

GÉOSIMULATION DES DYNAMIQUES DE POPULATION VECTORIELLES : UN MODÈLE MULTIAGENT DU VECTEUR DE LA DENGUE EN MILIEU URBAIN TROPICAL ET SUB-TROPICAL

Maneerat S.¹, Daudé É.²

¹ CNRS, UMR IDEES, Rouen, France

² CNRS, Center for Social Sciences and Humanities, Delhi, India

DENFREE
AEDESS



Dengue

200 à 400 millions d'infections estimées par an (Bhatt *et al.*, 2013)

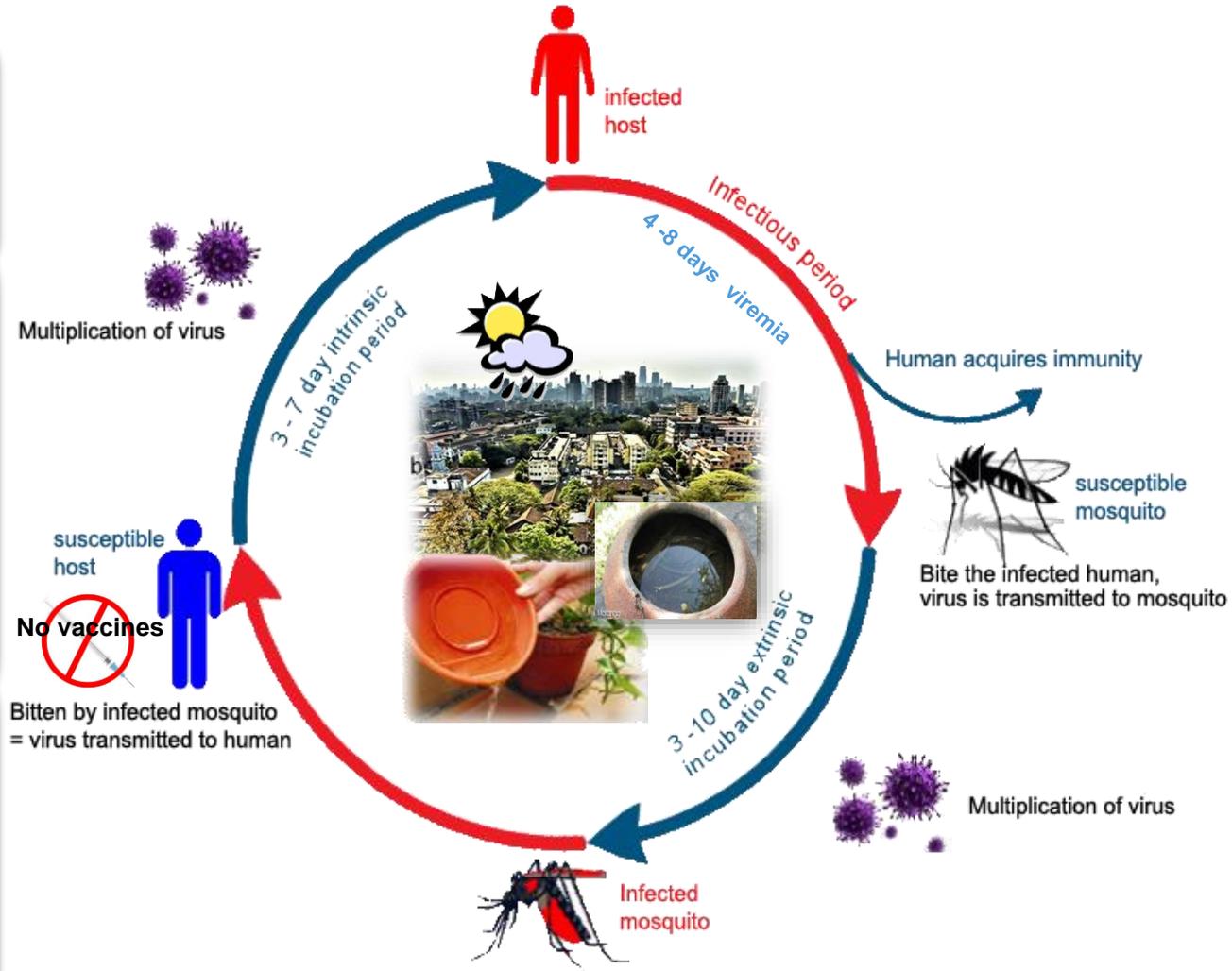
Virus transmit par moustique:

Aedes aegypti

Aedes albopictus

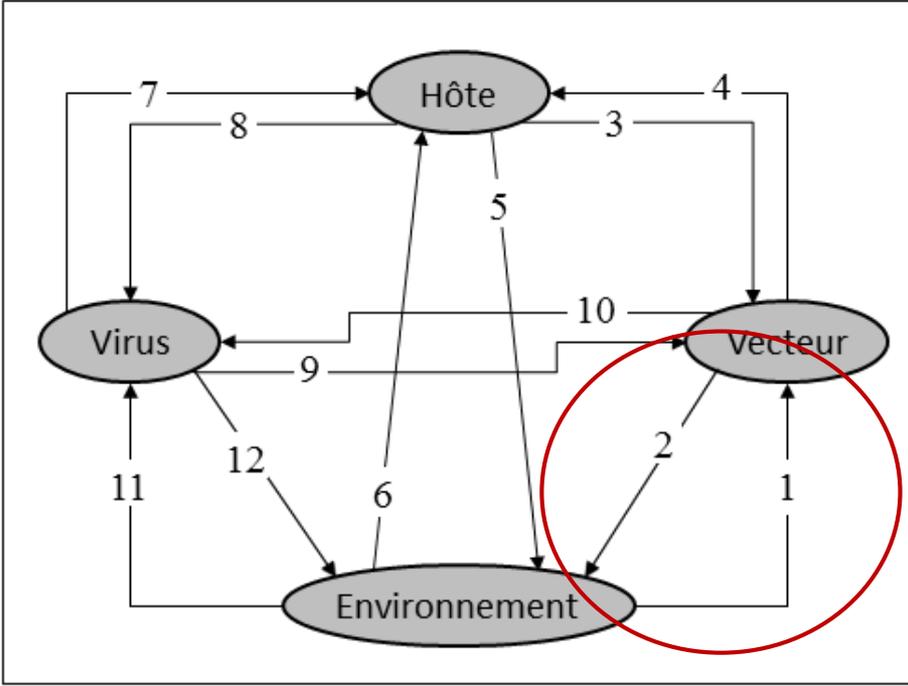


Difficultés de contrôler les populations de vecteurs en ville



- | | | |
|---|---|---|
| <p><u>Échelle micro</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Résistance génétique - Statut immunitaire - Age | <p><u>Échelle méso</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Prévalence d'anticorps - Infection asymptomatique - Connaissance du risque | <p><u>Échelle macro</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Densité de population - Mobilité - Niveau de richesse |
|---|---|---|

- Échelle micro
- Virulence
 - Génétique
 - Quasi-espèce
- Échelle méso
- Sérotype
 - Clade
 - Antériorité locale
- Échelle macro
- Origine régionale
 - Compétition entre sérotypes



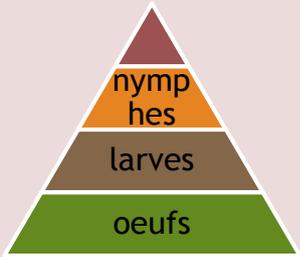
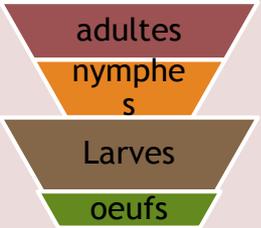
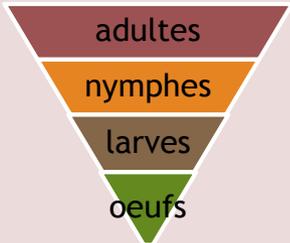
- Échelle micro
- État gravide
 - Age
 - Comportement de prédation
- Échelle méso
- Taux de pique
 - Taux de survie
 - Aire de déplacement
- Échelle macro
- Densité
 - Taux de contamination
 - Pyramide des âges

- | | | |
|--|---|--|
| <p><u>Échelle micro</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Container pour ponte - Moustiquaire - Humidité | <p><u>Échelle méso</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gestion de l'eau et des déchets - Modes d'occupation du sol - Densité de l'habitat | <p><u>Échelle macro</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Température / Précipitation - Planification urbaine - Réseaux de transport |
|--|---|--|

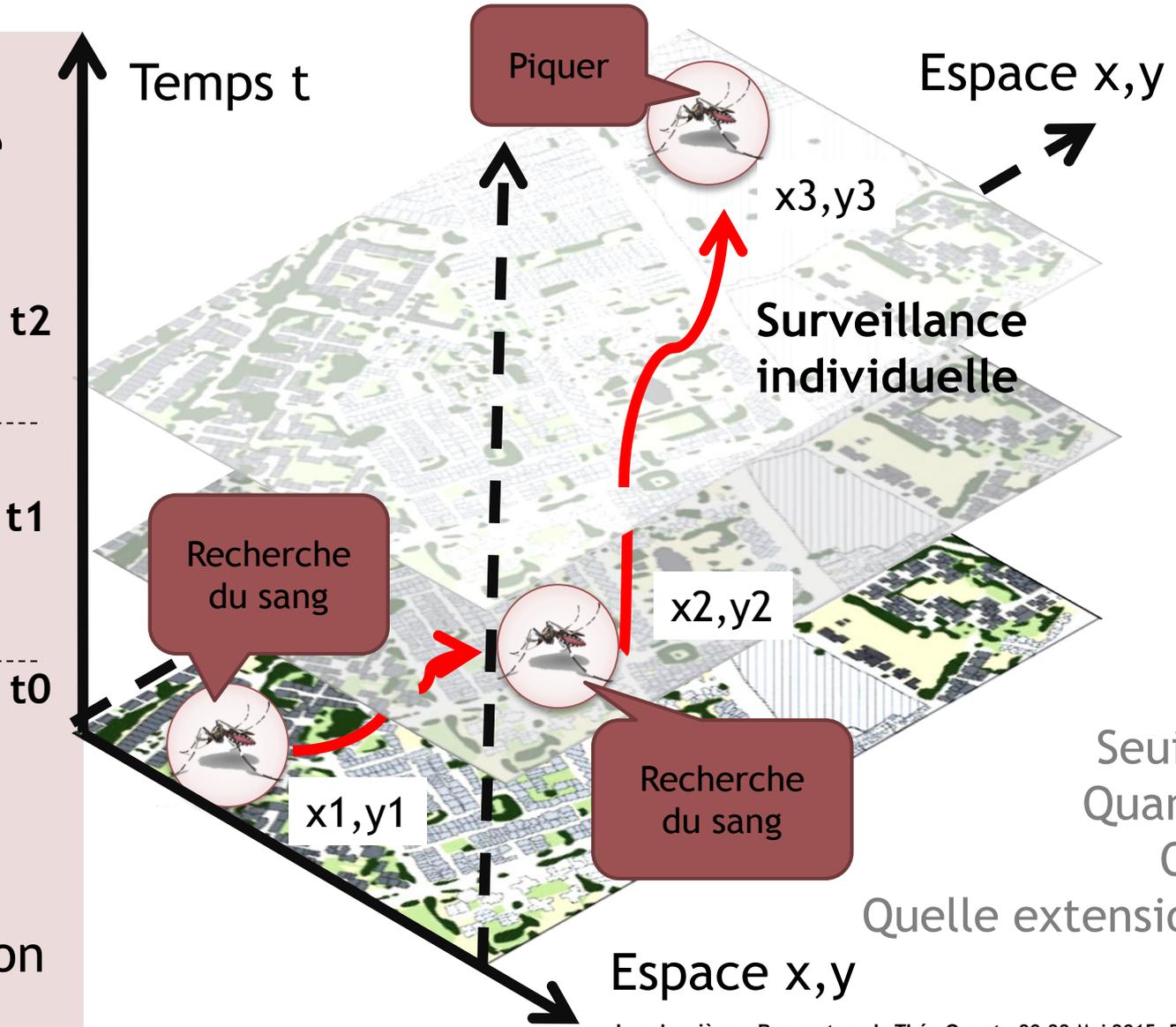
Daudé É. et al. (2015)

Objectif du modèle

Observation populationnelle

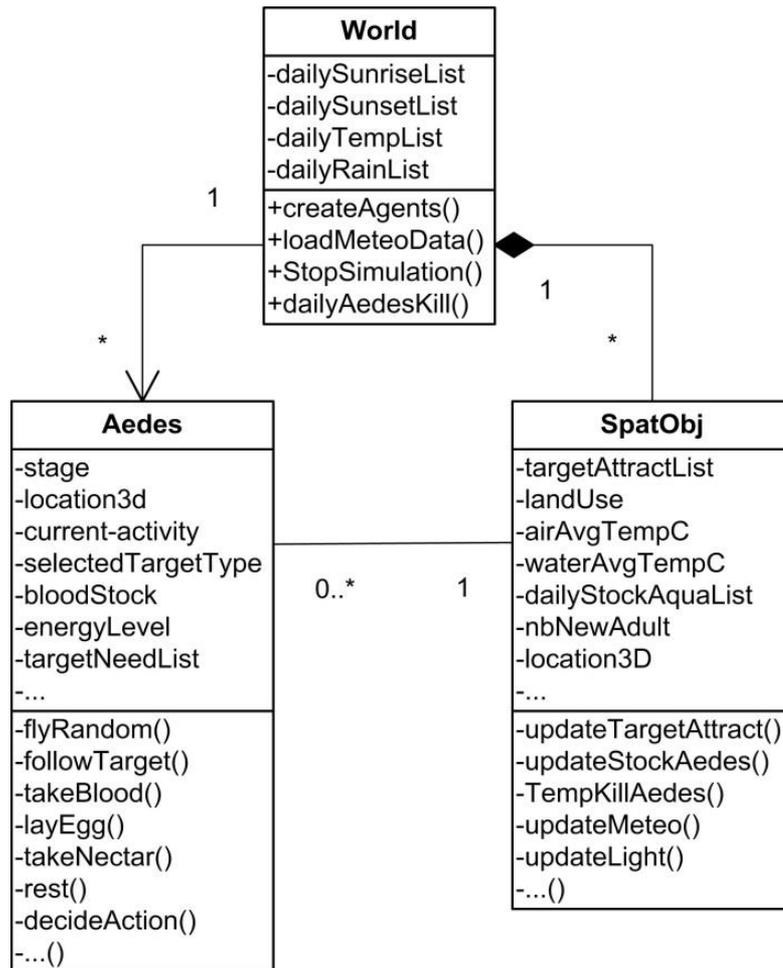


Taille de population



Modèle SEASON: Spatial Explicit Aedes aegypti SimulatiON

Modèle à base d'Aedes



- ✓ Données journalières des T° et Précipitation (agent *World*)
- ✓ Comportements du moustique et son cycle de vie (agent *Aedes*)
- ✓ Environnement construit selon les besoins et contraintes des moustiques (agent *SpatObj*)

Paramètres liés aux comportements

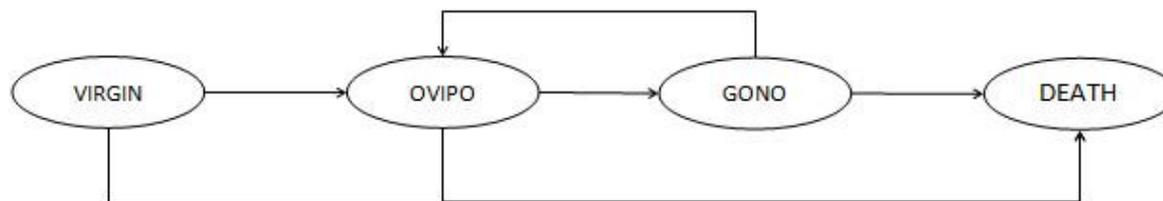
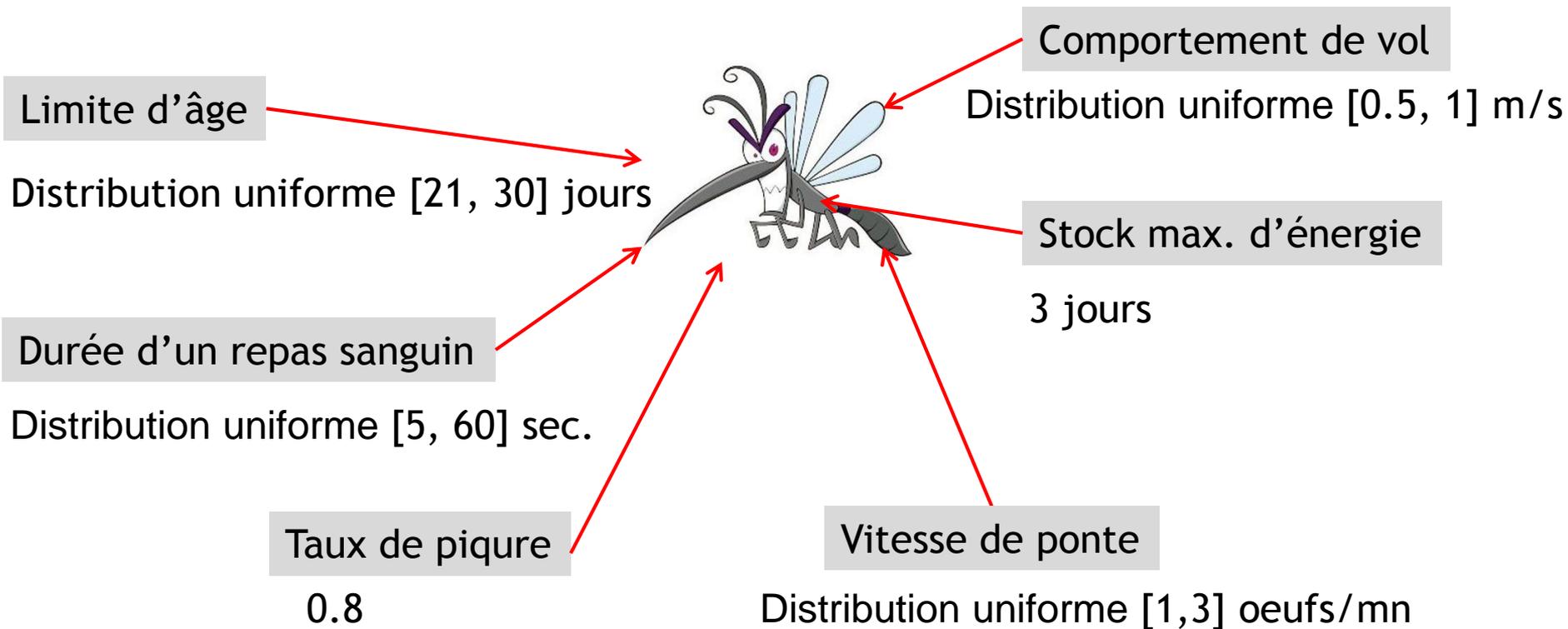
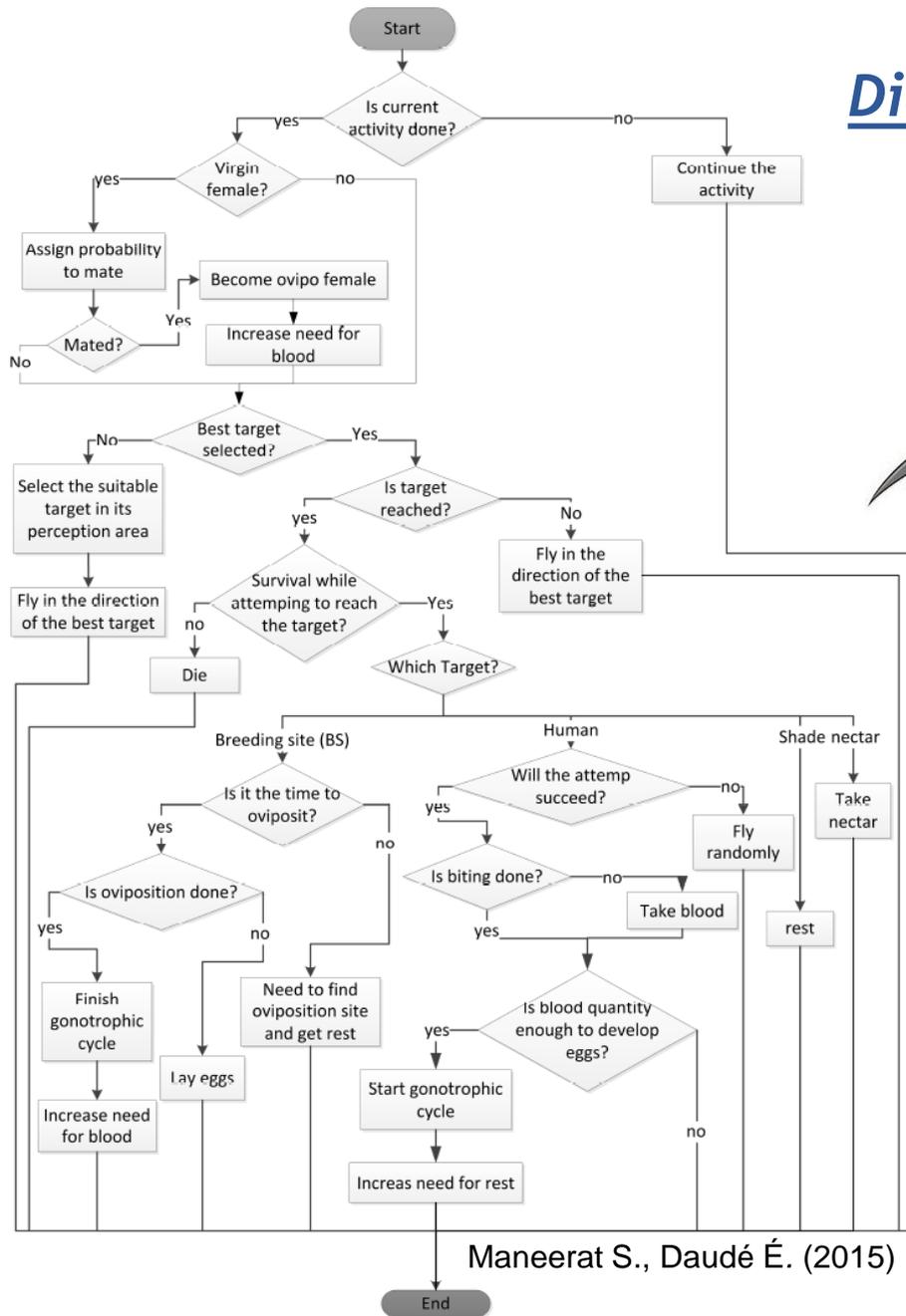
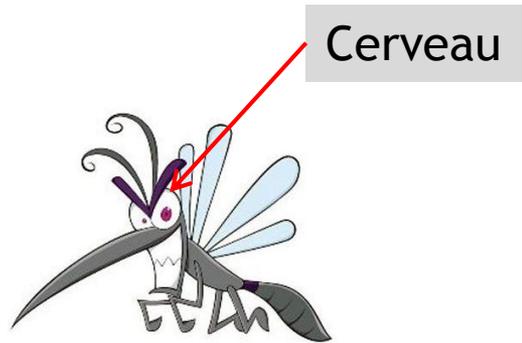


Diagramme de transition entre états d'*Aedes*

Diagramme de transition d'activités



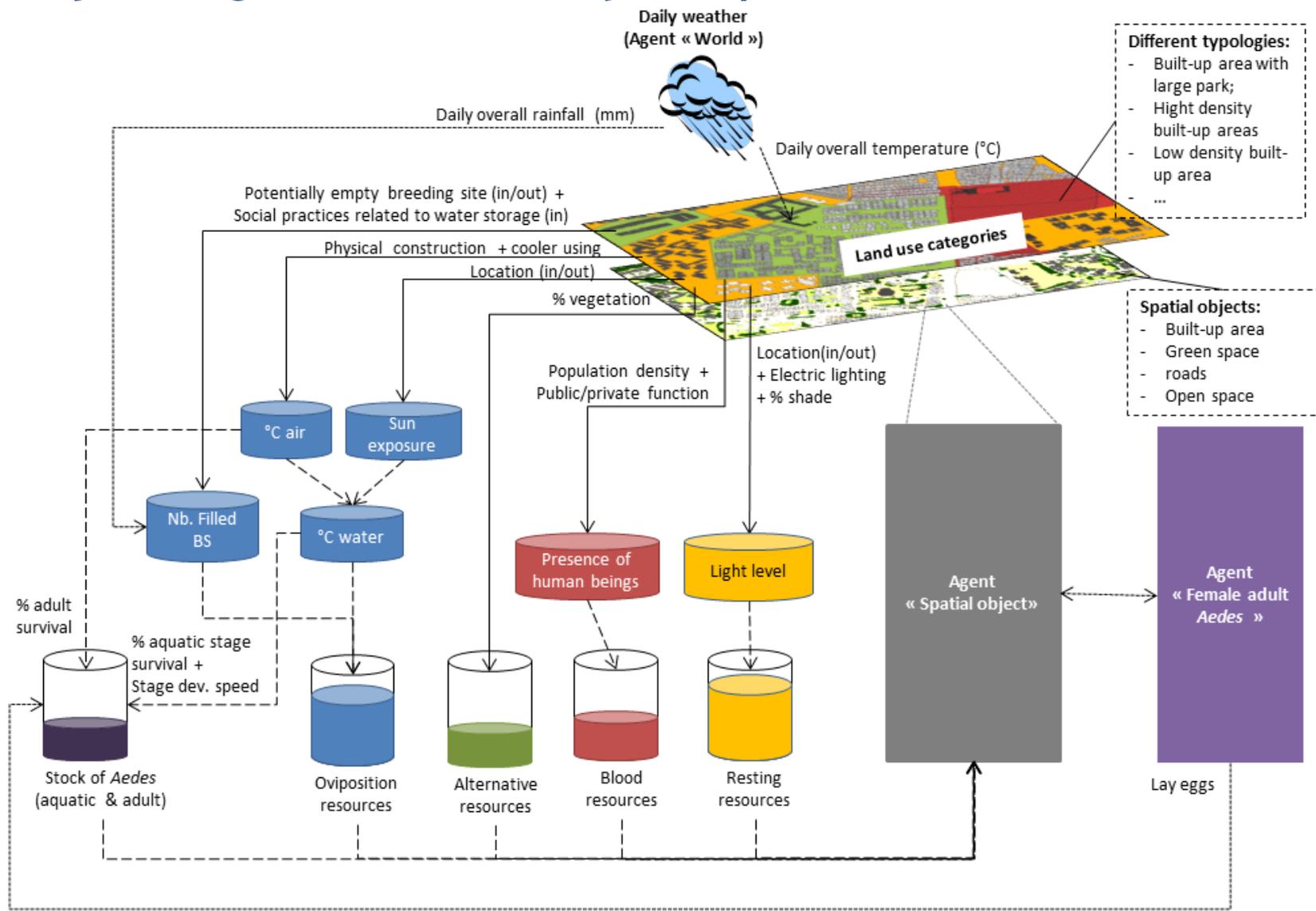
Maneerat S., Daudé É. (2015)

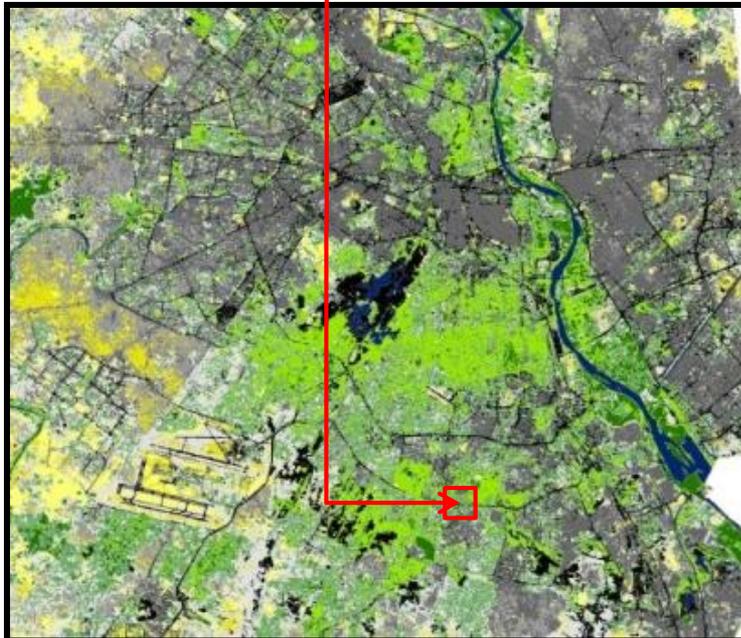
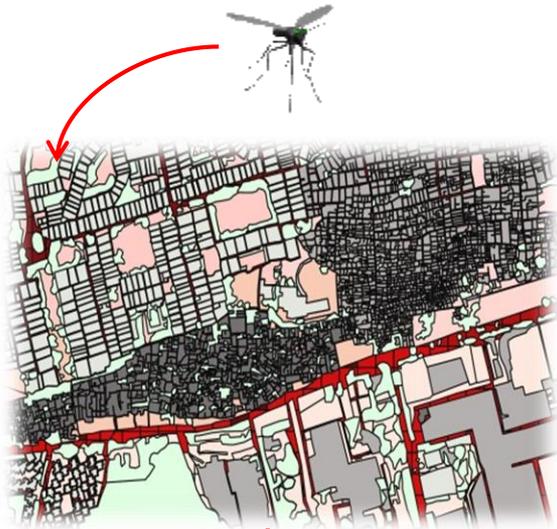


Le choix d'une activité (t) est basé sur :

- L'achèvement de l'activité précédente (t-1),
- L'état courant et
- La disponibilité d'une cible dans le voisinage.

SpatObj: des agents-ressources dynamiques





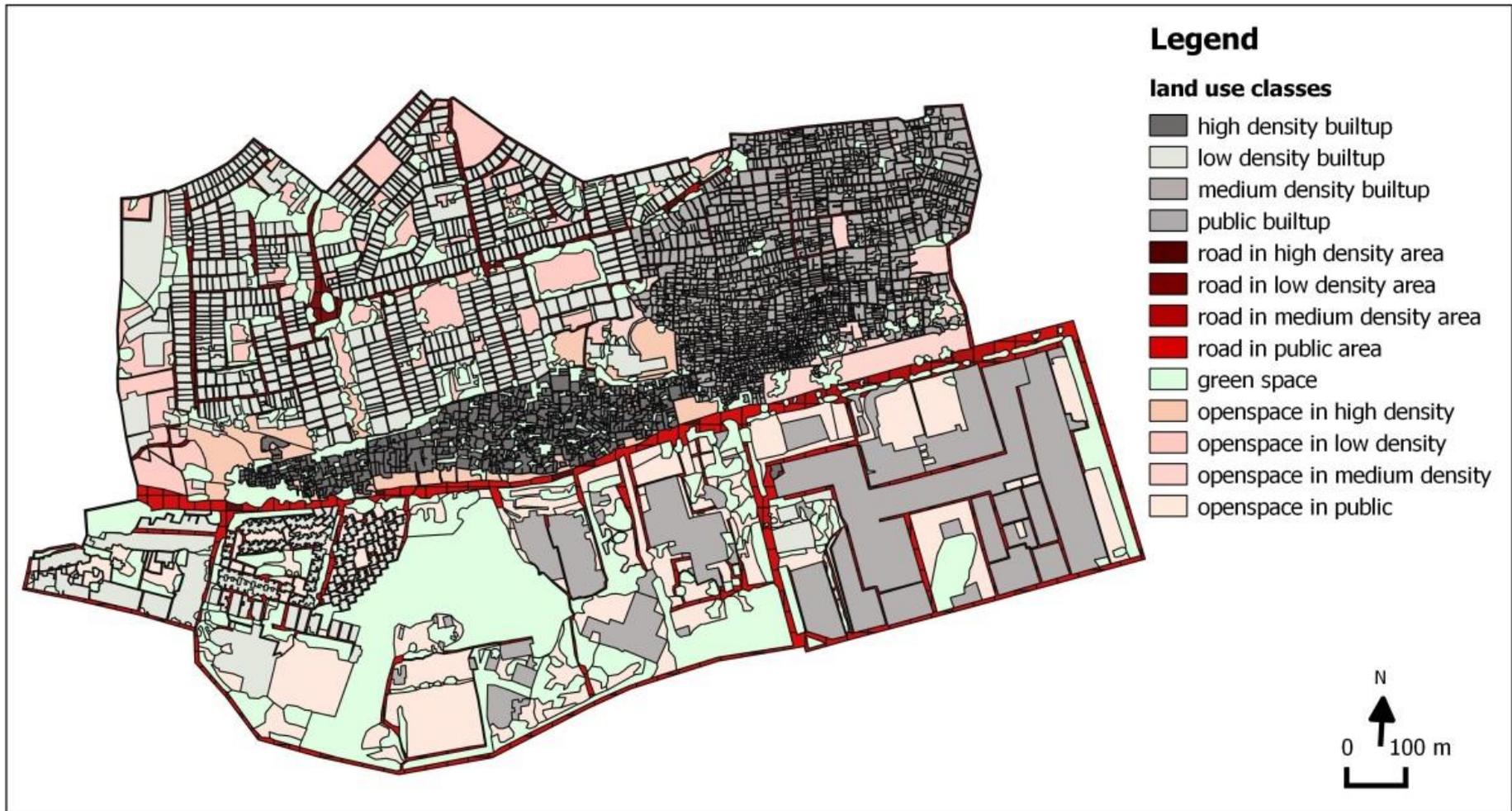
Expérimentations

Zone d'étude au Sud de Delhi (Inde)



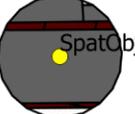
MHKS (Malviya nagar, Hauz rani, Khirki et Saket)
1,8 km²

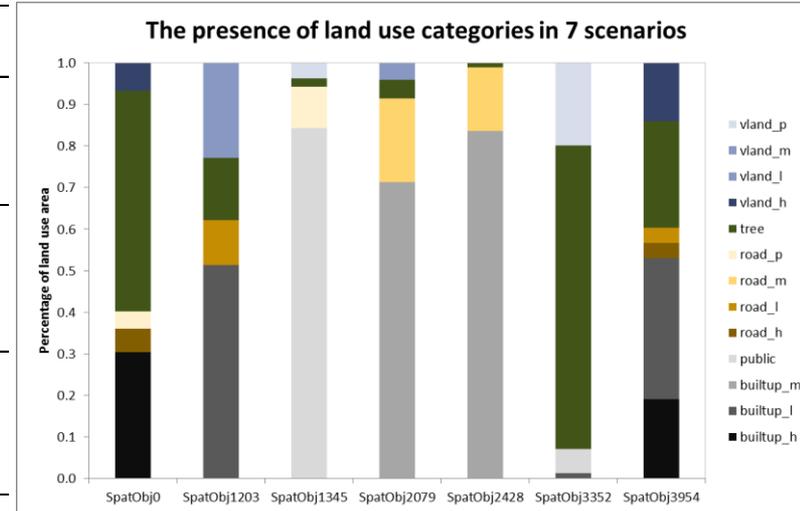
Exemple: la classification des classes d'occupation du sol à MHKS



Source: environmental characteristics from a survey from the 4th - 6th, Nov 2014 in Malviya Nagar and Saket areas, New Delhi, India
 Created by Somsakun Maneerat on the 3rd, Dec 2014

Cas d'études : 7 scénarios = 7 différents sites de ponte

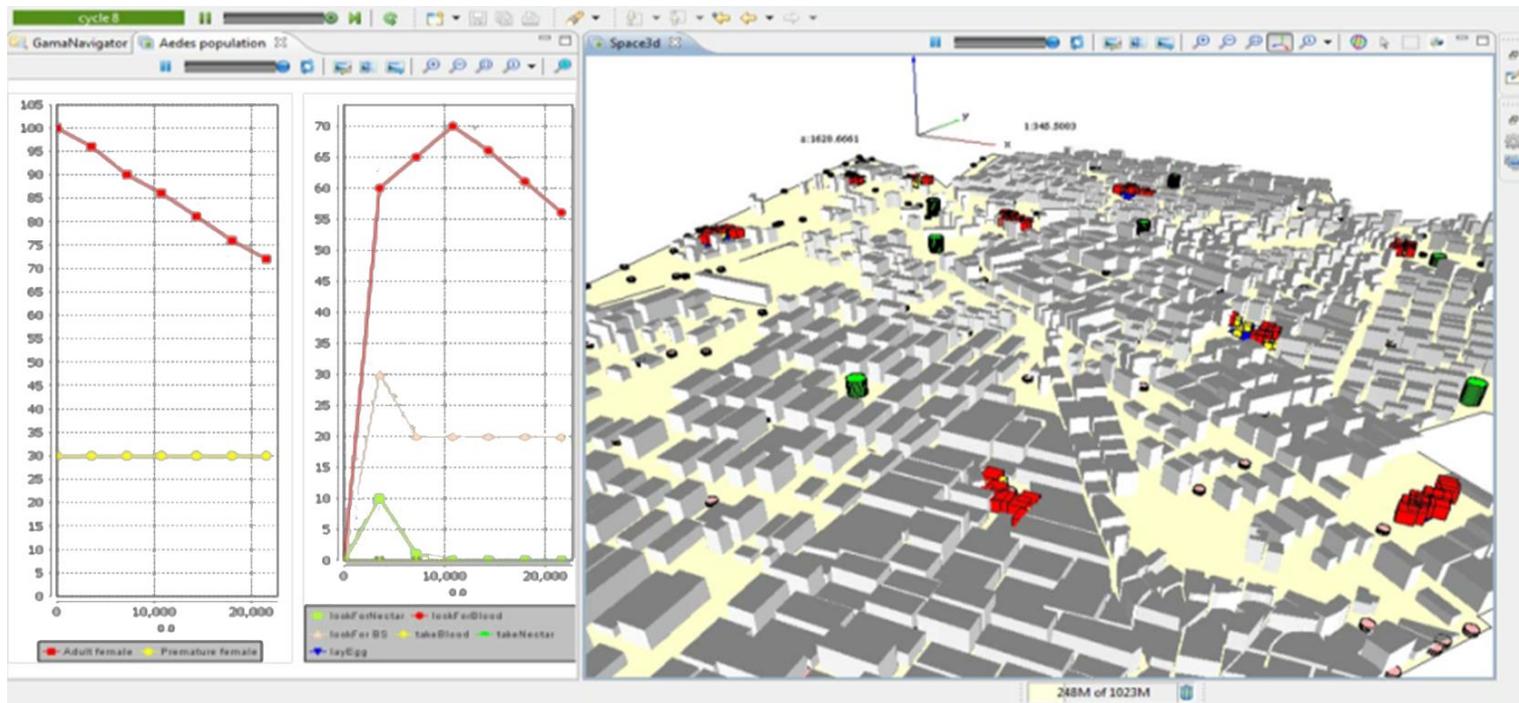
Scenario	SpatObj id	Characteristic representation	Description of land use in 50m around a breeding site
S1	0		Born in a built up in a high density area near a big green space
S2	3352		Born in an open space near by a big green space and some built ups
S3	1203		Born in a built up found in the middle of well organised and less density area near by a small open space and green space with presence of collector roads
S4	3954		Born in a built up found at the border of well organised and less density area and high density area near by a small green space and open space with presence of collector roads
S5	2428		Born in a built up in very high density area with presence of lanes
S6	2079		Born in a built up in a middle high density, quite organised area with presence of collector roads and lanes
S7	1345		Born in a big built up (a mall) with a presence of few collector roads



Variables de sortie:

Distance maximale de vol dans une population de moustiques

SEASON: un laboratoire virtuel pour étudier les dynamiques de populations vectorielles en milieux urbains



↑
Stages'
evolution

↑
Activity
prediction

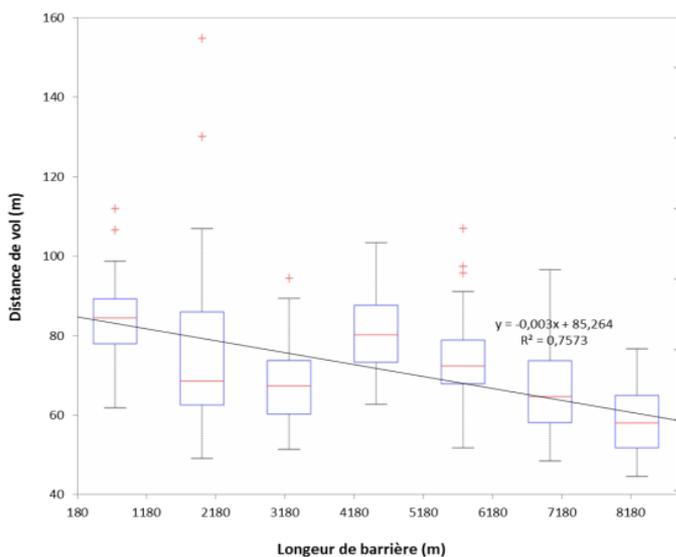
↑
Spatial
distribution

350 simulations de 7 scénarios de 100 moustiques (50sim x 7)

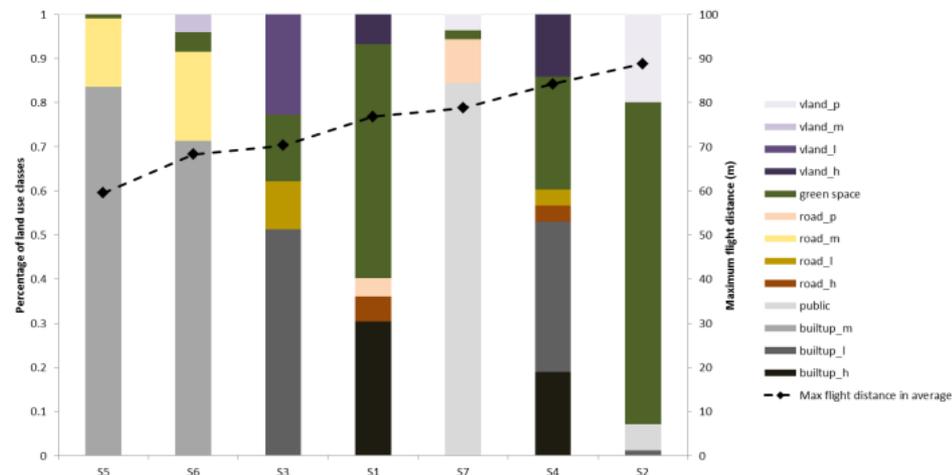
Les agents *Aedes* sont sédentaires ($\bar{x} = 21.35$, $\sigma = 15m$),
ce qui est en accord avec les précédentes études

Dispersal (m)	Reference	Observation
16.8 – 24.7	Muir & Kay ,1998	Increase in dispersal for breeding site
30 (mean)	Otero & al., 2007; Getis & al. 2003	Coefficient uses in an equation
Less than 20	McDonald, 1977	Release experiment in Kenya
78% less than 22.86	Morlan & Hayes, 1958	Release experiment in Georgia
57 (mean)	Trpis & Hausermann, 1986	60% found in house within 50m
30-50	Rodhain & Rosen, 1997	Suggest visit of not more than 2 to 3 houses in their lifespan
30.5	Ordenez-Gonzalez & al.,2001	Release-recapture experiment, majority captured in their release house or the adjacent one

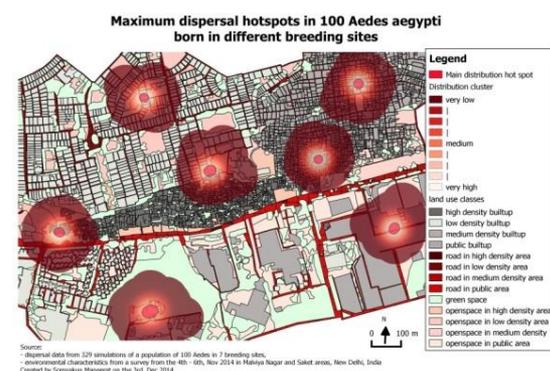
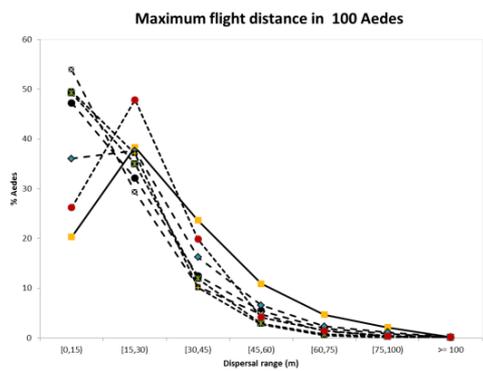
L'effet « Course d'Obstacle »



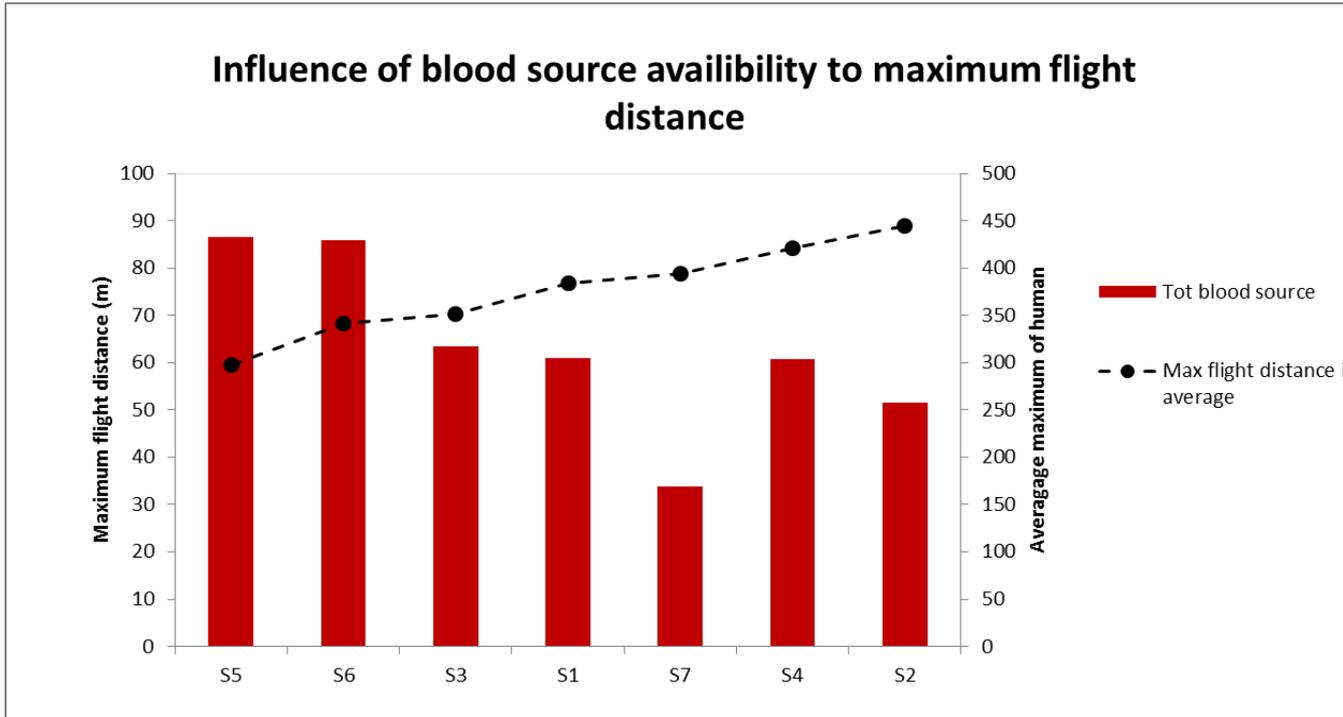
Relation between the average of maximum flight distance and the presence of land use classes



La capacité de dispersion d'*Aedes* est significativement liée aux contextes géographiques locaux

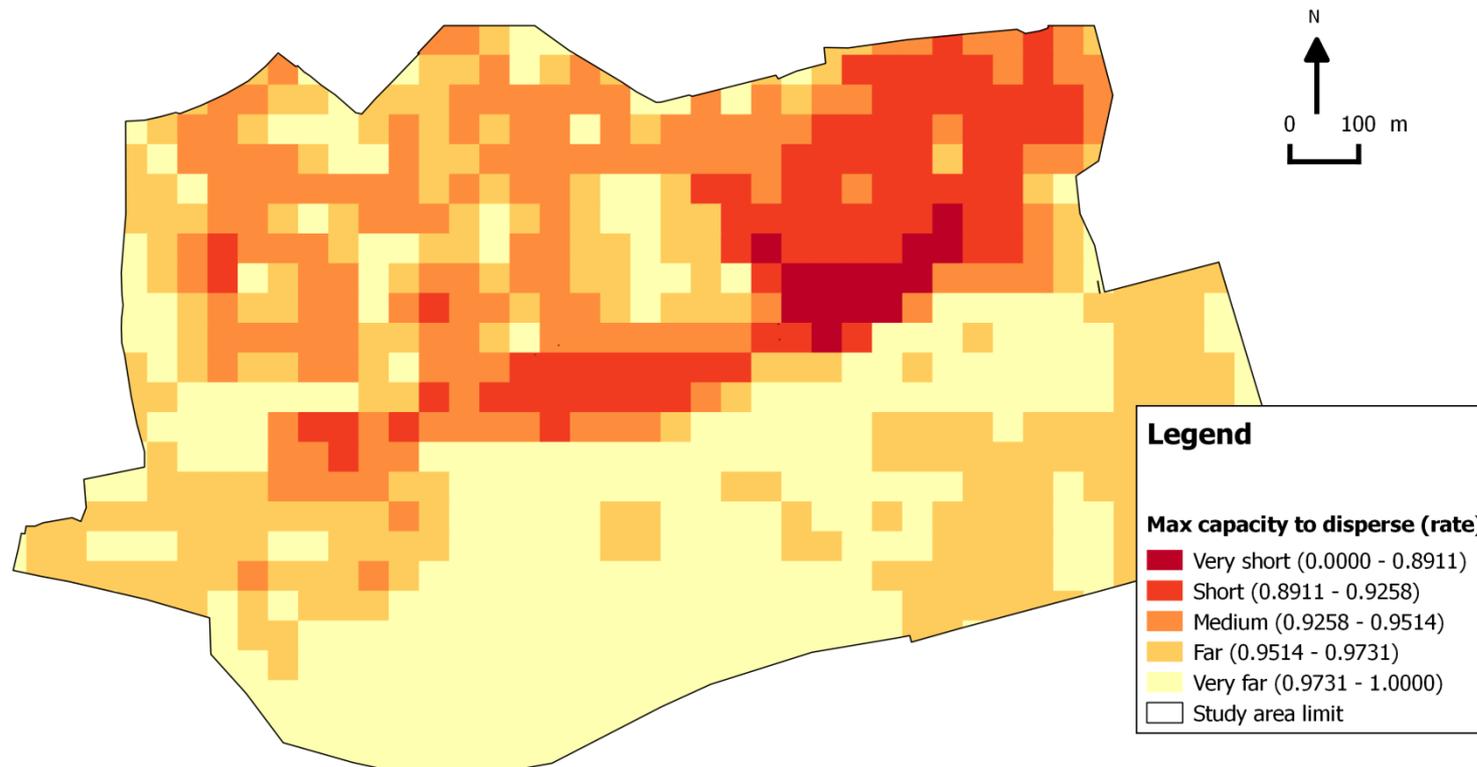


L'effet « Dracula »



Corrélation entre la distance de vol et la disponibilité du sang ($R^2 = 0,59$)

Estimation de la tendance de dispersion des moustiques selon les niveaux de barrière à MHKS



Source:

- Estimation of dispersal data based on function obtained from 47 simulations of a population of 100 Aedes in 7 breeding sites ($y = -0.0033x + 85.264$ while $x =$ the different between barrier border and access border in a grid of 50x50m)
 - environmental characteristics from a survey on the 4th - 6th, Nov 2014 in Malviya Nagar and Saket areas, New Delhi, India
 Created by Somsakun Maneerat (DENFREE & AEDESS Projects) on the 10th, Feb 2015



Merci!

Contact:

Maneerat.somsakun@etu.univ-rouen.fr

eric.daude@univ-rouen.fr

Partners:

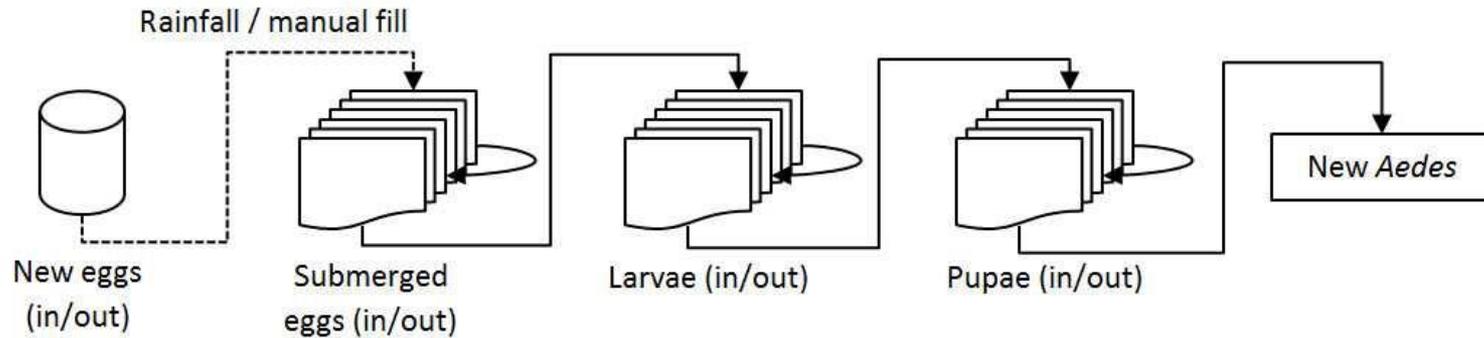
Daudé Éric
Maneerat Somsakun
Misslin Renaud
Taillandier Patrick
Vaguet Alain
Telle Olivier
Lefebvre Bertrand
Cebeillac Alexandre
Vaguet Yvette

DENFREE
AEDESS



This research was funded by the EU project DENFREE: Dengue Research Framework for Resisting Epidemics in Europe (grant agreement: 282 378), funded by the European Commission's Seventh Framework Research Programme and by the French project AEDESS: Analyse de l'Emergence de la Dengue Et Simulation Spatiale, funded by the Agence Nationale de la Recherche, ANR 10 CEPL 004-01.

Evolution du stock d'Aedes (des œufs à la femelle adulte)



→ Enzyme kinetic function (T°) (Sharp & DeMichele, 1977)

- Les P° ou le remplissage manuel des gîtes lance le processus de développement aquatique,
- Chaque stock représente une liste journalière de différent stade,
- Le nombre de jour nécessaire au développement à l'intérieur d'un stade et au passage à un autre stade est contrôlé par une équation de type enzyme-kinetic, qui dépend de la T° de l'eau,
- Les stocks aquatiques (œuf, larve, nymphe) sont distribués dans l'espace, classe *SpatObj* (indoor ou outdoor).