

# Estimation géostatistique de l'abondance de langoustine du Golfe de Gascogne par campagne de video sous-marine

Mathieu Woillez, Spyros Fifas et Michèle Salaun

26 mars 2015



## Motivation

- La vidéo sous-marine permet de manière peu coûteuse de caractériser l'habitat de la langoustine (identification des terriers)
- Elle offre aussi une meilleure couverture spatiale d'échantillonnage

## Problématique

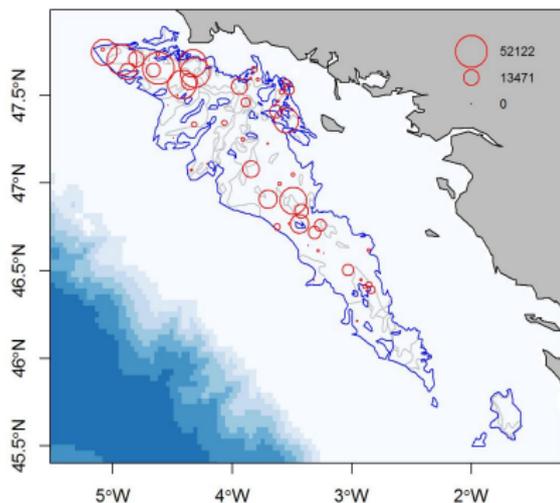
- Nécessité de combiner deux sources de données de nature différente et résultant d'un échantillonnage différent.
  - Données de chalutage
  - Données de vidéo

## Objectifs

- Evaluer l'apport de la vidéo dans l'estimation de l'abondance de la langoustine du Golfe de Gascogne
- Cartographier la ressource et son habitat

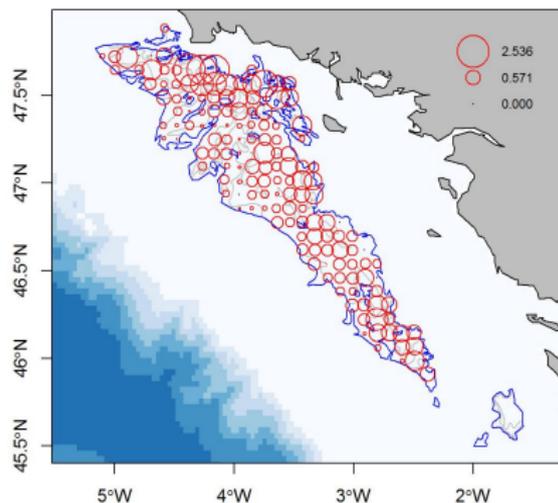
# La campagne LANGOLF-TV 2014

Langoustine (nb/km<sup>2</sup>) par chalutage



- 30 min de chalutage
- Paramètres biologiques (espèces, nombre, sexe, age)
- 55 stations (navires professionnels)
- Echantillonnage aléatoire stratifié

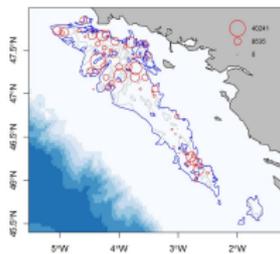
Terrier (nb/m<sup>2</sup>) par vidéo



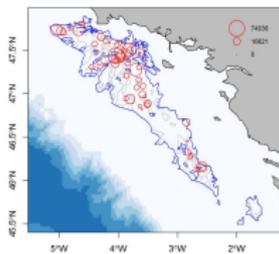
- 10 min de vidéo
- Moyenne de densités de plusieurs observateurs
- 160 stations (N/O Celtic voyager)
- Echantillonnage régulier

# + la série LANGOLF 2006-2014

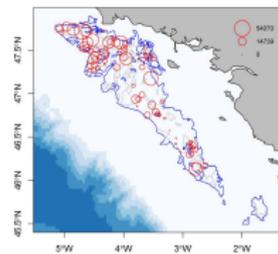
Données de chalutage 2006



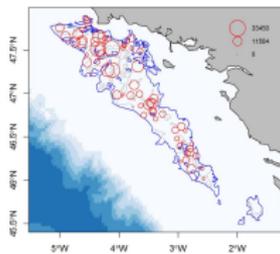
Données de chalutage 2007



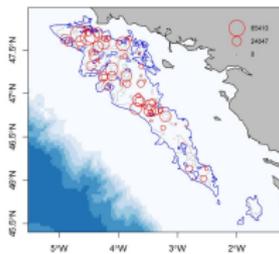
Données de chalutage 2008



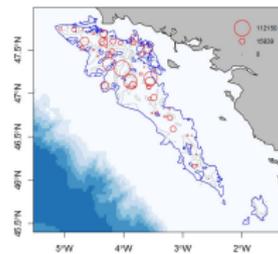
Données de chalutage 2009



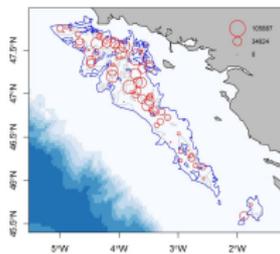
Données de chalutage 2010



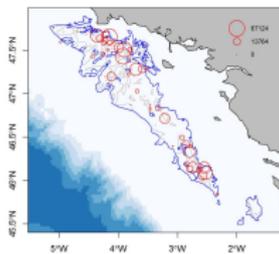
Données de chalutage 2011



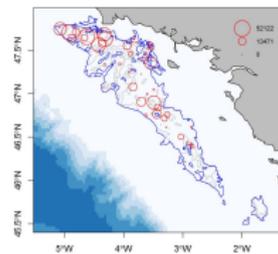
Données de chalutage 2012



Données de chalutage 2013



Données de chalutage 2014



# Méthodes pour évaluer l'incertitude venant de l'échantillonnage dans l'espace

Existence de structure spatiale dans les ressources marines et leur habitat, en particulier langoustines et terriers

- Autocorrélation dans les données de vidéo et de chalutage

La géostatistique fournit des outils adaptés :

- Le variogramme simple ou croisé permettent de caractériser la structure spatiale, et d'ajuster un modèle structural
- Le modèle structural permet l'estimation globale de la ressource et le calcul de la variance d'estimation associée
- Le krigeage permet de cartographier la ressource

Approches menées :

- Monovariée : densités de langoustine
- Multivariée : densités de langoustine + densités de terrier

## Variogramme simple

$$\gamma(h) = \frac{1}{2}E[Z(x+h) - Z(x)]^2$$

Variance d'estimation = variance de l'erreur d'estimation

$$\sigma_E^2 = E[Z(V) - Z(v)]^2 = 2\gamma(v, V) - \gamma(v, v) - \gamma(V, V)$$

## Krigeage ordinaire (à moyenne inconnue)

- combinaison linéaire autorisée des données :  $Z^*(x_0) = \sum_{\alpha} \lambda_{\alpha} Z(x_{\alpha}) + \lambda_0$
- avec une espérance nulle (non biais) :  $E(Z_0 - Z_0^*) = 0$
- avec une variance minimale (optimalité) :  $Var(Z_0 - Z_0^*)$  minimum

## Variogramme croisé

$$\gamma_{12}(h) = \frac{1}{2}E[(Z_1(x+h) - Z_1(x))(Z_2(x+h) - Z_2(x))]$$

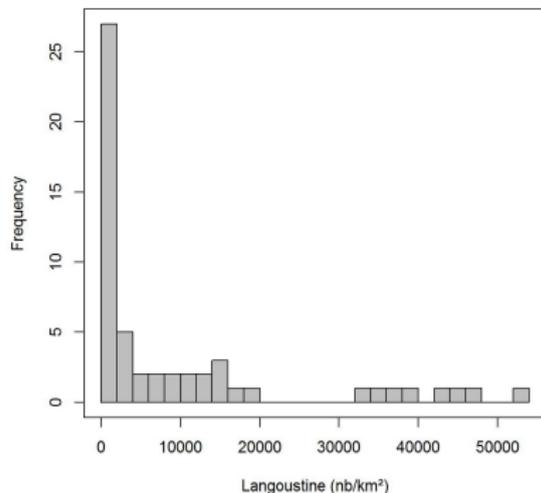
## Variance d'estimation multivariée

$$\begin{aligned}\sigma_E^2 &= E[Z_1(V) - Z_1(v) - Z_2(u)]^2 \\ &= 2\gamma(v, V) + 2\gamma(u, V) - 2\gamma(u, v) - \gamma(v, v) - \gamma(u, u) - \gamma(V, V)\end{aligned}$$

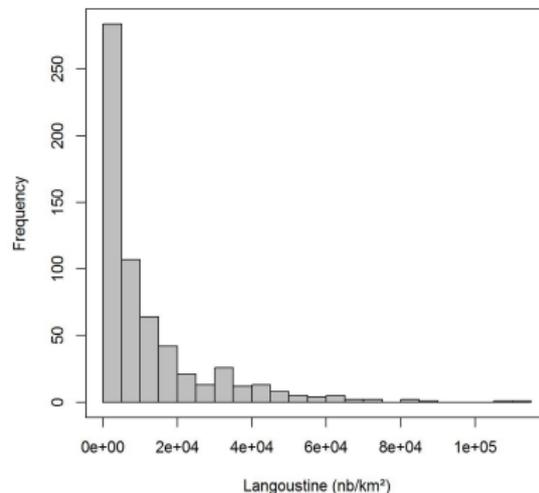
## Co-krigeage ordinaire (à moyennes inconnues)

- combinaison linéaire autorisée des données :  
$$Z_1^*(x_0) = \sum_{S_1} \lambda_{1\alpha} Z_1(x_\alpha) + \sum_{S_2} \lambda_{2\alpha} Z_2(x_\alpha) + \lambda_0$$
- même conditions de non-biais et d'optimalité

Histogramme 2014



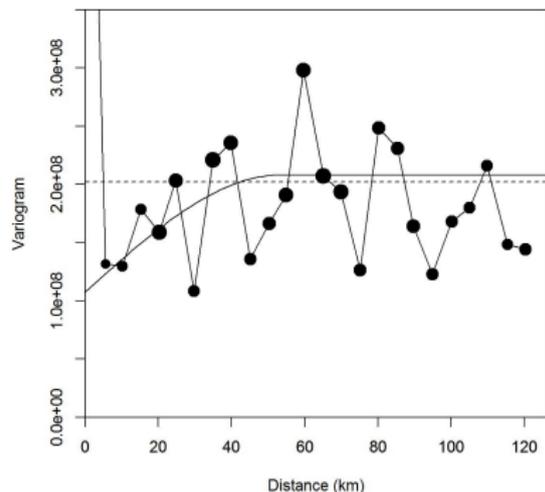
Histogramme 2006-2014



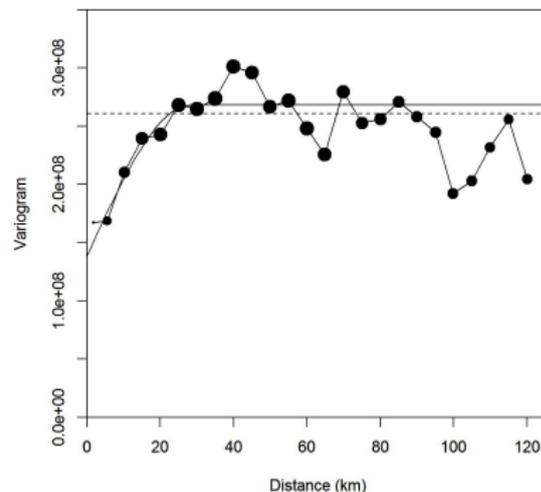
- La densité de langoustine est une variable dissymétrique
- meilleur représentation des classes de l'histogramme en groupant l'ensemble des années

# Variogrammes simples expérimentaux et modélisés

année 2014



moyen interannuel 2006-2014



- Variogramme bruité
  - petit nombre de données (55)
  - histogramme dissymétrique
- Pépité + Sphérique (portée 53 km)

- Variogramme bien structuré
  - grand nombre de données (613)
  - structure stable entre années
- Pépité + Sphérique (portée 28 km)

Modèle structural	année 2014	moyen interannuel
Estimation par krigeage	9,122 nb/km <sup>2</sup>	9,236 nb/km <sup>2</sup>
CV geostat	18.94 %	19.38 %
Surface	11,676 km <sup>2</sup>	11,676 km <sup>2</sup>
Abundance totale	106,508,472 d'ind.	107,839,536 d'ind.

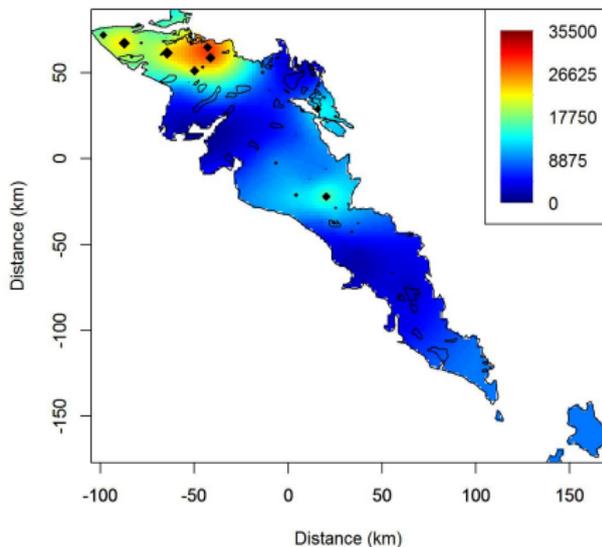
TABLE : Estimation de langoustine par chalutage

## Remarques

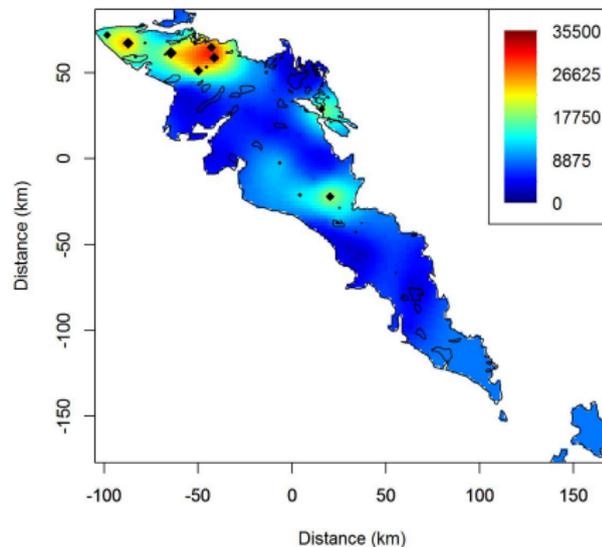
- Modèle moyen interannuel réajusté au niveau de variance de l'année 2014
- CV geostat plus faible avec le modèle année 2014, car modèle plus continu cependant moins plausible (variogramme bruité)

# Krigeage ordinaire

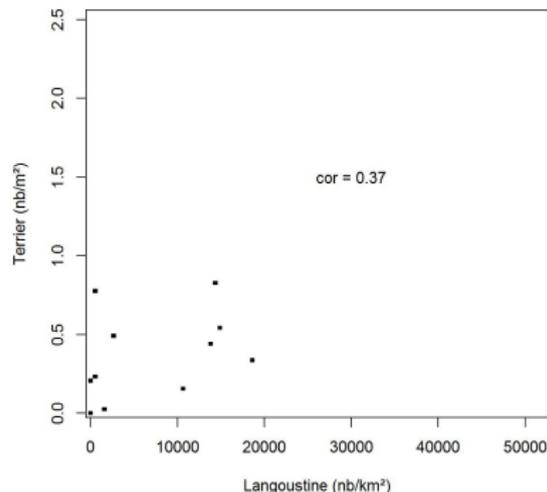
Langoustine 2014 avec modèle de l'année



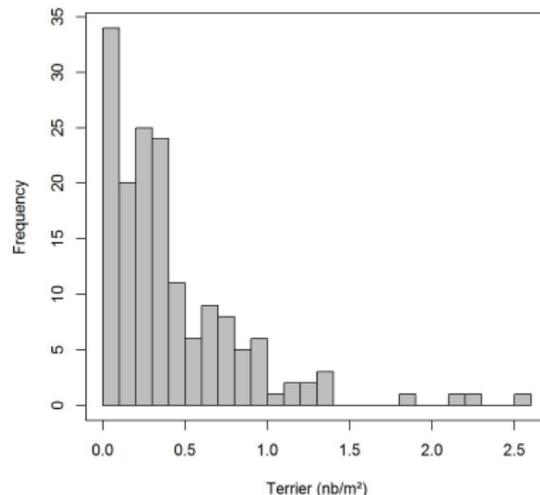
Langoustine 2014 avec modèle moyen interannuel



Correlation



Histogramme



- Variable terrier moins dissymétrique que langoustine
- Rapprochement des stations vidéo et chalutage (distance  $\leq 2$  km) pour évaluer la corrélation entre terrier et langoustine
- Corrélation faible

# Variogrammes simples et croisés expérimentaux et modélisés

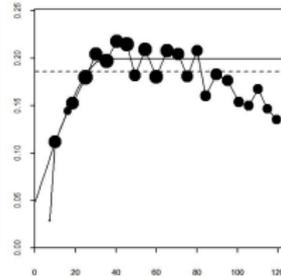
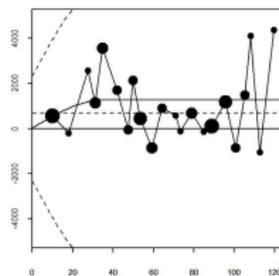
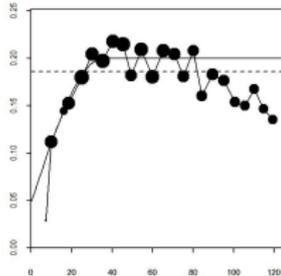
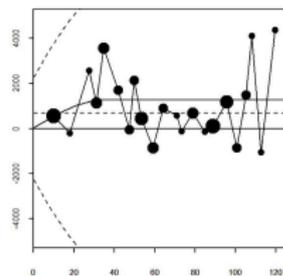
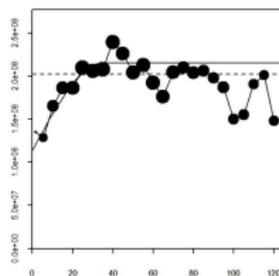
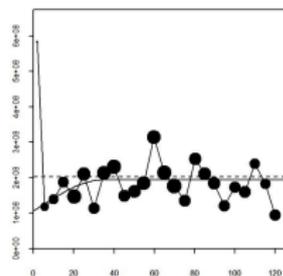


FIGURE : Ajustement sur chalut et vidéo de l'année 2014

FIGURE : Ajustement sur chalut des années 2006-2014 et vidéo 2014

# Estimation globale et variance d'estimation (1)

Modèle structural	année 2014	moyen interannuel
Estimation par krigeage	8,935 nb/km <sup>2</sup>	8,919 nb/km <sup>2</sup>
CV geostat	19.85 %	20.87 %
Surface	11,676 km <sup>2</sup>	11,676 km <sup>2</sup>
Abundance totale	104,325,060 d'ind.	104,138,244 d'ind.

TABLE : Estimation de langoustine par chalutage et vidéo

## Remarques

- La vidéo réduit l'estimation de 9,200 nb/km<sup>2</sup> à 8,900 nb/km<sup>2</sup>
- Les CVs sont du même ordre de grandeur  $\approx 19\%$  ou légèrement supérieur
  - modèles moins continus
  - meilleure détection de l'échelle des agrégations de la ressource (35 km) ?

# Estimation globale et variance d'estimation (2)

Modèle structural	année 2014
Estimation par krigeage	0.428 nb/m <sup>2</sup>
CV geostat	4.70 %
Surface	11,676 km <sup>2</sup>
Abundance totale	4,998,495,600 d'ind.

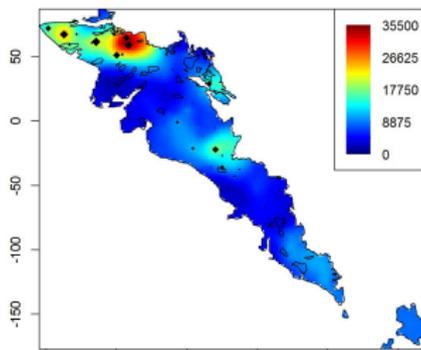
TABLE : Estimation de terrier par chalutage et vidéo

## Remarques

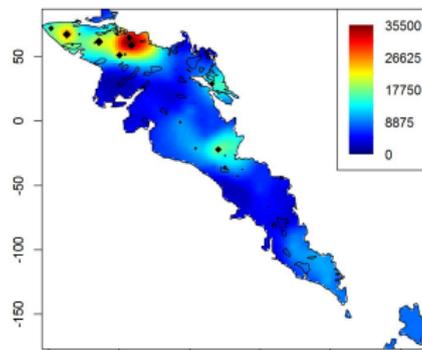
- Modèle très continu (faible effet de pépité)
- CV geostat très faible

# Co-krigeage ordinaire langoustine-terrier

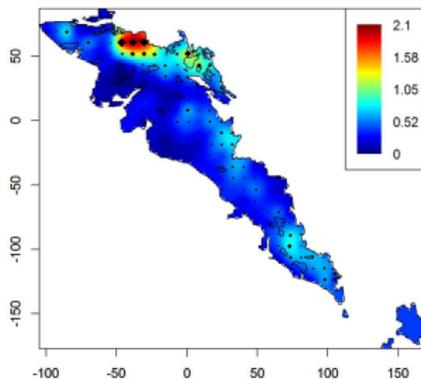
Langoustine 2014 avec modèle de l'année



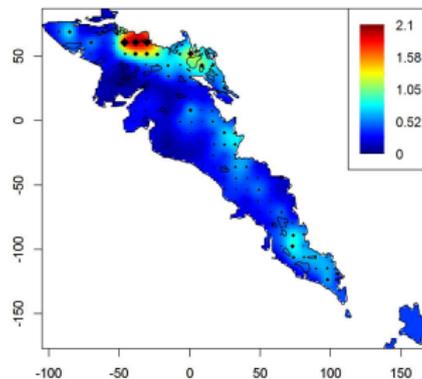
Langoustine 2014 avec modèle moyen interannuel



Terrier 2014 avec modèle de l'année



Terrier 2014 avec modèle moyen interannuel



## Conclusions

- La géostatistique permet d'estimer conjointement les densités de langoustine et de terrier
- La vidéo permet de mieux caractériser les échelles d'agrégation de la langoustine par le biais des terriers
- Une réanalyse de la série temporelle LANGOLF permet aussi de mieux caractériser ces échelles d'agrégation
- Les estimations sont donc améliorées, mais pas forcément plus précises

## Perspectives

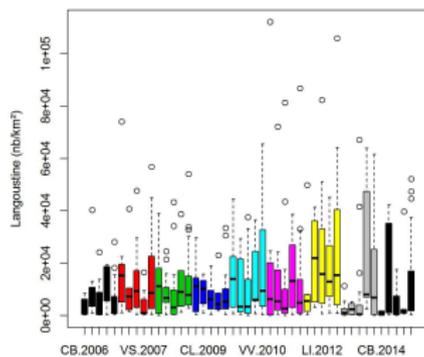
- Estimation par classes de tailles/âges/sexes

## Recommandations

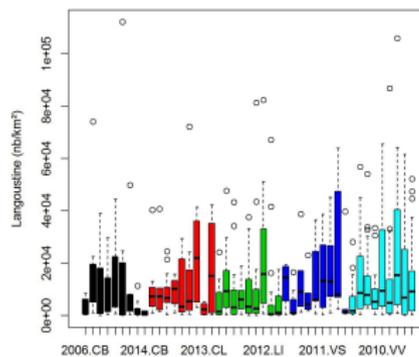
- Mettre en cohérence spatiale l'échantillonnage chalut et vidéo pour mieux caractériser les structures spatiales croisées

# Statistiques par strates

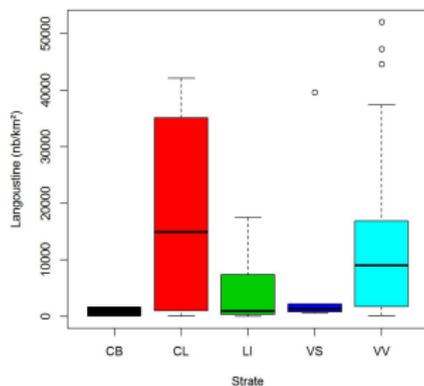
chalutage LANGOLF groupes par années



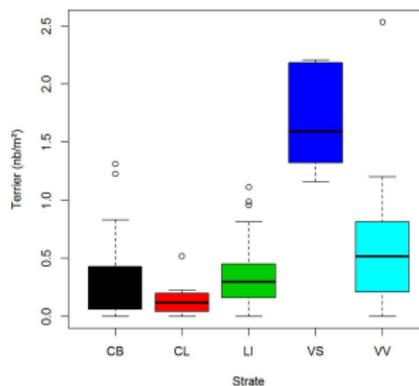
chalutage LANGOLF groupes par strates



chalutage 2014

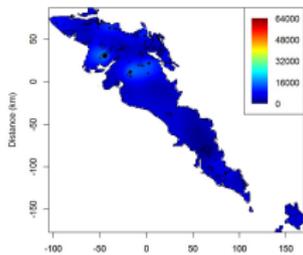


vidéo 2014

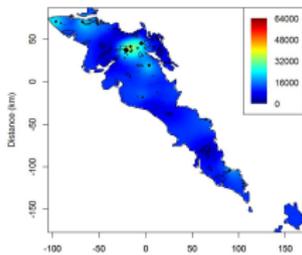


# Série LANGOLF

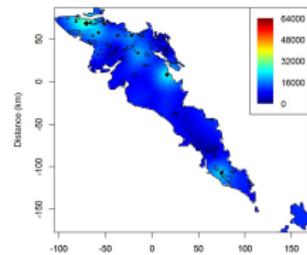
Langoustine 2006 avec modèle moyen interannuel



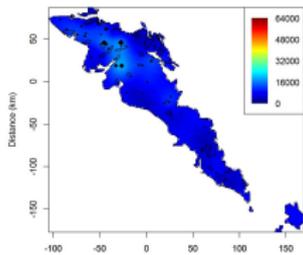
Langoustine 2007 avec modèle moyen interannuel



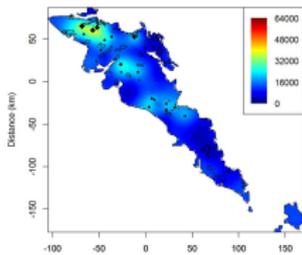
Langoustine 2008 avec modèle moyen interannuel



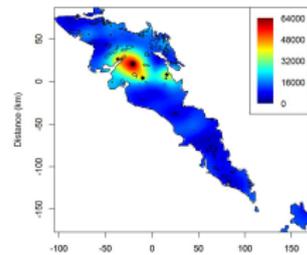
Langoustine 2009 avec modèle moyen interannuel



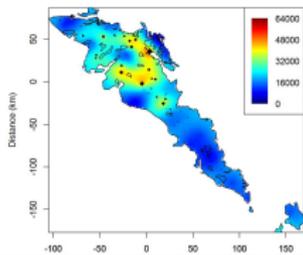
Langoustine 2010 avec modèle moyen interannuel



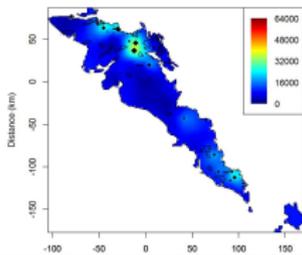
Langoustine 2011 avec modèle moyen interannuel



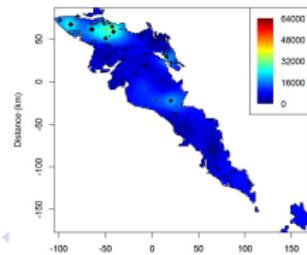
Langoustine 2012 avec modèle moyen interannuel



Langoustine 2013 avec modèle moyen interannuel

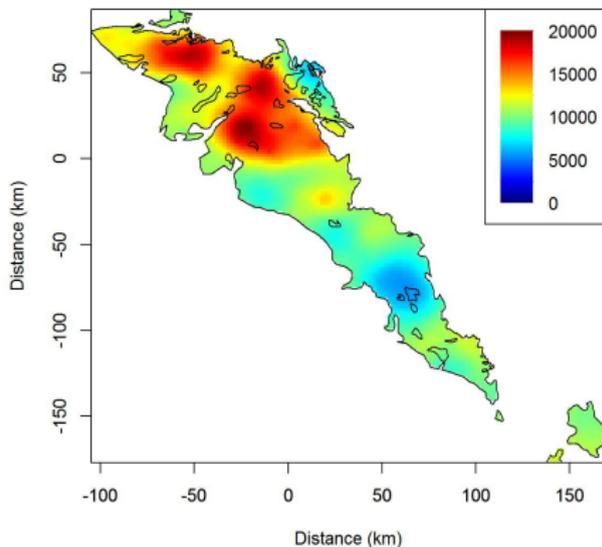


Langoustine 2014 avec modèle moyen interannuel



# Variabilité spatio-temporelle LANGOLF

moyenne 2006-2014



écart-type 2006-2014

