

# Cartographie d'habitats en zone de petits fonds par imagerie hyperspectrale

**Marc LENNON, Guillaume SICOT, Nicolas THOMAS,  
Jean-Pascal Quod, Jean-Benoît Nicet,**

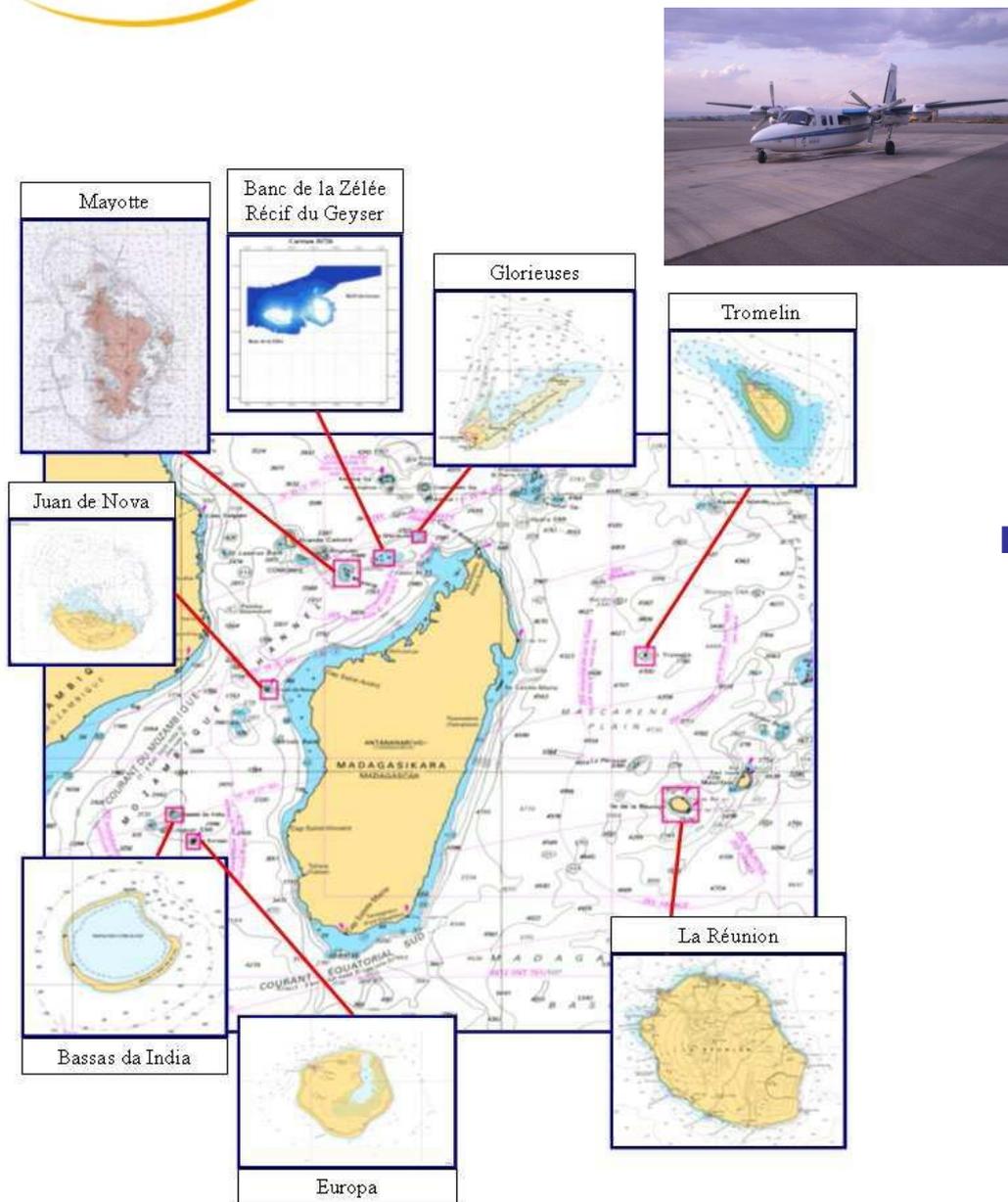
**David CORMAN, François GAUTHIEZ**



[marc.lennon@actimar.fr](mailto:marc.lennon@actimar.fr)

02 98 44 29 63





PRÉFECTURE DE LA RÉUNION



TERRES AUSTRALES  
ET ANTARCTIQUES FRANÇAISES

**Programme d'acquisition de données  
aéroportées Lidar bathymétrique et  
hyperspectrales  
sur l'ensemble des zones littorales  
françaises de l'Océan Indien**

**2009-2010**

**Réalisation : BLOM / ACTIMAR**



## **REFCAR (Convention de partenariat AAMP / ACTIMAR)**

### **REFlectance pour la CARTographie**

**Cartographie des habitats benthiques subtidaux par télédétection hyperspectrale**

### **REFCAR (2012-2014) :**

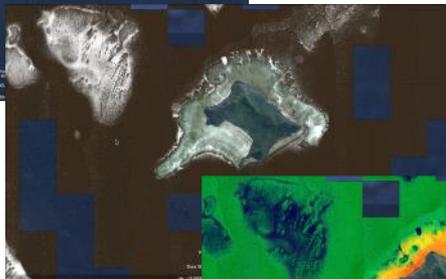
- Dev méthodo Estimation Réflectance du fond (+ z + paramètres colonne eau )
- Production cartographique Rfond

### **REFCAR-CARTO (2014-2016) :**

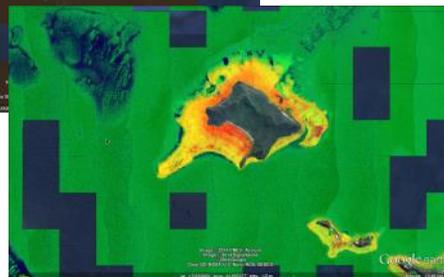
- Dev méthodo Carto habitats + bio-indicateurs + analyse paysages sous-marins
- Intégration drone hyperspectral + étude de faisabilité utilisation opérationnelle
- Production cartographique



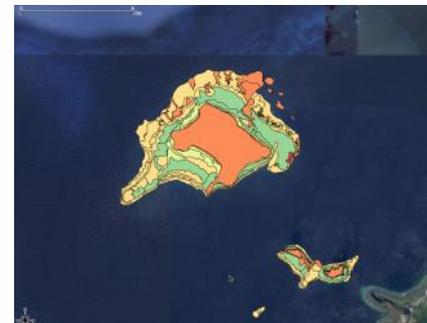
**Rsurf**



**Rfond**

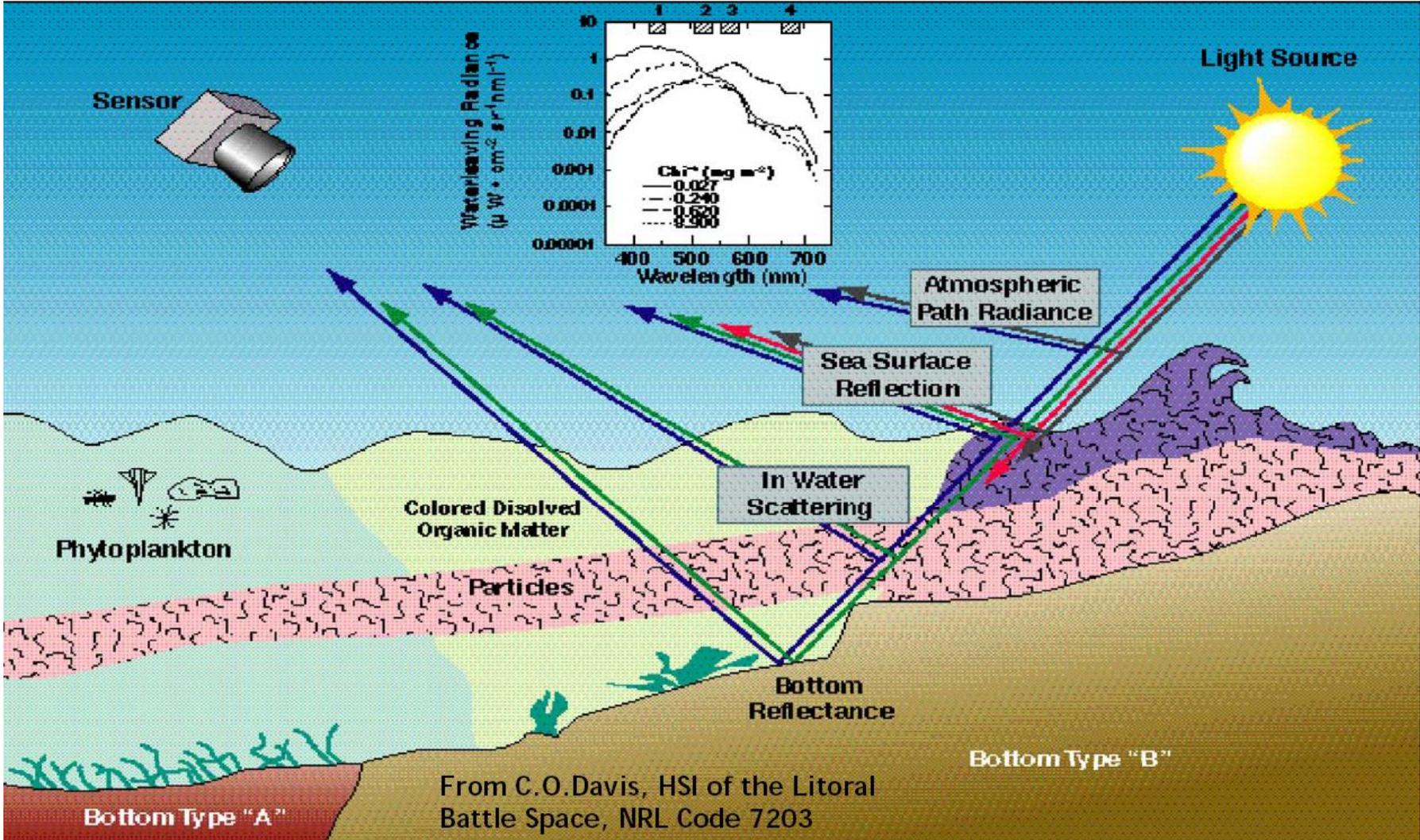


**Diversité information spectrale**



**Carte d'habitats**

# Transfert radiatif dans la zone de petits fonds



From C.O.Davis, HSI of the Litoral Battle Space, NRL Code 7203

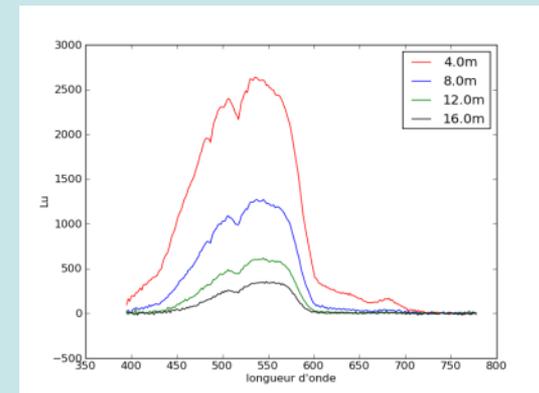
- **Expression générale du modèle de transfert radiatif**

- **Réflectance sous la surface de l'eau**

$$R_{rs}^- = R_{rs}^\infty (1 - A_1 e^{-(K_d + k_{uW})Z}) + A_2 R_{rs}^B e^{-(K_d + k_{uB})Z}$$

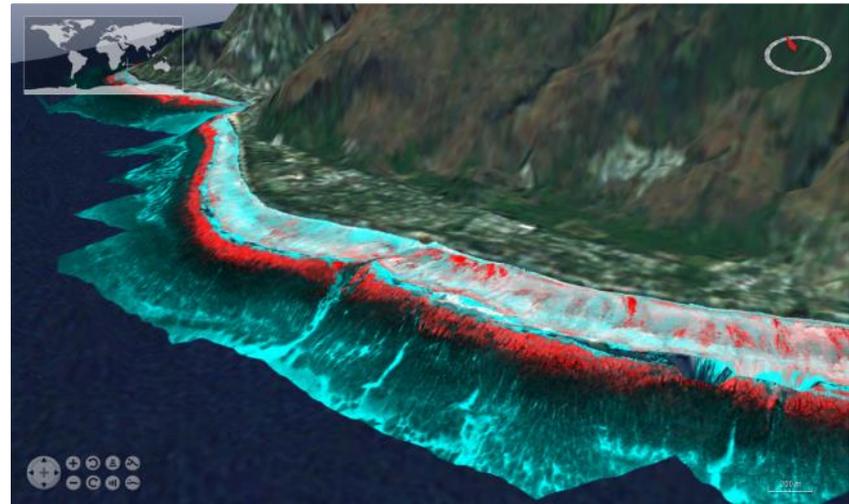
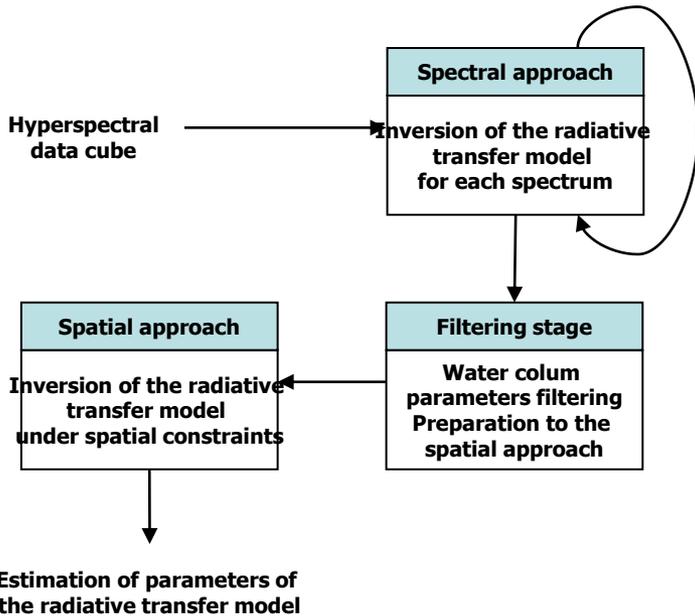
- **Avec**

- $R_{rs}^\infty$  **réflectance en profondeur infinie**
    - $K_d, k_{uW}, k_{uB}$  **coefficients d'atténuation diffuse**
    - $A_1, A_2$  **constantes**
    - $R_{rs}^B$  **réflectance du fond**
    - $Z$  **hauteur de la colonne d'eau**



# Shallow Water mapping using optical remote sensor(s)

Code pour l'inversion du modèle de transfert radiatif en petits fonds



**SWIM Inverse tous les paramètres du modèle, dont  $z$  et  $R_B(\lambda)$ , sans librairie spectrale. Pas de classification ou démixage basé sur une librairie spectrale a priori.**

## 1. Paramètres de la colonne d'eau :

Absorption due aux phytoplanctons

Absorption due à la matière organique dissoute colorée

Retrodiffusion due à la matière particulaire en suspension

Quantité de matière en suspension

Profondeur de Secchi

## 2. Hauteur de la colonne d'eau (peut être convertie en bathymetrie avec modèle local de marée)

## 3. Spectres de réflectance :

Réflectance du fond estimée,

Réflectance du fond modelisée,

Réflectance de surface modelisée,

## 4. Paramètres de description de caractéristiques spectrales génériques du fond, végétales et minérales :

Pigments verts

Pigments bruns

Pigments rouges

Sable clair

Sable foncé

Roche

## 5. Paramètres qualité :

RSB spectral de la réflectance du fond estimée,

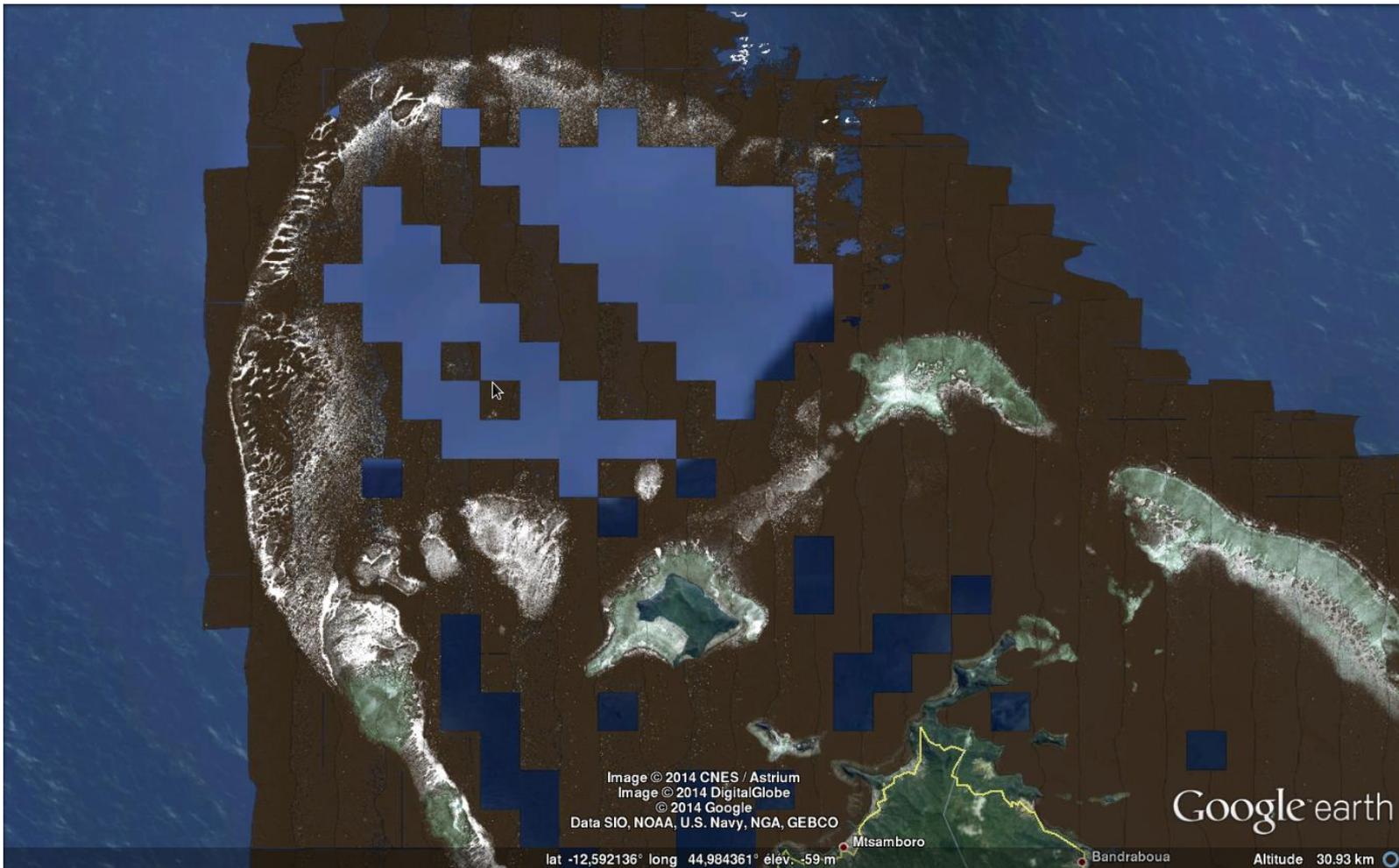
Pertinence globale de la réflectance du fond estimée,

Pertinence de la hauteur d'eau estimée (= estimation de la profondeur de Secchi) <sup>7/20</sup>

- **Exemple Chissioua Mtsamboro (Nord Ouest Mayotte)**
  - Estimation de la réflectance du fond
  - « Suppression de la colonne d'eau »

Réflectance de Surface

Réflectance du fond



- Exemple Chissioua Mtsamboro (Nord West Mayotte)
  - Estimation de la réflectance du fond
  - « Suppression de la colonne d'eau »

Réflectance de surface

Réflectance du fond

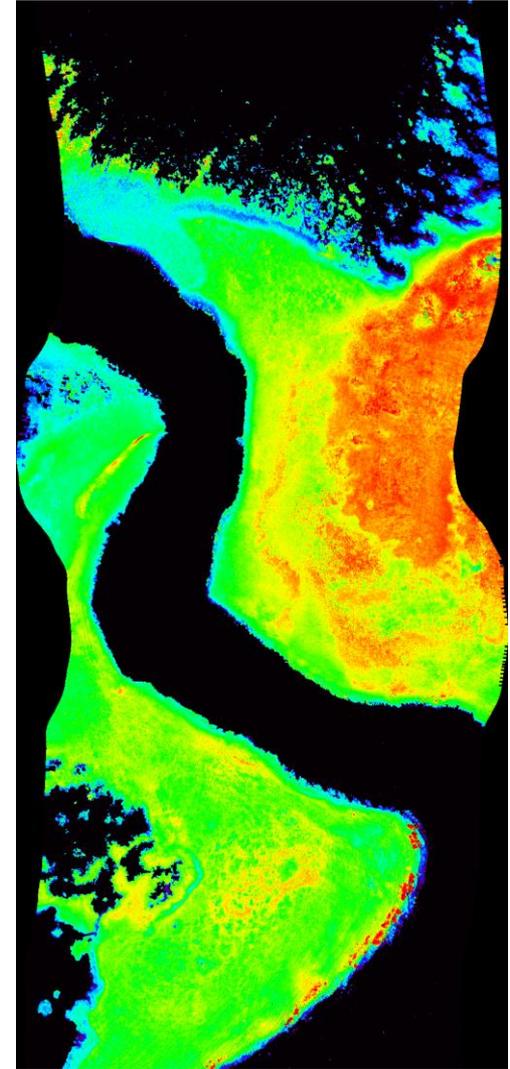




Image originale



Réflectance du fond



Bathymétrie

- **Spectrhabent-OI, 2010, Réunion Mayotte, Glorieuses, Geyzer, Acquisition et analyse de la librairie spectrale sous-marine, P. Mouquet, AAMP, J.-P. Quod, ARVAM, Rapport Ifremer RST-Délégation Réunion/2010-02-1**
- **Maldives, 2011, Underwater spectroscopy campaign, M. Lennon, Actimar, J.-P. Quod, ARVAM, Rapport ACTIMAR MAL-P2-290411-00**
- **Mayotte, 2015, REFCAR-CARTO, M. Lennon, Actimar, J.-P. Quod, J.-B. Nicet, Pareto, rapport en cours**





## Target 016

[Previous](#) [Next](#)

---

**INFORMATIONS**

**Location:**

- Area : Alifu
- Sector : OMADHOO NORTH REEF
- Site : North West unit
- Station : outer slope - Southern side
- Longitude : 0.000000
- Latitude : 0.000000

**Time:**

- Date : 20100717
- Acquisition Time :

**Spectrometry:**

- Spectrometer Id. : gr
- Surface description :
- Weather conditions : diffusion
- Number of points : 3 (from 33 to 35)
- Number of acquisitions : 18
- Observations : sand - 5m

*measured by JPQ*

**PHOTOGRAPHIES**





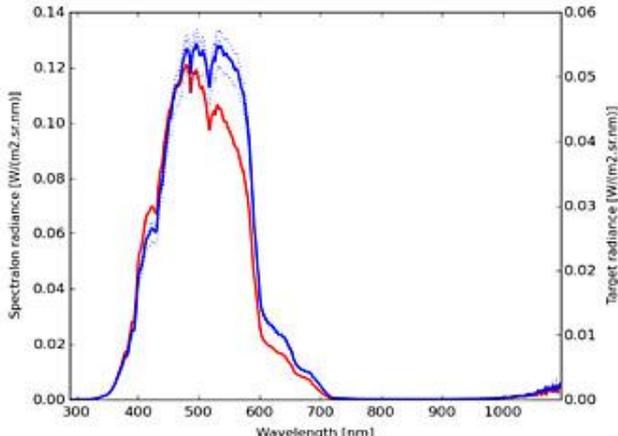
Site view

Target view

Target zoom

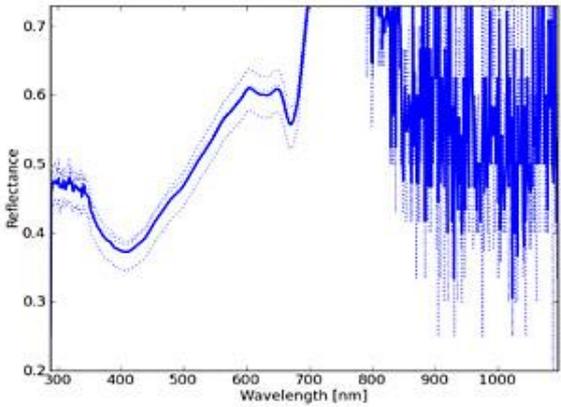
---

**MEASUREMENTS**



Spectral radiance [W/(m<sup>2</sup>.sr.nm)]

Wavelength [nm]

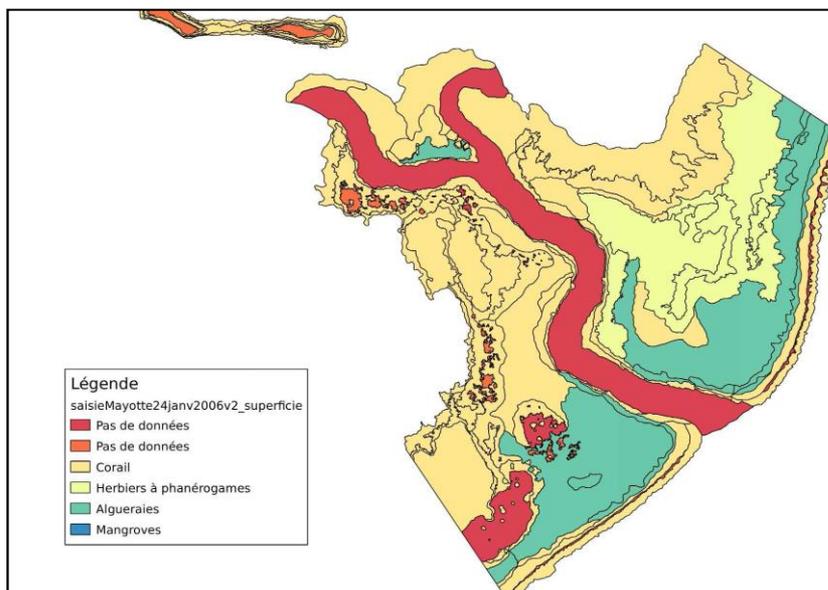
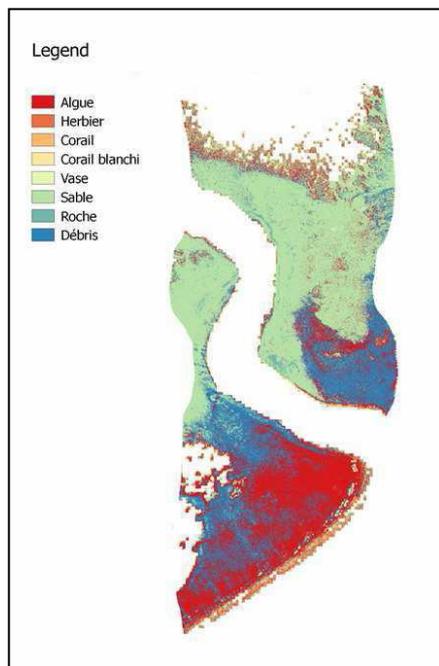


Target radiance [W/(m<sup>2</sup>.sr.nm)]

Wavelength [nm]

- **Correspondance spectres Rfond / spectres librairie spectrale : difficile à cause du changement d'échelle sur milieu hétérogène / mosaïqué**

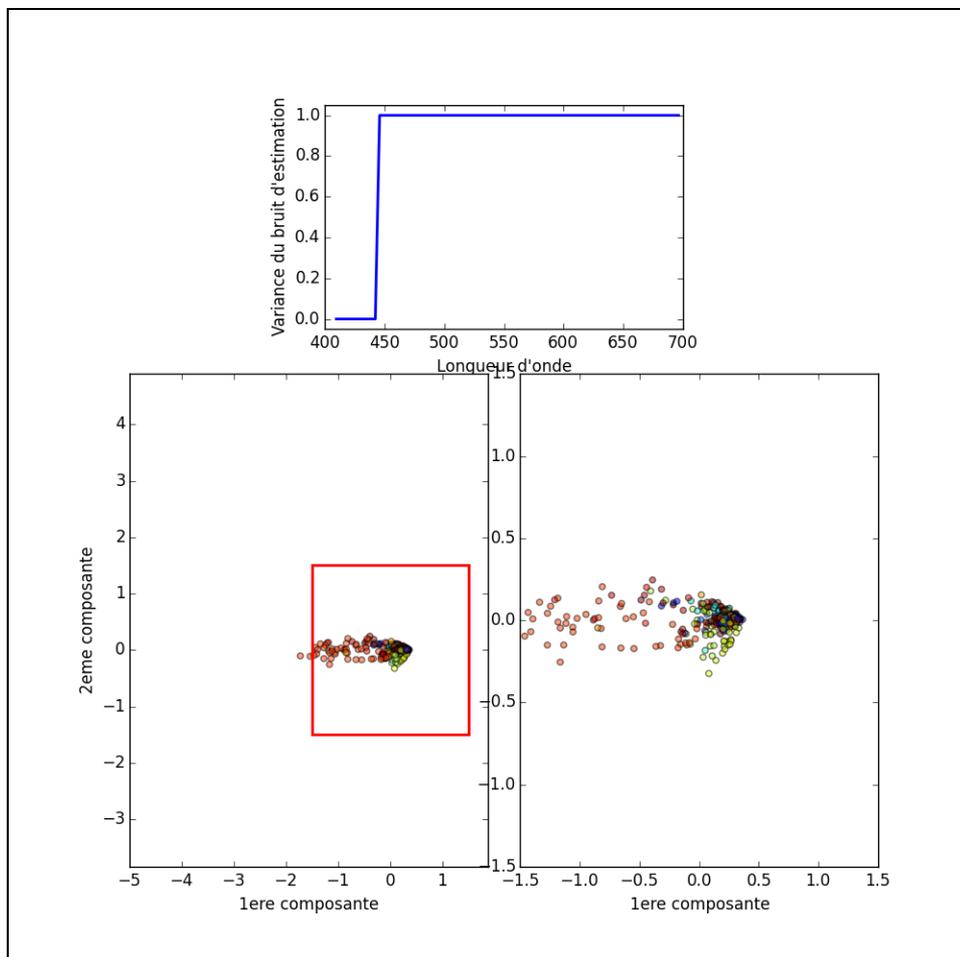
**=> Association directe Rfond / librairie spectrale par classification au plus proche voisin**



- **Correspondance directe => Pertinence de la librairie spectrale**

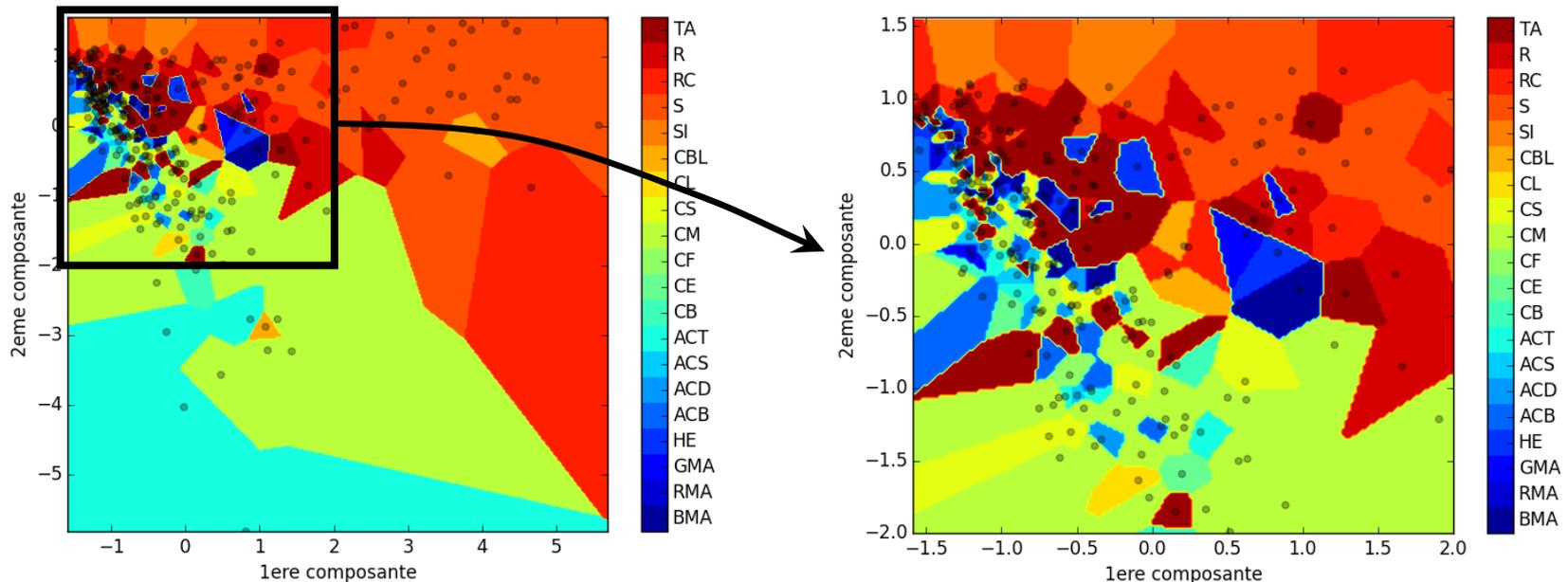
- **Classification supervisée par la librairie spectrale possible => Réalisation de cartes d'habitats en petits fonds par hyperspectral possible sur le même schéma qu'en émergé !**

- **Réduction de dimension par analyse factorielle : permet de prendre en compte la qualité d'estimation de Rfond (fonction de la bathymétrie et de la composition de la colonne d'eau) dans la projection (ce que ne permet pas l'ACP par exemple)**



**=> Réduction de la discriminabilité en fonction de la qualité de l'estimation de Rfond** <sup>14/20</sup>

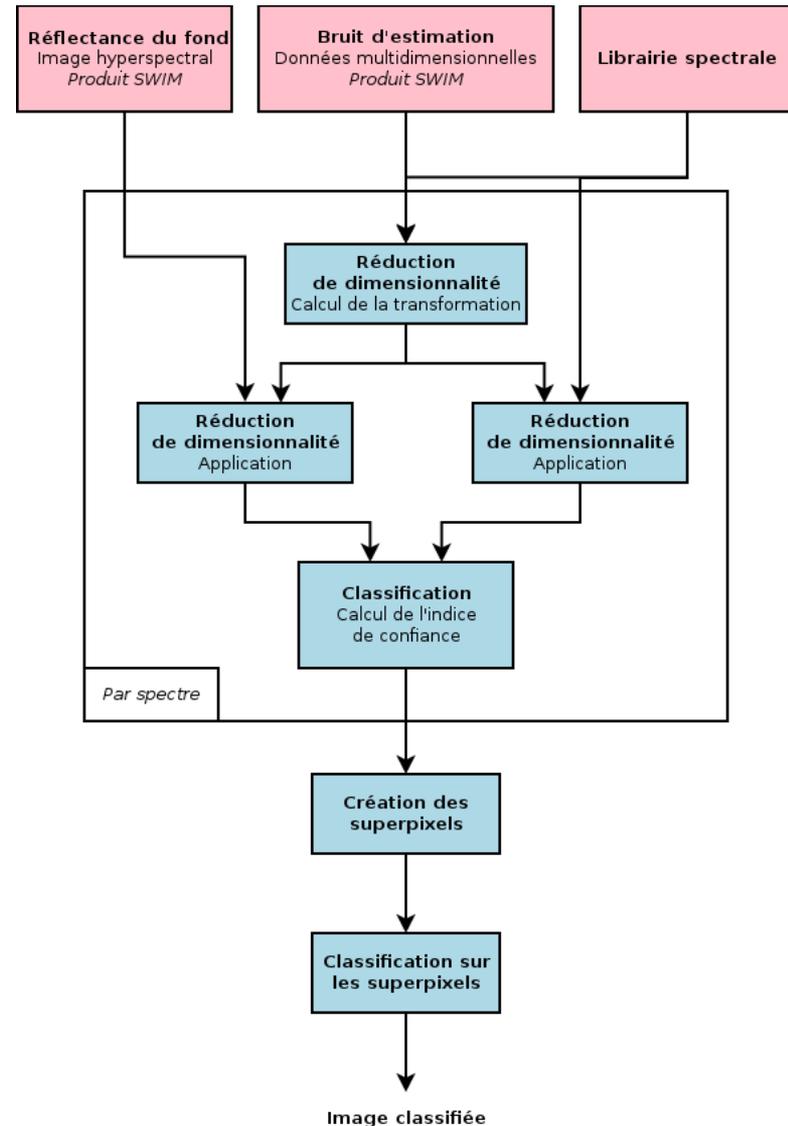
- **Projection librairie spectrale montre un fort éparpillement des classes**
  - **Peu d'échantillons dans la librairie pour calculer des statistiques**
- => Classifieur paramétrique mal adapté**



**=> Approche non paramétrique KNN (K plus proches voisins)**

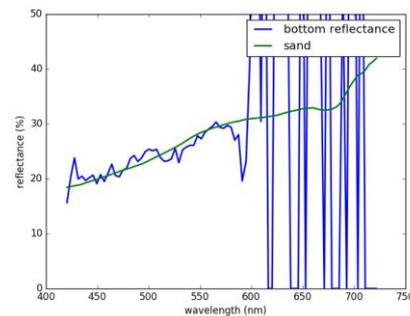
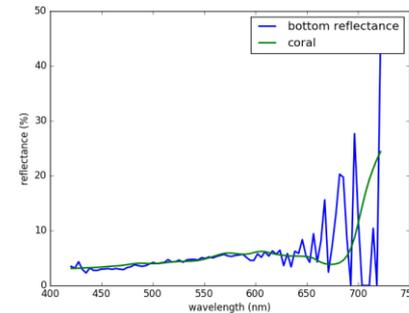
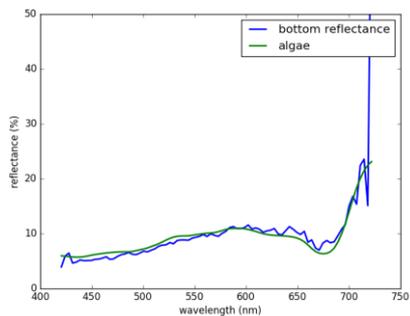
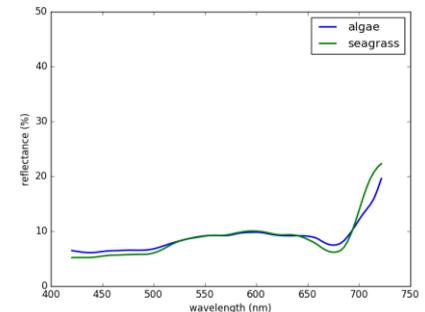
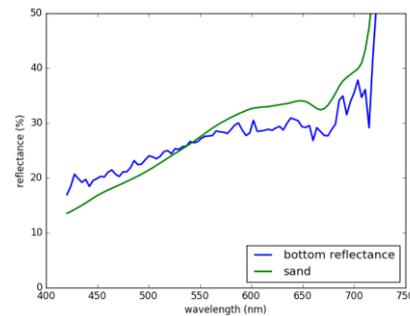
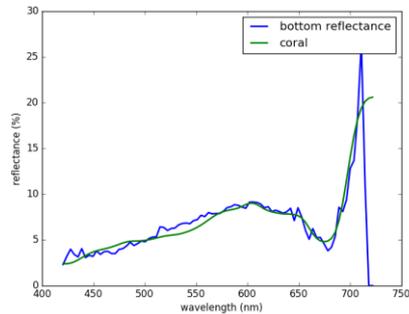
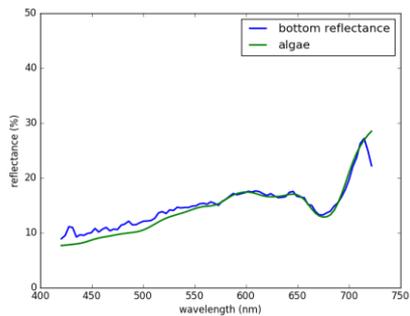
**Calcul d'un indice de confiance associé**

- **Suppression des effets pixellaires**  
=> **Création de zones homogènes par présegmentation de l'image**  
(approche superpixels => proximité avec méthodes de classification objet)
- **Classification de chaque superpixel :**
  - **Classe correspondant à la librairie spectrale**
  - **Indice de confiance**
  - **Taux de couverture interne au superpixel**



- **Pertinence de la librairie spectrale / correspondance avec Rfond OK**
- **Prise en compte de la qualité de l'estimation de Rfond dans le schéma de classif OK**
- **Classifieur superpixel en place**
- **Etude de la discriminabilité des classes en cours**

**(niveau typologique accessible en fonction de la qualité de l'estimation de Rfond)**



**Algue**

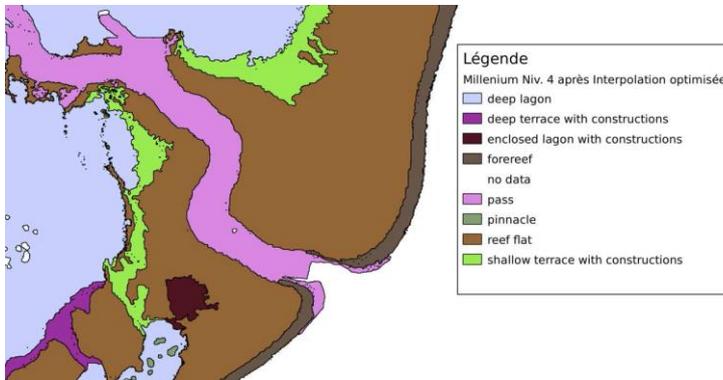
**Corail**

**Sable**

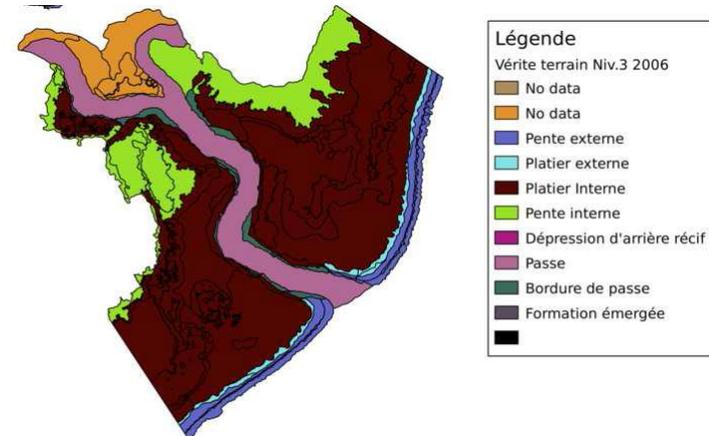
**Algue / herbier  
Librairie spectrale**

- **Rappel : Carte d'habitats = Peuplement + Substrat + Géomorphologie**
- **Question : peut-on produire la couche d'information "Géomorphologie" à partir des données hyperspectrales ?**
- => Potentiellement oui, à partir de l'estimation de bathymétrie !**
- **Interpolation de la couche Millenium Niveau 4 à partir de la bathy (validation approche à partir des données bathy lidar validées). Comparaison avec VT Géomorpho niveau 3**

## Couche Millenium Niv. 4



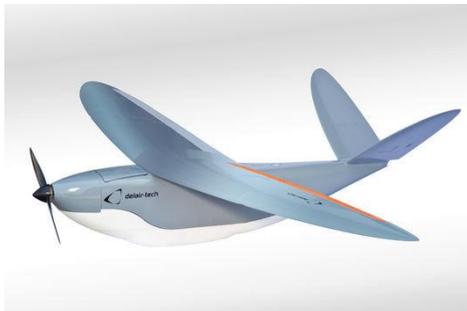
## Interpolation au Niv. 3



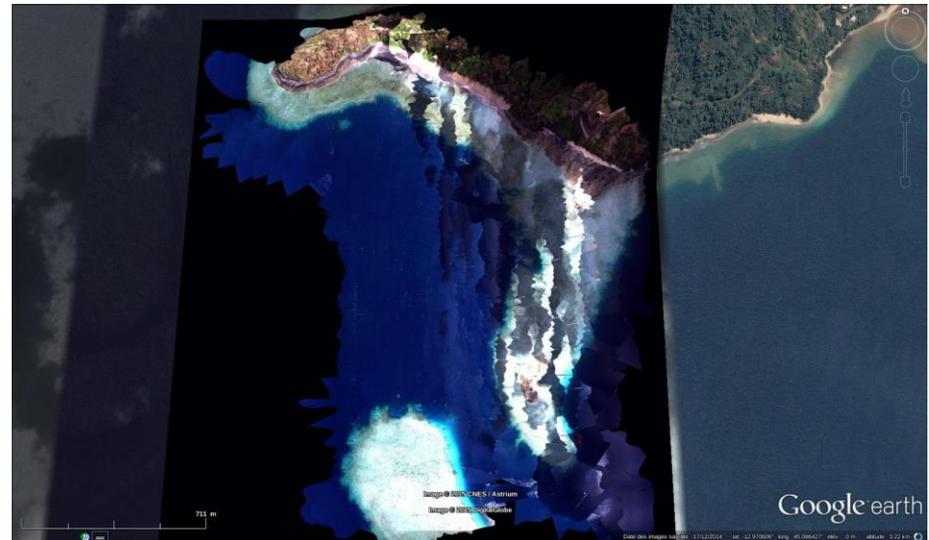
## VT Niv. 3

- **Perspectives : Evaluation de la faisabilité de reconnaissance de formes correspondant aux grands types géomorphologiques sur données bathy hyperspectrales**

- Finalisation de l'analyse de discriminabilité + analyse géomorphologie
  - => Finalisation du développement méthode classification
  - => Proposition de bio-indicateurs
- Production cartes habitats + cartes bio-indicateurs OI : 2016
- Intégration d'un drone hyperspectral longue endurance réalisée en septembre 2015
  - Campagne 1 semaine de vol Mayotte Octobre 2015 a permis de valider l'approche
  - => Proposition d'une méthode de suivi carto / bio-indicateurs par drone hyperspectral



**NGouja, Mayotte, Octobre 2015**  
**270 bandes spectrales, 15cm de résolution,**  
**2h d'acquisition continues**



**MERCI DE VOTRE ATTENTION**



[decollage DT26 vers la passe en S.mp4](#)