/L selon la directive du conseil des communautés européennes du 16 juin 1975.

#### ***E. Le Plomb "Pb"***

Les doses létales du Plomb, sous la forme de sel minéral, sont souvent supérieures à sa limite de solubilité dans l'eau de mer, c'est à dire 4 mg/L. Le Plomb inorganique peut donc être considéré comme toxique (concentration létale de 1 à 10 mg/L) ou modérément toxique (concentration létale de 10 à 100 mg/L).

Des effets sur la croissance de certaines espèces phytoplanctoniques ont été enregistrés à partir de 0,5µg/L. Les invertébrés marins aux stades embryonnaires sont plus sensibles que les adultes. Ainsi, la concentration inhibitrice du développement embryonnaire de la moule (*Mytilus galloprovincialis*) est d'environ 500 µg/L ; de plus, à cette concentration, un grand nombre de larves sont anormales. L'effet toxique du Plomb peut se traduire par une compétition avec des métaux essentiels. Chez la moule, *Mytilus edulis*, en présence du Plomb (0,1 mg/L), il y a perturbation du métabolisme des autres métaux divalents: notamment le Calcium, le Magnésium et le Cuivre (Marchand & Kantin, 1997).

#### ***F. Le Cadmium "Cd"***

Contrairement à de nombreux métaux, le Cadmium n'a aucun rôle métabolique connu et ne semble pas biologiquement essentiel ou bénéfique au métabolisme des êtres vivants. Il



remplace parfois le Zn dans des systèmes enzymatiques carencés en Zn chez le plancton (Price & Morel, 1990; Lane & Morel, 2000).

Le Cadmium présente des risques chez le consommateur. Même à de faibles concentrations, il tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) entraînant une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie) et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées. Chez l'homme, le phénomène de toxicité aiguë est connu depuis 1950 sous le nom de syndrome d'Itai-Itai défini par l'association d'une insuffisance rénale avec ostéoporose (déminéralisation et fragilisation des os) et ostéomalacie (déminéralisation et déformation des os). Son nom provient des cris poussés par les malades, riziculteurs âgés de 40 à 60 ans, du bassin de la rivière Jintsu au Japon, intoxiqués par l'eau de boisson et la consommation de riz contaminés par les rejets d'une usine de métaux non ferreux.

Le JECFA (Joint Expert Committee for Food Additives) comité mixte FAO/OMS, a recommandé chez l'homme une dose hebdomadaire tolérable (DHT) de 7 µg de Cadmium par kilogramme de poids corporel et par semaine. Il faut noter que, outre la boisson et la nourriture, le tabagisme est une source importante de Cadmium notée dans toutes les études épidémiologiques.

De la même façon que pour le Mercure, le règlement (CCE) n° 466/2001 fixe les quantités maximales de Cadmium dans les denrées alimentaires (1mg/kg de poids humide) Cependant, il ne présente pas de toxicité aiguë pour les organismes marins à des concentrations susceptibles d'être rencontrées dans le milieu. Au niveau subléthal, des concentrations de 0,05 à 1,2 µg/L peuvent provoquer des effets physiologiques (anomalies dans le développement embryonnaire et larvaire chez mollusques bivalves) et des inhibitions de croissance (Chiffolleau *et al.*, 2001).

### **III. Matériel et méthodes**

#### **1. Choix et intérêt du matériel biologique**

Le Merlu est un poisson osseux qui fréquente les eaux côtières pour se reproduire et s'alimenter, puis rejoint son habitat dans les grandes profondeurs près du canyon continental (Bouaziz *et al.*, 1998). Son rôle dans l'écosystème marin est une liaison écologiquement importante dans le flux d'énergie dans des communautés marines.

*Merluccius merluccius* a fait l'objet d'un certain nombre de travaux sur des côtes occidentales de la Méditerranée, voire de l'Atlantique sur son écologie (Abella *et al.*, 1995;



Bouaziz *et al.*, 1998 a-b-c), sa biologie (Pauly, 1980; Aldebert & Recansens, 1995; Murua, 2006; Dominguez, 2007; El Habouz, 2011; Khoufi *et al.*, 2012), son intérêt économique (Perez-Agundez, 2002), sa pêche (Gayanilo & Pauly, 1997) et sa biocontamination par les xénobiotiques (Storelli *et al.*, 2005; Belhoucine *et al.*, 2008, 2014; Bodiguel, 2008; Ersoy *et al.*, 2010; Aksu *et al.*, 2011). Il est ainsi retenu comme espèce bioindicatrice de pollution, selon les recommandations de la FAO/WHO, 1989.

Au niveau du secteur Est Algérien, le Merlu n'a jamais été utilisé comme bioindicateur de la pollution métallique à ce jour, d'où l'intérêt de son choix afin d'apporter un complément à ce projet de recherche et de prendre des dispositifs nécessaires relatifs à l'installation d'un réseau de surveillance de la pollution marine et des produits de la pêche. Il nous a semblé donc intéressant d'entamer une étude sur la bioaccumulation de métaux lourds toxiques et d'estimer le niveau de contamination chez cette espèce cible, *Merluccius merluccius*, pêchée au niveau de la frange Côtière-Est Algérienne à savoir le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba puisqu'elle forme un maillon important dans la chaîne tropho-dynamique et il est très apprécié par les consommateurs.

## **2. Choix des éléments traces métalliques ciblés**

Le Zinc et le Fer sont des oligo-éléments indispensables à la vie. Le Cuivre et le Nickel sont des éléments essentiels mais à faible dose. En revanche, le Cadmium et le Plomb du fait de leur toxicité même à de faibles concentrations, ainsi que leur appartenance aux contaminants classés prioritaires par l'union européen (Haynes & Johnson, 2000 ; McPherson & Chapman, 2000 ; Hagopian-Schlekat *et al.*, 2001) sont mesurables à l'état de traces.

L'effet toxique du Cd et du Pb dépend du cycle de vie du poisson, du pH, de la dureté de l'eau et de la présence des matières organiques. Le Pb est classé parmi les métaux les plus toxiques pour l'homme et les animaux (Roony *et al.*, 1999 ; Chang *et al.*, 2009 ; Boucetta *et al.*, 2016). Il ne montre pas d'accumulation le long de la chaîne alimentaire pour les organismes marins (Amiard *et al.*, 1988). Il n'a aucun rôle connu dans les systèmes biologiques (Kalay *et al.*, 2000 ; Diop *et al.*, 2014a). Le Cd est un élément non essentiel à la vie qui provoque des effets toxiques graves dans les organismes aquatiques à des concentrations très basses (Dallinger *et al.*, 1997 ; Chiffolleau *et al.*, 2001). En effet, les (Cd, Pb) possèdent la capacité de se concentrer le long de la chaîne alimentaire et de s'accumuler dans certains organes du corps humain (Förstner & Wittman, 1979; Nriagu, 1987).

Le Cuivre, le Nickel, le Fer et le Zinc par contre sont des nutriments essentiels pour le métabolisme des organismes aquatiques (Förstner & Wittman, 1979; Canli *et al.*, 2003), mais



dangereux pour l'homme au delà de la fourchette normative. Il a été révélé que même dans les eaux non polluées par le Cuivre, les poissons l'accumulent (Ogino *et al.*, 1980 ; Miquel, 2001).

Ces xénobiotiques font l'objet d'un suivi dans plusieurs programmes de surveillance du milieu marin (Quasimem, 1999 ; OSPAR, 2000 ; RINBIO, 2001 ; RNO, 2004). Ils présentent un danger potentiel pour le consommateur de produits de la mer en raison de leur concentration dans les espèces marines, de leur élimination difficile et de leur large répartition dans le milieu aquatique.

### **3. Echantillonnage biologique**

Pour évaluer le degré de contamination métallique de l'écosystème marin du Golfe de Béjaïa, de la Baie de Jijel et celui de Golfe d'Annaba, le dosage de ces polluants a été réalisé sur deux organes cibles, le muscle qui est la partie comestible et le foie qui est un organe de détoxification et de stockage.

Les échantillons du Merlu, *Merluccius merluccius*, ont été fournis par des pêcheurs professionnels garantissant leur état de fraîcheur, donnant la date exacte de leur capture et de leur lieu de pêche. La prise d'échantillons est effectuée à intervalles variables réparties sur le dernier semestre de l'année 2015 et au cours de l'année 2016. A chaque mission de prélèvement, deux à trois prélèvements sont effectués mensuellement au niveau des sites d'étude. Chaque prélèvement est réalisé au hasard, de sorte à refléter un prélèvement global. Ce dernier est constitué de la même espèce mais varie selon la taille et le poids. Chaque prélèvement doit être conditionné dans des sacs en plastique et placé dans une glacière, accompagné d'une fiche d'identification assurant ainsi sa traçabilité. Ils sont acheminés au laboratoire pour des études ultérieures.

### **4. Technique d'étude**

Dés l'arrivée des échantillons au laboratoire, les poissons sont disposés sur une plaque en verre nettoyée. L'étude consiste en une série de mesure biométrique à réaliser. Nous avons regroupé les individus en lots de classes de taille par la mesure de la longueur totale (**Lt**). Cette dernière s'effectue du bout du museau jusqu'à l'extrémité de la nageoire caudale parfaitement intacte à l'aide d'un ichthyomètre. Chaque spécimen de poisson est pesé au 1/10 près (poids total Pt, poids éviscéré Pev, poids du foie, poids du muscle) ce qui correspond au poids frais du poisson (PF).

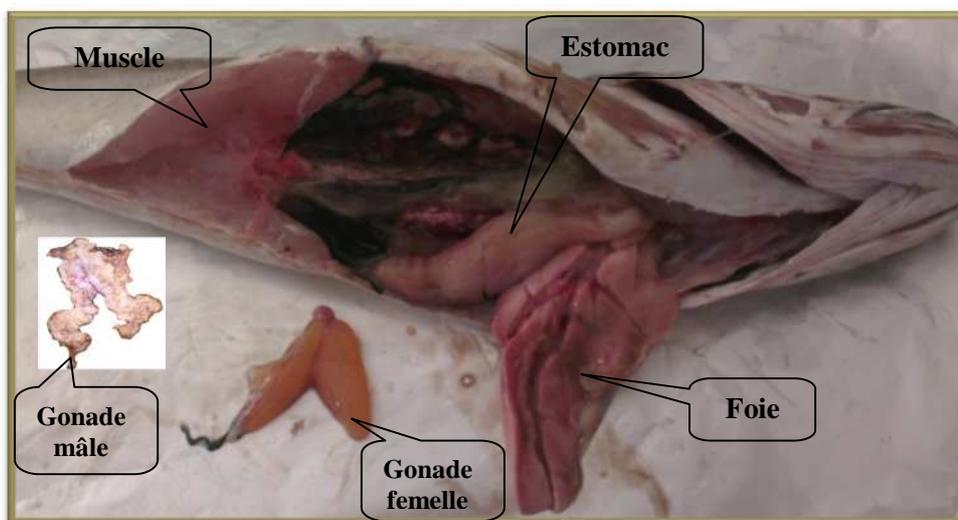


### **A. La dissection**

Les échantillons ne doivent pas entrer en contact avec des instruments métalliques afin d'éviter toute contamination. Les instruments coupants doivent être en inox, parfaitement propres et sans traces d'attaque, ou carrément neuf.

Le Protocole de dissection suit les étapes suivantes :

- Le poisson est posé sur la face dorsale contre la planche à dissection (Fig. 120) ;
- La paroi abdominale est incisée en partant de l'anus jusqu'à l'extrémité antérieure des fentes operculaires ;
- Ecarter doucement les deux volets latéraux pour découvrir l'organisation interne de l'animal, et situer les divers appareils (circulatoire, respiratoire, digestif, uro-genital) et les différents organes (Fig. 120) ;
- La détermination du sexe des individus se fait directement par l'observation macroscopique des gonades ;
- On procède ensuite au prélèvement du foie et du muscle qui seront séchés à l'étuve à 70°C/72h;
- A l'aide d'un broyeur, les échantillons sont broyés pour obtenir une poudre sèche susceptible d'être conservée longtemps et passée dans un tamis. Cette texture facilite également la solubilisation des échantillons.
- Les sous-échantillons obtenus sont pesés et conservés, dans des piluliers étiquetés.
- Les organes sont ensuite conservés à basse température (+4°C) jusqu'à l'analyse chimique.



**Figure 120:** Dissection, mensuration et prélèvement des organes cibles (foie, muscle) de *Merluccius merluccius* pêché le long de la frange côtière Est algérienne.



### **B. Minéralisation des échantillons**

La minéralisation d'un échantillon consiste à éliminer toute matière organique dans le but de rechercher élément minéral toxique (Amiard *et al*, 1987 ; Amiard, 2011).

La minéralisation a été effectuée au niveau du laboratoire de l'Institut National de Recherche Agricole d'Oued-Ghir (I.N.R.A). Nos échantillons ont subi une série de minéralisation après avoir été mis dans des piluliers d'un appareil Gildhard pourvu d'une série de 6 tubes. 0,25 g de tissu en poids sec d'échantillon ou bien 1 g de poids frais de chaque échantillons (muscle, foie) est déposé dans le fond d'un matras auquel on ajoute 1 ml d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>), le matras est mis dans un nid chauffant qui maintiendra à température constante (95°C) pendant 1 heure ; le haut du ballon est relié à un réfrigérant qui possède une entrée et une sortie d'eau courante qui assurera le refroidissement de l'installation.

Le minéralisât est récupéré (après refroidissement de la verrerie) et on ajuste le contenu à 4 ml par l'eau bidistillée. La solution obtenue est filtrée à l'aide d'un papier filtre 2 à 3 reprises, puis conservée dans des piluliers étiquetés (N°, espèce, date, ...etc.). Les piluliers contenant les minéralisâts sont hermétiquement fermés et conservés à basse température (pour éviter toute perte ou évaporation) pour les dosages ultérieurs des éléments métalliques ciblés.

Cette opération est automatiquement accompagnée, d'une part, par une minéralisation des blancs, constitués de solutions contenant le réactif de minéralisation (acide nitrique) et subissant les mêmes conditions expérimentales que l'échantillon, et d'autre part, par des séries d'échantillons d'inter-calibration fournis par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique, Monaco (A.I.E.A, 2004); permettant, ainsi de définir les coefficients de variation pour chacun des métaux recherchés et contrôler la justesse et la précision du protocole analytique.

### **C. Méthodes de dosage des éléments traces métalliques**

Les concentrations des différents métaux ciblés, dans les solutions obtenues, ont été déterminées par deux méthodes :

#### **1. Spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAA)**

L'appareil utilisé est un spectrophotomètre d'absorption atomique de flamme de marque Perkin Elmer : Analyst 100-version 1,10 5s70 piloté d'un ordinateur pour le traitement des résultats. Les dosages ont été réalisés au niveau du laboratoire de chimie de département de Génie des Procédés, l'Université de Béjaïa.

#### **➤ Principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)**



Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme, ils émettent des radiations de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurée par spectrométrie.

### ➤ Préparation des gammes étalons et dosage des échantillons

Les courbes d'étalonnage ont été établies à partir de solutions standards. Ces dernières ont été diluées quantitativement dans l'eau bidistillée pour obtenir les concentrations de chaque métal.

Les lampes utilisées sont celle de Zn, Fe, Cu, Ni, Pb, Cd. Les concentrations (x), en µg/ml, sont calculées à partir des valeurs d'absorbances (DO) des équations linéaires de régression.

## 2. Spectrophotométrie plasma à couplage inductif (ICP/AES)

### • Exercice d'intercalibration et assurance de la qualité du dosage

A Chaque série de minéralisation des échantillons, on ajoute un échantillon Standard dit échantillon d'intercalibration (0,25g de poids sec) avec le même protocole expérimental de nos échantillons, provenant de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (A.I.E.A). Son but est de vérifier la fiabilité, la précision et la justesse de la technique. L'assurance de la qualité du dosage est nécessaire, car des décisions économiques, médicales, administratives et juridiques peuvent être fondées sur les résultats obtenus (Bouderbala, 1997).

Ainsi, la différence entre la valeur trouvée (Vt) et la valeur référencée (Vr) est calculée et le Δ est définit comme suite :

$$\Delta \% = (Vt - Vr / Vr) \times 100$$

La correction des valeurs sera faite comme suit :

**Si Δ % < 10** : aucune correction n'est apportée.

**Si Δ % > 10** : la correction est obligatoire et s'effectue de la manière suivante :

$$Vc = Vt / (1 + \Delta / 100)$$

Où :

Vt : Valeur trouvée.

Vr : Valeur de référence.

Vc : Valeur corrigée.

Les résultats acquis au cours de ce travail ne sont pas corrigés pour les biais de justesse. Ces exercices d'intercalibration ont prouvé que nos analyses se sont déroulées dans des conditions satisfaisantes et que la technique analytique utilisée est fiable et précise.



#### **D. Détermination de la teneur en eau**

La teneur en eau est définie comme étant le pourcentage d'eau contenu par unité pondérale d'échantillon frais.

Notre protocole expérimental consiste à étuver 2g de chaque échantillon frais à savoir le muscle et le foie à une température de 75°C/48 heures.

Après la déshydratation complète, les échantillons sont pesés de nouveau et la teneur en eau (%) est déterminée de la manière suivante :

$$T\% = \frac{P_f - P_s}{P_f} \times 100$$

Où :

Pf : poids frais de l'échantillon ;

Ps : poids sec de l'échantillon.

T% : pourcentage en eau dans l'échantillon considéré (teneur en eau).

Pour convertir les résultats exprimés en ppm de poids frais (**P.F**) par rapport au poids sec (**P.S**), nous utiliserons la formule suivante :

$$(P.S) \text{ ppm} = (P.F) \text{ ppm} \times (P.F / P.S)$$

#### **5. Analyse statistique des résultats**

L'ensemble des données a été rassemblé en fonction des matrices étudiées dans des fichiers Excel 2007, puis traité avec le logiciel Statistica 8 Statsoft pour comparer les concentrations moyennes de métaux lourds en fonction de plusieurs paramètres appliqués (organes, sexe, taille, zone).

##### ➤ **Description des données**

Pour mieux décrire les différentes variables qui caractérisent les données obtenues pour l'ensemble des stations, nous avons calculé certains paramètres statistiques de base tels que :

➤ Les moyennes arithmétiques, les écarts types, les concentrations moyennes de chaque ETM ciblé.

➤ Le test t de Student (Test des attentes d'égalités: deux observations de variance égale) ;

➤ L'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA) et à deux critères de classification (AVDC) : cette analyse est appliquée pour tester la signification des différences des paramètres.



La comparaison de la distribution des teneurs de chaque métal est réalisée à l'aide de l'analyse de la variance à un facteur contrôlé (organe, sexe, taille) (Dagnéllie, 1975).

- Si  $P > 0,05$  : il n'existe pas des différences significatives ;
- Si  $P \leq 0,05$  : il existe des différences significatives\* ;
- Si  $P \leq 0,01$  : il existe des différences hautement significatives entre les saisons\*\* ;
- Si  $P \leq 0,001$  : il existe des différences très hautement significatives entre les saisons\*\*\*.

#### **IV. Résultats et discussions**

Les concentrations moyennes des différents polluants ont été calculées par rapport au poids frais des tissus du Merlu et sont exprimées en ppm/PF ou par mg/kg. Nous avons déterminé la teneur en eau dans la chair et le foie du Merlu (Tab. 57), étant donné que ce type d'expression est le plus souvent utilisé par les organismes internationaux, telles la F.A.O et l'OMS, pour l'établissement des normes de sécurité. Cette procédure facilite aussi la comparaison avec différentes valeurs rencontrées dans la littérature du moment que cette dernière fait souvent référence à ce mode d'expression.

**Tableau 57:** Teneurs moyennes en eau dans le muscle et le foie de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

<b>Organes (1g)</b>	<b>Teneurs moyennes en eau %</b>	<b>Ecart type</b>
<b>Muscle</b>	71,75	0,12
<b>Foie</b>	42,07	0,23

Afin de procéder à une interprétation minutieuse des résultats, nous avons réparti nos échantillons en fonction de plusieurs paramètres, à savoir la zone d'étude, le sexe, les organes, la classe de taille marchande (20 cm).

Ces paramètres aideront pour une meilleure approche dans l'interprétation des niveaux de concentrations obtenus et de cerner certains paramètres biologiques propres à l'espèce par exemple le sexe, la taille, l'état physiologique (maturité sexuelle), susceptibles de modifier les teneurs en métaux. Enfin, et pour obtenir un reflet le plus fin possible de la variation des niveaux de contaminations, les observations ont été complétées par une étude statistique.



## 1. Variations des pourcentages des teneurs en métaux lourds chez *Merluccius merluccius* en fonction des stations d'étude et organes ciblés

L'évolution du pourcentage des teneurs en éléments métalliques en fonction des stations d'étude peut être discernée à travers l'analyse des tableaux 58 et 59 et rapportée graphiquement sur la figure 121.

**Tableau 58:** Pourcentages des différentes teneurs en métaux lourds observés au niveau du muscle du Merlu pêché dans trois sites ciblés à différentes périodes de l'année 2016.

ETM (%)	Golfe de Béjaïa	Baie de Jijel	Golfe d'Annaba
<b>Zn</b>	84,59	82,85	79,04
<b>Fe</b>	10,25	10,57	13,34
<b>Cu</b>	1,84	1,72	4,59
<b>Ni</b>	1,54	0,46	1,62
<b>Cd</b>	0,72	0,02	0,14
<b>Pb</b>	1,06	4,38	1,27

**Tableau 59:** Pourcentages des différentes teneurs en métaux lourds observés au niveau du foie du Merlu pêché dans trois sites ciblés à différentes périodes de l'année 2016.

ETM (%)	Golfe de Béjaïa	Baie de Jijel	Golfe d'Annaba
<b>Zn</b>	86,19	84,55	81,04
<b>Fe</b>	11,07	11,34	15,36
<b>Cu</b>	0,84	1,82	2,05
<b>Ni</b>	0,32	0,52	0,59
<b>Cd</b>	0,69	0,02	0,08
<b>Pb</b>	0,89	1,75	0,88

Globalement, et suite aux résultats obtenus, il ressort que le Merlu pêché le long du secteur Est Algérien semblent présenter des variations analogues des pourcentages des micropolluants deux à deux (**Zn et Fe ; Cu et Ni, Pb et Cd**) en fonction des sites d'étude.

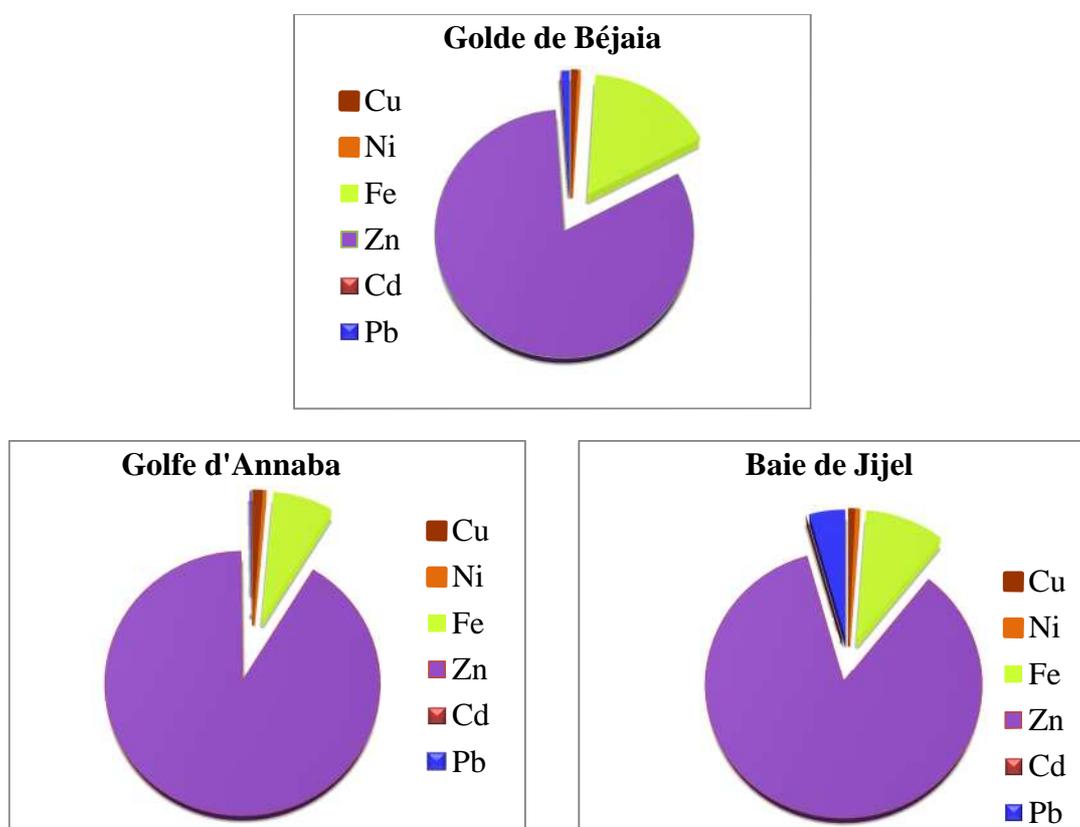
➤ Parmi tous les métaux, les éléments essentiels (Zn et Fe) se détachent nettement des autres éléments et sont les plus présents et dominant largement dans toutes les zones d'étude d'un côté, d'autre part, ils sont plus présents dans le tissu hépatique que dans le tissu musculaire. En effet, les proportions enregistrées dans le muscle du Merlu respectivement pour le Zinc puis le Fer dénotent une dominance de **(84,59 ; 10,25) %** dans le Golfe de Béjaïa, **(82,85 ; 10,57) %** dans la Baie de Jijel et **(79,04 ; 13,34) %** dans le Golfe d' Annaba.



Cependant, le foie du Merlu dénote des variations plus importantes par rapport à celles enregistrées au niveau du tissu musculaire avec un taux de (86,19 ; 11,07) % dans le Golfe de Béjaïa, (84,55 ; 11,34) % dans la Baie de Jijel et (81,04 ; 15,36)% dans le Golfe d' Annaba.

Il apparait par ailleurs et avec évidence que le Zinc représente à lui seul  $\frac{3}{4}$  des autres éléments enregistrés et ne semble pas vraiment fluctuer en fonction des zones d'étude ciblées.

➤ les éléments essentiels mais à faible dose (Cu et Ni) enregistrent aussi des fluctuations en fonction des zones d'étude en plus des organes ciblés. En effet, les proportions enregistrées dans le muscle du Merlu respectivement du Cuivre puis du Nickel signalent (4,59 ; 1,62) % dans le Golfe d'Annaba et sont plus dominants que ceux du Golfe de Béjaïa (1,84 ; 1,54) % et enfin la Baie de Jijel enregistre (1,72 ; 0,46) %. Cependant, le foie du Merlu montre aussi des variations par rapport à celles enregistrées au niveau du tissu musculaire, plus dominants dans le Golfe d' Annaba (2,05 ; 0,59) %, puis dans la Baie de Jijel avec (1,82, 0,52)% et enfin le Golfe de Béjaïa enregistre (0,84 ; 0,32) % respectivement pour le Cuivre puis le Nickel.



**Figure 121 :** Pourcentage des teneurs globales des métaux lourds analysés chez *Merluccius merluccius* dans les différentes zones d'étude du secteur Est algérien.



➤ Les pourcentages les plus faibles concernent en particulier les éléments purement toxiques dont le Plomb et le Cadmium. Les variations du Plomb enregistrées dans le tissu musculaire semblent plus importantes avec **(1,06 ; 4,38 ; 1,27) %** contre **(0,89 ; 1,75 ; 0,88)%** enregistrées dans le tissu hépatique respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et dans le Golfe d' Annaba. Aussi, on constate que le Plomb domine largement dans la Baie de Jijel.

Le pourcentage du Cadmium chez le Merlu du Golfe de Béjaïa est plus important dans le tissu musculaire avec **0,72 %** par rapport à celui du tissu hépatique qui est de l'ordre de **0,69 %** d'un côté. D'autre côté, pratiquement les pourcentages cadmiques dénotés dans le Golfe de Béjaïa sont plus importants vis-à-vis des variations enregistrées chez le Merlu des autres stations **(0,02 ; 0,14) %** dans le tissu musculaire contre **(0,02 ; 0,08) %** dans le tissu hépatique respectivement chez le Merlu de la Baie de Jijel puis celui du Golfe d' Annaba.

Les analyses ont révélé la présence de valeurs en éléments traces métalliques très hétérogènes entre les différents éléments ciblés et entre les différentes zones d'étude.

La contamination la plus importante concerne relativement les ETM essentiels (Zinc et Fer), suivi des ETM essentiels mais à faible doses (Cuivre et Nickel) et en fin les ETM purement toxiques (Plomb et Cadmium).

Il semble que le Merlu du Golfe de Béjaïa accumule plus D'ETM essentiels (Zinc, Fer) par rapport à la Baie de Jijel et du Golfe d'Annaba, contrairement aux ETM essentiels (Cuivre, Nickel) mais à faible doses qui sont accumulés plus chez le Merlu du Golfe d'Annaba. Cependant, les ETM Cadmiques sont plus présents chez le Merlu du Golfe de Béjaïa et ceux Plombiques dominant largement chez le Merlu de la Baie de Jijel.

En fonction des organes ciblés, le Zinc et le Fer sont accumulés plus dans le tissu hépatique. Le Cuivre et le Nickel accumulés plus par le muscle que le foie. Aussi bien pour les éléments toxique (Plomb, Cadmium) qui sont plus présent dans la chaire musculaire.



## 2. Teneurs globales des métaux lourds analysés

Les concentrations des polluants accumulées dans le *Merluccius merluccius* sont représentées dans le tableau 60, comparées à l'ensemble des normes décrites par la littérature pour la D.M.C. (Tab. 61).

**Tableau 60 :** Teneurs des métaux lourds analysés chez *Merluccius merluccius* dans le secteur Est Algérien (en ppm du poids frais).

Zones d'étude	ETM	Concentrations Minimales (ppm.PF)	Concentrations Maximales (ppm.PF)	Concentrations moyennes (ppm.PF)
<b>Golfe de Béjaïa</b>	<b>Cuivre</b>	0,01	0,45	0,35 ± 0,46
	<b>Nickel</b>	0,59	0,92	0,71 ± 0,15
	<b>Zinc</b>	66,25	76,58	71,85 ± 3,64
	<b>Fer</b>	29,34	<b>48,57</b>	40,13 ± 6,59
	<b>Cadmium</b>	0,01	0,03	0,02 ± 0,01
	<b>Plomb</b>	0,21	0,41	<b>0,31 ± 0,02</b>
<b>Baie de Jijel</b>	<b>Cuivre</b>	0,09	0,47	0,37 ± 0,04
	<b>Nickel</b>	0,24	0,34	0,29 ± 0,4
	<b>Zinc</b>	51,2	68,25	58,78 ± 7,14
	<b>Fer</b>	27,04	46,27	37,56 ± 6,69
	<b>Cadmium</b>	0,01	0,01	0,01 ± 0,05
	<b>Plomb</b>	1,07	1,83	<b>1,45 ± 0,12</b>
<b>Golfe d'Annaba</b>	<b>Cuivre</b>	0,19	0,36	0,36 ± 0,23
	<b>Nickel</b>	0,46	0,75	0,58 ± 0,12
	<b>Zinc</b>	59,86	72,5	65,99 ± 4,82
	<b>Fer</b>	15,83	41,57	33,04 ± 9,6795
	<b>Cadmium</b>	0,01	0,01	0,01 ± 0,01
	<b>Plomb</b>	0,3	<b>0,6</b>	<b>0,49 ± 0,26</b>

### ➤ Variation du Zinc

Les variations des concentrations moyennes du Zinc (Tab.01, annexe 09), signalent que les teneurs sont de **(71,85 ; 58,78 ; 65,99) mg/kg P.F** respectivement pour le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba (Fig.122a). Les concentrations moyennes du Zinc ne présentent pas des différences significatives au seuil de 0,05.

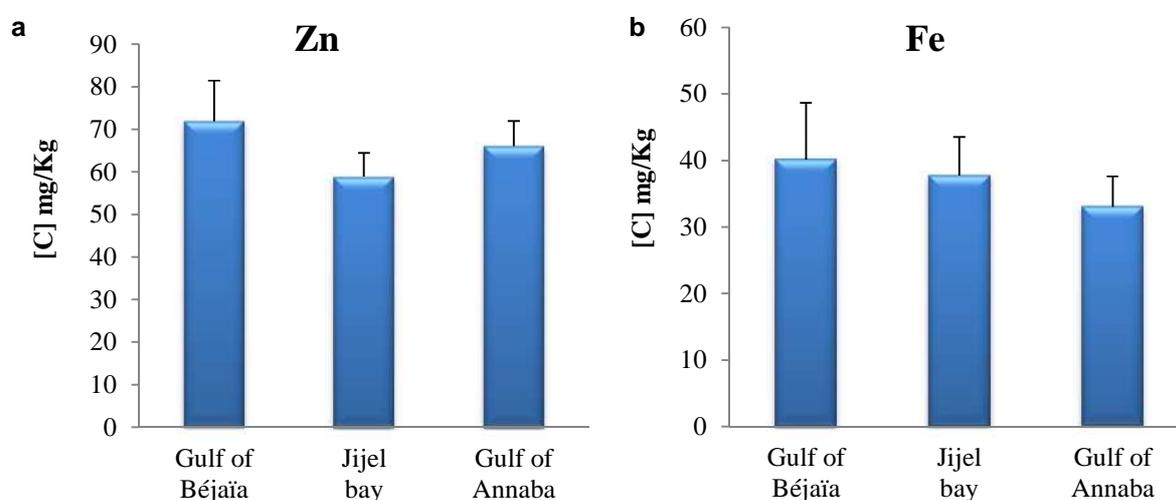
L'ensemble des résultats obtenus dépassent les normes de la concentration en élément du Zinc proposées par l'OMS-IPCS, (1998) et IAEA-407, (2003) et qui sont de l'ordre de **(30 ; 48,5) mg/Kg P.F** (Tab. 61).



### ➤ Variation du Fer

Les variations des concentrations moyennes du Fer (Tab.01, annexe 09), annoncent que les teneurs sont de l'ordre de **(40,13 ; 37,74 ; 33,04) mg/kg P.F** respectivement pour le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba (Fig.123b). La variation des concentrations moyennes du Fer **présentent des différences très hautement significatives (F=11,55; P≤0,001)**.

Il apparaît que l'ensemble des résultats obtenus dans les trois sites d'étude ne sont pas alarmants du fait qu'ils ne dépassent pas la norme de la concentration en élément du Fer proposée par [JORADP N°25, \(2011\)](#), qui est de l'ordre de 50 mg/kg du P.F (Tab. 61).



**Figure 122** : variation des concentrations moyennes en ETM essentiels (Zinc, Fer) analysés chez *M. merluccius* pêché dans les différentes zones du secteur Est Algérien.

### ➤ Variation du Cuivre

D'après les variations de la concentration en Cuivre représentées dans le tableau 61 ; montrent que la teneur est de **(0,35 - 0,37 - 0,36) ppm P.F**. L'ensemble des résultats obtenus semblent supérieurs à la norme national décrite par [JORADP N°25, \(2011\)](#).

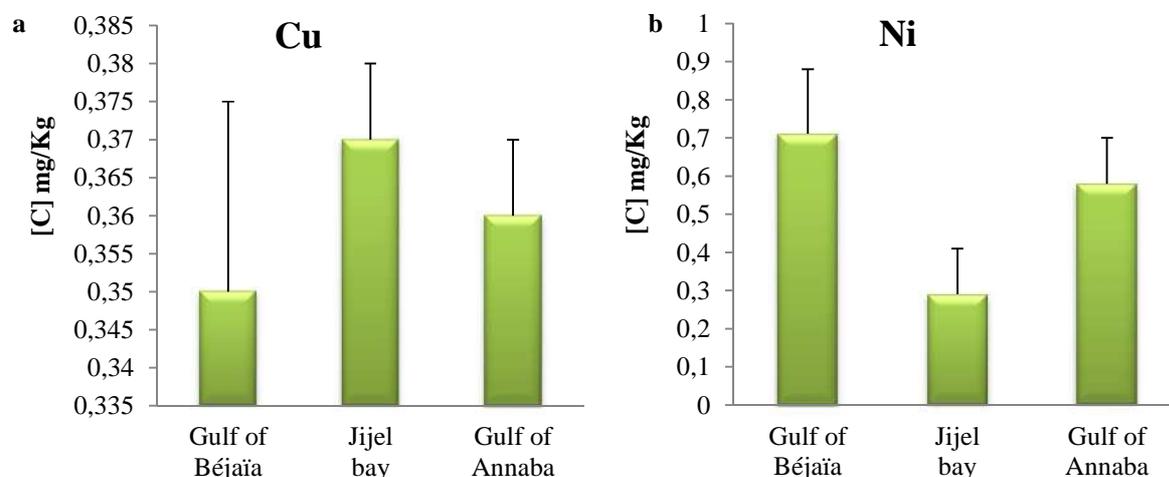
### ➤ Variation du Nickel

Les variations des concentrations moyennes globales du Nickel (Tab.02, annexe 09), dénotent **(0,71 ; 0,29 ; 0,58) mg/Kg P.F** respectivement pour le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba (Fig.123b). La variation des concentrations moyennes du Nickel **présentent des différences très hautement significatives (F = 1873; P ≤ 0,001)**.

Selon les normes de la D.M.A. **(0,5 et 0,3) mg/Kg P.F** de l'[OMS-IPCS, \(1998\)](#) et [JORADP N°25, \(2011\)](#), les concentrations en Nickel chez le Merlu du Golfe de Béjaïa et le



Golfe d'Annaba sont alarmantes, contrairement à la dose du Nickel trouvée chez le Merlu de la Baie de Jijel.



**Figure 123** : variation des concentrations moyennes en ETM essentiels à faible dose (Cuivre, Nickel) analysés chez *M. merluccius* pêché dans les différentes zones du secteur Est Algérien.

#### ➤ Variation du Plomb

D'après le diagramme des variations des concentrations moyennes en Plomb représenté par la figure 124 (Tab.03, annexe 09), les teneurs sont de **(0,31 - 1,45 - 0,49) mg/kg P.F** respectivement pour le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et enfin le Golfe d'Annaba (Fig. 124a). L'analyse de la variation des concentrations du Plomb montre qu'elle **présente des différences très hautement significatives** ( $F = 557,56$ ;  $P \leq 0,001$ ).

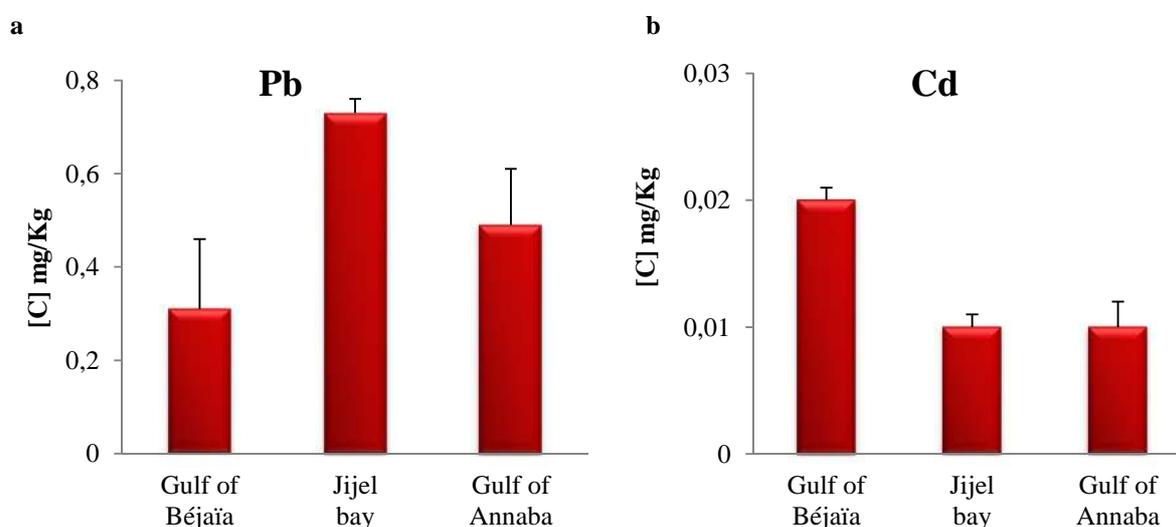
Selon les normes (OMS-IPCS, 1998; JORADP N°25, 2011 ; IAEA-407 (2003) - G.I.P.P.M, 1973) qui ont consigné respectivement **0,5 ppm PF** et **0,3 ppm PF**, les concentrations trouvées dans le Golfe de Béjaïa et le Golfe d'Annaba ne dépassent pas les seuils recommandés, cependant, la valeur trouvée chez le Merlu de la Baie de Jijel est alarmante.

#### ➤ Variation du Cadmium

Les concentrations moyennes en Cadmium (Tab.03, annexe 09), révèlent que les teneurs moyennes sont de l'ordre de **(0,02 - 0,01 - 0,01) mg/kg PF** respectivement pour le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba (Fig. 124b). L'analyse de la variation des concentrations du Cadmium montre qu'elle **présente des différences significatives** ( $F = 5,17$ ;  $P \leq 0,05$ ) chez le Merlu pêché le long des côtes du secteur Est Algérien.



Ces doses moyennes enregistrées dans le Merlu des trois sites d'étude sont inférieures à celles fournies par la littérature relative aux D.M.A. (CEE, 1982 ; OMS-IPCS, 1998; CSHPF, 1990; IAEA-407, 2003), et ne sont pas alarmantes.



**Figure 124** : variations des concentrations moyennes en ETM toxiques (Plomb, Cadmium) analysés de *M. merluccius* pêché dans les différentes zones du secteur Est Algérien.

### 3. Variations des concentrations moyennes des ETM visés en fonction des organes ciblés chez *M. merluccius* pêché le long des Côtes-Est Algériennes

L'analyse des différents ETM au niveau des deux organes (foie, muscle) de *Merluccius merluccius* représente un écart important entre les concentrations maximales en ETM essentiels (Zinc, Fer) (Tab. 04; annexe 09) et les concentrations minimales des ETM toxiques (Plomb, Cadmium) (Tab. 06 ; annexe 09) par l'intermédiaire des ETM essentiels à faible dose (Cuivre, Nickel) (Tab. 05; annexe 09), à savoir que la lecture se fait sans la distinction du sexe.

#### A. *Eléments traces métalliques essentiels (Zinc, Fer)*

Les concentrations moyennes du Zinc enregistrées dans le tissu hépatique sont plus importantes que celles enregistrées dans le tissu musculaire (Fig. 125a). Elles sont de l'ordre de  $(17,18 \pm 2,75 ; 10,42 \pm 1,23 ; 9,78 \pm 0,98)$  mg/kg P.F dans le foie et  $(16,22 \pm 1,31 ; 7,47 \pm 1,52 ; 4,16 \pm 2,1)$  mg/kg P.F dans le muscle respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba.

Néanmoins, les valeurs moyennes du Fer enregistrées montrent des concentrations deux fois plus culminantes dans le tissu hépatique que dans le tissu musculaire (Fig. 125b). Elles sont de l'ordre de  $(29,09 \pm 8,73 ; 36,37 \pm 6,78 ; 40,43 \pm 6,79)$  mg/kg P.F dans le foie et



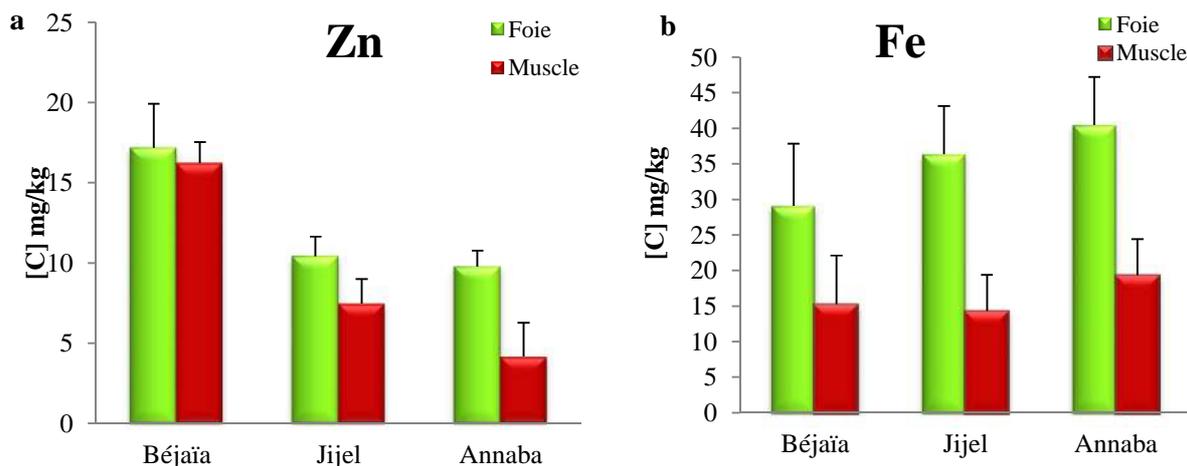
(15,24 ± 6,89 ; 14,32 ± 5,07; 19,32 ± 5,17) mg/kg P.F dans le muscle respectivement chez le Merlu du Golfe de Béjaïa, de la Baie de Jijel et du Golfe d'Annaba.

La comparaison entre les concentrations moyennes des deux éléments (Zinc, Fer) en fonction des trois zones d'étude montre **qu'il n y a pas de différence significative** ni pour le Zinc ni pour le Fer **au seuil de 0,05**. Cependant l'accumulation de ces deux éléments dans le foie du Merlu des trois stations **révèle des différences très hautement significatives (F = 1699,23 ; P ≤ 0,001)** pour le Zinc et **(F = 606,69 ; P ≤ 0,001)** pour le Fer. L'accumulation de ces deux éléments par la chair musculaire du Merlu des trois stations **présente aussi des différences très hautement significatives (F = 17779,67 ; P≤0,001)** pour le Zinc et **(F = 30,24 ; P≤0,001)** pour le Fer.

**Tableau 61** : Doses maximales recommandées des teneurs moyennes en éléments traces métalliques dans le muscle de poisson.

Métaux ciblés	D.M.A	Présente étude de <i>Merluccius merluccius</i>		
		Béjaïa	Jijel	Annaba
Plomb Pb	0,5 mg/kg P.F(a)	0,31	1,45	0,49
	0,3 mg/kg P.F (b)			
	0.12 mg/kg P.F (d)			
	0,3 mg/kg P.F (e)			
	0,5 mg/Kg P.F (f)			
	0,3 à 6 mg/Kg P.S (i)			
Cadmium Cd	0,1 mg/kg P.F(a)	0,02	0,01	0,01
	0,05 mg/kg P.F (b)			
	0,05 mg/kg P.F (c)			
	0,181(d)			
	0,1 mg/kg P.F (e)			
	0.1 ppm P.F (f)			
Cuivre Cu	0,15mg/kg P.F (b)	0,35	0,37	0,36
	5 mg/g P.S (h)			
Nickel Ni	0,5 mg/Kg P.F(a)	0,71	0,29	0,58
	0,3 mg/Kg P.F (b)			
Zinc Zn	30mg/Kg P.F(a)	53,28	60,58	65,39
	48,5 mg/kg P.F(d)			
	5 mg/g P.S (h)			
Fer (Fe)	50 mg/kg P.F (b)	38,57	36,56	33,57

(a) OMS-IPCS (1998) - (b) JORADP N°25 (2011) - (c) CEE (1982) - (d) IAEA-407 (2003) - (e) FAO/WHO (2001) - (f) CSHPF (1990) [Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France]- (g) I.O.P.R (1996) [Institut Océanographique Paul Ricard]- (h) CNRMS d'Australie (1992) [Conseil National pour la Recherche Médicale et de la Santé]- (i) G.I.P.P.M (1973) [Groupe Interministériel des Problèmes de Pollution de la Mer].



**Figure 125:** Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques essentiels (Zinc, Fer) en fonction des organes et des zones d'étude chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.

Selon les normes préconisées pour l'élément du Zinc de la D.M.A. (30 ; 48,5 ; 50) mg/Kg P.F proposées respectivement par l'OMS-IPCS, (1998) ; IAEA-407 (2003) et JORADP N°25 (2011) pour l'élément du Fer (Tab. 61), il semble que les concentrations mesurées du Zinc et du Fer ne dépassent pas les normes décrites par ces organismes. Donc, ces dernières ne sont pas alarmantes. De ce fait, l'écosystème marin des trois stations d'études n'est pas contaminé par ces éléments.

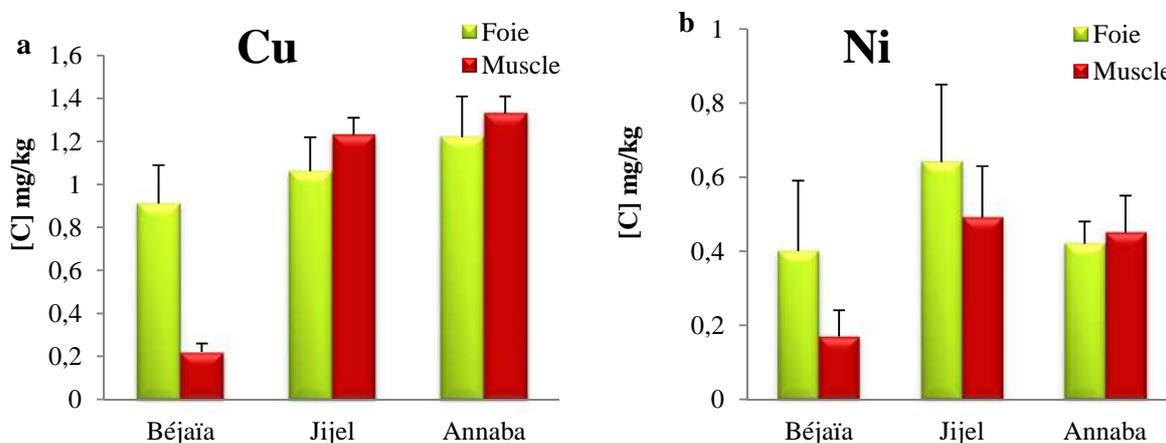
#### **B. Eléments traces métalliques essentiels mais à faible dose (Cuivre, Nickel)**

L'ensemble des résultats obtenus montrent que les valeurs des concentrations moyennes enregistrées pour ces deux éléments sont beaucoup moins inférieures que celles des ETM essentiels (Zinc, Fer). Les teneurs moyennes du Cuivre enregistrées sont plus importantes dans le tissu hépatique que dans le tissu musculaire dans le Golfe de Béjaïa et la Baie de Jijel respectivement de l'ordre de (0,91 ± 0,18 ; ,06 ± 0,16) mg/kg P.F dans le foie et (0,22 ± 0,04 ; 1,23 ± 0,08) mg/kg P.F dans le muscle (Fig. 126a). Pendant que les concentrations moyennes enregistrées dans le muscle du Merlu du Golfe d'Annaba (1,33 ± 0,08) mg/kg P.F sont importantes par rapport a celles dénotées dans le foie (1,22 ± 0,19) mg/kg P.F (Fig. 126a).

Toutefois, les valeurs moyennes du Nickel enregistrées montrent des concentrations plus moindres que celles du Cuivre et beaucoup moins inférieures dans le tissu musculaire (0,17 ± 0,07 ; 0,49 ± 0,14 ; 0,45 ± 0,1) mg/kg P.F que dans le tissu hépatique (0,4 ± 0,19 ; 0,64 ± 0,21 ; 0,42 ± 0,06) mg/kg P.F respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel



et le Golfe d'Annaba (Fig. 126b). Cependant, les concentrations moyennes enregistrées chez le Merlu de la Baie de Jijel sont plus importantes que celles chez le Merlu du Golfe d'Annaba et de moindres importances chez le Merlu du Golfe de Béjaïa que ce soit dans le tissu hépatique ou bien dans tissu musculaire.



**Figure 126:** Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques essentiels mais à faible dose (Cuivre, Nickel) en fonction des organes ciblés (Foie, Muscle) et des zones d'étude chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.

La comparaison entre les concentrations moyennes des deux éléments (Cuivre, Nickel) en fonction des trois zones d'étude **ne dévoile aucune différence significative** ( $F=3$  ;  $P \geq 0,05$ ). Cependant l'accumulation de ces deux éléments par le foie du Merlu des trois stations montre des différences très hautement significatives pour le Cuivre ( $F = 87,32$  ;  $P \leq 0,001$ ) et ( $F = 180,01$  ;  $P \leq 0,001$ ) pour le Nickel. Pareillement, l'accumulation de ces deux éléments par la chair musculaire du Merlu des trois stations **présentes des différences très hautement significatives** ( $F=6234,92$  ;  $P \leq 0,001$ ) pour le Cuivre et ( $F=631,34$  ;  $P \leq 0,001$ ) pour le Nickel.

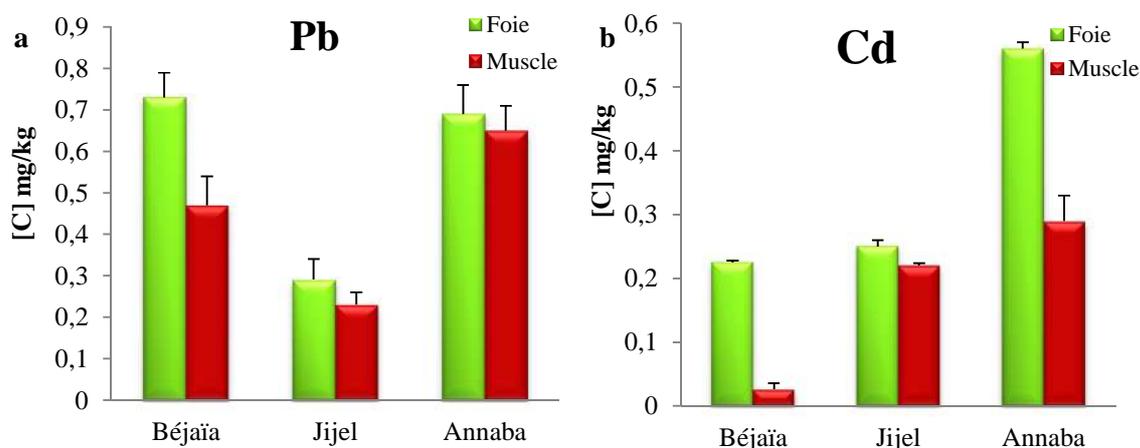
Selon la norme préconisée de la D.M.A. (**0,15 mg/kg P.F**) par [JORADP N°25 \(2011\)](#) pour le Cuivre (Tab. 61), il semble que les concentrations moyennes en Cuivre enregistrées dans le muscle du Merlu sont alarmantes du faite qu'elles dépassent la norme recommandée. En occurrence, pendant que la chair musculaire du Merlu du Golfe de Béjaïa présente des concentrations moyennes en Nickel inférieures aux normes préconisées (**0,5 et 0,3 mg/Kg P.F** respectivement par [OMS-IPCS \(1998\)](#) et [JORADP N°25 \(2011\)](#)), le Merlu de la Baie de Jijel et du Golfe d'Annaba accumule dans le tissu musculaire des concentrations moyennes dépassant la norme nationale recommandée par [JORADP N°25 \(2011\)](#), mais qui restent inférieures à la norme préconisée par [OMS-IPCS \(1998\)](#) (Tab. 61).



### C. Eléments traces métalliques toxiques (Plomb, Cadmium)

Les concentrations moyennes obtenues pour les ETM toxiques en Plomb et en Cadmium (Tab. 06 ; annexe 09), montrent qu'elles sont beaucoup plus inférieures que celles des ETM essentiels (Zinc, Fer) et des ETM essentiels à faible dose (Cuivre, Nickel). Les teneurs moyennes du Plomb enregistrées dénotent des concentrations plus importantes dans le tissu hépatique ( $0,73\pm 0,06$  ;  $0,29 \pm 0,05$  ;  $0,69\pm 0,07$ ) mg/kg P.F que dans le tissu musculaire ( $0,47\pm 0,07$  ;  $0,23\pm 0,03$  ;  $0,65\pm 0,06$ ) mg/kg P.F respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba (Fig.127a). Cependant, les concentrations signalées dans le muscle du Merlu du Golfe d'Annaba sont plus dramatiques que celles du Merlu du Golfe de Béjaïa puis de la Baie de Jijel, alors que l'ordre décroissant des teneurs moyennes dans le foie du Merlu sont celles mesurées dans le Golfe de Béjaïa puis dans le Golfe d'Annaba et enfin dans la Baie de Jijel (Fig. 127a).

Néanmoins, les valeurs moyennes des concentrations du Cadmium enregistrées montrent de concentrations plus inférieures que celles du Plomb, beaucoup plus inférieures dans le muscle ( $0,225\pm 0,003$  ;  $0,25\pm 0,01$  ;  $0,56\pm 0,01$ ) mg/Kg P.F que dans le foie ( $0,026\pm 0,01$  ;  $0,22\pm 0,004$  ;  $0,29\pm 0,04$ ) mg/Kg P.F respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba (Fig. 127b). Cependant, les concentrations moyennes enregistrées chez le Merlu du Golfe d'Annaba sont plus élevées suivies par celles de la Baie de Jijel puis celles du Golfe de Béjaïa pour le muscle d'un côté, et d'autre côté, suivi par celles du Golfe de Béjaïa puis de la Baie de Jijel concernant le foie.



**Figure 127:** Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques toxiques (Plomb, Cadmium) en fonction des organes ciblés (Foie, Muscle) et des zones d'étude chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.



La comparaison entre les concentrations moyennes des deux éléments (Plomb, Cadmium) en fonction des trois zones d'étude **ne dévoilent pas une différence significative ni dans le muscle ni dans le foie au seuil de 0,05**. Cependant les concentrations observées dans le tissu hépatique du Merlu des trois stations **présentent des différences très hautement significatives (F = 621,32 ; P ≤ 0,001)** pour le Plomb et **(F = 336,54 ; P ≤ 0,001)** pour le Cadmium. Pareillement, l'accumulation de ces deux éléments dans la chair musculaire du Merlu des trois stations **montrent des différences très hautement significatives (F = 1848,4 ; P ≤ 0,001)** vis-à-vis Plomb, pendant que le Cadmium **ne présente aucune différence significative (F = 1,025 ; P ≥ 0,05)**.

Suit à la comparaison des résultats avancés de l'élément du Plomb par rapport aux normes de la D.M.A. recommandées, nous constatons que la chair musculaire du Merlu du Golfe d'Annaba dévoile des valeurs alarmantes qui dépassent toutes les normes préconisées (Tab. 61). Pendant que les concentrations enregistrées chez les femelles du Merlu du Golfe de Béjaïa sont aussi dramatiques dépassant les normes recommandées (Tab. 61). Les concentrations les moins importantes sont celles signalés chez le Merlu de la Baie de Jijel qui sont inférieures aux normes recommandées. Enfin, on peut dire que le Plomb se présente avec des **concentrations dangereuses** pour tout le secteur Est Algérien.

Concernant les concentrations moyennes du Cadmium retrouvées, nous remarquons que ce soit dans le Golfe d'Annaba où bien dans la Baie de Jijel, elles sont aussi **alarmantes** du fait qu'elles dépassent les normes de la D.M.A. recommandées (Tab. 61). Pendant que les résultats signalés dans le Golfe de Béjaïa restent inférieurs aux normes recommandées par ces différents organismes.

**Le foie et le muscle** sont les organes les plus primordiaux de point de vue toxicologique en raison de leur rôle clef dans les phénomènes de métabolisation et d'accumulation. En traversant les parois intestinales ou branchiales, les métaux lourds gagnent le courant sanguin où ils vont se fixer à l'intérieur des hématies, soit sur des protéines, l'hémoglobine particulièrement. Les métaux ainsi fixés sont transportés par le «flux sanguin». Le transfert de ces éléments vers les tissus se fait essentiellement au dépend des érythrocytes. Cependant plusieurs études ont montrés que le sang ne représente pas le site privilégié d'accumulation des métaux (Delache & Ribeyre, 1978 ; Boudou, 1982).

En général, la fixation des métaux sur les molécules d'hémoglobine est labile (instable), expliquant ainsi la rapidité de la contamination du foie et du muscle qui présentent



des propriétés accumulatrices des micropolluants (Giblin & Massaro, 1975 ; Fekhaoui, 1983 ; Miller *et al.*, 1992 ; Springer *et al.*, 1992 ; Mersch *et al.*, 1993).

La distribution, la localisation et la bioaccumulation des éléments métalliques dans les tissus ne se révèlent pas d'un mécanisme unique. En effet, la quantité des métaux transférés dépend à la fois de l'irrigation de l'organe considéré et des capacités de fixation intracellulaire. L'importance relative de ces deux paramètres détermine les organes cibles de bioaccumulation (Boudou, 1982).

La différence de concentration en ETM au niveau des tissus peut être le résultat de leur capacité à induire une liaison métal-protéine comme dans le cas des métallothionéines (Canliet Atli, 2003). Les métallothionéines sont des protéines cytosoliques responsables de la régulation cellulaire des ETM essentiels et de la chélation des ETM toxiques dans les groupes IB et IIB de la classification périodique (Roesijadi, 1992).

Il est bien connu que le muscle du poisson n'est pas actif dans l'accumulation de métaux lourds (Storelli *et al.*, 2005 ; Bahnasawy *et al.*, 2009). En fait, de faibles concentrations en Zinc au niveau du muscle sont aussi rapportées dans de nombreuses autres études (Berninger & Pennanen, 1995; Kraal *et al.*, 1995; Allen-Gil *et al.*, 1997; Moiseenko & Kudryavtseva, 2001; Bervoets *et al.*, 2001; Bervoets & Blust, 2003), ce qui pourrait indiquer son contrôle au niveau du muscle par la régulation homéostatique. Nos résultats coïncident parfaitement avec ceux de Miller *et al.* (1992) et Cronin *et al.* (1998). En outre, les poissons règlent activement les concentrations en Zinc dans les tissus; par conséquent les teneurs tissulaires ne reflètent pas nécessairement les changements de sa concentration dans l'environnement (Phillis, 1980; Rejomon *et al.*, 2009).

De plus, les concentrations de métaux dans le foie peuvent être le reflet de l'accumulation récente et un indicateur utile de l'exposition récente (Romeo *et al.*, 1999; Çogun *et al.*, 2006). Il a été admis que les concentrations en métaux du muscle sont inférieures à celles du foie (Tepe *et al.* 2008 ; Adeyeye et Ayoola, 2013).

Le Cuivre est un oligo-élément nécessaire mais peut présenter des effets toxiques à partir d'un certain seuil (Ifremer, 2009). La toxicité de cet élément en milieu marin est en fonction de sa forme chimique et de son état d'oxydation (Chiffolleau, 2001). Une concentration en Sulfate de Cuivre (=0,8 mg/l), dans l'eau peut entraîner une toxicité chronique pour les poissons et de nombreuses espèces (Guillaume *et al.*, 1999). L'accumulation du Cuivre dans le foie par rapport aux autres tissus analysés peut s'expliquer



par la grande activité métabolique et les faibles concentrations au niveau du muscle peuvent être le résultat d'un mécanisme de régulation pour les éléments essentiels propres au poisson (Firat & Kargin, 2010; Roach *et al.*, 2007; Zubcov *et al.*, 2008; Sandor *et al.*, 2001).

Clearwater *et al.* (2002) mentionnent que la régulation de l'absorption du Cuivre se fait dans l'intestin qui agit comme un organe homéostatique. L'intestin est impliqué dans le stockage temporaire et représente le site de désintoxication intracellulaire du Cuivre et les métallothionines intestinales participent à sa régulation homéostatique (Handy *et al.*, 1999 ; Jing *et al.*, 2006).

Les fortes teneurs en Nickel dans le Merlu du Golfe de Béjaïa, suggèrent que les sources potentielles de contaminations seraient en grande partie les rejets domestiques, des agglomérations environnantes et industrielles. Toutefois l'hypothèse que l'hydrodynamisme dans cette partie du Golfe favorisant cette répartition, n'est pas à écarter. Quand aux concentrations Plombiques, elles sont élevées au niveau du muscle que du foie. Comme l'explique Odzak, Zvonaric (1995), le Plomb absorbé peut être distribué rapidement aux autres tissus et organes (par exemple les os, les reins, les muscles, gonades...), plutôt que de s'accumulé dans le foie. Des résultats similaires ont été déjà mentionnés chez d'autres espèces (Yilmaz, 2009 ; Belhoucine *et al.*, 2014 ; Ouali *et al.*, 2018).

L'analyse détaillée menée sur les processus de bioaccumulation des métaux chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien a révélé l'influence de plusieurs paramètres biologiques et physiologiques sur les niveaux observés. Kilgour, (1991) a indiqué que les animaux qui ont une relation étroite avec les sédiments présentent des concentrations de métaux dans le corps relativement élevées, car les polluants peuvent être immobilisés dans le sédiment (Ruilian *et al.*, 2008 ; Belabed *et al.*, 2008 ; Jones & Turneur, 2010) ou bien transiter vers les nappes phréatiques, les eaux superficielles, les plantes, les animaux et enfin l'homme (Rouane-Hacene *et al.*, 2008). Ces processus d'accumulation dépendent des taux d'assimilation, d'excrétion et de stockage de chaque élément. Le Merlu étant un poisson démersal, a une tendance à se trouver près de la région des sédiments que ce soit pour les petits juvéniles près de la côte ou bien pour les adultes qui fréquentent le canyon continental, se nourrissant de détritus, de diatomées, d'algues, d'invertébrés microscopiques et de parties de poissons (Ferraton, 2007).

Les traitements statistiques des résultats obtenus montrent que les concentrations des métaux analysés au niveau des organes ciblés du Merlu se présentent sous l'ordre d'accumulation décroissant suivant : Zn > Fe > Cu > Ni > Pb > Cd.



L'infériorité du Cadmium est déjà signalée par plusieurs auteurs chez plusieurs espèces (Caudron, 2006 ; Ben salem, 2014 ; Hamitouche & haderbache, 2017). Selon Duquesne, 1992 les teneurs en Cadmium dans les organes n'ont pas été systématiquement rapportées car les échantillons n'atteignaient pas toujours le seuil de détection au Spectrophotomètre absorption atomique à flamme. En effet, soit les teneurs étaient réellement trop faibles, soit l'échantillon n'équivalait pas à 1 gramme de poids sec, minimum pondéral requis pour ce type d'analyses.

Par conséquent, le processus de bioaccumulation est en effet influencés par les propriétés physico-chimiques des composés mais aussi par les facteurs biologiques, physiologiques et écologiques spécifiques des espèces exposées, tels que l'habitat, le sexe, la reproduction (degré de maturité), l'état de nutrition ou encore l'état de santé des animaux (Connolly & Glaser, 2002; Di bella *et al.*, 2006; Bodin *et al.* , 2007; Bodiguel *et al.*, 2008). Toutefois, la concentration des métaux diminuait dans les organes avec l'âge, cette aptitude à la diminution, dans les gros poissons, a été soulignée dans les travaux de Pourang *et al.*, (2005). Ces auteurs expliquent cette observation par l'effet de dilution avec la croissance et l'échange d'ions dans les milieux du poisson.

La température est un facteur majeur contrôlant le métabolisme dans les organismes poïkilothermes qui influencent le taux de processus métaboliques en particulier l'absorption, le métabolisme et l'excrétion de métaux (Cairns *et al.*, 1975; Bennett, 1978; Robinson *et al.*, 1983; Tsui *et al.*, 2004 ; Ibge, 2005). La salinité, quant à elle, conditionne le phénomène d'osmorégularité chez les organismes aquatiques. Par ailleurs, selon Sadiq, (1992), une augmentation dans la salinité des eaux marines augmentait la bioaccumulation des métaux lourds.

Pareillement, les teneurs varient selon les périodes et les saisons de prélèvement (Kock *et al.*, 1996; Bei *et al.*,1998 ; Avenant-Oldewage & Marx, 2000; Essadaoui & Sif, 2001 ; Orban *et al.*, 2002 ; Mousataid *et al.*, 2005 ; Ibrahim *et al.*, 2008 ; Farkas *et al.*, 2008 ; Silence & Sandra Maria, 2013 ; Younis *et al.*, 2014 ; Belhoucine *et al.*, 2014). D'autres auteurs ont soulevé l'influence du pH sur la biodisponibilité et la bioaccumulation des métaux en agissant sur leur spéciation chimique. En règle générale, cette disponibilité est très importante quand le milieu est alcalin (Luoma, 1983). Par contre, Chatterjee *et al.*, (2006) laissent supposer que l'accumulation des ETM bioactifs comme le Zinc et le Fer est activement contrôlée par les poissons indépendamment du milieu. D'autre part, les concentrations dans le



milieu affectent l'accumulation des ETM non-essentiels comme le Plomb et le Cadmium (Pattee & Pain, 2003).

Les résultats de cette étude témoignent d'une répartition très hautement significative régît dans l'espace que dans le temps et nous avons rapportés la preuve que les moyennes des niveaux de métaux étudiés dans le foie et le muscle du Merlu étaient très hautement significatives. Il est nécessaire d'évaluer les niveaux de métaux pendant plusieurs années pour mieux comprendre les schémas saisonniers de contamination de l'espèce.

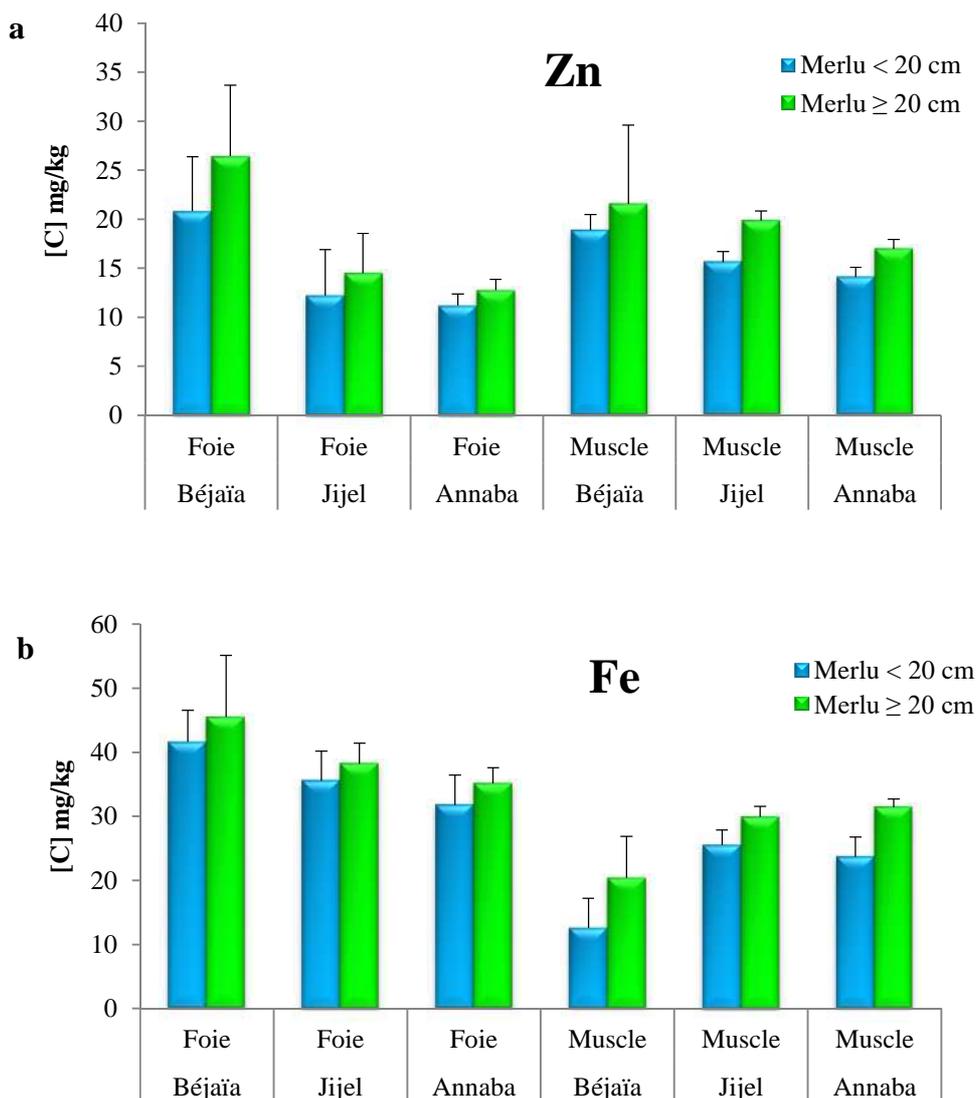
#### **4. Variation des concentrations moyennes des ETM ciblés de la taille marchande de *Merluccius merluccius* pêché le long des Côtes-Est Algériennes.**

Des variations des concentrations moyennes des métaux étudiés ont été relevées chez les individus de différentes zones d'étude en fonction de la taille commerciale (20 cm). L'ensemble des résultats obtenus rapportés en annexe 09 pour les ETM essentiels (Zinc, Fer) (Tab. 13, 14), les ETM essentiels à faible dose (Cuivre, Nickel) (Tab. 15, 16) et les ETM toxiques (Plomb, Cadmium) (Tab. 17, 18) à savoir que la lecture se fait sans la distinction du sexe.

##### ***A. Eléments traces métalliques essentiels (Zinc, Fer)***

Les concentrations moyennes du Zinc enregistrées en fonction de la taille marchande montrent que les individus du Merlu adultes enregistrent les concentrations les plus importantes d'un côté (Fig.128a). D'autre côtés, les concentrations moyennes relevées dans le tissu musculaire sont plus élevées (**15,64 ± 1,05 ; 14,1 ± 1,01**) mg/kg P.F que celle relevées dans le tissu hépatique (**12,21 ± 4,67 ; 11,18 ± 1,17**) mg/kg P.F pour les individus juvéniles ( $\leq 20$  cm) contre (**19,86 ± 0,96 ; 16,97 ± 0,96**) mg/kg P.F pour les individus adultes ( $\geq 20$ cm) respectivement dans la Baie de Jijel puis dans le Golfe d'Annaba. Cependant, chez le Merlu du Golfe de Béjaïa, ce sont les individus plus de 20 cm qui accumulent plus du Zinc mais il est plus présent dans le tissu hépatique (**20,85 ± 5,53 ; 26,43 ± 7,24**) mg/kg P.F que dans le tissu musculaire (**18,87 ± 1,61 ; 21,56 ± 8,05**) mg/kg P.F respectivement pour les individus  $\leq 20$  cm puis ceux  $\geq 20$  cm.

L'analyse statistique (test d'ANOVA) de l'ensemble des résultats des concentrations moyennes obtenues pour les deux organes du Merlu, ne laisse apparaître **aucune différence statistiquement significative dans la bioaccumulation du Zinc (F=1,98 ; P>0,05)** pour le muscle d'un côté, et montre **une différence significative (F=12,58 ; P ≤ 0,05)** pour le foie.



**Figure 128 :** Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques essentiels du zinc en (a) et du fer en (b) en fonction de la taille marchande de *Merluccius merluccius* pêché le long des Côtes-Est Algériennes.

Cependant, les valeurs moyennes du Fer enregistrées montrent des concentrations plus dominantes chez les individus plus de 20 cm et dans le foie ( $45,52 \pm 9,59$  ;  $37,2 \pm 3,25$  ;  $35,12 \pm 2,45$ ) mg/kg P.F plus que le muscle ( $20,41 \pm 5,46$  ;  $26,9 \pm 1,65$  ;  $31,41 \pm 1,28$ ) mg/kg P.F, pendant que les individus juvéniles qui ont des accroissements inférieurs à la taille marchande enregistrent des concentrations moyennes de l'ordre de ( $41,65 \pm 7,89$  ;  $35,54 \pm 4,65$ ,  $31,75 \pm 4,68$ ) mg/kg P.F dans le foie et ( $12,56 \pm 3,65$  ;  $25,52 \pm 2,35$ ,  $23,68 \pm 3,12$ ) mg/kg P.F dans le muscle respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba (Fig.128b).



On constate que l'élément du Fer marque un ordre croissant dans la chair musculaire et décroissant pour la tissu hépatique respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba.

La comparaison des concentrations moyennes en ces éléments dans les deux organes ciblés du Merlu en fonction de la taille marchande, ne laisse apparaître aucune différence statistiquement significative dans la bioaccumulation du Fer entre les deux classes de taille marchande respectivement pour le muscle puis le foie au seuil de 0,5.

D'après les résultats obtenus chez le Merlu ; en fonction de la taille marchande ; il semble que les concentrations des deux éléments (Zinc et Fer) **ne sont pas nocifs** du fait que ceux sont inférieurs aux normes préconisées pour la D.M.A. (OMS-IPCS, 1998 ; IAEA-407, 2003 ; JORADP N°25, 2011) (Tab. 61).

### ***B. Eléments traces métalliques essentiels mais à faible dose (Cuivre, Nickel)***

Les résultats obtenus montrent que les concentrations moyennes du Cuivre enregistrées présentent des teneurs plus importantes chez les individus du Merlu juvéniles ( $\leq 20$  cm) que ce soit dans le foie ( $0,93 \pm 0,1$  ;  $1,16 \pm 0,01$  ;  $1,23 \pm 0,01$ ) mg/kg P.F ou bien dans le muscle ( $0,34 \pm 0,02$  ;  $1,36 \pm 0,06$  ;  $1,46 \pm 0,08$ ) mg/kg P.F respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba (Fig. 129a). Cependant, l'ordre croissant de cet élément en fonction des zones d'étude est :

Golfe de Béjaïa < la Baie de Jijel < le Golfe d'Annaba pour les deux organes.

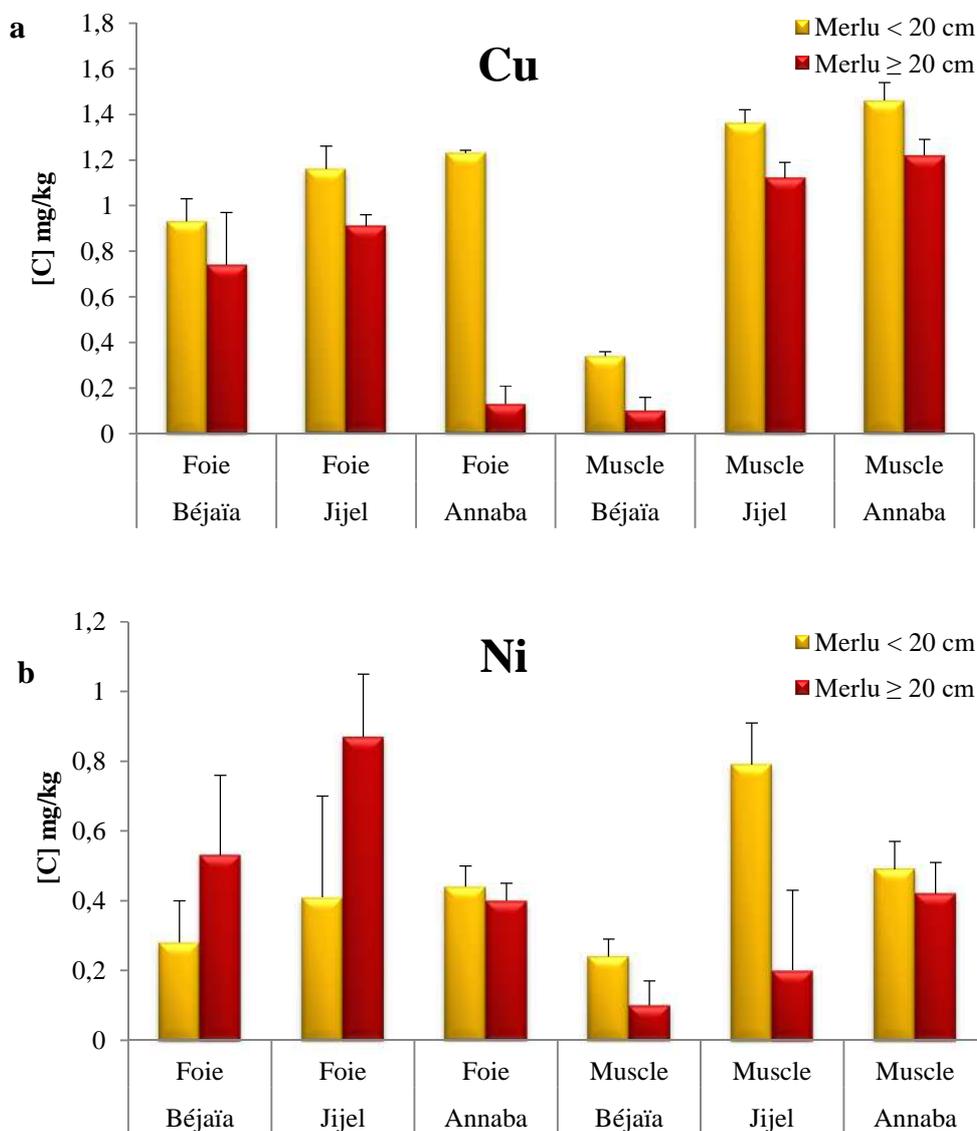
La comparaison statistique entre les concentrations moyennes trouvées chez les **individus inférieurs à 20 cm présentent des différences très hautement significatives** dans le foie ( $F = 1010,33$  ;  $P \leq 0,001$ ) et dans le muscle ( $F = 6685,83$  ;  $P \leq 0,001$ ). La même constatation pour les variations des concentrations moyennes chez les **individus supérieurs à 20 cm qui eux aussi présentent des différences très hautement significatives** ( $F = 6293,12$  ;  $F = 8042,38$  ;  $P \leq 0,001$ ) respectivement pour le foie puis le muscle.

Les concentrations enregistrées chez le Merlu dépassent la norme de la D.M.A. préconisée par JORADP N°25 (2011) (Tab. 61), et sont préoccupantes.

Cependant, l'accumulation du Nickel dans le foie est plus importante chez les individus plus de 20 cm ( $0,53 \pm 0,23$  ;  $0,87 \pm 0,18$  ;  $0,4 \pm 0,05$ ) mg/kg P.F, alors que dans le muscle il est plus accumulé par les individus inférieurs à 20 cm ( $0,24 \pm 0,05$  ;  $0,79 \pm 0,12$  ;  $0,49 \pm 0,08$ ) mg/kg P.F respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba (Fig. 129b). L'étude statistique **montre une différence très hautement**



**significative** dans le foie ( $F= 219,51$  ;  $P \leq 0,001$ ) et dans le muscle ( $F = 2977$  ;  $P \leq 0,001$ ) des individus moins de 20 cm. Toutefois l'accumulation du Nickel chez les **individus plus de 20 cm montre des différences très hautement significatives** ( $F = 1320,91$ ;  $P \leq 0,001$ ) dans le foie alors qu'il n'y a aucune différence significative dans le tissu musculaire au seuil de 0,05.



**Figure 129** : Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques essentiels mais à faible dose du Cuivre en (a) et du Nickel en (b) en fonction de la taille marchande de *Merluccius merluccius* pêché le long des Côtes-Est Algériennes.

En circonstance, pendant que la chair musculaire des individus du Merlu du Golfe Béjaïa ne dépasse pas les normes recommandées par l'OMS-IPCS, (1998) et JORADP N°25, (2011) pour les deux classes de taille marchande, le Merlu de la Baie de Jijel inférieur à 20 cm



enregistre des concentrations **inquiétantes** par rapport à la norme recommandée, et le Merlu supérieur à 20 cm enregistre des concentrations moyennes inférieures à la norme de l'**OMS-IPCS, (1998)** et la norme national (**JORADP N°25, 2011**). De même pour le Merlu du Golfe d'Annaba qui enregistre des teneurs moyennes inquiétantes supérieures a la norme de **JORADP N°25, (2011)** pour les deux classes de taille ciblées.

#### ***D. Eléments traces métalliques purement toxiques (Plomb, Cadmium)***

Les concentrations moyennes obtenues pour le Plomb dénotent que son accumulation est plus importante chez les individus plus de 20 cm dans leur foie ( **$0,83 \pm 0,07$ ;  $0,31 \pm 0,05$ ;  $0,72 \pm 0,05$** ) mg/kg P.F plus que leur muscle ( **$0,53 \pm 0,05$  ;  $0,29 \pm 0,02$  ;  $0,68 \pm 0,08$** ) mg/kg P.F. Toutefois, les individus moins de 20 cm enregistrent aussi des concentrations moyennes importantes dans le foie ( **$0,64 \pm 0,05$  ;  $0,27 \pm 0,04$  ;  $0,65 \pm 0,08$** ) mg/kg P.F par rapport au muscle ( **$0,47 \pm 0,1$  ;  $0,17 \pm 0,04$  ;  $0,51 \pm 0,03$** ) mg/kg P.F respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba (Fig. 130a).

Cependant, l'analyse statistique montre que la variation des concentrations moyennes du Plomb est **très hautement significative dans le foie** ( **$F = 2602,44$  et  $F = 2663,21$  ;  $P \leq 0,001$** ) et **dans le muscle** ( **$F = 1730,86$  et  $F = 1212,54$ ;  $P \leq 0,001$** ) respectivement des individus < 20cm puis des individus > 20cm.

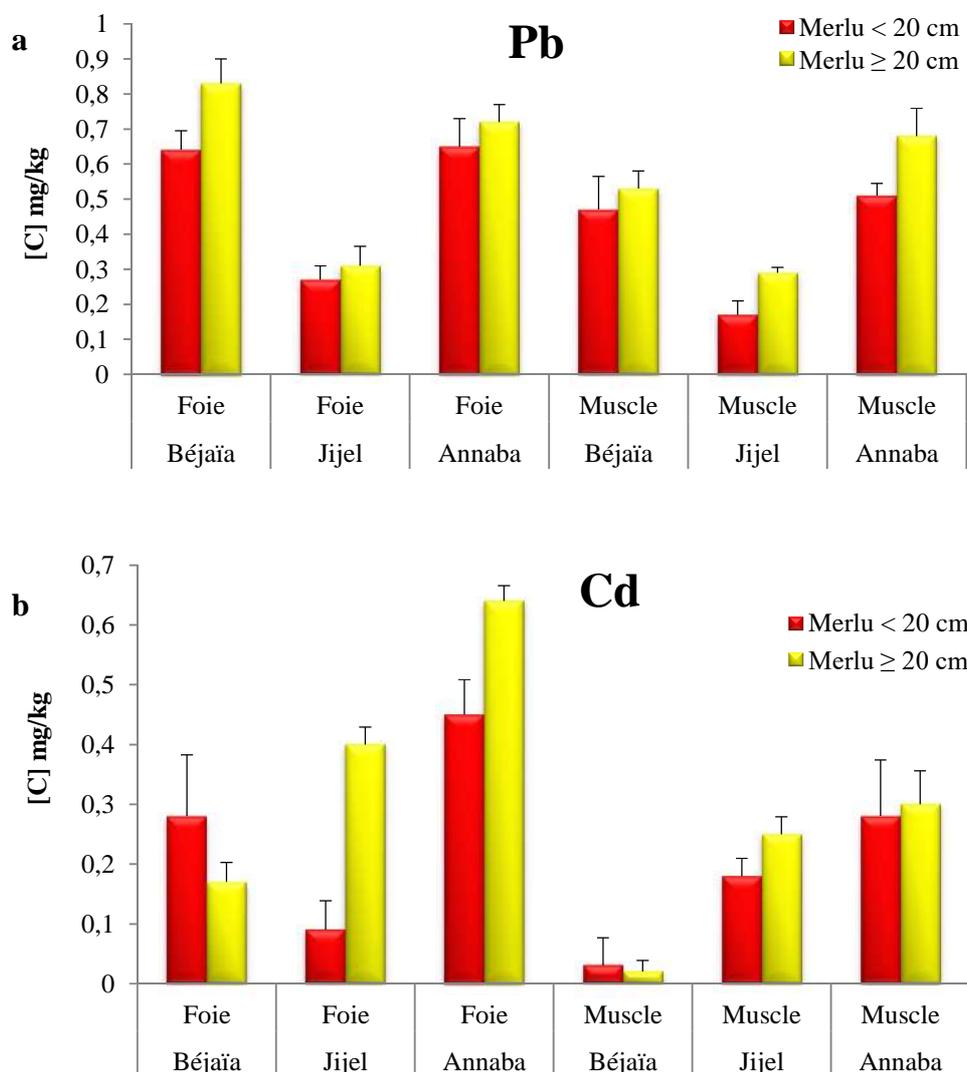
Néanmoins, les valeurs moyennes des concentrations du Cadmium enregistrées dans le muscle sont de l'ordre croissant suivant : Golfe de Béjaïa > Baie de Jijel > Golfe d'Annaba. Les concentrations moyennes sont ( **$0,03 \pm 0,4$ ,  $0,18 \pm 0,03$  ;  $0,28 \pm 0,09$** ) mg/kg P.F pour le Merlu <20 cm et ( **$0,02 \pm 0,01$  ;  $0,25 \pm 0,02$  ;  $0,3 \pm 0,05$** ) mg/kg P.F pour le Merlu > 20 cm. Il semble que les individus adultes son plus infectés que les individus juvéniles (Fig. 130b).

Cependant, l'accumulation du Cadmium est plus important dans le foie des adultes du Merlu > 20 cm enregistrant l'ordre croissant suivant : Golfe d'Annaba > Baie de Jijel > Golfe de Béjaïa et qui est de l'ordre de ( **$0,65 \pm 0,02$  ;  $0,45 \pm 0,02$  ;  $0,17 \pm 0,03$** ) mg/Kg P.F. Il est de moindre importance ( **$0,45 \pm 0,05$  ;  $0,28 \pm 0,1$  ;  $0,09 \pm 0,04$** ) chez les juvéniles < 20cm du Golfe d'Annaba puis de la Baie de Jijel et enfin du Golfe de Béjaïa (Fig. 129b).

L'analyse statistique de l'ensemble des résultats obtenus dévoile **une différence très hautement significative dans le foie** ( **$F = 1083,65$  et  $F = 163,18$  ;  $P \leq 0,001$** ) respectivement des individus < 20 cm puis des individus > 20 cm. Toutefois, **il n'y a aucune différence pour l'accumulation** du Cadmium dans le muscle des individus < 20 cm, contrairement ou



individus > 20 cm qui montrent **une différence très hautement significative dans le muscle** ( $F = 163,18 ; P \leq 0,001$ ).



**Figure 130 :** Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques purement toxique du Plomb en (a) et du Cadmium en (b) en fonction de la taille marchande de *Merluccius merluccius* pêché le long des Côtes-Est Algériennes.

Suite à la comparaison des résultats obtenus concernant le Plomb par rapport aux normes de la D.M.A. recommandées (Tab. 61), nous constatons que :

- La chair musculaire du Merlu > 20 cm du Golfe de Bêjaïa et du Golfe d'Annaba présente des valeurs très alarmantes du faite qu'elles dépassent toutes les normes préconisées (Tab. 61).



- Les concentrations obtenues dans le muscle du Merlu > 20 cm de la Baie de Jijel dépassent les normes recommandées par [JORADP N°25, 2011](#) ; [FAO/WHO, 2001](#) ; [IAEA-407, 2003](#).
- Chez le Merlu < 20 cm, du Golfe d'Annaba, les concentrations sont très préoccupantes et elles dépassent toutes les normes recommandées (Tab. 61).
- Les résultats trouvés dans le Golfe de Béjaïa et la Baie de Jijel chez le Merlu < 20 cm, montrent aussi des valeurs inquiétantes et qui dépassent les normes recommandées par [JORADP N°25, \(2011\)](#) ; [FAO/WHO, \(2001\)](#) ; [IAEA-407, \(2003\)](#).

Concernant les concentrations moyennes du Cadmium, nous constatons que la chair musculaire du Merlu du Golfe de Béjaïa, inférieur ou supérieur à 20 cm, présente des valeurs inférieures aux normes préconisées pour la D.M.A. (Tab. 61), pendant que le Merlu du Golfe d'Annaba et de la Baie de Jijel contiennent des teneurs **très inquiétantes** du fait qu'elles dépassent les normes signalées par différents organismes (Tab. 61).

Peu d'auteurs ont pu détecter de relation significative entre l'âge du poisson et la teneur en métaux des tissus ([Ahmad & Al-Ghais 1997](#), [Kirby et al., 2001](#)). Dans la plupart des cas, il a été observé que la bioaccumulation des métaux changeait de façon marquée au fur et à mesure que le poisson grandissait. Dans cette étude, les individus jeunes du Merlu ont accumulés beaucoup plus du Plomb que les individus adultes. De plus, les métaux lourds ciblés ont une tendance à augmenter avec l'âge et cette tendance est statistiquement très hautement significative. [Zyadah, \(1999\)](#) a rapporté que les tissus ont tendance à accumuler de fortes concentrations de métaux lourds avec l'augmentation de la taille des poissons.

De nombreuses études ont également démontré une relation positive entre la taille corporelle (longueur, poids et âge) et la concentration en métaux traces ([Mastala et al., 1992](#) ; [Linde et al., 1998](#) ; [Filipovic & Raspor, 2006](#) ; [Farkas et al., 2003](#) ; [Kasimoglu, 2014](#) ). De même, [Kock et al. \(1996\)](#), qui ont étudié les otolithes et les opercules de *Salvelinus alpinus*, ont trouvé une corrélation positive entre la teneur en Plomb et l'âge du poisson. Une diminution de l'accumulation de métaux avec l'âge a été révélée par [Allen-Gill & Martynov \(1995\)](#) qui ont examiné le contenu en Plomb dans le muscle de 9 espèces de poissons de la rivière Pechora (Russie). Cette hypothèse concorde avec les résultats trouvés en concentration plombique. [Evans et al, \(1993\)](#) ont expliqué que certains métaux n'augmentent pas en concentrations avec l'âge ou la taille car ils sont considérés comme étant sous contrôle homéostatique.



Cette étude a mis en évidence que l'accumulation du Zinc, du Fer, du Cuivre et nickel augmente avec l'âge du Merlu échantillonné le long de la frange Côtière-Est Algérienne. Des résultats similaires ont été rapportés par [Linde et al, \(1996\)](#), qui ont observé une augmentation de la teneur en Cuivre dans le foie de *Salmo trutta* avec l'âge. [Szefer et al, \(2002\)](#) ont également rapporté que les teneurs en Cadmium, en Plomb et en Cuivre dans le foie de la perche (*Perca jluviatilis*) étaient corrélés positivement avec l'âge du poisson.

[Bremner, \(1979\)](#), confirme l'existence d'une relation entre les concentrations en Cadmium et le sexe chez l'Homme et chez de nombreux animaux d'expérimentation. Chez les femelles, la demi-vie du Cadmium est plus élevée que celle des mâles, ce qui se traduit par de fortes teneurs chez celle-ci ([Papagiannis et al., 2004](#)). La différence de concentration de ce métal entre les deux sexes est, sans doute, que les femelles synthétisent plus de métallothionéines que les mâles ([Webb, 1997](#)).

L'effet de l'âge du poisson sur l'accumulation de métaux lourds a montré une tendance similaire à celle du poids et de la longueur du poisson. En général, on sait que les variations des niveaux d'éléments traces qui dépendent de la croissance sont influencées par divers facteurs tels que le taux métabolique et la diminution de la croissance des éléments ([Phillips, 1980](#) ; [Langston et al., 2002](#)).

La variation de la concentration moyenne des métaux lourds semble être liée à la taille des individus, ceci est cohérent avec les résultats de [Coombs, \(1980\)](#) ; [Langston & Spence, \(1995\)](#) et [Wang & Fisher, \(1997a\)](#) qui stipulent que le développement (croissance, la taille et la maturité sexuelle) d'un organisme marin influence la bioaccumulation des contaminants.

##### **5. Variations des concentrations moyennes des ETM ciblés en fonction du sexe chez *Merluccius merluccius* des Côtes-Est Algériennes.**

Chez les deux sexes de *Merluccius merluccius*, les fluctuations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques ciblés semblent étroitement liées à certains phénomènes physiologiques (taille, âge, sexe et période de reproduction). Ces derniers paramètres vont nous servir comme outil pour une étude statistique.

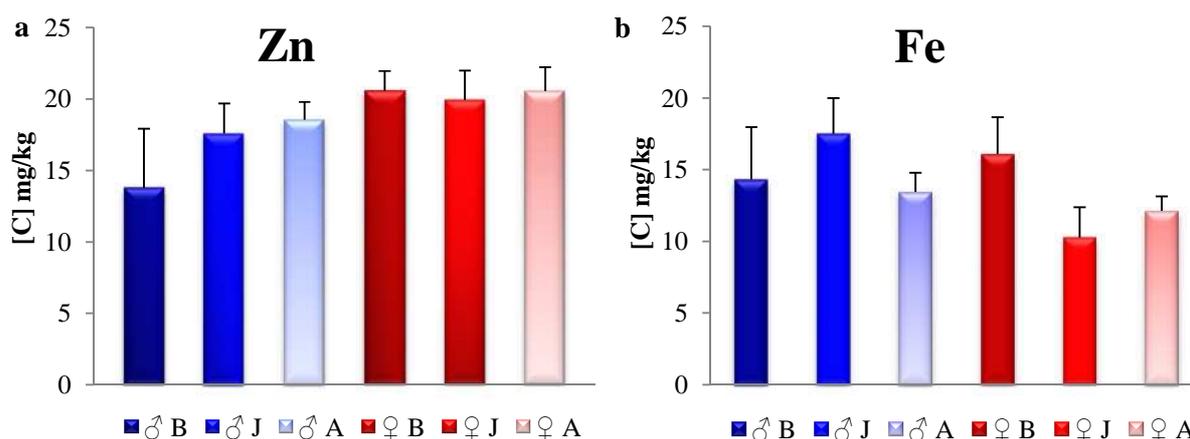
Les tableaux 10, 11, 12 en annexe 09 réunissent l'ensemble des résultats de concentrations moyennes (ppm P.F.  $\pm$  écart type) des métaux lourds ciblés chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien à savoir le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba.



### A. Les ETM essentiels ciblés (Zinc, Fer)

L'ensemble des résultats représentés sur la figure 130a, montrent que le Zinc enregistre des taux élevés d'un côté, beaucoup plus chez le Merlu du Golfe de Béjaïa ( $20,57 \pm 1,39$  ;  $13,79 \pm 4,12$ ) mg/kg P.F que chez le Merlu du Golfe d'Annaba ( $20,55 \pm 1,67$  ;  $18,54 \pm 1,26$ ) mg/kg P.F et enfin de celui de la Baie de Jijel ( $19,93 \pm 2,05$  ;  $17,58 \pm 2,1$ ) mg/kg P.F respectivement pour les femelles puis les mâles. D'autre côté, les concentrations moyennes enregistrées semblent plus culminantes chez la population féminine que masculine dans les trois sites d'étude (Fig.131a).

Le même examen à été accompli pour le Fer qui enregistre des concentrations moyennes de ( $17,5 \pm 2,5$  ;  $14,32 \pm 3,65$ ) mg/kg P.F chez le Merlu du Golfe de Béjaïa, ( $16,09 \pm 2,56$  ;  $13,44 \pm 1,34$ ) mg/kg P.F chez le Merlu de la Baie de Jijel et enfin ( $12,11 \pm 1,02$  ;  $10,27 \pm 2,11$ ) mg/kg P.F chez le Merlu du Golfe d'Annaba (Fig. 131b). Toutefois, cet élément est plus concentré par les femelles que les mâles dans les trois sites d'étude.



**Figure 131:** Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques essentielles (Zinc, Fer) en fonction du sexe chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.

**A:** Golfe d'Annaba; **B:** Golfe de Béjaïa ; **J :** Baie de Jijel.

Néanmoins, la comparaison entre l'ensemble des concentrations moyennes en ETM essentiels (Zinc, Fer) enregistrées dans les trois zones d'étude dévoile **des différences très significatives** ( $F = 9,07$  ;  $P \leq 0,01$ ). Par ailleurs, la comparaison entre les concentrations moyennes accumulées par les deux sexes **ne signale pas de différences significatives** entre les trois zones ciblées pour le Zinc et pour le Fer au seuil de 0,05.

Selon les normes préconisées pour le Zinc et pour le Fer (Tab. 61), il semble que ces deux éléments ne sont pas alarmantes ni pour l'écosystème marin, ni pour la santé humaine.



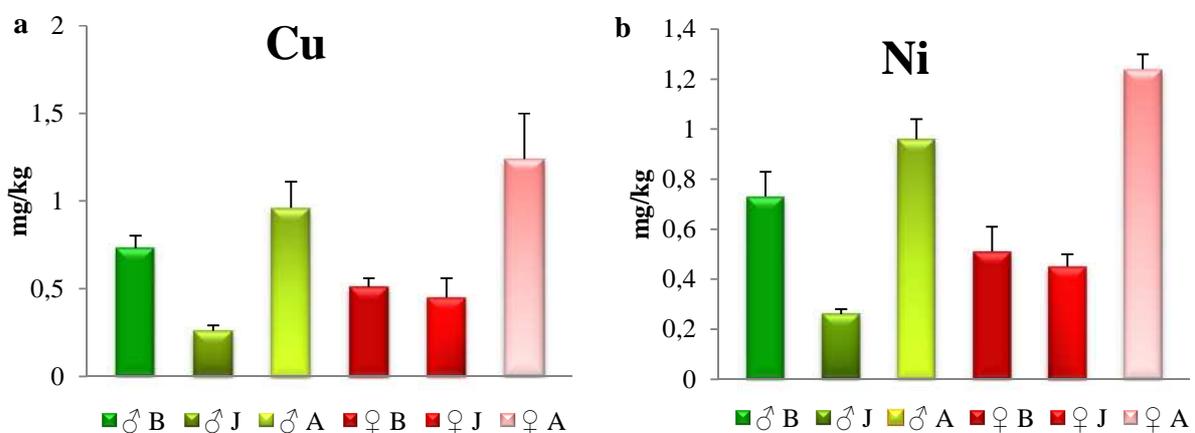
### B. Les ETM essentiels à faible dose ciblés (Cuivre, Nickel)

Les résultats représentés dans le tableau 05 en annexe 09 et rapportés sur la figure 132, montrent que les ETM essentiels mais faible dose ciblés (Cuivre, Nickel) enregistrent des taux élevés par rapport au ETM essentiels (Zinc, Fer), beaucoup plus chez les mâles ( $0,73 \pm 0,07$  ;  $0,29 \pm 0,1$ ) mg/kg P.F que chez les femelles ( $0,51 \pm 0,05$  ;  $0,28 \pm 0,01$ ) mg/kg P.F du Golfe de Béjaïa respectivement pour le Cuivre (Fig. 132a) puis le Nickel (Fig.132b).

Les valeurs s'inversent en faveur des femelles ( $0,45 \pm 0,01$  ;  $0,76 \pm 0,05$ ) mg/kg P.F contre ( $0,26 \pm 0,03$  ;  $0,39 \pm 0,02$ ) mg/kg P.F chez les mâles du Merlu de la Baie de Jijel. De même pour le Golfe d'Annaba, les concentrations moyennes de ces deux éléments (Cuivre, Nickel) sont plus importantes chez les femelles ( $1,24 \pm 0,26$  ;  $0,48 \pm 0,06$ ) mg/kg P.F que chez les mâles ( $0,96 \pm 0,02$  ;  $0,37 \pm 0,08$ ) mg/kg P.F.

Cependant, l'ensemble des concentrations moyennes en ces ETM essentiels mais à faible dose (Cuivre, Nickel) enregistrées chez les deux sexes nous **montrent des différences très hautement significatives** pour le Cuivre ( $F=99,46$  ;  $P \leq 0,01$ ) et pour le Nickel ( $F=20,86$  ;  $P \leq 0,001$ ).

L'ensemble des résultats montre que la population du Merlu du secteur Est Algérien dévoile des valeurs alarmantes dans les trois zones d'étude, plus importantes dans le Golfe d'Annaba, dépassant la norme de la D.M.A. recommandée par JORADP N°25 (2011) pour l'élément du Cuivre. Aussi, les concentrations du Nickel notées chez le Merlu du Golfe d'Annaba puis chez celui de la Baie de Jijel dépassent les normes recommandées par OMS-IPCS (1998) et JORADP N°25 (2011) (Tab. 61). En contrepartie le Merlu du Golfe de Béjaïa ne dépasse pas ces normes mais enregistre des concentrations importantes.



**Figure 132:** Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques essentiels à faible dose (Nickel, Cuivre) en fonction du sexe chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien. **A:** Golfe d'Annaba; **B:** Golfe de Béjaïa ; **J :** Baie de Jijel.

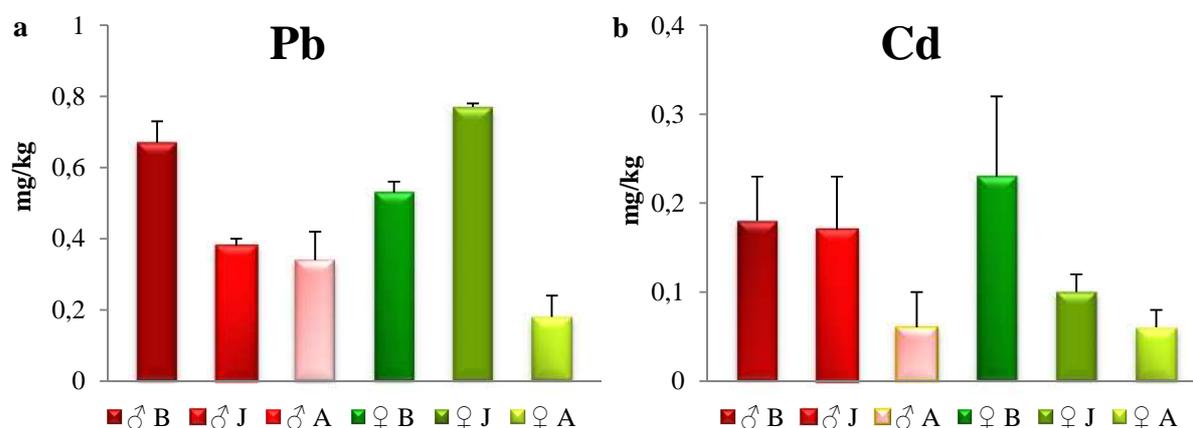


### C. Les ETM purement toxiques ciblés (Plomb, cadmium)

Les ETM toxiques ciblés (Plomb, Cadmium) enregistrent des taux très faibles par rapport aux éléments précédents mais le Plomb enregistre des valeurs plus importantes par rapport au Cadmium.

Les variations de concentrations moyennes du Plomb sont plus importantes chez les mâles ( $0,67 \pm 0,06$  ;  $0,34 \pm 0,08$ ) mg/kg P.F contre ( $0,53 \pm 0,03$  ;  $0,18 \pm 0,06$ ) mg/kg P.F chez les femelles respectivement du Golfe de Béjaïa suivis par ceux du Golfe d'Annaba. Enfin, les résultats s'inversent pour le Merlu de la Baie de Jijel où la population féminine domine avec  $0,77 \pm 0,01$  mg/kg P.F, en contrepartie la population masculine dénote une concentration moyenne de  $0,38 \pm 0,02$  mg/kg P.F (Fig.133a). Cependant, l'ensemble des résultats obtenus pour le Plomb enregistre des différences significatives pour les trois zones d'étude ( $F = 22,32$  ;  $P \leq 0,05$ ).

Le Cadmium enregistre les valeurs les plus faibles variant d'une zone à une autre et d'un sexe à l'autre (Fig. 133b). Les concentrations moyennes enregistrées dans la région de Béjaïa sont plus importantes chez les femelles ( $0,23 \pm 0,09$ ) mg/kg P.F que chez les mâles ( $0,18 \pm 0,05$ ) mg/kg P.F. La Baie de Jijel transcrit des valeurs moyennes aux alentours de ( $0,17 \pm 0,06$ ) mg/kg P.F chez les mâles et ( $0,1 \pm 0,02$ ) chez les femelles. Enfin, le Golfe d'Annaba enregistre les valeurs les plus faibles avec ( $0,06 \pm 0,04$  ;  $0,06 \pm 0,02$ ) mg/kg P.F respectivement pour les mâles puis les femelles. Ainsi, l'ensemble des résultats obtenus pour le Cadmium enregistre des différences significatives pour les trois zones d'étude ( $F=88,21$  ;  $P \leq 0,05$ ).



**Figure 133:** Variations des teneurs moyennes en éléments traces métalliques toxiques (Plomb, Cadmium) en fonction du sexe chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.  
A: Golfe d'Annaba; B: Golfe de Béjaïa ; J : Baie de Jijel.



Cependant, le Plomb enregistre les valeurs les plus alarmantes dans le Golfe de Béjaïa comparativement aux normes recommandées (Tab. 61). Les résultats signalés dans la Baie de Jijel sont analogues à ceux du Golfe de Béjaïa, où les concentrations enregistrées chez les femelles sont aussi dramatiques dépassant les normes recommandées. Les valeurs de cet élément sont moins importantes chez la population masculine qui aussi dépasse les normes de la D.M.A. recommandés. Toutefois, le Merlu du Golfe d'Annaba enregistre des concentrations moyennes moins importantes que les deux autres zones mais toujours inquiétantes et dépassant les normes recommandées (Tab. 61). Enfin, on peut dire que le Plomb se retrouve avec des concentrations inquiétantes et dans tout le secteur Est Algérien.

Néanmoins, les concentrations moyennes du Cadmium dénotées que ce soit dans le Golfe de Béjaïa où bien dans la Baie de Jijel et pour les deux sexes, sont aussi inquiétantes et dépassent les normes de la D.M.A. recommandées (Tab. 61). De plus, les concentrations moyennes en Cadmium, enregistrées dans le Golfe d'Annaba sont moins importantes que celles des autres zones d'étude mais elles sont aussi **inquiétantes** puis qu'elles dépassent les normes préconisées par [JORADP N°25 \(2011\)](#), [CEE \(1982\)](#), mais inférieures à celles recommandées par [OMS-IPCS \(1998\)](#) et [FAO/WHO \(2001\)](#) (Tab. 61).

**Le sexe** est l'un des facteurs biologiques prédominant. [Lacoue-Labarthe, \(2008\)](#) a montré qu'à partir d'un certain stade de développement embryonnaire des individus, le sexe joue un rôle important dans l'accumulation de déférents éléments traces métalliques (Cd, Cu, Zn...).

Selon [Bodiguel, \(2008\)](#) le sexe est également un des facteurs biologiques prédominant en raison, d'une part de la différence de croissance entre les mâles et les femelles, et d'autre part, des pertes de contaminants engendrées par la reproduction. La ponte est en effet un facteur de décontamination important chez les femelles, puisqu'à partir de leur première reproduction, une nette diminution des concentrations en métaux est observée ([Belhoucine et al., 2015](#)).

Cependant, nous repérons des variations significatives entre les deux sexes et en fonction des classes de taille considérées. Notons que de nombreuses études soulignent l'affinité du Zinc, Fer en plus du Cuivre et du Cadmium, dans le foie avec une capacité de stockage, ceci pourrait s'expliquer par sa présence, dans l'état physiologique de ces éléments dans le tissu hépatique comme enzyme Co-facteurs, mais également le fait qu'ils sont soumis à une élimination plus rapide du muscle ([Marcovecchio & Moreno, 1993](#); [Cinier et al., 1999](#)).



Aussi, les différences concentrations tissulaires des métaux entre les sexes peuvent être influencées par une combinaison de facteurs, tels que les préférences alimentaires, le métabolisme physiologique par rapport au stade du cycle de reproduction ou le comportement alimentaire (Alquezar *et al.*, 2006).

L'analyse des résultats du Rapport Hépatato-Somatique RHS dans la présente étude, indique une hépatomégalie au sein de la population du Merlu. Ces individus présentent un RHS assez élevé parallèlement à des concentrations tissulaires importantes en éléments traces à savoir le Zinc, le Fer, le Nickel, le Cuivre, le Plomb et le Cadmium. Cette situation semblerait en corrélation avec le degré de pollution particulièrement pendant les périodes de leur cycle biologique.

L'hépatomégalie a également été reportée chez d'autres espèces de poissons marins et d'eau douce prélevées dans des zones polluées par les HAPs, les PCBs et les métaux lourds (Everaarts *et al.*, 1994 ; Huuskonen & Lindström-Seppa, 1995). Shugart (1990) remarque une diminution du RHS parallèlement à la charge contaminant du milieu; cette tendance est aussi observée dans notre travail sur les individus femelles.

Eventuellement, la tendance à la baisse des métaux traces identifiés correspond à la période de reproduction de *Merluccius merluccius* qui s'étale le long de l'année. Cette décontamination par la population féminine *via* l'œuf semble être liée, au moins en partie, à la mobilisation des métaux dans le foie pour les gonades pendant la maturation.

Dans cette présente étude, aucune relation simple ne peut être établie entre les concentrations en ETM mesurées dans le muscle, le foie et la valeur de leur RHS. En générale RHS assez élevé parallèlement à des concentrations tissulaires importantes en ETM. Certaines altérations ultrastructurales hépatiques, telles que la prolifération du réticulum endoplasmique lisse (REL) et des peroxysomes, ont été mises en évidence chez des poissons exposés à des polluants organiques et pourraient être à l'origine de l'augmentation du poids de leur foie (Braunbeck, 1998 ; Cajaraville *et al.*, 2003).

La détection d'une hépatomégalie pourrait alors indiquer une exposition à des composés inducteurs des enzymes hépatiques de détoxification, bien que l'existence d'une corrélation ne soit pas systématique présente chez le poisson (Kloepper-Sam *et al.*, 1994 ; Larno *et al.*, 2001).

Les effets toxicologiques sur la reproduction des poissons ont été à peine étudiés en ce qui concerne les altérations dans les gonades (Adams & Greely, 2000; Jobling *et al.*, 2002;



Toft *et al.*, 2004). Les ETM peuvent perturber le développement des cellules germinales et réduire la capacité du poisson à se reproduire (Inbamani & Seenivasan, 1998; Kumar & Pant, 1984; Mehanna, 2005 ; Mukesh, 2015 ; Bouhadiba *et al.*, 2017).

Ces contaminants qui se sont accumulés dans l'œuf sont mobilisés lorsque les réserves lipidiques sont métabolisées pour alimenter le développement de l'embryon, exposant les premiers stades de la vie à concentration particulièrement élevée de perturbateurs endocriniens, à une période de plus grande vulnérabilité aux perturbations de leur système endocrinien en développement (Sumpter, 2002; Hecker *et al.*, 2006; Soyano *et al.*, 2010, Andayani & Andayani, 2013 ). Un faible niveau de pollution plombique pourrait causer effets néfastes sur la santé des poissons et sur la reproduction (Delistraty & Stone, 2007).

Autrement, le processus de maturation nécessite des niveaux d'énergie améliorés, c'est-à-dire augmente les taux d'alimentation. Cela entraîne un taux métabolique élevé et, par conséquent, l'accumulation de métaux dans les poissons (Bobori & Economidis, 1996). Bien que les différences dans l'accumulation de métaux traces chez les mâles et les femelles puissent persister à des stades de développement matures, la ponte semble être le mécanisme qui aide à éliminer les substances toxiques du corps (Simm & Kotta, 2000, Roots *et al.*, 2004). Par conséquent, pour les individus matures, les différences dans la concentration des métaux-traces entre les sexes diminuent jusqu'au niveau qui n'est pas détectable par les modèles statistiques.

## **6. Variation des concentrations moyennes des ETM ciblés en fonction des organes ciblés, de la taille marchande, du sexe chez *Merluccius merluccius* pêché le long du secteur Est Algérien.**

Des concentrations moyennes des métaux étudiés ont été relevées chez les individus du Merlu en fonction des organes ciblés (foie et muscle), des classes de taille marchande (<20 cm et  $\geq 20$  cm) et par sexe (Tab. 13, 14,15, 16, 17,18 ; annexe 09). Le sexe a été mis en évidence, la relation entre la taille et le sexe des individus et les teneurs moyennes des ETM ciblés. Dans la plupart des cas, il apparaît que ces dernières sont accumulés beaucoup plus dans le foie que dans le muscle des individus juvéniles et adultes, aussi bien dans la population féminine que masculine.

### **A. Les ETM essentiels (Zinc, Fer)**

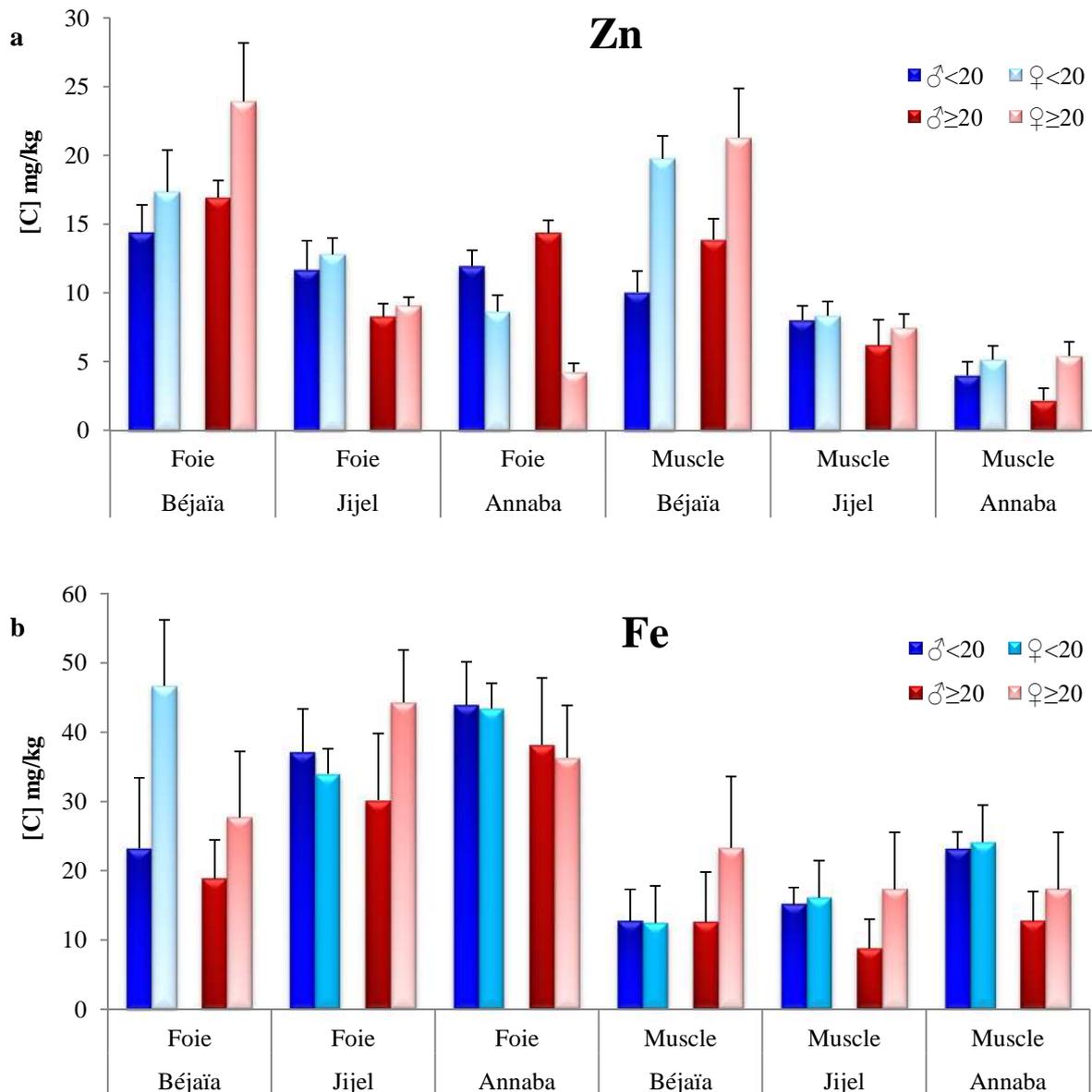
D'après les résultats obtenus, les variations de concentrations moyennes du Zinc affichées restent hétérogènes pour les deux classes de taille marchande (Fig. 134a). Le Zinc enregistre des valeurs plus élevées d'un côté chez les femelles, et d'un autre côté dans la



classe de taille de mois de 20 cm.

➤ Dans le Golfe de Béjaïa, le Zinc est accumulé plus dans le foie que le muscle, par les individus supérieurs à la taille marchande de 20 cm que ceux des petits individus et enfin par les femelles plus que les mâles.

➤ Dans la Baie de Jijel, les choses s'inversent, pour que les individus inférieurs à 20 cm accumulent le Zinc beaucoup plus dans le foie que dans le muscle et par les femelles plus que les mâles.



**Figure 134:** Variations des teneurs moyennes en éléments ETM essentiels (Zinc, Fer) en fonction des organes ciblés (Foie, Muscle), des classes de taille marchande (20 cm) et des sexes chez *Merluccius merluccius* pêché le long des Côtes-Est Algériennes.



➤ Dans le Golfe d'Annaba, en générale le Zinc est accumulé plus dans le foie que le muscle. Il est accumulé plus par les individus mâles inférieurs à 20 cm dans le foie et par les femelles plus de 20 cm dans le muscle.

Pareillement, le Fer enregistre aussi des concentrations moyennes hétérogènes dans les trois zones d'étude (Fig. 134b), mais cette fois-ci :

➤ Dans le Golfe de Béjaïa, le Fer est accumulé plus par les femelles inférieures à 20 cm dans le foie et par les femelles supérieures à 20 cm dans le muscle.

➤ Dans la Baie de Jijel, ce sont les individus mâles inférieurs à 20 cm et les femelles supérieures à 20 cm qui accumulent plus le Fer dans le foie et dans le muscle.

➤ Dans le Golfe d'Annaba, en générale le Fer est accumulé par les mâles plus que les femelles et beaucoup plus dans la taille des individus inférieurs à 20 cm. Les choses s'inversent dans le muscle pour que la population féminine accumule plus que la population masculine mais toujours beaucoup plus par les individus inférieurs à 20 cm.

### ***B. Les ETM essentiels à faible dose (Cuivre, Nickel)***

Les tableaux 15 et 16 en annexe 09 présentent les différentes concentrations moyennes du Cuivre et du Nickel en fonction des différents organes, sexes, classes marchandes ; les variations de ces teneurs sont illustrées par la figure 135.

Les teneurs moyennes en Cuivre relevées dans les différents organes du Merlu montrent que les valeurs les plus importantes caractérisent le muscle plus que le foie, chez les individus supérieurs à 20 cm plus que les individus de petites tailles (< 20 cm).

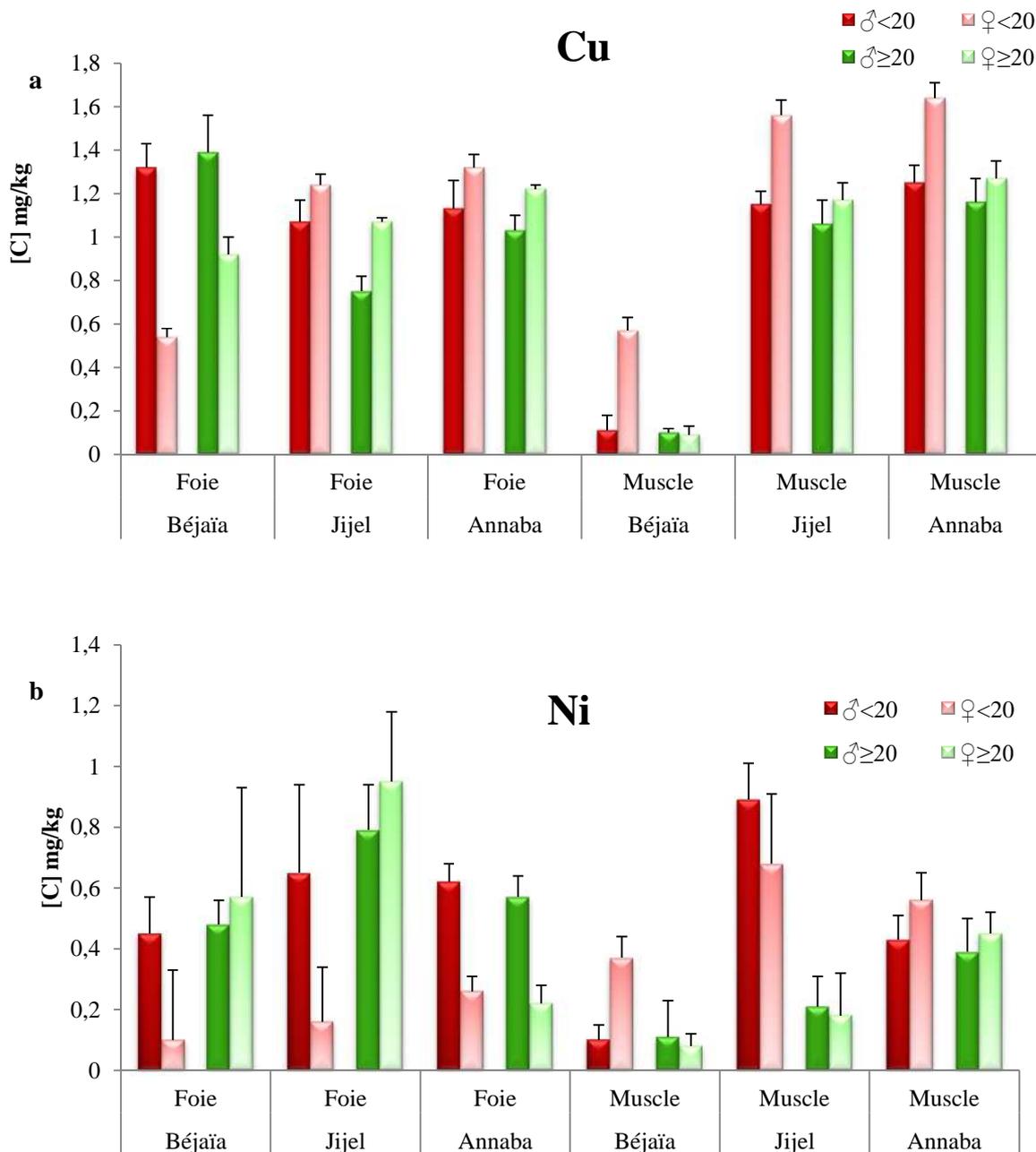
Ce métal est accumulé beaucoup plus par la population féminine plus que masculine dans la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba (Fig. 135a). Pendant que son accumulation dans le Golfe de Béjaïa se concentre beaucoup plus dans le foie des mâles que ce soit pour les petits individus ou pour les individus adultes, mais il est accumulé plus dans la chair musculaire des femelles adultes (Fig. 135a).

Cependant le Nickel transcrit des concentrations moyennes très hétérogènes (Fig. 135b), de l'ordre croissant suivant : Golfe de Béjaïa > Golfe d'Annaba > Baie de Jijel pour le foie et le muscle. Ce dernier est accumulé plus dans le foie des femelles supérieures à 20 cm du Golfe de Béjaïa et par les mâles inférieurs à 20 cm de la Baie de Jijel, pendant que les concentrations les plus élevées dans le Golfe d'Annaba se présentent plus chez les mâles et dans les deux classes de taille marchande.

Concernant les concentrations notés au niveau du muscle, on constate que les femelles



inférieurs à 20 cm du Golfe de Béjaïa concentre plus le Nickel, alors que dans la Baie de Jijel il est accumulé beaucoup plus par les mâles et pour les deux classes de taille. Cependant, ce dernier est plus accumulé par les femelles et dans les deux classes de tailles.

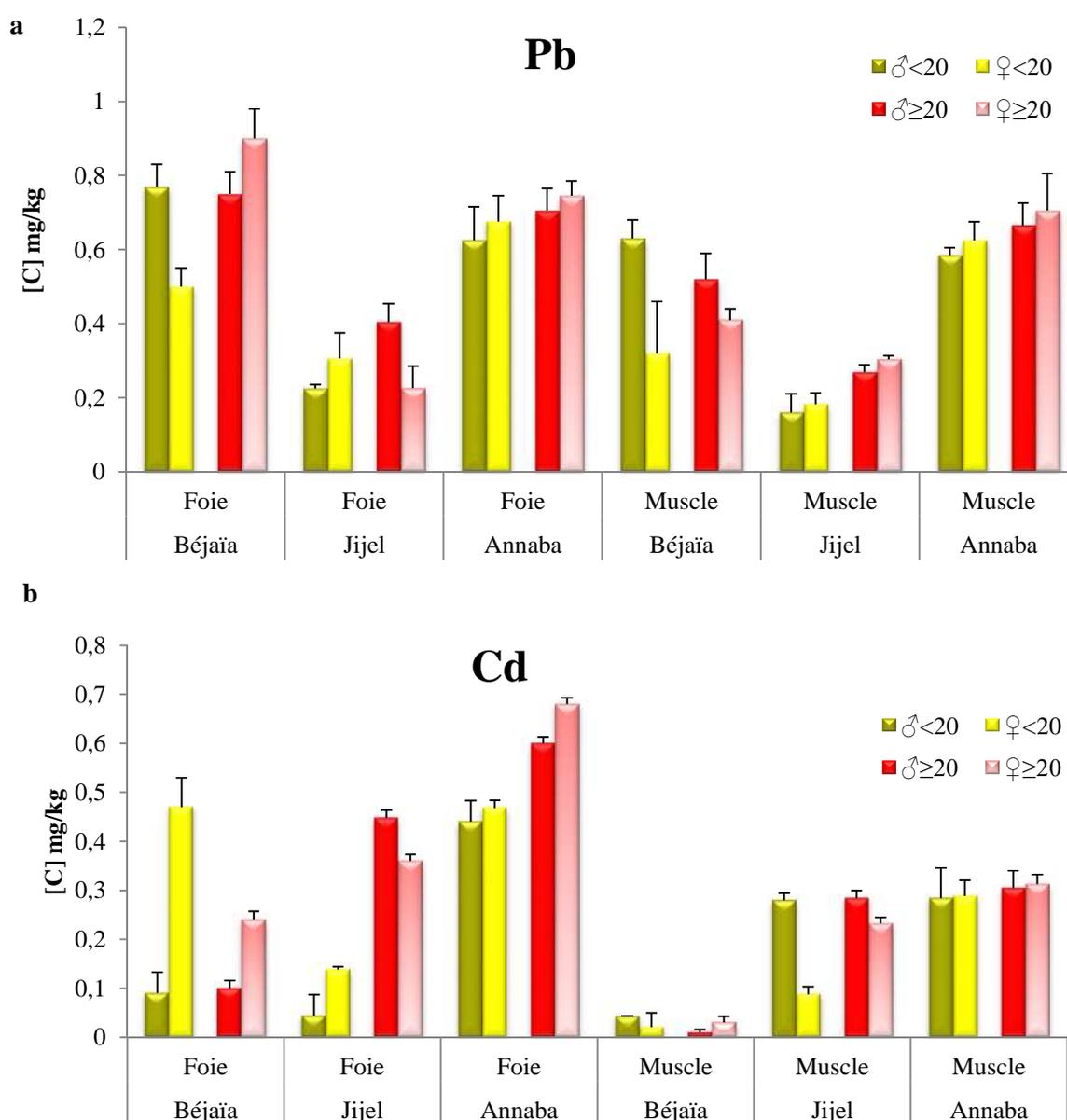


**Figure 135:** Variations des teneurs moyennes en ETM essentiels à faible dose (cuivre, nickel) en fonction des organes ciblés (Foie, Muscle), des classes de taille marchande (20 cm) chez *Merluccius merluccius* pêché le long des Côtes-Est Algériennes.



### C. Les ETM purement toxiques ciblés (Plomb, Cadmium)

Les différentes concentrations moyennes obtenues en Plomb sont résumées dans les tableaux 17 et 18 (annexe 09) et illustrées par la figure 136a. Ces concentrations se réduisent avec la taille des individus de la population masculine du Golfe de Béjaïa pour les deux organes et augmentent dans la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba, contrairement aux femelles qui entassent cet élément avec l'âge des individus dans le foie puis dans le muscle. Les concentrations moyennes les plus culminantes sont toujours dénotées dans le foie puis



**Figure 136:** Variations des teneurs moyennes en ETM toxiques (Plomb, Cadmium) en fonction des organes ciblés (Foie, Muscle), des classes de taille marchande (20 cm) et des sexes chez *Merluccius merluccius* pêché le long des Côtes-Est Algériennes.



viennent ceux du muscle, pendant que le déclin de cet élément en fonction des zones d'étude est comme suit : Golfe de Béjaïa > Baie de Jijel > Golfe d'Annaba.

L'analyse de la variance à deux dimensions pour échantillons indépendants (AVDC) montre que **l'accumulation du Plomb présente des différences très hautement significatives ( $F=77,03$  ;  $P \leq 0,001$ ).**

Les teneurs moyennes en Cadmium relevées chez la population du Merlu illustrées par la figure 136b montrent que les valeurs les plus importantes caractérisent les foies avec les valeurs les plus élevées enregistrées dans le Golfe d'Annaba, par la population féminine et dans les deux classes marchandes. Même cas, dénoté dans le Golfe de Béjaïa mais avec une moindre importance. Dans la Baie de Jijel, malgré que les petites femelles concentrent plus le Cadmium les choses s'inversent pour que les mâles qui le concentrent plus en dépassant la taille marchande.

Les concentrations enregistrées dans la chair musculaire malgré elles sont de moindre importance par rapport à ceux du foie restent dominantes chez la population du Merlu du Golfe d'Annaba, toujours dominées par celles transcrites chez les femelles et qui excèdent la taille marchande. Contrairement à la population du Merlu de la Baie de Jijel qui concentre le Cadmium plus par les mâles est presque de même ordre pour les deux classes de taille marchande. Les plus petites valeurs sont rapportées chez le Merlu du Golfe de Béjaïa chez les individus mâles inférieurs à 20cm puis chez les femelles supérieures à 20 cm.

L'analyse statistique de la variance à deux démentions pour échantillons indépendants (AVDC) de l'ensemble des résultats obtenus **montre que l'accumulation du Cadmium présente des différences très hautement significatives ( $F = 78,69$  ;  $P \leq 0,001$ ).**

La contamination des poissons nécessite une surveillance et une analyse des éléments toxiques potentiellement dangereux. Ces éléments métalliques renferment des traces naturelles du milieu aquatique, mais leurs niveaux ont augmenté en raison de plusieurs activités (industrielles, agricoles et minières) (Yigit *et al.*, 2006 ; Nacer, 2013) ce qui expose les poissons à une accumulation plus accrue.

Il est devenu indispensable de contrôler la qualité des milieux marins, d'autant plus qu'il couvre à lui seul 71% de la surface de la planète. Les programmes de surveillance nécessitent des contrôles ciblés, limités dans le temps pour identifier les infractions et les non-conformités, aussi, prendre des mesures correctives pour établir un plan de contrôle adéquat (Baghdadi, 2012).



Généralement, l'analyse des concentrations des ETM dans les tissus de poissons constitue un aspect très important pour la compréhension de leur devenir et doit prendre en compte l'influence possible des variables telles que la taille corporelle, l'âge, le sexes..., et même l'état de santé des organismes (Rotchell *et al.*, 2001, Bodin *et al.*, 2007). Huang *et al.*, (2007), dénotent que ces xénobiotiques sont problématiques en raison de leur nature persistante et leur toxicité. En effet, la réglementation impose des seuils bas et l'évaluation fiable des risques posés par ces polluants sur la santé humaine et l'environnement marin reste un enjeu majeur (Alavanja *et al.*, 2004) .

Le Golfe de Béjaïa est considéré comme un réceptacle final de nombreux rejets (industriels et municipaux) d'où l'origine des métaux contaminants décelés dans les organes (muscle et foie) de *Merluccius merluccius* (Alik *et al.*, 2021).

Concernant Jijel, la concentration de la population dans le centre urbain engendre de graves problèmes sur l'environnement marin, via les apports élevés des eaux usées, domestiques, urbains et industrielles déversées directement dans la mer, ainsi que l'abondance des déchèteries sauvages le long du littoral.

Enfin, le Golfe d'Annaba en plus des nombreux déversements polluants (Abdennour *et al.*, 2000; Khélifi-Touhami *et al.*, 2006 ; Khaled-Khodja *et al.*, 2016), l'urbanisation anarchique, concentrée sur la côte a contribué à étendre et amplifier la dégradation de l'environnement des côtes marines avec des répercussions néfastes sur la faune et la flore aquatiques et même la santé humaine (Idardare *et al.*, 2013; Chasek *et al.*, 2016; Reggam *et al.*, 2017).



## **Conclusion**

Comparées aux seuils de qualité sanitaires tolérés, les concentrations moyennes en métaux lourds mesurées chez *Merluccius merluccius*, il s'est révélé que les teneurs moyennes en Zinc et en Fer sont inférieures par rapport aux D.M.A. consignées par différents organismes. Contrairement, le Cuivre et le Nickel présentent des concentrations hétérogènes mais inquiétantes étant donné qu'ils sont présents et accumulés avec des valeurs élevées. Les teneurs en Plomb et en Cadmium sont vraiment préoccupantes et se présentent avec des teneurs alarmantes et le Merlu constitue un vecteur de ces éléments, pour le consommateur.

Ce constat ne diminue en rien le risque potentiel et dangereux pour l'Homme à moyen et à long terme si des dispositions urgentes ne sont pas mises en place afin de contrôler la salubrité des produits de la mer, vecteurs d'agents toxiques. L'évaluation fiable des risques induits par ces polluants tant sur la santé humaine que sur l'environnement est un challenge important.

En effet, le recours à cette espèce qualifiée de bioindicateur semble un moyen rapide et performant pour évaluer la qualité de l'environnement. En fonction de sa large répartition géographique, de sa longévité, de la permanence de sa population au cours des saisons, de son abondance et de leur capacité à accumuler une gamme des métaux lourds, le Merlu compte parmi les organismes potentiellement intéressants à la biosurveillance du milieu marin.

*Lorsque l'homme aura :  
Coupé le dernier arbre,  
Pollué la dernière goutte d'eau,  
Tué le dernier animal,  
et pêché le dernier poisson,  
Alors il se rendra compte que l'argent n'est pas comestible.*

---

---

## *Conclusion générale*

---

---



*Si tu donnes un poisson  
À un homme, il mangera  
un jour. Si tu lui apprends  
à pêcher, il mangera toujours.*

### Conclusion générale

Ce travail a apporté des éléments d'information sur la biologie et la dynamique des populations, ainsi que de la pêche au Merlu *Merluccius merluccius* L, 1758 et son utilisation comme bioindicateur de la pollution métallique par six métaux lourds (Cd, Pb, Zn, Fe, Cu et Ni) au niveau de la façade maritime de la frange Côtière-Est Algérienne, à savoir le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba.

La synthèse des résultats trouvés a permis de faire un bilan de connaissances sur les traits biologiques du Merlu et essayer de maîtriser son cycle biologique, en plus de l'état de son stock. Enfin, les informations fournies par le dosage des ETM a donné une image instantanée du niveau de contamination du milieu étudié, informations jusque-là absentes et qu'il serait judicieux de généraliser sur les autres régions du littoral Algérien et pour d'autres espèces d'intérêt économique.

Deux stocks exploitables de la population de *Merluccius merluccius* méditerranéenne ont été identifiés au large du secteur Est Algérien, ce sont :

***Le stock du Golfe de Béjaïa*** : sa répartition horizontale comprise entre le cap carbon à l'Ouest jusqu'aux eaux côtières de la zone Est de la Baie de Jijel;

***Le stock Est du littoral Algérien*** : il fait jonction entre le secteur centre de la Baie de Jijel pour s'étendre jusqu'à El-Kala.

Il est possible de les différencier aisément grâce à tous les paramètres considérés, l'hypothèse  $H_0$  est rejetée. Les paires de moyennes responsables de ce rejet sont celles de Béjaïa et Annaba et de Béjaïa et Jijel. Il n'y a pas de différence significative entre les moyennes d'Annaba et Jijel. **On pourrait conclure, que le stock d'Annaba et de Jijel est le même. Celui de Béjaïa reste caractéristique de cette région et diffère des deux autres. Enfin l'étude devrait se faire séparément.**

Dans la région Est de la Côte Algérienne, *M. merluccius* atteint un **âge maximum de 7 ans**, et ce pour les deux sexes. L'âge a été estimé par la méthode des différences logarithmiques, fortement recommandée par le Groupe de Travail sur la Dynamique des Populations Marines de la FAO. L'estimation de la taille de la fin de la première année d'âge du Merlu est de **18,62 ; 19,15 ; 18,66 ; 21 cm** chez la **femelle**, de **18,65 ; 18,75 ; 20,43 ; 20,22 cm** pour les **mâles** et **17,79 ; 17,81 ; 21,67 ; 21,17 cm** pour les deux

## Conclusion générale

**sexes combinés** respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel, le Golfe d'Annaba et pour toute la population de secteur Est Algérien.

Les femelles croissent en longueur plus vite que les mâles : la différence est déjà visible à partir de l'âge de **4 ans**, puis elle s'accroît rapidement pour atteindre **7 ans**.

**La longueur asymptotique ( $L_{\infty}$ ) et le poids asymptotique ( $W_{\infty}$ )** du Merlu des deux sexes sont variables d'une région à une autre, ils sont de l'ordre de :

➤ 113,73cm et 9685,73g pour les femelles et de 124,53 cm et 1297,20 g pour les mâles du Golfe de Béjaïa, et sont quasiment plus importants que ceux d'autres régions d'étude ;

➤ 110,74cm et 9055,13g pour les femelles, et de 94,02 cm et 6515,62g pour les mâles de la Baie de Jijel ;

➤ 108,55cm et 8128,47g pour les femelles, et 91,12 cm et 5619,53 pour les mâles du Golfe d'Annaba ;

➤ Elles sont presque identiques pour l'ensemble de toute la population du secteur Est Algérien, de l'ordre de 105,22 cm et 8083,38g pour les femelles ainsi 106,95 cm et 9805,03 g pour les mâles.

L'indice de croissance  $K$  indique **une forte croissance de ce Merluccidae** dans ce secteur précis de la Méditerranée. L'évolution du poids en fonction de la longueur totale indique que le poids de *Merluccius merluccius* des Côtes-Est Algériennes évolue plus vite que la taille vu que la valeur du facteur  $b$  reflète une allométrie **majorante** pour les deux sexes.

La connaissance des paramètres biologiques de *Merluccius merluccius* permet de mieux gérer son stock exploitable et favoriser son renouvellement vu la baisse des débarquements de poisson au niveau des pêcheries algériennes ces dernières années.

Le sex-ratio global de *M. merluccius* de la région Est algérienne est de **2,61 ; 1,56 ; 0,71** respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba. Ceci démontre que le stock renferme autant de femelles que de mâles dans le Golfe de Béjaïa, contrairement à la Baie de Jijel et au Golfe d'Annaba qui renferment beaucoup plus de mâles que de femelles. La comparaison de nos résultats à ceux donnés dans la littérature s'avère délicate. Ces auteurs n'ont pas introduit le test de comparaison de deux pourcentages

## Conclusion générale

---

observés, leur permettant de confirmer ou d'infirmer la tendance du sex-ratio qui est généralement proche de 1.

Il ressort de l'étude des paramètres pondéraux (**RGS** et **RHS**) que le Merlu des côtes-Est Algériennes a plusieurs périodes de ponte au cours de l'année dont la plus importante est en **période printanière** couvrant les mois de **mars-avril** jusqu'à la mi-mai avec un pic en avril, puis un autre pic en **période estivale** couvrant les mois d'**aout-septembre** et enfin le dernier pic **automno-hivernale** de **novembre à décembre**.

L'estimation de **la taille de première maturité sexuelle** de *M. merluccius* des Côtes-Est Algériennes donne **29,3 ; 29,2 et 29,2 cm** pour les **femelles**, **21,3 ; 20,7 et 20,6 cm** pour les **mâles** et enfin **26,6 ; 26,3 et 24 cm** pour **l'ensemble** de la population respectivement dans le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel et le Golfe d'Annaba. **Les individus plus jeunes** aboutissent à la  $L_{50}$  à **15,6 cm** pour les deux sexes ; et elle est de l'ordre de **16,8 et 15,9 cm** pour les mâles et **15,8 et 16,2 cm** pour les femelles respectivement dans la Baie de Jijel et dans le Golfe d'Annaba. Cette taille met en valeur le rôle des petits individus et leur participation à la reproduction et au renouvellement de la biomasse.

La vitesse de croissance **K**, qui détermine la rapidité du poisson d'approcher la longueur asymptotique, n'est pas la même pour les deux sexes et selon les différents zones d'études. Il semble que les **femelles (K= 0,15)** du **Golfe de Béjaïa** croissent plus vite que les **mâles (K= 0,12)**, et les choses s'inversent dans **la Baie de Jijel** et **le Golfe d'Annaba** au les **mâles** croissent plus vite (**0,18 et 0,17**) que les **femelles (0,15 et 0,14)**. Les deux sexes possèdent pratiquement une même longévité ( $t_{max} = 7ans$ ). La variation dans les valeurs de ce paramètre affecte forcément l'évaluation de la biomasse exploitable de stock du Merlu. **En effet, les jeunes individus du Merlu atteignent rapidement leur premières tailles  $L_t$  plus élevés par conséquent, ils présentent un K élevé.**

A l'échelle microscopique, l'examen histologique des gonades du Merlu indique la maturation des ovaires asynchrones pour cette espèce. L'ovaire présente des ovocytes à tous

## Conclusion générale

---

les stades de leur développement tout au long de la période de reproduction. Nous avons apporté la preuve histologique que la reproduction des femelles de *Merluccius merluccius* est de type « **batch spawner** », c'est-à-dire à ponte fractionnée avec un développement asynchrone des ovocytes où la ponte est très étalée dans le temps.

**Les mortalités** totales, naturelles et par pêche estimées touchent en majorité les individus juvéniles appartenant à la classes de taille moins de 20 cm.

Pour ce qui est de la **mortalité totale (Z)**, les valeurs de **2,29 ; 2,22 ; 2,29 et 2,75 an<sup>-1</sup>** respectivement pour le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel, le Golfe d'Annaba et la population de tous le secteur Est Algérien ont été retenue. Le choix de ce résultat est motivé essentiellement par la spécificité que présente la méthode utilisée, basée sur les courbes de captures selon les longueurs estimées.

Le coefficient de **mortalité naturelle (M)** a été estimé à **0,27 ; 0,23 ; 0,35 et 0,34 an<sup>-1</sup>** respectivement pour le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel, le Golfe d'Annaba et celle de tous le secteur Est algérien ont été retenues.

La **mortalité par pêche** observée est de l'ordre de **2,02 ; 1,99 ; 1,94 et 2,41 an<sup>-1</sup>** respectivement pour le Golfe de Béjaïa, la Baie de Jijel, le Golfe d'Annaba et celle de tous le secteur Est algérien ont été retenues.

Concernant l'étude de l'exploitation, le FISAT II (Gayaniilo *et al.*, 2005), vivement recommandé par la FAO pour la pêche méditerranéenne, a été introduit pour évaluer la biomasse exploitable, le rendement par recrue de *Merluccius merluccius* de la frange côtière Est algérienne. Ce logiciel présente l'avantage de fonctionner avec des pseudos cohortes, c'est à dire il exige uniquement la connaissance des captures sur un an au lieu d'une série historique d'une dizaine d'années.

Selon les résultats du rendement obtenus, il ressort un état de sur exploitation du stock du Merlu, ce qui signifie qu'en termes de rendement relatif par recrue, **la capture** du Merlu dans les eaux de la Côte-Est Algérienne pour toutes les zones d'étude ciblées, **touche les petits poissons** qui sont capturés à des niveaux d'effort élevés (surpêche), cependant, **la solution** à ce problème est d'**augmenter le maillage et diminuer l'effort de pêche**.

Après analyse de la structure de la population de ce Merluccidae, nous soulignons la nécessité actuelle de rendre compte, dans les études basées sur la modélisation de

## Conclusion générale

---

l'exploitation des stocks halieutiques, du degré d'incertitude des estimations, de tenir compte du risque d'erreurs et d'utiliser le principe de précaution pour les recommandations sur la gestion des pêches.

Il faut d'ailleurs se tenir prêt à l'occurrence de phénomènes indésirables. Pour y remédier à cette situation nous recommandons fortement de fixer un point de référence biologique,  $F_{0.1}$  dit encore  $F_{cible}$ . Sa valeur est très proche de celle du  $F_{MSY}$  et beaucoup plus rentable car pour atteindre la "**vraie**" production maximale équilibrée  $MSY$  ou  $Y_{max}/R$  qui se trouve seulement plus haut, il faudrait diminuer considérablement l'effort de pêche, provoquant ainsi l'effondrement de la ressource halieutique ce qui est économiquement néfaste pour la gestion à long terme de la pêcherie.

Il serait hâtif de créer des groupes de travail ouverts à des experts afin d'évaluer les stocks. Ils auront pour objectif la mise en place d'un programme commun. Ces différentes équipes de recherche doivent trouver un consensus leur permettant d'adopter la même méthodologie de travail, à savoir, la définition de la notion stock, l'homogénéisation des modèles à utiliser et l'échange de données. Enfin, la modélisation peut gagner en fiabilité à travers une amélioration des statistiques disponibles en qualité et quantité des informations apportées.

**La bioaccumulation des métaux lourds** présente des variations en fonction des organes ciblés, du sexe, des classes de taille et entre les différentes zones d'études. En effet, il semble que le foie concentre mieux ces ETM. Cette variation s'explique, évidemment, par l'élévation de la température de l'eau de mer, et surtout par l'accroissement de la pression humaine, particulièrement importante en période estivale.

Par rapport à la taille des individus, **la classe la plus petite** semble être **la plus contaminée**; ce facteur est intimement lié à la croissance qui impose aux individus un régime alimentaire très riche en fréquentant les zones à faibles profondeurs. Le Merlu étant de type carnivore, il augmenterait potentiellement les risques de bioaccumulation.

Il apparaît, aussi, que pour cette espèce la majorité des ETM ont tendance à **s'accumuler** beaucoup préférentiellement chez les **individus immatures** que les individus matures dans le Golfe de Béjaïa, pendant que les choses **s'inversent** chez le merlu de la Baie de Jijel et du Golfe d'Annaba

Par ailleurs, les doses moyennes des métaux lourds relevées dans le Merlu ; surtout

## *Conclusion générale*

---

pour les éléments toxiques (Plomb et Cadmium) qui ne possèdent aucune fonction biologique ; comparées à celles fournies par la littérature relatifs aux D.M.A., sont très inquiétantes et présentent un véritable danger pour le consommateur.

Toutefois, nous affirmons qu'il n'existe aucun risque de toxicité pour la santé humaine pour l'instant concernant les éléments métalliques essentiels (Fer et Zinc) et les éléments métalliques essentiels mais à faible doses (Nickel et Cuivre) et, par conséquence, cette ressource halieutique se prête bien à la consommation; mais il est à rappeler que ces micropolluants ont un effet cumulatif à travers la chaîne trophique, et qu'ils ont aussi un effet néfaste à long terme sur la santé publique.

*Merluccius merluccius* pourrait être considérée comme un très bon bioindicateur de la qualité de l'environnement des écosystèmes aquatiques (espèce sentinelle). En fonction de sa large répartition géographique, de sa longévité, de la permanence de sa population, de la facilité de son prélèvement, et de sa capacité à accumuler une large gamme des métaux lourds.

### *Recommandations et perspectives*

A la lumière des résultats que nous avons obtenus et des études précédemment réalisées, se dégagent quelques recommandations, qui pourraient être mal acceptées à court terme mais à long terme, permettraient d'assurer la pérennité des espèces tout en conservant le stock exploitable et l'activité des pêcheurs :

➤ Les résultats obtenus ont pu déterminer la période favorable de la reproduction ; la législation actuelle prévoit la fermeture de la pêche du 1<sup>er</sup> juin au 30 septembre, ne protégeant pas ainsi les espèces à ponte multiple telle que celle de notre espèce.

➤ La taille minimale marchande (T.M.M) étant fixée, pour *Merluccius merluccius* en Algérie, à **20cm** de Lt ([JORADP n° 04-86, 2004](#)), reste inférieure à la longueur de la taille de première maturité sexuelle des femelles de l'espèce évaluée à **29cm**, il serait donc recommandé de l'augmenter.

➤ La modification de la sélectivité des engins de pêche s'avère indispensable, car l'activité de pêche est concentrée sur les classes de taille **15cm à 20 cm** et que les individus capturés à cette taille n'ont pas d'intérêt économique marquant. Afin de protéger ces juvéniles, il est indispensable de localiser d'une façon précise **les nourriceries**, de comprendre le comportement de ces juvéniles et d'étudier la distribution et l'abondance des œufs et larve du Merlu vis-à-vis des fluctuations des paramètres environnementaux.

## *Conclusion générale*

---

➤ La connaissance de la croissance et de l'âge est une étape indispensable de la dynamique des populations. Il est indispensable d'avoir recours à d'autres méthodes de l'étude de l'âge à savoir l'étude des microstructures des otolithes et de confirmer la vitesse de croissance rapide chez le Merlu par des techniques de marquage et recapture à l'instar de ce qui est fait au niveau de l'Atlantique nord et en Méditerranée.

➤ Sur terrain, il nous a été possible de remarquer que ce sont toujours les mêmes zones de pêche qui sont fréquentées depuis bien longtemps. L'activité chalutière, au niveau de la frange côtière Est algérienne ciblant la famille des Merluccidae, est souvent focalisée sur des profondeurs n'excédant pas généralement les 250 m captant les individus de petite taille laissant une richesse non exploitée au-delà. Il s'avère alors nécessaire de déplacer l'effort de pêche vers d'autres zones de pêche orientées vers le large et à de plus grandes profondeurs. Une campagne nationale d'évaluation et de prospection des stocks de poissons et l'établissement de nouvelles zones de pêche devient donc une priorité urgente pour une exploitation durable.

➤ Il est souhaitable de pouvoir identifier et déterminer les zones importantes à protéger et à conserver en se basant sur l'incorporation des espèces et des habitats dans les listes classées selon les normes internationales. Par conséquent, il est essentiel d'avoir une interprétation commune des dispositifs juridiques relatifs au milieu marin (zones de pêche), pour une meilleure gestion des espaces à intérêt écologique et biologique.

➤ Une pollution métallique suite aux nombreux et multiples rejets industriels et urbains, menace les côtes Est algériennes. Il appartient aux Scientifiques de trouver, d'élaborer, d'améliorer et de fournir tous les remèdes et les solutions possibles pour une lutte appropriée des différentes formes de pollutions. Ils doivent saisir, sensibiliser et convaincre les politiques des dangers qui peuvent affecter la santé de l'Homme, nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes marins dans le moyen et le long terme et prévoir la construction des stations d'épurations qui constituent la seule réponse possible et nécessaire contre la dégradation de ces milieux.

Enfin, les entreprises, les pouvoirs publics et la société civile devront travailler en synergie afin de réconcilier trois mondes qui se sont longtemps ignorés : l'économie, l'écologie et le social. À long terme, il n'y aura pas de développement possible s'il n'est pas économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement tolérable.

*La Science est une goutte que les pseudo-savants  
ont fait déborder.*

*Ali Ibn Abd el Moutalib, VII siècle*

---

---

## *Références bibliographiques*

---

---



### Références bibliographiques

-A-

- Abdenour, C., Smith, B.D., Boulakoud, M.S., Samraoui, B., Rambow, P.S.,** Trace metals in shrimps and sediments from Algeria water. *J. Catalog. Mat. Env.* Vol. 3. P: 9-12.
- Abdulfatah A., Fontaine P., Marie M., 2007.** Effects of the photoperiodic and thermal kinetic on the induction of the reproduction cycle in the perch (*Perca fluviatilis*). *Abstract book of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Reproductive Physiology of Fish. Saint-Malo. France.* 203p.
- Abella A., Auteri R., Serena F., 1995.** Some aspects of growth and recruitment of hake in the northern Tyrrhenian sea. *Rapport de la 1ère reunion du groupe de travail DYNPOP du CIESM. Tunis.* Vol. 10. P: 27-28.
- Abella A., Serena F., Ria M., 2005.** Distributional response to variations in abundance over spatial and temporal scales for juveniles of European hake (*Merluccius merluccius*) in the Western Mediterranean Sea. *Fish. Res.* Vol.71. P: 295-310.
- Abraham M., Hilge V., Riehl R., Iger Y., 1993.** Muco-follicle cells of the jelly coat in the oocyte envelope of the sheatfish (*Silurus glanis* L.). *J. Morphol.* Vol. 217. P: 37-43.
- Absawy M., Abd EL.G., 2010.** The reproductive biology and the histological and ultra structural characteristics in ovaries of the female Gadidae fish *Merluccius merluccius* from the Egyptian Mediterranean water. *African Journal of Biotechnology.* Vol. 9. P:2544-2559.
- Adams C.E., Huntingford F.A., 1997.** Growth, maturation and reproductive investment in Arctic charr. *Journal of Fish Biology.* Vol. 51. P: 750-759.
- Addis, P., Campisi, S., Cuccu, D., Follesa, M.C., Murenu, M., Sabatini, A., Secci, E. & Cau, A., 1998** - Pesca sperimentale mesobatliale con attrezzi fissi. *Biol. Mar. Medit.* Vol. 5 (3). P: 638-648.
- Alavi S.M.H., Cosson J.J., Cowar K., Rafiee G., 2008.** Fish Spermatology. Alpha Science International Ltd. Oxford, U.K. p. 484p.
- Albaret J.J. 1994.** Les poissons: Biologie et peuplement. *In: Environnement et Ressources aquatiques de Côte d'Ivoire.* Tome II - Les milieux lagunaires (Durand J. R., Dufour P., Guiral D. & S.G.F. Zabi, édts). Paris, ORSTOM. P: 238-279.
- Alcázar J.L., Carrasco F.J., Llera E.M., Méndez de la Moz L., Ortea J.A., Vizcaino A., 1983.** Biología, dinámica y pesca de la merluza en Asturias. *Recurs. Pesq. Asturias.* Vol. 3. 134p.
- Aldebert Y., Carriès J.C., 1989a.** La croissance du merlu dans le Golfe du Lion. Méthodologie. Problèmes posés. *Report of the age-reading workshop on Mediterranean Hake and Sardine.* Palma de Mallorca, Espana. P: 66-70.
- Aldebert Y. & Recasens L., 1995.** Estimation de la croissance du merlu dans le golfe du Lion par l'analyse des fréquences de taille. *Rapport de la Commission Internationale sur la Mer méditerranée.* Vol. 34. 236p.
- Aldebert Y., 1981 :** - Contribution à la biologie du merlu du Golfe du Lion: premières données sur la croissance. *Rapp. P.V. Réun. CIEM.* Vol. 27(5). P:47-48.
- Aldebert Y., Carriès C., 1989.** L'exploitation du merlu dans le golfe du Lion. *Bulletin de la Société Zoologique de France.* Vol. 114. P : 15-20.
- Aldebert Y., Carriès J.C., 1989a.** La croissance du merlu dans le Golfe du Lion. Méthodologie. Problèmes posés. *Report of the age-reading workshop on Mediterranean Hake and Sardine.* Palma de Mallorca, Espana. P: 66-70.
- Aldebert Y., Morales-Nin B., 1992.** La croissance des juvéniles du merlu dans le golfe du Lion : nouvelles méthodes d'approche. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.,* **33:** 281-281.
- Aldebert Y., Recasens L., 1996.** Comparison of methods for stock assessment of European hake *Merluccius merluccius* in the Gulf of Lions (Northwestern Mediterranean). *Aquat. Living Resour.* Vol. 9. P: 13-22.
- Aldebert, Y., 1981.** Contribution à la biologie du merlu du Golfe du Lion: premières données sur la croissance. *Rapp. Comm. Int. Mer médit.* Vol. 27.(5). P: 47-48.
- Alegria-Hernandez V., Jukić S., 1992.** Abundance dynamics of the hake (*Merluccius merluccius* L.) from the middle Adriatic Sea. *Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco, special.* Vol. 11. P: 161.
- Aleman F., Oliver P., 1995.** Growth of female hake in the Balearic Sea: a proposal of new growth model with higher growth rates. *Cahiers Options Méditerranéennes* Vol. 10. P: 51-52.
- Alheit J., Pitcher T.J., 1995.** Hake: Biology, Fisheries and Markets. *Series 15.* Chapman and Hall, London.
- Alik O., 201A5.** Biologie de la reproduction et dynamique du merlu, *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) de la côte Est Algérienne. Magister en Sciences de la Nature. Spécialité : Ecologie et Environnement Université A/Mira de Béjaïa. 200p.
- Alvarez P., Fives, J., Motos, L., & Santos M., 2004.** Distribution and abundance of European hake *Merluccius merluccius* (L.), eggs and larvae in the North East Atlantic waters in 1995 and 1998 in relation to hydrographic conditions. *Journal of Plankton Research.* Vol. 26. P: 811-826.
- Alvarez P., Motos L., Uriarte A., Engana J., 2001.** Spatial and temporal distribution of European hake,

- Merluccius merluccius* (L.), eggs and larvae in relation to hydrographical conditions in the Bay of Biscay. *Fisheries Research*. Vol. 50. P: 111-128.
- Alves M.M., Dos Santos H.S.L., Lopes R.A., Petenusci S.O., Haiyashi C., 1983.** Rhythm of development in the oocyte of the tilapia *Oreochromis niloticus* L. (Pisces: Cichlidae); a morphometric and histological study. *Gegenbaurs Morphol. Jahrb.* Vol. 129. P: 575-592.
- Amar R., 1953.** Isopodes marins du littoral corse. *Bulletin de Société Zoologique de France*. Vol. 77. P: 349-355.
- Andaloro F., Arena P., Prestipino Giarritta S., 1985.** Contribution to the knowledge of the age, growth and feeding of hake *Merluccius merluccius* (L. 1758) in the Sicilian channel. *FAO Fish Rep.* Vol. 336. P: 93-97.
- Andrade R.F., Bazzoli N., Rizzo E., Sato Y., 2001.** Continuous gametogenesis in the Neotropical freshwater teleost, *Bryconops affinis* (Pisces: Characidae). *Tissue cell*. Vol. 33(5). P: 524-532.
- Angelescu V., Gneri F.S., Nani A., 1958.** La merluza del mar Argentino (Biología y Taxonomía. *Sec. Mar., Serv. Hidrogr. Naval*, Buenos Aires. 228p.
- Aoudjit, F., Vuori, K., 2000.** Engagement of the  $\alpha 2\beta 1$  integrin inhibits Fas ligand expression and activation-induced cell death in T cells in a focal adhesion kinase-dependent manner. Vol. 95 (6). P: 2044-2051. <https://doi.org/10.1182/blood.V95.6.2044>.
- Arantes F.P., Borçato F.L., Sato Y., Rizzo E., Bazzoli N., 2013.** Reproduction and embryogenesis of the mandiamarelo catfish, *Pimelodus maculatus* (Pisces, Pimelodidae), in captivity. *Anat. Histol. Embryol.* Vol. 42. P: 30-39.
- Arbault S., Lacroix-Boutin N., 1969.** Epoques et aires de ponte de poissons teleostéens du le Golfe de Gascogne en 1965–1966 (oeufs et larves). *Rev. Trav. Inst. Pêch. Marit.* Vol. 3 (2). P: 181-202.
- Arneri E., Morales-Nin B., 2000.** Aspects of the early life history of European hake from the central Adriatic. *Journal of Fish Biology*. Vol. 56(6). P:1368-1380.
- Arneri, E. & Morales-Nin, B., 2000.** Aspects of the early life history of European hake from the central Adriatic. *Journal of Fish Biology*. V 56 (6). P: 1368-1380.
- Assassi, C., 2011.** Projet de modélisation Application du modèle ROMS dans le bassin algérien « Le Courant algérien ». *Master. Université de la Méditerranée. Aix-Marseille II*. 20p.
- Astruc, G., 2005.** Exploitation des chaînes trophiques marines de Méditerranée par les populations de Cétacés. *Thèse de Doctorat de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes. Université Montpellier II, France*.
- Avenant-Oldewage, A., Marx, H.M., 2000.** Bioaccumulation of chromium, copper and iron in the organs and tissues of *Clarias gariepinus* in the Olifants River, Kruger National Park. *Water SA*. Vol. 26 (4). P: 569-582.
- Azouz A. 1974.** Les fonds chalutables de la région Nord de la Tunisie, les potentialités de la pêche, écologie et répartition bathymétrique des poissons, Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, Salammbô Vol. 3 (1-4). P: 29-94.
- Azouz A., Ben Othman S., 1975.** Les fonds chalutables de la région est de la Tunisie (de Kélibia à Mahdia). Premiers résultats. Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, Salammbô. Vol. 4. P: 49-60.
- B-**
- Bach P, Chauvelon P., 1994.** Relation entre la densité des microstries et le rayon de l'otolithe pour un schéma de croissance de Von Bertalanffy. *Aquat. Liv. Resour* Vol.7. P: 53-55.
- Bagenal T.B., 1954.** The growth rate of the hake, *Merluccius merluccius* (L.), in the Clyde and other Scottish Sea areas. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* Vol. 33. P:65-95.
- Baillon N., 1992.** Otolithométrie: Revue et problèmes: (ed.) Tissus durs et âge individuel des vertébrés. Paris: *ORSTOM.INRA*. P : 21-52.
- Barazi-Yeroulanos L., 2010.** Synthesis of Mediterranean Marine Finfish Aquaculture : a Marketing and Promotion Strategy. *Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. 216p.
- Barnabe G., 1991.** Reproduction chez les poissons. In: Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. *Lavoisier Paris (Tech & Doc)*. 500p.
- Barry J. P., Tegner M.J., 1989.** Inferring demographic process from size-frequence distributions: simple models indicate specific patterns of growth and mortality. *Fish Bull. US*. Vol. 88. P: 13-19.
- Bartolino V., Colloca F., Sartor P., Ardizzone G., 2008.** Modeling recruitment dynamics of hake, *Merluccius merluccius*, in the central Mediterranean in relation to key environmental variables. *Fisheries Research*. Vol. 92 (2-3). P: 277-288.
- Basilone G. Guisande C. Patti B. Mazzola S. Cuttitta A. Bonanno A. Vergara A.R. Maneiro I. 2006.** Effect of habitat conditions on reproduction of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Strait of Sicily. *Fisheries Oceanography*. Vol. 15 (4). P:271-280.
- Batts S., 1972.** Sexual maturity, fecundity and le sexe-ratio of skpjak tuna (*Katsuwonus pelamis*) (L.) in the north Carolina waters. *Trans. Am. Fish. Soc.* Vol. 101 (4). P:626-637.

- Bauchot M.L., 1987.** Poissons osseux. In W. Fischer, M.L. Bauchot and M. Schneider (eds.) Fiches FAO d'identification pour les besoins de la pêche. (rev. 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. *Commission des Communautés Européennes and FAO, Rome*. Vol. 2. P : 891-1421.
- Bauchot M.L., Pras A., 1980.** Guide des poissons marins d'Europe. *Delachaux et Niestlé, éd. Lausanne-Paris*. 427p.
- Bazzoli N., Godinho H.P., 1995.** Comparative morphology of the yolk nucleus (Balbiani body) in freshwater Neotropical teleost fish. *Rev. Bras. Biol.* Vol. 55(2). P: 207-214.
- Bazzoli N., Rizzo E., 1990.** A comparative cytological and cytochemical study of the oogenesis in ten Brazilian teleost fish species. *Eur. Arch. Biol.* Vol. 101. P: 399-410.
- Belabed, B.E., Bendjema, A., Boudjelida, H., Djabri, L., Bensouilah, M., 2011.** Evaluation of the metal contaminations in the surface sediments of the Oubeira lagoon, national park of El Kala, Algeria. *Arch.Appl.Sci.Res.* Vol. 3 (4). P: 51-62. <http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>.
- Belabed, B.E., Frossard, V., Dhib, A., Turki, S., Aleya, L., 2013a.** What factors determine trace metal contamination in Lake Tonga (Algeria)? *Environ. Monit. Assess.* V 185 (12). P: 9905-9915. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3300-6>.
- Belabed, B.E., Meddour, A., Samraoui, B., Chenchouni, H., 2017.** Modeling seasonal and spatial contamination of surface waters and upper sediments with trace metal elements across industrialized urban areas of the Seybouse watershed in North Africa. *Environ. Monit. Assess.* V 189 (6). P:265. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5968-5>.
- Belcari P., Ligas A., Viva C., 2006.** Age determination and growth of juveniles of the European hake, *Merluccius merluccius* (L., 1758), in the northern Tyrrhenian Sea (NW Mediterranean). *Fisheries Research*. Vol. 78. P: 211-217.
- Belhoucine , Alioua , Bouhadiba , Boutiba, 2014.** Impact of some biotics and abiotics factors on the accumulation of heavy metals by a biological model *Merluccius merluccius* in the bay of oran in Algeria. *J. Bio. & Env. Sci.* Vol. 5 (6). P: 33-44. <http://www.innspub.net>.
- Belhoucine F. 2012.** Etude de la biologie de la croissance et de la reproduction d'un poisson téléostéen le Merlu (*Meluccius merluccius* L., 1758) et son utilisation par les métaux lourds (Zinc, Plomb et Cadmium) dans la baie d'Oran (Algérie). *Thèse de doctorat, Université d'Oran, Algérie*. 275p.
- Belloc G., 1929.** Poissons de chalut. Etude monographique du merlu (*Merluccius merluccius*). *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*. Vol. 2. P: 154-288.
- Belloc G., 1935.** Etude monographique du merlu *Merluccius merluccius* L. 3<sup>ème</sup> partie, *Revue des travaux de l'Office des pêches maritimes*. Vol. 8. P: 145-202.
- Belon P. 1553.** De aquatilibus, libri duo cum eiconibus ad viam ipsorum effigiem, quoad eius fieri potuit, expressis. *Ad amplissimum Cardinalem Castillionaeum. Parisiis. (Stephanus)*. 448p.
- Ben Souissi, J., Rezig, M., Mazghouni, M., 2000.** Bioaccumulation de quelques polluants métalliques chez des animaux comestibles du Lac Sud de Tunis. *Écotoxicologie. Bull. Soc. zool. Fr.* Vol. 125 (1). P: 27-35.
- Benghali S, Mouffok S., Kherraz A., Boutiba Z., 2014.** Some aspects on the reproductive biology of greater Forkbeard *phycis blennoides* (brünnich, 1768) in western Algerian coasts (osteichthyes, gadidae). *IJRRAS*. Vol. 19 (3). P : 199-206.
- Benguedda W, Dali Youcef N, Amara, R., 2011.** Trace Metals in Sediments, Macroalgae and Benthic Species from the Western Part of Algerian Coast. *Journal of Environmental Science and Engineering*. V 5 (12). P: 1604-1612.
- Benzohra M., 1993.** Les structures hydrodynamiques le long des côtes Algériennes. Centre d'Océanologie de Marseille, 33p.
- Benzohra M., Millot C., 1995.** Characteristics and circulation of surface and intermediate water masses off Algeria. *Deep-sea recheach I*. Vol. 42. (10). P: 1803-1830.
- Berlinsky D.L., Specker J.L., 1991.** Changes in gonadal hormones during oocyte development in the striped bass, *Morone saxatilis*. *Fish physiol. Biochem.* Vol. 9 (1). P: 51-62.
- Berois N., Arezo M.J., Chalar C., Brauer M.M., Barros C., 2007.** Ultrastructure and protein composition of the oocyte envelope in the whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*, Desmarest, 1823, Sciaenidae, Perciforme). *J. Appl. Ichthyol.* Vol. 23. P: 34-39.
- Bertignac M., de Pontual H., 2007.** Consequences of bias in age estimation on assessment of the northern stock of European hake (*Merluccius merluccius*) and on management advice. *ICES. Journal of Marine Science*. Vol. 64. P: 981-988.
- Bethoux J.P. Morin P. Chaumery C. Connan O. Gentili B. Et Ruiz-Pino D., 1998.** Nutrients in the Mediterranean Sea, mass balance and statistical analysis of concentrations with respect to environmental change. *Marine Chemistry*. Vol. 63. P: 155-169.
- Béthoux J.P., Gentili B., Morin P., Nicolas E., Pierre C., Ruiz-Pino D., 1999.** The Mediterranean Sea: a miniature ocean for climatic and environmental studies and a key for the climatic functioning of the North Atlantic, *Prog. Oceanogr.* Vol. 44. P: 131-146.

- Beverton R.J.H., Holt S.J., 1957.** On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food G.B. (2 Sea Fish. Vol. 19.* 533p.
- Beverton R.J.H., Holt S.J., 1956.** A review of methods for estimating mortality rates in fish populations, with special references to sources of bias in catch sampling. *Rapp. P.-V. Réun. CIEM*, **140**: 67–83.
- Beverton, R.J.H. & Holt, S.J., 1959** - A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature and the relationship to growth and other physiological characteristics. *Ciba Found. Colloq*; **5**: 142– 177.
- Beyer J.E., 1991.** On length-weight relationships. 2. Computing mean weights from length statistics. *Fishbyte*. Vol. 9. P: 50 - 54.
- Bez N., Rivoirard J., Poulard J.C., 1995.** Approche transitive et densités de poissons. Compte rendu des journées de géostatistique. *Fontainebleau, France. Cah. Géostat.* Vol. 5. P: 161-177.
- Bhattacharya C.G., 1967.** A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*. Vol. 23. P 115-135.
- Biagi F., Cesarini A., Sbrana M., Viva C., 1995.** Reproductive Biology and fecundity of *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) in the Northern Tyrrhenian Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* Vol. 34. P: 237-237
- Bieniarz K., Epler P., Poppek W., 1977.** Histological changes in the ovaries of mature female Carp in summer time. *Investigaciones Pesqueras*. Vol. 41. P: 95-102.
- Billard R., Weil C., Bieniarz K., Mikolajczyk T., Breton B., Epler P., Bougoussa M., 1992.** Testicular and some hormonal changes during the first four years of life in the mirror carp., *Cyprinus carpio* L. *J. Fish Biol.* Vol. 41. P: 473-487.
- Billard R., 1979.** La gamétogenèse, le cycle sexuel et le contrôle de la reproduction chez les poissons Téléostéens. *Bull. Fr. Pisc.* Vol. 273. P: 117-136.
- Billard R., 1983a.** A quantitative analysis of spermatogenesis in the trout, *Salmo trutta fario*. *Cell. Tissue Res.* Vol. 230 (3). P: 495-502.
- Billard R., 1983b.** Spermiogenesis in the rainbow trout (*Salmo gairneri*). An ultrastructural study. *Cell Tissue Res.* Vol. 283. P: 265-284.
- Billard R., 1986.** Spermatogenesis and spermatology of some teleost fish species. *Reprod. Nutr. Dev.* Vol. 26 (4). P: 877-920.
- Billard R., 1990.** Discussion de quelques données sur la spermatogenèse des poissons et sur l'adaptation des spermatozoïdes aux conditions de fécondation dans divers milieux. *Piscic. fr.* Vol. 101. P: 24-40.
- Bird, D.J., Rotchell, J.M., Hesp, S.A., Newton, L.C., Hall, N.G., Potter, I.C., 2008.** To what extent are hepatic concentrations of heavy metals in *Anguilla anguilla* at a site in a contaminated estuary related to body size and age and reflected in the metallothionein concentrations?. *Environmental pollution*. V 151 (3). P: 641-651. doi:10.1016/j.envpol.2007.03.018.
- Bisone, 2012.** Décontamination de sols contaminés par du cuivre du zinc et des HAP provenant de déchets métallurgiques. *University of Québec, Canada, Doctoral thesis*. P : 254. <http://espace.inrs.ca/id/eprint/1391>.
- Bjelland R.M., Skiftedvik A.B., 2006.** Larval development in European hake (*Merluccius merluccius* L.) reared in a semi-intensive culture system. *Aquacult. Res.* Vol. 37 (11). P: 1117-1129.
- Bodiguel, N., Rroupsard, F. & Mellon, C., 2008.** Classical and novel organohalogen compounds (PCBs and PBDEs) in hake (*M. merluccius*, L.) from Mediterranean and Atlantic coasts (France). *Environmental Toxicology*. P : 157-167.
- Bohemen G.G., Lambert J.G.D., 1981.** Annual changes in plasma and liver in relation to vitellogenesis in the female rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *General Comparative Endocrinology* . Vol. 44. P: 94-107.
- Bouaziz A., 1992.** Le merlu (*Merluccius merluccius mediterraneus*, Cadenat 1950) de la baie de Bou Ismaïl: biologie et-écologie [The hake of the Gulf of Bou Ismaïl: biology and ecology]. *Thèses Magister Océanogr. Biol.*, ISMAL (Alger): 85 p.
- Bouaziz A., 2007.** La sardinelle (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) des côtes Algérienne : Distribution, Biologie et estimation des biomasses. *Thèse de Doctorat d'état; U.S.T.H.B.* Alger.
- Bouaziz A., Bennoui A., Brahmi B., 2001.** Sur l'estimation de l'état d'exploitation du merlu *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) de la région centre de la côte algérienne. *Rapport de la Commission Internationale de la Mer Méditerranée*. Vol. 36. P: 243-243.
- Bouaziz A., Djabali F., Maurin C., 1998c.** Le merlu des côtes algériennes : Identification et répartition. *Cahiers Options Méditerranéennes*. Vol. 35. P: 139-146.
- Bouaziz A., Kerzabi F., Brahmi B., 2014.** Impact of the natural mortality (*m*) variability on the evaluation of the exploitable stock of sardine, *sardina pilchardus* (actinopterygi: Clupeiformes: clupeidae) of the central region of the Algerian coast. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. Vol. 44 (2). P: 87-97.
- Bouaziz A., Semroud R., Djabali F., Maurin C., 1998a.** Estimation de la croissance du merlu *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) de la région centre de la côte algérienne par analyse des fréquences de tailles. *Cahiers Options Méditerranéennes*. Vol. 35. P: 35-41.
- Bouaziz A., Semroud R., Djabali F., Maurin C., 1998b.** Reproduction du merlu *Merluccius merluccius*

- (Linnaeus, 1758) dans la région de Bou-Ismaïl. *Cahiers Options Méditerranéennes*. Vol. 35. P: 109-117.
- Boucetta S., Beldi H., Draredja B., 2016.** Effects of metal pollution on the activities of acetylcholinesterase and glutathione-S-transferase in *Phorcus (Osilinus) turbinatus* (Gastropoda, Trochidae) of the coast East-Algerian. *Adv. Environ. Biol.* Vol. 10 (5). P: 46-61. <http://www.aensiweb.com/AEB>.
- Bougis P., 1952.** Recherche biométriques sur les rougets (*M. barbatus L.*, *M. surmuletus L.*). *Archs. Zool. exp. gén.* Vol. 89. (2). P: 57-174.
- Bougis P., 1976.** Océanographie biologique appliquée. Exploitation de la vie marine. *Ed. Masson, Paris*: 320p.
- Bouhlal M., 1973.** Le merlu des côtes nord de la Tunisie : Etude économique et biologique. *Bull. Inst. Océanogr. Pêche Salamb.* Vol., 2. (4). P: 579-603.
- Bouhlel M., 1975.** Contribution à l'étude biologique et dynamique du merlu *Merluccius merluccius mediterraneus* (L. 1758) du golfe de Tunis. *Thèse 3ème cycle de biologie marine, Université de Tunis, Faculté des sciences*. 177 p.
- Boutiba Z., 1992.** Les mammifères marins d'Algérie Statut, Répartition, Biologie et Écologie. *Thèse de Doctorat. Université d'Oran*. 575p.
- Bradford M.J., 1991.** Effects of ageing errors on recruitment time series estimates from sequential population analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 48. P: 555-558.
- Buggy, C.J., Tobin, J.M., 2008.** Seasonal and spatial distribution of metals in surface sediment of an urban estuary. *Environmental Pollution*. Vol. 155 (2). P: 308-319. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.11.032>.
- Busson-Mabillot S., 1973.** Evolution des enveloppes de l'ovocyte et de l'oeuf chez un poisson Téléostéen. *Journal de Microscopie*. Vol. 18. P: 23-44.
- Butler G.L., Rowland S.J., 2009** Using underwater cameras to describe the reproductive behavior of the endangered eastern fresh-water cod *Maccullochella ikei*. *Ecology of Freshwater Fish* . Vol. 18. P: 337-349.
- C -
- C.E.E. 1982.** Communication de la commission au conseil relative aux substances dangereuses susceptibles de figurer sur la liste I de la directive 76/464/CEE du conseil. J.O. n° C. V.176. P: 3-10.
- Caddy J.F., 1998.** Issues in Mediterranean Fisheries Management: Geographical units and effort control. *FAO Studies and Reviews, Rome, n°70*. 50p.
- Caddy J.F., Refk R., Do-Chi T., 1995.** Productivity estimates for the Mediterranean: evidence of accelerating ecological change. *Ocean and Coastal Management*. Vol. 26 (1). P: 1-18.
- Cadenat J., 1952.** Note au sujet des merlus de la région de Dakar. *J. Cens. int. Explor. Mer*. Vol. 18. 231p.
- Cailliet G.M, Andrews A.H, Burton E.J, Watters D.L, Kline D.E, Ferry-Graham L.A., 2001.** Age determination and validation studies of marine fishes: do deep-dwellers live longer. *Exp Gerontol* Vol. 36. P: 739-764.
- Cailliet G.M, Smith WD, Mollet H.F. Goldman K.J., 2006.** Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environ Biol Fish*. Vol. 77. P: 211-228.
- Callard G.V., 1991.** Spermatogenesis. In: *Vertebrate Endocrinology: Fundamentals and Biomedical Implications*. Vol. 4A. P: 303-341.
- Camarenã Luhrs T., 1986.** Les principales espèces de poissons pélagiques côtiers au Sénégal : biologie et évaluation des ressources. *Thèse Doctorat, Univ. Bretagne Occ.* 187 p.
- Campana S.E., 2001.** Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology* . Vol. 59. P:197-242.
- Campo D., Machado-Schiaffino G., Perez J., Garcia-Vazquez E., 2007.** Phylogeny of the genus *Merluccius* based on mitochondrial and nuclear genes. *Marine Genomics*. Vol. 406 (1-2). P: 171-179.
- Canli, M., & Atli, G., 2002.** The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental pollution*. V 121: P:129-136. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00194-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00194-X).
- Caporiccio B., Connes R., 1977.** Etude ultrastructurale des enveloppes périoicytaires et périovulaires de *Dicentrarchus labrax L.* *Annales de Sciences Naturelles et de Zoologie*. Vol. 19. P: 351-368.
- Carrasson M., Bau M. 2003.** Reproduction and gonad histology of *Aidablennius sphinx* (Pisces: Blenniidae) of the Catalan Sea (northwestern Mediterranean). *Scientia Marina*. Vol. 67. Vol. 61-469.
- Casarino B., Motos L., 1996.** Identification and distribution of hake *Merluccius merluccius*(L.) eggs and larvae in Bay of Biscay waters. *Annex to the first SEFOS. Annual Report*.
- Casarino B., Motos L., 1996.** Identification and distribution of hake *Merluccius merluccius*(L.) eggs and larvae in Bay of Biscay waters. *Annex to the first SEFOS. Annual Report*.
- Casey J., Pereiro J.A., 1995.** European hake (*M. merluccius*) in the North-east Atlantic. In: Alheit J., Pitcher T. (eds) Hake: Biology, Fisheries and Markets. *Chapman & Hall, London*. P:125-147.
- Casselmann J.M., 1987.** Determination of age and growth. In: Weatherley, A.H., Gill, H.S. (Eds.), *The Biology of Fish Growth*. Academic Press, Orlando, USA. P: 209-242.

- Castillo Ana G.F., Garcia-Vazquez E., 2004.** Fine spatial structure of Atlantic hake (*Merluccius merluccius*) stocks revealed by variation at microsatellite loci. *ICES CM 2004/EE:14*.
- Castillo F.G., Martinez J.L., Garcia-Vazquez E., 2003.** Identification of Atlantic Hake Species by a Simple PCR-Based Methodology Employing Microsatellite Loci. *Journal of Food Protection*. Vol. 66 (11). P : 2130-2134.
- CGPM., 2013.** Report of the working group on stock assessment of demersal species split, croatia 5-9 november 2012. *General Fisheries Commission For The Mediterranean*.
- Chali-chabane F., 1988.** Contribution à l'étude biologique et dynamique de la population de *Boops Boops* (Linné, 1758) de la baie de Bou-ismail. *Thèse. Magistère. ISMAL*. 111p.
- Chang C.Y., Yu,H.Y., Chen J.J., Li F.B., Zhang H.H., Liu C.P., 2014.** Accumulation of heavy metals in leaf vegetables from agricultural soils and associated potential health risks in the Pearl River Delta, South China. *Environ. Monit. Assess.* Vol. 186 (3). P :1547-1560. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3472-0>.
- Chang, C.Y., Yu, H.Y., Chen, J.J., Li, F.B., Zhang, H.H., Liu, C.P., 2014.** Accumulation of heavy metals in leaf vegetables from agricultural soils and associated potential health risks in the Pearl River Delta, South China. *Environ. Monit. Assess.* Vol. 186 (3). P: 1547-1560. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3472-0>.
- Chang, Q., Zhang M., Wang, J.X., 2009.** Removal of Cu<sup>2+</sup> and turbidity from wastewater by mercaptoacetyl chitosan. *J. Hazard. Mater.* V 169 (1-3). P: 621-625. DOI:10.1016/j.jhazmat.2009.03.144.
- Chapman D.G. & Robson D. S., 1960.** The analysis of a catch curve. *Biometrics*. 16:354-368.
- Chasek, P.S., Downie, D.L., Brown, J.W., 2016.** Global environmental politics. 7th ed. Taylor & Francis Group, Oxford, UK.
- Chen, Y., Hunter, M., Vadas, R. & Beal, B., 2003** - Developing a growth-transition matrix for the stock assessment of the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) off Maine. *Fishery Bulletin*. Vol. 101. P: 737-744.
- Cheng S., 2003.** Heavy metal pollution in China: origin, pattern and control. *Environ. Sci. Pollut. Res.* Vol. 10 (3). P:192-198. <https://doi.org/10.1065/espr2002.11.141.1>.
- Cherabi O., 1987.** Contribution à l'étude de la biologie de pageot commun et à la famille de Sparidae de la baie d'Alger. *Thèse magistère en halieutique. U.S.T.H.B.* 203p.
- Chevalier C., De conto C., Goubier V., Hardy I., Exbrayat J.M., 2005.** Etude du développement folliculaire ovarien chez *Zingel asper* (Percidae). *Cybium*. Vol. 29. (4). P: 327-338.
- Cimmaruta R., Bondanelli P., Nascetti G., 2005.** Genetic structure and environmental heterogeneity in the European hake (*Merluccius merluccius*). *Molecular Ecology*. Vol. 14 (8). P: 2577-2591.
- Cinier, C., Petit-Ramel, M., Faure, R., Garin, D. & Bouvet, Y., 1999** - Kinetics of cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology*. Part C, Pharmacology, Toxicology & Endocrinology. V 122 (3). P: 345-352. doi: [10.1016/s0742-8413\(98\)10132-9](https://doi.org/10.1016/s0742-8413(98)10132-9).
- Cinquetti R., 1997.** Histochemical, enzyme histochemical and ultrastructural investigation on the sperm-duct glands of *Padogobius martensi* (Pisces, Gobiidae). *J. Fish Biol.* Vol. 50 (5). P: 978-991.
- Clark R.S., 1920.** The pelagic young and early bottom stages of teleosteans. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*. Vol. 12. P: 152-240.
- Cohen D.M., 1984.** Gadiformes: Development and Relationships. In : Moser H.G. *et al.*, (eds): Ontogeny and systematics of fishes. *Special publications: American Society of Ichthyologists and Herpetologists*. P: 259-265.
- Cohen D.M., Inada T., Iwamoto T., Scialabba N., 1990.** FAO Species catalogue. Volume 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other Gadiform fishes known to date. (*FAO Fisheries Synopsis 10(125)*). Rome: FAO. 442p.
- Colloca F., Cardinale M., Maynou F., Giannoulaki M., Scarcella G., Jenko K., Bellido J.M., Fiorentino F., 2013.** Rebuilding Mediterranean fisheries: a new paradigm for ecological sustainability. *Fish and Fisheries*. Vol. 14. P: 89-109.
- Colloca F., Gentiloni P., Belluscio A., Carpentieri P., Ardizzone G. D., 2003.** Analysis and validation of annual increments in otoliths of European hake (*Merluccius merluccius*) in the central Mediterranean Sea, *Archive of Fishery and Marine Research*. Vol. 50. P: 175-192.
- Conand C., 1977.** Contribution à l'étude du cycle sexuel et de la fécondité de la sardinelle ronde, *Sardinella aurita* : pêche sardinière dakaroise en 1975 et premier semestre 1976. *Cah. O.R.S.T.O.M. sér. Océanogr XV*. Vol. 4. P: 301-312.
- Coombs S.H., Mitchell C.E., 1982.** The development rate of eggs and larvae of the hake, *Merluccius merluccius* (L.), and their distribution to the west of British Isles. *J. Cons. Int. Expl. Mer.* Vol. 40. P: 119-126.
- Costa A.M., 2009.** Macroscopic vs. microscopic identification of the maturity stages of female horse mackerel. *ICES Journal of Marine Science* . Vol. 66. P: 509-516.

- Costa A.M., 2013.** Somatic condition, growth and reproduction of Hake, *Merluccius merluccius* L., on the Portuguese Coast. *Marine Science*. Vol. 3. P : 12-30.
- Courbin N., Fablet R., Mellon C. de Pontual H., 2007.** Are hake otolith macrostructures randomly deposited? Insights from an unsupervised statistical and quantitative approach applied to Mediterranean hake otoliths. *ICES Journal of Marine Science*. Vol. 64. P: 1191-1201.
- Crise A., Allen J.I., Baretta J., Crispi G., Mosetti R., Solidoro C., 1999.** The Mediterranean pelagic ecosystem response to physical forcing. *Progress in Oceanography*. Vol. 44. P: 219-243.
- Crupkin M., Montecchia C.L., Trucco R.E., 1988.** Seasonal variations in gonadosomatic index, liver-somatic index and actin-myosin ratio in actomyosin of mature hake (*Merluccius hubbsi*). *Comparative Biochemistry and Physiology*. Vol. 89(A). P: 7-10.
- CSHPF, 1990.** Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (1902-2004) : Avis et rapports.
- D -**
- Da cruz-landim C., Abdalla F.C., cruz-höfling M.A., 2005.** Morphological changes of Sertoli cells during the male reproductive cycle of the teleost *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Braz. J. Biol.* Vol. 65 (2). P: 241-249.
- Daget J., LE Guen J.C., 1975b.** Dynamique des populations exploitées de poissons. (eds): Problèmes d'écologie. La démographie des populations de vert ébrés". *Masson éd.* P: 395-443.
- Daget J., Le Guen J.C., 1975a.** Les critères d'âge chez les poissons. Problème d'écologie: la démographie des populations de vert ébrés. *Masson et Cie. Paris.* P : 253-289.
- Dagnélie P., 1975.** *Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Tome II.*
- Dagnélie P., 1998.** Statistique théorique et appliquée. Tome 1 : statistique descriptive et bases de l'inférence statistique. *Bruxelles : De Boeck et Larcier.* 508 p.
- Dagnélie P., 2011.** Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions. *Bruxelles, De Boeck.* 736 p.
- Dallinger, R., Berger, B., Hunziger, P., Kgi, JHR., 1997.** Metallothionein in snail Cd and Cu metabolism. *Nature*. Vol. 388. P. 237-238. doi: 10.1038/40785.
- Davies P.R., Hanyu I., 1986a.** Effect of temperature and photoperiod on sexual maturation and spawning of the common carp. I: under conditions of high temperature. *Aquaculture*. Vol. 51. P: 277-288.
- Davies P.R., Hanyu I., Furukawa K., Nomur, M., 1986b.** Effect of temperature and photoperiod on sexual maturation and spawning of the common carp. II: under conditions of low temperature. *Aquaculture*. Vol. 52. P : 51-58.
- De Boeck, G., Meeus, W., De Coen, W., Blust R., 2004.** Tissue-specific Cu bioaccumulation patterns and differences in sensitivity to waterborne Cu in three freshwater fish: rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), common carp (*Cyprinus carpio*), and gibel carp (*Carassius auratus gibelio*). *Aquatic Toxicology*. V 70 (3). P: 179-188. doi: 10.1016/j.aquatox.2004.07.001.
- De Moussac G., 1986.** Mise en évidence de l'hermaphroditisme protogyne d'*Epinephelus chlorostigma* (Valenciennes, 1828) aux Seychelles (Pisces, Serranidae). *Cybiuim*. Vol. 10. P: 249-262.
- de Pontual H., Bertignac M., Battaglia A., Bavouzet G., Moguedet P., Groison A., 2003 .** A pilot tagging experiment European hake (*Merluccius merluccius*): methodology and preliminary results. *ICES J. Mar. Sci.* Vol. 60. P: 1318-1327.
- de Pontual H., Groison A.L., Pineiro C., Bertignac M., 2006.** Evidence of underestimation of European hake growth in the Bay of Biscay, and its relationship with bias in the agreed method of age estimation. *ICES Journal of Marine Science*. Vol. 63. P:1674-1681.
- de Pontual H., Jolivet A., Fablet R., Bertignac M., 2007.** Diel rhythm in diving behavior of European hake and associated thermal changes revealed by archival tagging. 2<sup>nd</sup>.
- De Vlaming V.L., Grossman G., Chapman F., 1982.** On the use of the gonosomatic index. *Comparative Biochemistry and Physiology*. Vol. 73(A). P 31-39.
- Decamps P., Labastie J., 1978.** Note sur la lecture et l'interprétation des otolithes du *démersales - sous groupe Nord. Banjul, Gambie.*
- Deniel C., Le Blanc C., Rodriguez A., 1989.** Comparative study of sexual cycle, oogenesis and spawning of two Soleidae, *Solea lascaris* (Risso, 1810) and *Solea impar* (Bennet, 1831), on the western coast of Brittany. *J. Fish.* Vol. 35. P: 49-58.
- Derbal F. & Kara M.H. 2013.** Age, croissance et reproduction du sar tambour *Diplodus cervinus cervinus* (Sparidae) des côtes de l'Est algérien. *Cybiuim*, 37(4): 247 - 254.
- Dieheb K., Ghorbel M., Jarboui O., Bouaïn A., 2006.** Interactions between reproduction and fisheries in Bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae), from Gulf of Gabes (Tunisia). *Cybiuim*. Vol. 30 (4). P: 355-364.
- Diop M., Howsam M., Diop C., Cazier F., Goossens J.F., Diouf A., Amara R., 2016a.** Spatial and seasonal variations of trace elements concentrations in liver and muscle of round Sardinelle (*Sardinella aurita*) and

- Senegalese sole (*Solea senegalensis*) along the Senegalese coast. *Chemosphere*. V 144. P: 758-766. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.08.085>.
- Diop S., Barousseau J.P., Descamps C., 2014a.** The land/ocean interactions in the coastal zone of West and Central Africa. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06388-1>.
- Djabali F., Boudraa S., Bouhdid A., Bousbia H., Bouchelaghem E. H., Brahmi B., Dob M., Deriche O., Djekrir F., Kadri L., Mammasse M., Stambouli A., Tehami B., 1991.** Travaux réalisés sur les stocks pélagiques et démersaux de la région de Béni-saf. *FAO Fisheries Report*, 447, 160-165.
- Djabali F., Mehailia A., Koudil M., Brahmi B., 1993.** Empirical equations for the estimation of natural mortality in Mediterranean teleosts. *Naga ICLARM Q.* 16(1):35-39
- Djouahra C., Harchouche K., 2013.** Reproduction de *Diplodus vulgaris* (Poisson Sparidés) des côtes Algériennes. *USTHB/FBS/4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems" CIPCA4 TAGHIT (Bechar)- ALGERIA*. P: 19-21.
- Do Chi, T., 1977.** Détermination statistique de l'âge : quelques méthodes de décomposition d'un échantillon en composantes gaussiennes, *Océanis*. Vol. 3 (10). P: 503-530.
- Dodd J.M., 1986.** The ovary. In: *Vertebrate Endocrinology: The fundamentals and Biochemical Implications*, Academic Press, San Diego. Vol. 1. P: 351-397.
- Dominguez-Petit R., 2007.** Study of reproductive potential of *Merluccius merluccius* on the Galician Shelf. *PhD thesis. University of Vigo, Spain*.
- Dominguez-Petit R., Alonso-Fernandez A., Saborido-Rey F., 2008a.** Reproductive strategy and oocyte recruitment process of European hake (*Merluccius merluccius*) in Galician shelf waters. *Cybium*. Vol. 32(2). P: 317-318.
- Dominguez-Petit R., Korta M., Saborido-Rey F., Murua H., Sainza M., Pineiro C., 2008b.** Changes in size at maturity of European hake Atlantic populations in relation with stock structure and environmental regimes. *Jour. Mar. Syst.* Vol. 71(3-4). P: 260-278.
- Dominguez-Petit R., Saborido-Rey F., Medina I. 2010.** Changes of proximate composition, energy storage and condition of European hake (*Merluccius merluccius*, L. 1758) through the spawning season. *Fisheries Resources*. Vol. 104. P: 73-82.
- Dominguez-Petit, R., Alonso-Fernandez, A., Saborido-Rey, F., 2008.** Reproductive strategy and oocyte recruitment process of European hake (*Merluccius merluccius*) in Galician shelf waters. *Cybium: International Journal of Ichthyology*. <https://www.researchgate.net/publication/39554703>.
- Drouineau H., 2008.** Développement et ajustement d'un modèle de dynamique des populations structuré en longueur et spatialisé appliqué au stock Nord de merlu (*Merluccius merluccius*). Thèse de Doctorat. Ecole Nat Sup d'Agronomie de Rennes. Spécialité: Halieutique. N° Ordre : 2008-4. N° Série: H-73. 192 p.
- Du Buit M.H., 1996.** Diet of hake (*Merluccius merluccius*) in the Celtic Sea. *Fish. Res.* Vol. 28. P: 381-39.
- Dupont E., 1970.** Bionomie benthique et écologie ichtyologique sur les fonds chaulutables de la Sardaigne méridionale. *Thèse de doctorat, Université Catholique Louvain, Belgique*.
- Dziewulska K., Domagala J., 2003.** Histology of salmonid testes during maturation. *Soc.Biol.Report*. Vol. 3. P:47-61.
- El Bakali M., Talbaoui M., Bendriss A., 2010.** Période de reproduction, sex-ratio et maturité sexuelle du Rouget de roche (*Mullus surmuletus* L., 1758) (Téléostéens, Mullidae) de la côte nord-ouest méditerranéenne du Maroc (2007-2009). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*. Vol. 32 (2). P: 81-86.
- El Habouz H., Recasens L., Kifani S., Moukrim A., Bouhaimi A., El Ayoubi S., 2011.** Maturity and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius*, Linnaeus, 1758) in the eastern central Atlantic. *Scientia Marina*. Vol. 75. P: 447-454.
- El Zrelli, R., Courjault-Radé, P., Rabaoui, L., Castet, S., Michel, S., Bejaoui, N., 2015.** Heavy metal contamination and ecological risk assessment in the surface sediments of the coastal area surrounding the industrial complex of Gabes city, Gulf of Gabes, SE Tunisia. *Mar. Pollu. Bul.* V 101(2). P :922-929. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.10.047>
- El-Halfawy M.M., Ramadan A.M., Mahmoud W.F. 2007.** *Egyptian journal of aquatic research*. Vol. 33. P: 434-454.
- Encina L., Granado-Lorencio C., 1997.** Seasonal changes in condition, nutrition, gonad maturation and energy content in barbel, *Barbus sclateri*, inhabiting a fluctuating river. *Environmental Biology of Fish*. Vol. 50(1). P: 75-84.
- Escot, C. & Granado-Lorencio, C., 1997** Allocation of resources in an European cyprinid during maturation period as measured by nucleic acids. *Environ. Biol. Fish.* Vol. 49(3). P: 351-359.
- F -
- Fahay M.P., 1989.** The ontogeny of *Steindachneria argentea* Goode & Bean, with comments on its relationships. In: *Cohen D.M. (eds): Papers on the systematics of Gadiformes. Natural History Museum. Science Series, Los Angeles County*. Vol. 32. P: 143-158.

- Fahay M.P., Markle D.F., 1984.** Gadiformes: development and relationships. In H.G. Moser, ed. Ontogeny and systematics of fishes. *American Society of Ichthyology and Herpetology Special Publication*. Vol. 1. P: 265-283.
- FAO., 2007.** *Rapport N°856 sur les pêches : dixième session du comité scientifique consultatif Nicosie, Chypre.*
- FAO., 2014.** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. *Possibilités et défis*. 275p.
- FAO., 2016.** Fisheries & Aquaculture - Programme d'Information sur les espèces aquatiques cultivées - *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793).
- Fariña A.C., Fernández A., 1986.** Datos biológicos de la merluza del oeste de Irlanda. *Informes Técnicos Instituto Español Oceanografía*. Vol. 47. P: 1-13.
- Farkas, A., Salánki, J., Varanka, I., 2008.** Heavy metal concentrations in fish of Lake Balaton. Lakes Reservoirs: Res. Manage. Vol. 5 (4). P : 271-279. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1770.2000.00127.x>.
- Fedotov V.F. Bannikov A.F. 1989.** On phylogenetic relationships of fossil Gadidae. *Science.Series: Natural History Museum of Los Angeles County*. Vol. 32. P: 187-195.
- Ferraton F., Harmelin-Vivien M., Mellon-Duval C., Souplet A., 2007.** Spatio-temporal variation in diet may affect condition and abundance of juvenile European hake in the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 337. P : 197-208.
- Fiorentino F., Garofalo G., De Santi A., Bono G., Giusto G.B., Norrito G., 2003.** Spatio-temporal distribution of recruits (0 group) of *Merluccius merluccius* and *Phycis blennoides* (Pisces, Gadiformes) in the Strait of Sicily (Central Meditterean). *Hydrobiologia*. Vol. 503. P: 223-236
- Fischer A., Schneider M., & Bouchot., 1987.** Identification des espèces pour les besoin de la pêche Méditerranéenne et de la Mer noire : Végétaux et Invertébrés. *Fiches FAO. Rome*. Vol 7. P: 371-714.
- Fishelson L., 2003.** Comparison of testes structure, spermatogenesis, and spermatocytogenesis in young, aging, and hybrid cichlid fish (Cichlidae, teleostei). *J. Morphol.* Vol. 256. P: 285-300.
- Fishelson L., Delarea Y., Gon O., 2006.** Testis structure, spermatogenesis, spermatocytogenesis, and sperm structure in cardinal fish (Apogonidae, Perciforme). *Anat Embryol.* Vol. 211. P: 31-46.
- Fives J.M., Acevedo S., Lloves M., Whitaker A., Robinson M., King P.A., 2001.** The distribution and abundance of larval mackerel, *Scomber scombrus* L., horse mackerel, *Trachurus trachurus* (L.), hake, *Merluccius merluccius* (L.), and blue whiting, *Micromesistius poutassou* (Risso, 1826) in the Celtic Sea and west of Ireland during the years 1986, 1989 and 1992. *Fisheries Research*. Vol. 50. P: 17-26.
- Flamigni C., 1984.** Preliminary utilization of trawl survey data for hake (*Merluccius merluccius* L.) population dynamics in the Adriatic sea. *FAO Fish. Rep.* Vol. 290. P: 109-115.
- Fontana A., 1969.** Etude de la maturité sexuelle des sardinelles *Sardinella eba* (Val.) et de *Sardinelle aurita* C. et V. de la région de Pointe-Noire, *Cah. ORSTOM, Ser. Oceanogr.* Vol. 7 (2). P:101-114.
- Fontana A., Le Guen J.C., 1969.** Etude de la maturité sexuelle et de la fécondité de *Pseudolithus (Fonticulus) elongatus*. *Cath. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.* Vol. 7(3). P: 9-19.
- Fontana A., Pianet R., 1973.** Biologie des sardinelles *Sardinella eba* (Val.) et *aurita* (Val.) des côtes du Congo et du Gabon. *Doc. Sci. Cent. ORSTOM Pointe-Noire, (Nouv. Sér.)*. Vol. 31.40p.
- Frihi H., 1998.** Etude de la structure et du fonctionnement du système phytoplanctonique dans un système marin côtier : eutrophisation de la baie d'Annaba. *Thèse de magister. Université Badji Mokhtar*. 99p.
- G -
- Gaamour A., 1999.** La sardinelle ronde (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) dans les eaux tunisiennes : Reproduction, croissance et pêche dans la région du Cap Bon. *Thèse de Doctorat de l'université de Bretagne occidentale*.
- Gabe M., 1968.** Techniques histologiques. *Masson & Cie Ed. Paris*. 1113p.
- Galloway B.J., Munkittrick K.R. 2006.** Influence of seasonal changes in relative liver size, condition, relative gonad size and variability in ovarian development in multiple spawning fish species used in environmental monitoring programmes. *Journal of Fish Biology*. Vol. 69. P: 1788-1806.
- Ganias K., 2009.** Linking sardine spawning dynamics to environmental variability. *Estuar. Coast Shelf Sci.* Vol. 84. P: 402-408.
- Garcia S., Albaret J.J., 1977.** Utilisation de la relation sex-ratio-taille pour la décomposition par sexe des structures démographiques. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.* Vol. 15 (2). P: 83-87.
- Garcia-Rodriguez M., Esteban A., 1998.** Biometric relationships and growth of hake (*Merluccius merluccius* L.) from the Alicante Gulf. *Jour. Conseil. Internat. Explor.Mer.* Vol. 35. P: 434-435. <https://www.researchgate.net/publication/328461700>.
- Garcia-Rodriguez M., Esteban A., 2002.** How fast does hake grow? A study on the Mediterranean hake (*Merluccius merluccius* L.) comparing whole otoliths readings and length frequency distributions data. *Scientia Marina*. Vol. 66. P: 145-156.
- García-Rodríguez M., Esteban A., 2002.** How fast does hake grow? A study on the Mediterranean hake (*Merluccius merluccius* L.) comparing whole otoliths readings and length frequency distributions data. *Scientia Marina*. Vol. 66. P: 145-156.

- Garofalo G., Bel Hassen M., Jarboui O., Zgozi S., Gristina M., Fiorentino F., Ragonese S. and Camilleri M. 2008.** Preliminary results on spatial distribution of abundance indices, nursery and spawning areas of *Merluccius merluccius* and *Mullus barbatus* in the central Mediterranean. *GCP/RE/010/ITA/MSM-TD*. Vol. 19. 24p.
- Gascuel D., Guénette S., Diallo I., Sidibé A., 2009.** Impact de la pêche sur l'écosystème marin de Guinée - modélisation EwE 1985/2005 (Fishing impact on the marine Guinean ecosystem : a 1985/2005 model using EwE). *Fisheries Centre Research Reports*. Vol. 17(4): 60 p.
- Gaynilo F.C., Sparre P., Pauly D., 2005.** FAO-ICLARM Outils d'évaluation des stocks II (FiSAT II). Version révisée. Guide d'utilisation. *FAO Série informatique. Pêche. N°8, Version révisée. Rome, FAO*. 190 p. <http://www.fao.org/fi/statist/fisoft/fisat/downloads>.
- Genç, T.O., Yilmaz, F., 2017.** Metal accumulations in water, sediment, crab (*Callinectes sapidus*) and two fish species (*Mugil cephalus* and *Anguilla anguilla*) from the Köyceğiz lagoon system-Turkey: an index analysis approach. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* V 99 (2). P: 173-181. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2121-7>.
- Ghaidalia W., Bourgeois F., 1961.** Influence de la température et de l'éclairement sur distribution des crevettes de moyennes et de grandes profondeurs. *Gen. Fish. med.* Vol. 1 (16). P: 53-58.
- Gharsallah, Z., 2005.** Evaluation de la pollution du littoral d'Annaba: qualité microbiologique de l'eau et teneur en métaux lourds du sédiment superficiel. Magister Thesis. University of Annaba, Algeria.
- Gibbons J.D., 1985.** Nonparametric statistical inference. *2nd edition. New York: Marcel Dekker*.
- Gilchrist J.D.F., 1922.** Deep-sea fishes produced by the S.S. "Pickle" (Part I). *Report of the Fisheries and Marine Biological Survey, Union of South Africa*. P: 41-79.
- GIPPM., 1973.** Groupe Interministériel sur les Problèmes de Pollution de la Mer), In Henry AUGIER, « Le livre noir de l'environnement », Editions ALPHEE-J- P BERTRAND, 2008 P.104.
- Giraldez A., Abad R., 1995.** Aspects on the reproductive biology of the western Mediterranean anchovy from the coasts of Malaga. *Scientia Marina*. Vol. 59 (1). P:15-23.
- Glavic K., Dobroslavic T., Bartulovic V., Matic-Skoko S., Glamuzina B., 2014.** The Reproductive Biology of Forkbeard, *Phycis phycis* (Linnaeus, 1766) (Phycidae) in the Adriatic Sea (Croatia). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 14. P: 165-171.
- Gochfeld, 2003.** Cases of mercury exposure, bioavailability, and absorption. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. V 56 (1). P: 174-179. doi: 10.1016/S0147-6513(03)00060-5.
- Godinho M.L., Afonso M.H., Morgado C., 2001.** Age and growth of hake *Merluccius merluccius* Linnaeus, 1758 from the Northeast Atlantic (ICES Division IXa). *Boletín Instituto Español de Oceanografía*. Vol. 17: P: 255-262.
- Goldberg E.D., 1975.** The mussel watch – a first step in global marine monitoring. – *Mar. Pollut. Bull.* Vol. 6. 111p.
- Gonçalves J.M.S., Erzini K., 1998.** Feeding habits of the two-banded sea bream *Diplodus vulgaris*) and the black sea bream (*Spondyliosoma cantharus*) (Sparidae) from the south- west coast of Portugal. *Cybium*. Vol. 22(3). P: 245-254.
- Goñi R., 1983.** Growth studies of European hake (*Merluccius merluccius* L.) from the northwest African shelf. *ICES CM 1983/G*. Vol. 10. 16p.
- Goñi R., Adlerstein S., Alvarez F., Garcia M., Sánchez P., Sbrana M., Maynou F., Viva C., 2004.** Recruitment indices of European hake, *Merluccius merluccius* (Linnaeus 1758), in the Northwest Mediterranean based on landings from bottom-trawl multispecies fisheries. *ICES J. Mar. Sci.* Vol. 61. P: 760-773.
- Goñi R., Pineiro C., 1988.** Study of the growth pattern of European hake (*Merluccius merluccius* L.) from the southern stock: *ICES Divisions VIIIc and IXa*. Conference and Meeting Documents CM/G, 18 : 14 pp.
- Gonzales-Tizon A., Martinez-Lage A., Ausio J., Mendez J., 2000.** Polyploidy in a natural population of mussel, *Mytilus trossulus*. *Genome*. Vol. 43. P: 409-411.
- Gonzalez de Canales M.L., Blanco M., Sarasquete M.C., 1992.** Carbohydrate and protein histochemistry during oogenesis in *Halobatrachus didactylus* (schneider, 1801) from the bay of Cadiz (Spain). *Histochemical J.* Vol. 24 (6). P: 337-344.
- Goode G.B., Bean T.H., 1896.** Oceanic Ichthyology, a treatise on the deep-sea and pelagic fishes of the world, based chiefly upon the collections made by steamers "Blake", "Albatross" and Fish "Hawk" in the northwestern Atlantic. *Special Bulletin U.S. of Natinal musuem of museum of comparative zoology*. Vol. 1(XXXV). 553p.
- Goubier V., Martin M., Kokkidis M.J., Exbrayat J.M., 1997.** Observations on ovary maturation of reared black-bass (*Micropterus salmoides* L.). An histological description of the annual reproductive cycle. *Pol. Arch. Hydrobiol.* Vol. 44. P: 159-169.
- Grant W.S., Leslie R.W., 2001.** Inter-ocean dispersal is an important mechanism in the zoogeography of hakes (Pisces: *Merluccius* spp.). *Journal of Biogeography*. Vol. 28. P : 699-721.

- Grau A., Crespo S., Rieria F., Pou S., Sarasquete M.C., 1996.** Oogenesis in the amberjack *Seriola dumerili* Risso, 1810. A histological, histochemical and ultrastructural study of oocyte development. *Sci. Mar.* Vol. 60. P: 391-406.
- Grier H.J., 1981.** Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes. *American Zoologist.* Vol. 21. P: 345-357.
- Grier H.J., 1992.** Chordate testis: the extracellular matrix hypothesis. *J. Exp. Zool.* Vol. 261. P: 151-160.
- Grier H.J., 1993.** Comparative organization of Sertoli cells including the Sertoli cell barrier. In: *The Sertoli Cell* (ed. By Russell, L. D. & Griswold, M. D.). Cache River Press, Clearwater, Florida. P: 704-730.
- Grier H.J., 2000.** Ovarian germinal epithelium and folliculogenesis in the common snook, *Centrapomus undecimalis* (Teleostei: Centrapomidae). *J. Morphol.* Vol. 243. P: 265-281.
- Grier H.J., Linton J.R., Leathelard J.F., De Vlaming V.L., 1980.** Structural evidence of two testicular types in teleost fishes. *Am. J. Anat.* Vol. 59. P: 331-345.
- Grier H.J., Lo Nostro F., 2000.** The Teleost germinal epithelium: a unifying concept. Proc. 6<sup>TH</sup> International Symposium Reprod. Physiol. Fish. Bergen, Norway. Norsberg *et al.* eds.
- Grier H.J., Taylor R.G., 1998.** Testicular maturation and regression in the common snook. *J. Fish Biol.* Vol. 53. P: 521-542.
- Groman D.B., 1982.** Histology of the striped bass. *Amer. Fisher. Soc., Monograph 3.* growth in fish and amphibians. *J. Electron microsc. Tech., growth. Human Biology.* Vol. 10. P: 181-213.
- Guichet R., 198.** Etude de la croissance du merlu européen (*Merluccius merluccius* L.) au cours de ses premières années. *ICES CM 1988/G: 53.*
- Guichet R., 1995.** The diet of European hake (*Merluccius merluccius*) in the northern part of the Bay of Biscay. *ICES J. Mar. Sci.* Vol. 52. P: 21-31.
- Guichet R., 1996.** Le merlu européen (*Meluccius merluccius* L.). *RIDRV.* 55p.
- Guichet R., Quero J.C., Labastie J., 1973.** Estimation de la composition du stock du merlu au nord et à l'ouest de l'Irlande. *ICES Document, CM 1973/G:5.*
- Guijarro B., Rubio V., Valls M., González N., Ordines F., Massutí E., 2013.** European hake, *Merluccius merluccius*. *Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée.* 81p.
- Guillard J., Albaret J.J., Simier M., Sow I., Raffray J. & Tito de Morais L., 2004.** Spatiotemporal Variability of fish assemblages in the Gambia Estuary (West Africa) observed by two vertical hydroacoustic methods: moored and mobile sampling. *Aqu. Liv. Res.* Vol. 17. P: 47-55.
- Guimarães-cruz R.J., Dos santos J.E., 2004.** Testicular structure of three species of neotropical freshwater pimelodids (Pisces, Pimelodidae). *Rev. Bras. Zool.* Vol. 21(2). P: 267-271.
- Guimarães-cruz R.J., Santos J.E., Santos G.B., 2005.** Gonadal structure and gametogenesis of *Loricaria lentiginosa* Isrübcker (Pisces, Teleostei, Siluriforme). *Rev. Bras. Zool.*, Vol. 22 (3). P: 556-564.
- Gulland J. A., 1969.** Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie. Analyse des populations. *FAO Man. Sci. Halieut.* Vol. 4. 160p.
- Gulland J.A., 1971:** - The fish resources of the ocean. West Byfleet, Surrey, Fishing News (Books), Ltd., for FAO, 255 p. *Rev. ed. of FAO Fish. Tech. Pap.*, Vol. 97. 425p.
- Gunderson D.R., Dygert P.H., 1988.** Reproductive effort as a predictor of natural mortality rate. *International Council for the Exploration of the Sea.* Vol. 44. P: 200-209.
- Günther A.? 1887.** Report on the Deep-sea Fishes collected by H. M. S. Challenger during the years 1873-76. *Challenger Reports Zoology.* Vol. 22. 268p.
- Gupta S., 1975.** The development of carp gonads in warm water aquaria. *J. Fish Biol.* Vol. 7. P: 775-782.
- Guraya S.S., 1979.** Recent advances in the morphology, cytochemistry, and function of balbiani's vitelline body in animal oocytes. *Int. Rev. Cytol.* Vol. 59. P: 249-321.
- Gusmão P., Foresti F., Quagio-Grassiotto I., 1999.** Ultrastructure of EPHE Banque de Monographies SVT 49 spermiogenesis in *Plagioscion squamosissimus* (Teleostei, Perciforme, Sciaenidae). *Tissue Cell.* Vol. 31(6). P: 627-633.
- Gutiérrez M., Sarasquete M.C., Rodriguez R.B., 1985.** Caracteres citohistoquímicos de carbohidratos y proteínas durante la ovogénesis del lenguado, *Solea senegalensis* Kaup, 1858. *Inv. Pesq.* Vol. 49. P: 353-363.
- H-**
- Hamza-Chaffai A., Romeo M., El Abed A., 1996.** Heavy metals in different fishes from the middle eastern coast of Tunisia. *B. Environ. Contam. Tox.* Vol. 56 (5). P: 766-773. <https://doi.org/10.1007/s001289900112>.
- Harchouche K., 2006.** Contribution à la systématique du genre *Spicara* ; Ecologie, Biologie et exploitation de *Spicara maema* (poisson Téléostéen) des côtes Algériennes, *Thèse de Doctorat d'état. USTHB, Alger.* 230p.
- Hardy I., Martin M., Exbrayat J.M., Goubier V., 2002.** Application des microscopies photonique et électronique à balayage à la mise en évidence du cycle sexuel mâle du black-bass (*Micropterus Salmoides* L.) au cours d'un cycle. *Rev. Fr. Histotechnol.* Vol. 15 (1). P: 73- 80.

- Hebbar C., 2013.** Contribution à l'étude de la biologie et de l'exploitation du rouget barbet de vase (*Mullus barbatus* Linné., 1758) pêché dans le littoral oranais. *Thèse de doctorat. Université des Sciences et de la Technologie "Houari Boumediene". Alger.* p 135.
- Heidinger R.C., Crawford S.D., 1977.** Effect of Temperature and Feeding Rate on the Liver- Somatic Index of the Largemouth Bass, *Micropterus salmoides*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. Vol. 34 (5). P: 633-638.
- Heldt H. 1952.** Note préliminaire sur le merlu des mers tunisiennes. *Journal du Conseil permanent International pour l'Exploration de la Mer*. Vol. 18 (2). P: 234-235.
- Hemida F., 2005.** Les Sélaciens de la côte algérienne : biosystématique des requins et des raies; écologies, reproduction et exploitation de quelques populations capturées. *Thèse de Doctorat d'Etat. USTHB.* 272p.
- Hesse R., 1937.** Ecological ntal. *FAO, COPACE/PACE Series 86/33: 266-76.*
- Hibbard H., Parat M., 1928.** Nature et évolution des constituants cytoplasmiques de l'ovocyte de deux téléostéens. *Bull. Histol. Appl.* Vol. 5. P: 313-330.
- Hickling C.F., 1927.** The natural history of the hake. *Part I and II. Fish. Invest. Ser.II.* Vol. 10. 112p.
- Hickling C.F., 1930.** The natural history of the hake. Part III. Seasonal changes in the condition of the hake. *Fishery Investigations of Ministry of Agriculture and Fisheries. Series II, XII (1).*
- Hickling C.F., 1933 :** - The natural history of hake. 4. Age determination and growth rate. U.K. Ministre of Agriculture, Fisheries and Food. *Fisheries Investigations Series 2.* Vol. 13 (2). 120p.
- Hickling C.F., Rutenberg K.M., 1936.** The ovary as an indicator of spawning period in fishes. *J. Mar. Biol.* Vol. 2. P: 197-532.
- Hilborn R., Walters C.J., 1992.** Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. *Chapman and Hall, New York.* 570 pp.
- Ho J.S., 1990.** Phylogeny and biogeography of hakes (*Merluccius*; Teleostei): A cladistic analysis. *U.S. Fishery Bulletin.* Vol. 88. P: 95-104.
- Holden M.J., Raitt D.F.S., 1974.** Manuel des sciences halieutiques. Deuxième partie. Méthodes et recherches sur les ressources et leur application. *Doc. Tech. FAO. Pêches Rev.* Vol. 115 (1). 223p
- Holt S.J., 1965.** A note on the relationship between mortality rate and the duration of life in an exploited fish population. *ICNAF Res.Bull.* Vol. 2. P:73-75
- Horstman R.K., 1988.** An investigation of the larval and postlarval fish community of the Celtic Sea, with special emphasis on the demographics of Larval Mackerel (*Scomber scombrus*). Thesis *Doctoral. Department of Zoology, University College Galway, Galway.*
- Horwood J. W., 1990.** Fecundity and maturity of plaice (*Pleuronectes platessa*) From Cardigan Bay. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* Vol. 70. P: 515-529.
- Huang J.D., Lee M.F, Chang C.F., 2002.** The morphology of gonadal tissue and male germ cells in the protandrous black porgy, *Acanthopagrus schlegeli*. *Zool. Stud.* Vol. 41(2). P: 216-227.
- Hunter J.R., Goldberg S.R., 1980.** Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy *Engraulis mordax*. *Fish Bull.* Vol. 77 (3). P: 641-652.
- Hunter J.R., Leong R., 1981.** The spawning energetics of female northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fishery Bulletin.* Vol. 79 (2). P: 215-230.
- IAEA., 2003.** Trace elements and methylmercury in fish tissue. Reference material. International Atomic Energy Agency. Analytical Quality Control Services. Wagramer Strasse 5, P.O. Box 100, A-1400. Vienna, Austria. IAEA-407.
- ICES. 1993.** Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Demersal Stocks. ICES : Conferences and Meeting/Assess. Vol. 3. 92p.
- ICES., 2007.** Report of the Working Group on the Assessment of Hake, Monk and Megrim (WGHMM).
- Idardare, Z., Moukrim, A., Chiffolleau, J.F., Ait Alla, A., Auger, D., Rozuel, E., 2013.** Evaluation de la contamination métallique dans deux lagunes marocaines: Khnifiss et Oualidia. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* Vol. 2. P: 58-67.
- Iglesias S., Dery L., 1981.** Age and growth of hake (*Merluccius merluccius* L.) from ICES Divisions VIIIc and IXa. *ICES Document, CM 1981/G: 38.*
- Imziridou A., Triantaphyllidis C., 1999.** Developing and Applying Molecular Techniques to Differentiate Between the Atlantic and Mediterranean Hake (*Merluccius merluccius*) As a Case of Study. *European Commission. Technical Note.* Vol. 1 (99). 102p.
- Inada T., 1981.** Studies on the Merlucciid Fishes. *Bulletin Far Seas Fisheries Research Laboratory.* Vol. 18. P: 1-172.
- Iwamatsu T., Ohta T., Oshima E., Sakai S., 1988.** Oogenesis in the medeka, *Oryzias latipes*. Stades of oocyte development. *Zool. Sci.* Vol. 5. P: 353-373.
- J-
- Jacques G., Treguer P., 1986.** Ecosystème pélagique marin. *Collection d'écologie, Edition : Masson, Paris, France.* 243p.

- Jadaud A., Mellon C., Farrugio H., Guijarro B., Valls M., Massutí E., Ordinas F., 2006.** Stock assessment of the French-Spanish shared stock of hake (*Merluccius merluccius*) in the Gulf of Lions. Rome, Working Document to the General Fisheries Commission of the Mediterranean Scientific Advisory Council Working Group on the Assessment of Demersal Stocks. 28 pp.
- James M.F., 1946.** Histology of the gonadal changes in the bluegill *Lepomis macrochirus* Rafinesque, and the largemouthbass, *Huro salmoides* (Lacépède). *J. Morphol.* Vol. 79. P: 63-91.
- Jeffrey J.A., Taggart C.T., 2000.** Growth variation and water mass associations of larval silver hake (*Merluccius bilinearis*) on the Scotian Shelf. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 57. P: 1728-1738.
- Joaquim S., Matias D., Lopes B., Arnold W.S., Gaspar M.B. 2008.** The reproductive cycle of white clam *Spisula solida* (L.) (Mollusca: Bivalvia): implications for aquaculture and wild stock management. *Aquaculture.* Vol. 281. P: 43-48.
- Jobling M., 1993.** Bioenergetics: feed intake and energy partitioning. In: *Fish Ecophysiology* (Eds. Rankin, J. C. & Jensen, F. B.). London: Chapman & Hall. P: 1-44.
- Jones R., 1983.** L'évaluation des stocks de poisson appuyée sur des données de structure de taille (et notes sur l'analyse de population virtuelle et l'analyse de cohorte). FAO. Circ. Pêches. (734): 46p.
- JORADP N°25., 2011.** Journal Officielle de la République Algérienne N°25. *Annexe I* : Seuils limites des contaminants chimiques. *Ministère de la Pêche et de Ressources Halieutiques.*
- JORADP, 2016.** Journal Officielle de la République Algérienne Démocratique et Populaire. conventions et accords internationaux - lois et decrets arretes, decisions, avis, communications et annonces. 24p.
- K-
- Kabatab Z., Ho J.S., 1981.** The origin and dispersal of hake (genus *Meluccius*: Pisces: Teleostei) as indicated by its copepod parasites. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* Vol. 19. P: 381-404.
- Kacher M., Amara R., 2005.** Distribution and growth of 0-group European hake in the Bay of Biscay and Celtic Sea: a spatial and inter-annual analysis. *Fisheries Research.* Vol. 71. P: 373-378.
- Kadari G., 1984.** Les techniques des pêches utilisées en Algérie. E.N.A.P Ed. 135p.
- Kalay M., Canli M., 2000.** Elimination of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) metals from tissues of a freshwater fish *Tilapia zilli*. *Turk J Zool.* Vol. 24. P: 429-436.
- Kartas F., Quignard J.P., 1984.** La fécondité des poissons téléostéens. *Ed. Masson, Paris.* 117p.
- Khaled-Khodja S., Samar M.E.H., Durand G., 2016.** Metal contamination of water and sediment from Wadi Bouhamra. *Rev. Sci. Technol., Synthèse.* Vol. 32. P: 135 -146.
- Khélifi-Touhami M., Ounissi M., Saker I., Haridi A., Djorfji S., Abdenour C., 2006.** The hydrology of the Mafrag estuary (Algeria): Transport of inorganic nitrogen and phosphorus to the adjacent coast. *Journal of Food, Agriculture & Environment.* Vol. 4 (2). P: 340-346. [www.world-food.net](http://www.world-food.net).
- Khemis I.B., Aridh N.B., Hamza N., M'Hetli M., Sadok S., 2017.** Heavy metals and minerals contents in pikeperch (*Sander lucioperca*), carp (*Cyprinus carpio*) and flathead grey mullet (*Mugil cephalus*) from Sidi Salem reservoir (Tunisia): health risk assessment related to fish consumption. *Environ. Sci. Pollut. Res.* Vol. 24 (24). P: 19494-19507. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9586-0>.
- Khoufi W., 2015.** Biologie, dynamique des populations et gestion des pecheries du Merlu (*Merluccius merluccius* rafinesque, 1810) en Tunisie. *Thèse de doctorat en sciences halieutiques.* 195p.
- Khoufi W., Ferreri R., Jaziri H., El Fehri S., Gargano A., Mangano S., Ben Meriem S., Romdhane M.S., Bonanno A., Basilone G., 2014a.** Reproductive potential aspects in hake (*Merluccius merluccius*) in the central Mediterranean Sea: first observations from Tunisian waters. *Journal of Marine Biological Association of UK.* Vol. 94 (7). P: 1545-1556.
- Khoufi W., Ferreri R., Jaziri H., El Fehri S., Gargano A., Mangano S., Ben Meriem S., Salah Romdhane M., Bonanno A., Aronica S., Genovese S., Mazzola S., Basilone G., 2014b.** Reproductive traits and seasonal variability of *Merluccius merluccius* from the Tunisian coast. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom.* P:1-12. [doi:10.1017/S0025315414000356](https://doi.org/10.1017/S0025315414000356)
- Khoufi W., Jaziri H., Elfehri S., Ben Meriem S., Salah Romdhane M., 2012a.** Apport de données in situ pour la mise place d'indicateurs biologiques dans le cadre de la gestion du stock Tunisien de *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758). *Journal des Sciences Halieutiques et Aquatiques.* Vol. 5. P: 161-170.
- Kitazume-Kawaguchi S., 1998.** Polysialylated glycoproteins found in sea urchin eggs. *T.I.G.G.* Vol. 10. (55). P: 383-392.
- Knight W., 1968.** Asymptotic growth: an example of nonsense disguised as mathematics. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada.* Vol. 25(11). P: 1303-1307.
- Koger C.S., Teh S.J., Hinton D.E., 1999.** Variations of light and temperature regime and resulting effects on reproductive parameters in Medaka (*Oryzias latipes*). *Biology of Reproduction.* Vol. 61. P: 1287-1293.
- Koulish S., Kramer C.R., Grier H.J., 2002.** Organization of the male gonad in a protogynous fish, *Thalassoma bifasciatum* (Teleostei: Labridae). *J. Morphol.* Vol. 254. P: 292-311.
- Kuchnow K.P., Scott J.R., 1977.** Ultrastructure of the chorion and its micropyle in the mature *Fundulus heteroclitus* (Walbaum) ovum. *J. Fish. Biol.* Vol. 10. P: 197-201.

Kvenseth P.G., Skiftesvik B., Slinde E., 1996. Hake-next to be farmed. In : *Proceedings of the 1996 CalCOFI Symposium, Monterey, CA.*

-L-

La Rose R., 2010. The Problem of Media Habits. *Communication Theory*. Vol. 20 (2). P: 194-222. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2885.2010.01360.x>.

Lagardere F., Thibaudeau K., Begou anras M.L., 2000. Feasibility of otolith markings in large juvenile turbot, *Scophthalmus maximus*, using immersion in alizarin-red solutions. *ICES J. Mar. Sci.* Vol. 57(4). P: 1175-1181.

Lagardère F., Troadec H., 1997. Age estimation in common sole solea larva : validation of daily increments and evaluation of a pattern recognition technique. *Marine Ecology Progress*. Vol. 155. P: 223-237.

Lago de Lanzos, A., 1980. Contribution al estudio del ictioplancton del Mediterraneo occidental. *Bol. Inst. Espa. Oceano*. Vol. 6 (301). P: 137-155.

Lago de lanzos, A., 1993. Datos de larvas de merluza (*Merluccius merluccius*) en Galicia y Cant, brico. Working Document. IEO.Vigo.

Lahaye J., 1972. Cycles sexuels de quelques poissons plats des côtes de bretonnes. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit*. Vol. 36. P: 191-207.

Lahrizi H., 1996. Etude de la biologie de croissance et de re-production du merlu blanc *Merluccius merluccius* (L. 1758) débarqué par les chalutiers au port de Casablanca. Thèse de troisième cycle. *Univ. Mohamed V, Rabat, Maroc.*

Lai H.L., Gunderson D.R., 1987. Effects of ageing errors on estimates of growth, mortality and yield per recruit for walleye pollock (*Theragra chalcogramma*). *Fisheries Research*, Vol. 5. P: 287-302.

Lalami Y., 1979. Etude biologique et halieutique du Rouget de vase (*Mullus barbatus* L.) des côtes algériennes. *Thèse Doctorat en Sciences (Sciences Naturelles) Univ. Sc Tech. Languedoc, Montpellier.* 510 p.

Lalancette L.M., 1975. The seasonal cycle in the germinal cells (testes and ovaries) of the white sucker, *Catostomus commersoni*, of gamelin lake, Québec. *Le Naturaliste canadien*. Vol. 102. P: 721-736.

Lang I., 1981a. Electron microscopic and histochemical investigations of the atretic oocyte of *Perca fluviatilis* L. (Teleostei). *Cell. Tissue Res*. Vol. 220. P: 201-212.

Lang I., 1981b. Electron microscopic and histochemical studies of the postovulatory follicles of *Perca fluviatilis* L. (Teleostei). *Gen. Comp. Endocrinol*. Vol. 45. P: 219-233.

Langston W.J., Spence S.K. 1995. Biological factors involved in metal concentrations observed in aquatic organisms. *Environ. Sci. Technol*. Vol. 26. P: 407-467.

Lannin A., 2006. The biology, dynamics and fisheries for hake (*Merluccius merluccius*) in the waters around Ireland. *PhD thesis. University College Cork.* 182p.

Laslett G.M., Eveson J.P., Polacheck T. 2002. A flexible maximum likelihood approach for fitting growth curves to tag-recapture data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 59. P: 976-986.

Laubier L., 2003. Climatic changes and trends and marine invertebrates: a need for relevant observing networks and experimental ecophysiology, *Atti Associazione Italiana Oceanologia Limnologia*. P: 15-24.

Le Duff M., Quiniou L., Déniel C., 1996. Cinétique de l'ovogenèse et stratégie de ponte chez la limande, *Limanda limanda*, en mer d'Iroise et en Manche orientale. *Aquat. Living Resour.* Vol. 9. P: 249-256.

Le Duff, M., 1997 - Cinétique de l'ovogenèse et stratégies de ponte chez les poissons Téléostéens en milieu tempéré. *Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale.* 170p.

Le Gall J., 1952. Le thon rouge (*Thunnus thynnus* L.) dans le golfe de Gascogne en 1951. *International Council for the Exploration of the Sea, Annals biology*. Vol. 8. P: 82-83.

Le Grand, M., 1960. Longueur répartition des sexes et maturation sexuelle des thons à nageoire jaune de Nouvelle calédonie. *Rapp. Scient. Inst. Franc. Océanie*, II. P : 6-20.

Leclaire L., 1972. La sédimentation holocène sur le versant Méridional du bassin Algéro-Baléares (Précontinent Algérien). *Tome XXIV. Edition de Muséum, Paris, France.* 391p.

Lee T.H., Chiang T.H., Huang B.M., Wang T.C., Yang H.Y., 2006. Ultrastructure of spermatogenesis of the paradise fish, *Macropodus opercularis*. *Taiwania*. Vol. 51. (3). P: 170-180.

Lefevre D., Minas H.J., Minas M., Robinson C., Lee B., Williams P.J., Woodward E.M.S. 1997. Review of gross community production, primary production, net community production and dark community respiration in the Gulf of Lions. *Deep Sea Research II*. Vol. 44. P: 801-832.

Legendre M., Jalabert B., 1988. Physiologie de la reproduction. In: *Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains*. Lévêque C., Bruton M.N. et Ssentongo G.W. Eds. *ORSTOM Paris*. P: 153-187.

Levi D., Patti B., Rizzo P., Lo Brutto S., Parrinello N., Arculeo M., 2004. Genetic and morphometric variations of Mediterranean hake, *Merluccius merluccius*, in the Strait of Sicily (central Mediterranean): Implications for stock assessment of shared resources. *Italian Journal of Zoology*. Vol. 71(2). P: 165-170.

Liehr G.A., Zettler M.L., Leipe T., Wilt G., 2005 . The ocean quahog *Arctica islandica* L.: a bioindicator for contaminated sediments. *Marine biology*. Vol. 147. P: 671-679. [doi 10.1007/s00227-005-1612-y](https://doi.org/10.1007/s00227-005-1612-y).

- Ligas A., Sartor P., Colloca G., 2011.** Trends in population dynamics and fishery of *Parapenaeus longirostris* and *Nephrops norvegicus* in the Tyrrhenian Sea (NW Mediterranean): the relative importance of fishery and environmental variables. *Marine Ecology*. Vol. 32 (4). P: 538-538. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2011.00440.x>.
- Linde A.R., Sánchez-Galán S., Klein D., García-Vázquez E., Summer K.H., 1999.** Metallothionein and heavy metals in brown trout (*Salmo trutta*) and European eel (*Anguilla anguilla*): a comparative study. *Ecotoxic. Environ. Saf.* Vol. 44. P: 168-173. <https://doi.org/10.1006/eesa.1999.1819>.
- Linnaeus C., 1758.** Systema Naturae per Regna Tria Naturae secundum Classes, Ordinus.
- Leonart J. & Maynou F., 2003.** Fish stock assessments in the Mediterranean: state of the art. *Sci Mar*. Vol. 67. P: 37-49.
- Leonart J. 2001.** Impact of the fishery and environment on *Merluccius merluccius* recruitment in the northwestern Mediterranean. *Final Report EU DG XIV*. 672p.
- Lloret J., Demestre M., Sanchez-Pardo J., 2008.** Lipid (energy) reserves of European hake (*Merluccius merluccius*) in the North-Western Mediterranean. *Life and Environment*. Vol. 58. P: 75-85.
- Lloris D., Matallanas J., Oliver P., 2005.** Hakes of the world (Family Merlucciidae). An annotated and illustrated catalogue of hake species known to date. *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes, Rome*. Vol. 2. 57p.
- Lo Brutto S., Arculeo M., Mauro A., Scalisi M., Cammarata M., Parrinello N., 1998.** Allozymic variation in Mediterranean hake *Merluccius merluccius* (Gadidae). *Italian Journal of Zoology*. Vol. 65 (1). P: 49-52.
- Lo Nostro F.L., Grier H., Mejjide F.J., Guerrero G.A., 2003.** Ultrastructure of the testis in *Synbranchus marmoratus* (Teleostei, Synbranchidae): the germinal compartment. *Tissue Cell*. Vol. 35. P: 121-132.
- Love R.M., 1970.** The chemical biology of fishes. *Academic Press*. 547p.
- Lucio P., Murua H., Santurtun M., 2000.** Growth and reproduction of hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay during the period 1996-1997. *Ozeanografika*. Vol. 3. P: 325-354.
- Lucio P., Murua H., Santurtun M., 2000.** Growth and reproduction of hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay during the period 1996-1997. *Ozeanografika*. Vol. 3. P: 325-354.
- Lucio, P., Santurtun, M. & Quincoces I., 2000.** Tagging experiments on hake, anglerfish and other species in the Bay of Biscay. *ICES, C.M. 2000/Z* : 09.
- Lundy C.J., Rico C., Hewitt G.M., 2000.** Temporal and spatial genetic variation in spawning grounds of European hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay. *Molecular Ecology*. Vol. 9. P:2067-2079.
- Luttbeg B., Warner R.R., 1999.** Reproductive decision-making by female peacock wrasse: flexible versus fixed behavioral environments. *Behaviour Ecology*. Vol. 10 (6). P: 666-674.
- M-
- Mac Gregor J.S., 1966.** Fecundity of the Pacific hake, *Merluccius productus* (Ayres). *Calif. Fish Game*. Vol. 52. P: 111-116.
- Macchi G.J., Acha E.M., 2000.** Spawning frequency and batch fecundity of Brazilian menhaden, *Brevoortia aurea*, in the Rio de la Plata Estuary off Argentina and Uruguay. *Fishery Bulletin*. Vol. 98 (2). P: 283-289.
- Magnusson I.V., 1998.** Age, maturity and other biological parameters of two morid species *Lepidion eques* (Günther, 1887) and *Antimora rostrata* Günther, 1878, in Icelandic waters. 22p.
- Magnusson J.V., Magnusson I., 1995.** The distribution, relative abundance, and biology of the deep-sea fishes of the Icelandic slope and Reykjanes ridge. In *Deep-water fisheries of the North Atlantic oceanic slope*, vol. 296 (ed. AG. Hopper), Netherlands: Kluwer. *Academie Publishers*. P: 161-199.
- Mahé G., Bamba F., Soumaguel A., Orange D., Olivry J.C., 2009.** Water losses in the Niger River inner delta: water balance and flooded surfaces. *Hydrol. Processes*. Vol. 23. P: 3157-3160.
- Mahé K., Amara R., Bryckaert T., Kacher M., Brylinski J.M., 2007.** Ontogenetic and spatial variation in the diet of hake (*Merluccius merluccius*) in the bay of Biscay and the Celtic Sea. *ICES J. Mar. Sci.* Vol. 64. P: 1210-1219.
- Mahé K., Destombes A., Coppin F., Koubbi P., Vaz S., Le Roy D., Carpentier A., 2005.** Le rouget barbet de roche *Mullus surmuletus* (L. 1758) en Manche orientale et mer du Nord. *Rapport de Contrat IFREMER/CRPMEM Nord-Pas-de-Calais*. 187p.
- Malik N., Biswas A.K., Qureshi T.A., Borana K., Virha,R., 2010.** Bioaccumulation of heavy metals in fish tissues of a freshwater lake of Bhopal. *Environ. Monit. Assess.* Vol. 160 (1). P: 267-276. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0693-8>.
- Malservisi A., Magnin E., 1968.** Changements cycliques annuels se produisant dans les ovaires de *Perca fluviatilis flavescens* de la région de Montréal. *Le Naturaliste Canadien*. Vol. 95. P:929-945.
- Mandić M., Regner S., Krpo-Četković J., Joksimović A., 2012.** Unusual occurrence of anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus 1758) eggs in December 2006 in the Boka Kotorska Bay (Adriatic Sea). *Acta Adriatica*. Vol. 53(1). P: 133 - 137.
- Manni L., Rasotto M.B., 1997.** Ultrastructure and histochemistry of the testicular efferent duct system and spermiogenesis in *Opisthognathus whitehurstii* (Teleostei, Trachinoidei). *Zoomorphol.* Vol. 177. P: 93-

- 102.
- Marchal E., 1993.** Biologie et écologie des poissons pélagiques côtiers du littoral ivoirien. In: Environnement et Ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome I : Le Milieu marin, pp: 277-286. *Éditions ORSTOM*.
- Marcovecchio J.E., Moreno V.J., 1993.** Cadmium, zinc and total mercury levels in the tissues of several fish species from La-Plata River estuary, Argentina. *Environ. Monit. Assess.* Vol. 25. P: 119-130. doi: [10.1007/BF00549133](https://doi.org/10.1007/BF00549133).
- Mari S., 2001.** Guide de gestion pour la conservation de l'apron du Rhône, Réserves Naturelles de France. (*Programme LIFE*). *Quetigny*. 80p.
- Mariano A.J., Griffa A., Ozgokmen T.M., Zambianchi E., 2002.** Lagrangian analysis and predictability of coastal and ocean dynamics 2000. *J. Atmos. Ocean. Tech.* Vol. 19. P: 1114-26.
- Markle D.F., 1989.** Aspects of character homology and phylogeny of the Gadiformes. In : Cohen D.M. (eds): Papers on the systematics of Gadiformes. *Natural History Museum, Science Series, Los Angeles County*. Vol. 32. P: 59-89.
- Marshall C.T., O'Brien L., Tomkiewicz J., 2003.** Developing alternative indices of reproductive potential for use in fisheries management: case studies for stocks spanning an information gradient. *Journal of North west Atlantic Fishery Science*. Vol. 33. P: 161-190.
- Marshall N.B., Cohen D.M., 1973.** Orden Anacanthini (Gadiformes), Characters and synopsis of families. *Memoir Sears Foundation for Marine Research*. Vol.1 (6). P: 479-495.
- Marshall N.B., 1966.** The relationships of the *Anacanthine* fishes, *Macruronus*, *Lyconus* and *Steindachneria*. *Copeia*. Vol. 2. P : 275-280.
- Martič M.M., Novakovič M.S., Baggia A., 2009.** Data Envelopment Analysis - Basic Models and their Utilization. Vol.42 (2). P: 245-256
- Martin I., 1991.** A preliminary analysis of some biological aspects of hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay. *C.M. 1991/G*: 54: 14p
- Martin I., 1991.** A preliminary analysis of some biological aspects of hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay. *C.M. 1991/G*. Vol. 54. 14p.
- Martin I., 1991.** A preliminary analysis of some biological aspects of hake (*Merluccius merluccius* L. 1758) in the Bay of Biscay. ICES : Conference and Meeting Documents CM/G. Vol. 54. 30p.
- Martin M., Goubier V., Exbrayat J.M., 1998a.** Oocyte degenerative process in black-bass (*Micropterus salmoides*) females prevented from spawning. *Pol. Arch. Hydrobiol.* Vol. 45(4). P: 545-552.
- Martin M., Hardy I., Exbrayat J.M., Goubier V., 2001.** Etude ultrastructurale des membranes ovocytaires du black-bass (*Micropterus salmoides*) au cours d'un cycle sexuel. *Rev. Fr. Histotechnol.* Vol. 14 (1). P: 45-52.
- Martoja R., Martoja-Pierson M., 1967.** Initiation aux techniques de l'histologie animale. *Masson: Paris*. 345 p.
- Matallanas J., Oliver P., 2003.** Merluzas Del Mundo (Familia Merlucciidae). Catálogo comentado e ilustrado de las merluzas conocidas. *F.A.O.*
- MATET., 2009.** Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme, quatrième rapport national sur la mise en œuvre de la convention sur la biodiversité biologique an niveau national. 120 p.
- Matsuura Y., 1998.** Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) spawning in the southeast Brazilian Bight over the period 1976–1993. *Rev. bras. Oceanogr.* Vol. 46 (1). P: 33-43.
- Matta F., 1955.** Il merluzzo del Mediterraneo. Nota II. *Boll. Pesca, Piscicol. Idrobiol.* Vol. 9 (1). P: 5-29.
- Mattei X., Siau Y., Thiaw O.T., Thiam D., 1993.** Peculiarities in the organization of testis of *Ophidion* sp. (Pisces Teleostei). Evidence of two types of spermatogenesis in teleost fish. *J. Fish Biol.* Vol. 43. P: 931-937.
- Mattiucci S., Abaunza P., Ramadori L., Nascetti G., 2004.** Genetic identification of Anisakis larvae in European hake from Atlantic and Mediterranean waters for stock recognition. *Journal of Fish biology*. Vol. 65 (2). P: 495-510.
- Maurin C., 1954.** Les merlus du Maroc et leur pêche. *Bulletin de l'Institut des Pêches Maritimes du Maroc, Casablanca*. Vol. 2. P: 7-65.
- Maurin C., 1965.** Les merlus des mers européennes et Nord-Ouest africaines. *Rapport P.v. Réunion du Conseil International de l'Exploration de la Mer*. Vol. 18 (2). P: 215-220.
- Maurin C., 1968.** Les merlus des côtes nord et nord-ouest d'Afrique (Atlantique et Méditerranée). *Ph.D. Thesis, Université de Nancy, France. Meneses*. 99p.
- Mayer I., Shackley S.E., Ryland J.S., 1988.** Aspects of the reproductive biology of the bass, *Dicentrarchus labrax* L. I. An histological and histochemical study of oocyte development. *J. Fish Biol.* Vol. 33. P: 609-622.
- Maynou F., Leonart J., Cartes J.E., 2003.** Seasonal and spatial variability of hake (*Merluccius merluccius*, L.) recruitment in the NW Mediterranean. *Fish. Res.* Vol. 60. P: 65-78.
- Medeiros D.B., da Silva E.C., Custódio Nogueira R.J.M., Teixeira M.M., Buckeridge., M.S., 2013.** Physiological limitations in two sugarcane varieties under water suppression and after recovering. *Theor.*

- Exp. Plant Physiol. Vol. 25 (3). <https://doi.org/10.1590/S2197-00252013000300006>.
- Medeiros R.J., dos Santos L.M.G., Freire A.S., Santelli R.E., Braga A.M.C., Krauss T.M., Jacob S.D.C., 2012.** Determination of inorganic trace elements in edible marine fish from Rio de Janeiro State, Brazil. *Food Control*. Vol. 23 (2). P: 535-541. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.08.027>.
- Melamed P., Gur G., Rosenfeld H., Elizur A., Yaron Z., 1999.** Possible interactions between gonadotrops and somatotrophs in the pituitary of tilapia: apparent roles for the insulin-like growth factor I and estradiol. *Endocrinol.* Vol. 140. P: 1183-1191.
- Mellinger J., 2002.** Sexualité et reproduction des Poissons. CNRS edition, Paris, 349p.
- Mellon-Duval C., De Pontual H., Métral L., Quemener L., 2010.** Growth of European hake (*Merluccius merluccius*) in the Gulf of Lions based on conventional tagging. *ICES J. Mar. Sci.* Vol. 67. P: 62-70. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp215>.
- Mendes B., Fonseca P., Campo, A., 2004.** Weight-length relationships for 46 fish species of the Portuguese west coast. *J. Appl. Ichthyol.* Vol. 20. P:355-361.
- Meriel-Bussy M., 1966a.** La maturité sexuelle du merlu dans le golfe de Gascogne. *C.I.E.M. CM/G, 16.* 4p.
- Meriel-Bussy M., 1966b.** La croissance du merlu dans le golfe de Gascogne. *C.I.E.M. CM/G, 17.* 2p.
- Meriel-Bussy M., 1966c.** Le merlu du golfe de Gascogne. Répartition bathymétrique saisonnière et composition du stock. *C.I.E.M. CM/G, 18.* 4 p.
- Meunier F.J., 1988.** Détermination de l'âge individuel chez les Osteichthysiens à l'aide de la squeletteochronologie: historique et méthodologie. *Acta. Oecol., Oecol. Gener.* Vol 9. P:299-329.
- Meyerr Ottesen C.A., Hop H., Falk-patensen S., Christiansen J.S., 2018.** Reproduction and sexual dimorphism of daubed shanny (Teleostei: *Leptoclinus maculatus*) in Svalbard waters. *Polar Biology.* <https://doi.org/10.1007/s00300-018-2328-z>.
- Micha J.C., 1971.** Densité de population. Age et croissance du barbeau *Barbus barbus* (L.). *Ann. Hydrobiol.* Vol. 2. P: 47-68.
- Migaud H., Mandiki R, Gardeur J.N., Kestemont P., Bromage N., Fontaine P., 2003.** Influence of photoperiod regimes on the Eurasian perch gonadogenesis and spawning. *Fish Physiology and Biochemistry.* Vol. 28. P: 395-397.
- Milano I., Babbucci M., Cariani A., Atanassova M., Bekkevold D., Carvalho G.R., Espiñeira M., Fiorentino F., Garofalo G., Geffen A.J., Hansen J.H., Helyar S.J., Nielsen E.E., Ogden R., Patarnello T., Stagioni M., FishPopTrace Consortium., Tinti F., Bargelloni L., 2014.** Outlier SNP markers reveal fine-scale genetic structuring across European hake populations (*Merluccius merluccius*). *Molecular Ecology.* Vol. 23 (1). P: 118-135.
- Millán M., 1999.** Reproductive characteristics and condition status of anchovy *Engraulis encrasicolus* L. from the Bay of Cadiz (SW Spain). *Fisheries Research.* Vol. 41. P: 73-86.
- Millán M., 1999.** Reproductive characteristics and condition status of anchovy *Engraulis encrasicolus* L. from the Bay of Cadiz (SW Spain). *Fish. Res.* Vol. 41. P: 73-86.
- Millot C., 1985.** Some features of Algerian current. *J. Geophys. Res.* Vol. 90 (7). P: 7169-7176.
- Millot C., 1987.** Circulation in the western Mediterranean Sea. *Oceanog. Acta.* Vol. 10 (2). P: 144-149.
- Millot C., 1993.** La circulation générale en Méditerranée occidentale. Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes Méditerranéennes du Maghreb. *INOC.* P: 29- 30.
- Millot C., Taupier-Letage I., 2005.** Circulation in the Mediterranean Sea. The Handbook of *Environmental Chemistry*, Vol. (The Natural Environment and the Biological cycles), Springer- Verlag Editor.
- MIURA T., 1999.** Spermatogenic cycle in fish. In: Encyclopedia of reproduction. *E. Knobil, J.D. Neill Eds.* Vol 4. P: 571-578.
- Morales-Nin B., Moranta J., 2004.** Recrutement and post-settlement growth of juvenile *Merluccius merluccius* on the western Mediterranean shelf. *Sci. Mar.* Vol. 68. P: 399-409.
- Morales-Nin B., Aldebert Y., 1997.** Growth of juvenile *Merluccius merluccius* in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) based on otolith microstructure and length-frequency analysis. *Fisheries Research.* Vol. 30. P: 77-85.
- Morales-Nin B., Moranta J., 2004.** Recrutement and post-settlement growth of juvenile *Merluccius merluccius* on the western Mediterranean shelf. *Sci. Mar.* Vol. 68. P: 399-409.
- Morales-Nin B., Tores G.J., Lombarte A., Recasens L., 1998.** Otolith growth and age estimation in the European hake. *J. of Fish Biol.* Vol. 53. P: 1155-1168.
- Morey G., Moranta J., Massuti E., Grau A., Linde M., Riera F., Morales-Nin B., 2003.** Weight-length relationships of littoral to lower slope fishes from the Western Mediterranean. *Fisheries Res.* Vol. 62. P: 89-96.
- Motos L., Alvarez P., Uriarte A., 2000.** Hake (*Merluccius merluccius* (L.)) spawning in the Bay of Biscay during winter 1995. *Oceanol. Acta.* Vol 21 (2). P: 117-128.
- Motos L., Uriarte A., 1991.** An egg production estimate of biomass of the Bay of Biscay anchovy in 1990. *ICES CM 1991/H: 32.* 24p.

- Moutopoulos D.K., Stergiou K., 1998.** Length-weight and length relationships for seven fish species of the Aegean Sea. *Proceedings of the 20th Meeting of the Hellenic Society of Biological Sciences*. Vol. 20. P: 207-208.
- Moutopoulos D.K., Stergiou K.I., 2002.** Length-weight and length-length relationships of fish species of the Aegean Sea (Greece). *J. Appl. Ichthyol.* Vol. 18. P: 200-2003.
- Munro J.L., Pauly D., 1983.** A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte*. Vol. 1(1). P: 5-6.
- Murua H. 2010.** The biology and fisheries of European hake, *Merluccius merluccius*, in the north-east Atlantic. *Advances in Marine Biology*. Vol. 58 (10). P: 97-154.
- Murua H., Lucio P., Santurtún M., Motos L., 2006.** Seasonal variation in egg production and batch fecundity of European hake *Merluccius merluccius* (L.) in the Bay of Biscay. *J. Fish. Biol.* Vol. 69. P:1304-1316.
- Murua H., Lucio P., Santurtún M., Motos L., 2006.** Seasonal variation in egg production and batch fecundity of European hake *Merluccius merluccius* (L.) in the Bay of Biscay. *J. Fish. Biol.* Vol. 69. P: 1304-1316. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01209.x>
- Murua H., Motos L., 2006.** Reproductive strategy and spawning activity of the European hake, *Merluccius merluccius* (L.), in the Bay of Biscay. *J. Fish. Biol.* Vol. 69. P: 1288-1303.
- Murua H., Motos L., Lucio P., 1998.** Reproductive modality and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius* L.) in the bay of Biscay. *CalCOFI Rep.* Vol. 39. P:196-203.
- Mutambue S., Exbrayat J.M., Goubier J., 1991.** Premières observations sur la biologie de la reproduction d'*Opsaridium chrysty* (Boulenger, 1920) (Cyprinidae) de la rivière Luky et de ces principaux affluents. *Cybiu*. Vol. 15. (1). P: 23-33.
- N -
- Nagahama Y., 1983.** The functional morphology of teleosts gonads. In: Fish physiology. Hoar W.S., Randall D.J. and Donalson E.M. eds., vol. IXA. London: Academic Press. P: 223-275.
- Nagahama Y., 1986.** Testis. In: Vertebrate endocrinology: fundamentals and biomedical implication. Pang P.K.T., Schreibman M.P., Gorbman A. eds., vol. I. New York: Academic Press. P: 399-437.
- Nelson J.S. 2006.** Fishes of the World. Fourth Edition. John Wiley & Sons, NY. xix+. 601p.
- Nikolsky G.V., 1969.** Theory of fish population dynamics as the biological back-ground for rational exploitation and management of fishery resources (translated by BRADLEY, J.E.S.). Oliver and Boyd, Edinburgh, XVI: 323p.
- Nolf D., Steurbaut E. 1989.** Evidence from otoliths for establishing relationships within Gadiforms. In : Cohen D.M. (eds): Papers on the systematics of Gadiformes. Natinal History Museum, Science Series, Los Angeles County. Vol. 32. P: 89-113.
- Norman J.R., 1966.** A draft synopsis of the Orders, Families and Geenera of Recent fishes and fish-like Vertebrates. *British Museum (Natural History)*. 649p.
- Nouar A., 2003.** Bio. Écologie d'*Aristeus antennatus* (Risso,1816) et de *Parapenaeus longirostris* (Lucas,1846) des côtes algériennes. *Rapp. Comm. Int Mer.* 304p.
- Nunes C., Silva A., Soares E. & Ganiás K. 2011.** The use of hepatic and somatic indices and histological information to characterize the reproductive dynamics of Atlantic sardine *Sardina pilchardus* from the Portuguese coast. *Marine and Coastal. Fisheries*. Vol. 3. P: 127-144. [Doi: 10.1080/19425120.2011.556911](https://doi.org/10.1080/19425120.2011.556911)
- O -
- O'Brien B., 1986.** The distribution and community structure of larval and postlarval fish and chaetognaths off the West Coast of Ireland. *Thesis Doctoral. University College Galway*.
- Okamura O., 1989.** Relationships of the suborder Macruroidei and related groups, with comments on Merlucciidae and *Steindachneria*. In D.M.Cohen, ed. Papers on the systematic of Gadiformes. *Nat. Hist. Mus. Los Angeles County. Science Series*. Vol. 32. P: 129-142.
- Olivar M.P., Quílez G., Emelianov M., 2003.** Spatial and temporal distribution and abundance of European hake, *Merluccius merluccius*, eggs and larvae in the Catalan coast (NW Mediterranean). *Fish. Res.* Vol. 60. P: 321-331.
- Oliveira-Ribeiro C.A., Vollaire Y., Sanchez-Chardi A., Roche H., 2005 .** Bioaccumulation and the effects of organochlorine pesticides, PAH and heavy metals in the Eel (*Anguilla anguilla*) at the Camargue Nature Reserve, France. *Aquat. Toxicol.* Vol. 74 (1). P: 53-69. [doi: 10.1016/j.aquatox.2005.04.008](https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2005.04.008).
- Oliver P., 1991.** Dinámica de la población de merluza ( *Merluccius merluccius* L.) de Mallorca (Reclutamiento, Crecimiento y Mortalidad). *Doctoral thesis. University of Baleares. Palma de Mallorca*. 392p.
- Oliver P., Massuti E., 1995.** Biology and fisheries of western Mediterranean hake (*M.merluccius*). In : Alheit J., Pitcher T. (eds) Hake : Biology, Fisheries and Markets. *Chapman & Hall, London*. P:181-202.
- Oppen-Berntsen D.O., Hyllner S.J., Haux C., Helvik J.V., Walther B.T., 1992.** Eggshell *zona radiata*-proteins from cod (*Gadus morhua*): extra-ovarian origin and induction by estradiol-17 $\beta$ . *Int. J. Dev. Biol.*, Vol. 36. P: 247-254.

- Orsi Relini L., Fiorentino F., Zamboni A., 1989b.** Nurseries del nasello Mediterraneo: dove, quando, perchè. *Nova Thalassia*. Vol. 10 (1). P:407-416.
- Orsi-Relini L., Cappanera M., Fiorentino F., 1989a.** Spatial-temporal distribution and growth of *Merluccius merluccius* recruits in the Ligurian sea, observations on the 0 group. *Cybium*. Vol. 13 (3). P: 263-270.
- Orsi-Relini L., Papaconstantinou C., Jukic-Peladic S., Souplet A., Gil de Sola L., Piccinetti C., Kavadas S., Rossi M., 2002.** Distribution of the Mediterranean hake populations (*Merluccius merluccius smiridus* Rafinesque, 1810) (Osteichthyes : Gadiformes) based on six years monitoring by trawl surveys : some implications for management. *Sci. Mar.* Vol. 66 (2). P: 21-38.
- Otxotorena U., Loez de Abechuco L., Santurtun M., Lucio P., 2010.** Estimation of age and growth of juvenile hakes (*Merluccius merluccius* Linneaus, 1758) of the Bay of Biscay and Great Sole by means of the analysis of macro and microstructure of the otoliths. *Fisheries Research*. Vol. 106. P: 337-343.
- Ouali N., Belabed B.E., Chenchouni O., 2018.** Modelling environment contamination with heavy metals in flathead grey mullet *Mugil cephalus* and upper sediments from north African coasts of the Mediterranean Sea. *Sci. Tot. Envir.* Vol. 639. P: 156-174. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.377>.
- Ouattara S., Fantodji A. & Ouattara M. 2008.** Quelques aspects reproductifs de l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) de la pêche artisanale du littoral est ivoirien. *Cybium*. Vol. 32(3). P: 201 - 209.
- 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*. Vol. 74. P: 13-28.
- Ozaydin O., Taskavak E., 2006.** Length - weight relationships for 47 fish species from Izmir Bay (Aegean Sea, Turkey). *Acta Adriatica*. Vol. 47(2). P: 211-216.
- P -
- Panfili J., de Pontual H., Troadec H., Wright P.J., 2002.** Manuel de scérochronologie des poissons. *Coédition Ifremer, IRD, France*. 464p.
- Papaconstantinou C., 2000.** The biology and the management of Hake (*Merluccius merluccius*) in the Greek Seas. *Working paper presented at WG on Demersals. Sète, France, 21-23/03/2000*. 17p.
- Papagiannis I., Kagalou I., Leonardos J., Petridis D., Kalfakakou V., 2004.** Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece). *Environment International*. Vol. 30 (3). P : 357-362. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2003.08.002>.
- Parenti L.R., Grier H.J., 2004.** Evolution and phylogeny of gonad morphology in bony fishes. *Integr. Comp. Biol.* Vol. 44. P: 333-348.
- Parrish R.H., Mallicoate D.L., Klingbeil R.A., 1986.** Age dependent fecundity, number of spawning per year sex ratio, and maturation stages in northern anchovy *Engraulis mordax*. *Fishery Bulletin*. Vol.84. P: 503 - 517.
- Pauly D., 1979.** Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization of Von Bertalanffy's growth formula. *Ber. Inst. Meereskd. Christian-Albrechts Univ. Kiel*, (63):156 p.
- Pauly D., 1980.** On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *Journal du Conseil permanent International pour l'Exploration de la Mer*. Vol. 39 (2). P: 175-192.
- Pauly D., 1994 .** On the sex of fish and the gender of scientists. Chapman and hall, London.
- Pauly D., Moreau J., 1997.** Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. Collection POLYTECH de l'I.N.P. de Toulouse, Cépaduès-Éditions, France. 288p.
- Pauly, D., 1988.** A review of the ELEFAN system for analysis of length frequency data in fish and invertebrates. *In: Length based Methods in Fisheries Research (Ed. D. Pauly. G.R Morgan)*. ICLARM. Manila. P: 7-34.
- Pauly, D., 1990.** Fishbyte Section. Editorial. *Naga. ICLARM Quart.* 16:26.
- Pauly D., Munro J.L., 1984.** Once more on growth comparison in fish and invertebrates. *Fishbyte*. Vol. 2(1). 21p.
- Pekey H., 2006.** The distribution and sources of heavy metals in Izmit Bay surface sediments affected by a polluted stream. *Marine Pollution Bulletin*. V 52 (10). P:1197-1208. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.02.012>.
- Pérez N., Pereiro F.J., 1981.** First data on sexual maturation and sex-ratio of hake VIII C. And IX a. *ICES C.M.* 1981/G, 37.
- Pérez N., Pereiro F.J., 1985 .** Aspecto de la reproducción de la merluza (*Merluccius merluccius*L.) de la plataforma gallega y cantabrica. *Bol. Inst. Esp.Oceanogr.* Vol. 2 (3). P: 39-47.
- Peterson I., Wroblewski J.S., 1984.** Mortality Rates of Fishes in the Pelagic Ecosystem. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 41. P:1117-1120.
- Phillips D.J. H., Rainbow P.S., 1994.** Biomonitoring of trace aquatic contaminants, Aldenn Press Ltd, Oxford.

- Piñeiro C., 2011.** Edad y Crecimiento de la Merluza Europea *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) del Noroeste de la Península Ibérica: Evolución de un Paradigma. *PhD thesis. University of Vigo, Spain.*
- Piñeiro C., Hunt J.J., 1989.** Comparative study on growth of European hake (*Merluccius merluccius* L.) from southern stock using whole and sectioned otoliths, and length frequency distributions. *ICES C.M 1989/G: 37.* 16p.
- Piñeiro C., Pereiro J.A., 1993.** Study on juvenile growth pattern of European hake (*Merluccius merluccius* L.) using whole otoliths and length frequency distributions from commercial catches and groundfish surveys. *ICES, Demersal Fish Committee C.M 1993/G: 12.*
- Piñeiro C., Rey J., de Pontual H., Goni R., 2007.** Tag and recapture of European hake (*Merluccius merluccius* L.) off the Northwest Iberian Peninsula: first results support fast growth hypothesis. *Fish. Res.* Vol. 88. (1-3). P: 150-154.
- Piñeiro C., Sainza M., 2003.** Age estimation, growth and maturity of the European hake (*Merluccius merluccius* Linnaeus, 1758) from Iberian Atlantic waters. *ICES, Journal of Marine Science.* Vol. 60. P: 1086-1102. [https://doi.org/10.1016/S1054-3139\(03\)00086-9](https://doi.org/10.1016/S1054-3139(03)00086-9).
- Piñeiro, C., Rey, J., de Pontual, H., & García, A. 2008.** Growth of Northwest Iberian juvenile hake estimated by combining sagittal and transversal otolith microstructure analyses. *Fish. Res.* Vol. 93. (1-2). P: 173-178.
- Pla C., Vila A., Garcías-Marín J.L., 1991.** Différenciation de stocks de merlu (*Merluccius merluccius*) par l'analyse génétique: comparaison de plusieurs populations méditerranéennes et atlantiques du littoral espagnol. *FAO Rapport de Pêches.* Vol. 447. P: 87-93.
- PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009** Etat de l'environnement et du développement en Méditerranée. Programme des Nations Unies pour l'environnement / Plan d'action pour la Méditerranée (*PNUE/PAM*)-Plan Bleu, Athènes, ISBN : 978-92-807-3061-6. 208p.
- Postel E., 1955.** Les faciès bionomiques des cpotes de Guinée française. *Rapp.Cons.Int. Expl.Mer.* Vol. 137. P: 10-13.
- Pothin K., Lecomte-Finiger R., Chabanet P. et Quod J. P., 2003.** Analyse du recrutement exceptionnel d'*Epinephelus merra* (Pisces: Serranidae) de l'île de la réunion (Océan Indien) à partir des otolithes. *Deuxièmes Rencontres de l'Ichtyologie en France, RIF, Paris, France.*
- Powell J.H., Powell, R.E., Fielder D.R., 1981.** Trace elements concentrations in tropical marine fish at Bougainville, Island, Papua New Guinea. *Water, Air and Soil Pollut.* Vol. 16. P: 143-158.
- Pradhan J.K., Kumar S., 2014.** Informal e-waste recycling: environmental risk assessment of heavy metal contamination in Mandoli industrial area, Delhi, India. *Environ. Sci. Pollut. Res.* Vol. 21 (13). P: 7913-7928. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-2713-2>.
- Puillat I., Lazure P., Jegou A.M., Lampert L., Miller P.I., 2004.** Hydrographical variability on the French continental shelf in the Bay of Biscay, during the 1990s. *Continental Shelf Research.* Vol. 24. P: 1143-1163.
- Puillat I., Taupier-letage I., Millot C., 2002.** Algerian Eddies lifetime can near three years. *Journal of Marine Systems.* Vol. 31. P : 245-259.
- Q-
- Quero J.C., Vayne J.J., 1997.** Les poissons de mer des pêches françaises. *Delachaux & Niestlé.* 304p.
- Quinteiro J., Vidal R., Rey Méndez M., 2000.** Phylogeny and biogeographic history of hake (genus *Merluccius*), inferred from mitochondrial control-region sequences. *Marine Biology.* Vol. 136. P: 163-174.
- R-
- Radhouan El Zrelli., Courjault-Radé, P., Rabaoui, L., Castet, S., Michel, S., Bejaoui, N., 2015.** Heavy metal contamination and ecological risk assessment in the surface sediments of the coastal area surrounding the industrial complex of Gabes city, Gulf of Gabes, SE Tunisia. *Marine Pollution Bulletin.* Vol. 101 (2). P : 922-92. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.10.047>.
- Rafinesque S. ? 1810.** Caratteri di alcuni nuovi generi e nuove specie di animalie pinte dolla Sicili, Palermo (Reimpresión A. Asher, Amsterdam, 1967). 105p.
- Raizada A.K., 1975.** The testicular cycle of a Percoid teleost. *Gegenbaurs morphol. Jahrb.* Vol. 121(1). P: 77-87.
- Ramon M.M., Castro J.A., 1997.** Genetic variation in natural stocks of *Sardina pilchardus* (sardines) from the western Mediterranean Sea. *Heredity.* Vol. 78. P: 520-528.
- Raymonde L.F., 1999.** L'otolithe: la «boite noire» des téléostéens. Laboratoire d'ichtyoécologie tropicale et méditerranéenne, université de Perpignan, *URA 1453 CNRS, France. L'Année biologique.* Vol. 38. P:107-122.
- Recasens L., 1992.** Dinamica de poblaciones i pesqueria del lluc (*Merluccius merluccius*) al Golfo de Leon i la mar Catalana. *Ph.D. Thesis, Universitat de Barcelona.* 398p.
- Recasens L., Chiericoni V., Belcari P., 2008.** Spawning pattern and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius*, Linnaeus, 1758) in the western Mediterranean. *Sci. Mar.* Vol. 72: 721-732.
- Recasens L., Lombarte A., Morales-Nin B., Torres G.J., 1998.** Spatiotemporal variation in the population structure of the European hake in the NW Mediterranean. *J. Fish. Biol.* Vol. 53. P: 387-401.

<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1998.tb00988.x>

- Reeves S.A., 2003.** A simulation study of the implications of the age-reading errors for the stock assessment and management advice. *ICES Journal of Marine Science*. Vol. 60. P: 314-328.
- Reggam A., Bouchelaghem E.H., Hanane S., Houhamdi M., 2017.** Effects of anthropogenic activities on the quality of surface water of Seybouse River (northeast of the Algeria). *Arab. J. Geosci.* Vol. 10 (10). 219p. <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3010-4>.
- Reñones O. Grau A. Mas X. Riera F. & Saborido-Rey F. 2010.** Reproductive pattern of an exploited dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) population in the western Mediterranean. *Scientia Marina*. Vol. 74 (3). P: 523-537.
- Restrepo V.R., Powers J.E., 1990.** A comparison of three methods for handling the plus group in virtual population analysis in the presence of ageing errors. *Collective Volume of Scientific Paper, ICCAT*. Vol. 35 (2). P: 346-354.
- 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.* Vol. 48. P 255-264.
- Ricker W.E., 1971.** Methods for Assessment of fish Production in Fresh Waters IBP. Handbook. 348p.
- Ricker W.E., 1973.** Linear regressions in fishery research. *J. Fish. Res. Board Can.* Vol. 30. P: 409-434.
- Ricker W.E., 1975.** Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*. Vol. 191. P: 1-382.
- Ricker W.E., 1958.** Methods for Assessment of fish Production in Fresh Waters IBP. Handbook 348p.
- Ricker W.E., 1980.** Calcul et interprétation de statistiques des populations de poissons. *Bull. Can. Fish. Aquat. Sci.* 191F, 409p.
- Riehl R., Bless R., 1995.** First report on egg deposition and egg morphology of the endangered endemic Romanian perch. *J. Fish Biol.* Vol. 46. P: 1086-1090.
- Riehl R., Patzner R., 1998.** Mini review: the modes of egg attachment in teleost fishes. *Ital. J. Zool.* Vol. 65 (1). P:415-420.
- Rijnsdorp A.D., Ibelings B., 1989.** Sexual dimorphism in the energetics of reproduction and growth in North Sea plaice (*Pleuronectes platessa*, L). *J. Fish. Biol.* Vol. 35. P: 401-4115.
- Rikhter V.A., Efanov V.N., 1976.** On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *ICNAF Research Document*, 76/VI/8. 12p.
- Rivard D., 1989.** Overview of the systematic, structural, and sampling errors in cohort analysis. *American Fisheries Society Symposia* Vol. 6. P: 49-65.
- Rizzo E., Sato Y., Barreto H.P., Godinho H.P., 2002.** Adhesiveness and surface patterns of eggs in neotropical freshwater teleosts. *J. Fish Biol.* Vol. 61(3). P: 615-632.
- Robinson M.L., Gomez-Raya L., Rauw W.M. & Peacock M.M. 2008.** Fulton's body condition factor K correlates with survival time in a thermal challenge experiment in juvenile Lahontan cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki henshawi*). *Journal of thermal biology*, 33: 363 - 368.
- Robles R., Periero J.A., Fernandez A.M., Garcia, J.M., 1975.** Estudios de cartografía, selectividad y mercado de merluza europea, *Merluccius merluccius* L., frente al litoral Gallego. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*. Vol. 190. 39p.
- Rocha M.J., Arukwe A., Kapoor B.G., 2008.** Fish Reproduction. *Science Publishers, Enfield, NH, USA*. 629p.
- Roff D.A., 1984.** The evolution of life history parameters in teleosts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 41. P: 989-1000.
- Roldán M.I., García-Marín J.L., Utter F.M., Pla C., 1999.** Genetic relationships among *Merluccius species*. *Heredity*. Vol. 83(1). P: 79-86.
- Rutaisire J., Muwazi R.T., Booth J., 2003.** Structure and cytology of the testes of *Labeo victorianus* (Pisces: Cyprinidae). *Afr. Zool.* Vol. 38 (1). P: 119-126.
- S -
- Saat T., 1993.** The morphology of oocytes final maturation and fertilization in fish. In: Physiological and biochemical aspects of fish development (Walther B.T., Fyhn H.J., eds.) Norway: *Univ. of Bergen*. P: 71-85.
- Sacan M.T., Altun O., 2011.** Heavy metal levels of five fish species inhabiting brackish water, the Kuquqekmece Lagoon, Istanbul (Turkey). *Fresenius Environ. Bull.* Vol. 20 (2). P: 511-520.
- Saher NU., Siddiqui A.S., 2016.** Comparison of heavy metal contamination during the last decade along the coastal sediment of Pakistan: Multiple pollution indices approach. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 105 (1). P: 403-410. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.02.012.
- Sailla S.B., Recksiek C.R., Prager H., 1988.** Basic fishery science programs. Elsevier, *Dev. Aquacult. Fish. Sci.* Vol. 18. P: 1-231.
- Sainsbury, K. J. 1980** - Effect of Individual Variability on the von Bertalanffy Growth Equation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 37. P: 241- 247.
- Samb B., 1990.** News from Senegal. *Fishbyte*. VVol. 8. (2). P: 1-32.

- Sánchez P., Martín P., 1985.** Talla de primera madurez y selectividad en algunas especies demersales de interés comercial del litoral catalán. *Inf Téc. Instituto Español de Oceanografía*. Vol. 100. P: 19-27.
- Santana L. R. R., Carvalho R. D. S., Leite C. C. L., Alcântara L. M., Oliveira T. W. S. & Rodrigues B. M., 2006.** Qualidade física, microbiológica e parasitológica de alfaces (*Lactuca Sativa*) de diferentes sistemas de cultivo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Vol. 2 (26). PP: 264-269.
- Santos H.B., Rizzo E., Bazzoli N., Sato Y., Moro L., 2005a.** Ovarian regression and apoptosis in the South America teleost *Leporinus taeniatus* Lütken (Characiforme, Anostomidae) from the São Francisco Basin. *J. Fish Biol.* Vol. 67. P: 1446-1459.
- Santos J.E., Bazzoli N., Rizzo E., Santos G.B., 2001.** Morphological organisation of the male reproductive system of the catfish *Iheringichthys labrosus* (Lütken, 1874) (Siluriforme: Pimelodidae). *Tissue Cell*. Vol. 33 (5). P: 533-540.
- Santos R.N., Andrade C.C., Santos L.N., Santos A.F.G.N., Araujo F.G., 2006.** Testicular maturation of *Oligosarcus hepsetus* (Cuvier) (Actinopterygii, Characidae) in a Brazilian reservoir. *Braz. J. Biol.* Vol. 66 (1A). P: 143-150.
- Sarano F., 1983.** La reproduction du merlu *Merluccius merluccius* (L), Cycle ovarien et fécondité. Cycle sexuel de la population du golfe de Gascogne. *Thèse de doctorat, Université de Poitier*. 305p.
- Sarano F., 1986.** Cycle ovarien du merlu *M. merluccius*, poisson a ponte fractionnée. *Revue des Travaux de l'Institut des Peches Maritimes*. Vol. 48. P: 65-76.
- Sarasquete M.C., Cardenas S., Gonzalez de Canales M.L., Pascual E., 2002.** Oogenesis in the bluefin tuna, *Thunnus thynnus* L.: A histological and histochemical study. *Histol. Histopathol.* Vol. 17. P: 775-788.
- Sarasquete M.C., POLO A., Pascual E., Yufera M., 1993a.** Histochemistry of proteins, lipids and carbohydrates in the yolk of oocytes, eggs and larvae of seabream (*Sparus aurata*). In *Physiological and biochemical aspects of fish development*. Walther B.T.; Fynh H.J. Eds. *Univ. Berger Norway*.
- Saville A., 1977.** Survey methods of appraising fisheries resources. *FAO Fisheries Technical Paper*. Vol.171.76p.
- Scapigliati G., Meloni S., Mazzini M., 1999.** A monoclonal antibody against chorion proteins of the sea bass *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758): Studies of chorions precursors and applicability in immunoassay. *Biol. Reprod.* Vol. 60. P: 783-789.
- Schulz R.W., Miura T., 2002.** Spermatogenesis and its endocrine regulation. *Fish Physiol. Biochem.* Vol. 26. P: 43-56.
- Schulz R.W., de Franca L.R., Lareyre J.J., LeGac F., Chiarini-Garcia H., Nobrega R.H., Miura T., 2010 :** - Spermatogenesis in fish. *General and Comparative Endocrinology* 165 390-411.
- Schulz R.W., Menting S., Bogerd J., França L.R., Vilela D.A.R., Godinho H.P., 2005.** Sertoli cell proliferation in adult testis—evidence from two fish species belonging to different orders. *Biol. Reprod.* Vol. 73. P: 891-898.
- Schulz RW, Dijk W., Bogerd J., 2003.** Sertoli cell proliferation and FSH signalling in Africacatfish, *Clarias gariepinus*. *Fish Physiology and Biochemistry*. Vol. 28. 223p.
- Secor D.H., Dean J.M., 1989.** Somatic growth effects on the otolith - fish size relationships in young pond-reared striped bass, *Morone saxatilis*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 46. P: 113-121.
- Selman K., Wallace R.A., 1986.** Gametogenesis in *Fundulus heteroclitus*. *Amer. Zool.* Vol. 26. P: 173-192.
- Selman K., Wallace R.A., 1989.** Cellular aspects of oocyte growth in teleosts. *Zool. Sci.* Vol. 6. P: 211-231.
- Selman K., Wallace R.A., Player D., 1991.** Ovary of the seahorse, *Hippocampus erectus*. *Journal of Morphology*. Vol. 209. P: 285-304.
- Sherwood G.D., Kovacs J., Hontela A., Rasmussen J.B., 2002.** Simplified food webs lead to energetic bottlenecks in polluted lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 59. P: 1-5.
- Shulman G.E., 1974.** Life Cycles of Fish. John Wiley and Sons, New York. 253 pp.
- Shung S.H., 1973.** The sexual activity of yellowfin tuna caught by the longline fishery in the Indian Ocean, based on the examination of ovaries. *Bull. Far. Seas, Res. Lab.* Vol. 9. P: 123-142.
- Sidibe A., 2003.** Les ressources halieutiques démersales côtières de la Guinée: exploitation, biologie et dynamique des principales espèces de la communauté à Sciaenidés. *Thèse de Doctorat, Ensar, Rennes*. 320p.
- Silva L., Vila Y., Acosta J.J., Tornero J., 2007.** Size at first maturity in European hake: estimates based on different maturity criteria. Working Document (WD10) presented to the Workshop on Sexual Maturity Staging of Hake and Monk (WKMSHM), 21-24 November 2007, Lisbon, Portugal. ICES Document CM 2007/ACFM:34. 82 pp.
- Simmons D.C., 1969.** Maturity and spawning of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the Atlantic, with comments on nematode infestation of the ovaries. *US. Fish, Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish.* Vol. 580. 17p.
- Sin S.N., Chua H., Lo W., Ng L.M., 2001.** Assessment of heavy metal cations in sediments of Shing Mun River, Hong Kong. *Environ. Int.* Vol. 26 (5). P: 297-301. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(01\)00003-4](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(01)00003-4).

- Sokolowska E., Kulczykowska E., 2006.** Annual reproductive cycle in two free living populations of three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.): patterns of ovarian and testicular development. *Oceanologia*. Vol. 48 (1). P: 103-124.
- Soriguer F., Serna S., Valverde E, Hernando J., Martín-Reyes A., Soriguer M., Pareja A., Tinahones F., Esteve I., 1997.** Lipid, protein and caloric content of different Atlantic and Mediterranean fish, shellfish, and molluscs commonly eaten in the south of Spain. *European Journal of Epidemiology*. Vol. 13. P : 451-463.
- Sparre P., Venema S.C., 1996.** Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux. Première partie : Manuel FAO. *Document technique sur les pêches numéro 306/2 Rev.1, Rome*. 106p.
- Sparre P. & Venema S.C., 1998.** Introduction to tropical fish stock assessment. Part1- Manual. *FAO Fisheries Technical Paper, No.306.1, Rev.2 .Rome, FAO*: 407 p.
- Specker J.L., Berlinsky D.L., Bibb H.D., 1987.** Oocyte development in striped bass: factors influencing estimates of age at maturity. *American Fisheries Society Symposium*. Vol. 1. P: 162-174.
- Stahl A., Leray C., 1961.** L'ovogenèse chez les poissons téléostéens. Origine et signification de la zona radiata et de ses annexes. *Arch. Anat. Micros. Morph. Exp.*Vol. 50 (2). P: 251- 268.
- Stequert B., 1976.** Etude de la maturité sexuelle, de la ponte et de la fécondité du listao (*Katsuwonus pelamis*) de côte nord-ouest de Madagascar. *Cab. ORSTOM, Ser Oceanogr* . Vol. 14 (3). P: 227-247.
- Sulistyo I., Rinchar J., Fontaine P., Gardeur J.N., Capdeville B., Kestemont P., 1998.** Reproductive cycle and plasma levels of sex steroids in female Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquat.Living. resour.* Vol. 11(2). P: 101-110.
- Svetovidov A.N., 1948.** Treskoobraznye [Gadiformes]. Fauna SSSR, Zoologicheskii Institut Akademi Nauk SSSR (n.s.) 34, Ryby [Fishes] 9(4):1-222 [in Russian; English translation, 1962, Jerusalem: Israel Program for scientific translations 304 pp.
- Szidat L., 1955.** La fauna de parásitos de “*Merluccius hubbsi*” como carácter auxiliar para la solución de los problemas sistemáticos y zoogeográficos del género “*Merluccius*”. L. *Comunicaciones del Instituto Nacional de Investigacion de las Ciencias Naturales del Buenos Aires*. Vol. 3. P: 1-54.
- T -**
- Takashima F., Hibiya T., 1995.** An Atlas of Fish Histology: normal and pathological features. (Eds, Takashima, F. & Hibiya, T). p. 195.
- Tanaka S. 1960.** Studies on the dynamics and the management of fish populations. *Bulletin of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory*. Vol. 28. P: 1-200.
- Tarras-Wahlberg N.H., Flachier A., Lane S.N., Sangfors O., 2001.** Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: the Puyango River basin, southern Ecuador. *Sci. Total Environ.* Vol. 278 (1). P:239-261. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00655-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00655-6).
- Taylor C.C., 1958.** Croissance de la morue et la température. *J. du Conseil International pour l' Exploration de la mer*. Vol. 23. P: 366-370.
- Taylor C.C., 1960.** Temperature, growth and mortality – the pacific cockle. *Journal du Conseil permanent International pour l' Exploration de la Mer*. Vol. 26. P: 117-24.
- Tessier E., 2012.** Diagnostic de la contamination sédimentaire par les métaux/métalloïdes dans la Rade de Toulon et mécanismes contrôlant leur mobilité. *Doctoral thesis. University of Toulon*.
- Thorsen A., Marshall C.T., Kjesbu O.S., 2006.** Comparison of various potential fecundity models for north-east Arctic cod *Gadus morhua*, L. using oocyte diameter as a standardizing factor. *Journal of Fish Biology*. Vol. 69. P: 1709-1730.
- Tornaritis M., Peraki E., Georgulli M., Kafatos A., Charalambakis G., Divanack P., Kentouri M., Yiannopoulos S., Frenaritou H., Argyrides R., 1993.** Fatty acid composition and total fat content of eight species of Mediterranean fish. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. Vol. 45. P: 135-139.
- Treasurer J.W., Holliday G.T., 1981.** Some aspects of the reproductive biology of perch *Perca fluviatilis* L. A histological description of the reproductive cycle. *J. Fish Biol.*, Vol. 18. P:359-376.
- Trippel E.A. 1999.** Estimation of stock reproductive potential: history and challenges for Canadian Atlantic gadoid stock assessments. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*. Vol. 25. P: 61-81.
- Türkmen A., Türkmen M., Tepe Y., Mazlum Y., Oymael S., 2006.** Metal concentrations in blue crab (*Callinectes sapidus*) and mullet (*Mugil cephalus*) in Iskenderun Bay, northern East Mediterranean, Turkey. *Environ. Contam. Tox.* Vol. 77 (2). P:186-193. <https://doi.org/10.1007/s00128-006-1049-0>.
- Türkmen M., Türkmen A., Tepe Y., Ateş A., Gökkuş K., 2008.** Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: twelve fish species. *Food Chem.* Vol. 108 (2). P: 794-800. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.025>.
- Tursi A., Matarrese A., D'Onghia G., Sion L., Maiorano P., 1996.** The yield per recruit assessment of hake (*Merluccius merluccius* L. 1758) and red mullet (*Mullus barbatus* L. 1758) in the Ionian Sea. *FAO Fisheries Report*. Vol. 533. P: 127-141.

**Tyler C.R., Sumpter J.P., 1996.** Oocyte growth and development in teleosts. *Rev. Fish Biol. Fisch.* Vol. 6. P: 287-318.

**Tyler T.R., 1989.** The psychology of procedural justice: A test of the group value model. *Journal of Personality and Social Psychology.* Vol. 57. P: 830-838,

-U -

**Uçkun A., Sipahi T., Igde M., 2001.** Is it possible to diagnose Rapunzel syndrome pre-operatively?. *Eur J Pediatr* Vol. 160. P: 682-683. <https://doi.org/10.1007/s004310100829>

**Uluozlu O.D., Tuzen M., Mendil D., Soy lak M., 2007.** Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean seas, Turkey. *Food Chem.* Vol. 104 (2). P: 835-840. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.003>.

**Ungaro N., Vrgoc N., Mannini P., 2001.** The biology and stock assessment of *Merluccius merluccius* (L.) in the Adriatic Sea an historical review by geographical management. *units, GFCM-SAC Working Group on Demersal Species, Tunis, 13-16/03/2001: GCP/RER/010/ITA/OP.* 13p.

**Ursin E., 1967.** A mathematical model of some aspects of fish growth, respiration and mortality. *Journal of Fisheries Research Board of Canada.* Vol. 24. P: 2355-2453.

**Usero J., Izquierdo C., Morillo J., Gracia I., 2003.** Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla*, *Liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. *Environment International.* Vol. 29. P: 949-956. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00061-8](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00061-8).

-V -

**Valdivia K., 2012.** Caractérisation du phénotype associé à la mutation masculinisante *mal* chez la truite arc-en-ciel, *Oncorhynchus mykiss*. *Thèse de l'université de Rennes I.* 145p.

**Valencia V., Motos, L., Urrutia, J., 1989.** Estudio de la variación temporal de la hidrografía y el plancton en la zona nerítica frente a San Sebastian. *Informes Técnicos del Dpto. Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco.* 80 p.

**Velasco F., Olaso I., 1998.** European hake *Merluccius merluccius* (L., 1758) feeding in the Cantabrian Sea : seasonal, bathymetric and length variations. *Fish. Res.* Vol. 38. P : 33-44.

**Villa A., Garcia Marin J.L., Utter F., Pla C., 1990.** Utilisation de stocks du merlu (*Merluccius merluccius*). *Rapport Commission Internationale Mer Méditerranée.* Vol. 31. 250p.

**Vizziano D., Fostier, A., Loir, M., Le Gac, F., 2008c.** Testis Development, its Hormonal Regulation and Spermiation Induction in Teleost Fish. In: *Fish Spermatology.* Alpha Science International Ltd. Oxford, U.K. P: 103-139.

**Von Bertalanffy L., 1938.** A quantitative theory of organ growth. *Human Biology.* Vol.10. P: 181-213.

-W -

**Wallace R.A., Boyle S.M., Grier H.J., Selman K., Petrino T.R., 1993.** Preliminary observations on oocyte maturation and other aspects of reproductive biology in captive female snook, *Centropomus undecimalis*. *Aquaculture.* Vol. 116 (2-3). P: 257-273.

**Wallace R.A., Selman K., 1981.** Cellular and dynamic aspects of oocytes growth in teleosts. *Amer. Zool.,* Vol.21. P: 325-343.

**Wallace R.A., Selman K., 1990.** Ultrastructural aspects of oogenesis and oocyte growth in fish and amphibians. *J. Electron microsc. Tech.* Vol. 16. P: 175-201.

**Waltham N.J., Teasdale, P.R., Connolly, R.M., 2011.** Contaminants in water, sediment and fish biomonitor species from natural and artificial estuarine habitats along the urbanized gold coast, Queensland. *J. Environ. Monit.* Vol. 13. P: 3409-3419.

**West G., 1998.** Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Australian Journal of marine and Freshwater Research.* Vol. 41. P: 199-222.

**West R., 2001.** Theories of addiction. *Addiction.* Vol.96. P: 3-13. <https://doi.org/10.1046/j.1360-443.2001963.x>

**WHO-IPCS., 1998.** Environmental Health Criteria n°200: Copper: World Health Organisation International Programme on Chemical Safety. <http://www.inchem.org/fullist.htm>.

**Winberg G.G., 1960.** Rate of metabolism and food requirements of fishes. *Fish. Res. Bd. Can., Trans.* Vol. 194. 240p.

**Wootton R. J. 1998.** Ecology of Teleost Fishes. 2<sup>nd</sup> ed. London: *Chapman & Hall.* 386p.

**Wu H., Liu, X., Zhang, X., Ji, C., Zhao, J., Yu, J., 2013b.** Proteomic and metabolomic responses of clam *Ruditapes philippinarum* to arsenic exposure under different salinities. *Aquat. Toxicol.* Vol. 136.P:91-100. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2013.03.020>.

**Wu H., Zhang, X., Wang, Q., Li, L., Ji, C., Liu, X., Yin, X., 2013a.** A metabolomic investigation on arsenic-induced toxicological effects in the clam *Ruditapes philippinarum* under different salinities. *Ecotox. Environ. Saf.* Vol. 90. P: 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.02.022>.

**Yakimov, M.M., Timmis, K.N., Golyshin, P.N., 2007.** Obligate oil-degrading marine bacteria. *Curr. Opin. Biotechnol.* Vol. 18 (3). P: 257-266. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2007.04.006>.

- Yi Y., Yang, Z., Zhang, S., 2011.** Ecological risk assessment of heavymetals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. *Environ. Pollut. Vol.* 159 (10). P:2575-2585. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.06.011>.
- Yildirim Y., Gonulalan, Z., Narin, I., Soylak, M., 2009.** Evaluation of trace heavy metal levels of some fish species sold at retail in Kayseri, Turkey. *Environ. Monit. Assess.* V 149 (1). P: 223-228. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0196-7>.
- Yilmaz F., 2009.** The comparison of heavy metal concentrations (Cd, Cu, Mn, Pb, and Zn) in tissues of three economically important fish (*Anguilla anguilla*, *Mugil cephalus* and *Oreochromis niloticus*) inhabiting Koycegiz Lake-Mugla (Turkey). *Turk. J. Sci. Technol.* Vol. 4 (1). P: 7-15.
- Yoneda M., Tokimura M., Fujita H., Takeshita N., Takeshita K., Matsuyama M., Matsuura S., 2001.** Reproductive cycle, fecundity, and seasonal distribution of the angler fish *Lophius litulon* in the East China and Yellow seas. *Fish Bull.* Vol. 99. P: 356-370.
- Yoneda M., Wright, P.J. 2005.** Effects of varying temperature and food availability on growth and reproduction in first-time spawning female Atlantic cod. *Journal of Fish Biology.* Vol. 67. P: 1225-1241.

-Z-

- Zoubi A., 2001.-** Biologie de reproduction des principales espèces démersales de la Méditerranée marocaine [Reproductive biology of the major demersal resources in the Moroccan Mediterranean]. *Rapp. Proc.verb. Réun. CIESM*, 36. 340p.
- Zupanovic S., Jardas I., 1986.** A contribution to the study of biology and population dynamics of the Adriatic hake, *Merluccius merluccius* (L). *Acta Adriat.* Vol. 27(1-2). P: 97-146.



---

---

*Annexes*

---

---





**Tableau 01** : Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge des mâles de *Merluccius merluccius* du Golfe de Béjaïa.

Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	18.65	1.580	257.87	n.a
2	25.97	2.010	131.33	2.370
3	35.77	2.000	18.87	2.410
4	47.00	1.700	4.39	2.400
5	57.00	1.700	4.39	2.270
6	65.01	1.690	4.38	2.160
7	72.08	4.960	6.36	2.010
8				
9				
10				

**Tableau 02** : Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge des femelles de *Merluccius merluccius* du Golfe de Béjaïa.

Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	18.62	2.000	431.33	n.a
2	25.99	3.180	384.20	2.210
3	45.00	1.700	4.39	2.970
4	51.11	1.600	4.14	2.120
5	59.24	3.520	8.18	2.110
6	69.08	1.300	5.03	2.160
7	75.52	2.090	10.70	2.090
8				
9				
10				

**Tableau 03** : Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge de la population totale de *Merluccius merluccius* du Golfe de Béjaïa.

Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	17.79	1.390	558.86	n.a
2	25.03	4.390	813.95	2.150
3	36.63	2.090	30.60	2.350
4	46.01	2.120	5.98	2.270
5	51.48	0.990	4.25	2.100
6	59.00	1.700	4.39	2.180
7	69.00	1.350	5.28	2.230
8	75.58	1.950	11.55	2.090
9				
10				

**Tableau 04 :** Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge des mâles de *Merluccius merluccius* de la Baie de Jijel.

Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	18.75	2.110	140.70	n.a
2	28.54	1.630	39.67	2.580
3	37.10	2.230	13.36	2.310
4	47.35	3.820	8.60	2.210
5	56.92	2.990	3.46	2.110
6	63.25	1.510	3.71	2.060
7				
8				
9				
10				

**Tableau 05 :** Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge des femelles de *Merluccius merluccius* de la Baie de Jijel.

Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	19.15	2.060	252.78	n.a
2	27.30	2.200	215.60	2.370
3	38.12	1.340	17.40	2.490
4	48.08	3.320	13.05	2.270
5	57.26	1.500	3.75	2.170
6	64.22	3.110	6.15	2.080
7	72.72	3.250	3.98	2.060
8				
9				
10				

**Tableau 06 :** Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge de la population totale de *Merluccius merluccius* de la Baie de Jijel.

Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	17.81	1.460	283.75	n.a
2	23.17	1.800	372.57	2.220
3	32.19	2.160	77.74	2.400
4	38.16	1.480	24.32	2.140
5	47.07	2.220	14.40	2.260
6	58.54	1.630	6.62	2.310
7	65.73	4.430	12.39	2.040
8				
9				
10				

**Tableau 07** : Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge des mâles de *Merluccius merluccius* du Golfe d'Annaba.

Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	20.43	2.150	236.90	n.a
2	27.39	1.350	63.78	2.310
3	33.05	1.530	35.68	2.190
4	45.00	1.700	4.39	2.500
5	52.09	4.940	6.33	2.020
6	60.08	2.920	2.37	2.000
7	64.88	1.820	4.83	2.000
8				
9				
10				

**Tableau 08** : Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge des femelles de *Merluccius merluccius* du Golfe d'Annaba.

Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	18.66	2.590	222.15	n.a
2	27.29	2.030	122.20	2.380
3	36.04	2.540	32.78	2.290
4	46.19	3.790	4.89	2.200
5	55.42	4.210	4.93	2.050
6	65.06	4.320	5.01	2.040
7	69.49	1.150	2.28	1.970
8				
9				
10				

**Tableau 09** : Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge de la population totale de *Merluccius merluccius* du Golfe d'Annaba.

Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	20.43	2.150	236.90	n.a
2	27.39	1.350	63.78	2.310
3	33.05	1.530	35.68	2.190
4	45.00	1.700	4.39	2.500
5	52.09	4.940	6.33	2.020
6	60.08	2.920	2.37	2.000
7	64.88	1.820	4.83	2.000
8				
9				
10				

**Tableau 10 :** Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge de la population masculin de *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.

Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	20.22	2.630	767.64	n.a
2	32.43	2.270	99.52	2.640
3	47.00	2.630	10.66	2.560
4	55.18	1.550	3.97	2.160
5	63.00	1.060	8.47	2.180
6	74.00	3.400	6.64	2.200
7				
8				
9				
10				

**Tableau 11 :** Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge de la population féminine de *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.

Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	20.22	2.630	767.64	n.a
2	32.43	2.270	99.52	2.640
3	47.00	2.630	10.66	2.560
4	55.18	1.550	3.97	2.160
5	63.00	1.060	8.47	2.180
6	74.00	3.400	6.64	2.200
7				
8				
9				
10				

**Tableau 12 :** Décomposition de la distribution des fréquences de taille en groupes d'âge de la population totale de *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.

Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	21.17	3.380	2298.73	n.a
2	33.25	3.240	311.78	2.450
3	48.72	1.670	22.02	2.580
4	57.41	1.790	16.70	2.210
5	68.62	1.490	14.01	2.270
6	75.02	2.090	16.30	2.080
7				
8				
9				
10				

**Tableau 01:** Tailles en fonction d'âges et accroissements annuels des femelles, des mâles et sexes confondus de *Merluccius merluccius* dans le Golfe de Béjaïa.

t (an)	Mâles		Femelles		Sexes Confondus	
	Longueur totale (cm)	Acc. annuels (cm)	Longueur totale (cm)	Acc. annuels (cm)	Longueur totale (cm)	Acc. annuels (cm)
1	18,65	-	18,62	-	17,79	-
2	25,97	7,32	25,99	7,37	25,03	7,24
3	35,77	9,8	45	19,01	36,63	11,6
4	47	11,23	51,11	6,11	46,01	9,38
5	57	10	59,24	8,13	51,48	5,47
6	55,01	8,01	69,08	9,84	59	7,52
7	72,08	7,07	75,52	6,44	69	10
8					75,58	6,58

**Tableau 02:** Tailles en fonction d'âges et accroissements annuels des femelles, des mâles et sexes confondus de *Merluccius merluccius* dans la Baie de Jijel.

t (an)	Mâles		Femelles		Sexes Confondus	
	Longueur totale (cm)	Acc. annuels (cm)	Longueur totale (cm)	Acc. annuels (cm)	Longueur totale (cm)	Acc. annuels (cm)
1	18,75	-	19,15	-	17,81	-
2	28,54	9,79	27,3	8,15	23,17	5,36
3	37,1	8,56	38,12	10,82	32,19	9,02
4	47,35	10,25	48,08	9,96	38,16	5,97
5	56,92	9,57	57,26	9,18	47,07	8,91
6	63,25	6,33	64,22	6,96	58,54	11,47
7	-	-	72,72	8,5	65,73	7,19

**Tableau 03:** Tailles en fonction d'âges et accroissements annuels des femelles, des mâles et sexes confondus de *Merluccius merluccius* dans le Golfe d'Annaba.

t (an)	Mâles		Femelles		Sexes Confondus	
	Longueur totale (cm)	Acc. annuels (cm)	Longueur totale (cm)	Acc. annuels (cm)	Longueur totale (cm)	Acc. annuels (cm)
1	20,43	-	18,66	-	21,67	-
2	27,39	6,96	27,29	8,63	29	7,33
3	33,05	5,66	36,04	8,75	33,42	4,42
4	45	11,95	46,19	10,15	49,02	15,6
5	52,09	7,09	55,42	9,23	57	7,98
6	60,08	7,99	65,06	9,64	63,03	6,03
7	64,88	4,8	69,49	4,43	69,03	6

**Tableau 04:** Tailles en fonction d'âges et accroissements annuels des femelles, des mâles et sexes confondus de *Merluccius merluccius* de la population total de la Côte-Est Algérienne.

t (an)	Mâles		Femelles		Sexes Confondus	
	Longueur totale (cm)	Acc. Annuels (cm)	Longueur totale (cm)	Acc. annuels (cm)	Longueur totale (cm)	Acc. annuels (cm)
1	20,22	-	21	-	21,17	-
2	32,43	12,21	34,65	13,65	33,25	12,08
3	47	14,57	45,59	10,94	48,72	15,47
4	55,18	8,18	57,24	11,65	57,41	8,69
5	63	7,82	64,05	6,81	68,62	11,21
6	74	11	75,58	11,53	75,02	6,4

**Tableau 05:** Poids totaux et accroissements pondéraux annuels des mâles, des femelles et sexes confondus de *Merluccius merluccius* dans le Golfe de Béjaïa.

t (an)	Mâles		Femelles		Sexes Confondus	
	Poids total (cm)	Acc. annuels (gr)	Poids total (gr)	Acc. annuels (gr)	Poids total (gr)	Acc. annuels (gr)
1	2879,82	-	2240,43	-	1731,42	-
2	5243,48	2363,66	3988,01	1747,58	3406,10	1674,67
3	7339,86	2096,38	5492,17	1504,16	4876,62	1470,52
4	9199,19	1859,32	6786,82	1294,64	6167,89	1291,26
5	10848,26	1649,07	7901,13	1114,31	7301,74	1133,85
6	12310,86	1462,5	8860,22	959,09	8297,37	995,62
7	13608,07	1297,20	9685,73	825,50	9171,62	874,25
8					9939,31	767,68

**Tableau 06:** Poids totaux et accroissements pondéraux annuels des mâles, des femelles et sexes confondus de *Merluccius merluccius* dans la Baie de Jijel.

t (an)	Mâles		Femelles		Sexes Confondus	
	Poids total (cm)	Acc. annuels (gr)	Poids total (gr)	Acc. annuels (gr)	Poids totaux (gr)	Acc. annuels (gr)
1	1690,45	-	1827,42	-	2703,43	-
2	3029,86	1339,41	3523,93	1696,51	4416,16	1712,73
3	4148,64	1118,77	4984,13	1460,20	5950,49	1534,32
4	5083,11	934,478	6240,94	1256,80	7324,99	1374,50
5	5863,66	780,541	7322,68	1081,74	8556,31	1231,32
6	6515,62	651,963	8253,75	931,06	9659,38	1103,06
7			9055,13	801,37	10647,54	988,16

**Tableau 07:** Poids totaux et accroissements pondéraux annuels des mâles, des femelles et sexes confondus de *Merluccius merluccius* dans le Golfe d'Annaba.

t (an)	Mâles		Femelles		Sexes Confondus	
	Poids total (cm)	Acc. annuels (gr)	Poids total (gr)	Acc. annuels (gr)	Poids total (gr)	Acc. annuels (gr)
1	2046,49	-	1939,43	-	1343,37	-
2	2867,88	821,39	3362,20	1422,77	2402,72	1059,35
3	3581,97	714,083	4599,10	1236,90	3287,57	884,84
4	4202,76	620,79	5674,41	1075,30	4026,65	739,08
5	4742,45	539,69	6609,24	934,82	4643,99	617,33
6	5211,64	469,18	7421,94	812,70	5159,63	515,64
7	5619,53	407,89	8128,47	706,52	5590,33	430,70

**Tableau 08:** Poids totaux et accroissements pondéraux annuels des mâles, des femelles et sexe confondus de *Merluccius merluccius* de la population total de la Côte-Est Algérienne.

t (an)	Mâles		Femelles		Sexes Confondus	
	Poids total (cm)	Acc. annuels (gr)	Poids total (gr)	Acc. annuels (gr)	Poids total (gr)	Acc. annuels (gr)
1	2407,66	-	2068,89	-	2446,78	-
2	4494,95	2087,28	3793,63	1724,73	4600,04	2153,25
3	6221,05	1726,09	5205,72	1412,09	6380,70	1780,65
4	7648,46	1427,41	6361,85	1156,12	7853,23	1472,52
5	8828,88	1180,41	7308,40	946,55	9070,95	1217,72
6	9805,03	976,15	8083,38	774,97	10077,96	1007,00

**APS**

Acide périodique, réactif de Schiff, Hématoxyline de Groat.

***Réactifs***

- Solution d'acide périodique:  
Acide périodique 1 g  
Eau désionisée 100 ml
  
- Réactif de Schiff :  
Fuschsine basique (Carlo Erba CI 42510) 2 g  
Eau désionisée à 100°C 400 ml  
Acide chlorhydrique 2 mol.l-1 10 ml  
Métabisulfite de potassium 4 g

Après repos 24h, ajouter du charbon actif, filtrer puis acidifier  
Acide chlorhydrique 2 mol.l-1 12 ml

- Hématoxyline de Groat.  
Solution 1 2 g  
Alun de fer et d'ammonium 1 g  
Eau désionisée 50 ml  
Acide sulfurique concentré 0,8 ml  
Solution 2  
Hématoxyline (RAL CI 75290) 0,5 g  
Ethanol à 96° 50 ml

Mélanger les deux solutions

***Mode opératoire***

Déparaffiner, hydrater  
Acide périodique : 10 mn  
Eau courante : 10 mn  
Eau distillée : rincer  
Réactif de Schiff : 10 mn  
Eau courante : 5 mn  
Hématoxyline de Groat : 5 mn  
Eau courante : 5 mn  
Déshydrater  
Monter.

***Résultats***

Les composés A.P.S. - positifs (protéoglycanes) sont rouges.  
Les grains de glycogène sont rouges.  
Le collagène est violet.

## Bleu alcian

Bleu alcian pH : 0,5 ou 2,5, Rouge nucléaire

### Réactifs

- Solution de bleu alcian :
  - Bleu alcian 8 GX (RAL CI 74240) 1 g
  - Eau désionisée 100 ml
  - Acide acétique qsp pH : 2,5 ou acide chlorhydrique qsp pH : 0,5
- Solution de rouge nucléaire :
  - Rouge nucléaire (Merck CI 60760) 0,1 g
  - Sulfate d'aluminium 5 g
  - Eau désionisée 100 ml

### Mode opératoire

Déparaffiner, hydrater  
Bleu alcian : 20 mn  
Eau : rincer  
Rouge nucléaire : 5 mn  
Eau courante : 5 mn  
Déshydrater  
Monter.

### Résultats

Les protéoglycanes **soufrés** sont colorés par le bleu alcian à pH : 0,5, tandis que les protéoglycanes **carboxylés** sont colorés par le bleu alcian à pH : 2,5.  
Les **noyaux** sont colorés en **rose** par le **rouge nucléaire**.

**Tableau 01:** Répartition saisonnière en effectif et en pourcentage (%) des différents stades de maturité sexuelle des femelles de *M. merluccius* du Golfe de Béjaïa.

Mois	Stade I		Stade II		Stade III		Stade VI		Stade V	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Hiver	32	34,78	14	27,45	18	32,73	8	19,05	7	29,17
Printemps	39	42,39	22	43,14	16	29,09	24	57,14	13	54,17
Eté	2	2,17	3	5,88	4	7,27	5	11,90	3	12,50
Automne	19	20,65	12	23,53	17	30,91	5	11,90	1	4,17
<b>Total</b>	92	100,00	51	100,00	55	100,00	42	100	24	100,00

**Tableau 02:** Répartition saisonnière en effectif et en pourcentage (%) des différents stades de maturité sexuelle des femelles de *M. merluccius* de la Baie de Jijel.

Mois	Stade I		Stade II		Stade III		Stade VI		Stade V	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Hiver	8	36,36	9	29,03	6	21,43	2	9,09	0	0
Printemps	6	27,27	12	38,71	13	46,43	14	63,64	19	95
Eté	2	9,09	3	9,68	4	14,29	4	18,18	1	5
Automne	6	27,27	7	22,58	5	17,86	2	9,09	0	0
<b>Total</b>	22	100	31	100	28	100	22	100	20	100

**Tableau 03:** Répartition saisonnière en effectif et en pourcentage (%) des différents stades de maturité sexuelle des femelles de *M. merluccius* du Golfe d'Annaba.

Mois	Stade I		Stade II		Stade III		Stade VI		Stade V	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Hiver	5	38,46	9	47,37	8	38,10	6	40,00	2	22,22
Printemps	2	15,38	4	21,05	7	33,33	5	33,33	5	55,56
Eté	1	7,69	2	10,53	3	14,29	2	13,33	1	11,11
Automne	5	38,46	4	21,05	3	14,29	2	13,33	1	11,11
<b>Total</b>	13	100,00	19	100,00	21	100,00	15	100,00	9	100,00

**Tableau 04:** Répartition saisonnière en effectif et en pourcentage (%) des différents stades de maturité sexuelle des mâles de *M. merluccius* du Golfe de Béjaïa.

Mois	Stade I		Stade II		Stade III		Stade VI		Stade V	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
<b>Hiver</b>	16	59,26	8	32,00	10	40,00	3	16,67	1	16,67
<b>Printemps</b>	5	18,52	3	12,00	6	24,00	9	50,00	3	50,00
<b>Été</b>	1	3,70	1	4,00	3	12,00	2	11,11	1	16,67
<b>Automne</b>	5	18,52	13	52,00	6	24,00	4	22,22	1	16,67
<b>Total</b>	27	100,00	25	100,00	25	100,00	18	100,00	6	100,00

**Tableau 05:** Répartition saisonnière en effectif et en pourcentage (%) des différents stades de maturité sexuelle des mâles de *M. merluccius* de la Baie de Jijel.

Mois	Stade I		Stade II		Stade III		Stade VI		Stade V	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
<b>Hiver</b>	5	35,71	6	28,57	4	18,18	2	12,50	1	16,67
<b>Printemps</b>	0	0,00	1	4,76	7	31,82	6	37,50	4	66,67
<b>Été</b>	0	0,00	3	14,29	4	18,18	3	18,75	0	0,00
<b>Automne</b>	9	64,29	11	52,38	7	31,82	5	31,25	1	16,67
<b>Total</b>	14	100,00	21	100,00	22	100,00	16	100,00	6	100,00

**Tableau 06:** Répartition saisonnière en effectif et en pourcentage (%) des différents stades de maturité sexuelle des mâles de *M. merluccius* du Golfe de Annaba.

Mois	Stade I		Stade II		Stade III		Stade VI		Stade V	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
<b>Hiver</b>	13	44,83	10	35,71	6	24,00	2	9,09	1	20,00
<b>Printemps</b>	6	20,69	6	21,43	9	36,00	14	63,64	3	60,00
<b>Été</b>	1	3,45	1	3,57	2	8,00	1	4,55	0	0,00
<b>Automne</b>	9	31,03	11	39,29	8	32,00	5	22,73	1	20,00
<b>Total</b>	29	100,00	28	100,00	25	100,00	22	100,00	5	100,00

**Tableau 01:** Variations du sex-ratio en fonction des saisons chez *Merluccius merluccius* du Golfe de Béjaïa.

Saisons	Pourcentage (%)				SR
	% F	E. type	% M	E. type	
Hiver	68,4	5,71	31,59	5,71	2,17
Printemps	78,15	11,13	21,85	11,13	3,58
Eté	65,08	12,31	34,92	12,31	1,86
Automne	61,38	22	38,62	22	1,59
Total	68,2525		31,745		3,14±0,89

**Tableau 02:** Variations du sex-ratio en fonction des saisons chez *Merluccius merluccius* de la Baie de Jijel.

Saisons	Pourcentage (%)				SR
	Femelles	E. type	Mâles	E. type	
Hiver	61,67	20,87	38,33	20,88	1,61
Printemps	73,29	17,94	26,71	17,95	2,74
Eté	56,49	20,57	43,5	20,57	1,3
Automne	33,86	9,16	61,14	9,16	0,55
Total	56,3275		42,42	17,14	1,55±0,91

**Tableau 03:** Variations du sex-ratio en fonction des saisons chez *Merluccius merluccius* du Golfe d'Annaba.

Saisons	Pourcentage (%)				SR
	Femelles	E type	Mâles	E type	
Hiver	46,05	12,66	53,95	12,66	0,85
Printemps	37,14	3,43	62,86	3,44	0,59
Eté	61,81	11,2	39,19	11,2	1,58
Automne	27,55	24,52	72,45	24,52	0,38
Total	43,1375		57,1125		0,85±0,52

**Tableau. 01:** Evolution du diamètre ovocytaire chez *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

ESPECE	Diamètre ovocytaire (µm)			
	Min	Max	Moyenne	Ecart type
<i>M merluccius</i>				
<i>S I</i>	20,47	32,13	28,35	3,16
<i>S II</i>	66,55	85,8	75,31	6,7
<i>S III</i>	197,78	257,43	219,93	24,7
<i>S IV</i>	479,27	497,98	480,43	21,03
<i>S V</i>	523,44	582,45	547,89	20,16
<i>S VI</i>	552,54	618,64	589,34	24,77
<i>S VII</i>	565,99	672,01	606,38	36,09
<i>FPO</i>	598,4	669,01	615,99	45,79

**Tableau. 02:** Evolution du diamètre de la paroi folliculaire chez *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

Stades <i>Ovocytaires</i>	Diamètre de la paroi folliculaire (µm)			
	Min	Max	Moyenne	Ecart type
<i>S I: Ovocytes Immature</i>	-	-	-	-
<i>S II: Ovocytes pré-vitellogéniques</i>	1,03	1,85	1,44	0,3
<i>S III: Ovocytes pré-vitellogéniques</i>	4,64	9,85	7,66	1,85
<i>S IV: Vitellogenèse primaire</i>	7,89	11,01	9,51	1,85
<i>S V: Vitellogenèse secondaire</i>	13,13	18,58	15,74	1,79
<i>S VI: Vitellogenèse tertiaire</i>	15,7	24,8	17,2	2,59
<i>S VII: Ovocytes hyalins</i>	18,42	26,26	22,97	2,51
<i>FPO</i>	30,81	43,68	38,8	4,23

**Tableau. 03:** Evolution du noyau ovocytaire aux cours de développement folliculaire de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

ESPECE	Diamètre du noyau ovocytaire (µm)			
<i>M merluccius</i>	Min	Max	Moyenne	Ecart type
<i>S I</i>				
<i>S II</i>	40,3	48,86	45,96	3,02
<i>S III</i>	122,42	151,02	140,47	4,9
<i>S IV</i>	138,99	149,67	144,2	4,5
<i>S V</i>	119,33	138,56	133,7	4,81
<i>S VI</i>	121,62	135,98	128,26	5,73
<i>S VII</i>	121,78	133,13	126,65	4,35

**Tableau. 04:** Evolution de la zonz radiata aux cours de développement folliculaire de *Merluccius merluccius* de la Côte-Est Algérienne.

ESPECE	Diamètre de la zona radiata (µm)			
<i>M merluccius</i>	Min	Max	Moyenne	Ecart type
<i>S IV</i>	7,16	9,94	8,5	1,3
<i>S V</i>	9,5	10,37	9,76	0,52
<i>S VI</i>	10,87	13,88	12,17	1,38
<i>S VII</i>	12,84	14,66	13,79	0,82
<i>FPO</i>	13,86	16,66	15,41	1,12

**Tableau 01** : Moyennes annuelles des températures de dans le Golfe de Béjaïa.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moy
Min	8	8	9	11	14	18	21	22	19	16	12	9	<b>13,92</b>
Max	17	17	19	20	23	27	29	31	28	26	21	18	<b>23</b>

**moy  
tot 18,46**

**Tableau 02** : Moyennes annuelles des températures de la Baie de Jijel.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moy
Min	7	7	8	9	13	17	19	21	18	15	11	8	<b>12,75</b>
Max	16	17	19	20	24	28	30	32	29	26	20	17	<b>23,16</b>

**moy  
tot 17,955**

**Tableau 03** : Moyennes annuelles des températures dans le Golfe d'Annaba.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moy
Min	7	7	8	10	13	17	19	21	18	15	11	8	<b>12,83</b>
Max	17	17	19	21	25	28	31	32	29	26	21	18	<b>23,7</b>

**moy  
tot 18,265**

**Tableau 01 :** Variations des concentrations moyennes en (Zn, Fe) (moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction des organes ciblés (Foie, Muscle) et des zones d'étude chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.

Zone d'étude	Zn		Fe	
	Foie	Muscle	Foie	Muscle
Golfe de Béjaïa	17,18 $\pm$ 2,75	16,22 $\pm$ 1,31	29,09 $\pm$ 8,73	15,24 $\pm$ 6,89
Baie de Jijel	10,42 $\pm$ 1,23	7,47 $\pm$ 1,52	36,37 $\pm$ 6,78	14,32 $\pm$ 5,07
Golfe d'Annaba	9,78 $\pm$ 0,98	4,16 $\pm$ 2,1	40,43 $\pm$ 6,79	19,32 $\pm$ 5,17

**Tableau 02 :** Variations des concentrations moyennes en (Cu, Ni) (moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction des organes ciblés (Foie, Muscle) et des zones d'étude chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.

Zone d'étude	Cu		Ni	
	Foie	Muscle	Foie	Muscle
Golfe de Béjaïa	0,91 $\pm$ 0,18	0,22 $\pm$ 0,04	0,4 $\pm$ 0,19	0,17 $\pm$ 0,07
Baie de Jijel	1,06 $\pm$ 0,16	1,23 $\pm$ 0,08	0,64 $\pm$ 0,21	0,49 $\pm$ 0,14
Golfe d'Annaba	1,22 $\pm$ 0,19	1,33 $\pm$ 0,08	0,42 $\pm$ 0,06	0,45 $\pm$ 0,1

**Tableau 03 :** Variations des concentrations moyennes en (Pb, Cd) (moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction des organes ciblés (Foie, Muscle) et des zones d'étude chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.

Zone d'étude	Pb		Cd	
	Foie	Muscle	Foie	Muscle
Golfe de Béjaïa	0,73 $\pm$ 0,06	0,47 $\pm$ 0,07	0,225 $\pm$ 0,003	0,026 $\pm$ 0,01
Baie de Jijel	0,29 $\pm$ 0,05	0,23 $\pm$ 0,03	0,25 $\pm$ 0,01	0,22 $\pm$ 0,004
Golfe d'Annaba	0,69 $\pm$ 0,07	0,65 $\pm$ 0,06	0,56 $\pm$ 0,01	0,29 $\pm$ 0,04

**Tableau 04 :** Variations des concentrations moyennes en Zinc  
(moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction de la taille marchande (20 cm)  
chez *Merluccius merluccius* des Côtes-Est Algériennes.

Zn						
Zone	Béjaïa	Jijel	Annaba	Béjaïa	Jijel	Annaba
Taille	Foie	Foie	Foie	Muscle	Muscle	Muscle
Merlu < 20 cm	20,85 $\pm$ 5,53	12,21 $\pm$ 4,67	11,18 $\pm$ 1,17	18,87 $\pm$ 1,61	15,64 $\pm$ 1,05	14,1 $\pm$ 1,01
Merlu $\geq$ 20 cm	26,43 $\pm$ 7,24	14,47 $\pm$ 4,08	12,77 $\pm$ 1,5	21,56 $\pm$ 8,05	19,86 $\pm$ 0,96	16,97 $\pm$ 0,96

**Tableau 05 :** Variations des concentrations moyennes en Fer  
(moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction de la taille marchande (20 cm)  
chez *Merluccius merluccius* des Côtes-Est Algériennes.

Fe						
Zone	Béjaïa	Jijel	Annaba	Béjaïa	Jijel	Annaba
Taille	Foie	Foie	Foie	Muscle	Muscle	Muscle
Merlu < 20 cm	41,65 $\pm$ 7,89	35,54 $\pm$ 4,65	31,75 $\pm$ 4,68	12,56 $\pm$ 3,65	25,52 $\pm$ 2,35	23,68 $\pm$ 3,12
Merlu $\geq$ 20 cm	45,52 $\pm$ 9,59	37,2 $\pm$ 3,25	35,12 $\pm$ 2,45	20,41 $\pm$ 5,46	26,9 $\pm$ 1,65	31,41 $\pm$ 1,28

**Tableau 06 :** Variations des concentrations moyennes en Cuivre  
(moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction de la taille marchande (20 cm)  
chez *Merluccius merluccius* des Côtes-Est Algérienne.

Cu						
Zone	Béjaïa	Jijel	Annaba	Béjaïa	Jijel	Annaba
Taille	Foie	Foie	Foie	Muscle	Muscle	Muscle
Merlu < 20 cm	0,93 $\pm$ 0,1	1,16 $\pm$ 0,01	1,23 $\pm$ 0,01	0,34 $\pm$ 0,02	1,36 $\pm$ 0,06	1,46 $\pm$ 0,08
Merlu $\geq$ 20 cm	0,74 $\pm$ 0,23	0,91 $\pm$ 0,05	0,13 $\pm$ 0,08	0,1 $\pm$ 0,06	1,12 $\pm$ 0,07	1,22 $\pm$ 0,07

**Tableau 07 :** Variations des concentrations en Nickel  
(moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction de la taille marchande (20 cm)  
chez *Merluccius merluccius* des Côtes-Est Algériennes.

Ni						
Zone	Béjaïa	Jijel	Annaba	Béjaïa	Jijel	Annaba
Taille	Foie	Foie	Foie	Muscle	Muscle	Muscle
Merlu < 20 cm	0,28 $\pm$ 0,12	0,41 $\pm$ 0,29	0,44 $\pm$ 0,06	0,24 $\pm$ 0,05	0,79 $\pm$ 0,12	0,49 $\pm$ 0,08
Merlu $\geq$ 20 cm	0,53 $\pm$ 0,23	0,87 $\pm$ 0,18	0,4 $\pm$ 0,05	0,1 $\pm$ 0,07	0,2 $\pm$ 0,23	0,42 $\pm$ 0,09

**Tableau 08 :** Variations des concentrations moyennes en Plomb (moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction de la taille marchande (20 cm) chez *Merluccius merluccius* des Côtes-Est Algériennes.

Pb						
Zone	Béjaïa	Jijel	Annaba	Béjaïa	Jijel	Annaba
Taille	Foie	Foie	Foie	Muscle	Muscle	Muscle
Merlu < 20 cm	0,64 $\pm$ 0,05	0,27 $\pm$ 0,04	0,65 $\pm$ 0,08	0,47 $\pm$ 0,1	0,17 $\pm$ 0,04	0,51 $\pm$ 0,03
Merlu $\geq$ 20 cm	0,83 $\pm$ 0,07	0,31 $\pm$ 0,05	0,72 $\pm$ 0,05	0,53 $\pm$ 0,05	0,29 $\pm$ 0,02	0,68 $\pm$ 0,08

**Tableau 9 :** Variations des concentrations moyennes en Cadmium (moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction de la taille marchande (20 cm) chez *Merluccius merluccius* des Côtes-Est Algériennes.

Cd						
Zone	Béjaïa	Jijel	Annaba	Béjaïa	Jijel	Annaba
Taille	Foie	Foie	Foie	Muscle	Muscle	Muscle
Merlu < 20 cm	0,28 $\pm$ 0,1	0,09 $\pm$ 0,04	0,45 $\pm$ 0,05	0,03 $\pm$ 0,4	0,18 $\pm$ 0,03	0,28 $\pm$ 0,09
Merlu $\geq$ 20 cm	0,17 $\pm$ 0,03	0,4 $\pm$ 0,02	0,65 $\pm$ 0,02	0,02 $\pm$ 0,01	0,25 $\pm$ 0,02	0,3 $\pm$ 0,05

**Tableau 10 :** Variations des concentrations moyennes en (Zn, Fe) (moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction du sexe et des zones d'étude chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.

Zones d'étude	sexes	ETM Ciblés	
		Fe	Zn
Golfe de Béjaïa	♂	14,32 $\pm$ 3,65	13,79 $\pm$ 4,12
	♀	17,5 $\pm$ 2,5	20,57 $\pm$ 1,39
Baie de Jijel	♂	13,44 $\pm$ 1,34	17,58 $\pm$ 2,1
	♀	16,09 $\pm$ 2,56	19,93 $\pm$ 2,05
Golfe d'Annaba	♂	10,27 $\pm$ 2,11	18,54 $\pm$ 1,26
	♀	12,11 $\pm$ 1,02	20,55 $\pm$ 1,67

**Tableau 11 :** Variations des concentrations moyennes en (Cu, Ni) (moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction du sexe et des zones d'étude chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.

Zones d'étude	sexes	ETM Ciblés	
		Cu	Ni
Golfe de Béjaïa	♂	0,73 $\pm$ 0,07	0,73 $\pm$ 0,1
	♀	0,51 $\pm$ 0,05	0,51 $\pm$ 0,1
Baie de Jijel	♂	0,26 $\pm$ 0,03	0,26 $\pm$ 0,02
	♀	0,45 $\pm$ 0,11	0,45 $\pm$ 0,05
Golfe d'Annaba	♂	0,96 $\pm$ 0,15	0,96 $\pm$ 0,08
	♀	1,24 $\pm$ 0,26	1,24 $\pm$ 0,06

**Tableau 12 :** Variations des concentrations moyennes en (Pb, Cd) (moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction du sexe et des zones d'étude chez *Merluccius merluccius* du secteur Est Algérien.

Zones d'étude	sexes	ETM Ciblés	
		Cd	Pb
Golfe de Béjaïa	♂	0,18 $\pm$ 0,05	0,67 $\pm$ 0,06
	♀	0,23 $\pm$ 0,09	0,53 $\pm$ 0,03
Baie de Jijel	♂	0,17 $\pm$ 0,06	0,38 $\pm$ 0,02
	♀	0,1 $\pm$ 0,02	0,77 $\pm$ 0,01
Golfe d'Annaba	♂	0,06 $\pm$ 0,04	0,34 $\pm$ 0,08
	♀	0,06 $\pm$ 0,02	0,18 $\pm$ 0,06

**Tableau 13 :** Variations des teneurs moyennes en Zinc (moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction des organes cibles (Foie, Muscle), de classes de taille marchande (20 cm) et du sexe chez *Merluccius merluccius* pêché le long des côtes du secteur Est Algérien.

Zn						
Zones	Béjaïa	Jijel	Annaba	Béjaïa	Jijel	Annaba
Organes Sexes	Foie	Foie	Foie	Muscle	Muscle	Muscle
♂ <20	14,37 $\pm$ 2,02	11,64 $\pm$ 2,15	11,93 $\pm$ 1,15	10,01 $\pm$ 1,56	7,99 $\pm$ 1,06	3,96 $\pm$ 1,01
♀ <20	17,34 $\pm$ 3,04	12,78 $\pm$ 1,2	8,63 $\pm$ 1,32	19,74 $\pm$ 1,67	8,32 $\pm$ 1,04	5,12 $\pm$ 1
♂ >20	16,93 $\pm$ 1,24	8,23 $\pm$ 0,96	14,32 $\pm$ 0,9	13,85 $\pm$ 1,53	6,15 $\pm$ 1,89	2,15 $\pm$ 0,9
♀ >20	23,93 $\pm$ 4,25	9,03 $\pm$ 0,64	4,23 $\pm$ 0,75	21,28 $\pm$ 3,58	7,4 $\pm$ 1,04	5,4 $\pm$ 1,02

**Tableau 14 :** Variations des teneurs moyennes en Fer (moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction des organes cibles (Foie, Muscle), de classes de taille marchande (20 cm) et du sexe chez *Merluccius merluccius* pêché le long des côtes du secteur Est Algérien.

Fe						
Zones	Béjaïa	Jijel	Annaba	Béjaïa	Jijel	Annaba
Organes Sexes	Foie	Foie	Foie	Muscle	Muscle	Muscle
♂<20	23,2 $\pm$ 10,23	37,16 $\pm$ 6,23	43,92 $\pm$ 6,25	12,68 $\pm$ 4,65	15,14 $\pm$ 2,45	23,14 $\pm$ 2,54
♀<20	46,65 $\pm$ 3,64	33,97 $\pm$ 3,64	43,39 $\pm$ 4,65	12,45 $\pm$ 5,34	16,1 $\pm$ 5,14	24,1 $\pm$ 5,3
♂>20	18,84 $\pm$ 9,68	30,14 $\pm$ 9,68	38,12 $\pm$ ,8,62	12,55 $\pm$ 7,25	8,716 $\pm$ 4,26	12,72 $\pm$ 4,16
♀>20	27,67 $\pm$ 7,58	44,28 $\pm$ 7,58	36,27 $\pm$ 7,25	23,28 $\pm$ 10,32	17,31 $\pm$ 8,24	17,31 $\pm$ 8,2

**Tableau 15 :** Variations des teneurs moyennes en Cuivre (moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction des organes cibles (Foie, Muscle), de classes de taille marchande (20 cm) et du sexe chez *Merluccius merluccius* pêché le long des côtes du secteur Est Algérien.

Cu						
Zones	Béjaïa	Jijel	Annaba	Béjaïa	Jijel	Annaba
Organes Sexes	Foie	Foie	Foie	Muscle	Muscle	Muscle
♂<20	1,32 $\pm$ 0,11	1,07 $\pm$ 0,1	1,13 $\pm$ 0,13	0,11 $\pm$ 0,07	1,15 $\pm$ 0,06	1,25 $\pm$ 0,08
♀<20	0,54 $\pm$ 0,04	1,24 $\pm$ 0,05	1,32 $\pm$ 0,06	0,57 $\pm$ 0,06	1,56 $\pm$ 0,07	1,64 $\pm$ 0,06
♂>20	1,39 $\pm$ 0,17	0,75 $\pm$ 0,07	1,03 $\pm$ 0,07	0,1 $\pm$ 0,02	1,06 $\pm$ 0,11	1,16 $\pm$ 0,1
♀>20	0,92 $\pm$ 0,08	1,07 $\pm$ 0,02	1,22 $\pm$ 0,03	0,09 $\pm$ 0,04	1,17 $\pm$ 0,08	1,27 $\pm$ 0,08

**Tableau 16 :** Variations des teneurs moyennes en Nickel (moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction des organes cibles (Foie, Muscle), de classes de taille marchande (20 cm) et du Sexe chez *Merluccius merluccius* pêché le long des côtes du secteur Est Algérien.

Ni						
Zones	Béjaïa	Jijel	Annaba	Béjaïa	Jijel	Annaba
Organes Sexes	Foie	Foie	Foie	Muscle	Muscle	Muscle
♂<20	0,45 $\pm$ 0,12	0,65 $\pm$ 0,29	0,62 $\pm$ 0,06	0,1 $\pm$ 0,05	0,89 $\pm$ 0,12	0,43 $\pm$ 0,08
♀<20	0,1 $\pm$ 0,23	0,16 $\pm$ 0,18	0,26 $\pm$ 0,05	0,37 $\pm$ 0,07	0,68 $\pm$ 0,23	0,56 $\pm$ 0,09
♂>20	0,48 $\pm$ 0,08	0,79 $\pm$ 0,15	0,57 $\pm$ 0,07	0,11 $\pm$ 0,12	0,21 $\pm$ 0,1	0,39 $\pm$ 0,11
♀>20	0,57 $\pm$ 0,36	0,95 $\pm$ 0,23	0,22 $\pm$ 0,06	0,08 $\pm$ 0,04	0,18 $\pm$ 0,14	0,45 $\pm$ 0,07

**Tableau 17 :** Variations des teneurs moyennes en Plomb (moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction des organes cibles (Foie, Muscle), de classes de taille marchande (20 cm) et du sexe chez *Merluccius merluccius* pêché le long des côtes du secteur Est Algérien.

Pb						
Zones	Béjaïa	Jijel	Annaba	Béjaïa	Jijel	Annaba
Organes Sexes	Foie	Foie	Foie	Muscle	Muscle	Muscle
♂<20	0,77 $\pm$ 0,06	0,23 $\pm$ 0,01	0,63 $\pm$ 0,09	0,63 $\pm$ 0,05	0,16 $\pm$ 0,05	0,59 $\pm$ 0,02
♀<20	0,5 $\pm$ 0,05	0,31 $\pm$ 0,07	0,67 $\pm$ 0,07	0,32 $\pm$ 0,14	0,18 $\pm$ 0,03	0,63 $\pm$ 0,05
♂>20	0,75 $\pm$ 0,06	0,4 $\pm$ 0,05	0,71 $\pm$ 0,06	0,52 $\pm$ 0,07	0,27 $\pm$ 0,02	0,67 $\pm$ 0,06
♀>20	0,9 $\pm$ 0,08	0,23 $\pm$ 0,06	0,75 $\pm$ 0,04	0,41 $\pm$ 0,03	0,3 $\pm$ 0,01	0,71 $\pm$ 0,1

**Tableau 18 :** Variations des teneurs moyennes en Cadmium (moyenne  $\pm$  écart type ppm/PF) en fonction des organes cibles (Foie, Muscle), de classes de taille marchande (20 cm) et du sexe chez *Merluccius merluccius* pêché le long des côtes du secteur Est Algérien.

Cd						
Zones	Béjaïa	Jijel	Annaba	Béjaïa	Jijel	Annaba
Sexes	Foie	Foie	Foie	Muscle	Muscle	Muscle
♂<20	0,09 $\pm$ 0,043	0,044 $\pm$ 0,033	0,44 $\pm$ 0,01	0,043 $\pm$ 0,02	0,28 $\pm$ 0,014	0,28 $\pm$ 0,06
♀<20	0,47 $\pm$ 0,006	0,13 $\pm$ 0,01	0,46 $\pm$ 0,03	0,02 $\pm$ 0,03	0,087 $\pm$ 0,016	0,29 $\pm$ 0,032
♂>20	0,1 $\pm$ 0,016	0,49 $\pm$ 0,013	0,6 $\pm$ 0,01	0,01 $\pm$ 0,006	0,28 $\pm$ 0,02	0,31 $\pm$ 0,03
♀>20	0,24 $\pm$ 0,013	0,16 $\pm$ 0,012	0,68 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,013	0,23 $\pm$ 0,013	0,32 $\pm$ 0,02

## Abstract

This study focuses on the biology of growth, reproduction and exploitation of the stock of *Merluccius merluccius* and its use as a bioindicator of metal pollution. It was carried out on 1,662 individuals caught in the eastern Algerian sector in the Gulf of Béjaïa, the Bay of Jijel and the Gulf of Annaba between 2015 and 2016.

The growth of hake from the Algerian east coast confirms the hypothesis of the rapid growth aspect of this species, previously demonstrated in other distribution areas either in the Mediterranean or the North Atlantic. Size growth follows the linear pattern, rapid in young individuals and then decreases with age. The calculated growth rate is twice that calculated previously in other areas. As for the growth rate in female size, it remains higher than that of males from the end of the first year of the hake's life.

Weight growth varies inversely with age. There is a difference in being overweight in the two sexes, especially during the reproductive period. It is marked in females which are heavier than males having the same length. The evolution of hake's weight in relation to size (without distinction of sex) shows a positive allometry ( $b > 3$ ). For the same sizes, the weight of females is greater than that of males. The observed fishing mortality is high, compared to the natural mortality for *M. merluccius* indicating an unbalanced position in the stock.

The gonadal development cycle has shown that reproduction is in continuous activity throughout the year with a main peak in spring and two secondary peaks in winter and summer. It is characterized by fractional spawning. The sexual maturity of females is late (29 cm) compared to males (25 cm). The sex ratio is in favor of females in the Gulf of Béjaïa, while it is higher in males than in females in the Bay of Jijel and the Gulf of Annaba. The biological variables (K and HSI) do not show any significant evolutionary trend in males.

The use of hake as a bioindicator in the evaluation of contamination by heavy metals (Cd, Pb, Cu, Ni, Fe and Zn), has made it possible to highlight the presence of these micropollutants in the organs, such as liver and muscle. The average zinc and iron concentrations comply with standards. Those of copper and nickel present very worrying levels; on the other hand those of lead and cadmium are very alarming. These results reveal the existence of a close relationship between marine pollution and the numerous industrial and urban discharges along the eastern Algerian coast and neighboring regions.

## Keywords:

*Merluccius merluccius*, Growth, Reproduction, Mortalities, Exploitation, Heavy metals, Eastern Sector of Algeria (Gulf of Béjaïa, Bay of Jijel, Gulf of Annaba).

## Résumé

La présente étude porte sur la biologie de la croissance, la reproduction et l'exploitation du stock de l'espèce *Merluccius merluccius* et son utilisation comme bio indicateur de la pollution métallique. Elle a été réalisée sur 1662 individus pêchés dans le secteur Est algérien au niveau du Golfe de Béjaïa, de la Baie de Jijel et du Golfe d'Annaba entre 2015 et 2016.

La croissance du Merlu de la Côte-Est Algérienne, vérifie l'hypothèse d'une croissance rapide démontrée auparavant dans d'autres zones de distribution aussi bien en Méditerranée qu'en Atlantique nord. La croissance en taille suit le modèle linéaire, rapide chez les jeunes individus et diminue avec l'âge. La vitesse de croissance calculée est deux fois supérieure à celle calculée précédemment dans d'autres zones. Quant au taux de croissance en longueur des femelles, il reste supérieur à celui des mâles à partir de la fin de la première année de la vie du Merlu.

La croissance pondérale varie en sens inverse (les espèces prennent du poids en vieillissant). Une différence d'embonpoint se marque chez les deux sexes spécialement en période de reproduction. Elle se manifeste à l'avantage des femelles qui sont plus pesantes que les mâles de même longueur.

L'évolution du poids du Merlu par rapport à la taille (sans distinction du sexe) présente une allométrie majorante ( $b > 3$ ). Pour les mêmes tailles, le poids des femelles est supérieur à celui des mâles. La mortalité par pêche observée très inquiétante du faite qu'elle est largement importante comparée à la mortalité naturelle pour *M. merluccius* indiquant une position déséquilibrée dans le stock.

Le cycle de développement des gonades a montré que la reproduction est en activité continue durant toute l'année avec un pic principal en printemps et deux pics secondaires en hivers et en été. Il se caractérise par une ponte fractionnée. La maturité sexuelle est acquise tardivement par les femelles (29 cm) par rapport aux mâles (25 cm) et le sex-ratio est en faveur des femelles dans le Golfe de Béjaïa, tandis qu'ils est plus important chez les mâles que chez les femelles de la Baie de Jijel et du Golfe d'Annaba. Les variables biologiques (K et RHS) ne présentent aucune tendance significative d'évolution chez les mâles.

L'utilisation du Merlu comme bio indicateur dans l'évaluation de la contamination par les métaux lourds (Cd, Pb, Cu, Ni, Fe et Zn), a permis de mettre en évidence la présence de ces micropolluants au niveau du foie et du muscle. Les concentrations moyennes en zinc et en fer ne sont pas inquiétantes, celles du cuivre et du nickel présentent des teneurs très préoccupantes, enfin ceux du plomb et du cadmium sont vraiment très alarmantes. Ces résultats ne font que révéler l'existence d'une relation étroite entre la pollution marine et les nombreux rejets industriels et urbains le long du littoral Est Algérien et des régions avoisinantes.

## Mots clés:

*Merluccius merluccius*, Croissance, Reproduction, Mortalités, Exploitation, Métaux lourds, Secteur Est Algérien (Golfe de Béjaïa, Baie de Jijel, Golfe d'Annaba).

## ملخص

تركز الدراسة الحالية على بيولوجيا النمو والتكاثر واستغلال مخزون الأنواع النازلي *Merluccius merluccius* واستخدامها كمؤشر بيولوجي للتلوث المعدني.

نفذت على 1662 فردا منها في القطاع الشرقي الجزائري وهو خليج بجاية وخليج جيجل وخليج عنابة خلال العام 2015/2016

يؤكد نمو النازلي قبالة سواحل القطاع الشرقي الجزائري فرضية النمو السريع التي تم توضيحها سابقاً في مناطق التوزيع الأخرى في كل من البحر الأبيض المتوسط وشمال المحيط الأطلسي. يتبع النمو في الطول النمط الخطي، سريعاً عند الشباب ويتناقص مع تقدم العمر. معدل النمو المحسوب هو ضعف ما تم حسابه سابقاً في مناطق أخرى، أما بالنسبة لمعدل النمو في طول الإناث، فهو يظل أعلى من معدل نمو الذكور منذ نهاية السنة الأولى من حياة النازلي يختلف نمو الوزن في الاتجاه المعاكس (تزداد الأنواع الوزن مع تقدم العمر). هناك اختلاف في زيادة الوزن عند الجنسين، خاصة أثناء فترة الإنجاب. يتجلى لصالح الإناث اللاني أثقل من الذكور من نفس الطول.

يظهر تطور وزن النازلي فيما يتعلق بالحجم (دون التمييز بين الجنس) قياس التباين الرئيسي ( $b > 3$ ). بالنسبة لنفس الأحجام، يكون وزن الإناث أكبر من وزن الذكور. يعتبر معدل النفوق الملحوظ أثناء الصيد مقلقاً للغاية لأنه مرتفع إلى حد كبير مقارنة بالموت الطبيعي لفظر النفوق الملحوظات الطبيعي لفظر مما يشير إلى وضع غير متوازن في المخزون النازلي.

أظهرت دورة تطور الغدد التناسلية أن التكاثر في نشاط مستمر طوال العام مع ذروة رئيسية في الربيع وقيمتين ثانويتين في الشتاء والصفيف. يتميز بالتفريخ الجزئي. النضج الجنسي يكتمل متأخراً للإناث (29 سم) مقارنة بالذكور (25 سم) ونسبة الجنس لصالح الإناث في خليج بجاية، بينما تكون أكبر عند الذكور منها عند الذكور. خليج عنابة. لا تظهر المتغيرات أي اتجاه تطوري مهم في الذكور (K و RHS) البيولوجية

إن استخدام النازلي كمؤشر حيوي في تقييم التلوث بالمعادن الثقيلة (الكاديوم والرصاص والنحاس والنيكل والحديد والزنك)، جعل من الممكن تسليط الضوء على وجود هذه الملوثات الدقيقة على مستوى عضوين مستهدفين (الكبد والزنك). عضلة. يبدو أن متوسط تركيزات الزنك والحديد لا يدعو للقلق، فمستويات النحاس والنيكل تمثل مستويات مقلقة للغاية، وأخيراً مستويات الرصاص والكاديوم مثيرة للقلق حقاً. تكشف هذه النتائج فقط عن وجود علاقة وثيقة بين التلوث البحري والعديد من التصريفات الصناعية والحضرية على طول الساحل والمناطق المحيطة.

## الكلمات الدالة

*Merluccius merluccius*، النمو، التكاثر، النفوق، الاستغلال، التلوث، المعادن الثقيلة، القطاع الشرقي من الجزائر (بجاية، جيجل، عنابة)