



SUIVI DU PEUPLEMENT DE POISSONS **DE LA RESERVE MARINE** **DU GOLFE DE BEAUDUC** **3 ANS APRES L'ETAT INITIAL**

ANNEES 2017-2018



Partenariat entre

PARC NATUREL REGIONAL DE CAMARGUE

Mas du Pont de Rousty, 13200 Arles
Tél. : (33)4.90.97.10.40. Fax : (33)4.90.97.12.07.
et

GIS POSIDONIE & Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO)

Institut Pythéas, MIO,
Case 901, Campus de Luminy
13288 Marseille Cedex 09
Tél. (33)4.86.09.05.78 - Fax. (33)4.86.09.43.

Référent scientifique MIO du partenariat

Mireille HARMELIN-VIVIEN
M.I.O (UMR 235 – Aix Marseille Université)
Tel : (33)4.86.09.05.74 – Courriel : mireille.harmelin@mio.osupytheas.fr

Responsable du programme

Laurence LE DIREACH
GIS Posidonie
Tél. : (33)4.86.09.05.73 – Courriel : laurence.ledireach@univ-amu.fr

Remerciements

Aux agents du Parc naturel régional de Camargue : Delphine Marobin, Aurélie Lassus-Debat, Sylvain Ceyte, Stéphan Arnassant pour leur aide dans l'organisation et leur participation aux missions de terrain et aux pêcheurs professionnels Georges Gauzargues et Yves Manias pour leur accueil et leur collaboration à la réussite du suivi.

Crédits photographiques : Laurence Le Diréach et Mathilde Charpentier (GIS Posidonie), Delphine Marobin (Parc naturel Régional de Camargue).

Référence du document

LE DIREACH L., CHARPENTIER M., MAROBIN D., 2018. *Suivi du peuplement de poissons de la réserve marine du golfe de Beauduc 3 ans après l'état initial. Rapport de synthèse. Années 2017-2018.* Partenariat Parc naturel régional de Camargue & GIS Posidonie publ., Fr. : 1-84.

SOMMAIRE

Introduction	4
Suivi du peuplement de poissons de Beauduc	9
Evaluation du peuplement de poissons adultes.....	9
1. Méthode d'échantillonnage au filet.....	10
2. Méthode d'analyse des données	11
3. Résultats	14
3.1. Comparaison entre les saisons en 2018.....	14
3.1.1. Richesse spécifique des captures	14
3.1.2. Abondance et biomasse des captures.....	15
3.1.3. Composition des captures	16
3.1.4. Composition saisonnière des captures.....	17
Hiver	17
Printemps	19
Eté.....	20
3.1.5. Synthèse des campagnes saisonnières de 2018 à T0+4	22
3.1.6. Classes de taille des espèces les plus abondantes en 2018	24
<i>Solea solea et Solea senegalensis</i>	27
3.1.1. Comparaison de la distribution des classes de taille de l'aloise et de la dorade à t0 et t0+4	31
<i>Alosa fallax</i>	31
<i>Sparus aurata</i>	32
3.2. Comparaison entre stations et zones du golfe en 2018.....	33
3.2.1. Richesse spécifique des captures	33
3.2.2. Densité et biomasse des captures.....	35
3.2.3. Comparaison de la densité et de la biomasse des captures entre les zones	37
3.2.1. Comparaison de la densité et de la biomasse des captures entre la réserve et le reste du golfe	38
3.3. Comparaison des captures à T0+4 avec l'état initial T0	39
3.3.1. Evolution de l'abondance et de la biomasse des captures, CPUE.....	40
3.3.1. Evolution de l'abondance des espèces dominantes dans les captures au filet	42

Evaluation du peuplement de poissons juvéniles	44
1. Méthode d'échantillonnage au petit chalut à perche.....	44
2. Méthode d'analyse des données	46
2.1. Invertébrés	46
2.2. Poissons	47
3. Résultats	47
3.1. Composition des captures en invertébrés.....	47
3.1.1. Richesse spécifique.....	47
3.1.2. Occurrence	49
3.1.3. Comparaison entre les stations.....	50
3.1.4. Comparaison avec l'état zéro	51
3.2. Composition des captures en poissons	51
3.2.1. Evolution de la richesse et de la diversité spécifique des captures	52
Comparaison entre saisons/campagnes	52
Comparaison entre stations	52
3.2.2. Composition des captures à t0+3 en 2017-2018.....	53
3.2.3. Evolution de la composition spécifique de t0 à t0+3	56
3.2.4. Densité de poissons à l'hectare.....	57
3.2.5. Analyse spatiale du peuplement de poissons juvéniles	58
3.2.6. Structure de taille des espèces majoritairement pêchées	59
Discussion	64
4. Pêches scientifiques au filet ciblant les adultes	64
4.1. Y'a-t-il des différences entre les saisons en 2018 ?.....	64
4.2. Y'a-t-il des différences spatiales entre stations, zones du golfe - en 2018 ?	66
4.3. Y'a-t-il des différences entre t0 et t0+4 ?.....	66
5. Pêches scientifiques au chalut ciblant les juvéniles	68
5.1. Invertébrés	68
5.2. Poissons	68
Conclusion	72
Bibliographie.....	74
Annexes	79

INTRODUCTION

Le golfe de Beauduc situé au cœur de la zone marine du delta du Rhône, en Camargue, est constitué de substrats meubles dont la granulométrie varie du sable grossier à la vase terrigène, directement influencée par les apports rhodaniens. Les substrats meubles sont constamment remaniés par l'hydrodynamisme particulier de la région. Les vents dominants Mistral et Tramontane, chassent l'eau de surface vers le large entraînant une remontée d'eau profonde renforçant l'upwelling. Une branche du courant liguro-provençal provenant de l'Est entre dans le golfe pour former une gyre pouvant être favorable à la concentration de larves de poissons et entraînant les eaux adoucies par le Rhône. La faible profondeur, le fort éclaircissement et les apports du Rhône, offrent des conditions favorables à leur développement (Vasconcelos *et al.*, 2009). Les 'petits fonds' du golfe de Beauduc - la profondeur ne dépasse pas 15 m au Nord d'une ligne reliant la pointe de Beauduc aux Saintes-Maries-de-la-Mer - sont essentiellement constitués de vase, au centre et de sable, en périphérie (Fig. 1). Le golfe de Beauduc est identifié comme étant une zone de nurserie, notamment pour les poissons plats. Le golfe compte aussi une macrofaune benthique riche et diversifiée qui attire de nombreuses espèces de poissons pélagiques, démersaux et benthiques qui viennent s'y nourrir, en particulier les dorades lors de leurs déplacements saisonniers et différentes espèces de raies.

La ressource halieutique du golfe et son exploitation par les pêcheurs professionnels aux petits métiers (fileyeurs) ont longtemps été menacées par la pratique illégale d'arts traïnants (chalut), normalement réservée au-delà des 3 milles nautiques. Après 1989 et l'implantation de récifs de protection (de type 'sea rocks', Francour *et al.*, 1991), cette activité perdurait encore avec la présence de chalutiers dans les 3 milles nautiques (jusqu'à 7 par jour) générant des conflits avec les petits métiers du bord. Afin de protéger et de mieux gérer le golfe de Beauduc, les pêcheurs aux petits métiers ont demandé la création d'une réserve marine (cantonnement de pêche créé par Arrêté du 25/05/2013, parution JORF n°0253 du 30/10/2013) et une gestion halieutique concertée de cette zone marine du Parc naturel Régional de Camargue (PNR Camargue).

Depuis 2013, le Parc naturel régional de Camargue, chargé de la gestion et du suivi du cantonnement de pêche du golfe de Beauduc a demandé au GIS Posidonie et à l'Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO) de l'accompagner scientifiquement dans cette démarche notamment pour la programmation scientifique et la mise en place de suivis. En 2017-2018, le partenariat entre le Parc, le GIS Posidonie et le MIO porte principalement sur les thèmes suivants :

1. Le suivi des poissons adultes et juvéniles

- la participation aux suivis des adultes et des juvéniles de poissons : échantillonnage, plongées, traitement des données ;
- la mise à disposition de moyens de chaque partie pour la réalisation de ces missions.

2. La mise en œuvre de la programmation et du plan de gestion

- l'encadrement d'un stage de Master sur la fréquentation côtière ;
- l'animation du Conseil Scientifique de la réserve marine.

Les activités du partenariat sont présentées dans les différentes instances du Parc en lien avec la réserve marine du golfe de Beauduc (Comité de pilotage Natura 2000, comité de pilotage 'réserve marine', Conseil scientifique de la réserve etc.). Le partenariat est valorisé aussi souvent que possible par différents moyens de communication : revue 'Visages de Camargue', lettre Natura 2000 du Parc, site internet, page Facebook 'AMP de Camargue', colloques...

Un programme de suivi scientifique des poissons du cantonnement a été défini au moment de l'état initial après concertation entre le Parc et les scientifiques (M. Harmelin-Vivien, CNRS ; L. Le Diréach, GIS Posidonie) qui porte sur une durée de 2 années et comprend un suivi des juvéniles par chalutage à l'aide d'un petit chalut à perche et un suivi des adultes par pêche au filet. Le présent rapport rend compte des principaux résultats du suivi reproduit à l'identique 3 ans après l'état initial.

La réserve de Beauduc a été créée avec un statut de cantonnement de pêche le 25 septembre 2013. Les premières investigations dans le cadre de l'état zéro ont débuté le 13/03/2014 par les pêches scientifiques réalisées avec les fileyeurs des saintes Maries de la Mer et de Beauduc. Le balisage définitif de la réserve a été mis en place à l'automne 2014.

Un premier rapport (Le Diréach *et al.*, 2015) a rendu compte des résultats des évaluations de l'état initial.

Dans le cadre des campagnes de suivi à T0+3-4 ans, la première partie des pêches scientifiques (petit chalut : saison chaude 2017 et saison froide 2018 et filets : mars et juin 2018) a fait l'objet d'une première analyse de données dans le cadre du Master BAEMT (Bioressources aquatiques en Environnement Méditerranéen et Tropical) de Mathilde Charpentier (Charpentier, 2018) présenté à l'Université de Montpellier le 5 septembre 2018.

Le présent rapport restitue l'ensemble des résultats correspondants aux campagnes à T0+3-4 ans (3 ans pour les 2 campagnes de chalutages et 4 ans pour les 3 campagnes de pêches au filet).

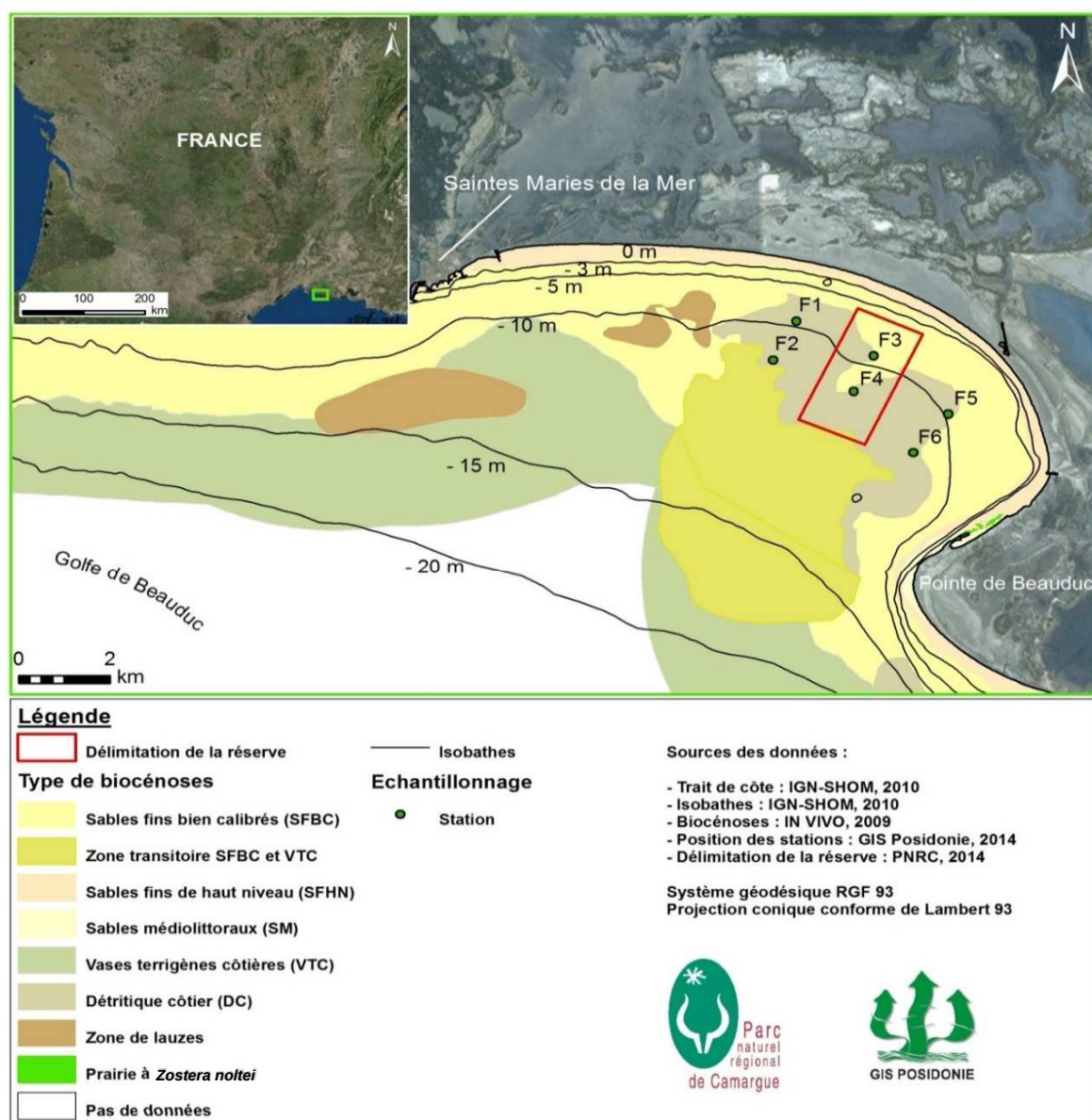


Figure 1. Nature des fonds et localisation des stations échantillonnées au filet dans le golfe de Beauduc (2 à l'intérieur et 4 à l'extérieur de la réserve marine).

ACCOMPAGNEMENT SCIENTIFIQUE

Le PNR de Camargue a souhaité être accompagné par des scientifiques pour mettre en place un suivi pertinent de l'efficacité de sa gestion. Ce suivi au sens large comprend en priorité le suivi du peuplement de poissons, mais des suivis particuliers sur d'autres compartiments sont envisagés à plus ou moins longue échéance, dont il convient de déterminer la priorité et la pertinence.

L'accompagnement scientifique du Parc par l'Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO) et le GIS Posidonie comprend également la consultation d'experts pour la mise en place de plans d'échantillonnage de différentes espèces ou de peuplements, la validation de stratégies de gestion en vue d'optimiser la conservation et aussi d'appréhender les conséquences sur les usages, ainsi que l'accès à la connaissance sur la biologie et l'écologie des espèces marines côtières.

Le Parc peut s'appuyer sur l'avis consultatif et l'expertise de chercheurs du M.I.O. appartenant au CNRS et à Aix-Marseille Université et qui contribuent de façon informelle au cadrage du plan de gestion de la réserve et à la mission de conservation des espaces et des espèces. Cet accompagnement s'effectue au cours de réunions régulières : deux réunions annuelles avant et après la belle saison afin de prévoir les travaux de terrain et de faire le bilan du semestre précédent. Les experts sont également ponctuellement consultés par téléphone ou par mail dans leur spécialité. Plus globalement, ils participent à la réflexion générale concernant la conservation et le maintien des usages dans la zone. Ils peuvent, le cas échéant, aider le Parc à réfléchir sur son plan de gestion, à préparer certaines réunions importantes ou l'accompagner sur le terrain pour mieux se rendre compte et porter conseil. En bref, ils assurent un rôle de conseil scientifique.

Enfin, l'aide à la programmation scientifique peut déboucher sur la participation du PNR de Camargue à des programmes de recherche.

Mireille Harmelin-Vivien et Laurence Le Diréach ont été sollicitées en 2015 pour des relectures des 2 documents stratégiques à 5 ans de la réserve marine : 'notice de gestion' et 'programmation scientifique' (documents du Parc naturel Régional de Camargue).

La programmation scientifique a été présentée au Parc le mardi 31 mai 2016 et finalisée à la fin du premier semestre 2016, après une validation par le Conseil scientifique du Parc de Camargue.

Conjointement à la mise en place de la zone marine protégée, le PNR de Camargue a souhaité faire immerger, en août 2014, à titre expérimental 32 structures destinées à servir de nurseries artificielles. Ces aménagements ont pour objectif de tester la colonisation au niveau du cantonnement par des juvéniles de poissons, notamment d'espèces démersales (sar, loup). Le travail de conception, de fabrication et d'immersion a été réalisé par P2A Développement qui a également assuré le suivi de la tenue physique des structures. Le GIS Posidonie a assuré le suivi de la colonisation par les juvéniles avec un comptage initial en juillet 2014 et deux comptages en octobre 2014 et en juin 2015. L'AOT lié à cette première expérimentation s'est poursuivie jusqu'en mai 2016. Début 2016, le bureau d'étude P2A Développement a remis un premier rapport sur l'expérimentation de dispositifs attracteurs de juvéniles (DNAP).

Pour le suivi de la colonisation des dispositifs de nurseries artificielles par les juvéniles de poissons, deux plongées de comptages ont été réalisées par le GIS Posidonie en mai et en juillet 2016 et les résultats comparés aux comptages de 2014 et 2015. Un rapport d'évaluation des structures artificielles a été rendu en novembre 2016 (Astruch *et al.*, 2016) et le comité technique pour l'expérimentation de nurseries artificielles dans la réserve marine du golfe de Beauduc s'est réuni le 2 décembre 2016. Par ailleurs, de nouvelles investigations en plongée concernant le benthos du golfe ont été consacrées au test d'une méthode de suivi par transect vidéo de la faune benthique épigée et à des observations

faites dans l'herbier mixte (*Zostera noltei*, *Z. marina*, *Ruppia cirrhosa*, *Cymodocea nodosa*) de la pointe de Beauduc (Astruch *et al.*, 2016).

A la demande du Parc, un stage de Master2 a été co-dirigé en 2017 par Le GIS Posidonie et le Parc pour réaliser un zonage et une première approche de l'évaluation de la fréquentation en mer et à la côte (Chalard, 2017).

Les travaux de cartographie et de recensement et qualification des habitats ont été intégrés au programme LIFE MarHa sur les habitats marins Natura 2000, porté et déposé par l'Agence Française de la Biodiversité et accepté en septembre 2017. Le Parc naturel Régional de Camargue et le GIS Posidonie en sont bénéficiaires associés et ont proposé des travaux communs. Le MIO est associé au GIS Posidonie pour diffuser la méthode EBQI (Ecosystem-Based Quality Index, Personnic *et al.*, 2014) d'évaluation de la qualité des habitats méditerranéens à partir d'une évaluation des différents compartiments de l'écosystème. La méthode est adaptée aux principaux types d'habitats rencontrés (posidonie, roche infralittorale) et a vocation à être également développée pour les substrats meubles.

Les nouvelles campagnes de suivi du peuplement de poisson de la réserve marine ont commencé en juillet 2017 (saison chaude) par le chalutage avec le navire océanographique Antedon2. La réunion avec les pêcheurs professionnels pour présenter la nouvelle phase de suivi en 2018 et solliciter leur participation pour les pêches scientifiques au filet a eu lieu le 19 décembre 2017. Cette réunion a permis de faire le point sur les suivis et actions concernant la réserve marine en 2017.

Plus globalement, les échanges entre les scientifiques et le Parc ont permis de partager la connaissance acquise au cours des deux dernières années en vue de faire avancer la réflexion générale concernant la conservation et le maintien des usages dans la zone. Une aide a été apportée à la rédaction du plan et de documents de gestion, pour la partie connaissance scientifique.

L'un des objectifs du partenariat est aussi, à moyen terme, de permettre au Parc de mener en autonomie et en routine l'acquisition de certaines données scientifiques de terrain (recensement d'espèces, comptages de fréquentation pour l'évaluation des pressions, participation aux pêches scientifiques). Cette formation s'est effectuée en particulier au cours des embarquements à bord des bateaux des pêcheurs professionnels lors des opérations de pêche expérimentale en 2014 et s'est poursuivie de la même façon en organisant des embarquements par binôme gestionnaire/scientifique en 2018.



*Ponton des pêcheurs
à Beauduc*

SUIVI DU PEUPLEMENT DE POISSONS DE BEAUDUC

La création de la réserve de Beauduc a pour objectif de protéger les petits fonds de nurserie du chalutage et de mieux gérer la ressource halieutique avec les pêcheurs aux petits métiers. La mise en protection intégrale d'une aire de 450 ha dans la zone centrale du golfe et surtout l'arrêt définitif du chalutage illégal dans le golfe pourraient en effet avoir pour conséquence une modification sensible de l'abondance de certaines espèces et de la composition des assemblages de poissons au bout de plusieurs années. Dans le cadre du suivi mis en place par le Parc naturel Régional de Camargue et le GIS Posidonie, l'échantillonnage du peuplement de poissons (adulte et juvénile) est réalisé en partenariat avec les pêcheurs professionnels en ce qui concerne les adultes (pêches au filet) et avec le support du navire océanographique Antedon II de l'INSU/CNRS pour l'échantillonnage des juvéniles (pêches au petit chalut à perche). La démarche intègre donc, dès le départ, une contribution à la gestion concertée de la zone par des travaux conjointement menés par les gestionnaires, des usagers-pêcheurs et des scientifiques. L'objectif de ces pêches scientifiques est d'évaluer le peuplement de poissons (espèces présentes, abondance, biomasse) 3-4 ans après la mise en protection des fonds, en reproduisant le même échantillonnage qu'au moment de l'état initial.

Le peuplement de poissons est évalué à partir de la composition et de l'abondance des captures réalisées dans le golfe au sein de la zone mise en protection et de part et d'autre. Les résultats d'un tel suivi ont pour objectif l'évaluation de l'efficacité de l'aire protégée directement pour la conservation du peuplement de poissons (protection des jeunes stades, mais aussi d'adultes en âge de se reproduire) et indirectement en tant que soutien à la ressource pour la pêche artisanale locale. Le suivi permet aussi de mieux connaître le peuplement de poissons du golfe. Le protocole mis en place a vocation à être reproduit au long terme avec les pêcheurs professionnels locaux pour déceler d'éventuels changements au niveau des captures faites avec les mêmes types d'engins dans la zone lors de pêches expérimentales réalisées à l'intérieur et autour de la réserve. L'objectif n'est pas tant de mettre en évidence une différence entre la réserve et l'extérieur, mais surtout de montrer l'efficacité de la mise en place du cantonnement pour protéger l'ensemble des fonds du golfe et leur permettre de retrouver une dynamique et des fonctionnalités présidant au remaniement du fond par les chaluts. Le pas de temps de 3 ans préconisé à la suite de l'état initial a été respecté et le protocole d'échantillonnage reproduit à l'identique.

EVALUATION DU PEUPLEMENT DE POISSONS ADULTES

Trois campagnes saisonnières de pêche scientifique au filet ont été planifiées en 2018 :

- en conditions hivernales pour le milieu marin du 17 au 20 avril (hiver) ;
- en conditions printanières du 25 au 28 juin (printemps) ;
- en conditions estivales du 10 au 13 septembre (été).

Les campagnes ont consisté en trois jours de pêche consécutifs (calées de 24 h) effectués avec les embarcations de deux pêcheurs professionnels de la zone : Georges Gauzargues de Beauduc sur le TADORNE IV et Yves Manias du Grau de la Dent sur le LEAH.

Des autorisations de pêche scientifique (autorisation de prélèvement par l'Arrêté N°208 du 2 mars 2018) et d'embarquement sur les navires de pêche ont été sollicitées auprès des Affaires Maritimes par le PNR de Camargue. Avant la relève de chaque filet, il est procédé (dans la mesure du possible) à la mesure de la température et de la salinité en surface et au fond. Ces mesures sont destinées à caractériser globalement les conditions environnementales au moment des pêches et d'éventuels

événements particuliers comme une dessalure marquée des eaux (entrées d'eaux du Rhône dans le golfe) pouvant avoir une influence sur la composition en espèces.

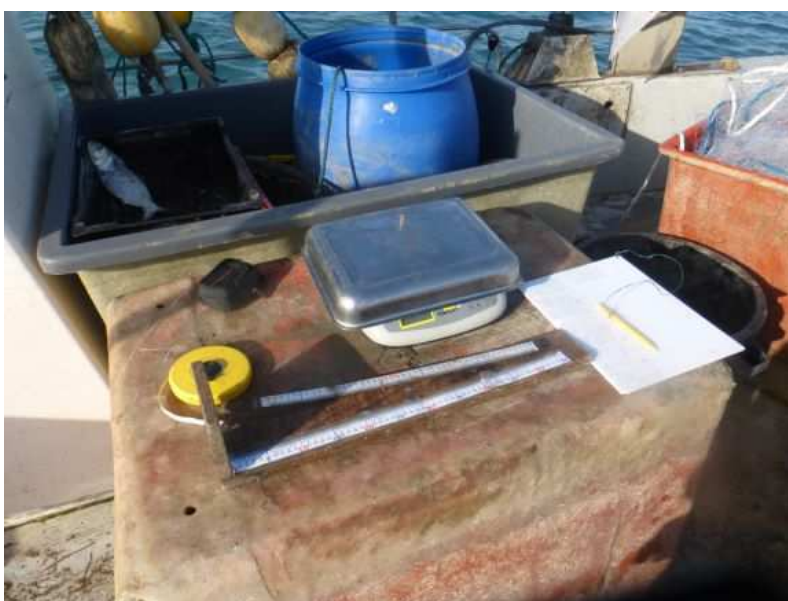
1. Méthode d'échantillonnage au filet

La méthodologie pour réaliser les pêches scientifiques a été mise à point avec les pêcheurs professionnels travaillant habituellement dans la zone du golfe de Beauduc. Ce sont eux qui calent et relèvent les filets, et démaillent le poisson pêché.

Le protocole d'échantillonnage comprend 6 stations par campagne : les stations 1 et 2 se situent à l'ouest du cantonnement, les stations 3 et 4 à l'intérieur et les stations 5 et 6 à l'est. Les stations 1, 3 et 5 se trouvent sur l'isobathe 9 m, et les stations 2, 4 et 6 sur celle des 11 m. Deux pêcheurs professionnels sont sollicités par campagne, chacun cale trois des six filets trémails, afin de pouvoir réaliser l'ensemble des pêches aux différentes stations en trois jours.

Après concertation avec les pêcheurs locaux, au moment de l'état initial, il a été choisi d'utiliser des filets trémails de maille 50 mm (maille moyenne à poisson) en monofilament à trois nappes. En effet, les pêcheurs utilisent différents types d'engins selon l'espèce ciblée et la saison. Les filets utilisés pour l'étude sont donc standardisés. Ils sont constitués de 5 pièces de 100m de long avec une hauteur de 5.5 m.

Chaque station est échantillonnée trois fois par campagne ou saison (pour un total de 18 pêches par année de suivi) : le filet est calé le premier jour, puis relevé 24 heures après. Les poissons sont alors démaillés, identifiés à l'espèce, mesurés et pesés directement à bord du bateau, et ce pour chaque pièce de filet. Une fois nettoyé, le filet est recalé, avec un léger décalage pour ne pas pêcher au même endroit. Cette manipulation est répétée trois jours d'affilée. Parfois, les calées sont inversées entre pêcheurs pour ne pas introduire de biais systématique en associant à une zone une façon particulière de pêcher.



Matériel embarqué à bord des navires de pêche professionnelle par les observateurs

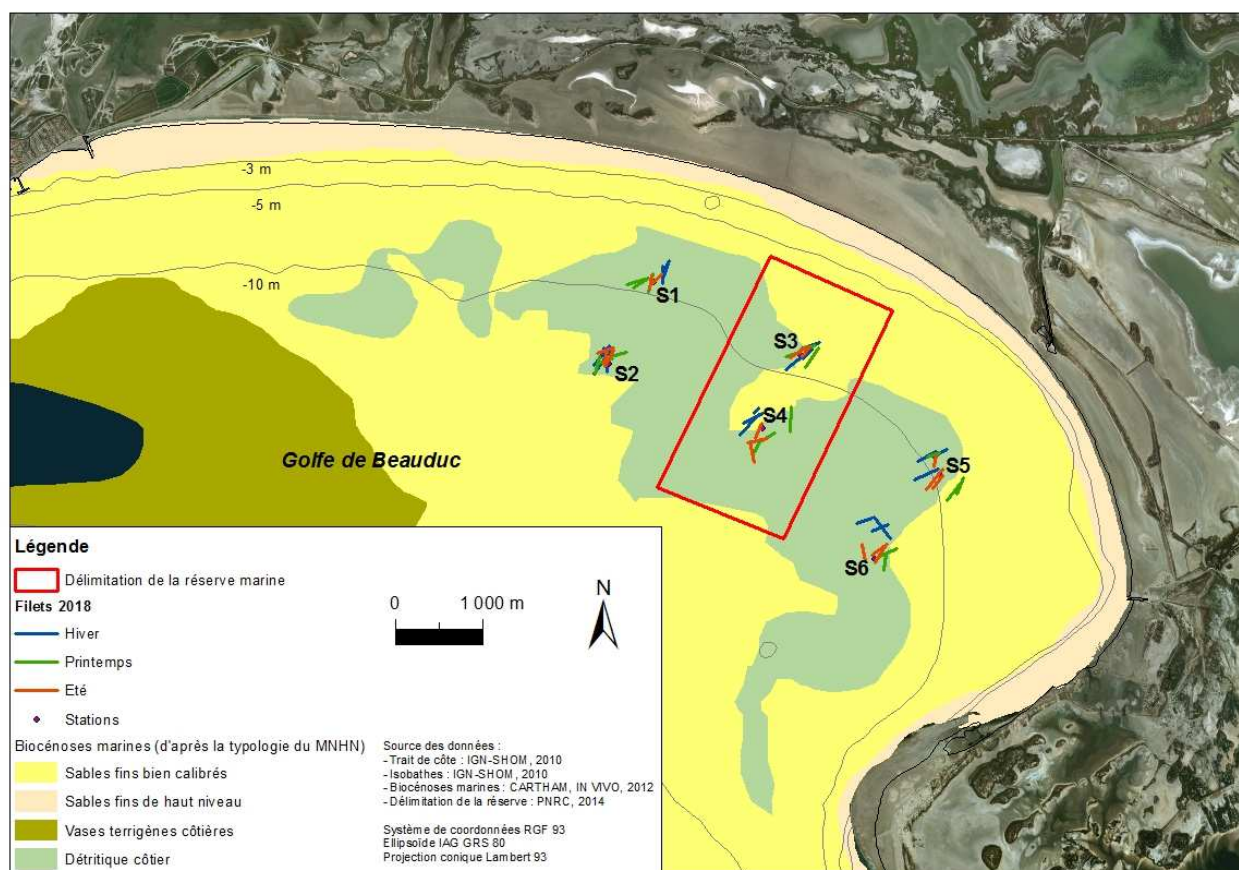


Figure 2. Localisation des filets lors des pêches scientifiques pour le suivi de la réserve de Beauduc en 2018.

2. Méthode d'analyse des données

L'unité d'échantillonnage est la pièce de filet de 100 m ou réplicat. Les données des captures des pêches réalisées au filet sont restituées en termes de **richesse spécifique**, **abondance en nombre** ou **densité pour 100 m de filet (rendement exprimé en densité/100m ou CPUE)**, **biomasse capturée** ou **biomasse pour 100 m de filet (rendement en biomasse/100m ou CPUE)**, **occurrence dans les captures**, **composition spécifique des captures (%)** ou **fréquence de chaque espèce dans les captures par station ou par saison**, et enfin **classes de taille** pour les principales espèces pêchées.

Les comparaisons de composition spécifique par saison ont été faites en agrégeant l'ensemble des réplicats réalisés par station.

La **richesse spécifique** est le nombre d'espèces de poissons présentes dans l'échantillonnage. La richesse spécifique totale est analysée à l'échelle des stations. Elle a été comparée entre les zones d'échantillonnage (est, réserve et ouest du golfe de Beauduc), et entre campagnes du suivi.

Un **indice d'équitabilité**, l'indice de Simpson, est aussi calculé à partir de l'abondance des différentes espèces (Grall & Coïc, 2005). Cet indice d'équitabilité traduit la répartition des abondances des espèces dans le peuplement ; cet indice est sensible aux variations d'importance des espèces les plus abondantes. L'indice de Shannon, quant à lui est sensible aux variations d'importance des espèces les plus rares.

Les **densités** et les **biomasses** ont été respectivement rapportées en nombre d'individus et en grammes pour 100 m de filet. Des boîtes à moustaches ont été réalisées avec le logiciel Statistica pour comparer les densités et les biomasses par réplicat obtenues par station et par saison. Des tests non-paramétriques de Mann-Whitney ou de Kruskal-Wallis (selon s'il y avait deux ou plusieurs groupes à comparer) ont été effectués à partir des données des réplicats groupées :

- par saison : 5 pièces de 100 m de filet x 6 filets x 3 jours d'échantillonnage par saison, soit 90 réplicats pour les 6 stations ;
- par année, 5 pièces de 100 m de filets x 6 filets x 3 jours d'échantillonnage x 3 saisons, soit 270 réplicats par année de suivi ;
- ou par zone : 5 pièces de 100 mètres de filet x 3 jours x 2 stations, soit 30 réplicats par saison.

afin de savoir si les échantillons présentent des densités ou des biomasses significativement différentes. Le seuil de significativité retenu est à 5%.

Certains poissons peuvent être abîmés par des prédateurs, le treuil ou le démaillage du filet, ce qui ne permet pas de mesurer leur poids sur le bateau. Le plus souvent c'est l'action des prédateurs invertébrés « puces ou poux de mer » qui les vide partiellement ou entièrement de leur chair. Dans ce cas, les mesures qui peuvent être prises permettent de calculer le poids grâce à des relations taille/poids caractéristiques de chaque espèce (Tableau 1). Les relations utilisées sont pour beaucoup issues d'un rapport de l'Ifremer (Campillo, 1993) ou bien du site internet Fishbase, avec les données la plus récentes possible, et provenant de Méditerranée. Pour les espèces *Raja asterias* et *Pegusa impar*, la relation utilisée est celle qui a été obtenue avec le jeu de données des individus pêchés en 2018, tant les relations disponibles donnaient des estimations éloignées des valeurs de biomasse obtenues à Beauduc pour des tailles équivalentes. Enfin, pour les individus non identifiés jusqu'à l'espèce (*Solea* sp., *Alosa* sp.) les relations prises en compte sont celles de l'espèce la plus proche et la plus abondamment pêchée : *Solea solea*, *Alosa fallax* pour ces exemples.

Tableau 1 : Relations taille-poids utilisées pour le calcul des biomasses des individus abîmés lors de la pêche au filet à Beauduc en 2014 et 2018

Espèce	Relation taille poids	Espèce	Relation taille poids	Espèce	Relation taille poids
<i>Alosa fallax</i>	$0.00752 * L^{3.050}$	<i>Lepidotrigla cavillone</i>	$0.00612 * L^{3.232}$	<i>Sardina pilchardus</i>	$0.00384 * L^{3.25}$
<i>Boops boops</i>	$0.005825 * L^{3.298}$	<i>Merluccius merluccius</i>	$0.012 * L^{2.88}$	<i>Sardinella aurita</i>	$0.0062 * L^{3.064}$
<i>Chelidonichthys lastoviza</i>	$0.0127 * L^{2.96}$	<i>Mugil cephalus</i>	$0.0118 * L^{3.14}$	<i>Scomber scombrus</i>	$0.0067 * L^{3.125}$
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	$0.00653 * L^{3.110}$	<i>Mustelus mustelus</i>	$0.00080 * L^{3.3259}$	<i>Solea senegalensis</i>	$0.00672 * L^{3.104}$
<i>Chelidonichthys obscurus</i>	$0.005 * L^{3.15}$	<i>Pagellus acarne</i>	$0.0092 * L^{3.076}$	<i>Solea solea</i>	$0.010 * L^{2.96}$
<i>Chelon ramada</i>	$0.012 * L^3$	<i>Pagellus erythrinus</i>	$0.016 * L^{2.94}$	<i>Sparus aurata</i>	$0.0526 * L^{2.5812}$
<i>Diplodus sargus</i>	$0.0170 * L^3$	<i>Pegusa impar</i>	$0.0143 * L^{2.87}$	<i>Torpedo torpedo</i>	$0.0454 * L^{2.689}$
<i>Diplodus vulgaris</i>	$0.0244 * L^{3.0059}$	<i>Pegusa lascaris</i>	$0.00689 * L^{3.117}$	<i>Trachurus trachurus</i>	$0.0141 * L^{2.8452}$
<i>Engraulis encrasicolus</i>	$0.0065 * L^{3.02}$	<i>Raja asterias</i>	$0.007 * L^{2.9546}$		

L'analyse de la **composition en espèces** a été faite à partir de la fréquence (abondance) et de la biomasse des individus pêchés par espèce et par saison. Pour la comparaison entre les saisons, une Analyse en Composantes Principales a été réalisée avec les données d'abondance par station et par saison des 16 espèces de poissons le plus abondamment pêchées pendant les 3 campagnes saisonnières de 2018. Un test de Mann-Whitney a été aussi effectué pour comparer les densités de poisson par espèce capturées au filet à t0 et à t0+4.

Enfin, l'analyse des **classes de taille des poissons pêchés** au filet a été réalisée par saison avec des histogrammes d'effectifs par classe de taille (en cm) des espèces dont les effectifs étaient suffisants.

Des comparaisons ont été faites avec les pêches de l'état initial lorsque l'espèce avait été pêchée en nombre important durant une ou plusieurs saisons. Les tailles de maturité sexuelle ont été trouvées dans la bibliographie et incluent des données le plus récentes possible, et le plus près de la zone d'étude possible. Si elle existe, la taille minimale de capture pour les pêcheurs professionnels comme indiquée par l'Ifremer est aussi donnée (Ifremer, 2015).

*Dorade Sparus
aurata et
dessous : muges
Chelon ou Mugil
spp. et saupes
Sarpa salpa.*



3. Résultats

3.1. Comparaison entre les saisons en 2018

3.1.1. Richesse spécifique des captures

La richesse spécifique totale est comprise entre 22 et 30 espèces de poissons selon la saison (pour 23 à 31 espèces au total incluant crustacés et céphalopodes). La richesse spécifique la plus faible a été obtenue pendant la campagne d'hiver 2014 et la plus élevée au printemps 2014. Les échantillonnages réalisés au printemps présentent une richesse spécifique totale de poissons plus élevée qu'aux autres saisons. C'est également le cas en 2018.

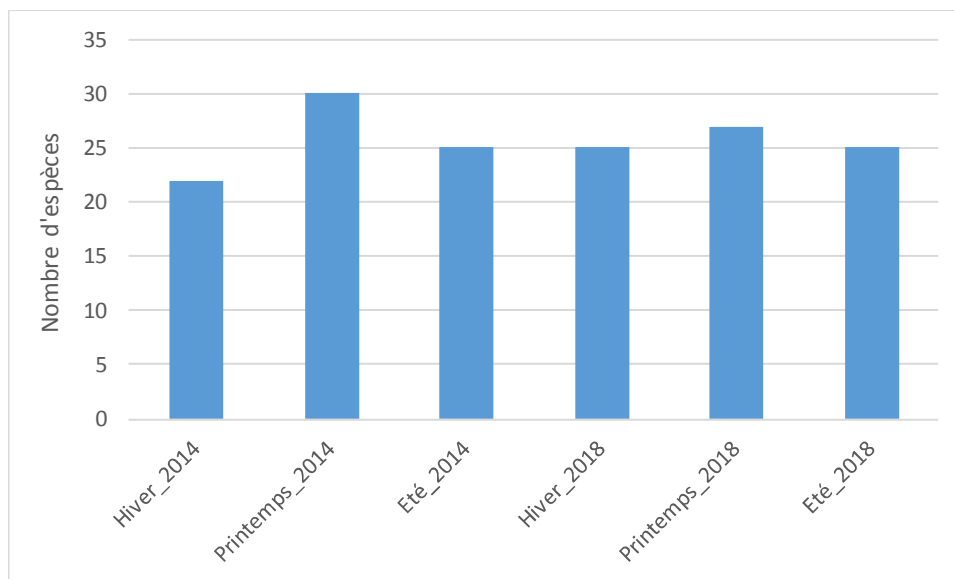


Figure 3 : Richesse spécifique totale des captures de poissons par campagne de pêche au filet dans le golfe de Beauduc.

Durant l'hiver et l'été 2018, 25 espèces de poissons ont été échantillonnées et 28 au printemps ; 14 espèces sont communes aux saisons d'hiver et de printemps, et représentent 91% des individus pêchés, 12 espèces sont spécifiques à la campagne d'hiver, 13 à celle de printemps et 4 à celle d'été, pour un total de 44 espèces de poissons échantillonnées.

5 espèces d'invertébrés ont aussi été échantillonnées : la seiche *Sepia officinalis* en hiver et le poulpe *Octopus vulgaris* au printemps, pour les céphalopodes ; le homard *Homarus gammarus*, à la campagne d'hiver, la grosse crevette *Penaeus kerathurus* et la squille *Squilla mantis* aux campagnes de printemps et d'été.

Squilla mantis



3.1.2. Abondance et biomasse des captures

Les captures les plus faibles en abondance ont été faites l'été 2014. Le nombre moyen de captures de l'été 2014 est significativement différent du nombre moyen de poissons pêchés aux autres saisons en 2014 et en 2018 (Test de Kruskal-Wallis : $H(n=540) = 133.76$, $df=5$, $p = 0.0000$, ***). Les captures de l'été 2018 sont significativement différentes en abondance de celles de l'été 2014 et en augmentation, mais significativement plus faibles que celles des deux autres saisons de 2018. Les captures réalisées en 2018 sont supérieures en nombre à chaque saison par rapport à la même saison en 2014. De manière générale, à Beauduc le nombre de captures faites au filet est plus élevé l'hiver ou au printemps que l'été.

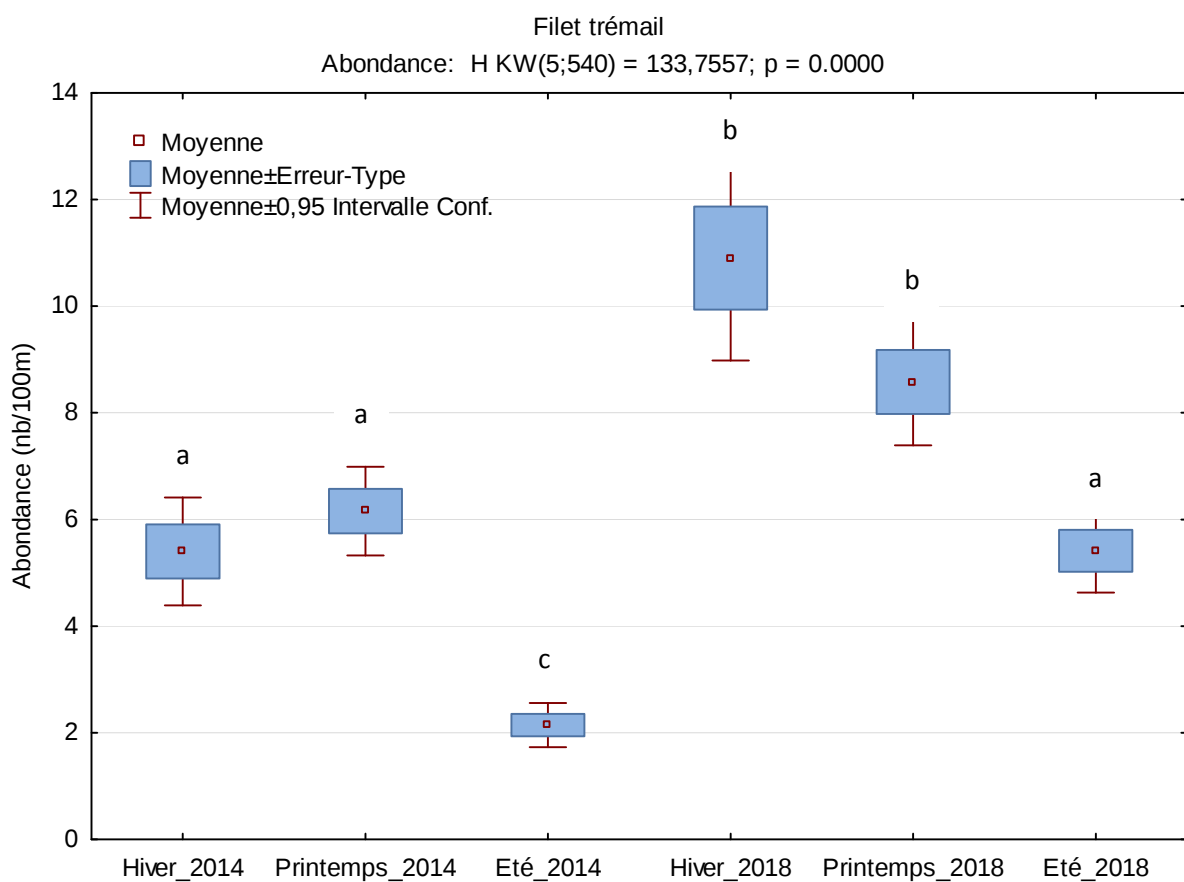


Figure 4 : Nombre moyen de poissons pêchés par campagne pour 100 m de filet dans le golfe de Beauduc, $n = 90$ réplicats par saison.

La biomasse capturée en 2018 est significativement différente entre les saisons (KW : $H(n = 540) = 130.28$, $df = 5$, $p = 0.0000$, ***). Les campagnes de 2018 sont significativement différentes de leurs homologues en 2014 et en augmentation. Il n'y a pas de différence significative au seuil de 5% entre la campagne d'hiver et de printemps ou de printemps et d'été en 2018.

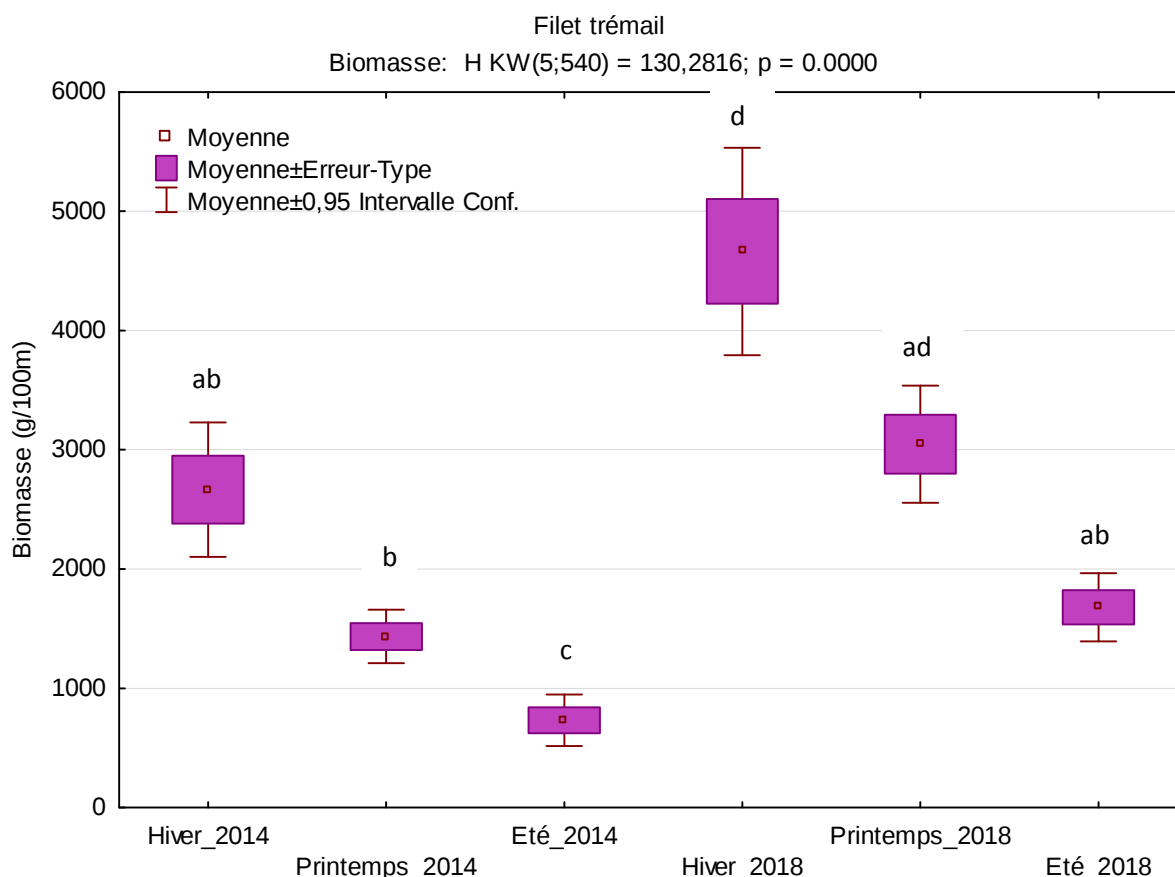


Figure 5 : Biomasse (g/100 m) de poissons échantillonnés par saison en 2014 et en 2018 dans le golfe de Beauduc. n = 90 réplicats à chaque saison.

Les biomasses les plus faibles ont été observées lors des campagnes du printemps et de l'été 2014, les campagnes d'hiver présentent une plus grande variabilité et une biomasse moyenne plus élevée. La saison qui présente les plus fortes biomasses, mais aussi la plus grande variabilité, depuis le début du suivi, est l'hiver 2018.

3.1.3. Composition des captures

L'espèce *Raja asterias*, représente 52% de la biomasse totale capturée en 2018. Cette espèce domine en biomasse quelle que soit la saison. Vient ensuite l'espèce *Alosa fallax*, principalement pêchée l'hiver et qui représente 8% de la biomasse totale pêchée. Les raies torpilles *Torpedo marmorata* et *T. torpedo* et les soles *Solea solea* et *S. senegalensis* avec le chinchard *Trachurus trachurus* figurent ensuite parmi les espèces qui contribuent le plus à la biomasse pêchée. Les principales espèces pêchées figurant dans le graphique suivant contribuent au total à 99% de la biomasse capturée à Beauduc en 2018.

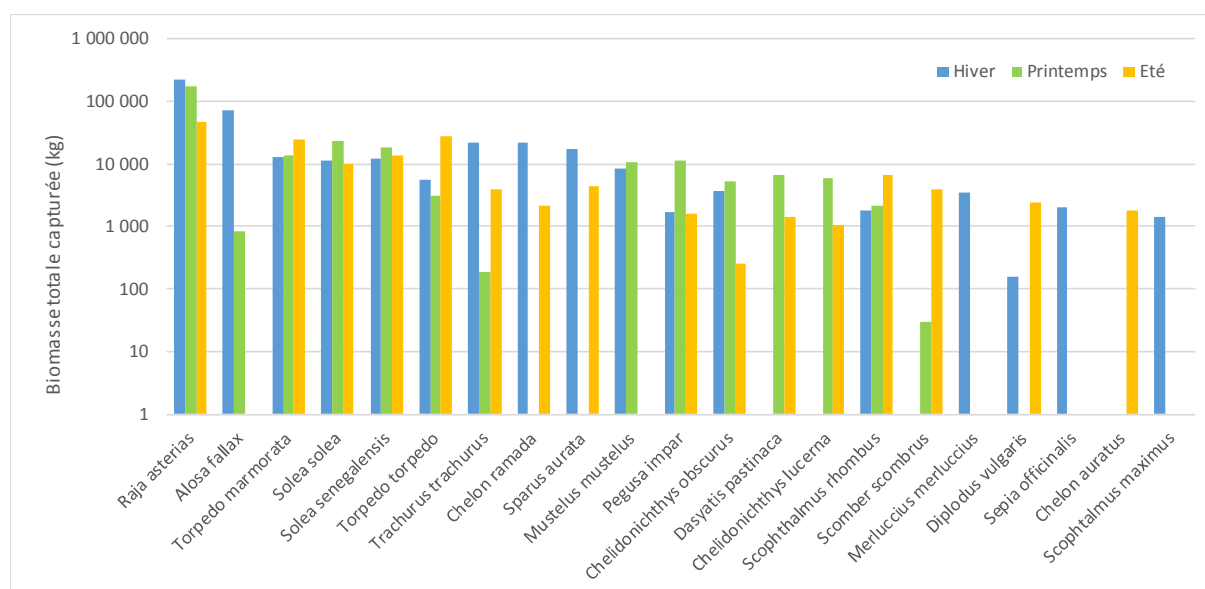


Figure 6 : Contribution respective des principales espèces pêchées à la biomasse totale capturée au filet dans le golfe de Beauduc selon la saison.

Comme la raie *Raja asterias*, les soles *Solea solea* et *S. senegalensis* et les torpilles *Torpedo marmorata* et *T. torpedo*, la barbue *Scophthalmus rhombus* ont été capturées aux 3 saisons et font partie du cortège d'espèces typiques du golfe. Certaines espèces qui représentent une part importante de la biomasse en hiver n'ont presque pas été prélevées au printemps : *Chelon ramada* et *Sparus aurata*, *Diplodus vulgaris*. L'aloise *Alosa fallax* est absente des captures d'été, ainsi que l'émissole *Mustelus mustelus*.

La majorité des espèces qui contribuent pour une part importante à la biomasse pêchée sont commercialisées par les pêcheurs, en particulier les dorades (*Sparus aurata*) et les soles (*Solea solea*, *Solea senegalensis* et *Pegusa impar*), qui ont la plus forte valeur marchande. Parmi les espèces non commercialisées, quelle que soit la taille de l'individu, les chondrichthyens constituent une part importante de la biomasse pêchée à Beauduc comme les torpilles *Torpedo torpedo* et *Torpedo marmorata* et la raie pastenague *Dasyatis pastinaca*.

3.1.4. Composition saisonnière des captures

Hiver

Lors des pêches scientifiques d'hiver 2018, 978 poissons appartenant à 25 espèces ont été pêchés au filet à Beauduc. Presque la moitié des individus pêchés étaient des raies de l'espèce *Raja asterias*. Les principales autres espèces pêchées en quantité importante étaient le chinchard *Trachurus trachurus* (19%) et l'aloise fausse *Alosa fallax* (9%). La dorade *Sparus aurata*, le grondin morrude *Chelidonichthys obscurus* (4%) et la sole *Solea solea* ne comptent que pour 4% des effectifs, chacune.

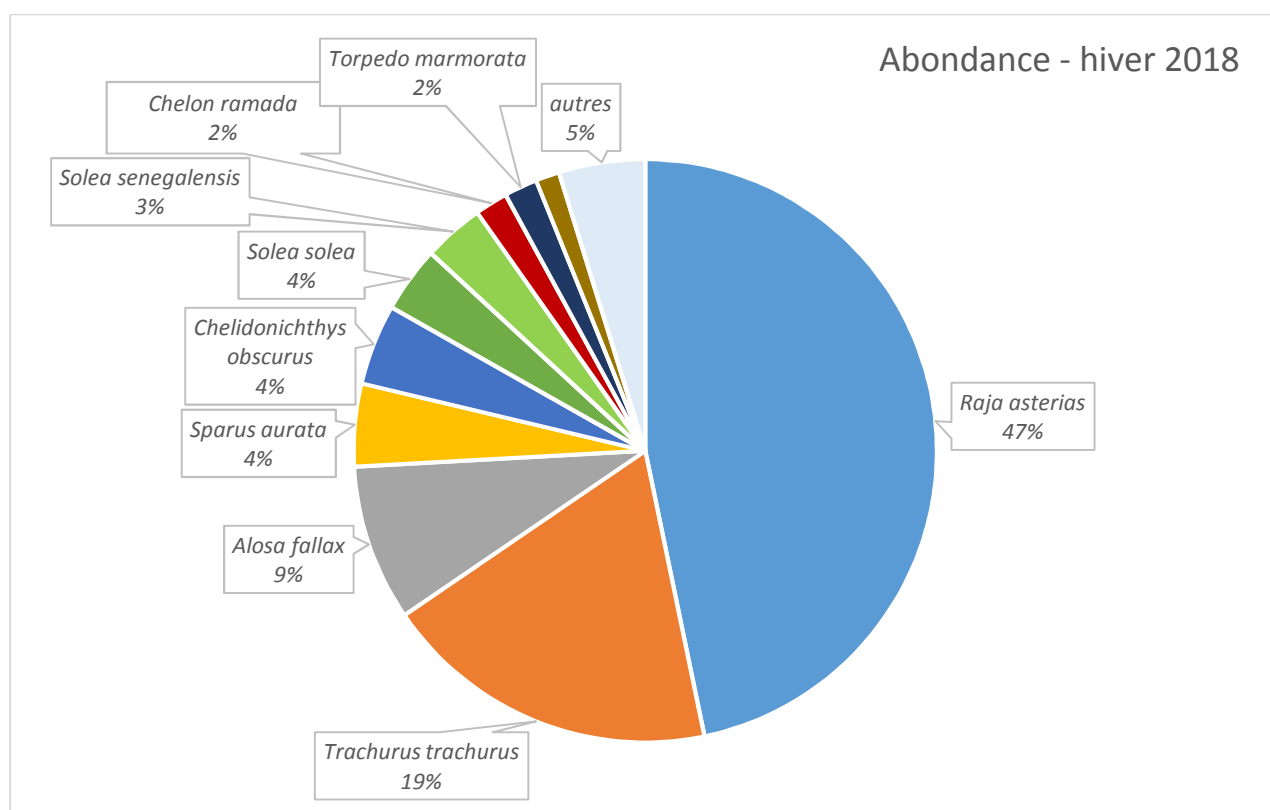


Figure 7 : Composition des abondances de poissons pêchés au filet l'hiver 2018 dans le golfe de Beauduc.

Les raies de l'espèce *Raja asterias* représentent plus de 50% de la biomasse totale des individus pêchés au filet en hiver 2018. Viennent ensuite : l'aloise *Alosa fallax* (17%), et le chinchard *Trachurus trachurus* et le muge *Chelon ramada* pour 5% de la biomasse totale. Les autres espèces présentent des biomasses égales ou inférieures à 4% de la biomasse totale chacune.

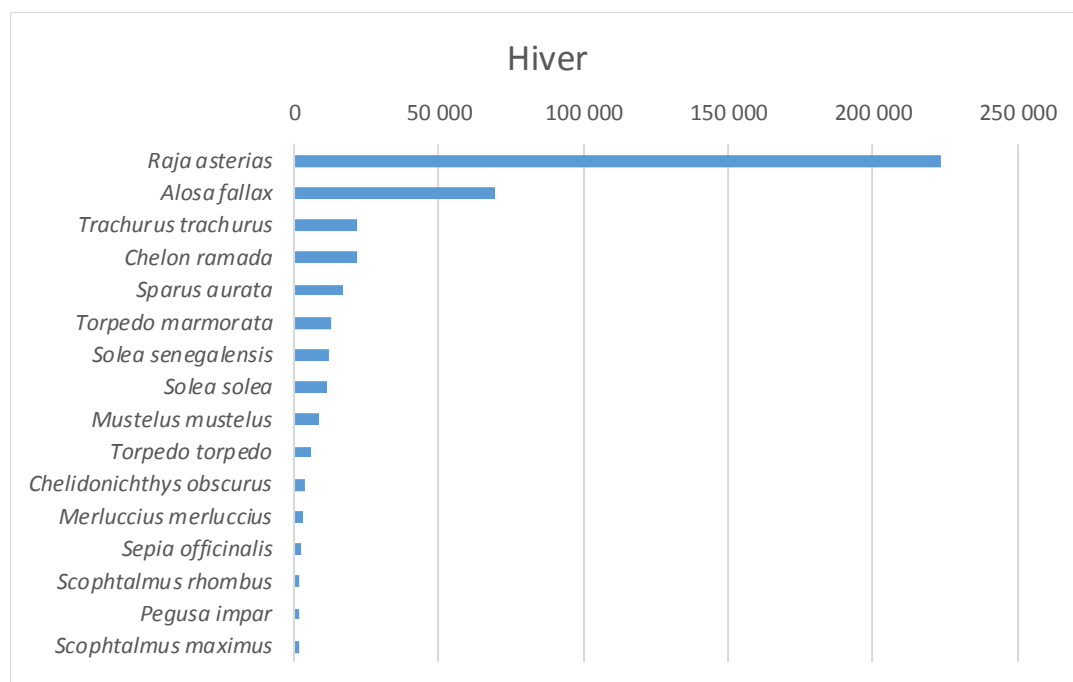


Figure 8 : Composition de la biomasse de poissons pêchés au filet l'hiver 2018 dans le golfe de Beauduc

Les espèces à forte valeur commerciale n'ont pas été pêchées abondamment durant cette campagne d'hiver 2018 : ce sont les soles et les dorades, par exemple, qui ne représentent en tout que 12% des effectifs et 10% de la biomasse.

Printemps

Au printemps, les pêches scientifiques au filet ont permis d'échantillonner 769 poissons appartenant à 27 espèces. L'espèce dominante est la raie *Raja asterias*, avec 44% des effectifs. Les autres espèces qui présentent une abondance importante dans cet échantillonnage sont les soles *Pegusa impar* (15%) et *Solea solea* (10%), le grondin morrude *Chelidonichthys obscurus* (8%) et la sole du Sénégal *Solea senegalensis* (7%). Les autres espèces sont présentes à des fréquences inférieures ou égales à 3%.

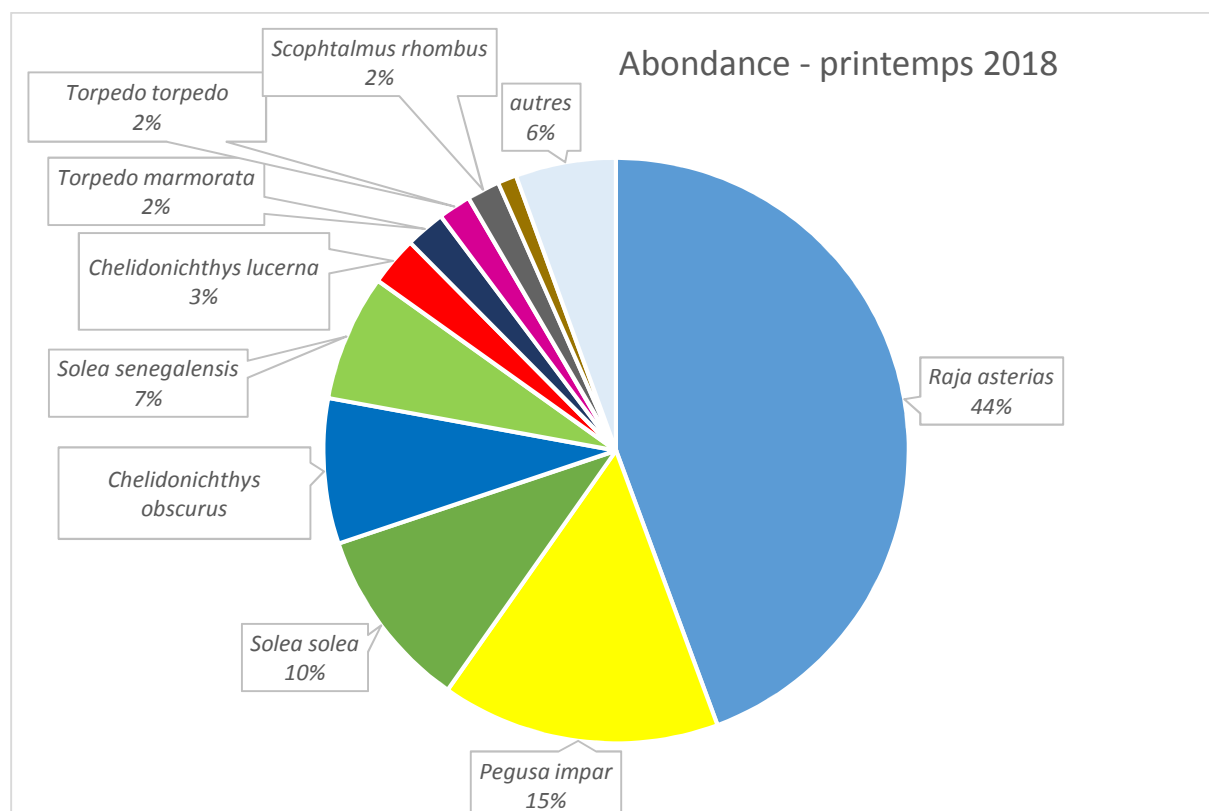


Figure 9 : Composition des abondances de poissons pêchés au filet au printemps 2018 dans le golfe de Beauduc.

Les raies *Raja asterias* représentent 62% de la biomasse totale des poissons prélevés durant le printemps 2018. Les autres espèces qui représentent une biomasse non-négligeable sont les soles *Solea solea* et *Solea senegalensis*, qui représentent 8% et 7% de la biomasse totale respectivement, et *Torpedo marmorata* (5%).

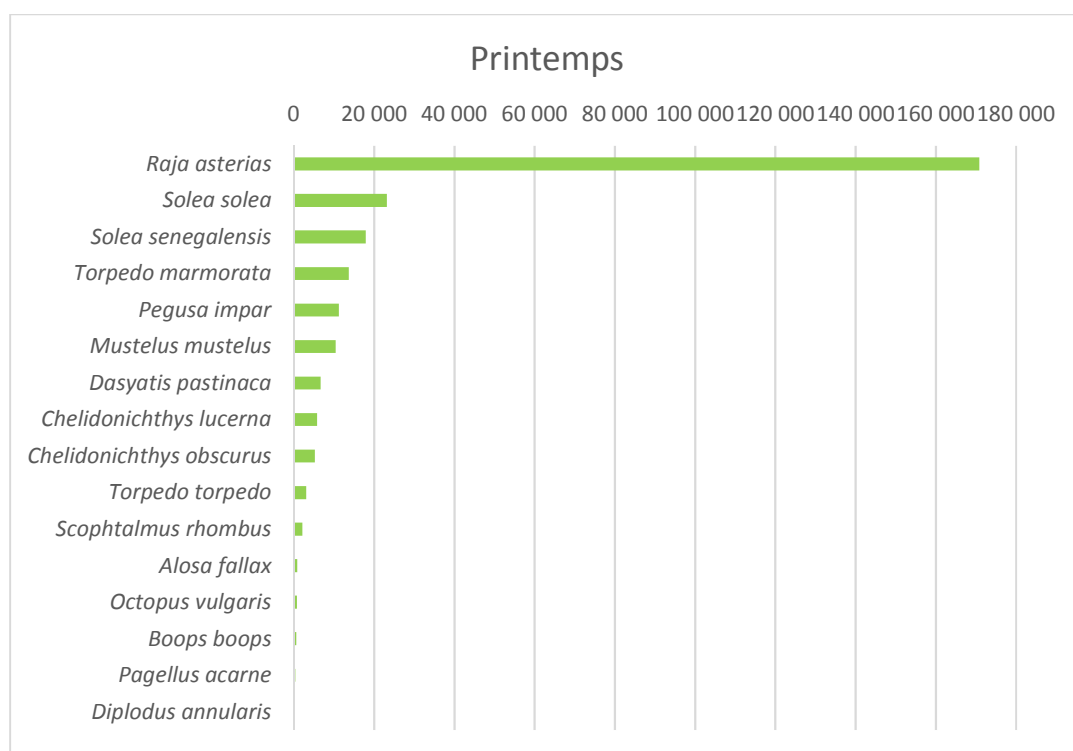


Figure 10 : Composition de la biomasse de poissons pêchés au filet au printemps 2018 dans le golfe de Beauduc.

Parmi ces espèces, celles qui présentent une valeur commerciale importante sont principalement les soles : *Pegusa impar*, *Solea solea* et *Solea senegalensis*. Ces espèces représentent 33% des individus échantillonnés au printemps 2018 et 20% de la biomasse totale.

Les différences notables entre l'échantillonnage d'hiver et celui de printemps sont une diminution importante du nombre d'aloses *Alosa fallax* et de chinchards *Trachurus trachurus*, alors que le nombre de soles *Pegusa impar*, *S. solea* et *S. senegalensis* a augmenté, ainsi que les grondins *Chelidonichthys lucerna* et *C. obscurus*.

Été

Les pêches scientifiques réalisées au filet l'été 2018 ont permis d'échantillonner 467 poissons appartenant à 25 espèces. L'espèce dominante est la raie *Raja asterias*, avec 21% des effectifs, puis la raie torpille *Torpedo torpedo* avec 15% des effectifs, puis la sole *Solea solea* (9%), le chinchard *Trachurus trachurus* et la sole *Solea senegalensis* avec 8% des effectifs pêchés. Les autres espèces présentent des effectifs compris entre 7 et 2% dans cet échantillonnage.

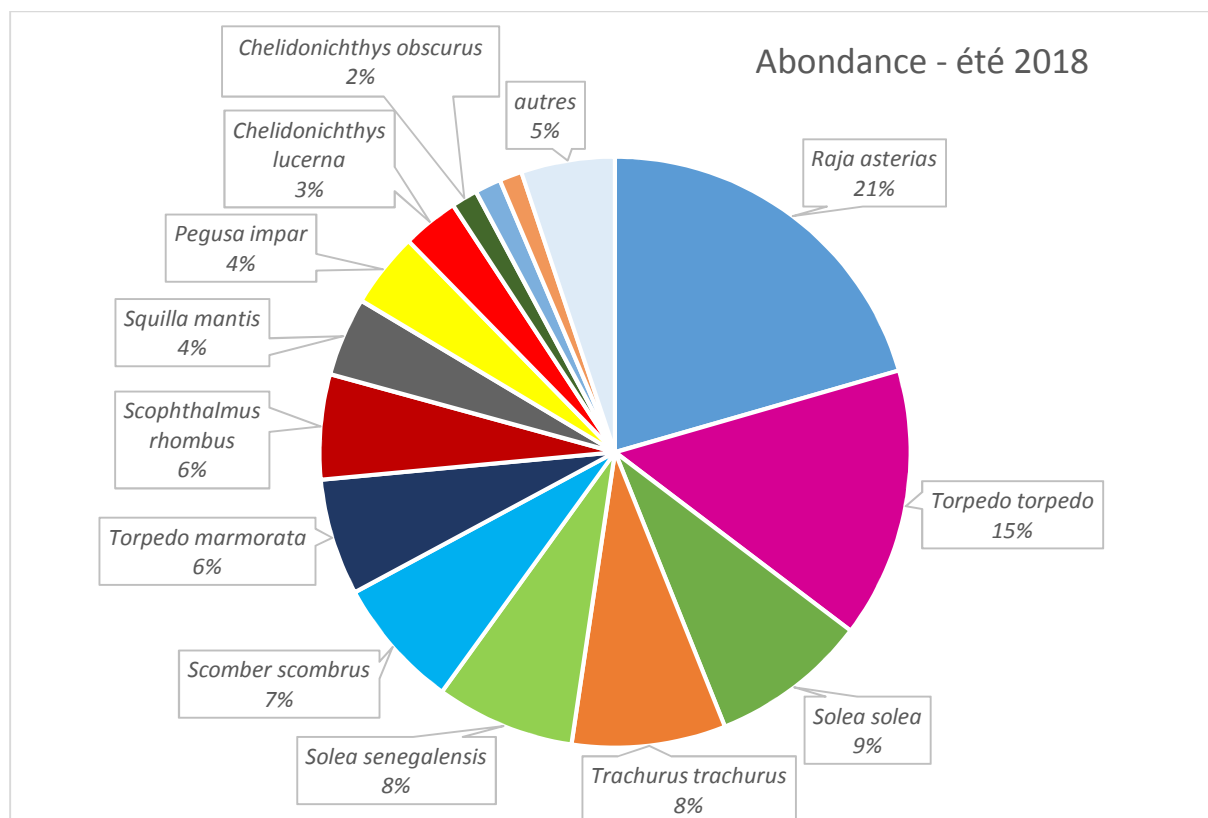


Figure 11 : Composition des abondances de poissons pêchés au filet l'été 2018 dans le golfe de Beauduc.

Raja asterias constitue 1/3 de la biomasse pêchée ; les raies torpilles *Torpedo torpedo* et *T. marmorata* contribuent également pour 1/3 à la biomasse pêchée l'été et le dernier tiers est dominé par les soles *Solea solea* et *S. senegalensis* qui comptent pour 16% de la biomasse capturée. La barbue *Scophthalmus rhombus* est également une espèce importante dans les captures d'été dans le golfe (4%).

L'été, la composition spécifique de la biomasse pêchée est plus équilibrée entre les espèces et la raie *Raja asterias* ne représente plus que 21% des effectifs et 30% de la biomasse. Les raies torpilles occupent les deuxième et troisième rang en termes de contribution à la biomasse pêchée.

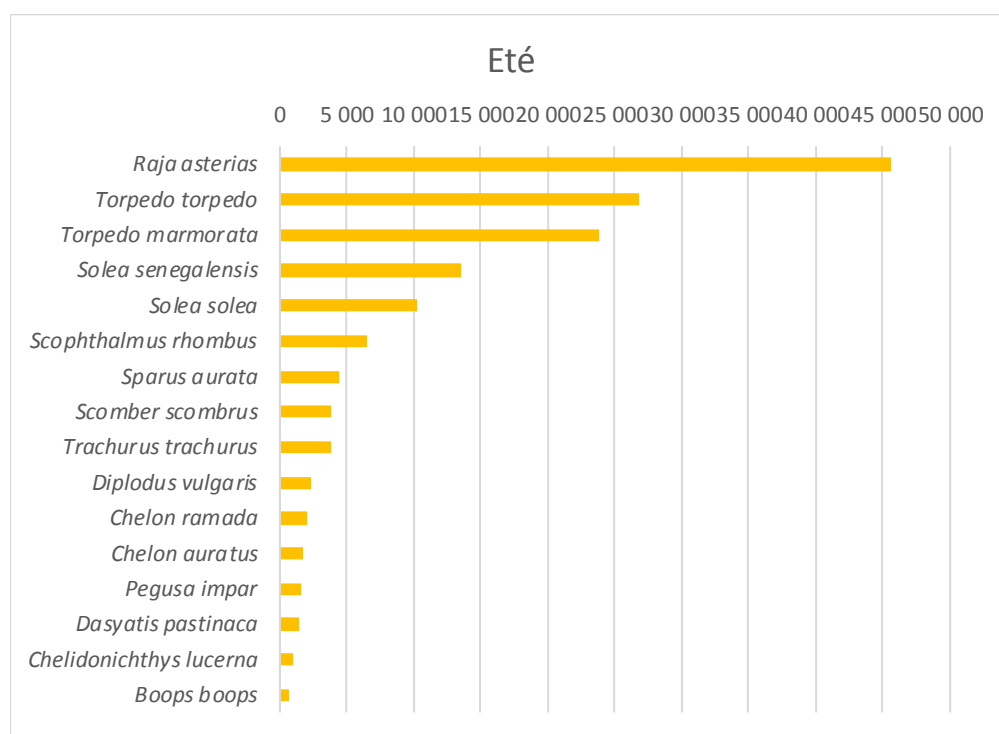


Figure 12 : Composition de la biomasse de poissons pêchés au filet l'été 2018 dans le golfe de Beauduc.

3.1.5. Synthèse des campagnes saisonnières de 2018 à T0+4

Une Analyse en Composantes Principales a été réalisée sur les abondances par station et par saison des 16 espèces qui présentent les abondances les plus élevées (>4%) lors des échantillonnages en 2018 (Figure 13). Les 3 campagnes sont caractérisées chacune par un groupe d'espèces dominantes et se distinguent nettement sur le graphique.

Le peuplement des stations d'hiver est caractérisé par l'alose *Alosa fallax*, la dorade *Sparus aurata* et le chinchard *Trachurus trachurus*, ou encore le mullet *Chelon ramada*, qui sont des espèces très faiblement retrouvées au printemps.

Les soles *Solea solea*, *Solea senegalensis*, et les grondins *Chelidonichthys obscurus* et *C. lucerna* caractérisent le peuplement de printemps dans le golfe de Beauduc, plus particulièrement les stations 3 et 4, qui sont celles situées dans la réserve. L'ACP sépare davantage les stations au printemps en fonction de leur position géographique : les stations 1 et 2 situées à l'ouest de la réserve, les stations 3 et 4 dans la réserve et les stations 5 et 6 à l'est, mais cette séparation entre les stations n'est pas visible l'hiver et l'été.

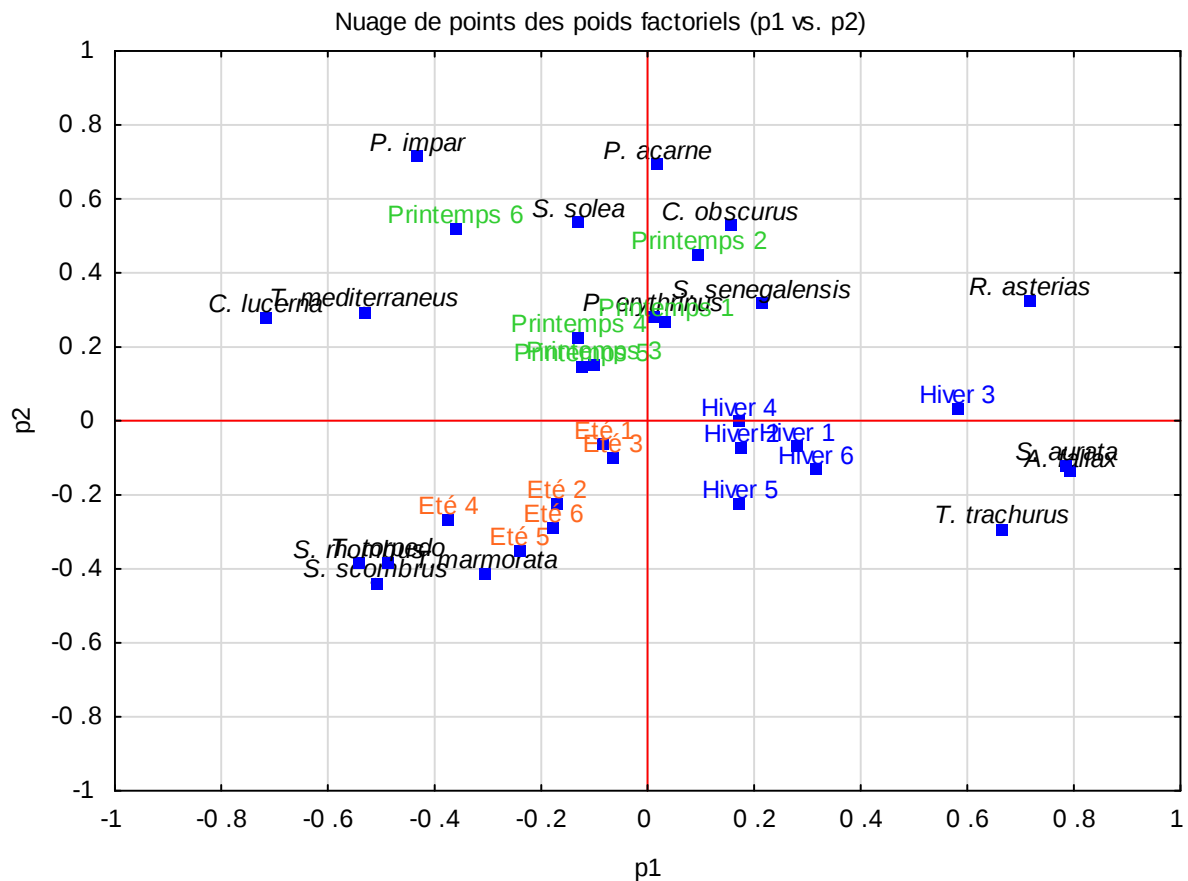


Figure 13 : ACP réalisée sur les données d'abondance par saison-station des seize espèces de poissons le plus abondamment pêchées durant les campagnes de pêche au filet à t0+4 dans le golfe de Beauduc.

Le peuplement d'hiver est caractérisé par l'abondance des aloses *Alosa fallax*, des dorades *Sparus aurata* et du chinchard *T. trachurus*.

Le peuplement de printemps est caractérisé par l'abondance des soles *S. solea*, *S. senegalensis* et *P. impar* et des grondins *C. lucerna* et *C. obscurus* ; *T. mediterraneus* remplace *T. trachurus*.

Le peuplement d'été est caractérisé par l'abondance du maquereau *S. scombrus*, par la barbue *S. rhombus* et l'abondance des raies torpilles *T. marmorata* et *T. torpedo*.

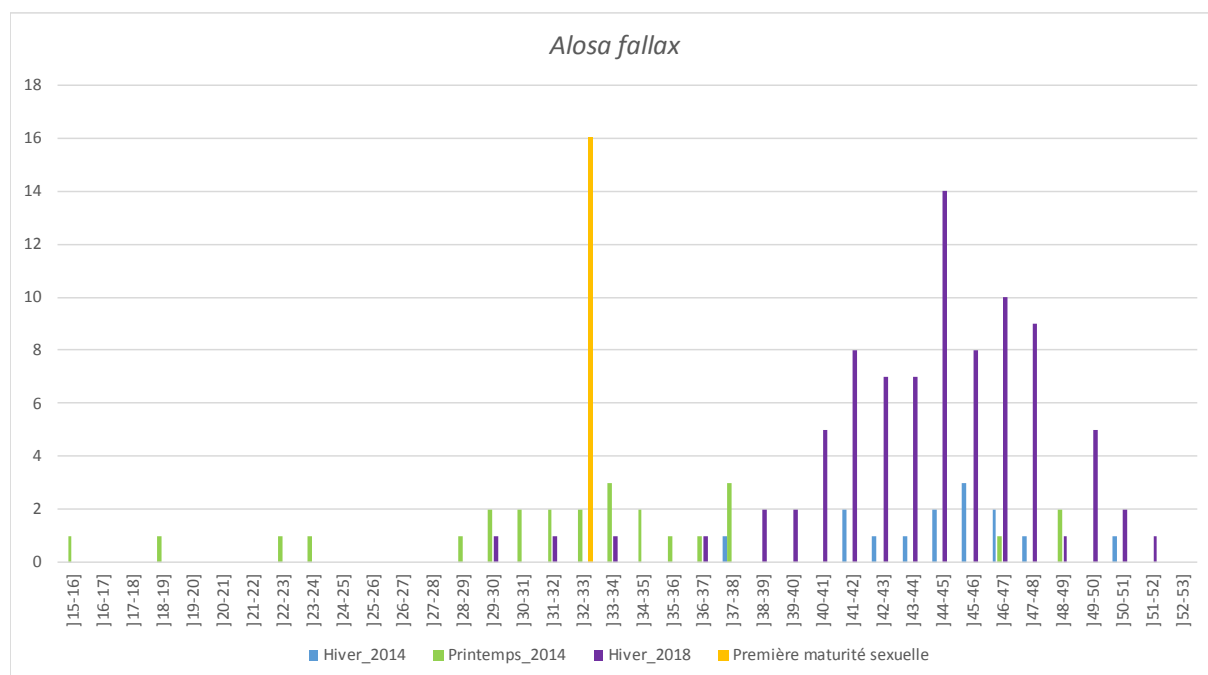
Les différences notables entre l'échantillonnage d'hiver et celui de printemps sont une diminution importante du nombre d'alooses *Alosa fallax*, de chinchards *Trachurus trachurus*, de dorades *Sparus aurata* et de muges *Chelon ramada*, alors que le nombre de soles *Pegusa impar*, *Solea solea* et *S. senegalensis* augmente. Le peuplement de printemps semble différent entre les stations, en fonction de la localisation des stations dans le golfe, ce qui n'est pas le cas en hiver où la répartition semble plus homogène.

3.1.6. Classes de taille des espèces les plus abondantes en 2018

La répartition des classes de taille capturées a été observée pour les espèces présentant une abondance suffisante.

Alosa fallax

Des aloses ont été pêchées en nombre à la campagne d'hiver 2018 (85 individus). Quelques jeunes individus de longueur comprise entre 29 et 37 cm ont été capturés mais le groupe de taille principal présentait un mode autour de 45 cm, bien au-delà de la taille de première maturité sexuelle connue (32.5 cm).



Trachurus trachurus

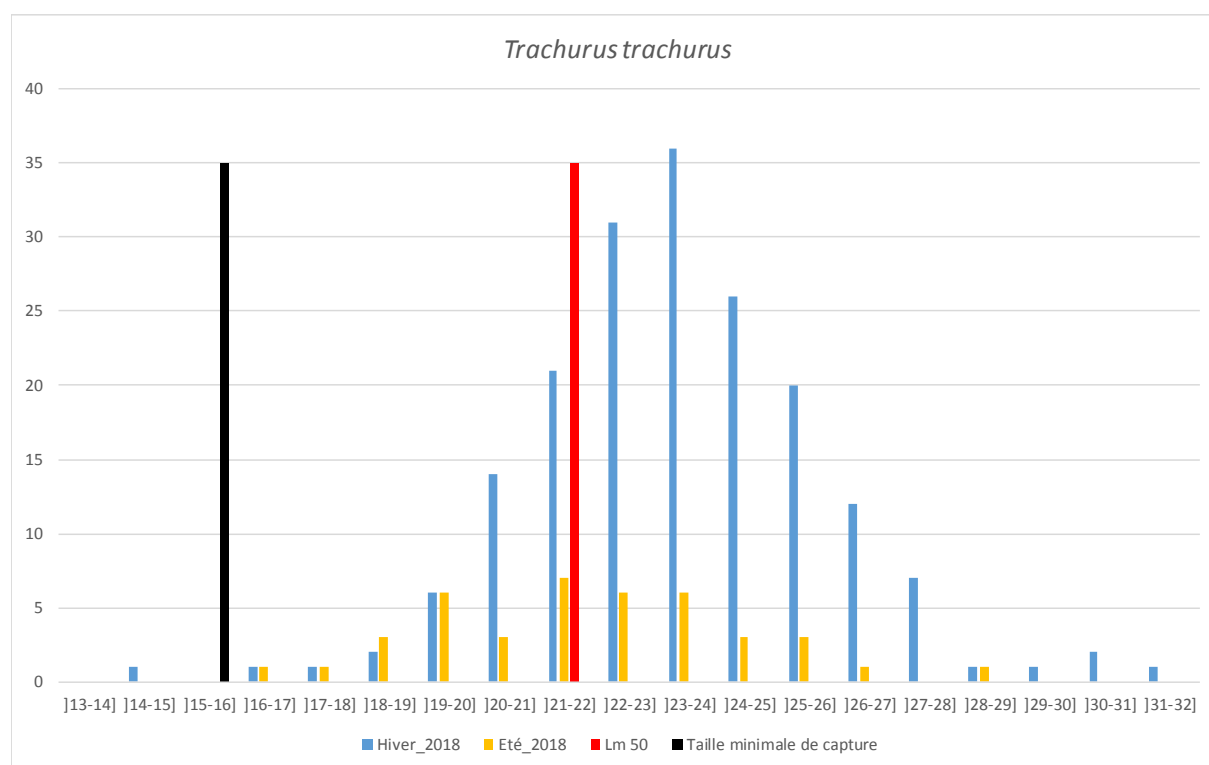


Figure 14 : Répartition des classes de taille (cm) du chinchard *Trachurus trachurus*, hiver 2018 (n = 184), été 2018 (n=41) pêché au filet dans le golfe de Beauduc. Lm50 : taille à laquelle la moitié de la population est en âge de se reproduire et en noir : taille minimale de capture.

Le chinchard *Trachurus trachurus* a été abondamment pêché l'hiver 2018, ce qui n'est pas le cas des autres campagnes (13 individus en tout sur les trois campagnes de l'état zéro). Un mode est clairement observable, avec des individus d'une taille moyenne de 24 cm. Les individus de cette espèce sont généralement matures autour de 21 cm (Abaunza P., 2003), donc la majorité des individus pêchés durant cette campagne sont des individus matures.

La quasi-totalité des individus pêchés avaient une taille supérieure à la taille limite de capture, qui est de 15 cm (Ifremer, 2015).

Pegusa impar

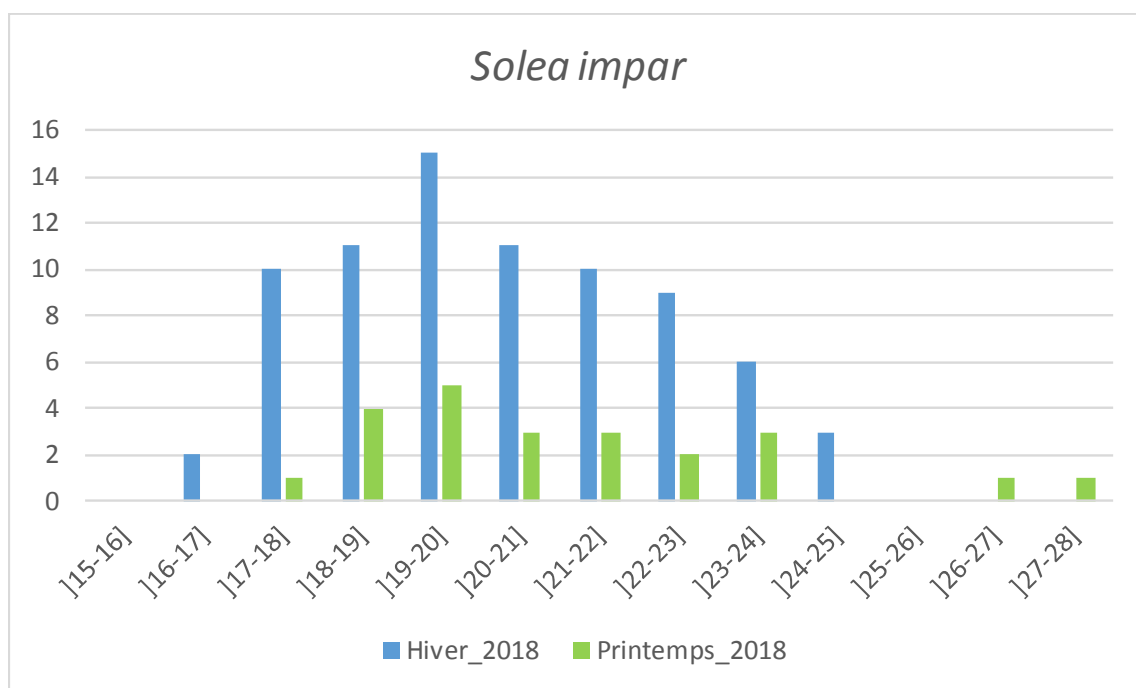


Figure 15 : Répartition des classes de taille de la sole *Pegusa impar* (hiver : n = 78 ; printemps : n = 26), pêchée au filet durant les campagnes de l'hiver et du printemps 2018, dans le golfe de Beauduc.

Les soles *Pegusa impar* ont une taille comprise entre 16 et 26 cm en majorité. La première maturité de ces individus est atteinte à la taille de 15.5 cm (Cannizzaro & Vitale, 2014). Il semblerait donc que tous les individus pêchés pendant cette campagne soient des individus matures.

Solea solea et *Solea senegalensis*

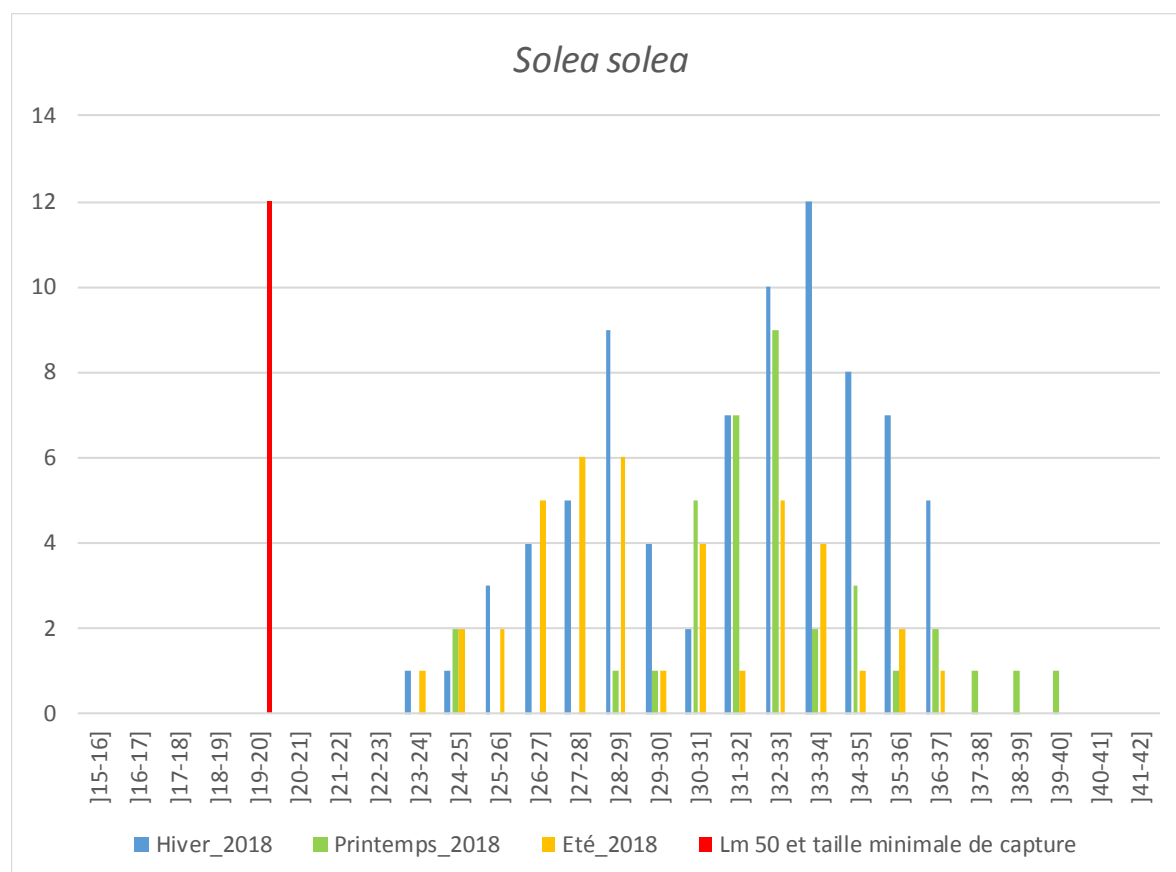
Les deux espèces ont été pêchées en abondance suffisante pour distinguer les classes de taille des campagnes saisonnières de 2018. Pour la sole commune *Solea solea*, la longueur moyenne dans les captures est de 28 cm l'hiver, 32 cm au printemps et 34 cm l'été. La taille maximale observée est de 40 cm.

Pour la sole sénégalaise *Solea senegalensis*, la taille moyenne observée dans les captures est de 32 cm au printemps et 34 cm l'été. Plusieurs individus de taille supérieure à 36 cm et jusqu'à 42 cm ont été capturés à différentes saisons.

Les soles communes sont matures autour de 20 cm environ (Mehanna, 2014), et nous n'avons pas trouvé de données disponibles pour les soles sénégalaises. Il est cependant probable que les individus pêchés soient tous des individus sexuellement matures. La taille minimale de capture pour les pêcheurs professionnels est de 20 cm, soit la taille à laquelle les poissons arrivent à maturité (Ifremer, 2015).



Solea solea



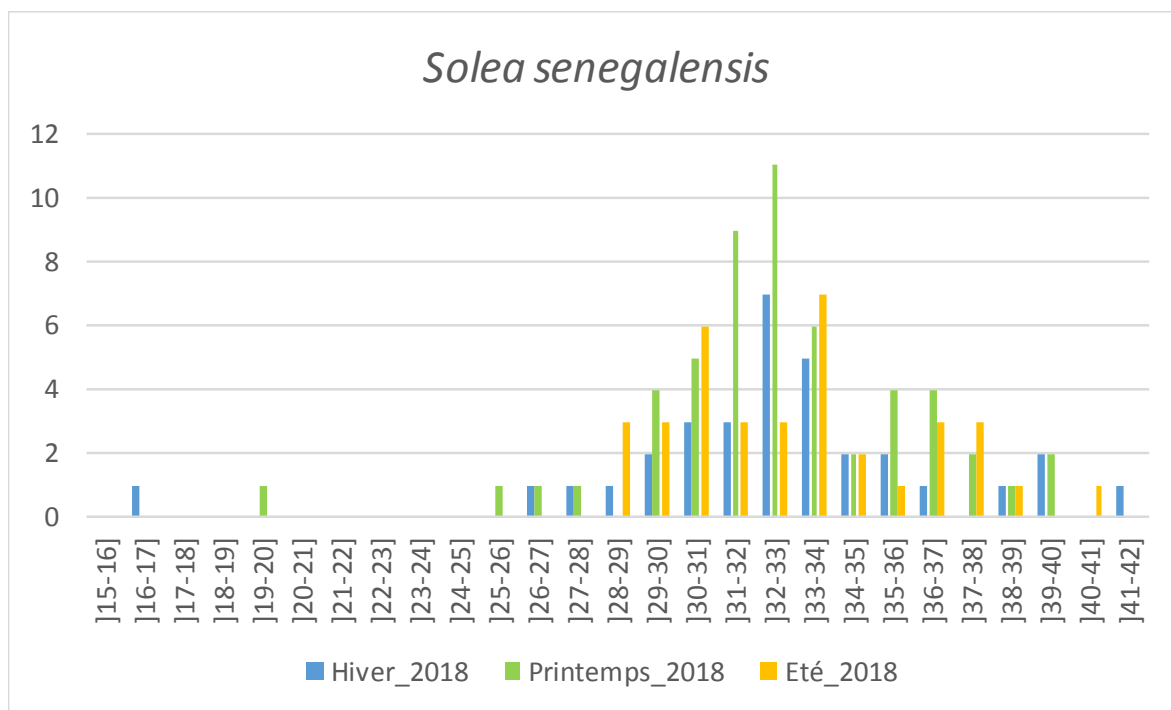


Figure 16 : Histogrammes des effectifs par classe de taille des captures de *Solea solea* (n = 78 individus en hiver, n = 36 au printemps et n = 41 l'été) et de *Solea senegalensis* (n = 33 en hiver, n = 54 au printemps et n = 36 l'été) durant la campagne 2018 de pêche au filet dans le golfe de Beauduc.



Solea senegalensis

Deux autres espèces typiques du golfe ont été suffisamment pêchées en hiver et au printemps 2018 pour permettre de comparer leurs histogrammes de classe de taille entre ces deux saisons : *Chelidonichthys obscurus* et *Raja asterias*.

Chelidonichthys obscurus

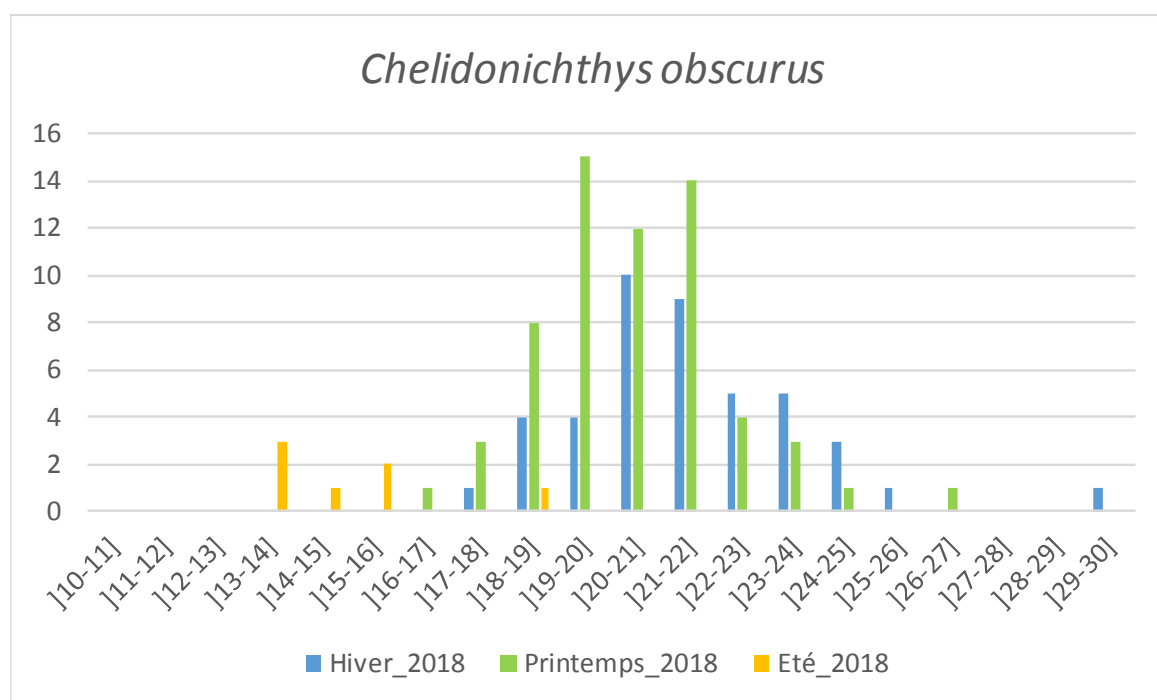


Figure 17 : Répartition des classes de taille par saison de l'espèce *Chelidonichthys obscurus* en hiver (n = 43 individus), au printemps 2018 (n = 62) et l'été (n=7), pêchée au filet dans le golfe de Beauduc

Les grondins *Chelidonichthys obscurus* échantillonnés au filet en 2018, mesuraient entre 14 et 30 cm de longueur totale. La taille moyenne échantillonnée se situe entre 20 et 22 cm l'hiver et au printemps, qui sont les saisons où cette espèce est la plus abondante dans les captures. Très peu de données sont disponibles sur cette espèce, et nous n'avons pas trouvé sa taille de maturité sexuelle.

Raja asterias

Les raies capturées l'hiver et au printemps présentent deux modes de tailles : autour de 36 et 52 cm de longueur totale en hiver, et de 40 et 52 cm au printemps. La croissance des individus est donc perceptible entre les deux campagnes. En revanche, l'été, les individus de cette espèce sont moins nombreux et présentent un spectre de tailles étalé entre 18 et 64 cm, sans pouvoir mettre en évidence de mode particulier. L'espèce est donc présente en nombre dans le golfe de Beauduc, l'hiver et au printemps et on voit apparaître les juvéniles dans l'échantillonnage d'été, alors que les adultes sont moins présents dans le golfe.



La taille à laquelle la moitié des individus est mature (Lm50) est comprise entre 47.7 cm pour les mâles et 50.1 cm pour les femelles (Tai *et al.*, 2010). Cet intervalle de taille correspond aux individus du deuxième mode observé dans nos classes de taille. La majorité des individus pêchés dont la taille est inférieure seraient donc immatures.

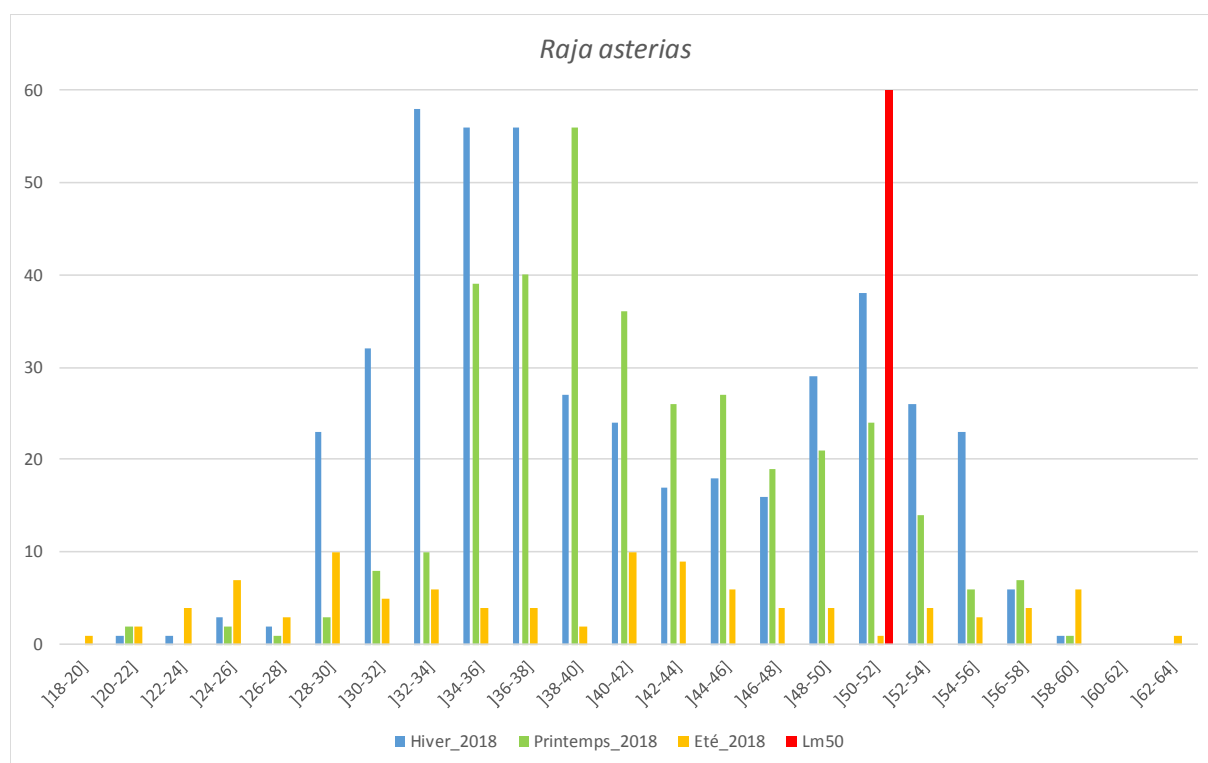


Figure 18 : Répartition des classes de taille par saison des captures au filet de *Raja asterias* en hiver (n = 457 individus), au printemps 2018 (n = 342) et l'été 2018 (n=100) dans le golfe de Beauduc.

3.1.1. Comparaison de la distribution des classes de taille de l'alse et de la dorade à t0 et t0+4

Deux espèces qui avaient déjà été étudiées pour leurs classes de taille pendant l'état zéro ont été pêchées en abondance suffisante pour superposer la répartition de leurs classes de taille durant les hivers 2014 et 2018 : *Alosa fallax* et *Sparus aurata*.

Alosa fallax

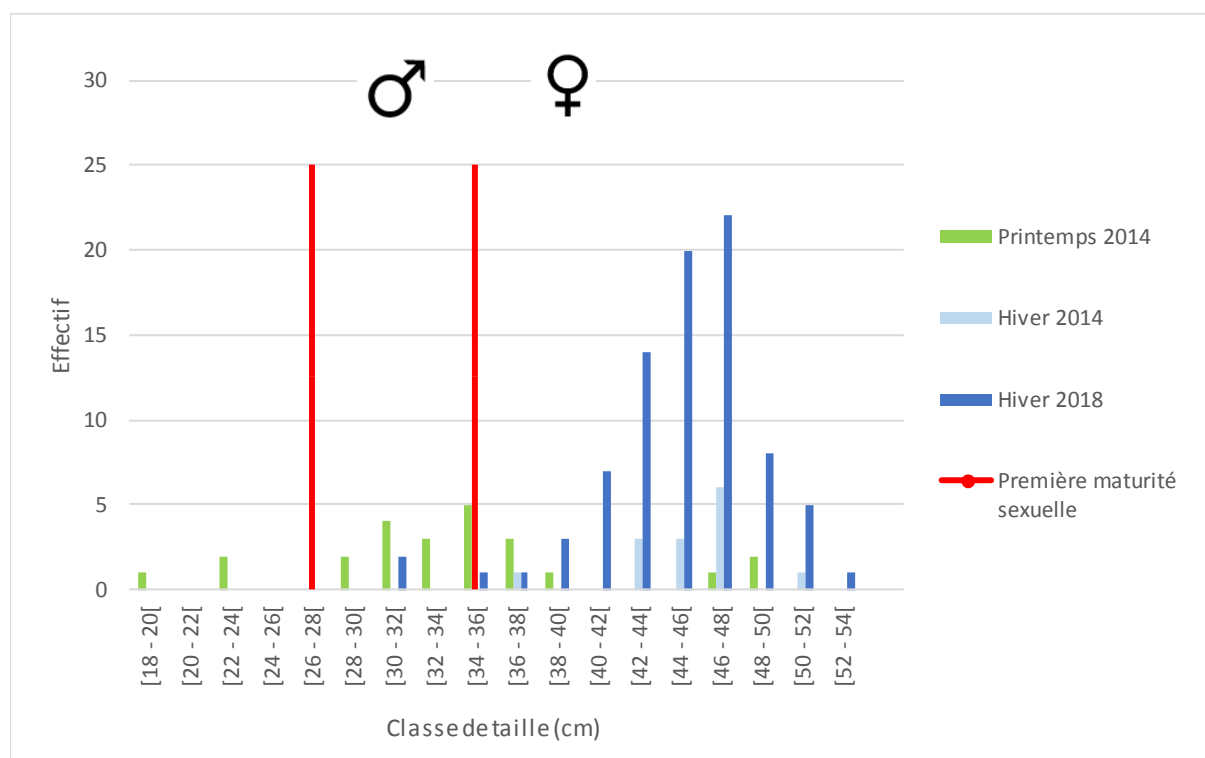


Figure 19 : Répartition des classes de taille de l'espèce *Alosa fallax* selon la saison (hiver (n = 14) et au printemps (n = 24) 2014 et en hiver 2018 (n = 84).

Un nombre plus important d'*Alosa fallax* a été pêché pendant l'hiver 2018. Le mode est plus difficile à repérer en 2014 (Figure 19) : vers 40 cm au printemps 2014, et autour de 46 cm en hiver des deux campagnes. Seulement 4 aloses ont été pêchées au printemps 2018, 3 d'une taille comprise entre 17 et 21 cm, et une de 43 cm. Cela semble cependant confirmer la tendance saisonnière observée en 2014.

La taille à laquelle 50% des individus sont matures se situerait autour de 32.5 cm (Binohlan, Fishbase), cependant elle semble varier fortement selon le sexe des individus. En effet, les mâles seraient matures entre 25.5 et 49 cm et les femelles entre 33.5 et 52 cm (Le Corre *et al.*, 2000).

Sparus aurata

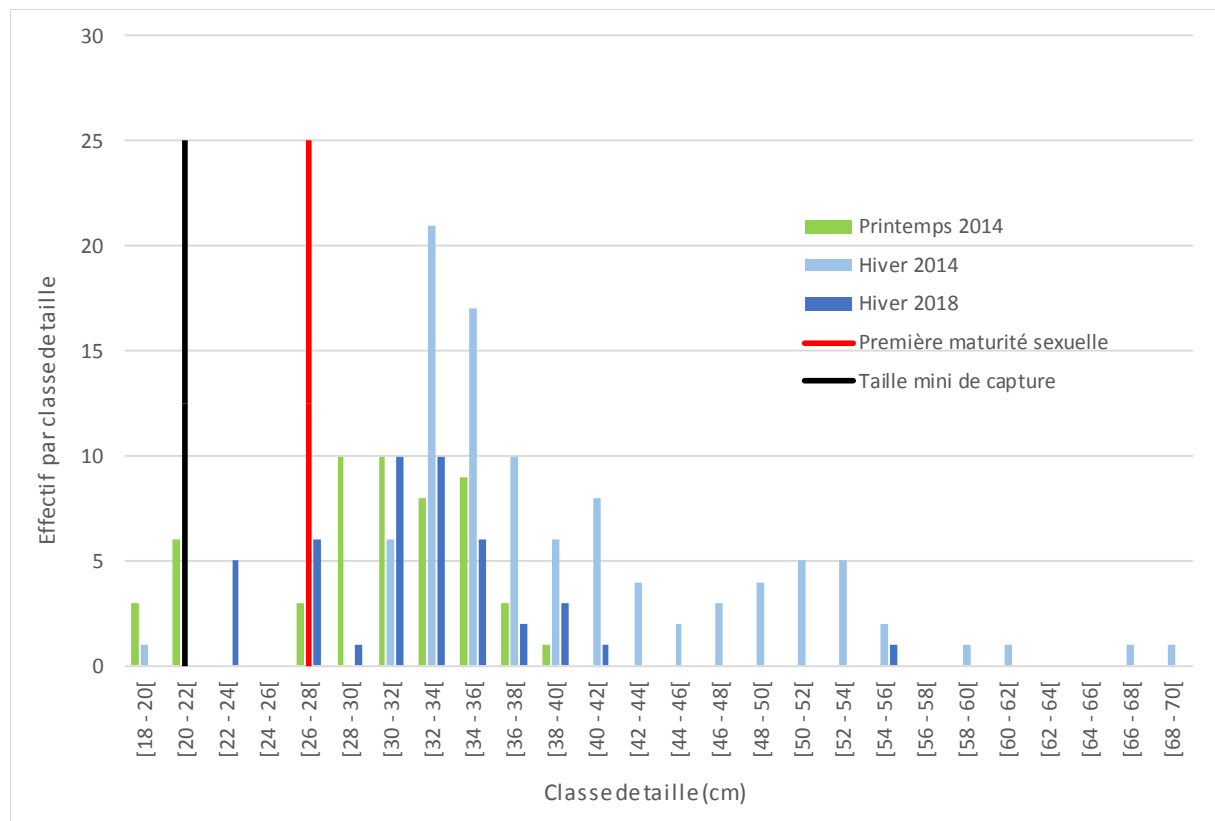


Figure 20 : Histogramme par classe de taille des dorades *Sparus aurata* capturées en hiver (n = 98 individus) et au printemps (n = 53) 2014, ainsi qu'en hiver 2018 (n = 45) au filet dans le golfe de Beauduc.

Les dorades ont été moins abondantes dans les pêches de 2018. Le plus grand effectif de dorades a été pêché pendant la campagne d'hiver 2014. Deux modes ont alors pu être observés (Figure 20) : 34 et 52 cm. Le mode vers 34 cm se retrouve durant la campagne de printemps 2014 et la campagne d'hiver 2018. Les individus de grande taille échantillonnés en 2014 n'ont quasiment pas été retrouvés en 2018.

La première maturité de l'espèce a lieu à une longueur totale de 27 cm (Campillo, 1993), la majorité des individus pêchés sont donc sexuellement matures. La taille minimale pour la pêche professionnelle est de 20 cm, la quasi-totalité des individus prélevés se situent donc au-dessus de cette taille.

3.2. Comparaison entre stations et zones du golfe en 2018

3.2.1. Richesse spécifique des captures

La richesse spécifique totale varie entre 9 et 19 espèces par station. Elle est calculée en prenant en compte toutes les espèces capturées à une station durant les 3 jours de campagne d'une saison. La richesse spécifique semble être plus variable à l'ouest du golfe : elle est plus faible l'hiver et au printemps aux stations 1 et 2, et plus élevée l'été qu'aux autres stations. Au centre et à l'est du golfe, la richesse spécifique est généralement plus élevée en hiver et au printemps, que l'été, mais les différences sont moins marquées.

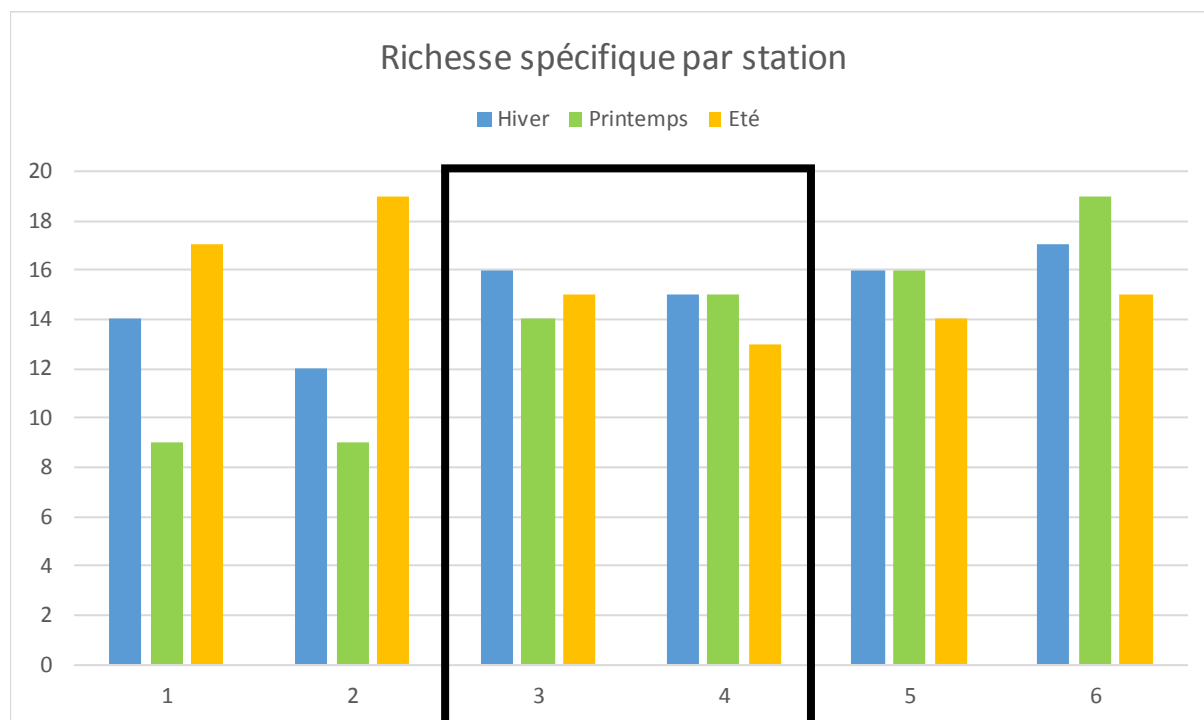


Figure 21 : Richesse spécifique totale par station et par saison en 2018 (n= 15 réplicats par station). Les stations situées dans la réserve sont encadrées.

Une sorte de gradient croissant de richesse spécifique apparaît d'ouest en est lorsqu'on regroupe les stations par zone : stations 1 et 2 à l'ouest, 3 et 4 dans la réserve et 5 et 6 à l'est. La zone 'ouest' présente la plus faible richesse spécifique totale l'hiver et au printemps, suivie par la zone mise en réserve, puis par la zone 'est', où le nombre d'espèces est sensiblement plus important. L'été, nous observons une tendance à la diminution du nombre d'espèces capturées d'ouest en est.

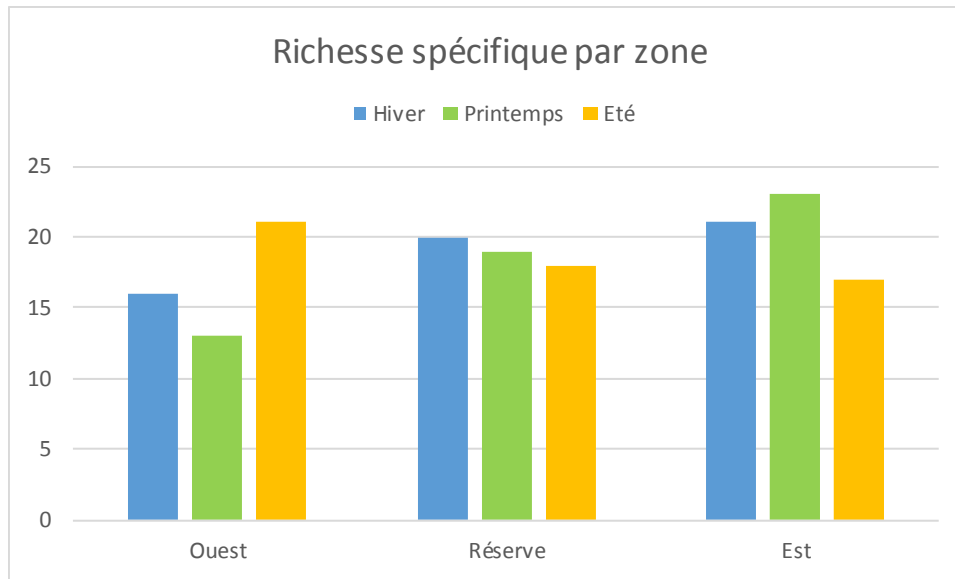


Figure 22 : Richesse spécifique totale en nombre d'espèces de poisson par zone et par saison en 2018 dans le golfe de Beauduc (n = 30 réplicats par zone et par saison).

Toutes saisons confondues, la richesse spécifique des captures est peu différente entre les stations échantillonnées dans le golfe de Beauduc, toutefois, les stations situées à l'ouest du golfe présentent une plus forte variation saisonnière du nombre d'espèces que les stations du cantonnement et situées à l'est du golfe.

3.2.2. Densité et biomasse des captures

Une différence significative d'abondance est mise en évidence entre les stations (KW : H (5, 270)= 24.2, $p=0.0002^{***}$). Un test de comparaison multiple montre que la station 3 située dans la réserve est significativement différente des autres, avec une densité moyenne 2 fois plus élevée environ (Figure 23), mais pas de la station 4. Les autres stations ne présentent pas de différence significative les unes par rapport aux autres.

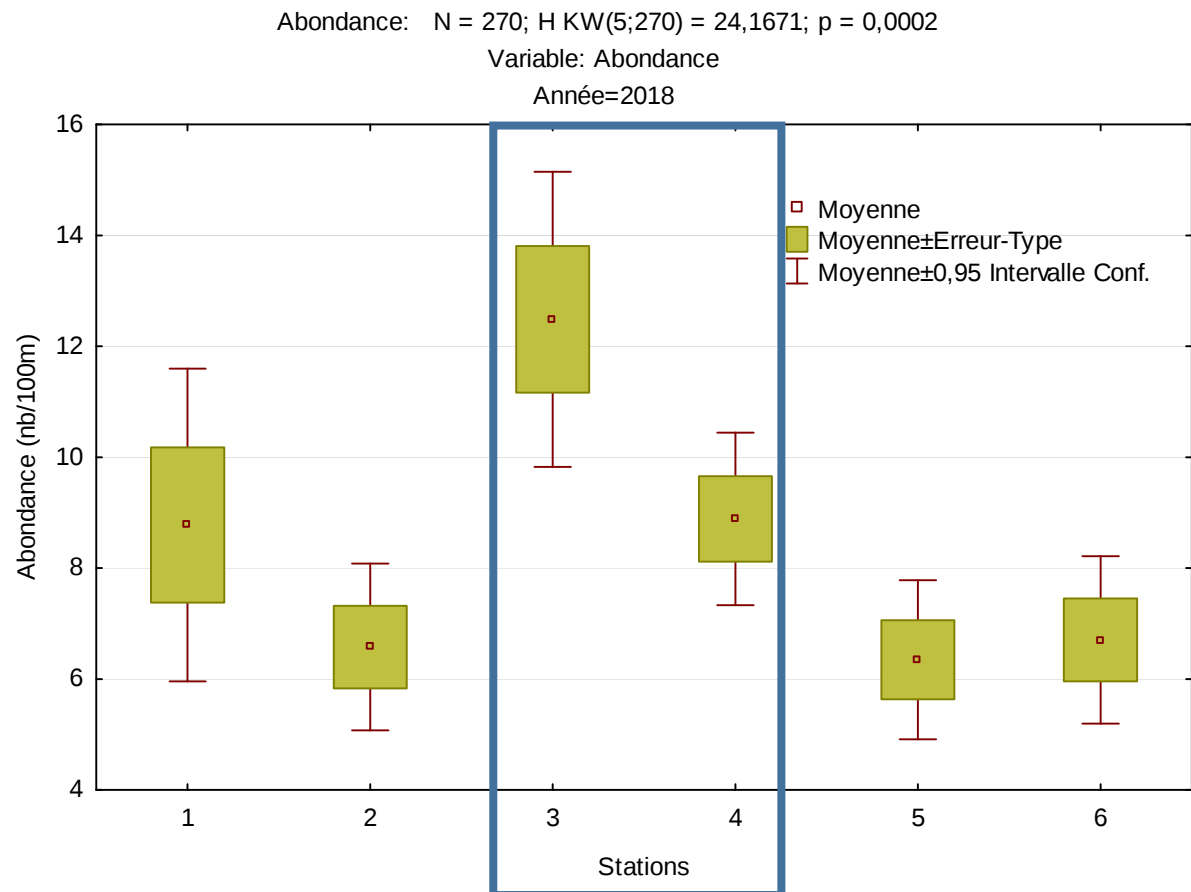


Figure 23 : Densité de poissons capturée (abondance pour 100 m de filet) par station lors de l'échantillonnage de 2018 dans le golfe de Beauduc. Les stations situées dans la réserve sont encadrées.

De même la biomasse est significativement différente entre les stations (KW : $H(5, 270) = 31.9$, $p = 0.00001$, ***) : la station 3 présente des valeurs de biomasse pour 100 m de filet significativement différentes de toutes les autres stations (Figure 24, la station 4 n'est pas significativement différente des stations 1 ($p = 0.31$, ns) et 6 ($p = 0.08$, ns). Les stations 2 et 5 respectivement situées à l'ouest et à l'est de la réserve sont significativement différentes des stations 3 et 4 situées dans la réserve.

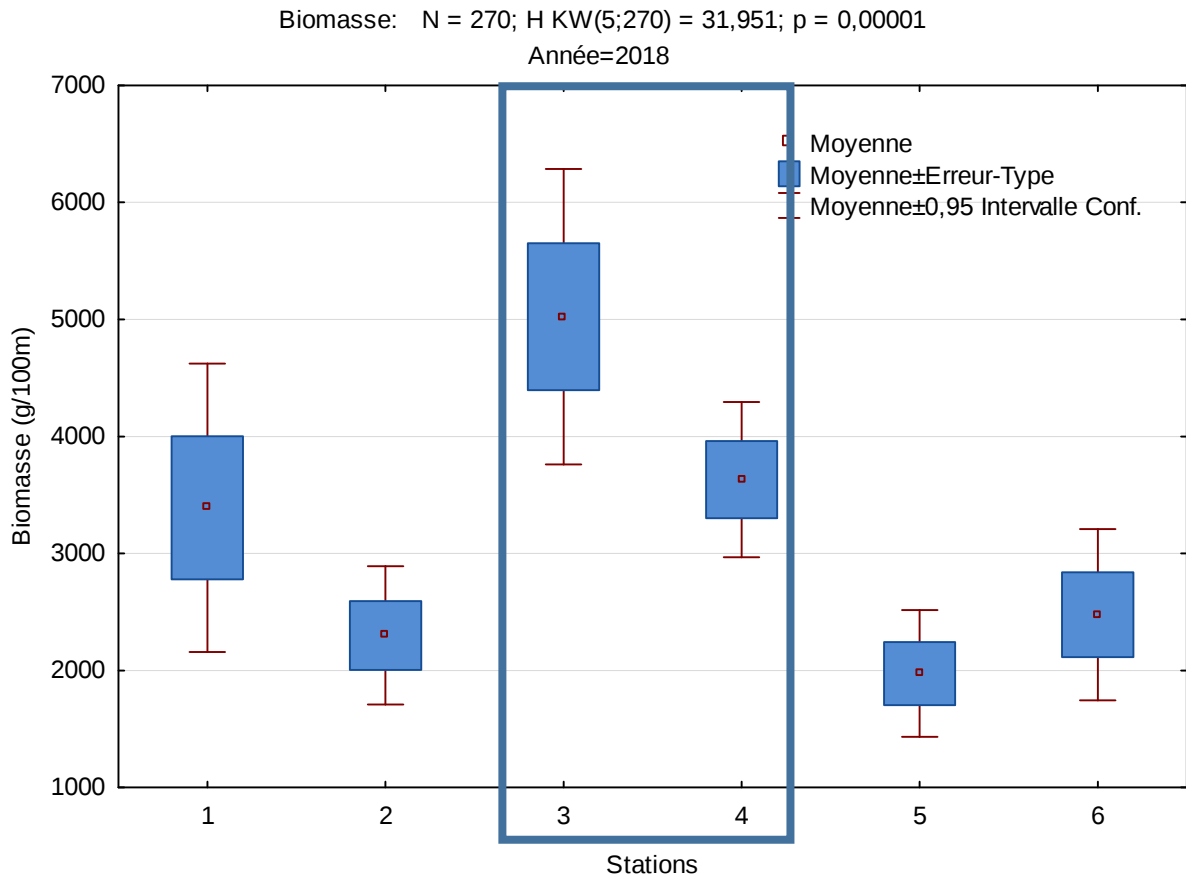


Figure 24 : Biomasse capturée pour 100 m de filet par station pendant l'échantillonnage de 2018 dans le golfe de Beauduc.

Toutes saisons confondues, la densité et la biomasse de poissons capturés sont plus élevées dans les stations situées dans la réserve que dans les autres stations situées de part et d'autre.

3.2.3. Comparaison de la densité et de la biomasse des captures entre les zones

Le regroupement des stations par zone fait ressortir la différence entre le cantonnement et les zones situées de part et d'autre. Les densités et les biomasses sont significativement plus élevées dans la réserve (KW, $H(2, 270) = 21.3$, $p = 0.00002$, *** pour les densités et KW, $H(2, 270) = 28.5$, $p = 0.000$, *** pour les biomasses). Le test de comparaison multiple montre que cette différence est significative pour la zone ouest comme pour la zone est par rapport à la réserve.

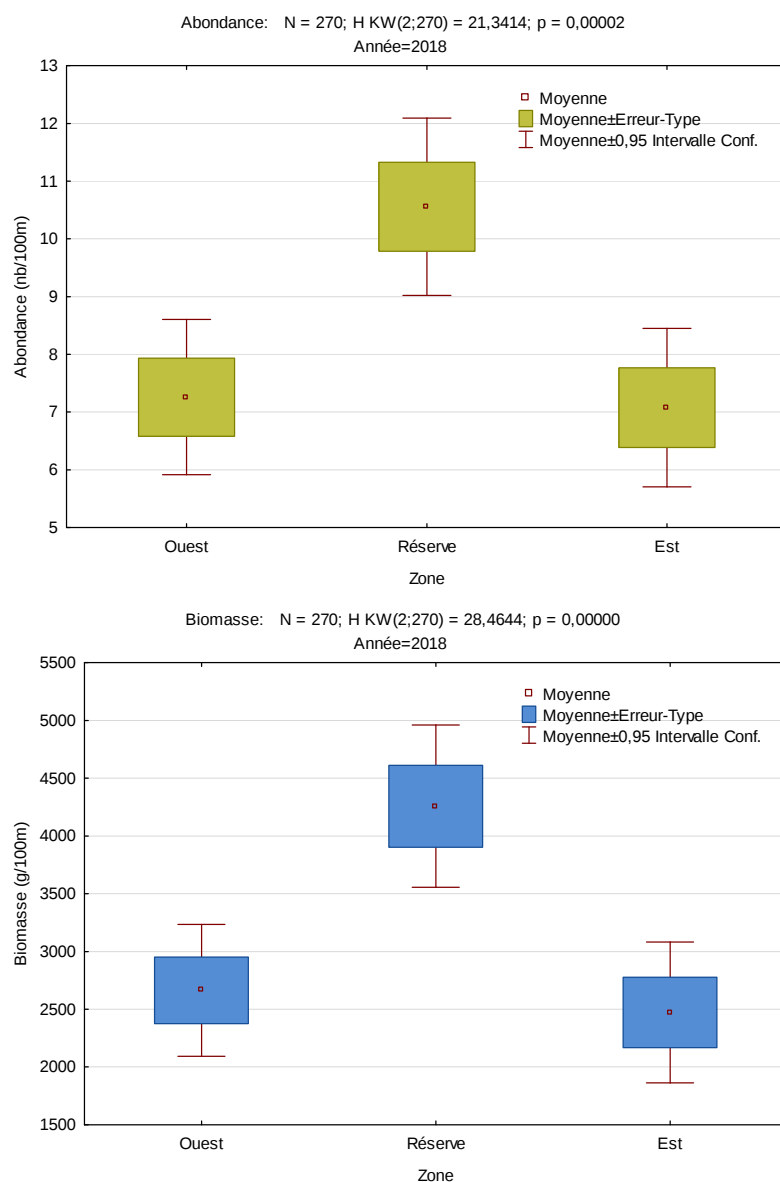


Figure 25 : Densités (en haut) et biomasses (en bas) de poissons pêchés au filet, par zone en 2018 dans le golfe de Beauduc.

Toutes saisons confondues, la densité et la biomasse de poissons capturés sont plus élevées dans la réserve que dans les zones ouest et est situées de part et d'autre.

3.2.1. Comparaison de la densité et de la biomasse des captures entre la réserve et le reste du golfe

La densité de poissons dans les captures est significativement différente entre la réserve et les stations situées en dehors (Test de Mann-Whitney significatif au seuil de 5% : Z ajusté = 4.62, p-value = 0.0000, ***) (Figure 26).

La biomasse des captures de poissons est également significativement plus élevée dans la réserve qu'en dehors (Test de Mann-Whitney, Z ajusté = 5.31, p= 0.0000, ***).

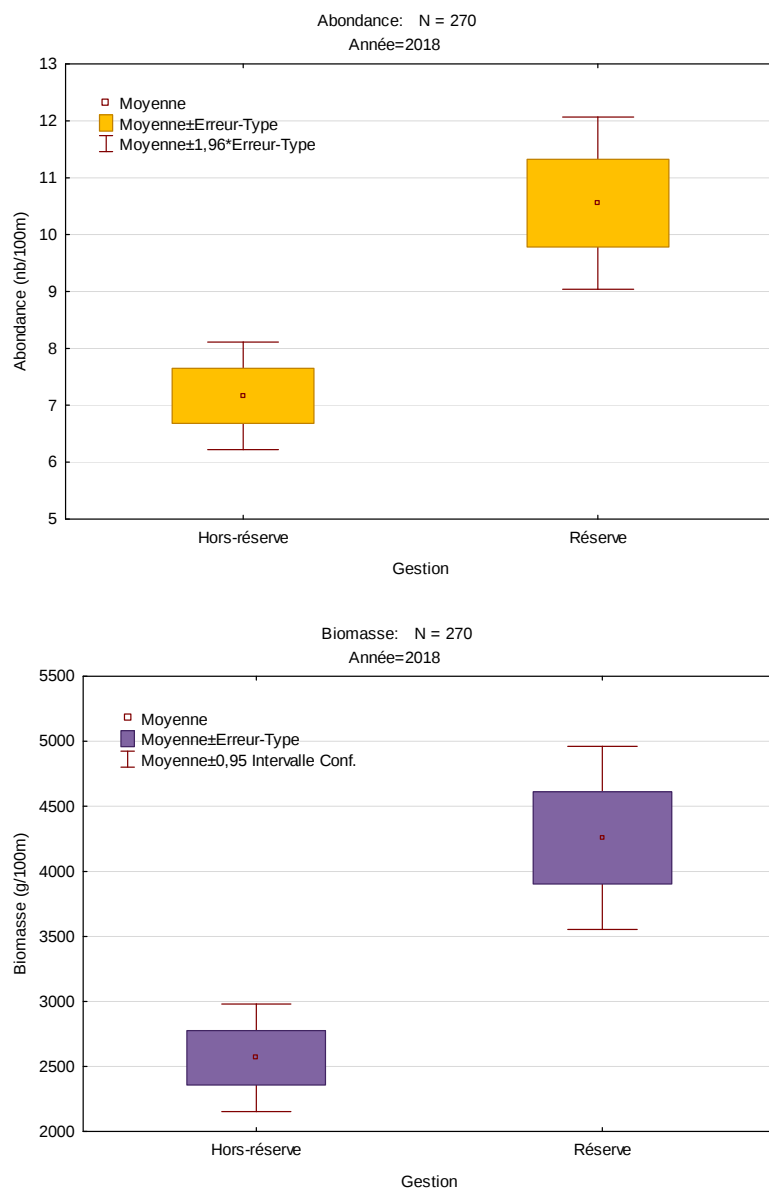


Figure 26 (Figure 25 : Abondance (en haut) et biomasse (en bas) hors-réserve et en réserve des poissons pêchés au filet, en 2018 dans le golfe de Beauduc.

Toutes saisons confondues, la densité et la biomasse de poissons capturés sont plus élevées dans la réserve qu'à l'extérieur.

3.3. Comparaison des captures à T0+4 avec l'état initial T0

A t0, 44 espèces au total dont 42 espèces de poissons ont été échantillonnées au filet, contre 47 espèces (42 espèces de poissons) à t0+4. Les valeurs de l'indice de Simpson sont de 0.88 à t0 et 0.68 à t0+4. L'indice de Simpson varie entre 0 : diversité minimum et 1 : diversité maximale. Il semble donc y avoir une diminution de la valeur de l'indice entre t0 et t0+4, ce qui signifie que la diversité des poissons adultes a diminué.

	Richesse spécifique (S)	Shannon	Hmax = LnS	Indice de Pielou = H/Hmax	Simpson
H2014	22	2.16	3.09	0.70	0.85
P2014	30	2.78	3.40	0.82	0.92
E2014	25	1.46	3.22	0.45	0.99
H2018	25	1.84	3.22	0.57	0.73
P2018	27	1.92	3.30	0.58	0.75
E2018	25	2.44	3.30	0.74	0.90
2014	43	3.13	3.76	0.83	0.88
2018	42	2.41	3.74	0.65	0.68

A titre de comparaison, pour les juvéniles et les espèces échantillonnées au chalut, 19 espèces ont été échantillonnées à t0, et 23 à t0+4. Les indices de Simpson valent 0.73 à t0 et 0.65 à t0+4. La diversité du peuplement juvénile est donc aussi plus faible à t0+4 qu'à t0.

3.3.1. Evolution de l'abondance et de la biomasse des captures, CPUE

L'abondance des poissons dans les captures a significativement augmenté entre T0 et T+4 (Test de Mann-Whitney significatif au seuil de 5% : $Z = 7.60$, $p = 0.0000$, ***) (Figure 27).

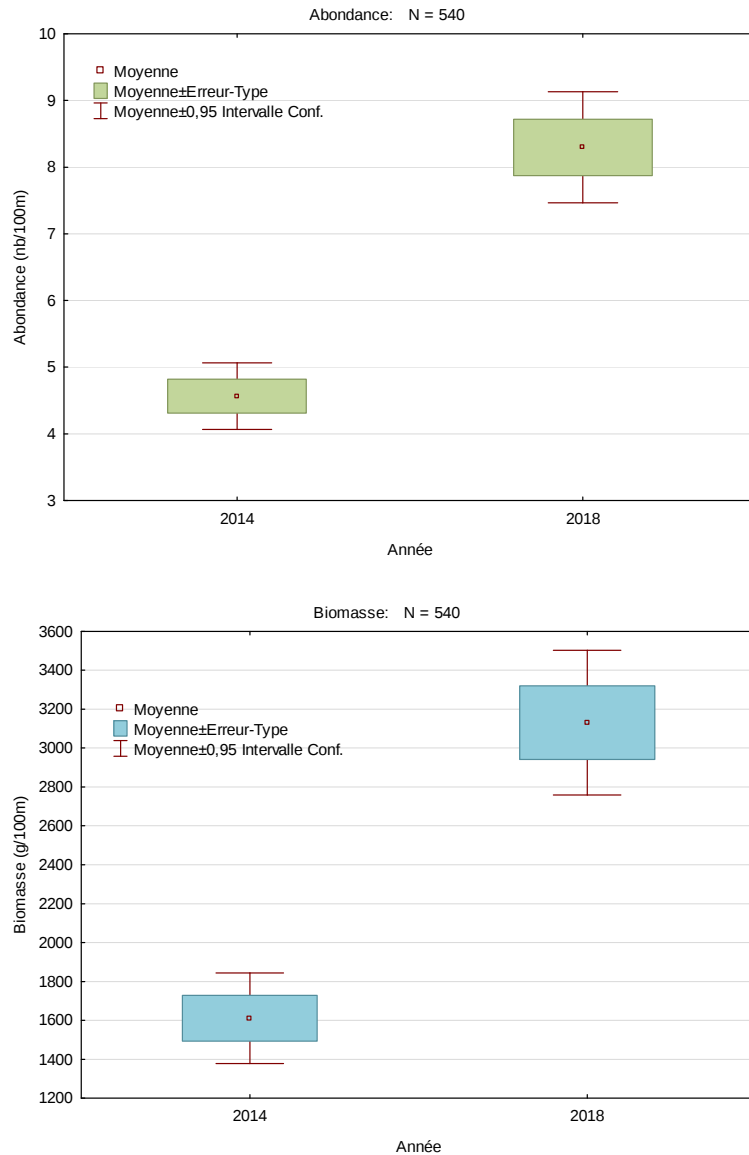


Figure 27 : Comparaison de l'abondance (figure du haut) et de la biomasse (figure du bas) des poissons pêchés au filet, en 2014 (T0) et en 2018 (T0+4) dans le golfe de Beauduc.

La biomasse de poissons pêchés au filet a significativement augmenté entre t0 et t0+4 (Test de Mann-Whitney, $Z = 7.35$, $p = 0.0000$, ***) .

Il y a une forte variabilité entre les réplicats des différentes saisons et des différentes stations ou zones, cependant, les CPUE moyennes en biomasse sont nettement plus élevées à t0+4, particulièrement dans la réserve où elles atteignent 4.3 ± 3.4 kg/100 m de filet à t0+4 contre 1.5 ± 1.5 kg /100 m de filet à t0 (presque X 3 en quatre ans).

Tableau 2 : Captures par unité d'effort (100 m de filet) dans le golfe de Beauduc lors des campagnes de 2014 et 2018 et coefficient de variation des effectifs des captures réalisées à t0 et t0+4 dans la réserve et en dehors (n=nombre de réplicats ; MOY=moyenne ; ECT=écart type ; CV=coefficient de variation).

CPUE en kg biomasse		2014			2018		
	n	MOY	ECT	Cv	MOY	ECT	Cv
Réserve	90	1.509	1.506	100%	4.327	3.413	79%
Hors-réserve	180	1.662	2.126	128%	2.532	2.758	109%
Total	270	1.611	1.940	120%	3.130	3.104	99%

En 2014, la différence entre la biomasse pêchée dans les stations du cantonnement et en dehors n'était pas significative et le coefficient de variation élevé.

Dans la réserve le coefficient de variation a nettement diminué entre 2014 et 2018, et c'est aussi le cas en dehors, ce qui témoigne d'une plus grande stabilité des peuplements.

Les captures moyennes en nombre par unité d'effort (CPUE) sont passées de 4.6 ± 4.2 à t0 à 8.3 ± 6.9 à T0+4.

Les coefficients de variation de l'abondance sont moins élevés que ceux de la biomasse. Comme pour la biomasse, ils ont plus fortement diminué dans la réserve qu'en dehors entre 2014 et 2018, mais cette baisse témoigne partout d'une plus grande stabilité des peuplements.

Tableau 3 : Coefficient de variation des effectifs des captures réalisées au filet à t0 et t0+4 (2014 et 2018) dans la réserve et en dehors.

Cv abondance	2014	2018
Réserve (n=90)	78%	70%
Hors réserve (n=180)	96%	90%
Total	91%	84%

La richesse spécifique a peu varié entre t0 et t0+4, tandis que l'équitabilité a diminué.

L'abondance et la biomasse moyenne des poissons pêchés par réplicat au filet ont significativement augmenté entre t0 et t0+4.

L'abondance a doublé entre t0 et t0+4 en passant de 4.6 ± 4.2 à t0 à 8.3 ± 6.9 individus/100 m.

La biomasse capturée dans le golfe a été multipliée par 2 entre t0 et t0+4 en passant de 1.6 ± 1.9 à t0 à 3.1 ± 3.1 à t0+4.

Dans les stations de la réserve la biomasse a été multipliée par 3 en passant de 1.5 ± 1.5 kg /100 m à 4.3 ± 3.4 kg/100 m de filet à t0+4.

En dehors de la réserve les captures ont été multipliées par 1.5 en passant de 1.7 ± 2.1 à 2.5 ± 2.8 kg/100 m.

Le coefficient de variation a diminué en 2018 dans l'ensemble des stations du golfe, témoignant d'un peuplement plus stable et plus uniformément réparti.

3.3.1. Evolution de l'abondance des espèces dominantes dans les captures au filet

Nous avons vu que la composition spécifique des captures change de façon importante selon les saisons. Pour les espèces les plus abondantes, nous pouvons observer une différence significative de leur fréquence dans les captures entre les années 2014 et 2018 (Figure 28).

Les principales évolutions entre les captures à t0 et à t0+4 sont :

- une augmentation de l'abondance des raies *Raja asterias*, mais aussi *Torpedo marmorata* et *T. torpedo*, des chinchards *Trachurus trachurus* et des soles (*Solea solea*, *Solea senegalensis* et *Pegusa impar*)
- une diminution de l'abondances des maquereaux *Scomber scombrus* et des dorades *Sparus aurata*.

Tableau 4 : Effectifs totaux des principales espèces pêchées au filet à t0 et t0+4 (2014 et 2018). Résultats de la comparaison entre les deux années par test de Mann-Whitney sur l'abondance totale par espèce et par année. (n = 36 réplicats par année). * = test significatif au seuil de 5%, ns : non significatif.**

Abondances	2014	2018	p (test MW)	significativité	tendance
<i>Alosa fallax</i>	40	89	0.0787	ns	+
<i>C. lucerna</i>	49	36	0.8431	ns	=
<i>C. obscurus</i>	57	113	0.0000	***	+
<i>P. impar</i>	25	146	0.0000	***	+
<i>R. asterias</i>	177	901	0.0000	***	+
<i>S. scombrus</i>	227	36	0.0000	***	-
<i>S. rhombus</i>	13	49	0.0000	***	+
<i>S. senegalensis</i>	56	124	0.0000	***	+
<i>S. solea</i>	68	156	0.0000	***	+
<i>S. aurata</i>	156	51	0.0001	***	-
<i>T. marmorata</i>	14	66	0.0000	***	+
<i>T. torpedo</i>	50	99	0.0542	ns	+
<i>T. trachurus</i>	13	228	0.0000	***	+

Entre les échantillonnages de t0 et de t0+4, une diminution de la fréquence dans les captures des maquereaux et des dorades est observée, alors que la fréquence des raies étoilées, des chinchards et des soles augmente.

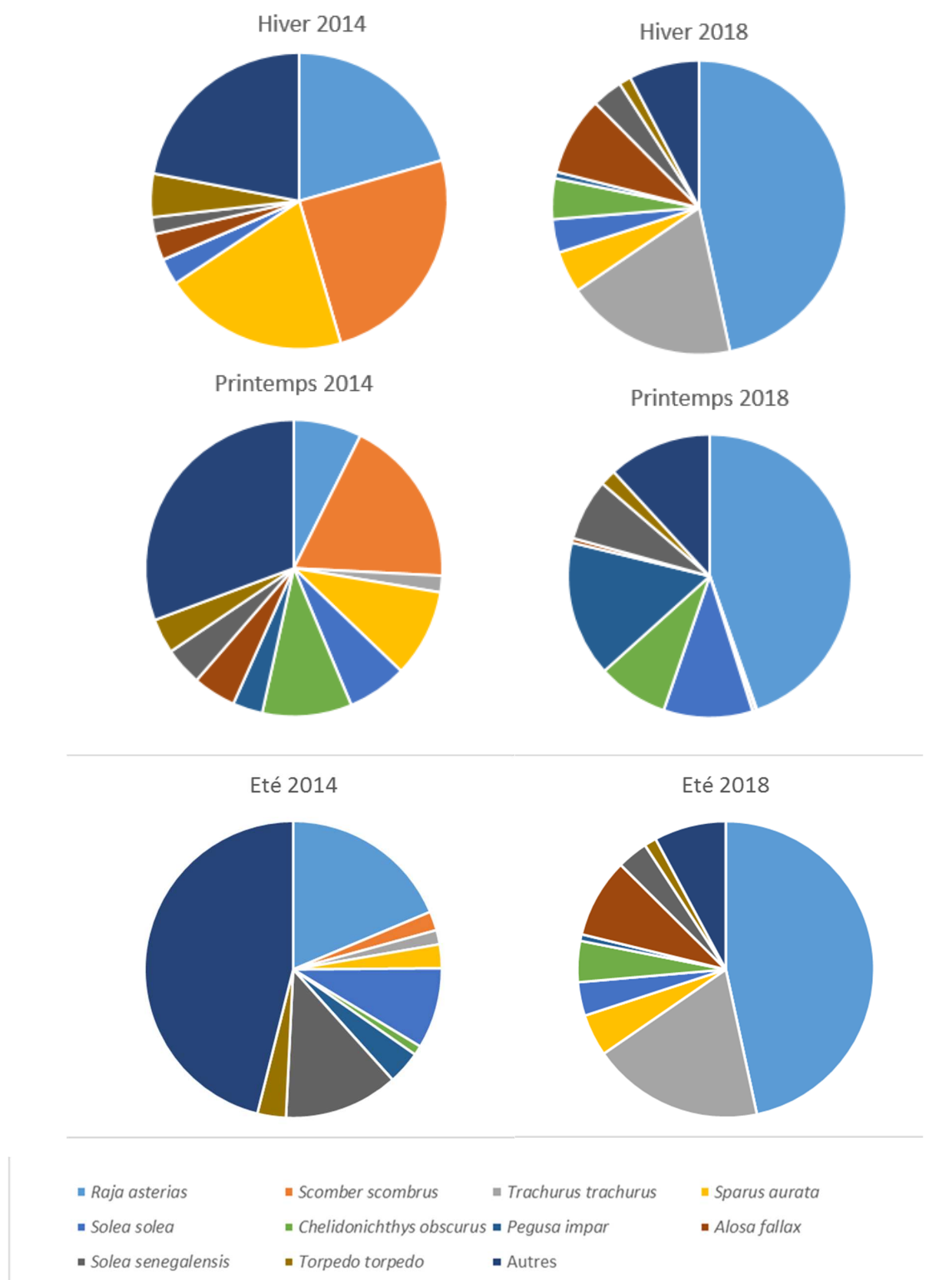


Figure 28 : Abondance relative des 10 principales espèces pêchées dans le golfe de Beauduc au filet en fonction de la saison et de l'année d'échantillonnage (2014 = t0 ; 2018 = t0+4).

EVALUATION DU PEUPLEMENT DE POISSONS JUVENILES

Les petits fonds littoraux sablonneux camarguais et l'anse de Beauduc en particulier, sont connus depuis longtemps pour jouer un rôle primordial de nurserie de pleuronectiformes (soles, plies, turbot, etc.). Cette fonctionnalité a été atteinte jusqu'à il y a quelques années par le passage illicite de chalutiers perturbant les fonds et limitant ainsi l'abondance et la survie des juvéniles de poissons plats, qui alimentent la pêche. L'objectif du suivi par pêches expérimentales est d'appréhender l'état actuel de la nurserie du golfe de Beauduc notamment en ce qui concerne les poissons plats, et son évolution après la mise en place de la zone de protection renforcée (cantonnement de pêche) et à l'arrêt du chalutage illégal : espèces présentes, abondance, répartition des classes de taille par zone et par profondeur.

Deux campagnes de suivi ont été programmées en juillet 2017 (été) et en mars 2018 (hiver), afin de couvrir des périodes caractéristiques d'installation des juvéniles. La technique la plus adéquate pour un échantillonnage efficace et le moins destructif possible dans cette zone sensible est l'utilisation d'un petit chalut à perche de type 'crevettier' fabriqué pour le GIS Posidonie sur le modèle de celui utilisé au laboratoire (MIO).

1. Méthode d'échantillonnage au petit chalut à perche

La pêche s'effectue au moyen d'un petit chalut à perche expérimental, de 0.5 m de hauteur sur 1.5 m de largeur, et d'une longueur de 5 m. La maille est de 10 mm sur la partie antérieure et de 8 mm dans la partie terminale. Le navire océanographique ANTEDON II de l'INSU-CNRS est utilisé pour la campagne.

Cinq stations ont été déterminées dans la zone d'étude pour le chalutage : les stations 3 et 5 se trouvent dans la réserve, à une profondeur plus importante pour la 3, la station 4 se situe à l'est de la réserve, tandis que la station 2 se trouve à l'ouest. Enfin, la station 1 se situe à une faible profondeur, entre la réserve et le littoral. Les stations d'échantillonnage sont donc situées entre 5 et 12 mètres de profondeur.



Figure 29. Mise en œuvre du petit chalut à perche et ouverture du fond du chalut sur le pont de l'Antedon2.

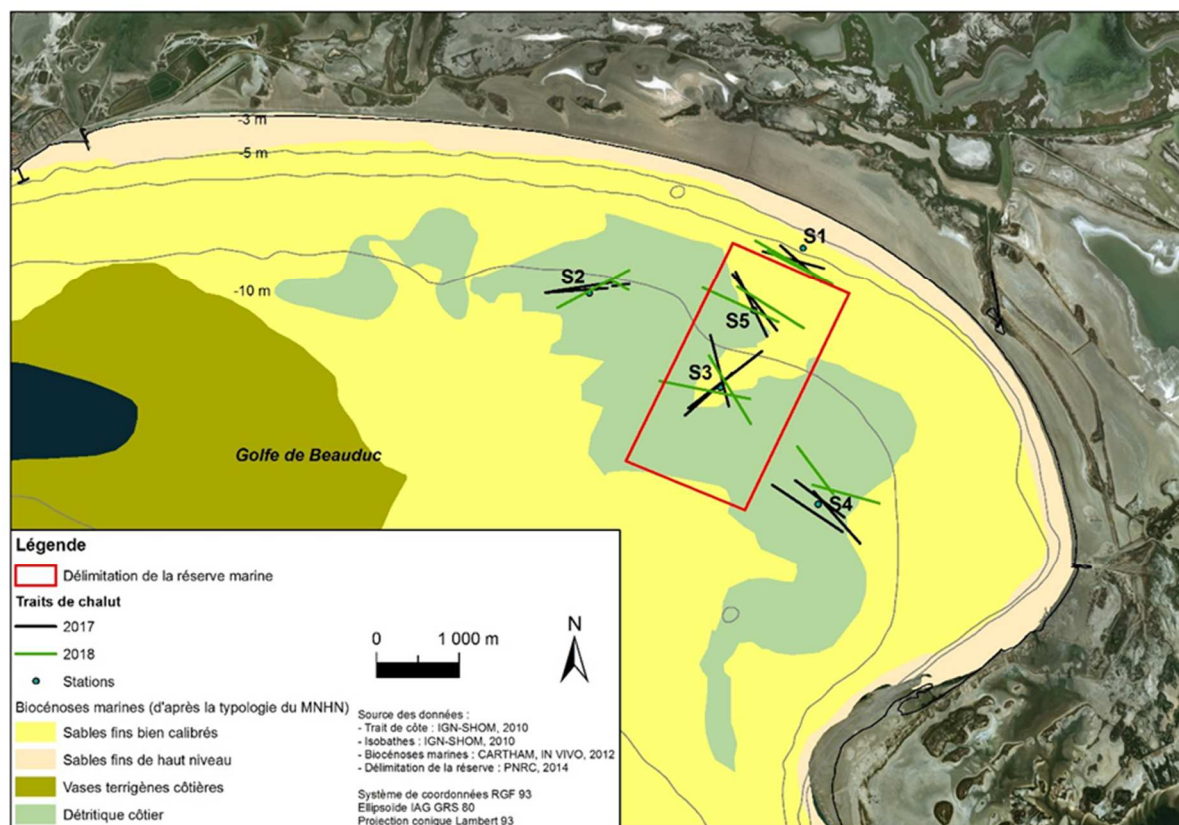


Figure 30 : Localisation des stations d'échantillonnage au chalut en 2017 (saison chaude) et 2018 (saison froide), avec délimitation du cantonnement et des types de biocénoses.

Chaque station est échantillonnée trois fois, et chaque trait de chalut dure 15 minutes, à une vitesse moyenne de deux nœuds environ. Les coordonnées GPS de début et de fin de trait sont notées, ce qui permet de connaître la distance parcourue et donc la surface échantillonnée par trait estimée en moyenne à 0.1 hectare par réplicat.

Au bout des 15 minutes, le chalut est remonté sur le bateau et trié sur place : les poissons sont placés dans des sacs, un par réplicat, puis sont congelés. Les invertébrés sont sous-échantillonnés et conservés dans l'alcool, séparés ici aussi par réplicat. Une fois au laboratoire, les poissons sont identifiés à l'espèce, mesurés et pesés, tandis que les invertébrés sont identifiés le plus précisément possible (genre, famille ou espèce), de manière à pouvoir caractériser le peuplement benthique.



Figure 31 : Exemple de récolte faite au chalut à perche en saison chaude

L'échantillonnage s'est correctement déroulé en été : le 17 et le 18 juillet 2017, les 15 traits de chaluts prévus ont pu être effectués. En revanche, à cause de mauvaises conditions météorologiques en hiver, chaque station n'a pu être échantillonnée que deux fois au lieu de trois, le 29 mars 2018 limitant à 10 le nombre de traits de chalut pour l'hiver 2018.



Figure 32 : Station très envasée en saison froide (à gauche) et maigre récolte pour une autre station, pêche d'hiver au chalut à perche à bord de l'Antédon2 dans le golfe de Beauduc.

2. Méthode d'analyse des données

Pour plus de clarté, les données de chalutage ont été séparées dans l'analyse entre invertébrés et poissons.

2.1. Invertébrés

Les richesses spécifiques totale et moyenne ont été calculées à chaque station échantillonnée au chalut. Il a été choisi de faire une analyse qualitative plus que quantitative des invertébrés, des sous-échantillons ayant été réalisés à chaque station.

Les données sont restituées sous forme d'un tableau de présence ou d'absence des espèces pour chaque répliat. Pour pouvoir plus facilement comparer les campagnes, les espèces ont été regroupées par familles. L'occurrence est le nombre de fois où une famille est présente à une station d'une campagne. Elle est ici exprimée en %.

L'occurrence d'une famille peut donc varier entre 0 : elle n'est présente dans aucun répliat, donc absente de la station, à 5 : la famille est présente dans au moins un répliat effectué à la station. Nous avons ensuite regroupé les familles par phylum, ce qui permet d'avoir les fréquences de chaque phylum par campagne.

Pour comparer les assemblages présents dans les différentes stations et les deux saisons de t0+4, une ACP a été réalisée sur le jeu de données des fréquences des familles par station. La fréquence de présence (%) d'une famille à une station se calcule en divisant le nombre de fois où la famille est présente dans les réplats d'une station, par le nombre total de réplats effectués à cette station. Une ACP a aussi été réalisée sur ce même jeu de données, en utilisant les résultats par réplats et avec les données de présence/ absence des familles d'invertébrés.

2.2. Poissons

L'abondance des poissons dans les échantillonnages au chalut est calculée à partir du nombre de poissons pêchés pendant le trait de chalut, divisé par la surface échantillonnée. La densité moyenne (abondance rapportée à une unité standard de surface) par saison est la moyenne des densités des 5 stations de cette saison. Les assemblages de poissons pêchés au chalut sont présentés en fréquences d'abondance par saison. Une ACP a aussi été réalisée en ce sens à partir des fréquences dans les captures exprimées en % des familles de poissons échantillonnées par station et par saison à t0+4.

Des histogrammes par classe de taille (longueur totale des individus prélevés) ont aussi été réalisés, pour les espèces les plus abondantes.

3. Résultats

3.1. Composition des captures en invertébrés

3.1.1. Richesse spécifique

Les résultats concernant la richesse spécifique sont donnés à titre indicatif puisque le nombre de traits de chalut n'est pas identique aux deux saisons (trois réplats par station en saison chaude, mais seulement deux en saison froide).

En saison chaude, 62 espèces d'invertébrés ont été récoltées, et une majorité identifiée à l'espèce près (42 familles). En saison froide, 57 espèces appartenant à 41 familles ont été prélevées.

En saison chaude, 26.2 espèces ont été échantillonnées en moyenne par station, contre seulement 22 espèces par station en saison froide. La richesse spécifique totale varie peu par station entre les saisons, sauf à la station 5, où très peu d'espèces ont été échantillonnées en saison froide en comparaison avec la saison chaude (mais moins d'échantillons réalisés).

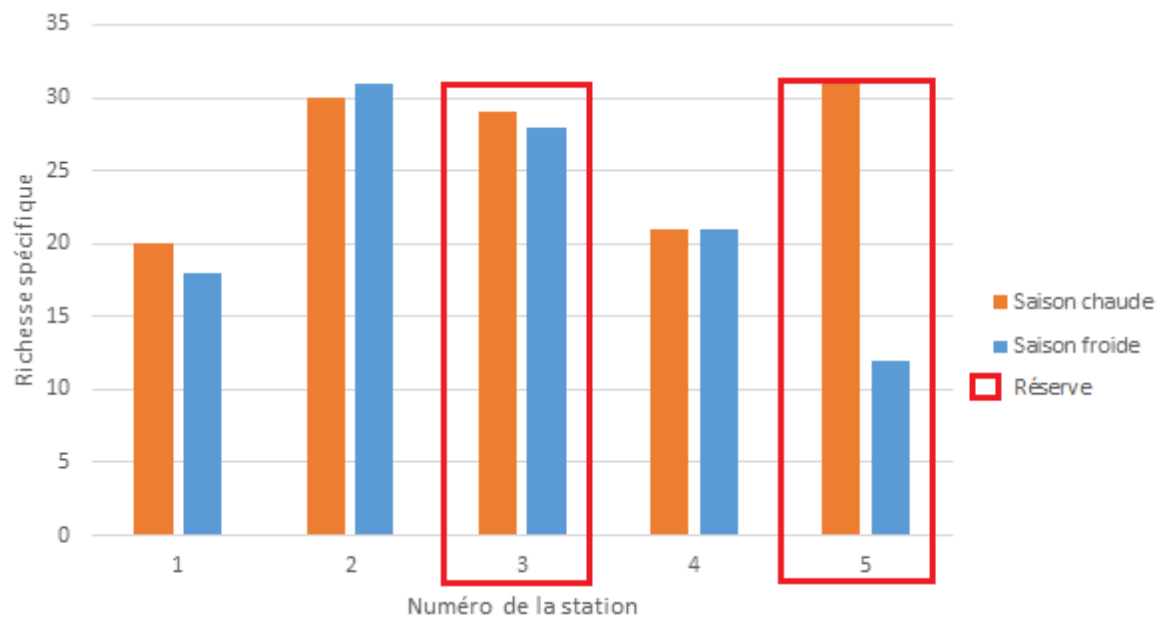


Figure 33 : Richesse spécifique totale par station et par saison des invertébrés pêchés au chalut à perche dans le golfe de Beauduc (n=15 traits de chalut en saison chaude et n=10 traits de chalut en saison froide).

La richesse spécifique moyenne est obtenue en faisant la moyenne de la richesse spécifique entre les réplicats réalisés à chaque station. La richesse spécifique moyenne diffère peu à chaque station entre la saison chaude et la saison froide. Elle est plus marquée entre les deux saisons aux stations 1 et 5, situées aux plus faibles profondeurs, avec une richesse moyenne plus faible en saison froide.

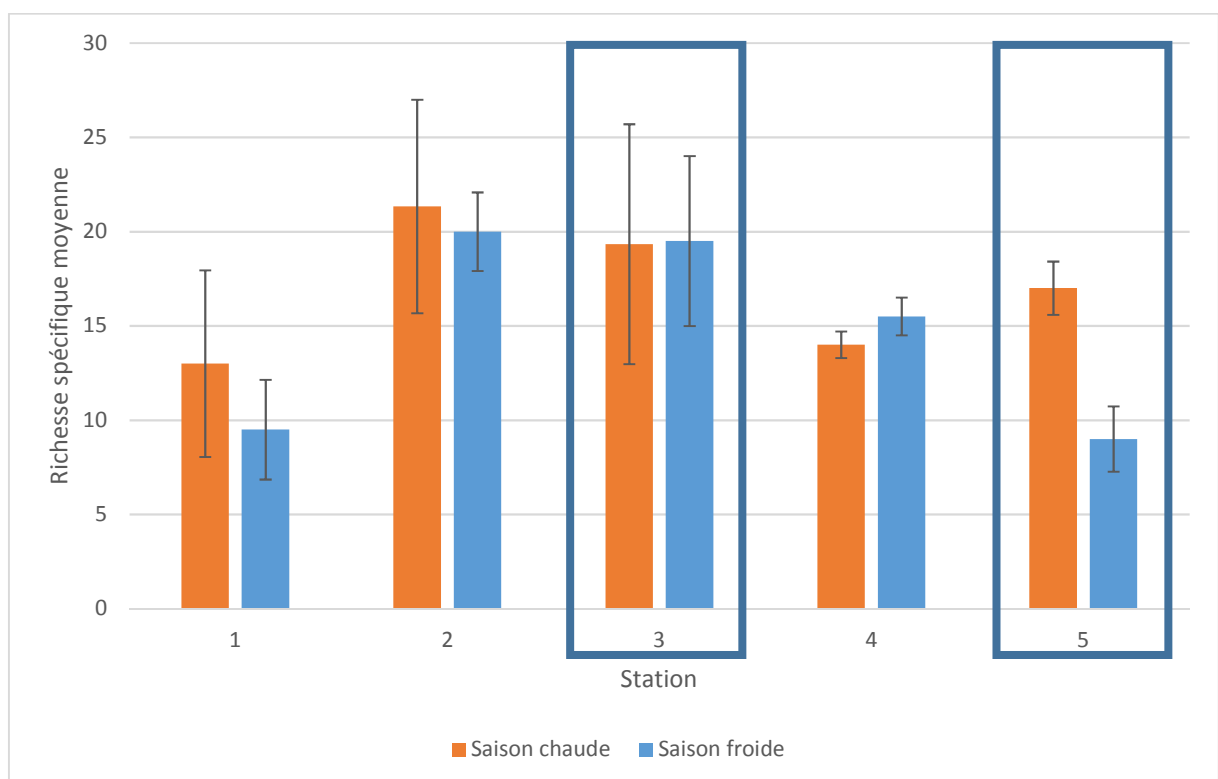


Figure 34 : Richesse spécifique moyenne des espèces d'invertébrés pêchés au chalut à perche et écart type par station et par saison dans le golfe de Beauduc.

3.1.2. Occurrence

Le phylum dominant quelle que soit la saison est celui des mollusques, suivi par les arthropodes, les échinodermes et les cnidaires. Cependant, la part des mollusques diminue entre la saison chaude et la saison froide, au profit notamment des cnidaires.

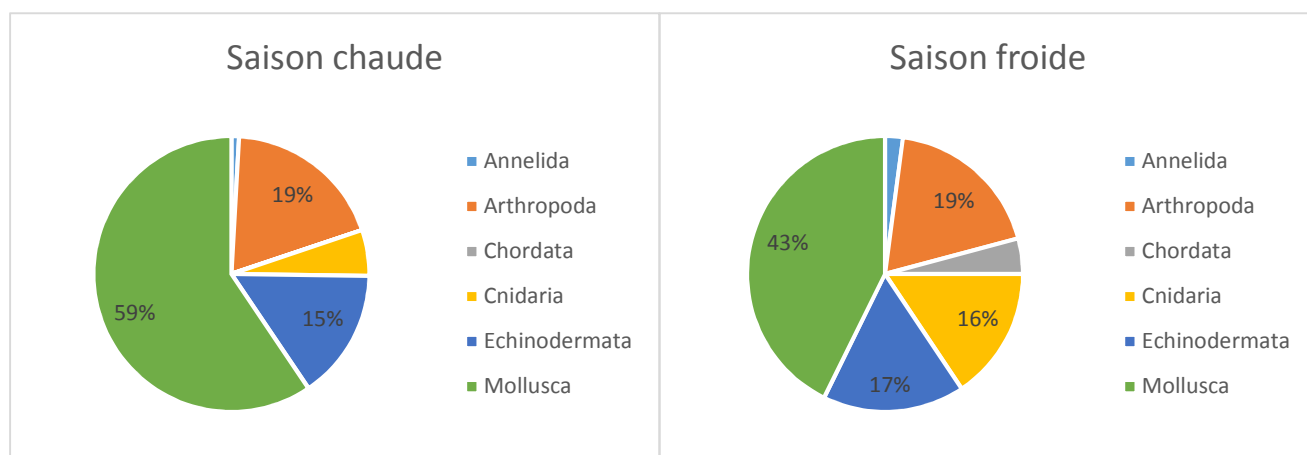


Figure 35 : Occurrence des phylums d'invertébrés pêchés au chalut à perche en saison chaude (gauche) et saison froide (droite) dans le golfe de Beauduc.

Tableau 5 : Occurrence des phylums d'invertébrés pêchés au chalut à perche dans le golfe de Beauduc par station et par saison à t0+4

Station t+4	1		2		3		4		5		Total	
Phylum	SC	SF	SC	SF	SC	SF	SC	SF	SC	SF	SC	SF
Annelida	0%	0%	0%	0%	4%	4%	0%	5%	0%	0%	1%	2%
Arthropoda	27%	13%	26%	24%	9%	13%	24%	20%	12%	25%	19%	19%
Chordata	0%	6%	0%	4%	0%	4%	0%	0%	0%	8%	0%	4%
Cnidaria	7%	25%	7%	8%	4%	13%	5%	10%	4%	33%	5%	16%
Echinodermata	7%	19%	19%	20%	22%	17%	14%	15%	12%	8%	15%	17%
Mollusca	60%	38%	48%	44%	61%	48%	57%	50%	72%	25%	59%	43%

(SC : saison chaude et SF : saison froide)

Les mollusques sont les familles dominantes dans les échantillons réalisés à Beauduc. Les arthropodes et les échinodermes viennent ensuite par importance. Une différence marquée peut s'observer entre saison chaude et saison froide, avec une diminution de l'occurrence relative des mollusques au profit de celle des cnidaires entre la saison chaude et la saison froide.

A t0+4, les mollusques atteignent 61% (station 3) et 72% (station 5) d'occurrence dans la réserve en saison chaude. Ils sont moins fréquents dans les captures aux autres stations.

3.1.3. Comparaison entre les stations

Une assez forte hétérogénéité est observée entre les réplicats, y compris ceux qui ont été échantillonnés à la même station. Cependant, les mêmes réplicats d'une station suivent généralement les mêmes tendances et se trouvent regroupés dans la même zone de l'ACP. Une distinction peut être faite entre les réplicats de la saison froide et ceux de la saison chaude, hormis la station 4 de la saison chaude, qui a une composition proche de celle de la saison froide.

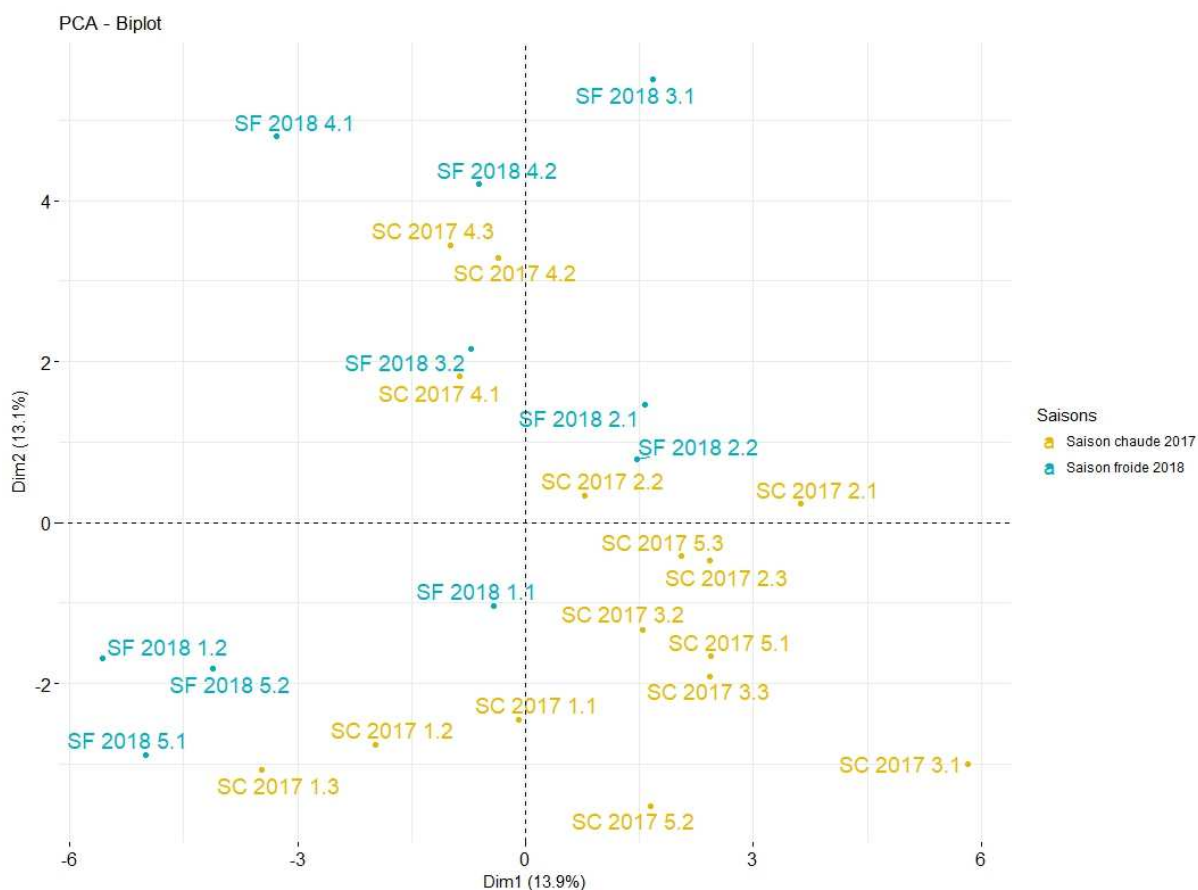


Figure 36 : ACP réalisée sur les données de présence/absence des familles d'invertébrés par réplicat, pêchés au chalut à perche pour le suivi de t0+4 dans le golfe de Beauduc.

3.1.4. Comparaison avec l'état zéro

Les occurrences par station obtenues dans l'échantillonnage effectué lors de l'état zéro sont les suivantes :

Tableau 6 : Occurrence des phylums d'invertébrés pêchés au chalut à perche dans le golfe de Beauduc par station et par saison à t0.

Stations à t0	1		2		3		4		5		Total	
Phylum	SC	SF	SC	SF	SC	SF	SC	SF	SC	SF	SC	SF
Annelida	0%	0%	5%	0%	8%	0%	2%	0%	12%	6%	5%	1%
Arthropoda	27%	29%	19%	33%	16%	20%	29%	18%	24%	24%	23%	24%
Chordata	0%	14%	0%	7%	0%	7%	0%	5%	0%	6%	0%	7%
Cnidaria	7%	0%	10%	7%	5%	7%	0%	5%	6%	6%	5%	5%
Echinodermata	7%	14%	10%	7%	8%	7%	10%	9%	12%	12%	9%	9%
Mollusca	60%	43%	57%	47%	62%	60%	59%	64%	47%	47%	58%	54%

(SC : saison chaude et SF : saison froide)

Les espèces appartenant à des familles de mollusques sont les plus présentes dans les stations, quelle que soit la saison et la station. En second, viennent les arthropodes puis les échinodermes. Il ne semble pas y avoir de différence dans la composition globale des campagnes saisonnières au regard des fréquences totales, si ce n'est une présence plus importante d'annélides en saison chaude, et de chordés en saison froide.

Par rapport à l'état zéro un changement global est observé en saison froide avec une proportion de mollusques et d'arthropodes qui a diminué à t0+4 au profit des cnidaires et surtout des échinodermes (X2).

3.2. Composition des captures en poissons

En saison chaude, 766 individus de 18 espèces ont été pêchés, avec une densité moyenne (moyenne des réplicats) de 414 individus par hectare.

En saison froide, les 207 individus de 13 espèces prélevés donnent une densité moyenne de 155 individus par hectare. Les poissons prélevés au chalut sont des juvéniles ou des adultes d'espèces de petite taille en raison de la maille fine employée.

Des gobies du genre *Pomatoschistus* qui n'ont pas pu être attribués précisément à l'espèce *minutus* ou *microps* ont été comptés comme *Pomatoschistus sp*, qui n'est pas comptabilisée en tant qu'espèce.

3.2.1. Evolution de la richesse et de la diversité spécifique des captures

Les résultats concernant la richesse spécifique sont donnés à titre indicatif puisque le nombre de traits de chalut n'est pas identique aux deux saisons (trois réplicats par station en saison chaude, mais seulement deux en saison froide). En saison chaude, les 15 traits de chaluts réalisés représentent une surface échantillonnée estimée à 1.8 hectares environ, contre 10 traits pour 1.4 hectares en saison froide.

Les 18 espèces de poissons récoltés durant la saison chaude appartiennent à 12 familles, tandis que les 13 de la saison froide appartiennent à 11 familles. La richesse spécifique est plus faible en saison froide, en partie expliqué en 2018 par le défaut d'échantillonnage.

Comparaison entre saisons/campagnes

Le nombre d'espèces de juvéniles et de poissons adultes de petite taille échantillonnés au chalut à t0 est de 19 espèces contre 23 à t0+3. L'indice de diversité de Simpson est de 0.73 à t0 et de 0.65 à t0+3. La diversité est donc cependant plus faible à t0+3 qu'à t0.

La richesse spécifique et la densité moyenne de poissons par hectare sont plus élevées à la saison chaude qu'à la saison froide.

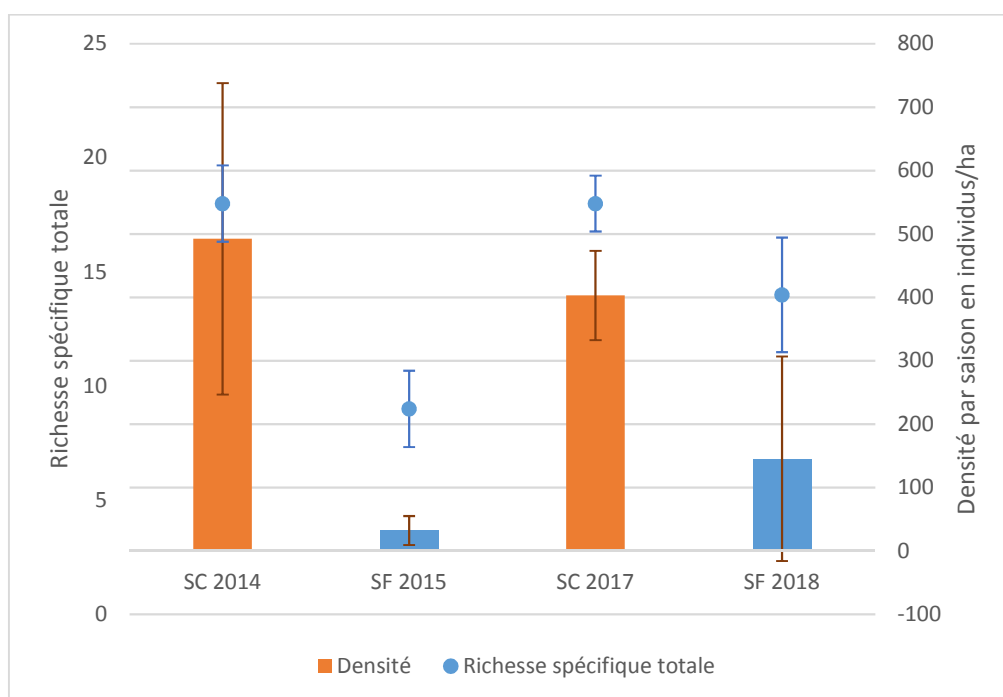


Figure 37 : Richesse spécifique totale et densité de poissons par hectare en fonction de la saison (SC : saison chaude, SF : saison froide) dans les pêches réalisées au chalut à perche dans le golfe de Beauduc.

Comparaison entre stations

La richesse spécifique totale par station est globalement plus élevée en saison chaude qu'en saison froide. Elle est en particulier très faible pour la saison froide 2015, où il n'y a eu parfois qu'un seul ou deux individus pêchés par réplicat. Les stations 3 et 4 atteignent les valeurs les plus hautes, en saison chaude 2014 et en saison froide 2018.

Une nette augmentation de la richesse spécifique totale est observée à toutes les stations entre t0 et t0+3 à la saison froide, sauf à la station 1 où elle n'a pas changé (à la saison chaude non plus). Il y a moins de différence entre les deux périodes en saison chaude.

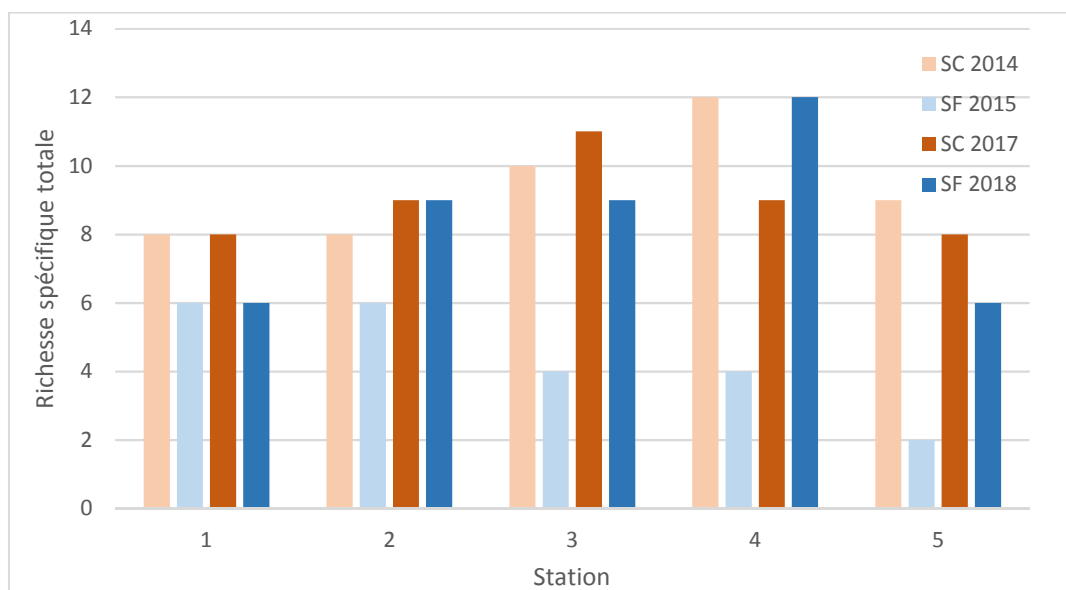


Figure 38 : Richesse spécifique totale des poissons par station et par saison dans les échantillonnages réalisés au chalut à perche dans le golfe de Beauduc.

3.2.2. Composition des captures à t0+3 en 2017-2018

A la saison chaude, la majorité des poissons pêchés au chalut sont des arnoglosses *Arnoglossus laterna*. Ensuite viennent les rougets *Mullus surmuletus*, les gobies *Pomatoschistus minutus* et les callionymes *Callionymus risso* (respectivement 65%, 11%, 8% et 6% des poissons pêchés).

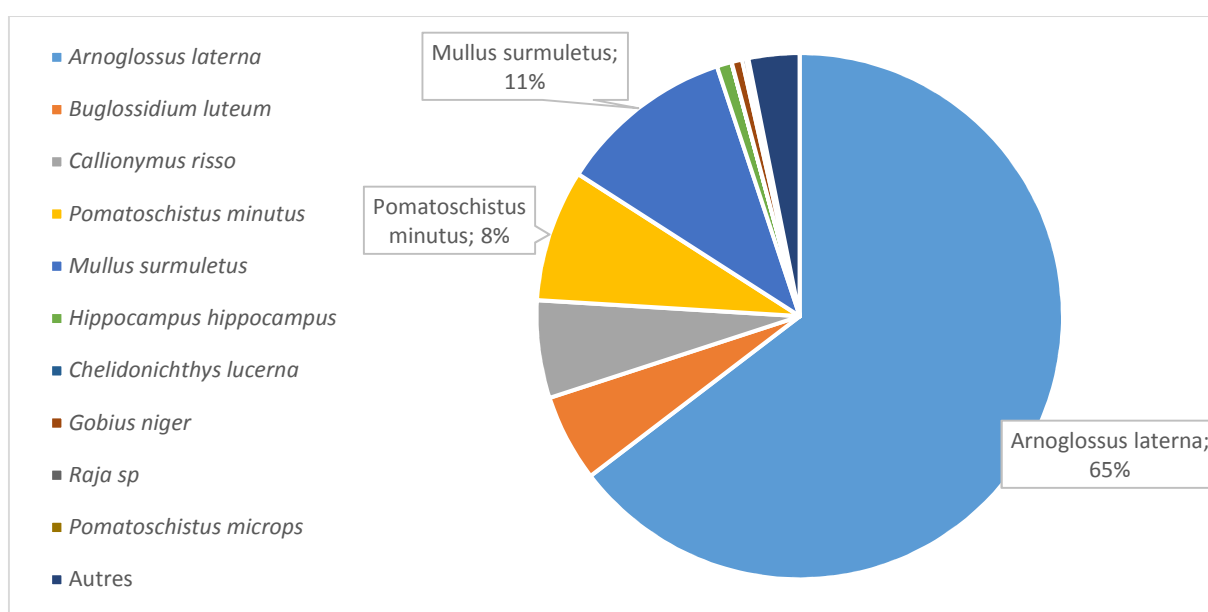


Figure 39 : Abondance relative des espèces de poissons pêchées au chalut à perche en saison chaude 2017 dans le golfe de Beauduc.



A la saison froide, la proportion d'arnoglosses *Arnoglossus laterna* diminue au profit de la petite sole jaune *Buglossidium luteum*, du callionyme *Callionymus risso*, et de l'hippocampe d'*Hippocampus hippocampus*, avec respectivement 27%, 29%, 14% et 10% des poissons pêchés. L'hippocampe *Hippocampus hippocampus* n'avait pas été pêché au moment de l'état initial, ni en été ni en hiver, alors que 7 individus ont été pêchés pendant ce nouvel échantillonnage en saison chaude et 20 en saison froide.

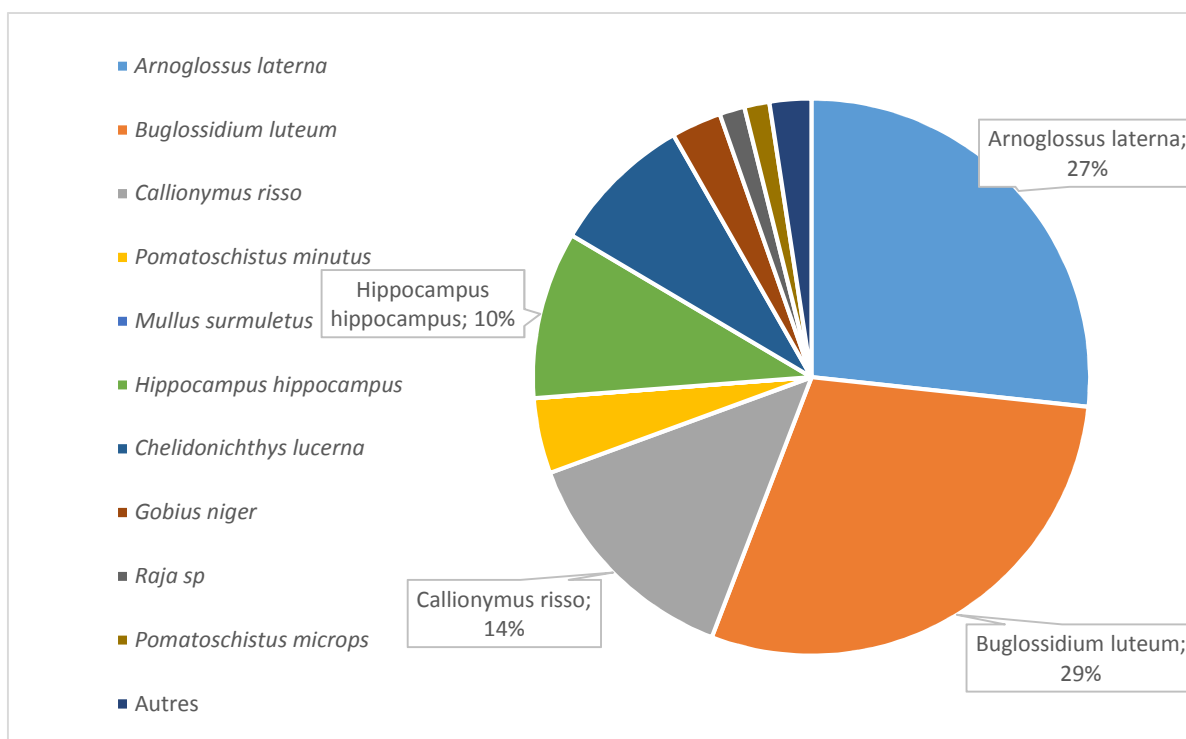


Figure 40 : Abondance relative des espèces de poisson pêchées au chalut à perche en saison froide 2018 dans le golfe de Beauduc.

Les juvéniles de rouget *Mullus surmuletus* ne sont pas pêchés à la saison froide en 2018, alors qu'ils sont très présents à la saison chaude en 2017. Une forte diminution de la fréquence de l'espèce *Arnoglossus laterna* est observée en saison froide dans les pêches au chalut, au profit d'autres espèces comme *Buglossidium luteum* ou encore *Callionymus risso*, des espèces qui étaient présentes en plus faible effectif en saison chaude.

Des hippocampes ont été pêchés aux deux campagnes alors qu'ils étaient plus rares lors de l'état initial.



Hippocampus hippocampus

3.2.3. Evolution de la composition spécifique de t0 à t0+3

La composition spécifique varie assez fortement entre chaque saison et entre chaque campagne, cependant plusieurs tendances se distinguent clairement. Les espèces du genre *Pomatoschistus* dominent le peuplement de juvéniles échantillonné au chalut à t0 : ils représentent 64% des individus échantillonnés en saison chaude et 37% en saison froide à t0, contre respectivement 8% et 6% à t0+3. A t0+3, les gobies ont été remplacés en fréquence par des poissons plats : *Arnoglossus laterna* représente 65% des effectifs en saison chaude et 27% en saison froide, tandis que *Buglossidium luteum* compte pour 5% des effectifs en saison chaude et 29% en saison froide.

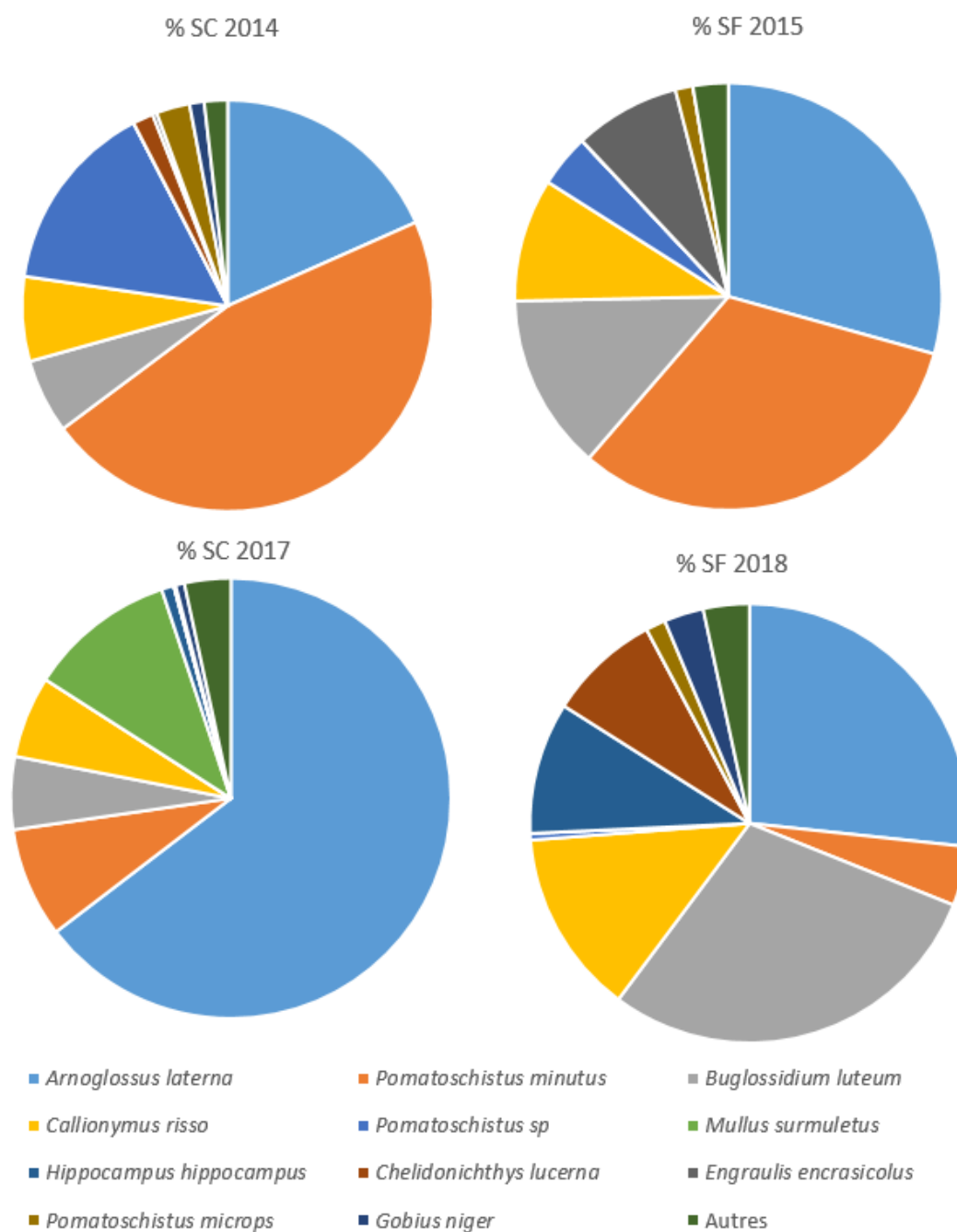


Figure 41 : Abondance relative de chaque espèce de poisson pêchée au chalut à perche par campagne (SC = Saison chaude, SF = saison froide) dans le golfe de Beauduc.

Les rougets *Mullus surmuletus* et les hippocampes *Hippocampus hippocampus*, qui ont été prélevés respectivement en saison chaude (11% des effectifs) et en saison froide (10% des effectifs) à t0+4, n'avaient pas été prélevés à t0.

La liste des espèces et fréquences sont disponible en annexe. Les autres espèces que celles citées dans la légende ont été regroupées en « Autres » pour plus de lisibilité des graphes. Ces espèces représentent moins de 4% des individus prélevés à chaque saison.

3.2.4. Densité de poissons à l'hectare

A t0+3, 766 individus ont été pêchés en saison chaude, pour une surface d'environ 1.8 hectares, ce qui représente une densité de 424 individus par hectare. En saison froide, les 207 individus prélevés sur 1.4 hectares échantillonnés donnent une estimation de la densité de 145 individus par hectare.

Les deux saisons chaudes présentent des densités en poissons beaucoup plus élevées que les saisons froides. A t0 la densité totale à la saison chaude était de 492 individus par hectare, contre 32 à la saison froide à t0 et t0+4 respectivement.

La densité de poissons a baissé à t0+3 par rapport à l'état initial en saison chaude mais elle a augmenté en saison froide.

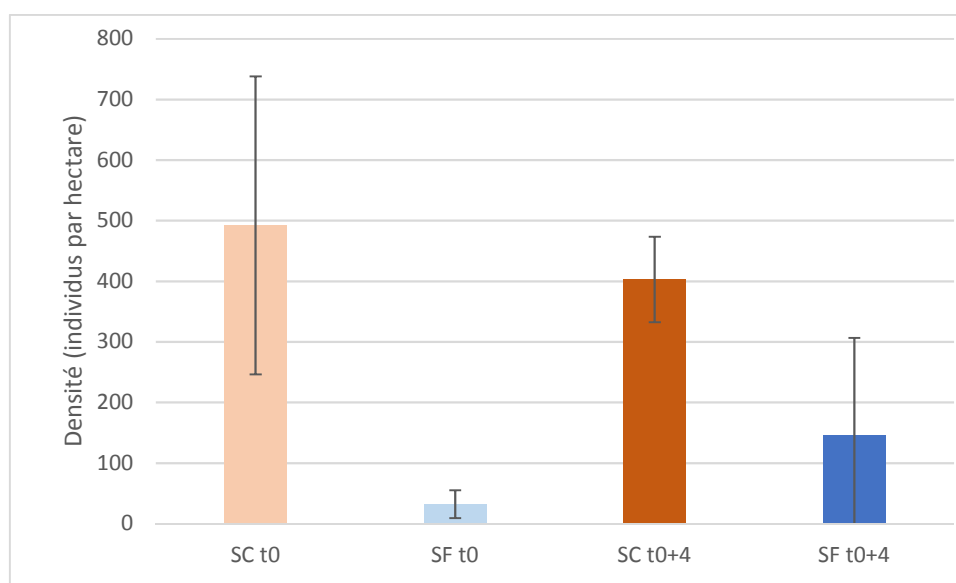


Figure 42 : Densité par hectare et par saison (avec écart-type), des poissons pêchés au chalut à perche dans le golfe de Beauduc. SF = saison froide et SC = saison chaude.

La densité de poissons estimée par hectare à partir des échantillonnages au chalut à perche est plus élevée en saison chaude qu'en saison froide. Elle a diminué entre 2014 et 2017 en saison chaude, mais elle a augmenté entre 2015 et 2018 en saison froide.

La différence des densités de poissons échantillonnés au chalut est plus marquée entre les saisons qu'entre les deux périodes de suivi (t0 et t0+4).

3.2.5. Analyse spatiale du peuplement de poissons juvéniles

Les densités les plus faibles de poissons ont été récoltées aux stations 1 et 5 (les plus superficielles) et 2, l'hiver. Les stations 3 et 4, à même profondeur que la station 2, présentent les densités les plus élevées en saison froide. La différence saisonnière est particulièrement marquée aux stations 1, 2 et 5, qui présentent des densités jusqu'à 10 fois inférieures l'hiver par rapport à l'été.

En saison chaude la différence est moins importante entre les stations, les juvéniles et poissons de petite taille semblent plus uniformément répartis. La station 3 est celle où les poissons ont été le moins abondants dans les pêches au chalut d'été.

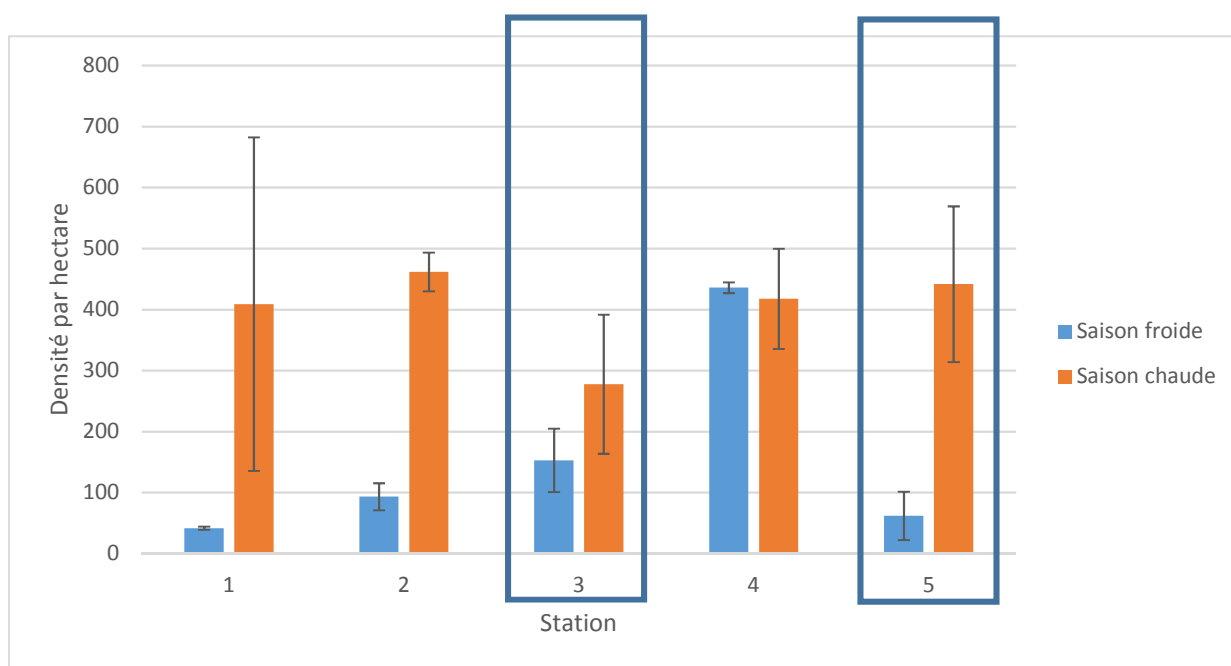


Figure 43 : Densité de poissons par hectare, par station et par saison, pêchés au chalut à perche dans le golfe de Beauduc dans le cadre du suivi à t0+3. Les stations 3 et 5 sont situées dans la réserve.



3.2.6. Structure de taille des espèces majoritairement pêchées

Arnoglossus laterna :

Deux modes sont observés en saison chaude pour cette espèce, avec un léger décalage dans les tailles : les individus sont plus petits lors de la campagne de 2014. Cela peut s'expliquer par la différence de dates entre les deux périodes d'échantillonnage : début juin pour 2014, mi-juillet pour 2017. Les individus de très petite taille prélevés en 2014 doivent correspondre aux juvéniles tout juste recrutés dans le golfe de Beauduc, tandis que le premier mode de 2017 correspond à des juvéniles ayant grandi dans la nurserie pendant environ un mois et demi.

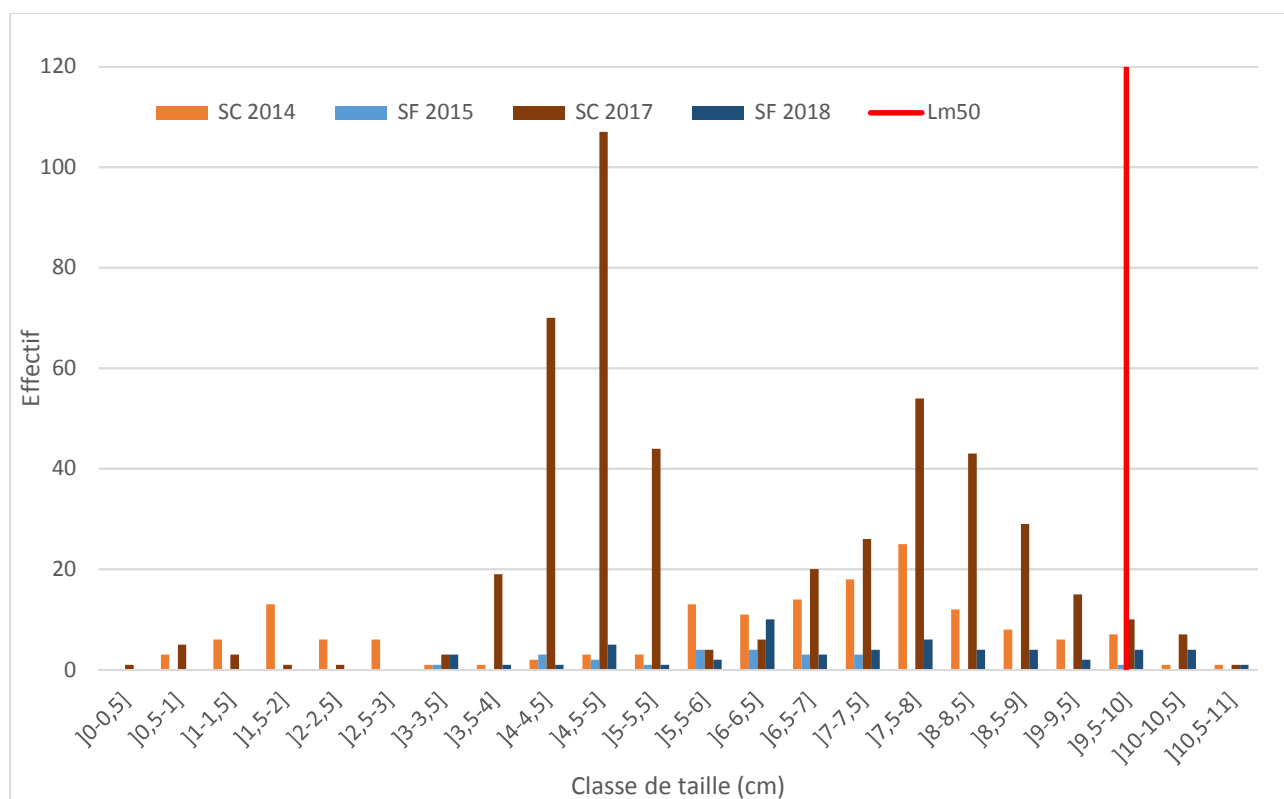


Figure 44 : Effectifs par classe de taille de *Arnoglossus laterna* par saison, individus pêchés au chalut à perche dans le golfe de Beauduc (saison chaude : n = 160 individus en 2014 et n = 469 en 2017, saison froide : n = 22 en 2015, et n = 55 en 2018).

La taille à la maturité sexuelle d'*Arnoglossus laterna* est de 11.88 cm pour les femelles et 11.41 pour les mâles (Ilkayaz *et al.*, 2017), donc la majorité des individus échantillonnés est probablement immature. Le nombre d'individus pêché en saison froide est trop faible pour distinguer clairement un mode.

Les individus prélevés en 2018 sont plus grands que ceux de 2015, alors que la période d'échantillonnage est située aux mêmes dates (23/03 en 2015 et 27/03 en 2018).

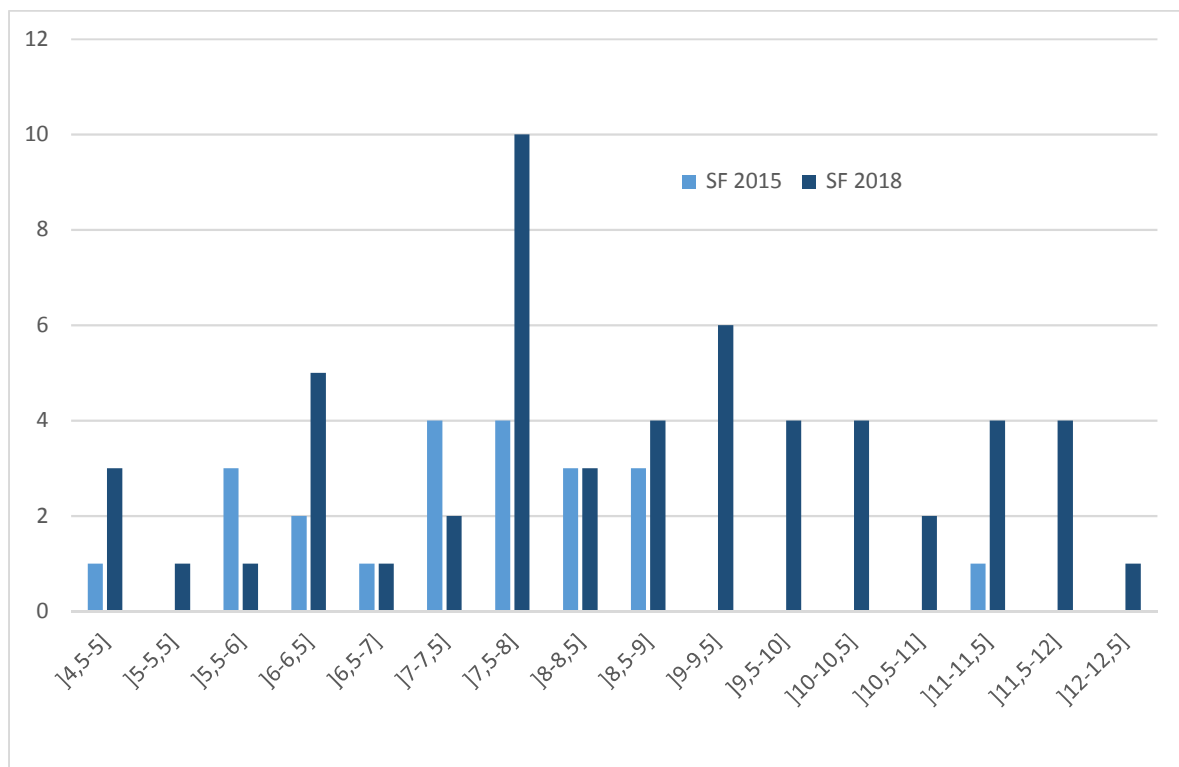


Figure 45 : Effectif par classes de taille de *Arnoglossus laterna* pour les deux saisons froides, individus pêchés au chalut à perche dans le golfe de Beauduc.

***Buglossidium luteum* :**

En saison chaude, le mode des classes de taille est, chez cette espèce aussi, légèrement décalé entre 2014 et 2017. Les individus pêchés en 2017 sont plus grands que ceux pêchés en 2014, ce qui s'explique également par le décalage temporel des échantillonnages.

Pour la saison froide, nous pouvons observer un mode en 2018, qui correspond à des juvéniles de 5 cm en moyenne, mode qui n'est pas observé en 2015.

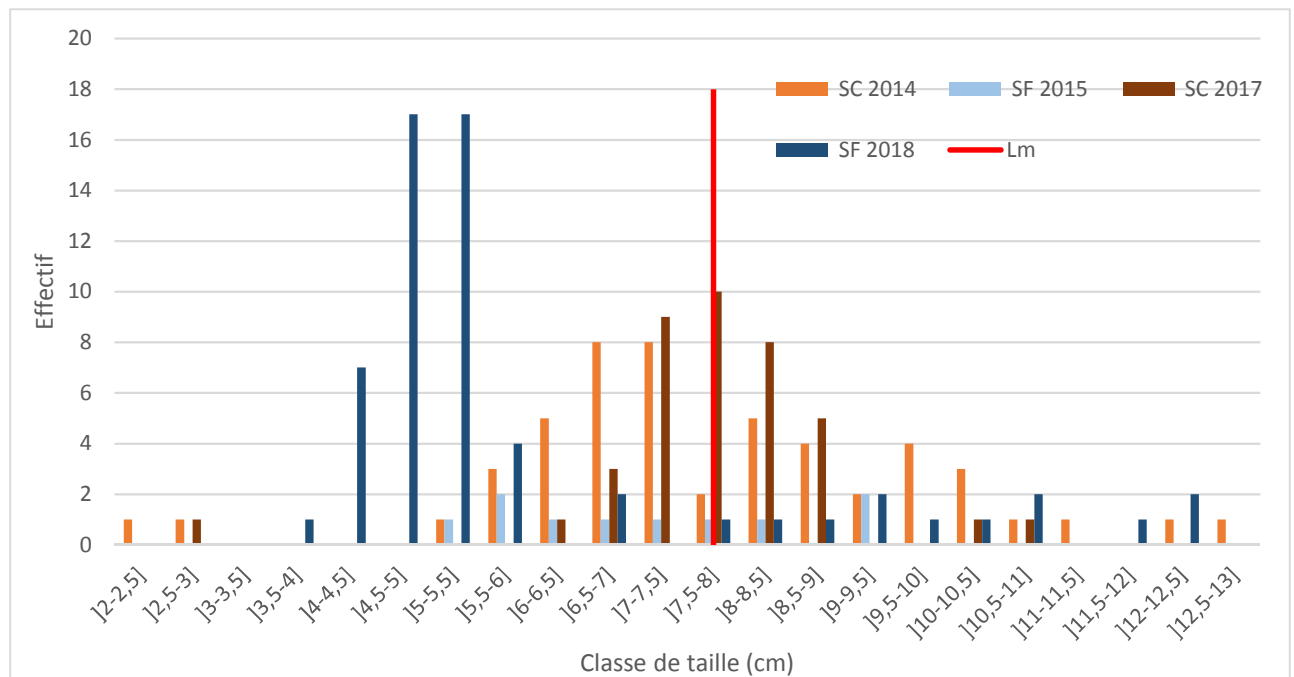


Figure 46 : Effectifs par classes de taille de *Buglossidium luteum*, individus pêchés au chalut à perche dans le golfe de Beauduc (saison chaude : n = 51 individus en 2014, n = 39 en 2017 ; saison froide, n = 10 en 2015 et n = 60 en saison froide 2018).

Les individus de l'espèce *Buglossidium luteum* atteignent leur première maturité sexuelle (Lm) à une taille comprise entre 7.9 et 8.1 cm selon leur sexe (Ilkyaz *et al.*, 2010).

Callionymus risso

Un nombre trop faible d'individus a été pêché en saison froide pour identifier des groupes de taille. Pour la saison chaude, un mode est observable autour de 5.5 cm en 2014, tandis qu'il semble y avoir deux groupes de taille en 2017 (4 cm et 6 cm). L'échantillonnage ayant eu lieu plus tard dans la saison, les individus de taille adulte début juin ont grandi. L'arrivée d'individus qui ne mesurent que 2 cm est également visible.

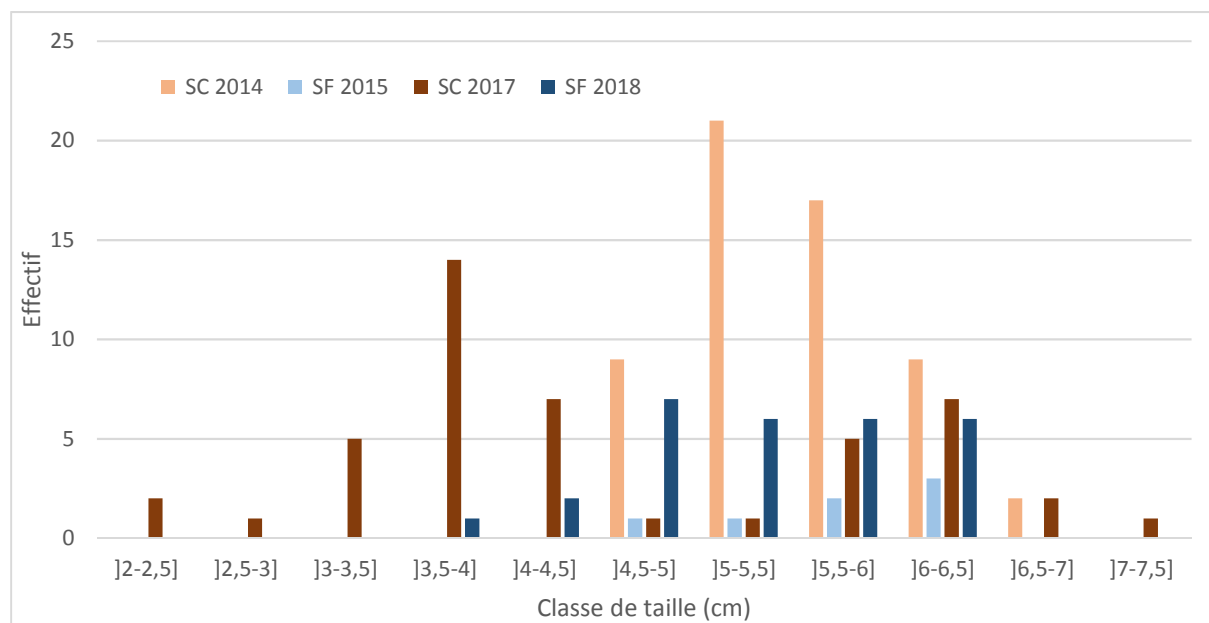


Figure 47 : Effectifs par classes de taille de *Callionymus risso*, individus pêchés au chalut à perche dans le golfe de Beauduc. (saison chaude : n = 58 individus en 2014, n = 7 ; en saison froide 2015, n = 46 en saison chaude 2017 et n = 28 en saison froide 2018).

***Pomatoschistus* sp.**

Malgré un effectif plus faible, les gobies du genre *Pomatoschistus* sont présents en saison chaude, avec une taille moyenne centrée autour de 5 cm en 2017, au lieu de 3 cm en 2014.

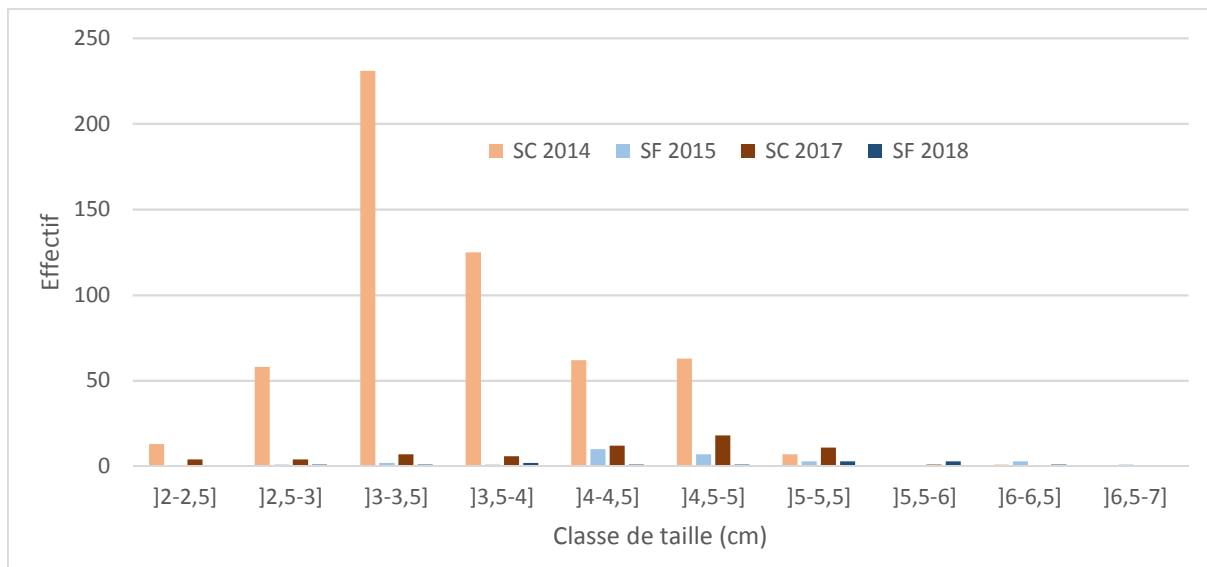


Figure 48 : Effectifs par classe de taille des gobies du genre *Pomatoschistus*, aux différentes saisons pêchés au chalut à perche dans le golfe de Beauduc (saison chaude : n = 561 individus en 2014, n = 63 en 2017 ; saison froide : n = 28 en 2015 et n = 13 en 2018).

Pour la saison froide, les individus prélevés en 2018 avaient une taille comprise entre 4 et 5 cm et en 2015 entre 5 et 6 cm.

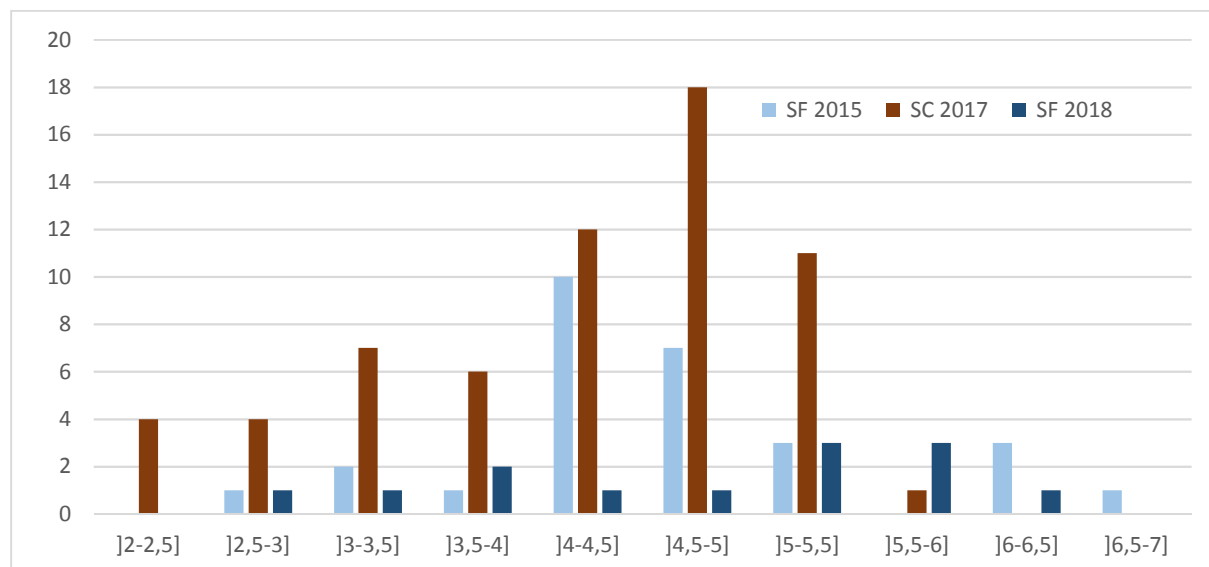


Figure 49 : Effectifs par classes de taille des individus du genre *Pomatoschistus*, sans la saison chaude 2014, individus pêchés au chalut à perche dans le golfe de Beauduc.

DISCUSSION

Le golfe de Beauduc est peuplé d'espèces benthiques des fonds vaseux à sableux, avec quelques zones de débris coquilliers, caractéristiques de ces habitats. Depuis 2013, l'instauration du cantonnement de pêche et la gestion opérée par le PNR de Camargue ont permis d'empêcher de nouvelles infractions au chalutage pratiqué près du bord autrefois et qui ont détruit les lauzes et les bancs d'huîtres connus des pêcheurs. Ceci devrait engendrer des changements perceptibles à moyen terme sur la macrofaune benthique, en particulier les espèces épigées et érigées. Sur ces fonds en pente douce, l'hydrodynamisme engendre cependant de profonds remaniements naturels des sédiments en fonction des conditions météorologiques et de la houle. Cette instabilité du fond est une caractéristique majeure du golfe.

Les pêches scientifiques pratiquées à 3 saisons différentes (hiver, printemps, été) pour les pêches au filet et à 2 saisons opposées (été, hiver) pour celles au chalut révèlent des associations d'espèces différentes dans les captures selon la période. Ces différences sont le résultat de la présence d'espèces de petite taille adaptées aux variations du milieu, qui effectuent leur cycle de vie dans le golfe et du passage saisonnier d'espèces démersales telles que la dorade et l'aloise. L'échantillonnage met également en évidence la présence de juvéniles d'espèces dont les adultes vivent au large et qui ont une phase obligatoire d'installation de leurs postlarves dans les très petits fonds côtiers (quelques mètres d'eau). Ces espèces comme les soles et d'autres poissons plats trouvent des conditions particulièrement favorables à leur croissance près du bord à certaines saisons. Parmi les espèces qui ont une présence constante et sont abondantes dans les échantillonnages au filet la raie étoilée *Raja asterias*, particulièrement abondante à Beauduc et d'une manière générale, les raies, y compris les raies torpilles *Torpedo* spp. Pour celles échantillonnées au chalut, les arnoglosses *Arnoglossus laterna* et la petite sole jaune *Buglossidium luteum* sont également très caractéristiques.

4. Pêches scientifiques au filet ciblant les adultes

4.1. Y'a-t-il des différences entre les saisons en 2018 ?

En hiver, 25 espèces de poisson ont été pêchées et 27 au printemps. 14 espèces sont communes aux deux saisons, 12 spécifiques à l'hiver et 13 spécifiques au printemps. L'été, 25 espèces de poissons sont également rencontrées. Les raies torpilles étaient abondantes, ainsi que les soles. *Raja asterias* représente la part la plus importante de l'abondance et de la biomasse, quelle que soit la saison en 2018.

Certaines espèces ont été retrouvées en abondance en hiver mais pas au printemps, et inversement : *Alosa fallax*, *Trachurus trachurus*, *Chelon ramada* et *Sparus aurata* forment le cortège d'espèces principalement pêchées en hiver, tandis que les espèces de soles *Pegusa impar*, *Solea solea* et *Solea senegalensis* ont été majoritairement pêchées au printemps.

- ***Alosa fallax*** : L'aloise feinte effectue la plus grande part de sa croissance en mer, puis migre vers les estuaires avant d'entamer une migration en eau douce pour la reproduction (Aprahamian *et al.*, 2003). Elle migre dans le bassin du Rhône entre mi-avril et mi-mai (Lebel *et al.*, 2001), période durant laquelle l'échantillonnage d'hiver a été effectué. Cela explique donc pourquoi un grand nombre d'individus matures a été capturé, et pourquoi ces individus ne sont plus échantillonnés en juin, lors de l'échantillonnage de printemps : les poissons adultes ont alors migré pour se reproduire.

- ***Trachurus trachurus*** : Le chinchard est une espèce pélagique dont la biologie est peu connue et la bibliographie ne permet pas de trouver une raison particulière à sa forte présence dans les

échantillons en hiver, à contrario d'une abondance faible au printemps. L'espèce se nourrit principalement de crustacés dans le golfe du Lion, et secondairement de poissons, principalement des clupéidés (Ben Salem, 1988). L'espèce est donc probablement présente dans le golfe, l'hiver, pour se nourrir.

- ***Chelon ramada*** : ces mulets se reproduisent en mer en novembre et décembre (Ergene, 2000), puis se rapprochent des côtes et des estuaires, où les jeunes de l'année se rassemblent avant de poursuivre leur croissance en eau douce ou saumâtre. Ils retourneront en mer en tant qu'adultes pour la reproduction (Boglione *et al.*, 2006). La migration probable des adultes du large vers la côte après la reproduction explique qu'ils aient été pêchés en hiver mais beaucoup moins au printemps.

- ***Sparus aurata*** : les dorades se reproduisent en mer entre novembre et février. Les juvéniles commencent leur vie en mer, puis entrent en avril dans les estuaires ou les lagunes pour y grandir en profitant d'une alimentation variée et de conditions favorables à leur croissance. Les individus de cette espèce ne supportent pas des températures inférieures à 12°C, c'est pourquoi elles retournent en mer durant l'hiver (Mercier *et al.*, 2012). Les dorades qui ont été échantillonnées en fin d'hiver sont donc des individus qui se rapprochaient des côtes, probablement pour se rendre dans les estuaires côtiers, ce qui explique qu'elles aient été beaucoup moins échantillonnées dans le golfe au printemps. Les dorades ont été moins abondantes dans les pêches au filet à t0+4, qu'à t0.

- ***Pegusa impar* et *Solea spp.*** : les larves de soles sont pélagiques et sont présentes dans le plancton pendant plusieurs semaines. Elles s'installent au printemps, jusqu'au début de l'été dans les nurseries des petits fonds côtiers ou dans les estuaires. Au bout d'environ deux ans, les poissons, devenus adultes, vont rejoindre le stock de reproducteurs en mer, à des profondeurs plus importantes (Le Pape *et al.*, 2012). La sole pole *Pegusa impar* se reproduit au printemps et en été, saison à laquelle les plus gros individus migrent vers les eaux peu profondes (Cannizzaro & Vitale, 2014) : cela explique donc qu'elle ait été pêchée en plus forte abondance durant la campagne de printemps où elle occupe la seconde place en abondance par rapport à la campagne d'hiver. L'été elle a cédé la place à d'autres espèces plus abondantes relativement telles que les soles, le chinchard, le maquereau.

Selon la littérature disponible, la majorité des poissons qui ont été pêchés sont d'une taille supérieure à la taille de maturité sexuelle. Cependant, 26 des 184 individus de l'espèce *Trachurus trachurus* échantillonnés en hiver 2018 mesuraient 21 cm ou moins, soit une taille à laquelle ils ne sont probablement pas sexuellement matures (Abaunza *et al.*, 2003). Remarque : la taille minimale de capture de l'espèce est de 15 cm, soit une taille inférieure à la taille de première maturité sexuelle trouvée dans la littérature.

Les espèces *Pegusa impar* et *Solea solea* ont été pêchées à des tailles supérieures à la taille de première maturité, et c'est probablement aussi le cas pour *Solea senegalensis*, sur laquelle peu d'informations biologiques sont disponibles, mais qui semble présenter un fonctionnement semblable à la sole commune.

Pour l'espèce *Raja asterias*, la majorité des individus pêchés sont immatures : 79% en hiver et 85% au printemps. Les individus sont dans la très grande majorité des cas encore vivants quand les filets sont sortis de l'eau et qu'ils sont démaillés, et les pêcheurs avec lesquels nous avons travaillé relâchent les individus de petite taille. Ces pratiques de pêches contribuent certainement à la grande abondance de raies étoilées pêchées en 2018 dans le golfe de Beauduc. L'autre raison est liée à la qualité des habitats et du peuplement benthique associé. Les raies étoilées se nourrissent principalement de crustacés, et en part moindre de poissons téléostéens (Romanelli *et al.*, 2007). La taille moyenne des proies augmente avec la taille des raies, et la part de poissons augmente avec l'âge dans leur alimentation. Des raies de toutes les tailles ont été trouvées, de 21 cm de longueur totale à 60 cm (taille maximale connue : 75 cm (Louisy, 2015)). Les raies étoilées vivent sur des fonds de vases terrigènes côtières et de sables fins bien calibrés (VTC et SFBC), où elles trouvent les principales espèces qui servent à leur alimentation, à savoir *Goneplax rhomboïdes* et les espèces du genre *Liocarcinus* (Serena *et al.*, 2005).

Or, ces espèces ont été retrouvées dans un grand nombre de stations dans le golfe de Beauduc lors de l'échantillonnage au chalut. Cela signifie que le golfe de Beauduc est un lieu qui permet à des individus de toutes les classes d'âge de s'alimenter, avec des proies de type petits crustacés pour les juvéniles, jusqu'à des poissons de petite et moyenne taille (espèces de gobies, chinchards en abondance dans le golfe...) pour les raies de plus grande taille.

4.2. Y'a-t-il des différences spatiales entre stations, zones du golfe - en 2018 ?

Dans les campagnes de 2018, les stations les plus riches en espèces sont celles situées à l'est, tandis que les stations à l'ouest présentent des richesses spécifiques plus faibles. La partie est du golfe est une zone de décantation à l'abri de la pointe de Beauduc. Une sorte de gradient de la richesse spécifique et de la biomasse est observé d'est en ouest à t0+4, dont il conviendra de voir dans les campagnes à venir s'il se confirme grâce à une stabilisation des fonds, ou s'il est lié aux conditions environnementales propres à l'année (météorologie, courants).

Les fonds situés à l'ouest du golfe sont constitués d'une part très importante de fraction fine, et d'une part plus faible de sables fins, qui atteignait en 2008 presque 50% à l'est (Vacquier *et al.*, 2008) (toutefois, les remaniements sédimentaires sont tels dans la région, que cette proportion peut avoir changé, comme en témoigne l'ensablement actuel à proximité du ponton des pêcheurs à Beauduc). La station 6 des pêches au filet est placée au dessus d'un fond composé de détritique côtier, d'après l'étude des biocénoses effectuée par IN VIVO Environnement (2012). De plus, les stations de l'est sont proches d'un herbier mixte, composé principalement de *Zostera noltei*, qui s'étend aujourd'hui sur plus de dix hectares (Parc Naturel Régional de Camargue). Alors que les fonds de Beauduc présentent une composition relativement homogène à la profondeur d'échantillonnage, la richesse spécifique plus élevée à l'est peut s'expliquer par la proximité avec la prairie et la diversification des habitats. Les herbiers de zostères ont un effet positif sur les richesses spécifiques et les abondances de poissons (Lazzari *et al.*, 2003).

Les densités et les biomasses de poissons sont significativement plus élevées dans les stations du cantonnement, situées au milieu du golfe en 2018, qui ne présentent pas d'habitats particuliers. Ces fonds protégés depuis 2014, ne sont normalement pas pêchés et sont peu fréquentés, ce qui peut expliquer la qualité des captures de poissons qui y sont faites.

4.3. Y'a-t-il des différences entre t0 et t0+4 ?

Les **richesses spécifiques** totales dans les pêches au filet sont plus élevées au printemps, particulièrement en 2014, qu'aux autres saisons. L'hiver 2014 présente l'échantillonnage avec la plus faible richesse spécifique. En termes de richesse totale, il n'y a pas de différence marquante entre 2014 et 2018, cependant, dans un contexte de suivi au long terme, l'équitabilité peut fournir une réponse différente du nombre d'espèces et est susceptible de répondre plus rapidement à des perturbations anthropiques (Mérigot, 2008). L'indice de Simpson, sensible aux espèces dominantes (Kide, 2018), a plutôt diminué entre t0 et t0+4, ce qui signifie une diversité spécifique plus faible. Il est possible que l'indice réagisse particulièrement aux fortes abondances de *Raja asterias* en 2018, ce qui explique qu'il soit plus faible qu'en 2014, alors que le nombre total d'espèces est peu différent.

Les **densités** par réplikat et par campagne de 2018 sont significativement différentes de celles de 2014 et plus élevées à t0+4 qu'à T0, principalement en raison de l'abondance des raies *Raja asterias*. Certaines espèces comme la dorade *Sparus aurata*, les pageots (*Pagellus erythrinus* et *Pagellus acarne*) ou encore les maquereaux *Scomber scombrus* ont pourtant été capturées en moins grand nombre qu'en 2014. Il est aussi à noter une variabilité plus forte en 2018 entre les réplikats.

Deux phénomènes peuvent expliquer les densités plus fortes observées en 2018 : la mise en place du cantonnement de pêche et les conditions environnementales :

1) La mise en place du cantonnement de pêche : l'arrêt du chalutage dans la zone peut permettre aux invertébrés benthiques de se développer à nouveau et en plus grande abondance dans le golfe, ce qui peut fournir davantage de nourriture aux poissons. De plus, la diminution radicale de l'effort de pêche dans le cantonnement peut contribuer à une augmentation des densités de poissons dans le golfe. Il a en effet été montré que le chalutage réduit les populations de poissons par la mortalité par pêche, mais aussi en diminuant le nombre de proies disponibles pour ces derniers. Les poissons plus particulièrement touchés sont les poissons plats, qui dépendent de cette source de nourriture pendant tout ou une partie de leur cycle de vie (Hiddink *et al.*, 2011).

Peu d'études ont été faites sur l'effet d'une aire marine protégée sur le peuplement de poissons associés aux fonds meubles. Sousa *et al.*, (2018) montrent cependant que l'interdiction de méthodes de pêche faiblement sélectives comme les filets maillants, filets trémails ou encore la pêche à la palangre est également bénéfique pour l'abondance comme la biomasse de la communauté ichthyique. Dans le golfe de Beauduc, l'abondance des raies, très vulnérables à la pêche au filet, pourrait en témoigner.

2) L'année 2018 pourrait aussi être une meilleure année pour les espèces capturées avec les filets choisis pour l'échantillonnage, avec des conditions environnementales qui attirent les poissons dans le golfe, sans lien avec la présence du cantonnement. La faune benthique, qui attire les communautés de poissons benthiques peut être influencée par les flux de matière organique particulière générés par le Rhône. Le panache de matière organique terrestre nourrit certaines espèces d'invertébrés benthiques, comme les polychètes ou des espèces de bivalves, une source de nourriture pour certains poissons (Darnaude, 2005). D'éventuels changements dans les flux du Rhône et dans le déplacement de son panache peuvent être responsables, avec quelques années de décalage (Salen-Picard *et al.*, 2002), de variations d'abondances des poissons du golfe de Beauduc qui se nourrissent dans la chaîne trophique qui en dépend, comme par exemple la sole *Solea solea* (Darnaude *et al.*, 2004).

Au bout de seulement trois années d'arrêt de toute forme de pêche, il est difficile d'affirmer que les densités et les biomasses plus élevées dans le cantonnement sont dues à la protection mise en place. Néanmoins, les trois variables de suivi par pêche au filet (richesse spécifique, densité et biomasse) montrent des différences significatives à certaines périodes de l'année entre la zone mise en protection et l'extérieur. Il semble peu probable que les seuls facteurs abiotiques comme la température de l'eau, la courantologie ou encore les remaniements sédimentaires présentent des différences suffisamment importantes entre les stations pour favoriser la concentration des poissons au centre du golfe.

Quand les campagnes saisonnières au filet sont regroupées par année de suivi, il est observé une augmentation significative de la biomasse et des densités de poisson entre t_0 et t_0+4 . Pour les densités et les biomasses par zone, les mêmes tendances sont observées, cependant une variabilité élevée ne permet pas toujours d'avoir une différence significative entre toutes les zones. La densité et la biomasse des captures dans la réserve à t_0+4 demeure cependant significativement différente de celle à t_0 .

Les classes de taille d'*Alosa fallax* observées en 2018 confirment les observations faites en 2014 : les individus qui sont pêchés matures en hiver y séjournent probablement avant d'entamer la migration pour la reproduction. Les individus de plus petite taille pris au printemps sont présents dans la zone pour se nourrir.

Un nombre plus important de dorades *Sparus aurata* a été capturé en 2014, principalement en hiver, où deux groupes de taille ont été observés au lieu d'un seul. Les individus étaient donc plus nombreux

et plus gros en hiver 2014 qu'en hiver 2018, et ont été bien échantillonnés au printemps à t0, alors qu'aucune dorade n'a été prise à t0+4. D'après les pêcheurs participant au suivi, les dorades étaient encore « en terre » à cette période, ce qui peut expliquer leur absence dans l'échantillonnage. Il y a donc eu un décalage dans leur période de présence en 2018.

Les maquereaux *Scomber scombrus*, pêchés en abondance à t0, n'ont pas été échantillonnés à t0+4. Peu d'informations sont disponibles sur le comportement de cette espèce en Méditerranée (Bottari *et al.*, 2004), cependant dans la mer celtique, il semblerait que les adultes vivant au large se rapprochent des côtes de mars à juillet, avant de retourner au large (Steven, 1948). Ils se reproduiraient donc dans les eaux peu profondes, principalement au printemps (Fischer *et al.*, 1987). Il est probable que les bancs de maquereaux n'étaient pas présents dans la zone au moment de l'échantillonnage.

5. Pêches scientifiques au chalut ciblant les juvéniles

5.1. Invertébrés

La **richesse taxonomique** totale observée dans les captures est proche entre la saison chaude et la saison froide 2018, sauf à la station 5, où elle est plus faible en saison froide. Cependant, seulement 10 réplicats, soit 2 par station ont été faits en saison froide, contre 15 (soit 3 par station), en saison chaude. Cet effort d'échantillonnage plus faible peut avoir empêché d'échantillonner des espèces rares en saison froide, et peut expliquer une richesse totale plus faible en 2018. Du point de vue de la richesse moyenne, les stations sont assez semblables entre les saisons : les stations 1, 2 et 3 présentent un fort écart type, donc une certaine variabilité entre les réplicats, alors que les stations 4 et 5 semblent moins varier, en saison chaude comme en saison froide.

Concernant la **composition spécifique** des stations, nous pouvons constater une proximité entre les stations 2, 3 et 4 en saison chaude, ainsi que les 2 et 4 en saison froide, qui s'explique par le fait qu'elles sont situées à la même profondeur et sur le même type de fond détritique côtier. Les stations 1 et 5 sont, quant à elles, situées à une profondeur plus faible, sur des sables fins bien qualifiés, et présentent un cortège d'espèces différent comme en témoigne leur proximité sur l'ACP.

Entre t0 et t0+3, l'examen de l'occurrence des principaux taxons invertébrés révèle que la part des arthropodes a cependant légèrement diminué en faveur d'autres espèces comme les échinodermes ou les cnidaires. Cela peut être attribué à l'arrêt du passage des chaluts, qui ont pour impact de diminuer la présence de macroinvertébrés vulnérables comme les espèces de grande taille et fragiles (Linnane *et al.*, 2000). Les espèces opportunistes, qui se reproduisent facilement, et qui sont de petite taille, peuvent être favorisées par le chalutage, et cela pouvait être le cas d'espèces d'arthropodes qui ont cessé d'être favorisées une fois l'impact des chalutiers retiré.

5.2. Poissons

A t0, la richesse spécifique totale est plus élevée en saison chaude qu'en saison froide, et la densité moyenne est 18 fois plus élevée en saison chaude qu'en saison froide. Elle n'est que 2.7 fois plus élevée à t0+3 entre les deux saisons. Le nombre d'échantillons réalisés à t0 et t0+3 n'est pas suffisant pour en conclure que le peuplement est moins sujet à une variation saisonnière qu'avant la mise en place du cantonnement. Les résultats des échantillonnages sont très liés aux conditions climatiques antérieures à la date de prélèvement. Les densités plus faibles en hiver de poissons prélevés au chalut sont dues à une présence plus faible, à cette saison, des juvéniles qui contribuent pour une part importante au peuplement échantillonné par le chalut.

Les densités de poissons par hectare, aux différentes stations, montrent également des densités plus faibles en saison froide qu'en saison chaude, à t0+3. Seule la station 4 présente des densités similaires pour les deux saisons. Cette station présente une très forte concentration de débris coquilliers et végétaux dans le chalut quelle que soit la saison, ce qui peut constituer une source de nourriture et d'abri pour les poissons de petite taille et les juvéniles par rapport au substrat vaseux ou sableux des autres stations du golfe de Beauduc.



Figure 50 : Contenu du chalut remonté à la station 4 en saison froide 2018 dans le golfe de Beauduc.

En effet, des espèces de poissons plats comme les soles sont souvent associées à un type de sédiment assez fin : sable ou vase, où elles peuvent s'enfouir, mais peuvent être retrouvées sur du sable plus grossier quand elles recherchent de la nourriture (Fernandez-Zapico *et al.*, 2017).

Les échantillonnages à t0+4 confirment l'effet marqué de la saisonnalité sur les densités de poissons, particulièrement des juvéniles du golfe de Beauduc. Cela est lié aux périodes de reproduction et d'installation dans les petits fonds (recrutement) des poissons échantillonnés et aux fortes variations des conditions abiotiques observées dans le golfe dues en particulier au Rhône (Darnaude, 2003).

Tableau 7 : Période de reproduction des principales espèces de poissons plats échantillonnées dans le golfe de Beauduc au filet et au chalut (Teixeira & Cabral, 2010 ; Cannizzaro & Vitale, 2014 ; Ticina *et al.*, 2012, Félix *et al.*, 2011).

Espèce	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Source
<i>Arnoglossus laterna</i>													Ticina, 2012
<i>Buglossidium luteum</i>													Félix, 2011
<i>Pegusa impar</i>													Cannizzaro, 2014
<i>Solea senegalensis</i>													Teixeira, 2010
<i>Solea solea</i>													Teixeira, 2010

Les principales espèces de poissons pêchées au chalut à perche sont *Arnoglossus laterna* et *Buglossidium luteum*, qui ont une période de reproduction d'avril-mai à août. Les deux modes de taille observés en saison chaude chez *A. laterna* pourraient être les individus nés de l'année précédente pour le premier mode, et ceux de l'année pour le mode autour de 8 cm. Une étude sur la croissance de cette espèce a en effet montré que les individus d'un an mesuraient entre 6 et 10 cm environ (Ilkyaz *et al.*, 2017).

Pour *Buglossidium luteum*, un mode est observé en saison chaude à t0 et t0+4, avec des individus qui sont matures ou en train d'atteindre la taille de maturité sexuelle. Un mode plus prononcé est observé en saison froide 2018, avec des individus d'une taille de 5 cm environ, qui pourrait correspondre à des individus nés entre avril et août de l'année précédant l'échantillonnage.

Entre t0 et t0+3, une baisse de l'abondance des gobies du genre *Pomatoschistus* est constatée, au profit de poissons plats comme *Arnoglossus laterna* et *Buglossidium luteum*. C'est un signe supplémentaire d'une meilleure stabilité des conditions du milieu : en effet, les gobies du genre *Pomatoschistus* sont très résistants aux conditions environnementales et ont une reproduction et une croissance rapide (Bouchereau & Guelorget, 1997), ce qui leur permet de mieux résister à des conditions perturbées que les poissons plats. Ils sont, par conséquent trouvés en abondance dans les lagunes côtières ou des milieux qui connaissent des conditions abiotiques fortement contrastées auxquelles ne résistent pas d'autres espèces.

En 2018, des soles *Solea solea* et *Solea senegalensis* adultes ont été échantillonnées au filet, mais aucun juvénile n'a été échantillonné au chalut. Darnaude (2003) indique que la majorité des juvéniles de soles commune sont échantillonnés entre 0 et 2 mètres de profondeur dans la zone à l'est du Rhône. Or, dans le suivi de Beauduc la station d'échantillonnage au chalut la moins profonde (station 1) se trouve à environ 5 m de profondeur. Les juvéniles de sole se trouvent très probablement plus près du bord à une profondeur inférieure.

Même s'ils n'ont pas été échantillonnés en 2018, des juvéniles de sole et de daurade sont bien présents dans la zone : dans le cadre d'un autre suivi du Parc de Camargue, des juvéniles de ces espèces ont été capturés en mars dans les lagunes de la zone (suivi de la Tour du Valat & du PNRC). Ils peuvent être échantillonnés par le chalut à perche si la campagne a lieu précisément au moment où les juvéniles ayant un peu grandi, quittent la zone superficielle pour se rapprocher de l'habitat des adultes, tout en changeant de régime alimentaire.

En revanche, des juvéniles de rouget *Mullus surmuletus* et des hippocampes *Hippocampus hippocampus* ont été échantillonnés en 2018, alors que ce n'était pas le cas en 2014.

Les rougets recrutent sur des sables sublittoraux (Bussoti & Guidetti, 2011), et leur présence à t0+4 peut signifier que le milieu est suffisamment stable pour leur permettre de s'installer, ce qui n'était pas le cas à t0 avec le passage plus fréquent des chaluts.

Les hippocampes vivent, quant à eux, sur une grande variété de substrats, mais il semblerait que les herbiers de zostères et les milieux sableux avec débris soient un environnement favorable pour eux, pour l'abri comme pour la nourriture qu'ils peuvent fournir (Woodall *et al.*, 2018). Les hippocampes pourraient donc globalement bénéficier aussi d'une meilleure stabilité des fonds et du développement actuel de l'herbier de zostères situé à l'est du golfe. L'augmentation de la capture fortuite d'hippocampes dans les filets a d'ailleurs été constatée par Georges Gauzargues, pêcheur professionnel de Beauduc ayant participé au suivi du cantonnement.

CONCLUSION

La pêche au chalut complète les données acquises au filet , car elle permet d'échantillonner des juvéniles. Cet échantillonnage confirme que le golfe de Beauduc est une zone de nurserie pour de nombreuses espèces (Héloin, 2004), Le Direach *et al.*, 2015), même si certains juvéniles comme ceux de *Solea solea* ou de *Solea senegalensis* n'ont pas été capturés au moment des échantillonnages. Pour les soles, les habitats à profondeur supérieure à 20 m ne semblent pas convenir comme zones de nurseries (Le Pape *et al.*, 2003), il est donc important de protéger le golfe de Beauduc qui a un rôle fonctionnel majeur grâce à sa localisation proche du Rhône, ses caractéristiques sédimentologiques et sa faible bathymétrie.

La capacité d'accueil d'une nurserie dépendant de la nourriture qu'elle peut fournir (Le Pape *et al.*, 2015), le passage des chaluts dans le golfe ne peut qu'avoir entraîné une baisse des abondances de poissons en perturbant le peuplement d'invertébrés supportant la chaîne trophique. La mise en place du cantonnement de pêche, au-delà d'une exploitation plus paisible assurée aux fileyeurs et aux pêcheurs au pot (poulpe) de la région, permet de protéger un écosystème côtier et estuarien de fonds meubles, qui a un rôle majeur à jouer sur les peuplements de poissons plats et de chondrichthyens (raies et requins peau bleue).

Les densités et les biomasses de poissons adultes ont augmenté significativement entre t0 et t0+4, même s'il reste à confirmer dans le cours du suivi mis en place si ces changements sont bien liés à la mise en place du cantonnement et non à des conditions environnementales particulièrement favorables en 2017-2018. Si la tendance se confirme à la prochaine étape du suivi (dans 3-4 ans), l'hypothèse de l'efficacité du cantonnement pourrait être confirmée. Des changements dans la composition des peuplements ont aussi été observés entre les deux suivis, avec des espèces qui n'ont plus été échantillonnées comme le maquereau *Scomber scombrus*, ou moins échantillonnées comme la dorade *Sparus aurata*, au profit de l'espèce *Raja asterias*, qui a été abondamment pêchée à t0+4, et des soles, qui semblent plus présentes en 2018. Il conviendra alors de voir si cela est dû à des variations annuelles ou à un changement lié au cantonnement. Au niveau des poissons juvéniles, un changement sensible de composition du peuplement a aussi été observé, avec une diminution de l'abondance relative des espèces benthiques de petite taille telles que les gobies au profit des rougets et des espèces de poissons plats d'intérêt halieutique.

Les échantillonnages réalisés en partenariat avec les pêcheurs et le parc naturel régional de Camargue permettent de dialoguer, d'observer ensemble des changements et de mieux comprendre les enjeux présents sur la zone et les pressions qui portent sur les espèces cibles. Les histogrammes de classe de taille permettent de constater que les individus pêchés avec ce type de filet à poisson de maille moyenne sont très majoritairement adultes et matures, ou relâchés si ce n'est pas le cas, comme pour *Raja asterias*, ce qui signifie un respect de la ressource de la part des pêcheurs partenaires du suivi.

Les résultats du présent retour, 4 ans après la mise en place du cantonnement, témoignent de changements plutôt positifs perceptibles sur la ressource. Ces résultats ont été présentés aux pêcheurs de la zone en avril 2019 afin de partager ces informations et la gestion consentie par les uns et les autres.

BIBLIOGRAPHIE

A.T. Ilkyaz G. Metin, O. Soykan, H. T. Kinacigil Age, growth and sexual development of solenette, *Buglossidium luteum* (Risso, 1810), in the central Aegean Sea [Article] // *Applied Ichthyology*. - 12 january 2010. - pp. 436-440.

Abaunza P. Gordo L., Karlou-Riga C., Murta A., Eltink A.T.G.W., Garcia Santamaria M.T., Zimmermann C., Hammer C., Lucio P., Iversen S.A., Molloy J., Gallo E. Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (carangidae) [Article] // *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. - [s.l.] : Kluwer Academic Publishers, 2003. - p°27-61 : Vol. 13.

Aprahamian M. W. Baglinière J-L., Sabatié M. R., Alexandrino P., Thiel R., Aprahamian C. D. Biology, Status and Conservation of the anadromous atlantic Twaite shad *Alosa fallax fallax* [Article] // *American Fisheries Society Symposium*. - [s.l.] : the American Fisheries Society, 2003. - p°103-124 : Vol. 35.

Astruch P., Goujard A., Le Diréach L., Rouanet E., Guidotti V. Expérimentation de dispositifs de nurseries artificielles dans la réserve marine du golfe de Beauduc : suivi 2016. Observation du benthos en plongée dans le cantonnement de pêche et dans la zone de protection de biotope [Rapport] // *Partenariat Parc naturel régional de Camargue, MIO & GIS Posidonie*, 2016, GIS Posidonie publ., Fr. : 1-27.

Auster P. J. Malatesta R. J., Langton R. W., Watling L., Valentine P. C., Donaldson C. L. S., Langton E. W., Shepard A. N., Babb I. G. The impacts of mobile fishing gear on seafloor habitats in the Gulf of Maine (Northwest Atlantic): Implications for conservation of fish populations [Article] // *Reviews in Fisheries Science*. - 1996. - p°185-202 : Vol. 4.

Binohlan C. B. Bailly N. *Alosa fallax* (Lacepède, 1803) Twaite shad [En ligne] // *Fishbase*. - 23 Juillet 2018. - <http://www.fishbase.org/summary/5355>.

Boglione C. Costa C., Giganti M., Cecchetti M., Di Dato P., Scardi M., Cataudella S. Biological monitoring of wild thicklip grey mullet (*Chelon labrosus*), golden grey mullet (*Liza aurata*), thinlip mullet (*Liza ramada*) and flathead mullet (*Mugil cephalus*) from different Adriatic sites: meristic counts and skeletal anomalies [Article] // *Ecological indicators*. - 2006. - p°712-732 : Vol. 6.

Bottari T. Rinelli P., Giordani D., Greco S. Length-weight relationship and maturity of the Atlantic mackerel *Scomber scombrus* from the Adriatic Sea (Eastern Mediterranean) [Article] // *Cahiers de biologie marine*. - 2004. - p°49-53 : Vol. 45.

Bouchereau J-L. Guelorget O. Comparison of three Gobiidae (Teleostei) life history strategies over their geographical range [Article] // *Oceanologica acta*. - 1997. - p°503-517 : Vol. 21.

Busotti S. Guidetti P. Timing and habitat preferences for settlement of juvenile fishes in the Marine Protected Area of Torre Guaceto (south-eastern Italy, Adriatic Sea) [Article] // *Italian journal of zoology*. - 2011. - p°243-254 : Vol. 78.

Campillo A. Les pêcheries françaises de Méditerranée : Synthèse des connaissances [Rapport]. - [s.l.] : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, 1993.

Cannizzaro L. Vitale S. Life cycle traits and stock assessment of *Pegusa impar* (Bennett, 1831) in the shallow coastal waters of Southwest Sicily [Article] // *Acta Adriatica*. - 2014. - p°85-100 : Vol. 55.

Chalard A. Mise en place d'un suivi de la fréquentation en mer et sur le littoral en Camargue. Rapport Master Pro Environnement Marin Aix Marseille Université - 2017 - 35 p.+annexes.

Charpentier M. Suivi du peuplement de poissons de la réserve de Beauduc (Camargue), 4 ans après la création du cantonnement de pêche [Rapport] // Rapport Master BAEMT, Université de Montpellier. - 2018 - 20 p. + annexes.

Darnaude A. M. Fish ecology and terrestrial carbon use in coastal areas: implications for marine fish production [Article] // Journal of Animal Ecology. - 2005. - p°864-876 : Vol. 74.

Darnaude A. M. Harmelin-Vivien M. L., Salen-Picard C. Food partitioning among flatfish (Pisces: Pleuronectiforms) juveniles in a Mediterranean coastal shallow sandy area [Article] // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. - 2001. - p°119-127 : Vol. 81.

Darnaude A. M. Salen-Picard C., Polunin N. V. C., Harmelin-Vivien M. L. Trophodynamic linkage between river runoff and coastal fishery yield elucidated by stable isotope data in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) [Article] // Oecologia. - 2004. - p°325-332 : Vol. 138.

Darnaude A. Thèse de doctorat : Apports fluviaux en zone côtière et réseaux trophiques marins benthiques : transfert de matière organique particulaire terrigène jusqu'aux poissons plats au large du Rhône [Rapport]. - 2003.

Ergene S. Reproduction characteristics of thinlip grey mullet, *Liza ramada* (Risso, 1826) inhabiting Akgöl-Paradeniz lagoons (Göksü Delta) [Article] // Turkish Journal of Zoology. - 2000. - p°159-164 : Vol. 24.

Félix P. M. Vinagre C., Cabral H. N. Life-history traits of flatfish in the Northeast Atlantic and Mediterranean Sea [Article] // Journal of Applied Ichthyology. - 2011 - p°100-111 : Vol. 27.

Fernandez-Zapico O. Punzon A., Serrano A., Landa J., Ruiz-Pico S., Velasco F. Environmental drivers of the distribution of the order Pleuronectiformes in the Northern Spanish Shelf [Article] // Journal of Sea Research. - [s.l.] : Elsevier, 2017. - p°217-228 : Vol. 130.

Fischer W. Schneider M., Bauchot M.-L. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche : Méditerranée et mer Noire [Ouvrage]. - Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 1987. - Vol. II.

Francour P., Nieri M., Urscheler F. Les structures anti-chaluts du golfe de Beauduc (Camargue). Campagne de suivi [Eapport] //.- 1991 - 42 p. Conseil Régional PACA, ADER PACA & GIS Posidonie. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr.1991

Grall J. Coïc N. REBENT : réseau benthique : Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier [Rapport]. - [s.l.] : Institut Universitaire Européen de la Mer, 2006.

Héloin Y. Pré inventaire qualitatif et premiers travaux sur la dynamique des poissons du golfe de Beauduc (Camargue - France) [Rapport]. - 2004.

Hiddink J. G. Johnson A. F., Kingham R., Hinz H. Could our fisheries be more productive? Indirect negative effects of bottom trawl fisheries on fish condition [Article] // Journal of Applied Ecology. - 2011. - p°1441-1449 : Vol. 48.

Ifremer Les poissons du golfe du Lion [En ligne] // Pour une pêche durable. - 23 Juillet 2015. - 27 Juillet 2018. - <https://www.ifremer.fr/peche/Le-monde-de-la-peche/La-gestion/combien/Les-tailles-minimales/Poissons-Mediterranee>.

Ilkyaz A. T. Metin G., Soykan O., Kinacigil H. T. Age, growth and sexual development of solenette, *Buglossidium luteum* (Risso, 1810), in the central Aegean Sea [Article] // Applied Ichthyology. - 12 january 2010. - pp. 436-440.

Ilkyaz A. T. Metin G., Soykan O., Kinacigil H. T. Age, growth, and reproduction of Mediterranean sculdfish, *Arnoglossus laterna* (Actinopterygii: Pleuronectiformes: Bothidae) in the East-Central Aegean Sea [Article] // *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. - 2017. - p°53-61 : Vol. 47.

IN VIVO Environnement Inventaire et cartographie des habitats marins patrimoniaux du lot Natura 2000 FR9301592 "Camargue" [Rapport]. - 2012.

Kide S. O. Analyse de la diversité et de la structuration spatio-temporelle des assemblages démersaux dans la zone économique exclusive mauritanienne // Thèse de Doctorat de l'Université d'Aix-Marseille. - Marseille : [s.n.], 2018.

Lazzari M. A. Sherman S., Kanwit J. K. Nursery use of shallow habitats by epibenthic fishes in Maine nearshore waters [Article] // *Estuarine, coastal and shelf science*. - 2003. - p°73-84 : Vol. 56.

Le Corre M. Sabatié R, Baglinière J-L. Caractérisation démographique de populations d'*Alosa fallax rhodanensis* (Clupeidae) de la Méditerranée française [Article] // *Cybum*. - 2000. - p°119-128 : Vol. 24.

Le Direach L. Bonhomme J., Astruch P., Chassaing L., Goujard A. Bonhomme P., Losson C. Création d'une réserve marine dans le golfe de Beauduc. Etat initial. Années 2014-2015 [Rapport]. - 2015.

Le Pape O. Bonhommeau S. The food limitation hypothesis for juvenile marine fish [Article] // *Fish and Fisheries*. - 2015. - p°373-398 : Vol. 16.

Le Pape O. Chauvet F., Mahévas S., Lazure P., Guérault D., Désaunay Y. Quantitative description of habitat suitability for the juvenile common sole (*Solea solea*, L.) in the Bay of Biscay (France) and the contribution of different habitats to the adult population [Article] // *Journal of Sea Research*. - 2003. - p°139-149 : Vol. 50.

Le Pape O. Modéran J, Beaunée G., Riera P., Nicolas D., Savoye N., Harmelin-Vivien M., Darnaude A.M., Brind'Amour A., Le Bris H., Cabral H., Vinadre C., Pasquaud S., França S., Kostecki C. Sources of organic matter for flatfish juveniles in coastal and estuarine nursery grounds: a meta-analysis for the common sole (*Solea solea*) in contrasted systems of Western Europe [Article] // *Journal of Sea Research*. - 2012. - p°85-95 : Vol. 75.

Lebel I. Menella J. Y., Le Corre M. Bilan des actions du plan migrateurs concernant l'aloise feinte (*Alosa fallax rhodanensis*) sur le bassin Rhône-Méditerranée-Corse [Rapport]. - 2001.

Lindeboom H. J. de Groot S. J. Impact-II: The effects of different types of fisheries on the North Sea and Irish Sea benthic ecosystems [Rapport]. - 1998.

Linnane A. Ball B., Munday B., van Marlen B., Bergman M., Fonteyne R. A review of potential techniques to reduce the environmental impact of demersal trawls [Rapport]. - Dublin : Irish Fisheries Investigations, 2000.

Louisy P. Guide d'identification des poissons marins, Europe et Méditerranée (Nouvelle Edition) [Ouvrage]. - [s.l.] : Ulmer, 2015.

Mehanna S. F. Reproductive dynamics of the common sole *Solea solea* (Linnaeus, 1758) from Bardawil lagoon, North Sinai, Egypt [Conférence] // Conference on International Research on Food Security, Natural Resource. - Tropentag 2014, Prague, Czech Republic : [s.n.], 2014.

Mehanna S. Fahmy Reproductive dynamics of the common sole *Solea solea* (Linnaeus, 1758) from Bardawil lagoon, North Sinai, Egypt [Conférence] // Tropentag 2014, Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development. - Prague, Czech Republic : [s.n.], 2014.

Mercier L. Mouillot D., Bruguier O., Vigliola L., Darnaude A. M. Multi-element otolith fingerprints unravel sea-lagoon lifetime migrations of gilthead sea bream *Sparus aurata* [Article] // Marine Ecology Progress Series. - 2012. - p°175-194 : Vol. 444.

Mérigot B. Thèse de doctorat : Analyse multi-composantes de la diversité spécifique : applications aux peuplements marins [Rapport]. - 2008.

Personnic S., Boudouresque C.F., Astruch P., Ballesteros E., Blouet S., Bellan-Santini D., Bonhomme P., Thibault-Botha D., Feunteun E., Harmelin-Vivien M., Pergent G., Pergent-Martini C., Pastor J., Poggiale J.-C., Renaud F., Thibaut T., Ruitton S. An Ecosystem-Based Approach to Assess the Status of a Mediterranean Ecosystem, the *Posidonia oceanica* Seagrass Meadow. 2014. - PLoS ONE 9(6) : e98994.

R Team Core R: A language and environment for statistical computing. - Vienna, Austria : R Foundation for Statistical Computing, 2018.

Romanelli M. Colasante A., Scacco U., Consalvo I., Finoia M. G., Vacchi M. Commercial catches, reproduction and feeding habits of *Raja asterias* (Chondrichthyes: Rajidae) in a coastal area of the Tyrrhenian Sea (Italy, northern Mediterranean) [Article] // Acta Adriatica. - 2007. - p°57-71 : Vol. 48.

Salem M. Ben Régime alimentaire de *Trachurus trachurus* et de *T. mediterraneus* (poissons, téléostéens, carangidae) de la province Atlantico-Méditerranéenne [Article] // Cybium. - 1988. - p°247-253 : Vol. 12.

Salen-Picard C. Darnaude A. M., Arlhac D., Harmelin-Vivien M. L. Fluctuations of macrobenthic populations: a link between climate-driven river run-off and sole fishery yields in the Gulf of Lions [Article] // Oecologia. - 2002. - p°380-388 : Vol. 133.

Serena F. Mancusi C., Barone M., Abella A. J. Abundance and distribution of rays in the Southern Ligurian and North Tyrrhenian Sea [Article] // Fisheries Science. - 2005.

Sousa I. Gonçalves J. M. S., Claudet J., Coelho R., Gonçalves E. J., Erzini K. Soft-bottom fishes and spatial protection: findings from a temperate marine protected area [Article] // Peer J. - 2018. - Vol. DOI 10.7717/peerj.4653.

Steven A. G. Contributions to the biology of the mackerel, *Scomber scombrus*, Mackerel migrations in the English channel and Celtic sea [Article] // Journal of the marine biological association of the United Kingdom. - 1948. - p°517-539 : Vol. 27.

Tai I. Benchrfi S., Zoubai A., Ramdani M., Yahyaoui A., Bazairi H. Contribution à l'étude de la reproduction et de la croissance de la raie étoilée *Raja asterias* Delaroche, 1809 dans la région nord atlantique marocaine en 2005 [Article] // Bulletin de l'Institut Scientifique. - Rabat : [s.n.], 2010. - p°73-80 : Vol. 32.

Team R Core R: A language and environment for statistical computing. - Vienna, Austria : R Foundation for Statistical Computing, 2018.

Teixeira C. M. Cabral H. N. Comparative analysis of the diet, growth and reproduction of the soles, *Solea solea* and *Solea senegalensis*, occurring in sympatry along the Portuguese coast [Article] // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. - 2010. - p°995-1003 : Vol. 90.

Ticina V. Matic-Skoko S. Age, growth and mortality of sculdfish (*Arnoglossus laterna* Walbaum, 1792) from the Adriatic Sea [Article] // Journal of Applied Ichthyology. - 2012. - p°836-841 : Vol. 28.

Vacquier C. [et al.] Premières investigations sur la structure spatiale et saisonnière des peuplements de poissons des fonds meubles du golfe de Beauduc (Camargue, France) [Article] // *Cybum*. - 2008. - p°253-263 : Vol. 32.

Vasconcelos R.P., Reis-Santos P., Fonseca V., Ruano M., Tanner S., Costa M.J., Cabral H.N. *Juvenile fish condition in estuarine nurseries along the Portuguese coast. Estuarine Coastal and Shelf Science* - 2009 - 82 : 128-138.

Wickham H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. - New-York : Springer-Verlag, 2016.

Woodall L. C. Otero-Ferrer F., Correia M., Curtis J. M. R., Garrick-Maidment N., Shaw P. W., Koldewey H. J. A synthesis of European seahorse taxonomy, population structure, and habitat use as a basis for assessment, monitoring and conservation [Article] // *Marine biology*. - 2018. - <https://doi.org/10.1007/s00227-017-3274-y> : Vol. 165:19.

ANNEXES

Annexe 1 : Paramètres abiotiques mesurés à différentes stations lors des 3 campagnes de pêches au filet en 2018 dans le golfe de Beauduc.

Date	Station	Profondeur	mS/cm	tdsg/L	Salinité	Do%	Domg/L	T°C	Heure
18/04/2018	6	Surface	46.07	23.04	33.90	59.2	4.88	15.01	07:17
18/04/2018		Profondeur	47.80	23.94	35.50	56.3	4.70	13.43	
18/04/2018	5	Surface	47.12	23.57	34.76	63.0	5.14	15.38	
18/04/2018		Profondeur	48.50	24.26	36.03	59.6	5.00	13.46	
18/04/2018	3	Surface	47.50	23.85	35.27	64.0	5.27	14.69	
18/04/2018		Profondeur	48.08	24.03	35.64	64.7	5.45	13.59	
18/04/2018	1	Surface	48.05	24.02	35.53	65.5	5.39	14.80	
18/04/2018		Profondeur	48.12	24.06	35.68	67.3	5.72	13.83	
18/04/2018	2	Surface	48.00	24.08	35.71	68.4	5.53	15.85	
18/04/2018		Profondeur	48.18	24.08	35.70	70.0	5.89	13.95	
18/04/2018	4	Surface	47.75	23.88	35.16	69.6	5.53	16.72	
18/04/2018		Profondeur	48.18	24.09	35.68	69.5	5.82	14.11	14:45
19/04/2018	6	Surface	46.74	23.37	34.36	67.6	5.44	16.04	
19/04/2018		Profondeur	48.64	24.30	36.08	67.7	5.68	13.50	
19/04/2018	4	Surface	45.95	22.98	33.70	69.8	5.63	16.27	
19/04/2018		Profondeur	48.05	24.03	35.61	73.3	6.11	14.04	

Date	Station	Profondeur	Salinité	T°C	Conductivité
28/06/2018	1	Surface	36.05	21.04	54.39
28/06/2018		5-6 m	38.38	18.44	57.30
28/06/2018	2	Surface	35.79	21.28	54.07
28/06/2018		5-6 m	38.53	17.81	57.28
28/06/2018	3	Surface	37.59	19.75	56.33
28/06/2018		5-6 m	38.32	18.20	57.22

Date	Station	Profondeur	Salinité	T°C	Conductivité
11/09/2018	1	Surface	39.25	23.24	58.38
11/09/2018		5-6 m	39.76	23.17	59.01
11/09/2018	2	Surface	39.56	23.24	58.78
11/09/2018		5-6 m	39.54	23.22	58.74
11/09/2018	3	Surface	39.10	22.19	58.20
11/09/2018		5-6 m	39.40	22.70	58.77
12/09/2018	1	Surface	30.12	23.40	46.42
12/09/2018		5-6 m	39.56	23.57	58.76
12/09/2018	2	Surface	32.00	23.88	48.98
12/09/2018		5-6 m	34.00	24.00	51.67
12/09/2018	3	Surface	31.00	24.10	47.70
12/09/2018		5-6 m	35.20	24.20	53.38
12/09/2018	4	Surface	32.30	23.72	49.46
12/09/2018		5-6 m	38.85	23.67	57.95
12/09/2018	5	Surface	31.70	23.67	48.63
12/09/2018		5-6 m	38.00	23.70	55.00
12/09/2018	6	Surface	31.85	23.66	48.79
12/09/2018		5-6 m	38.84	23.51	57.92

Annexe 2 : Abondance relative des espèces de poissons et d'invertébrés pêchées au filet par saison en 2014 et 2018 dans le golfe de Beauduc.

Fréquences Espèces	2014			2018		
	Hiver	Printemps	Eté	Hiver	Printemps	Eté
<i>Alosa fallax</i>	2.9%	4.7%	0.0%	8.7%	0.5%	0.0%
<i>Alosa sp.</i>	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Arnoglossus laterna</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%
<i>Boops boops</i>	1.2%	1.4%	1.0%	0.0%	0.9%	0.8%
<i>Chelidonichthys lastoviza</i>	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	2.3%	5.2%	4.7%	0.0%	2.7%	3.1%
<i>Chelidonichthys obscurus</i>	0.0%	9.9%	1.0%	4.5%	8.0%	1.4%
<i>Chelon auratus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%
<i>Chelon ramada</i>	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	0.4%
<i>Conger conger</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
<i>Dalophis imberbis</i>	0.2%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.2%
<i>Dasyatis pastinaca</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.4%
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%
<i>Diplodus annularis</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.2%
<i>Diplodus sargus</i>	3.1%	0.4%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Diplodus vulgaris</i>	0.0%	0.0%	2.6%	0.1%	0.0%	1.4%
<i>Engraulis encrasicolus</i>	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
<i>Grondin sp.</i>	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Hippocampus hippocampus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%	0.4%
<i>Homarus gammarus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Liza ramada</i>	1.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Liza saliens</i>	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Merluccius merluccius</i>	4.5%	2.3%	8.3%	0.5%	0.0%	0.0%
<i>Mugil cephalus</i>	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Mullus barbatus</i>	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.1%	0.0%
<i>Mullus sp</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
<i>Mullus surmuletus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%
<i>Mustelus mustelus</i>	0.0%	0.2%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%
<i>Myliobatis aquila</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
<i>Octopus vulgaris</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
<i>Pagellus acarne</i>	0.0%	7.7%	3.1%	0.1%	0.5%	0.0%
<i>Pagellus bogaraveo</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%
<i>Pagellus erythrinus</i>	0.2%	4.1%	4.1%	0.0%	0.1%	0.2%
<i>Pegusa impar</i>	0.0%	3.2%	3.6%	0.7%	15.4%	4.1%
<i>Pegusa lascaris</i>	0.2%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Penaeus kerathurus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%

(suite Annexe 2)

Fréquences Espèces	2014			2018		
	Hiver	Printemps	Eté	Hiver	Printemps	Eté
<i>Platichthys flesus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
<i>Pleuronectes platessa</i>	1.6%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
<i>Prionace glauca</i>	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Raja asterias</i>	20.5%	7.4%	18.7%	46.6%	44.4%	20.5%
<i>Raja montagui</i>	0.0%	0.0%	1.0%	0.1%	0.0%	0.0%
<i>Raja sp.</i>	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Sarda sarda</i>	0.0%	0.2%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Sardina pilchardus</i>	0.0%	0.4%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
<i>Sardinella aurita</i>	0.0%	4.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Sarpa salpa</i>	0.0%	0.0%	4.7%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Scomber scombrus</i>	24.8%	18.3%	2.1%	0.0%	0.1%	7.2%
<i>Scophthalmus maximus</i>	0.6%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%
<i>Scophthalmus rhombus</i>	0.0%	0.2%	6.2%	0.7%	1.8%	5.7%
<i>Sepia officinalis</i>	0.0%	0.2%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%
<i>Solea impar</i>	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Solea senegalensis</i>	1.8%	4.1%	12.4%	3.4%	7.0%	7.6%
<i>Solea solea</i>	2.9%	6.5%	9.3%	3.7%	10.1%	8.6%
<i>Solea sp.</i>	0.4%	0.2%	0.5%	0.3%	0.0%	0.0%
<i>Sparus aurata</i>	20.1%	9.5%	2.6%	4.6%	0.0%	1.2%
<i>Sphyræna viridensis</i>	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Sprattus sprattus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%
<i>Squilla mantis</i>	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	4.3%
<i>Torpedo marmorata</i>	0.8%	0.7%	3.1%	1.8%	2.2%	6.4%
<i>Torpedo torpedo</i>	4.7%	3.8%	3.1%	1.3%	1.8%	14.8%
<i>Trachinotus ovatus</i>	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Trachurus mediterraneus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.2%
<i>Trachurus picturatus</i>	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Trachurus sp</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
<i>Trachurus trachurus</i>	0.0%	1.8%	1.6%	18.7%	0.4%	8.4%
<i>Trigla sp.</i>	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Trigloporus lastoviza</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
<i>Uranoscopus scaber</i>	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Total général	100%	100%	100%	100%	100%	100%
NB items	27	32	27	28	31	27
NB espèces	23	31	26	27	30	27
NB espèces poissons	22	30	25	25	27	25

Annexe 3 : Biomasse relative des espèces de poissons et d'invertébrés pêchées au filet par saison en 2014 et 2018 dans le golfe de Beauduc.

Biomasse relative Espèces	2014			2018			Total 2014	Total 2018	Total généra
	Hiver	Printemps	Eté	Hiver	Printemps	Eté			
<i>Alosa fallax</i>	4.9%	7.0%	0.0%	16.6%	0.3%	0.0%	4.8%	8.4%	7.1%
<i>Alosa sp.</i>	4.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	0.0%	0.8%
<i>Arnoglossus laterna</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Boops boops</i>	0.4%	0.7%	0.3%	0.0%	0.2%	0.4%	0.5%	0.2%	0.3%
<i>Chelidonichthys lastoviza</i>	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	0.7%	5.4%	1.0%	0.0%	2.1%	0.7%	2.1%	0.8%	1.3%
<i>Chelidonichthys obscurus</i>	0.0%	4.1%	0.1%	0.9%	1.9%	0.2%	1.2%	1.1%	1.1%
<i>Chelon auratus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	0.0%	0.2%	0.1%
<i>Chelon ramada</i>	0.0%	0.0%	0.0%	5.1%	0.0%	1.4%	0.0%	2.8%	1.8%
<i>Conger conger</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Dalophis imberbis</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Dasyatis pastinaca</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	0.9%	0.0%	1.0%	0.6%
<i>Dicentrarchus labrax</i>	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.7%	0.0%	0.3%
<i>Diplodus annularis</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Diplodus sargus</i>	1.9%	0.3%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	0.0%	0.4%
<i>Diplodus vulgaris</i>	0.0%	0.0%	3.2%	0.0%	0.0%	1.6%	0.5%	0.3%	0.4%
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Grondin sp.</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Hippocampus hippocampus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Homarus gammarus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.1%
<i>Liza ramada</i>	0.8%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.4%
<i>Liza saliens</i>	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.1%
<i>Merluccius merluccius</i>	4.8%	4.1%	9.8%	0.8%	0.0%	0.0%	5.4%	0.4%	2.1%
<i>Mugil cephalus</i>	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.1%
<i>Mullus barbatus</i>	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Mullus sp.</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Mullus surmuletus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Mustelus mustelus</i>	0.0%	0.8%	0.0%	2.0%	3.8%	0.0%	0.2%	2.2%	1.5%
<i>Myliobatis aquila</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Octopus vulgaris</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%
<i>Pagellus acarne</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%
<i>Pagellus bogaraveo</i>	0.0%	3.4%	0.8%	0.0%	0.1%	0.0%	1.1%	0.1%	0.4%
<i>Pagellus erythrinus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Pegusa impar</i>	0.0%	2.2%	1.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.8%	0.0%	0.3%
<i>Pegusa lascaris</i>	0.0%	3.2%	2.2%	0.4%	4.1%	1.1%	1.3%	1.7%	1.6%
<i>Penaeus kerathurus</i>	0.1%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
<i>Platichthys flesus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Pleuronectes platessa</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Prionace glauca</i>	0.8%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.2%
<i>Raja asterias</i>	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
<i>Raja montagui</i>	31.6%	16.8%	27.2%	53.0%	62.3%	30.1%	26.5%	51.9%	43.3%
<i>Raja sp.</i>	0.0%	0.0%	0.4%	0.2%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%
<i>Sarda sarda</i>	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
<i>Sardina pilchardus</i>	0.0%	0.9%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	0.2%
<i>Sardinella aurita</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Sarpa salpa</i>	0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.2%
<i>Scomber scombrus</i>	0.0%	0.0%	10.6%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%	0.5%
<i>Scophthalmus maximus</i>	6.7%	5.3%	0.3%	0.0%	0.0%	2.6%	5.3%	0.5%	2.1%
<i>Scophthalmus rhombus</i>	0.6%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.4%	0.2%	0.2%
<i>Sepia officinalis</i>	0.0%	0.2%	6.1%	0.4%	0.8%	4.3%	1.0%	1.2%	1.2%

(suite annexe 3)

Biomasse relative Espèces	2014			2018			Total 2014	Total 2018	Total généra
	Hiver	Printemps	Eté	Hiver	Printemps	Eté			
<i>Solea senegalensis</i>	1.2%	5.9%	12.3%	2.8%	6.5%	9.0%	4.3%	5.1%	4.8%
<i>Solea solea</i>	1.6%	8.5%	9.7%	2.7%	8.4%	6.8%	4.9%	5.3%	5.2%
<i>Solea sp.</i>	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%
<i>Sparus aurata</i>	30.5%	14.4%	2.3%	4.0%	0.0%	2.9%	21.5%	2.5%	9.0%
<i>Sphyaena viridensis</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Sprattus sprattus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Squilla mantis</i>	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
<i>Torpedo marmorata</i>	1.7%	2.1%	4.3%	3.1%	5.0%	15.8%	2.2%	6.0%	4.7%
<i>Torpedo torpedo</i>	4.9%	7.8%	2.6%	1.3%	1.1%	17.7%	5.4%	4.2%	4.6%
<i>Trachinotus ovatus</i>	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.1%
<i>Trachurus mediterraneus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Trachurus picturatus</i>	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Trachurus sp</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Trachurus trachurus</i>	0.0%	0.7%	0.7%	5.2%	0.1%	2.5%	0.3%	3.1%	2.1%
<i>Trigla sp.</i>	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Trigloporus lastoviza</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Uranoscopus scaber</i>	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Total général	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Annexe 4 : Paramètres abiotiques mesurés à différentes stations lors des 2 campagnes de pêches au petit chalut à perche en 2017 et 2018 dans le golfe de Beauduc.

Saison chaude

Station	Profondeur	mS/cm	tds (mg/l)	Salinité	DO %	DO (mg/l)	T°C	Date
3.1	Surface	48.65	24.35	35.88	18.4	1.38	17.63	17.07.2017
	10 m	49.98	24.47	36.21	22.2	1.77	15.83	17.07.2017
5.1	Surface	49.35	24.68	36.38	22.6	1.75	17.69	17.07.2017
	10 m	49.42	24.71	36.44	23.0	1.78	15.69	17.07.2017
1.1	Surface	49.53	24.75	36.55	26.5	2.03	18.11	17.07.2017
	5 m	49.49	24.74	36.48	26.9	2.07	17.96	17.07.2017
2.1	Surface	49.40	24.72	36.47	31.1	2.41	17.58	17.07.2017
	10 m	49.34	24.71	36.47	31.4	2.46	17.24	17.07.2017
4.1	Surface	49.00	24.50	35.96	42.3	3.17	19.44	17.07.2017
	10 m	49.33	24.67	36.38	40.4	3.12	17.77	17.07.2017
3.2	Surface	44.17	21.99	31.83	58.7	4.49	19.43	18.07.2017
	10 m	49.00	24.50	36.12	56.5	4.37	17.54	18.07.2017
5.2	Surface	44.67	22.38	32.58	66.1	5.05	19.34	18.07.2017
	10 m	49.36	24.68	36.42	63.1	4.92	17.13	18.07.2017
1.2	Surface	44.11	22.07	32.01	75.2	5.74	19.53	18.07.2017
	5 m	48.80	24.41	35.85	74.3	5.66	18.63	18.07.2017
2.2	Surface	44.44	22.23	32.15	82.8	6.30	19.73	18.07.2017
	10 m	49.52	24.75	36.46	79.0	6.07	18.09	18.07.2017
4.2	Surface	46.22	23.11	33.66	85.3	6.69	19.59	18.07.2017
	10 m	49.35	24.70	36.53	81.5	6.44	16.47	18.07.2017
4.3	Surface	46.57	23.28	33.92	91.5	6.93	19.51	18.07.2017
	10 m	48.85	24.42	35.86	90.6	6.87	18.89	18.07.2017
3.3	Surface	46.73	23.35	34.02	94.1	7.16	19.47	18.07.2017
	10 m	49.34	24.62	36.47	87.3	6.93	16.27	18.07.2017
5.3	Surface	45.64	22.82	33.20	97.1	7.43	19.40	18.07.2017
	10 m	49.45	24.72	36.53	90.8	7.17	16.61	18.07.2017
1.3	Surface	45.36	22.66	32.86	97.4	7.43	19.44	18.07.2017
	5 m	49.37	24.68	36.34	91.5	7.04	18.33	18.07.2017
2.3	Surface	45.43	22.71	32.99	101.1	7.71	19.84	18.07.2017
	10 m	49.54	24.76	36.51	95.8	7.46	17.54	18.07.2017

Saison froide

29/03/2018							
Station	Profondeur	mS/cm	tds (mg/l)	Salinité	DO %	DO (mg/l)	T°C
2.1	Surface	46.10	23.06	34.10	11.8	1.00	12.47
	10 m	47.58	23.79	35.31	12.3	1.05	12.53
3.1	Surface	47.68	23.84	35.50	18.5	1.56	12.64
	10 m	48.25	24.12	35.88	18.4	1.56	12.30
4.1	Surface	47.17	23.51	35.02	23.0	1.96	12.33
	5 m	48.28	24.14	35.90	22.4	1.90	12.35
1.1	Surface	47.58	23.80	35.32	24.1	2.06	12.70
	10 m	47.89	23.95	35.64	23.7	2.00	12.47
5.1	Surface	47.33	23.66	35.11	25.5	2.16	12.42
	10 m	48.40	24.21	35.97	25.0	2.08	13.27
1.2	Surface	47.26	23.64	35.06	28.6	2.42	12.56
	10 m	47.43	23.75	35.30	28.7	2.42	12.61
5.2	Surface	47.61	23.81	35.33	30.6	2.61	12.41
INTER	10 m	48.58	24.30	36.12	28.6	2.38	13.22
4.2	Surface	46.26	23.69	35.32	32.0	2.73	12.36
	10 m	48.37	24.18	35.97	32.1	2.71	12.37
3.2	Surface	48.23	24.12	35.84	32.9	2.78	12.94
SUD	10 m	48.46	24.23	36.05	32.2	2.73	12.32
2.2	Surface	48.35	24.17	35.92	33.2	2.78	12.88
	10 m	48.81	24.40	36.28	34.6	2.88	13.16

Annexe 5 : Abondance relative par saison des espèces pêchées au chalut à perche à t0+3.

Abondance	% SC 2017	% SF 2018
<i>Arnoglossus laterna</i>	65%	27%
<i>Buglossidium luteum</i>	5%	29%
<i>Callionymus risso</i>	6%	14%
<i>Pomatoschistus minutus</i>	8%	4%
<i>Mullus surmuletus</i>	11%	0%
<i>Hippocampus hippocampus</i>	1%	10%
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	0%	8%
<i>Gobius niger</i>	1%	3%
<i>Raja</i> sp	0%	1%
<i>Pomatoschistus microps</i>	0%	1%
<i>Torpedo torpedo</i>	0%	1%
<i>Solea impar</i>	1%	0%
<i>Chelidonichthys obscurus</i>	1%	0%
<i>Conger conger</i>	0%	0%
<i>Pomatoschistus</i> sp	0%	0%
<i>Trisopterus capellanus</i>	0%	0%
<i>Pagellus erythrinus</i>	0%	0%
<i>Scophthalmus rhombus</i>	0%	0%
<i>Pagrus pagrus</i>	0%	0%
<i>Pomatoschistus norvegicus</i>	0%	0%
<i>Serranus hepatus</i>	0%	0%
<i>Trigloporus lastoviza</i>	0%	0%
<i>Atherina hepsetus</i>	0%	0%
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0%	0%
<i>Hippocampus guttulatus</i>	0%	0%
Larve	0%	0%
<i>Lepidotrigla cavillona</i>	0%	0%
<i>Myrichthys pardalis</i>	0%	0%
<i>Sardina pilchardus</i>	0%	0%
<i>Sepia officinalis</i>	0%	0%
Sprat ?	0%	0%
<i>Torpedo marmoratus</i>	0%	0%

Annexe 6 : Abondance relative des espèces pêchées au chalut à perche pendant les quatre campagnes de pêche de Beauduc. A partir de *Raja* sp. : espèces rassemblées dans « Autres ».

Abondance	% SC 2014	% SF 2015	% SC 2017	% SF 2018
<i>Arnoglossus laterna</i>	18%	29%	65%	27%
<i>Pomatoschistus minutus</i>	46%	32%	8%	4%
<i>Buglossidium luteum</i>	6%	13%	5%	29%
<i>Callionymus risso</i>	7%	9%	6%	14%
<i>Pomatoschistus</i> sp	15%	4%	0%	0%
<i>Mullus surmuletus</i>	0%	0%	11%	0%
<i>Hippocampus hippocampus</i>	0%	0%	1%	10%
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	2%	0%	0%	8%
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0%	8%	0%	0%
<i>Pomatoschistus microps</i>	3%	1%	0%	1%
<i>Gobius niger</i>	1%	0%	1%	3%
<i>Raja</i> sp	0%	0%	0%	1%
<i>Sepia officinalis</i>	0%	1%	0%	0%
<i>Torpedo torpedo</i>	0%	0%	0%	1%
<i>Hippocampus guttulatus</i>	0%	1%	0%	0%
<i>Pegusa lascaris</i>	0%	0%	1%	0%
<i>Chelidonichthys obscurus</i>	0%	0%	1%	0%
<i>Conger conger</i>	0%	0%	0%	0%
<i>Trisopterus capelanus</i>	0%	0%	0%	0%
<i>Sardina pilchardus</i>	0%	0%	0%	0%
<i>Pagellus erythrinus</i>	0%	0%	0%	0%
<i>Scophthalmus rhombus</i>	0%	0%	0%	0%
Larve	0%	0%	0%	0%
Sprat ?	0%	0%	0%	0%
<i>Pagrus pagrus</i>	0%	0%	0%	0%
<i>Pomatoschistus norvegicus</i> (?) cf	0%	0%	0%	0%
<i>Serranus hepatus</i>	0%	0%	0%	0%
<i>Trigloporus lastoviza</i>	0%	0%	0%	0%
<i>Lepidotrigla cavillona</i>	0%	0%	0%	0%
<i>Myrichthys pardalis</i>	0%	0%	0%	0%
<i>Solea impar</i>	0%	0%	0%	0%
<i>Torpedo marmoratus</i>	0%	0%	0%	0%
<i>Atherina hepsetus</i>	0%	0%	0%	0%