

Suivi des frayères et modèles d'estimation des géniteurs

Une nouvelle méthode couplant nombre de nids et comportement individuel



Marius Dhamelincourt



©Marius Dhamelincourt



©Sébastien Barrio



©Marius Dhamelincourt



©INRAE-GLISE

Pourquoi utiliser les nids de lamproie marine ?

Indicateurs actuellement utilisés pour estimer l'abondance



Pêche de loisir et professionnelle

- Limité spatialement
- Ne renseigne pas sur le nombre de géniteurs effectif



Stations de contrôle

- Limité spatialement
- Comptage souvent partiel



Abondance des larves

- Lourd à mettre en œuvre
- Peu de sites suivis simultanément



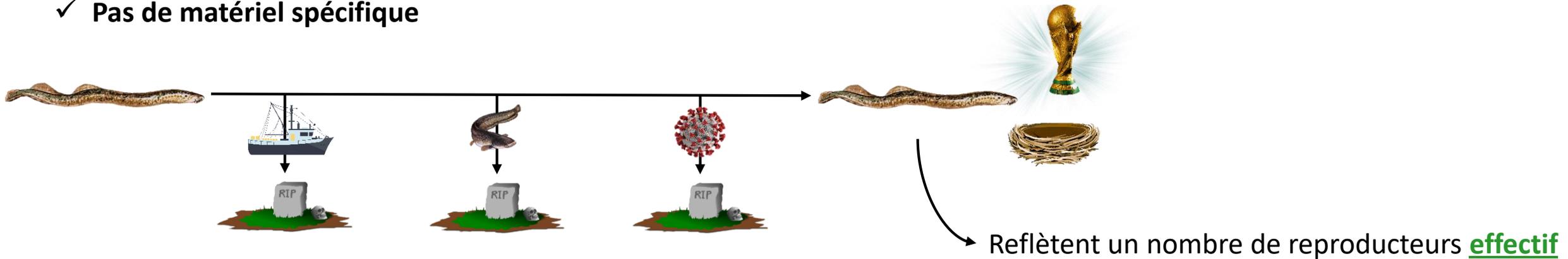
Pêches scientifiques

- Lourd à mettre en œuvre
- Vision parcellaire

Pourquoi utiliser les nids de lamproie marine ?

Les nids comme indicateur d'abondance

- ✓ Faciles à compter
- ✓ Facilement identifiables
- ✓ Peu coûteux
- ✓ Pas de matériel spécifique



MAIS indicateur indirect → Nécessaire de connaître le rapport nombre de nids/nombre d'individus

Pourquoi utiliser les nids de lamproie marine ?

Les nids comme indicateur d'abondance

Nombre de nids multiplié par un coefficient dépendant du taux de polygamie observé sur le site :

Nombre de géniteurs / nid =

(fréquence monogamie x 2) + (fréquence polygamie à 3 x 3) + (fréquence polygamie à 4 x 4) + (fréquence polygamie à 5 x 5) + (fréquence polygamie à 6 x 6) + (fréquence polygamie à 7 x 7) + ...

MIGADO → 2,27 individus par nid

MIGRADOUR → 2,46 individus par nid

MAIS

Certains aspects du comportement reproducteur sont-ils susceptibles de fausser cette méthode ?

Comportement individuel sur les nids

Comment vérifier la relation entre le nombre d'individus et le nombre de nids ?

→ Suivi individuel lors de la reproduction par Capture-Marquage-Recapture (CMR)



1^{ère} capture

- Marquage via 2 t-bar tags
- Mesures de l'individu
- Individu remis sur son nid

« Recapture »

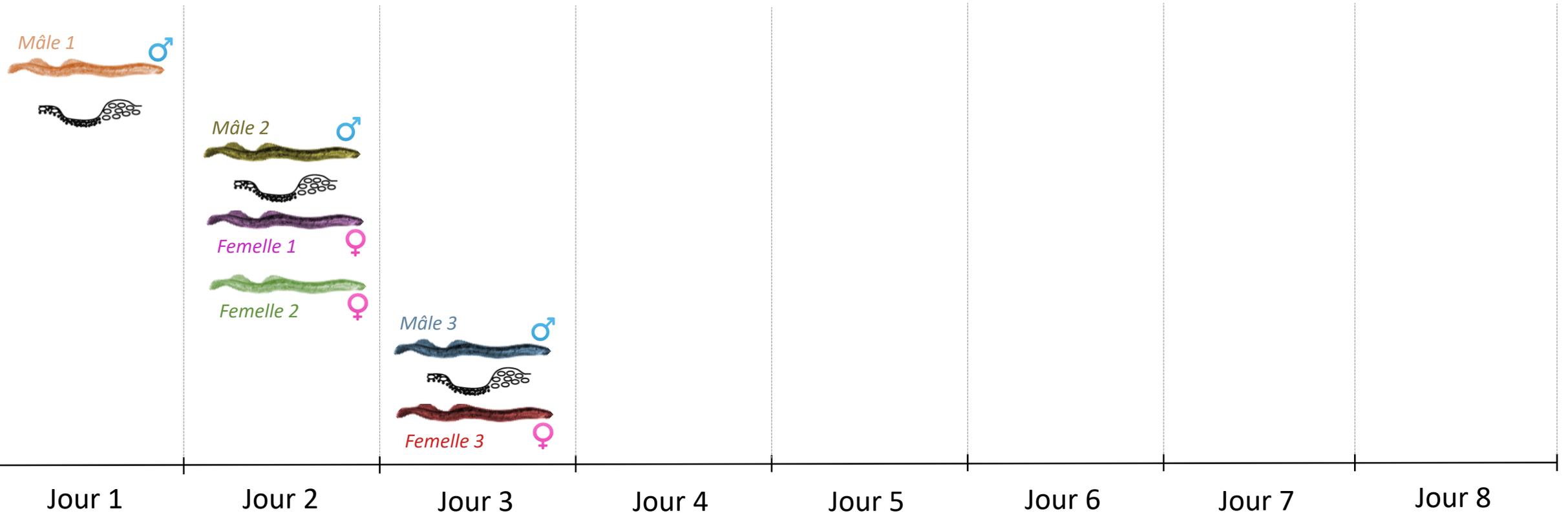
- Identification par couleur ou numéro
- Date, heure, position GPS

→ **Obtention de données comportementales**

Comportement individuel sur les nids

Historique de reproduction des individus

1) Capture et marquage initial sur un nid



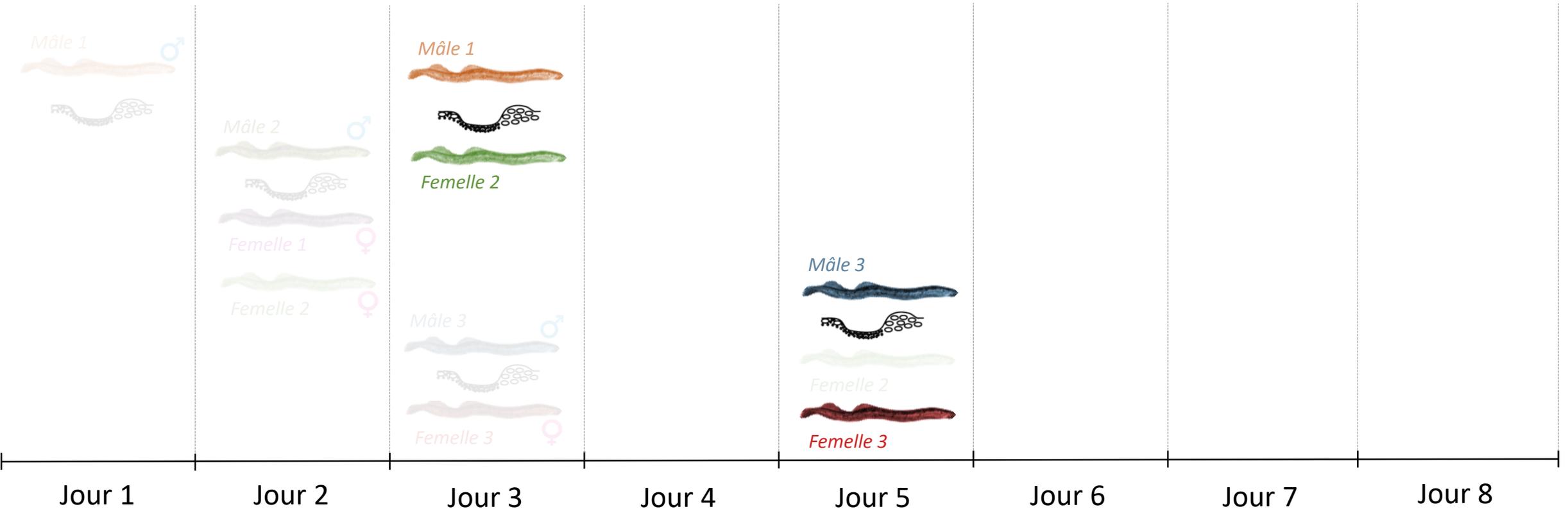
Comportement individuel sur les nids

Historique de reproduction des individus



Monogamie considérée comme prédominante chez la lamproie marine (Applegate, 1950; Manion and McLain, 1971, Gardner et al., 2012, ...)

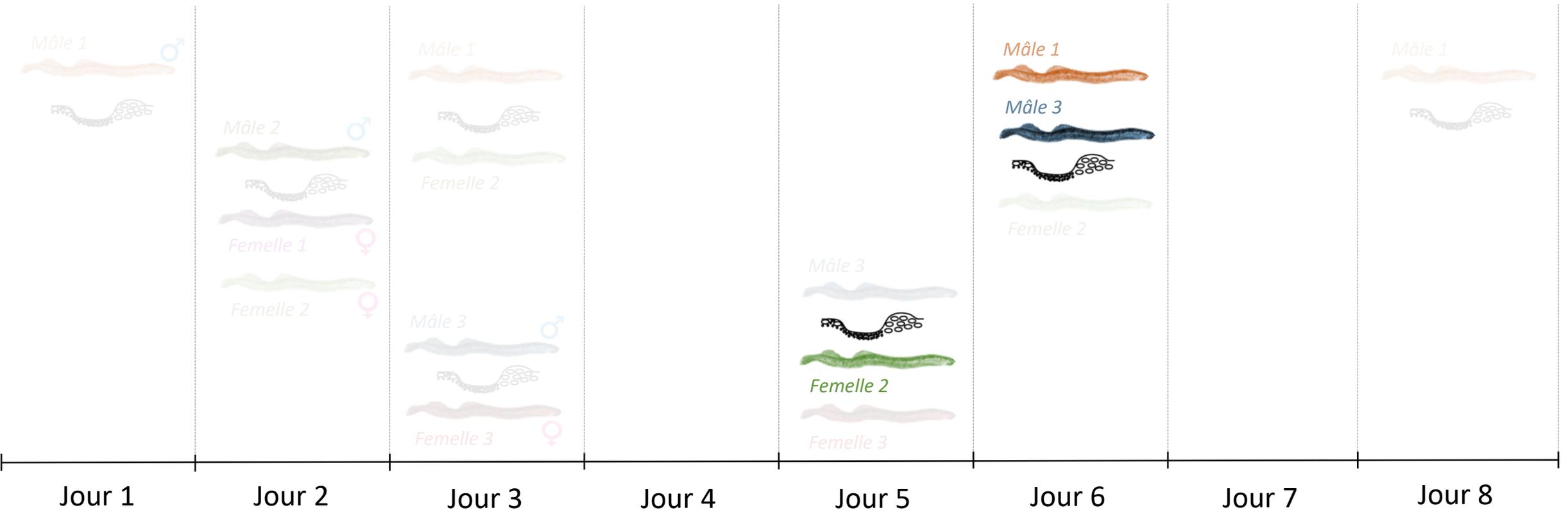
2) Première recapture des individus



Comportement individuel sur les nids

Historique de reproduction des individus

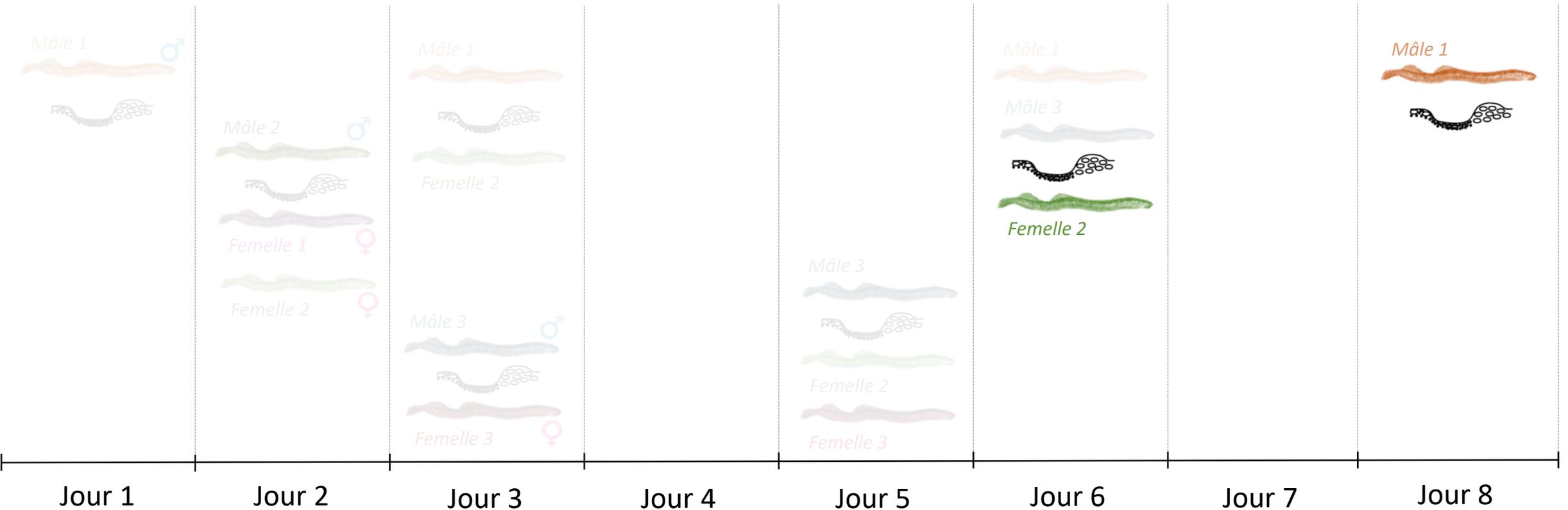
3) Seconde recapture des individus



Comportement individuel sur les nids

Historique de reproduction des individus

4) Troisième recapture des individus



Comportement individuel sur les nids

Historique de reproduction des individus : statistiques individuelles

	Nombre de nids	Nombre de partenaires	Jour d'arrivée	Durée de présence
<i>Mâle 1</i> 	4	1	1	8
<i>Mâle 2</i> 	1	2	2	1
<i>Mâle 3</i> 	3	2	3	4
<i>Femelle 1</i> 	1	1	2	1
<i>Femelle 2</i> 	4	3	2	5
<i>Femelle 3</i> 	2	1	3	3

Comportement individuel sur les nids

Estimation de l'effectif de géniteurs par comptage de nids : application d'un coefficient de polygamie

Nombre de géniteurs / nid = (fréquence monogamie x 2) + (fréquence polygamie à 3 x 3) + (fréquence polygamie à 4 x 4) + ...

$(0,29 \times 1) + (0,29 \times 2) + (0,43 \times 3) = 2,16$ → **On a 2,16 individus par nid selon le taux de polygamie observé**

On aurait donc $2,16 \times 7 \approx 15$ individus

Or, seuls 6 individus ont construit ces nids

→ **La méthode actuelle peut surestimer le nombre d'individus**
(à noter : ce cas est volontairement exagéré)

Mise en place d'un modèle simulant une saison de reproduction

Estimation de l'effectif de géniteurs par comptage de nids : comment prendre en compte la mobilité des individus ?

Solution : Connaître les différents « types » d'individus et leur comportement lors de la reproduction

Paramètres comportement

- Sexe-ratio
- Nombre de nids fréquentés
- Nombre d'individus sur chaque nid
- Jour d'arrivée
- Temps passé sur le site
- Durée d'occupation du nid

Paramètres obtenus par Capture-Marquage-Recapture

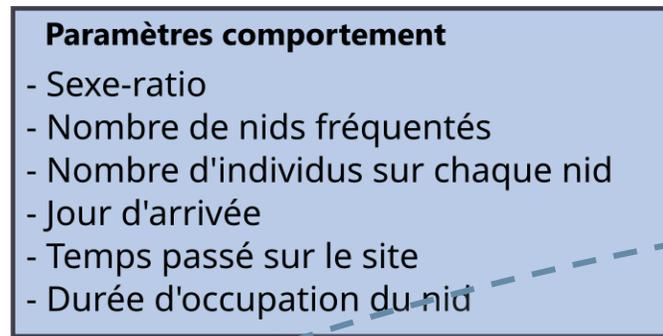


Comment inclure ces paramètres dans l'estimation finale de population ?

Mise en place d'un modèle simulant une saison de reproduction

Estimation de l'effectif de géniteurs par comptage de nids : comment prendre en compte la mobilité des individus ?

Solution : Connaître les différents « types » d'individus et leur comportement lors de la reproduction



Nombre d'individus simulé

Un grand nombre de simulations avec un nombre de lamproies qui varie

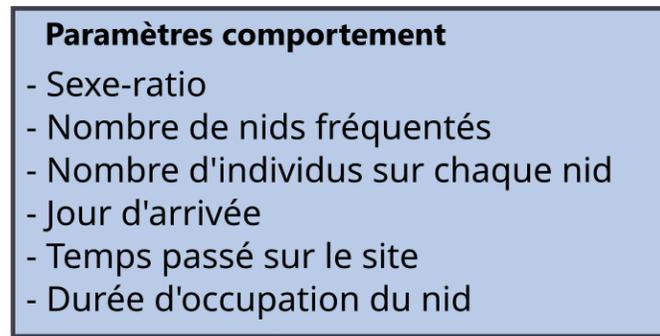
Comportement reproducteur simulé

→ On simule une période de reproduction avec un nombre de lamproies donné

Mise en place d'un modèle simulant une saison de reproduction

Estimation de l'effectif de géniteurs par comptage de nids : comment prendre en compte la mobilité des individus ?

Solution : Connaître les différents « types » d'individus et leur comportement lors de la reproduction



Nombre d'individus simulé

Comportement reproducteur simulé

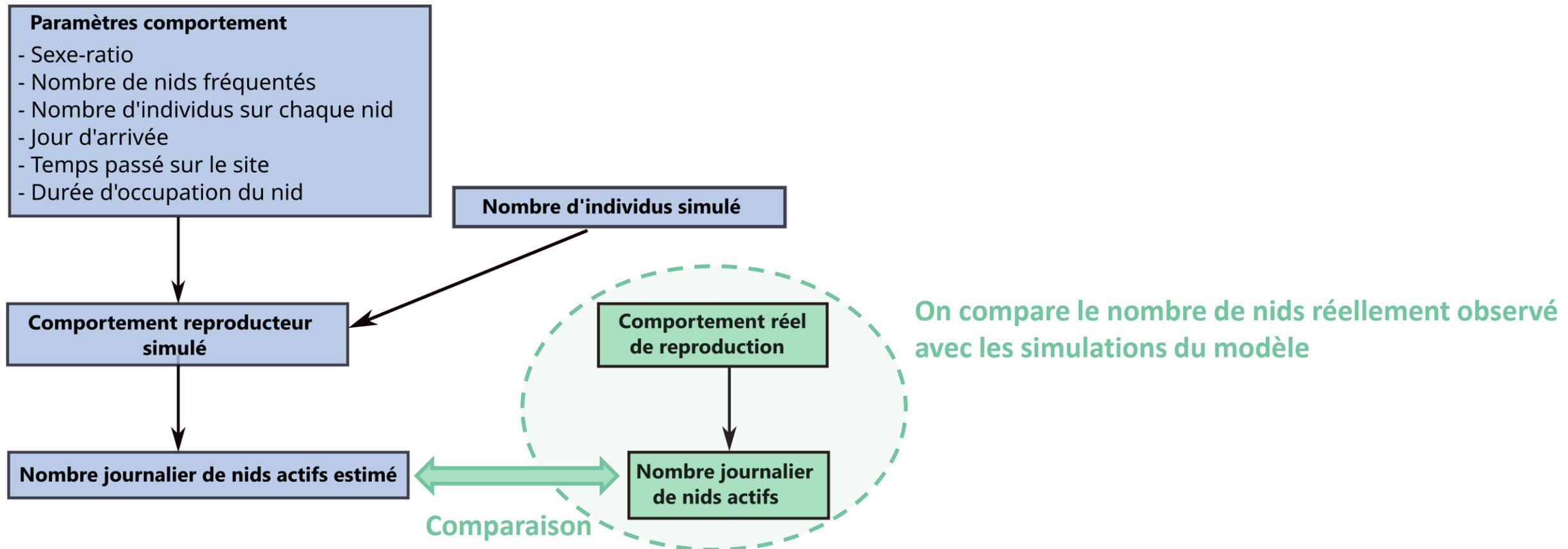
Nombre journalier de nids actifs estimé

On obtient un jeu de données avec, par jour, un nombre de nids actifs estimé
(autant de jeux de données que de simulations)

Mise en place d'un modèle simulant une saison de reproduction

Estimation de l'effectif de géniteurs par comptage de nids : comment prendre en compte la mobilité des individus ?

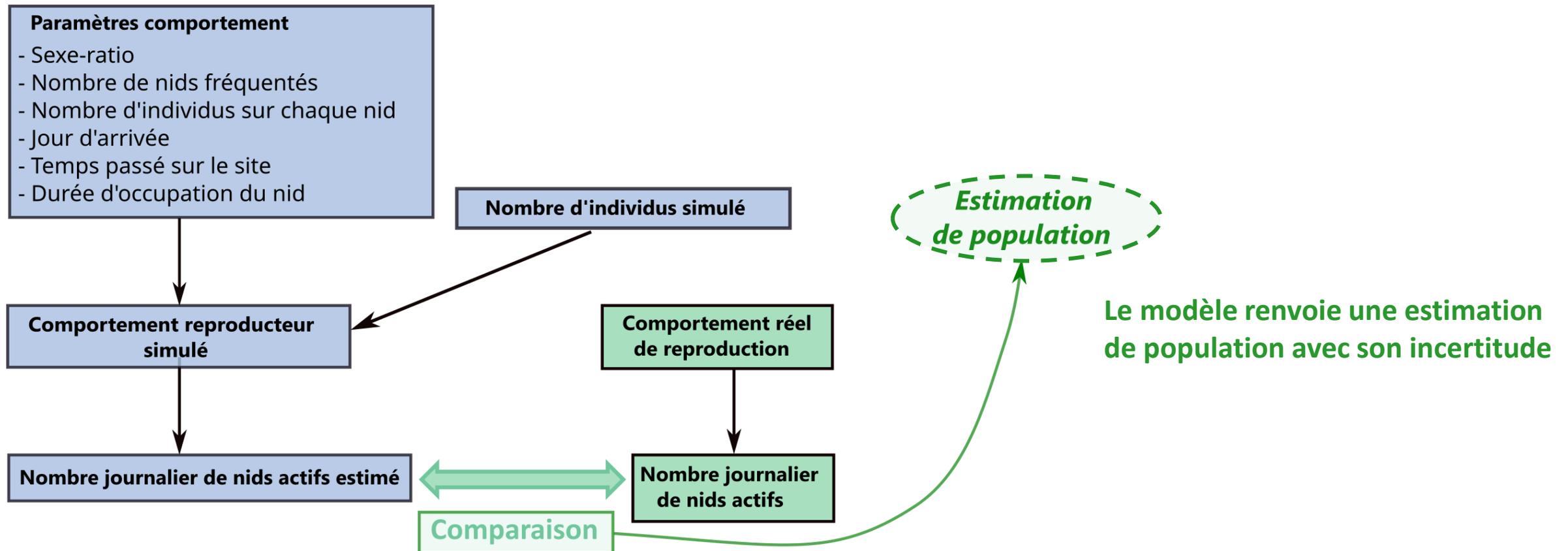
Solution : Connaître les différents « types » d'individus et leur comportement lors de la reproduction



Mise en place d'un modèle simulant une saison de reproduction

Estimation de l'effectif de géniteurs par comptage de nids : comment prendre en compte la mobilité des individus ?

Solution : Connaître les différents « types » d'individus et leur comportement lors de la reproduction



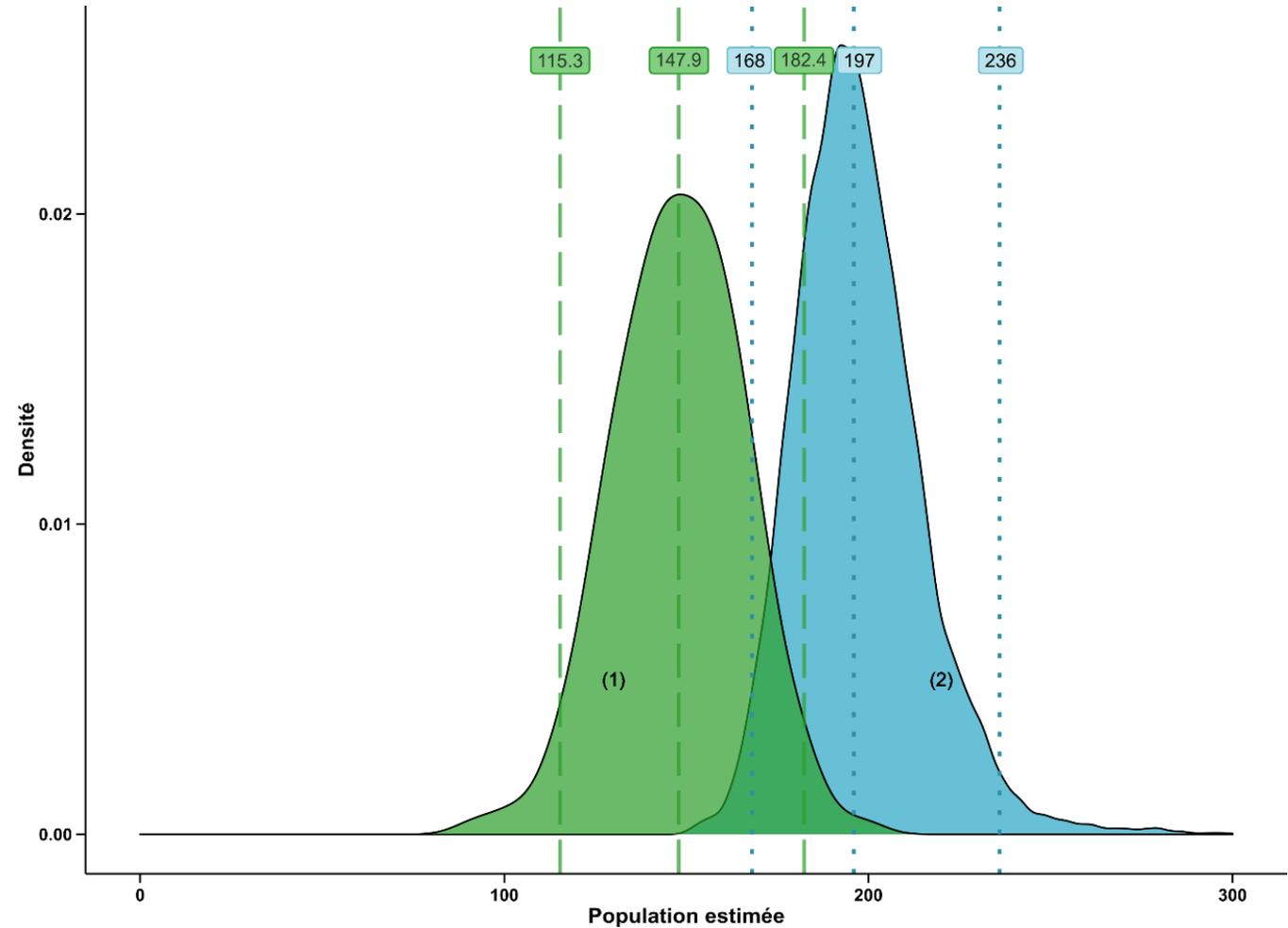
Résultats du modèle

Comparaison entre un modèle Capture-Marquage-Recapture classique et notre modèle

➤ Sous-estimation de **25 %** du modèle ABC par rapport au modèle de CMR...

...mais modèle **évolutif** !

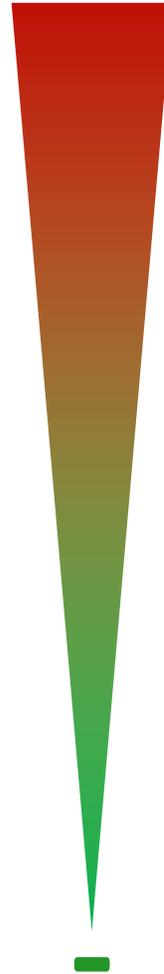
■ Modèle ABC
■ Modèle CMR



Résultats du modèle

Paramètres identifiés comme influençant le plus l'estimation

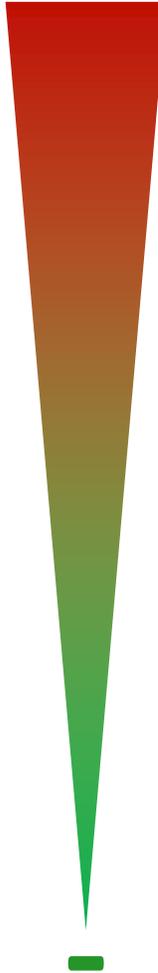
Jour d'arrivée sur la frayère



Résultats du modèle

Paramètres identifiés comme influençant le plus l'estimation

Jour d'arrivée sur la frayère



Sexe-ratio

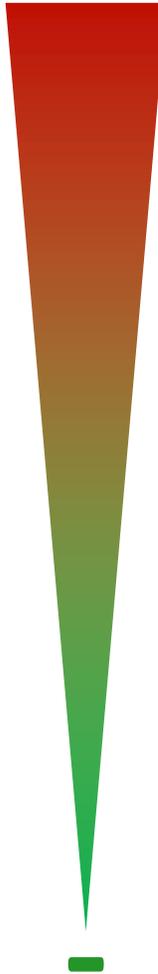
Résultats du modèle

Paramètres identifiés comme influençant le plus l'estimation

Jour d'arrivée sur la frayère



Durée d'occupation du nid



Sexe-ratio

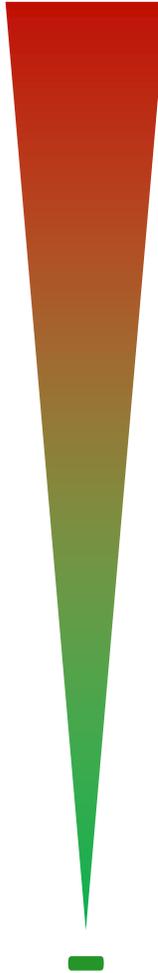
Résultats du modèle

Paramètres identifiés comme influençant le plus l'estimation

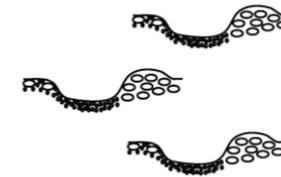
Jour d'arrivée sur la frayère



Durée d'occupation du nid



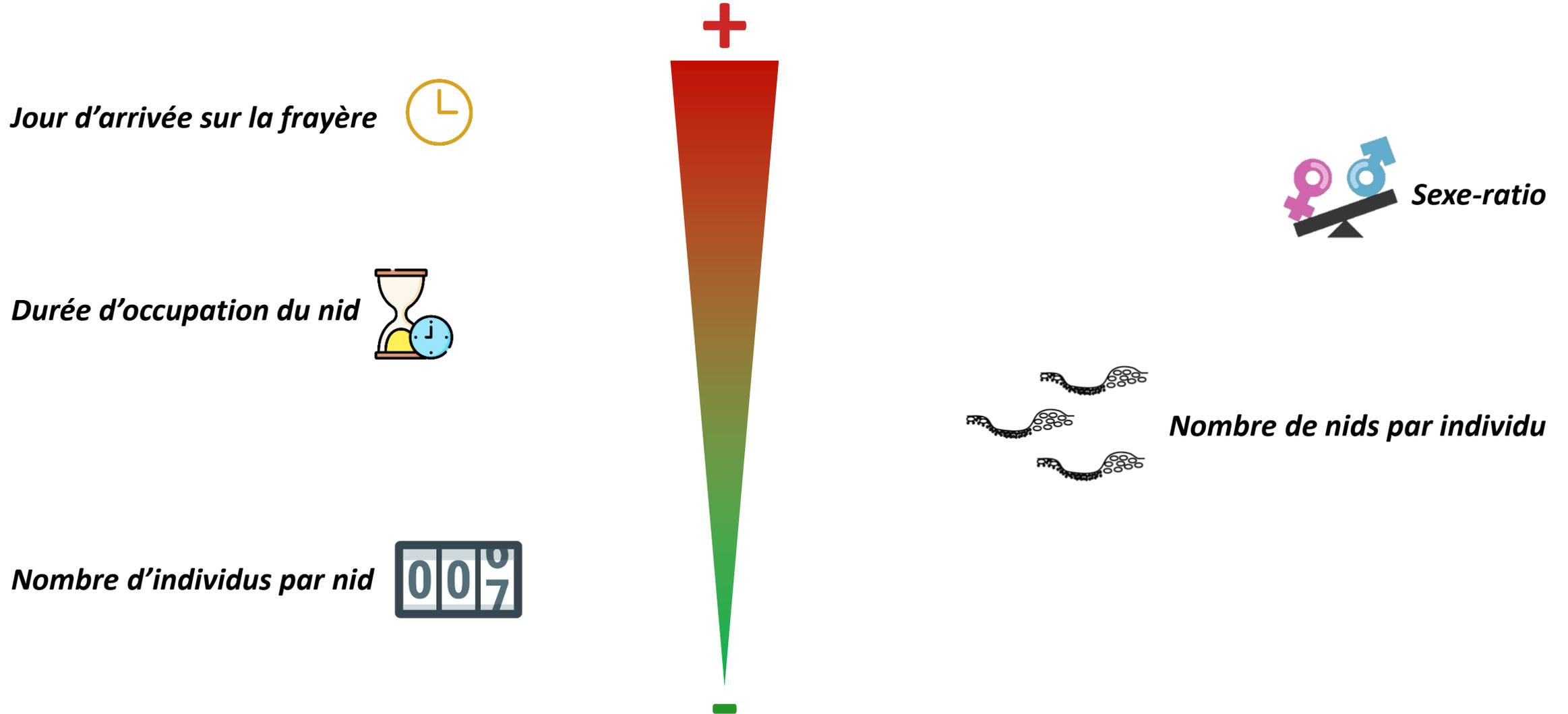
Sexe-ratio



Nombre de nids par individu

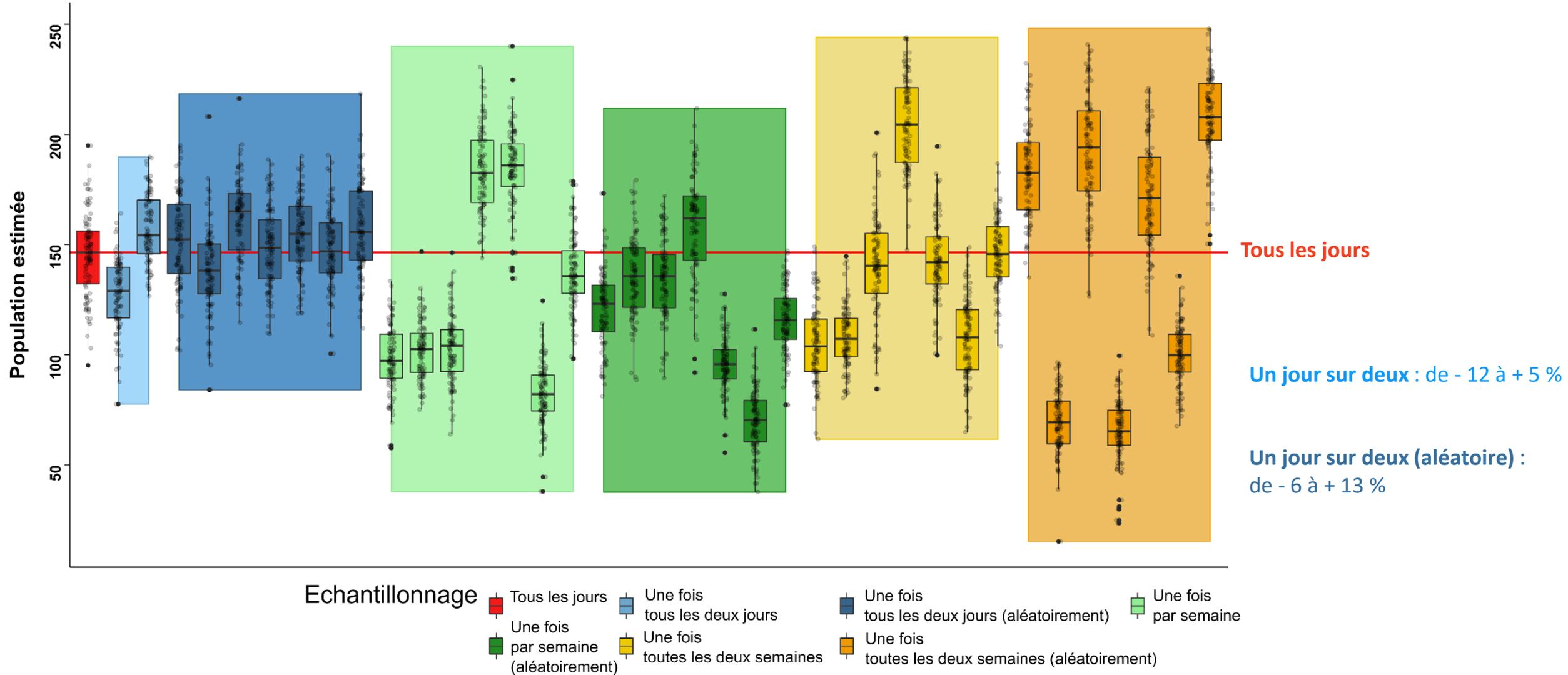
Résultats du modèle

Paramètres identifiés comme influençant le plus l'estimation



Résultats du modèle

Test de différentes fréquences d'échantillonnage



Implémentation du modèle dans une application

Première version, déjà disponible



https://mdhamelincourt.shinyapps.io/Lamproie_tracker/

1 Page d'accueil donnant un mode d'emploi de l'application



Cette application a été développée afin de pouvoir déterminer une population de lamproies marines présente sur un site au cours d'une saison de reproduction. Pour ce faire, l'utilisateur doit fournir un jeu de données au format .csv dans l'onglet 'Chargement des données' avec en ligne les différents jours de suivi (une ligne = un jour) et en colonnes le nombre de nids actifs recensés chaque jour.

Un nid actif est un nid sur lequel au moins un individu, mâle ou femelle, est présent. Lors d'un comptage, l'utilisateur recense les nids indépendamment de ce qu'il a observé les jours précédents. Ainsi, si un nid était déjà observé la veille, il est de nouveau compté s'il est occupé. L'application simule une saison de reproduction en tenant compte de différents paramètres fixés au préalable (Voir onglet 'Paramètres'). Ceux-ci ont été obtenus au cours d'une saison de reproduction lors de laquelle des individus ont été marqués et suivis par un protocole de Capture-Marquage-Recapture couplé à des observations comportementales. L'utilisateur peut visualiser ces paramètres et éventuellement les modifier s'il le souhaite. Cependant, il est conseillé de ne pas les changer sans raison, ceux-ci étant directement utilisés par le modèle.

A la suite du chargement des données, l'analyse peut directement être lancée dans l'onglet 'Lancement de l'analyse'. Celle-ci peut durer plusieurs minutes et dépend des paramètres de vos données. Lorsque celle-ci est terminée, un graphique de distribution de la valeur de population estimée est affiché, ainsi qu'un tableau indiquant la médiane et les quantiles à 2,5 et 97,5% (soit 95% de confiance) de la distribution estimée.



Implémentation du modèle dans une application

Première version, déjà disponible



https://mdhamelincourt.shinyapps.io/Lamproie_tracker/

2 Choix du fichier à importer et de ses caractéristiques

Lamproie tracker Comment utiliser cette application ? **Chargement des données** Paramètres Lancement de l'analyse Contacts et remerciements

Import

Choisissez le fichier csv

Browse... No file selected

Mes données ont des en-têtes

Séparateur

Virgule

Point virgule

Espace

Marqueur de décimale

Virgule

Point

Guillemets

Pas de guillemets

Guillemets doubles

Guillemets simples

Nombre minimal de lamproies, a priori

10

Nombre maximal de lamproies, a priori

250

Implémentation du modèle dans une application

Première version, déjà disponible



https://mdhamelincourt.shinyapps.io/Lamproie_tracker/

3 Paramètres du modèles, avec graphiques, modifiables si nécessaire (facultatif)

Lamproie tracker Comment utiliser cette application ? Chargement des données **Paramètres** Lancement de l'analyse Contacts et remerciements

Les paramètres choisis par défaut ont été obtenus au cours d'une étude réalisée sur la Nive en 2019 par suivi de 115 individus sur un site au cours d'une saison de reproduction (Dhamelincourt et al., 2021). Pour en savoir plus consulter les liens suivants :

[Lien vers l'article \(Journal of Fish Biology\)](#)
[Lien vers le site de dépôt \(HAL INRAe\)](#)

Sex-ratio

Nombre d'individus par nid

Ce paramètre indique la distribution attendue du nombre de mâles et du nombre de femelles occupant un nid donné. Une distribution binomiale négative tronquée en 0 a été appliquée.

Nombre de mâles par nid : moyenne	<input type="text" value="1,25"/>
Nombre de mâles par nid : paramètre de dispersion	<input type="text" value="407,28"/>
Nombre de femelles par nid : moyenne	<input type="text" value="1,15"/>
Nombre de femelles par nid : paramètre de dispersion	<input type="text" value="4,55"/>

Nombre de nids par individu	Comptage Mâles	Comptage Femelles
1	450	450
2	350	350
3	200	200
4	100	100
5	50	50
6	20	20

Délai d'arrivée sur le site

Le délai d'arrivée correspond à l'écart en jours entre le début de l'activité de reproduction sur le site et l'arrivée de l'individu. Une loi normale asymétrique tronquée en 0 a été utilisée.

Moyenne du délai d'arrivée sur le site pour les mâles	<input type="text" value="27,25"/>
---	------------------------------------

Implémentation du modèle dans une application

Première version, déjà disponible



https://mdhamelincourt.shinyapps.io/Lamproie_tracker/

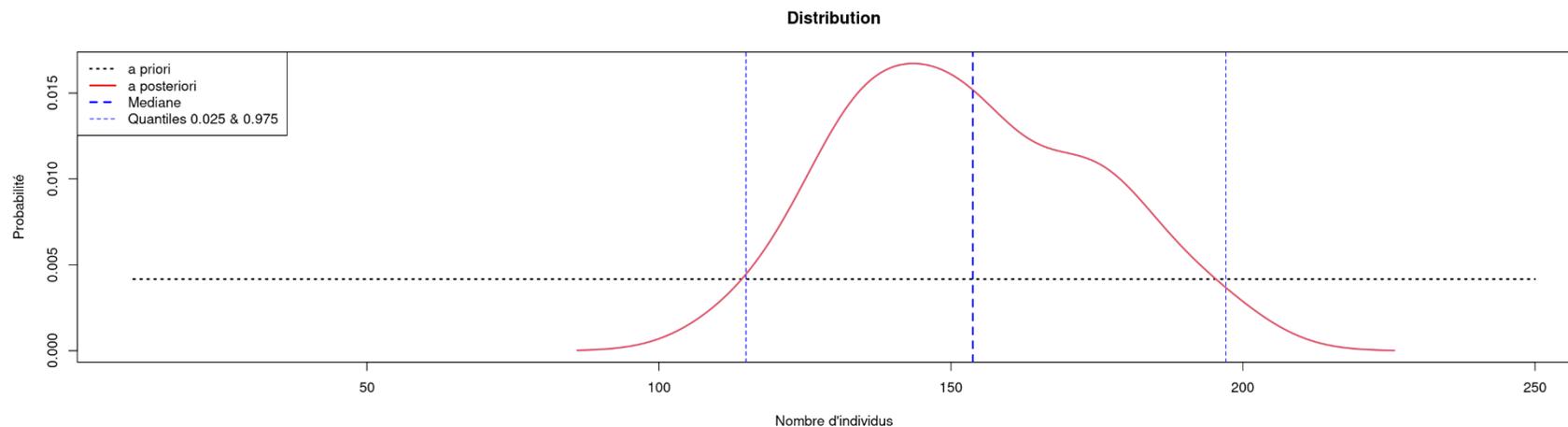
4 Résultats du modèle : taille de population estimée avec son incertitude (en 10 minutes environ)



Lamproie tracker Comment utiliser cette application ? Chargement des données Paramètres **Lancement de l'analyse** Contacts et remerciements

Merci de vérifier que vous avez bien chargé les données au préalable dans l'onglet 'Chargement des données'. Une fois lancée, l'analyse peut prendre plusieurs minutes. Merci de patienter.

Lancer l'analyse



Quantile 0.025	Mediane	Quantile 0.975
114.90	153.76	197.07

Durée totale de calcul : 385.54 s / 6.42566666666667 min

Et maintenant ?

2024 : poursuite du travail avec Bretagne Grands Migrateurs



Objectif 1 : Obtention de paramètres individuels sur d'autres sites

- Densités faible/moyenne/forte
- Evaluer la variabilité du comportement

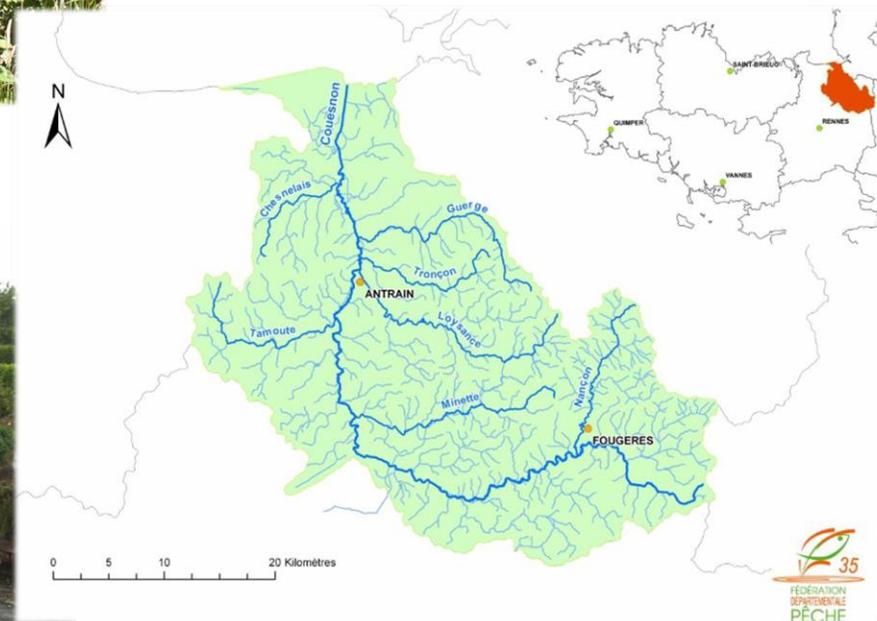


©R. Pellerin, FDAAPPMA 35

Couesnon ?



©R. Pellerin, FDAAPPMA 35



2024 : poursuite du travail avec Bretagne Grands Migrateurs



Objectif 1 : Obtention de paramètres individuels sur d'autres sites

- Densités faible/moyenne/forte
- Evaluer la variabilité du comportement

Objectif 2 : Evaluer les performances du modèle

- Comparaison entre CMR et notre modèle
- Test d'un échantillonnage hebdomadaire

2024 : poursuite du travail avec Bretagne Grands Migrateurs



Objectif 1 : Obtention de paramètres individuels sur d'autres sites

- Densités faible/moyenne/forte
- Evaluer la variabilité du comportement

Objectif 2 : Evaluer les performances du modèle

- Comparaison entre CMR et notre modèle
- Test d'un échantillonnage hebdomadaire

Objectif 3 : Modification du modèle et de l'application

- Dépendant des données obtenues
- Application simple à utiliser et prenant en compte les contraintes des gestionnaires

Et après ?

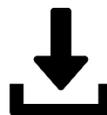
Dès 2025 (?) : Modèle utilisable en routine

Peu d'étapes :

1 Comptage de nid hebdomadaire sur un site d'intérêt



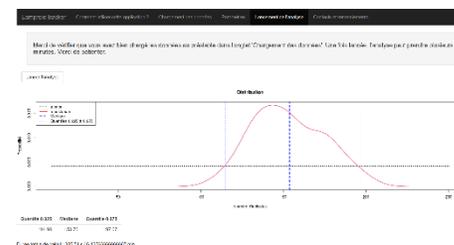
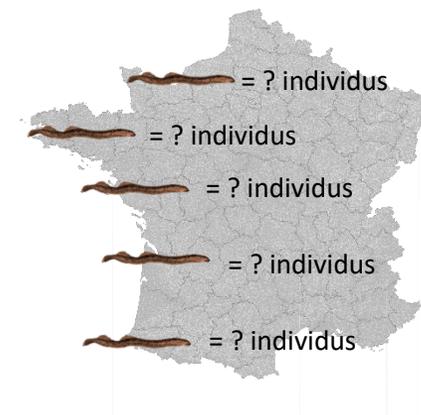
2 Import du jeu de données dans l'application



3 Lancement de l'analyse



4 Obtention d'un graphique et des valeurs chiffrées d'effectif de géniteurs



Merci pour votre attention !

