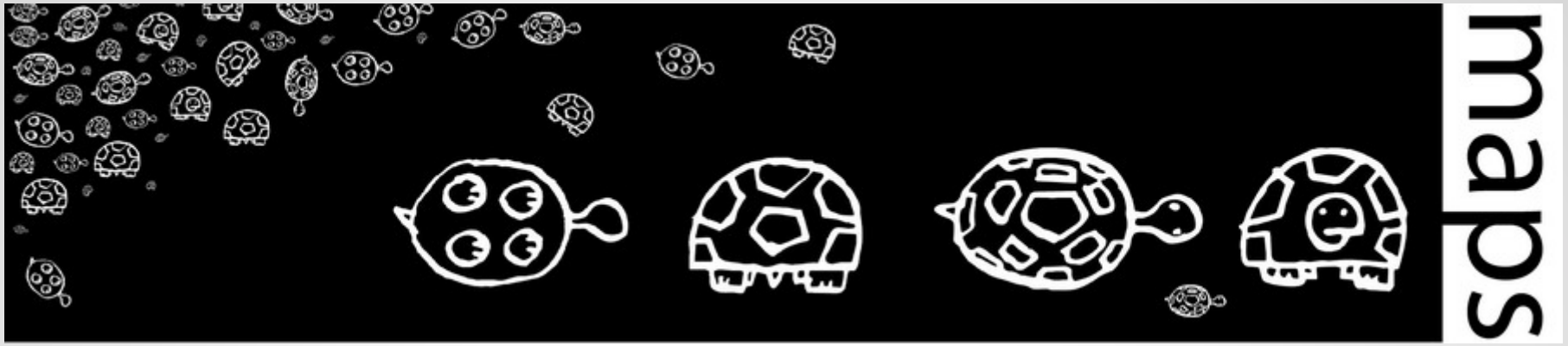
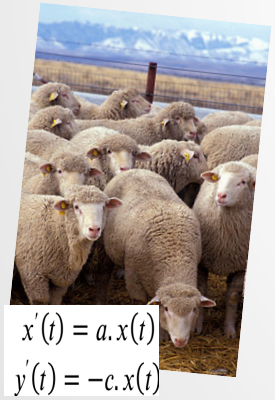


Analyse comparée des approches Macro et Micro du modèle proie-prédateur de Lokta-Voltera



MAPS 3 : Modèle « Alf le loup »

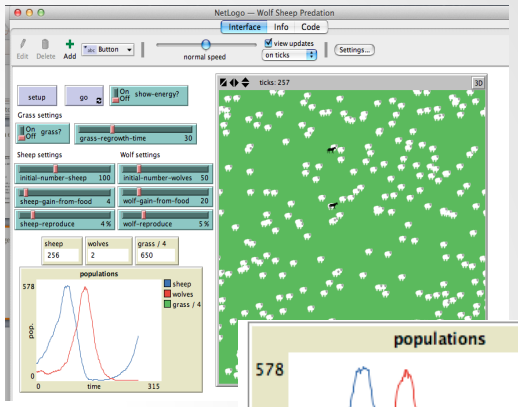
Marion Amalric, Nathalie Corson, Claude Monteil, Nicolas Marilleau, David Sheeren et Hugo Thierry

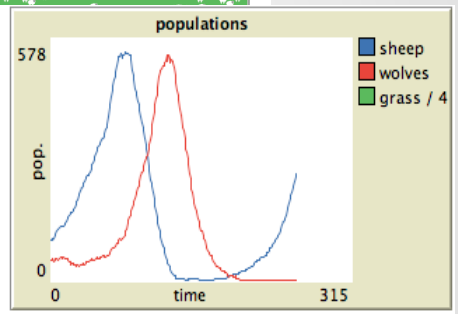
RNSC Réseau National des Systèmes Complexes

Contexte

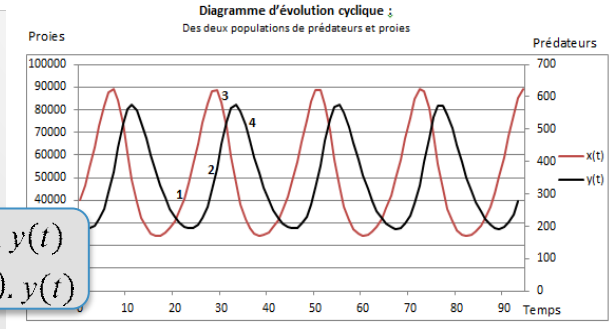
Trafic
LWR / Nasch

Epidémiologie
SIR / Episim





Dyn Population
Lokta / Wolf-Sheep



$$x'(t) = a.x(t) - b.x(t).y(t)$$
$$y'(t) = -c.x(t) + d.x(t).y(t)$$

Modèle
Macro / Micro

Visée scientifique

Approche Agrégée (EDO)

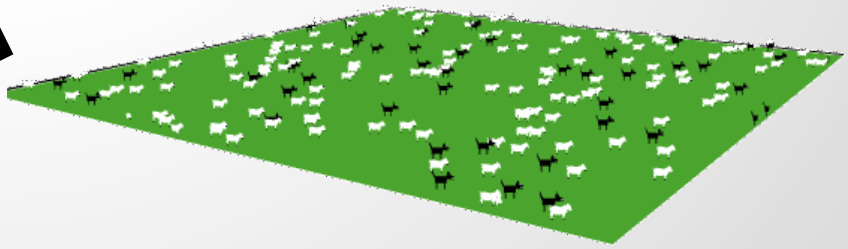
Approche Système Complexe, multi-échelle, Couplage

Approche Descriptive (Agent)

$$x'(t) = a.x(t) - b.x(t).y(t)$$
$$y'(t) = -c.x(t) + d.x(t).y(t)$$

?

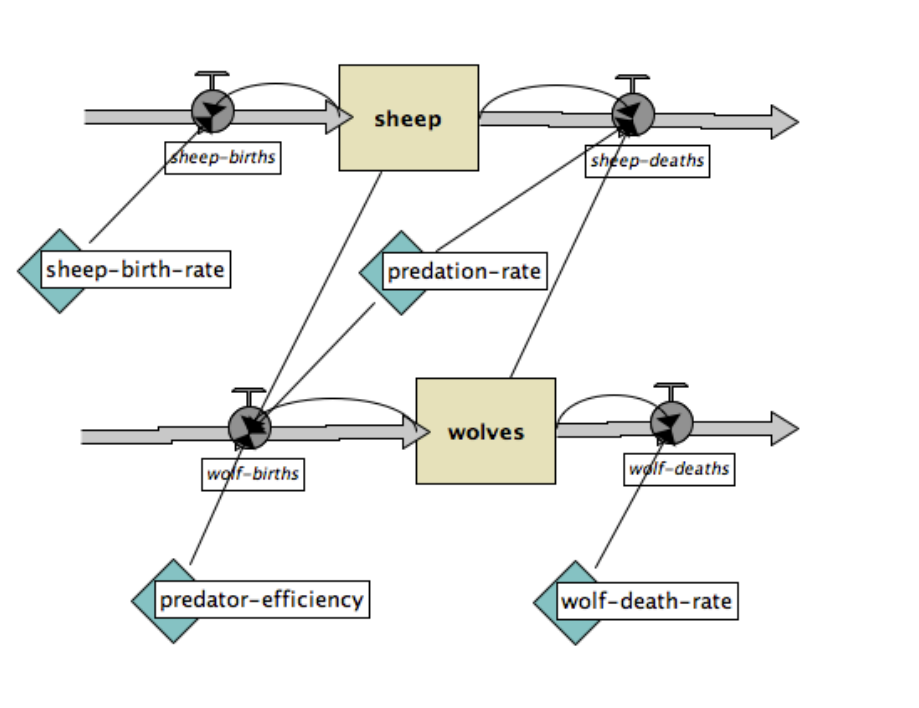
Spatialité - Interactions locales



Cas d'étude : Modèle de Lotka Volterra

Le modèle Macro de Lotka-Volterra

Hypothèses :
*En absence d'interactions proies-prédateurs :
-croissance exponentielle des proies
-pas de mortalité de proies
-pas de natalité des prédateurs
-mortalité des prédateurs
*En cas d'interactions proies-prédateurs :
-les proies meurent avec un certain taux au contact des prédateurs
-les prédateurs se reproduisent avec un certain taux au contact des proies



Le modèle Macro de Lotka-Volterra

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = x'(t) = \dot{x} = ax(t) - bx(t)y(t) \\ \frac{dy(t)}{dt} = y'(t) = \dot{y} = -cy(t) + dx(t)y(t) \end{cases}$$

x : nombre de proies
y : nombre de prédateurs
dx(t)/dt : variation du nombre de proies dans le temps
dy(t)/dt : variation du nombre de proies dans le temps
a : taux de natalité des proies
c : taux de mortalité des prédateurs
b : taux de mortalité des proies lié à la prédation
d : taux de natalité des prédateurs lié à la consommation de proies

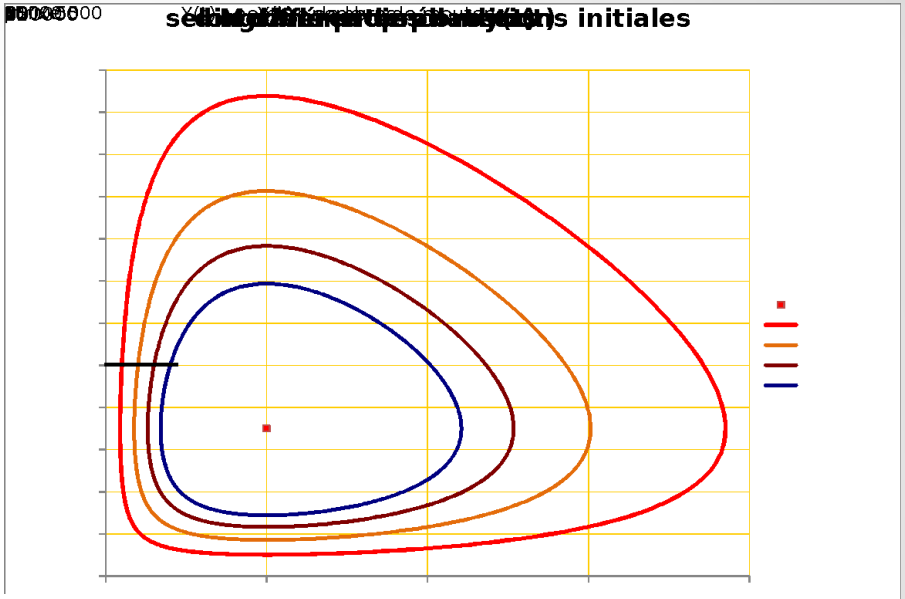
Le modèle Macro de Lotka-Volterra

Intégration numérique des équations différentielles
→ méthode Runge Kutta

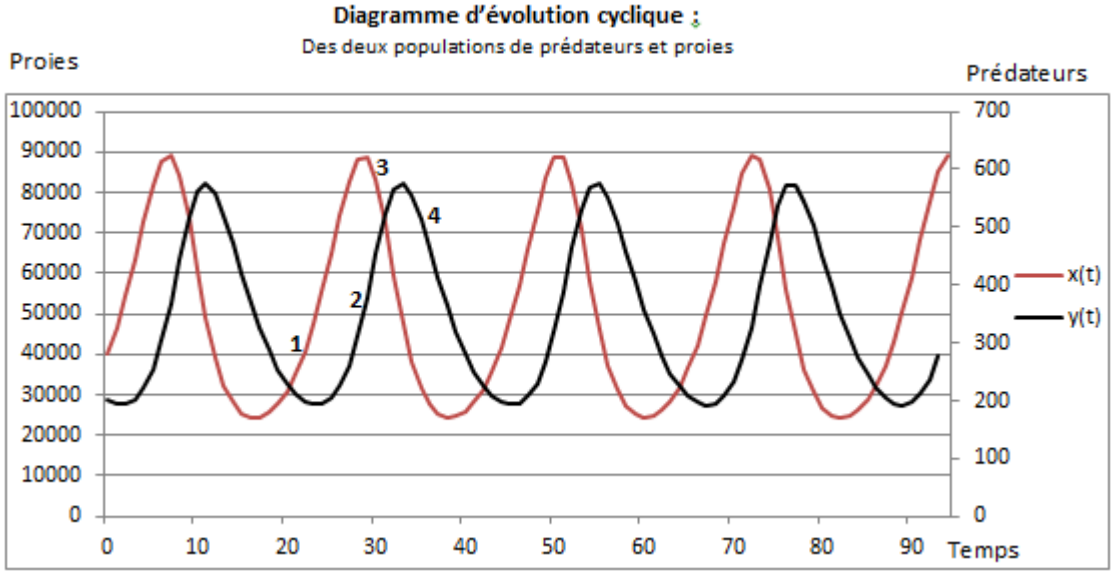
Représentation des résultats :

- portraits de phase →

- séries temporelles ↓



Évolution du nombre de proies par rapport au nombre de prédateurs pour différentes conditions initiales



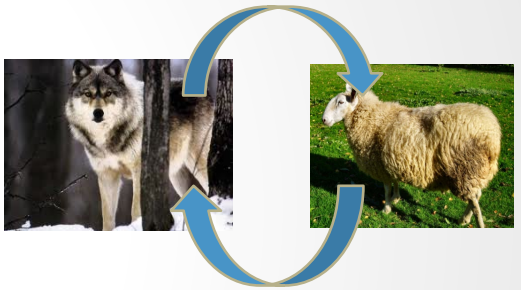
Évolution du nombre de proies et de prédateurs dans le temps

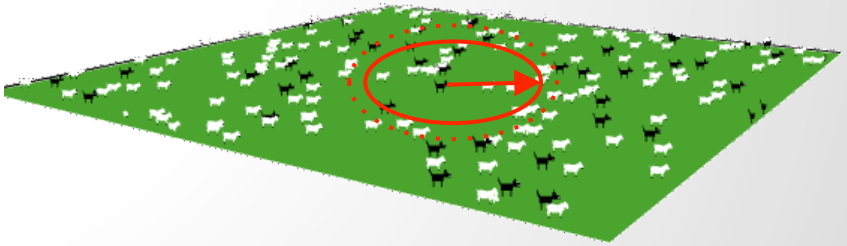
Lotka-Volterra d'un point de vue micro

Hypothèses :
- 2 espèces les proies et les prédateurs
- 1 espace
- Des individus équitablement répartis

Proies :
- Déplacement aléatoire dans un voisinage proche
- Fonction croissance globalisée

Prédateurs :
- Déplacement aléatoire dans un voisinage proche
- prédation des proies limitées à un voisinage proche

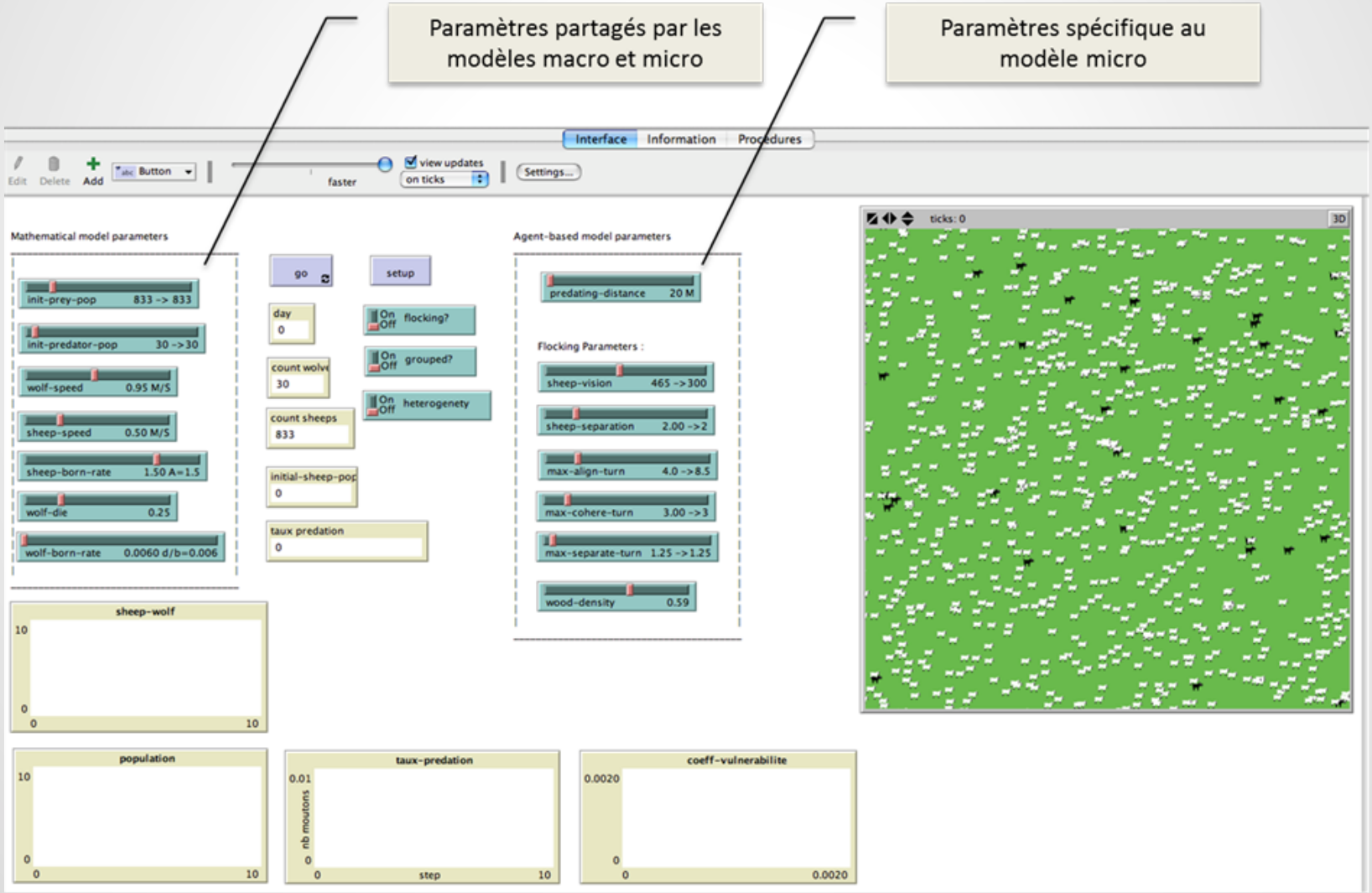




Modèle Micro
Prédation
Interaction locale/spatiale
Distance de perception

Paramètres du modèle :
Taux de croissance des proies (a)
Taux de décroissance des prédateurs (b)
Efficacité de prédation (c)
Distance de prédation (?)

Lotka-Volterra d'un point de vue micro



Modèle Macro *vs* modèle Micro

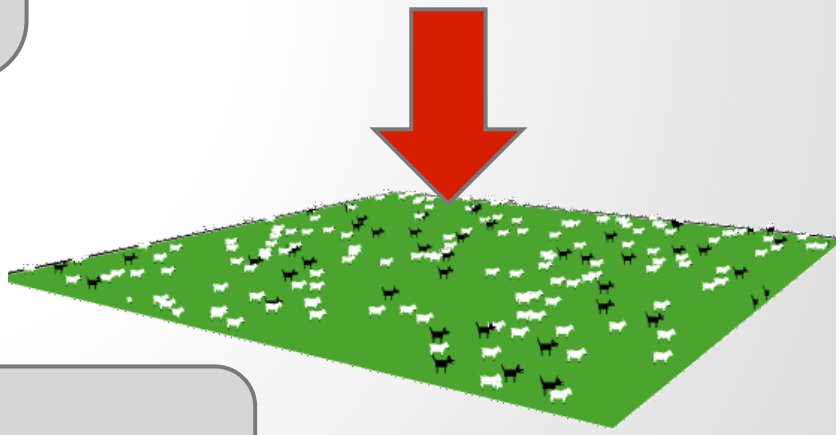
Système d'équation différentielles	**Systèmes Multi-Agents**
Densités de populations	Populations d'individus
Croissance globalisée des proies	Croissance globalisée des proies
Décroissance globalisée des prédateurs	Décroissance globalisée des prédateurs
Homogénéité des interactions *Taux de contact global*	Hétérogénéité des interactions *Taux de contact local*
Pas de déplacement	Déplacement localisé *Voisinage proche*

Paramétrer le micro à partir du macro

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = x'(t) = \dot{x} = ax(t) - bx(t)y(t) \\ \frac{dy(t)}{dt} = y'(t) = \dot{y} = -cy(t) + dx(t)y(t) \end{cases}$$

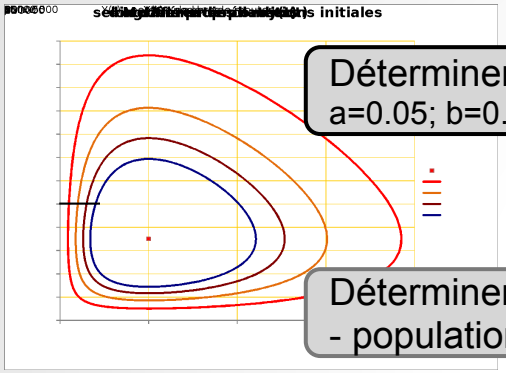
?

Exploration de modèle
b → Distance de prédation



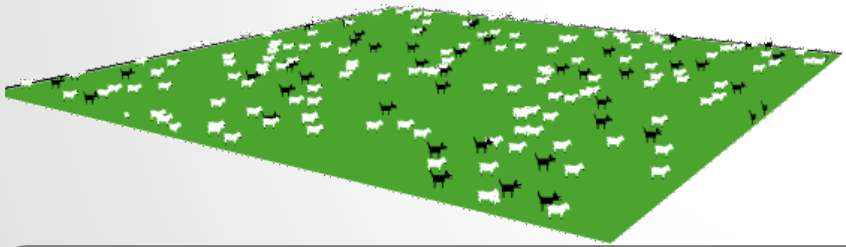
Echange direct de paramètres :
a → Taux de croissance des proies
c → Taux de décroissance des prédateurs
d → Efficacité de prédation

Déterminer la distance de prédation (½)

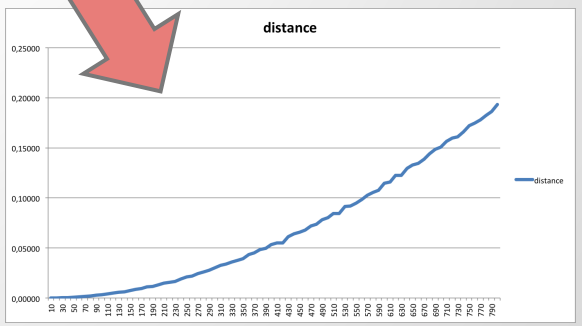


Déterminer les paramètres
a=0.05; b=0.001 ; c=0.03 ; d=0.0002

Déterminer le point fixe du modèle macro
- populations de proies=150 ; prédateurs= 50

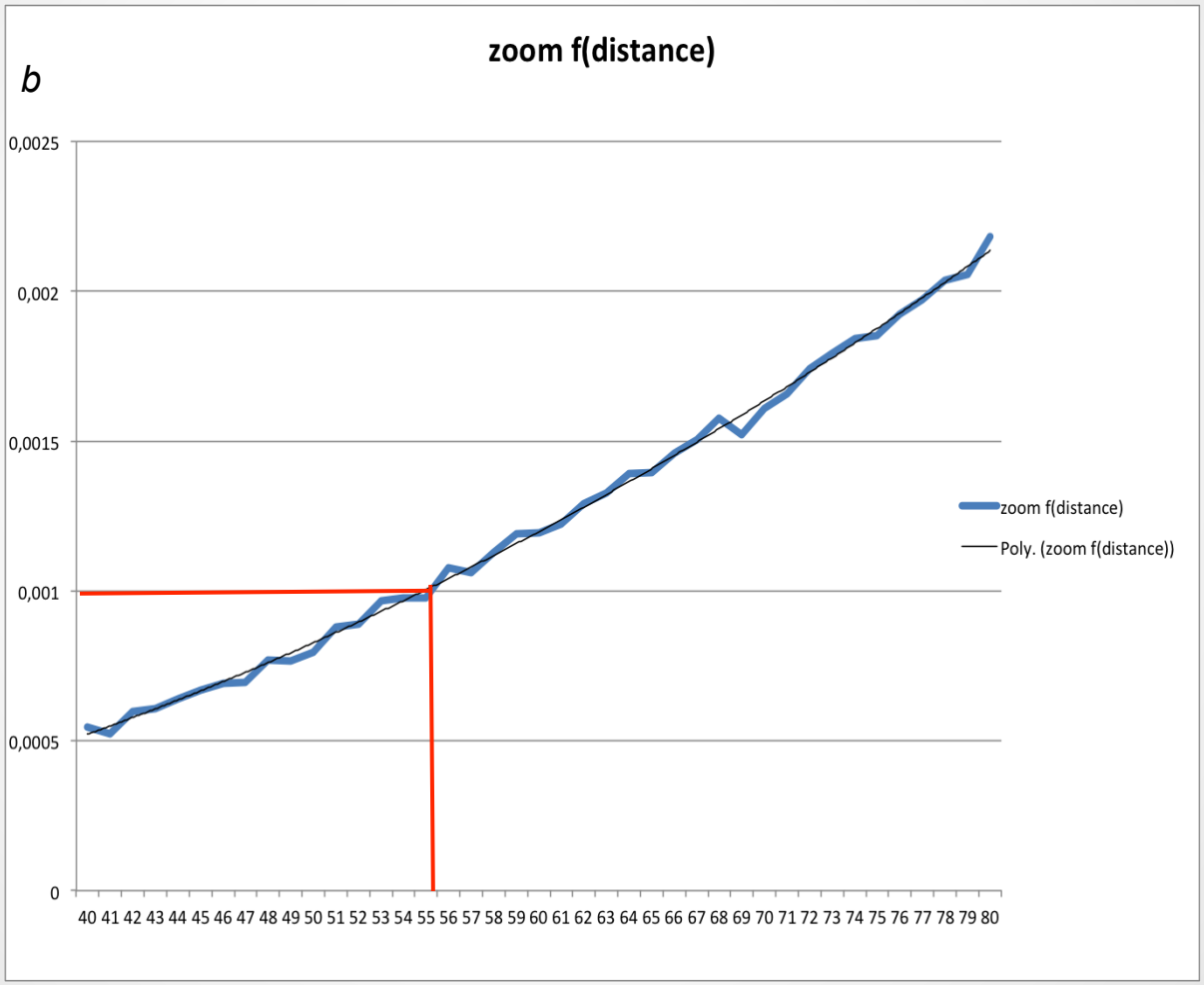


Explorer le modèle Micro avec
- distance prédation variant entre 0 et taille-espace
- comptage du nombre d'interaction
- pendant 5000 steps / simulation



Paramètres fixés
- Taux de croissance des proies (a) : 0
- Taux de décroissance des prédateurs (c) : 0
- Efficacité de prédation (d) : 0
- Nombre de proies : population proie point fixe
- Nombre de prédateur : population prédateur point fixe

Déterminer la distance de prédation (2/2)

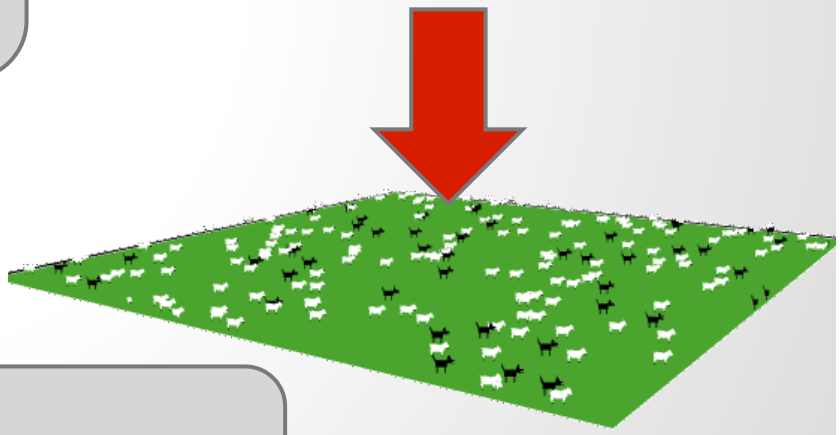


Distance de prédation

Paramétrer le micro à partir du macro

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = x'(t) = \dot{x} = ax(t) - bx(t)y(t) \\ \frac{dy(t)}{dt} = y'(t) = \dot{y} = -cy(t) + dx(t)y(t) \end{cases}$$

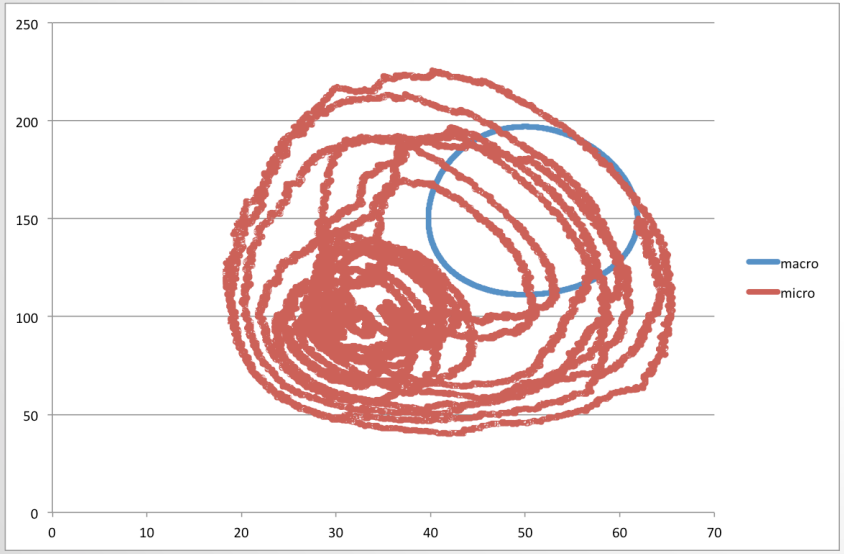
Exploration de modèle
b → Distance de prédation = 56



Echange direct de paramètres :
a → Taux de croissance des proies = 0.05
c → Taux de décroissance des prédateurs = 0.0002
d → Efficacité de prédation = 0.03

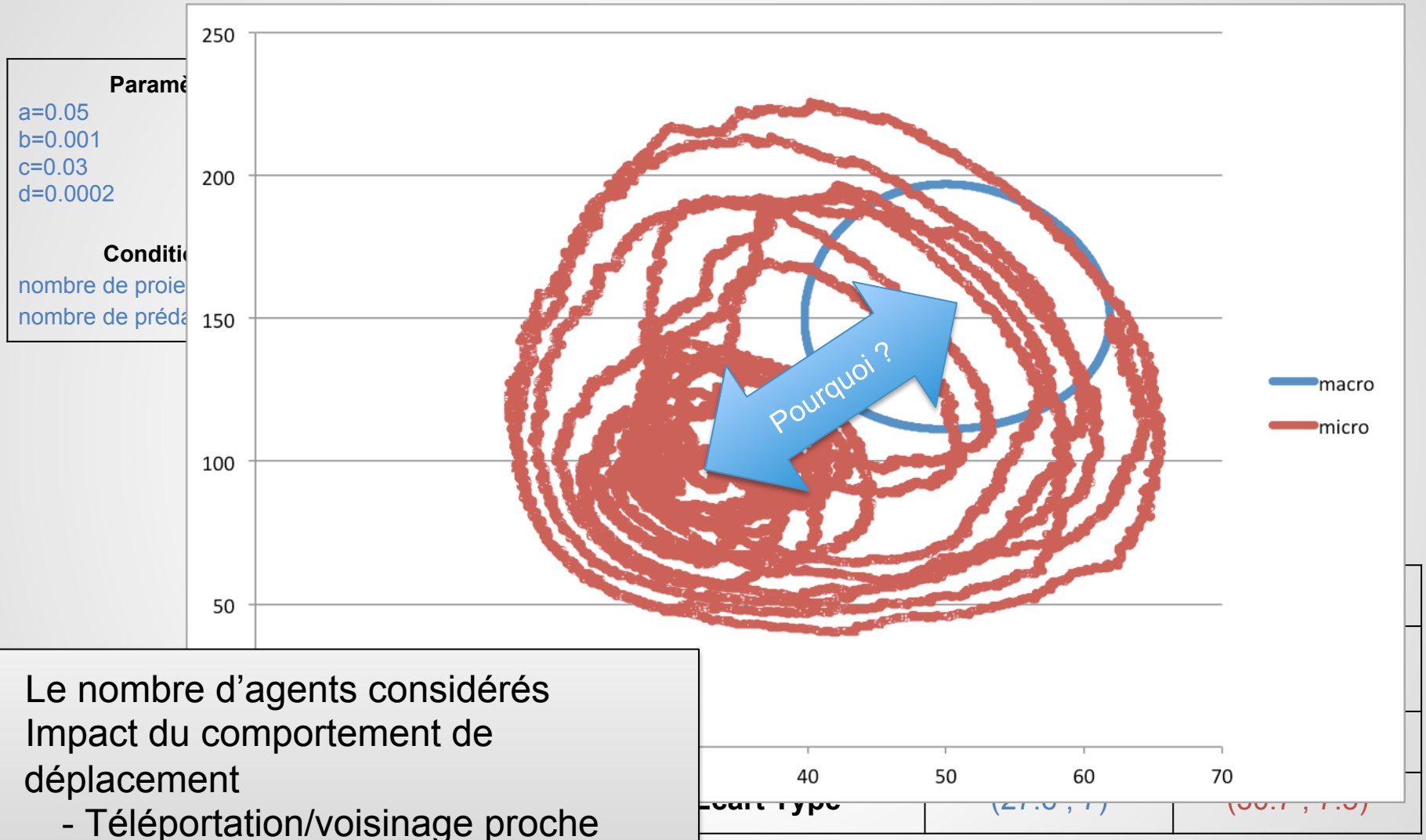
Résultats de simulation

Paramètres Macro	Paramètres Micro
a=0.05 b=0.001 c=0.03 d=0.0002	Prey-Birth-Rate = 0.05 Predator-Perception-Distance = 57m (b=0.00106-) Predator-Death-Rate = 0.03 Predation-Efficiency = 0.2 (d/b)
Conditions initiales	**Conditions initiales**
nombre de proies : x=160 nombre de prédateurs : y=40	nombre de proies : 160 nombre de prédateurs : 40



	Macro	Micro
Barycentre des trajectoires	(156 ; 49)	(111 ; 37)
Ecart Moyen	(22.5 ; 5.5)	(27.8 ; 6.6)
Ecart Type	(27.6 ; 7)	(30.7 ; 7.5)

Conclusion & discussion



- Le nombre d'agents considérés
- Impact du comportement de déplacement
  - Téléportation/voisinage proche
  - Emergence de cluster
  - …