

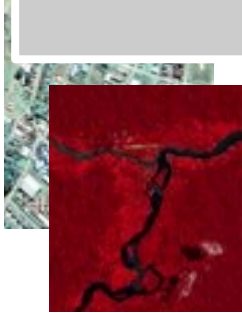
Semaine Géomatique et Télédétection en Guyane

Atelier Santé, 18/10/2021

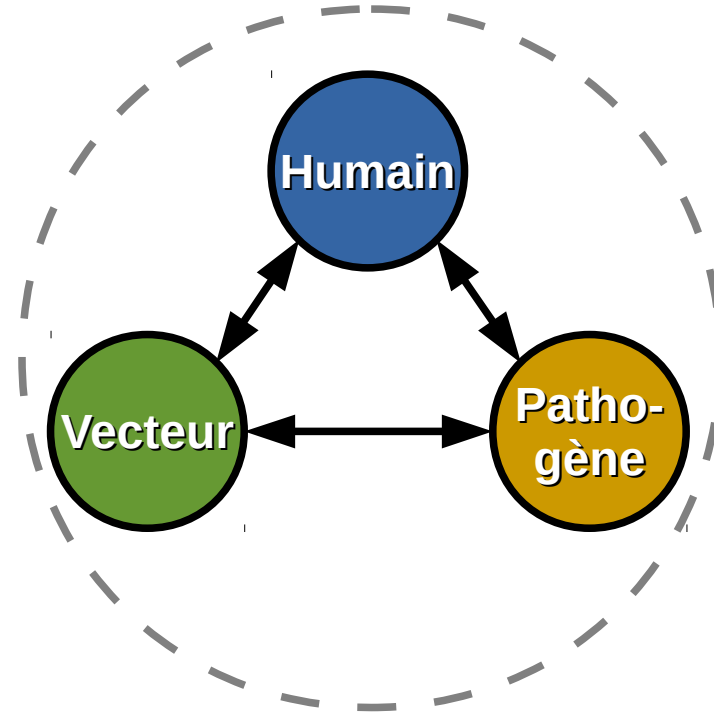
Télédétection pour l'étude des maladies vectorielles en Guyane

Du Satellite au Système Écoépidémiologique

Images,
Signaux ...



?

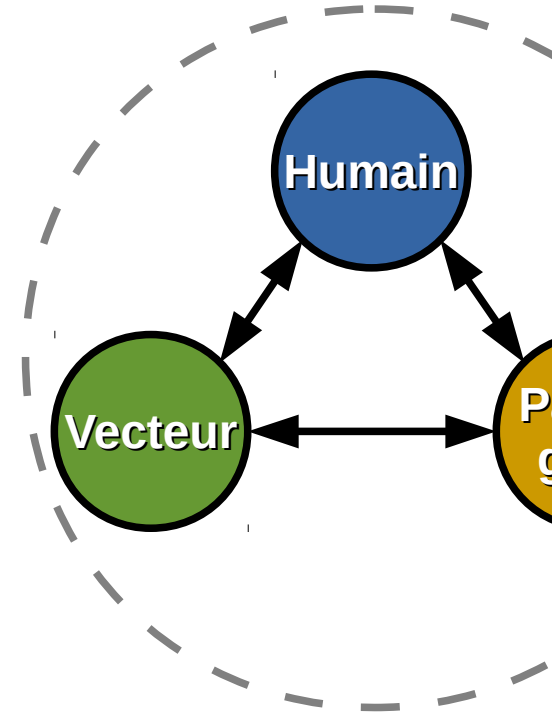


Du Satellite au Système Écoépidémiologique

Données de
télédétection

Images,
Signaux ...

Climat / Changement climatique
Occupation/usage du sol
Localisations/caractéristiques des
lieux de vie
...



Du Satellite au Système Écoépidémiologique

Données de
télédétection



Caractéristiques
(Variables)

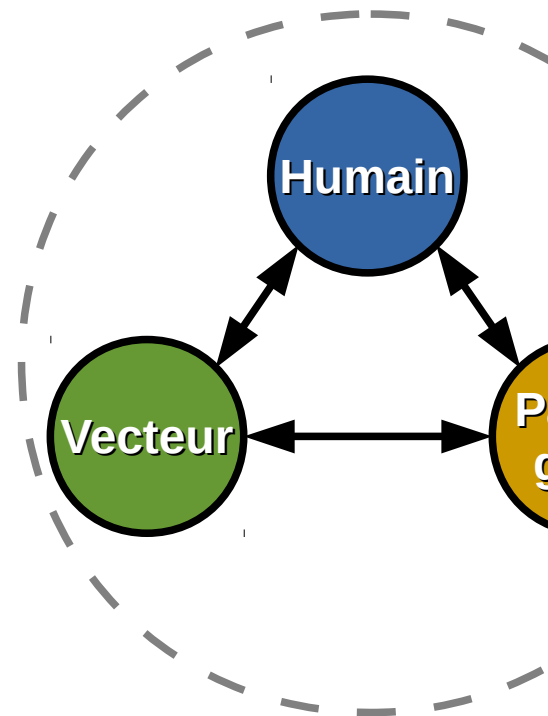
Images,
Signaux ...

*Pré-traitements, traitement du signal
et de l'image, géomatique*

Infrastructures,
bâti, ...

Occupation du sol,
paysage ...

Conditions
climatiques,
atmosphériques, ...



Du Satellite au Système Écoépidémiologique

Données de
télédétection



Caractéristiques
(Variables)



Indicateurs

Images,
Signaux ...

Pré-traitements, traitement du signal
et de l'image, géomatique

Infrastructures,
bâti, ...

Occupation du sol,
paysage ...

Conditions
climatiques,
atmosphériques, ...

Analyse, apprentissage,
modélisation ...

Aléa : habitat, présence,
densité de vecteurs

Exposition : Interaction
Hommes – Vecteurs

Vulnérabilité : localisation/
caractérisation des lieux
de vie, densité, ...

Risque : modèles
épidémiologiques,
modélisation du risque, ...

Vecteur

Humain

P
g

Données entomologiques, épidémiologiques, ...

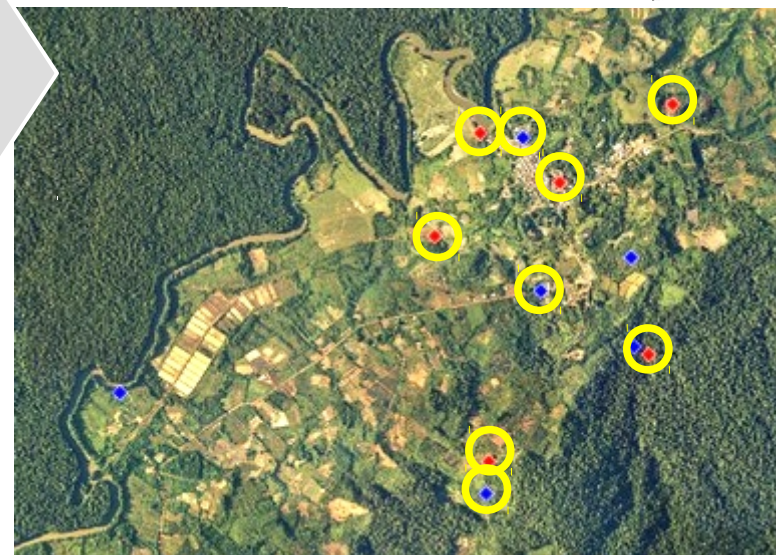
Connaissances

Inventaire des espèces d'anophèle



Données	Sources
Occupation du sol (9 classes)	SPOT5 (5 images) SEAS-Guyane
Infrastructures Bâti, serres, routes, pistes	BD Ortho© IGN
Réseau hydrographique	BD Ortho© IGN BD Carto© IGN
Eau libre zones inondables, bassins de pisciculture, orpaillage	BD Ortho© IGN BD Carto© IGN
Topographie Altitude, pente, direction de pente	SRTM

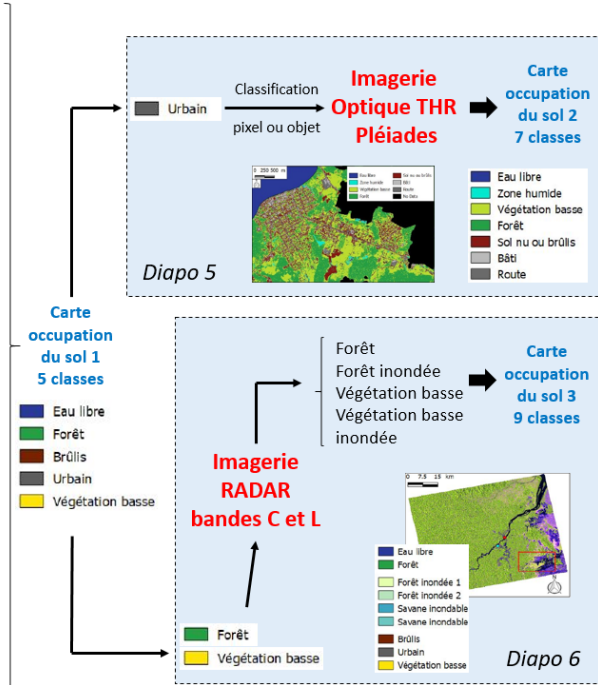
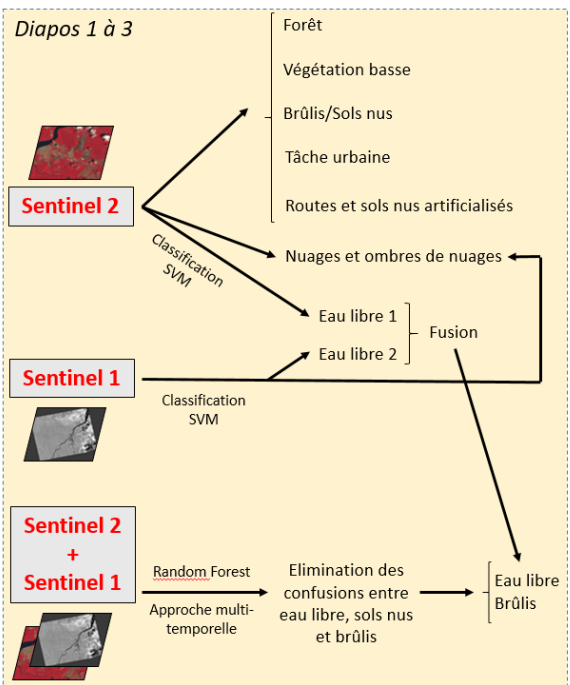
Clustering
AFGM



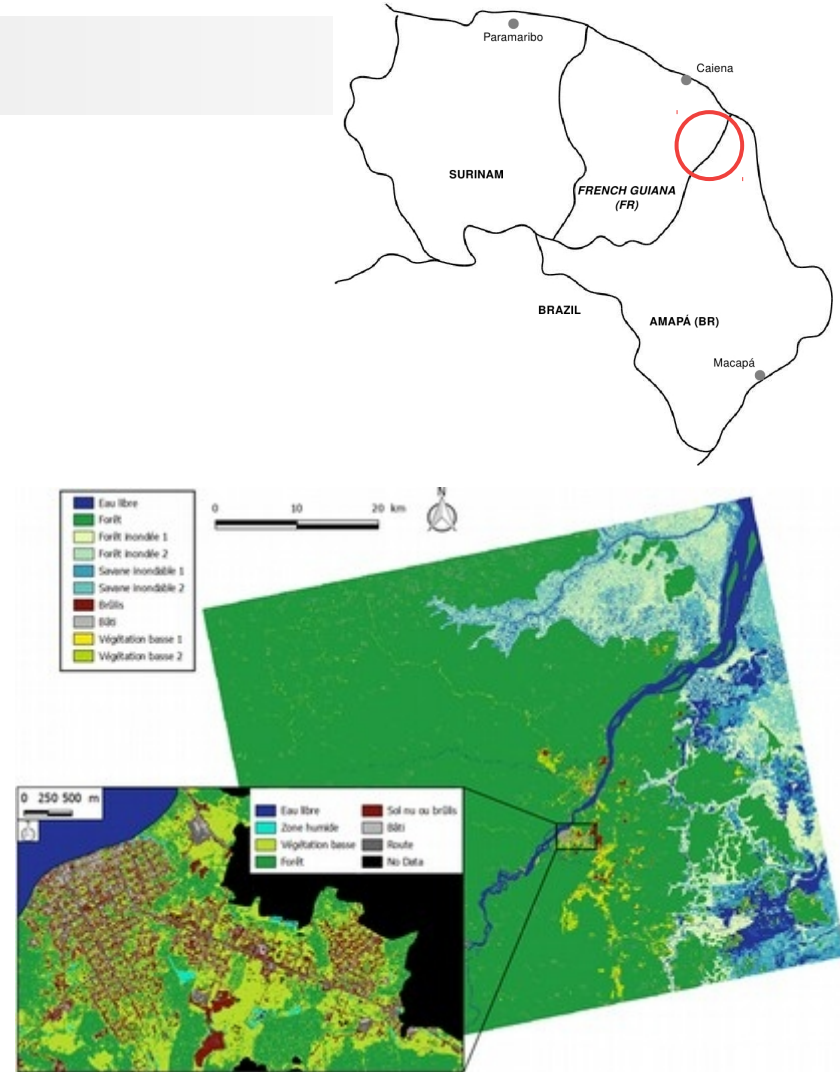
◆ Sites principaux ◆ secondaires ○ de collecte

[Roux et al., BMC Ecology, 2013]

Habitat des vecteurs



Carte d'occupation du sol composite optique + RADAR à 9 classes (diapos 7 et 8)

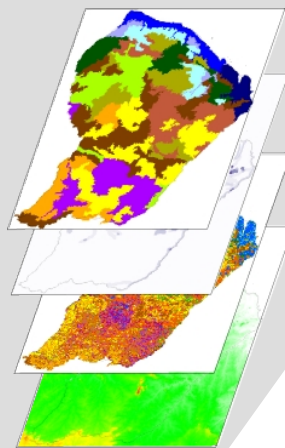


[Catry et al., CONFINS, 2018]
[Catry et al., Env. Res. Public Health, 2018]

Probabilité de présence de vecteur

7 descripteurs de l'habitat

- **Présence de pop. et d'activités humaines**
adapté de, [de Thoisy et al., 2010]
- **Urbanisation**
adapté de [de Thoisy et al., 2010]
Longueur de route/km²
BD TOPO®
- **Occupation du sol**
[Gond et al., 2011]
- **Altitude (SRTM)**
- **Paysages géomorphologiques**
[Guitet et al., 2013]
- **Unités géomorphologiques**
[Guitet et al., 2013]



Résolution 1x1 km

[Moua et al., Ecol. Informatics, 2020]

**Correction des impacts des
biais d'échantillonnage**

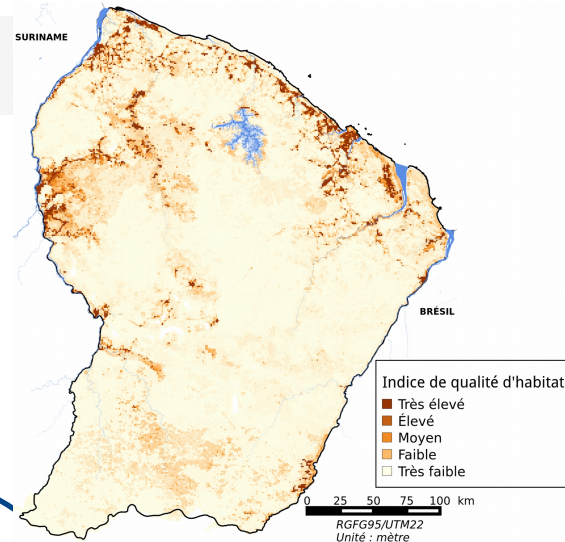
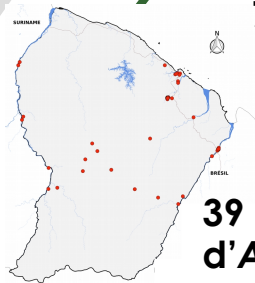
Estimation effort
d'échantillonnage

Selection des
données de
background

**78 sites de collectes
de moustiques**

[Moua et al., GBIF, 2019]

**39 sites de présence
d'An. darlingi**



Maxent

[Moua et al., J. Med. Entomo., 2017]

Dyn. spatio-temporelles des densités vectorielles

[Adde et al., PLoS One, 2016]

Piégeage



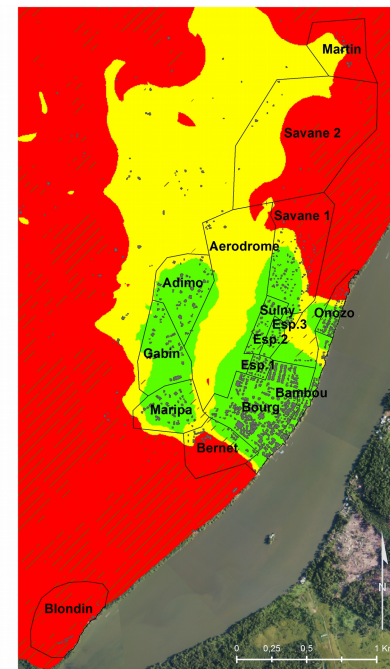
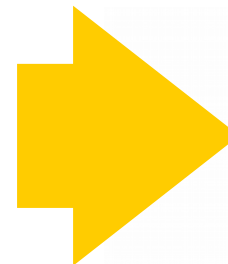
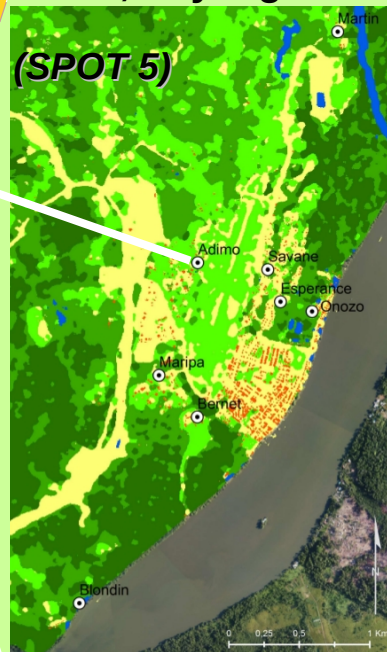
Variables météo

Modèle

$$\text{logit}(\gamma_{cjk}) = \alpha_c - (x_{jk}'\beta + u_j + u_k)$$

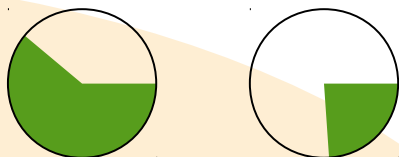
LCLU, Paysage

(SPOT 5)



Paysage et exposition

Composition du paysage



+ Disponibilité
de lieux de
repos

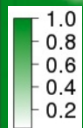
Occupation du sol



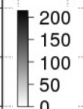
SPOT5



Prop. de forêt (400m)

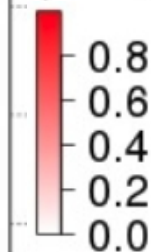


Edge density (400m)



Normalized Landscape Based Hazard Index (NLHI)

https://framagit.org/espace-dev/r_nlhi

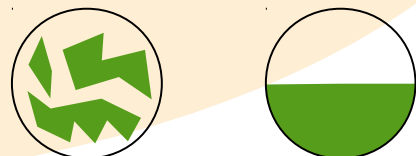


Modèle de connaissances

← revue de littérature

[Stefani et al., Malaria Journal, 2013]

Configuration du paysage



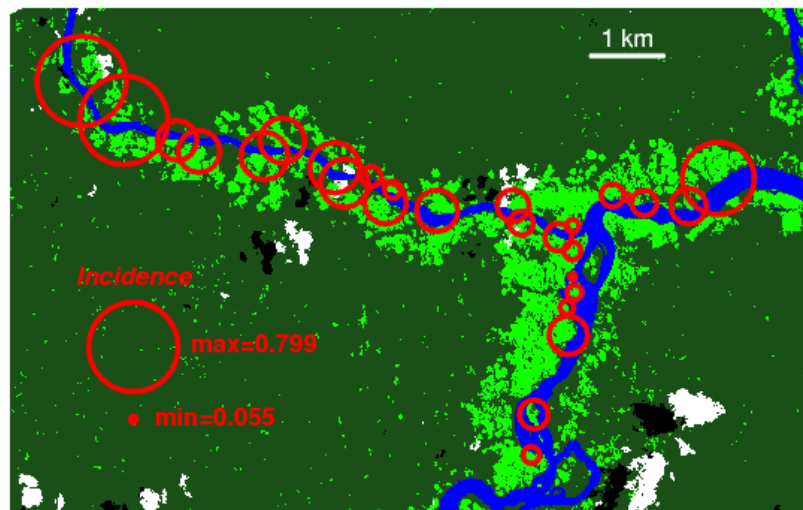
+ Interaction

[Li et al., Remote Sensing, 2016]

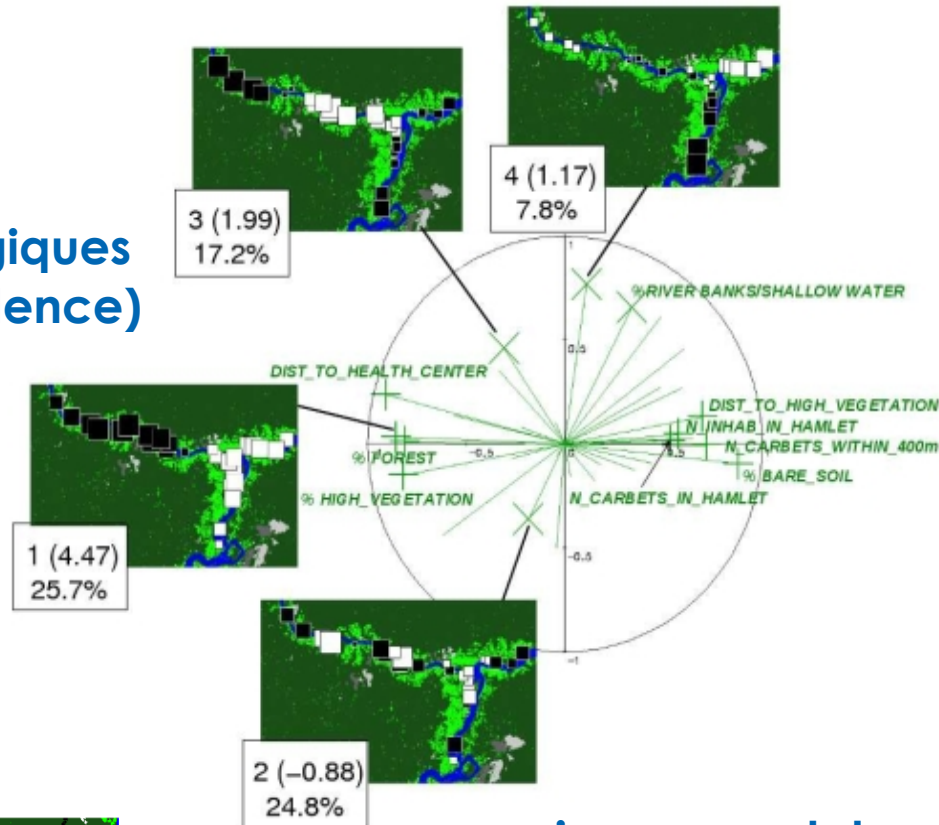
[Li et al., Data, 2017]

Estimation du risque

Données ...

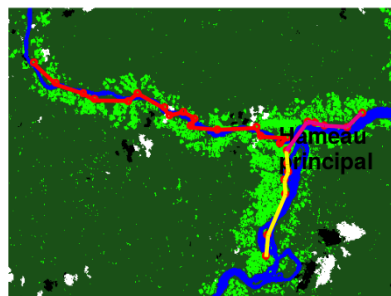
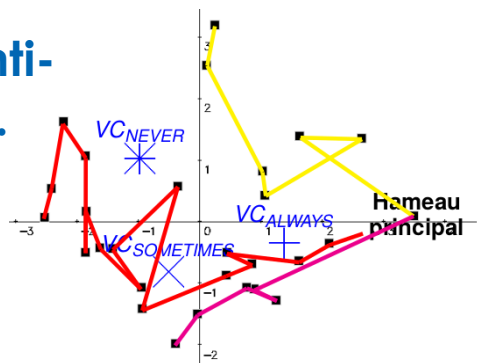


épidémiologiques (taux d'incidence)



environnementales

Sur la lutte anti- vectorielle, ...

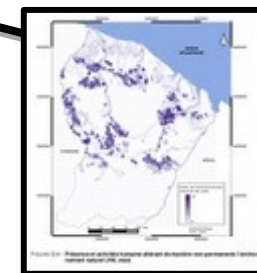
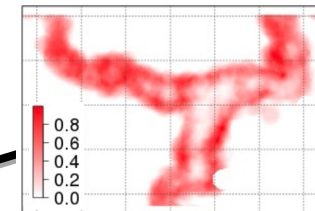
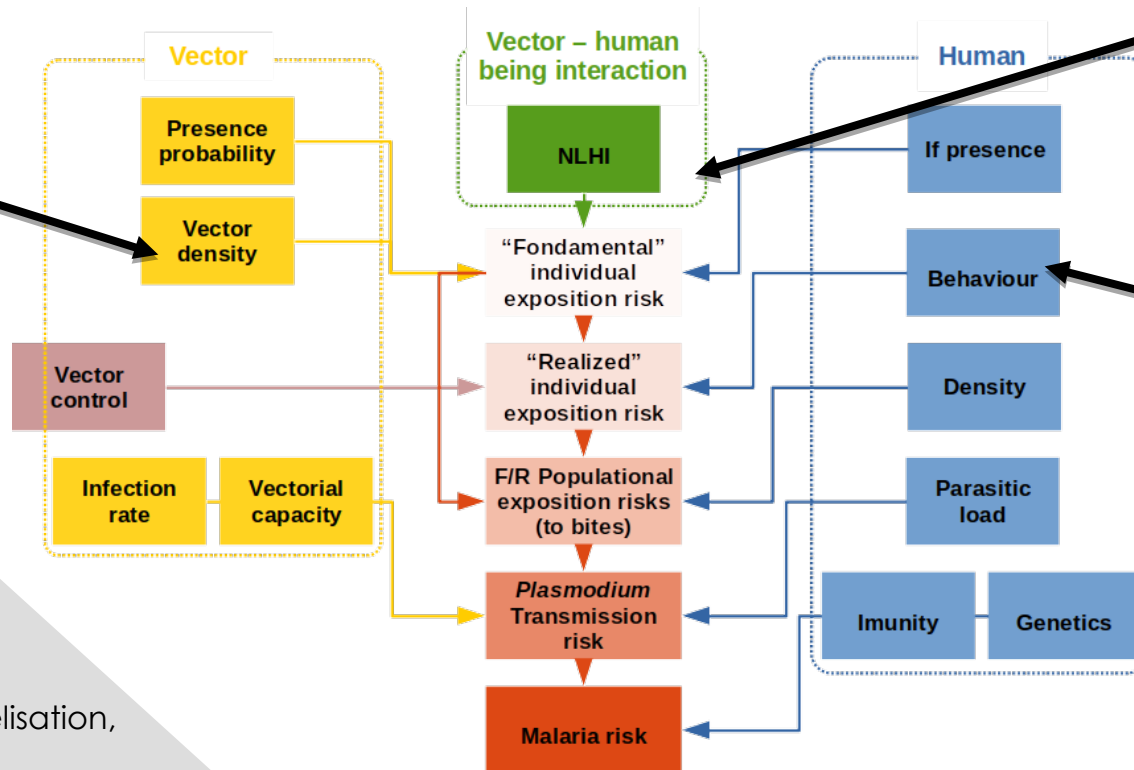
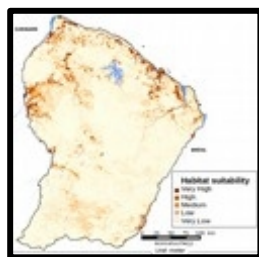


[Stefani et al., Int. J. Health Geo., 2011]

[Roux et al., SELPER'12, 2012]

Travaux actuels et en Perspective

Cartographie intégrée du risque (PROGYSAT)



Empreinte humaine,
d'après
[De Thoisy et al., 2010]



Yi Moua
Postdoctorante

Télédétection, Géomatique, Modélisation,
Systèmes d'information
Application : Paludisme, Écologie des
moustiques, Guyane française, Canada

Et les arboviroses ?

Thèse de doctorat

**Télédétection pour l'analyse des relations
entre les paysages urbains et la dynamique
de la dengue en Guyane française
(Cayenne) et en Occitanie (Montpellier)**

Thèse de l'Université de Montpellier
Encadrement : Rodolphe Devillers, Emmanuel Roux
Financement : CNES, Occitanie



Claire Teillet
Doctorante

Télédétection, Géomatique, Modélisation,
Systèmes d'information
Application : Milieu urbain, arboviroses,
Guyane, Brésil, France-Occitanie

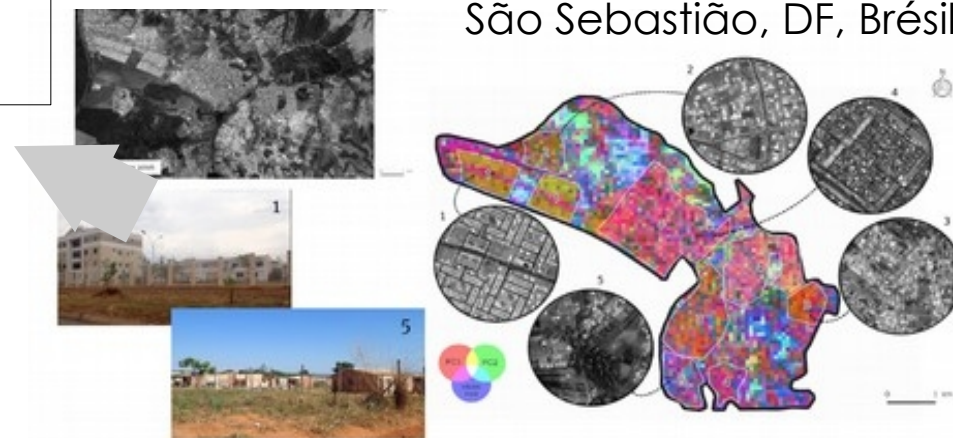
Revue de littérature

[Marti et al., Remote Sensing, 2020]

**Caractérisation urbaine
basée sur la texture (image Pléiades)**

Projet APUREZA (CNES/TOSCA)

São Sebastião, DF, Brésil

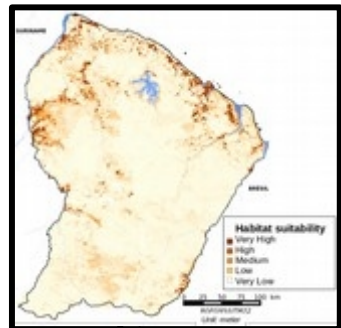


[Teillet et al., Remote Sensing, 2021]

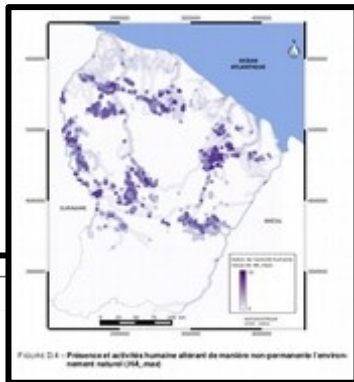
**Résultats issus de l'axe "Analyse des Dynamiques
des Espaces Urbanisés par Satellite"
(ADEUSA/PROGYSAT)**

Vers l'automatisation de la production d'indicateurs

Prob. De présence



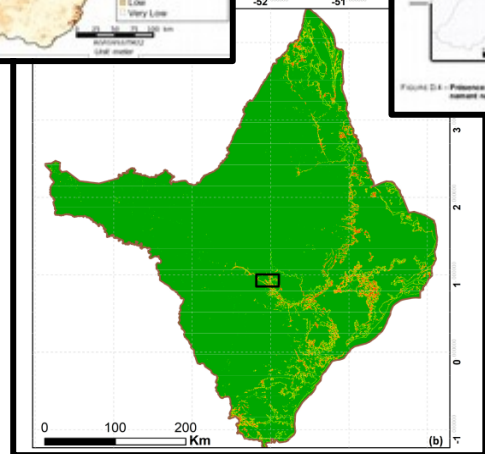
Empreinte humaine



[De Thoisy et al., 2010;
Moua et al., 2016, 2017]

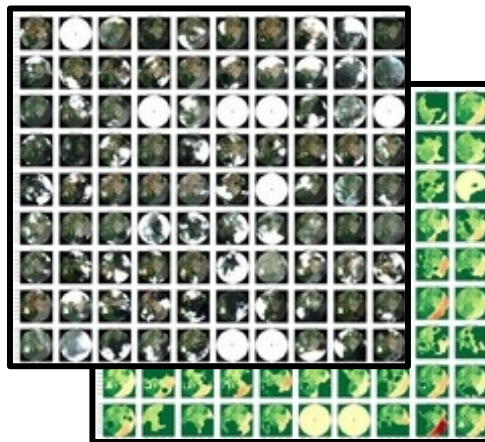
sen2chain

<https://framagit.org/espace-dev/sen2chain>

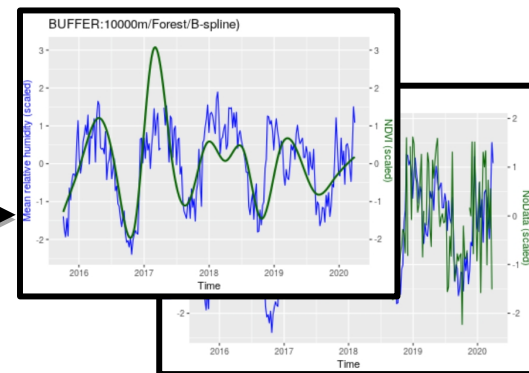


~Risque d'exposition

Sentinel-2



[Schincariol, 2020]



NDVI, NDWI, ...

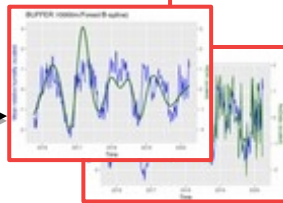
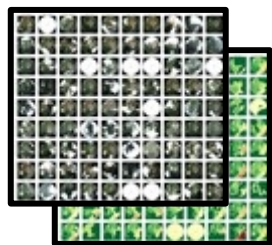
Vers un système d'alerte précoce ?

Variables météorologiques
(stations Météo-France)

Cas de
paludisme

**Modèles de
prediction**

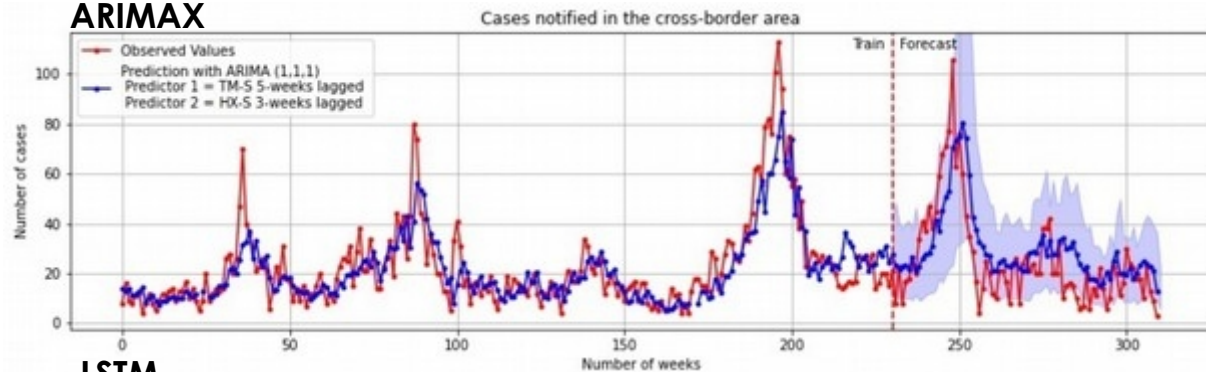
Sentinel-2



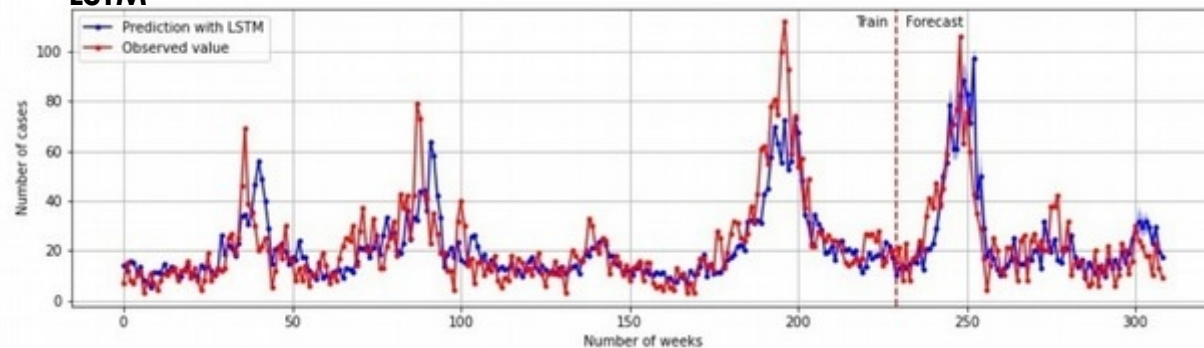
NDVI, NDWI, ...

Nombre de cas de paludisme **prédits** et **observés**
à la frontière Guyane - Brésil

ARIMAX

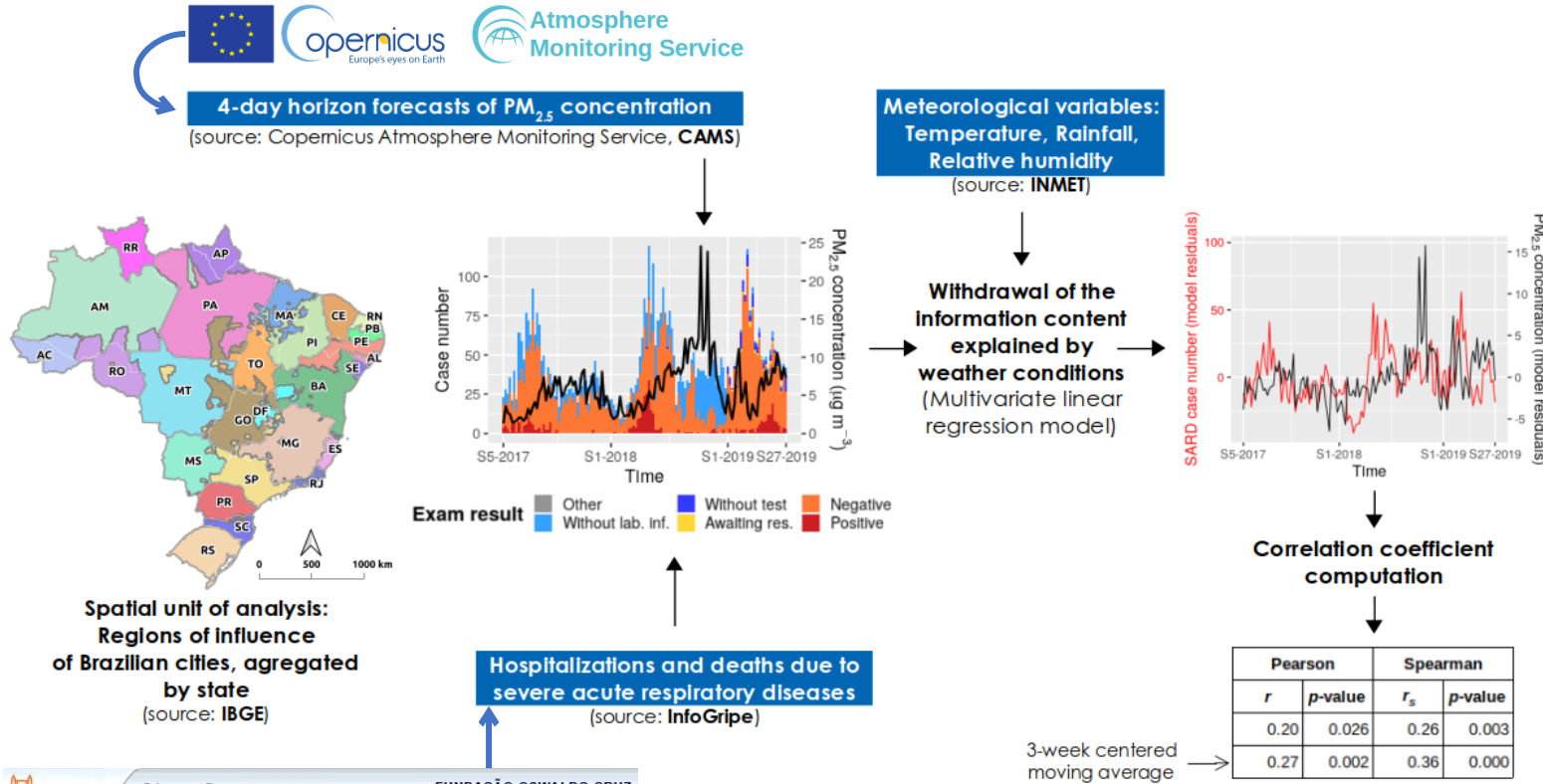


LSTM



[Schincariol et al., ITISE'21, 2021]

... Problèmes respiratoires aigus graves ...

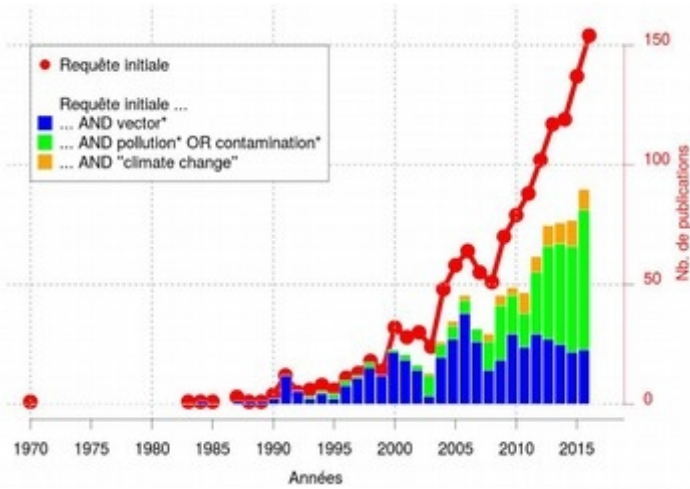


[Roux et al., 2020
N° spécial MDPI/RS « Remote Sensing for Health: from Fine-Scale Investigations towards Early-Warning Systems », Ed. V. Herbreteau]

Questions futures (PROGYSAT)

- Validation absolue des produits ⇒ Seuils d'alerte ?
- Echelle locale, haute résolution ⇒ Comment mieux estimer l'exposition ?
- Différentes normes/national guidelines ⇒ Comment considérer l'échelle régionale et les territoires transfrontaliers ?

De la nécessité d'un dialogue interdisciplinaire



[Herbreteau et al., 2018]



à bientôt ...

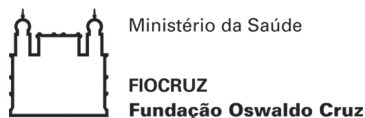


Merci

Etudiant-e-s : Claire Teillet, Aurélia Stefani, Yi Moua, Zhichao Li, Auréa Pottier, Antoine Adde, Thomas Schincariol, ...

Les collègues d'ESPACE-DEV : Nadine Dessay, Thibault Catry, Yi Moua, Christophe Charron, Jean-François Faure, Vincent Herbretau, le **groupe ESoR** ...

Les Partenaires :



Références

- **Télédétection et vecteurs, habitat, présence, densité**
 - Roux E, et al. Objective sampling design in a highly heterogeneous landscape - characterizing environmental determinants of malaria vector distribution in French Guiana, in the Amazonian region. *BMC Ecology*, 2013, 13:45, 1–13
 - Catry T, Li Z, Roux E, Herbreteau V, Gurgel H, Mangeas M, Seyler F, Dessay N. Wetlands and Malaria in the Amazon: Guidelines for the Use of Synthetic Aperture Radar Remote-Sensing. *Internal Journal of Environment Research and Public Health*. 2018;15(3):468. DOI:10.3390/ijerph15030468
 - Catry T, et al. Apports de la combinaison d'images satellitaires optique et RADAR dans l'étude des maladies à transmission vectorielle: cas du paludisme à la frontière Guyane française-Brésil. *Confins Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia*. 2018;37. DOI:10.4000/confins.15027
 - Moua Y, et al. Distribution of the Habitat Suitability of the Main Malaria Vector in French Guiana Using Maximum Entropy Modeling. *J Med Entomol*. 2017;54(3):606–621. DOI:10.1093/jme/tjw199
 - Moua Y, et al. Correcting the effect of sampling bias in species distribution modeling – A new method in the case of a low number of presence data. *Ecological Informatics*. 2020;101086. DOI/URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1574954120300364>
 - Moua Y, et al. A database of Anopheles (Diptera, Culicidae): historical presence records in French Guiana and in the state of Amapá, in South America. Version 1.3. Institut Pasteur de la Guyane. GBIF Occurrence dataset. 2019 <https://doi.org/10.15468/x4h0iu>
 - Adde A, et al. Dynamical Mapping of Anopheles darlingi Densities in a Residual Malaria Transmission Area of French Guiana by Using Remote Sensing and Meteorological Data. *PLoS ONE, Public Library of Science*, 2016, 11 (10), pp.e0164685. <10.1371/journal.pone.0164685>. <hal-01383486>
- **Télédétection et exposition, interaction humain - vecteur**
 - Li Z, et al. Mapping a Knowledge-Based Malaria Hazard Index Related to Landscape Using Remote Sensing: Application to the Cross-Border Area between French Guiana and Brazil. *Remote Sensing, MDPI*, 2016, 8 (4), <10.3390/rs8040319>. <hal-01355255>
 - Li Z, et al. Regionalization of a Landscape-Based Hazard Index of Malaria Transmission: An Example of the State of Amapá, Brazil. *Data*. 2017;2(4):37. DOI:10.3390/data2040037
- **Synthèses, revues de littérature sur la télédétection appliquée à la santé**
 - Stefani A, et al. Land cover, land use and malaria in the Amazon: a systematic literature review of studies using remotely sensed data. *Malaria Journal*, 2013, 12(192)
 - Herbreteau V, et al. Observer la Terre pour appréhender spatialement les inégalités de santé: regard historique et prospectif sur l'utilisation de la télédétection dans le domaine de la santé. *Confins Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia*. 2018;37. DOI:10.4000/confins.15362
 - Marti R, et al. A Mapping Review on Urban Landscape Factors of Dengue Retrieved from Earth Observation Data, GIS Techniques, and Survey Questionnaires. *Remote Sensing*. 2020;12:932. DOI/URL: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/6/932>
- **Télédétection et risque, taux d'incidence, ...**
 - Stefani A, et al. Studying relationships between environment and malaria incidence in Camopi (French Guiana) through the objective selection of buffer-based landscape characterisations. *International Journal of Health Geographics*, 2011, 10(1), p. 1-13
 - Roux E, et al. Characterisation of multi-scale of Plasmodium falciparum malaria incidence in children of Camopi, French Guiana, by means of remotely sensed data. In *Symposium of the Latin American Society for Remote Sensing and Spatial Information Systems (SELPER)*, Cayenne, Guyane Française, nov. 2012, p. 1-11
 - Roux E, et al. Toward an Early Warning System for Health Issues Related to Particulate Matter Exposure in Brazil: The Feasibility of Using Global PM2.5 Concentration Forecast Products. *Remote Sensing*. 2020;12:4074. DOI/URL: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/24/4074>
- **Télédétection pour la caractérisation urbaine**
 - Teillet, C., et al. Fast Unsupervised Multi-Scale Characterization of Urban Landscapes Based on Earth Observation Data. *Remote Sens*. 2021, 13, 2398. <https://doi.org/10.3390/rs13122398>
- **Couches d'information en entrée du modèle de distribution d'espèces (Moua et al., 2017, 2020)**
 - de Thoisy, et al. Rapid evaluation of threats to biodiversity: human footprint score and large vertebrate species responses in French Guiana. *Biodivers Conserv* 19, 1567–1584 (2010). <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9787-z>
 - Gond, V., et al. 2011. Broad-scale spatial pattern of forest landscape types in the Guiana Shield. *Int. J. Appl. Earth Obser. Geoinf*. 13: 357–367.
 - Guittet, S., et al. 2013. Landform and landscape mapping, French Guiana (South America). *J. Maps* 9: 325–335.