

Estimation de la biodiversité des forêts tropicales par imagerie hyperspectrale : Avancées du projet HyperTropik

J.-B. Féret, N. Barbier, D. Berveiller, J.-P. Gastellu-Etchegorry, E. Grau, G. Hmimina, C. Lavalley-Guzman, M.-J. Lefèvre-Fonollosa, G. le Maire, J. Oliveira, C. Proisy, K. Soudani & G. Vincent

5^{eme} colloque du groupe hyperspectral de la SFPT

9-11 Mai 2017, Brest

Présentation du projet HYPERTROPIK

HyperTropik (TOSCA):

→ Préparation du volet “végétation” associée aux projets de satellites hyperspectraux HYPXIM (CNES) & Hypex-2 (ESA)

Objectifs

- Consolidation des spécifications instrumentales nécessaires à l'étude de la végétation des projets de satellites hyperspectraux :
 - HYPXIM (CNES, missions de préparation)
 - HYPEX-2 (ESA, Call Earth Explorer 9)
- Caractérisation de la biodiversité tropicale par imagerie multispectrale & hyperspectrale
- Mise au point d'une plateforme de modélisation de couverts forestiers complexes

Présentation du projet HYPERTROPIK

HyperTropik (TOSCA):

→ Préparation du volet “végétation” associé aux projets de satellites hyperspectraux HYPXIM (CNES) & Hypex-2 (ESA)

Collecte de données terrain

- 2014: Guyane Française
- 2015: GF, Brésil, Cameroun
- 2016: GF

Simulations avec modèle de transfert radiatif 3D



HYPEX-2

Validation:

Campagnes aéroportées & acquisitions satellite

Consolidation specs. & Développements méthodologiques

Présentation du projet HYPERTROPIK

HyperTropik (TOSCA):

→ Préparation du volet “végétation” associé aux projets de satellites hyperspectraux HYPXIM (CNES) & Hypex-2 (ESA)

Collecte de données terrain

- 2014: Guyane Française
- 2015: GF, Brésil, Cameroun
- 2016: GF

Simulations avec modèle de transfert radiatif 3D



HYPXIM

Validation:

Campagnes aéroportées & acquisitions satellite

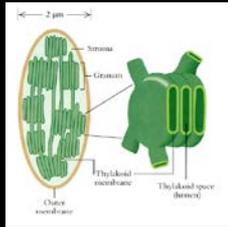
Consolidation specs. & Développements méthodologiques

Comprendre les interactions lumière / végétation

Possibility to describe complex processes involving changes from microscopic to macroscopic scale

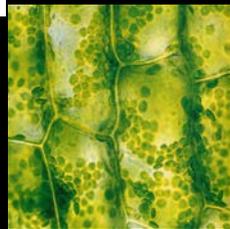
Foliar chemistry

Pigments, water, ...



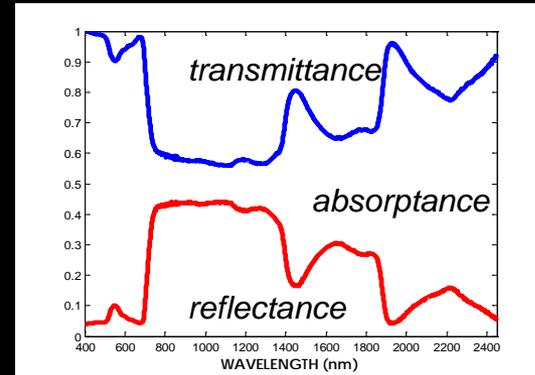
Foliar anatomy

Thickness, internal structure, ...



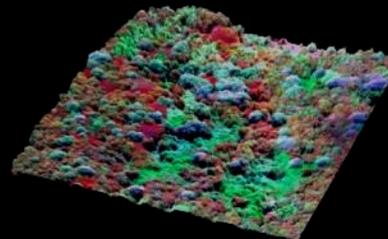
Canopy

Leaf density, orientation, surface effects, ...

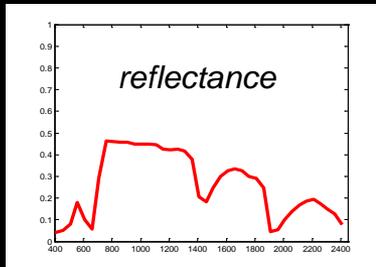


Landscape

Diversity, geometry, terrain, ...



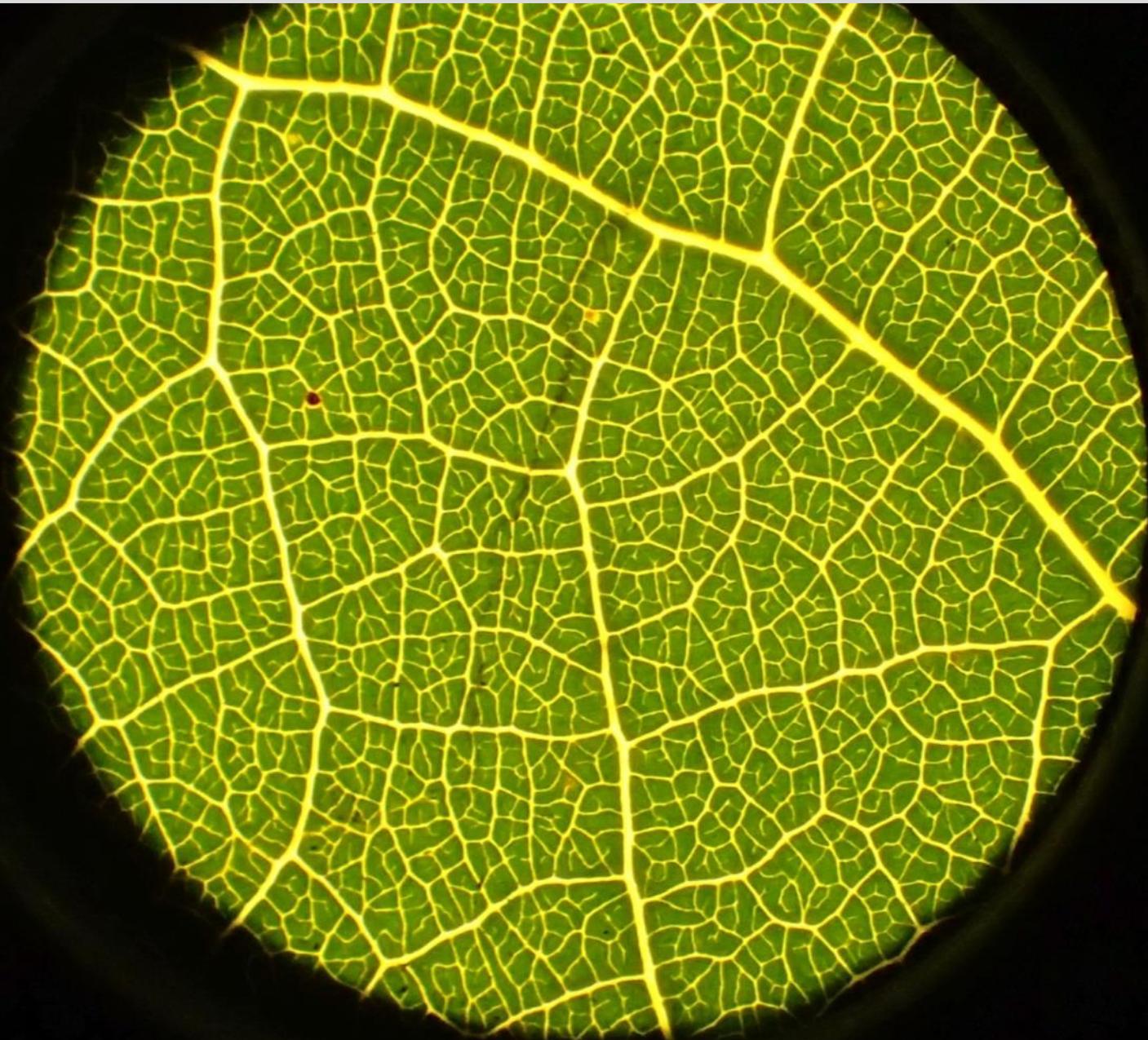
reflectance



Earth
Atmosphere



Terrain: mesures spectroradiométriques



Terrain: mesures spectroradiométriques

- Type de données terrain collectées
 - Spectroradiomètre de terrain (+ sphère intégrante):
 - Propriétés optiques foliaires, de troncs, de litière
 - Echantillonnage sur nombreuses espèces, plusieurs strates verticales
- Localisation des sites
 - Guyane Française :
 - 2014: mangroves (Mangwatch)
 - 2015: forêts denses diversifiées (Nouragues + Paracou)
 - Brésil : plantation d'Eucalyptus
 - Cameroun: forêts denses diversifiées
- Mesures biochimiques complémentaires
 - Dosages des pigments foliaires
 - EWT (contenu foliaire en eau), LMA

Terrain: mesures spectroradiométriques

Quelques échantillons collectés a Paracou en 2016

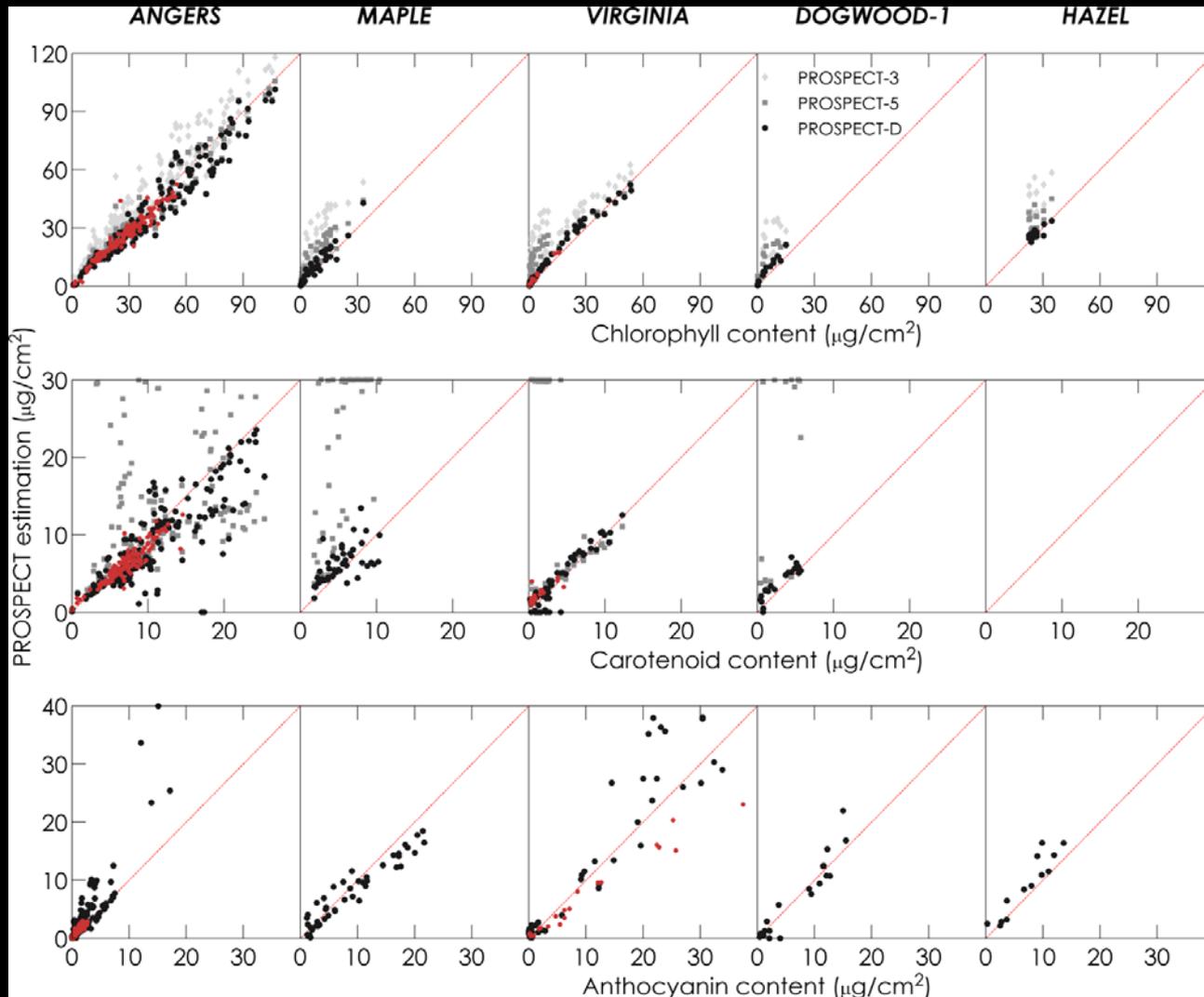


Terrain: mesures spectroradiométriques

Echantillonnage du cycle de vie d'un individu (Nouragues)



PROSPECT-Dynamic: including anthocyanins in the model

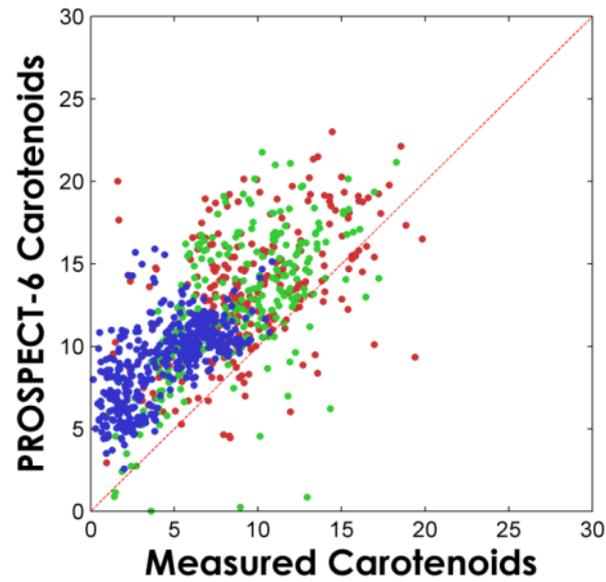
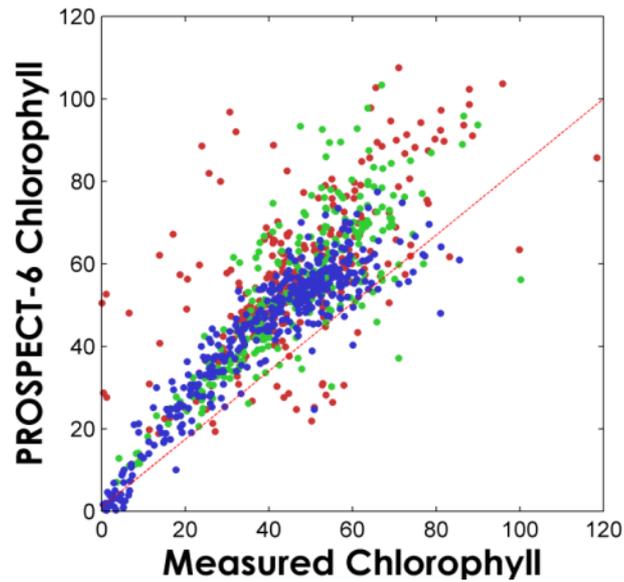


Féret J.-B., Gitelson A. A., Noble S. D. & Jacquemoud S. (2017) "PROSPECT-D: Towards modeling leaf optical properties through a complete lifecycle" *Remote Sensing of Environment*

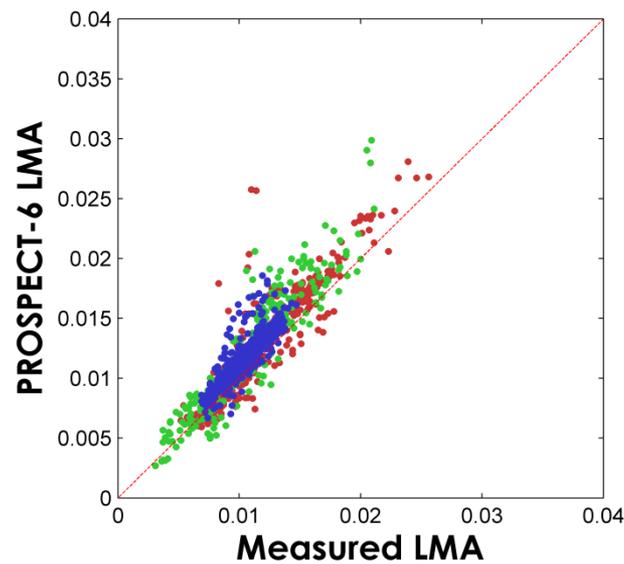
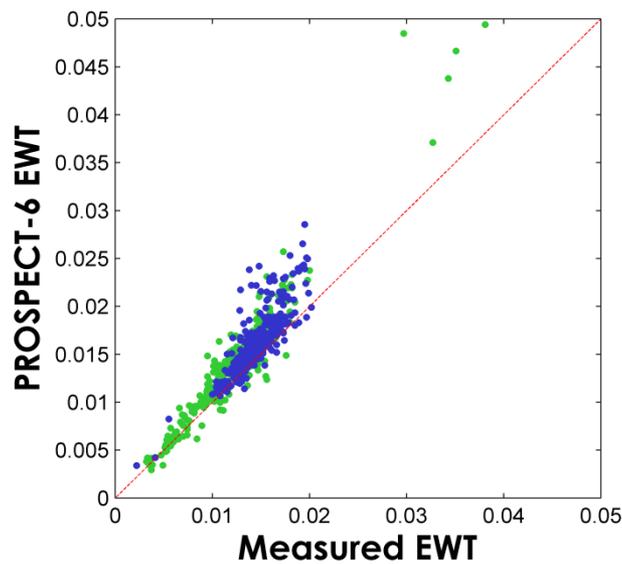
Terrain: mesures spectroradiométriques

- Base de données Nouragues
 - 266 échantillons exploitables (propriétés optiques + chimie)
 - ~ 45 individus, feuilles ombre & lumière
- Base de données Paracou 2015
 - 272 échantillons exploitables (propriétés optiques + chimie)
 - ~ 35 individus, feuilles ombre & lumière
- Base de données Paracou 2016
 - 318 échantillons exploitables (propriétés optiques uniquement)
 - ~ 17 individus, feuilles ombre & lumière
- Base de données Itatinga
 - 415 échantillons exploitables (propriétés optiques + chimie)
 - 21 clones, échantillonnage au bas, milieu, haut de couronne
 - Feuilles juvénile, matures et sénescents

Terrain: Inversion de PROSPECT-D



- Itatinga 2015
- Paracou 2015
- Nouragues 2015



Terrain: Mesures TLS



Scan T-LiDAR sur *Triplochyton scléroxylon* (Ayous) (N. Barbier, UMR AMAP)

Terrain: Mesures TLS

25 0 25 50 75 100 m



INRA P1-P9 (Zone Guyaflux)

Carte figurant les contours des 85 houppiers labellisés en rouge (correspondance houppier - numéro d'inventaire). Les arbres échantillonnés par les grimpeurs sont repérés par des étoiles (position des troncs)

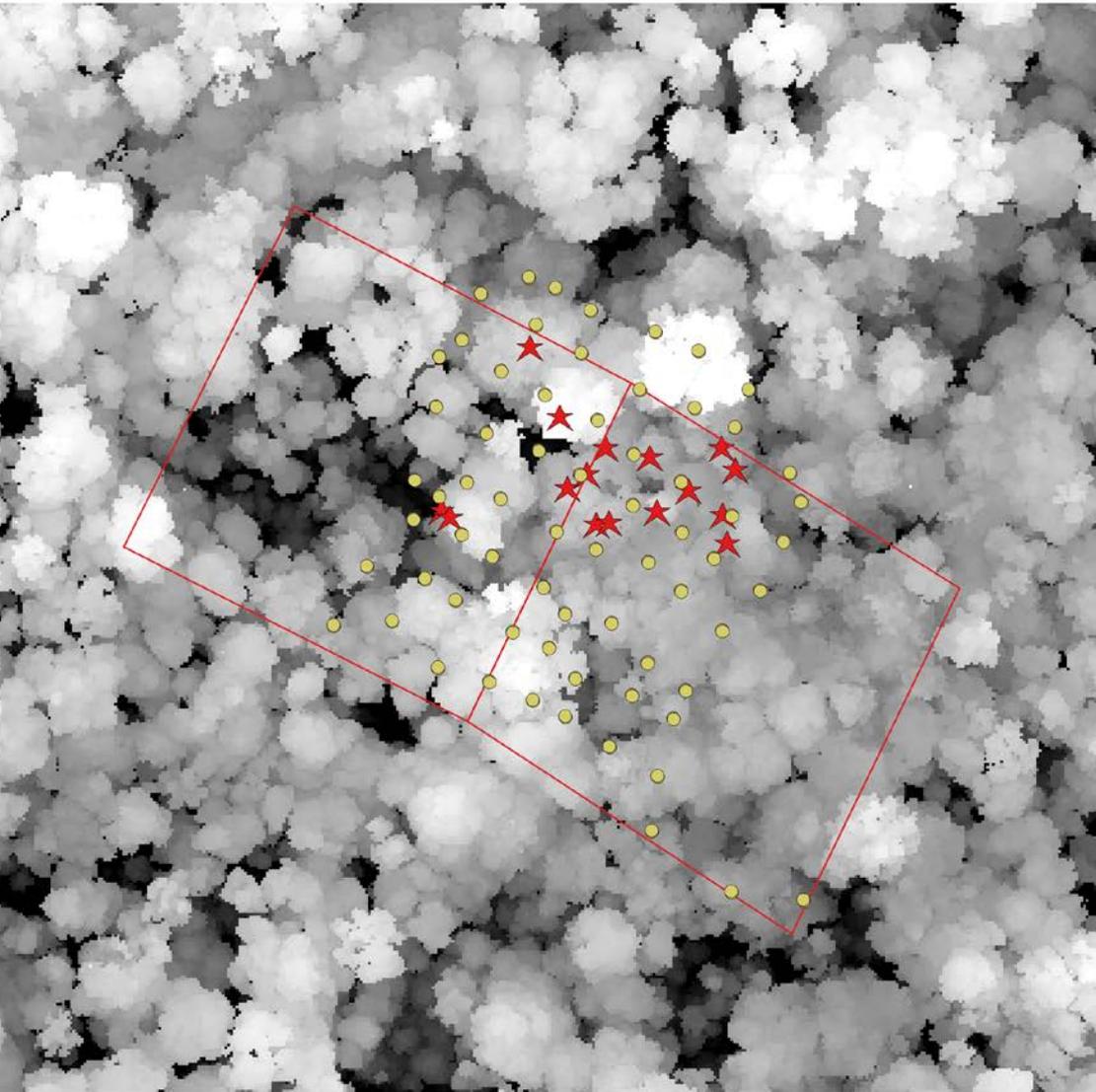
Fond RGB obtenu par retroprojection des premiers retours lidar sur les photos THR puis interpolation bilinéaire (plane) des couleurs RGB (campagne 2015)

Legend

-  INRAP1_original
 -  INRAP9_original
 -  houppiers_labellisés_post-terrain
 -  climbed
 -  houppiers_OK
- retroRGB10cm

Terrain: Mesures TLS

25 0 25 50 75 100 m



INRA P1-P9 (zone Guyaflux)

Plan figurant les positions de scan et les positions (tronc) des arbres ayant été échantillonnés pour déterminer les caractéristiques spectrales du feuillage.

Modèle Numérique de Canopée dérivé de l'acquisition lidar 2015

Legend

- scanPos
- INRAP1_original
- INRAP9_original
- ★ climbed
- MNC50cm
- 8.6064
- 39.609

Terrain: Mesures TLS



SCanPos025; vue partielle ; réflectance décroissante du rouge au vert

Terrain: Mesures TLS



Wakapou

(*Vouacapoua americana*)

- Arbre hors-parcelle (échantillonné pour spectre foliaire)
- Tronc irrégulier caractéristique de l'espèce
- Borne 102 géomètre repérée par une cible marquée d'une croix visible au pied de l'arbre
- Portion de ciel visible (en bleu)

Terrain: campagnes 2014-2016

Guyane
2014

HyperTropik:
Propriétés optiques foliaires +
Tronc + sol

MangWatch / BIOMASS :
Acquisitions TLS

Guyane
2015

HyperTropik:
Propriétés optiques foliaires +
Tronc + sol (Collab. CEBA WILT)

StemLeaf :
Acquisitions TLS et ALS

Brésil 2015

HyperTropik:
Propriétés optiques foliaires +
Tronc + sol

StemLeaf :
Acquisitions TLS

Cameroun
2015-2016

HyperTropik:
Propriétés optiques foliaires +
Tronc + sol

Acquisitions TLS

Guyane
2016

HyperTropik & Leaf ExpeVAL (TOSCA):
Propriétés optiques feuilles, tronc, litière
Acquisitions TLS

Terrain: Valorisation

- Exploitation des données de propriétés optiques foliaires
 - Estimation de la chimie foliaire par inversion de PROSPECT
 - Variabilité spatiale et temporelle des propriétés optiques de certaines espèces courantes dans les forêts guyanaises
- Enrichissement de maquettes 3D pour simulations
 - Intégration des données terrain spectro & structure
 - Mise au point de simulations réalistes
 - Développement d'une plateforme de simulation et d'intégration de données expérimentales

Présentation du projet HYPERTROPIK

HyperTropik (TOSCA):

→ Préparation du volet “végétation” associé aux projets de satellites hyperspectraux HYPXIM (CNES) & Hypex-2 (ESA)

Collecte de données terrain

- 2014: GF (Mangroves)
- 2015-2016: GF, Brésil & Cameroun

Simulations avec modèle de transfert radiatif 3D



HYPXIM

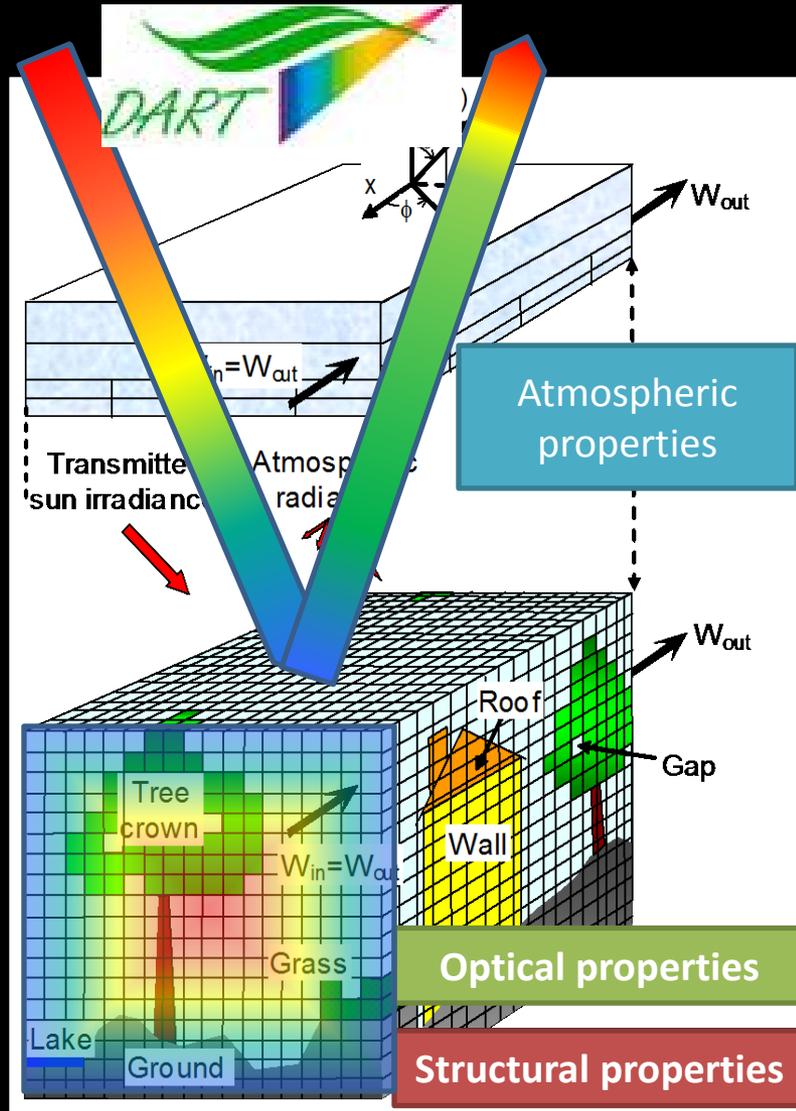
Validation:

Campagnes aéroportées & acquisitions satellite

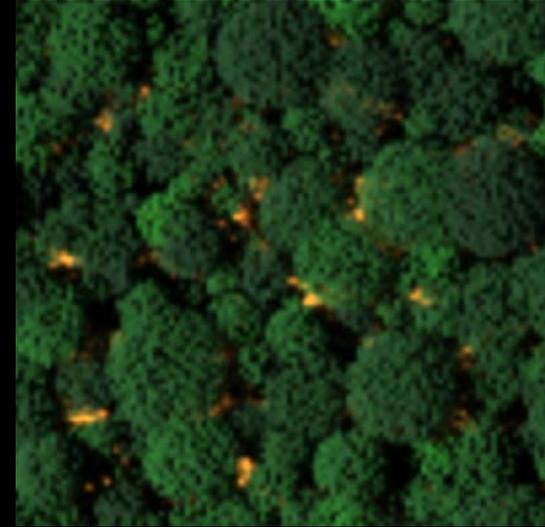
Consolidation specs. & Développements méthodologiques

Simulations avec modèle de transfert radiatif 3D DART

Atm
sol



<http://rami-benchmark.jrc.ec.europa.eu/HTML/RAM12/MODELS/DART/DART.php>



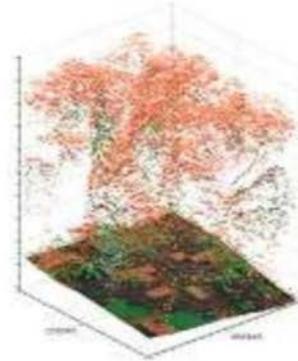
Integration of field data

Validation with airborne acquisitions

Simulations avec modèle de transfert radiatif 3D DART



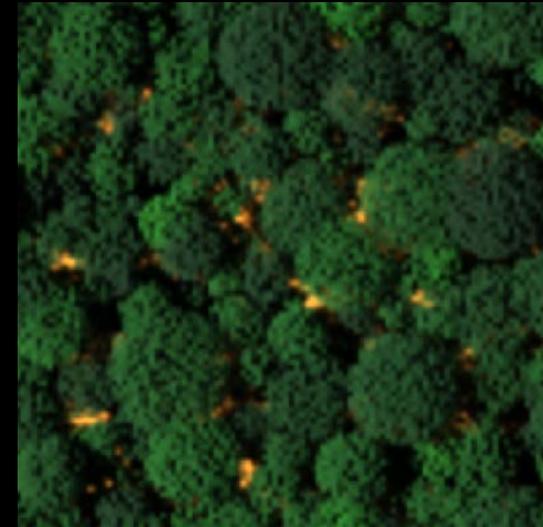
Mise au point de
modèles
géométriques



Voxelisation des
modèles
géométriques



Voxelisation
directe des
données LiDAR



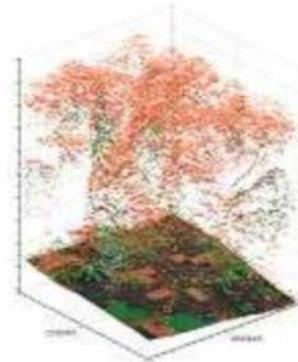
Plateforme de simulation et d'intégration de données expérimentales pour
mise au point d'études de sensibilité



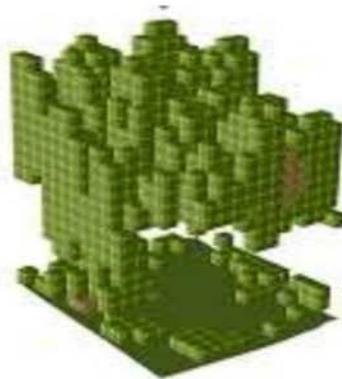
Simulations avec modèle de transfert radiatif 3D DART



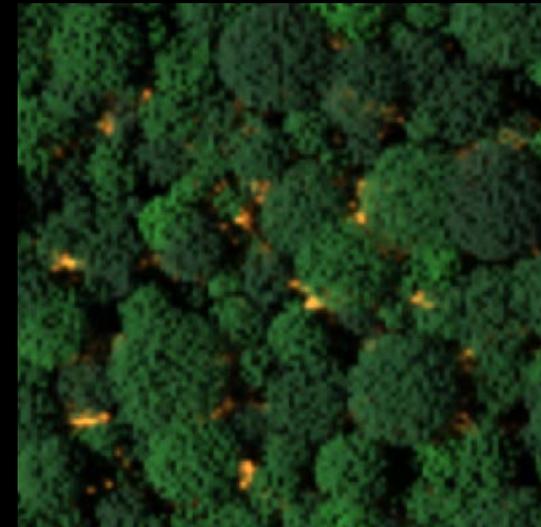
Mise au point de
modèles
géométriques



Voxelisation des
modèles
géométriques



Voxelisation
directe des
données LiDAR



Plateforme de simulation et d'intégration de données expérimentales pour
mise au point d'études de sensibilité

Développement conjoint AMAP – CESBIO – TETIS :

Présentation du projet HYPERTROPIK

HyperTropik (TOSCA):

→ Préparation du volet “végétation” associé aux projets de satellites hyperspectraux HYPXIM (CNES) & Hypex-2 (ESA)

Collecte de données terrain

- 2014: GF (Mangroves)
- 2015-2016: GF, Brésil & Cameroun

Simulations avec modèle de transfert radiatif 3D



HYPXIM

Validation:

Campagnes aéroportées & acquisitions satellite

Consolidation specs. & Développements méthodologiques

Campagne aéroportée

- Campagnes aéroportées

- Acquisition hyperspectrale + LiDAR + THRS Guyane en septembre 2016
- Financement : PASO/CNES
- Mise en œuvre: HyTECH Imaging
- 4 sites: Paracou, Nouragues, Sinnamary, Montagne Tortue
- 2 cameras HYSPEX: VNIR + SWIR
- Résolution au sol du produit final: 2m

Campagne aéroportée

Site de Paracou (~10 km²)



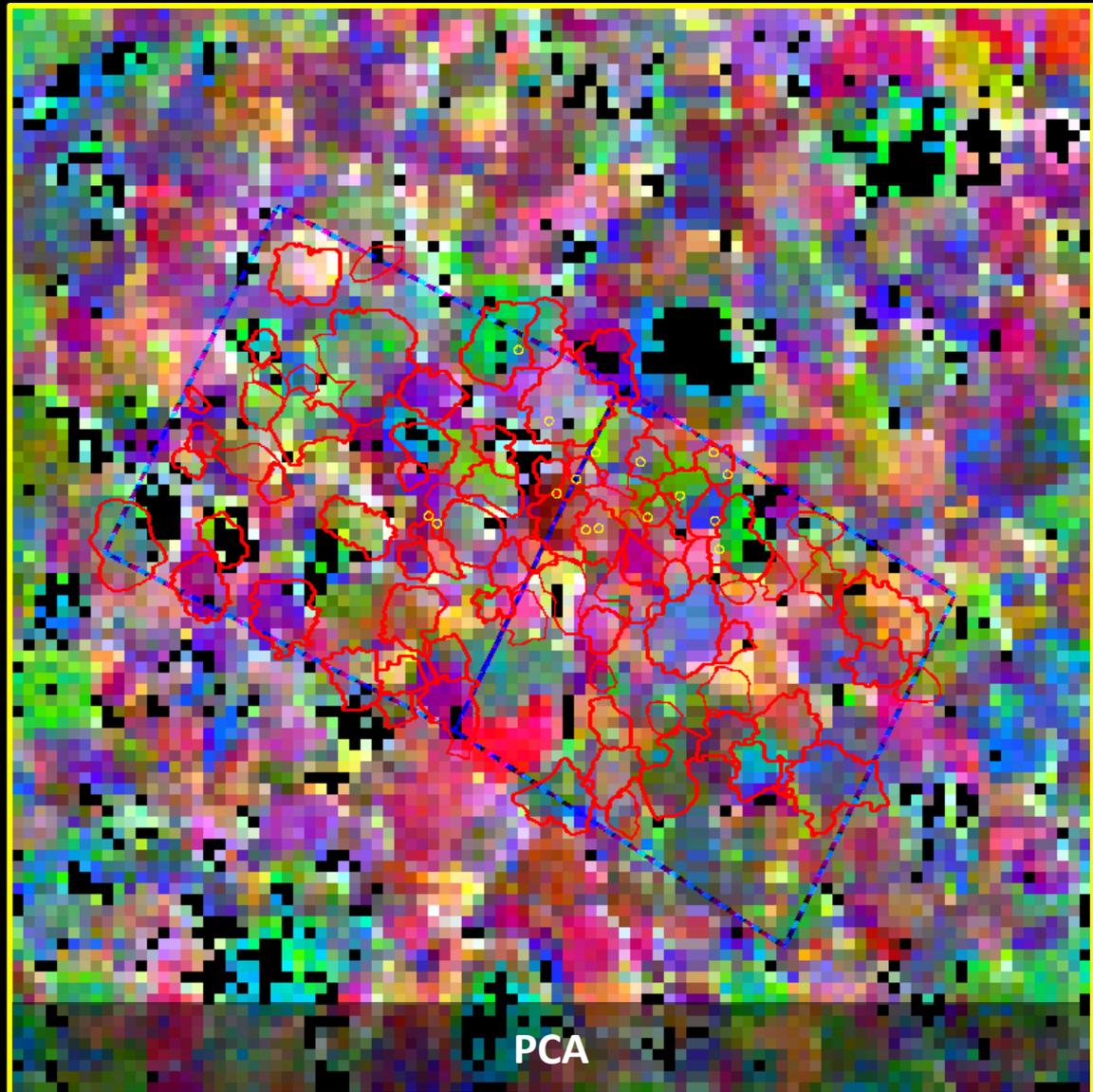
Campagne aéroportée

Site de Paracou (~10 km²)



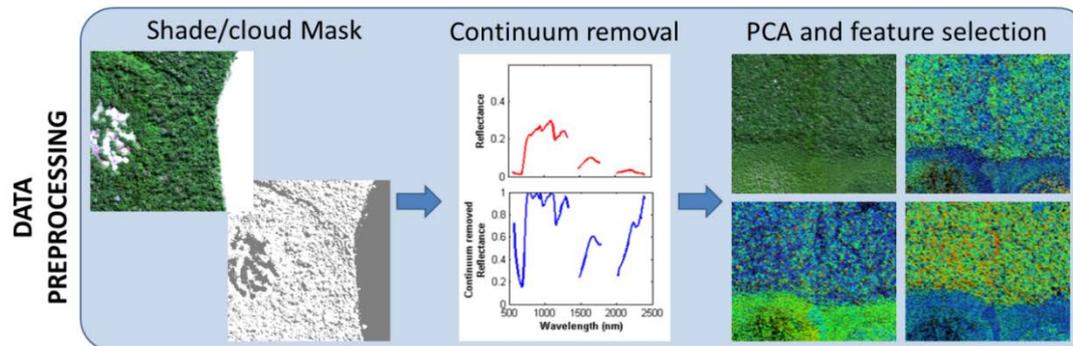
Campagne aéroportée

Site de Paracou (~10 km²)

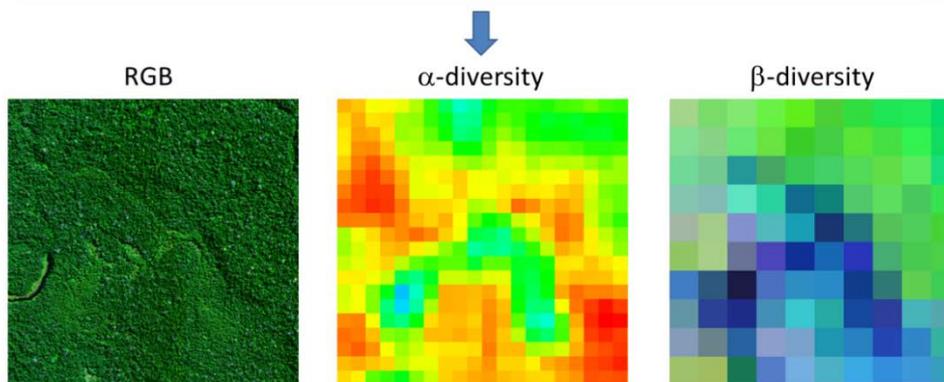
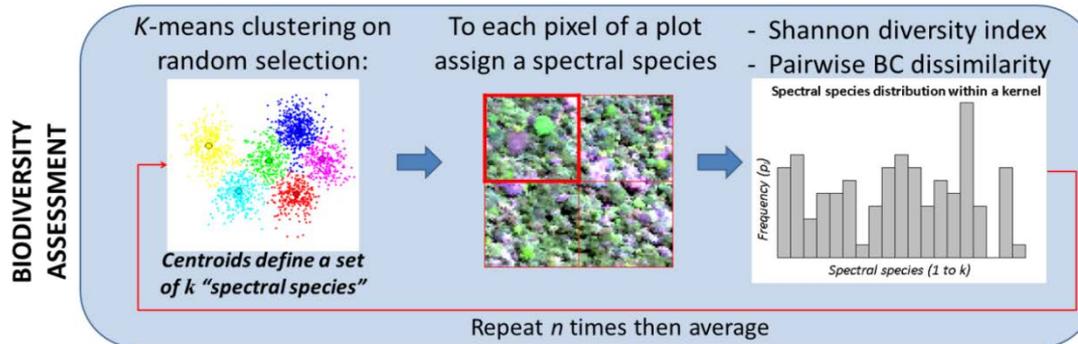


Méthode appliquée pour cartographier la biodiversité à partir d'imagerie hypersepctrale

PREPROCESSING



ESTIMATION of BIODIVERSITY INDICES

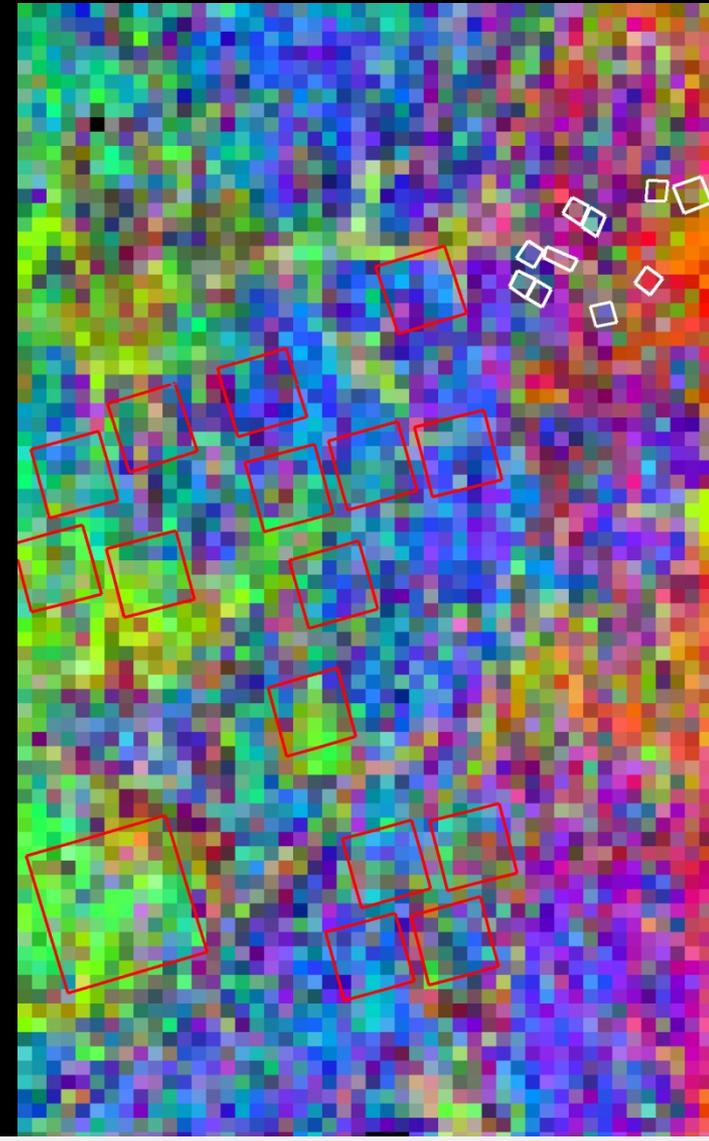


Campagne aéroportée

Site de Paracou (~10 km²): communautés d'espèces



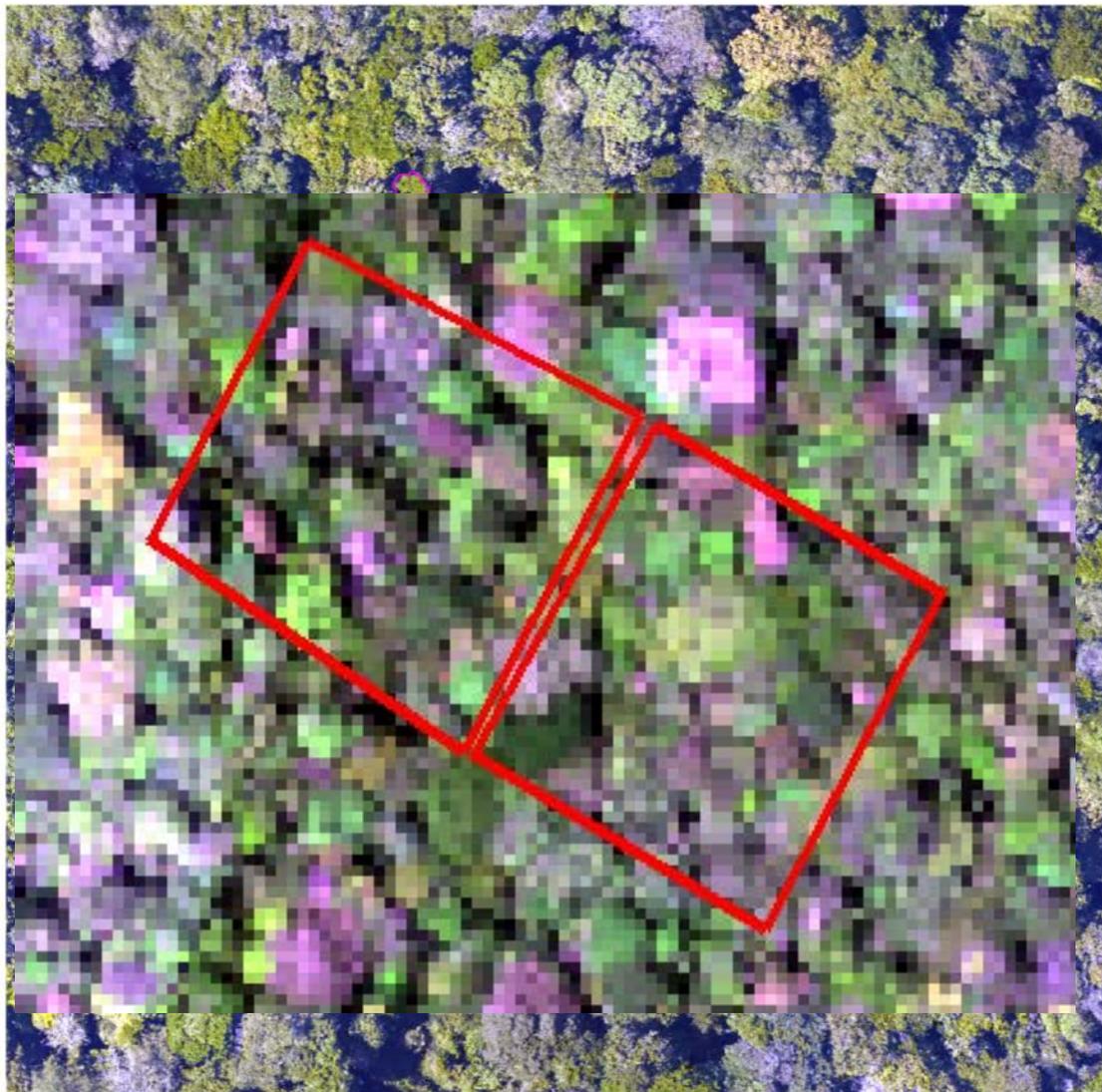
RGB



β -diversité

Campagne aéroportée

Site de Paracou (~10 km²)



INRA P1-P9 (Zone Guyaflux)

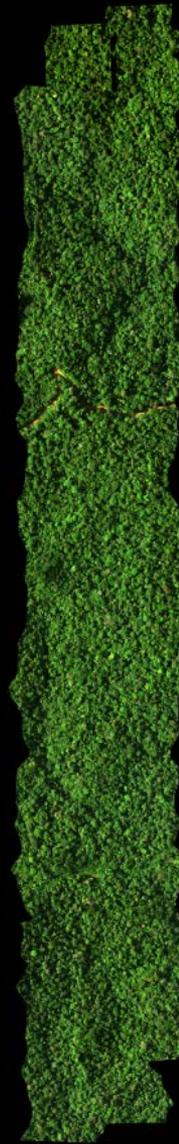
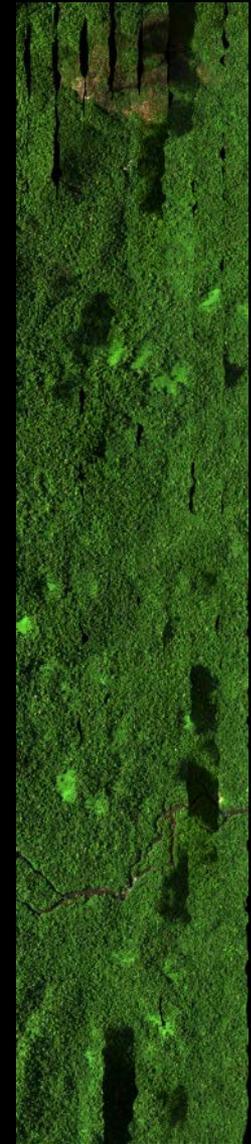
Carte figurant les contours des 85 houpiers labellisés en rouge (correspondance houppier - numéro d'inventaire). Les arbres échantillonnés par les grimpeurs sont repérés par des étoiles (position des troncs)

Fond RGB obtenu par retroprojection des premiers retours lidar sur les photos THR puis interpolation bilinéaire (plane) des couleurs RGB (campagne 2015)

Legend

-  INRAP1_original
 -  INRAP9_original
 -  houpiers_labellisés_post-terrain
 -  climbed
 -  houpiers_OK
- retroRGB10cm

Campagnes aéroportées & acquisitions satellite



Présentation du projet HYPERTROPIK

HyperTropik (TOSCA):

→ Préparation du volet “végétation” du projet de satellite hyperspectral HYPXIM (CNES)

Collecte de données terrain

- 2014: GF (Mangroves)
- 2015-2016: GF, Brésil & Cameroun

Simulations avec modèle de transfert radiatif 3D



HYPXIM

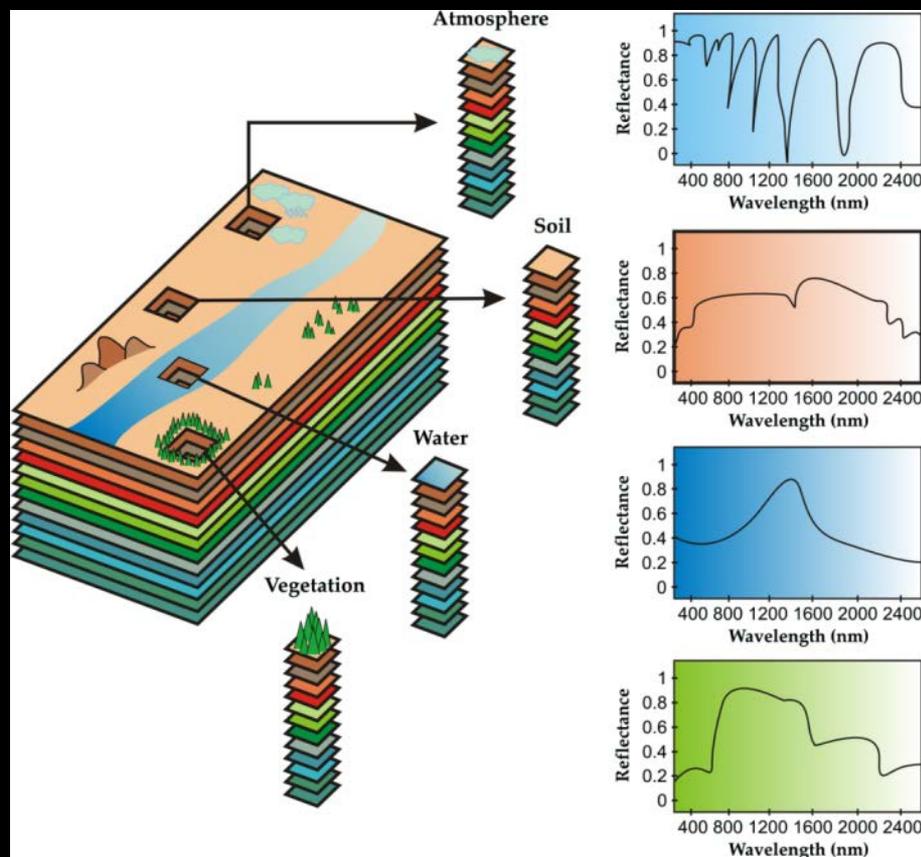
Validation:

Campagnes aéroportées & acquisitions satellite

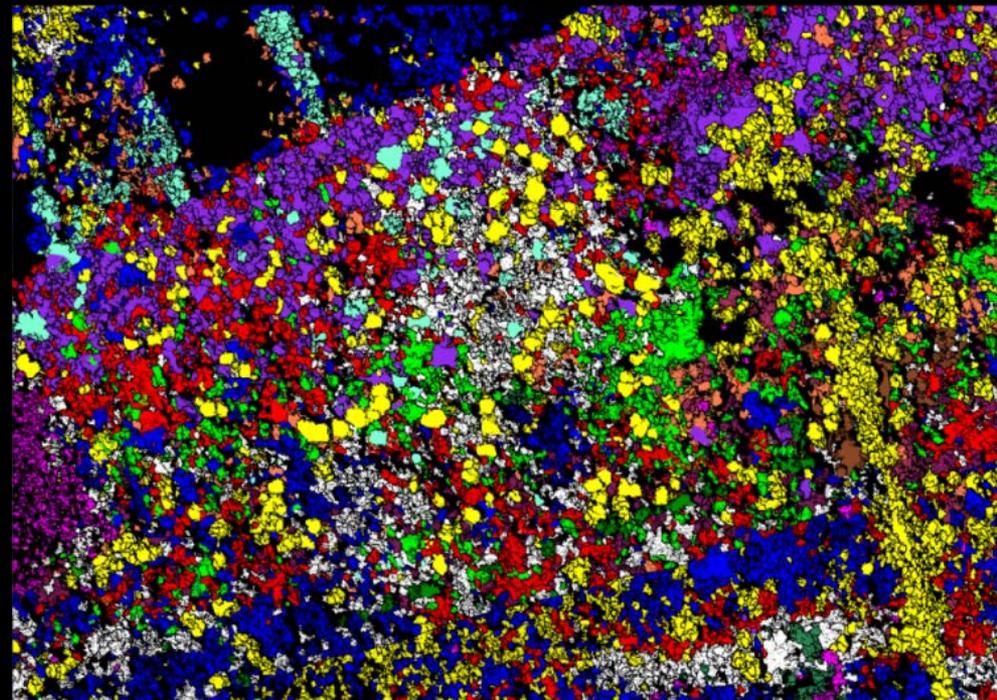
Consolidation specs. & Développements méthodologiques

Développements méthodologiques à venir

Spécifications instrumentales et améliorations méthodologiques nécessaires pour l'estimation des Essential Biodiversity Variables (EBV)
(Pereira et al., 2013)

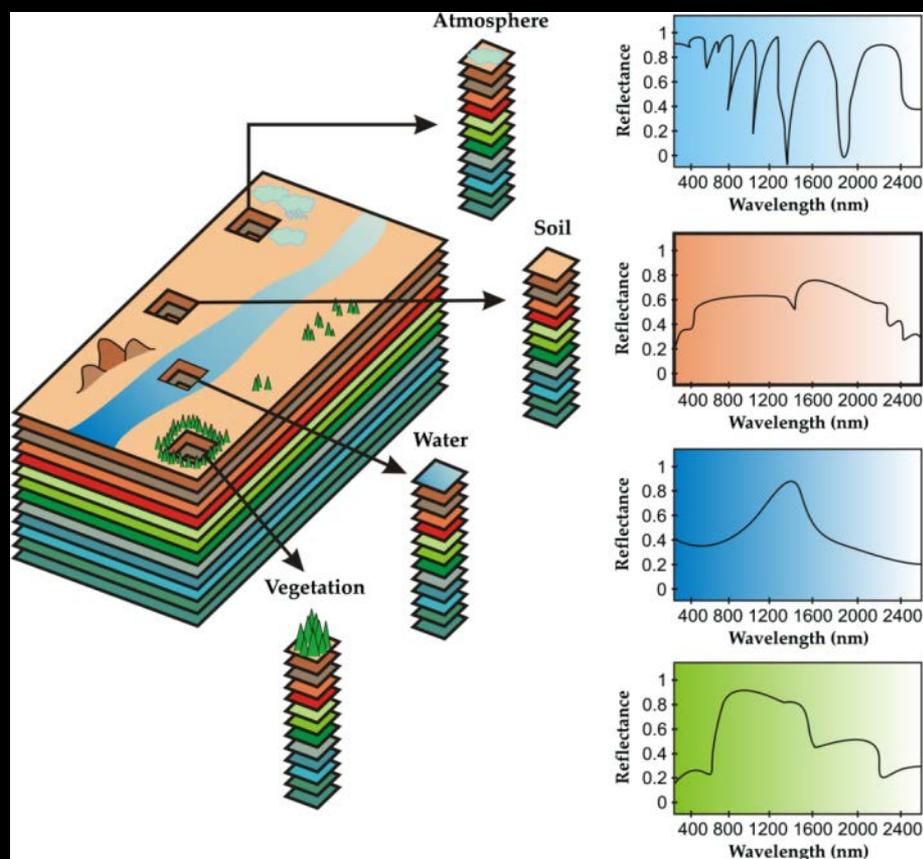


Identification d'espèces d'arbres



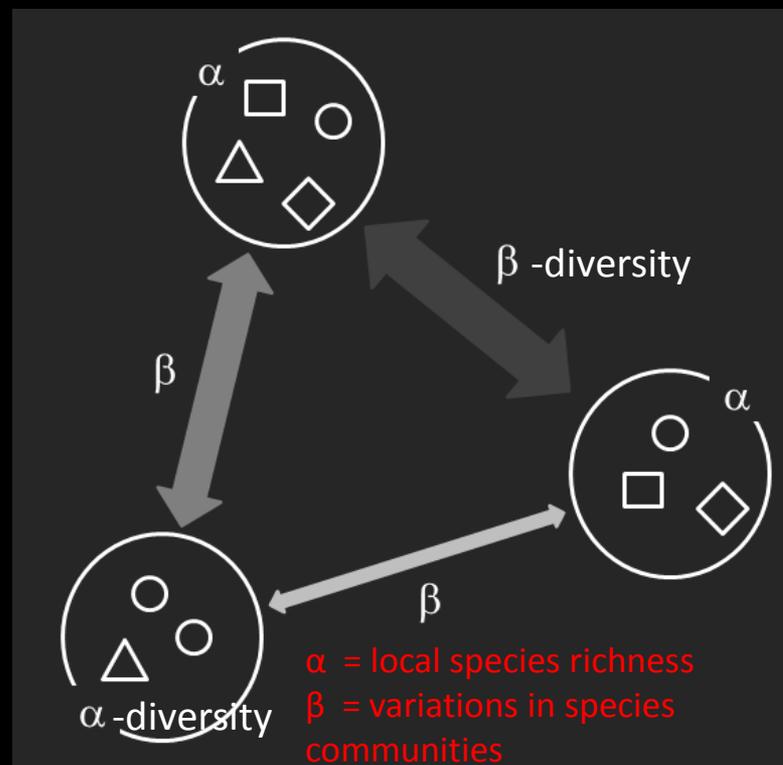
Développements méthodologiques à venir

Spécifications instrumentales et améliorations méthodologiques nécessaires pour l'estimation des Essential Biodiversity Variables (EBV)
(Pereira et al., 2013)



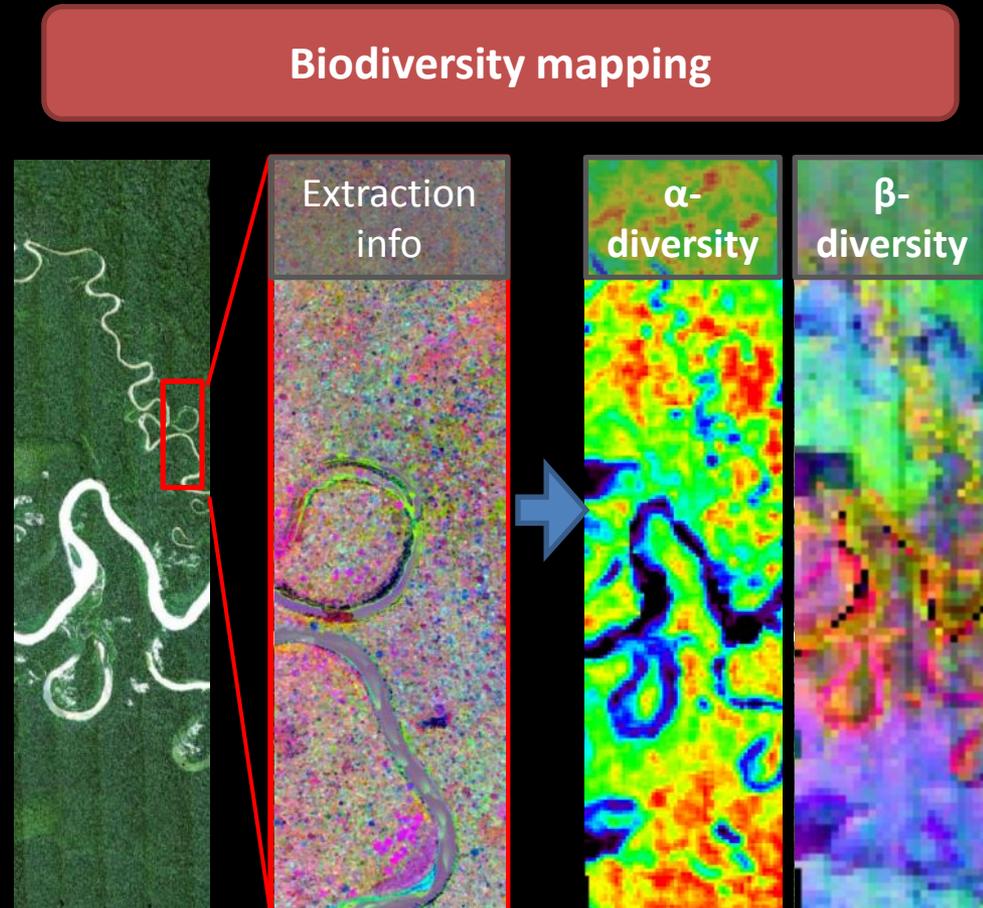
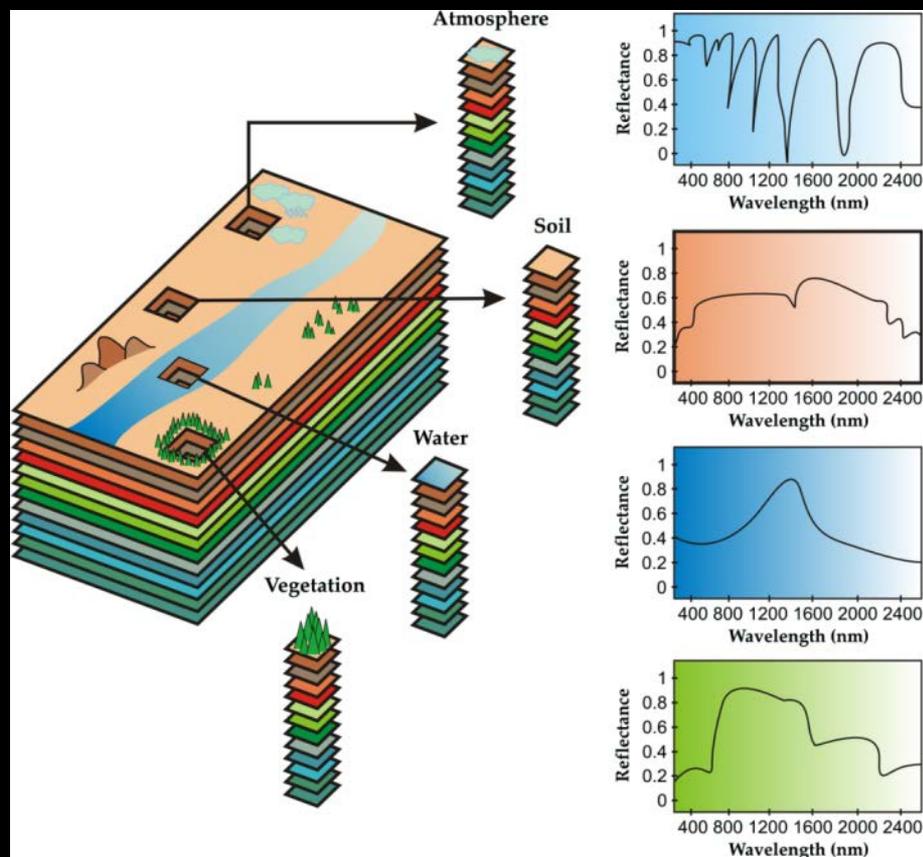
Molero et al., 2012. Anomaly detection based on a parallel kernel RX algorithm for multicore platforms, *J. Appl. Remote Sens.*

Biodiversity mapping



Développements méthodologiques à venir

Spécifications instrumentales et améliorations méthodologiques nécessaires pour l'estimation des Essential Biodiversity Variables (EBV)
(Pereira et al., 2013)



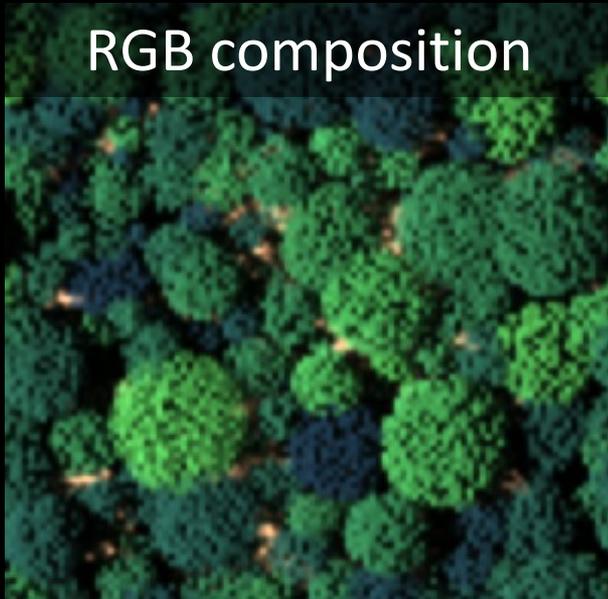
Molero et al., 2012. *Anomaly detection based on a parallel kernel RX algorithm for multicore platforms*, J. Appl. Remote Sens.

Féret & Asner, 2014. *Ecological Applications*

Interprétation physique de l'info extraite des données hyperspectrales

DART simulation

RGB composition

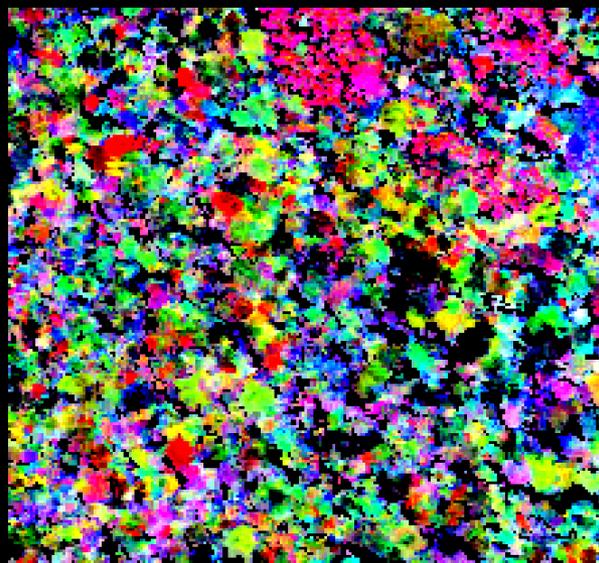


PCA (comp #2, 3, 4)



1 ha,
25 cm
spatial
resolution

CAO data



25 ha,
2 m spatial
resolution

Conclusions

- Données expérimentales en quantité, a valoriser
- Développement d'une plateforme de simulation s'appuyant sur les dernières améliorations de DART
- Emergence de questions a traiter en priorité :
 - Critères de comparaison simulation / expérimental ?
 - Echantillonnage dense pour traiter de la variabilité intra-individuelle
 - Etude des gradients chimiques/structuraux verticaux
- Projet HyperTropik en phase de "digestion"
- Projet HyperBIO (TOSCA): étude de performances hyperspectrales par simulateur de données spatiales (ONERA) et données expérimentales
- Projet Leaf EexpeVAL (TOSCA): préparation LiDAR spatial
- Etude du potentiel des données Sentinel-2

Conclusions

Deux thèses vont démarrer en 2017 et permettront d'avancer les chantiers en cours sur la modélisation et l'exploitation des données hyperspectrales acquises en Guyane:

- **UMR AMAP**: Reconnaissance spécifique et cartographie des arbres de la canopée en forêt tropicale en Guyane française par fusion de données lidar et hyperspectrales appliquées aux besoins de la gestion forestière
- **UMR TETIS**: Apport de la modélisation physique pour la cartographie de la biodiversité tropicale par imagerie satellite Sentinel-2

MERCI !!

