

Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation



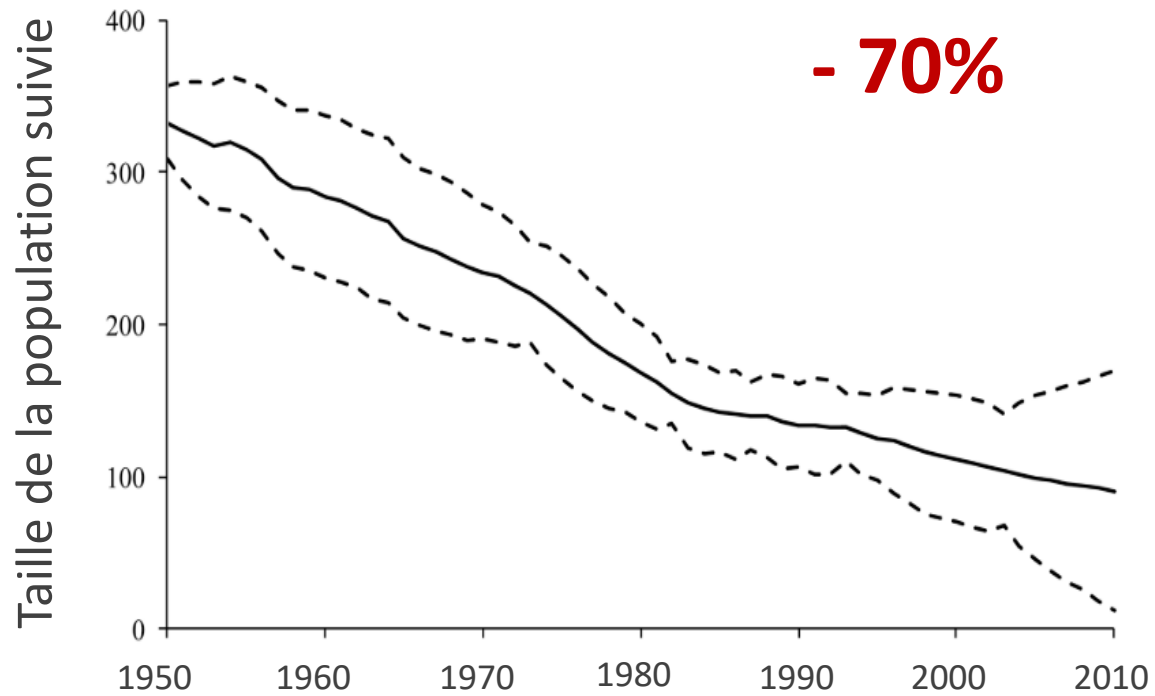
9^{ème} rencontre
nationale du réseau
« oiseaux marins »

Présentation par:

Andreas Ravache
IRD Nouméa



Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation



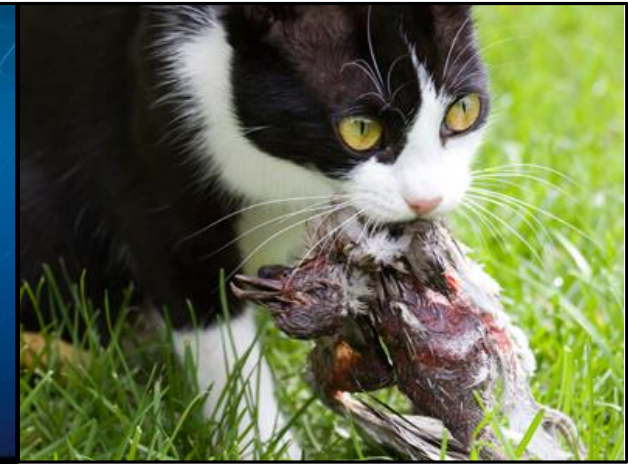
Paleczny *et al.* (2015) *PLoS ONE*

Menaces à terre et
en mer

Dias *et al.* (2019) *Biol. Conserv.*



Important déclin
des populations



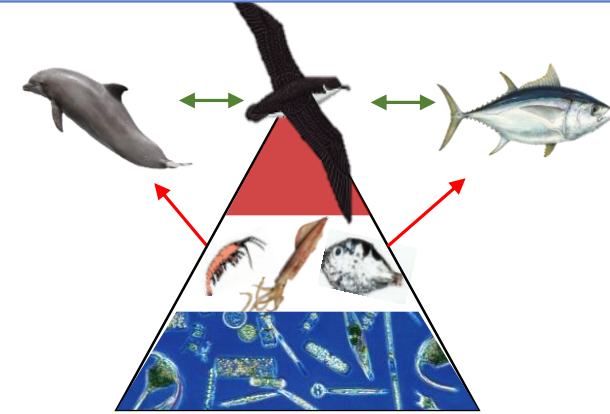
Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Prédateurs apicaux

Indicateurs de qualité et de changements dans les réseaux trophiques /
conditions environnementales

Hazen *et al.* (2019) *Front. Ecol. Environ*

Velarde *et al.* (2019) *Science*



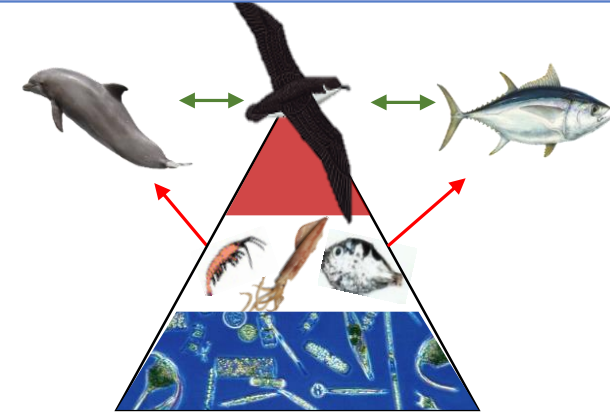
Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Prédateurs apicaux

Indicateurs de qualité et de changements dans les réseaux trophiques /
conditions environnementales

Hazen *et al.* (2019) *Front. Ecol. Environ*

Velarde *et al.* (2019) *Science*

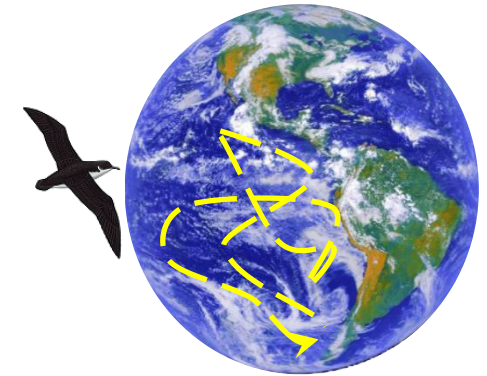


Indicateurs de biodiversité à large échelle

Zones d'alimentation liées à la présence d'autres espèces = zones de forte
abondance et diversité d'espèces

Hebshi *et al.* (2008) *Aquatic Biology*

Sergio *et al.* (2008) *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst*



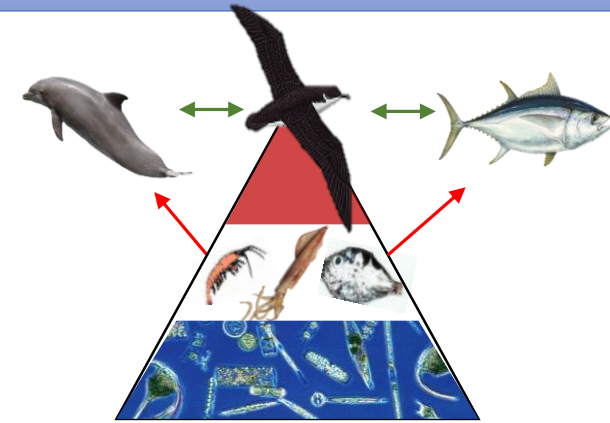
Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Prédateurs apicaux

Indicateurs de qualité et de changements dans les réseaux trophiques / conditions environnementales

Hazen *et al.* (2019) *Front. Ecol. Environ*

Velarde *et al.* (2019) *Science*

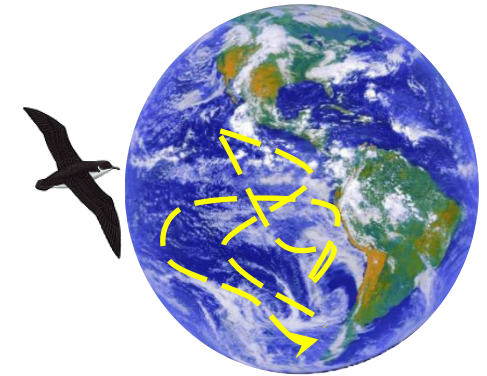


Indicateurs de biodiversité à large échelle

Zones d'alimentation liées à la présence d'autres espèces = zones de forte abondance et diversité d'espèces

Hebshi *et al.* (2008) *Aquatic Biology*

Sergio *et al.* (2008) *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst*



Aisément accessibles

Plus faciles à suivre et étudier comparés à d'autres prédateurs supérieurs marins car ils retournent à terre pour la reproduction



Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

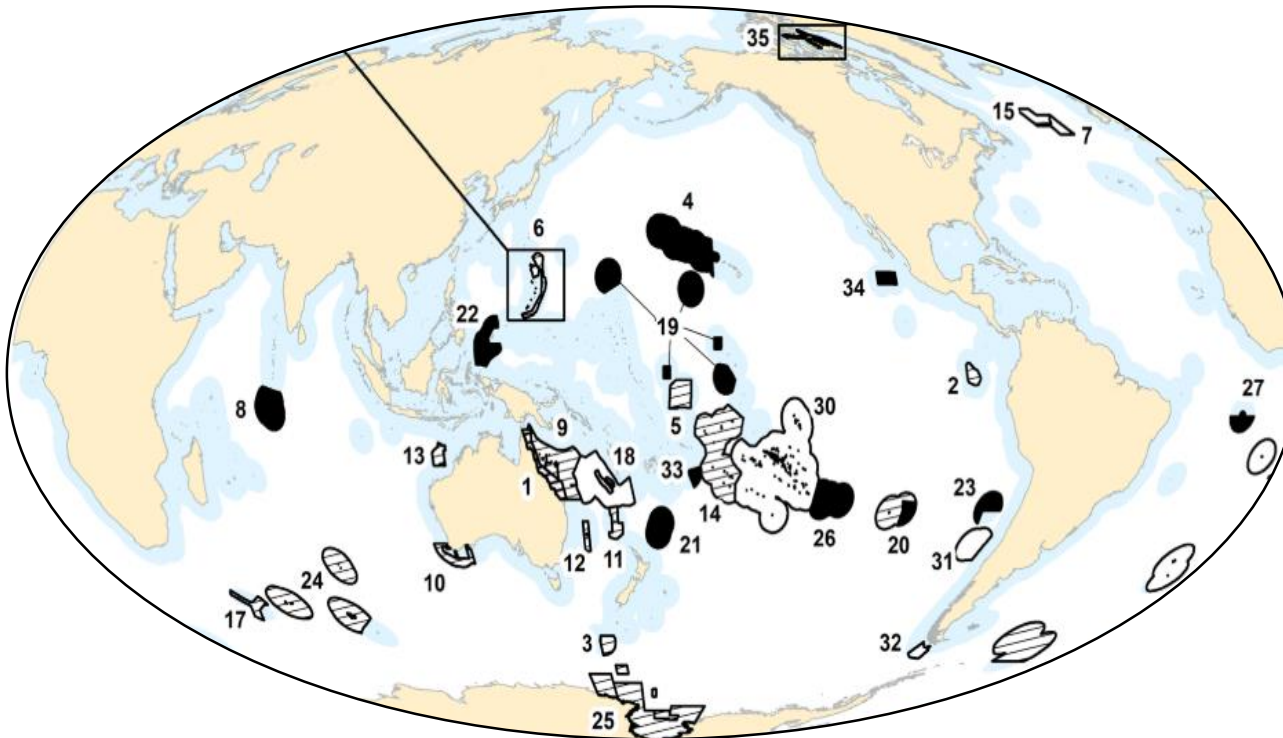
Suivi GPS des oiseaux marins largement utilisé pour
identifier des aires d'importance écologique

Montevecchi *et al.* (2012) *Biol. Conserv.*

Thaxter *et al.* (2012) *Biol. Conserv.*

Krüger *et al.* (2017) *Anim. Conserv.*

Hindell *et al.* (2020) *Nature*



Bethan *et al.* (2018) *BioScience*

Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Suivi GPS des oiseaux marins largement utilisé pour
identifier des aires d'importance écologique

Montevecchi *et al.* (2012) *Biol. Conserv.*

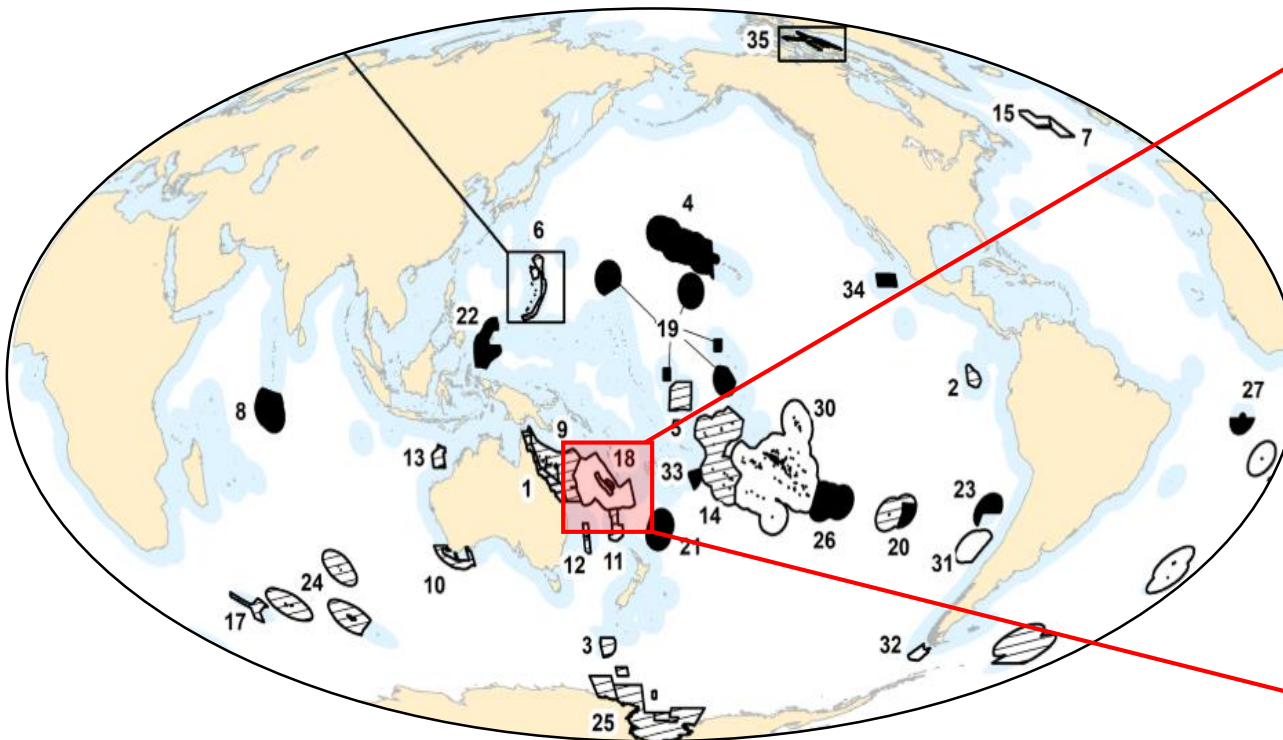
Thaxter *et al.* (2012) *Biol. Conserv.*

Krüger *et al.* (2017) *Anim. Conserv.*

Hindell *et al.* (2020) *Nature*

nécessité d'informations pour la définition
d'AMPs océaniques

Parc naturel de la mer de Corail

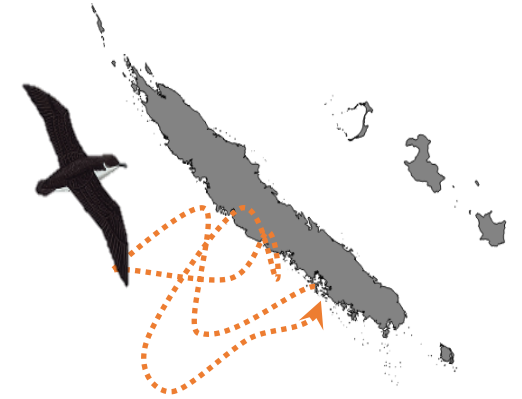


Bethan *et al.* (2018) *BioScience*

Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

OBJECTIFS

Apporter de nouveaux éléments de connaissance sur
l'**utilisation de l'espace océanique** par plusieurs espèces d'oiseaux
marins encore méconnues



Fournir des informations sur leur **écologie trophique**
et leur régime alimentaire



Se servir des zones d'alimentation principalement utilisées afin d'identifier
des zones d'**importance écologique** en milieu océanique et fournir des
informations aux gestionnaires



Etude des déplacements d'une espèce de **Procellariidé** :

Puffin fouquet

Ardena pacifica

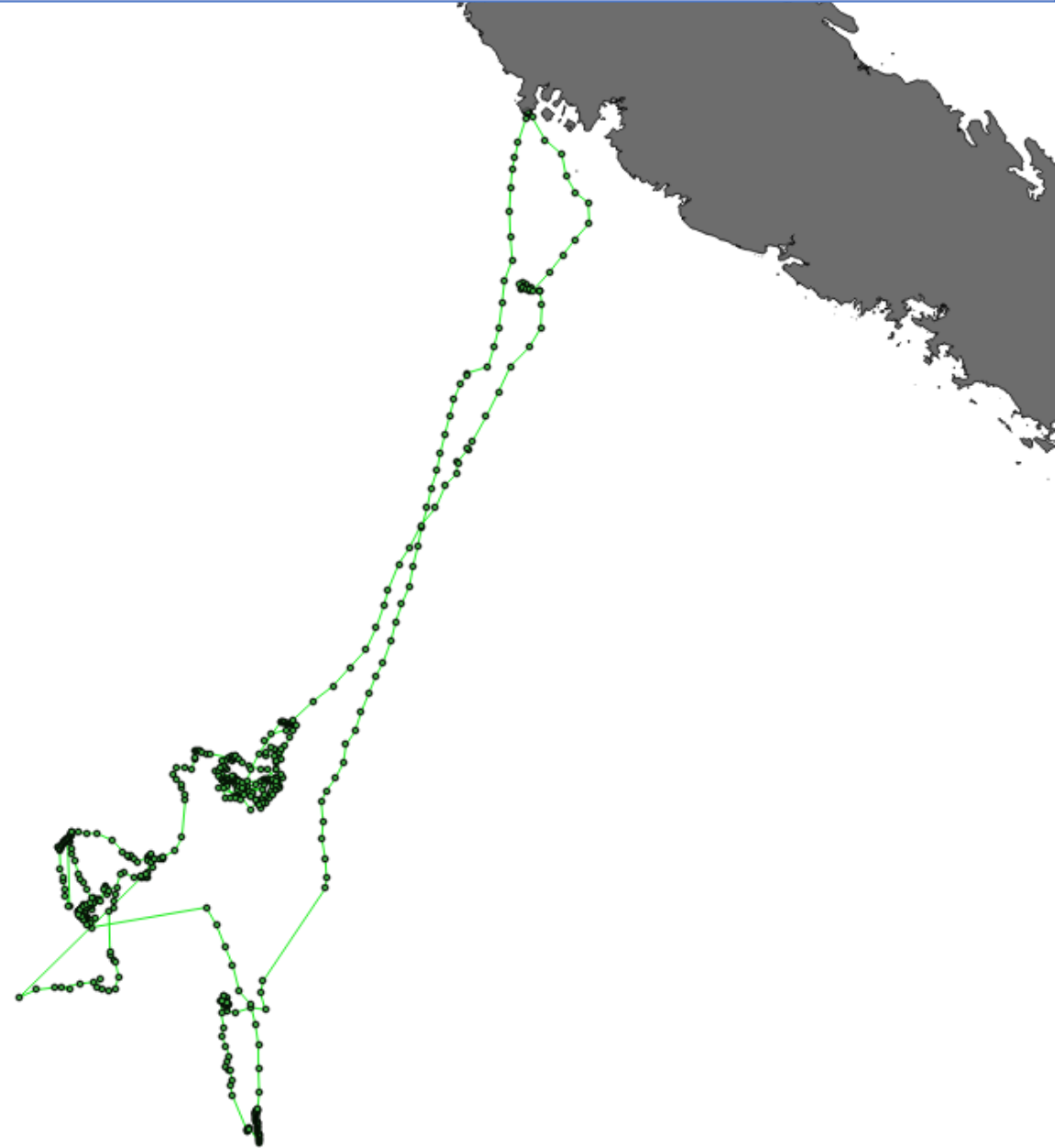


- ❑ + d' 1 000 000 d'individus en Nouvelle Calédonie
- ❑ Populations en déclin ↘
- ❑ Alimentation uniquement en mer, en surface
- ❑ Association avec des prédateurs marins
- ❑ Important rôle écologique

Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Collecte des données GPS

- Durant l'élevage des poussins
- 1 point / 15 min
- 1 ou plusieurs trajets alimentaires



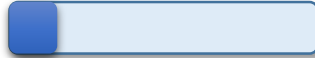
Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Identification comportementale

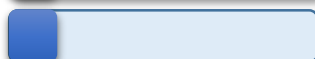
Repos



Sinuosité :



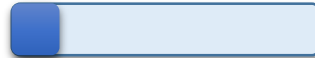
Vitesse :



Transit



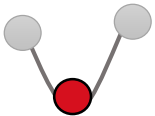
Sinuosité :



Vitesse :



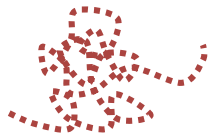
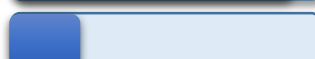
Recherche intensive



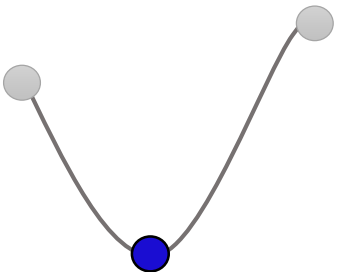
Sinuosité :



Vitesse :



Recherche extensive



Sinuosité :

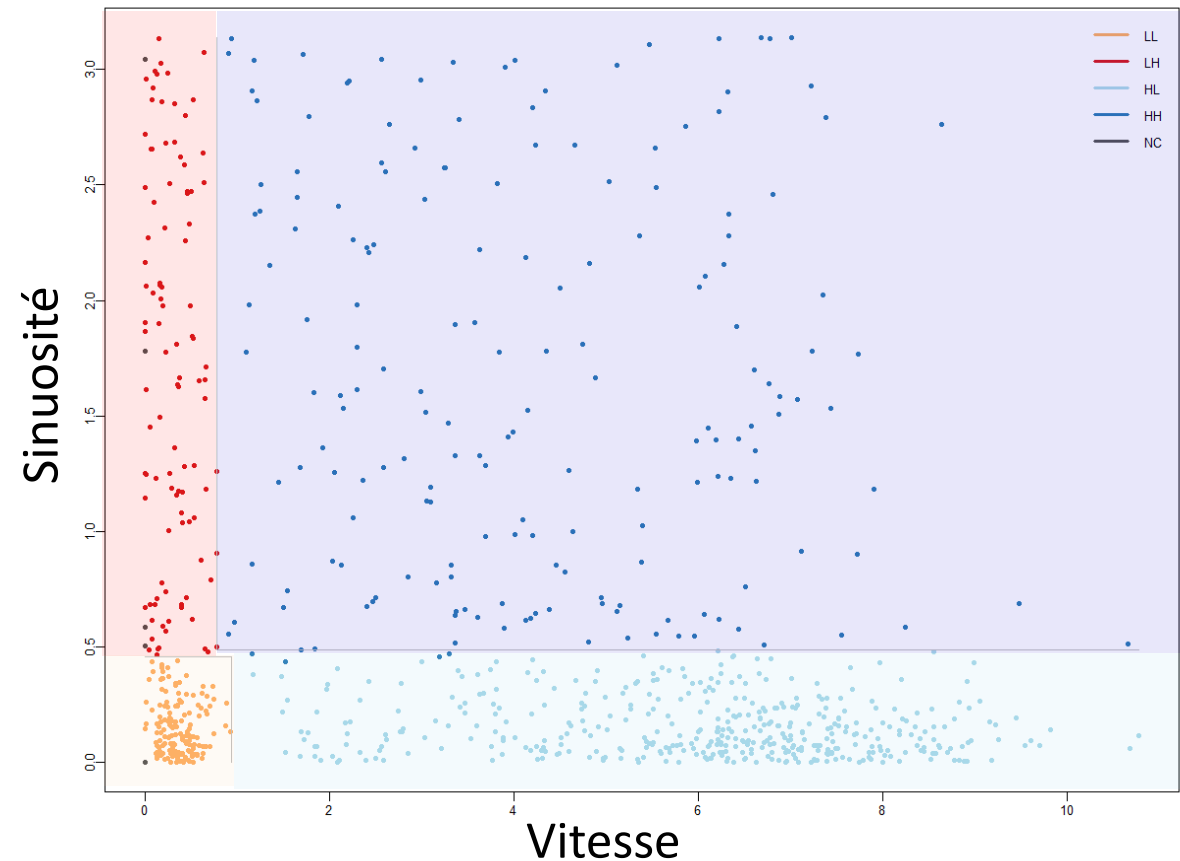


Vitesse :



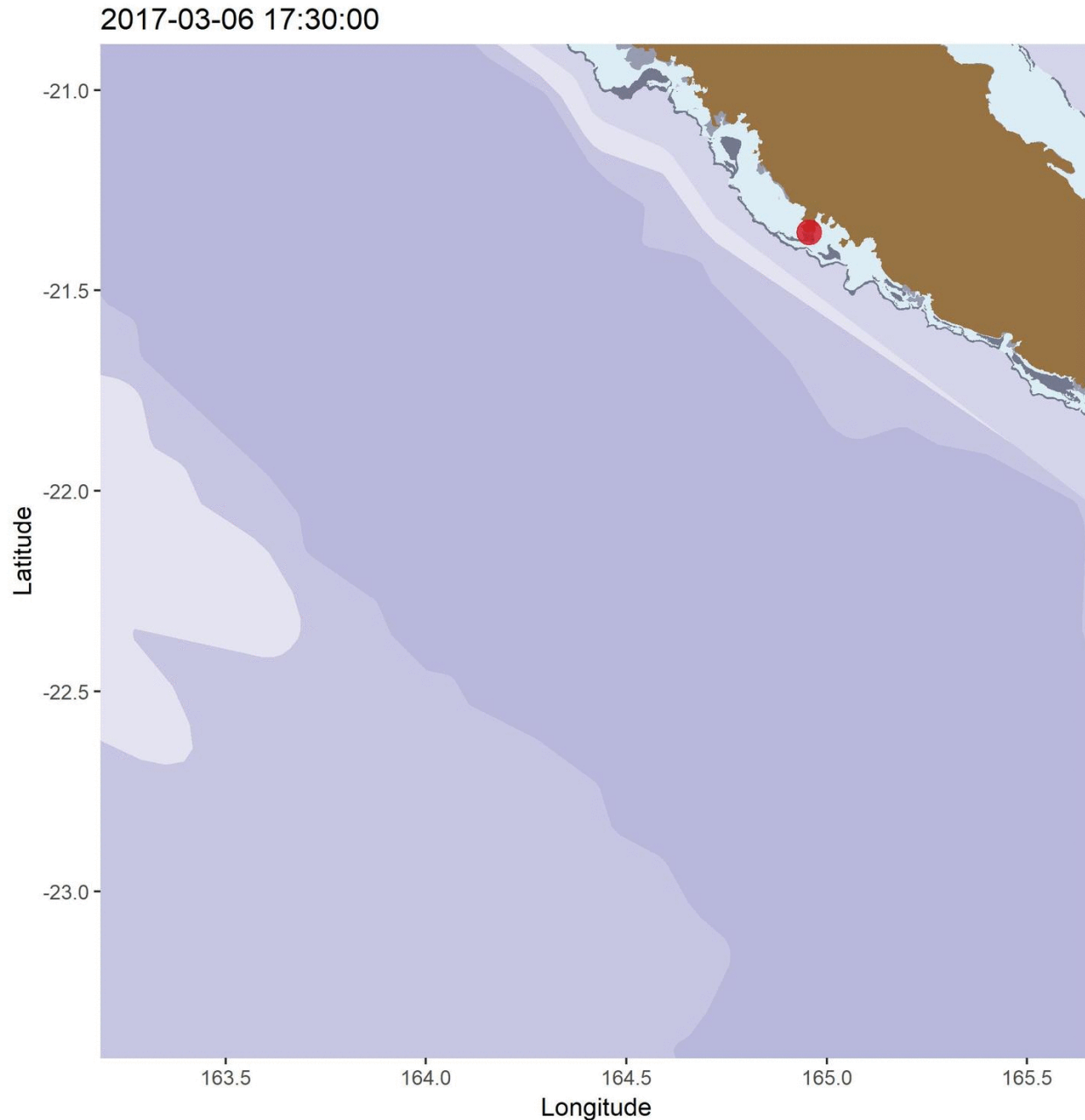
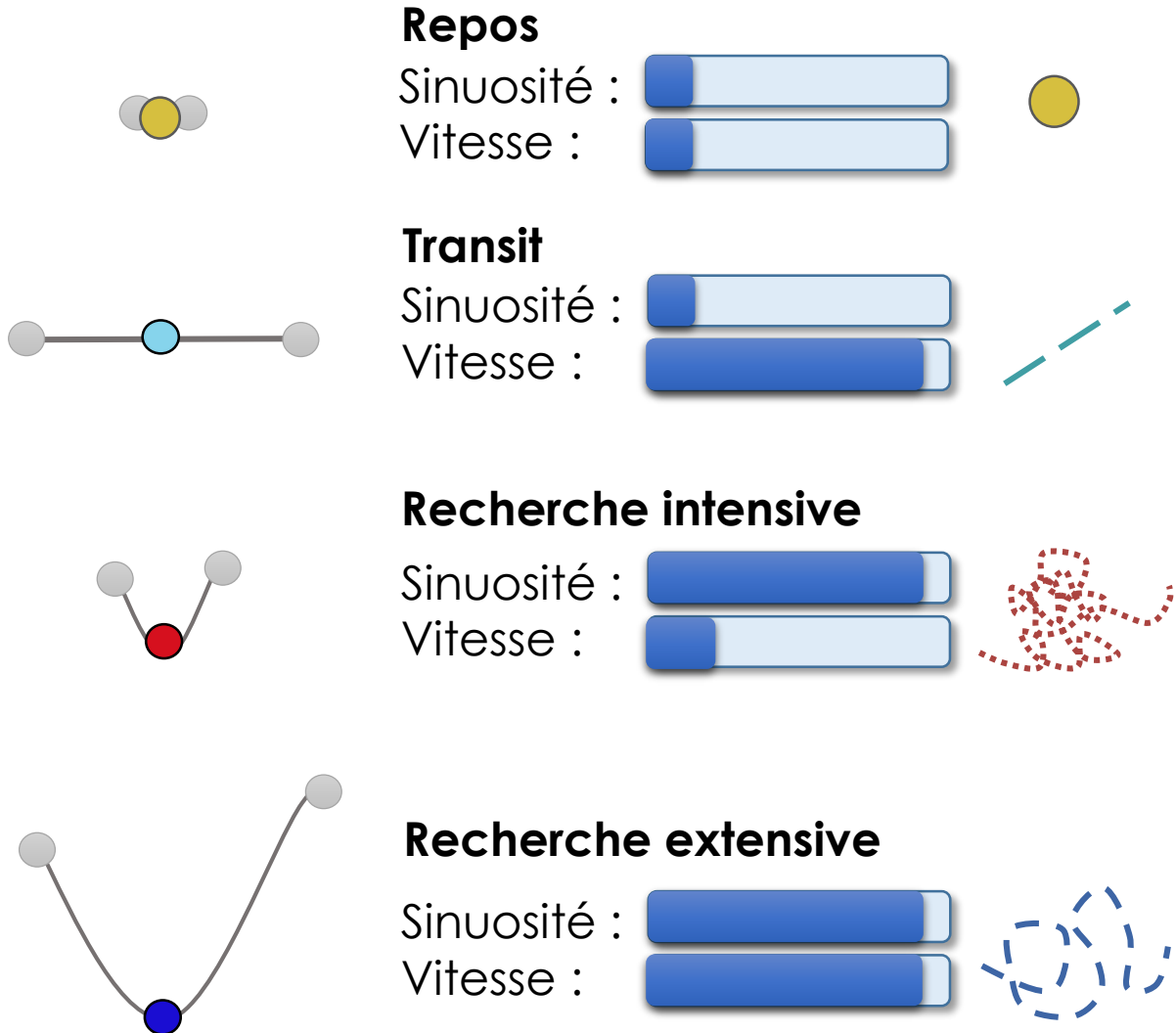
Expectation-Maximization binary Clustering

Garriga et al. (2016) PLoS ONE



Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

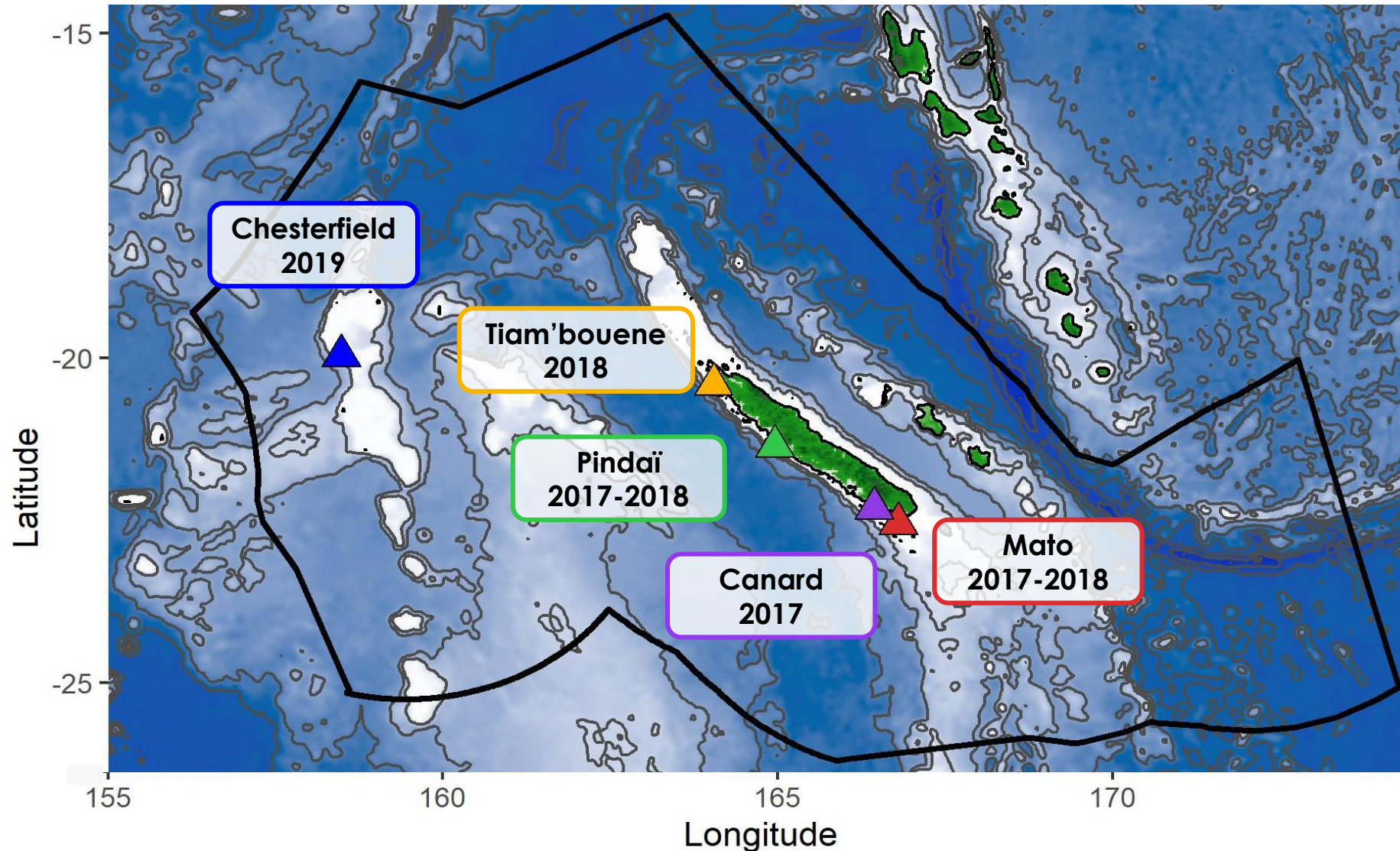
Identification comportementale



Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

5 sites d'étude

3 années de suivi

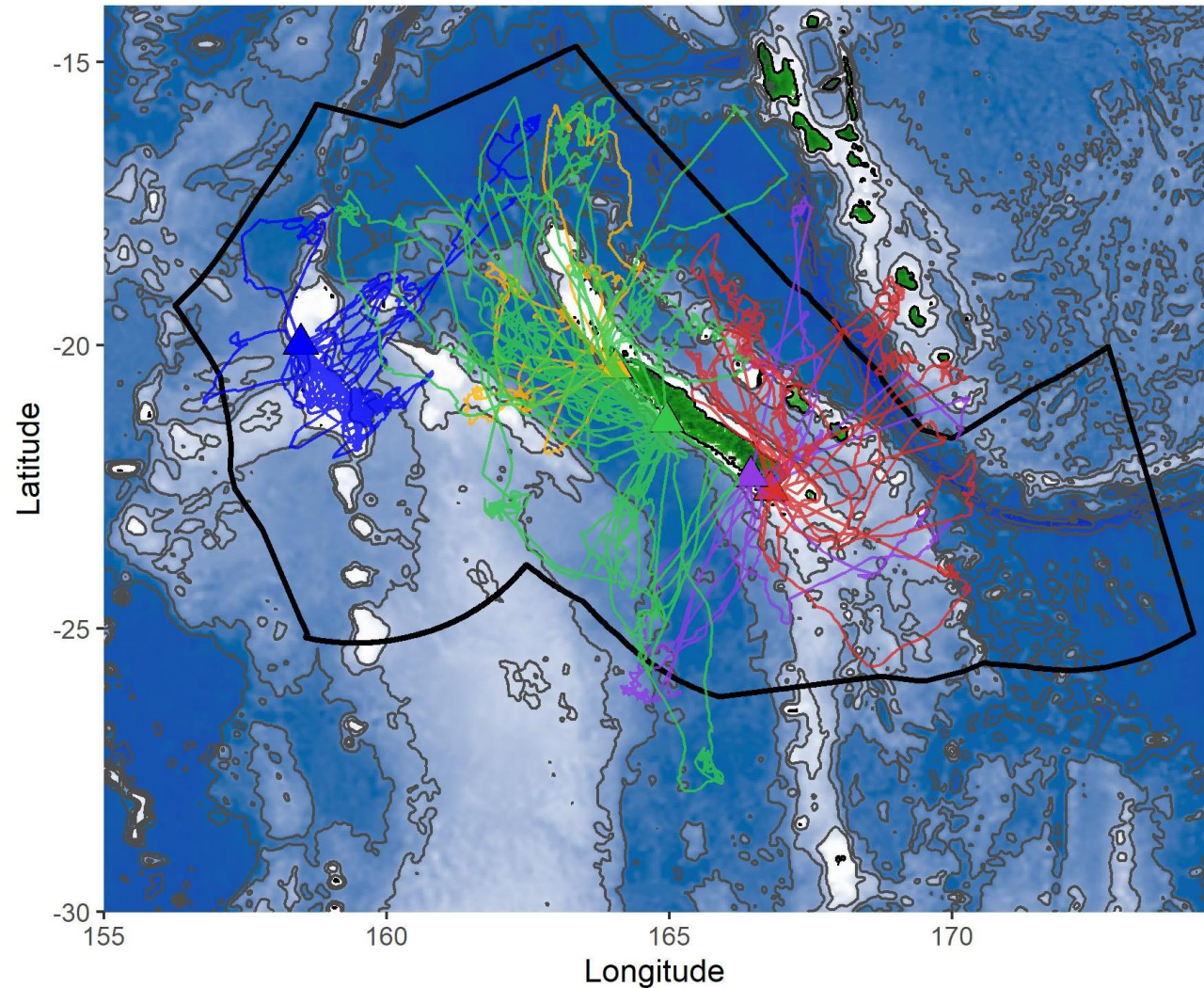


Prise en compte de la
variabilité spatiale et
temporelle de
l'environnement

Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Dual foraging: Weimerkirsch *et al.* (1994) *Anim. Behav.*

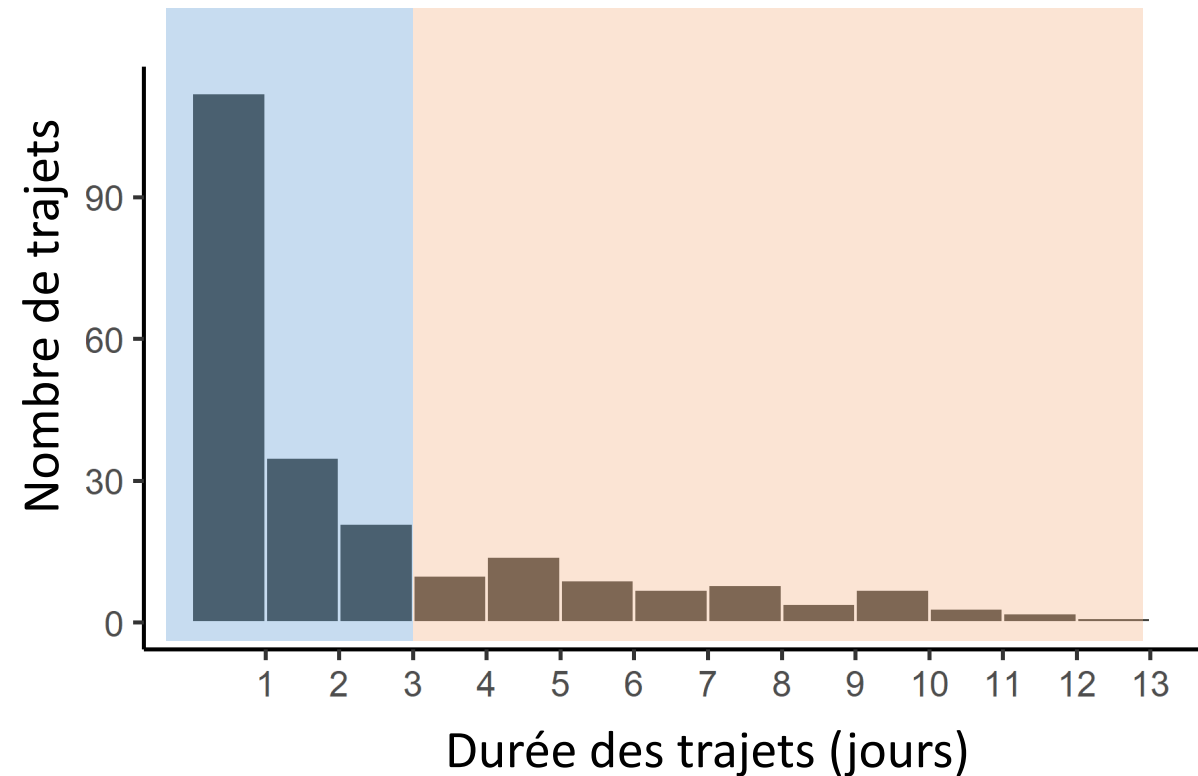
Variation spatiale: Congdon *et al.* (2005) *Mar. Ecol. Prog. Ser.*



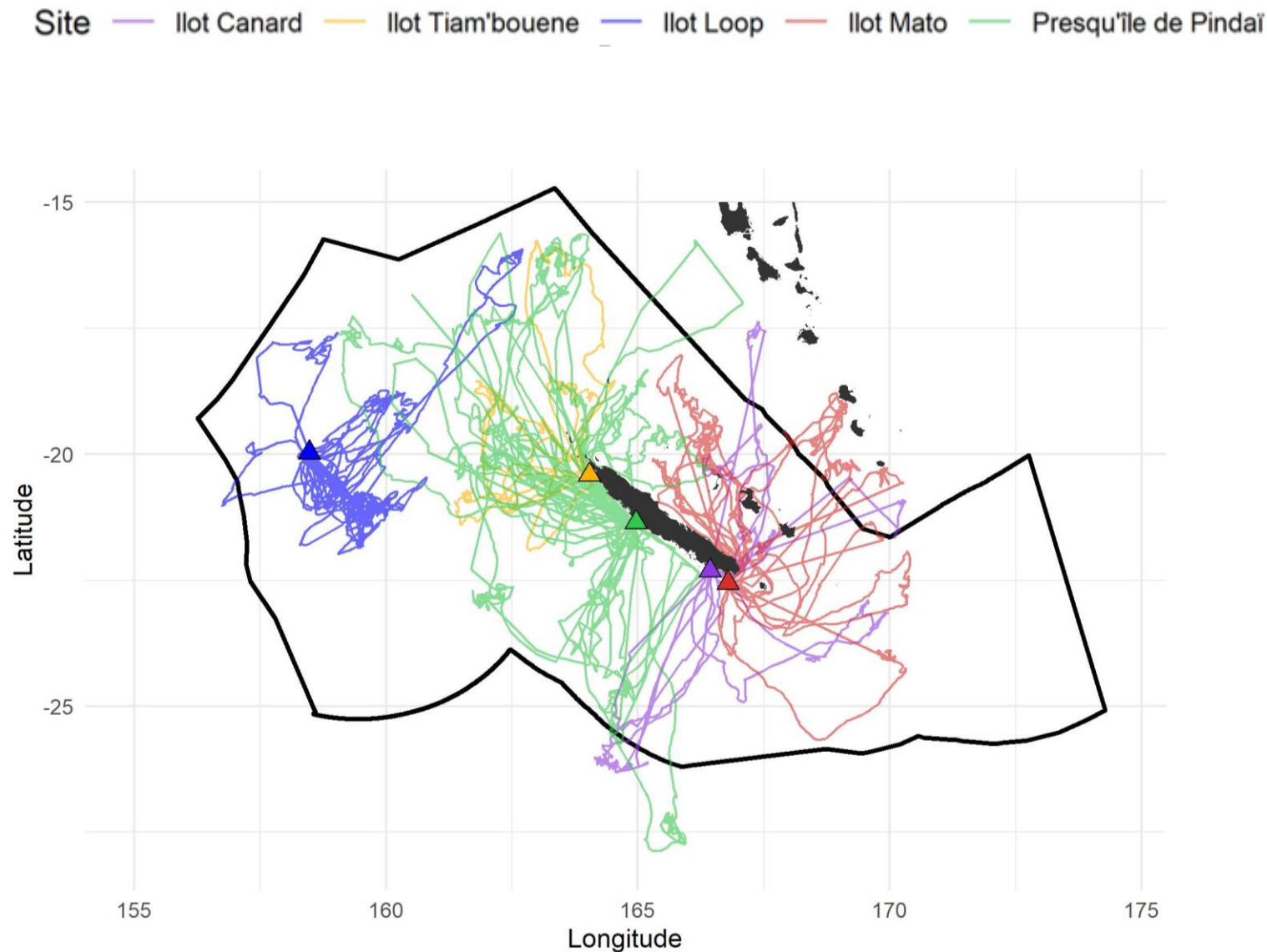
Bi-modalité de la durée des trajets

Trajets courts
 101 ± 06 km

Trajets longs
 362 ± 20 km



Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation



Trajets longs :

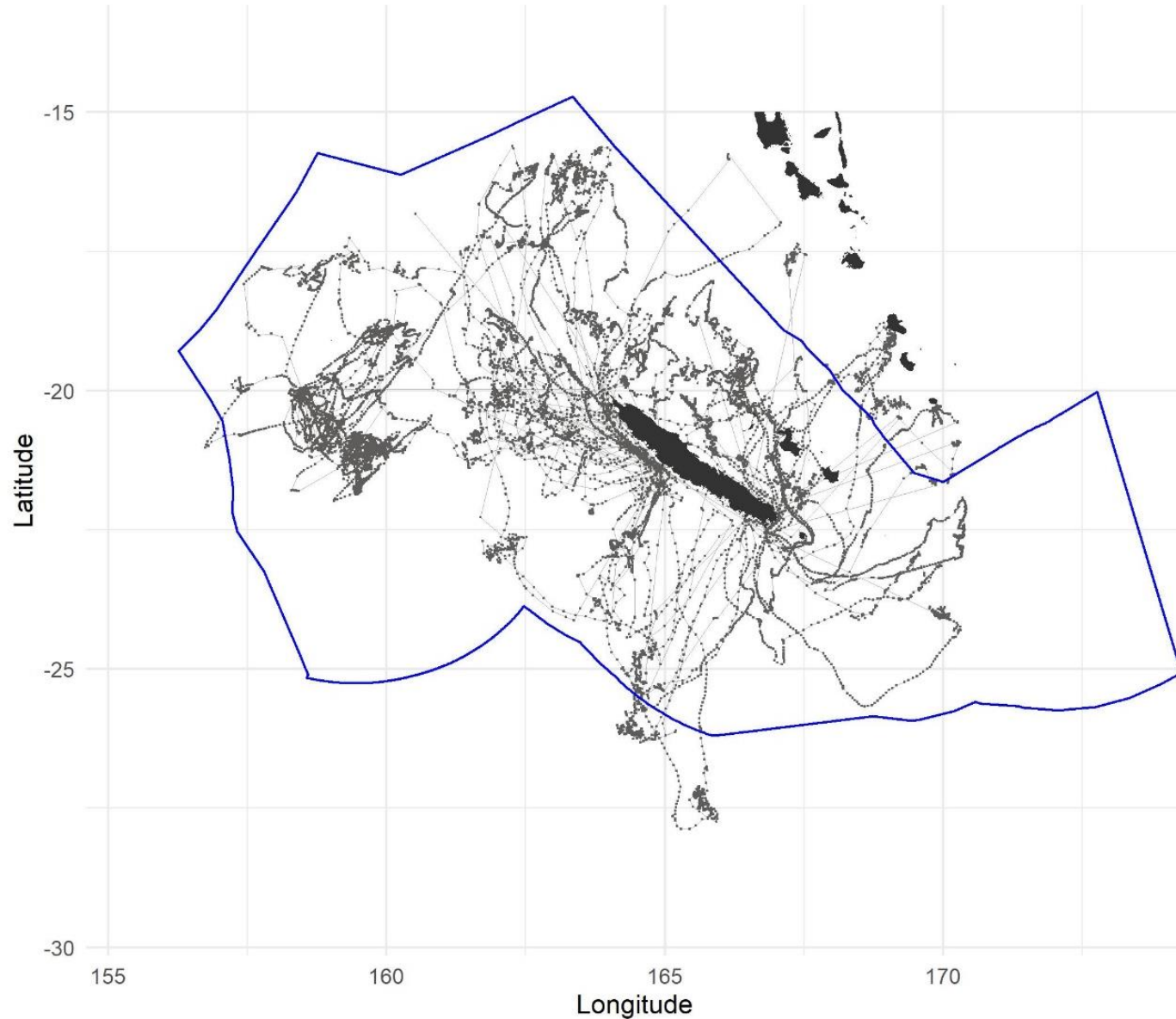
- Auto-alimentation des parents
- Visent les zones riches en proies
- Moins sensibles à la proximité de la colonie

Bonne couverture de la ZEE

3 années de suivi (2017 – 2019)

Weimerkirch et al. (1994) *Anim. Behav.*
McDuie et al. (2015) *Mar. Ornith.*
Weimerskirch et al. (2020) *Mar. Ecol. Prog. Ser.*

Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

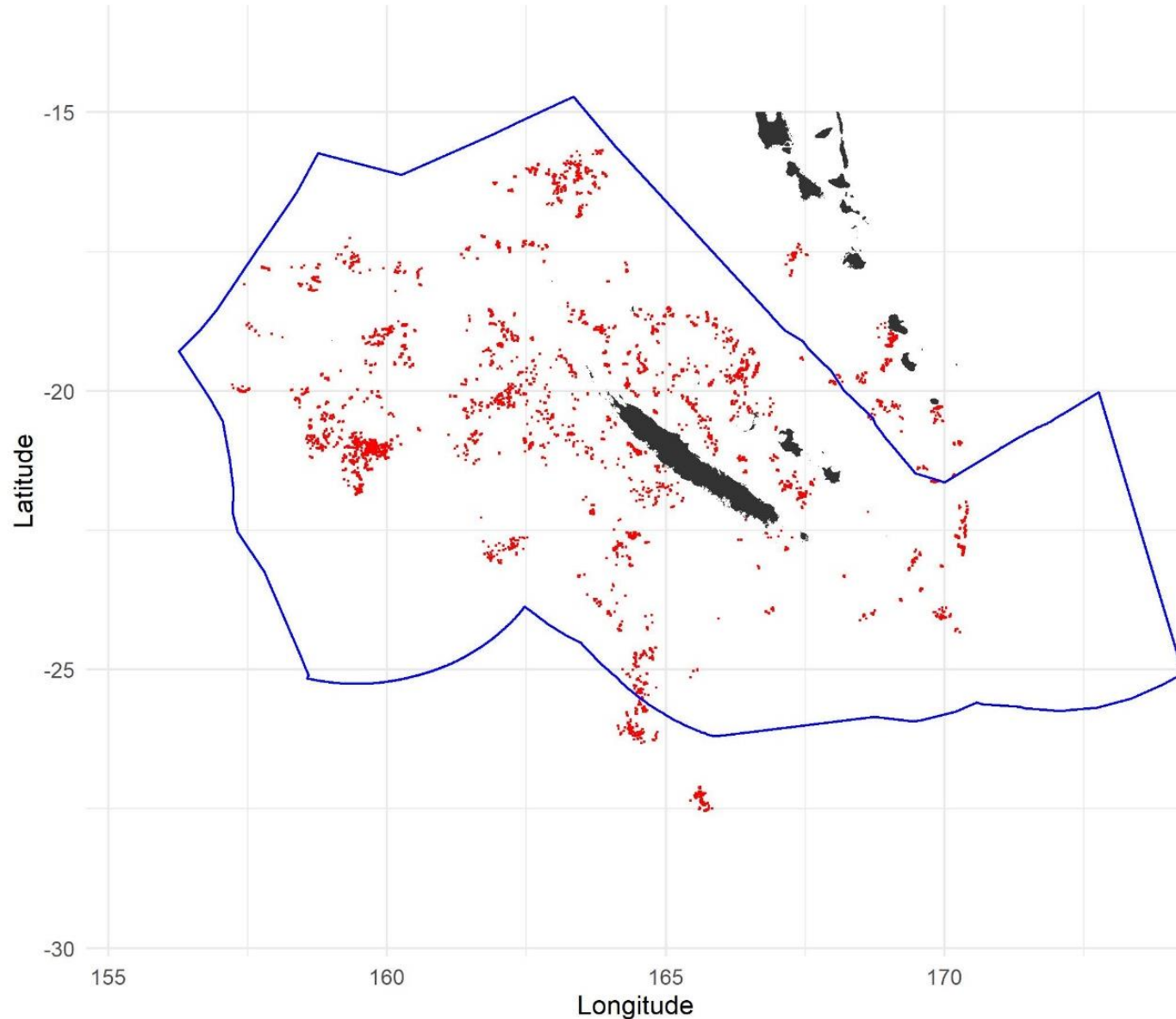


Au total :

20 926 points GPS

10 008 comportements alimentaires

Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation



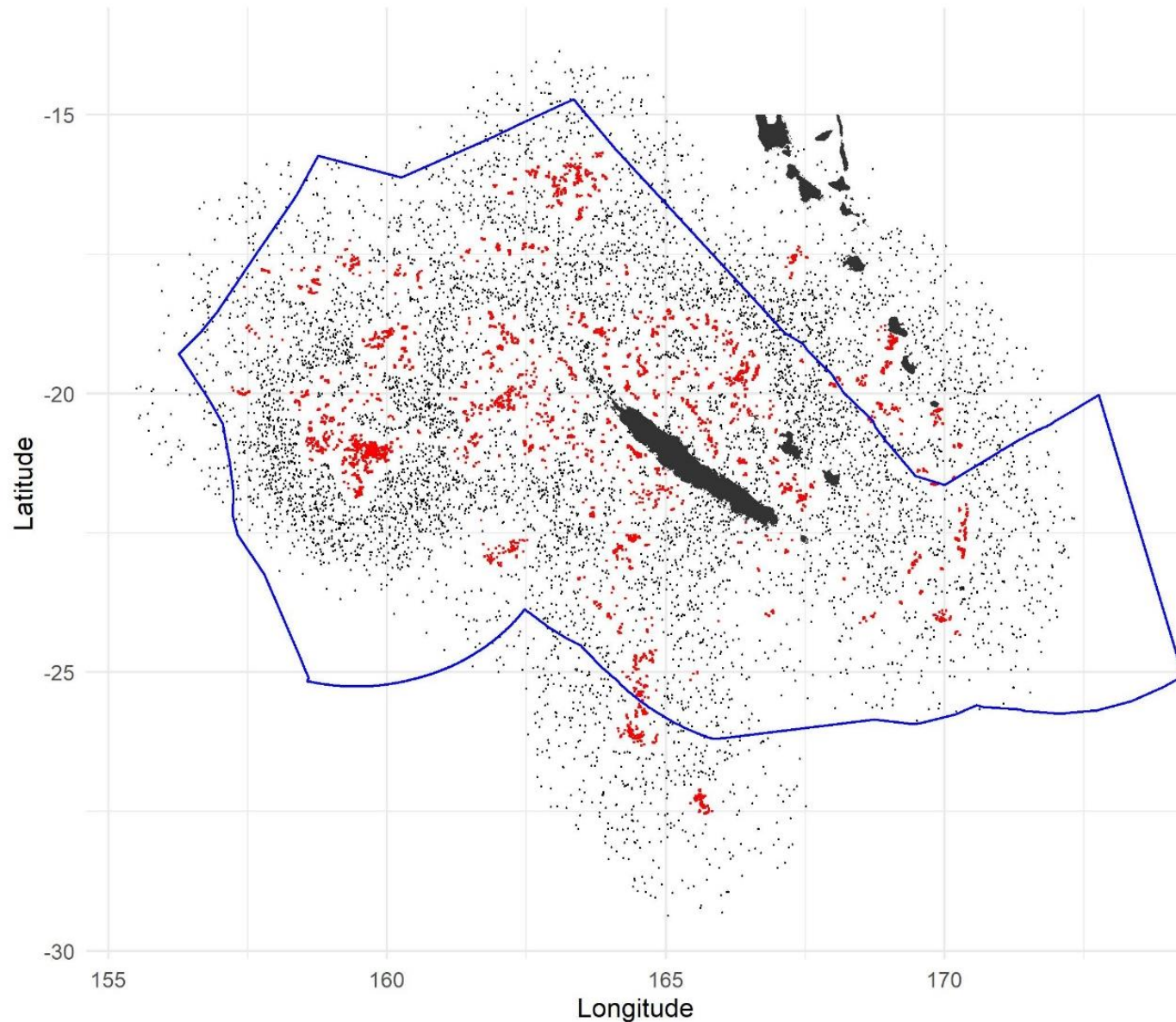
Au total :

20 926 points GPS

10 008 comportements alimentaires

Isolement des sections > 3 évènements
d'alimentation successifs (5961 points)

Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation



Au total :

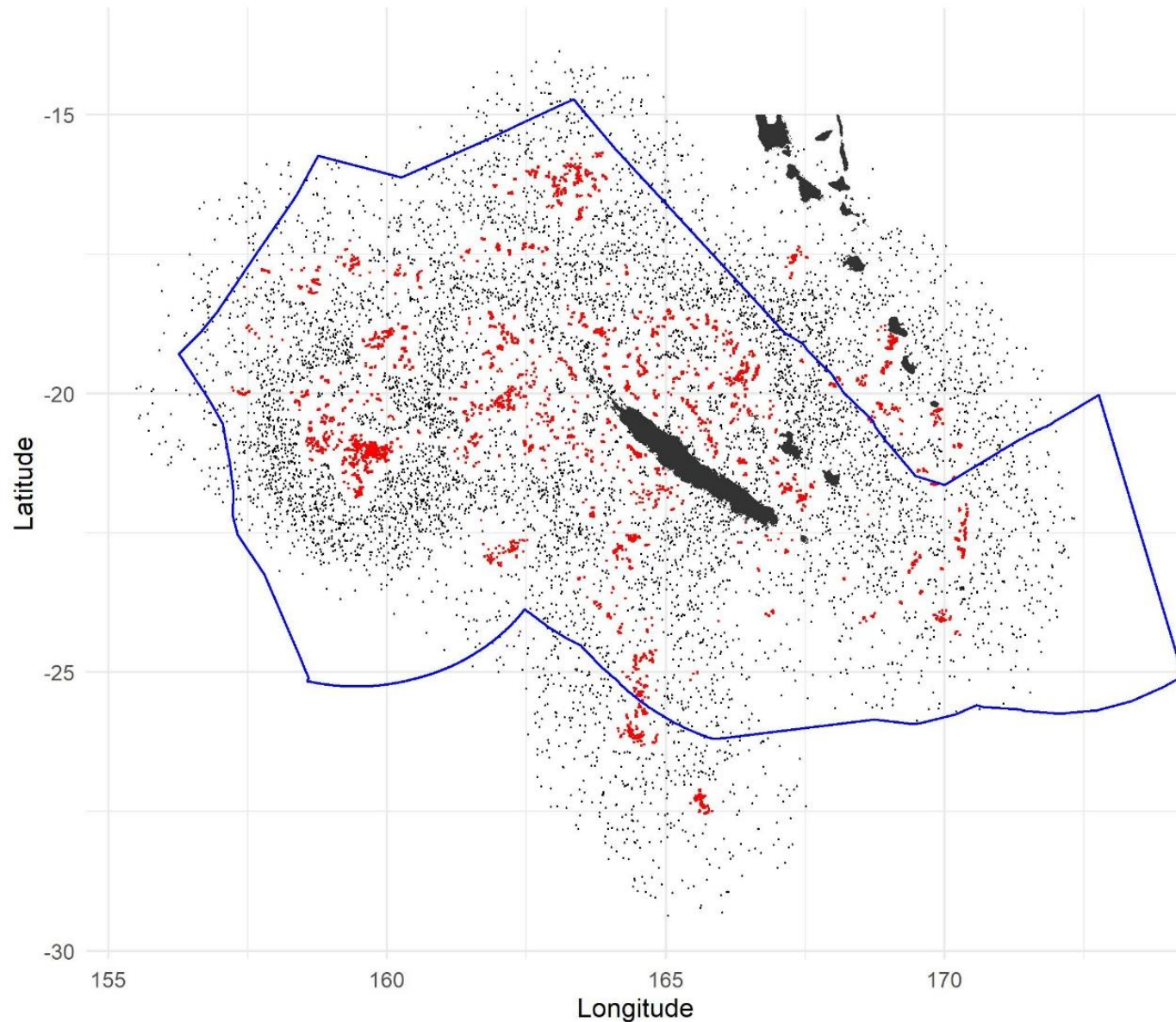
20 926 points GPS

10 008 comportements alimentaires

Isolement des sections > 3 évènements
d'alimentation successifs (5961 points)

Pseudo-absences générées aléatoirement
dans un rayon compris entre 20 et 200 Km
autour des points

Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation



Extraction de **variables environnementales** :

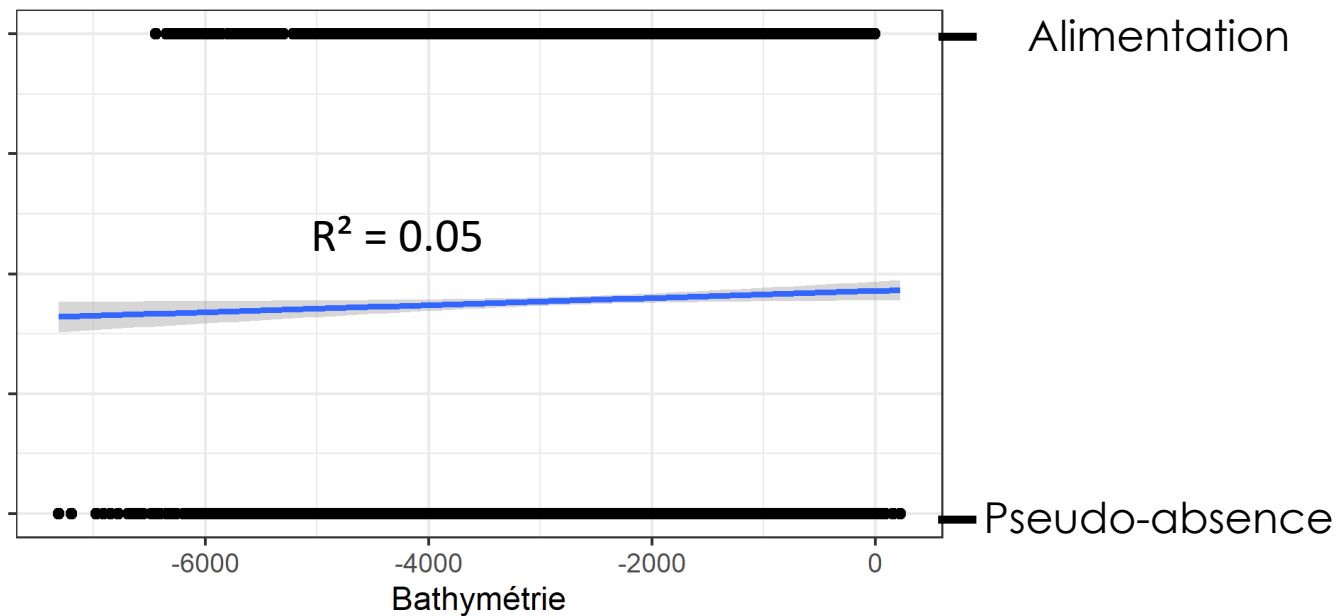
- Bathymétrie
- Pente
- Distance à la côte
- [Chl a]
- Profondeur de la thermocline 20°C
- Température de surface
- Anomalies du niveau de la mer
- Courants géostrophiques
- FSLE

Pour chacun des points et pour toute la zone étudiée

Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Utilisation de différents **modèles statistiques** pour déterminer l'effet des variables environnementales sur le comportement alimentaire :

- Generalized linear mixed models (GLMM)



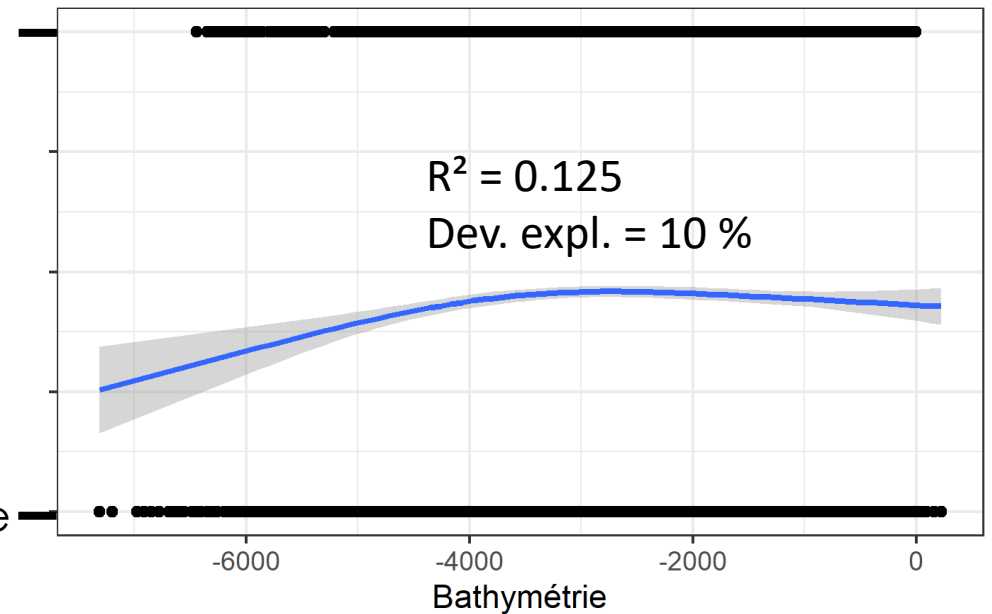
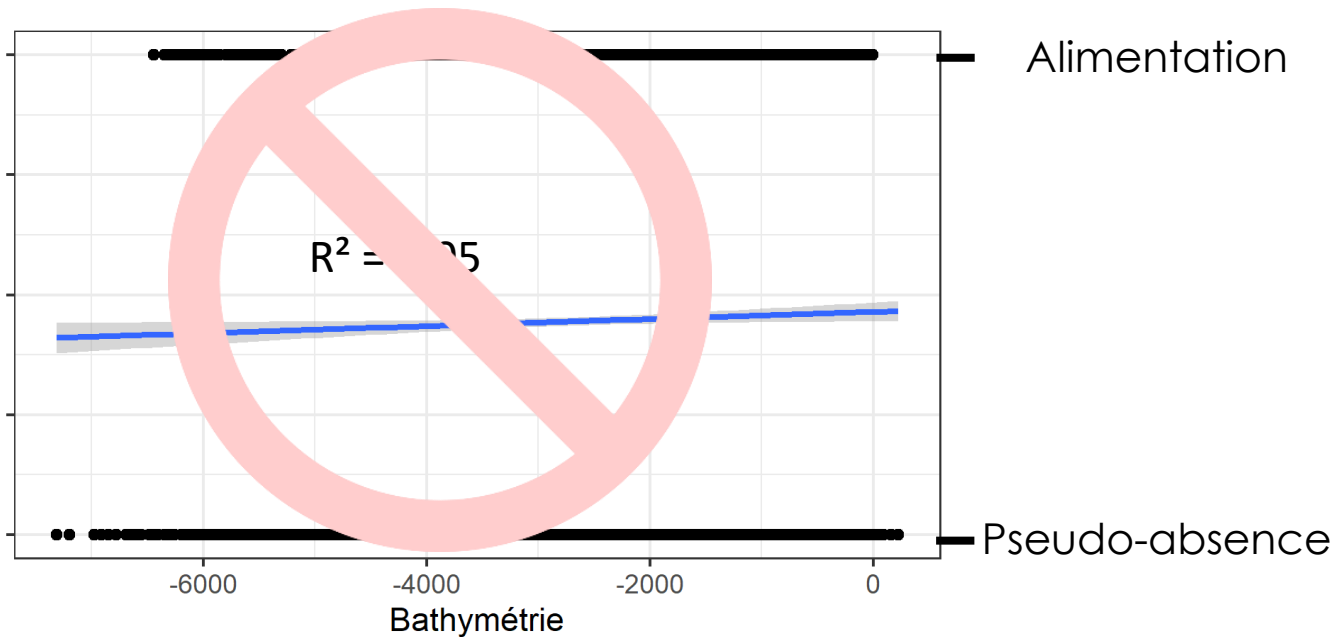
Prend en compte uniquement des relations linéaires

Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Utilisation de différents **modèles statistiques** pour déterminer l'effet des variables environnementales sur le comportement alimentaire :

- ~~Generalized linear mixed models (GLMM)~~
- Generalized additive mixed models (GAMM)

Meilleure explication des comportements d'alimentation, mais faible capacité de prédiction

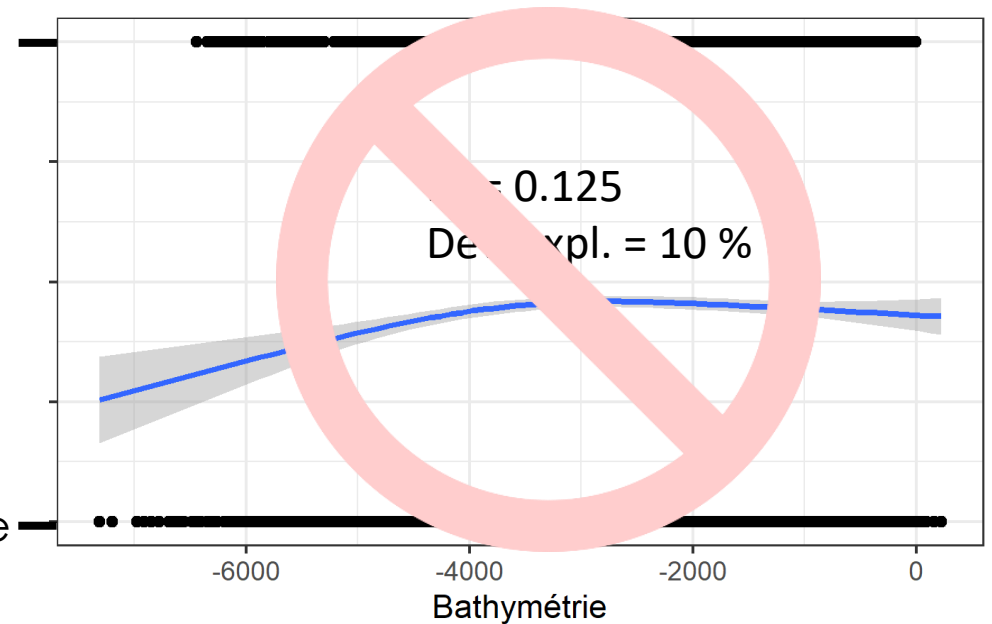
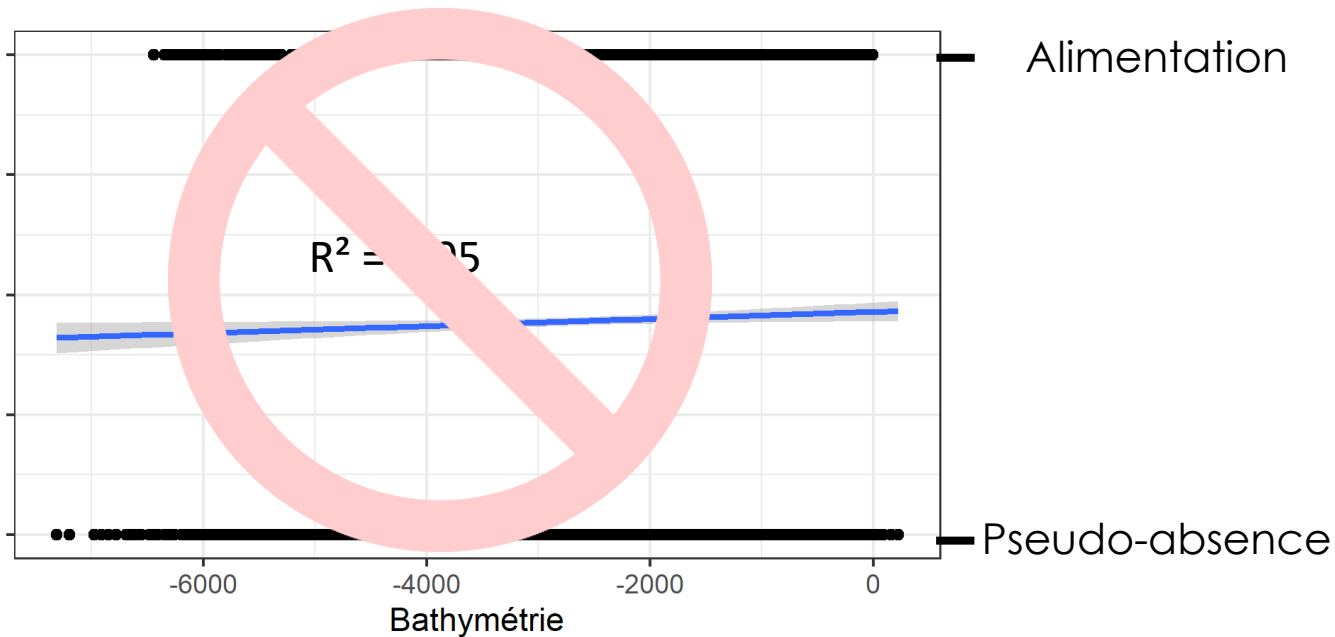


Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Utilisation de différents **modèles statistiques** pour déterminer l'effet des variables environnementales sur le comportement alimentaire :

- ~~Generalized linear mixed models (GLMM)~~
- Generalized additive mixed models (GAMM)

Meilleure explication des comportements d'alimentation, mais faible capacité de prédiction



Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Utilisation de différents **modèles statistiques** pour déterminer l'effet des variables environnementales sur le comportement alimentaire :

- ~~Generalized linear mixed models (GLMM)~~
- ~~Generalized additive mixed models (GAMM)~~
- **Support vector machines (SVM)**

Méthode de classification robuste

Adaptée aux relations non linéaires

Bonne capacité de prédiction

Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Support Vector Machine

Précision du modèle

Spécificité : 81 %

Sensitivité : 85 %

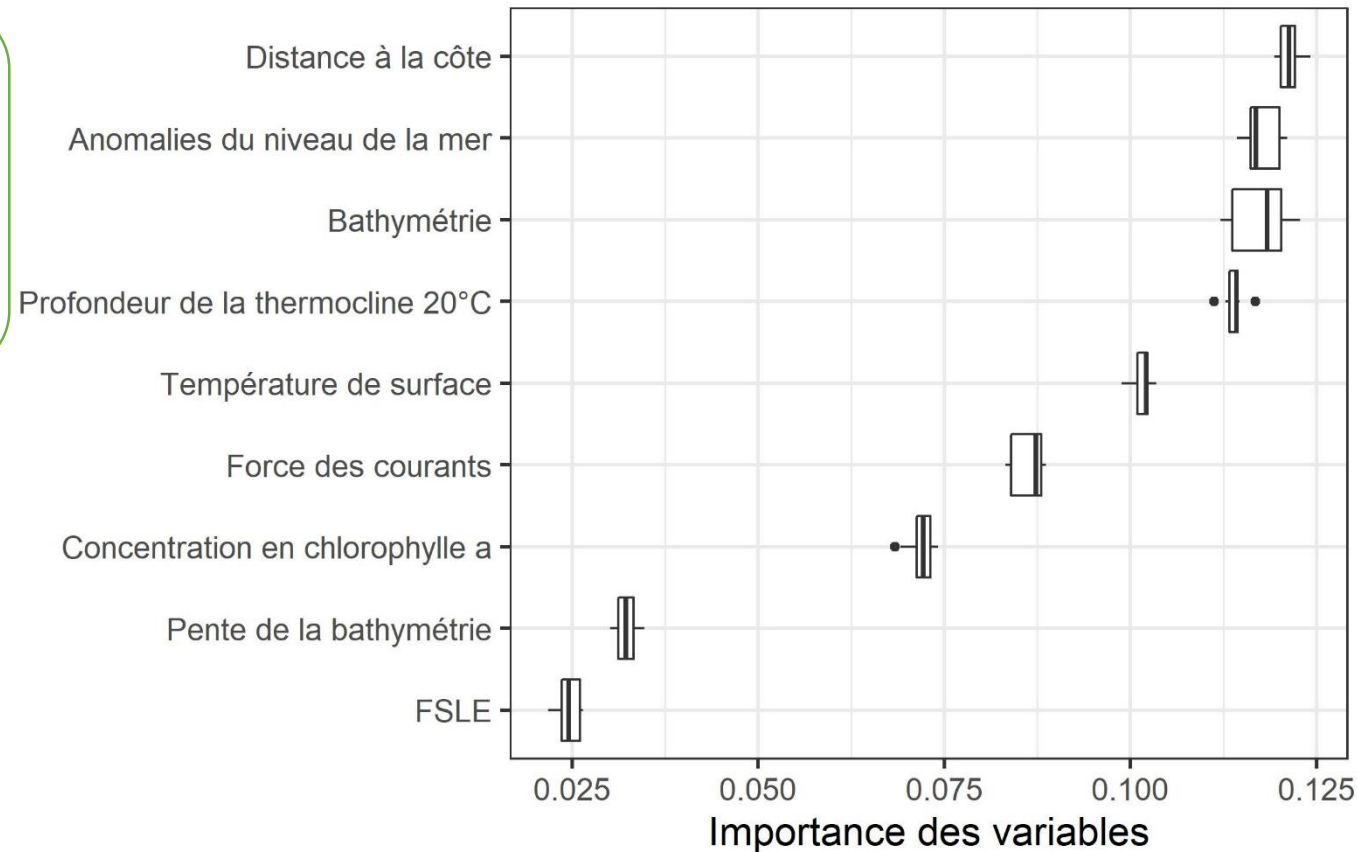
Précision : 84 %

	0	1
0	Vrais négatifs 6098	Faux négatifs 1080
1	Faux positifs 1006	Vrais positifs 4730

0 : pseudo-absence

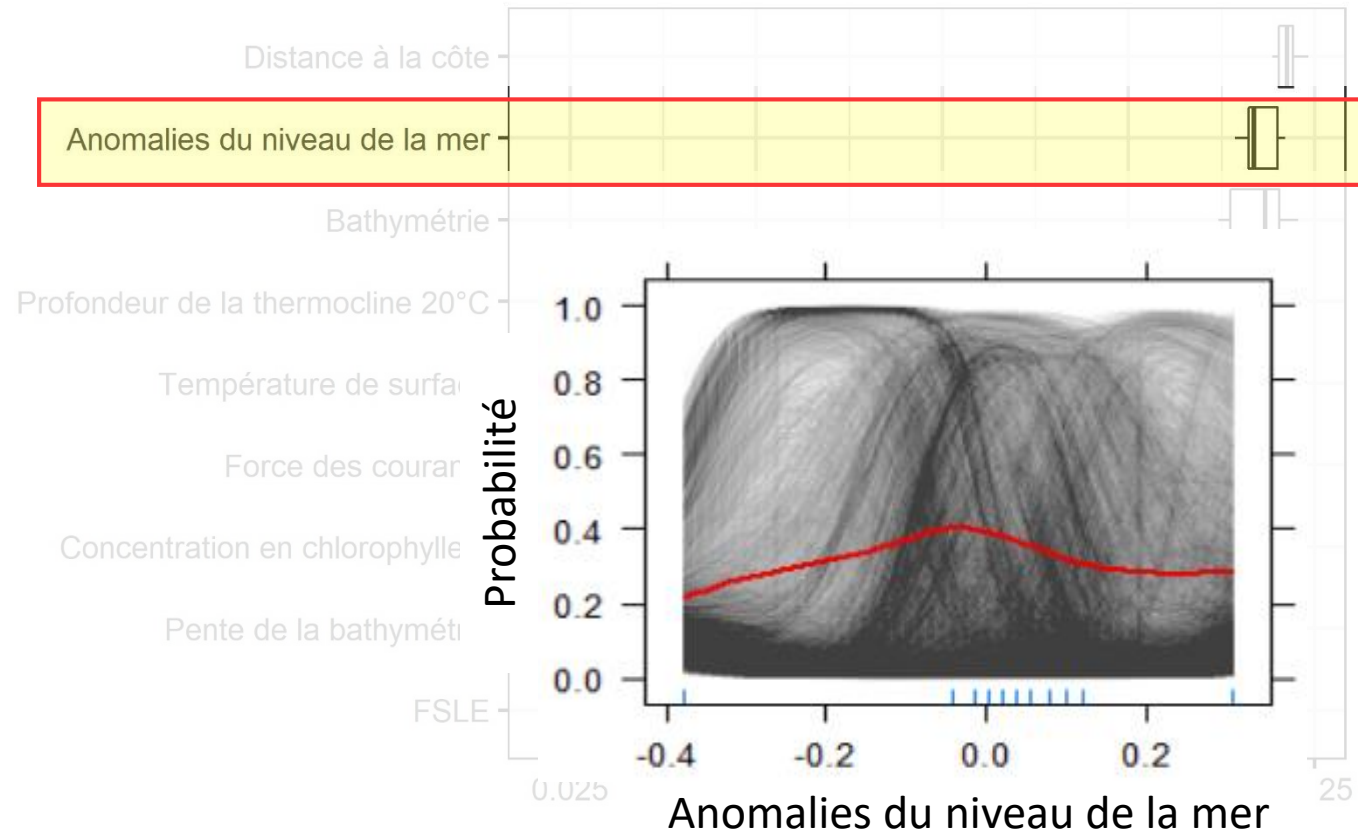
1 : comportement alimentaire

Importance des variables



Support Vector Machine

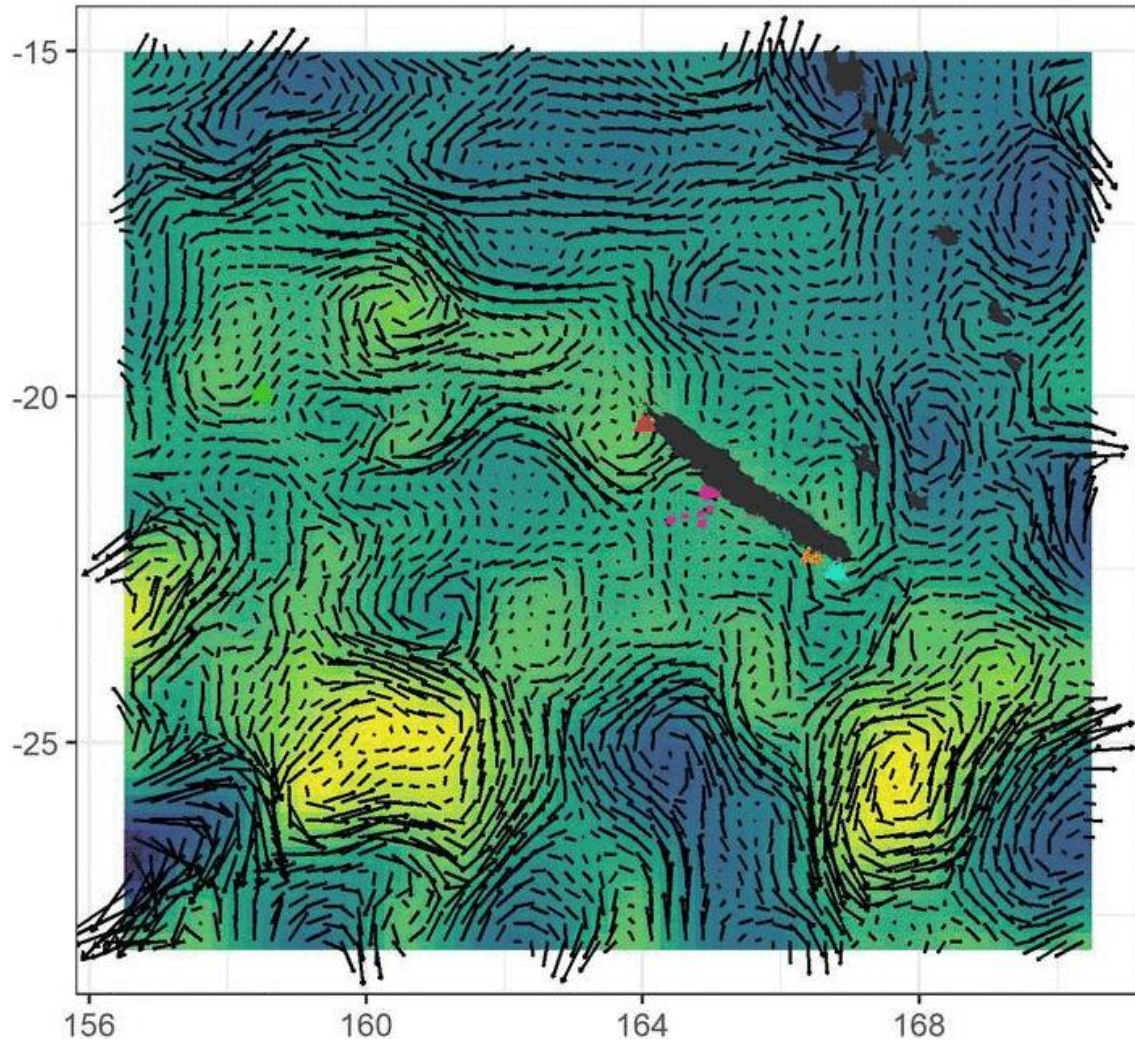
Importance des variables



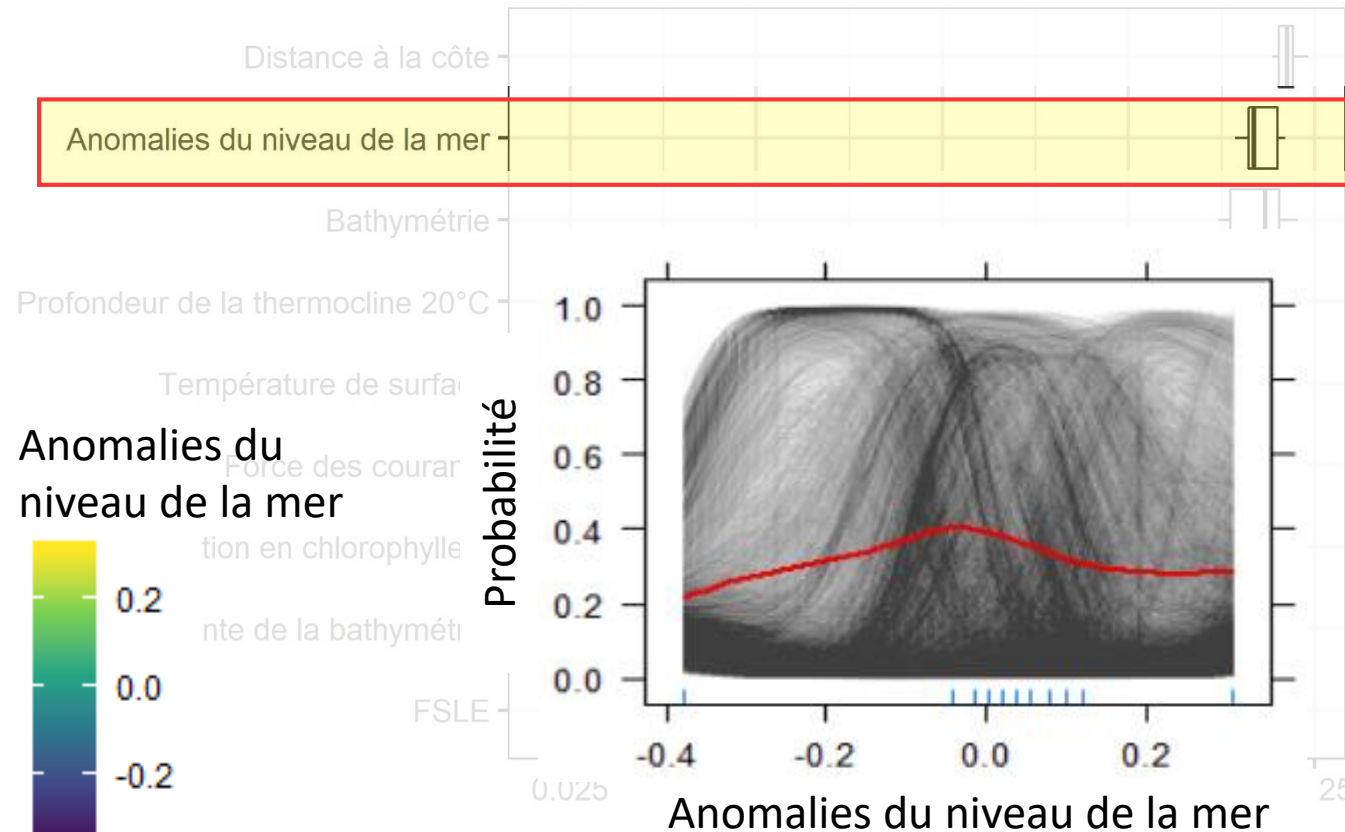
Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Support Vector Machine

2017-03-06

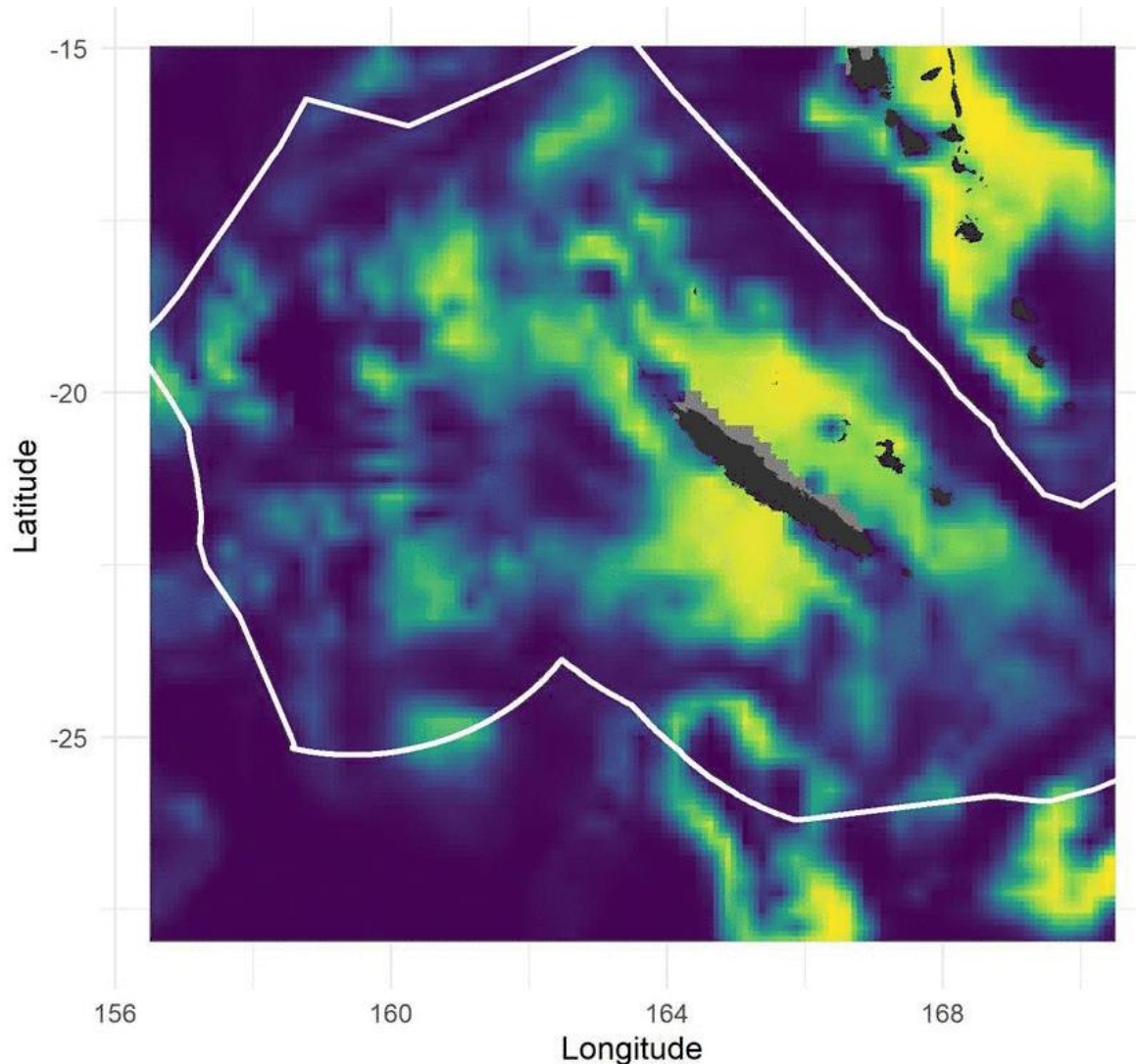


Importance des variables



Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

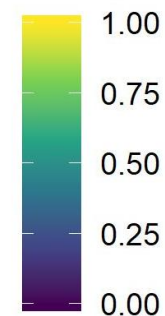
Prédictions du modèle



Prédictions du modèle **par jour** durant la période d'élevage des poussins **2017** (Mars-Avril)

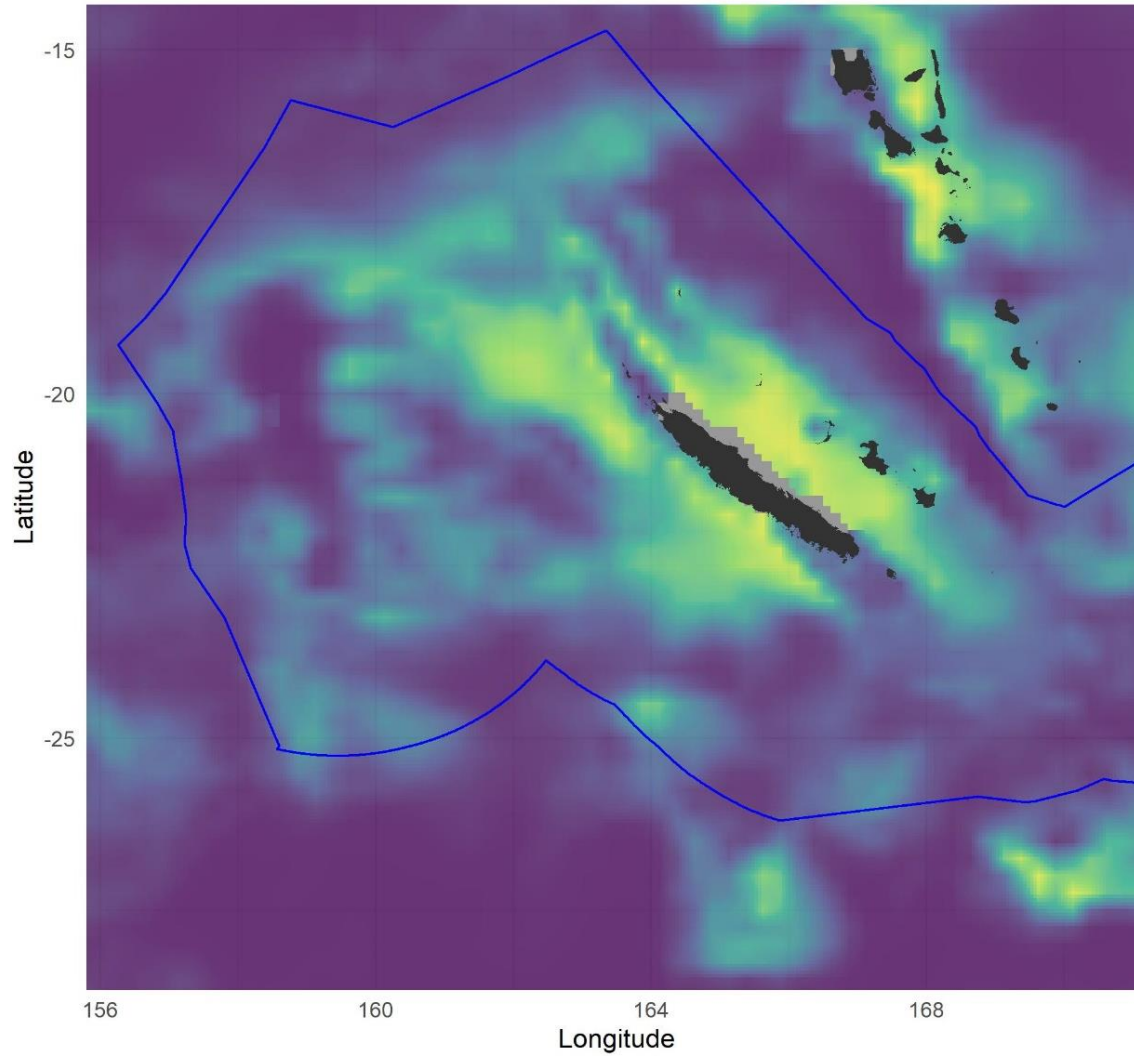
La distribution des zones d'alimentation est variable dans le temps

Probabilité d'alimentation

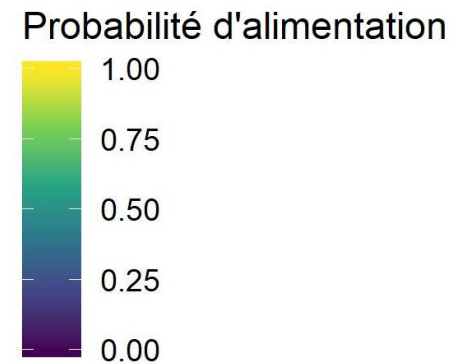


Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Prédictions du modèle : **Moyenne pour Mars Avril 2017**



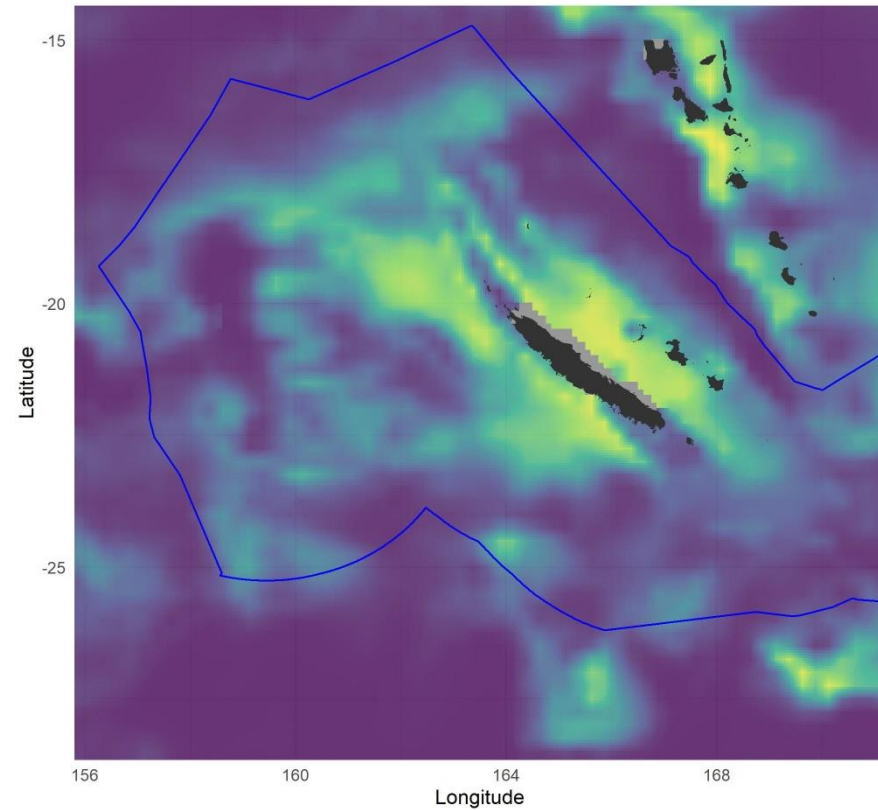
Zones de plus forte probabilité de
prédiction durant la période étudiée



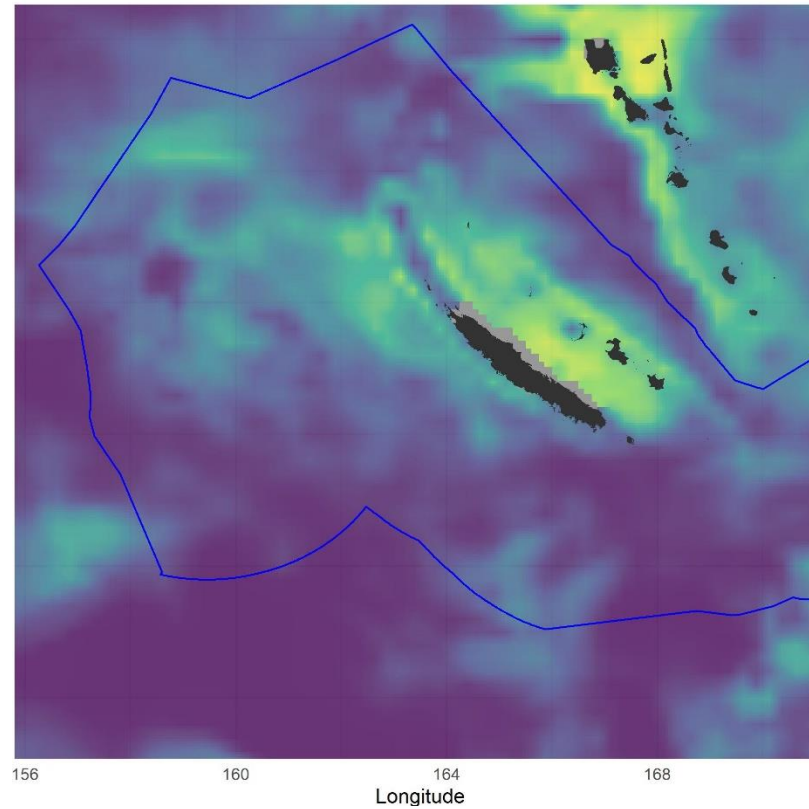
Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Prédictions du modèle : **Moyenne par année**

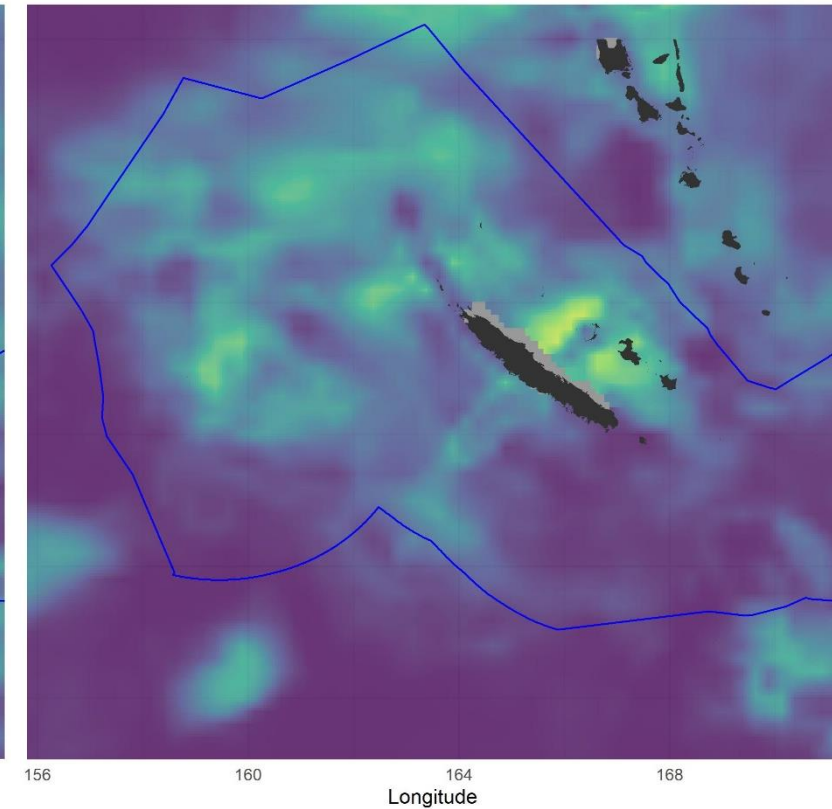
Mars-Avril **2017**



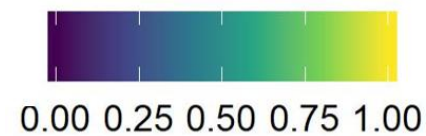
Mars-Avril **2018**



Mars-Avril **2019**

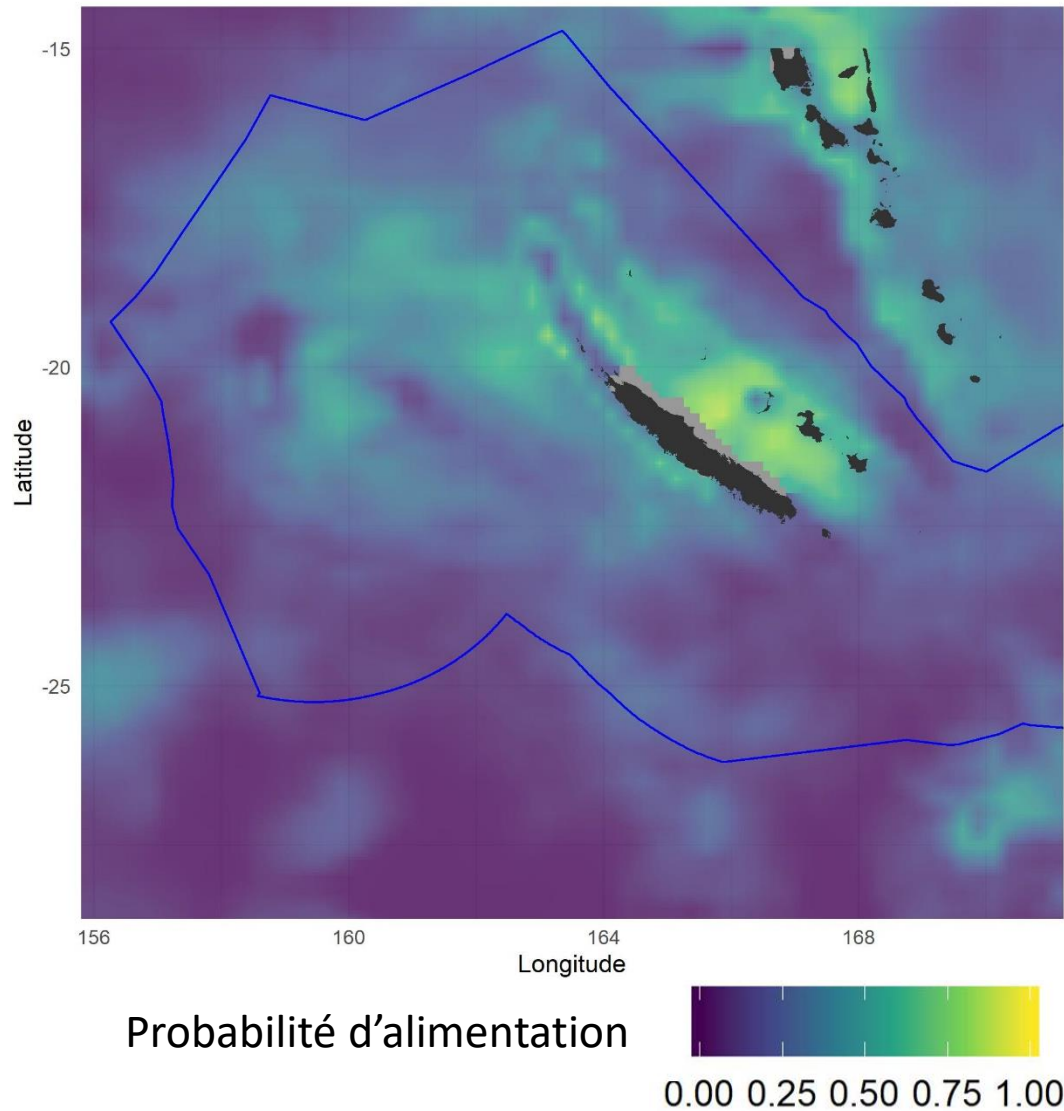


Probabilité d'alimentation



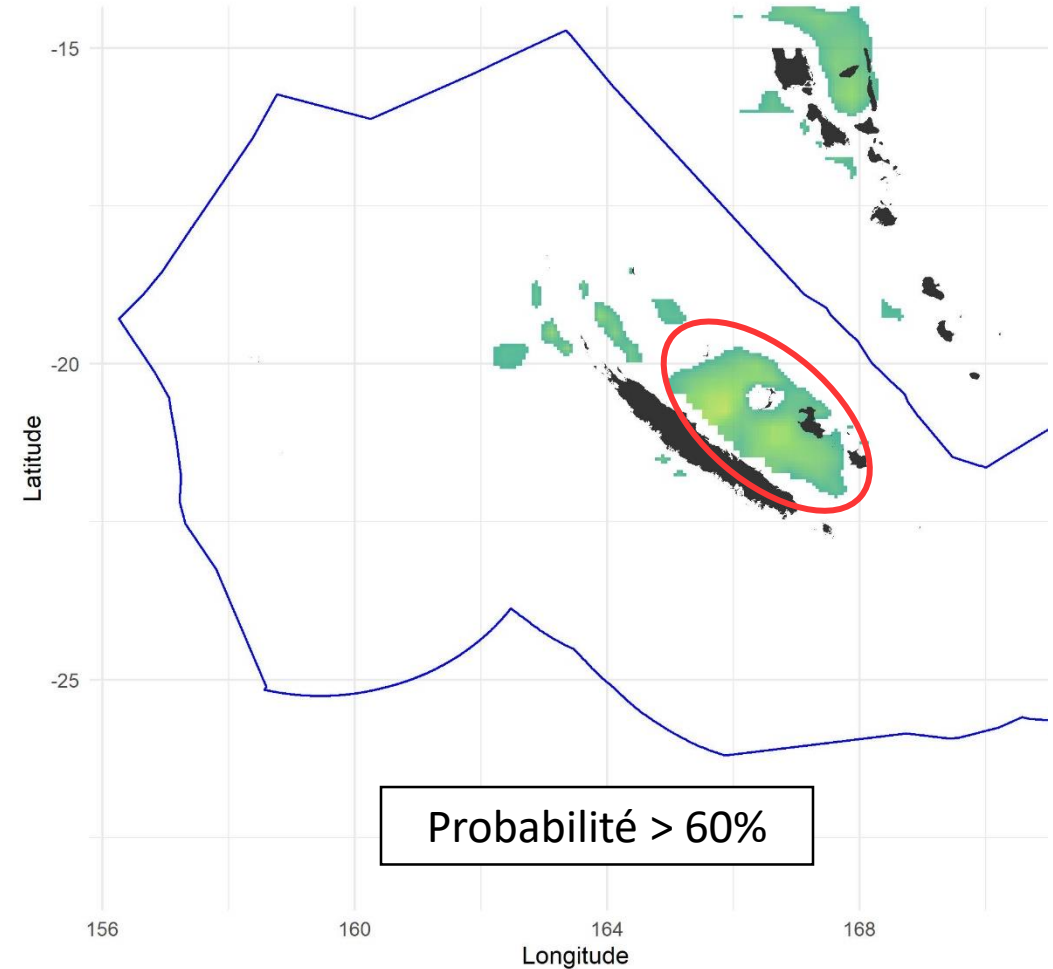
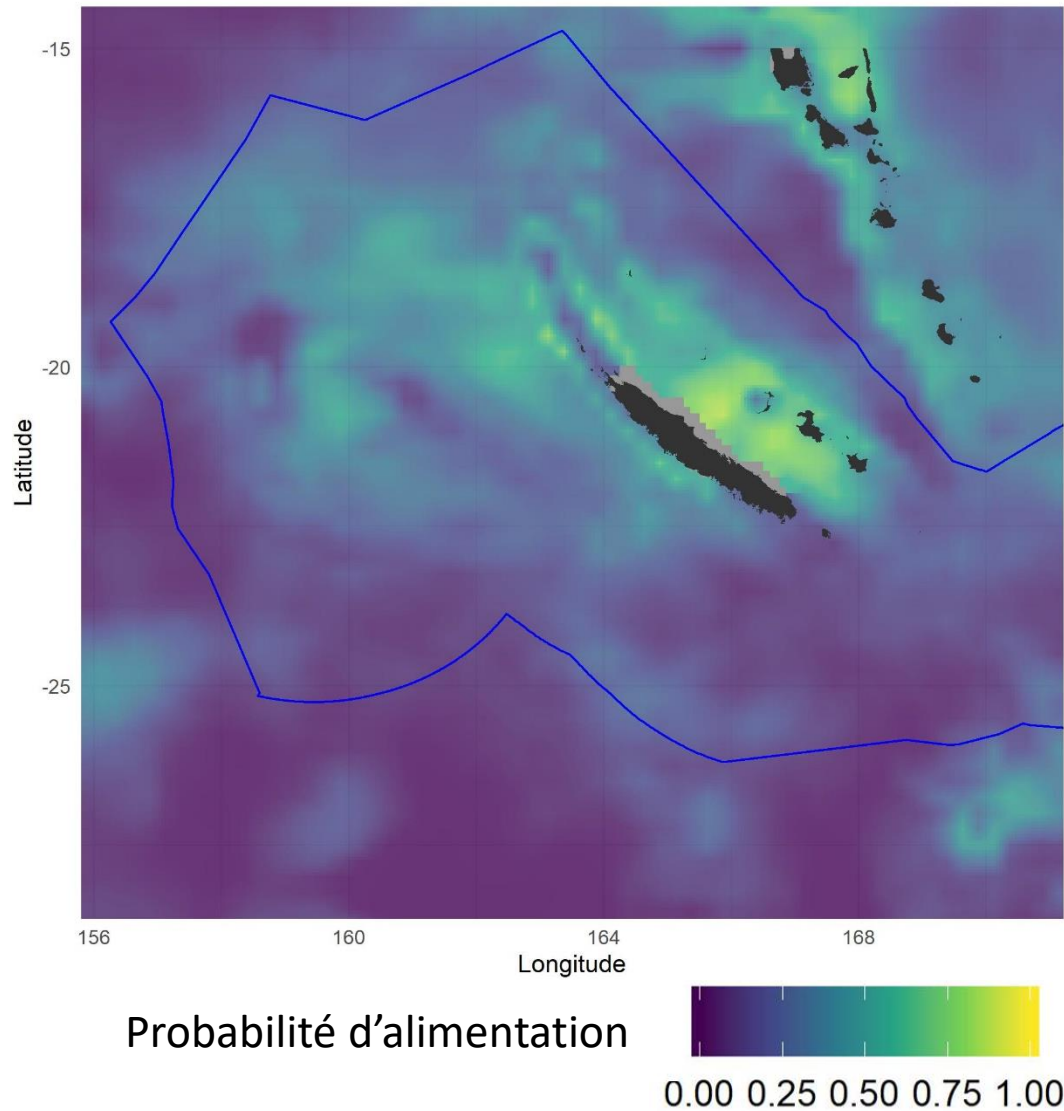
Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Prédictions du modèle : Mars et Avril 2017 – 2018 – 2019



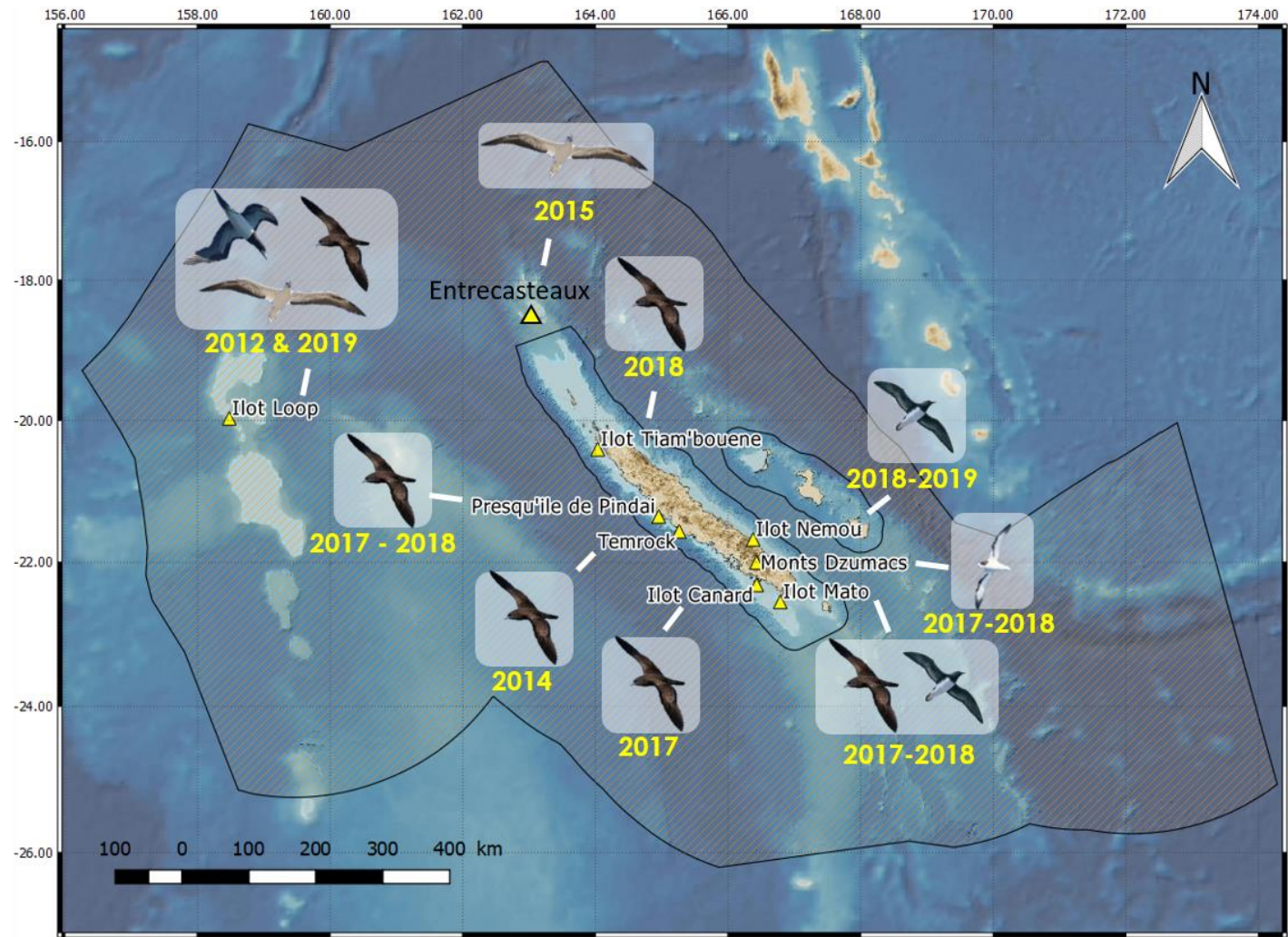
Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Prédictions du modèle : Mars et Avril 2017 – 2018 – 2019



Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Etudier la stabilité des zones toute
l'année et sur une + longue période



Puffin fouquet



Pétrel de Tahiti



Pétrel de Gould



Fou à pieds rouges

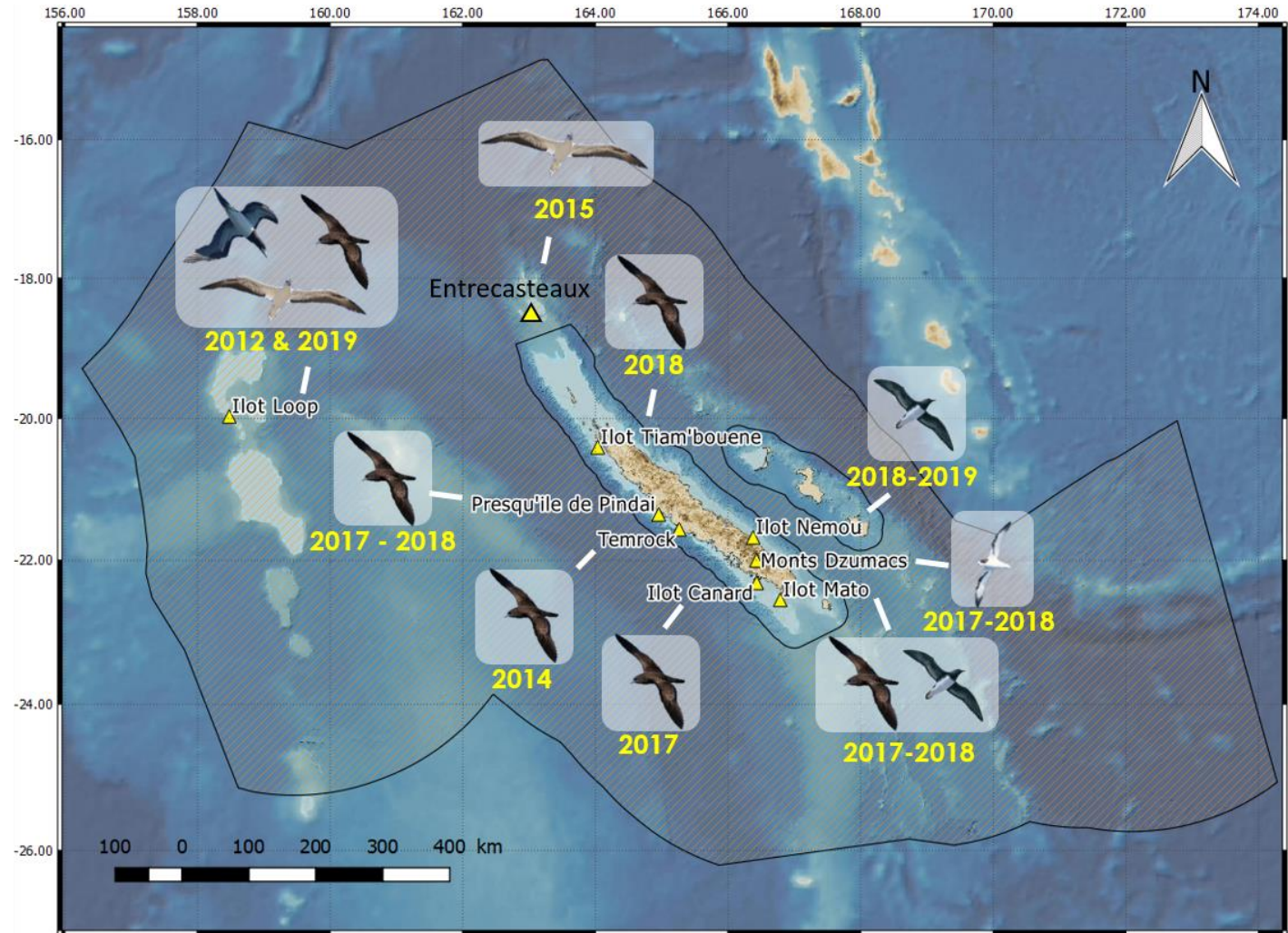


Fou brun

Modélisation prédictive de l'habitat océanique du puffin fouquet : Application à la conservation

Etudier la stabilité des zones toute
l'année et sur une + longue période

Reproduire ces modèles en intégrant
d'autres données d'autres espèces



Puffin fouquet



Pétrel de Tahiti



Pétrel de Gould



Fou à pieds rouges

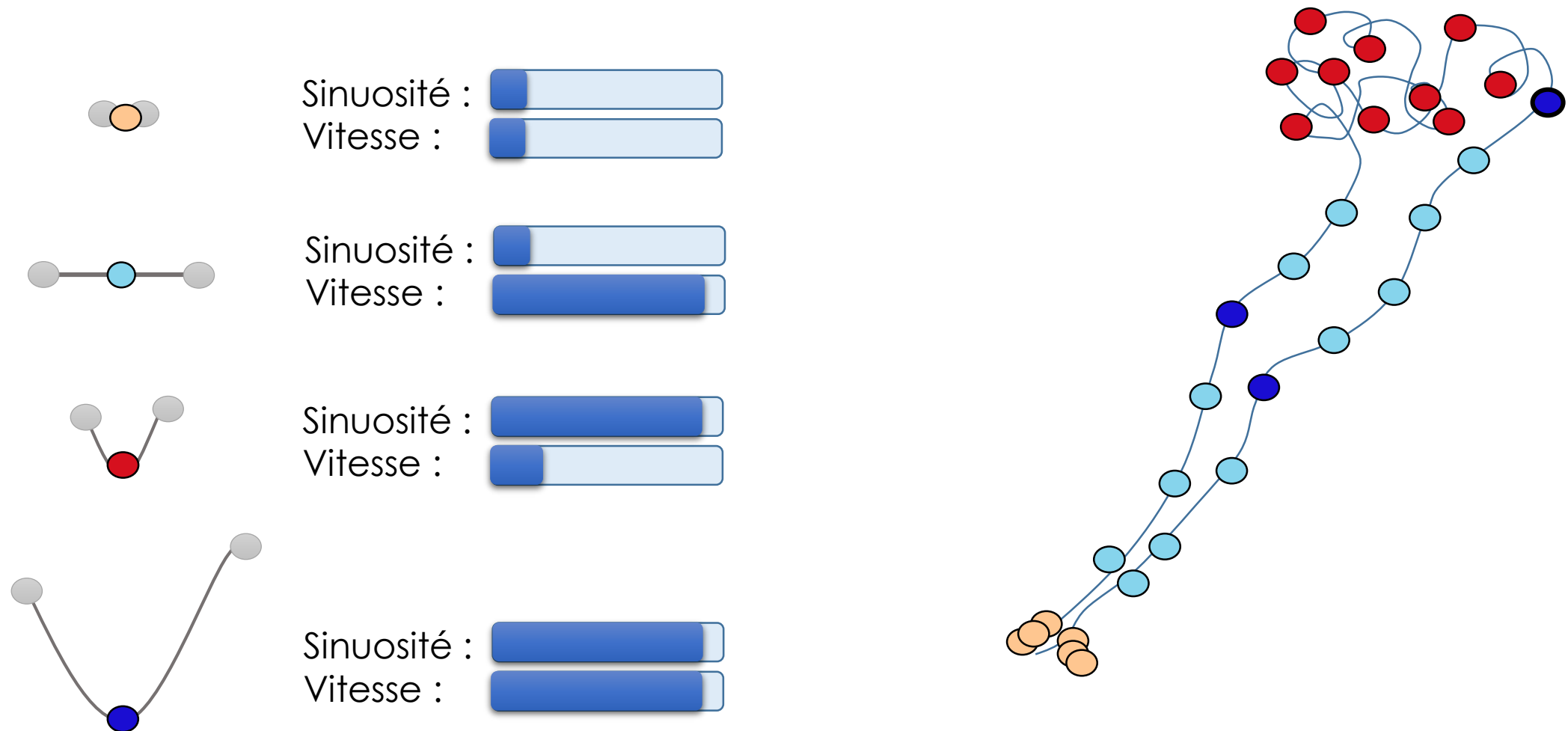


Fou brun

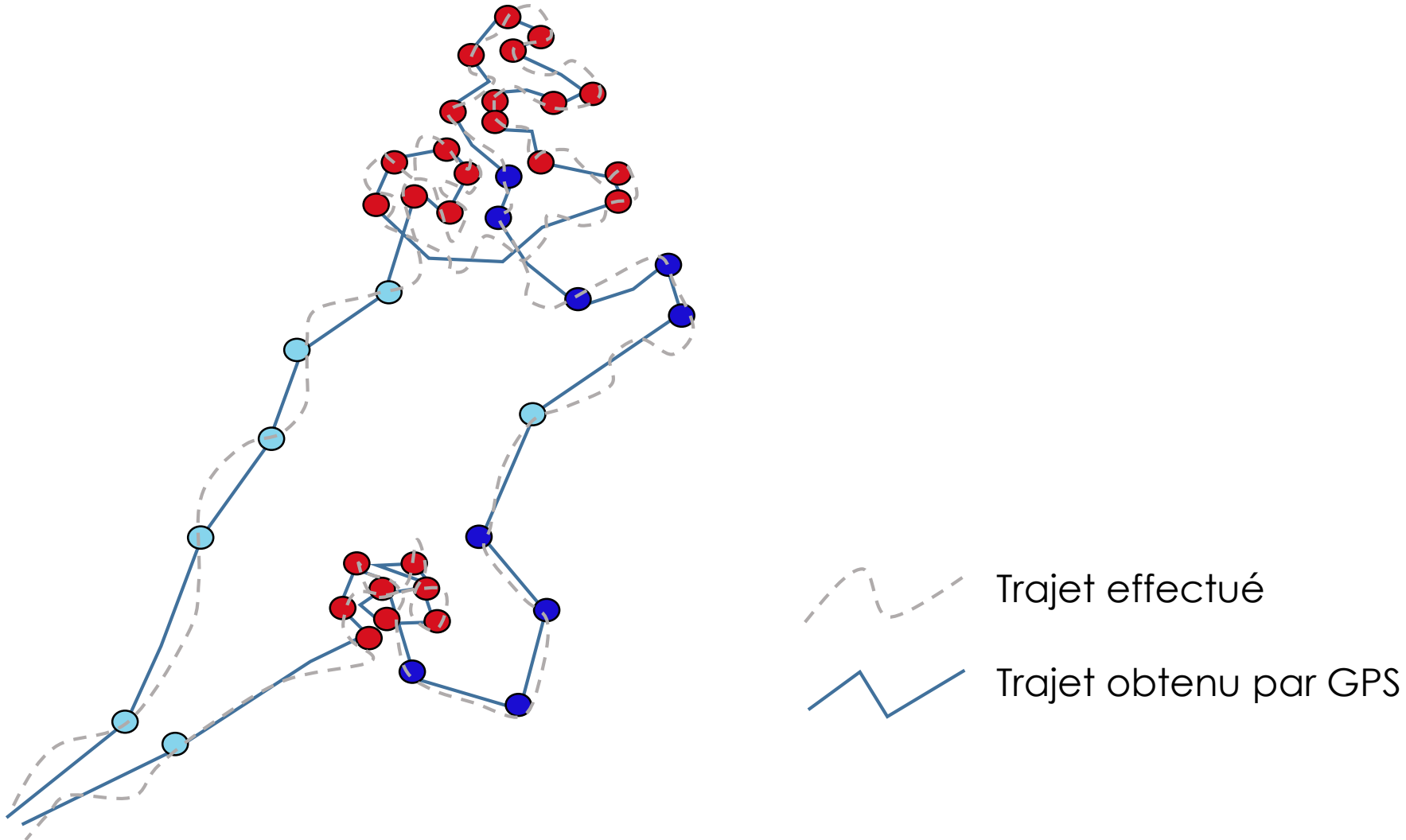
Merci pour votre attention



Interprétation des comportements

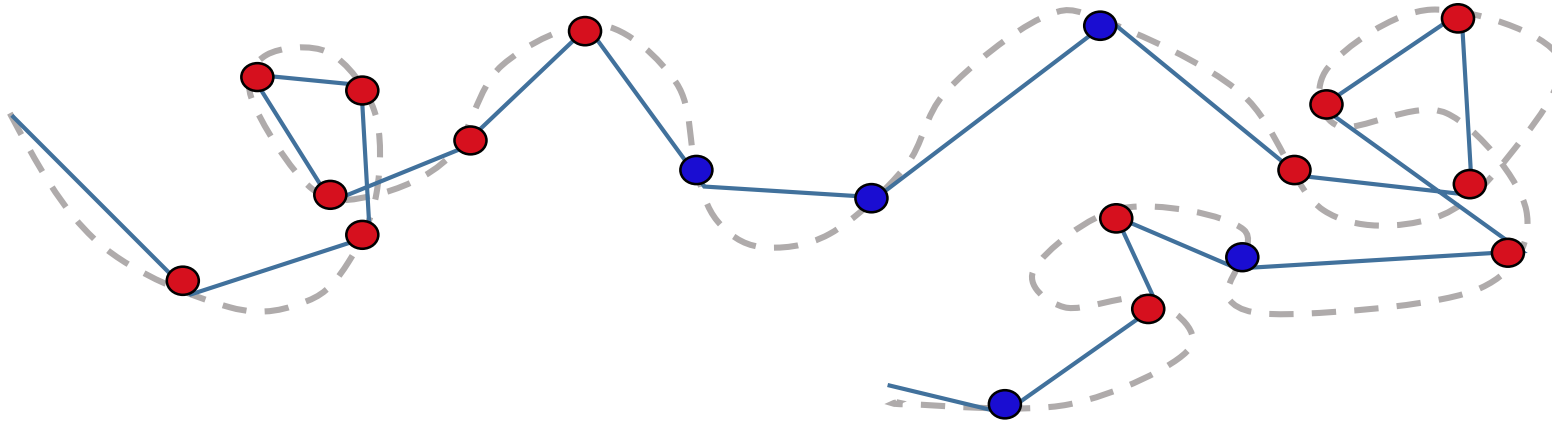


Sous-estimation de la distance réelle parcourue



Interpolation des données?

1 point / 30 min

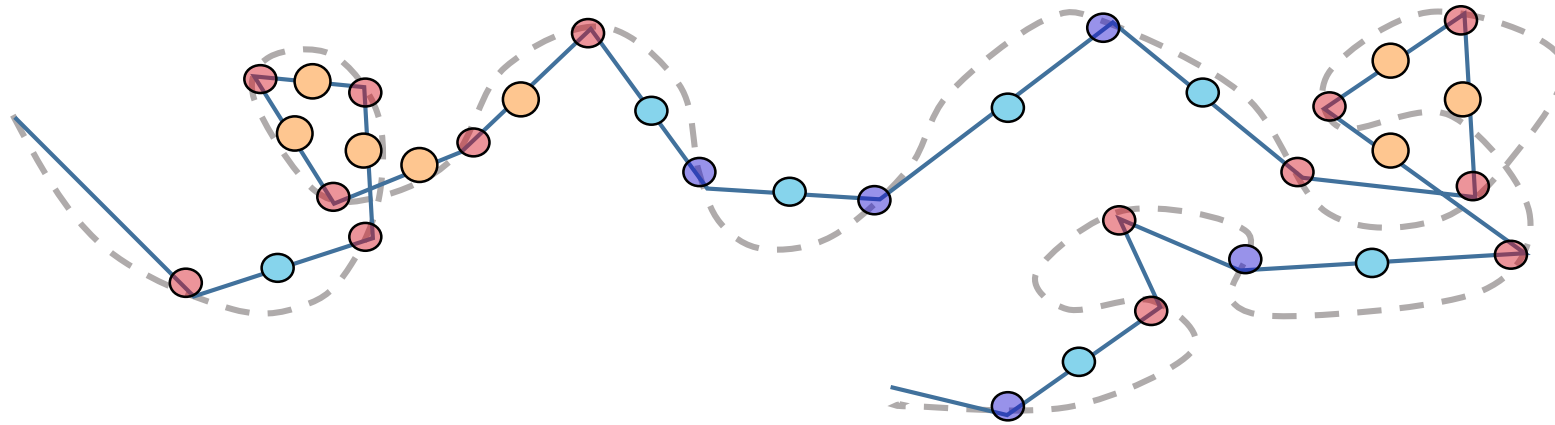


Trajet effectué

Trajet obtenu par GPS

Interpolation des données?

Interpolation :
1 point / 15 min

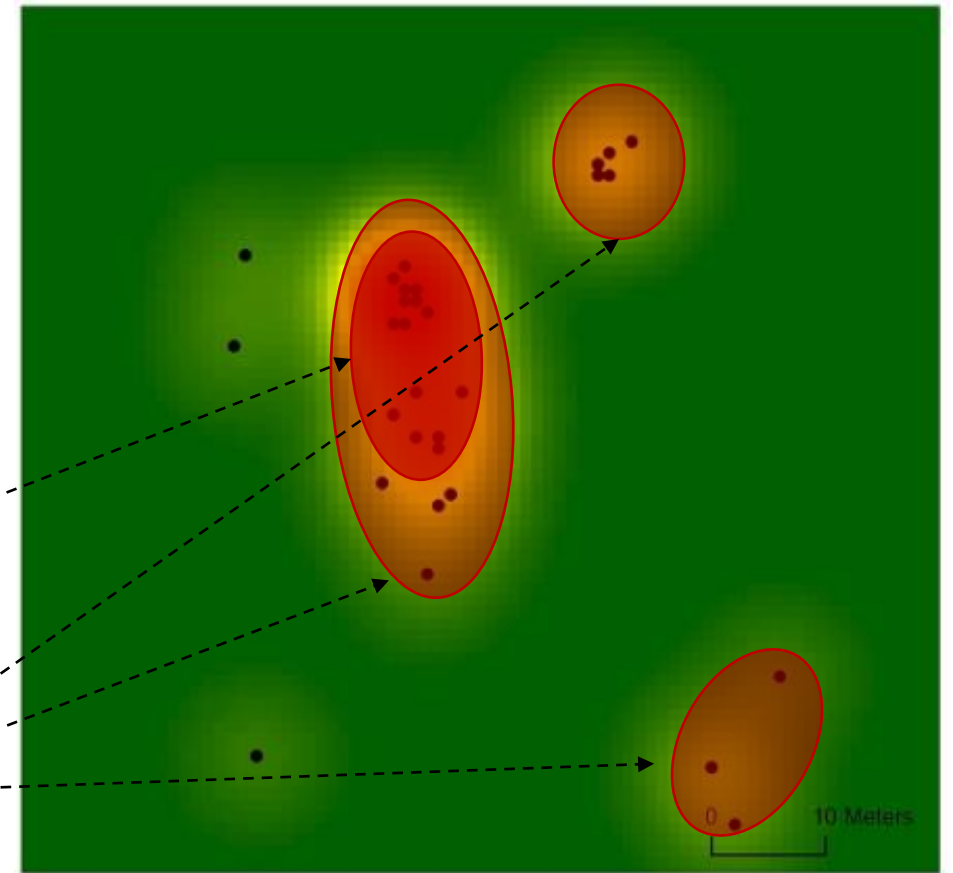
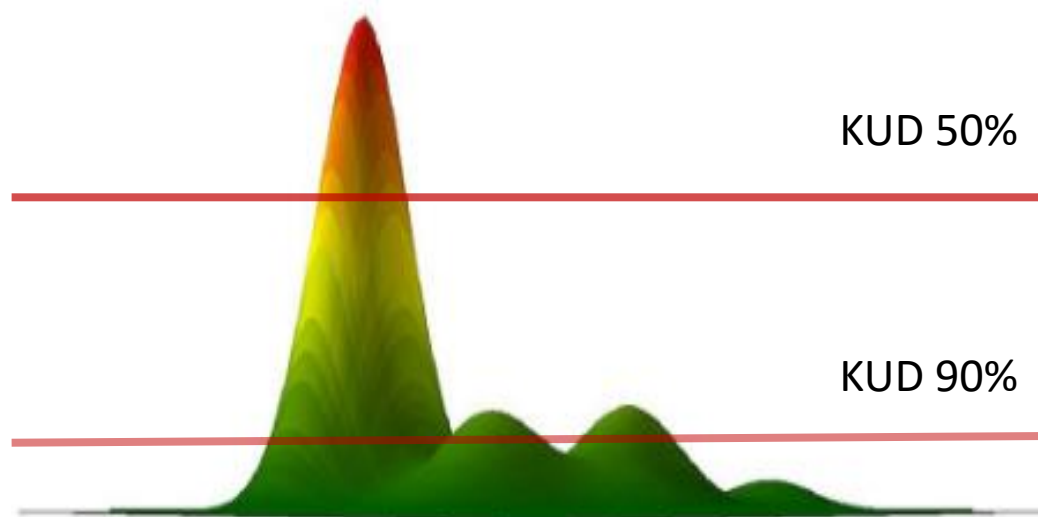
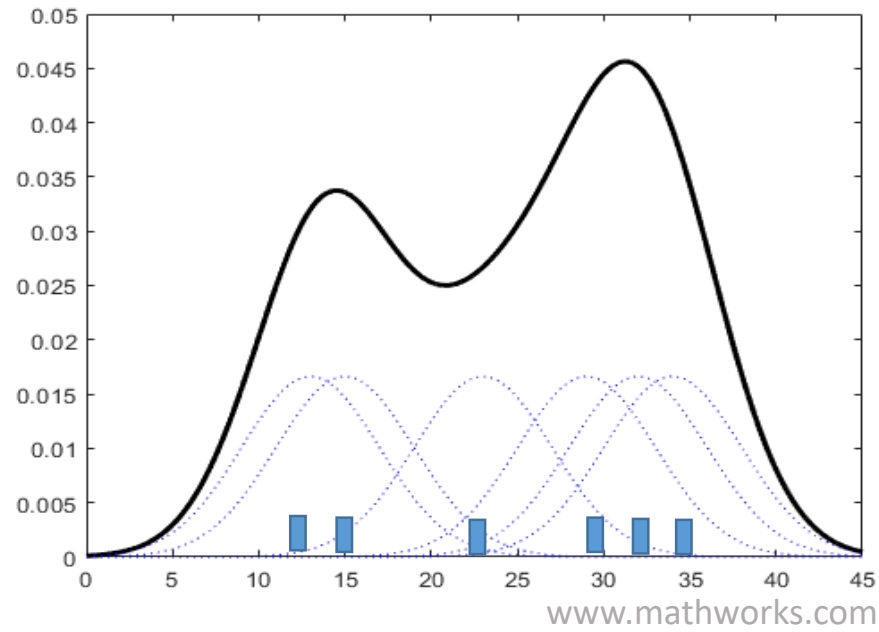


Permet l'homogénéisation du nombre de points pour une même durée : **utilisée pour les Kernels**

Interpolation linéaire -> **sur-estimation** des comportements de repos ou de transit: **non utilisé pour l'identification comportementale**

 Trajet effectué
 Trajet obtenu par GPS

Annexe : Kernel Utilization Distribution



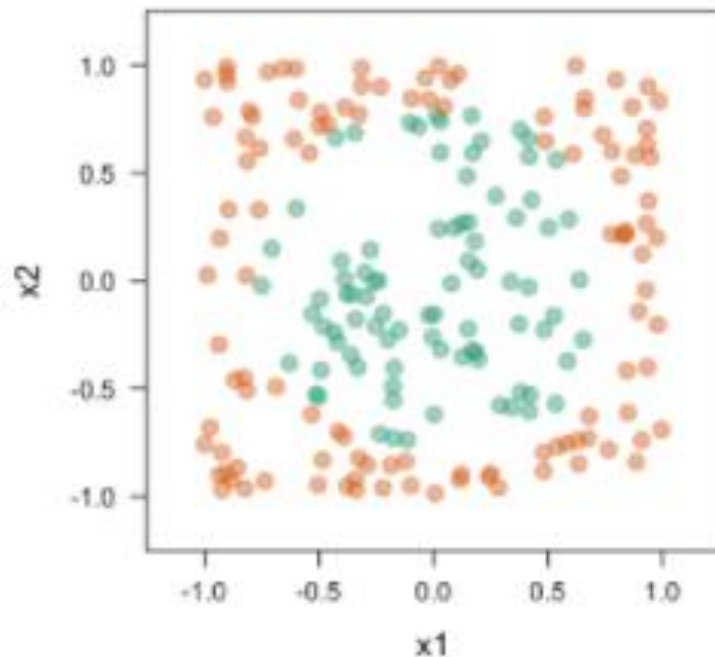
Adapted from Farnsworth *et al.* 2015

Annexe : SVM

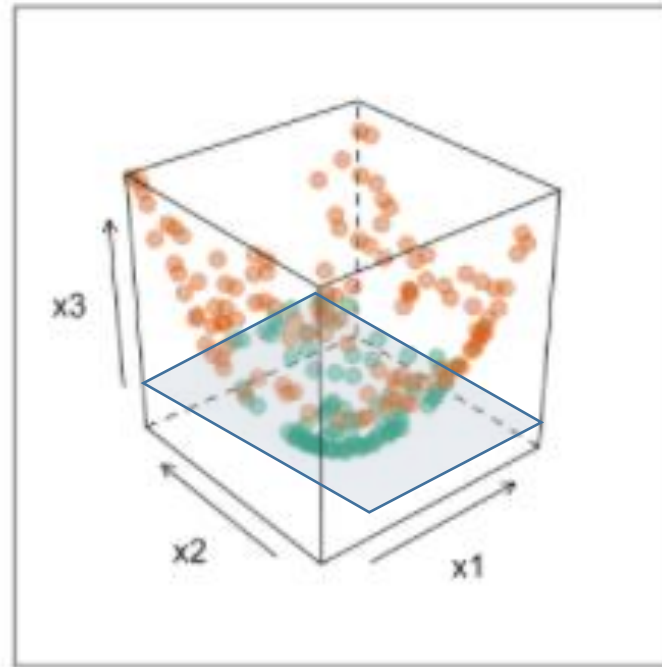
Utilisation de « noyaux » : fonctions mathématiques permettant de séparer les données en les projetant dans un espace vectoriel de plus grande dimension.

La maximisation de marge garantit une meilleure robustesse face au bruit, donc de meilleures prédictions.

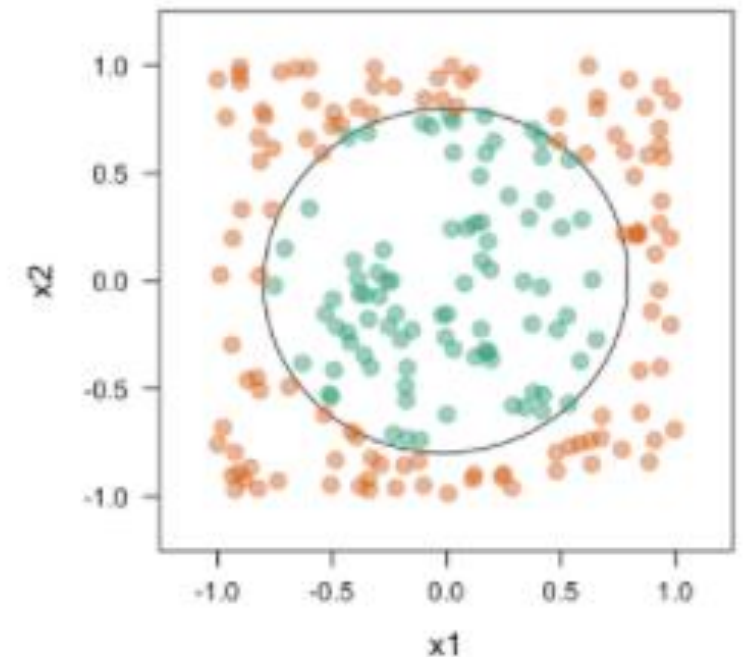
Espace vectoriel d'origine



Espace vectoriel de plus grande dimension

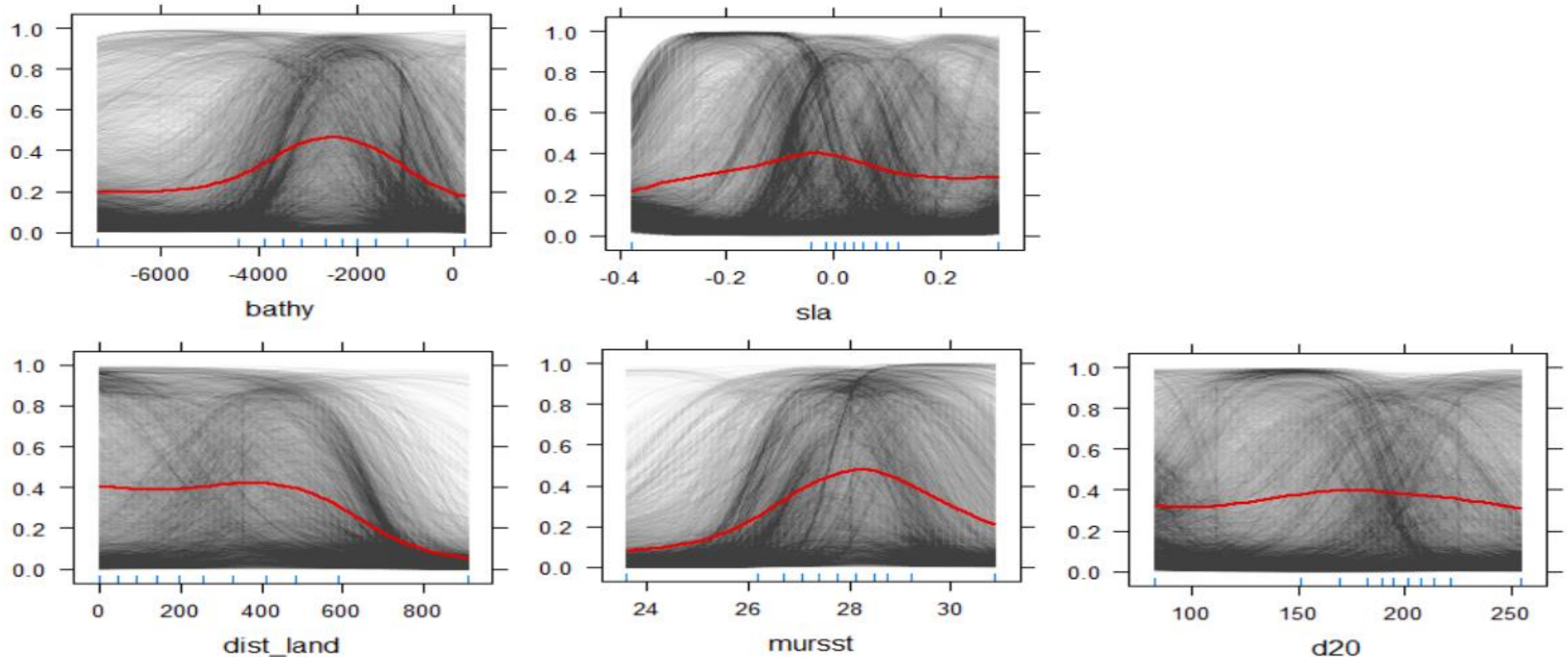


Séparateur non linéaire



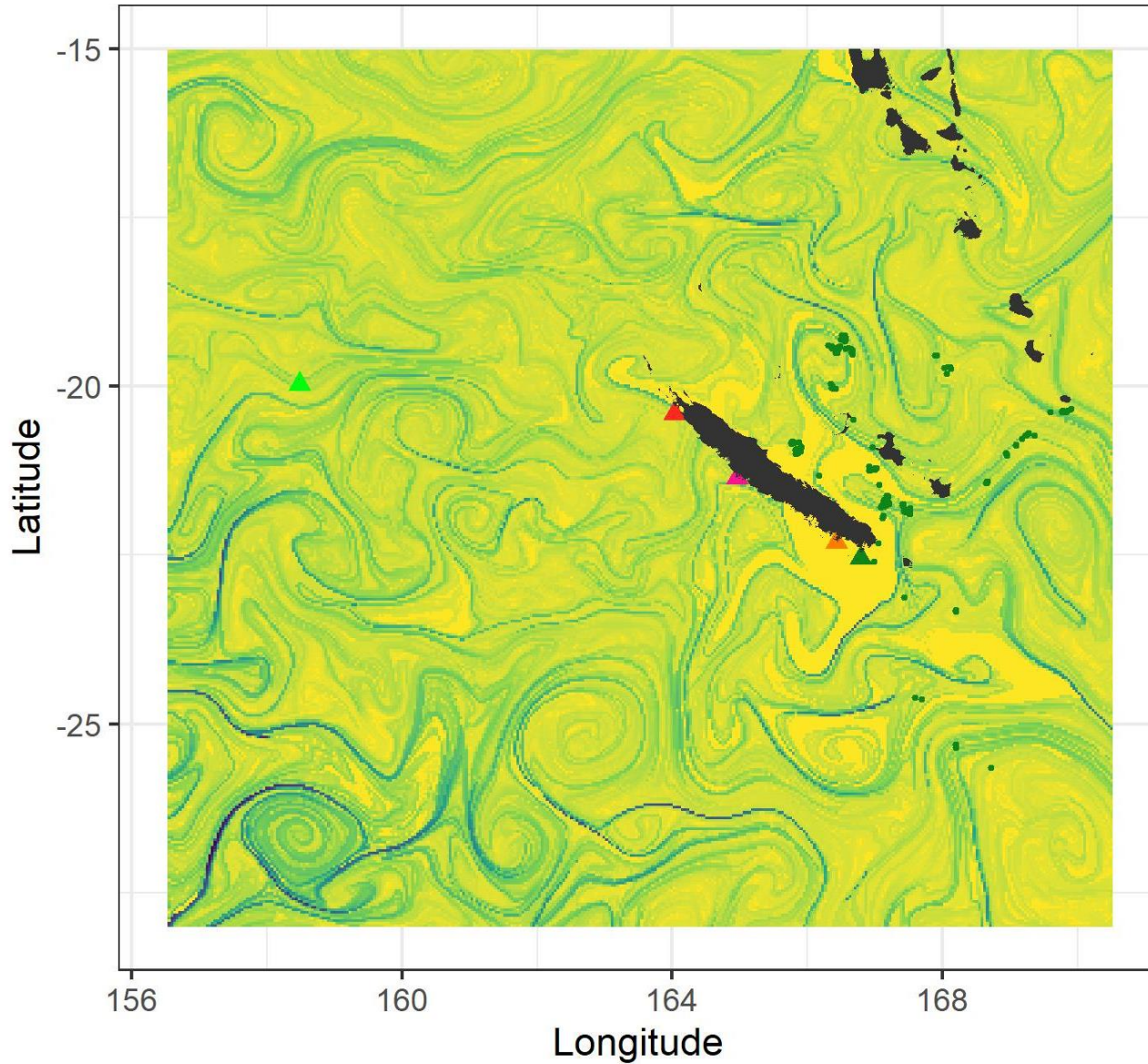
Annexe : SVM

Graphiques de dépendance partielle - Effet marginal des variables sur la probabilité d'alimentation : traduit l'impact d'une variable à différents stades des valeurs qu'elle peut prendre en moyennant l'influence de tous les autres descripteurs



Annexe : SVM

20170402

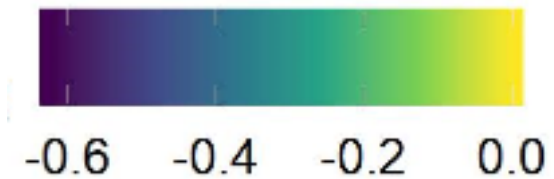


FSLE : finite-size Lyapunov exponent

Identifie les zones d'activité frontale

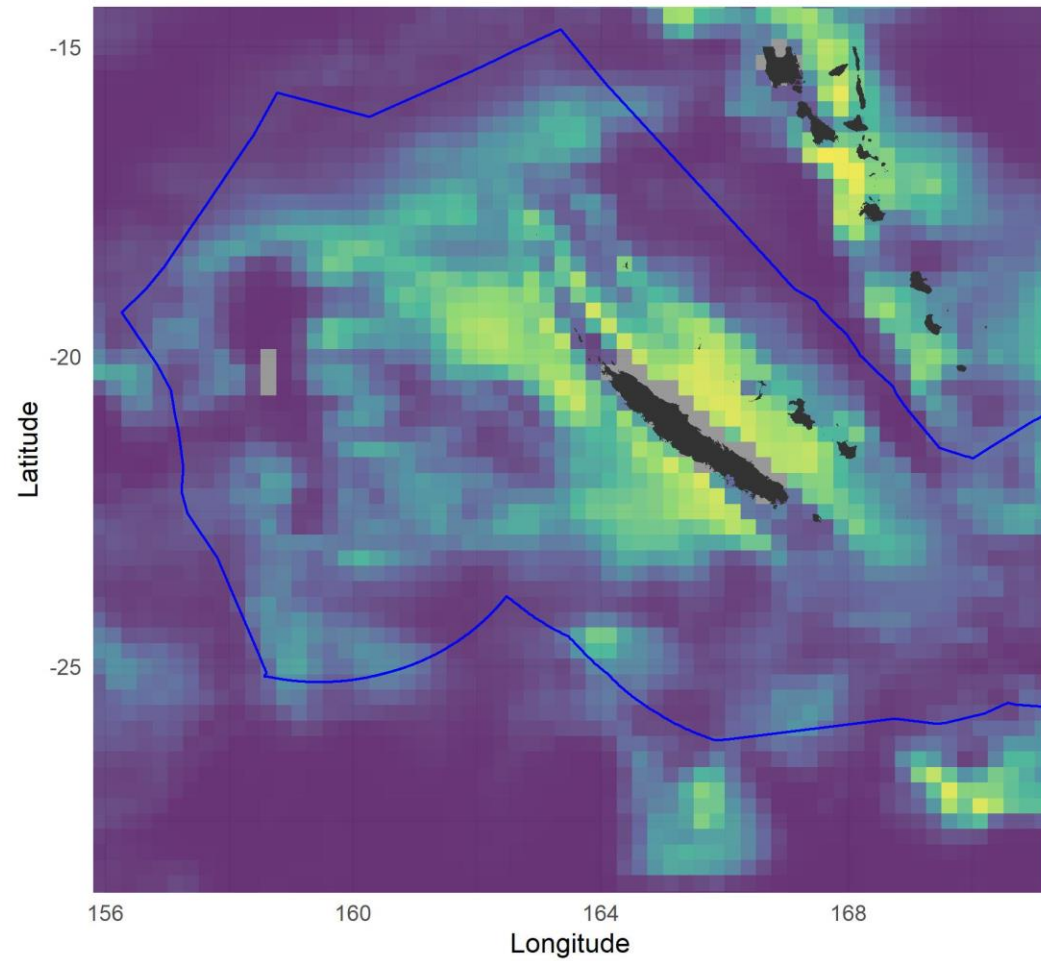
Il semble y avoir un lien avec les structures lagrangiennes mais le modèle ne capture pas cette relation au $\frac{1}{4}^\circ$

FSLE

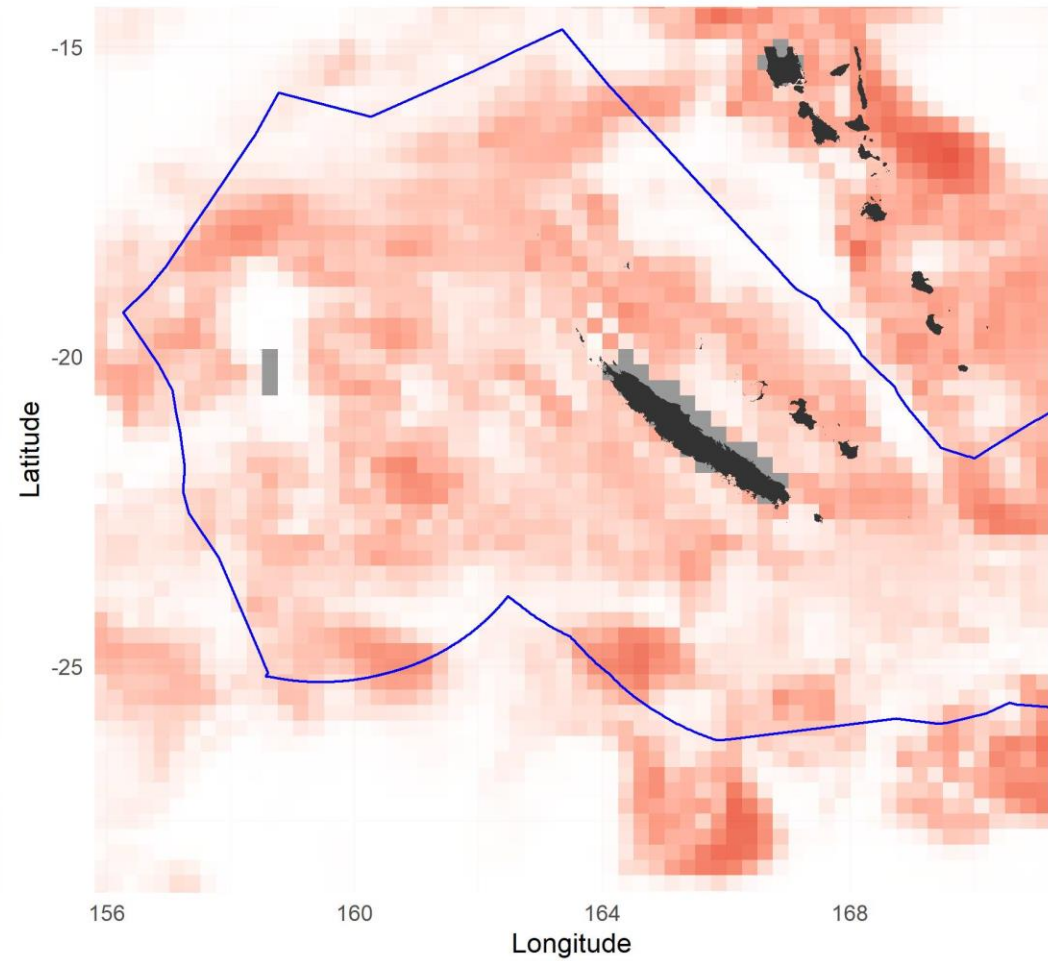


Annexe : **SVM**

Mars-Avril 2017



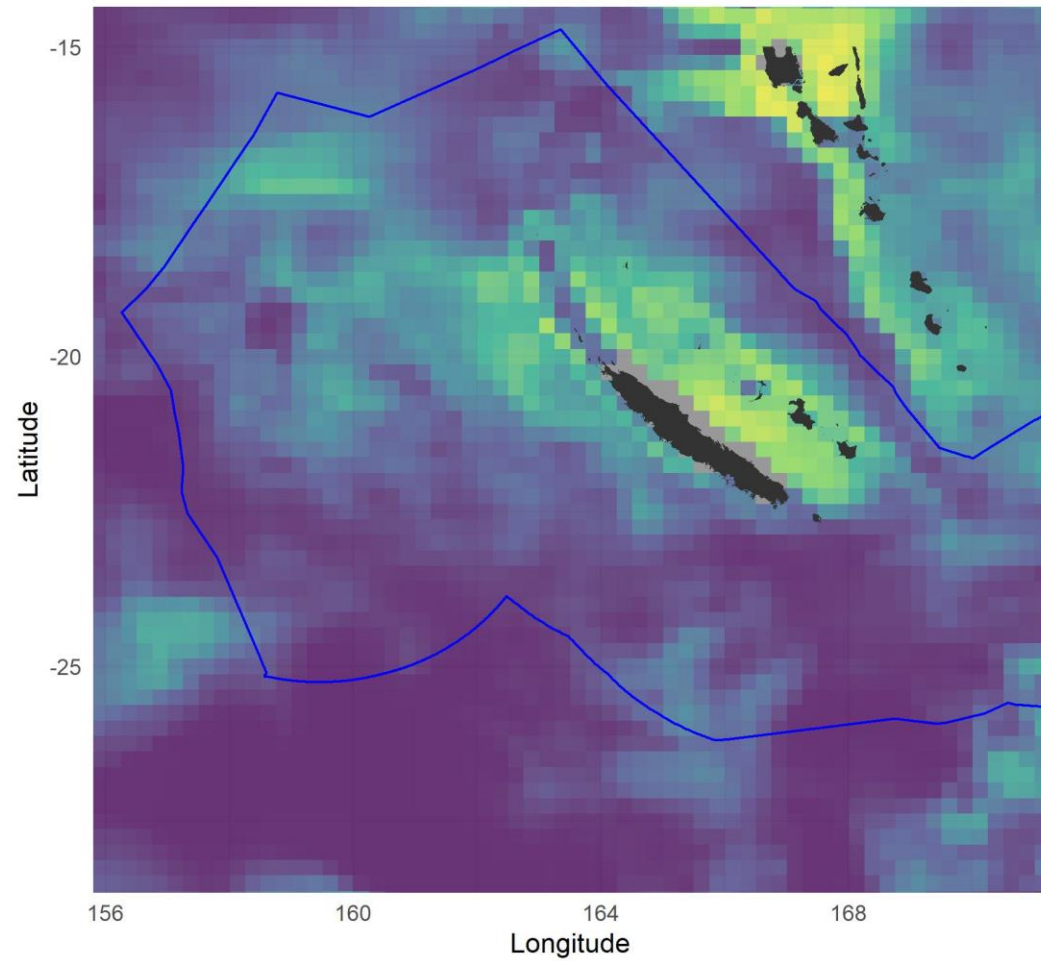
Probability of foraging
0.00 0.25 0.50 0.75 1.00



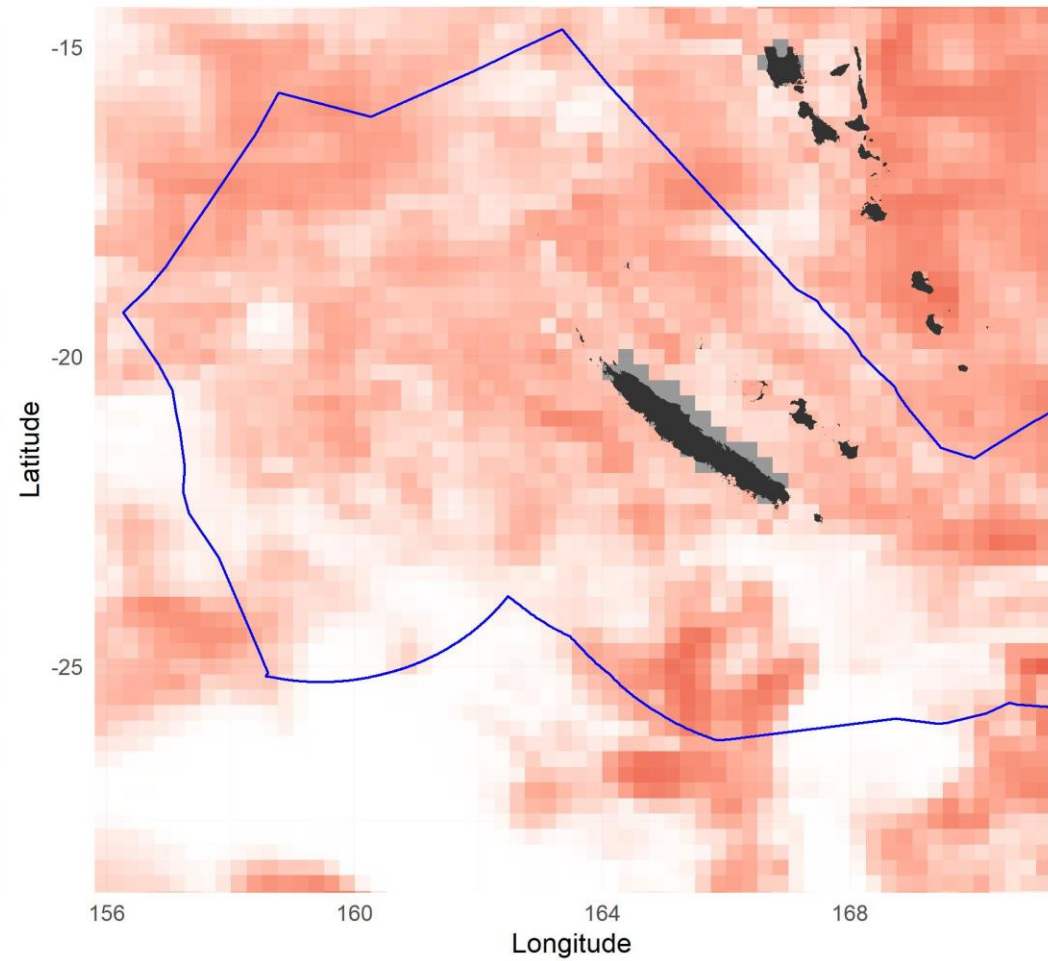
Standard deviation of foraging probability
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5

Annexe : **SVM**

Mars-Avril 2018



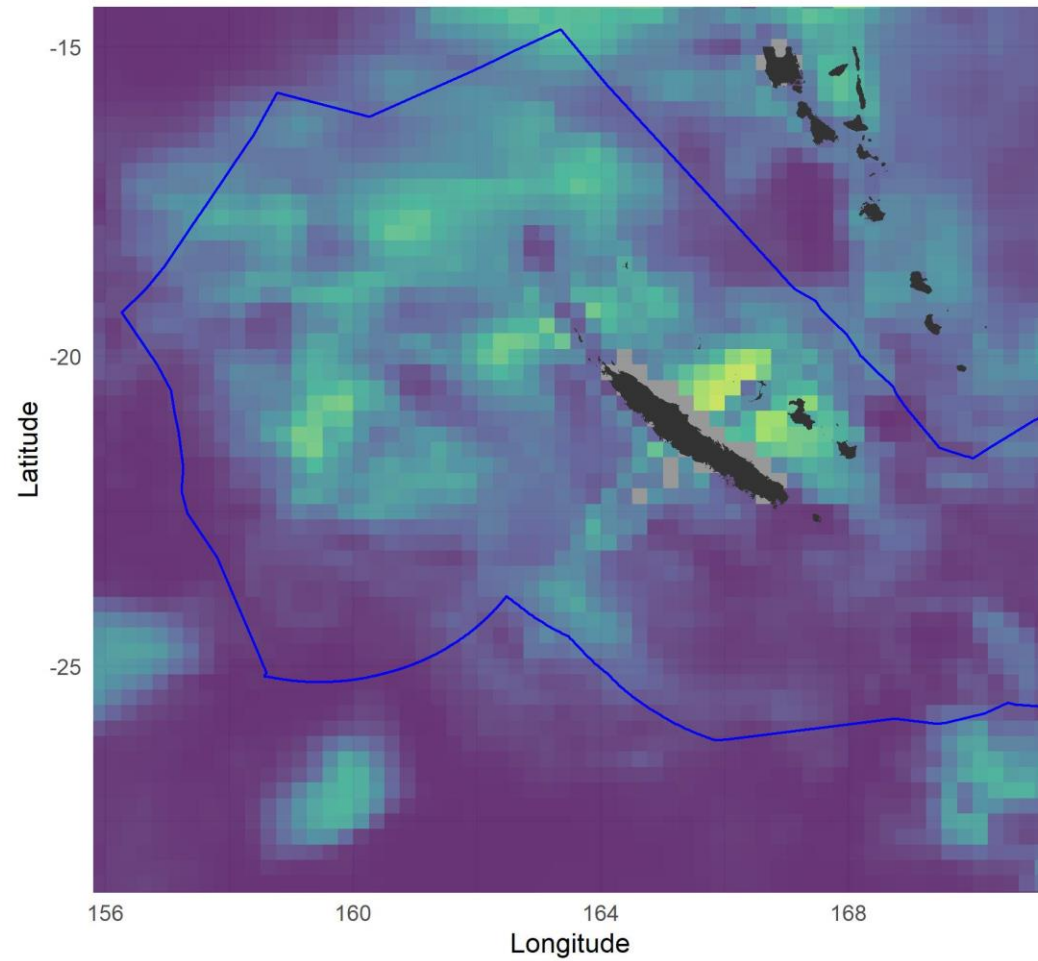
Probability of foraging
0.00 0.25 0.50 0.75 1.00



Standard deviation of foraging probability
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5

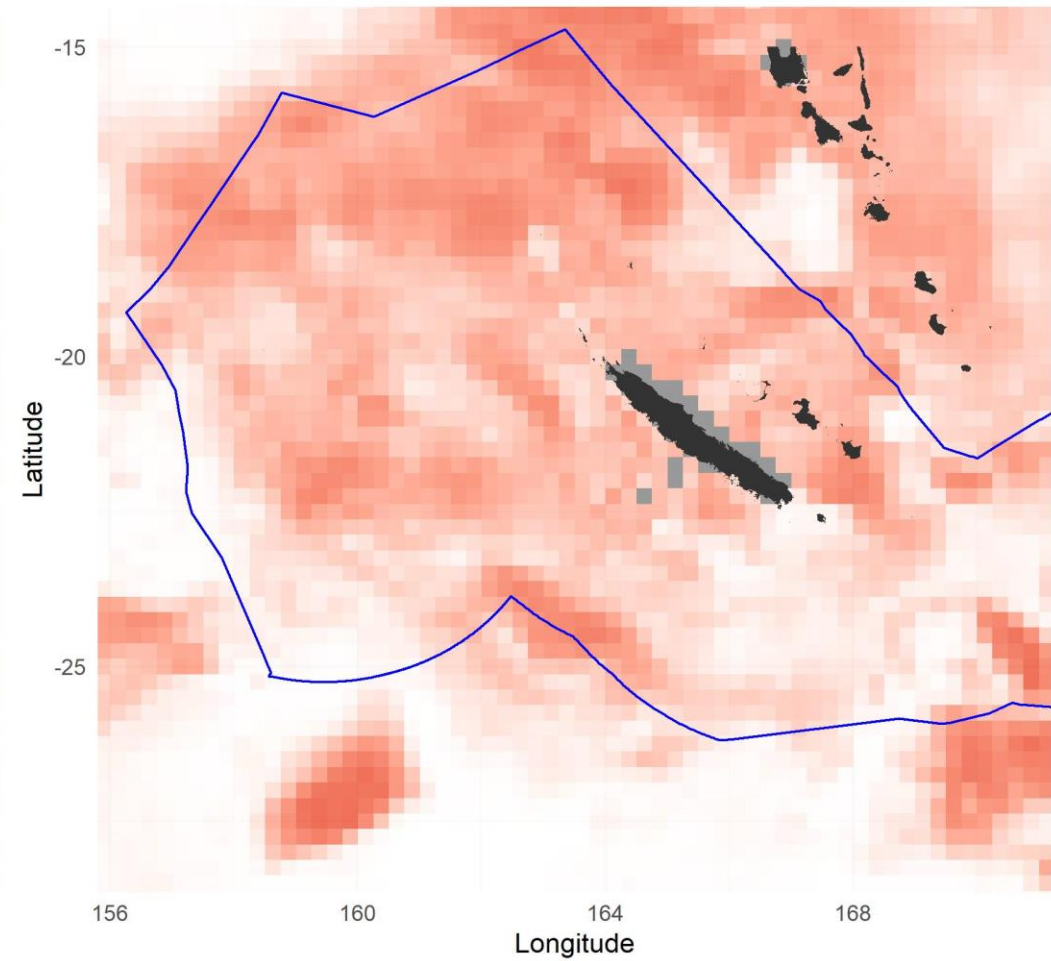
Annexe : **SVM**

Mars-Avril 2019



Probability of foraging

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00

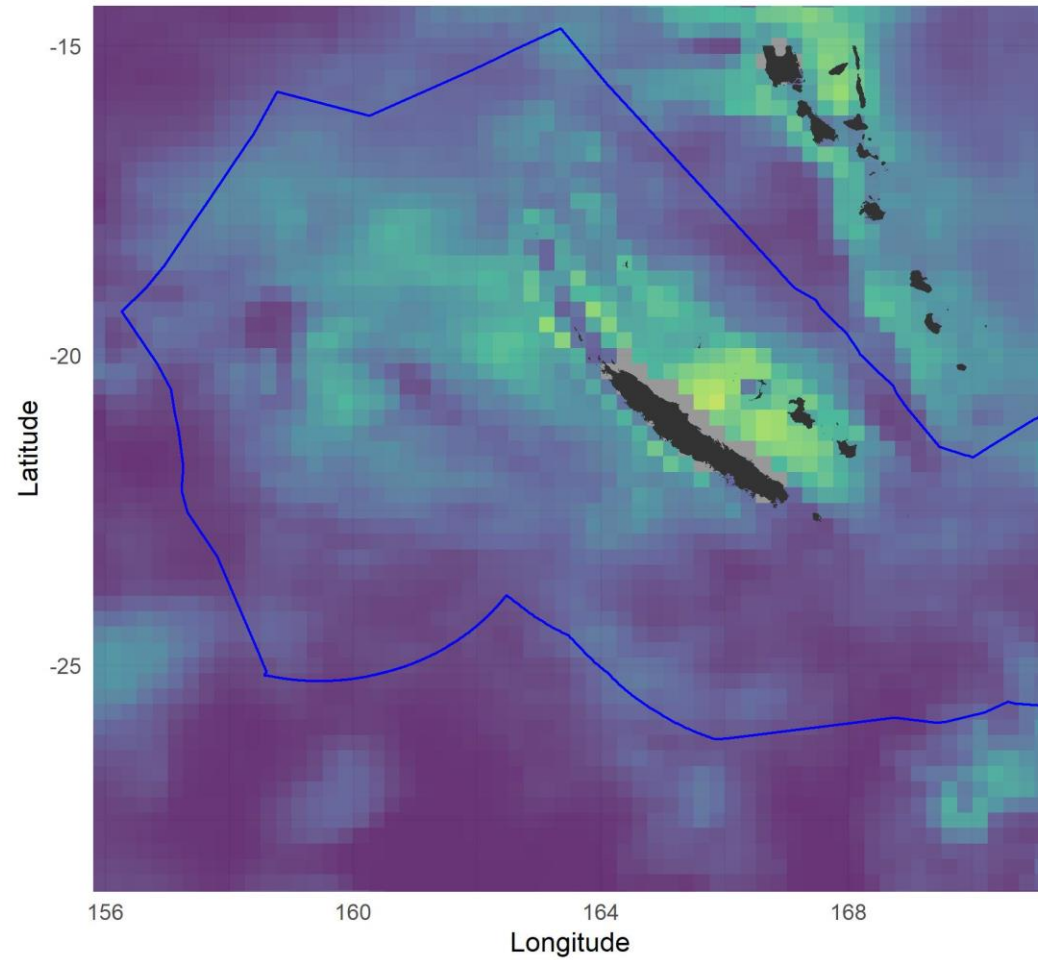


Standard deviation of foraging probability

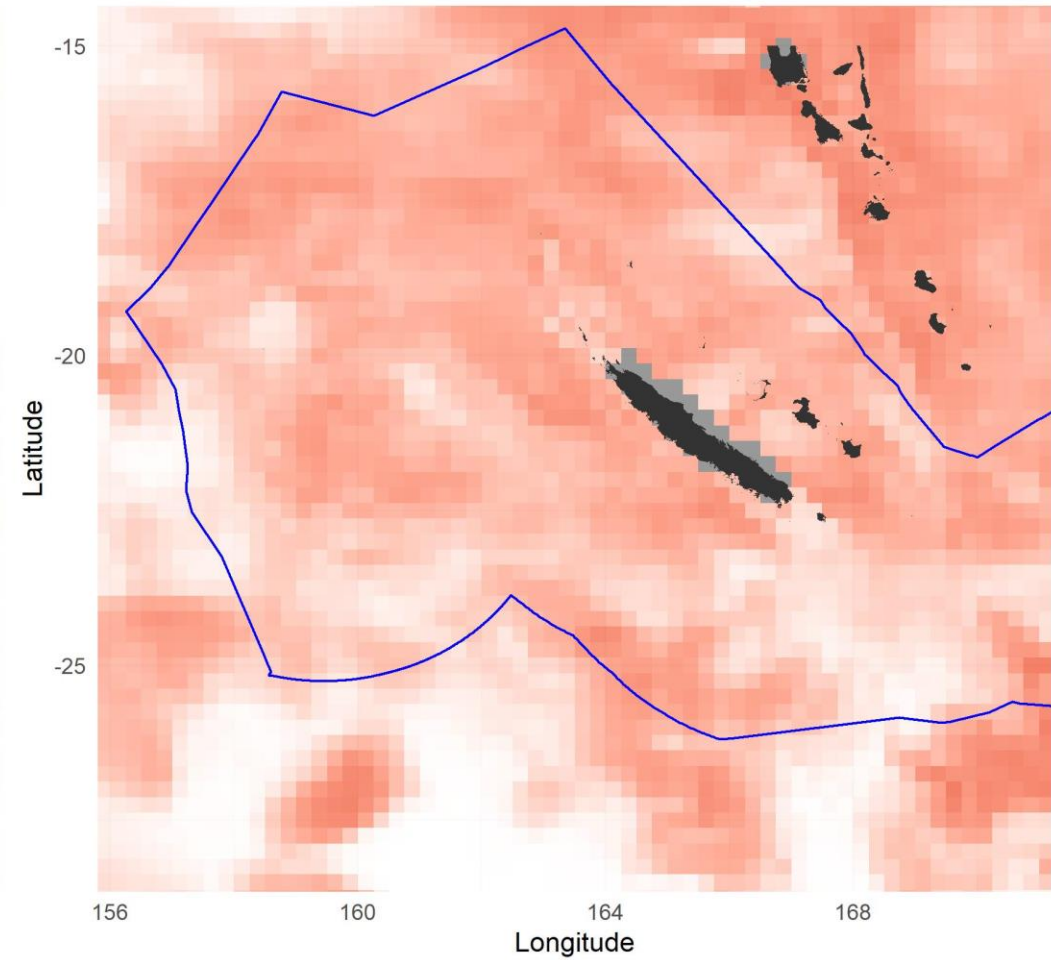
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5

Annexe : **SVM**

Mars-Avril 2017-2018-2019



Probability of foraging
0.00 0.25 0.50 0.75 1.00



Standard deviation of foraging probability
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5