



## **Hyperméthée**

# **La composante hyperspectrale de la constellation française de nanosatellites d'Observation de la Terre**

**Marc LENNON, Nicolas THOMAS, Paul BLOTTIERE, Josselin AVAL,**

**Giao-Minh NGUYEN, Frédéric TROMEUR, Tanguy DUVAL, Philippe MATEU**

*8<sup>ème</sup> Colloque SFPT-GH - Paris 05-06/07/2023*

# Contexte : partenariat Prométhée / Hytech-imaging



'Démocratiser l'Observation de la Terre'



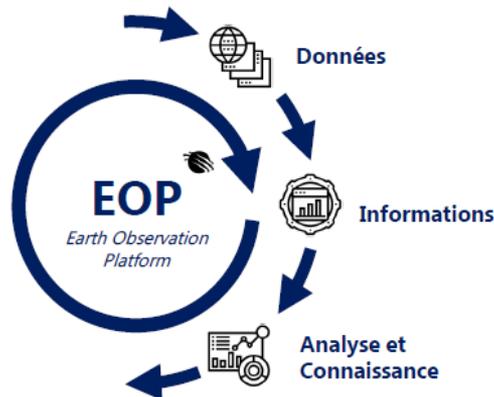
'Démocratiser les usages de l'imagerie spectrale pour la cartographie'

# PROMÉTHÉE, LE PARTENAIRE NEWSPACE AGILE ET MODULAIRE

Une constellation de  
nanosatellites de dernière  
génération



Une plateforme de valorisation  
de la donnée



Approche holistique  
end-to-end souveraine

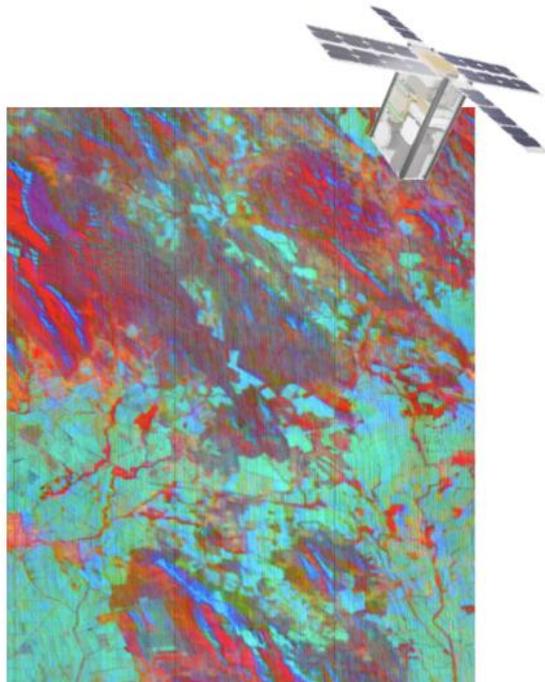


**FOURNIR UNE SUPÉRIORITÉ INFORMATIONNELLE EN TEMPS RÉELS  
EN COMPLÉMENT DES MOYENS SOUVERAINS**

# APPROCHE MULTI- CAPTEURS POUR UNE EFFICACITÉ LARGE SPECTRE



Image Multispectrale simulée  
Satellite JAPETUS - 1 m GSD



Ex : Image Hyperspectral de 10 m GSD  
Satellite Hyperméthée - 4,5 m GSD



PAN : panchromatique  
MS : multispectral  
HYP : hyperspectral

Secteur	PAN	MS	HYP.
	Haute pertinence	Pertinence modérée	Pertinence modérée
	Pertinence modérée	Pertinence modérée	Pertinence modérée
	Pertinence modérée	Haute pertinence	Pertinence modérée
	Pertinence modérée	Haute pertinence	Pertinence modérée
	Pertinence modérée	Pertinence modérée	Pertinence modérée
	Pertinence modérée	Pertinence modérée	Pertinence modérée
	Pertinence modérée	Haute pertinence	Pertinence modérée
	Pertinence modérée	Haute pertinence	Pertinence modérée
	Pertinence modérée	Pertinence modérée	Haute pertinence
	Pertinence modérée	Pertinence modérée	Pertinence modérée
	Pertinence modérée	Pertinence modérée	Pertinence modérée

Haute pertinence    Pertinence modérée    Faible pertinence

Source : Euroconsult

# DES DIFFÉRENCIATEURS CLÉS POUR DE NOUVEAUX USAGES



**Des observations tout au long de la journée  
(de l'aube au crépuscule)**



**Une distribution de l'information en quasi  
temps réel**



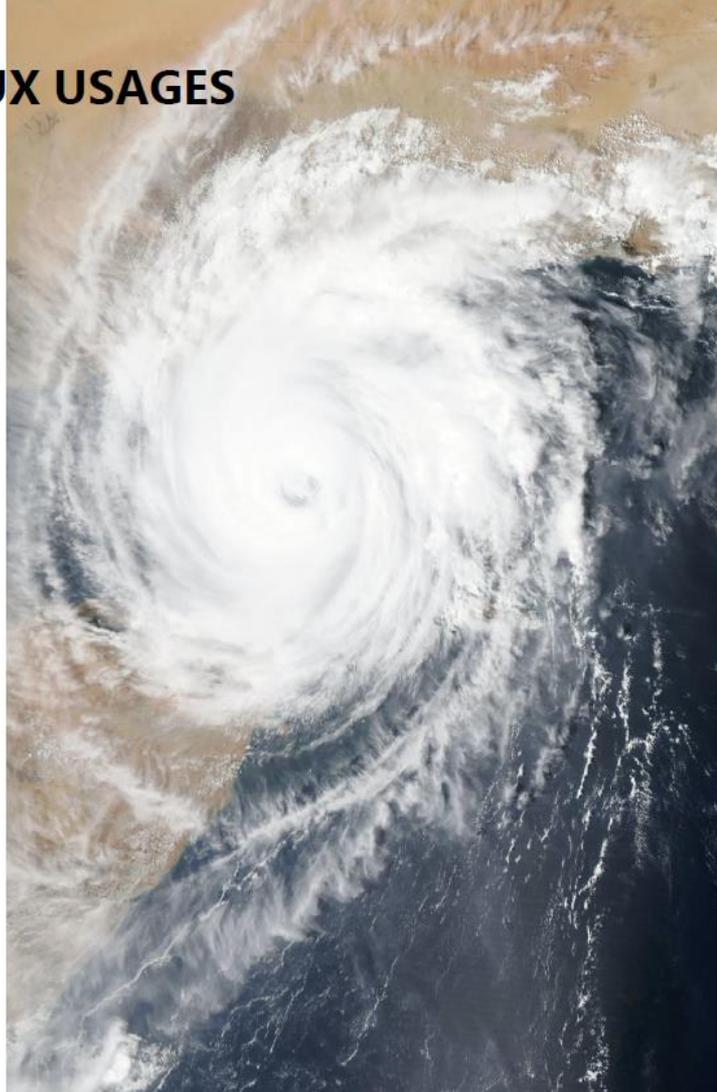
**Des prises de vue possibles directement via un  
opérateur / utilisateur externe**



**Une plateforme avec fusion de données et une  
interface d'utilisation simplifiée**



**Un éco-système de partenaires technologiques et  
métiers**



# UNE REVISITE INÉGALÉE SUR LES POINTS D'INTÉRÊT MAJEURS



# OBSERVER POUR DÉCIDER ET AGIR BEAUCOUP PLUS VITE

## AUJOURD'HUI



Tasking images en quelques **jours**



**Image 1 – 7 jours** après la demande de tasking



Traitement de l'image fait au niveau segment sol



**Intervention manuelle** d'expert pour créer un rapport / analyse



## MAINTENANT



Tasking images en moins **de 15 mn**



**Latence < 3h** entre demande et réception

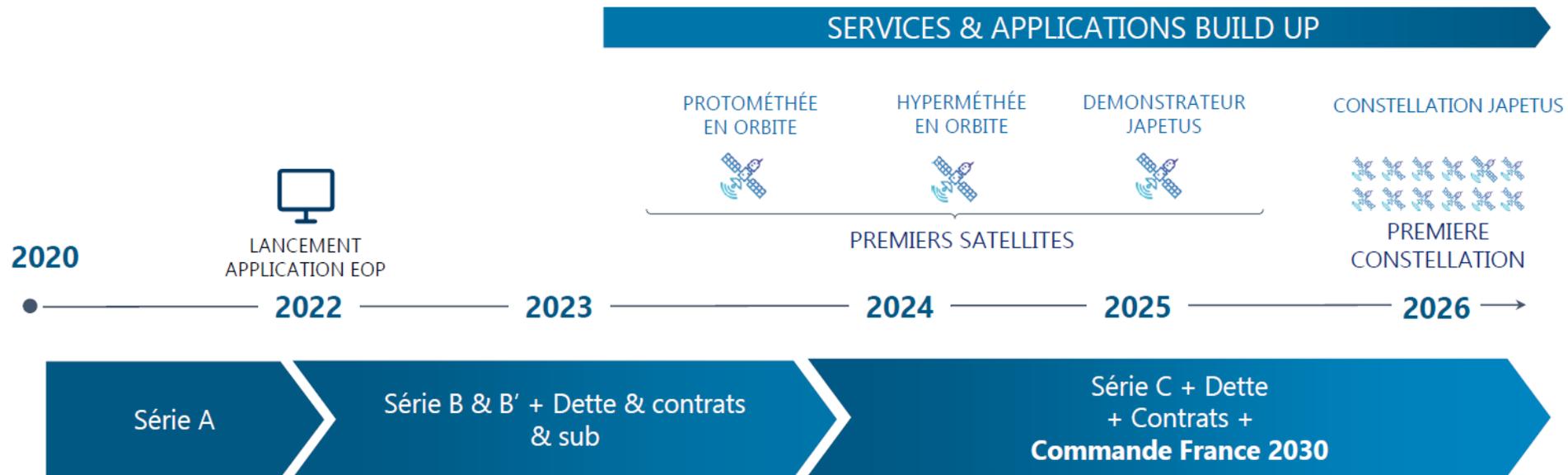


Information **15 mn** après acquisition



Traitement de l'information via notre plateforme **en quasi temps réel**

# DEVENIR LE LEADER EUROPÉEN DE LA HAUTE REVISITE EN 3 ANS



# Contributions Hytech-imaging

## ❑ Cal / Val

Développement RCVAAS (Radiometric cal/val as a service)

Contexte CCM (Copernicus Contributing mission)

## ❑ Chaîne L2

Usage constellation pour applis de carto quantitative

## ❑ Applis maritimes L3/L4

Intégration de la dynamique dans les produits de suivi côtier & maritime

Ex. CMEMS : couverture bathy côtière statique + dynamique à l'échelle globale

## ❑ Soutien au développement de la composante hyperspectrale de la constellation

Simulations points de fonctionnement Hyperméthée

Spécifications capteurs

## ❑ Soutien au développement de la plateforme EOP de distribution des P/S

Dev ops / QGIS server / Liens EOP – Littosat & Téthys



# Hyperméthée : démonstrateur & constellation

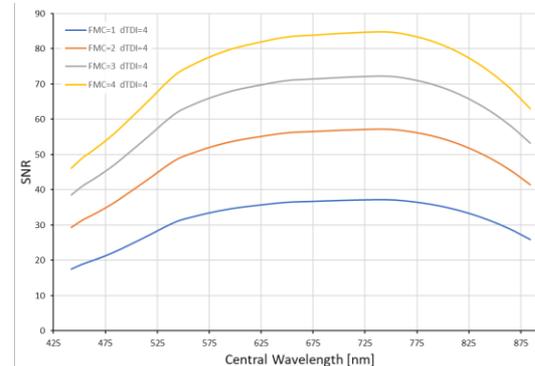
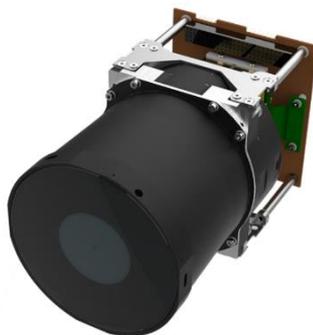
## ❑ Capteurs sur étagère

Ex. VNIR / 4.75m GSD

13 to 26nm

2.20° / 4096 px

< 1.5kgs (3U)



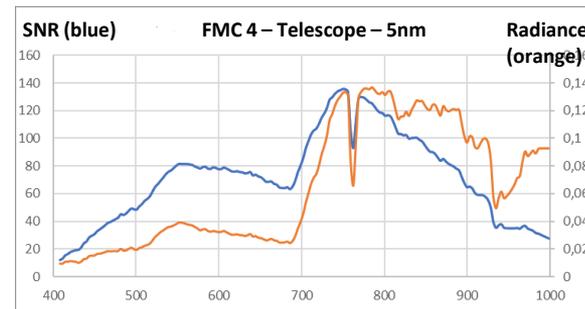
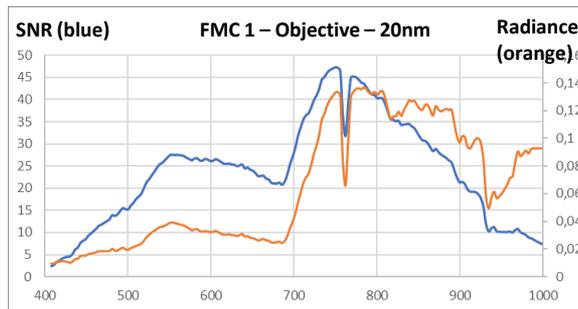
## ❑ Simus de capteurs

Ex. VNIR / 5 to 10m GSD

5 to 20 nm

2.06° / 1400 px

< 12kgs (24U)

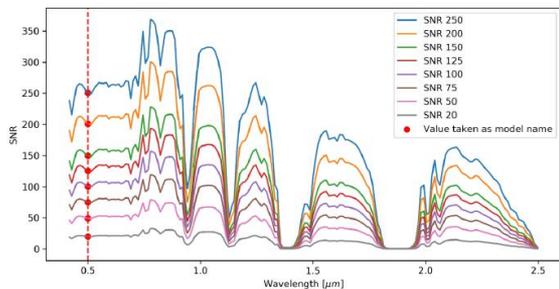


## ❑ Ouverture à une solution française quand elle sera disponible

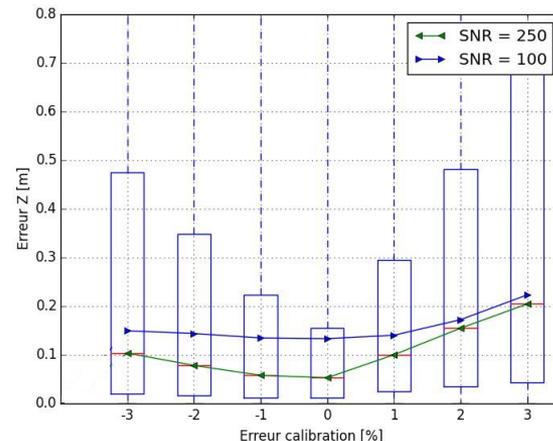
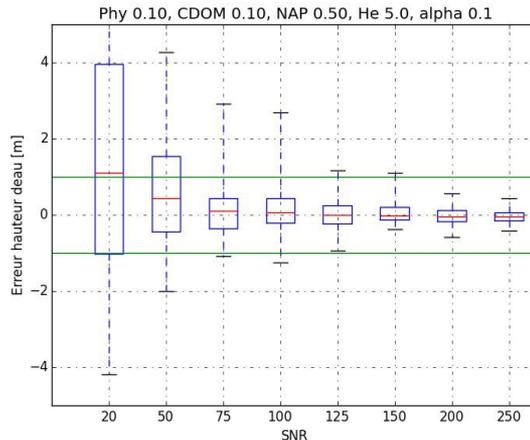
# Cal / val & SNR : les besoins des applis marines

## □ Apport des R&T CNES ECLIPSE 2018 – 2022 :

- Besoins hydro (z, Rfond)  $\neq$  Besoins couleur de l'eau (Chl, CDOM, NAP)
- Hydro : Impact  $\sim$  faible du SNR si précision calib.  $\geq 3\%$  /  $\Delta\lambda$  10-20nm suffisant
- Apport important de la dimension spectrale



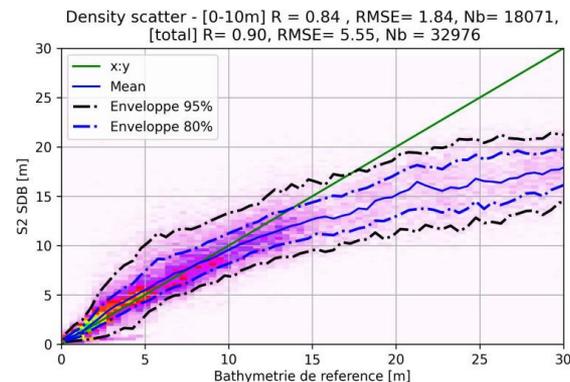
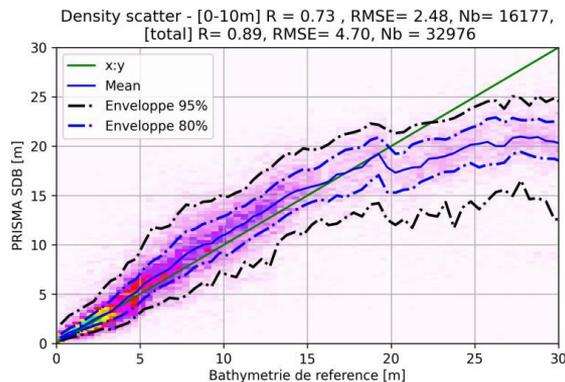
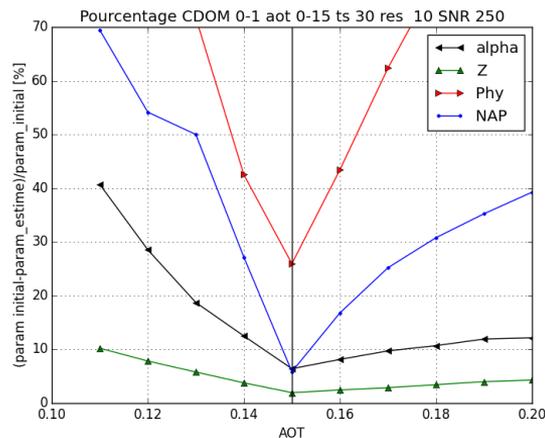
Modèle de bruit donné pour une valeur particulière du SNR à 0,5  $\mu\text{m}$  pour une luminance référence de 75 W/m<sup>2</sup>/  $\mu\text{m}$ /sr.



# Cal / val & SNR : les besoins des applis marines

## □ Apport des R&T CNES ECLIPSE 2018 – 2022 :

- Besoins hydro (z, Rfond)  $\neq$  Besoins couleur de l'eau (Chl, CDOM, NAP)
- Hydro : Impact  $\sim$  faible du SNR si précision calib.  $\geq 3\%$  /  $\Delta\lambda$  10-20nm suffisant
- Apport important de la dimension spectrale



# Cal / val & SNR : Objectifs

## ❑ Objectif principal :

Maîtrise de la qualité radiométrique des données Prométhée pour pouvoir les utiliser dans des applications d'OT quantitatives, ie nécessitant l'estimation de paramètres biophysiques / biochimiques à partir des données (ex. estimation de bathymétrie)

- ✓ Calibration sol absolue en luminance ( $\text{W/m}^2/\text{sr}/\text{nm}$ )
- ✓ Maîtrise du modèle de bruit et du SNR

## ❑ Motivations :

Contrebalancer l'impossibilité de calibration bord par une vicarious calibration sol

Contrebalancer le 'faible' SNR par la dimension spectrale pour l'estimation des paramètres

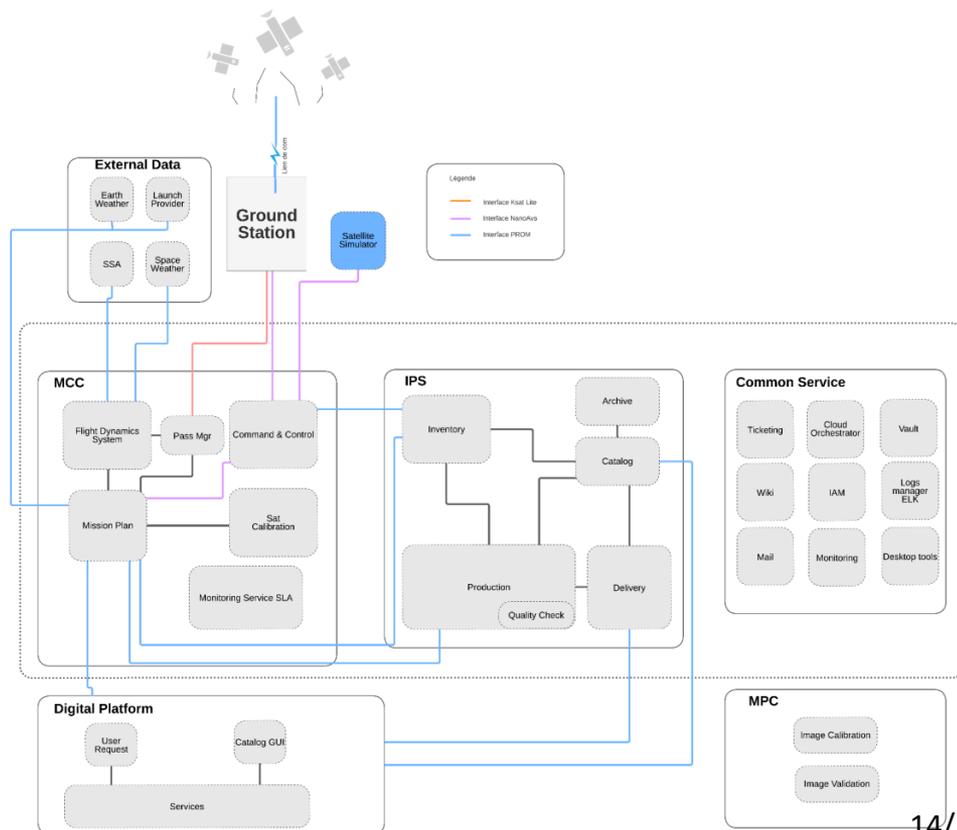
Mise à jour continue des paramètres de calibration + SNR

# RCVAAS : Mise en place d'un service de cal/val radiométrique pour la constellation

## ❑ Objectif technique :

Développement d'un service RCVAAS  
(Radiometric Calibration As A Service)

- ✓ Service déclenchable pour recette en vol & en mode opérationnel
- ✓ Mise en place RCVAAS en cours  
Application PMT-1 début 2024
- ✓ A la suite : industrialisation RCVAAS & intégration dans le MPC Prométhée



# Base du service : RadCalnet + Cross-calibration S2



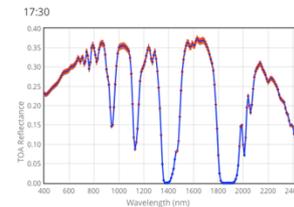
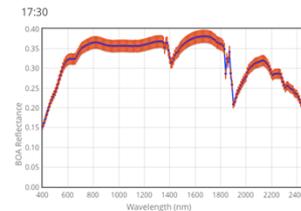
Sites de cal/val issus du réseau RadCalNet, de gauche à droite, de haut en bas :  
Railway valley, USA (carré jaune d'1 km de côté) ; Baotou, Chine (carré gris de 48m de côté) ; La Crau,  
France (cercle rouge) ; Gobabeb, Namibie (cercle rouge)

Données mesurées toutes les 30 minutes:

- $R_{BOA} / \Delta\lambda$  10 nm + incertitudes
- AOT 550nm + coef. Angstrom
- Atmosphère : P, T°, H<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>

Données simulées toutes les 30 minutes (MODTRAN):

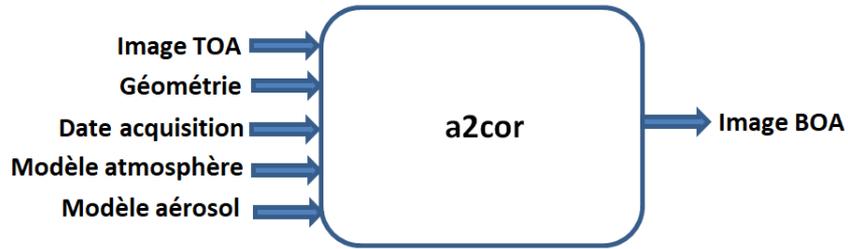
- $R_{TOA} / \Delta\lambda$  10 nm + incertitudes



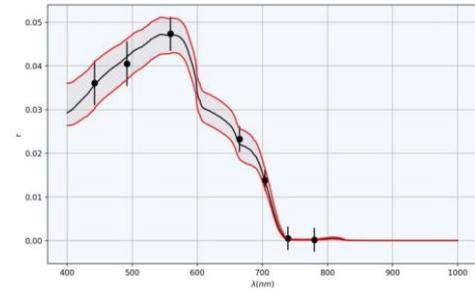
Exemple de données de réflectance BOA (gauche) et TOA (droite) d'un site RadCalNet avec leurs incertitudes associées

# A venir : Processeur L2a

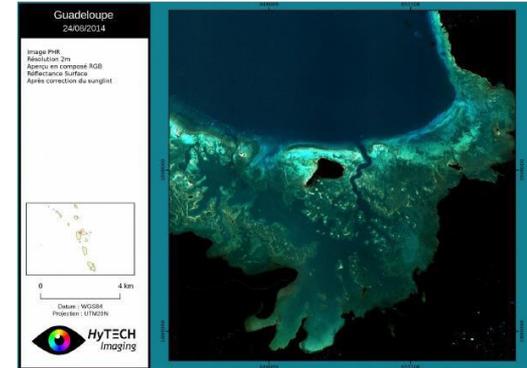
Correction atmosphérique



Propagation analytique d'incertitudes jqà  $R_{BOA}$



Processeur L2a-Mer  
avec correction de glint



PR **MÉTHÉE**  
PRESERVING HERITAGE FOR SUSTAINABLE FUTURE



CALHYB

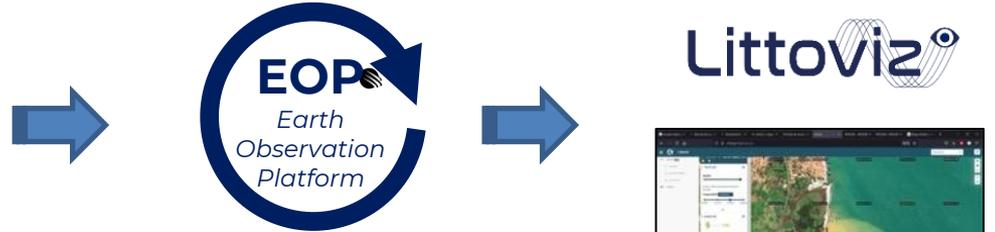


exail



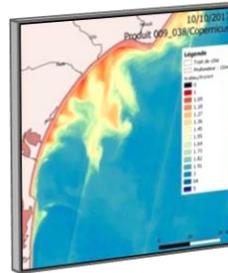
SEA  
PROVEN

Données de constellations  
Nanosatellites & drones  
aériens et flottants



Services de Monitoring :

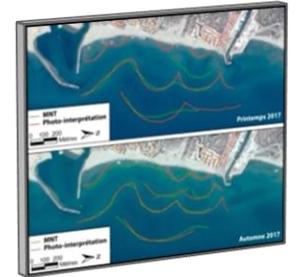
- Saisonnier
- Hebdo / quotidien
- Réactif



Colonne d'eau



Habitats



Morphodynamique

# Collaboration avec la communauté scientifique

- ❑ Mise à disposition jeux de données PMT-1
- ❑ Mise à disposition jeux de données Hyperméthée
- ❑ Valorisation des connaissances dans applications opérationnelles
- ...



**Questions ?**

[marc.lennon@hytech-imaging.fr](mailto:marc.lennon@hytech-imaging.fr)