

# Modèle individus-centré de dynamique d'une population soutenue : Cas de l'esturgeon européen dans l'estuaire de la Gironde.

Patrick Lambert, Marie-Laure Acolas, Patrick Chèvre,  
Nicolas Delage, Philippe Jatteau, Marcel Pelard et Eric Rochard  
*Irstea*,  
*Unité écosystèmes estuariens et poissons migrateurs amphihalins*

Pour mieux  
affirmer  
ses missions,  
le Cemagref  
devient Irstea



[www.irstea.fr](http://www.irstea.fr)



AFH, Bordeaux 26-28 juin 2013





# Contexte et objectif de modélisation

*Acipenser sturio* :

- Un esturgeon en danger critique d'extinction avec une seule population et peu d'information sur la dynamique de la population
- Mise en place d'un plan de restauration basé sur la constitution d'un stock ex-situ (74 géniteurs) et un programme d'alevinage (> 1 million de larves et juvéniles lâchés) pour soutenir la population de la Gironde et réintroduire une population dans l'Elbe.



Evaluer les chances de succès de ce plan de restauration sans attendre le retour des animaux comme géniteurs

AFH, 2013





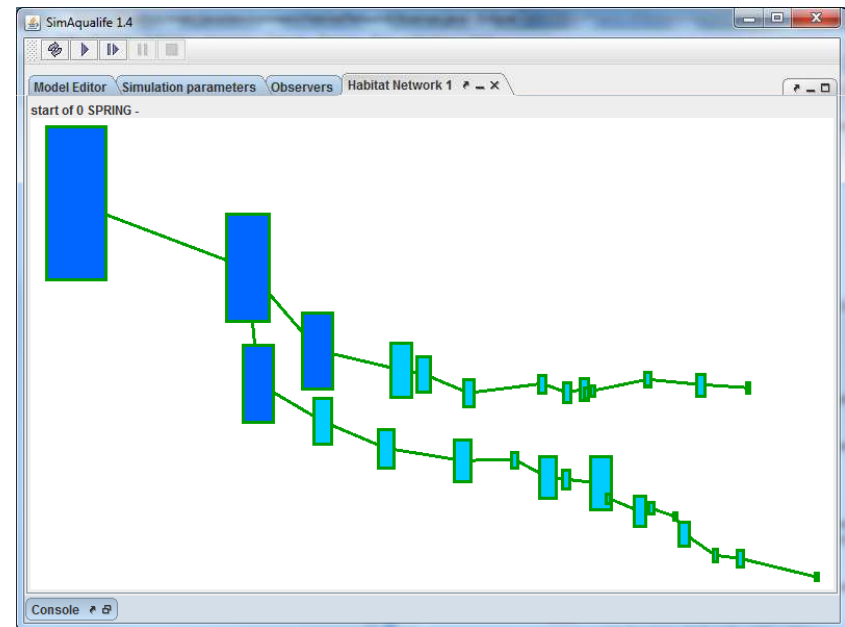
# StockedDiad sturio 1.0

## Entités et processus

**Un modèle individus-centré** (Grimm et Railsback, 2005) développé avec le cadre orienté par les processus **SimAquaLife** (Dumoulin, 2007) en **Java**

## Environnement = réseau d'habitats fonctionnels

- Zone de frayère (24)
- Zone de croissance en rivière (2)
- Zone de croissance en estuaire (2)
- Zone de croissance en mer (1)



AFH, 2013





# StockedDiad sturio 1.0

## Entités et processus

**Un modèle individus-centré** (Grimm et Railsback, 2005) développé avec le cadriciel orienté par les processus **SimAquaLife** (Dumoulin, 2007) en **Java**

**Esturgeons** comme des super-individus (Scheffer et al., 1995) décrits par l'âge, le sexe, le stade de maturité, l'âge à la dernière reproduction

**Pas de temps saisonnier** pendant 50 ans  
(une simulation dure entre 0.1 et 100 secondes)

AFH, 2013



## Age à la première maturation pour les femelles du stock ex situ : Distribution gamma tronquée



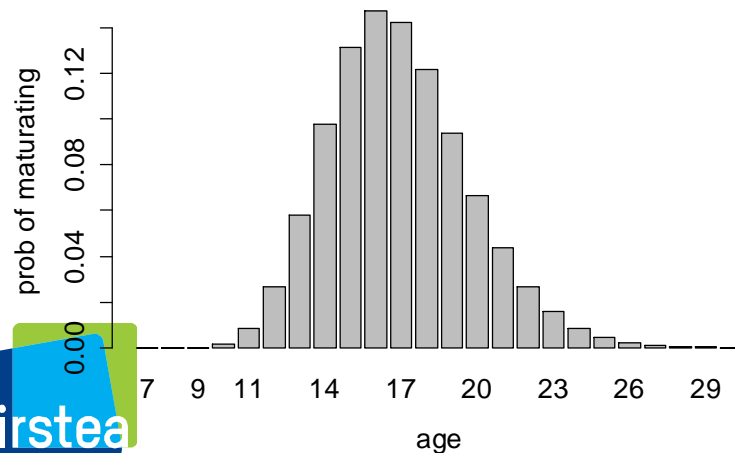
### Toutes les maturations

- Age moyen = 13.71 ans
- Écart type = 0.58 year

↪ Plus précoce qu'en milieu naturel?

### Maturations avec expulsion d'ovocytes

- Age moyen = 16.37 ans
- Écart type = 7.2 years





## Mortalité dans *StockedDiad sturio 1.0*

	<i>StockedDiad sturio 1.0</i> Mortalité (year-1)		
Age	inf	référence	sup
3-12 mois	1.474	<b>1.842</b>	2.210
1 –2 ans	0.963	<b>1.204</b>	1.444
>2 ans	0.424	<b>0.530</b>	0.636
3 mois - 3 ans	0.906	<b>1.133</b>	1.359

	Cohorte Mortalité (year-1)	
Age	2007	2008
3 mois -3 ans	<b>0.823</b>	<b>1.352</b>

**Référence:** estimation grossière sur le suivi des cohortes 88-94-95 (Lambert et al, 2012)

**Inf sup :**  $\pm 20$  de la référence



Basée sur un modèle de la-lognormal des densités (Lambert et al, 2013)



# Alevinage dans *StockedDiad sturio* 1.0

## Programme de soutien (caricature du programme actuel)

- Même quantité de poisson lâchés dans les 2 fleuves  
50 000, [25000 -100 000])
- Site de lâcher fixe
- Juvénile de 3 mois
- Annuellement pendant 15 ans



## Postulat

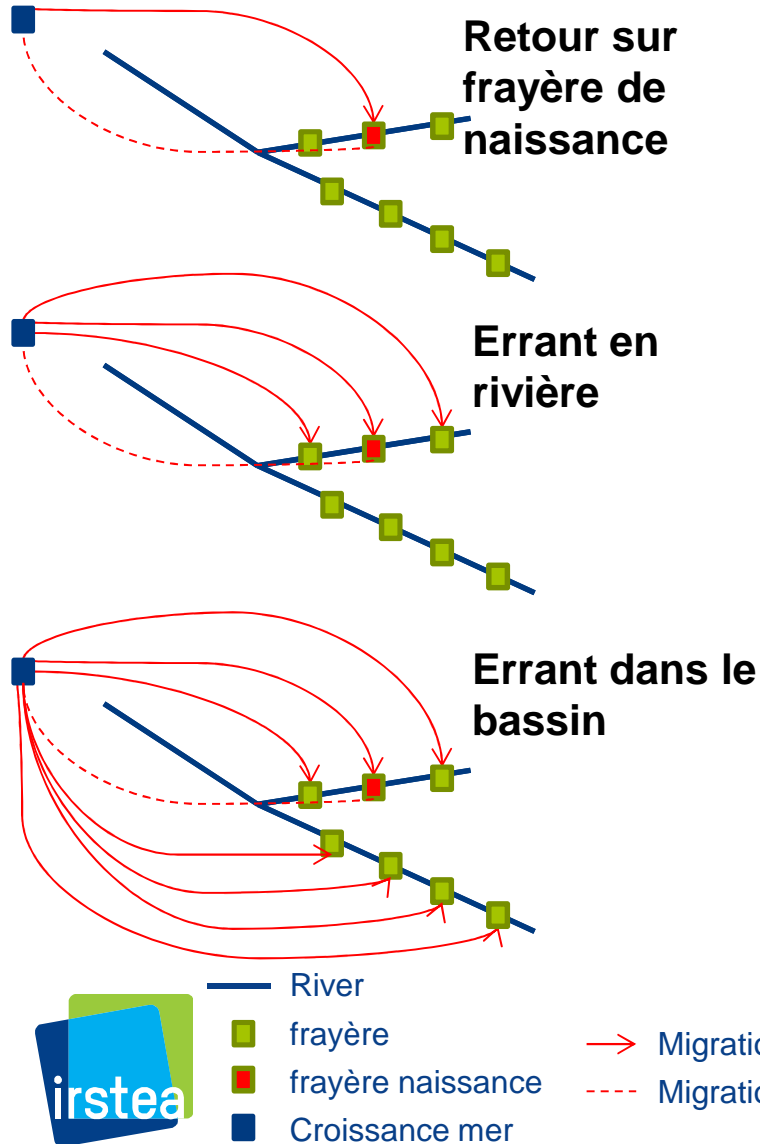
Pas de différence de fitness entre animaux sauvages et d'élevage



AFH, 2013



# Homing et errance dans *StockedDiad sturio* 1.0



Fidélité simulée par deux 2 probabilités

1. Imprégnation de la frayère de naissance
2. Imprégnation de la rivière de naissance

Imprégnation frayère	Imprégnation rivière	
0.0	0.0	100% d'errants bassin
0.0	0.9	10% d'errants rivière 90% d'errants bassin
0.9	0.0	90% homing frayère, 10% d'errants bassin
0.9	0.9	90% homing frayère, 9% d'errants rivière 1% d'errants bassin





# StockedDiad sturio 1.0

## Premiers résultats

Croissance exponentielle de la population

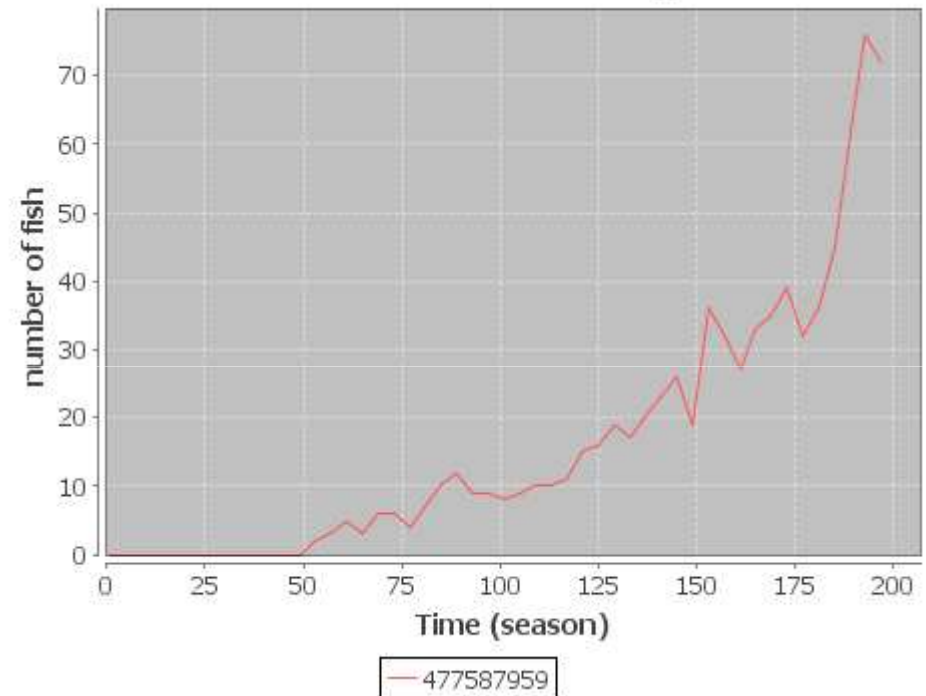
Dû à une régulation densité-dépendante trop faible dans le processus de reproduction

- 24 frayères potentielles pour une surface totale de 673 000 m<sup>2</sup> (Jego et al. , 2002)
- 500 m<sup>2</sup>/ femelle (Derjavine, 1947)
- potentiel de 1 346 femelles actives

Qui ralentit terriblement les simulations



Evolution of active female spawners

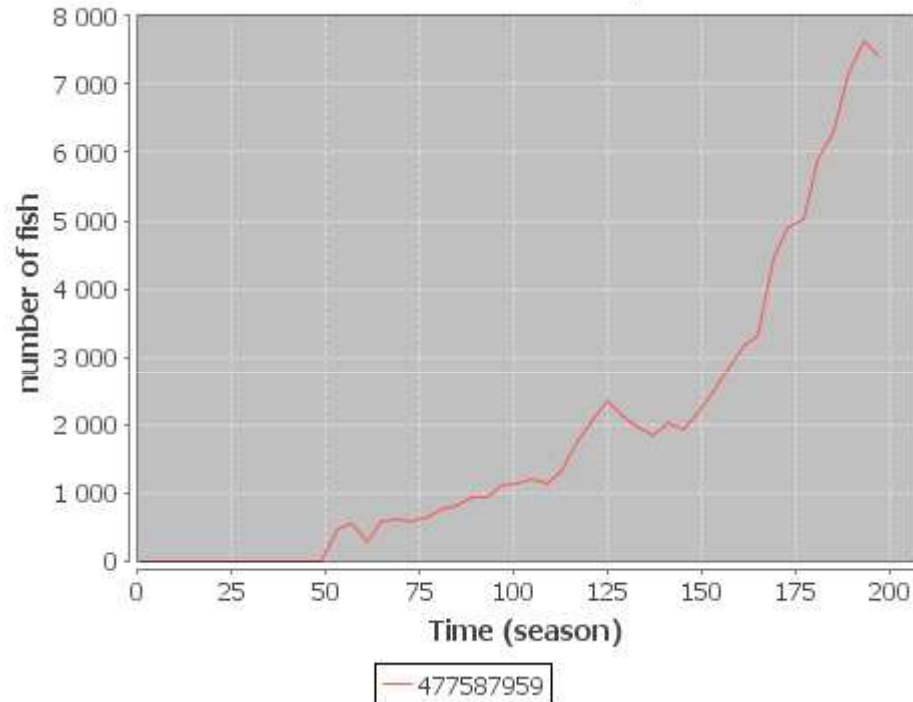




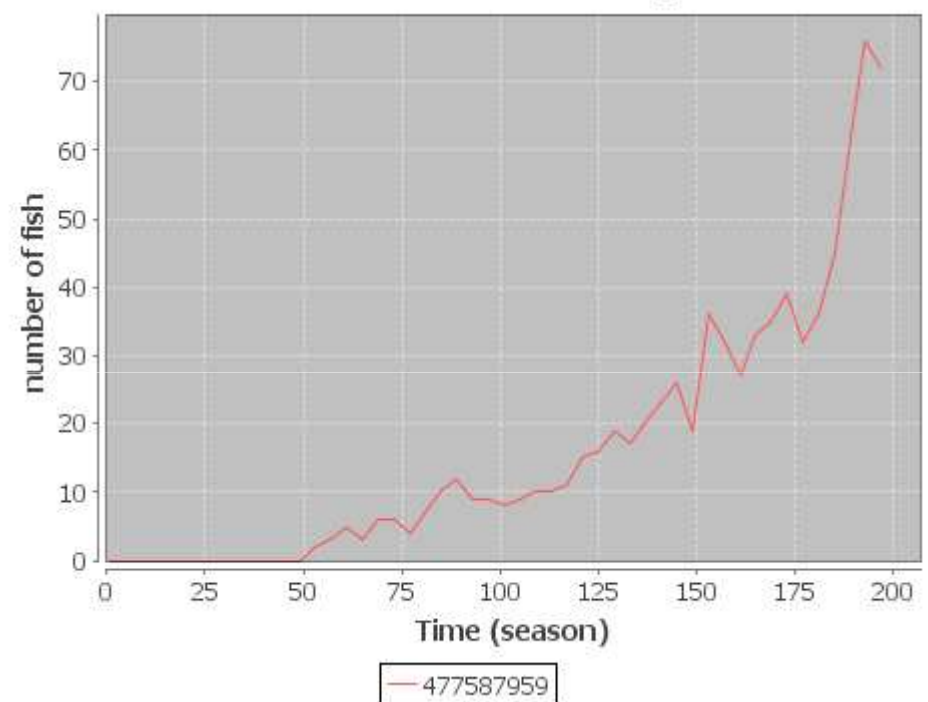
# Stocked *Diad sturio* 1.0

## Premiers résultats

### Evolution of active male spawners



### Evolution of active female spawners



Plus de mâles que de femelles

AFH, 2013

Dû à

- À un âge à la maturation 2 fois plus faible pour les mâles
- À un intervalle entre reproduction 2 –3 fois plus court pour les mâles





# *StockedDiad sturio 1.0*

## **Analyse de sensibilité**

Variables de sortie (mesure de la viabilité de la population)

**Probabilité of persistance:**

- proportion de simulations qui conduisent à une « population restaurée » (> 5 femelles sauvage qui se reproduisent avant la 50ieme année)

**Temps de restauration:**

- La dernière fois que le nombre de femelles sauvages se reproduisant < 5 dans les cas de « population restaurée »

Analyse statistique avec  et 

Plan factoriel complet

- 15 facteurs à 2 modalités  
(± 20 % de la valeur nominale saut pour l'alevinage /2 et x2)
- 10 réplicats
- ↳ 327 680 simulations

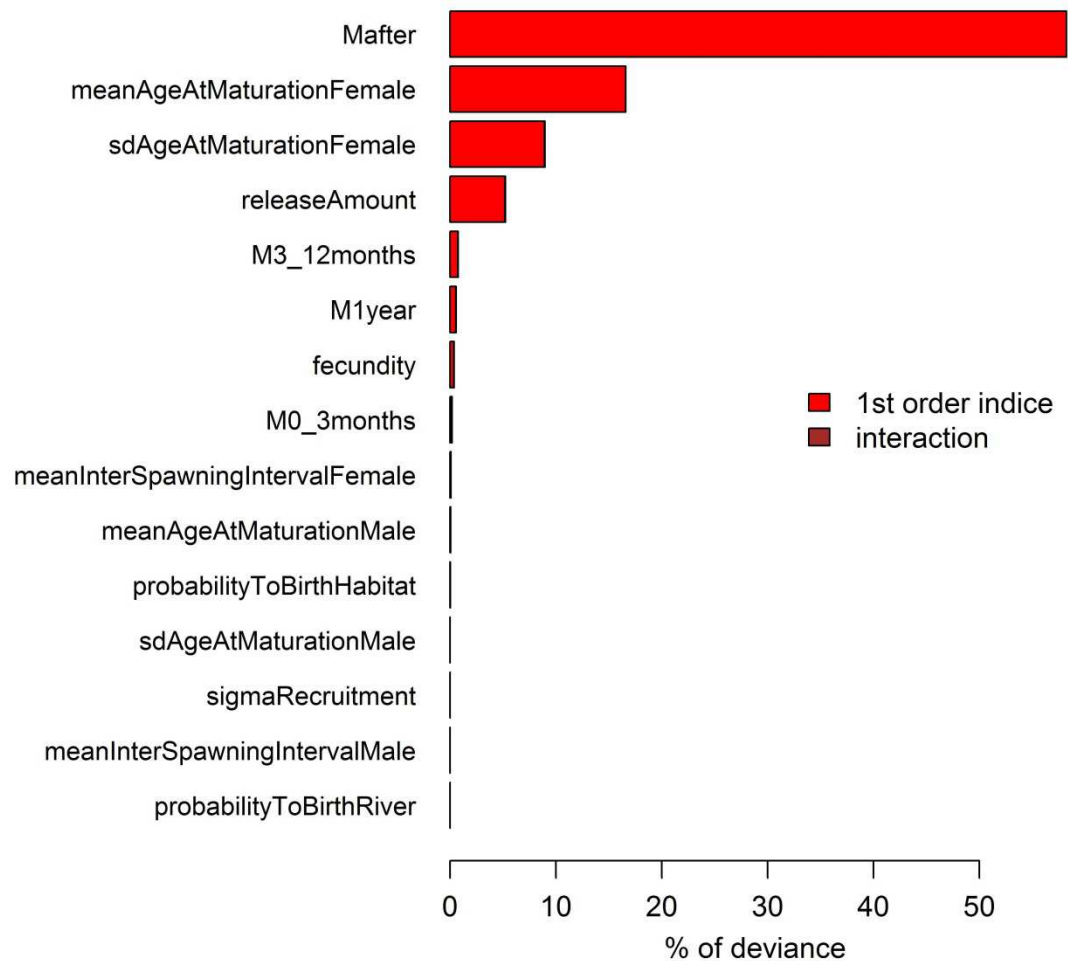
AFH, 2013

GLM

- Indice de sensibilité globale (Faivre et al. 2013)



# Analyse de sensibilité Probabilité de persistance



## Résultats :

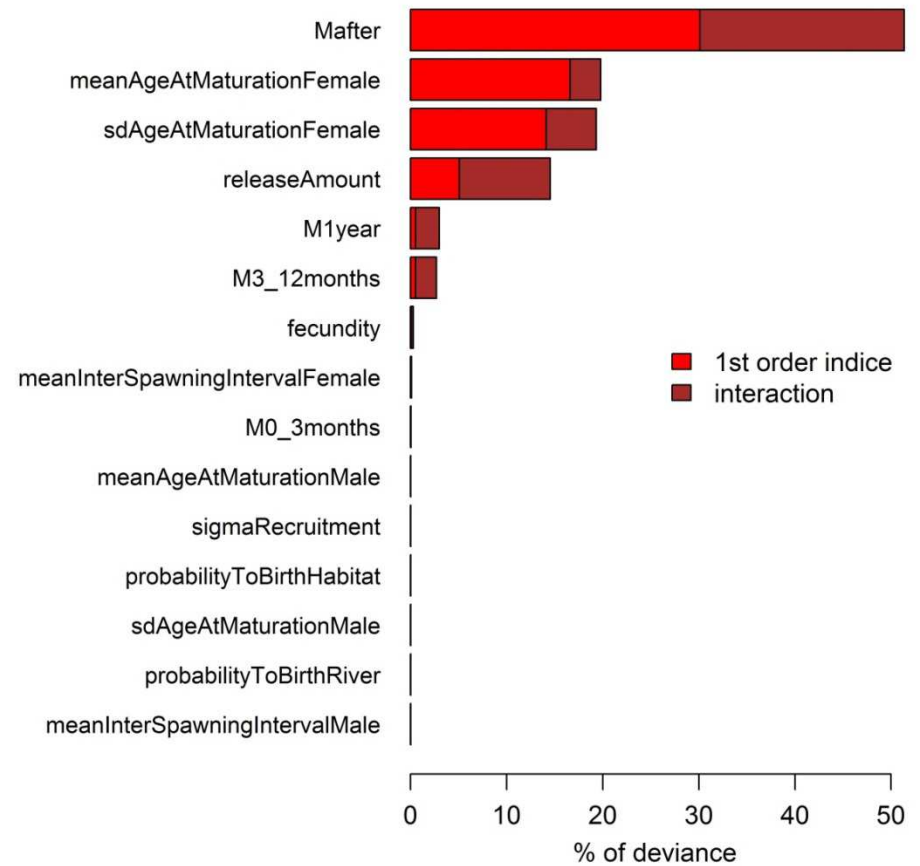
- La mortalité après 1 an est le facteur principal
- L'alevinage explique seulement 10 % de la déviance
- Pas d'influence des hypothèses sur le homing
- Très peu d'interactions  
→ modèle simple



# Analyse de sensibilité Temps de restauration

## Résultats:

- Même ordre des facteurs pour l'explication de la déviance
- Plus d'interactions

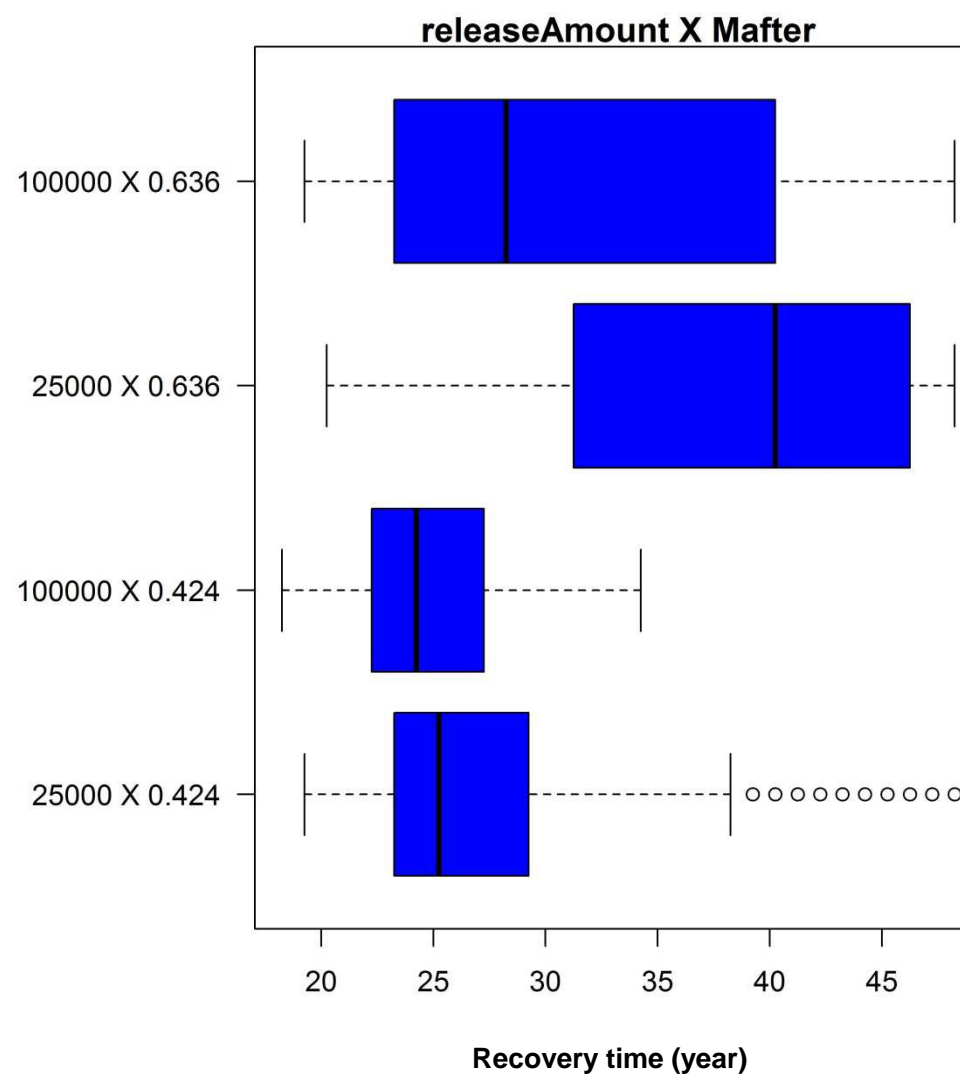




# Analyse de sensibilité Temps de restauration

## Résultats

- Mieux vaut réduire la mortalité
- L'alevinage est plus utile quand le niveau de mortalité est élevé

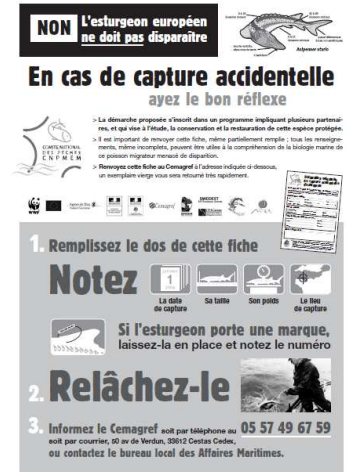




# Conclusions

## Le modèle

- N'intègre pas une capacité d'accueil réaliste
- Illustre l'importance relative d'une réduction de la mortalité (capture accidentelles, braconnage) et d'une augmentation du nombre d'individus lâchés
  - Réduction de mortalité >> augmenter l'alevinage
  - L'alevinage peut compenser partiellement des fortes mortalités
- Montre, dans sa version actuelle, que le homing n'est pas un problème
  - Habitats homogènes
  - Sex ratio en faveurs des mâles sur les frayères





# Améliorations

## Croissance en taille

- Croissance saisonnière de von Bertalanffy (Rochard 1992)

## Qualité des habitats (frayère, croissance en rivière été en estuaire) et vulnérabilité des jeunes stades à des multi-stresseurs environnementaux

- Mortalité fonction de la qualité (stable ou fluctuante) des habitats (Delage et al in prep)

## Adaptabilité des juvéniles d'élevage au conditions du milieu naturel

- Différences de mortalité, croissance, migration entre animaux sauvage et d'élevage (Acolas et al., in prep)

## Processus génétique

- Traits écologies et d'histoires de vie deviennent héritables (Jager et al 2001)

AFH, 2013



# Remerciements

## Aux financeurs



## Aux partenaires du plan d'action

