



## Evolution de l'abondance de *Pseudotolithus elongatus* en Guinée / Guinée-Bissau

Mohamed Soumah <sup>1</sup>, Ousmane Camara <sup>1</sup>, Ibrahim Diallo <sup>1</sup>, Didier Jouffre <sup>2</sup>, Jeremias Francisco Intchama <sup>3</sup>, Josepha Pinto <sup>3</sup>, Beyah Meissa <sup>4</sup>, Florian Quemper <sup>5</sup>, Didier Gascuel <sup>5</sup> et Jérôme Guitton <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Centre National des Sciences Halieutiques de Boussoura (CNSHB), Conakry, République de Guinée.

<sup>2</sup> IRD (Institut de Recherche pour le Développement), MARBEC/ France.

<sup>3</sup> Centre d'Investigation des Pêches Appliquées (CIPA), Bissau, Guinea-Bissau.

<sup>4</sup> Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et de Pêches (IMROP), Nouakchott, Mauritanie.

<sup>5</sup> UMR DECOD (Dynamique et Durabilité des Ecosystèmes), INRAE, Institut Agro Rennes-Angers, IFREMER, Rennes, France

Rapport réalisé dans le cadre du projet Européen DEMERSTEM



## Table des matières

Résumé exécutif.....	3
1. Introduction .....	4
1.1. Méthode delta-GLM .....	4
1.2. Biologie de l'espèce .....	5
2. Analyse des données des campagnes scientifiques.....	6
2.1 Description de la donnée scientifique.....	6
2.2. Construction du modèle d'abondance .....	8
2.2.1. Modèle de présence/absence.....	8
2.2.2. Modèle des densités positives (IA+) .....	9
2.2.3. Couplage des modèles de présence/absence et des densités positives.....	11
3. Analyse des données de pêche artisanale (Guinée).....	13
3.1. Description de la donnée commerciale (PA) .....	13
3.2. Construction du modèle d'abondance .....	14
3.2.1. Modèle de présence/absence.....	14
3.2.2. Modèle des densités positives (IA+) .....	16
3.2.3. Couplage des modèles de présence/absence et des densités positives.....	18
4. Analyse des données de pêche industrielle (Guinée) .....	20
4.1 Description de la donnée commerciale (PI).....	20
4.2. Construction du modèle d'abondance .....	21
4.2.1. Modèle de présence/absence.....	21
4.2.2. Modèle des densités positives (IA+) .....	23
4.2.3. Couplage des modèles de présence/absence et des densités positives.....	24
5. Agrégation des indices d'abondance .....	26
5.1. Standardisation et dérivées de puissances des pêches .....	26
5.2. Indices d'abondances finaux.....	28
Références bibliographiques .....	30
<b>ANNEXES</b> .....	<b>31</b>

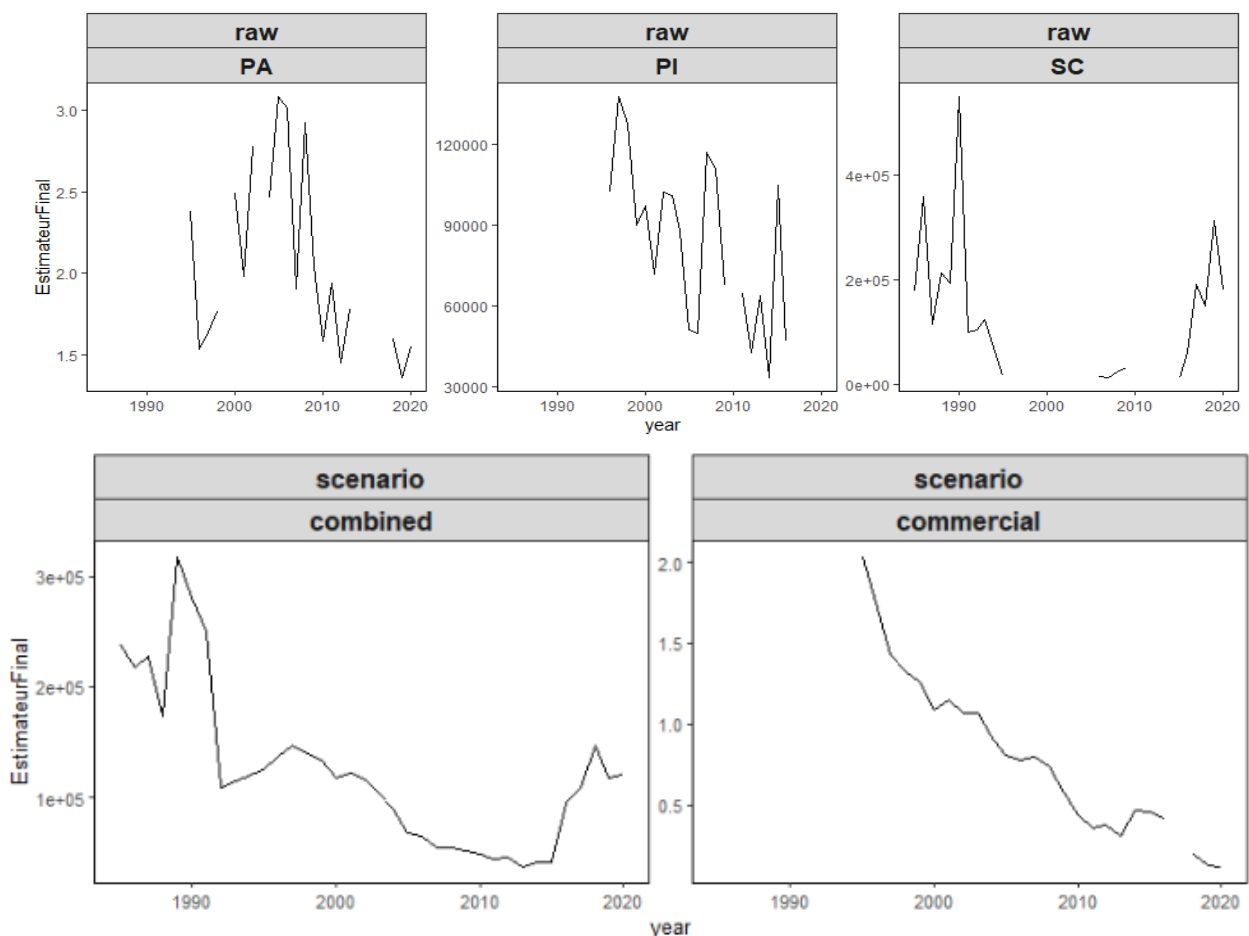
## Résumé exécutif

Le présent document décrit l'utilisation des modèles linéaires généralisés (GLM) pour la création d'indices d'abondance du stock de bobo (*Pseudotolithus elongatus*) dans la zone Guinée/Guinée-Bissau. Les modèles GLM permettent de prendre en compte les variations de protocole d'échantillonnage dans l'observation des captures des flottilles de pêche concernées. Les données utilisées proviennent, d'une part des campagnes scientifique démersales réalisées en Guinée et Guinée-Bissau depuis les années 1980, et d'autre part des données de captures et d'effort des pêcheries artisanales et industrielles maritimes collectés depuis 1995 en Guinée.

Le document décrit la démarche utilisée pour identifier les strates d'échantillonnage les plus pertinentes à intégrer aux modèles selon :

- Des critères statistiques de pourcentage de variance expliqué par la strate
- Une expertise des scientifiques locaux pour identifier les populations statistiques (engin par exemple pour les flottilles artisanales) qui sont les plus à même de refléter l'abondance réelle du stock.

Une fois le modèle défini, nous avons pu produire 5 indices d'abondance : 3 indices bruts issus des données scientifiques et commerciales (Artisanales et Industrielles) et 2 séries combinant ces indices 'bruts' selon des scénarios combinant ou non la donnée scientifique aux autres séries d'IA (commercial et combiné)



# 1. Introduction

## 1.1. Méthode delta-GLM

Les indices d'abondances sont généralement estimés à partir des données d'observations issues des campagnes scientifiques, ou à partir des statistiques de pêches issues des flottilles commerciales. Dans un cas comme dans l'autre, estimer des indices d'abondance reste cependant une tâche relativement complexe, compte tenu notamment de plan d'échantillonnage souvent fortement déséquilibrés. Dès lors, force est de constater que bien souvent les méthodes utilisées ne sont pas statistiquement optimales, ce qui peut conduire à des estimations biaisées et/ou à des incertitudes très fortes (Meissa et al, 2008).

Dans le présent travail une méthode statistique basée sur les Modèles Linéaires Généralisés (GLM) est présentée. Elle est mise en œuvre pour estimer une série annuelle d'indices d'abondance standardisés, à partir des captures par unités d'effort (CPUE) des flottilles commerciales, ou à partir des indices d'abondances issus des campagnes scientifiques.

Les GLM sont une extension du Modèle linéaire (LM) dont l'utilisation est limitée à certaines conditions, notamment la normalité des résidus, condition rarement respectée dans l'analyse des données halieutiques. Cependant, le principe reste le même que celui de l'analyse par modèle LM et consiste à faire le lien entre des variables à expliquer (réponses) et des variables explicatives (Meissa et al, 2008).

La modélisation des CPUE permet de prendre en compte les variations spatio-temporelles de la disponibilité de la ressource. Pour les CPUE commerciales, cela permet aussi de considérer les différences de puissance de pêche des catégories de navires qui peuvent avoir des effets significatifs sur la CPUE (e.g. puissance motrice du navire, type de conservation, licence de pêche...).

Le nombre important d'observations nulles dans les CPUE (e.g. « zero-inflated data ») empêche souvent l'utilisation d'un modèle de type LM pour modéliser les effets des différents facteurs (année, engin, zone, type de navire...). Pour y remédier, une solution est de réaliser un modèle de type Delta (Stefansson 1996, Le Pape et al. 2003). Ce modèle est obtenu en combinant deux sous-modèles : i) un premier modèle pour modéliser l'absence et la présence de l'espèce dans les traits de chalut ; ii) l'autre pour modéliser les valeurs positives des CPUE (Meissa et al, 2013).

### **Sous modèle 1 : Distribution binomiale de présence-absence**

Un sous-modèle de présence/absence permet l'estimation de la probabilité de présence de l'espèce dans chaque trait de chalut. Le GLM sous hypothèse d'une distribution binomiale s'écrit :

$$Z_{t,j,k,l} = \text{logit}(p_{t,j,k,l}^{>0}) \quad (1.a)$$

avec

$$Z_{t,j,k,l} = \mu_0 + \phi_t + \beta_j + \gamma_k + \delta_l \quad (1.b)$$

où  $p_{t,j,k,l}$  est l'espérance de la probabilité de présence de l'espèce considérée,  $t, j, k, l$  étant utilisés pour indiquer les niveaux de chaque variable (année  $t$ , region  $j$ , strate bathymétrique  $k$ , saison  $l$ ). Ce modèle peut être élargi à d'autres variables explicatives. La prédiction de la probabilité de présence est obtenue par transformation inverse logit :

$$p_{t,j,k,l}^{>0} = \frac{e^{Z_{t,j,k,l}}}{1 + e^{Z_{t,j,k,l}}} \quad (2)$$

## Sous modèle 2 : Distribution gaussienne du log des CPUE pour les observations non nulles

Ce sous-modèle permet l'analyse des observations non-nulles (correspondant à une CPUE positive, noté  $IA^+$ ). Dans un premier temps, une transformation logarithmique est appliquée sur les données afin d'homogénéiser les variances et de tenir compte de la nature multiplicative des effets étudiés. On suppose que la réponse  $\log(IA)$  suit un modèle linéaire du type :

$$U_{t,j,k,l} = \log(IA_{t,j,k,l}^+) = \mu_0 + \phi_t + \beta_j + \gamma_k + \delta_l \quad (3)$$

où  $p_{t,j,k,l}$  est la capture par unité d'effort. Afin de revenir à l'échelle initiale des CPUE, une transformation logarithmique inverse est effectuée en tenant compte de la correction de Laurent (1963) qui permet d'obtenir des valeurs non biaisées de l'espérance de l'indice d'abondance ( $IA$ ) :

$$IA_{t,j,k,l}^+ = \exp(\hat{U}_{t,j,k,l} + \frac{\sigma^2}{2}) \quad (4)$$

## Combinaison des deux sous-modèles

Les indices d'abondances annuels prédits par le modèle delta ( $IA$ ) sont obtenus en moyennant le produit des probabilités de présences et des CPUE prédites pour les observations non nulles :

$$IA_t = \overline{\sum_{j,kl} (p_{t,j,k,l}^{>0} \cdot IA_{t,j,k,l}^+)} \quad (5)$$

## 1.2. Biologie de l'espèce

*Pseudotolithus elongatus*, commercialement appelé "bobo" en Guinée ou "bossu" en Afrique de l'ouest, est caractéristique de la sous-communauté à Sciaenidés d'estuaire (Figure 1). Le Guen (1971) a largement débattu des relations du bobo avec son environnement et montré que la présence de *P. elongatus* est toujours liée à celle d'une zone de dessalure. En effet, on le trouve dans les estuaires ou à proximité de ceux-ci et à la sortie des lagunes. Domain (1989) note les zones de concentration de cette espèce au voisinage des principaux apports d'eau douce dans la zone côtière guinéenne : Rio Compony et Rio Nunez au nord, Konkouré au nord de Conakry et Mellacorée au sud. Ce poisson bien qu'inféodé à la dessalure, semble aussi tolérer de grandes variations de salinité. Des bossus ont été ainsi pêchés entre 8 et 40 mètres de profondeur, dans des eaux à salinité différente : 36 g/L près de l'estuaire du fleuve Congo et 1 g/L dans le fleuve Kouilou (Le Guen 1971). *P. elongatus* est donc très euryhalin. Par ailleurs, sa distribution bathymétrique montre que les jeunes individus sont très côtiers alors que les gros individus s'éloignent le plus souvent des zones d'estuaires. Des bobos ont été ainsi pêchés jusqu'à des fonds de 37 mètres en Guinée. Le Guen (1971) précise que les fonds les plus éloignés de l'estuaire, où l'on rencontre quelques gros individus dans des eaux à salinité supérieure à 35 g/L, peuvent être considérés comme la bordure marginale de la répartition du *P. elongatus*. Enfin, Chabanne (1987) note que le bossu, comme la plupart des Sciaenidés, tolère également de larges variations de température. En 1985 et 1986, le bobo venait en tête des captures du N/O "André Nizery" dans la zone côtière guinéenne (Domain et al., 2000a). La taille maximale atteint 55 cm en Guinée contre 45 cm en moyenne dans les autres secteurs de l'Atlantique ouest africain.



Figure 1 - Photo de *Pseudotolithus elongatus* collectée durant le projet DEMERSTEM à Cacheu (Guinée Bissau)

Cette étude vise à étudier l'état du stock de *P. elongatus* en Guinée et Guinée-Bissau. Néanmoins, les données issues de la Guinée-Bissau étant incomplètes, elles ne permettent pas de distinguer une analyse par pays. Nous réalisons ce travail selon l'hypothèse d'un stock commun sur la zone Guinée/Guinée-Bissau et utilisons les données de la Guinée-Bissau quand cela est possible. Pour chaque type de données, (Scientifique, Pêche Artisanale, Pêche Industrielle) une première phase de l'étude a été de sélectionner les variables parmi toutes celles disponibles afin d'appliquer une procédure d'optimisation statistique (procédure stepAIC) sur les variables les plus pertinentes. Plusieurs modèles ont en amont été testés, notamment pour différentes stratifications et, à terme, nous présentons uniquement la démarche avec le modèle conservé.

## 2. Analyse des données des campagnes scientifiques

### 2.1 Description de la donnée scientifique

Suite à une première analyse des données scientifiques, les années présentant un nombre d'observations trop faible et aberrantes sont filtrées. A terme, les données scientifiques conservées proviennent des campagnes en mer de trois navires océanographiques : André Nizery, Antea et GLC opérant respectivement de 1985 à 1995, 1997 à 1998 et 2004 à 2021 (Tableau 1).

Il n'existe pas d'intercalibration entre les navires réalisant les campagnes d'échantillonnages scientifique. Cependant, Domain et all (2000) décrivent des engins et des caractéristiques relativement semblables entre les navires et proposent l'utilisation d'un coefficient d'intercalibration égal à 1. Ces caractéristiques techniques sont disponibles dans la base de données trawlbase (Nizery et Antea) et PRESH-UEMOA (Nizery, Antea et GLC) et sont présentées en Annexe 1. Il n'y a pas eu de campagne en 2005 mais quelques stations réalisées début janvier 2005 appartiennent à la campagne débutée en décembre 2004. Dans le cadre de cette analyse, ces échantillonnages sont rattachés à l'année 2004. Les campagnes scientifiques réalisées en Guinée-Bissau en 1984, 1985 (AN), 2006 et 2012 (GLC) sont conservées.

Les codes campagnes ont été regroupés en fonction de l'initial de chacun des navires de recherche utilisé pour la mise en œuvre des évaluations directes des stocks. Ce sont :

- André Nizery, code campagne = AN ;
- Antea, code campagne = AT ;
- Général Lansana Conté (GLC), code campagne = GL pour les campagnes financées par la Guinée, l'UEMOA et PRAO-Guinée.

Cependant, au terme d'une analyse comparative, nous retirons les données issues de la campagne Antea qui conduisent à des estimations d'abondances aberrantes. Ainsi, seules les campagnes **GL** et **AN** sont conservées.

**Tableau 1** - Descriptif des périodes d'activités des navires scientifiques

Navire	Annee	Nombre de campagne	Nombre de trait
Andre Nizery	1985 - 1995	23	1995
Antéa	1997 - 1998	3	296
GLC	2004 - 2021	13	1432

Une première analyse a porté sur la stratification des variables en différentes modalités. Ces modalités sont sélectionnées et filtrées selon leur pertinence et en s'assurant qu'elles sont constituées d'un nombre suffisant d'observations. En particulier, concernant le facteur **bathymétrie**, nous retirons les valeurs inférieures à 5 m, les navires scientifiques ne se rendant pas dans de telles zones.

La Figure 2 permet de représenter le nombre d'observations pour chaque modalité - en distinguant les présences et les absences -.

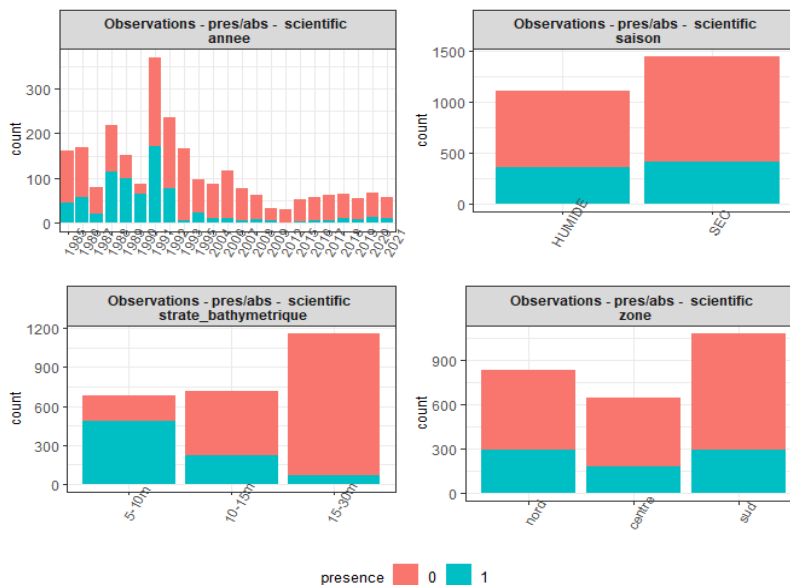


Figure 2 - Nombre d'observations par modalités - Campagnes Scientifiques

## 2.2. Construction du modèle d'abondance

### 2.2.1. Modèle de présence/absence.

Une procédure statistique stepAIC est réalisée à partir des variables (**annee**, **saison**, **strate\_bathymetrique** et **zone**) et le modèle sélectionné par optimisation statistique est :

$$\text{presence} \sim \text{strate bathymetrique} + \text{annee} + \text{zone} + \text{saison} + \text{annee:saison} + \text{strate bathymetrique:zone} + \text{zone:saison}$$

Nous sélectionnons les variables expliquant une part significative de la variabilité en se basant sur les sorties d'une ANOVA.

**Tableau 2** - Analyse de la variance (ANOVA) du modèle de présence/absence issu de la procédure stepAIC

Effect	Df	% variance	% of explained (46.5%)	P-value	signif.
strate_bathymetrique	2	34.5	74	< 0.001	***
annee	22	6.3	14	< 0.001	***
zone	2	3.0	7	< 0.001	***
saison	1	0.5	1	< 0.001	***
annee:saison	9	1.2	3	< 0.001	***
strate_bathymetrique:zone	4	0.8	2	< 0.001	***
zone:saison	2	0.2	0	< 0.05	*
Residuals	2,513	53.5			

Ainsi, nous conservons les effets **strate\_bathymetrique**, **annee** et **zone** qui sont significatifs et expliquent respectivement 34.5%, 6.3% et 3% de la variance.

Les interactions expliquant une part importante de la variance sont ensuite étudiées. Dans ce cas, les interactions n'expliquent que très peu de la variance, nous étudions tout de même l'interaction **annee:saison**.

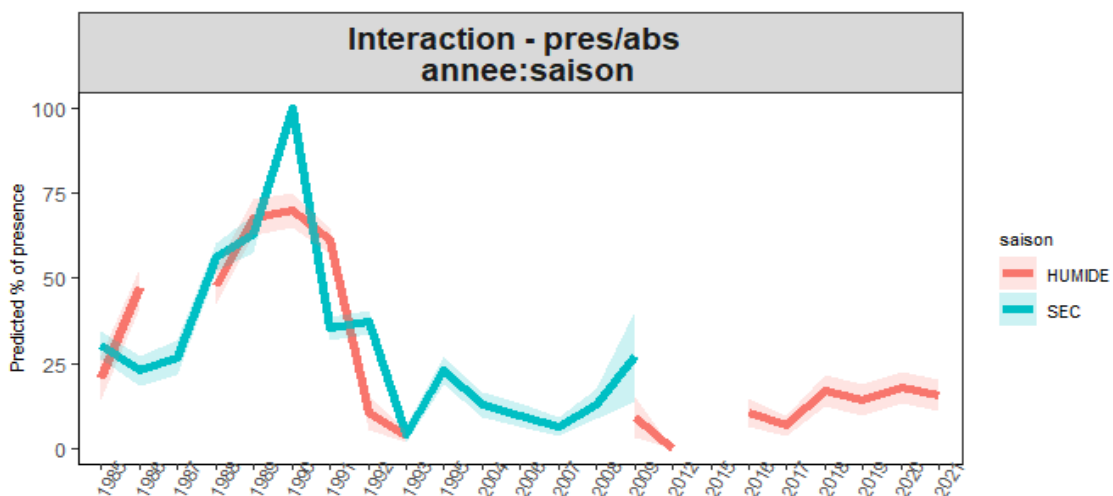


Figure 3 - Interaction annee:saison du modèle de présence-absence



On observe sur la Figure 3 que pour un nombre important d'années, au moins une saison n'est pas échantillonnée. Cette interaction n'est donc pas interprétable et nous sélectionnons un modèle simple :

$$\text{presence} \sim \text{strate bathymetrique} + \text{annee} + \text{zone}$$

Le Tableau 3 fournit les sorties statistiques de ce modèle. Les prédictions annuelles sont présentées en Figure 4, le trait en pointillé distinguant les périodes selon le navire d'échantillonnage. Il ressort de ces résultats que les probabilités de présence diminuent jusqu'au début des années 2000 avant de réaugmenter. Par ailleurs, les probabilités de présence de *P. elongatus* prédites sont plus élevées pour des profondeurs 5-10 m et en saison humide (Annexe 3)

**Tableau 3** - ANOVA du modèle pres/abs final

Effect	Df	% variance	% of explained (43.8%)	P-value	signif.
strate_bathymetrique	2	34.5	79	< 0.001	***
annee	22	6.3	14	< 0.001	***
zone	2	3.0	7	< 0.001	***
Residuals	2,529	56.2			

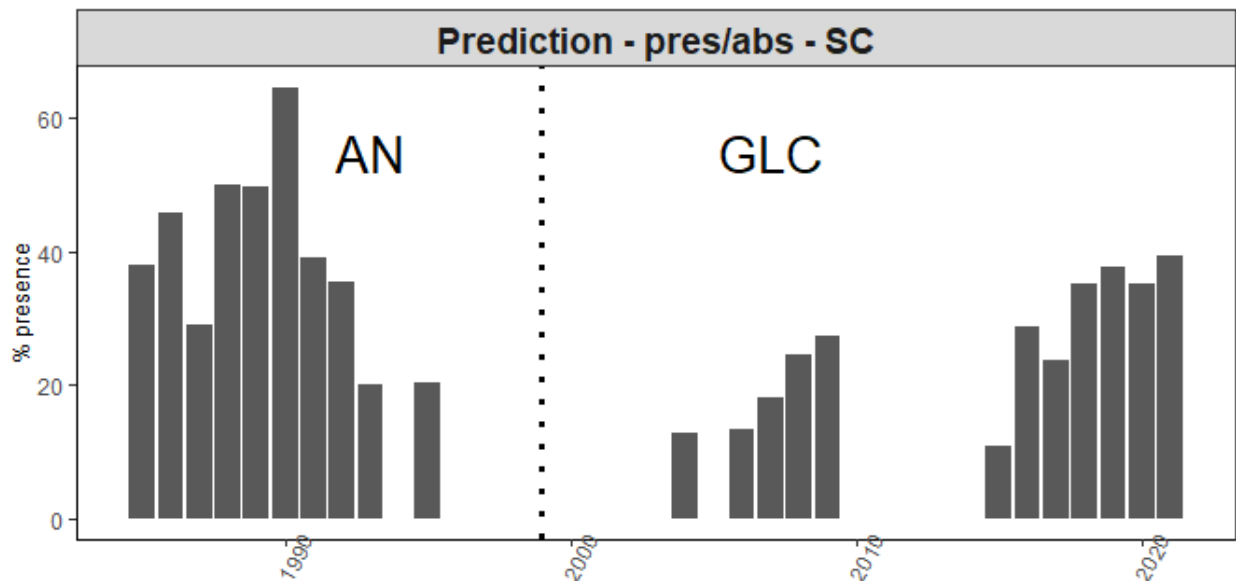


Figure 4 - Prédictions de la probabilité de présence par année

### 2.2.2. Modèle des densités positives (IA+)

En sélectionnant les facteurs (**annee**, **zone**, **saison**, **strate\_bathymetrique**), le modèle retenu par optimisation statistique (procédure stepAIC) puis sélection des variables significatives (Tableau 5) est le suivant :

$$\log(\text{densite}) \sim \text{annee} + \text{strate bathymetrique} + \text{zone} + \text{annee:saison}$$

**Tableau 4** - ANOVA du modèle des densités positives (IA+) issu de la procédure stepAIC

Effect	Df	% variance	% of explained (19.5%)	P-value	signif.
annee	21	12.2	63	< 0.001	***
saison	1	0.3	1	< 1	
strate_bathymetrique	2	3.5	18	< 0.001	***
zone	2	1.1	6	< 0.01	**
annee:saison	9	2.4	12	< 0.01	**
Residuals	734	80.5			

L'analyse de l'interaction **annee:saison** ayant déjà été réalisée pour le modèle de présence/absence, on sait que le plan d'échantillonnage est très incomplet. De même que dans le modèle de présence/absence, l'analyse de l'interaction ne permet pas d'identifier une tendance dans l'évolution des abondances qui diffère avec la saison (Figure 4).

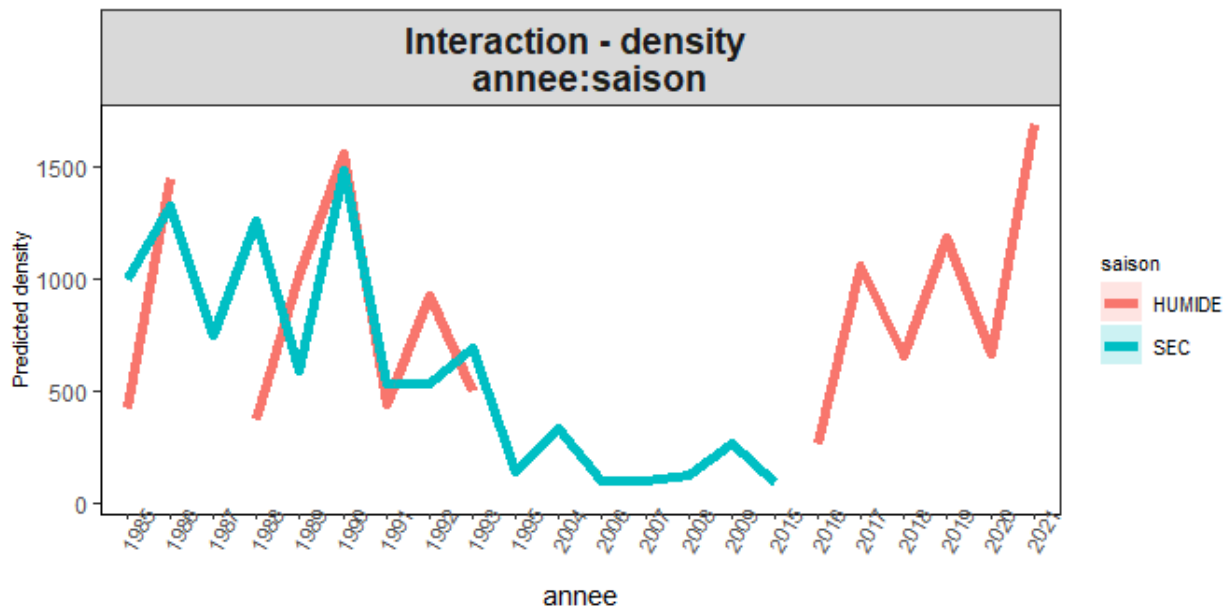


Figure 5 - Interaction annee:saison du modèle des densités positives (AI+)

Ainsi le modèle des densités positives est :

$$\log(\text{densite}) \sim \text{annee} + \text{strate bathymetrique} + \text{zone}$$

**Tableau 5** - ANOVA du modèle des densités positives (IA+) final

Effect	Df	% variance	% of explained (17%)	P-value	signif.
annee	21	12.2	72	< 0.001	***
strate_bathymetrique	2	3.6	21	< 0.001	***
zone	2	1.2	7	< 0.01	**
Residuals	744	83.0			

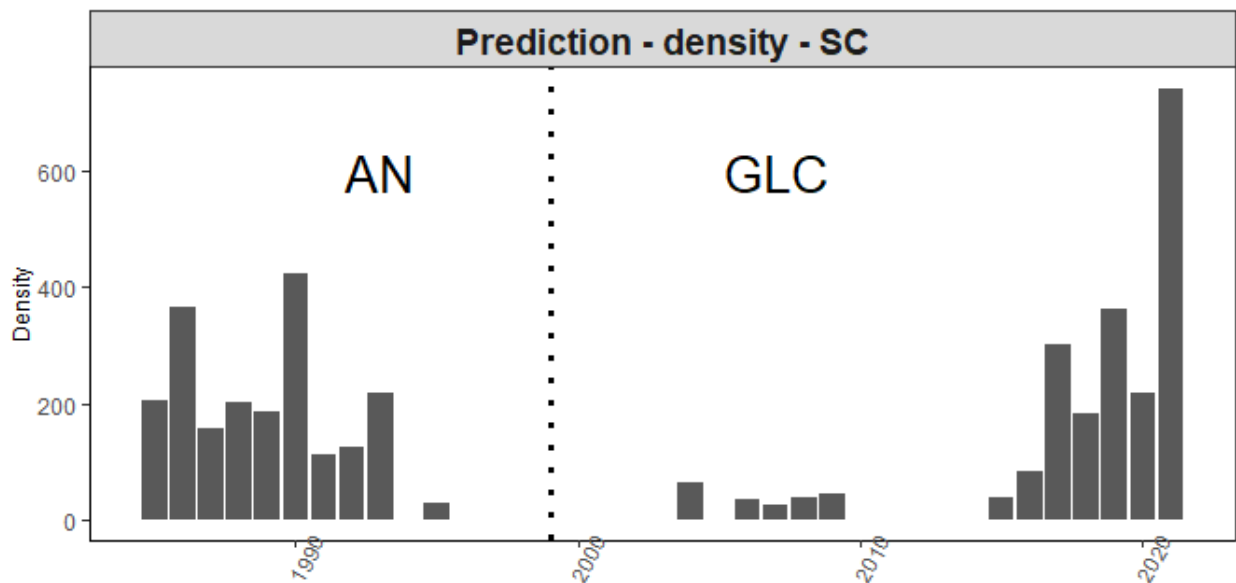


Figure 6 - Prédictions des densités par année

Ces résultats indiquent une forte diminution des densités dans les années 90-2000, suivi d'une récente et extrêmement forte augmentation depuis 2015. Il apparaît par ailleurs que les densités de *P. elongatus* sont plus importantes pour de faibles bathymétries (5-10m) et dans le Nord de la zone d'étude (Annexe 4). Ces observations sont semblables à celles décrites avec le modèle de présence/absence (Annexe 3).

### 2.2.3. Couplage des modèles de présence/absence et des densités positives

Le modèle delta-GLM d'abondance est obtenu en combinant les deux sous-modèles précédemment construits (présence-absence et densités positives) et permet d'obtenir une série temporelle d'IA (par année). Le Tableau 7 récapitule les différents modèles construits et la Figure 6 présente les tendances décrites pas les 2 sous modèles avant couplage. On observe que ces tendances semblent relativement se suivre, avec une première phase entre 1985-1990 d'augmentation, suivie d'une diminution jusqu'au début des années 2000 et d'une augmentation lente et régulière pour les probabilité de présence et explosive pour les densités.

**Tableau 6** - Récapitulatif des sous-modèles sélectionnés

Modele	Expression
Presence/absence	presence ~ strate bathymetrique + annee + zone
Densités positives	log(densite) ~ strate bathymetrique + annee + zone

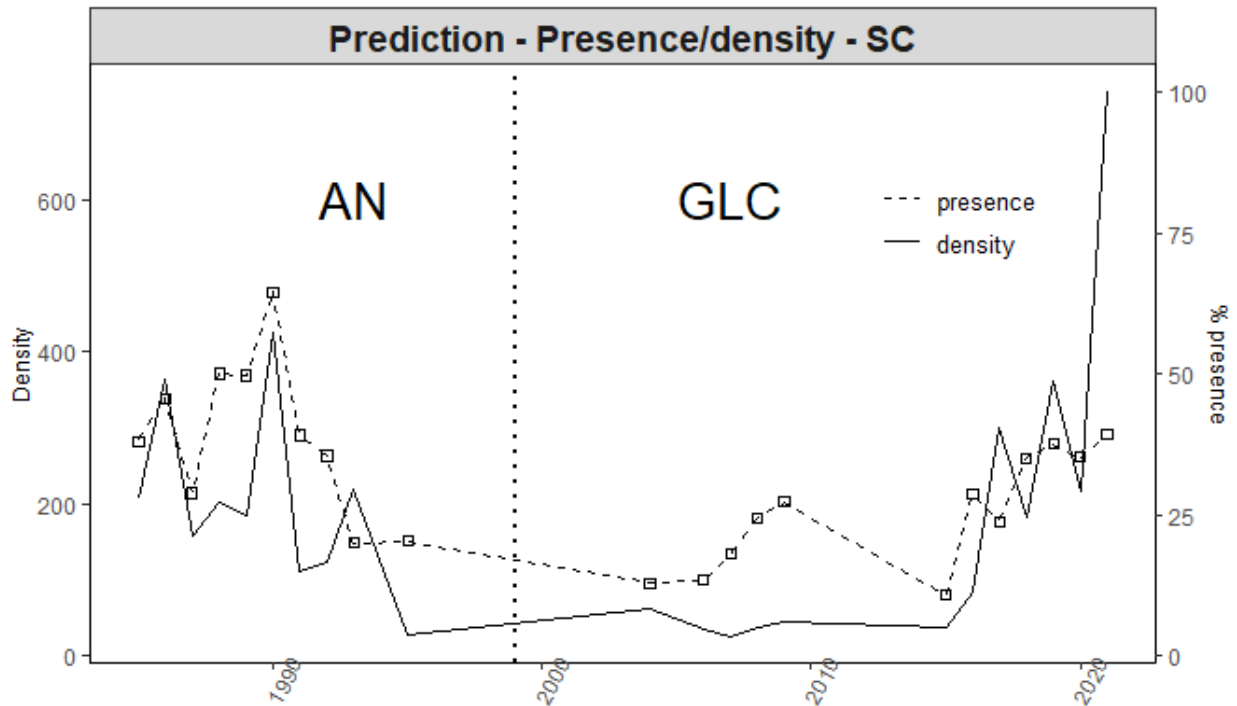


Figure 7 - Tendence des deux sous-modèles basé sur les données de campagnes scientifiques (% de presence et densités)

Les probabilités de présence et les densités sont prédites pour chaque combinaison de modalités puis pondérées par les surfaces de chaque classe bathymétrique dans les différentes zones (Tableau 8). Les indices d'abondances sont ensuite calculés pour chaque combinaison de modalités - multiplication de la probabilité de présence et de la densité -, puis moyennés par année (Figure 7).

**Tableau 7** - Surfaces par classe de bathymétrie dans les différentes zones

Zone	Strate bathymetrique	Surface (km <sup>2</sup> )
sud	5-10m	661.5
	10-15m	1,009.3
	15-30m	2,872.3
centre	5-10m	626.6
	10-15m	1,014.0
	15-30m	3,069.0
nord	5-10m	2,522.0
	10-15m	1,389.0
	15-30m	5,536.0

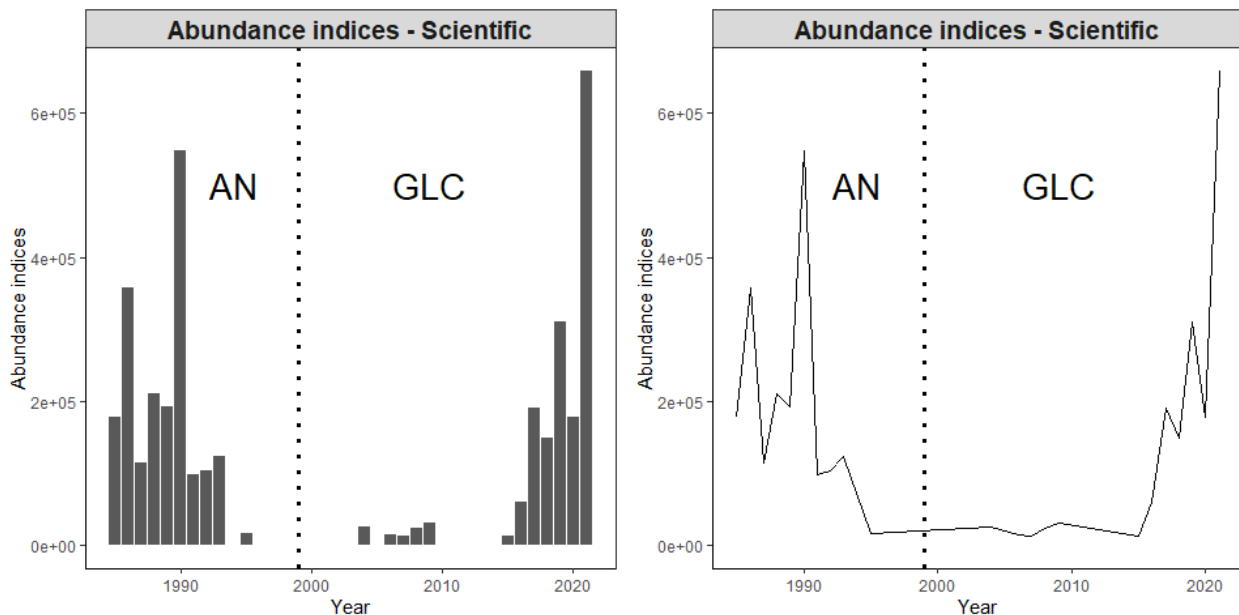


Figure 8 - Indices d'abondance issus du modèle delta-GLM - Données scientifiques

La série temporelle se distingue en 3 phases déjà identifiées précédemment : des abondances élevées jusque dans les années 1990 sont suivies de niveaux très faibles (divisées par ~ 10) dans la période 2000-2010 (On remarquera que très peu d'échantillonnages ont été réalisés entre 1995-2005). Enfin, des niveaux d'abondances très élevés réapparaissent à partir de la fin des années 2010 (2015-2021)

### 3. Analyse des données de pêche artisanale (Guinée)

#### 3.1. Description de la donnée commerciale (PA)

Les données de la pêche artisanale maritime sont extraites de la base de données du système d'enquêtes statistiques du CNSHB, disponibles sur la période 1995 - 2020. Dans le cadre de cette

étude portant sur *P. elongatus* (Bobo), seules les pirogues de type **salan** (SA) sont utilisées et les années 1999, 2003, 2015 et 2017 sont retirées de l'analyse (nombre d'observations trop faible et présence de données aberrantes).

Quatorze types d'engin de pêche artisanale ont été regroupés en cinq grandes catégories. Ce sont :

1. **FME** = FMEG, FMEE, FMEM, FMEO
2. **FMC** = FMCg, FMCTgm, FMCgm, FMCTgmG, FMCTgm, FMCI, FMCy
3. **FMD** = FMDE, FMDf, FMDk, FMDs
4. **FT** = FT
5. **HA** = Palangre (PA) et Ligne (LI).

Seules les catégories d'engins de pêche les plus représentatives des captures du bobo sont retenus : **FME** (Filets Maillants Encerclant), les **FMD** (Filets Maillants Dérivant) et **HA** (Hameçons). En l'absence d'informations précises et/ou fiables sur les zones et milieux de pêche, ces variables sont écartées de l'analyse.

Ainsi, les variables testées sont : **annee**, **engin** et **mois**

## 3.2. Construction du modèle d'abondance

### 3.2.1. Modèle de présence/absence

De même que pour la donnée issue des campagnes d'échantillonnage scientifique, une première analyse a porté sur la stratification des variables en différentes modalités. La Figure 9 permet de représenter le nombre d'observations pour chaque modalité - en distinguant les présences et les absences -. En particulier, on remarque des proportions identiques sur les séries 2008-2010 d'une part et 2012-2013 d'autre part. Pour autant, les captures mesurées pour dans le cas d'une présence sont différentes. Ces observations sont donc conservées en l'état pour le modèle de présence/absence.



Figure 9 - Nombre d'observations par modalités - Pêche Artisanale

Une procédure statistique stepAIC est réalisée à partir des variables (**annee**, **mois**, **engin**) et le modèle sélectionné par optimisation statistique est :

$$\text{presence} \sim \text{annee} + \text{engin} + \text{mois} + \text{annee:engin}$$

Nous sélectionnons les variables expliquant une part significative de la variabilité en se basant sur les sorties d'une ANOVA.

**Tableau 8** - ANOVA du modèle de présence/absence issu de la procédure stepAIC

Effect	Df	% variance	% of explained (17.3%)	P-value	signif.
engin	2	13.6	79	< 0.001	***
annee	19	2.7	16	< 0.001	***
mois	11	0.3	2	< 0.001	***
engin:annee	38	0.5	3	< 0.001	***
Residuals	13,869	82.7			

Seule une interaction **annee:engin** est conservée par le modèle issu de la procédure stepAIC (Figure 10). Bien qu'elle n'explique que très peu de variance nous l'étudions tout de même.

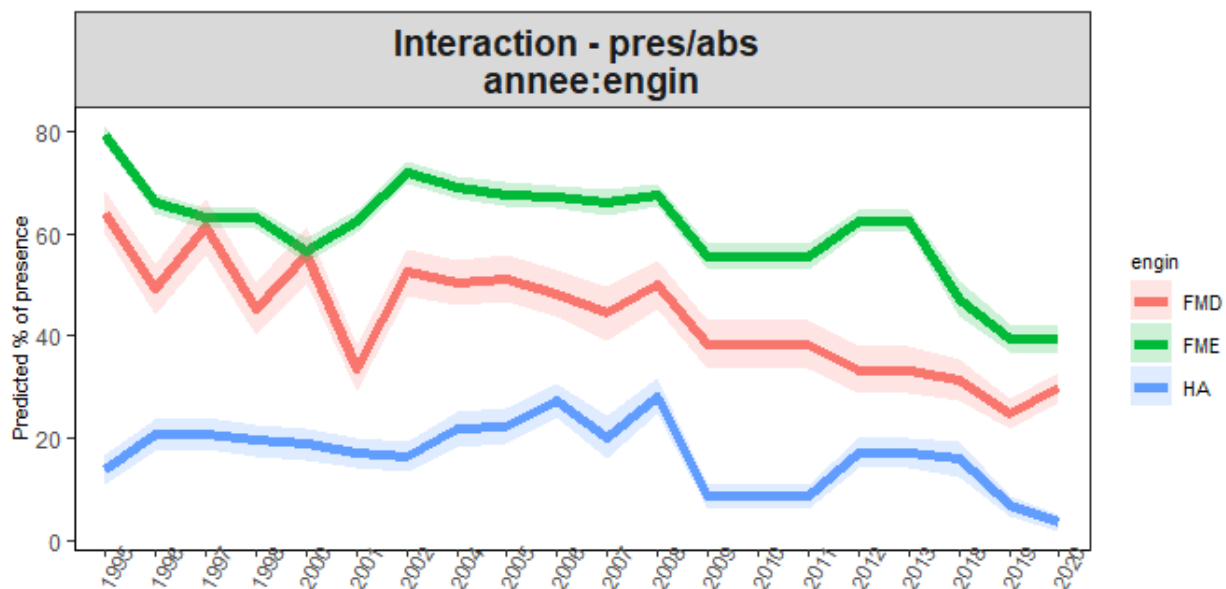


Figure 10 - Interaction annee:saison du modèle de présence-absence

On observe une diminution globale des probabilités de présence quel que soit l'engin, cette interaction n'est donc pas conservée dans la suite de l'analyse et le modèle final est :

$$\text{presence} \sim \text{annee} + \text{engin}$$

Le tableau suivant fournit les sorties statistiques de ce modèle et les prédictions annuelles sont présentées en Figure 11. Il ressort de ces prédictions que les probabilités de présence diminuent depuis le début de la série jusqu'à être divisée par 2 ( On passe de ~ 40% de présence en 1995 à ~ 20% entre en 2020)

**Tableau 9** - ANOVA du modèle pres/abs final

Effect	Df	% variance	% of explained (16.4%)	P-value	signif.
annee	19	3.7	22	< 0.001	***
engin	2	12.7	78	< 0.001	***
Residuals	13,918	83.6			

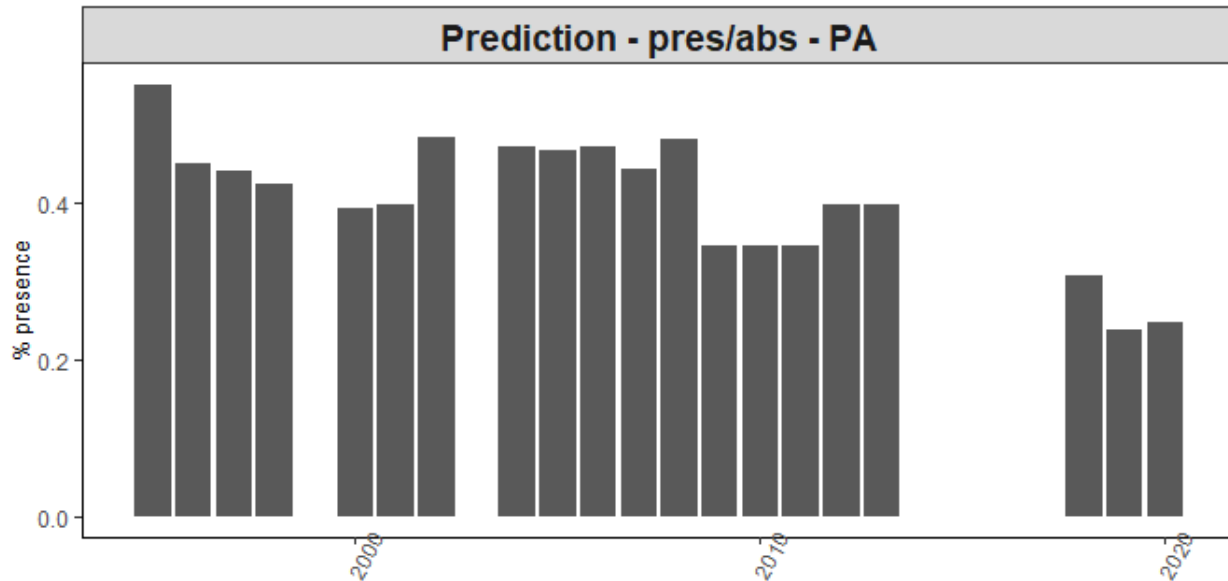


Figure 11 - Prédications de la probabilité de présence par année

### 3.2.2. Modèle des densités positives (IA+)

En sélectionnant les facteurs (**annee**, **engin**, **mois**), le modèle retenu par optimisation statistique (procédure stepAIC) puis sélection des variables significatives est le suivant :

$$\log(\text{densite}) \sim \text{annee} + \text{engin} + \text{annee: engin}$$

**Tableau 10** - ANOVA du modèle des densités positives (IA+) issu de la procédure stepAIC

Effect	Df	% variance	% of explained (21.2%)	P-value	signif.
engin	2	13.8	65	< 0.001	***
annee	19	2.1	10	< 0.001	***
mois	11	0.4	2	< 0.001	***
engin:annee	38	5.0	24	< 0.001	***
Residuals	6,747	78.8			



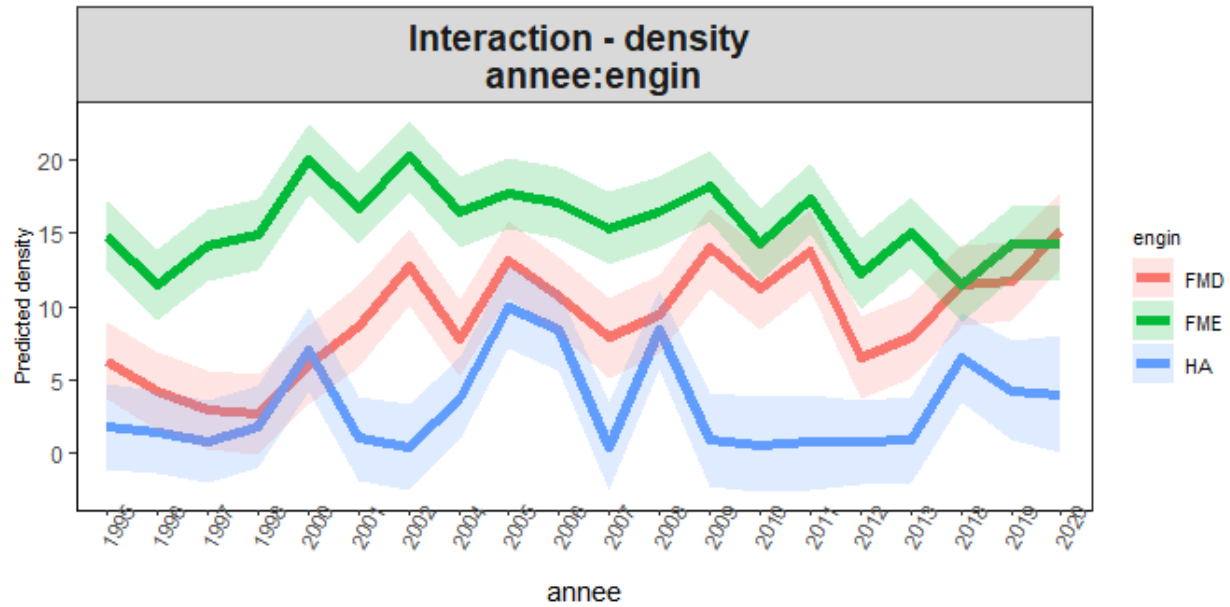


Figure 12 - Interaction annee:saison du modèle des densités positives (AI+)

L'interaction **annee:engin** présente de fortes variations pour chaque engin au cours du temps et son analyse ne permet pas d'identifier une tendance dans l'évolution des abondances qui diffère avec l'engin (Figure 12). On peut noter en fin de série temporelle une augmentation des estimations de densités pour les filets maillants (encerclant et dérivant) et une légère diminution pour les 'hameçons' (ligne et palangres).

Ainsi le modèle des densités positives est :

$$\log(\text{densite}) \sim \text{annee} + \text{engin}$$

Tableau 11 - ANOVA du modèle des densités positives (IA+) final

Effect	Df	% variance	% of explained (15.8%)	P-value	signif.
annee	19	1.6	10	< 0.001	***
engin	2	14.2	90	< 0.001	***
Residuals	6,796	84.2			

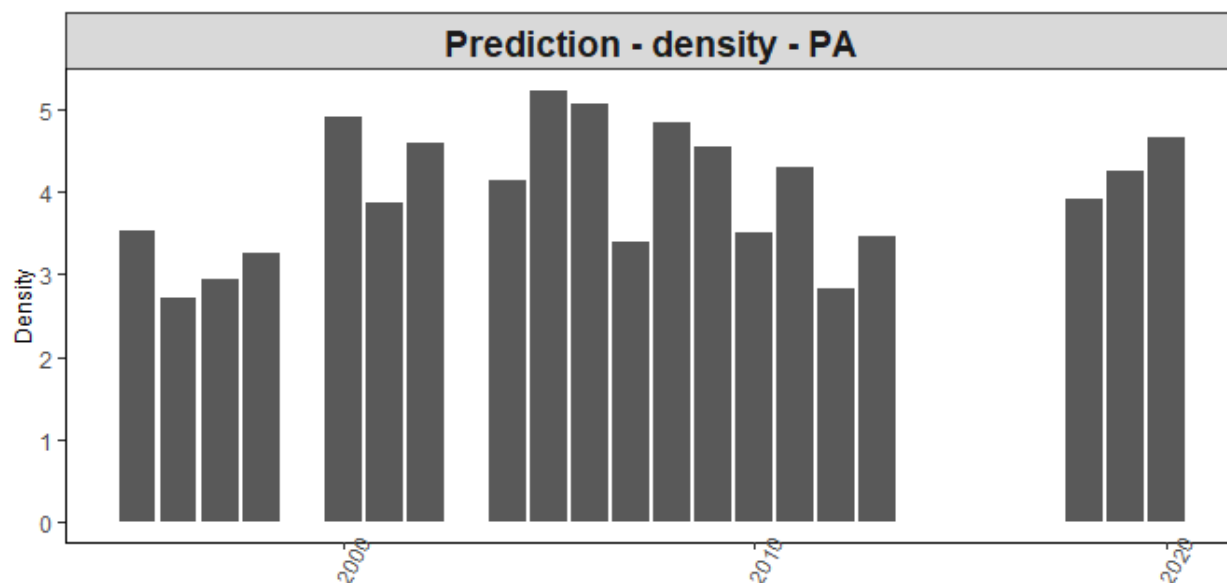


Figure 13 - Prédications des densités par année

Ces résultats indiquent une augmentation des densités dans les années 90-2000, suivi d'une diminution jusqu'en 2012. On note en particulier une augmentation récente des densités entre 2018 et 2020.

### 3.2.3. Couplage des modèles de présence/absence et des densités positives

Les deux sous-modèles sont couplés selon la méthode précédemment décrite (cf 1.2.3) et fournissent les indices d'abondances à partir de la donnée artisanale. Le Tableau 12 récapitule les différents sous-modèles construits et la Figure 14 présente les tendances décrites par les 2 sous modèles avant couplage. On observe que les probabilités de présence diminuent régulièrement au cours de la période d'étude. Dans une certaine mesure, on retrouve cette tendance dans les densités prédites au cours de la période 1998 - 2013.

**Tableau 12** - Récapitulatif des sous-modèles sélectionnés

Modele	Expression
Presence/absence	presence ~ annee + engin
Densités positives	log(densite) ~ annee + engin

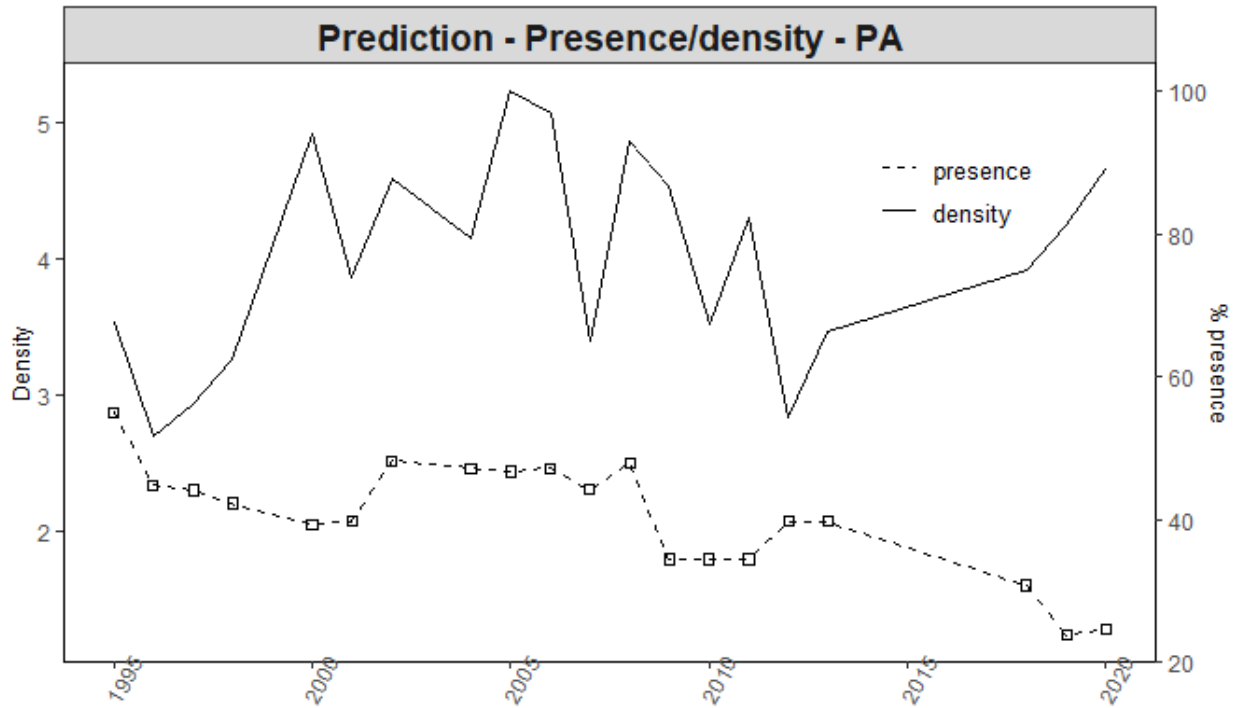


Figure 14 - Tendence des deux sous-modèles basé sur les données de pêches artisanales (% de presence et densités)

Aucune pondération n'est cette fois prise en compte et la Figure 14 présente les indices d'abondances obtenus à partir de la donnée artisanale.

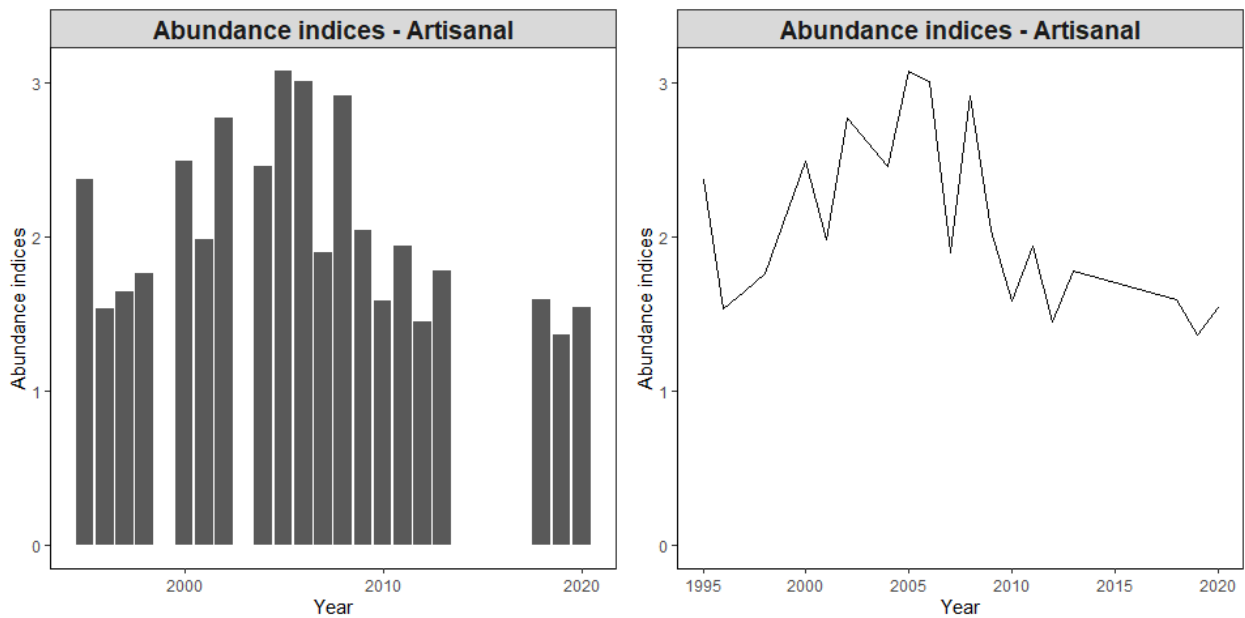


Figure 15 - Indices d'abondance issus du modèle delta-GLM - Données pêche artisanales (1995 - 2020)

On identifie les mêmes phases que dans le modèle des densités positives, à l'exception qu'en fin de série les IA ne réaugmentent pas, du fait des faibles probabilités de présence estimées pour ces années. Les abondances estimées ont ainsi des valeurs proches en début et en fin de série.

## 4. Analyse des données de pêche industrielle (Guinée)

### 4.1 Description de la donnée commerciale (PI)

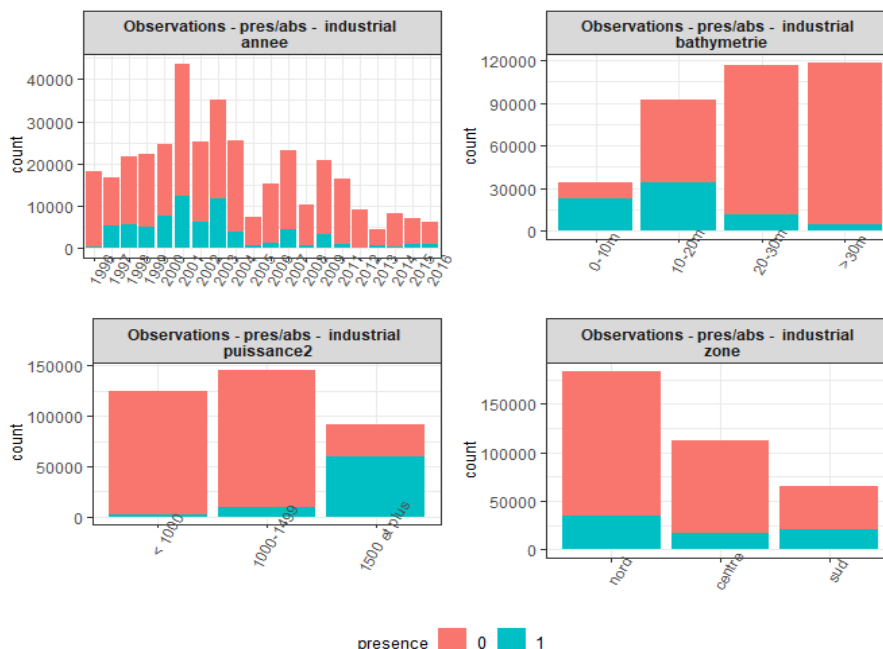
Après analyses des données et de différents modèles, nous conservons 2 licences de pêche qui présentent des captures importantes de *P. elongatus* : Les licences **Demersales** et **Céphalopodières**. Par ailleurs, les variables **annee**, **puissance**, **zone bathymétrie**, **tjb**, **longueur**, et **mois** sont sélectionnées pour expliquer l'abondance de *P. elongatus*. Les classes définies sont présentées dans le Tableau 13

Une analyse est réalisée en amont pour déterminer quelle variable sera utilisée pour exprimer la 'puissance' des navires. Au terme de celle-ci, la variable puissance est sélectionnée.

**Tableau 13** - Description des stratifications utilisées et testées pour la donnée industrielle

Variable	TJB	Puissance	Longueur	Bathymetrie	Zone
Classes	< 150	< 1000	< 39	0 - 20	zonation < 13.30 ~ Sud
	150 - 250	1000 - 1500	39 - 45	20 - 30	13.30 < zonation < 13.85 ~ Centre
	250 - 500	> 1500	> 45	> 30	zonation < 13.85 ~ Nord
	> 500				

La figure suivante permet de représenter le nombre d'observations pour chaque modalité - en distinguant les présences et les absences -. On identifie un nombre important d'années avec un % de présence relativement faible. Cela aura des conséquences sur l'analyse des interactions, qui va nécessiter de retirer certaines années, en particulier pour le modèle des densités positives.



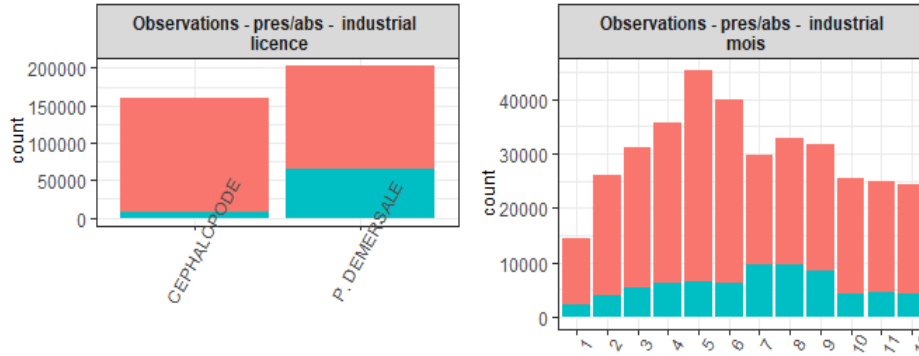


Figure 16 - Nombre d'observations par modalités - Pêche Industrielle

## 4.2. Construction du modèle d'abondance

La complexification des modèles, du fait du nombre élevé de variables et de données nous restreint dans l'utilisation de la procédure stepAIC qui peut devenir trop longue. Plusieurs analyses sont réalisées pour identifier les interactions expliquant une part importante de la variance : en particulier, les variables sont testées avec des modèles de tailles restreintes et via une analyse par décennie -au lieu d'annuelle-. Les principaux résultats sont présentés.

### 4.2.1. Modèle de présence/absence

Les principales interactions qui ont été étudiées sont ici présentées avant de décrire le modèle de présence/absence final.

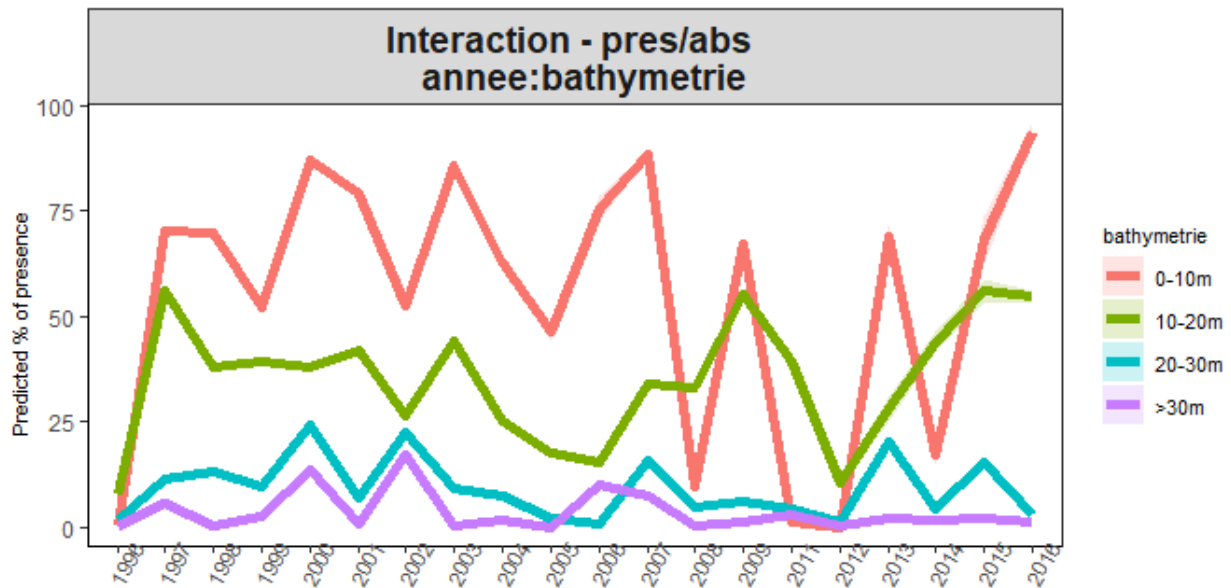


Figure 17 - Interaction annee:bathymetrie du modèle de présence-absence

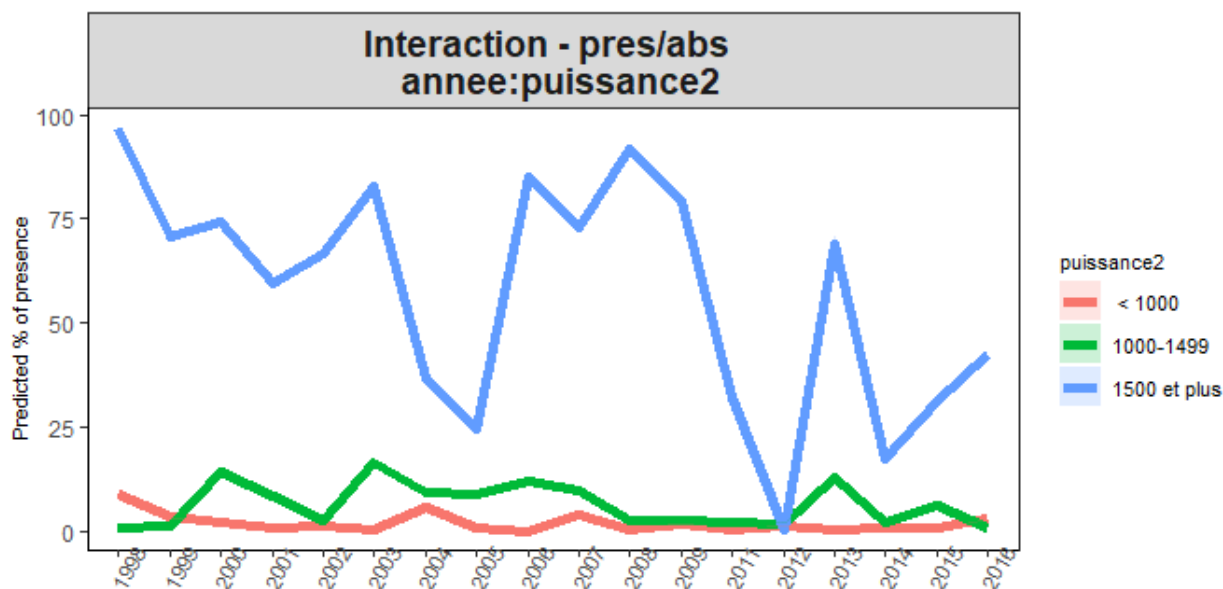


Figure 17 - Interaction annee:puissance du modèle de présence-absence

L'analyse de l'interaction **annee:bathymetrie** laisse apparaître un effet bathymétrique tant que le nombre de données est suffisant (cf Figure 17). Quand ce n'est pas le cas les probabilités de présence varient fortement, en particulier pour la modalité **0 - 10 m**. Ainsi aucune tendance dépendante de la bathymétrie ne se dégage du graphique et cette interaction n'est pas conservée.

Pour réaliser l'étude de l'interaction **annee:puissance** il est nécessaire de retirer les années 1996 et 1997 du jeu de données. Il ressort de cette seconde analyse que la tendance générale indique une diminution de la probabilité de présence au cours du temps quel que soit la puissance du navire, mettant principalement en évidence un effet puissance.

Ainsi, le modèle final de présence/absence est le suivant

$$\text{presence} \sim \text{annee} + \text{puissance} + \text{bathymetrie} + \text{licence}$$

Le tableau suivant fournit les sorties statistiques de ce modèle et les prédictions annuelles sont présentées en Figure 18. On observe une diminution des estimations de probabilités de présence depuis le début de la série temporelle, ponctuée de pics de présence.

Tableau 14 - ANOVA du modèle pres/abs final

Effect	Df	% variance	% of explained (54%)	P-value	signif.
annee	19	6.5	12	< 0.001	***
bathymetrie	3	20.2	37	< 0.001	***
puissance2	2	25.6	47	< 0.001	***
licence	1	1.7	3	< 0.001	***
Residuals	360,855	46.0			

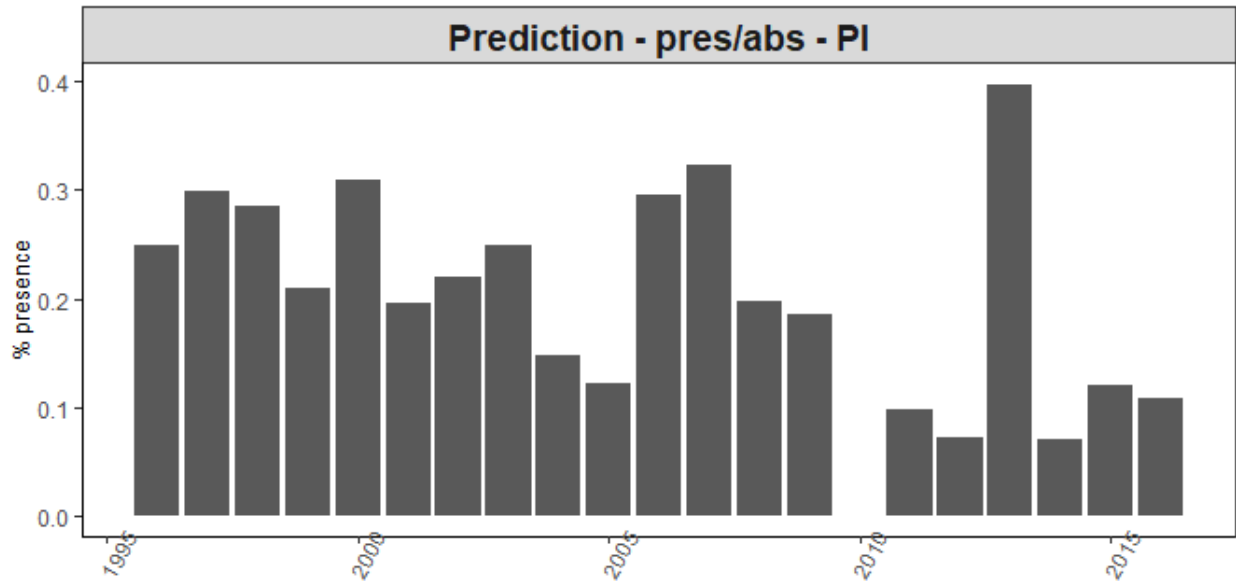


Figure 18 - Prédications de la probabilité de présence par année

#### 4.2.2. Modèle des densités positives (IA+)

On applique la même méthode que précédemment, cependant, comme décrit en début d'analyse, le faible nombre de données de présence nous amène à retirer un nombre important d'années pour la plupart des interactions. A terme, aucune n'est conservée dans le modèle final (faible variance expliquée qui correspond principalement à du bruit pour un nombre de degrés de libertés élevé). A titre d'exemple l'analyse de l'interaction **annee:bathymetrie** - pour laquelle les années 1996, 2005 et 2012 sont retirées - est présentée dans la figure suivante.

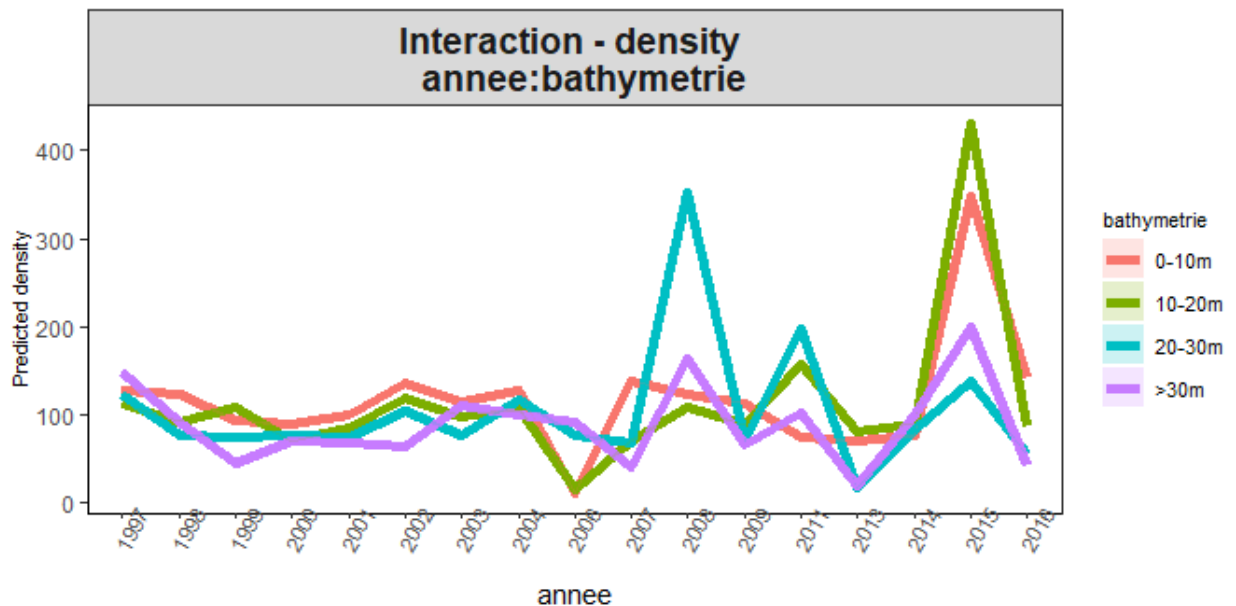


Figure 19 - Interaction annee:bathymetrie du modèle des densités positives (AI+)

Les évolutions de densités au cours du temps selon la bathymétrie ne décrivent aucune tendance claire qui puisse être interprétable. Elle n'est donc pas conservé dans le modèle final :

$$\log(\text{densite}) \sim \text{annee} + \text{bathymetrie} + \text{puissance} + \text{licence} + \text{zone} + \text{mois}$$

**Tableau 15** - ANOVA du modèle des densités positives (IA+) final

Effect	Df	% variance	% of explained (14.5%)	P-value	signif.
annee	19	7.0	49	< 0.001	***
bathymetrie	3	1.6	11	< 0.001	***
puissance2	2	2.8	19	< 0.001	***
mois	11	1.1	7	< 0.001	***
zone	2	0.7	5	< 0.001	***
licence	1	1.3	9	< 0.001	***
Residuals	71,859	85.5			

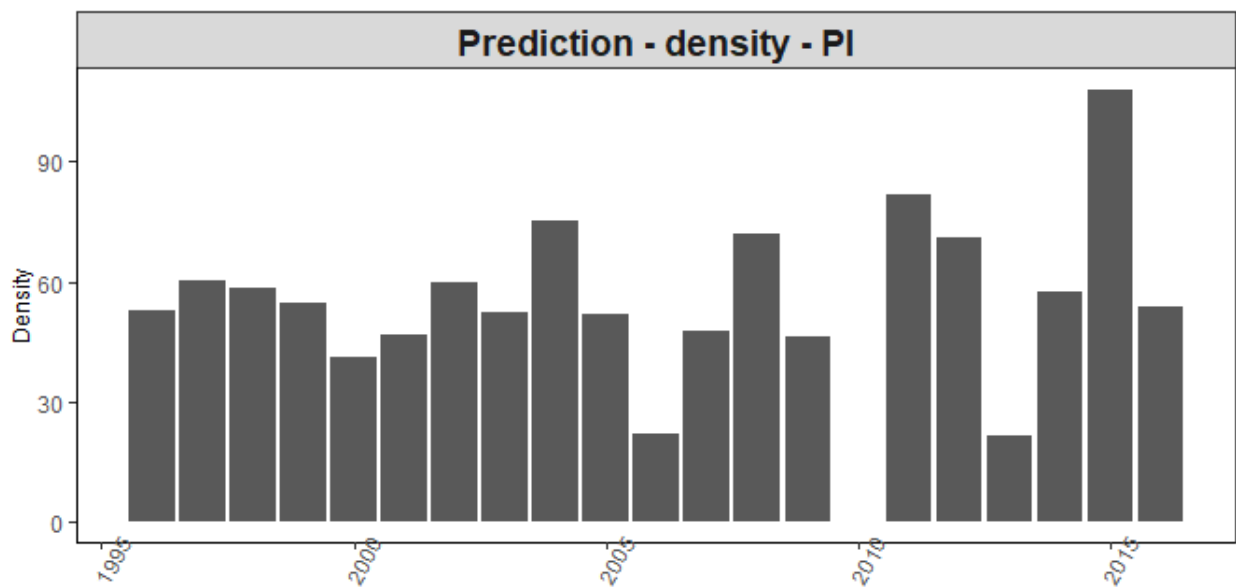


Figure 20 - Prédications des densités par année

On observe de fortes variations de densités au cours du temps sans pouvoir distinguer une tendance dans cette évolution.

#### 4.2.3. Couplage des modèles de présence/absence et des densités positives

Les deux sous-modèles sont couplées selon la méthode précédemment décrite (cf 1.2.3) et fournissent les indices d'abondances à partir de la donnée industrielle. Le tableau suivant récapitule les différents sous-modèles construits, et la Figure 21 représente les tendances identifiées par chaque sous modèle avant couplage.



**Tableau 16** - Récapitulatif des sous-modèles sélectionnés

Modele	Expression
Presence/absence	presence ~ annee + bathymetrie + puissance2 + licence
Densités positives	log(densite) ~ annee + bathymetrie + puissance2 + mois + zone + licence

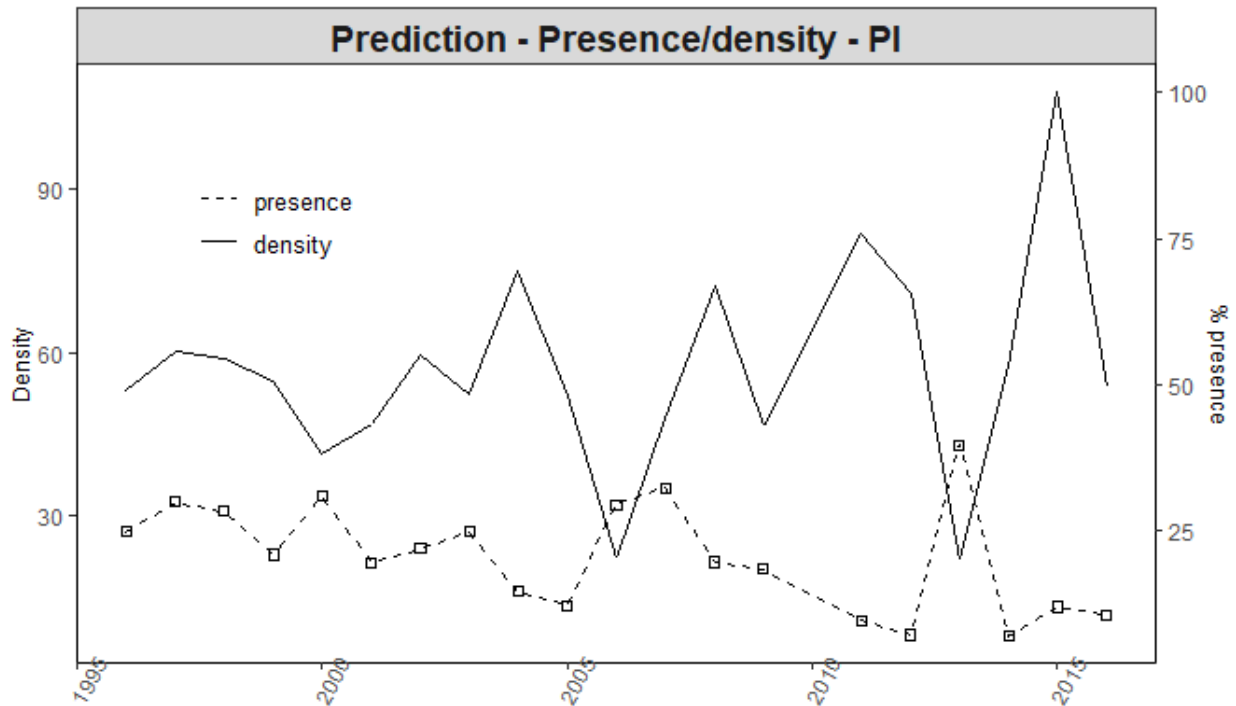


Figure 21 - Tendence des deux sous-modèles basé sur les données de pêches industrielles (% de presence et densités)

On retrouve la diminution régulière des probabilités de présence prédites - également identifiée dans le cas des données artisanales - ainsi que la forte variabilité des densités depuis les années 2000 (jusqu'à une multiplication par 4 des densités de 2013 à 2015)

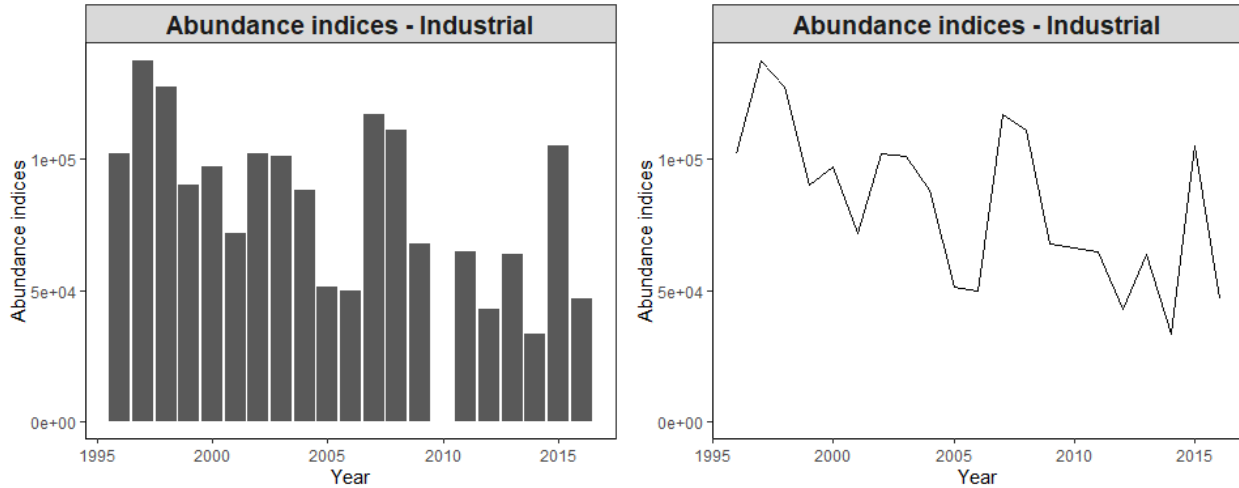


Figure 22 - Indices d'abondance issus du modèle delta-GLM - Données pêche artisanales (1995 - 2020)

Après couplage des 2 sous modèles, la donnée industrielle nous informe d'une diminution globale de l'abondance au cours du temps (divisée en 20 ans).

## 5. Agrégation des indices d'abondance

### 5.1. Standardisation et dérivées de puissances des pêches

Les indices d'abondance estimés sont agrégés pour construire une seule série d'indices d'abondance. Ils sont dans un premier temps standardisé par rapport à une référence - IA des campagnes scientifiques - et sur les années communes selon la formule :

$$IA_{com}^{st} = \frac{\text{mean}(IA_{survey})_{\text{common years}}}{\text{mean}(IA_{com})_{\text{common years}}} \cdot IA_{com} \quad (6)$$

Les IA standardisés issus de chaque type de données sont présentés dans la figure suivante.

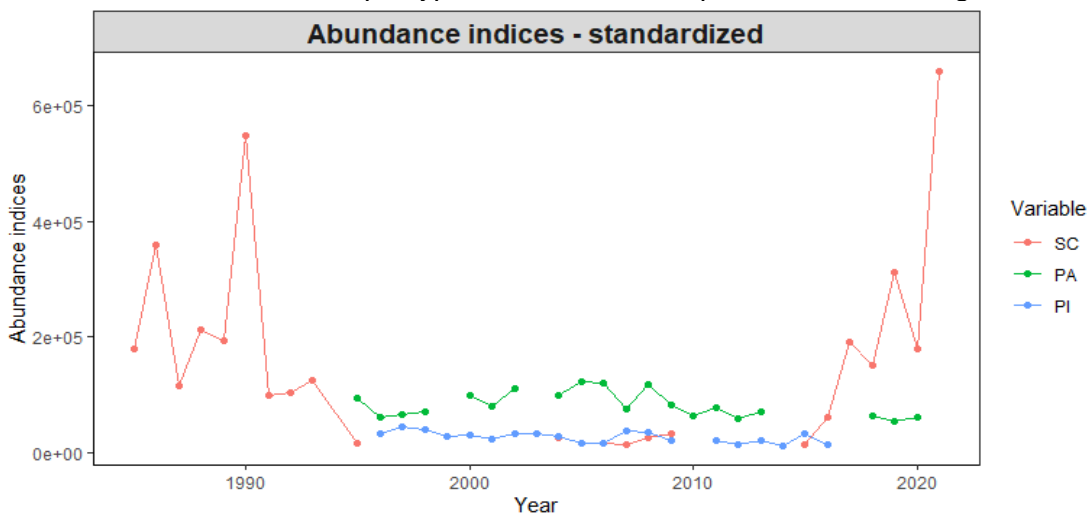


Figure 23 - Indices d'abondances standardisés

Après standardisation, une dérive de puissance des pêches est appliquée - i.e. uniquement aux IA issues des données commerciales -. Cette prise en compte de la dérive des puissances de pêche permet d'inclure une intensification de l'effort de pêche par amélioration des techniques (e.g. expérience des pêcheurs, organisation du travail...) et/ou des technologies (e.g. evolution des engins, amélioration de l'équipement, motorisation...) menant à une augmentation de l'efficacité de l'unité d'effort nominal (Millischer et Gascuel, 1997). Nous posons ainsi l'hypothèse que l'IA de l'année  $t$  peut s'exprimer comme suit :

$$IA_t^{corr} = IA_t \cdot (1 + \alpha)^{t-t_0} \quad (7)$$

Trois scénarios sont décrits au cours de cette étude :

- Scénario optimiste : Dérive des puissances de pêche fixée à 1%
- Scénario moyen : Dérive des puissances de pêche calculée à partir de l'équation décrite par Palomares et Pauly (2019) :

$$\alpha_{com} = 13.8 \cdot (Y_N - Y_{t_0})^{-0.511} \quad (8)$$

$Y_N - Y_{t_0}$ : le nombre d'annees

Soit  $\alpha_{PA} = 2.66\%$  et  $\alpha_{PI} = 2.99\%$

- Scénario pessimiste : Dérive des puissances de pêche fixée à partir du scénario moyen selon  $\alpha_{pessimiste} = 2 * \alpha_{Moyen} - 1$ , arrondi à l'entier. D'où  $\alpha_{pessimiste} = 5\%$ . Un récapitulatif est présenté en Tableau 17.

**Tableau 17** - Valeur de alpha (coefficient empirique d'accroissement annuel des puissances de pêche), selon 3 hypothèses (optimiste, pessimiste et moyenne)

Hypothese	Coefficient de derive de puissance des peches	
	PA	PI
<b>Optimiste</b>	1 %	1 %
<b>Moyen</b>	2.66 %	2.99 %
<b>Pessimiste</b>	5 %	5 %

Enfin, les indices d'abondance sont lissés en calculant une moyenne mobile sur 3 ans, de façon à souligner les tendances à plus long terme (Figure 24).

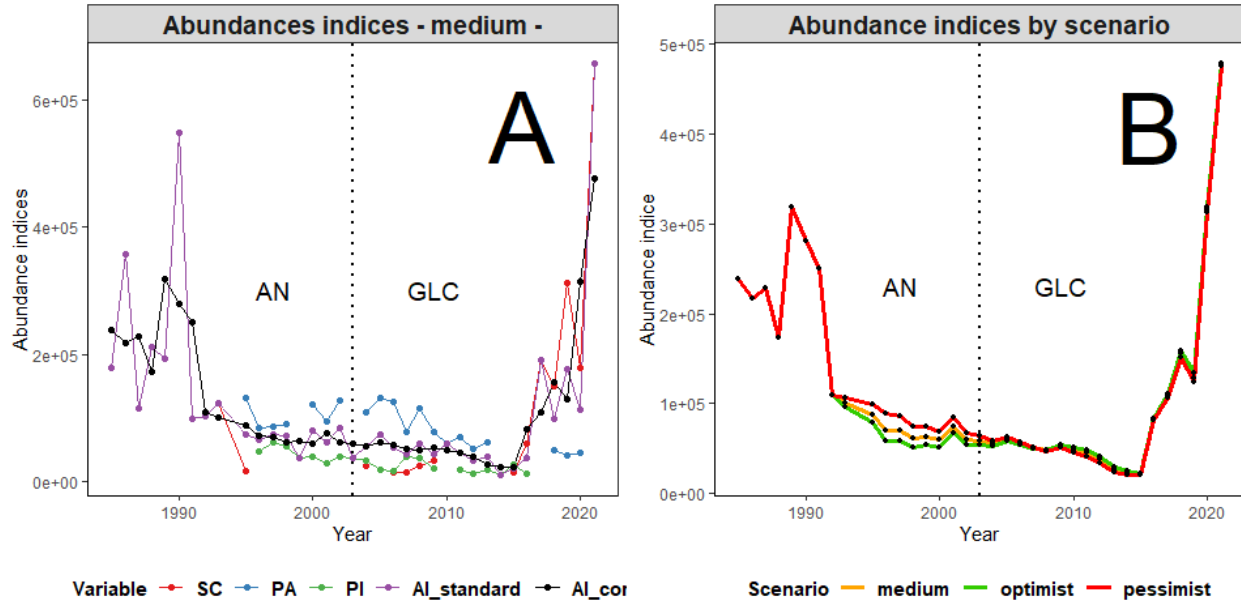


Figure 24 - A. Evolution des indices d'abondance standardisés, corrigés (dérive de pêche) et lissés (moyenne sur 3 ans) - Scénario moyen. B. Evolution des indices d'abondance par scénario

On observe sur la Figure 24.A que les variations d'abondance sont fortement corrélées à celles mesurées par les campagnes scientifiques. On retrouve ainsi en première partie des niveaux plutôt élevés qui chutent brusquement en 1991 (IA divisé par 3). Cette première période suivie d'une seconde phase qui se caractérise par l'apparition d'IA issus de la PA et de la PI et un très faible nombre d'IA de campagnes d'échantillonnages. Au cours de cette période les IA diminuent régulièrement jusqu'à atteindre son niveau le plus faible en 2015 (divisés par 4 en ~ 25 ans). S'en suit une dernière et phase d'augmentation fulgurante de l'abondance au cours d'une période avec à nouveau des données scientifiques (multipliés par 20 en 5 ans).

## 5.2. Indices d'abondance finaux

Il ressort de cette analyse que les données commerciales (artisanale et industrielle) révèlent des tendances semblables, mais elles ne sont disponibles que depuis 1995. Inversement, la donnée scientifique permet d'apporter des informations en amont avec un suivi qui remonte à 1985 (après filtre des campagnes) mais présente une longue période avec très peu d'échantillonnages entre 1995 et 2015. De plus, les niveaux d'abondance relevés par ces campagnes d'échantillonnages ne sont pas cohérents avec les observations issues des pêcheries et indiquent des abondances très élevées en dehors de la période 1995-2015.

Une explication pourrait résider dans la distribution spatiale de *P. elongatus*. En effet, cette espèce privilégie les zones de dessalure (embouchures d'estuaires, à proximité de lagunes...) à des bathymétries relativement faibles (Le Guen, 1971). Cette information est cohérente avec les sorties des modèles réalisés avec la donnée scientifique et la donnée industrielle (seule la PA ne présente aucune information sur la localisation du coup de pêche) qui indiquent des abondances plus élevées pour de faibles bathymétrie. En particulier, la PI révèle des probabilités de présence significativement plus élevées pour la strate bathymétrique 0-10 m. Or on sait que les navires scientifiques ne se rendent pas à des profondeurs inférieures à 5 m (Soumah, *com pers*). Ainsi, en s'excluant de la frange la plus côtière, il est envisageable que les échantillonnages scientifiques échouent à capturer le bobo, ce qui expliquerait le nombre important d'absence dans les données

brutes. Pourtant, en rasant cette frange littorale, il se peut que pour un certain nombre de chalutages les campagnes scientifiques “tombent” sur des zones de fortes densités de manière irrégulière. Le nombre de chalutage par campagne étant relativement faible, même un nombre restreint de captures importantes peut suffire à réélever de manière notable les abondances estimées. A terme, cette caractéristique binaire de l'échantillonnage scientifique (forte variabilité dans les captures pour un nombre élevé d'absences) révèle des abondances très erratiques avec des valeurs très élevées suivies de valeurs très faibles et ne semble pas fiable.

Enfin, il est important de remarquer que l'utilisation d'une moyenne lissée sur de tels indices d'abondances (e.g. présentant de fortes variabilités) peut contribuer à biaiser le signal final : Si on prend l'exemple de la période 2019 - 2021, l'abondance mesurée par la donnée scientifique prend une valeur brute d'environ 650 T/km<sup>2</sup> en 2021 qui est 2 à 3 fois plus élevée que les abondances mesurées en 2019-2020 par ce même navire (environ 300 - 200 T/km<sup>2</sup>). Sur la même période (2019-2021) la PA indique une abondance de ~ 50 T/km<sup>2</sup> relativement constante. Pourtant, une fois combiné, l'IA final (AI\_cor en noir sur la Figure 24 A) signale une augmentation sur toute la période 2019-2021 du fait d'un lissage tiré vers le haut par l'abondance mesurée par le navire “Général Lansana Conté” en 2021 et contribue à biaiser l'indice final. Pour cette raison nous choisissons retirer l'année 2021 de l'étude, mais conservons un lissage sur l'ensemble des années. Pour toutes ces raisons, nous choisissons d'étudier ces IA dans des modèles de production selon 2 scénarios :

- **Combiné** : On conserve une dérive des puissances de pêche comme décrit dans le scénario “moyen”. De plus nous donnons plus de poids à la donnée scientifique dans ce scénario en combinant seulement la donnée commerciale dans un 1<sup>er</sup> temps avant d'ajouter la donnée scientifique

- **Commercial** : On conserve une dérive des puissances de pêche comme décrit dans le scénario “moyen”, cependant l'IA **scientifique** n'est **pas utilisée**. La série d'IA de référence utilisée pour réaliser la standardisation est alors la PA.

La Figure 25 présente les indices d'abondance finaux pour les scénarios précédemment décrits. A noter que les échelles ne sont plus les mêmes, la standardisation n'étant plus réalisée par rapport à la donnée scientifique dans le cas “pessimiste”.

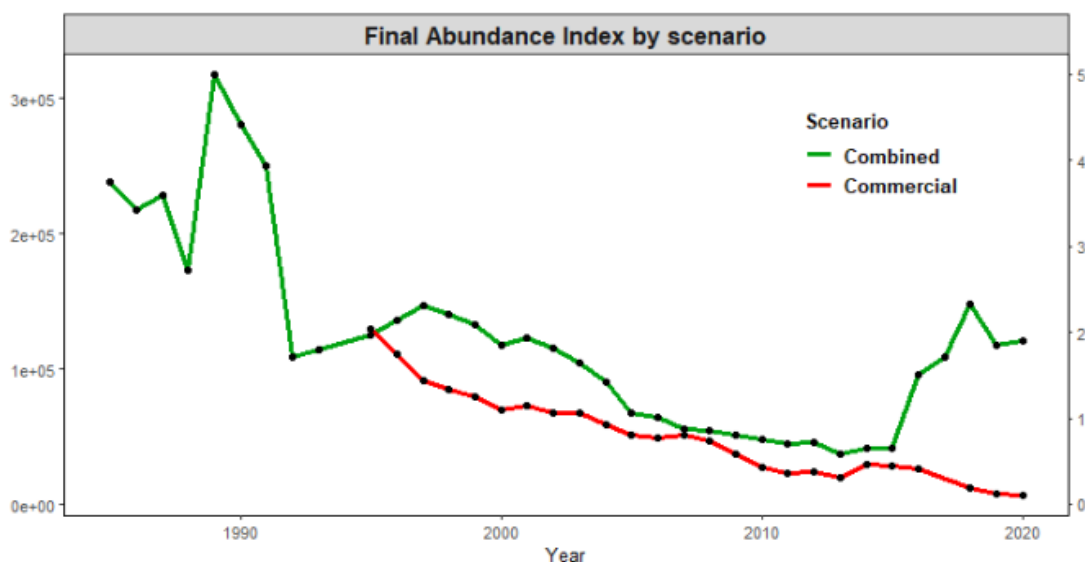


Figure 25 - Evolution des indices d'abondance finaux par scénario

## Références bibliographies

Domain F (1989) - Rapport des campagnes de chalutage du N/O André Nizery dans les eaux de la Guinée de 1985 à 1988. Doc. Scient. CNSHB, 81 p.

Domain F, Chavance P, Diallo I (1999) : La pêche côtière en Guinée : ressources et exploitation CNSHB/IRD

Meissa B, Gascuel D, Rivot E (2013) Assessing stocks in data-poor African fisheries: a case study on the white grouper (*Epinephelus aeneus*) of Mauritania. *Afr J Mar Sci* 35: 253–267.

Meissa B, Rivot E, Gascuel D (2008). Analysis of CPUE data series through Generalized Linear Models and Delta method to derive annual series of abundance indices. Scientific report, ISTAM project. P 18.

Millischer L, Gascuel D (1997) - Estimation des puissances de pêche : Etude des flottilles industrielles de Bretagne sud, Troisième Forum Halieumétrique.

Laurent AG (1963.) The lognormal distribution and the translation method: description and estimation problems. *Journal of the American Statistical Association* 58: 231–235.

Le Guen JC (1971) - Dynamique des populations de *Pseudolithus (Fonticulus) elongatus* (Bowd, 1825). Poisson, sciaenidae. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 9(1) : 3-84.

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

Palomares MLD, Pauly D (2019) - On the creeping increase of vessels' fishing power. *Ecology and Society* 24(3):31

Sidibe A (2003) - Les ressources halieutiques côtières de la Guinée : Exploitation, biologie et dynamique des principales espèces de la communauté à Scianidés, Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Renne (ENSAR), France.

Stefansson G (1996). Analysis of groundfish survey abundance data: combining the GLM and delta approaches. *ICES Journal of Marine Science* 53: 577–588.

## ANNEXES

### Annexe 1 : Caractéristiques techniques des navires et des engins de pêche utilisés

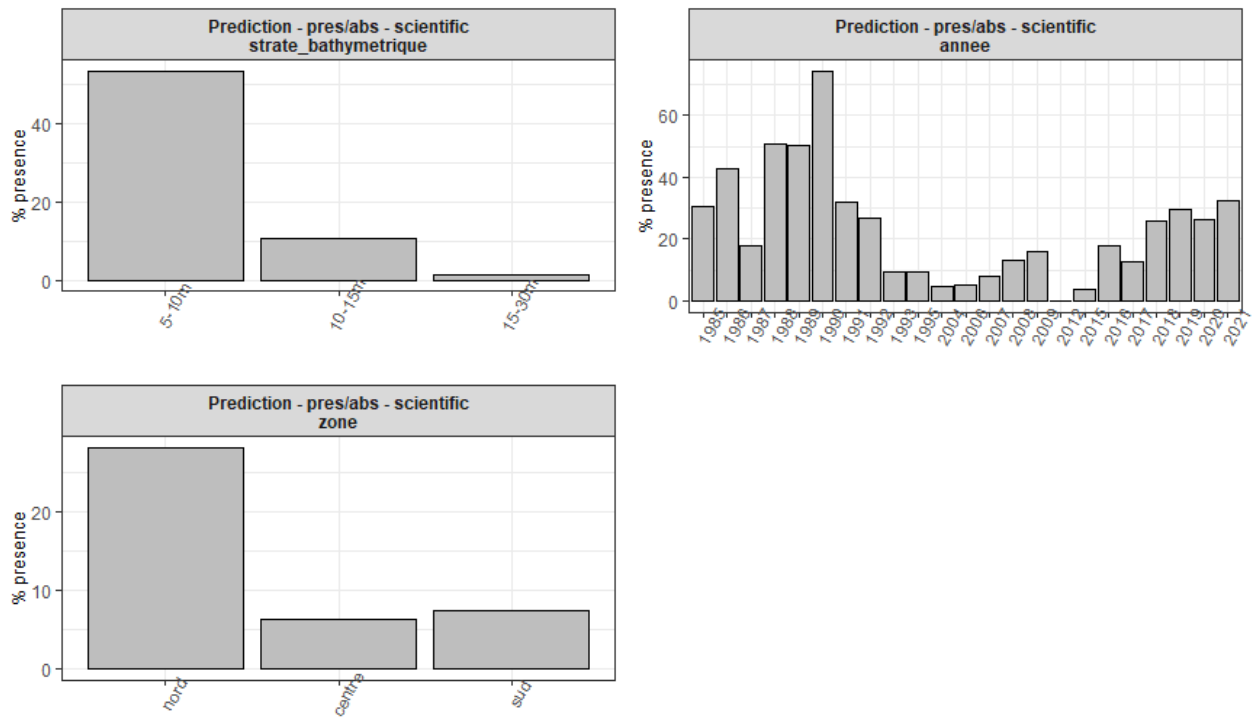
Navire	Caractéristique du navire	Caractéristiques du chalut	References
Andre Nizery	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chalutier de type pêche arriere</li> <li>- Puissance : 400 CV</li> <li>- Longueur : 24 m</li> <li>- Vitesse de chalutage : 2,8 nœuds</li> <li>- Duree du chalutage : 30 minutes</li> <li>- Methode : Aire Balayee</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chalut de fond de type Le DREZEN</li> <li>- Maillage du cul : 45 mm</li> <li>- Ouverture moyenne : 13,1 m</li> </ul>	Domain et al., 1999
Antéa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chalutier de type pêche arriere</li> <li>- Puissance :</li> <li>- Longueur hors tout : 34.95 m</li> <li>- Tirant d'eau : 3.323 m</li> <li>- Vitesse de chalutage : 2,8 nœuds</li> <li>- Durée du chalutage : 30 minutes</li> <li>- Méthode : Aire Balayee</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chalut de fond : GOV 2 faces</li> <li>- Maillage du cul :</li> <li>- Ouverture moyenne :</li> </ul>	Domain, 2002
GLC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chalutier de type pêche arriere</li> <li>- Longueur : 29,93 m</li> <li>- Tirant d'eau à l'arriere : 3,75 m</li> <li>- Puissance : 750 CV</li> <li>- Tonnage brut : 198 TJB</li> <li>- Vitesse de chalutage : 3,5 nœuds</li> <li>- Durée du chalutage : 30 minutes</li> <li>- Méthode : Aire Balayee</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Longueur totale : 39,88 m</li> <li>- Corde de dos : 33,1 m</li> <li>- Maillage du cul : 25 mm (maille étirée)</li> </ul>	Diallo et al., 2015

## Annexe 2 : Types et codes des engins de la pêche artisanale maritime

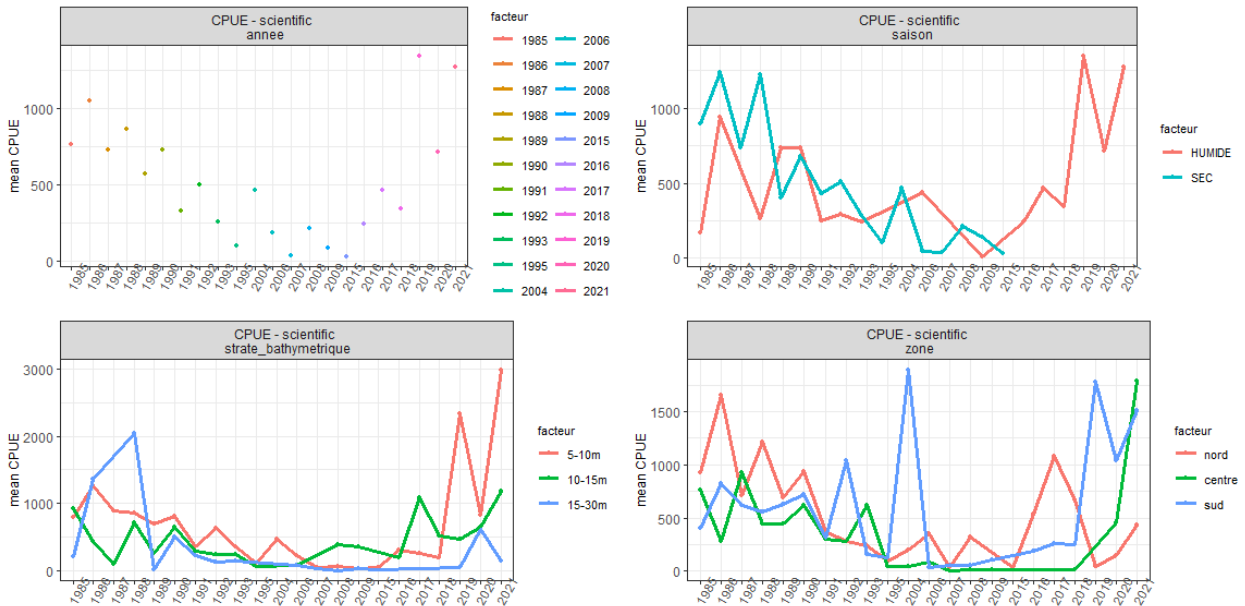
CODENGIN _CNSHB	CODE NGIN	CODE_En gin_GR	CODE_C SITEP	REF_FAO	NOM_FR	NOMLOC AL_FR
FMCg	FMC		07.1.0.2		filets maillants calés	Gbalakassa
FMCgm	FMCgm		07.1.0		filets maillants calés (ancrés) GM	Sèrèki yèlè
FMCI	FMCPm	FMC	07.1.0	filets maillants calés (ancrés)	filets maillants calés (ancrés) PM	Légotine
FMCTgm	FMCTgm		07.1.0		filets maillants calés (ancrés) TGM	Kuta yèlè
FMCy	FMCy		07.1.0.1		filets maillants calés (ancrés) PM	Yamgban
FMDf	FMD					Founfounyi
FMDk	FMDk	FMD	07.2.0	filets maillants dérivants	filets maillants dérivants	Makreni
FMDs	FMDs					SoryFouta
FMEE	FMEE				filets maillants encerclant à ethmalose	Bonga yèlè
FMEg	FME	FME	07.3.0	filets maillants encerclant	filets maillants encerclant	Gboya
FMEM	FMEM				filets maillants encerclant à mulet	Séki yèlè
FMEO	FMEO				filets maillants encerclant à otolithe	Fanty
FMF	FMF	FMF	07.4.0	filets maillants fixes (sur perche)	filets maillants fixes (sur perche)	Bamba yèlè
FT	FT	FT	01.2.0	sans coulisse (filet lamparo)	filet tournantsans coulisse (filet lamparo)	Reggae
LI	LI	LI	09.1.0	Lignes à main et cannes (manœuvre. main)	Lignes à main	Konyi
PA	PA	PA	09.3.0	palangres calées	palangres calées	Dalban



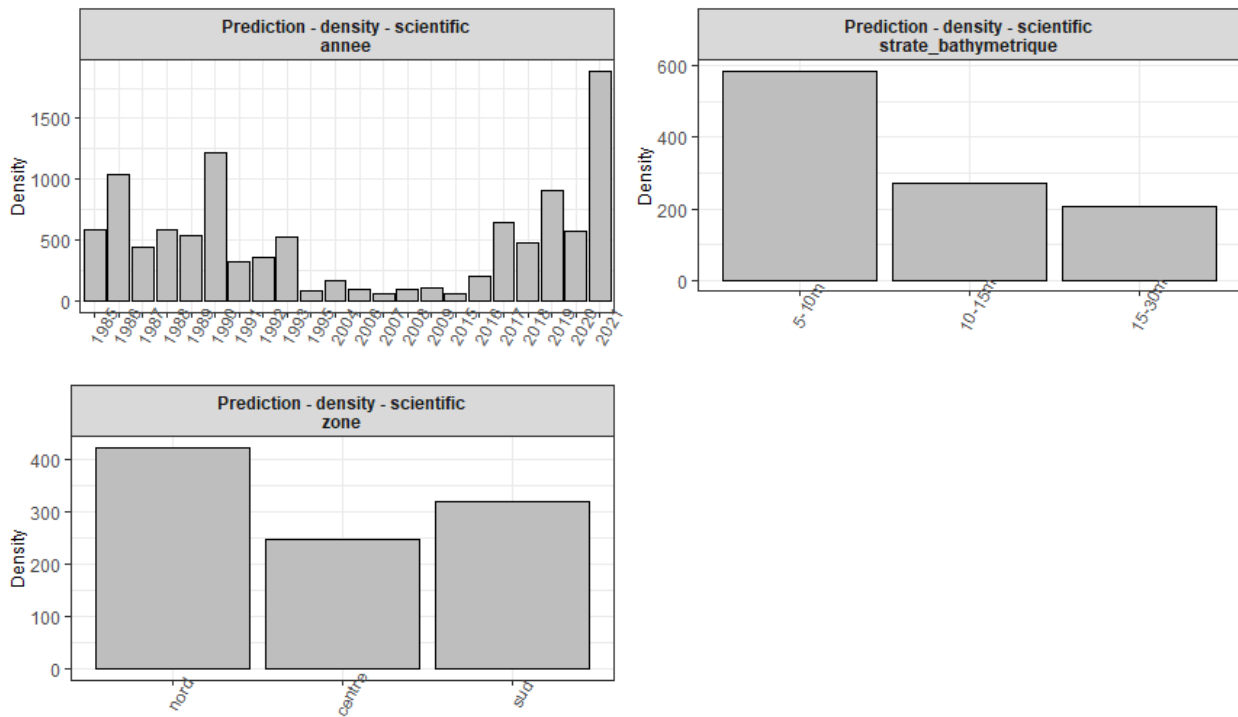
### Annexe 3 : Prédictions de la probabilité de présence pour chaque modalité - SC



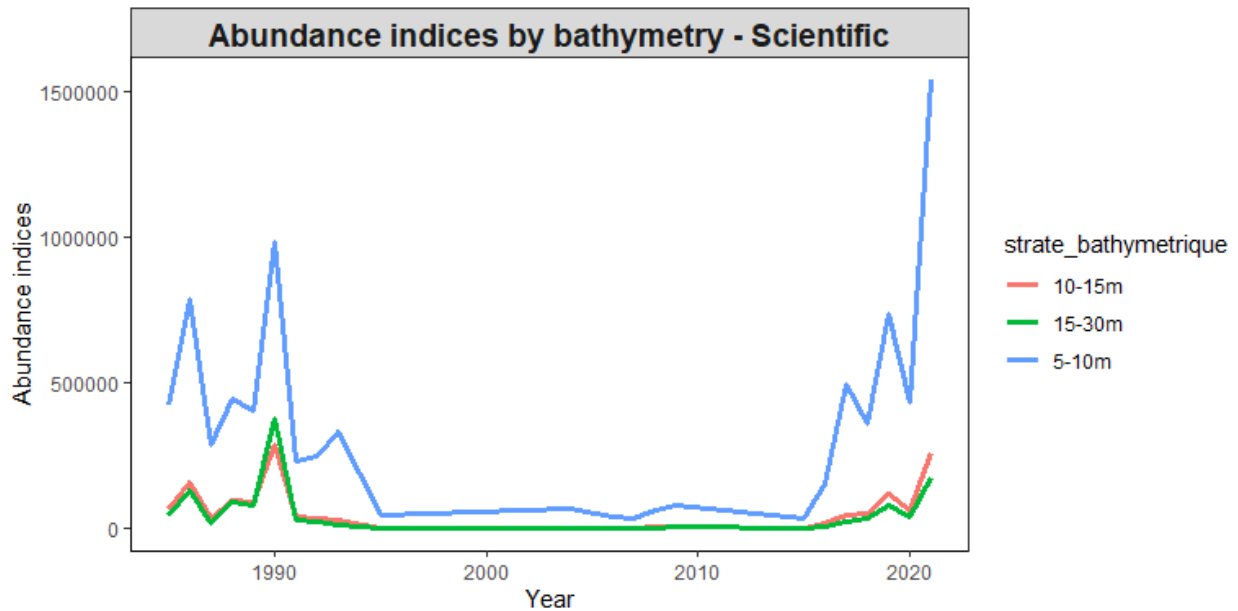
### Annexe 4 : CPUE par modalité - stf



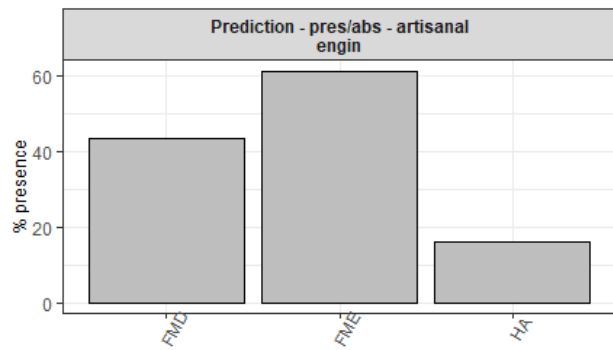
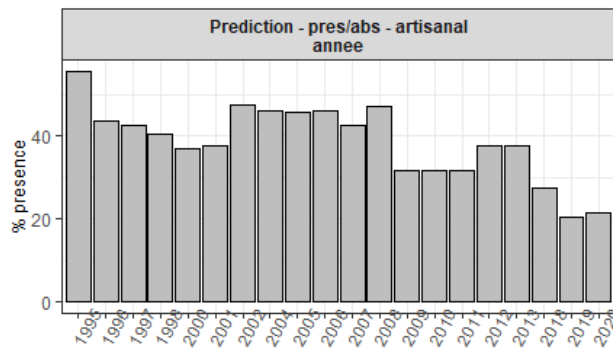
**Annexe 5 : Prédications des densités pour chaque modalité - SC**



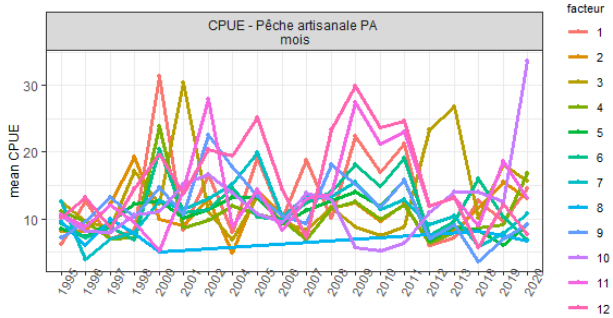
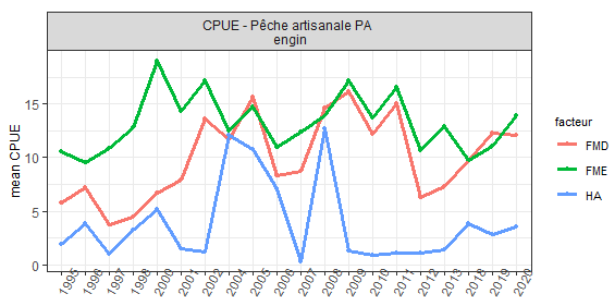
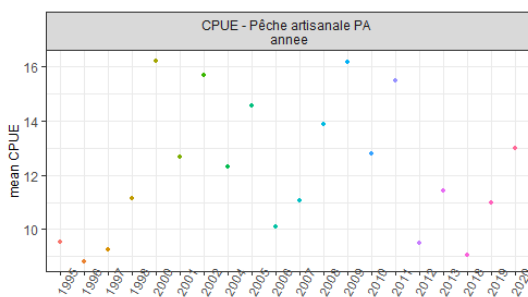
**Annexe 6 : Indices d'abondance par strate bathymétrique**



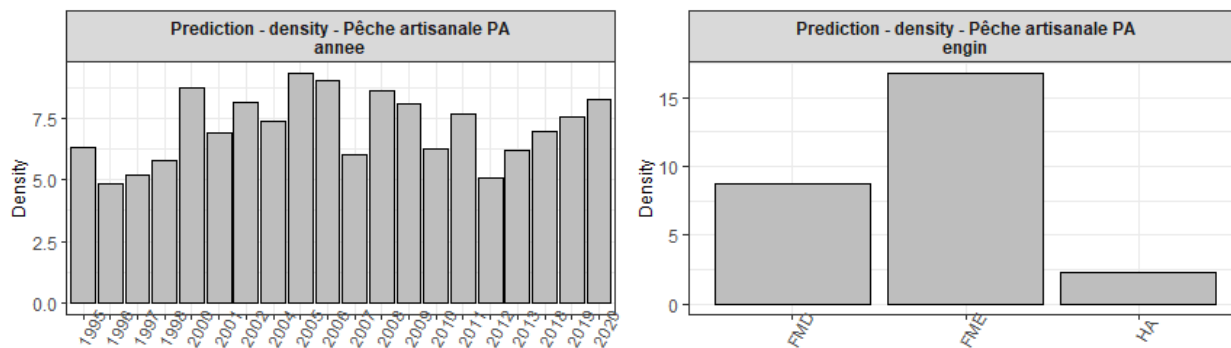
## Annexe 7 : Prédiction de la probabilité de présence pour chaque modalité - PA



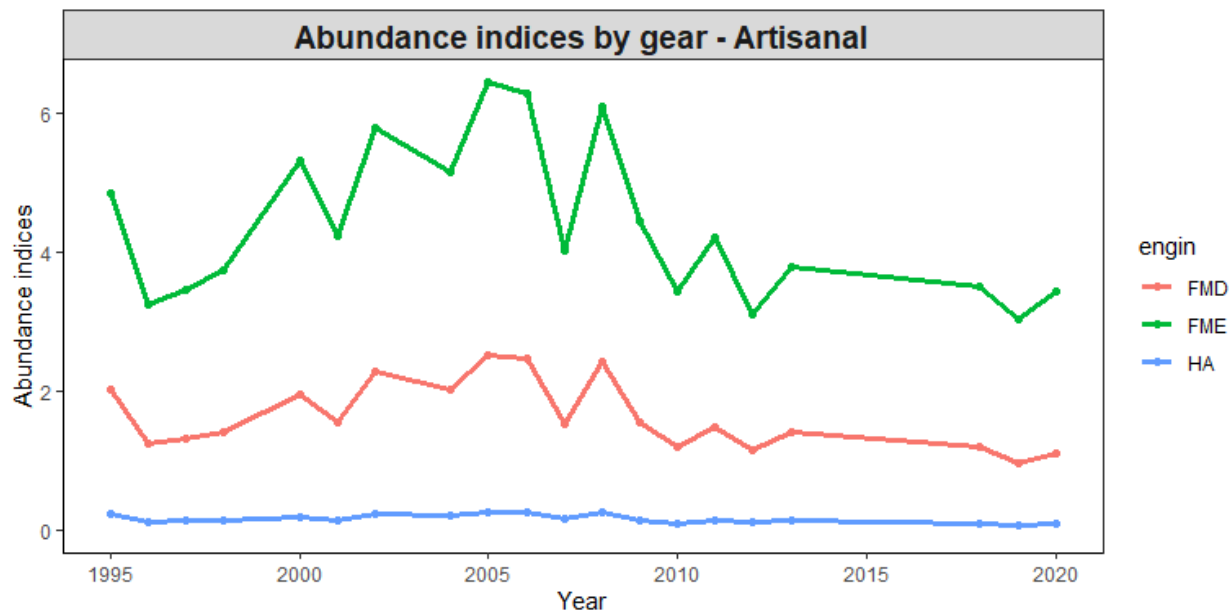
## Annexe 8 : CPUE par modalité - PA



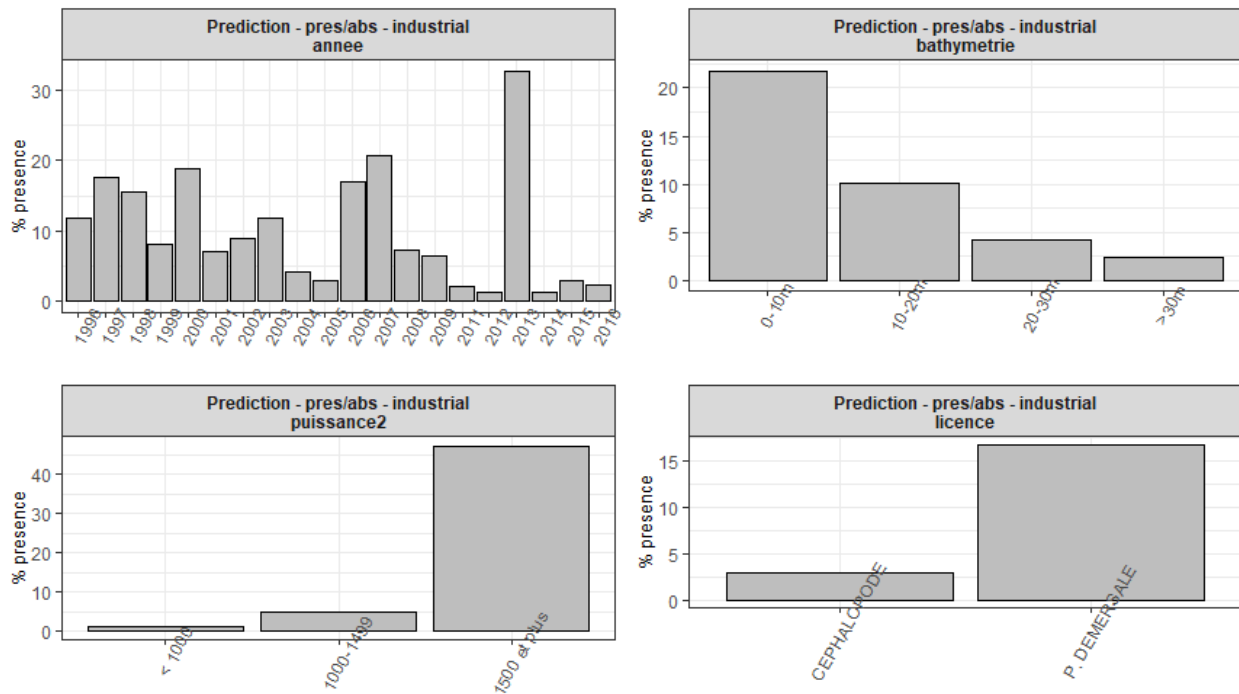
**Annexe 9 : Prédications des densités pour chaque modalité - PA**



**Annexe 10 : Indices d'abondance par engin - PA**



## Annexe 11 : Prédiction de la probabilité de présence pour chaque modalité - PI



## Annexe 12 : CPUE par modalité - PI



### Annexe 13 : Prédications des densités pour chaque modalité - PI

