

# CES

## Risques de Maladies Infectieuses (RidMI)

Annelise TRAN, UMR ASTRE, UMR TETIS  
Emmanuel Roux, UMR Espace-Dev

UMR ASTRE, UMR TETIS, UMR ESPACE-DEV, CRC  
Université de Bourgogne, CNES

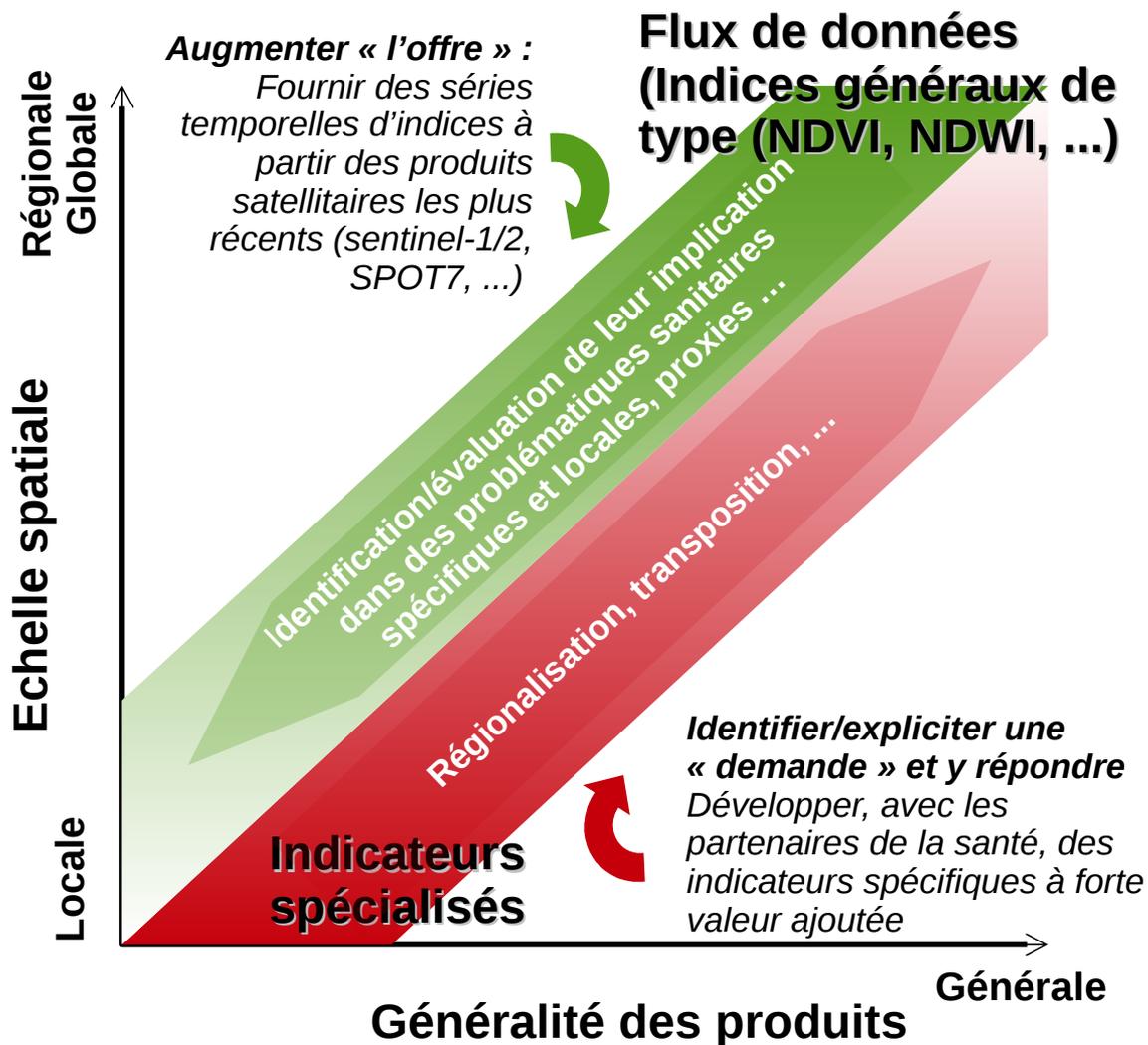
# Problématiques du CES

- **Diversité des problèmes de santé**  
Diversité des facteurs environnementaux impliqués, des mécanismes de transmissions ...
- **Fortes disparités spatiales**  
Spécificités locales (Paludisme au Brésil  $\neq$  paludisme en Afrique du sud)  $\Rightarrow$  besoin d'identifier et de suivre les déterminants à échelle locale
- **Efforts de coopération et de recherche importants pour développer les modèles**  
Forte inter-disciplinarité, besoin de développement de partenariats efficaces et spécifiques, ...
- **Dépendance forte aux données thématiques *in situ***  
(épidémiologiques, entomologiques, ...)

**Comment maximiser à la fois :**

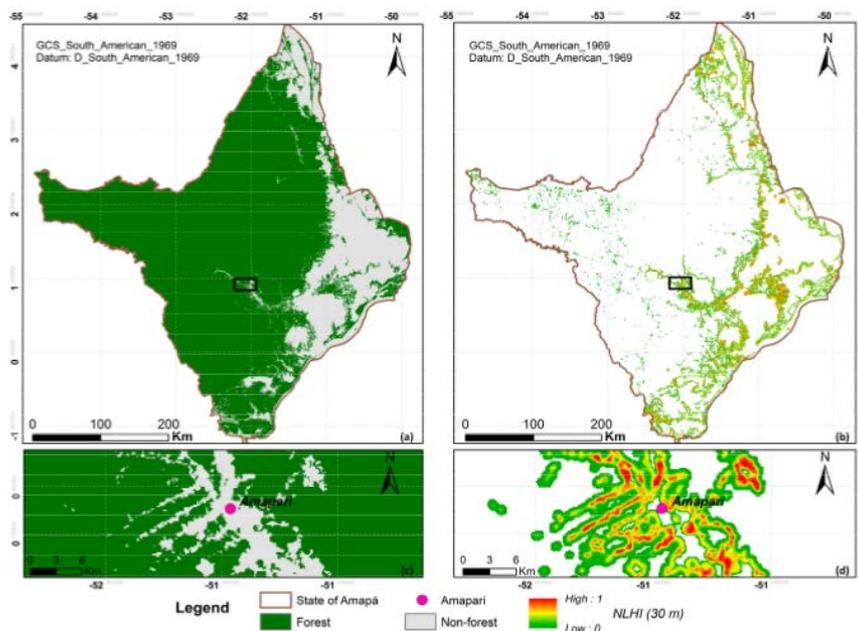
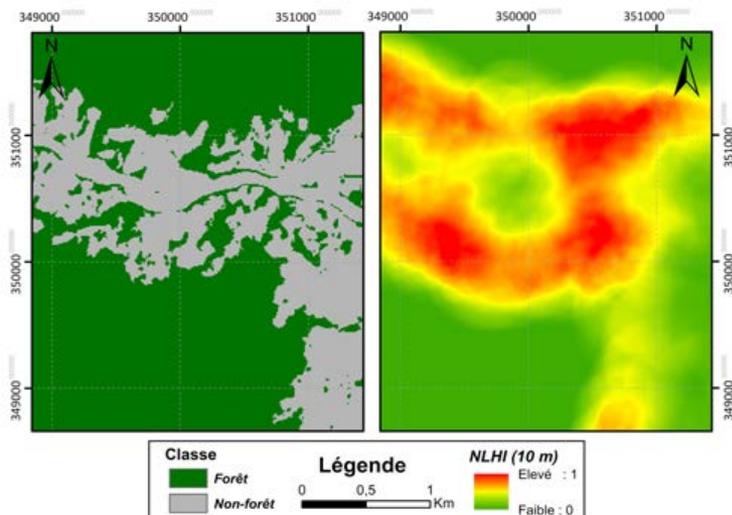
- **valeur ajoutée dans la thématique ?**  
 $\rightarrow$  *appropriation par les acteurs de la santé, impact sur les actions de prévention, de lutte, de surveillance, etc.*
- **portée des produits CES ?**  
 $\rightarrow$  *nombre important d'utilisateurs*

# Description et caractéristiques des produits

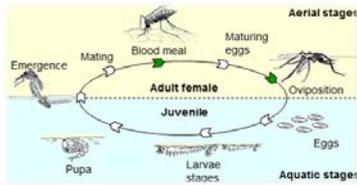


# Normalized Landscape Hazard Index (NLHI)

- Développé à partir d'un modèle de connaissances et validé à l'échelle locale [Li et al., Remote Sensing, 2016 ; Bulletin Théia N°6 - 11/2016]
- Appliqué à échelle plus large (Etat d'Amapà)
- Programme R de calcul du NLHI disponible
- En entrée : carte d'occupation du sol Forêt/Non-forêt (résolution  $\leq 30m$ )



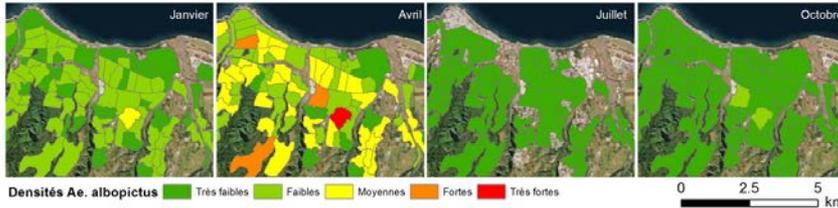
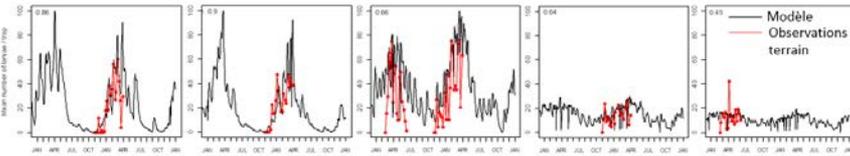
# Prédiction de la densité vectorielle (*Aedes albopictus*)



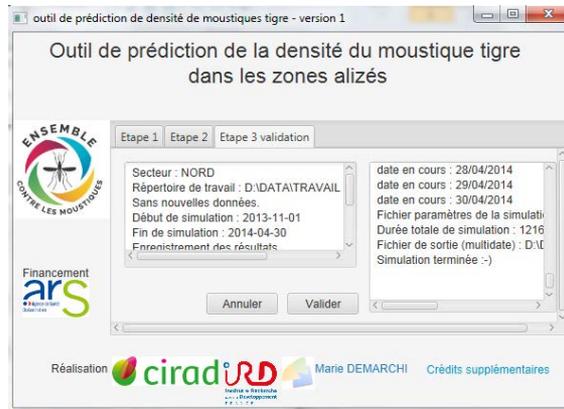
Système d'équations différentielles ordinaires

$$\begin{aligned} \dot{E} &= \gamma_1(A_1 + \beta_1 A_2) - (d_1 + \beta_1)E \\ \dot{L} &= \beta_1 E - (d_2 + \beta_2)L \\ \dot{P} &= \beta_2 L - (d_3 + \beta_3)P \\ \dot{A}_{em} &= \beta_3 P - (d_4 + \beta_4)A_{em} \\ \dot{A}_1 &= \beta_4 A_{em} - (d_5 + \beta_5)A_1 \\ \dot{A}_2 &= \beta_5 A_1 - (d_6 + \beta_6)A_2 \\ \dot{h} &= \gamma_2(A_1 + \beta_6 A_2) - (d_7 + \beta_6)h \\ \dot{g} &= \beta_6 h - (d_8 + \beta_7)g \\ \dot{o} &= \beta_7 g - (d_9 + \beta_8)o \end{aligned}$$

$E$ : oeufs  
 $L$ : larves  
 $P$ : nymphes  
 $A_{em}$ : adulte émergent  
 $A_1$ : nullipares  
 $A_2$ : pares  
 $h, g, o$ : recherche hôte, gravage, oviposition  
 (sterilisation) (gènes) (conservation du site)



- Île de la Réunion
- Spatialisation de la capacité de charge de l'environnement à partir de l'occupation du sol (10 m)
- En entrée : données météorologiques, carte d'occupation du sol
- Transfert à l'Agence Régional de Santé (ARS) de la Réunion pour l'aide à la définition des stratégies de lutte



- **Participation à des journées organisées par les acteurs de la santé en France**
  - Journée « Lutte anti-vectorielle et prévention du paludisme », co-organisée par l'Alliance pour les sciences de la vie et de la santé (**AVIESAN**), l'Institut thématique Multi-Organismes (ITMO) « Immunologie, inflammation, infectiologie et microbiologie » (**I3M**), l'IRD et le Centre National d'Expertise sur les Vecteurs (**CNEV**)
  - Journée « Retour d'expérience technique sur les épisodes épidémiques d'arboviroses en 2016 dans les territoires ultramarins Télé-épidémiologie et modélisation », co-organisée par la Direction Générale de la Santé (**DGS**) du Ministère de la Santé et le CNES
- **Co-organisation de sessions dans des congrès internationaux**
  - ... de télédétection**
    - Session « Public Health » : International Symposium on Remote Sensing of Environment (**ISRSE-37**), Pretoria, Afrique du Sud, 8-12 mai 2017
    - Atelier « One Earth, one health » : Sommet sur l'Observation de la Terre (OT), Montréal, Canada, 20-22 juin 2017
  - ... sur la santé**
    - Session « Remote Sensing applications in Health » : International, interdisciplinary conference on spatial statistics, geographical epidemiology and geographical aspects of public health (**Geomed 2017**), Porto, Portugal, 7-9 septembre 2017
- **Co-publication d'un chapitre d'ouvrage**

Tran A, Kassie D, Herbreteau V. Applications of Remote Sensing to the Epidemiology of Infectious Diseases: Some Examples. In: Land Surface Remote Sensing, 1st Edition. Editors: Nicolas Baghdadi, Authors: Mehrez Zribi. ISTE Press - Elsevier.

## Feuille de route 2017-2019

- « **Connecter** » le **CES RiMI** aux CES et ART d'intérêt
  - **Implémenter des chaînes de production** (NLHI, indices de base, ...) au sein des infrastructures de données et de traitements existantes ou en devenir (GEOSUD, plateformes GEODEV, ...)
  - **Développer et qualifier de nouveaux produits** à forte valeur ajoutée pour la santé (en lien avec d'autres CES)
    - Paysages urbains favorables aux arboviroses transmises par *Aedes*
    - Estimation du nombre d'habitants (dénominateurs)
    - Inégalité spatiales de santé (vulnérabilité, accès aux soins, ...)
- ⇒ **Projets de recherche** actuels et futurs
- ⇒ Dépôt d'un **TOSCA produits** « **CES RidMI** » (**2018 ou 2019**) (?)
- ⇒ Organisation de **séminaires annuels** « **CES RidMI** »

# Attentes vis-à-vis des ART et autres CES

- **Produits, Méthodes, Algorithmes**

- **OSO**
- **Biomasse forestière**
- **Urbanisation/Artificialisation**
- **Détection de changements / OSO**
- **Cartographie et suivi des surfaces en eau**
- **Réflectance**
- ...

- **Transfert, diffusion**

- **ART GEODEV** : appui au transfert vers les acteurs (animation, diffusion via les portails, formations ...)
- Aide à la mise à disposition de produits (classes d'occupation du sol d'intérêt pour la santé, flux de données : indices de végétation, d'humidité, etc.) accessibles via des environnements de développement largement partagés (R, QGIS-Python, etc.)

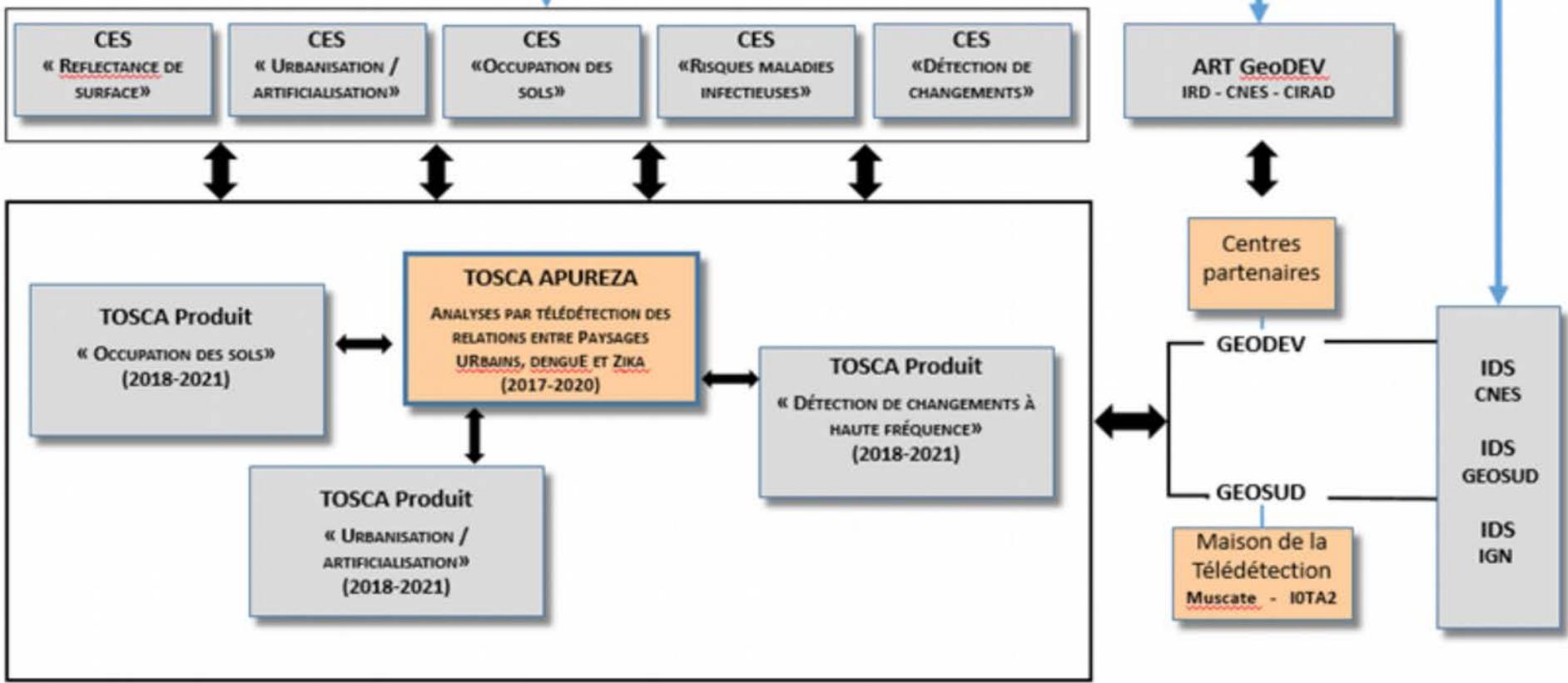
- **Utilisation** des produits
- **Contribution au développement et à l'évaluation** dans les contextes géographique et applicatifs du CES RidMI

## Pôle de données et de services surfaces continentales THEIA

Centres d'Expertise Scientifique (CES)

Animation Régionale THEIA (ART)

Infrastructures de données et de services (IDS)



## Transfert de méthode et déclinaison régionale

- Réalisé au travers des **projets et du partenariat**
  - TéléPal, APUREZA, Sentinel2-Malaria, TéléNipha, TELEDM, TELEPaF (CNES/TOSCA)
  - GAPAM-Sentinel2 (Guyamazon) ...
- **Appui requis de la part des ARTs**

## Difficultés rencontrées

- Problème de « phasage » des différents projets/CES/ARTs
- Non adéquation stricte avec les objectifs des projets et infrastructures existants (produits satellitaires, mode de diffusion, régions d'étude ...)

# Maladies Infectieuses à déterminants environnementaux

- **Maladies vectorielles**

*Fièvre de la Vallée du Rift, Paludisme, Dengue, Zika, Chikungunya, ...*

- Émergence de nouvelles maladies
- Intensification des phénomènes épidémiques
- Emprise géographique en expansion
- Caractère multifactoriel



- **Maladies liées à l'eau**

*Leptospirose, Diarrhées, Choléra*

- **Maladies liées à l'air**

*Méningites bactériennes, infections respiratoires aiguës (IRA)*



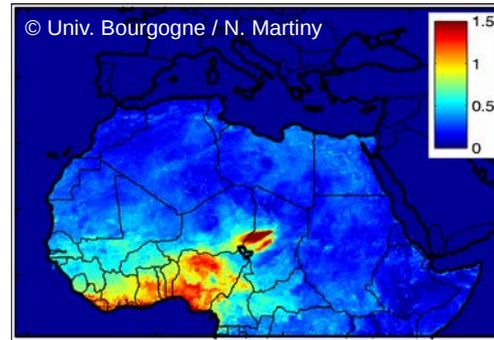
- **Déterminants environnementaux**

- **Paramètres hydro-météorologiques** (eaux de surface, précipitation, températures, ...)
  - ⇒ développement larvaire, capacité vectorielle, présence/diffusion des pathogènes ...
- **Occupation/usage du sol**
  - ⇒ repos des insectes adultes, présence/densité des réservoirs, interaction homme-vecteur ...
- **Paramètres atmosphériques** (température, humidité de l'air, vent, aérosols, ...)
  - ⇒ liés à l'émergence et à la propagation des cas et des épidémies de méningites

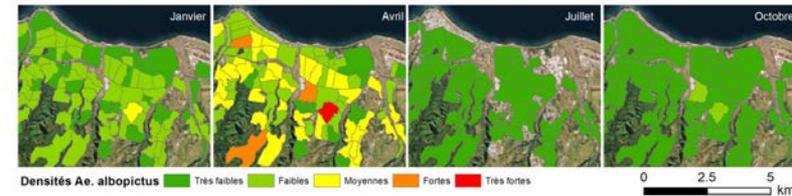
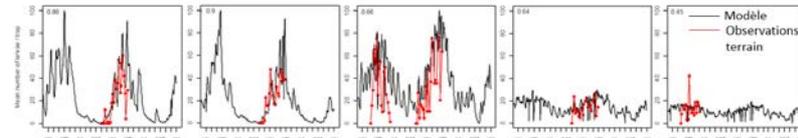
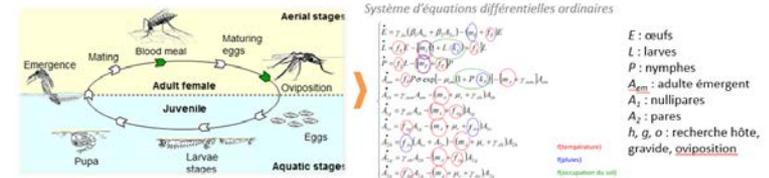
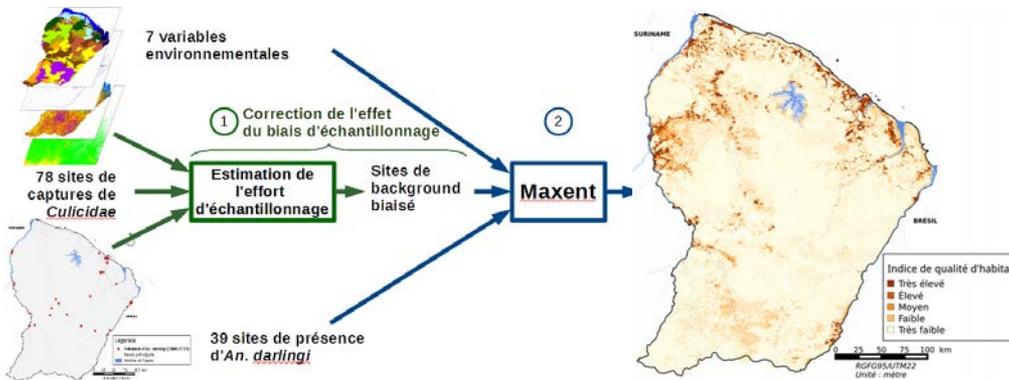
# Apport des données satellitaires

- **Des données d'entrée ...**
  - Caractérisation environnementale
  - Météorologie
  - Aérosols

Aérosols par MODIS, janv.-mars 2007



- **... pour les modèles (statistiques, mécanistes, de connaissances ...)**



- **Dans le but de fournir des indicateurs spatialisés (d'aléa, d'exposition, de vulnérabilité ...)**