



HAL
open science

Estimation de la composition de l'eau en zones peu profondes par télédétection hyperspectrale Ø

S Jay, M Guillaume, Y Deville, A Minghelli, M Chami, B Lafrance, V Serfaty

► **To cite this version:**

S Jay, M Guillaume, Y Deville, A Minghelli, M Chami, et al.. Estimation de la composition de l'eau en zones peu profondes par télédétection hyperspectrale Ø. 6ème Colloque scientifique de la Société Française de Photogrammétrie et Télédétection – Groupe Hyperspectral (SFPT-GH), May 2018, Montpellier, France. hal-04721076

HAL Id: hal-04721076

<https://hal.science/hal-04721076v1>

Submitted on 4 Oct 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Estimation de la composition de l'eau en zones peu profondes par télédétection hyperspectrale

**S. JAY¹, M. GUILLAUME¹, Y. DEVILLE², A. MINGHELLI³,
M. CHAMI⁴, B. LAFRANCE⁵, V. SERFATY⁶**

¹ Institut Fresnel (Marseille, France)

² IRAP (Observatoire Midi-Pyrénées, Toulouse, France)

³ LSIS (Toulon, France)

⁴ LATMOS (Nice, France)

⁵ CS Systèmes d'Information (Toulouse, France)

⁶ DGA (Paris, France)



**6^{ème} Colloque scientifique de la Société Française de
Photogrammétrie et Télédétection – Groupe Hyperspectral (SFPT-GH)**

17-18 mai, 2018, Montpellier

Introduction

□ La télédétection optique pour les milieux aquatiques

- ✓ Eaux « optiquement » profondes (e.g., océan ouvert, eaux très turbides)
 - Qualité de l'eau (phytoplancton, matière organique dissoute et matière en suspension).
 - Imagerie multispectrale suffisante grâce à l'utilisation de λ bien placées dans le VIS, e.g., *O'Reilly et al. 1998; Lee et al. 2002; Werdell et al., 2013...*
 - Quelques applications: suivi des communautés phytoplanctoniques, étude des réponses au changement climatique...

- ✓ Eaux « optiquement » peu profondes (e.g., eaux côtières & intérieures)
 - Qualité de l'eau + Profondeur + Nature du fond,
 - Imagerie hyperspectrale plus adaptée pour découpler tous les paramètres, i.e., en utilisant plusieurs dizaines de λ dans le VIS (*Hochberg & Atkinson, 2003; Kutser et al, 2003; Hedley et al., 2012; Botha et al., 2013*).
 - Quelques applications: suivi des récifs coralliens, changements saisonnaux de bathymétrie...



Introduction

□ Une méthodologie classique pour caractériser les eaux peu profondes par télédétection hyperspectrale

- ✓ Utilisation d'un modèle bio-optique de réflectance (e.g., *Lee et al. 1998*)

$$\tilde{r}(\lambda; \Delta) = r_{\infty}(\lambda) \underbrace{\left(1 - e^{-(k_a(\lambda) + k_u^e(\lambda))H}\right)}_{\text{Contribution de la colonne d'eau}} + \underbrace{(1/\pi)[B_1 \rho_{b,1}(\lambda) + B_2 \rho_{b,2}(\lambda)] e^{-(k_a(\lambda) + k_u^b(\lambda))H}}_{\text{Contribution du fond}}$$

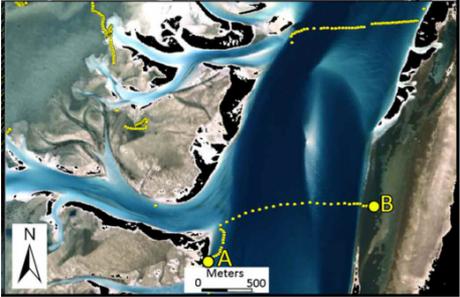
Contribution de la colonne d'eau

Contribution du fond

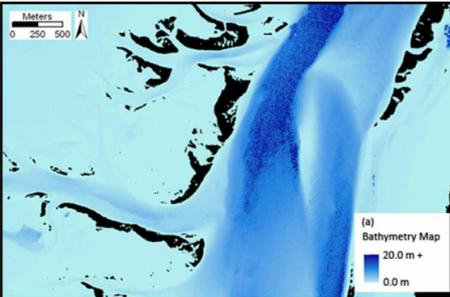
$$\Delta = a_{CHL}(440) \quad a_{CDOM}(440) \quad b_{b,MES}(550) \quad H \quad B_1 \quad B_2$$

- ✓ Inversion de modèle (optimisation itérative, LUT, etc)

$$\hat{\Delta} = \underset{\Delta}{\operatorname{argmin}} f(\mathbf{r}_{rs}, \tilde{\mathbf{r}}_{rs}(\Delta))$$



(Dekker et al, 2011)



Bathymétrie



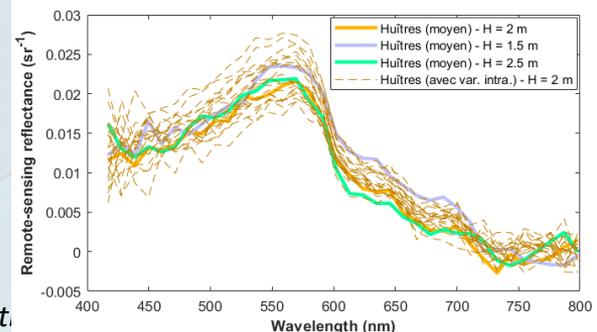
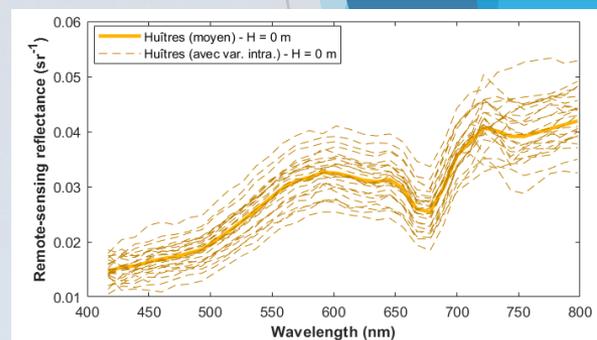
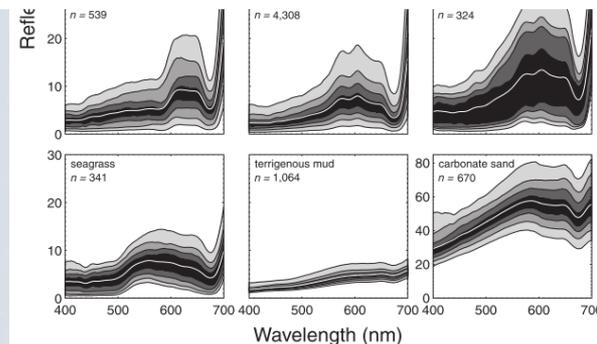
Absorption eau 555 nm



Rétro-diffusion eau 555 nm

❑ Problème

- ✓ Besoin d'une bibliothèque spectrale pour paramétrer le spectre du fond,
- ✓ Forte variabilité inter-classe
 - Utilisation d'un spectre moyen par classe de fond (sable, algues vertes, algues brunes, etc).
- ✓ Mais aussi, forte variabilité intra-classe !
 - Affecte l'estimation de toutes les variables du modèle à faible profondeur,
 - Estimation de la composition de l'eau particulièrement touchée car peu d'influence sur la réflectance mesurée à faible profondeur,
- ✓ Solutions possibles:
 - Pas de contrainte de somme à un sur B_1 et B_2 (Petit et al, 2017),
 - Utilisation de matrices de covariance intra-classes (Jay et al, 2017).



Plan

- ❑ **Méthode proposée**
- ❑ **Evaluation sur données simulées**
- ❑ **Evaluation sur données réelles**

Principe général

□ Idée

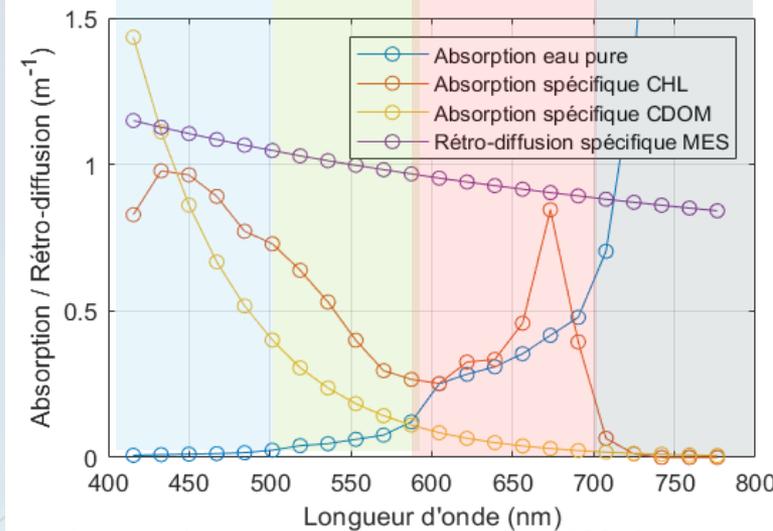
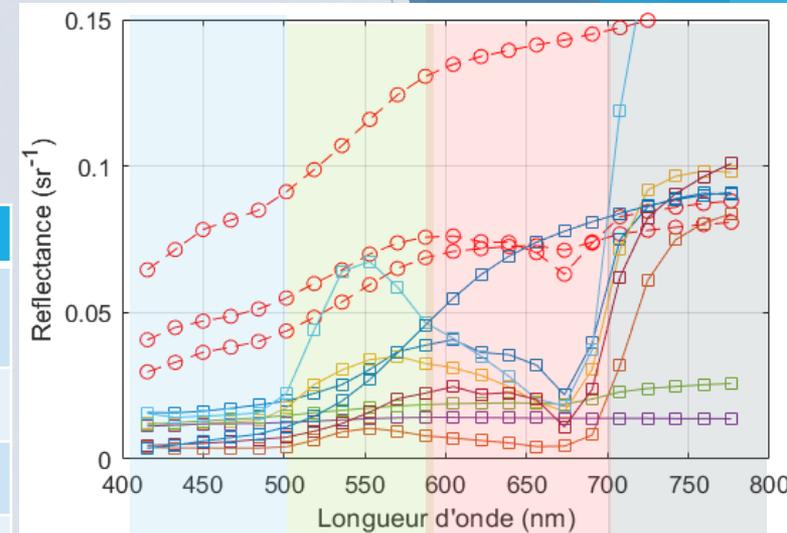
- ✓ Partitionner l'inversion,
- ✓ Estimer chaque variable dans le domaine de longueur d'onde où
 - (1) son influence sur la réflectance est maximale,
 - (2) l'influence de la variabilité intra-classe du fond est minimale.

Un schéma d'inversion en 3 étapes

Observations préliminaires

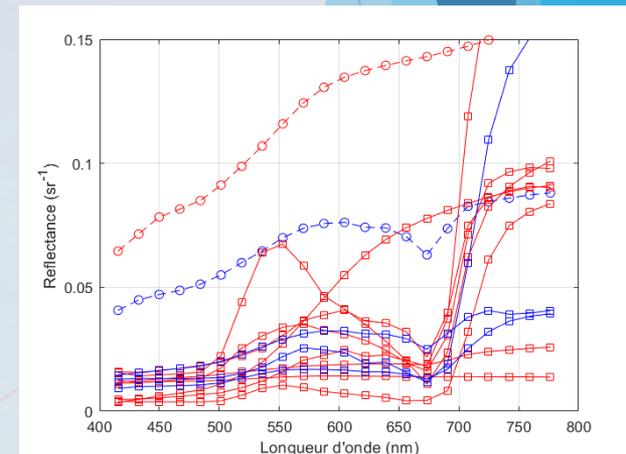
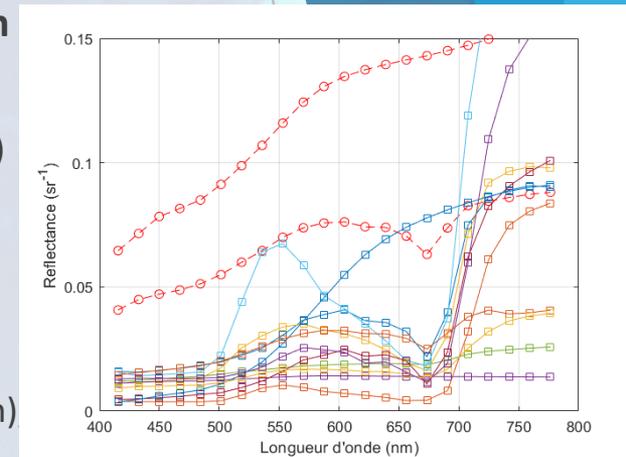
	Bleu	Vert	Rouge	NIR
Variabilité Fonds	+			
Influence Eau	+			
Influence CHL	+++			
Influence CDOM	+++			
Influence MES	+++			

- Etape 1: Estimation de H dans **bleu** + **rouge** + NIR (CHL, CDOM, MES et coeff. mélange fond laissés libres),
- Etape 2: Estimation de CHL et CDOM dans **bleu** (H & MES fixés, amplitude du fond laissée libre),
- Etape 3: Estimation de MES dans **rouge** + NIR (CHL et CDOM fixés, H et coeff. mélange fond laissés libres).



Simulation de données

- ❑ **Bibliothèque spectrale issue de 2 jeux de données (Quiberon et Porquerolles)**
 - ✓ Substrat clairs : 2 spectres de sable (1 Quiberon + 1 Porquerolles)
 - ✓ Substrats foncés : 10 spectres d'algues diverses, huîtres, rochers, etc
- ❑ **Trois types d'eau**
 - ✓ Claire (type Porquerolles), moyennement turbide (type Quiberon) et très turbide.
- ❑ **Profondeur variant entre 0.5 m et 7 m**
- ❑ **Simulation de données hyperspectrales (415-780 nm, 66 bandes) à partir du modèle de Lee et al (1998).**
- ❑ **Simulation avec spectres Porquerolles (1 sable + 7 foncés), inversion avec spectres Quiberon (1 sable + 3 foncés).**



Résultats

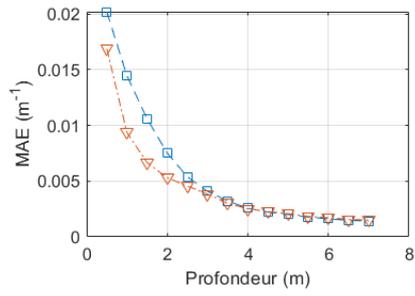
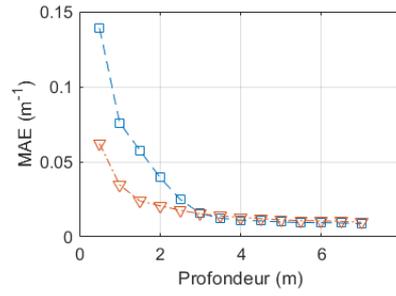
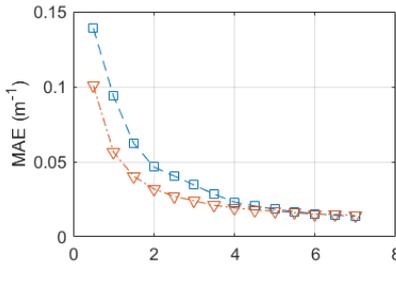
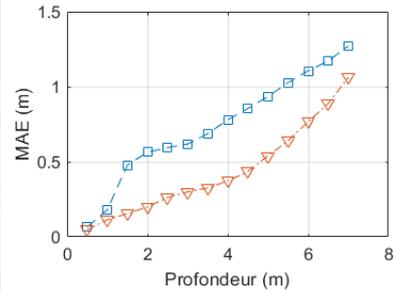
Profondeur

CHL

CDOM

MES

Substrats clairs + foncés



Substrats clairs

Substrats foncés

Bleu = inversion classique, Rouge = inversion itérative

Résultats

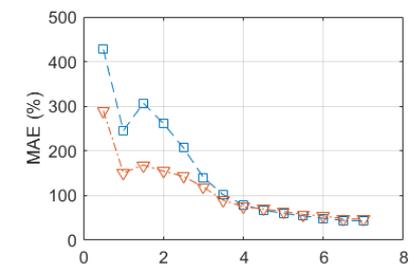
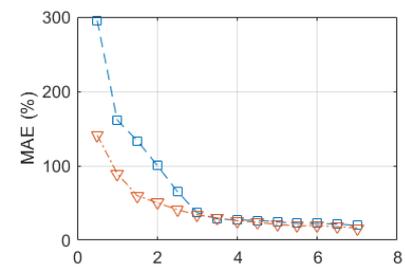
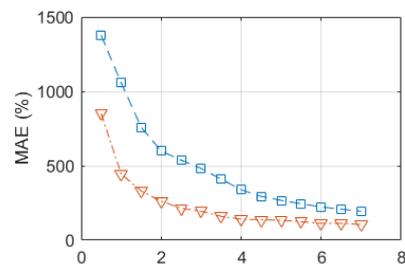
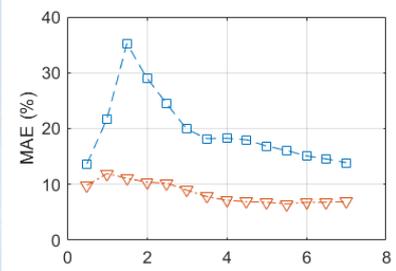
Profondeur

CHL

CDOM

MES

Eau claire
(type
Porquerolles)



Eau moyennement
turbide (type
Quiberon)



Eau très
turbide

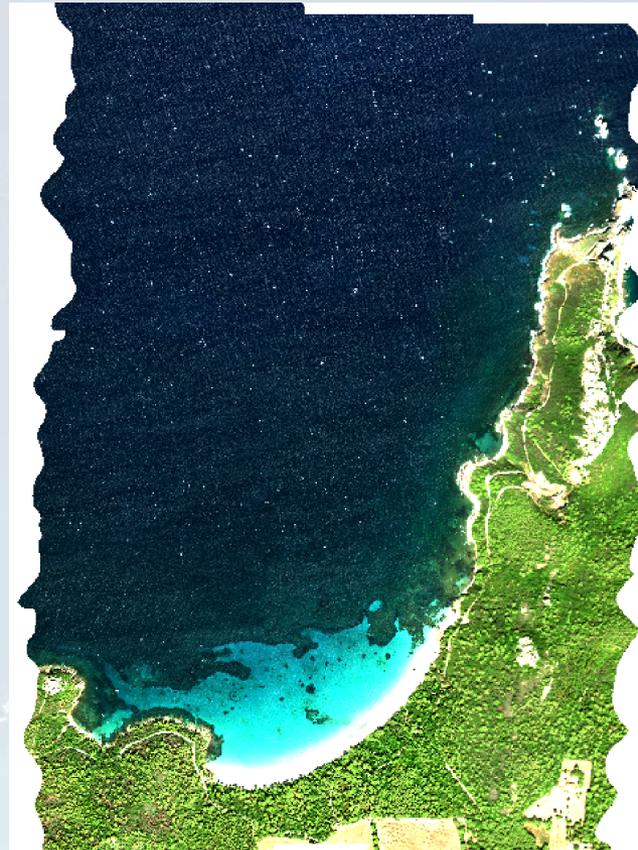


Bleu = inversion classique, Rouge = inversion itérative

Données réelles

□ Deux images hyperspectrales : Quiberon et Porquerolles

- ✓ Acquisitions & Corrections géométriques et radiométriques réalisées par la société Actimar / HyTech-imaging (2010 pour Quiberon, 2017 pour Porquerolles),
- ✓ Capteur Hypspx aéroporté,
- ✓ ~ 53 bandes entre 415 et 800 nm (après agrégation spectrale),
- ✓ Résolution spectrale ~ 11 nm
- ✓ Résolution spatiale = 2 m (Quiberon), 4 m (Porquerolles).



Méthode proposée

Eval

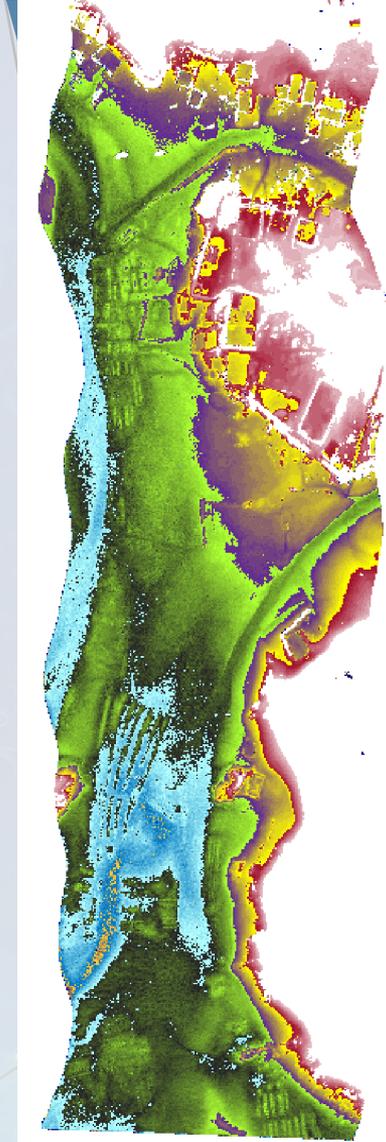
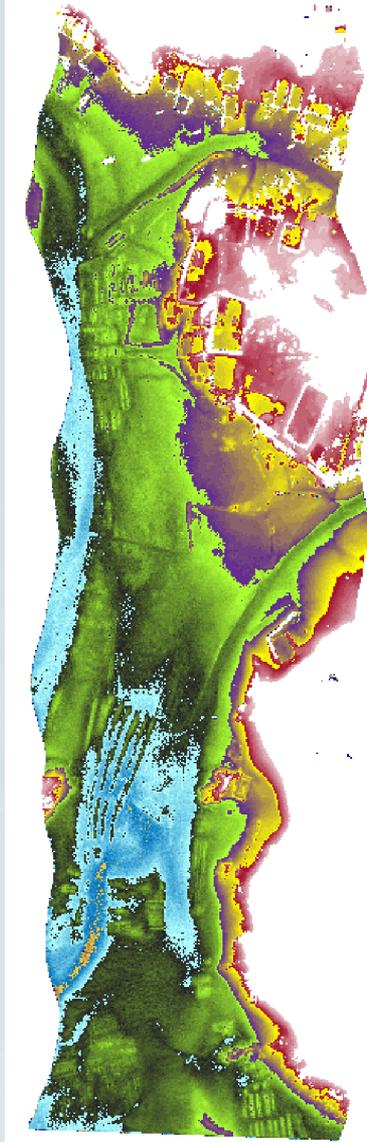
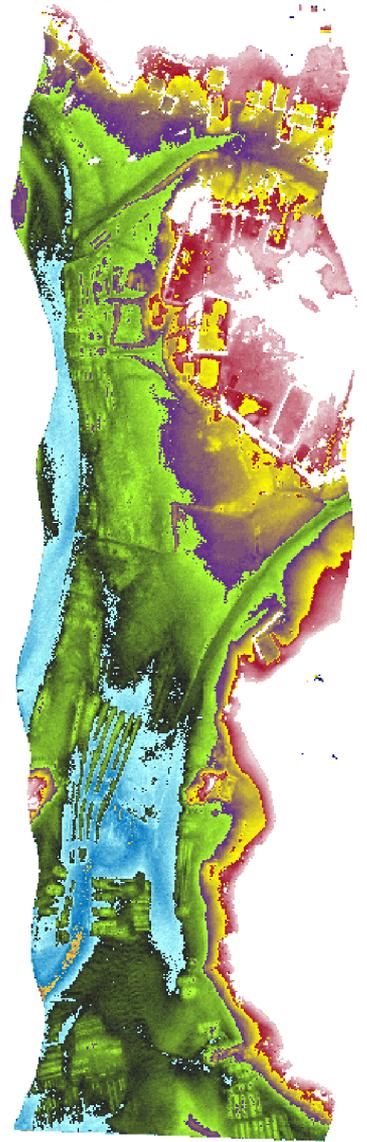
Inversion classique (415-700 nm)

Inversion classique (415-800 nm)

Inversion itérative

Rés

H



Méthode proposée

Eval

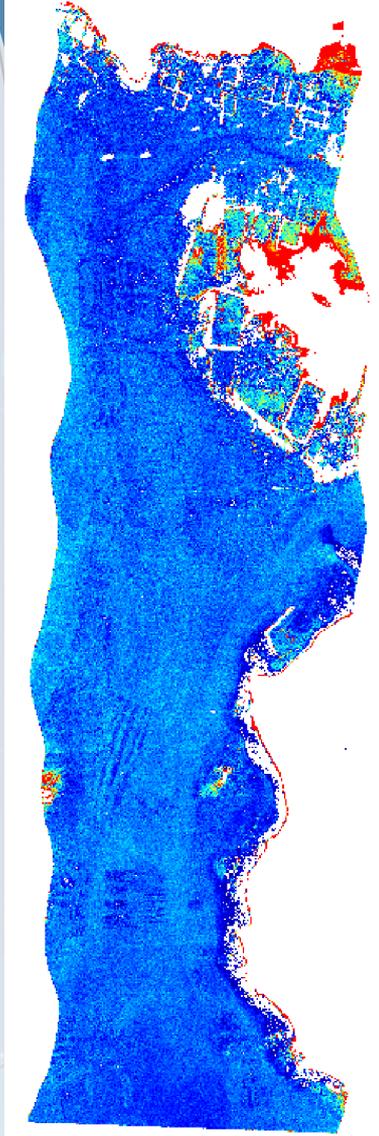
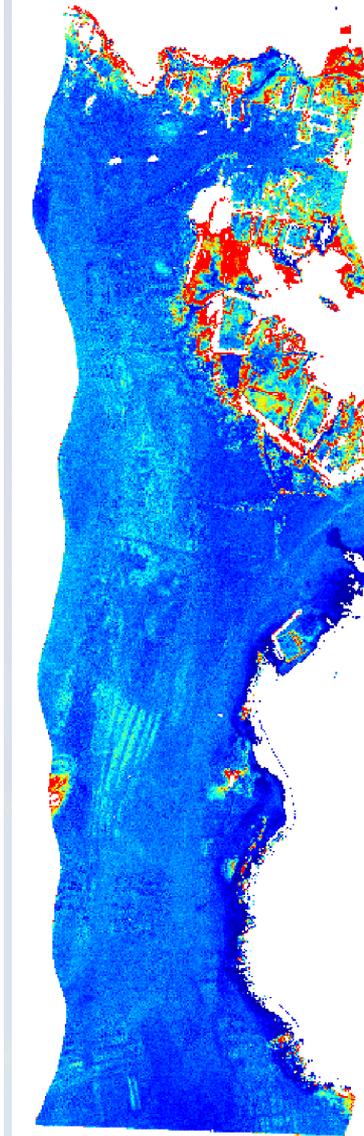
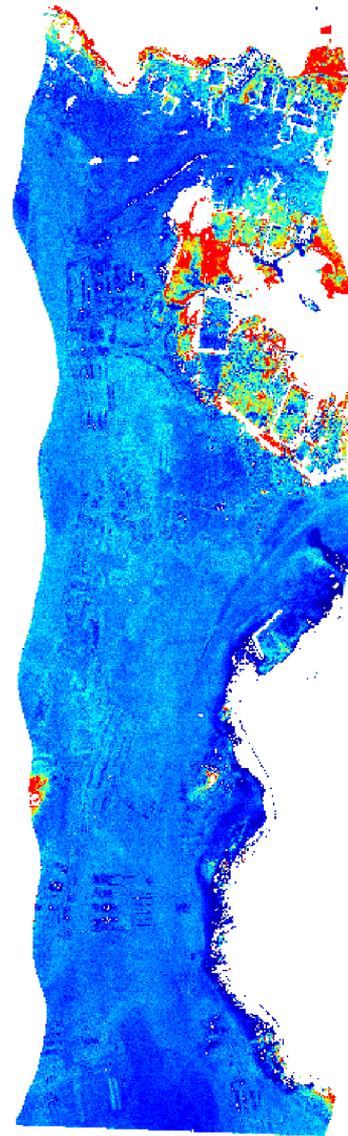
Inversion classique
(415-700 nm)

Inversion classique
(415-800 nm)

Inversion itérative

Rés

CHL



0 0.05 0.1 0.15 0.2 0.25
 $P (m^{-1})$

0 0.05 0.1 0.15 0.2 0.25
 $P (m^{-1})$

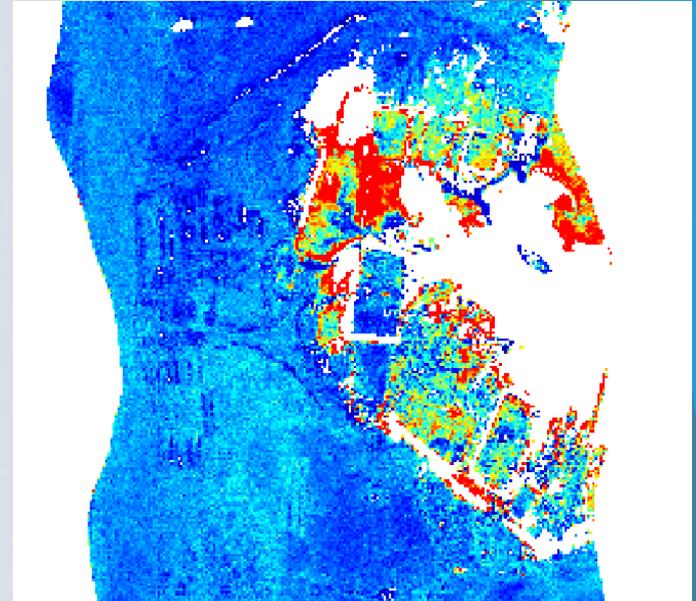
0 0.05 0.1 0.15 0.2 0.25
 $P (m^{-1})$

Résultat

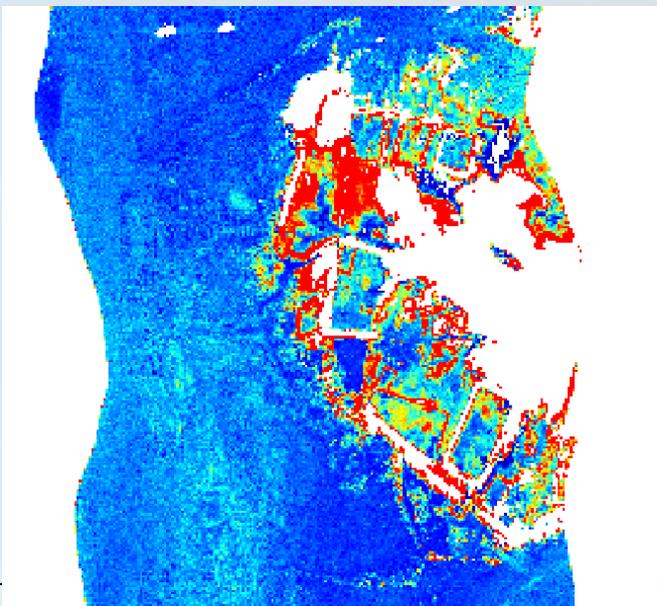
CHL



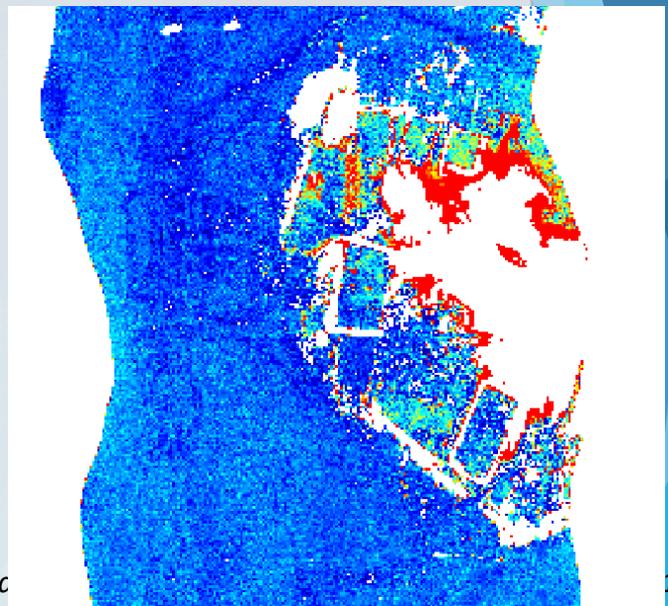
Inversion classique (415-700 nm)



Inversion classique (415-800 nm)



Inversion itérative



Méthode proposée

Eval

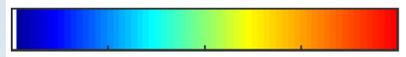
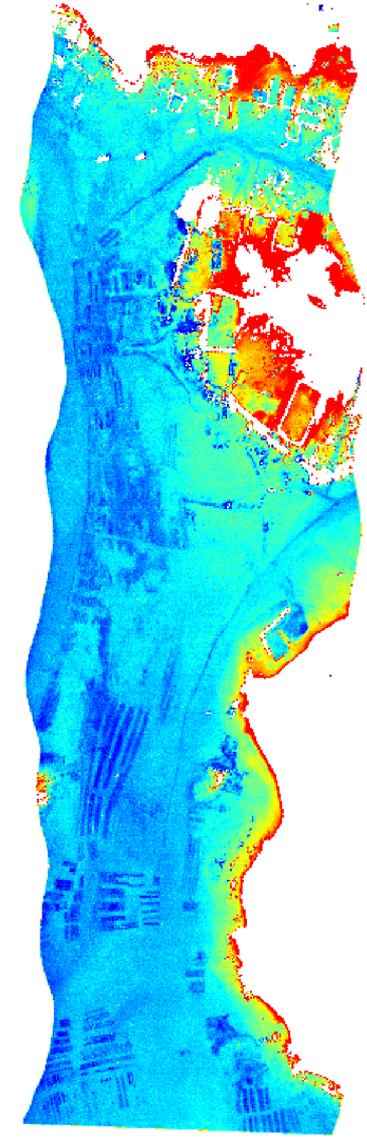
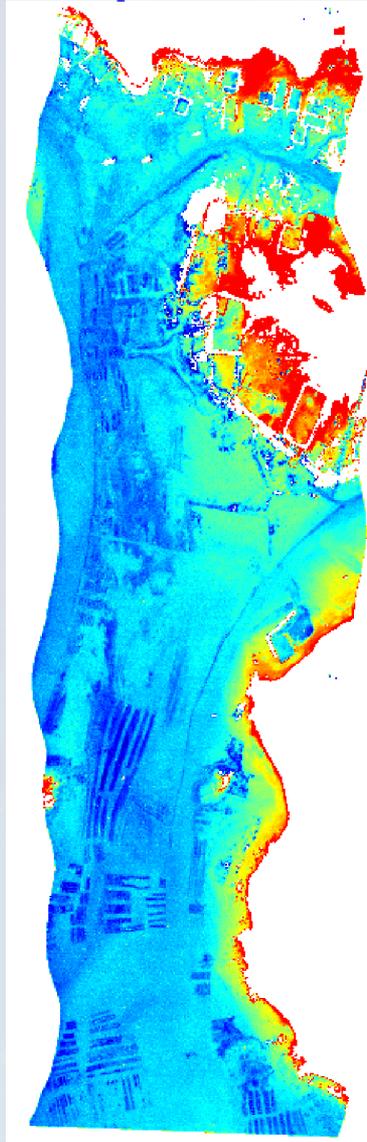
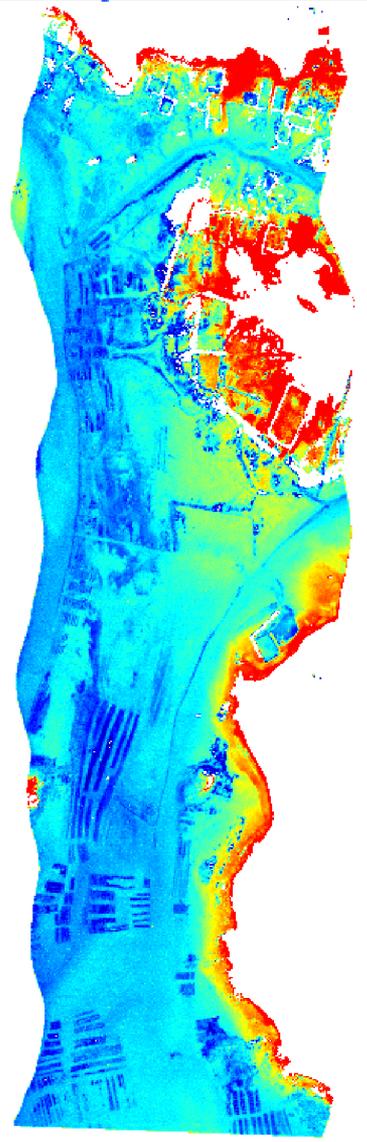
Inversion classique (415-700 nm)

Inversion classique (415-800 nm)

Inversion itérative

Rés

CDOM



0 0.1 0.2 0.3 0.4 G (m⁻¹)

0 0.1 0.2 0.3 0.4 G (m⁻¹)

0 0.1 0.2 0.3 0.4 G (m⁻¹)

Méthode proposée

Eval

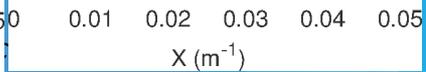
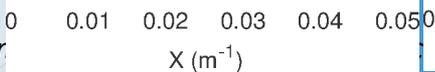
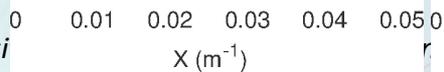
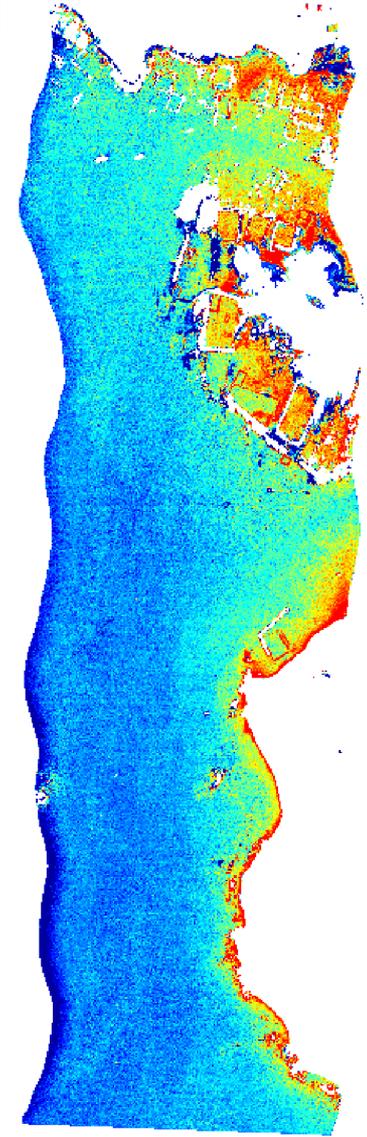
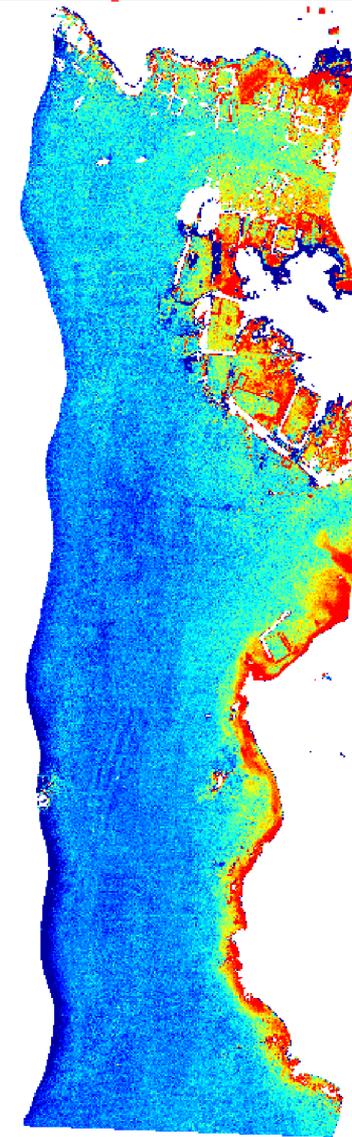
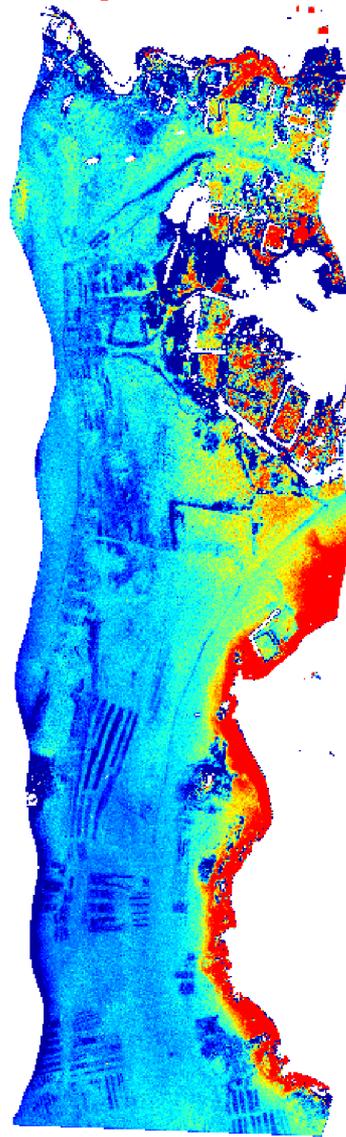
Inversion classique
(415-700 nm)

Inversion classique
(415-800 nm)

Inversion itérative

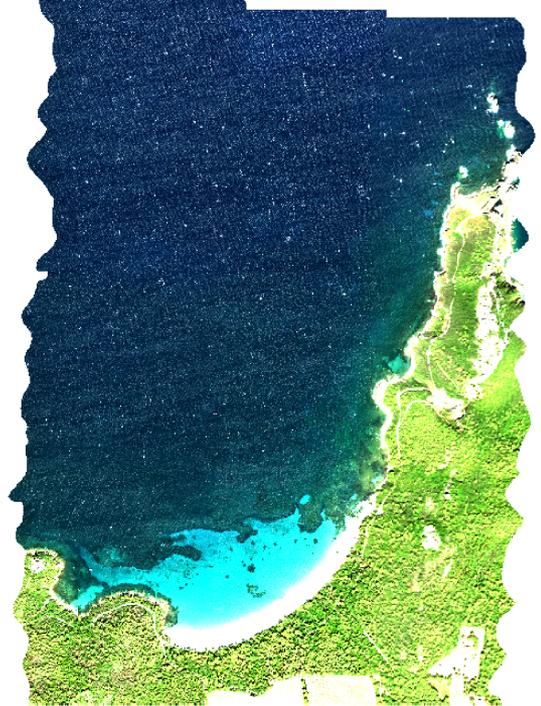
Rés

MES

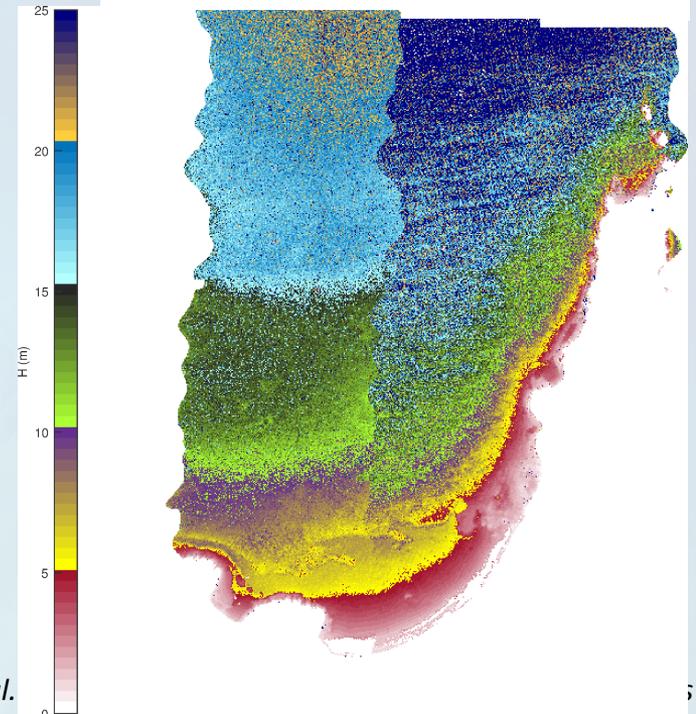


Résultat

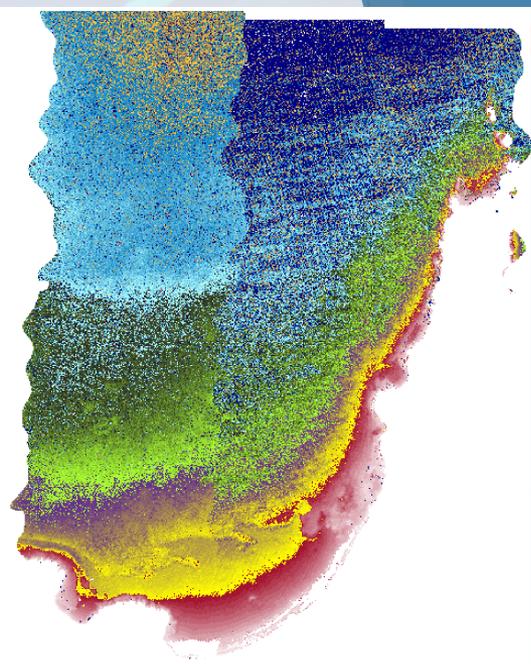
H



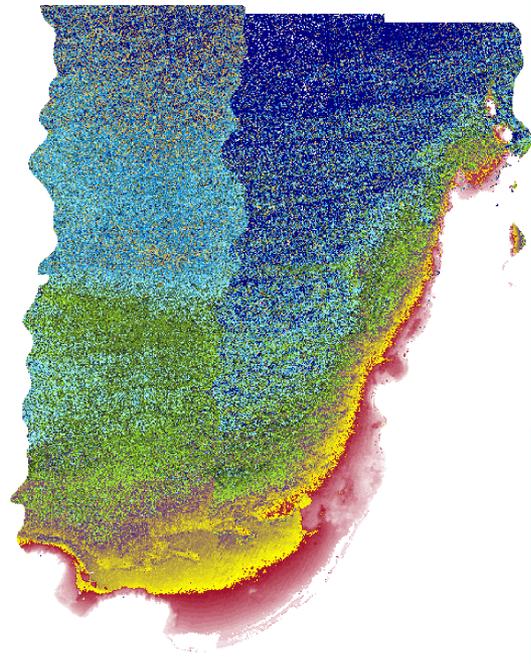
Inversion classique (415-800 nm)



é
H (m)
H (m)
H (m)
s p



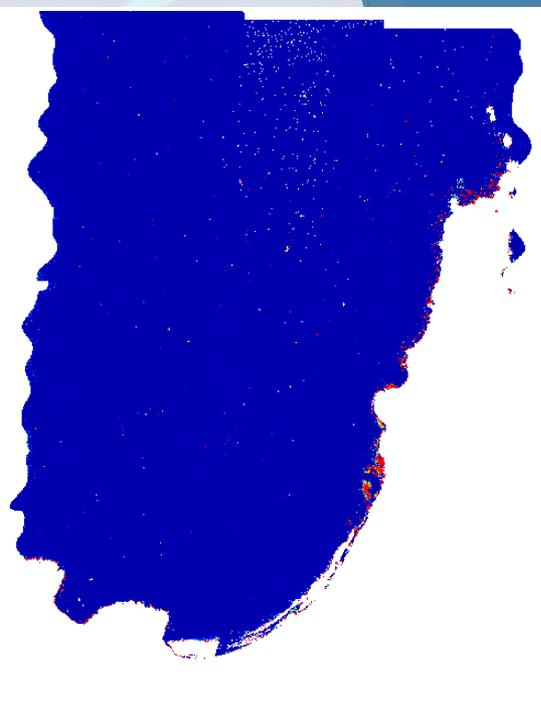
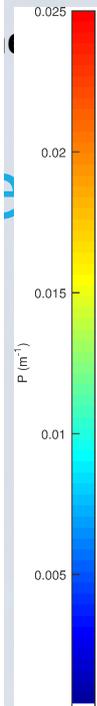
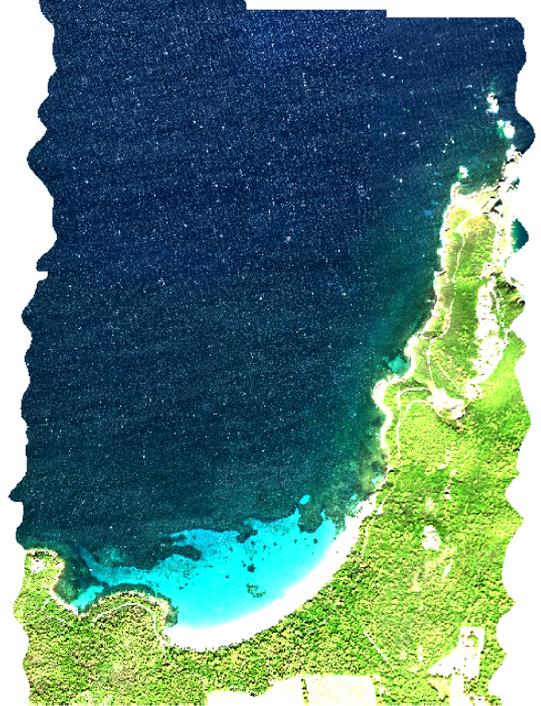
Inversion classique (415-700 nm)



Inversion itérative

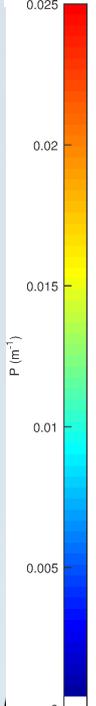
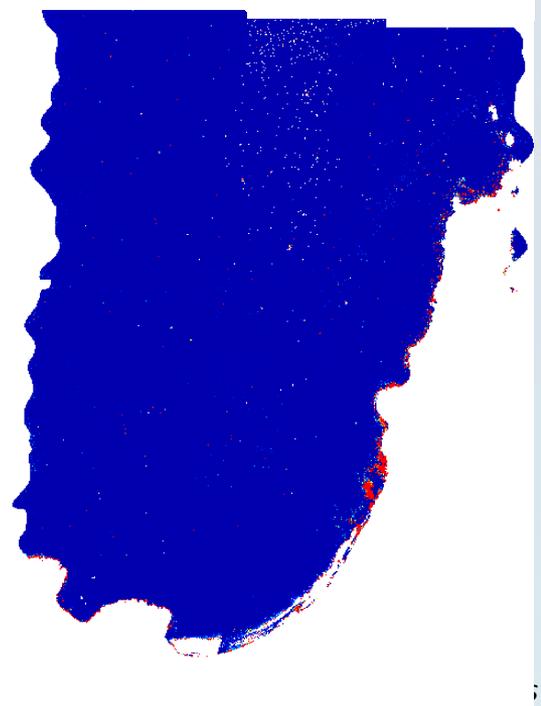
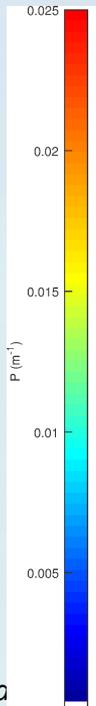
Résultat

CHL



Inversion classique (415-700 nm)

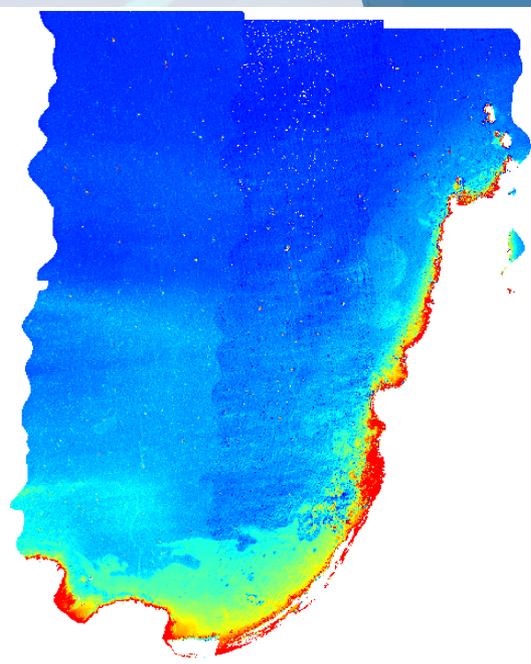
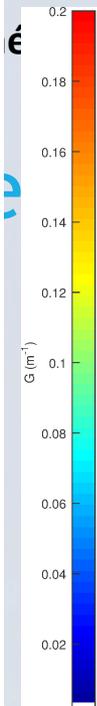
Inversion classique (415-800 nm)



Inversion itérative

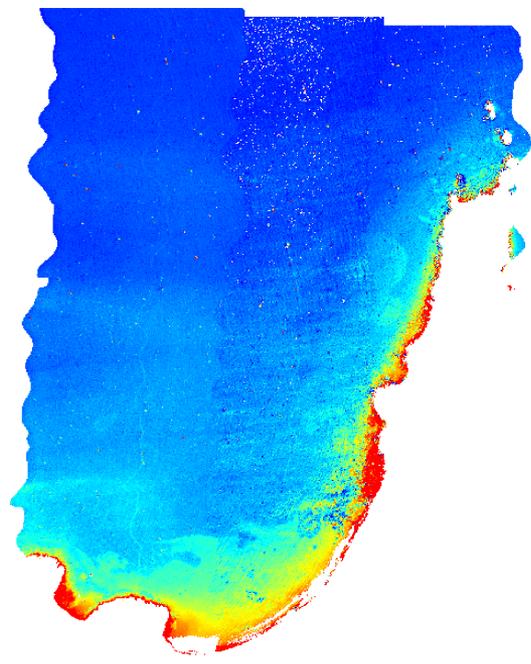
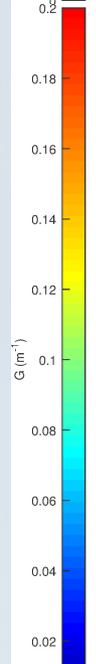
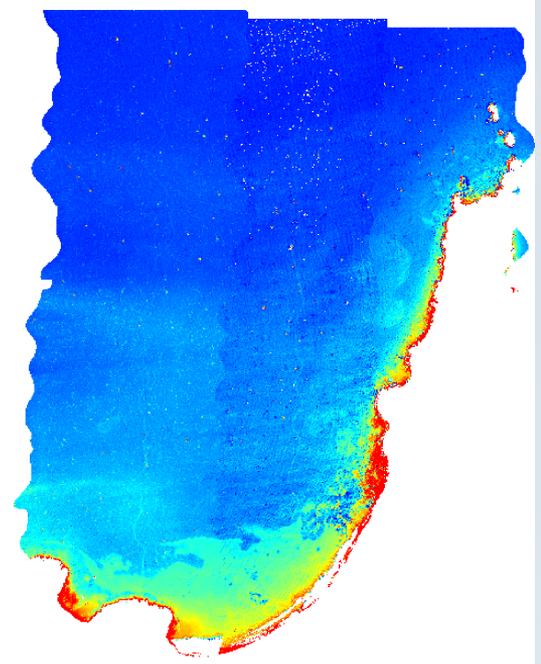
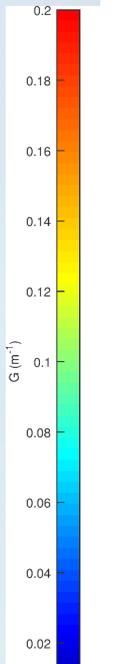
Résultat

CDOM



Inversion classique (415-700 nm)

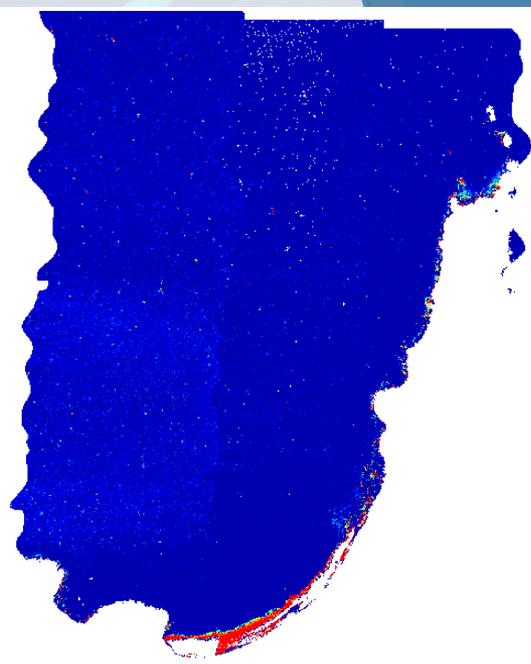
Inversion classique (415-800 nm)



Inversion itérative

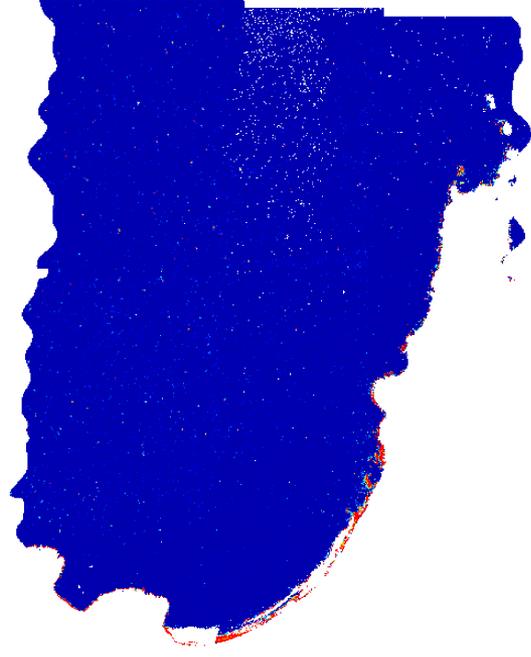
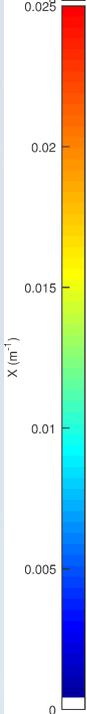
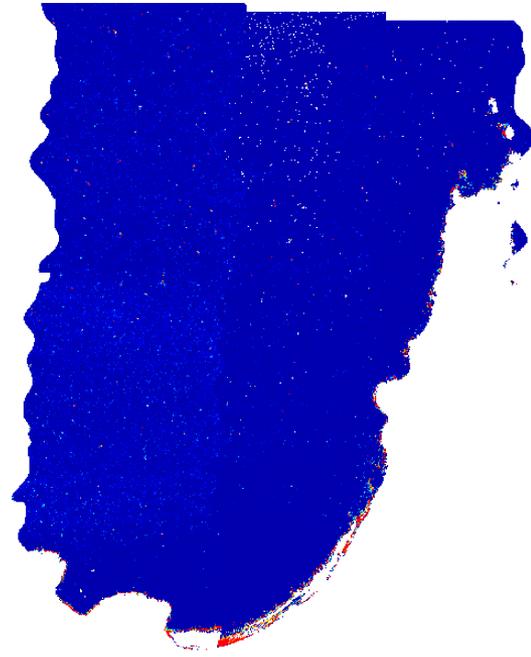
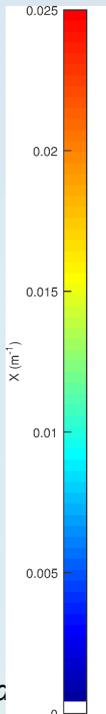
Résultat

MES



Inversion classique (415-700 nm)

Inversion classique (415-800 nm)



Inversion itérative

Conclusions

- ❑ Une méthode pour caractériser la colonne d'eau en zones peu profondes,
- ❑ Diminue l'influence du fond sur l'estimation de la composition de l'eau,
- ❑ Bons résultats obtenus sur différentes turbidités,
- ❑ Une limite potentielle: influence de la correction atmosphérique dans le bleu ?
- ❑ Intéressant pour la cartographie de zones « inconnues » via les futurs capteurs hyperspectraux satellitaires (EnMap, Hypxim/Hypex-2),
- ❑ Méthode applicable aux images Sentinel-3 OLCI.

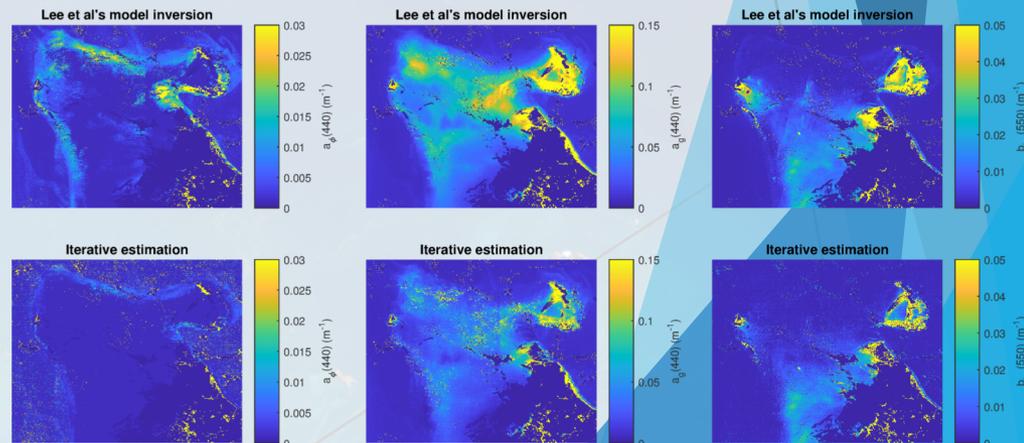
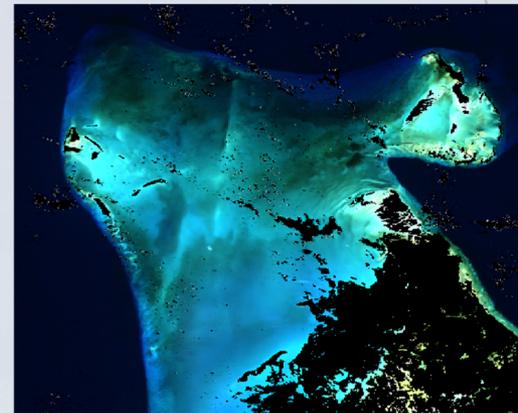
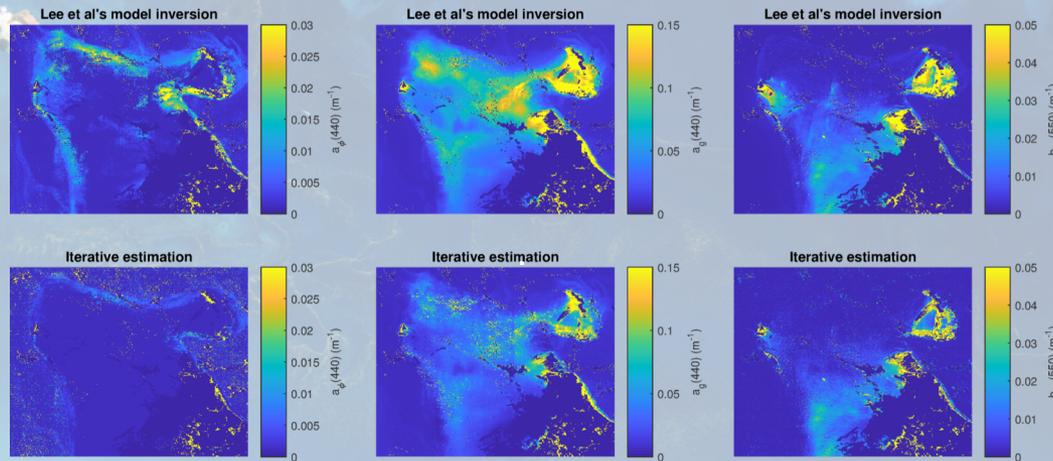


Image OLCI, Bahamas



Merci de votre attention !!

Ces travaux ont été financés par la Direction Générale de l'Armement (DGA) dans le cadre du projet « HypFoM » (référence ANR-15-ASTR-0019)

