



# Evaluation de la contribution d'un capteur satellitaire hyperspectral (BIODIVERSITY) pour la cartographie de la composition de l'eau, l'estimation de la bathymétrie et la composition des fonds en milieu littoral et lacustre

## Projet HYPCOLAC

2019-2021

Audrey Minghelli<sup>1</sup>, [audrey.minghelli@univ-tln.fr](mailto:audrey.minghelli@univ-tln.fr), Malik Chami<sup>2</sup>, [malik.chami@upmc.fr](mailto:malik.chami@upmc.fr), Sayoob Vadakke-Chanat<sup>1</sup>, [sayoob@gmail.com](mailto:sayoob@gmail.com), Mireille Guillaume<sup>3</sup> [mireille.guillaume@fresnel.fr](mailto:mireille.guillaume@fresnel.fr)



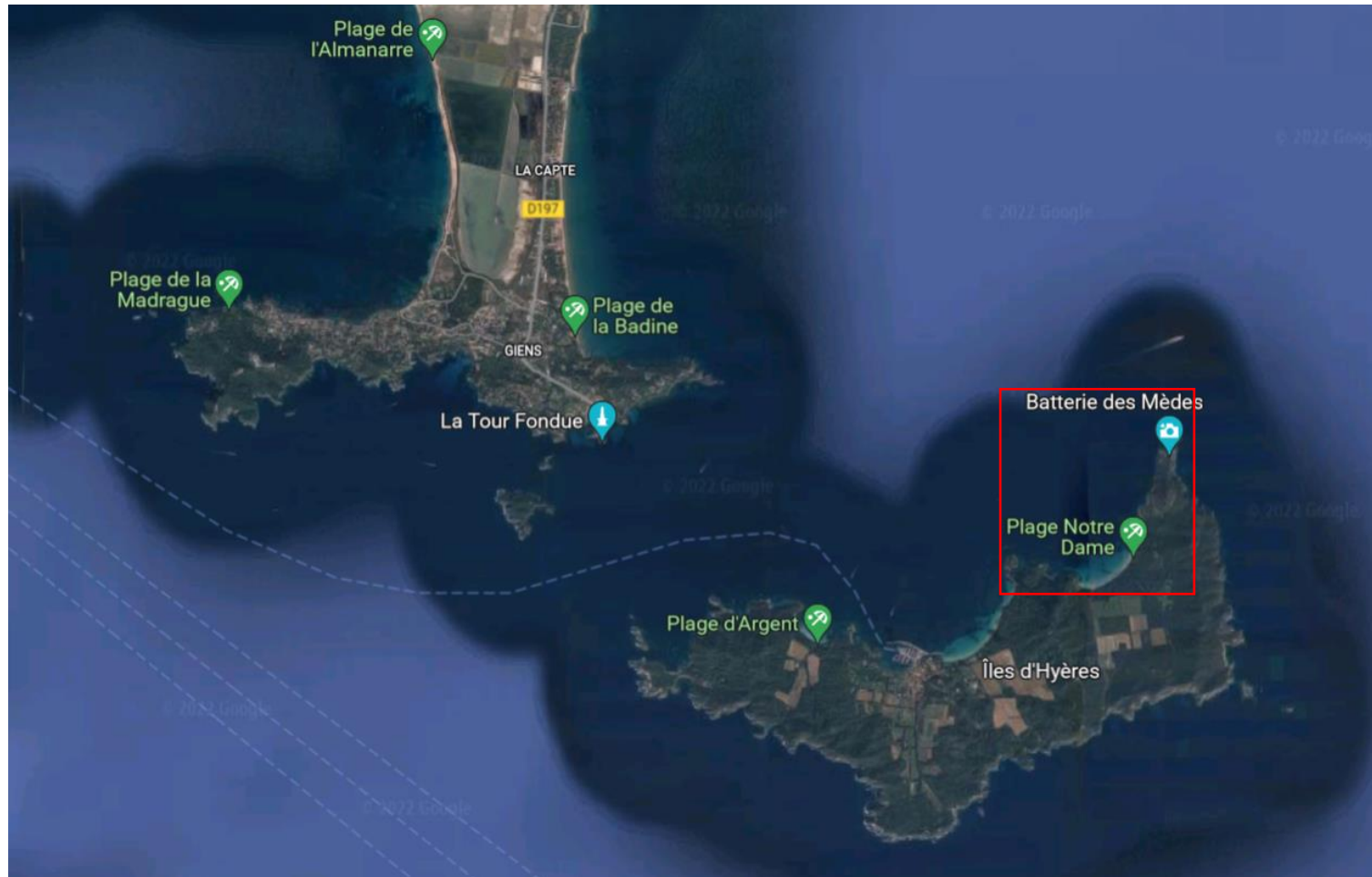
<sup>1</sup> Université de Toulon, Seatech, Laboratoire LIS UMR-CNRS 7020

<sup>2</sup> Sorbonne Université (ex-UPMC), Laboratoire Atmosphères Milieux Observations Spatiales (LATMOS)

<sup>3</sup> Institut Fresnel, Ecole Centrale, Marseille

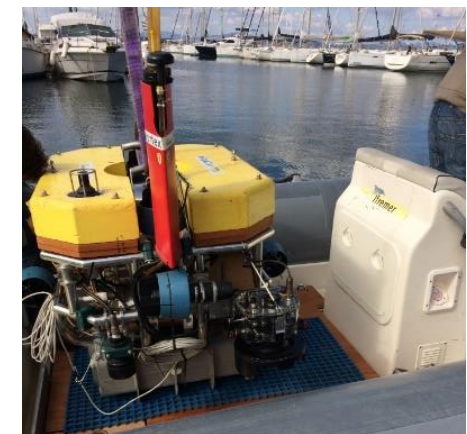
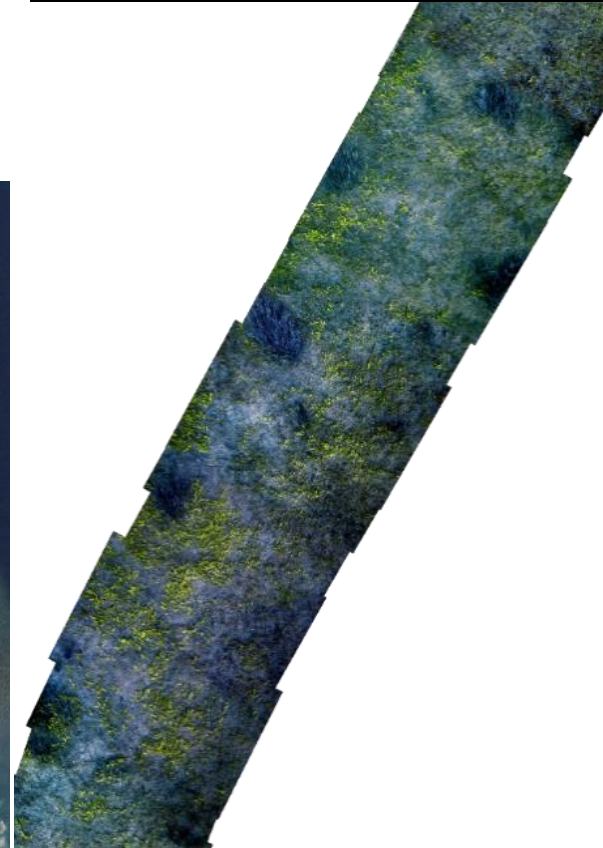
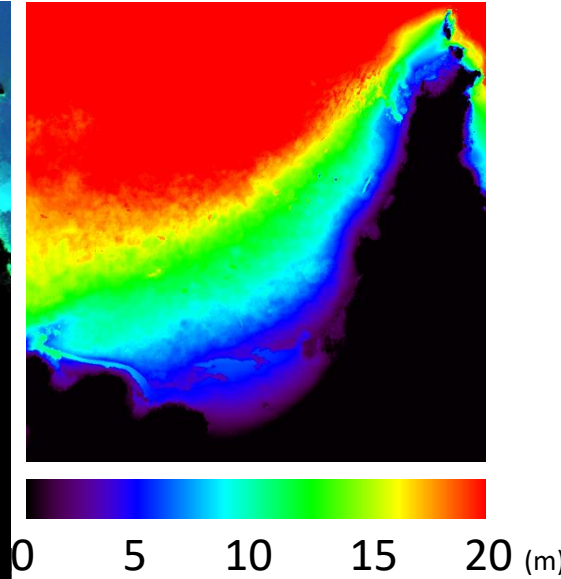
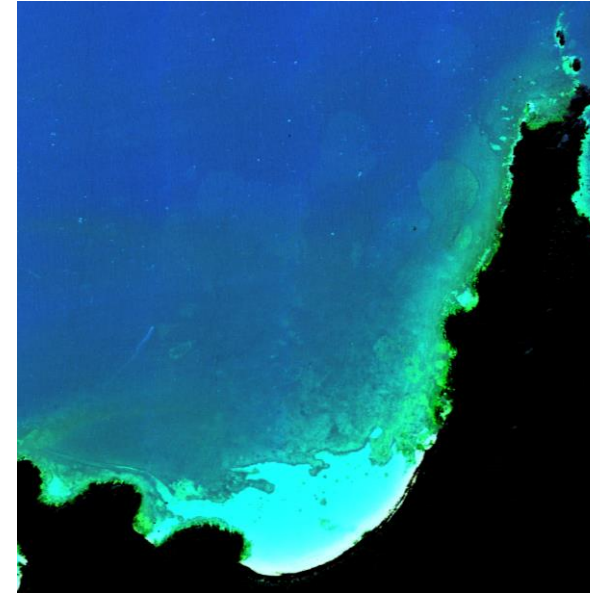
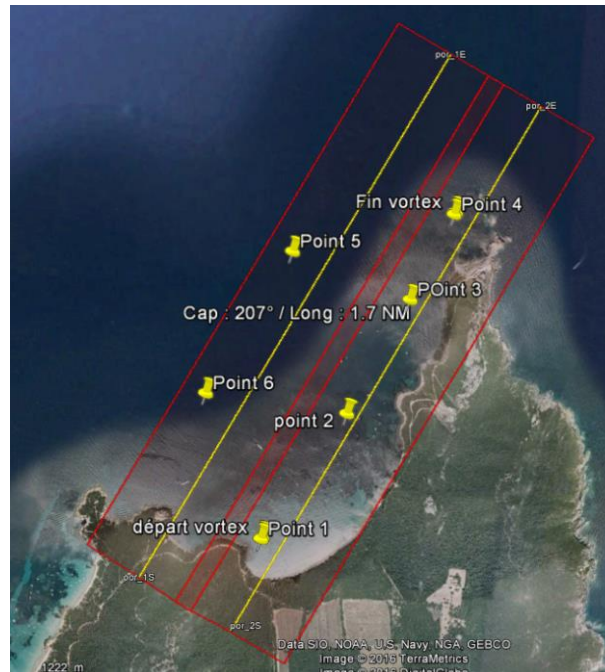
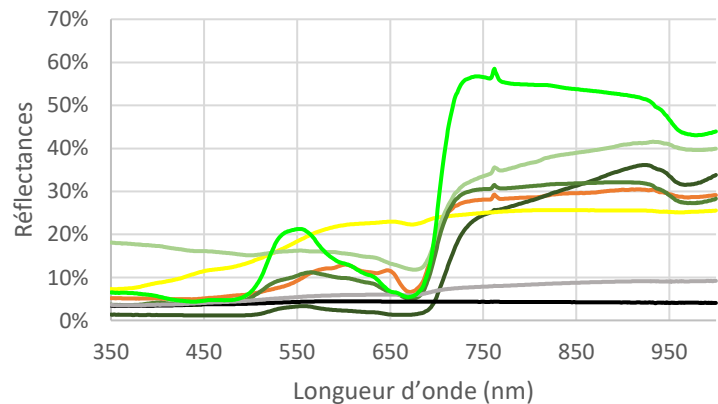


# Etude en zones côtières (Porquerolles)

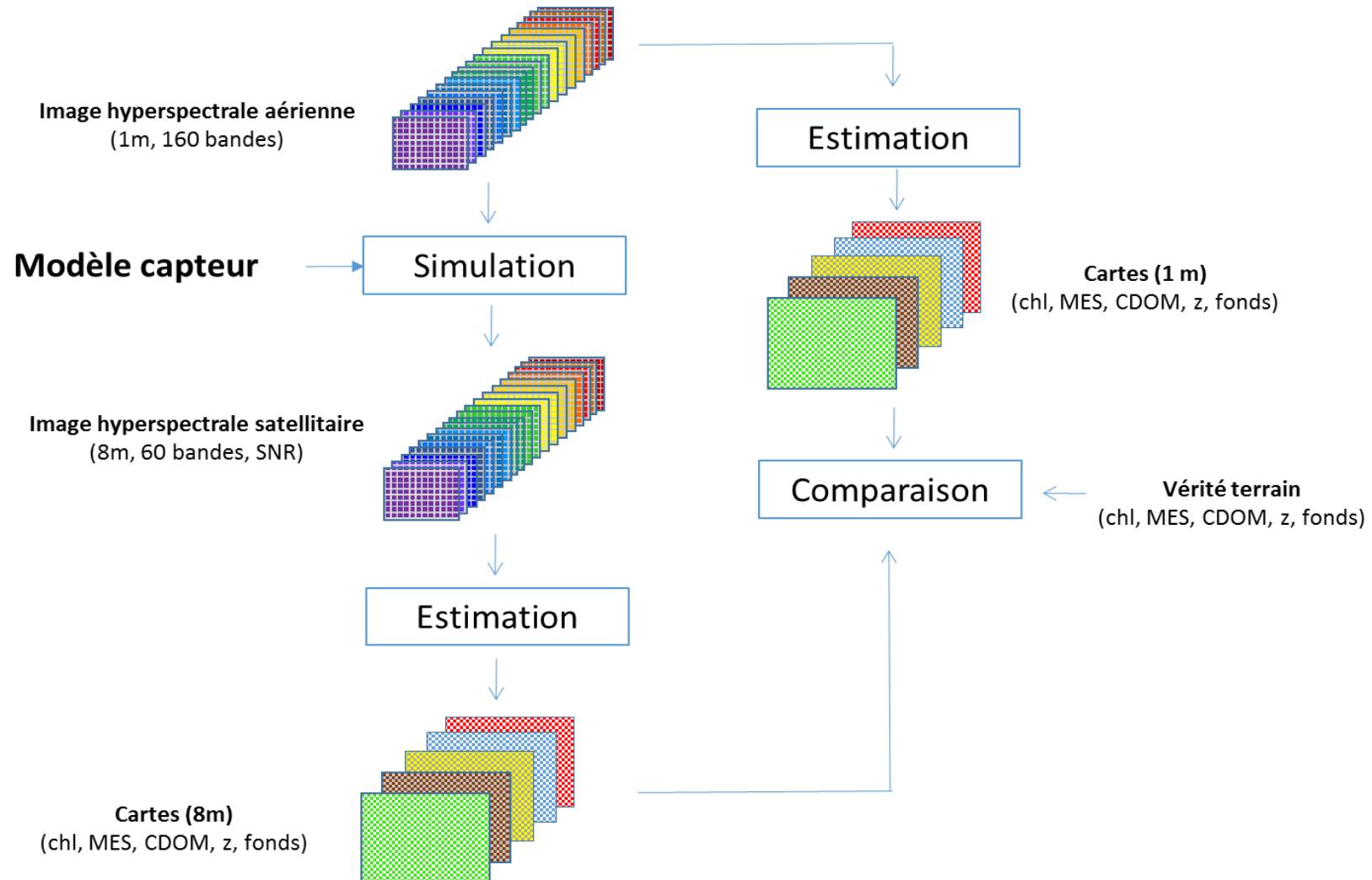


# Données

- Images hyperspectrales aériennes (HYSPEX)
- Spectres des fonds (ASD)
- Mesures de qualité de l'eau (chl, SPM, CDOM)
- Vérité de terrain (Vortex Ifremer)
- Bathymétrie Litto3D



# Méthodologie

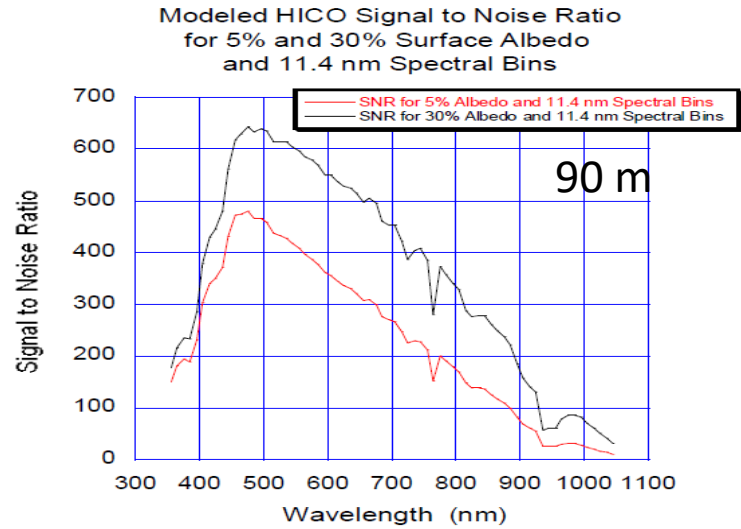


# Simulation de capteurs : Intégration spatiale et spectrale

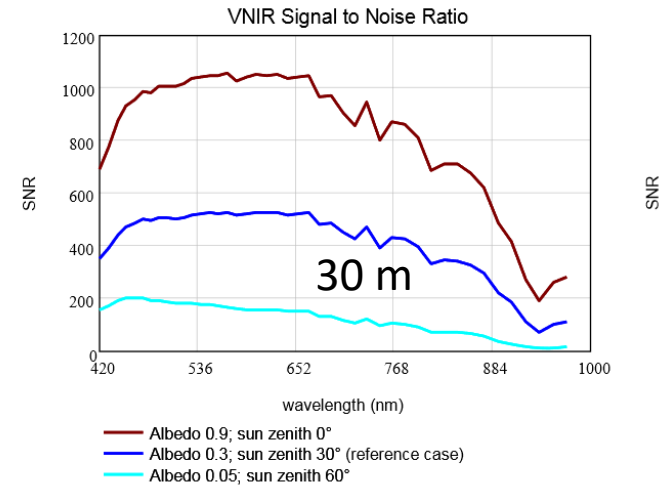
Capteur	Total nb de bandes - 400<Nb bandes<700nm	FHWM (nm)	Domaine (nm)	Résolution
HYSPEX	160-79	4,5	[404-990]	1 m
BIODIVERSITY	53-26	10	[413-990]	8 m
ENMAP	88-43	7 nm	415-1000	30 m
HICO	87-50	10(<750) & 20(>750nm)	410-1000	90 m

# SNR

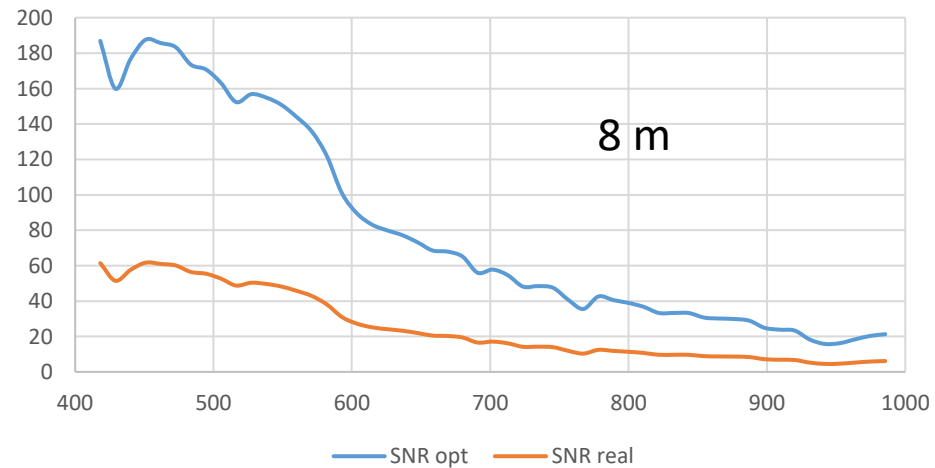
HICO



# ENMAP



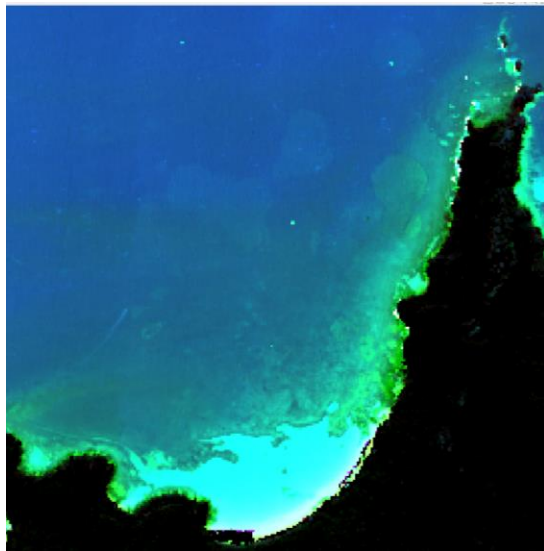
# BIODIVERSITY



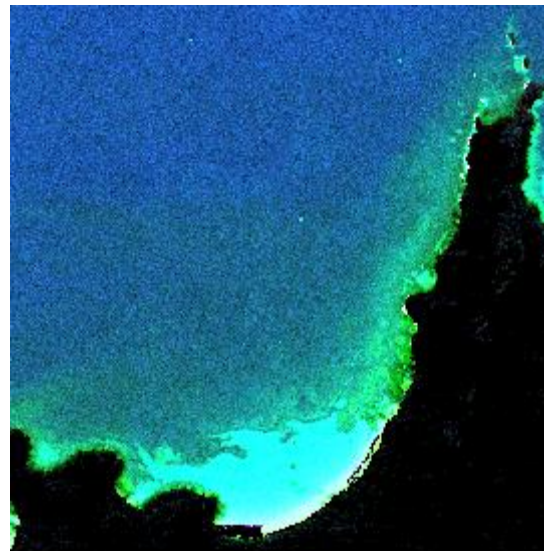
# Simulations BIODIVERSITY

Images simulées :

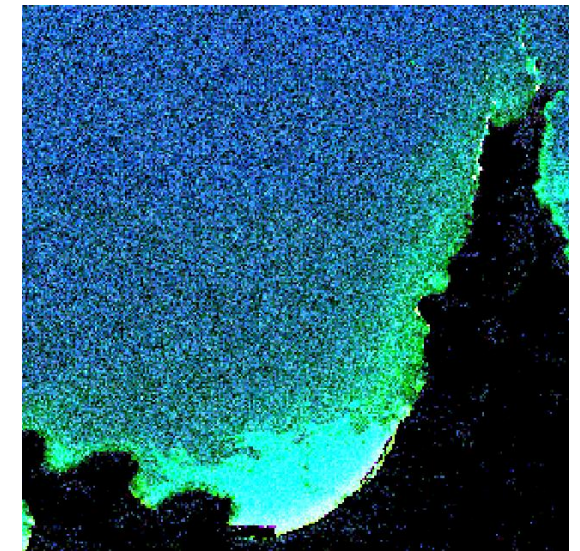
53 bandes spectrales  
8 m de résolution



Sans bruit



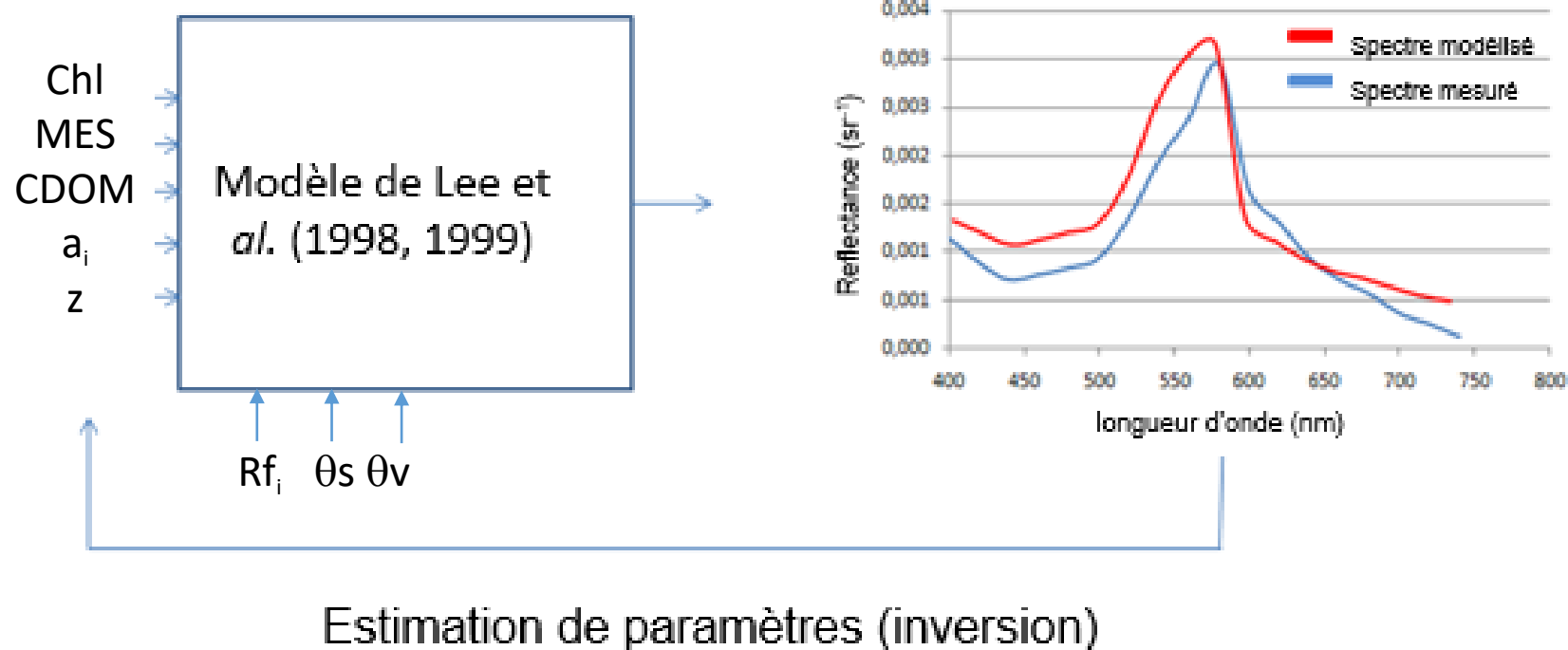
Avec bruit optimiste



Avec bruit réaliste

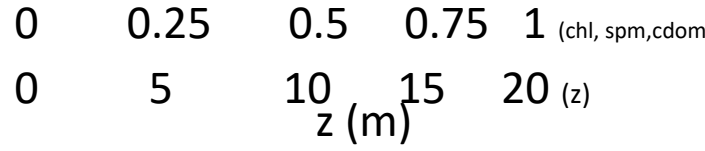
Compositions colorées (440, 552, 680 nm)

# Méthode d'Estimation





# Estimations BIODIVERSITY (colonne d'eau)

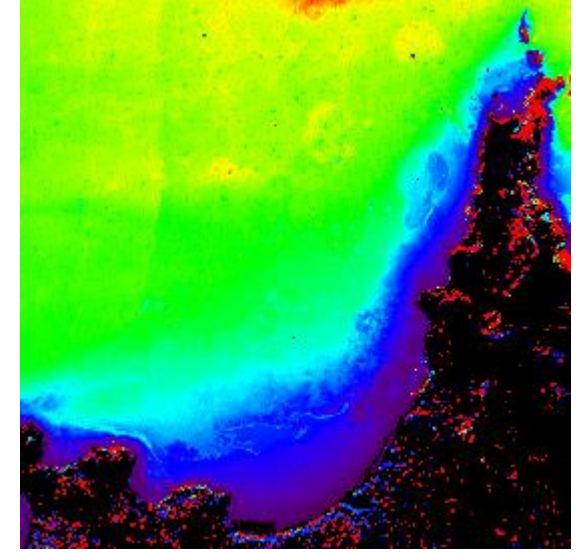
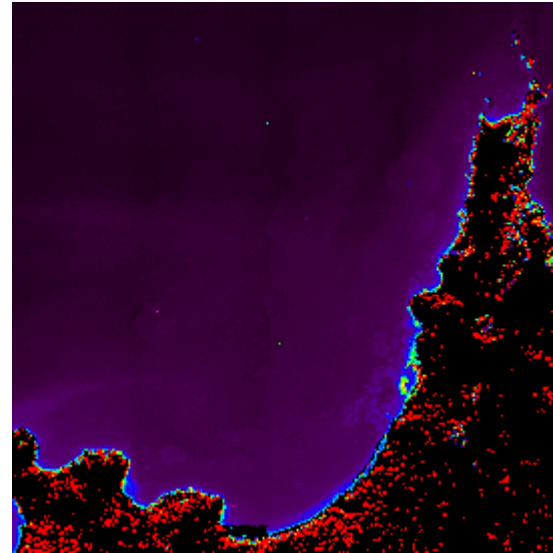
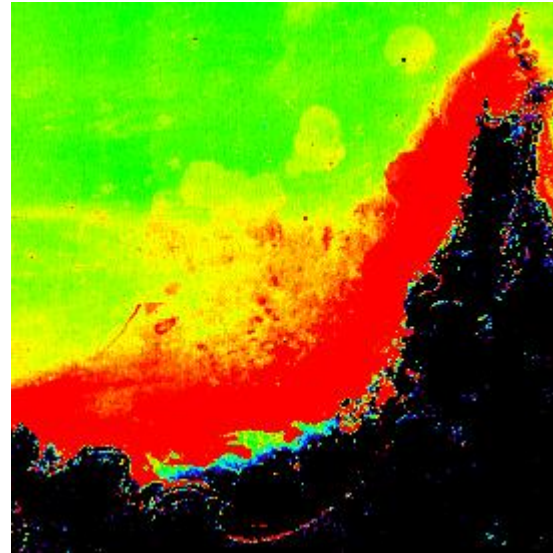
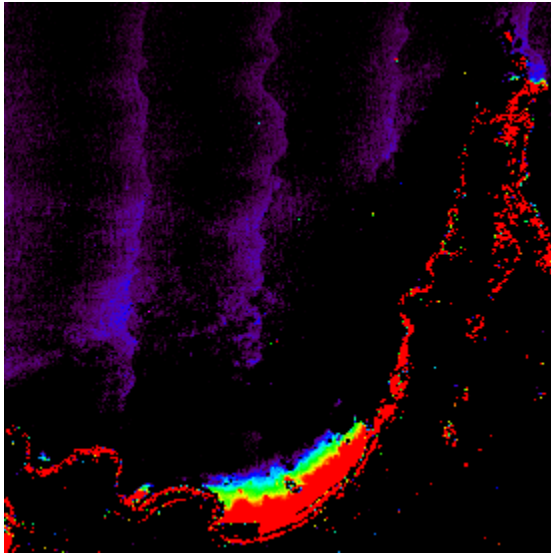


Chl ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

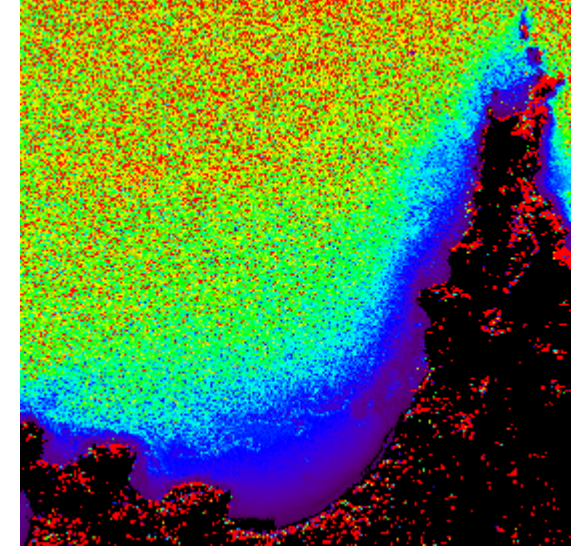
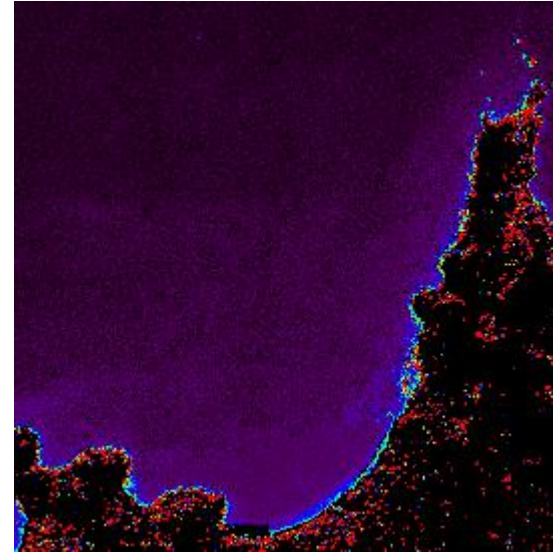
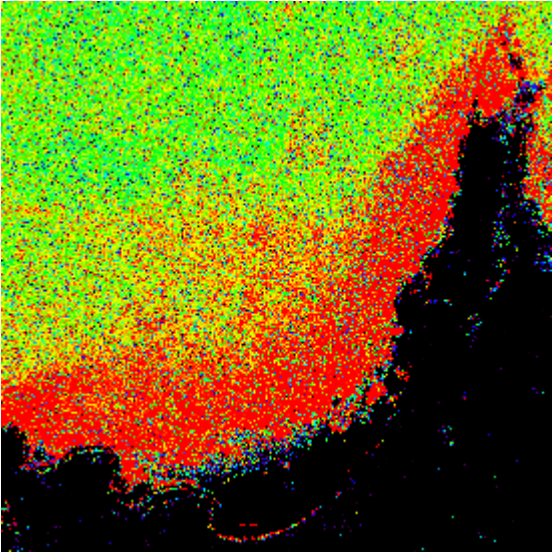
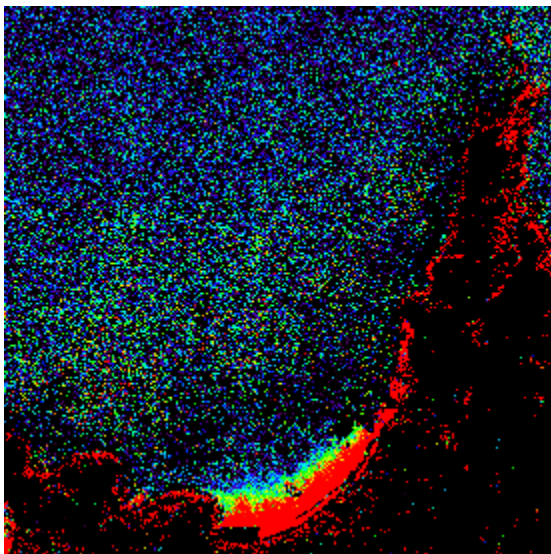
SPM ( $\text{g}/\text{m}^3$ )

Cdom ( $\text{m}^{-1}$ )

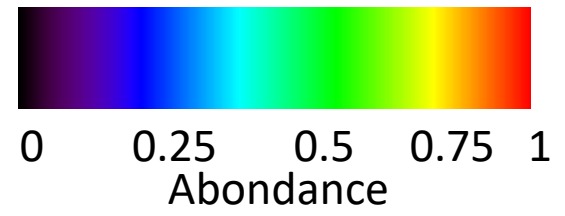
Sans bruit



Avec bruit optimiste



# Estimations BIODIVERSITY (fonds)



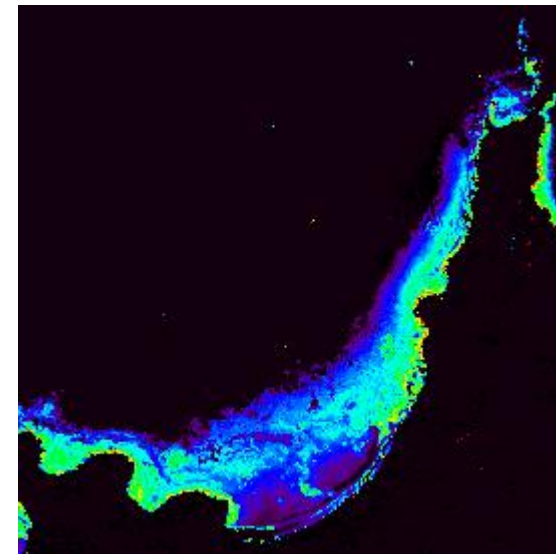
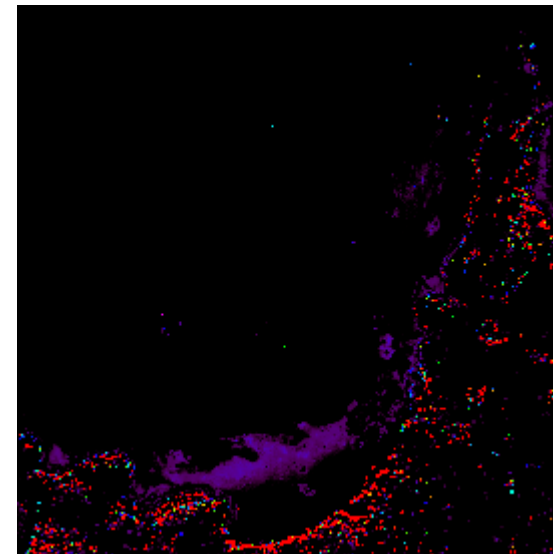
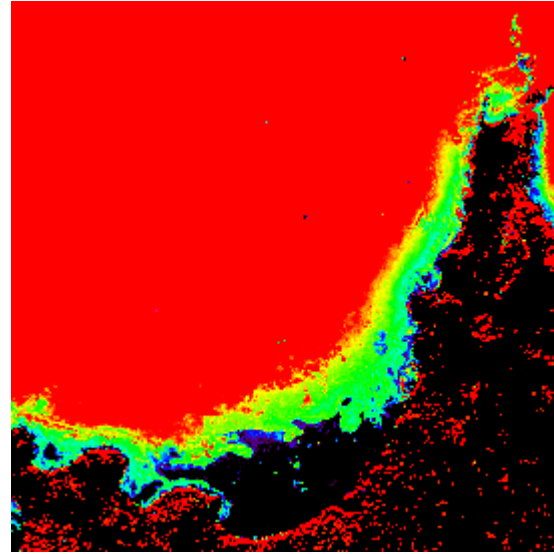
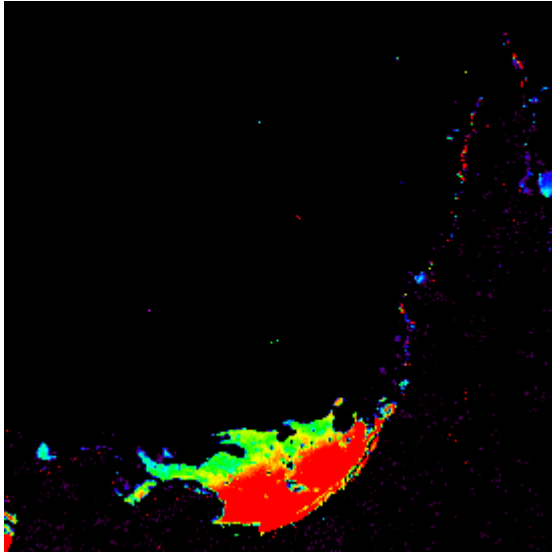
Sable

Posidonie

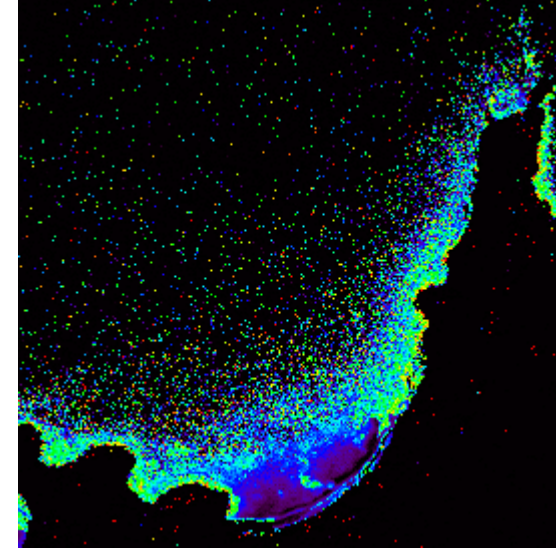
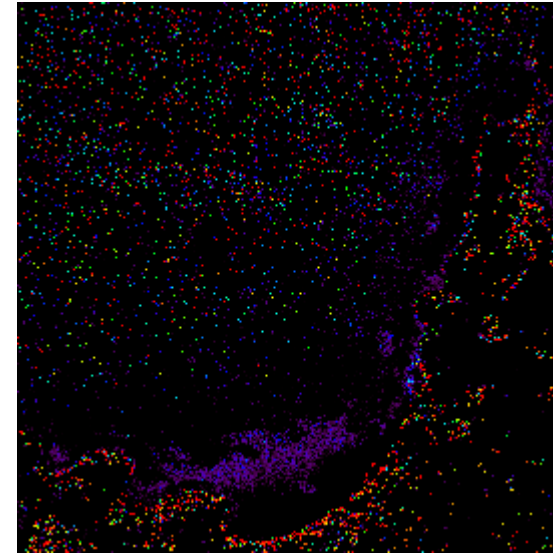
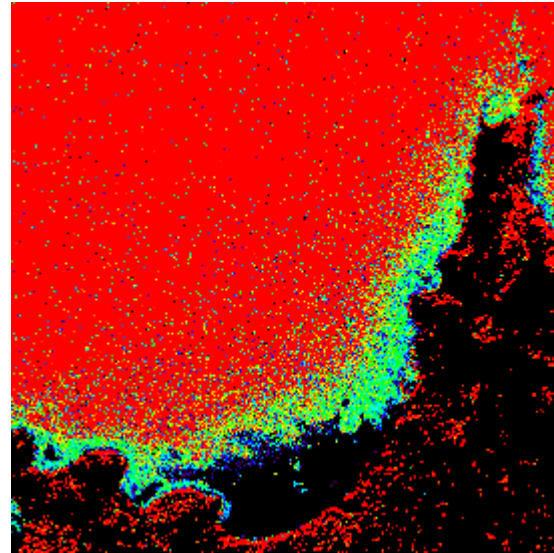
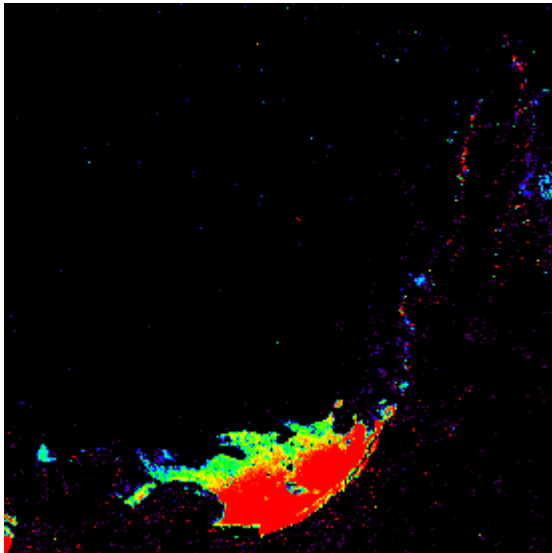
Taxifolia

Algues photophiles

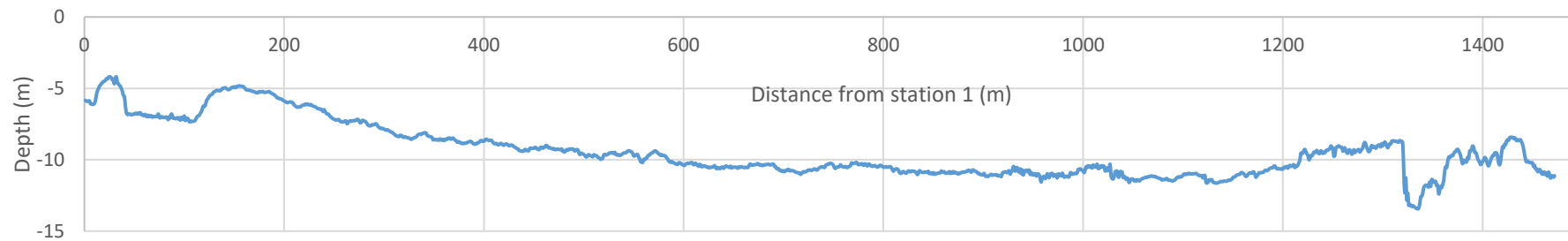
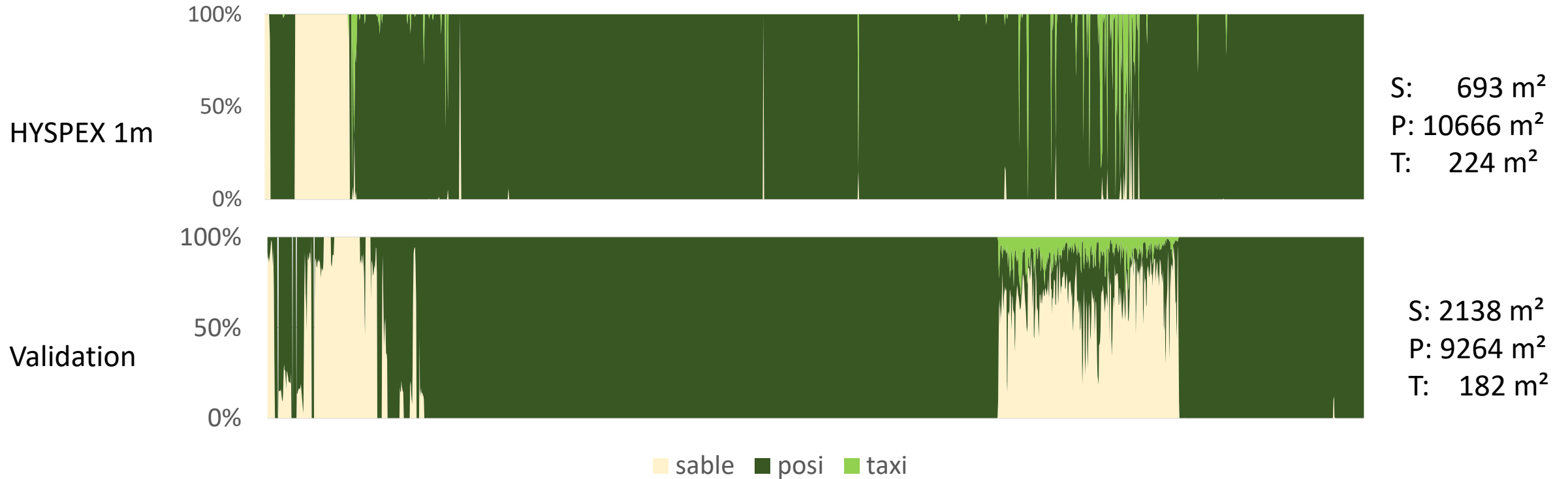
Sans bruit



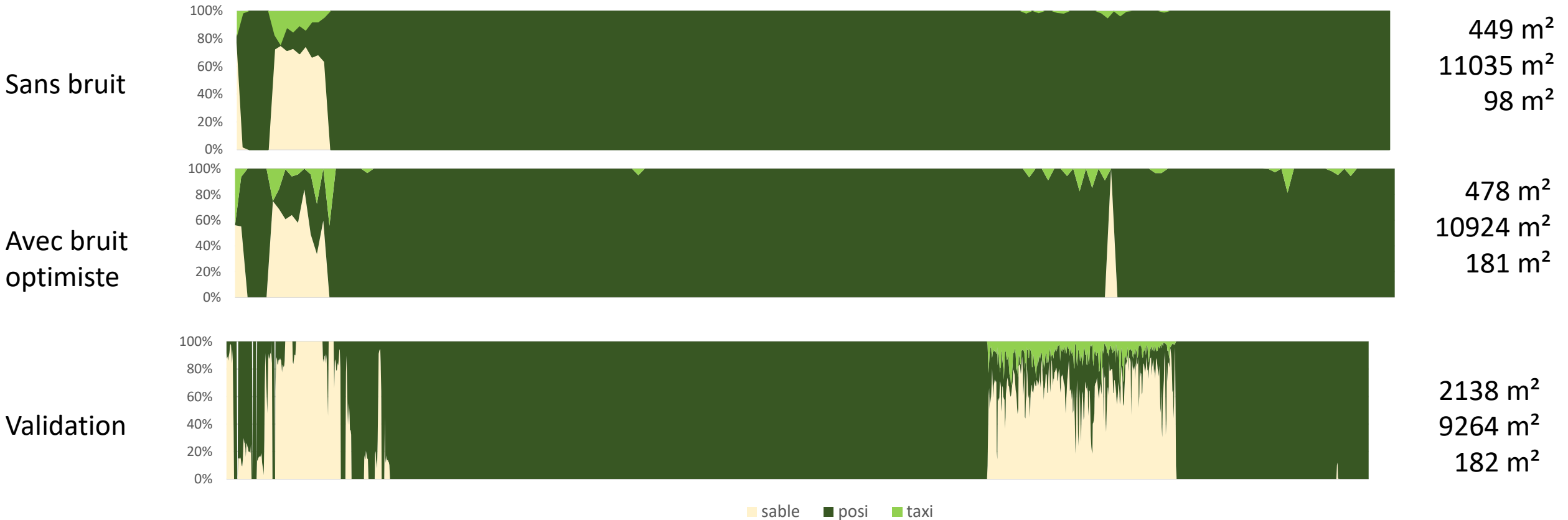
Avec bruit optimiste



# Validation des estimations HYSPEX 1m sur la composition des fonds



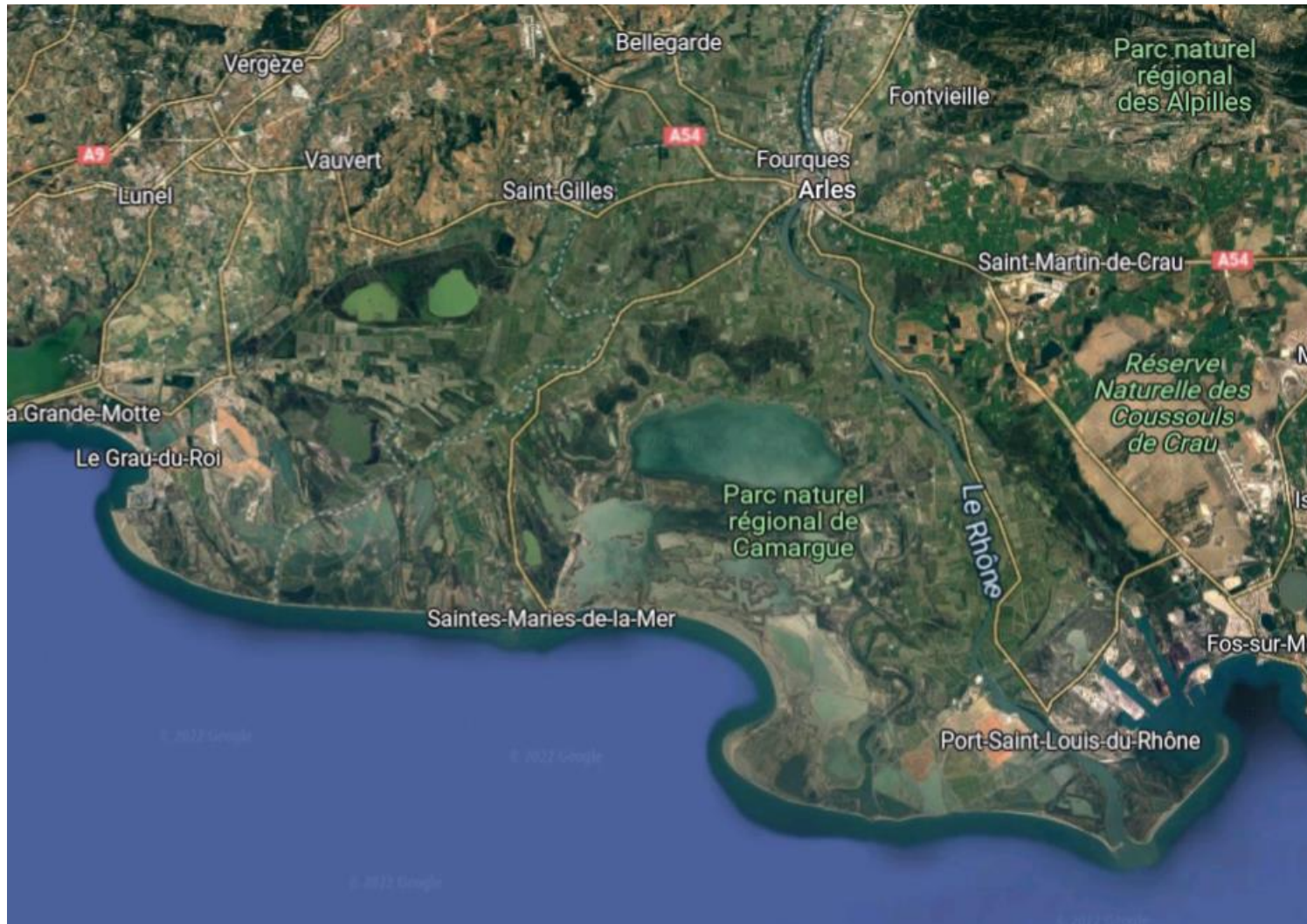
# Validation des estimations BIODIVERSITY 8 m sur la composition des fonds



# Conclusion sur les zones côtières

- L'étude sur le site de Porquerolles a montré que la cartographie des fonds est possible jusqu'à 10 m de profondeur avec HYSPEX mais pas avec BIODIVERSITY
- Les simulations BIODIVERSITY avec 53 bandes, 8 m de résolution et un bruit optimiste montrent que BIODIVERSITY permettra de mieux estimer les paramètres de la colonne d'eau (Chl, SPM, CDOM et profondeur) qu'avec ENMAP ou HICO.
- BIODIVERSITY avec bruit optimiste permettra une cartographie de fonds pour des pixels composés d'un seul type de matériau (e.g., sable ou posidonie), en particulier pour  $z < 10$  m. En revanche, des difficultés sont observées pour estimer des pixels composés de mélanges de fonds (e.g., sable + posidonie).
- Article publié : A. Minghelli, S. Vadakke-Chanat, M. Chami, M. Guillaume and M. Peirache, (2021) "Benefit of the potential future hyperspectral satellite sensor (BIODIVERSITY) for improving the determination of water column and seabed features in coastal zones", in IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, (14), 1222-1232, doi: 10.1109/JSTARS.2020.3031729

# Etude en eaux continentales (Camargue)



# Introduction

- Les eaux continentales (comme les eaux côtières) sont des eaux complexes où plusieurs éléments influencent la réflectance
- Caractéristiques des eaux intérieures : faibles profondeurs mais fortes concentrations
- Estimation bathymétrique et cartographie des fonds déjà testées en eaux continentales avec des capteurs hyperspectraux aériens.
- Dans cette étude nous voulions analyser le potentiel du capteur hyperspectral satellite BIODIVERSITY pour estimer la bathymétrie et cartographier les fonds
- Et le comparer par rapport à des capteurs satellites existants (DESI)

# Site d'étude

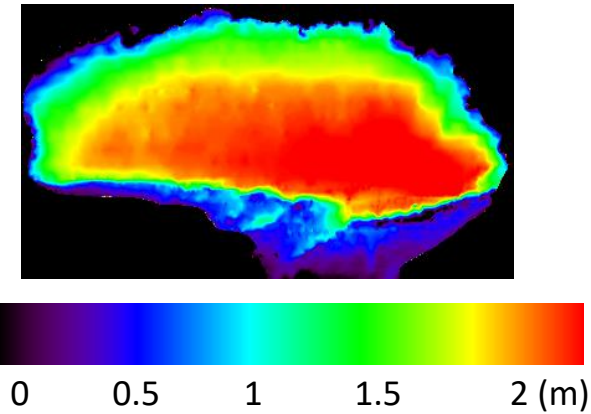
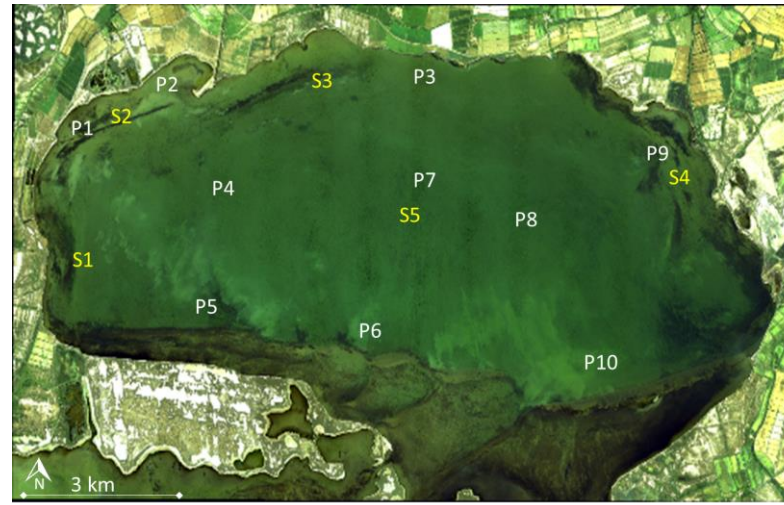
- La Camargue
- Problématiques :
  - Décroissance des zostères
  - Augmentation des algues rouges et vertes
  - Pollution par l'agriculture industrielle environnante



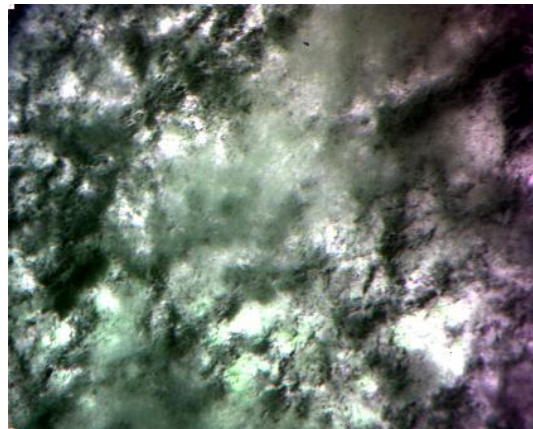
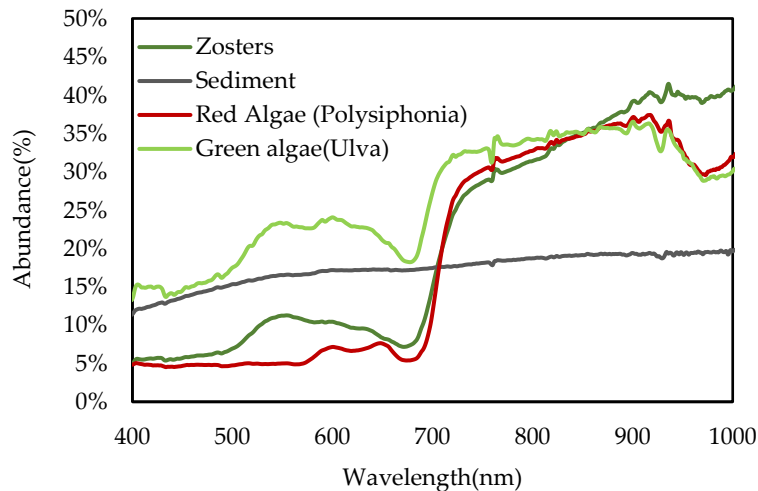


# Données

- Images hyperspectrales HYSPEX
- Spectres des fonds
- Mesures in situ (chl, SPM, cdom)
- ACS, BB3 et TRIOS
- Données de validation bathymétriques
- Images subaquatiques (SILIOS)

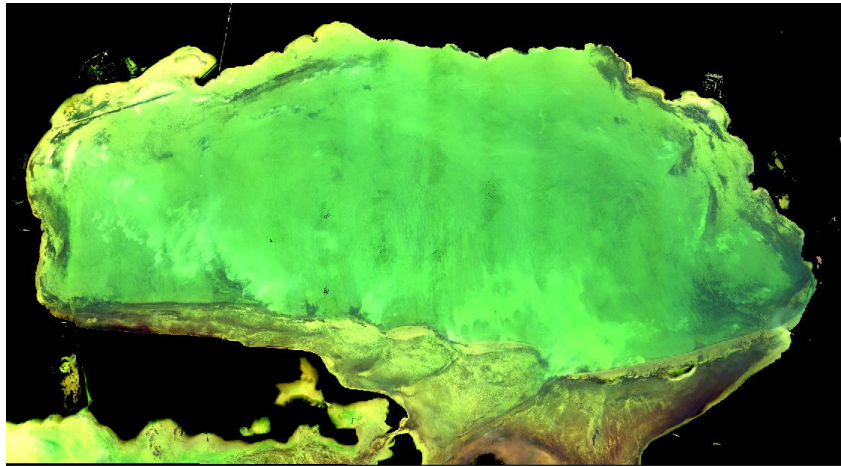


Stations	Chla ( $\mu\text{g/l}$ )	SPM ( $\text{mg/l}$ )	CDOM ( $\text{m}^{-1}$ ) at 440 nm
01	0.92	3.058	0.43
02	1.29	29.231	0.38
03	2.04	3.504	0.72
04	1.74	6.498	0.36
05	1.1	1.171	0.43
06	0.71	2.024	0.38
07	0.79	2.147	0.36
08	2.62	5.178	0.47
09	2.24	3.676	0.41
10	0.96	2.847	0.4

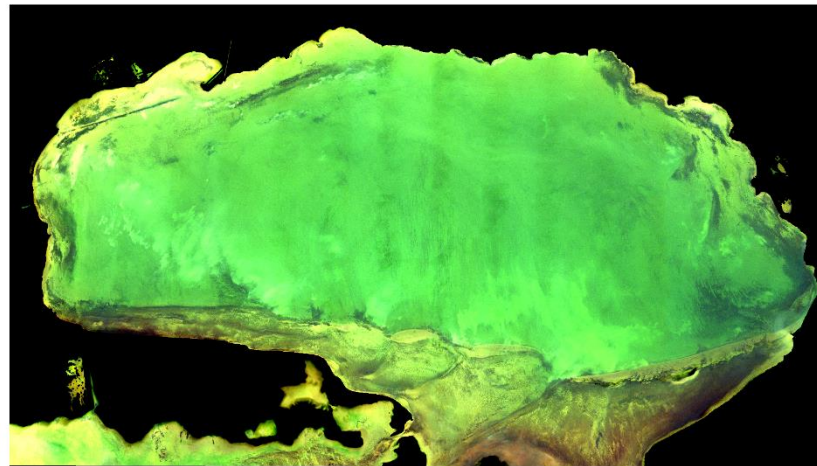


# Simulations BIODIVERSITY

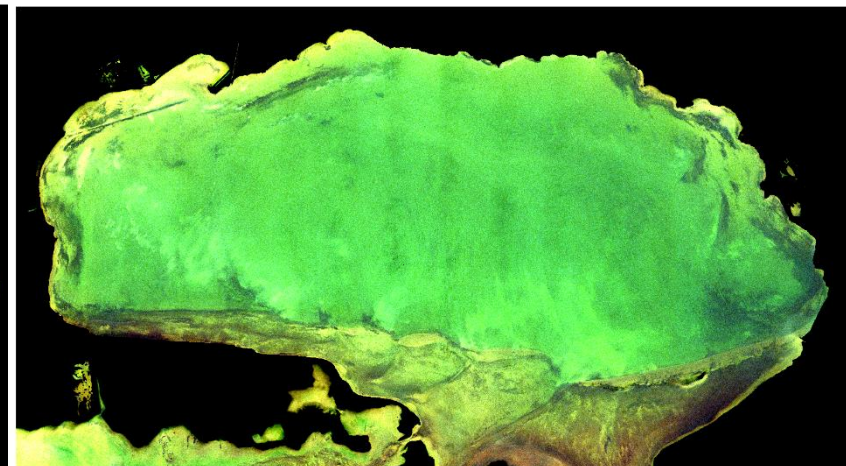
Image simulée :  
53 bandes spectrales  
8 m de résolution



Sans bruit



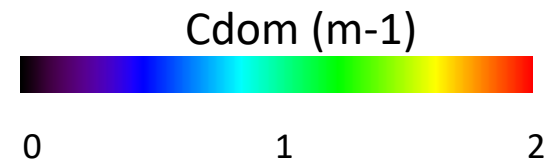
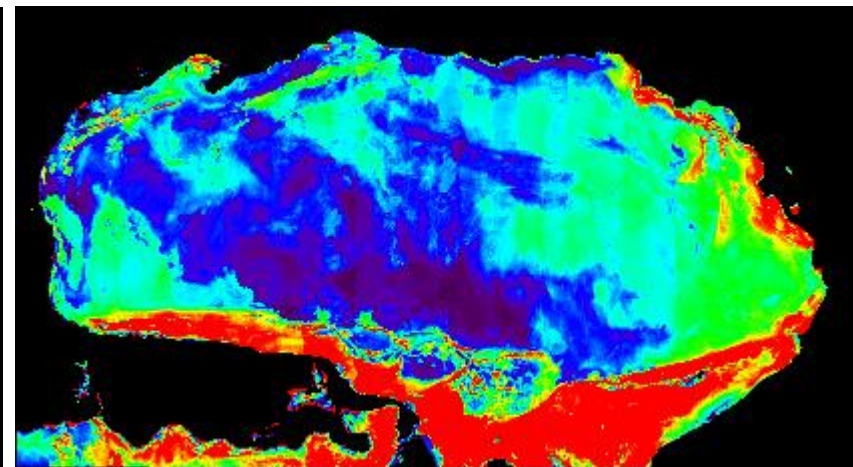
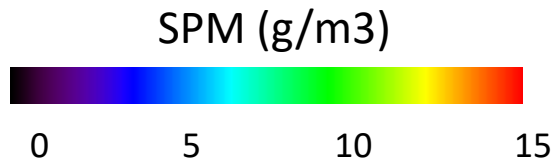
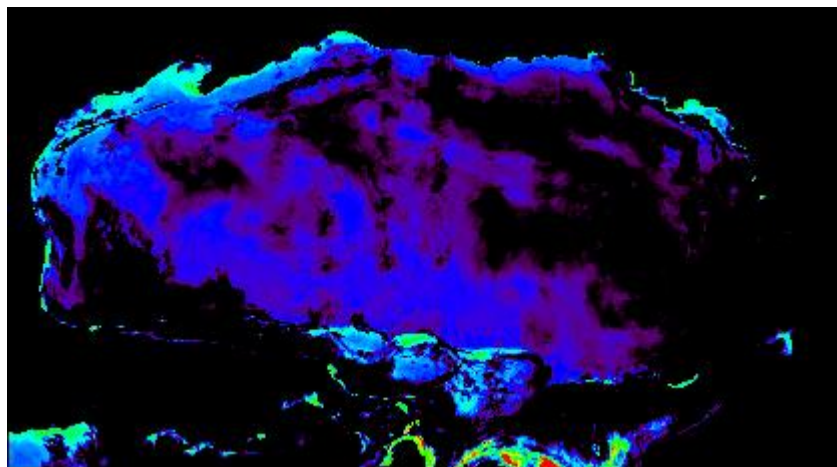
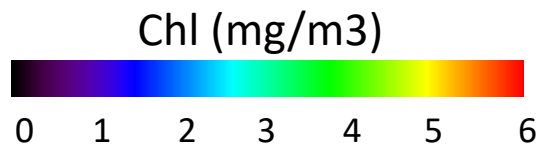
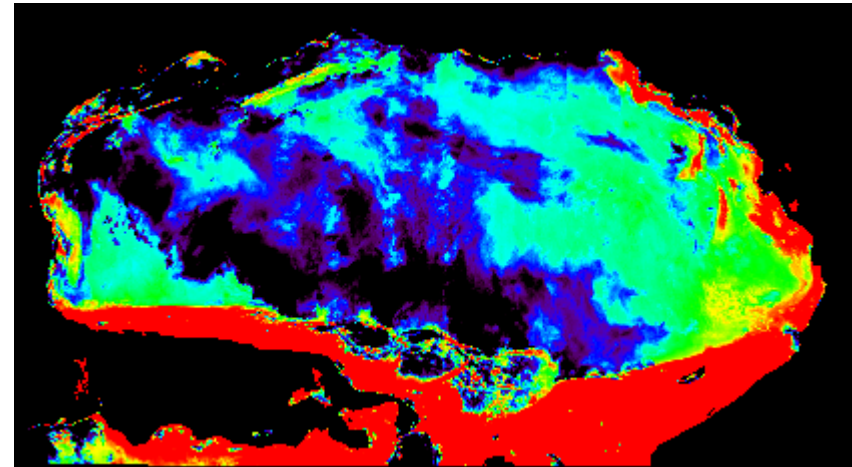
Bruit optimiste



Bruit réaliste

Bands 440 552 680

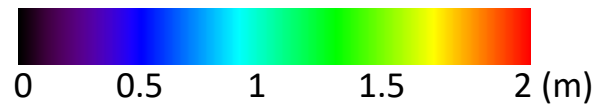
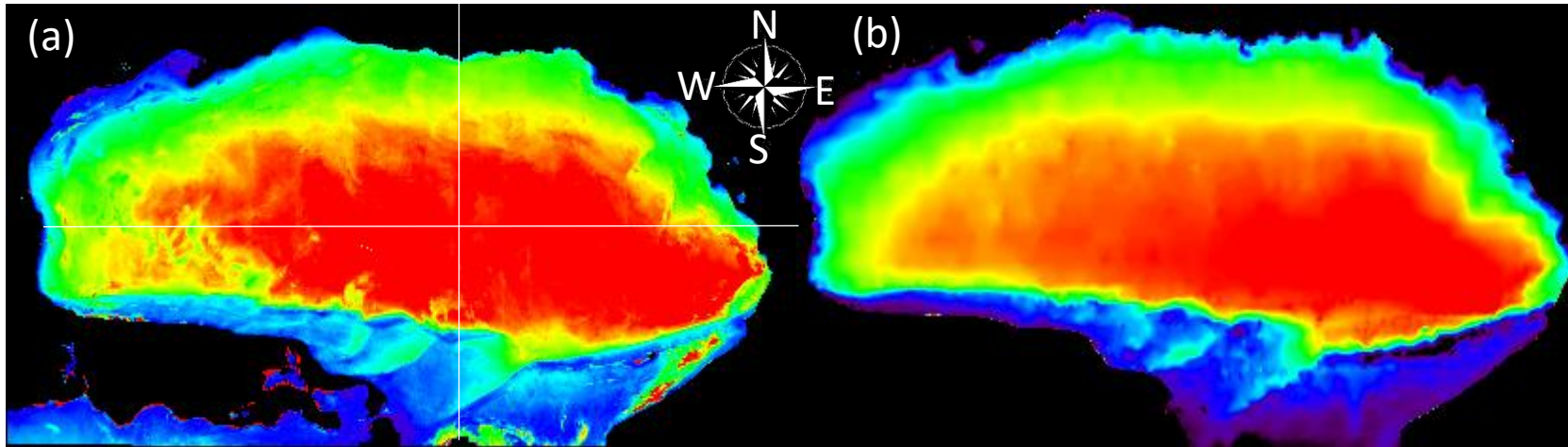
# Estimations BIODIVERSITY (colonne d'eau)



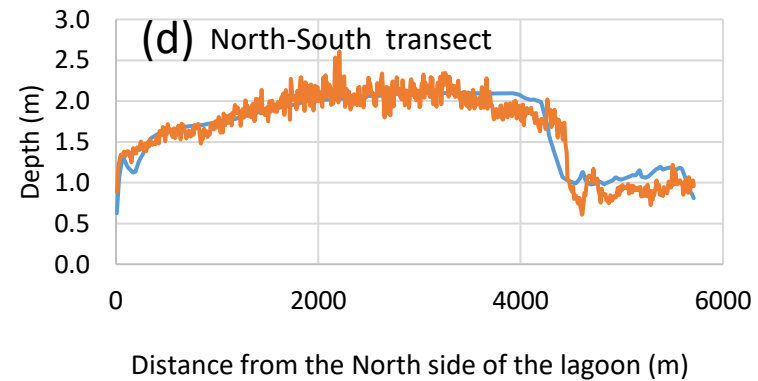
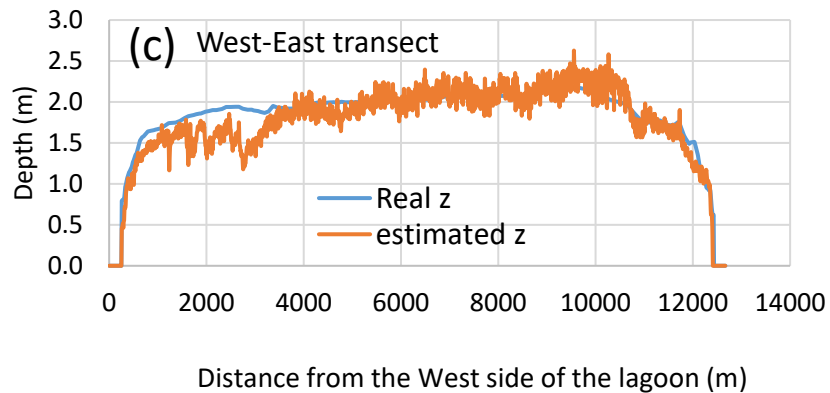
# Bathymétrie et validation

BIODIVERSITY

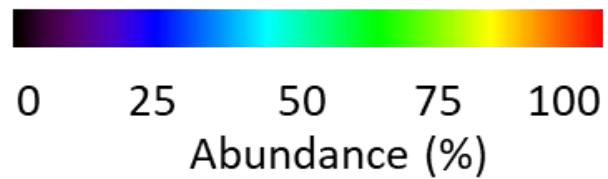
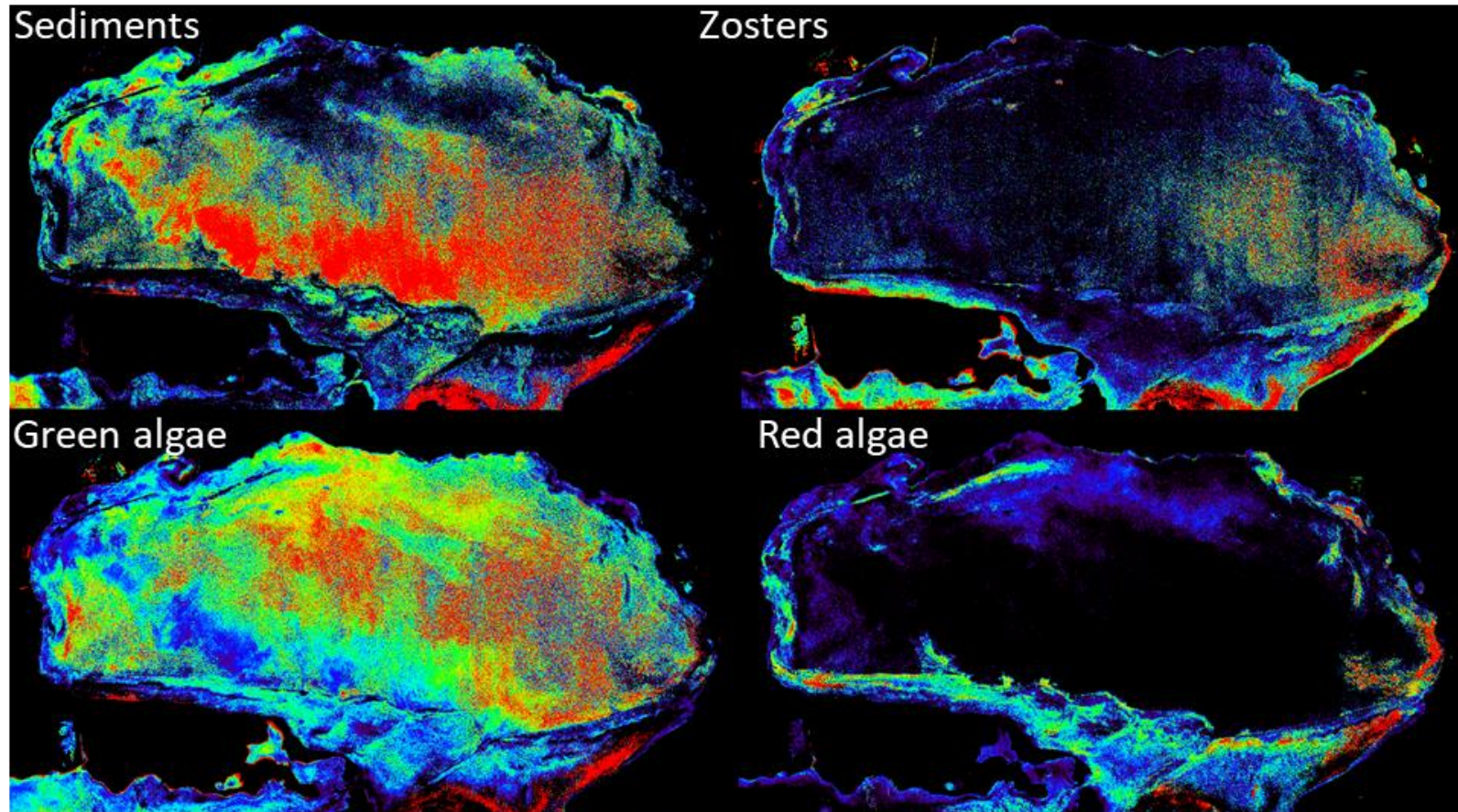
Sondeur



RMSE = 0.28 m  
RE(%)=14.11



# Cartographie des fonds avec BIODIVERSITY



# Validation des fonds

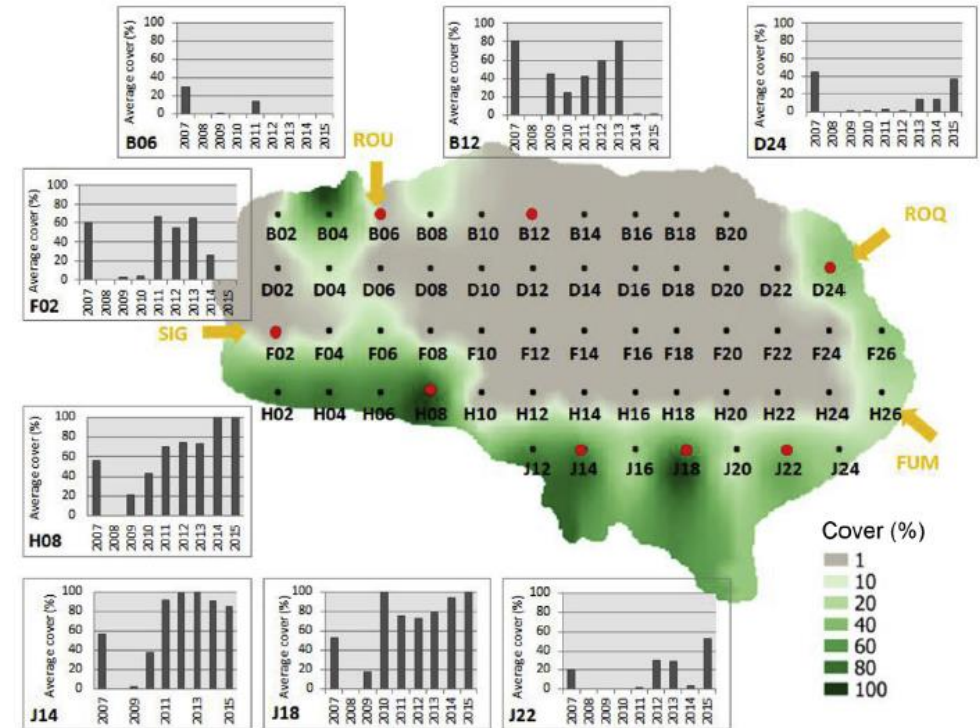
Avec des images subaquatiques



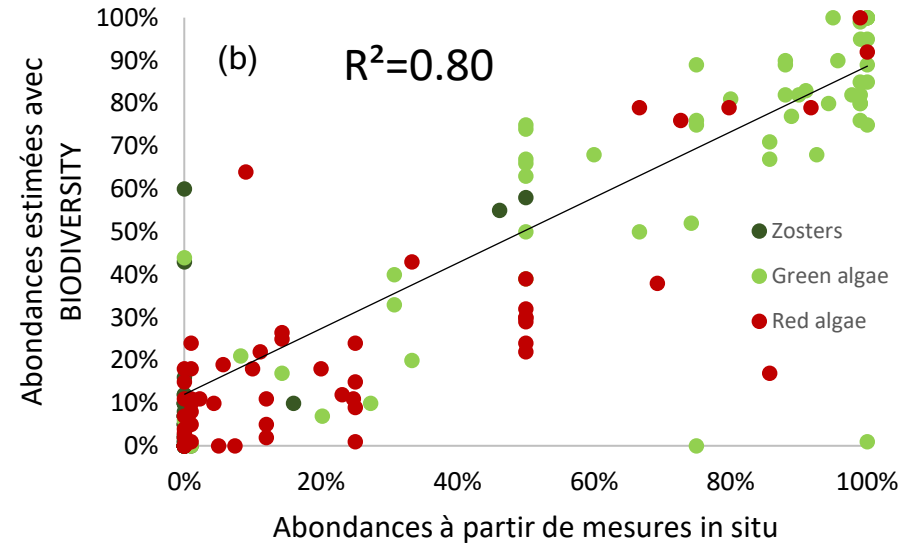
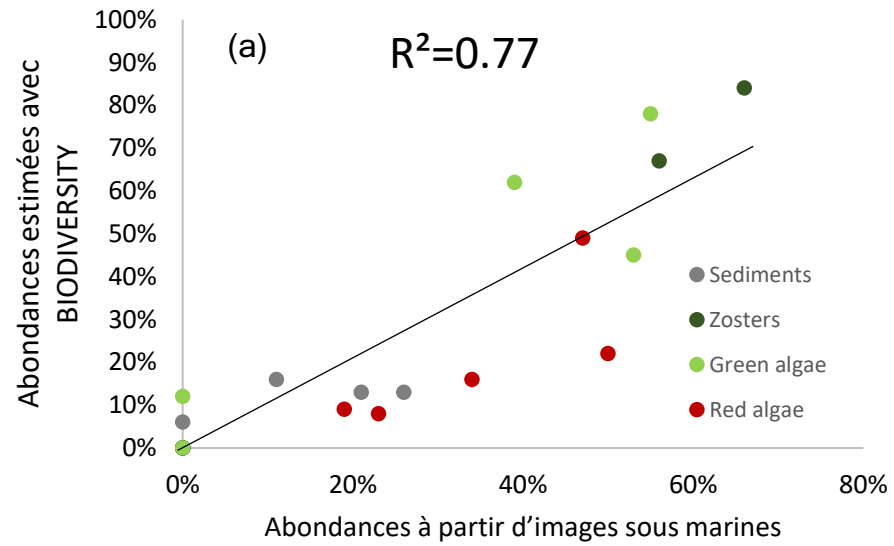
	Sediments		Zosters		Green algae		Red algae	
	Satellite	UW	Satellite	UW	Satellite	UW	Satellite	UW
S1	0	6	0	0	53	45	47	49
S2	0	0	66	84	0	0	34	16
S3	11	16	0	0	39	62	50	22
S4	21	13	56	67	0	12	23	8
S5	26	13	0	0	55	78	19	9

Couverture en %

Avec des mesures in situ de couverture en macrophytes



# Validation des fonds



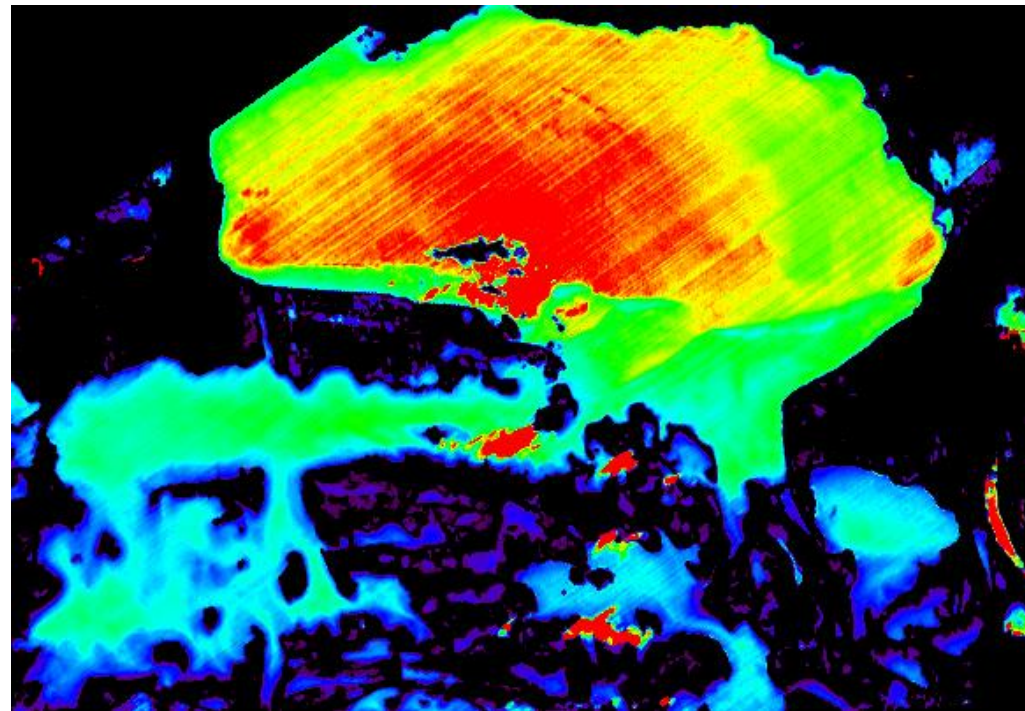
# Image DESIS

- 1/2/2020
- 30 m de résolution
- 400-1000 nm
- Échantillonnage 2.55nm
- FWHM de 3.5 nm





# Bathymétrie et validation



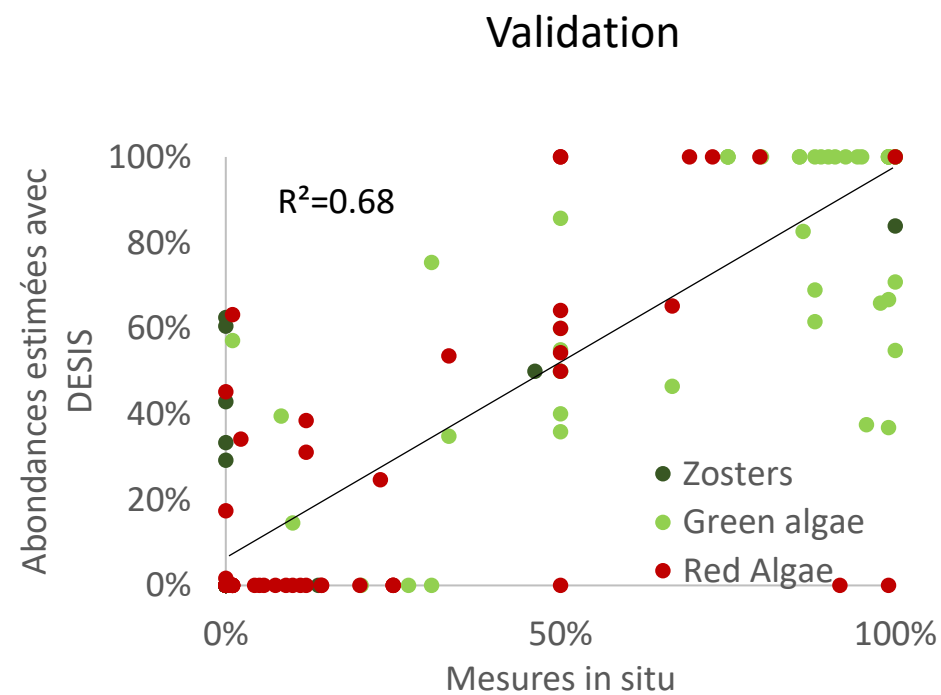
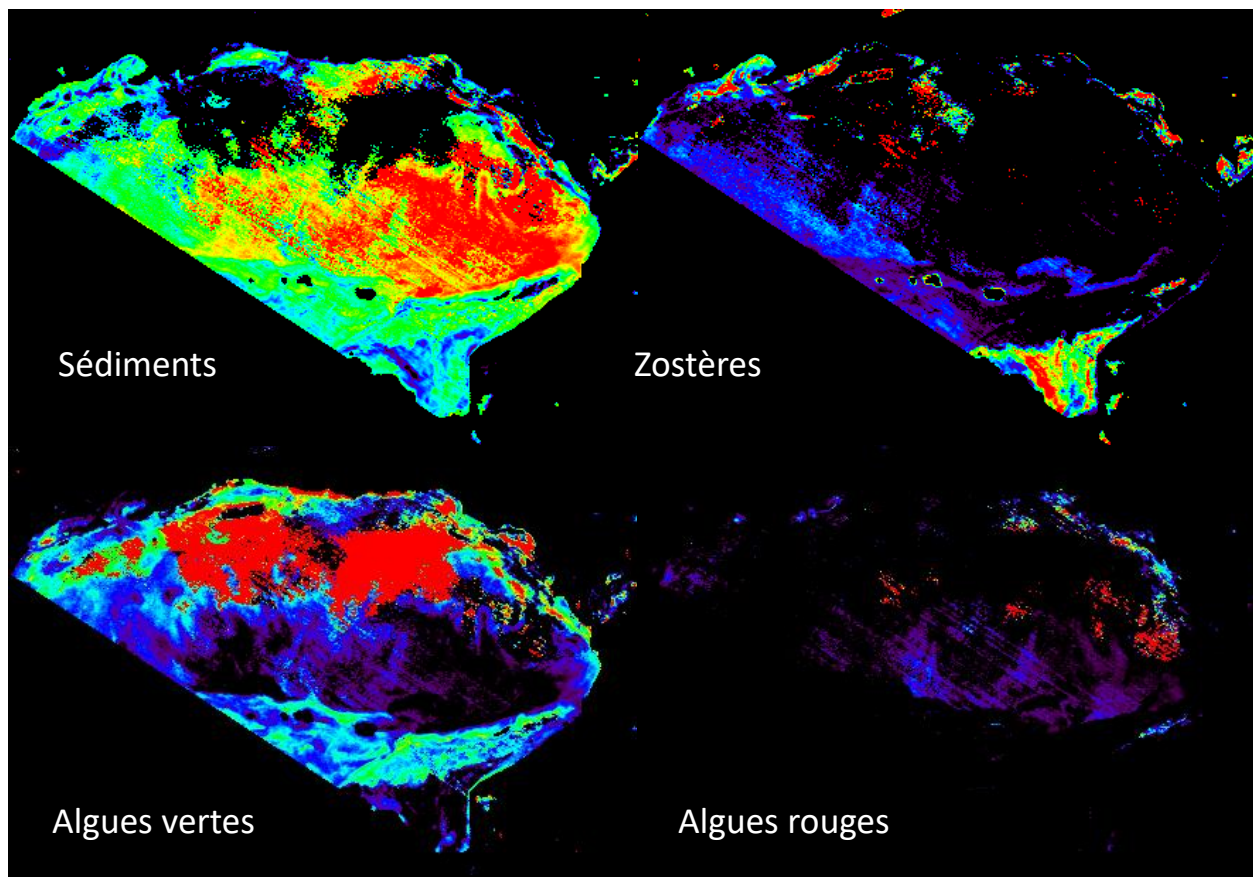
RMSE=0.38 m  
RE(%)=17%



# DESIS image

- 4/9/2019





# Conclusion

- L'étude sur le site de la Camargue a montré que la bathymétrie ainsi que la cartographie des fonds étaient possibles avec le capteur BIODIVERSITY même en eau moyennement turbide.
- Les simulations BIODIVERSITY avec 53 bandes, 8 m de résolution et un bruit optimiste montrent que BIODIVERSITY permettra de mieux estimer la bathymétrie (RMSE = 0.28 m, RE=14%) qu'avec DESIS (RMSE=0.38 m, RE=17%)
- La comparaison avec des mesures de terrain a montré un bon accord  $R^2 = 0.77$  (images sub-aquatiques) et  $R^2 = 0.8$  (mesures in situ des habitats benthiques) comparé à DESIS ( $R^2 = 0.68$ )
- Article publié: A. Minghelli, S. Vadakke-Chanat, M. Chami, M. Guillaume, E. Migne, P. Grillas and O. Boutron, (2021) " Estimation of Bathymetry and Benthic Habitat Composition from Hyperspectral Remote Sensing Data (BIODIVERSITY) Using a Semi-Analytical Approach", in in Remote Sens., 13(8), <https://doi.org/10.3390/rs13081444>