Identification des habitats potentiels des plumes de mer dans l’estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent

Vincent Bellavance

3/17/23

Table of contents

# 1. Rapport d’avancement

# 2. Résumé

Ce rapport a pour but de documenter l’avancement sur le projet d’identification de l’habitat potentiel de la plume de mer dans l’estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent et se décline en trois parties:

* [Les données d’occurrence de plumes de mer](#sec-occ)
  + Sources des données
  + Traitement des données
  + Cartes des occurrence pour chaque espèce
* [Les variables environnementales](#variables-environnementales)
  + Variables environnementales potentielles à utiliser dans les modèles.
  + Liste d’articles sur la distribution de la plume de mer avec la liste de variables environnementales associées à sa présence.
  + Liste des données à considérer pour la modélisation de l’habitat potentiel de la plume de mer dans l’estuaire et le golfe du Saint-Laurent.
* [Choix des modèles qui serviront à identifier l’habitat potentiel de la plume de mer](#sec-model)
  + Modèles choisies pour les données de présences-absences et de biomasse
  + Outil utiliser pour construire les modèles.

# 3. Données d’occurrences

## 3.1 Sources de données

Les données d’occurrences des plumes de mer proviennent de deux sources:

1. [Relevé au chalut par navire de recherche de poisson de fond de la Division 4T de l’OPANO. Ces données ont été récoltées de 1970 à 2021.](https://open.canada.ca/data/fr/dataset/1989de32-bc5d-c696-879c-54d422438e64)

|  |
| --- |
| Figure 3.1: Localisation des points d’échantillonnages lors du relevé au chalut par navire de recherche de poisson de fond de la Division 4T de l’OPANO |

1. [Relevé multidisciplinaire de poissons de fond et de crevette d’août dans l’estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent](https://open.canada.ca/data/fr/dataset/40381c35-4849-4f17-a8f3-707aa6a53a9d)

|  |
| --- |
| Figure 3.2: Localisation des points d’échantillonnages lors du relevé multidisciplinaire de poissons de fond et de crevette d’août dans l’estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent de 2004 à 2021 effectué à bord du NGCC Teleost |

Il y a également d’autres relevés disponibles qui ont été réalisés sur d’autres navires pour le partie nord du golfe du Saint-Laurent:

* NM Gadus Atlantica (1978-1994)
* NM Lady Hammond (1984-1990)
* NGCC Alfred Needler (1990-2005)

Par contre, il est spécifié que la qualité des données s’est améliorée au fil du temps et que les données ne sont pas directement comparables entre ces différents relevés.

## 3.2 Inférence des absences

Les jeux de données utilisés contiennent l’identification de toutes les espèces récoltées à chacun des traits de pêche. Il est donc possible d’inférer les absences d’une espèce pour chaque trait de pêche où celle-ci n’a pas été identifiée. Ces absences ne sont évidemment pas parfaites pour plusieurs raisons (e.g. problèmes d’identification, non-détection alors que l’espèce est bien présente), mais elles amènent sont tout de même utile lors de la modélisation des aires de distribution d’espèces (Lobo, Jiménez-Valverde, and Hortal 2010). Nous avons donc inférer les absences pour les quatres espèces se situant dans l’estuaire et le golfe du Saint-Laurent:

1. *Anthoptilum grandiflorum*
2. *Balticina finmarchica*
3. *Pennatula aculeata*
4. *Ptilella grandis*

## 3.3 Cartes des données d’occurrences

### 3.3.1 *Anthoptilum grandiflorum*

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Figure 3.3: Données de présence d’Anthoptilum grandiflorum dans l’estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent | |

|  |
| --- |
|  |

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Figure 3.4: Données de présences-absences d’Anthoptilum grandiflorum dans l’estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent | |

### 3.3.2 *Balticina finmarchica*

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Figure 3.5: Données de présence de Balticina finmarchica dans l’estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent | |

|  |
| --- |
|  |

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Figure 3.6: Données de présences-absences de Balticina finmarchica dans l’estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent | |

### 3.3.3 *Pennatula aculeata*

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Figure 3.7: Données de présence de Pennatula aculeata dans l’estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent | |

|  |
| --- |
|  |

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Figure 3.8: Données de présences-absences de Pennatula aculeata dans l’estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent | |

### 3.3.4 *Ptilella grandis*

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Figure 3.9: Données de présence de Ptilella grandis dans l’estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent | |

|  |
| --- |
|  |

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Figure 3.10: Données de présences-absences de Ptilella grandis dans l’estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent | |

# 4. Variables du fond marin

## 4.1 Bathymétrie

**Source:** GEBCO Compilation Group (2022) GEBCO\_2022 Grid (doi:10.5285/e0f0bb80-ab44-2739-e053-6c86abc0289c)

**Résolution spatiale originale:** 15 secondes d’arc

**Étendue temporelle:** 2022

|  |
| --- |
| Figure 4.1: Données de bathymétrie du GEBCO (m) |

Les données de pente ont été calculées les données de bathymétrie et la fonction terrain du paquet R terra (Hijmans 2023).

|  |
| --- |
| Figure 4.2: Données de pente calculées avec la bathymétrie (degrés) |

## 4.2 Oxygène dissous dans les eaux de fond

Deux sources de données sont disponibles pour l’oxygène dissous dans les eaux de fond:

* Pêches et Océans Canada
* Bio-Oracle

### 4.2.1 Pêches et Océans Canada

**Source:** Blais, M. et al. Chemical and Biological Oceanographic Conditions in the Estuary and Gulf of St. Lawrence during 2017. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/009. Iv + 56 p. iv + 56 p. (2019).

**Résolution spatiale originale:** 1km²

**Étendue temporelle:** 2017

|  |
| --- |
| Figure 4.3: Saturation d’oxygène moyenne des eaux de fond |

### 4.2.2 Bio-Oracle

Les données de Bio-Oracle permettent d’avoir des données sur l’oxygène dissous minimal, maximal et moyen dans les eaux de fond à une profondeur moyenne.

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000 à 2014

|  |
| --- |
| Figure 4.4: Minimum d’oxygène dissous dans les eaux de fond (mol.m-3) |

|  |
| --- |
| Figure 4.5: Moyenne d’oxygène dissous dans les eaux de fond (mol.m-3) |

|  |
| --- |
| Figure 4.6: Maximum d’oxygène dissous dans les eaux de fond (mol.m-3) |

|  |
| --- |
| Figure 4.7: Étendue des valeurs d’oxygène dissous dans les eaux de fond (mol.m-3) |

## 4.3 Salinité des eaux de fond

Deux sources de données sont disponibles pour la salinité des eaux de fond:

* Pêches et Océans Canada
* Bio-Oracle

### 4.3.1 Pêches et Océans Canada

**Source:** Pêches et Océans Canada (2022). Température et salinité au fond dans l’estuaire et le golfe du St-Laurent. Pêches et Océans Canada. https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/10987662-c496-4ba8-a6b9-21cb5a134da2.

**Résolution spatiale originale:** 1km²

**Étendue temporelle:** 2011 à 2020

|  |
| --- |
| Figure 4.8: Salinité moyenne des eaux de fond |

### 4.3.2 Bio-Oracle

Les données de Bio-Oracle permettent d’avoir des données sur la salinité minimale, maximale et moyenne dans les eaux de fond à une profondeur moyenne.

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000-2014

|  |
| --- |
| Figure 4.9: Salinité minimale des eaux de fond (PSS) |

|  |
| --- |
| Figure 4.10: Salinité moyenne dissous des eaux de fond (PSS) |

|  |
| --- |
| Figure 4.11: Salinité maximale dissous des eaux de fond (PSS) |

|  |
| --- |
| Figure 4.12: Étendue des valeurs de salinité des eaux de fond (PSS) |

## 4.4 Température des eaux de fond

Deux sources de données sont disponibles pour la salinité des eaux de fond:

* Pêches et Océans Canada
* Bio-Oracle

### 4.4.1 Pêches et Océans Canada

**Source:** Pêches et Océans Canada (2022). Température et salinité au fond dans l’estuaire et le golfe du St-Laurent. Pêches et Océans Canada. https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/10987662-c496-4ba8-a6b9-21cb5a134da2.

**Résolution spatiale originale:** 1km²

**Étendue temporelle:** 2011 à 2020

|  |
| --- |
| Figure 4.13: Température moyenne des eaux de fond |

### 4.4.2 Bio-Oracle

Les données de Bio-Oracle permettent d’avoir des données sur la température minimale, maximale et moyenne dans les eaux de fond à une profondeur moyenne.

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000-2014

|  |
| --- |
| Figure 4.14: Température minimale des eaux de fond (°C) |

|  |
| --- |
| Figure 4.15: Température moyenne dissous des eaux de fond (°C) |

|  |
| --- |
| Figure 4.16: Température maximale dissous des eaux de fond (°C) |

|  |
| --- |
| Figure 4.17: Étendue des valeurs de température des eaux de fond (°C) |

## 4.5 Vélocité du courant

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000-2014

|  |
| --- |
| Figure 4.18: Vélocité minimale du courant des eaux de fond (m/s) |

|  |
| --- |
| Figure 4.19: Vélocité moyenne du courant des eaux de fond (m/s) |

|  |
| --- |
| Figure 4.20: Vélocité maximale du courant des eaux de fond (m/s) |

|  |
| --- |
| Figure 4.21: Étendue des valeurs de vélocité du courant des eaux de fond (m/s) |

## 4.6 Biomasse de phytolankton

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000-2014

|  |
| --- |
| Figure 4.22: Biomasse de phytoplankton minimale dans les eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.23: Biomasse de phytoplankton moyenne dans les eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.24: Biomasse de phytoplankton maximale dans les eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.25: Étendue des valeurs de biomasse de phytoplankton dans les eaux de fond (μmol/m³) |

## 4.7 Concentration de chlorophylle a

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000-2014

|  |
| --- |
| Figure 4.26: Concentration minimale de chlorophylle a dans les eaux de fond (mg/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.27: Concentration moyenne de chlorophylle a dans les eaux de fond (mg/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.28: Concentration maximale de chlorophylle a dans les eaux de fond (mg/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.29: Étendue des valeurs de concentration de chlorophylle a dans les eaux de fond (mg/m³) |

## 4.8 Fer

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000-2014

|  |
| --- |
| Figure 4.30: Concentration minimale de fer dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.31: Concentration moyenne de fer dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.32: Concentration maximale de fer dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.33: Étendue des valeurs de concentration de fer dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

## 4.9 Nitrate

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000-2014

|  |
| --- |
| Figure 4.34: Concentration minimale de nitrate dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.35: Concentration moyenne de nitrate dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.36: Concentration maximale de nitrate dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.37: Étendue des valeurs de concentration de nitrate dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

## 4.10 Phosphate

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000-2014

|  |
| --- |
| Figure 4.38: Concentration minimale de phosphate dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.39: Concentration moyenne de phosphate dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.40: Concentration maximale de phosphate dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.41: Étendue des valeurs de concentration de phosphate dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

## 4.11 Silicate

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000-2014

|  |
| --- |
| Figure 4.42: Concentration minimale de silicate dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.43: Concentration moyenne de silicate dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.44: Concentration maximale de silicate dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 4.45: Étendue des valeurs de concentration de silicate dissous des eaux de fond (μmol/m³) |

## 4.12 Aragonite

**Source:** Starr, M. & Chassé, J. (2019). Distribution of omega aragonite in the Estuary and Gulf of St. Lawrence in eastern Canada. Department of Fisheries and Oceans.

**Résolution spatiale originale:** 1km²

**Étendue temporelle:** 2017

|  |
| --- |
| Figure 4.46: Horizon de saturation par l’aragonite des eaux de fond (Ω) |

## 4.13 Les sédiments de fond

**Source:** Loring, D. H., and D. J. G. Nota. (1973). Morphology and sediments of the Gulf of St. Lawrence. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 182. 147 p. + 7 charts.

**Résolution spatiale originale:** Ne s’applique pas, les données sont des polygones

**Étendue temporelle:** 1961-1969

|  |
| --- |
| Figure 4.47: Catégories générales des sédiments de surface |

# 5. Variables des eaux de surface

## 5.1 Fraction de la couverture de la glace marine

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000-2014

|  |
| --- |
| Figure 5.1: Fraction maximale de la couverture de la glace marine |

## 5.2 Biomasse de phytolankton

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000-2014

|  |
| --- |
| Figure 5.2: Biomasse de phytoplankton minimale à la surface de la mer (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 5.3: Biomasse de phytoplankton moyenne à la surface de la mer (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 5.4: Biomasse de phytoplankton maximale à la surface de la mer (μmol/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 5.5: Étendue des valeurs de biomasse de phytoplankton à la surface de la mer (μmol/m³) |

## 5.3 Concentration de chlorophylle a

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000-2014

|  |
| --- |
| Figure 5.6: Concentration minimale de chlorophylle a à la surface de la mer (mg/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 5.7: Concentration moyenne de chlorophylle a à la surface de la mer (mg/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 5.8: Concentration maximale de chlorophylle a à la surface de la mer (mg/m³) |

|  |
| --- |
| Figure 5.9: Étendue des valeurs de concentration de chlorophylle a à la surface de la mer (mg/m³) |

## 5.4 Productivité primaire

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000-2014

|  |
| --- |
| Figure 5.10: Productivité primaire à la surface de la mer (g/m³/day) |

|  |
| --- |
| Figure 5.11: Productivité primaire à la surface de la mer (g/m³/day) |

|  |
| --- |
| Figure 5.12: Productivité primaire à la surface de la mer (g/m³/day) |

|  |
| --- |
| Figure 5.13: Étendue des valeurs de productivité primaire à la surface de la mer (g/m³/day) |

## 5.5 Concentration de calcite dissous dans les eaux de surface

**Source:** Assis J, Tyberghein L, Bosch S, Heroen V, Serrão E, De Clerck O, Tittensor D (2018). “Bio‐ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling.” *Global Ecology and Biogeography*, *27*(3), 277-284. doi:10.1111/geb.12693

**Résolution spatiale originale:** 5 minutes d’arc

**Étendue temporelle:** 2000-2014

|  |
| --- |
| Figure 5.14: Concentration de calcite dissous moyenne (mol/m³) |

# 6. Sélection de modèles

## 6.1 Types de modèles

### 6.1.1 Présences-absences

Les données de présences-absences seront d’abord ramenées sur une grille de 36 secondes d’arc de résolution afin d’avoir des succès (présences) et des essais (présences et absences combinées) aux centroïdes de chaque cellule. Les paramètres du modèle de distribution d’espèce seront estimés avec une régression binomiale dans un cadre bayésien en utilisant l’approximation de Laplace imbriquée et intégrée (INLA) (Rue, Martino, and Chopin 2009). INLA est une procédure d’estimation des paramètres et hyperparamètres d’un modèle bayésien extrêmement efficace. Elle permet notamment de construire des modèles spatiaux avec un très grand nombre d’échantillons très rapidement en contournant certaines procédures qui sont normalement très coûteuse en temps (Lindgren, Rue, and Lindström 2011).

Un de ces types de modèles spatiaux est un modèle de distribution d’espèce prenant en compte l’autocorrélation spatiale. L’autocorrélation spatiale dans la distribution d’une espèce est une similitude plus marquée entre une paire d’observations plus rapprochées comparativement à une paire d’observations plus éloignées (Guélat and Kéry 2018). Cette autocorrélation peut avoir un effet important sur la qualité et l’incertitude des modèles spatiaux et modéliser explicitement cette autocorrélation peut grandement améliorer la qualité du modèle (Guélat and Kéry 2018). Comme la modélisation explicite de l’autocorrélation spatiale est particulièrement coûteuse en temps, l’utilisation d’INLA devient alors tout indiquée.

Les cartes de probabilités d’occurrence obtenues à partir des modèles seront binarisées en présence et absence à l’aide d’une valeur seuil de probabilité d’occurrence. Cette valeur seuil représente la probabilité d’occurrence où la sensibilité (taux de vrai positif) et la spécifité (taux de vrai négatif) du modèle sont maximisées et sera calculée à l’aide du paquet R *dismo* (Hijmans et al. 2022).

### 6.1.2 Biomasse

Des modèles pour prédire la biomasse seront également construits avec les données de biomasse afin d’avoir un comparatif avec les modèles de présences-absences. En inférant les zéros de la même manière que les absences [voir Section 3.2](#sec-abs), il y a aura un excès de zéro dans la distribution des données. Dans ce cas, une approche à deux probabilités serait utilisée en décomposant la distribution des données en deux parties (Rustand et al. 2023): 1. Issue binaire (présence-absence, régression binomiale) 2. Distribution de masses positives continues (loi Gamma ou loi log-normale). Les méthodes pour construire et valider les performances des modèles et pour obtenir des cartes binaires seront les mêmes que celles utilisées pour les modèles de présences-absences.

# References

Guélat, Jérôme, and Marc Kéry. 2018. “Effects of Spatial Autocorrelation and Imperfect Detection on Species Distribution Models.” *Methods in Ecology and Evolution* 9 (6): 1614–25. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12983>.

Hijmans, Robert J. 2023. “Terra: Spatial Data Analysis.”

Hijmans, Robert J., Steven Phillips, John Leathwick, and Jane Elith. 2022. “Dismo: Species Distribution Modeling.”

Lindgren, Finn, Håvard Rue, and Johan Lindström. 2011. “An Explicit Link Between Gaussian Fields and Gaussian Markov Random Fields: The Stochastic Partial Differential Equation Approach.” *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)* 73 (4): 423–98. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9868.2011.00777.x>.

Lobo, Jorge M., Alberto Jiménez-Valverde, and Joaquín Hortal. 2010. “The Uncertain Nature of Absences and Their Importance in Species Distribution Modelling.” *Ecography* 33 (1): 103–14. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.06039.x>.

Rue, Håvard, Sara Martino, and Nicolas Chopin. 2009. “Approximate Bayesian Inference for Latent Gaussian Models by Using Integrated Nested Laplace Approximations.” *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)* 71 (2): 319–92. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9868.2008.00700.x>.

Rustand, Denis, Janet van Niekerk, Håvard Rue, Christophe Tournigand, Virginie Rondeau, and Laurent Briollais. 2023. “Bayesian Estimation of Two-Part Joint Models for a Longitudinal Semicontinuous Biomarker and a Terminal Event with INLA: Interests for Cancer Clinical Trial Evaluation.” *Biometrical Journal* n/a (n/a): 2100322. <https://doi.org/10.1002/bimj.202100322>.