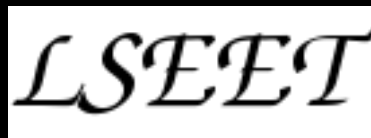
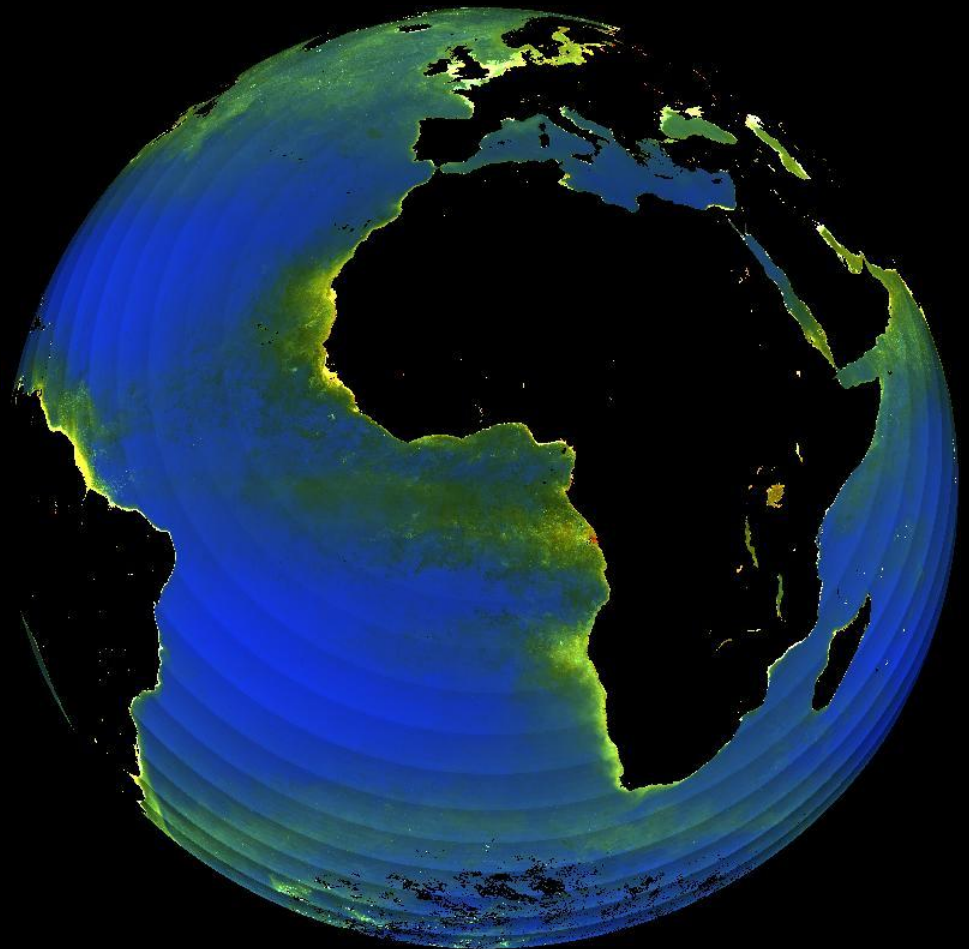


Simulation d'images d'un capteur géostationnaire dédié à la couleur de l'eau

Manchun Lei, Audrey Minghelli-Roman, Annick Bricaud, Jean-Marie Froidefond,
Sandrine Mathieu, Pierre Gouton



*Atelier National Couleur de l'Océan
Sophia Antipolis, 23 – 24 janvier 2012*



Objectif

- Simuler des images en zone de couverture globale (GAC) qui seraient acquises par un futur capteur géostationnaire ayant les bandes spectrales d'OLCI (20 bandes entre 400 et 940 nm)
 - Etudier l'influence des angles d'observation et d'éclairement sur la gamme des luminances
-

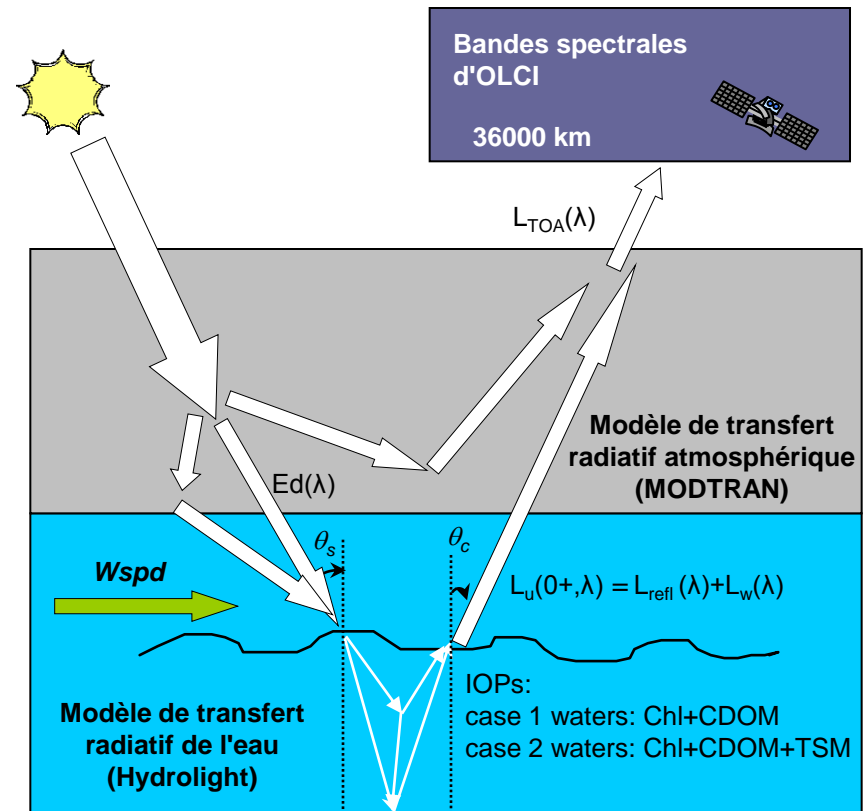
Simulateur d'images géostationnaires

- Modéliser la luminance au niveau de la surface (L_w) et en haut de l'atmosphère (L_{TOA}) en fonction de :
 - la composition de l'eau (Chl, CDOM, SPM)
 - la géométrie d'observation (θ_s , θ_c , $\Delta\Phi$)
 - du fond (z , R_f)
 - de la vitesse du vent (W_{spd})
 - de l'atmosphère (RH%, gaz, aérosol,...)
 - Méthode d'approximation pour simuler des images en luminance (et non un seul pixel)
-

Chaîne de modélisation

■ 3 modules de modélisation :

- Modélisation des IOPs
- Modélisation de transfert radiatif dans l'eau
 - Hydrolight
- Modélisation de transfert radiatif dans l'atmosphère
 - MODTRAN



Théorie des 4 flux (Verhoef, 1985, 1998)

- Le flux du rayonnement reçu par le capteur satellitaire TOA peut être décomposé en 3 contributions:
 - le flux réfléchi direct par l'atmosphère
 - le flux ascendant venant de la surface ciblée
 - le flux venant de la surface autour de la cible

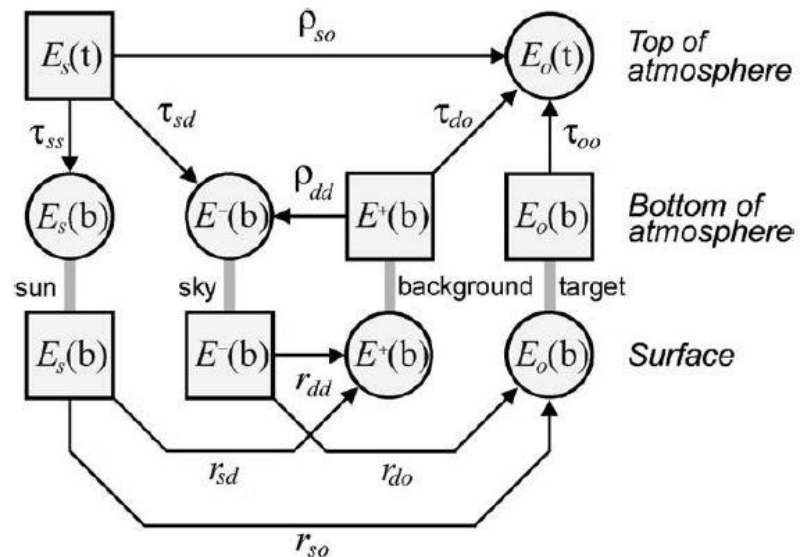
$$E_s(b) = \tau_{ss} E_s(t)$$

$$E^-(b) = \tau_{sd} E_s(t) + \rho_{dd} E^+(b)$$

$$E_o(t) = \rho_{so} E_s(t) + \tau_{do} E^+(b) + \tau_{oo} E_o(b)$$

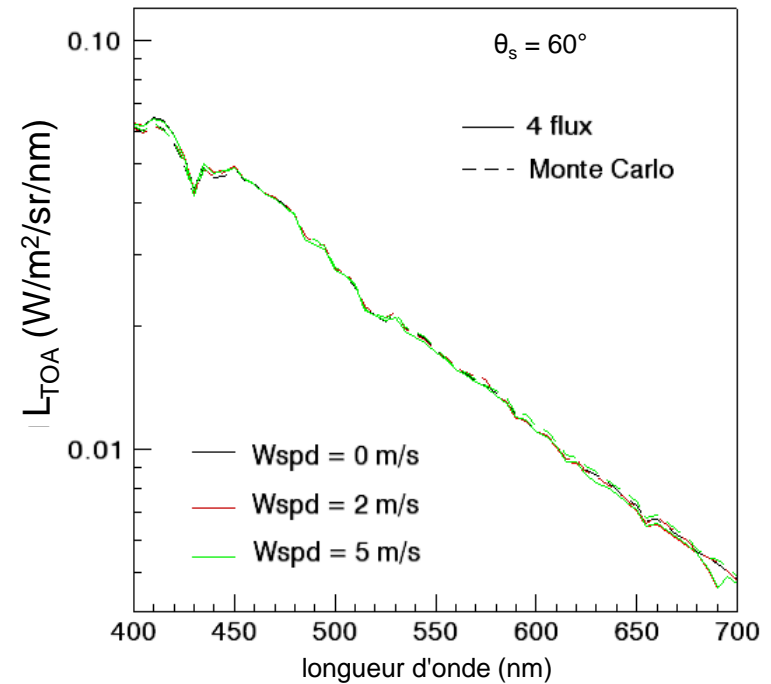
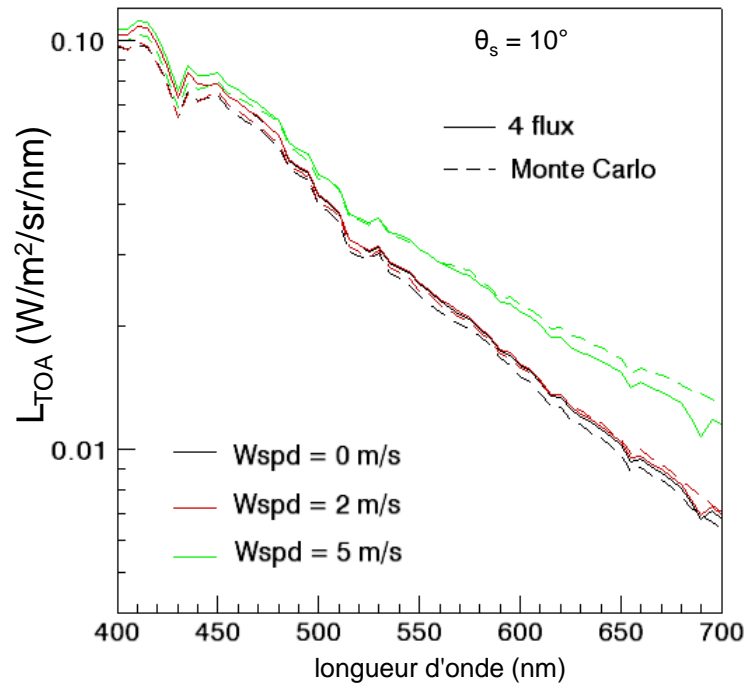
$$E^+(b) = r_{sd} E_s(t) + r_{dd} E^-(b)$$

$$E_o(b) = r_{so} E_s(b) + r_{do} E^-(b)$$



L'interaction des 4 flux dans l'atmosphère sur une surface terrestre non-lambertienne (Verhoef et al., 2003)

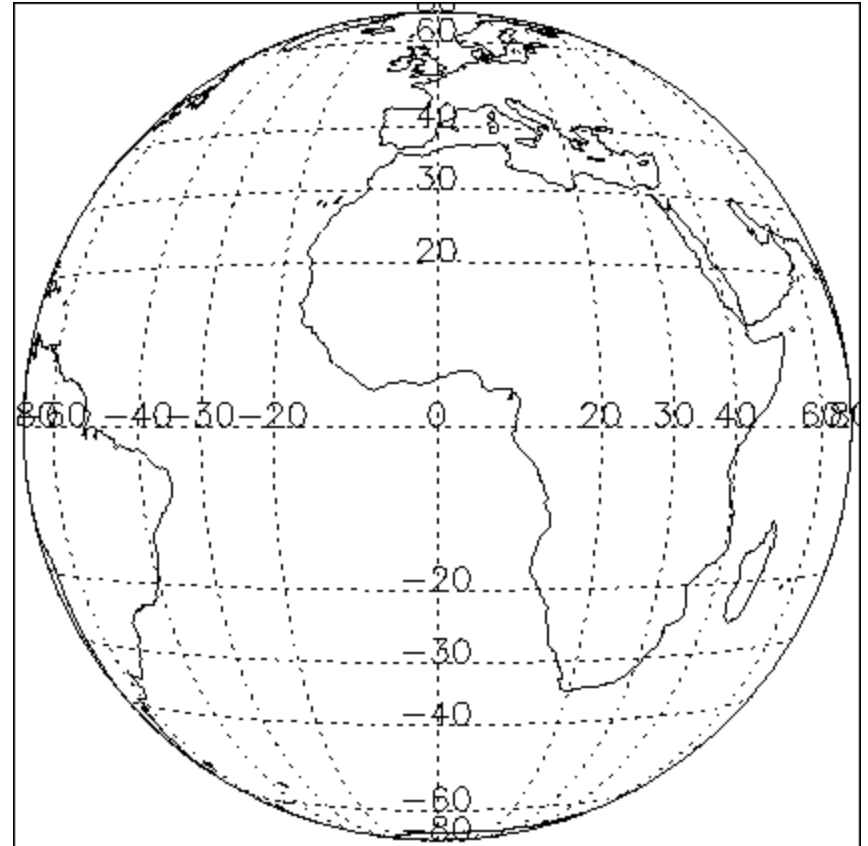
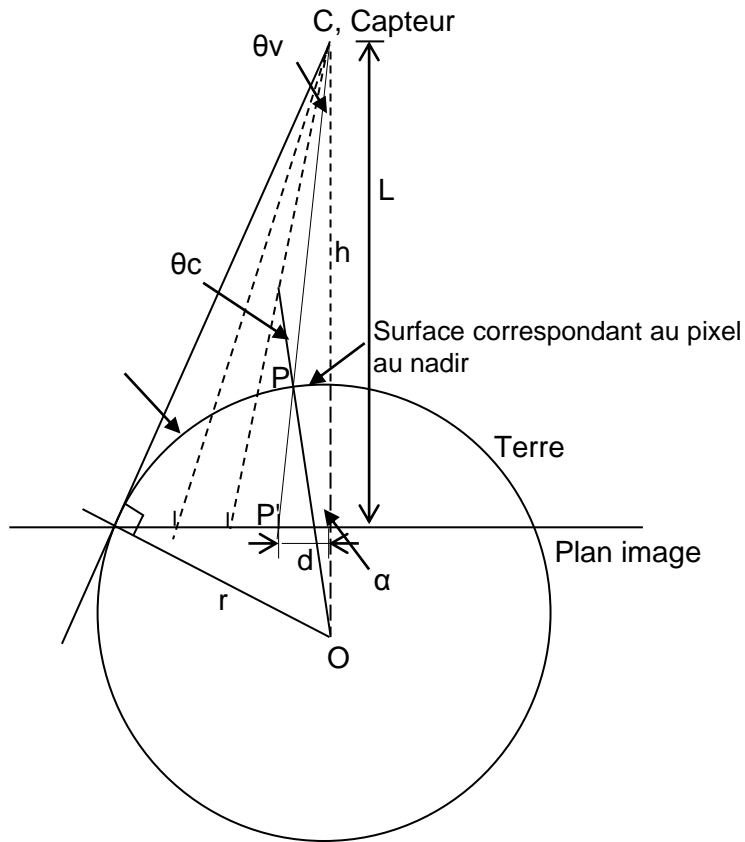
Validation avec une méthode de Monte Carlo (B. Gentili, LOV)



θ_s (°)	Wspd (m/s)	mean(rd%)	min(rd%)	max(rd%)	rrmse%
10	0	6,15%	-2,62%	11,86%	6,58%
10	2	2,76%	-10,48%	12,22%	5,21%
10	5	-1,02%	-21,67%	10,47%	6,59%
60	0	-0,57%	-12,29%	5,06%	2,82%
60	2	-1,02%	-13,40%	4,79%	2,84%
60	5	-1,91%	-14,13%	4,88%	3,54%

* conditions de la simulation : L'eau de mer est pure, pas d'aérosol, ni d'ozone

Projection géostationnaire



θ_{vu} , le champ de vision instantanée, IFOV (°)

$\theta_{vu}=4.775e-4$, résolution au nadir=0.3km, au bord de l'image=30,7km, taille de l'image globale : 36224X36224

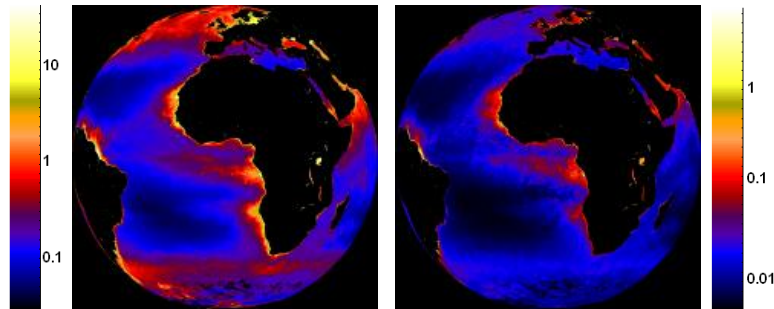
$\theta_{vu}=7.374e-3$, résolution au nadir=4.6km, au bord de l'image=117.7km, taille de l'image globale : 2344X2344

Méthode d'approximation

- Impossibilité de modéliser la luminance pour chaque pixel (6 min par pixel, 3 ans pour une image GAC)
 - Tables de correspondance (LUT)
 - couvrir une variabilité "réelle" en terme de composition de l'eau, des conditions géométriques de prise de vues et des conditions environnementales
 - Optimisation du nombre des combinaisons des paramètres d'entrée en fonction du temps de calcul pour construire ces LUT
 - Des méthodes de régression, multi-interpolation (bilinéaire, tri-linéaire) sont utilisées ensuite pour calculer la luminance reçue pour chaque pixel
-

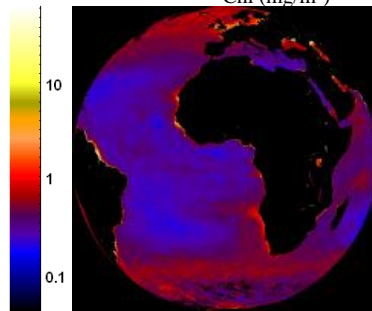
Paysage d'entrée

- Cartes climatologiques de la composition de l'eau provenant du projet *GlobColour*
 - résolution spatiale 4.6 km

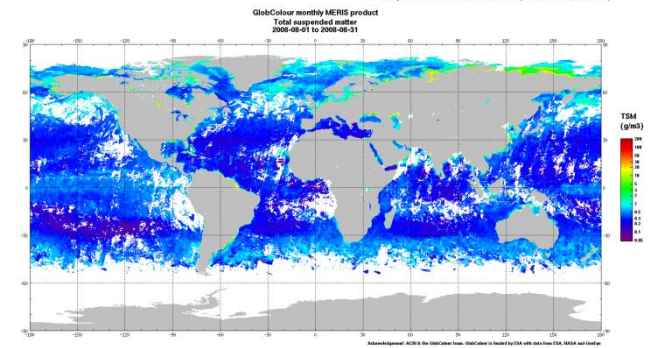
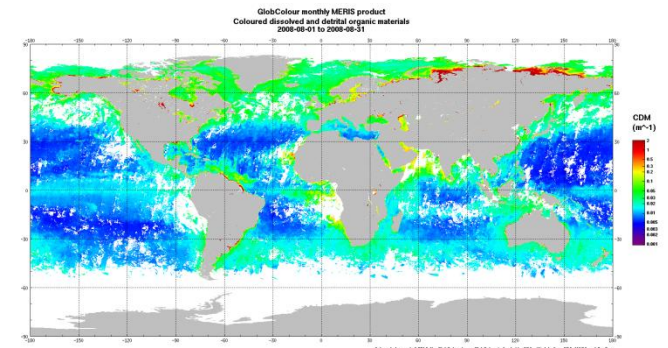
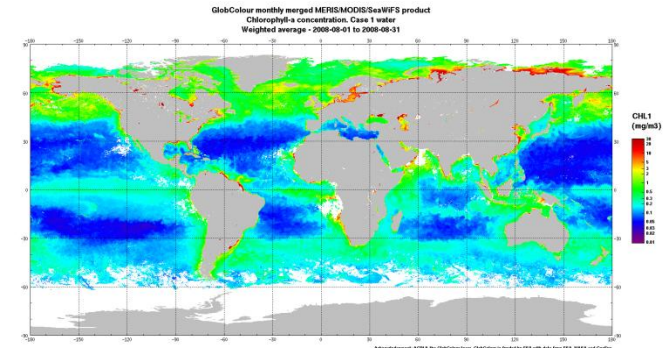


Chl (mg/m^3)

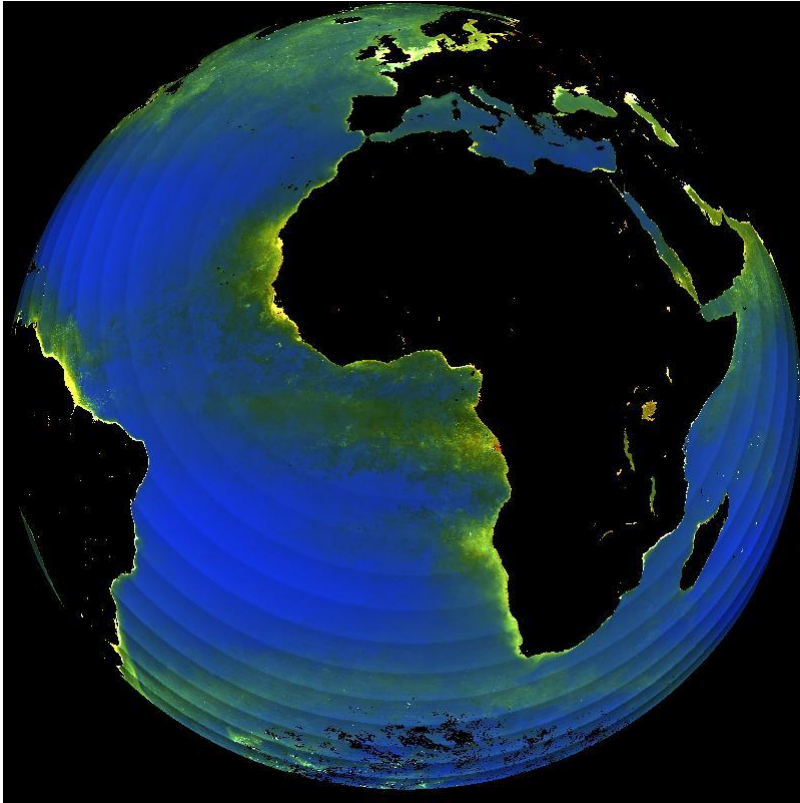
CDM (m^{-1})



TSM (g/m^3)

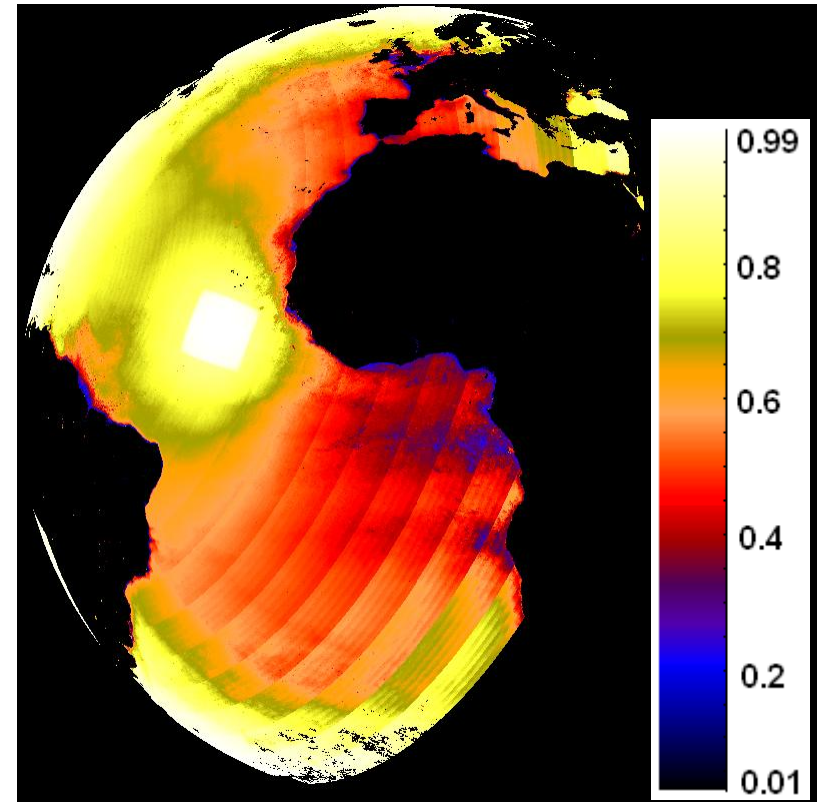


Images simulées à la surface



Rrs image colorée, GMT=12:00

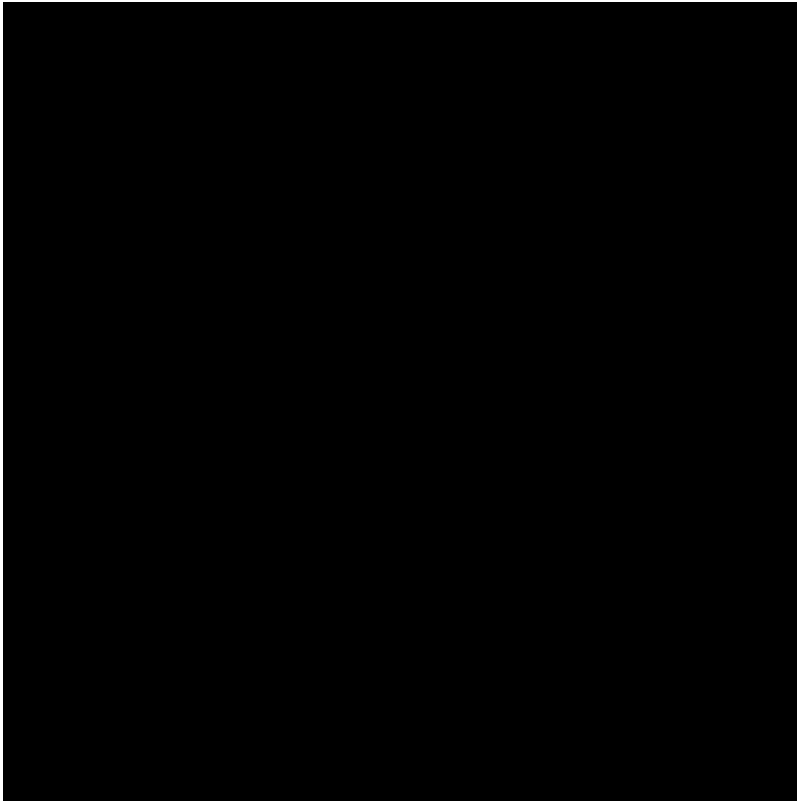
R : 681.25 nm; V : 560 nm; B : 442.5 nm



$R_{\text{refl}}/(R_{\text{rs}}+R_{\text{refl}})$, GMT=12:00, $\lambda = 560$ nm

Images simulées TOA

Toutes les 2 h pendant une journée

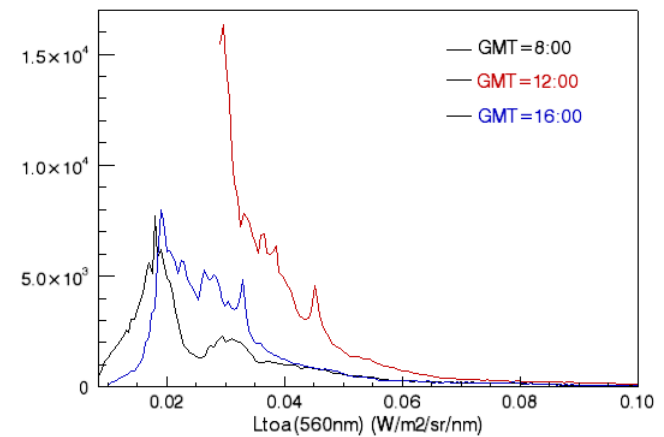


$L_{TOA}(560nm)$ pendant une journée

L_{TOA} (nm)	GMT=12:00			GMT=16:00		
	min	max1	max2	min	max1	max2
412	0,0646	0,2301	0,9275	0,0194	0,2023	0,6776
442	0,0625	0,2236	1,1139	0,0185	0,1921	0,8029
490	0,0480	0,2053	1,3974	0,0165	0,1726	0,9825
510	0,0406	0,1789	1,4024	0,0142	0,1498	0,9742
560	0,0290	0,1318	1,4609	0,0099	0,1105	0,9977
681	0,0129	0,0872	1,3537	0,0062	0,0707	0,9143

max1 – valeur max sans sunglint

max2 – valeur max avec sunglint



Principaux résultats

- Evaluation des limites angulaires pour mesurer du signal utile sur l'eau
 - $\theta_s + \theta_c < 90^\circ$ avec une limite de 60° pour chaque angle zénithal.
 - Le sunglint peut être évité par un masque $-10^\circ < \theta_s - \theta_c < 10^\circ$ et $165^\circ < \Delta\Phi < 195^\circ$ si $W_{spd} = 0$ m/s
- Evaluation de l'influence des angles sur l'erreur d'estimation en chlorophylle (algorithme OC4)

θ_s	θ_c	cv	re%	rrmse
0 - 80	0 - 80	0,0456	-41,91% +46,15%	8,72%
0 - 70	0 - 70	0,0136	-20,56% +42,41%	5,41%
0 - 60	0 - 60	0,0118	-18,52% +41,03%	5,27%

Conclusion

- Un simulateur d'images multispectrales réalistes géostationnaires. Dynamique réelle est assurée par les cartes de GlobColour
 - Précision radiométrique obtenue grâce aux modèles de transfert radiatif.
 - Quantification de la dynamique au cours de la journée.
 - Analyse de l'influence des angles sur le signal à détecter.
-

■ Perspectives :

- Simulation d'images géostationnaires sur des zones côtières
 - Phénomènes accidentels (Pollution par émissaires ou fleuves, crise anoxique)
 - Utilisation d'un modèle hydrodynamique (MARS3D) d'évolution du paysage pour simuler les images géostationnaires au cours de la journée
-

Merci pour votre attention!
