Etude de la complémentarité et de la fusion des images des capteurs satellitaires OLCI/Sentinel3 et FCI/Meteosat Troisième Génération

A. Minghelli[1,2], Cécile Peschoud[1,2,5], Manchun Lei[3] et Sandrine Mathieu[4]

1 Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes

2 Université de Toulon

3 IGN Institut Géographique National

4 ThalesAlenia Space

5 Région PACA

Plan

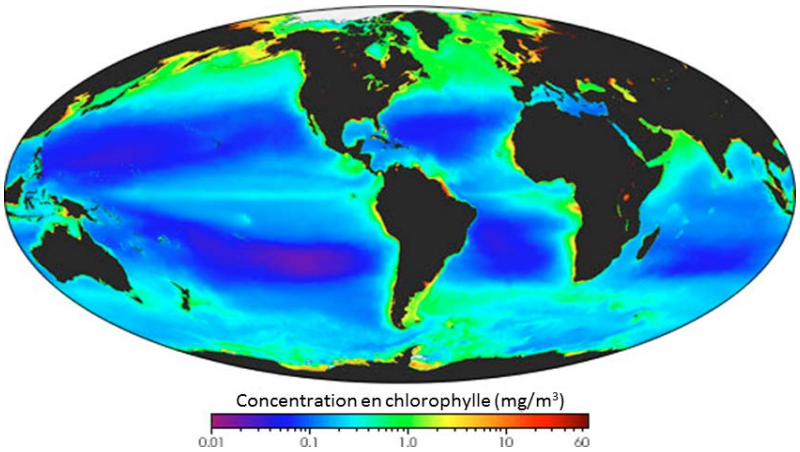
- Introduction : contexte et objectifs
- Analyse de la sensibilité des capteurs FCI et OLCI
- Simulation des images FCI et OLCI
- Fusion des images FCI et OLCI
- Fusion des cartes de composition de l’eau
- Conclusion et perspectives

Problématiques liées à la couleur de l'eau

Au large

- Réchauffement climatique
  - ➔ Rôle du phytoplancton

Phénomènes à variabilité diurne



Concentration moyenne en chlorophylle du 15 septembre 1997 au 1 janvier 2004 à partir des observations SeaWiFS (NASA)

En zones côtières

- Proliférations d'algues toxiques
- Menaces d'écosystèmes
- Pollution
- Variation de la bathymétrie
- Dégradation des fonds

Phénomènes à faible échelle spatiale

Accidentels

Image MERIS (ESA) : floraison d'algues au large de l'estuaire de la Gironde

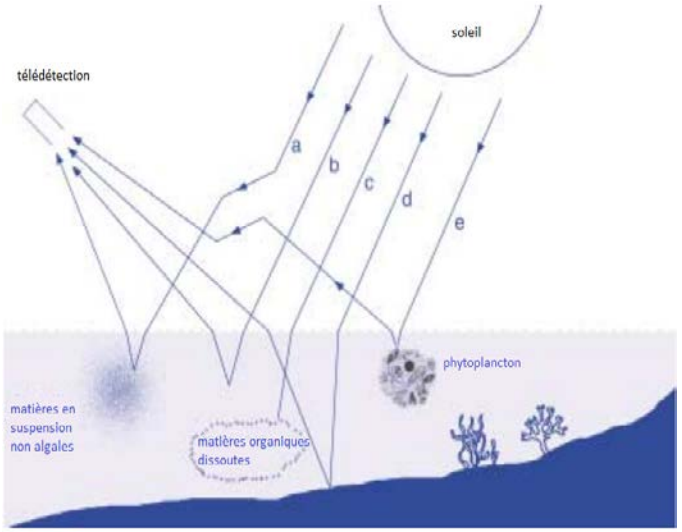
Composants influant sur la couleur de l'eau

Au large (Cas 1)

- Le phytoplancton (chl)
- Les matières organiques dissoutes (CDOM)

En zones côtières (Cas 2)

- Le phytoplancton
- Les matières organiques dissoutes
- Les matières en suspension (MES)
- Le type de fond
- La profondeur

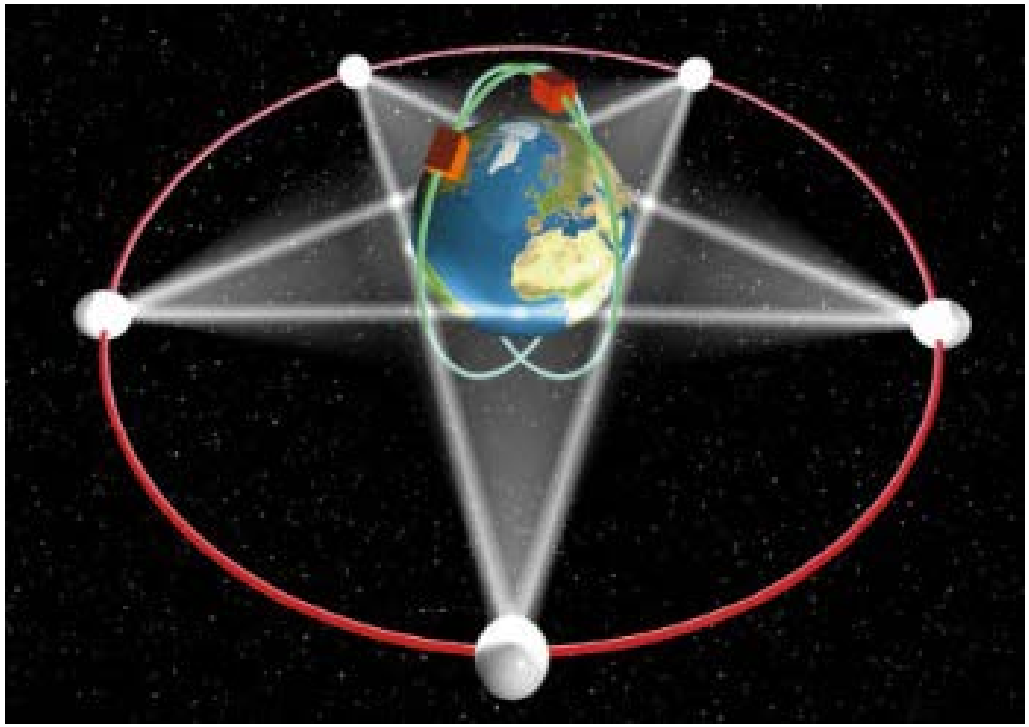


Paramètres des capteurs d'observation

- Résolutions spectrale, temporelle, spatiale et sensibilité.

Satellites
Low Earth Orbit (LEO)
~800 km

Satellites
Géostationnaires (GEO)
~36000 km



Objectifs

- Etudier la complémentarité des capteurs
  - OLCI/Sentinel-3 (LEO)
  - FCI/MTG (GEO)
- Simuler les images
- Fusionner leurs images

	OLCI/S3	FCI/MTG
Résolution spatiale	**300 m**	1 km (500 m)
Résolution spectrale	21 bandes spectrales (12 entre 400 et 800 nm)	**5 bandes spectrales** (3 entre 400 et 800 nm)
Résolution temporelle	≈ 3 j (1 j avec Sentinel 3A et 3B)	**10 min**

Exemple d'images réelles

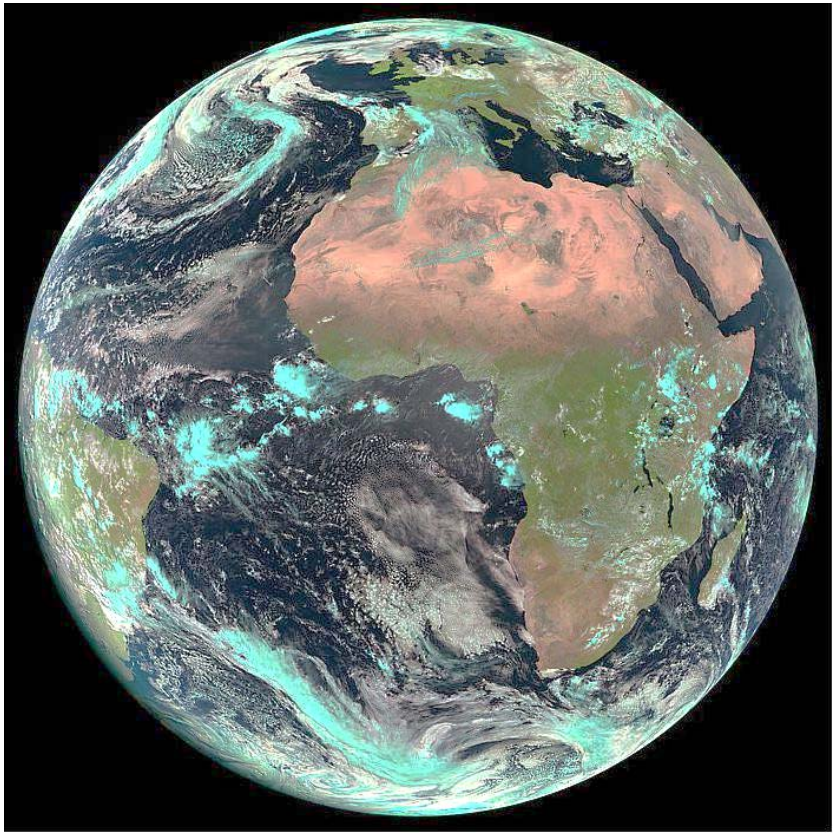


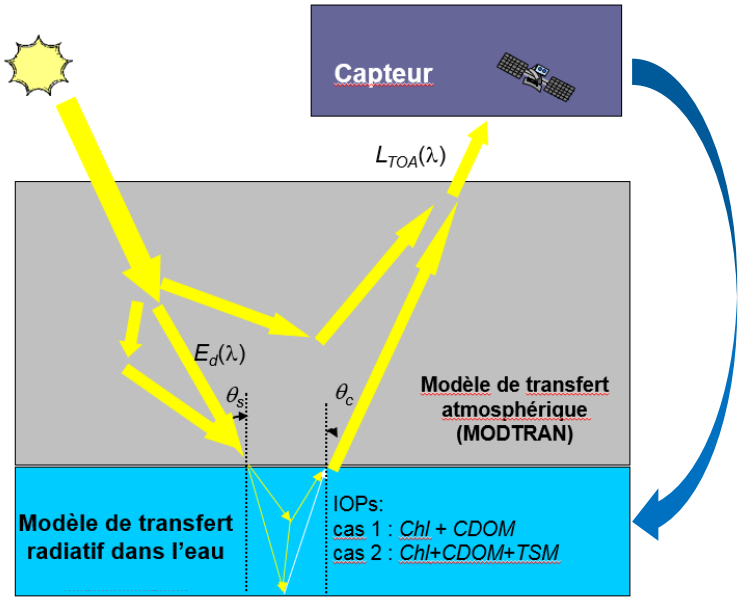
Image
SEVIRI/Meteosat-10

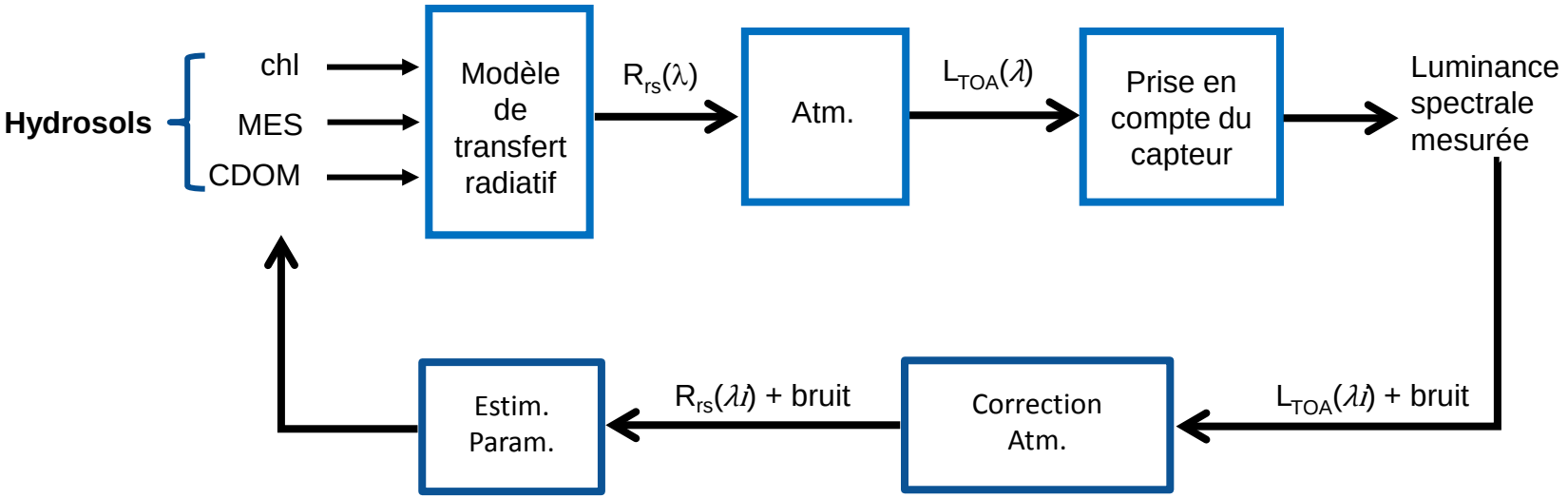
Image
OLCI/Sentinel-3A

Plan

- Introduction : contexte et objectifs
- **Analyse de sensibilité des capteurs FCI et OLCI**
- Simulation des images FCI et OLCI
- Fusion des images FCI et OLCI
- Fusion des cartes de composition de l’eau
- Conclusion et perspectives

Méthodologie générale





Filtrage du bruit de FCI

- Images FCI toutes les 10 min
- Filtrage par moyenne temporelle sur 5 spectres consécutifs
- Un spectre filtré toutes les heures

Description des cas test

Les variables d'entrées sont tirées aléatoirement suivant une loi uniforme

Cas 1 : au large

Chl ∈ [0.01 et 30] mg/m^3

Cas 2 : en zones côtières

Chl ∈ [0.01 et 30] mg/m^3

MES ∈ [0.01 et 30] g/m^3

CDOM ∈ [0.1 et 2] m^{-1}

Résultats

Capteurs OLCI et FCI

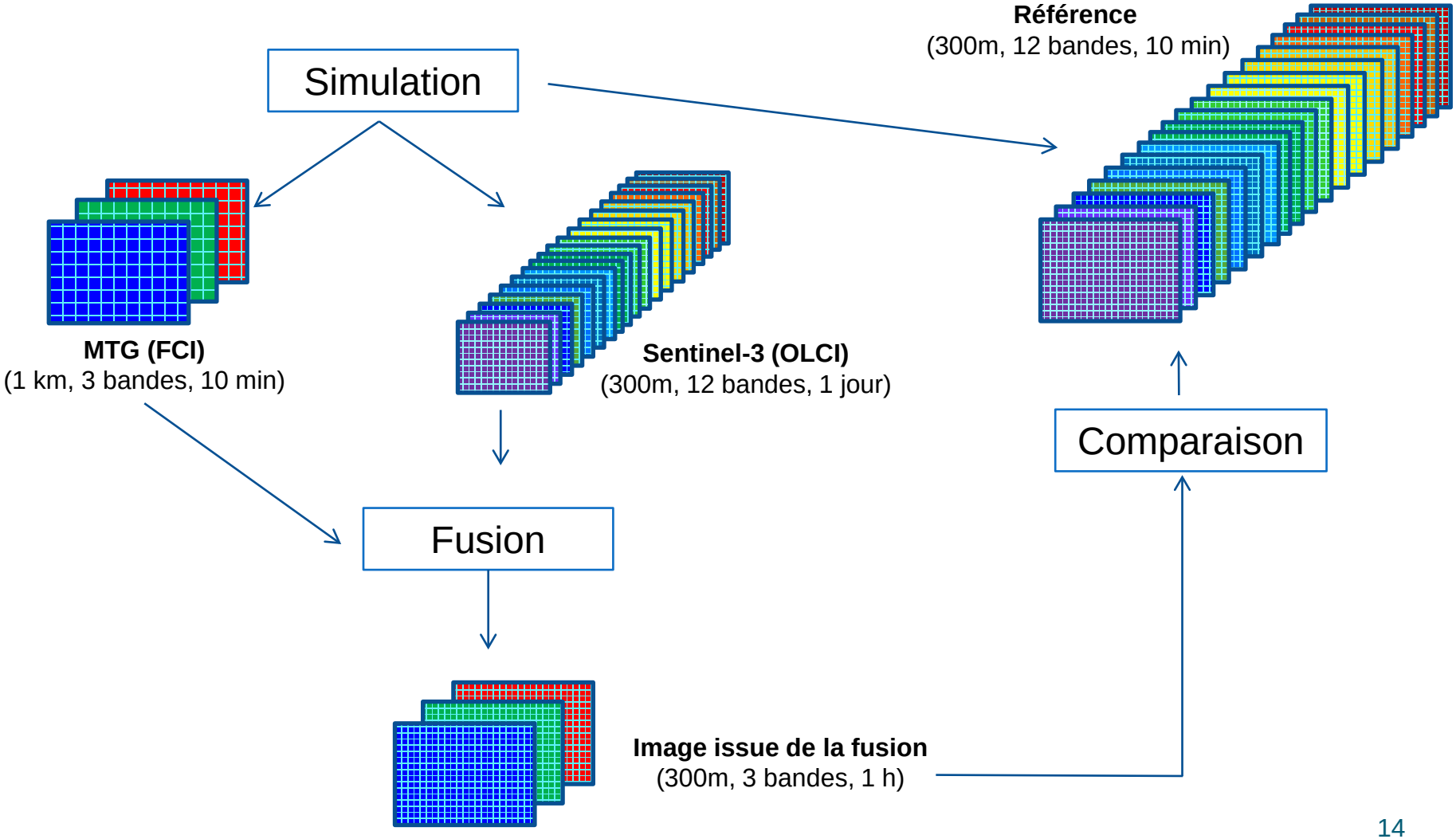
Erreurs relatives
(entre les hydrosols estimés et ceux donnés en entrée)

	Cas 1	Cas 2		
	chl	chl	MES	CDOM
OLCI	2.55%	7.85%	1.04%	1.84%
FCI	32.19%	260.6%	16.54%	26.68%
FCI filtré	14.07%	155.31%	10.39%	12.85%

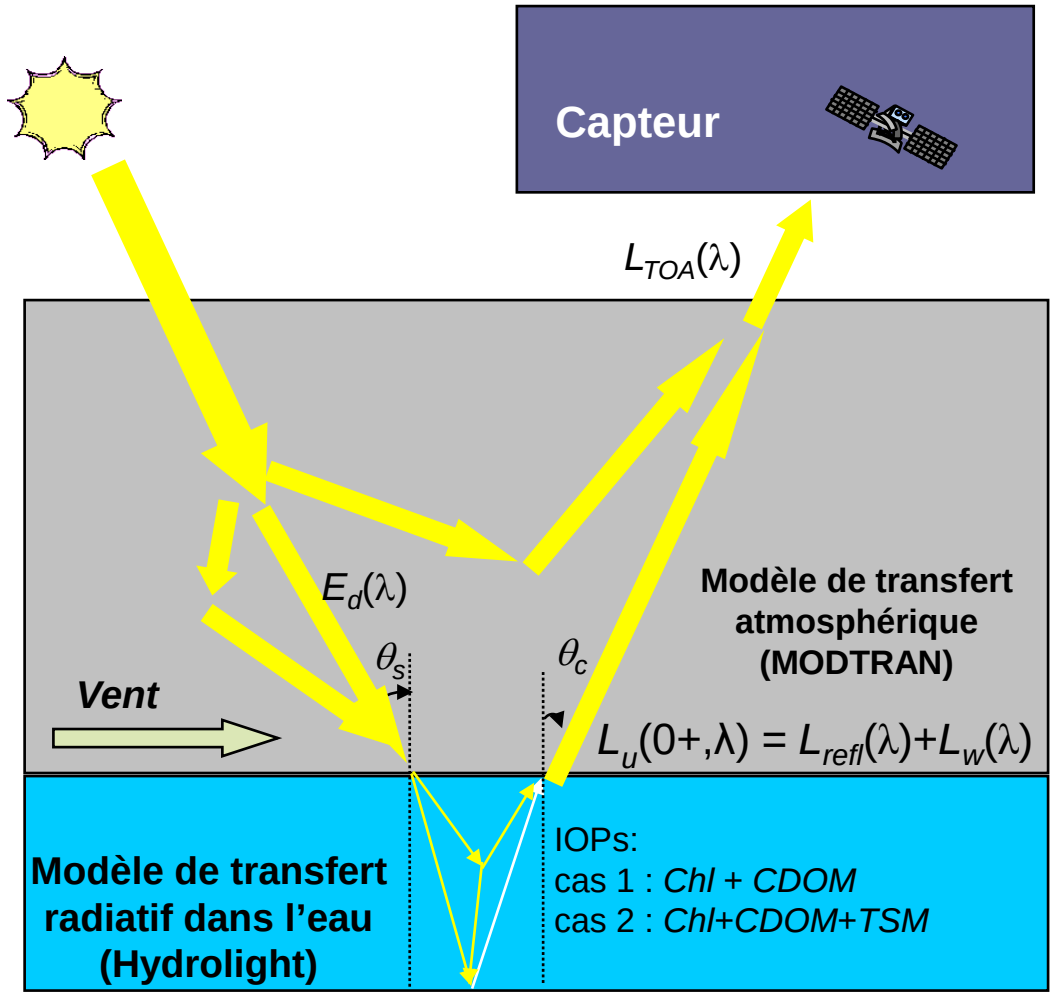
Plan

- Introduction : contexte et objectifs
- Analyse de la sensibilité des capteurs FCI et OLCI
- **Simulation des images FCI et OLCI**
- Fusion des images FCI et OLCI
- Fusion des cartes de composition de l’eau
- Conclusion et perspectives

Méthodologie générale



Simulation par modélisation du paysage

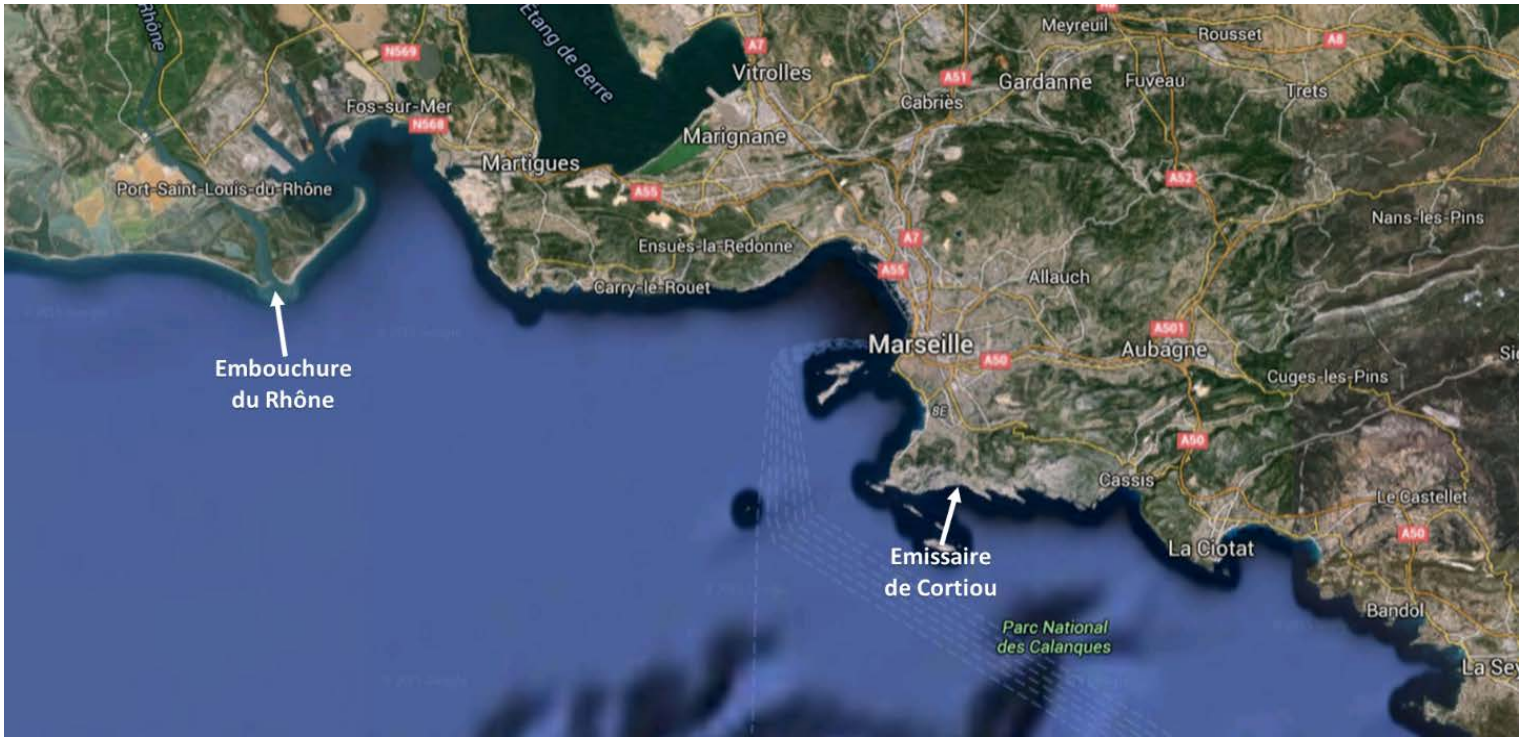


Cartes temporelles des composants de l'eau (*Chl*, *MES*, *CDOM*) provenant des modèles couplés

Hydro-sédimentaire Eco3M

Date et zone de simulation des images

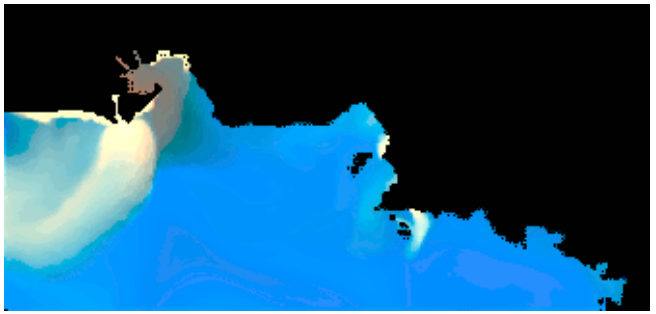
Simulation des images sur le Golfe du Lion



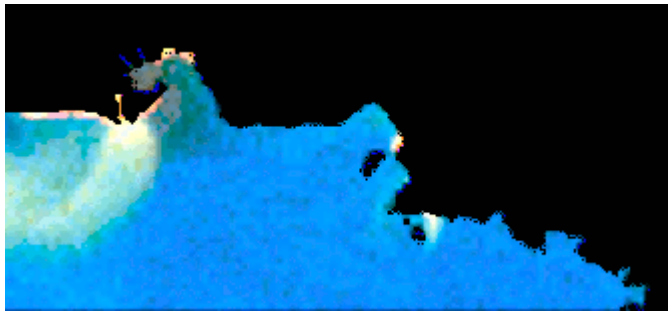
Durant les journées du 18 et 19 mai 2008

Résultats :
Simulation des images

Sur deux jours de 8h à 18h :



OLCI
sur 2 journées à 10h (2 images)



FCI (filtrées)
sur 2 journées de 8h à 18 h
(22 images)

Référence
sur 2 journées de 8h à 18h (22 images)

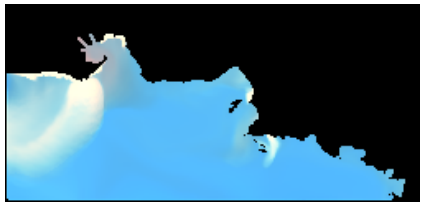
Plan

- Introduction : contexte et objectifs
- Analyse de la sensibilité des capteurs FCI et OLCI
- Simulation des images FCI et OLCI
- **Fusion des images FCI et OLCI**
- Fusion des cartes de composition de l’eau
- Conclusion et perspectives

Méthode SSTF
(Spatial Spectral Temporal Fusion)

(Vanhellemont *et al.*, 2014)

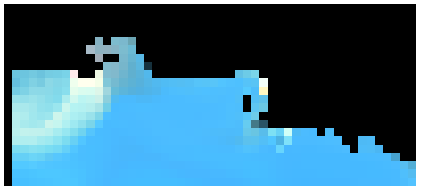
- $$R_{rs\ OLCI}(\lambda_j, t_1) = \frac{R_{rs\ FCI}(\lambda_i, t_1)}{R_{rs\ FCI}(\lambda_i, t_0)} \times R_{rs\ OLCI}(\lambda_j, t_0)$$



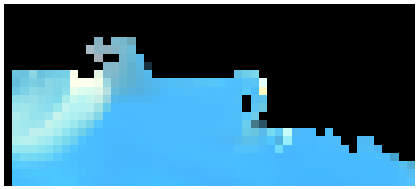
OLCI le 18/05 à t0

?

OLCI le 18/05 à t1



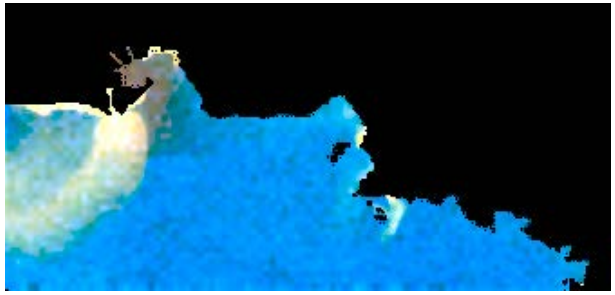
FCI le 18/05 à t0



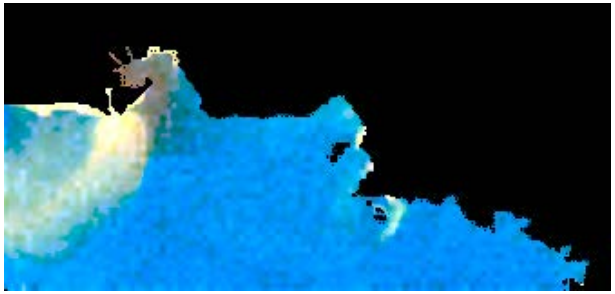
FCI le 18/05 à t1

Fusion sur les 2 journées entre 8h et 18h

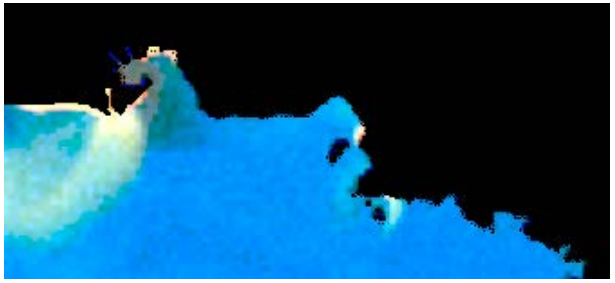
OLCI - 10h



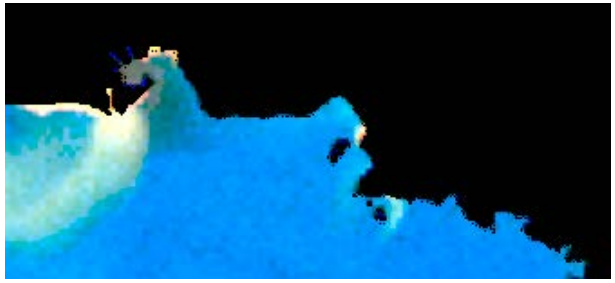
Fusion - 11h



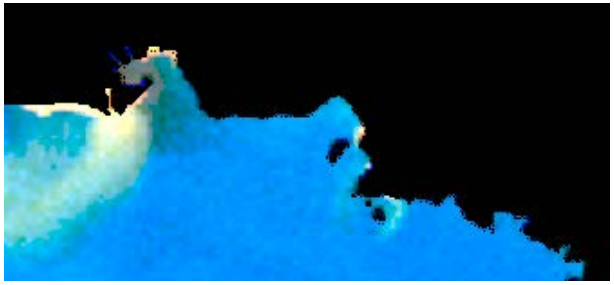
Fusion - 12h



FCI - 10h



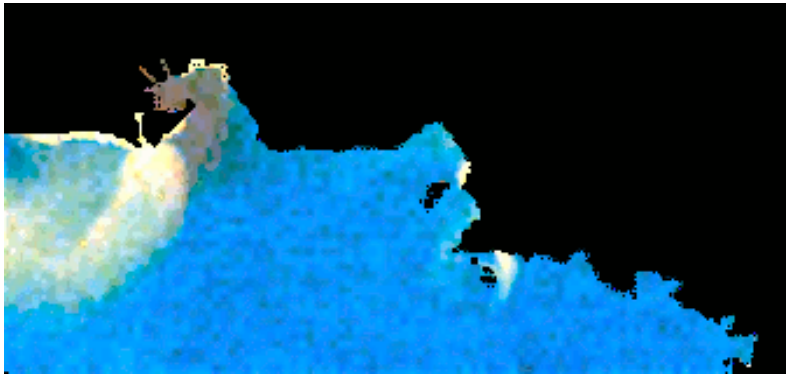
FCI - 11h



FCI - 12h

Résultats de la fusion SSTF

Durant les 18 et 19/05/2008 entre 8h et 18h



Images fusionnées

Images de référence

Méthodes de validation

- **Validation avec les images de référence**

Calcul de l'ERGAS (*Relative Adimensional Global Error in Synthesis*) entre les images fusionnées et les images de référence

$$\text{ERGAS(A,B)} = 100 \times \frac{h}{l} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_1^N \frac{RMSE(A,B,\lambda)^2}{mean(A,B,\lambda)^2}}$$

h/l : rapport des résolutions spatiales des images comparées

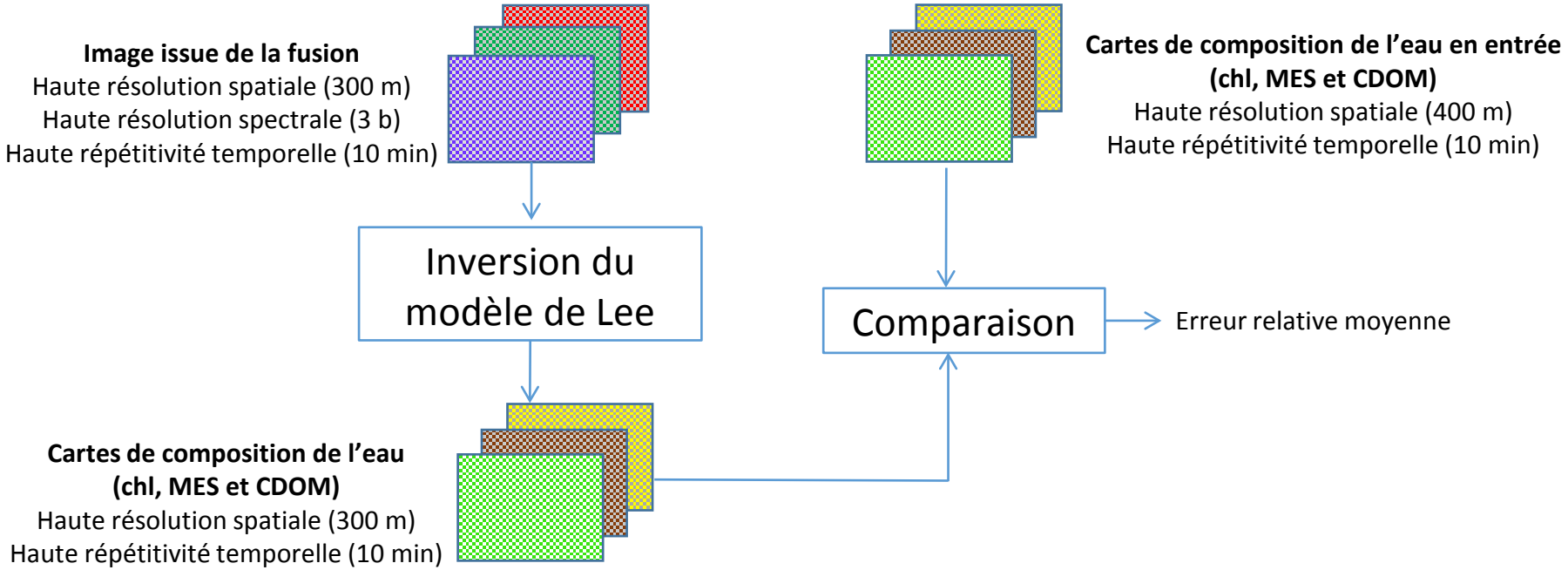
N : nombre de bandes spectrales

Valeur idéale : 0

Erreur acceptable tant que ERGAS < 3

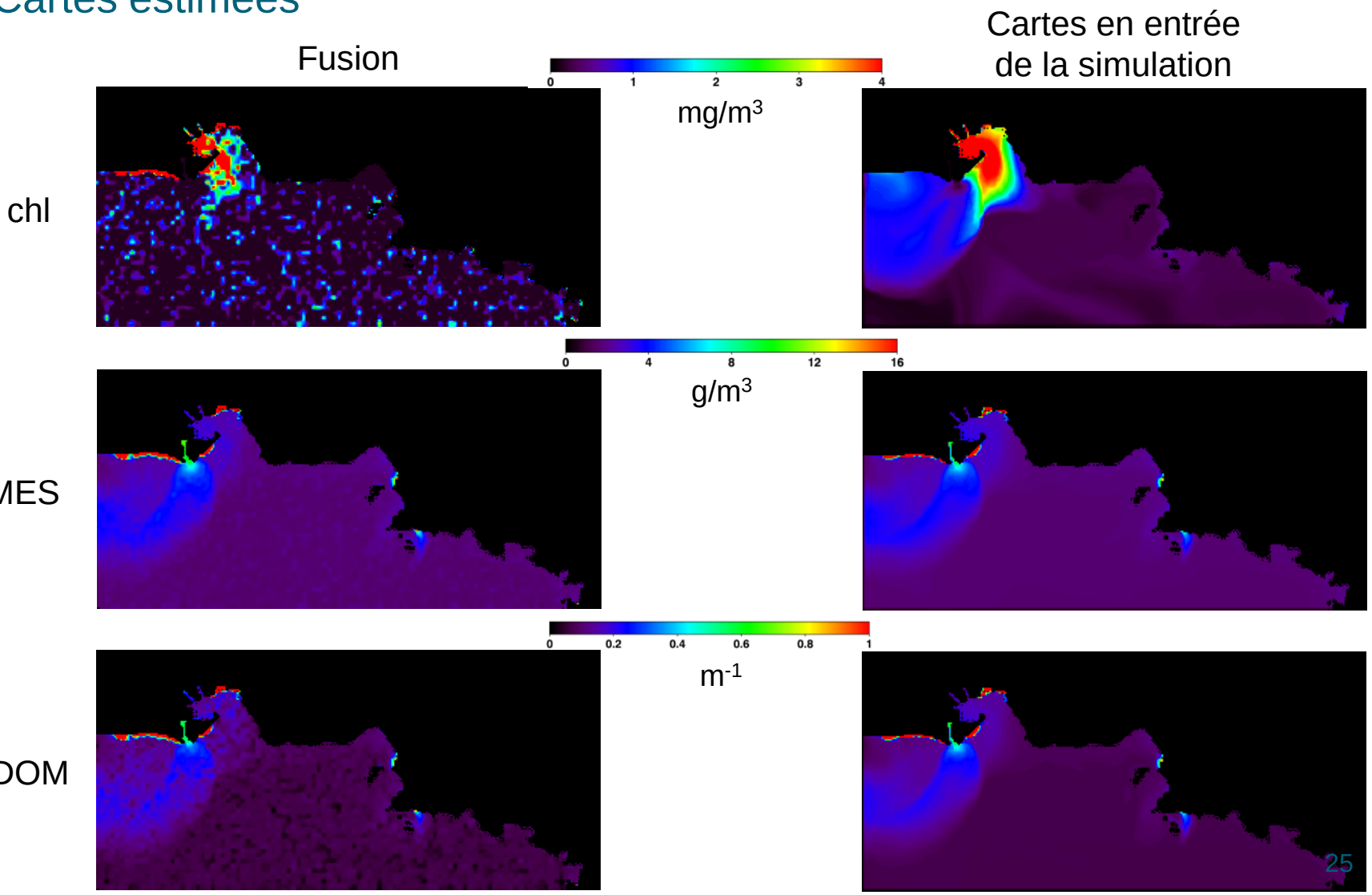
Méthodes de validation

- Validation avec les cartes d'hydrosols



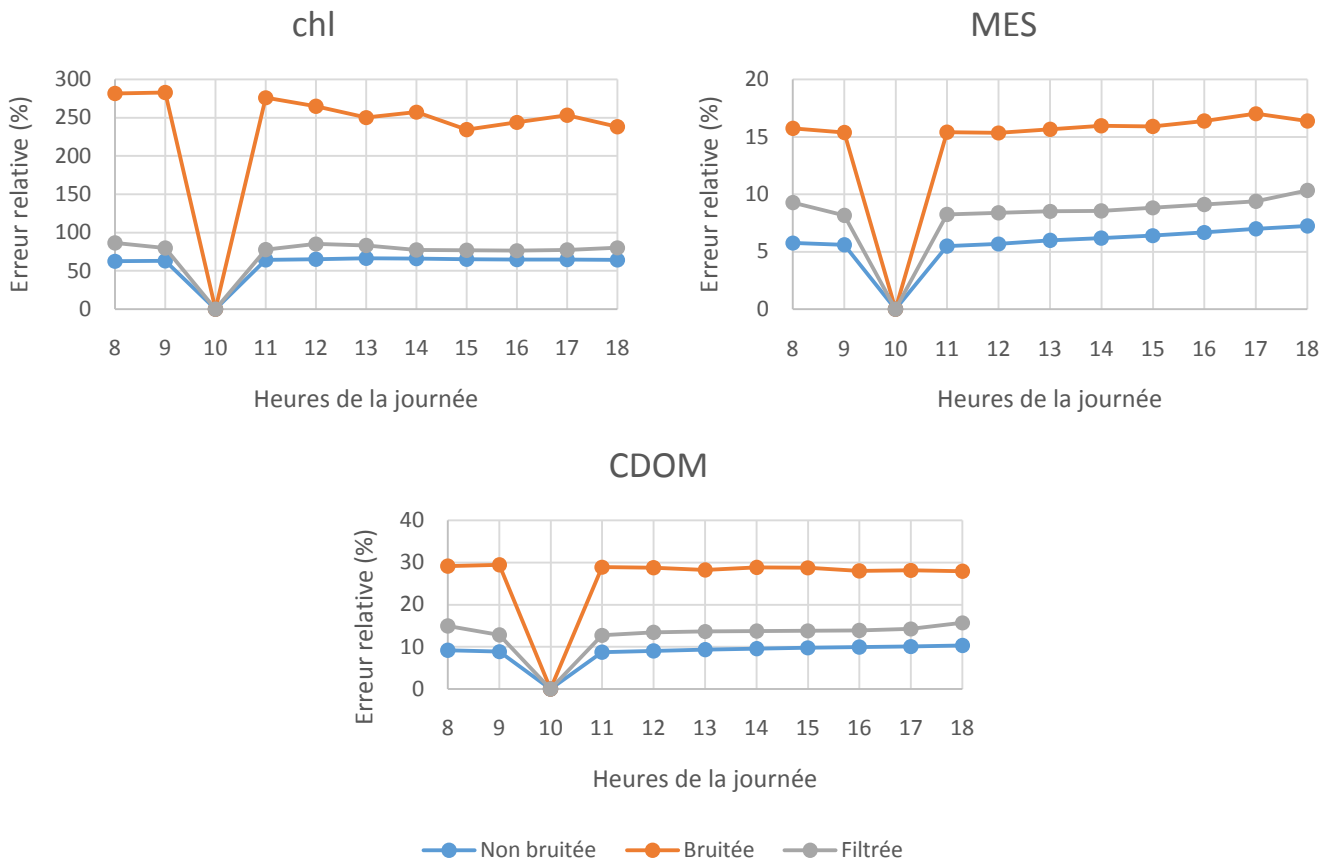
Résultats de la fusion SSTF

Cartes estimées



Résultats de la fusion SSTF

- Validation avec les cartes d'hydrosols utilisées en entrée de la simulation



Ce qu'il faut retenir

2 sources d'erreur lors de la fusion des images :

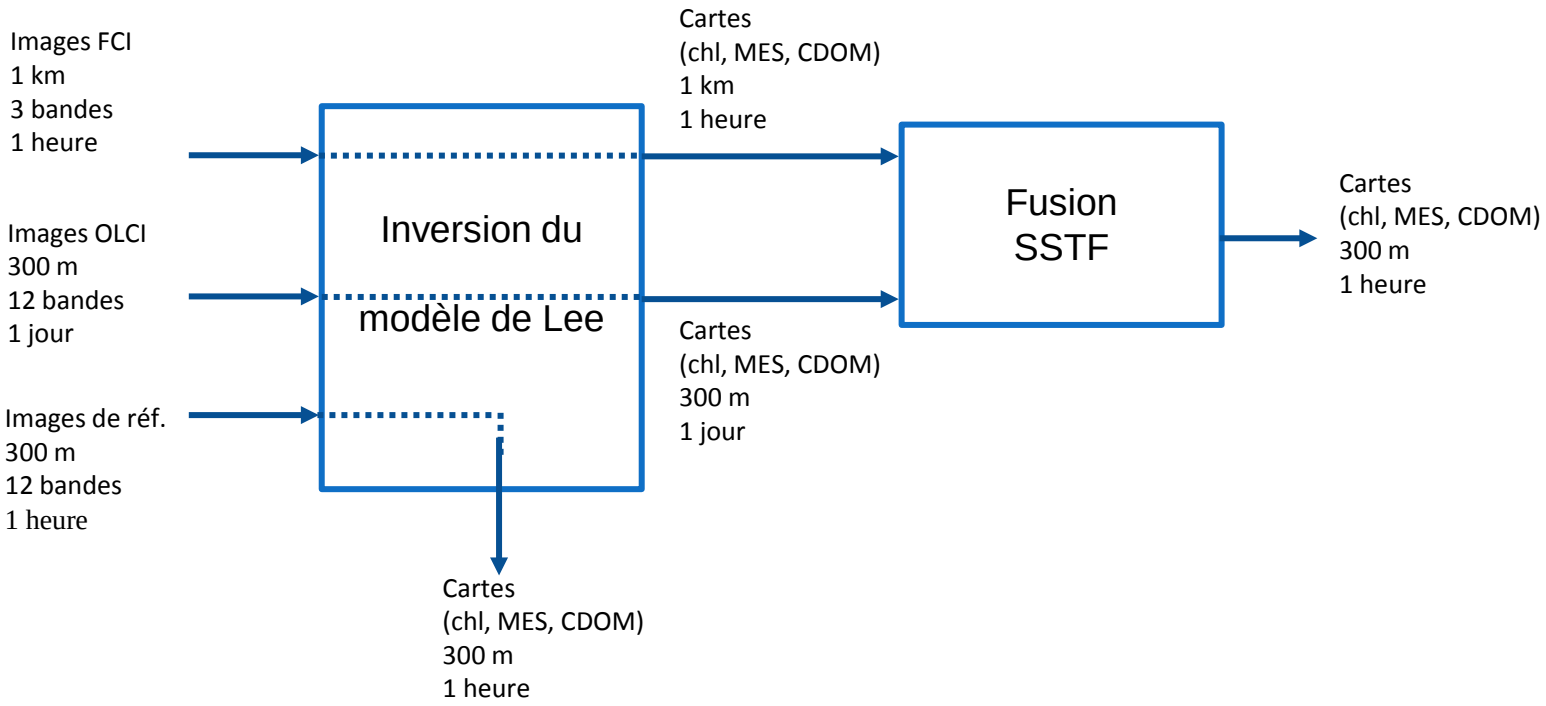
- Variations du paysage
- SNR des capteurs

Limitation : nombre de bandes spectrales

Plan

- Introduction : contexte et objectifs
- Analyse de la sensibilité des capteurs FCI et OLCI
- Simulation des images FCI et OLCI
- Fusion des images FCI et OLCI
- **Fusion des cartes de composition de l’eau**
- Conclusion et perspectives

Méthodologie générale



Comparaison des approches

Jour 1 avec images FCI filtrées

Erreurs relatives avec les cartes de composition (%)					
Fusion puis estimation			**Estimation puis fusion**		
chl	MES	CDOM	chl	MES	CDOM
79,9	8,9	13,9	85,73	9,39	15,84

- Il vaut mieux fusionner au niveau réflectance qu'au niveau des cartes

Plan

- Introduction : contexte et objectifs
- Analyse de la sensibilité des capteurs FCI et OLCI
- Simulation des images FCI et OLCI
- Fusion des images FCI et OLCI
- Fusion des cartes de composition de l’eau
- **Conclusion et perspectives**

Conclusion

- L'analyse de sensibilité des capteurs a montré :
  - La capacité de FCI (une fois filtré du bruit) à mesurer la chl (Cas 1) et les MES et le CDOM (Cas 2)
- La méthode SSTF permet de fusionner les images OLCI et FCI au cours de la journée
- La démarche « fusion puis estimation » est meilleure que la démarche « estimation puis fusion »
- Sur des données faiblement bruitées :
  - L'efficacité de la fusion dépend de l'évolution du paysage dans le temps
- En présence de bruit :
  - Importance du filtrage temporel (en amont de la fusion)

Présentations/publications

- **Conférences :**

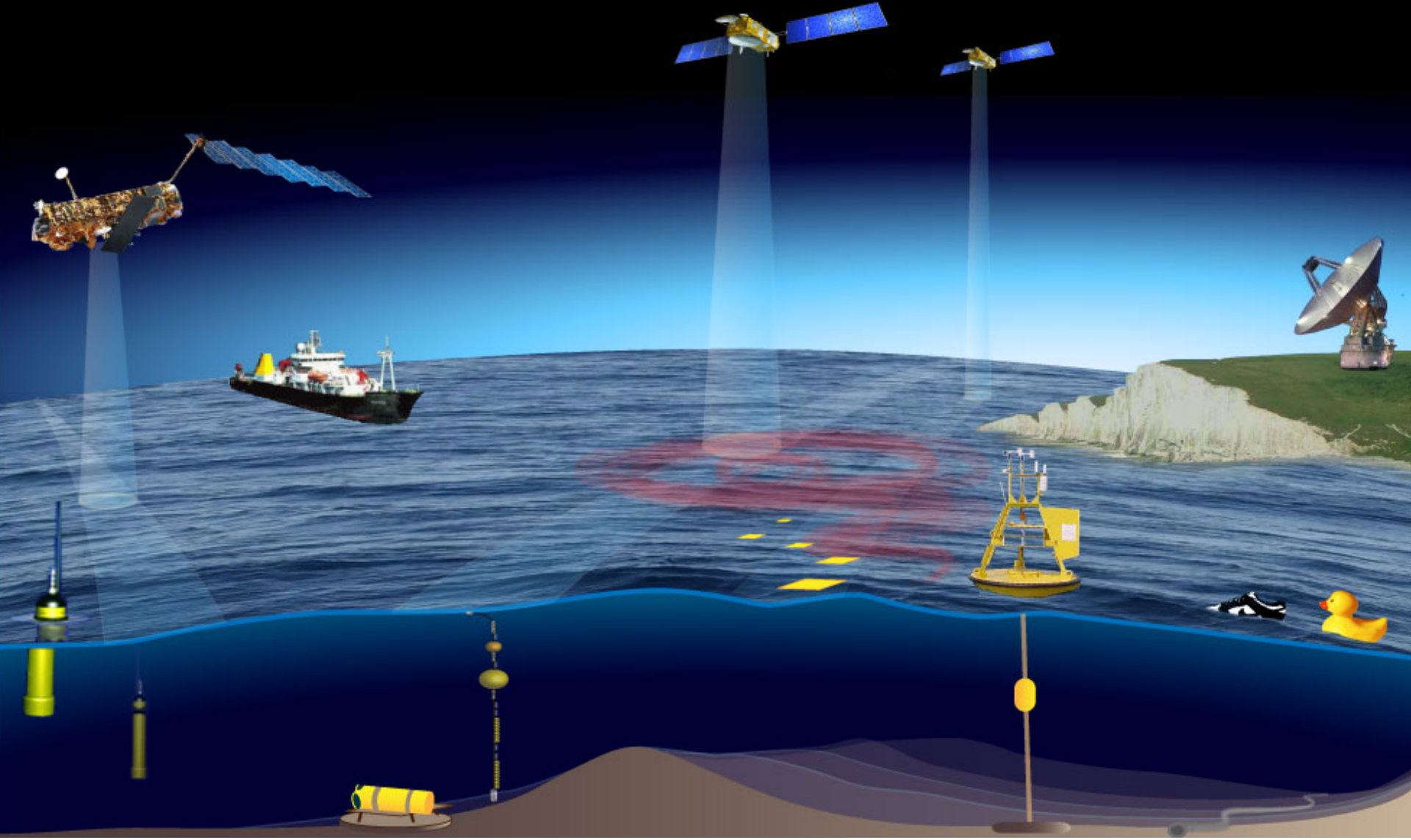
C. Peschoud, A. Minghelli and S. Mathieu, “Study of the complementarity and the fusion of the images that will be provided by the future satellite sensors OLCI/Sentinel-3 and FCI/Meteosat Third Generation”, *Ocean Optics*, Portland (Maine), Octobre 2014.

C. Peschoud, A. Minghelli, S. Mathieu et M. Lei, «Etude de la complémentarité et de la fusion des images qui seront fournies par les futurs capteurs satellitaires OLCI/Sentinel3 et FCI/Meteosat Troisième Génération », *atelier GIS-COOC*, Talence, Février 2015.

C. Peschoud, A. Minghelli, S. Mathieu and M. Lei, “Study of the complementarity and the fusion of the future satellite sensors OLCI/Sentinel-3 and FCI/Meteosat Third Generation images”, *International Ocean Colour Science Meeting*, San Francisco, Juin 2015.

- **Articles** :

C. Peschoud, A. Minghelli, S. Mathieu, M. Lei, I. Pairaud, C. Pinazo, “Fusion of sun-synchronous and geostationary images for coastal and ocean color survey application to OLCI (Sentinel-3) and FCI (MTG)”, publié dans la revue IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing” (JSTARS)



Merci pour votre attention