



Projet HYPCOLAC

2019-2021

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

Sayoob Vadakke-Chanat¹, sayoob@gmail.com, Audrey Minghelli¹, audrey.minghelli@univ-tln.fr

Malik Chami², malik.chami@upmc.fr, Mireille Guillaume³, mireille.guillaume@fresnel.fr



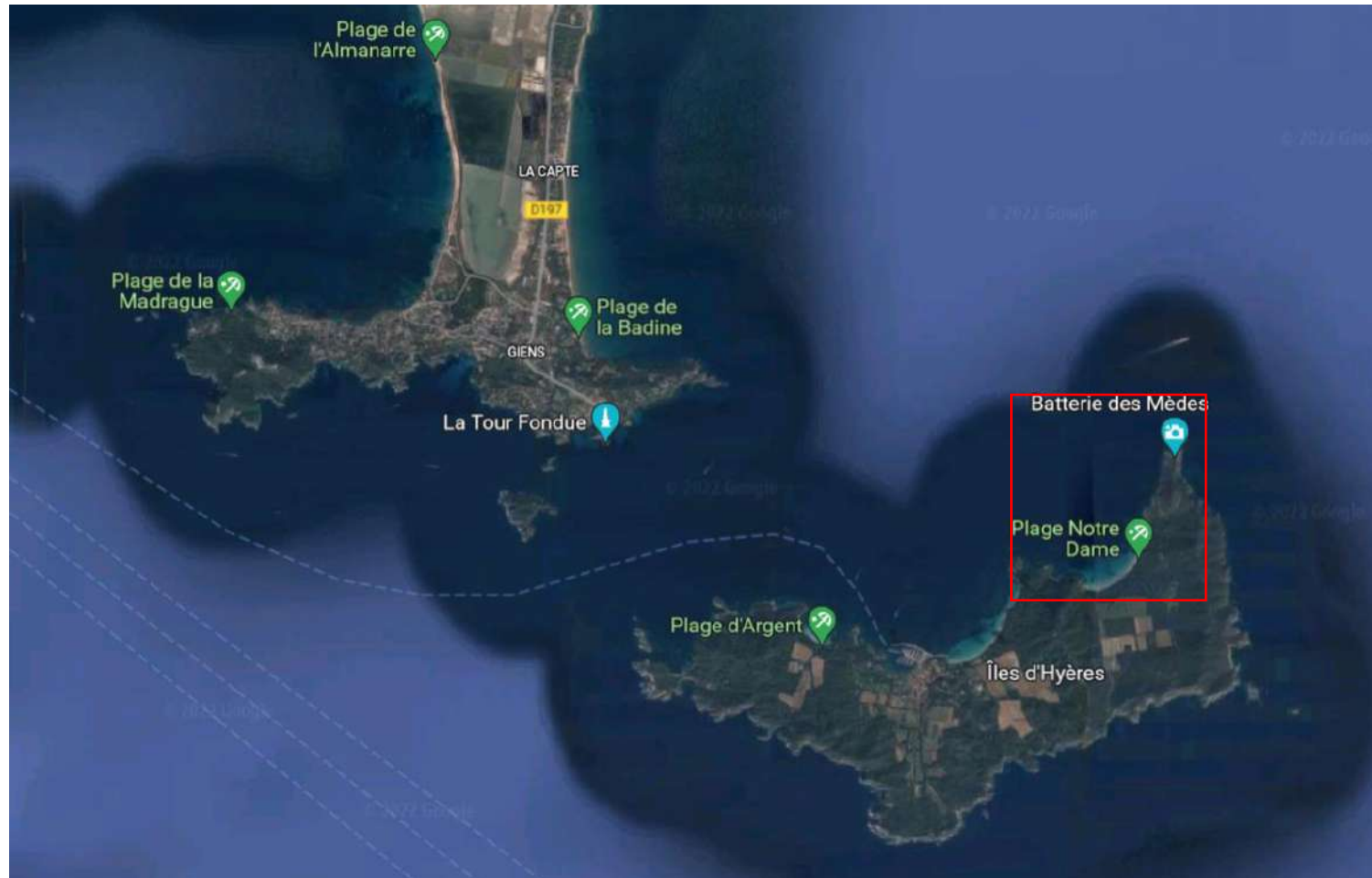
¹ Université de Toulon, Seatech, Laboratoire LIS UMR-CNRS 7020

² Sorbonne Université (ex-UPMC), Laboratoire Atmosphères Milieux Observations Spatiales (LATMOS)

³ Institut Fresnel, Ecole Centrale, Marseille

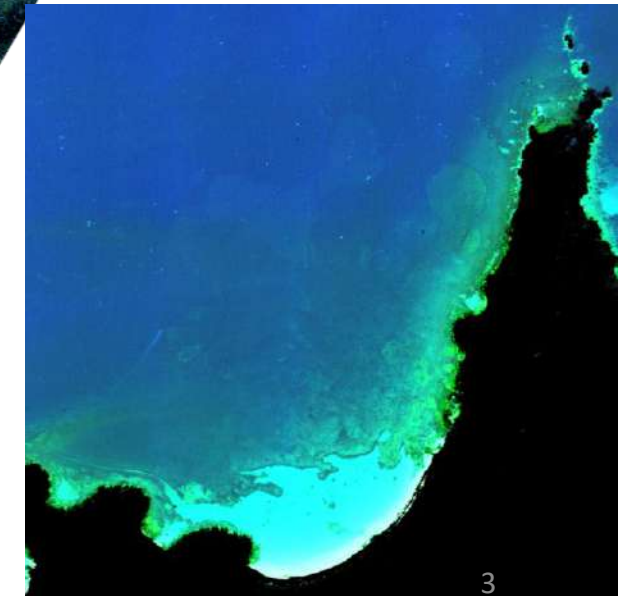
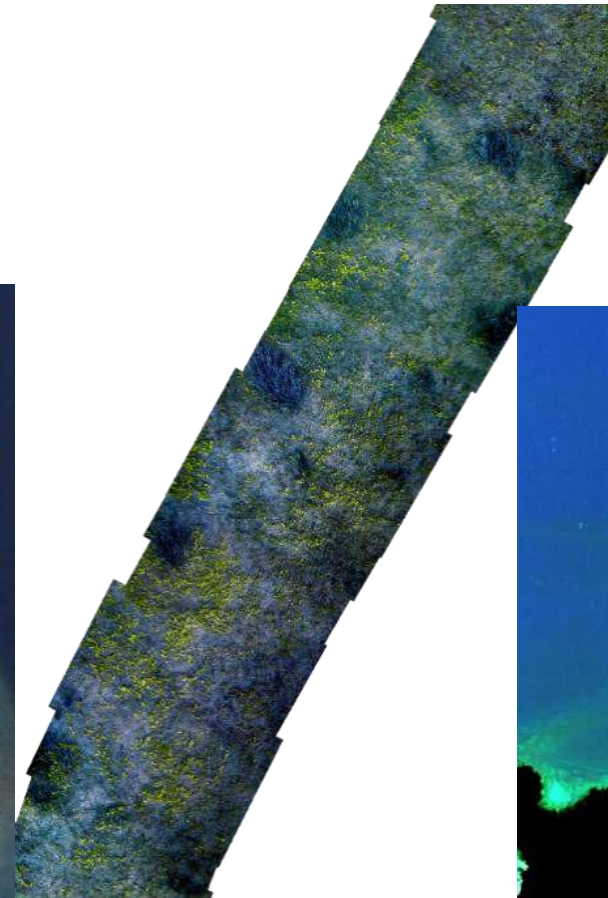
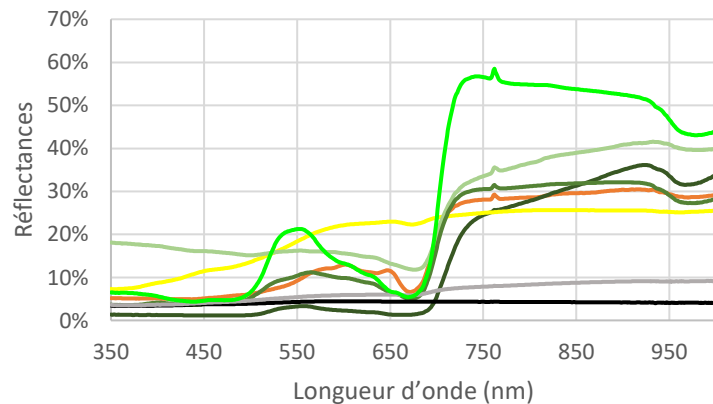
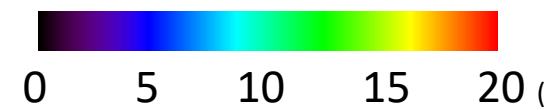
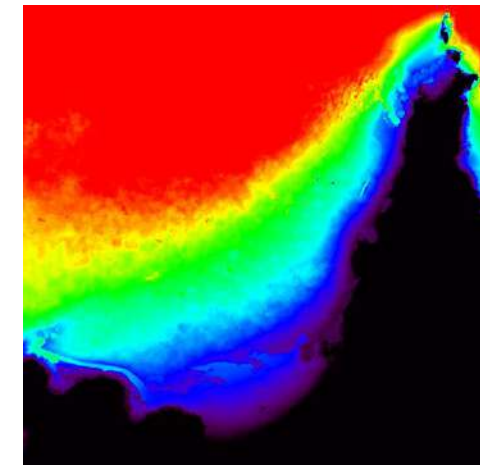
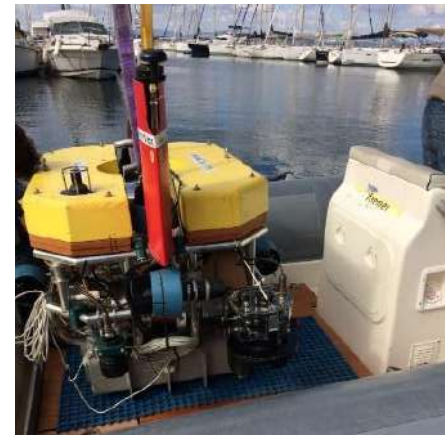


Etude en zones côtières (Porquerolles)

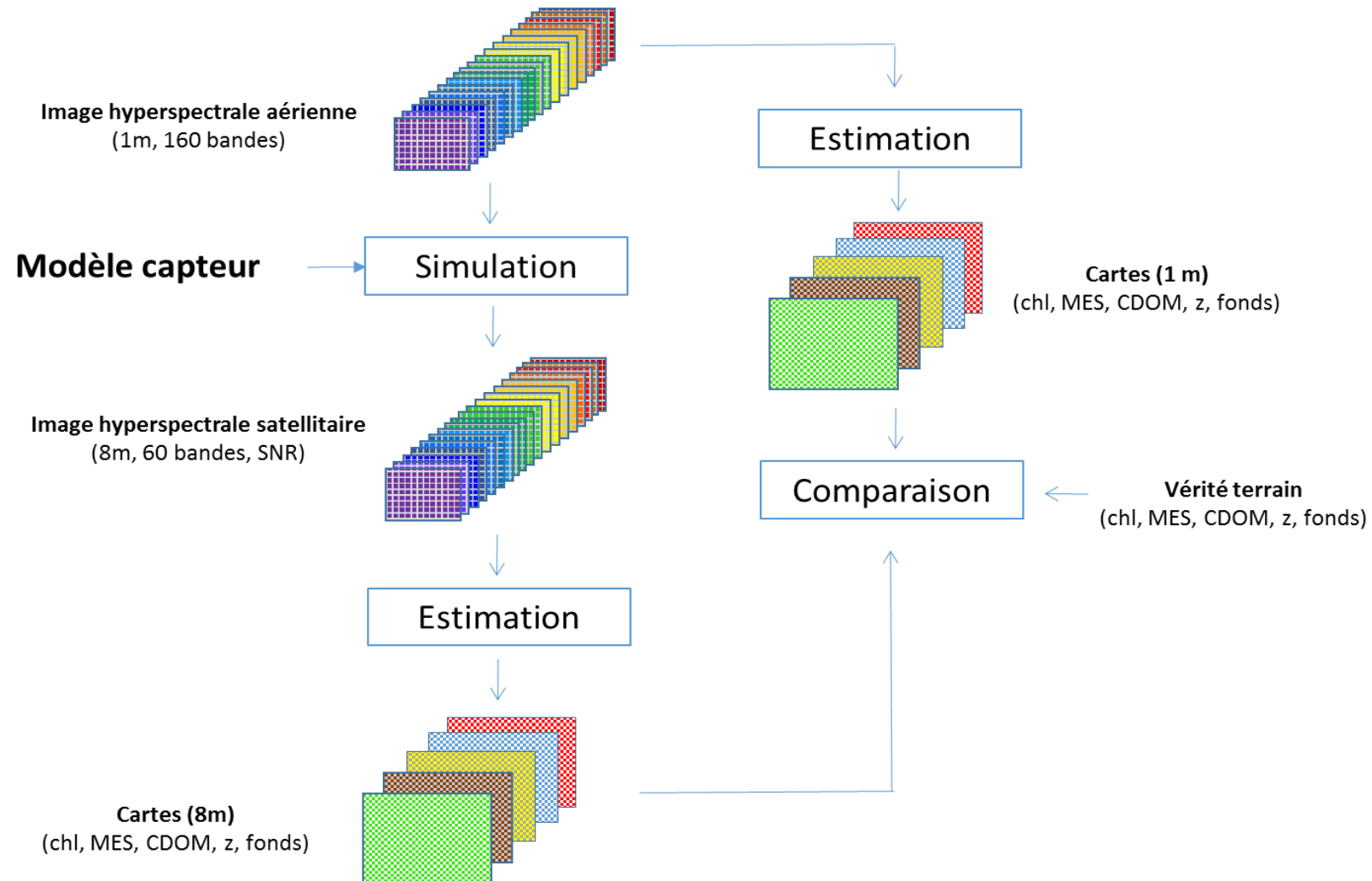


Données

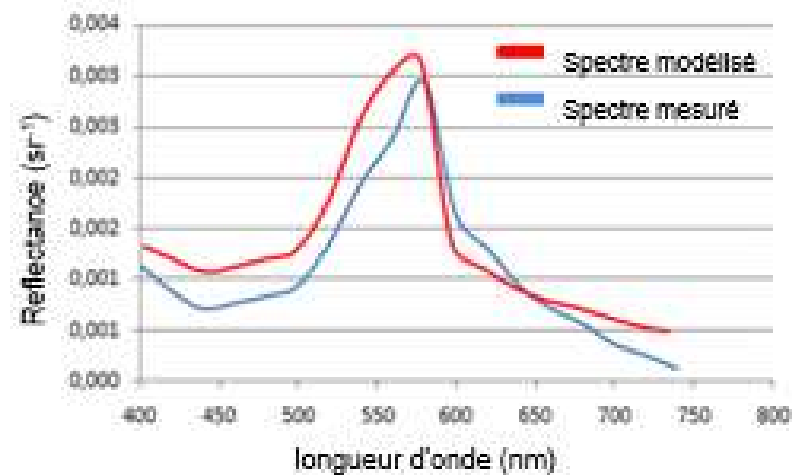
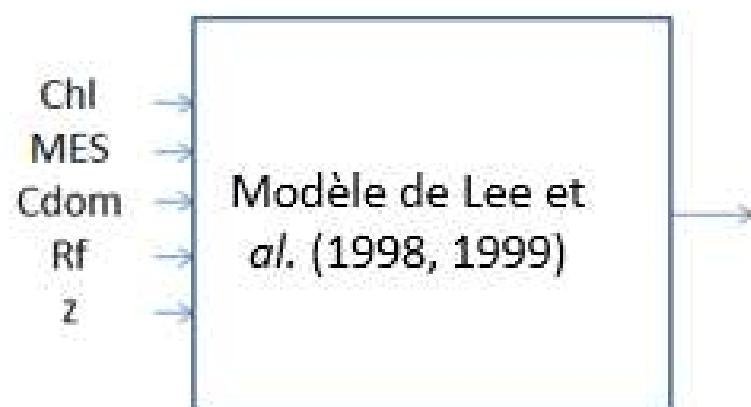
- Spectres des fonds (ASD)
- Mesures de qualité de l'eau (chl, SPM, cdom)
- Vérité de terrain (Vortex Ifremer)
- Bathymétrie Litto3D
- Images hyperspectrales aériennes



Organigramme de la méthodologie



Méthode d'Estimation



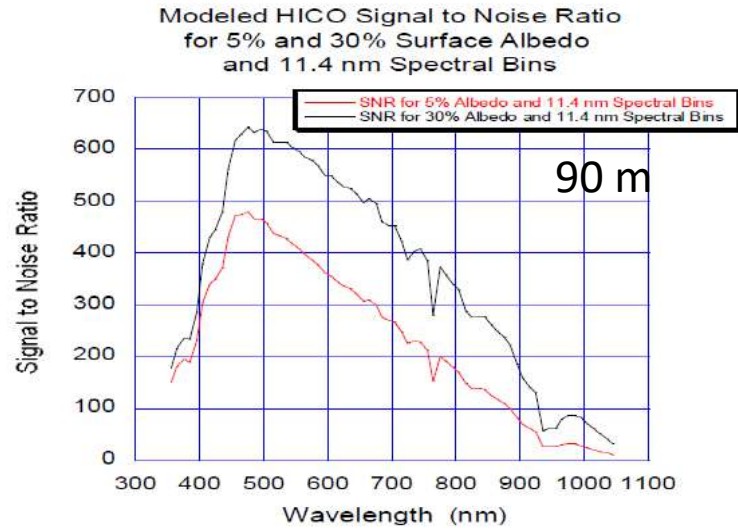
Estimation de paramètres (inversion)

Simulation de capteur : Intégration spatiale et spectrale

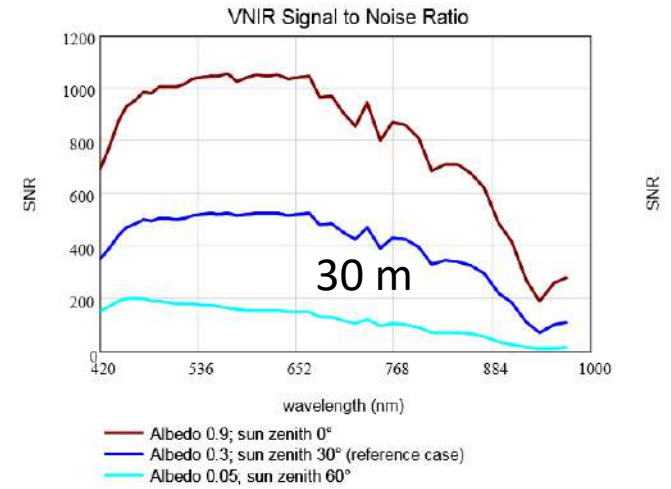
Capteur	Total nb de bandes - 400<Nb bandes<700nm	FHWM (nm)	Domaine (nm)	Résolution
HYSPEX	160-79	4,5	[404-990]	1 m
BIODIVERSITY	53-26	10	[413-990]	8 m
ENMAP	88-43	7 nm	415-1000	30 m
HICO	87-50	10(<750) & 20(>750nm)	410-1000	90 m

SNR

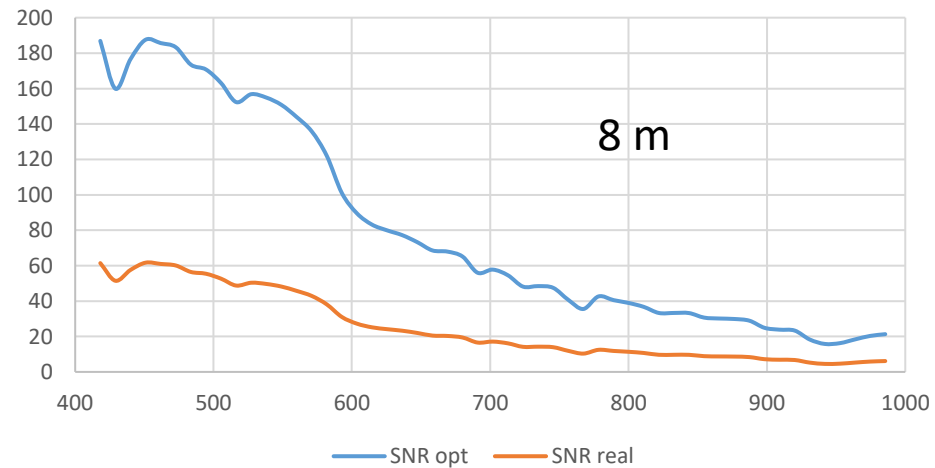
HICO



ENMAP



BIODIVERSITY

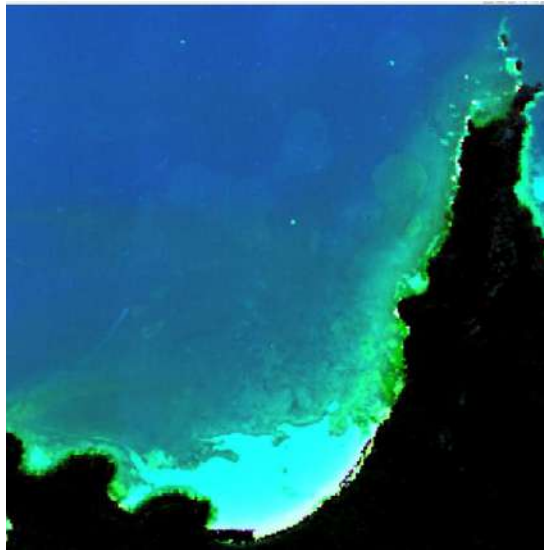


Simulation BIODIVERSITY

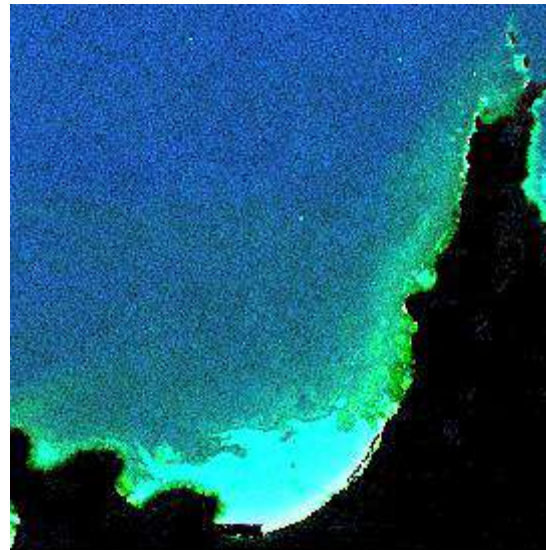
Images simulées :

53 bandes spectrales

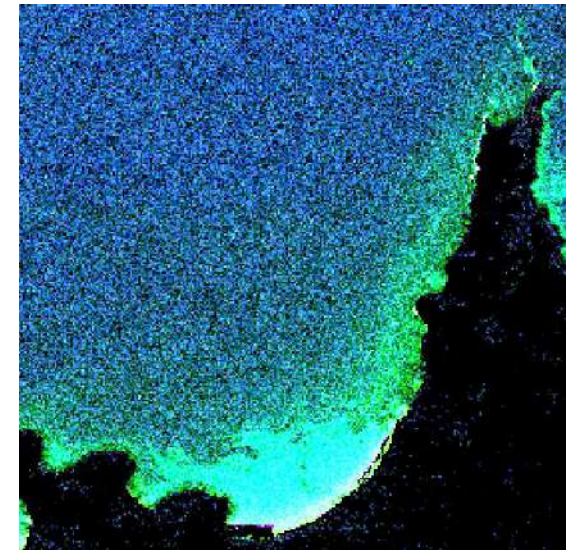
8 m de résolution



Sans bruit



Avec bruit optimiste



Avec bruit réaliste

Compositions colorées (440, 552, 680 nm)

Estimations BIODIVERSITY (colonne d'eau)



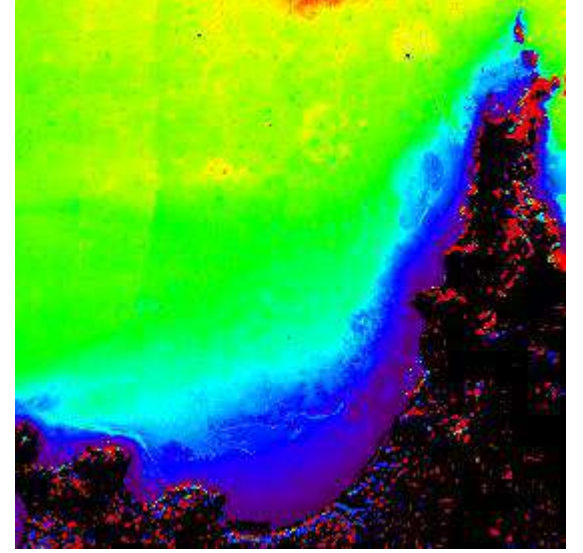
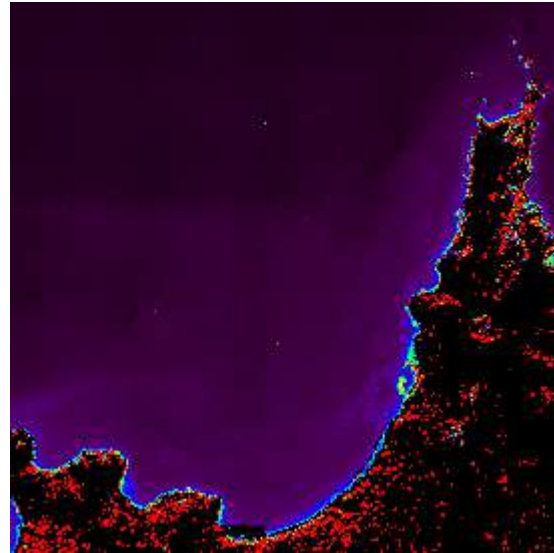
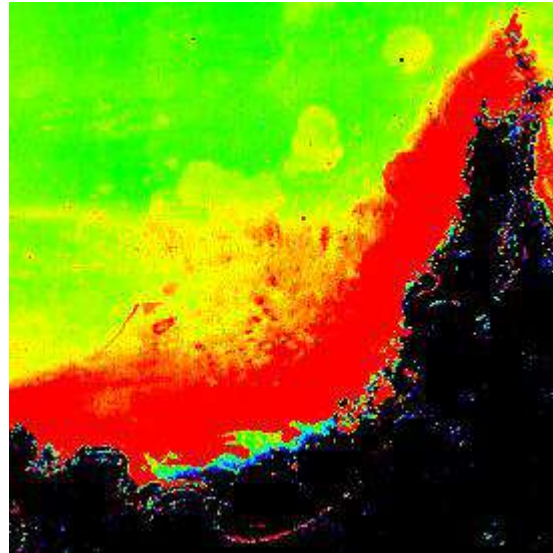
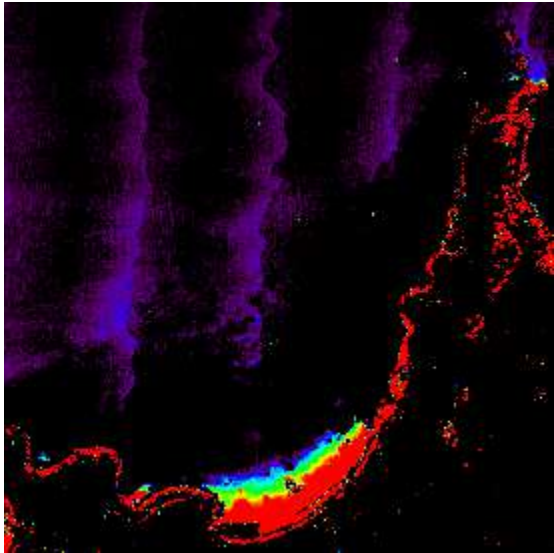
0 0.25 0.5 0.75 1 (chl, spm, cdom)
0 5 10 15 20 (z)

Chl

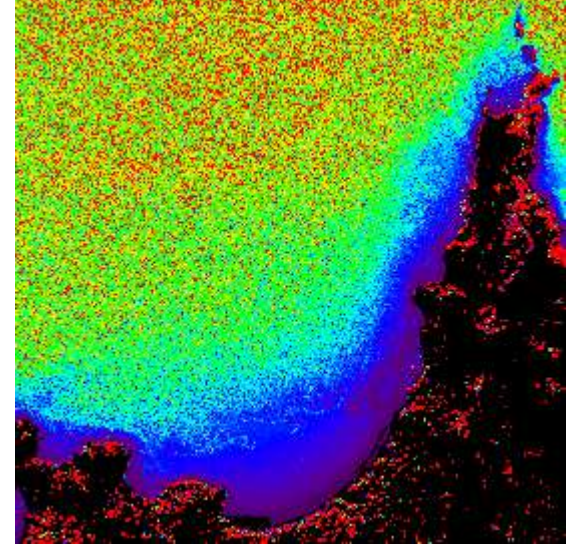
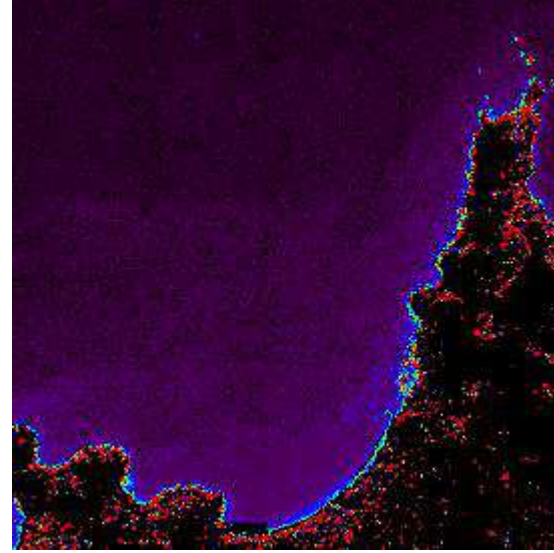
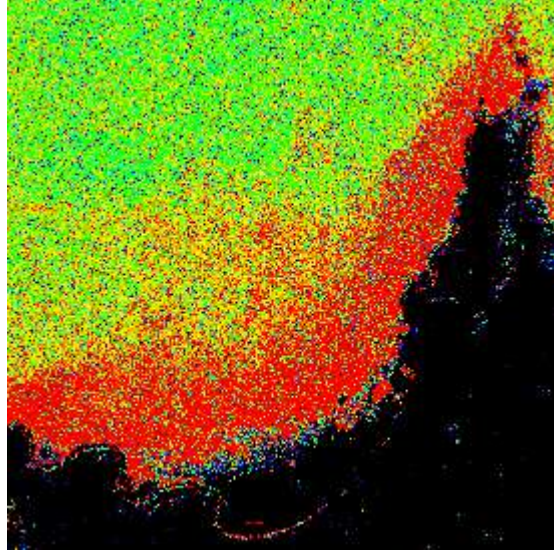
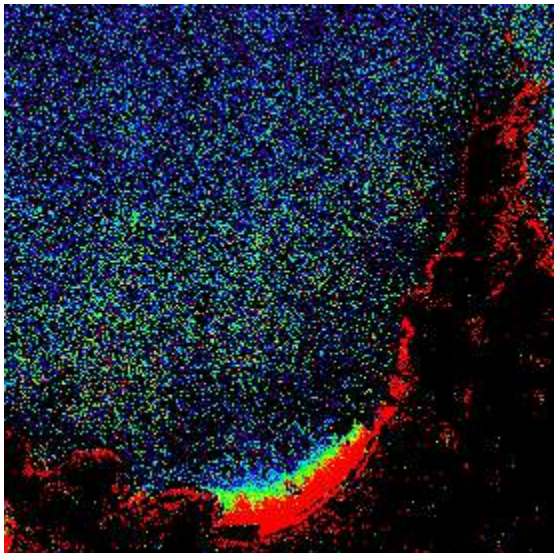
SPM

Cdom

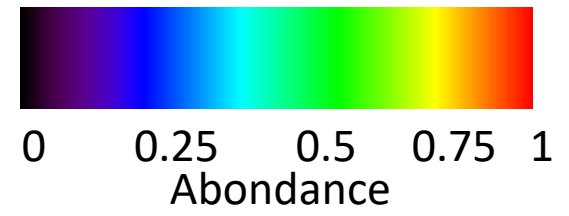
Sans bruit



Avec bruit optimiste



Estimations BIODIVERSITY (fonds)



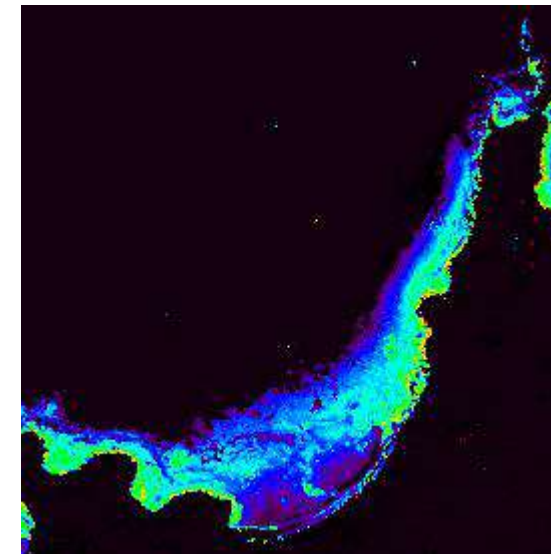
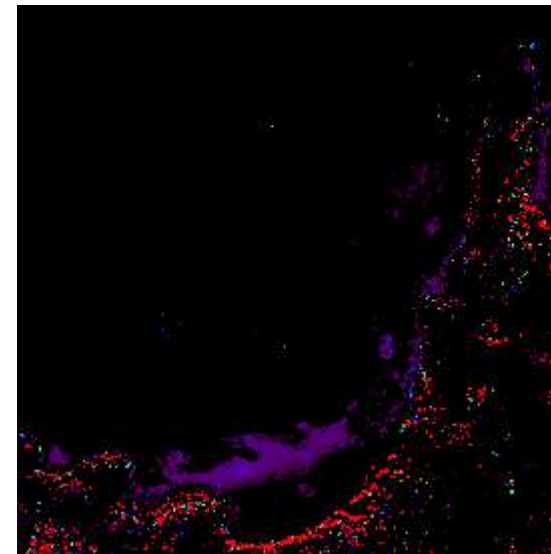
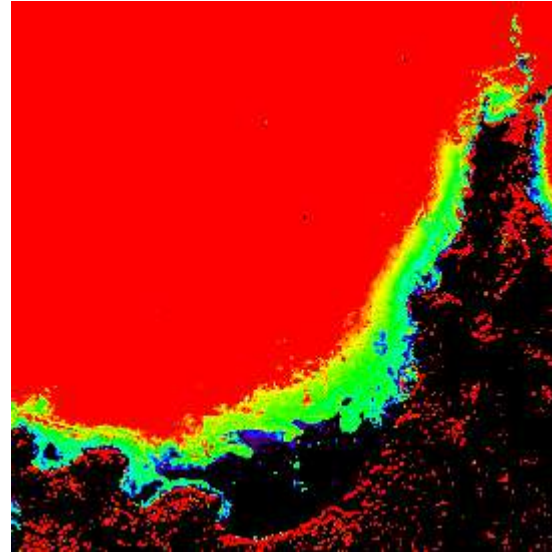
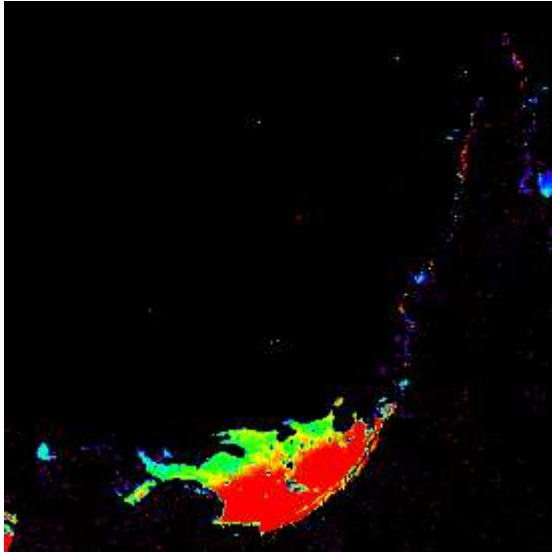
Sable

Posidonie

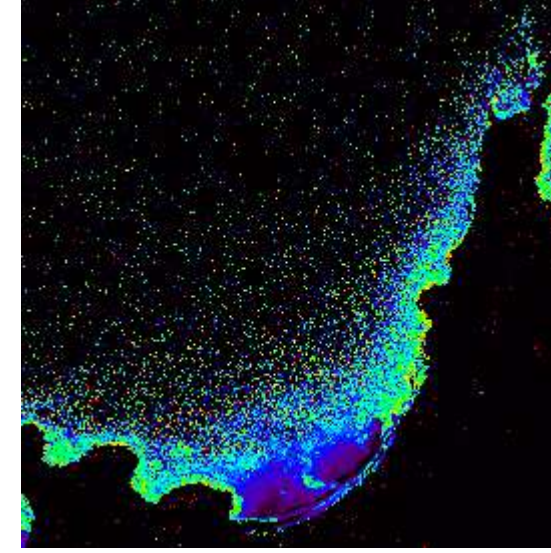
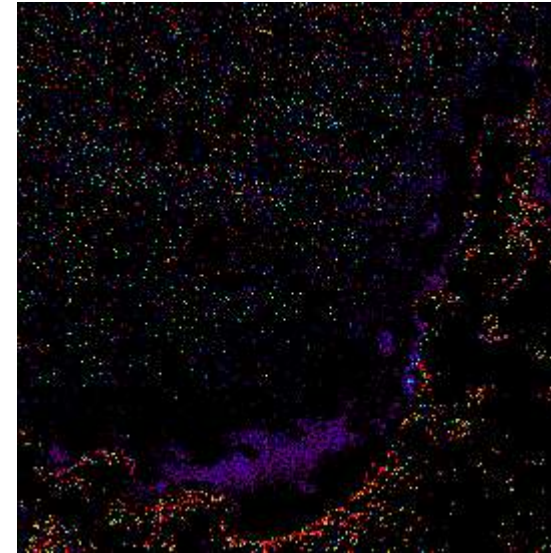
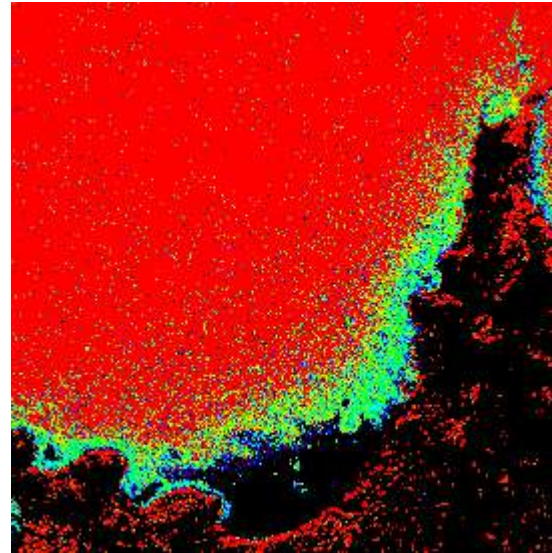
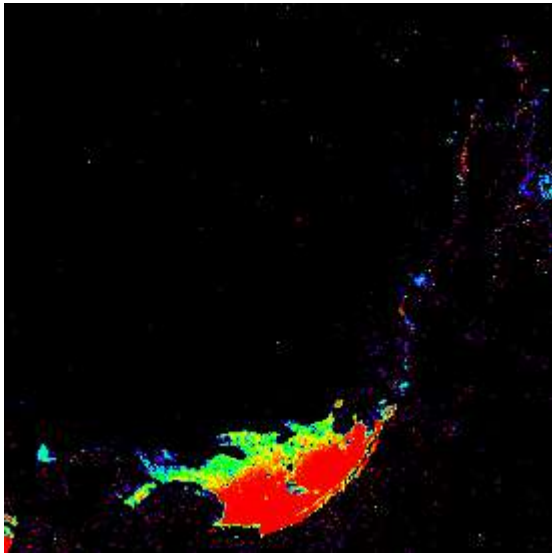
Taxifolia

Algues photophiles

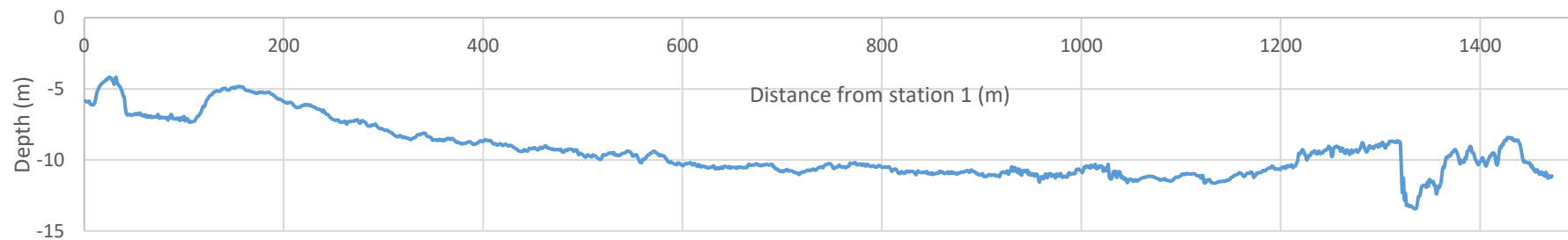
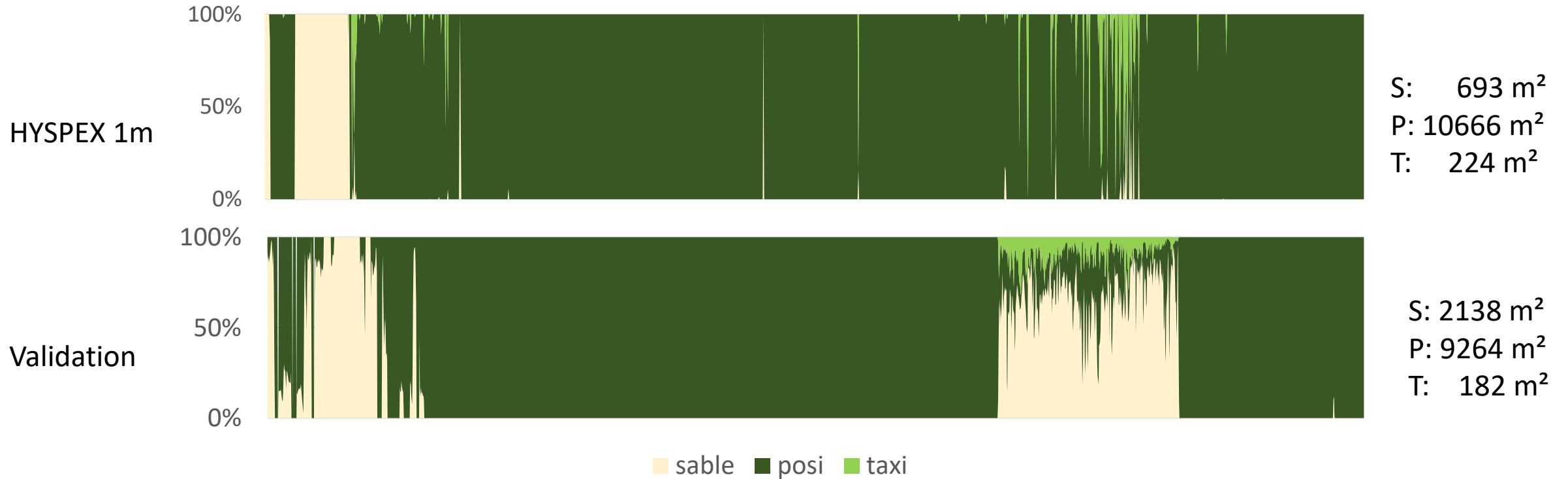
Sans bruit



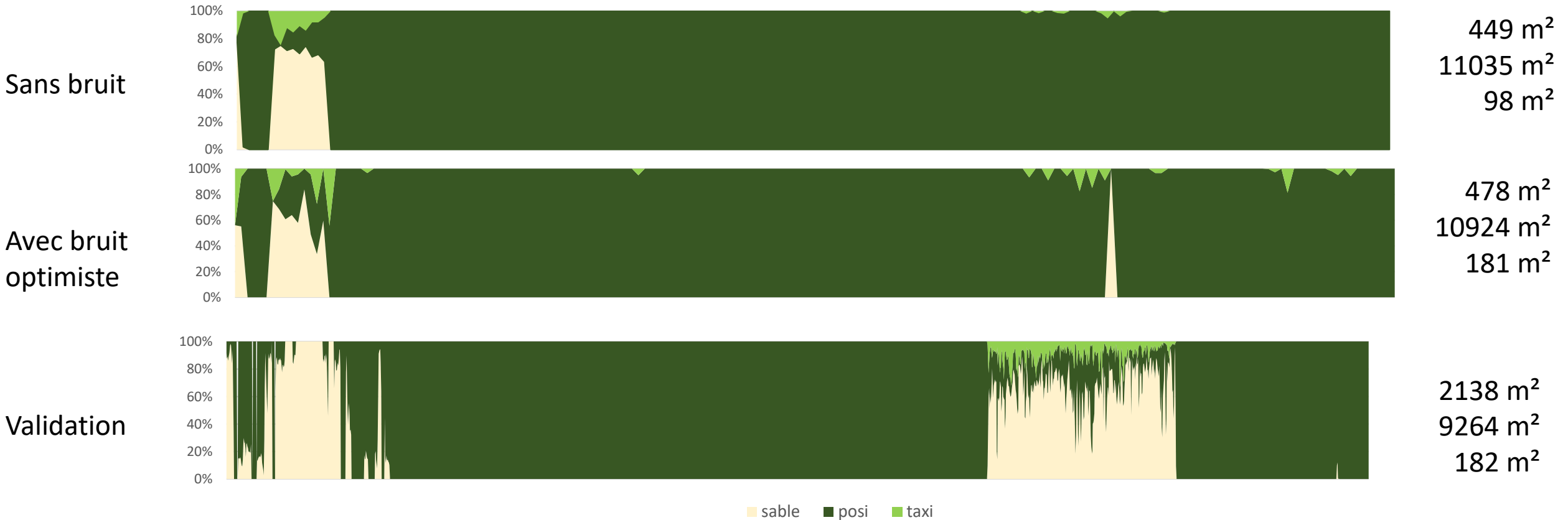
Avec bruit optimiste



Validation des estimations HYSPEX 1m sur la composition des fonds



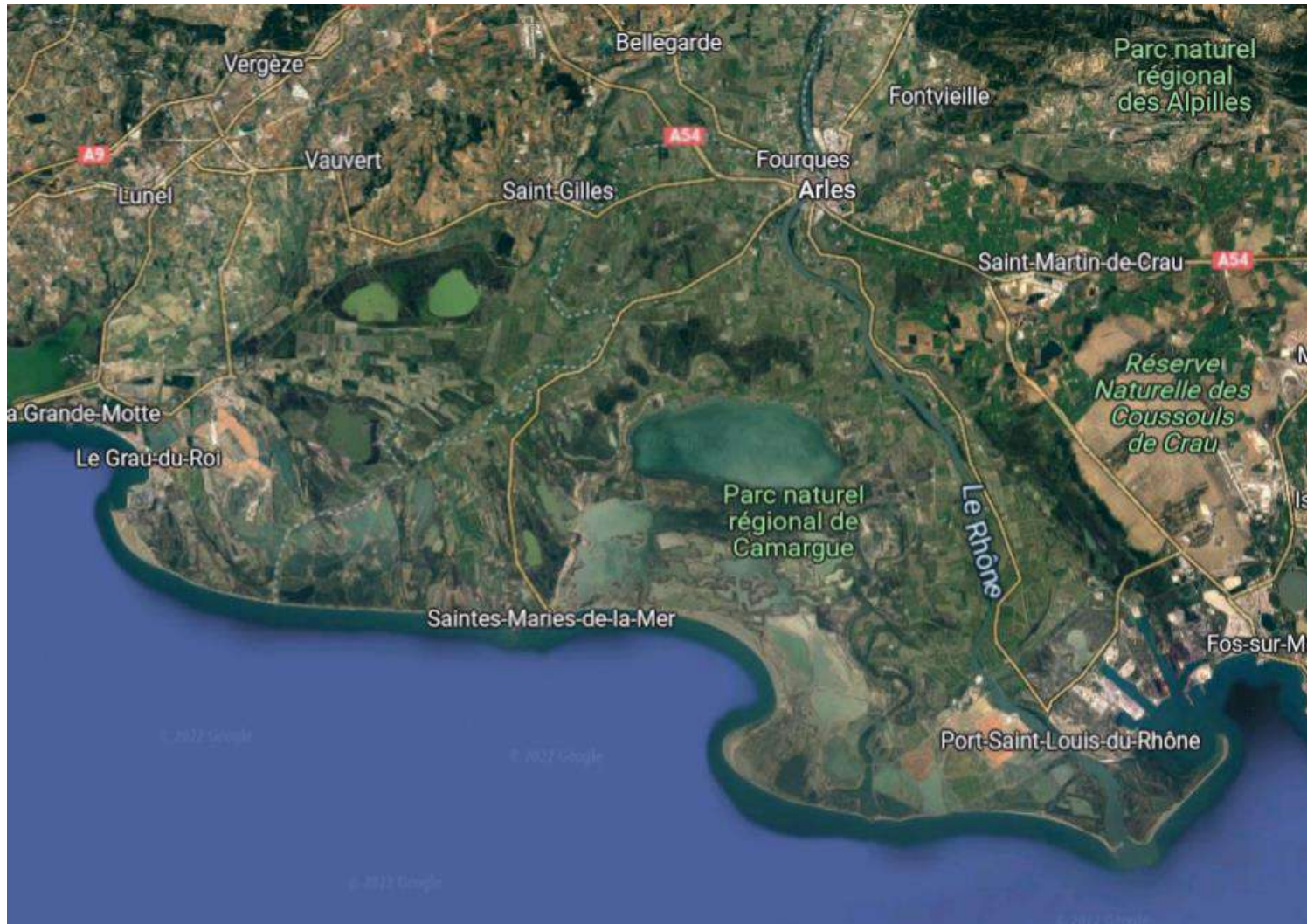
Validation des estimations BIODIVERSITY 8 m sur la composition des fonds



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
- 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 composées 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 (DESIIS ou PRISMA)

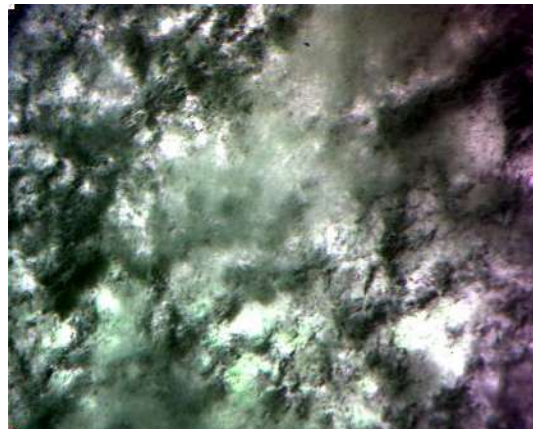
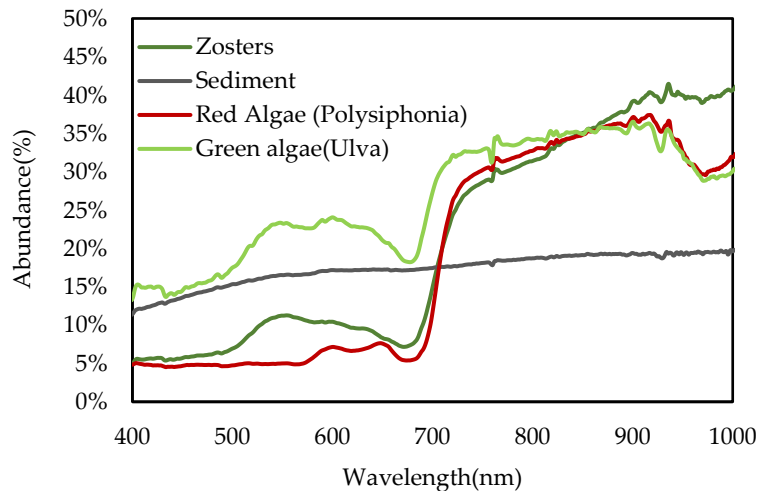
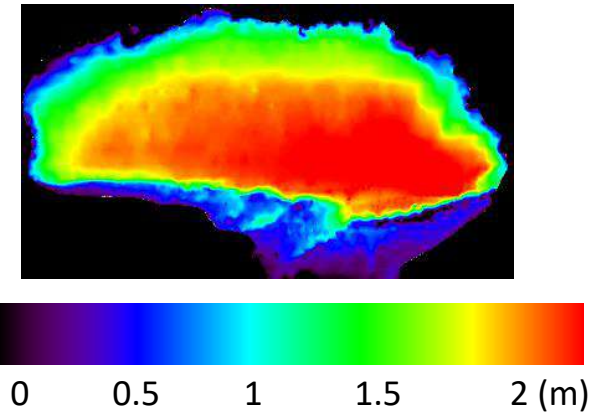
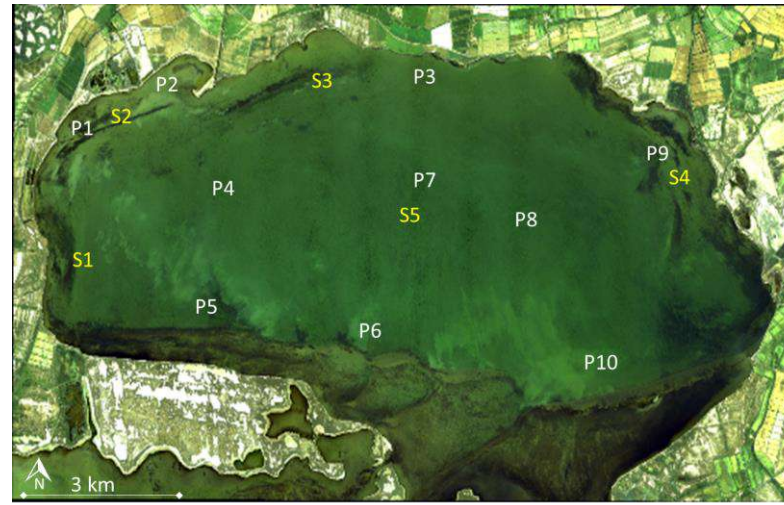
Site d'étude

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



Données

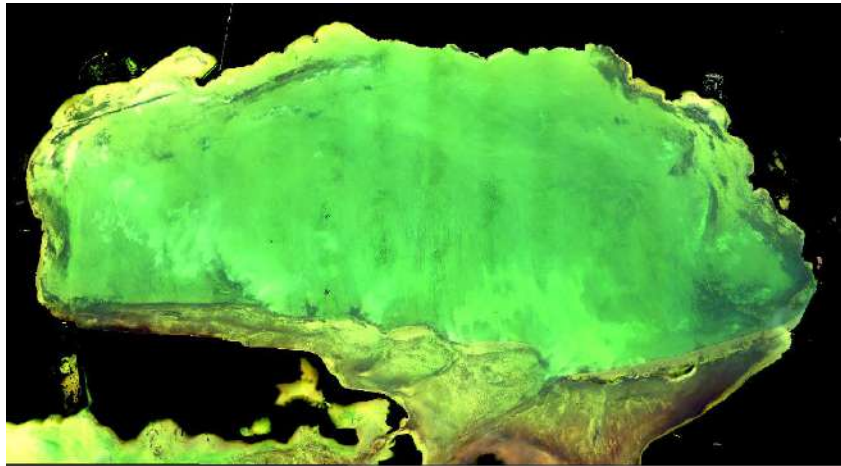
- Images Hyperspectrale HYSPEX
- Spectres des fonds
- Mesures in situ (chl, SPM, cdom)
- ACS, BB3 et TRIOS
- Données de validation bathymétriques
- Images subaquatiques (SILIOS)



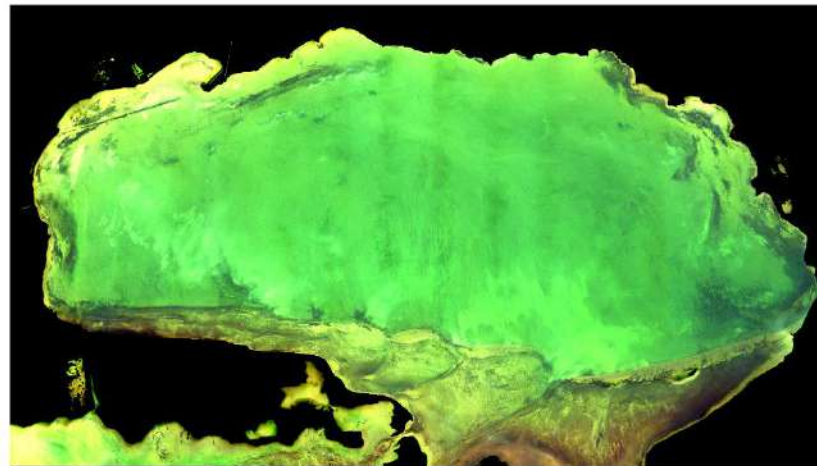
Stations	Chla ($\mu\text{g/l}$)	SPM (mg/l)	CDOM (m^{-1}) at 440 nm
01	0.92	3.058	0.43
02	1.29	29.231	0.38
03	2.04	3.504	0.72
04	1.74	6.498	0.36
05	1.1	1.171	0.43
06	0.71	2.024	0.38
07	0.79	2.147	0.36
08	2.62	5.178	0.47
09	2.24	3.676	0.41
10	0.96	2.847	0.4

Simulations BIODIVERSITY

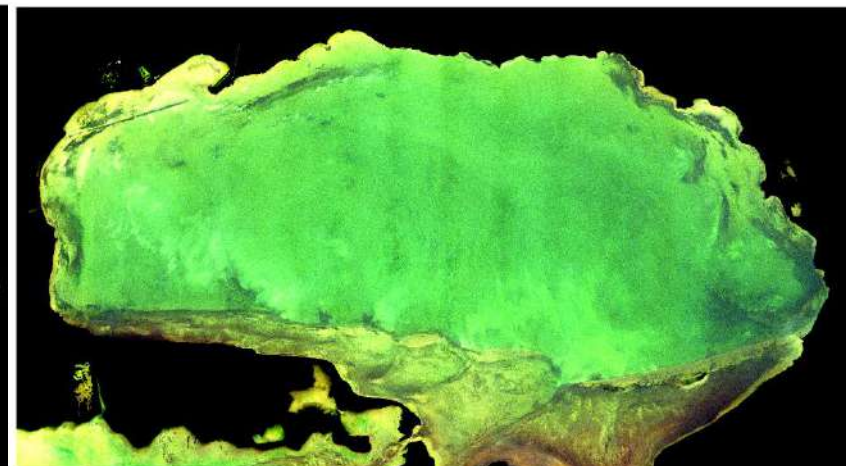
Image simulée :
53 spectral bands
8 m resolution



Sans bruit



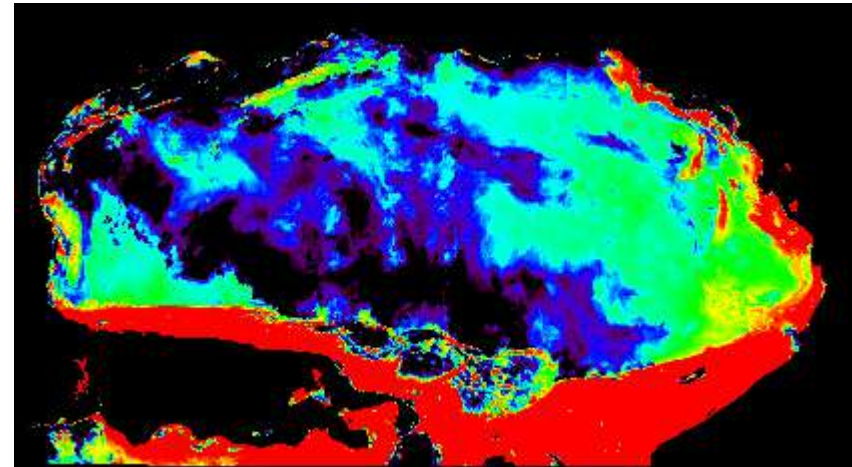
Bruit optimiste



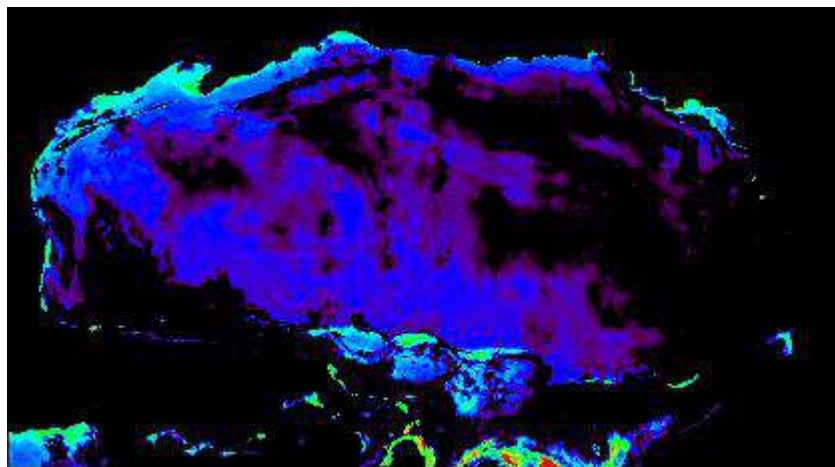
Bruit réaliste

Bands 440 552 680

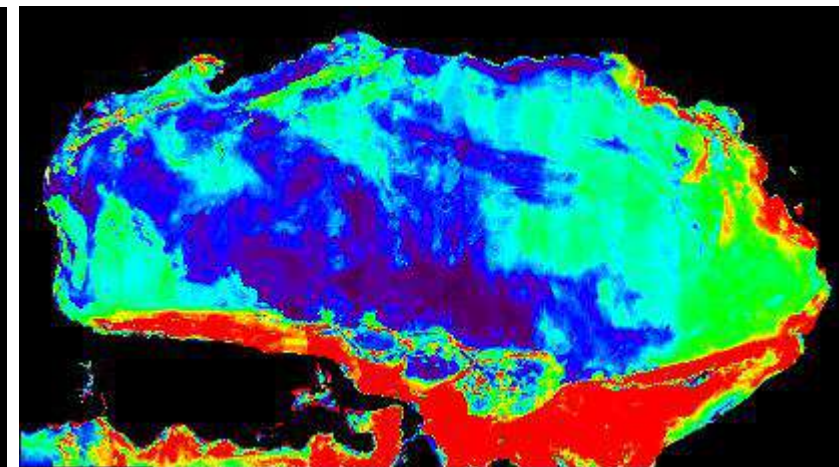
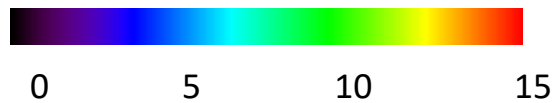
Estimations BIODIVERSITY (colonne d'eau)



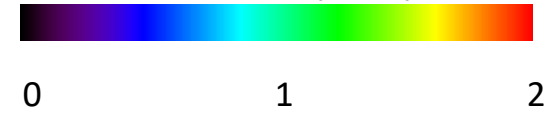
Chl (mg/m³) RMSE : 1.86



SPM (g/m³) 3.08



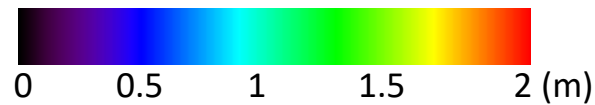
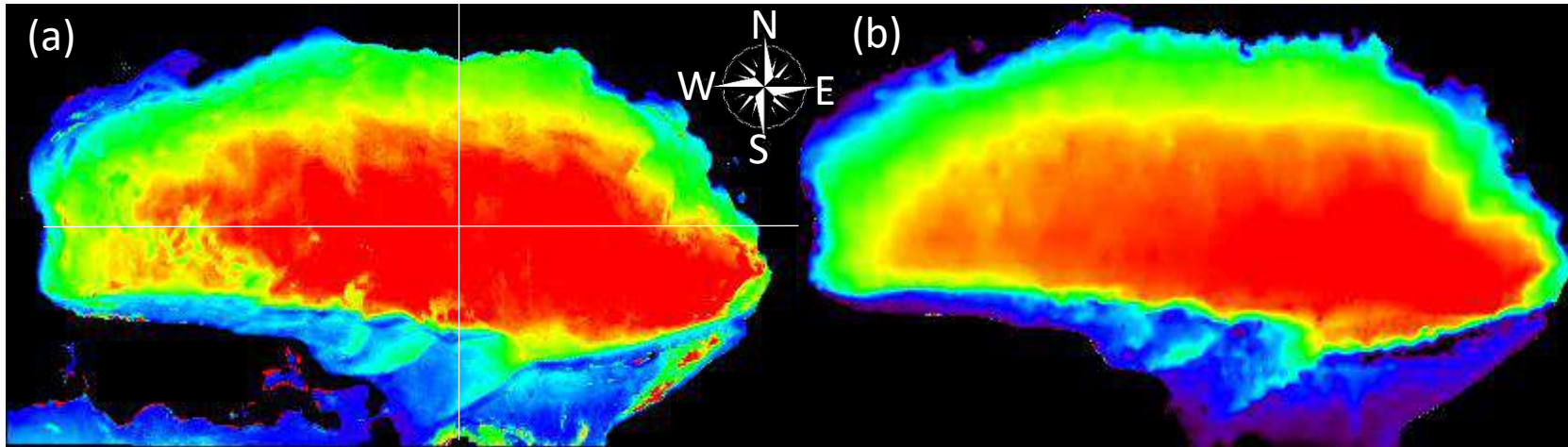
Cdom (m-1) 0.09



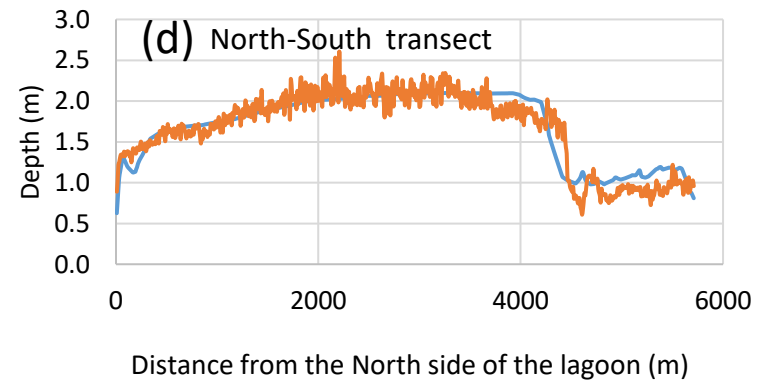
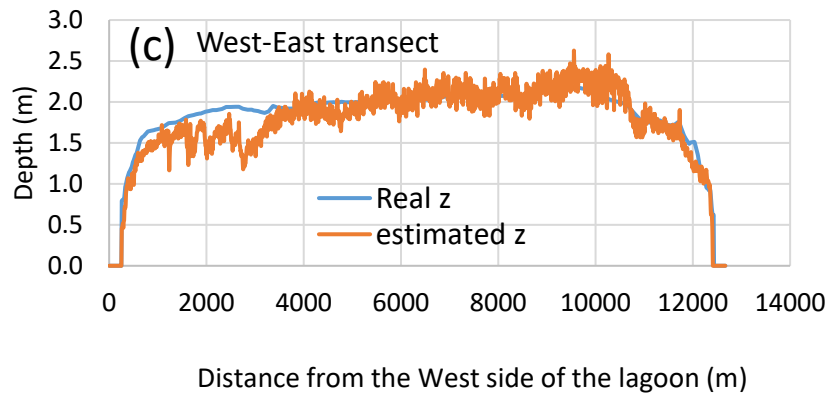
Bathymétrie et validation

BIODIVERSITY

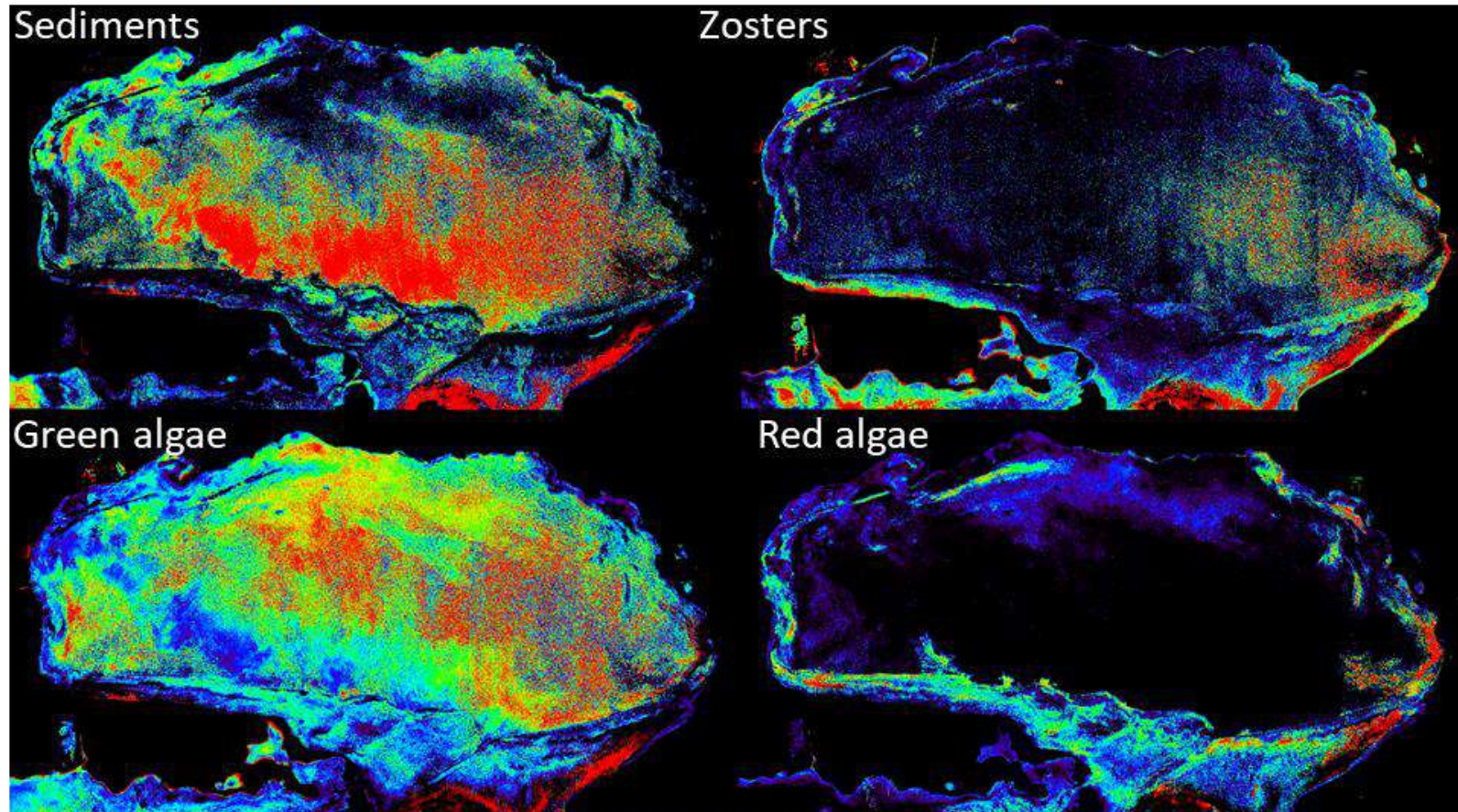
Sondeur



RMSE = 0.28 m
RE(%)=14.11



Cartographie des fonds avec BIODIVERSITY



Validation des fonds

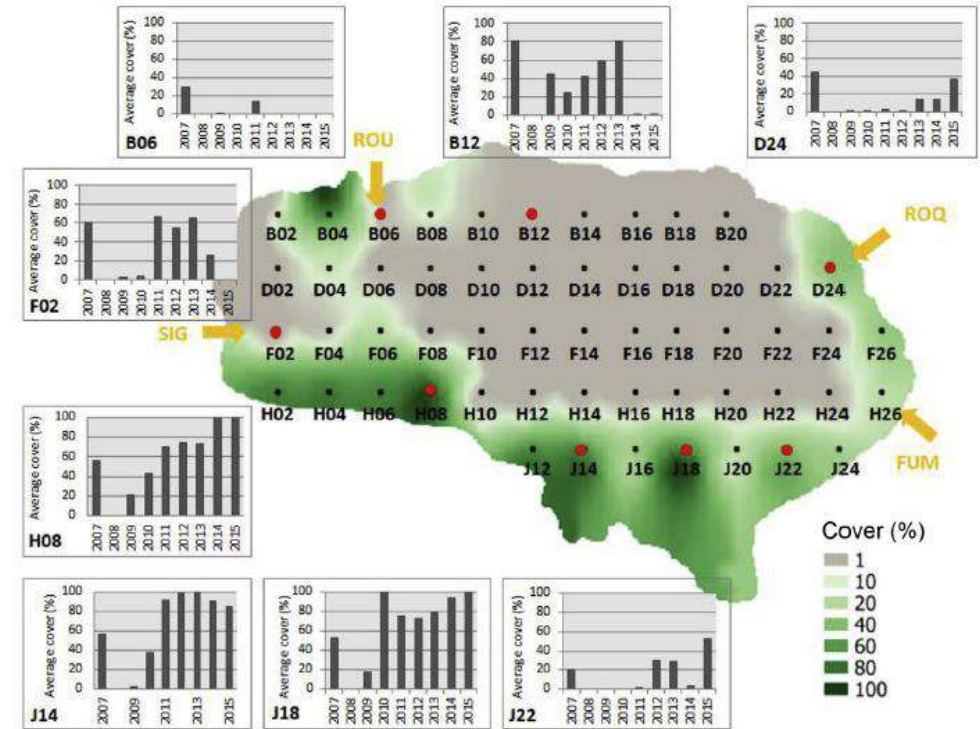
Avec des images subaquatiques



	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

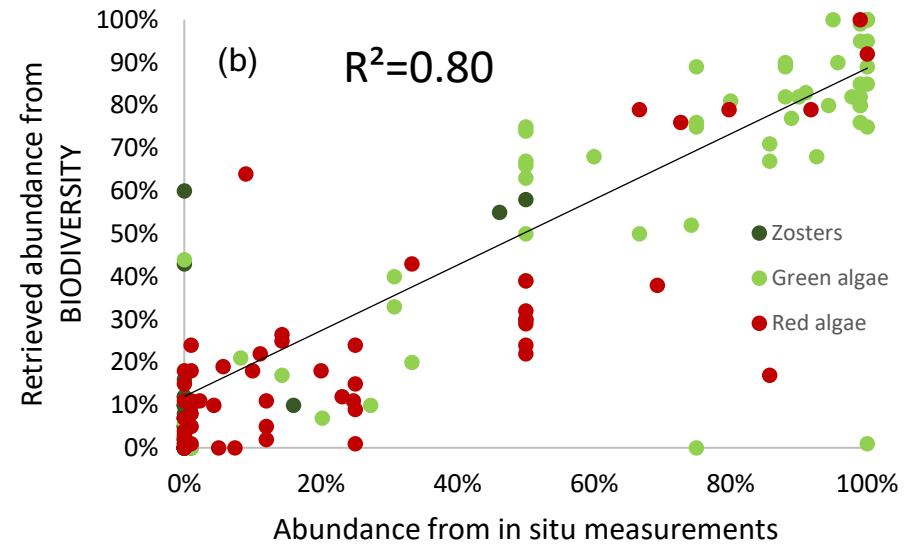
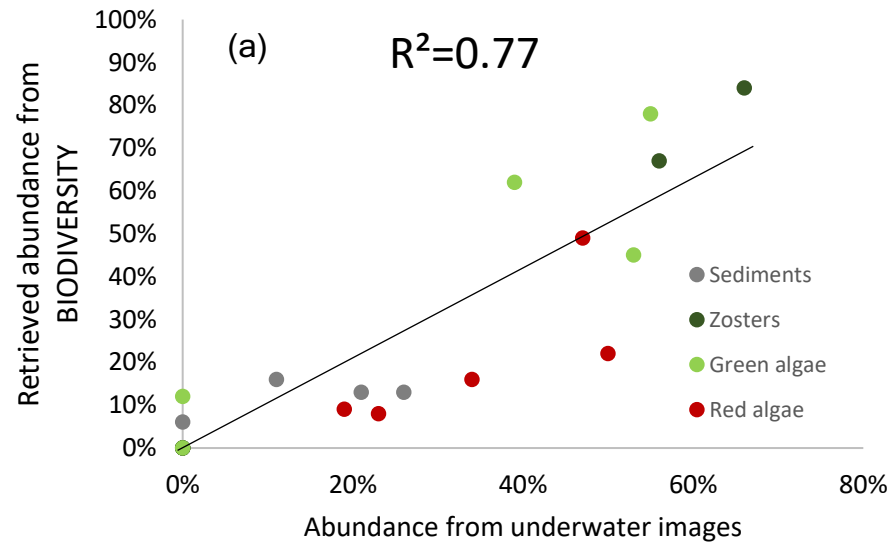
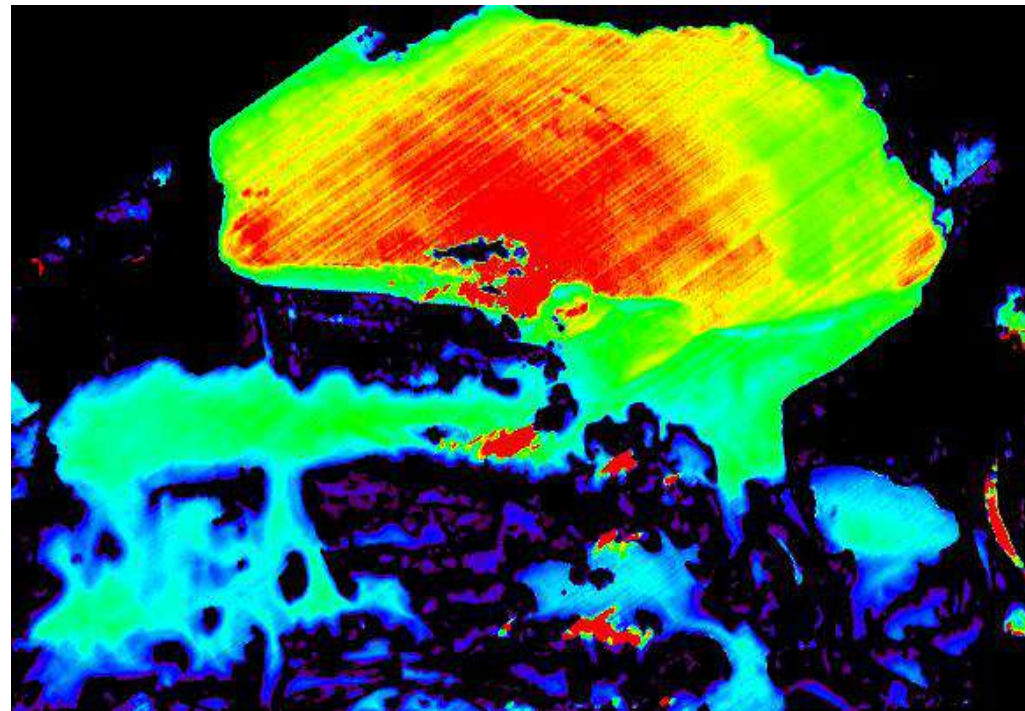


Image DESIS

- 1/2/2020
- 30 m de résolution
- Lancé par le DLR le 29 June 2018
- Spectral range 400-1000nm
- Spectral sampling 2.55nm
- FWHM de 3.5nm



Bathymétrie et validation

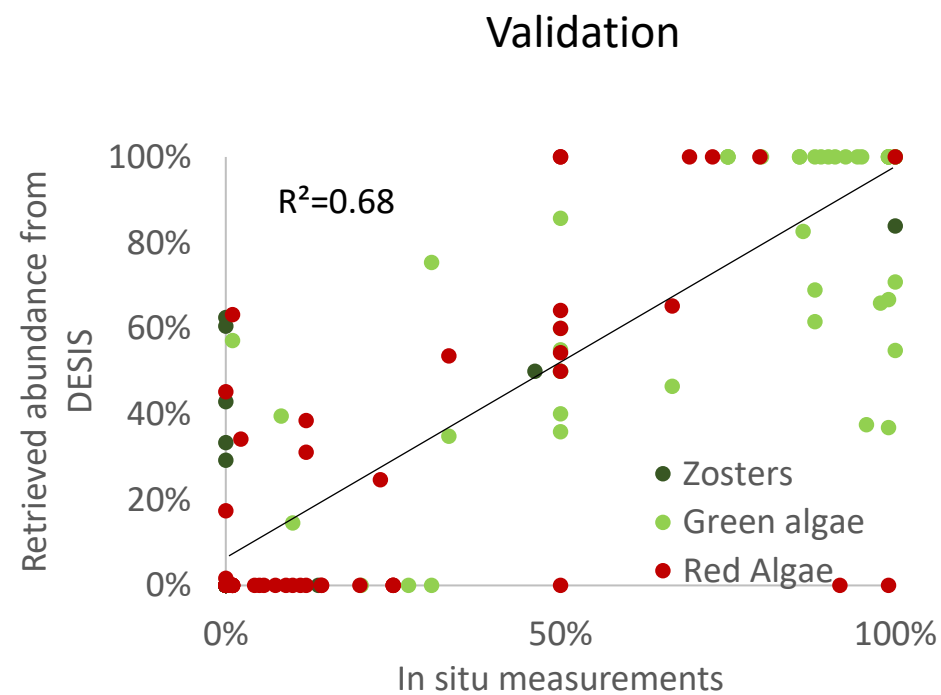
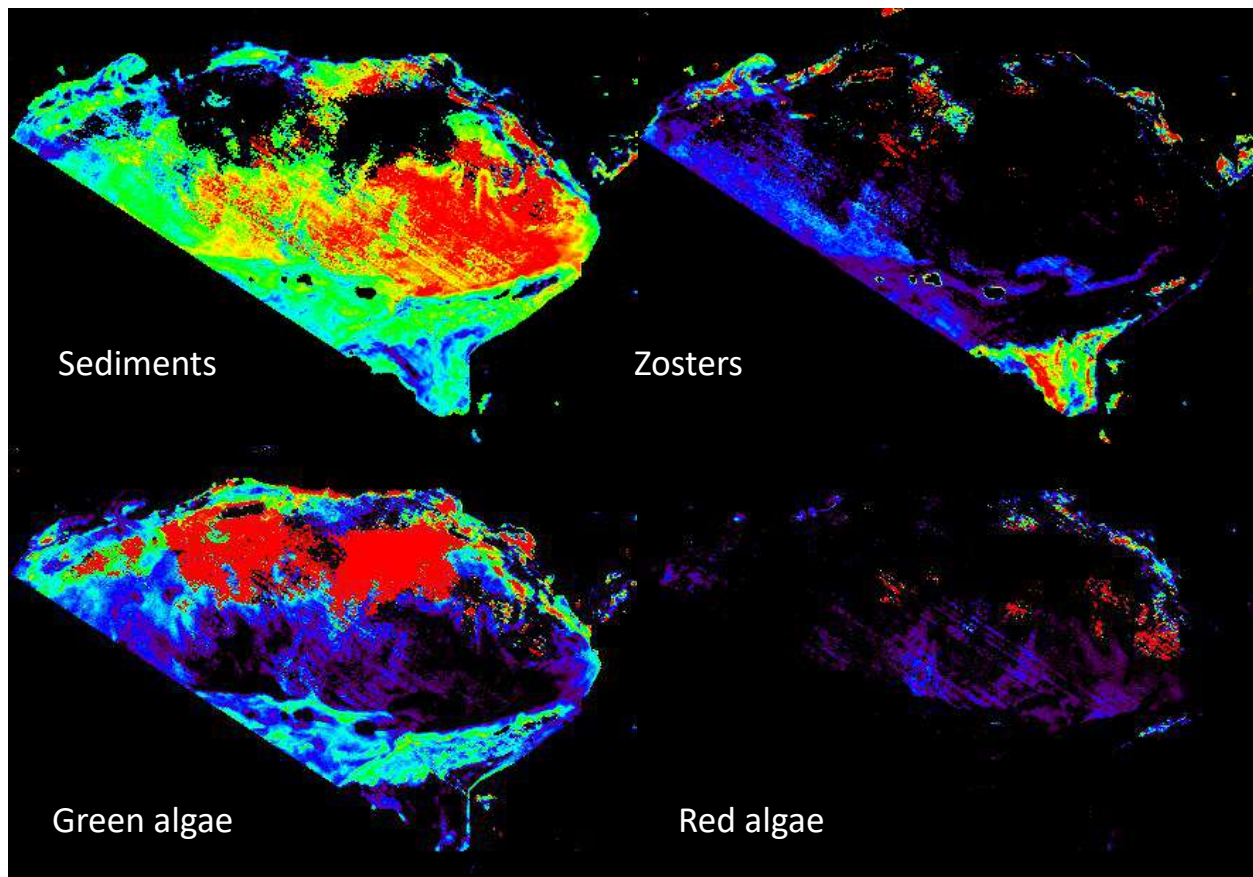


RMSE=0.38 m
RE(%)=17%

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 $R^2 = 0.8$ (ou 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>