

# Téledétection hyperspectrale : quelques voies vers l'opérationnel

**SAS ACTIMAR**

**36 quai de la Douane  
29200 Brest - FRANCE  
[www.actimar.fr](http://www.actimar.fr)**

**M. LENNON, N. THOMAS, G. SICOT, S. SMET, V. MARIETTE**

**[lennon@actimar.fr](mailto:lennon@actimar.fr)  
02 56 35 56 10**

- 1. ACTIMAR et la télédétection hyperspectrale**
- 2. Service d'acquisition de données**
- 3. Chaînes de traitement opérationnelles**
- 4. Développement méthodologique en cartographie littorale**
- 5. Développement de services et applications opérationnelles à destination des utilisateurs de la mer**
- 6. Discussion sur l'hyperspectral**

# ACTIMAR...



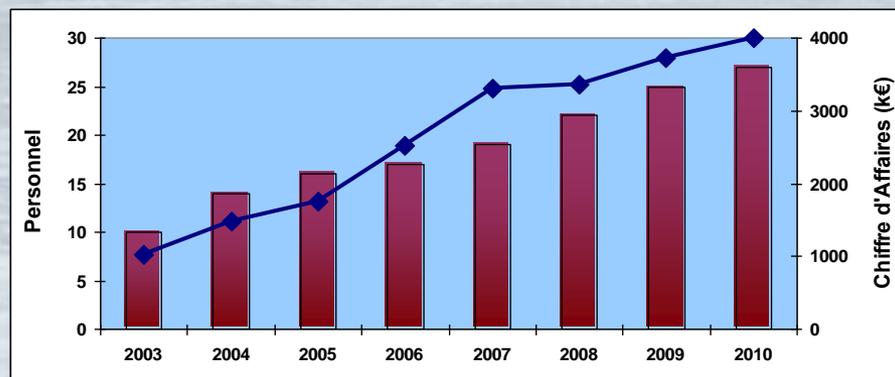
**ETUDES METEOCEANIQUES  
OCEANOGRAPHIE OPERATIONELLE  
TELEDETECTION HAUTE RESOLUTION**

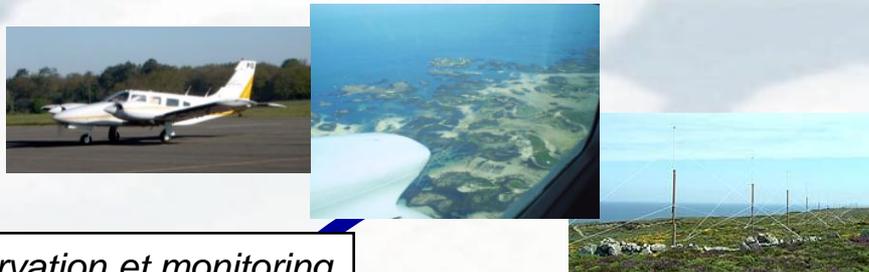
## Principaux clients :

- **Offshore pétrolier / EMR / ingénierie maritime**  
TOTAL, SHELL, PRINCIPIA, TECHNIP,  
GDF SUEZ, POWEO, NASS&WIND,  
EDF, INGEROP, D2M
- **Travaux et transports maritimes**  
TECHNIP, SAIPEM, DCNS, STXEurope,  
Brittany Ferries, LD Lines
- **Structures publiques, institutions de recherche et collectivités territoriales**  
SHOM, ESA, IFREMER, METEO-FRANCE,  
Ministry of Research, CCI, Regional councils

**Fondée en 2003**

**~25 Océanographes, Scientifiques et ingénieurs  
CA ~4ME**

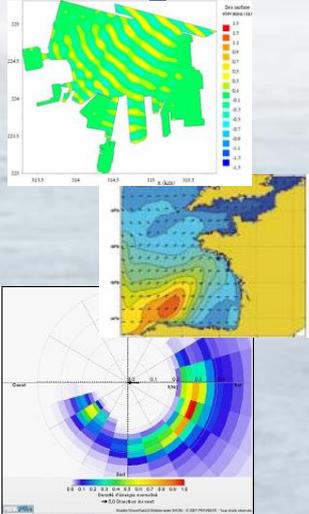




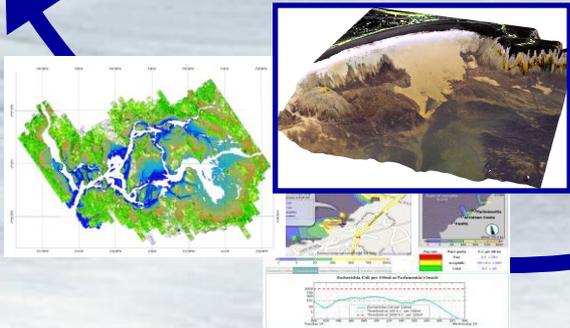
Observation et monitoring

Modélisation transfert radiatif,  
atmosphère,  
vagues and hydrodynamique

vent  
biodiversité  
marées  
vagues  
bathymetrie  
courants



Expertise et  
produits  
opérationnels



# ... et la Télédétection hyperspectrale



**Systemes et traitements**

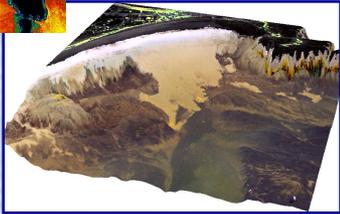
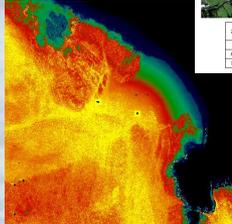
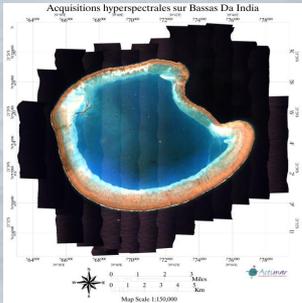
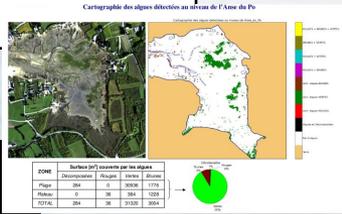
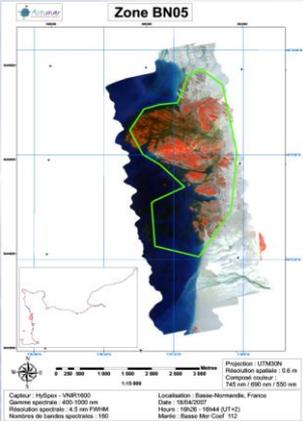
**Méthodologie**

**Campagnes aéroportées d'acquisition de données**

**Développement de méthodes de traitement de données hyperspectrales**  
**Transfert radiatif atmosphère / eau**  
**Traitement d'images**  
**Projets R&D**

**Chaînes de prétraitement**

**Chaînes de traitement**  
**Produits à valeur ajoutée de cartographie du littoral**



- Bathymétrie
- Colonnes d'eau
- Réflectance du fond
- Habitats côtiers
- Récifs coralliens
- Biodiversité et état sanitaire

**2009/10 :**

- ~ 10 mois de campagnes
- Océans Atlantique et Indien
- ~ 1500 lignes de vol
- ~ 10 000 km<sup>2</sup>
- ~ 500 heures de vol
- ~ 110 Toctets de données

- Actuellement 4 Docteurs + 4 ingénieurs + stagiaires
- Projets d'acquisition de données
- Projets de cartographie
- Projets de recherche

# Service d'acquisition de données

## Les capteurs et vecteurs

**Hypspec VNIR**  
**Hypspec SWIR**

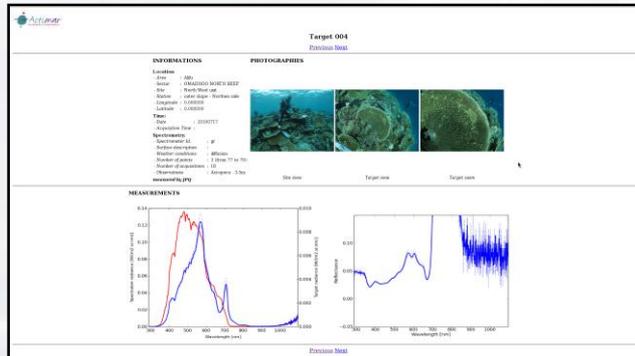
**GER 1500 émergé**  
**GER 1500 immergé**

**IMU 200Hz 0.01°**  
**PC acqui**  
**Commande IMU**  
**Aide à la nav (SAMM)**

**Aéronefs : PSII, C404, C208, AC690...**

**Pour info : le service fait aussi**

- de la photo/vidéo,
- du lidar hydro / topo / fluo
- et du radar HF/VHF



# Service d'acquisition de données

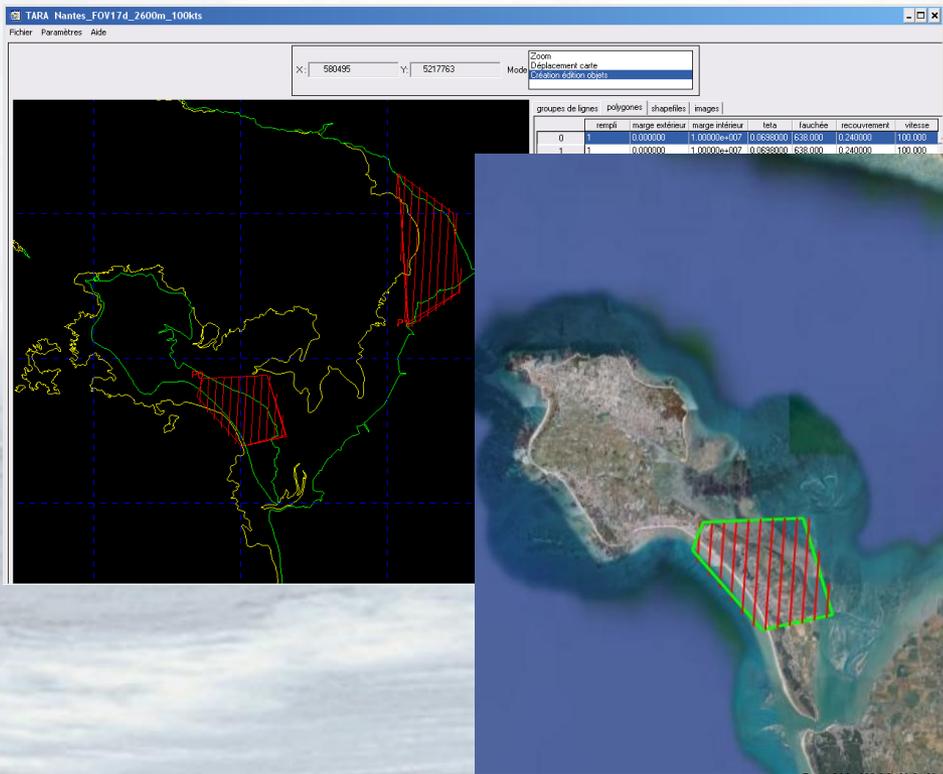
## Planification et mise en œuvre des campagnes

**Planif vols (TARA)**  
**Gestion des contraintes**  
**marées / météo / éclairage...**

**Mobilisation**  
**Réalisation vols (SAMM)**

**QC de terrain**  
**Décisions**

**Vols couplés lidar**



DATE	Coe1	MAREE												SOLEIL				
		St Glidas			Pornic			Fromentine			L'herbaudière			Heure soleil au zénith	Zone 1		Zone 2	
		Heure BM	Hauteur d'eau	Marnage	Heure BM	Hauteur d'eau	Marnage	Heure BM	Hauteur d'eau	Marnage	Heure BM	Hauteur d'eau	Marnage		Heure survol	Angle Azimuthal	Heure survol	Angle Azimuthal
Mardi 15/09	52/60	08:15	1.90	2,76	08:23	1,98	2,89	08:21	1,82	2,53	08:15	1,87	2,75					
Mercredi 16/09	69/78	09:22	1,43	3,58	09:32	1,5	3,73	09:35	1,51	3,18	09:22	1,40	3,57					
Jeu'di 17/09	36/93	10:17	0,95	4,38	10:27	1	4,55	10:47	1,22	3,78	10:16	0,94	4,35					
Vendredi 18/09	100/104	11:05	0,61	4,98	11:15	0,63	5,19	11:46	0,97	4,30	11:03	0,59	4,95	14:02	11:20	129,3	11:32	132,1
Samedi 19/09	107/109	11:49	0,42	5,33	11:59	0,43	5,57	12:35	0,83	4,63	11:48	0,40	5,30	14:02	12:09	142,9	12:29	148,6
Dimanche 20/09	109/107	12:32	0,41	5,40	12:41	0,42	5,55	13:16	0,80	4,73	12:30	0,40	5,35	14:02	12:50	155,7	13:01	159,1
Lundi 21/09	104/99	13:14	0,58	5,17	13:22	0,6	5,43	13:52	0,89	4,59	13:12	0,57	5,12	14:01	13:30	169,2	13:39	172,1
Mardi 22/09	93/87	13:55	0,90	4,69	14:03	0,92	4,96	14:25	1,06	4,26	13:53	0,88	4,64	14:01	14:11	183,5	14:15	184,5
Mercredi 23/09	80/72	14:36	1,31	4,02	14:44	1,35	4,27	14:57	1,31	3,75	14:34	1,28	3,99					
Jeu'di 24/09	64/56	15:20	1,76	3,24	15:28	1,82	3,46	15:32	1,64	3,10	15:18	1,73	3,22					
Vendredi 25/09	48/41	16:10	2,18	2,46	16:19	2,27	2,62	16:13	2,00	2,37	16:08	2,14	2,45					
Samedi 26/09	34/29	17:11	2,51	1,76	17:21	2,61	1,86	17:08	2,34	1,66	17:09	2,47	1,75					
Dimanche 27/09	26	05:45	2,66	1,20	05:56	2,78	1,24	05:44	2,51	1,12	05:43	2,63	1,19					
Lundi 28/09	26/30	07:06	2,68	1,32	07:15	2,79	1,39	07:27	2,49	1,22	07:04	2,64	1,31					
Mardi 29/09	35/41	08:21	2,45	1,77	08:28	2,56	1,85	08:34	2,24	1,67	08:20	2,42	1,76					

# Service d'acquisition de données

## Fonctionnement du service

### Demande client

Zone à lever  
Spécifs données

### Estimation des coûts :

Maîtrise grâce à la maturité du service

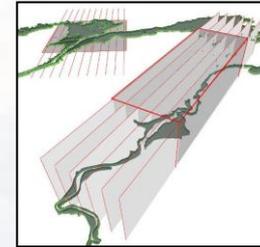
Coût de mobilisation  
Coût journalier campagne  
Coût processing

### Déclenchement : J

J+1 : Mobilisation  
(install capteurs + calib)  
J+2 : Acquisitions

### Flexibilité / dispo aéronefs

Mobilisation tout type de campagne



Délai Processing à définir en fonction de la demande,  
peut être très court  
Corrections RTK temps réel

# Chaîne de prétraitement

## Fonctions de bases

### QC terrain

Intégrité données  
Géométrie  
Radiométrie  
conditions env  
Décisions revol

### Calibration L0 -> L1a

Précision < 0.5m

### Corrections géométrique L1a -> L1b

Suite PARGE modifiée

### Corrections atmosphériques L1b -> L1c

Suite ATCOR modifiée

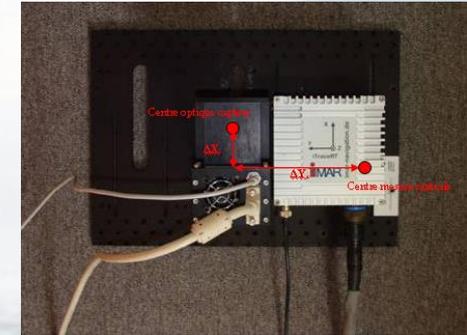
### QC scores

### Librairies spectrales terrain / fond

Mise en forme  
Dispo html

### Serveur d'accès aux quicklooks

<http://relay.actimar.fr/~nguyen/qlserv>



Point #	Line #	Coord X	Coord Y	Altitude	Flag	drcoll	drpitch	dR	dY	
1	1488	5425.000	23294.440	70469.000	11.800	1.000	0.000	-0.005	0.177	-0.051
2	470	5034.200	23461.000	70469.440	11.830	1.000	0.000	-0.005	0.280	-0.481
3	511	5111.833	23204.450	70468.933	11.830	1.000	-0.001	-0.002	-4.774	-0.002
4	130	5091.000	23270.100	70469.000	11.830	1.000	0.000	-0.001	0.260	-4.000
5	141	5141.500	23400.750	70470.000	11.800	1.000	0.000	-0.000	0.487	-0.004
6	511	5111.833	23270.440	70469.200	11.780	1.000	0.000	-0.007	0.134	-0.006
7	444	5041.200	23263.100	70468.600	11.830	1.000	0.000	-0.004	0.260	-0.786
8	501	5011.500	23277.100	70468.470	11.830	1.000	0.000	0.000	0.076	0.000
9	124	4981.000	23245.700	70468.200	11.830	1.000	0.000	0.000	2.254	0.766
10	713	5091.000	23245.500	70468.000	11.800	1.000	0.000	-0.001	0.230	-0.074
11	300	4981.000	23245.170	70468.000	11.800	1.000	0.000	-0.000	0.420	-0.330
12	200	4981.000	23245.100	70468.400	11.840	1.000	0.000	-0.007	0.270	-0.050
13	140	5091.000	23245.200	70467.750	11.840	1.000	0.000	0.000	0.144	0.200
14	140	5091.000	23245.200	70467.400	11.870	1.000	-0.004	0.000	-0.100	0.000
15	378	4981.000	23270.170	70468.700	11.850	1.000	0.000	-0.000	0.177	-0.074
16	650	4981.000	23270.000	70468.400	11.850	1.000	0.000	-0.000	0.230	0.000
17	120	5091.000	23245.200	70468.700	11.800	1.000	-0.004	0.000	-0.100	0.000
18	360	5091.000	23270.100	70468.000	11.800	1.000	0.000	-0.000	0.240	-0.200
19	300	4981.000	23270.100	70468.000	11.800	1.000	0.000	-0.000	0.240	-0.200
20	174	5091.000	23270.100	70468.400	11.800	1.000	0.000	-0.000	0.240	-0.200
21	713	5091.000	23245.100	70468.000	11.800	1.000	0.000	-0.000	0.240	-0.200
22	444	5041.200	23263.100	70468.000	11.800	1.000	0.000	-0.000	0.240	-0.200
23	450	5091.000	23245.100	70468.000	11.800	1.000	-0.000	0.000	-0.411	-0.200

**Estimate Auxiliary Data Offsets**

<b>Roll:</b>	<b>Pitch:</b>	<b>Heading:</b>
RMS Error [deg]: 0.08	0.06	Correlation: 0.23
RMS Error [m]: 1.43	0.99	Average: 5.83
Average: 0.09	5.83	348.63
Total Offset: 0.42	0.37	0.24
Current Offset:		
Deg: <input type="text" value="1.33957e-05"/>	Deg: <input type="text" value="1.48663e-08"/>	Deg: <input type="text" value="0.00000"/>
<input type="button" value="Apply"/>	<input type="button" value="Apply"/>	<input type="button" value="Apply"/>
<input type="button" value="HELP"/> <input type="button" value="Update"/> <input type="button" value="Optimize All"/> <input type="button" value="DONE"/>		

# Chaîne de prétraitement

## Produits de niveaux L1 et L2

Correction surface L1c -> L1d

Correction colonne d'eau (Rfond) L1d -> L1e

Produits L2

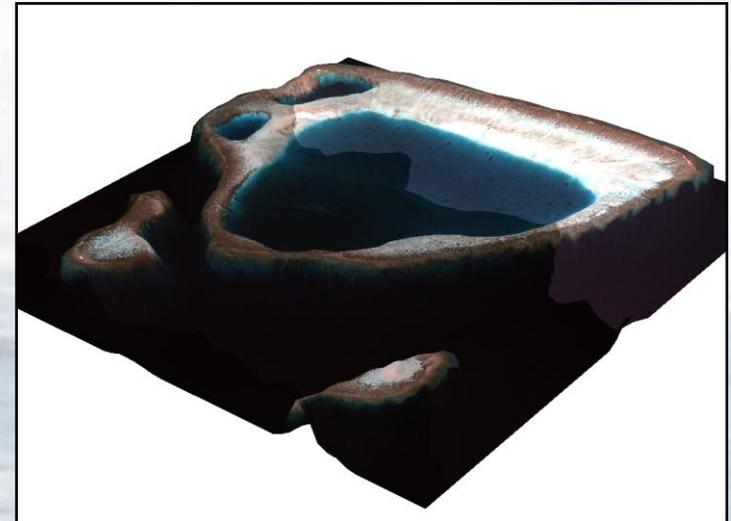
Paramètres d'absorption spectrale

Paramètres bio Chl, MES, CDOM

Bathy

Pré-classifs

Drapages



**Philosophie : pour développer des applis opérationnelles,  
il faut fournir des paramètres de description de l'environnement, pas des données**

**Ex. Radars (Doppler) : on ne fournit pas des spectres doppler, mais des valeurs de courant,  
de vent ou de vagues, paramètres calculés sur le spectre Doppler.**

**Pour les scientifiques bien sûr, on délivre plutôt des données de niveau inférieur (jqà données brutes)**

# Chaîne de prétraitement

## Dimensionnement de la chaîne

### PC de terrain

Preprocess  
QC

### Serveurs

8 processeurs  
7.1 To espace disque en ligne

Stockage / Archivage LTO4  
(chargeur 16 bandes LTO4)

### Chaîne logicielle batch

Calibration  
Corrections  
QC  
Produits L1/L2  
Production Quicklooks



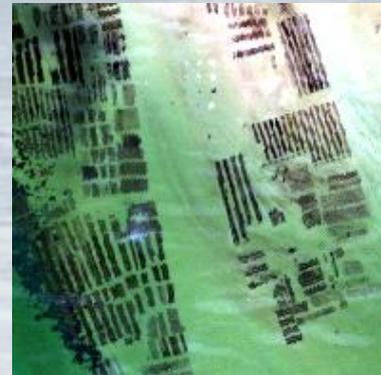
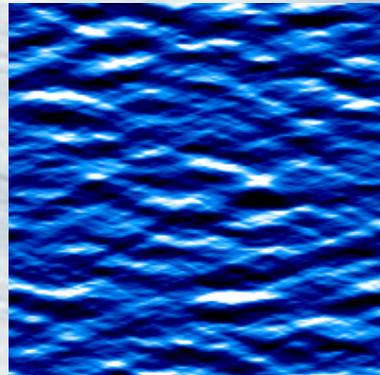
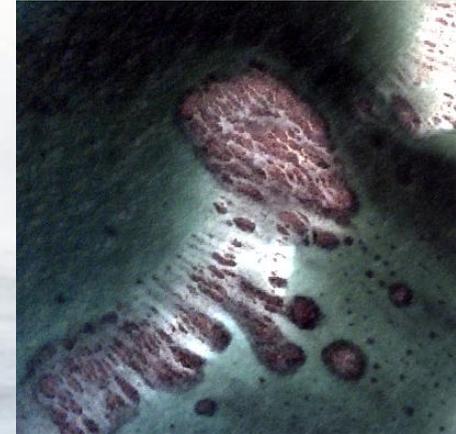
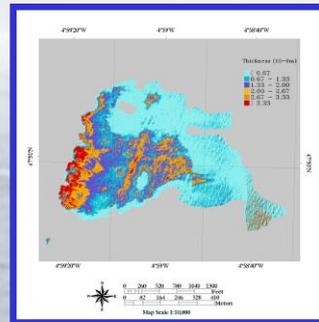
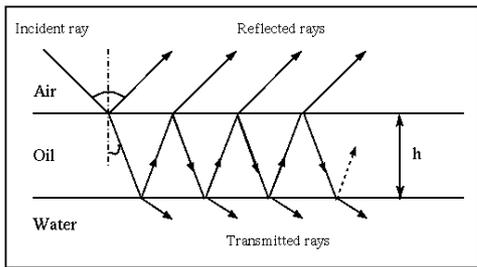
# Développement méthodo Surface

**Interface (correction)**

**Couches minces de surface (hydrocarbures)**

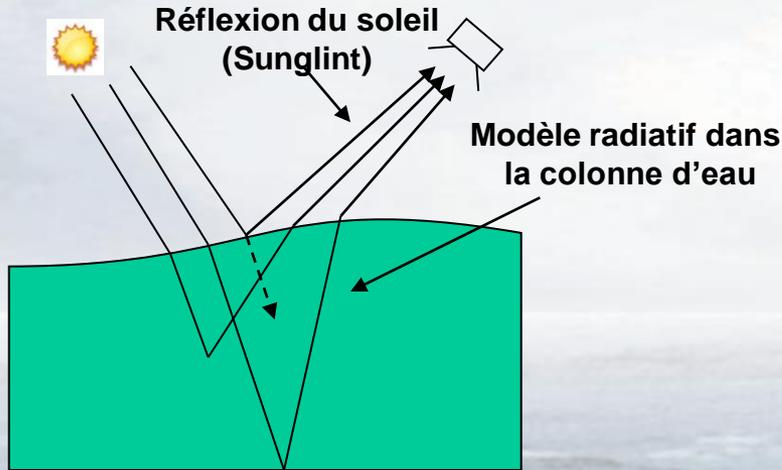
**Utilisation du glint (estimation spectre de mer)**

**Simulation de glint avec surface de mer**

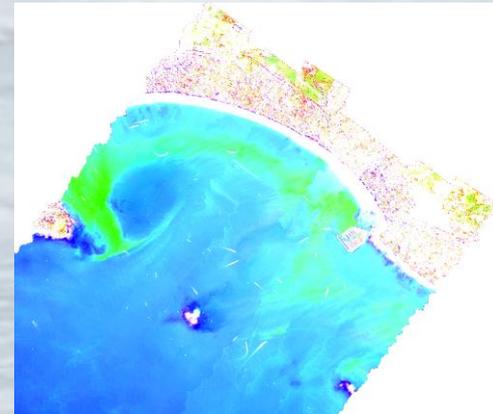
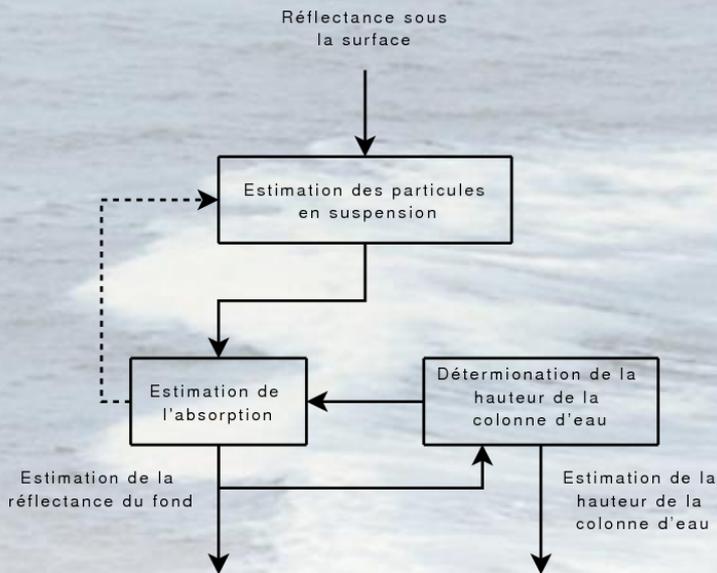


# Développement méthodo

## Colonne d'eau



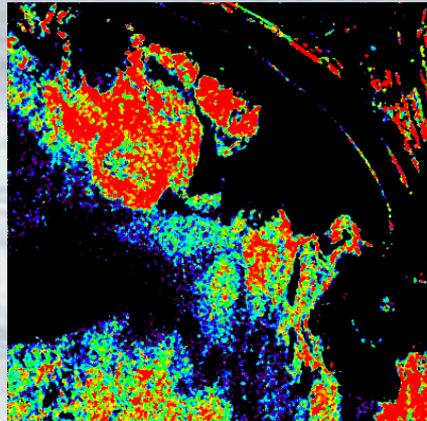
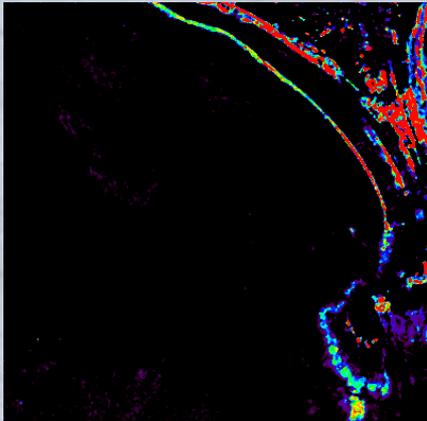
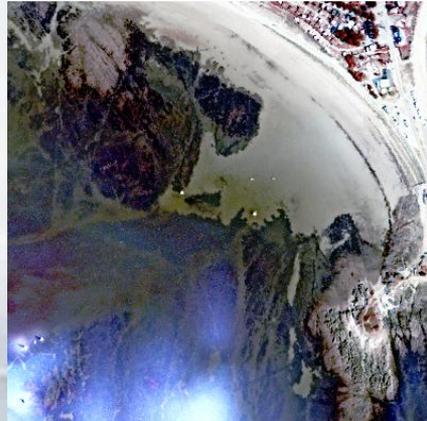
Absorption  
Diffusion  
Estimation des paramètres sédiments / rejets / blooms  
Lien avec modèles hydro  
démarrage problématiques d'assimilation  
pour prévision qualité eaux côtières



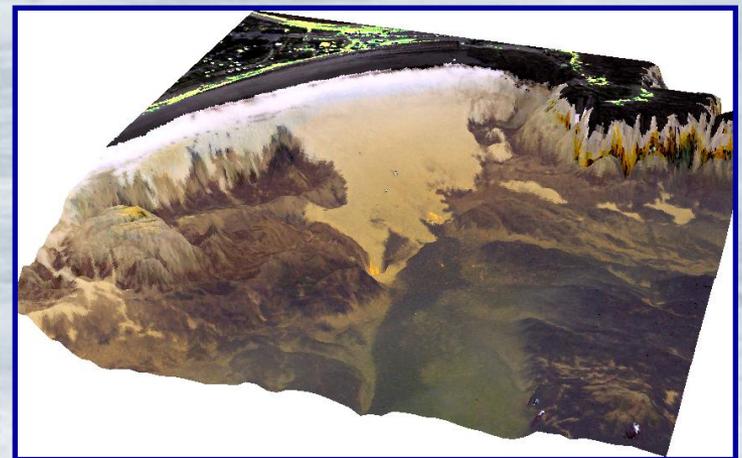
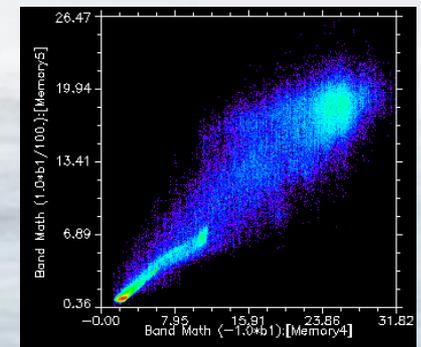
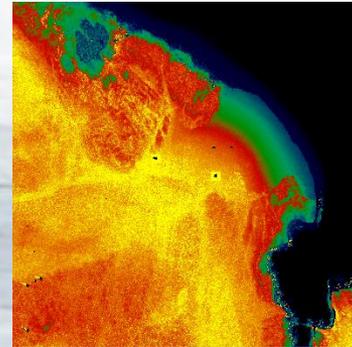
$$R(\lambda) = R^{\infty}(\lambda) \left( -A_1 e^{-2K^W(\lambda)z_B} \right) + A_2 R^b(\lambda) e^{-2K^B(\lambda)z_B}$$

# Développement méthodo

## Fond et zone intertidale



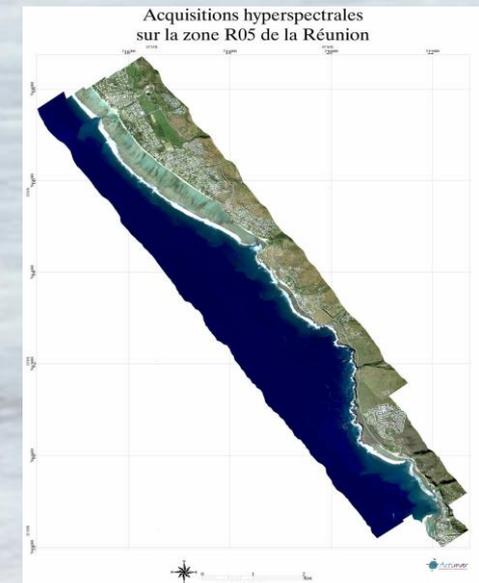
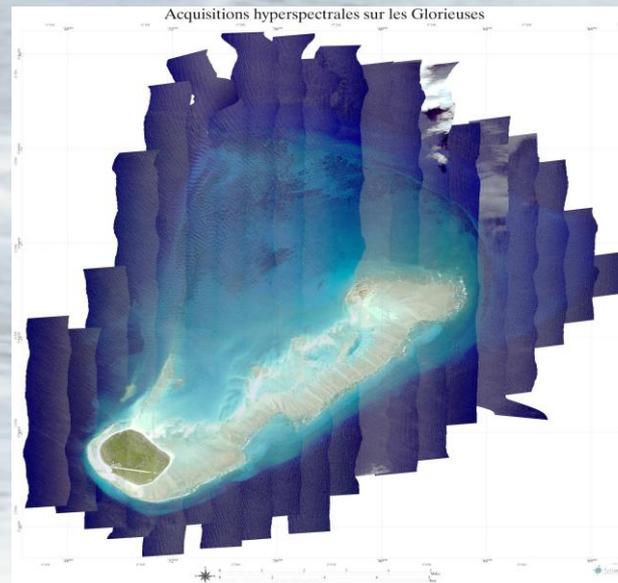
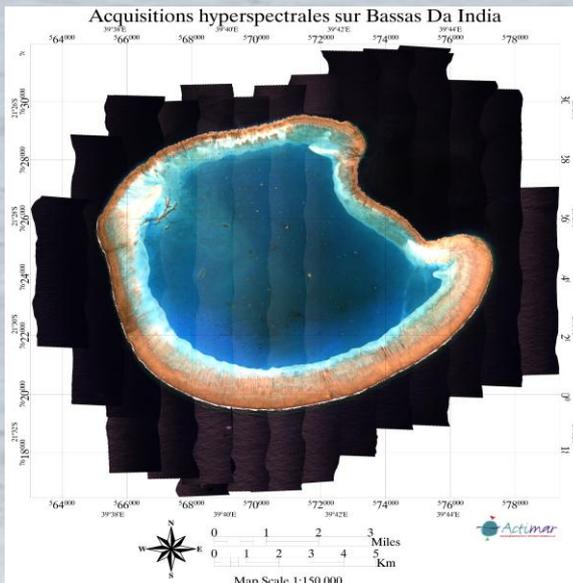
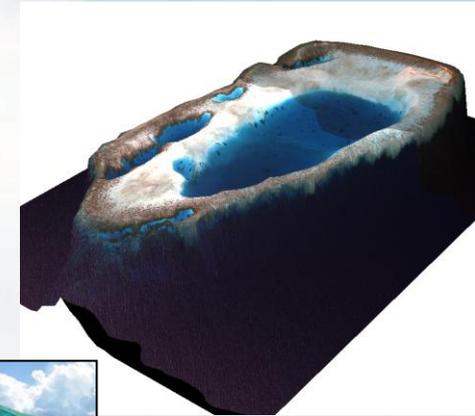
Réflectance du fond  
Carto habitats / eutrophisation / biodiversité  
Etat sanitaire  
Algues / coraux  
Indicateurs DCE / IFRECOR



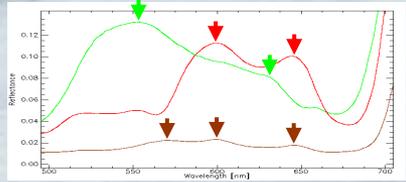
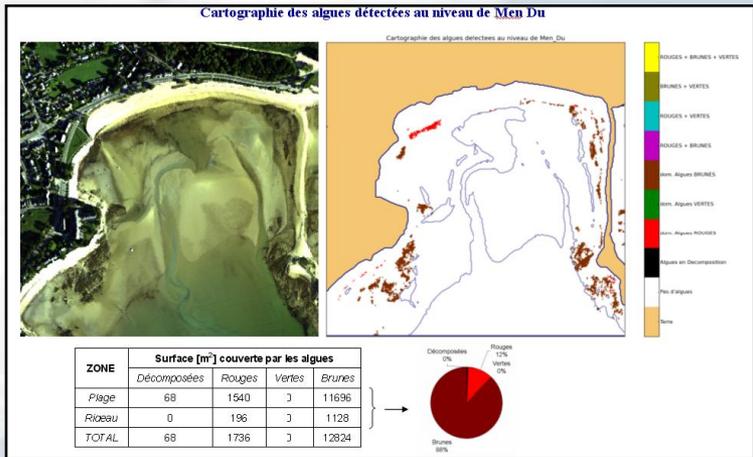
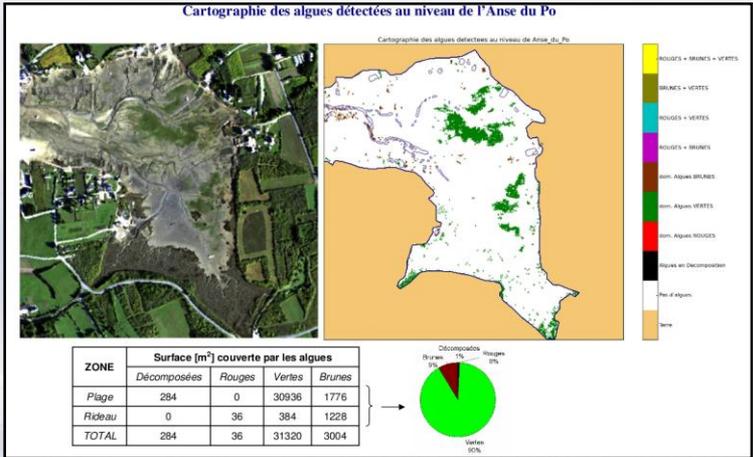
Estimation biodiversité / état de santé récifs coralliens

Programme en cours aux Maldives

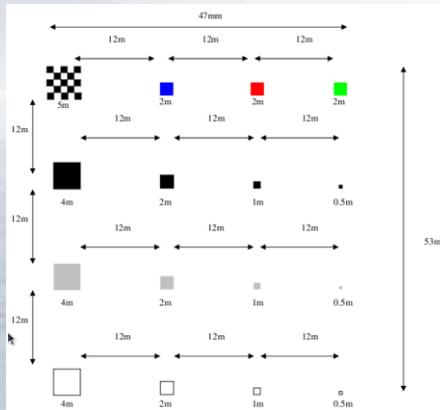
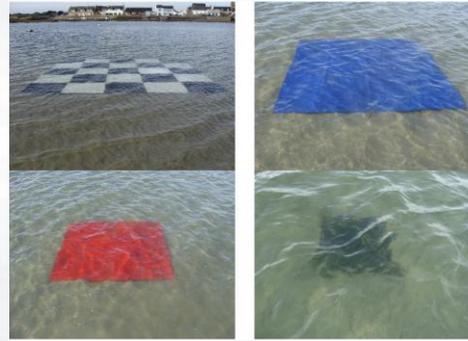
Programmes en démarrage  
Océan indien / Antilles  
(Spectrhabet, LITTO3D, IFRECOR)



# Applis Eutrophisation / habitats côtiers

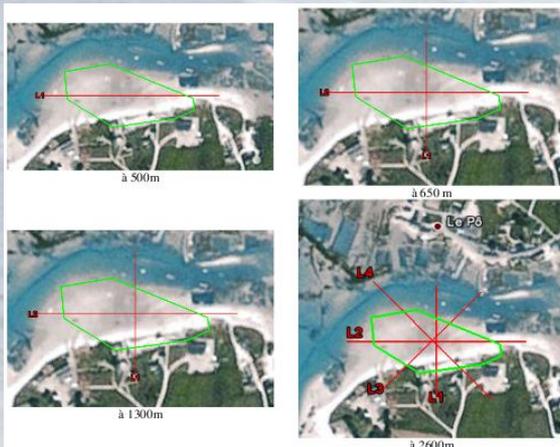


Détection cibles immergées  
 Estimation transparence eau  
 Estimation bathymétrie  
 Simulation données satellites  
 thématiques maritimes cibles / pollutions



<i>Id. Image</i>	H2_0500m_L01_090deg_20100914_15h09mm
<i>Zone</i>	H2
<i>Num. Ligne</i>	L01
<i>Altitude</i>	500m
<i>Cap</i>	90°
<i>Date</i>	14/09/2010
<i>Heure [UT]</i>	15h09
<i>Res. spatiale [m]</i>	0.4
<i>Nb bandes spectrales</i>	160
<i>Nb découpes</i>	2
<i>Présence de nuages</i>	NON
<i>Présence d'ombres portées</i>	NON
<i>Présence de réflexions spéculaires</i>	NON
<i>Hauteur de la colonne d'eau [cm]</i>	43

<i>Id. Image</i>	H2_0650m_L01_000deg_20100918_13h20mm
<i>Zone</i>	H2
<i>Num. Ligne</i>	L01
<i>Altitude</i>	650m
<i>Cap</i>	0°
<i>Date</i>	18/09/2010
<i>Heure [UT]</i>	13h20
<i>Res. spatiale [m]</i>	0.5
<i>Nb bandes spectrales</i>	160
<i>Nb découpes</i>	2
<i>Présence de nuages</i>	NON
<i>Présence d'ombres portées</i>	NON
<i>Présence de réflexions spéculaires</i>	OUI
<i>Hauteur de la colonne d'eau [cm]</i>	283



aperçu de la ligne de vol



zoom sur la zone d'installation des cibles de références



zoom sur la zone d'installation des cibles de références

aperçu de la ligne de vol

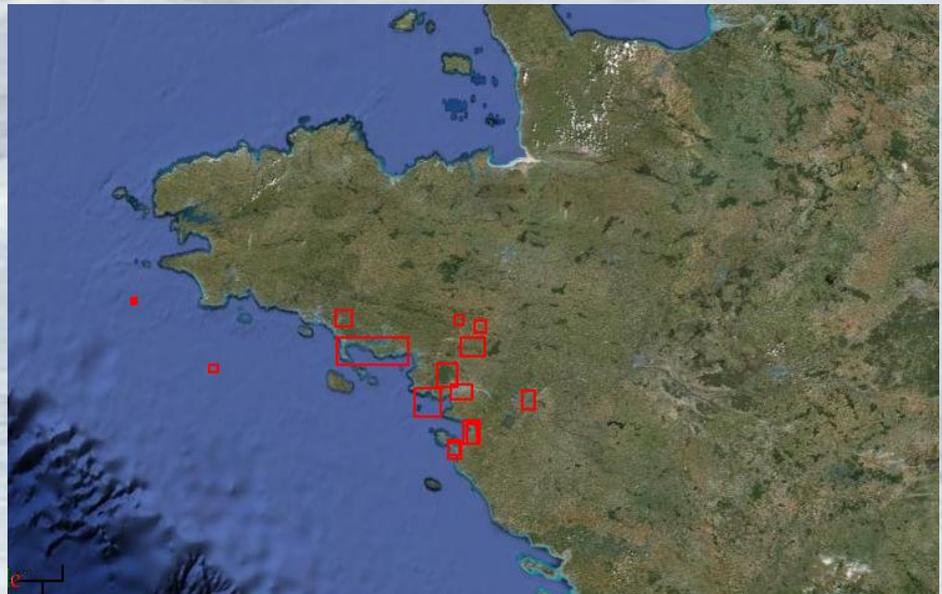
**Ex : Accord de collaboration avec OSU Nantes et Agrocampus Rennes**

**2 campagnes d'acquisition / an Printemps + fin d'été**

**Applications :**

- **Suivi d'évolution de biomasse microphytobenthos Baie de Bourgneuf**
- **Suivi d'évolution du cordon dunaire Noirmoutier**
- **Suivi berges de la Loire**

<http://relay.actimar.fr/~nguyen/qlserv>



# Quelques perspectives

**Hyperspectral Full spectrum VNIR/SWIR/TIR**



**Vecteurs à faible empreinte**  
**Vecteurs légers**  
**Drones**  
**Mats**



**Normalisation chaînes de traitement et de contrôle Qualité (EUFAR / QC)**

**Services opérationnels, tels que bathymétrie littorale**  
**Applications opérationnelles orientées indicateurs de suivis**



## **L'hyperspectral c'est cher**

Oui mais ce qui a changé c'est que maintenant les coûts sont maîtrisés, et en décroissance assez rapide

## **L'hyperspectral c'est difficile à mettre en œuvre et peu flexible**

Oui mais on a mis en place un service d'acquisition qui masque en grande partie la difficulté pour le client et offre une très grande flexibilité de mise en oeuvre

## **L'hyperspectral c'est une affaire d'expert pour en extraire l'information**

Oui mais on essaye de développer son utilisation pour des non scientifiques, en produisant des produits informatifs de niveau L2, et non des données, ex. bathymétrie

## **L'hyperspectral ça ne sert à rien**

Si Si ça commence à servir un peu...

Les programmes nationaux de cartographie littorale comme Litto3D et Spectrhavent en sont un bon exemple

Les programmes internationaux concernant l'évaluation de l'état de santé des récifs coralliens et la carto de biodiversité littorale aussi