

MODE : GÉNÉRATEUR D'ENVIRONNEMENTS SYNTHÉTIQUES POUR  
LA SIMULATION SPATIALE D'ARBOVIROSES EN MILIEU URBAIN  
Application à *Aedes aegypti*, vecteur de la dengue et du virus Zika

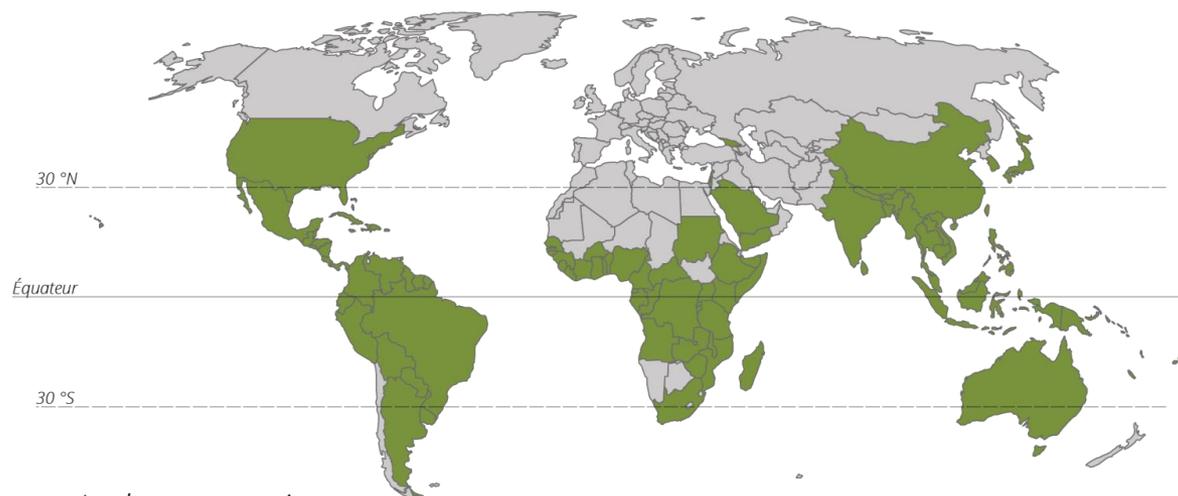
---

Renaud Misslin et Éric Daudé

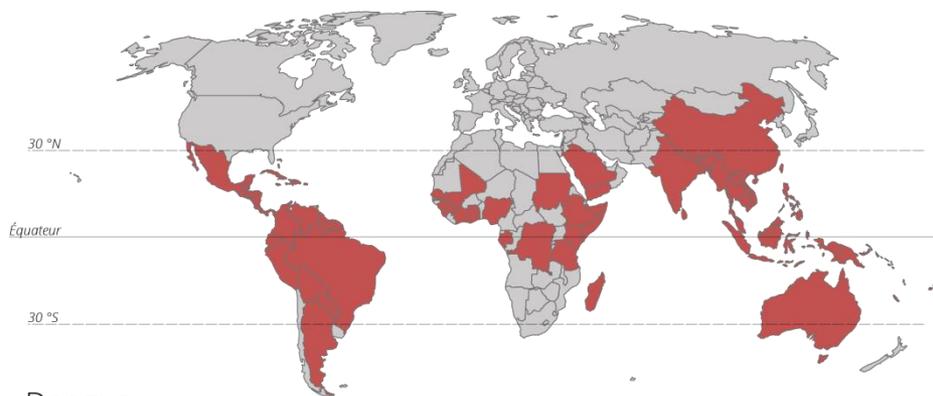
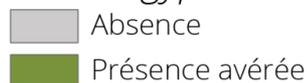
UMR IDEES-6266, Université de Rouen



# Aedes aegypti : UN ENJEU SANITAIRE GLOBAL



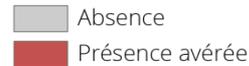
*Aedes aegypti*



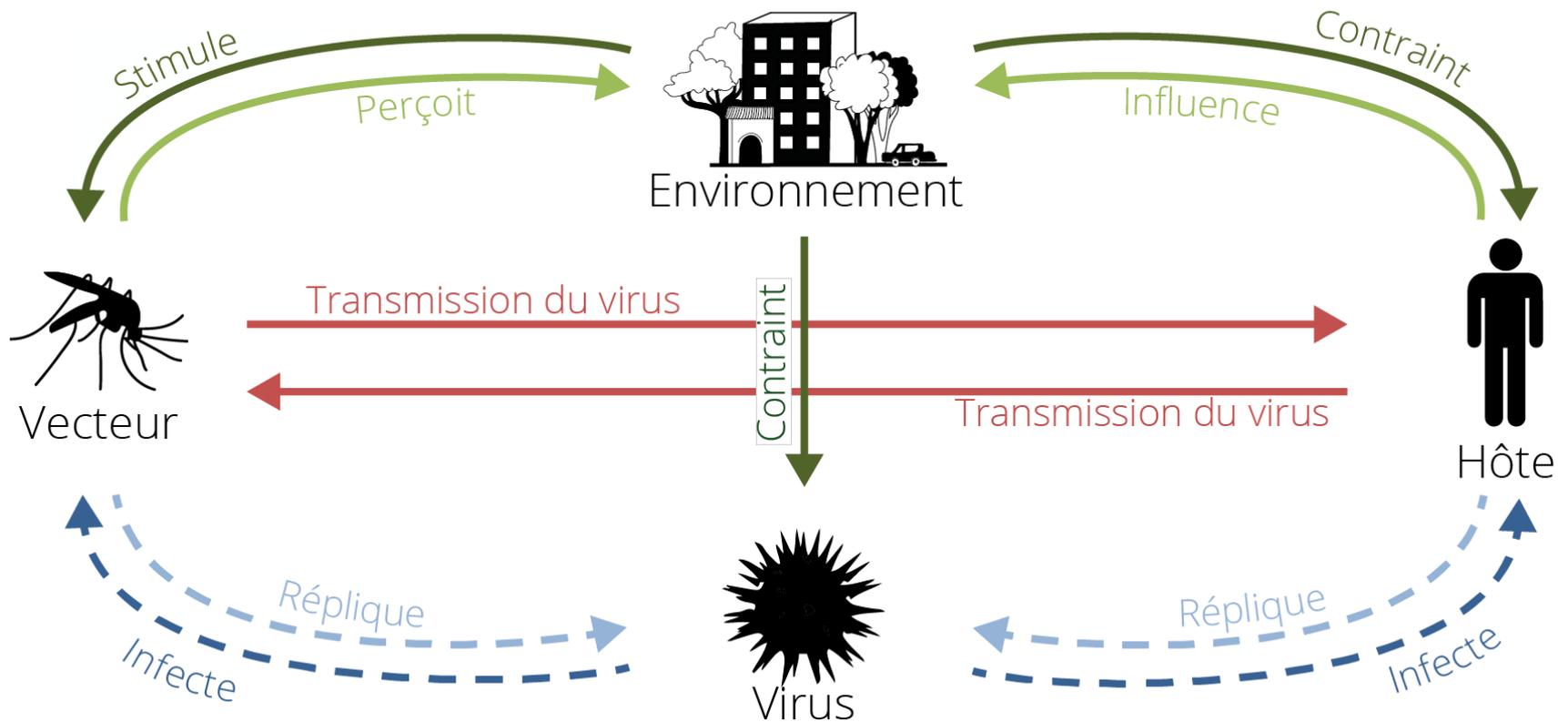
Dengue



Zika

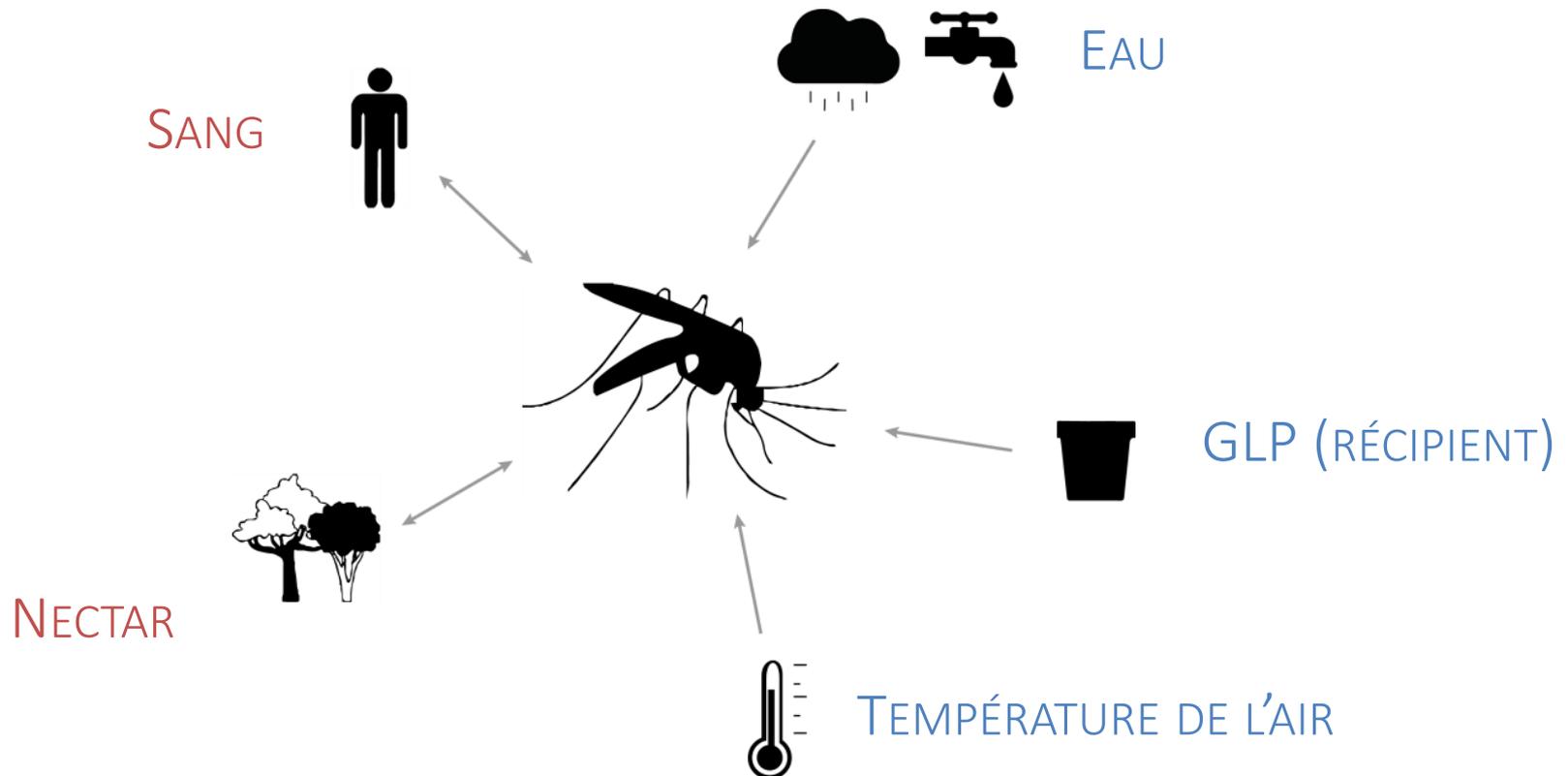


# LE SYSTÈME COMPLEXE DE L'ARBOVIROSE : MO3



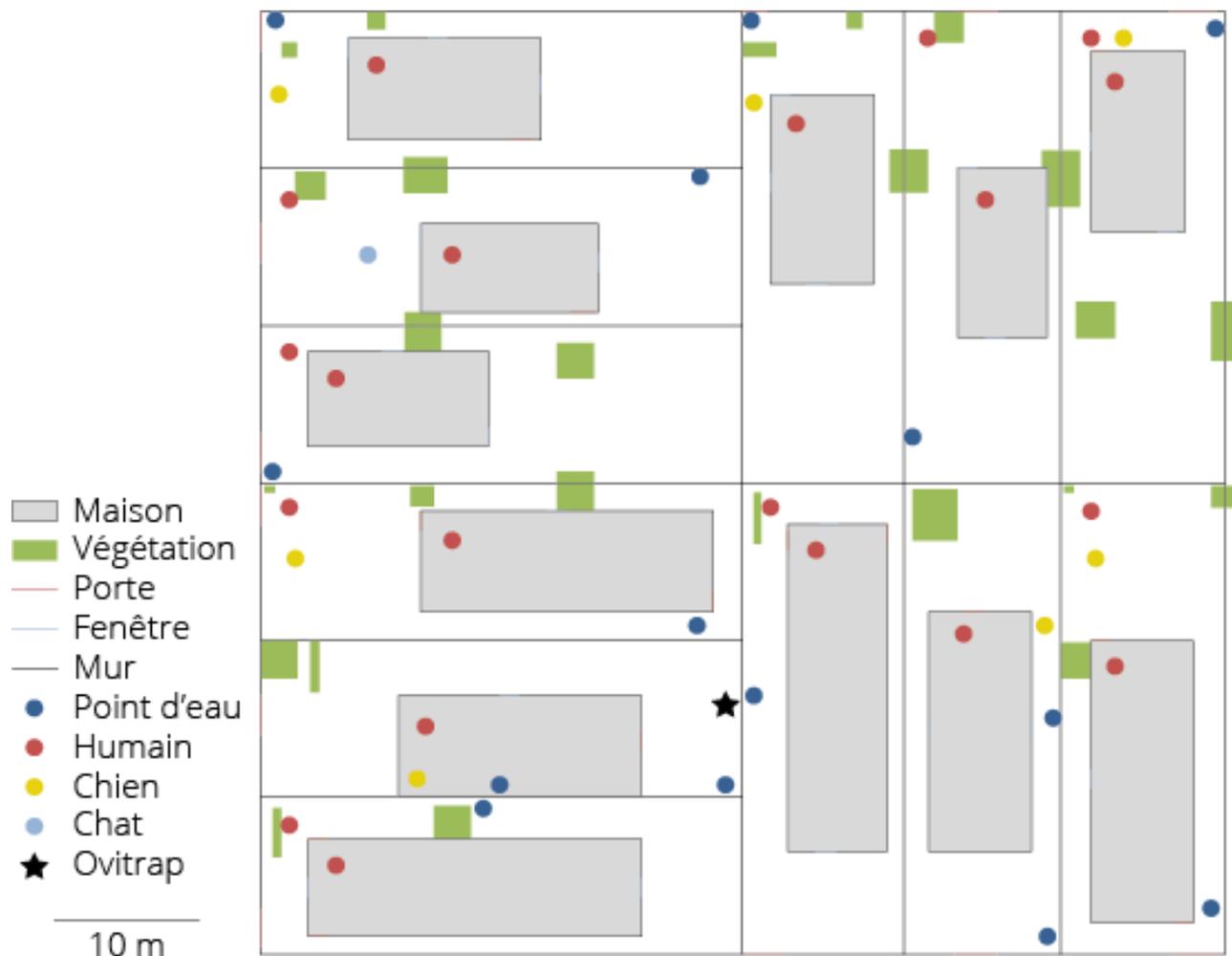
# QUEL ENVIRONNEMENT POUR *Aedes Aegypti* ?

- L'approche « basée sur les ressources » (Hartemink *et al.*, 2014)



# VERS UN CADRE MÉTHODOLOGIQUE TRANSPOSABLE

- Cartographie manuelle de l'occupation du sol
  - Belo Horizonte (Brésil) – Almeida *et al.* (2010)



# VERS UN CADRE MÉTHODOLOGIQUE TRANSPOSABLE

- Cartographie manuelle de l'occupation du sol
  - Hauz Rani (Delhi, Inde) – Maneerat et Daudé (2016)



## Digitalisation

- Très long
- Pas exempt d'erreurs



## Traitements images THR

- Images onéreuses
- Pas exempt d'erreur

# L'ENVIRONNEMENT SYNTHÉTIQUE

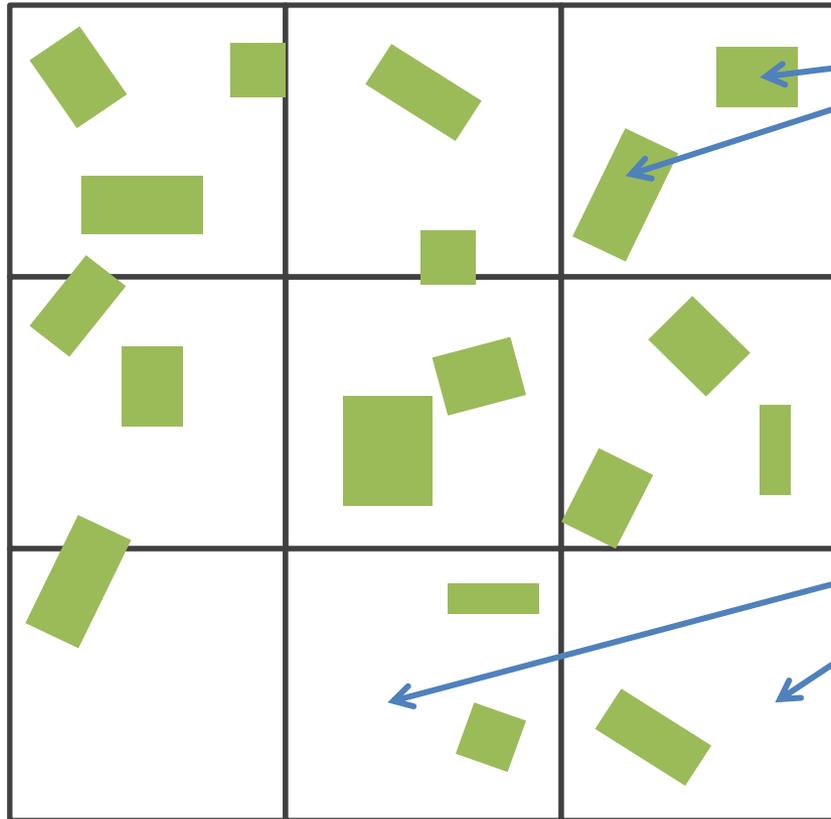
- Objectif général
  - Générer des environnements précis à partir de données rasters de moyenne résolution
  - Environnement d'un modèle à base d'agents (simulation moustique)
  - Données systématiquement libres ou aisément accessibles
- Application à l'environnement d'*Aedes aegypti*



- Bâtiments individuels ...
- ... habités par des ménages composés d'individus ...
- ... producteurs de gîtes larvaires potentiels...
- ... remplis par les précipitations.
- Température de l'air

# DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT À GÉNÉRER

30 m (rés. Landsat 8)



**Bâtiments** contenant :

- Ménages (habitants)
- Gites larvaires

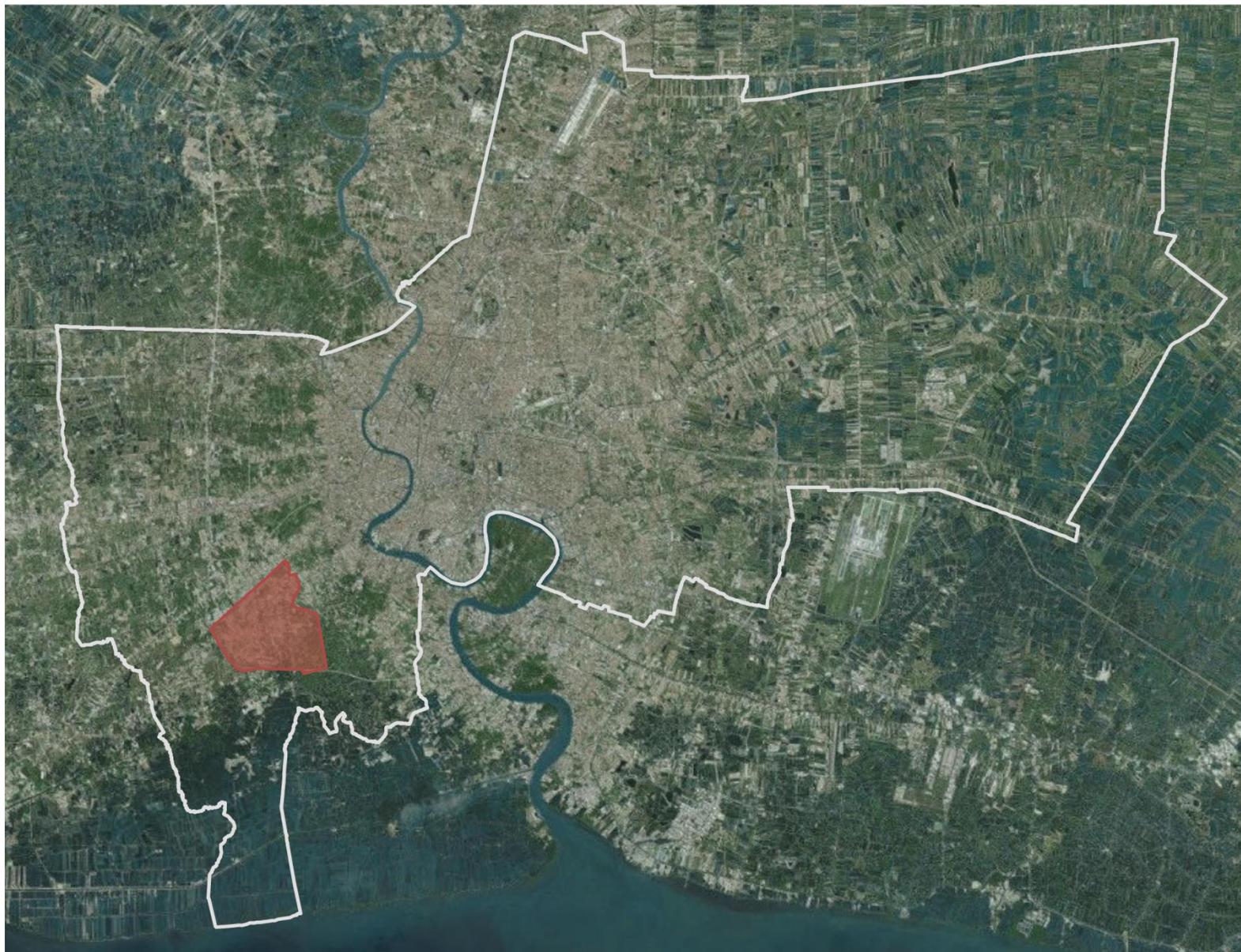
**Cellules envir.** contenant :

- Bâtiments
- Gites larvaires
- Niveau de végétation
- Température

Variable globale : précipitations et évaporation

# GÉNÉRATION D'ENVIRONNEMENTS SYNTHÉTIQUES À BANGKOK





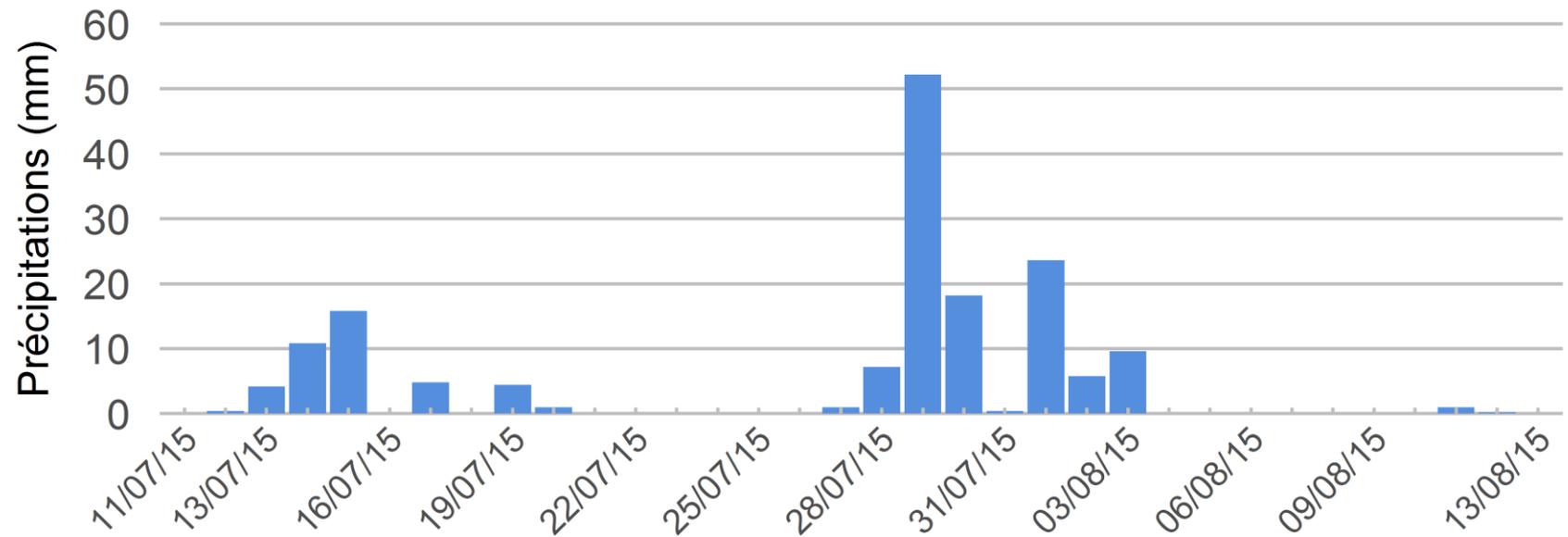
□ Bangkok Metropolitan Authority

■ Zone d'étude

5 Km

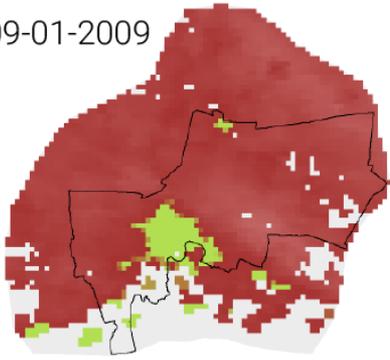
▲ N

# L'EAU : ÉLÉMENT ESSENTIEL DU CYCLE DE VIE DU MOUSTIQUE

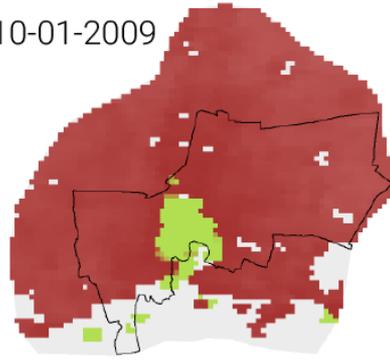


# TEMPÉRATURE DE L'AIR : LES ZONES DE CONFORT (20 - 30 °C)

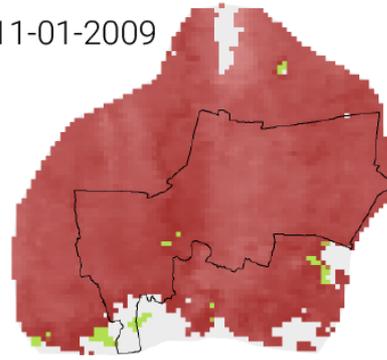
09-01-2009



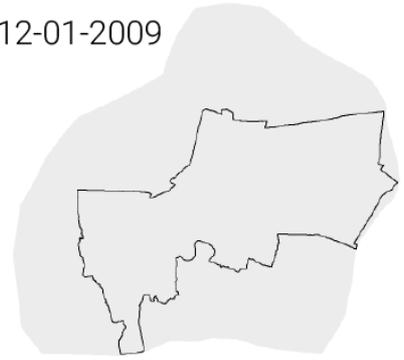
10-01-2009



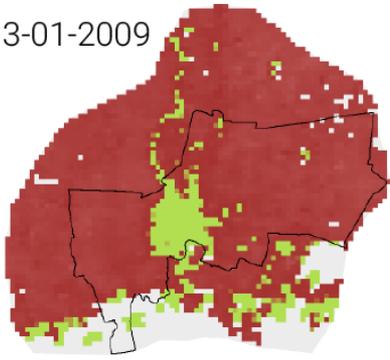
11-01-2009



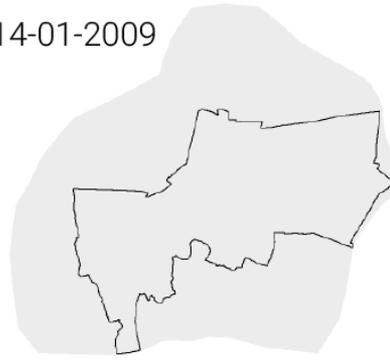
12-01-2009



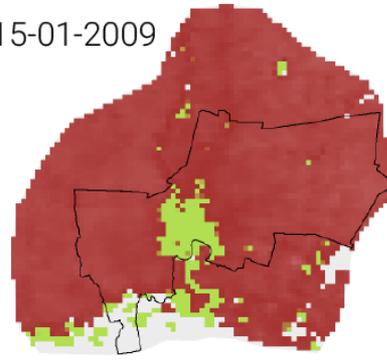
13-01-2009



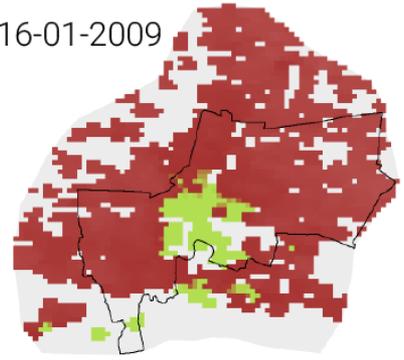
14-01-2009



15-01-2009

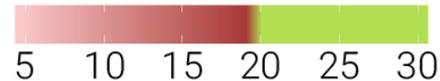


16-01-2009



40 Km

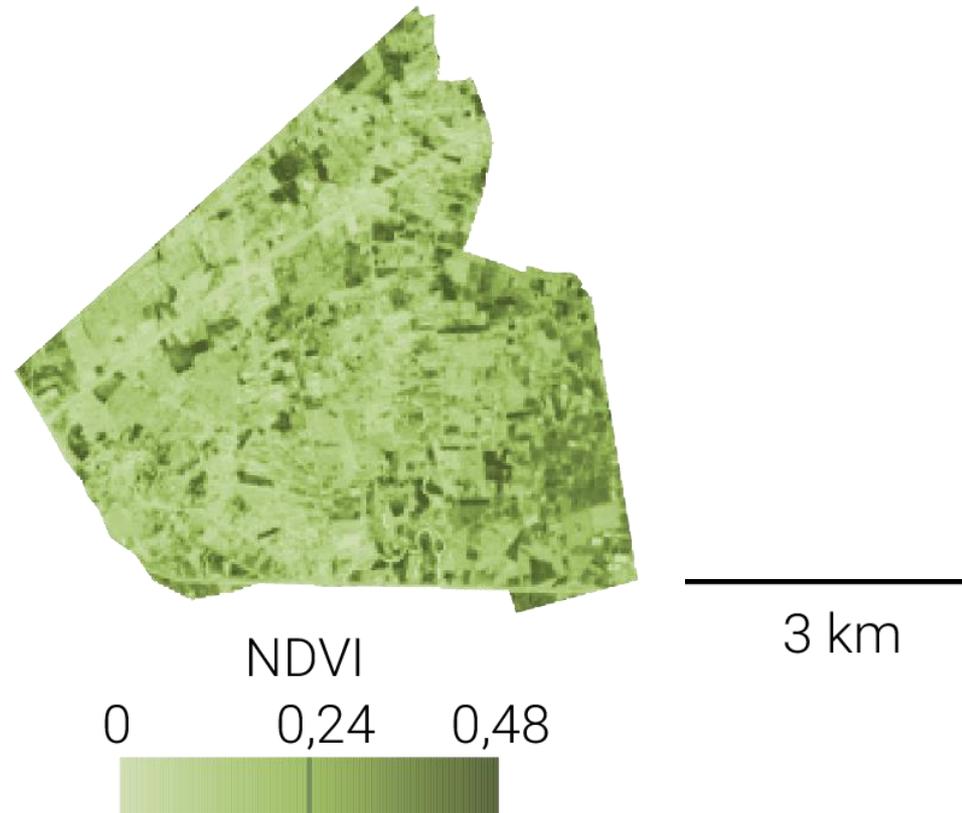
Température de l'air (°C)


 Données indisponibles

 Niche thermique d'*Aedes aegypti*
 Bangkok (BMA)

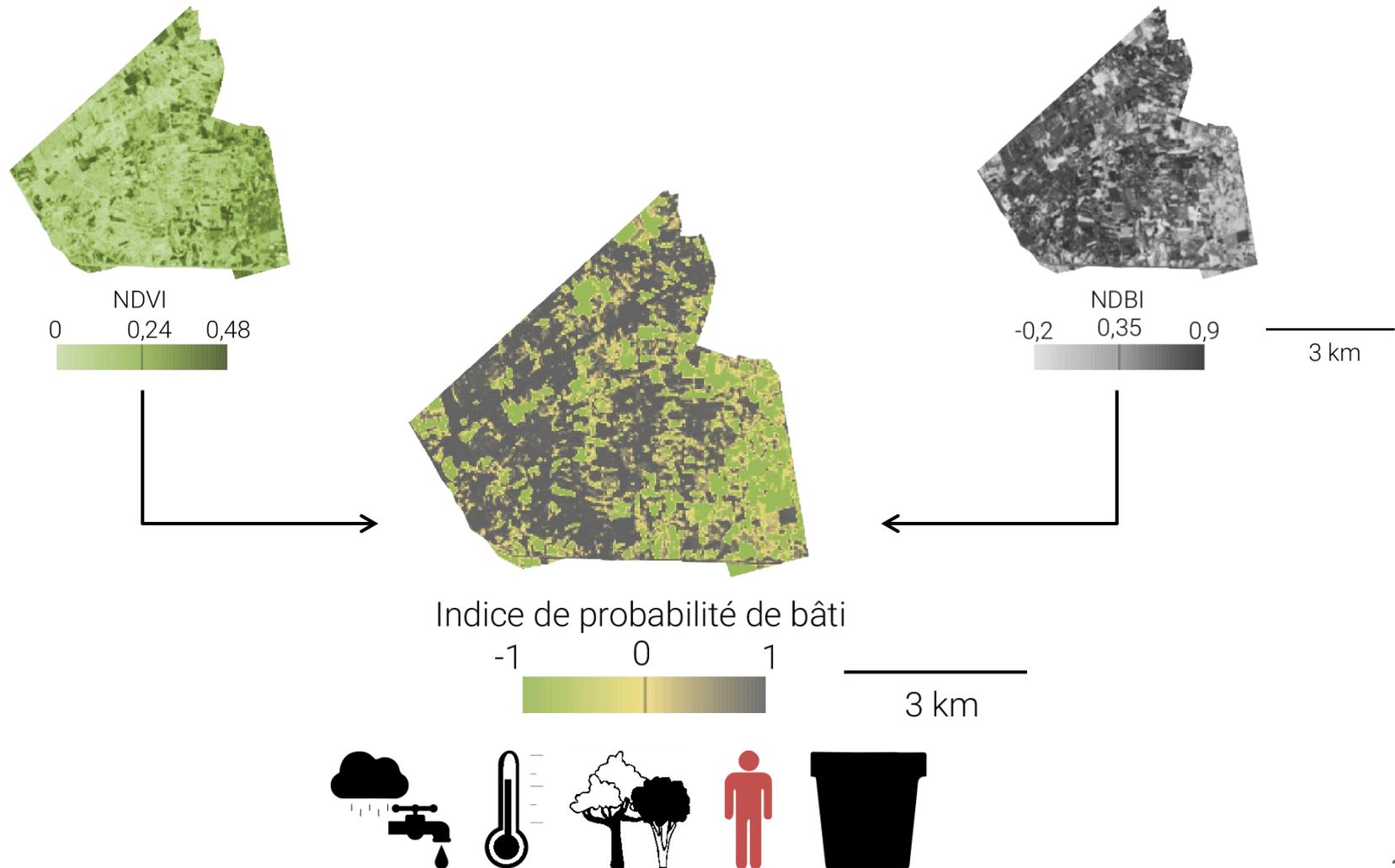

# LA VÉGÉTATION ACTIVE : ZONE REFUGE PRODUCTRICE DE NECTAR

Données Landsat 8 (résolution = 30 m)



# LES DENSITÉS HUMAINES : POSSIBILITÉS DE REPAS SANGUIN

- Première étape : probabilité de présence de bâti



# LES DENSITÉS HUMAINES : POSSIBILITÉS DE REPAS SANGUIN

## • Deuxième étape : création des bâtiments

Deux scénarios implémentés, d'autres possibles :



(A)



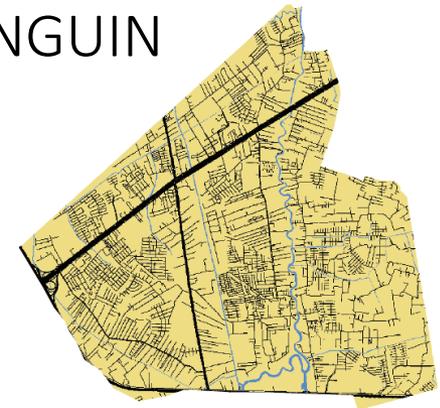
(B)

100 m

(A) Tous les bâtiments ont la même taille.

(B) La superficie des bâtiments dépend de la densité de population

→ Tout les espaces bâtis sont remplis, les bâtiments vides seront supprimés



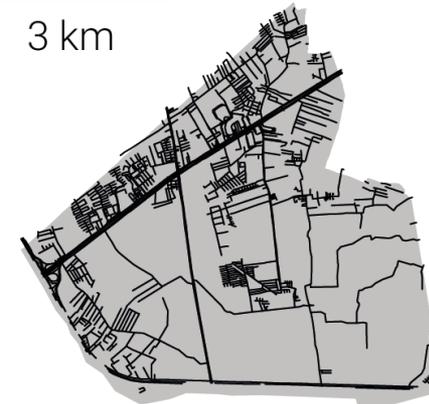
Données Google Maps

■ Zone d'étude (n°1)

■ Eau

■ Route

3 km



Données Open Street Map

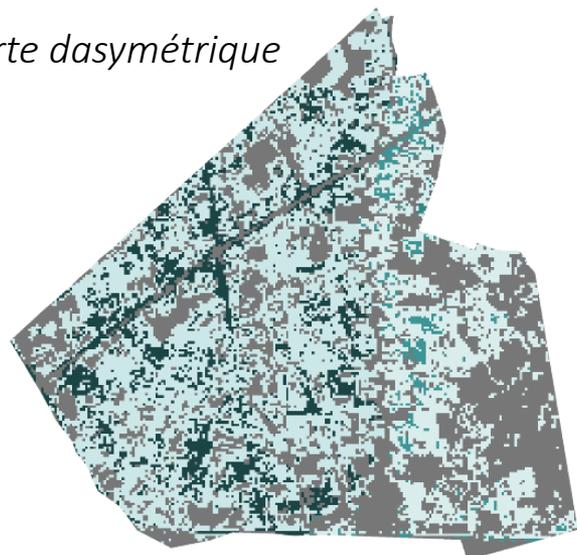
■ Zone d'étude (n°1)

— Route

# LES DENSITÉS HUMAINES : POSSIBILITÉS DE REPAS SANGUIN

- Troisième étape : création des ménages

Carte dasymétrique



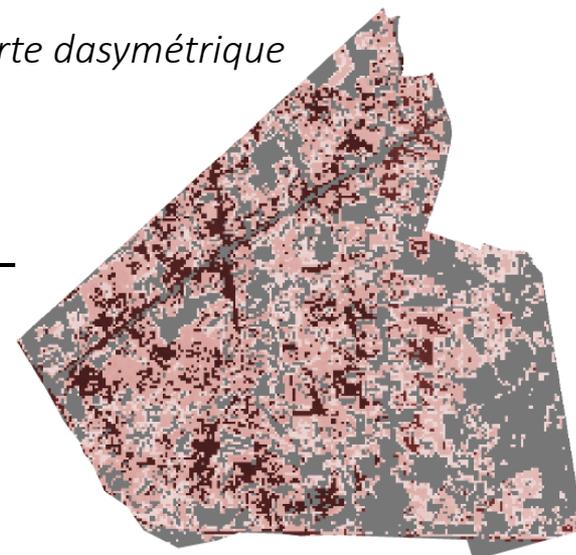
Nombre de ménages

1 6 12



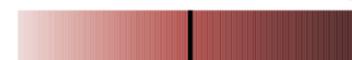
Non habité

Carte dasymétrique



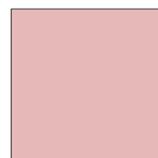
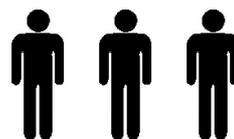
Nombre d'habitants

1 16 32



Non habité

Ménages



30 m

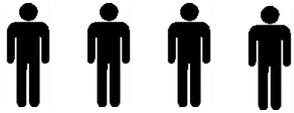
Ménages affectés aux cellules environnement



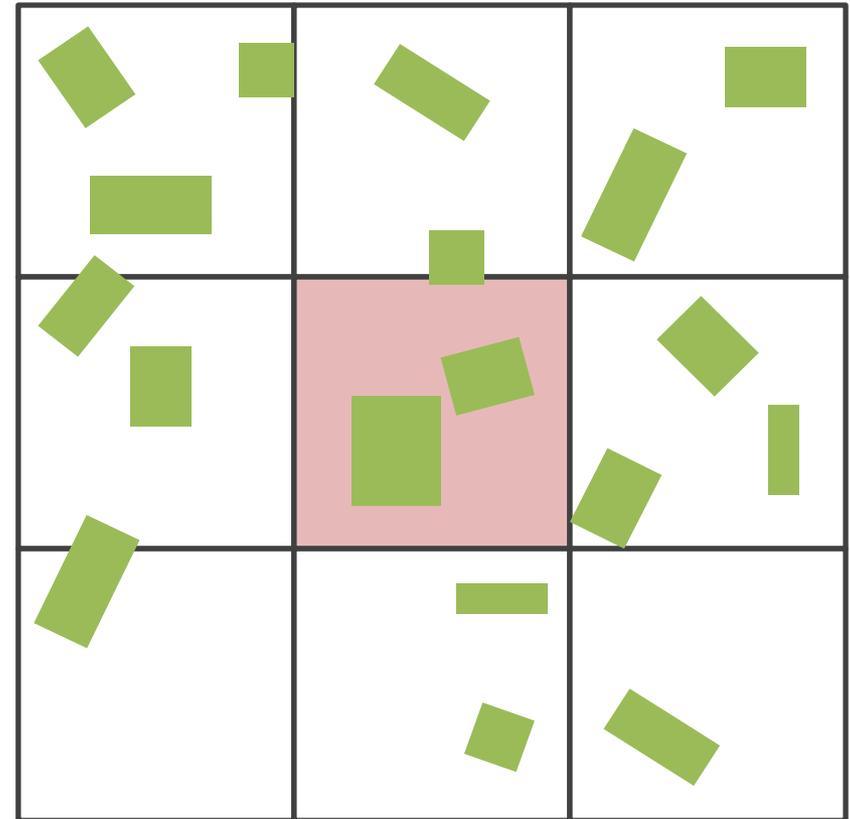
3 km

# LES DENSITÉS HUMAINES : POSSIBILITÉS DE REPAS SANGUIN

- Quatrième étape : logement des ménages

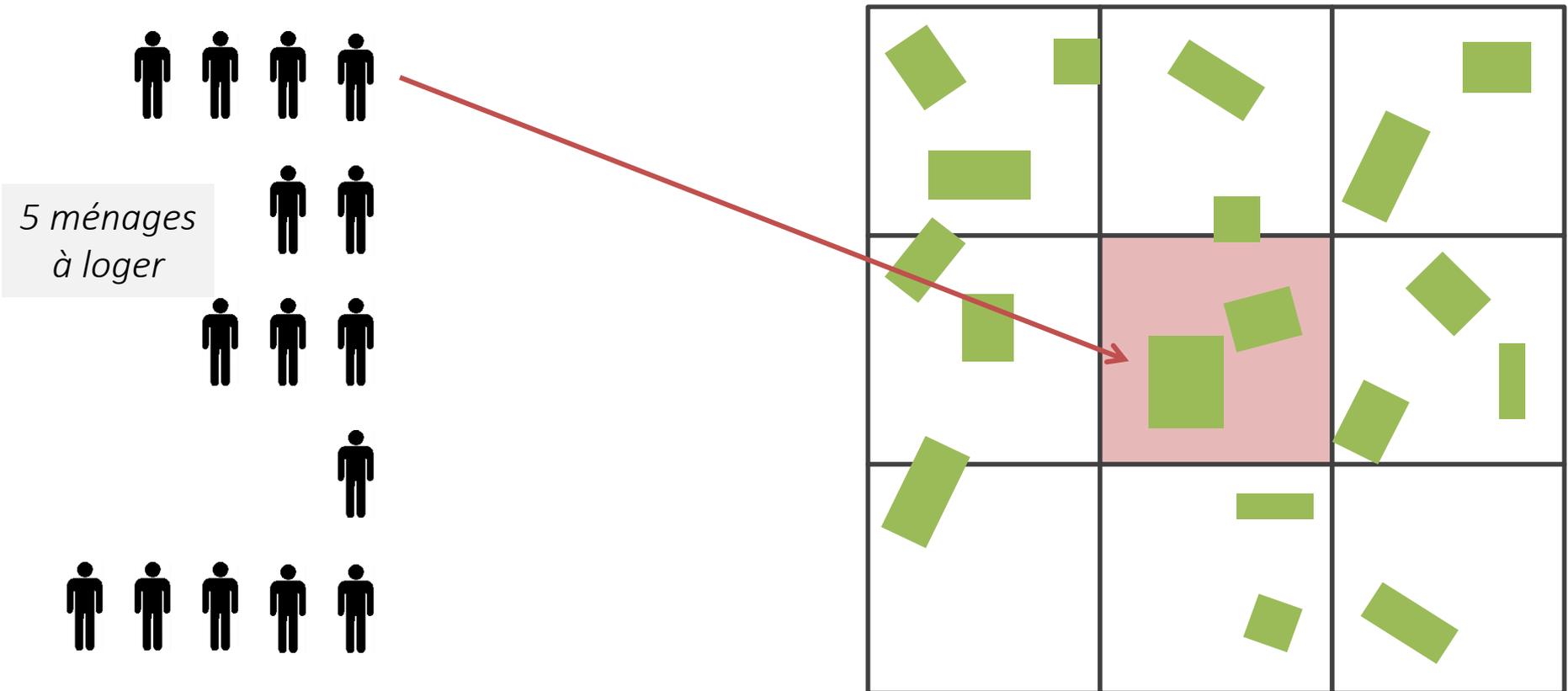


5 ménages  
à loger



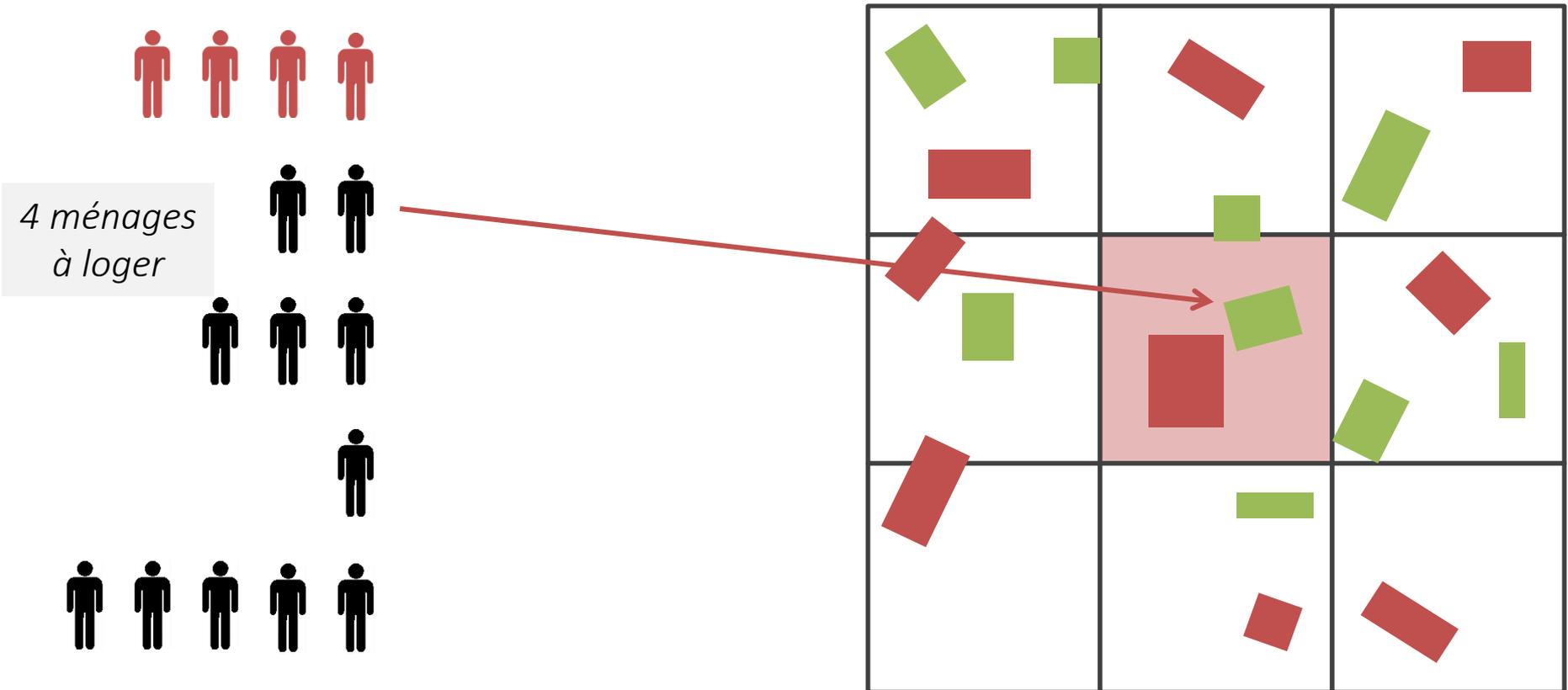
# LES DENSITÉS HUMAINES : POSSIBILITÉS DE REPAS SANGUIN

- Quatrième étape : logement des ménages



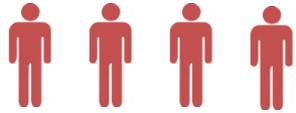
# LES DENSITÉS HUMAINES : POSSIBILITÉS DE REPAS SANGUIN

- Quatrième étape : logement des ménages

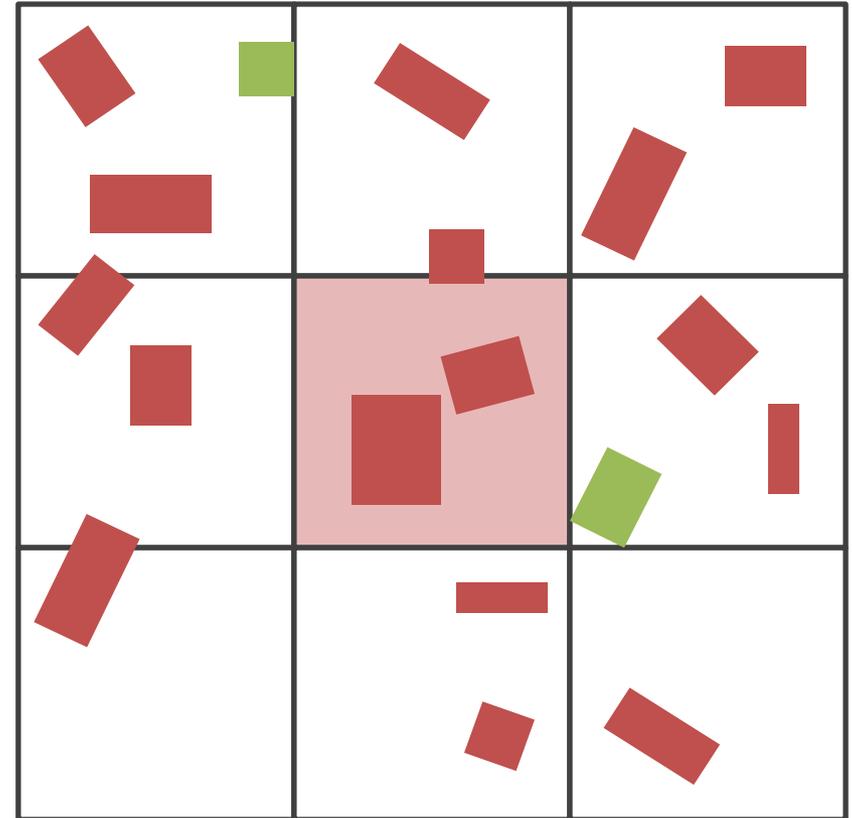
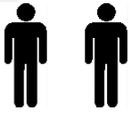


# LES DENSITÉS HUMAINES : POSSIBILITÉS DE REPAS SANGUIN

- Quatrième étape : logement des ménages

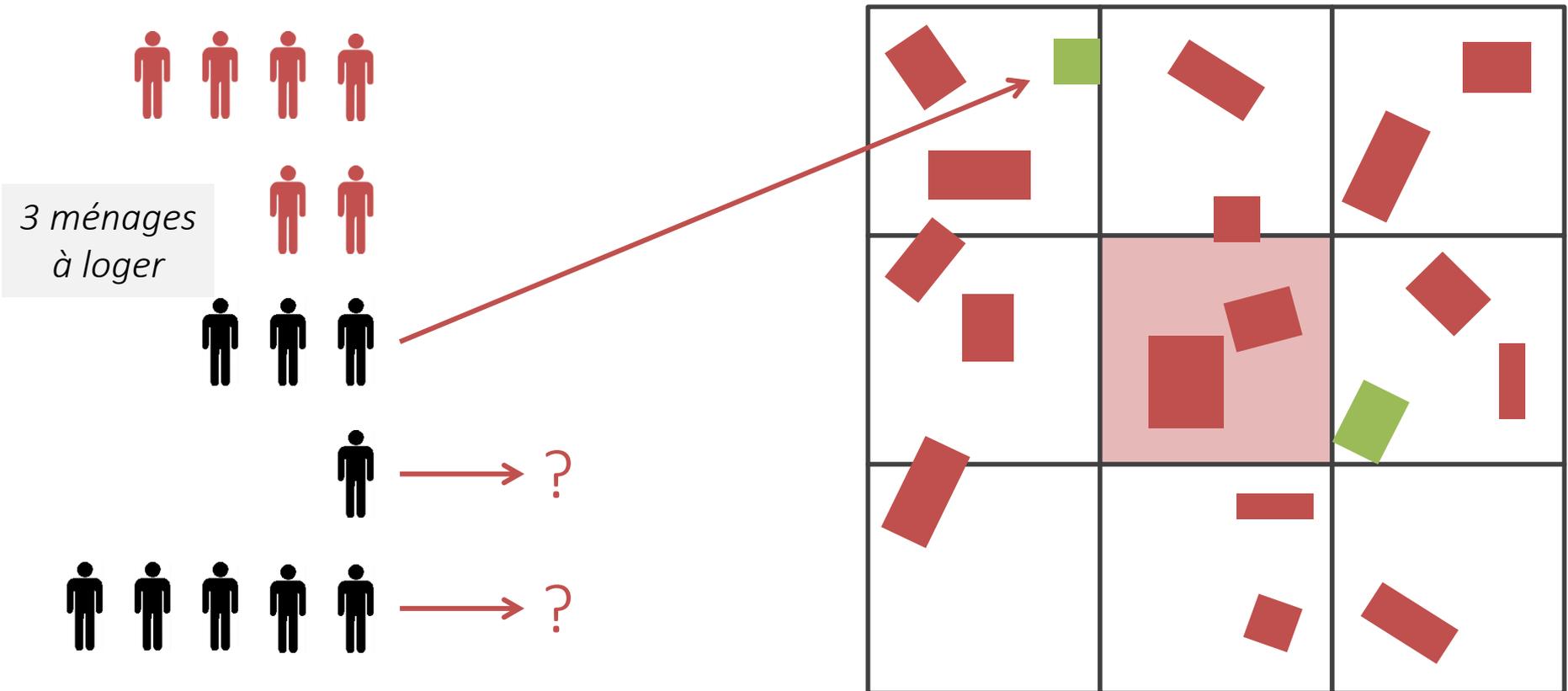


3 ménages  
à loger



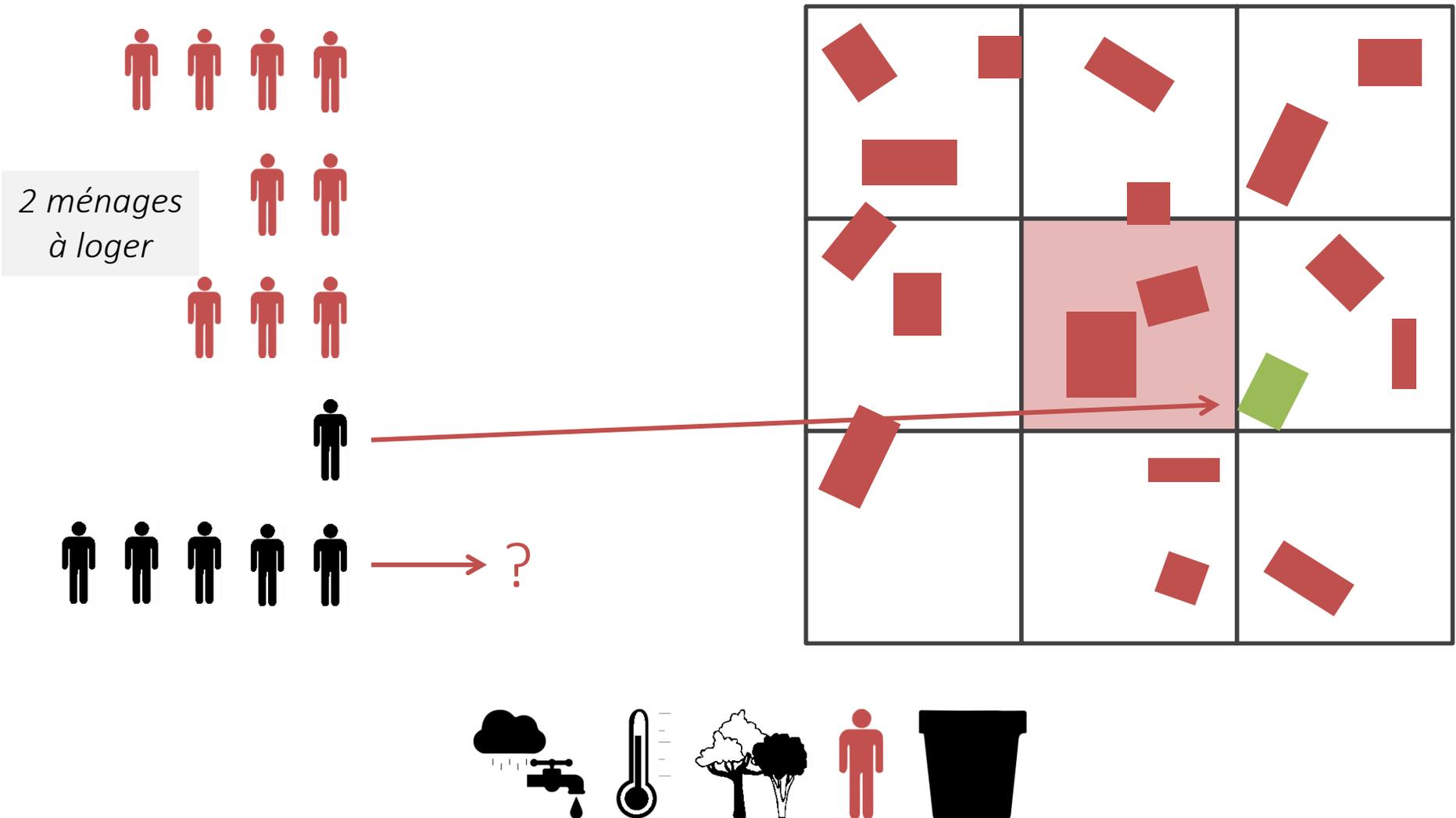
# LES DENSITÉS HUMAINES : POSSIBILITÉS DE REPAS SANGUIN

- Quatrième étape : logement des ménages



# LES DENSITÉS HUMAINES : POSSIBILITÉS DE REPAS SANGUIN

- Quatrième étape : logement des ménages

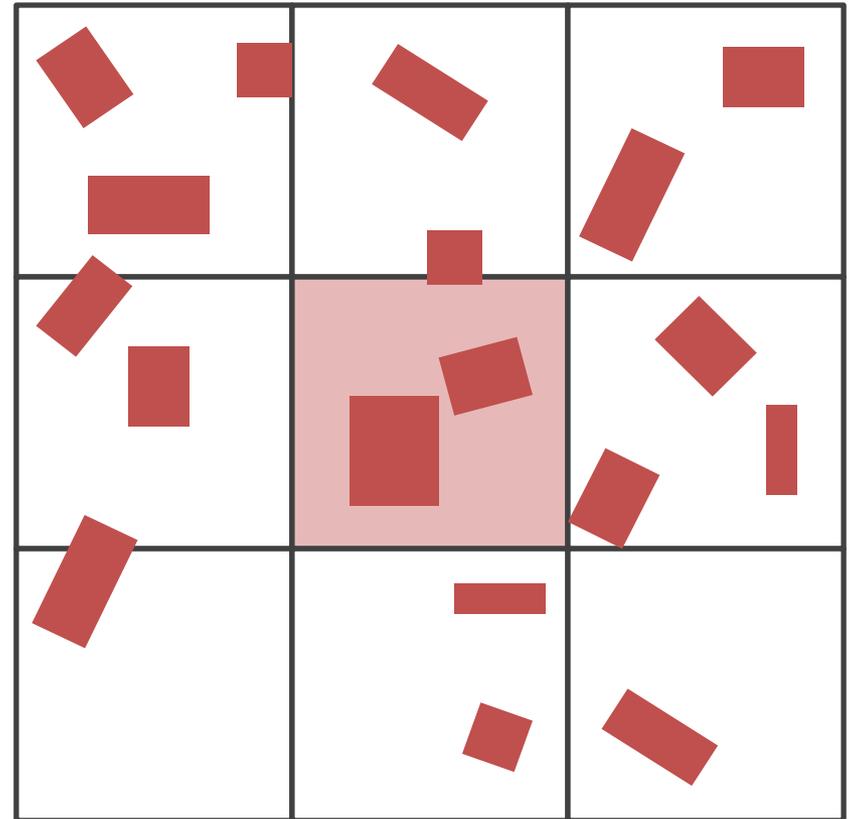


# LES DENSITÉS HUMAINES : POSSIBILITÉS DE REPAS SANGUIN

- Quatrième étape : logement des ménages

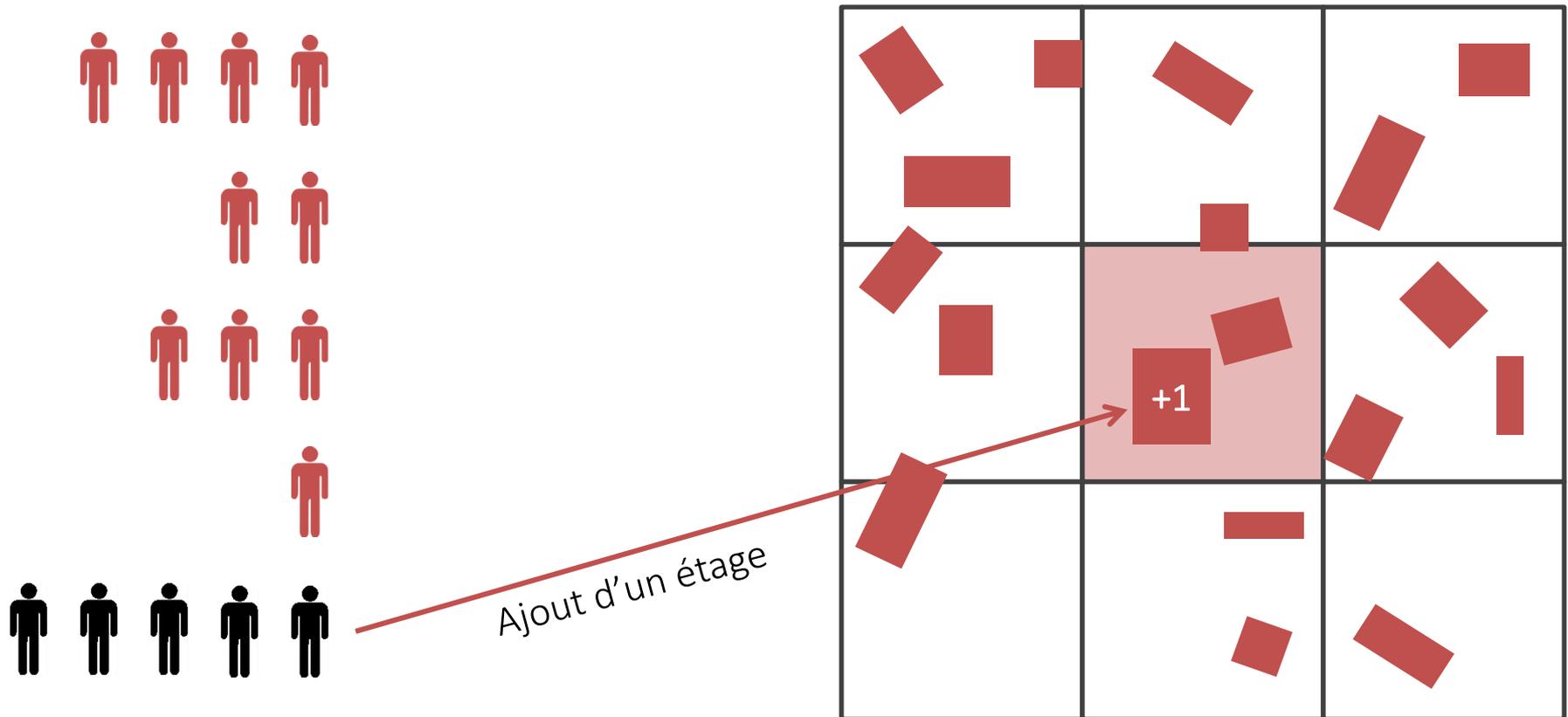


1 ménages  
à loger



# LES DENSITÉS HUMAINES : POSSIBILITÉS DE REPAS SANGUIN

- Quatrième étape : logement des ménages

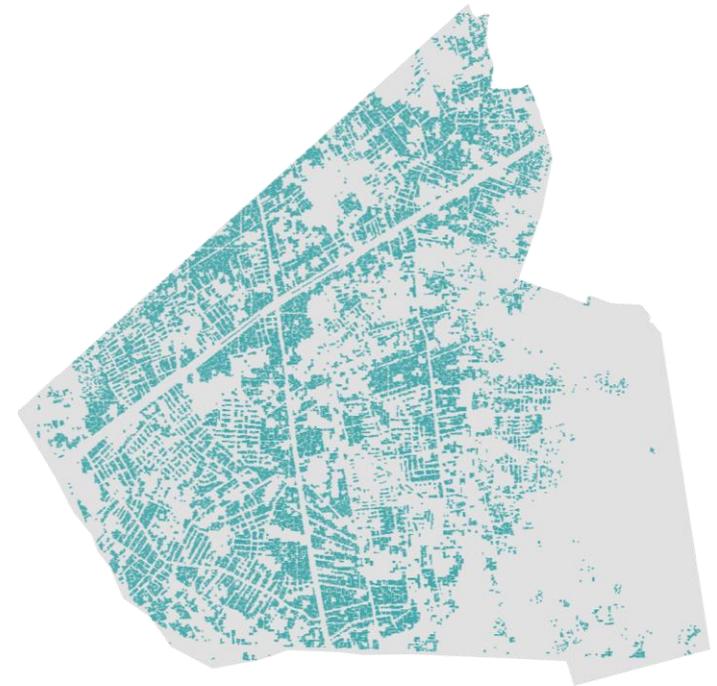


# LES DENSITÉS HUMAINES : POSSIBILITÉS DE REPAS SANGUIN

- Cinquième étape : suppression des bâtiments vides



Image satellite de la zone n°1



 Bâti estimé par MODE-micro

 Zone n°1

2 km



# BÂTI ESTIMÉ VS. BÂTI OBSERVÉ

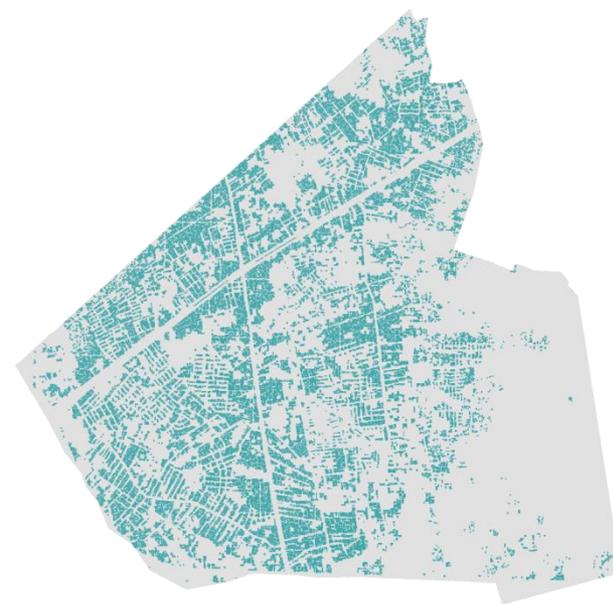
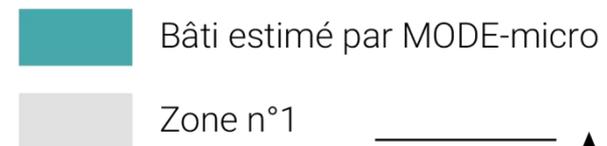
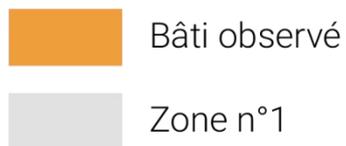


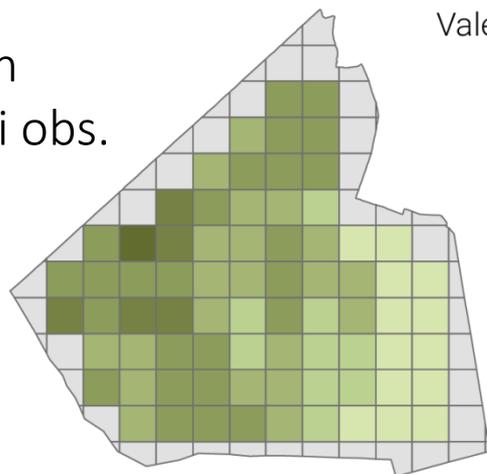
Image satellite de la zone n°1

Source :  
[goto.arcgisonline.com/maps/World\\_Imagery](http://goto.arcgisonline.com/maps/World_Imagery)

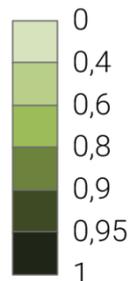


## COMPARAISON BÂTI ESTIMÉ / BÂTI OBSERVÉ

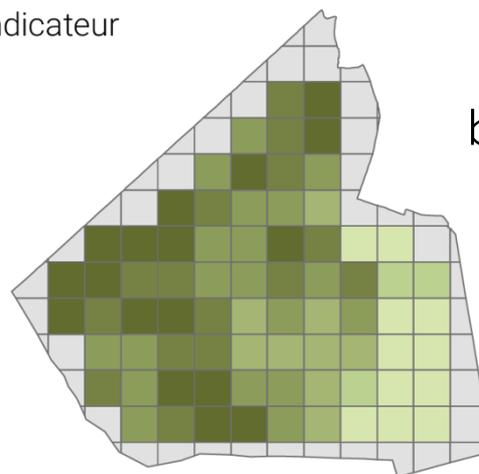
Localisation  
bâti est. vs. bâti obs.



Valeur de l'indicateur

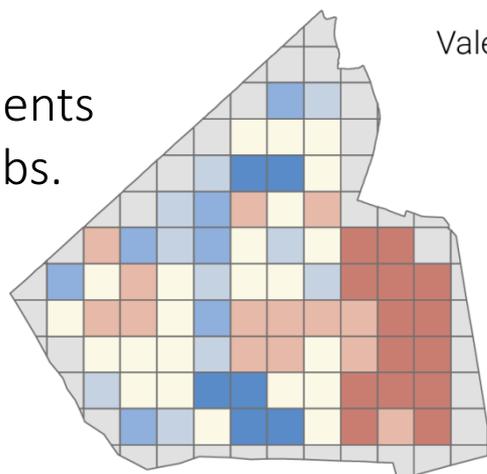


Localisation  
bâti obs. vs. bâti est.

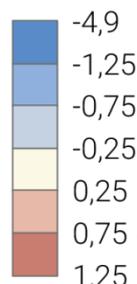


Résolution grille = 500 m

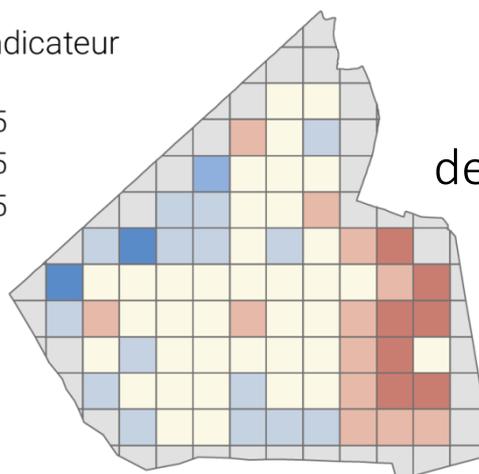
Nombre bâtiments  
est. vs. bâti obs.



Valeur de l'indicateur



Aire totale  
de bâti est. vs. bâti obs.



2 km



# BÂTI ESTIMÉ VS. BÂTI OBSERVÉ



200 m



Bâti estimé par MODE-micro

# BÂTI ESTIMÉ VS. BÂTI OBSERVÉ

500 m

Bâtiments observés

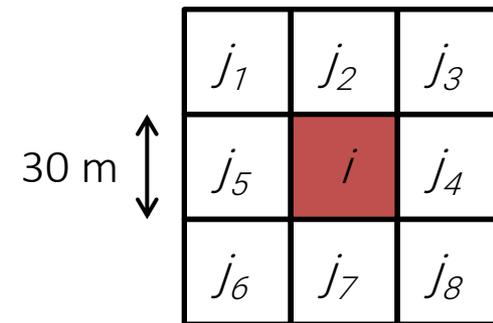


Bâtiments estimés



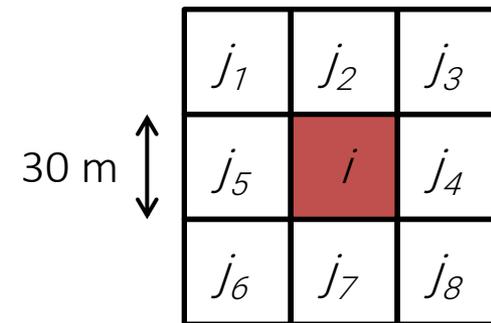
# LES GITES LARVAIRES POTENTIELS : LIEUX DE PONTE

- Quatre types de gites larvaires potentiels
  - A. Gites créés par la végétation



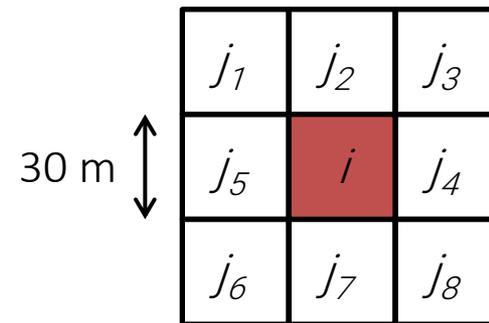
# LES GITES LARVAIRES POTENTIELS : LIEUX DE PONTE

- Quatre types de gites larvaires potentiels
  - A. Gites créés par la végétation
  - B. Gites créés par les ménages à l'intérieur des chaque bâtiment  $b$  de  $i$



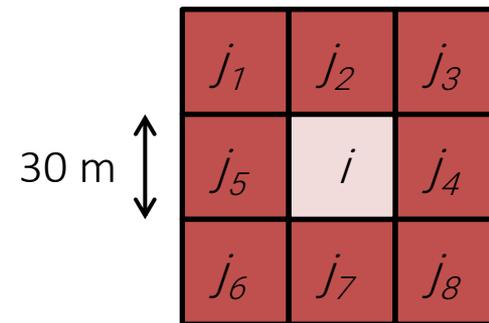
# LES GITES LARVAIRES POTENTIELS : LIEUX DE PONTE

- Quatre types de gites larvaires potentiels
  - A. Gites créés par la végétation
  - B. Gites créés par les ménages à l'intérieur des chaque bâtiment  $b$  de  $i$
  - C. Gites créés par les ménages à l'extérieur des bâtiments



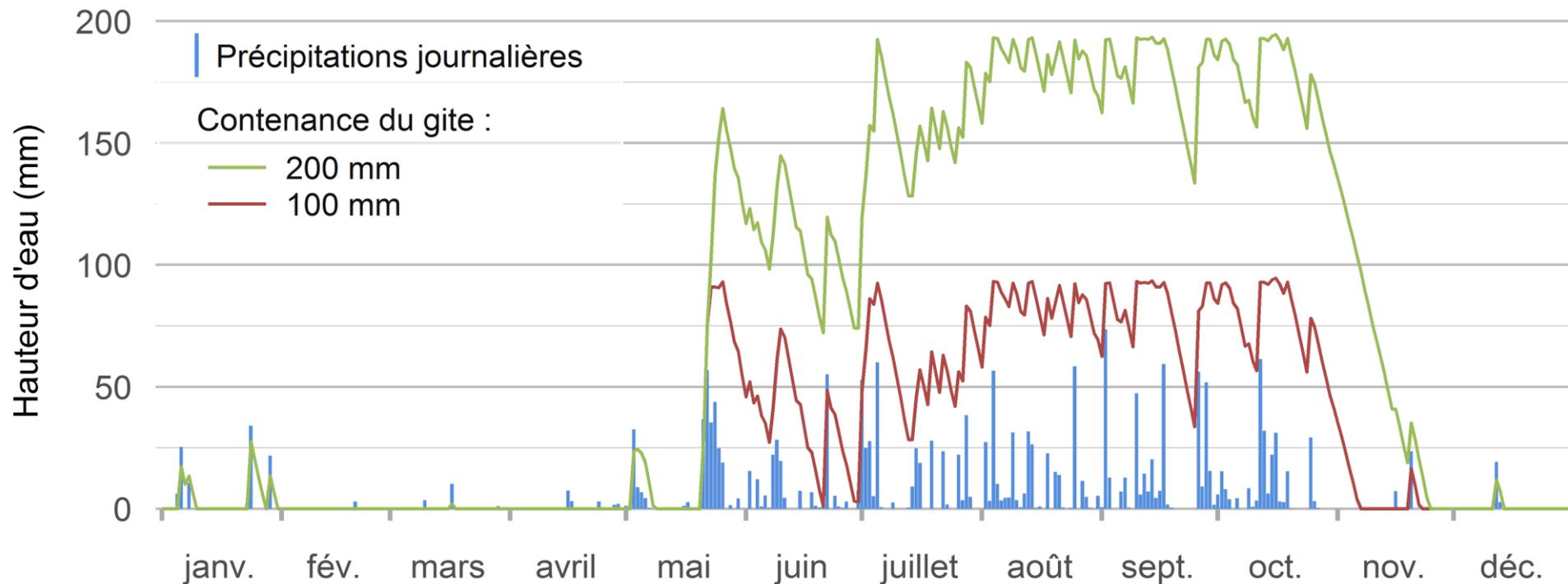
# LES GITES LARVAIRES POTENTIELS : LIEUX DE PONTE

- Quatre types de gites larvaires potentiels
  - A. Gites créés par la végétation
  - B. Gites créés par les ménages à l'intérieur des chaque bâtiment  $b$  de  $i$
  - C. Gites créés par les ménages à l'extérieur des bâtiments
  - D. Gites créés dans  $i$  par les ménages habitants  $j$



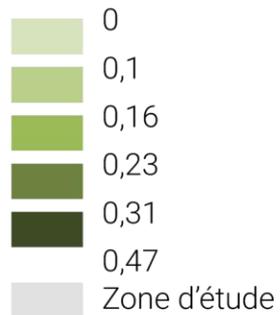
# LES GITES LARVAIRES POTENTIELS : LIEUX DE PONTE

- Dynamique d'un gîte (2015)

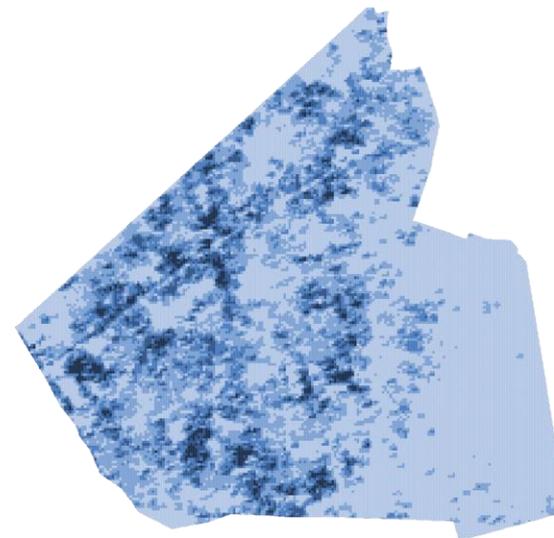
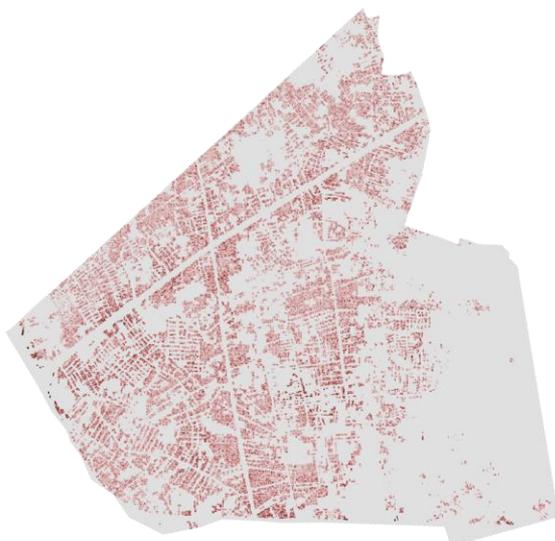
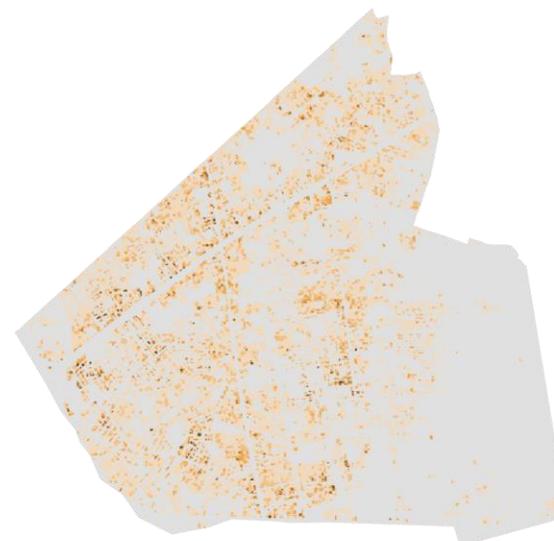


## RÉSULTATS

NDVI



Nombre de gites extérieurs

Nombre d'habitants  
par bâtimentNombre de gites intérieurs  
par bâtiment

2 km

# CONCLUSION

- Retour sur la méthode

Type de méthode	+	-
Environnement basé sur les besoins	Données libres / dispo. Efficace Transposable	Validation parfois compliquée Pas de facteur social

- Perspectives

- Couplage Genstar (générateur de populations synthétiques)
- Couplage avec un modèle moustique et un modèle de mobilité
- Observé vs. estimé : quels effets sur le modèle moustiques ?
- Orienter les pratiques de lutte anti-vectorielle et de lutte contre les arboviroses transmises par *Ae. aegypti*

# Merci pour votre attention

## Partenaires :

Cebeillac Alexandre

Daudé Eric

Huraux Thomas

Maneerat Somsakun

Misslin Renaud

Taillandier Patrick

Rey Sébastien

Vaguet Alain

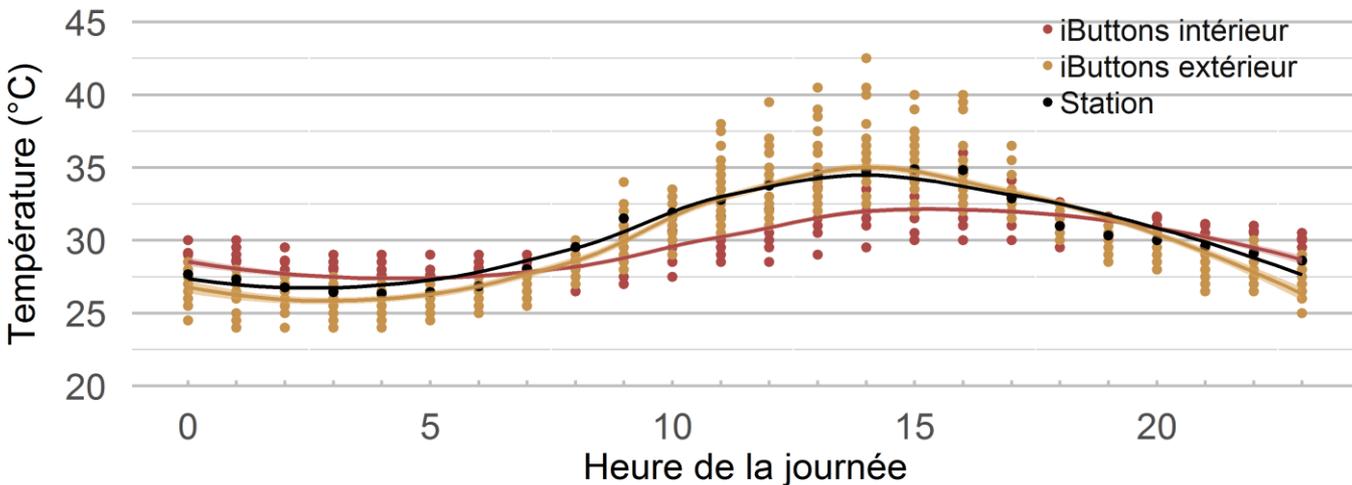
Vaguet Yvette



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.



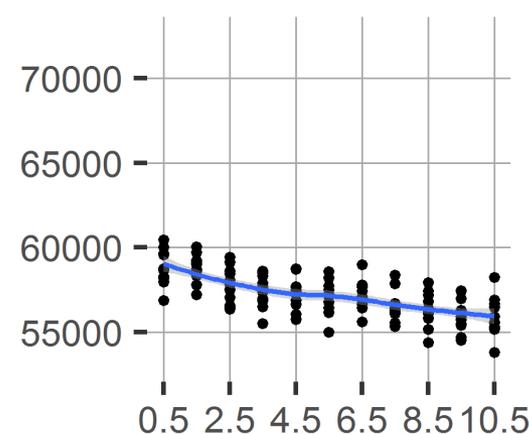
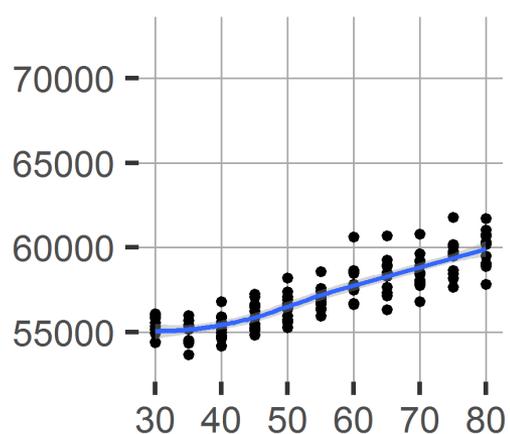
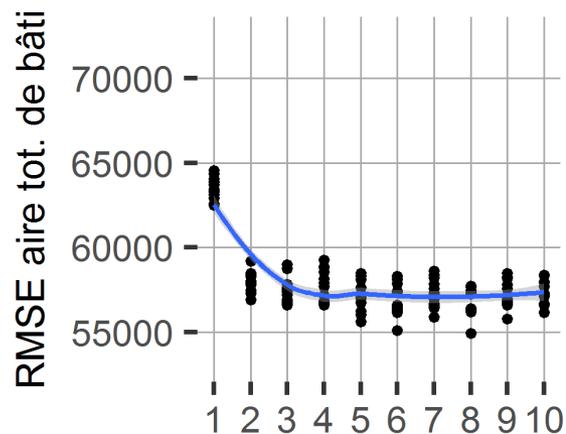
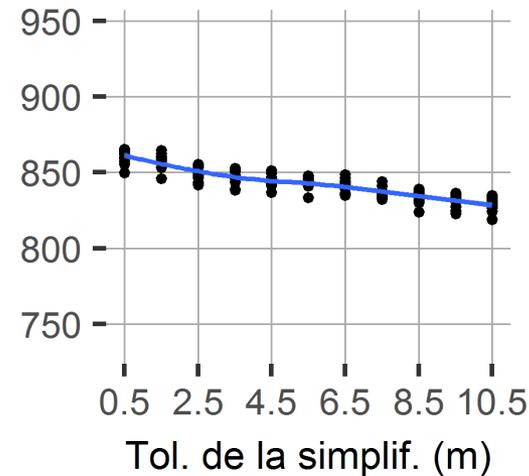
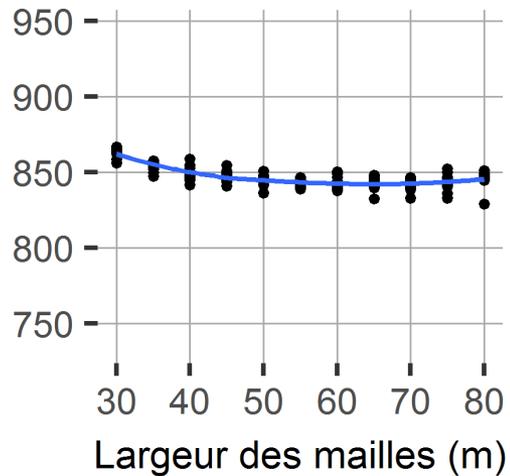
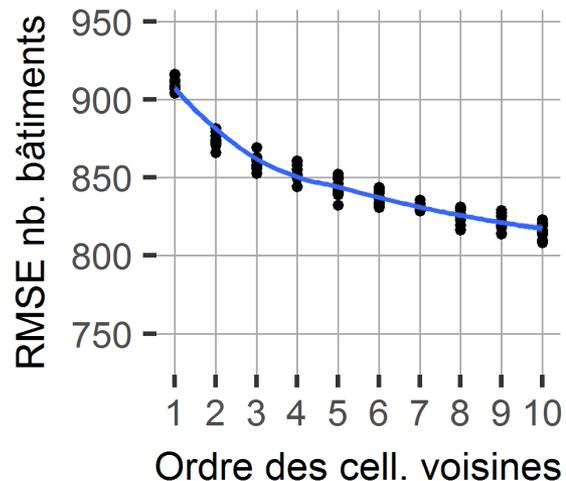
# COLLECTE DE DONNÉES SUR LE TERRAIN



## LES GITES LARVAIRES POTENTIELS : LIEUX DE PONTE



## EFFETS DES PARAMÈTRES



## EFFETS DES PARAMÈTRES

