



# Conséquences démographiques du changement climatique sur les populations de saumon atlantique

**Guillaume Bal**, Etienne Rivot, Etienne Prévost, Jean-Luc Baglinière

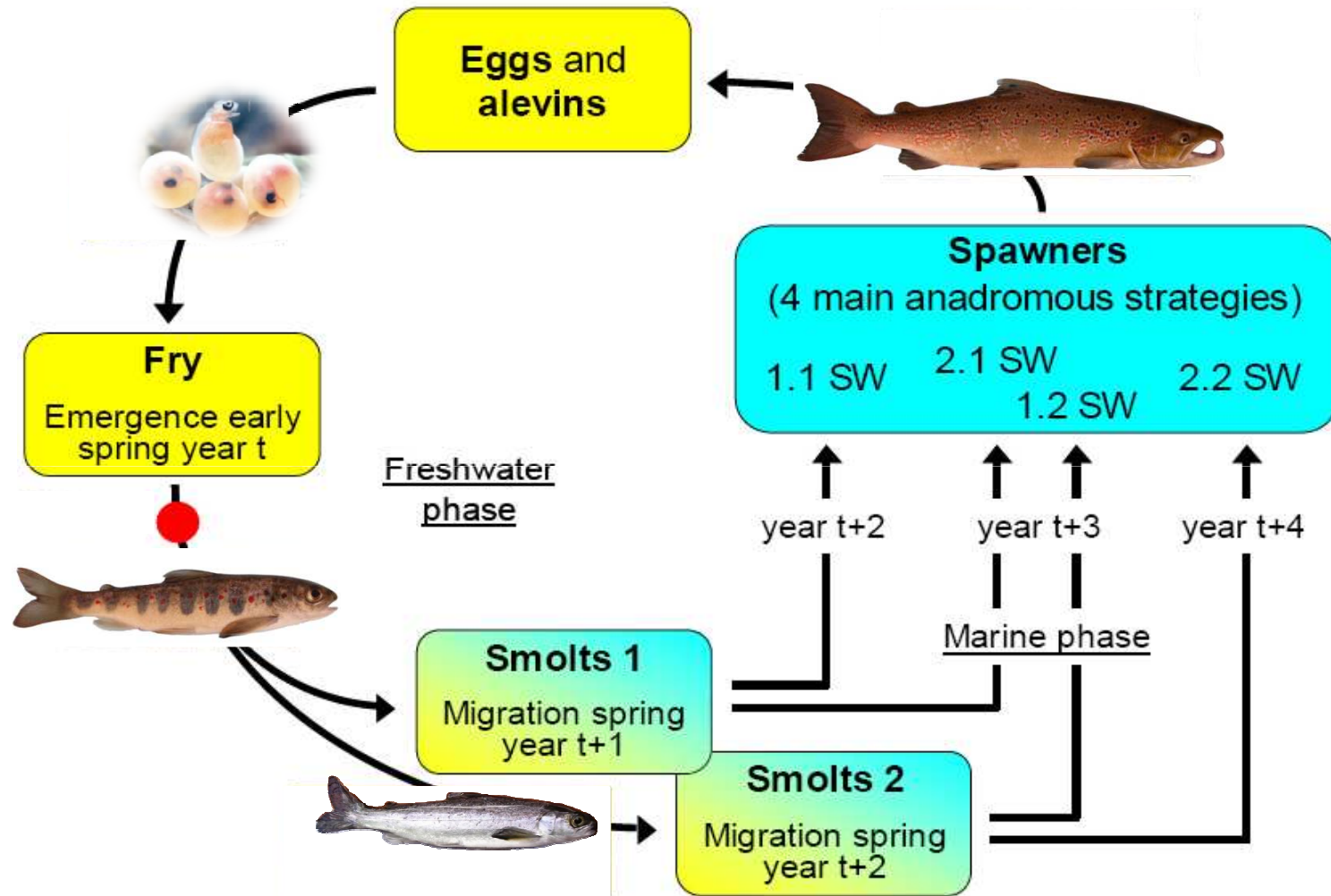


# Le saumon atlantique (*Salmo salar*)

- Enjeux socio - économiques
  - Enjeux de protection - Espèce emblématique
  - Pêcheries (Loisir)
  
- Ecologie
  - Anadrome amphihaline
  - Sensibilité aux pressions anthropiques
  - Sténotherme d'eau froide



# Cycle de vie





# Problématique

- Croissance des juvéniles de saumons atlantique en rivière
  - Contrôle choix d'histoire de vie des tacons (Metcalf 1998)
  - Conséquences sur
    - Histoire de vie phases dulçaquicole et marine (Jutila et al 2006, Marschall 1998)
    - Dyn. pop. et renouvellement des stocks
  - Contrôlée par
    - Génétique (David et al 2009, Forseth 2001, Imre 2005)
    - Environnement (Température, densité)



**Impact changements climatiques sur populations naturelles !?**



# Axes de recherche

- Evolution de la température des cours d'eau ?
- Influence de la température sur croissance initiale ?
- Age smoltification
  - Influence de la croissance?
  - Conséquences dyna pop ?



# Sites d'étude



**Oir**  
Bassin versant :  
87 km<sup>2</sup>

**Scorff**  
Bassin versant :  
480 km<sup>2</sup>

**Nivelle**  
Bassin versant :  
238 km<sup>2</sup>

- ORE PFC
  - Observatoire de Recherche en Environnement Petits Fleuves Côtiers
  - 3 cours d'eau côtiers
- Suivi sur le long terme
  - Populations de saumon
  - Paramètre climatiques
  - Paramètres physiques



## TEMPERATURE DES COURS D'EAU

FACTEURS CONTRÔLANT LA CROISSANCE DES JUVÉNILES

AGE SMOLTIFICATION : INFLUENCE CROISSANCE ET CONSÉQUENCES



# Modèle température

- Modèles reliant température de l'eau - facteurs abiotiques

$$T_{eau} = f(T_{air}, Débit)$$

- Car

- Séries chronologiques températures eau
  - Courtes
  - Incomplètes
- Scenarii climatiques prévoient
  - Température atmosphérique
  - Précipitations





# Problème méthodologique

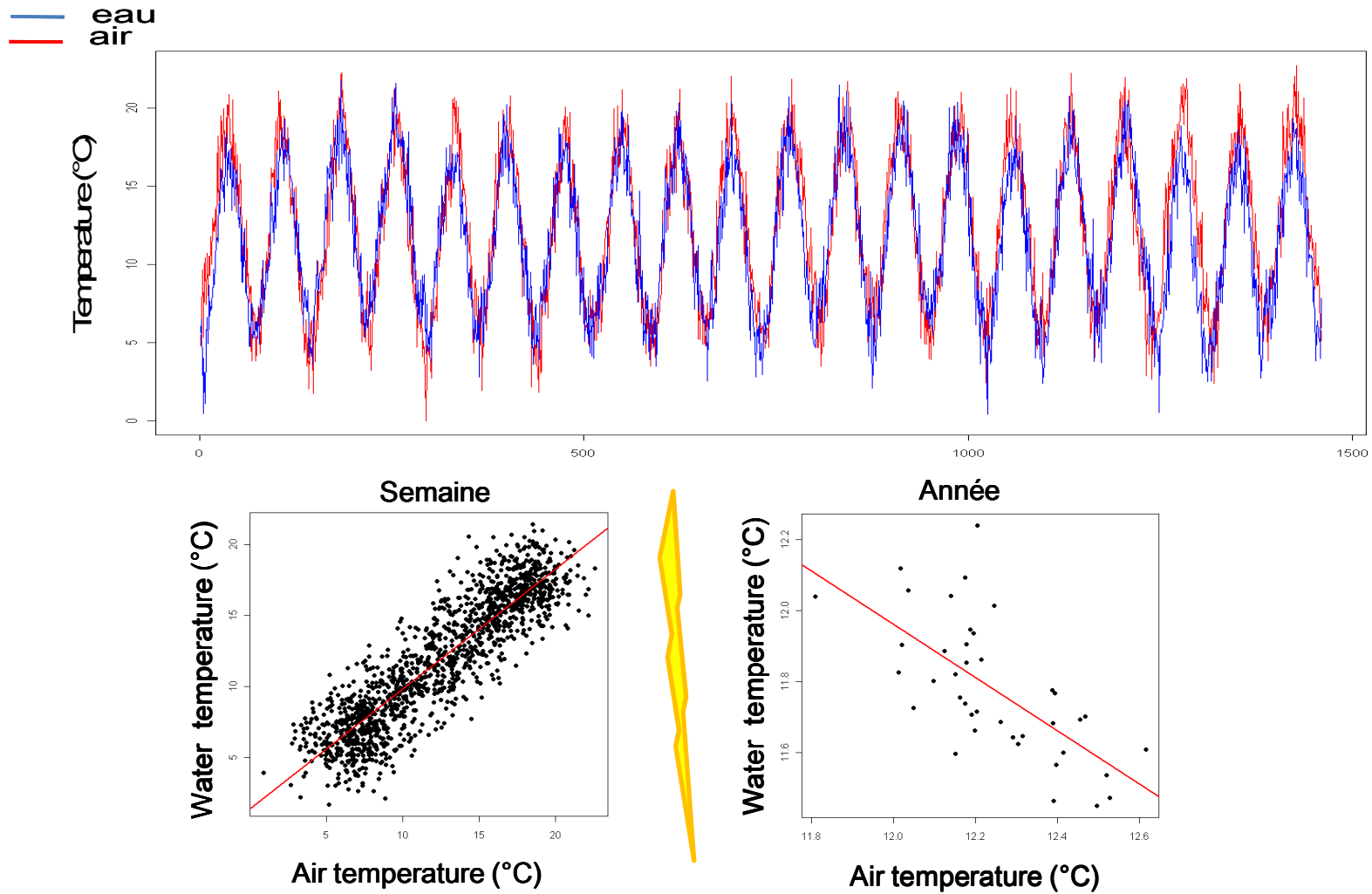
- Approche couramment utilisée
  - Régression  $T_{air}/T_{eau}$  échelle temporelle fine (jour/semaine) (Caissie 2006)

$$T_{eau} = \alpha + \beta \times T_{air} + \varepsilon$$

- Avantages
  - Lien statistique très fort
  - Facile à mettre en œuvre
- Pb
  - Signal  $T_{eau}/T_{air}$  dominées par saisonnalité
  - La corrélation forte reflète la saisonnalité mais peut masquer des tendances de long terme non corrélées voire divergentes



# Problème méthodologique



Corrélation court terme peut aboutir à projeter de fausses tendances



# Approche proposée

## ➤ Deux étapes

- 1. Décomposition sinusoïdale des séries chronologiques Teau/Tair/débit
  - Moyennes annuelles = reflet tendances long terme
  - Amplitudes annuelles = variabilité saisonnières
- 2. Estimation de 2 relations Teau avec Tair et débit

$$\text{moyenne Teau} = f(\text{Tair}, \text{débit})$$

$$\text{amplitude Teau} = f(\text{Tair}, \text{débit})$$

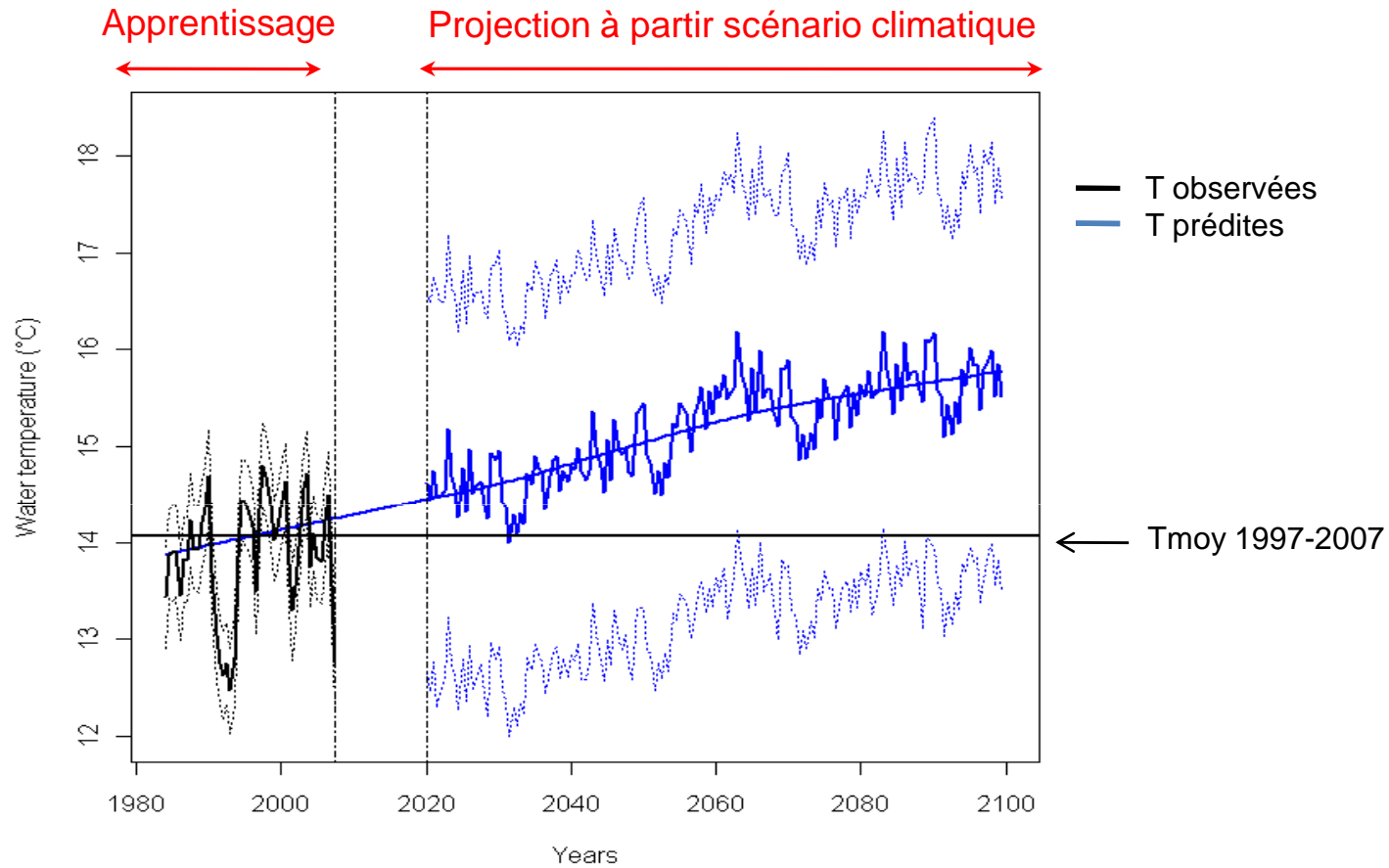
} Reconstruction signal annuel Teau complet

## ➤ Avantages

- Générique
- Meilleures performances en ajustement et prédiction
- Approche Bayésienne : prise en compte de l'incertitude dans les projections



# Projection température Nivelles





# Conclusion / perspective

- Reconstruction données historiques manquantes Teau
- Estimation évolution future Teau

**Etude possible  
effets passés et futurs de la température  
sur la croissance**



TEMPERATURE DES COURS D'EAU

**FACTEURS CONTRÔLANT LA CROISSANCE DES JUVÉNILES**

AGE SMOLTIFICATION : INFLUENCE CROISSANCE ET CONSÉQUENCES



# Croissance en milieu naturel

- Deux facteurs majeurs agissant
  - Température (Forseth 2001, Jonsson 2001)
  - Densité, liée dynamique population (Imre 2005, Jenkins 1999)
  
- Possible renforcement effets
  - Réchauffement (IPCC 2006)
  - Déclin stocks (ICES 2006)
  
- Analyse des effets relatifs (Arnekleiv 2006, Lacroix 1989, Nislow 2004)
  - Peu développées
  - Surtout des approches mécanistes complexes analysant les deux effets de façons séparée

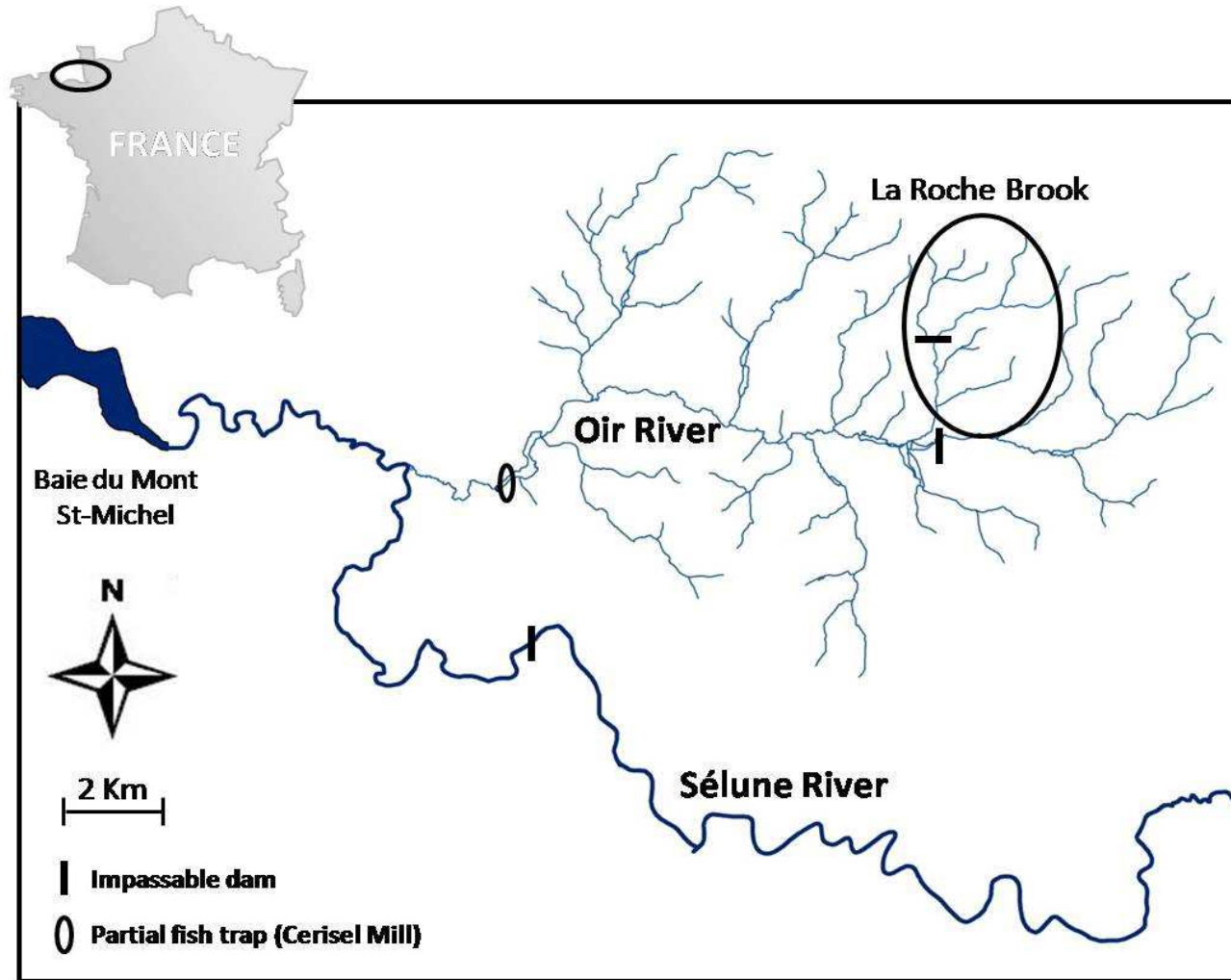


**Recherche d'une approche plus robuste pour analyser les deux effets conjointement**



# Matériel & méthode

## Ruisseau de la Roche







# Matériel & méthode

## Pêche électrique





# Matériel & méthode

## ➤ Données

- 22 couples de données (Mai-Octobre) (entre 1989-2008 , répartis sur 6 sites)
- Tailles moyennes +Densités 0+ saumon et truite +Température

## ➤ Modèle de croissance

- Von Bertalanffy Growth model
  - Un modèles robuste
  - A base mécanistes
- Méthode de Fabens (incréments de taille)

$$L_{oct} = L_{may} + (L_{\infty} - L_{may})(1 - \exp(-K\Delta t))$$

## ➤ Approche Bayesienne

- Prior informatifs  $L_{\infty}$  à partir jeu de données annexe
- Incertitudes sur paramètres



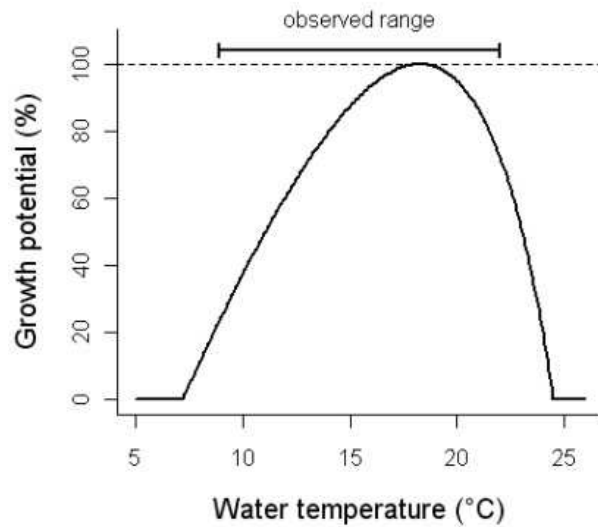
# Intégration effets température densité

➤ Principe

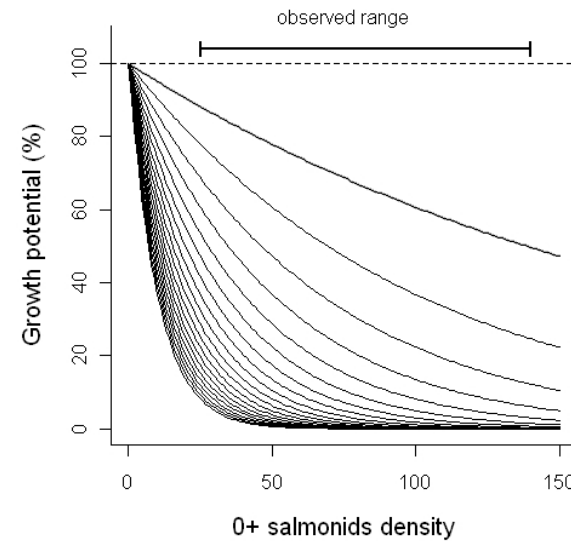
- Multiplicatif sur K
- Effet compris entre 0 et 1

$$K_i = K_{opt} \times f(WT_i) \times g(D_i)$$

*Mallet 1999*



*Exponentielle négative*





# Analyse des effets relatifs

- Comparaison de modèles
  - Modèle complet (M2)
  - Modèle effet densité seul (M1)
  - Modèle nul (M0)

## Critères

- Qualité d'ajustement
  - Déviance
- Performance prédictive
  - Erreur moyenne prédiction par Leave One Out Cross Validation

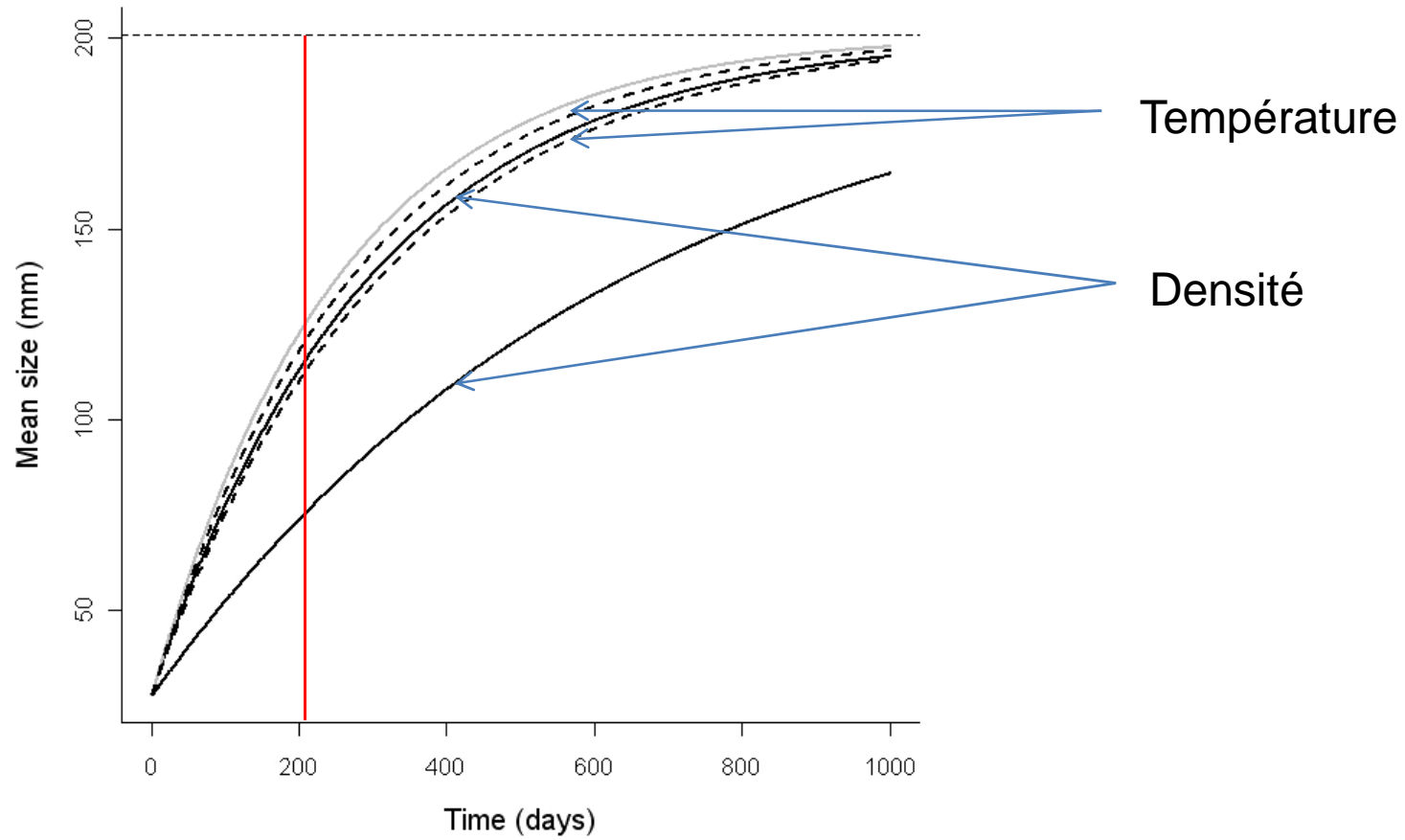


# Résultats

Modèle	Déviance	DIC	Erreur pred
M0	161.6	163.7	10.11%
M1	140.4	143.5	6.77%
M2	140	143	6.65%



# Variabilité trajectoire croissance induite



Variabilité induite par densité > Variabilité induite par température



# Conclusion / perspectives

- Analyses rétrospectives
  - Densité : variation futures importantes à considérer
  - Température
    - Gain statistique faible due séries ne donnant que peu de variabilité via modèle Mallet
    - Toutefois structure Mallet pertinente
  
- Analyses prospectives
  - Intégrations températures de l'eau future issues modèle précédent

**Estimation des effets passés et futurs de la température sur la croissance**



TEMPERATURE DES COURS D'EAU

FACTEURS CONTRÔLANT LA CROISSANCE DES JUVÉNILES

**AGE SMOLTIFICATION : INFLUENCE CROISSANCE ET CONSÉQUENCES**





# Age smoltification

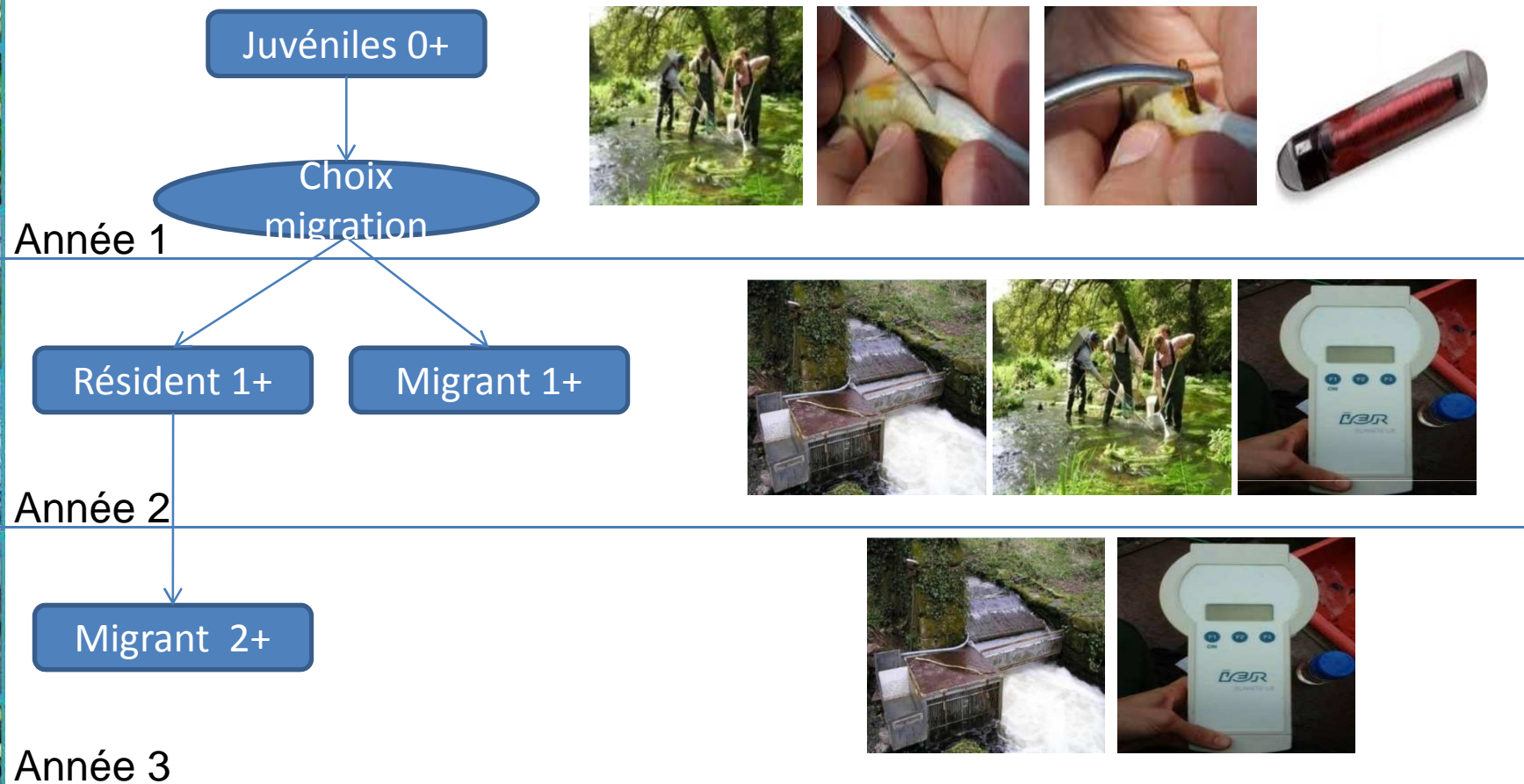
## ➤ Choix migration

- France : début automne première année (Baglinière 1986)
- Dépend taille atteinte (révélateur condition croissance) (Metcalf 1998)
- Influe dynamique pop (Marschall 1998)

## ➤ Estimation

- Norme réaction smoltification taille dépendante
- Conséquence âge smoltification pour dyna. population

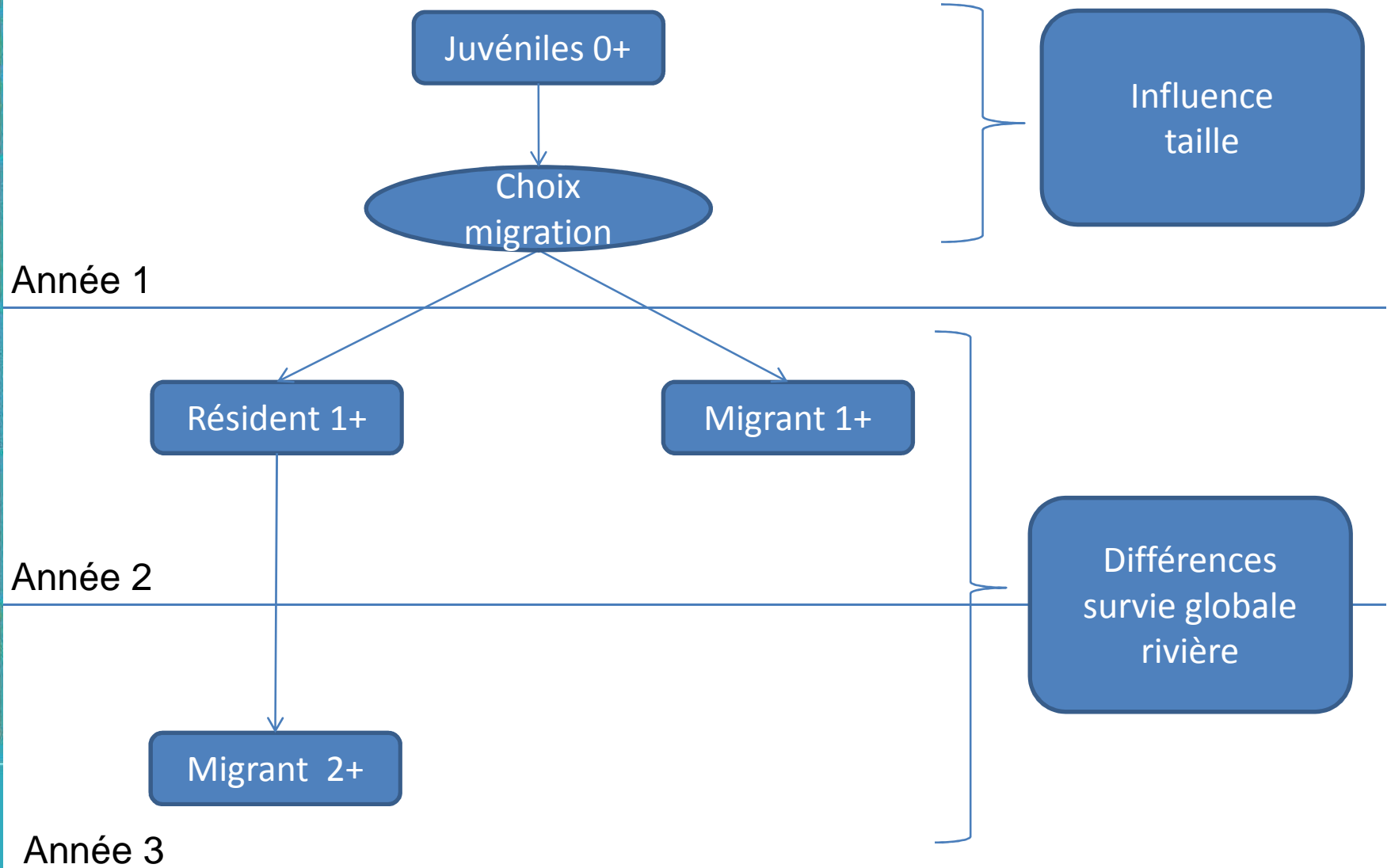
# Protocole de suivi



2392 poissons suivis 7 cohortes entre 1999 et 2007



# Paramètres d'intérêt





# Méthode estimation

## Problème données suivi individuel

- Individus non recapturés
- Probabilités de captures différentes suivant choix
- Biais estimation normes réaction & survies

## Solution: modèles marquage recapture multiples à états latent

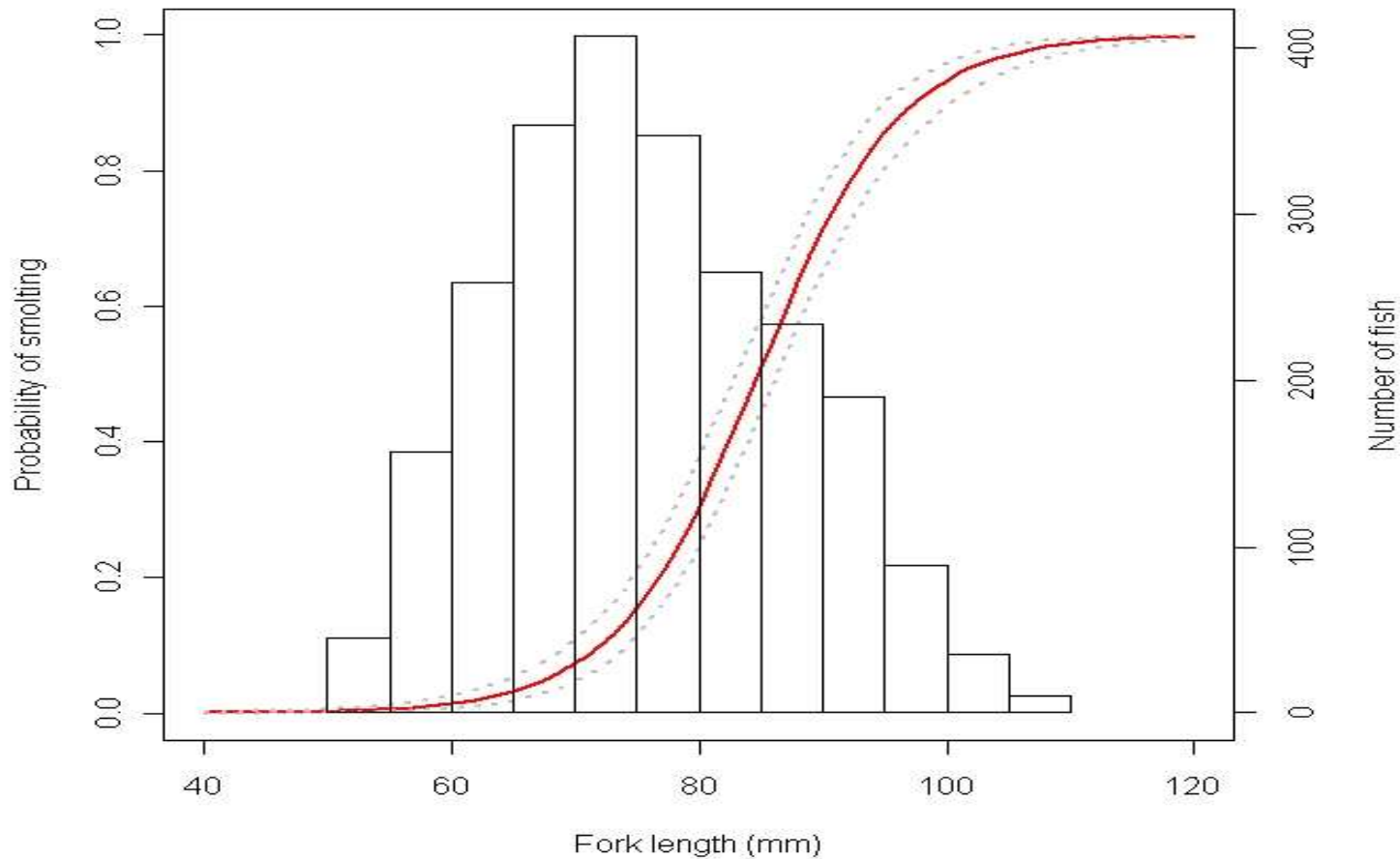
- Permettent retracer histoire de vie de tous les individus
- Estimations correctes survies et normes réaction

## Approche statistique Bayesienne

- Ecriture modèle facilitée
- Incertitude
  - Probabilités transitionnelles entre états
  - Norme réaction



# Norme smoltification taille dépendante



Constante d'une année à l'autre

Effet variation croissance constant au cours temps

➔ Analyse effet variations futures sur croissance possible



# Perspectives générales de travail

- Modèle CMR
  - Survie global tacon 0+ à Smolt 1+/2+
  - Comparaison norme réaction avec population Scorff génétiquement différente ([Evanno,pers.com.](http://Evanno,pers.com))
  
- Couplage trois points d'études
  
- Impact passé/futur température sur
  - Proportion smolts 1
  - Production smolt
  - Production adultes

# MERCI

Ecologie et santé des écosystèmes



UMR ESE



Séminaire Amedee 25/03/2010

