



RAPPORT DU PROJET PECHALO

(PECHE CHALUTIERE OCCITANE)

ETUDE DE L'IMPACT DE L'ADAPTATION DES STRATEGIES DE PECHE ET DES NAVIRES
DE LA FLOTTILLE CHALUTIERE OCCITANE POUR AMELIORER LEUR VIABILITE ET LA
DURABILITE DE L'ACTIVITE.

Auteures : Sophie Leforestier, Sigrid Lehuta, Stéphanie Mahévas, Angélique
Jadaud, Sandrine Vaz

IFREMER

Projet financé par le programme des interventions territoriales de l'état (PITE)

- 2019 -

contact : sandrine.vaz@ifremer.fr



Fiche documentaire

Titre du rapport : Rapport du projet PECHALO (Pêche Chalutière Occitanie) : Etude de l'impact de l'adaptation des stratégies de pêche et des navires de la flottille chalutière occitane pour améliorer leur viabilité et la durabilité de l'activité	
Référence interne : RBE/EMH/MARBEC/2020 Diffusion : ☒ libre (internet) ☐ restreinte (intranet) – date de levée d'embargo : AAA/MM/JJ ☐ interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ	Date de publication : 2020/03/02 Version : 1.0.0 Référence de l'illustration de couverture Langue(s) : Français
Résumé/ Abstract : Dans le Golfe du Lion, le mauvais état des stocks de petits pélagiques a entraîné à partir de 2009 un report de l'activité chalutière pélagique vers les pêcheries démersales. Cette augmentation de la pression de pêche sur les espèces démersales ne facilite pas l'amélioration de l'état de la population de merlu dont le niveau d'exploitation est actuellement 12 fois supérieur au niveau estimé comme durable. En 2018, de nouvelles mesures complémentaires ont été proposées (réduction de l'effort de pêche, fermeture de zones) afin d'assurer un retour au Rendement Maximum Durable du merlu d'ici 2020. Cependant à ce jour les conséquences de ces mesures de gestion sur la pêcherie sont difficilement prévisibles. Une approche basée sur un simulateur de dynamique de stock et de flottilles (ISIS-FISH) permet d'étudier l'effet de ces différentes propositions sur la dynamique du merlu et sur la valeur des captures des autres espèces qui ont servi de proxy à la viabilité de la pêcherie. Les effets des scénarios ont été analysés sur la base de la biomasse de Merlu, les captures de Merlu par Pays et les revenus des flottilles françaises à court terme (1 an après la mise en place du scénario) et à moyen terme (5 ans après la mise en place du scénario). Il en ressort que -les scénarios de fermeture de zones se démarquent des scénarios de réduction d'effort dans leur incapacité à apporter conjointement un gain économique et biologique. L'amélioration de l'un conduisant systématiquement à la perte de l'autre. Certains scénarios de fermetures de zones entraînent des pertes en revenus pour les flottilles françaises mais des gains pour certaines flottilles espagnoles (les palangriers). En outre, les reports d'effort de pêche des chalutiers lors des fermetures de zones augmentent la compétition pour l'accès à la population de merlu dans des zones de pêche des fileyeurs induisant des pertes de revenus pour ce segment de flottille. Les scénarios de réduction d'effort se démarquent des autres scénarios par leur capacité à provoquer des gains biologiques et économiques pour toutes les flottilles. Ils présentent en plus l'avantage d'être plus robustes aux incertitudes testées. L'ensemble de ces résultats sont à interpréter conditionnellement aux hypothèses faites dans le modèle comme celle d'un recrutement constant (pas de relation stock-recrutement ni de variabilité interannuelle aléatoire) et une stabilité des stratégies de pêche (pas de changement de métiers par rapport à 2017) sur les 5 années de simulation 2020-2024.	
Mots-clés/ Key words : Pêcherie chalutière, Occitanie, gestion durable, viabilité, merlu, ISISFISH	

Comment citer ce document :

Leforestier, S., Lehuta S., Mahévas, S., Jadaud, A., Vaz, S., 2020. Rapport du projet PECHALO (Pêche Chalutière Occitanie) : Etude de l'impact de l'adaptation des stratégies de pêche et des navires de la flottille chalutière occitane pour améliorer leur viabilité et la durabilité de l'activité

Disponibilité des données de la recherche :

<https://pechalo-results.isis-fish.org/Scripts/>

DOI :
Commanditaire du rapport : DREAL Occitanie
Nom / référence du contrat :

☐ Rapport intermédiaire (réf. bibliographique : XXX)

☒ Rapport définitif (réf. interne **du rapport intermédiaire** : R.DEP/UNIT/LABO AN-NUM/ID ARCHIMER)

Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit (programme européen, campagne, etc.) :

Auteur(s) / adresse mail
Affiliation / Direction / Service, laboratoire

Sophie Leforestier

IFREMER/RBE/EMH

Sigrid Lehuta

IFREMER/RBE/EMH

Stéphanie Mahévas

IFREMER/RBE/EMH

Angélique Jadaud

IFREMER/RBE/MARBEC/LHM

Sandrine Vaz

IFREMER/RBE/MARBEC/LHM

Encadrement(s) :

Destinataire :

Validé par :

TABLE DES MATIERES

Contexte.....	6
Flottille chalutière du Golfe du Lion	6
Contexte économique	6
Contexte réglementaire	7
Contexte scientifique	7
Objectifs du projet PECHALO	8
Paramétrisation du modèle	9
Paramétrisation du modèle biologique	9
Paramétrisation du module lié à l'activité de pêche	10
Calibration.....	13
Méthode	13
Une calibration en plusieurs étapes	13
ProjectionS.....	20
Evaluation des scénarios de gestion et analyse d'incertitude	21
Présentation des scénarios à tester.....	21
Scénarios de réduction des coûts en carburant	21
Scénarios de réduction d'effort de pêche	22
Scénarios de fermetures spatio-temporelles	24
Scénario couplé	25
Métriques étudiées.....	27
Etude de l'impact des scénarios de gestion sur la simulation de référence.....	30
Résultats du modèle reproduisant bien les captures (Mod-Captures)	30
Scénarios de réduction des coûts en carburant	30
Scénarios de réduction d'effort de pêche « simple »	31
Autres scénarios de réduction d'effort	32
Scénarios de fermetures spatio-temporelles	33
Tableau bilan	34

Résultats comparés du modèle reproduisant bien la biomasse (Mod-Abondance).....	36
Analyse d'incertitude	36
Discussion et conclusion	39
Interface web d'exploration des résultats	41
Bibliographie	42
Annexes.....	43

CONTEXTE

FLOTTILLE CHALUTIERE DU GOLFE DU LION

CONTEXTE ECONOMIQUE

En Méditerranée continentale française, la flottille chalutière est constituée d'une soixantaine de navires de 18 à 25m. La flottille se répartit sur l'ensemble de la façade avec une concentration plus forte sur l'Occitanie (65%). Relativement homogène, cette flottille est composée de deux types de navires : des chalutiers de 18 à 24m pour environ 50% de la flottille et des navires de 24 à 25m pour le reste de la flottille. Deux engins sont utilisés pour le chalutage de fond, le chalut à panneaux classique (OTB) et le chalut jumeau (OTT) avec un maillage de 40 mm en mailles carrées ou 50 mm losange, mais la polyvalence des navires permet également d'utiliser le chalut pélagique à 4 panneaux (OTM).

L'effort de pêche se répartit majoritairement en zone côtière entre 3 et 12 milles nautiques (40% de l'effort total) en lien direct avec la réglementation qui limite la durée des sorties entre 12 et 15h. Cette faible durée des sorties limite les possibilités de gestion spatiale des zones de pêche même si globalement, l'effort de pêche se répartit sur l'ensemble du plateau continental du golfe du Lion (données SIH 2017). Ce mode d'exploitation de pêche à la journée résulte en un temps important passé en route. Compte tenu de cette contrainte journalière et de la puissance de la motorisation des navires, la consommation en carburant des bateaux est très importante (jusqu'à 2500 litres par jour) (AMOP, 2015).

Avec des volumes débarqués en criée de l'ordre de 10000 tonnes par an, pour un chiffre d'affaire d'environ 35 M€, la flottille chalutière représente "l'ossature" de la filière (Baranger et al., 2017). Les apports réguliers en espèces démersales permettent la structuration des marchés et le fonctionnement des coopératives et halles à marée. Il s'agit du seul marché organisé et contrôlé (données intégrées au réseau Inter Crie) qui représente plusieurs centaines d'emplois indirects. Les 10 espèces principales en valeur (Leblond et al., 2014), ici classées en volume, sont les poulpes (*Octopus* et *Eledone*, 1148 t, 21%), le merlu (657 t, 12%), le maquereau (594 t, 11%), le capelan (455 t, 8%), les calmars (211 t, 4%), la baudroie (162 t, 3%), le rouget (144 t, 3%), la sole (60 t, 1%).

Alors qu'en 2008, la production totale de Méditerranée française représentait environ 16 000 T (dont plus de 50% de poisson bleu : sardine et d'anchois), les données observées en 2017 permettent de constater des débarquements totaux inférieurs à 10 000 T, constitués de moins de 30% de poisson bleu. Parallèlement, le nombre de chalutiers s'est réduit de près de 50% en 10 ans. Ces tendances s'expliquent par plusieurs contraintes bien identifiées (Wendling et al., 2019) :

- la dépendance énergétique de cette flottille (coût gasoil représentant 30 à 50% du CA) ;
- le prix des produits de la mer en première vente ;
- la raréfaction du poisson bleu en raison des modifications environnementales ;
- la diminution des débarquements de certaines espèces démersales telles que le merlu et les baudroies ;
- le renforcement brutal des contraintes réglementaires (quota d'effort de pêche, plan de gestion, etc.).

Dans le Golfe du Lion, le mauvais état des stocks de petits pélagiques a entraîné à partir de 2009 un report de l'activité chalutière pélagique vers les pêcheries démersales. Cette augmentation de la pression de pêche sur les espèces démersales ne facilite pas l'amélioration de l'état de la population de merlu dont le niveau d'exploitation est actuellement 12 fois supérieur au niveau estimé comme durable (Certain et al., 2018). En

2018, de nouvelles mesures complémentaires ont été proposées (réduction de l'effort de pêche, fermeture de zones) afin d'assurer un retour au Rendement Maximum Durable du merlu d'ici 2020. Cependant à ce jour les conséquences de ces mesures de gestion sur la pêcherie sont difficilement prévisibles.

CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Les flottilles chalutières du Golfe du Lion sont soumises à des contraintes fortes, réglementant la taille des navires et leur puissance (Bigot, 2014). A l'heure actuelle, seuls les navires de plus de 18m de longueur totale sont autorisés à pêcher et les chalutiers ne sont pas autorisés à utiliser un autre engin que le chalut (chalutier exclusif) pour diversifier leur activité.

L'espèce démersale principale capturée par cette flottille est le merlu et représente autour de 20% seulement des captures (dont le mélange est composé de plus de 30 espèces différentes). L'exploitation durable de cette espèce reste cependant l'objectif de gestion principal du fait de sa grande fragilité actuelle (Tourjansky, 2016). Le postulat de gestion est que l'amélioration du diagramme d'exploitation de cette espèce de grande taille profitera indirectement également à d'autres espèces exploitées par chalutage et dont les états sont pour l'heure mal connus.

La pêche au chalut est interdite les samedis, dimanches et jours fériés. A l'heure actuelle, le régime d'effort (nombre total de jours en mer) est plafonné et est en moyenne de 196 jours par an et par navire (de Lambert des Granges, 2013). Ces dispositions seraient maintenues dans le plan de gestion pluriannuel en cours de négociation au niveau Européen (Eugenia, 2019) qui prévoit en outre des réductions d'effort n'excédant pas 10% par an mais des contraintes spatio-temporelles fortes pour protéger les juvéniles de merlu.

Ces évolutions réglementaires ne prévoient pas d'évolution sur les maillages même si l'amélioration de la sélectivité reste un objectif important.

CONTEXTE SCIENTIFIQUE

Dans le cadre du projet FFP Galion, une première application simple utilisant la plateforme de simulation ISIS-Fish a été développée pour décrire la population de Merlu et les flottilles chalutières qui l'exploitent (Genu, 2019).

Codé en langage JAVA, ISIS-Fish est un simulateur de pêcherie complexe conçu pour étudier l'impact de scénarios de gestion sur les ressources et les pêcheries. Cette plateforme de modélisation est spatialisée selon une grille régulière et se compose de trois modules (cf. figure 1) qui interagissent à chaque pas de temps (chaque mois) :

- Un module de dynamique de population dans lequel les processus biologiques sont représentés ;
- Un module de dynamique de l'activité de pêche décrivant l'effort de pêche des différentes flottilles représentées ;
- Un module dédié aux mesures de gestion pouvant être appliquées aux différentes flottilles.



Figure 1 : Représentation schématique du fonctionnement de la plateforme de modélisation ISIS-Fish.

Le projet GALION a reçu un soutien fort des professionnels des pêcheries chalutières du Golfe du Lion (AMOP, OP-sud, Sathoan) qui ont pu se familiariser avec l'outil de modélisation et ont participé à la co-construction des scénarios de gestion alternative de cette pêcherie. La version précédente de l'application ISIS-Fish dans le golfe du Lion décrit uniquement l'effort de pêche observé des pêcheries démersales et leur incidence directe sur le merlu. La version précédente ne comporte cependant pas de description de la valeur économique des autres espèces capturées (représentant pourtant 80% de la capture),.

OBJECTIFS DU PROJET PECHALO

L'étude proposée vise à poursuivre la paramétrisation du modèle ISIS-Fish du Golfe du Lion développé dans le cadre du projet GALION et d'y intégrer des données économiques relatives à la valeur des captures et aux coûts en carburant. Une fois le modèle calibré, l'objectif est de tester l'impact de nouvelles mesures de gestion sur i) la dynamique de la population de merlu ainsi que ii) sur les revenus générés par les captures et la consommation en carburant des flottilles. A l'heure actuelle, de nombreuses incertitudes existent autour de l'écologie et la dynamique du stock du merlu du Golfe du Lion. La conséquence de ces paramètres incertains sur les résultats des scénarios de gestion est également étudiée *via* une analyse d'incertitude (figure 2).



Figure 2 : Représentation schématique des objectifs du projet PECHALO.

PARAMETRISATION DU MODELE

PARAMETRISATION DU MODELE BIOLOGIQUE

Le modèle ISIS-Fish du Golfe du Lion est structuré en **six classes d'âge** allant de 0 à 5+ (comprenant les individus de 5 ans et plus).

L'équation de **croissance**, la **relation taille-poids**, l'**ogive de maturité** ainsi que la **mortalité naturelle** sont les mêmes que celles reportées par le rapport d'évaluation de ce stock (*ANNEXE 1*).

Le **recrutement annuel** utilisé dans cette application ISIS-Fish est directement issu de l'évaluation de stock pour les années 2015, 2016 et 2017 (Certain et al., 2018) (figure 3). En projection on utilise la moyenne 2015-2017.

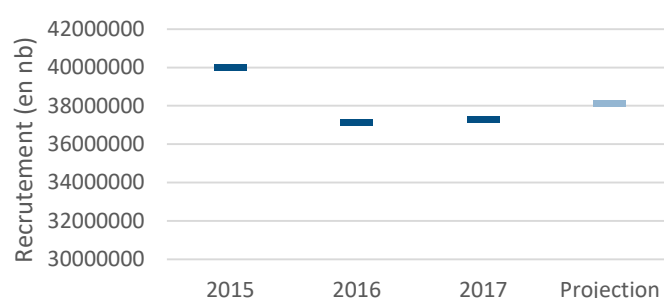


Figure 3 : Valeurs de recrutement issues du dernier rapport d'évaluation de stock pour les années 2015, 2016 et 2017. Pour la projection (après 2017), le recrutement est égal à la moyenne du recrutement sur les années 2015, 2016, 2017.

Contrairement aux hypothèses du modèle d'évaluation, dans ce modèle ISIS-Fish, le recrutement arrive progressivement au cours d'une année. Cette hypothèse diffère de celle du modèle d'évaluation et a nécessité un réajustement de la mortalité de l'âge 0 (calcul détaillé en *ANNEXE 1*). La **distribution trimestrielle du recrutement** a été estimée dans le cadre du projet GALION à partir de la structure en taille des captures sur la période 2010-2015, en considérant que les recrues ont une taille comprise entre 8 et 18 cm (Genu, 2019). La majorité du recrutement entre dans la pêche aux deuxième et troisième trimestres (*ANNEXE 2*).

Deux **zones de distribution** des merlus sont représentées (figure 4) : le plateau continental et la zone des canyons (au-delà de 200m de profondeur). La distribution spatiale des différentes classes d'âge de merlu au sein de ces deux zones est basée sur les données de campagnes MEDITS (Jadaud, 1994). On fait l'hypothèse qu'en dehors de la connectivité au stade larvaire, il n'y a pas d'échange entre les deux zones.

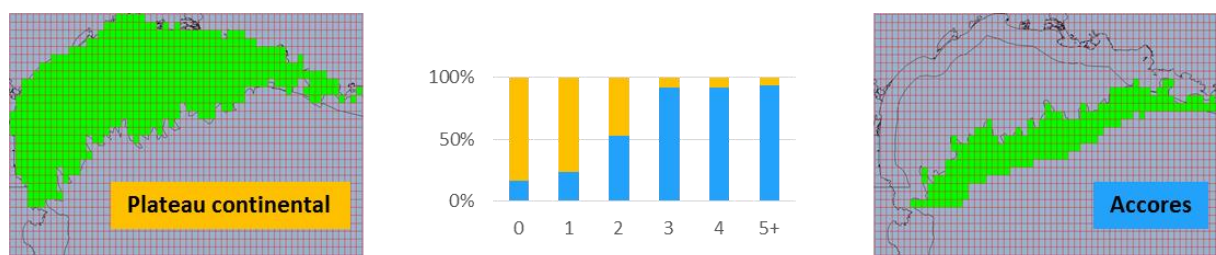


Figure 4 : Distribution spatiale des merlus des différents groupes d'âge au sein des deux zones de population représentées dans le modèle : le plateau continental (en jaune) et les Accores (en bleu).

Le modèle est initialisé avec un nombre de merlus par âge directement tiré de l'évaluation de stock (effectifs de 2015, Certain et al., 2018) et leur répartition par zone de population (plateau et accores) dérivée des observations MEDITS (Genu, 2019).

Tableau 1 : Effectifs initiaux par classe d'âge.

Groupe d'âge	Plateau continental	Accores
0*	0	0
1	2033027	6673153
2	642042	567548
3	18060	1540
4	1078	92
5	28	2

**ATTENTION ! Afin de ne pas doubler l'abondance du premier groupe d'âge en comptant à la fois les effectifs initiaux et le recrutement, l'abondance du premier groupe d'âge a été fixée à 0. Elle est initialisée par la relation stock-recrutement décrite dans le modèle (distribution saisonnière et spatiale du recrutement et recrutement en nombre de poissons).*

PARAMETRISATION DU MODULE LIE A L'ACTIVITE DE PECHE

Dans cette présente application ISIS-Fish, la pêche chalutière française du Golfe du Lion est organisée en **flottes**, définies par un secteur d'attache et une taille de navire.

Les secteurs d'attache sont regroupés en fonction de leur proximité géographique à l'un des six principaux **ports de pêche** de la zone du Golfe du Lion sont représentés dans le modèle (figure 5).

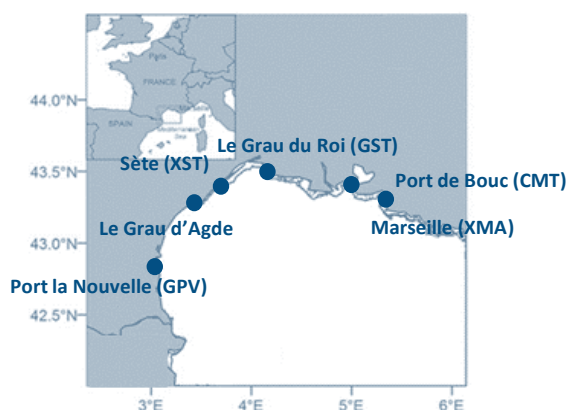


Figure 5 : Ports de pêche représentés dans le modèle.

Deux **tailles de navire** sont représentées : les chalutiers de 18 à 24m et ceux de 24 à 40m.

Deux autres flottes de pêche sont également représentées de manière plus grossière : la pêche espagnole et les fileyeurs français, ces derniers ayant été rajoutés à la suite du projet GALION.

Au sein d'une même flottille, les navires peuvent avoir différentes **stratégies**, c'est-à-dire différentes combinaisons de métiers pratiqués au cours de l'année. Au sein d'une stratégie, on suppose que tous les navires adoptent le même comportement.

Les **métiers** sont couramment définis par la combinaison d'une espèce cible, d'un engin et d'une zone de pêche. Dans cette application, seul le merlu est considéré explicitement. Les métiers sont donc caractérisés par un engin ainsi qu'un port et une taille de navire dont l'association est supposée être un bon proxy de la zone de pêche (figure 6).

Les **engins** représentés dans le modèle sont : les chaluts à panneaux (OTB), les chaluts jumeaux (OTT), les chaluts pélagiques (OTM), les palangriers (LLS, regroupant les LLS et LLD) ainsi que les fileyeurs (GNS, regroupant les GNS et GTR).

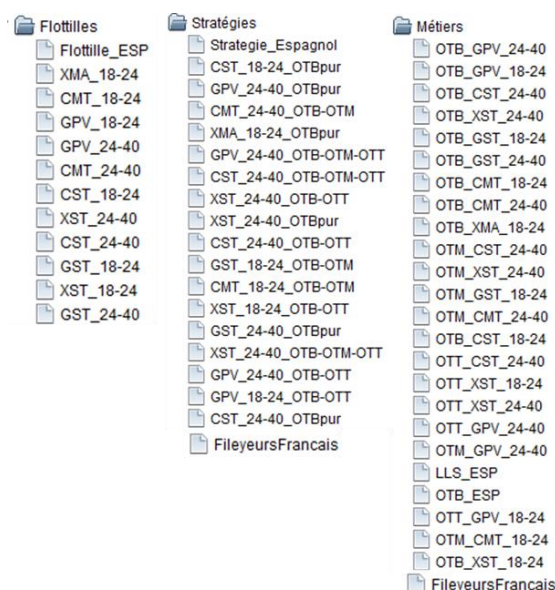


Figure 6 : Flottes (port_taille), stratégies (port_taille_combinaison d'engins) et métiers (engin_port_taille) représentés dans le modèle.

Une **zone de pêche** a été délimitée pour chaque métier à partir des données géolocalisées des navires (cf. ANNEXE 3).

L'**effort de pêche effectif** (par mois, métier et groupe d'âge) calculé dans ISIS-Fish est obtenu *via* la multiplication d'un certain nombre de facteurs :

- L'**effort de pêche nominal** correspondant au temps de pêche passé sur chaque métier et calculé à partir du nombre de bateaux annuel de la stratégie, du temps de pêche moyen d'un navire de la stratégie par an et de la proportion du temps de pêche passé sur chaque métier par mois. Les données SACROIS ont été utilisées pour paramétrer l'effort de pêche nominal.
- La **sélectivité** de l'engin fixée à 1 pour toutes les classe d'âge de merlu pour les chaluts qui sont supposés capturer indifféremment les merlus des différentes classes d'âge dans cet exercice. Pour les palangriers et les fileyeurs, les équations de sélectivités ont été établies à partir de la structure en âge des captures sur les années 2015-2017. Les palangriers espagnols exploitent les merlus des classes d'âge 3, 4 et 5+ alors que les fileyeurs n'exploitent quasiment exclusivement que les merlus d'âge 1 et 2 (ANNEXE 4).
- Le **facteur de ciblage** du métier caractérisant l'intensité avec laquelle le métier exerce une pression de pêche sur une espèce par rapport aux autres métiers. Pour les métiers français, ce facteur avait été estimé dans le projet GALION comme étant l'effet métier d'un modèle linéaire reliant les CPUE à un certain nombre de facteurs (ANNEXE 5). Pour les métiers espagnols (OTB_ESP et LLS_ESP) ainsi que les

fileyeurs français (GNS_FRA), l'absence de données précises n'a pas permis d'estimer les facteurs de ciblage de cette manière. Ces trois paramètres ont donc été estimés par la calibration.

- La **capturabilité** des différentes classes d'âge, déterminant la disponibilité de la ressource à la pêche, est une notion biologique difficilement mesurable. Les six paramètres de capturabilité aux âges ont donc été estimés par calibration.

CALIBRATION

METHODE

Le but de cette application ISIS-Fish est de reproduire de manière simplifiée la dynamique de la population de merlu et des flottilles chalutières qui l'exploitent dans le Golfe du Lion. La calibration est une étape clé dans le développement de modèles complexes et intervient après l'intégration de la connaissance disponible. Cette étape consiste à faire en sorte que le modèle soit le plus réaliste possible en déterminant la combinaison de paramètres en entrée permettant de reproduire le mieux possible des observations de la pêche.

Dans cette application, la calibration a été effectuée en explorant l'espace des valeurs possibles des paramètres à l'aide d'un échantillonnage par hypercube latin (ou Latin Hypercube Sampling, LHS). Cette méthode consiste à générer un grand nombre de combinaisons de valeurs de paramètres, en remplissant de manière optimale l'espace des valeurs possibles des paramètres. Pour chaque combinaison de valeurs, une simulation est lancée en utilisant la combinaison de valeurs comme paramètres d'entrée du modèle. Les données simulées sont ensuite comparées aux données observées (captures, abondance, etc.) par le biais d'une fonction objectif (FO) qui mesure l'écart entre les données observées et simulées. La combinaison de valeurs de paramètres finalement choisie est celle permettant d'obtenir le minimum de la fonction objectif.

Dans cette application, le modèle a été calibré sur des données de captures (en nombre) issues du CSTEP et sur des estimations d'abondance (en nombre) issues du dernier rapport d'évaluation de stock. La calibration a été réalisée sur les années 2015, 2016 et 2017.

UNE CALIBRATION EN PLUSIEURS ETAPES

La calibration du modèle ISIS-Fish utilisé dans cette application a nécessité plusieurs étapes dont les principales sont détaillées ci-dessous (des graphiques complémentaires sont présentés dans l'[ANNEXE 6](#)) :

ETAPE 1.

Dans un premier temps, un LHS de 5000 points de dimension 9 a été réalisé (correspondant aux six paramètres de capturabilité aux âges et aux trois facteurs de ciblage) (tableau 3). Le domaine des valeurs possibles s'étend de 0 à 2 ([0 ;2]) pour les paramètres de capturabilité et de 0 à 10 ([0 ;10]) pour les facteurs de ciblage. Dans cette première étape, dix FO partielles de la forme $\Sigma(\text{Captures observées} - \text{Captures simulées})^2$ ont été calculées à différentes échelles d'agrégation (selon le pays, l'année, le trimestre et le groupe d'âge, table 2). En fonction des valeurs obtenues avec chaque FO partielle, un rang est attribué à chaque point du LHS. Plus le rang est petit, plus le point permet de se rapprocher des observations et meilleur est le point du LHS. La combinaison de valeurs (point du LHS) finalement choisie est celle dont la moyenne des rangs sur les différentes FO est la plus petite, *i.e.* la combinaison de valeurs donnant le meilleur compromis entre toutes les FO calculées (tableau 2). Pour ces premières étapes, on effectue également deux types de vérification des valeurs choisies : d'une part on confronte les sorties de simulation à d'autres observations disponibles (abondance aux âges, captures par engin et saison) et d'autre part on vérifie qu'utilisée en projection sur dix ans, la combinaison de valeurs choisie produit une tendance de biomasse de merlu réaliste.

Tableau 2 : Echelles d'agrégation utilisées dans le calcul de chacune des dix FO partielles.

	Total	Country	Year	Quarter	Age
FO1	x				
FO2			x		
FO3		x	x		
FO4		x	x	x	
FO5		x	x	x	x
FO6			x		x
FO7		x			
FO8		x			x
FO9		x	x		x
FO10		x		x	

Tableau 3 : Récapitulatif de la première étape de calibration.

Etape 1.									
Paramètres à calibrer	q0	q1	q2	q3	q4	q5	TF_OTB	TF_LLS	TF_GNS
Bornes délimitant l'espace d'exploration	0 - 2						0 - 10		
Nombre de simulations	5 000 simulations								
FO	10 FO $\Sigma(\text{Captures observées} - \text{Captures simulées})^2$								
Données observées	Captures /pays /an /trimestre /groupe								
Solution	0,17	1,06	0,88	0,44	0,73	1,79	0,6	0,19	4,14

La combinaison de valeurs des paramètres finalement sélectionnée permet une bonne reproduction des volumes de captures, à l'exception des captures des fileyeurs français qui sont systématiquement surestimées (figure 7). Cela indique que le TF des fileyeurs est probablement surestimé et que la méthode ne permet pas de l'estimer conjointement avec les autres paramètres.

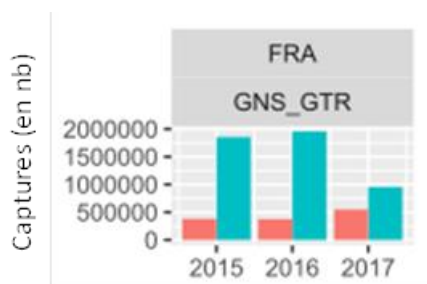


Figure 7 : Captures annuelles des fileyeurs français observées (en rouge) vs simulées avec la combinaison de valeurs choisie (en bleu) sur la période 2015-2017.

ETAPE 2.

La démarche a donc ensuite consisté à rechercher, parmi les 5000 simulations, celle permettant de reproduire le mieux possible les captures des fileyeurs français et à retenir comme estimation de TF_GNS, celui utilisé dans cette simulation. On reproduit ensuite l'étape 1 avec un LHS de 5000 simulations et 8 dimensions, en fixant le TF_GNS à la valeur de la simulation précédemment sélectionnée (tableau 4).

Tableau 4 : Récapitulatif de la deuxième étape de calibration.

Etape 2.								
Paramètres à calibrer	q0	q1	q2	q3	q4	q5	TF_OTB	TF_LLS
Paramètre fixé	TF_GNS = 1.74							
Bornes délimitant l'espace d'exploration	0 - 2						0 - 5	0 - 20
Nombre de simulations	5 000 simulations							
FO calculée	10 FO $\Sigma(\text{Captures observées} - \text{Captures simulées})^2$							
Données observées	Captures /pays /an /trimestre /groupe							
Solution	0,18	1,42	0,97	1,2	0,79	1,83	0,19	12,68

La simulation sélectionnée permet une bonne reproduction des volumes de captures bien que les captures espagnoles soient surestimées (environ +30%). L'abondance totale simulée par le modèle est du même ordre de grandeur que celle évaluée par le groupe d'experts. Toutefois, les résultats de la simulation dénotent une tendance croissante de la population contrairement à l'évaluation de stock qui met en avant une population décroissante. La croissance visible de la population sur la période 2015 à 2017 a des répercussions dans la phase projection et conduit à une population qui continue de croître avant de se stabiliser à un niveau élevé, jugé non réaliste compte tenu de l'état actuel du stock (figure 8).

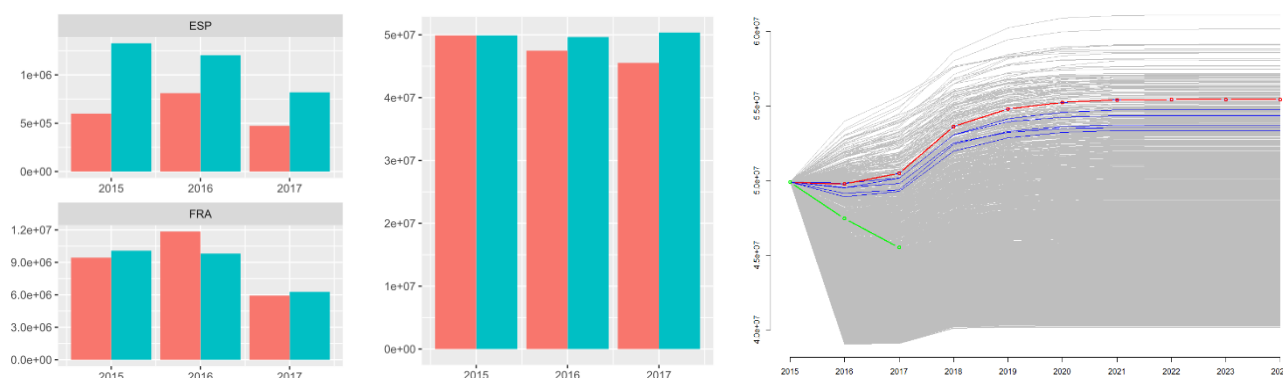


Figure 8 : Captures annuelles observées (rouge) vs simulées (bleu) (à gauche). Abondance en janvier évaluée (rouge) vs simulée (bleu) (au milieu). A droite, projection sur dix ans de l'abondance de la meilleure simulation choisie (rouge), de l'abondance évaluée (vert). En bleu sont représentées les dix meilleures simulations du LHS.

ETAPE 3.

Les précédents résultats ont mis en évidence la difficulté à reproduire à la fois les volumes de captures et l'abondance de la population de merlu, et ce, dès le premier groupe d'âge. Ainsi, le choix a été fait d'une calibration séquentielle, en estimant dans un premier temps les paramètres liés au premier groupe d'âge de manière à bien reproduire les captures de l'âge 0 et l'abondance de l'âge 1. La seconde séquence consistera ensuite à fixer les paramètres du premier groupe d'âge puis estimer les paramètres des autres groupes d'âge.

Dans ce présent exercice de modélisation, le premier groupe d'âge est directement dépendant du recrutement, qui est forcé chaque année à la valeur issue de l'évaluation de stock et réparti chaque mois de l'année selon une distribution trimestrielle (cf. ANNEXE 2).

Afin de s'ajuster au mieux aux captures et à l'abondance du premier groupe d'âge, la distribution ainsi que la valeur annuelle du recrutement ont été réestimées *via* la calibration. Les paramètres estimés dans cette étape sont : le paramètre de capturabilité du premier groupe d'âge (q_0), les paramètres de distribution trimestrielle du recrutement (Rec_Ti), en faisant en sorte que la somme des Rec_Ti soit égale à 1, ainsi que les paramètres de correction du recrutement annuel ($Rec15$, $Rec16$ et $Rec17$). On construit cette fois deux fonctions d'objectif comparant les captures du premier groupe d'âge (uniquement des chalutiers français) et l'abondance du groupe d'âge 1 (tableau 5).

Tableau 5: Récapitulatif de la troisième étape de calibration.

Etape 3.								
Paramètres à calibrer	q0	Rec_T1	Rec_T2	Rec_T3	Rec_T4	Rec15	Rec16	Rec17
Bornes délimitant l'espace d'exploration	0-1	0 - 1 ($\Sigma \text{ Rec_Ti} = 1$)				0.5 -1.5		
Nombre de simulations	8000							
FO calculée	2 FO $\Sigma(\text{C. observées} - \text{C. simulées})^2$ & $\Sigma(\text{Ab. évaluées} - \text{Ab. simulées})^2$							
Données observées	Captures des chalutiers français du groupe d'âge 0 /an /trimestre /engin Abondance du groupe d'âge 1 /an							
Solution	0.18	0.17	0.41	0.32	0.09	0.95	0.89	0.56

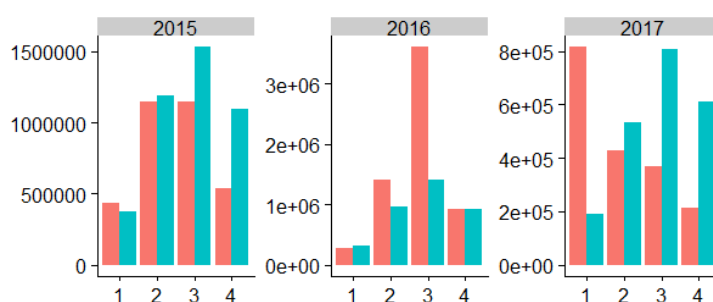


Figure 9 : Comparaison des captures trimestrielles (âge 0) des chalutiers français observées (rouge) vs simulées (bleu), sur la période de calibration 2015-2017.

Le modèle ne parvient pas à reproduire la saisonnalité observée des volumes de captures, dont le patron diffère sur les trois années de calibration (figure 9).

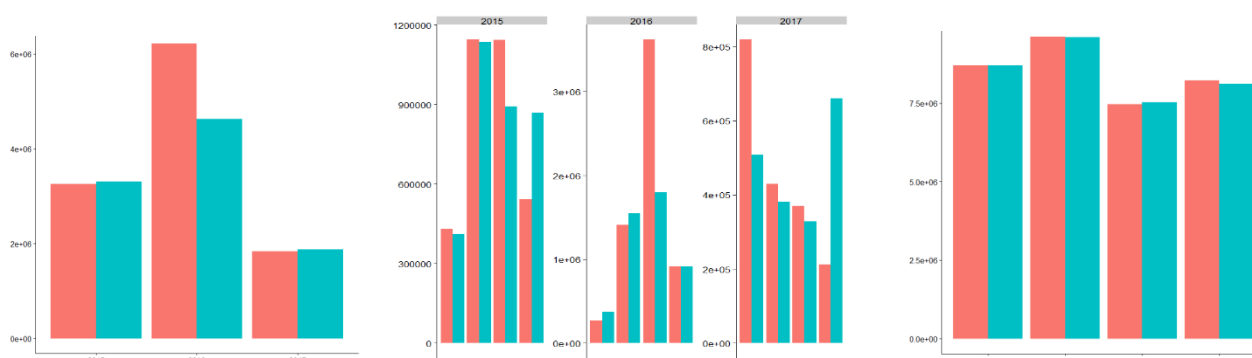
Deux solutions ont été envisagées : i) corriger la saisonnalité du recrutement (en faisant l'hypothèse qu'elle reste la même sur les 3 années de calibration) et ii) ajouter de la variabilité interannuelle dans la distribution du recrutement, *i.e.* déterminer une distribution du recrutement par an pour ajuster le mieux possible les captures à celles observées. La première solution n'a pas permis d'améliorer les résultats de calibration, la suite s'est donc basée sur l'ajout d'une variabilité interannuelle dans la distribution du recrutement (cf. étape 4).

ETAPE 4.

Dans cette étape, quinze paramètres ont été estimés : les paramètres de distribution trimestrielle du recrutement pour chacune des trois années et les paramètres de correction du recrutement annuel. Le paramètre de capturabilité q_0 étant fixé à la valeur trouvée précédemment (cf. étape 3) (tableau 6).

Tableau 6 : Récapitulatif de la quatrième étape de calibration.

Etape 4.															
Paramètres à calibrer	RecT1_15	RecT2_15	RecT3_15	RecT4_15	RecT1_16	RecT2_16	RecT3_16	RecT4_16	RecT1_17	RecT2_17	RecT3_17	RecT4_17	Rec15	Rec16	Rec17
Bornes délimitant l'espace d'exploration	0 - 1 ($\sum \text{Rec_Ti} = 1$)				0 - 1 ($\sum \text{Rec_Ti} = 1$)				0 - 1 ($\sum \text{Rec_Ti} = 1$)				0.5 - 1.5		
Paramètre fixé	q0 = 0.18														
Nombre de simulations	10000														
FO	$\sum (\text{Captures observées} - \text{Captures simulées})^2 + \sum (\text{Abondance évaluée} - \text{Abondance simulée})^2$														
Données observées	Captures des chalutiers français du groupe d'âge 0 /an /trimestre /engin & Abondance du groupe d'âge 1 /an														
Solution	0.22	0.44	0.04	0.3	0.17	0.61	0.21	0.01	0.43	0.014	0.095	0.46	0.8	1.07	0.59



A l'issue de cette étape de calibration, les captures annuelles des âges 0 et l'abondance des âges 1 sont satisfaisantes. L'ajout d'une variabilité interannuelle dans la distribution du recrutement a permis de mieux reproduire la saisonnalité des captures observées sur les années 2015, 2016 et 2017. En 2017, le modèle tend à sous-estimer les captures du premier trimestre et, inversement, surestimer celles du dernier trimestre. Le volume de captures du troisième trimestre de l'année 2016, particulièrement important, ne parvient pas à être reproduit par le modèle (figure 10).

Tous les paramètres du premier groupe d'âge estimés ont ensuite été fixés pour la seconde séquence de calibration.

Figure 10 : Captures annuelles de l'âge 0 observées (rouge) vs simulées (bleu) par année (à gauche), par trimestre (au milieu). A droite, abondance en janvier de l'âge 1 évaluée (rouge) vs simulée (bleu).

ETAPE 5.

Plusieurs lancements de calibration ont été effectués pour estimer les paramètres de la séquence 2 (capturabilités des âges 1+ et facteurs de ciblage des métiers espagnols). Toutefois, les résultats de calibration ne permettaient pas d'avoir un modèle capable de reproduire à la fois les volumes de captures observés et l'abondance évaluée. Pour éviter de faire un compromis entre la bonne reproduction des captures et de l'abondance, deux jeux de paramètres et ainsi deux modèles ont été retenus : le modèle reproduisant le mieux les captures, ci-après nommé « Mod-Captures » (tableau 7, figure 11) et celui reproduisant le mieux l'abondance, « Mod-Abondance » (tableau 8, figure 12). Les scénarios de gestion ont été testés sur ces deux configurations du modèle afin d'évaluer la cohérence des diagnostics des mesures de gestion en fonction du modèle étudié. La section suivante permet d'évaluer les forces et faiblesses des deux modèles dans leur capacité à reproduire les observations.

MODELE QUI REPRODUIT BIEN LES CAPTURES (MOD-CAPTURES)

Tableau 7 : Récapitulatif de la cinquième étape de calibration : modèle qui reproduit bien les captures.

Etape 5. MODELE QUI REPRODUIT BIEN LES CAPTURES							
Paramètres à calibrer	q1	q2	q3	q4	q5	TF_OTB	TF_LLS
Bornes délimitant l'espace d'exploration	0-2					0-10	0-20
Paramètre fixé	Paramètres de distribution et correction recrutement (cf. étape 4). q0=0.18. TF_GNS=1.74						
Nombre de simulations	4000						
FO	10 FO $\Sigma (C_{sim}-C_{obs})^2$						
Données observées	Captures /pays /an /trimestre /groupe						
Solution	0,50	0,48	1,10	0,13	1,29	0,38	6,54

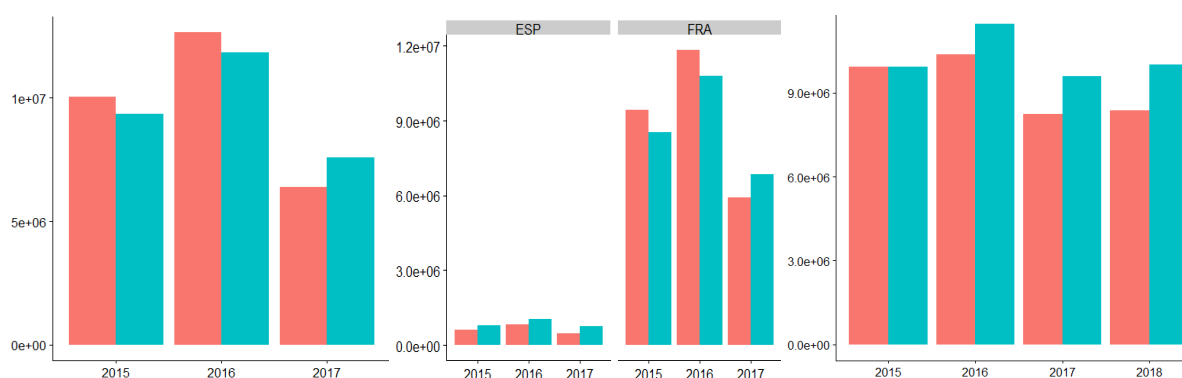


Figure 11 : Modèle qui reproduit bien les captures : Captures observées (rouge) vs simulées (bleu), par année (à gauche), par pays (milieu). A droite, abondance totale en janvier évaluée (rouge) vs simulée (bleu).

Cette configuration du modèle permet une bonne reproduction des captures totales, françaises et espagnoles. Les captures des petites classes d'âge sont mieux représentées que celles des grandes classes d'âge, correspondant à des plus petits volumes d'individus. L'abondance annuelle totale est surestimée, essentiellement pour les groupes d'âge élevés (cf. ANNEXE 6).

MODELE QUI REPRODUIT BIEN L'ABONDANCE (MOD-ABONDANCE)

Tableau 8 : Récapitulatif de la cinquième étape de calibration : modèle qui reproduit bien l'abondance.

Etape 5. MODELE QUI REPRODUIT BIEN L'ABONDANCE							
Paramètres à calibrer	q1	q2	q3	q4	q5	TF_OTB	TF_LLS
Bornes délimitant l'espace d'exploration	0-2					0-10	0-20
Paramètre fixé	Paramètres de distribution et correction recrutement (cf. étape 4). q0=0.18. TF_GNS=1.74						
Nombre de simulations	4000						
FO	$\Sigma (Abondance_{sim} - Abondance_{obs}) / Abondance_{obs}^2$						
Données observées	Abondance évaluée /an /âge (2015 à 2017, âges 1 à 5)						
Solution	0,86	1,93	1,12	0,73	0,22	1,43	12,69

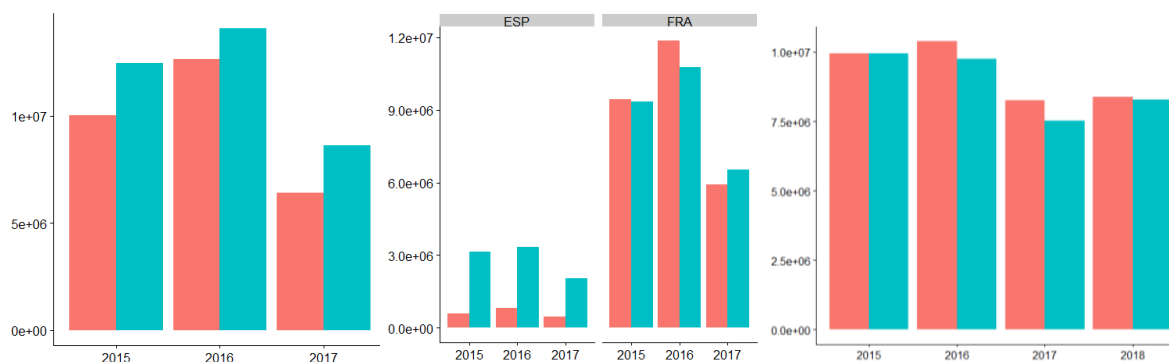


Figure 12 : Modèle qui reproduit bien l'abondance : Captures observées (rouge) vs simulées (bleu), par année (à gauche), par pays (milieu). A droite, abondance totale en janvier évaluée (rouge) vs simulée (bleu).

Cette configuration du modèle surestime les volumes de capture espagnoles, et ce, pour la plupart des groupes d'âge. Pour ce qui est de l'abondance, le modèle sous-estime légèrement l'abondance totale mais l'ordre de grandeur est respecté pour l'ensemble des classes d'âge (cf. [ANNEXE 6](#)).

PROJECTIONS

Une fois les paramètres fixés à la valeur estimée par la calibration, les deux modèles alternatifs ont été lancés sur dix ans pour étudier l'évolution des captures et de l'abondance dans une situation où l'effort de pêche resterait inchangé par rapport à 2017 (statuQuo) et le recrutement et la distribution trimestrielle du recrutement seraient constants égaux à la moyenne 2015-2017.

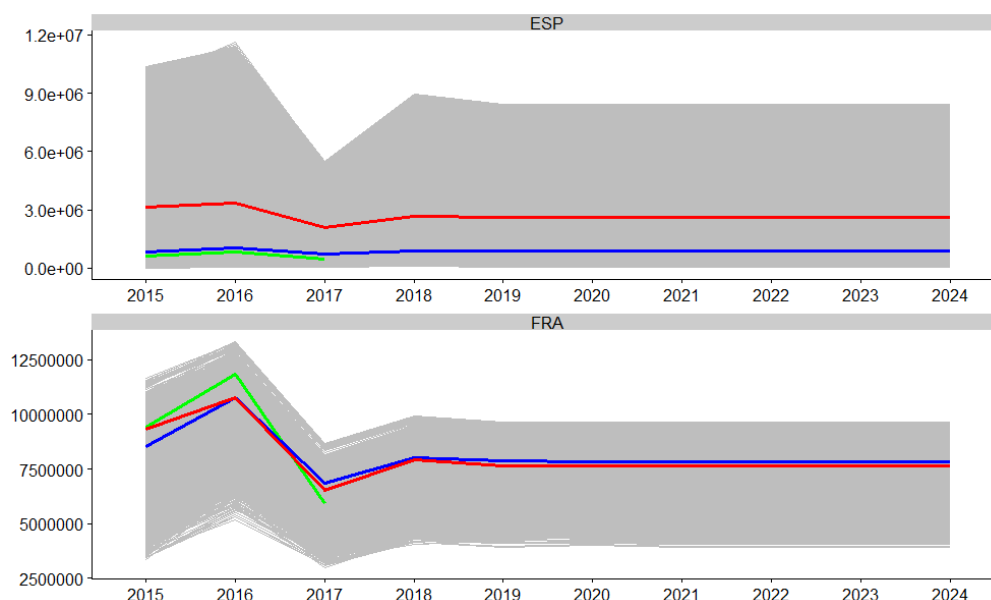


Figure 13 : Evolution des captures espagnoles (en haut) et françaises (en bas) sur 10 ans. Les 4000 simulations du LHS sont représentées en gris, en rouge la simulation sélectionnée qui reproduit bien l'abondance et en bleu celle reproduisant bien les captures. Les captures observées sur la période de calibration apparaissent en vert.

L'évolution des captures totales françaises est très similaire entre les deux modèles, et proche des volumes de capture observés sur la période de calibration 2015-2017. Concernant les captures espagnoles, le modèle Mod-Captures reproduisant bien les captures (en bleu) est très proche des volumes de captures observés tandis que le modèle rouge, Mod-Abondance, surestime dès 2015 les captures. La trajectoire reste cependant la même pour les deux modèles, les captures sont stables sur les années de projection et l'ordre de grandeur est proche de celui observé en 2015-2017 (figure 13).

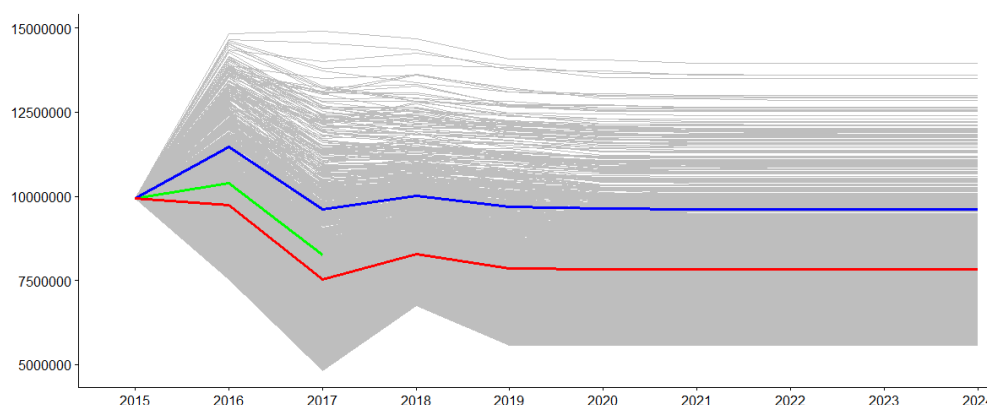


Figure 14 : Evolution de l'abondance sur 10 ans. Les 4000 simulations du LHS sont représentées en gris, celle du modèle reproduisant bien l'abondance en rouge (Mod-Abondance) et celui reproduisant bien les captures (Mod-Captures) en bleu. L'abondance évaluée apparaît en vert.

Par rapport à l'abondance totale évaluée par le groupe de travail (en vert), le modèle Mod-Captures (en bleu) surestime l'abondance de la population tandis que le modèle Mod-Abondance (en rouge) sous-estime légèrement l'abondance totale de la population. Toutefois, la dynamique de la population de merlu est semblable entre les deux modèles (figure 14).

EVALUATION DES SCENARIOS DE GESTION ET ANALYSE D'INCERTITUDE

PRESENTATION DES SCENARIOS A TESTER

Les scénarios de gestion à tester ont été co-construits avec les organisations professionnelles représentantes des pêcheries chalutières du Golfe du Lion (AMOP, OP-Sud, SATHOAN). Outre les scénarios de réduction d'effort et de fermetures spatio-temporelles, d'autres scénarios de gestion alternative ont été envisagés relatifs à des changements de réglementation, de stratégies de pêche ainsi que des scénarios d'adaptation des navires.

Les simulations des scénarios de gestion ont été réalisées sur dix ans, à partir de 2015, sur les deux configurations de modèle préalablement calibrées. De 2015 à 2017, l'effort de pêche est forcé tous les mois. A partir de 2017, l'effort est supposé constant égal à celui de 2017. Les mesures de gestion sont appliquées dès janvier 2020. Les résultats présentés dans cette partie sont ceux obtenus avec le modèle reproduisant bien les captures Mod-Captures. Dans l'analyse d'incertitude, ces résultats sont comparés avec ceux obtenus à partir de l'autre configuration du modèle (Mod-Abondance).

Au total, seize scénarios ont été testés, en plus de celui correspondant au scénario StatuQuo dans lequel l'activité de pêche sur la période de projection est la même que celle de 2017. Ce dernier étant considéré comme scénario de référence dans l'étude de l'impact des scénarios.

SCENARIOS DE REDUCTION DES COUTS EN CARBURANT

A la demande de la région Occitanie, des scénarios de réduction des coûts en carburant ont été testés pour évaluer l'effet sur la consommation en carburant et l'impact sur la ressource. Ces scénarios restent très théoriques et sont appliqués uniquement aux chalutiers français pratiquant le chalut.

FLOTTILLE ACTUELLE PASSE EN 18-24M SANS CHANGEMENT D'ACTIVITE

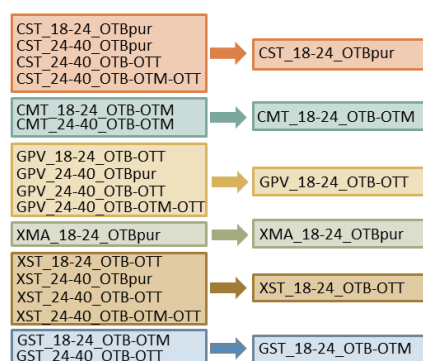


Figure 15 : Représentation schématique du passage des stratégies 24-40m aux stratégies 18-24m.

Dans ce scénario, tous les bateaux de 24-40m sont remplacés par des navires de 18-24m. On fait l'hypothèse que dans un tel cas, les nouveaux navires changeraient de stratégie et se comporteraient comme les navires de 18-24 du même port (figure 15).

Un autre scénario de réduction de la taille des navires a été envisagé dans lequel tous les navires passeraient en 16m. Etant donné, qu'aucun navire de 16m n'exploite actuellement le merlu, il n'a pas été possible de déterminer le type de stratégie qu'un tel navire adopterait, on a donc supposé que la stratégie serait identique à celle d'un navire de 18m. Ainsi ce scénario est identique au scénario de passage en 18-24m. Seule la consommation en carburant serait modifiée, en partant de l'hypothèse qu'un navire de petite taille consomme moins qu'un navire de taille supérieure. L'étude de ce scénario nécessiterait d'obtenir des informations concernant la consommation d'un chalutier de 16m exploitant une autre région que le Golfe du Lion, dans laquelle ils sont actuellement interdit.

FLOTTILLE ACTUELLE EN INTERDISANT LE CHALUT JUMEAU

Le chalut jumeau (OTT) dont l'usage est en augmentation depuis 2015 est réputé exercer une pression supérieure au chalut de fond sur les espèces cibles. Dans ce scénario, on envisage l'interdiction du chalut jumeau et le temps de pêche passé sur l'OTT a été basculé sur le chalut simple (OTB) pour les stratégies pratiquant à la fois de l'OTT et de l'OTB. Pour une stratégie donnée, les zones de distribution de la pratique du chalut simple et du chalut jumeau étant proches, l'effort de pêche n'a pas été redistribué spatialement, la zone de pêche conservée étant celle du chalut simple.

FLOTTILLE ACTUELLE EN CHANGEANT LA DUREE DES MAREES DE 14H PAR JOUR A 75H PAR SEMAINE

Actuellement, la réglementation impose des marées journalières et les semaines des pêcheurs sont composées de cinq marées de 14h. Ce scénario reviendrait à remplacer ces marées journalières par une seule marée dans la semaine afin de limiter les allers-retours entre le port et le lieu de pêche.

L'étude de ce scénario a nécessité de représenter, grossièrement, la composition en temps de pêche et en temps de route d'une marée de 14h actuelle et d'imaginer quelle serait la composition d'une marée théorique à la semaine. On a évalué que les marées dureraient 75h dont 54h de pêche contre 45h actuellement (figure 16).

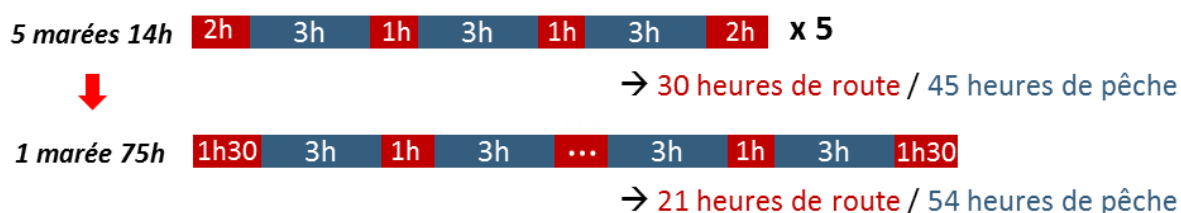


Figure 16 : Représentation schématique du scénario de passage à des marées de 75 heures.

Selon cette hypothèse, ce scénario reviendrait donc à augmenter de 20% de l'effort en pêche et les coûts en pêche et à diminuer de 30% les coûts de route.

SCENARIOS DE REDUCTION D'EFFORT DE PECHE

Les scénarios de réduction d'effort ont été séparés en deux types : les scénarios de réduction « simples » qui s'appliquent à la fois aux chalutiers espagnols (OTB) et français (OTB, OTT, OTM) et les autres scénarios de réduction qui s'appliquent uniquement aux chalutiers français (OTB, OTT, OTB).

SCENARIOS DE REDUCTION « SIMPLE »

REDUCTION DE LA TAILLE DE LA FLOTTILLE ACTUELLE

Dans le cadre du plan de gestion pluriannuel en cours, des plans de sortie de flotte sont à prévoir. Dans cet exercice de modélisation, la réduction de la taille de la flotte s'est traduite par une diminution de l'effort de pêche par rapport à 2017, homogène sur l'ensemble des flottilles chalutières (françaises et espagnole). Trois scénarios de réduction d'effort ont été testés : diminution de 10, 20 et 30% de l'effort, ce qui revient respectivement à la sortie de flotte de 9,5, 19 et 28,5 bateaux moyens en considérant 95 chalutiers en tout dans le Golfe du Lion (français et espagnols) en 2017 (figure 17).

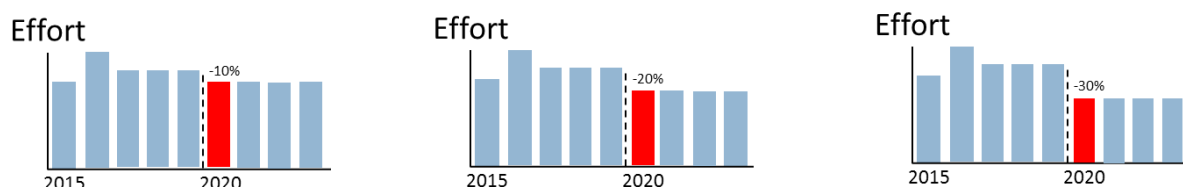


Figure 17 : Représentation schématique des scénarios de réduction de la taille de la flotte.

REDUCTION PROGRESSIVE DE L'EFFORT DE PECHE

Deux scénarios de réduction graduelle de l'effort de pêche ont également été étudiés : le premier se traduisant par une diminution de 10% la première année, 20% en 2021 et 30% en 2022 et le second plus progressif sur quatre années (7,5% en 2020 puis 15%, 22,5% et enfin 30% en 2023) (Figure 18).

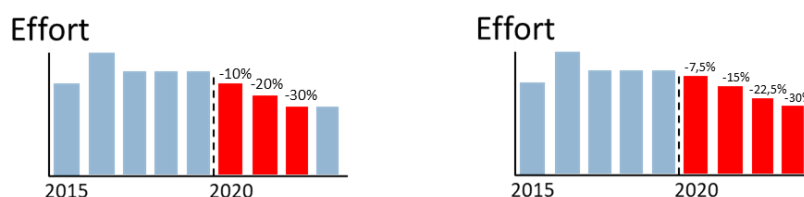


Figure 18 : Représentation schématique des scénarios de réduction progressive de l'effort de pêche.

AUTRES SCENARIOS DE REDUCTION

FLOTTILLE ACTUELLE AVEC DES SEMAINES DE 4 JOURS

Actuellement, les semaines de pêche pour les chalutiers français sont composées de cinq jours. Le passage aux semaines de quatre jours revient donc à diminuer de 20% de l'effort de pêche nominal. Ce scénario diffère cependant du scénario de réduction de 20% de l'effort de pêche qui s'appliquait à l'ensemble des chalutiers français et espagnols.

QUOTA D'EFFORT FIXE

Le quota d'effort actuellement en vigueur est de 201 jours par an. Un scénario de quota d'effort fixé à 194 jours a été imaginé pour contraindre les bateaux d'une stratégie donnée à arrêter de pêcher lorsque le quota est atteint. Dans ce scénario on suppose que les pêcheurs n'adaptent pas mensuellement l'effort de pêche à ce nouveau quota et continueraient de pêcher comme en 2017, nécessitant possiblement un arrêt de la pêche avant la fin de l'année (figure 19). Pour ce scénario, le nombre moyen mensuel de jours de pêche de chaque stratégie a été calculé.

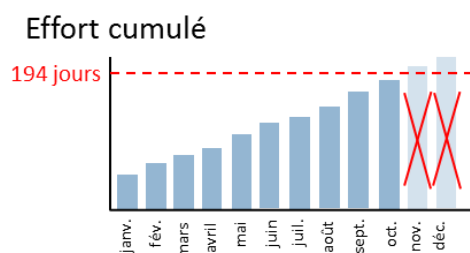


Figure 19 : Représentation schématique du scénario de quota d'effort fixe.

REDUCTION PROGRESSIVE DU QUOTA D'EFFORT

Un scénario de réduction progressive de l'effort de pêche a également été étudié : 194 jours en 2020, 175 jours en 2021 et 155 jours en 2022.

SCENARIOS DE FERMETURES SPATIO-TEMPORELLES

Les scénarios de fermetures spatio-temporelles sont appliqués aux chalutiers français pratiquant de l'OTB et de l'OTT ainsi qu'aux chalutiers espagnols (OTB) (figure20).

Dans cette présente application d'ISIS-Fish, lorsqu'une zone est fermée à la pêche, l'effort de pêche est reporté de manière homogène dans le reste de la zone de pêche du métier impacté par la fermeture. Si l'ensemble de la zone métier est fermée, l'effort est reporté sur l'ensemble des métiers habituellement pratiqués au prorata de l'effort déjà appliqué.

Il est important de noter que la fermeture d'une zone permet une protection et une augmentation locale de la densité des merlus présents dans cette zone uniquement sur le pas de temps en cours (un mois donné). En effet, on suppose que l'espèce est suffisamment mobile, pour se redistribuer sur l'ensemble de ses zones de présence à l'échelle d'un mois. Ainsi à la fin de chaque pas de temps, la densité de poisson de chaque zone redevient homogène. Tous les merlus présents sur le plateau continental repeuplent l'ensemble de la zone du plateau de manière homogène et ceux se trouvant dans la zone des Accores se répartissent de manière homogène sur l'ensemble de cette zone (effet « spill-over »).

Les scénarios ont été co-construits avec les professionnels de la pêche et reprennent les propositions faites dans le cadre du plan de gestion pluriannuel en cours (figure 20).

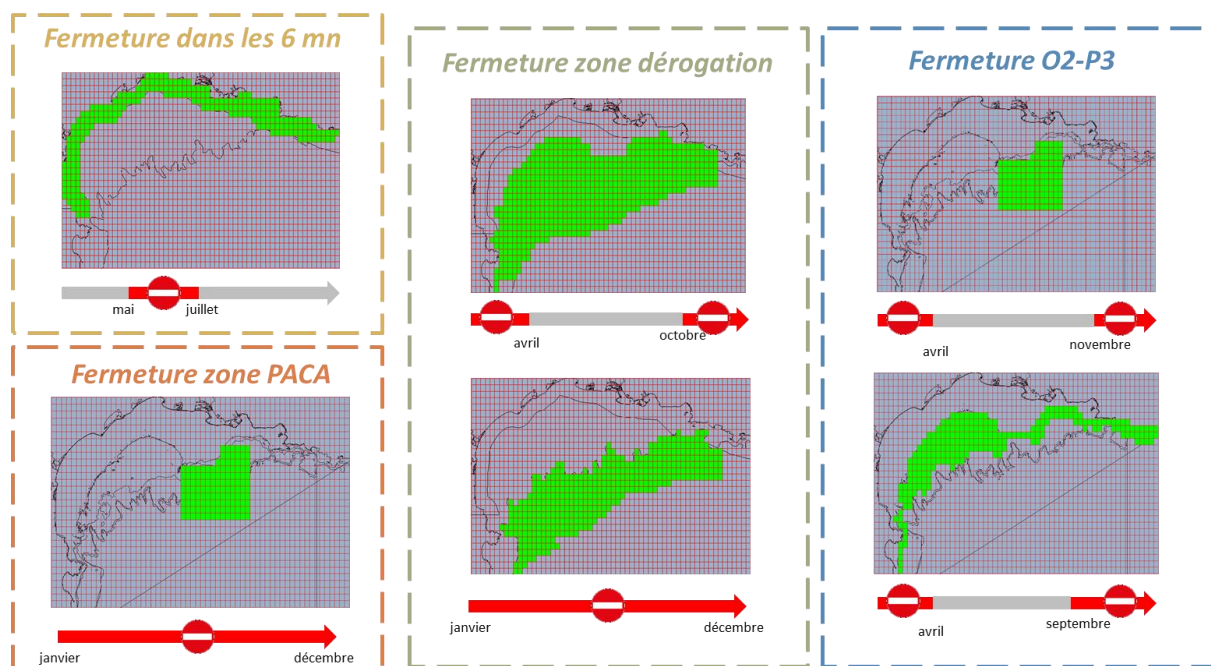


Figure 20 : Représentation schématique des scénarios de fermetures spatio-temporelles.

FERMETURE DANS LES 6 MILLES NAUTIQUES

Ce scénario consiste à interdire la pêche dans la zone des six miles nautiques de mai à juillet.

FERMETURE DE LA ZONE PACA

Avec ce scénario, la pêche est fermée toute l'année dans la zone PACA.

FERMETURE DE LA ZONE DE DEROGATION

Cette mesure combine à la fois la fermeture du large (au-delà de 90m de profondeur) d'avril à octobre et la fermeture du grand large (plus de 200m de profondeur) toute l'année.

FERMETURE DE LA ZONE O2-P3

Ce scénario combine à la fois la fermeture de la zone PACA de novembre à avril et la fermeture de la zone 90-100m de profondeur de septembre à avril.

Ce scénario est issu du travail réalisé par Bourjea et al. (2019) en réponse à la demande de la DPMA qui était de définir une fermeture spatio-temporelle permettant une réduction des captures de juvéniles de merlu de 20% tout en maintenant les activités des entreprises de pêche chalutière en Méditerranée.

SCENARIO COUPLE

Ce scénario combine à la fois la fermeture de la zone O2-P3 et un des deux scénarios de réduction graduelle de l'effort de pêche pour se rapprocher du plan de gestion envisagé dans le Golfe du Lion par la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture et proposé à l'Union Européenne. Les résultats de ce scénario sont détaillés dans l'ANNEXE 10.

Tableau 9: Récapitulatif des scénarios testés dans le cadre du projet PECHALO.

	N°	Intitulé	Engins concernés	Traduction dans ISIS-Fish
<u>Scénarios de réduction des coûts en carburant</u>	1	Flottille actuelle passe en 18-24m sans changement d'activité ⇔ Passage en « pseudo 16m »	OTB OTT OTM français	Tous les 24-40m passent en 18-24m. Les navires restent rattachés aux mêmes ports et adoptent la stratégie des 18-24m de leur port.
	2	Flottille actuelle en interdisant le chalut jumeau (OTT)		Le temps passé sur les métiers chalut jumeau est reporté sur les métiers chalut simple équivalent.
	3	Flottille actuelle en changeant la durée des marées de 14h par jour à 75h par semaine		Augmentation de 20% de l'effort nominal par rapport à 2017, de manière homogène sur les flottilles et les mois.
<u>Scénarios de réduction d'effort de pêche</u>	4	Réduction de 10% de la taille de la flottille actuelle	OTB OTT OTM français & espagnols	Réduction de 10%, 20% et 30% de l'effort nominal par rapport à 2017 de manière homogène sur les flottilles et les mois et toutes les années de simulation 2020 à 2024.
	5	Réduction de 20% de la taille de la flottille actuelle		
	6	Réduction de 30% de la taille de la flottille actuelle		
	7	Réduction d'effort progressive : 10-20-30%		
	8	Réduction d'effort progressive : 7.5-15-22.5-30%		Réduction d'effort progressive chaque année de 2020 à 2023 (10-20-30-30% et 7.5-15-22.5-30%).
	9	Flottille actuelle avec des semaines de 4j	OTB OTT OTM français	Réduction de 20% de l'effort nominal par rapport à 2017 toutes les années de simulation 2020 à 2024.
	10	Quota annuel d'effort fixe : 194 jours		Arrêt de la pêche quand quota annuel d'effort (194j) atteint.
	11	Réduction progressive du quota annuel d'effort : 194-175-155j		Diminution progressive du quota annuel d'effort (194-175-155j).
<u>Scénarios de fermetures spatio-temporelles</u>	12	Scénario O2-P3 : fermeture zone PACA étendue de nov. à avril et fermeture 90-100 m de sept. à avril	OTB OTT français et espagnols	Les stratégies de pêche ne sont pas modifiées. L'effort initialement déployé dans la zone fermée est reporté en priorité sur la partie de la zone du métier restant autorisée à la pêche et si la zone métier est intégralement fermée, l'effort est reporté sur l'ensemble des autres métiers de la stratégie au prorata de l'effort déjà appliqué.
	13	Fermeture dans les 6 mn (de mai à juillet)		
	14	Fermeture zone PACA étendue (toute l'année)		
	15	Fermeture zone dérogation (+90m oct. à avril et +200m toute l'année)		
<u>Combinaison réduction d'effort – fermeture spatiale</u>	16	Combinaison de la fermeture O2-P3 et de la réduction d'effort Red_10_20_30. Le scénario ayant été ajouté tardivement, il n'est pas comparé aux autres scénarios dans la table de bilan. Les résultats sont présentés dans l' ANNEXE 10 .		Voir scénarios 7 et 12.

METRIQUES ETUDIEES

L'impact des scénarios de gestion a d'abord été étudié sur la dynamique de la population de merlu (captures et abondance annuelles).

REVENUS ISSUS DES CAPTURES DES CHALUTIERS FRANÇAIS

L'impact des scénarios sur les revenus des chalutiers français issus des captures de merlu et des autres espèces a également été évalué.

Le calcul des revenus générés par les captures de merlu tient compte de la dynamique de population de cette espèce (la seule décrite explicitement dans le modèle). Ils sont calculés à partir du prix au kg mensuel moyen du merlu pêché par les chalutiers français (calculé à partir des données ObsVentes de 2017) et des captures (en kg) simulées. Par manque d'information sur la correspondance entre taille de merlu et les catégories commerciales, le prix du merlu est le même quel que soit le groupe d'âge (figure 21).

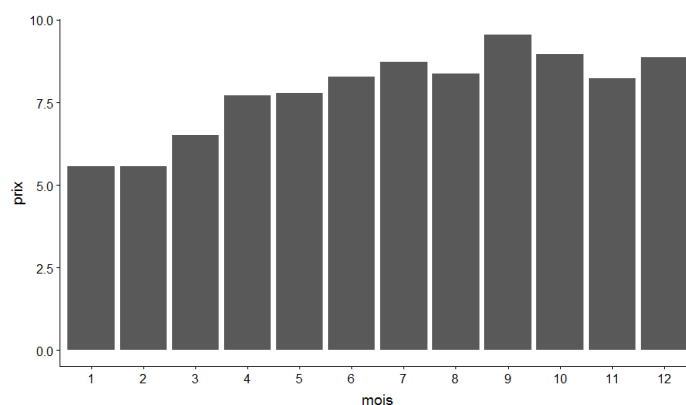


Figure 21 : Prix mensuel moyen du merlu en 2017.

L'évolution du prix du merlu au fil des mois est croissante et varie de 5 euros environ en janvier à près de 8 euros en décembre.

Pour ce qui est des revenus des autres espèces, leurs volumes et distributions spatiales sont considérées comme constantes dans cet exercice.

La première étape a été de déterminer quelles étaient les espèces principales en valeur pêchées par les flottilles chalutières du Golfe du Lion. Pour cela, les espèces ont été classées par ordre décroissant de revenus générés, tous métiers confondus, sur les trois années 2015, 2016 et 2017. Les dix espèces principales en valeur sont montrées dans la figure 22. Il s'agit des anchois, des baudroies, des calmars, des pieuvres et poulpes (regroupées dans la même catégorie), du capelan, du maquereau, du rouget, de la sole et du merlu. Toutes les autres espèces ont été regroupées dans la catégorie « Autres ».

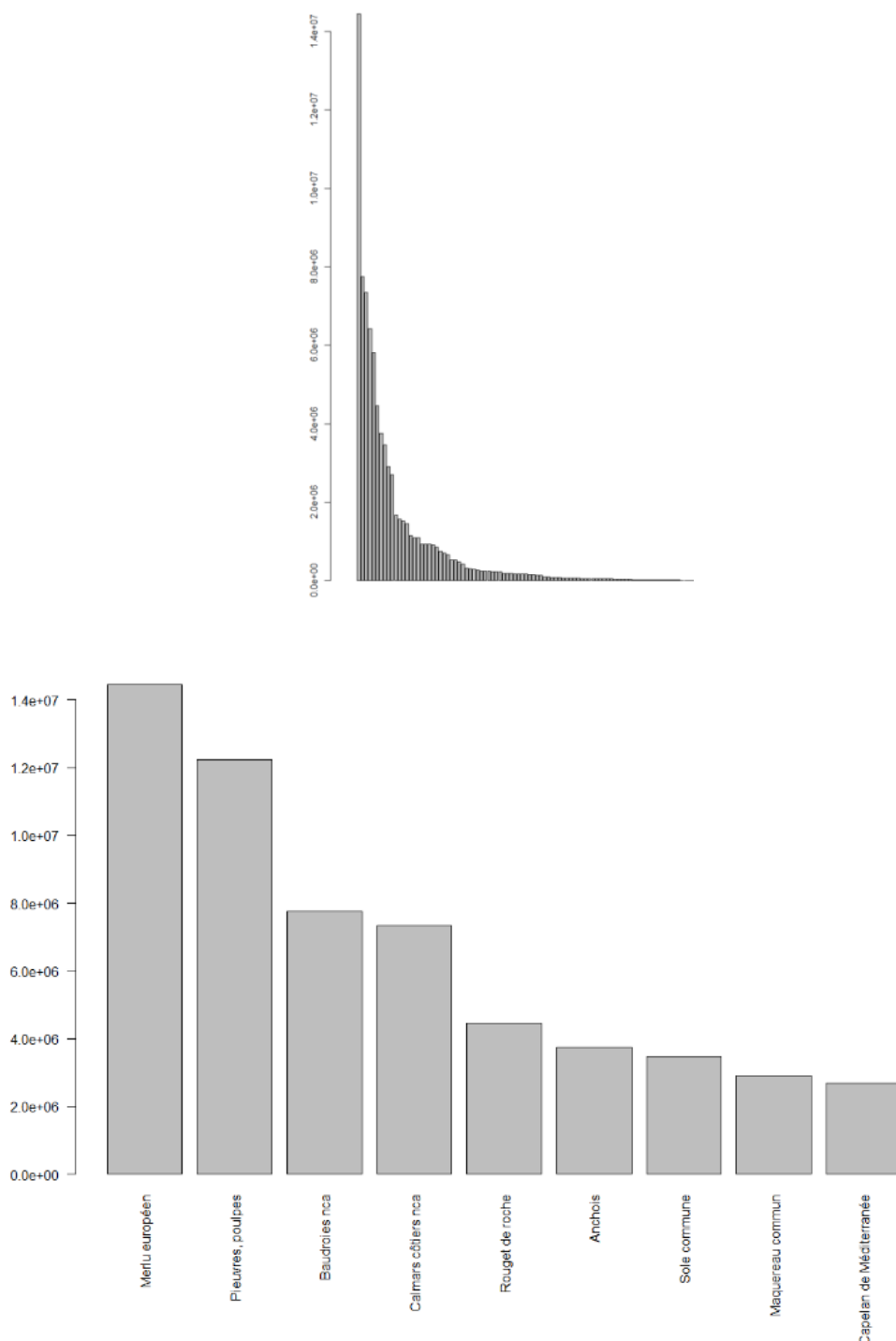


Figure 22 : Revenus totaux (tous métiers confondus sur les années 2015, 2016 et 2017) de toutes les espèces classées par ordre décroissant (en haut) et des principales espèces (en bas).

En l'absence de modélisation de la dynamique de ces espèces, on suppose la capturabilité et les prix constants sur la période de simulation (égaux aux valeurs observées en 2017). Les revenus générés sont donc linéairement dépendant de l'effort (une diminution d'effort de 10% engendre une diminution de revenus de ces espèces de 10%). Dans le cas des scénarios de fermeture spatio-temporelle, on a voulu prendre en compte l'hétérogénéité spatiale des captures de ces espèces et les possibles pertes/gains engendrées par les fermetures et le report d'effort. Pour ce faire, les revenus par unité d'effort (RPUE) mensuels de chaque métier

sur ces espèces ont été cartographiés (données SACROIS 2017). Les revenus générés au cours des simulations, résultent du produit de l'effort spatialisé (dont les reports en cas de fermeture) par les RPUE spatialisées.

Les revenus de ces espèces ont été déterminés à partir des revenus par unité d'effort moyens (RPUE, calculés par zones métier à partir des données SACROIS) et de l'effort nominal issu des sorties des simulations ISIS-Fish.

Seul l'impact des scénarios de fermetures spatio-temporelles a été étudié sur les revenus du merlu et des autres espèces. En effet, l'impact des réductions d'effort est connu a priori puisque les revenus des autres espèces sont directement proportionnels à l'effort nominal de chaque flottille. Il est par conséquent attendu une diminution proportionnelle à la réduction d'effort.

Pour chaque métier et chaque mois, les RPUE moyens de l'année 2017 ont été calculés sur l'ensemble de la zone métier et sur la zone métier restante à la suite d'une fermeture de zone. Ainsi, cela permet de voir si une fermeture donnée permet de concentrer la pêche sur une zone où les revenus d'une espèce donnée sont plus élevés, ou l'inverse, en se basant sur les données de 2017.

CONSOMMATION EN CARBURANT

En 2014, le projet ASFECH¹ a permis d'auditer les performances énergétiques de la flottille chalutière méditerranéenne. A partir de la consommation moyenne en pêche et en route (en L/h) par bateau, il aurait pu être possible de déterminer une consommation moyenne, en pêche et en route, par taille de navire et port de pêche. Le calcul de la consommation en pêche peut ensuite être effectué à partir de la consommation moyenne et de l'effort nominal en sortie d'ISIS-Fish. Pour ce qui est de la consommation en route, elle pouvait être obtenue en multipliant la consommation moyenne par le nombre de marées et la durée moyenne de route au cours d'une marée (estimée à six heures si l'on reprend la décomposition d'une marée présentée dans la figure 16).

Lors de ce projet les consommations en route mesurées étaient de 85L/H et 124L/H pour les 18-24m et >24m respectivement. Les consommations en pêche de fond étaient de 103L/H et 133 L/H pour les 18-24m et >24m respectivement. Ainsi, en pêche, la consommation semblait augmentée de 21 et 7% par rapport à la consommation en transit pour les 18-24m et >24m respectivement.

Cependant, suite aux résultats de cet audit, la flottille a opéré un certain nombre de modifications techniques et comportementales de façon à réduire sa consommation et augmenter ses performances énergétiques. Ainsi, il n'a pas été possible d'utiliser ses chiffres pour illustrer de façon réaliste les consommations de carburants sur la période étudiée (2015-2017). En outre, les données de consommation en pêche pélagique étaient trop peu nombreuses pour être représentatives et il n'existait pas de données de consommation pour les chalutiers utilisant des chaluts jumeaux, cette mutation ayant eu lieu après le projet ASFECH. Il n'était donc pas possible d'évaluer la différence relative de consommation en carburant entre les différents engins. Par conséquent, l'étude de l'impact des scénarios sur la consommation directe en carburant n'a pas pu être réalisée dans le cadre du projet.

L'étude de l'impact de ces scénarios sur les revenus des autres espèces se déduit directement des augmentations ou diminution des efforts de pêche induit par le changement du nombre de bateaux par flottille.

La méthode envisagée ne nécessite pas de lancer de nouvelles simulations.

¹ <http://www.amop.fr/le-projet-asfech/>

ETUDE DE L'IMPACT DES SCENARIOS DE GESTION SUR LA SIMULATION DE REFERENCE

Les résultats sont détaillés pour le modèle reproduisant bien les captures puis comparés avec les résultats obtenus pour le modèle reproduisant bien la biomasse.

RESULTATS DU MODELE REPRODUISANT BIEN LES CAPTURES (MOD-CAPTURES)

Les graphiques suivants présentent l'impact des scénarios de gestion sur l'évolution sur dix années de la biomasse totale en janvier (en kg), des captures totales par pays (en kg) et des revenus issus des captures des chalutiers français (en euros). Le scénario statuQuo est représenté en noir et sert de référence dans l'étude de l'impact des autres scénarios, représentés en couleurs. Des graphiques supplémentaires sont présentés dans l'ANNEXE 8.

SCENARIOS DE REDUCTION DES COÛTS EN CARBURANT

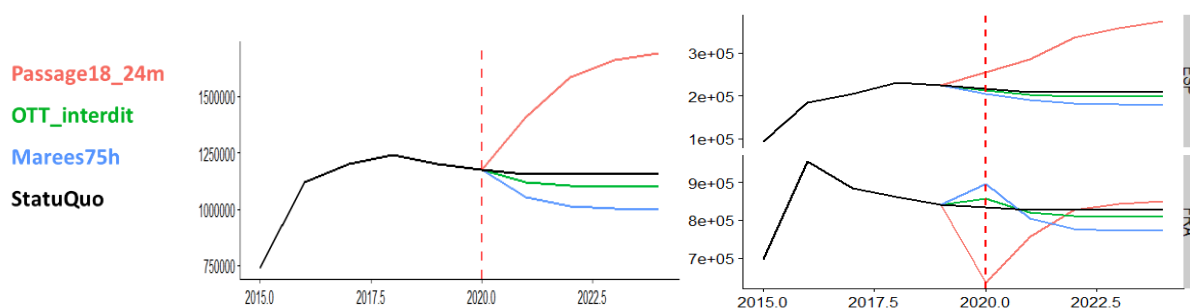


Figure 23 : Evolution de l'abondance totale (en kg, à gauche) et des captures par pays (en kg, à droite) selon les scénarios de réduction des coûts en carburant.

En diminuant l'effort de pêche, le scénario « Passage18_24m » (courbe rouge, figure 23 gauche fait augmenter nettement la biomasse totale par rapport au scénario de référence (en noir)). A l'inverse, les deux autres scénarios impactent négativement la population de merlu. Tel que paramétré dans le modèle, les facteurs de ciblage des métiers pratiquant l'OTB sont plus importants que ceux pratiquant l'OTT, pour une même stratégie, signifiant que l'efficacité de capture des chaluts simples est plus élevée que celle des chaluts jumeaux, dans le cas du merlu spécifiquement (cf. ANNEXE 5). Ainsi, dans cet exercice de modélisation, le remplacement du chalut jumeau par le chalut simple conduit à une augmentation de la pression de pêche. Comme on la vu précédemment, le passage à des marées de 75h, conduit à un temps de pêche supérieur et ainsi augmente la pression sur le merlu (courbe bleu, figure 23 gauche).

Les scénarios de réduction des coûts en carburant sont appliqués uniquement aux chalutiers français. La diminution de la pression de pêche engendrée par le scénario « Passage18_24m » fait diminuer dans un premier temps les captures françaises (2020) qui réaugmentent dès l'année suivante et passent au dessus du statuQuo grâce à la croissance importante de la population (courbe rouge, figure 23 droite). Les flottilles espagnoles profitent directement de cette augmentation de biomasse. Dans le cas des deux autres scénarios (bleu et vert figure 23 droite), les captures françaises et espagnoles diminuent à moyen terme (2024) du fait de la dynamique décroissante de la population de merlu.

L'effet des scénarios sur les captures diffère selon les classes d'âge (cf. ANNEXE 8). Il faut noter que les captures de la classe d'âge 0 ne sont pas impactées négativement malgré l'augmentation de la pression de pêche due aux scénarios « OTT_interdit » et « Marees75h ». En effet, l'arrivée mensuelle du recrutement étant fixée dans le modèle et non dépendante du stock reproducteur, l'augmentation de la pression de pêche entraîne une

augmentation des captures du groupe d'âge 0, quel que soit l'état du stock. L'inverse est observé pour le scénario « Passage 18-24m ». La diminution de la pression de pêche est à l'origine d'une diminution des captures de petits merlu. En laissant plus de poissons à l'eau, les captures de grands merlu augmentent progressivement par effet de propagation. Il faut noter ici que l'utilisation d'une relation stock-recrutement aurait sûrement conduit à une augmentation des captures de toutes les classes d'âge (y compris de l'âge 0) du fait de la plus forte présence de grands merlu à l'origine d'un recrutement plus élevé.

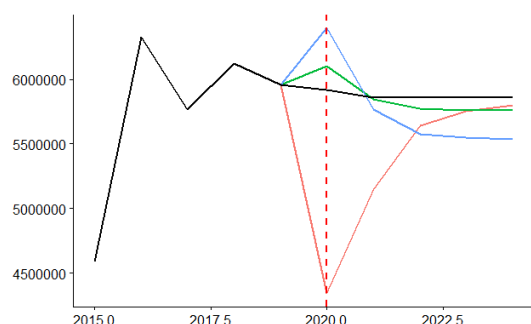


Figure 24 : Evolution des revenus (en euros) issus des captures de merlu des chalutiers français selon les scénarios de réduction des coûts en carburant.

L'évolution des revenus issus des captures de merlu des chalutiers français suit celle observée pour les captures françaises (incluant les fileyeurs). Pour les trois scénarios testés, les revenus de 2024 sont tous inférieurs à ceux du scénario statuQuo (figure 24).

SCENARIOS DE REDUCTION D'EFFORT DE PECHE « SIMPLE »

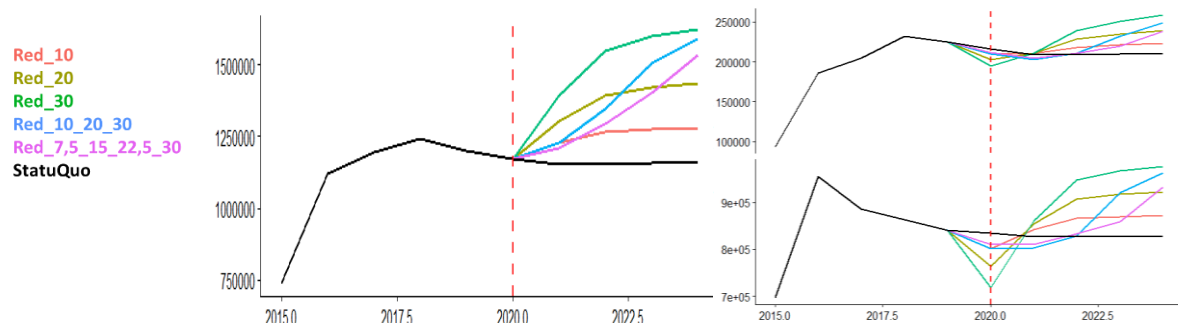
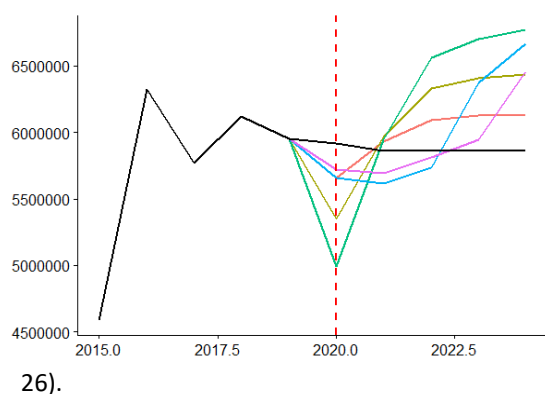


Figure 25 : Evolution de l'abondance totale (en kg, à gauche) et des captures par pays (en kg, à droite) selon les scénarios de réduction d'effort « simple ».

Tous les scénarios de réduction d'effort conduisent à une augmentation de la biomasse, dont la dynamique est plus ou moins rapide selon le scénario et l'amplitude liée au niveau de réduction. Il est remarquable notamment que le scénario de réduction progressive de l'effort (10-20-30%, en bleu) permette en 2024 d'atteindre un niveau de biomasse quasiment équivalent à celui du scénario « Red_30 » (figure 25).

Les captures des flottilles françaises et espagnoles se retrouvent impactées de la même manière par les scénarios de réduction d'effort « simple » (qui s'appliquent à la fois aux chalutiers français et espagnols). La réduction d'effort conduit à une chute immédiate des captures qui remontent plus ou moins rapidement selon le scénario. Plus la chute à court terme est brutale (en vert), plus la remontée des captures est rapide du fait d'une croissance plus forte de la population

Figure 26 : Evolution des revenus (en euros) issus des captures de merlu selon les scénarios de réduction d'effort « simple ».



L'évolution des revenus du merlu est semblable à l'évolution des captures françaises, i.e. une diminution à court terme suivie d'une augmentation. Cependant, la baisse plus modérée des revenus induite par les scénarios progressifs pourrait être plus acceptable économiquement, tout en aboutissant aux mêmes effets biologiques. En 2024, les revenus de tous les scénarios de réduction d'effort sont supérieurs à ceux obtenus dans la situation statu quo (figure 26).

AUTRES SCENARIOS DE REDUCTION D'EFFORT

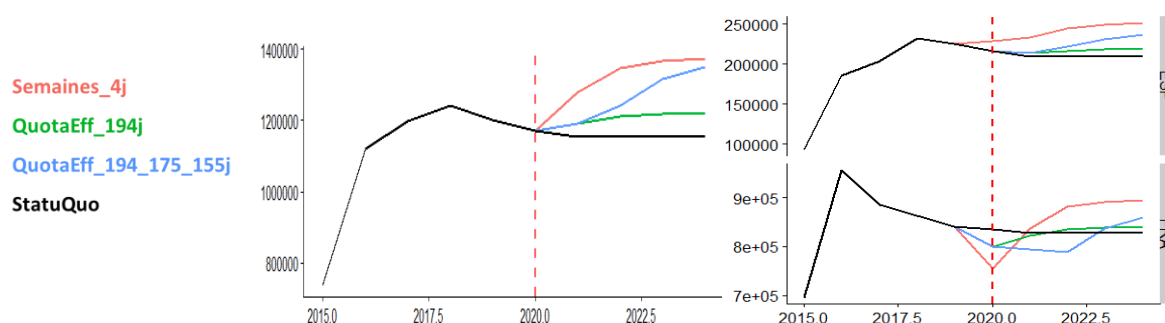


Figure 27 : Evolution de l'abondance totale (en kg, à gauche) et des captures par pays (en kg, à droite) selon les autres scénarios de réduction d'effort.

Les trois scénarios sont à l'origine d'une augmentation de biomasse totale de merlu (figure 27).

Ces scénarios s'appliquent uniquement aux chalutiers français. Les flottilles espagnoles profitent alors des poissons laissés à l'eau pendant toute la simulation (pas de perte à court terme) et voient leurs captures augmenter. Pour les flottilles Françaises, le scénario impliquant un quota d'effort dégressif (bleu) induit une diminution progressive des captures qui réaugmentent dès que le quota est stabilisé en 2022 grâce à la croissance rapide de la population. Il est important de noter que la conséquence des scénarios de quota d'effort diffère selon la stratégie étudiée. En effet, certaines stratégies seront directement impactées par le quota fixé à 194j tandis que d'autres ne le seront jamais (avec un nombre de jours de mer cumulés inférieur à 155 jours, ANNEXE 7).

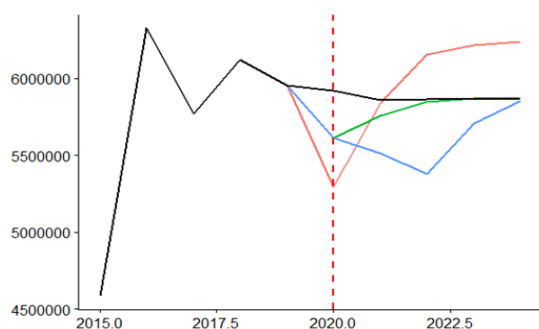


Figure 28 : Evolution des revenus (en euros) des flottilles chalutières françaises issues des captures de merlu selon les autres scénarios de réduction d'effort.

A moyen terme, les revenus des flottilles françaises pour les scénarios de quota d'effort (en bleu et vert) sont semblables à ceux du scénario statu quo. Il faut noter que l'arrêt de l'activité de pêche intervient sur les derniers mois de l'année une fois le quota atteint, période pendant laquelle le prix du merlu est plus élevé (figure 28). On a ici fait l'hypothèse que les flottilles ne modifient leur pratique

saisonnière pour s'adapter à leur quota d'effort. Une optimisation de la distribution du quota d'effort sur l'année, notamment en concentrant l'activité sur les période de forte valeur ajoutée pourrait produire des effets économiques plus positifs. Cependant l'impact biologique d'une telle adaptation n'a pas été évalué.

SCENARIOS DE FERMETURES SPATIO-TEMPORELLES

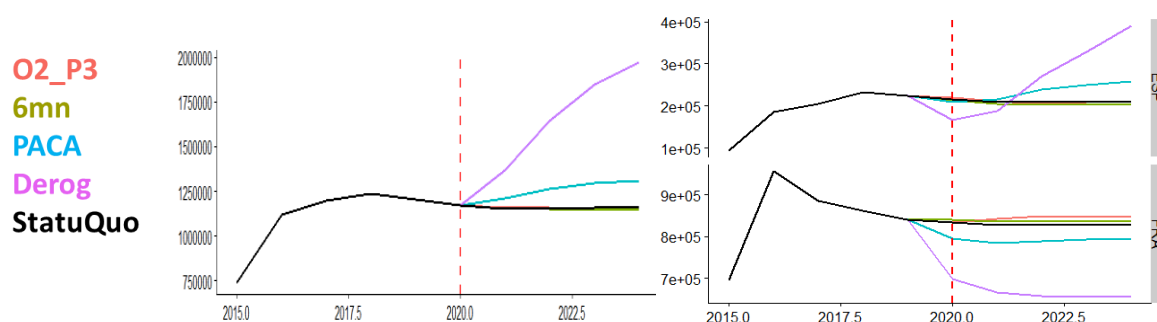
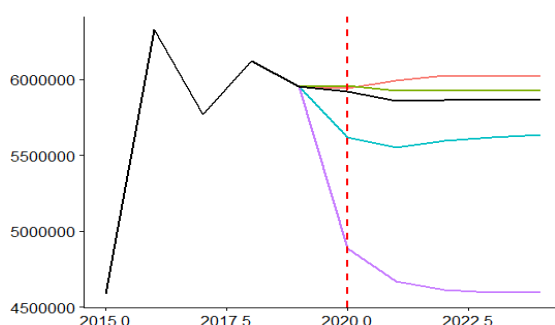


Figure 29 : Evolution de l'abondance totale (en kg, à gauche) et des captures par pays (en kg, à droite) selon les scénarios de fermetures spatio-temporelles.

L'impact des fermetures « O2_P3 » et « 6mn » est quasiment négligeable sur la biomasse totale. La fermeture de la zone « dérogation » induit une augmentation de la biomasse totale bien plus importante que celle résultante de la fermeture annuelle de la zone PACA (figure 29).

Les scénarios de fermetures spatio-temporelles sont appliqués aux chalutiers espagnols et français. L'augmentation des captures espagnoles (violet et bleu) provient de la forte augmentation des captures de palangriers qui profitent des poissons laissés à l'eau (cf. ANNEXE 8). Cela ne s'observe pas avec les captures des fileyeurs français pour lesquels la compétition dans leur zone de pêche augmente, du fait du report d'effort des chalutiers français, particulièrement avec la zone de dérogation qui ferme la pêche au large, obligeant ainsi les chalutiers à pêcher à la côte.



L'évolution
n des
revenus
du merlu
suit

Figure 30 : Evolution des revenus (en euros) des flottilles chalutières françaises issues des captures de merlu selon les scénarios de fermetures spatio-temporelles.

l'évolution des captures françaises. Les revenus générés avec les scénarios « O2_P3 » et « 6mn » sont légèrement supérieurs à ceux du statuQuo (figure 30).

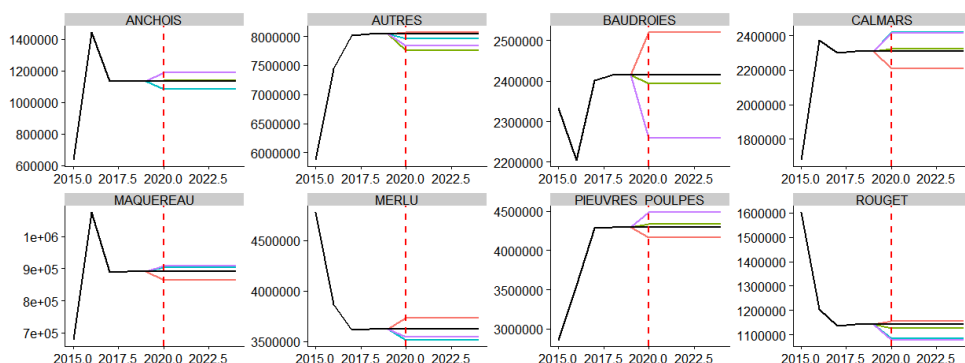


Figure 31 : Impact des scénarios de fermetures spatio-temporelles sur les revenus (en euros) des principales espèces.

L'impact des scénarios de fermetures spatio-temporelles a été évalué sur les revenus des principales espèces (figure 31). Etant calculés à partir de l'effort nominal qui reste stable une fois la règle de gestion appliquée, les revenus des autres espèces ne varient pas à partir de 2020. Ces graphiques permettent toutefois de montrer que les variations de revenus engendrées par les fermetures de zones sont, pour un bon nombre d'espèces, très limitées par rapport aux variations de revenus interannuelles observées sur la période 2015-2017. On note également que l'effet du report spatial d'effort de pêche sur les revenus des autres espèces dépend à la fois que l'espèce considérée et du scénarios de fermeture.

L'**ANNEXE 9** présente les écarts relatifs de revenus, en 2024, par rapport au scénario statuQuo. La majorité des variations est comprise entre +20 et -20% par rapport au statuQuo.

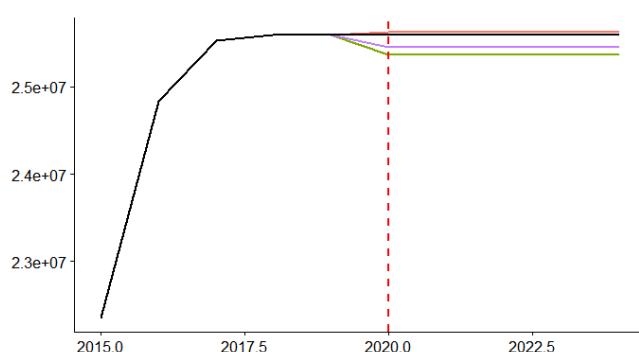


Figure 32 : Impact des scénarios de fermetures spatio-temporelles sur les revenus totaux (en euros), toutes espèces confondues.

En considérant l'ensemble des espèces (merlu et autres), seul le scénario « O2_P3 » impacte très légèrement les revenus de manière positive, cette variation restant très faible devant la croissance des revenus observée depuis 2015 (figure 32).

TABLEAU BILAN

Seuls les scénarios d'interdiction du chalut jumeau, de passage aux marées de 75h, de fermeture O2-P3 et 6mn ont des effets négatifs sur les biomasses à moyen terme. Les scénarios les plus bénéfiques à la population de merlu moyen terme sont les scénarios de réduction d'effort (avec un effet positif aussi à court terme) et la fermeture de la zone de dérogation. Pour la plupart de ces scénarios, l'augmentation de biomasse conduit à une augmentation des captures à moyen terme (2024) mais passe par une diminution des captures (et revenus associés) à court terme (2020). La biomasse de merlu elle, présente un temps de réponse très court à la mise en place d'une mesure et augmente dès lors que la pression de pêche diminue (tableau 10).

Le scénario à l'origine de la plus forte augmentation de biomasse (« derog », +70.8% en 2024) est également à l'origine de la réduction des captures et des revenus la plus élevée à moyen terme (-20.6% et -21.6% respectivement en 2024) et ne permet donc pas de maintenir une activité de pêche suffisante pour les chalutiers du Golfe du Lion.

Les scénarios de réduction d'effort sont tous à l'origine d'une augmentation des captures et de l'abondance à moyen terme. L'impact à moyen terme des scénarios « Red_10_20_30 » et « Red_30 » est sensiblement le même. Toutefois, le scénario de réduction progressive d'effort de pêche (« Red_10_20_30 ») permet de diminuer les captures à court terme de manière moins brutale.

Tableau 10 : Impact des mesures de gestion sur les captures françaises totales de merlu, la biomasse et les revenus issus des captures des chalutiers français de merlu à court terme (2020/2021) et à moyen-terme (2024). La valeur correspond à l'écart relatif par rapport à la simulation de référence : $((Sce_i - Sce_{ref}) / Sce_{ref}) * 100$. Le bleu indique une variation négative, le rouge une variation positive par rapport à la valeur de référence. L'intensité de couleur étant représentative de l'importance de la variation.

		Captures françaises (tous métiers) cumulées sur l'année		Biomasse de merlu en janvier de l'année		Revenus issus des captures de merlu des chalutiers français cumulées sur l'année	
		2020	2024	2021	2024	2020	2024
Réd. conso en carburant	Passage18_24m	-23.9	2.7	21.9	46.5	-26.6	-1.1
	OTT_interdit	2.8	-2.3	-3.2	-5.0	3.1	-1.8
	Marees75h	7.5	-6.6	-8.8	-13.5	8.1	-5.5
Réduction d'effort	Red_10	-4.0	5.4	6.1	10.9	-4.4	4.7
	Red_20	-8.6	11.4	13.0	24.2	-9.6	9.9
	Red_30	-14.0	18.2	20.6	40.7	-15.6	15.5
	Red_10_20_30	-4.0	16.5	6.1	37.5	-4.4	13.8
	Red_7.5_15_22.5_30	-3.0	12.9	4.5	32.6	-3.2	10.2
	Semaines_4j	-9.5	8.1	10.8	19.0	-10.5	6.4
	QuotaEff_194j	-4.1	1.5	3.2	5.7	-5.1	0.2
	QuotaEff_194_175_155j	-4.1	3.9	3.2	16.8	-5.1	-0.2
Fermetures spatio-temporelles	O2_P3	-0.1	2.5	0.6	-0.3	0.4	2.7
	6mn	0.7	1.0	-0.2	-0.8	0.7	1.0
	FRA	-4.8	-3.9	4.7	13.5	-5.1	-3.8
	derog	-16.3	-20.6	18.6	70.8	-17.4	-21.6

RESULTATS COMPARES DU MODELE REPRODUISTANT BIEN LA BIOMASSE (MOD-ABONDANCE)

Les résultats obtenus avec le modèle reproduisant mieux la biomasse sont très similaires en tendance à ceux du premier modèle. Les conclusions quant à l'impact des scénarios sont inchangées et les différences concernent l'amplitude des changements plus que leur direction (*ANNEXE 11*).

ANALYSE D'INCERTITUDE

La connaissance sur la biologie du merlu étant lacunaire, on propose d'évaluer la robustesse du diagnostic de l'effet des mesures de gestion aux principales sources d'incertitudes du modèle. Une approche par scénario a été retenue sur trois processus incertains : le recrutement du merlu, l'abondance de merlu en 2015 (estimée par le modèle d'évaluation de stock) sur la zone des Accores et la dispersion du recrutement entre plateau et canyons (Fig. 33).

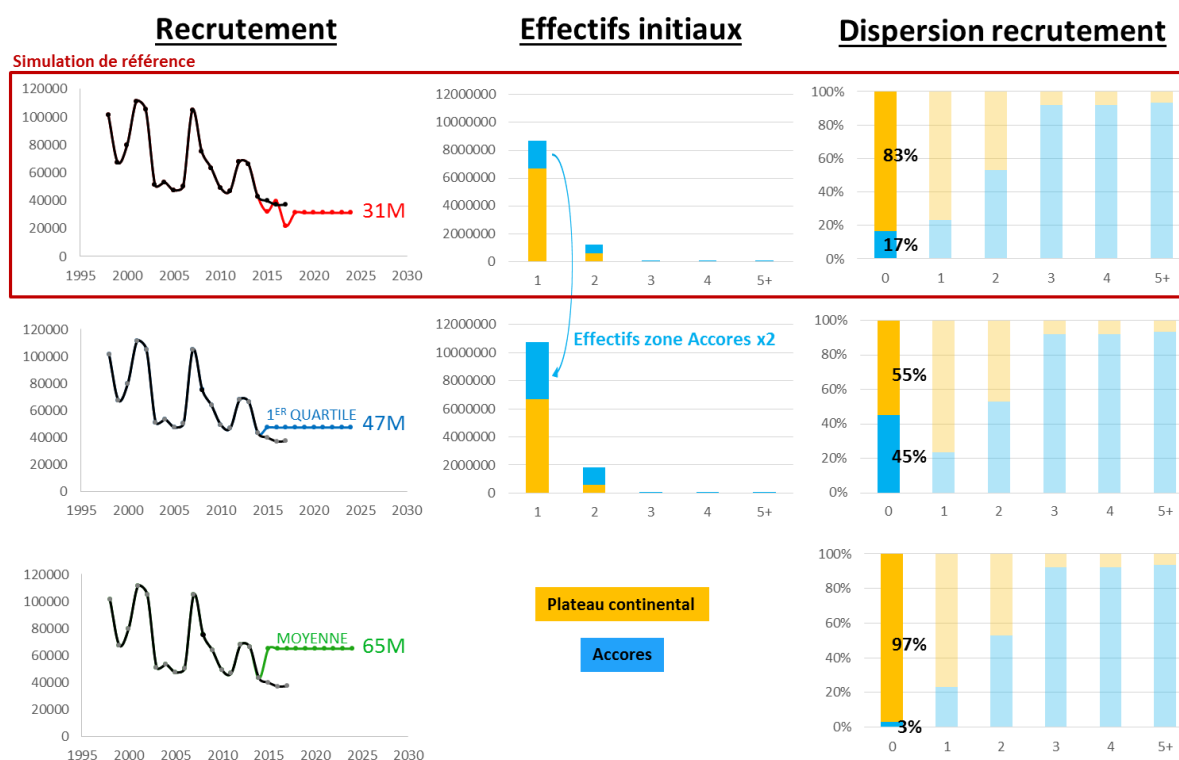


Figure 33 : Représentation schématique de l'analyse d'incertitude

Pour le niveau de recrutement (Figure 33 première colonne), on propose deux valeurs en plus de la valeur de référence fixée à la moyenne 2015-2017, à savoir le 1^{er} quartile et la moyenne des valeurs estimées entre 1995 et 2017. Ces deux scénarios, bien que moins pessimistes que la situation de référence, sont très modérés car au vu de l'évolution décroissante des dernières années des recrutements, il n'a pas été jugé utile de simuler des valeurs plus optimistes.

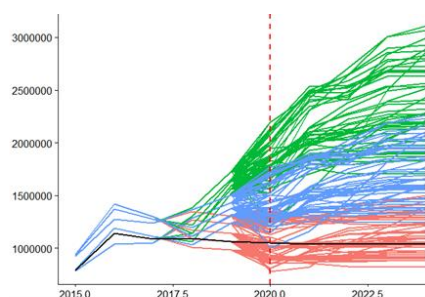
Les effectifs de merlus en janvier 2015, début de simulation correspondent aux valeurs estimées par le modèle d'évaluation du stock (Certain et al., 2018), distribuées entre la zone des Accores et la zone du plateau selon les observations de la campagne scientifique MEDITS. Néanmoins les captures commerciales ne couvrant pas une partie de la zone des Accores dans laquelle MEDITS détecte des individus, il se pourrait que leur abondance dans cette zone soit plus élevée. On teste donc l'impact d'une multiplication par deux des effectifs dans la zone des Accores en début de simulation (Figure 33, deuxième colonne).

Enfin très peu d'information existe sur les zones de ponte, la dispersion larvaire et la distribution des nurseries du merlu. On suppose que les grands individus présents dans les canyons sont responsables d'une large part de la ponte qui colonise ensuite le plateau. Dans le modèle, le recrutement est supposé constant (indépendant du stock de reproducteurs) distribué sur tous les mois de l'année et se répartissant pour 17% sur la zone des Accores et 83% sur la zone du plateau (les valeurs de référence sont issues des observations d'âges 0 réalisées sur MEDITS). On teste donc simplement des scénarios alternatifs contrastés de répartition spatiale du recrutement présentant une situation plus équilibrée (55-45) et une situation plus déséquilibrée (97-3) (Figure 33, troisième colonne).

En croisant les hypothèses pour ces 3 processus incertains on obtient 18 paramétrisations alternatives simulées pour chaque scénario de gestion décrit ci-dessus. Les résultats sont présentés Fig. 34 pour le modèle reproduisant bien les captures (Mod-captures).

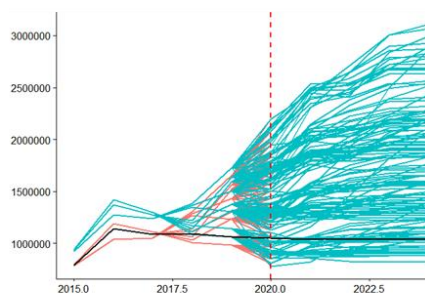
Recrutement

- **Rec0 : 31 M**
- **Rec1 : 65M**
- **Rec2 : 47M**



Effectifs initiaux

- **Eff0 : Abdce canyon initiale**
- **Eff1 : Abdce canyon x2**



Dispersion recrutement

- **Con0 : 17% / 83%**
- **Con1 : 45% / 55%**
- **Con2 : 3% / 97%**

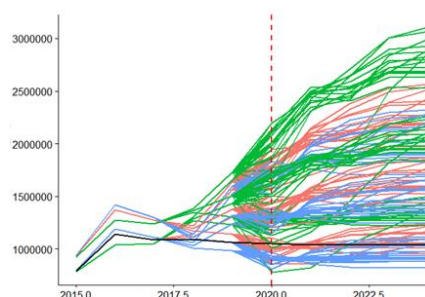


Figure 34 : Impact des scénarios d'incertitude sur l'évolution des captures totales (en kg). En noir la simulation statu quo avec les valeurs de référence. Dans chaque cadran (A : le recrutement, B : l'abondance en 2015, C : la dispersion du recrutement), les courbes en rouge correspondent aux simulations avec la valeur de référence du processus incertain, les autres couleurs représentant chacune les simulations associées à une hypothèse alternative de ce processus incertain.

Le recrutement est le paramètre qui provoque les variations les plus importantes de niveau de biomasse et captures, qui sont d'un ordre de grandeur bien supérieur aux variations induites par les scénarios de gestion.

Assez logiquement plus le recrutement est élevé plus les captures sont élevées. A contrario les changements induits par la modification des effectifs initiaux sont quant à eux négligeables. Enfin, on note un impact des scénarios de dispersion de recrutement sur les captures, les scénarios les plus favorables étant ceux dans lesquels l'apport de recrues dans la zone Accores est le plus élevé (45%).

Pour évaluer les conséquences de ces incertitudes sur les effets comparés des scénarios de gestion, on ordonne les scénarios de gestion en fonction des captures et revenus des flottilles françaises en 2023 et de l'abondance de merlu en janvier 2024 au sein de chaque scénario d'incertitude et on conserve leur rang. La figure 35, présente le rang obtenu par chaque scénario de gestion (1 le moins bon à 16 le meilleur) dans les 18 paramétrisations alternatives et pour les trois critères d'évaluation de performance. Bien que les niveaux d'abondance et captures obtenus avec les différentes paramétrisations diffèrent beaucoup de ceux du scénario de référence, certains scénarios de gestion montrent systématiquement un rang supérieur, d'autres sont systématiquement inférieurs et d'autres présentent un rang variable selon les critères ou les paramétrisations. La figure 35 met en évidence la sensibilité à l'incertitude du classement des scénarios « FRA » et « 6 mn » en terme de biomasse, leur rang variant de 4^e à 12^e et 10^e à 16^e respectivement selon la paramétrisation considérée. En ce qui concerne les captures et revenus, ceux sont les scénarios « passage 18-24m » et « quota d'effort progressif » qui présentent la plus grande sensibilité. En revanche, les scénarios de réduction d'effort montrent à la fois des performances élevées sur l'ensemble des 3 critères (>12^e rang) et une grande robustesse de ces rangs à la paramétrisation choisie. Ainsi même si la valeur absolue des performances de ces mesures est incertaine, leur supériorité en comparaison avec les autres scénarios de gestion est fiable. On fait remarquer également que d'autres sources d'incertitudes n'ont pas été intégrées à l'analyse d'incertitude, en particulier concernant la mobilité des merlus et les effets de « spill-over ». Ces sources d'incertitudes pourraient avoir plus d'impact sur les scénarios de fermetures spatiales temporelles que sur les scénarios de réduction d'effort.

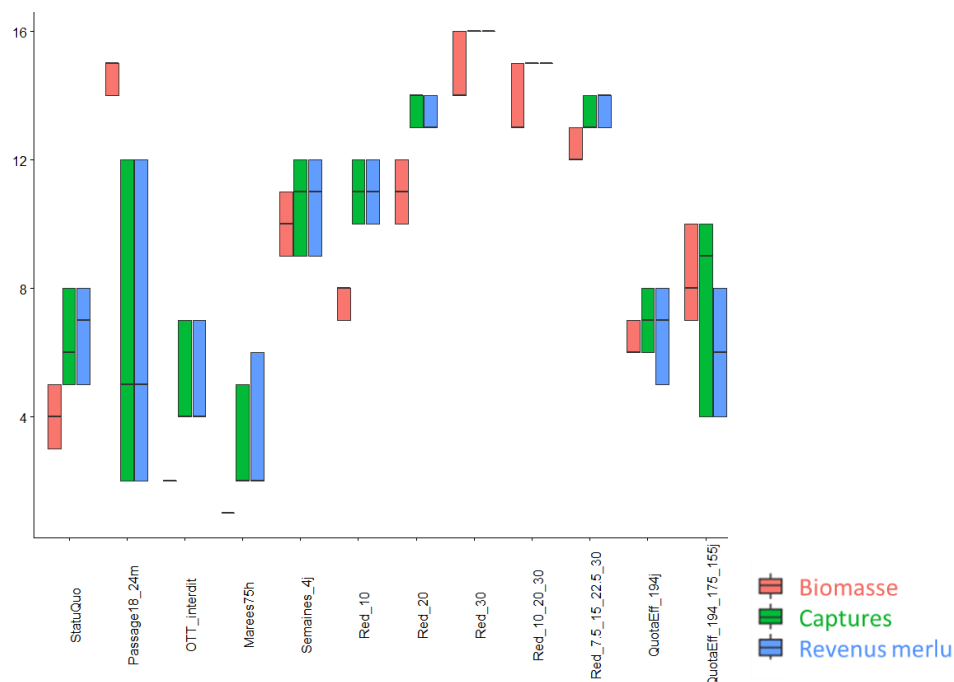


Figure 35 : Etendue des valeurs de rang des scénarios de gestion (de 1 à 16, 16 étant le meilleur) obtenues avec les différentes paramétrisations (scénarios d'incertitude) et selon la variable de sortie considérée (biomasse en janvier 2024, capture et revenus en merlu en 2023).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Le projet « PECHALO » avait pour objectif d'évaluer les conséquences de plusieurs scénarios de gestion de la pêche merlu du golfe du Lion en utilisant le logiciel de simulation ISIS-Fish. Les scénarios de gestion visés intègrent différentes fermetures saisonnières de zones de pêche, des réductions d'effort de pêche par flottille et des réductions en coût de carburant dont les effets n'ont encore jamais été quantitativement évalués. La conception et la paramétrisation du modèle ISIS-Fish est le résultat d'un travail collaboratif scientifiques-professionnels de la pêche. Grâce à une analyse fine des données scientifiques et commerciales ainsi qu'une confrontation des sorties du modèle aux observations disponibles, il a été possible de construire un premier modèle ISIS-Fish opérationnel (projet Galion 2019). L'étude réalisée dans le cadre du projet PECHALO a permis i) de consolider la première version du modèle ISIS-fish et ii) d'évaluer les conséquences bio-économiques des scénarios de gestion sur la biomasse et les captures de Merlu ainsi que sur les revenus induits par les captures de Merlu pour les flottilles françaises.

La phase de paramétrisation et d'évaluation des qualités du modèle au regard des observations disponibles sur la pêche est une étape riche qui permet d'améliorer la connaissance sur le fonctionnement de la pêche. Ainsi la consolidation du modèle ISIS-Fish du golfe du Lion dans cette étude a montré que :

1. la saisonnalité du recrutement du merlu principalement marquée au premier trimestre et au dernier trimestre était variable d'une année sur l'autre entre 2015 et 2017. L'étape de calibration a estimé la distribution trimestrielle du recrutement pour chacune de ces années.
2. Les estimations du nombre de juvéniles par le modèle d'évaluation du stock de merlu sur la période 2015 à 2017 étaient trop fortes pour reproduire avec le modèle la dynamique observées des captures. Elles ont été re-évaluées à la baisse lors de la calibration d'ISIS-Fish. Ces nouvelles valeurs de recrutement sont néanmoins cohérentes avec le biais rétrospectif de ré-estimation du recrutement par le modèle d'évaluation.
3. L'efficacité de pêche du chalut simple (OTB) pour capturer le merlu se révèle plus forte que celle du chalut jumeau (OTT).
4. Il est possible à partir des données issues du système d'information halieutique (SIH) de décrire la distribution spatiale et mensuelle de l'effort de pêche des métiers par flottille
5. pour reproduire la dynamique des captures des chalutiers, il était indispensable d'intégrer la dynamique spatiale de captures des fileyeurs Français dans le modèle, mettant en avant le rôle de cette flottille dans la pêche.

La démarche de modélisation proposée (intégration des paramètres connus, calibration des paramètres inconnus, analyse des forces et faiblesses du modèle) n'a pas permis de sélectionner un unique modèle. Deux modèles ISIS-Fish associés à deux estimations de la capturabilité par classe d'âge du merlu et de l'intensité de ciblage des espagnols co-existent et permettent de reproduire de manière satisfaisante la dynamique de la pêche. Ces deux modèles reproduisent assez similairement la dynamique des captures observées et la tendance de la dynamique de l'abondance de merlu estimée par le modèle d'évaluation. L'un des modèle ISIS-fish (modèle-capture) simule une abondance plus forte que celle du modèle d'évaluation et l'autre (modèle-abondance) une abondance plus faible. Ces deux modèles ont été utilisés pour évaluer les scénarios de gestion, considérant que cette impossibilité à les départager témoignait d'une incertitude sur la capturabilité dans le modèle qui devait absolument être prise en compte pour évaluer la robustesse des conclusions.

Avant de décrire les conclusions sur les conséquences des scénarios de gestions sur la pêche, il est important de noter que les scénarios de réduction des coûts en carburant sont caricaturaux et moins réalistes que les réductions d'effort de pêche ou les fermetures spatio-saisonnières. Il convient donc de regarder les résultats de ces scénarios avec précaution et de se concentrer d'avantage sur les effets des réductions d'effort de pêche et les fermetures spatio-saisonnières.

Les effets des scénarios ont été analysés sur la biomasse de Merlu, les captures de Merlu par Pays et les revenus des flottilles françaises à court terme (1 an après la mise en place du scénario) et à moyen terme (5 ans après la mise en place du scénario). Il en ressort que

- la population de Merlu réagit très vite positivement aux scénarios de gestion et que cette tendance d'augmentation de la biomasse s'accroît à moyen terme. Cette réactivité permet dans la majeure partie des scénarios d'atteindre à moyen terme des gains conjoints en biomasse et en captures. Il faut aussi noter que ces effets à moyen terme sont certainement légèrement sous-estimés car l'indicateur de biomasse considéré est la biomasse en début d'année et non en fin d'année de simulation.
- Les scénarios de fermeture de zones se démarquent des scénarios de réduction d'effort dans leur incapacité à gagner conjointement sur la dimension biologique et économique : un gain économique se traduit par une perte biologique et inversement. Par exemple la fermeture de la zone dérogation qui se caractérise par l'augmentation la plus forte à moyen terme en biomasse entraîne les pertes les plus fortes de revenus. Les fermetures annuelles (Dérogation et PACA) sont bénéfiques à la biomasse qui est bien protégée (surtout avec la grande zone Dérogation) mais ont des effets collatéraux sur les captures. Les autres fermetures saisonnières de zone de pêche ont assez peu d'effet sur les captures et la biomasse. Ces effets s'expliquent par le report de l'effort de pêche en dehors de la zone interdite pendant et après la fermeture.
- On note aussi que les reports d'effort de pêche des chalutiers lors des fermetures de zones augmentent la compétition pour l'accès à la population de merlu dans des zones de pêche des fileyeurs induisant des pertes de revenus pour ce segment de flottille.
- Certains scénarios de fermetures de zones soulèvent des questions d'impact social à l'échelle des flottilles et des pays. Par exemple les fermetures de zones principales de pêche des chalutiers français (e.g. zone dérogation et PACA) entraînent des pertes en revenus pour les flottilles françaises mais des gains pour certaines flottilles espagnoles (les palangriers).
- Les scénarios de réduction d'effort se démarquent des autres scénarios par leur capacité à provoquer des gains biologiques et économiques pour toutes les flottilles. Ils présentent en plus l'avantage d'être plus robustes aux incertitudes testés avec les deux modèles calibrés et de réduire a priori les incertitudes de réactions des pêcheurs à la réglementation.

L'ensemble de ces résultats sont à interpréter conditionnellement aux hypothèses faites dans le modèle comme celle d'un recrutement constant (pas de relation stock-recrutement ni de variabilité interannuelle aléatoire) et une stabilité des stratégies de pêche (pas de changement de métiers par rapport à 2017) sur les 5 années de simulation 2020-2024. Une hypothèse de relation stock-recrutement aurait amplifié positivement les gains simulés pour la biomasse de Merlu.

Pour évaluer la robustesse des conclusions à la valeur du recrutement simulé de 2020 à 2024, à la répartition spatiale des effectifs initiaux de merlu en 2015, à la répartition spatiale du recrutement entre la zone des accores et la zone du plateau et aux estimations de la capturabilité, une analyse d'incertitude des deux modèles calibrés a été réalisée. Elle révèle que la valeur du recrutement et sa répartition spatiale ont un effet très fort par rapport aux autres sources d'incertitude. Ce résultat démontre de l'importance d'améliorer la connaissance sur la distribution spatiale du Merlu et plus particulièrement des recrues.

Cette étude des conséquences des scénarios de gestion avec ISIS-fish dans le golfe du Lion est une première étape de travail. Elle a permis de développer un modèle opérationnel de dynamique de pêche pour explorer le fonctionnement de la pêche merlu du golfe du lion et d'anticiper les effets de scénarios de gestion dont certains sont envisagés pour le plan de gestion du merlu. Plusieurs perspectives d'exploitation et d'amélioration du modèle sont envisagées. La dynamique spatio-temporelle du merlu reste encore mal connue, notamment concernant les migrations des juvéniles et des adultes et la répartition des recrues. L'acquisition de nouvelles connaissances sur ces processus est nécessaire pour améliorer la description de la pêche. Des hypothèses de dégradation de l'état de santé du merlu lié à l'environnement sont à l'étude et pourraient aussi être explorées avec le modèle en modifiant certains

paramètres biologiques comme la relation taille-poids. Actuellement les hypothèses de réaction des pêcheurs aux réglementations sont assez simples (ils continuent à pratiquer les mêmes métiers dans les zones autorisées). Il serait intéressant de travailler sur l'analyse du comportement du pêcheur aux réglementations pour affiner la compréhension des effets des scénarios de gestion. Enfin les effets des coûts en carburant sur les revenus n'ont pas été explorés autant que souhaité par manque de données. Il sera important de rajouter ces coûts dans le modèle pour faire analyse bio-économique plus réaliste.

INTERFACE WEB D'EXPLORATION DES RESULTATS

Une interface élaborée à l'aide du package Shiny du logiciel R est disponible à cette adresse : <https://pechalo-results.isis-fish.org/Scripts/>. Elle permet la visualisation et la comparaison des résultats des quinze scénarios principaux et de l'analyse d'incertitude (paramètres et modèles) à différentes échelles et sur différentes variables choisies par l'utilisateur.

BIBLIOGRAPHIE

AMOP, 2015. ASFECH, Audit et Senne danoise pour Favoriser les Economies d'Energie des Chalutiers méditerranéens : Rapport de fin de projet. <http://www.amop.fr/wp-content/uploads/2017/07/ASFECH-Rapport-final1.pdf>

Baranger L., Bigot J-F., Ollivier P., 2017. GEPACMED Diagnostic socio-économique de la flottille chalutière et impacts des mesures de réduction de l'effort de pêche. <http://www.amop.fr/wp-content/uploads/2018/07/GEPAC-MED-Rapport.pdf>.

Bigot C. 2014. Arrêté du 8 septembre 2014 créant des régimes d'autorisations européennes de pêche pour certains engins ou techniques de pêche maritime professionnelle utilisés en mer Méditerranée par les navires battant pavillon français (<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000029441882>)

Bourjea J., Billet N., Certain G., Jadaud A. 2019. Identification d'une fermeture spatio-temporelle en Méditerranée continentale française (GSA 7) ayant pour objectif une diminution de 20% des captures de juvéniles de merlu (*Merluccius merluccius*).

Certain G., Jadaud A., Guijarro B., Billet N., Massuti E. 2018. Stock Assessment Form Demersal Species – HAKE – GSA 7.

de Lambert des Granges P. 2013. Arrêté du 28 février 2013 portant adoption d'un plan de gestion pour la pêche professionnelle au chalut en mer Méditerranée par les navires battant pavillon français. (<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000027124911&dateTexte=20190123>)

Eugenia C. 2019. On the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing a multi-annual plan for the fisheries exploiting demersal stocks in the western Mediterranean Sea. (http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2019-0005_EN.html?redirect)

Genu M. 2019. Modélisation des scénarios de gestion du merlu (*Merluccius merluccius*) dans le Golfe du Lion.

Leblond E., Daurès F., Léonardi S., Demaneche S., Merrien C., Berthou P., Rostiaux E., Macher C., Lespagnol P., Le Grand C., Le Blond S. 2014. Synthèse des flottilles de pêche 2012. IFREMER.

JADAUD Angélique (1994) MEDITS, <https://doi.org/10.18142/7>

Mellon-Duval C., de Pontual H., Metral L., et al. 2010. Growth of European hake (*Merluccius merluccius*) in the Gulf of Lions based on conventional tagging. ICES J. Mar. Sci. 67, 62-70.

Tourjansky L. 2016. Arrêté du 29 juillet 2016 portant répartition des quotas d'effort de pêche pour certaines activités de pêche professionnelle en mer Méditerranée par les navires battant pavillon français. (https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?jsessionid=766012AFE6A1283ADE6CD5E87C8165A7.tplgfr41s_1?cidTexte=JORFTEXT000033007541&dateTexte=20170319)

Wendling Bertrand, Marchand Morgane, Cuvilliers Perrine, Cornella Delphine, Vaz Sandrine, Genu Mathieu, Medieu Anais, Guillaume Chloe, Llapasset Margaud, Holley Jean-François, Soulat Nelly, Sacchi Jacques, Scourzic Thomas, Lesage Claire-Marine, Baranger Laurent (2019). PROJET GALION Gestion alternative de la pêcherie chalutière du Golfe du Lion. <http://www.amop.fr/le-projet-galion/>. <https://doi.org/10.13155/72088>

ANNEXES

ANNEXE 1 : PROCESSUS BIOLOGIQUES REPRESENTES DANS LE MODELE

Croissance	Relation de Von Bertalanffy ($L_{\infty}=110$, $K=0.118$, $T_0=0$)	Mellon-Duval et al. (2010)
Relation taille-poids	$W=aL^b$ $a=0.0085$ $b=2.97$	Certain et al. (2018)
Ogive de maturité	Gp 0 : 0.032 Gp 1 : 0.389 Gp 2 : 0.679 Gp 3 : 0.939 Gp 4 : 1 Gp 5 : 1	Moyenne des maturités aux âge tirées de l'évaluation de stock des années 2015, 2016 et 2017. Certain et al. (2018)
Mortalité naturelle	$M_0=2.33^*$ $M_1=0.58$ $M_2=0.45$ $M_3=0.40$ $M_4=0.37$ $M_5=0.35$	Certain et al. (2018)

*Contrairement au modèle XSA utilisé dans l'évaluation de stock dans lequel le recrutement arrive une seule fois dans l'année, ISIS-Fish permet d'étaler l'arrivée du recrutement sur tous les mois de l'année. Ainsi, les individus qui arrivent en fin d'année ne subissent pas la même mortalité naturelle que ceux arrivant au début de l'année. Pour en tenir compte, la mortalité naturelle du premier groupe d'âge a été recalculée de la manière suivante :

$$N_1 = \sum_m R_m e^{-\frac{M}{12}(13-m)} - C_0$$

N_1 : effectif à l'âge 1 de l'année 2016

R_m : recrutement mensuel

C_m : captures de l'âge 0 en 2015

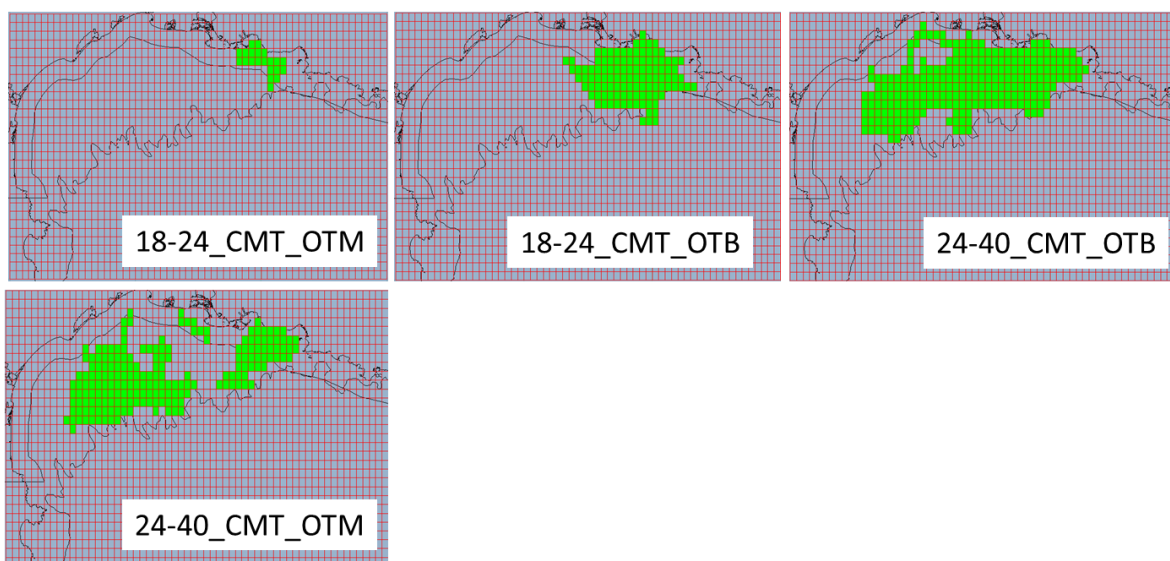
M : mortalité naturelle (inconnue)

ANNEXE 2 : DISTRIBUTION DU RECRUTEMENT TIRÉE DE L'ÉTUDE GALION

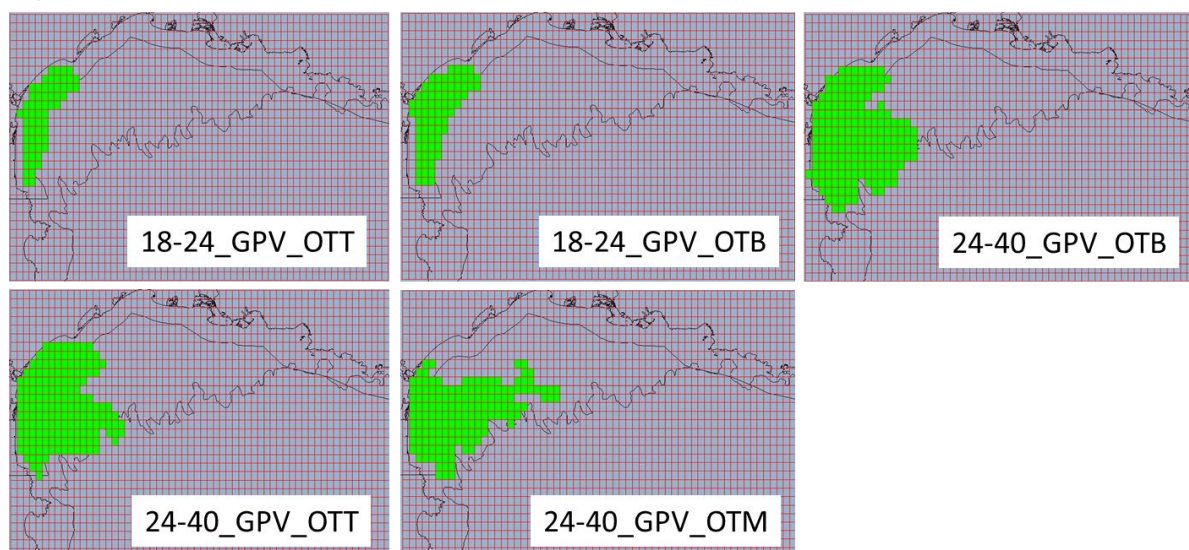
Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
0,0396	0,0396	0,0396	0,1127	0,1127	0,1127	0,1424	0,1424	0,1424	0,0387	0,0387	0,0387

ANNEXE 3 : ZONES DE PECHE ISIS-FISH, PAR METIER

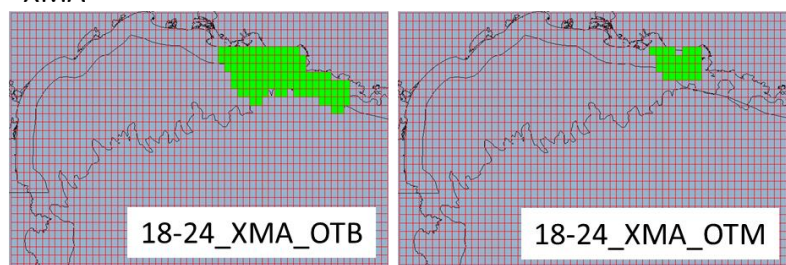
CMT



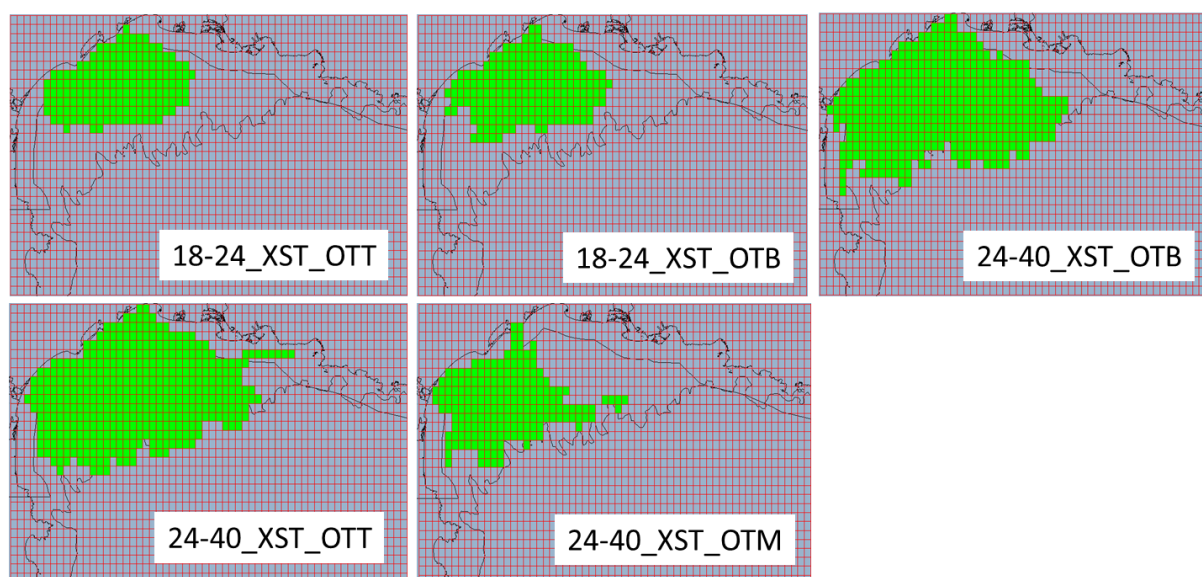
GPV



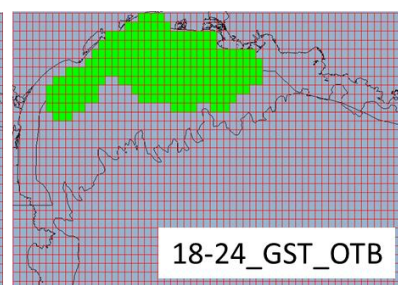
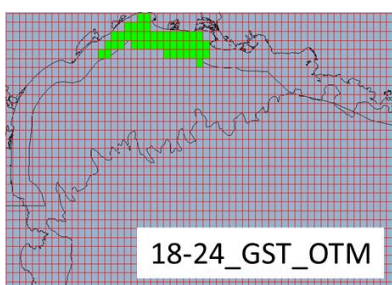
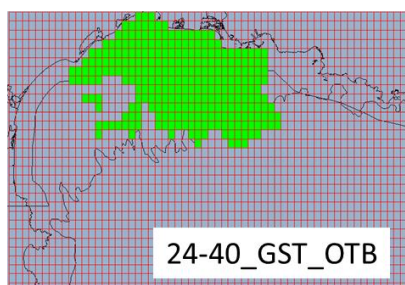
XMA



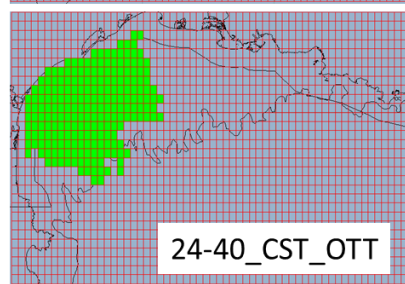
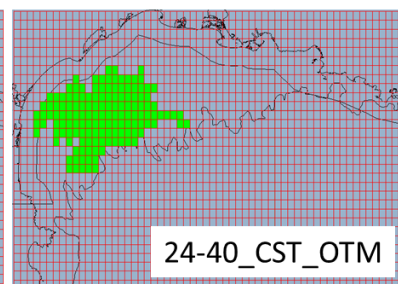
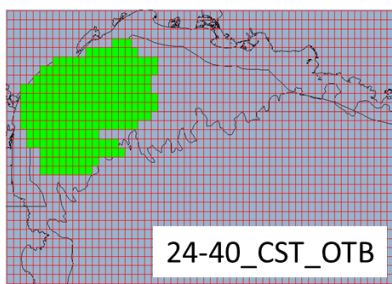
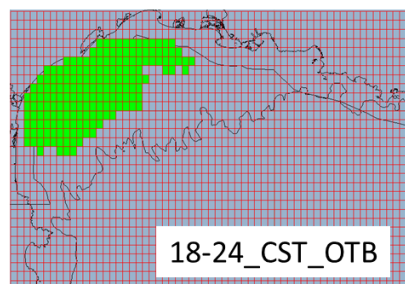
XST



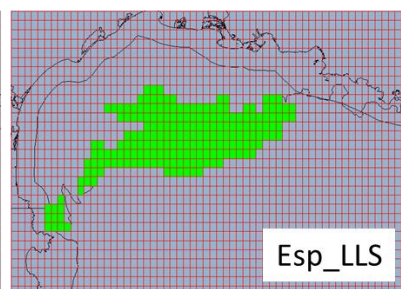
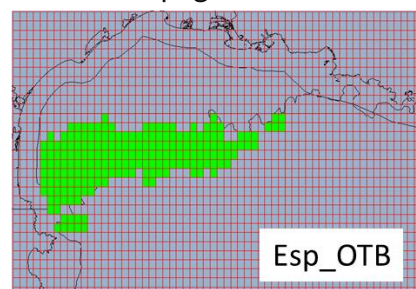
GST



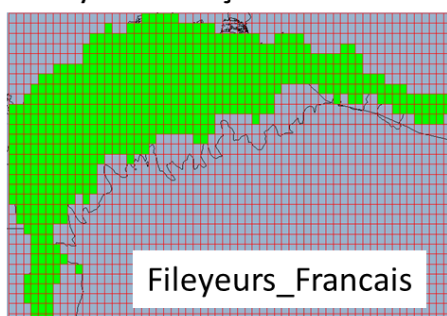
CST



Flottille espagnole



Fileyeurs français



ANNEXE 4 : EQUATIONS DE SELECTIVITE DES DIFFERENTS ENGS

Age	OTB, OTT, OTM	GNS	LLS
0	Pas d'équation de sélectivité	0	0
1		0.41	0.000089
2		0.58	0.0045
3		0.0053	0.12
4		0.0000038	0.29
5		0	0.36

ANNEXE 5 : FACTEURS DE CIBLAGE DES METIERS REPRESENTES DANS LE MODELE (CHALUTIERS FRANÇAIS)

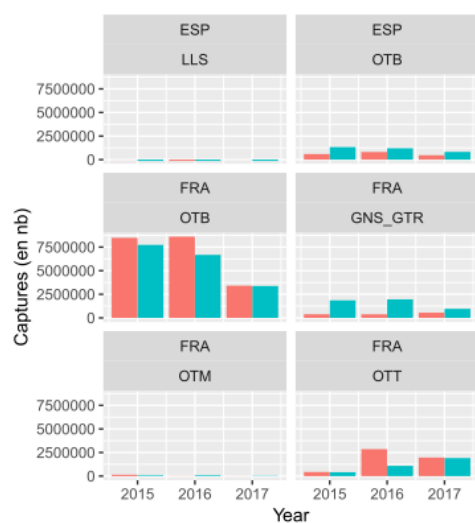
Métier	Facteur de ciblage
OTB_CMT_18-24	1,00
OTM_CMT_18-24	0,95
OTB_CMT_24-40	1,00
OTM_CMT_24-40	0,23
OTB_CST_18-24	0,18
OTB_CST_24-40	0,45
OTM_CST_24-40	0,11
OTT_CST_24-40	0,21
OTB_GPV_18-24	0,26
OTT_GPV_18-24	0,04
OTB_GPV_24-40	0,59
OTM_GPV_24-40	0,52
OTT_GPV_24-40	0,34
OTB_GST_18-24	0,25
OTM_GST_18-24	0,10
OTB_GST_24-40	0,53
OTM_GST_24-40	0,56
OTB_XMA_18-24	0,77

OTM_XMA_18-24	0,63
OTB_XST_18-24	0,30
OTT_XST_18-24	0,31
OTB_XST_24-40	0,45
OTM_XST_24-40	0,23
OTT_XST_24-40	0,45

ANNEXE 6 : GRAPHIQUES ANNEXES POUR LES DIFFERENTES ETAPES DE CALIBRATION

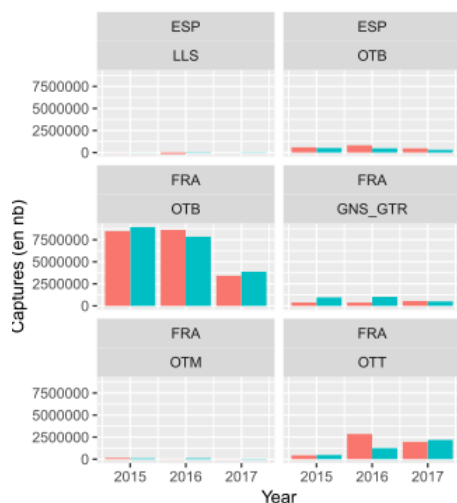
Dans les graphiques suivants, les données observées sur lesquelles est basée la calibration figurent en rouge, les données simulées par le modèle en bleu.

Etape 1.

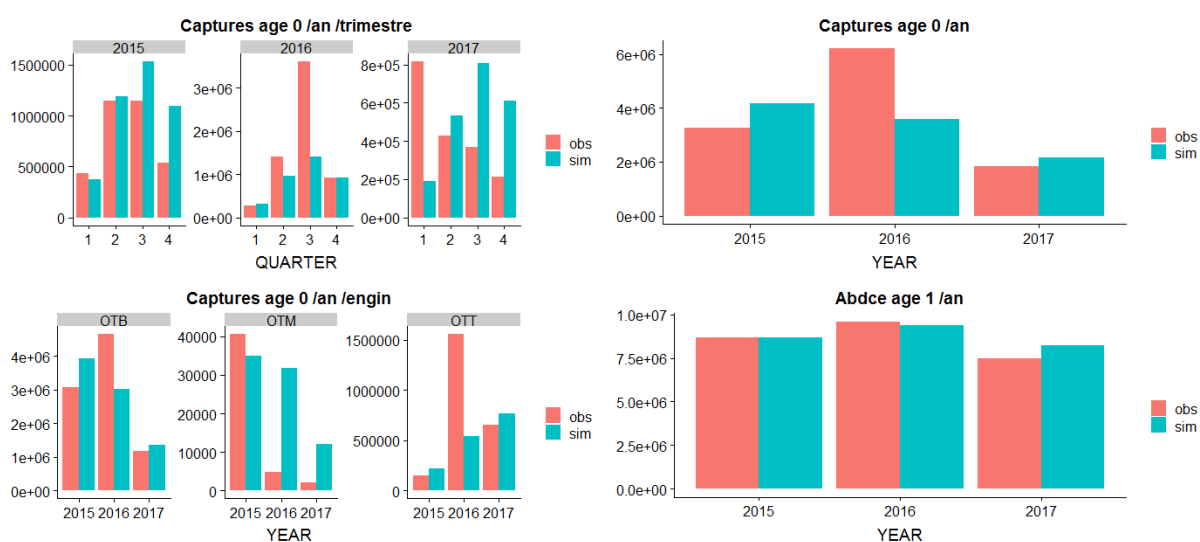


Etape 2.





Etape 3.

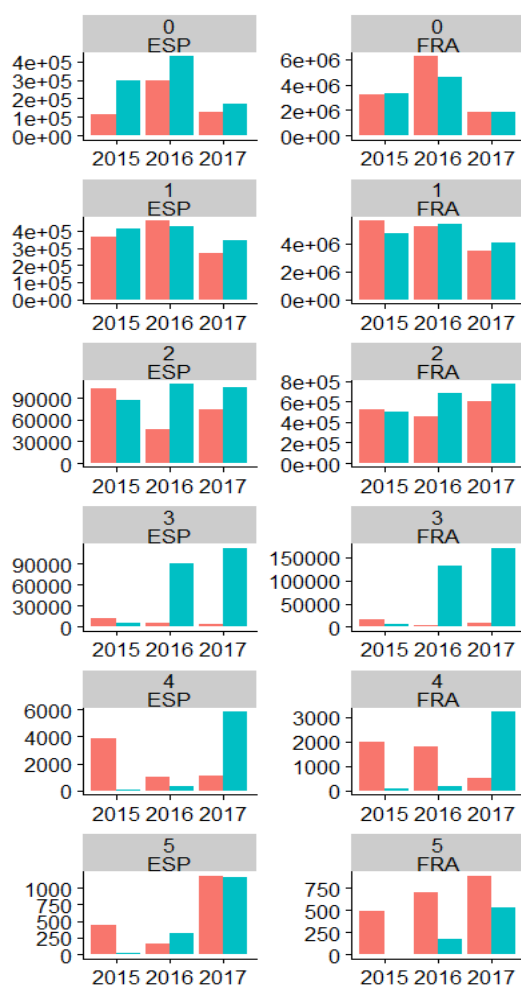


Etape 4.

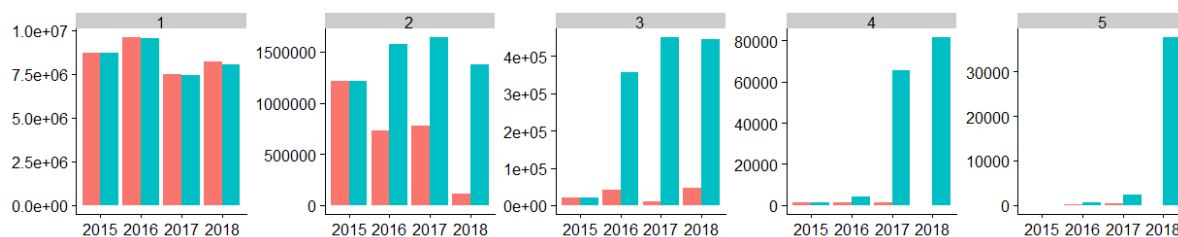


Etape 5. Modèle qui reproduit bien les captures.

Captures par années, par pays, par âge

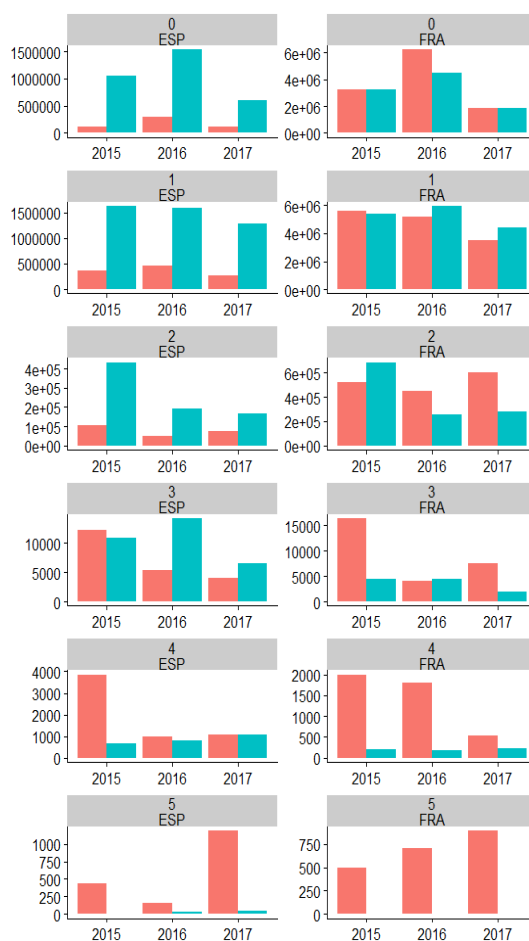


Abondance en janvier par année, par âge

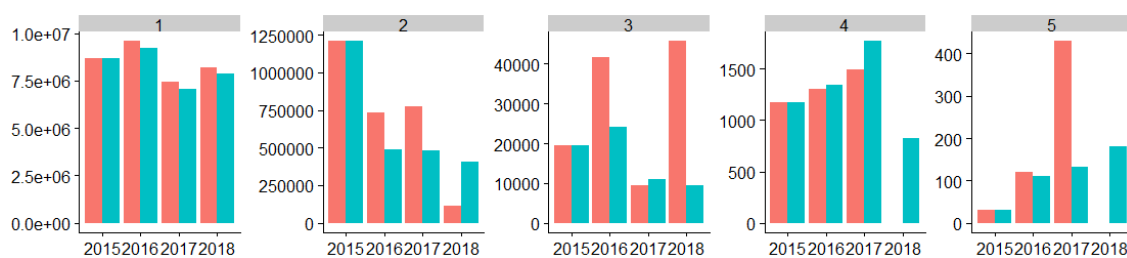


Etape 5. Modèle qui reproduit bien l'abondance de la population

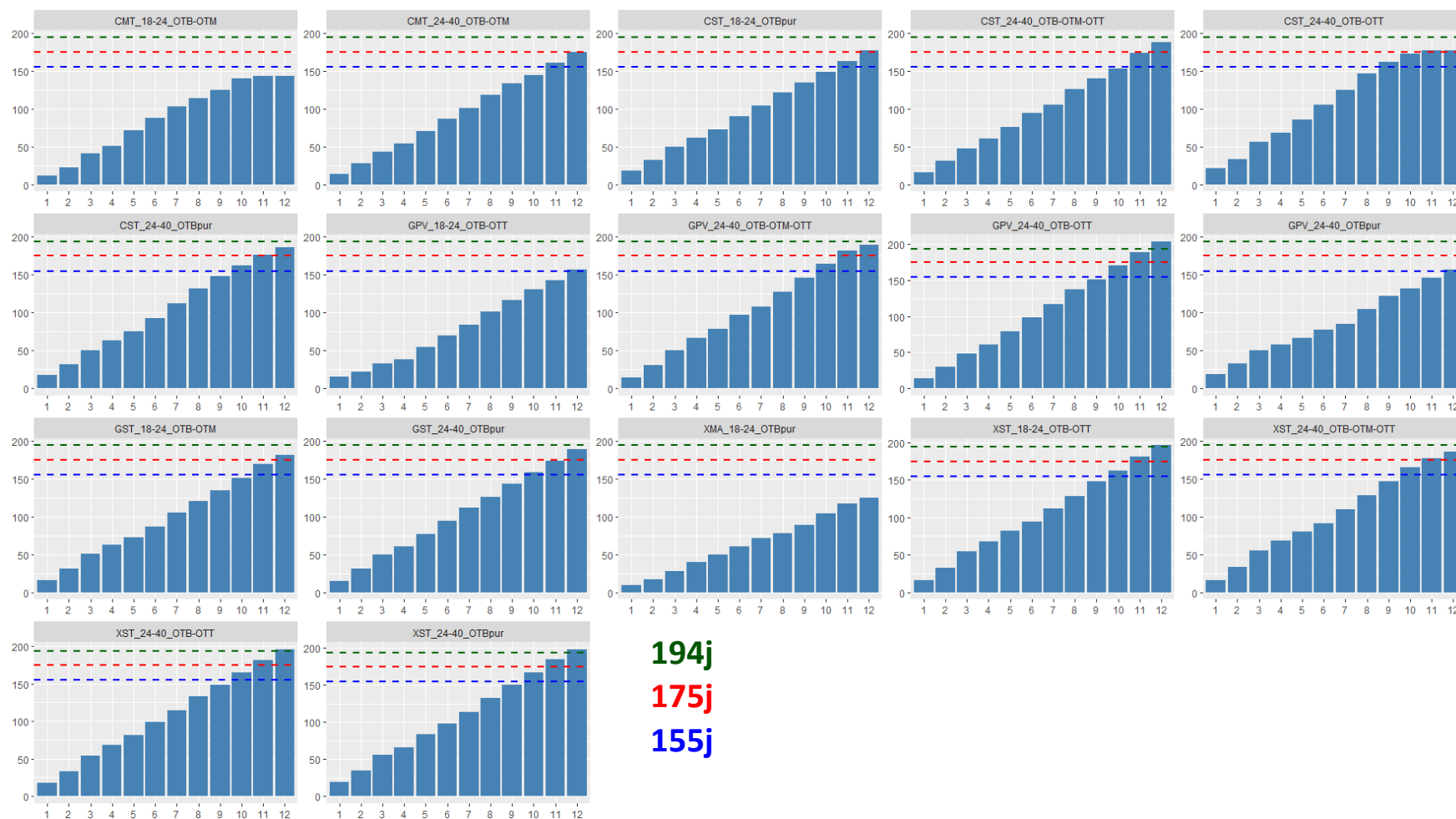
Captures par années, par pays, par âge



Abondance en janvier par année, par âge



ANNEXE 7 : IMPACT DES SCENARIOS DE QUOTA D'EFFORT SUR LES BATEAUX MOYENS DES DIFFERENTES FLOTTILLES

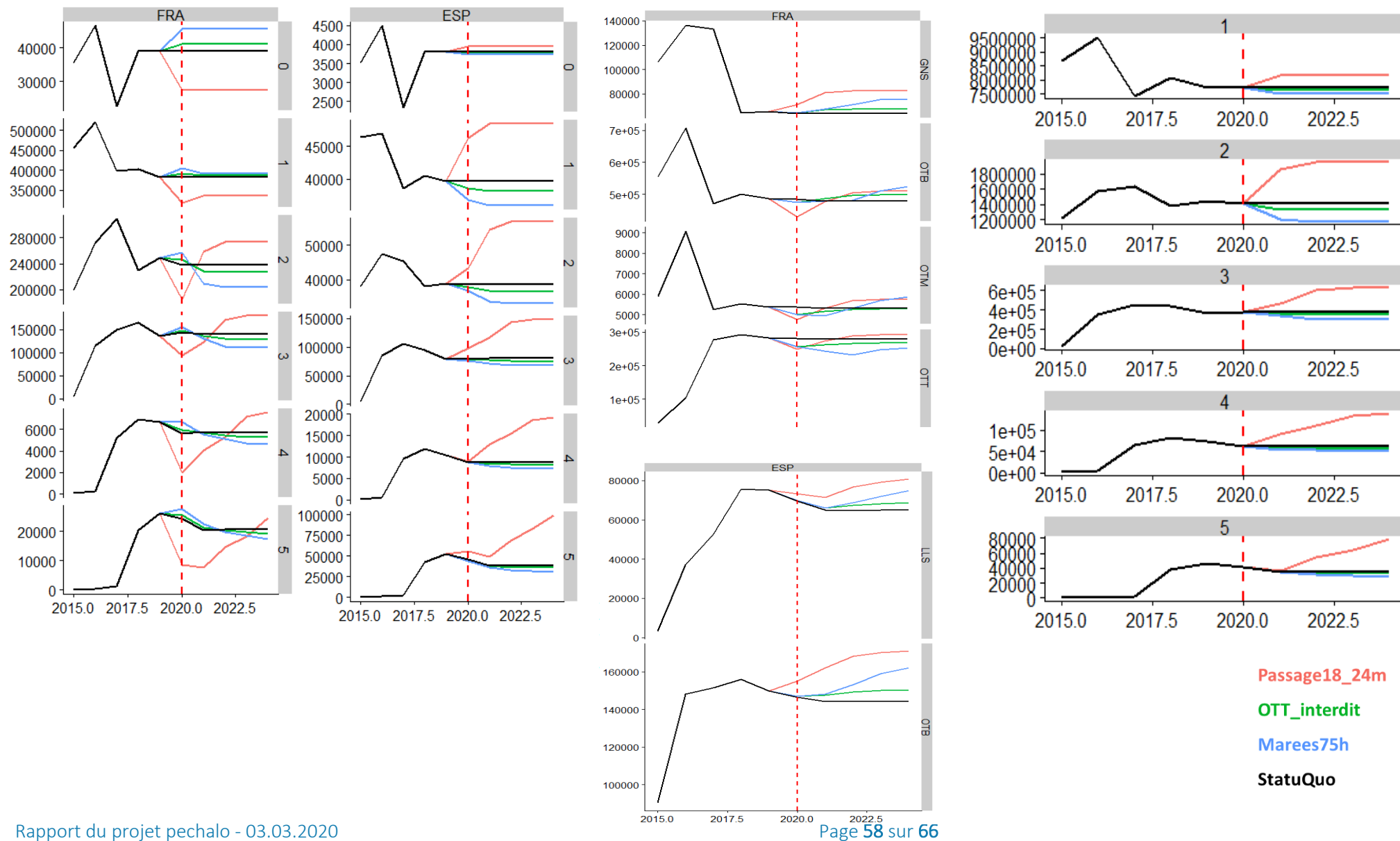


Nombre de jours de mer cumulé par mois en 2017 pour les stratégies françaises, comparés au quota d'effort (lignes pointillées horizontales). Le mois où la barre bleu rencontre la ligne de quota correspond au mois théorique d'arrêt de la pêche. On note une hétérogénéité d'impact de cette mesure sur les flottilles, certaines étant concernées dès le quota le plus élevé en place, d'autres présentant un effort annuel inférieur au plus petit quota.

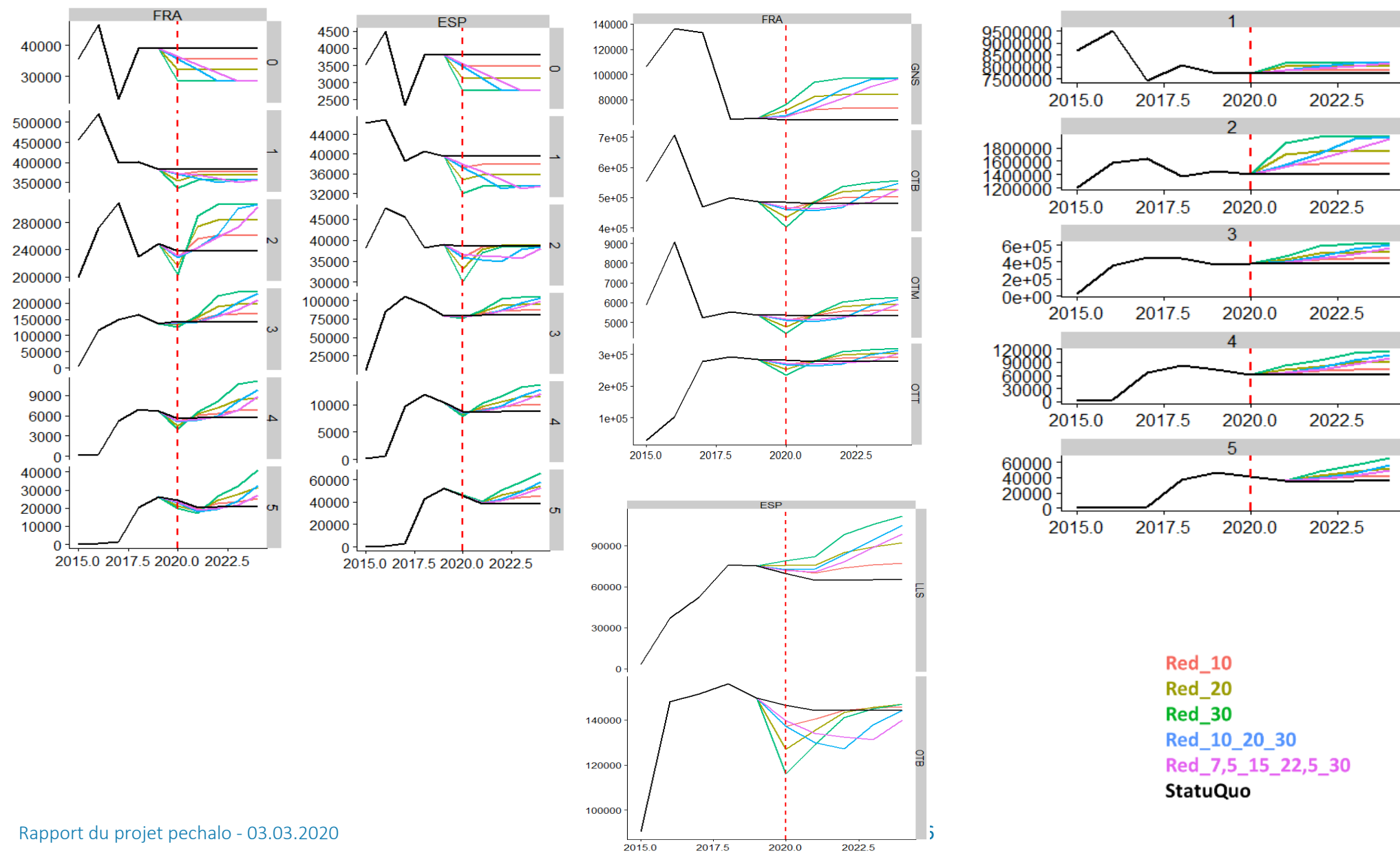
ANNEXE 8 : ETUDE DE L'IMPACT DES SCENARIOS DE GESTION : GRAPHIQUES ANNEXES.

Les graphiques suivants représentent l'impact des scénarios de gestion sur l'évolution des captures et de l'abondance. Par page (*i.e.* par catégorie de scénarios), sont représentés de gauche à droite : les captures françaises et espagnoles par classe d'âge (en kg), les captures françaises et espagnoles par engin (en kg) et la biomasse en janvier par âge (en kg).

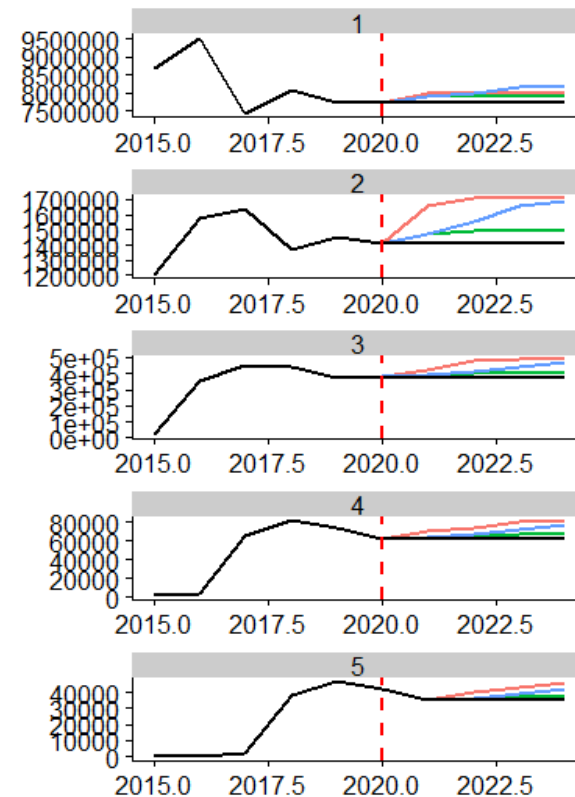
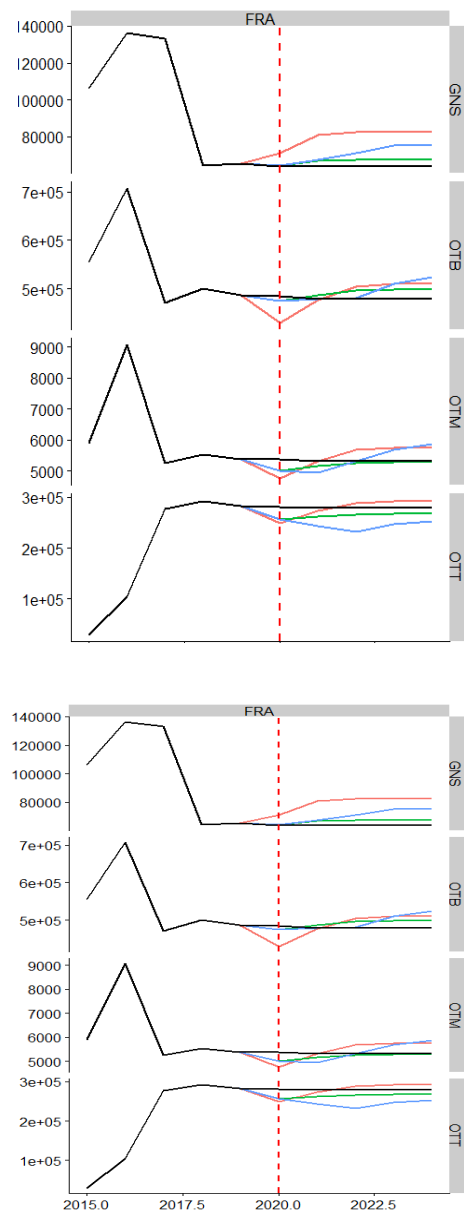
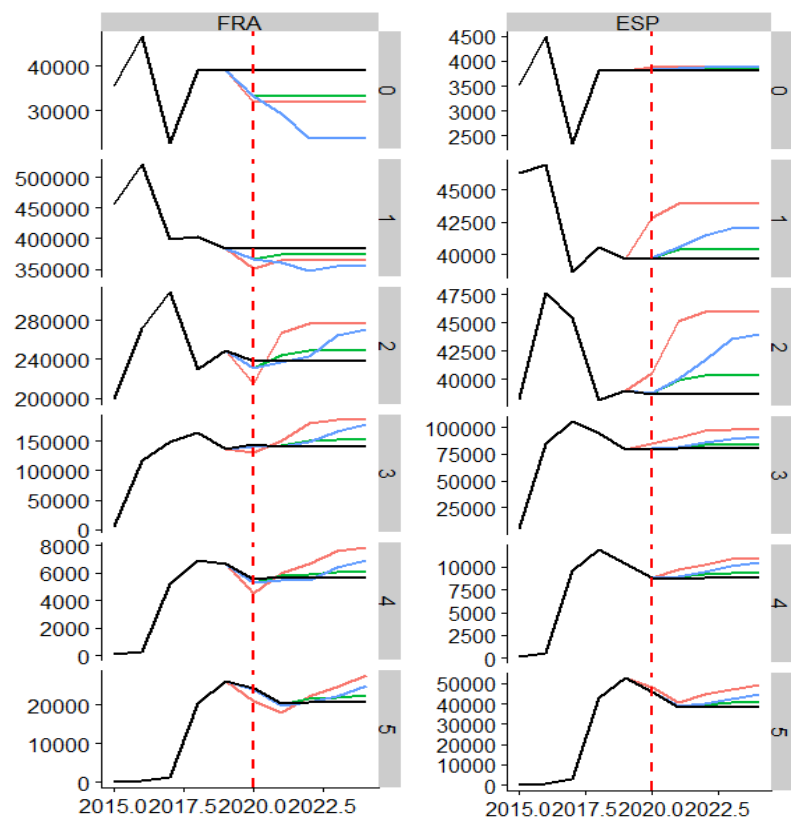
Scénarios de réduction des coûts en carburant



Scénarios de réduction « simple »



Autres scénarios de réduction



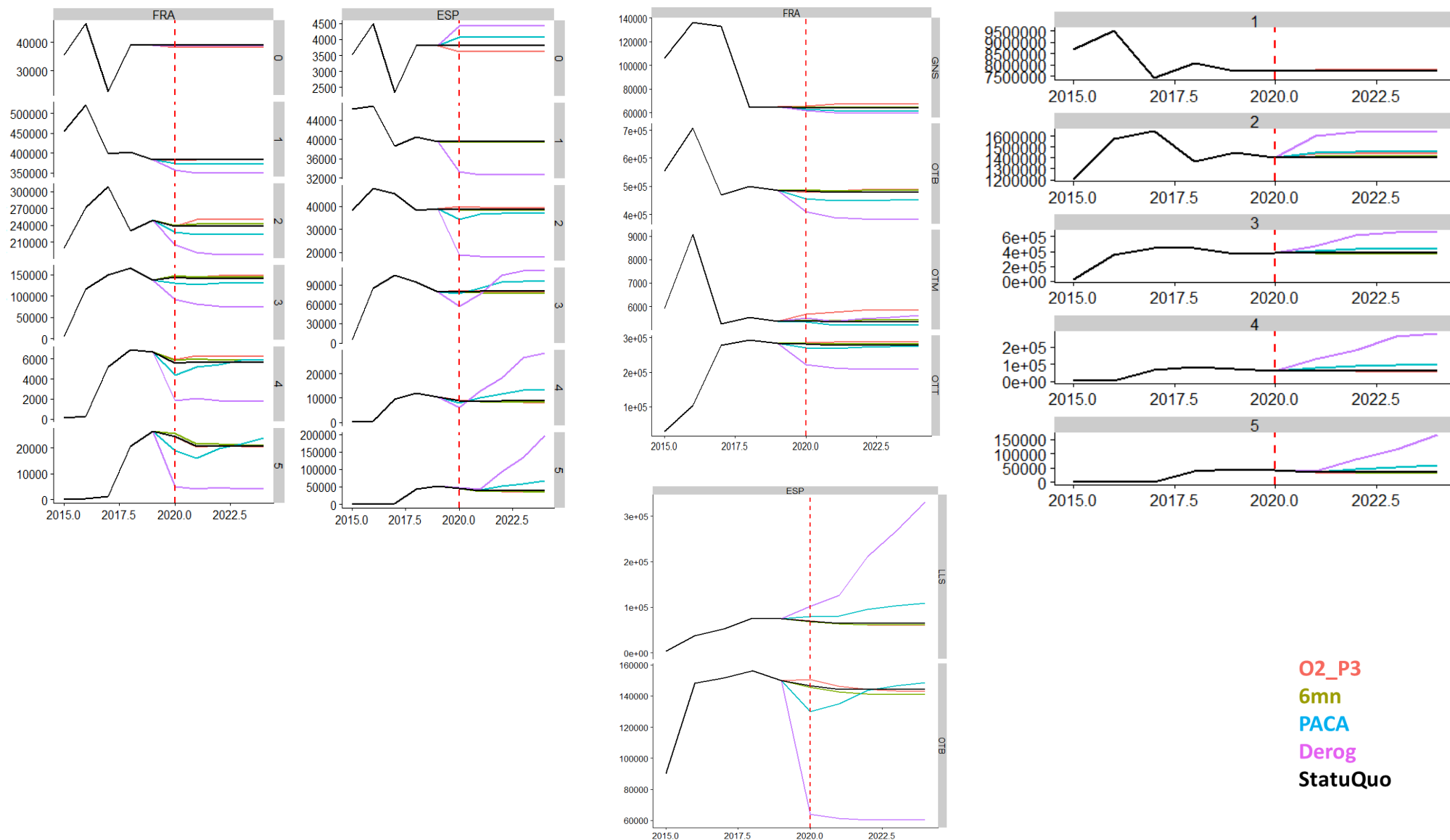
Semaines_4j

QuotaEff_194j

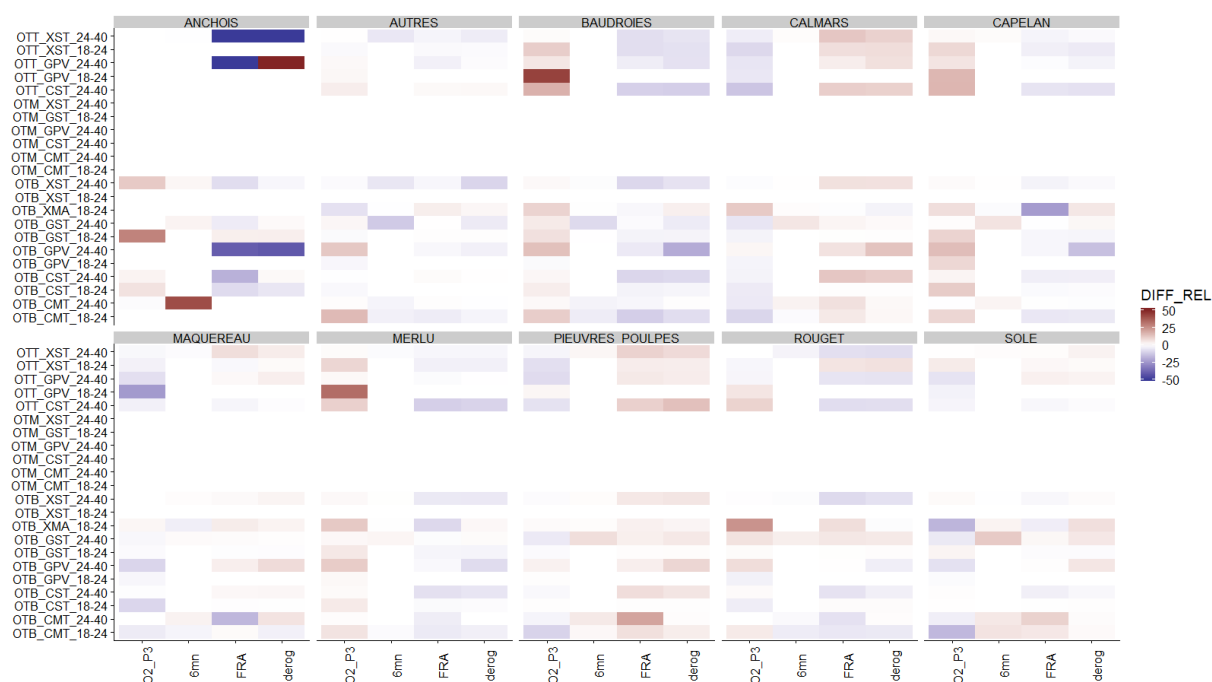
QuotaEff_194_175_155j

StatuQuo

Scénarios de fermetures spatio-temporelles



ANNEXE 9 : VARIATIONS DE REVENUS DES DIFFERENTES ESPECES CAUSEES PAR LES FERMETURES SPATIO-TEMPORELLES.



Sur ce graphique, l'étiquette « FRA » en abscisse correspond à la fermeture de la zone PACA.

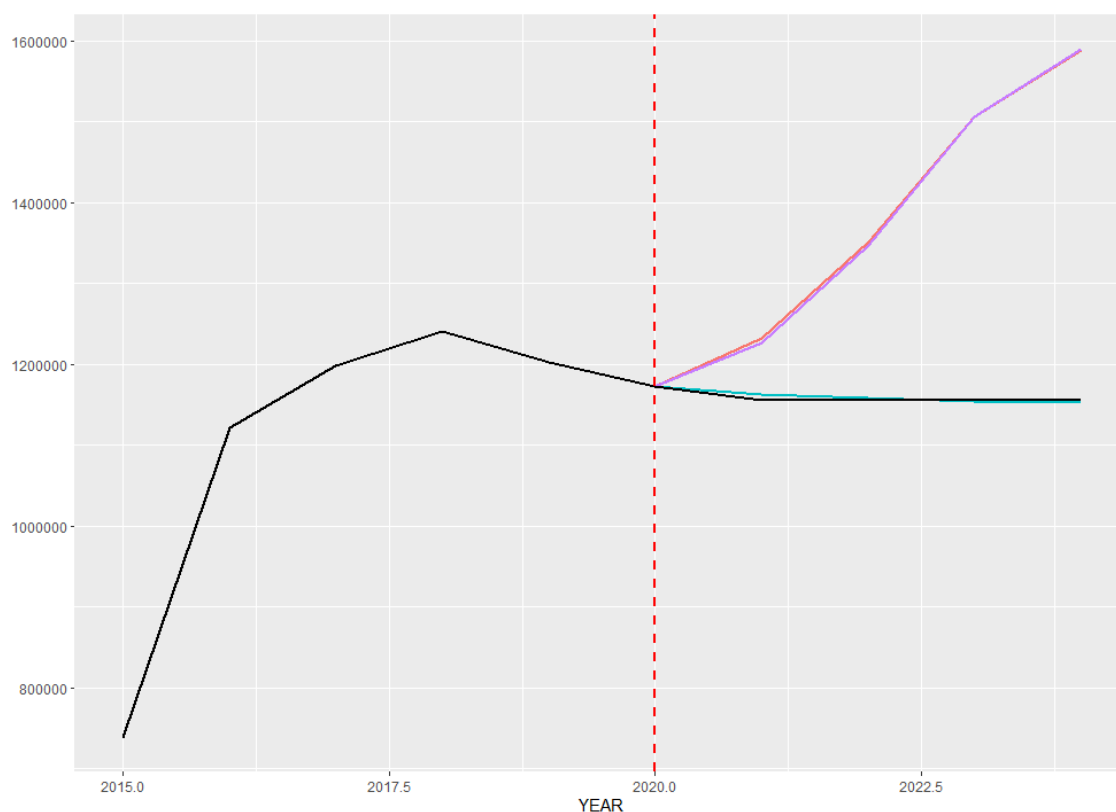
Ce graphique représente les écarts relatifs (en %) en 2024 entre les revenus des différentes espèces obtenus avec les scénarios de fermeture et ceux obtenus dans le scénario de référence : $((Sce\ i - Sce\ ref) / Sce\ ref) * 100$. Les métiers figurent en ordonnée et les scénarios de fermetures en abscisse. Les carrés rouges représentent des variations positives, i.e. des revenus qui augmentent par rapport au scénario de référence, inversement pour les carrés bleus.

Pour la plupart des espèces, l'impact des scénarios de fermetures est homogène sur l'ensemble des métiers.

L'impact du scénario « 6 mn » est négligeable pour la grande majorité des métiers.

Les scénarios « FRA » (équivalent au scénario « PACA ») et « derog » ont tendance à faire augmenter les revenus des calmars, maquereaux, soles, pieuvres et poulpes. A l'inverse, ces scénarios impactent négativement les revenus des baudroies, capelans, merlus et rougets. Ces résultats sont opposés à ceux du scénario « O2_P3 ».

ANNEXE 10 : SCENARIO COUPLE : COMBINAISON « RED_10_20_30 » ET « O2_P3 »

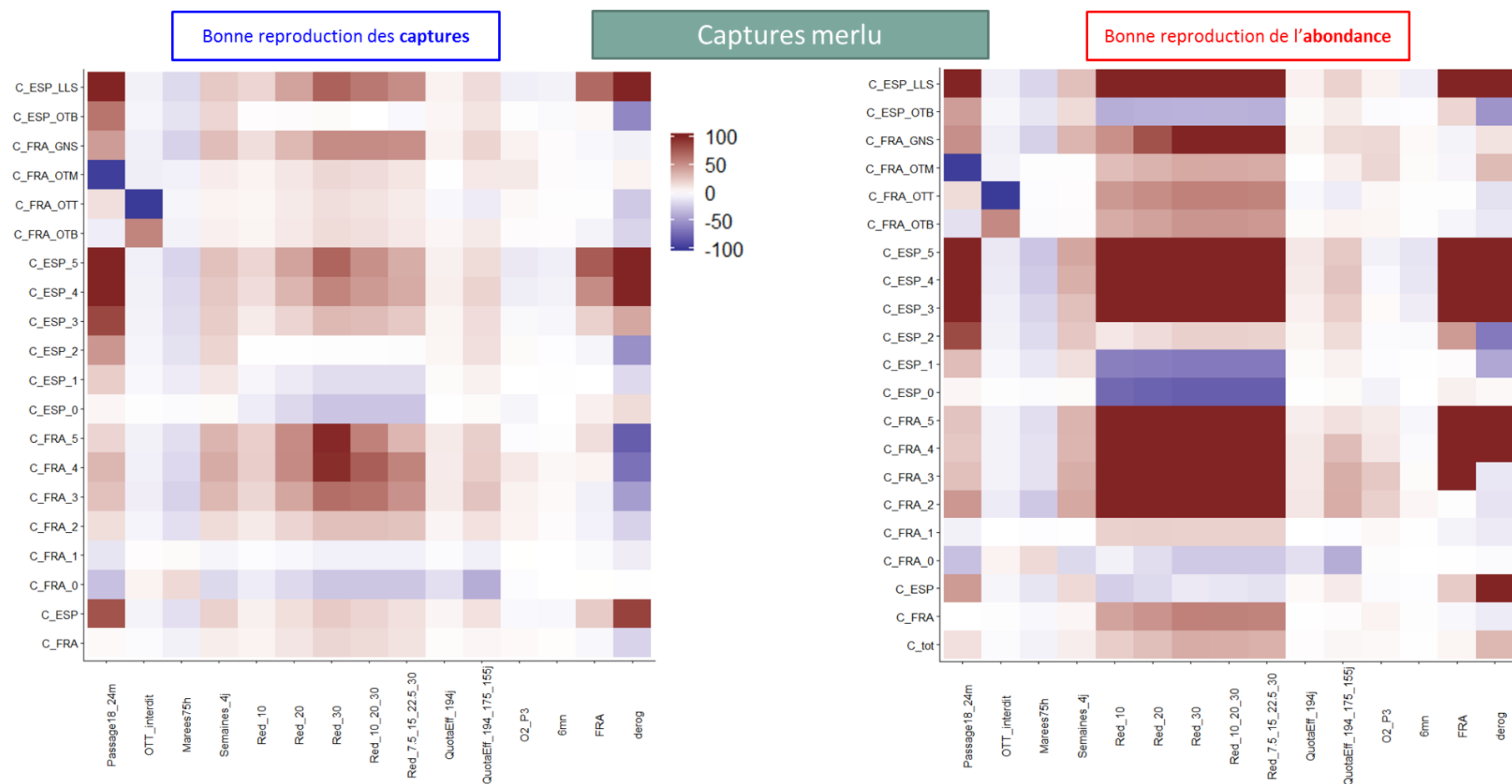


En noir : scénario de référence. En bleu : O2P3. En rouge : combinaison. Violet : réduction d'effort seule.

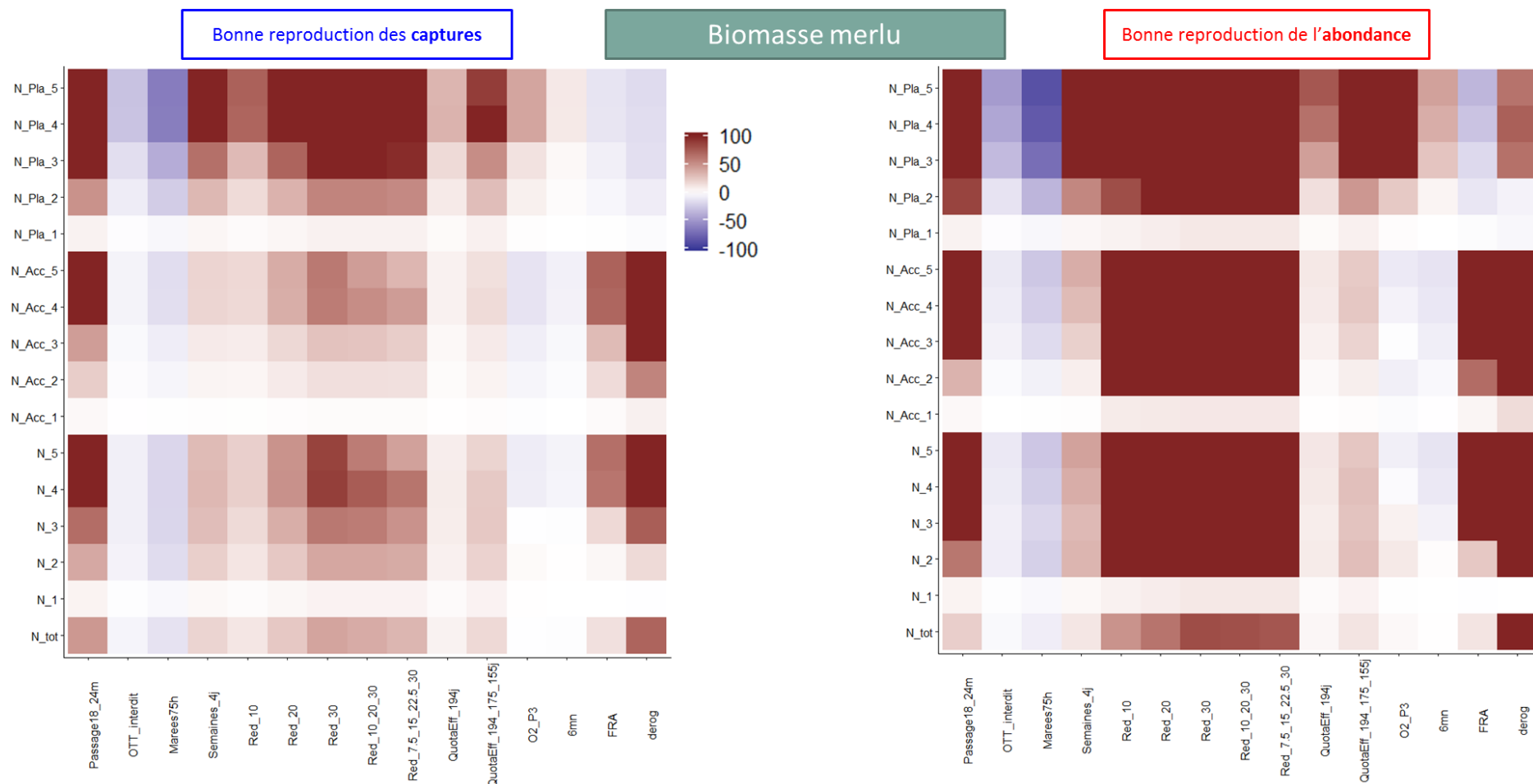
L'effet du scénario combinant réduction d'effort et fermeture spatiale se révèle être la somme des effets des scénarios qui le composent. Aucun effet synergique ou antagoniste de la combinaison n'est détecté. Ainsi, en comparaison du scénario avec la réduction d'effort seule, le scénario présente des captures françaises légèrement supérieures, des captures espagnoles légèrement inférieures et une biomasse identique.

ANNEXE 11 : IMPACT DES SCENARIOS SUR LES DEUX CONFIGURATIONS DE MODELE

Ces graphiques montrent l'impact des scénarios de gestion (en abscisse) sur différentes métriques étudiées (en ordonnée) par rapport au scénario statuQuo pour les deux modèles alternatifs considérés (la configuration permettant une bonne reproduction des captures à gauche et de l'abondance à droite). La coloration traduit l'écart relatif (en %) par rapport à la simulation de référence : $((Sce_i - Sce_{ref}) / Sce_{ref}) * 100$



Les métriques représentées ici sont, de bas en haut sur l'axe des ordonnées : les captures par pays, par pays et par âge et les captures par engin.

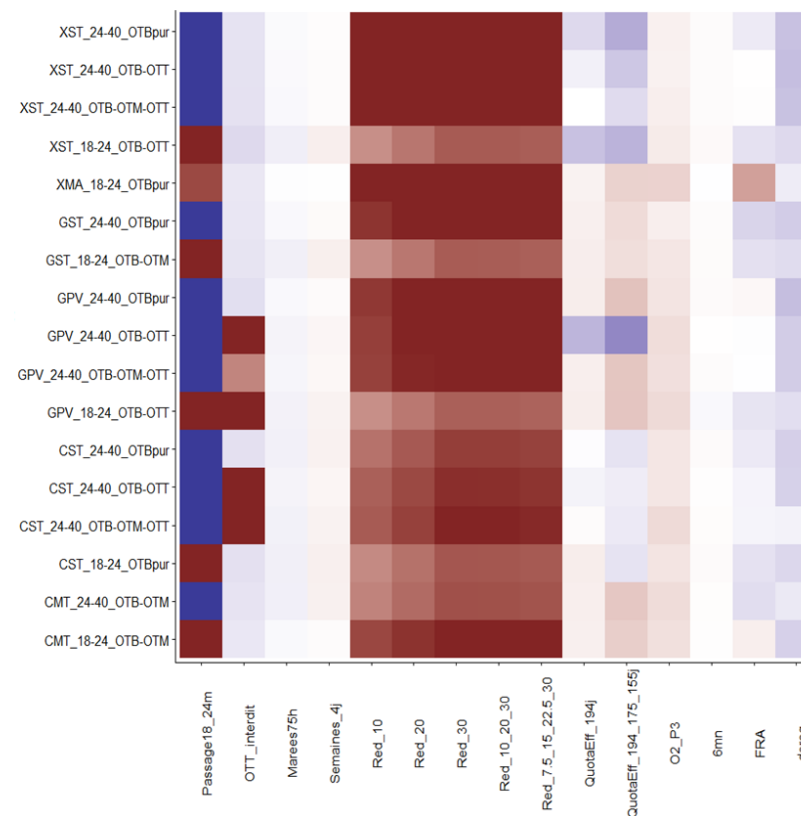
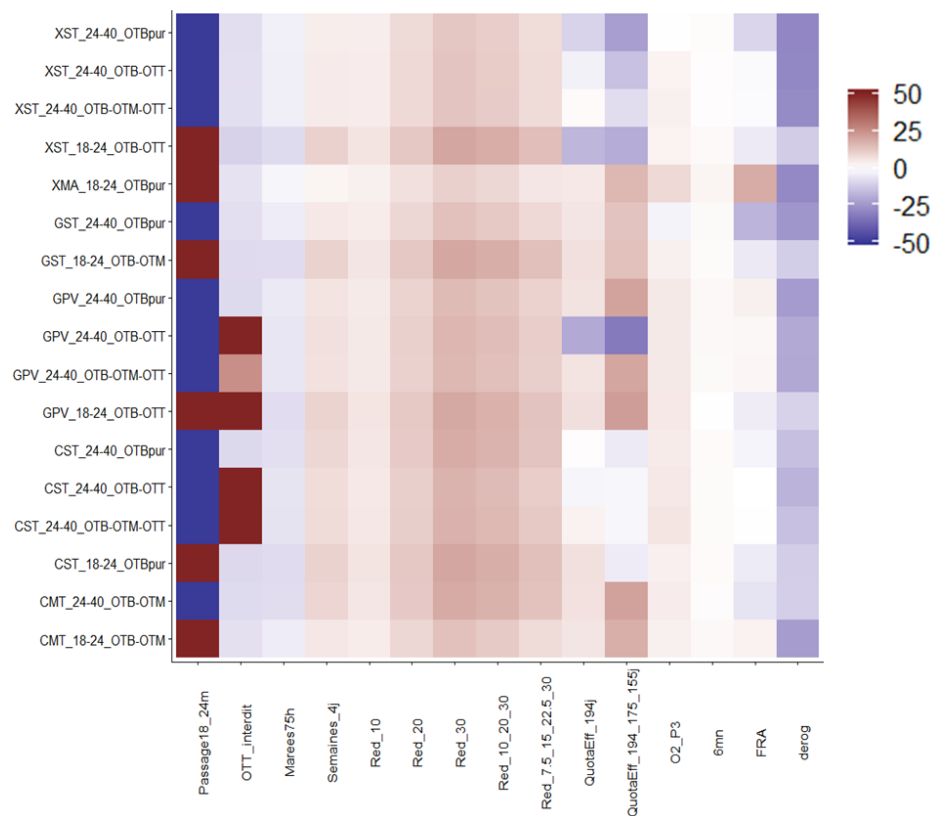


Les métriques étudiées ici sont, de bas en haut sur l'axe des ordonnées : la biomasse totale, la biomasse par âge et la biomasse par âge et par zone (plateau et Accores).

Bonne reproduction des captures

Revenus merlu

Bonne reproduction de l'abondance



Les métriques étudiées ici sont les revenus issus des captures de merlu pour les différents métiers (chalutiers français).

Les graphiques présentés dans cette annexe mettent en avant des variations qui vont dans le même sens pour les deux configurations du modèle (pour un scénario donné et une métrique en particulier, la teinte (rouge ou bleue) est la même pour les deux modèles). Toutefois, l'intensité de la coloration diffère entre les deux modèles car les variations obtenues avec le modèle reproduisant bien l'abondance (à droite) sont bien souvent plus élevées.