

# Calibration du modèle ISIS-Fish : exploration sous contrôle

Stéphanie Mahévas, Sigrid Lehuta et Audric Vigier (Ifremer, Nantes),  
Benjamin Poussin (Code Lutin, Nantes)

22-23 Mai 2014, Réunion annuelle Mexico



# Plan

- 1 Introduction
- 2 Pêcherie langoustine du golfe de Gascogne
- 3 Recuit simulé
- 4 Résultats
- 5 conclusions-Perspectives

# Plan

- 1 Introduction
- 2 Pêcherie langoustine du golfe de Gascogne
- 3 Recuit simulé
- 4 Résultats
- 5 conclusions-Perspectives

- un modèle de dynamique de pêcheries
  - ▶ pour comprendre le fonctionnement des pêcheries
  - ▶ pour évaluer des scénarios de gestion de la pêche
- un modèle mécaniste (discret, matriciel) : interactions des processus dans l'espace et le temps
- complexité du système  $\Rightarrow$  nombreux paramètres

- un modèle de dynamique de pêcheries
  - ▶ pour comprendre le fonctionnement des pêcheries
  - ▶ pour évaluer des scénarios de gestion de la pêche
- un modèle mécaniste (discret, matriciel) : interactions des processus dans l'espace et le temps
- complexité du système  $\Rightarrow$  nombreux paramètres

## Paramétrer le modèle

- en intégrant la connaissance disponible
  - ▶ observations et modèles statistiques
  - ▶ connaissance experts
- en forçant le modèle à reproduire des observations du système

## Démarche

- 1 Analyse de sensibilité du modèle paramétré avec la connaissance
- 2 Estimer les paramètres sensibles non disponibles/accessibles

## Démarche

- 1 Analyse de sensibilité du modèle paramétré avec la connaissance
- 2 Estimer les paramètres sensibles non disponibles/accessibles

## Etapas de la calibration

- Observations disponibles
- Définir la ou les fonctions d'objectif : qu'est-ce que l'on veut reproduire avec le modèle ?
- Choisir une méthode d'exploration de l'espace des paramètres permettant d'optimiser la fonction d'objectif

# Une première expérience *contrôlée* avec

## Objectifs

- Explorer différents algorithmes classiques et évaluer leur performance pour ce modèle (nombre de paramètres, temps de simulation) par *simulation-estimation*
- Comparer à une exploration de l'espace des paramètres avec un LHS

## Une première expérience *contrôlée* avec

### Objectifs

- Explorer différents algorithmes classiques et évaluer leur performance pour ce modèle (nombre de paramètres, temps de simulation) par *simulation-estimation*
- Comparer à une exploration de l'espace des paramètres avec un LHS

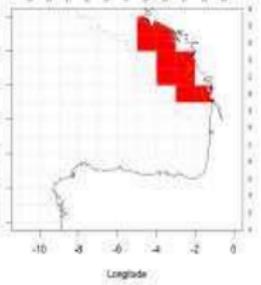
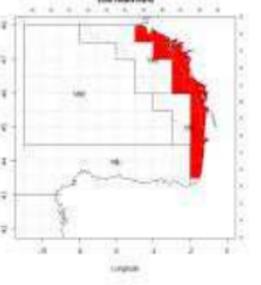
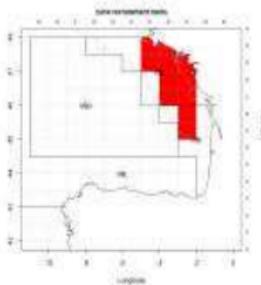
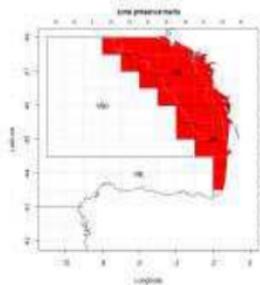
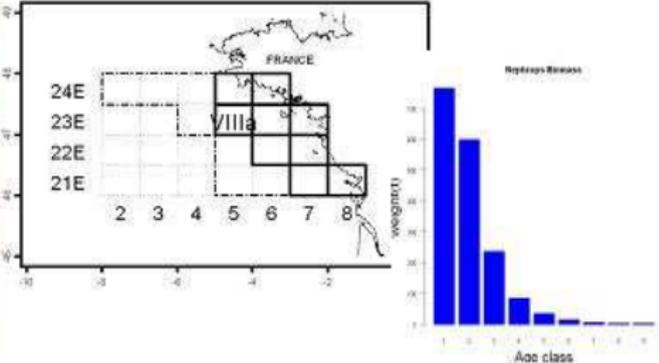
### Concrètement...

- Un esclave
- Une pêcherie cas d'école (peu de paramètres, temps de simulation court) : on fixe le jeu de paramètres à estimer et on simule les *observations* pour la calibration
- Méthodes : recuit simulé, algorithmes génétiques
- Tester plusieurs configurations (fonction d'objectif, paramètres des méthodes, points initiaux)

# Plan

- 1 Introduction
- 2 Pêcherie langoustine du golfe de Gascogne
- 3 Recuit simulé
- 4 Résultats
- 5 conclusions-Perspectives

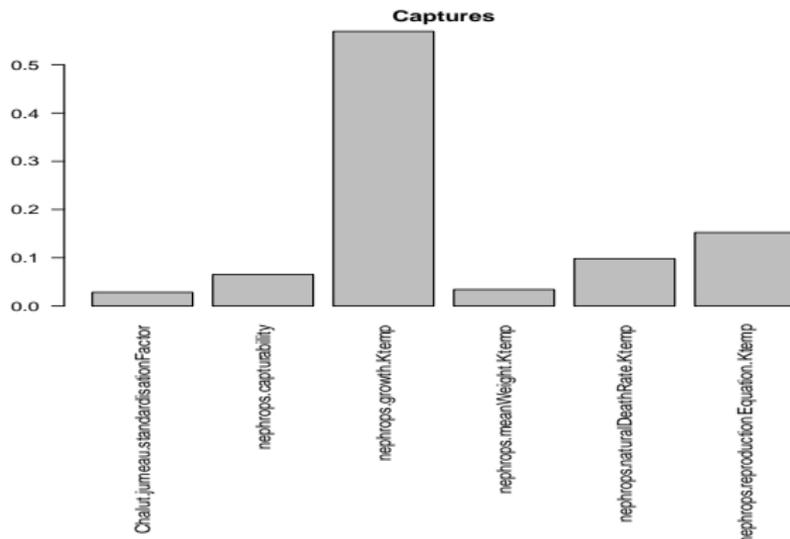
# Pêcherie langoustine du golfe de Gascogne



CO

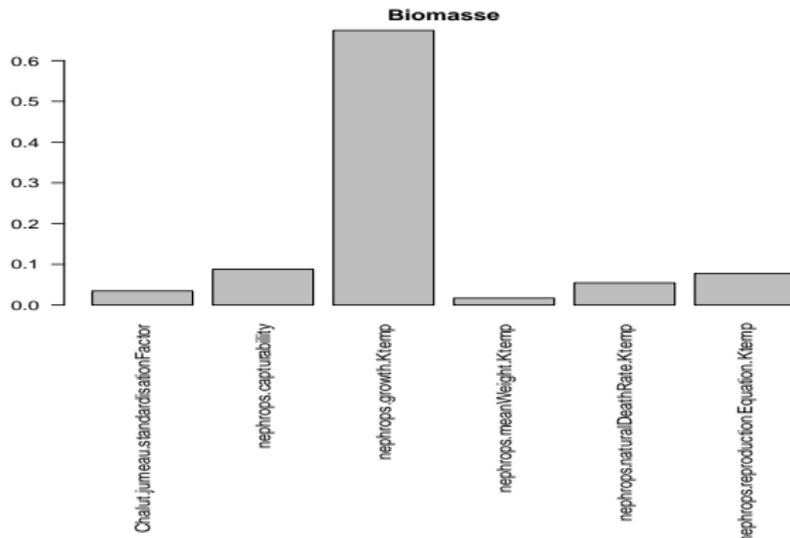
## Paramètres sensibles

- 152 paramètres.
- AS : LHS - AOV
- réponses : biomasse et captures
- 6 paramètres sensibles dont 1 non-estimé : la capturabilité



# Paramètres sensibles

- 152 paramètres
- AS : LHS - AOV
- réponses : biomasse et captures
- 6 paramètres sensibles dont 1 non-estimé : la capturabilité



## Paramètres : la capturabilité

- Mortalité par pêche en fonction du temps de pêche

$$F(t, g, s) = q(g, s) * E$$

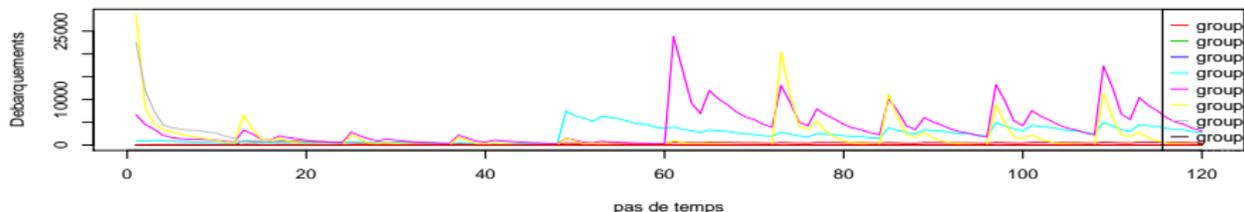
- Captures en fonction de l'abondance, de la mortalité naturelle et par pêche

$$C(t, g, s) = N(t, g, s) * \frac{F(t, g, s)}{(M(g) + F(t, g, s))} * (1 - e^{-(M(g) + F(t, g, s))})$$

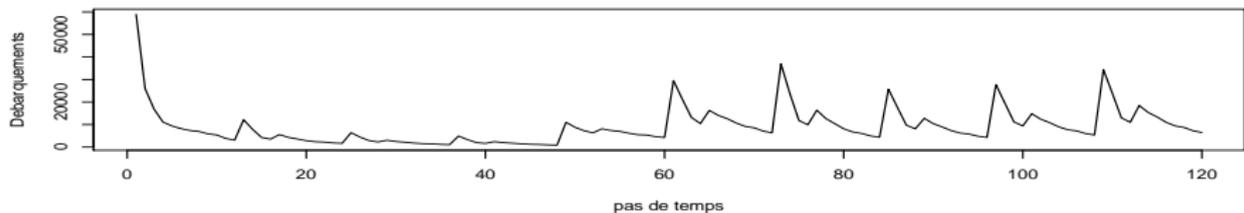
- $q$  dépend de la saison  $s$  (3 saisons) et/ou de l'âge  $g$  (10 groupes)
- paramètres non observables
- identifier des observations et une fonction d'objectif pour calibrer  $q$

# Observations simulées

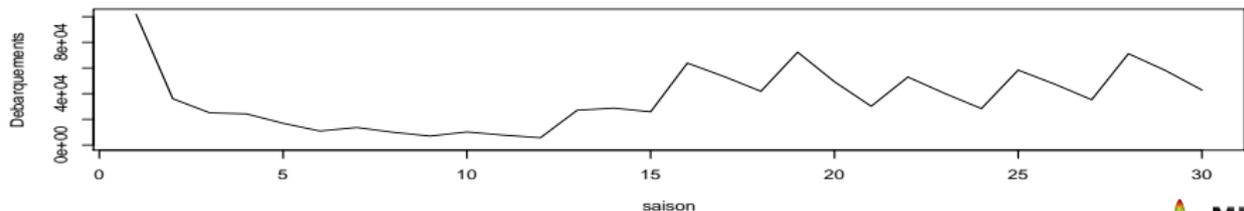
## Séries temporelles des débarquements par groupe d'âge



## Série temporelle des débarquements totaux



## Série temporelle des débarquements totaux – saison



# Fonctions d'objectif

	échelle d'agrégation		
	mois	saison	groupe
SCE			
SCE Normalisée /mois			
SCE Normalisée /année			
Profiles			

# Fonctions d'objectifs

	échelle d'agrégation	
	mois	groupe
SCE	$\sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} (D_{y,t,.}^{obs} - D_{y,t,.}^{sim})^2$	$\sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} \sum_{g=1}^G (D_{y,t,g}^{obs} - D_{y,t,g}^{sim})^2$
SCE Normalisée /année	$\sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} \frac{(D_{y,t,.}^{obs} - D_{y,t,.}^{sim})^2}{(\sum_{i=1}^{12} D_{y,i,.}^{obs})^2}$	$\sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} \sum_{g=1}^G \frac{(D_{y,t,g}^{obs} - D_{y,t,g}^{sim})^2}{\sum_{i=1}^{12} (D_{y,i,g}^{obs})^2}$
Profiles	$\sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} \left( \frac{D_{y,t,.}^{obs}}{\sum_{i=1}^{12} D_{y,i,.}^{obs}} - \frac{D_{y,t,.}^{sim}}{\sum_{i=1}^{12} D_{y,i,.}^{sim}} \right)^2$	$\sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} \sum_{g=1}^G \left( \frac{D_{y,t,g}^{obs}}{\sum_{i=1}^{12} D_{y,i,g}^{obs}} - \frac{D_{y,t,g}^{sim}}{\sum_{i=1}^{12} D_{y,i,g}^{sim}} \right)^2$

## Plan d'expériences réduit et LHS (2000 simulations)

SCE	10 ans			1 an
	mois	saison	groupe	
3 param				
10 param				

normalisée	10 ans			1 an
	mois	saison	groupe	
3 param				
10 param				

profil	10 ans			1 an
	mois	saison	groupe	
3 param				
10 param				

# Plan

- 1 Introduction
- 2 Pêcherie langoustine du golfe de Gascogne
- 3 Recuit simulé**
- 4 Résultats
- 5 conclusions-Perspectives

# Recuit simulé : pseudo-code pour $p$ paramètres

Basé sur le processus de refroidissement d'un métal...

Paramètres à fixer :

- valeurs initiales
- $T_0$
- refroidissement
- $\Delta$

# Recuit simulé : pseudo-code pour $p$ paramètres

Basé sur le processus de refroidissement d'un métal...

## Paramètres à fixer :

- valeurs initiales : random
- $T_0$  :  $T_0 = 10 * |f_1 - f_0|$
- refroidissement : géométrique  $\alpha = 0.99$
- $\Delta$  : évolutif

# Recuit simulé : pseudo-code pour $p$ paramètres

$i = 0$  : Initialisation

- $x^0 = (x_1^0, \dots, x_p^0)$  (parent)
- $\Delta^0 = (\Delta_1^0, \dots, \Delta_p^0)$  (voisinage)
- $\alpha$  (température).

## Recuit simulé : pseudo-code pour $p$ paramètres

$i = n$  : étape  $n$  ( $n \leq 2000$ )

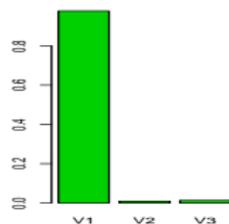
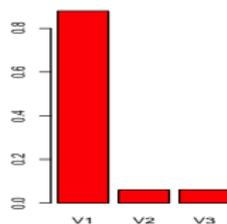
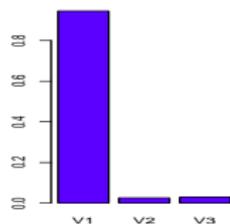
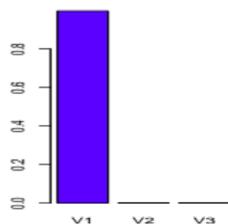
- Simulation ISIS-Fish( $x^n$ )
- Calcul de la fonction d'objectif  $f_n$
- Si  $n = 1$ , Calcul de la température initiale :  $T_1 = 10 * |f_1 - f_0|$
- Si  $n \geq 1$ , Calcul du seuil d'acceptation  $\rho = \exp(\frac{f_{parent} - f_n}{T_n})$ 
  - ▶ Si  $\rho \geq 1$ , alors  $x^n$  devient parent
  - ▶ Si  $\rho < 1$ , alors  $x^n$  devient parent avec une probabilité  $u \sim U[0; 1]$ .
- Si  $n > 50$ , pour chaque paramètre  $p \in \{1; \dots; P\}$ , si les variations de  $x_p^n$  sur les 50 dernières itérations sont  $\leq 6\Delta_p^n$ , alors  $\Delta_p^{n+1} = \Delta_p^n/2$ , sinon  $\Delta_p^{n+1} = \Delta_p^n$
- Vérification du critère d'arrêt de l'algorithme
- Création du nouvel état  $x_p^{n+1} = x_p^{parent} + \Delta_p^{n+1} * k$ ,  $k \sim U[0; 1]$
- Baisse de la température :  $T^{n+1} = \alpha T^n$
- $i \leftarrow i + 1$

# Plan

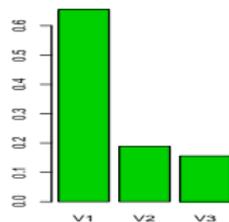
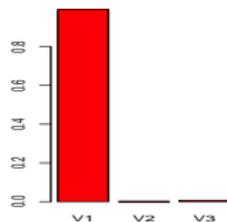
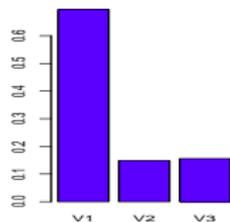
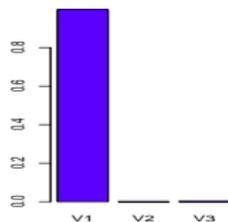
- 1 Introduction
- 2 Pêcherie langoustine du golfe de Gascogne
- 3 Recuit simulé
- 4 Résultats**
- 5 conclusions-Perspectives

# Résultats : AS - 3 paramètres (saison)

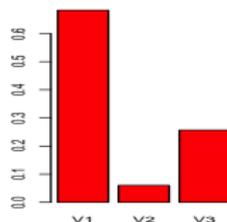
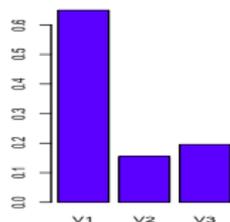
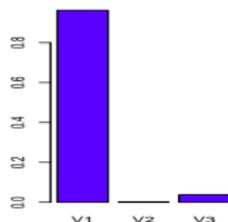
FO type SCE par mois sur 1 FO type SCE par mois sur 10 FO type SCE par saison sur 10 FO type SCE par groupes sur 1



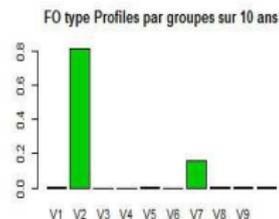
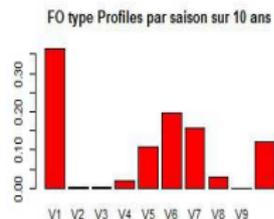
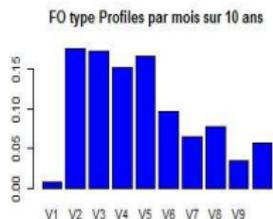
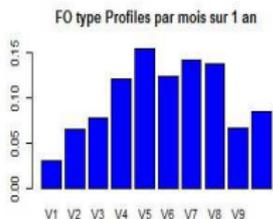
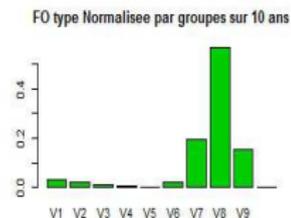
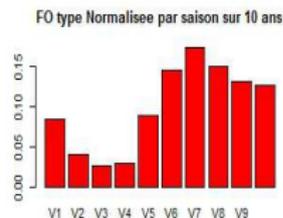
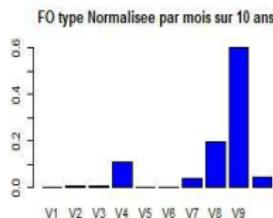
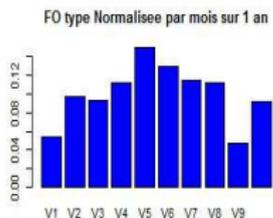
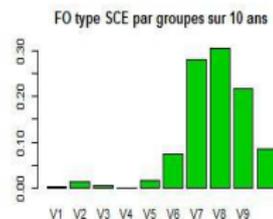
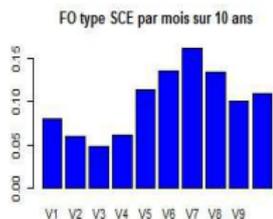
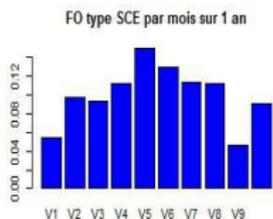
type Normalisee par mois stype Normalisee par mois surtype Normalisee par saison supe Normalisee par groupes si



FO type Profiles par mois sur O type Profiles par mois sur 1) type Profiles par saison sur type Profiles par groupes sur



# Résultats : AS - 10 paramètres (groupe)



# Convergence récuit

a convergé et n'a pas convergé

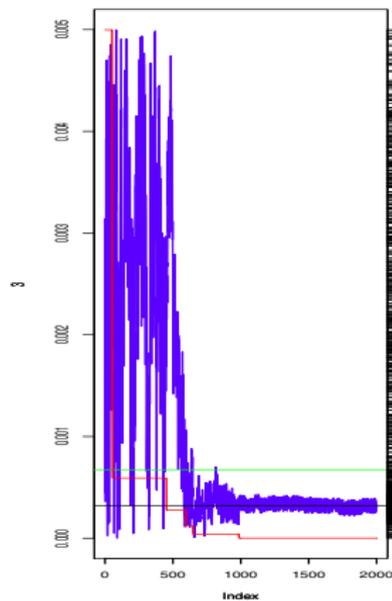
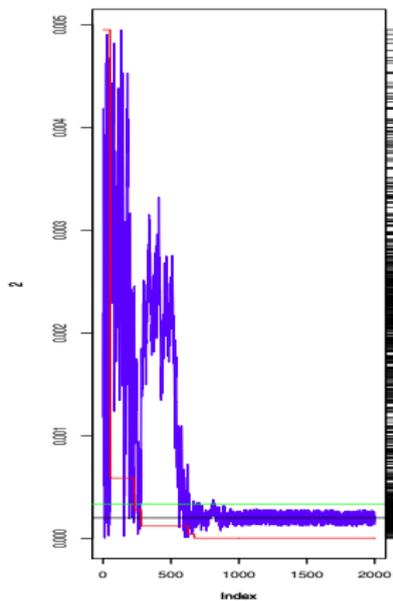
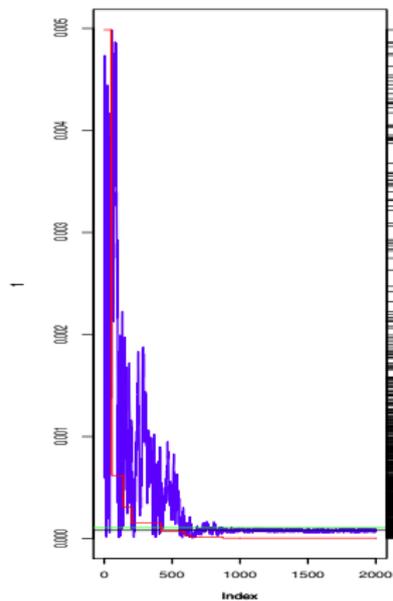
SCE	10 ans			1 an
	mois	saison	groupe	
3 param	60 70	6 70	4 70	3 70
10 param	$5 \cdot 10^4$ $510^4$	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$

normalisée	10 ans			1 an
	mois	saison	groupe	
3 param	8 93	6 70	93	2 70
10 param	$9 \cdot 10^3$ $5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$10^4$ $2 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^4$ $2 \cdot 10^4$

profil	10 ans			1 an
	mois	saison	groupe	
3 param	20 108	5 260	24 108	2 70
10 param	$2 \cdot 10^5$ $8 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	$10^5$ $8 \cdot 10^4$

Convergence vers les valeurs vraies de  $q - 3$  param (saison),

$$1 \text{ an et FO normalisée} = \sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} \frac{(D_{y,t,.}^{obs} - D_{y,t,.}^{sim})^2}{(\sum_{i=1}^{12} D_{y,i,.}^{obs})^2}$$

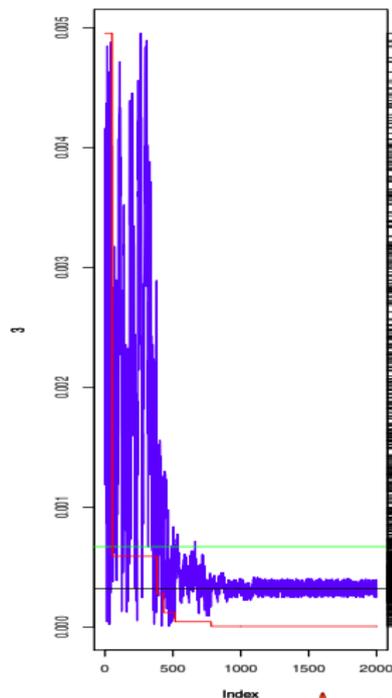
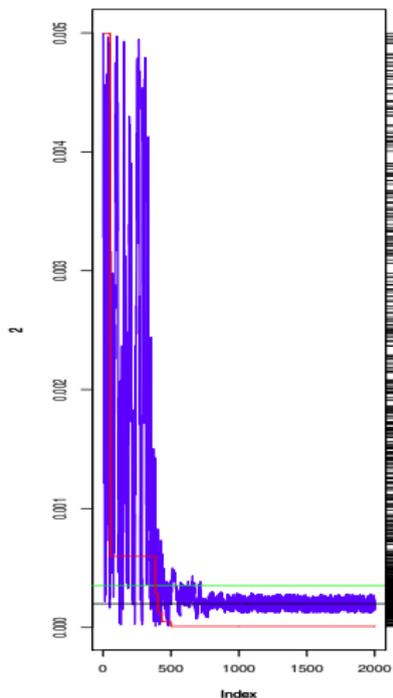
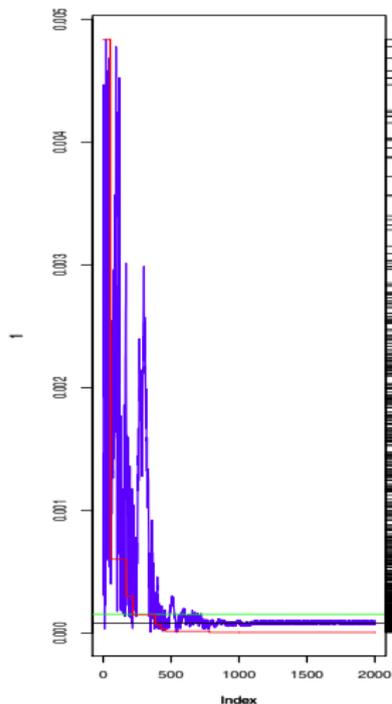


évolution de  $\Delta$  et valeur trouvée avec LHS



Convergence vers les valeurs vraies de  $q$  - 3 param (saison),

$$10 \text{ ans et FO normalisée} = \sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} \frac{(D_{y,t..}^{obs} - D_{y,t..}^{sim})^2}{(\sum_{i=1}^{12} D_{y,i..}^{obs})^2}$$



# Plan

- 1 Introduction
- 2 Pêcherie langoustine du golfe de Gascogne
- 3 Recuit simulé
- 4 Résultats
- 5 conclusions-Perspectives

# Conclusions

- Limites et difficultés
  - ▶ Choix de la paramétrisation du recuit
  - ▶ Echec du recuit à 10 paramètres - 2000 simulations trop peu ?
  - ▶ Précision LHS moins bonne que le recuit quand il converge
- Perspectives : continuer l'exploration
  - ▶ Algo génétique, ABC
  - ▶ estimation jointe par vraisemblance des paramètres
  - ▶ approche par méta-modélisation orientée optimisation