

Calibration d'ISIS-Fish avec le recuit simulé : choix des métaparamètres et performances

Audric Vigier

Séminaire optimisation Mexico

4 novembre 2014

Introduction

La pêcherie

Le recuit simulé

Résultats

Discussion-perspectives

Introduction

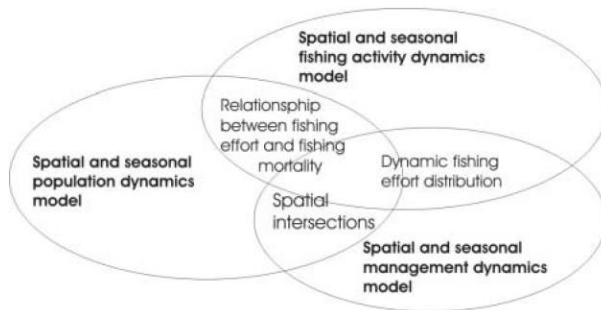
La pêche

Le recuit simulé

Résultats

Discussion-perspectives

ISIS-Fish



Mahévas, *et al.* (2004)

- ▶ Un modèle déterministe ; interactions spatiales et temporelles
- ▶ Comprendre le fonctionnement d'une pêcherie ; évaluer les mesures de gestion des pêches
- ▶ Un modèle complexe : nombreux paramètres

Calibration

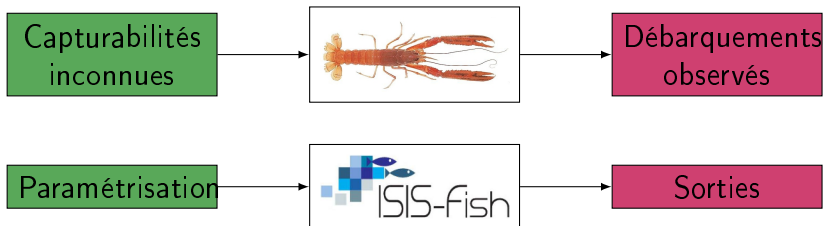


Mais, certains **paramètres** sont inconnus

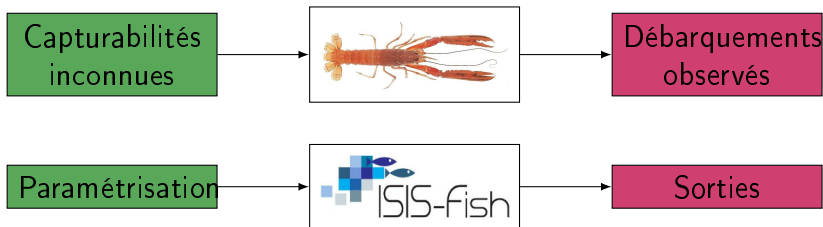
Nécessité de caler le **modèle** sur des **observations** : calibration

Étape perçue comme un problème d'optimisation

Calibration

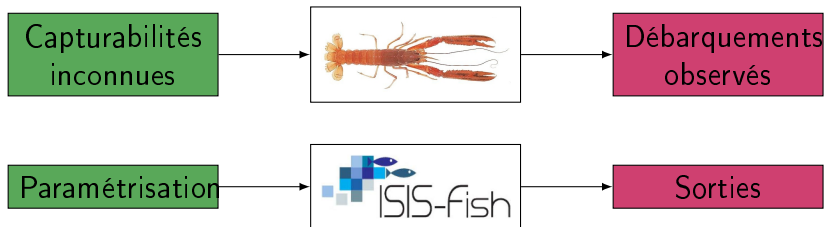


Calibration



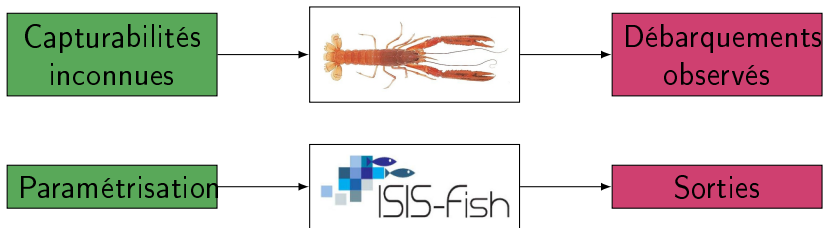
- ▶ Espace des paramètres \mathbb{R}^P pour P paramètres

Calibration



- ▶ Espace des paramètres \mathbb{R}^P pour P paramètres
- ▶ **Fonction d'objectif** $f : \mathbb{R}^P \rightarrow \mathbb{R}$: les **sorties** reproduisent bien les **débarquements observés** ?

Calibration



- ▶ Espace des paramètres \mathbb{R}^P pour P paramètres
- ▶ Fonction d'objectif $f : \mathbb{R}^P \rightarrow \mathbb{R}$: les sorties reproduisent bien les débarquements observés ?

But : trouver des paramétrisations telles que la valeur de fonction d'objectif soit la plus petite possible

Un problème de modélisation et d'optimisation

- ▶ Bien poser le problème : sur quelles hypothèses est basé mon problème ? Qu'est-ce que je cherche à reproduire ?
- ▶ Quels sont les outils d'optimisation pour résoudre le problème ? Comment bien s'en servir ?

Un problème de modélisation et d'optimisation

- ▶ Bien poser le problème : sur quelles hypothèses est basé mon problème ? Qu'est-ce que je cherche à reproduire ?
- ▶ Quels sont les outils d'optimisation pour résoudre le problème ? Comment bien s'en servir ?

Recuit simulé : méthode d'optimisation explorant l'espace des **paramètres**. Sa convergence est garantie sous des conditions non applicables, mais elle a été souvent observée pour de nombreux autres problèmes d'optimisation.

Objectifs

- ▶ Évaluer les performances du recuit simulé sur une pêche école
- ▶ Le recuit simulé admet plusieurs paramètres (métaparamètres) : sensibilité de ses performances à ses paramètres ?
- ▶ Exploration conjointe des métaparamètres et du problème de modélisation

Introduction

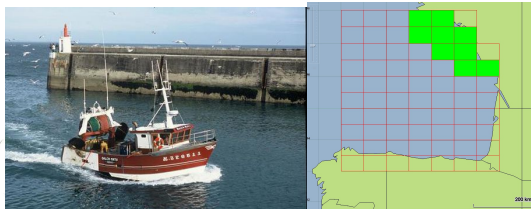
La pêche

Le recuit simulé

Résultats

Discussion-perspectives

La pêche langoustinière Golfe de Gascogne



10 groupes d'âge, de 0 à 9+ ans, 3 saisons, sur 1 / 10 année(s)

La pêche langoustinière Golfe de Gascogne

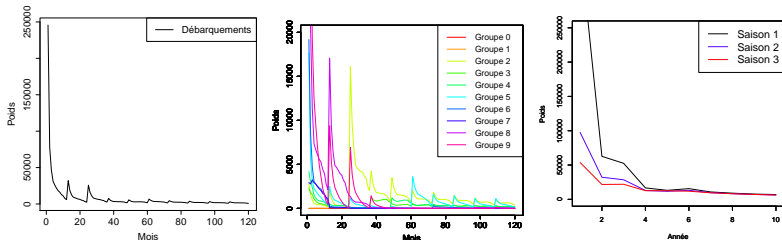


Figure: Séries temporelles de débarquements globale (gauche), par groupes (milieu) et par saisons (droite) sur 10 ans

Patterns par saisons et par groupes

La pêche langoustinière Golfe de Gascogne

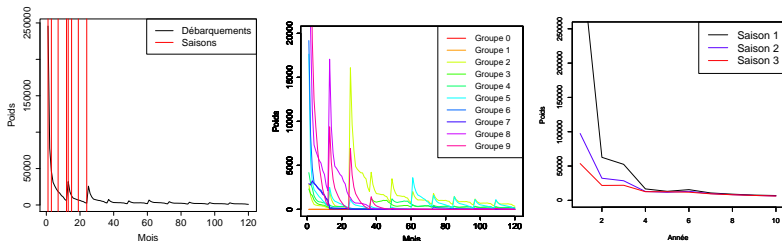


Figure: Séries temporelles de débarquements globale (gauche), par groupes (milieu) et par saisons (droite) sur 10 ans

Patterns par saisons et par groupes

La pêche langoustinière Golfe de Gascogne

30 **paramètres de capturabilité** inconnus à retrouver (10 groupes d'âge x 3 saisons)

On ne peut pas en chercher autant

La pêche langoustinière Golfe de Gascogne

30 **paramètres de capturabilité** inconnus à retrouver (10 groupes d'âge x 3 saisons)

On ne peut pas en chercher autant

S'intéresser au pattern saisonnier ou au pattern inter-groupes

La pêche langoustinière Golfe de Gascogne

30 **paramètres de capturabilité** inconnus à retrouver (10 groupes d'âge x 3 saisons)

On ne peut pas en chercher autant

S'intéresser au pattern saisonnier ou au pattern inter-groupes

Hypothèses :

- ▶ La variabilité saisonnière est plus forte que la variabilité inter-groupes : 3 **capturabilités** égales pour tous les groupes
- ▶ La variabilité inter-groupes est plus forte que la variabilité saisonnière : 10 **capturabilités** égales pour toutes les saisons

Variables recherchées et observées

Variables inconnues = capturabilité $q(g)$ du groupe g

Mortalité par pêche : $F(g) = q(g) * Std * E$

Captures :

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

Observations = captures débarquées au port

Fonction d'objectif

Pour 12 mois :

$$FO = \sum_{t=1}^{12} (D_{t,..}^{obs} - D_{t,..}^{sim})^2$$

SCE entre les débarquements observés et simulés pour chaque mois, tous groupes confondus

Fonction d'objectif

Pour 12 mois :

$$FO = \sum_{t=1}^{12} (D_{t,..}^{obs} - D_{t,..}^{sim})^2$$

SCE entre les débarquements observés et simulés pour chaque mois, tous groupes confondus

On ne prend pas en compte les variations inter-groupes ici.

Introduction

La pêche

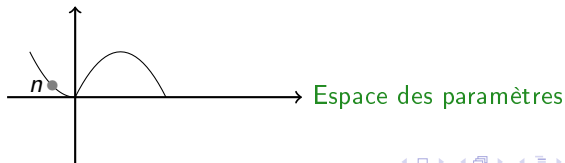
Le recuit simulé

Résultats

Discussion-perspectives

Choix au hasard d'une solution initiale x

Fonction d'objectif



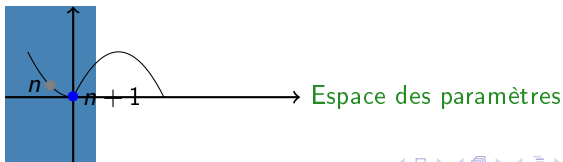
Choix au hasard d'une solution initiale x

Initialisation de la température T

Tant que le critère d'arrêt n'est pas atteint

Sélectionner au hasard une solution x' dans le voisinage $N(x)$ de x

Fonction d'objectif



Choix au hasard d'une solution initiale x

Initialisation de la température T

Tant que le critère d'arrêt n'est pas atteint

Sélectionner au hasard une solution x' dans le voisinage $N(x)$ de x

Si $f(x') \leq f(x)$, avec f la fonction d'objectif

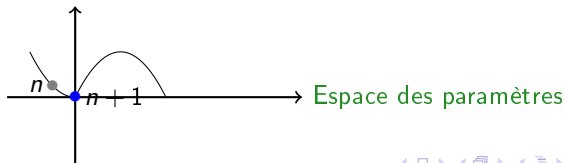
$$x \leftarrow x'$$

Sinon

$$x \leftarrow x' \text{ avec une "probabilité" } \rho = \frac{\exp(-f(x') + f(x))}{T}$$

Metropolis

Fonction d'objectif



Choix au hasard d'une solution initiale x

Initialisation de la température T

Tant que le critère d'arrêt n'est pas atteint

Sélectionner au hasard une solution x' dans le voisinage $N(x)$ de x

Si $f(x') \leq f(x)$, avec f la fonction d'objectif

$$x \leftarrow x'$$

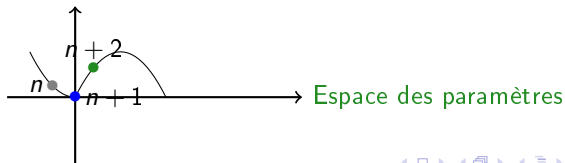
Sinon

$$x \leftarrow x' \text{ avec une "probabilité" } \rho = \frac{\exp(-f(x') + f(x))}{T}$$

Metropolis

Diminuer T

Fonction d'objectif



Choix au hasard d'une solution initiale x

Initialisation de la température T

Tant que le critère d'arrêt n'est pas atteint

Sélectionner au hasard une solution x' dans le voisinage $N(x)$ de x

Si $f(x') \leq f(x)$, avec f la fonction d'objectif

$$x \leftarrow x'$$

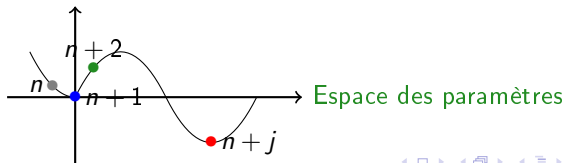
Sinon

$$x \leftarrow x' \text{ avec une "probabilité" } \rho = \frac{\exp(-f(x') + f(x))}{T}$$

Diminuer T

Renvoyer la meilleure solution explorée

Fonction d'objectif



Choix au hasard d'une solution initiale x

Initialisation de la température T

Tant que le **critère d'arrêt** n'est pas atteint

Sélectionner au hasard une solution x' dans le **voisinage** $N(x)$ de x

Si $f(x') \leq f(x)$, avec f la **fonction d'objectif**

$$x \leftarrow x'$$

Sinon

$$x \leftarrow x' \text{ avec une "probabilité" } \rho = \frac{\exp(-f(x') + f(x))}{T}$$

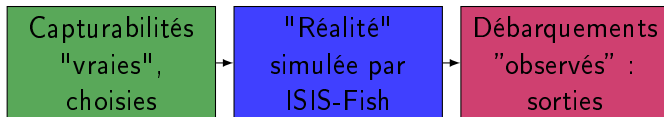
Diminuer T

Renvoyer la meilleure solution explorée

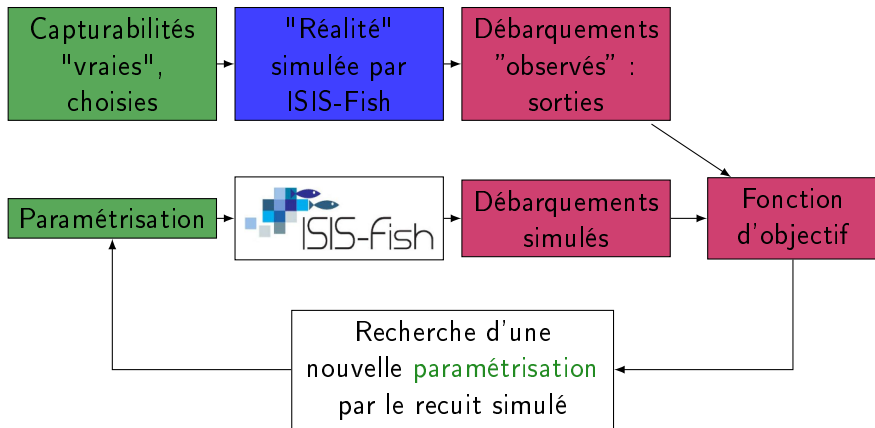
4 **métaparamètres** à fixer :

- ▶ Température initiale
- ▶ Plan de refroidissement
- ▶ Voisinage
- ▶ Fonction d'objectif

Évaluation par simulation-estimation



Évaluation par simulation-estimation

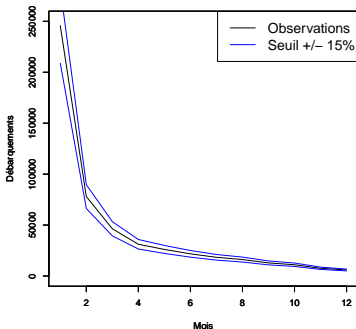


Évaluation par simulation-estimation

- ▶ Mieux connaître les performances du recuit simulé avant de passer à la calibration

Critères

- Bien reproduire le système étudié = **fonction d'objectif** proche de 0



Critères

- ▶ Bien reproduire le système étudié = **fonction d'objectif** proche de 0
- ▶ Vitesse
- ▶ **Erreur** = $\frac{\sum_{i=1}^P \frac{|q_i - \hat{q}_i|}{q_i}}{P}$. Erreur jugée "faible" si $< 0,1$

Évaluation par simulation-estimation

- ▶ Mieux connaître les performances du recuit simulé avant de passer à la calibration
- ▶ Mais il faut être sûr que les performances ne varient pas entre "réalités"
- ▶ Tester la sensibilité des performances au **voisinage** et à la **fonction d'objectif**

Les pêcheries

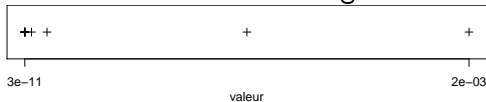
Plusieurs "réalités" = essais avec différentes **capturabilités**.

Les pêcheries

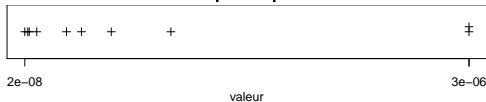
Plusieurs "réalités" = essais avec différentes **capturabilités**.

3 cas :

- ▶ les valeurs sont très hétérogènes



- ▶ les valeurs ont à peu près le même ordre de grandeur



- ▶ les valeurs ont le même ordre de grandeur



Plan d'expérience : le voisinage et les réalités

On s'intéresse à la sensibilité des performances :

- ▶ au ratio **voisinage à l'itération 0** / (**paramètre recherché max**) $\frac{\Delta^0}{q_{max}}$
- ▶ à la **paramétrisation inconnue (réalité)**

Intuition : on **pense** que la convergence n'est possible que si

$$\frac{\Delta^0}{q_{max}} > 1$$

Plan d'expérience : le voisinage et les réalités

On s'intéresse à la sensibilité des performances :

- ▶ au ratio **voisinage à l'itération 0** / (**paramètre recherché max**) $\frac{\Delta^0}{q_{max}}$
- ▶ à la **paramétrisation inconnue (réalité)**

$\frac{\Delta^0}{q_{max}}$ Réalité	10^4	10	10^{-2}	10^{-5}	Y=1
Contraste 1 (10^{-3} à 10^{-8})					
Contraste 2 (10^{-3} à 10^{-11})					
Homogène 1 (10^{-3} à 10^{-5})					
Homogène 2 (10^{-6} à 10^{-8})					
Homogène 3 (10^{-3})					
Homogène 4 (10^{-6})					

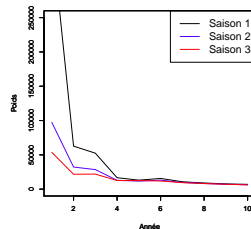
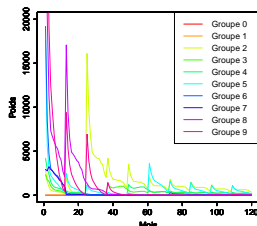
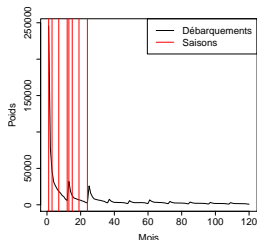
Plan d'expérience : la fonction objectif

$\frac{\Delta^0}{q_{max}}$ Réalité		10			
Contraste 1 (10^{-3} à 10^{-8})					
...					

Pour $Y = 10$ années

Plan d'expérience : la fonction objectif

Données \ Type	SCE	SCE sta
Par mois	$\sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} (D_{y,t,.}^{obs} - D_{y,t,.}^{sim})^2$	
Par saisons	$\sum_{y=1}^Y \sum_{s \in \mathcal{S}} (\sum_{t \in \mathcal{S}} (D_{y,t,.}^{obs}) - \sum_{t \in \mathcal{S}} (D_{y,t,.}^{sim}))^2$	
Par groupes	$\sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} \sum_{g=1}^G (D_{y,t,g}^{obs} - D_{y,t,g}^{sim})^2$	

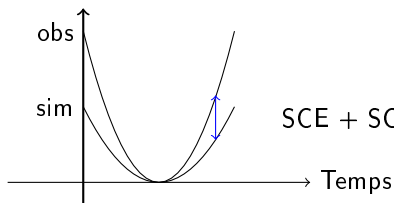


Plan d'expérience : la fonction objectif

Données Type	Par mois	Par saisons
SCE	$\sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} (D_{y,t,.}^{obs} - D_{y,t,.}^{sim})^2$	
SCE standardisée	$\sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} \frac{(D_{y,t,.}^{obs} - D_{y,t,.}^{sim})^2}{(\sum_{i=1}^{12} D_{y,i,.}^{obs})^2}$	
Profil	$\sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} \left(\frac{D_{y,t,.}^{obs}}{\sum_{i=1}^{12} D_{y,i,.}^{obs}} - \frac{D_{y,t,.}^{sim}}{\sum_{i=1}^{12} D_{y,i,.}^{sim}} \right)^2$	

Tableau transposé

Débarquements



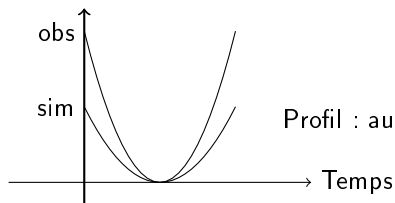
SCE + SCE standardisée : courbes différentes

Plan d'expérience : la fonction objectif

Données Type	Par mois	Par saisons
SCE	$\sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} (D_{y,t,.}^{obs} - D_{y,t,.}^{sim})^2$	
SCE standardisée	$\sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} \frac{(D_{y,t,.}^{obs} - D_{y,t,.}^{sim})^2}{(\sum_{i=1}^{12} D_{y,i,.}^{obs})^2}$	
Profil	$\sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^{12} \left(\frac{D_{y,t,.}^{obs}}{\sum_{i=1}^{12} D_{y,i,.}^{obs}} - \frac{D_{y,t,.}^{sim}}{\sum_{i=1}^{12} D_{y,i,.}^{sim}} \right)^2$	

Tableau transposé

Débarquements



Profil : aucune différence visible

Introduction

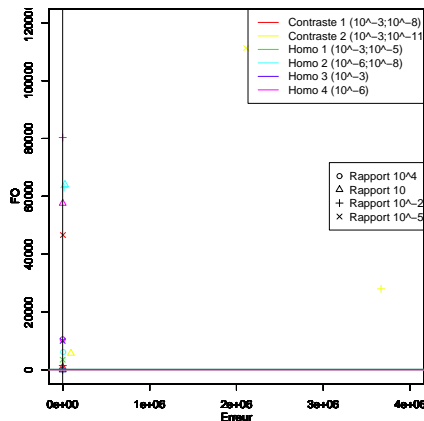
La pêcherie

Le recuit simulé

Résultats

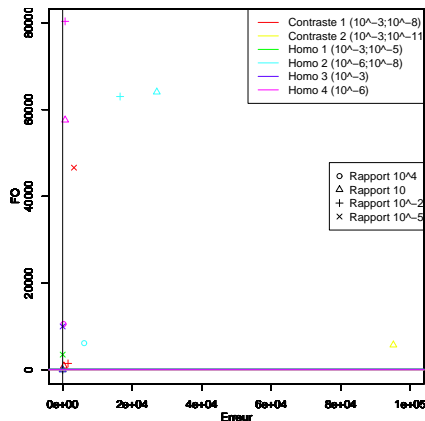
Discussion-perspectives

Voisinage et réalité



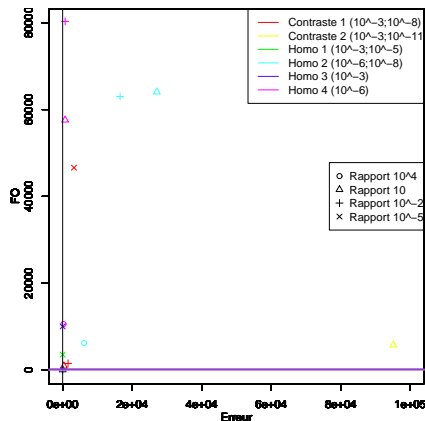
Contraste 1 et 2 : plus il y a de contraste dans la **réalité**, moins les performances semblent être bonnes ?

Voisinage et réalité



Contraste 1 et 2 : plus il y a de contraste dans la **réalité**, moins les performances semblent être bonnes ?

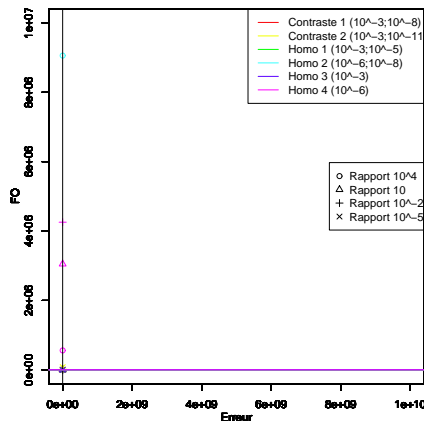
Voisinage et réalité



Contraste 1 et 2 : plus il y a de contraste dans la **réalité**, moins les performances semblent être bonnes ?

La présence de petites valeurs dans la **réalité** semble être liée à de mauvaises performances, plus que l'hétérogénéité.

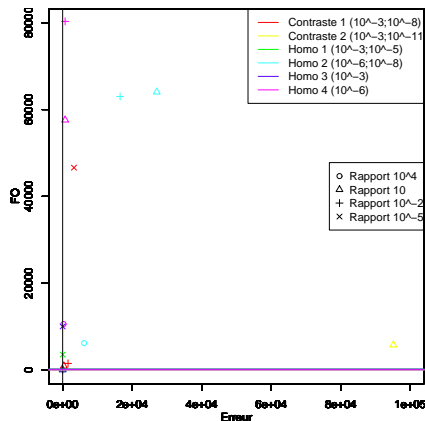
Voisinage et réalité



Ici, FO relative, pour comparer les FO entre réalités. Homo 2 et 4 ont une FO relative plus élevée que contraste 1 et 2.

La présence de petites valeurs dans la réalité semble être liée à de mauvaises performances, plus que l'hétérogénéité.

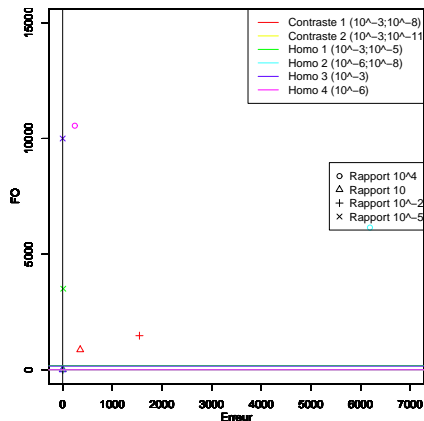
Voisinage et réalité



Effet point initial : homo 2 et 4 ont de mauvaises performances : erreur et FO élevés. Problème avec les valeurs recherchées ?

On remarque que plus le rapport $\frac{\Delta^0}{q_{max}}$ est élevé, meilleures sont les performances : effets confondus Δ^0 et point initial ?

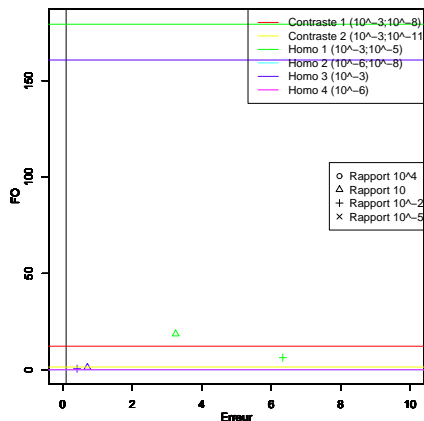
Voisinage et réalité



Points homo 2 et 4 : pas de corrélation entre **erreur** et **FO**, comme pour beaucoup d'autres cas. À cause d'un effet point initial ?



Voisinage et réalité



Réalités homo 1 et 3 : de meilleures performances que pour les autres réalités.

Erreurs plus faibles et FO

en-dessous du seuil définissant le proche de 0. Il n'y a pas de "petite" valeur dans ces réalités. Effet ordre de grandeur de la réalité?

Sensibilité des performances :

- ▶ À la **réalité** (couleurs). Meilleures performances avec de grands ordres de grandeur (10^{-3}), des valeurs homogènes, conditionnellement au Δ^0 et au point initial.
- ▶ Au ratio $\frac{\Delta^0}{q_{max}}$ (formes) : de meilleures performances avec les rapports 1 et 10^{-2} . Cependant, 10^4 non représenté pour les réalités les plus performantes. Plus le ratio est grand, mieux c'est ?

Les valeurs de **FO** ne sont pas comparables
quantitativement entre **réalités**

Pas de corrélation entre **fonction d'objectif** et **erreur**.

Effet point initial.

Et si on change la fonction d'objectif?

Erreurs sur la paramétrisation

Données \ Type	Par mois	Par saisons	Par groupes
SCE	559,334	340,614	504,579
SCE standardisée	89,566	252,873	107,890
Profil	1933,142	5699,214	466,210

On s'attend à avoir, en moyenne, une **erreur** plus faible avec les données par groupe

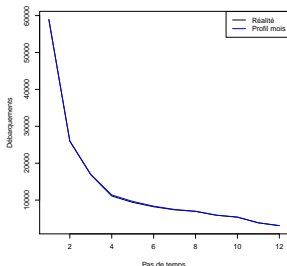
Avec une **fonction de type profil**, on semble avoir de moins bonnes performances

Et si on change la fonction d'objectif? Un cas un peu particulier

$\frac{\Delta^0}{q_{max}}$				
Réalité		10		
Contraste 1 (10^{-3} à 10^{-8})				
...				

Avec une fonction profil, $Y=1$ année

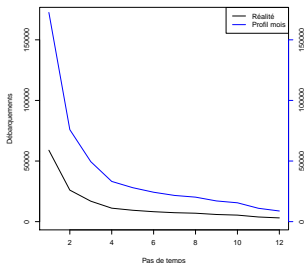
Et si on change la fonction d'objectif? Un cas un peu particulier



La distribution sur l'année est bien reproduite...

Figure: Séries temporelles de débarquements observés et simulés

Et si on change la fonction d'objectif? Un cas un peu particulier



... mais pas les ordres de grandeur

Figure: Séries temporelles de débarquements observés et simulés

Et si on change la **fonction d'objectif**? Un cas un peu particulier

Sensibilité des performances à l'écriture de la **fonction d'objectif**

Introduction

La pêche

Le recuit simulé

Résultats

Discussion-perspectives

Limites

- ▶ L'exploration des métaparamètres : on aurait aimé la pousser plus loin : autres voisinages, FO, métaparamètres à faire varier...
- ▶ Critères de convergence et exploration des métaparamètres : il y a encore de l'empirique...
- ▶ Point initial : toujours tiré au hasard au début du recuit simulé. Effet point initial confondu avec d'autres effets ?

Le recuit simulé, une bonne idée pour ISIS ?

- ▶ Sensibilité des performances du recuit simulé au **voisinage**, à la **réalité**, à la **fonction d'objectif**, et à d'autres métaparamètres.
- ▶ L'exploration prend beaucoup de temps, on ne peut pas tester toutes les configurations
- ▶ Souci d'identifiabilité
- ▶ Pas de corrélation entre **fonction d'objectif** et **erreur**. Or, dans l'idéal, la première doit être le reflet de la seconde...
- ▶ Néanmoins, de meilleures performances qu'un LHS

Le recuit simulé, une bonne idée pour ISIS?

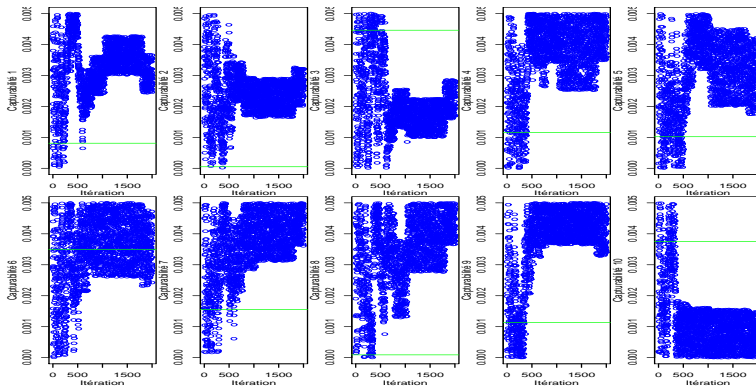
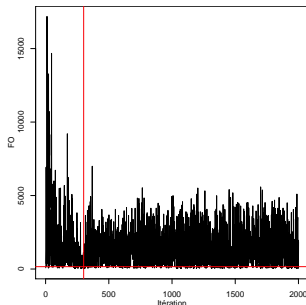


Figure: Variations des valeurs de paramètres au cours des itérations; réalité homogène 1, $\frac{\Delta^0}{q_{max}} = 10$

Le recuit simulé, une bonne idée pour ISIS?



FO la plus faible à l'itération 301. À ce moment, on explore de partout, pas de "bonne" zone identifiée. On se fixe dans la bonne région d'un paramètre, ce n'est pas le cas pour les autres. Problème d'identifiabilité?

Figure: Variations des valeurs de FO au cours des itérations ;
réalité homogène 1, $\frac{\Delta^0}{q_{max}} = 10$

Perspectives

- ▶ Vers d'autres métaheuristiques ? des couplages de métaheuristiques ? (algorithme génétique, ...)
- ▶ Vers de l'optimisation multi-critères ?

Merci de votre attention