

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للعلوم البحري و شبة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'état

En Sciences de la Mer

Option : Halieutique

**Elaboration d'un outil de simulation pour l'évaluation
et de la gestion des pêcheries mixtes multi-flottille : cas
de la pêche de *Pagellus acarne* (Risso, 1827) de la
région centre algérienne**

Réalisé par :

TAMOURT Amira

Soutenu le 08/07/2018 devant le comité de jury composé de :

M. KABRANE A.	Maître-assistant B	ENSSMAL	Président
M ^{me} MAOUEL D.	Maître de conférences B	ENSSMAL	Examinatrice
M ^{me} AINOUCHE A.	Attachée de recherche	CNRDPA	Examinatrice
M. KASSAR A.	Maître-assistant A	UDBKM	Invité
M ^{me} BOUFERSAOUI S.	Maître de conférences B	ENSSMAL	Promotrice

Année universitaire : 2017-2018

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و شبة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'état

En Sciences de la Mer

Option : Halieutique

**Elaboration d'un outil de simulation pour l'évaluation
et de la gestion des pêcheries mixtes multi-flottille : cas
de la pêche de *Pagellus acarne* (Risso, 1827) de la
région centre algérienne**

Réalisé par :

TAMOURT Amira

Soutenu le 08/07/2018 devant le comité de jury composé de :

M. KABRANE A.	Maître-assistant B	ENSSMAL	Président
M ^{me} MAOUEL D.	Maître de conférences B	ENSSMAL	Examinatrice
M ^{me} AINOUCHE A.	Attachée de recherche	CNRDPA	Examinatrice
M. KASSAR A.	Maître-assistant A	UDBKM	Invité
M ^{me} BOUFERSAOUI S.	Maître de conférences B	ENSSMAL	Promotrice

Année universitaire : 2017-2018

Remerciements

J'exprime l'expression de ma sincère gratitude à l'ensemble des membres du jury, qui à cette période de congé, ont aimablement accepté d'apporter leurs critiques et remarques constructives pour mieux cerner le sujet, je suis certaine de pouvoir compter sur vous pour mieux combler les lacunes que recèle le présent travail

En premier, j'exprime mes plus vifs remerciements à M. KABRANE A. (MAB, ENSSMAL), pour l'honneur qu'il me fait en acceptant la présidence du présent jury ainsi que pour son attention à ce travail.

Ma gratitude va au Dr. MAOUEL D. (MCB et chef du département DRV, ENSSMAL), d'avoir pris de son temps pour examiner mon travail. Vous étiez aussi mon enseignante exemplaire qui m'a beaucoup appris.

Je remercie M^{me} AINOUCHE N. (Attachée de recherche au CNRDPA), de m'avoir donné de son temps, pour son déplacement et intérêt pour examiner ce travail. Votre large expérience dans le domaine de l'halieutique m'éclaircira certainement plus sur la thématique.

Je remercie aussi M. KASSAR A. (MAA, UDBKM), pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail et de m'avoir bénéficié de son expérience et compétence. J'ai beaucoup apprécié la qualité de votre enseignement et votre culture scientifique pendant mon cursus universitaire.

J'exprime mes meilleurs remerciements au Dr. BOUFERSAOUI (MCB, responsable de la filière et de la spécialité Halieutique, ENSSMAL) pour sa disponibilité, son aide et l'assistance qu'elle n'a pas hésité à m'apporter durant tout mon projet de fin d'études en tant qu'encadrante. Aussi pour ses qualités d'enseignement qu'elle m'a inculqué tout au long de mon cursus de spécialité.

Un travail scientifique ne saurait se réduire à une réalisation isolée. Pour leur indéfectible soutien, je remercie toute ma famille, en particulier mes parents, pour m'avoir transmis le goût de patience, de défi aux mauvaises périodes et problèmes professionnels pénibles que j'ai vécu auparavant, pour m'avoir encouragé mes timides avancées vers la réflexion.

Ce mémoire n'aurait pu aboutir sans votre soutien : Mira, Djamila, Hanane, Samia, Fawzi et Mohammed. C'est avec une large mesure que j'exprime ma respectueuse admiration, ma gratitude et mon admiration à tous ceux qui ont participé de près ou du loin à l'élaboration de ce travail.

Abréviations

- CNRDPA : Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture
- UDBKM : Université Djilali Bounaama Khemis Miliana
- ENSSMAL : École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral
- MPRH : Ministère de la pêche et des ressources halieutique.

Table des matières

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I: données générales

1.	Problématique.....	4
2.	Cas d'étude : la pêcherie complexe à <i>Pagellus acarne</i>	5
2.1.	Présentation de la zone d'étude	5
2.2.	Présentation des espèces.....	6
2.2.1.	Espèce principale <i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1827)	6
2.2.2.	Espèces associées	7
2.2.2.1.	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	7
2.2.2.2.	<i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)	8
2.2.3.	Données sur la production des espèces	9
2.2.4.	Composition des flottilles chalutière et artisanale de la région centre	9
2.3.	Présentation des engins de pêche	11
2.3.1.	Engins de pêche de la flottille chalutière.....	11
2.3.1.1.	Le chalut de fond.....	11
2.3.1.2.	Le chalut pélagique	11
2.3.2.	Engins de pêche de la flottille artisanale (petits métiers).....	12
2.3.2.1.	Les filets maillants.....	12
2.3.2.2.	Les filets trémails	12
2.3.2.3.	La palangre	13

Chapitre II: matériel et méthodes

1.	Echantillonnage et source de données.....	15
2.	Manipulation et traitement des échantillons.....	15
2.1.	Mensurations et pesée du poisson	15
2.2.	Prélèvement des otolithes	15
3.	Présentation de l'outil de simulation SHAPEC.....	16
3.1.	Architecture de l'outil SHAPEC	17
3.2.	Fonctions et formules	18
3.2.1.	Les opérateurs.....	18
3.2.2.	Les fonctions	19
3.2.3.	Les Macros	19
3.3.	Organisation des données d'entrée.....	19
3.3.1.	Clé âge-longueur	19
3.3.2.	Données sur la croissance linéaire.....	20
3.3.3.	Relation taille-poids	21
3.3.4.	Estimation de la mortalité naturelle M.....	21
3.4.	Organisation et compositions des données de sortie	21
3.4.1.	Élaboration des structures démographiques des captures	21
3.4.2.	Approche mixte/multi-flottille (engin).....	22
3.4.2.1.	Analyse de cohortes.....	23
3.4.2.2.	Analyse de la production : modèle de Thompson et Bell (1934).....	23
3.4.2.3.	La fermeture de la pêche	24

3.4.2.4. Le gel de l'effort exercé par les flottilles/engins	24
3.4.2.5. Simulation sur la sélectivité des chaluts.....	24

Chapitre III: résultats et discussions

1. Présentation des données d'entrée.....	28
1.1. Distribution de fréquences d'âge et de poids	28
1.2. Distribution des fréquences de taille	28
1.3. Paramètres de croissances	30
1.4. La mortalité naturelle (M)	30
1.5. Données sur la sélectivité	30
2. Présentation des données de sortie de l'outil SHAPEC	31
2.1. Extrapolation des captures.....	31
2.2. Evaluation multi-flottille multi-spécifique.....	32
2.2.1. Evolution de la mortalité par pêche (flottilles confondues)	32
2.2.2. Subdivisons de l'effort de pêche par flottille	33
2.2.2.1. Effort de pêche par groupe d'âge	34
2.2.2.2. Effort de pêche par classe de taille.....	35
2.2.3. Simulation d'analyse de la production de la pêcherie complexe à <i>P. acarne</i>	36
2.2.3.1. Analyse basée sur les structures en âge.....	36
2.2.3.2. Analyse basée sur les structures en taille	37
3. Quelques autres mesures de gestion.....	38
3.1. Fermeture de pêcherie	39
3.2. Maintien de l'effort	39
3.3. Changement de maillage	40
Conclusion.....	44
Références bibliographiques.....	47
Annexes	52

Liste des figures

Figure I. 1 : situation géographique de la zone d'étude et des sites d'échantillonnage.	5
Figure I. 2 : morphologie et critères de reconnaissance de <i>P. acarne</i>	6
Figure I. 3 : morphologie externe et dentions (Fischer <i>et al.</i> , 1987) de <i>Boops boops</i>	7
Figure I. 4 : morphologie externe de <i>Trachurus trachurus</i>	8
Figure I. 5 : Répartition de la flottille chalutière et artisanale par secteur de pêche.....	10
Figure I. 6 : répartition en classe de longueur et par secteur de pêche de la flottille artisanal.....	10
Figure I. 7 : répartition en classe de longueur et par secteur de pêche de la flottille chalutier	10
Figure I. 8 : principe de capture et fabrication d'un chalut de fond à panneaux	11
Figure I. 9 : chalut pélagique actif.....	12
Figure I. 10 : filet maillant et son principe de capture	12
Figure I. 11 : principe de capture d'un trémail	13
Figure I. 12 : principe de capture et fabrication de palangre dérivante	13
Figure II. 1 : données indispensable au fonctionnement de l'outil et les principaux résultants.....	17
Figure III. 1: diagrammes de l'évolution de la mortalité par pêche (flottilles confondues) en fonction de l'âge chez les 3 espèces étudiées	33
Figure III. 2: diagrammes de l'évolution de la mortalité par pêche (flottilles confondues) en fonction de la taille chez les 3 espèces étudiées.....	33
Figure III. 3: diagrammes de l'évolution de l'effort de pêche des flottilles actives en fonctions de l'âge. (A: <i>P. acarne</i> , B: <i>B. boops</i> , C: <i>T. trachurus</i>)	34
Figure III. 4: effort de pêche exercé sur <i>P. acarne</i> (A), <i>B. boops</i> (B) et <i>T. trachurus</i> (C) par les deux pêcheries artisanales et chalutière.....	35
Figure III. 5: évolution de la production et la valeur économique de la pêcherie mixte multi-flottille à <i>P. acarne</i> . Approche de Thompson et Bell basée sur l'âge.....	37
Figure III. 6: évolution de la production et la valeur économique de la pêcherie mixte multi-flottille à <i>P. acarne</i> . Approche de Thompson et Bell basée sur la taille.....	38
Figure III. 7: évolution de la production et la valeur économique de la pêcherie mixte multi-flottille à <i>P. acarne</i> . Approche de Thompson et Bell basée sur la taille après gel de l'effort des petits métiers..	39
Figure III. 8: courbes des rendements de production et économique de la pêcherie mixte multi-flottille de <i>P. acarne</i> et de ses espèces associées, en fonction d'un multiplicateur de mortalité par pêche totale avec une augmentation de 25% du maillage.	41

Liste des tableaux

Tableau I. 1 : la production annuelle moyenne (tonne) des espèces étudiées (MPRH, 2015).....	09
Tableau II. 1 : la répartition des individus échantillonnés par flottille	15
Tableau II. 2 : Organisation et contenu des feuilles de l’outil SHAPEC	18
Tableau II. 3 : fonctions Excel utilisées pour la programmation de l’outil SHAPEC	19
Tableau II. 4 : Attribution d’un âge par dénombrement de n zones translucides, y compris le bord..	20
Tableau II. 5 : Équations utilisées pour l’extrapolation des effectifs échantillonnés vers la production annuelle totale	22
Tableau III. 1 : distributions des fréquences d’âge et de poids utilisées	28
Tableau III. 2 : distribution des fréquences de taille chez les trois espèces étudiées	29
Tableau III. 3 : paramètres de la croissance linéaire et pondérale des espèces étudiées	30
Tableau III. 4 : Les mortalités naturelles des espèces étudiées	30
Tableau III. 5 : Estimation de la sélectivité des chaluts	31
Tableau III. 6 : distribution des effectifs extrapolés par groupe d’âge et par type de flottilles.....	31
Tableau III. 7 : distribution des effectifs extrapolés par classe de taille et par type de flottilles.....	32
Tableau III. 8 : valeurs référentielles en fonction des X facteurs convenants	36
Tableau III. 9 : valeurs référentielles en fonction des X facteurs convenant.....	38
Tableau III. 10 : comparaison entre les rendements de production et économique de la pêche mixte de <i>P. acarne</i> avant et après le changement de maillage	40

Introduction

La pêche a toujours été considérée en tant qu'une activité clé dans la dynamique socioéconomique des régions côtières ainsi que la santé de l'économie nationale. Cependant, la demande continue et croissante des produits de la mer a incité l'augmentation aveugle des efforts de pêche. Par conséquent, cela engendre des effets significatifs sur l'environnement et sur la ressource exploitée, les conséquences sont largement perçues dans l'effondrement des stocks, détruisant ainsi l'équilibre de tout un écosystème.

Le secteur de la pêche et des ressources halieutiques en Algérie revêt un caractère stratégique par ses capacités à contribuer à l'émergence d'une économie productive nationale et la création et la préservation de l'emploi, mais également par son aptitude à participer à l'amélioration de la sécurité alimentaire du pays (MPRH, 2014).

L'activité de la pêche en Algérie a considérablement évolué au cours de ces dernières décennies. En effet, la flottille de pêche nationale, tout type de métier confondu (sardinier, chalutier et petit métier) est passée de 2552 en 2000 à 4327 en 2011. Quant à la production halieutique, cette dernière a connu une chute importante. Relevons, également que l'essentiel de l'effort de pêche est actuellement exercé au niveau de la zone côtière en deçà des 6 miles nautiques et qu'au-delà, au niveau des zones de pêche au large, l'activité de pêche est pratiquement négligeable, étant donné la très faible densité des navires qui y sont actuellement affectés (MPRH, 2014).

De ce fait, et afin d'éviter une surexploitation des ressources halieutiques des eaux algériennes ainsi que les conflits entre les différentes pêcheries, la mise en place d'un Plan d'Aménagement et de Gestion des Pêcheries Algériennes (PAGPA) s'avère indispensable et prioritaire pour le secteur (projet en cours, MPRH, 2014).

Parmi les différentes techniques de gestions de pêcheries nous considérons l'aménagement par le contrôle de l'effort ou de la capacité de la flotte suivant des méthodes d'évaluations basées sur trois approches (Gobert et Reynal, 2002) :

- L'approche globale, qui repose sur la relation entre l'effort de pêche et le poids total des captures, à partir des statistiques de pêche recueillies sur plusieurs années. L'évolution de la pêcherie peut ainsi être retracée et sa situation actuelle décrite par rapport à un effort de pêche correspondant à une production maximale. Cette approche est difficilement applicable en Algérie faute de séries de données statistiques.
- L'approche analytique, qui quantifie les processus régissant les populations : croissance, recrutement mortalité naturelle ou par pêche. Connaissant la structure des captures, on peut

reconstituer la mortalité par pêche subie par les individus au cours de leur vie et évaluer la production par rapport au potentiel du stock. Plus exigeante en matière de connaissances biologiques, cette approche permet d'étudier l'impact de changements de stratégie d'exploitation du stock.

- La troisième approche, contrairement aux deux précédentes, repose sur des pêches scientifiques dont les captures peuvent faire l'objet d'analyses plus ou moins complexes, suivant leur nature, leur quantité, et les objectifs recherchés (Gobert et Reynal, 2002).

L'objectif principal de cette étude est l'élaboration d'un outil de simulation de l'évaluation et de la gestion de pêcheries mixtes multi-flottille en se basant sur l'approche analytique. Il s'agit d'un outil de concertation entre pêcheurs, scientifiques et décideurs en s'appuyant sur le cas de la pêcherie complexe du pageot blanc (*Pagellus acarne*, Risso, 1827) au niveau de la région centre des côtes algériennes (Méditerranée du sud-ouest).

Cet outil simulera de façon simplifiée et conviviale les procédures d'évaluation des stocks mixtes multi-flottille et les prévisions de captures (production) et leur valeur commerciale à long terme. Il présentera deux parties ; l'une centrée sur une expertise halieutique de part les simulations de la variation de l'effort de pêche, l'autre sur des mesures de gestion alternatives tels que le changement de maillage des chaluts, de la fermeture de la pêche, du maintien de l'effort de l'une ou de l'autre des flottilles (ou engins) ciblant le stock

Ce travail est présenté en trois chapitres. En préambule et avant d'entamer l'objet principal, il nous est indispensable de présenter dans un premier chapitre la problématique des pêcheries méditerranéennes ainsi que la présentation de l'espèce principale et ses espèces fortement associées et les flottilles mises en action.

Le second chapitre détaillera l'ensemble des méthodes utilisées pour la programmation du simulateur, sa description et mode d'opération ainsi que les méthodes appliquées pour l'obtention des données nécessaires au fonctionnement de ce dernier.

Le dernier chapitre exposera les résultats obtenus, leur interprétation et discussion, afin d'en tirer les conclusions et d'en proposer des perspectives.

Données générales

1. Problématique

Les pêcheries dans les pays méditerranéens, spécialement celles qui ciblent les ressources démersales, exploitent souvent un grand nombre d'espèces simultanément, par conséquent l'information concernant les prises et prises par unité d'effort détaillées au niveau d'une espèce est en confusion entre la pêche chalutière et pêche artisanale, même si elles sont bien contrôlées, ces pêcheries traitent le mélange de différentes espèces comme s'il s'agissait d'une espèce unique (Pauly, 1985). Afin de fournir des avis scientifiques fiables et un soutien pour la gestion des pêches, il est nécessaire d'évaluer la durabilité biologique et économique des pêcheries complexes, telles que ces pêcheries multi-spécifique multi-flottille (Pelletier *et al.*, 2009).

La modélisation statistique est une approche efficace pour l'explicité du fonctionnement des systèmes halieutiques complexes. Cette dernière requiert d'appréhender en amont des données de diverses natures (observations scientifiques des activités de pêches, et des écosystèmes marins) et en aval des sorties de modèles pluridimensionnelles. Utilisés avec précaution dans un cadre statistique, ces modèles peuvent permettre (Mahévas, 2013).

- i) De mieux comprendre le fonctionnement des systèmes,
- ii) D'identifier des diagnostics fiables au regard de l'incertitude, et ainsi
- iii) Servir de support de discussion dans une approche participative pour sélectionner un choix pertinent de gestion, et ainsi en faciliter l'acceptation.

L'approche analytique (structurale) quantifie les processus régissant les populations : croissance, recrutement, mortalité naturelle ou par pêche. Connaissant la structure des captures, on peut reconstituer la mortalité par pêche subie par les individus au cours de leur vie, et évaluer la production par rapport au potentiel du stock. Plus exigeante en matière de connaissances biologiques qu'une approche globale, cette approche permet d'étudier l'impact de changements de stratégie d'exploitation du stock permettent de dresser des diagnostics sur l'état des ressources et de l'exploitation, en comparaison des points de référence prédéterminés. De plus, il est possible de prévoir l'évolution du stock pour différents scénarios d'exploitation et de faire les projections de captures correspondantes. (Boufersaoui, 2016). Etant-donné que l'application de ces modèles (analytiques) est assez compliquée avec une procédure lente et sectionnée. La programmation d'un outil assurant simultanément des simulations principales et accessoires de ces modèles, peut aider à mieux gérer les données d'entrée fournies au préalable, et de mieux présenter les données de sorties et surtout de bien assurer leur fiabilité.

2. Cas d'étude : la pêche complexe à *Pagellus acarne*

La famille des sparidés est très importante dont les captures ont dépassé les 1935 tonnes en 2007 (MPRH, 2010 in Boufersaoui, 2012) notamment l'espèce *P. acarne* qui représente un taux de capture élevé par exemple il est de 53,012% en 2015. *P. acarne* fait l'objet d'une pêche multi-flottille, ce qui la rend sujette à une éventuelle surexploitation (Boufersaoui, 2016). D'après l'étude de Boufersaoui (2012) sur l'écologie du Sparidé *P. acarne*, le peuplement associé est très diversifié mais essentiellement ichthyologique. Les espèces les plus caractéristiques sont *Boops boops*, *Trachurus trachurus*, *Merluccius merluccius*, *Mullus barbatus*, *Pagellus erythrinus* et *Pagellus bogaraveo*. En observant fréquemment les apports de la pêche commerciale au niveau de la région centre, nous avons retenus les deux premières espèces citées comme espèces accompagnatrices et ce pour l'étude de l'exploitation de l'espèce par l'approche multi-flottille/ multi-spécifique.

2.1. Présentation de la zone d'étude

Les côtes algériennes s'étendent sur une façade maritime longue d'environ 1600 km de Marsat Ben-Mhidi ou Ghazaouet (frontière marocaine, 2° de longitude ouest) jusqu'au cap Roux (El-Kala, frontière tunisienne, 9° de longitude est). Selon la juridiction nationale algérienne, la superficie marine exclusive de la pêche est d'environ 9, 5 millions d'hectares (Zeghdoudi, 2006). le littoral est subdivisé en 3 régions, ouest, est et centre. Cette dernière s'étend de Ténès (1°20'15'' à Delys (4°25'28''E) (Fig. I.1).

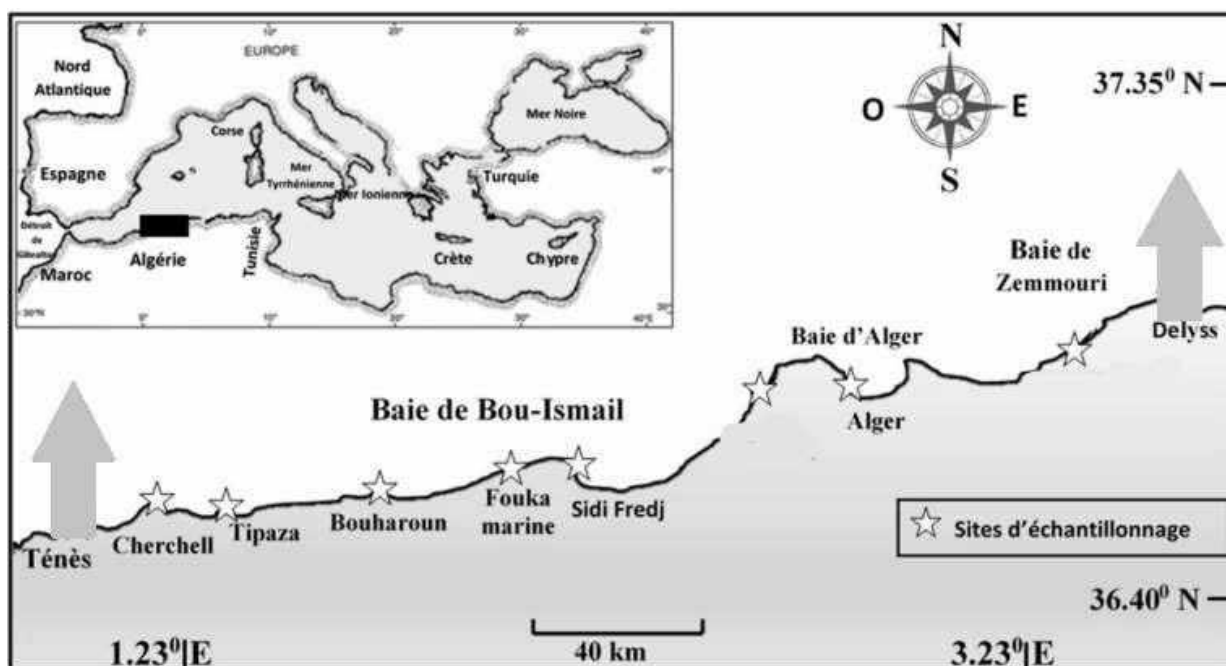


Figure I. 1 : situation géographique de la zone d'étude et des sites d'échantillonnage (Boufersaoui, 2016).

2.2. Présentation des espèces

2.2.1. Espèce principale *Pagellus acarne* (Risso, 1827)

Le pageot blanc appartient à l'infra-classe des Téléostéen, l'ordre des Perciformes, la famille des Sparidae et au genre *Pagellus* (Horton *et al.*, 2018).

L'espèce possède un corps allongé de couleur rose rougeâtre ou brunâtre, argenté sur les flancs. Le profil de la tête est comprimé au-dessus de l'œil. Le diamètre oculaire est plus petit que la longueur du museau. Porte à l'aisselle de la nageoire pectorale une tache noire rougeâtre caractéristique de l'espèce (Fig.I.2). La mâchoire est garnie en avant de dents en cardes et de molaires (Parenti et Poly, 2004 ; Fischer *et al.*, 1987).

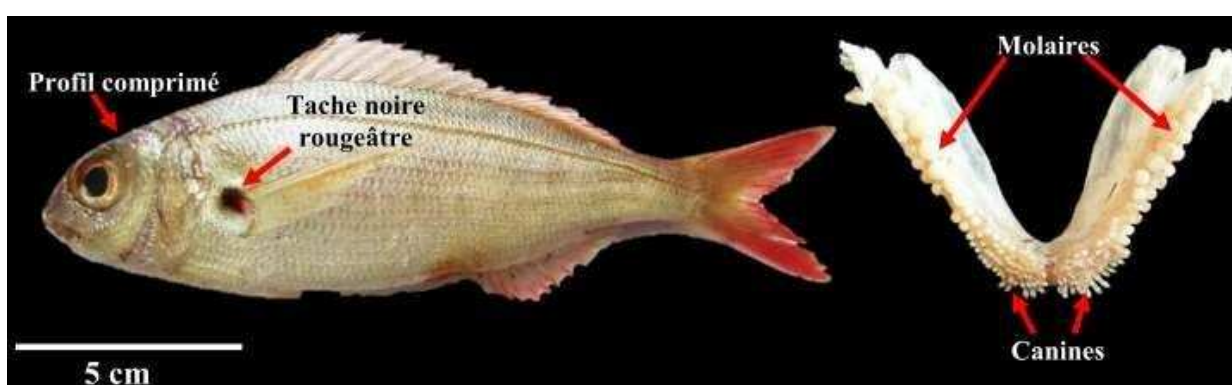


Figure I. 2 : morphologie et critères de reconnaissance de *P. acarne* (Boufersaoui, 2016).

Le pageot blanc est un poisson démersal vivant sur fonds variés, surtout sableux, sableux vaseux et herbiers à posidonies. L'espèce est rencontrée jusqu'à 420m de profondeur et commune de 40 à 180 m (Fischer *et al.* 1987). *P. acarne* fréquente l'Atlantique du golfe de Gascogne au Nord du Sénégal et en particulier les côtes nord-ouest africaines (Lamrini, 1996). En Méditerranée, l'espèce est plus commune dans le bassin occidental qu'oriental.

Selon Fischer *et al.* (1987), *P. acarne* fait partie des espèces omnivores à prédominance Carnivore. Son alimentation est représentée principalement par les crustacés (proie référentielle), poissons téléostéens et échinodermes, en plus des petites quantités de céphalopodes et de polychètes (Rizkalla *et al.*, 1999 ; Boufersaoui, 2016).

Hermaphrodites protandriques ; la majorité des individus sont d'abord mâles puis deviennent femelles à des tailles variant suivant les conditions hydrologiques (Fischer *et al.*, 1987). Il existe également des mâles et des femelles à développement direct. Sa période de reproduction est étalée dans le temps, elle se produit principalement d'avril à juin mais également durant l'automne de septembre à novembre. La maturité sexuelle apparaît à une taille un peu plus petite chez les femelles (16,22 cm) que chez les mâles (16,95 cm). Les

femelles issues de l'inversion sexuelle, sont plutôt retrouvées dans les grandes tailles. Ceci est cohérent avec un hermaphrodisme protandre (Boufersaoui, 2015 et 2016).

En Méditerranée cette ressource fait l'objet d'une exploitation par deux types de métiers à la fois. La pêche artisanale pratiquée par de petites embarcations, et la pêche chalutière exercée par des unités dont les puissances motrices et les tonnages sont relativement importants. Les engins de capture sont les chaluts de fond et pélagiques, les filets maillants, les palangres de fond et les lignes à main. Régulièrement présent dans les débarquements et les marchés, commercialisé frais ou réfrigéré (Boufersaoui, 2016).

2.2.2. Espèces associées

2.2.2.1. *Boops boops* (Linnaeus, 1758)

La bogue est un poisson Téléostéen appartenant à l'ordre des Perciformes et à la famille des Sparidés. Il est l'un des Sparidés les plus communs sur les côtes algériennes (Derbal et Kara, 2008).

De corps allongé et subcylindrique, *B. boops* présente une coloration verdâtre avec 3 à 5 rayures dorées longitudinales nettes sur les flancs (Fig.I. 3). Les dents sont incisiformes et disposées en une seule rangée sur les mâchoires inférieure et supérieure. (Fischer *et al.* 1987)

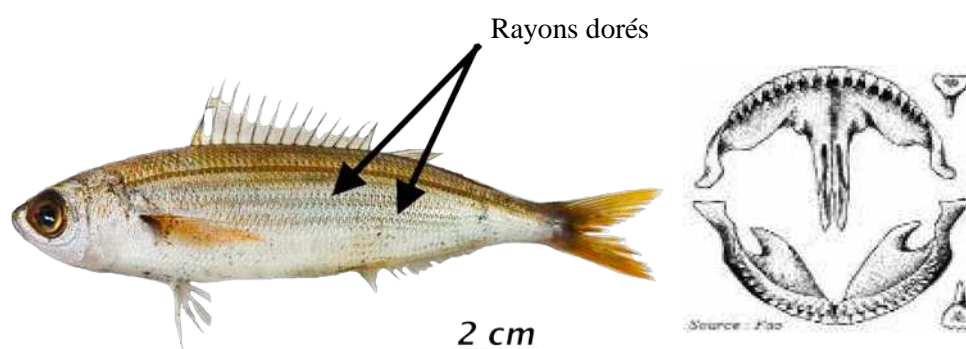


Figure I. 3 : morphologie externe et dentitions (Fischer *et al.*, 1987) de *Boops boops*

Ce poisson est démersale à pélagique, vit au-dessus du plateau continental, sur tous les fonds Jusqu'à 350m (Fischer *et al.*, 1987). Cette espèce est erratique avec une grande capacité de déplacement vertical (Harmelin, 1987). La Bogue est plus abondante dans les cent premiers mètres. Omnivore et planctonophage, elle se déplace en bancs et peut remonter en surface surtout la nuit ; elle peut s'introduire parfois dans les étangs salés (Lamrini, 1988).

La bogue est hermaphrodite protérogynique, (Whitehead *et al.*, 1984 in Kara et Bayhan., 2014). Selon Lamrini (1998), la taille à la première maturité est de 15,4 cm (les deux sexes), ce qui correspond à un an et, selon le même auteur, les femelles ne peuvent pas pondre en dessous de 12 cm de longueur. Généralement, chez cette ressource la ponte a lieu en mars et s'étend sur trois mois, de février jusqu'en avril. Le mois de mai marque la fin du frai

(Kherraz, 2011). Comme étant une espèce démersale, la bogue tout comme le pageot blanc est capturée par les deux flottilles artisanale et chalutière (palangres de fond et dérivantes, filets maillants de fond et pélagiques, chaluts de fond et chalut pélagiques (Fischer *et al.*, 1987).

2.2.2.2. *Trachurus trachurus* (Linnaeus, 1758)

Les saurels se définissent comme des poissons téléostéens perciformes de la famille des carangidés et appartenant au genre *Trachurus* (Haurton *et al.*, 2018).

T. trachurus a un corps allongé et légèrement comprimé. De grands yeux avec une paupière adipeuse bien développée. L'espèce possède deux nageoires dorsales, la première à 8 épines, la seconde à une épine et 29-33 rayons mous. La nageoire anale à 2 épines séparées du reste de la nageoire, suivies d'une épine et 24 à 29 rayons mous. Les écailles et les scutelles totales de la ligne latérale sont au nombre variant de 66 à 75 dont 31 à 36 scutelles sur la partie rectiligne. Une ligne latérale accessoire se terminant sous les 19èmes à 31ème rayons mous de la dorsale (Fig.I.4). Une petite tache noire sur le bord de l'opercule près de son angle supérieur constitue aussi un élément de diagnose de l'espèce (Froese et Pauly, 2018).

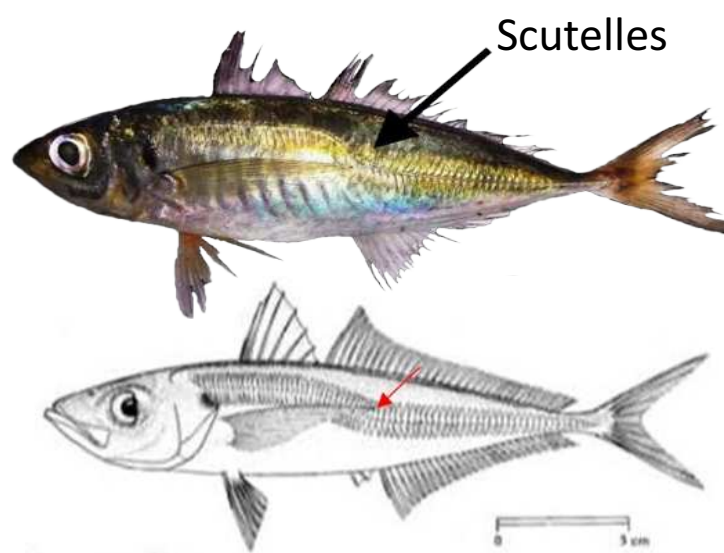


Figure I. 4 : morphologie externe de *Trachurus trachurus* (Fischer *et al.*, 1987)

Le chinchard est un poisson grégaire, pélagique. Il se rencontre en général de la surface jusqu'à 100 m de profondeur, mais peut descendre jusqu'à 1050 m au-dessus des fonds sableux (Période hivernale) (Colombey, 2018).

Sa distribution est côtière, en Atlantique de la Norvège à l'Afrique du Sud, et remonte dans l'océan Indien jusqu'au Mozambique. *T. trachurus* est présent également dans toute la Méditerranée et en mer Noire (Colombey, 2018).

Son alimentation est composée essentiellement de poissons, crustacés et céphalopodes. Parfois (rarement) des cnidaires (méduses) (Colombey, 2018). Ce poisson prédateur chasse en bancs, il est plus actif la nuit que le jour. Les migrations verticales journalières sont

importantes. La nuit, les chinchards suivent le plancton et remontent près de la surface pour se nourrir alors que la journée, ils redescendent vers le fond (Colombey, 2018).

La maturité sexuelle est atteinte vers trois ans pour les femelles, cinq ans pour les mâles, à une taille de 20 cm.

Les sexes sont séparés et la fécondation est externe. La reproduction a lieu de janvier à avril (Fischer *et al.*, 1987).

La pêche de Saurel en méditerranée est semi-industrielle et artisanale. En plus des engins qui ciblent la ressource pélagique, ce poisson est capturé par les chaluts de fond et pélagiques, par les filets maillants et par les palangres (Fischer *et al.*, 1987).

2.2.3. Données sur la production des espèces

Le pageot blanc (*P. acarne*) ainsi que ses deux espèces fortement associées (*B. boops* et *T. Trachurus*) sont capturés avec des quantités importantes, cependant leur production est en déclin dans la région centre de l'Algérie passant de 1111 tonnes pêchées en 2012 à environ 624 tonnes en 2014 (espèces et flottilles confondues). Il est à remarquer que ce sont des espèces essentiellement ciblées par la flottille chalutière. Parmi lesquelles, les captures en poids du saurel (*T. trachurus*) dépassent celles des deux autres espèces durant toutes les années comparées (Boufersaoui, 2016).

Les valeurs de la production moyenne par espèce, données du ministère de la pêche et les ressources halieutiques (MPRH, 2015) des années 2012, 2013 et 2014 sont présentées dans le tableau (Tab. I.1).

Tableau I. 1 : la production annuelle moyenne (tonne) des espèces étudiées dans la région centre algérienne (MPRH, 2015)

Espèce	Production chalutière	Production artisanale	La source
<i>Pagellus acarne</i>	112,672	6,301	MPRH, 2015
<i>Boops boops</i>	175,75	10,387	MPRH, 2015
<i>Trachurus trachurus</i>	529,04	21,163	MPRH, 2015

2.2.4. Composition des flottilles chalutière et artisanale de la région centre

Selon Boufersaoui (2016) nous avons essayé de retracer la composition de la flottille de pêche ciblant les espèces étudiées. Comme il est montré dans la figure I. 10, le nombre des petits métiers est dominant par rapport à celui des navires de la flottille chalutière dans tous les secteurs de la pêche de la région centre. La flottille de pêche artisanale est composée d'embarcations de longueur allant de moins de 6 m à 12 m (Fig.I.11) avec une puissance de 6 à 285 chevaux.

C'est au niveau de la baie de Zemmouri que le nombre de petits métiers est le plus important. Quant aux bateaux de type chalutiers, ils ont une longueur entre 12 et 30 m (Fig. I.12) avec

une puissance variant de 140 à 960 cv. En général, la flottille de pêche algérienne est caractérisée par son état vétuste et particulièrement par un taux d'immobilisation très élevé. La difficulté de s'approvisionner de la pièce de rechange, du fait de sa rareté sur le marché national et les problèmes économiques, en raison de la difficulté d'accéder aux crédits bancaires. Cet état de fait a laissé une partie importante de la flottille immobilisée dans les ports et soumise à de graves détériorations. Par conséquent une faible rentabilité économique par rapport au capital investi.

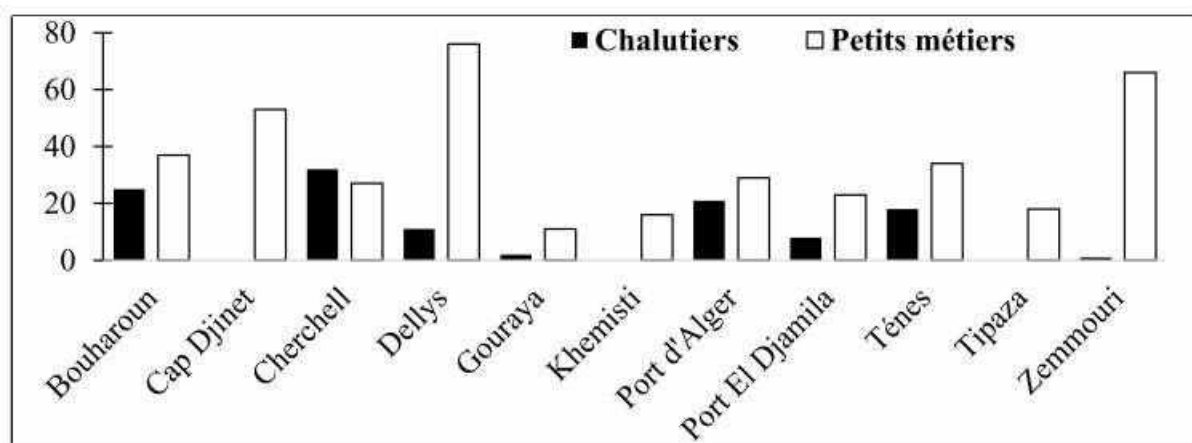


Figure I. 5 : répartition de la flottille chalutière et artisanale par secteur de pêche (Boufersaoui, 2016)

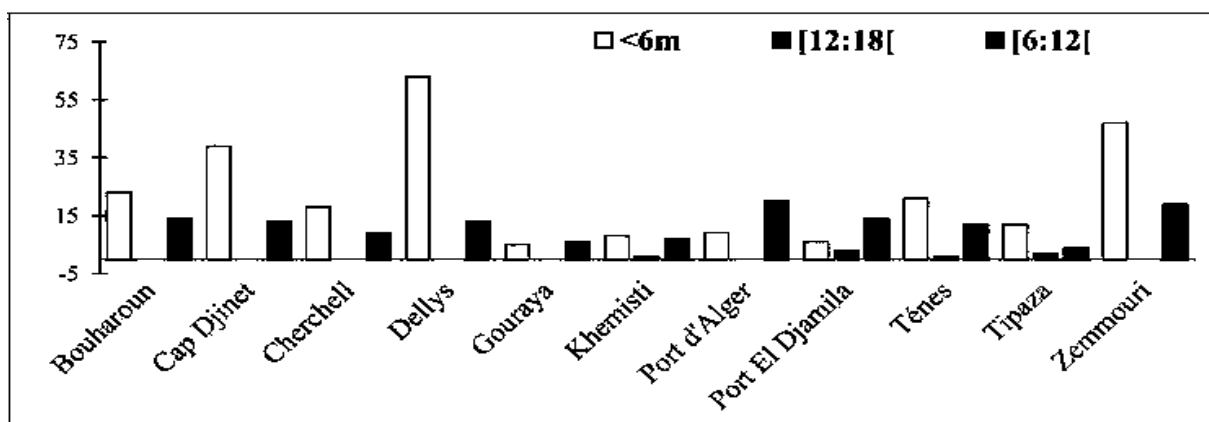


Figure I. 6 : répartition en classe de longueur et par secteur de pêche de la flottille artisanale (Boufersaoui, 2016)

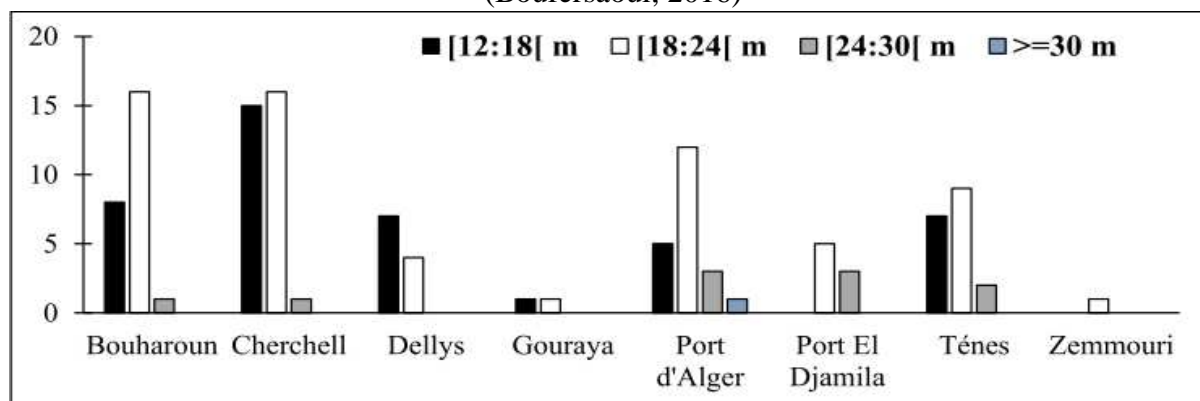


Figure I. 7 : répartition en classe de longueur et par secteur de pêche de la flottille chalutière (Boufersaoui, 2016)

2.3. Présentation des engins de pêche

2.3.1. Engins de pêche de la flottille chalutière

Les chaluts sont des filets remorqués constitués d'un corps de forme généralement conique relié vers l'arrière à une poche fermée (le cul), où s'accumule le poisson capturé. Le corps du filet est prolongé vers l'avant à l'ouverture par des ailes. Le chalut filtre un volume d'eau et de sédiments et retient les organismes d'une taille suffisante pour être piégé dans le réseau mailles (Le Gall, 2004).

2.3.1.1. Le chalut de fond

Remorqué par un seul bateau et dont l'ouverture horizontale est assurée par des panneaux divergents, relativement lourds et munis d'une semelle d'acier prévue pour un contact accentué avec le fond, figure I.8 (Deshamps, 2003).

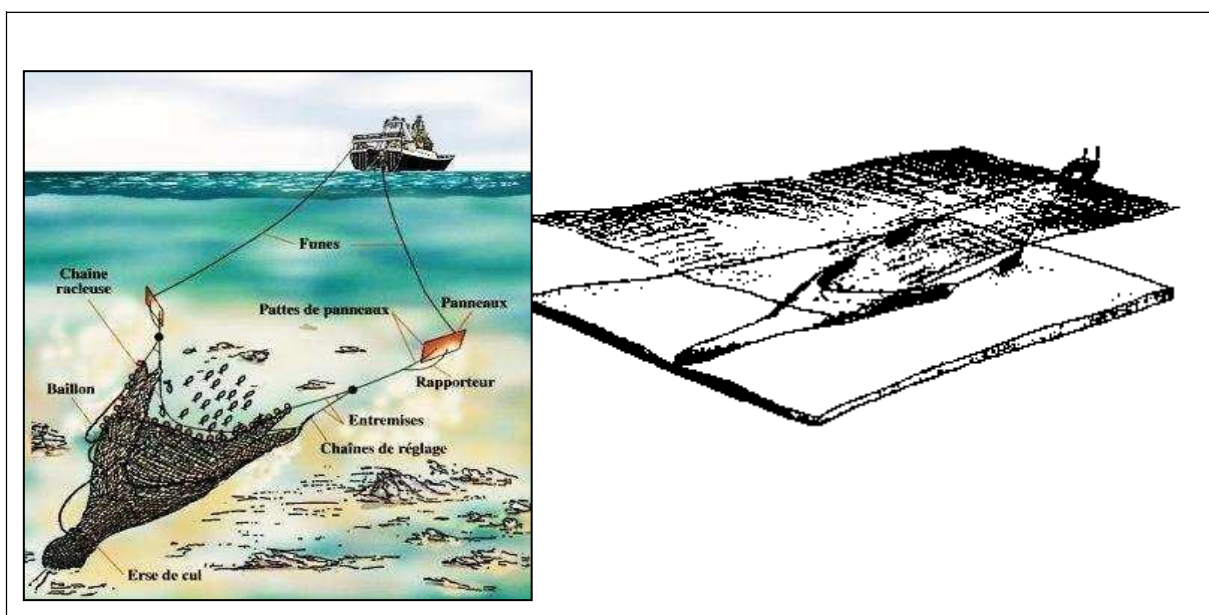


Figure I. 8 : principe de capture et fabrication d'un chalut de fond à panneaux (Kevern, 2005 ; Deshamps, 2003).

2.3.1.2. Le chalut pélagique

Ce type de chalut est conçu et gréé pour fonctionner entre deux eaux, y compris dans les eaux proches de la surface. Les pièces de la partie antérieure de ce filet sont le plus souvent réalisées en très grandes mailles, ou en cordages, qui rabattent les bancs de poissons vers la partie postérieure du filet comme illustre la figure I.9. Le chalut pélagique peut être traîné par un ou deux bateaux (Deshamps 2003).

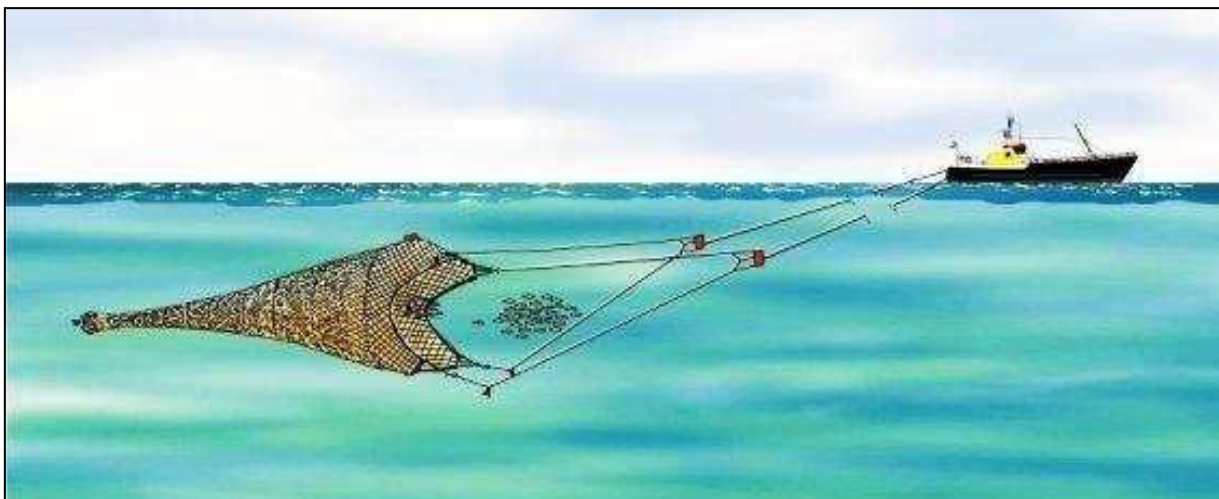


Figure I. 9 : chalut pélagique actif (Deshamps, 2003)

2.3.2. Engins de pêche de la flottille artisanale (petits métiers)

2.3.2.1. Les filets maillants

Il s'agit d'une nappe de filets verticaux (Fig.I.10). Chaque unité est formée de l'assemblage d'une, deux ou trois nappes parallèles maintenues entre deux ou plusieurs ralingues supérieures (flotteurs) et inférieures (lest) (Le Gall, 2004).

C'est le principe de capture qui a donné son nom au filet maillant, car les poissons sont généralement « maillés », c'est-à-dire retenus dans une des mailles du filet, normalement au niveau des branchies (entre la tête et le corps). Ainsi, la capture des poissons au filet maillant repose sur le principe que les poissons rencontrent l'engin quand ils se déplacent pour manger ou lors des migrations. Comme les poissons peuvent éviter le filet s'ils le remarquent, les prises sont normalement meilleures lorsque la lumière est faible ou dans les zones d'eau trouble (Kevern, 2005).

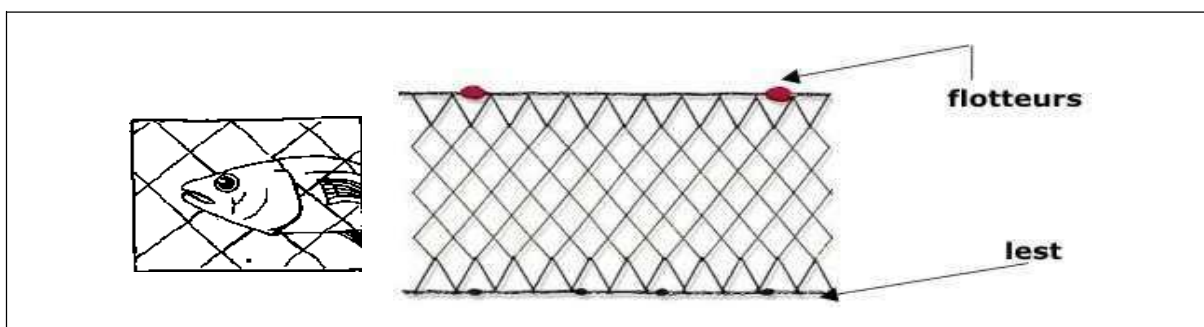


Figure I. 10 : filet maillant et son principe de capture (Kevern, 2005 et Deshamps, 2009).

2.3.2.2. Les filets trémails

A première vue, le trémail peut paraître semblable au filet maillant. Cependant, alors que le filet maillant n'a qu'un seul panneau de mailles, le trémail en a trois, un panneau central

constitué de petites mailles et deux panneaux latéraux faits de mailles plus grandes. Quand un poisson entre en contact avec le filet, il pousse le filet à petites mailles à travers le filet adjacent en mailles plus grosses et se trouve ainsi emmaillé (Kevern, 2005) comme l'explique la figure I.11.

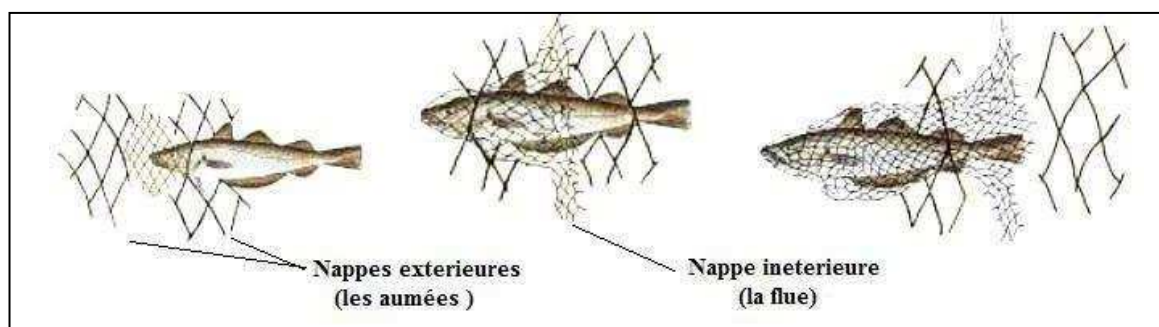


Figure I. 11 : principe de capture d'un trémail (Deshamps, 2009)

2.3.2.3. La palangre

La palangre est une longue ligne (ligne principale) sur laquelle sont fixées à certains intervalles des lignes lestées, relativement plus courtes et plus fines (avançons) munies d'hameçons appâtés (Fig. I.12). Selon le type de pêche, il y a de grandes différences dans les paramètres de l'engin - par exemple, l'épaisseur et le matériau de la ligne principale et des lignes lestées, ou l'espace entre les hameçons - et dans les types d'hameçons et d'appâts (Kevern, 2005).

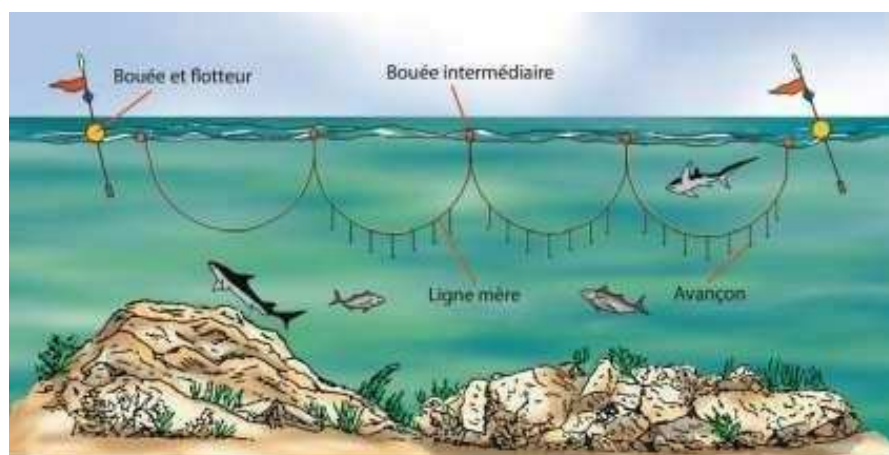


Figure I. 12 : principe de capture et fabrication de palangre dérivante (Deshamps, 2005)

Chapitre II

Matériel et méthodes

1. Echantillonnage et source de données

Durant une période de 4 mois (Février, Mars, Avril et Mai) nous avons récolté un ensemble de 331 spécimens de *B. boops* et de *T. trachurus* capturés par les flottilles artisanales (Petits métiers) et semi-industrielle (chalutière). Les poissons échantillonnés proviennent essentiellement de la baie de Bou-Ismaïl : port de Bouharoun, abri de pêche de Fouka Marine et de Sidi fredj.

Cependant, il est à signaler qu'un complément de données sur *B. boops* en plus des données relatives à *P. acarne* provient de toute la région centre algérienne, ont été tiré de Boufersaoui (2016). La répartition des individus par flottille pour chaque espèce est détaillée par le tableau II.1.

Tableau II. 1 : la répartition des individus échantillonnés par flottille

Espèce	Flottille	Effectifs
<i>B. boops</i>	Petits métiers	183
	Chalut	244
<i>P. acarne</i>	Petits métiers	585
	Chalut	1311
<i>T. trachurus</i>	Petits métiers	181
	Chalut	389

2. Manipulation et traitement des échantillons

2.1. Mensurations et pesée du poisson

Les poissons sont traités au laboratoire directement après échantillonnage, à l'état frais ou congelés pour traitement ultérieur. Chaque individu a été mesuré de sa longueur totale (L_T) en utilisant un ichtyomètre. Les poids totaux (P_T), ont été obtenus en utilisant une balance avec une précision de 0,01 g.

2.2. Prélèvement des otolithes

Les otolithes prélevées sont nettoyées avec de l'eau, et stocké sec dans microtubes en plastique étiquetés. Ils ont été placés dans une boîte de type Pétri sur une platine noire. Pour certaines pièces nous étions contraints d'utiliser des solutions pour améliorer les lectures.

Pour *B. boops* un mélange de glycérine (30%) et alcool (70%) a été un bon milieu d'observation. Les otolithes peu lisibles de *T. trachurus* étaient clarifié après les avoir brûlés dans une flamme d'alcool ou immergé dans l'eau comme indiqué par Williams et Bedford (1974). L'immersion dans l'EDTA de l'otolithe entier a également été utilisée pour la détection des anneaux annuels de croissance pour les poissons les plus vieux.

Pour l'estimation de l'âge à partir des otolithes, ces derniers sont pris en photos à l'aide d'une loupe binoculaire munie d'une caméra (Oxyrian) et un ordinateur. Les mesures sur les otolithes sont réalisées en utilisant le logiciel TSVIEW.

3. Présentation de l'outil de simulation SHAPEC

L'outil SHAPEC (Simulateur Halieutique des Pêcheries complexes) est un simulateur informatique, programmé et développé sous environnement EXCEL. Il permet de représenter et manipuler de manière simple et conviviale les différentes étapes de l'évaluation et de l'avis de gestion d'un stock halieutique mixte exploité par plusieurs Flottes/engins.

La construction de l'outil s'est faite en plusieurs étapes, sa notice de fonctionnement avec quelques captures d'écran sont présentés en annexe A (Figs A.1-A7). L'outil SHAPEC est structuré à l'aide de différentes formules et fonctions et organisés en plusieurs feuilles. Le but est de rechercher un optimum bio-économique d'une ressource (le pageot dans notre cas d'étude) au moyen d'une simulation à long terme (Méthode de Thompson et Bell, 1934), au cours de laquelle, il est possible de modifier les paramètres annuels d'exploitation concernant l'effort (augmentation, diminution, gel ou arrêt de la pêche) et l'âge/taille minimums de capture.

L'outil a l'avantage de mieux se rendre compte de l'évolution de plusieurs paramètres halieutiques selon les choix stratégiques que l'on vise pour gérer une pêcherie. D'une manière très rapide, on peut intervenir pour simuler le changement les conditions d'exploitation et observer les répercussions de ces modifications.

L'approche multi-flotte (engin) multi-spécifique a déjà été traité par plusieurs logiciels tels que le FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2004) et le logiciel VIT (Leonard et Salat, 1992), toutefois l'application de ces derniers à révélé leurs limites d'exécution où le VIT permet de simuler l'approche multi-engins d'une espèce à la fois en exigeant des données sur la première maturité de l'espèce(s), quant au FISATII qui exprime le résultat final sous une forme non compatible aux besoin de l'interprétation. L'outil SHAPEC présente un avantage en termes de manipulations et de méthodologie plus avancée puisqu'il permet en plus de ces approches d'étudier, d'analyser des stocks multi spécifique et complexes avec de simples manipulations. Il a la possibilité aussi d'analyser les données d'entrée et la présentation simplifiée des données de sortie. Aussi à la différence avec les programmes cités précédemment, nous n'avons pas besoin des données sur la maturité sexuelle comme l'exige le logiciel VIT.

Dans son option de travailler sur des données sur l'âge, de simuler le changement de la grandeur de maille directement et non la taille de capture comme l'exige le FISAT, l'outil SHAPEC est encore plus avantageux.

En résumé, à l'aide de l'outil SHAPEC on peut répondre à plusieurs questions selon les objectifs, par exemple :

- Comment varient la production et sa valeur économique à long terme en fonction de l'effort développé par chaque type de flottille/engins ?
- Quel serait l'effort qui permet la production maximale équilibrée (MSY) et à combien s'élèvent ce MSY et le MSE correspondant ?
- Si un gel de l'effort déployé par une des flottilles/engins est envisagé, quelles en seront les conséquences ?
- Etant donnée un changement de la réglementation sur le maillage, comment la production équilibrée et sa valeur économique varient-elles en fonction de l'effort ?

3.1. Architecture de l'outil SHAPEC

La figure II.1 illustre les données d'entrées et de sortie essentielles sur les quelles le diagnostic de pêcherie est fondée.

L'outil est constitué d'un nombre de feuilles Excel liées entre elles par des cellules programmées, et des macros sauvegardées où les liaisons représentent des données d'entrées pour les unes et des données de sorties pour d'autres.

Au total le classeur contient 27 feuilles. Parmi ces dernières 9 sont visibles. Le reste des 26 sont des feuilles masquées pour faciliter la manipulation, d'autant plus ce sont des feuilles de passages, leur affichage peut être activé en cliquant sur un bouton du menu. Les feuilles, leurs rôles et contenu sont présentés dans le tableau (Tab.II.2).

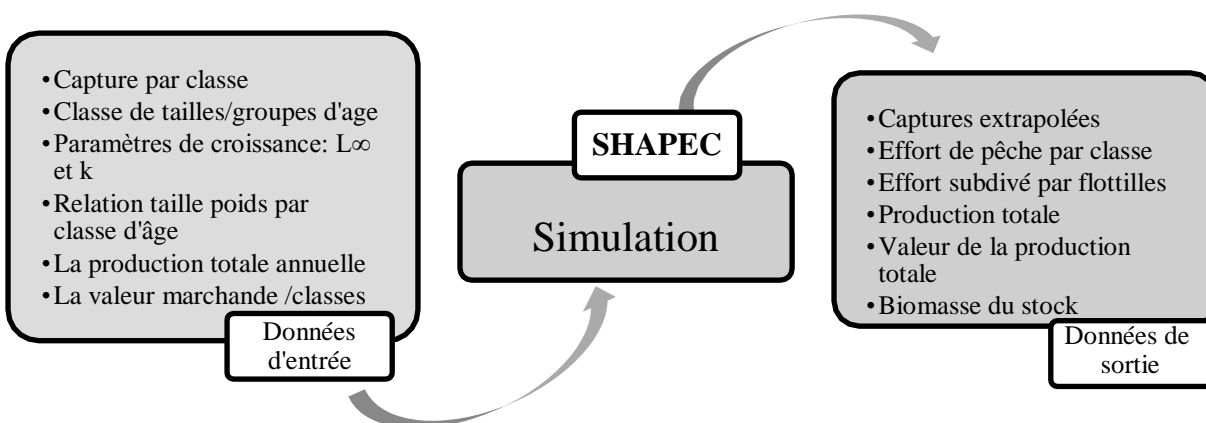


Figure II. 1 : données indispensables au fonctionnement de l'outil et les principaux résultats

Tableau II. 2 : organisation et contenu des feuilles de l’outil SHAPEC

	Intitulé de la feuille	Contenu
Feuilles visibles	Notice	Guide d’utilisation.
	Menu	Interface d’accueil contient des boutons de commandes.
	Données-Age	Interface de saisie des paramètres liés à la biologie et l’exploitation de l’espèce.
	Données-Taille	
	Thompson et Bell (1934)-Age	Analyse de production de Thompson et Bell.
	Thompson et Bell (1934)-Taille	
	Gel F/arrêt -âge	Maintien de l’effort d’un ou plusieurs engins et fermeture de pêche
Gel F/arrêt -Taille		
Sélectivité	Analyse de production après changement du maillage.	
Feuilles invisibles	Extrapolation-Age	Élaboration des structures démographiques des captures.
	Extrapolation-Taille	
	Pope (1972)	Analyse des populations virtuelles
	Jones (1983)	
	Subdivision F-Age	Subdivisons de l’effort de pêche entre les différentes flottilles.
	Subdivision F-Taille	
	Sélectivité-Espèce 01	Changement de maillage d’un ou plusieurs engins /flottilles qui ciblent l’espèce.
	Sélectivité-Espèce 02	
	Sélectivité-Espèce 03	
	Sélectivité-Espèce 04	
Sélectivité-Espèce 05		

3.2. Fonctions et formules

L’Excel est un logiciel tableur de la suite bureautique Microsoft office, il est destiné à fonctionner sur plusieurs plateformes (Microsoft, Windows, Android ...). Ce logiciel intègre des fonctions de calcul numérique, présentation graphique, d'analyse de données ,notamment de tableau croisé dynamique et de programmation (langage VBA).

3.2.1. Les opérateurs

De nombreux opérateurs arithmétiques et de comparaison nous ont été utiles pour la programmation de l’outil.

Les opérateurs arithmétiques sont : l’addition (+), la soustraction (-), la multiplication (*), la division (/) et la puissance (^).

Les opérateurs de comparaison utilisés sont : inférieur et supérieur (< et >), inférieur ou égal et supérieur ou égal (<= et >=), égal et différent (= et <>).

3.2.2. Les fonctions

Excel offre un ensemble de fonctions utiles et nécessaires pour la réalisation de la programmation et son fonctionnement. Selon Guillot (2011) le tableau II.3 résume l'ensemble des fonctions que nous avons utilisé.

Tableau II. 3 : fonctions Excel utilisées pour la programmation de l'outil SHAPEC

Type des fonctions	Syntaxe	Rôle
	Somme	Calcule l'addition de la sélection
Fonctions mathématiques	Somme si	Additionner le contenu d'une plage de cellules correspondant à un critère
	Puissance	Renvoie la valeur de la cellule sélectionnée élevée à la puissance indiquée
Fonctions statistiques	Moyenne	Calcule la moyenne de la sélection
	Maximum	Envoi la valeur la plus grande de la sélection
	Minimum	Renvoie la valeur la plus petite de la sélection
Fonctions logiques	Teste Si	Pose une condition et renvoie dans la cellule active, une valeur si la condition est juste et une autre si elle est fausse

3.2.3. Les Macros

La VBA est un langage Visual Basic applicable à la suite bureautique MS Office. Il sert à automatiser certaines tâches, exécuter des actions en série, créer des commandes et boutons, réaliser des interfaces graphiques et des applications ...

Une macro est une action ou un ensemble d'actions qui peuvent être exécutées autant de fois que vous le souhaitez. Lors de la création d'une macro, les clics de souris et les frappes sont sauvegardées sous forme d'algorithme auquel la macro fait appelle en cas de demande d'exécution (Losson, 2018).

3.3. Organisation des données d'entrée

3.3.1. Clé âge-longueur

Les données utilisées en provenance de la bibliographie pour l'espèce *P. acarne* (Boufersaoui, 2016) ont été estimées par méthode directe à partir des otolithes, soit par lecture directe ou rétrocalcul. Nous avons également eu recours aux mêmes techniques pour les espèces que nous avons échantillonné (*B. boops* et *T. trachurus*)

L'otolithométrie est une méthode d'estimation de l'âge qui est souvent utilisée chez les Téléostéens (Stevenson et Campana, 1992). Les informations requises pour la détermination de l'âge sont

- la date de capture,
- la nature du bord de l'otolithe,
- la date de naissance,
- les marques de croissance considérées : hyalines dans notre cas

Selon Williams et Bedford (1974), par convention, le 1^{er} janvier est fixé comme date de naissance pour tous les individus.

Nous avons considéré l'axe de lecture *nucleus*-rostre. En lumière réfléchie, où les zones opaques sont claires (lumineuses) et les zones translucides sont sombres. Les marques doivent théoriquement décroître en largeur avec l'axe de lecture et le comptage commence à la 1^{ère} zone translucide saisonnière déposée après la zone opaque de l'année de naissance (Boufersaoui, 2016). La conversion d'un comptage de marques de croissance en une valeur d'âge estimé est réalisée suivant la table de décision suivante :

Tableau II. 4 : Attribution d'un âge par dénombrement de n zones translucides, y compris le bord (Mahé *et al.*, 2005)

Date de capture		
Nature du bord	1 ^{er} Janvier- 31 Juin	1 ^{er} Juillet- 31 Décembre
Translucide	Age = n	Age = n-1
Opaque	Age = n+1	Age = n

3.3.2. Données sur la croissance linéaire

Le modèle de von Bertalanffy (1934) est largement utilisé en ichtyologie pour exprimer la croissance des adultes d'une population donnée (Chauvet, 1986). Ce modèle est l'un des fondements de la biologie des pêches dans la mesure où il sert à décrire la dynamique de la population des poissons. Ce modèle mathématique exprime la longueur en fonction de l'âge (Sparre et Venema, 1996) et est représenté par la formule suivante :

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

Avec :

- L_t : Longueur du poisson au temps (âge) t ,
- K : Coefficient de croissance (catabolisme ou de courbure),

- L_{∞} : Longueur asymptotique quand t tend vers l'infini,
- t_0 : Correspond à un âge théorique pour lequel la taille est nulle, or les larves ont une certaine taille à l'éclosion.

Pour notre étude, ces paramètres sont déduits à partir des clés âge-longueurs estimées précédemment par la méthode des moindres carrées de la régression non-linéaire (Cadima, 2002).

Selon Sparre et Venema, 1996, cette méthode estime les paramètres de croissance de telle sorte que la somme des carrés des écarts entre le modèle et les observations soit minimale, c'est-à-dire qu'elle minimise la somme en fonction des paramètres L_{∞} , K et t_0 :

$$\sum_{i=1}^n [L(i) - L_{\infty} * [1 - \exp(-K * (t(i) - t_0))]]^2$$

L'utilisation du package fishmethods (Gary, 2017) du logiciel R a été utile pour l'obtention de ces paramètres.

3.3.3. Relation taille-poids

La relation qui lie le poids d'un poisson à sa longueur est décrite par la formule :

$$P_T = a(L_T)^b$$

- P_T : Poids totale
- L_T : Longueur totale
- a : constante fonction des unités utilisées
- b : coefficient d'allométrie

Par une transformation logarithmique, l'équation linéarisée se présente sous la forme :

$$\ln P_T = b \ln L_T + \ln a$$

3.3.4. Estimation de la mortalité naturelle M

La formule de Djabali *et al.* (1994) a été utilisée pour l'estimation de M . Cette méthode est inspirée du principe de l'équation de Pauly. Elle est déduite de régressions linéaires multiples et est basée sur les paramètres de croissance et de mortalité de 56 stocks de poissons vivants en Méditerranée. La relation proposée est la suivante :

$$\text{Log}_{10}(M) = -0,0278 - 0,1172 \text{Log}_{10} L_{\infty} + 0,5092 \text{Log}_{10} K$$

3.4. Organisation et compositions des données de sortie

3.4.1. Élaboration des structures démographiques des captures

Obtenir les effectifs totaux des captures par classe de taille d'une espèce nécessite de disposer : d'une distribution de fréquences représentative des captures totales, du poids de

l'ensemble des individus ayant servi à la construction de cette distribution et du poids de la totalité des captures (production annuelle).

Le rapport [poids total] / [poids de l'échantillon] permet ensuite d'extrapoler les effectifs par classe de taille de la distribution, à ceux de la totalité des captures.

Afin d'exécuter cette étape pour une pêcherie, l'utilisateur doit suivre les étapes suivantes :

- Après la saisie des données dans la feuille Données-Age/Taille.
- Cliquer sur le bouton « Données extrapolées ».

Le tableau (Tab.II.5) synthétise les différentes étapes que l'outil effectue pour ramener les effectifs de notre échantillon vers la production annuelle totale.

Tableau II. 5 : Équations utilisées pour l'extrapolation des effectifs échantillonnés vers la production annuelle totale (Boufersaoui *et al.*, 2013).

Étapes	Variables	Formules	Signification
01	P _{ie}	N _{ie} * a * L _{Ti} ^b	P _{ie} : poids des individus échantillonnés par classe de taille i. N _{ie} : effectifs échantillonnés par classe de taille i L _{Ti} : centre de la classe de taille i a et b : paramètres de la relation taille-poids
02	P _{TE}	ΣP _{ie}	P _{TE} : poids total de l'échantillon (Toutes les classes).
03	P _{ic}	(P _{ie} /P _{TE}).P	P _{ic} : poids des individus ramené à la production annuelle totale par classe de taille. P : production annuelle totale en grammes.
04	C _{TLi}	P _{ic} / (a * L _{Ti} ^b)	C _{TLi} : effectifs (captures) commerciaux totales par classe de taille (Li).

3.4.2. Approche mixte/multi-flottille (engin)


L'évaluation d'une opération de pêche complexe repose sur données de fréquences d'âge ou de longueur (Sparre et Venema, 1996) procède comme suite :

Étape I : addition de l'ensemble des captures pour toutes les flottilles/engins par espèce. Étape II : procéder à une analyse de cohorte pour chaque espèce prise séparément.

Étape III : subdiviser les valeurs de F_{Li} par classe, revenant à chaque flottille :

$$F_{Li.I} = \frac{C_{Li.I}}{C_{Li.T}} * F_{Li.T} \quad F_{Li.II} = \frac{C_{Li.II}}{C_{Li.T}} * F_{Li.T}$$

Avec : T : totale, I et II : représente les flottilles/engins

Etape IV :  -Procéder à une analyse de production de type Thompson et Bell (1934) pour chaque espèce et chaque flottille.
-additionner la production, la valeur marchande et la biomasse de toutes les espèces par flottille (pour déterminer le niveau d'effort optimum)

Etape V : tracer les courbes de production de valeurs commerciale et la biomasse. On obtient 3 courbes par flottille ou engin

3.4.2.1. Analyse de cohortes

L'analyse de cohorte est une technique d'estimation des taux instantanés de mortalité par pêche (F) intervenues au cours des années passées (Tamdrari, 2001). Ces mortalités mesurent la pression réelle exercée sur le stock et sont en ce sens sur un plan théorique la seule mesure parfaitement exacte de l'effort de pêche effectif (Laurec et Leguen, 1981).

Nous avons appliqué deux méthodes, celle basée sur la distribution de l'âge (Pope, 1972) et la procédure de Jones (1983) basée sur la distribution en fréquence de taille. Les équations et étapes sont détaillé l'annexe A (Tab. A.1) (Sparre et Venema, 1996).

L'application de cette étape est automatique et fait partie des procédures intermédiaires. Cependant la consultation de la feuille d'application est autorisé en cliquant sur le bouton «Jones 1983 » ou « Pope 1972 » selon le type de la distribution.

3.4.2.2. Analyse de la production : modèle de Thompson et Bell (1934)

Le modèle prédictif de Thompson et Bell (1934) est conçu pour l'évaluation des stocks de poissons à partir des captures en nombre par âge ou par classes de taille. Ce dernier emprunte ses données d'entrées à une analyse de cohortes. Il sert à déterminer les coefficients de mortalité et évaluer l'impact d'une variation d'effort de pêche en introduisant un facteur x, ou d'un changement de maillage. Il peut de plus faire les calculs, pour une série de régimes d'exploitation et des prévisions de captures à court et à long terme. Un groupe d'équations résume sous une forme générale les formules correspondant au modèle de Thompson et Bell (Tab.A.2, Annexe A).

La réalisation de cette analyse au SHAPEC se fait comme suit :

- Après introduction des données le moteur de l'outil revoie vers la feuille « analyse de production »

- Cliquer sur le bouton « Simulation », puis afficher les résultats indépendants de la simulation par le bouton « Résultats ».

3.4.2.3. La fermeture de la pêche

Cette mesure de gestion est généralement applicable sur des pêcheries non productives, ou des pêcheries affectant le stock de manière aggravée. Cette action de fermeture peut être spatio-temporelle, c'est-à-dire appliquée pour une période donnée sur sites prédéfinie.

Point de vue pratique, la simulation de cette mesure de gestion se fait avec la simulation du gel d'effort.

3.4.2.4. Le gel de l'effort exercé par les flottilles/engins

C'est le maintien de l'effort de pêche d'un ou plusieurs engins/flottilles. Dans le cas d'une évolution d'une pêcherie multi-flottille, les mêmes facteurs multiplicateurs utilisés dans le modèle de Thompson et Bell, $X_I = X_{II} = \dots X_n$ (I, II...n : engin/flottille) sont appliqués aux valeurs de F des deux flottilles/engins, ce qui revient à dire que l'on a supposé que l'effort de la flottille I représente toujours la même proportion de l'effort total.

On peut cependant supposer de geler l'effort exercer sur une des flottilles, c'est-à-dire que le facteur X_I (Flottille artisanale par exemple) est maintenu constant alors que l'on fait varier le facteur X_{II} (Flottille chalutière par exemple). Cela correspond à une situation dans laquelle une pêcherie évolue, alors que l'autre est supposée demeurer au même niveau (Sparre et Venema, 1996). Les étapes entreprises pour cette simulation sont détaillé en annexe A.

Afin de simuler une telle mesure de gestion pour une pêcherie, l'utilisateur doit suivre les étapes suivantes :

- Aller au tableau de bord et cliquer sur « Gel-Age/Taille »
- A partir d'une liste déroulante choisissez l'option désirée pour chaque engin : oui, non ou fermeture (arrêt) de pêcherie.

3.4.2.5. Simulation sur la sélectivité des chaluts

La réglementation sur la taille des mailles représente pour de nombreuses pêcheries un outil important de gestion. Il importe par conséquent de pouvoir prédire le résultat d'une modification du maillage. Etant donné qu'une telle modification entrainera un changement de sélectivité c'est-à-dire les valeurs de F, qui sont manifestement liées à l'ogive de sélection et donc pour réaliser une prédiction, nous nous servons de la situation actuelle (Maillage actuellement utilisé) pour prévoir une situation nouvelle (Sparre et Venema, 1996). L'effet d'un changement de maillage agit sur deux facteurs : la sélectivité et la production

D'après Sparre et Venema, 1996, $L_{50\%}$ et $L_{75\%}$ sont les longueurs auxquelles 50% et 75% des poissons sont retenus par l'engin de pêche. En connaissant la grandeur de la maille actuelle ($GM_{actuelle}$), on peut calculer les nouvelles valeurs de $L_{50\%}$ et $L_{75\%}$ ainsi que la nouvelle courbe de sélection correspondant à ces valeurs. Sachant que le facteur de sélection (SF) reste constant :

$$SF_{75} = L_{75\%} / GM$$

$$SF_{50/75} = L_{75\%} / GM$$

SL est la courbe de sélectivité (ou ogive de sélection) correspondant à l'engin de pêche utilisé.

$$SL = \frac{1}{(1 + e^{S1-S2L})}$$

Les paramètres $S1$ et $S2$ sont définis respectivement par les équations suivantes :

$$L_{50\%} = S1/S2$$

$$L_{75\%} = (S1 + \ln 3) / S2$$

La mortalité actuelle est régie par la sélectivité de l'engin de pêche. Elle s'exprime de la manière suivante :

$$FL_{actuel} = Fm * SL_{actuelle}$$

Fm est la mortalité maximale par pêche et $SL_{actuelle}$ est la courbe de sélectivité correspondant à l'engin de pêche actuellement utilisé. De la nouvelle ogive de sélection et de Fm de l'actuelle opération de pêche, nous pouvons calculer une nouvelle série de mortalités par pêche en utilisant l'équation suivante (Sparre et Venema, 1996) :

$$FL_{nouveau} = Fm SL_{nouveau}$$

$$Fm = \frac{FL_{nouveau}}{SL_{nouveau}} = \frac{FL_{actuel}}{SL_{actuel}}$$

$$FL_{nouveau} = (SL_{nouveau} / SL_{actuel}) * FL_{actuel}$$

Les nouveaux F serviront de nouvelles données d'entrée pour le modèle de Thompson et Bell et les résultats correspondant aux structures de F nouvelle, sont comparées à la production, la valeur de la production et la biomasse actuelle. Les étapes de simulation de l'effet de changement de maillage sont ordonnées comme suite :

- Etape 1 : estimation de la $L_{50\%}$ et la $L_{75\%}$ actuelles,
- Etape 2 : application de l'approche mixte multi-flottille/engin de la méthode de Thompson et Bell jusqu'à l'étape qui fournit le vecteur FL_i , il s'agit du vecteur actuel de la mortalité par pêche par classe de taille,
- Etape 3 : calculer la SL_i actuelle,
- Etape 4 : calcul du facteur de sélection, SF_{50} et SF_{75}
- Etape 5 : estimation de la L_{50} et la L_{75} nouvelles en utilisant la grandeur de la maille nouvelle

- Etape 6 : calculer la SLi nouvelle,
- Etape 7 : calculer la FLi nouvelle,
- Etape 8 : continuer l'approche en utilisant le nouveau vecteur FLi (Sparre et Venema, 1996).

Dans le présent travail, nous avons simulé uniquement le changement de maillage des chaluts. Pour les filets maillant la procédure de calcul des tailles de sélection est autre que celle correspondant au chalut. Cependant l'utilisateur de l'outil SHAPEC se limite uniquement aux chaluts.

Afin de simuler une telle mesure de gestion pour une pêcherie, l'utilisateur doit suivre les étapes suivantes :

- Aller au tableau de bord et cliquer sur simulation, ce qui conduit vers la feuille « Données-sélectivité ».
- Introduisez les paramètres nécessaires, cliquez « Exécuter » puis « simulation » dans la feuille suivante (le bouton « résultats » permet l'affichage des résultats séparément de la simulation).

Chapitre III
Résultats et discussions

1. Présentation des données d'entrée

L'exécution du simulateur SHAPEC exige des données d'entrée estimées au préalable. Toutes les données sont indispensables à la simulation de l'approche multi-spécifique multi-flottille selon le mode choisi et doivent répondre aux critères imposés.

Afin de valoriser et exprimer l'utilité du simulateur, l'approche est appliquée sous ses deux modes (structure d'âge et structure de taille), et les données nécessaires sont présentées.

1.1. Distribution de fréquences d'âge et de poids

Après la lecture de 173 otolites de *T. trachurus* et 235 de *B. boops*, une clé âge-longueur exprimé en fréquences a été établie. La distribution en fréquence d'âge de 320 individus de *P. acarne* provient de la bibliographie (Boufersaoui, 2016).

Les différentes clés nous ont permis de représenter les captures artisanales (C_{PM}) et chalutières (C_{CH}) échantillonnées en fonction des groupes d'âge de l'espèce cible et ses accompagnatrices (Tab.III.1). Le poids moyen individuel par classe (P_T , en gramme) et l'écart entre les classes d'âge Δa_i (1 an pour notre cas d'étude) font parties des données obligatoires.

Tableau III. 1 : distributions des fréquences d'âge et de poids utilisées

<i>Pagellus acarne</i>				<i>Boops boops</i>				<i>Trachurus trachurus</i>			
Age	$P_T(g)$	C_{CH}	C_{PM}	Age	$P_T(g)$	C_{CH}	C_{PM}	Age	$P_T(g)$	C_{CH}	C_{PM}
0	11,685	94	2	1	20,78	3	3	0	15,66	47	38
1	33,172	411	49	2	33,79	38	59	1	22,29	27	9
2	69,868	469	227	3	46,98	98	77	2	36,66	125	54
3	104,213	202	175	4	88,79	43	44	3	44,82	66	42
4	134,502	78	80	5	113,10	40	41	4	56,16	35	15
5	187,009	36	35	6	181,95	21	11	5	143,81	69	19
6	223,313	7	6					6	159,29	14	5
7	217,503	9	8								
8	299,755	3	2								
9	293,300	1	1								
10	335,000	1	0								

1.2. Distribution des fréquences de taille

Après traitement des effectifs échantillonnés, les distributions des captures extrapolées par classe de taille sont obtenues en optant pour une étendue de classe de 2 cm pour les deux espèces *P. acarne* et *T. trachurus* et de 1 cm pour *B. boops*. Le tableau III.2 regroupe les fréquences de taille échantillonnées des espèces par type de flottille.

L'observation de ces derniers permet de faire les constatations suivantes quant à l'exploitation de chaque espèce par telle ou telle flottilles :

Au niveau des débarquements de la flottille artisanale, le pageot blanc est principalement ciblé entre 17-25 cm de longueur totale. Pour les classes inférieures à 13 cm et supérieures à 29 cm, les captures sont quasiment nulles. La flottille chalutière semble cibler des tailles plus petites 13-19 cm avec des effectifs plus élevés et parsemées sur toutes les classes de taille. Cependant les plus grandes tailles et les plus petites sont peu débarquées par les chalutiers. L'exploitation chalutière de *B. boops* est principalement focalisée sur des tailles moyennes 17-19 cm, 16-18cm pour la flottille artisanale. Cependant les grandes tailles sont présentes dans les deux pêcheries.

Pour *T. trachurus* les tailles comprises entre 13 et 23 cm représentent 80% de la pêche chalutière avec absence des individus inférieurs à 10 cm. La même proportion est présentée par les tailles comprises entre 11 et 19 cm dans la pêche artisanale avec une absence presque totale des grandes tailles au-delà de 30 cm.

Tableau III. 2 : distribution des fréquences de taille chez les trois espèces étudiées

<i>Pagellus acarne</i>			<i>Boops boops</i>			<i>Trachurus trachurus</i>		
Classe	C _{CH}	C _{PM}	Classe	C _{CH}	C _{PM}	Classe	C _{CH}	C _{PM}
[5-7[	1	0	[10,5-11,5 [	0	1	[7-9[		2
[7-9[	26	0	[11,5-12,5 [	2	1	[9-11[	3	9
[9-11[	123	0	[12,5-13,5 [	7	10	[11-13[	37	29
[11-13[	160	1	[13,5-14,5 [	10	12	[13-15[	81	18
[13-15[	168	13	[14,5-15,5 [	8	21	[15-17[	73	33
[15-17[	322	76	[15,5-16,5 [	16	31	[17-19[	43	48
[17-19[	219	155	[16,5-17,5 [	40	25	[19-21[	60	19
[19-21[	115	173	[17,5-18,5 [	41	29	[21-23[	50	10
[21-23[	104	100	[18,5-19,5 [	25	15	[23-25[	26	6
[23-25[	52	50	[19,5-20,5 [	19	16	[25-27[	7	7
[25-27[	17	15	[20,5-21,5 [	12	19	[27-29[	0	1
[27-29[	2	2	[21,5-22,5 [	13	17	[29-31[	0	1
[29-31[	1	0	[22,5-23,5 [	9	17	[31-33[	2	0
[31-33[	1	0	[23,5-24,5 [	13	7	[33-35[	2	0
			[24,5-25,5 [	12	7	[35-37[	2	0
			[25,5-26,5 [	6	3			
			[26,5-27,5 [	5	1			
			[27,5-28,5 [	4	2			
			[28,5-29,5 [	1	0			
			[29,5-30,5 [	0	1			

1.3. Paramètres de croissances

À partir des couples de valeurs individuelles âge-longueur, la méthode de Stamatopoulos et Caddy (1989) a permis de déterminer les paramètres L_{∞} , K et t_0 de l'équation de von Bertalanffy (1934). Le code source ouvert du logiciel statistique R (R 3.0.2-A Langue Environnement, 2013) via le package fishmethods (Nelson, 2014) nous a permis l'obtention des résultats qui sont consignés dans le tableau III.3. Les paramètres de la croissance pondérale (a et b) sont estimés à partir des valeurs des tailles et des poids totaux individuels mesurés et pesés pour chaque espèce. Rappelons que les paramètres relatifs à l'espèces *P. acarne* sont tirés de Boufersaoui (2016).

Tableau III. 3 : paramètres de croissances linéaire et pondérale des espèces étudiées

Espèce	L_{∞}	K	t_0	a	b
<i>P. acarne</i>	33,31	0,19	-1,12	0,0070	3,20
<i>B. boops</i>	34,53	0,18	-0,95	0,0079	3,08
<i>T. trachurus</i>	38,52	0,14	-0,95	0,0130	2,83

1.4. La mortalité naturelle (M)

La mortalité naturelle est considérée comme constante avec l'âge (taille). Nous présentons dans le tableau III. 4, les valeurs de M estimées pour l'espèce principale ainsi que les espèces fortement associées. Les mortalités naturelles sont obtenues par Boufersaoui (2016) par la méthode de Djabali *et al.* (1994)

Tableau III. 4 : La mortalité naturelle des espèces étudiées (Boufersaoui, 2016).

<i>Pagellus acarne</i>	<i>Boops boops</i>	<i>Trachurus trachurus</i>
0,27	0,27	0,25

1.5. Données sur la sélectivité

Boufersaoui (2016) a estimé la taille de sélection à partir des effectifs capturés au moyen du chalut. Les probabilités de captures (P) en fonction des centres de classe de taille (cm) obtenues à partir des âges théoriques ou conventionnels (t_i) et de la relation $\ln(\%n_i) = a t_i + b$, permettent l'estimation graphique de L_{50} et L_{75} . La taille moyenne de première capture déterminée ainsi varie de 13,96 cm chez *T. trachurus* à 14,16 cm chez l'espèce principale *P. acarne*.

Tosunoğlu (2007) a trouvé une taille de sélection (L_{50}) de 13,6 cm pour *P. acarne* capturé par les chaluts de fond (44 mm de maille). Ce résultat montre que le maillage légal (44 mm) de filets turcs du chalut de fond est toujours sélectif pour cette espèce. D'autres recherches ont

montré que la maille losange du cul de chalut de 50 mm pour *P. acarne* ($L_{50} = 15,3$ cm) est plus sélective que celle de 44 mm (Boufersaoui, 2016). En Algérie la maille légale du chalut est de forme losange avec une grandeur de 40 mm.

Le tableau III.5 regroupe les données sur la sélectivité, nécessaires à la simulation ultérieure d'une des mesures de gestion alternatives envisageables dans l'aménagement des pêcheries : le changement du maillage.

Tableau III. 5: Estimation de la sélectivité des chaluts (Boufersaoui, 2016)

Espèce	<i>Pagellus acarne</i>	<i>Boops boops</i>	<i>Trachurus trachurus</i>
L_{50}	14,16	15,42	13,96
L_{75}	15,57	16,34	14,94

2. Présentation des données de sortie de l'outil SHAPEC

L'outil de simulation SHAPEC a pour but en premier lieu de simuler la variation de la production et sa valeur commerciale en fonction d'un facteur X multiplicateur de l'effort de pêche. Ce facteur qui fait varier l'effort de pêche exprimé par le coefficient de mortalité par pêche dans le modèle de Tompson et Bell. Cependant le simulateur permet aussi l'extraction des résultats intermédiaires liés à l'approche combinée du modèle.

En dernier lieu, SHAPEC fourni des résultats sur la simulation de scénariis de gestion alternatives tels que la fermeture, le maintien de l'effort d'une des flottilles (ou engins) ou le changement de maillage des chaluts utilisés.

2.1. Extrapolation des captures

Après avoir converti les effectifs échantillonnés en effectifs commerciaux annuels par classe, les nouvelles distributions par groupe d'âge, et par classe de taille sont présentées respectivement dans les tableaux (Tab.III.7 et 8).

Tableau III. 6 : distribution des effectifs extrapolés par groupe d'âge et par type de flottilles

<i>Pagellus acarne</i>			<i>Boops boops</i>			<i>Trachurus trachurus</i>		
Age	C_{chalut}	C_{PM}	Age	C_{chalut}	C_{PM}	Age	C_{chalut}	C_{PM}
0	116613	221	1	29108	32509	0	1081222	89068
1	509873	5414	2	368707	639338	1	621127	21095
2	581826	25083	3	950875	834391	2	2875590	126570
3	250595	19337	4	417221	476795	3	1518312	98443
4	96764	8840	5	388112	444286	4	805165	35158
5	44660	3867	6	203759	119199	5	1587326	44534
6	8684	663				6	322066	11719
7	11165	884	C : captures, PM : petits métiers					
8	3722	221						
9	1241	110						
10	1241	0						

Tableau III. 7 : distribution des effectifs extrapolés par classe de taille et par type de flottilles

<i>Pagellus acarne</i>			<i>Boops boops</i>			<i>Trachurus trachurus</i>		
Li	C _{chalut}	C _{PM}	Li	C _{chalut}	C _{PM}	Li	C _{chalut}	C _{PM}
6	1354	0	11	0	10489	6	1354	0
8	35200	0	12	18246	10489	8	35200	0
10	166521	0	13	63863	104891	10	166521	0
12	216613	105	14	91232	125870	12	216613	105
14	227444	1359	15	72986	220272	14	227444	1359
16	435934	7947	16	145972	325164	16	435934	7947
18	296489	16207	17	364929	262229	18	296489	16207
20	155691	18089	18	374052	304185	20	155691	18089
22	140799	10456	19	228081	157337	22	140799	10456
24	70399	5228	20	173341	167826	24	70399	5228
26	23015	1568	21	109479	199294	26	23015	1568
28	2708	209	22	118602	178316	28	2708	209
30	1354	0	23	82109	178316	30	1354	0
32	1354	0	24	118602	73424	32	1354	0
			25	109479	73424			
			26	54739	31467			
			27	45616	10489			
			28	36493	20978			
			29	9123	0			
			30	0	10489			

C : captures, PM : petits métiers

2.2. Evaluation multi-flottille multi-spécifique

2.2.1. Evolution de la mortalité par pêche (flottilles confondues)

L'analyse des populations virtuelles a fourni les mortalités par pêche, la biomasse et les survivants en fonction des groupes d'âges ou de tailles.

Le nombre de survivants initial (Survivants de la première classe) du pageot blanc (*P. acarne*) est d'environ 3,5 million d'individus recrutés, il est de 13,7 million pour la bogue (*B. boops*) et de 25 million pour la saurel (*T. trachurus*).

Les vecteurs de la mortalité par pêche de chaque espèce sont présentés graphiquement (Figs. III.1 et III.2) en fonction des groupes d'âge et de tailles où les pics de chaque courbe représentent le groupe le plus ciblé par l'opération de pêche.

Pour *B. boops* le 5^{ème} groupe d'âge est le plus exploité, pour *P. acarne* à l'exception de l'âge 6, les spécimens âgés entre de 2 ans à 7ans sont les plus ciblées. La Saurel est fortement exploitée à l'âge de 5 ans avec un effort maximum de 0,92 an⁻¹.

Contrairement à l'analyse de Pope (1972), la méthode de Jones (1983) a nécessité les paramètres de croissances mais fournit le même type des résultats sauf que c'est en fonction des classes de tailles.

Le nombre initial de survivants (Survivants de la première classe) de *P. acarne* est d'environ 4,4 millions, 10,3 millions pour la Bogue et 30,5 millions de *T. trachurus*. Les vecteurs de la mortalité par pêche pour chaque espèce sont présentés en fonction du centre de classes des tailles, les pics de chaque courbe représentent le groupe le plus pêché (Fig. III.2).

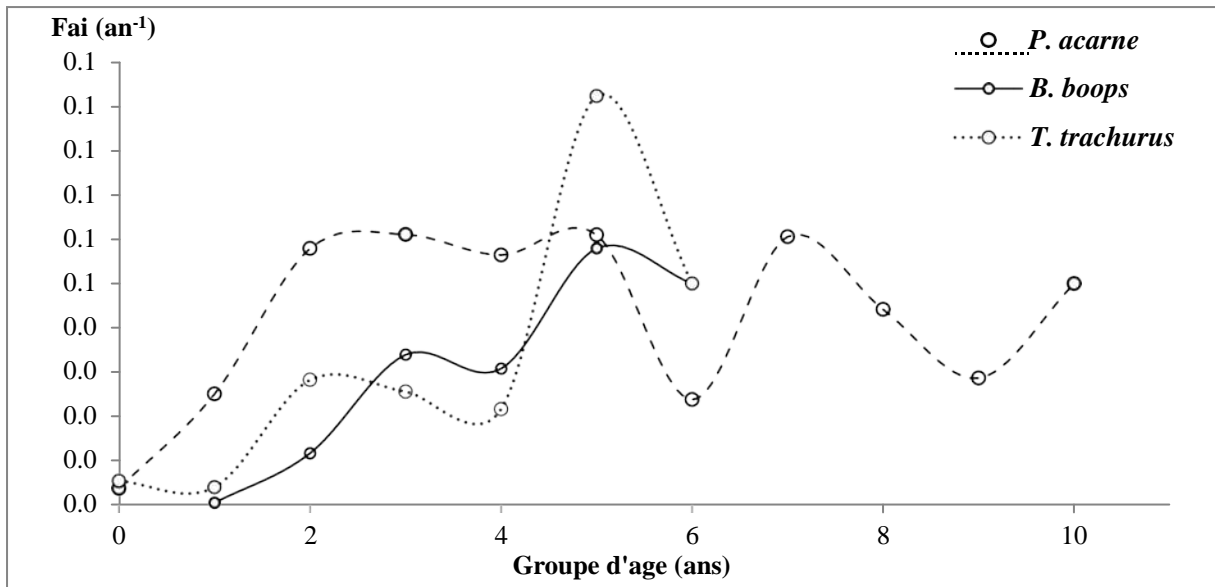


Figure III. 1: diagrammes de l'évolution de la mortalité par pêche (flottilles confondues) en fonction de l'âge chez les 3 espèces étudiées.

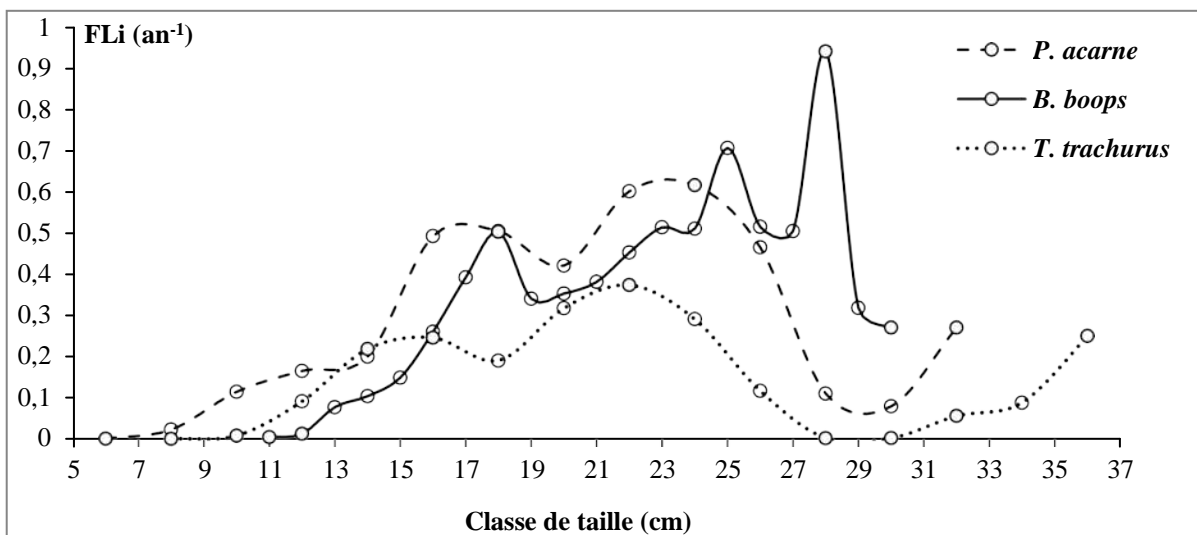


Figure III. 2: diagrammes de l'évolution de la mortalité par pêche (flottilles confondues) en fonction de la taille chez les 3 espèces étudiées.

2.2.2. Subdivisons de l'effort de pêche par flottille

Les valeurs de mortalité par pêche issues de l'analyse de population de chaque espèce, sont décomposées par flottille en se basant sur la proportion de capture de chaque flottille.

2.2.2.1. Effort de pêche par groupe d'âge

La subdivisions de l'effort de pêche (mortalité par pêche) exercé sur le stock de *P. acarne* montre que les deux flottilles ciblent les mêmes groupes d'âge avec un exercice très faible de la pêche artisanale (Fig. III.3-A).

La mortalité par pêche exercée sur *B. boops* et *T. trachurus* (Fig. III.3-B et C) est principalement due à la pêche chalutière. La mortalité par pêche artisanale sur ces espèces et l'espèce principale est négligeable.

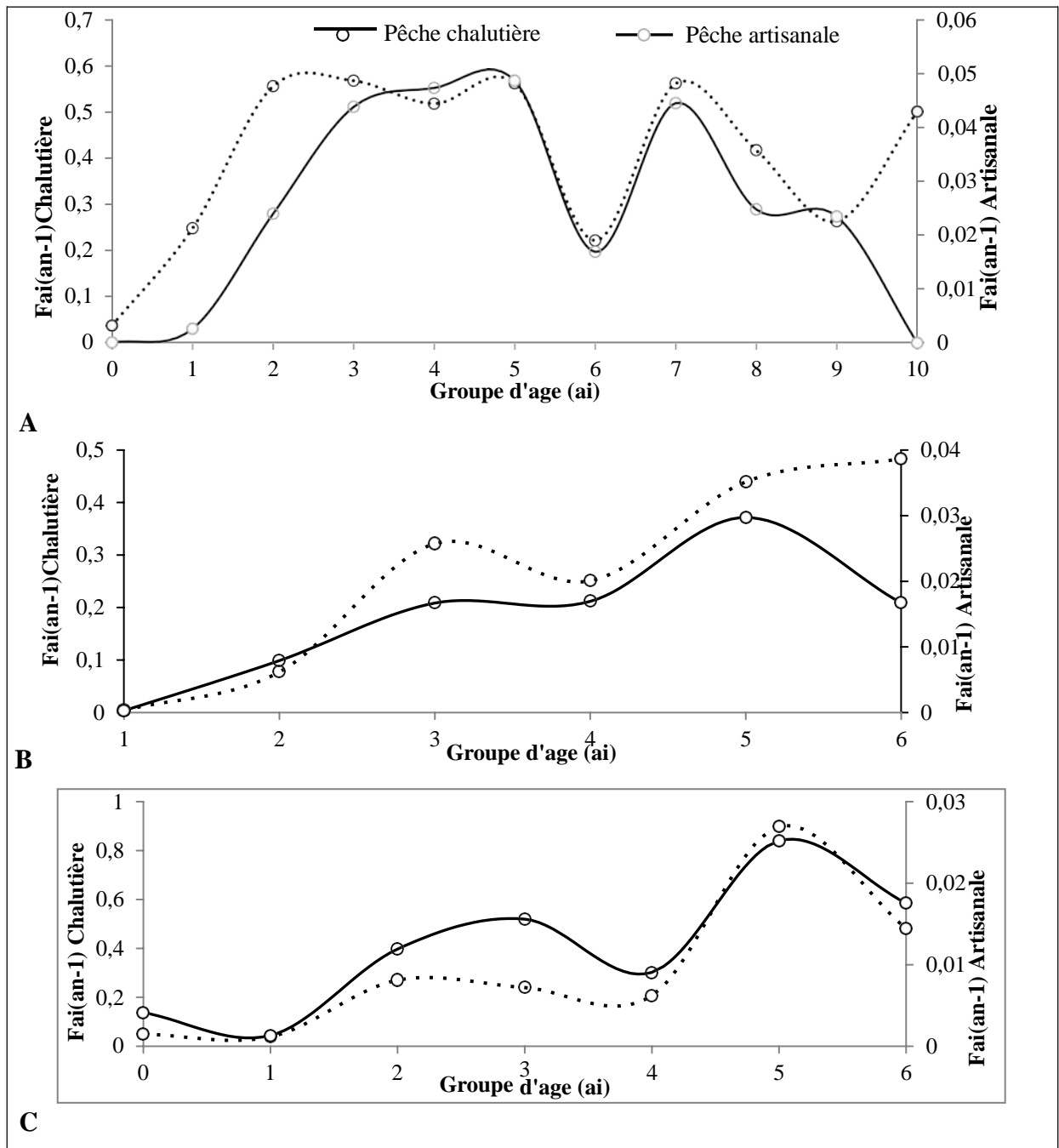


Figure III. 3: diagrammes de l'évolution de l'effort de pêche des flottilles actives en fonctions de l'âge. (A: *P. acarne*, B: *B. boops*, C: *T. trachurus*)

2.2.2.2. Effort de pêche par classe de taille

Le stock de *P. acarne* est principalement exploité par la flotte chalutière avec un F_{max} de 0,7 an^{-1} . L'effort artisanal exercé sur cette espèce est négligeable avec un maximum de 0,05 an^{-1} et cible des tailles entre 16 et 29 cm où le reste des individus hors de cet intervalle sont quasiment absents (Fig. III.4-A). La pêcherie artisanale de la Bogue montre une augmentation abrupte à la plus grande classe de taille (Fig. III. 4-B), cela est probablement dû au manque d'effectifs dans cette dernière, dans la pêcherie chalutières. En ignorant cette anomalie, on remarque que l'effort artisanal cible des tailles entre 15 et 28 cm à faible et homogène intensité contrairement à la pêche chalutière qui présente des fluctuations en fonction des tailles avec un maximum de 1,5 an^{-1} à 29cm.

Le stock de Saurel est principalement pêché aux chaluts avec un F_{max} de 0,37 an^{-1} (22cm). L'effort artisanal exercé atteint un maximum de 0,019 an^{-1} (18cm) avec absence de tailles supérieures à 30cm (Fig. III.4-C).

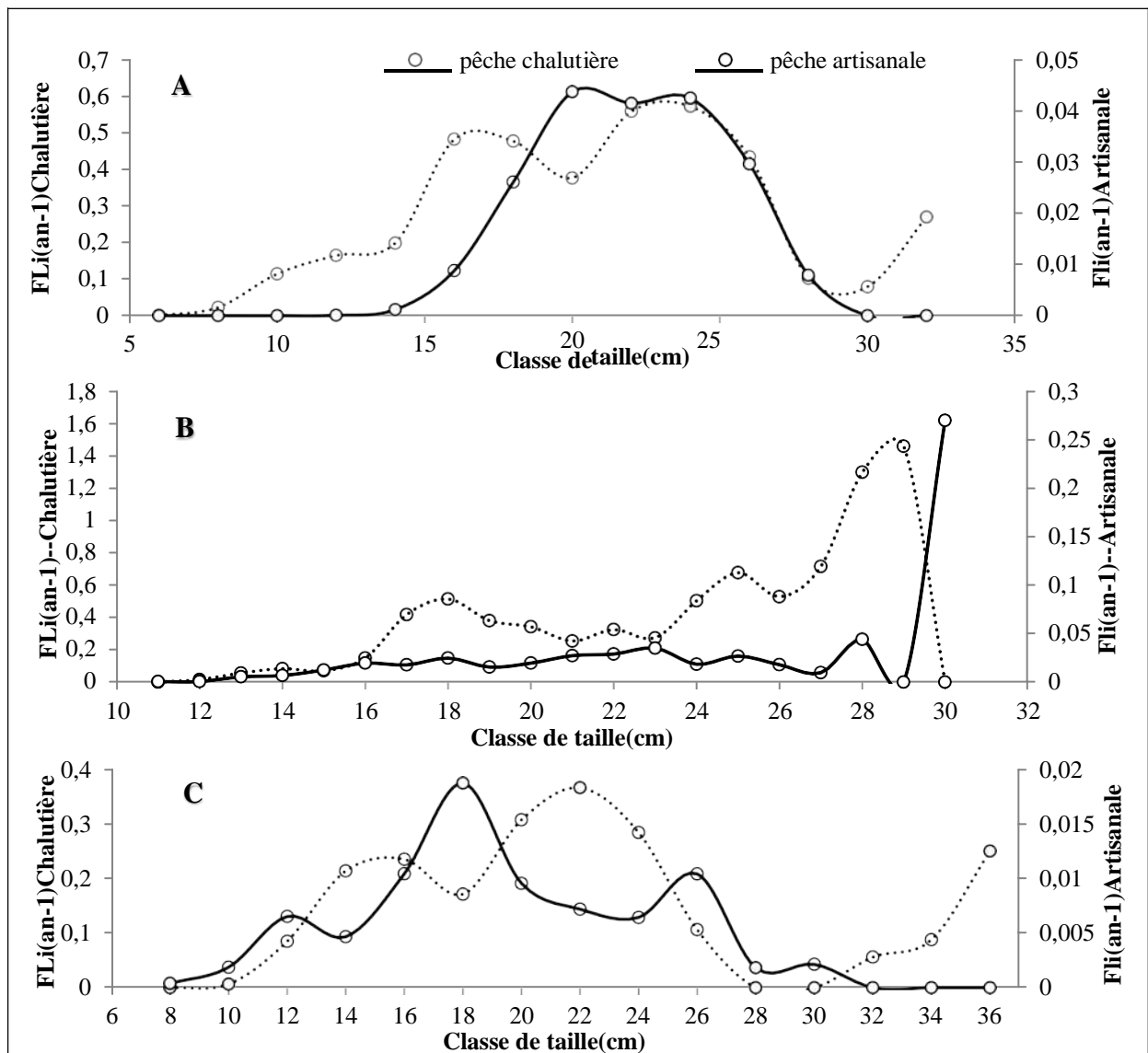


Figure III. 4: effort de pêche exercé sur *P. acarne* (A), *B. boops* (B) et *T. trachurus* (C) par les deux pêcheries artisanales et chalutière.

2.2.3. Simulation d'analyse de la production de la pêcherie complexe à *P. acarne*

Cette dernière étape de l'approche multi-spécifique multi-flottille fournit le résultat final désiré, qui est l'état du stock mixte exploité par plusieurs engins ou flottilles. Le niveau d'exploitation est exprimé en terme production et de sa valeur commerciale en fonction d'un facteur qui simule la variation de l'effort exercé actuellement, ceci pour permettre la prédiction du devenir du stock étudié à long terme.

L'outil SHAPEC nous a permis d'avoir des résultats en une fraction de secondes, avec application de cette analyse sous ses deux structures (âge et taille).

2.2.3.1. Analyse basée sur les structures en âge

Les résultats de l'analyse de Thompson et Bell fondée sur l'âge, appliquée au stock mixte à *P. acarne* dans la région centre du bassin algérien, est présenté dans le tableau III. 8 et représenté graphiquement dans la figure III.5.

La production maximale équilibrée (MSY) de la flottille chalutière est obtenue par un facteur x de 1,2 c'est-à-dire 20 % de plus que l'effort déployé actuellement ($X=1$) et un facteur de 0,85 (15 % de moins que la situation actuelle) donne le maximum de la valeur marchande. L'augmentation de l'effort pêche chalutière de 20% permettrait d'atteindre le maximum avec un gain de 0,59% (5,12tonnes), mais en parallèle engendre une perte économique de 2,48 % équivalent à 7,09 millions de dinars. Afin de regagner le maximum de cette dernière, une diminution de 15% d'effort, rajoute 1,78 millions (0,62%) à la valeur marchande et cause la perte de 15,63 tonne (1,8%) de production. En observant les chiffres précédents, on préconise de maintenir l'effort chalutier actuel, on le juge optimale.

La pêcherie artisanale à son tour est considérée dans un état optimal, car l'augmentation de 45% d'effort de pêche pour atteindre la MSY ($X_{F_{msy}} = 1,45$) rajoute seulement 0,25% (0,99 tonnes) à la production actuelle et cause une perte en valeur économique de 6,1% équivalente à 0.81 millions de dinars. Par ailleurs, la diminution de 15% d'effort pour atteindre la MSE qui est obtenu avec un facteur x de 0,85, résulte un gain minime de 0,06 million (0,45%), face à une perte de 2,69% équivalente à 1,03 tonne de production.

Les gains obtenus par les variations d'efforts des deux pêcheries ne sont pas significatifs face aux pertes de production et de sa valeur économique.

Tableau III. 8 : valeurs référentielles en fonction des X facteurs convenants

Exploitation chalutière		Exploitation artisanale	
MSY (Tonne)	MSE (Millions)	MSY (Tonne)	MSE (Millions)
864,50	286,95	40,37	13,26
X_F	X_F	X_F	X_F
1,2	0,85	1,45	0,85

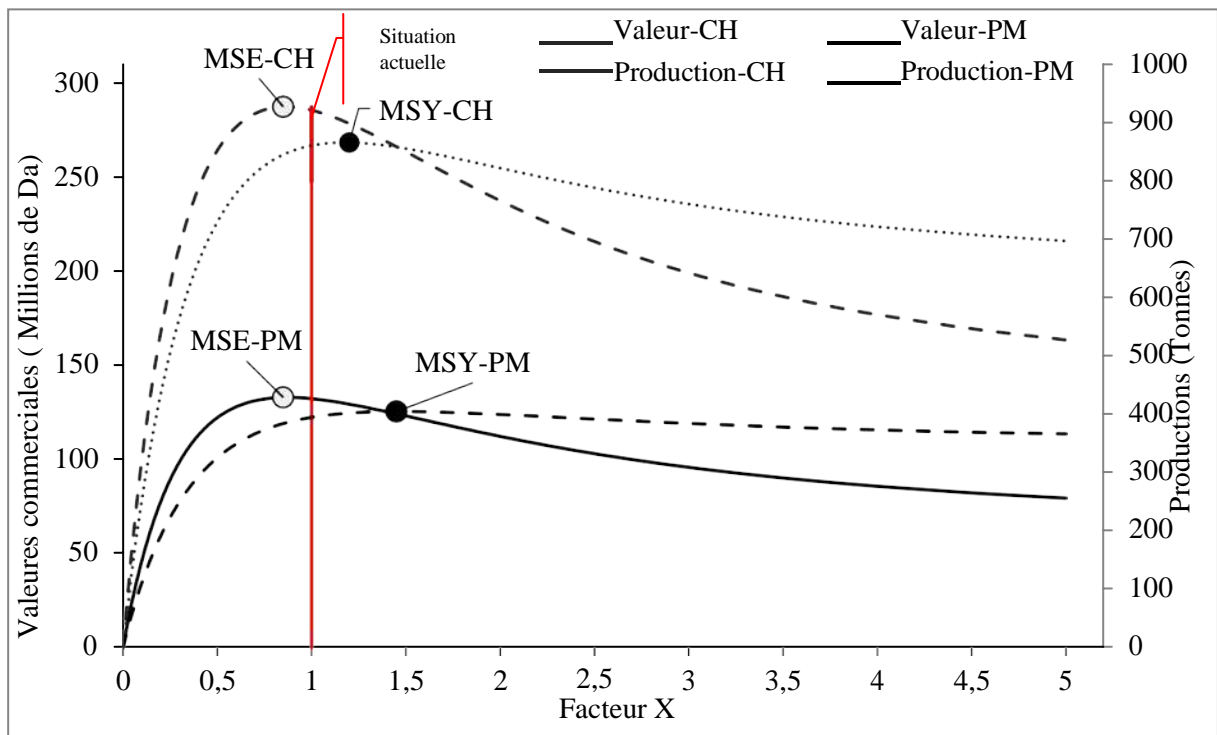


Figure III. 5: évolution de la production et la valeur économique de la pêche mixte multi-flottille à *P. acarne*. Approche de Thompson et Bell basée sur l'âge
 CH : chalutiers, PM : petits métiers, MSY : production maximale équilibrée, MSE : valeur maximale équilibrée

2.2.3.2. Analyse basée sur les structures en taille

Les résultats de l'analyse de Thompson et Bell fondée sur la taille, appliquée au stock mixte de *P. acarne* dans la région centre du bassin algérien (Fig. III. 6), ont permis de diagnostiquer l'état d'exploitation de cette pêche complexe exploitée par les deux flottilles, artisanale et chalutière.

Il apparaît que la production chalutière présente un rendement maximale durable RMD encore dit MSY (maximum sustainable yield en anglais) qui dépasse notre situation actuelle ($X_F=1$) de 45% ($X_{Fmsy}=1,45$) et une production économique maximale équilibrée MSE à un x de 0,9, dépassée de 10 % par le régime actuel d'exploitation chalutière.

La production actuelle en débarquements chalutiers ($X=1$) des 3 espèces est de 817 tonnes, en augmentant l'effort de 45%, cette dernière évolue de 2,89% en gagnant 23,6 tonnes, alors que sa valeur autonome subie une perte de 11,99 million (4,65%). La valeur économique de la production actuelle est de 258 millions de dinars, une diminution d'effort de 10% rajoute 0,16% (0,42 Millions de Da) à cette valeur actuelle et engendre une perte de production de 14,45 tonnes (1,77%). Cependant pour la flottille artisanale sa production actuelle est dépassée de 1,78 tonnes (4,7%) de la production maximale où ($X_{Fmsy}=1,65$) et sa valeur marchande dépasse le maximum par 0,4% (0,05millions de Da) avec un facteur $X_{FMSE}=0,85$.

Toutes manipulation de l'effort se traduira par des pertes que ce soit en production ou en sa valeurs marchande.

La diagnose issue du modèle de Thompson et Bell appliqué sur la pêcherie complexe à *P. acrane*, selon ses deux formes (âge et taille), recommande le maintien de l'effort actuel pour les deux flottilles artisanales et chalutières et les considère comme optimums. L'application d'autres mesures de gestions renforcerait la diagnose.

Tableau III. 9 : valeurs référentielles en fonction des X facteurs convenants

Exploitation chalutière		Exploitation artisanale	
MSY (Tonne)	MSE (Millions)	MSY (Tonne)	MSE (Millions)
841,1	258,4	39,63	12,69
X_F	X_F	X_F	X_F
1,45	0,9	1,65	0,85

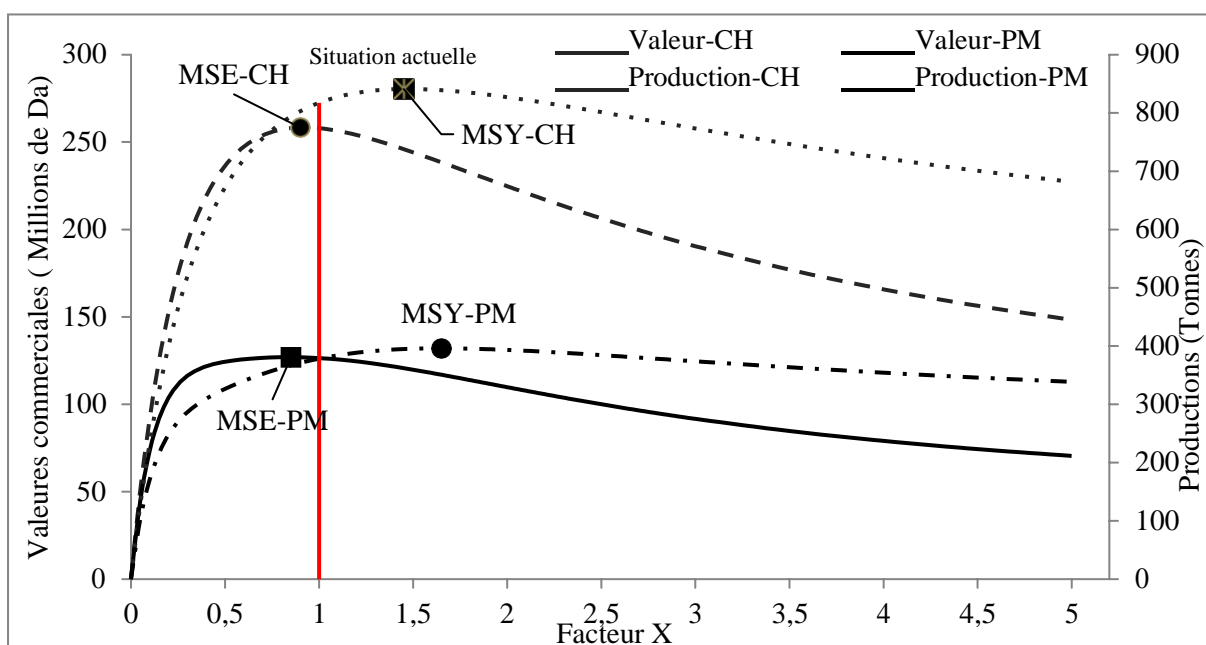


Figure III. 6 : évolution de la production et la valeur économique de la pêcherie mixte multi-flottille à *P. acarne*. Approche de Thompson et Bell basée sur la taille
CH : chalutiers, PM : petits métiers, MSY : production maximale équilibrée, MSE : valeur maximale équilibrée

3. Quelques autres mesures de gestion

L'outil SHAPEC nous permet de simuler plusieurs scénarii sur des mesures de gestion alternatives d'une pêcherie. Nous n'exposerons pas ici beaucoup d'entre eux.

Le but du projet d'étude était en premier lieu l'élaboration de l'outil et non l'évaluation des stocks. Cependant nous avons testé à titre d'exemple l'effet de la fermeture de la pêche, du maintien de l'effort de la pêche artisanale et l'effet d'un changement de maillage des chaluts. Toutes ces mesures ont été appliqué sur le modèle basée sur la taille.

3.1. Fermeture de pêche

La simulation de cette mesure de gestion est applicable selon deux scénariis (structure de taille) :

- i) la fermeture de la pêche chalutière qui produit actuellement 817,46 tonnes équivalent à 258 millions de dinars, engendre des chutes de la production totale de 81,21% et une perte de 201,51 millions de dinars estimé par un pourcentage de 74,64%, cette diagnose recommande une augmentation à l'infini de l'effort artisanale afin de couvrir les pertes. L'arrêt de cette pêche qui produit 95,6% de la production totale et 95,33% de sa valeur est inconsidérable.
- ii) la fermeture de la pêche artisanale qui fournit seulement 4,4% de la production totale et 4,67% de sa valeur, n'affecte pas à long terme la production de cette pêche complexe de manière indésirable, une perte négligeable de 0,56% de la production totale et un gain de 0,19 millions de dinars (0,07%) de valeur marchande. La fermeture de telle pêche est inutile.

3.2. Maintien de l'effort

L'application du gel sur l'effort de pêche chalutière comme mesure de gestion semble inutile et influence la production totale de manière nuisible en provoquant une perte énorme à la pêche du Pageot de manière générale. Cette mesure de gestion recommande une augmentation illimitable de l'effort artisanale.

Contrairement au cas précédent le gel de la pêche artisanale (Fig.III.7) ne cause pas de grandes pertes, et n'apporte pas de bénéfices ni à la production ni à sa valeurs marchande totale. La valeur de la production chalutière est à son maximum et le stock est sous exploité de point de vue productif.

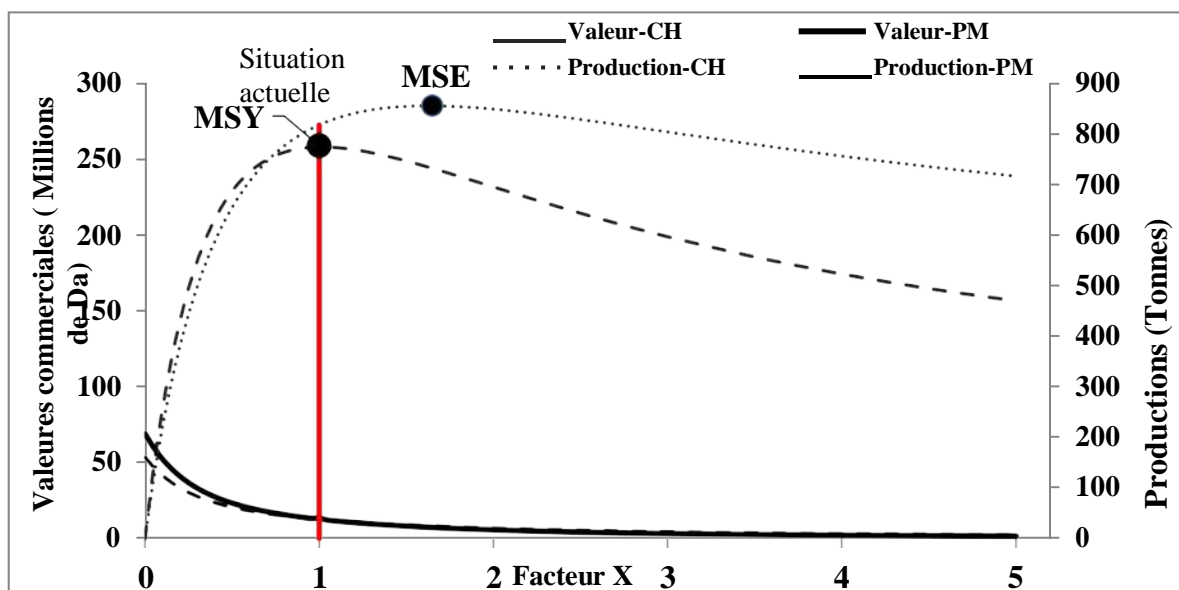


Figure III. 7: évolution de la production et la valeur économique de la pêche mixte multi-flottille à *P. acarne*. Approche de Thompson et Bell basée sur la taille après gel de l'effort des petits métiers.

CH : chalutiers, PM : petits métiers, MSY : production maximale équilibrée, MSE : valeur maximale équilibrée

3.3. Changement de maillage

L'application du gel d'effort de pêche comme mesure de gestion semble inutile dans les deux cas (maintien de l'effort artisanal ou chalutier). Le changement de maillage est considéré comme une troisième mesure de gestion applicable à la structure de taille uniquement.

Le graphique présenté dans la figure III.8 représente le devenir du stock mixte à *P. acarne* après une augmentant du maillage de 25%, c'est-à-dire on suppose le changement de la maille actuelle (40 mm) à une grandeur de maille égale à 50 mm.

La diagnose de la simulation pour ce cas préconise la diminution de l'effort chalutiers de 10 % pour optimiser les productions et assurer la pérennité du stock exploité, en préconisant de lancer les pêcheries artisanales à des grandeurs plus productives et augmenter son effort.

Cependant l'application de ce type de techniques de gestion devrait être bien étudiée, car on est dans l'obligation de prendre en considération les pertes qui peuvent être causés (Tab. III. 10). Un autre problème pratique devrait se poser pour la gestion des stocks, est que les espèces étudiées sont des composantes d'une communauté multi-spécifique de poissons semi démersaux exploitées et elles arrivent à maturité à une taille différente de celles d'autres espèces. Par conséquent, ces espèces sont sensibles à l'exploitation à une taille où de nombreuses autres espèces démersales coexistantes sont matures ou immatures (Smale, 1988).

Tableau III. 10: comparaison entre les rendements de production et économique de la pêcherie mixte de *P. acarne* avant et après le changement du maillage chalutier.

GM (mm)	Chalutière		Artisanale	
	Production (Tonne)	Valeur (Millions)	Production (Tonne)	Valeur (Millions)
40	817,5	258,0	37,9	126,4
50	315,0	132,6	8,1	38,6
Pertes	61,5%	48,6%	78,7%	69,4%

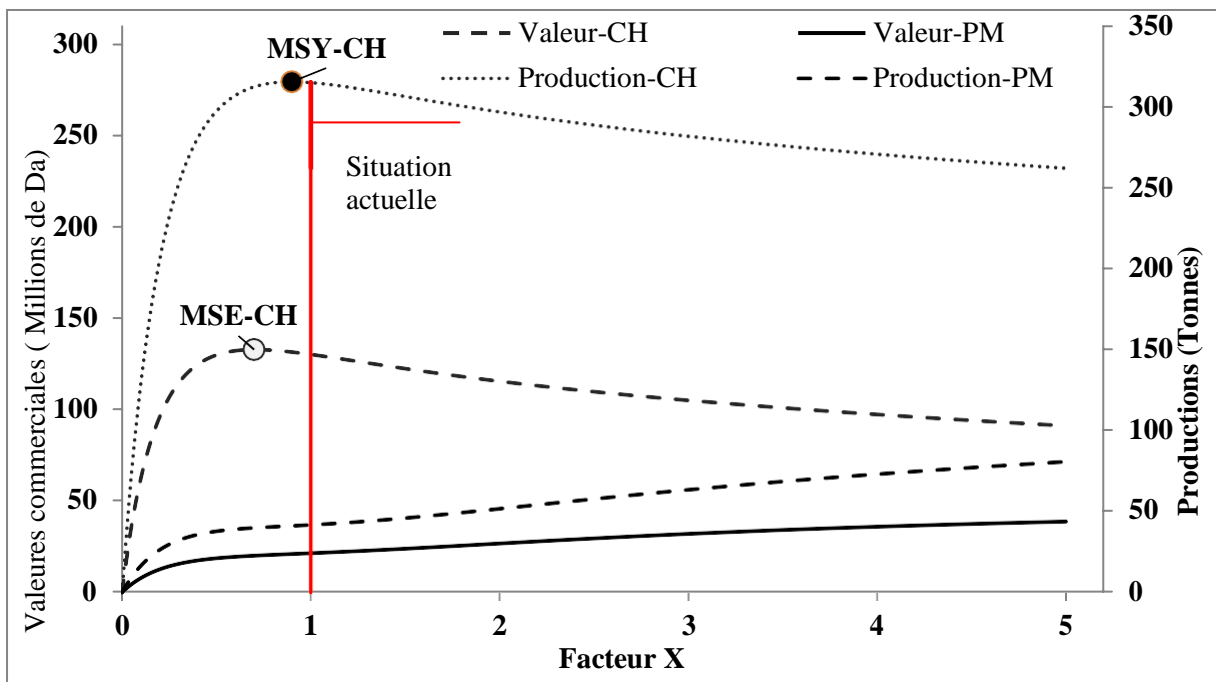


Figure III. 8: courbes des rendements de production et économique de la pêche mixte multi-flottille de *P. acarne* et de ses espèces associées, en fonction d'un multiplicateur de mortalité par pêche totale avec une augmentation de 25% du maillage.

CH : chalutiers, PM : petits métiers, MSY : production maximale équilibrée, MSE : valeur maximale équilibrée

4. Discussion générale

Malgré la tolérance de l'outil de simulation SHAPEC de dispenser l'extrapolation des effectifs échantillonnés par classe de taille (âge) et en fonction de l'engin ou la flottille de capture, cette dernière demeure une étape primordiale pour l'évaluation des stocks mixtes exploités par plusieurs engins/flottilles. Pour le cas d'étude présent, la production artisanale n'excède pas les 6% de la production totale, l'application de l'approche combinée sur des captures non extrapolées nous induira en erreur, car ces dernières servent à estimer l'effort de pêche exercé par engin/flottille sur le stock exploité.

L'analyse de cohorte (VPA), appliquée aux stocks de *P. acarne*, *B. boops* et *T. trachurus* fourni des valeurs de mortalités par pêche en fonction des classes ou groupes d'âge (taille) où la pêche est généralement dirigée vers la fraction adulte à des tailles (âges) moyennes.

L'estimation du niveau d'exploitation du stock mixte à *P. acarne* dans la région centre du bassin algérien montre un état d'exploitation optimale par les deux flottilles artisanale et chalutière et la production économique maximale est dépassé de 10% à 20% avec l'effort actuel. L'expertise de cette pêche complexe révèle les mêmes résultats par les deux structures de distributions en fréquences de tailles ou celle en fréquences d'âge.

Les différentes simulations des mesures de gestions, commençant par la manipulation de l'effort, en arrivant au changement de maillage, confirme que l'état de notre pêcherie est optimal et préconise le maintien de l'effort actuel. Cet état constant et optimal de la pêcherie complexe à *P. acarne* est dû essentiellement à la pêcherie chalutière, où notre étude a montré qu'en absence de la pêcherie artisanale ou la réduction de son activité, l'état optimal de cette pêcherie complexe demeure. Toutefois les décisions concernant la flottille artisanale dépendront des analyses socioéconomiques.

Certes, la question de la fiabilité du diagnostic a été abordée lors de cette étude, mais il ne faut pas oublier qu'une incertitude demeure lors des simulations de mesures alternatives de gestion. Le comportement des ressources halieutiques est changeant et dans une large mesure imprévisible. Gardons à l'esprit qu'en état des connaissances actuelles, il n'y a pas de réponse simple, complète et sans risque concernant l'aménagement des pêcheries.

Conclusion

Conclusion

Les simulations réalisées dans cette étude illustrent les difficultés et les questions que soulève la gestion des stock mixtes exploités par de multiples flottilles ou engins. L'outil SHAPEC a montré sa capacité à effectuer toutes les procédures et calculs principaux et intermédiaires participants à l'évaluation des pêcheries complexes de manière explicite, rapide et pédagogique.

Le simulateur SHAPEC a révélé des avantages face aux limites d'exécution de l'approche combinée appliquée par d'autres logiciels tels que le VIT et le FISAT II.

En plus des mesures de manipulation de l'effort de pêche exercé par les différents engins (ou flottilles) notre simulateur illustre les conséquences de différents scénarii de gestion. Ainsi, on a vu par exemple, que des mesures comme des périodes de fermeture de pêche, changement de maillage ou maintien de l'effort exercé pouvaient améliorer ou confirmer la diagnose sur l'état du stock étudié.

La diagnose sur l'état de la pêcherie complexe à *P. acarne*, s'est basée essentiellement sur l'analyse de production de Thompson et Bell (1934), qui utilise les résultats de l'analyse des populations virtuelles. Pour mieux discuter la situation actuelle de pêche, l'outil SHAPEC nous a permis l'affichage des résultats intermédiaires de l'approche multi-spécifique multi-flottille qui permet une orientation aux décideurs du secteurs de la pêche en Algérie concernant les mesures de gestion à prendre éventuellement. Signalons qu'une mesure de gestion définitive nécessitera une étude scientifique plus approfondie et complémentaire. La notion de risque et d'incertitude devra être formalisée et une analyse économique devrait être complétée.

De part le caractère variable des situations économiques, sociales et biologiques, il serait primordial d'adapter sans cesse des mesures de gestion adaptées aux circonstances. Il faut donc reconnaître que de nouvelles mesures de régulation de l'effort de pêche devront peut-être être instaurées et d'autres abandonnées.

A l'avenir, se pose alors le problème de l'actualisation de l'outil. Sur ce dernier point, l'emploi d'Excel est assez limitant. Pour s'affranchir de ces contraintes et permettre une généralisation à d'autres espèces clés de la pêche en Algérie, on pourrait envisager quelques perspectives pour développer un outil plus poussé. Le logiciel en question devra permettre de concevoir un outil convivial avec des interfaces graphiques, ré actualisable facilement, et pouvant s'adapter rapidement à une autre espèce. Cet outil devra également être utilisable par

tout à chacun. Dans cette perspective, l'outil SHAPEC dans sa version actuelle apparaît comme une première étape, qui nous a permis de définir le contenu indispensable d'un tel outil, les méthodes de calcul à utiliser et les graphiques à y incorporer.

Toutefois on peut revenir sur certains points méthodologiques, soit parce qu'ils mériteraient d'être améliorés par la suite, soit parce que leur discussion est utile à une bonne compréhension et utilisation de l'outil.

Ainsi on recommande d'établir une prochaine version de ce logiciel simulateur, disposant d'un nombre illimité d'espèces et d'engins/flottes de pêche, qui permettra d'améliorer sa performance en s'adaptant encore plus aux problèmes des pêcheries méditerranéennes.

Références bibliographiques

- BOUDINAR S., 2016.** Recherches sur la morphologie et la génétique du complexe *Atherina boyeri* en Méditerranée occidentale et biologie de l'espèce dans la lagune Mellah. *Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba* : 64p.
- BOUFERSAOU S., 2012.** Contribution à l'étude du Sparidé *Pagellus acarne* (Risso, 1826) dans la région d'Alger : la structure des peuplements associés, les indices de reproduction, la croissance et l'exploitation. *Thèse de Magister : Alger : U.S.T.H.B, 101p.*
- BOUFERSAOU S., BELAIDI A., HENTOUR A. et HARCHOUCHE K., 2013.** Rendement maximal durable : diagnostic du stock du pageot blanc *Pagellus acarne* (Risso 1826) de la région centre algérienne. Oran : *3eme Colloque International sur la Biodiversité et Écosystèmes Littoraux*, p.438-444.
- CADIMA E.-L., 2002.** Manuel d'évaluation des ressources halieutiques. 393. Rome : FAO, 160p.
- CARPENTIER A., 2005.** Le rouget barbet de roche *Mullus surmuletus* (L. 1758) en
- CHAUVET C., 1986.** Exploitation des poissons en milieu lagunaire méditerranéen. Dynamique du peuplement ichthyologique de la lagune de Tunis, et des populations exploitées par des bordigues (muges, loups, daurades). Thèse de Doct. Etat Univ. Perpignan : 555 p.
- COLOMBEY M., LE BRIS S., ANDRÉ F., PEAN M., in : DORIS, 17/01/2018 : *Trachurus trachurus*** (Linnaeus, 1758), <http://doris.ffessm.fr/ref/specie/921>.
- DERBAL F. et KARA M.-H., 2008.** Composition du régime alimentaire du bogue *Boops boops* (Sparidae) dans le golfe d'Annaba (Algérie). *Cybium*, 32 (4) : pp 325-333.
- DESHAMPS D., DORON J., ARZEL P., BELLAIL R., LARNAUD P., MEILLANT M., MORANDEAU M., MORANDEAU F., THERET F., BSEAU A., 2005.** Les linges. Pêche professionnelle en mer et pêche de loisir. *Ifremer* (Ed), Plouzané ,251P : 31-111
- DESHAMPS D., DREMIERE P., GEORGE J., MEILLANT M., MORANDEAU M., MORANDEAU F., THERET F., BSEAU A., 2003.** Les chaluts. *Ifremer* (Ed), Plouzané ,141P : 27-49.
- DJABALI F., 1994.** A reassessment of equation for predicting natural mortality in mediterranea teleosts. Alger : *I.S.M.A.L*, p.33-34.
- FISCHER W., BAUCHOT M.-L. et SCHNEIDER M., 1987.** Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer noire (Révision 1. Zone de pêche. 37). *CEE, FAO. Rome*: pp 762 -1530.
- FROESE R. et PAULY D., 2015.** Fish base: World Wide Web electronic publication [en ligne]. Consulté le [8/06/2018].

GOBERT B., REYNAL L., 2002. Le suivi statistique des pêches aux Antilles françaises, in Blanchet, G., Gobert B., Gueredrat J.A. (Ed.) 2002. La pêche aux Antilles (Martinique et Guadeloupe), 69-71.

GUILLOT Fabien, 2011. Résumé des formules et fonctions de base dans les tableurs. Université de Caen Basse-Normandie UMR IDEES 6266

HARCHOUCHE K., 2006. Contribution à la systématique du genre *Spicara* ; Écologie, Biologie et exploitation de *Spicara maema* (poisson Téléostéen) des côtes Algériennes. *Thèse de Doctorat d'état. USTHB Alger* : 230 p.

HARMELIN J.-G., 1987. Structure and variability of the ichthyofauna in a Mediterranean protected rocky area (National Park of Port-Cros, France). *P.S.Z.N.I: Marine Ecology, Vol. 8, (3)*: pp 263-284.

HARMELIN J.-G., 1987. Structure de la variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégée en Méditerranée (Parc national de Port-Cros, France). *PZNI Mar. Ecol.* 8: 263- 284.

HEMIDA F., 1987. Contribution à l'étude de l'anchois *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) dans la région d'Alger : biologie et exploitation. *Thèse de Magister, USTHB, Bab Ezzouar* : 8p.

HEMIDA F., 2005. Les Sélaciens de la côte algérienne : Biosystématique des Requins et des Raies : Ecologie, Reproduction et Exploitation de quelques populations capturées. *Thèse de Doctorat d'état, U.S.T.H.B., Alger* : 204 p.

HORTON T., WoRMS Editorial Board (2018). World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2018-04-26. doi:10.14284/170

KARA A. et BAYHAN B., 2015. Age and growth of Boops boops (Linnaeus, 1758) in Izmir Bay, Aegean Sea, Turkey. *J.Appl.ichthyol.*: pp 1-7.

KARAKULAK F.-S. et ERK H., 2008. Gill net and trammel net selectivity in the northern Aegean Sea, Turkey. *Scientia Marina*, 72 (3) : 527-540.

KEVEN-COCHRANE L., 2005. Guide du gestionnaire des pêcheries : Les mesures d'aménagement et leur application. FAO DOCUMENT TECHNIQUE SUR LES PECHE. Rome : 424p.

KHERRAZ A., 2011. Aspect biologique et évaluation de la pêcherie de la bogue *Boops boops* (Linné, 1758) de la frange côtière oranaise. Biologie - Croissance – Exploitation. *Mémoire de Magister, Université d'Oran, Oran* : 77 p.

- LAMRINI A., 1988.** Sexualité de la bogue *Boops boops*(Linnaeus, 1758), au sud du détroit de Gibraltar. *Actes Inst. Agron. Veto (Maroc)*, 18(1) : pp 5-14.
- LAMRINI A., 1996.** Sex-ratio et hermaphrodisme de *Pagellus acarne* (Risso, 1826) (Sparidae) de la côte atlantique marocaine. *Actes Inst. Agron. Veta (Maroc) 1996, Vol. 16 (1)* : 23 – 32
- LAUREC A. et LEGUEN J.C., 1981.** Dynamique des populations exploitées. Concept et modèles. *Rapp. Sci. Tech., CNEXO*, 1 (45) : 118p.
- Le Gall Jean-Yves., 2004,** Engins, techniques et méthodes des pêches maritimes. Tec & Doc (Ed), Paris ,367p : 106-322.
- LOSSON Oliver, 2018.** Introduction aux Macros et à Visual Basic pour Applications : Introduction à VBA. *Ed. Sciences et Technologies., Lile* : 13p.
- MAHÉ K., DESTOMBES A., COPPIN F., KOUBBI P., VAZ S., LE ROY D. et 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.
- MAHEVAS Stéphanie, 2013.** Utiliser un modèle de pêcherie complexe .Conférence TIC et mer : nouveaux défis et solutions, 23 Novembre 2013. Ifremer, Brest.
- MPRH., 2010.** Les données statistiques sur la production nationale au niveau du port d'Alger des ressources halieutiques durant la période 2000-2008.
- MPRH., 2015.** Les données statistiques sur la production nationale au niveau du port d'Alger des ressources halieutiques durant la période 2012-2014.
- PARENTI P. et POLY W.-J., 2004.** *Sparus axilaris* Perez 1820, a senior synonym of the axillary sea bream *Pagellus acarne* (Risso 1827) invalidated by 'reversal of precedence'. *Cybium* 2004, 28(2) : 171-173.
- PAULY D., 1985.** Quelques méthodes simples pour l'estimation des stocks de poissons tropicaux. *FAO Doc. Tech. Pêches*, p.234. 56.
- PELLETIER D., MAHEVAS S., DROUINEAU H., VEMARD Y., THEBAUD O., GUYADER O. and POUSSIN B., 2009.** Evaluation of the bioeconomic sustainability of multi-species multi-fleet fisheries under a wide range of policy options using ISIS-Fish. *Archimer, Vol. 220, (7)*: pp 1013-1033.
- REFES W., 2011.** Contribution à la connaissance de la biodiversité des fonds chalutables de la côte algérienne : les peuplements ichtyologiques des fonds chalutables du secteur oriental de la côte algérienne. Thèse de doctorat. Université d'Annaba : 49p.

- RIZKALLA S.I., WADIE W.-F., EL-ZAHABY A.-S. et EL-SERAFY S.-S., 1999.** Feeding habits of Sea Breams (Genus *Pagellus*) in the Egyptian Mediterranean waters. *Mar. Sci.* 10. 125- 140.
- SPARRE P. et VENEMA S.-C., 1996.** Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux. Rome: FAO. Vol. 1, 401p.
- STEVENSON D.-K. et CAMPANA E.-J., 1992.** Otolith microstructure examination and analysis. *Can. Spec. Pubi. Fish. Aquat. Sci.* 117. 126 p.
- TAMDRARI Hassèn ,2001.** Exploitation de *Trachurus trachurus* dans la baie de Benisaf, thèse en vue d'obtention du diplôme de magister. Institut des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral, Alger, Algérie : 112p
- TOSUNOĞLU Z., 2007.** Trawl codend design (44 mm diamond PE mesh) and the effect of selectivity for *Pagellus erythrinus* and *Pagellus acarne*, two species with different morphometrics. *J. Appl. Ichthyol.*, 23: 578–582.
- WHITEHEAD P.J.-P., 1985.** Clupeoid fishes of the world (suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. *Ed. FAO, Rome*: pp 305-579.
- WILLIAMS T. et BEDFORD B. C., 1974.** The use of otoliths for age determination. In T. B. Bagenal (editor), The ageing of fish. *Unwin Brothers, LM., Surrey*, p. 114-123.
- WoRMS Editorial Board (2018).** **World Register of Marine Species.** Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ.
- ZEGHDOUDI E., 2006.** Modélisation bioéconomique des pêcheries méditerranéennes application aux petits pélagiques de la baie de Bou Ismail. Mémoire de Master, Université de Barcelone. 59p.

Annexes

1. Notice de l'outil SHAPEC

- Posséder le logiciel Microsoft Excel sachant que l'Excel 2010 est la version de la programmation.
- Activer les macros
- L'accueil de l'outil est un **menu** qui permet une navigation facile.
- Commencer par introduire vos données en allant vers la **feuille données**, selon la structure choisie.
- Après la saisie des données, choisir le type d'application (avec ou sans extrapolation) en cliquant sur l'option désirée.
- L'étape précédente conduit vers la feuille de l'analyse de production et en cliquant sur le bouton « simulation » le calcul s'effectue.
- Pour appliquer les mesures de gestion revenir au menu par le bouton disponible sur toutes les feuilles et effectuer votre choix.
- Pour **geler** l'effort, choisir l'option désirée pour chaque engin/flottille de pêche, puis simuler.
- La sélectivité est contrôlée par une interface de saisie personnalisée, introduire les données nécessaires puis cliquer sur « Exécuter ».
- L'étape précédente conduit vers une nouvelle feuille de l'analyse de production, cliquer « Simulation » pour obtenir le résultat.

Remarques

- Les cases jaunes sont à remplir obligatoirement
- Un bouton « Menu » figure sur toutes les feuilles et permet le retour à l'accueil.
- Un bouton « Résultats » est disponible pour afficher les résultats de l'approche dans une feuille à part.
- La consultation des feuilles contenant les étapes de l'approche est possible à partir du menu seulement.
- Des instructions multiples sont disponibles sur les différentes feuilles d'exécution.
- Rajouter l'âge 20 à la fin de la distribution.

2. Quelques captures d'écran de l'outil SHAPEC

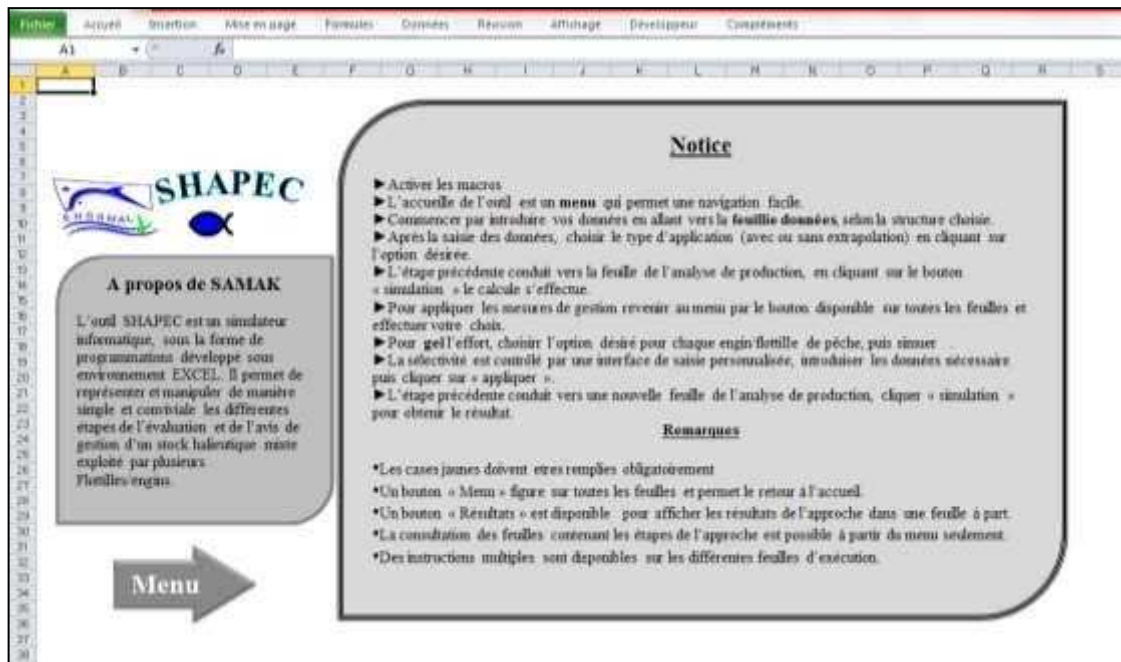


Figure A. 1 : Notice de l'outil

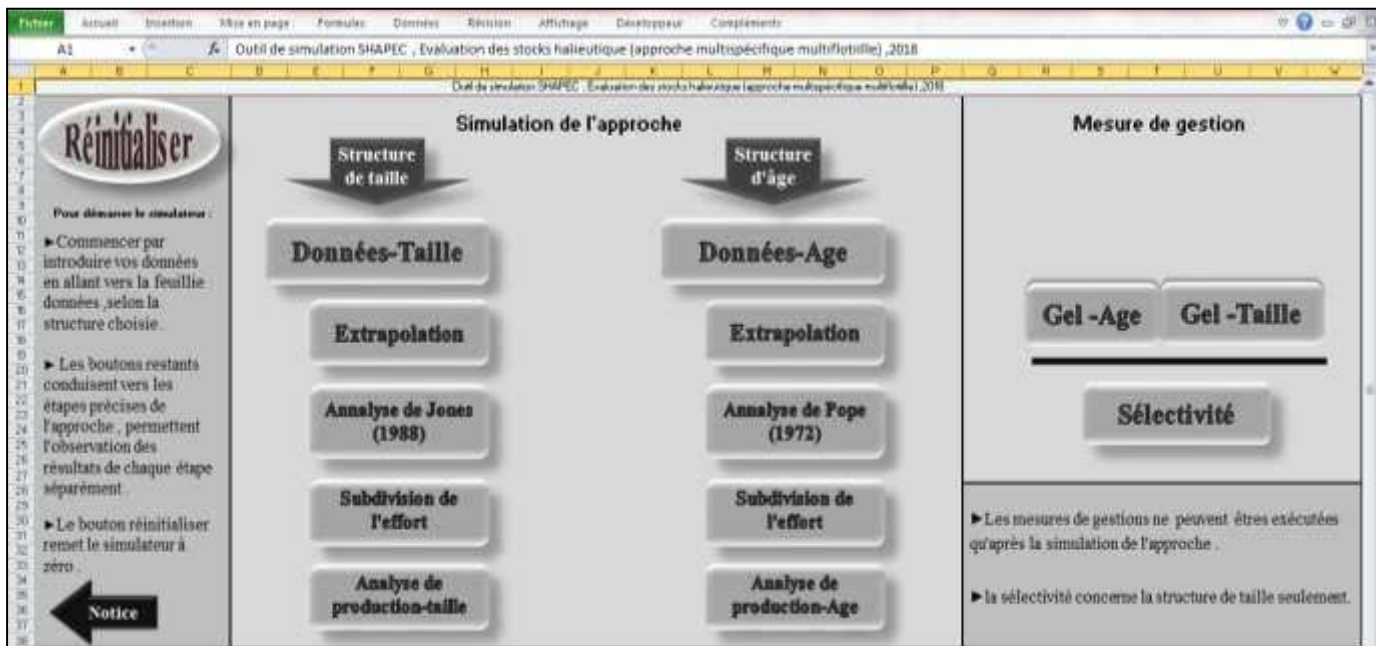


Figure A. 2 : Menu de navigation de l'outil

Annexe A

Figure A. 2 : capture de la feuille « données-Age »

Figure A. 3 : capture de la feuille « données-Taille »

Annexe A

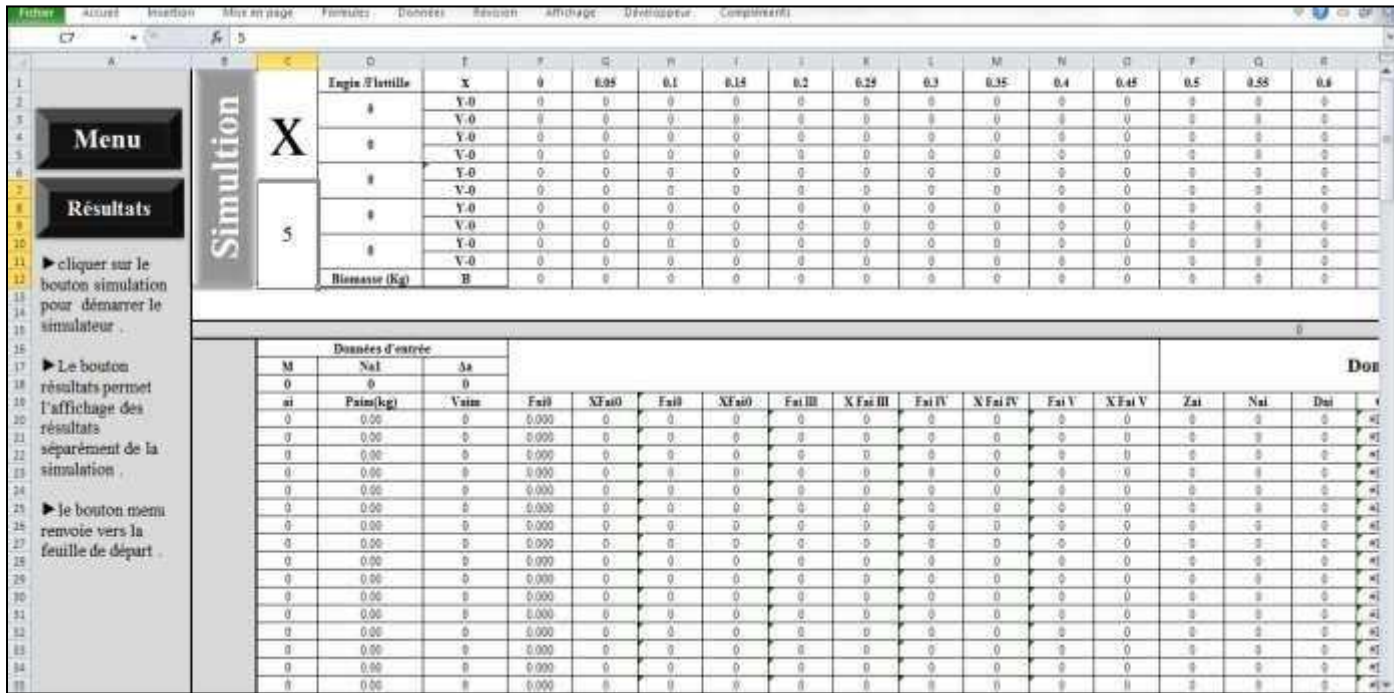


Figure A. 4 : capture de la feuille « Analyse de production » structure d'âge

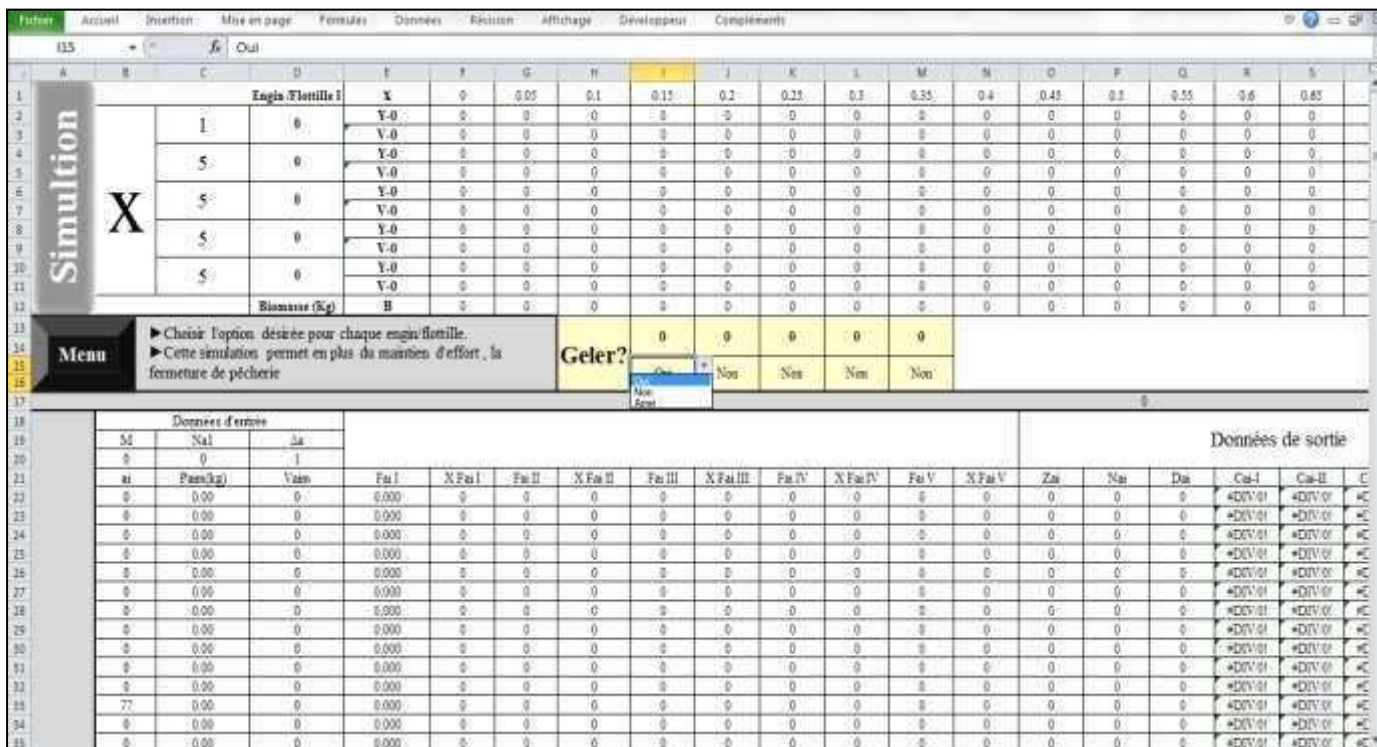


Figure A. 5 : capture de la feuille « Gel-Age » et la liste déroulante qui permet le choix d'options (arrêt, gelé ou pas).

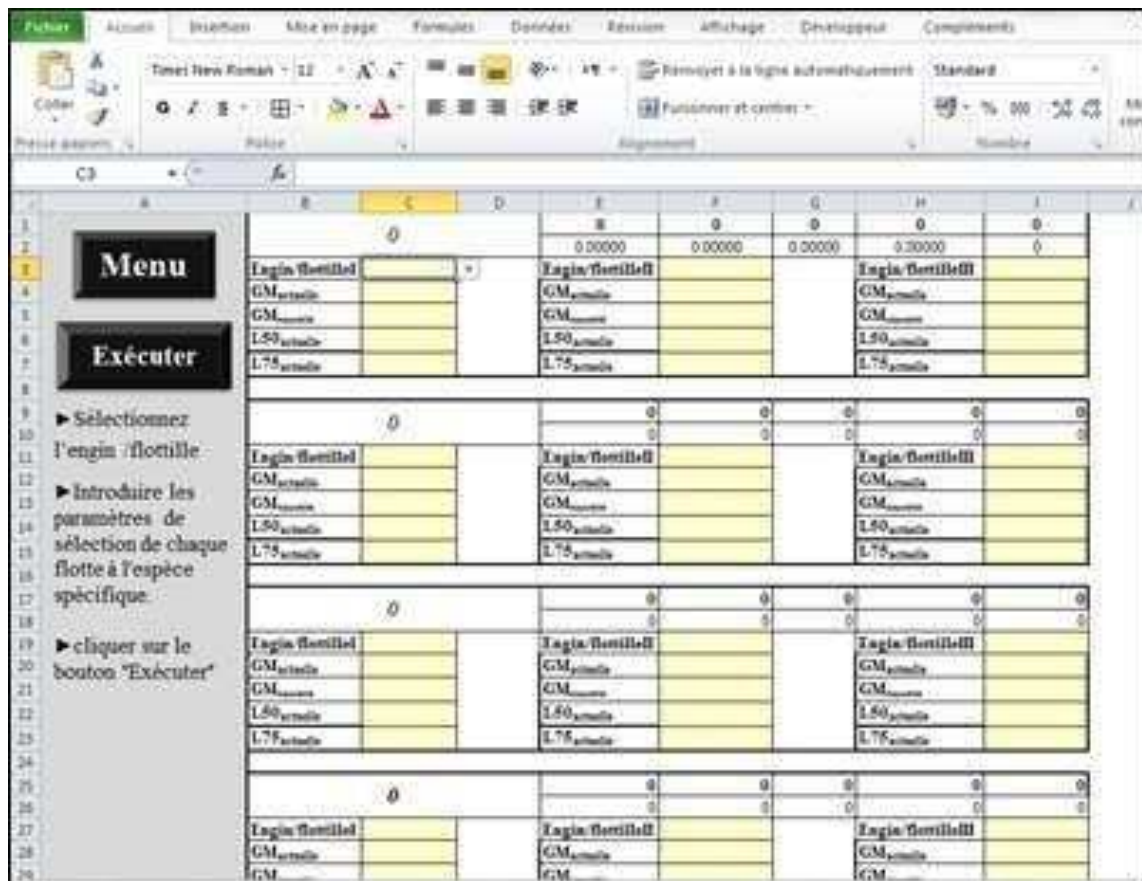


Figure A. 6 : capture de la feuille « Données-Sélectivité »

3. Les étapes de la procédure de simulation du maintien d'effort

- Réaliser l'approche combiné jusqu'à l'analyse de production.
- Pour l'engin/flottille dont on veut geler l'effort, garder le facteur X à la valeur de 1.
- Faire varier le facteur X pour le reste des efforts.
- Tracer les graphiques pour une meilleure interprétation des résultats.

Annexe A

Tableau A. 1 : formules utilisées pour le calcul de l'analyse de cohortes

	Structure de taille (Jones, 1983)		Structure d'âge (Pope, 1972)	
Données d'entrées	Paramètre à calculer	Equation	Paramètre à calculer	Equation
	[L1 -L2] : classe de taille	/	[a1-a2] : classe d'âge	/
	Li : centre de classe	$Li = \frac{(L1 + L2)}{2}$	Ai : groupe d'âge	$ai = \frac{(a1 + a2)}{2}$
	C (L1-L2) : captures par classe	/	Cai : captures par groupe d'âge	/
	H (L1, L2) : facteur de mortalité naturelle	$HLi = \left[\frac{L_{\infty} - L1}{L_{\infty} - L2} \right]^{M/2K}$		
Données de sortie	N(Li) : survivants par classe	$NLf = \frac{CLf}{0.5}$ $NLi = [(NL_{i+1} * HLi) + CLi]HLi$	Nai : les survivants par groupe d'âge	$Naf = \frac{Caf}{0.5}$ $Nai = [Na_{i+\Delta t} * e^{-\frac{M}{2}} + Cai] * e^{-\frac{M}{2}}$
	SLi : taux de survie par classe	$SLi = \frac{NL_{i+1}}{NL_i}$	Sai	$Sai = Nai - Na_{i+\Delta t}$
	Zdl : mortalité totale dans un intervalle dl	$Z_{dl} = -\ln(SLi)$	Zai	$Zai = -\ln(Sai)$
	Eli : taux de croissance	$ELi = \frac{CLi}{(NL_i - NL_{i+1})}$	Fai	$Fai = Zai - M$
	Fdl : mortalité par pêche dans un intervalle dl	$F_{dl} = ELi * Z_{dl}$	Naim	$Naim = \frac{Nai - Na_{i+\Delta t}}{Zai}$
	ZLi : mortalité totale	$ZLi = \frac{M}{1 - \frac{F_{dl}}{Z_{dl}}}$		
	FLi : mortalité par pêche	$FLi = ZLi - M$		
	PLim: poids moyen par classe	$PLmi = a * Li^b$		
	NLmi : effectif moyen annuel par classe	$NLmi = \frac{NL_i - NL_{i+1}}{ZLi}$		
	BLmi: biomasse moyenne annuelle par classe	$Bm = NLmi * PLim$		
	YLmi : production moyenne annuelle par classe	$YLim = PLim * CLi$		

Annexe A

Tableau A. 2 : procédure de calcul du modèle prédictif de Thompson et Bell (1934).

		Structure de taille		Structure d'âge	
Données d'entrées	Paramètre à calculer	Equation		Paramètre à calculer	Equation
	[L1 -L2] : classe de taille	/		[a1 -a2] : classe d'âge	/
	Li : centre de classe	$L_i = \frac{(L1 + L2)}{2}$		ai : centre de classe	$a_i = \frac{(a1 + a2)}{2}$
	PLim : poids moyen par classe	= *		Paim : poids moyen par classe	/
	N(L1) : le nombre initial de survivants	Donné de sortie de l'analyse de cohorte (Jones)		N (a1) : le nombre initial de survivants	Donné de sortie de l'analyse de cohorte (Pope)
	VLim	Valeur marchande au Kg de chaque classe de taille		Vaim	Valeur marchande au Kg de chaque classe d'âge
	FLi : mortalité par pêche par classe	Donné de sortie de l'analyse de cohorte (Jones)		Fai : mortalité par pêche	Donné de sortie de l'analyse de cohorte (Pope)
	H (L1, L2) : facteur de mortalité naturelle	Donné de sortie de l'analyse de cohorte (Jones)			
Données de sortie		Multiplier FLi par un multiplicateur X		XFai	Multiplier Fai par un multiplicateur X
	ZLi : mortalité totale par classe	$Z_{Li} = XF_{Li} + M$		Zai : mortalité totale	$Z_{ai} = XF_{ai} + M$
	NLi : nombre de survivants par classe	$N_{Li+1} = N_{Li} \left[\frac{1 - \frac{XF_{Li}}{Z_{Li}}}{H_{Li} - \frac{XF_{Li}}{Z_{Li}}} \right]$		Nai : nombre de survivants	$N_{ai+\Delta a} = N_{ai} * e^{-z*\Delta a}$
	DLi : nombre de décès par classe	$D_{Li} = N_{Li} - N_{Li+1}$		Dai : nombre de décès par classe	$D_{Li} = N_{ai} - N_{ai+\Delta a}$
	CLi : reconstruction des captures par classe	$C_{Li} = D_{Li} \left[\frac{XF_{Li}}{Z_{Li}} \right]$		Cai : reconstruction des captures par classe	$C_{Li} = D_{ai} \left[\frac{XF_{ai}}{Z_{ai}} \right]$
	NLmi : effectif moyen annuel par classe	$N_{Lmi} = \frac{N_{Li} - N_{Li+1}}{Z_{Li}}$		Yai : production moyenne annuelle par classe	$Y_{Lim} = P_{aim} * C_{ai}$
	YLi : production moyenne annuelle par classe	$Y_{Lim} = P_{Lim} * C_{Li}$		Baim : biomasse moyenne annuelle par classe	$B_{aim} = \frac{Y_{ai}}{(XF_{ai} * \Delta a)}$
	BLmi (L1, L2) : biomasse moyenne annuelle par classe	$B_m = N_{Lmi} * P_{Lim}$		Vai : valeur de la production par classe	$V_{ai} = Y_{ai} * V_{aim}$
	VLi : valeur de la production par classe	$V_{Li} = Y_{Li} * V_{Lim}$		Y : Production totale	$Y = \sum Y_{ai}$
	Y : Production totale	$Y = \sum Y_{Li}$		B : biomasse totale	$\bar{B} = \frac{\sum B_{aim}}{\Delta a}$
	B : biomasse totale	$B = \sum B_{Lim}$		V : la valeur de la production totale	$V = \sum V_{ai}$
	V : la valeur de la production totale	$V = \sum V_{Li}$			

Annexe B

Tableau B. 1 : résultats de l'analyse de Thompson et Bell (1934) fondée sur l'âge appliqué au stock mixte de *P. acarne*

Facteur	Flottille chalutière		Flottille artisanale		B (Tonne)
	Y(Tonne)	V(M.Da)	Y(Tonne)	V (M.Da)	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.2	433.68	167.22	19.06	7.73	26.63
0.4	659.73	243.73	29.26	11.27	18.98
0.6	777.39	276.29	34.82	12.76	14.37
0.8	835.25	286.49	37.82	13.24	11.45
0.85	843.73	286.95	38.32	13.26	10.89
1	859.38	285.17	39.38	13.20	9.51
1.2	864.50	278.08	40.11	12.91	8.15
1.4	859.12	268.36	40.36	12.50	7.17
1.45	856.78	265.75	40.37	12.39	6.96
1.6	848.27	257.74	40.32	12.06	6.42
1.8	834.89	247.16	40.14	11.62	5.84
2	820.69	237.11	39.87	11.20	5.38
2.2	806.65	227.80	39.56	10.81	5.00
2.4	793.30	219.34	39.24	10.45	4.68
2.6	780.88	211.71	38.93	10.12	4.41
2.8	769.48	204.87	38.62	9.82	4.18
3	759.11	198.75	38.34	9.55	3.98
4	720.24	176.58	37.22	8.55	3.26
5	695.88	163.16	36.54	7.92	2.80

Tableau C. 2 : Résultats de l'analyse de Thompson et Bell (1934) fondée sur la taille appliqué au stock mixte de *Pagellus acarne*

Facteur	Flottille chalutière			Flottille artisanale		B (Tonne)
	Y(Tonne)	V(M.Da)		Y(Tonne)	V (M.Da)	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	12796.68	0
0.2	399.28	152.33	24.80	10.37	9445.79	0.2
0.4	606.75	219.10	30.98	12.17	7321.27	0.4
0.6	720.05	247.36	34.04	12.58	5862.68	0.6
0.8	783.11	257.24	36.26	12.69	4811.13	0.8
0.85	793.83	258.06	36.71	12.69	4594.14	0.85
0.9	803.01	258.40	37.13	12.69	4392.21	0.9
1	817.46	257.98	37.85	12.64	4028.45	1
1.2	834.51	254.05	38.87	12.45	3432.61	1.2
1.4	840.74	247.77	39.42	12.16	2971.07	1.4
1.45	841.10	245.99	39.50	12.07	2872.25	1.45
1.6	840.07	240.38	39.62	11.79	2608.41	1.6
1.65	839.14	238.45	39.63	11.69	2530.11	1.65
1.8	834.99	232.58	39.57	11.39	2319.82	1.8
2	827.10	224.76	39.36	10.98	2087.49	2
2.2	817.49	217.15	39.04	10.58	1898.38	2.2
2.4	806.89	209.87	38.66	10.19	1742.79	2.4
2.6	795.80	202.98	38.26	9.82	1613.45	2.6
2.8	784.57	196.50	37.83	9.48	1504.82	2.8
3	773.41	190.44	37.41	9.17	1412.66	3
4	722.44	165.80	35.45	7.91	1107.02	4

Résumé.

L'objectif de cette étude est la création et présentation d'un outil de simulation des scénarii. SHAPEC est un outil voué à l'évaluation et la simulation de scénarii de gestion dans la dynamique des pêcheries complexes [multi-flottille (engins) multi-spécifique], de gestions en concertation entre pêcheurs, scientifiques et décideurs en s'appuyant sur le cas du pageot blanc (*Pagellus acarne*, Risso, 1827). Il met en relation de manière explicite deux entités fondamentales : les stocks halieutiques exploités et les flottilles ou engins de pêche. L'outil à vocation pédagogique est fondé sur le modèle analytique de Thompson et Bell (1934). SHAPEC est un laboratoire virtuel qui simule de façon simplifiée, rapide et conviviale les procédures d'évaluation des stocks et les prévisions de captures. SHAPEC présente deux parties ; l'une centrée sur l'expertise, l'autre sur des mesures de gestion alternatives. En guise d'illustrations, différents scénarios sont testés pour évaluer les effets du changement de l'effort et du maillage, à long terme. Des fermetures de pêche saisonnières ou des augmentations de maillage n'améliorent pas l'état du stock mixte étudié.

Mots clés : simulateur, halieutique, mesures de gestion, multi-flottille, multi spécifique.

Summary.

The objective of this study is the creation and presentation of a scenario simulation tool. SHAPEC is a tool dedicated to the evaluation and simulation of management scenarios in the dynamics of complex [multi-fleet (gear) multi-species] fisheries, management in consultation between fishermen, scientists and decision-makers based on the case of auxiliary seabream (*Pagellus acarne*, Risso, 1827). It explicitly links two basic entities: exploited fish stocks and fleets or fishing gear. The pedagogical tool is based on the analytical model of Thompson and Bell (1934). SHAPEC is a virtual laboratory that simulates, in a simplified, fast and user-friendly manner, stock assessment procedures and catch predictions. SHAPEC has two parts; one focused on expertise, the other on alternative management measures. As illustrations, different scenarios are tested to evaluate the effects of change in effort and mesh size in the long term. Seasonal fishing closures or mesh increases do not improve the status of the mixed stock under study.

Key words: simulator, fisheries, management measures, multi-fleet, multi-specific.