# Quelques problèmes de connectivité et déplacements en probabilités

**Vincent Bansaye**

CMAP, Ecole polytechnique

18 octobre,

Paris, Rencontre chaire MMB à Veolia

# Trois exemples de problèmes

- ✗ Dynamiques dans une métapopulation
- ✗ Déplacement d'espèces : comportement et recensement
(en lien avec l'Organisme National de la Chasse et la Faune Sauvage)
- ✗ Interactions en milieu marin et impact de la pollution
(en lien avec le stage de Yawen Liao à Veolia)

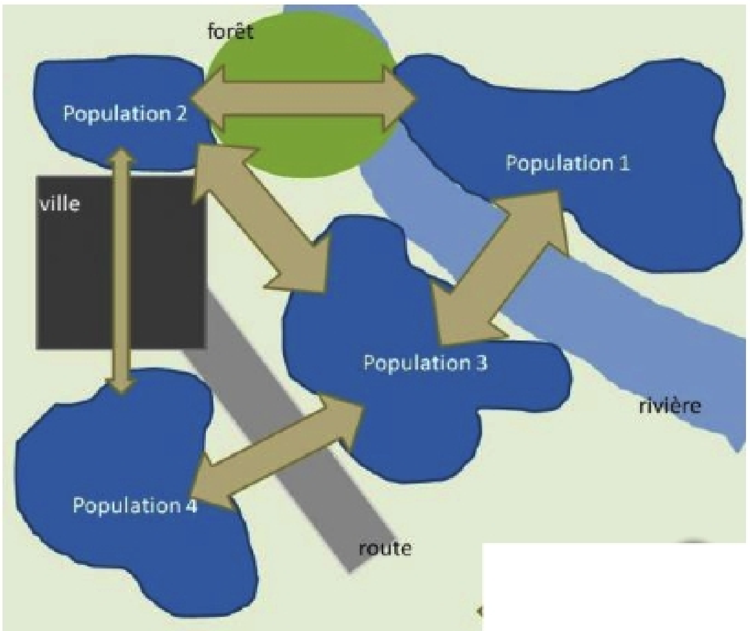
# Trois exemples de problèmes

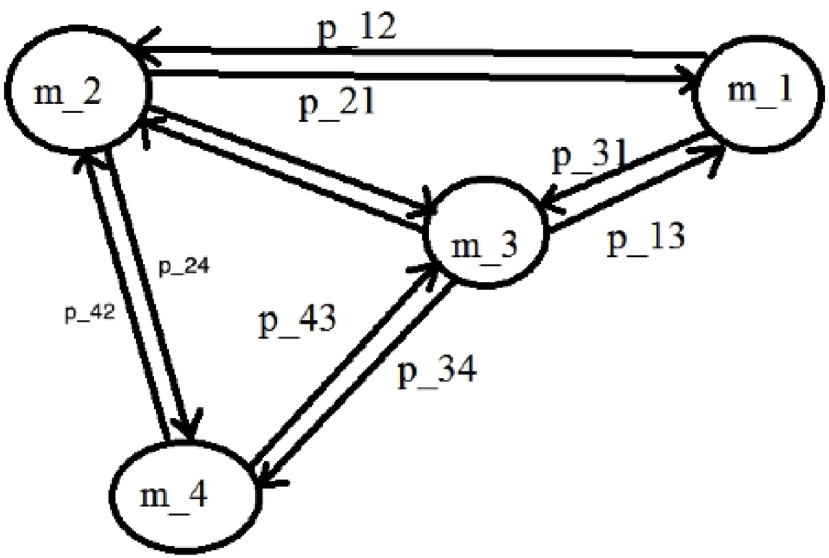
- ✗ Dynamiques dans une métapopulation
- ✗ Déplacement d'espèces : comportement et recensement
  (en lien avec l'Organisme National de la Chasse et la Faune Sauvage)
- ✗ Interactions en milieu marin et impact de la pollution
  (en lien avec le stage de Yawen Liao à Veolia)

Bien d'autres questions se posent, par exemple autour du rôle du spatial dans l'évolution et des grandes échelles de temps.

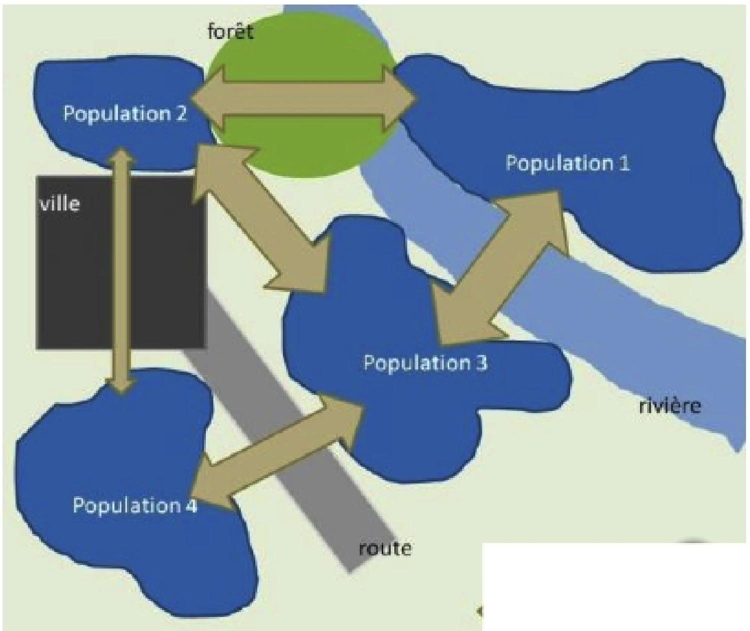
*Approche probabiliste* (modèle individu centré), utilisation des simulations et statistiques.

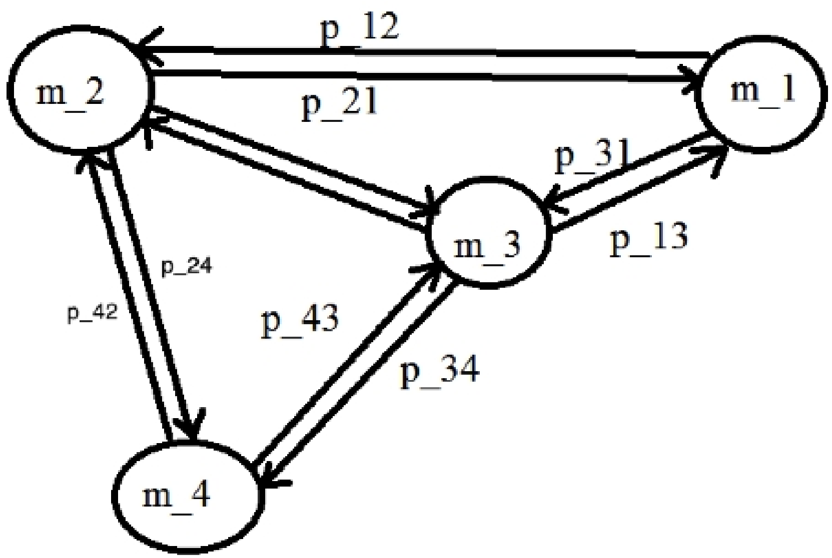
# Le modèle


forêt
Population 2
Population 1
ville
Population 3
rivière
Population 4
route


p_12
m_2
m_1
p_21
p_31
m_3
p_13
p_24
p_42
p_43
p_34
m_4

# Le modèle




*<u>Motivations</u> :*

Quel est l'effet de la transformation du territoire dans la préservation et la croissance des espèces ?

Quel est l'effet des changements climatiques ?

Comment une maladie se propage ?

# Résultats et perspectives

- ✗ Probabilité de survie, croissance et effet de la connectivité sur une métapopulation qui néglige les interactions.
  Prise en compte de la variation de l’environnement, de différents phénotypes.

# Résultats et perspectives

- ✗ Probabilité de survie, croissance et effet de la connectivité sur une métapopulation qui néglige les interactions.
  Prise en compte de la variation de l'environnement, de différents phénotypes.

- ✗ Prise en compte de la limitation des ressources, de prédateurs. Dynamique d'invasion. *Cf thèse d'Etienne Adam*.

- ✗ Prise en compte du polymorphisme, de mutations sur des échelles de temps plus longues. *Cf thèse de Clément Fabre*.

# Résultats et perspectives

- ✗ Probabilité de survie, croissance et effet de la connectivité sur une métapopulation qui néglige les interactions.
  Prise en compte de la variation de l'environnement, de différents phénotypes.

- ✗ Prise en compte de la limitation des ressources, de prédateurs. Dynamique d'invasion. *Cf thèse d'Etienne Adam*.

- ✗ Prise en compte du polymorphisme, de mutations sur des échelles de temps plus longues. *Cf thèse de Clément Fabre*.

Mais que se passe-t-il dans un habitat ?

# avec Geoffroy Berthelot, Clément Calenge, Carl Graham

*Contexte* : augmentation de la précision des données et diminution de leur coût.

*Motivations* : comprendre le comportement des animaux, développer des méthodes d'estimation d'abondance, évaluer les taux de transmission de maladie.

# avec Geoffroy Berthelot, Clément Calenge, Carl Graham

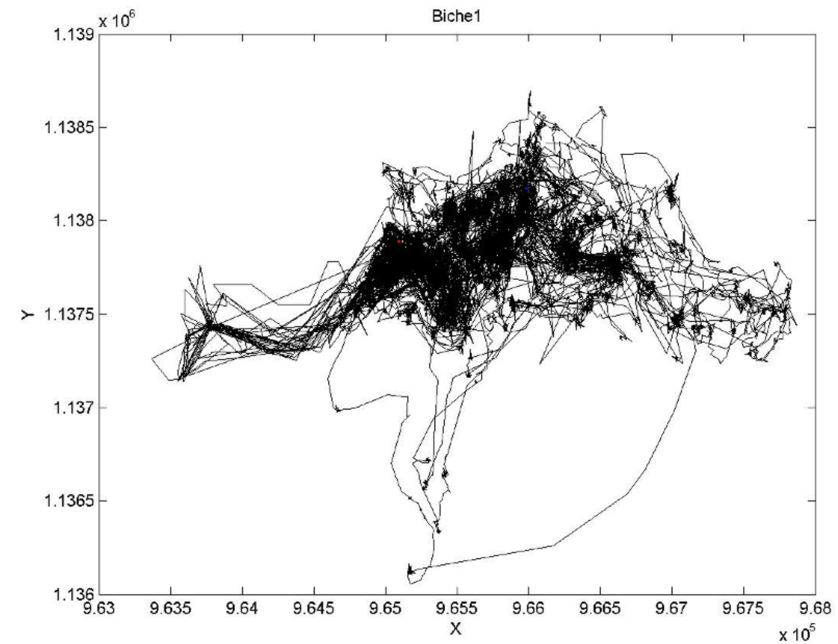
*Contexte* : augmentation de la précision des données et diminution de leur coût.

*Motivations* : comprendre le comportement des animaux, développer des méthodes d'estimation d'abondance, évaluer les taux de transmission de maladie.

- ✗ Trouver de bons modèles pour les déplacements d’ongulés (biches en particulier)
- ✗ Estimer, tester et calibrer ces modèles (statistiques).
- ✗ Obtenir des résultats mathématiques.

# Qu'est-ce qu'un bon modèle ici ?

- Plasticité : différentes échelles de temps, espèces.
  Mais un minimum de paramètres.
  *Un modèle nul, qu'on peut complexifier de différentes façons.*
- Adéquation avec les statistiques d'intérêt
  *(distribution des angles, domaine vital, recensement par un observateur fixe ou mobile, probabilité de rencontres avec un autre animal...)*
- Développement mathématique possible.



# Le modèle

Modèle basique, en temps discret, intégrant

- ✗ diffusion uniforme
- ✗ attraction du foyer
- ✗ composante d’inertie
- ✗ probabilité de rester immobile

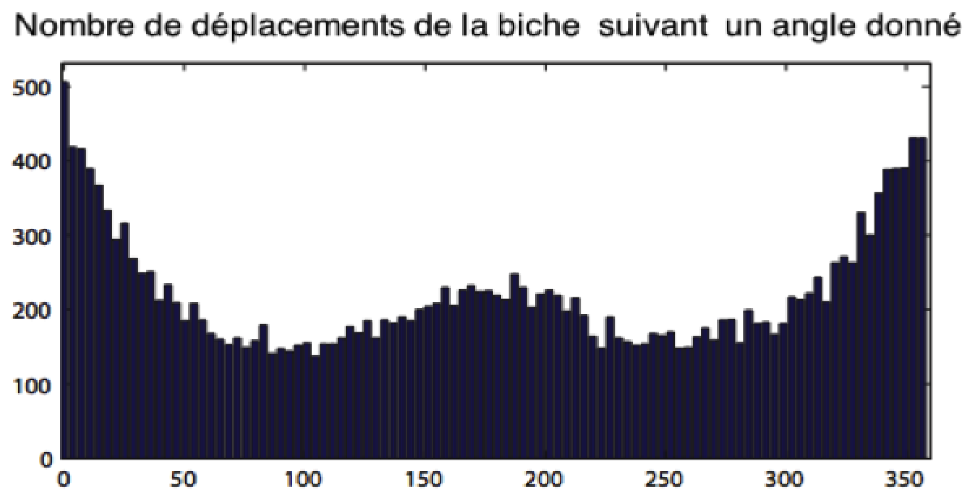
On peut réduire à trois paramètres, plus deux paramètres pour la loi donnant la distance parcourue en une étape.

# Le modèle

Modèle basique, en temps discret, intégrant

- ✗ diffusion uniforme
- ✗ attraction du foyer
- ✗ composante d'inertie
- ✗ probabilité de rester immobile

On peut réduire à trois paramètres, plus deux paramètres pour la loi donnant la distance parcourue en une étape.

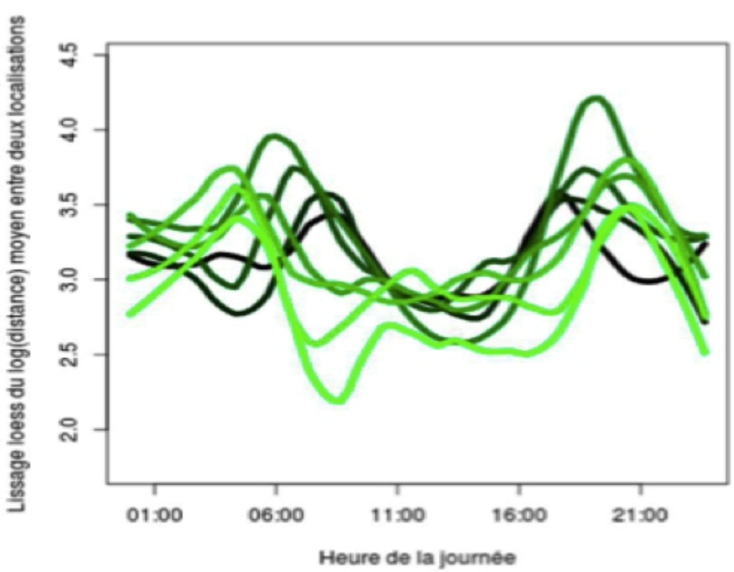


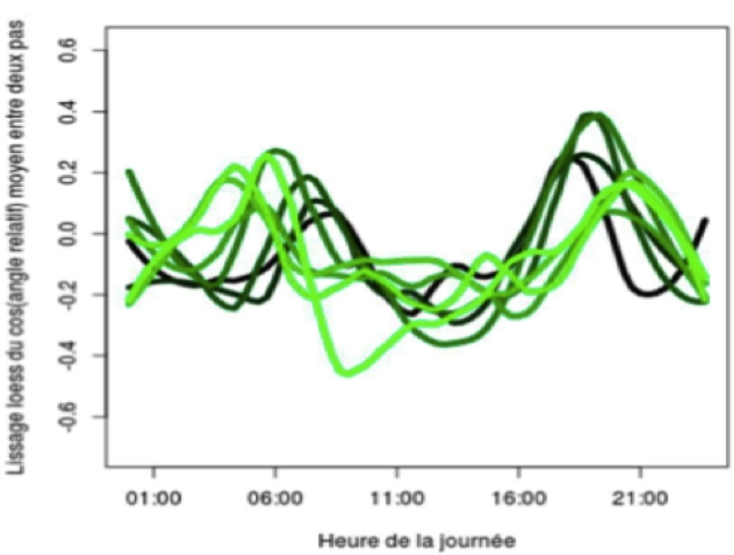
*Premières extensions :*

- ✗ Inhomogénéité temporelle
- ✗ Interactions
- ✗ Mémoire plus longue du déplacement
- ✗ Inhomogénéité spatiale

*Premières extensions :*

- ✗ Inhomogénéité temporelle
- ✗ Interactions
- ✗ Mémoire plus longue du déplacement
- ✗ Inhomogénéité spatiale



# Traitement mathématique en vue, avec Carl Graham

- ✗ Limite temps continu de ces objets (marches biaisées corrélées en interaction)

- ✗ distribution stationnaire, vitesse de convergence
- ✗ probabilité de passer d'un point à un autre en un temps donné, probabilité de rentrer dans une certaine zone

# Traitement mathématique en vue, avec Carl Graham

- ✗ Limite temps continu de ces objets (marches biaisées corrélées en interaction)

- ✗ distribution stationnaire, vitesse de convergence
- ✗ probabilité de passer d'un point à un autre en un temps donné, probabilité de rentrer dans une certaine zone

Difficultés particulières liées à l'inertie/ la mémoire (renforcement) et à la prise en compte des interactions.

# Stage de Yawen Liao

*Outils statistiques pour l'étude de l'écosystème côtier et modélisation de la dynamique du réseau trophique.*

# Stage de Yawen Liao

*Outils statistiques pour l'étude de l'écosystème côtier et modélisation de la dynamique du réseau trophique.*

**Objectifs :** Compléter le suivi des stations et prédire l'évolution future grâce à un modèle.

$$
\begin{aligned}
\frac{dN}{dt} &= I_N - r_N N - \gamma \frac{rNX}{k_1 + N} + \gamma d_3 D \\
\frac{dX}{dt} &= \frac{rNX}{k_1 + N} - \frac{fX^2Y}{k_2 + X^2} - (d_1 + e_1)X \\
\frac{dY}{dt} &= \eta \frac{fX^2Y}{k_2 + X^2} - (d_2 + e_2)Y \\
\frac{dD}{dt} &= (1 - \eta)\frac{fX^2Y}{k_2 + X^2} + d_1 X + d_2 Y - (d_3 + e_3)D
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\frac{dN}{dt} &= I_N - r_N N - \gamma \frac{rNX}{k_1 + N} + \gamma d_3 D \\
\frac{dX}{dt} &= \frac{rNX}{k_1 + N} - \frac{fX^2Y}{k_2 + X^2} - (d_1 + e_1)X \\
\frac{dY}{dt} &= \eta \frac{fX^2Y}{k_2 + X^2} - (d_2 + e_2)Y \\
\frac{dD}{dt} &= (1-\eta)\frac{fX^2Y}{k_2 + X^2} + d_1 X + d_2 Y - (d_3 + e_3)D
\end{aligned}
$$

Problèmes mathématiques :

Analyser ce type de modèle (en temps long) ;

Proposer des modèles microscopiques (individu centré) pour expliquer les paramètres écologiques de ce type de modèle ;

Prendre en compte l'aspect spatial.