

# La modification des engins de pêche peut-elle réduire l'impact de la pêche sur les ressources halieutiques ?

*- Cas d'étude de la mer du Nord -*

Outrequin Thomas

16 septembre 2021

Encadrement : Didier Gascuel & Youen Vermard

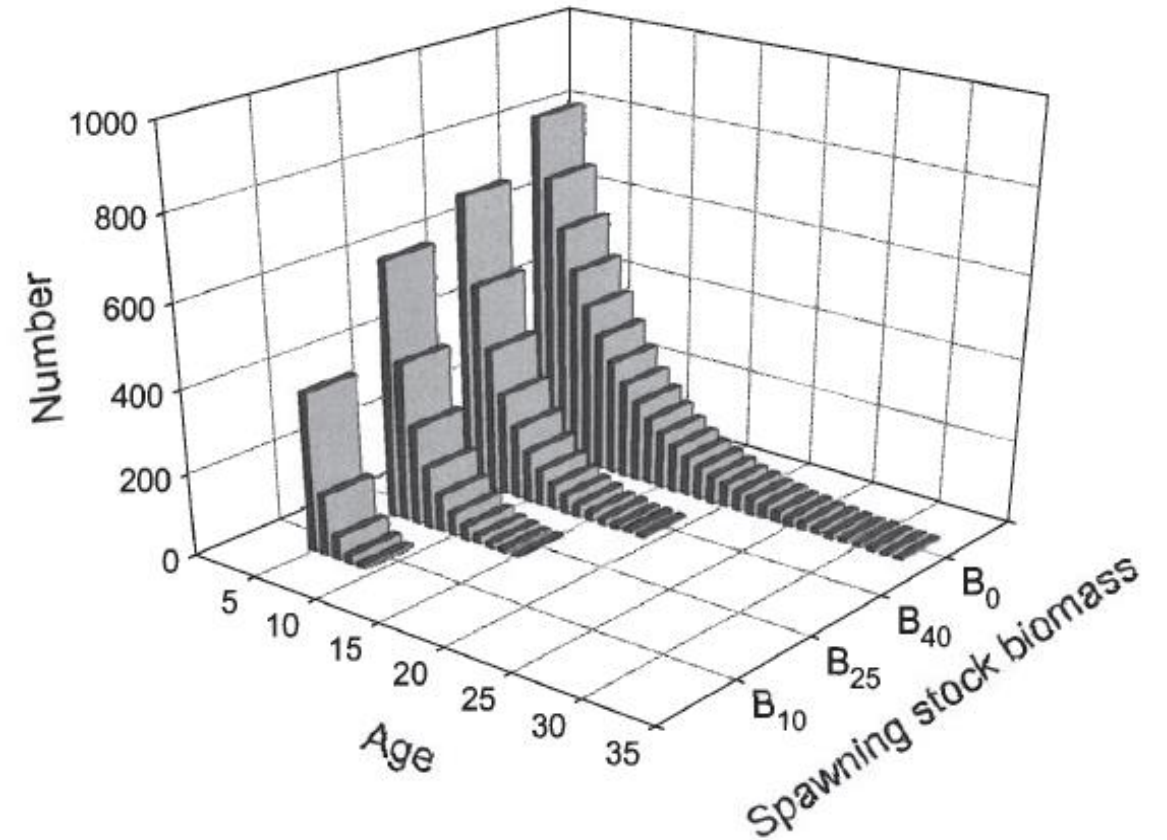
## La pêche impacte la structure de la population

Impact global :

- Diminution des biomasses
- Diminutions des tailles
- Surexploitation successive des différents stocks

Impact à l'échelle de la population :

- La pression de pêche induit une troncature des populations
- Diminution des biomasses relatives



(Berkeley, 2004)

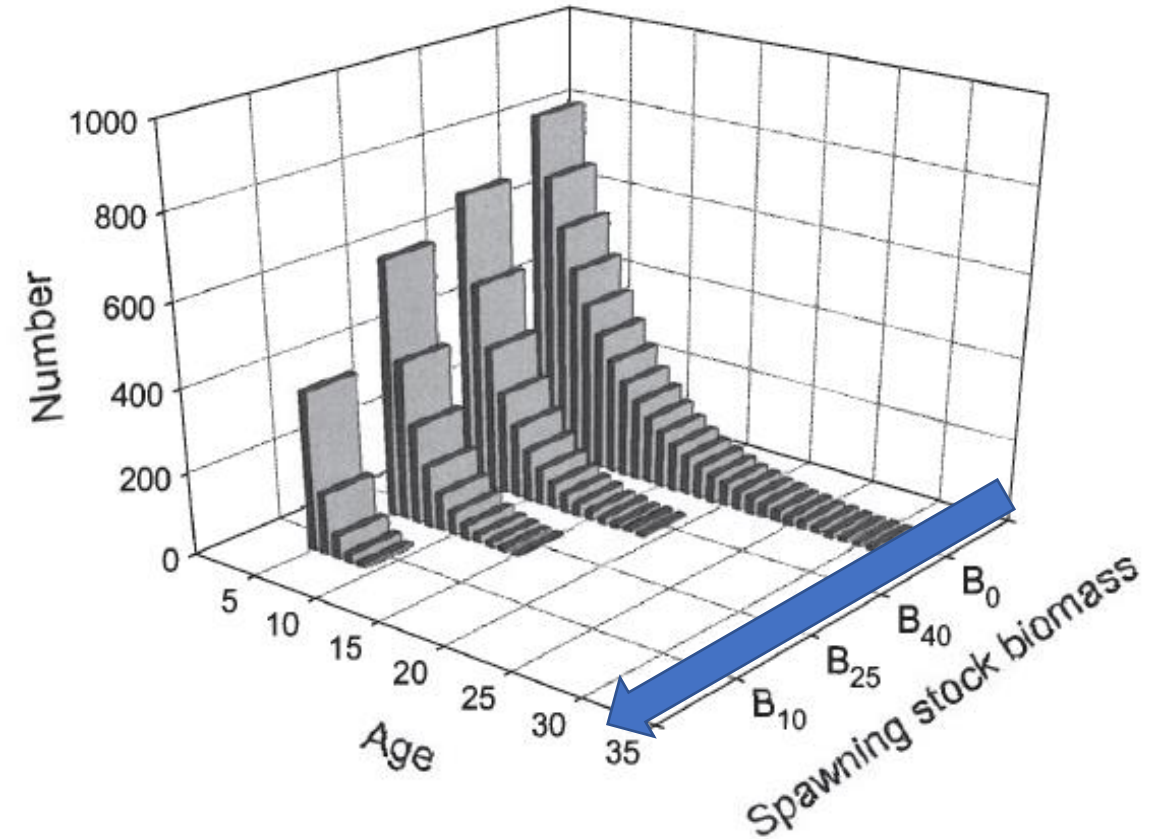
## La pêche impacte la structure de la population

Impact global :

- Diminution des biomasses
- Diminutions des tailles
- Surexploitation successive des différents stocks

Impact à l'échelle de la population :

- La pression de pêche induit une troncature des populations
- Diminution des biomasses relatives



(Berkeley, 2004)

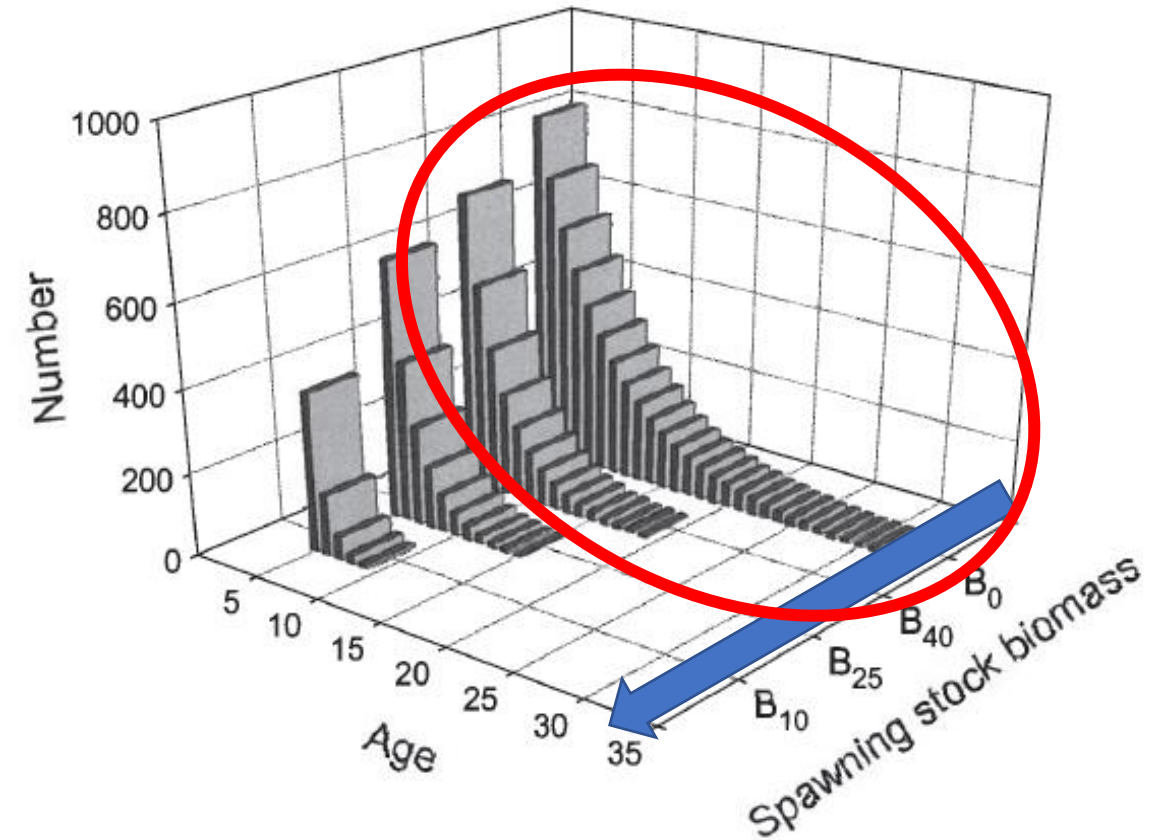
## La pêche impacte la structure de la population

Impact global :

- Diminution des biomasses
- Diminutions des tailles
- Surexploitation successive des différents stocks

Impact à l'échelle de la population :

- La pression de pêche induit une troncature des populations
- Diminution des biomasses relatives



(Berkeley, 2004)

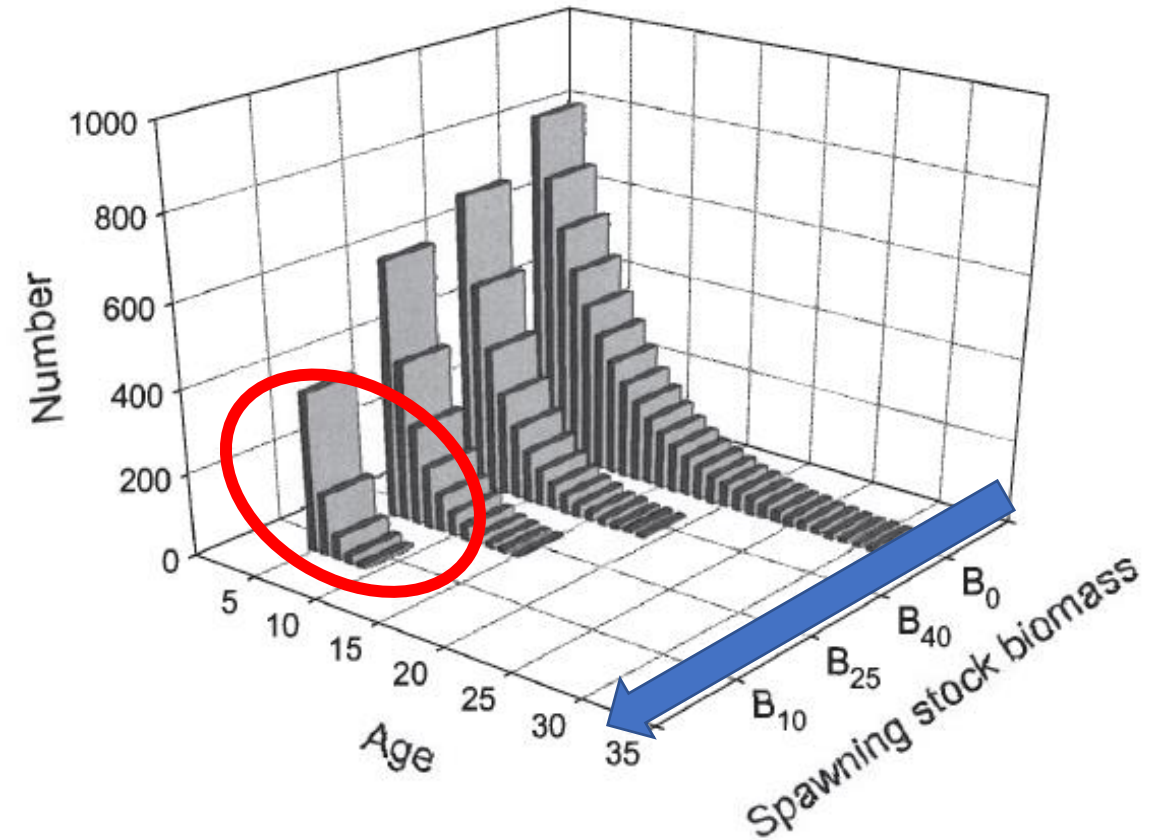
## La pêche impacte la structure de la population

Impact global :

- Diminution des biomasses
- Diminutions des tailles
- Surexploitation successive des différents stocks

Impact à l'échelle de la population :

- La pression de pêche induit une troncature des populations
- Diminution des biomasses relatives



(Berkeley, 2004)

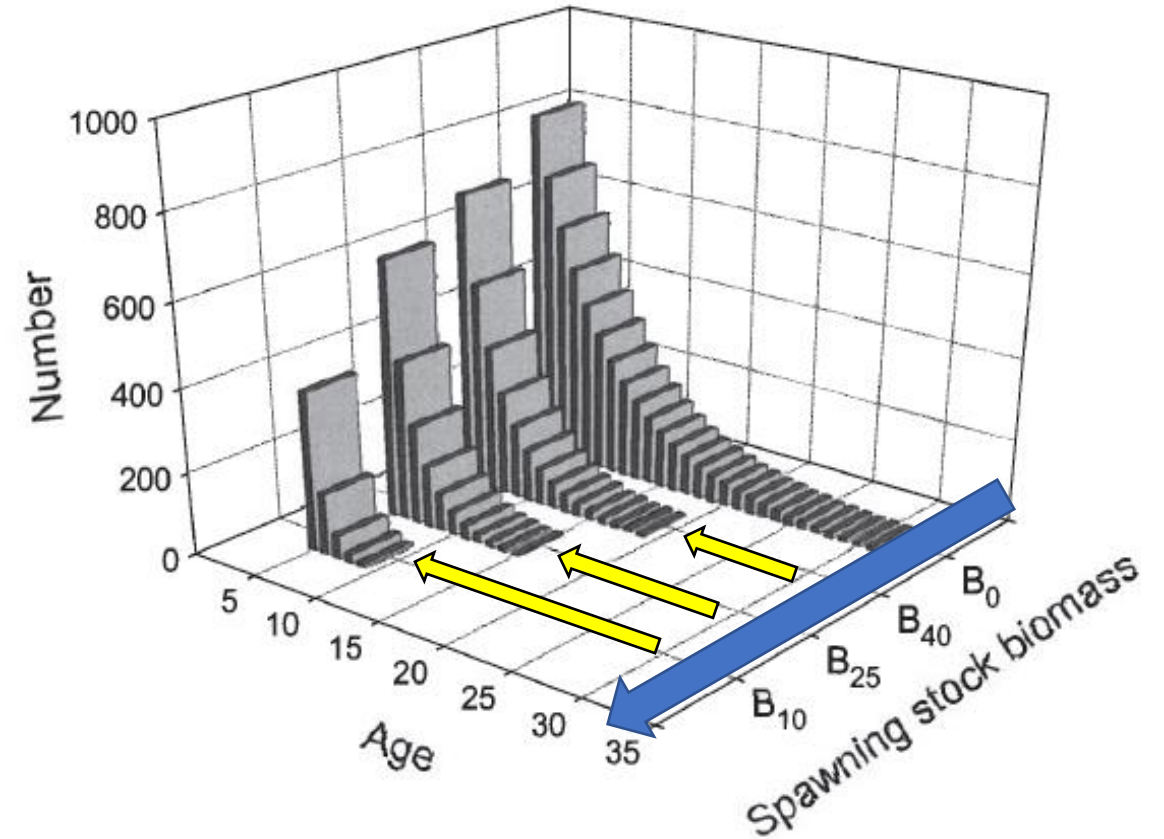
## La pêche impacte la structure de la population

Impact global :

- Diminution des biomasses
- Diminutions des tailles
- Surexploitation successive des différents stocks

Impact à l'échelle de la population :

- La pression de pêche induit une troncature des populations
- Diminution des biomasses relatives



(Berkeley, 2004)

## Conséquences des impacts sur la population

Conséquences d'un stock dégradé:

- Stock plus variable
- Plus dépendant à l'environnement

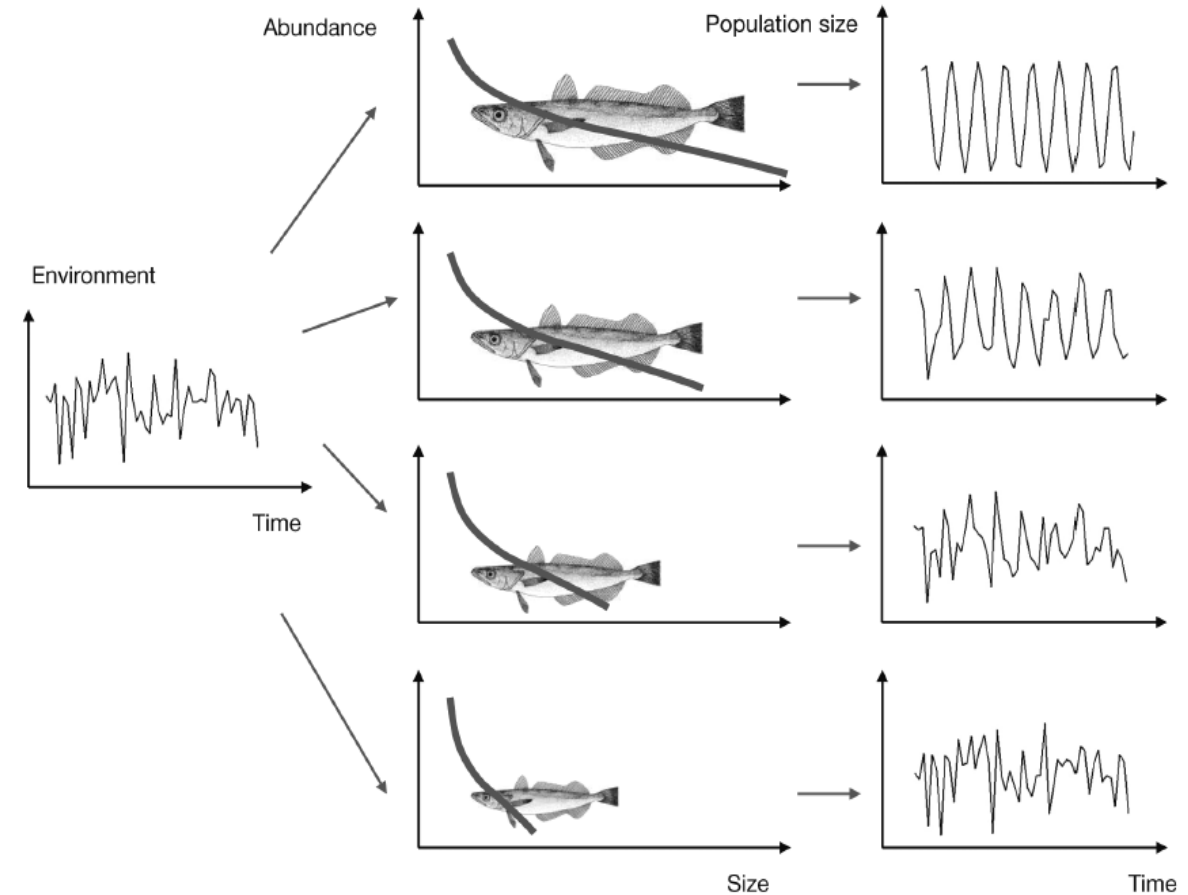


Fig. 9. Schematic representation of the population dynamics consequences on age-structured fish populations under increasing levels of fishery-induced demographic changes and juvenescence. By altering the demographic structure, populations switch from an internally-generated to an externally-forced fluctuation mode, tracking the environmental variability more closely

## Conséquences des impacts sur la population

Conséquences d'un stock dégradé:

- Stock plus variable
- Plus dépendant à l'environnement

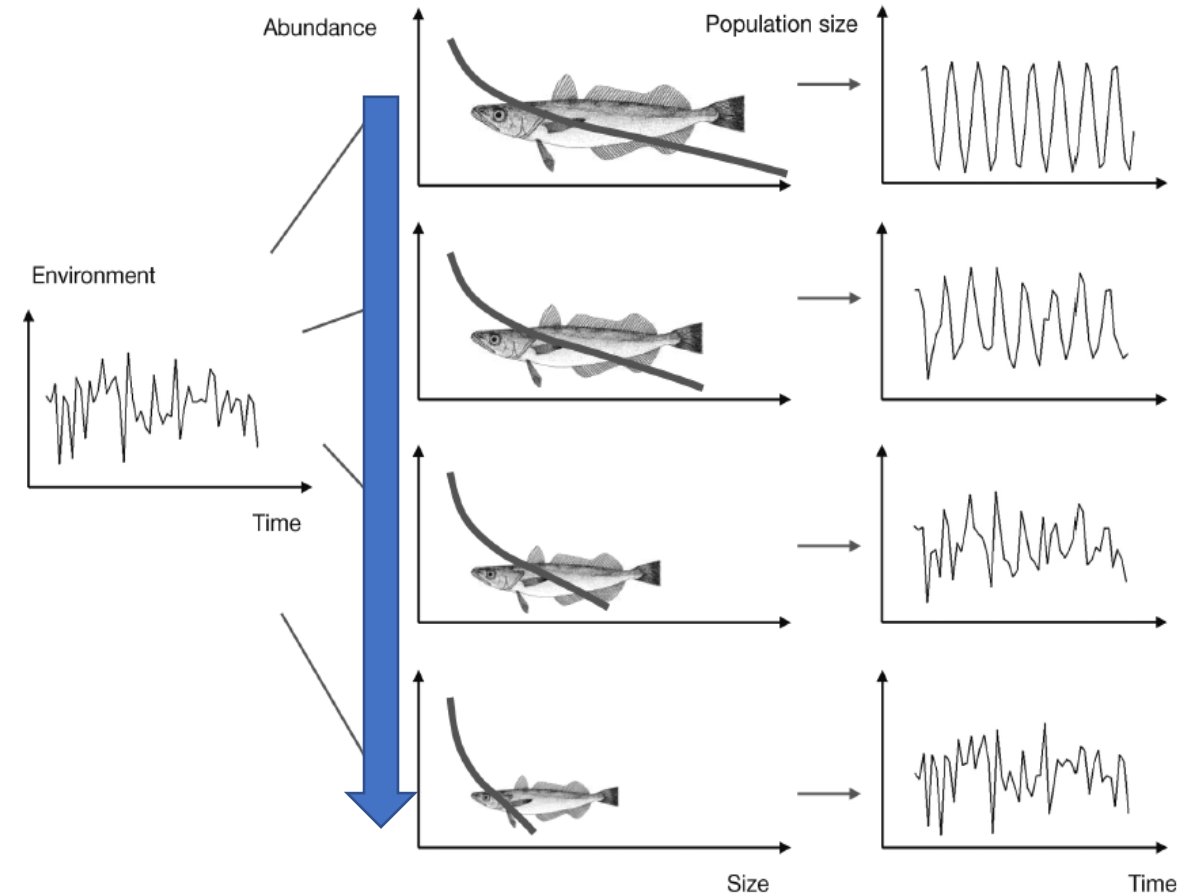


Fig. 9. Schematic representation of the population dynamics consequences on age-structured fish populations under increasing levels of fishery-induced demographic changes and juvenescence. By altering the demographic structure, populations switch from an internally-generated to an externally-forced fluctuation mode, tracking the environmental variability more closely

(Hidalgo, 2011)



## Conséquences des impacts sur la population

Conséquences d'un stock dégradé:

- Stock plus variable
- Plus dépendant à l'environnement

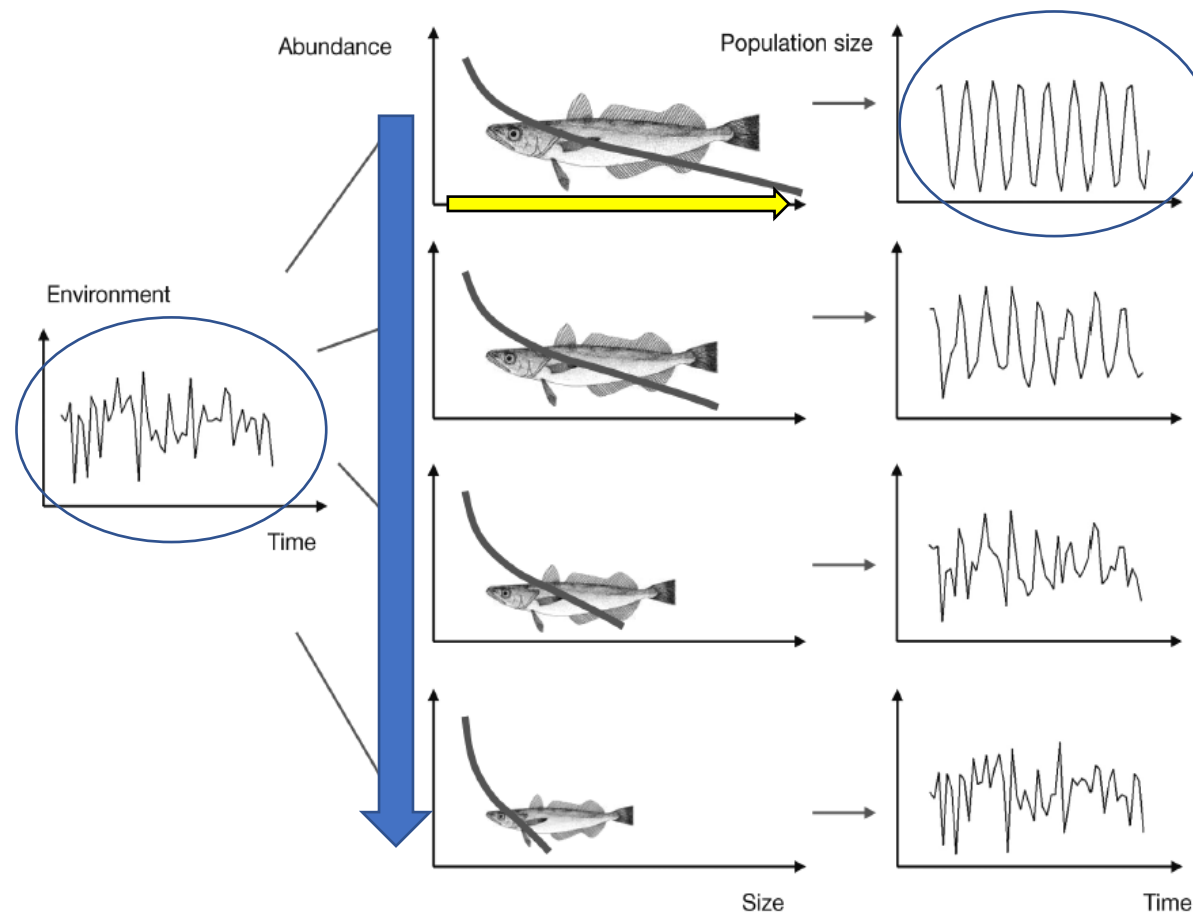


Fig. 9. Schematic representation of the population dynamics consequences on age-structured fish populations under increasing levels of fishery-induced demographic changes and juvenescence. By altering the demographic structure, populations switch from an internally-generated to an externally-forced fluctuation mode, tracking the environmental variability more closely

(Hidalgo, 2011)

## Conséquences des impacts sur la population

Conséquences d'un stock dégradé:

- Stock plus variable
- Plus dépendant à l'environnement

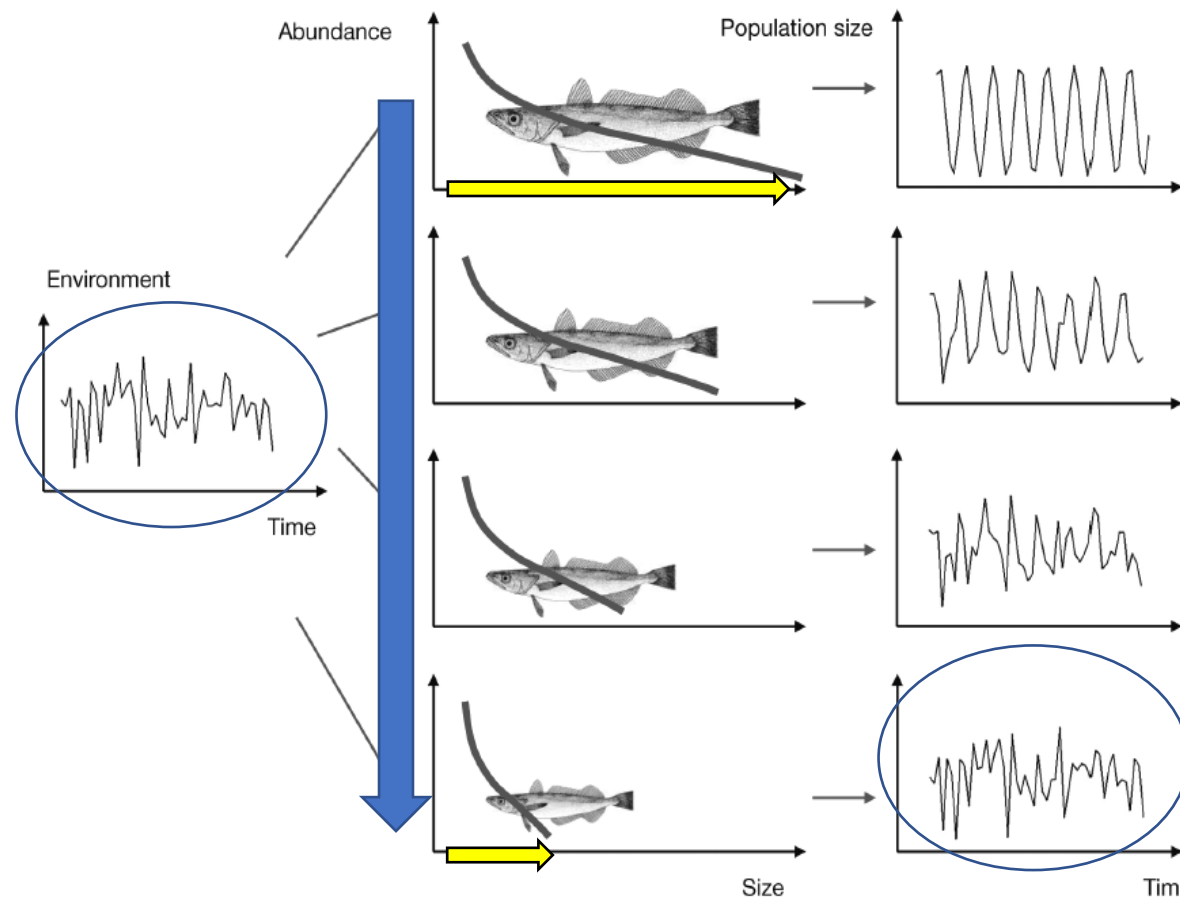


Fig. 9. Schematic representation of the population dynamics consequences on age-structured fish populations under increasing levels of fishery-induced demographic changes and juvenescence. By altering the demographic structure, populations switch from an internally-generated to an externally-forced fluctuation mode, tracking the environmental variability more closely

(Hidalgo, 2011)

## Les impacts de la pêche peuvent être minimisés

### 3 règles proposées par Froese et al. (2016) :

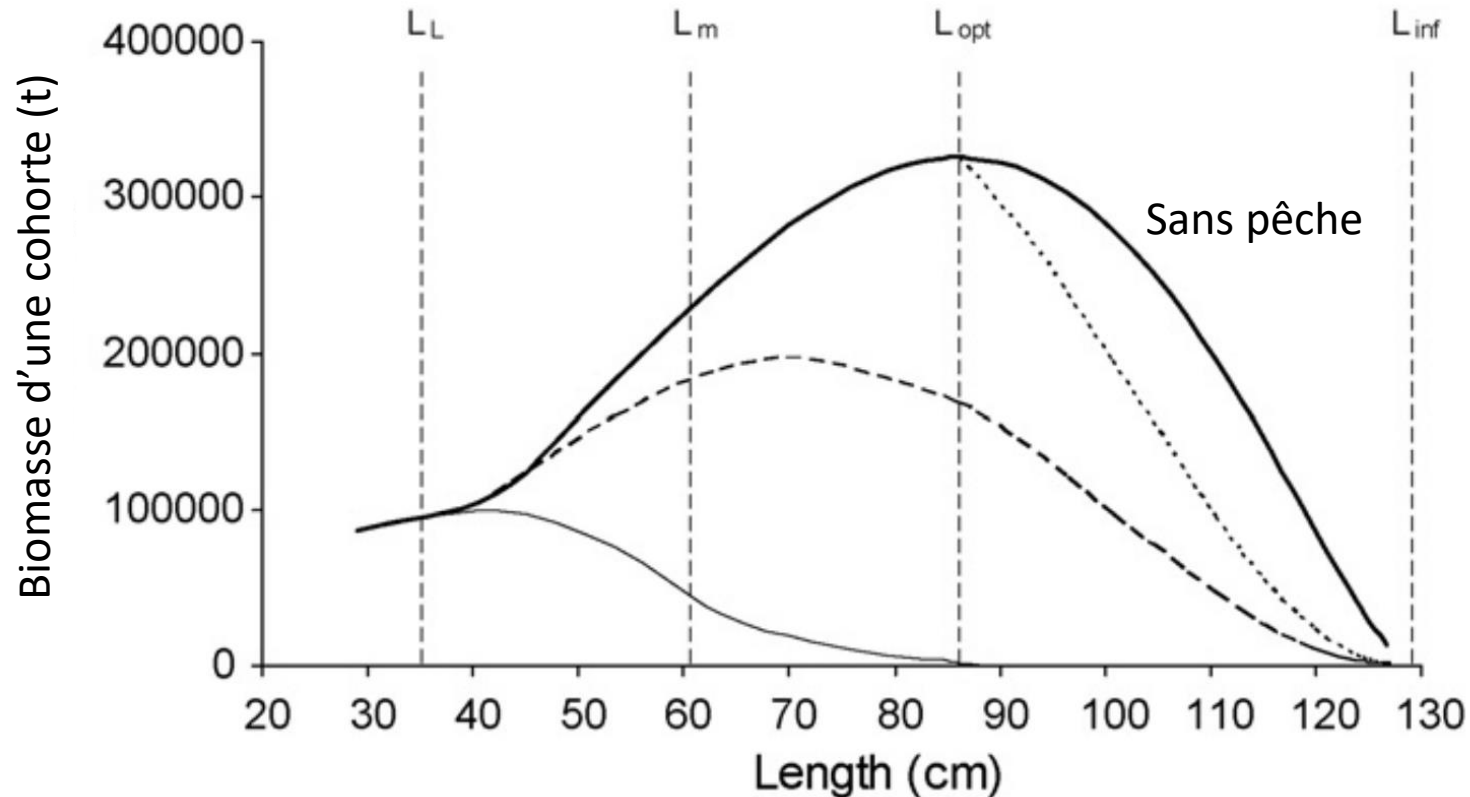
- |  |   |   |
|--|---|---|
| « Prélever moins que la nature »                                     | ➔ | Réduire le niveau d'exploitation, $F$ inférieur à $M$   |
| « Conserver une biomasse supérieure à 50% de celle à l'état vierge » | ➔ | Augmenter les biomasses : 50% biomasse relative   |
| « Laisser les poissons grandir et se reproduire »                    | ➔ | Age de première capture supérieur à celui de maturité, et approchant la maximisation de la biomasse de la cohorte |

## Les impacts de la pêche peuvent être minimisés

« Laisser les poissons grandir et se reproduire »



Age de première capture supérieur à celui de maturité, et approchant la maximisation de la biomasse de la cohorte



$t_{opt}$  : âge de la cohorte où la biomasse est maximale

$t_{c\ opt}$  : âge de capture permettant d'obtenir en moyenne dans les débarquements des poissons d'âge  $t_{opt}$

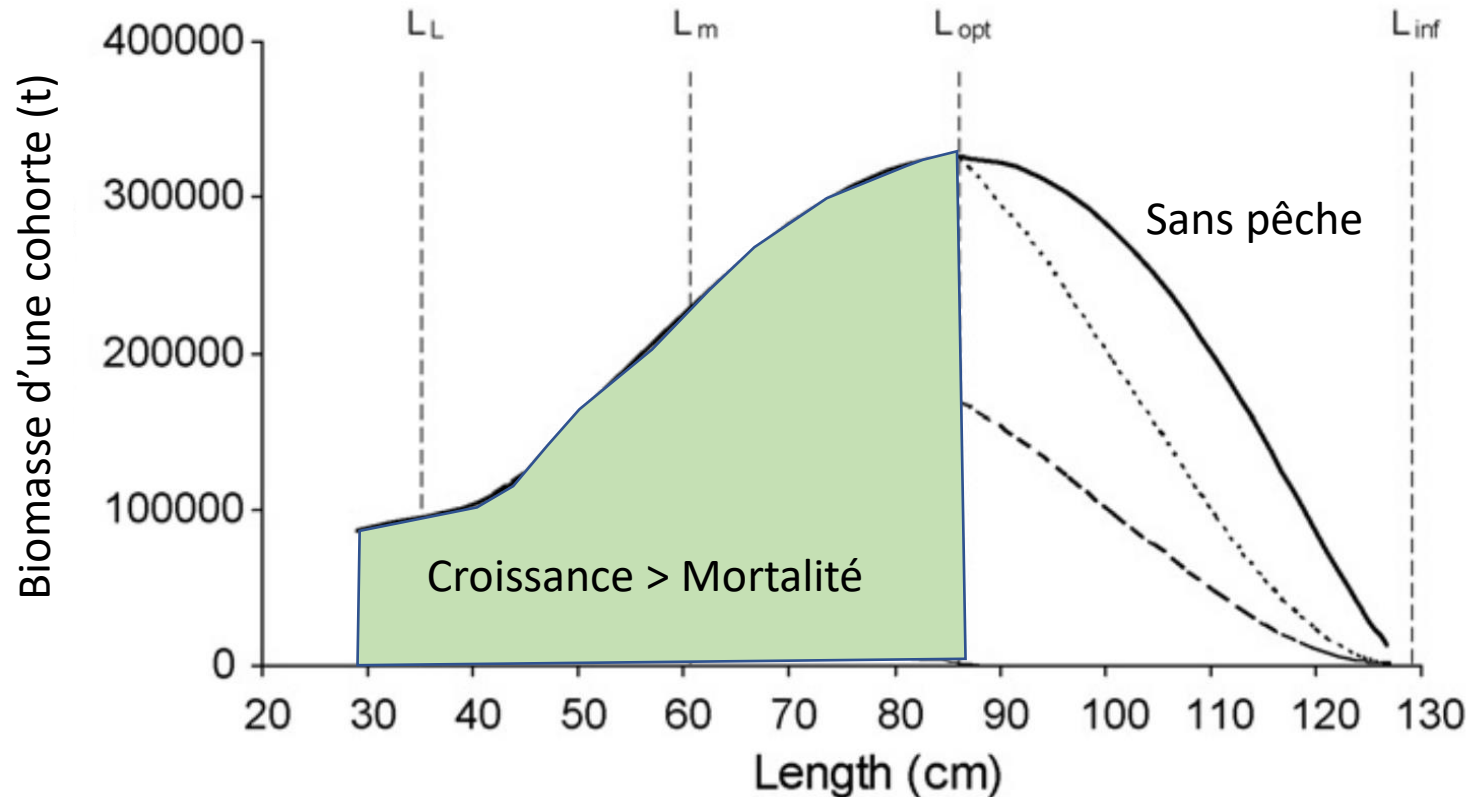
(Froese et al., 2008)

## Les impacts de la pêche peuvent être minimisés

« Laisser les poissons grandir et se reproduire »



Age de première capture supérieur à celui de maturité, et approchant la maximisation de la biomasse de la cohorte



$t_{opt}$  : âge de la cohorte où la biomasse est maximale

$t_{c_{opt}}$  : âge de capture permettant d'obtenir en moyenne dans les débarquements des poissons d'âge  $t_{opt}$

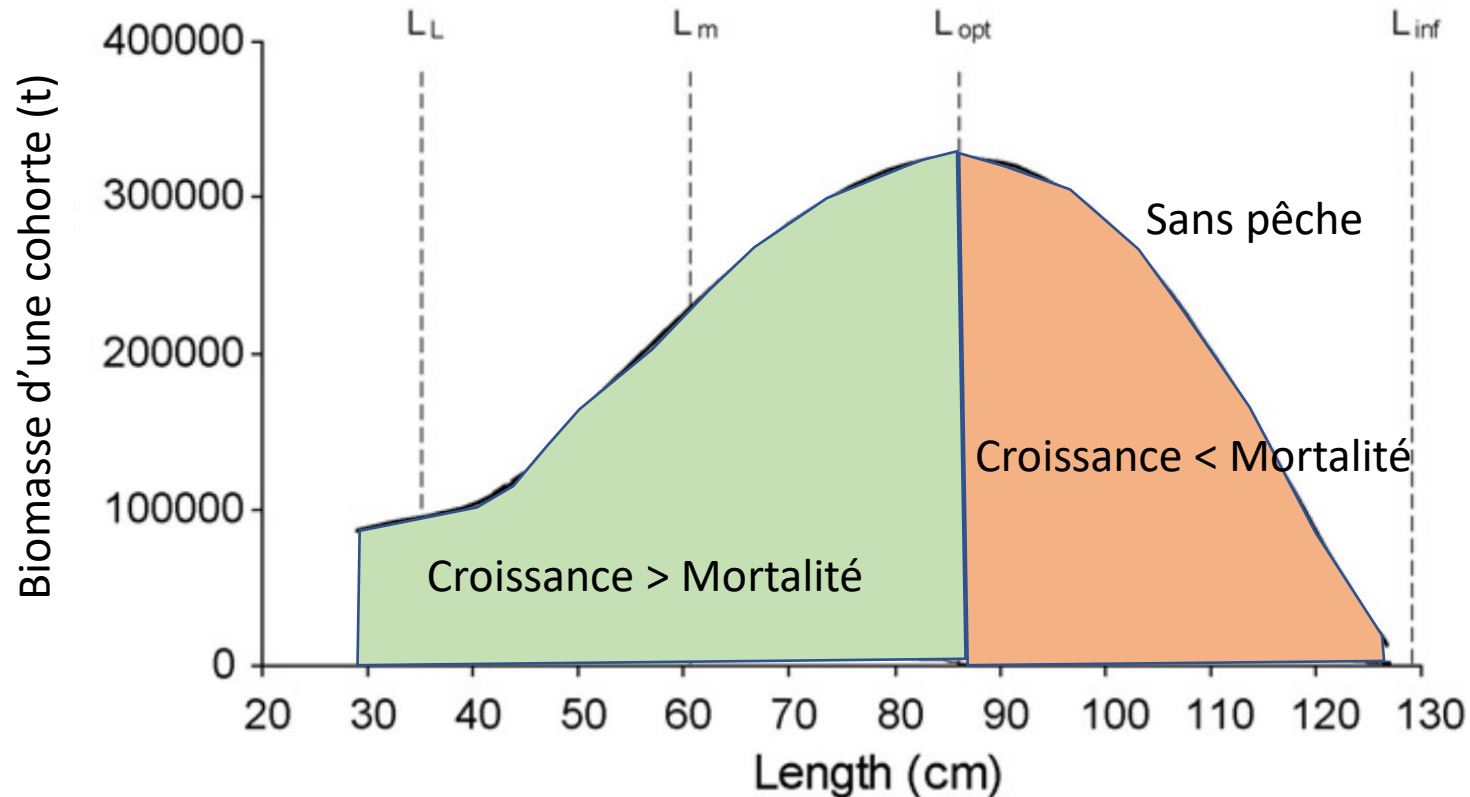
(Froese et al., 2008)

## Les impacts de la pêche peuvent être minimisés

« Laisser les poissons grandir et se reproduire »



Age de première capture supérieur à celui de maturité, et approchant la maximisation de la biomasse de la cohorte



$t_{opt}$  : âge de la cohorte où la biomasse est maximale

$t_{c\ opt}$  : âge de capture permettant d'obtenir en moyenne dans les débarquements des poissons d'âge  $t_{opt}$

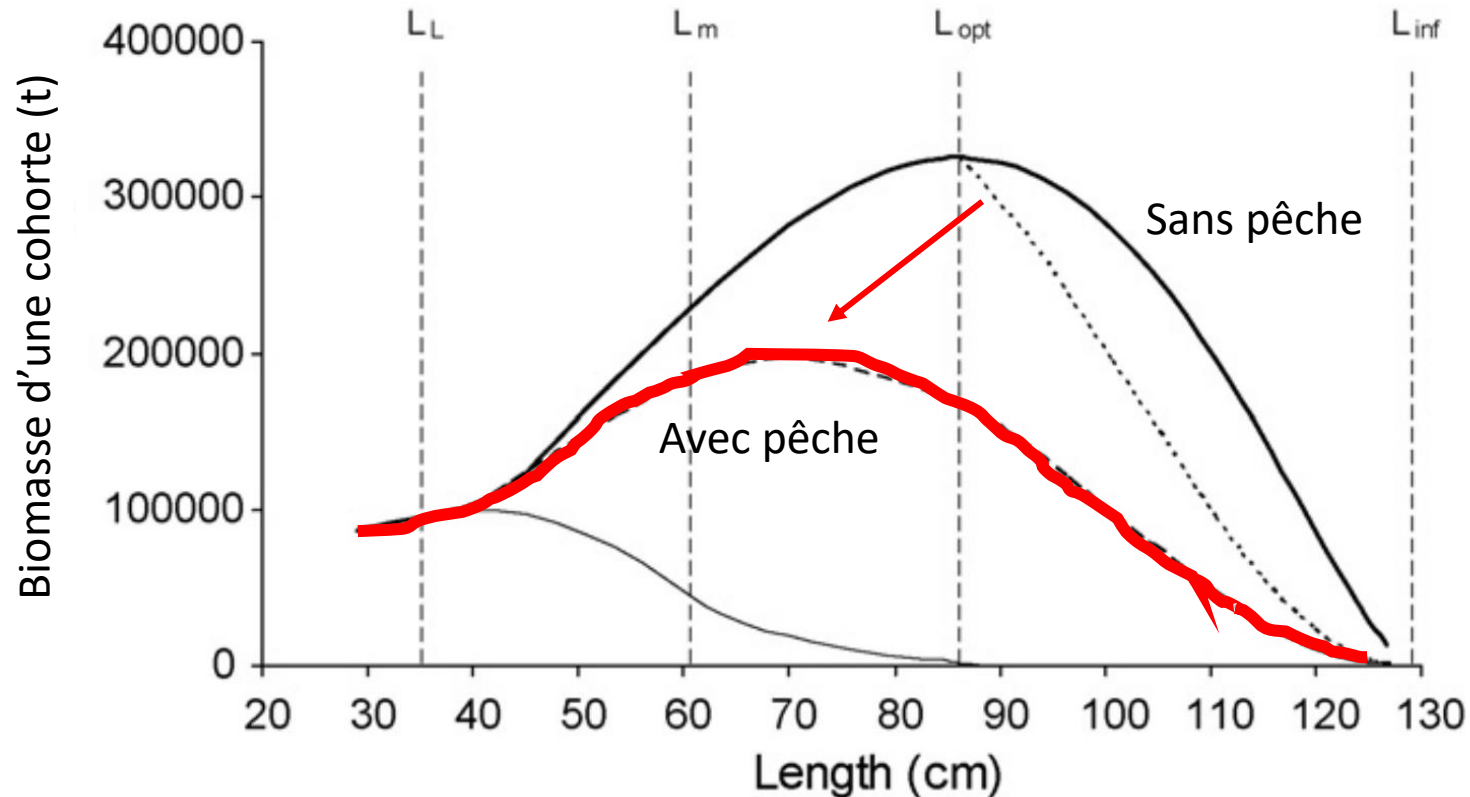
(Froese et al., 2008)

## Les impacts de la pêche peuvent être minimisés

« Laisser les poissons grandir et se reproduire »



Age de première capture supérieur à celui de maturité, et approchant la maximisation de la biomasse de la cohorte

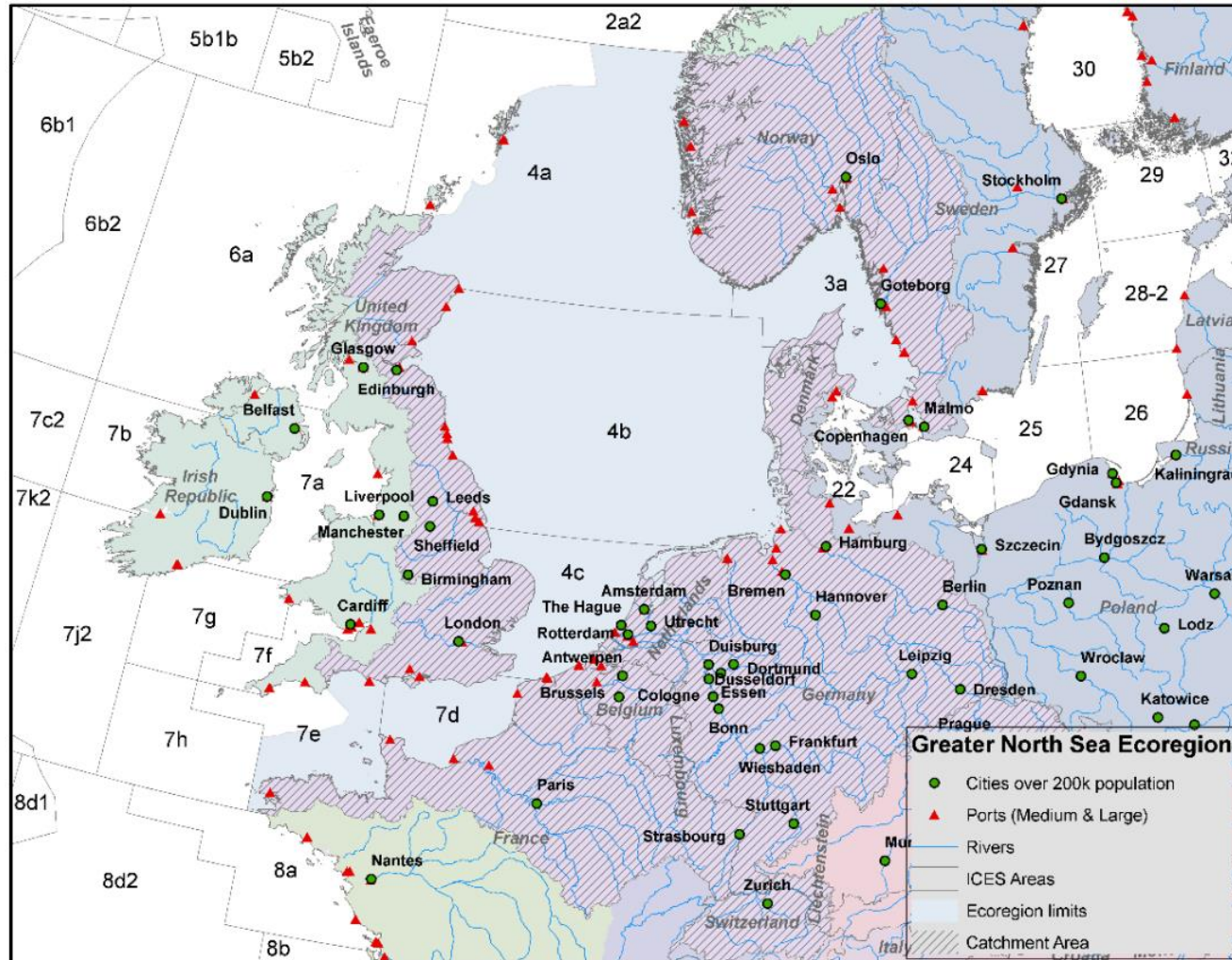


$t_{opt}$  : âge de la cohorte où la biomasse est maximale

$t_{c\ opt}$  : âge de capture permettant d'obtenir en moyenne dans les débarquements des poissons d'âge  $t_{opt}$

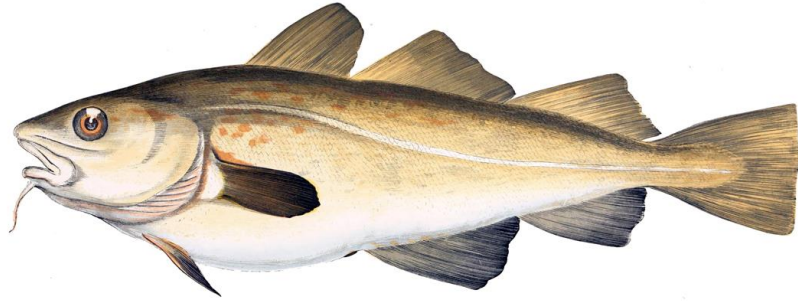
(Froese et al., 2008)

## Cas d'étude : la mer du Nord



- Etude des pêcheries benthodémersales de mer du Nord
- Etude à l'échelle de l'écosystème

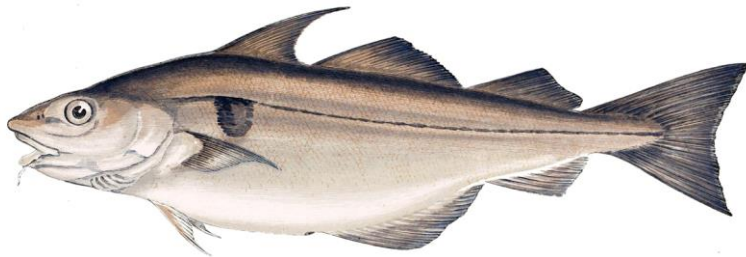


Cas d'étude : stocks étudiés (démersaux)

*Gadus morhua* (Morue)  $L_{\max} = 136$  cm



*Merlangius merlangus* (Merlan)  $L_{\max} = 36,3$



*Melanogrammus aeglefinus* (Eglefin)  $L_{\max} = 60$



*Pollachius virens* (Lieu noir)  $L_{\max} = 120$

Illustrations : Gervais et *al.*, (1877)



Cas d'étude : stocks étudiés (benthiques)



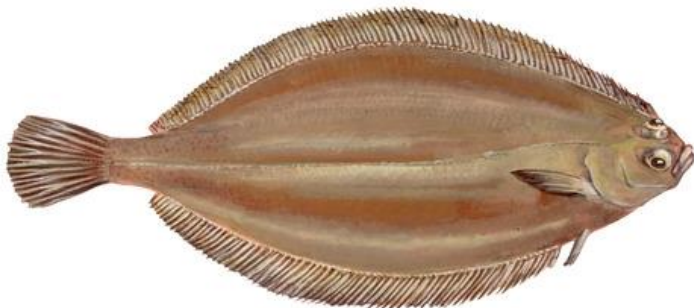
©2019-2021, Volbeda Webdesign

*Pleuronectes platessa* (Plie)



©2019-2021, Volbeda Webdesign

*Scophthalmus maximus* (Turbot)



©Scandposters

*Glyptocephalus cynoglossus* (Plie cynoglosse)

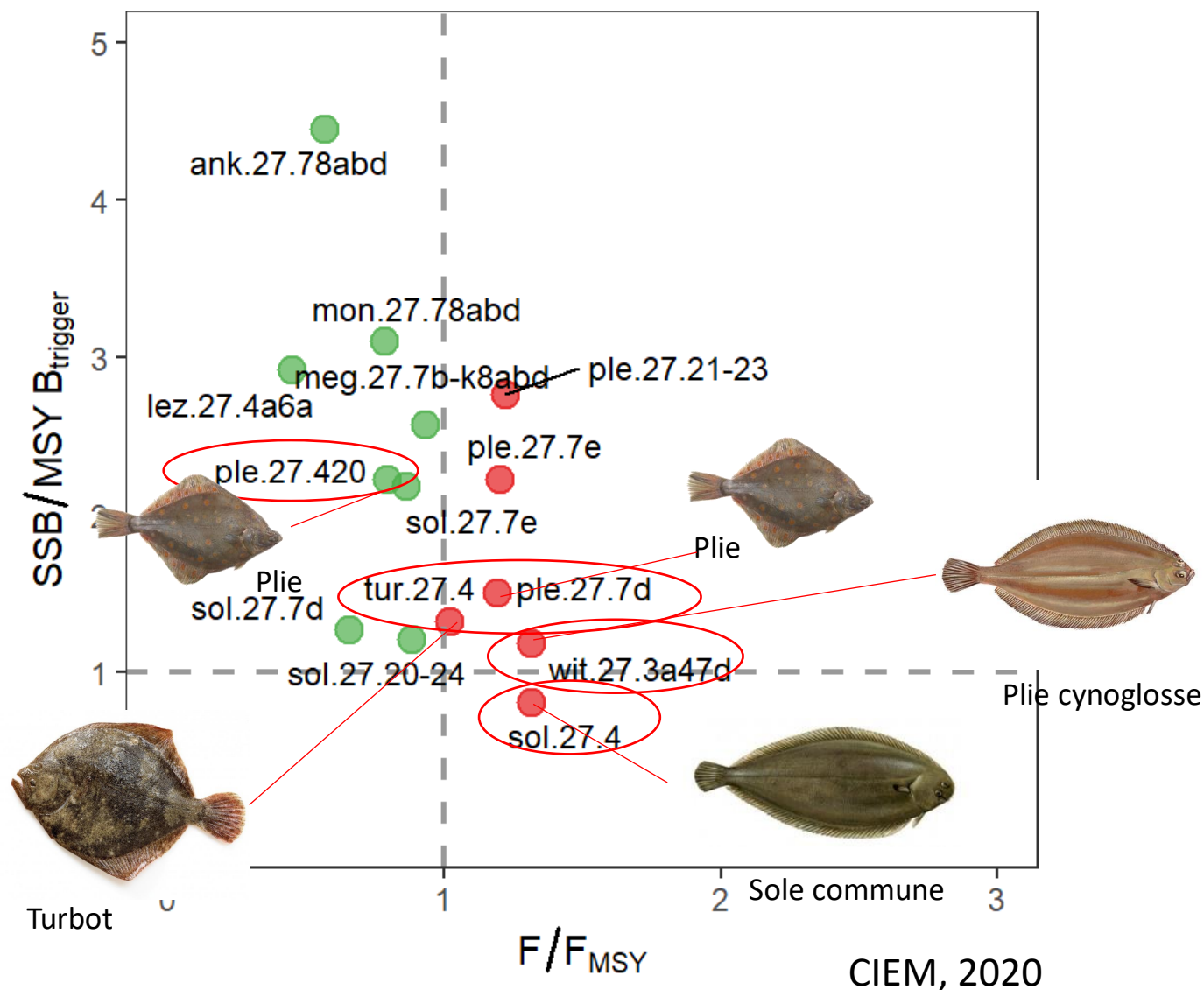


©courtemanche.yves

*Solea solea* (Sole commune)

## Cas d'étude : stocks étudiés (benthiques)

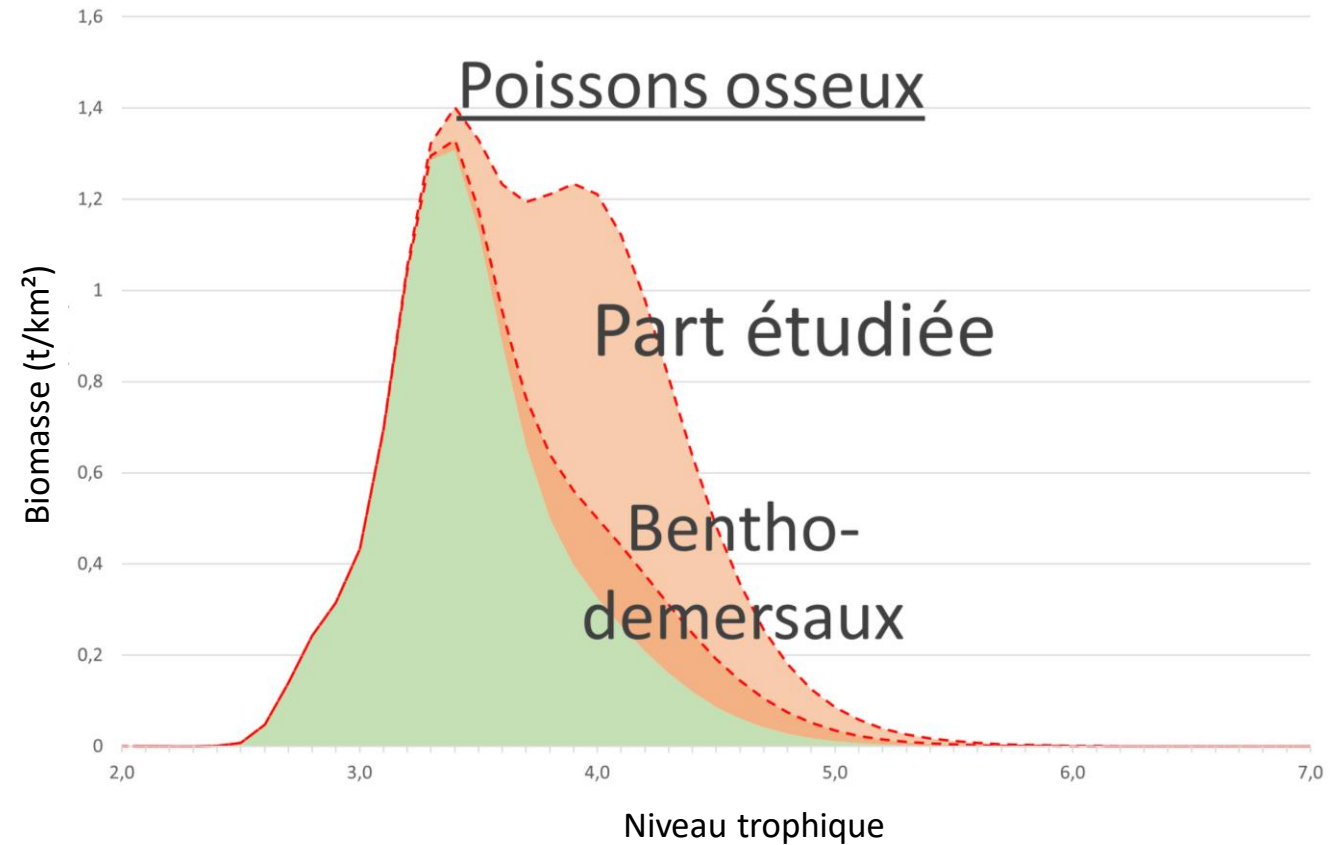
5 principaux stocks benthiques



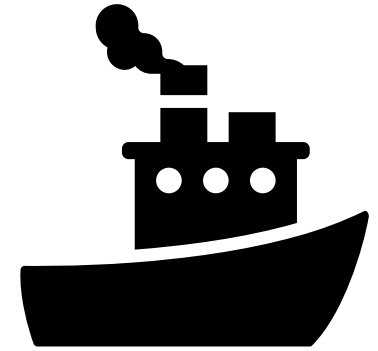
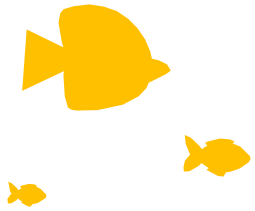
## Cas d'étude : stocks étudiés

Stocks étudiés:

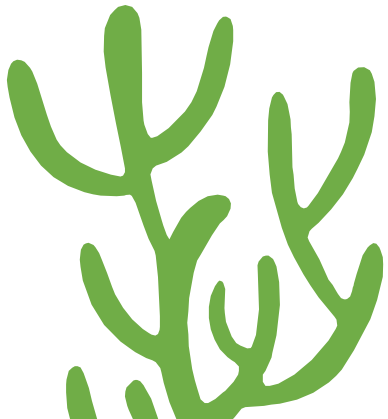
- 45% des débarquements des benthodémersaux
- 70% de la biomasse des benthodémersaux



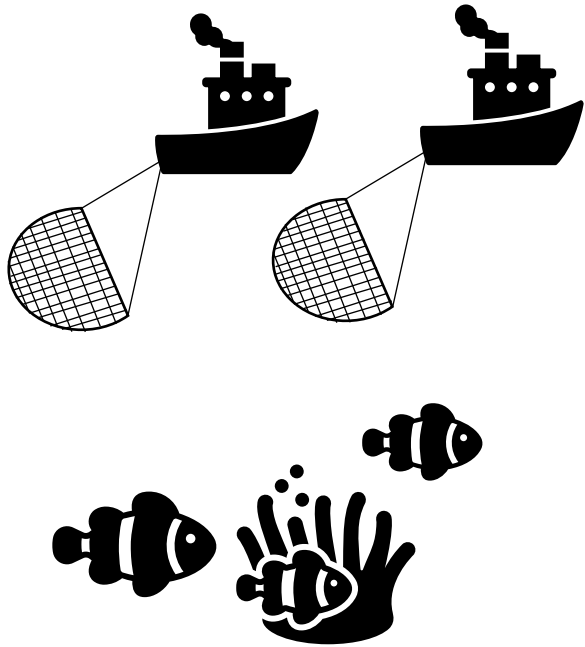
Mackinson et *al.* (2007)



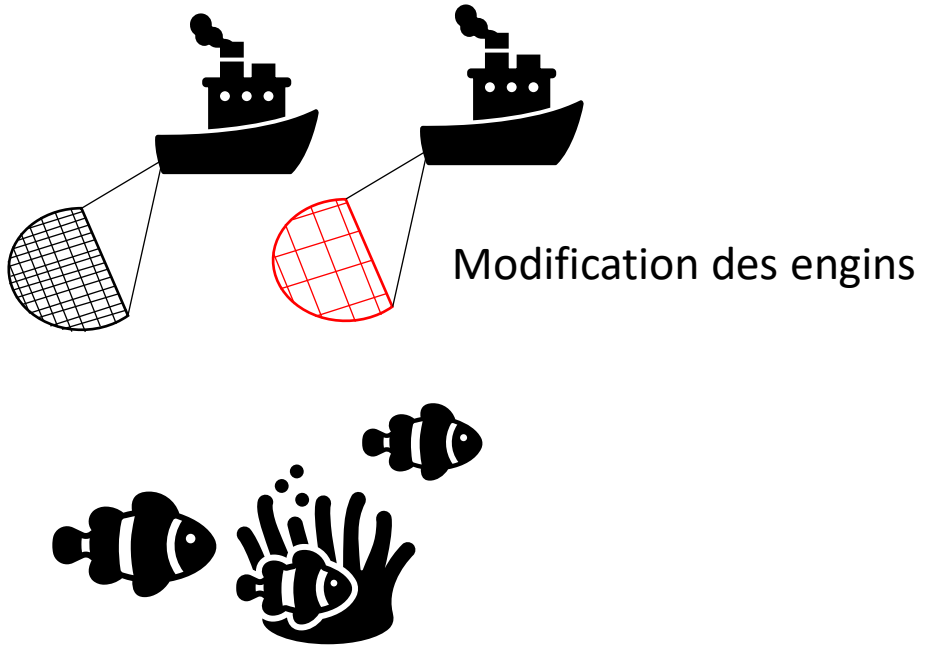
Modifier les engins de pêche en mer du Nord pour réduire l'impact sur les ressources halieutiques ?



Modèle de la Mer du Nord

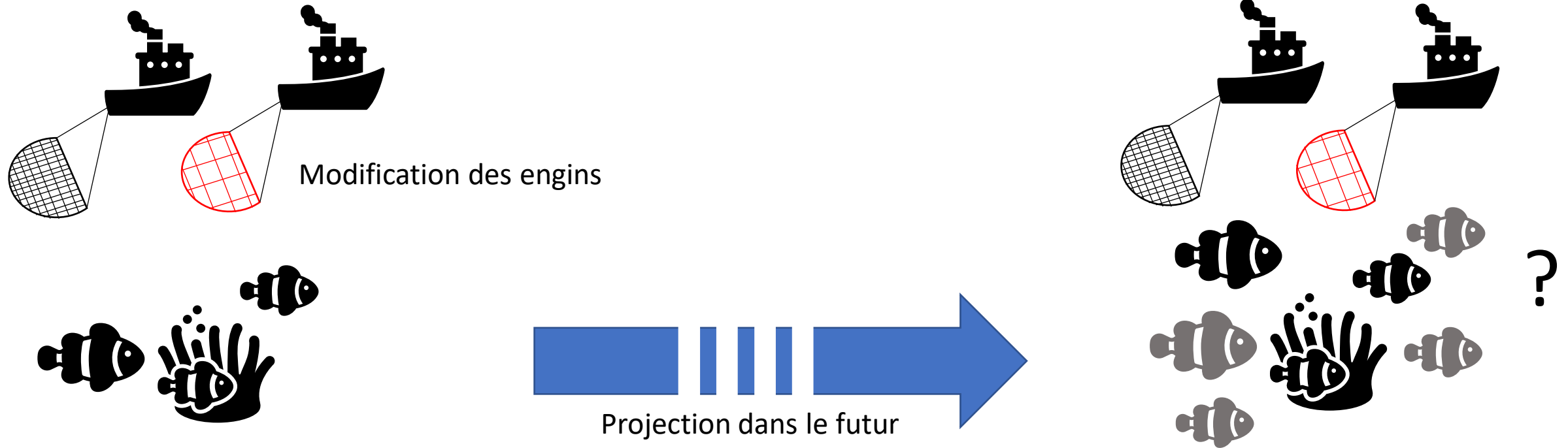


Modèle de la Mer du Nord

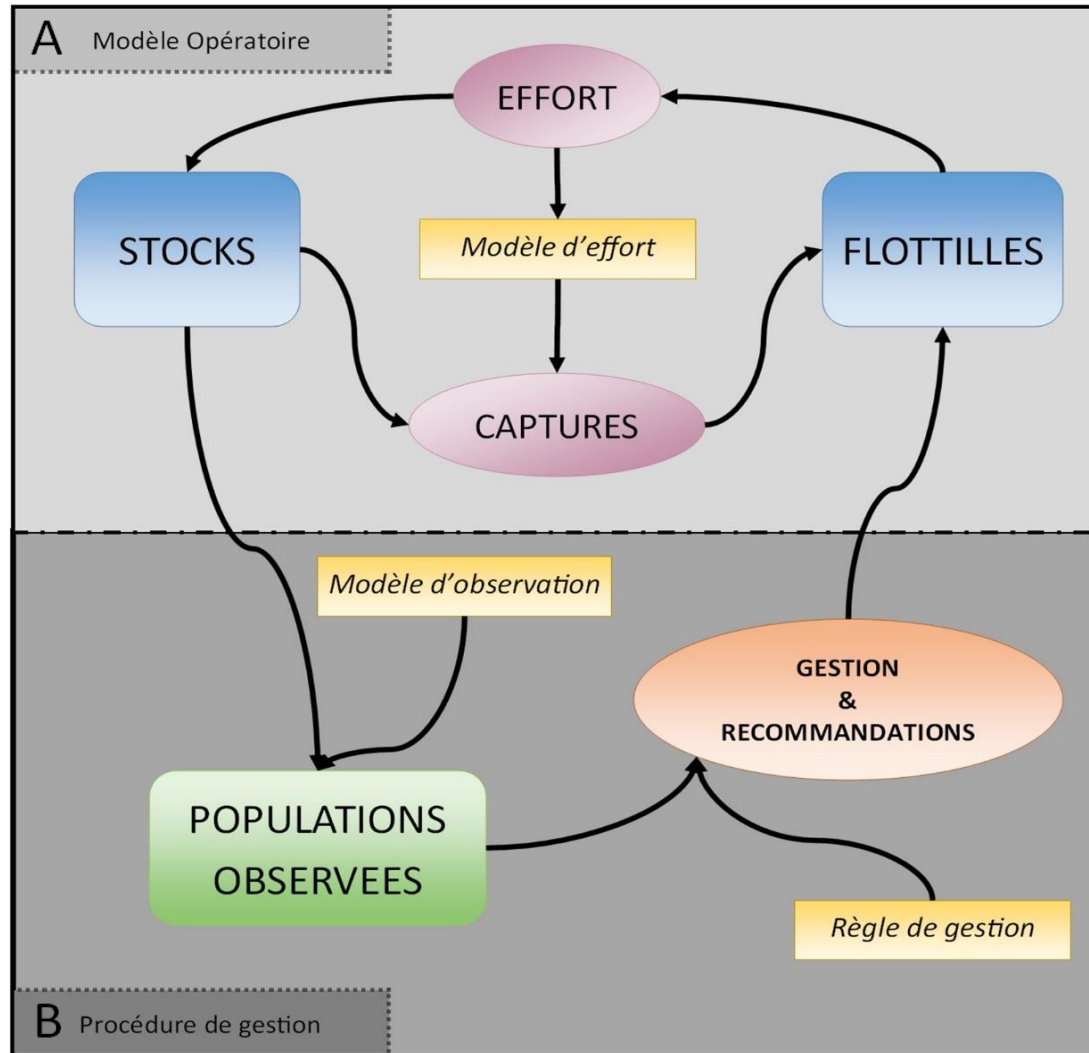




Modèle de la Mer du Nord



## Outil de simulation utilisé : FLBEIA



### Modèle mécaniste :

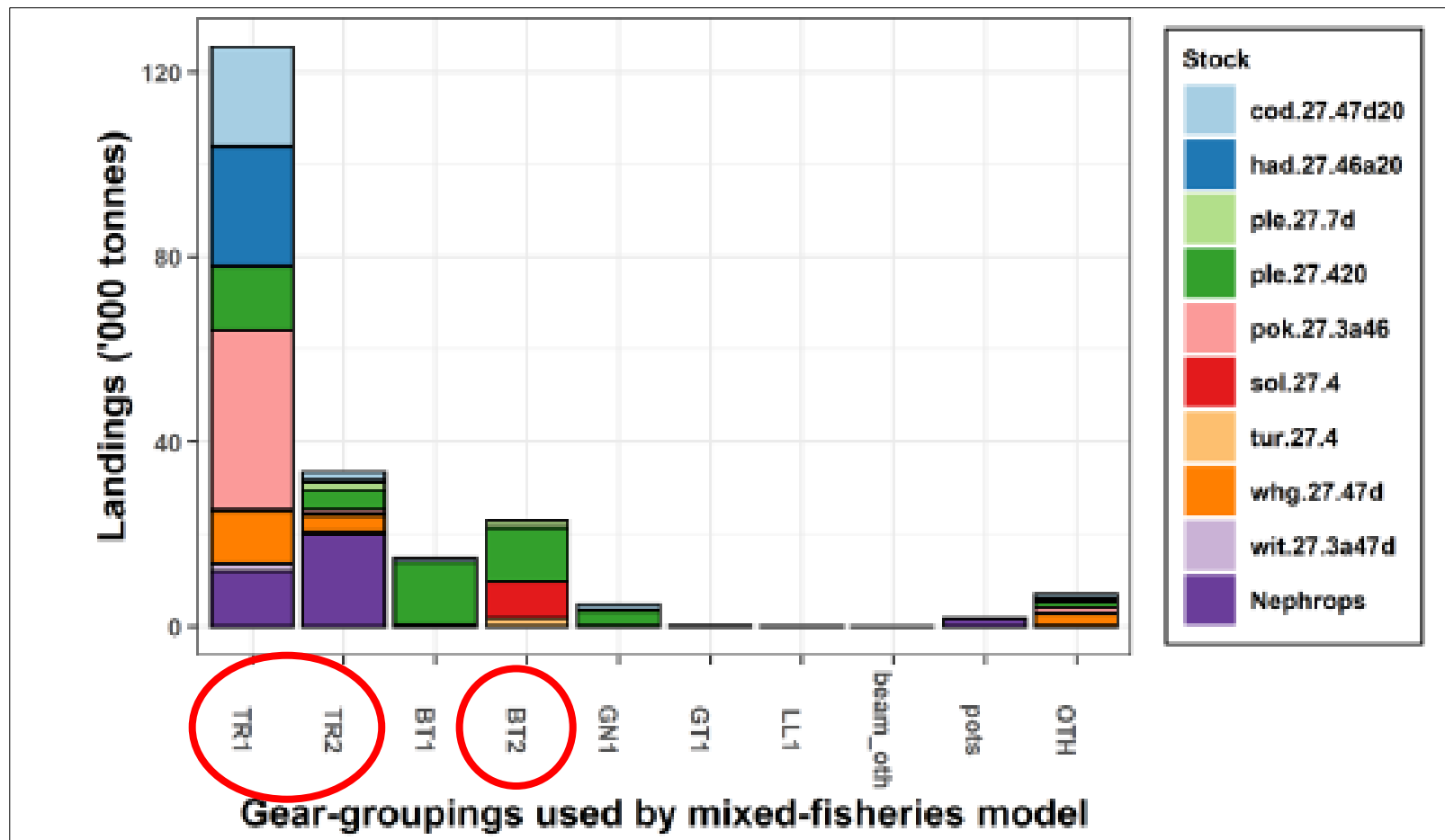
- permet l'étude d'interactions techniques
- permet de tester des scénarios de gestion
- pas spatialisé ... mais capturabilité
- pas de relations trophiques entre les espèces

### Comprend :

- 42 flottilles de la mer du Nord
- 9 stocks structurés en âges (stocks d'intérêt)
- 15 stocks agrégés en âges (modèles de production de biomasse) (hypothèse forte, pas de modification de leur capturabilité)

### Données utilisées :

- Evaluation de stock de 2019
- Dernière année avant projection 2018

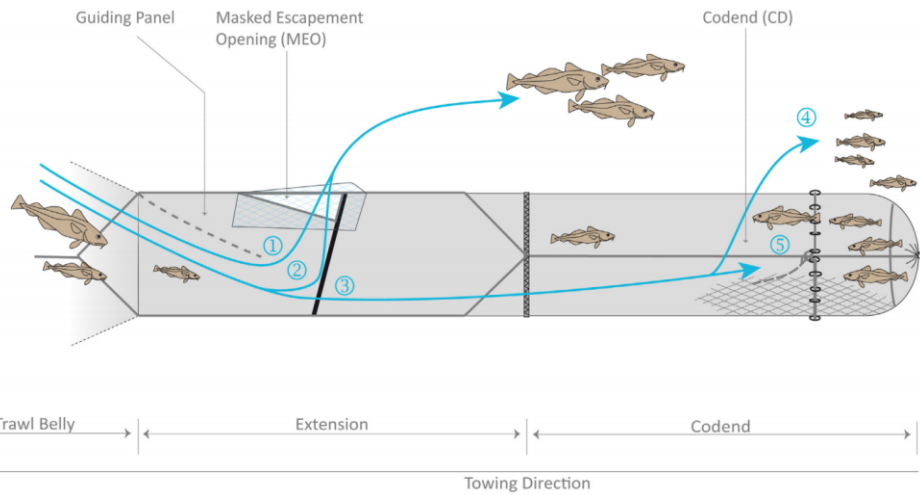
Engins impactant modifiés

Les chaluts à panneaux et à perche représentent la majorité des débarquements en mer du Nord

Ce seront les engins modifiés, pour réduire l'impact

ICES, 2017

## Scénario de modification : Actuel



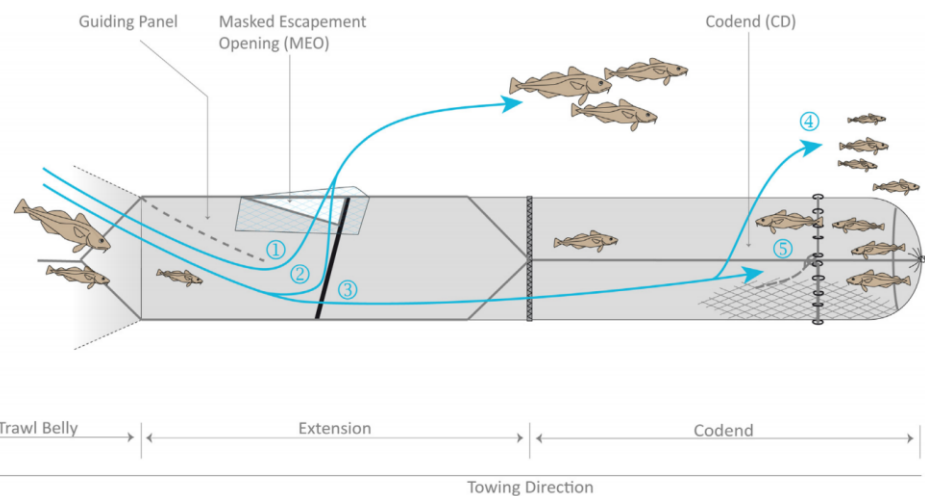
### **Scénario actuel**

BT2 : mailles de 70-99mm

TR1 : mailles > 99mm

TR2 : mailles de 70-99mm

(Stepputtis et *al.*, 2016)

Scénario de modification : Actuel(Stepputtis et *al.*, 2016)Scénario actuel

BT2 : mailles de 70-99mm

TR1 : mailles &gt; 99mm

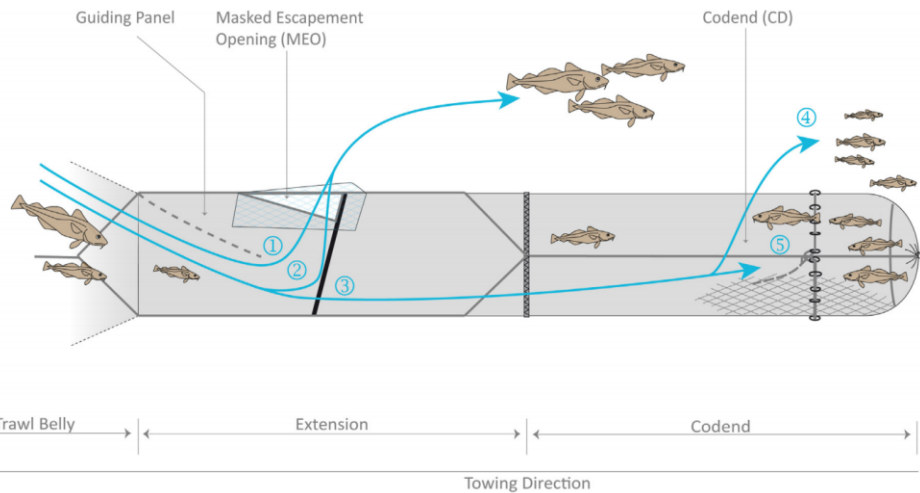
TR2 : mailles de 70-99mm

Scénario maximal

BT2 : mailles T90 de 100 mm

TR1 : mailles de 140 mm

TR2 : mailles de 140 mm

Scénario de modification : Actuel(Stepputtis et *al.*, 2016)Scénario actuel

BT2 : mailles de 70-99mm

TR1 : mailles &gt; 99mm

TR2 : mailles de 70-99mm

Scénario maximal

BT2 : mailles T90 de 100 mm

TR1 : mailles de 140 mm

TR2 : mailles de 140 mm

Scénario intermédiaire

BT2 : mailles T90 de 100 mm

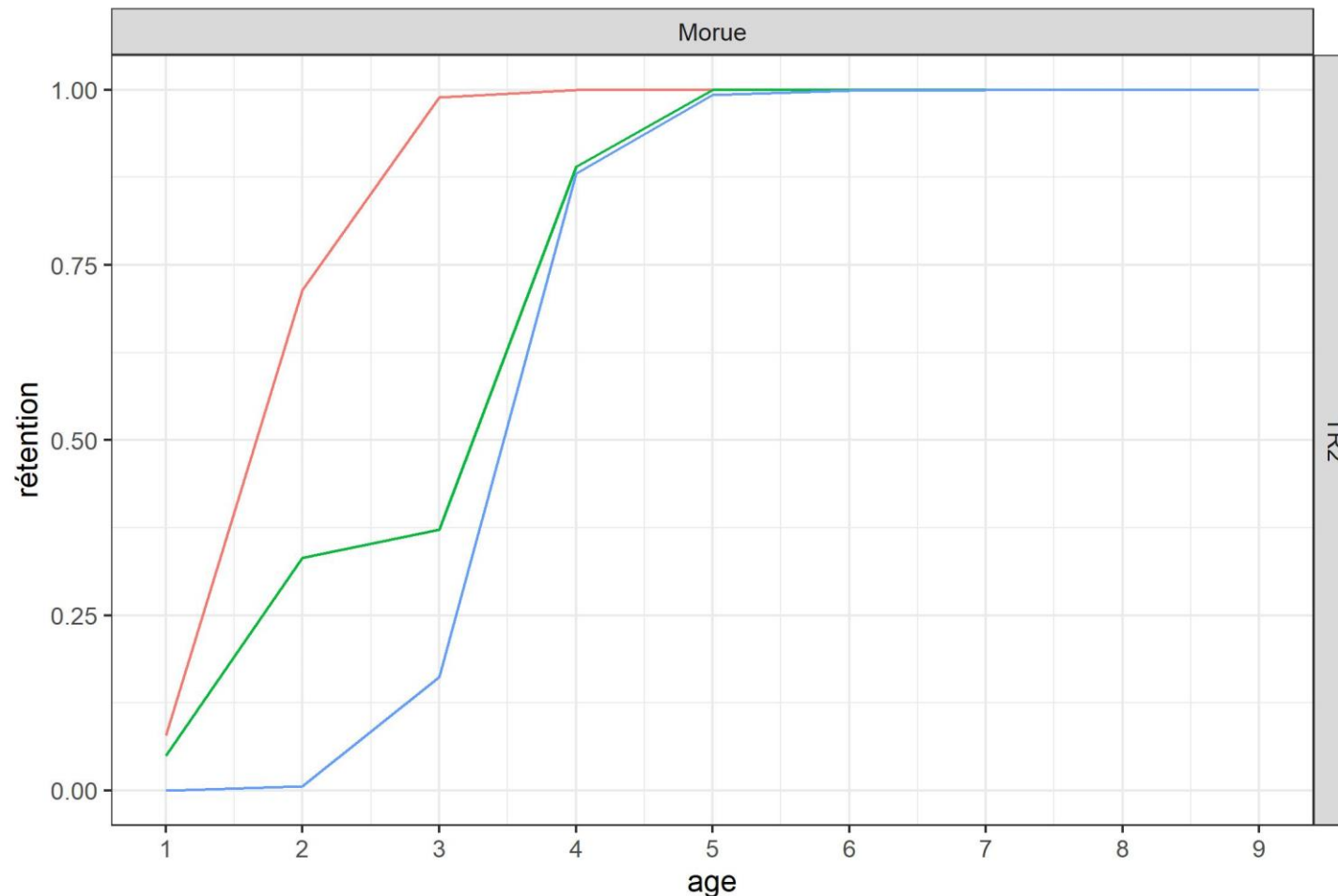
TR1 : mailles de 140 mm

TR2 : mailles de 140 mm dans le dos du chalut, nappe horizontale, et en dessous maillage de 70mm

## Données de rétention utilisées

- Courbe rouge : engins 'actuels'
- Courbe verte : engins 'intermédiaires'
- Courbe bleue : engins 'maximums'

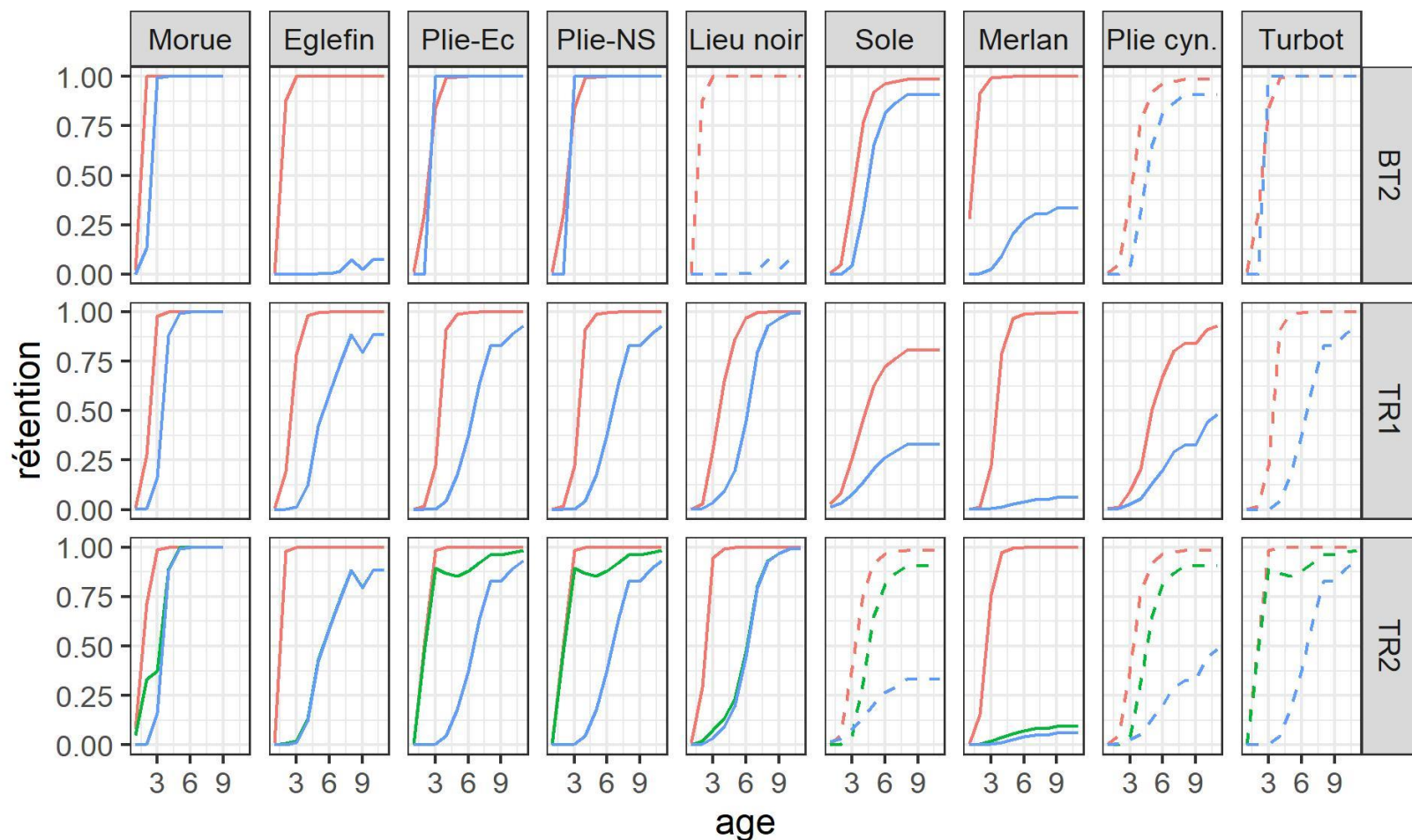
Code couleur utilisé dans la majorité des résultats



Les courbes rouges correspondent aux rétentions actuelles des trois engins de pêche.  
Les courbes bleues et vertes correspondent à des modifications d'engins.

(Taylor pers. com.)

## Données de rétention utilisées



Les courbes rouges correspondent aux rétentions actuelles des trois engins de pêche.  
 Les courbes bleues et vertes correspondent à des modifications d'engins.

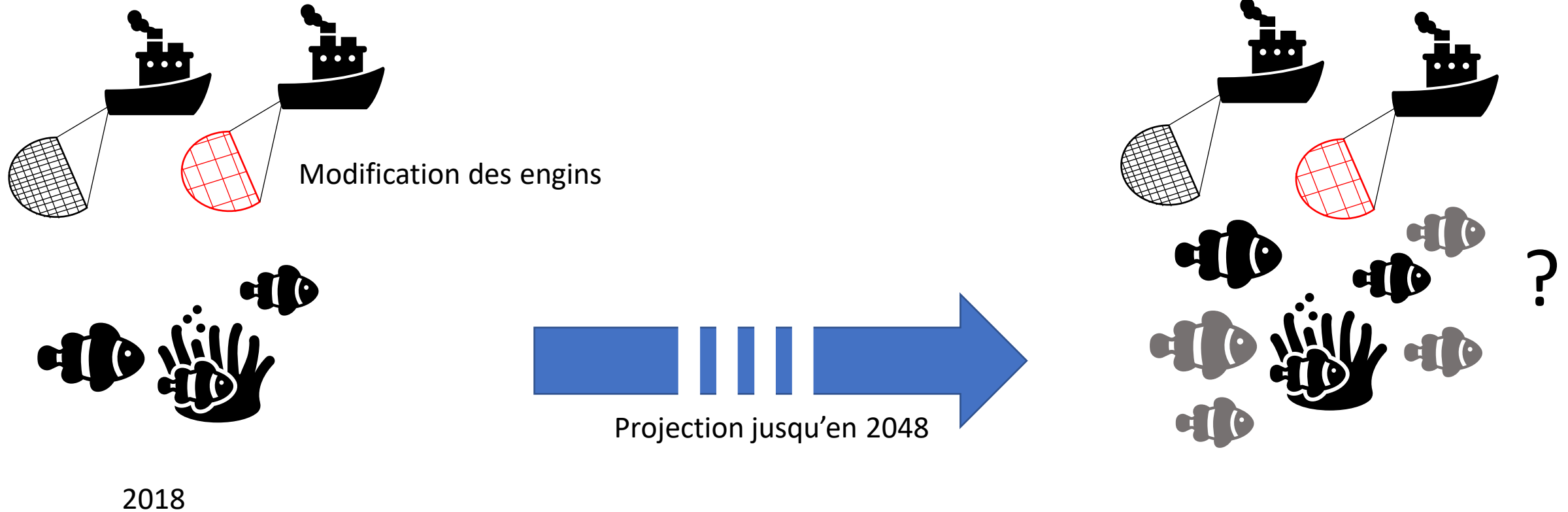
(Taylor pers. com.)

Hypothèses de rétention pour quatre stocks

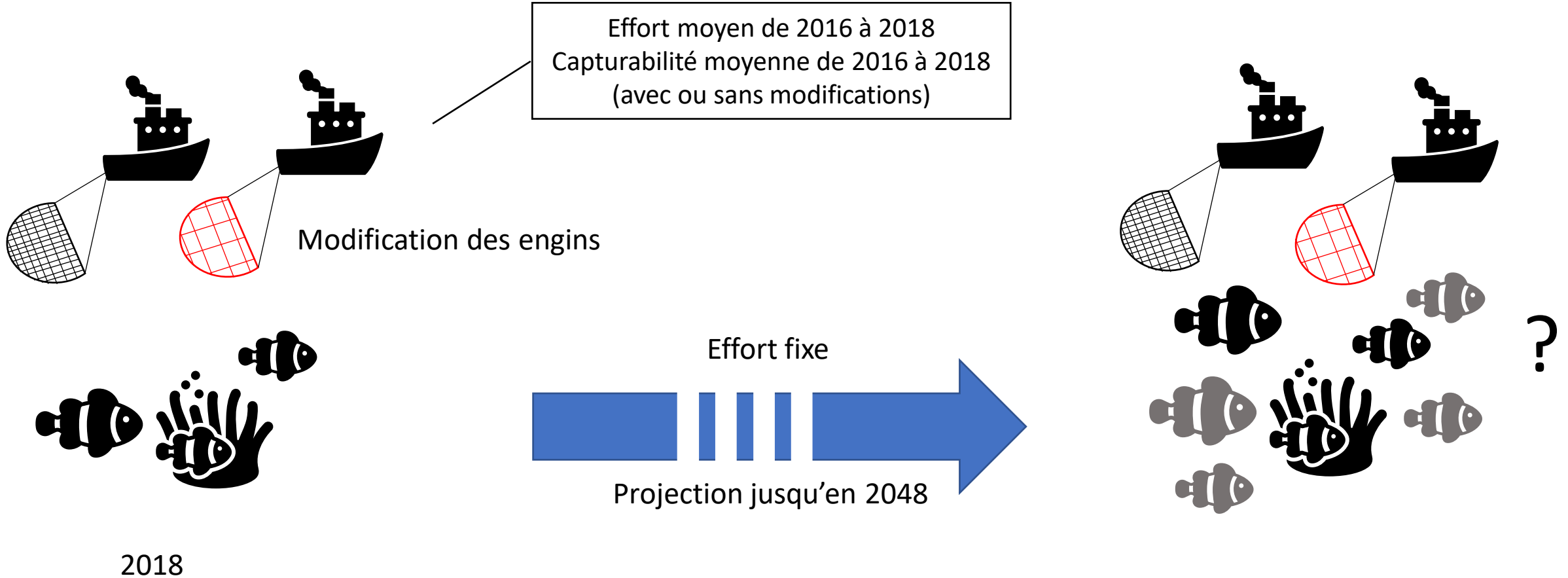
Implémentation des nouvelles rétentions dans le modèle pour les engins concernés.



Modèle de la Mer du Nord



**Modèle de la Mer du Nord**



## Etapes d'évaluation de l'impact des engins de pêche

### Evaluation des populations

- Structure des populations
- Indicateurs d'état (biomasse relative, âge moyen reproducteur, ...)

### Evaluation de l'exploitation

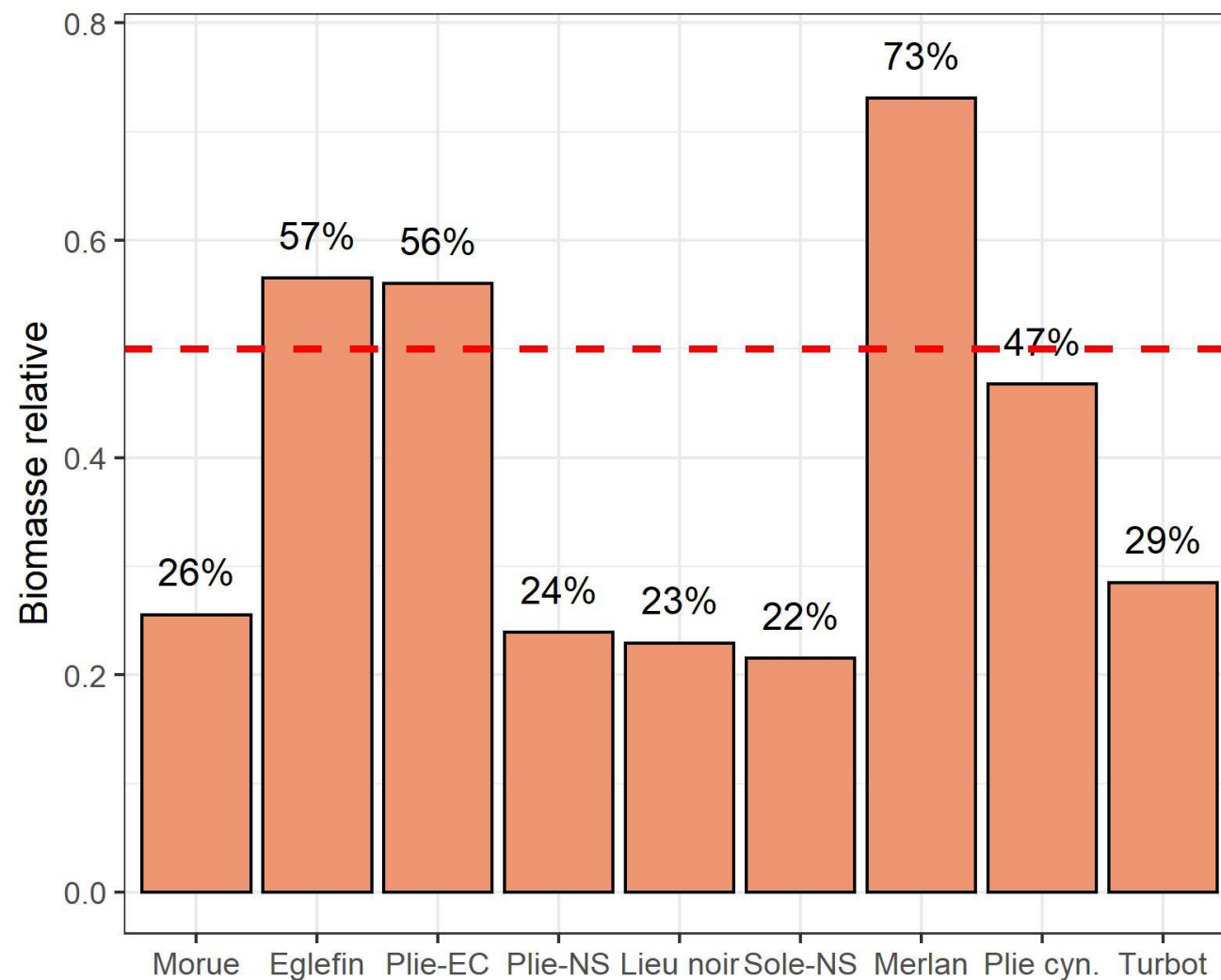
- Composition des captures (rejets, débarquements)
- Composition spécifique des captures

### Evaluation d'indicateurs écosystémiques

- Niveau trophique moyen
- Spectre trophique

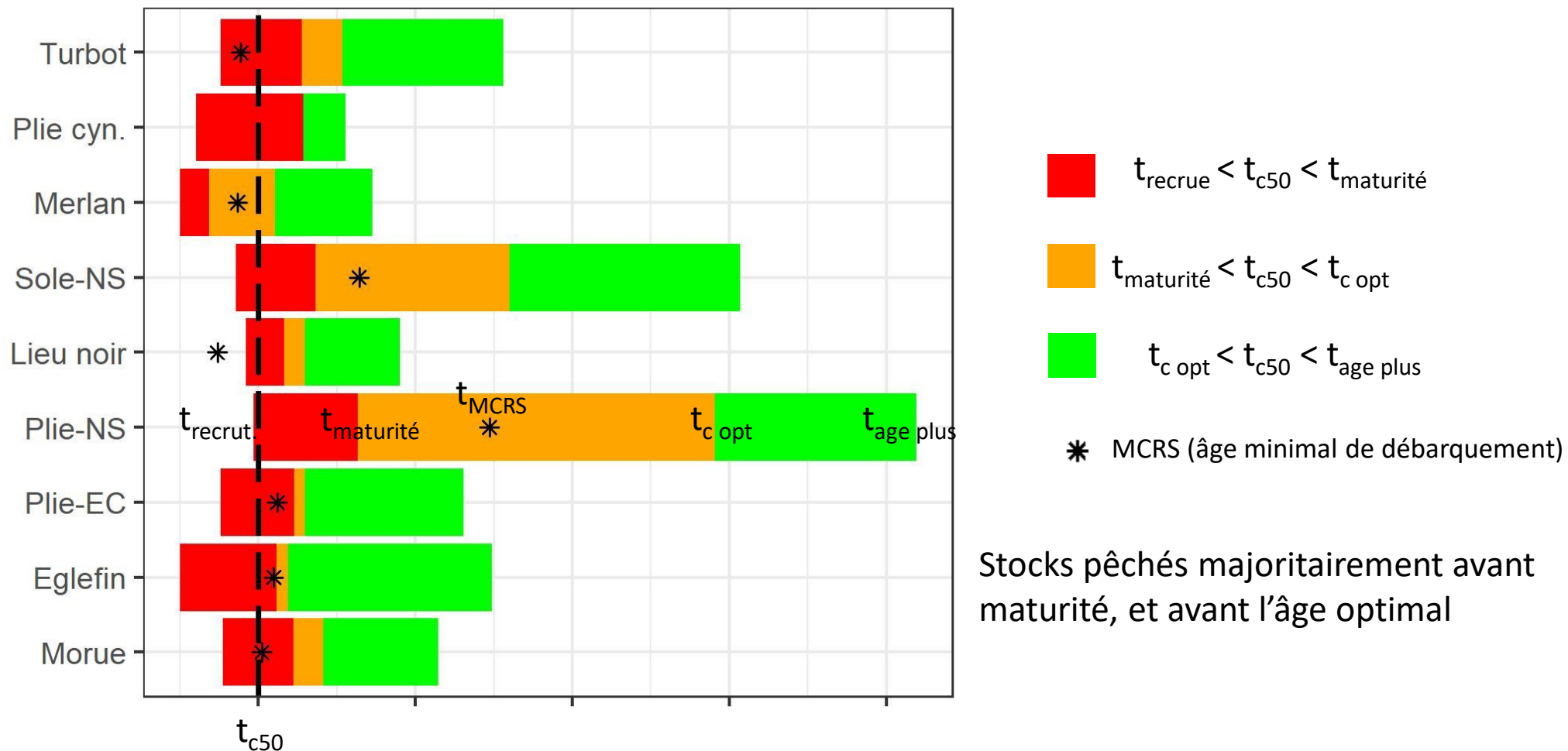
Permettra de se faire une idée théorique, sans évolution de l'effort de pêche et à l'équilibre, de l'impact des trois scénarios de modification d'engins de pêche

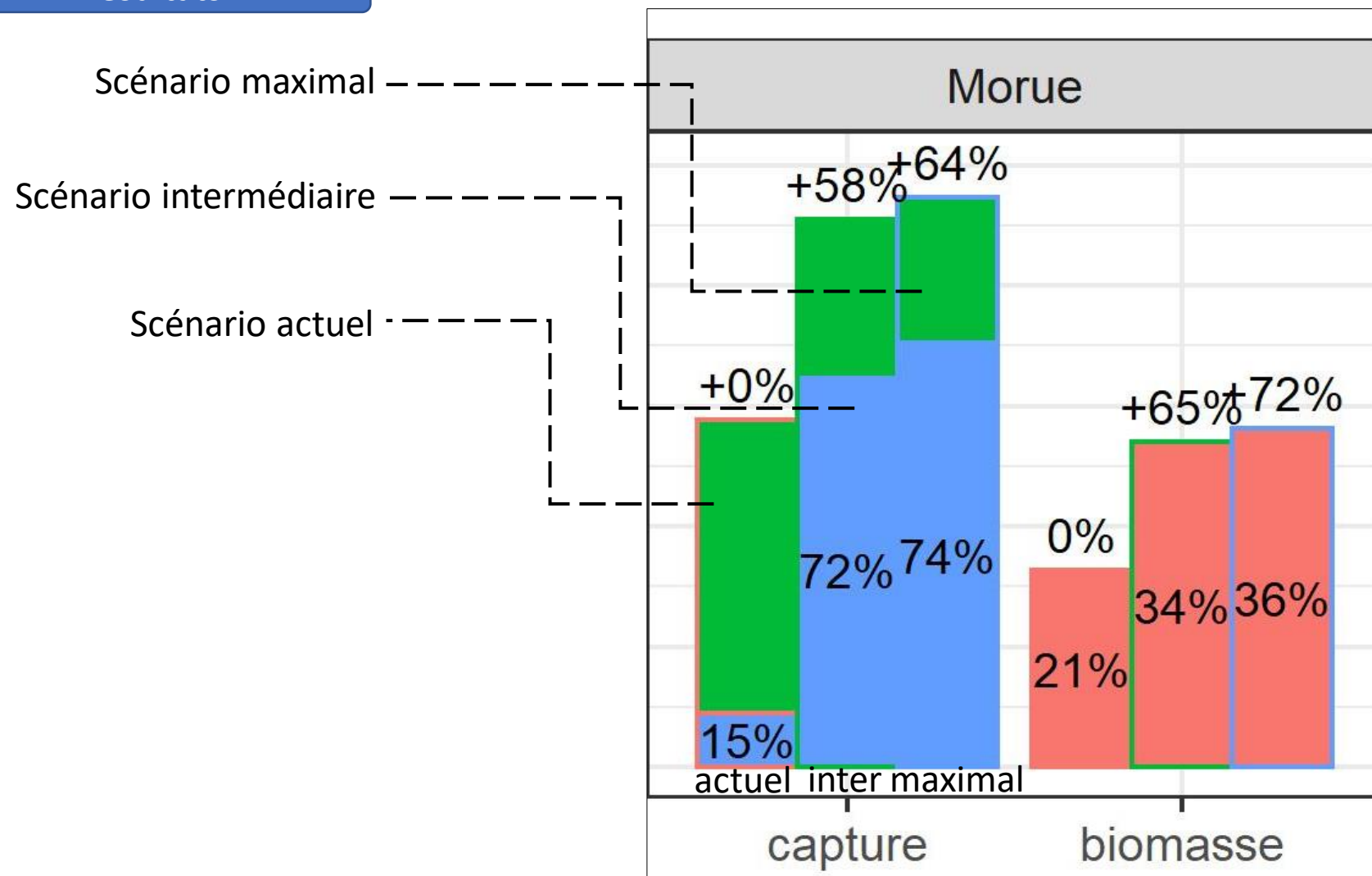
## Impact de la pêche en mer du Nord (2016-2018)

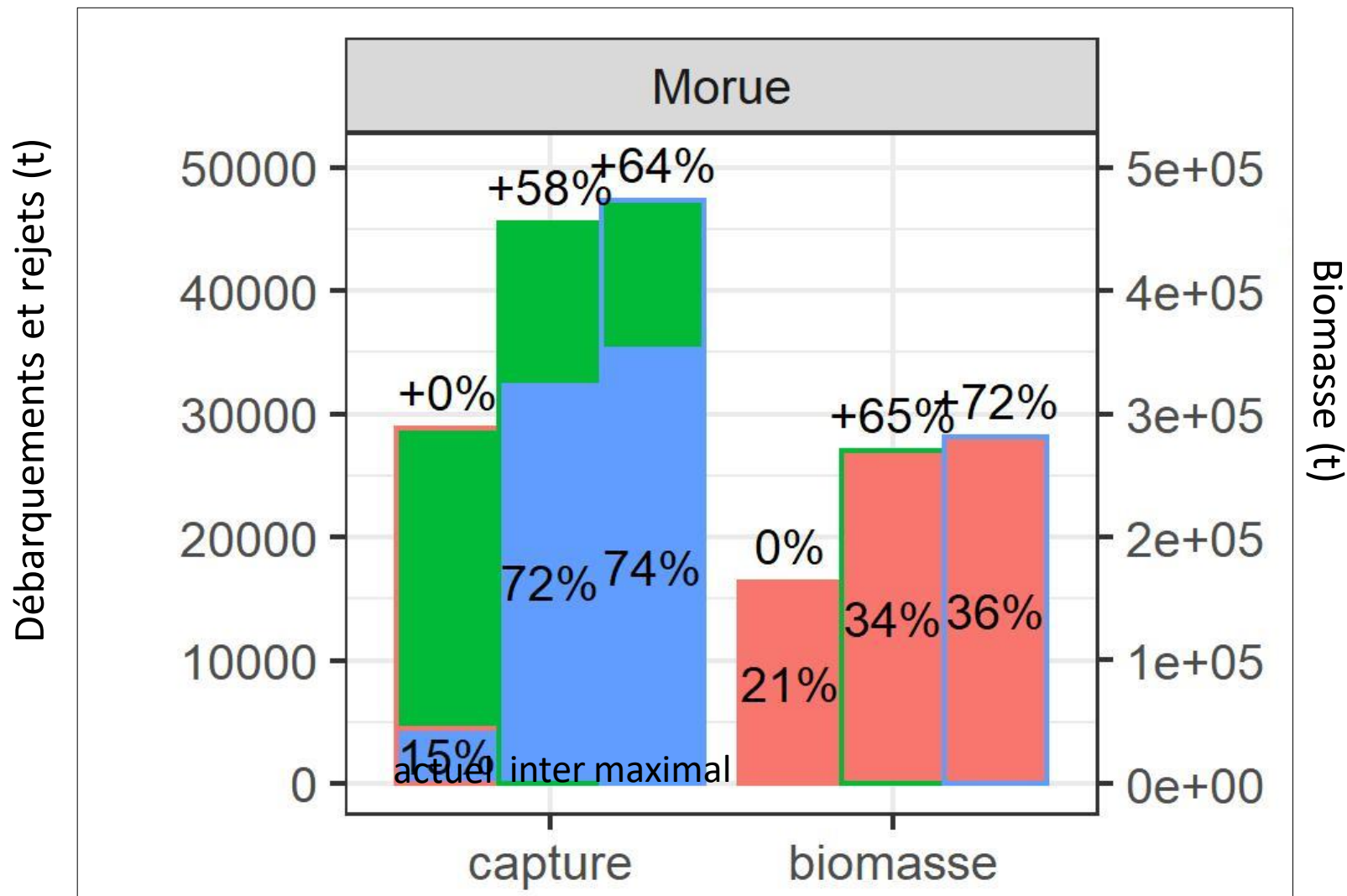


Majorité des stocks en dessous de 50% de biomasse relative

## Impact de la pêche en mer du Nord (2016-2018)







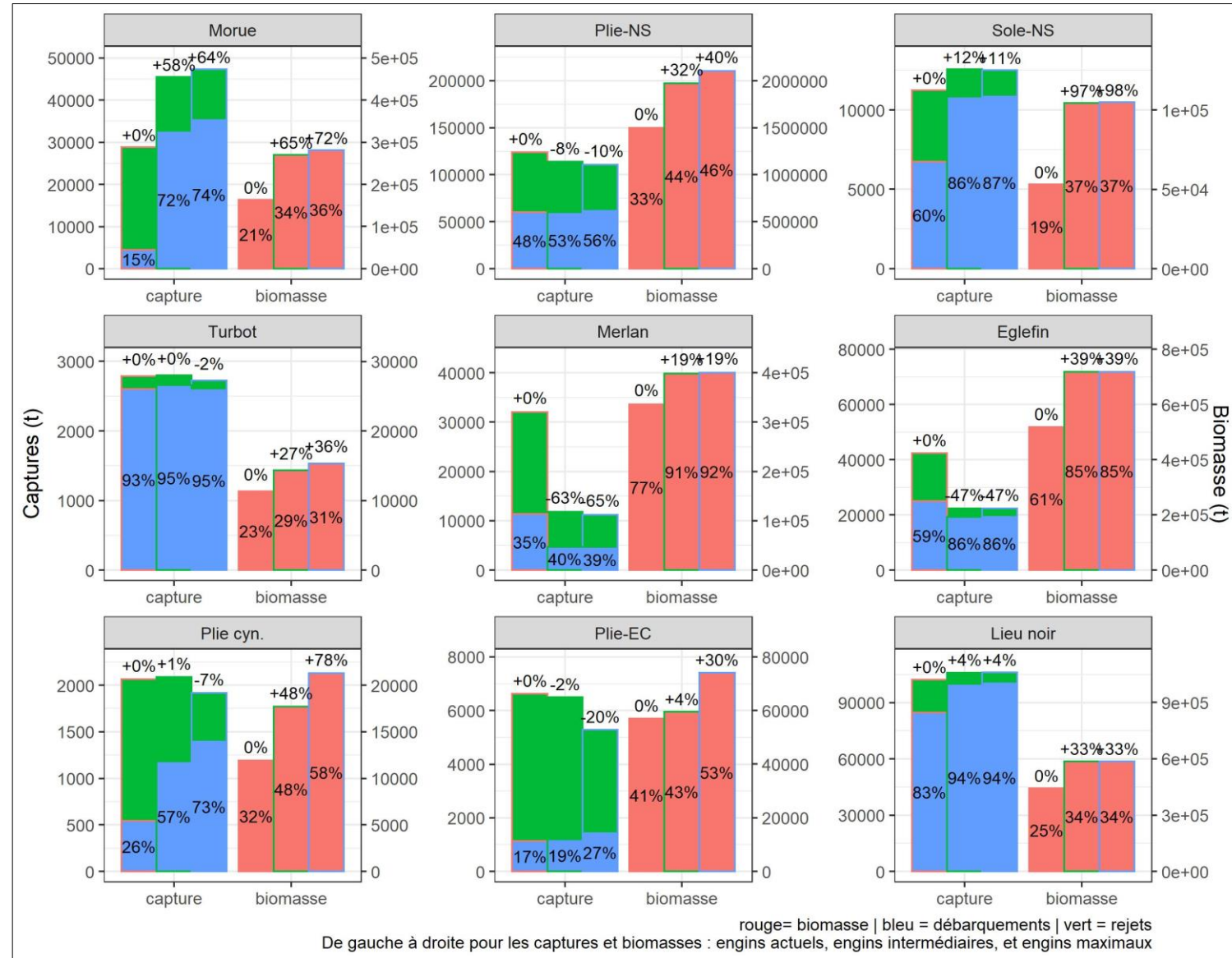
Biomasse relative passe de 37% à 50% en moyenne

Biomasse féconde augmente

Pour tous les stocks :

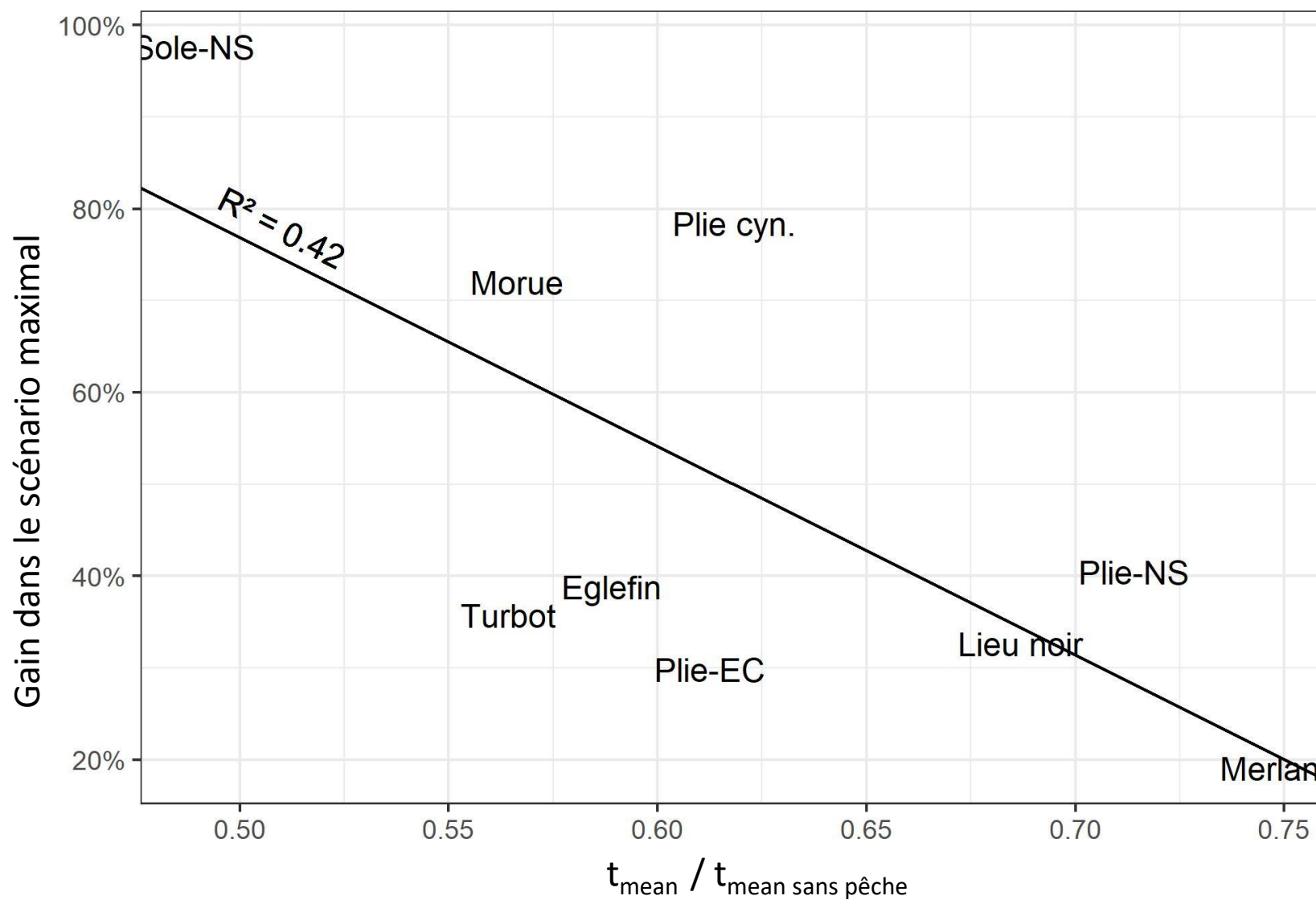
- Diminution des rejets
- Augmentation des débarquements

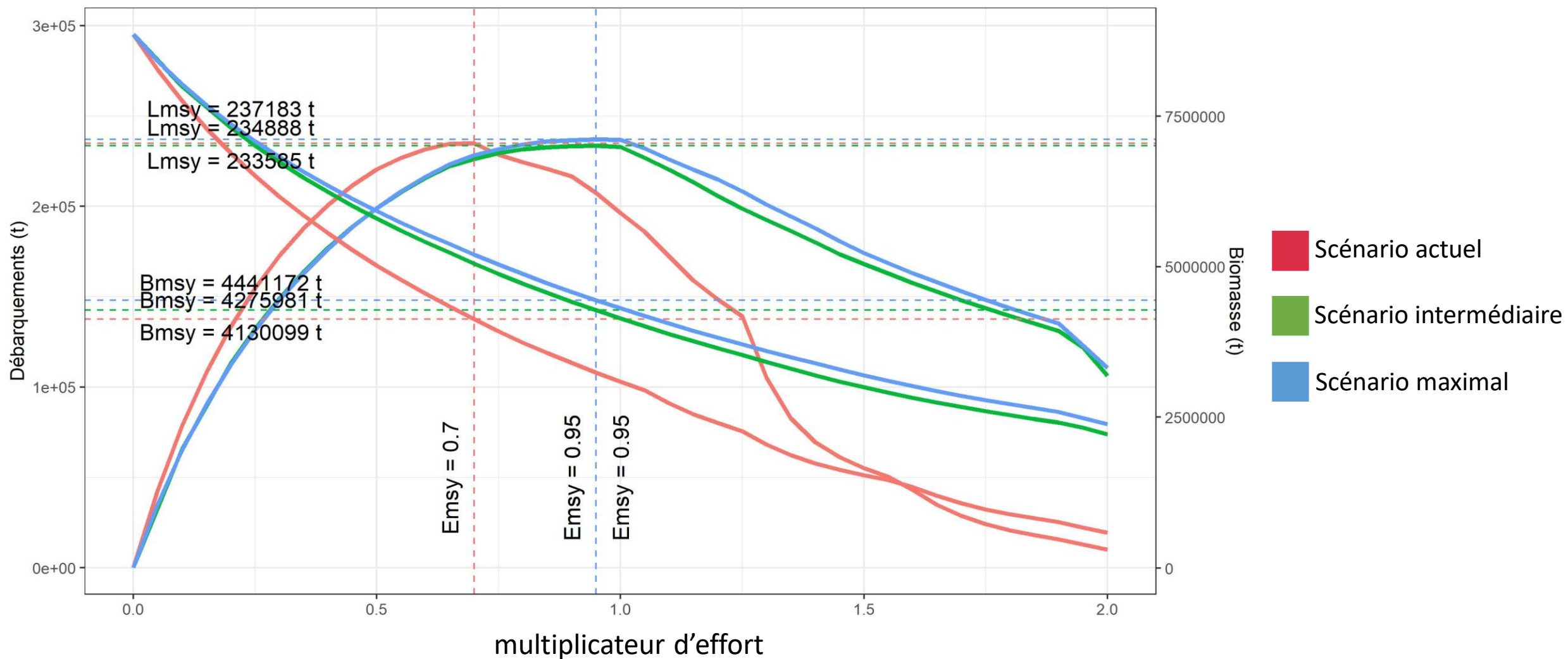
Cas particulier : merlan et églefin

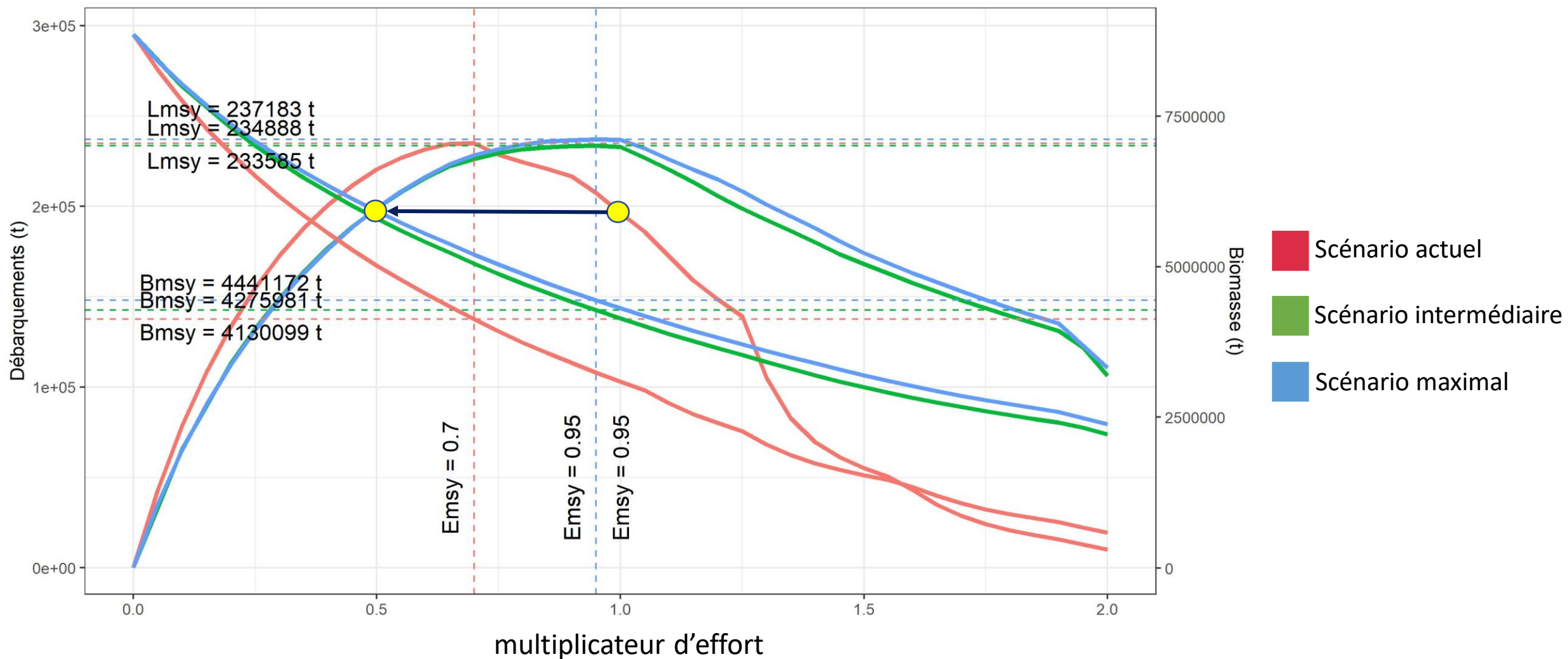


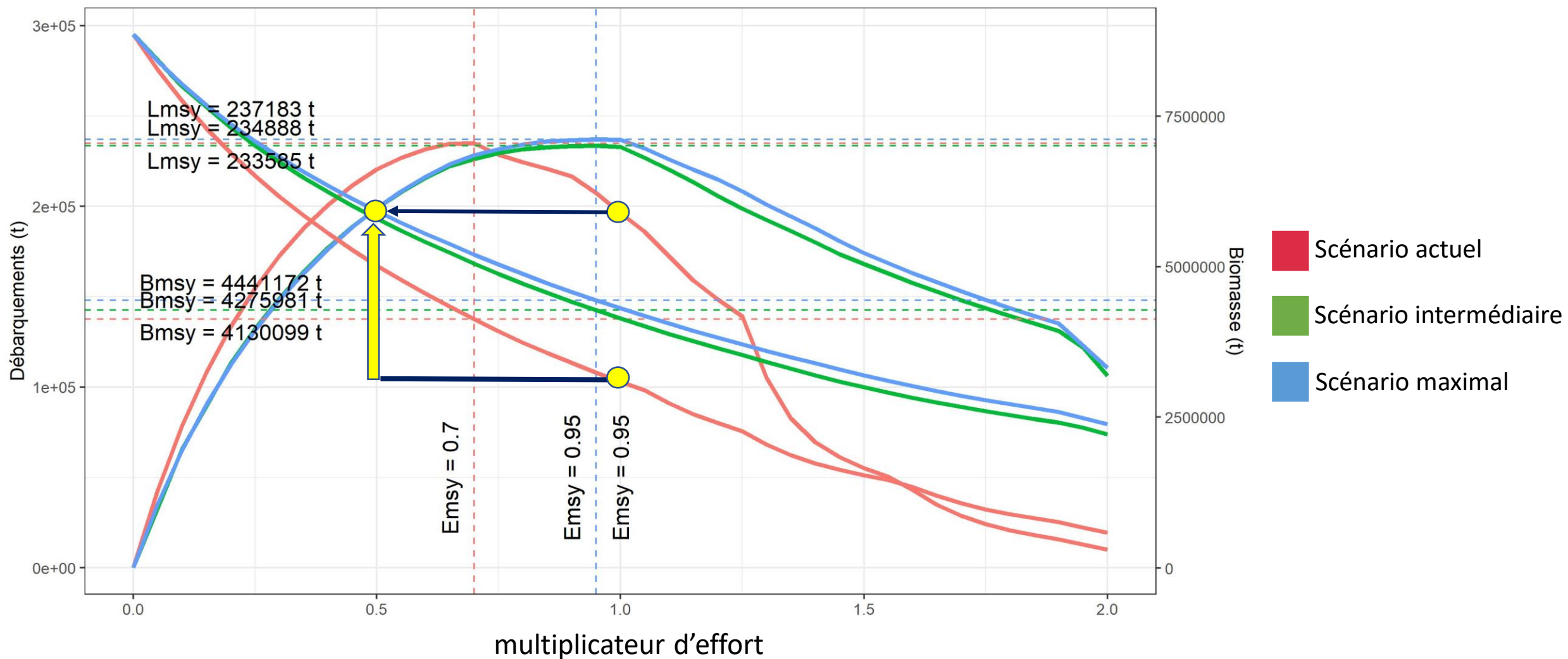


Les stocks les plus impactés sont ceux qui gagnent le plus en biomasse avec des engins plus sélectifs.

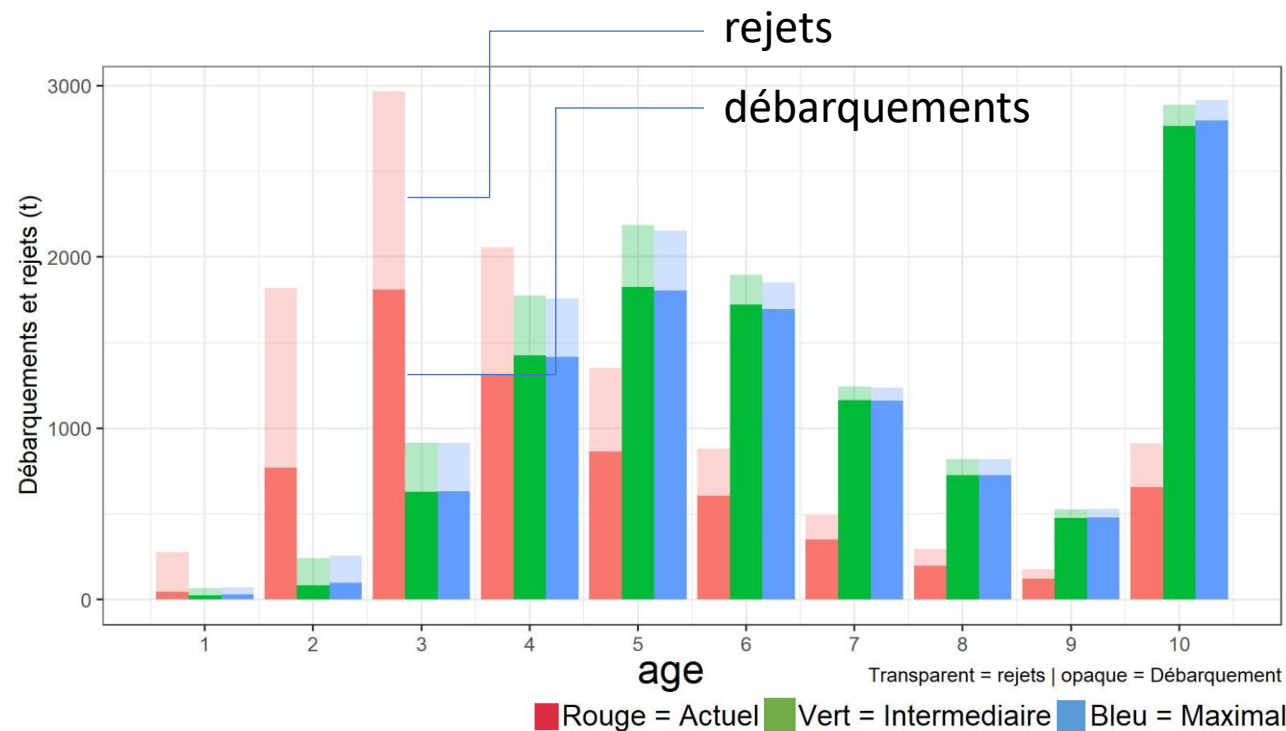
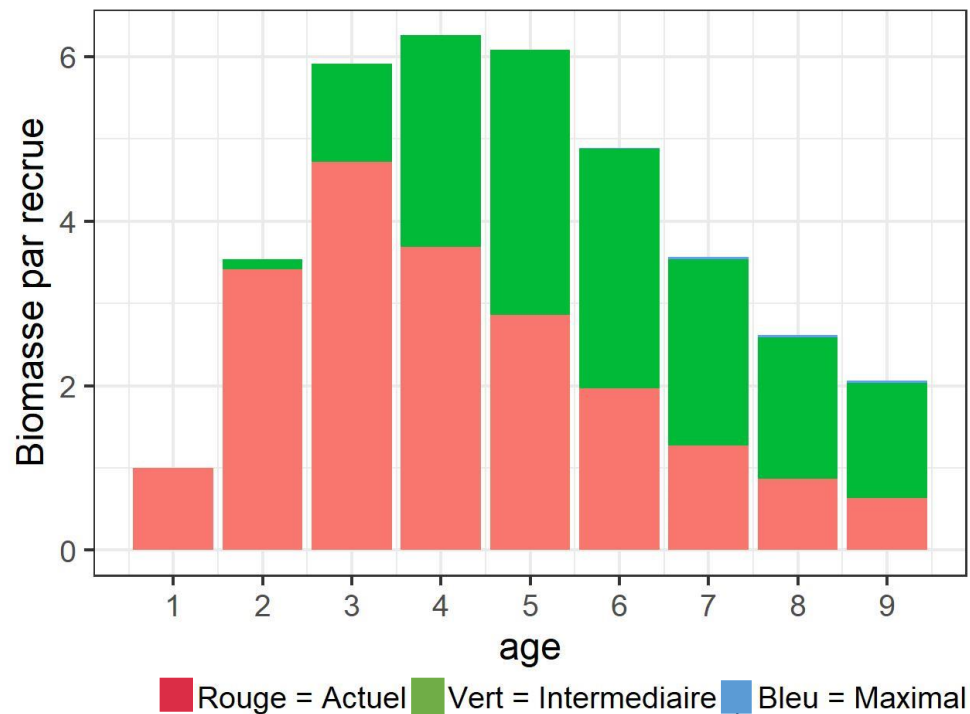








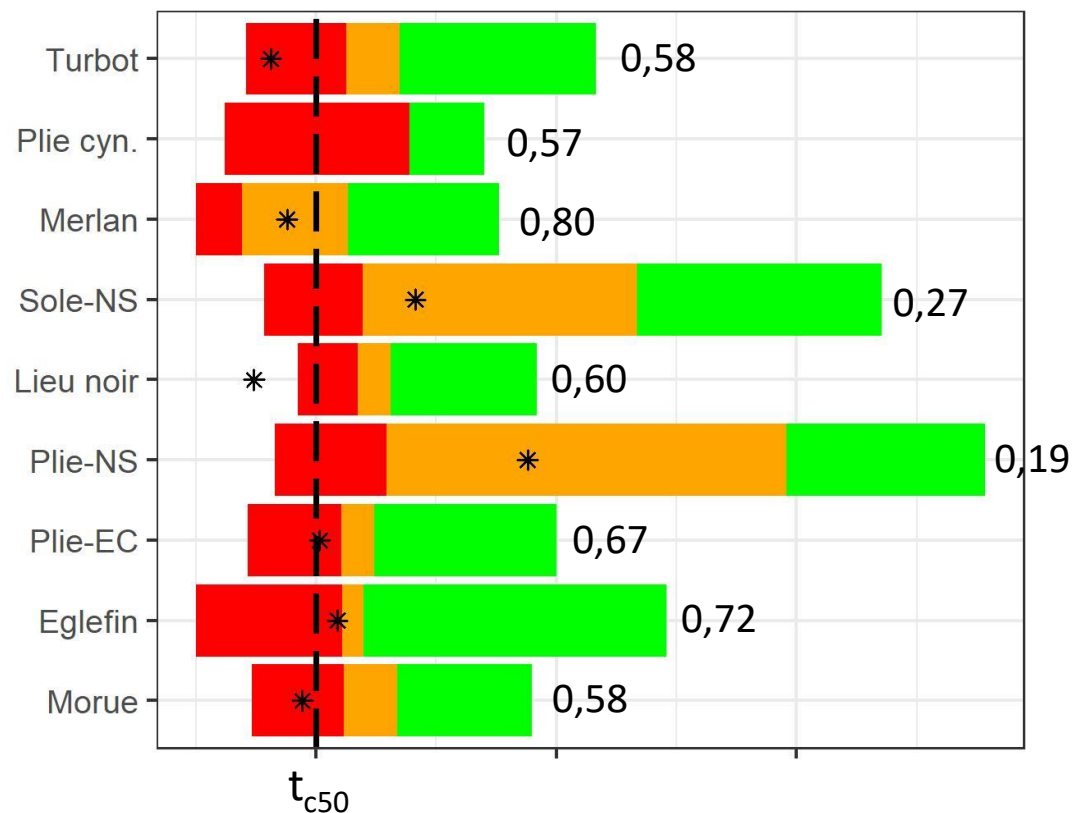
### Structure démographique et des captures de Sole-NS



Age du stock augmente avec les engins plus sélectifs

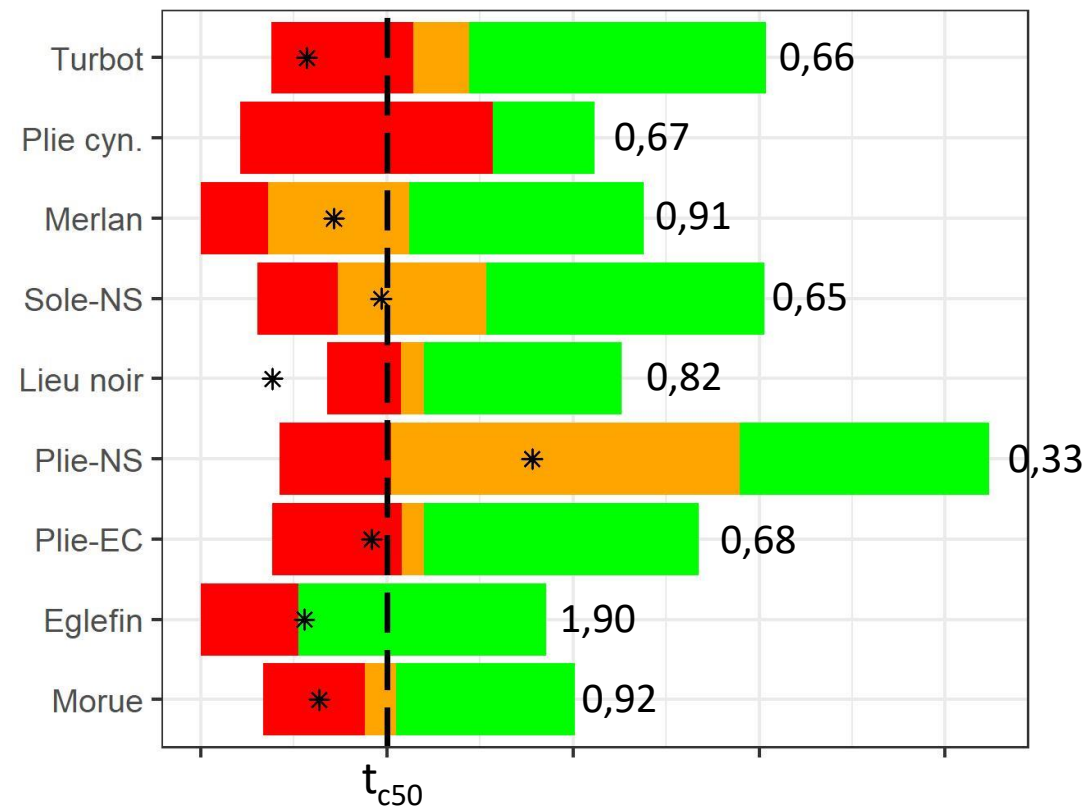
Débarquements d'individus plus âgés  
Rejets sur les âges jeunes fortement diminués

Scénario actuel



Majorité des stocks pêchés avant maturité

Scénario maximal



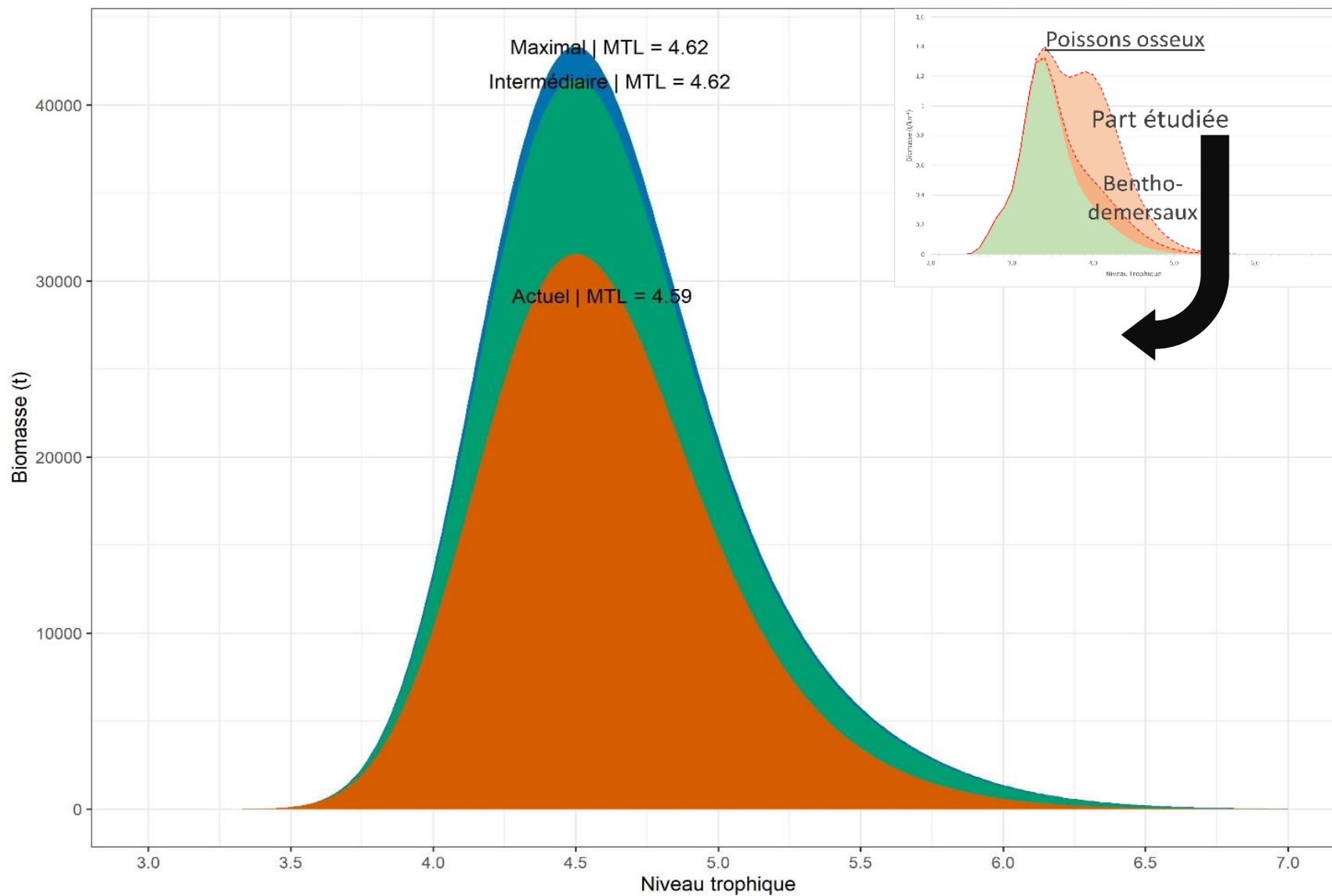
Exploitation des stocks améliorée

\*les valeurs au bout correspondent au ratio de  $t_{c50} / t_{c_{opt}}$

Niveau trophique des stocks augmente peu

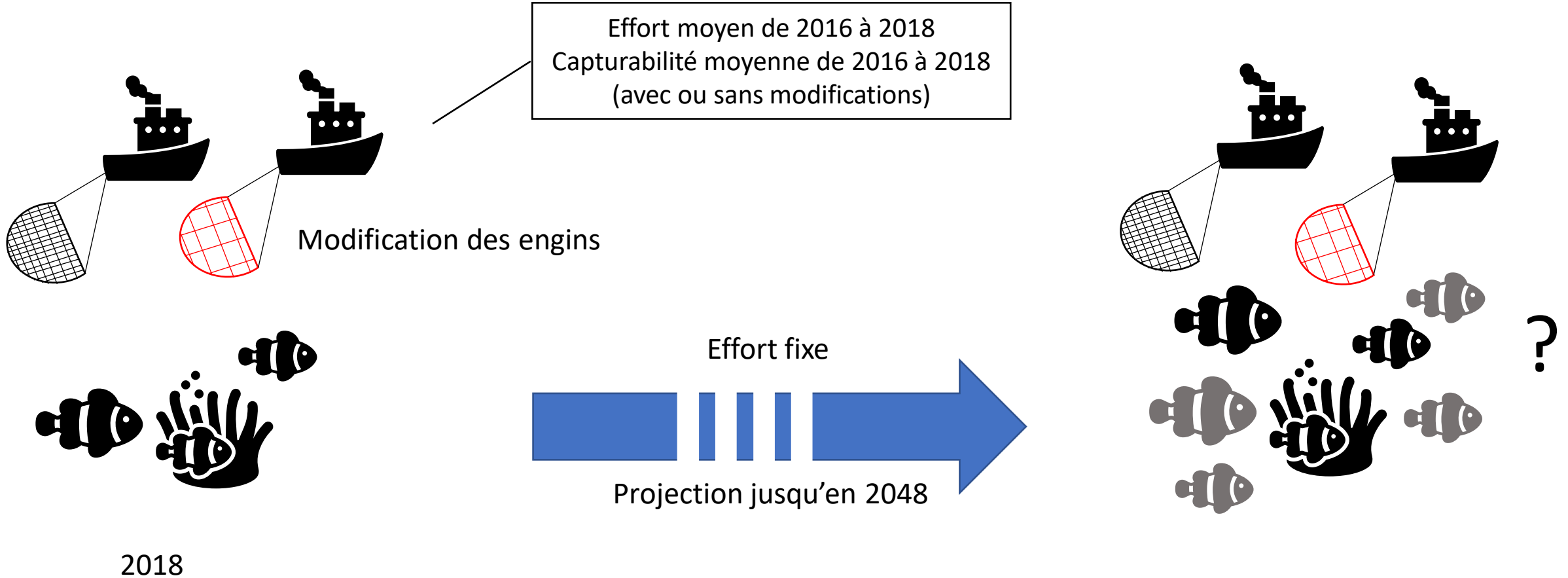
Le gain en biomasse s'effectue d'avantage sur les hauts niveaux trophiques

Améliorer la sélectivité = plus de grands prédateurs dans l'écosystème de mer du Nord



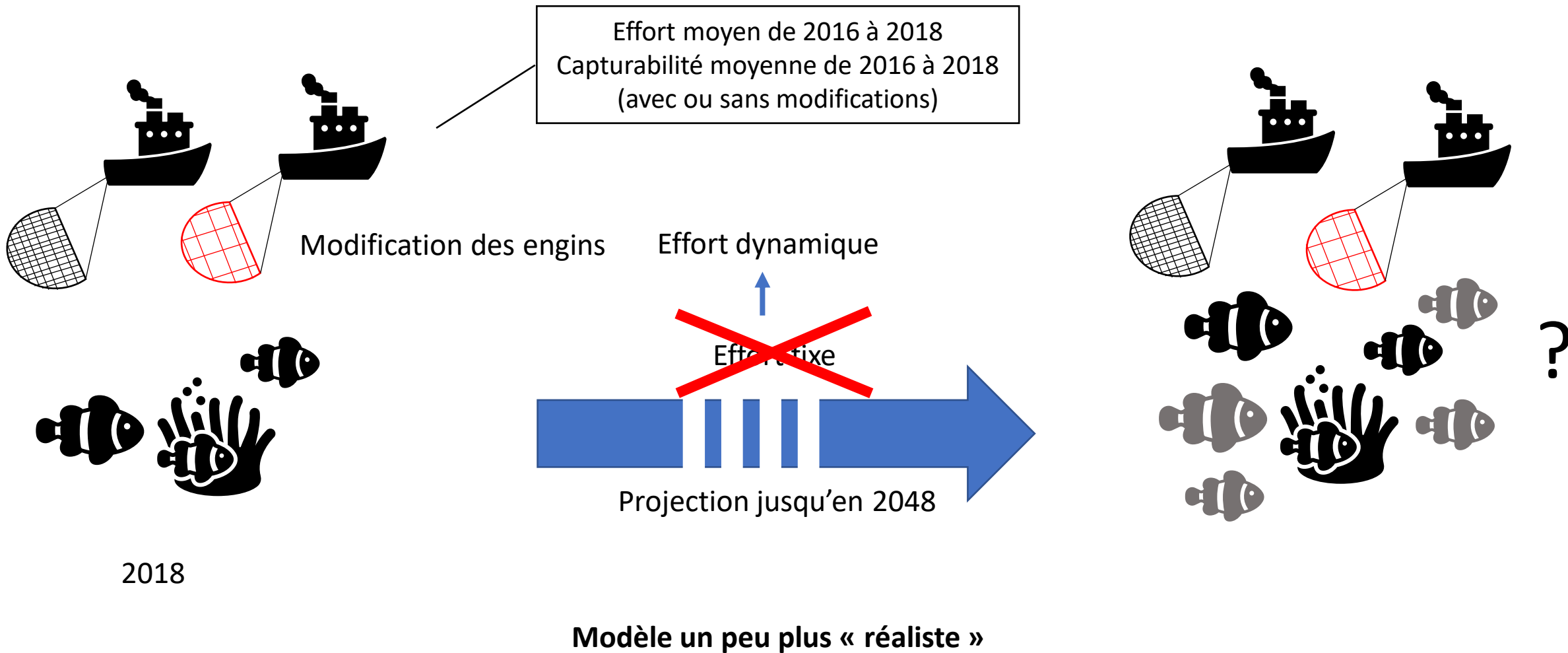
Matériels et méthodes

Modèle de la Mer du Nord



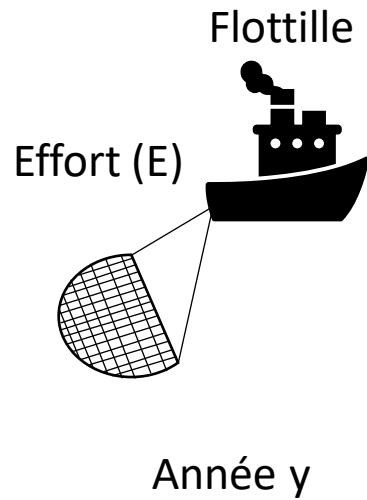


Modèle de la Mer du Nord



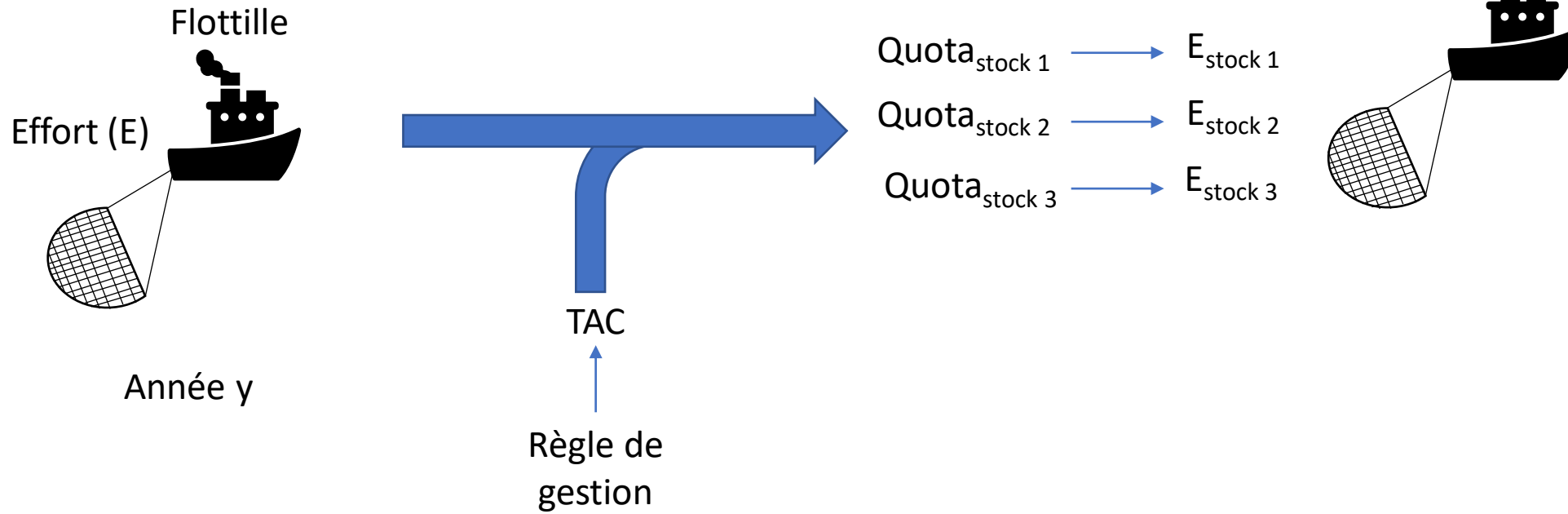
Modèle d'effort dynamique

'SMFB' : Simple Mixed Fisheries Behaviour



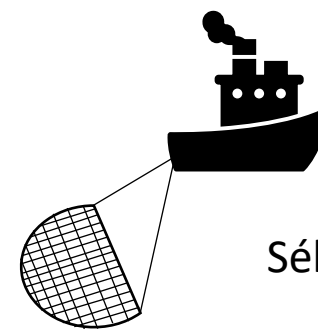
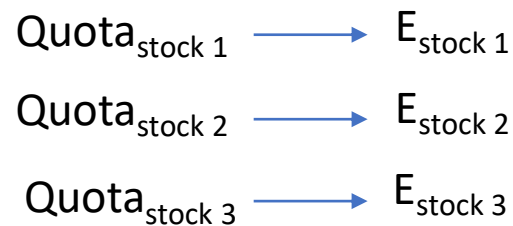
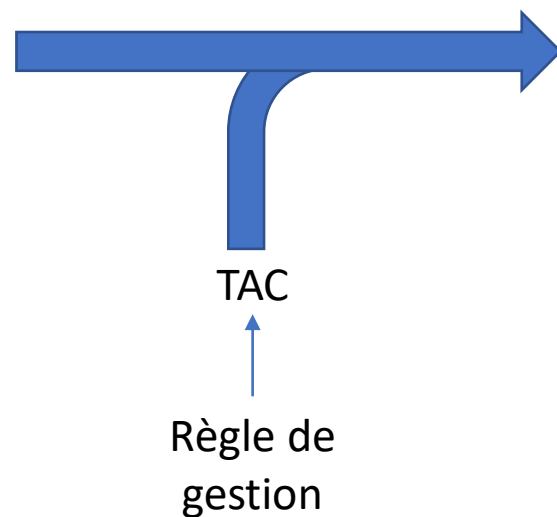
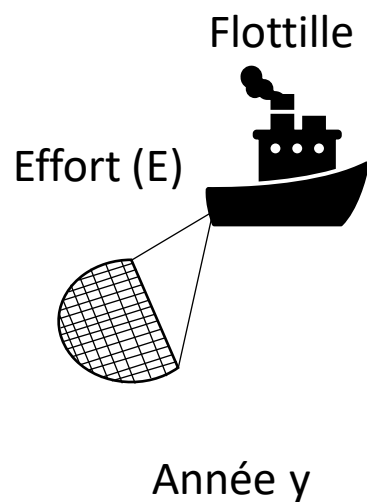
Modèle d'effort dynamique

'SMFB' : Simple Mixed fisheries Behaviour



Modèle d'effort dynamique

'SMFB' : Simple Mixed fisheries Behaviour



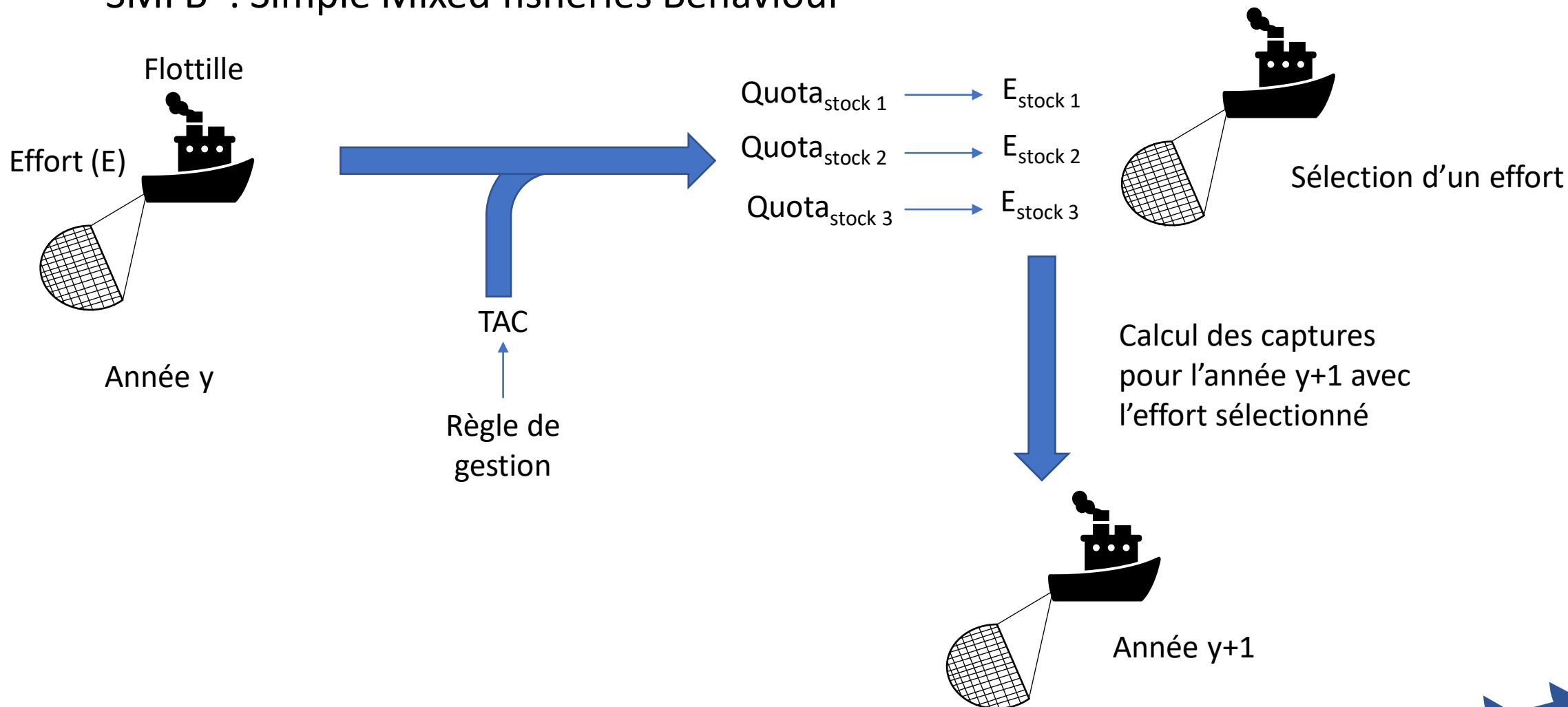
Sélection d'un effort

Règle 'min' : choix de l'effort minimal

Considérée comme la plus 'réaliste' mais contrainte par la stabilité relative des flottille

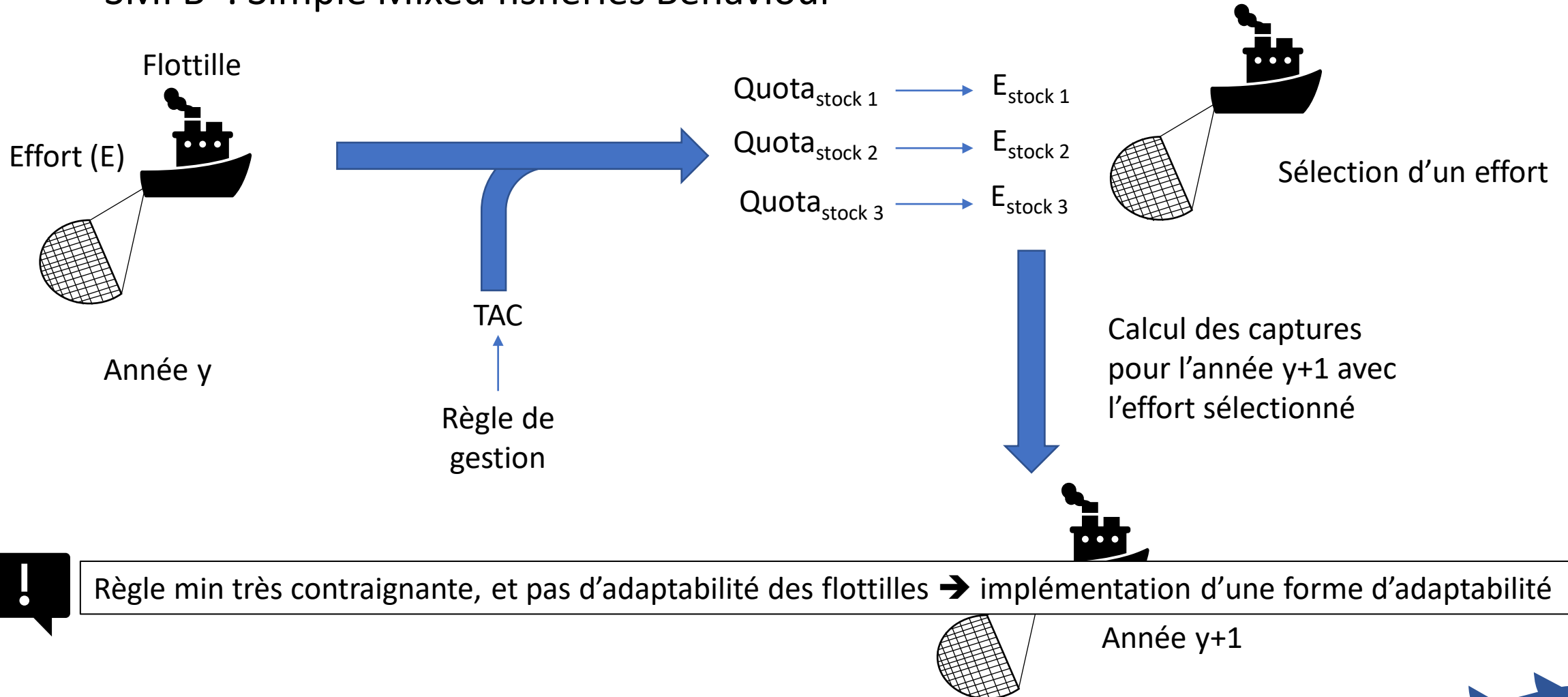
Modèle d'effort dynamique

'SMFB' : Simple Mixed fisheries Behaviour

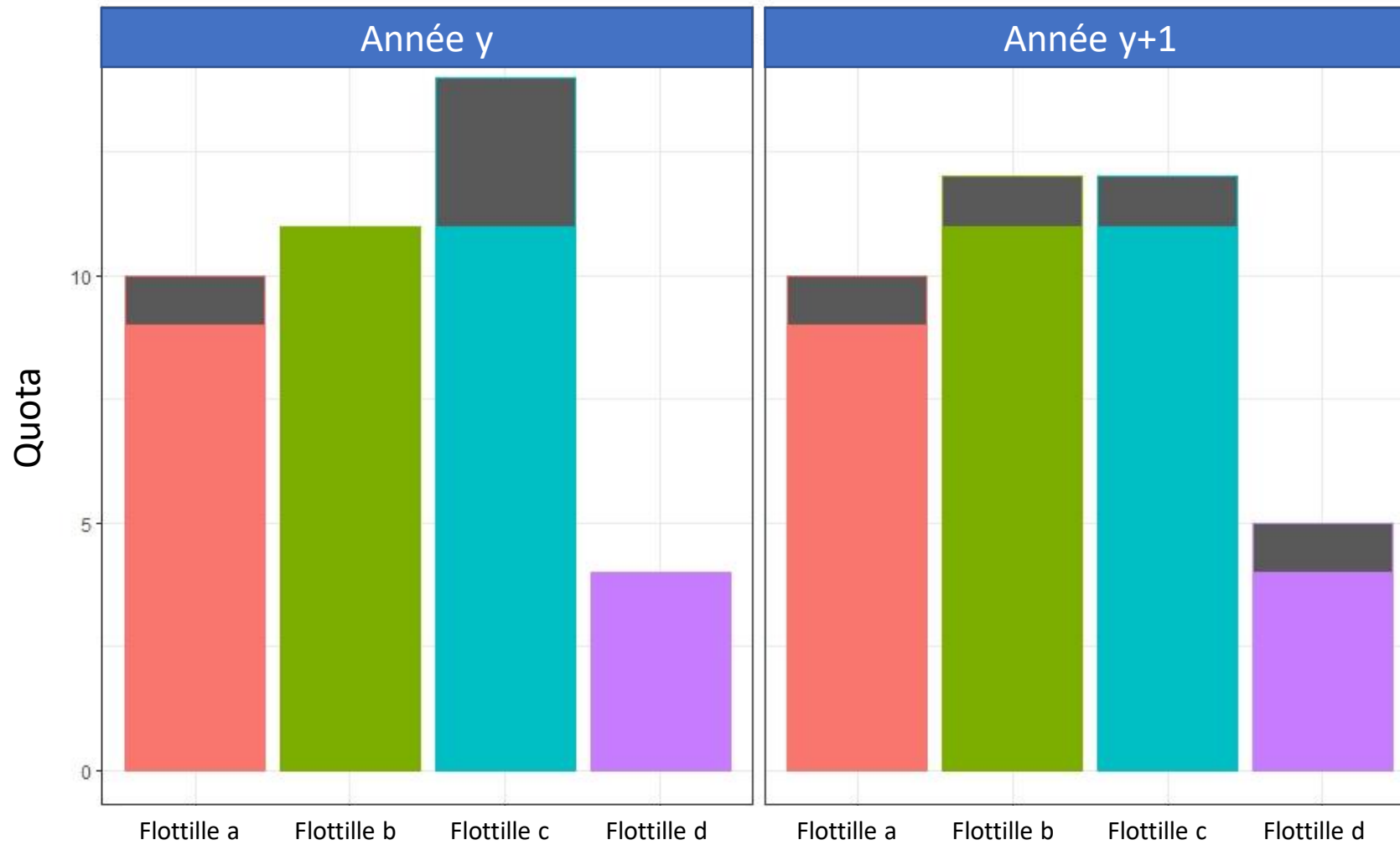


Modèle d'effort dynamique

'SMFB' : Simple Mixed fisheries Behaviour

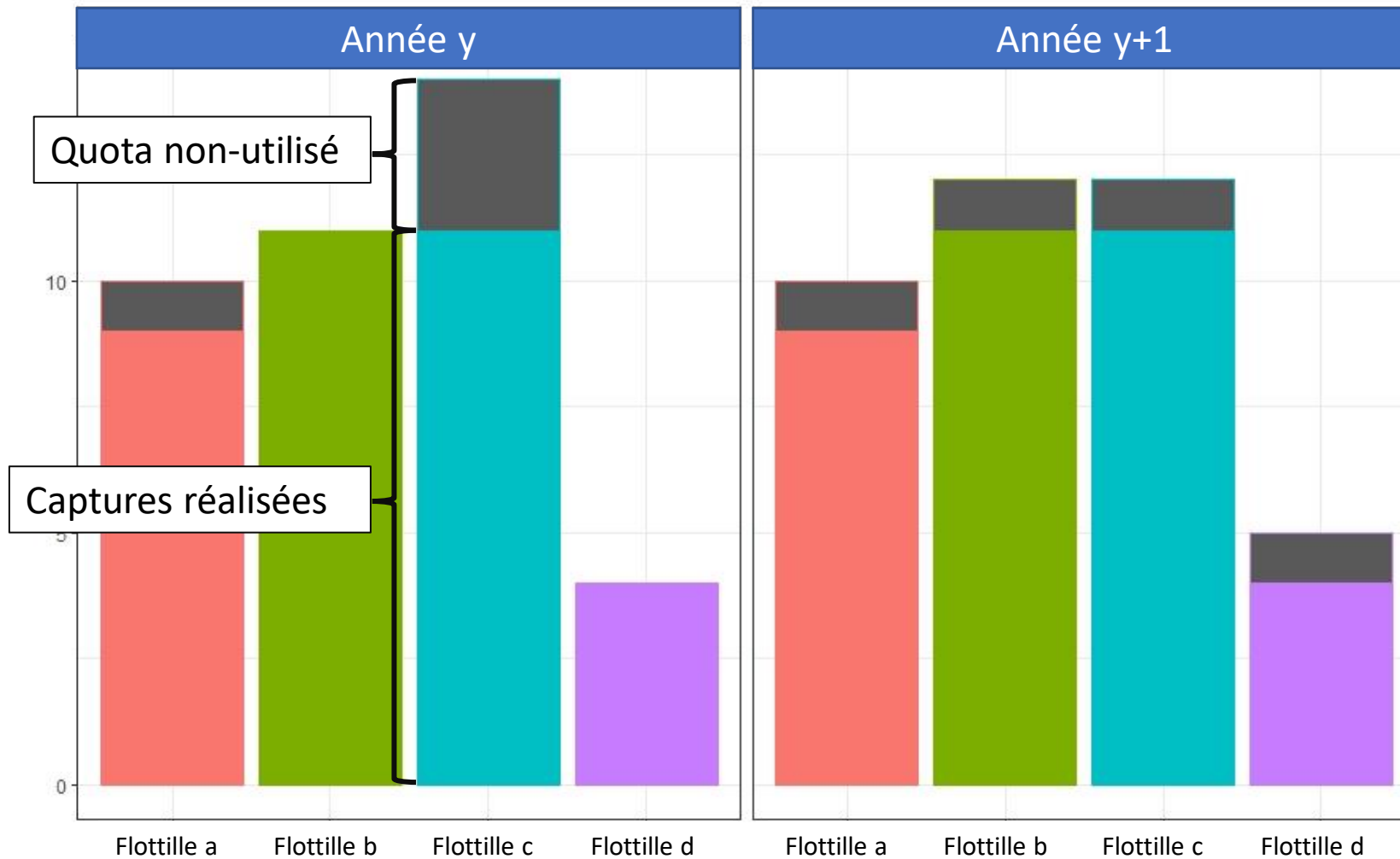


## Comment réallouer le quota d'un stock entre les flottilles?



Réallocation annuelle de la répartition des quotas entre les flottilles

## Comment réallouer le quota d'un stock entre les flottilles?

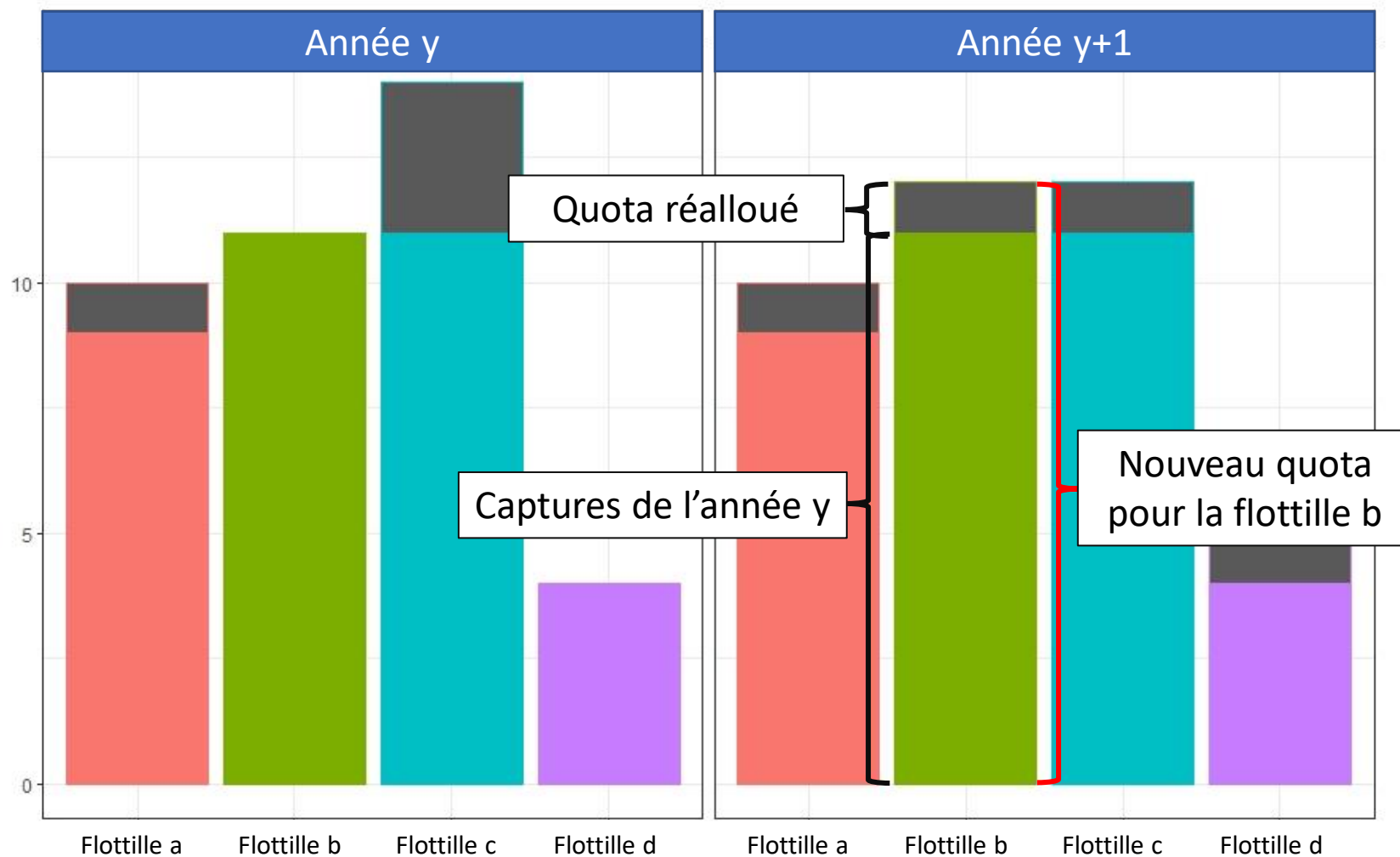


Réallocation annuelle de la répartition des quotas entre les flottilles

Avant année y+1, on regarde l'utilisation des quotas de l'année y



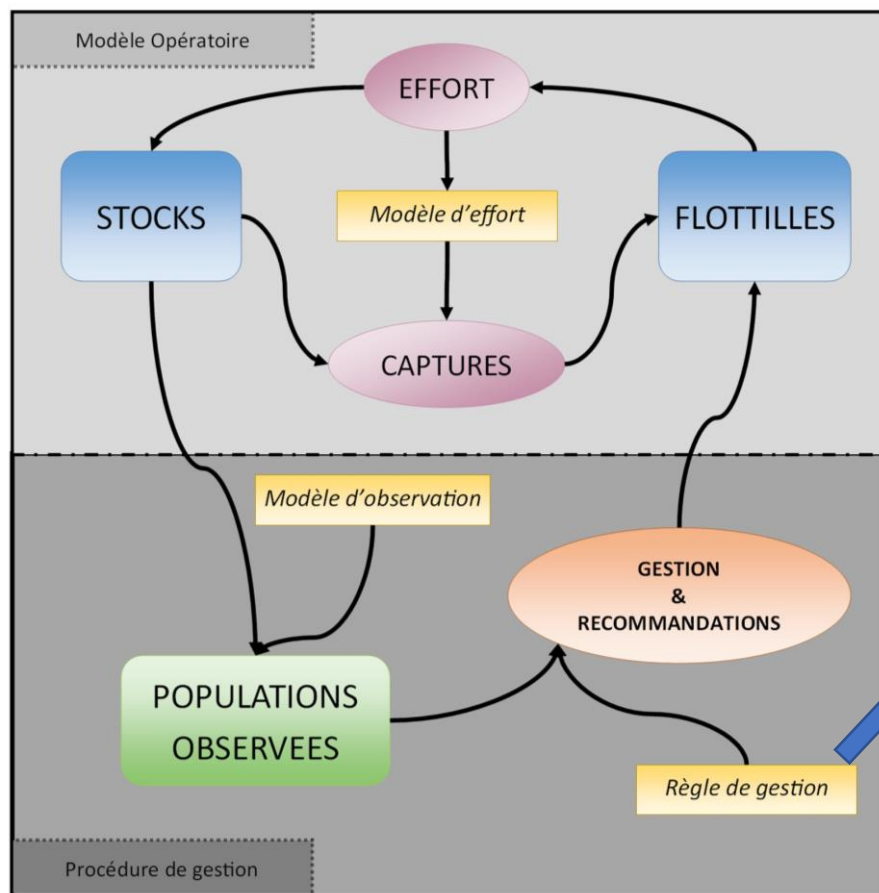
## Comment réallouer le quota d'un stock entre les flottilles?



Réallocation annuelle de la répartition des quotas entre les flottilles

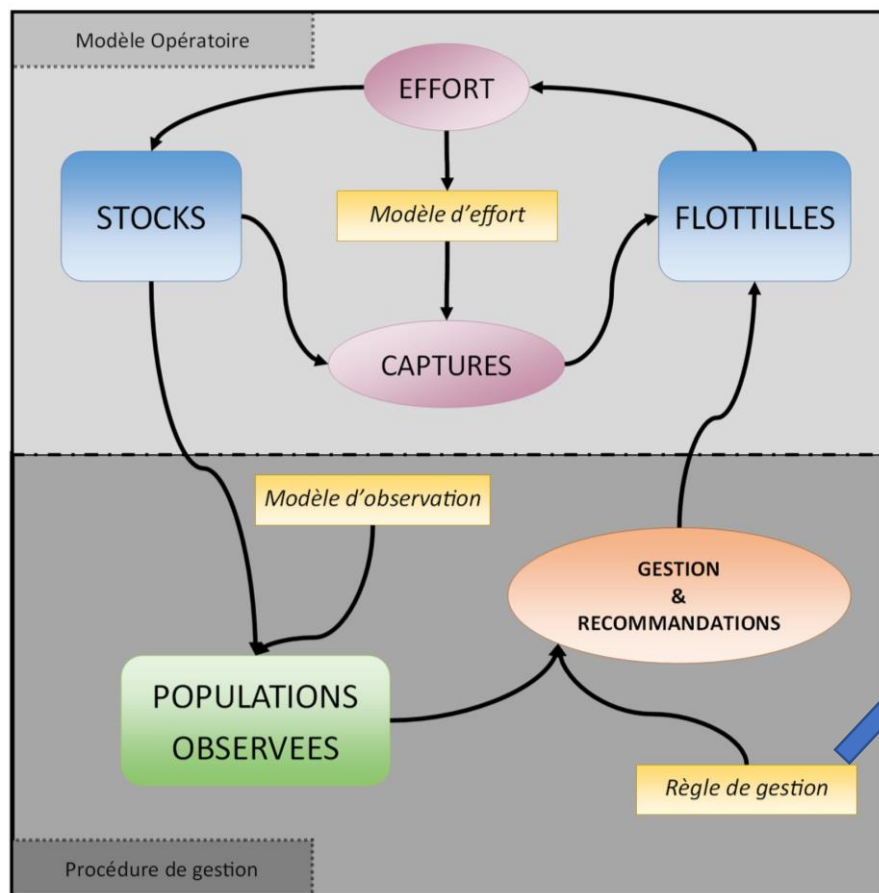
Avant année  $y+1$ , on regarde l'utilisation des quotas de l'année  $y$

Somme des quotas non-utilisés l'année  $y$ , répartis entre toutes les flottilles l'année  $y+1$ .

Règles de gestion étudiées

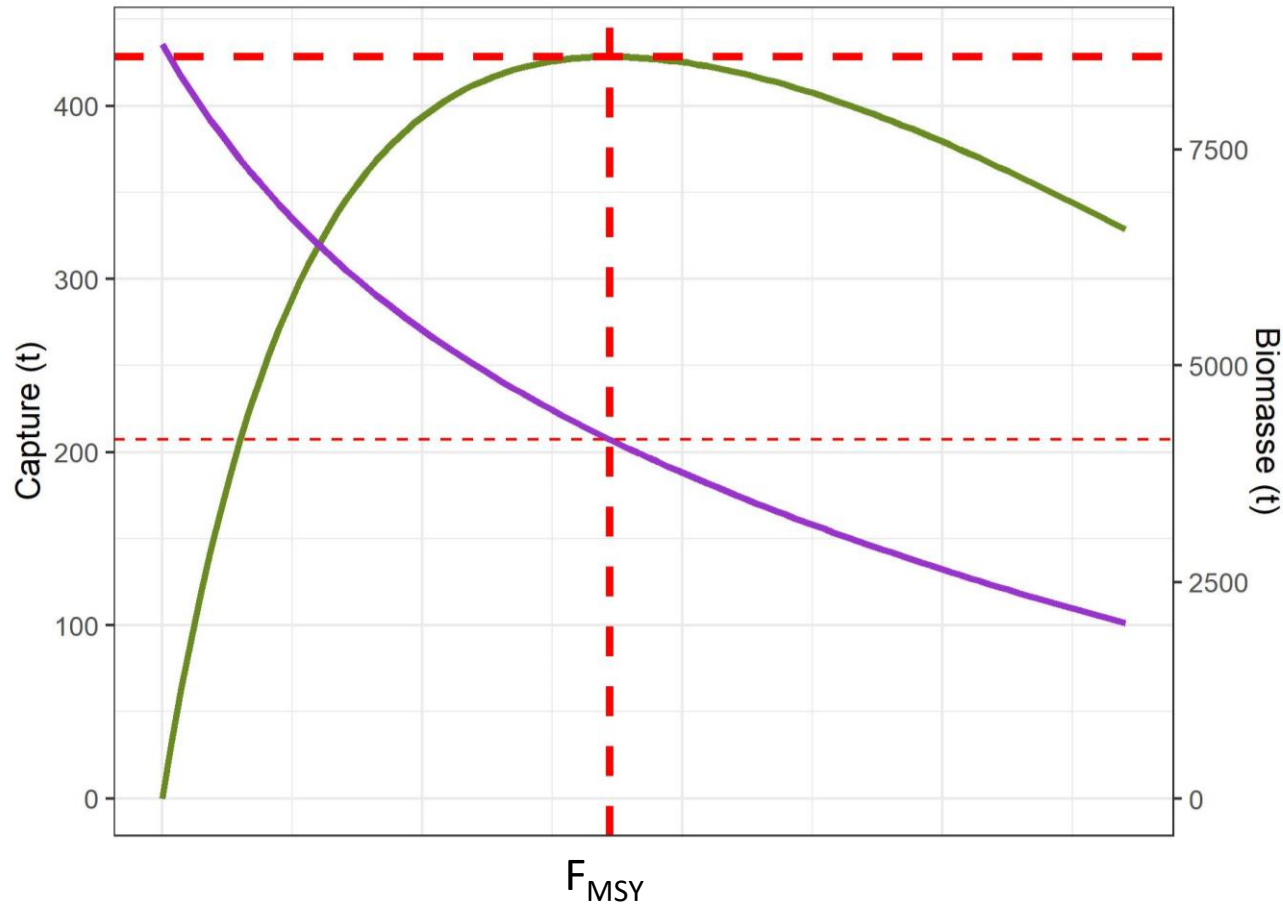
Gestion actuelle : avec les trois configurations d'engins de pêche  
→ objectif RMD

Nouvelle cible de gestion : avec les trois configurations d'engins de pêche  
→ objectif biomasse minimale

Règles de gestion étudiées

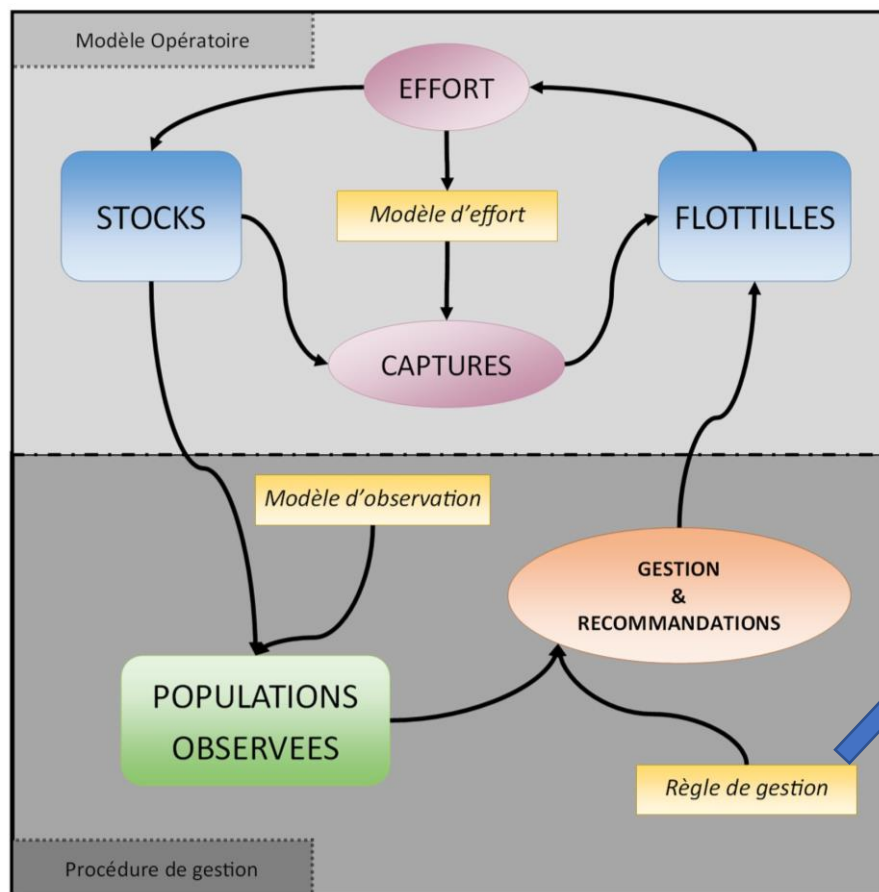
Gestion actuelle : avec les trois configurations d'engins de pêche  
→ objectif RMD

Nouvelle cible de gestion : avec les trois configurations d'engins de pêche  
→ objectif biomasse minimale

Règles de gestion étudiées

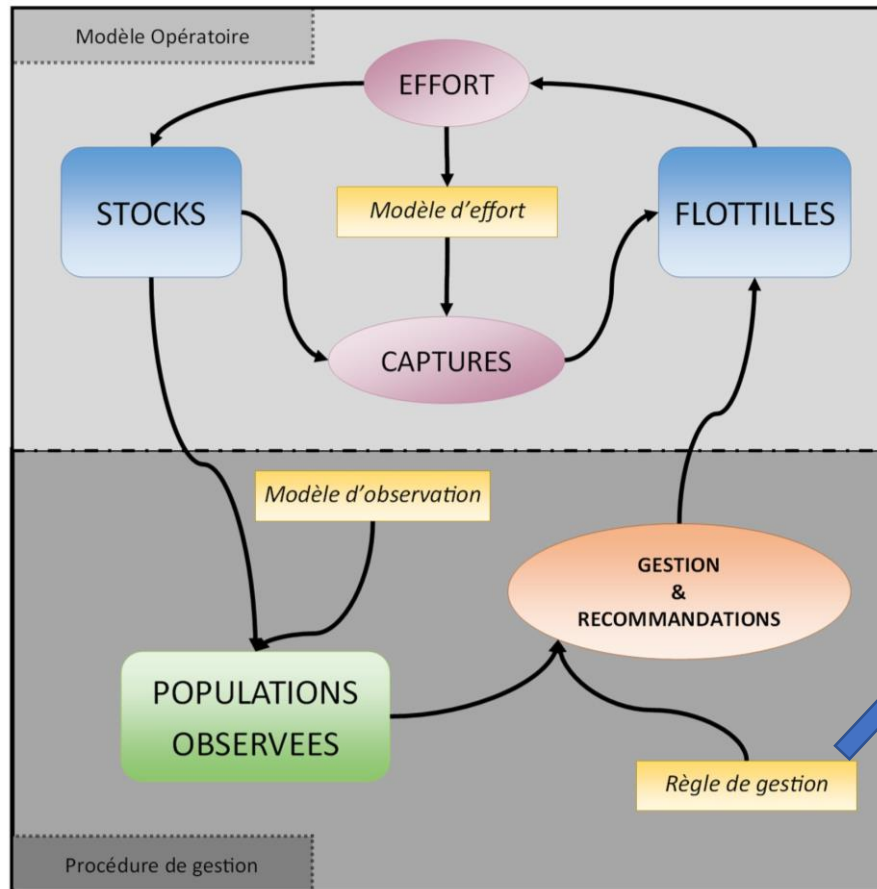
Règle de gestion au RMD

$$F_{target} = \begin{cases} 0 & , \text{ if } B < B_{lim} \\ F_{MSY} \cdot B / B_{trigger} & , \text{ if } B < B_{trigger} \\ F_{MSY} & , \text{ if } B \geq B_{trigger} \end{cases}$$

Règles de gestion étudiées

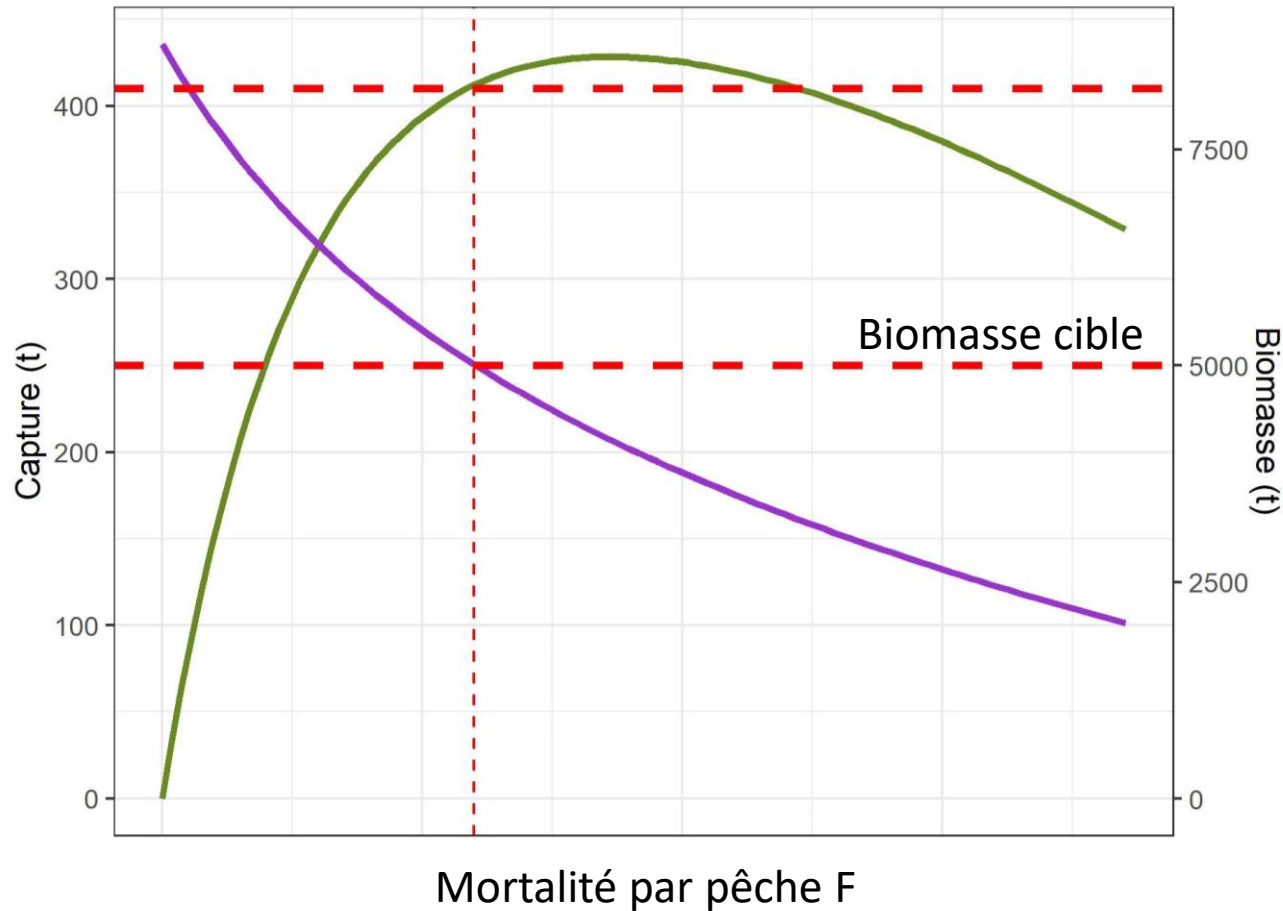
Gestion actuelle : avec les trois configurations d'engins de pêche  
 → objectif RMD

Nouvelle cible de gestion : avec les trois configurations d'engins de pêche  
 → objectif biomasse minimale

Règles de gestion étudiées

Gestion actuelle : avec les trois configurations d'engins de pêche  
→ objectif RMD

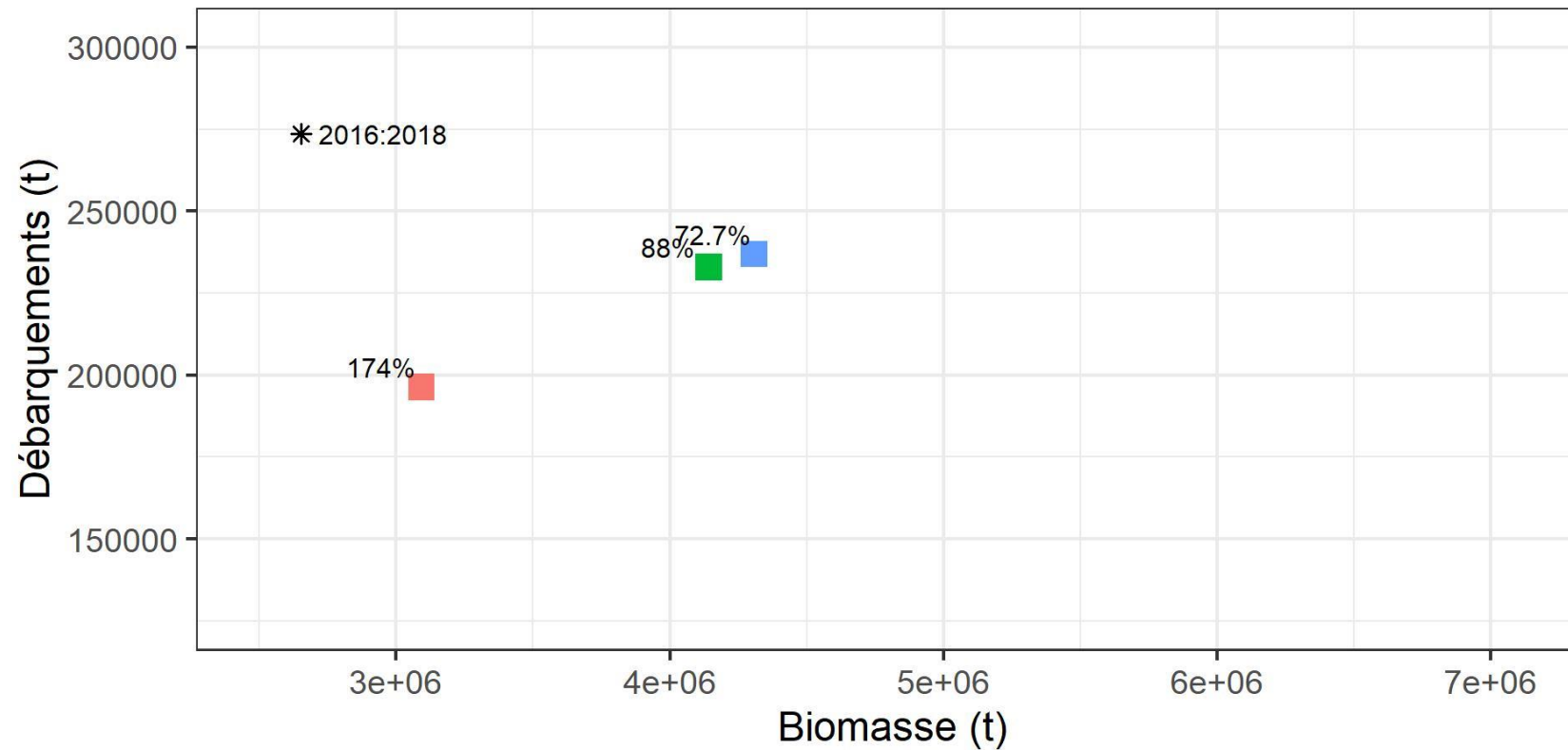
Nouvelle cible de gestion : avec les trois configurations d'engins de pêche  
→ objectif biomasse minimale

Règles de gestion étudiées

$$TAC_{y+1} = \begin{cases} 0 & ,if B_{y-1} < B_{trigger} \\ Catch_{B_{target}} * \frac{B_{y-1}}{B_{target}} & ,if B_{trigger} < B_{y-1} \end{cases}$$

Objectif : maintien d'un certain niveau de biomasse dans l'eau

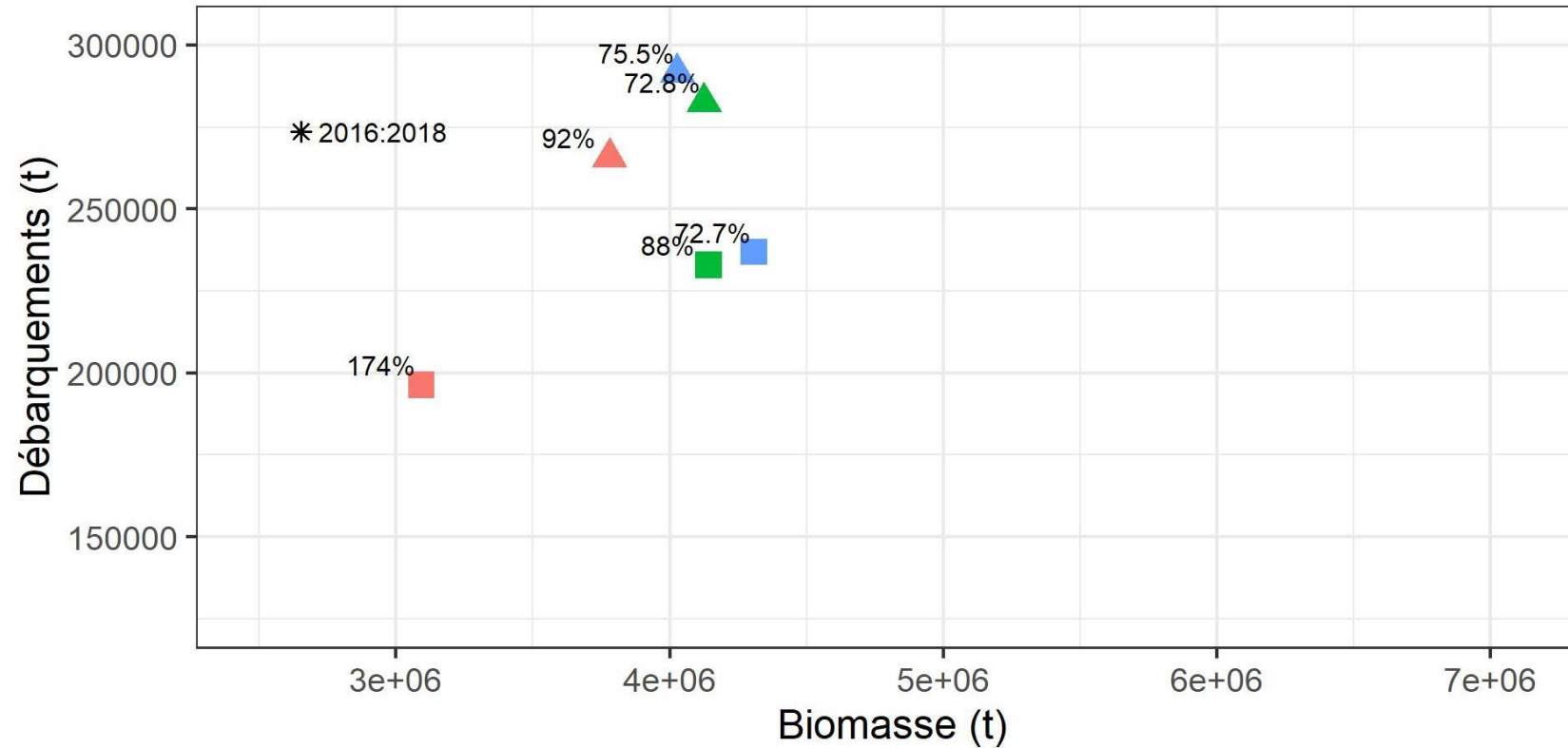
On balaie des cibles de biomasses relatives de 30 à 60% tous les 5%.



**Scénario** ● Actuel ● Intermediaire ● Maximal

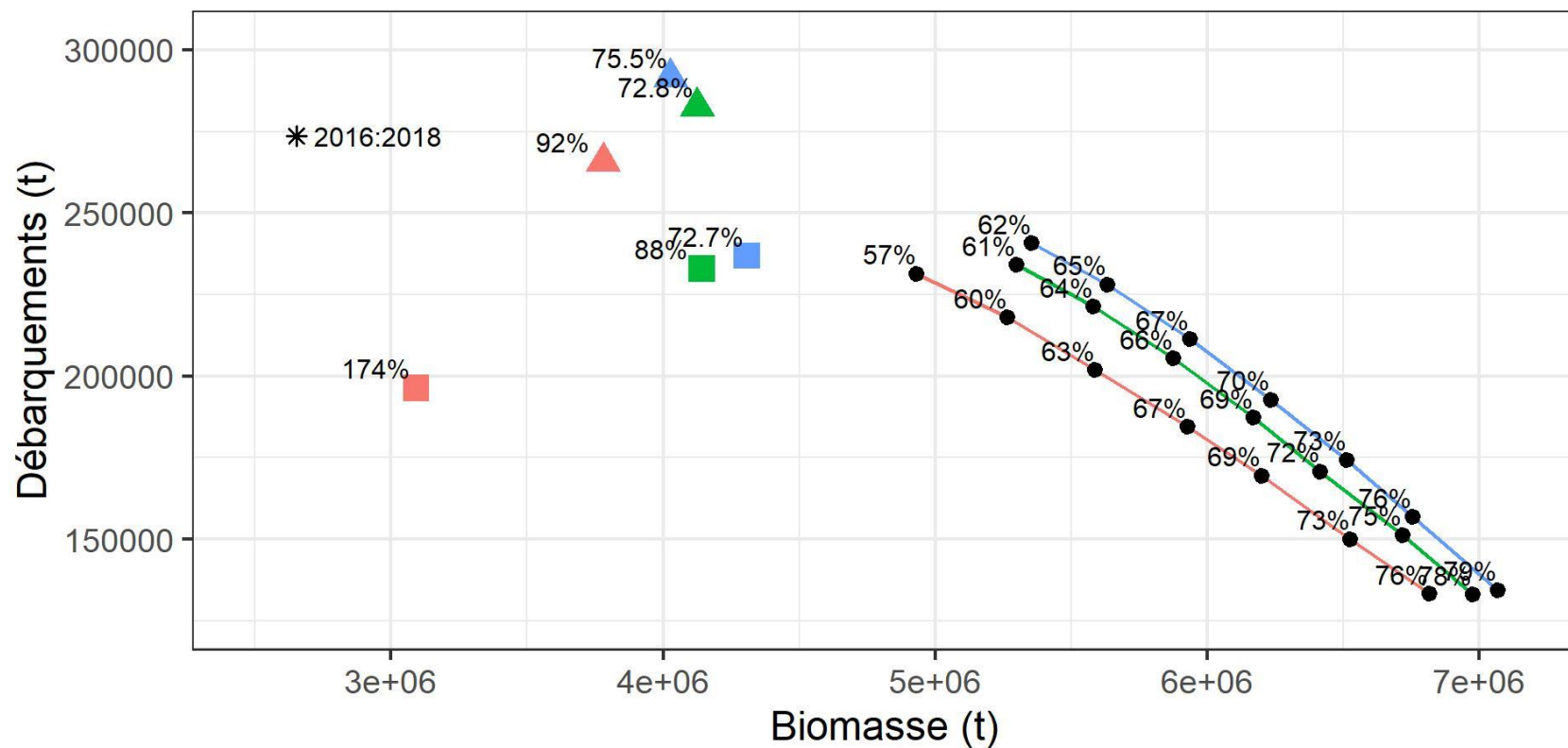
**Modèle d'effort** ● SMFB & Biomasse relative HCR ▲ SMFB & Ices HCR ■ status q





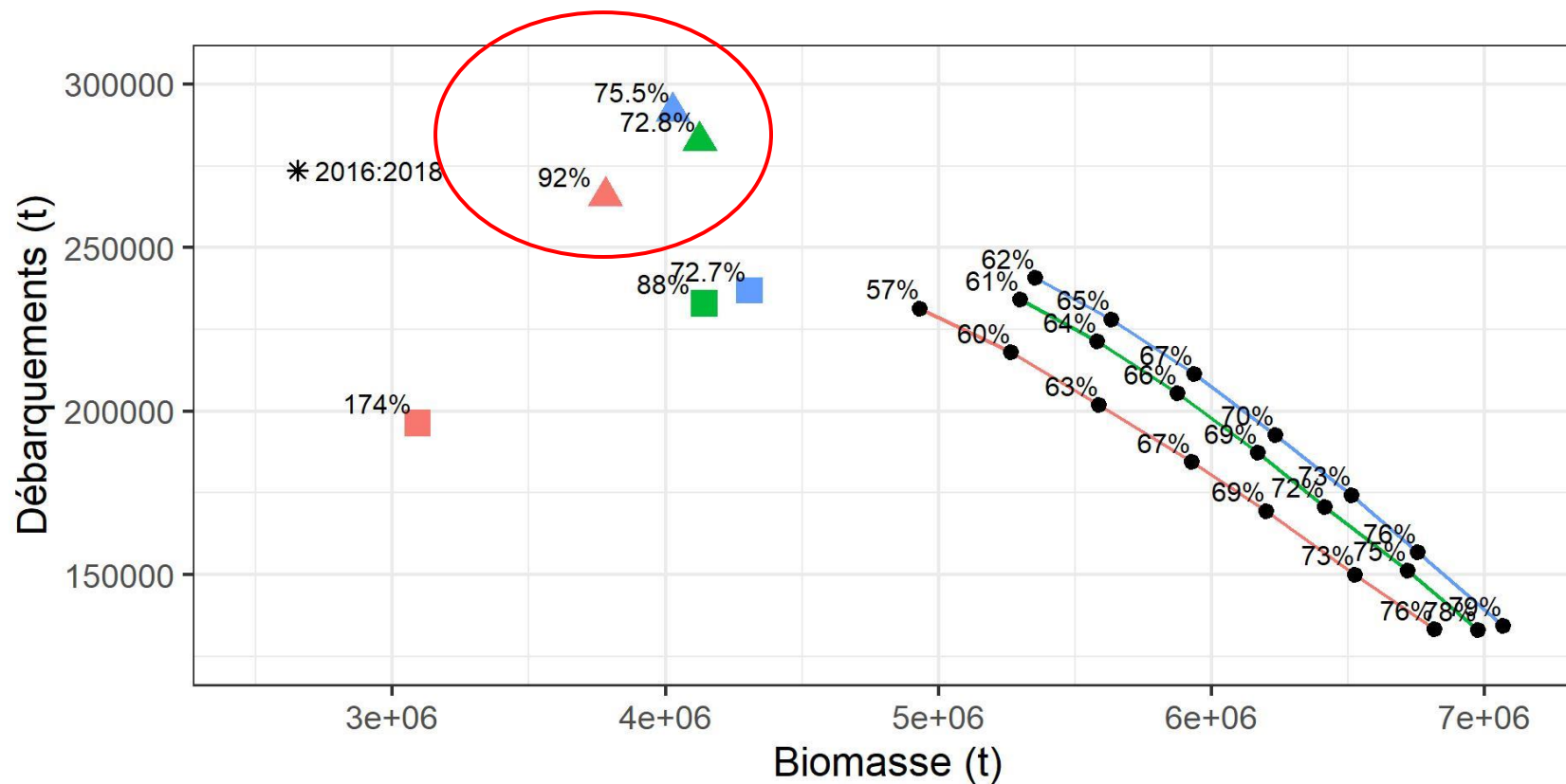
**Scénario** ● Actuel ● Intermediaire ● Maximal

**Modèle d'effort** ● SMFB & Biomasse relative HCR ▲ SMFB & Ices HCR ■ status q



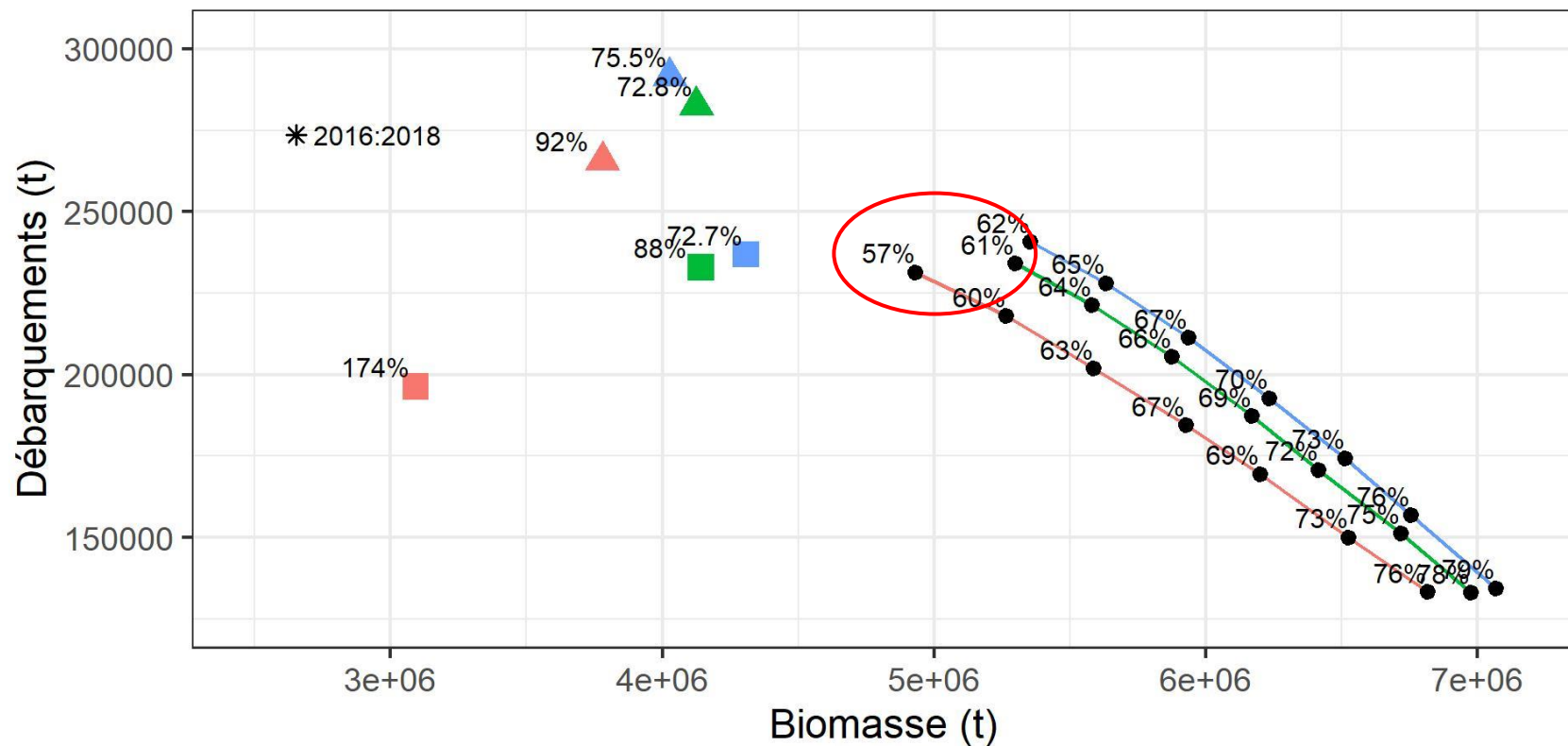
Scénario —●— Actuel —●— Intermediaire —●— Maximal

Modèle d'effort ● SMFB & Biomasse relative HCR ▲ SMFB & Ices HCR ■ status q



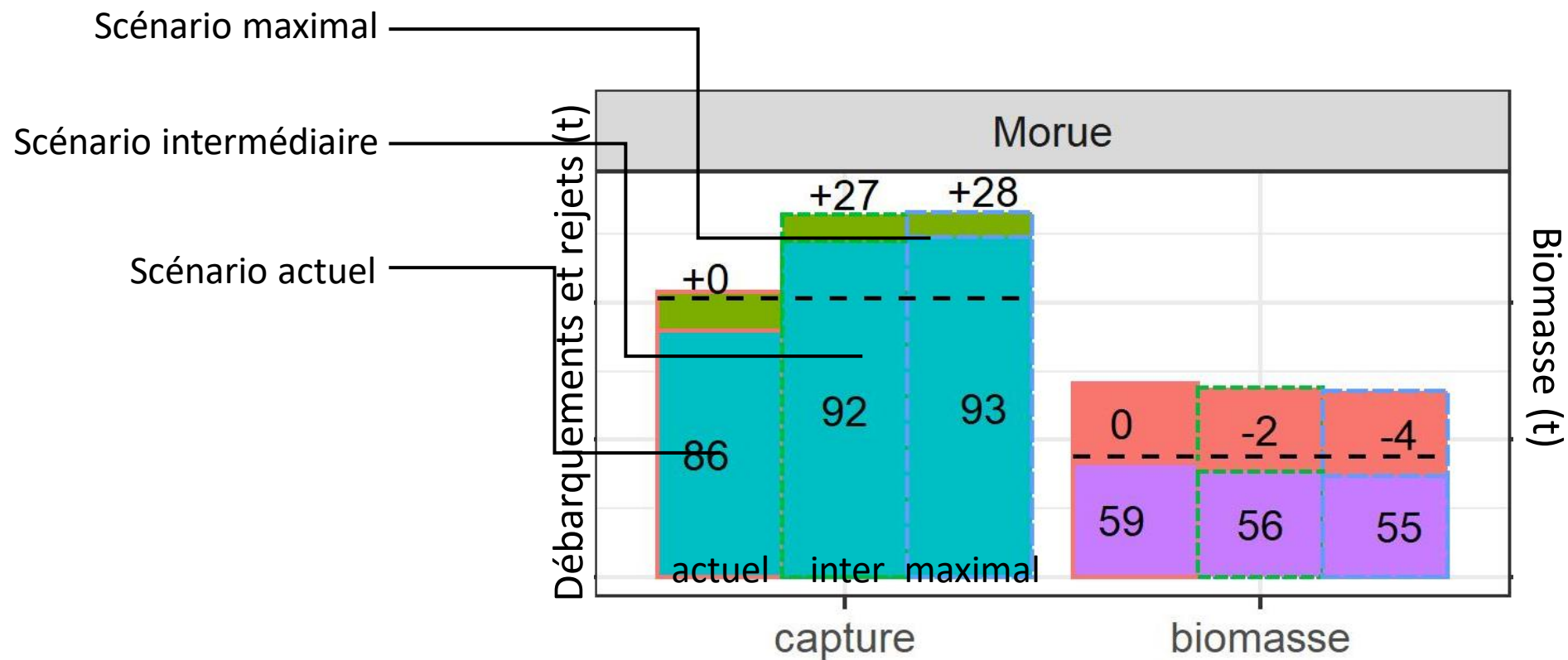
Scénario — Actuel — Intermediaire — Maximal

Modèle d'effort ● SMFB & Biomasse relative HCR ▲ SMFB & Ices HCR ■ status q



Scénario — Actuel — Intermediaire — Maximal

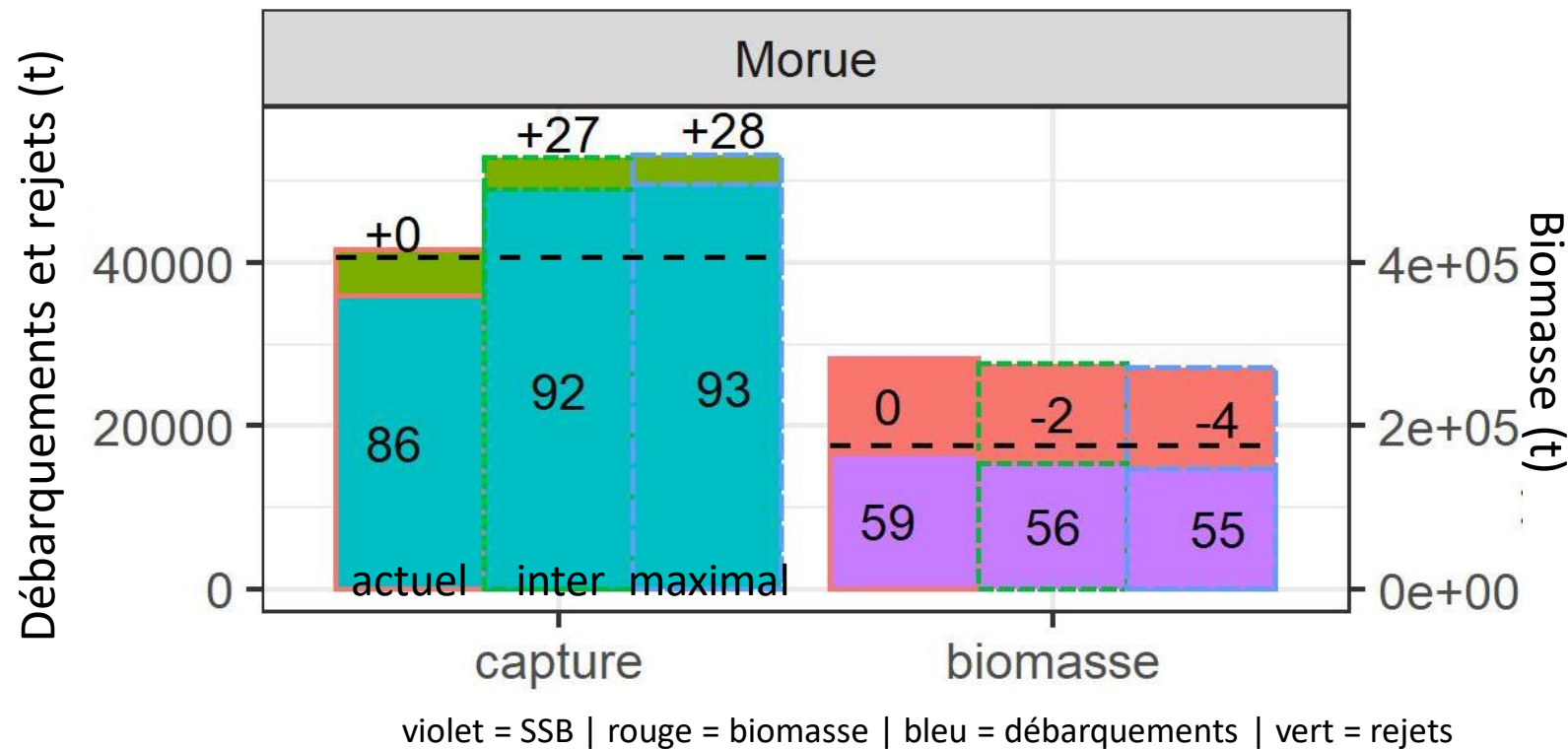
Modèle d'effort ● SMFB & Biomasse relative HCR ▲ SMFB & Ices HCR ■ status q



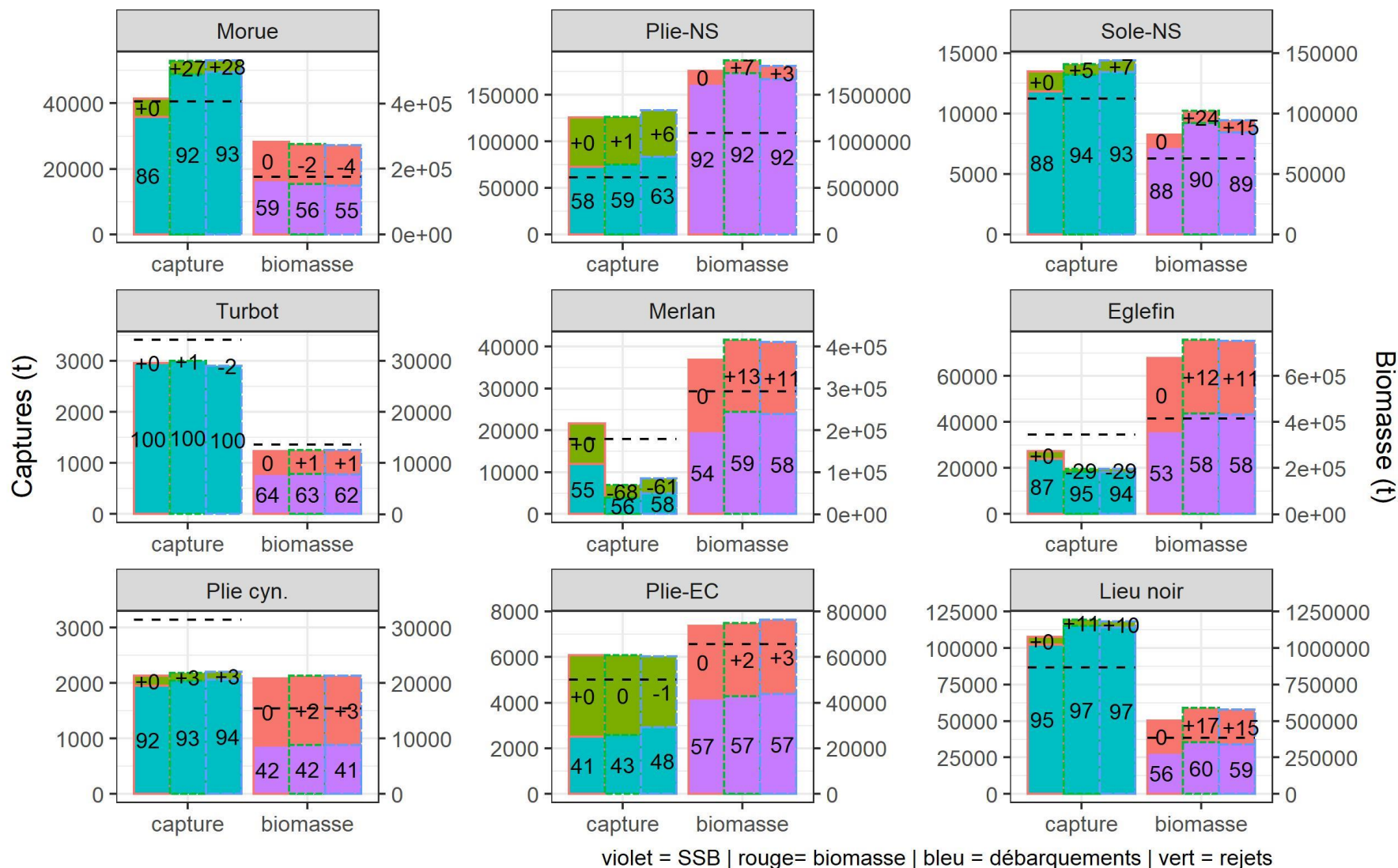
violet = SSB | rouge = biomasse | bleu = débarquements | vert = rejets

Gains en débarquements  
Légère perte de biomasse

Effort des scénarios avec  
les engins modifiés est plus  
élevé



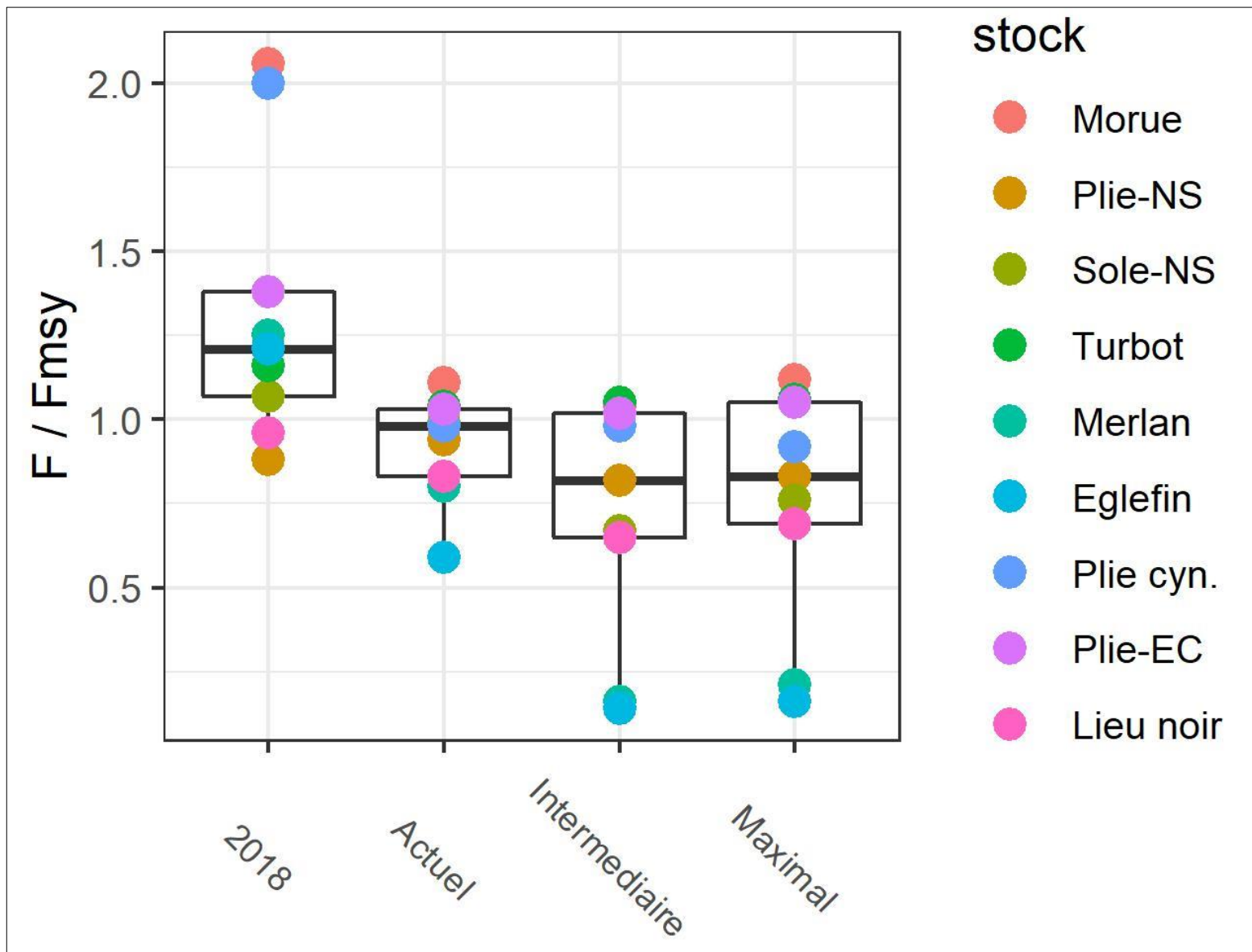
## Résultats : Effort dynamique



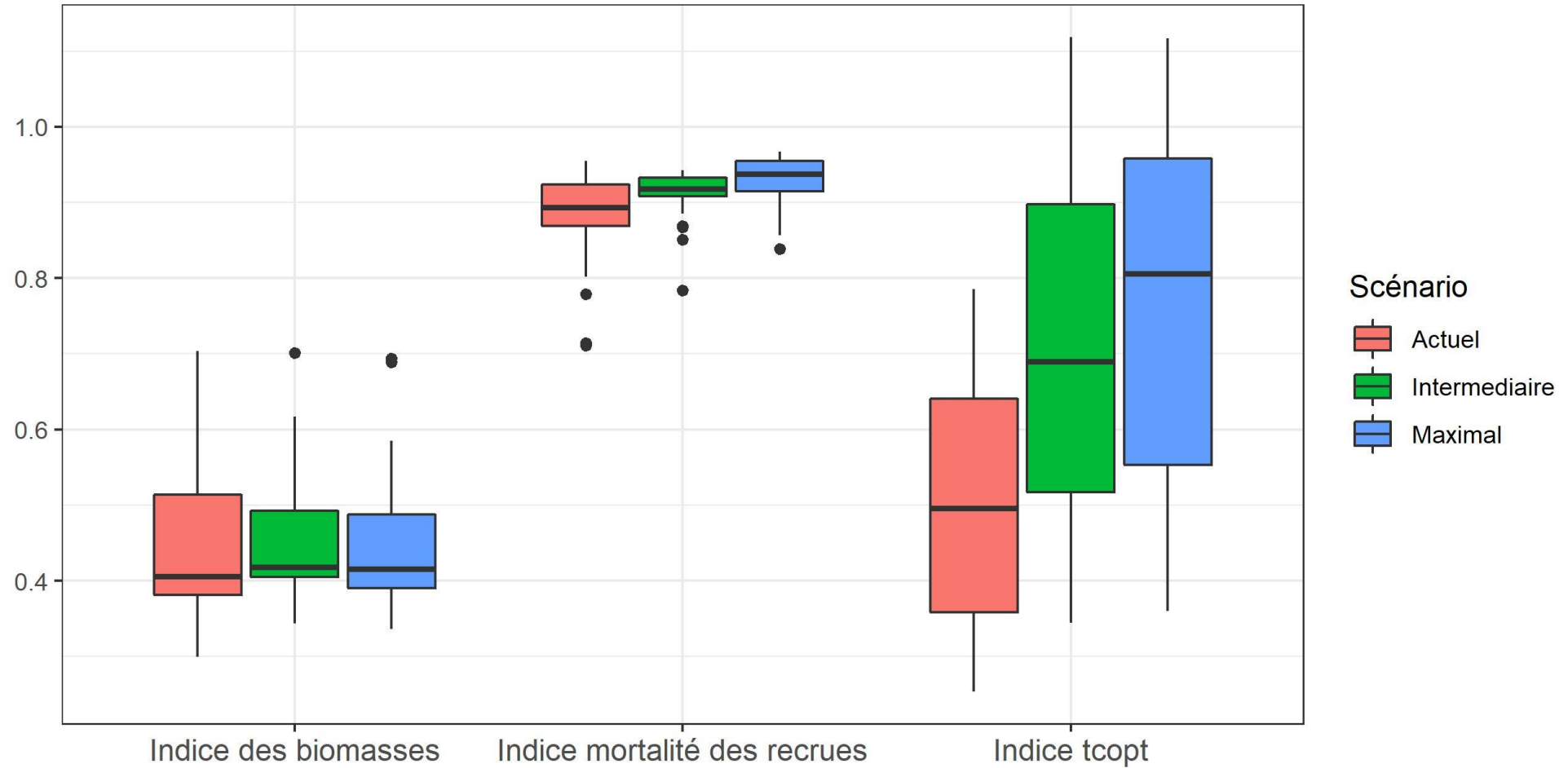
## Résultats : Effort dynamique

Modèle d'effort, avec la restriction 'min' et la réallocation des quotas, on vise bien le RMD

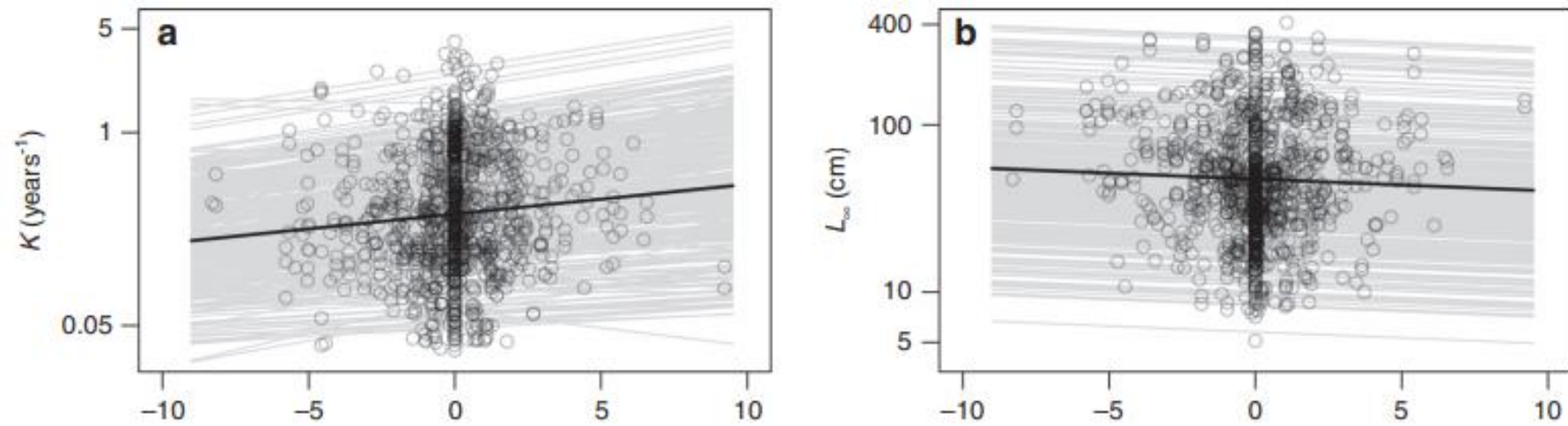
Engins plus sélectifs diminuent les mortalités par pêche





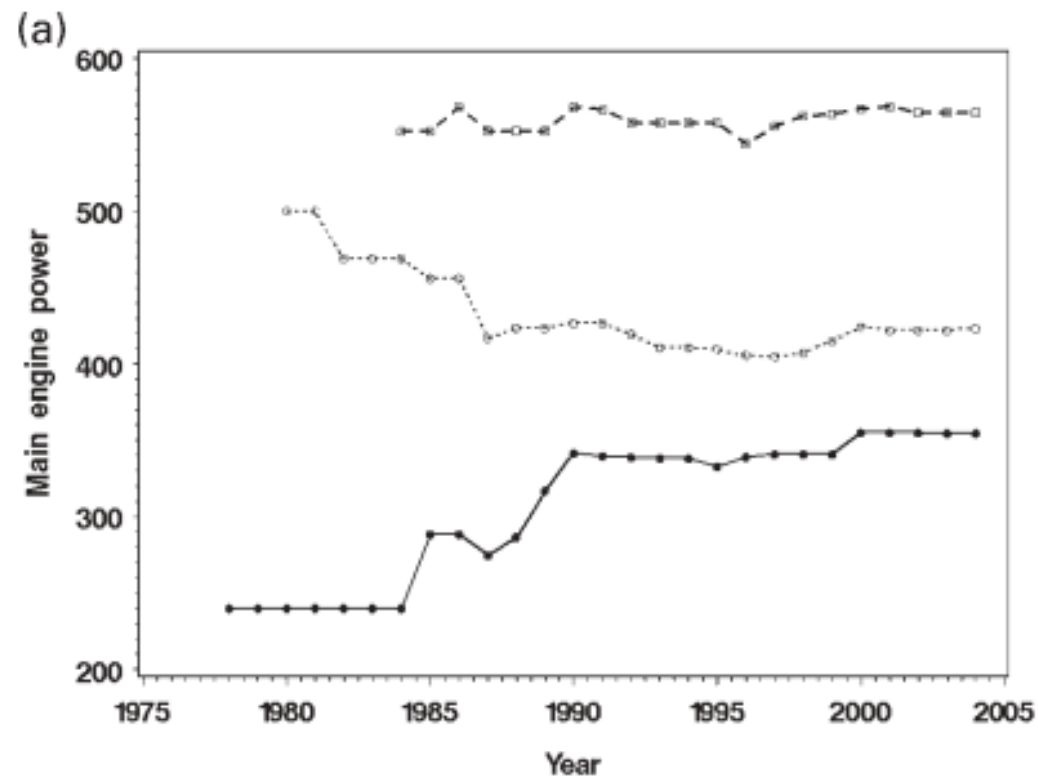


➤ Changement climatique et paramètres biologiques supposés ici constants



Wang et al. (2020)

- Changement climatique et paramètres biologiques supposés ici constants
- **Capturabilité supposée également constante → pas d'évolution des techniques et des pratiques de pêche**



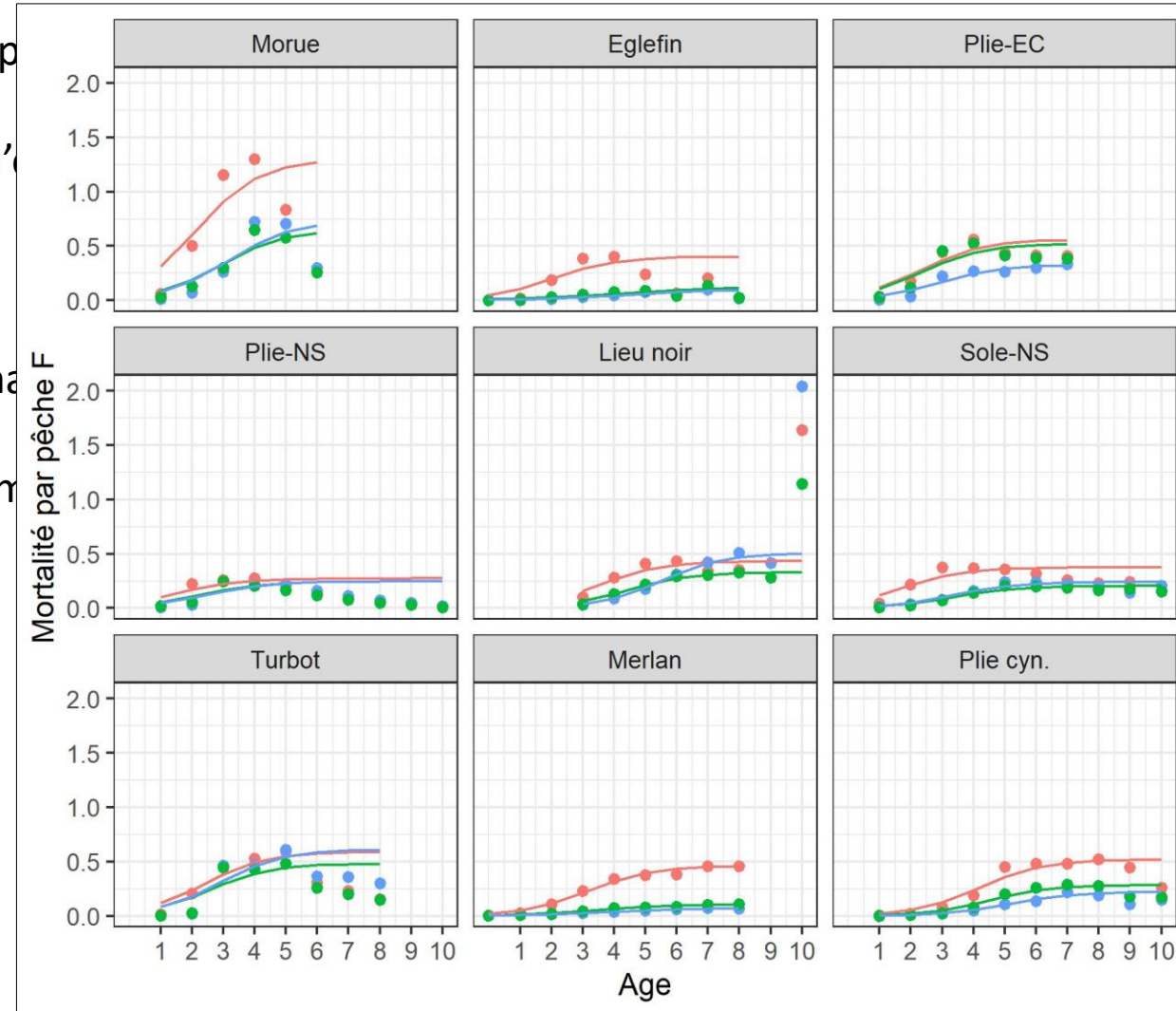
Marchal et al. (2007)

- Changement climatique et paramètres biologiques supposés ici constants
- Capturabilité supposée également constante → pas d'évolution des techniques et des pratiques de pêche
- **Gestion de stocks « parfaite » :**
  - **Connaissance parfaite de l'état des stocks**
  - **Points de référence supposés constants (changement de composition et de biomasse = modification des points de référence)**
  - **Points de référence non-modifiés suite à la modification du diagramme d'exploitation**
- Règle de gestion aux biomasses relatives simpliste

- Changement climatique et paramètres biologiques supposés ici constants
- Capturabilité supposée également constante → pas d'évolution des techniques et des pratiques de pêche
- Gestion de stocks « parfaite » :
  - Connaissance parfaite de l'état des stocks
  - Points de références supposés constants (changement de composition et de biomasse = modification des points de référence)
  - Points de référence non-modifiés suite à la modification du diagramme d'exploitation
- **Règle de gestion aux biomasse relative simpliste**

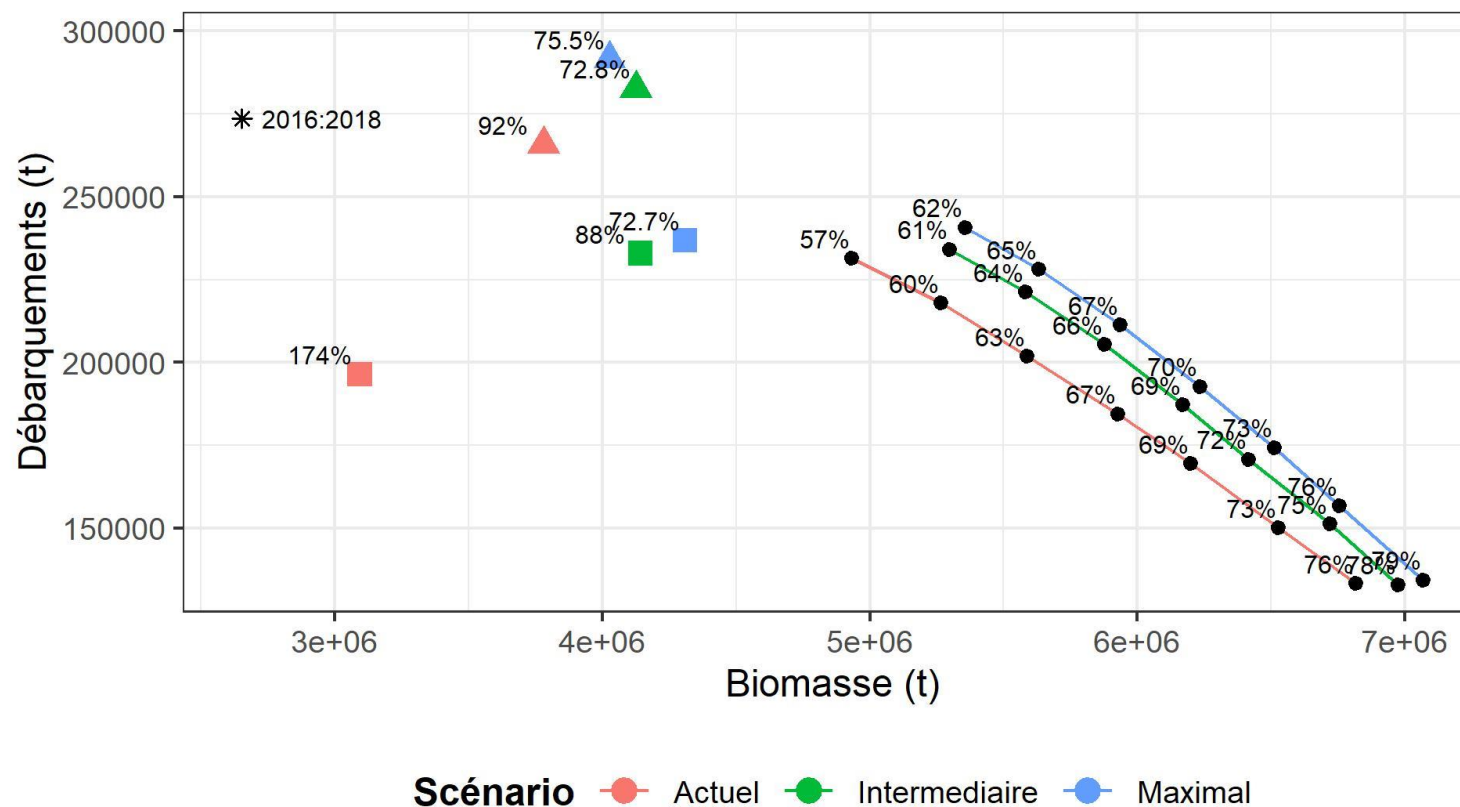
## Limites

- Changement climatique et paramètres biologiques sup
- Capturabilité supposée également constante → pas d'
- Gestion de stocks « parfaite » :
  - Connaissance parfaite de l'état des stocks
  - Points de références supposés constants (cha
  - modification des points de référence)
  - Points de référence non-modifiés suite à la m
- Règle de gestion aux biomasse relative simpliste
- **Conclusions issues d'ajustements sur peu de points**



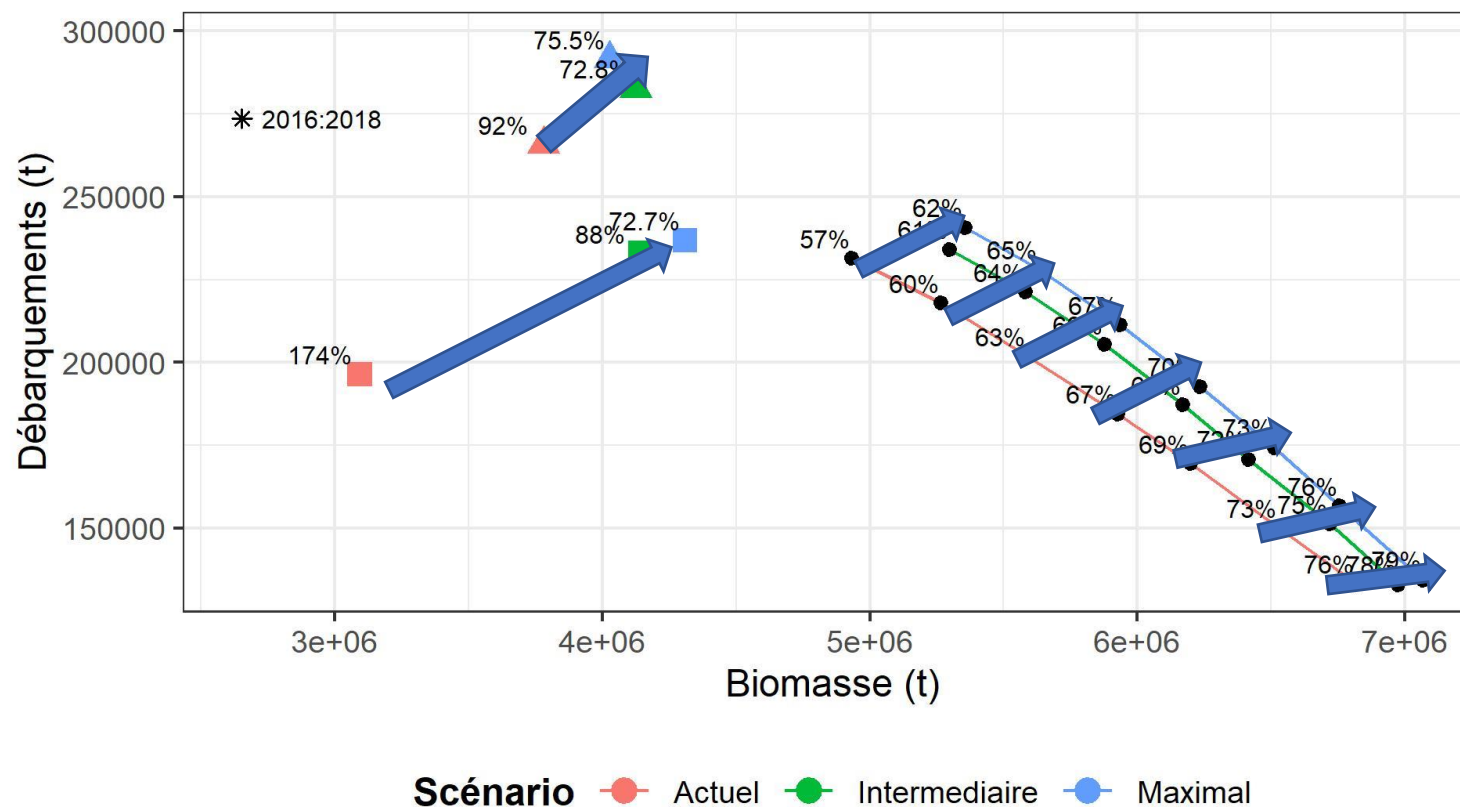
- Changement climatique et paramètres biologiques supposés ici constants
- Capturabilité supposée également constante → pas d'évolution des techniques et des pratiques de pêche
- Gestion de stocks « parfaite » :
  - Connaissance parfaite de l'état des stocks
  - Points de références supposés constants (changement de composition et de biomasse = modification des points de référence)
  - Points de référence non-modifiés suite à la modification du diagramme d'exploitation
- Règle de gestion aux biomasse relative simpliste
- Conclusions issues d'ajustements sur peu de points
- **Résultats écosystémiques limités**

- Pour tous les modèles d'effort, des engins plus sélectifs permettent des biomasses plus importantes, des débarquements plus élevés et des rejets réduits.





- Pour tous les modèles d'effort, des engins plus sélectifs permettent des biomasses plus importantes, des débarquements plus élevés et des rejets réduits.



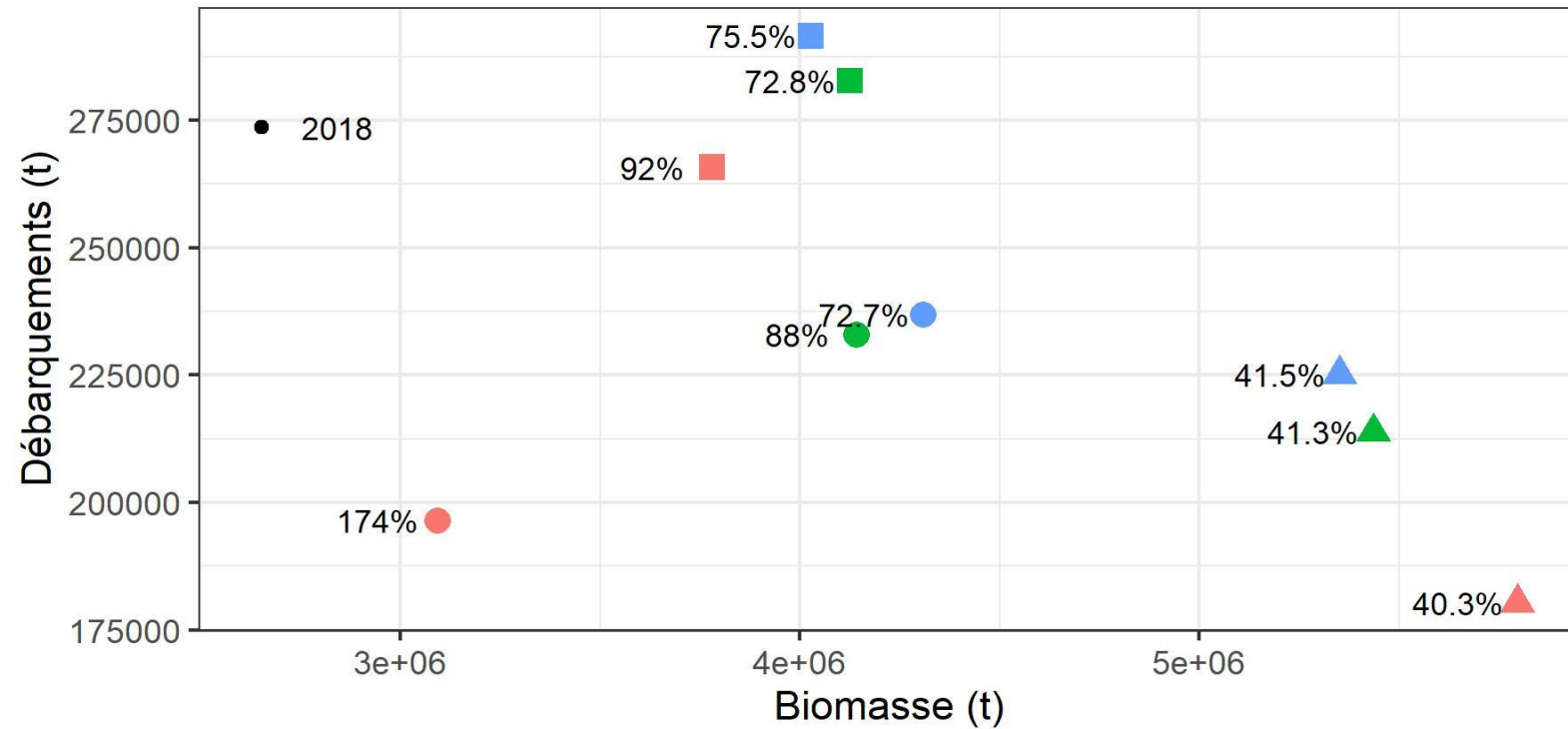
- Pour tous les modèles d'effort, des engins plus sélectifs permettent des biomasses plus importantes et des débarquements plus élevés, et des rejets réduits
- **Gestion aux biomasses relatives :**
  - **Débarquements restent élevés, mortalité par pêche divisée en moyenne par deux**
- Les engins peuvent être une solution, conjointe à la gestion, pour restaurer l'état des stocks impactés en mer du Nord

- Pour tous les modèles d'effort, des engins plus sélectifs permettent des biomasses plus importantes et des débarquements plus élevés, et des rejets réduits
- Gestion aux biomasses relatives :
  - Débarquements restent élevés, mortalité par pêche divisée en moyenne par deux
- **Les engins peuvent être une solution, conjointe à la gestion, pour restaurer l'état des stocks impactés en mer du Nord**

- **Les gains se font ici en tonnage, mais d'un point de vue économique, ces gains pourraient être encore plus élevés**
- Inclure une autre espèce phare de la mer du Nord, la langoustine
- Incertitudes qui entourent les conclusions sur les potentiels gains

- Les gains se font ici en tonnage, mais d'un point de vue économique, ces gains pourraient être encore plus élevés
- **Inclure une autre espèce phare de la mer du Nord, la langoustine**
- Incertitudes qui entourent les conclusions sur les potentiels gains

- Les gains se font ici en tonnage, mais d'un point de vue économique, ces gains pourraient être encore plus élevés
- Inclure une autre espèce phare de la mer du Nord, la langoustine
- **Incertitudes qui entourent les conclusions sur les potentiels gains**



**Scénario** ● Actuel ● Intermediaire ● Maximal

**Modèle d'effort** ● status quo ▲ SMFB restriction "min" ■ SMFB restriction "min" & réallocation

➤ Aspect législatif de la réallocation des quotas, par pays

- Les gains se font ici en tonnage, mais d'un point de vue économique, ces gains pourraient être encore plus élevés
- Inclure une autre espèce phare de la mer du Nord, la langoustine
- Incertitudes qui entourent les conclusions sur les potentiels gains
- Aspect législatif de la réallocation des quotas, par pays
- **Aller plus loin dans l'analyse des cibles de gestion aux biomasses relatives**
- Etudier les effets à court-terme d'une telle augmentation des maillages



- Les gains se font ici en tonnage, mais d'un point de vue économique, ces gains pourraient être encore plus élevés
- Inclure une autre espèce phare de la mer du Nord, la langoustine
- Incertitudes qui entourent les conclusions sur les potentiels gains
- Aspect législatif de la réallocation des quotas, par pays
- Aller plus loin dans l'analyse des cibles de gestion aux biomasses relatives
- **Etudier les effets à court-terme d'une telle augmentation des maillages**

- L'utilisation d'un modèle multi-flottes a permis d'étudier l'impact de la modification de certains engins
- Gestion conjointe de l'effort et des engins permet dans certains scénarios de doubler la biomasse des espèces exploitées, sans trop impacter les flottes
- Engins plus sélectifs permettent une meilleure utilisation de la ressource
- Implémentation d'un système de gestion, permettant de ne dépasser aucuns quotas



Merci de votre attention



# Références

- Berkeley SA, Hixon MA, Larson RJ, Love MS** (2004) Fisheries Sustainability via Protection of Age Structure and Spatial Distribution of Fish Populations. *Fisheries* **29**: 23–32
- CIEM** (2020c) 2019 Report of Working Group on Mixed Fisheries Advice (WGMIXFISH-ADVICE). doi: 10.17895/ICES.PUB.7508
- CIEM** (2020d) Greater North Sea Ecoregion - Fisheries overview. doi: 10.17895/ICES.PUB.4647
- Froese R, Stern-Pirlot A, Winker H, Gascuel D** (2008) Size matters: How single-species management can contribute to ecosystem-based fisheries management. *Fish Res* **92**: 231–241
- Froese R, Winker H, Gascuel D, Sumaila UR, Pauly D** (2016) Minimizing the impact of fishing. *Fish Fish* **17**: 785–802
- Gervais H (Henri), logy, thor** (1877) Les poissons; synonymie--description--moeurs--frais--pêche--iconographie, des espèces composant plus particulièrement la faune française.
- Hidalgo M, Rouyer T, Molinero J, Massutí E, Moranta J, Guijarro B, Stenseth N** (2011) Synergistic effects of fishing-induced demographic changes and climate variation on fish population dynamics. *Mar Ecol Prog Ser* **426**: 1–12
- Nguyen KQ, Winger PD, Morris C, Grant SM** (2017) Artificial lights improve the catchability of snow crab (*Chionoecetes opilio*) traps. *Aquac Fish* **2**: 124–133
- Stepputtis D, Santos J, Herrmann B, Mieske B** (2016) Broadening the horizon of size selectivity in trawl gears. *Fish Res* **184**: 18–25
- Wang H-Y, Shen S-F, Chen Y-S, Kiang Y-K, Heino M** (2020) Life histories determine divergent population trends for fishes under climate warming. *Nat Commun* **11**: 4088