



# 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,
 M.--J. Lefèvre--Fonollosa, G. le Maire, J. Oliveira, M. Pinheiro Ferreira, C. Proisy,
 K. Soudani, G. Vincent

4<sup>eme</sup> colloque du groupe hyperspectral de la SFPT

11-13 Mai, Grenoble

## HyperTropik (TOSCA):

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

- Mise au point d'une plateforme de modélisation de couverts forestiers complexes
- Caractérisation de la biodiversité tropicale par imagerie hyperspectrale
- Consolidation des spécifications instrumentales du projet satellite HPXIM

## 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

<u>Simulations avec modèle de</u> <u>transfert radiatif 3D</u>



HYPER-

#### **Validation:**

Campagnes aéroportées & acquisitions satellite

Consolidation specs. & Développements méthodologiques

## 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

<u>Simulations avec modèle de</u> <u>transfert radiatif 3D</u>



## **HYPXIM**

#### Validation:

Campagnes aéroportées & acquisitions satellite

Consolidation specs. & <u>Développements</u> méthodologiques

# Campagnes terrain: Spectrométrie

- 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

# Campagnes terrain: Spectrométrie

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



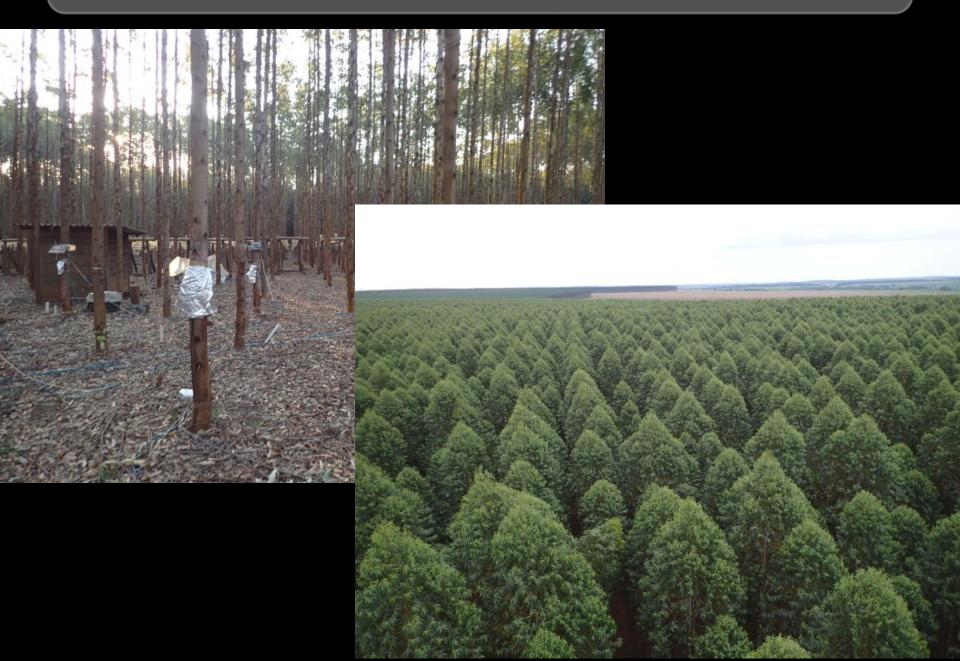
# Campagnes terrain: structure

- Acquisitions de données sur structure de la canopée
  - Acquisitions de données TLS (coordination avec multiples projets)



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

# Campagnes terrain : Exemple Eucalyptus



# Campagnes terrain 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** 

# Campagnes terrain: valorisation

## 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

## HyperTropik (TOSCA):

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

## Collecte de données terrain

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

<u>Simulations avec modèle de</u> <u>transfert radiatif 3D</u>



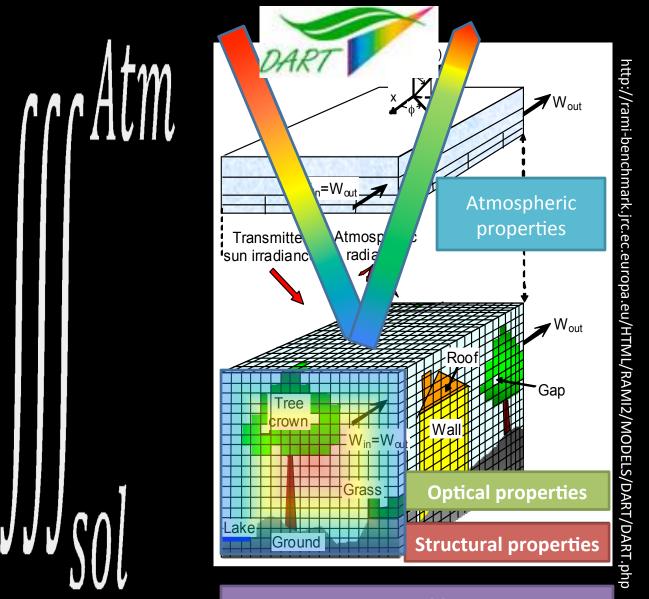
## **HYPXIM**

#### Validation:

Campagnes aéroportées & acquisitions satellite

Consolidation specs. & <u>Développements</u> méthodologiques

# Simulations avec modèle de transfert radiatif 3D



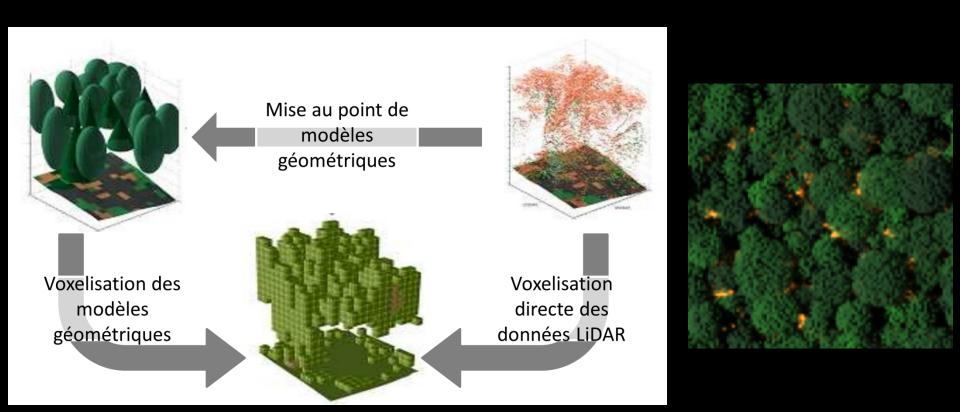




Validation with airborne acquisitions

Integration of field data

## Simulations avec modèle de transfert radiatif 3D



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

## 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

<u>Simulations avec modèle de</u> <u>transfert radiatif 3D</u>



## **HYPXIM**

#### **Validation:**

Campagnes aéroportées & acquisitions satel<u>lite</u>

Consolidation specs. & Développements méthodologiques

# Campagnes aéroportées & acquisitions satellite

## Campagnes aéroportées

- Acqusition hyperspectrale + LiDAR Guyane en cours de programmation financée par le CNES
- Images satellite WorldView2/ WorldView3

•

## HyperTropik (TOSCA):

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

## Collecte de données terrain

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

Camerour

Simulations avec modèle de transfert radiatif 3D



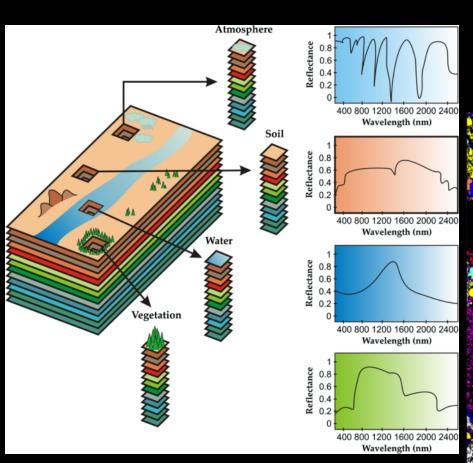
## **HYPXIM**

#### Validation:

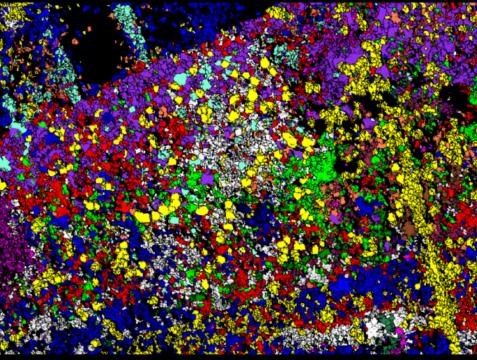
Campagnes aéroportées & acquisitions satellite

Consolidation specs. & <u>Développements</u> <u>méthodologiques</u>

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



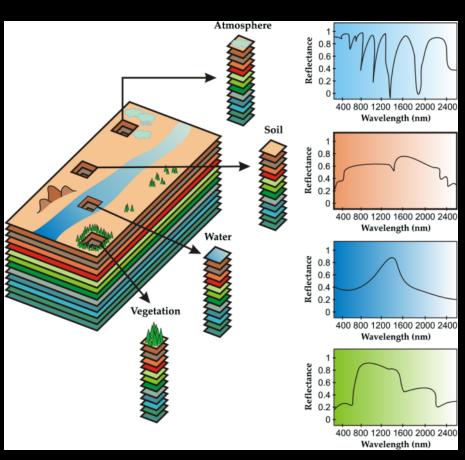
#### Identification d'espèces d'arbres



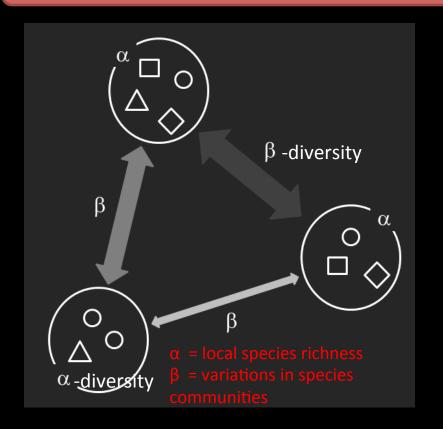
Molero et al., 2012. Anomaly detection based on a parallel kernel RX algorithm for multicore platforms, J. Appl. Remote Sens.

Féret & Asner, 2013. TGRS

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

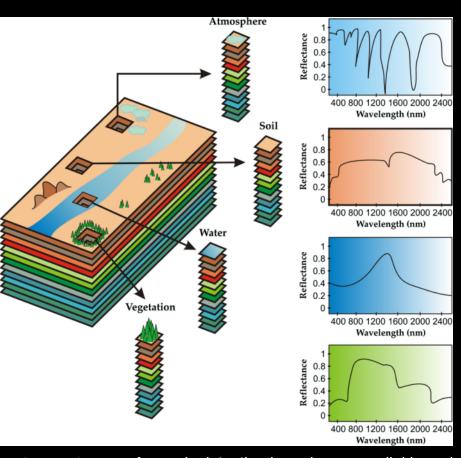


#### **Biodiversity mapping**

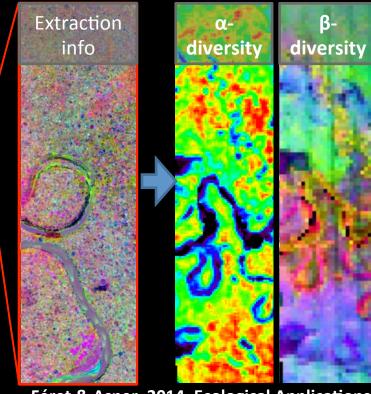


Molero et al., 2012. Anomaly detection based on a parallel kernel RX algorithm for multicore platforms, J. Appl. Remote Sens.

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

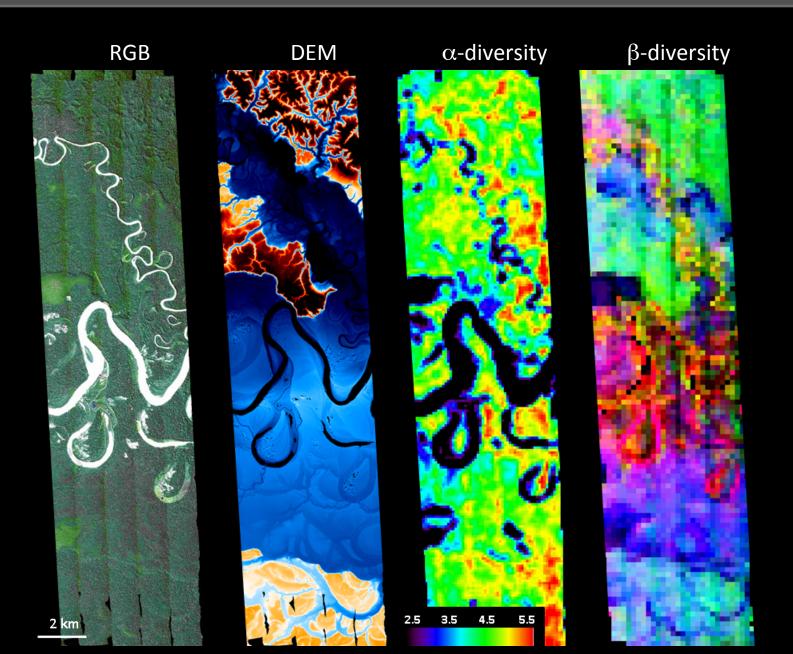


#### **Biodiversity mapping**



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



# Projet HYPERTROPIK

I. Présentation du projet

## II. Résultats

- a. Améliorations des outils de modélisation
- b. Préparation des validations
- c. Mise en place d'un simulateur hyperspectral

III. Perspectives et conclusions

Adaptation de DART pour la simulation d'images hyperspectrales de scènes forestières complexes (tropicales)

- Optimisation du code, des formats d'entree/sortie…
- Amélioration des codes de transfert radiatif atmosphérique
- Prise en compte de configurations d'acquisitions « réelles »
- Parallélisation

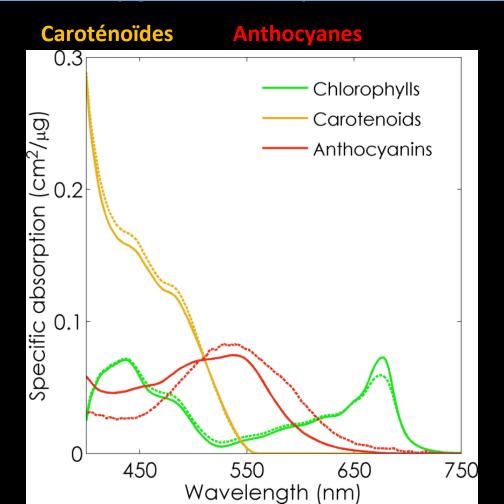
• ...



Mise a jour du modèle propriétés optiques foliaires PROSPECT

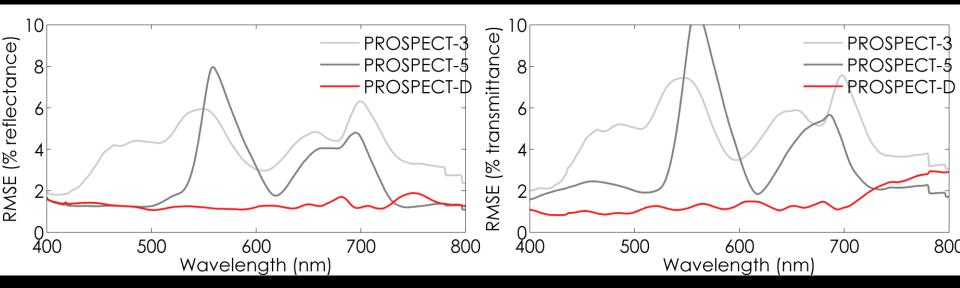
Estimation de la teneur en pigments foliaires par inversion du modèle PROSPECT

Chlorophylle



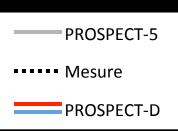
Mise a jour du modèle propriétés optiques foliaires PROSPECT

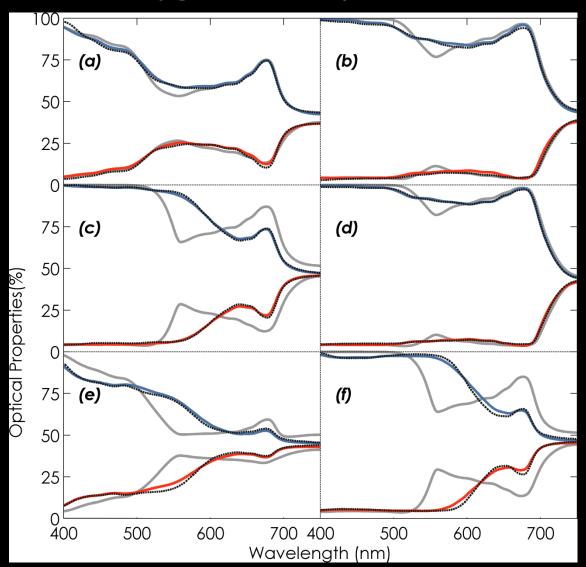
#### Simulation des propriétés optiques foliaires



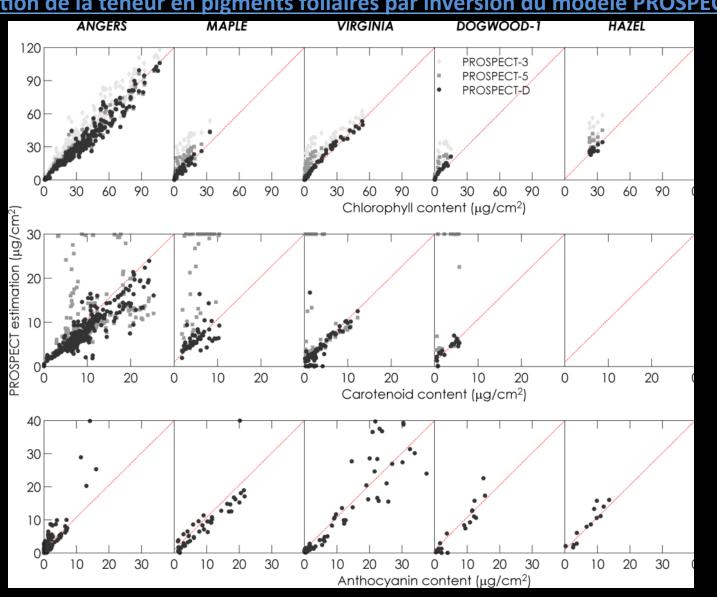
PROSPECT-Dynamic: modeling leaf optical properties through a complete lifecycle J.-B. Féret, A.A. Gitelson, S.D. Noble, S. Jacquemoud, in prep...

#### Estimation de la teneur en pigments foliaires par inversion du modèle PROSPECT





## Estimation de la teneur en pigments foliaires par inversion du modèle PROSPECT



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



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

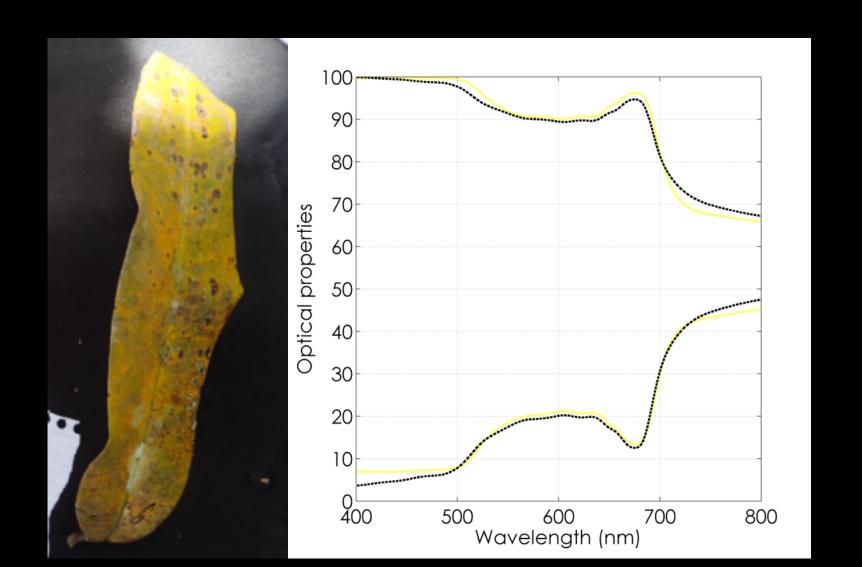
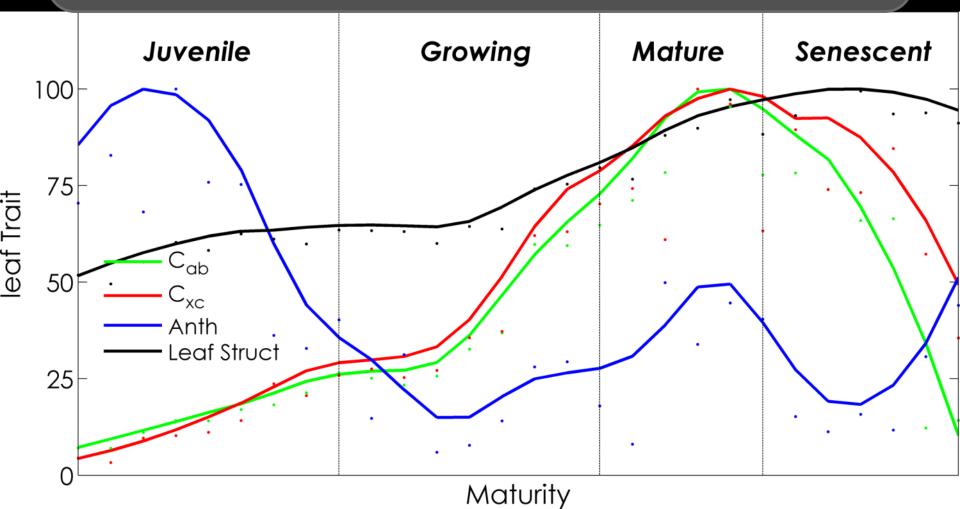
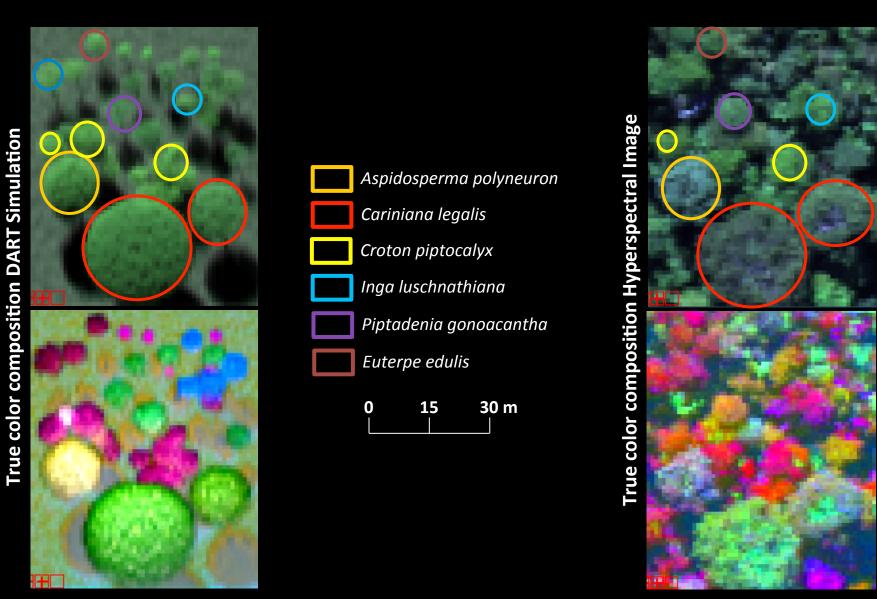


Illustration : modélisation du cycle de vie foliaire du stade juvénile a la senescence



# b. Préparation des validations

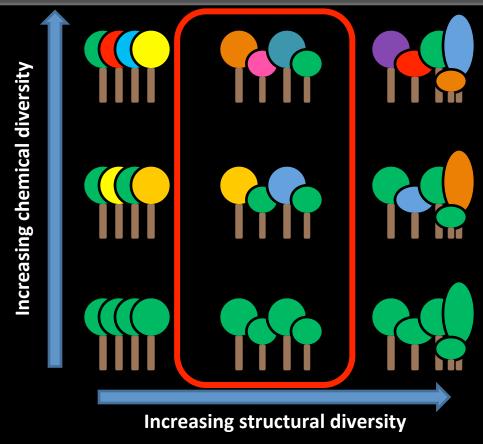


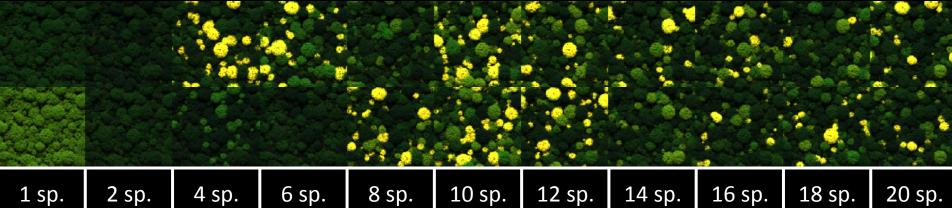
R(PC7) G(PC6) B(PC5)

M. Pinheiro Ferreira et al. (in prep)

R(PC3) G(PC2) B(PC1)

# c. Mise en place d'un simulateur hyperspectral





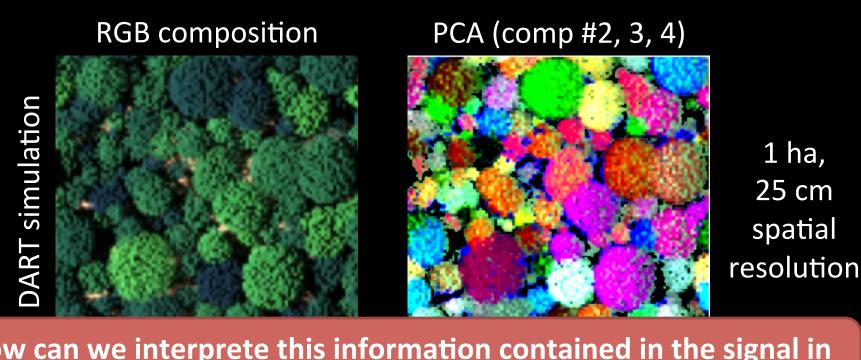
# Projet HYPERTROPIK

I. Présentation du projet

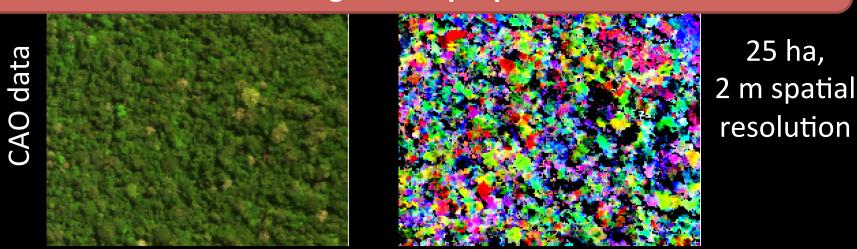
II. Résultats

III. Perspectives et conclusions

# Unraveling spectral characteristics



How can we interprete this information contained in the signal in terms of vegetation properties?



# Bilan des campagnes de collecte de données

#### Mesures terrain:

- Plus de 600 échantillons foliaires mesurés (propriétés optiques + chimie foliaire) sur Paracou + les Nouragues (+ de 1000 en incluant Brésil)
- Plus de 100 espèces différentes
- Intégration dans les simulations DART
  - Plateforme de modélisation pour l'intégration de données expérimentales
  - Couplage avec données TLS
- 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

# Contribuer a mieux définir le potentiel de la télédétection pour relever les nouveaux défis en écologie

GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 33, L06405, doi:10.1029/2005GL025583, 2006

Amazon rainforests green-up with sunlight in dry season

NATURE | LETTER

日本語要約

Didan, Yosio E. Shimabukuro, Piyachat Ratana, . Hutyra,<sup>5</sup> Wenze Yang,<sup>6</sup> Ramakrishna R. Nemani,<sup>7</sup>

Amazon forests maintain consistent canopy structure and greenness during the dry season

Douglas C. Morton, Jyoteshwar Nagol, Claud Palace, Bruce D. Cook, Eric F. Vermote, David

Science 26 Feb 2016:

Leaf development and demography explain photosynthetic seasonality in Amazon evergreen forests

Biogeosciences, 13, 2195-2206, 2016

Amazon forest structure generates diurnal and seasonal variability in light utilization

upe<sup>1,3</sup>, Matthew Hayek<sup>4</sup>, Kenia T. fersen<sup>1,8</sup>, Neill Prohaska<sup>1</sup>, Julia V. Tavares<sup>2</sup>, , Kleber Silva Campos<sup>12</sup>, Rodrigo da Silva<sup>12</sup>, do R. Huete<sup>3</sup>, Bruce W. Nelson<sup>2</sup>, Scott R.

Douglas C. Morton<sup>1</sup>, Jérémy Rubio<sup>1,2</sup>, Bruce D. Cook<sup>1</sup>, Jean-Philippe Gastellu-Etchegorry<sup>2</sup>, Marcos Longo<sup>3</sup>, Hyeungu Choi<sup>1,4</sup>, Maria Hunter<sup>5</sup>, and Michael Keller<sup>3,6</sup>

> → Etude des gradients chimiques/structuraux verticaux au sein de la canopée (en cours)

# Préparation des futures des missions hyperspectrales

- Visibilité réduite sur le lancement des différentes missions hyperspectrales en préparation
- Projet HYPXIM actuellement a l'arrêt, mais activité scientifique maintenue:
  - Contributions scientifiques a une meilleure définition des besoins en termes de caractéristiques instrumentales (sol, urbain, littoral, végétation ...)
  - Améliorations technologiques de l'instrumentation

#### MERCI!!

#### Labex CEBA: J. Chave, I. Marechaux, P. Gaucher, A. Le Guen et al.

With my warmest thanks for the invitation and the great field campaign with WILT team

#### CNES, TOSCA, M.-J. Lefèvre Fonollosa, A. Deschamps

Thank you for the continuous support, and funding of the HyperTropik project. Cette dernière chartreuse était-elle bien raisonnable?

#### Centre d'Etudes spatiales de la BIOsphere

DART developers team: N. Lauret, T. Grégoire, T. Cajgfinger, J. Guilleux

IRD (UMR AMAP), CNRS, CIRAD (UMR ECO&SOL), CNRS ESE ORSAY (D. Berveiller, G. Hmimina), tree climbers (V. Alt, S. Counil)

#### **Carnegie Institution for Science**

Field coordinators and workers: F. Sinca Cansino, R. Tupayachi and their team

CAO flight crew and scientific team: G. P. Asner, C. Anderson, C. Baldeck, T. Kennedy

Bowdoin, D. Knapp, R. Martin & the pilots

The Carnegie Airborne Observatory is made possible by the Avatar Alliance Foundation, Grantham Foundation for the Protection of the Environment, Gordon and Betty Moore Foundation, the John D. and Catherine T. MacArthur Foundation, W. M. Keck Foundation, the Margaret A. Cargill Foundation, Mary Anne Nyburg Baker and G. Leonard Baker Jr., and William R. Hearst III.

# Identification des caractérisations à reproduire

- Echantillonnage dense au sein d'un groupe restreint d'individus émergents
  - → Nécessite une stratégie pour les mesures de propriétés optiques HF
- Campagne de mesure plus systématique en forêt de mangrove ?
  - → Protocole diffèrent de celui suivi en 2015 (spectro portable, ...)
- El Niño
  - → Variation des propriétés optiques acquises antérieurement à El Nino ?

## Conclusion

- Quantité de données très importante a traiter (moyens humains limités)
- Haute valorisation des jeux de données collectés
- Des pistes ont été identifiées pour améliorer la fréquence d'échantillonnage

# Conclusion

- Démarrage des études de sensibilité
- Beaucoup de données collectées a traiter