



A.M.O.P.



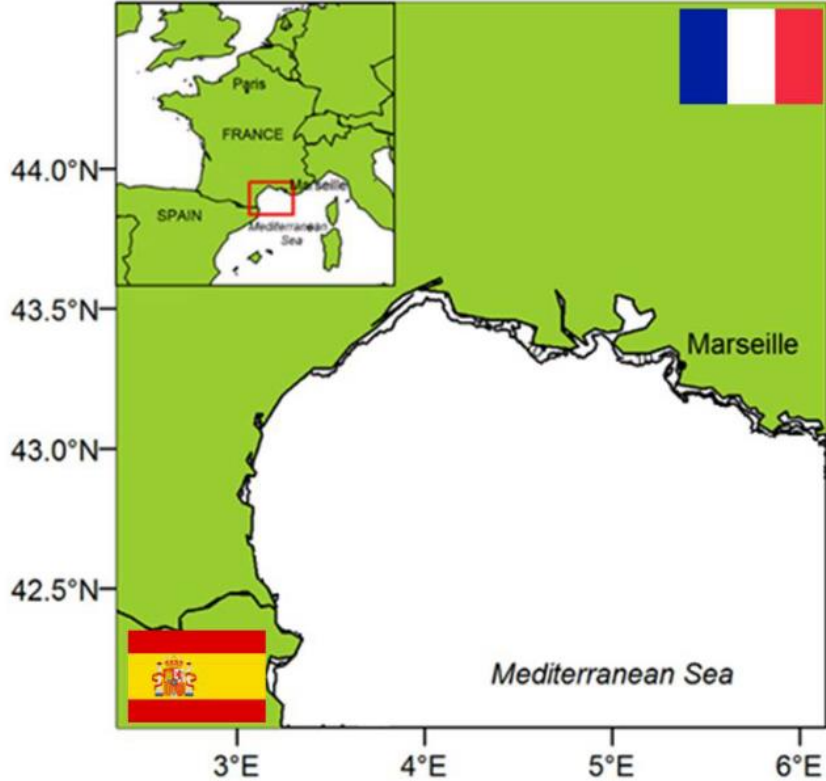
Projet PECHALO
(Pêcherie CHALutière Occitane)

Etude de l'impact de nouveaux modes de gestion de la pêche chalutière du Golfe du Lion

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



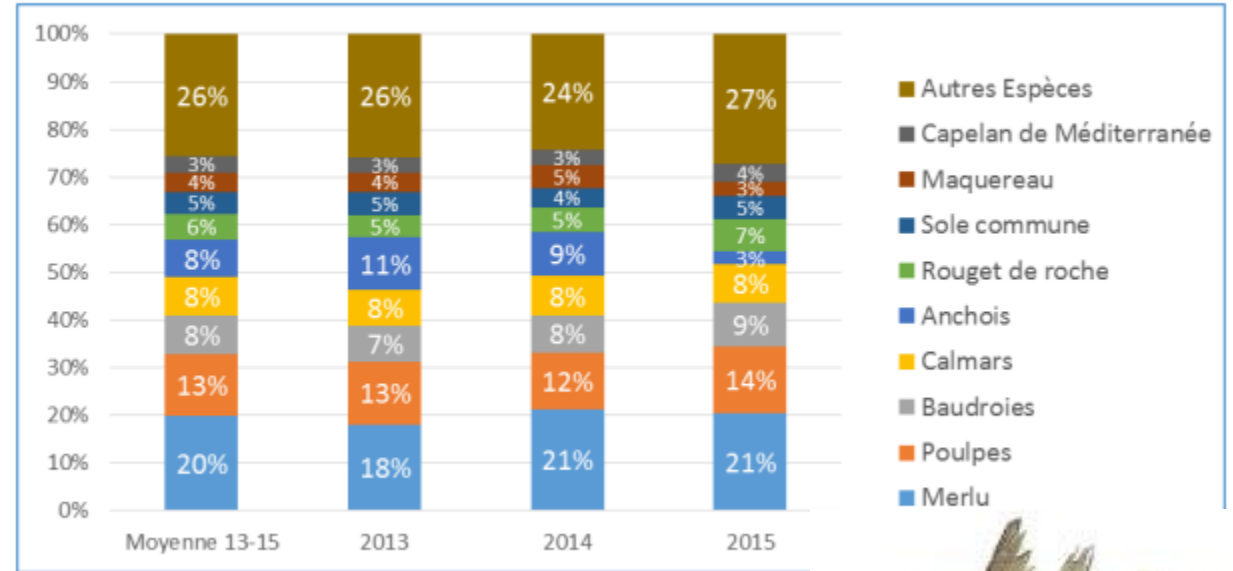
Elements de contexte



Flottille chalutière
~ 60 bateaux entre
18-25m



Graphique 2 : Répartition du CA par espèces

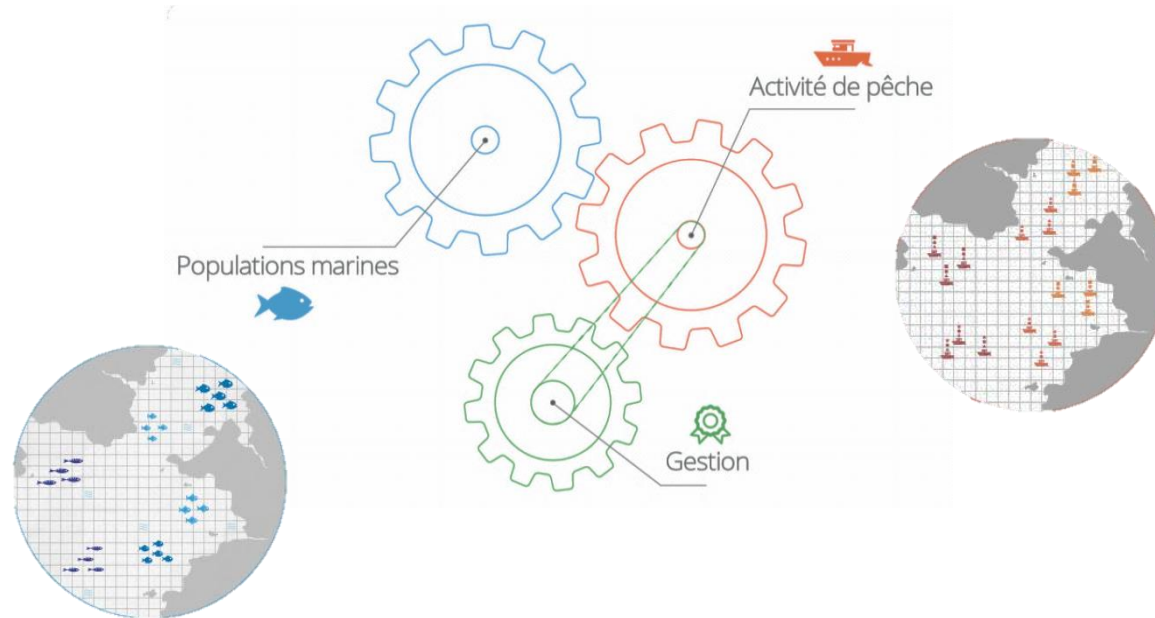
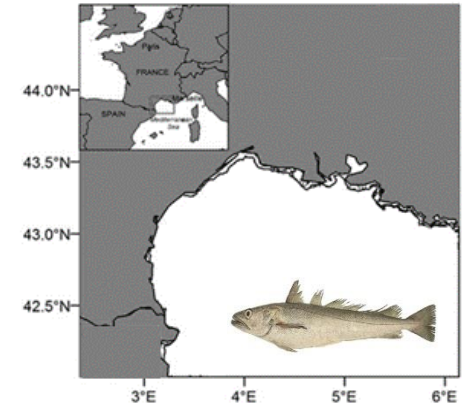


Merlu

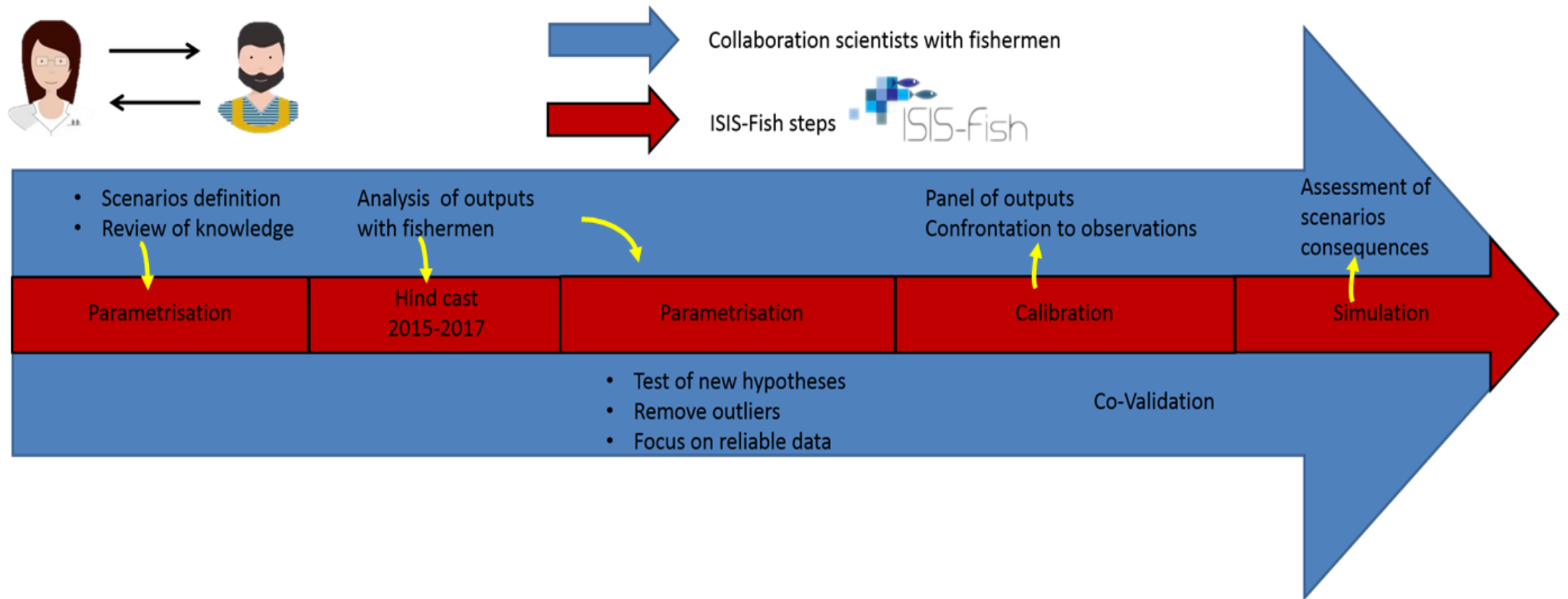
- Deuxième espèce débarquée en valeur (657 t/an)
- Surexploitée ($F = 12^* > F_{msy} =$)
- Gestion : pas de TAC, Temps de pêche limité =196 jours/an
- **Plan de gestion pluriannuel : réduction temps de pêche, fermeture spatio-temporelles**

Développement d'un modèle ISIS-Fish

(description population merlu + flottilles qui l'exploitent)



Approche participative : modélisation et co-construction des scénarios de gestion



Développement d'un modèle ISIS-Fish

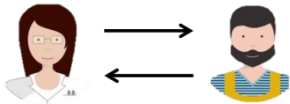
(description population merlu + flottilles qui l'exploitent)

Sources d'incertitude



Scénarios de gestion

- Réduction des coûts en carburant
- Réduction de l'effort de pêche
- Fermetures spatio-temporelles



+

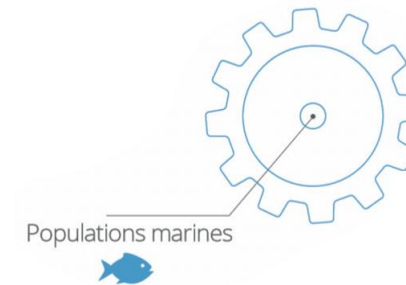


- Biomasse et captures du merlu
- Revenus merlu
- Revenus autres espèces
- Consommation en carburant

Projet PECHALO

(Pêcherie CHALutière Occitane)

Groupes d'âge



Paramètres biologiques

Croissance (Mellon-Duval et al. 2010)

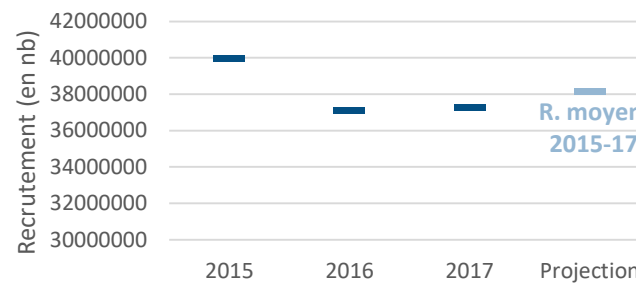
Ogive de maturité (Eval. 2018)

Relation taille-poids (Eval. 2018)

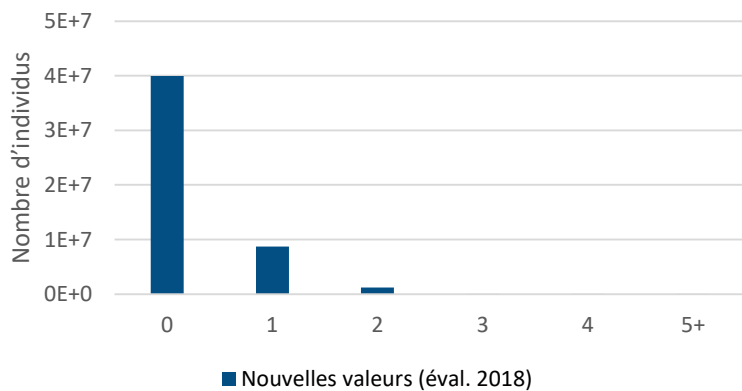
Mortalité naturelle (Abella et al. 1998)

Recrutement

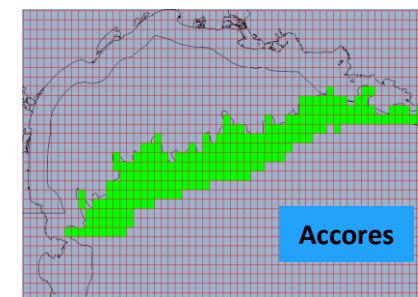
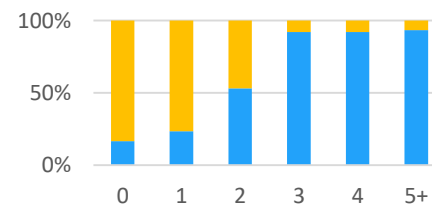
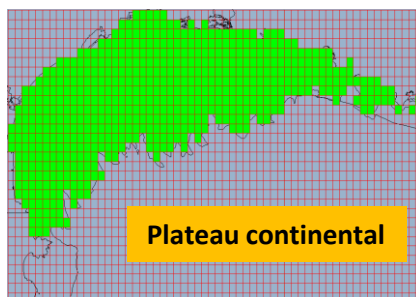
(valeurs issues du rapport de l'éval. de stock 2018)

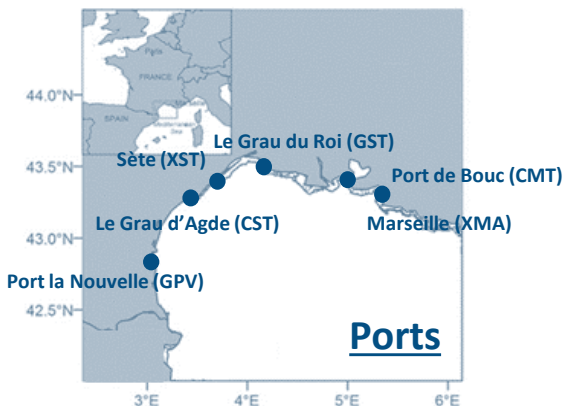


Effectifs initiaux



Distribution spatiale (basée sur les campagnes MEDITS 1994-2017)





FLOTTILLES

Définies par port & taille navire

STRATEGIES

Définies par port, taille navire & combinaison d'engins

METIERS

Définis par port, taille navire & engin

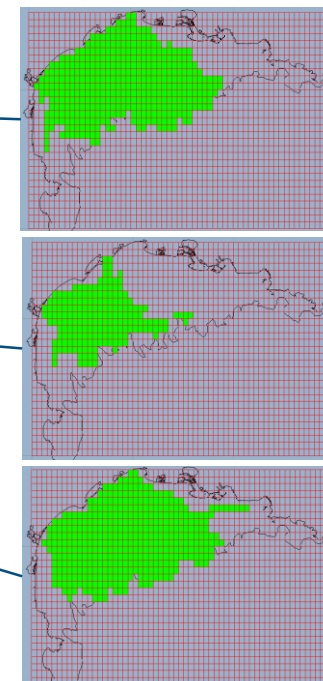


- Flottes
- Flottille_ESP
- XMA_18-24
- CMT_18-24
- GPV_18-24
- GPV_24-40
- CMT_24-40
- CST_18-24
- XST_24-40**
- CST_24-40
- GST_18-24
- XST_18-24
- GST_24-40
- Fileyeurs_FRA

- Stratégies
- Strategie_Espagnol
- CST_18-24_OTBpur
- GPV_24-40_OTBpur
- CMT_24-40_OTB-OTM
- XMA_18-24_OTBpur
- GPV_24-40_OTB-OTM-OTT
- CST_24-40_OTB-OTM-OTT
- XST_24-40_OTB-OTT**
- XST_24-40_OTBpur**
- CST_24-40_OTB-OTT
- GST_18-24_OTB-OTM
- CMT_18-24_OTB-OTM
- XST_18-24_OTB-OTT
- GST_24-40_OTBpur
- XST_24-40_OTB-OTM-OTT**
- GPV_24-40_OTB-OTT
- GPV_18-24_OTB-OTT
- CST_24-40_OTBpur
- FileyeursFrancais

- Métiers
- OTB_GPV_24-40
- OTB_GPV_18-24
- OTB_CST_24-40
- OTB_XST_24-40**
- OTB_GST_18-24
- OTB_GST_24-40
- OTB_CMT_18-24
- OTB_CMT_24-40
- OTB_XMA_18-24
- OTM_CST_24-40
- OTM_XST_24-40**
- OTM_GST_18-24
- OTM_CMT_24-40
- OTB_CST_18-24
- OTT_CST_24-40
- OTT_XST_18-24
- OTT_XST_24-40**
- OTT_GPV_24-40
- OTM_GPV_24-40
- LLS_ESP
- OTB_ESP
- OTT_GPV_18-24
- OTM_CMT_18-24
- OTB_XST_18-24
- GNS_FRA

Zones de pêche



Engins

OTB (chalut à panneaux)

OTT (chalut jumeau)

OTM (chalut pélagique)

LLS (palangrier)

GNS (fileyeur)

Taille navires

18-24 m

24-40 m

CALIBRATION

15 paramètres inconnus

q0	Rec_T1	Rec_T2	Rec_T3	Rec_T4	Rec15	Rec16	Rec17
----	--------	--------	--------	--------	-------	-------	-------

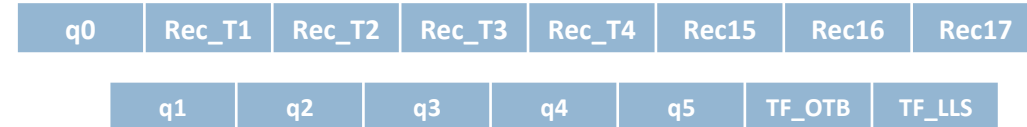
q1	q2	q3	q4	q5	TF_OTB	TF_LLS
----	----	----	----	----	--------	--------

CALIBRATION SEQUENTIELLE

Calibrer d'abord
captures du groupe
d'**âge 0** et **abondance**
du groupe d'**âge 1**



Calibrer ensuite
paramètres des
autres groupes d'âge

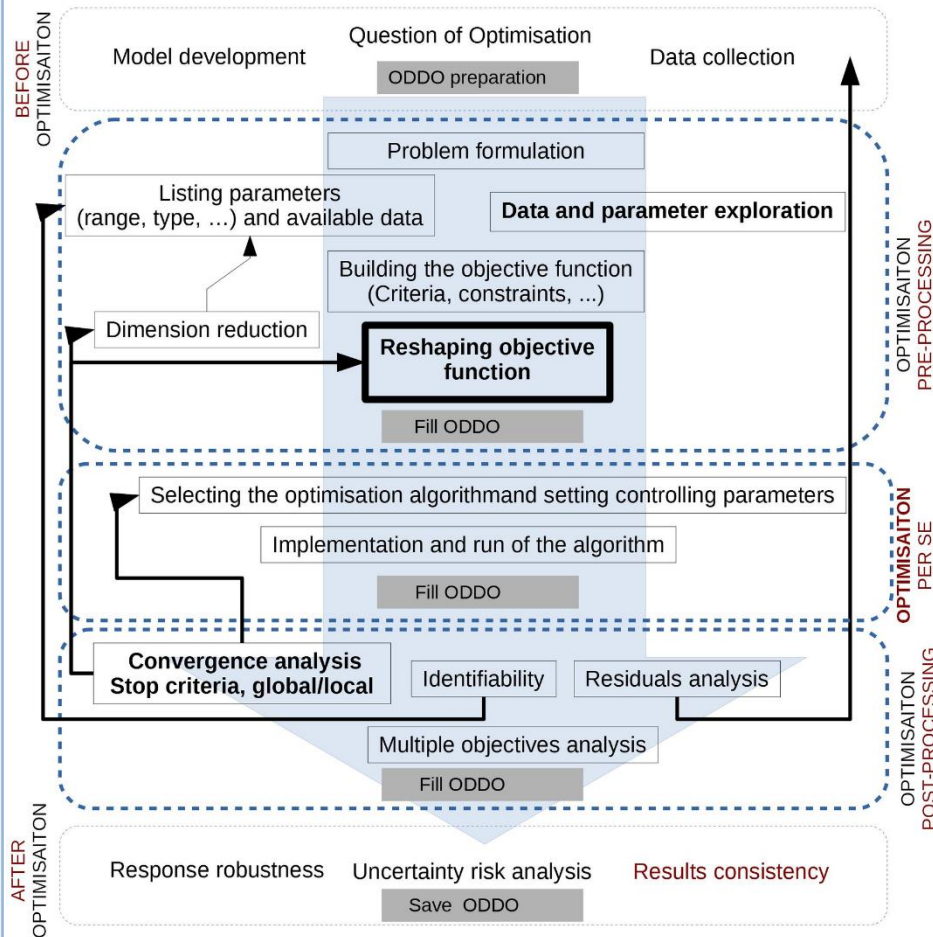


CALIBRATION SEQUENTIELLE

Calibrer d'abord captures du groupe d'âge 0 et abondance du groupe d'âge 1



Calibrer ensuite paramètres des autres groupes d'âge



Formulation : reproduire sur 2015-2017



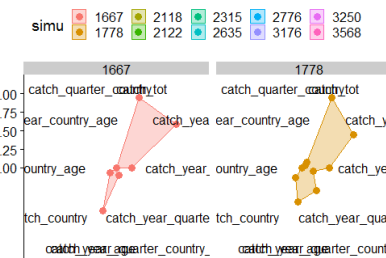
q0	Rec_T1	Rec_T2	Rec_T3	Rec_T4	Rec15	Rec16	Rec17
----	--------	--------	--------	--------	-------	-------	-------

q1	q2	q3	q4	q5	TF_OTB	TF_LLS
----	----	----	----	----	--------	--------

$$\Sigma (C_{sim} - C_{obs})^2$$

$$\Sigma ((N_{sim} - N_{obs}) / N_{obs})^2$$

10 Fonctions d'objectifs



- Pas d'algorithme itératif
- Exploration séquentielle avec des hypercubes Latins
- $ISIS(X_s) = (FO_s(1), \dots, FO_s(10))$
- $s_o = \text{Arg}_s(\text{Max}(\text{Moyenne}(\text{Rang}(FO_i(s))))$
- X_{s_o}

CALIBRATION SEQUENTIELLE

Calibrer d'abord **captures** du groupe d'âge 0 et **abondance** du groupe d'âge 1



Calibrer ensuite paramètres des autres groupes d'âge

Variabilité interannuelle de la distribution du recrutement



CALIBRATION SEQUENTIELLE

Calibrer d'abord captures du groupe d'âge 0 et abondance du groupe d'âge 1



Calibrer ensuite paramètres des autres groupes d'âge

Variabilité interannuelle de la distribution du recrutement



CALIBRATION SEQUENTIELLE

Calibrer d'abord
captures du groupe
d'âge 0 et abondance
du groupe d'âge 1



Calibrer ensuite
paramètres des
autres groupes d'âge

Variabilité interannuelle de la distribution du recrutement



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 ($\sum \text{Rec_Ti} = 1$)				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

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	$\Sigma(\text{Captures observées} - \text{Captures simulées})^2$ & $\Sigma(\text{Abondance évaluée} - \text{Abondance simulée})^2$														
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

CALIBRATION SEQUENTIELLE

Calibrer d'abord
captures du groupe
d'âge **0** et **abondance**
du groupe d'âge **1**



Calibrer ensuite
paramètres des
autres groupes d'âge



Paramètres fixés :

- q0
- distribution recrutement
- recrutement annuel corrigé
- TF_GNS

CALIBRATION SEQUENTIELLE

Calibrer d'abord
captures du groupe
d'âge 0 et abondance
du groupe d'âge 1



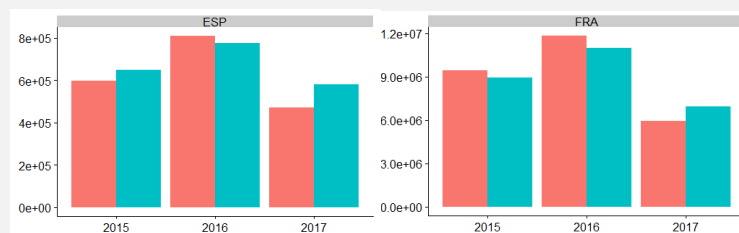
Calibrer ensuite
paramètres des
autres groupes d'âge



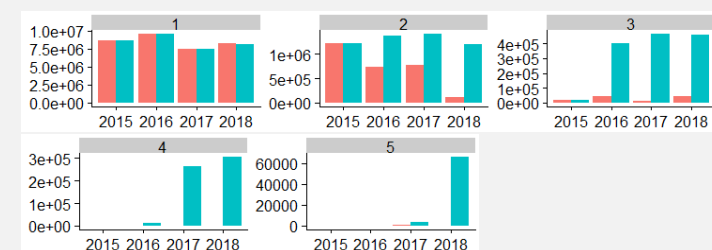
Paramètres fixés :

- q0
- distribution recrutement
- recrutement annuel corrigé
- TF_GNS

Captures annuelles par pays **observées** vs **simulées**



Abondance par groupe (en janvier) **évaluée** vs **simulée**



Anciens résultats...

*Le modèle ne parvient pas à reproduire à la fois les **captures** et l'**abondance***

CALIBRATION SEQUENTIELLE

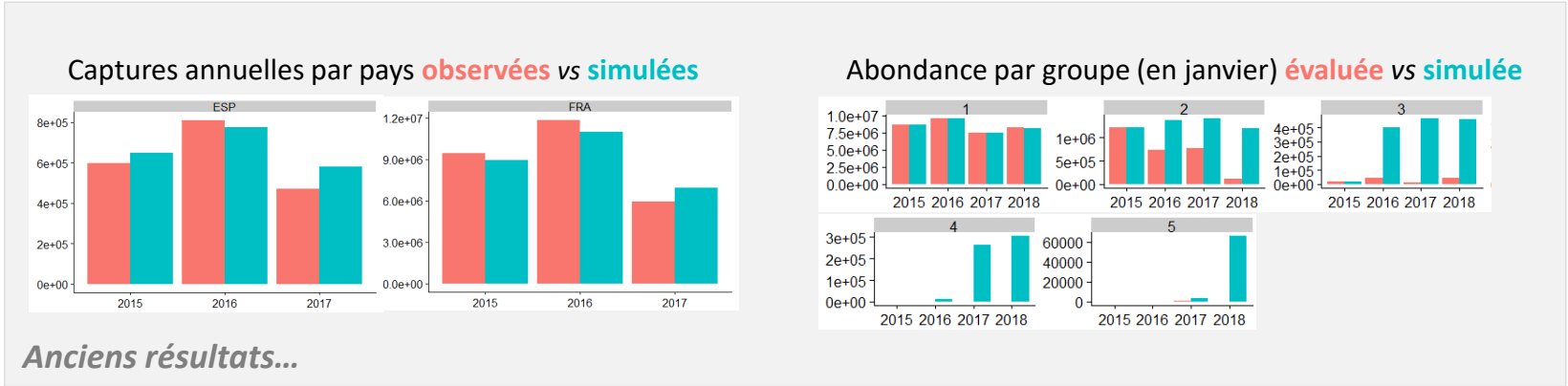
- q1
- q2
- q3
- q4
- q5
- TF_OTB
- TF_LLS

- Paramètres fixés :**
- q0
 - distribution recrutement
 - recrutement annuel corrigé
 - TF_GNS

Calibrer d'abord captures du groupe d'âge 0 et abondance du groupe d'âge 1



Calibrer ensuite paramètres des autres groupes d'âge



Anciens résultats...

Le modèle ne parvient pas à reproduire à la fois les captures et l'abondance

Deux configurations choisies

Bonne reproduction des captures

$$\text{FONCTION OBJECTIF : } \sum (C_{\text{sim}} - C_{\text{obs}})^2$$

Bonne reproduction de l'abondance

$$\text{FONCTION OBJECTIF : } \sum \left(\frac{N_{\text{sim}} - N_{\text{éval}}}{N_{\text{éval}}} \right)^2$$

CALIBRATION SEQUENTIELLE

Calibrer d'abord captures du groupe d'âge 0 et abondance du groupe d'âge 1



Calibrer ensuite paramètres des autres groupes d'âge



- Paramètres fixés :**
- q0
 - distribution recrutement
 - recrutement annuel corrigé
 - TF_GNS

Bonne reproduction des captures

$$\text{FONCTION OBJECTIF : } \sum (C_{\text{sim}} - C_{\text{obs}})^2$$

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 $\sum (C_{\text{sim}} - C_{\text{obs}})^2$						
Données observées	Captures /pays /an /trimestre /groupe						
Solution	0,50	0,48	1,10	0,13	1,29	0,38	6,54

Bonne reproduction de l'abondance

$$\text{FONCTION OBJECTIF : } \sum \left(\frac{N_{\text{sim}} - N_{\text{éval}}}{N_{\text{éval}}} \right)^2$$

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	$\sum (\text{Abondance sim} - \text{Abondance obs}) / \text{Abondance obs})^2$						
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

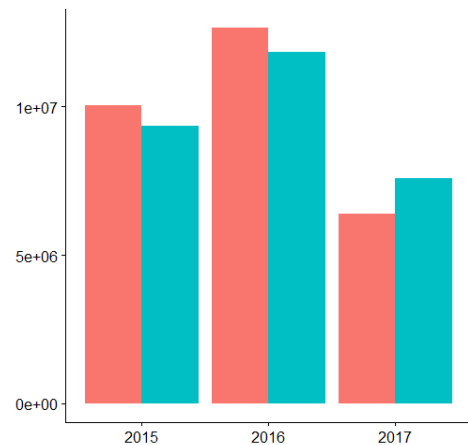
CALIBRATION SEQUENTIELLE

Calibrer d'abord captures du groupe d'âge 0 et abondance du groupe d'âge 1



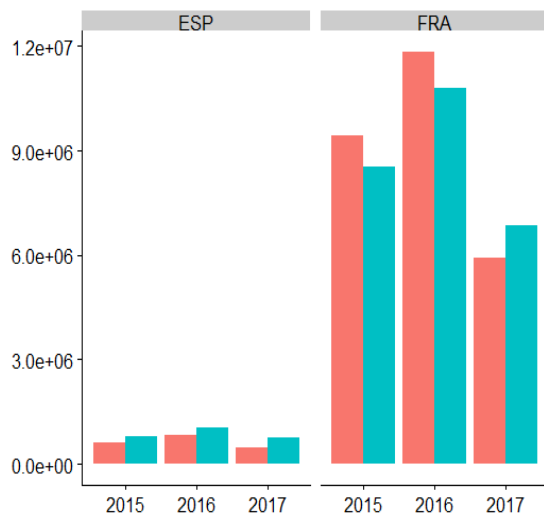
Calibrer ensuite paramètres des autres groupes d'âge

Bonne reproduction des captures

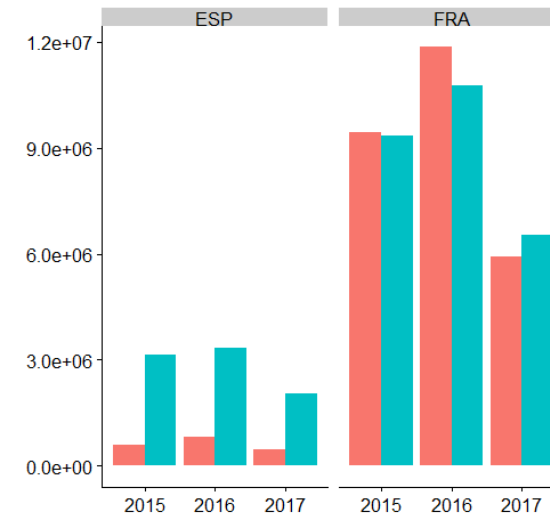


Captures annuelles observées vs simulées

Bonne reproduction de l'abondance



Captures annuelles par pays observées vs simulées



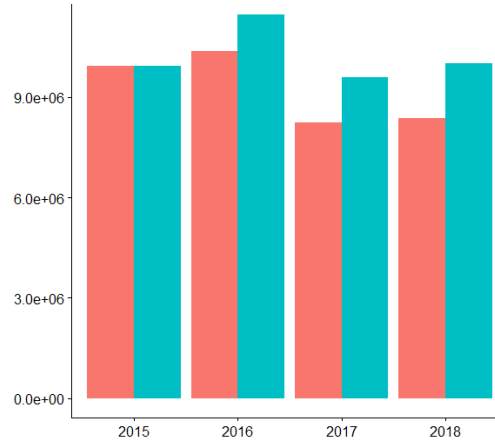
CALIBRATION SEQUENTIELLE

Calibrer d'abord captures du groupe d'âge 0 et abondance du groupe d'âge 1



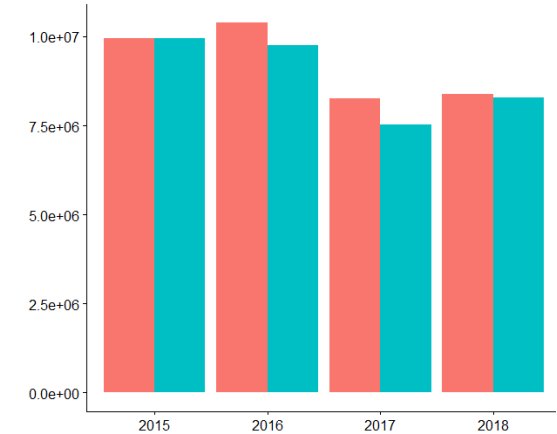
Calibrer ensuite paramètres des autres groupes d'âge

Bonne reproduction des captures

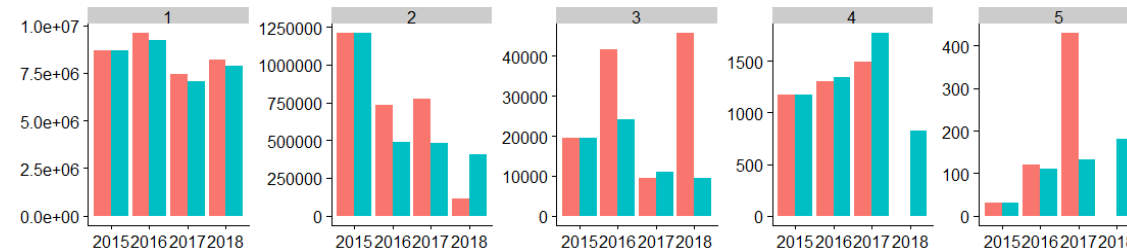
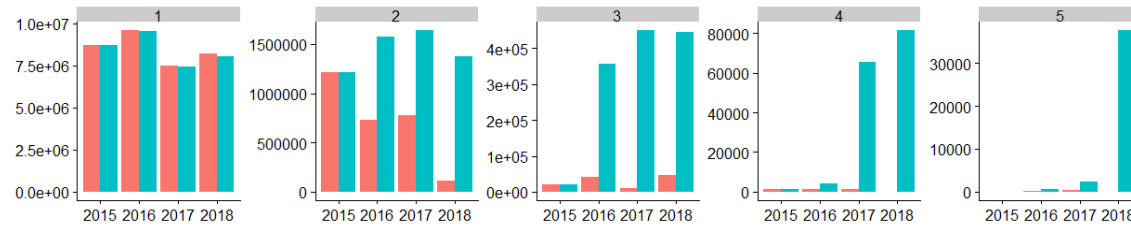


Abondance totale (en janvier)
→ sans le groupe d'âge 0
Évaluée vs simulée

Bonne reproduction de l'abondance



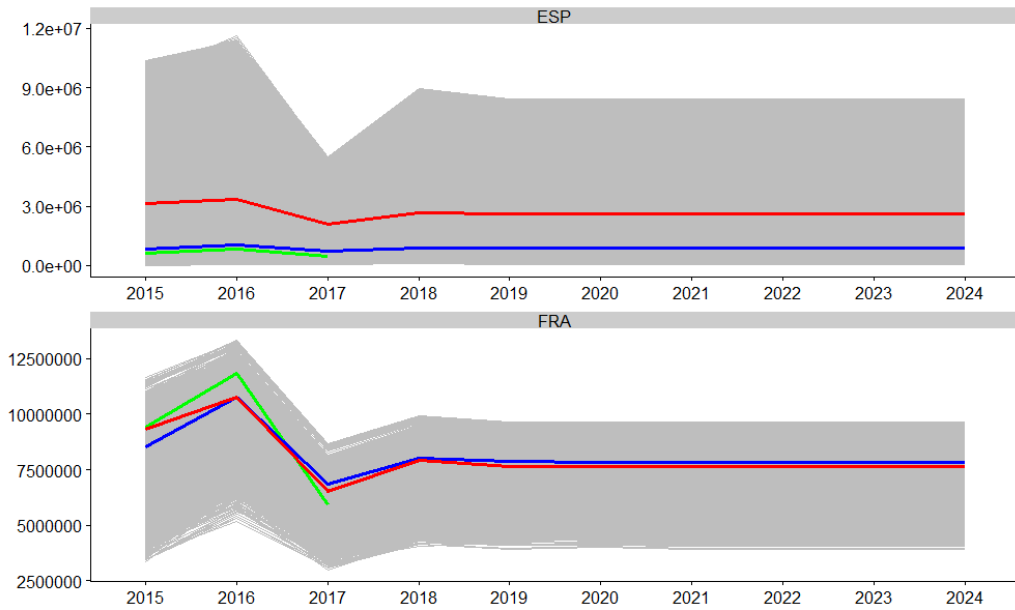
Abondance par groupe (en janvier)
évaluée vs simulée



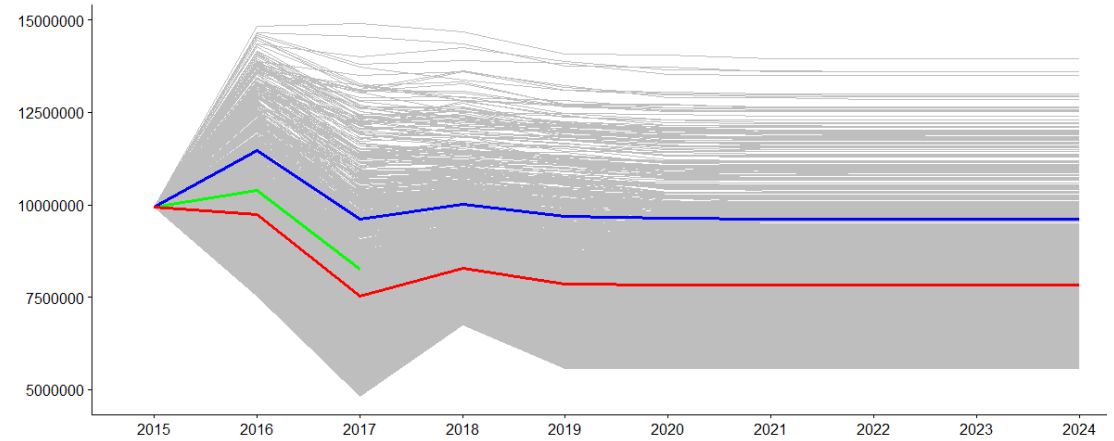
Projection sur 10 ans

- Bonne reproduction des **captures**
- Bonne reproduction de l'**abondance**
- Captures observées / Abdce évaluée

*Evolution des **captures** /pays sur 10 ans*



*Evolution de l'**abondance** sur 10 ans*



Réduction des coûts en carburant

Réduction de l'effort de pêche

Fermetures spatio-temporelles

Scénarios de gestion → appliqués dès **janvier 2020**



de 2015 à 2024

Biomasse et captures merlu

Consommation en carburant

Revenus merlu

Revenus autres espèces

Réduction des coûts en carburant

Réduction de l'effort de pêche

Fermetures spatio-temporelles

Scénarios de gestion → appliqués dès **janvier 2020**



Biomasse et captures merlu

Consommation en carburant

Revenus merlu

Revenus autres espèces

Dans un premier temps, présentation des résultats avec

Bonne reproduction des **captures**

...puis comparaison des résultats des scénarios avec

Bonne reproduction de l'**abondance**

Scénarios de réduction d'effort de pêche

Scénarios de réduction « simple »

S'appliquent aux chalutiers **français (OTB, OTT, OTM)** et **espagnols (OTB)**

Pas de réallocation
de l'effort de pêche

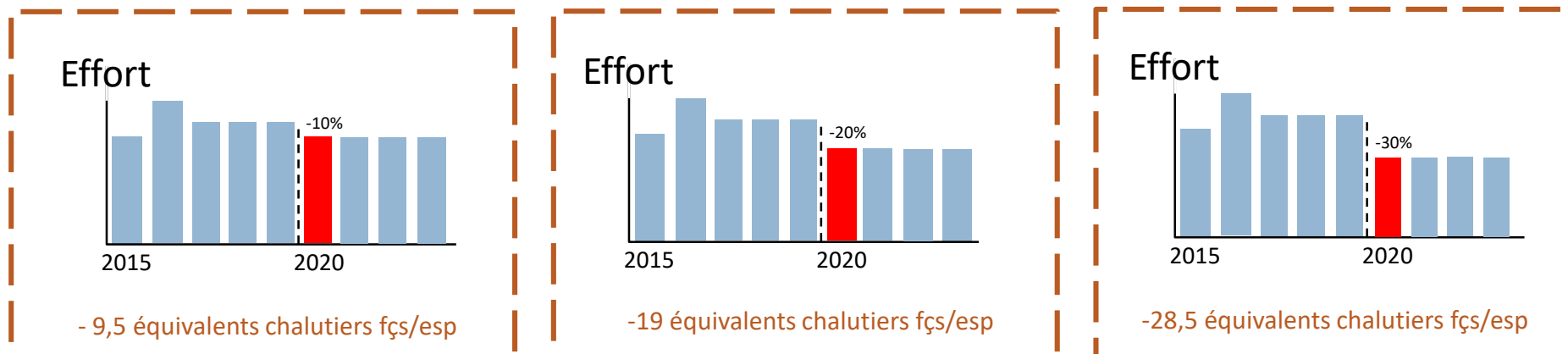
Scénarios de réduction d'effort de pêche

Scénarios de réduction « simple »

S'appliquent aux chalutiers français (OTB, OTT, OTM) et espagnols (OTB)

Pas de réallocation
de l'effort de pêche

Réduction drastique de l'effort de pêche (95 chalutiers français et espagnols en 2017)



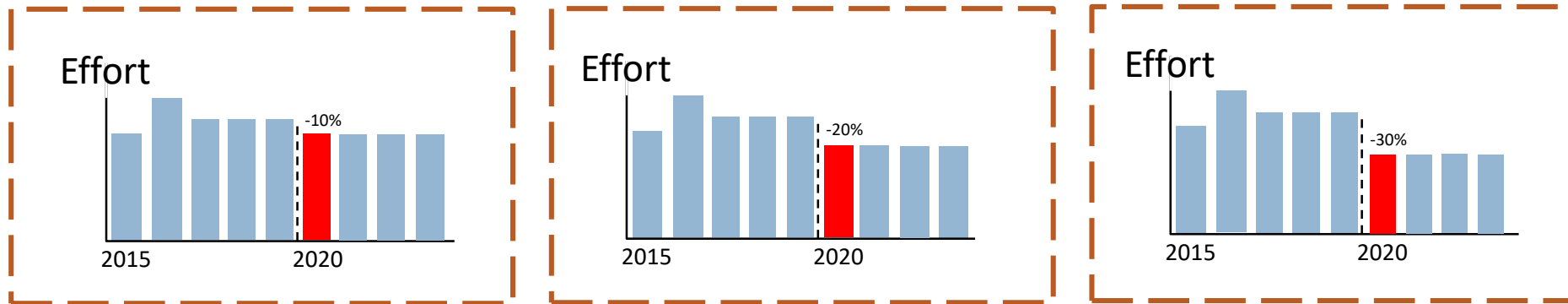
Scénarios de réduction d'effort de pêche

Scénarios de réduction « simple »

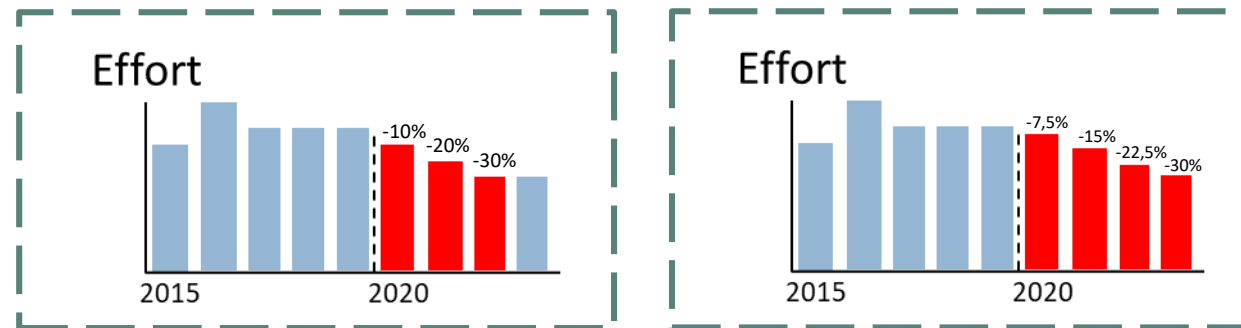
S'appliquent aux chalutiers français (OTB, OTT, OTM) et espagnols (OTB)

Pas de réallocation
de l'effort de pêche

Réduction de la taille de la flotte actuelle



Réduction d'effort progressive



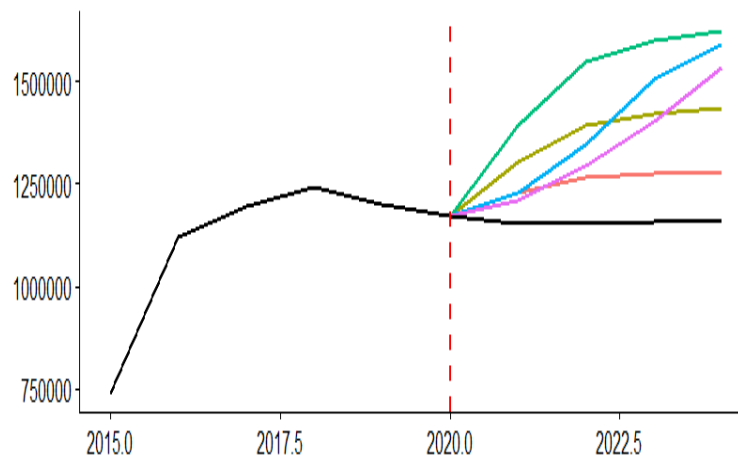
Scénarios de réduction d'effort de pêche

Scénarios de réduction « simple »

S'appliquent aux chalutiers français (OTB, OTT, OTM) et espagnols (OTB)

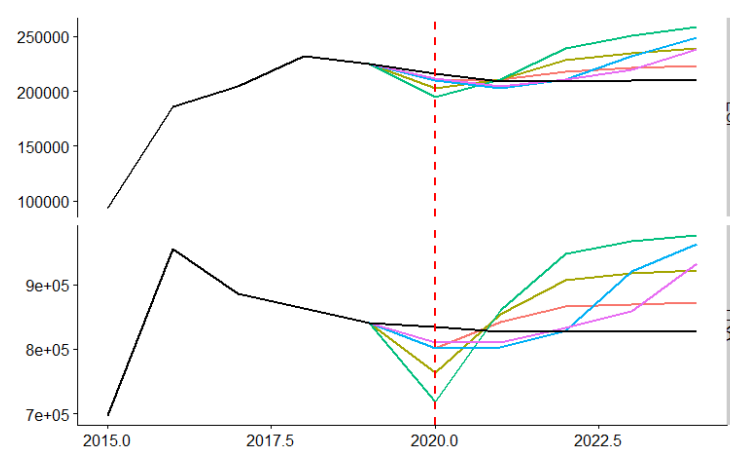
Biomasse merlu

Evolution de la biomasse totale
(en kg)



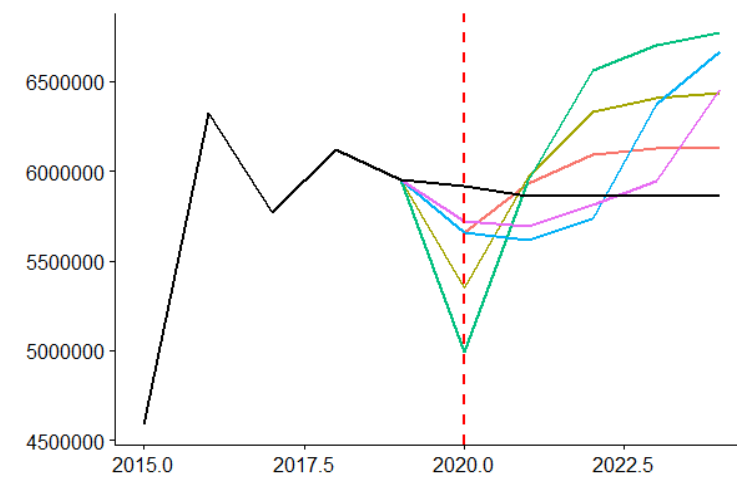
Captures merlu

Evolution des captures /pays
(en kg)



Revenus merlu

Evolution des revenus des chalutiers français
(en euros)



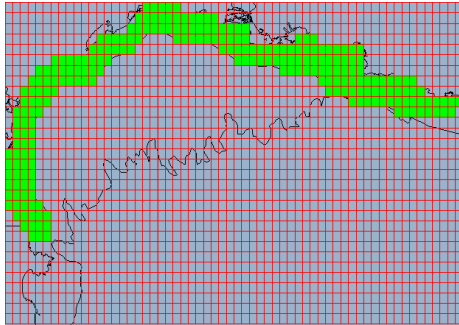
Red_10
Red_20
Red_30
Red_10_20_30
Red_7,5_15_22,5_30

- Favorables à la biomasse
- **Red_30** plus favorable à moyen terme pour le merlu et les flottilles mais pertes les plus fortes à court terme
- **Red_10_20_30** et **Red_7,5_15_22,5_30** meilleur compromis entre court terme et moyen terme

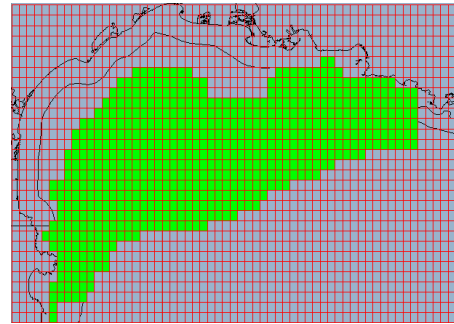
Scénarios de fermetures spatio-temporelles

S'appliquent aux chalutiers français (OTB, OTT) et espagnols (OTB)

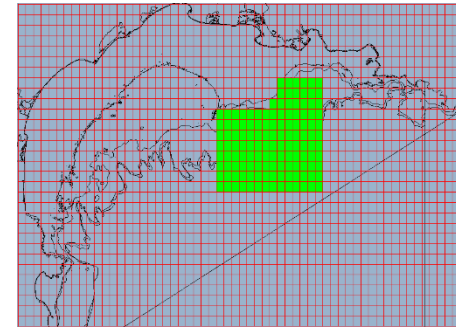
Fermeture dans les 6 mn



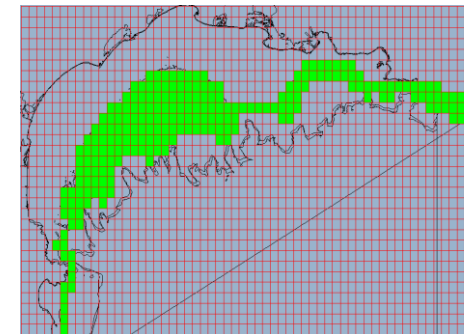
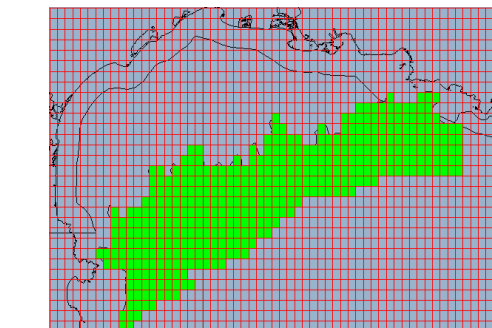
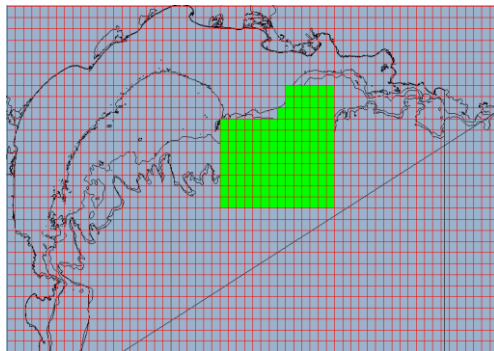
Fermeture zone dérogation



Fermeture O2-P3



Fermeture zone FRA



Effort de pêche **reporté de manière homogène** dans le reste de la zone de pêche

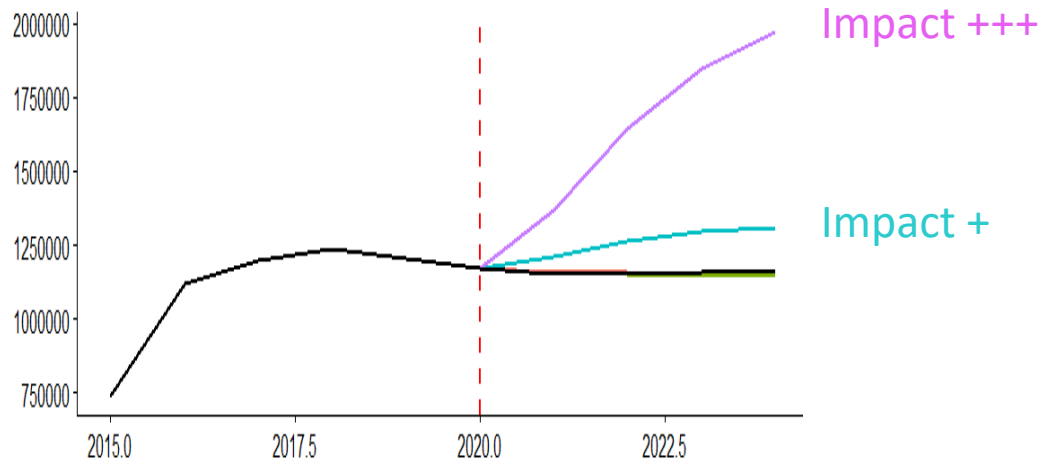
Repeuplement de l'ensemble de la zone à la fin de chaque pas de temps

Scénarios de fermetures spatio-temporelles

S'appliquent aux chalutiers français (OTB, OTT) et espagnols (OTB)

Biomasse merlu

*Evolution de la biomasse totale
(en kg)*



O2_P3

6mn

FRA

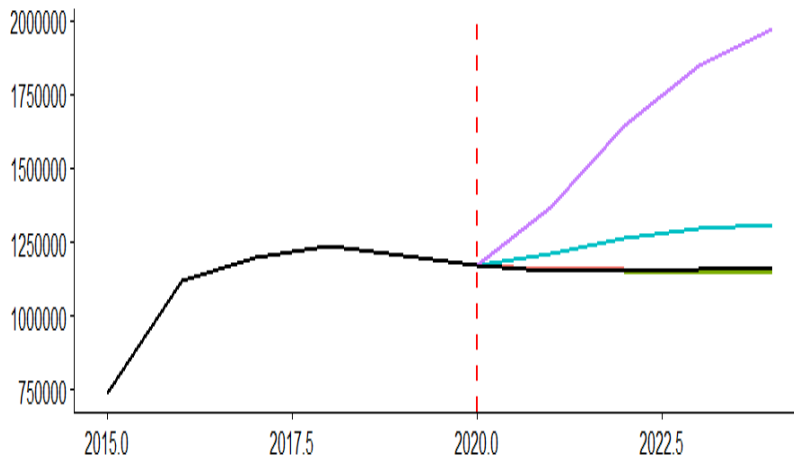
derog

Scénarios de fermetures spatio-temporelles

S'appliquent aux chalutiers français (OTB, OTT) et espagnols (OTB)

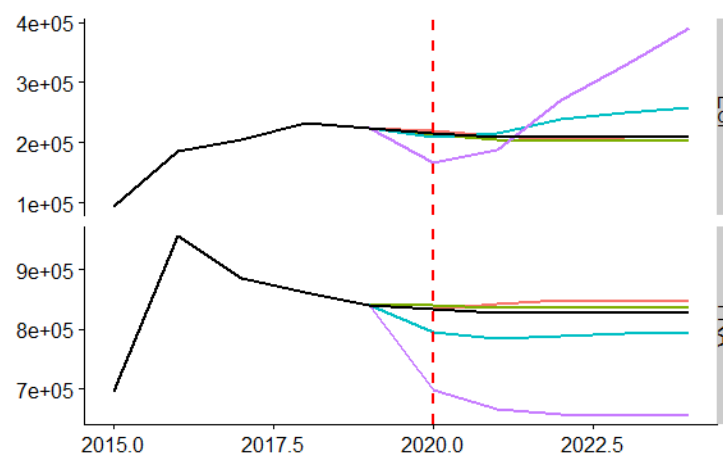
Biomasse merlu

*Evolution de la biomasse totale
(en kg)*



Captures merlu

*Evolution des captures /pays
(en kg)*



O2_P3

6mn

FRA

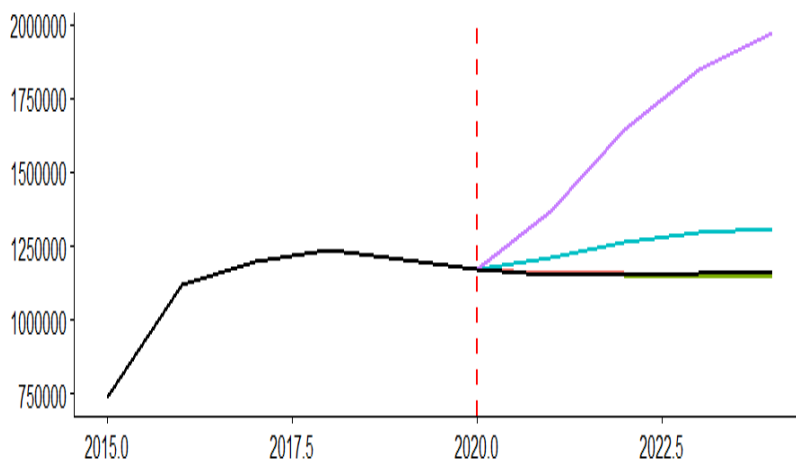
derog

Scénarios de fermetures spatio-temporelles

S'appliquent aux chalutiers français (OTB, OTT) et espagnols (OTB)

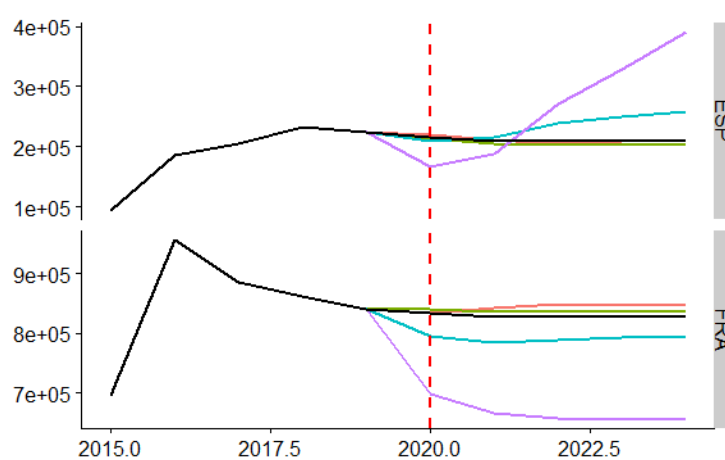
Biomasse merlu

Evolution de la biomasse totale (en kg)



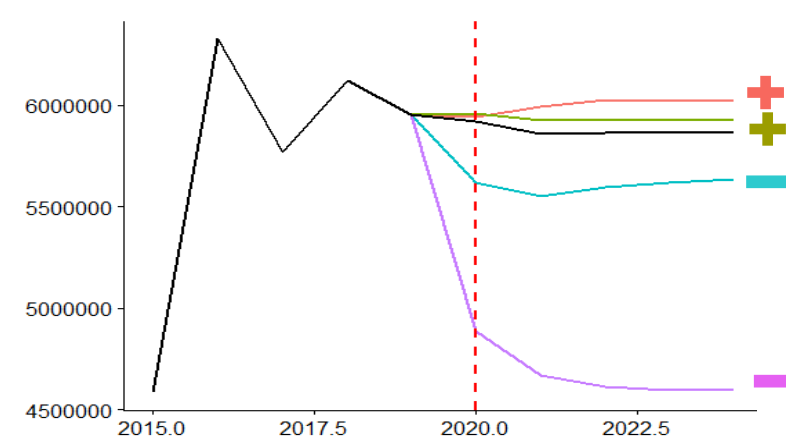
Captures merlu

Evolution des captures /pays (en kg)



Revenus merlu

Evolution des revenus des chalutiers français (en euros)



O2_P3

6mn

FRA

derog

TABLE BILAN

		Captures françaises		Biomasse		Revenus merlu	
		CT	MT	CT	MT	CT	MT
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
	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
Réduction d'effort	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
Court Terme = 2020 pour captures et revenus et 2021 pour biomasse	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
Moyen Terme = 2024	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

% écart relatif CT / MT par rapport au scénario StatuQuo

Comparaison des résultats des deux modèles

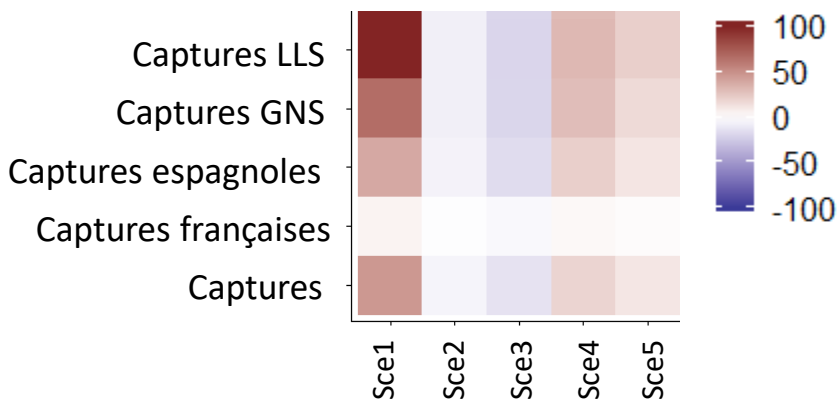
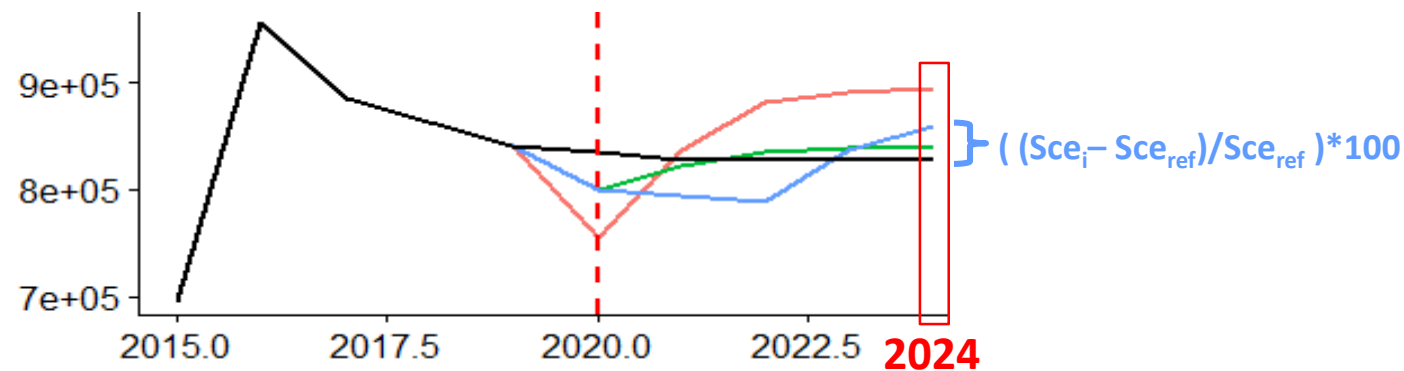
Bonne reproduction des **captures**

Bonne reproduction de l'**abondance**

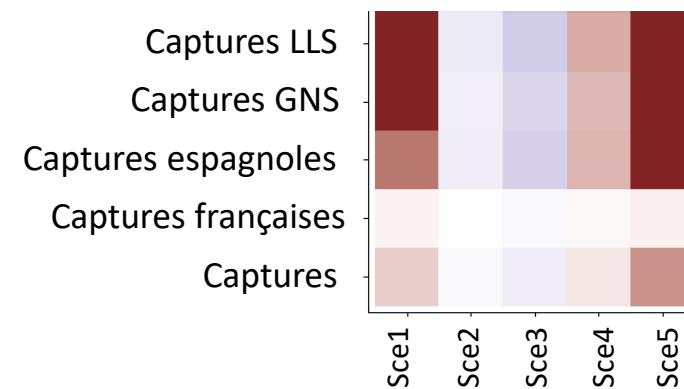
Comparaison des résultats des deux modèles

Bonne reproduction des **captures**

Bonne reproduction de l'**abondance**



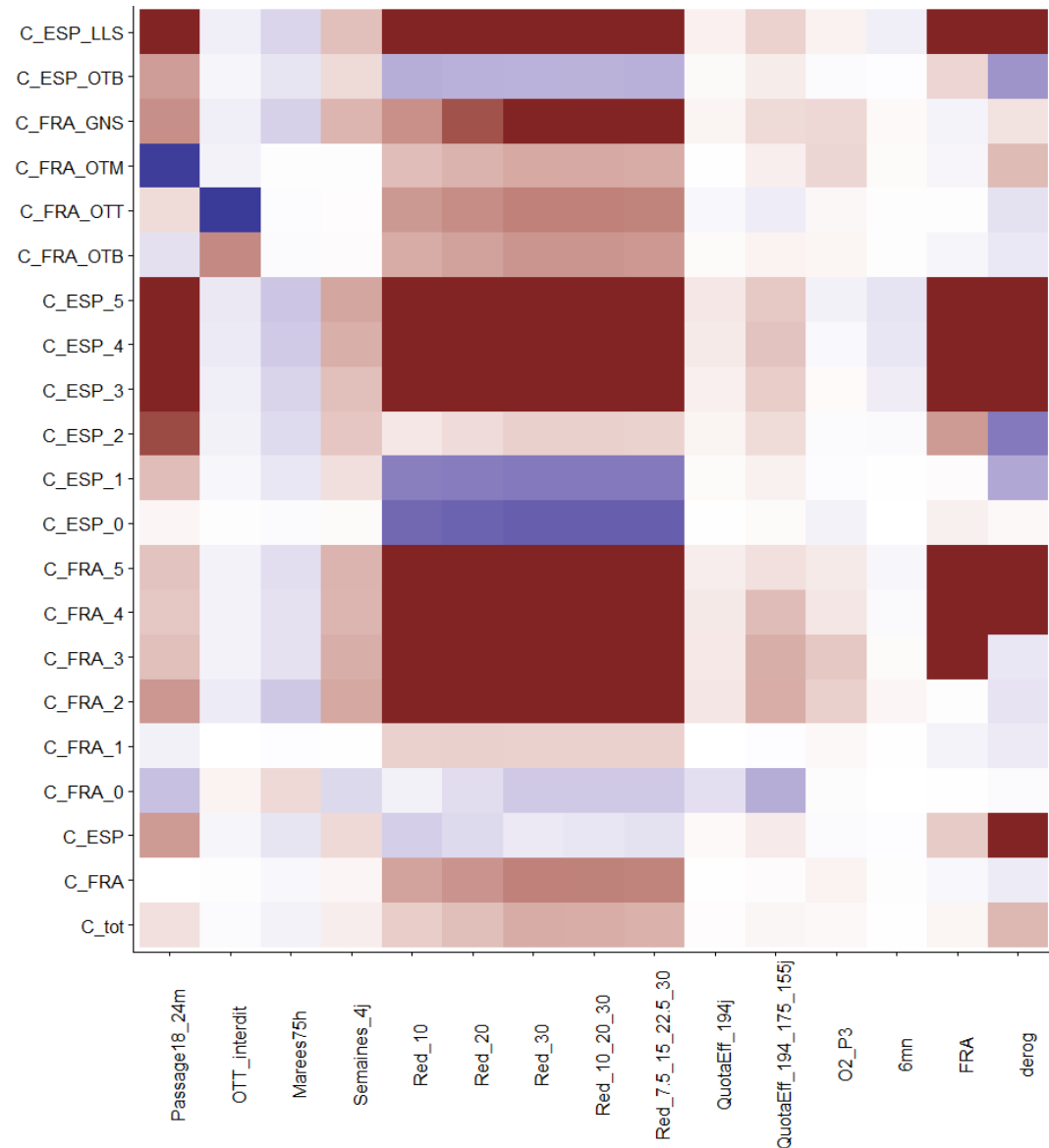
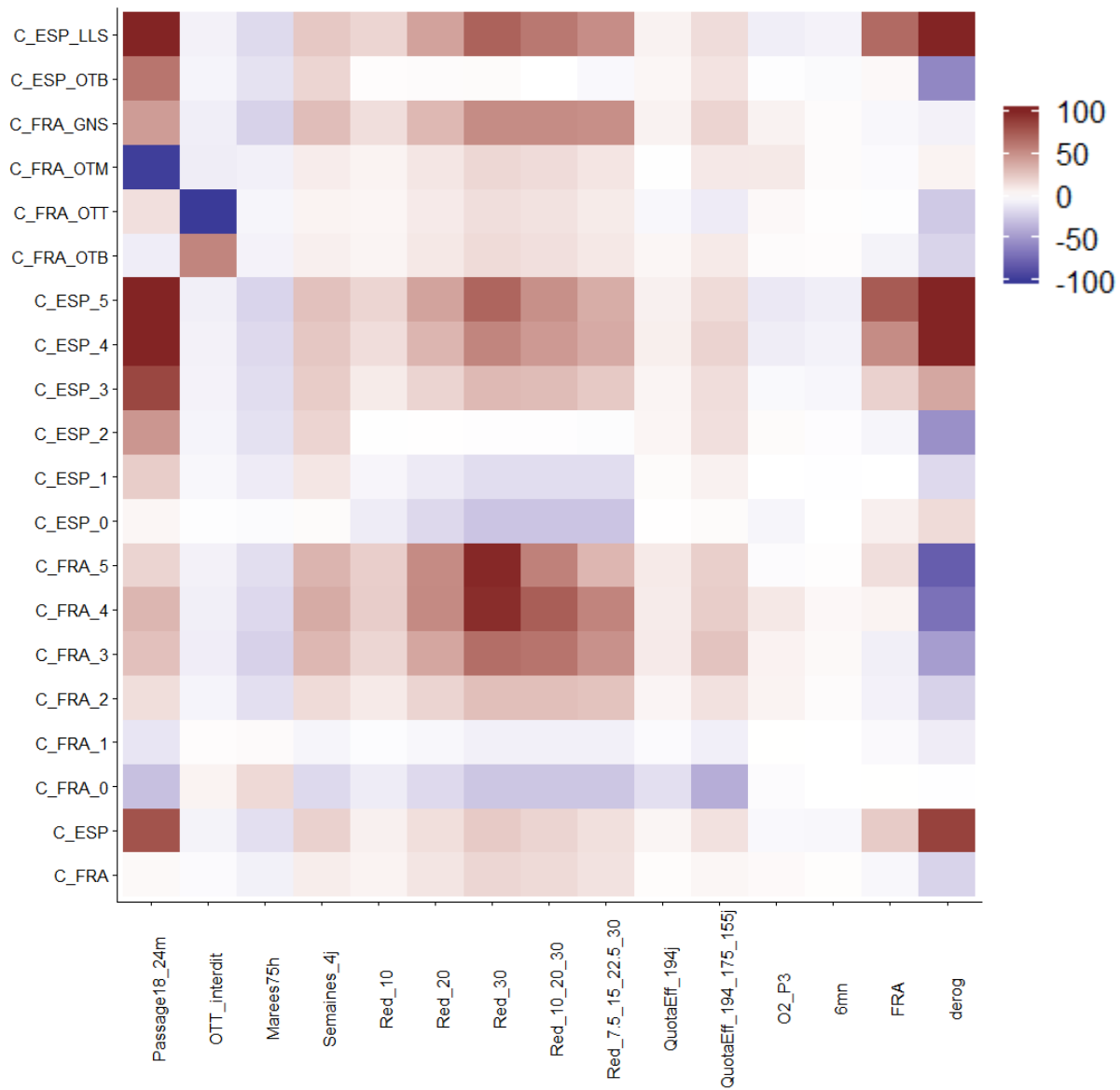
**% écart relatif en 2024,
par rapport au scénario StatuQuo**



Bonne reproduction des **captures**

Captures merlu

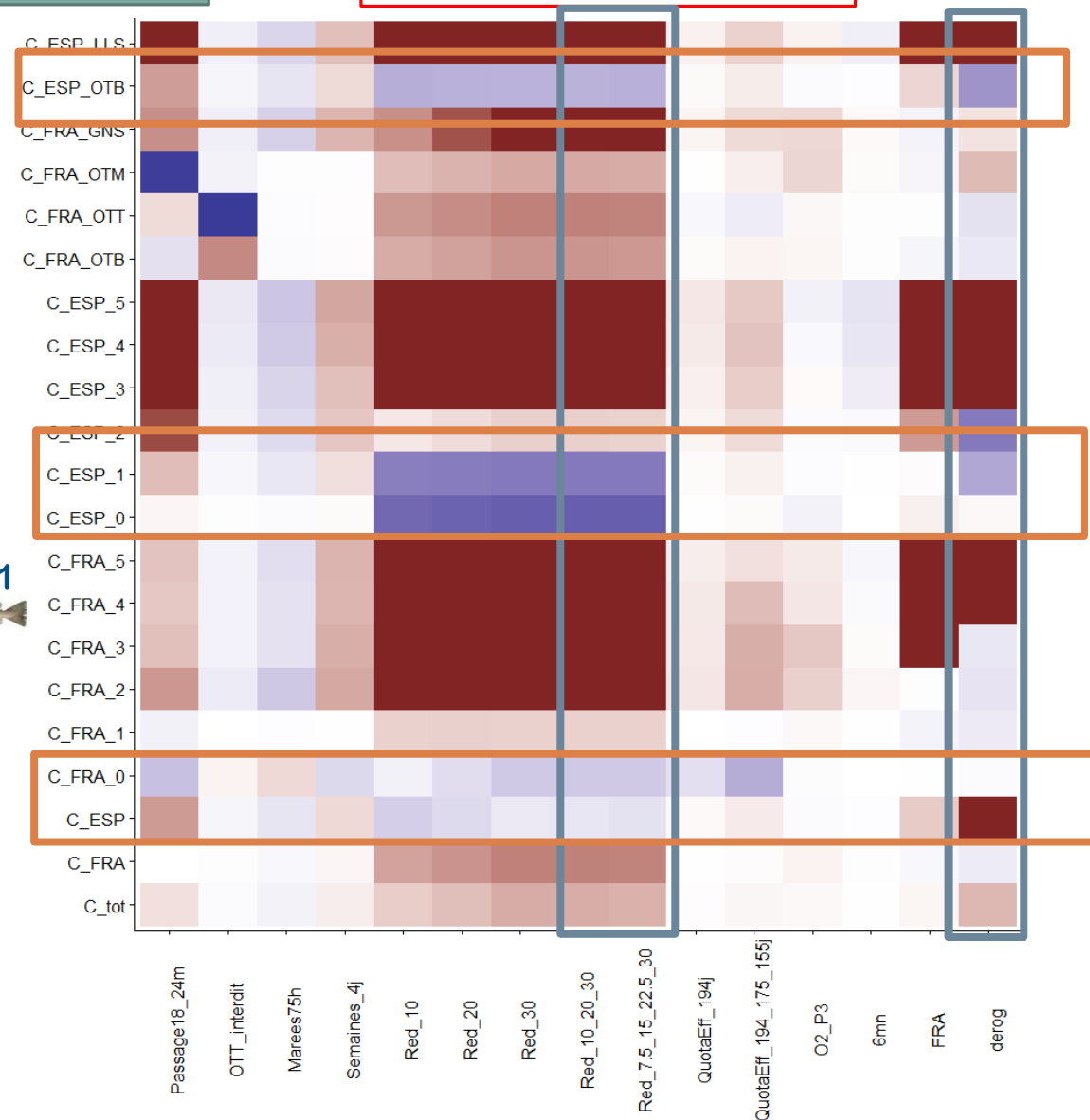
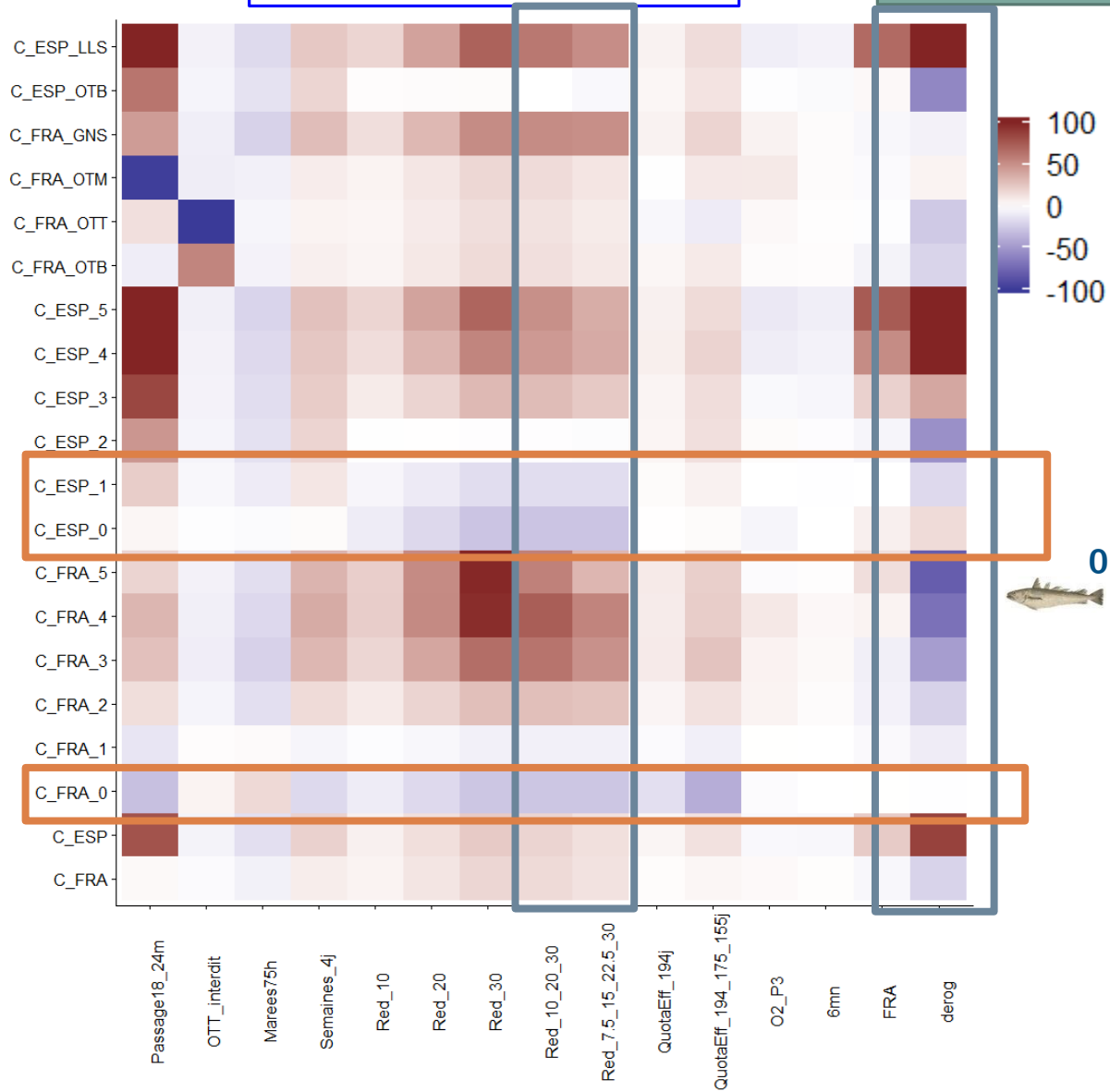
Bonne reproduction de l'**abondance**



Bonne reproduction des captures

Captures merlu

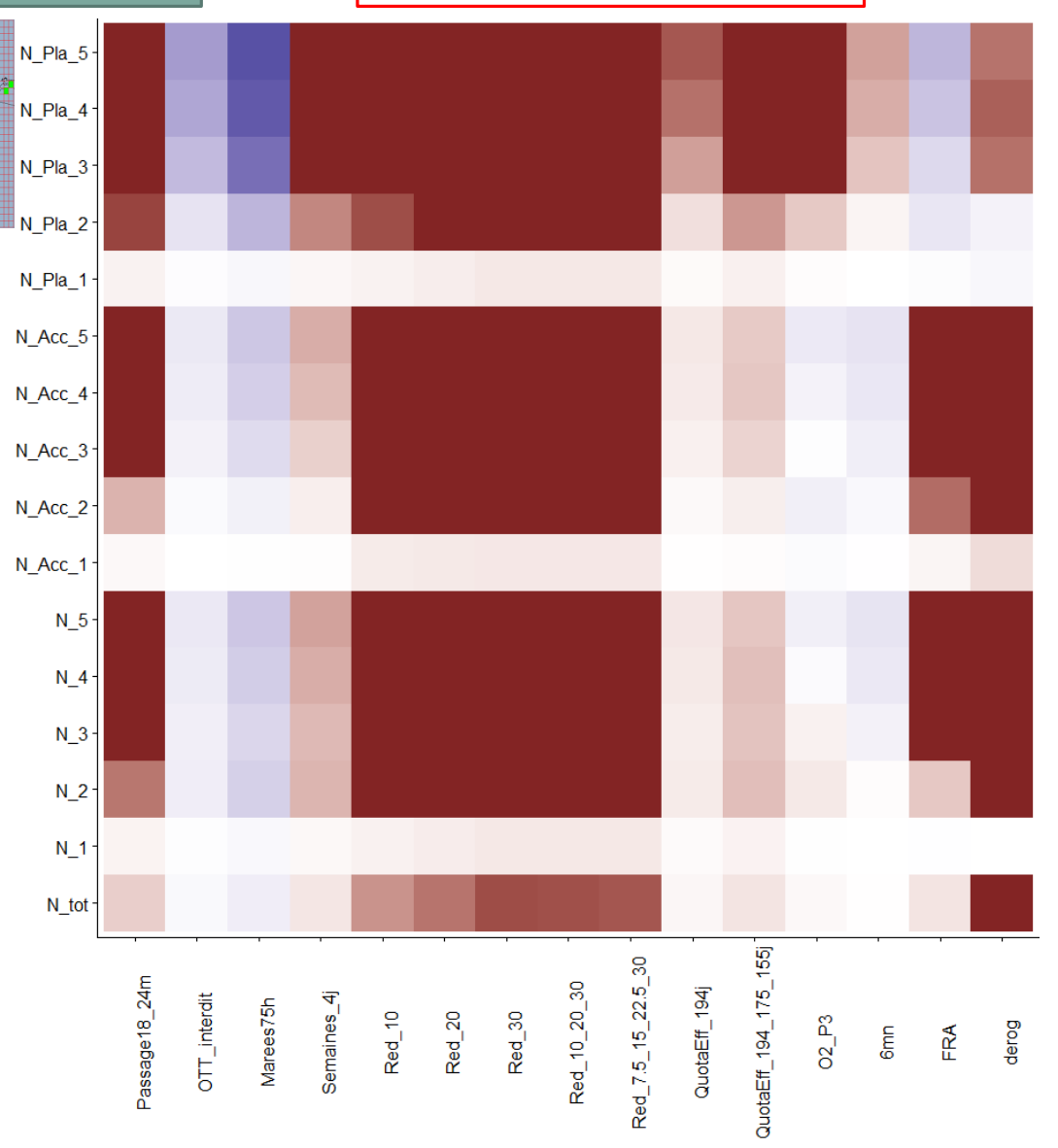
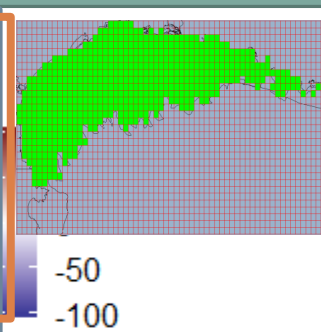
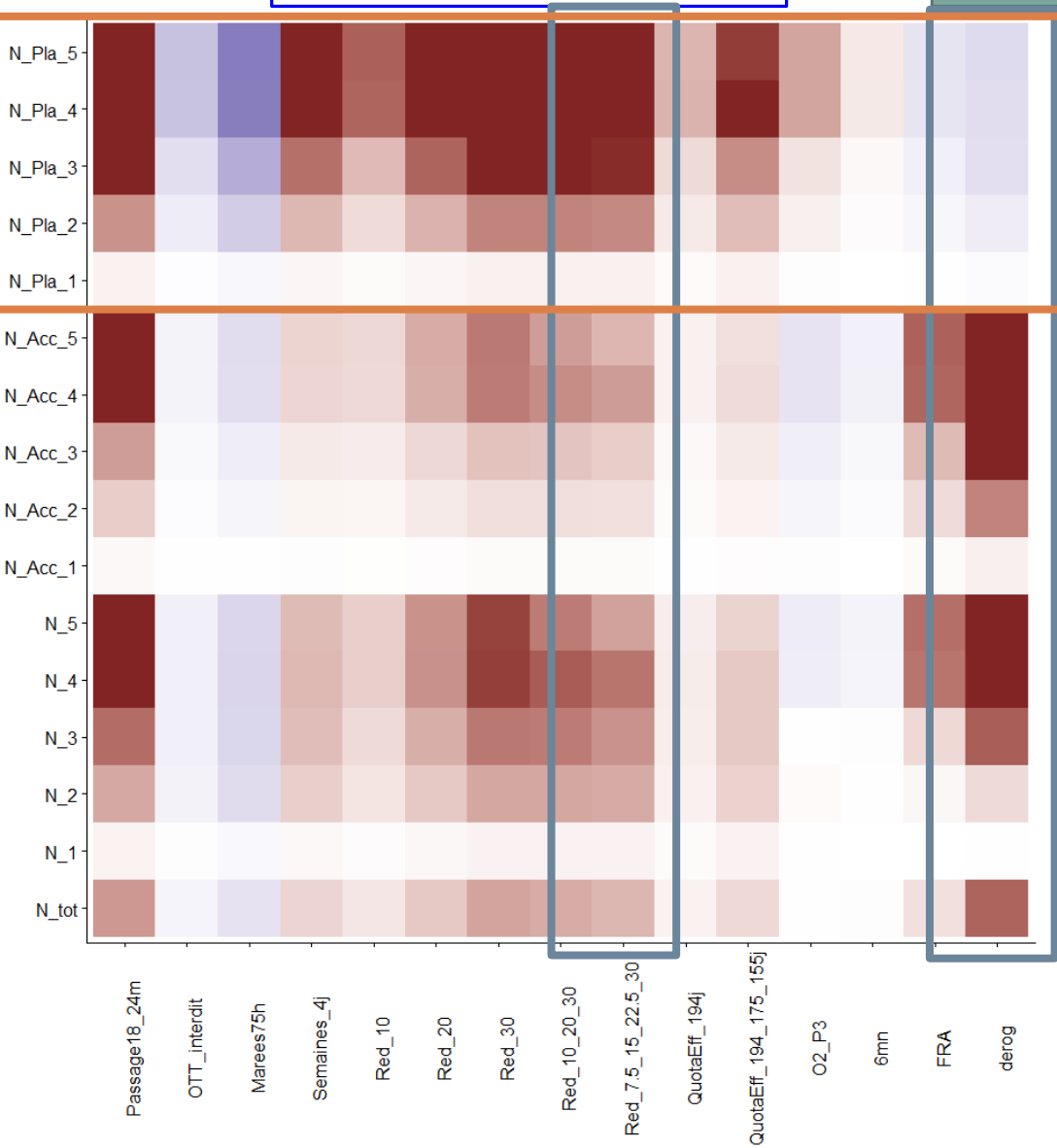
Bonne reproduction de l'abondance



Bonne reproduction des **captures**

Biomasse merlu

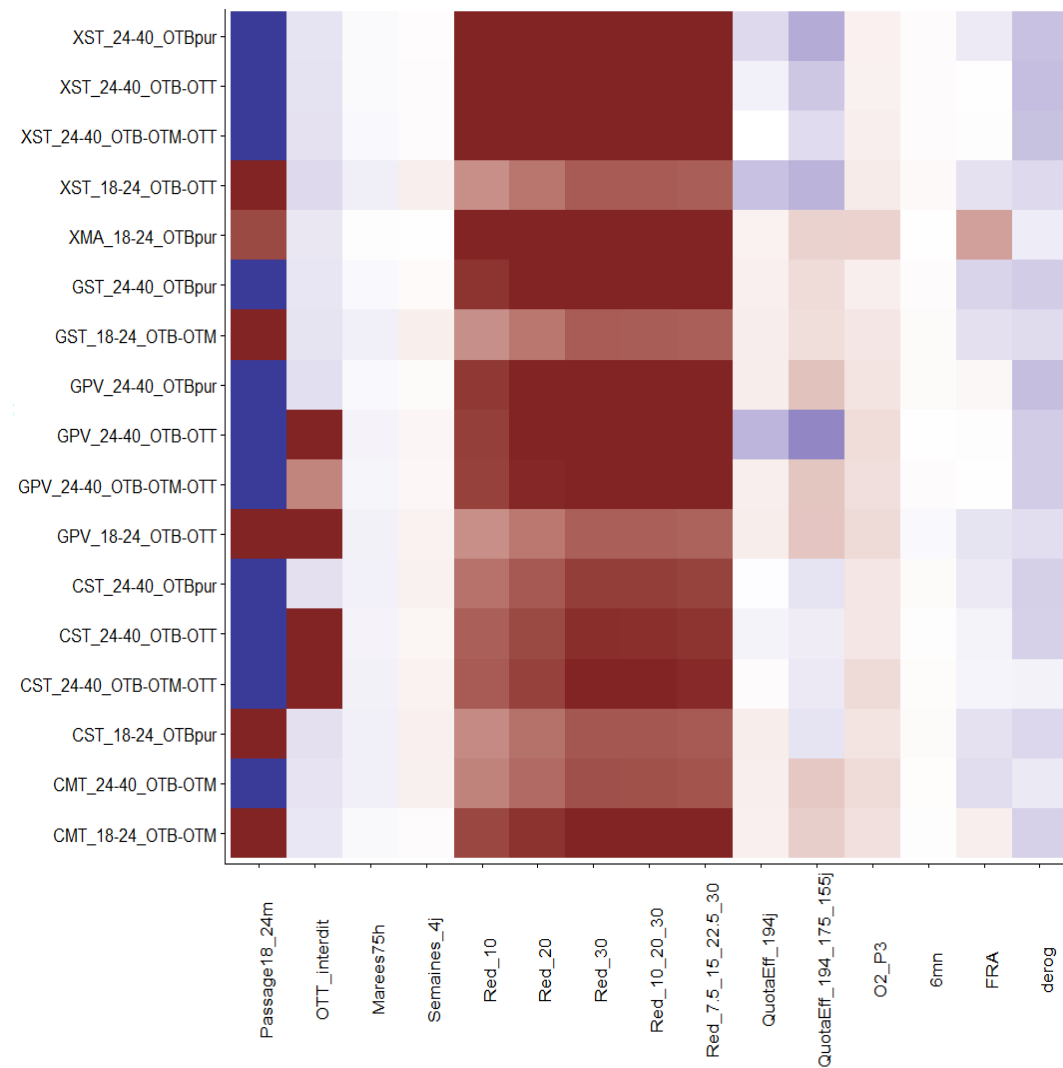
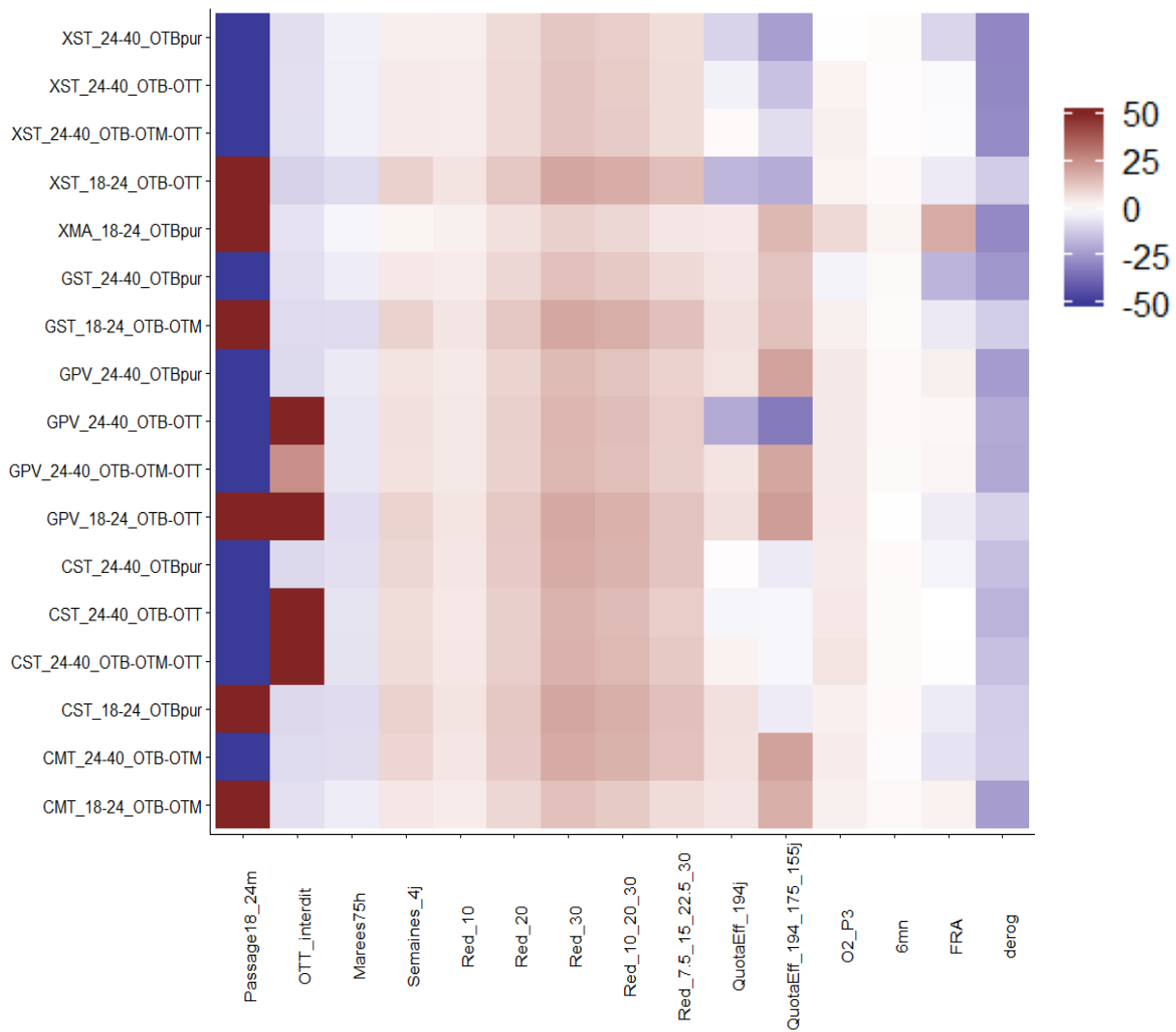
Bonne reproduction de l'**abondance**



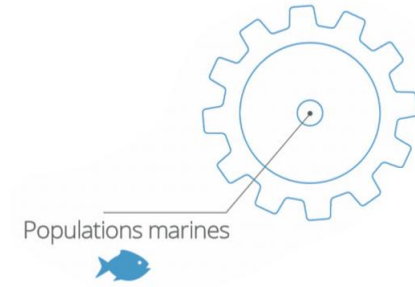
Bonne reproduction des **captures**

Revenus merlu

Bonne reproduction de l'**abondance**



Groupes d'âge



Paramètres biologiques

Croissance (Mellon-Duval et al. 2010)

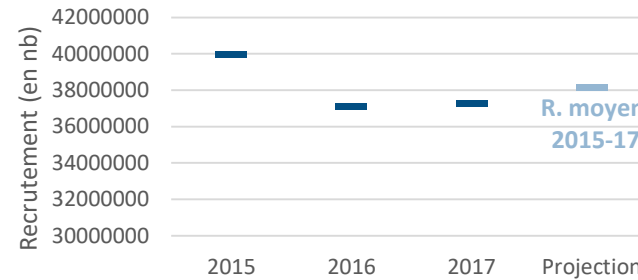
Ogive de maturité (Eval. 2018)

Relation taille-poids (Eval. 2018)

Mortalité naturelle (Abella et al. 1998)

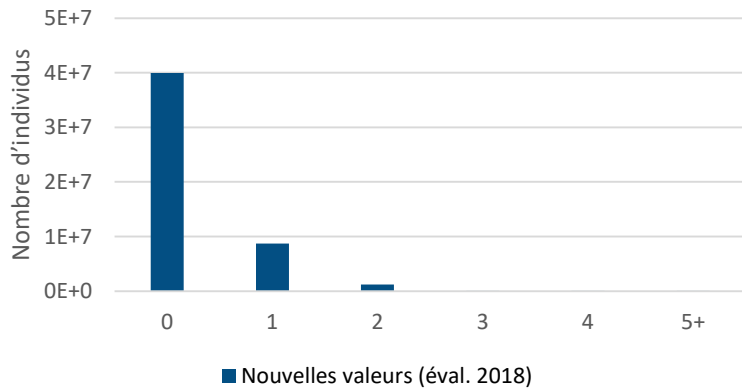
Recrutement

(valeurs issues du rapport de l'éval. de stock 2018)

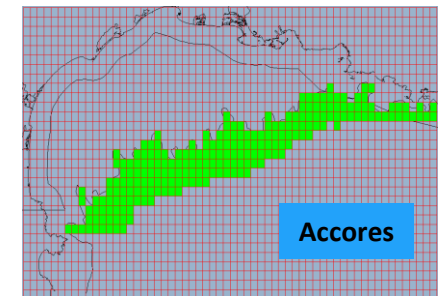
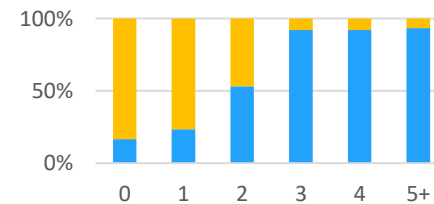
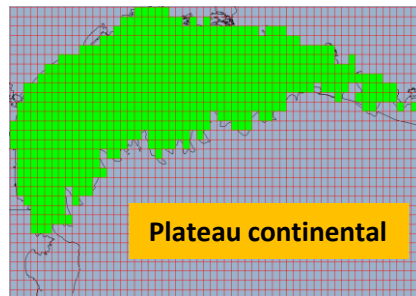


ANALYSE D'INCERTITUDE

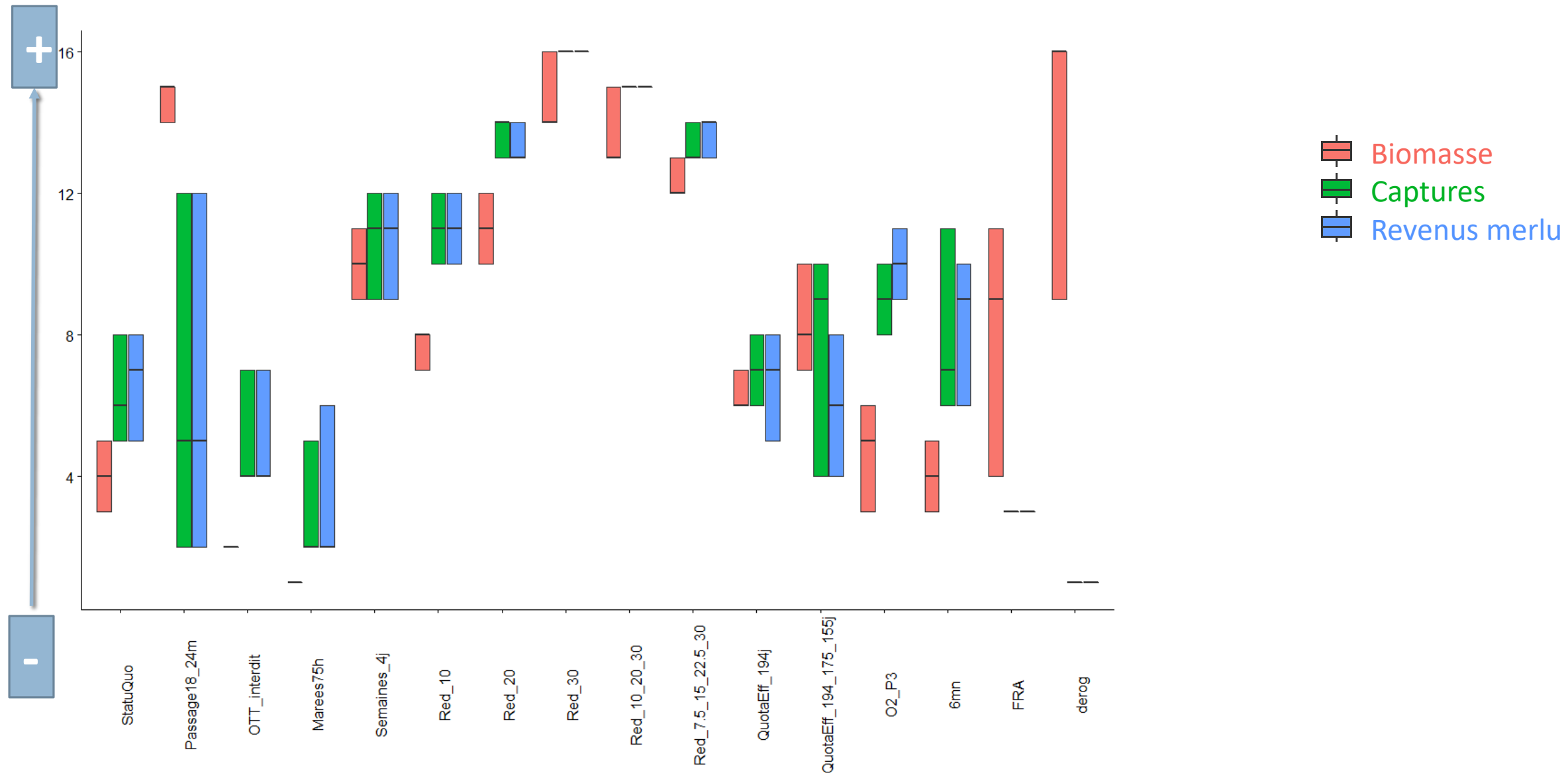
Effectifs initiaux



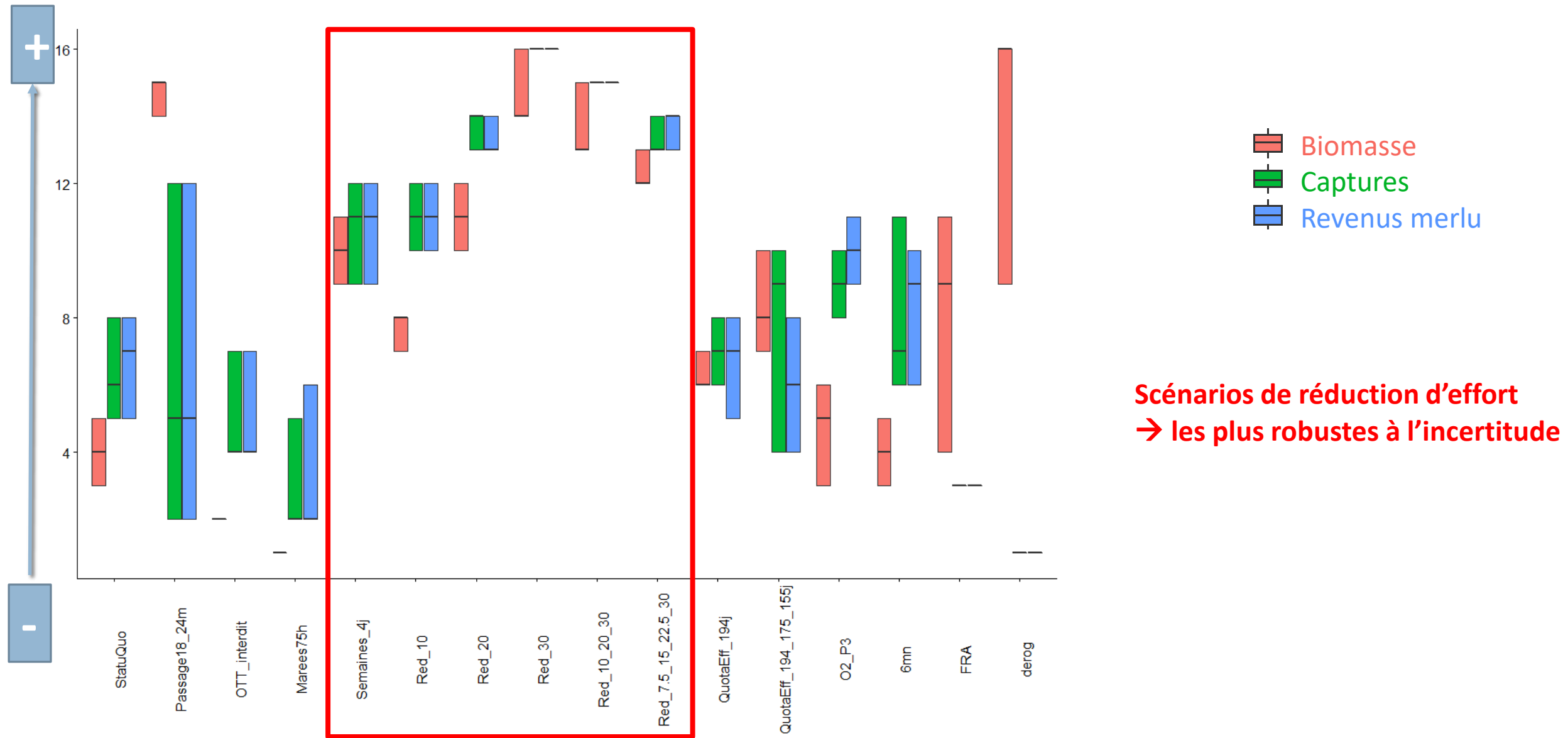
Distribution spatiale (basée sur les campagnes MEDITS 1994-2017)



Rangs des scénarios en tenant compte de toutes les sources d'incertitude



Rangs des scénarios en tenant compte de toutes les sources d'incertitude



Conclusions

Démarche participative : Appropriation du modèle, de la méthode calibration et d'analyse de l'incertitude

Calibration séquentielle : ajout progressif de paramètres, LHS, exploitation de propriétés du modèle

Incertitude de structure : 2 dynamiques de la pêcherie

Apport de la calibration à la connaissance :

- Ré estimation des valeurs de recrutement annuel et importance de la saisonnalité
- La description des fileyeurs est nécessaire pour reproduire correctement la pêcherie

Gestion des pêche :

- Réaction à court terme positive de la population de merlu
- Fermetures spatio-temporelles ne permettent pas un bon compromis écologique et économique
- Report d'effort de pêche augmente la compétition avec les fileyeurs et diminue celle avec les palangriers espagnols
- Réductions d'effort offrent un meilleur compromis écologie/économi et une meilleure robustesse aux incertitudes
- Recrutement et sa spatialisation sont les facteurs les plus sensibles

Références

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>.

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

Faivre R., Iooss B., Mahévas S., Makowski D., Monod H., Analyse de sensibilité et exploration de modèles. Applications aux modèles environnementaux. Editions Quae, 2013.

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. <https://doi.org/10.13155/73377>

Mahévas, S., Picheny V., Lambert P., Dumoulin N., Rouan L., Soulié J., Brockhoff D., Lehuta S., Le Riche R., Faivre R., Drouineau H. A Practical Guide for Conducting Calibration and Decision-Making Optimisation with Complex Ecological Models. Preprints 2019, 2019120249 (doi: 10.20944/preprints201912.0249.v1).

Wending Bertrand, Marchand Morgane, Cuvilliers Perrine, Cornella Delphine, Vaz Sandrine, Genu Mathieu, Medieu Anais, Guillerme Chloe, Llapasset Margaud, Holley Jean-Francois, 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>

FIN

Merci de votre attention