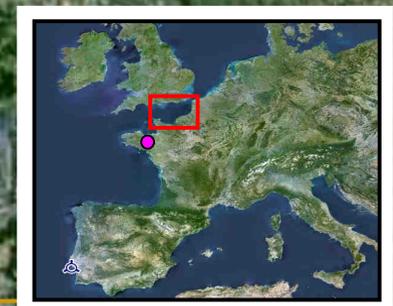


# Modélisation des effets de la dispersion larvaire, de la dégradation d'habitat et de la pêche sur la population de sole de la Manche Est

- Agrocampus Ouest, Rennes, France



# Problématique

- Effets sur la population
  - De la dégradation d'habitat
  - De la contamination
  - De la pêche

➔ Modèle de population

# Problématique

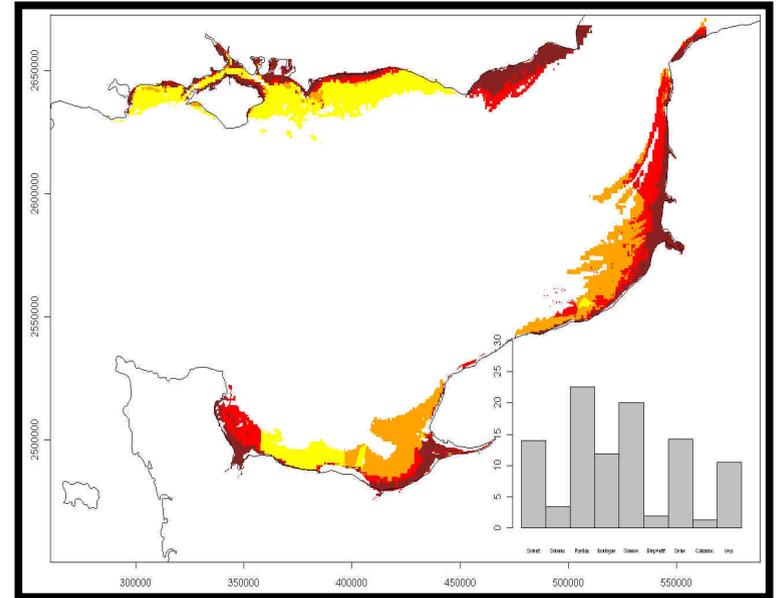
- Effets sur la population
  - De la dégradation d'habitat
  - De la contamination
  - De la pêche

## ➔ Modèle de population

- Apports de la modélisation des nurseries
  - Influence de l'approvisionnement en larves?
    - vs faibles densités de juvéniles en estuaire de Seine
  - Fluctuations interannuelles différentes selon les secteurs

## ➔ Modèle hydrodynamique

- Couplage & spatialisation



# Plan

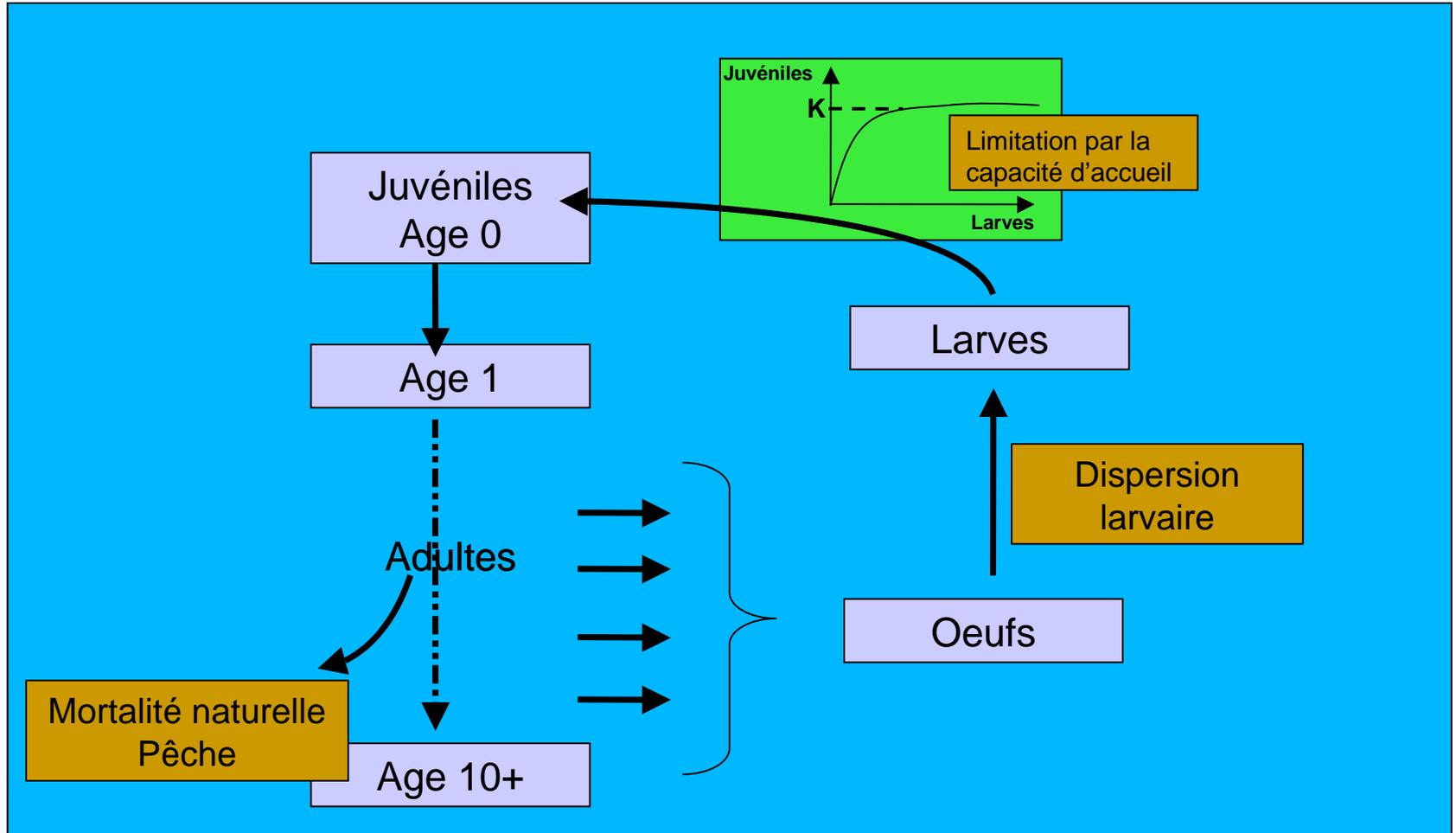
- Modélisation à l'échelle de la population
  - Problématique
  - Modèle de population
  - Dispersion larvaire
  - Spatialisation
  - Avancement
  
- Perspectives

# Plan

- Modélisation à l'échelle de la population
  - Problématique
  - Modèle de population
  - Dispersion larvaire
  - Spatialisation
  - Avancement
  
- Perspectives

# Modèle de population

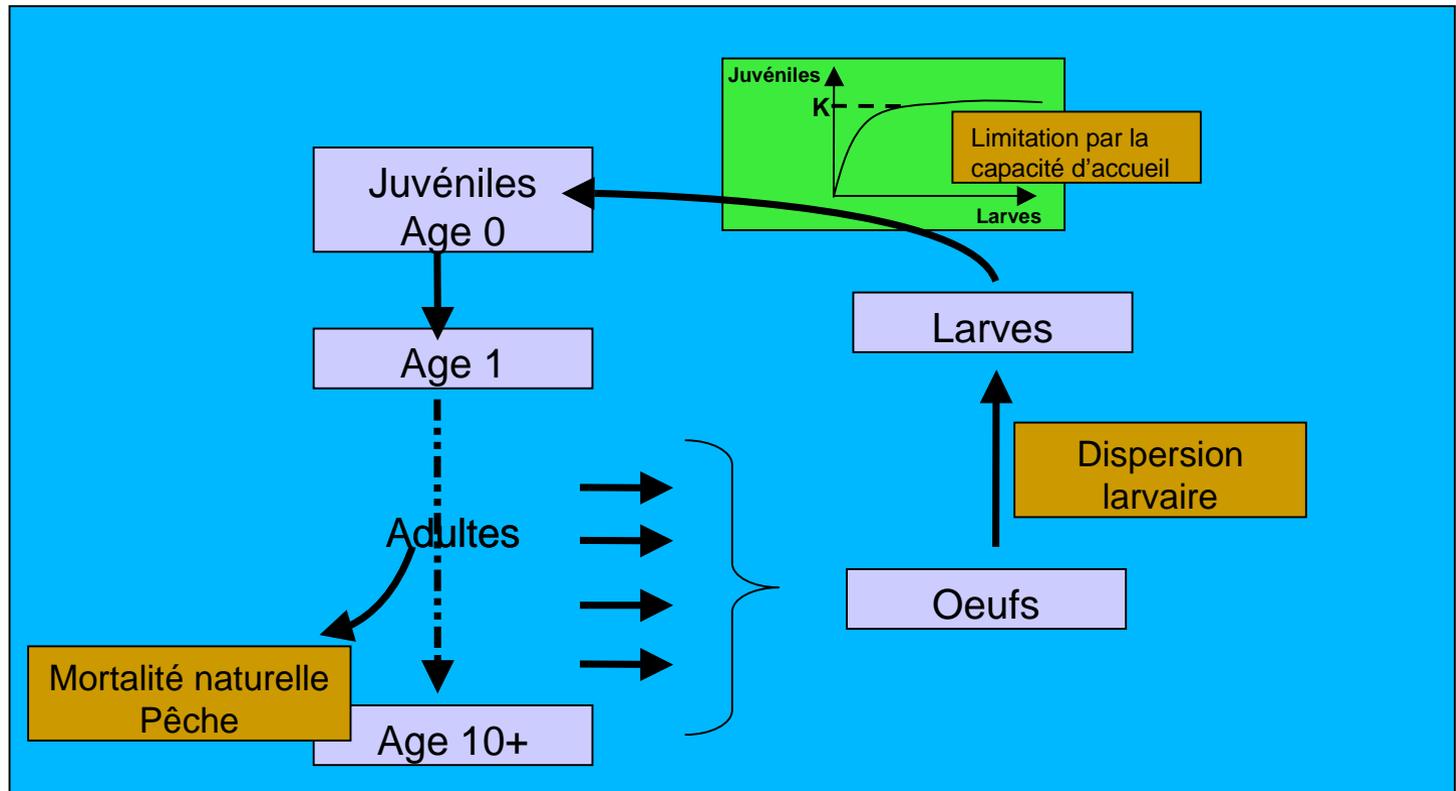
- Statistical catch-at-age analysis



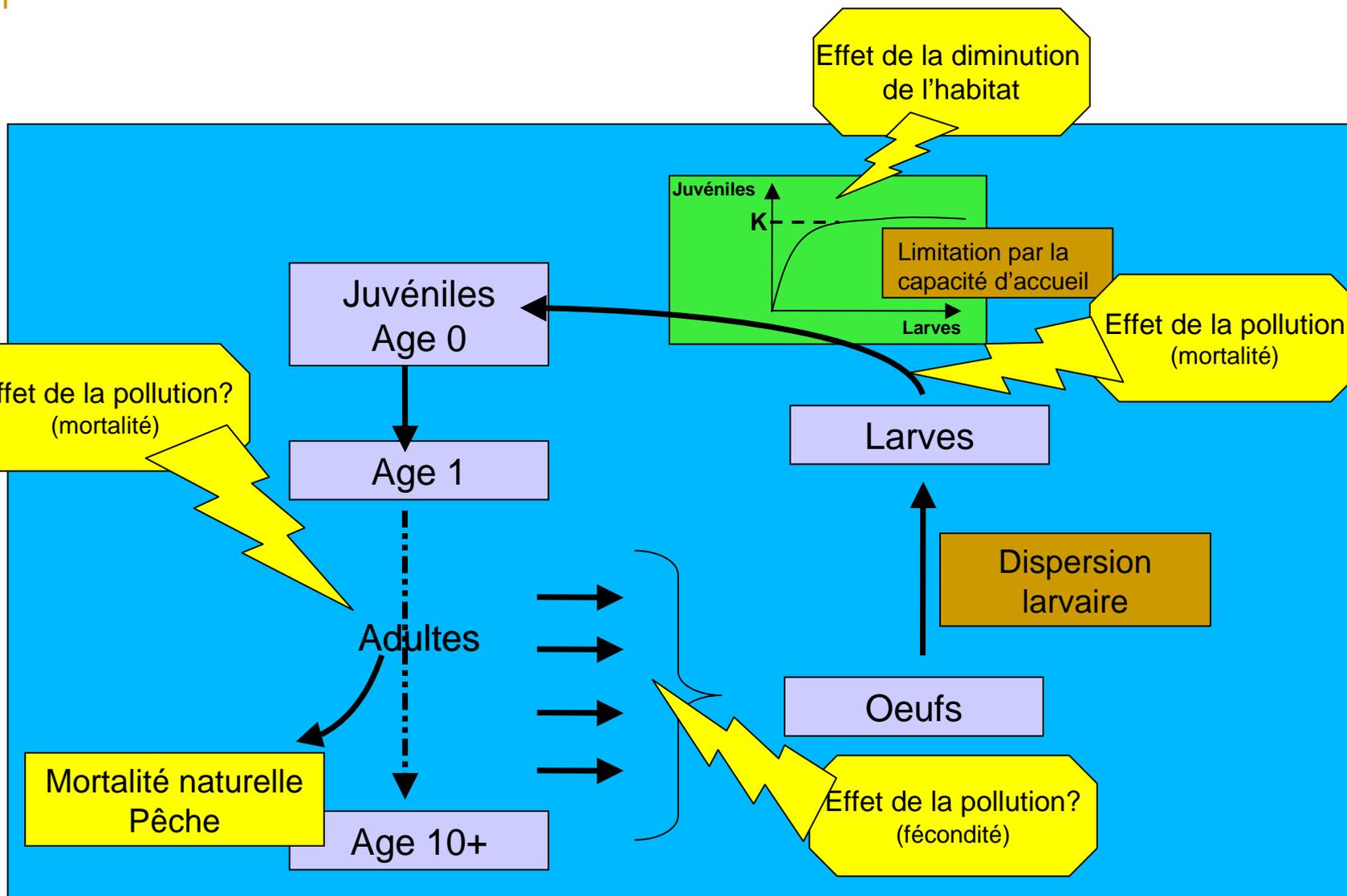
# Modèle de population

- Statistical catch-at-age analysis

- Equation dynamique :  $N_{a+1,t+1} = N_{a,t} \cdot \exp(-M_a - F_{a,t})$
- Equ. d'observation des IA :  $IA_{a,t} \sim \log N(q * N_{a,t}, \sigma_{ia})$
- Equ. d'observation des Captures :  $C_{obsa,t} \sim \log N(Capta,t, \sigma_{capt})$



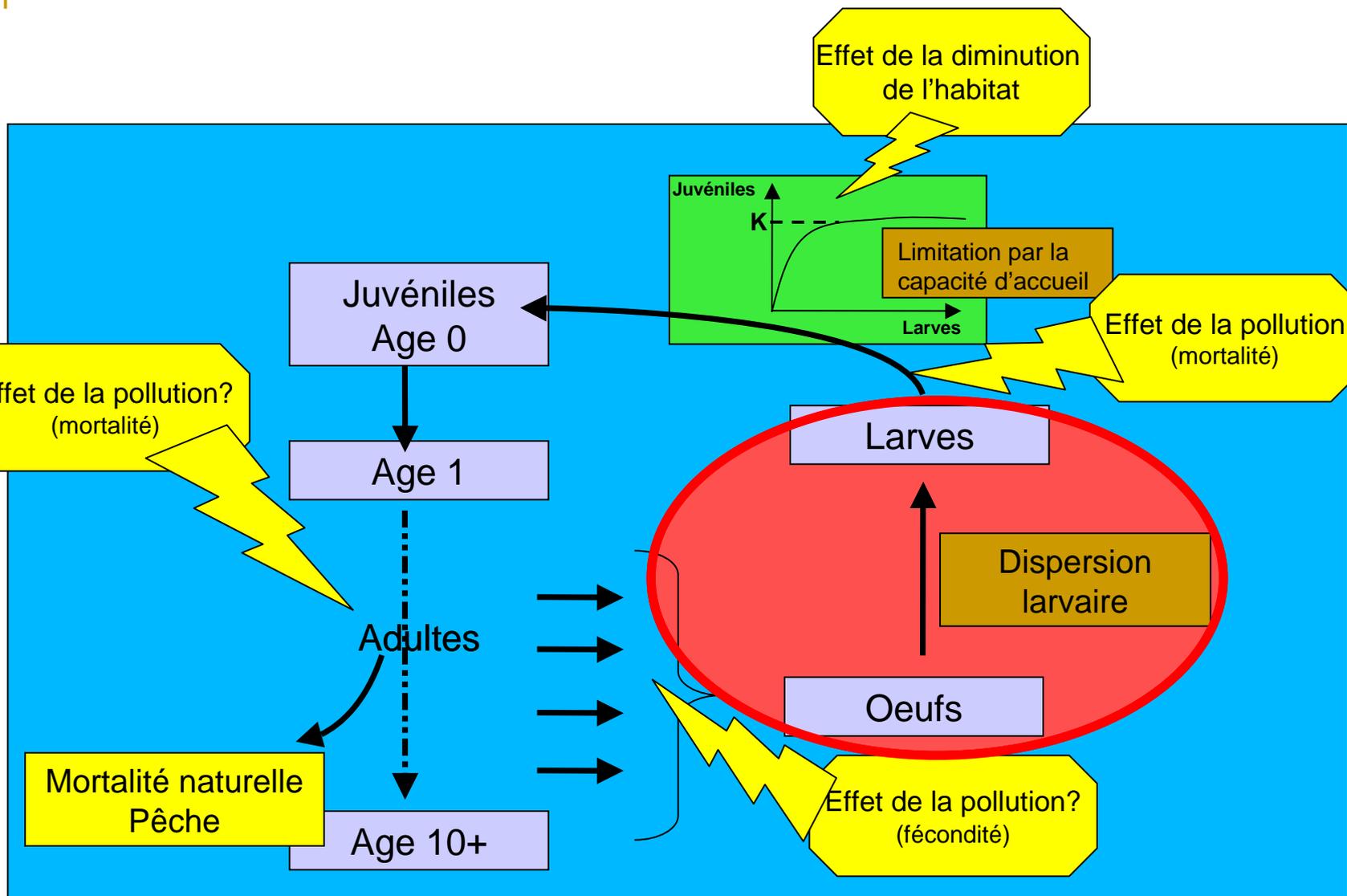
# Modèle de population



# Plan

- Modélisation à l'échelle de la population
  - Problématique
  - Modèle de population
  - Dispersion larvaire
  - Spatialisation
  - Avancement
  
- Perspectives

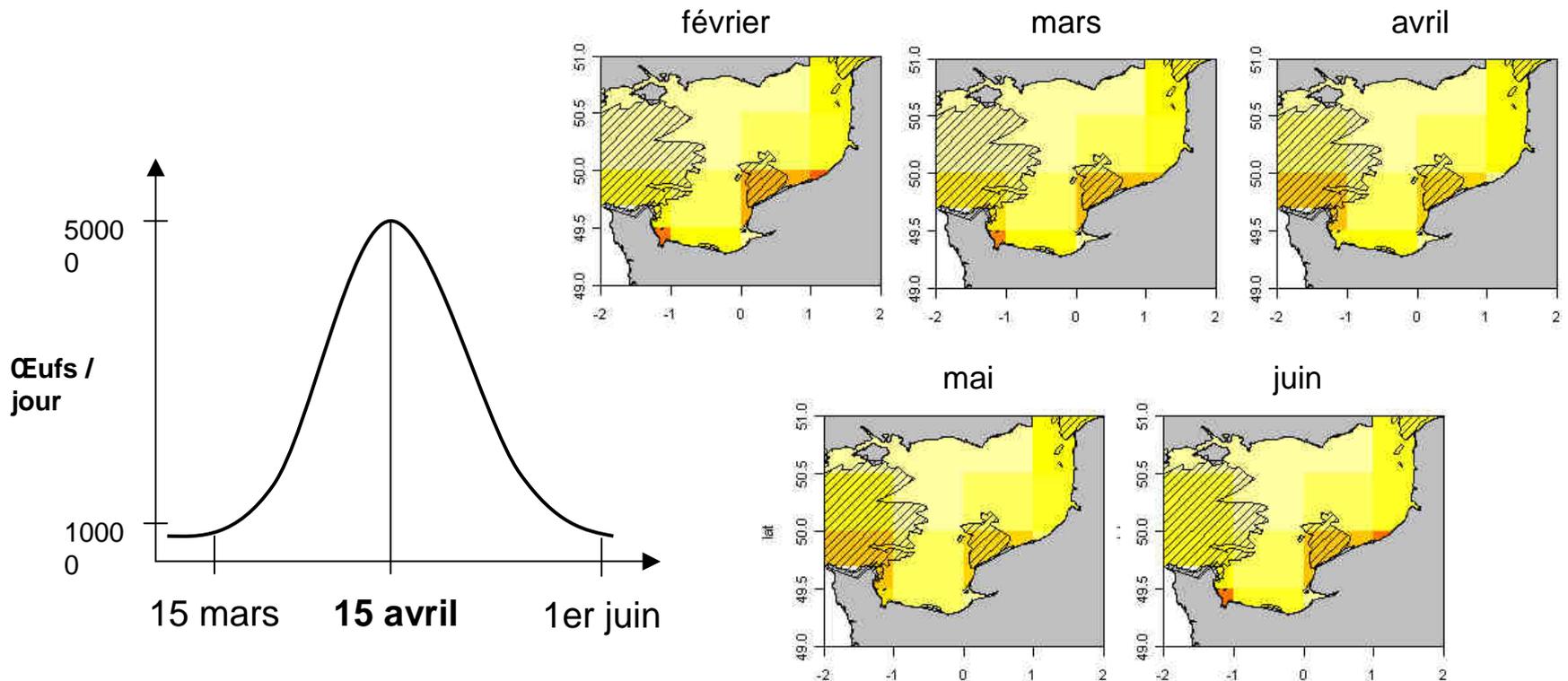
# Modèle de population





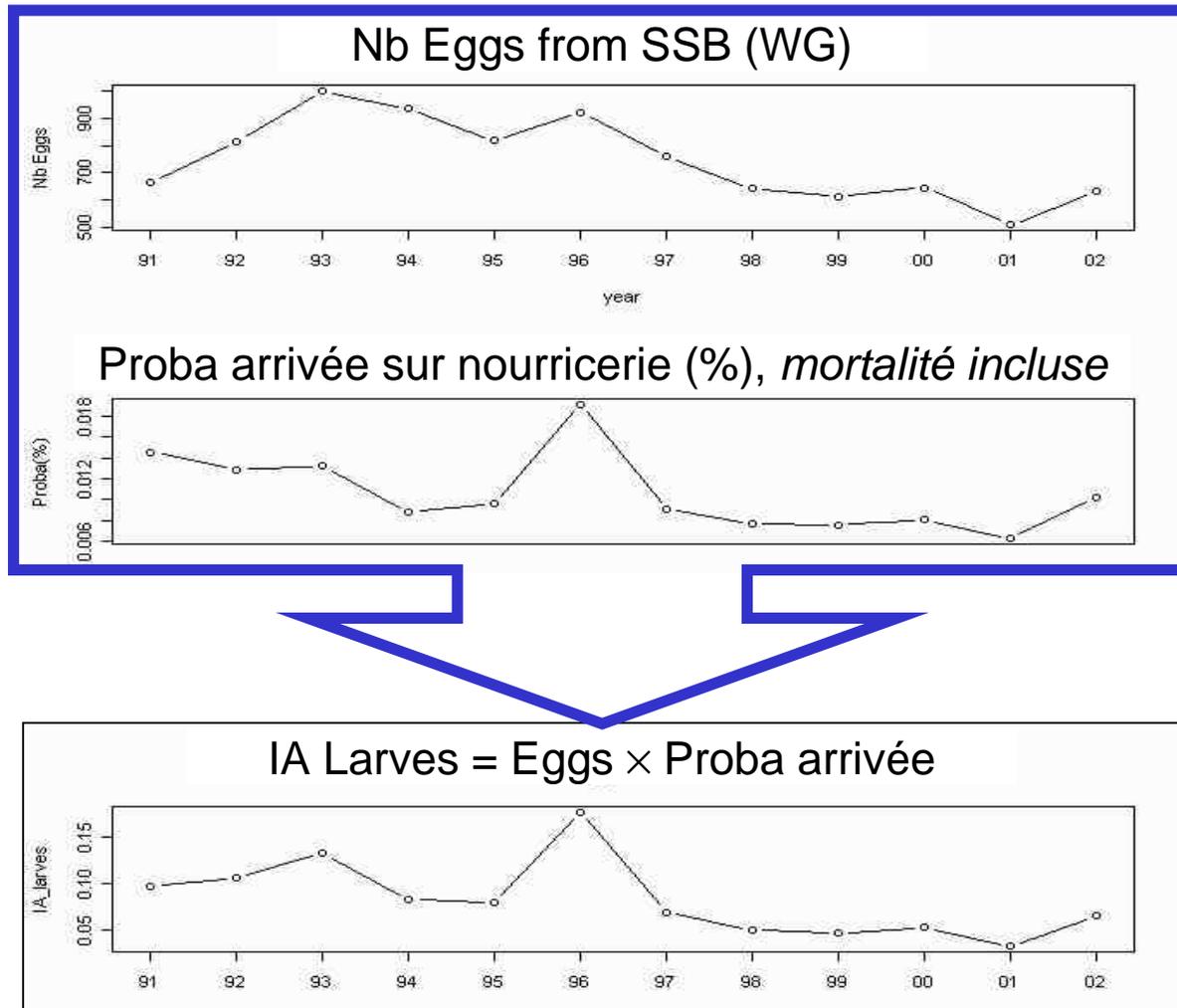
# Dispersion larvaire

- Variabilité de la ponte
  - Temporelle : Pic de ponte ~ température
  - Spatiale : Captures ~ carrés CIEM



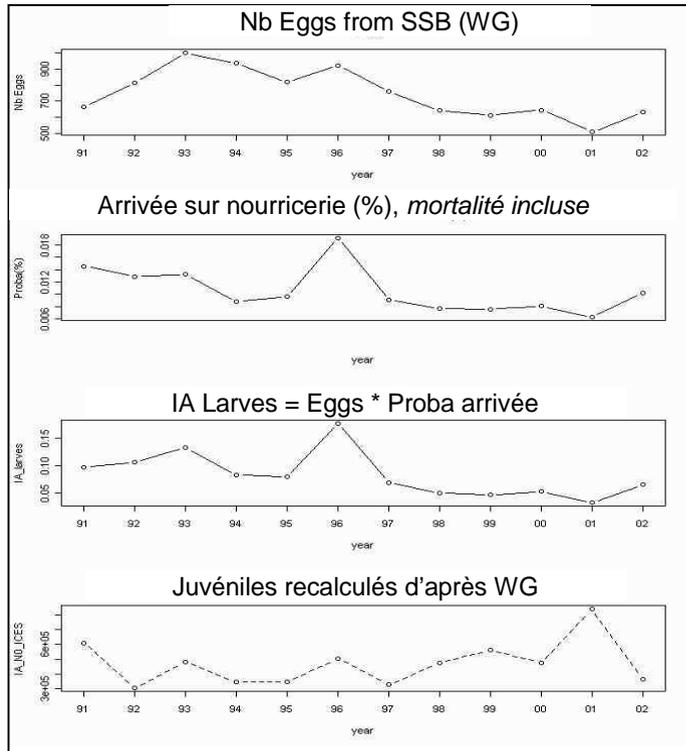
# Dispersion larvaire : résultats

- Attention : Ponte non spatialisée

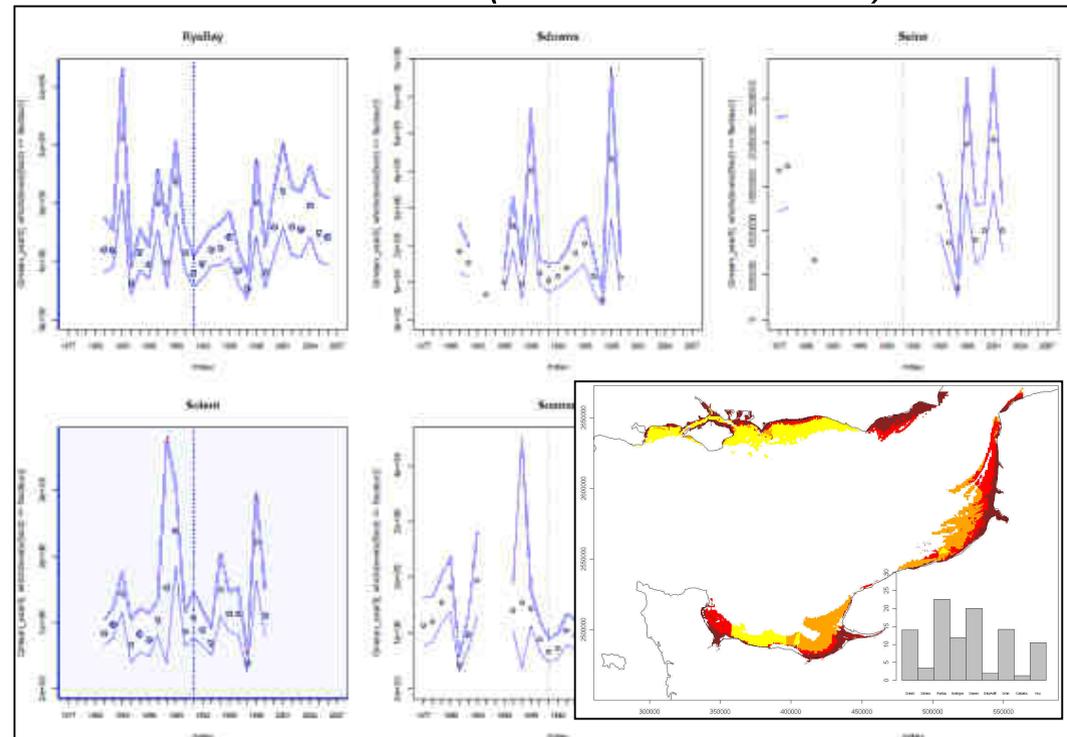


# Dispersion larvaire : résultats

- Comparer avec IA Juvéniles
- Objectif : comparaison par nurserie



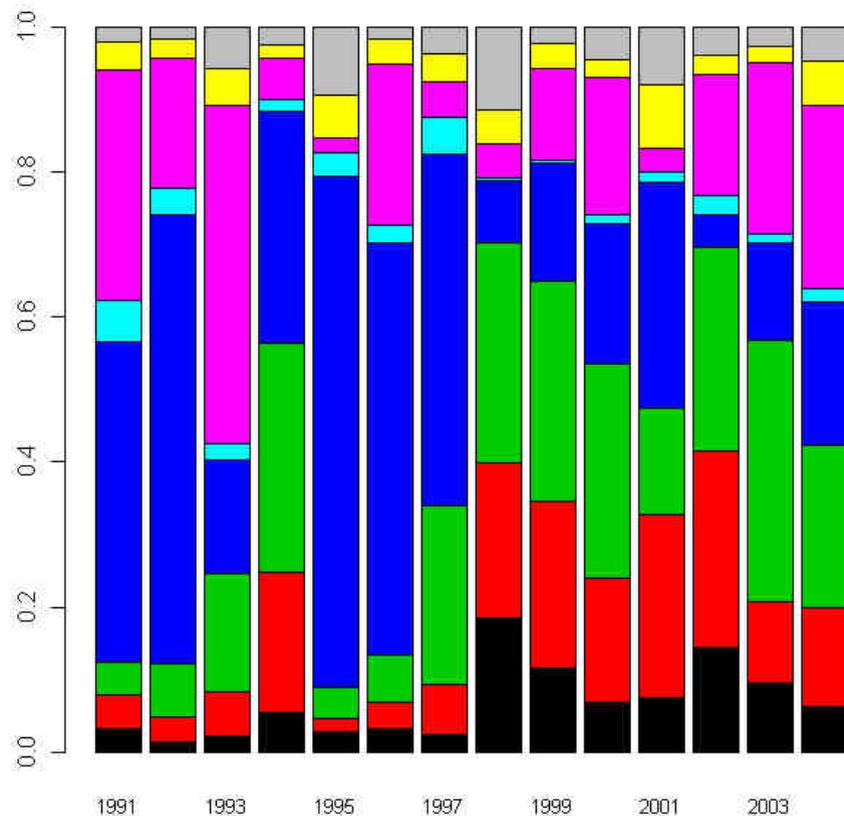
## IA Juvéniles (modèle d'habitat)



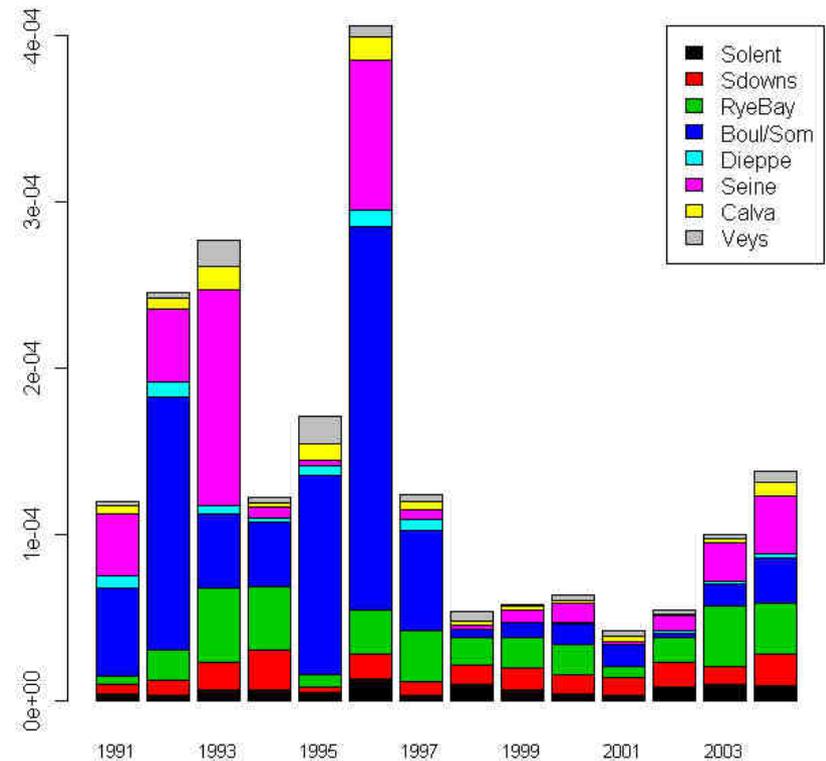
# Dispersion larvaire : résultats

- Comparer avec IA Juvéniles
- Objectif : comparaison par nourricerie

Clé de répartition des larves



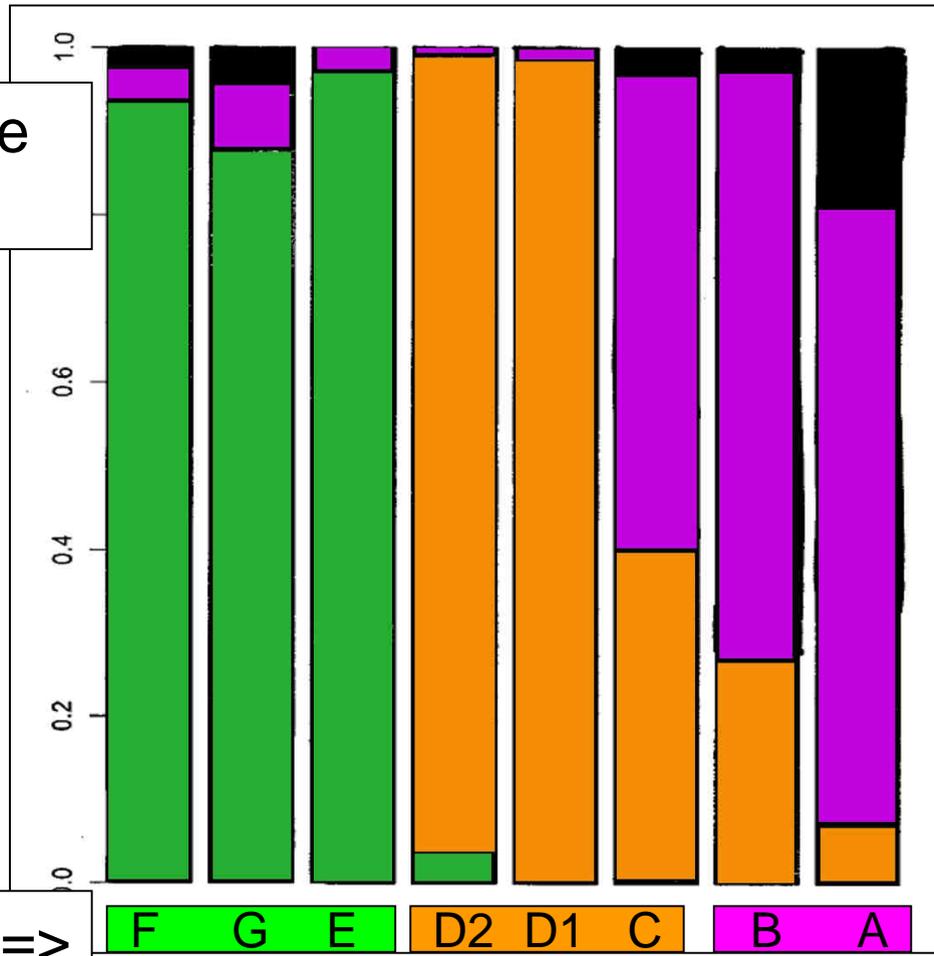
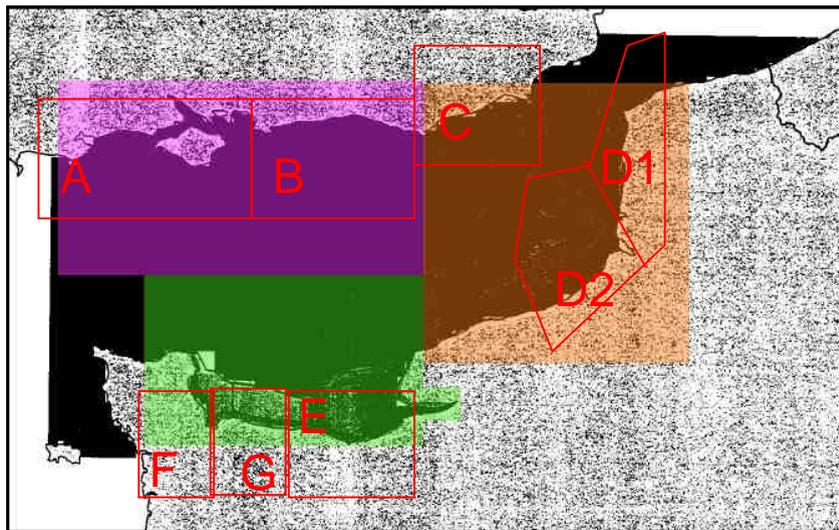
Ordre de grandeur des arrivées de larves



# Dispersion larvaire : résultats

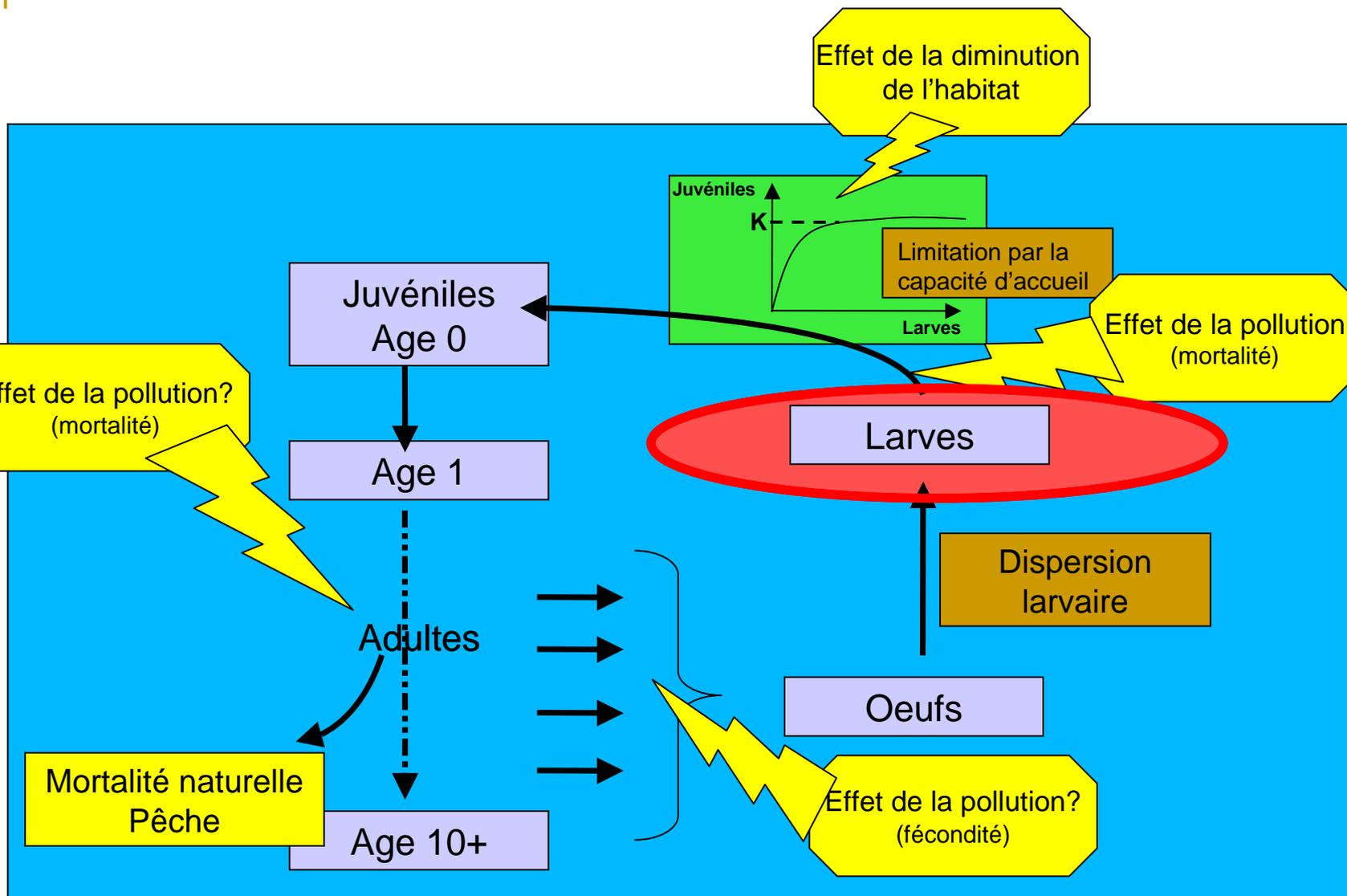
- Spatialisation des adultes
  - Répartition départ / arrivée des larves
  - Faible dispersion des adultes

Couleur de la zone d'origine =>



Zone d'arrivée =>

# Modèle de population

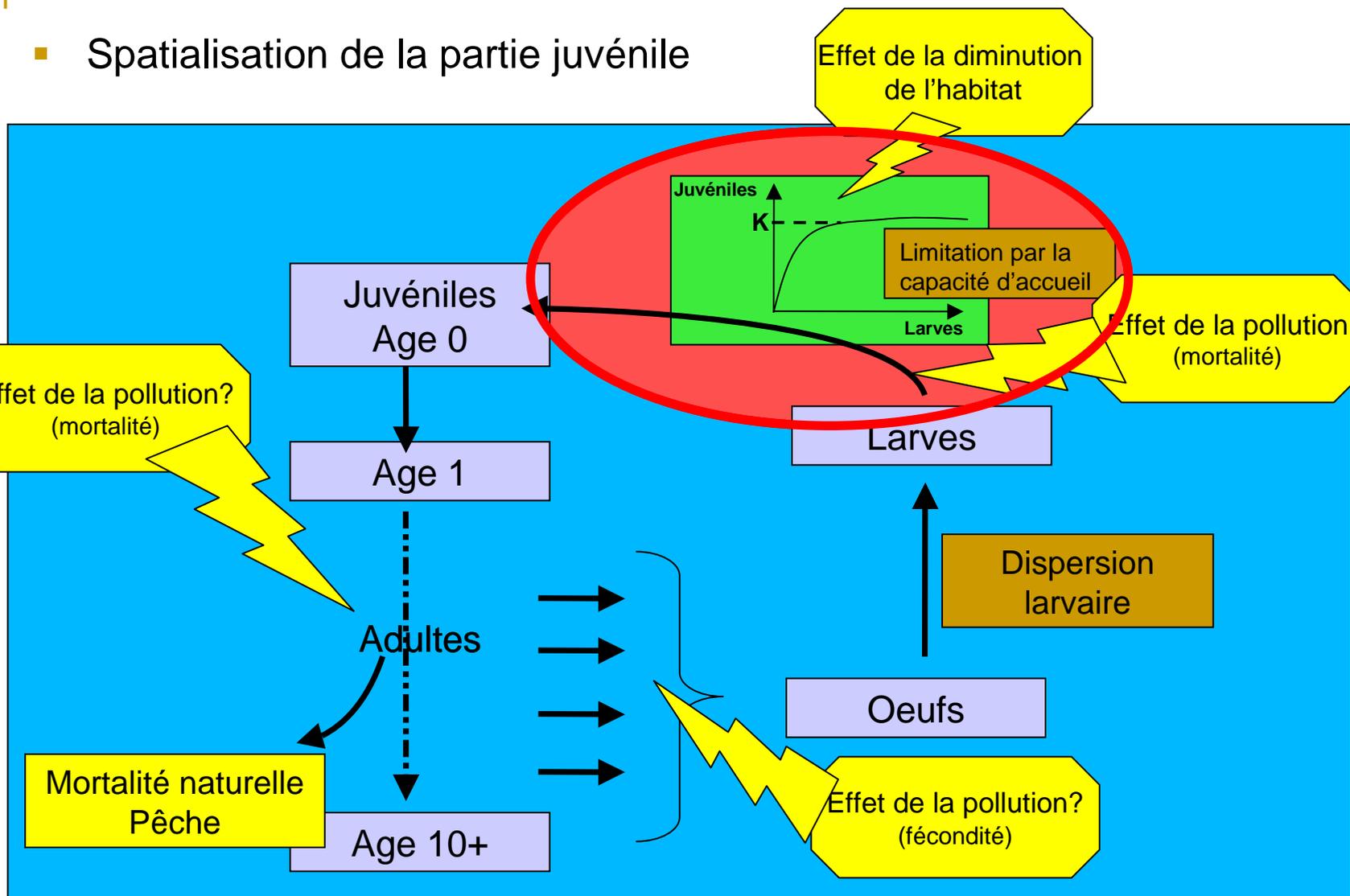


# Plan

- Modélisation à l'échelle de la population
  - Problématique
  - Modèle de population
  - Dispersion larvaire
  - **Spatialisation**
  - Avancement
  
- Perspectives

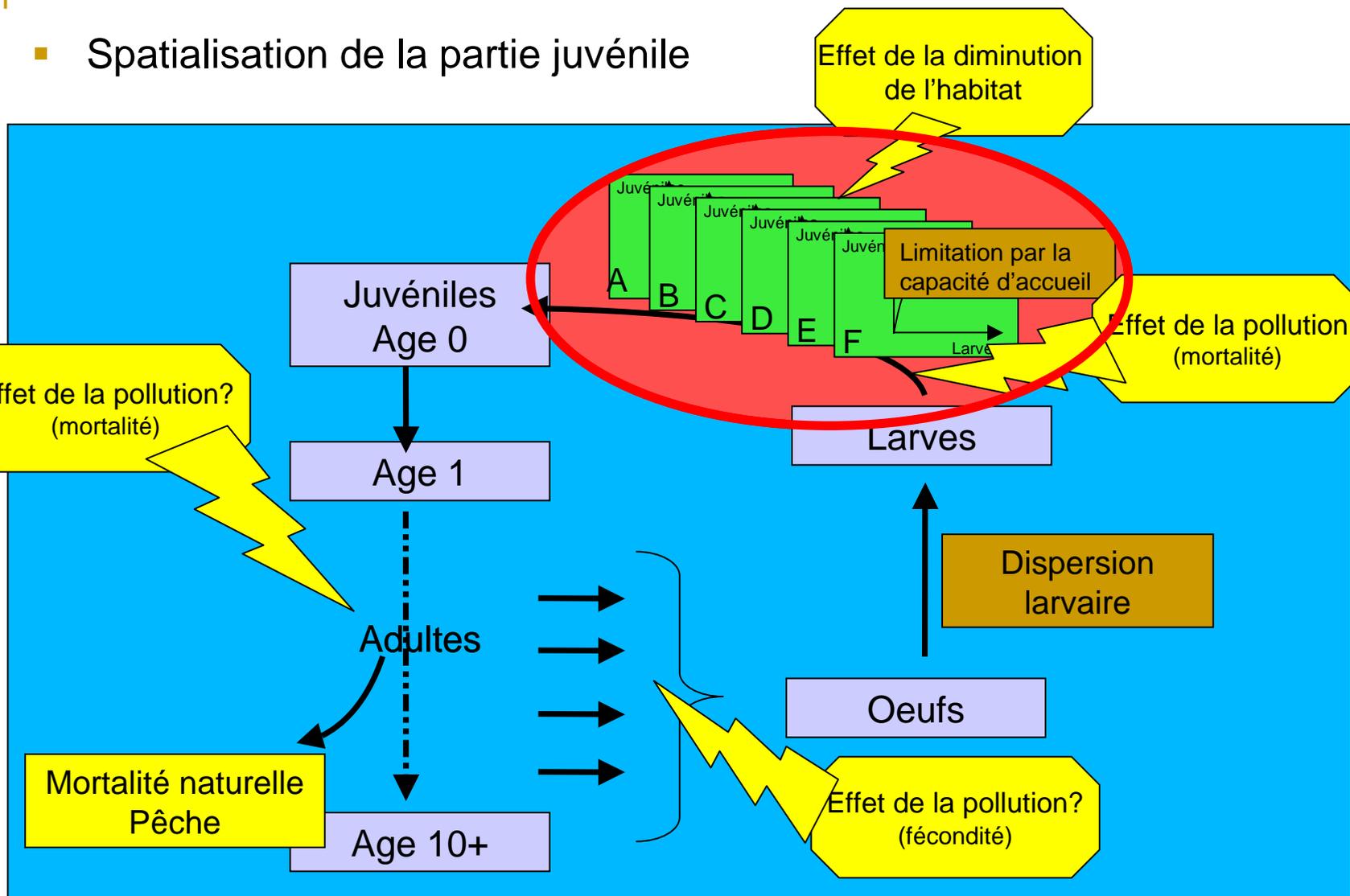
# Modèle de population

- Spatialisation de la partie juvénile



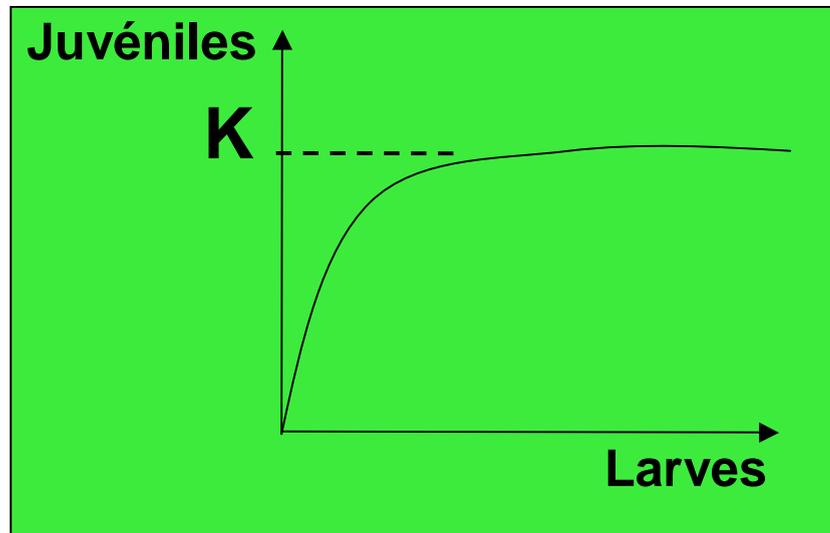
# Modèle de population

- Spatialisation de la partie juvénile



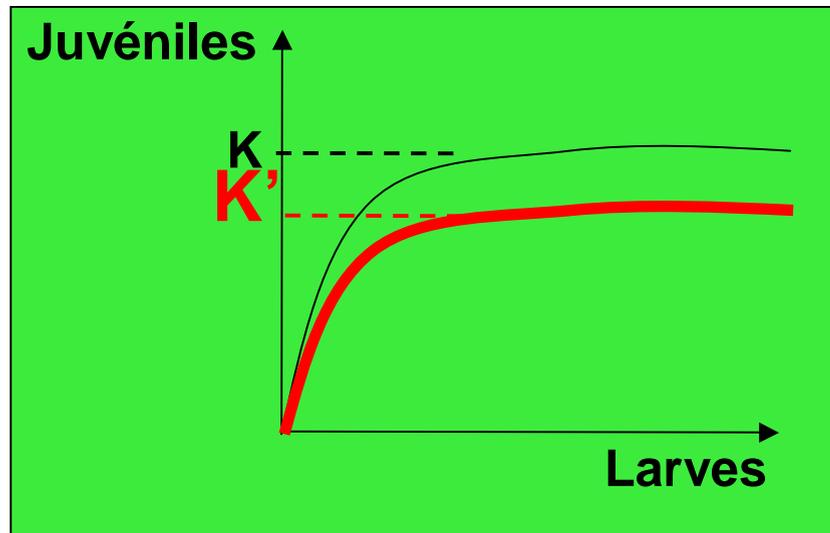
# Relation Stock - recrutement

- Capacité d'accueil (K)
  - Surface
  - Facteurs physiques (bathymétrie, sédiments)



# Relation Stock - recrutement

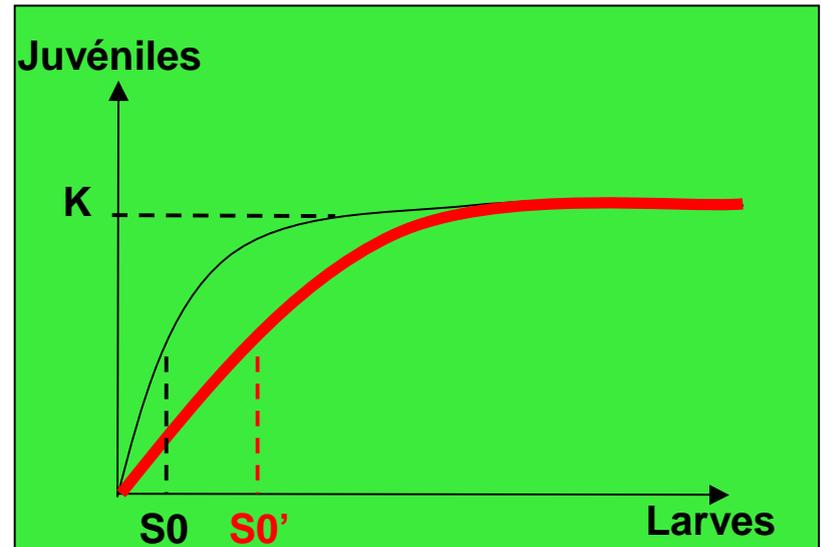
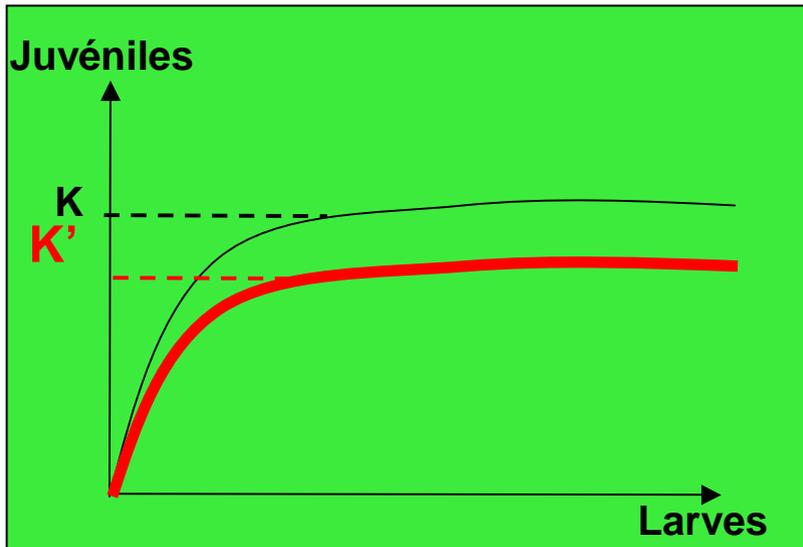
- Capacité d'accueil (K)
  - Surface
  - Facteurs physiques (bathymétrie, sédiments)



# Relation Stock - recrutement

- Capacité d'accueil (K)
  - Surface
  - Facteurs physiques (bathymétrie, sédiments)
- Effet de la contamination ?
  - Selon secteur

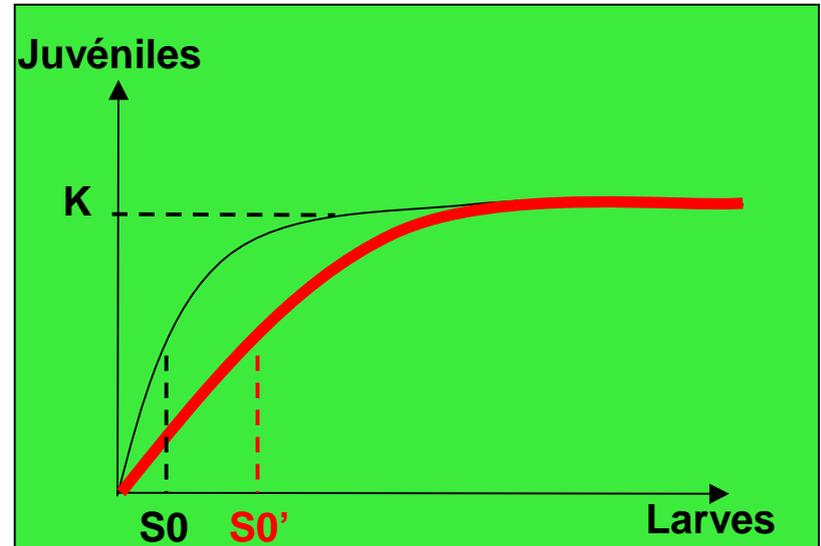
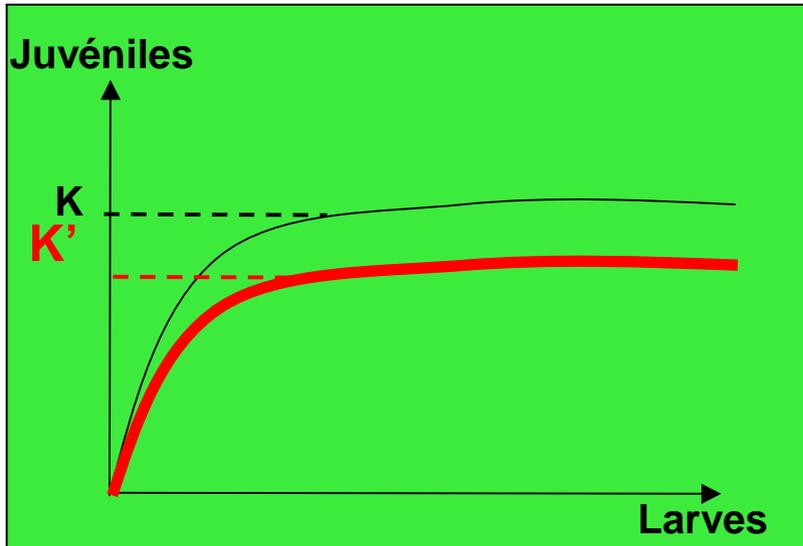
Effet de la **pollution**



# Relation Stock - recrutement

- Capacité d'accueil (K)
  - Surface
  - Facteurs physiques (bathymétrie, sédiments)
- Effet de la contamination ?
  - Selon secteur

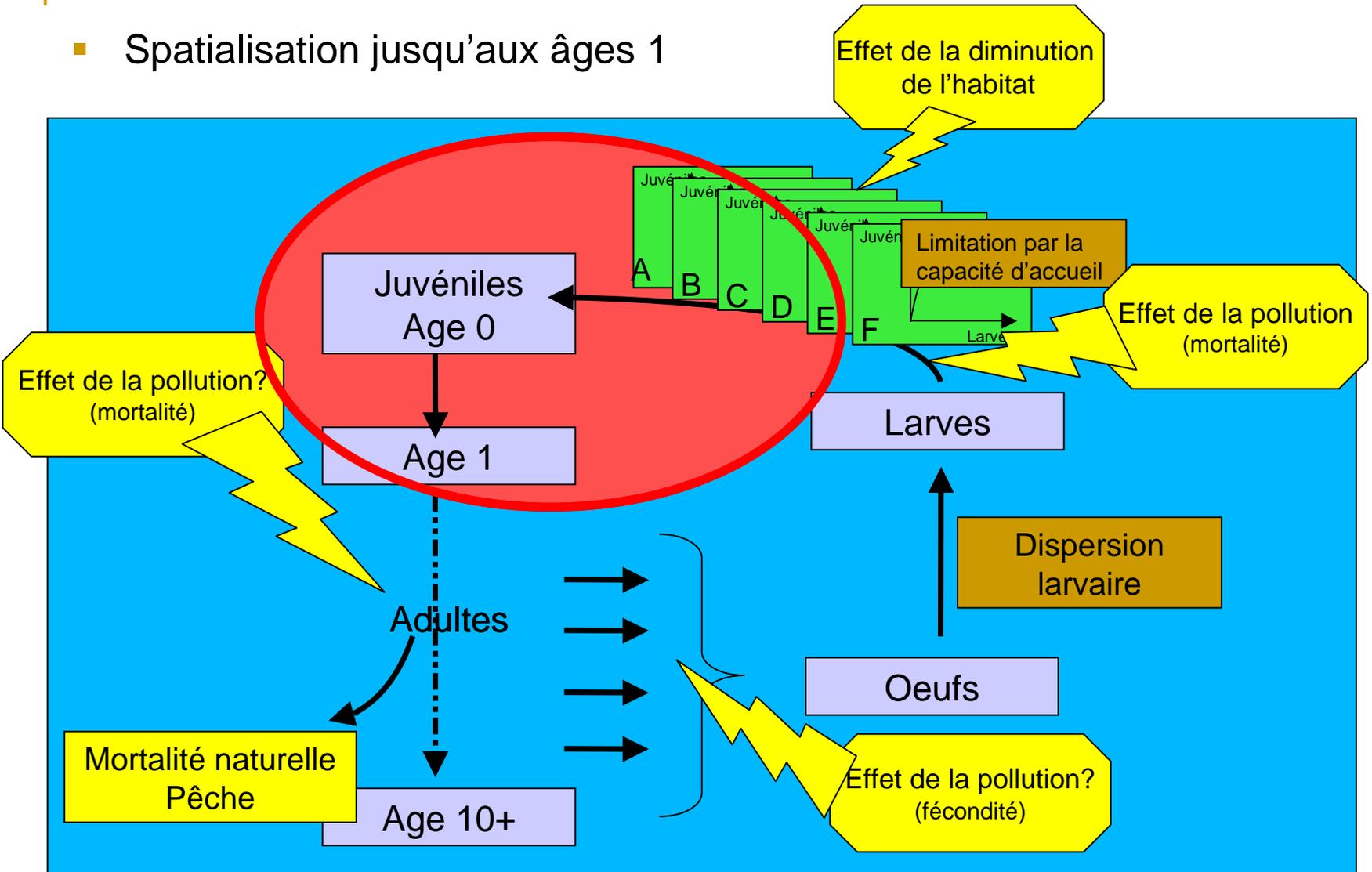
Effet de la **pollution**



- Problèmes
  - Estimations de  $S_0$  et  $K$  très corrélées
  - Relation S-R : Beverton-Holt, Ricker, Hockey-stick ?

# Modèle de population

- Spatialisation jusqu'aux âges 1

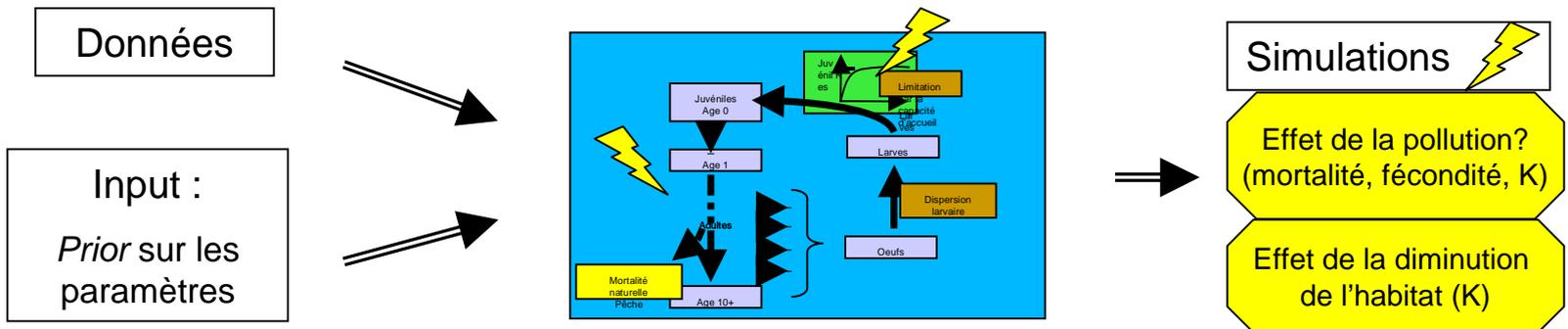


# Plan

- Modélisation à l'échelle de la population
  - Problématique
  - Modèle de population
  - Dispersion larvaire
  - Spatialisation
  - Avancement
  
- Perspectives

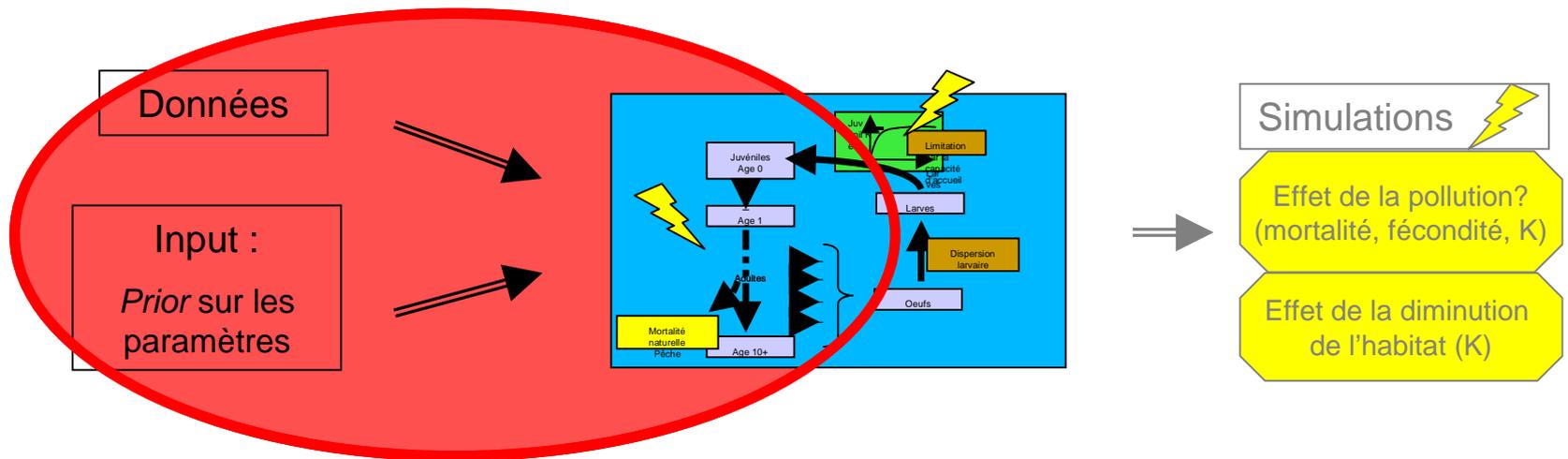
# Modèle de population

- 2 étapes
  - Calibrage du modèle par estimation bayésienne
  - Simulations de scenarios



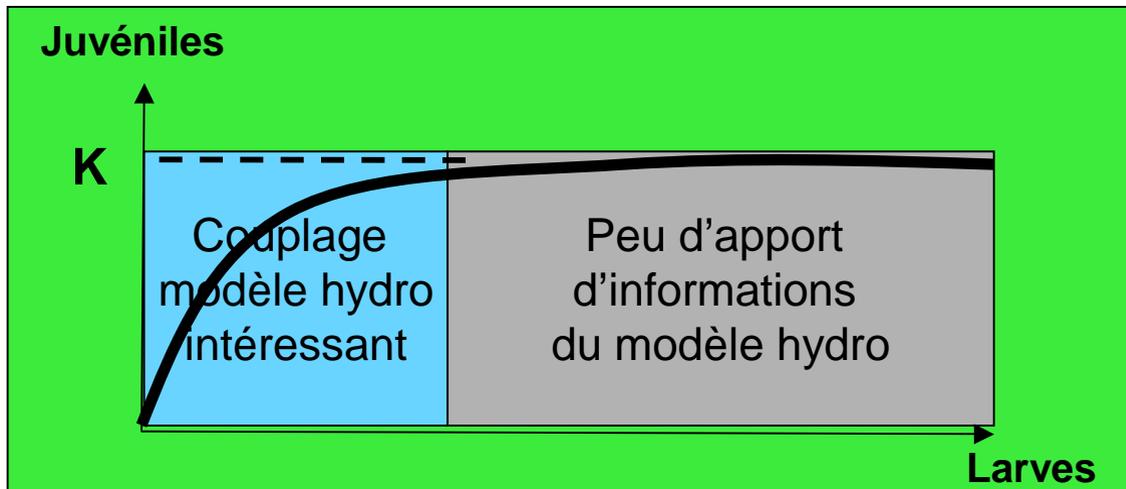
# Avancement

- 2 étapes
  - Calibrage du modèle par estimation bayésienne
  - Simulations de scenarios



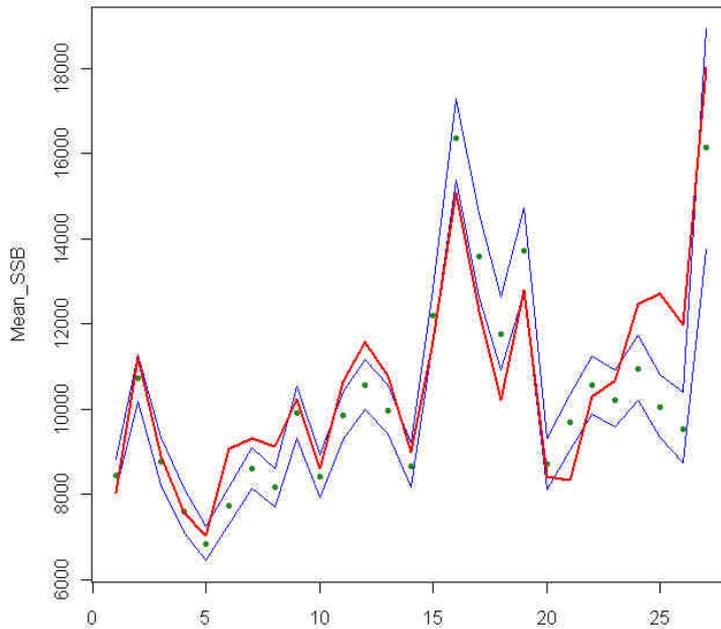
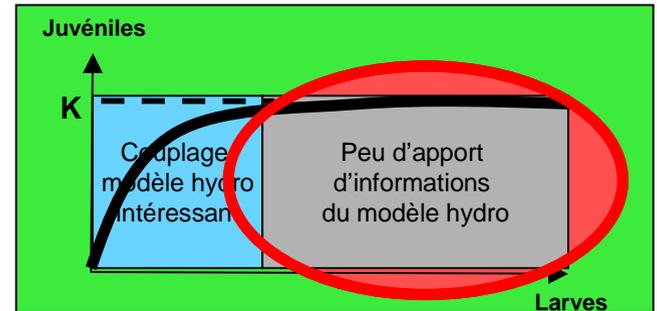
# Avancement

- Population simulée
  - sur la base des soles du VIId du WG
    - Clé âge – poids
    - Mortalités  $F = S(\text{âge}) * E(\text{année})$
    - K sur juvéniles donnant SSB du même ordre
  - 3 secteurs de nourricerie
    - Relations Stock-recrutement différentes
  - Clé de répartition des larves constante
    - Proportionnelle aux K
    - Disproportionnée

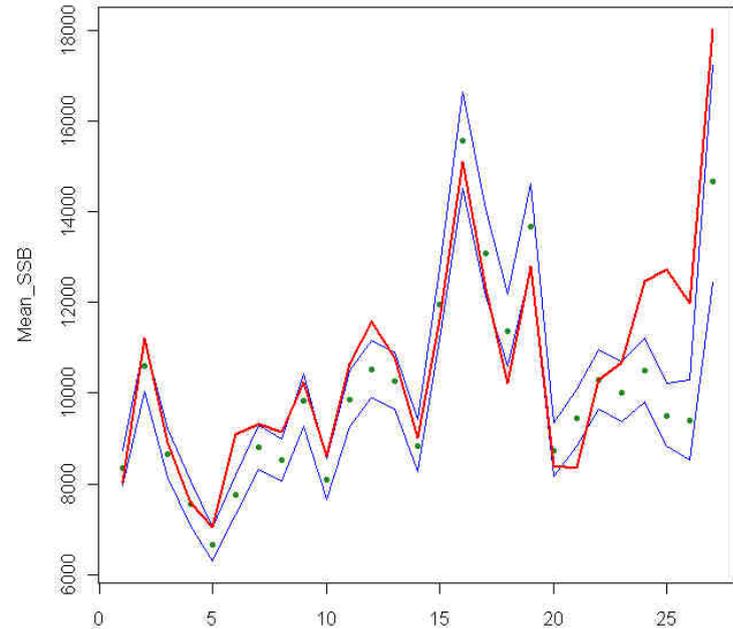


# Avancement

- Population simulée
  - sur la base des soles du VIId du WG
  - 3 secteurs de nourricerie
  - Clé de répartition des larves constante
- Résultats préliminaires
  - Variations de la SSB



Modèle spatialisé



Modèle non spatialisé

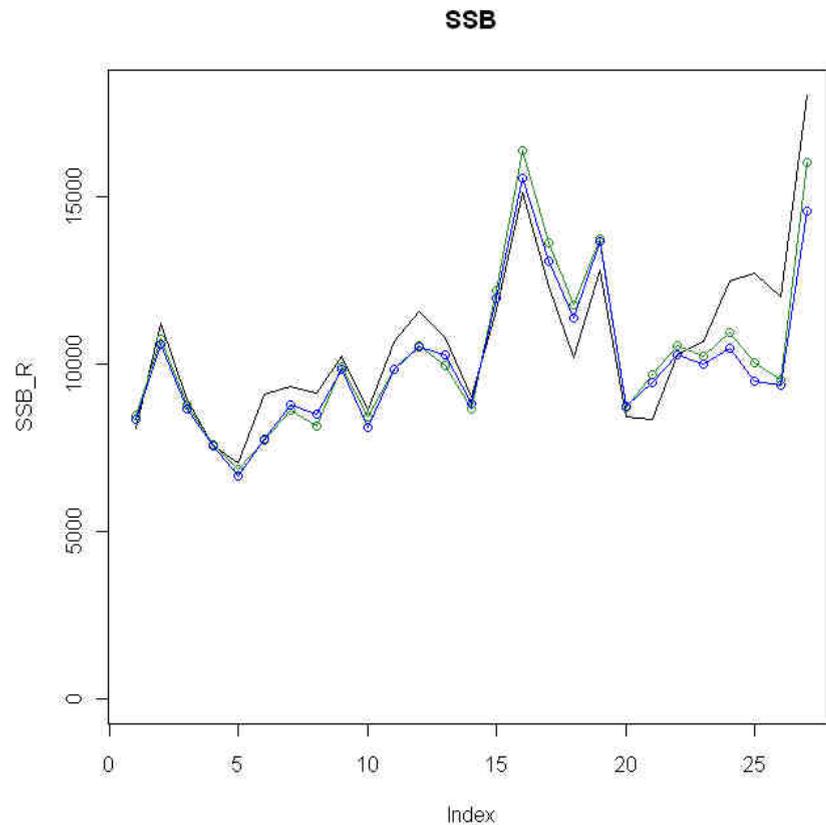
# Avancement

- Population simulée
  - sur la base des soles du VIId du WG
  - 3 secteurs de nourricerie
  - Clé de répartition des larves constante
- Résultats préliminaires
  - Variations de la SSB

Noir : simulation

Bleu : non spatialisé

Vert : Spatialisé



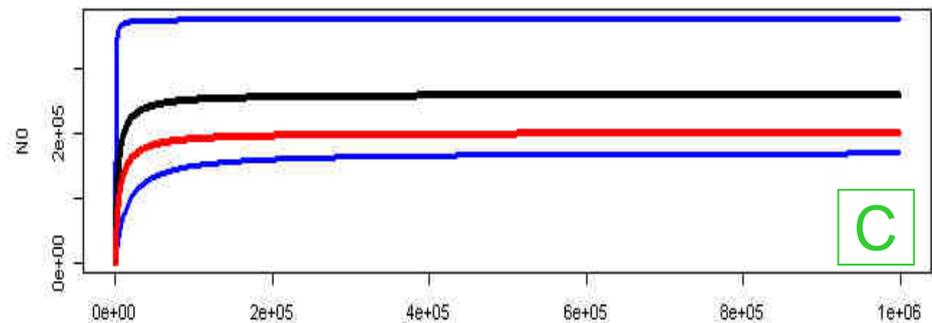
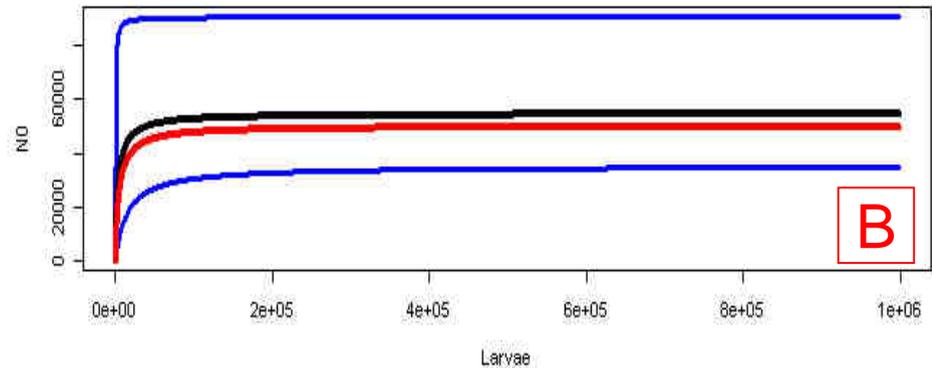
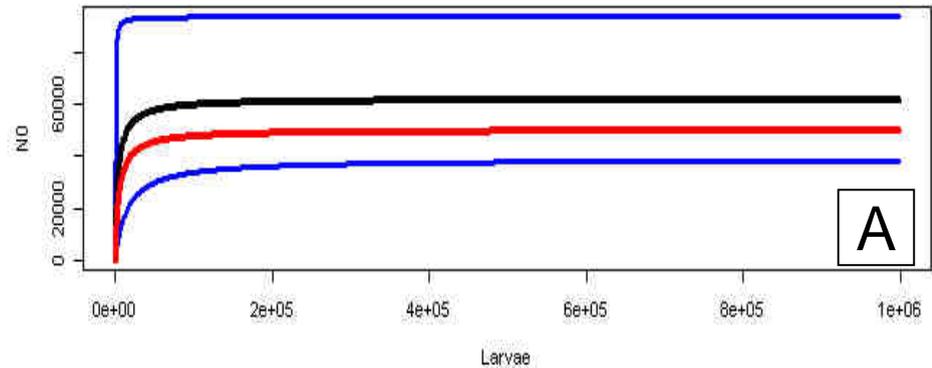
# Avancement

- Population simulée
    - sur la base des soles du VIIId du WG
    - 3 secteurs de nourricerie
    - Clé de répartition des larves constante
  - Résultats préliminaires
    - Variations de la SSB
- ➔ Intérêt modèle spatialisé
- ➔ Sortir les relations Stock-recrutement spatialisées
  - ➔ Tests sur effets contamination

Rouge : simulation

Noir : médiane ajustée

Bleu : enveloppe à 90%

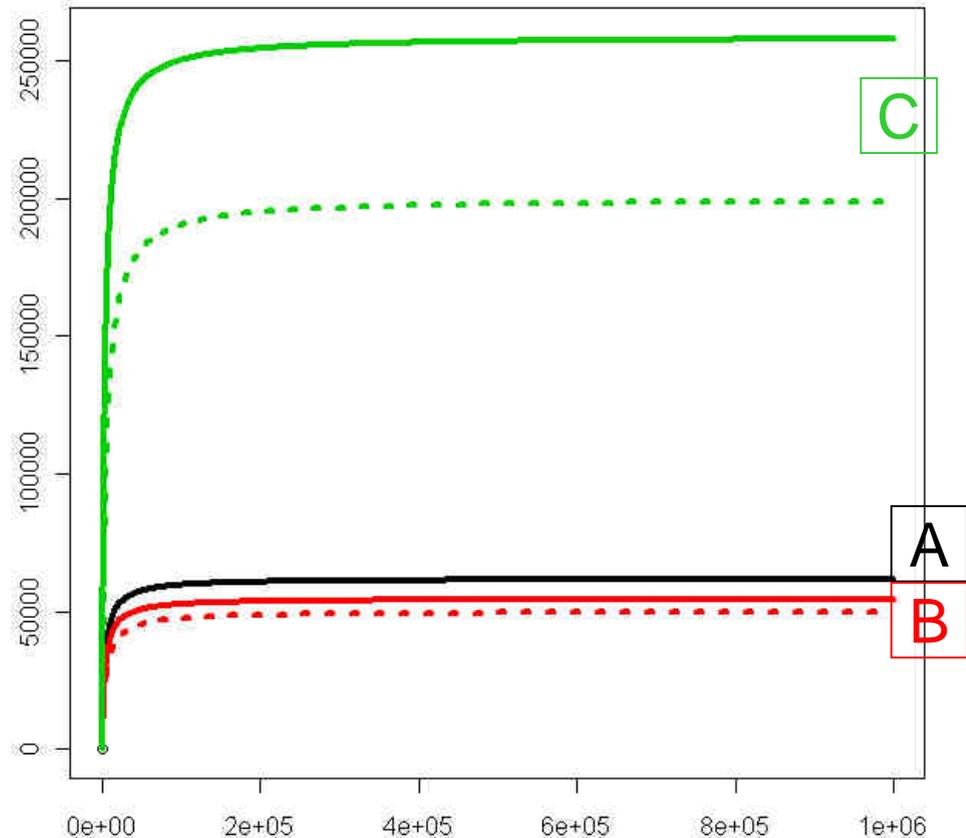


# Avancement

- Population simulée
  - sur la base des soles du VIId du WG
  - 3 secteurs de nourricerie
  - Clé de répartition des larves constante
- Résultats préliminaires
  - Variations de la SSB
- ➔ Intérêt modèle spatialisé
  - ➔ Sortir les relations Stock-recrutement spatialisées
  - ➔ Tests sur effets contamination

Pointillé : simulation

Continu : médiane ajustée



# Avancement

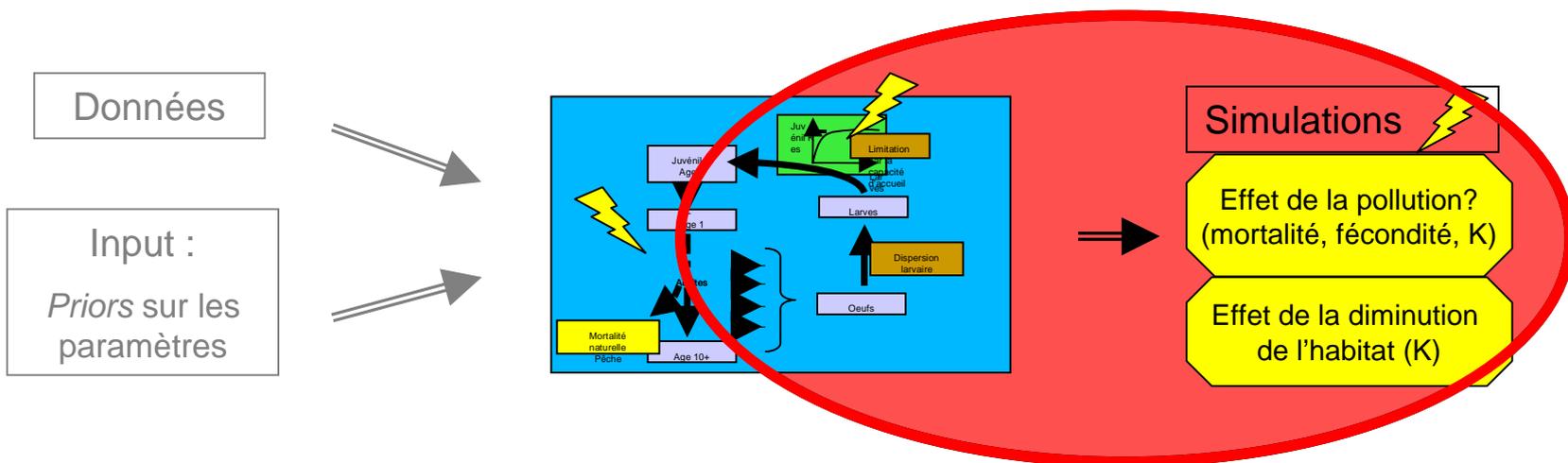
- Population simulée
  - sur la base des soles du VIId du WG
  - 3 secteurs de nourricerie
  - Clé de répartition des larves constante
  
- Résultats préliminaires
  - Variations de la SSB
  - Variations de la biomasse d'Age 0
  
- ➔ Résultats prometteurs
  - ➔ Ajustement sur données incomplètes en bonne voie
  - ➔ Nécessité de travailler sur l'intégration de l'expertise (priors)
  - ➔ Dernières années mal ajustées : hyperprior sur F (shrinkage), Fterm fixé ?

# Plan

- Modélisation à l'échelle de la population
  - Problématique
  - Modèle de population
  - Dispersion larvaire
  - Spatialisation
  - Avancement
  
- Perspectives

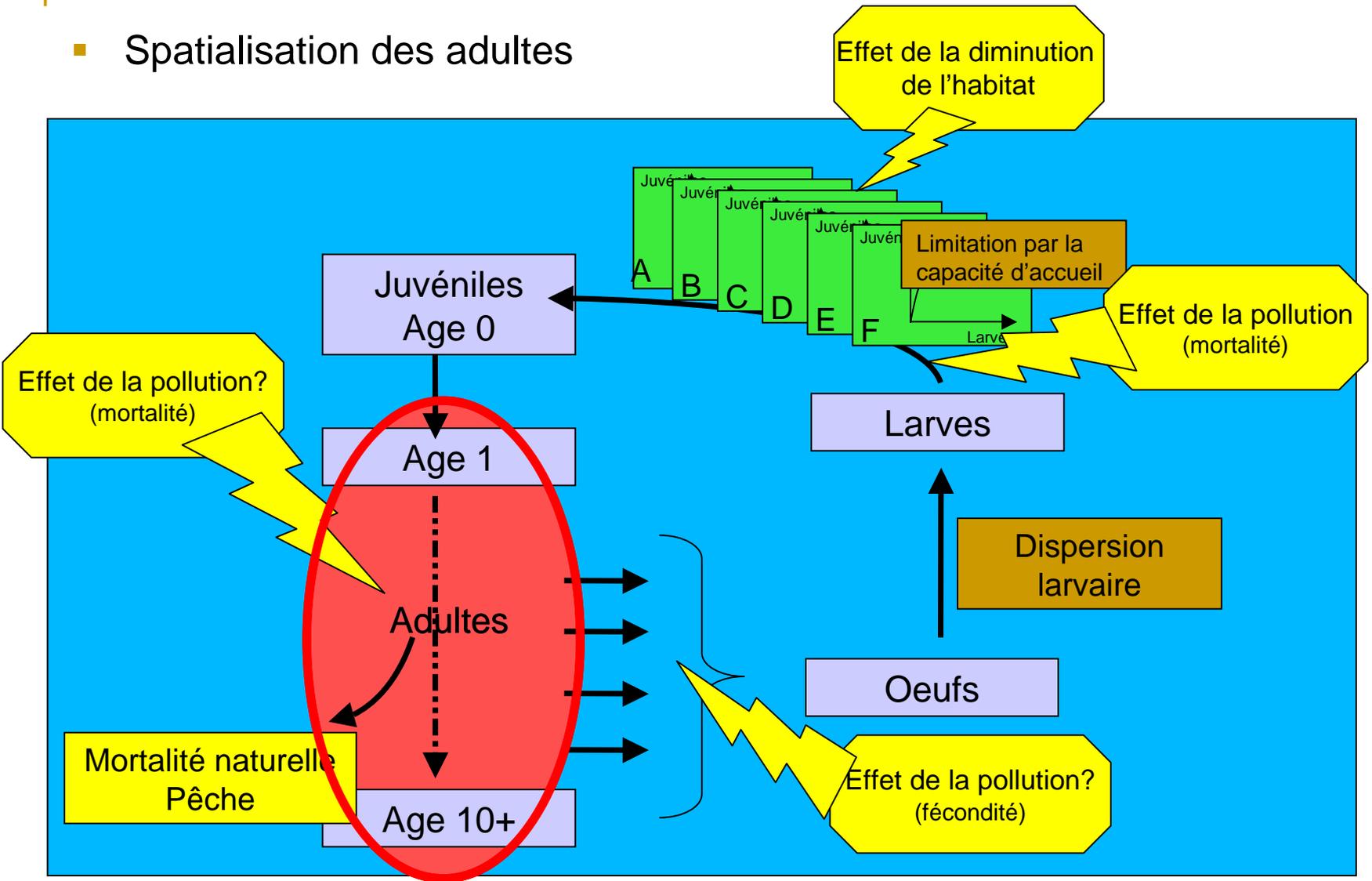
# Perspectives

- 2 étapes
  - Modèle bayésien spatialisé sur les adultes
  - Simulations à partir des valeurs ajustées



# Modèle de population

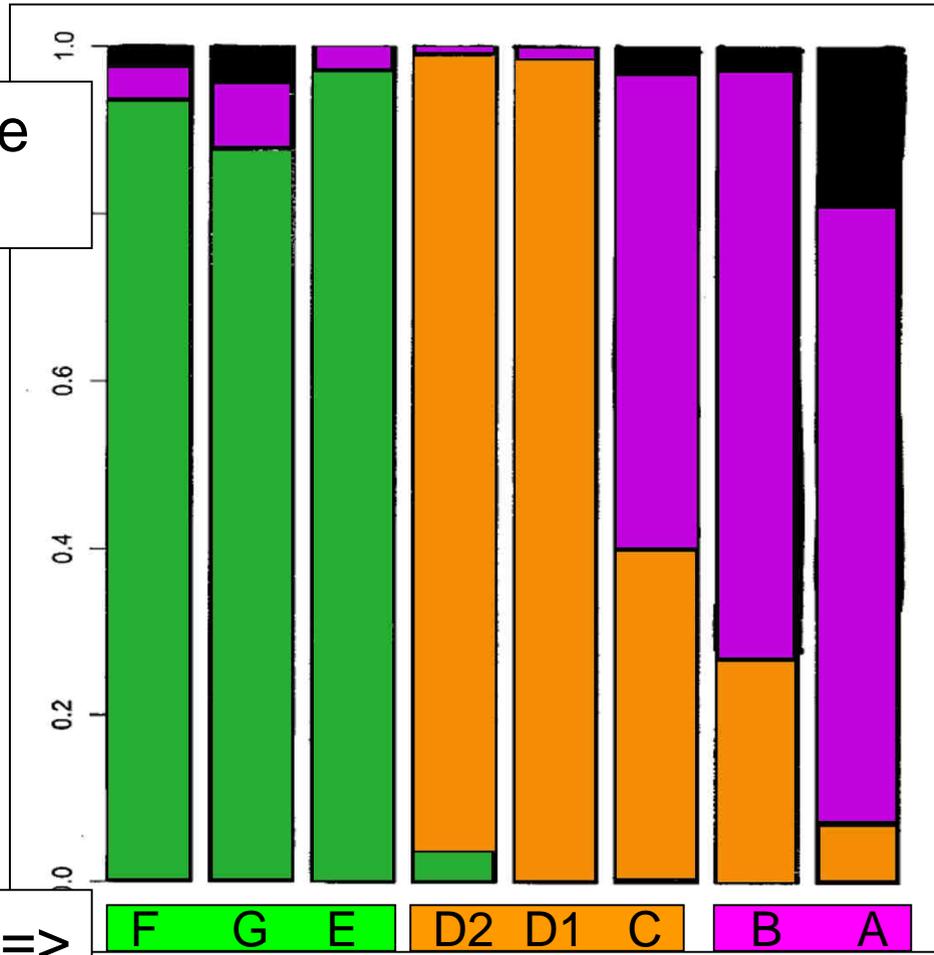
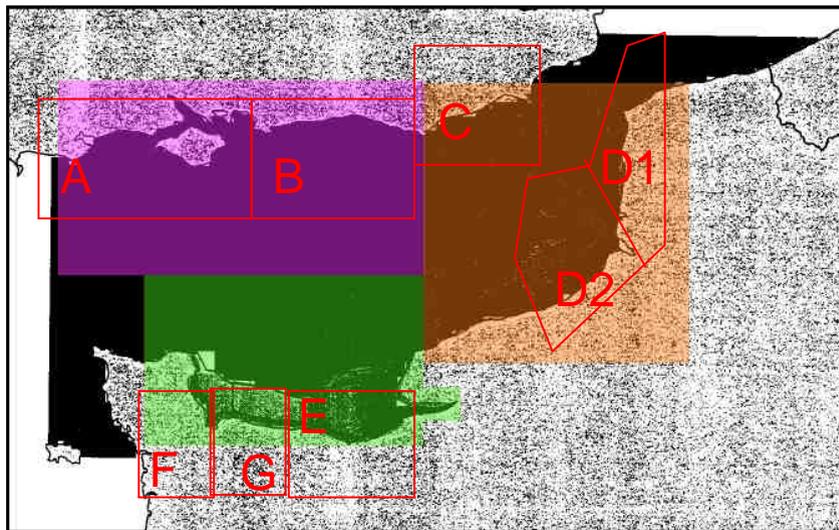
- Spatialisation des adultes



# Perspective

- Spatialisation des adultes
  - Répartition départ / arrivée des larves
  - **Faible dispersion des adultes**

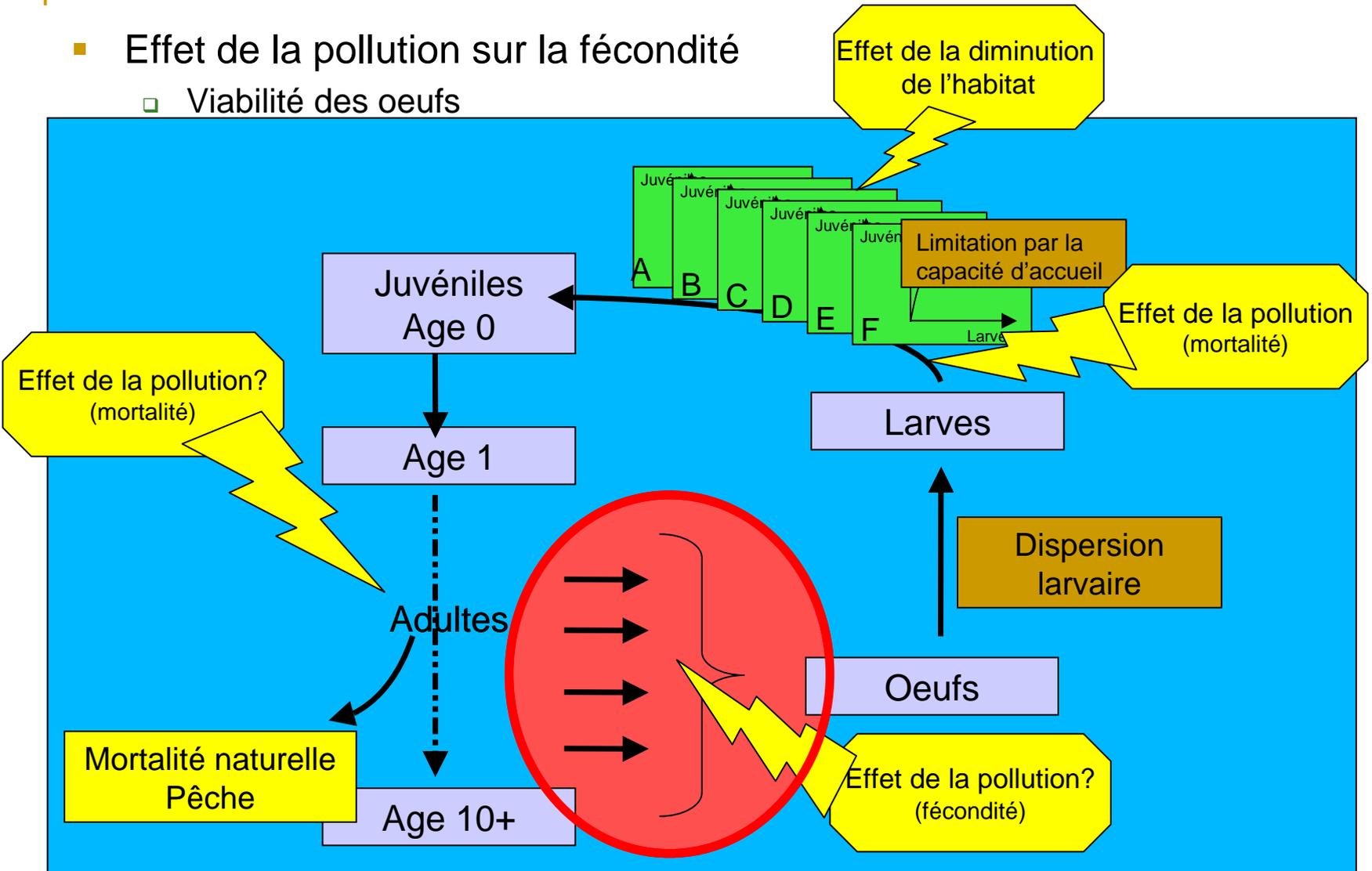
Couleur de la zone d'origine =>



Zone d'arrivée =>

# Modèle de population

- Effet de la pollution sur la fécondité
  - Viabilité des oeufs



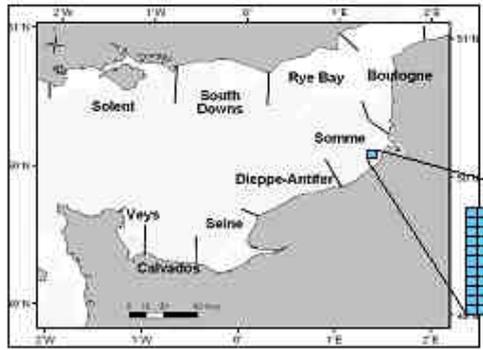
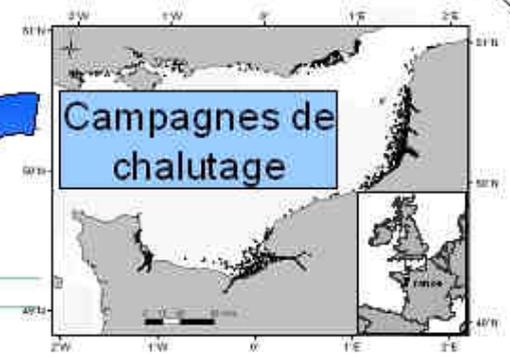
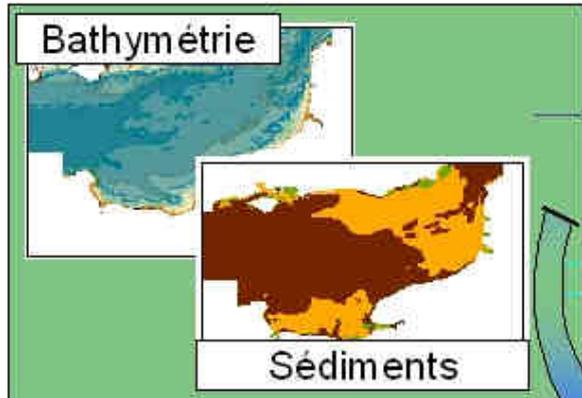
Merci de votre attention

---

# Plan

# Effet de la dégradation d'habitat

Couplage modèle statistique / SIG



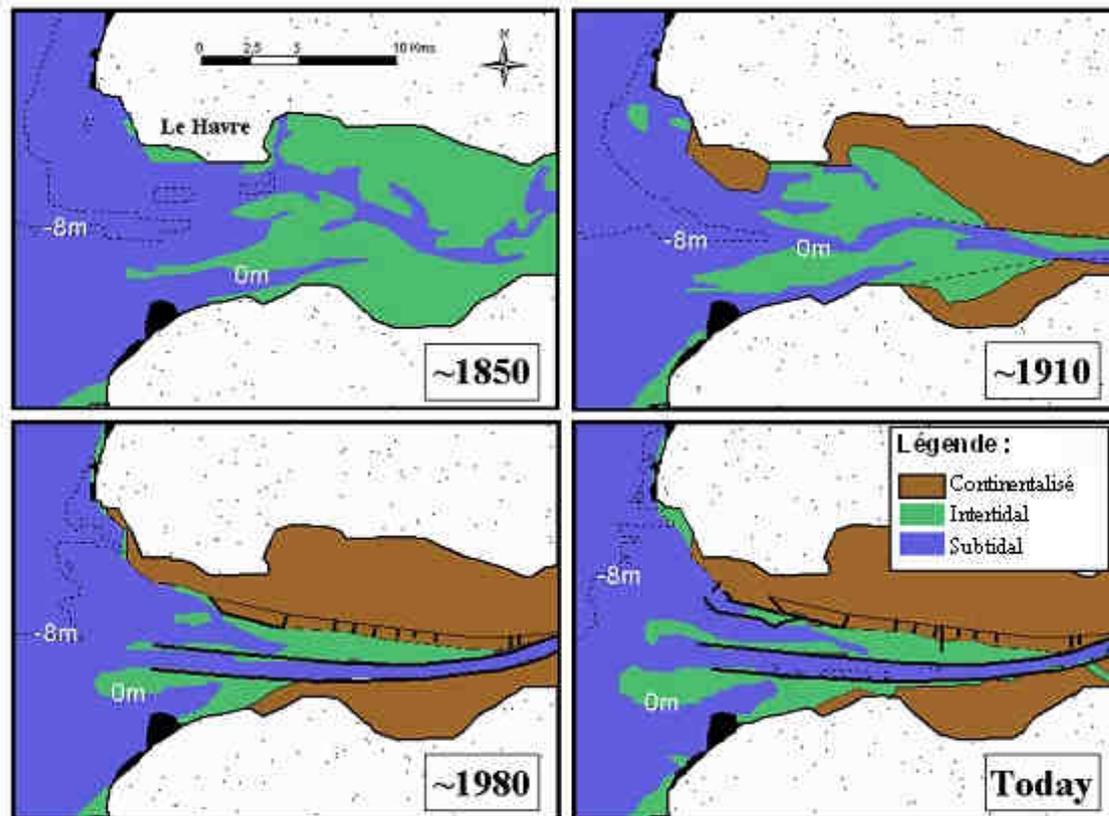
**Modèle statistique :**  
Densités de juvéniles ~  
Bathymétrie + Sédiment

Densité de juvéniles

Surface × Densité

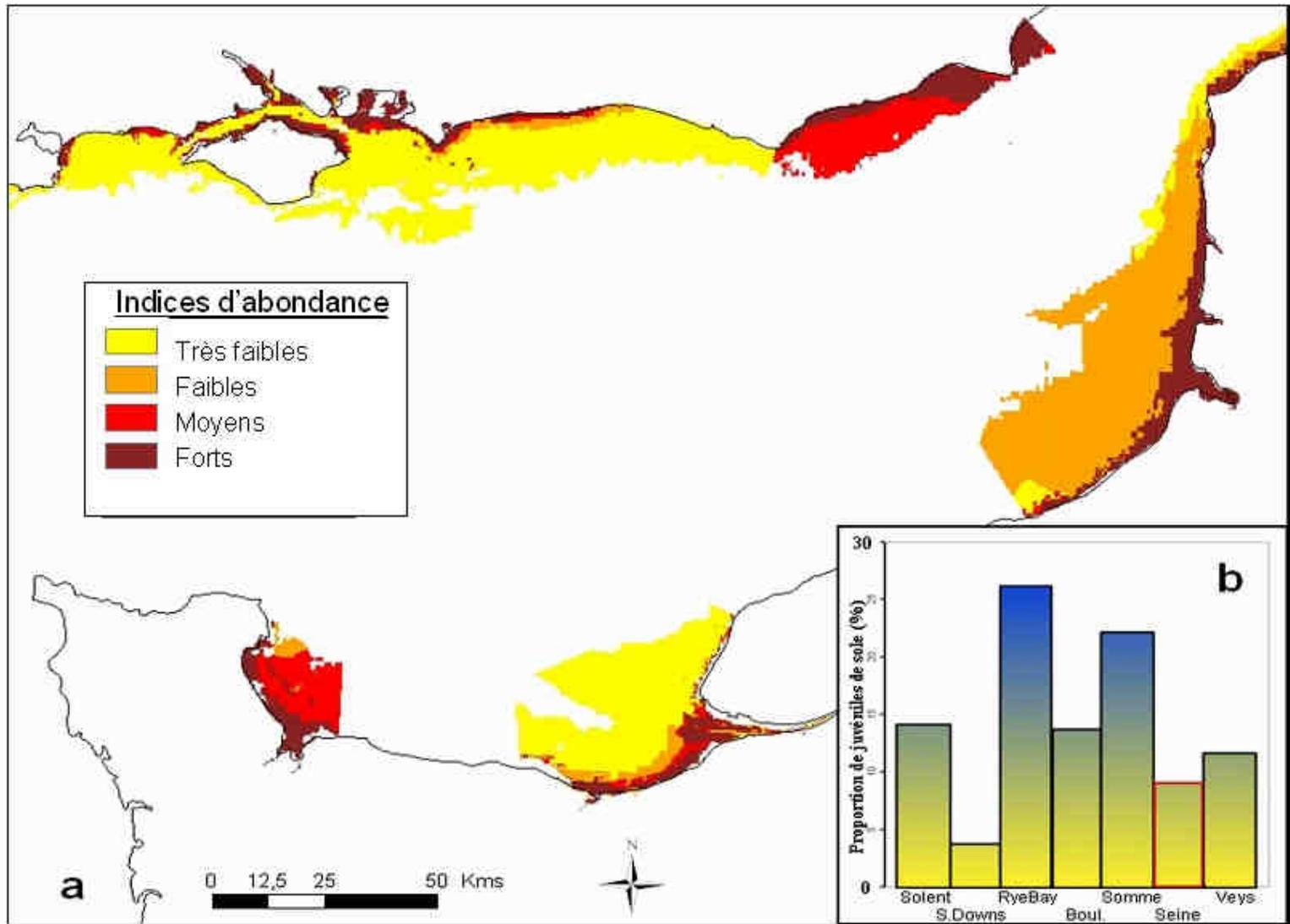
Cartes de nurseries  
Nombre de poissons : Indices d'abondance  
Contribution au stock de juvéniles

# Effet de la dégradation d'habitat



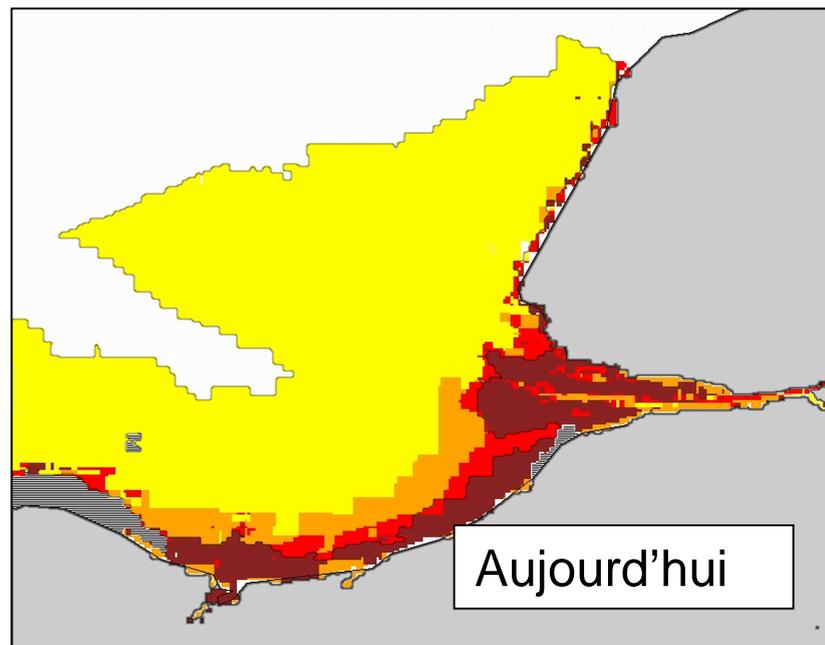
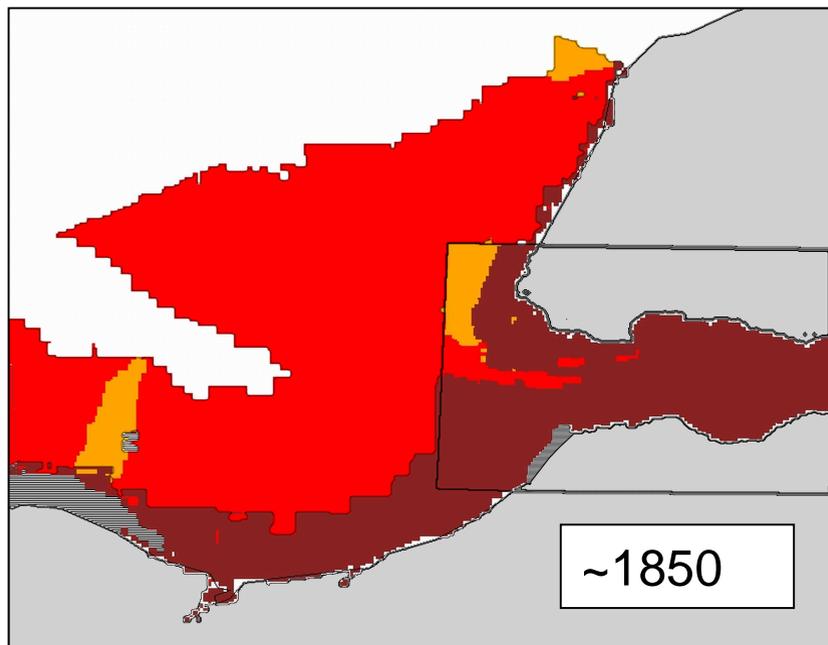
Évolution historique de la  
morphologie de  
l'estuaire de la Seine

# Effet de la dégradation d'habitat



# Effet de la dégradation d'habitat

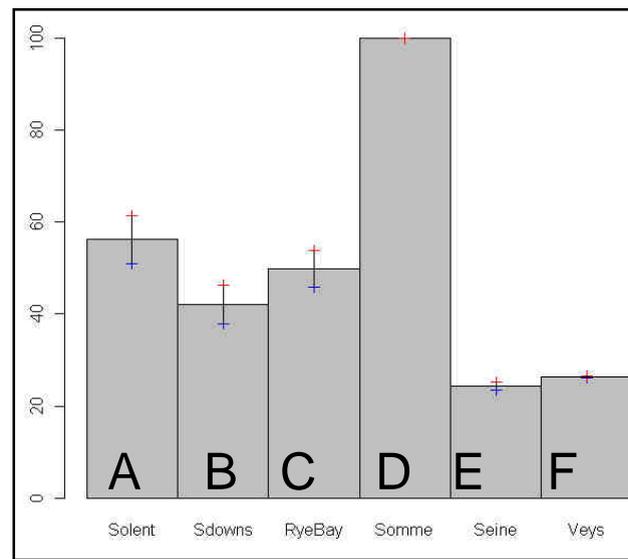
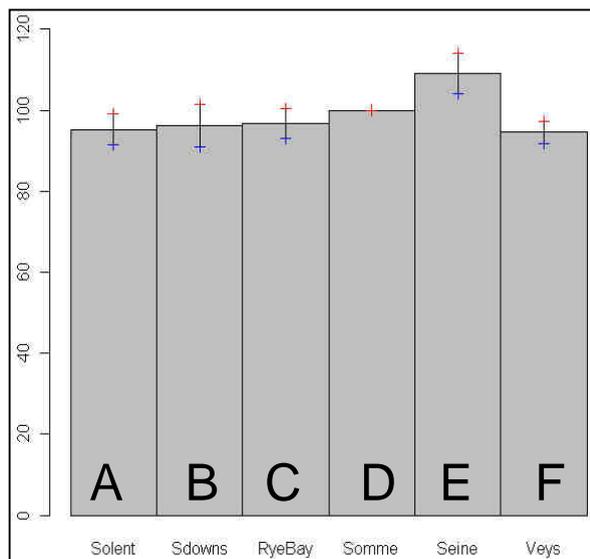
- La Seine de 1850 à aujourd'hui
  - Perte de juvéniles de 40% en estuaire intérieur de Seine
  - Dégradation d'habitat : perte de 25% de la population totale de juvéniles de sole en Manche Est entre 1850 et aujourd'hui.



# Dispersion larvaire

- Importance de la distribution des œufs
- ➔ Spatialisation de la partie adulte du modèle de population
  - ➔ Répartition des géniteurs au moment de la ponte

Nombre de larves /  
surface nourricerie



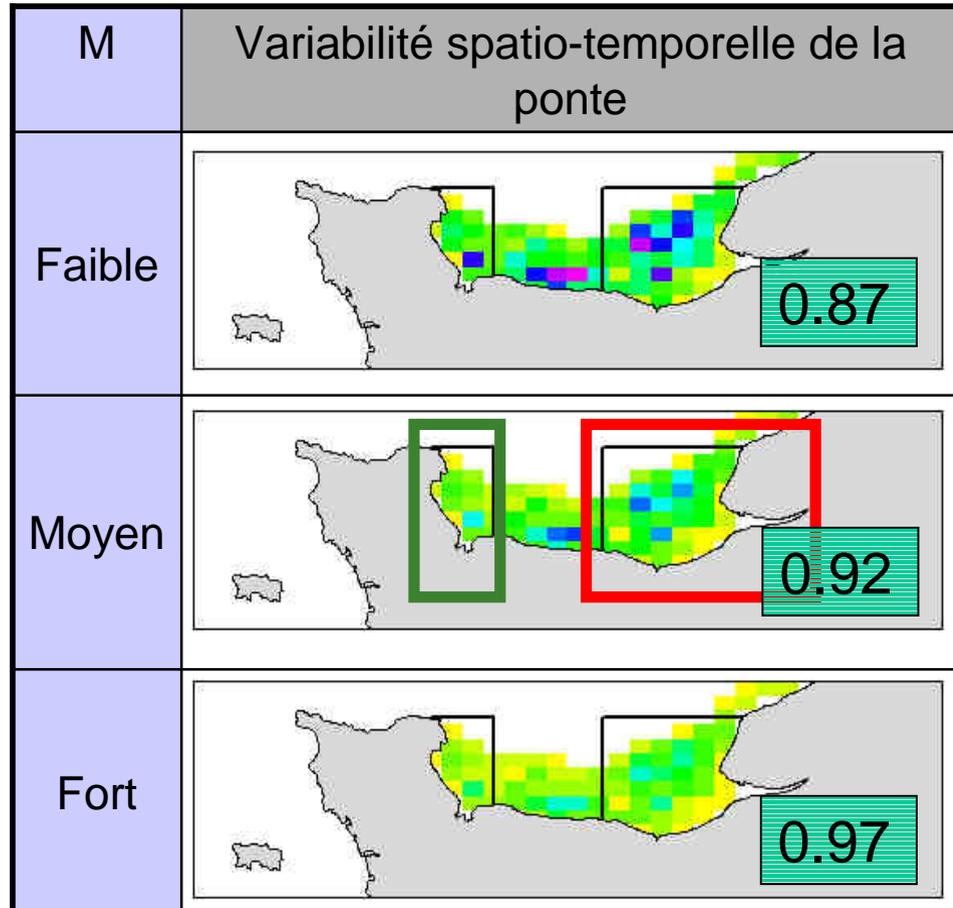
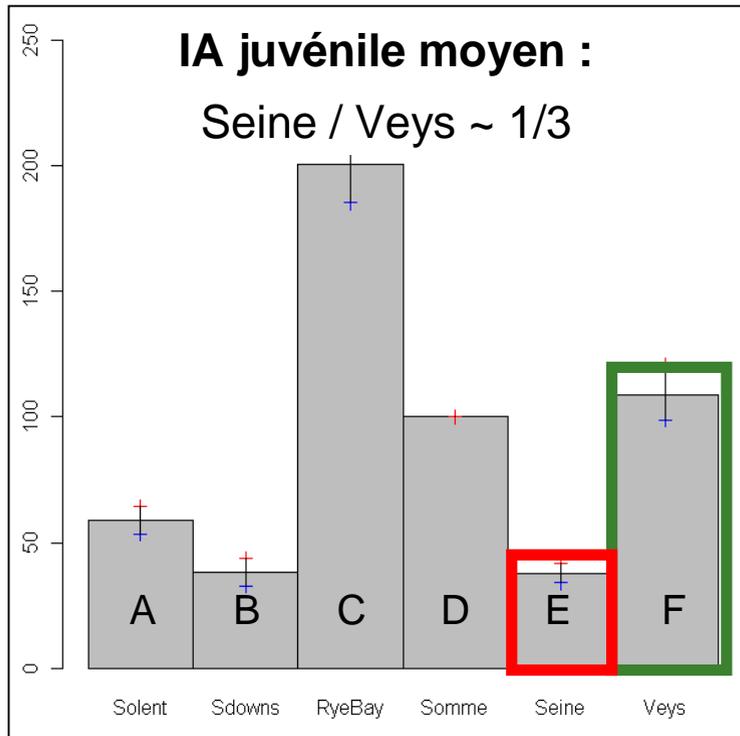
Variabilité : Temporelle

Temporelle et spatiale

# Dispersion larvaire

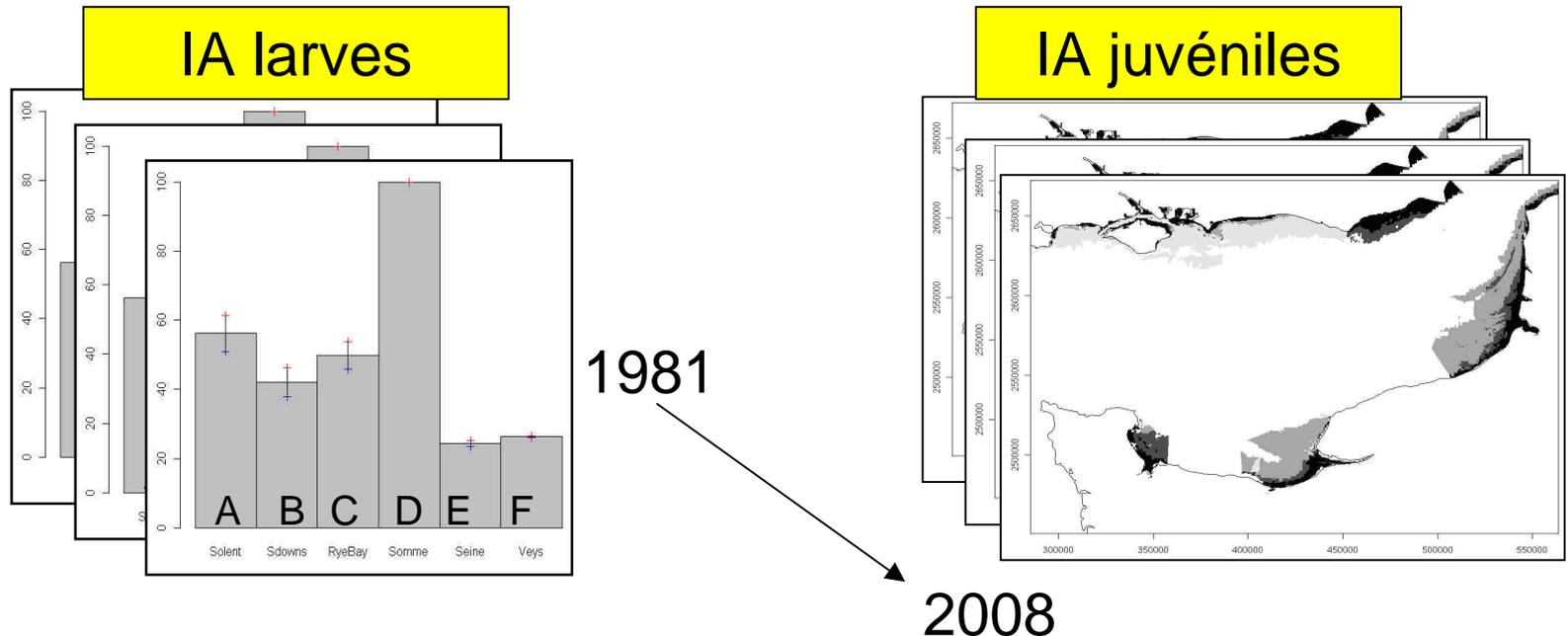
- Exemple de résultats (année 1981)
  - Pas de problème d'approvisionnement en Seine

Densités moyennes :  
Seine / Veys



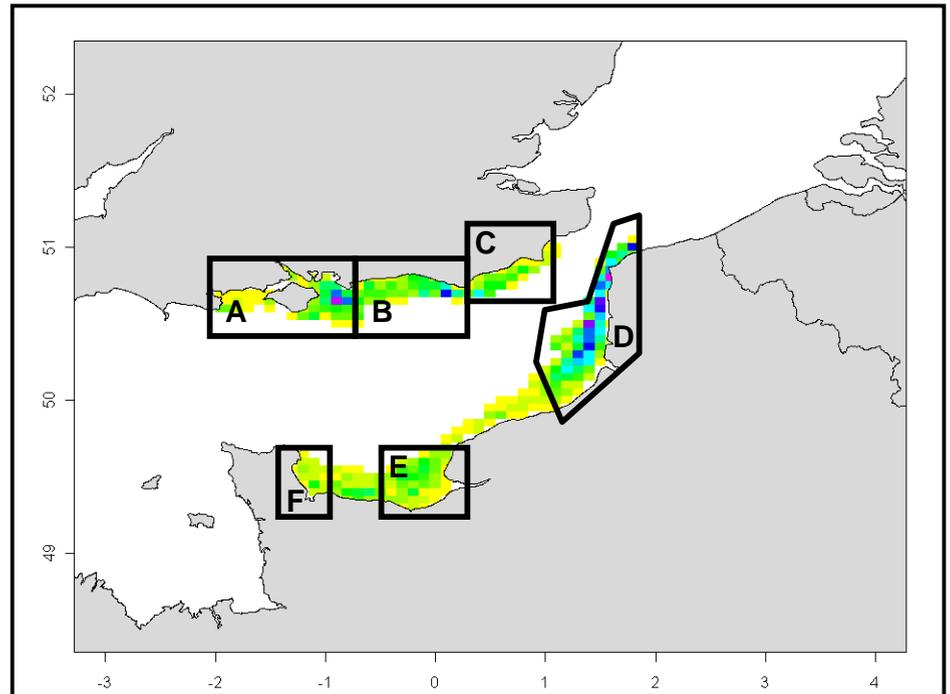
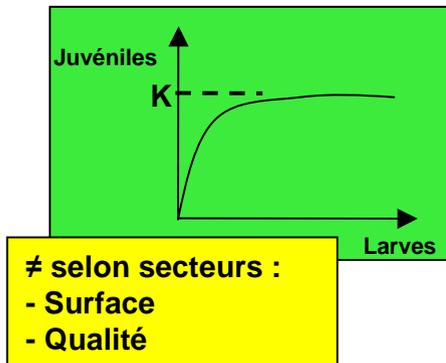
# Dispersion larvaire

- Évaluation des IA de larves entre 1981 et 2008
- Comparaison série temporelle IA juvéniles
  - ➔ Validation de la pertinence des résultats du modèle hydro



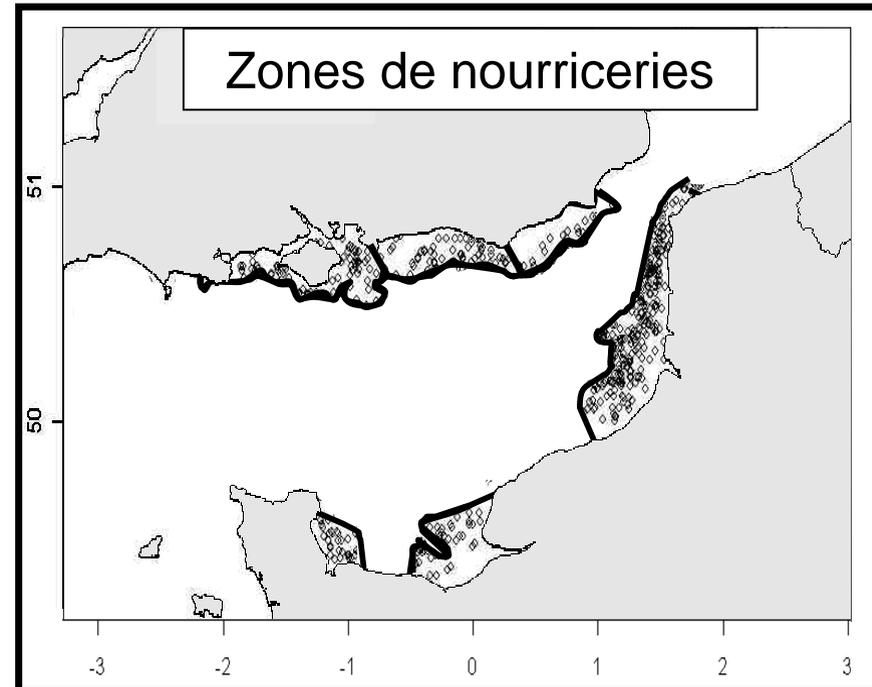
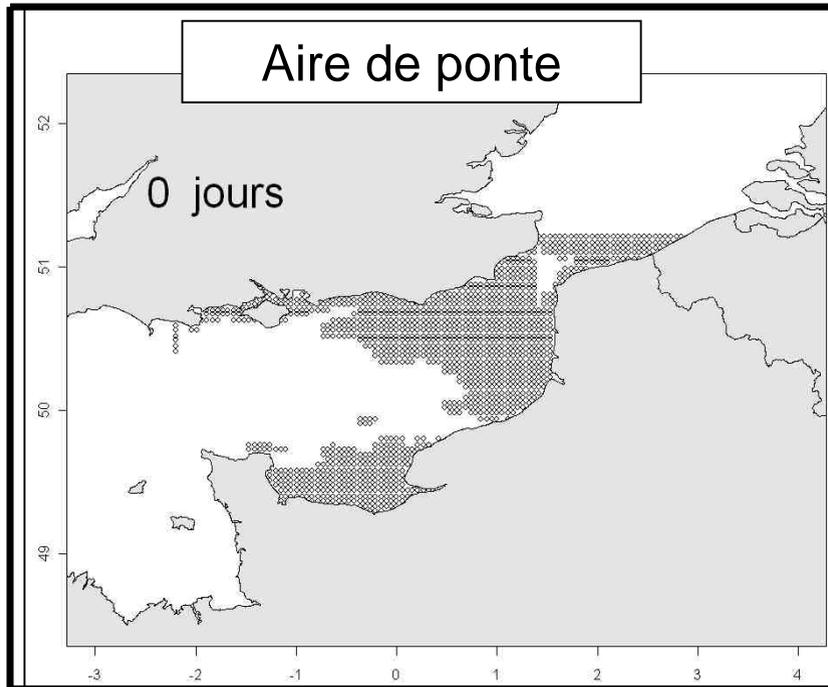
# Dispersion larvaire

- Évaluation des IA de larves entre 1981 et 2008
- Comparaison série temporelle IA juvéniles
  - ➔ Validation de la pertinence des résultats du modèle hydro
    - ➔ Validation de l'approvisionnement de la Baie de Seine
    - ➔ Forme de la relation : Juvéniles  $\sim$  Larves
      - ➔ Une différente pour chaque secteur



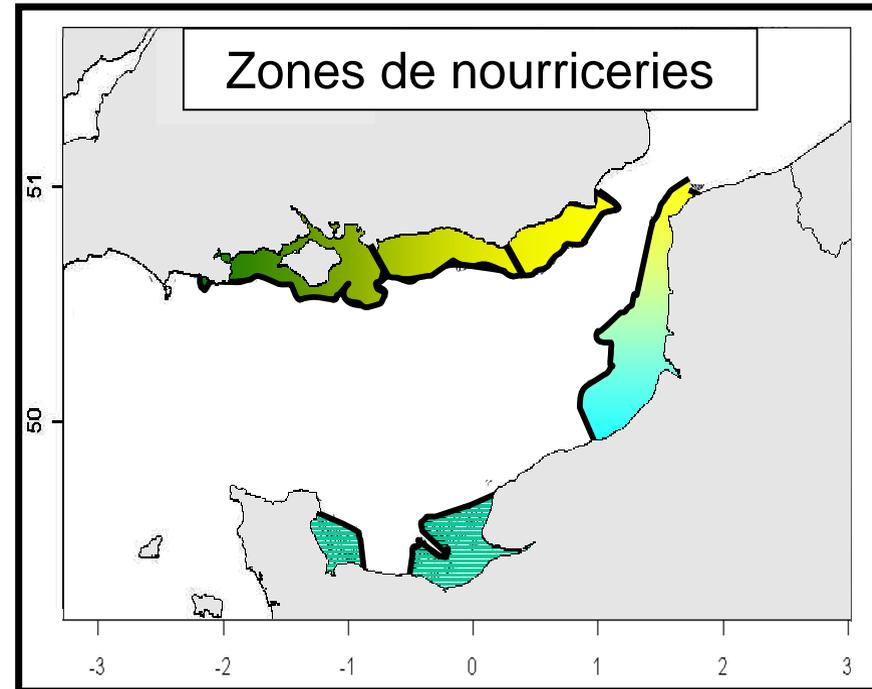
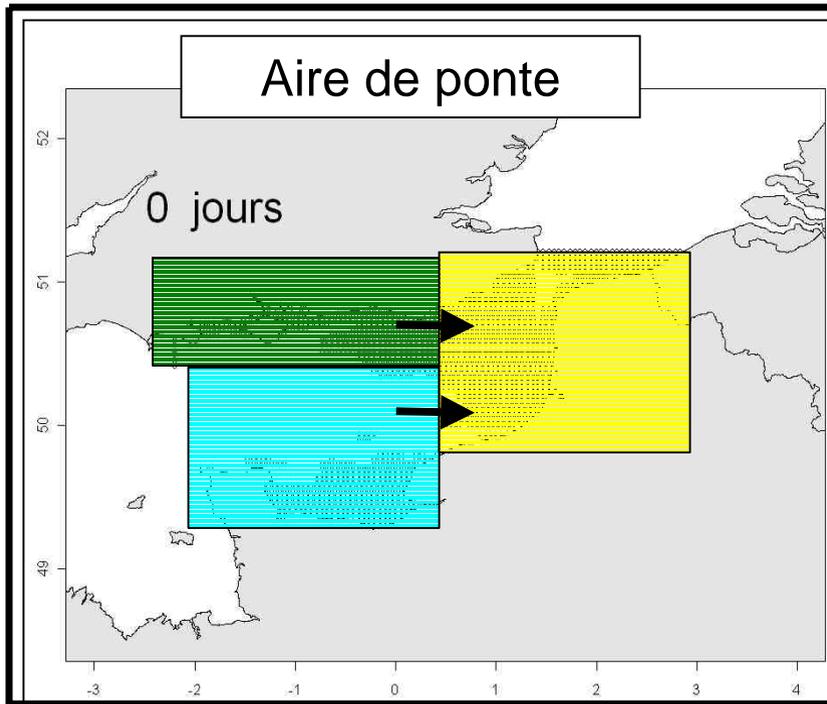
# Spatialisation

- Spatialisation de la partie adulte?



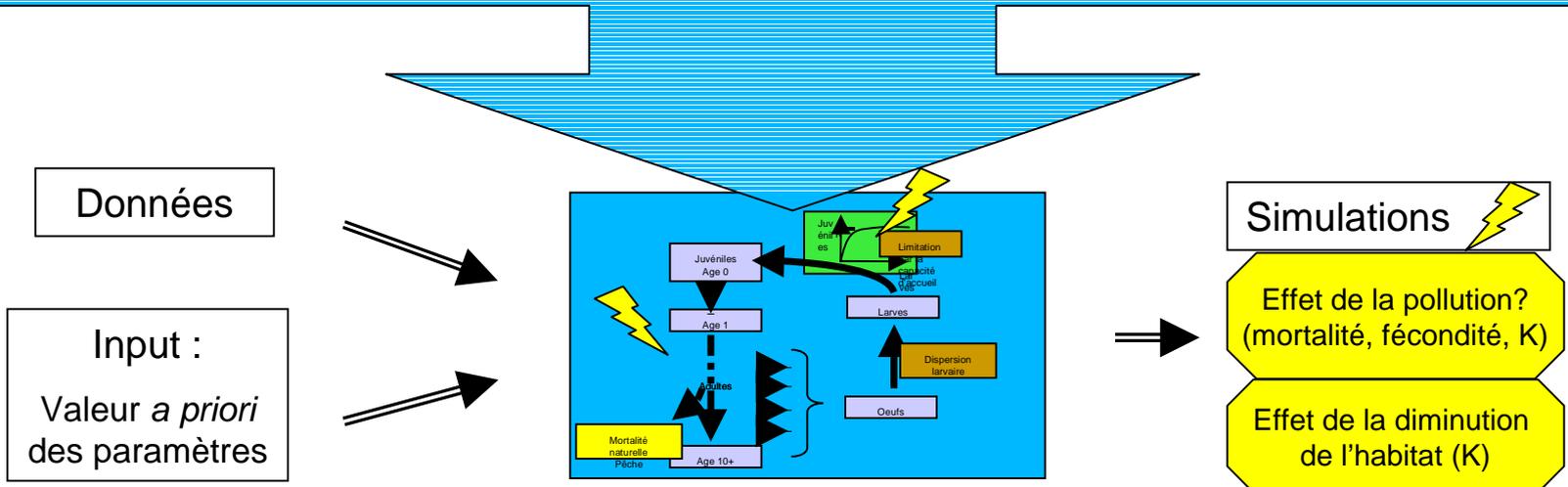
# Spatialisation

- Spatialisation de la partie adulte?
  - ➔ 3 sous-modèles de population avec migrations
  - ➔ Sachant migrations adultes faibles



# Approches possibles

- Ajustement des paramètres
  - Intégration des données
    - ➔ Quelle est la crédibilité des hypothèses relativement aux données
    - ➔ Comparaison de modèles en terme d'ajustement
- Analyse de sensibilité du modèle à sa structure
  - Pas de contraintes d'ajustement aux données
  - Nécessité de donner une valeur aux paramètres
  - Problème de validation par les données
  - ➔ Comment le modèle réagit à différentes hypothèses sur les paramètres?

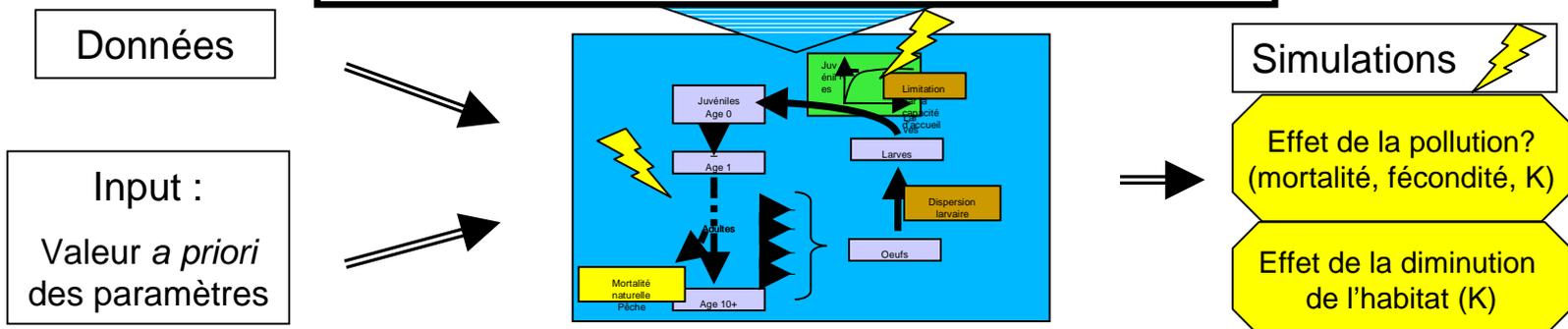


# Approches possibles

- Ajustement des paramètres
  - Intégration des données
    - ➔ Quelle est la crédibilité des hypothèses relativement aux données
    - ➔ Comparaison de modèles en terme d'ajustement
- Analyse de sensibilité des paramètres
  - Pas de contraintes d'ajustement aux données
  - Nécessité de donner une valeur aux paramètres
  - Problème de validation par les données
  - ➔ Comment le modèle réagit à différentes hypothèses sur les paramètres?

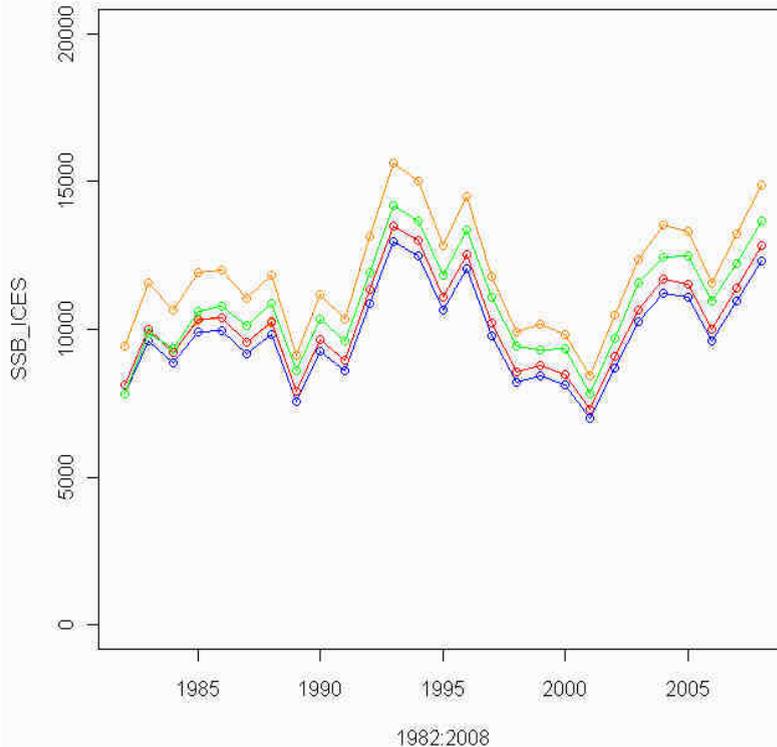
Déterminé selon :

➔ Difficulté à réaliser l'ajustement



# Avancement

- Simulations hors spatialisation
  - Perte d'habitat
  - Diminution de la pêche



Comparaison des SSB moyennes sur les 5 dernières années :  
*HabitatGain ~ estimation 1850 (modèle d'habitat)*

"HabitatGain: 0 //multiF: 1 // meanSSB: 10899.02" (**bleu**), **REF = 1**  
"HabitatGain: **0.04** //multiF: 1 //meanSSB: 11352.3" (**rouge**), **+0.04**  
"HabitatGain: **0.2** //multiF: 1 //meanSSB: 13132.47" (**orange**), **+0.20**  
"HabitatGain: 0 //multiF: **0.9** //meanSSB: 12214.91" (**vert**), **+0.12**

*Hors cadre*

"HabitatGain: 0 //multiF: **0** //meanSSB: 62315.78", **+5.72**  
"HabitatGain: **0.2** //multiF: **0** //meanSSB: 75079.25", **+6.89**