

# PROJET RELIEFS

IDENTIFIER LES ÉTAPES DU CYCLE DE VIE LIMITANT LE RECRUTEMENT DE LA SOLE DANS LE GOLFE DE GASCOGNE.

Nina GRANDRÉMY<sup>1</sup> – Jean-Baptiste LECOMTE<sup>2</sup> – Olivier LE PAPE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Association du Grand Littoral Atlantique

<sup>2</sup> UMR DECOD, IFREMER Centre Atlantique, Nantes

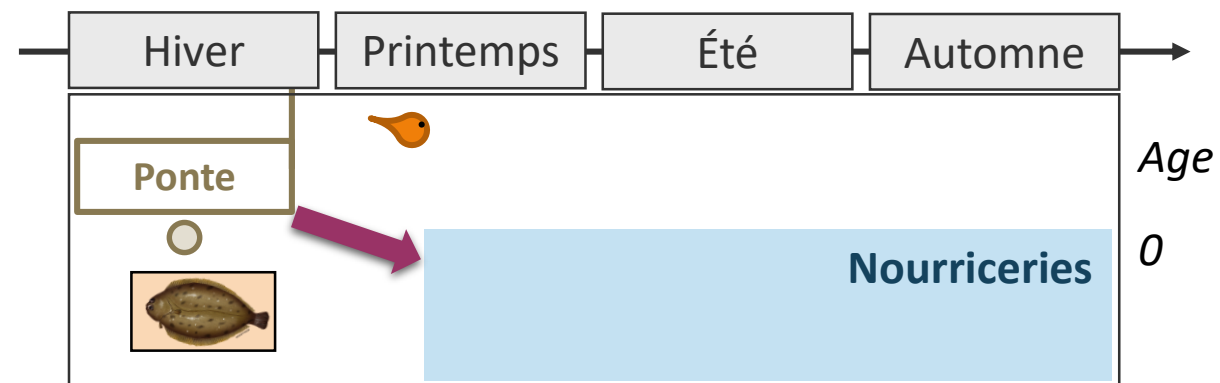
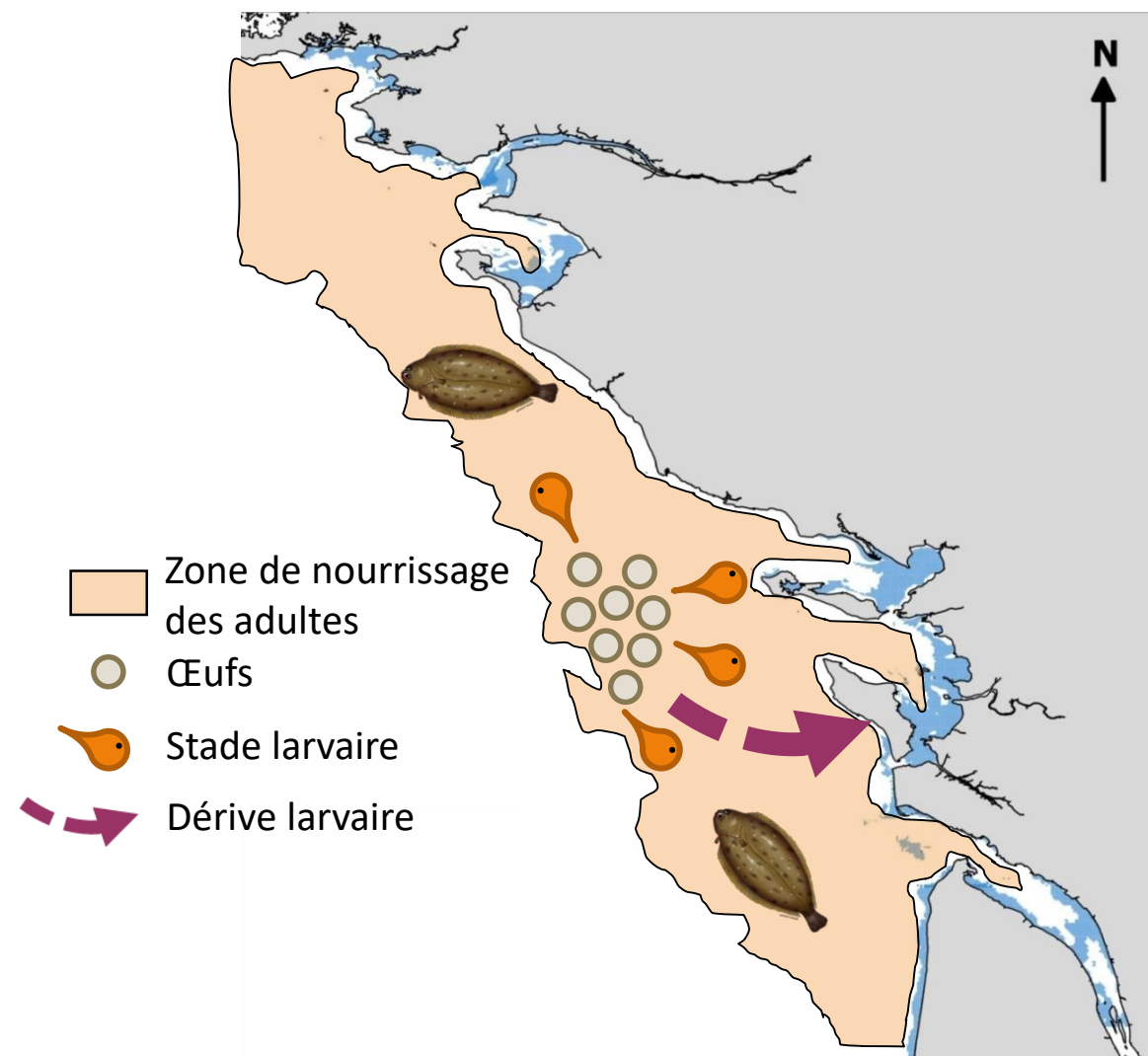
<sup>3</sup> UMR DECOD, Institut Agro Rennes Angers

Une espèce d'intérêt halieutique majeur :

- 3 600 tonnes vendues en 2021
- 3<sup>e</sup> espèce débarquée en termes de valeurs des ventes

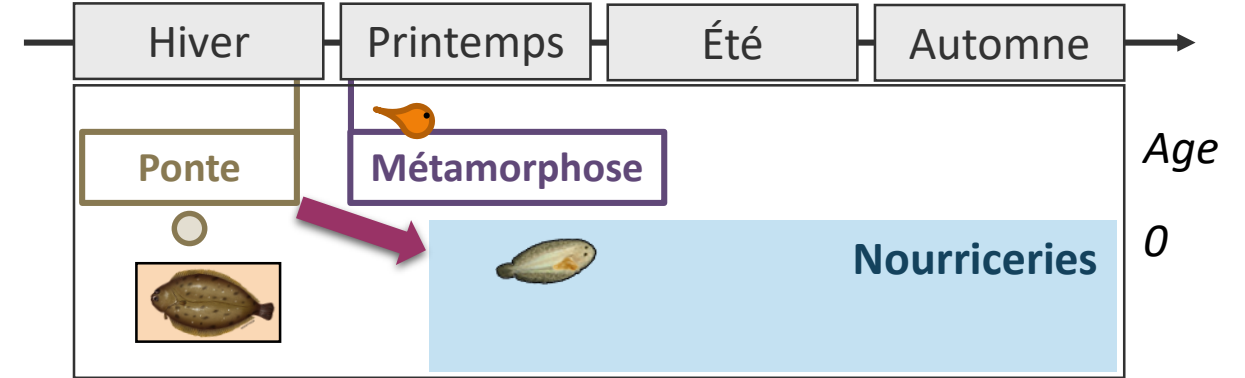
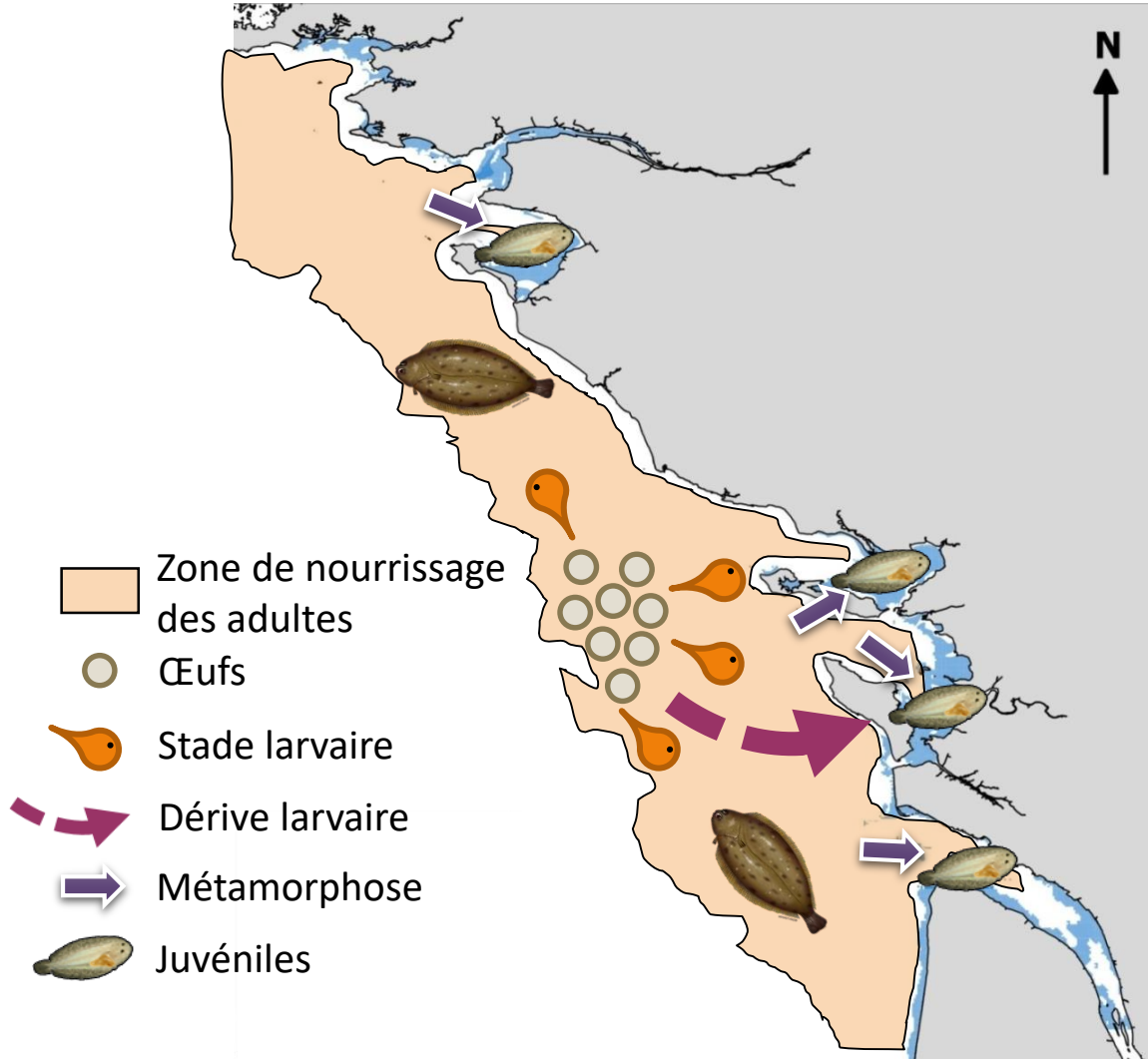


## Le cycle de vie de la sole commune



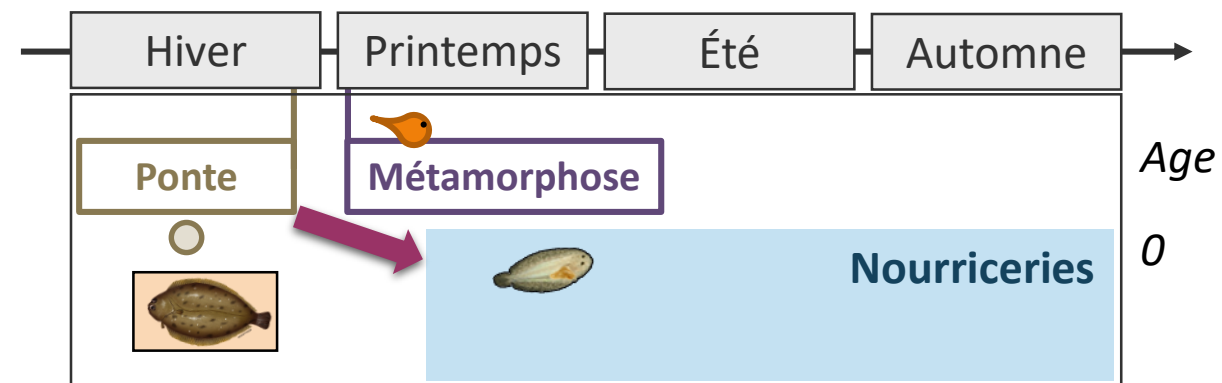
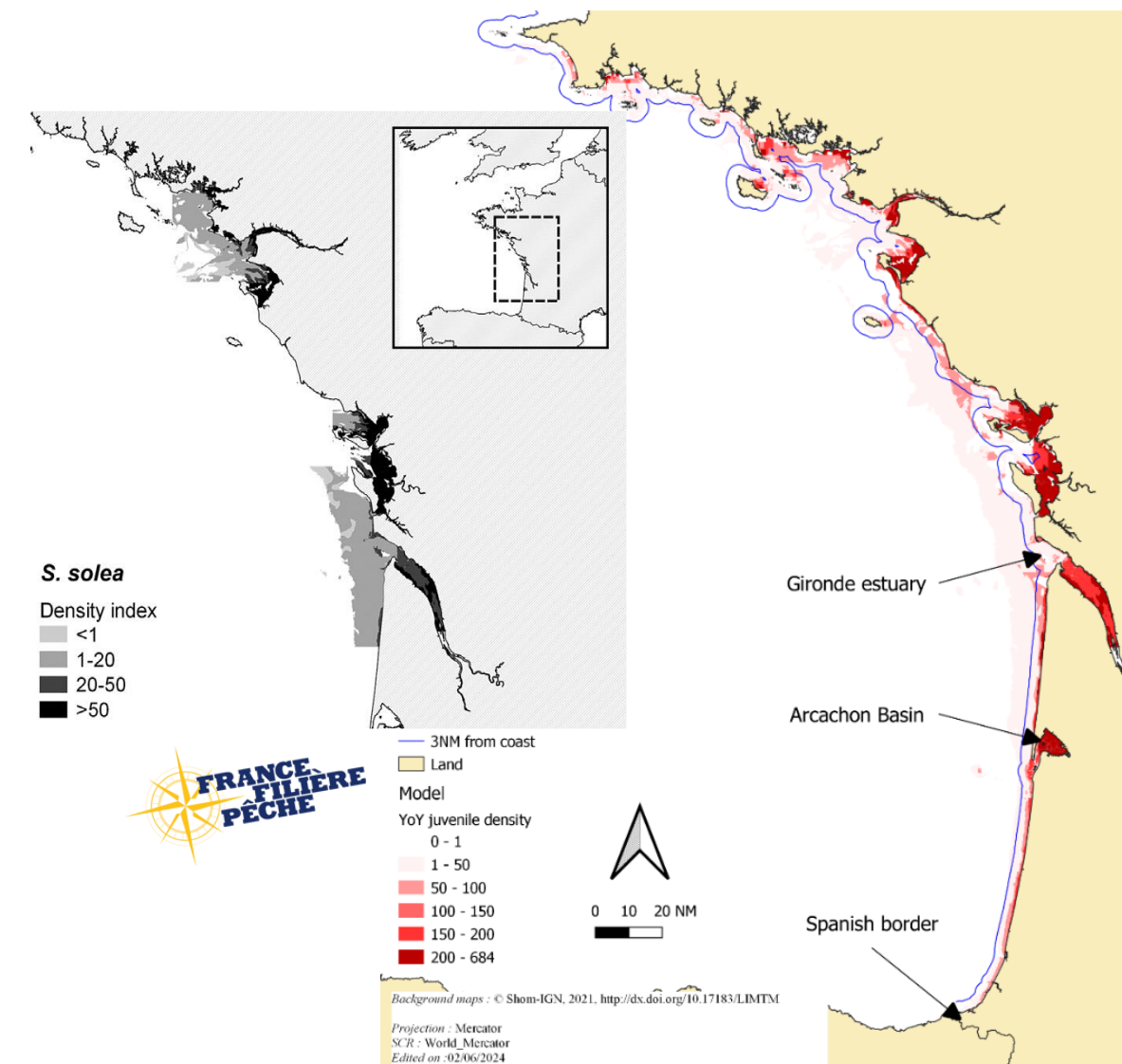
- Œufs et stade larvaire: **phase de vie pélagique**
  - Très forte variabilité des abondances et faible taux de survie (1/1000)
  - Mortalité densité-indépendante
- Dérive larvaire vers les zones de nurseries

## Le cycle de vie de la sole commune



- Œufs et stade larvaire: phase de vie pélagique
  - Très forte variabilité des abondances et faible taux de survie (1/1000)
  - Mortalité densité-indépendante
- Dérive larvaire vers les zones de nurseries
- Métamorphose
- Arrivée dans les nurseries entre Avril et Juin

## Le cycle de vie de la sole commune



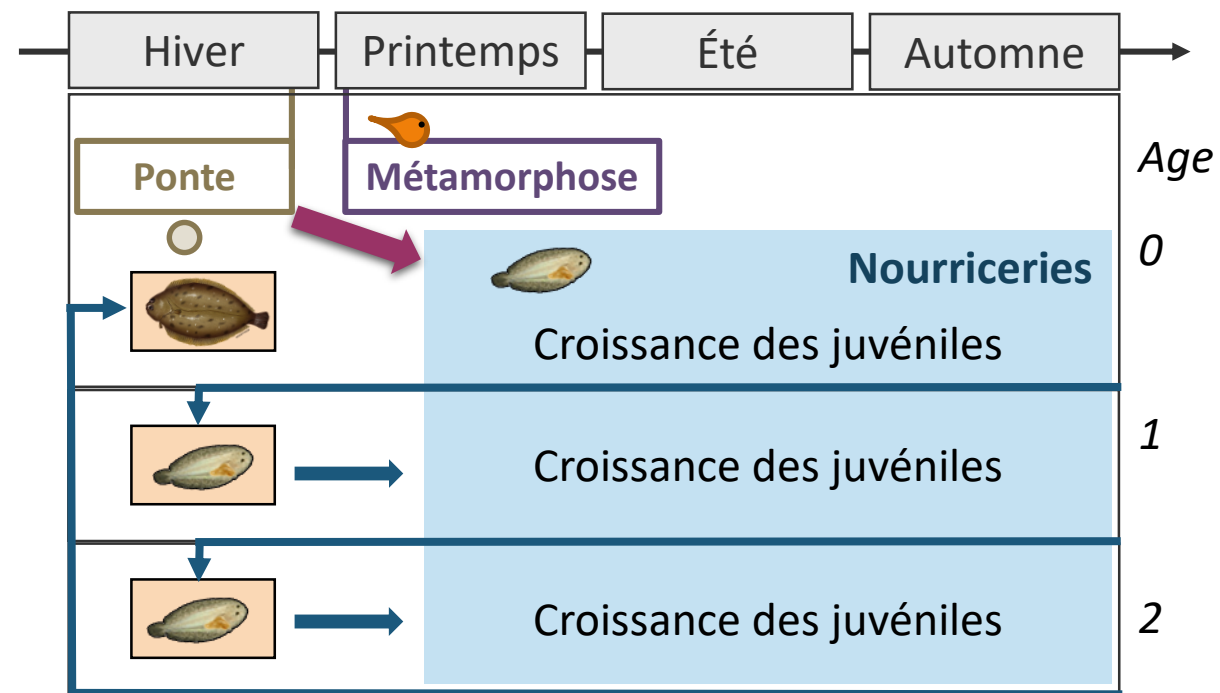
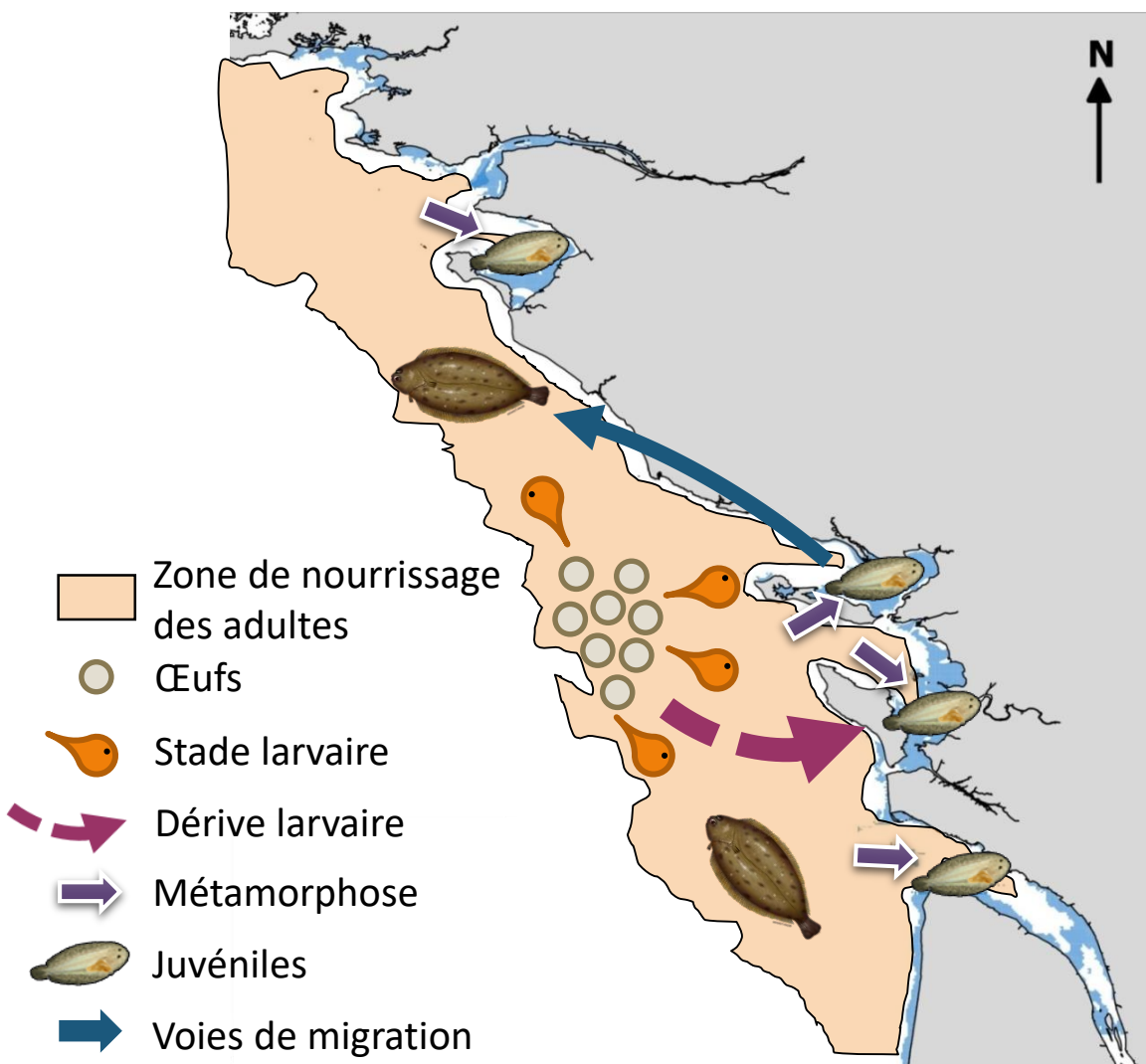
### Nourriceries

- Zones côtières peu profondes, sédiment meuble et fin sous influence des fleuves
- Taux de mortalité : 1/100

→ Estuaires de la Vilaine, de la Loire et de la Gironde + Pertuis Breton et pertuis d'Antioche

# 1. INTRODUCTION

## Le cycle de vie de la sole commune



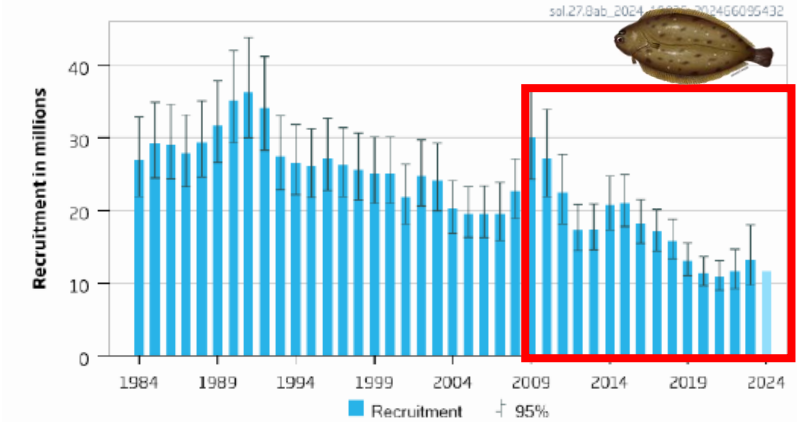
- Les juvéniles de soles passent 2 ou 3 ans dans les nourriceries avant de rejoindre le stock adultes

Une espèce d'intérêt halieutique majeur :

- 3 600 tonnes vendues en 2021
- 3<sup>e</sup> espèce débarquée en termes de valeurs

➔ Recrutement à l'âge 2 en baisse depuis 2009 environ.

Recrutement (age 2)



Evaluation du stock de la sole commune du Golfe de Gascogne. Recrutement ou abondance à l'âge 2. Rapport 2024 du CIEM.

Une espèce d'intérêt halieutique majeur :

- 3 600 tonnes vendues en 2021
- 3<sup>e</sup> espèce débarquée en termes de valeurs

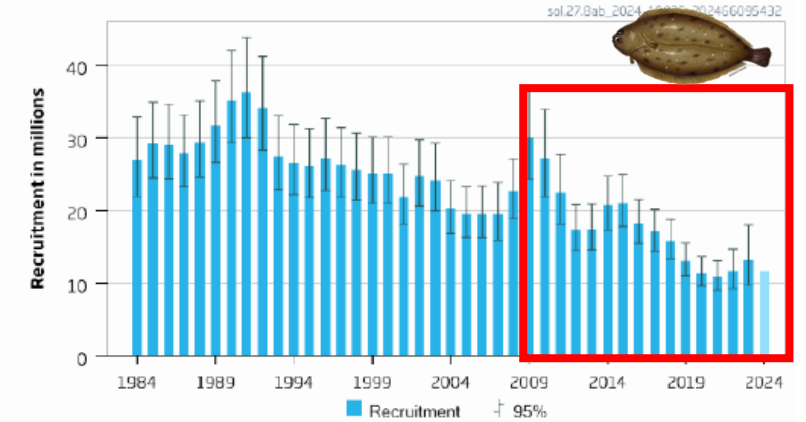
➔ Recrutement à l'âge 2 en baisse depuis 2009 environ.

- Mortalité des adultes par pêche raisonnée.

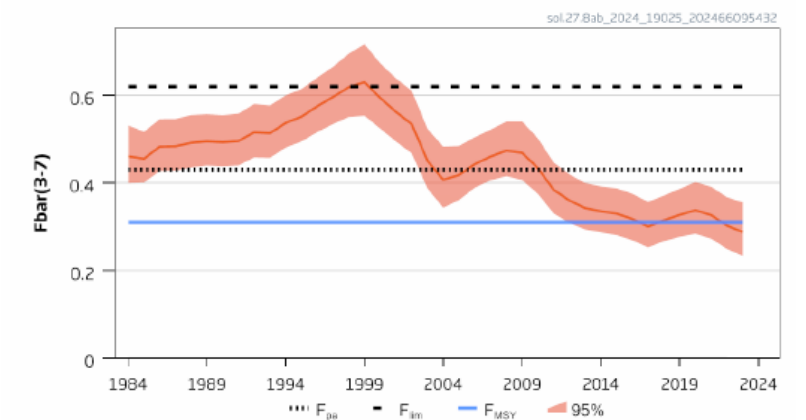


- Le recrutement est influencé par la productivité de la population.

Recrutement (age 2)



F



Evaluation du stock de la sole commune du Golfe de Gascogne. Haut: recrutement ou abondance à l'âge 2. Bas: Mortalité par pêche. Rapport 2024 du CIEM.

### **Dans le Golfe de Gascogne:**

- Décrire la dynamique temporelle du stock de la sole.
- Identifier les stades du cycle de vie auxquels une diminution d'abondance est observée.

### **À l'échelle de l'Atlantique Nord-Est:**

- Identifier des stocks avec des tendances de recrutement similaires à celui du Golfe de Gascogne.

### Les données disponibles

#### Analyse des dynamiques des stocks

- Données du CIEM -> estimations des séries temporelles de recrutement pour 7 stocks



Codes CIEM	Régions
sol.27.8ab	Golfe de Gascogne
sol.27.4	Mer du Nord
sol.27.7a	Mer d'Irlande
sol.27.7d	Manche Est
sol.27.7e	Manche Ouest occidentale
sol.27.7fg	Canal de Bristol et mer Celtique
sol.27.20-24	Skagerrak et Kattegat, mer Baltique occidentale



Complété avec les données de campagne ORHAGO

→ Calcul des abondances d'individus adultes

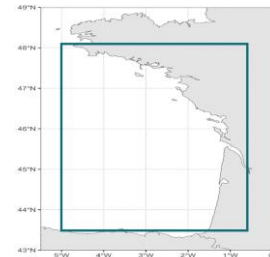


Tableau : Stocks de sole commune suivis par le CIEM dans l'Atlantique Nord-Est.



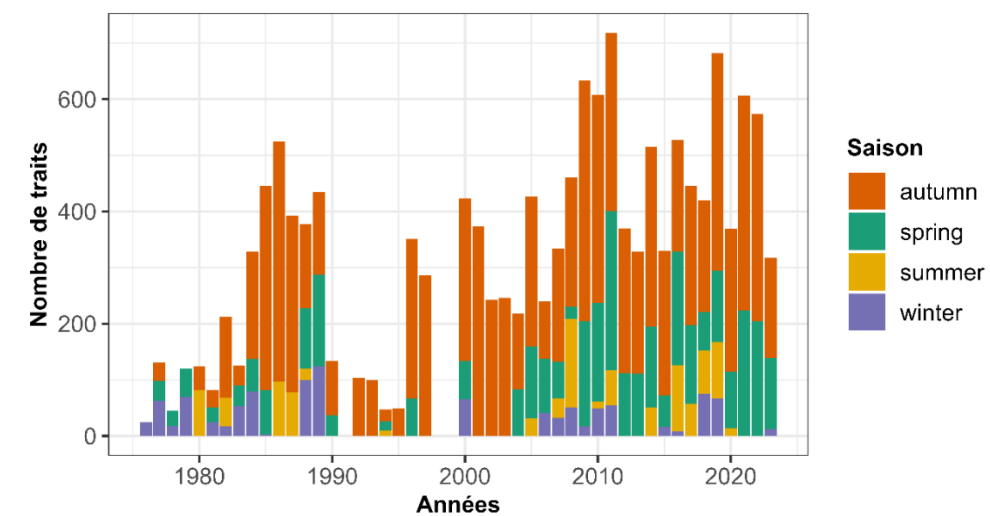
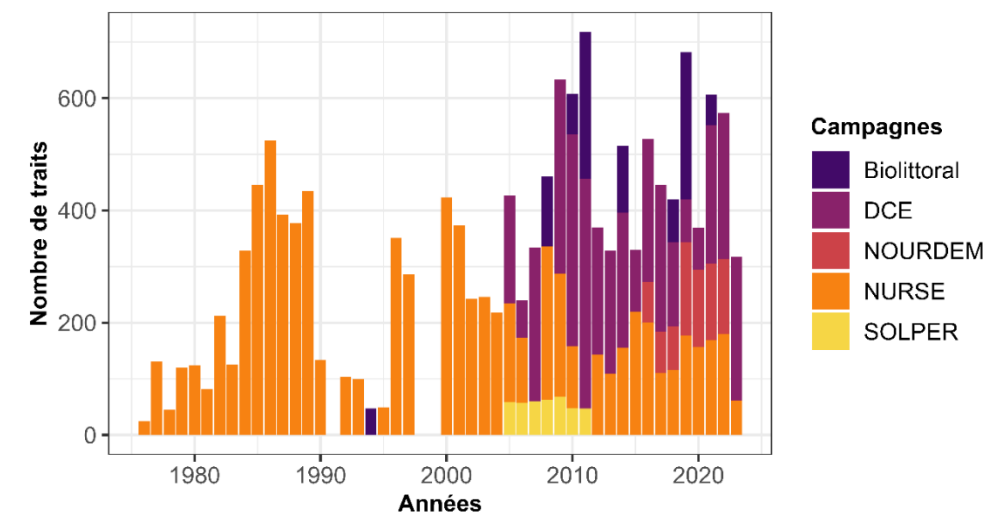
### Analyse des dynamiques des juvéniles dans les nourriceries

#### Les campagnes IFREMER

- NURSE: 1980 – 2023
- SOLPER: 2005 – 2011
- NOURDEM: 2016 – 2023

#### Données complémentaires

- DCE: 2005 – 2023
- Biolittoral: 2008; 2010-2011;  
2014; 2018-2019; 2021





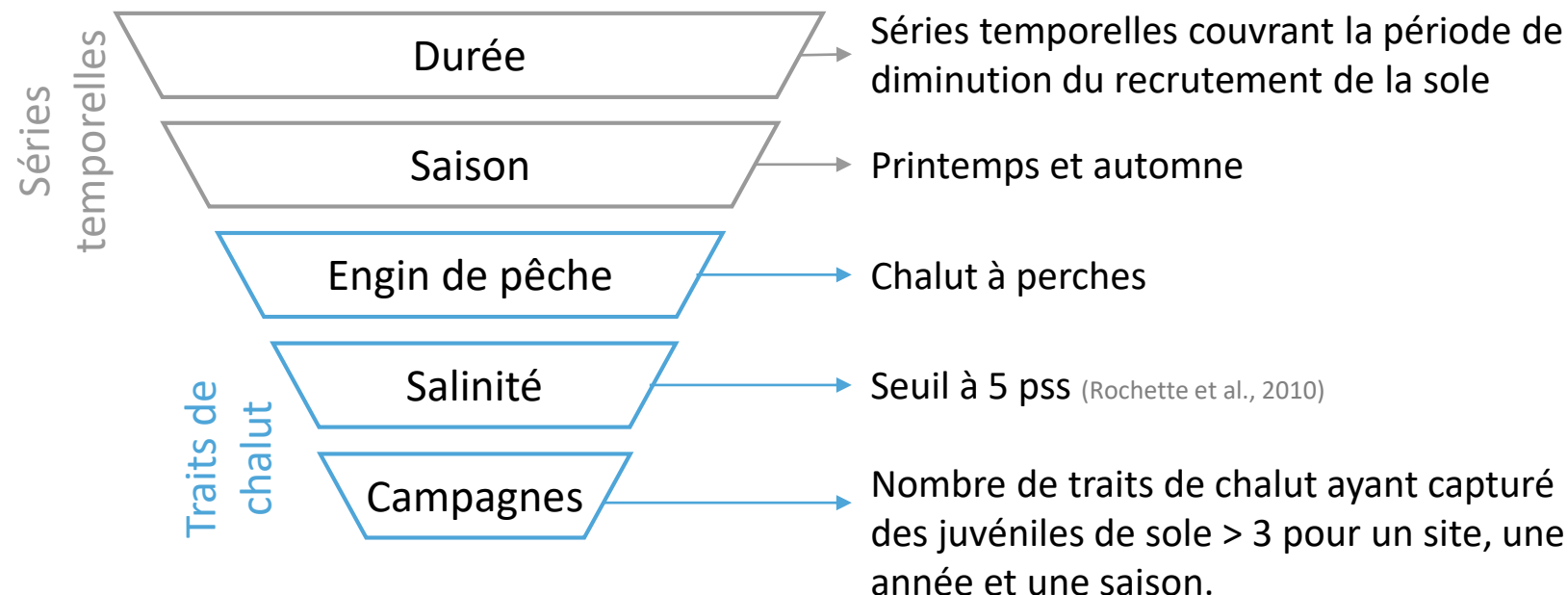
### Analyse des dynamiques des juvéniles dans les nourriceries

#### Les campagnes IFREMER

- NURSE: 1980 – 2023
- SOLPER: 2005 – 2011
- NOURDEM: 2016 – 2023

#### Données complémentaires

- DCE: 2005 – 2023
- Biolittoral: 2008; 2010-2011; 2014; 2018-2019; 2021



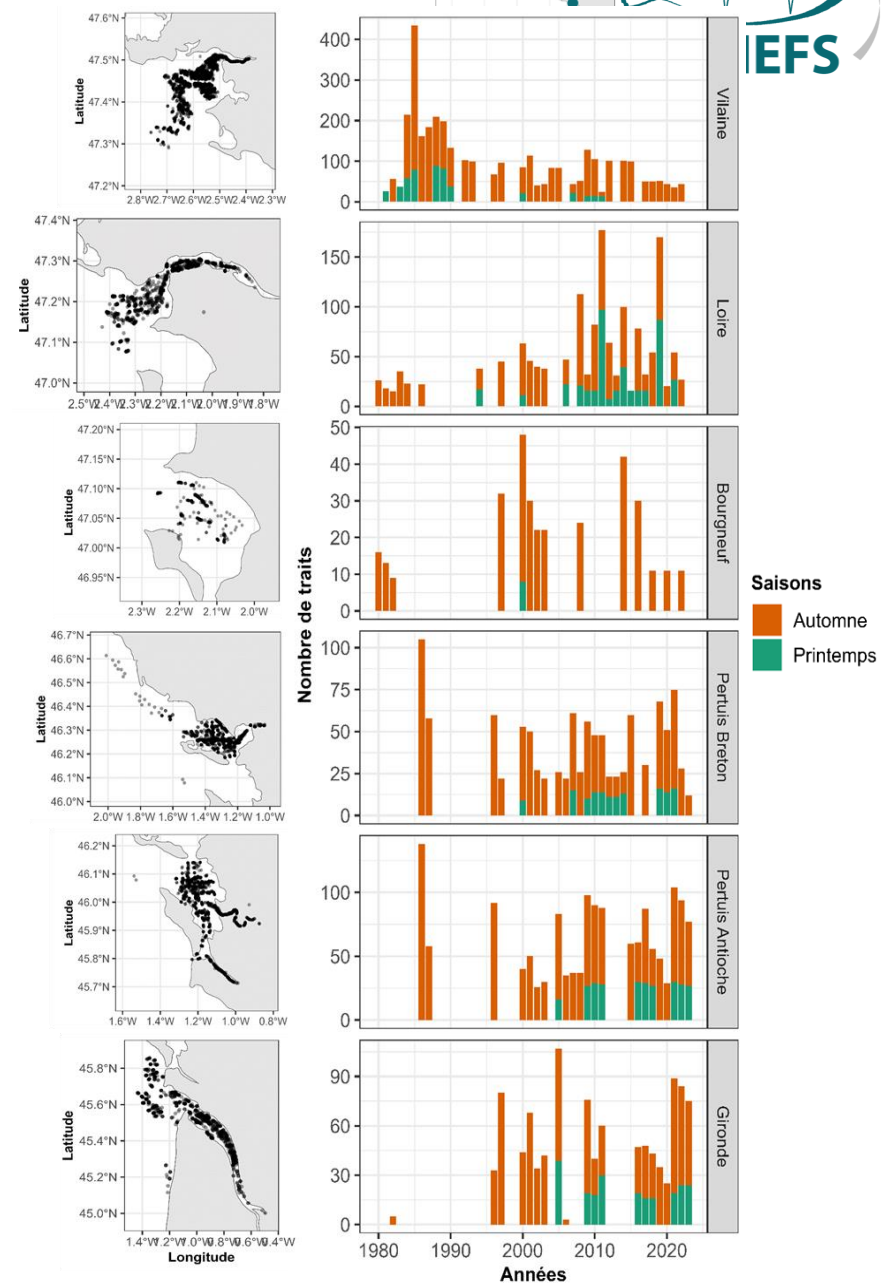
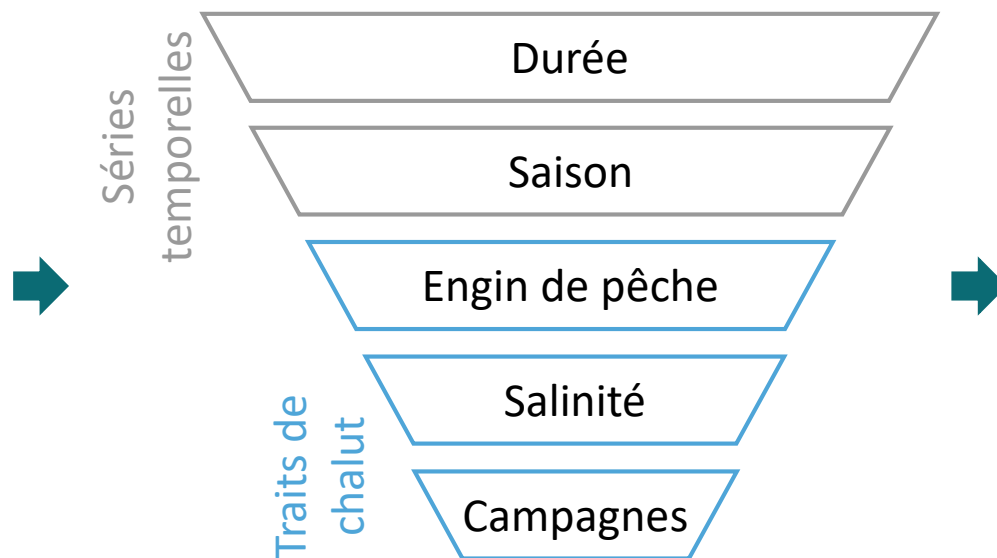
### Analyse des dynamiques des juvéniles dans les nourriceries

#### Les campagnes IFREMER

- NURSE: 1980 – 2023
- SOLPER: 2005 – 2011
- NOURDEM: 2016 – 2023

#### Données complémentaires

- DCE: 2005 – 2023
- Biolittoral: 2008; 2010-2011; 2014; 2018-2019; 2021



### Association avec les variables de l'habitat

- Traits de chaluts sélectionnés associés avec les variables de l'habitat

#### Couverture sédimentaire

- Sable
- Vase
- Sables mixés
- Sable grossier

#### Bathymétrie

- [-5 ; -Inf]
- [-10 ; -5]
- [-15 ; -10]
- [-20 ; -15]
- [-Inf ; -20]

### Calcul des densités d'individus

- Détermination de l'âge des individus
- Captures par unité d'effort (nombre d'individus / ha)
- Chaluts à perches avec racasseurs : ↑ capturabilité sur fond sableux  
→ Correction des CPUE avec un coefficient d'efficacité:

Âge 0 et âge 1 au printemps : 2,2. Âge 1 à l'automne et + : 5



Taille (cm) maximale mensuelle des juvéniles de sole aux âges 0, 1 et 2.

Mois	G0	G1	G2
1	0,0	15,0	28,0
2	0,0	17,0	28,0
3	0,0	17,0	29,0
4	0,0	19,0	29,0
5	5,0	19,5	29,5
6	7,5	20,0	30,5
7	10,0	21,0	32,0
8	14,0	23,0	35,0
9	16,0	25,0	35,0
10	17,0	26,0	36,0
11	17,5	28,0	40,0
12	17,5	29,0	40,0



- **Modèle delta**  
(site, âge, saison)

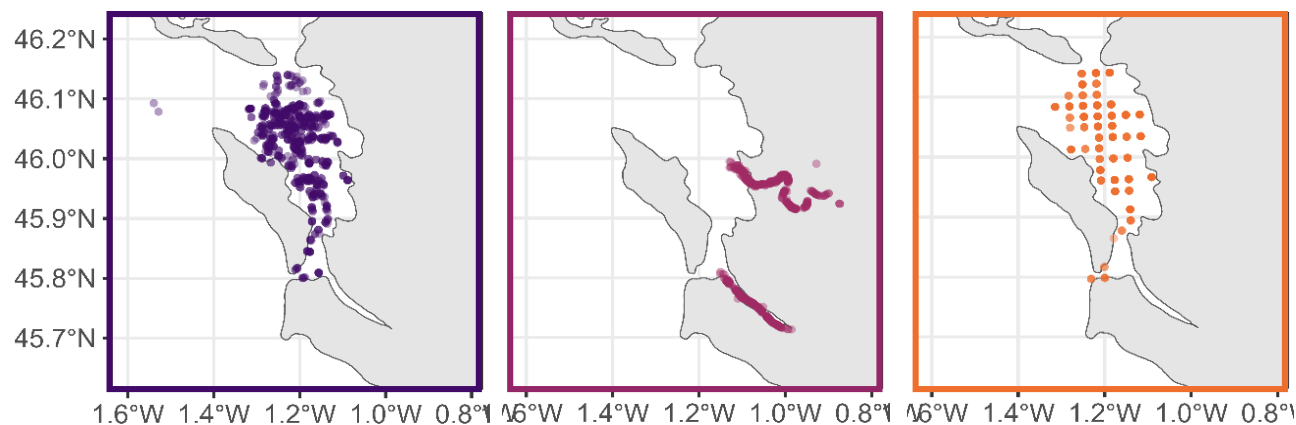
$$Y_{0/1} \sim \text{facteur(années)} + \text{facteur(sédiments)} + \text{facteur(bathymétrie)} + \text{facteur(campagne)} + \varepsilon_{0/1}$$

$$\text{Log}(Y_+) \sim \text{facteur(années)} + \text{facteur(sédiments)} + \text{facteur(bathymétrie)} + \text{facteur(campagne)} + \varepsilon_+$$

$Y_{0/1}$  : variable binaire présence / absence  $\sim$  loi Binomiale

$Y_+$  : densités positives de juvénile  $\sim$  loi Normale

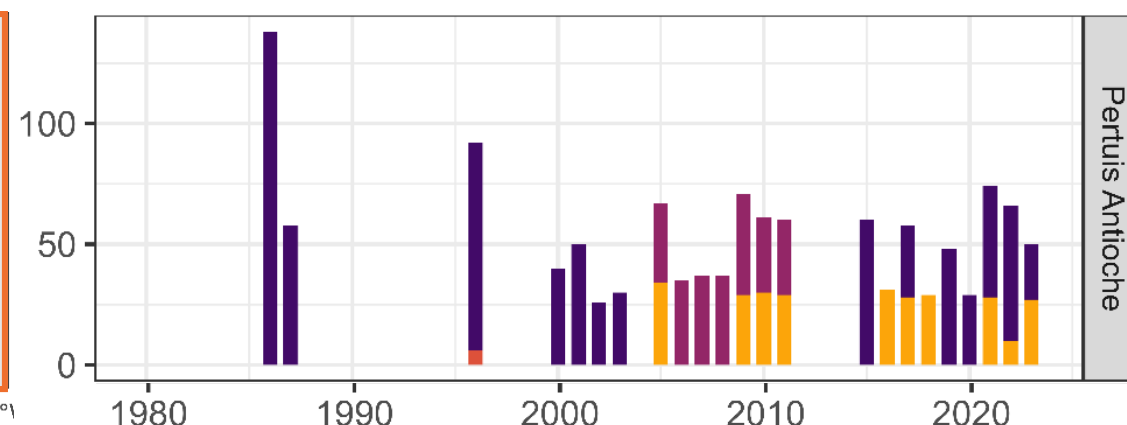
- **Effet campagne** : prise en compte de l'emprise spatiale des campagnes et utilisation de plusieurs engins de pêche, pour un site donné.



NURSE

DCE

SOLPER



Engin CP3 CP3\_rac petit\_CP\_solper petit\_CP





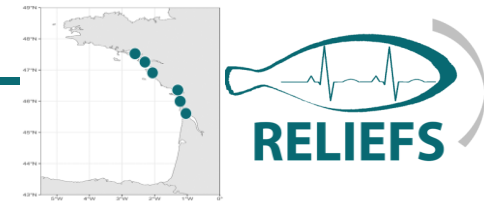
- Modèle delta (site, âge, saison)  $\left\{ \begin{array}{l} Y_{0/1} \sim \text{facteur(années)} + \text{facteur(sédiments)} + \text{facteur(bathymétrie)} + \text{facteur(campagne)} + \varepsilon_{0/1} \\ \text{Log}(Y_+) \sim \text{facteur(années)} + \text{facteur(sédiments)} + \text{facteur(bathymétrie)} + \text{facteur(campagne)} + \varepsilon_+ \end{array} \right.$

$Y_{0/1}$  : variable binaire présence / absence  $\sim$  loi Binomiale

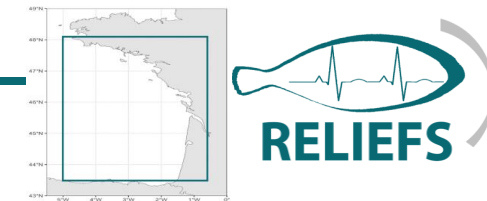
$Y_+$  : densités positives de juvénile  $\sim$  loi Normale

- Effet campagne : prise en compte de l'emprise spatiale des campagnes et utilisation de plusieurs engins de pêche, pour un site donné.
- Procédure de sélection des variables explicatives avec le critère AIC, pour chaque modèle linéaire.
- Estimation de l'indice d'abondance avec les prédictions de chaque modèle linéaire:

$$\hat{Y} = \hat{Y}_{0/1} \times e^{\log(\hat{Y}_+)} \times e^{\frac{\sigma^2(\varepsilon_+)}{2}}$$

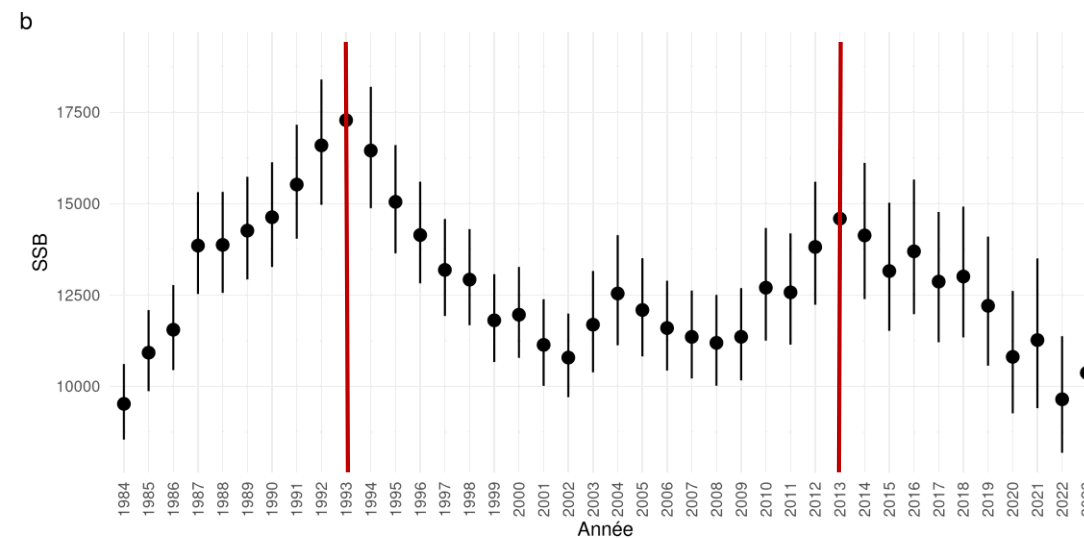
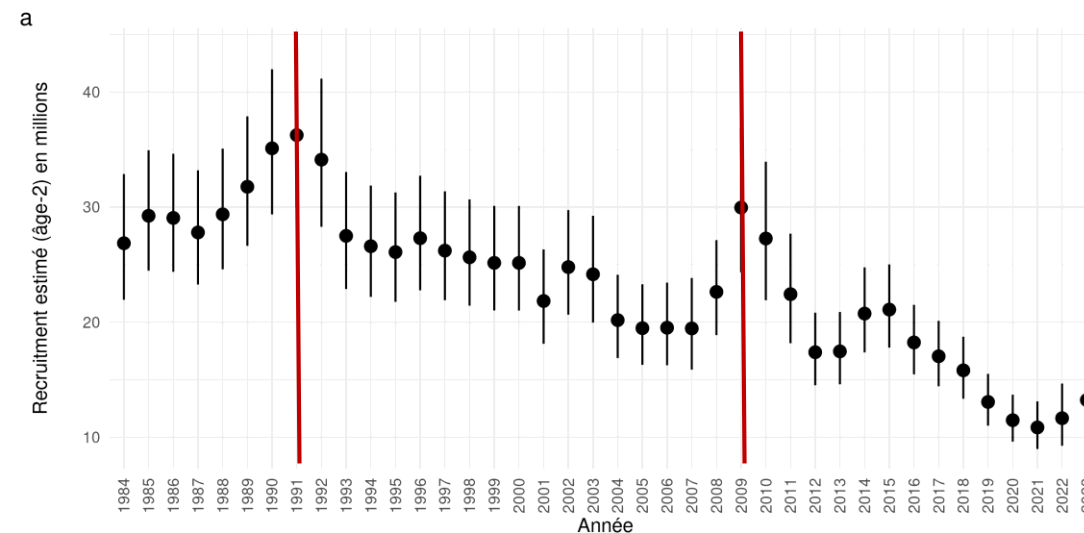


- Modèle delta (site, âge, saison)
- Analyse par **Dynamic Factor Analysis**: expliquer des variations temporelles dans un jeu de données de  $n$  séries temporelles avec  $m$  tendances cachées ( $m \ll n$ ).
  - ✓ Séries temporelles des juvéniles d'âge 0 à l'automne
  - ✓ 1 tendance cachée
  - ✓ Sur la série 2000 – 2023



#### Dynamique du stock

- Dernière période de recrutement élevé entre 2008 et 2011
- Tendence à la baisse du recrutement → valeurs les plus faibles : 2019 – 2023.
- SSB en baisse depuis 2013.
- L'évolution de la SSB suit celle du recrutement avec un décalage d'environ 2 années.



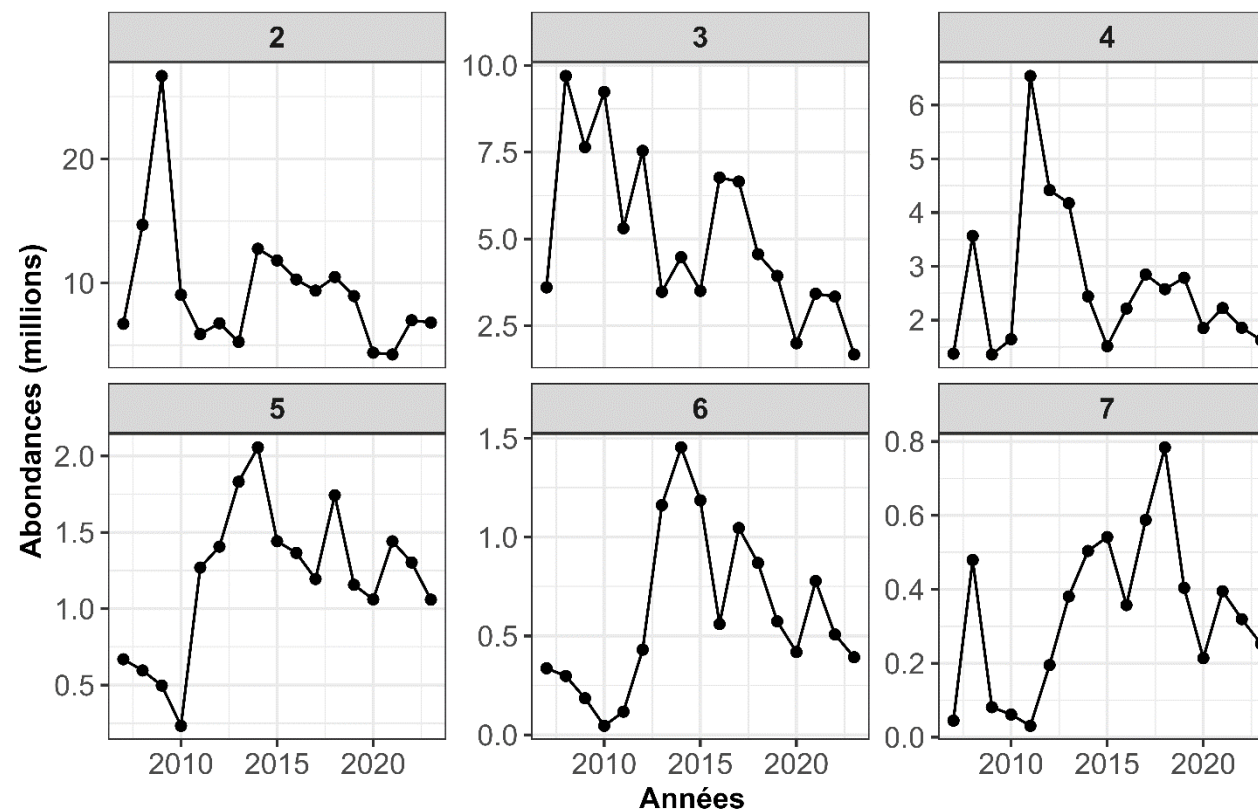
La diminution du recrutement est donc liée à la **variabilité des premiers stades du cycle de vie de la sole.**



○ ORHAGO : Diminution des abondances aux âges

2 à 7

- ✓ Âge 2 depuis 2009
- ✓ Âge 3 depuis 2008
- ✓ Âge 4 depuis 2011.
- ✓ Âges 5 et 6 depuis 2014





- Variables explicatives utilisées dans les modèles delta, suite à la procédure de sélection basée sur le critère AIC

	Site	Vilaine			Loire			Bourgneuf			Pertuis Breton			Pertuis Antioche			Gironde								
	Saison	Au.			Pr.			Au.			Pr.			Au.			Pr.			Au.					
	Âge	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Paramètres du modèle PRÉSENCE	Années	[Color: Purple]																							
	Sédiment	[Color: Pink]																							
	Bathymétrie	[Color: Orange]																							
	Campagne	[Color: Yellow]																							
	Pas de mod.	[Color: Grey]																							
Paramètres du modèle DENSITÉ	Années	[Color: Purple]																							
	Sédiment	[Color: Pink]																							
	Bathymétrie	[Color: Orange]																							
	Campagne	[Color: Yellow]																							
	Pas de mod.	[Color: Grey]																							

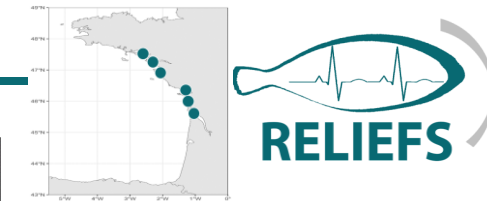
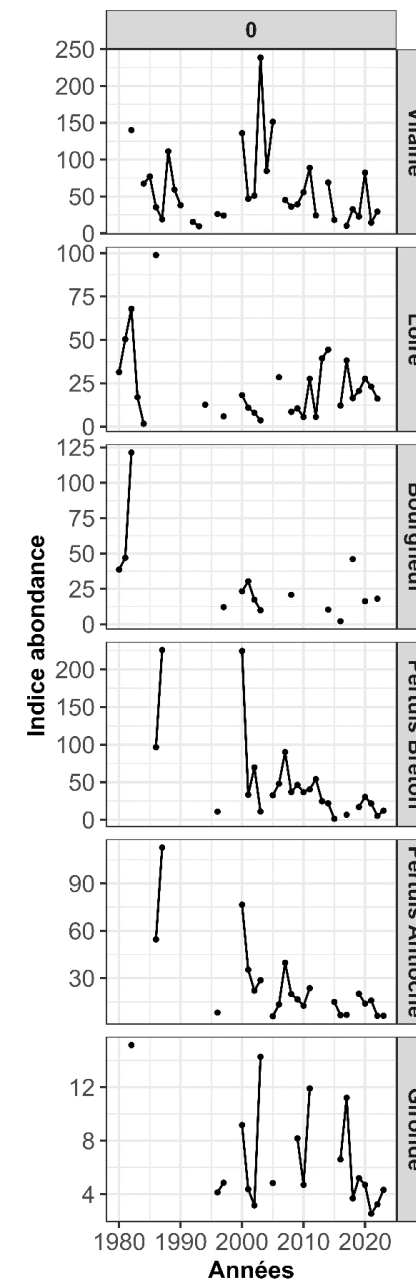
« Pr » : printemps. « Au » : automne. Les cases grises correspondent aux combinaisons site – saison – âge pour lesquelles aucun modèle n'a pu être construit.

### 3. RÉSULTATS – Golfe de Gascogne

#### Séries temporelles de l'abondance des juvéniles À L'AUTOMNE

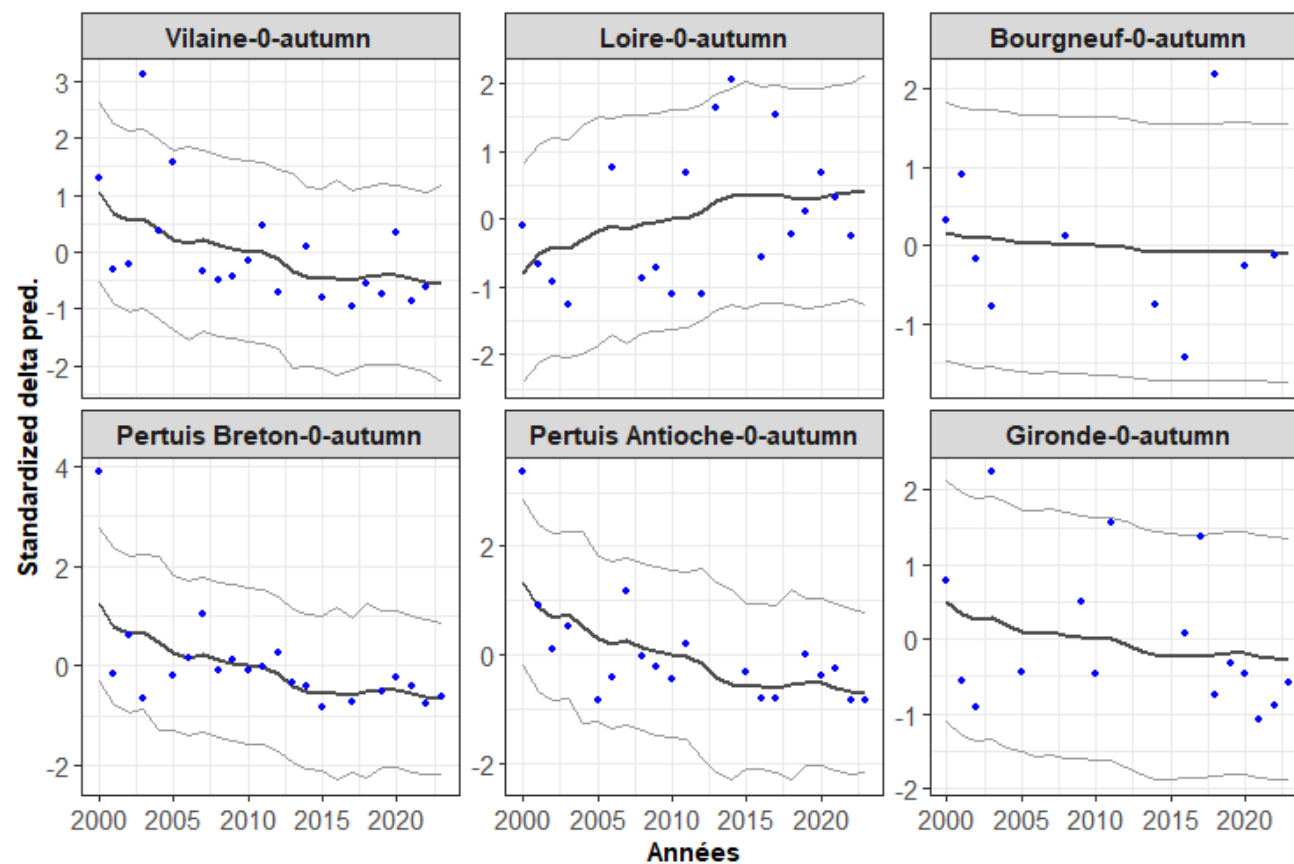
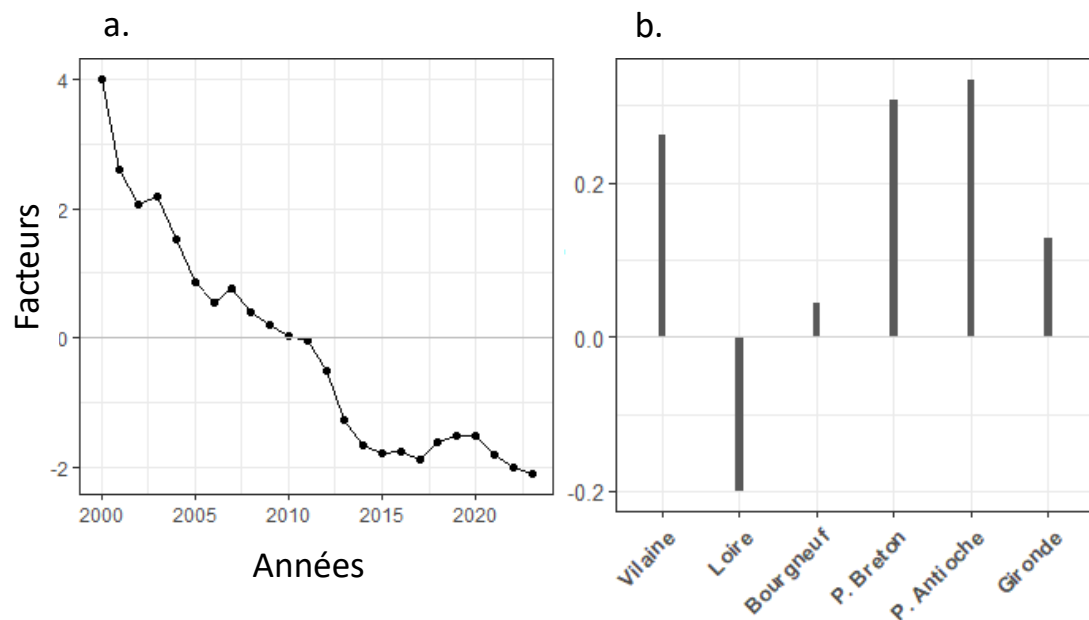
- **Âge 0**

- ✓ Tendances à la diminution: Vilaine, Gironde, Pertuis depuis ~ 2000.
- ✓ Pas de tendance visible: Loire, Bourgneuf
- ✓ Juvéniles plus nombreux avant 1990, sauf en Vilaine



## Séries temporelles de l'abondance des juvéniles À L'AUTOMNE

- **DFA: synthétiser les tendances observées à l'âge 0, entre 2000 et 2023**



## Séries temporelles de l'abondance des juvéniles À L'AUTOMNE

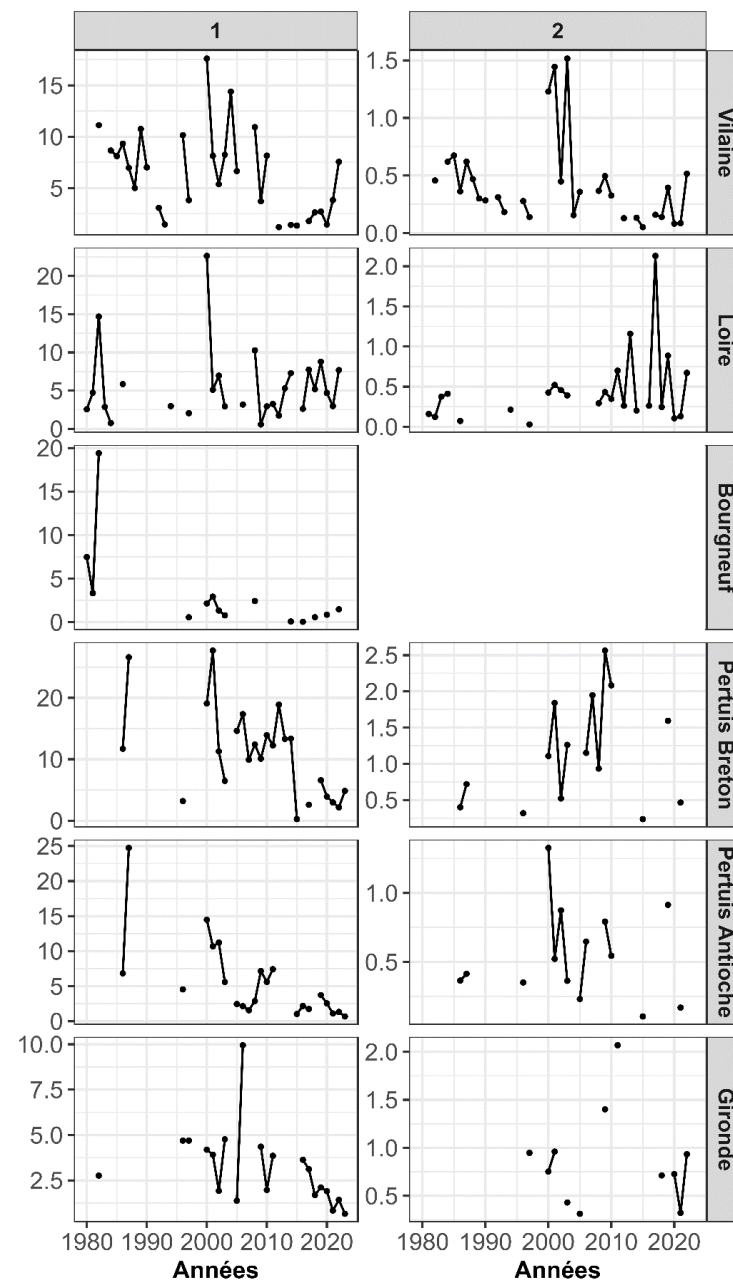
### ○ Âge 1

#### ✓ Tendances cohérentes avec âge 0

- Tendances à la diminution: Vilaine, Gironde, Pertuis depuis ~ 2000.
- Pas de tendance visible: Loire, Bourgneuf
- Juvéniles plus nombreux avant 1990, sauf en Vilaine

### ○ Âge 2

- ✓ Séries temporelles moins continues.
- ✓ Densités estimées très faibles.
- ✓ Difficile de mettre en évidence des tendances temporelles.



### 3. RÉSULTATS – Golfe de Gascogne

#### Séries temporelles de l'abondance des juvéniles AU PRINTEMPS

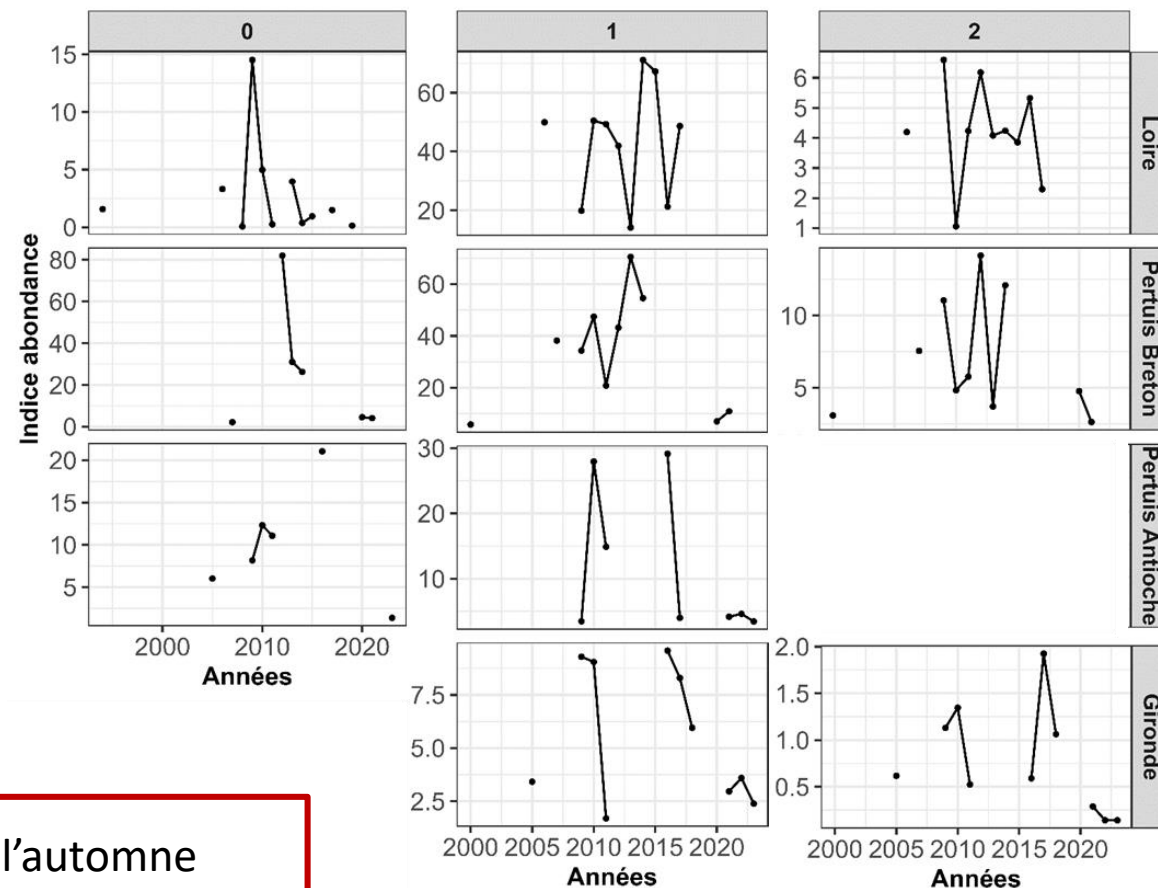


- Campagnes moins nombreuses → séries discontinues
- Abondances estimées après 2020 < 2008 – 2017
  - ✓ Pertuis et Gironde
- Loire: variations interannuelles importantes
- Résultats concordant avec ceux décrits à l'automne.



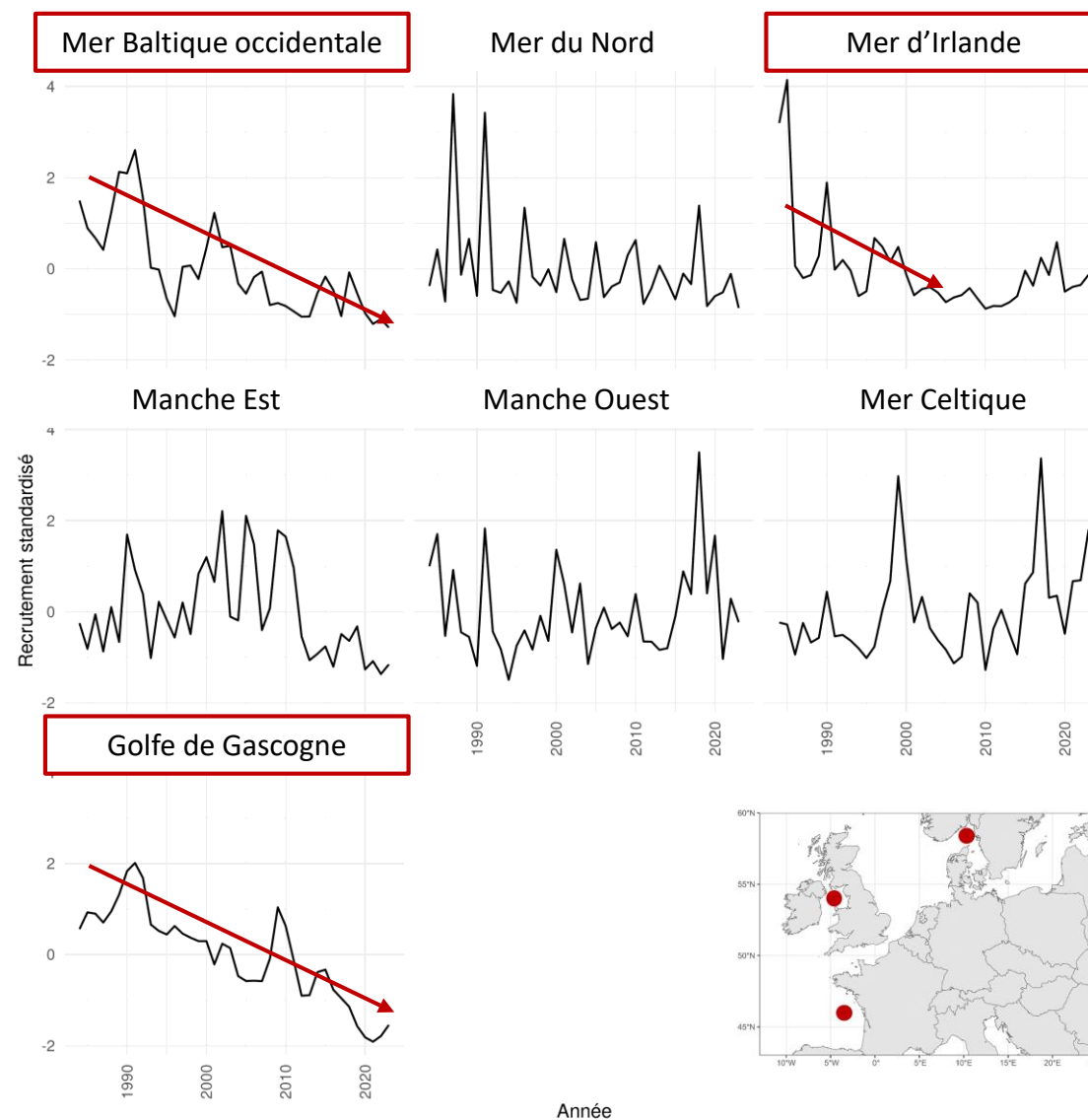
Diminution des abondances à tous les âges, au printemps et à l'automne

- ✓ Dès l'âge 0 au printemps dans les Pertuis et Gironde
- ✓ Dès l'âge 0 à l'automne en Vilaine



## Recrutement des stocks de sole dans l'Atlantique Nord-Est

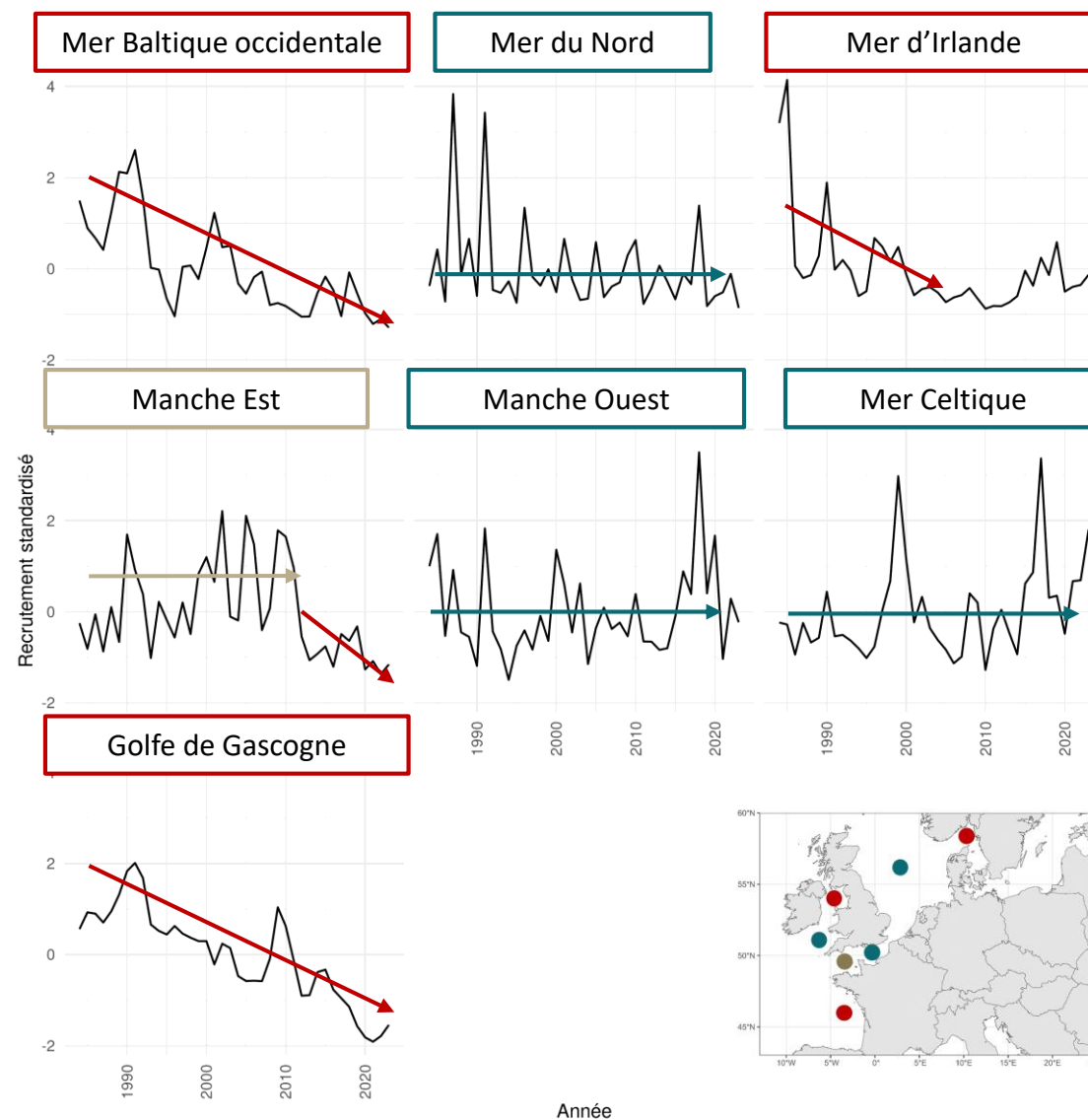
- Baisse continue depuis 1990
  - ✓ Golfe de Gascogne
  - ✓ Mer Baltique
  - ✓ Mer d'Irlande



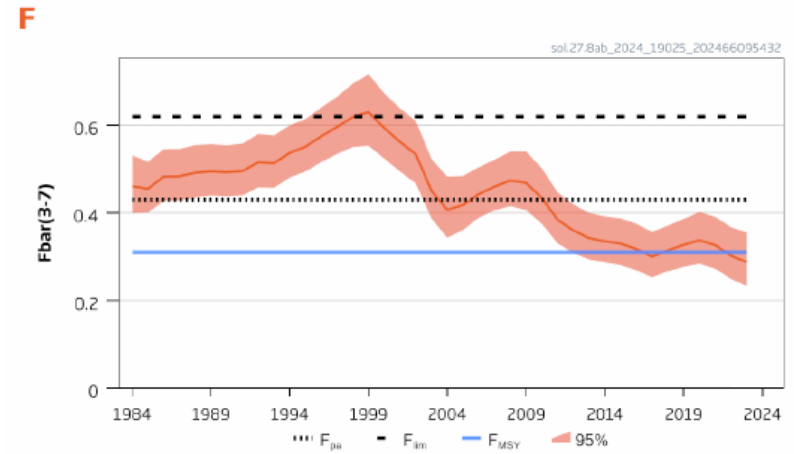
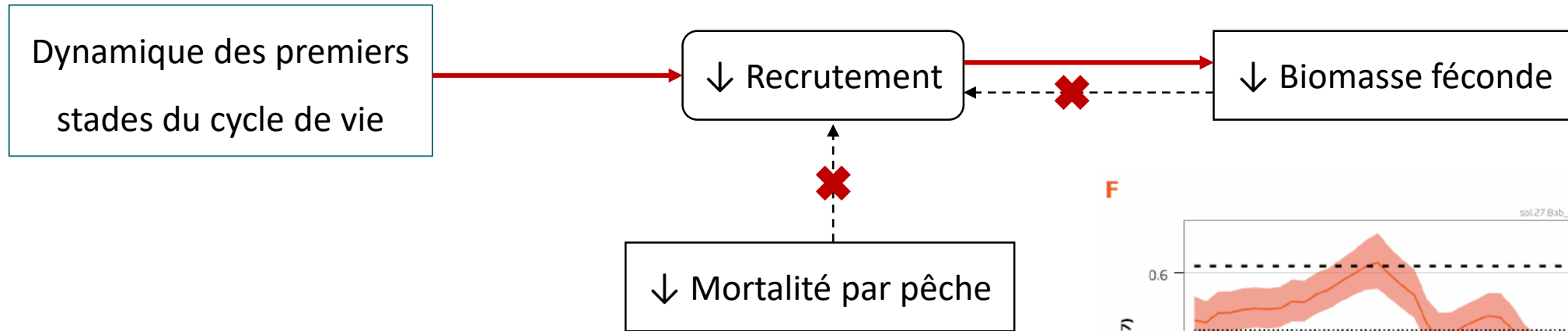


#### Recrutement des stocks de sole dans l'Atlantique Nord-Est

- Baisse continue depuis 1990
  - ✓ Golfe de Gascogne
  - ✓ Mer Baltique
  - ✓ Mer d'Irlande
- Nombre stable de recrues puis déclin depuis 2010:
  - ✓ Manche Est
- Nombre stable de recrues sur la période 1984 – 2023:
  - ✓ Mer du Nord
  - ✓ Manche Ouest
  - ✓ Mer Celtique

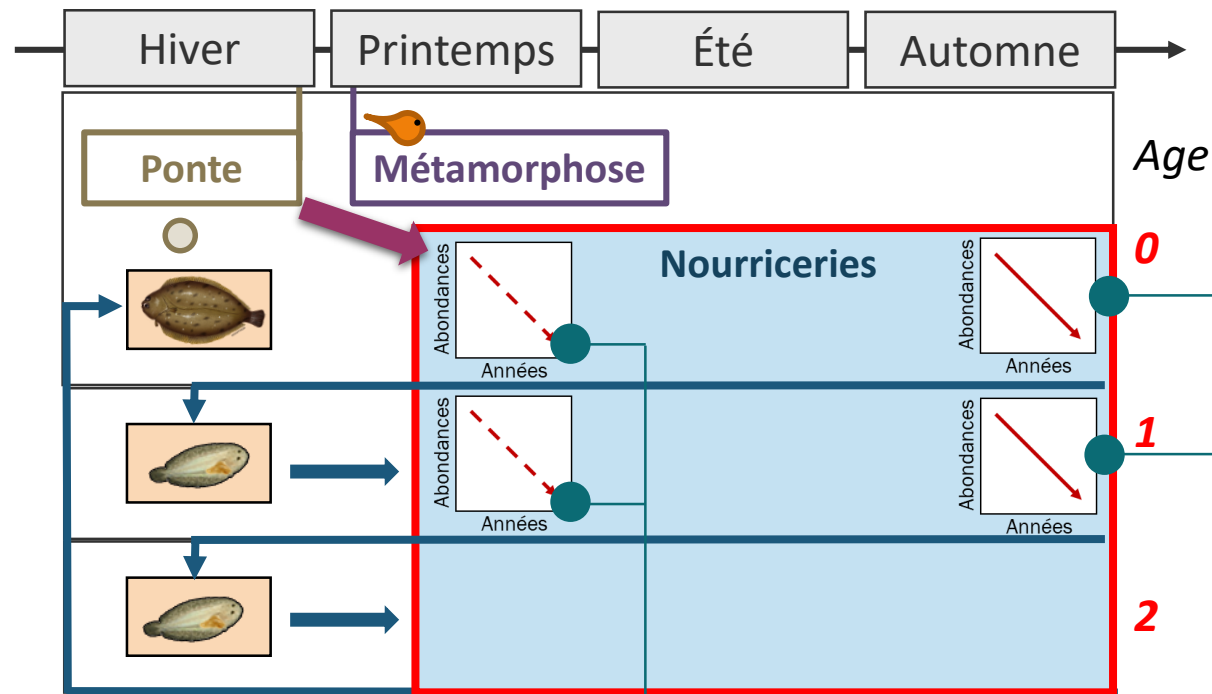
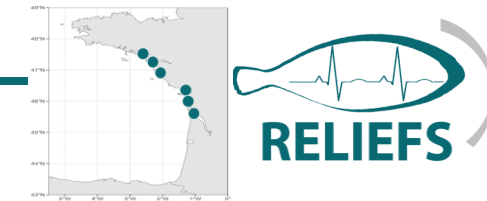


- CIEM : diminution du recrutement avant diminution de la biomasse féconde (2 ans environ)
- ORHAGO: tendances à la diminution des abondances à l'âge 2 et +.



Mortalité par pêche de la sole commune dans le Golfe de Gascogne. Rapport 2024 du CIEM.

## 4. CONCLUSIONS



- ✓ Depuis 2000 dans 4 / 6 nurseries
  - Vilaine, Pertuis Breton et Antioche et Gironde
- ✓ Phénomène global, ~ 80% du total des juvéniles produits

- ✓ Séries discontinues mais tendances similaires
- ✓ Au printemps, après 2015
  - Gironde et Pertuis Breton et Antioche

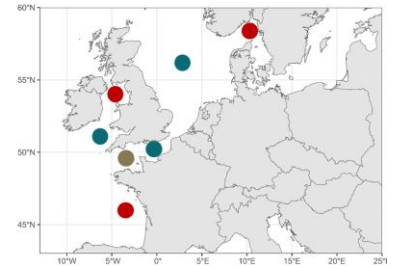
- Pas de tendance dans les tailles-aux-âges
- croissance non impactée

Quelles pressions impactent la productivité des habitats de nurserie de sole dans le Golfe de Gascogne ?

- Diminution du débit des fleuves
  - Diminution d'abondance dans nurseries estuariennes et non estuariennes
  - Fluctuations des débits fluviaux depuis 2010 ne coïncident pas avec la chute du recrutement de la sole (PY Hervamm, *com. pers.*)
- Pertes d'habitats : -29% de surface en Loire
- Contamination chimique importante en estuaire de Gironde
- Hypoxies
- Espèces invasives dans le pertuis Breton et en baie de Bourgneuf
- ➔ Diminution productivité du stock sur le long terme

## Analyse des stocks de l'Atlantique Nord-Est

- ✓ Pas de cohérence liée à des gradients latitudinaux ou à la contiguïté des stocks.
  - Répondent à des processus propres à chaque stock.



## Dans le Golfe de Gascogne

- ✓ Loin des limites de répartition
  - pas de modification de l'aire de distribution
- ✓ Changement climatique = concurrence avec la sole sénégalaise

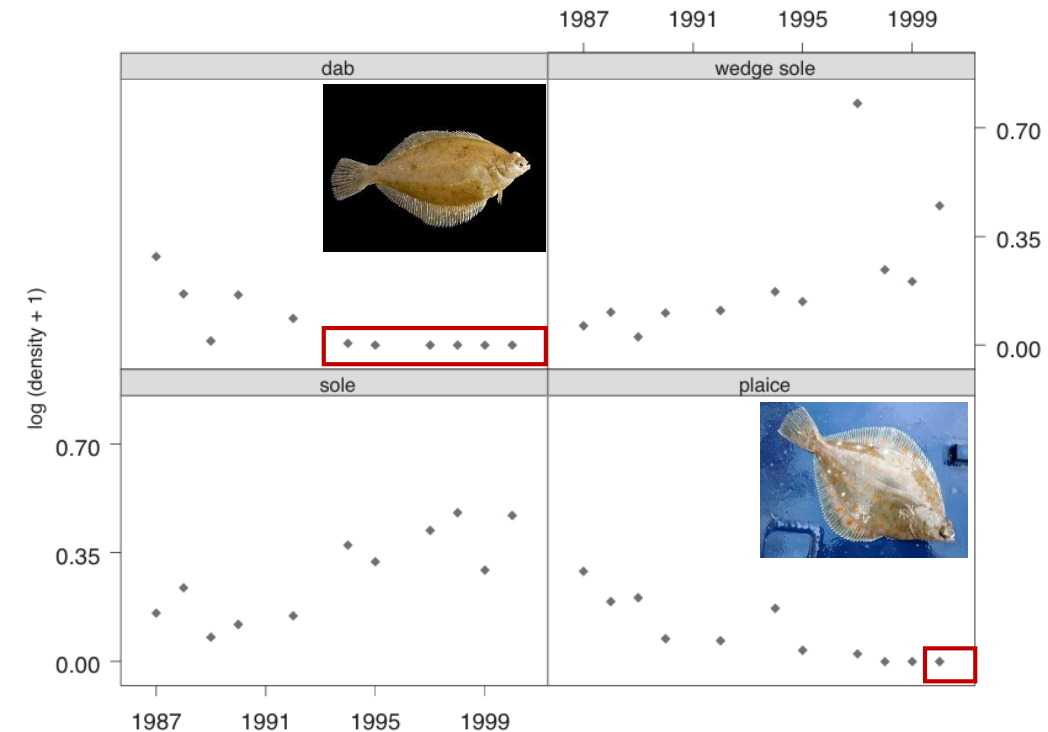
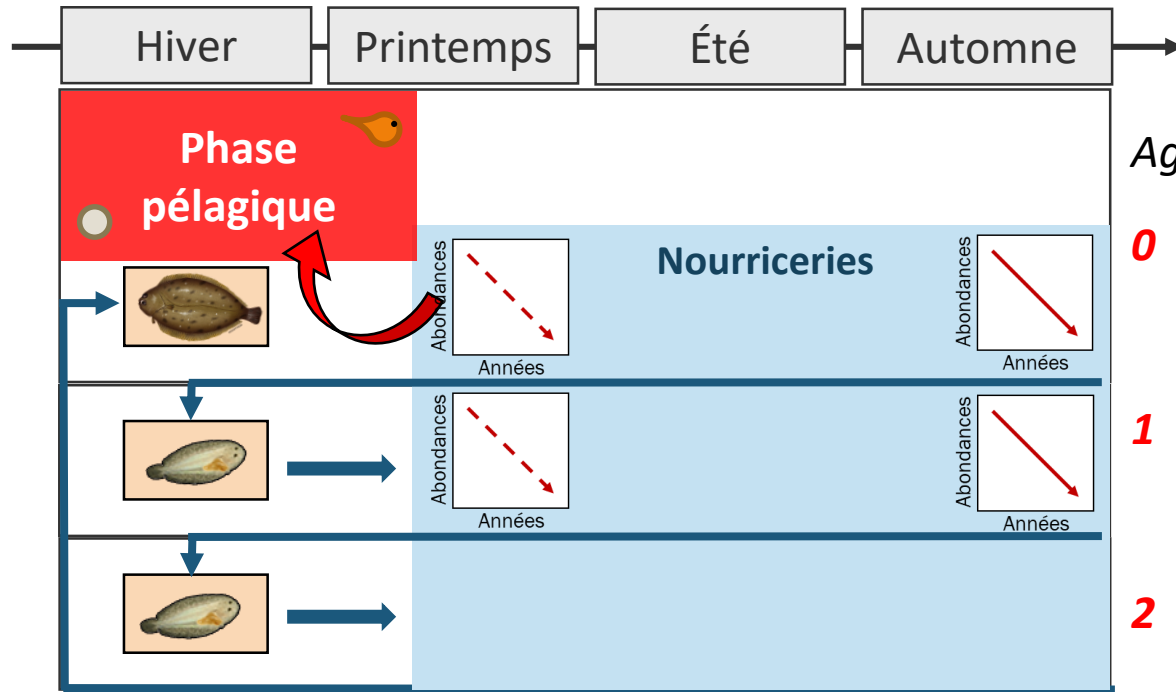


FIG. 3. – Time series of the log-transformed densities for four flatfish species in the Bay of Biscay from 1987 to 2000.



Age

Tendances synchrones de la diminution des abondances, à large échelle, dès le début de la vie juvénile, qui n'affecte pas la croissance.

0

➡ ↓ du nombre de juvéniles arrivant dans les nourriceries après la métamorphose.

1

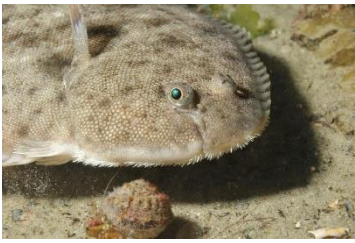
2

➡ ↑ mortalité pendant la phase larvaire

Hypothèses relatives à la modification de l'habitat pélagique: ↑ température de surface

→ avancement période de ponte → phénomène de mismatch

→ développement de petits organismes au détriment des plus grands → diminution qualité nutritive des proies



## Contacts

- Nina GRANDRÉMY: grandremy.n@gmail.com
- Jean-Baptiste LECOMTE: jean.baptiste.lecomte@ifremer.fr
- Olivier LE PAPE: olivier.le.pape@institut-agro.fr

## Merci à

- Mario LEPAGE
- Anik BRIND'AMOUR
- Anne-Laure BARILLE
- Romain LÉCUYER
- Grand Port Maritime Nantes Saint-Nazaire