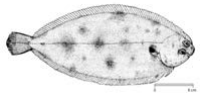
museum
Operational Directorate Natural Environment
OD Nature | OD Natuur | DO Nature

Calibration et analyse de sensibilité d'un modèle de transport de larves en Mer du Nord

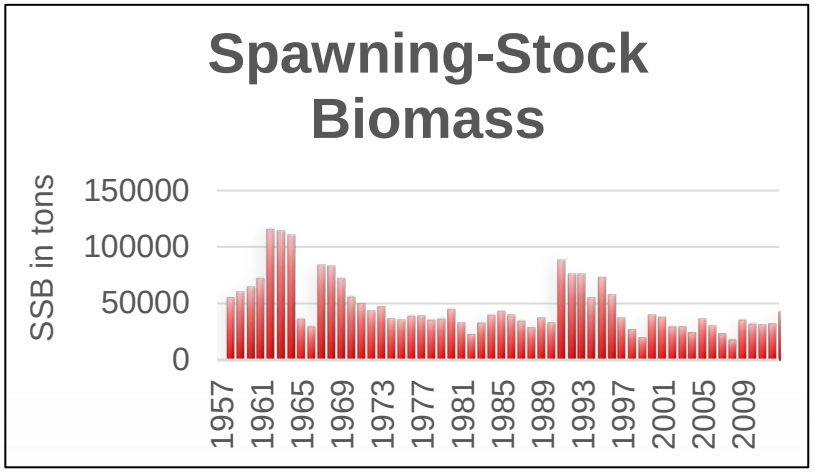
Léo Barbut, Sigrid Lehuta, Geneviève Lacroix

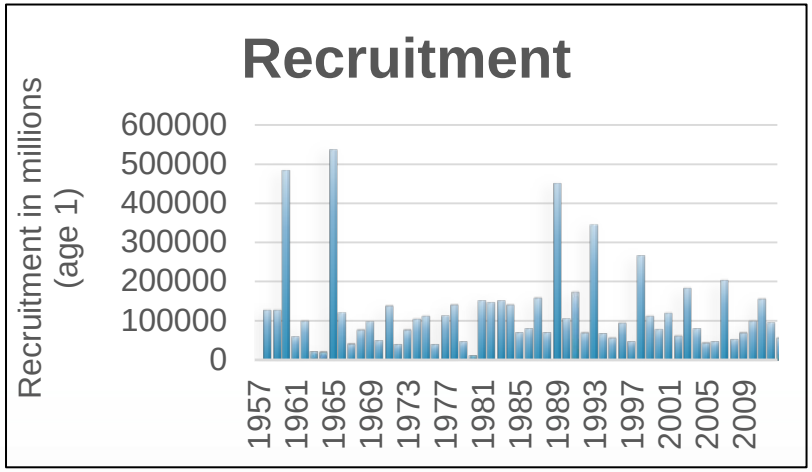
KU LEUVEN ILVO B-FishConnect fwo belspo

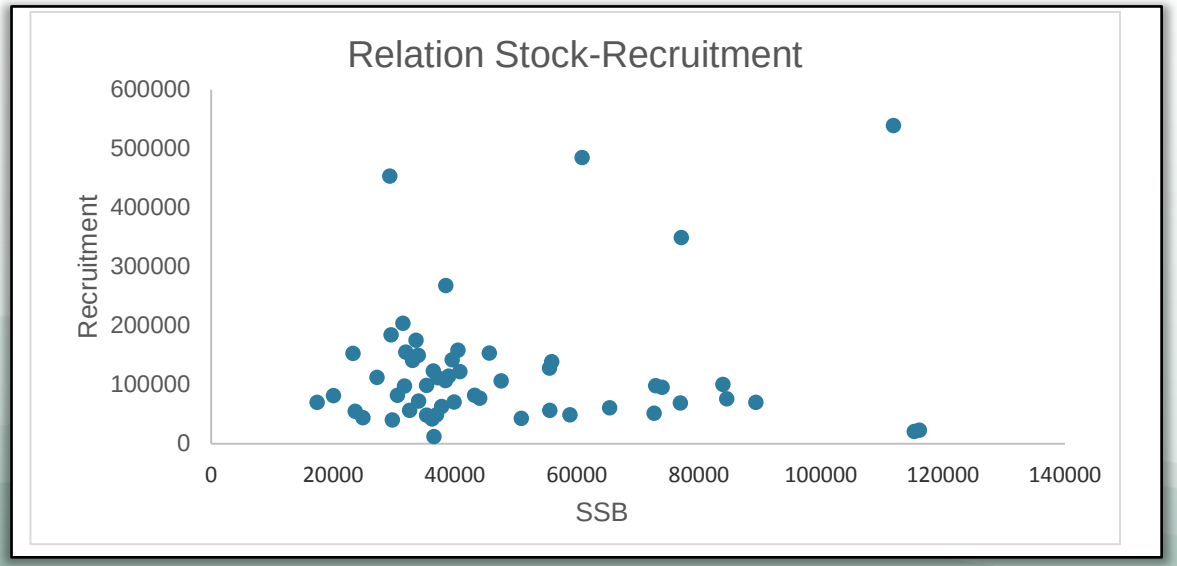
La Sole en Mer du Nord



Délicieux, importante valeur économique, forte pression de pêche et haute variabilité du recrutement…

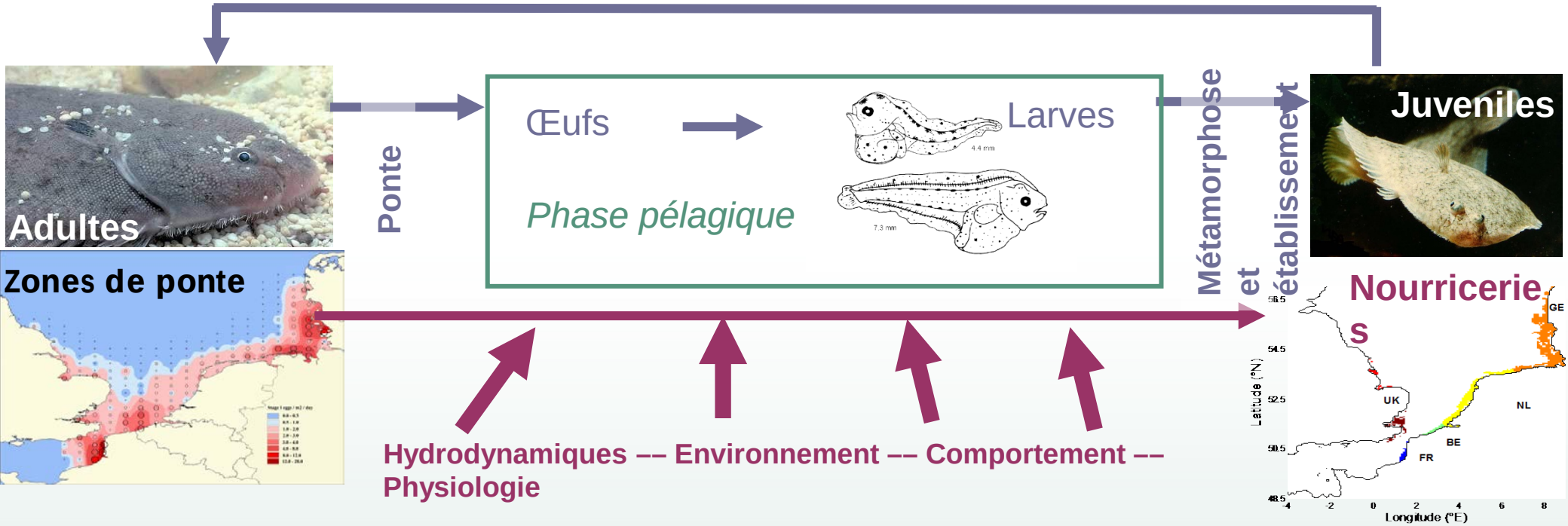






La relation stock-recrutement ne peut expliquer la variabilité du recrutement.

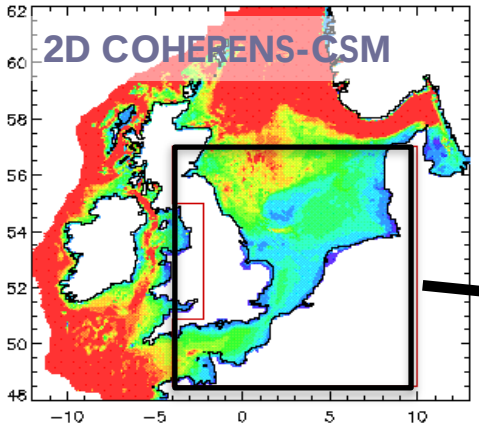
Sole, un cycle de vie

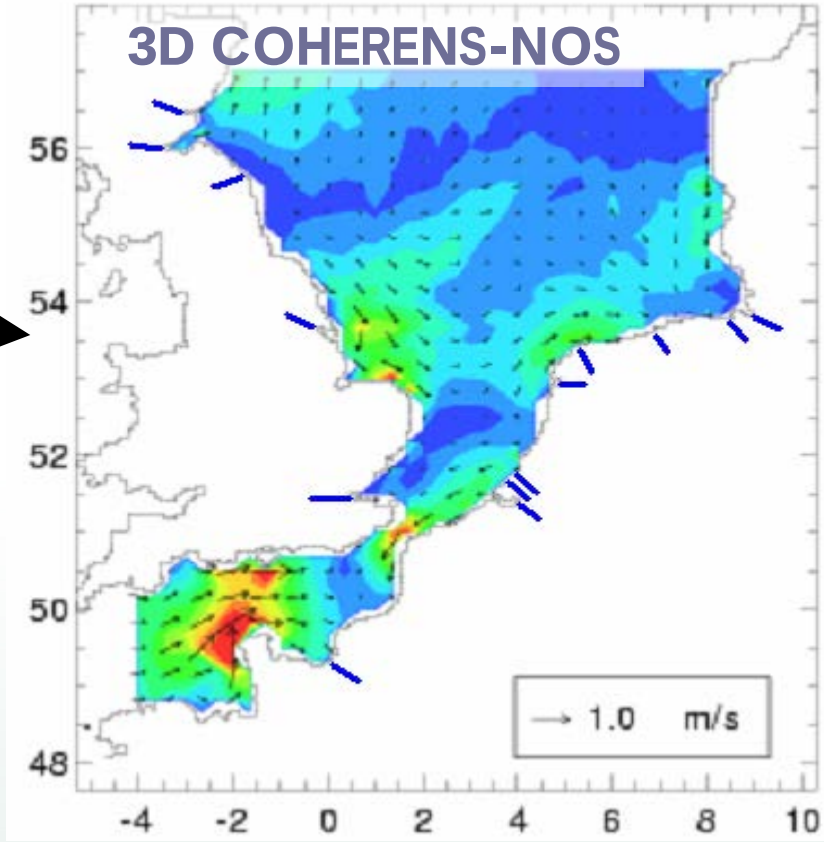


=> Longue durée larvaire (environ 2 mois)

=> Recrutement fortement contraint par l'accès au nourriceries

Modèle hydrodynamique 3D & module





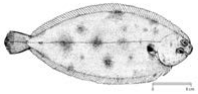
- **Modèle hydrodynamique 3D**
  - 2.5’ (lat) x 5’ (lon). 20 sigma-layers
  - Currents (tide). diffusion
  - Salinity and temperature
  - Actual meteo (UKMO), SST (BSH), river flows
  - BC from 2D Continental Shelf Model (CSM)
- **Module lagrangien online (IBM)**

  Advection. vertical diffusion + vertical migration

  SOLEMOD v2 [Lacroix et al.. 2013. JSR]

Période:
1995-2006

Objectif



- **Choisir les paramètres permettant de reproduire le recrutement dans les nourriceries de manière la plus réaliste**

- **Comprendre les processus biologiques et environnementaux qui influent sur le recrutement de la sole**

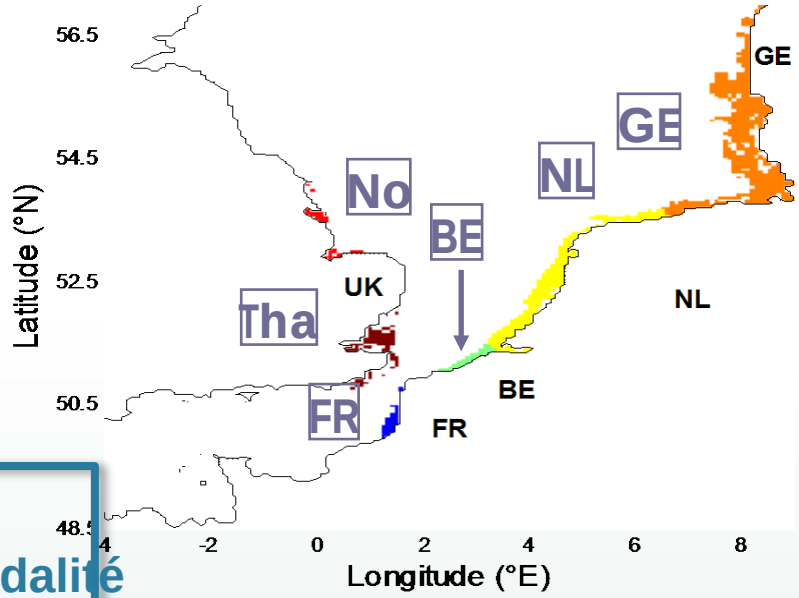
Analyse du recrutement prédit par le modèle dans chacune des nourriceries

Temps de calcul, environ 12h pour une année de simulation

$$y_i = f(\theta_{phys}, \theta_{bio})$$

avec :

y_i : *le recrutement dans la nurseries i*

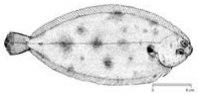


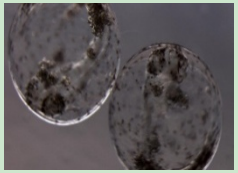
θ_{phys} *variables et paramètres physiques (vents, température, marée ...)*

1 année = 1 modalité

θ_{bio} : variables et paramètres biologiques (date de ponte, durée larvaire, comportement ...)

Modèle individu centré (IBM)





Eggs

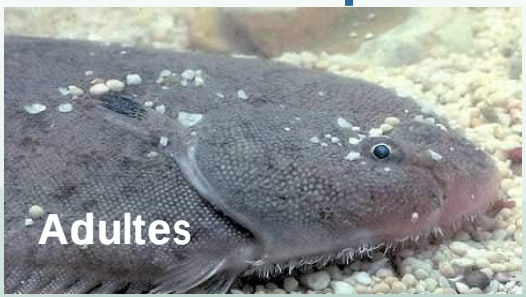
Yolksac larvae

First-feeding larvae

Metamorphosing larvae

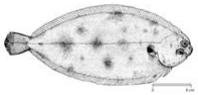
- Paramétrisation spécifique pour chaque stade
- Accès difficile aux estimations des paramètres du modèle

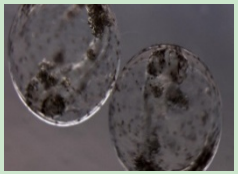
Pontes



établissement

Modèle individu centré (IBM)





Eggs → Yolk-sac larvae → First-feeding larvae → Metamorphosing larvae

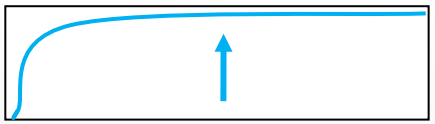
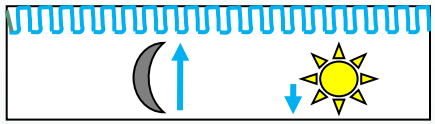
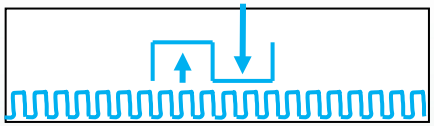
Durée du Stade

Mortalité

Migration

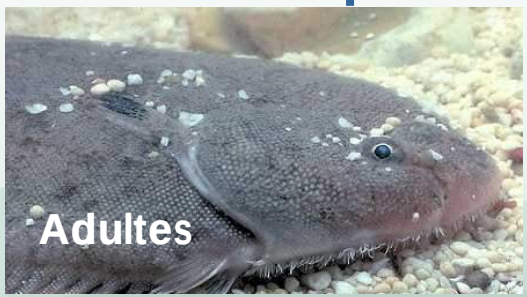
Cst

Cst

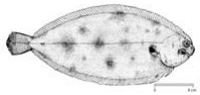




Période de ponte

établissement



F(Température)
F(hydrodynamiques, vert. migration)
F(profondeur, sédiment)



Résumé des paramètres

- Années: 1 modalité par an
- Migration verticale (discret, 8 modalités)
- Durée larvaire (continue) * 4 stades
- Délai supplémentaire (continu)
- Mortalité (continue) * 4 stades
- Période de ponte (continue)

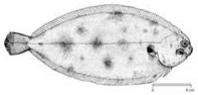
Fixe

Variable annuellement

Méthodes

Etapes	Questions	méthodes
Etape 1: Exploratoire	• **La variabilité interannuelle a-t-elle plus d'impact que les autres paramètres?** • **Quels sont les paramètres les plus influents?**	**Plan complet sur un nombre réduit de paramètres pour 4 années contrastées d'un point de vue hydrodynamique et en termes de température**
Etape 2: Analyse de sensibilité	• Quels paramètres ont une forte influence sur les prédictions du modèle?	Plan factoriel optimisé sur une année moyenne
Etape 3: Calibration	• Quel est le meilleur modèle?	Plan complet sur les paramètres identifiés comme très influents sur toutes les années

Y-a-t-il une différence entre paramétrisation?



Simplification: Réduction à 1 paramètre pour la mortalité et la durée

Paramètres continue discrétisés en 3 modalités

- 3 durée larvaire — **Courte**, **Moyenne**, **Longue**
- 3 niveau de mortalité — **Faible**, **Moyenne**, **Haute**
- 8 comportement migratoire

Y = recrutement prédit par le modèle

Mig0:	passive drift	+ passive drift	+ passive drift	+ passive drift
Mig1:	move up	+ move up	+ passive drift	+ move down
Mig2:	move up	+ move up	+ nycthemeral mig.	+ passive drift
Mig3:	move up	+ move up	+ nycthemeral mig.	+ tidal mig. 1
Mig4:	move up	+ move up	+ passive drift	+ passive drift
Mig5:	move up	+ move up	+ passive drift	+ tidal mig. 1
Mig6:	move up	+ move up	+ passive drift	+ tidal mig. 2
Mig7:	move up	+ move up	+ nycthemeral mig.	+ tidal mig. 2

=> 72 paramétrisation

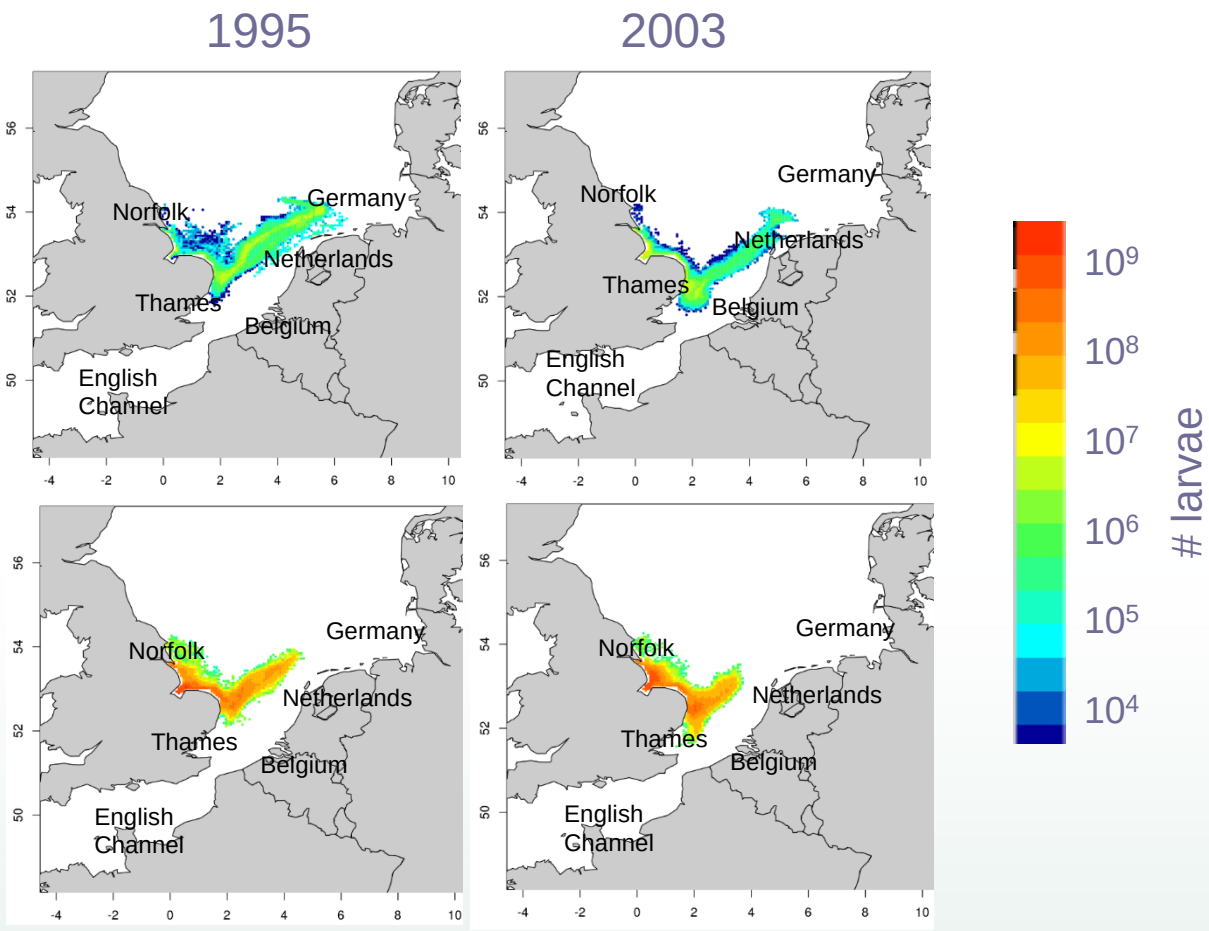
Pour 4 années contrastées: 1995-1997-2003-2004

Y-a-t-il une différence entre paramétrisation?

Paramétrisation:

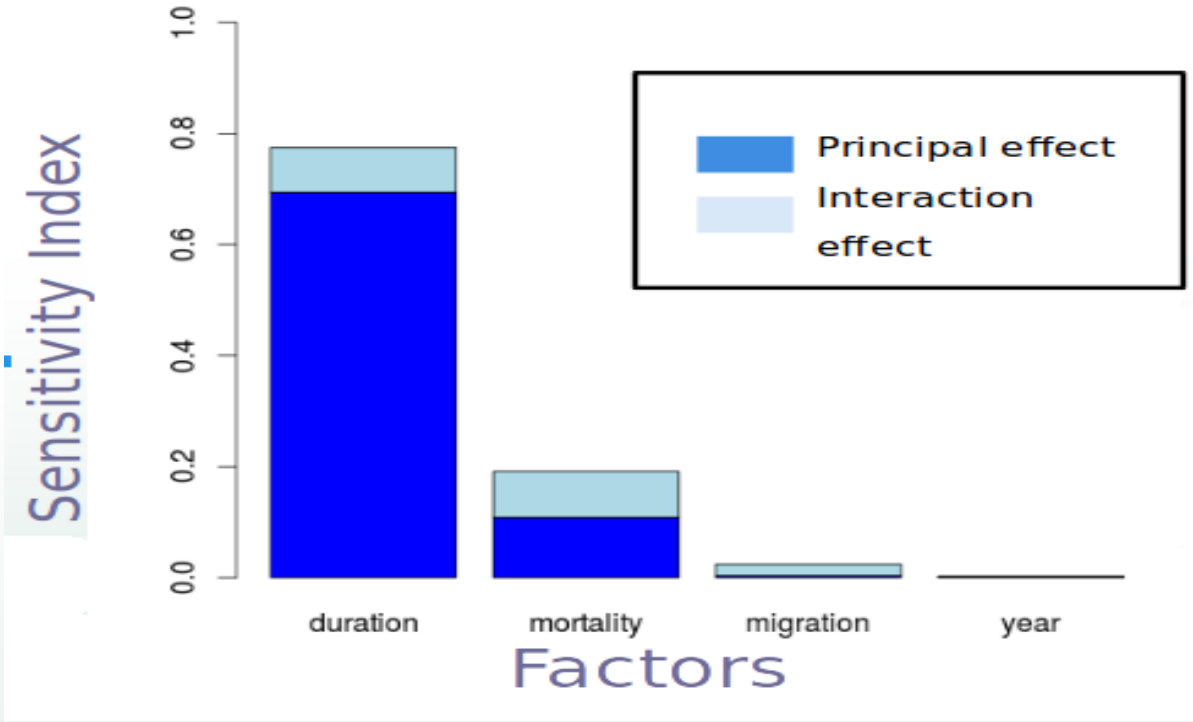
- Longue durée larvaire
- Migration nycthémérale + tidal
- Forte mortalité

- Courte durée larvaire
- Migration passive
- Faible mortalité



Il existe une différence entre les paramétrisation en termes de recrutement et de connectivité.
Et cette différence est plus grande que la variabilité interannuelle.

Quel paramètre est le plus influent?



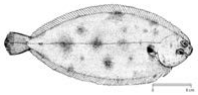
Analyse de variance des différents paramètres sur le recrutement prédit par le modèle

Méthodes

Etapes	Questions	
Etapes 1: première analyse	• **La variabilité interannuelle a-t-elle plus d'impact que les autres paramètres?**	**Non**
	• **Quels sont les paramètres les plus influents?**	**La durée larvaire**
Etapes 2: Analyse de sensibilité	• Quels paramètres ont une forte influence sur les prédictions du modèle?	
Etapes 3: Calibration	• Quel est le meilleur modèle?	

Méthodes

Etapes	Questions	méthodes
Etapes 1: première analyse	• La variabilité interannuelle a-t-elle plus d'impact que les autres paramètres? • Quels sont les paramètres les plus influents?	Plan complet sur un nombre réduit de paramètres pour 4 années contrastés d'un point de vue hydrodynamique et température
Etapes 2: Analyse de sensibilité	• **Quels paramètres ont une forte influence sur les prédictions du modèle?**	**Plan factoriel optimisé sur une année moyenne**
Etapes 3: Calibration	• Quel est le meilleur modèle?	Plan complet sur les paramètres identifiés comme très influent sur une large période



Augmentation du nombre de paramètres évalués

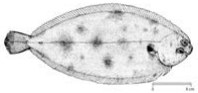
Paramétrisation testée:

- Migration verticale (discret, 8 modalités)
- Durée larvaire (continue)
  - avec 3 modalités * 4 stades
- Mortalité (continue)
  - 3 modalités
- Période de ponte (continue)
  - 3 modalités : estimation +- 15 jours
- Délai supplémentaire (continu)
  - 3 modalités

- Pour l'année 2003

❖ **Plan complet: 472392 simulations**

Quelle analyse?



Besoin:

- Faible temps de calcul

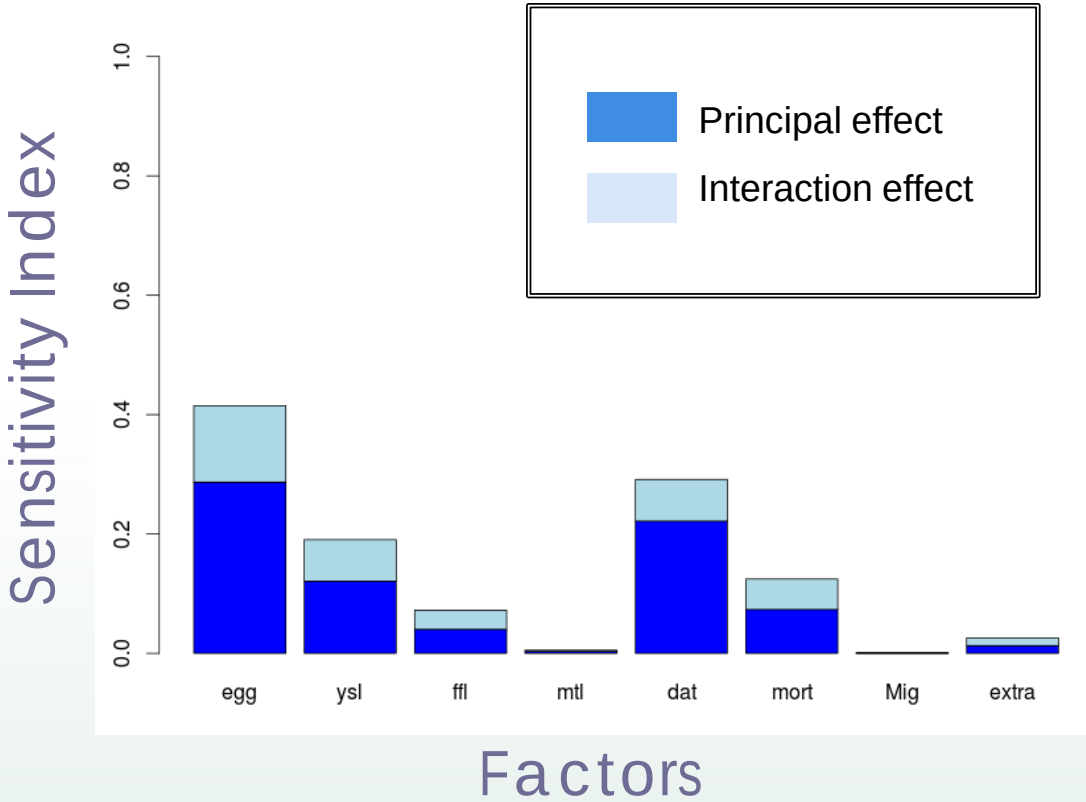
- Un plan équilibré pour les analyses statistiques

- Effet principal et 2nd interactions

❖**Plan factoriel optimisé d'ordre 2**

(353 simulations, obtenu avec la fonction optFederov (library r AlgDesign))

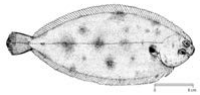
Results / global

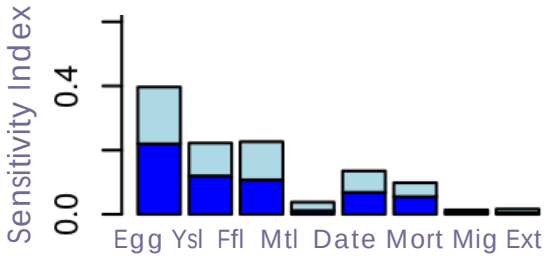


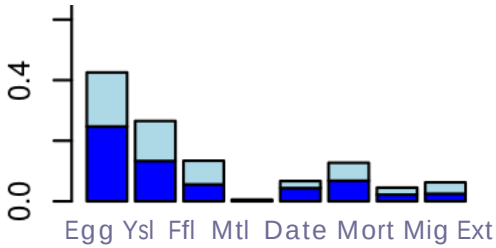
Paramètres les plus influen

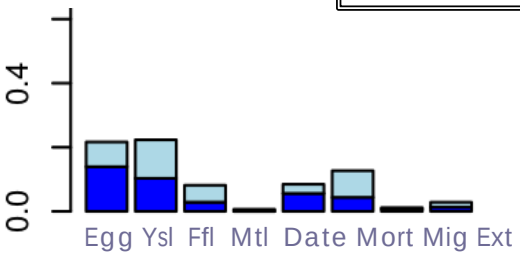
- **Durée larvaire (œufs et ysl)**
- **Période de ponte**
- **Mortalité**

Résultats / nourricerie



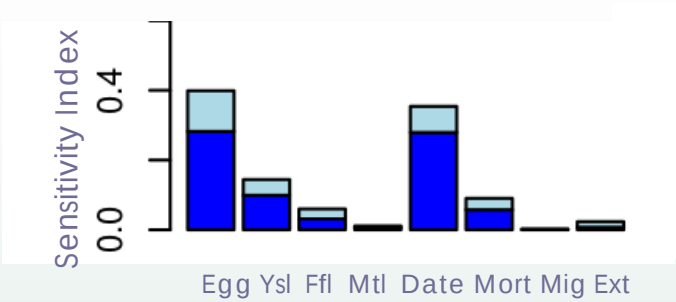


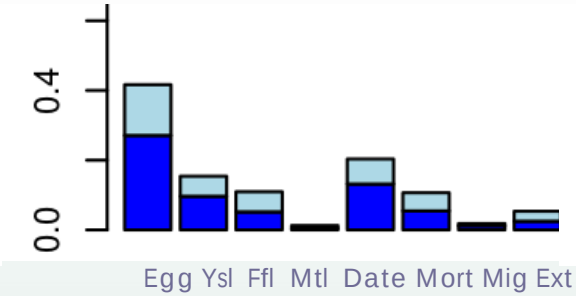


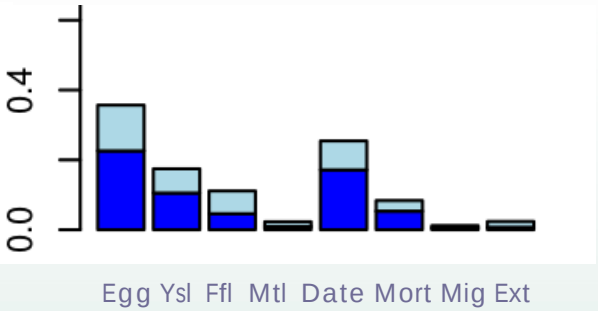


Principal effect

Interaction effect







Durée larvaire, période de ponte et mortalité influent localement

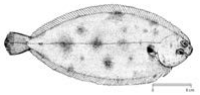
Méthodes

Etapes	Questions	
Etapes 1: première analyse	• La variabilité interannuelle a-t-elle plus d'impact que les autres paramètres? • Quels sont les paramètres les plus influents?	
Etapes 2: Analyse de sensibilité	• **Quels paramètres ont une forte influence sur les prédictions du modèle?**	**Durée larvaire (œufs et ysl)** **Période de ponte** **Mortalité**
Etapes 3: Calibration	• Quel est le meilleur modèle?	

Méthodes

Etapes	Questions	méthodes
Etapes 1: première analyse	• La variabilité interannuelle a-t-elle plus d'impact que les autres paramètres? • Quels sont les paramètres les plus influents?	Plan complet sur un nombre réduit de paramètres pour 4 années contrastés d'un point de vue hydrodynamique et température
Etapes 2: Analyse de sensibilité	• Quels paramètres ont une forte influence sur les prédictions du modèle?	Plan factoriel optimisé sur une année moyenne
Etapes 3: Calibration	• **Quel est le « meilleur » modèle?**	**Plan complet sur les paramètres identifiés comme très influents sur une large période**

Calibration

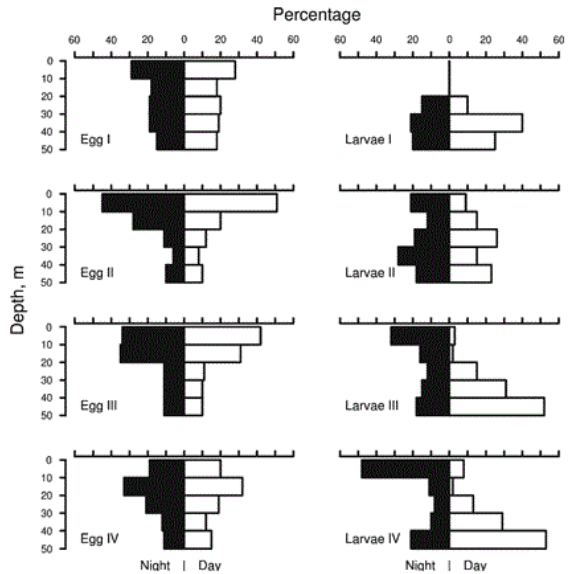


Plan complet sur la période 1995-2006 pour les paramètres:

- Durée larvaire (continue avec 3 modalités)
- Migration verticale (discret 3 modalités)
- Période de ponte (continue avec 3 modalités)
- Mortalité (continue avec 3 modalités)

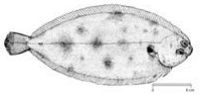
Fixe

Variable annuellement



Distribution vertical des œufs et laves de sole observés dans **le Golf de Gascogne (Koutsikopoulos et al., 1991)**

Méthodes: Comparaison des simulations avec des données ICES



Estimation du recrutement pour l'ensemble du système entre 1995-2006 (Stock assessment in IV Area ICES)

- ***Global***, représente la taux d'écart entre recrutement prédit et simulé

$gy = \frac{Ny - \widehat{N}y}{Ny}$ Ny & $\widehat{Ny}$: recrutement total observé et prédit par le modèle pour l'année y

Variations de g(y | □)

Indicateur d'abondance locale entre 1995-2006 (Demersal Young Fish Survey, ICES)

- ***Local*** montre la différence en terme d'anomalie de recrutement dans chacune des nourriceries (NL, UK, GE, BE).

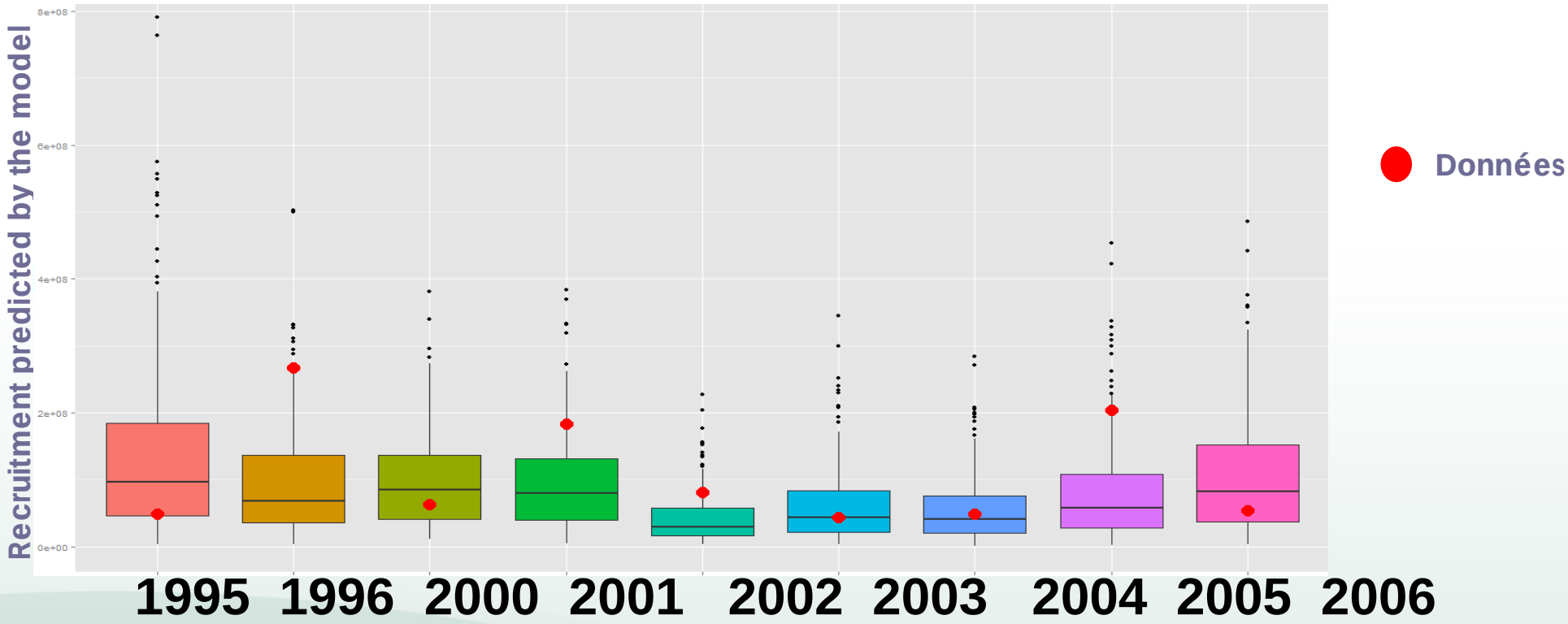
Données et résultats sont standardisés ($N_i|\theta$), et on calcule un taux d'écart pour chacune des nourriceries:

$l_{iy} = \frac{Ind\ iy - \widehat{Ind}\ iy}{Ind\ iy}$ $Ind\ iy$ & $\widehat{Ind}\ iy$: recrutement standardisé observé et simulé dans la nourricerie i, l'année y

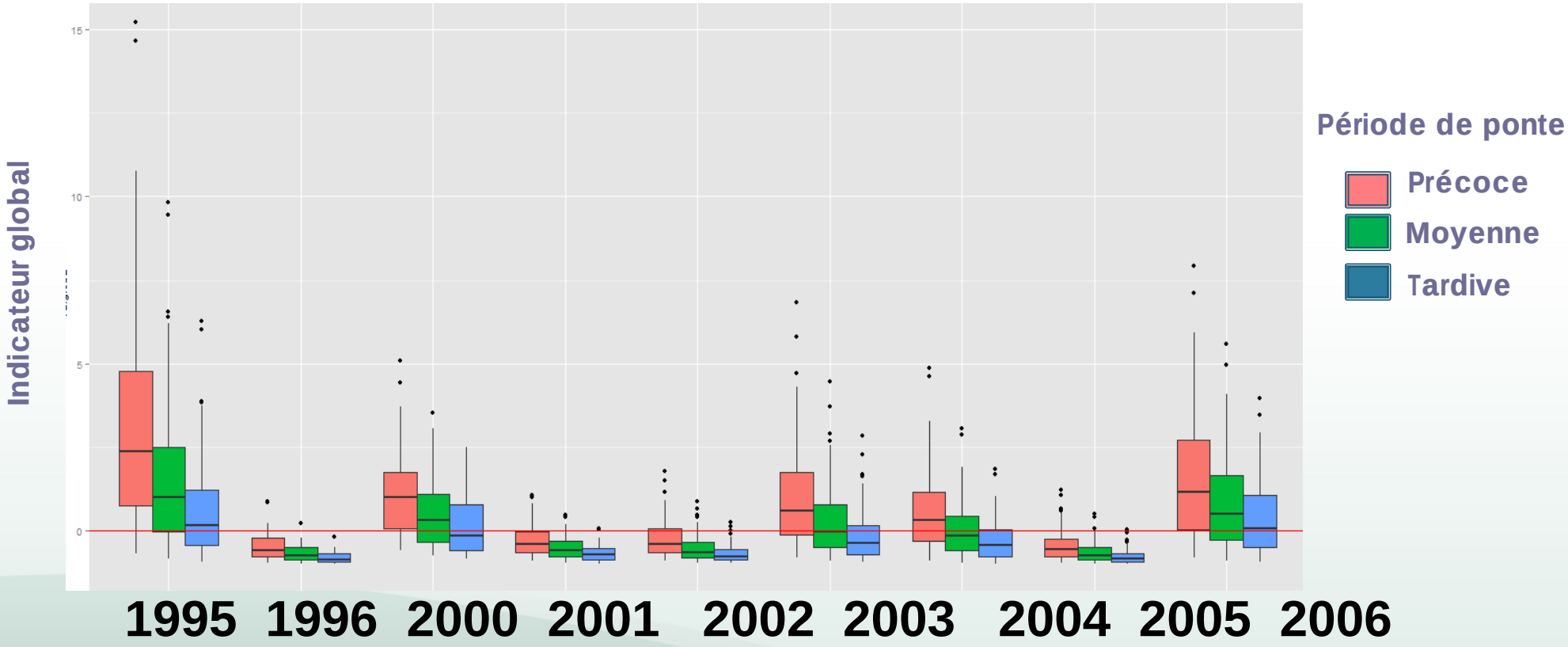
$variations\ de\ l_i|\theta$

Résultats

❖Recrutement total



❖Impact de la période de ponte

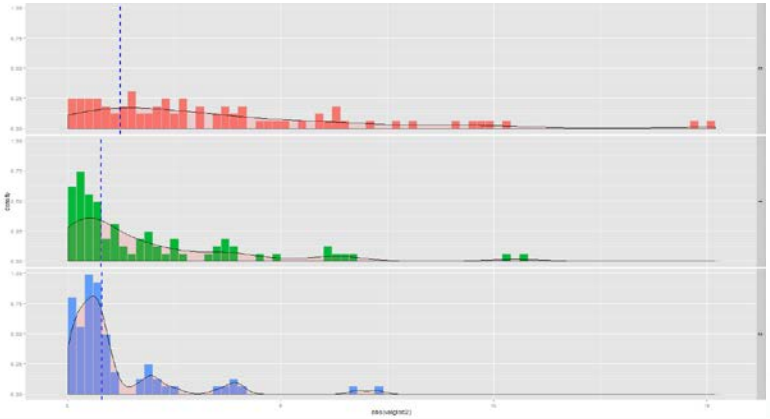


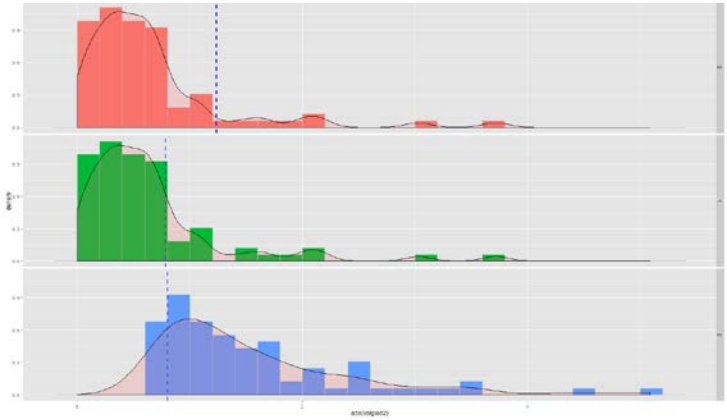
Résultats

❖ Période de ponte: distribution de la valeur absolu du taux d'erreur entre observé et simulé

1995 | 2001

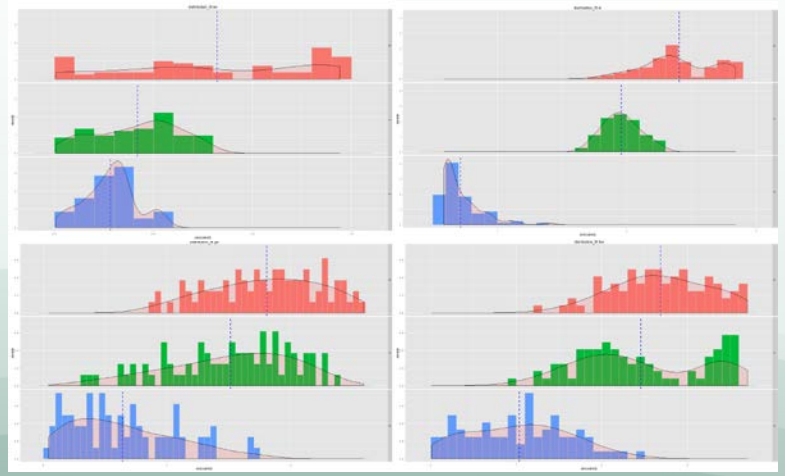
Global

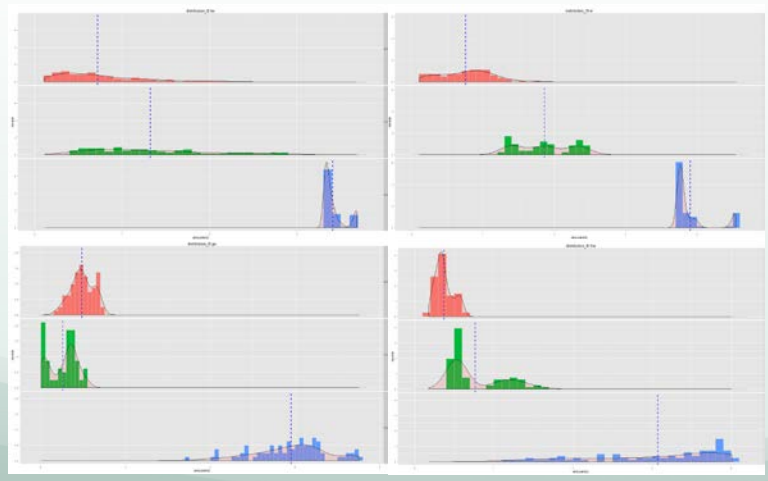




Belgium | Netherland | Belgium | Netherland

Local





Germany | Thames | Germany | Thames

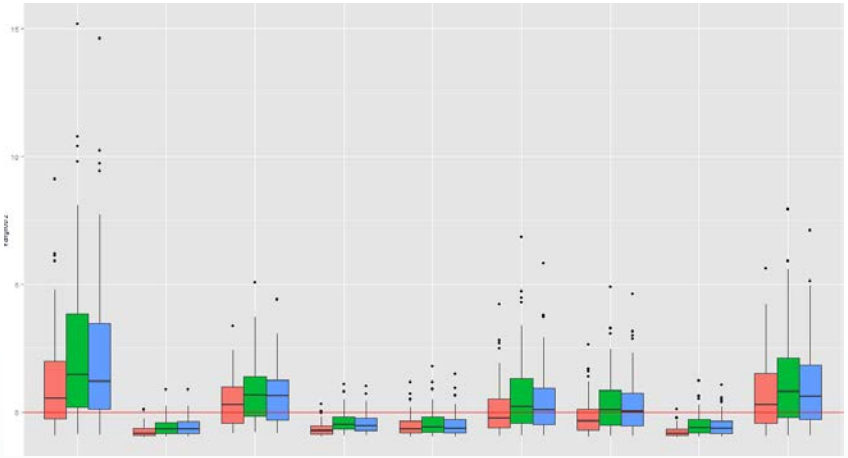
Période de ponte

- Précoce
- Moyenne
- Tardive

Résultats

❖Migration verticale:

Recruitment predicted by the model



1995 1996 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006

Netherland

1995 1996 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006

Germany

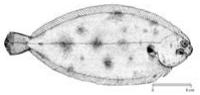
1995 1996 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006

Migration type

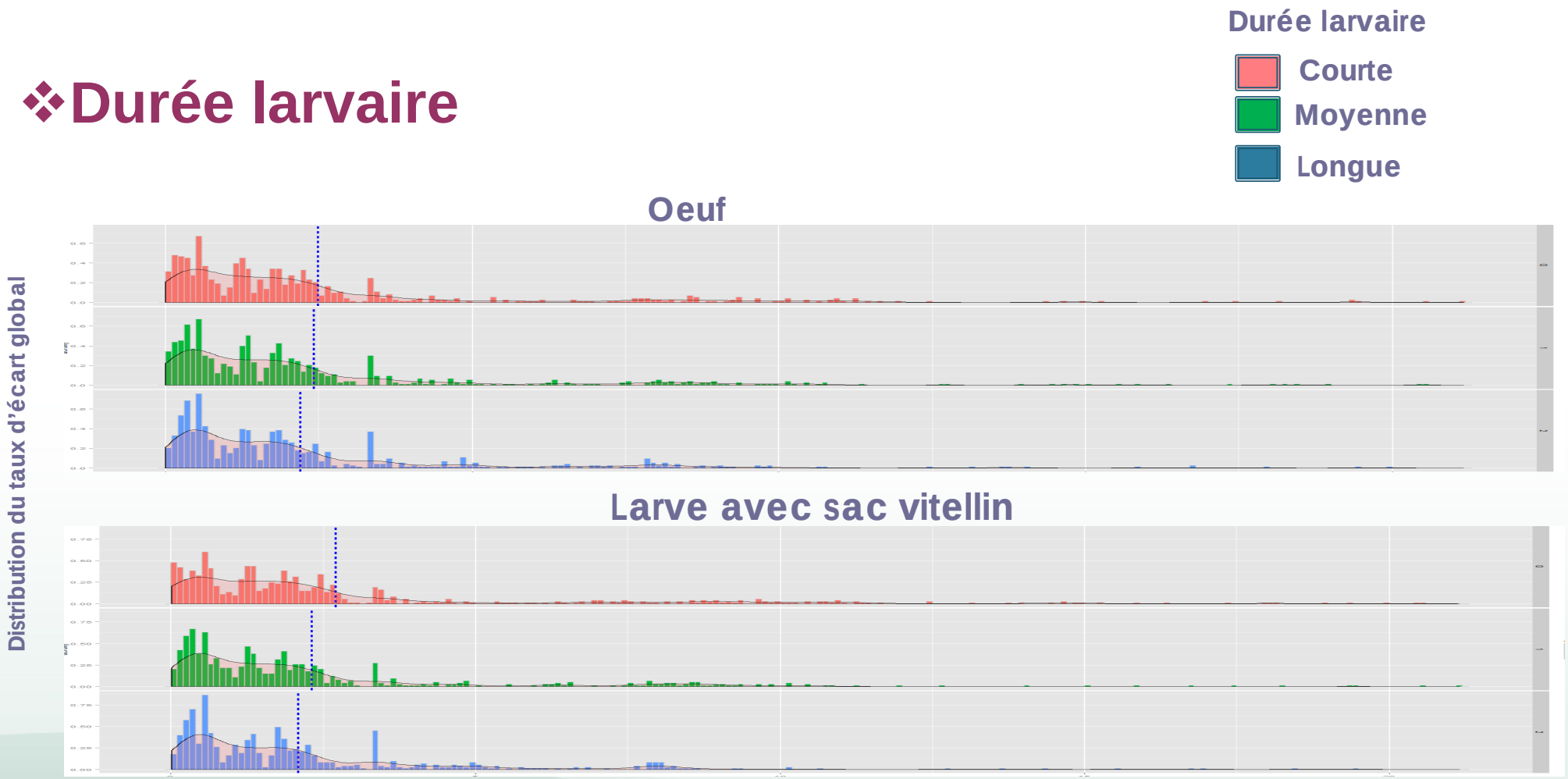
- Passive
- Nycthemeral + tidal
- Tidal

Ne permet pas de choisir une valeur de paramètre

Résultats



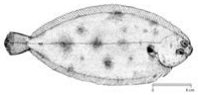
❖Durée larvaire



Distribution du taux d'écart entre prédiction et observation en fonction du type de durée larvaire

Ne permet pas de choisir une valeur de paramètre

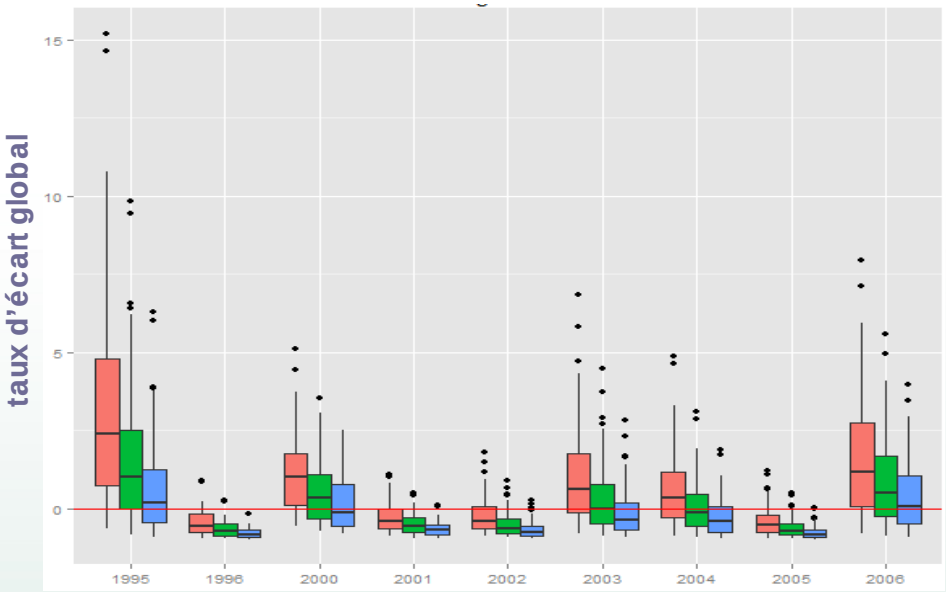
Résultats

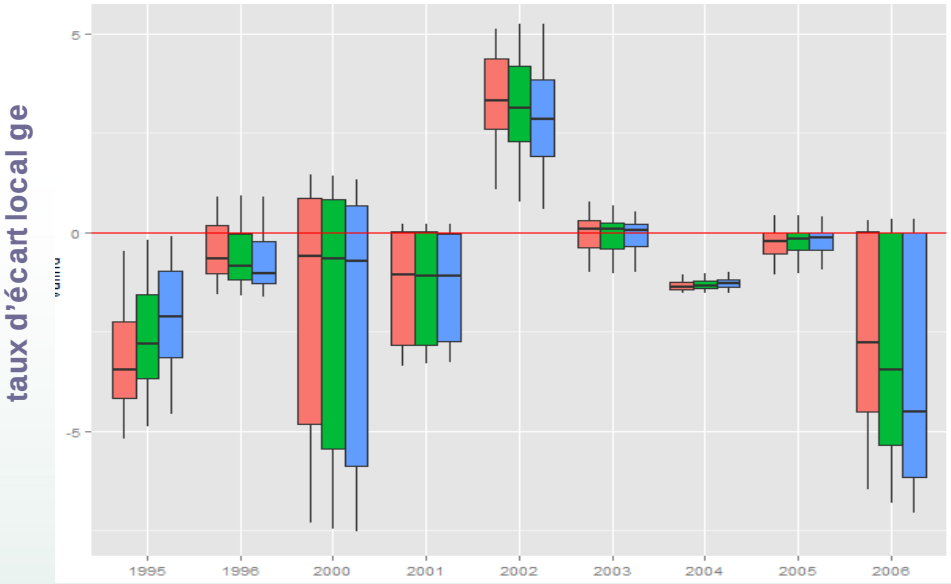


❖Mortalité

Mortalité

- Faible
- Moyenne
- Haute





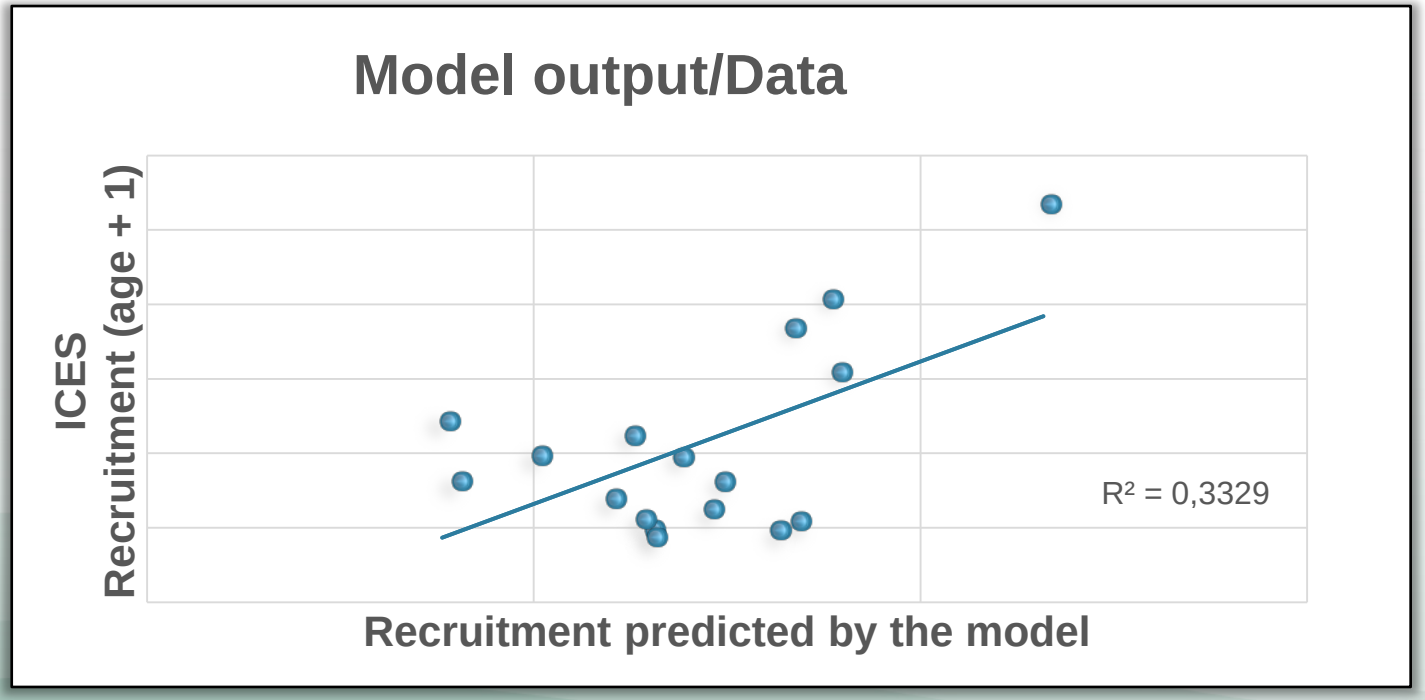
Ne permet pas de choisir une valeur de paramètre

Méthodes

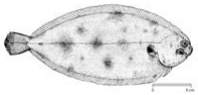
Etapes	Questions	méthodes
Etapes 1: première analyse	• La variabilité interannuelle a-t-elle plus d'impact que les autres paramètres? • Quels sont les paramètres les plus influents?	Plan complet sur un nombre réduit de paramètres pour 4 années contrastés d'un point de vue hydrodynamique et température
Etapes 2: Analyse de sensibilité	• Quels paramètres ont une forte influence sur les prédictions du modèle?	Plan factoriel optimisé sur une année moyenne
Etapes 3: Calibration	• **Quel est le meilleur modèle?**	**Choix de la meilleure période de ponte**

Conclusion/Discussion

- **Le modèle montre que l'hydrodynamique explique 30% de la variabilité interannuelle sur la période 1995-2011**



Conclusion/Discussion

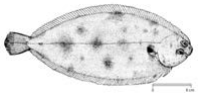


- **Meilleures estimations de la période de pontes**
- **Difficile estimation des autres paramètres**
- **Approche empirique de l'AS qui à conduit à écarter rapidement les interactions avec la variation inter-annuelle.**
- **Perspectives:**

Améliorer le choix du meilleur modèle
Inclure incertitudes dans la prédiction recrutement
Comparaison avec nos données de campagnes
Impact des facteurs environnementaux sur le recrutement

museum
Operational Directorate Natural Environment
OD Nature | OD Natuur | DO Nature

Remerciement



- **B-FishConnect team:**

B-FishConnect

- Filip Volckaert (KUL)
- Geneviève Lacroix (RBINS)
- Johan Robbens (ILVO)
- Adriaan Rijnsdorp (IMARES)
- Ilaria Coscia (KUL)
- Andreas Vanden Bavière (KUL and ILVO)
- Sophie Delerue-Ricard (KUL and ILVO)

Project Solemod and B-FishConnect
Funding by

Belgian Science Policy Office belspo

fwo