

Recent scientific developments to support a future French hyperspectral space mission.



[retour sur innovation](#)

Milieux côtiers (hors R&T Chimere Milieux côtiers)

Végétation

Sols nus

Milieux urbains

Conclusion

Cartographie de la composition de l'eau, de la bathymétrie et de la composition des fonds aquatiques : APR HYPOLAC

Consortium : A. Minghelli U. Toulon (LIS), M. Chami UPMC (LATMOS), M. Guillaume ECM (Institut Fresnel) et partenaires C. Perrenou (Tour du Valat/ Parc Régional de Camargue), M. Peirache (Ministère en charge de l'Ecologie)



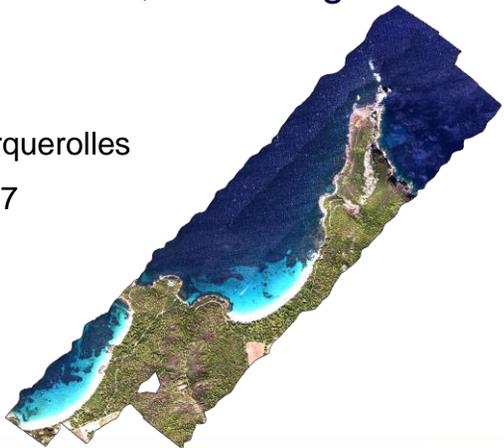
Objectif : Optimiser les paramètres d'un capteur satellitaire pour cartographier les fonds en zones côtières et en eaux continentales

Méthode : Simulation d'images satellite à partir d'images hyperspectrales aériennes; inversion pour cartographier les fonds; évaluation des résultats

Sites : Porquerolles et Camargue

Etude de 3 ans, démarrage en 2019

Image à Porquerolles
13 Sept 2017



Zone couverte en Camargue

1 juillet 2019

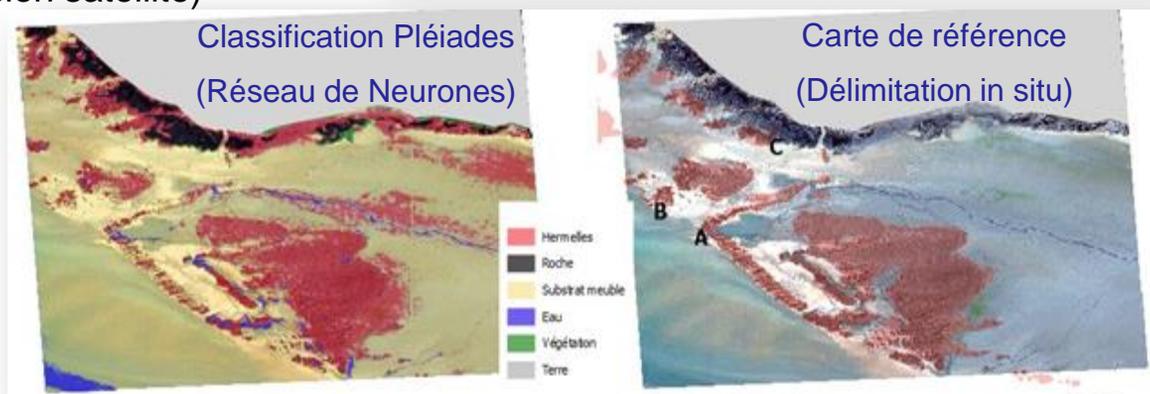
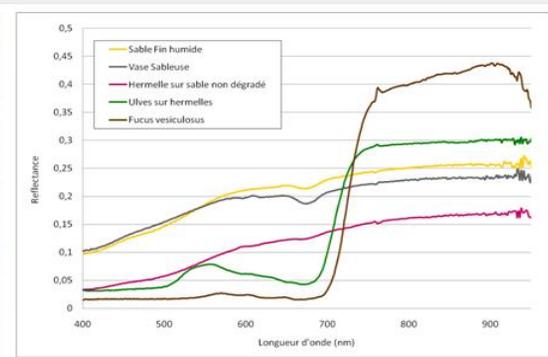
Consortium : (T. Bajjouk, S. Dubois, C. Jauzen) IFREMER, ONERA (X. Briottet, Y. Boucher), IMT-ATLANTIQUE (L. Drumetz), GIPSA-Lab (M. Dalla Maura)

Objectif : Evaluer le potentiel de l'Imagerie Hyperspectrale pour :

- ☀ discriminer les bio-constructions d'hermelles et les épibiontes associées aux récifs
- ☀ fournir un indice fonctionnel des bioconstructions
- ☀ utiliser le signal hyperspectral comme une composante dans la définition d'un état écologique à large échelle.

Méthode : Approche multi-Echelle (*in situ*, drone, aéroporté et simulation mission satellite)

Résultats préliminaires



Baie du Mont Saint Michel 2018-2019

Consortium : M. Guillaume ECM (Institut Fresnel) , A. Minghelli U. Toulon (LIS), M. Chami UPMC (LATMOS), Y. Deville U. Toulouse 3 (IRAP), B. Lafrance, X. Lenot (CS-SI), post-doctorant S. Jay (I. Fresnel), expert associé X. Briottet (ONERA DOTA)

Travail réalisé :

Estimation de paramètres de l'eau (Chl, CDOM, MES) avec variabilité des spectres du fond

Calcul de bornes d'erreur théoriques pour l'estimation des paramètres

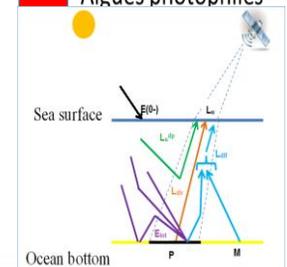
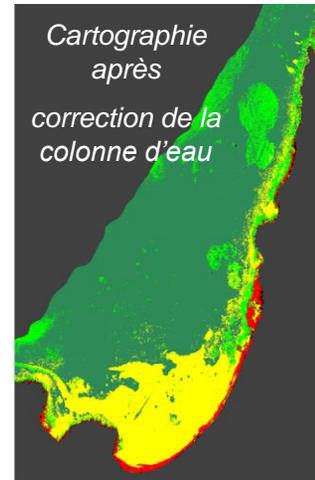
Campagne de données Porquerolles 2017 : images (Hytech Imaging), spectres et composition de l'eau, validation Vortex (Ifremer)

Cartographie des fonds de la zone côtière de Porquerolles (*Caulerpa Taxifolia*)

Simulations OSOAA et modèle avancé de transfert radiatif dans la colonne d'eau (effets d'adjacence)

Démélange des fonds marins avec effets d'adjacence

Démélange aveugle avec variabilité des spectres

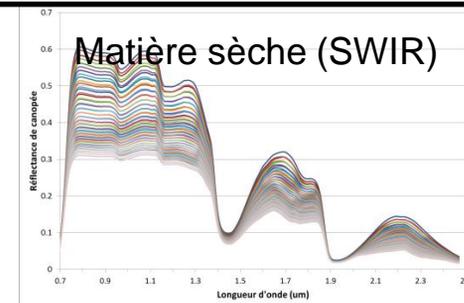
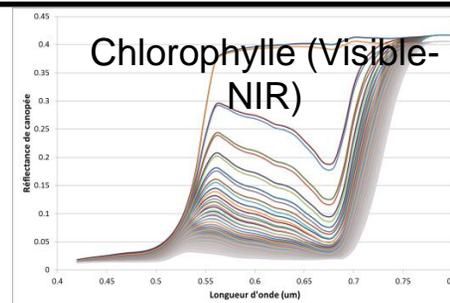
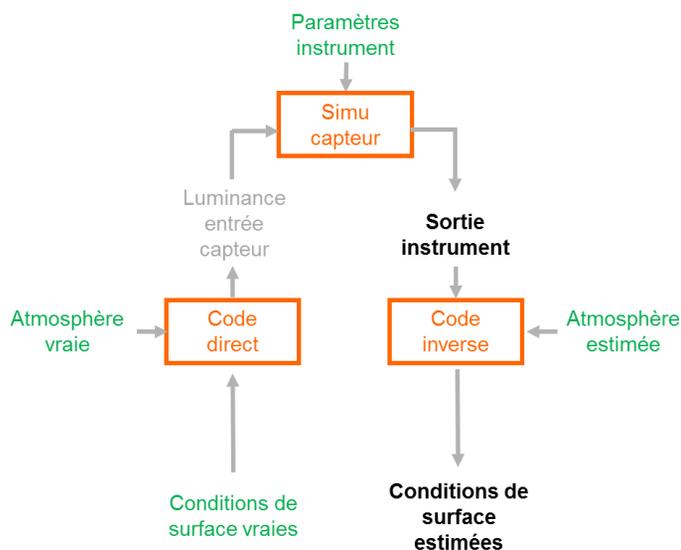


Participants: K. Adeline, L. Poutier, X. Briottet (ONERA DOTA)

Objectif: prédimensionnement (SNR, résolution spectrale et domaine spectral) pour une mission hyperspectrale (col. EDB Singapour) - applications duales

Étape 1: simulation end-to-end de scénarios types avec les outils Comanche/Cochise (Miesch et al., 2002)

Étape 2: estimation des variables par inversion du modèle PROSAIL entre une base de mesures de l'étape 1 et une base simulée avec des pas de variation plus fins pour les variables



Recommandations:

- Domaine spectral utile : 0,4 – 2,5µm
- Résolution spectrale 10/15nm
- Bruit instrumental : SNR > 100
- Performances meilleures en utilisant des intervalles spectraux que des indices de végétation
- Climat tropical avec feux de biomasse: NOK pour la chlorophylle

Caractérisation des forêts tropicales : APR HyperTropik

Consortium : JB Feret (IRSTEA), JP Gastellu (CESBIO), N. Barbier (IRD), G. Le Maire (CIRAD), K. Soudani (Univ. Paris Sud)

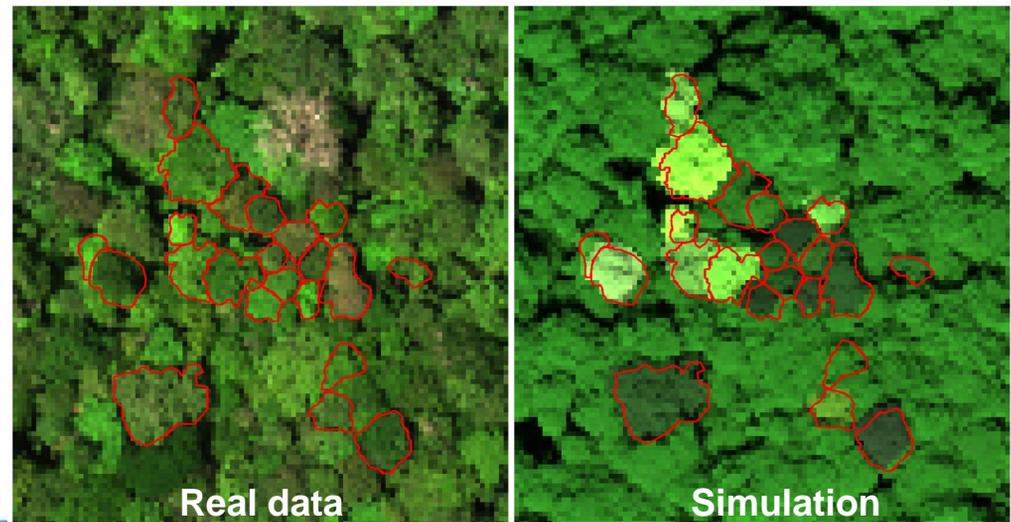
Objectif : développer les outils modélisation et de simulation d'imagerie hyperspectrale adaptés à l'étude de la biodiversité des espèces en milieu tropical, afin de consolider les besoins de la mission HYPXIM

Méthode :

- Collection des données nécessaires pour DART
- Simulation DART sur une forêt tropicale (Guyane)
- Validation avec une campagne aéroportée

Simulation d'acquisitions hyperspectrales aéroportées de forêt tropicale

- Maquette 3D : lidar aéroporté:
- Spectroradiomètre terrain : Propriétés optiques des feuilles



Étude des forêts méditerranéennes: APR et thèse

Participants: K. Adeline, T. Miraglio, X. Briottet (ONERA), S. Ustin (CSTARS), JP Gastellu (CESBIO)

APR HyperMED (2019-2021):

- “Species traits assessment to monitor tree health condition over MEDiterranean forests ecosystems for a Hyperspectral imager” (Mission spatiales hyperspectrales **CHIMERE** et **HypSPIRI**)

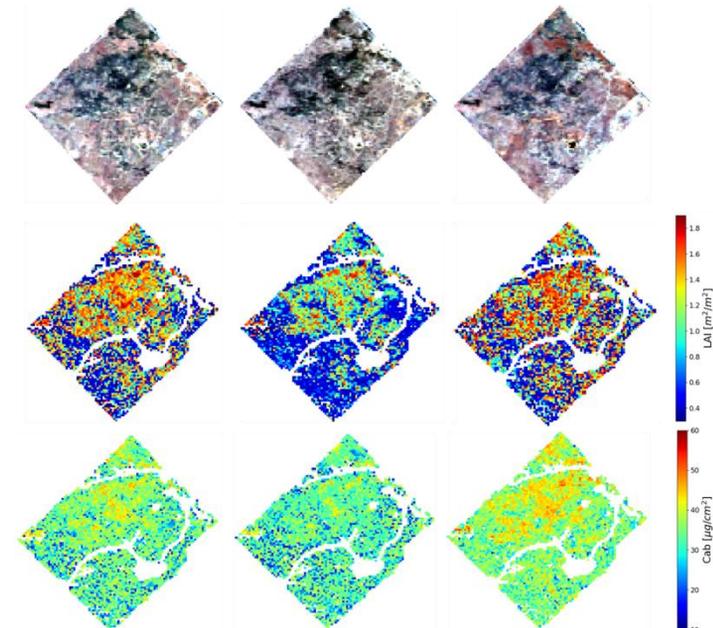
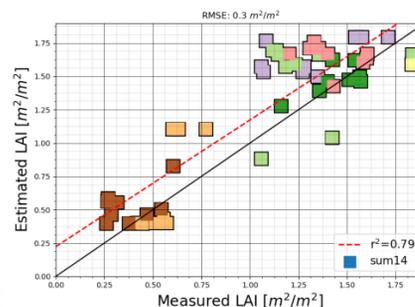
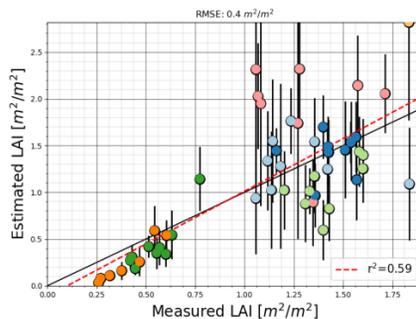
Thèse ONERA-Région Occitanie:

- “Suivi de la résilience du patrimoine arboré méditerranéen par télédétection hyperspectrale”



Méthodes d'inversion par LUT avec le modèle DART
Estimation de variables biophysico-chimiques (CC, LAI, CAB, CAR, EWT, LMA)
Suivi pluri-annuel et saisonnier
Résilience dans un contexte de sécheresse

Validation des estimations du LAI à 2m de résolution spatiale (AVIRIS-NG, gauche) et 18m (AVIRIS-C, droite)



Été 2013 Automne 2013 Été 2014

Discrimination des espèces forestières : thèse, APR

Participants: S. Fabre, T. Erudel, X. Briottet (ONERA), D. Sheeren, T. Erudel (ENSAT), JB Feret (IRSTEA); T. Houet (GEODE, COSTEL)

Thèse Labex DRIIHM

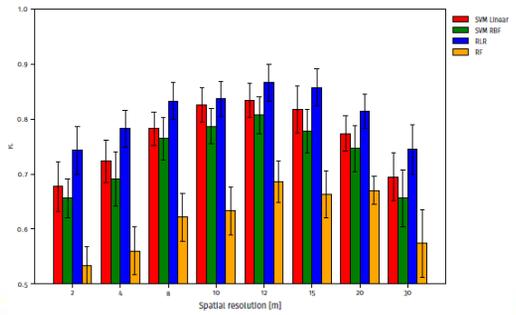


- « Caractérisation de la biodiversité végétale en milieu montagnard par télédétection : apport des données aéroportées à très haute résolution spatiale et spectrale »

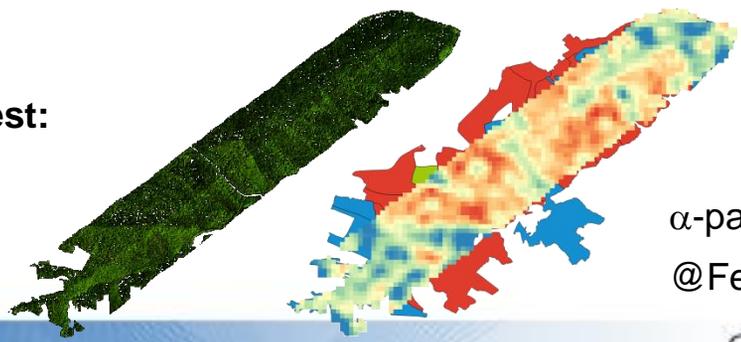
APR HyperBIO :



- Méthode :**
 - tester l'influence des conditions instrumentales et environnementales sur une série d'indicateurs de végétation
 - Discrimination entre espèces d'arbres/peuplements
 - Cartographie des composantes α et β de la biodiversité
- Données :** Hypspx (NEO) acquises sur la forêt de Fabas simulées TOA



Temperate forest:
Fabas



α -parameter
@Feret, 2019

Cartographie de la pollution des sols (TOTAL, APR, Thèse)



Objectif : Recherche d'indicateurs en lien avec la présence de polluants en zone végétalisée

Données : HS aéroportées, MS satellitaires (S2, Landsat) et futurs satellites

Deux cas d'application :

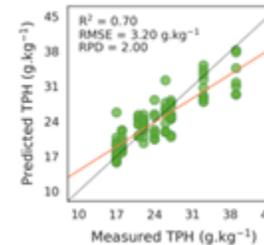
- Détection / quantification des hydrocarbures (HC) (thèse de G. Lassalle en collaboration **Onera-Total-Ecolab**, soutenance en octobre 2019)

Image HS



Détection d'une friche industrielle

Quantification
→
Lien pigments foliaires et HC (1)

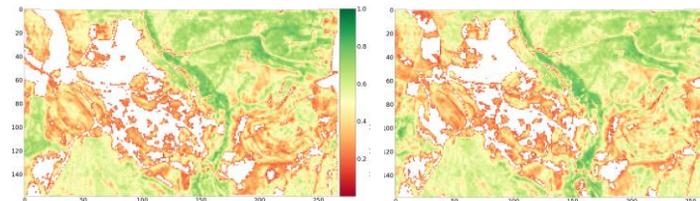


Comparaison taux HC estimés et mesurés sur le terrain

- Suivi de la pollution des sols après revégétalisation d'un ancien site de traitement de minerais (**TOSCA Compost**, collaboration Onera-Ecolab, support BRGM)

ARVI 05/2016

ARVI 05/2018



Traitement de données multi-temporelles SS2 – Détection de changement appliquée à des indices de végétation (stage en cours)

(1) Lassalle, G.; Fabre, S.; Credo, A.; Hédacq, R.; Bertoni, G.; Dubucq, D.; Elger, A. Application of PROSPECT for Estimating Total Petroleum Hydrocarbons in Contaminated Soils from Leaf Optical Properties. J. Hazard. Mater. 2019, 377, 409–417.

Correction atmosphérique et classification en milieu urbain : ANR HYEP, APR

Participants: X. Briottet, L. Poutier, X. Ceamanos (ONERA), G. Roussel (LIVE), C. Weber (LIVE/TETIS)

Quelle correction atmosphérique?

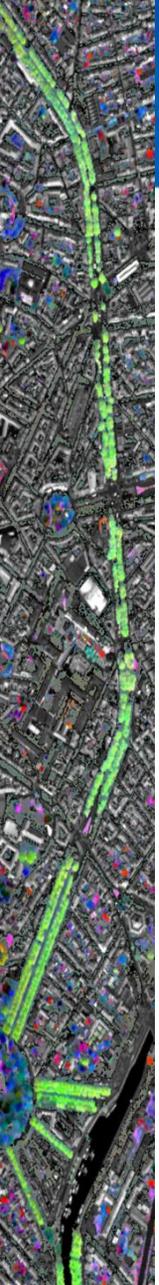
- **Méthode** : Comparaison de 3 méthodes (Cochise – Miesch et al.2005, ICARE, Lachérade et al.2008, Empirique, Chen et al., 2013) appliqués sur des images de Toulouse synthétisées à plusieurs résolutions spatiales : 2m, 4m, 8 m, 10 m
- **Données** : images aéroportées de Toulouse acquise avec Hypspx (NEO) ,0.4 – 2.5 μm
- **Résultat** : à 8 m, une hypothèse sol plat ne dégrade pas les résultats de classification par rapport à des méthodes de corrections atmosphériques plus précises

Apport de l'imagerie hyperspectrale par rapport à Pléiades et S2 pour la classification des milieux urbains?

- **Méthode** : Comparaison des résultats de classification supervisée (SVM) à iso-résolution spatiale avec les configurations spectrales Pléiades, S2 et HYPXIM puis avec leurs résolutions spatiales nominales (2 m pour Pléiades, 8 m pour HYPXIM et 10 m pour S2)
- **Données** : images aéroportées de Toulouse acquises avec Hypspx (NEO) ,0.4 – 2.5 μm
- **Résultats** :
 - A iso-résolution spatiale, apport significatif du SWIR
 - A résolutions nominales, Pléiades et HYPXIM ont des performances de classification équivalentes mais des faux positifs différents (complémentarité)



Guillaume Roussel, Christiane Weber, Xavier Briottet & Xavier Ceamanos, Comparison of two atmospheric correction methods for the classification of spaceborne urban hyperspectral data depending on the spatial resolution, IJRS, Volume 39, 2018 - Issue 5, Pages 1593-1614, Published online: 01 Dec 2017, <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1410247>



Issue Improving the classification of urban tree diversity from Very High Spatial Resolution hyperspectral images: comparison of multiples techniques (among others related urban vegetation issues)

Lab : LETG-Rennes UMR 6554

Method: Use and comparison of conventional classification / reductional / training methods

Main results

- Influence of training methods on overall accuracy is greater than any others
 - 14 tree species can be discriminate with an OA of 78%
 - VHRS hyperspectral imagery (190 bands / 4 meters) is the best spatial / spectral compromise (vs. 492 bands / 2m or 8m) for urban (vegetation) applications
- 

Prospect:

- High potential of satellite-based VHRS IHS images to produce time series
- Exploring deep-learning methods

Brabant C., Alvarez-Vanhard E., Laribi A., Morin G., Thanh Nguyen K, Thomas A., Houet T. (2019) Comparison of hyperspectral techniques for urban tree diversity classification, *Remote Sensing*, <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/11/1269>

Conclusions

Domaine spectral: 0.4 – 2.5 μm

Résolution spatiale : 4 à 15 m suivant les milieux étudiés

- Evaluer l'apport des méthodes de fusion panchromatique
- Apport des méthodes de démixage

Résolution spectrale et résolution radiométrique : nécessite des développements complémentaires afin de trouver le meilleur compromis pour une résolution spatiale de 8 m