

Amédée, Nantes, 23 avril 2009

Les changements adaptatifs générés par la pêche chez les populations halieutiques

## **Age et taille à maturation Gadidées de mer du Nord**

Estimations des séries temporelles de norme de réaction pour la maturation

---

Lise Marty, Marie-Joëlle Rochet, Bruno Ernande

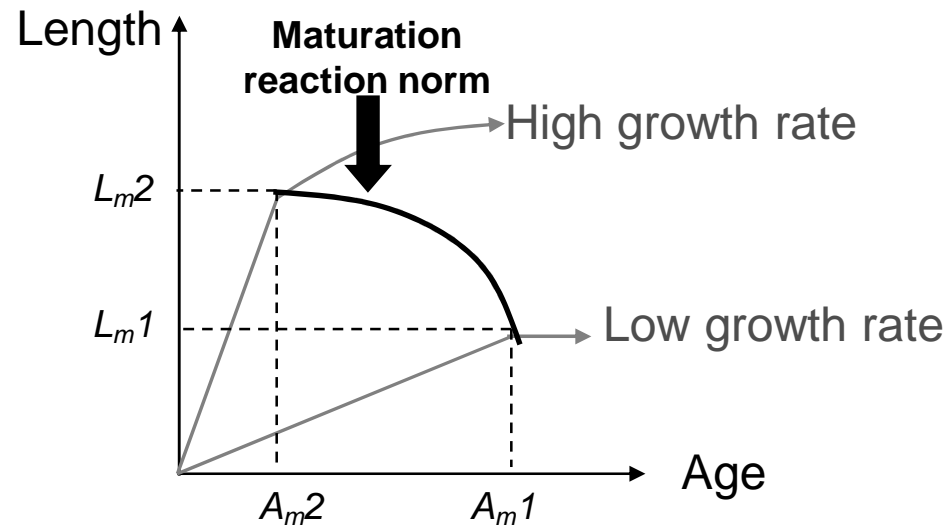
# Introduction: fisheries-induced adaptive changes

---

- **La pêche n'a pas que des conséquences démographiques, mais peut également induire des changements adaptatifs chez les espèces cibles en créant une sélection des individus par la taille.**
- **En particulier**, des tendances vers des âges et des tailles à maturation plus faibles sont observées chez de nombreuses espèces, ce qui peut se répercuter sur la taille finale et sur la fécondité des individus.
- **Les changements adaptatifs** peuvent avoir 2 origines différentes:
  - **La plasticité phénotypique**: capacité d'un génotype à produire différents phénotypes en réponse à une variation environnementale. → réponse à court terme
  - **L'évolution des gènes**: la plupart des traits d'histoire de vie ont une héritabilité suffisante pour évoluer et il a été montré que des changements micro-évolutifs pouvaient être générés en seulement quelques décennies.
- **Implications en terme de management**: les changements plastiques peuvent être inversés en une génération alors que les changements évolutifs sont théoriquement lents et difficiles à inverser .

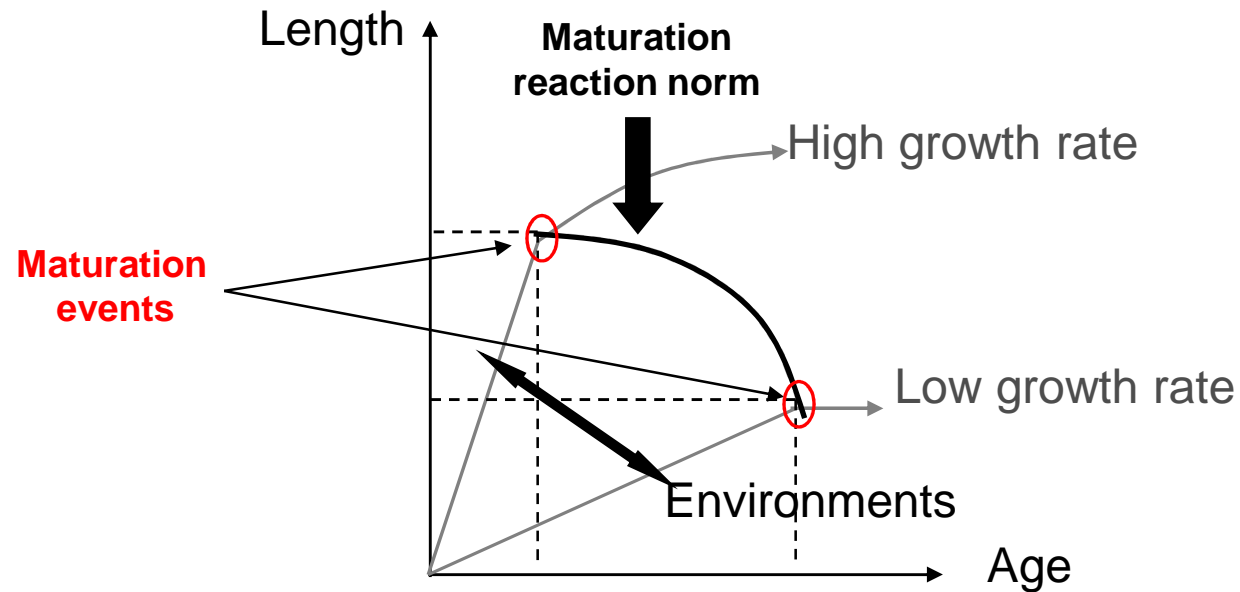
# Introduction: La norme de réaction pour la maturation

Pour séparer les composantes évolutives et plastiques des changements adaptatifs, on utilise le concept de norme de réaction



- **La norme de réaction pour la maturation** décrit toutes les combinaisons possibles d'âge et de taille à maturation qu'un génotype peut produire selon la trajectoire de croissance qu'il suit (Stearns, 1992)

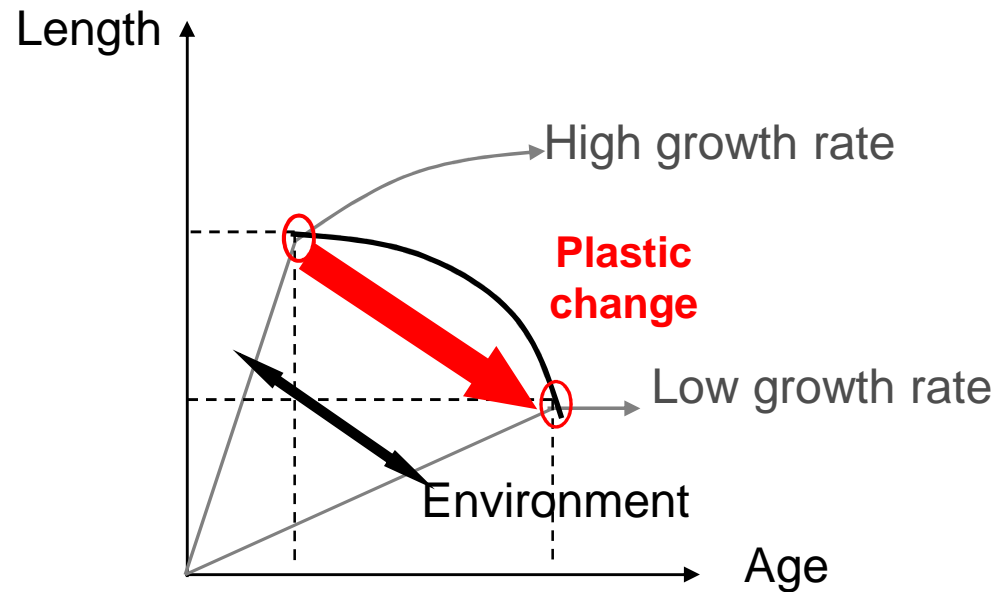
## Introduction: La norme de réaction pour la maturation



(Stearns, 1992)

- **Le taux de croissance** représente l'environnement
- **La maturation survient** lorsque la courbe de croissance coupe la norme de réaction pour la maturation

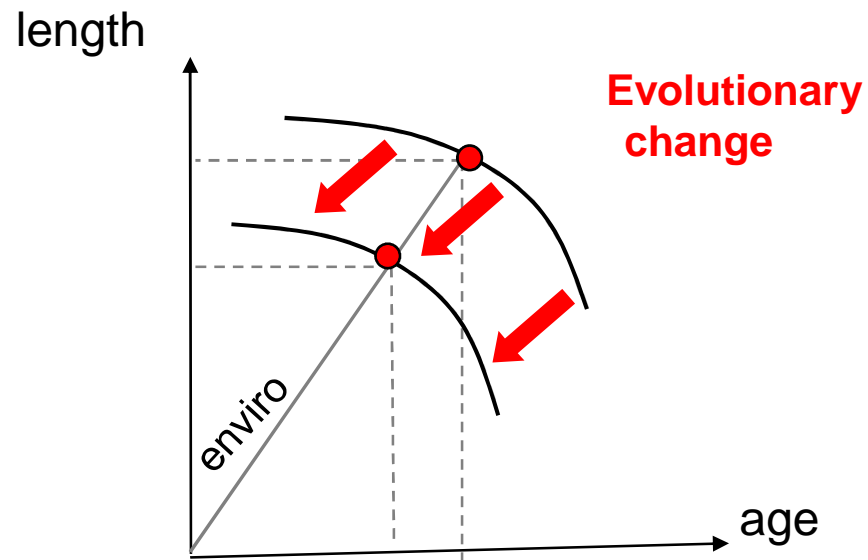
## Introduction: La norme de réaction pour la maturation



- **La norme de réaction permet de distinguer réponses plastiques et évolutives:**  
Le changement est plastique s'il ne s'accompagne pas de modification de la norme de réaction

## Introduction: La norme de réaction pour la maturation

---

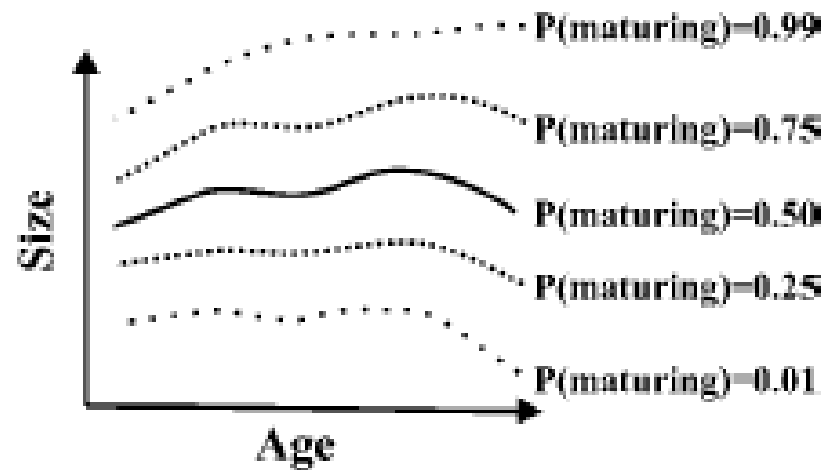


Le changement est évolutif si la norme de réaction est modifiée

## Introduction: La norme de réaction pour la maturation: extension probabiliste

---

- Norme de réaction définie par la **probabilité de devenir mature selon l'âge et la taille**, conditionnellement au fait d'être resté immature et d'avoir survécu jusqu'à cet âge et cette taille.



(Heino et al. 2002)

## Estimation des normes de réactions pour la maturation probabilistes (Barot et al. 2004) : méthode générale

Probabilité d'ETRE  
mature à l'âge  $a$

Probabilité de DEVENIR  
mature à l'âge  $a$



$$o(a) = o(a - 1) + (1 - o(a - 1))m(a)$$

$$\rightarrow m(a) = \frac{o(a) - o(a - 1)}{1 - o(a - 1)}$$

Probabilité de devenir mature selon l'âge ET la taille:

$$m(a, s) = \frac{o(a, s) - o(a - 1, s - \Delta s)}{1 - o(a - 1, s - \Delta s)}$$

- **2 hypothèse simplificatrices:**

Immatures et matures ont le même taux de survie

Immatures et matures d'un certain âge ont le même taux de croissance

$\Delta s$



# Ogives de maturité et estimations des taux de croissance

---

- **Ogive de maturité:** Glm binomial

$$o(a, l, c) \sim \text{glm}(as.factor(cohort) * age * length)$$

- **Taux de croissance**

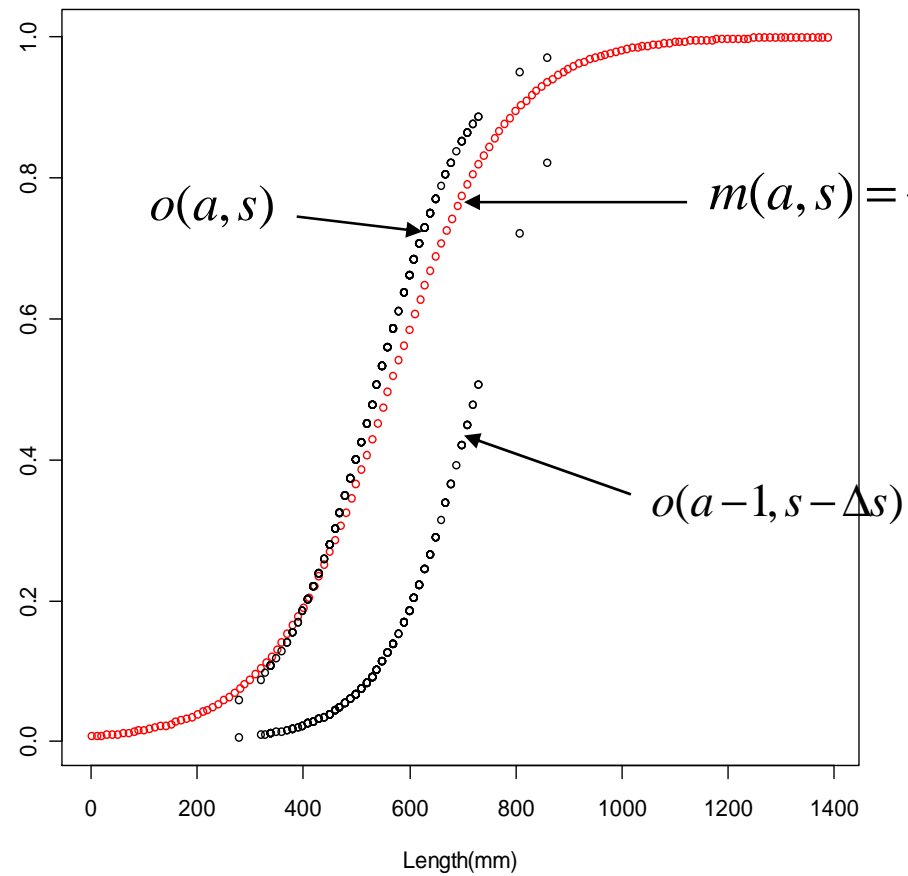
- Estimations des tailles moyennes pour chaque âge et chaque cohorte

$$length \sim \text{lm}(as.factor(Cohort) * as.factor(Age))$$

- Les taux de croissances sont estimés en soustrayant les tailles moyennes de 2 ages consécutifs pour chaque cohortes

$$\Delta s_a = s_a - s_{a-1}$$

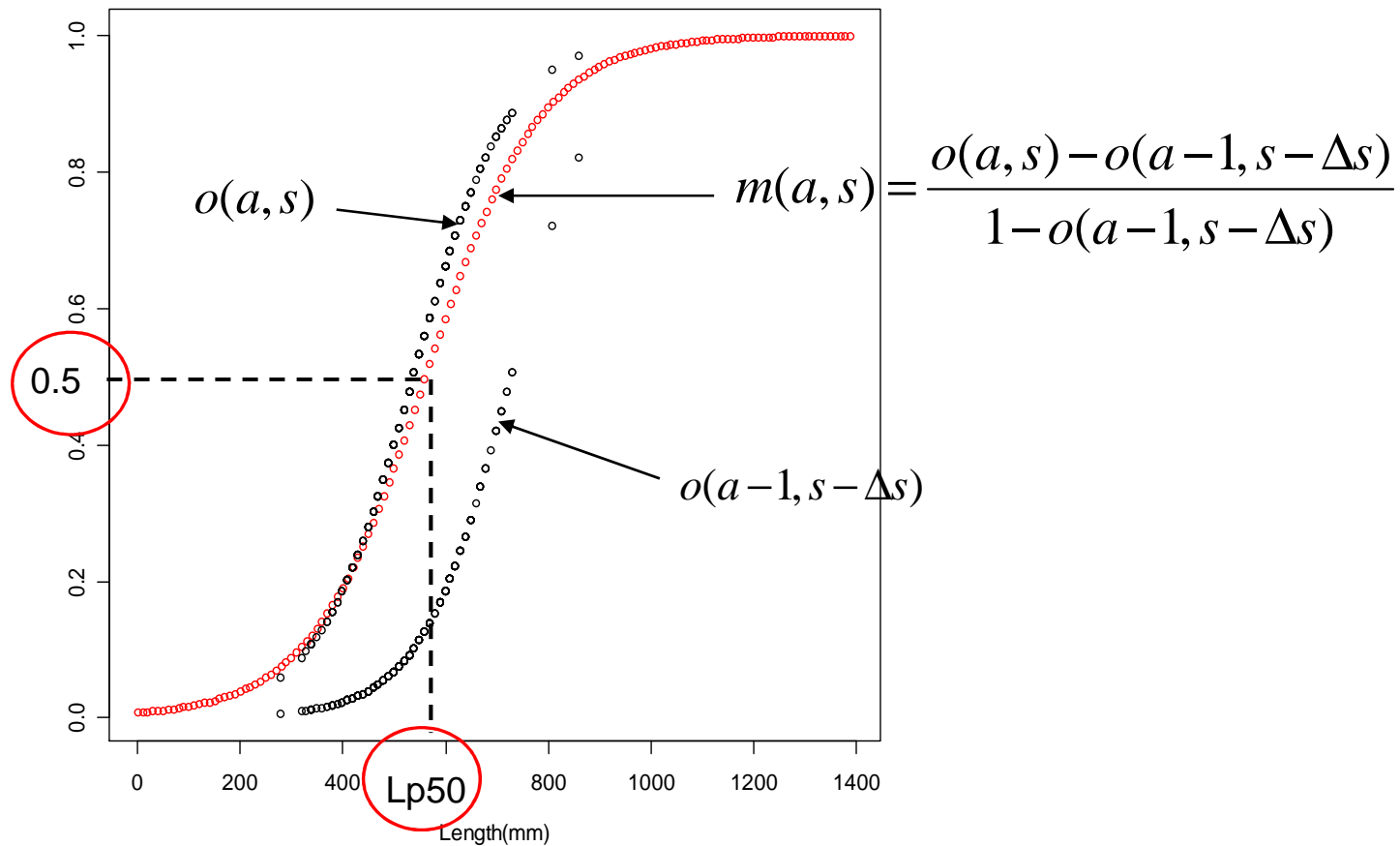
## Estimation de la norme de réaction $m(a,s)$



$$m(a,s) = \frac{o(a,s) - o(a-1, s - \Delta s)}{1 - o(a-1, s - \Delta s)}$$

## Estimation de la taille à 50% de probabilité de devenir mature:

Pour résumer la norme de réaction, on utilise la taille à laquelle  $m=0.5$  ( $L_{p50}$ ) à chaque âge.



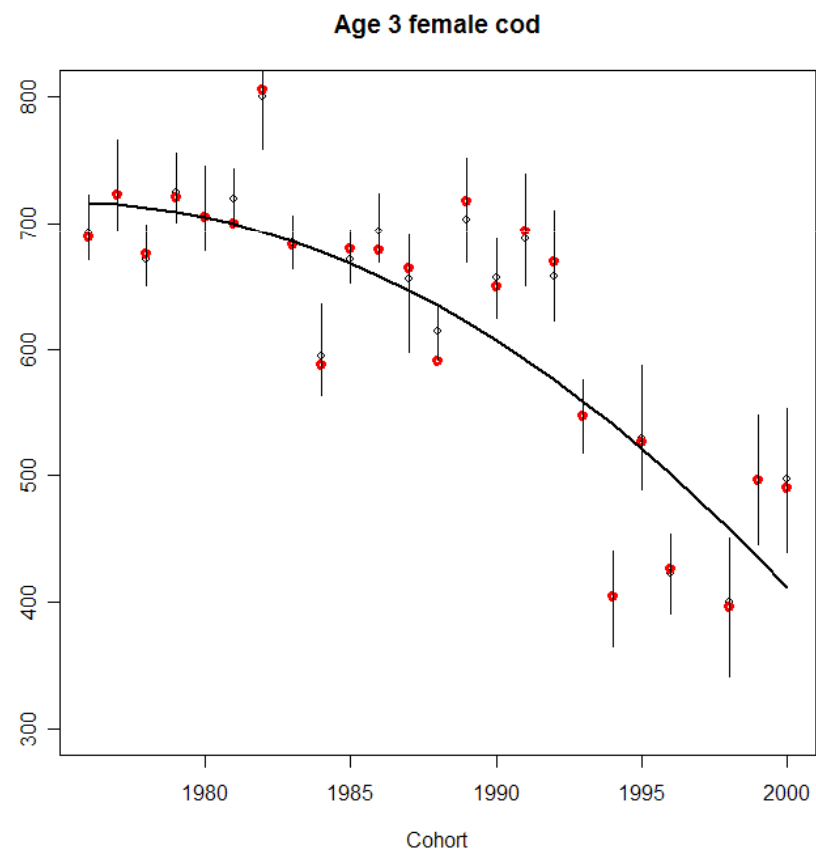
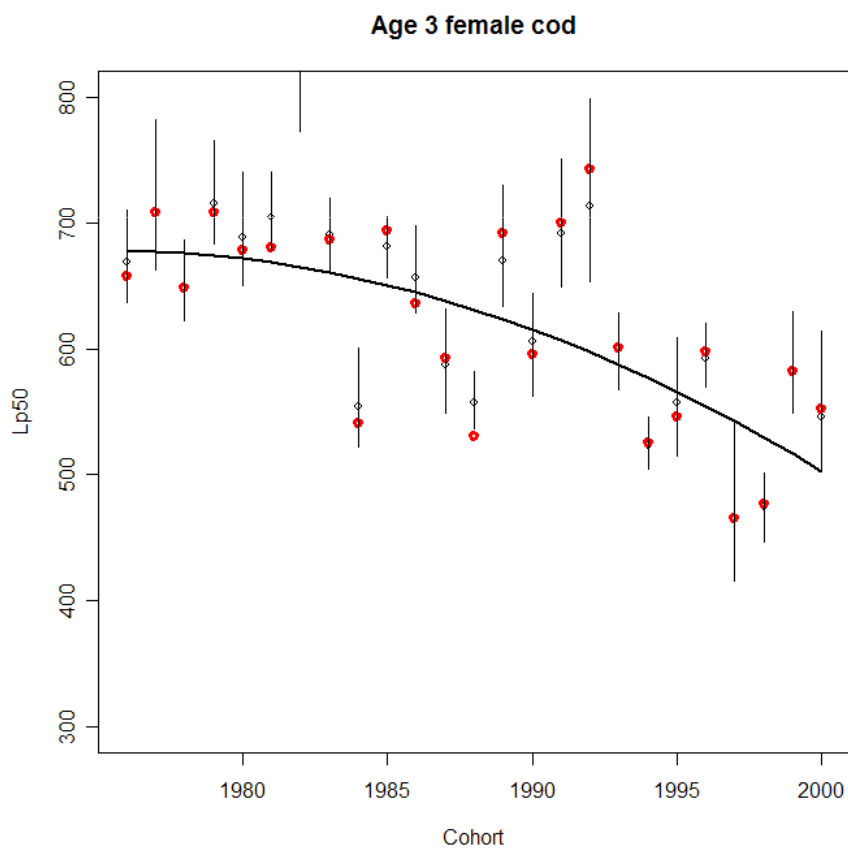
## Application aux stocks de Gadidées de mer du Nord: Présentation des données

---

- **Données provenant de l'IBTS, premier trimestre**
- **Données de longueurs, âges, maturité, sexes**
- **Estimations des normes de réactions pour:**
  - **Morue: cohortes de 1976 à 2000**
  - **Églefin: cohortes de 1974 à 2000**
  - **Merlan: cohortes de 1975 à 2000**

# Résultats : application au stock de morue: Lp50 aux ages 2 et 3

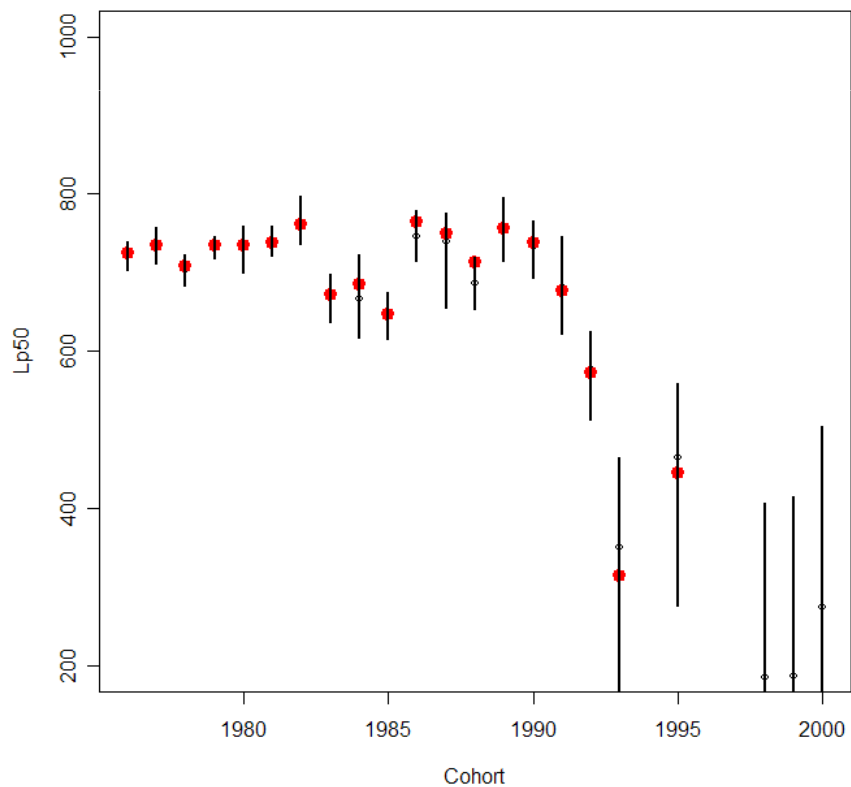
## Morue femelle



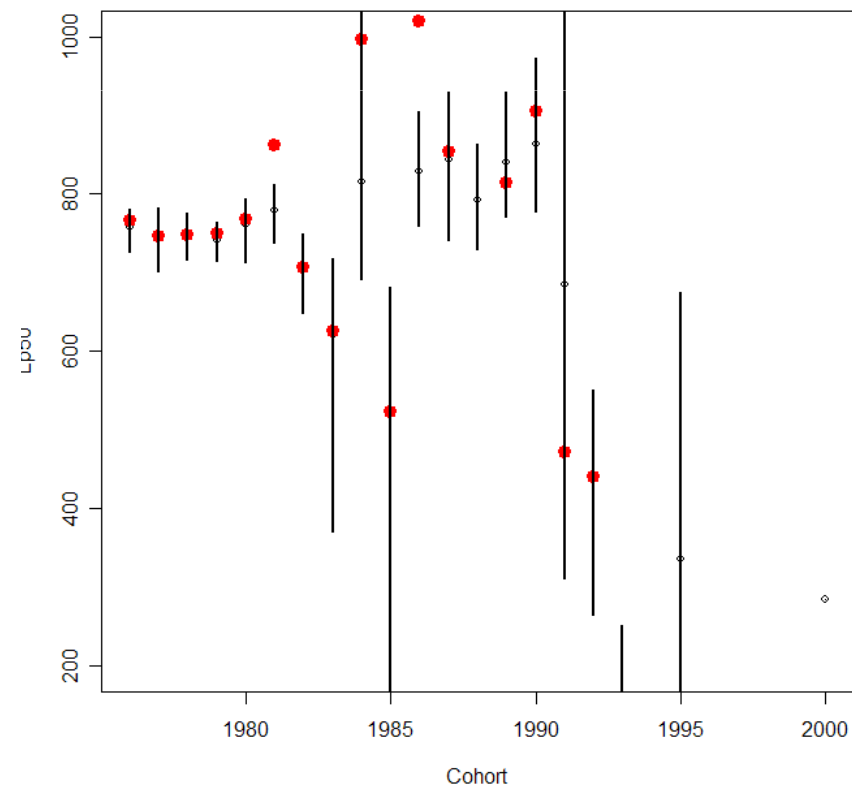
# Résultats : application au stock de morue: Lp50 aux ages 2 et 3

## Morue femelle

Age 4 female cod



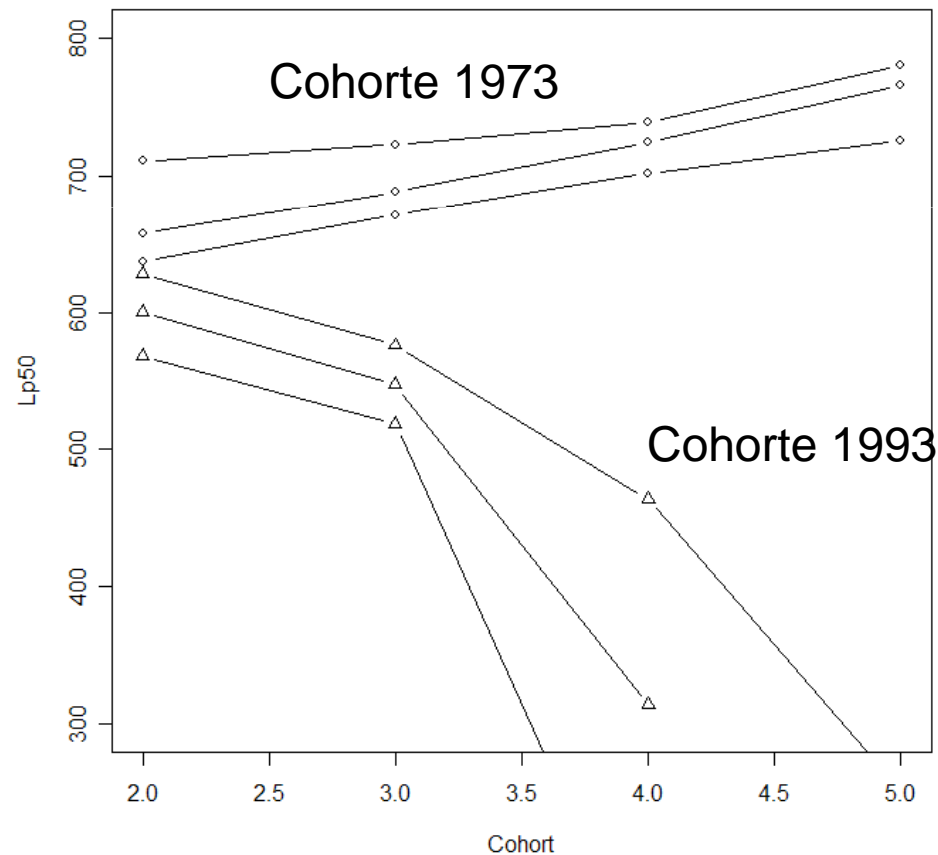
Age 5 female cod



# Résultats : application au stock de morue

## Morue female

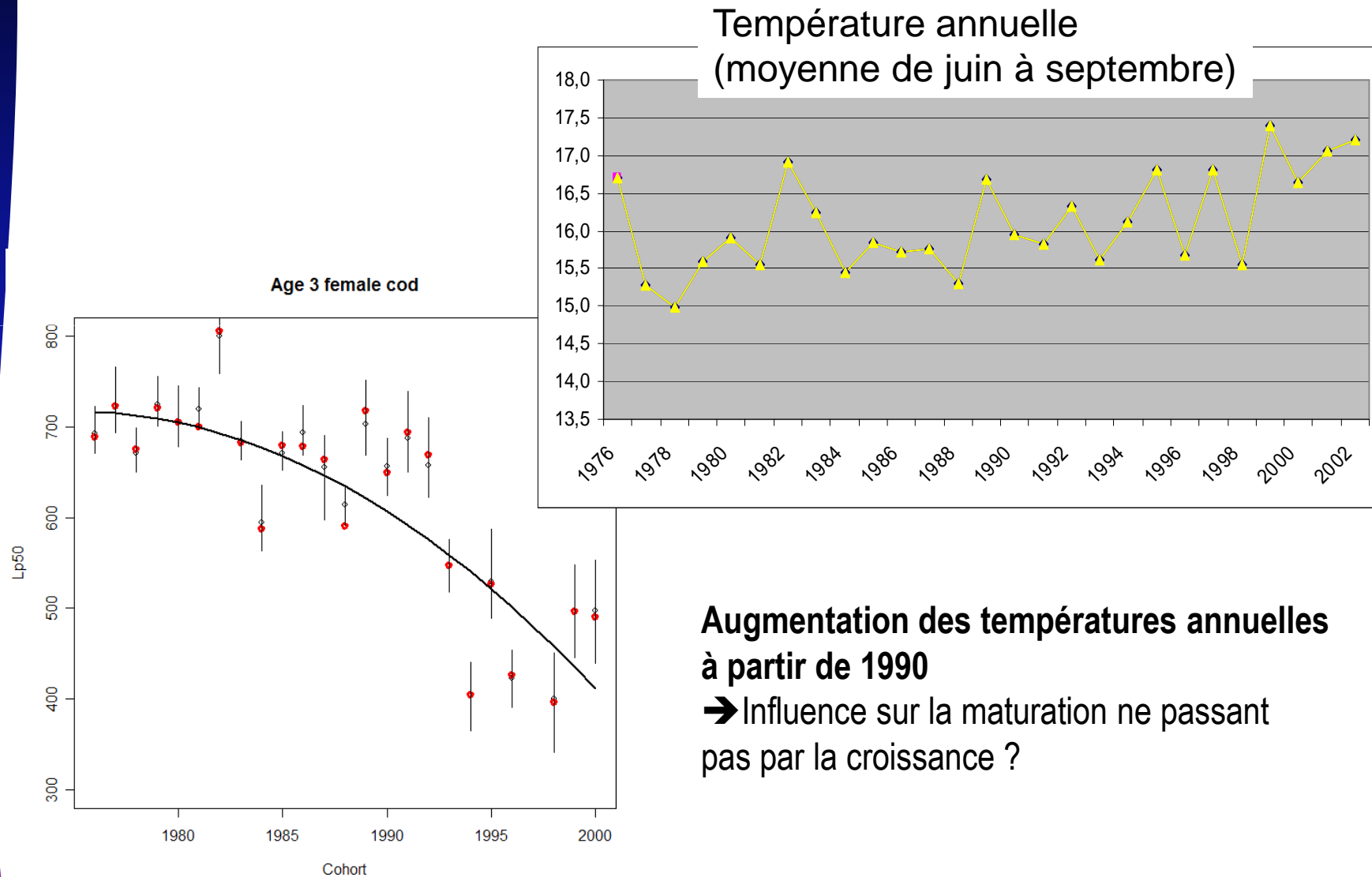
Normes de réaction pour les cohortes 1973 et 1993 (Lp50 moyenne et quantile 95% et 5% des bootstraps)



# Résultats : application au stock de morue

## Effet de la température sur la Lp50 à l'âge 3 ?

Morue femelle



**Augmentation des températures annuelles à partir de 1990**

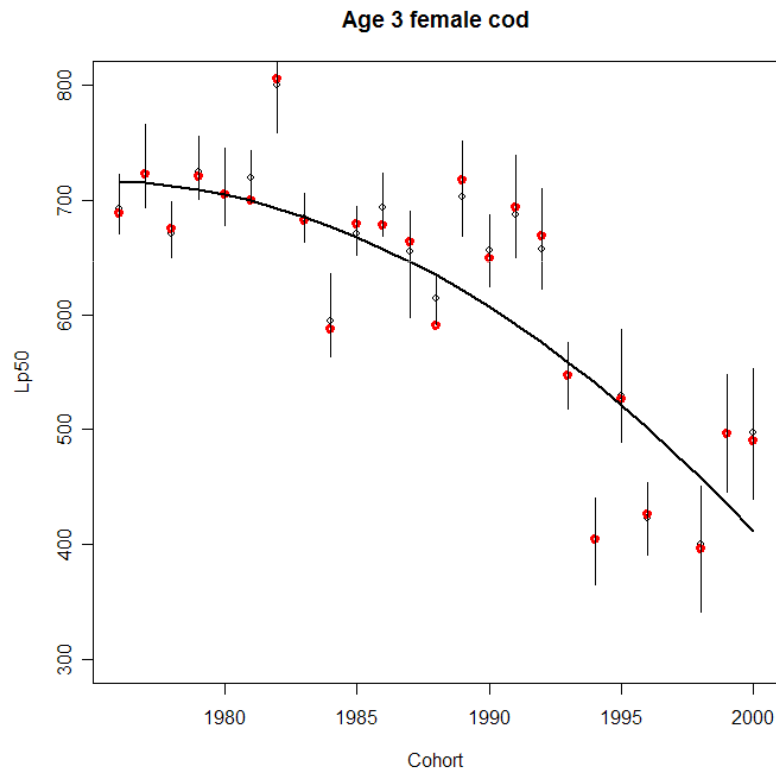
→ Influence sur la maturation ne passant pas par la croissance ?



# Résultats : application au stock de morue

## Effet de la température sur la Lp50 à l'âge 3?

### Morue femelle



- **Modèle 0 :**

$$Lp50 \sim a + b * Cohort^2$$

- **Modèle 1: modèle additif**

$$Lp50 \sim \text{Modèle 0} + T_{(age0)}$$

- **Modèle 2**

$$Lp50 \sim \text{Modèle 0} + T_{(age1)}$$

- **Modèle 3**

$$Lp50 \sim \text{Modèle 0} + T_{(age2)}$$

- **Modèle 4**

$$Lp50 \sim \text{Modèle 0} + T_{(age0)} + T_{(age1)} + T_{(age2)}$$

# Résultats : application au stock de morue

## Effet de la température sur la Lp50 à l'âge 3?

Morue femelle

	AIC	Cross-validation
Modèle 0	4858	269
Modèle 1	3902	265
Modèle 2	4729	269
Modèle 3	5004	270
Modèle 4	4161	267

- **Modèle 0 :**  
 $Lp50 \sim a + b * Cohort^2$
- **Modèle 1: modèle additif**  
 $Lp50 \sim \text{Modèle 0} + T_{(age0)}$
- **Modèle 2**  
 $Lp50 \sim \text{Modèle 0} + T_{(age1)}$
- **Modèle 3**  
 $Lp50 \sim \text{Modèle 0} + T_{(age2)}$
- **Modèle 4**  
 $Lp50 \sim \text{Modèle 0} + T_{(age0)} + T_{(age1)} + T_{(age2)}$

# Résultats : application au stock de morue

## Effet de la température sur la Lp50 à l'âge 3?

Morue femelle

	AIC	Cross-validation
Modèle 0	4858	269
Modèle 1	3902	265
Modèle 2	4729	269
Modèle 3	5004	270
Modèle 4	4161	267

- **Modèle 0 :**

$Lp50 \sim a + b \cdot Cohort^2$

- **Modèle 1: modèle additif**

$Lp50 \sim \text{Modèle 0} + T_{(age0)}$

- **Modèle 2**

$Lp50 \sim \text{Modèle 0} + T_{(age1)}$

- **Modèle 3**

$Lp50 \sim \text{Modèle 0} + T_{(age2)}$

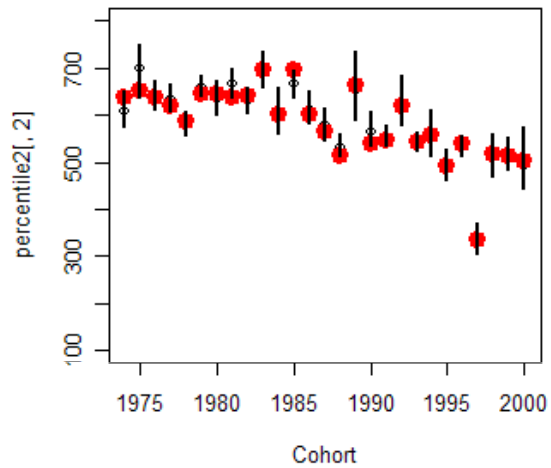
- **Modèle 4**

$Lp50 \sim \text{Modèle 0} + T_{(age0)} + T_{(age1)} + T_{(age2)}$

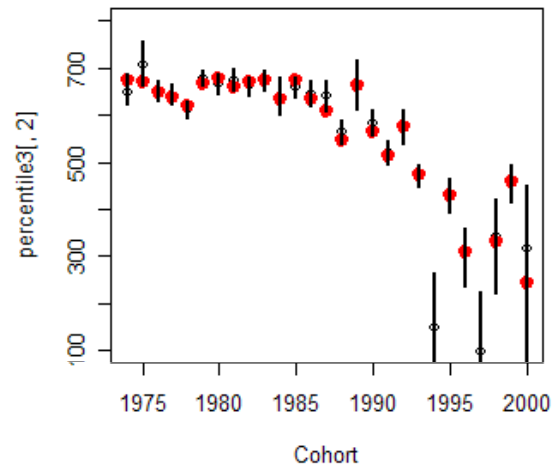
# Résultats : application au stock de morue

## Morue male

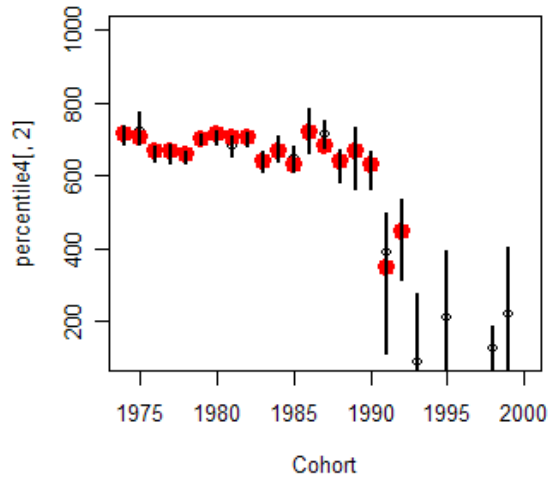
Age 2 male cod



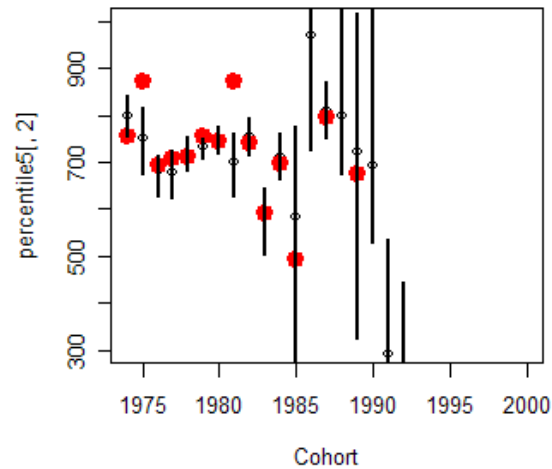
Age 3 male cod



Age 4 male cod



Age 5 male cod

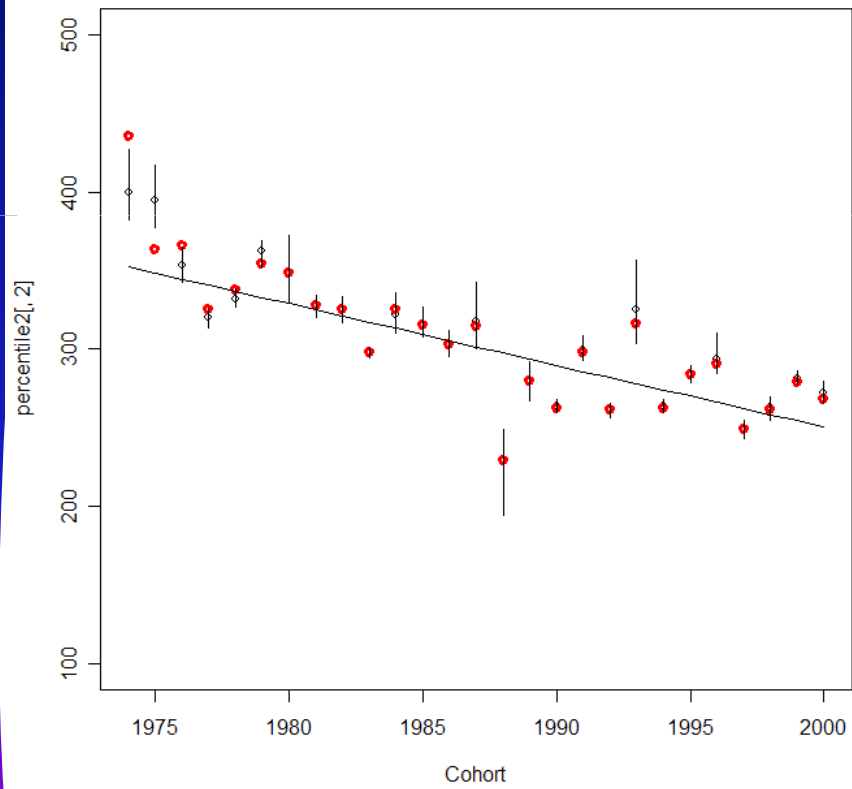


Même résultats  
que pour les femelles

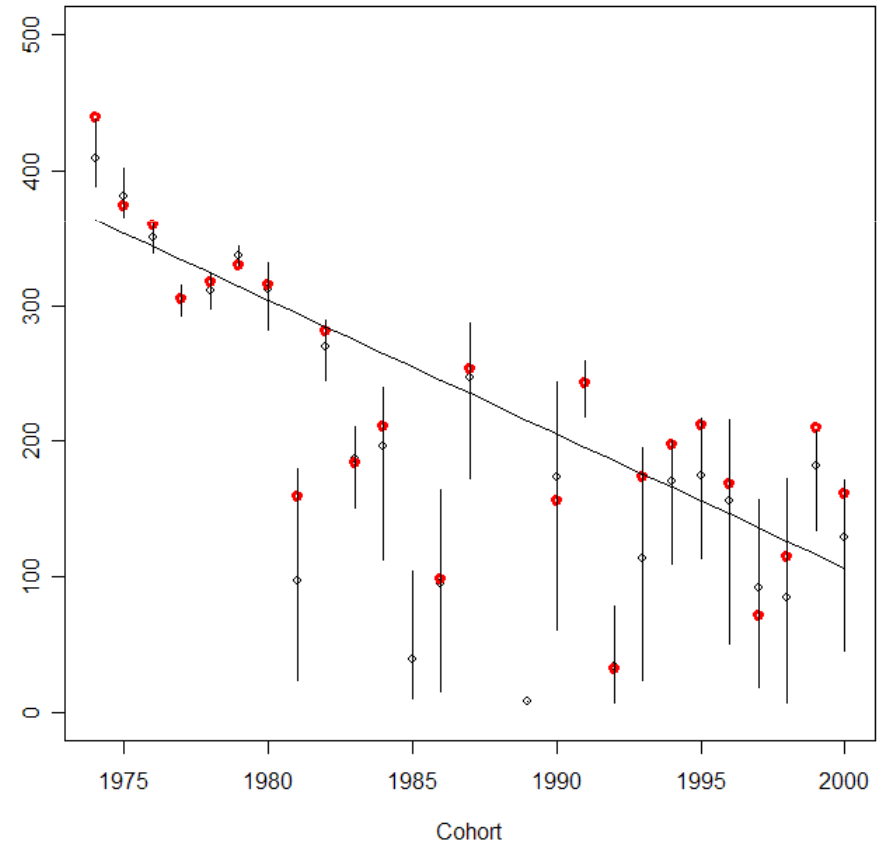
# Résultats : application au stock d'Eglefin

## Egelefin male

### Age 2 female haddock



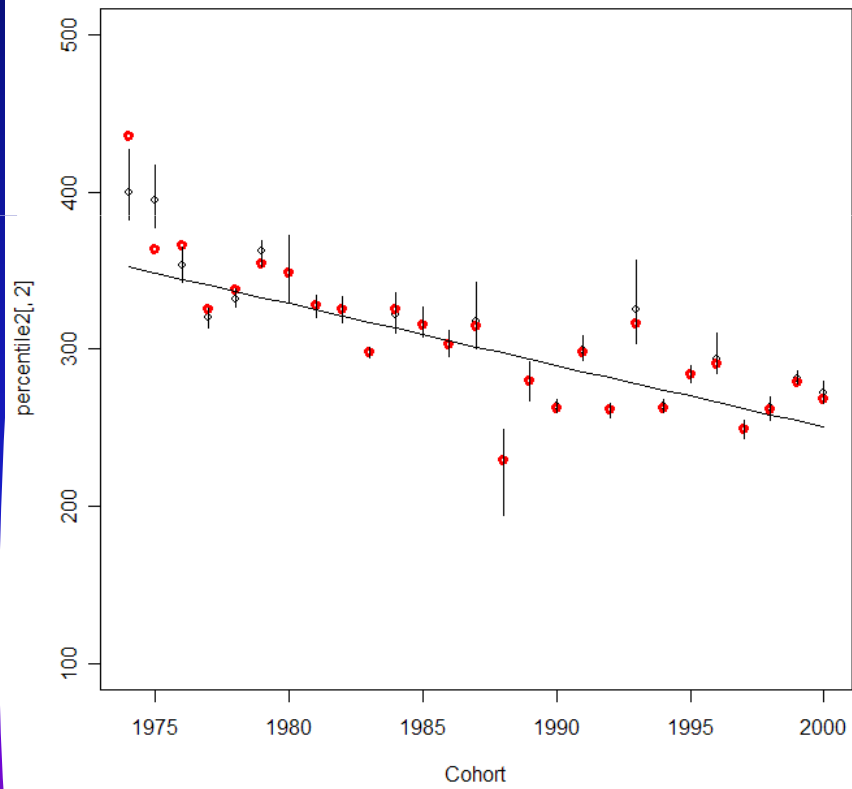
### Age 3 female haddock



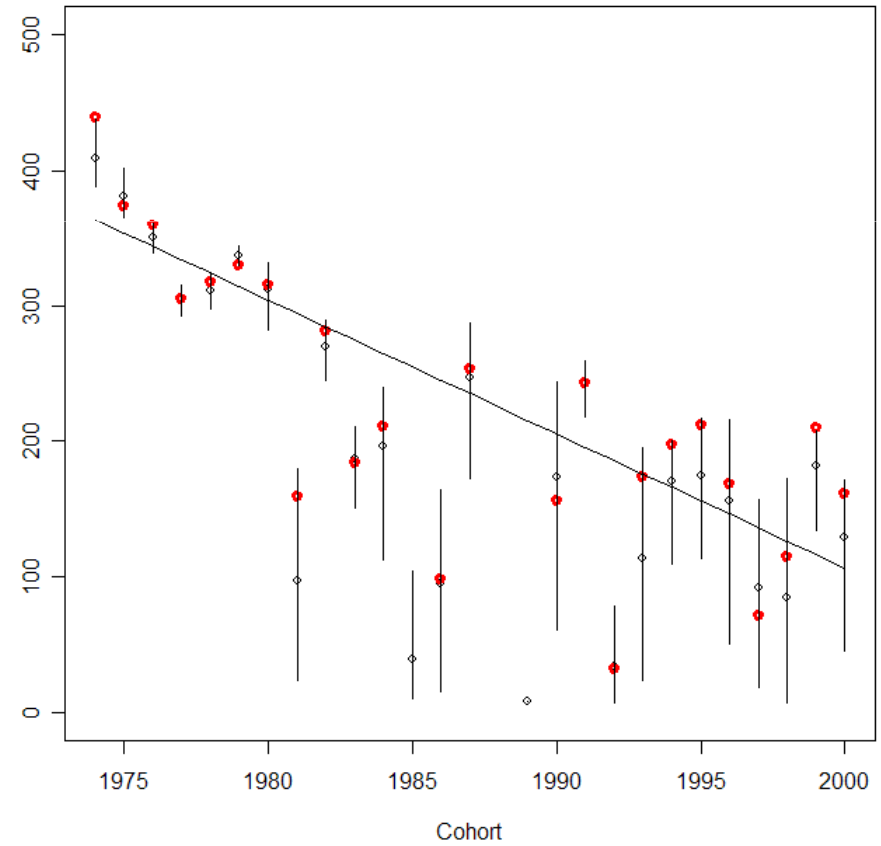
# Résultats : application au stock d'Eglefin

## Egelefin female

Age 2 female haddock



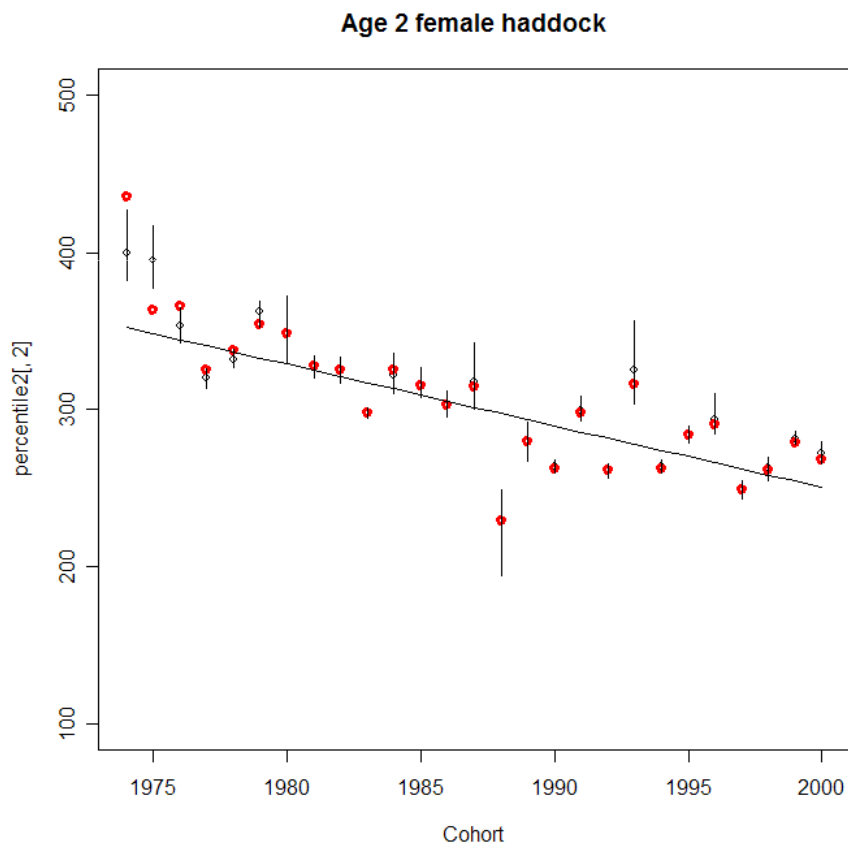
Age 3 female haddock



# Résultats : application au stock d'Eglefin

## Eglefin female

### Effet de la température sur la Lp50 à l'âge 2:



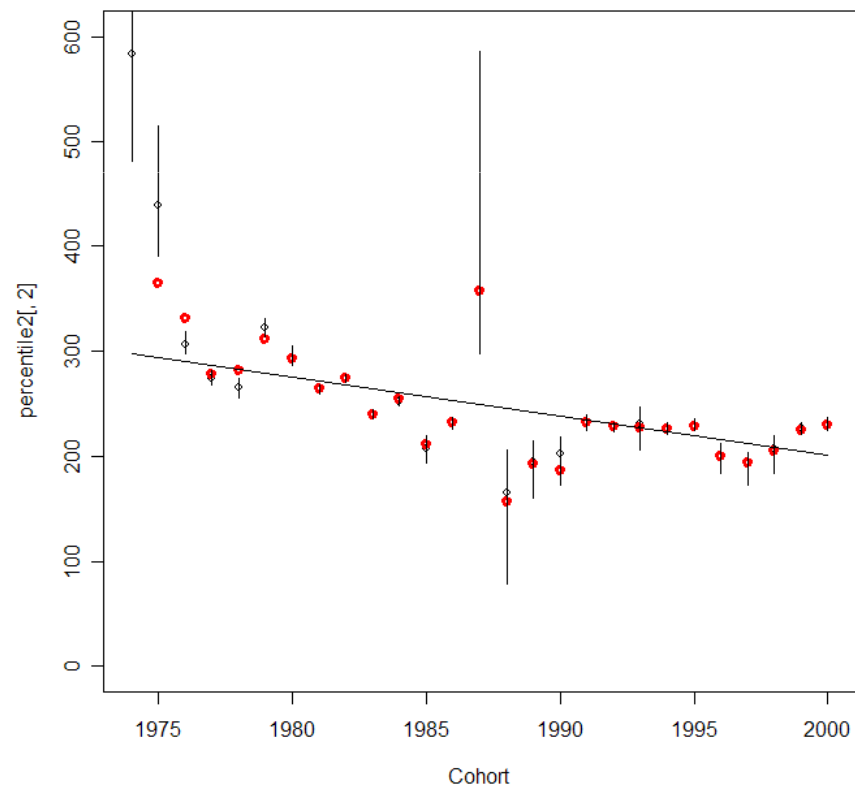
**Modèle sélectionné**

$$Lp50 = Cohort + Temp(\text{age } 1)$$

# Résultats : application au stock d'Eglefin

## Eglefin male

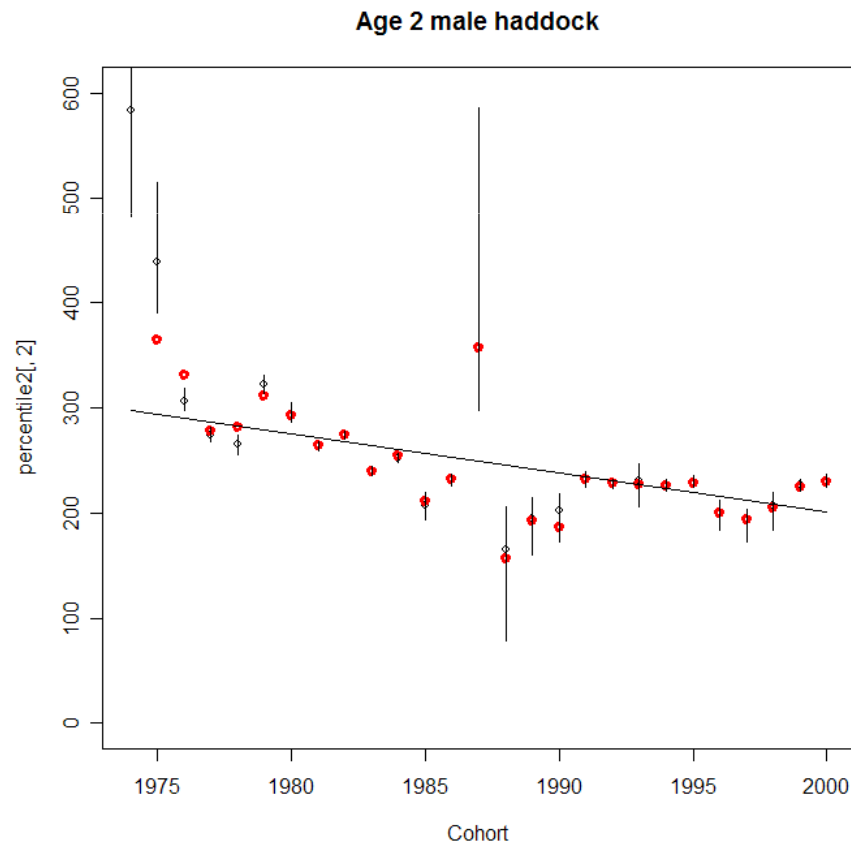
Age 2 male haddock





## Résultats : application au stock d'Eglefin

### Églefin male Effet de la température sur la Lp50 à l'âge 2:



Même résultat que pour les femelles:

Modèle sélectionné

$Lp50 = Cohort + Temp(age\ 1)$

# Conclusions

---

- Tendances à la baisse des Lp50 à l'âge 2 et 3 pour les morues males et femelles, et à l'âge 2 pour les églefins males et femelles.
- D'après la définitions des normes de réactions, cette tendance à la baisse ne résulte pas des conditions environnementales qui peuvent agir sur la maturation au travers de la croissance
- Hypothèse alternative: la température peut avoir un effet direct sur la maturation, non canalisé par la croissance
  - La température de l'année de naissance influence la maturation des morues
  - La température de l'âge précédant la maturation influence la maturation des églefins
  - Effets faibles: la décroissance est principalement expliqué par l'effet cohorte

