

IAM: Impact Assessment Structure et mode opératoire du modèle

Mathieu Merzereaud¹, Claire Macher¹, Michel Bertignac², Marjolaine Fresard³, Olivier Guyader¹, Christelle Le Grand¹, Sophie Gourguet¹, Florence Briton¹, Maxime Jaunatre¹

¹ IFREMER | UMR AMURE, RBE/ Unité d'Economie Maritime

² IFREMER | RBE/ Unité Sciences et Technologies Halieutiques

³ UBO | UMR AMURE

12 avril 2022

Table des matières

1	Notations et structure schématique du modèle	2
1.1	Notations utilisées	2
1.2	Schéma structurel du modèle bio-économique	3
2	Description et déroulement des modules	3
2.1	Module "Mortalité par pêche et Survie des rejets"	3
2.1.1	Sous-module "Allocation de la mortalité"	5
2.1.2	Sous-module "Calcul de capturabilité"	8
2.1.3	Module "Mortalité par pêche"	9
2.2	Module "Dynamique de populations"	13
2.2.1	Module principal	13
2.2.2	Module "Recrutement"	16
2.3	Module "Captures, débarquements et rejets"	16
2.4	Module "Marché"	21
2.5	Module "Economie"	23
2.6	Module "Scénario"	35
2.7	Module "Gestion"	36
2.8	Module "Réplicat"	37

Introduction

IAM (Impact Assessment Model) est un modèle bio-économique de simulation de dynamiques de pêcheries, intégrant des outils spécifiques d'aide à la décision dans le cadre de mises en application théoriques de mesures de gestion. Ce document constitue un support d'utilisation du modèle, décrivant les étapes de paramétrage et de lancement des simulations, exposant les méthodologies et équations fonctionnelles utilisées en arrière-plan, et analysant les possibilités offertes par l'outil. Une première partie principalement théorique décrira l'architecture modulaire du modèle, détaillera les paramètres mis en jeu ainsi que les liens fonctionnels les unissant. Les différents outils de simulation greffés au modèle "basique" et les méthodologies associées seront également présentés dans cette partie. Plus techniquement, la méthode de constitution du fichier de paramétrage fera l'objet d'une seconde partie, alors qu'une troisième et dernière partie décrira la mise en application des simulations au sein d'un environnement R.

1 Notations et structure schématique du modèle

1.1 Notations utilisées

IAM est un modèle bio-économique à temps discret, multi-flottille, multi-métier, et multi-spécifique à composantes "âge" pour la partie biologique, et à composantes "catégorie commerciale" pour la partie économique. Les paramètres du modèle peuvent ainsi se décliner selon 7 indices de définition distincts qui sont décrits dans le tableau ci-dessous :

Indice	Description
t	Indice temporel
f	Indice flottille
m_{bio}	Indice métier (paramètres biologiques)
m_{eco}	Indice métier (paramètres économiques)
e	Indice espèce
ie	Indice âge (dépend de l'espèce)
ce	Indice catégorie (dépend de l'espèce)

TABLE 1 – Indices de déclinaison des variables numériques

En pratique, ces indices vont également déterminer la structuration des objets R incarnant les inputs du modèle. Ces objets se présenteront en effet sous la forme de matrices multidimensionnelles formatées, incluant toute l'information nécessaire au modèle pour à la fois procéder aux calculs des indicateurs de sortie, mais aussi pour assurer la robustesse des implémentations. De surcroît, cette mise en forme spécifique, commune aux données d'entrée et de sortie, facilitera les traitements numériques ultérieurs qui pourront leur être appliqués. Notons que l'on peut distinguer deux types d'indices "métier", puisque le modèle prend en considération la possibilité de définir les paramètres biologiques et les paramètres économiques selon deux niveaux "métier" distincts. Dans ce cas, une matrice de correspondance entre ces deux niveaux de définition sera requise (matrice de dimension $m_{bio} \cdot m_{eco}$). Précisons également que plusieurs types de dynamiques de population pourront être appliquées à un stock donné ; elles sont pour le moment au nombre de 3, et sont les suivantes :

- dynamique de population de type XSA (par défaut, annuelle et définie aux âges. Ex : Sole 8ab)

- dynamique de population de type SS3 (trimestrielle et définie par âge et cohorte. Ex : Merlu 8ab)
- dynamique de population de type SPiCT (modèle Pella-Tomlinson annuel)

On peut rajouter à ces trois options la possibilité de ne pas considérer de dynamique de population. Les productions seront alors calculées sur la base de débarquements par unité d'effort, considérés ou non comme constants au cours du temps. La mise en œuvre de chacune de ces dynamiques nécessitera un ensemble de paramètres spécifiques.

1.2 Schéma structurel du modèle bio-économique

Le schéma de la page suivante décrit de manière synthétique et simplifiée le mode de fonctionnement du modèle bio-économique. Il met à la fois en évidence la structure modulaire du modèle (chaque module étant représenté par un rectangle bleu), et les interactions entre ces modules au travers des relations existant entre les paramètres mis en jeu. Il permet aussi de distinguer les modules "utilisateur" (rectangles bleus avec intitulés en couleur), qui serviront à orchestrer l'exécution des modules de simulation tout en permettant à l'utilisateur d'intervenir au cours du processus de simulation, des modules "passifs" (rectangle bleus avec intitulés en noir) qui seront tributaires de l'action des précédents et qui composeront l'ossature du modèle. La dynamique de population ici considérée et illustrée est le modèle XSA. Pour plus de précisions concernant les interactions mises en jeu au sein des autres modèles de population, le lecteur pourra se référer aux équations détaillées de la partie 2.

L'objectif des chapitres qui vont suivre est de proposer une description exhaustive et organisée des processus mis en action durant l'étape de simulation. Il s'agira donc de fournir à la fois une synthèse des calculs effectués, mais aussi une vue des méthodologies utilisées et des différents outils mis à la disposition de l'utilisateur.

2 Description et déroulement des modules

La partie qui suit va s'attarder plus longuement sur les modules constituant le modèle bio-économique. Dans ce contexte, les paramètres d'entrée du module seront décrits (ils pourront tout aussi bien être des paramètres d'entrée du modèle que des paramètres de sortie d'autres modules), les sorties le seront également, et les équations décrivant le cheminement des calculs seront présentées.

Notons que les paramètres initiaux et les variables calculées sont décrits ici à leur niveau maximal de précision. Il est bien évidemment concevable que certaines données ne soient pas disponibles à ce niveau de définition : l'ajustement nécessaire est généralement pris en compte dans l'implémentation (tests sur la compatibilité des dimensions entre variables, et correction du format si besoin est).

Précisons pour finir que la dimension temporelle le plus souvent implicite dans les formulations suivantes peut être non seulement intégrée au stade initial de déclaration des paramètres d'entrées, mais également greffée à toute variable du modèle par le biais du module "scénario" permettant l'intervention de l'utilisateur à n'importe quel instant t .

2.1 Module "Mortalité par pêche et Survie des rejets"

Ce module fait appel à deux sous-modules. Le premier procède à la ventilation de la donnée "mortalité" initiale disponible par une variable auxiliaire supposée corrélée afin d'affiner le niveau de définition accessible. Ce processus s'effectue le plus souvent au moyen d'une variable

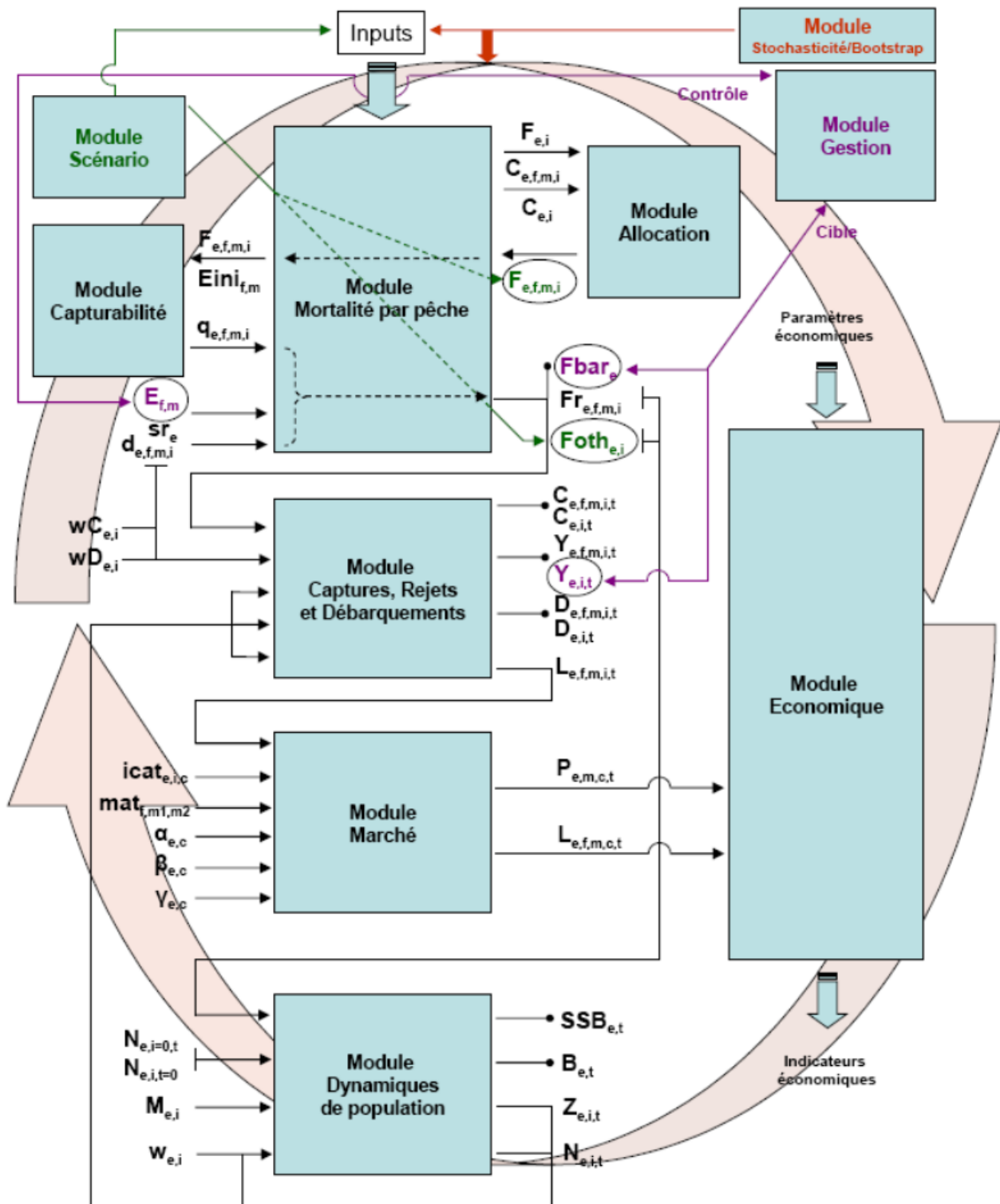


FIGURE 1 – Schéma structurel simplifié du modèle bio-économique

de type "captures", ou à défaut, d'une donnée "débarquements". Le deuxième sous-module va estimer initialement une capturabilité associée afin de l'appliquer au cours du processus de modélisation à une variable de contrôle "effort".

2.1.1 Sous-module "Allocation de la mortalité"

Avant tout, précisons que ce qui va se rapporter à cette étape d'allocation ne concerne que les dynamiques **XSA** et **SPiCT**. La mortalité par pêche pour la dynamique SS3 est d'entrée renseignée déjà ventilée au niveau flottille-métier-âge-cohorte-saison requis, aucun travail d'allocation n'est donc nécessaire. Le modèle statique quant à lui s'affranchit de cet indicateur puisqu'il se base sur des données de LPUE déjà disponibles au niveau flottille-métier.

L'objectif de ce module est d'aboutir à un niveau de définition maximal du paramètre de mortalité, à savoir idéalement une valeur par espèce, âge, flottille et métier. Il existe plusieurs manières d'obtenir ce niveau maximal (voir encadré 2.1.1 décrivant les procédés de ventilation implémentés). En partant d'une donnée "Mortalité" plus précise, on peut se contenter d'une variable de ventilation plus grossière. On peut également procéder en deux étapes successives avec deux variables distinctes si la variable initiale ne décline que la dimension "âge", et qu'il reste donc à intégrer les dimensions "métier", puis "flottille". Toutes ces possibilités sont offertes par le module implémenté, et celui-ci considérera au mieux les ventilations à opérer le cas échéant.

Si nécessaire, une première ventilation sera effectuée au moyen des variables C_{mi} et C_i préalablement renseignées dans les onglets "Espèce" du fichier de paramétrage afin d'intégrer au minimum la dimension "métier" à la donnée de mortalité par pêche. On rappelle qu'il s'agira idéalement de données de captures en nombre, mais qu'une autre donnée pourra à défaut être utilisée. Si à ce stade, la mortalité possède le niveau complet requis, la procédure s'arrêtera. Sinon, la seconde ventilation s'opérera avec les variables Y_{mi} et $Lref_{fe}$ (variable présente dans les onglets de paramétrage économique et appliquée ici à la matrice "fm" d'allocation flottille-métier) afin d'inclure la dimension "flottille". Il revient à l'utilisateur de s'assurer de la pertinence des données assignées à chacune de ces variables afin que le processus de ventilation aboutisse à des résultats justes et optimaux (cf encadré 2.1.1 de la page suivante).

Note : la ventilation ne s'effectue plus en tant qu'étape préliminaire aux simulations lors du lancement du modèle, mais désormais lors de la phase d'intégration des indicateurs visant à créer l'objet R de paramétrage. Le paramètre calculé F_{fmi} apparaît donc maintenant parmi les paramètres "sources" au sein de l'objet, et est au même titre qu'eux directement utilisé par le modèle.

Procédures de ventilation : ventilation d'une variable Mortalité (F) par une variable Capture (C)

On décrit ici les procédures permettant de redéfinir le niveau d'agrégation d'une variable donnée en prenant appui sur une donnée externe corrélée, de niveau de définition supérieur ou complémentaire. On prendra pour cela l'exemple d'une variable de mortalité par pêche, qu'on ventilera à l'aide d'une variable de captures totales. Ces méthodes d'application porteront sur différentes combinaisons de dimensions. Les dimensions illustrées seront d'indice "f" (flottille), "m" (métier) et "i" (âge).

- Indice(s) en commun

Variable à ventiler (F)	Variable de ventilation (C)	Variable complémentaire requise (C _{tot})	Résultat (F _{ventil})
F_i	$C_{m,i}$	C_{tot_i}	$F_{m,i}$
F_i	$C_{f,m,i}$	C_{tot_i}	$F_{f,m,i}$
$F_{m,i}$	$C_{f,m}$	C_{tot_m}	$F_{f,m,i}$
$F_{m,i}$	$C_{f,m,i}$	$C_{tot_{m,i}}$	$F_{f,m,i}$

- Pas d'indices en commun

F_i	C_m	C_{tot}	$F_{m,i}$
F_i	$C_{f,m}$	C_{tot}	$F_{f,m,i}$
$F_{m,i}$	C_f	C_{tot}	$F_{f,m,i}$

Equation :

$$F_{ventil} = \frac{F \times C}{C_{apt_{tot}}} \text{ sur tous les indices en présence}$$

Méthodologie appliquée dans la procédure de ventilation

• **Paramètres initiaux** (la description des paramètres d'entrée et l'équation de calcul associée dépeignant ici la procédure d'allocation ne doivent être considérées que comme un cas particulier d'une ventilation en une étape)

- XSA, SPiCT

Notation	Description	Source
$F_{e,i}$	Coefficient de mortalité par pêche initial (ici, par espèce et par âge)	Stock Assessment ($i = \{all\}$ pour modèle global SpiCT, et $\{i\} = \{0, 1, \dots\}$ pour modèle aux âges XSA)
$C_{e,f,m,i}$	Variable de ventilation à un niveau de définition requis (ici, captures par espèce, flottille, métier et âge)	SACROIS

$C_{tot_{e,i}}$	Variable de ventilation totale (doit être définie sur l'intersection des niveaux des deux variables précédentes)	SACROIS
-----------------	--	---------

TABLE 2: Paramètres initiaux XSA, SPiCT pour le sous-module "allocation de la mortalité par pêche"

• **SS3** (toutes les variables décrites ci-dessous comprennent chacune 4x4 incarnations correspondants aux combinaisons "cohorte / saison"; par souci d'identification, les noms de ces variables seront indexées M1S1, M1S2, ..., M4S3, M4S4) :

Notation	Description	Source
$iniFq_{e,i}$	Coefficient de mortalité par pêche total initial (par espèce, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$Fq_{e,i}$	Coefficient de mortalité par pêche total à $t = 1$ (par espèce, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$iniFq_{e,i}$	Coefficient de mortalité par pêche total initial (par espèce, flottille, métier, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$Fq_{e,f,m,i}$	Coefficient de mortalité par pêche total à $t = 1$ (par espèce, flottille, métier, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$iniFqLwt_{e,i}$	Coefficient de mortalité par pêche "poids débarqués" initial (par espèce, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$FqLwt_{e,i}$	Coefficient de mortalité par pêche "poids débarqués" à $t = 1$ (par espèce, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$iniFqLwt_{e,f,m,i}$	Coefficient de mortalité par pêche "poids débarqués" initial (par espèce, flottille, métier, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$FqLwt_{e,f,m,i}$	Coefficient de mortalité par pêche "poids débarqués" à $t = 1$ (par espèce, flottille, métier, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$iniFqDwt_{e,i}$	Coefficient de mortalité par pêche "poids rejetés" initial (par espèce, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$FqDwt_{e,i}$	Coefficient de mortalité par pêche "poids rejetés" à $t = 1$ (par espèce, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment

$iniFqDwt_{e,f,m,i}$	Coefficient de mortalité par pêche "poids rejetés" initial (par espèce, flottille, métier, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$FqDwt_{e,f,m,i}$	Coefficient de mortalité par pêche "poids rejetés" à $t = 1$ (par espèce, flottille, métier, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment

TABLE 3: Paramètres initiaux SS3 pour le sous-module "allocation de la mortalité par pêche"

• Variables calculées (XSA et SPiCT)

Notation	Type	Description	Equation
$F_{e,f,m,i}$	Sortie	Coefficient instantané de mortalité par pêche ventilé initial (ici, par espèce, flottille, métier et âge)	$F_{e,f,m,i} = \frac{F_{e,i} \cdot C_{e,f,m,i}}{C_{tot_{e,i}}}$
$F_{oth_{e,i}}$	Sortie	Mortalité par pêche initiale "autres flottilles" par espèce et âge. Entrée des modules <i>Captures</i> et <i>Dynamiques de populations</i>	$F_{oth_{e,i}} = F_{e,i} - \sum_{f,m} F_{e,f,m,i}$

TABLE 4: Paramètres calculés pour le sous-module "allocation de la mortalité par pêche"

2.1.2 Sous-module "Calcul de capturabilité"

On utilise ici le terme "capturabilité" de façon générique pour désigner la mortalité par pêche ramenée à une unité d'effort donnée. Cet effort sera le produit de deux variables d'entrée effort1 et effort2, auxquelles on pourra affecter différents couples d'indicateurs (voir tableau 5 ci-dessous). La mortalité par pêche devient ainsi une fonction de la variable d'effort au cours du processus implémenté.

• Paramètres initiaux (XSA, SPiCT,SS3)

Notation	Description	Source
$effort1_{f,m}$	Première composante d'effort (ici au niveau flottille-métier), soit le nombre de marées moyen par an et par navire ($nbTrip$) soit le nombre de jours de mer moyen par an et par navire (nbd s).	SACROIS
$effort2_{f,m}$	Deuxième composante d'effort (ici au niveau flottille-métier), soit la durée moyenne des marées par an et par navire ($tripLgth$) soit l'élément neutre 1	SACROIS

TABLE 5: Paramètres initiaux SS3 pour le sous-module "calcul de capturabilité"

• Variables calculées (XSA et SPiCT, SS3 sur les variables mortalités)

Notation	Type	Description	Equation
$Q_{e,f,m,i}$	Sortie	Capturabilité initiale (par espèce, flottille, métier et âge)	$Q_{e,f,m,i} = \frac{F_{e,f,mi}}{effort1_{f,m} \times effort2_{f,m}}$

TABLE 6: Paramètres calculés pour le sous-module "calcul de capturabilité"

2.1.3 Module "Mortalité par pêche"

Ce module intègre la méthode de calcul des capturabilités décrite précédemment. Il va en outre évaluer les mortalités par pêche corrigées. Le paramétrage systématisant dorénavant pour une flottille donnée la description exhaustive des espèces pêchées et des métiers pratiqués (via une espèce "ZZZ" considérée et un métier "Autres"), la couverture des indicateurs de sortie du modèle définis par flottille est complète. Ainsi, les mortalités complémentaires, au même titre que les autres variables complémentaires que le modèle sera amené à évaluer, sont désormais uniquement celles engendrées par les flottilles non modélisées. à partir de la mortalité par pêche ventilée initialement. Le module procède également au calcul de l'indicateur "Fbar" pour chacune des espèces modélisées XSA ou SS3.

Ajoutons que les deux variables de sortie "Mortalité par pêche ventilée» (F) et "Mortalité par pêche Autres flottilles" (Foth) sont des paramètres internes (donc non renseignés dans le fichier de paramétrage car évalués lors de la construction de l'objet input) sur lesquels il est possible d'intervenir au moyen du module "Scénario". On décrira le mode opératoire de ce module dans le chapitre correspondant. Il faut simplement noter que de cette manière, l'utilisateur pourra par exemple intégrer dans la simulation la prise en compte d'un facteur de sélectivité à un niveau flottille-métier-âge pour une ou plusieurs espèces modélisées.

• XSA • Paramètres initiaux (inputs biologiques prélevés dans les feuillets de paramétrage Stocks)

Notation	Description	Source
$d_{e,f,m,i}$	Pourcentage de captures totales rejetées en nombre (par espèce, flottille, métier et âge)	Stock Assessment
d_{oth_i}	Pourcentage de captures totales rejetées en nombre (par âge sur l'ensemble des flottilles non modélisés)	Stock Assessment
sr_e	Taux de survie des rejets (par espèce)	Stock Assessment
$E_{f,m}$	Effort (par flottille et métier, produit d' $effort1$ et d' $effort2$)	SACROIS
$p_{e,i}$	Pondération pour le calcul du Fbar par espèce (ie 1 pour les âges à considérer, 0 pour les autres)	Stock Assessment

TABLE 7: Paramètres initiaux XSA pour le module "Mortalité par pêche"

• Variables calculées

Notation	Type	Description	Equation
$F_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Mortalité par pêche (par espèce, flottille, métier et âge, à l'instant t). Entrée des modules <i>Captures</i> et <i>Dynamiques de populations</i>	$F_{e,f,m,i,t} = q_{e,f,m,i} \cdot E_{f,m,t}$
$K_{e,f,m,i}$	Interne	Facteur de correction de la mortalité par pêche lié à la survie des rejets.	$K_{e,f,m,i} = 1 - sr_e \cdot d_{e,f,m,i}$
$Fr_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Mortalité par pêche corrigée (par espèce, flottille, métier et âge, à l'instant t). Entrée des modules <i>Captures</i> et <i>Dynamiques de populations</i>	$Fr_{e,f,m,i,t} = F_{e,f,m,i,t} \cdot K_{e,f,m,i}$
$Froth_{e,i}$	Sortie	Mortalité par pêche initiale "autres flottilles" corrigée par espèce et âge. Entrée des modules <i>Captures</i> et <i>Dynamiques de populations</i>	$Froth_{e,i} = Froth_{e,i} \cdot (1 - sr_e \cdot doth_i)$
$Fbar_{e,t}$	Sortie	Taux de mortalité par pêche par espèce.	$Fbar_{e,t} = \frac{1}{\sum_i p_{e,i}} \sum_i p_{e,i} \cdot (\sum_{f,m} Fr_{e,f,m,i} + Froth_{e,i})$

TABLE 8: iParamètres calculés XSA pour le module "Mortalité par pêche"

- SPiCT

- Paramètres initiaux (inputs biologiques prélevés dans les feuillets de paramétrage Stocks)

Notation	Description	Source
d_e	Pourcentage de captures totales rejetées sur les flottilles modélisées (par espèce)	Stock Assessment
$doth_e$	Pourcentage de captures totales rejetées sur l'ensemble des flottilles non modélisés (par espèce)	Stock Assessment

TABLE 9: Paramètres initiaux SPiCT pour le module "Mortalité par pêche"

- Variables calculées

Notation	Type	Description	Equation
----------	------	-------------	----------

$F_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Mortalité par pêche (par espèce, flottille, métier et âge, à l'instant t). Entrée des modules <i>Captures</i> et <i>Dynamiques de populations</i>	$F_{e,f,m,i,t} = q_{e,f,m,i,t} \times F_{f,m,t}$
$Foth_{e,i}$	Sortie	Mortalité par pêche initiale "autres flottilles" par espèce et âge. Entrée des modules <i>Captures</i> et <i>Dynamiques de populations</i>	$Foth_{e,i} = F_{e,i} - \sum_{f,m} F_{e,f,m,i,0}$

TABLE 10: Paramètres calculés SPiCT pour le module "Mortalité par pêche"

• SS3

• Paramètres initiaux (inputs biologiques prélevés dans les feuillets de paramétrage Stocks)

Note : les paramètres biologiques SS3 se définissent sur des dimensions supplémentaires "saison" (indice 's', 4 modalités) et "cohorte" (indice 'mo' pour 'morph', 4 modalités)

Notation	Description	Source
$iniFq_{e,i,s,mo}$	Mortalité par pêche initiale "captures en nombre" (par espèce, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$Fq_{e,i,s,mo}$	Mortalité par pêche projection ($t > 0$) "captures en nombre" (par espèce, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$iniFq_{e,f,m,i,s,mo}$	Mortalité par pêche initiale "captures en nombre" (par espèce, flottille, métier, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$Fq_{e,f,m,i,s,mo}$	Mortalité par pêche projection ($t > 0$) "captures en nombre" (par espèce, flottille, métier, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$iniFqLwt_{e,i,s,mo}$	Mortalité par pêche initiale "poids débarqués" (par espèce, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$FqLwt_{e,i,s,mo}$	Mortalité par pêche projection ($t > 0$) "poids débarqués" (par espèce, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$iniFqLwt_{e,f,m,i,s,mo}$	Mortalité par pêche initiale "poids débarqués" (par espèce, flottille, métier, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment

$FqLwt_{e,f,m,i,s,mo}$	Mortalité par pêche projection ($t > 0$) "poids débarqués" (par espèce, flottille, métier, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$iniFqDwt_{e,i,s,mo}$	Mortalité par pêche initiale "poids rejetés" (par espèce, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$FqDwt_{e,i,s,mo}$	Mortalité par pêche projection ($t > 0$) "poids rejetés" (par espèce, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$iniFqDwt_{e,f,m,i,s,mo}$	Mortalité par pêche initiale "poids rejetés" (par espèce, flottille, métier, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment
$FqDwt_{e,f,m,i,s,mo}$	Mortalité par pêche projection ($t > 0$) "poids rejetés" (par espèce, flottille, métier, âge, saison et cohorte)	Stock Assessment

TABLE 11: Paramètres initiaux SS3 pour le module "Mortalité par pêche"

• Variables calculées

Notation	Type	Description	Equation
$iniFothq_{e,i,s,mo}$	-	Mortalité par pêche initiale "captures en nombre – Autres flottilles" (par espèce, âge, saison et cohorte)	$iniFothq_{e,i,s,mo} = iniFq_{e,i,s,mo} - \sum_{f,m} iniFq_{e,f,m,i,s,mo}$
$Fothq_{e,i,s,mo}$	-	Mortalité par pêche projection ($t > 0$) "captures en nombre – Autres flottilles" (par espèce, âge, saison et cohorte)	$Fothq_{e,i,s,mo} = Fq_{e,i,s,mo} - \sum_{f,m} Fq_{e,f,m,i,s,mo}$
$iniFothqLwt_{e,i,s,mo}$	-	Mortalité par pêche initiale "poids débarqués – Autres flottilles" (par espèce, âge, saison et cohorte)	$iniFothqLwt_{e,i,s,mo} = iniFqLwt_{e,i,s,mo} - \sum_{f,m} iniFqLwt_{e,f,m,i,s,mo}$
$FothqLwt_{e,i,s,mo}$	-	Mortalité par pêche projection ($t > 0$) "poids débarqués – Autres flottilles" (par espèce, âge, saison et cohorte)	$FothqLwt_{e,i,s,mo} = FqLwt_{e,i,s,mo} - \sum_{f,m} FqLwt_{e,f,m,i,s,mo}$

$iniFothqDwt_{e,i,s,mo}$	-	Mortalité par pêche initiale "poids rejetés – Autres flottilles" (par espèce, âge, saison et cohorte)	$iniFothqDwt_{e,i,s,mo} = iniFqDwt_{e,i,s,mo} - \sum_{f,m} iniFqDwt_{e,f,m,i,s,mo}$
$FothqDwt_{e,i,s,mo}$	-	Mortalité par pêche projection ($t > 0$) "poids rejetés – Autres flottilles" (par espèce, âge, saison et cohorte)	$FothqDwt_{e,i,s,mo} = FqDwt_{e,i,s,mo} - \sum_{f,m} FqDwt_{e,f,m,i,s,mo}$

TABLE 12: Paramètres calculés SS3 pour le module "Mortalité par pêche"

Précisons enfin que les espèces dites "statiques" ne s'inscrivent pas dans ce module.

2.2 Module "Dynamique de populations"

2.2.1 Module principal

Ce module se charge d'opérer le calcul des indicateurs relatifs aux stocks des espèces considérées dynamiquement dans la simulation (XSA et SS3). En partant de la mortalité par pêche appliquée au stock et estimée en sortie du module décrit dans le chapitre précédent, il estime pour chaque pas de temps, et à partir d'un état initial, la mortalité totale, les effectifs totaux aux âges, la biomasse et la biomasse reproductrice résultantes. Notons qu'il est possible de définir dans le fichier de paramétrage un recrutement a priori par espèce pour les projections (cf première ligne du tableau 13). Toutefois, si le module "Recrutement" est activé (voir 2.2.2), le module principal fera appel à lui au cours de la simulation afin d'estimer $N_{e,i=0,t}$ pour tout instant non initial (fonctionnel uniquement pour la dynamique XSA)

- XSA
- Paramètres initiaux

Notation	Description	Source
$N_{e,i,t=0}$ et $N_{e,i=0,t}$	Effectifs initiaux en nombre par espèce et par âge, et effectifs des recrutements par espèce à l'instant t .	Stock Assessment
$M_{e,i}$	Taux de mortalité naturelle par espèce et par âge	Stock Assessment
$w_{e,i}$	Poids moyen dans le stock par espèce à l'âge i	Stock Assessment
$mr_{e,i}$	Taux de maturité dans le stock par espèce à l'âge i	Stock Assessment

TABLE 13: Paramètres initiaux XSA pour le module "Dynamique de populations"

- Variables calculées

Notation	Type	Description	Equation
$Z_{e,i,t}$	Sortie	Coefficient de mortalité totale (par espèce et âge à l'instant t). Entrée du module Captures.	$Z_{e,i,t} = M_{e,i} + \sum_{f,m} Fr_{ef,f,i,t} + Froth_{e,i,t}$
$N_{e,i,t}$	Sortie	Effectif en nombre du groupe d'âge i à l'instant t par espèce.	$N_{e,i+1,t+1} = N_{e,i,t} \cdot e^{-Z_{e,i,t}}$ <hr/> $N_{e,i+1,t+1} = N_{e,i,t} \cdot e^{-Z_{e,i,t}} + N_{e,i+1,t} \cdot e^{-Z_{e,i+1,t}}$ <p>pour le groupe d'âge +</p>
$B_{e,t}$	Sortie	Biomasse à l'instant t par espèce.	$B_{e,t} = \sum_i N_{e,i,t} \cdot w_{e,i}$
$SSB_{e,t}$	Sortie	Biomasse reproductrice à l'instant t par espèce.	$SSB_{e,t} = \sum_i N_{e,i,t} \cdot w_{e,i} \cdot mr_{e,i}$

TABLE 14: Paramètres calculés XSA pour le module "Dynamique de populations"

- SPiCT

- Paramètres initiaux

Notation	Description	Source
$B_{e,t=0}$	Biomasse à l'instant initial par espèce.	Stock Assessment
r_e	Taux de croissance intrinsèque par espèce.	Stock Assessment
K_e	Capacité de charge par espèce.	Stock Assessment
n_e	Paramètre de détermination de la forme de la courbe de production, par espèce.	Stock Assessment

TABLE 15: Paramètres initiaux SPiCT pour le module "Dynamique de populations"

- Variables calculées

Notation	Type	Description	Equation
$B_{e,t}$	Sortie	Biomasse à l'instant t par espèce.	$B_{e,t} = B_{e,t-1} \times \left(1 + \frac{r_e}{n_e - 1} \cdot \left(1 - \left[\frac{B_{e,t-1}}{K_e}\right]^{n_e-1}\right) - F_{e,t-1}\right)$

TABLE 16: Paramètres calculés SPiCT pour le module "Dynamique de populations"

- SS3

- Paramètres initiaux

Notation	Description	Source
$IniN_{e,i,s,mo,t=0}$	Effectifs initiaux en nombre par espèce et par âge, saison et cohorte.	Stock Assessment
$N_{e,i,s=1,mo,t=1}$	Effectifs de projection initiaux ($t > 0$, saison 1) en nombre par espèce, par âge et cohorte.	Stock Assessment
$N_{e,i=0,s,mo=s}$	Recrutement par saison en nombre.	Stock Assessment
$matWt_{e,i,mo}$	Poids moyen pondéré pour calcul de la SSB par espèce, âge et cohorte.	Stock Assessment
$M_{e,i,mo}$	Taux de mortalité naturelle par espèce, par âge et cohorte.	Stock Assessment

TABLE 17: Paramètres initiaux SS3 pour le module "Dynamique de populations"

• **Variables calculées** (pour $t > 0$. A $t = 0$, les versions "ini" des variables de mortalité sont utilisées)

Notation	Type	Description	Equation
$Z_{e,i,s,mo,t}$	Sortie	Coefficient de mortalité totale (par espèce et âge, saison, cohorte à l'instant t). Entrée du module <i>Captures</i> .	$Z_{e,i,s,mo,t} = M_{e,i,mo} + \sum_{f,m} Fq_{e,f,m,i,s,mo,t} + Fq_{e,i,s,mo,t}$
$auxiA_{e,i,s,mo,t}$	Interne	Variable de calcul intermédiaire.	$auxiA_{e,i,s,mo,t} = N_{e,i,s,mo,t} \times \exp^{-Z_{e,i,s,mo,t}/4}$
$N_{e,i,s,mo,t}$	Sortie	Effectif en nombre par espèce et âge, saison, cohorte à l'instant t.	$N_{e,i,s+1,mo,t} = auxiA_{e,i,s,mo,t} + N_{e,i,s+1,mo,t} \cdot 1_{i=0 \cap mo=s+1}$ si $s < 4$ $N_{e,i,s=1,mo,t+1} = auxiA_{e,i-1,s=4,mo,t} + auxiA_{e,i,s=4,mo,t} \cdot 1_{i='gp+'}$ sinon
$SSB_{e,t}$	Sortie	Biomasse reproductrice à l'instant t par espèce.	$SSB_{e,t} = \sum_{i,mo} matWt_{e,i,mo} \times N_{e,i,s=1,mo,t}$
$Fss3_{e,f,m,i}$	Sortie	Mortalité par pêche annuelle aux âges "captures en nombre" (par espèce, flottille, métier, âge)	$Fss3_{e,f,m,i} = \sum_s \frac{\sum_{mo} Fq_{e,f,m,i,s,mo} \times N_{e,i,s,mo}}{4 \times \sum_{mo} N_{e,i,s,mo}}$
$Fothss3_{e,i}$	Sortie	Mortalité par pêche annuelle aux âges "captures en nombre - Autres flottilles" (par espèce et âge)	$Fothss3_{e,i} = \sum_s \frac{\sum_{mo} Fq_{e,i,s,mo}}{4 \times \sum_{mo} N_{e,i,s,mo}}$

$Fbar_{e,t}$	Sortie	Taux de mortalité par pêche par espèce et âge.	$Fbar_{e,t} = \frac{1}{\sum_i p_{e,i}} \sum_i p_{e,i} \cdot (\sum_{f,m} Fss3_{e,f,m,i} + Fothss3_{e,i})$
--------------	--------	--	--

TABLE 18: Paramètres calculés SS3 pour le module "Dynamique de populations"

2.2.2 Module "Recrutement"

Le module "Recrutement" est une composante du module composite "Stochasticité/Bootstrap" qui va donner la possibilité à l'utilisateur de générer un recrutement pour une espèce donnée, de manière stochastique, et ce à tout instant non initial, qui sera intégré en tant qu'input du modèle (voir illustration sur le schéma 1). Ce module propose pour l'instant deux méthodes de génération de recrutement dit "aléatoire". L'utilisateur peut ainsi assigner à chacune des espèces modélisées un type de recrutement donné avec des paramètres qui lui sont propres.

La première méthode va gérer les recrutements issus de relations stock-recrutement. Elle permet, pour le moment, de choisir entre 5 types de relations paramétrables (recrutement moyen, de type Hockey Stick, Beverton & Holt, Ricker, et Shepherd), et autorise l'adjonction d'un bruit paramétrable.

La seconde option permet de procéder aux générations par tirage aléatoire. Il est alors possible de réaliser un tirage aléatoire dans un historique de recrutement renseigné dans le fichier de paramétrage (le tirage aléatoire pouvant s'effectuer indépendamment ou non par espèce), ou encore d'envisager le recrutement comme la réalisation d'une variable aléatoire de loi et de paramètre(s) choisis par l'utilisateur.

Précisons enfin que ce module "Recrutement" n'est pour le moment applicable que sur les dynamiques de type XSA.

2.3 Module "Captures, débarquements et rejets"

A l'inverse du module précédent qui s'appliquait essentiellement du point de vue du stock, le module ici abordé se place du point de vue de l'engin de pêche. Des indicateurs de captures (en nombre et en poids) calculés sont déduites les quantités retenues et les quantités rejetées. En outre, les données de captures sont disponibles pour deux niveaux d'agrégation, l'une intégrant ainsi les captures des flottilles et métiers non modélisés.

- XSA
- Paramètres initiaux

Notation	Description	Source
$wD_{e,i}$	Poids moyen des individus dans la fraction rejetée par espèce à l'âge i	Stock Assessment
$wC_{e,i}$	Poids moyen des individus dans la capture par espèce à l'âge i	Stock Assessment

TABLE 19: Paramètres initiaux XSA pour le module "Captures, débarquements et rejets"

- Variables calculées

Notation	Type	Description	Equation
$C_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Captures en nombre (par espèce, flottille, métier et âge, sur la période t).	$C_{e,f,m,i,t} = \frac{F_{e,f,m,i,t}}{Z_{e,i,t}} \times N_{e,i,t} \times (1 - e^{-Z_{e,i,t}})$
$C_{e,i,t}$	Sortie	Captures en nombre (par espèce et âge, sur la période t).	$C_{e,i,t} = \frac{\sum_{f,m} F_{e,f,m,i,t} + F_{oth_{e,i}}}{Z_{e,i,t}} \times N_{e,i,t} \times (1 - e^{-Z_{e,i,t}})$
$Y_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Captures en poids (par espèce, flottille, métier et âge, sur la période t).	$Y_{e,f,m,i,t} = w_{C_{e,i}} \times C_{e,f,m,i,t}$
$Y_{e,i,t}$	Sortie	Captures en poids (par espèce et âge sur la période t).	$Y_{e,i,t} = w_{C_{e,i}} \times C_{e,i,t}$
$D_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Rejets en poids (par espèce, flottille, métier et âge, sur la période t).	$D_{e,f,m,i,t} = d_{e,f,m,i} \times w_{D_{e,i}} \times C_{e,f,m,i,t}$ si $w_{D_{e,i}}$ disponible $D_{e,f,m,i,t} = d_{e,f,m} \times Y_{e,f,m,t}$ sinon
$L_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Débarquements en poids (par espèce, flottille, métier et âge, sur la période t). Entrée du module <i>Marché</i> .	$L_{e,f,m,i,t} = Y_{e,f,m,i,t} - D_{e,f,m,i,t}$

TABLE 20: Paramètres calculés XSA pour le module "Captures, débarquements et rejets"

• SPiCT

• Paramètres initiaux

Notation	Description	Source
$d_{e,f,m}$	Pourcentage de captures totales rejetées en poids (par espèce, flottille, métier)	Stock Assessment

TABLE 21: Paramètres initiaux SPiCT pour le module "Captures, débarquements et rejets"

• Variables calculées

Notation	Type	Description	Equation
$Y_{e,f,m,t}$	Sortie	Captures en poids (par espèce, flottille, métier sur la période t).	$Y_{e,f,m,t} = F_{e,f,m,t} \times B_{e,t}$
$Y_{e,t}$	Sortie	Captures en poids (par espèce sur la période t).	$Y_{e,t} = (\sum_{f,m} F_{e,f,m,t} + F_{roth_{e,t}}) \times B_{e,t}$

$D_{e,f,m,t}$	Sortie	Rejets en poids (par espèce, flottille, métier et âge, sur la période t).	$D_{e,f,m,t} = d_{e,f,m} \times Y_{e,f,m,t}$
$L_{e,f,m,t}$	Sortie	Débarquements en poids (par espèce, flottille, métier et âge, sur la période t). Entrée du module <i>Marché</i> .	$L_{e,f,m,t} = Y_{e,f,m,t} - D_{e,f,m,t}$

TABLE 22: Paramètres calculés SPiCT pour le module "Captures, débarquements et rejets"

• SS3

Notation	Type	Description	Equation
$C_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Captures en nombre (par espèce, flottille, métier et âge, sur la période t).	$C_{e,f,m,i,t} = \sum_{s,mo} \left(\frac{Fq_{e,f,m,i,s,mo,t}}{Z_{e,i,s,mo,t}} \times N_{e,i,s,mo,t} \times (1 - e^{-Z_{e,i,s,mo,t}/4}) \right)$
$C_{e,i,t}$	Sortie	Captures en nombre (par espèce et âge, sur la période t).	$C_{e,i,t} = \sum_{s,mo} \left(\frac{Fq_{e,f,m,i,s,mo,t} - M_{e,i,mo}}{Z_{e,i,s,mo,t}} \times N_{e,i,s,mo,t} \times (1 - e^{-Z_{e,i,s,mo,t}/4}) \right)$
$L_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Débarquements en poids (par espèce, flottille, métier et âge, sur la période t). Entrée du module <i>Marché</i> .	$L_{e,f,m,i,t} = \sum_{s,mo} \left(\frac{FqLwt_{e,f,m,i,s,mo,t}}{Z_{e,i,s,mo,t}} \times N_{e,i,s,mo,t} \times (1 - e^{-Z_{e,i,s,mo,t}/4}) \right)$
$D_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Rejets en poids (par espèce, flottille, métier et âge, sur la période t).	$D_{e,f,m,i,t} = \sum_{s,mo} \left(\frac{FqDwt_{e,f,m,i,s,mo,t}}{Z_{e,i,s,mo,t}} \times N_{e,i,s,mo,t} \times (1 - e^{-Z_{e,i,s,mo,t}/4}) \right)$
$Y_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Captures en poids (par espèce, flottille, métier et âge, sur la période t).	$Y_{e,f,m,i,t} = L_{e,f,m,i,t} + D_{e,f,m,i,t}$
$L_{e,i,t}$	Sortie	Débarquements en poids (par espèce, flottille, métier et âge, sur la période t). Entrée du module <i>Marché</i> .	$L_{e,i,t} = \sum_{s,mo} \left(\left(\frac{FqLwt_{e,f,m,i,s,mo,t}}{Z_{e,i,s,mo,t}} + \frac{FothqLwt_{e,i,s,mo,t}}{Z_{e,i,s,mo,t}} \right) \times N_{e,i,s,mo,t} \times (1 - e^{-Z_{e,i,s,mo,t}/4}) \right)$
$D_{e,i,t}$	Sortie	Rejets en poids (par espèce, flottille, métier et âge, sur la période t).	$D_{e,i,t} = \sum_{s,mo} \left(\left(\frac{FqDwt_{e,f,m,i,s,mo,t}}{Z_{e,i,s,mo,t}} + \frac{FothqDwt_{e,i,s,mo,t}}{Z_{e,i,s,mo,t}} \right) \times N_{e,i,s,mo,t} \times (1 - e^{-Z_{e,i,s,mo,t}/4}) \right)$

$Y_{e,i,t}$	Sortie	Captures en poids (par espèce et âge sur la période t).	$Y_{e,i,t} = L_{e,i,t} + D_{e,i,t}$
-------------	--------	--	-------------------------------------

TABLE 23: Paramètres calculés SS3 pour le module "Captures, débarquements et rejets"

- **Modèle statique**
 - **Paramètres initiaux**

Notation	Description	Source
$LPU E_{e,f,m}$	Débarquements moyens par unité d'effort en poids, par espèce, flottille et métier	SACROIS
$d_{e,f,m}$	Taux de rejets dans la partie capturée, par espèce, flottille et métier ($d_{e,f,m} < 1$)	OBSMER

TABLE 24: Paramètres initiaux "espèces statiques" pour le module "Captures, débarquements et rejets"

- **Variables calculées**

Notation	Type	Description	Equation
$statL_{e,f,m,t}$	Sortie	Débarquements en poids (par espèce, flottille, métier, sur la période t).	$statL_{e,f,m,t} = LPU E_{e,f,m,t} \times E_{f,m,t}$
$statD_{e,f,m,t}$	Sortie	Rejets en poids (par espèce, flottille, métier, sur la période t).	$statD_{e,f,m,t} = \frac{d_{e,f,m}}{1 - d_{e,f,m}} \times statL_{e,f,m,t}$
$statY_{e,f,m,t}$	Sortie	Captures en poids (par espèce, flottille, métier, sur la période t).	$statY_{e,f,m,t} = statL_{e,f,m,t} + statD_{e,f,m,t}$

TABLE 25: Paramètres calculés "espèces statiques" pour le module "Captures, débarquements et rejets"

- **Modélisation de l'obligation de débarquement (OD)**

Un modèle permettant de simuler l'application de mesures d'obligation de débarquement peut (ou non) être activé afin de compléter le module. Ce modèle et ses implications sur les indicateurs en sortie sont décrits ci-dessous.

- **Paramètres initiaux**

Notation	Description	Source
----------	-------------	--------

$dd1_{e,f,m}$	Taux de rejets "exemption" ou "non respect" par espèce, flottille, métier (en % de la capture totale de l'espèce considérée par flottille-métier)	-
$dd2_{e,f,m}$	Taux de rejets "exemption" ou "non respect" par espèce, flottille, métier (en % de la capture totale par flottille-métier)	-
$dd_{e,f,m}$	Taux de rejets "exemption" ou "non respect" finalement appliqué espèce, flottille, métier. qqs (e,f,m), $dd_{e,f,m} = dd1_{e,f,m}$ si $dd1_{e,f,m}$ renseigné, $dd_{e,f,m} = dd2_{e,f,m}$ sinon	-
OD_e	Indicatrice d'application de l'obligation de débarquement (1/0), par espèce. Prévaut sur la disponibilité de $dd1$ et $dd2$.	-
$dst_{e,f,m}$	Taux de rejets sous-taille par espèce statiques, en pourcentage du poids de rejets débarqués de l'espèce.	-

TABLE 26: Paramètres initiaux du modèle OD pour le module "Captures, débarquements et rejets"

• Variables calculées

Notation	Type	Description	Equation
$DD_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Rejets "rejetés" en poids (par espèce modélisée, flottille, métier, âge, sur la période t).	$DD_{e,f,m,i,t} = \frac{D_{e,f,m,i,t}}{\sum_i D_{e,f,m,i,t}} \times dd_{e,f,m} \sum_i Y_{e,f,m,i,t}$ si $OD_e = 1$ et $dd1_{e,f,m}$ renseigné, <hr/> $DD_{e,f,m,i,t} = \frac{D_{e,f,m,i,t}}{\sum_i D_{e,f,m,i,t}} \times dd_{e,f,m} \sum_i Y_{e,f,m,i,t}$ si $OD_e = 1$, $dd1_{e,f,m}$ non renseigné et $dd2_{e,f,m}$ renseigné, <hr/> $DD_{e,f,m,i,t} = D_{e,f,m,i,t}$ sinon
$LD_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Rejets "débarqués" en poids (par espèce modélisée, flottille, métier, âge sur la période t).	$LD_{e,f,m,i,t} = D_{e,f,m,i,t} - DD_{e,f,m,i,t}$

$statDD_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Rejets "rejetés" en poids (par espèce statique, flottille, métier, sur la période t).	$statDD_{e,f,m,t} = dd_{e,f,m} \times Y_{e,f,m,t}$ si $OD_e = 1$ et $dd1_{e,f,m}$ renseigné, <hr/> $statDD_{e,f,m,t} = dd_{e,f,m} \times \sum_e Y_{e,f,m,t}$ si $OD_e = 1$, $dd1_{e,f,m}$ non renseigné et $dd2_{e,f,m}$ renseigné, <hr/> $statDD_{e,f,m,t} = statD_{e,f,m,t}$ sinon
$statLD_{e,f,m,t}$	Sortie	Rejets "débarqués" en poids (par espèce statique, flottille, métier, sur la période t).	$statLD_{e,f,m,t} =$ $statD_{e,f,m,t} - statDD_{e,f,m,t}$
$statLDst_{e,f,m,t}$	Sortie	Rejets sous-taille "débarqués" en poids (par espèce statique, flottille, métier, sur la période t).	$statLDst_{e,f,m,i,t} =$ $statLD_{e,f,m,t} \times dst_{e,f,m,t}$
$statLDor_{e,f,m,i,t}$	Sortie	Rejets autres "débarqués" en poids (par espèce statique, flottille, métier, sur la période t).	$statLDor_{e,f,m,i,t} =$ $statLD_{e,f,m,t} - statLDst_{e,f,m,i,t}$

TABLE 27: Paramètres calculés du modèle OD pour le module "Captures, débarquements et rejets"

2.4 Module "Marché"

Le module Marché n'est pas seulement voué à simuler un modèle de prix moyen plus ou moins élaboré, mais va également servir de passerelle entre la partie biologique et la partie économique du modèle. Cette étape va être en effet caractérisée par deux actions affectant la définition intrinsèque de certaines variables issues de modules biologiques. D'une part, la déclinaison par âge mutera en une déclinaison par catégorie commerciale grâce à l'apport d'une clé âge/catégorie ($icat_{e,i,c}$). D'autre part, le niveau "métier" déclinant les paramètres économiques étant potentiellement différent de celui pour lesquelles les données biologiques sont définies, une matrice de recodage du niveau métier ($mat_{f,m1,m2}$) sera requise afin d'assurer la concordance des dimensions. L'utilisateur a le choix entre modéliser sa variable de prix ou la considérer constante sur un niveau de définition donné (par espèce et par catégorie, par exemple). Dans tous les cas de figure, les paramètres de prix seront déclarés dans un onglet spécifique "Marché" du fichier de paramétrage. Les tableaux ci-dessous décrivent un exemple de modèle de prix ; d'autres modèles s'ajouteront dans les développements futurs.

• Paramètres initiaux

Notation	Description	Source
----------	-------------	--------

$\alpha_{e,c}$	Constante du modèle de prix spécifique à chaque catégorie c	-
$\beta_{e,c}$	Elasticité prix de la catégorie c	-
$\gamma_{e,c}$	Elasticité de substitution de la catégorie c	-
$icat_{e,i,c}$	Matrice de conversion âge/catégorie par espèce : $P_e(c/i)$	-
$mat_{f,m1,m2}$	Matrice binaire d'appartenance : $(f \cap mtier1) \subset (f \cap mtier2)$	-
$P_{e,f,m,(c),t}$	Prix moyen par unité de poids (par espèce, flottille, métier (catégorie si espèce XSA ou SS3) à l'instant t). Entrée du module Economique utilisée si le modèle de prix n'est pas appliqué pour l'espèce en question.	SACROIS

TABLE 28: Paramètres initiaux pour le module "Marché"

• Variables calculées

Notation	Type	Description	Equation
$L_{e,f,m1,c,t}$	Interne	Captures en nombre (par espèce, flottille, métier "bio" et catégorie, sur la période t).	$L_{e,f,m1,c,t} = \sum_i (L_{e,f,m1,i,t} \times icat_{e,i,c})$
$L_{e,f,m,c,t}$	Sortie	Captures en nombre (par espèce, flottille, métier "éco" et catégorie, sur la période t). Entrée du module Economique	$L_{e,f,m,c,t} = \sum_{(f,m1) \perp mat_{f,m1,m}=1} L_{e,f,m1,c,t}$
$P_{e,c,t}$	Sortie	Prix moyen modélisé par unité de poids (par espèce et catégorie à l'instant t). Entrée du module Economique	$P_{e,c,t} = \alpha_{e,c} + \beta_{e,c} \times \ln\left(\sum_{f,m} L_{e,f,m,c,t}\right) + \gamma_{e,c} \times \ln\left(\sum_{f,m} L_{e,f,m,c,t}\right)$

TABLE 29: Paramètres calculés pour le module "Marché"

2.5 Module "Economique"

Hypothèses générales du module économique :

- modèle dynamique en temps discret (années)
- modèle déterministe (pour l'instant)
- le modèle utilise en entrée des paramètres issus des fiches "flottes" et des fiches "produits", ainsi que les outputs du modèle biologique. Une autre partie des paramètres d'entrée est générée par les calculs internes au modèle.
- le modèle utilise en entrée des paramètres exprimés en termes nominaux. Ces paramètres pourront aussi être exprimés en termes réels une fois l'inflation déduite (2.8% en 2008 ; indice général des prix à la consommation INSEE, coefficient de transformation de l'euro ou du franc d'une année en euro ou franc d'une autre année¹).

Description des variables en jeu et mise en équation du modèle économique :

- Notation : intitulé exact de la variable tel qu'il sera utilisé dans l'implémentation et à l'intérieur des fichiers de paramétrage
- Type(s) : statut de la variable au sein de l'organisation du modèle (E : entrée, C : calculée, EC : entrée calculée, I : calcul interne, S : sortie...)
- Description : description succincte de la variable
- Unité : unité utilisée dans le modèle (peut différer de l'unité employée dans un feuillet de paramétrage de stock, pourvu que le champ "multiplicateur" de ce même feuillet soit ajusté en conséquence)
- Équation : formulation de la variable en fonction de paramètres déjà déclarés (ne concerne que les variables calculées)

N	Notation	Type	Description	Unité	Equation
i1	$L_{e,f,m,c}$	EC (_{bio})	Débarquements totaux par flotte, métier, espèce (et catégorie)	tonnes	
i2	$P_{e,f,m,c}$	EC (_{marché})	Prix moyen par flotte, métier, espèce (et catégorie)	euro/kg	

1. <http://www.insee.fr/fr/themes/indicateur.asp?id=29&page=achatfranc.htm>

i3	θ_e	E	Multiplicateur (par espèce) à appliquer aux prix "débarquements" afin d'aboutir aux prix "rejets débarqués de taille commerciale". Inclus dans $[0;1]$.	-	
i4	$LD_{e,f,m,c}$	EC _(bio)	Rejets débarqués en poids, par flottille, métier, espèce modélisée et catégorie (taille et sous-taille)	tonnes	
i5	$statLDor_{e,f,m}$	EC _(bio)	Rejets débarqués "autres" en poids, par flottille, métier et espèce statique	tonnes	
i6	$statLDst_{e,f,m}$	EC _(bio)	Rejets débarqués "sous taille" en poids, par flottille, métier et espèce statique	tonnes	
i7	pst_e	E	Prix au kg de la partie "rejets débarqués sous taille" pour les espèces statiques	euro/kg	
i8	$nbvf$	E	Nombre de navires par flottille	nombre	

i9	$nbv_{f,m}$	E	Nombre de navires par flottille et métier	nombre	
i10	$lc_{f,m}$	E	Taxes de débarquements (en % du CA) par flottille et métier	%	
i11	$lcd_{f,m}$		Taxes de débarquements des rejets "sous taille" (en % du CA) par flottille et métier		
i12	$tripLgth_f$	E	Durée moyenne d'une marée par navire d'une flottille par an	heures	
i13	$tripLgth_{f,m}$	E	Durée moyenne d'une marée par navire d'une flottille-métier	heures	
i14	$nbTrip_f$	E	Nombre de marées annuel par navire d'une flottille	nombre	
i15	$nbTrip_{f,m}$	E	Nombre de marées annuel par navire d'une flottille-métier	nombre	
i16	$nbds_f$	E	Nombre de jours de mer par navire d'une flottille par an	jours	
i17	$nbds_{f,m}$	E	Nombre moyen de jours de mer par navire d'une flottille-métier et par an	jours	

i18	$effort1_f$	E	Première composante d'effort par navire d'une flottille par an	-	$nbTrip_{f(i14)}$ ou $nbd_{sf(i16)}$
i19	$effort1_{f,m}$	E	Première composante d'effort par navire d'une flottille-métier par an	-	$nbTrip_{f,m(i15)}$ ou $nbd_{sf,m(i17)}$
i20	$effort2_f$	E	Deuxième composante d'effort par navire d'une flottille par an	-	$tripLgth_{f(i12)}$ ou 1
i21	$effort2_{f,m}$	E	Deuxième composante d'effort par navire d'une flottille-métier par an	-	$tripLgth_{f,m(i13)}$ ou 1
i22	$Lref_{f,m}$	E	Débarquements totaux de référence par flottille et métier	tonnes	
i23	$cnb_{f,m}$	E	Effectif moyen par navire d'une flottille-métier	nombre	
i24	$ovc_{f,m}$	E	Autres coûts variables DCF déduits des coûts de débarquements ($lc_{f,m(i10)}$) par navire d'une flottille-métier	euro/an	
i25	$fc_{f,m}$	E	Coûts de carburant par navire d'une flottille-métier	euro/an	

i26	$vf_{f,m}$	E	Prix du carburant par navire d'une flottille-métier	euro/L	
i27	$csh_{r_{f,m}}$	E	Part équipage (ratio du RAP) par navire d'une flottille-métier	%RAP	
i28	csh_{r_f}	E	Part équipage (ratio du RAP) par navire d'une flottille	%RAP	
i29	cnb_f	E	Effectif moyen par navire d'une flottille	nombre	
i30	$pers_{c_f}$	E	Coûts de personnel initiaux par navire d'une flottille	euro/an	
i31	eec_f	E	Cotisations salariales totales par navire d'une flottille	euro/an	
i32	mwh	E	Salaire brut horaire minimum national	euro/an	
i33	rep_f	E	Coûts entretien et réparation par navire d'une flottille	euro/an	
i34	gc_f	E	Coût total engin par navire d'une flottille	euro/an	
i35	fix_{c_f}	E	Autres coûts fixes par navire d'une flottille	euro/an	
i36	FTE_f	E	ETP par navire d'une flottille	hommes	
i37	dep_f	E	Amortissements par navire d'une flottille	euro/an	

i38	ic_f	E	Coût d'opportunité du capital par navire d'une flottille	euro/an	
i39	K_f	E	Valeur d'assurance par navire d'une flottille	euro/an	
i40	inv_f	E	Coût d'investissement annuel par navire d'une flottille	euro/an	
i41	$FTE_{f,m}$	E	ETP par navire d'une flottille-métier	hommes	
i42	$perscCalc$	E	Mode de calcul de la variable "coût du personnel"	-	0 : salaires par marin fixés 1 : part équipage constante (cshr) 2 : part équipage constante calculée (ccwr) 3 : part équipage constante + salaire marin supplémentaire fixé (cshr) 4 : part équipage constante calculée + salaire marin supplémentaire fixé (ccwr)
i43	$GVLref_{f,m}$	E	CA moyen initial par navire d'une flottille-métier	euro/an	

TABLE 30: Paramètres initiaux pour le module "Economique"

N	Notation	Type	Description	Unité	Equation
p1	$ETini_{f,m}$	I	Efficacité initiale de tri en tonnage par heure et homme, par flottille-métier	tonnes/h.homme	$\frac{Lref_{f,m}}{nbvIni_{f,m} \cdot nbTripIni_{f,m}} \times \frac{1}{tripLgthIni_{f,m} \cdot cnbIni_{f,m}}$
p2	$ue_{f,m}$	EC	Unité d'effort annuelle par navire d'une flottille-métier	-	$effort1_{f,m(i19)} \cdot effort2_{f,m(i21)}$
p3	ue_f	EC	Unité d'effort annuelle par navire d'une flottille	-	$effort1_{f(i18)} \cdot effort2_{f(i21)}$
p4	$fvalue_{f,m}$	EC	Volume de carburant par unité d'effort et par navire d'une flottille-métier	L/ue	$\frac{fc_{f,m(i25)}}{vf_{f,m(i26)} \cdot ue_{f,m(p2)}}$
p5	$ovc_{ue_{f,m}}$	EC	Autres coûts variables par unité d'effort et par navire d'une flottille-métier	€/ue	$\frac{ovc_{f,m(i24)}}{ue_{f,m(p2)}}$
p6	$rtbs_f$	I	Reste à partager par navire d'une flottille	€/an	$\sum_m (GV Lref_{f,m(i43)} \cdot nbv_{f,m(i9)} \cdot (1 - lc_{f,m(i10)}) \cdot ovc_{f,m(i24)} \cdot fc_{f,m(i25)}) \times \frac{1}{nbv_{f(i8)}}$
p7	$ccwr_f$	EC	Part du coût de personnel en % du RAP par flottille	%	$\frac{persc_{f(i30)}}{rtbs_{f(t12)}}$
p8	$opersc_f$	EC	Autres coûts de personnel par navire d'une flottille	€/an	$persc_{f(i30)} \cdot cshr_{f(i28)} \cdot rtbs_{f(t12)}$

TABLE 31: Paramètres initiaux calculés pour le module "Economique"

N	Notation	Type	Description	Unité	Equation
t1	$GV Lcom_{e,f,m}$	C	CA total issu des espèces commercialisables, par flottille, métier et espèce	euro/an	$\frac{\sum_{c \neq 999} P_{e,f,m,c(i2)} \times L_{e,f,m,c(i1)} + \sum_{c \neq 999} \theta_{e(i3)} \times P_{e,f,m,c(i2)} \times LD_{e,f,m,c(i4)} \text{ si e modélisée}}{P_{e,f,m,c(i2)} \times L_{f,m,e(i1)} + \theta_{e(i3)} \times P_{e,f,m,c(i2)} \times statLDor_{f,m,e(i5)} \text{ si e statique}}$
t2	$GV Lst_{e,f,m}$	C	CA total issu des espèces sous-taille, par flottille, métier et espèce	euro/an	$\frac{\sum_{c \in 999} P_{e,f,m,c(i2)} \times L_{e,f,m,c(i1)} + \sum_{c \in 999} \theta_{e(i3)} \times P_{e,f,m,c(i2)} \times LD_{e,f,m,c(i4)} \text{ si e modélisée}}{pst_{e(i7)} \times statLDst_{e,f,m(i6)} \text{ si e statique}}$
t3	$GV Ltot_{e,f,m}$	C	CA total par flottille, métier et espèce	euro/an	$GV Lcom_{e,f,m(t1)} + GV Lst_{e,f,m(t2)}$
t4	$GV Ltot_{f,m}$	C	CA total par flottille et métier	euro/an	$\sum_e GV Ltot_{e,f,m(t3)}$
t5	$GV Lav_{f,m}$	C	CA moyen par navire d'une flottille-métier	euro/an	$\frac{GV Ltot_{f,m(t4)}}{nbv_{f,m(i9)}}$
t6	$GV Ltot_f$	C	CA total par flottille	euro/an	$\sum_m GV Ltot_{f,m(t4)}$
t7	$GV Lav_f$	C	CA moyen par navire d'une flottille	euro/an	$\frac{GV Ltot_{f(t6)}}{nbv_{f(i8)}}$
t8	$NGV Lav_{f,m}$	I	CA net par navire d'une flottille-métier	euro/an	$\frac{\sum_e GV Lcom_{e,f,m(t1)} \times (1 - lc_{f,m(i10)})}{nbv_{f,m(i9)}} + \frac{\sum_e GV Lst_{e,f,m(t2)} \times (1 - lcd_{f,m(i11)})}{nbv_{f,m(i9)}}$
t9	$cnb_{f,m}$	C	Réévaluation de l'équipage en fonction de la production, par navire d'une flottille-métier	hommes	$\frac{\sum_{e,c} (L_{e,f,m,c(i1)} + LD_{e,f,m,c(i4)})}{ETini_{f,m(p1)} \times nbv_{f,m(i9)} \times 1} \times \frac{1}{nbTrip_{f,m(i15)} \times tripLgth_{f,m(i13)}}$

t10	cnb_f	C	Réévaluation de l'équipage en fonction de la production, par navire d'une flottille	hommes	$\frac{\sum_m (cnb_{f,m(t9)} \times nbv_{f,m(i9)} \times nbTrip_{f,m(i15)} \times tripLgth_{f,m(i13)}) \times \frac{1}{nbv_{f(i8)}} \times \frac{1}{1}}{nbTrip_{f(i14)} \times tripLgth_{f(i12)}}$
t11	$rtbs_{f,m}$	C	Reste à partager par navire d'une flottille-métier	euro/an	$NGVLav_{f,m(t8)} - (ovcue_{f,m(p5)} + fvolve_{f,m(p4)} \times v_{f,m(i26)}) \times ue_{f,m(p2)}$
t12	$rtbs_f$	C	Reste à partager par navire d'une flottille	euro/an	$\frac{\sum_m (rtbs_{f,m(t11)} \times nbv_{f,m(i9)})}{nbv_{f(i8)}}$
t13	$cshrT_{f,m}$	C	Part équipage par navire d'une flottille-métier	euro/an	$cshr_{f,m(i27)} \times rtbs_{f,m(t11)} \text{ si } perscCalc = 0 \text{ ou } 1, \text{ NA sinon)}$
t14	$cshrT_f$	C	Part équipage par navire d'une flottille	euro/an	$cshr_{f(i28)} \times \frac{rtbsIni_{f(t12)}}{cnbIni_{f(t10)}} \times cnb_{f(t10)} \text{ si } perscCalc_{(i42)} = 0 \text{ (salaires par marin fixé)}$ <hr/> $cshr_{f(i28)} \times rtbs_{f(t12)} \text{ si } perscCalc_{(i42)} = 1 \text{ (part équipage constante)}$ <hr/> $ccwr_{f(p7)} \times rtbs_{f(t12)} \text{ si } perscCalc_{(i42)} = 2 \text{ (part équipage constante)}$ <hr/> $cshr_{f(i28)} \times (rtbs_{f(t12)} + \frac{rtbsIni_{f(t12)}}{cnbIni_{f(t10)}} \times (cnb_{f(t10)} - cnbIni_{f(t10)})) \text{ si } perscCalc_{(i42)} = 3 \text{ (salaires marin suppl. fixé)}$ <hr/> $ccwr_{f(p7)} \times (rtbs_{f(t12)} + \frac{rtbsIni_{f(t12)}}{cnbIni_{f(t10)}} \times (cnb_{f(t10)} - cnbIni_{f(t10)})) \text{ si } perscCalc_{(i42)} = 4 \text{ (salaires marin suppl. fixé)}$
t15	$ncshr_f$	C	Part équipage nette par navire d'une flottille	euro/an	$cshrT_{f(t14)} - eec_{f(i31)}$

t16	ocl_f	C	Coût d'opportunité du travail par navire d'une flottille	euro/an	$mwh_{(i32)} \times cnb_{f(t10)} \times nbTrip_{f(i14)} \times tripLgth_{f(i12)}$
t17	cs_f	C	Surplus de l'équipage par navire d'une flottille	euro/an	$ncshr_{f(t15)} - ocl_{f(t16)}$
t18	$csTot_f$	C	Surplus total de l'équipage d'une flottille	euro/an	$cs_{f(t17)} \times nbv_{f(i8)}$
t19	gva_f	C	Valeur Ajoutée Brute pour un navire d'une flottille	euro/an	$rtbs_{f(t12)} - rep_{f(i33)} - gc_{f(i34)} - fixc_{f(i35)}$
t20	$gvamargin_f$	C	Ratio valeur ajoutée brute / CA d'un navire moyen d'une flottille	-	$\frac{gva_{f(t19)}}{GVLav_{f(t7)}}$
t21	$gvaFTE_f$	C	Ratio valeur ajoutée brute / ETP d'un navire moyen d'une flottille	-	$\frac{gva_{f(t19)}}{FTE_{f(i36)}}$
t22	ccw_f	C	Coûts de personnel moyens par navire d'une flottille	euro/an	$\frac{cshrT_{f(t14)} + oper_{sc_{f(p8)}}}{\text{si } perscCalc_{(i42)} = 0, 1 \text{ ou } 3}$ $\frac{cshrT_{f(t14)}}{\text{si } perscCalc_{(i42)} = 2 \text{ ou } 4}$
t23	$ccwCr_f$	C	Coûts du personnel par marin	euro/an	$\frac{ccw_{f(t22)}}{cnb_{f(t10)}}$
t24	$wageg_f$	C	Salaire brut par marin	euro/an	$\frac{cshrT_{f(t14)}}{cnb_{f(t10)}}$
t25	$wagen_f$	C	Salaire net par marin	euro/an	$\frac{ncshr_{f(t15)}}{cnb_{f(t10)}}$
t26	$wagegFTE_f$	C	Salaire brut par marin / ETP	-	$\frac{wageg_{f(t24)}}{FTE_{f(i36)}}$
t27	$wagegh_f$	C	Salaire horaire brut par marin	euro/h	$\frac{wagegFTE_{f(t26)}}{nbTrip_{f(i14upd)} \times tripLgth_{f(i12upd)}}$

t28	gp_f	C	Excédent brut d'exploitation par navire d'une flottille	euro/an	$gva_{f(t19)} - ccw_{f(t22)}$
t29	$gpmargin_f$	C	Ratio excédent brut d'exploitation / CA d'un navire moyen d'une flottille	-	$\frac{gp_{f(t28)}}{GVLav_{f(t7)}}$
t30	ncf_f	C	Excédent net d'exploitation par navire d'une flottille	euro/an	$gp_{f(t28)} - dep_{f(i37)}$
t31	np_f	C	Résultat net d'exploitation par navire d'une flottille	euro/an	$ncf_{f(t30)} - ic_{f(i38)}$
t32	$npmargin_f$	C	Ration résultat net d'exploitation / CA d'un navire moyen d'une flottille	-	$\frac{np_{f(t31)}}{GVLav_{f(t7)}}$
t33	$prof_f$	C	Profitabilité totale par navire d'une flottille	-	<p>"Hight" : si $npmargin_{f(t32)} > 10\%$</p> <hr/> <p>"Reasonable" : si $npmargin_{f(t32)} \in [0\%; 10\%]$</p> <hr/> <p>"Weak" : si $npmargin_{f(t32)} < 0\%$</p>
t34	$npmargin - Trend_f$	C	Development trend sur le RNE	-	<p>$\frac{npmargin_{f(t32)}}{\frac{1}{5} \sum_{T \in \{T-5, \dots, t-1\}} npmargin_{f(t32)}}$</p> <p>"Improved" : si $devTrend > 6\%$</p> <hr/> <p>"Stable" : si $devTrend \in [-5\%; 6\%]$</p> <hr/> <p>"Deterioration" : si $devTrend < -5\%$</p>
t35	$ssTot_f$	C	Surplus total de l'armateur d'une flottille	euro/an	$gp_{f(t28)} \times nbv_{f(i8)}$

t36	ps_f	C	Surplus total du producteur d'une flottille	euro/an	$nbv_{f(i8)} \times (cs_{f(t17)} + gp_{f(t28)})$
t37	sts_f	C	Surplus de l'État associé à une flottille	euro/an	$\sum_m lc_{f,m(i10)} \times GVLav_{f,m(t5)} \times nbv_{f,m(i9)}$
t38	BER_f	C	Break Even Revenue	euro/an	$\frac{GVLtot_f(t6) \times nbv_{f(i8)}}{\sum_m rtbs_{f,m(t11)} \times nbv_{f,m(i9)} (fixc_{f(i35)} + ic_{f(i38)} + dep_{f(i37)})} \times$
t39	$CRBER_f$	C	Ratio Revenu / BER d'un navire moyen d'une flottille	-	$\frac{GVLav_{f(t7)}}{BER_{f(t38)}}$
t40	$fuelEff_f$	C	Ratio Volume de carburant / Débarquements totaux d'un navire d'une flottille	-	$\frac{\sum_m fvalue_{f,m(p4)} \times ue_{f,m(p2)} \times nbv_{f,m(i9)} \times 1/(\sum_{m,e,c} (L_{e,f,m,c(i1)} + LD_{e,f,m,c(i4)}) + \sum_{m,e} (L_{e,f,m,c(i1)} + statLDor_{e,f,m(i5)} + statLDst_{e,f,m(i6)}))}{}$
t41	$fvolGVA_f$	C	Ratio volume de carburant / valeur ajoutée brute d'un navire moyen d'une flottille	-	$\frac{\sum_m fvalue_{f,m(p4)} \cdot ue_{f,m(p2)}}{gva_{f(t19)}}$
t42	$gpGVA_f$	C	Ratio excédent brut d'exploitation / valeur ajoutée brute d'un navire moyen d'une flottille	-	$\frac{gp_{f(t28)}}{gva_{f(t19)}}$
t43	$gvlK_f$	C	Ratio CA / valeur d'assurance d'un navire moyen d'une flottille	-	$\frac{GVLav_{f(t7)}}{K_{f(i39)}}$

t44	gpK_f	C	Ratio excédent brut d'exploitation / valeur d'assurance d'un navire moyen d'une flottille	-	$\frac{gp_f(t_{28})}{K_f(i_{39})}$
t45	$RoFTA_f$	C	Rate of Return on Fixed Tangible Assessed	-	$\frac{ncf_f(t_{30})}{K_f(i_{39})}$
t46	ROI_f	C	Return Of Investment	-	$\frac{gp_f(t_{28}) - inv_f(i_{40})}{inv_f(i_{40})}$
t47	$ratio_{np}K_f$	C	Ratio résultat net d'exploitation / valeur d'assurance d'un navire moyen d'une flottille	-	$\frac{np_f(t_{31})}{K_f(i_{39})}$
t48	$gvlCNBue_f$	C	Ratio CA / effectif moyen / unité d'effort d'un navire moyen d'une flottille	-	$\frac{GVLav_f(t_7)}{cnb_f(t_{10}) \times ue_f(p_3)}$

TABLE 32: : Paramètres calculés pour le module "Economique"

2.6 Module "Scénario"

$$\frac{\sum_m fvalue_{f,m}(p_4) \times ue_{f,m}(p_2) \times nbv_{f,m}(i_9)}{\sum_{m,e,c} (Le_{f,m,c}(i_1) + LD_{e,f,m,c}(i_4)) + \sum_{m,e} (Le_{f,m,c}(i_1) + statLD_{ore,f,m}(i_5) + statLD_{ste,f,m}(i_6))}$$

Le module "Scénario" va permettre à l'utilisateur d'intervenir à sa convenance sur le cours de la simulation en modulant un certain nombre de paramètres. L'action peut s'opérer sur n'importe quel paramètre initial ainsi que sur quelques paramètres internes au modèle, et ce à n'importe quel instant de la projection (hormis l'instant initial). On rappelle en outre que chaque scénario est renseigné dans un onglet spécifique du fichier de paramétrage, accompagné d'une déclaration des actions à opérer (quelle(s) modulation(s) sur quelle(s) dimension(s) de quel(s) paramètre(s) et à quel(s) instant(s) de la simulation). Les paramètres internes sur lesquels il est, pour le moment, possible d'agir via le module "Scénario" incluent la mortalité ventilée ($F_{e,f,m,i}$), la mortalité "autres flottilles et autres métiers" ($F_{oth_{e,i}}$), et le chiffre d'affaires "autres espèces" ($CA_{oth_{f,m_{eco}}}$ et $CA_{oth_{f}}$).

Les différentes actions sur les variables sont renseignées comme une variable du modèle à part entière, c'est-à-dire sous la forme d'une table de valeurs (dans ce cas, des multiplicateurs appliqués aux données) intégrant les dimensions d'application (flottille, métier, âge,...), le nom de la variable impliquée, et enfin le nom du scénario dans lequel l'action devra s'opérer. Bien

entendu, il est nécessaire que les dimensions de l'action coïncident avec les dimensions de la variable ciblée : on ne définira pas une action sur la dimension "métier" pour intervenir sur une variable de simple dimension "flottille". L'inclusion (mais pas nécessairement l'égalité) des dimensions "action" dans les dimensions "cible" sera donc requise. Seule la dimension temporelle pourra être intégrée dans la définition des actions sans pour autant que la variable cible n'en possède une (variable constante au cours du temps). On pourra en complément se référer à la seconde partie dans laquelle on décrira plus précisément l'onglet "Scénario" du fichier de paramétrage.

La revalorisation d'une variable dans le cadre d'un scénario est une action irrémédiable : cela signifie que la variable conserve sa nouvelle valeur à partir de cet instant, et ce jusqu'à une hypothétique prochaine intervention. Pour illustrer ce mode de fonctionnement, prenons un exemple simple. Soit une variable "prix moyen" initiale d'une valeur de 10 euros. Supposons qu'on veuille simuler deux scénarios distincts : le premier simulant une baisse de 10% du prix moyen à l'instant t et $t + 1$, et le second simulant une baisse de 1 euro du prix moyen aux mêmes instants. Ainsi, le premier scénario fera intervenir un multiplicateur de valeur 0,9 à t et $t + 1$, alors que le second appliquera un multiplicateur de valeur 0,9 à t et de valeur 0,8888 à $t + 1$.

2.7 Module "Gestion"

Le module permet en l'état actuel de moduler l'effort de pêche total simulé (en jouant sur les variables de contrôle que sont l'effort (en nombre de jours de mer) ou le nombre de navires), ainsi que la mortalité par pêche des flottilles non modélisées. On peut de cette manière exercer un contrôle sur toutes les composantes de la mortalité par pêche appliquée à un stock donné. Cette modulation s'opère avec pour objectif d'atteindre des valeurs données d'une variable "cible". Il est pour le moment possible d'ajuster les variables de contrôle en vue d'atteindre une valeur de TAC (captures) ou une valeur de F_{bar} , moyenne pondérée de la mortalité par pêche (voir 2.1.3). L'ajustement peut se faire de façon homogène sur toutes les flottilles modélisées (variations de même proportion quelles que soient les flottilles), ou bien être obtenu par des variations distinctes de l'effort par flottille (la répartition des "efforts" consentis par chaque flottille étant renseignée par l'utilisateur au moyen d'une donnée de pondération), permettant par exemple d'allouer la réduction de mortalité par pêche par flottille en fonction de leur dépendance à une espèce ou de leur contribution à la mortalité par pêche d'une espèce. On exposera en détail les multiples options disponibles dans la partie 3 consacrée à l'utilisation du modèle.

La représentation schématique de la figure 2 retrace le mode de fonctionnement actuel du module de gestion pour les options "atteinte de TAC" et "atteinte de F_{bar} ". Le module de gestion intègre un algorithme de résolution qui vise à estimer le multiplicateur μ qui sera appliqué aux pondérations des variables de contrôles m_F (par flottille, appliquées au nombre de navires ou au nombre de jours de mer) et m_{Oth} (valeur unique appliquée à la mortalité par pêche "autres flottilles, autres métiers"), avant qu'elles mêmes soient appliquées aux variables de contrôles "initiales" (en fait issues de la simulation à l'instant précédent). Des variables de contrôle réévaluées (out) sont déduites les valeurs des variables "cible", qui peuvent être comparées avec les valeurs demandées. Les réitérations s'interrompent une fois la convergence de l'algorithme d'ajustement obtenue.

Les perspectives quant à l'enrichissement du module par de nouvelles options de gestion (potentiellement apportées par l'intermédiaire d'un module complémentaire de simulation de comportement) sont très nombreuses. Il est ainsi envisageable d'offrir la possibilité de définir

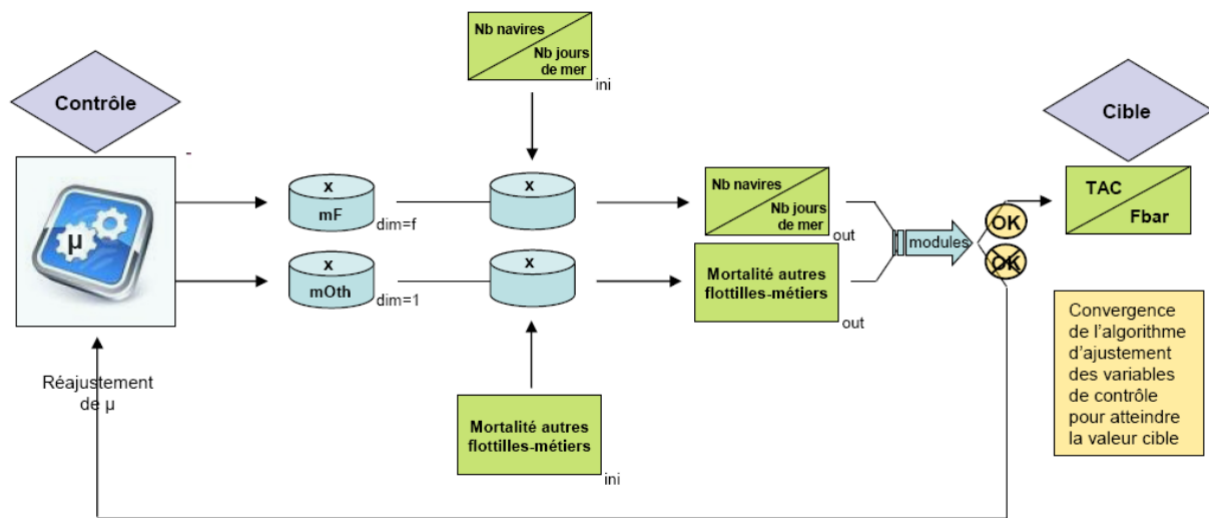


FIGURE 2 – Fonctionnement du module "Gestion" pour les options d'atteinte de TAC et de Fbar

des règles de variation des multiplicateurs (par exemple, en fonction de la rentabilité), ou de multiplier les paramètres "cible" (ajout de la SSB,...), ou encore d'intégrer des contraintes sur les variations d'une année sur l'autre ou sur les valeurs limites des paramètres affectés (variation annuelle majorée de TAC, seuil minimal acceptable pour l'EBE,...).

2.8 Module "Réplicat"

Le rôle de ce module est d'intégrer une variabilité dans les sorties du modèle en tirant parti des incertitudes considérées pour certaines variables (par le biais du module "Stochasticité", l'illustration évidente étant la donnée de recrutement). Comme son nom l'indique, il va procéder par réplication multiple des simulations afin d'obtenir pour chaque indicateur un jeu de valeurs permettant, par exemple, d'aboutir à l'estimation d'une moyenne, d'une variance, ou bien encore d'un intervalle de confiance des projections.

Une schématisation de la façon dont le modèle actuel fait collaborer les modules "Recrutement" et "Réplicat" (auss appelé abusivement "Bootstrap") est représentée en figure 3. On distingue d'abord parmi les paramètres d'entrée les variables qui évolueront entre deux répétitions (variables stochastiques) de celles qui resteront inchangées (variables non stochastiques). Comme on l'a vu précédemment, les variables stochastiques peuvent être de trois types : des variables issues d'un tirage aléatoire dans un historique (avec possibilité de pondérer les éléments le composant), des variables incarnant une réalisation d'une variable aléatoire donnée avec des paramètres donnés, et un cas particulier de variable (de recrutement) issue d'une relation Stock-Recrutement avec addition d'un bruit paramétré. Toutes ces variables prennent part à la simulation opérée par le modèle bio-économique, et si le module "Bootstrap" est activé, un certain nombre d'itérations (déterminé par l'utilisateur) est effectué, chaque sortie étant ainsi conservée en vue des traitements post visant à considérer (ou simplement à estimer) leur variabilité.

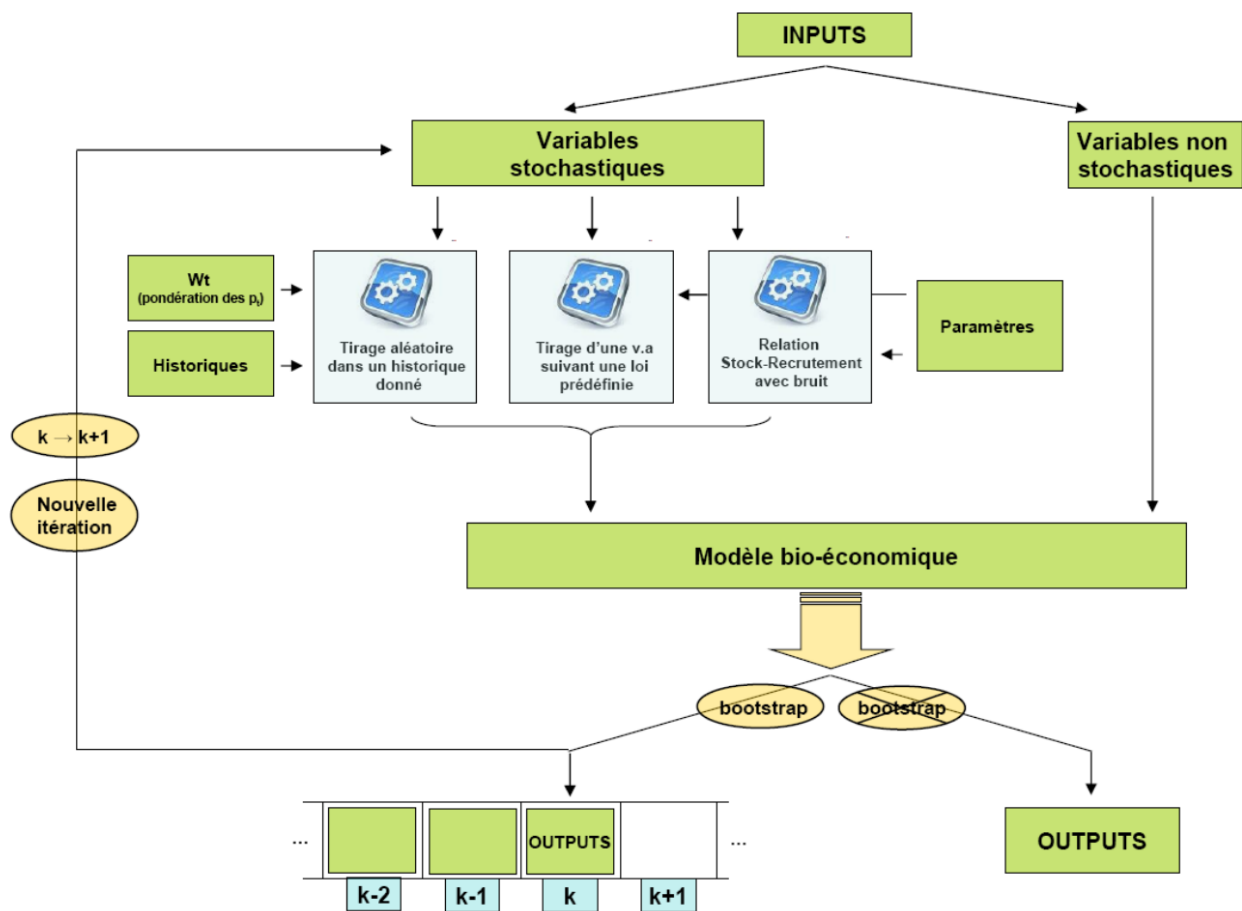


FIGURE 3 – Fonctionnement des modules "Recrutement" et "Bootstrap"