

Réflectances hyperspectrales dans le lagon de Nouvelle-Calédonie

Cécile DUPOUY

IRD, CE, M.I.O. , cecile.dupouy@ird.fr

Robert Frouin, Scripps Inst. Oceanography, San Diego

Hiroshi Murakami, JAXA, Tokyo

Rudiger Rottgers, HZG, Hambourg

Madeleine Goutx et Marc Tedetti, MIO

Audrey Roman, LSIS

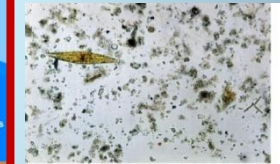
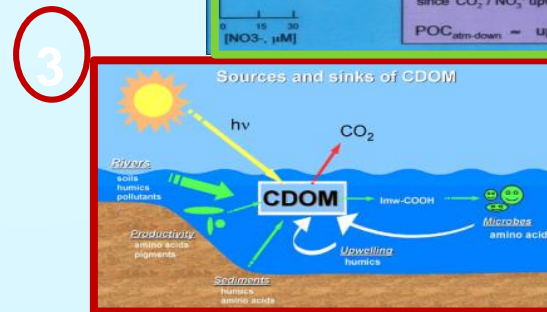
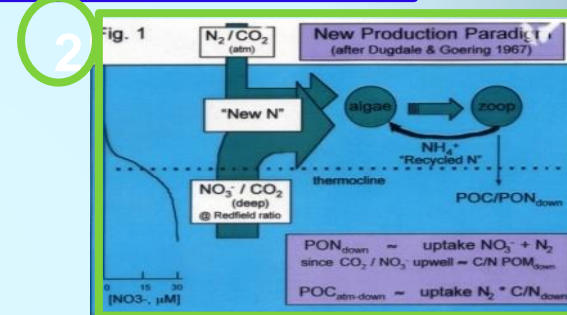
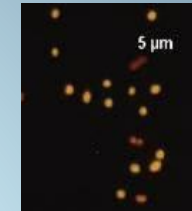
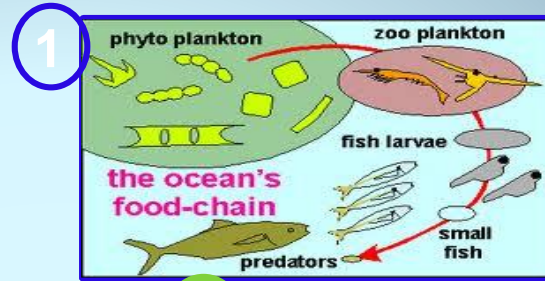
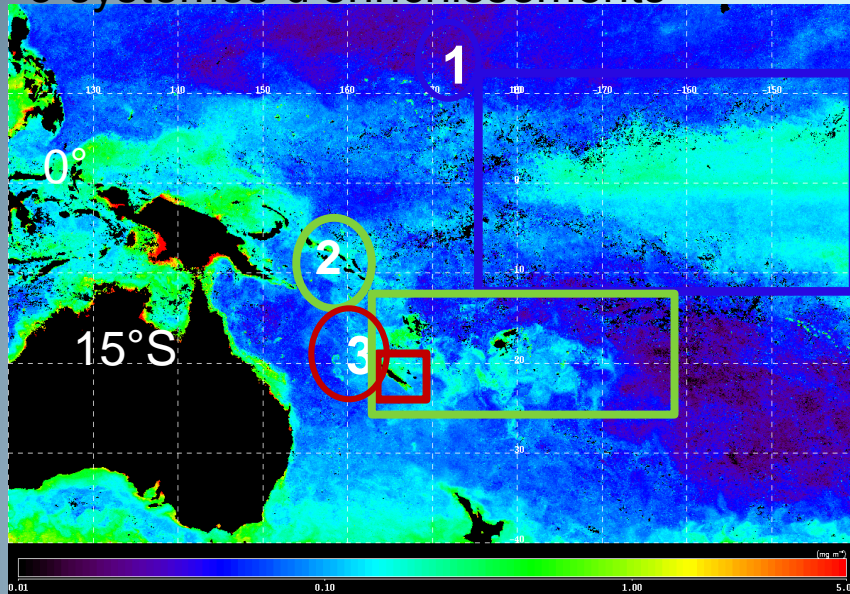


Plan de la présentation

- **I- Evolution des thématiques**
- **II- Méthodes**
- **III Principaux résultats scientifiques**
- **IV- Perspectives d'application**

I- Thématiques

3 systèmes d'enrichissements

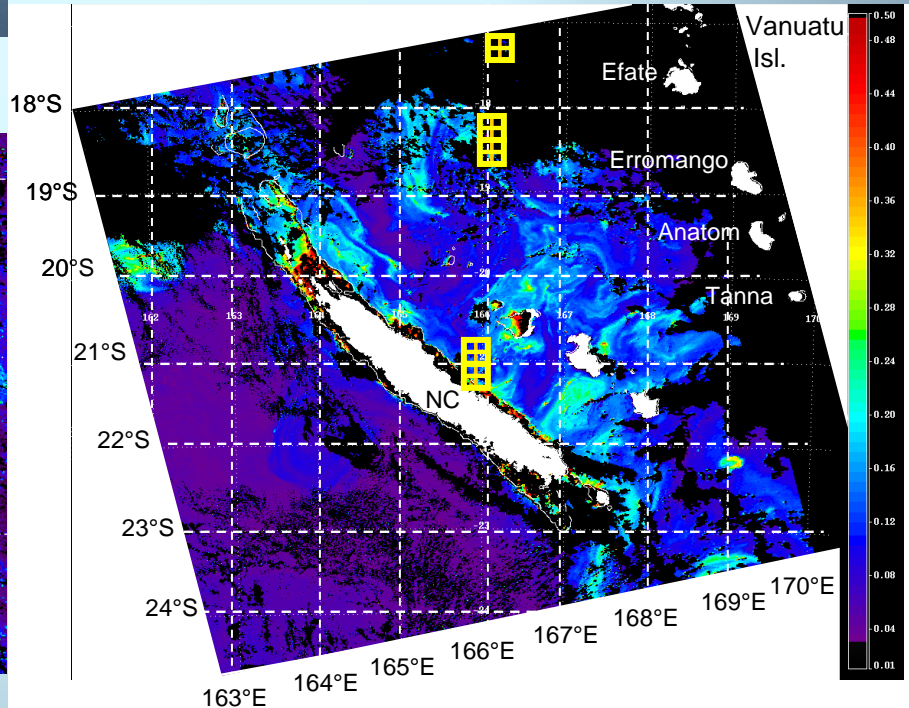
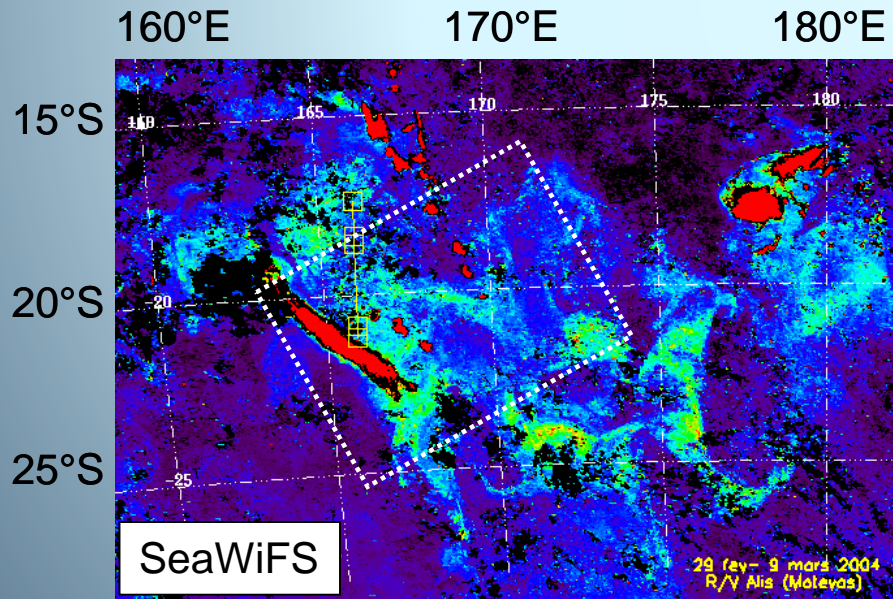


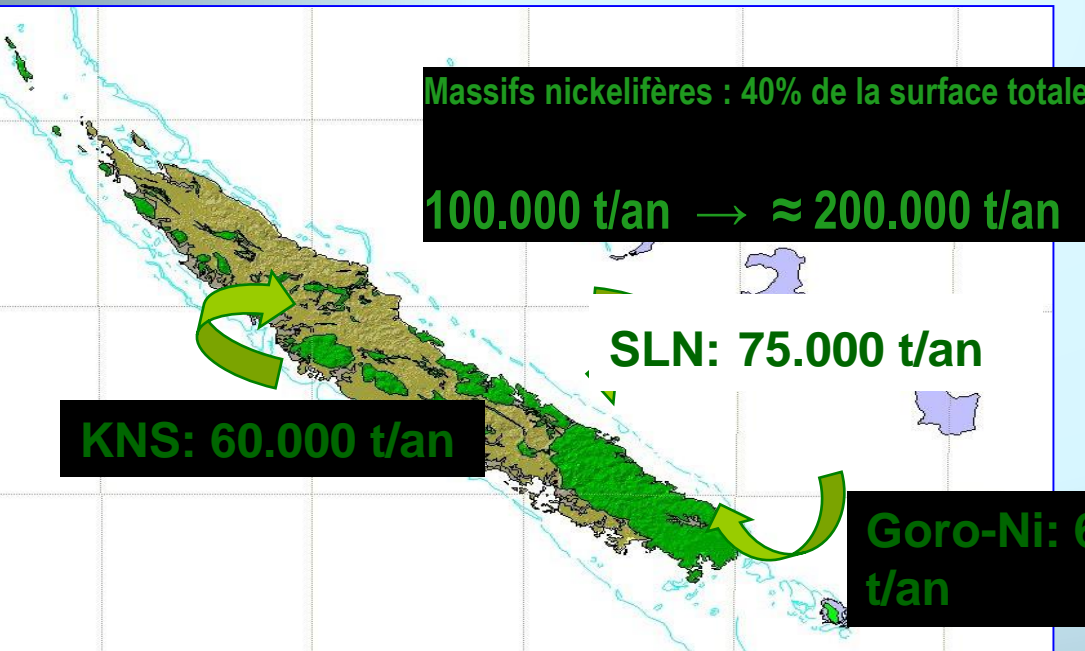
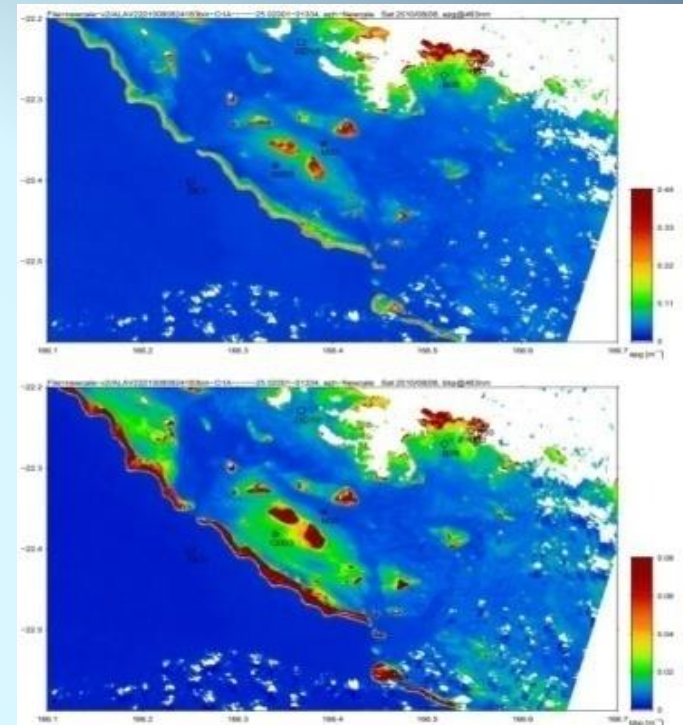
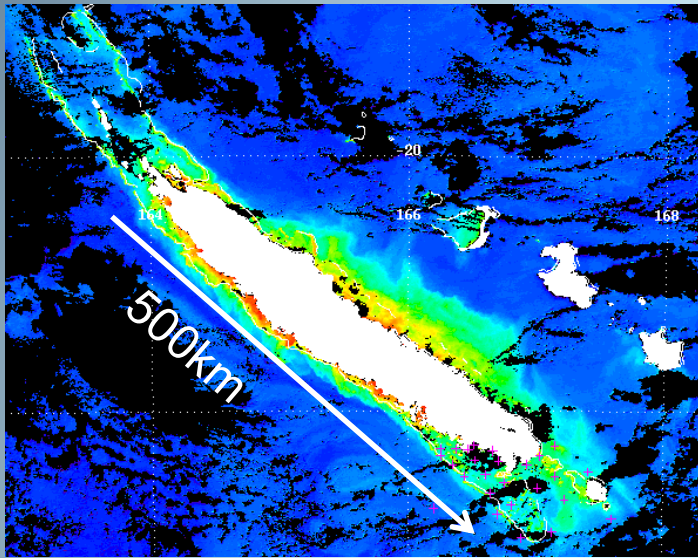
Utiliser la couleur de l'eau par satellite pour affiner les estimations de flux de matière régionalement

- 1 Picoplancton équatorial
- 2 Fixateurs d'azote en zone tropicale (e.g. *Trichodesmium* spp)
- 3 État de santé des lagons tropicaux

Evolution des thématiques

- Couleur de l'eau par satellite : Suivre la dynamique du phytoplancton dans le spectre visible
- Objectif: Extraire les concentrations en phytoplancton marin
- Importance du Phytoplancton:
 - Fixe le CO₂ en matériel organique (production primaire nette 10⁵GtC/an)
 - Joue un rôle dans le cycle du carbone et du climat
 - Forme la base de la chaîne alimentaire marine
 - Soutien des industries halieutiques
 - Indicateur de l'état de santé des lagons
- Questions actuelles:
 - Séparer les espèces phytoplanctoniques sur la couleur de l'eau
 - Séparer en zone côtière le signal des sources sédimentaires du signal couleur de l'eau (impacts climatiques et anthropiques)





I- Thématiques



I- Thématiques



Cap Bocage

**Apports latéritiques
particulaires**

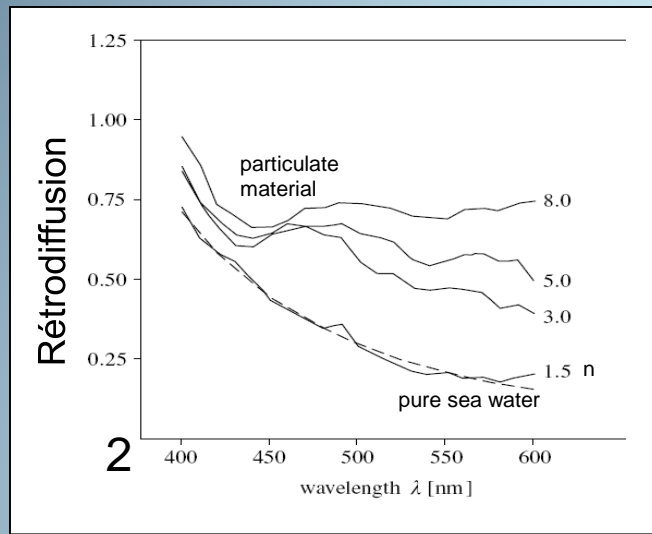
Apports de CDOM ?

Productivité biologique ?



Dépression tropicale





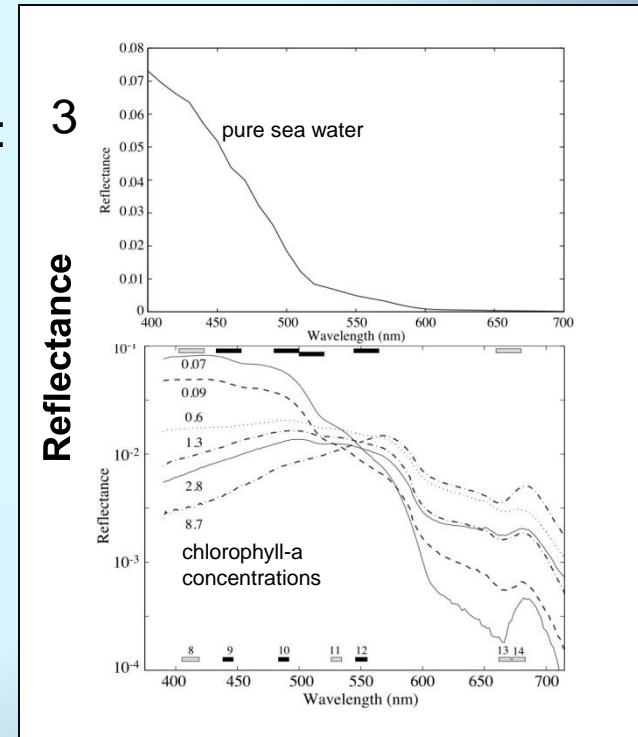
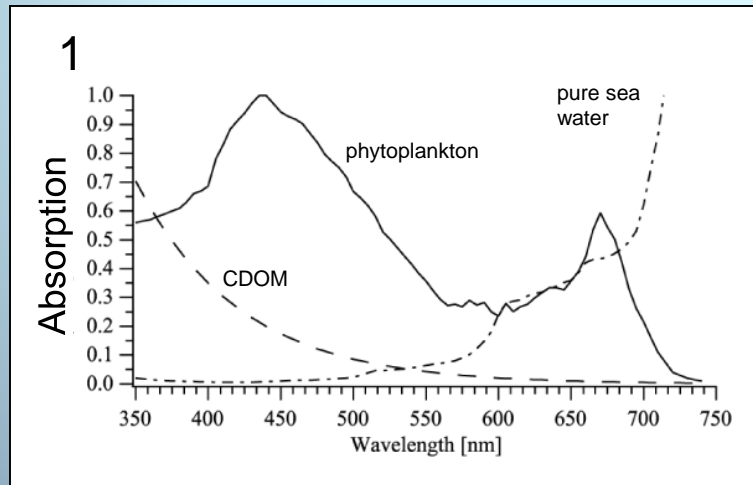
Photons ont 2 façons de traverser le milieu:

(1) absorbés, a

(2) diffusés, b (arrière, b_b)

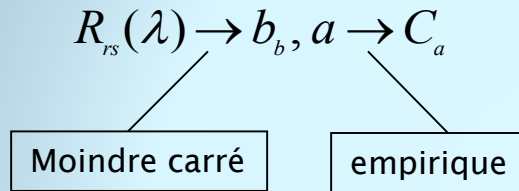
(3)
$$R_{rs}(\lambda) \approx \frac{b_b(\lambda)}{a(\lambda)}$$

Et apparentes:



■ Algorithme analytique

$$R_{rs} = g_0 \left(\frac{b_b}{a + b_b} \right) + g_1 \left(\frac{b_b}{a + b_b} \right)^2$$



R_{rs} = remote sensing reflectance

a = absorption coefficient

b_b = backscattering coefficient

g = constant

■ Algorithme empirique OC4

$$\log_{10}(Chl) = (c_0 + c_1R + c_2R^2 + c_3R^3 + c_4R^4)$$

$$R = \log_{10}(R_{rs}\lambda / R_{rs}550)$$

Chl, PSC, PPC, PE...

*Caroténoïdes photoprotectants, photosynthétiques
phycoérythrine*

a séparé entre contributions par:

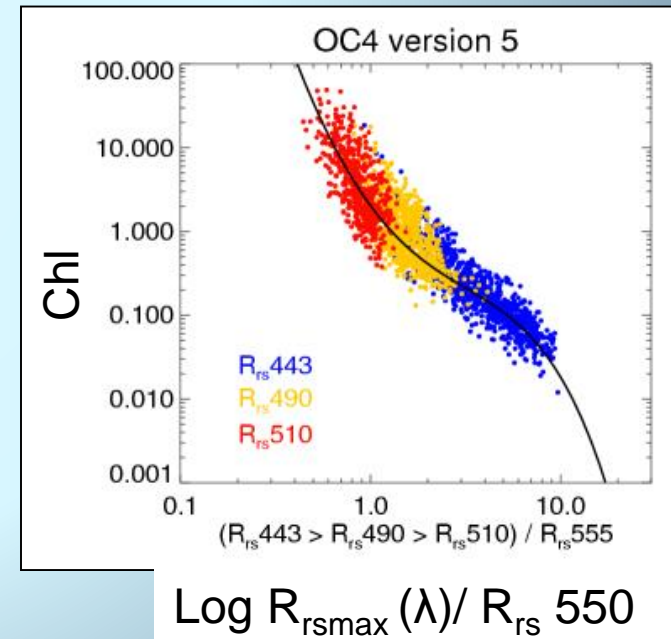
eau(w), dissous (CDOM) + débris non-algaux (dg), et phytoplankton (ϕ)

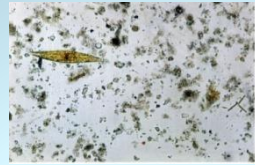
$$a = a_w + a_{cdom} + a_{dg} + a_{\phi}$$

b_b séparé entre contributions par:

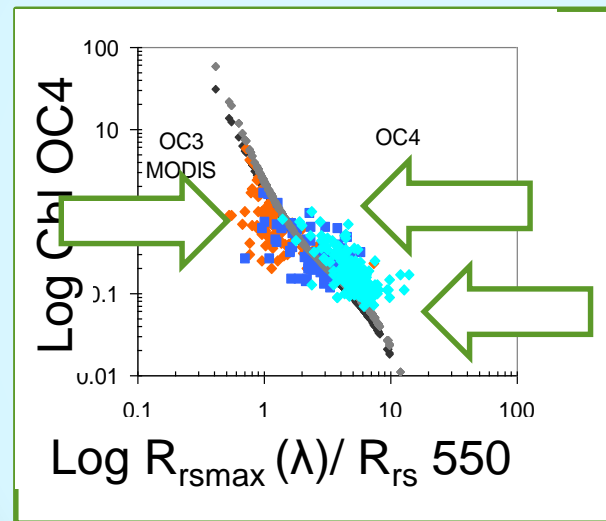
Eau (w), et particules (p)

$$B_b = B_{bw} + B_{bp}$$





Dépend des composantes
Turbidité, et CDOM



Dupouy et al., 2008

**Définir les propriétés optiques des eaux
océaniques et côtières afin d'affiner les algorithmes régionalement**

Plan de la présentation

- I- Evolution des thématiques
- **II- Principaux résultats scientifiques**
- III- Perspectives d'application

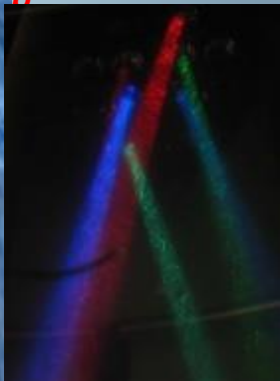
Plan de la présentation

- I- Evolution des thématiques
- **II- Méthodes**
- III Principaux résultats scientifiques
- IV- Perspectives d'application

- Propriétés optiques mesurées au large, et en milieu lagonaire

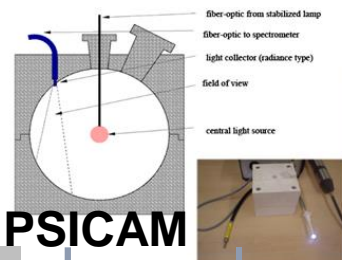
Hydroscat-6

b_b



Point-source integrating-cavity absorption meter (PSICAM)

Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material- und Küstenforschung



PSICAM

a_{tot}



Ultrapath

a_{cdom}



IRD
Institut de recherche pour le développement

La couleur de l'eau et les régimes de turbidité aux tropiques en milieu lagonaire

IRD
Institut de recherche pour le développement

- système TRIOS

- ✓ $L_u(0^-, \lambda)$ ($FOV=7^\circ$) et $E_d(0^+, \lambda)$

- ✓ $\lambda=320$ nm à 950 nm

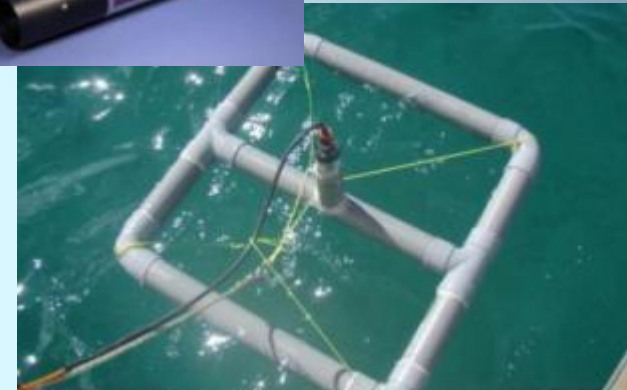
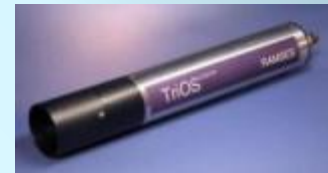
- ✓ $\Delta\lambda \sim 10$ nm (tous les 3.3 nm)

- $R_{rs}(\lambda) = c \times L_u(0^-, \lambda) / E_d(0^+, \lambda)$

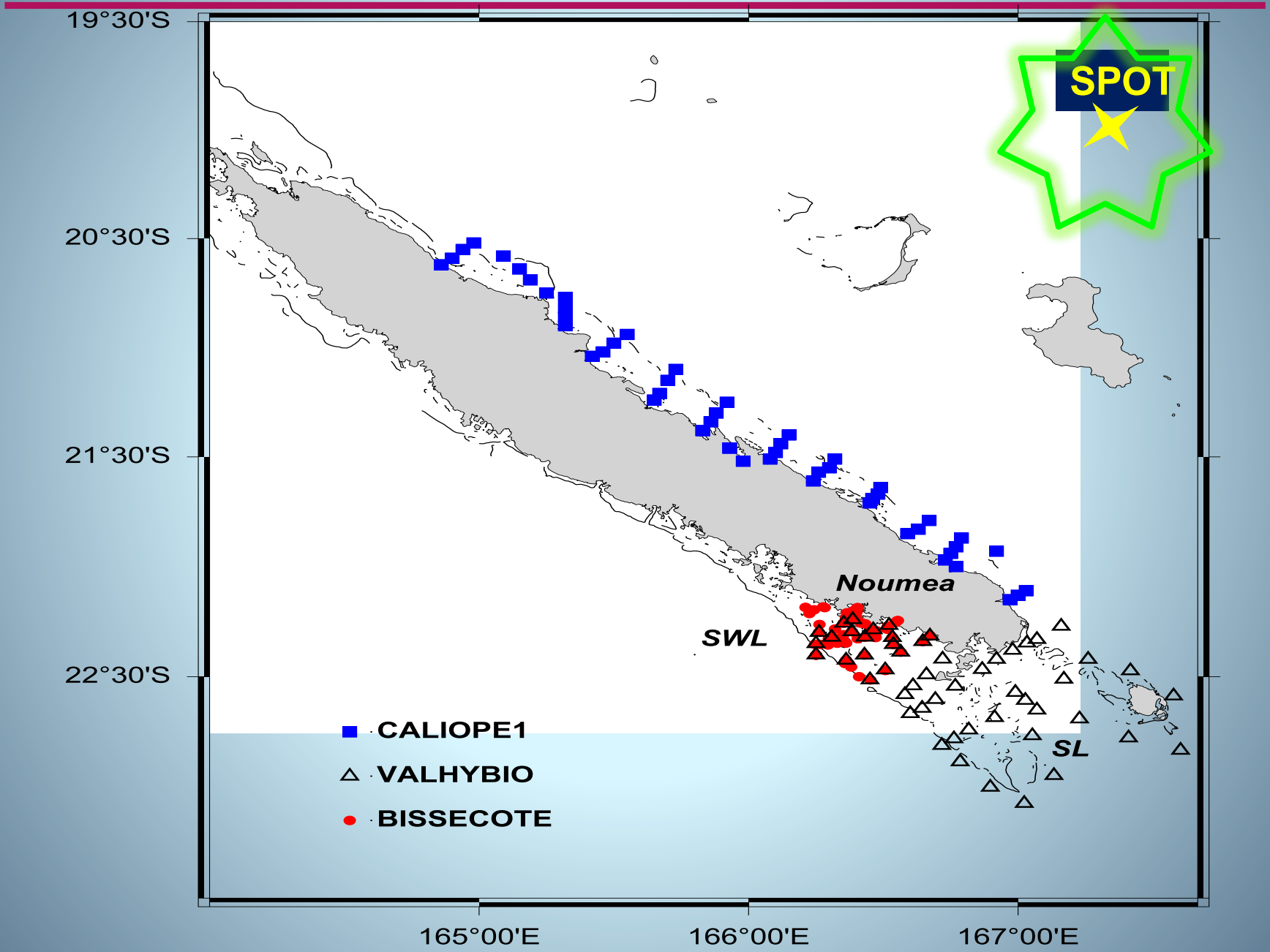
$$c = F \times t/n^2 = 1.796 \times 0.546 = 0.98$$

F: effet de l'interface mer/air

Froidefond J. M. et S. Ouillon, Introducing a mini-catamaran to perform reflectance measurements above and below the water surface. *Opt Express* 13:926 (2005)



II- Méthodes



II- Méthodes

SPOT (physics, chemistry, biology) 20°S 168°E

South Equatorial Current

From PI Isabelle Biegala M.I.O.

(Isabelle.biegala@ird.fr)

Check Biegala's talk at ASLO HAWAII February 2014

Dupouy PI for optics (oligotrophic reference)

A key position (diazotrophs blooms)

to understand modifications of productivity of diazotrophs in the SEC

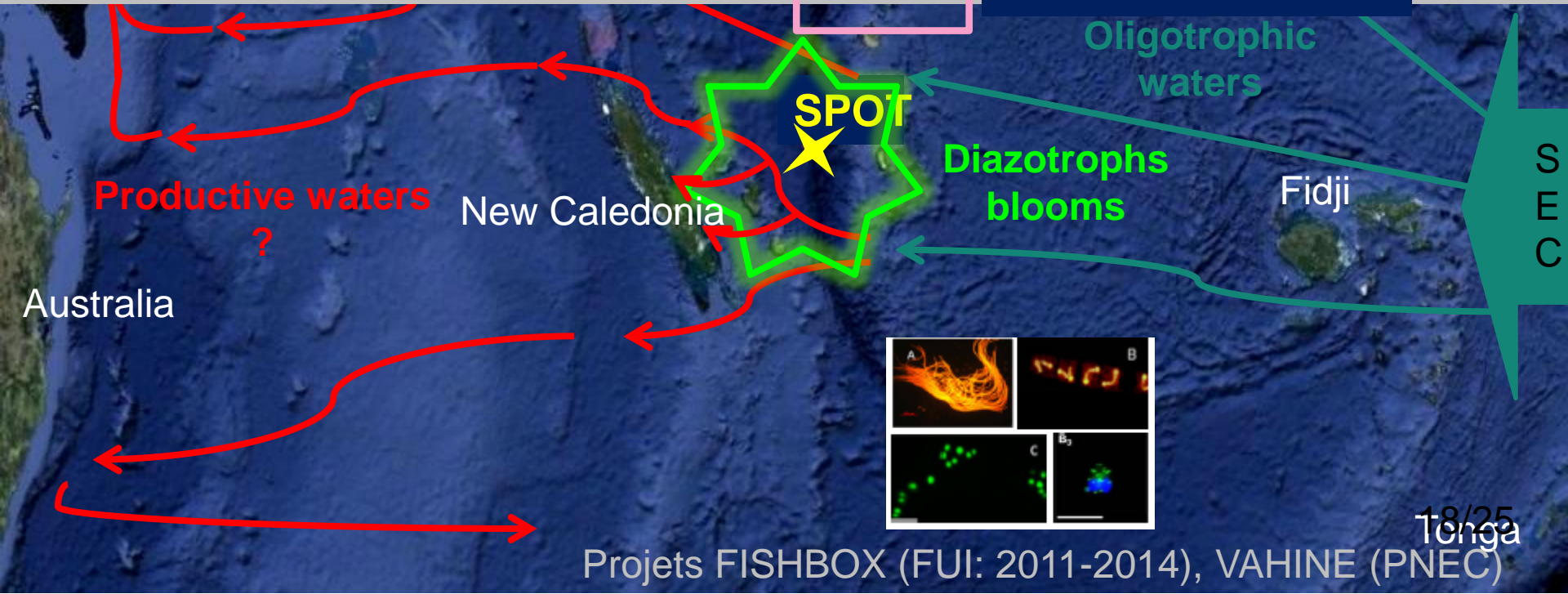
Feed coastal waters in the North East

COMEVA (planned)

Required: International collaborations for ocean

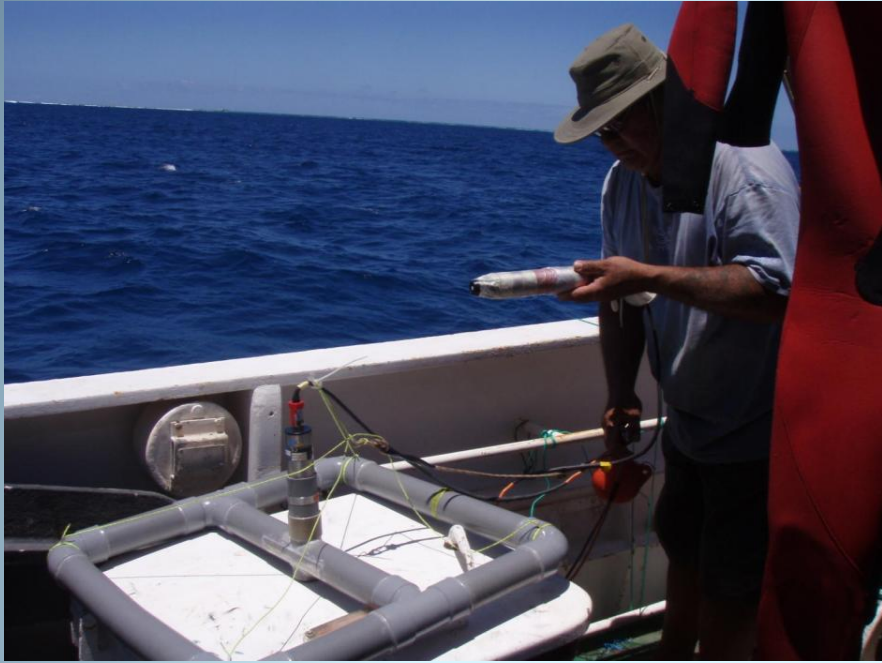
PI Martine Rodier

ises



S
E
C

II- Méthodes



II- Méthodes

CALIOPE's October 2011
- *TRIOS/Simbada*



II- Méthodes

CALIOPE's March 2014

- *TRIOS/Simbada/Hand*
- *Spec/*
- *Satlantic hyperspectral*



II- Méthodes



Cruise	PI name	PI email	localisation	Dates	Optical measurements	Protocol	Processing state of data	reference
Bissecote R/V Alis	Ouillon	sylvain.ouillon@ird.fr , cecile.dupouy@ird.fr	SWL (22.2/166.2-22.5/166.7)	1-14 Feb 2006	ap,bbH6,pigments, TRIOS (Froidefond), Ocean Optics	filtres, bb non corrigé	processed	Ouillon et al., 2008; Dupouy et al., 2010
ECHOLAG R/V Alis	Neveux	neveux.jacqueline@orange.fr	Southern lagoon (22.3/166.4-	12 Feb-9 Mar 2007	ap,bbH6, pigments spectrofluo (15/02 au 3/03, leg3)	filtres, bb non corrigé	processed	Neveux et al., 2010; Dupouy et al., 2010
VALHYBIO R/V Alis	Dupouy	cecile.dupouy@ird.fr	SWL/S Lagoons (22.2/166.26-23.1/167.6)	22-31 March 2008	ap,bbH6,pigments, TRIOS (Rottgers) (50 stations)	filtres, bb non corrigé	processed	Fuchs et al., 2012
DIAPALIS R/V Alis	Dupouy	cecile.dupouy@ird.fr	Chenal Loyauté (21.3/166.5), Lagon Est (Baie Ouinné,21.52/165.98)	Diapalis 1-9 (2001-2003)	ap,bbH6,pigments	filtres, bb non corrigé	processed	Dupouy et al., 2010, Dupouy et al., 2011
VALHYBIO-SM transects Coris	Dupouy	cecile.dupouy@ird.fr	Lagoon (4-5 stations, 22.2/166.2-22.45/166.5)	July 2008-december 2011	ap, bbH6, pigments, TRIOS since 2011	Filters/H6	processed	Savranski, 2010 (M2), Wattelez, 2011 (M2)
TREMOLO-SM transects Coris	Dupouy	cecile.dupouy@ird.fr	Lagoon (4-5 stations, 22.2/166.2-22.45/166.5)	July 2012-July 2014	ap, bbH6, pigments, TRIOS	Filters/H6	processed	Savranski, 2010 (M2), Wattelez, 2011 (M2)
CALIOPE 1 R/V Alis	Dupouy	cecile.dupouy@ird.fr	East Coast NC	5-13 October 2011	ap,bbH6,pigments, TRIOS, SIMBADA, HPLC (53 stations)	filtres, bb non corrigé	processed	Murakami et al., 2013 SPIE
SPOT1 R/V Alis	Aucan	isabelle.biegala@ird.fr	20°S 168°E	8-12 October 2012	ap,bbH6,pigments, HPLC (3-150m, 7 depths)	filtres, bb non corrigé	processed	
SPOT2 R/V Alis	Aucan	isabelle.biegala@ird.fr	20°S 168°E	8-13 February 2013	ap,bbH6,pigments, TRIOS, HPLC (3-150m, 7 depths)	filtres, bb non corrigé	in process	
SPOT3 R/V Alis	Biegala	isabelle.biegala@ird.fr				filtres, bb non corrigé		23/25

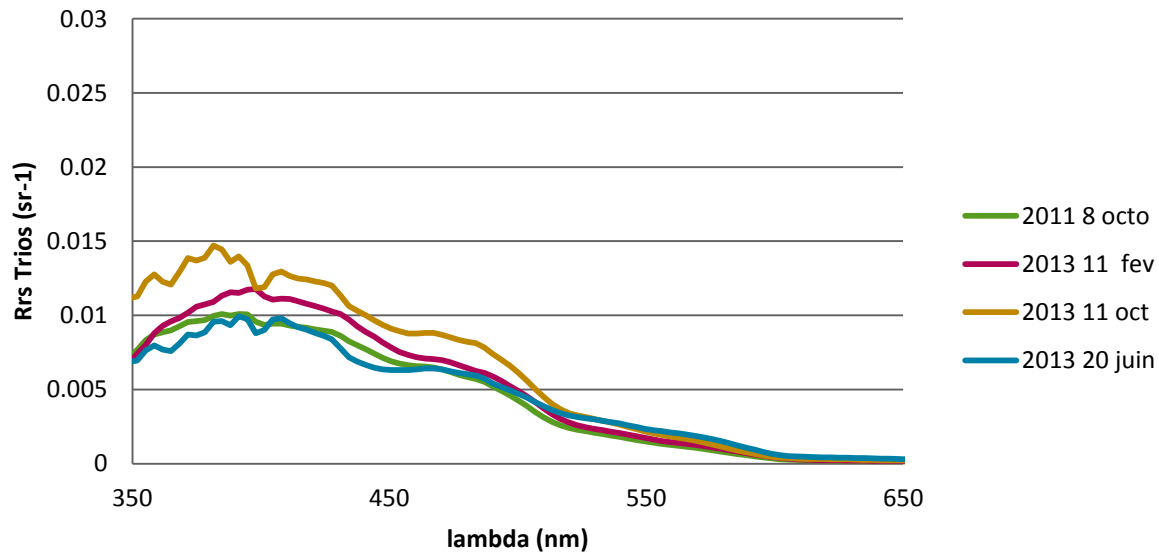
PLANNED								
SPOT6 R/V Alis	Douillet	<a href="mailto:isabelle.bi
egala@ird
.fr">isabelle.bi egala@ird .fr	20°S 168°E	3-7 March 2014	ap,bbH6,pigments, TRIOS, HPLC (3-150m, 7 depths)	filtres, bb non corrigé	planned	
CALIOPE 2	Dupouy	<a href="mailto:cecile.dup
ouy@ird.f
r">cecile.dup ouy@ird.f r	East Coast NC	7-22 March 2014	ap,bbH6,pigments, TRIOS, HPLC (3-50m, 53 stations)	filtres, bb non corrigé	planned	
SPOT 7 R/V Alis	Biegala	<a href="mailto:isabelle.bi
egala@ird
.fr">isabelle.bi egala@ird .fr	20°S 168°E	3-7 October 2014	ap,bbH6,pigments, TRIOS, HPLC (3-150m, 7 depths)	filtres, bb non corrigé	planned	
SPOT 8 R/V Alis	Dupouy	<a href="mailto:cecile.dup
ouy@ird.f
r">cecile.dup ouy@ird.f r	20°S 168°E	3-7 December 2014	ap,bbH6,pigments, TRIOS, HPLC (3-150m, 7 depths)	filtres, bb non corrigé	planned	
COMEVA	Rodier	<a href="mailto:martine.r
odier@ird
.fr">martine.r odier@ird .fr	Vanuatu	October 2014 (Pb Vanuatu)	ap,bbH6,pigments, TRIOS, HPLC (3-150m, 7 depths)		planned	
OUTPACE R/V Atalante	Dupouy	<a href="mailto:thierry.mo
utin@univ
-amu.fr">thierry.mo utin@univ -amu.fr	Noumea-Tahiti	February 2015	ap,bbH6,pigments, TRIOS, HPLC (3-200m)	filtres, bb non corrigé	planned	

Plan de la présentation

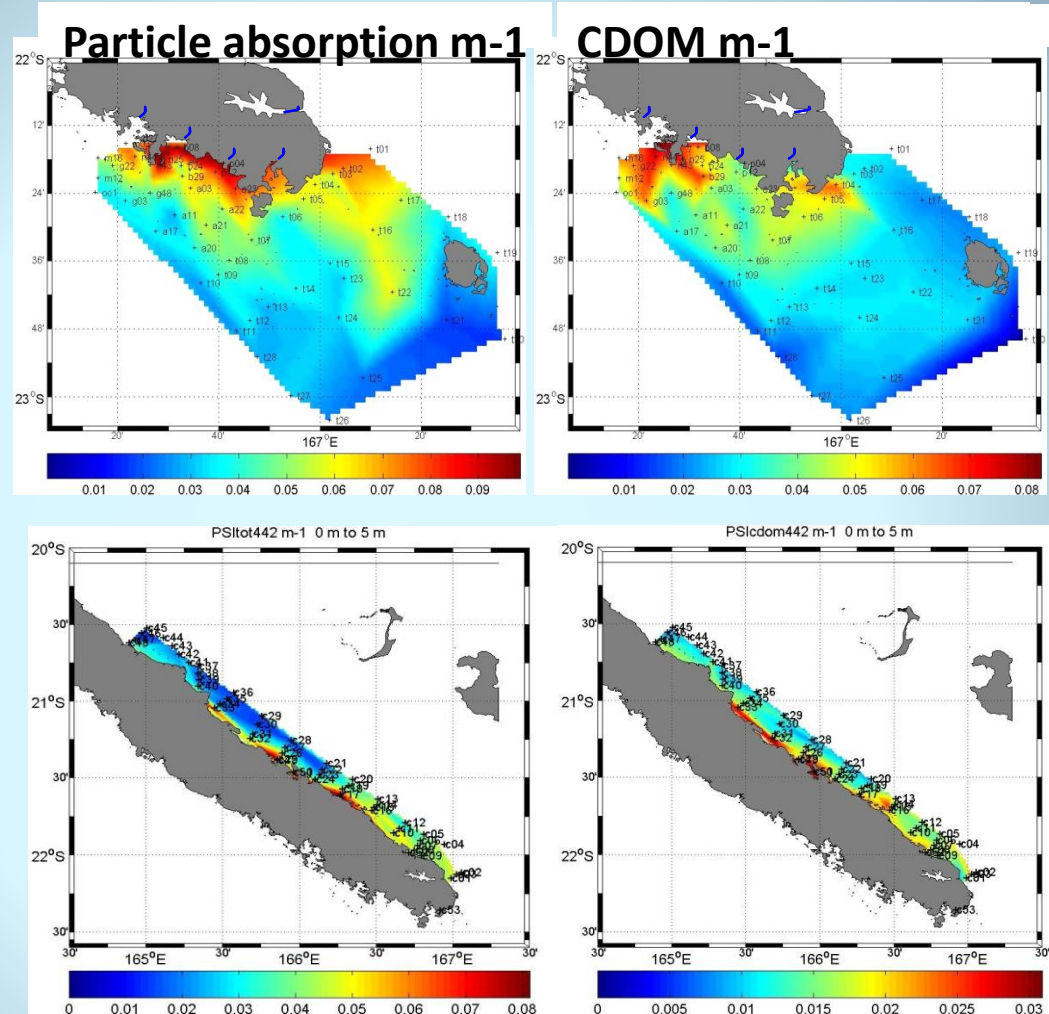
- I- Evolution des thématiques
- II- Méthodes
- **III Principaux résultats scientifiques**
- IV- Perspectives d'application



SPOT oligotrophe 20°S 168°E

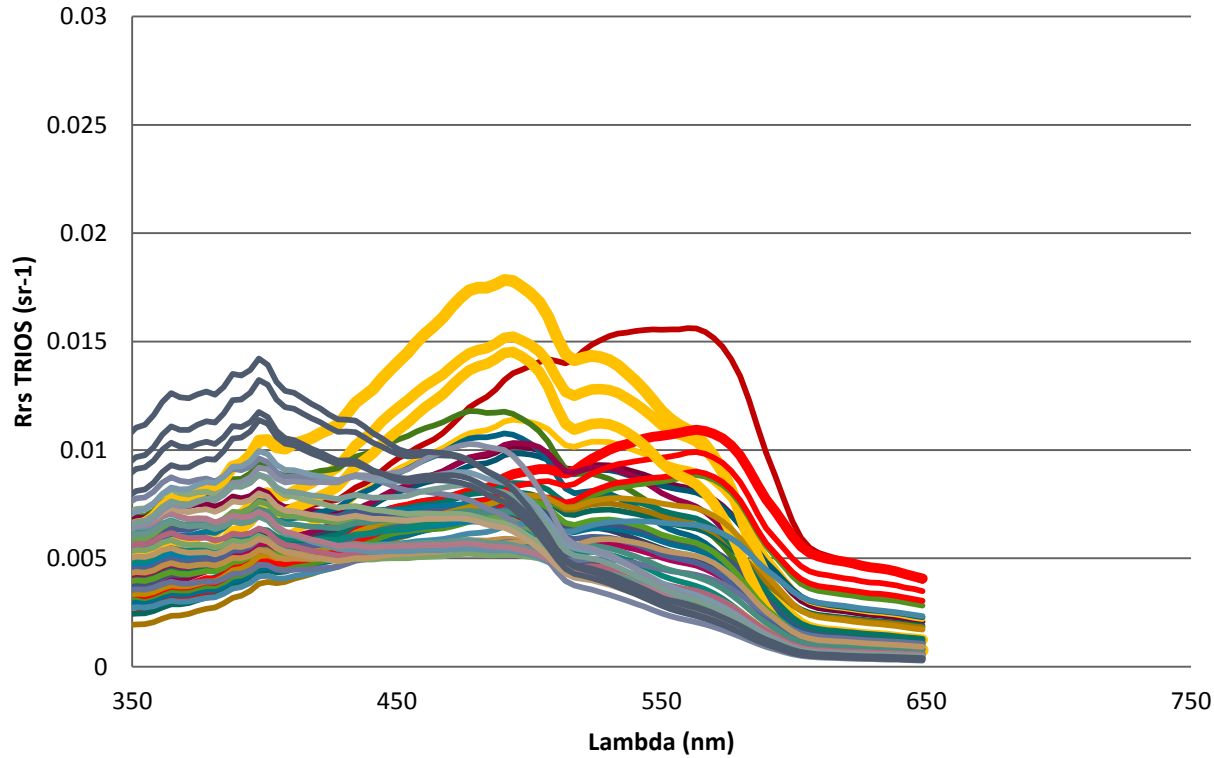


campagnes 2008 et 2011



■ Mars-Avril 2008 Pluie

VALHYBIO subsurface 2008

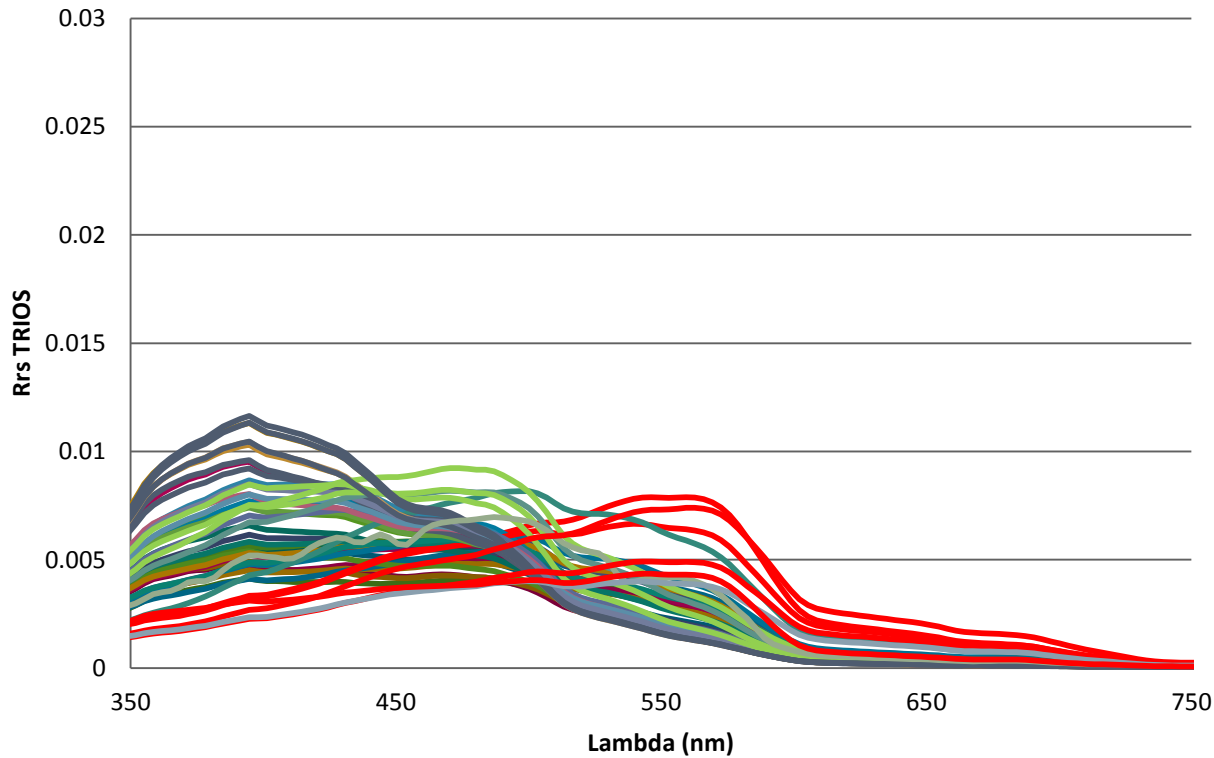


- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| — NAN | — NAN | — d27 | — m03 |
| — m16 | — g22 | — m12 | — oc1 |
| — g03 | — g48 | — b08 | — b24 |
| — n25 | — n43 | — n44 | — b29 |
| — a03 | — p12 | — p04 | — NAN |
| — NAN | — a11 | — a17 | — a20 |
| — a21 | — a22 | — a23 | — t06 |
| — t07 | — t08 | — t09 | — t10 |
| — t05 | — t04 | — NAN | — t03 |
| — t02 | — NAN | — t01 | — t17 |
| — t21 | — t22 | — t23 | — t16 |
| — t15 | — t14 | — t13 | — t12 |
| — t11 | — t28 | — t27 | — |

CALIOPE cruise Cote Est 2011

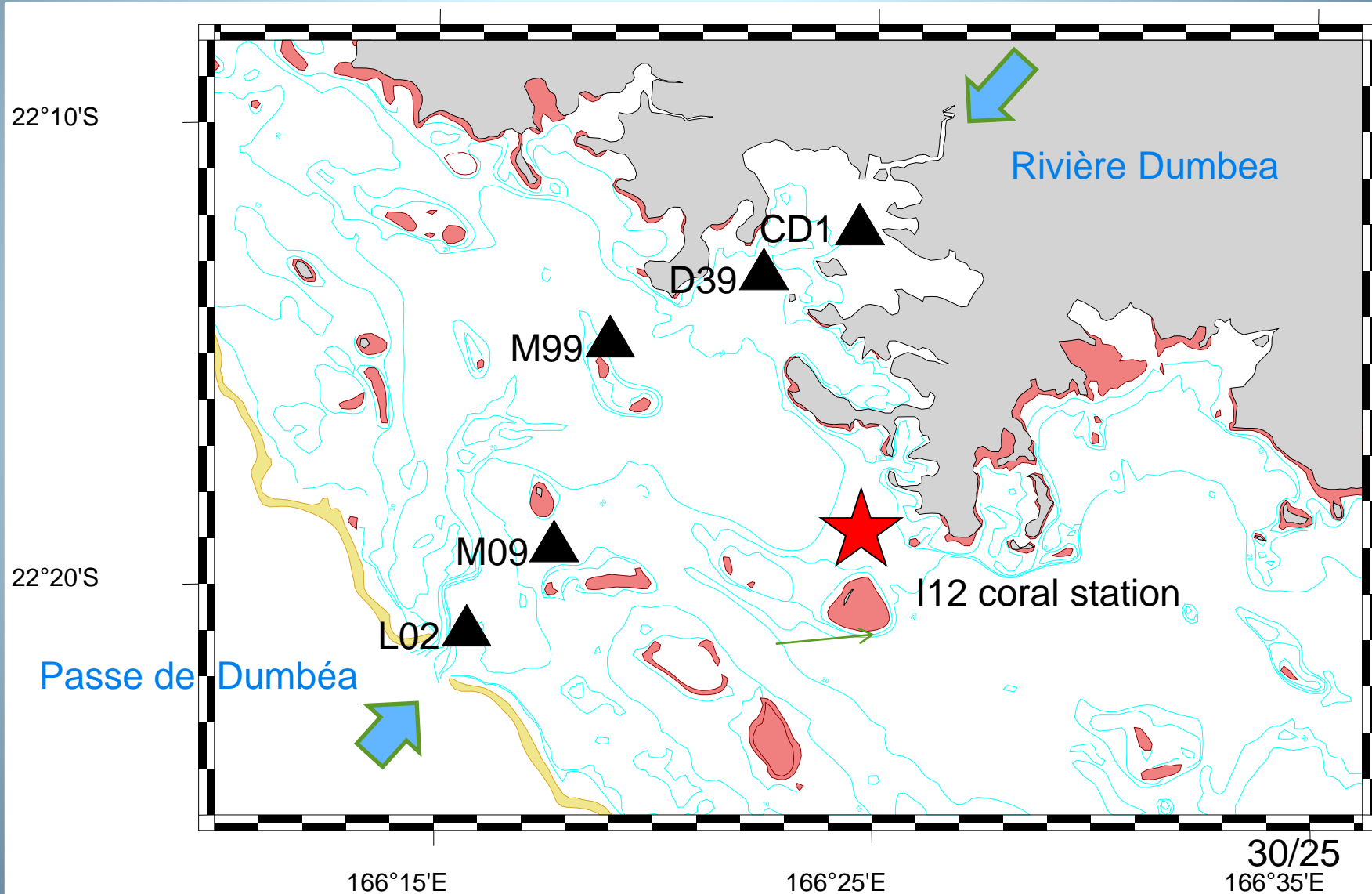
- Site and characteristics of CALIOPE stations: dry season

CALIOPE 1 Oct 2011 East Coast of New Caledonia



- | | | |
|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 |
| 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 |
| 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 | 15 |
| 16 | 17 | 18 |
| 19 | 20 | 21 |
| 22 | 25 | 26 |
| 27 | 28 | 29 |
| 30 | 31 | 33 |
| 34 | 35 | 36 |
| 37 | 39 | 40 |
| 41 | 42 | 43 |
| 44 | 45 | 46 |
| 48 | 49 | 50 |
| 51 | 52 | |

■ Stations le long de la radiale DUMBEA



III- Résultats TRIOS pendant le transect Cote-Large



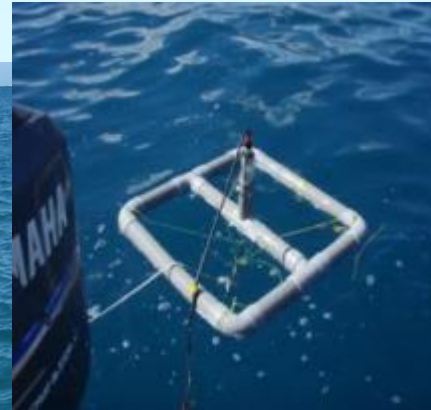
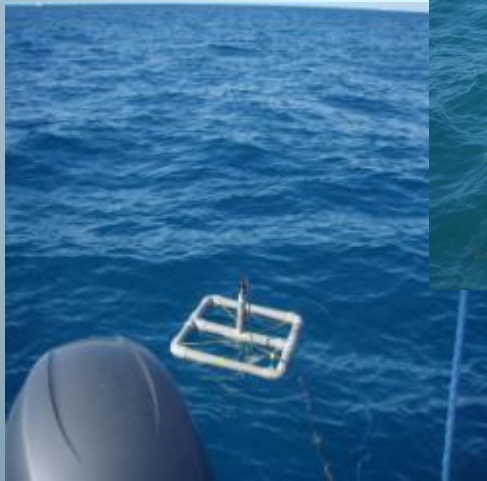
M99 MOISE

D39
Baie DUMBEA



CD1 Rivière
DUMBEA

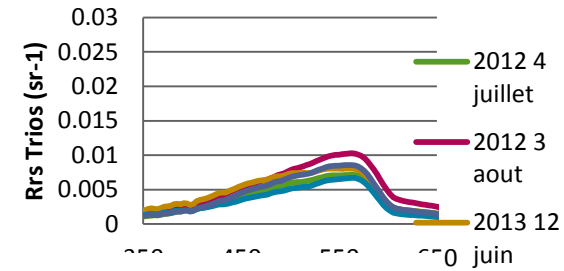
M09 Ilot Signal



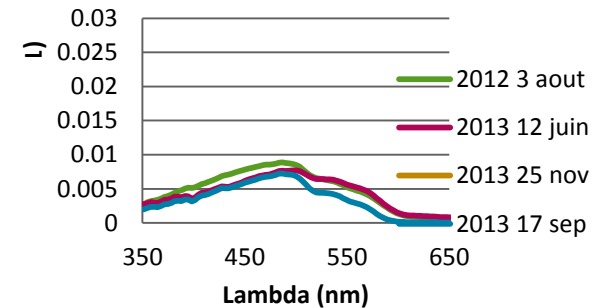
III- Résultats 3- TREMOLO stations Dumbea Transect



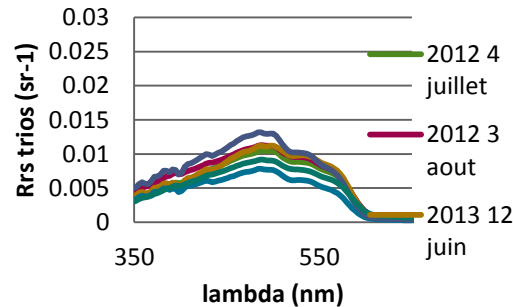
CD1 rivière Dumbea



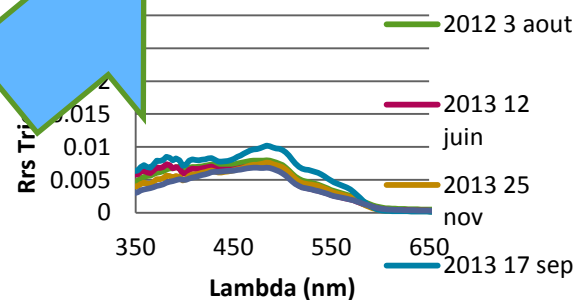
D39 Baie de Dumbea



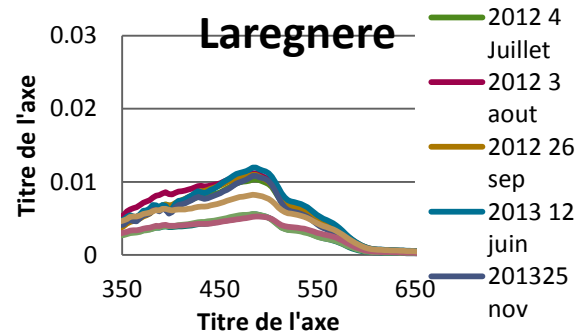
M99 MOISE



I2 Passe de Dumbéa



M09 Ilot Signal



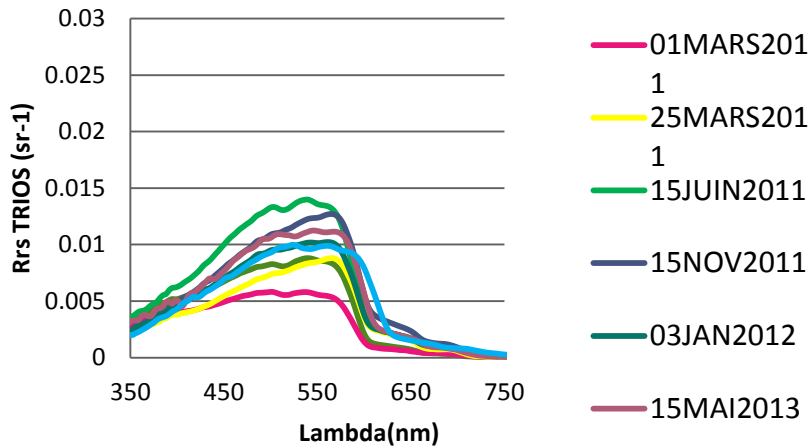
III- Résultats AMICAL devant l'Île au Canard (I12)



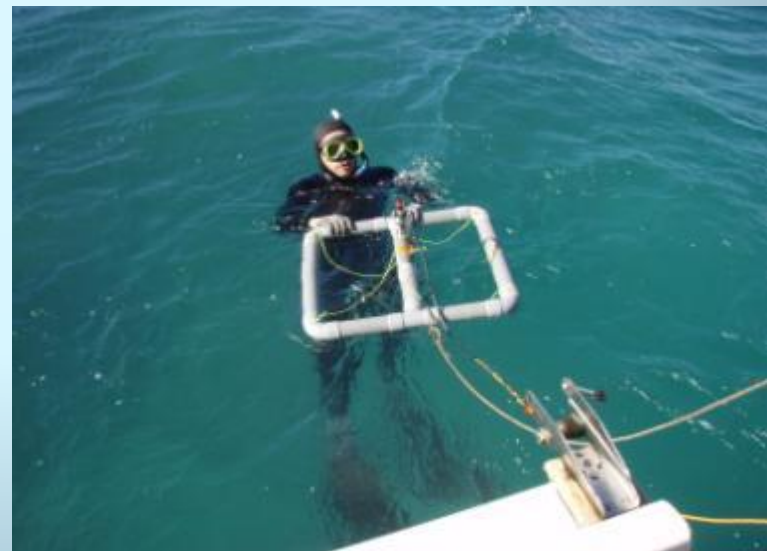
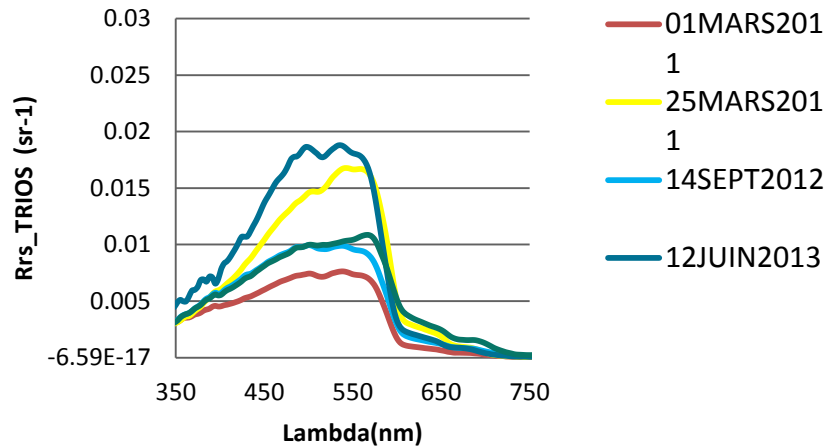
4- AMICAL station 2010-2014

■ II2: coral/sand bottom influence on TRIOS Rrs

I12 Coral 2010-2013



I12 Sand 2011-2013

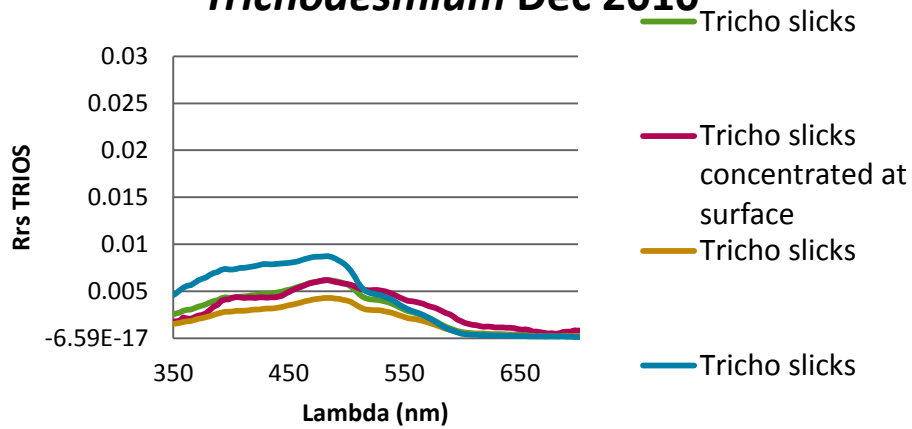




Rrs des *Trichodesmium* ?

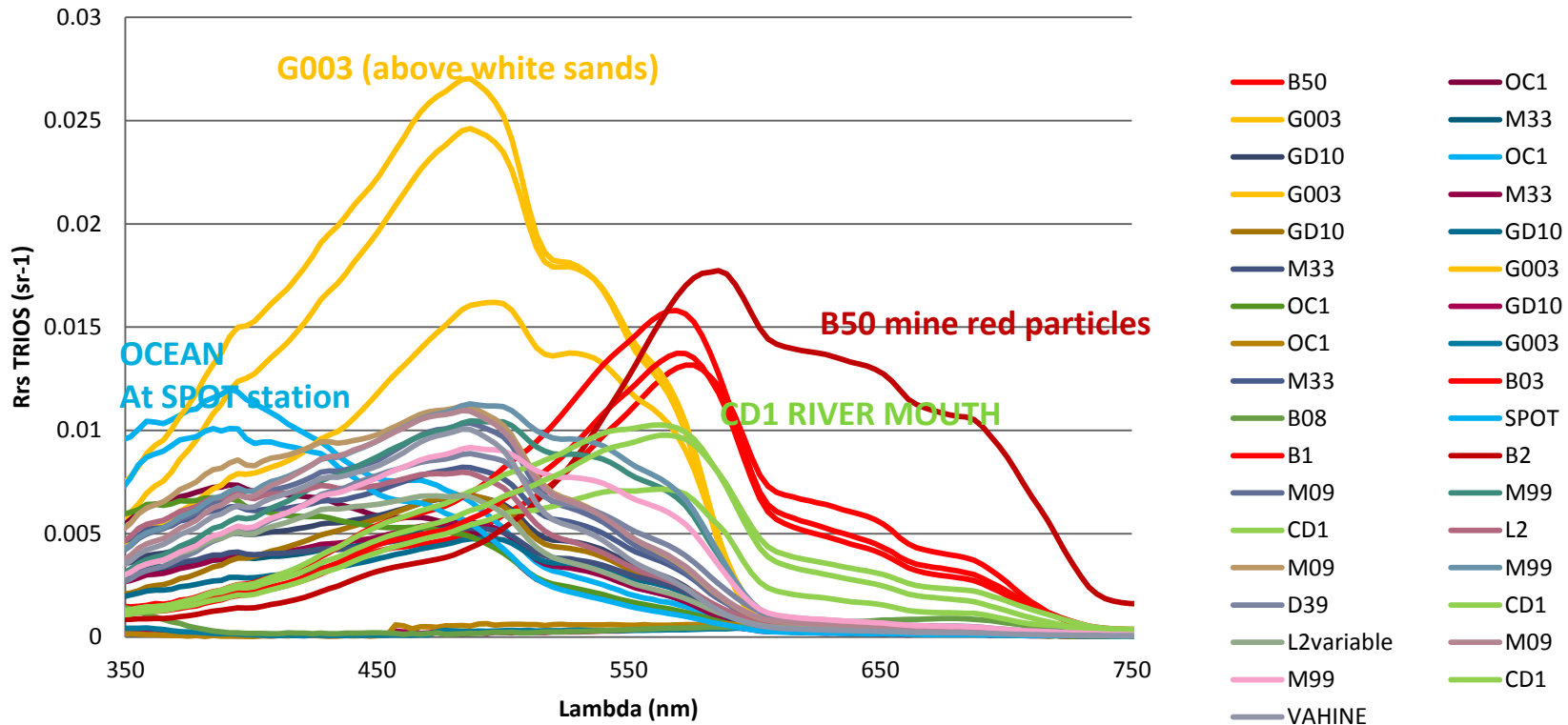


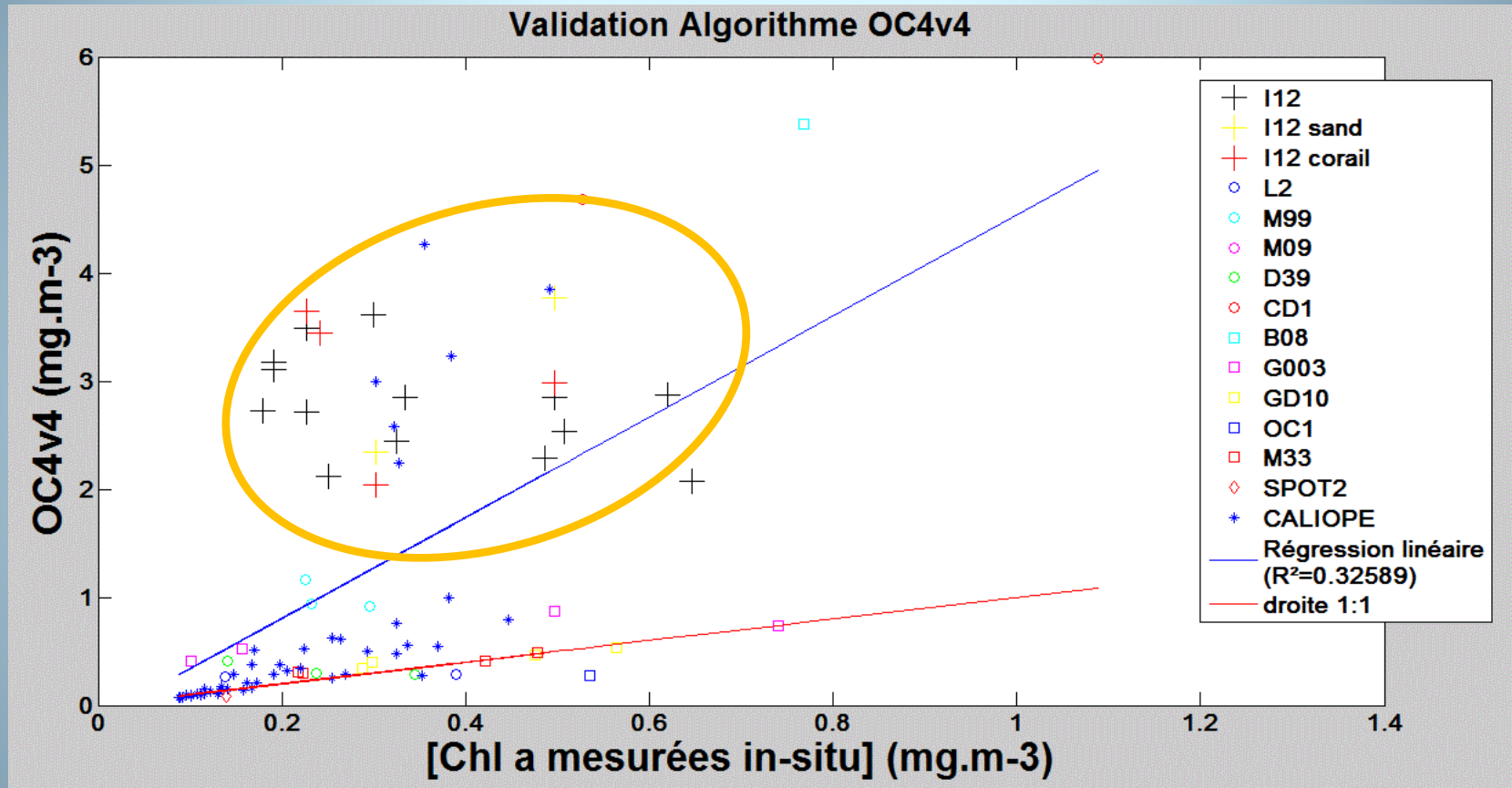
**TRIOS sur efflorescences
Trichodesmium Dec 2010**



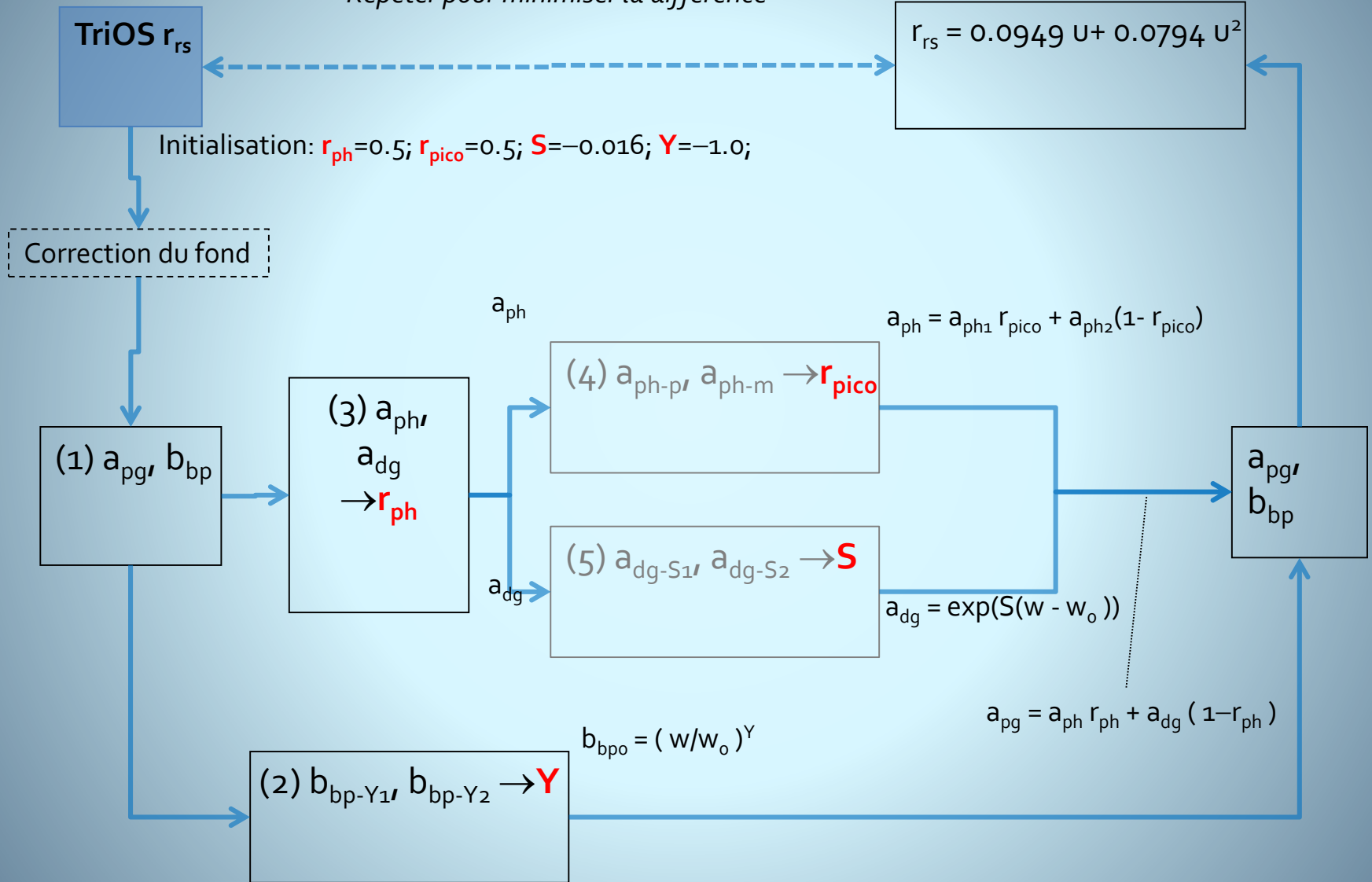
■ Variabilité des réflectances TRIOS

Valhybio et Tremolo transects depths: 8-23 meters (without corals)



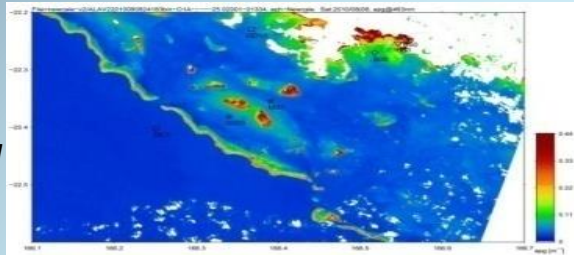


Répéter pour minimiser la différence

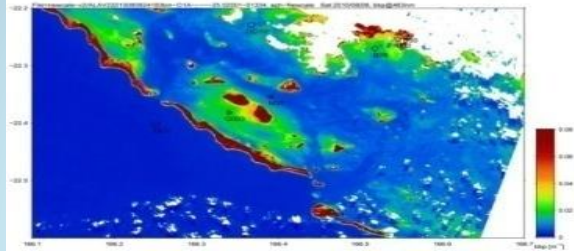


Cartes lagon sud ouest

a_{pg}



b_{bp}



*Meilleure précision sur :
Chl , a_{tot} (a_{pg}), a_{cdom} , b_{bp}
avec une méthode type LMI*

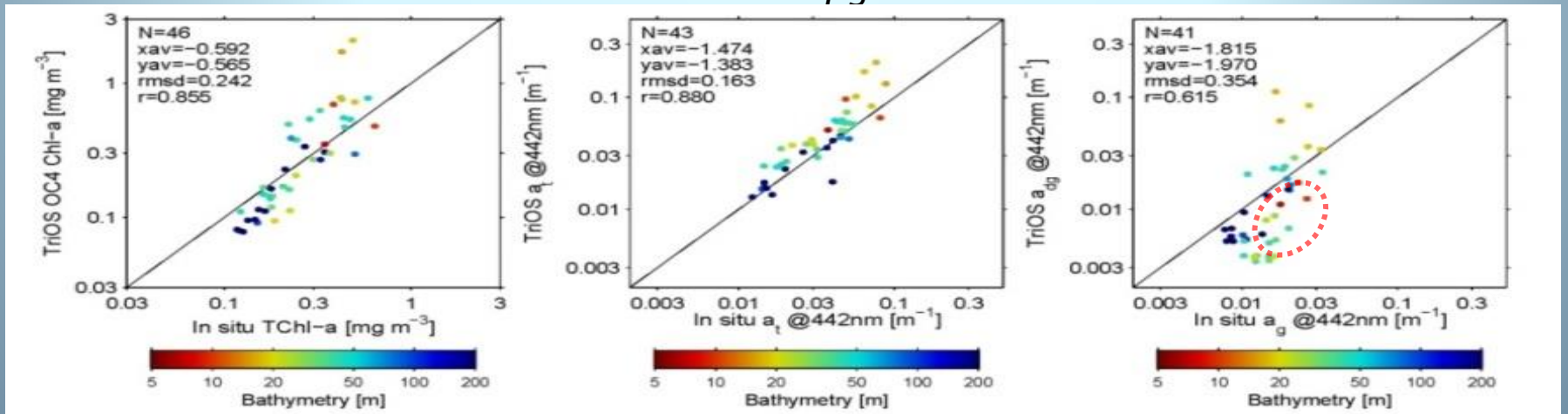
Inversion de l'algorithme analytique

Régressions

Chl-a

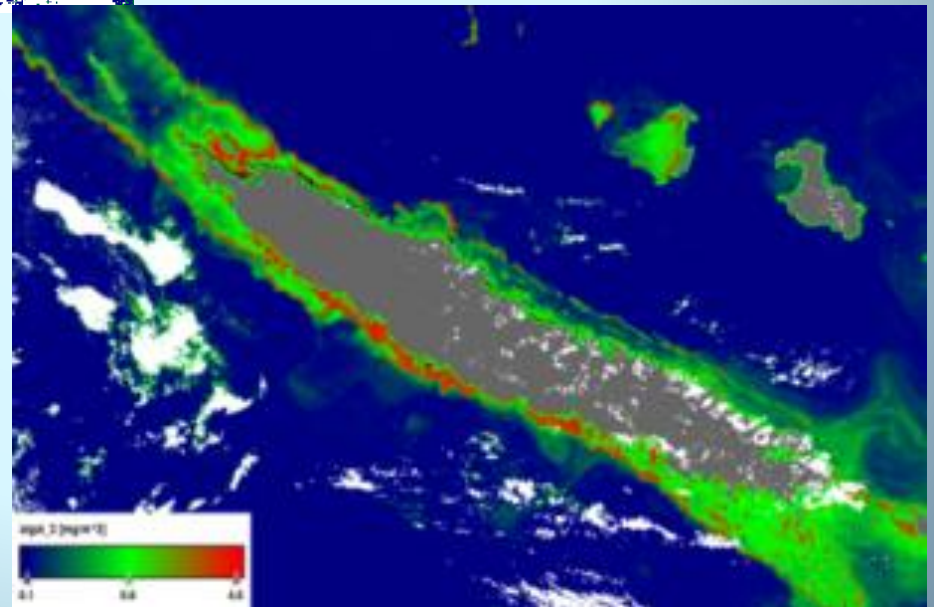
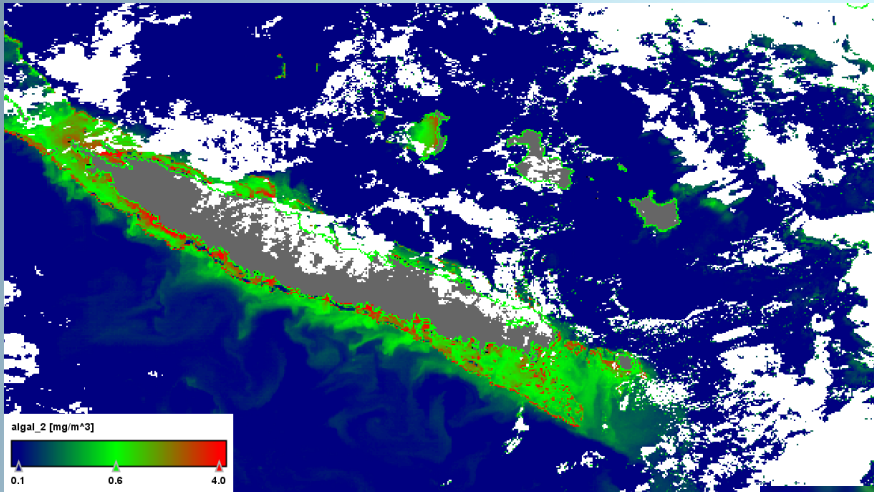
a_{pg}

a_{cdom}



Plan de la présentation

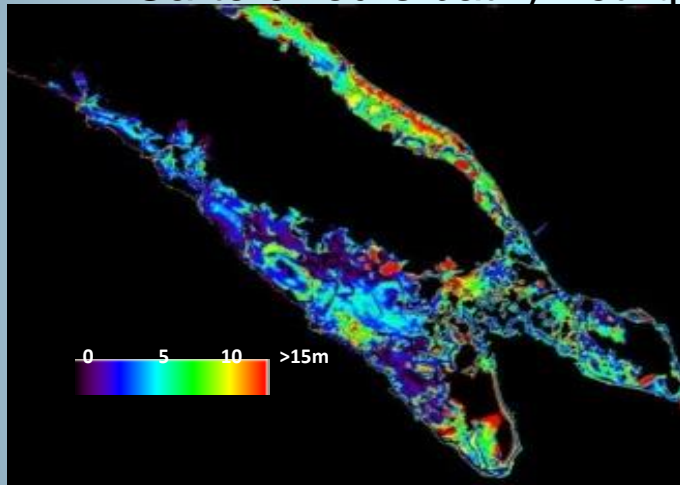
- I- Evolution des thématiques
- II- Méthodes
- III Principaux résultats scientifiques
- **IV- Perspectives d'application**



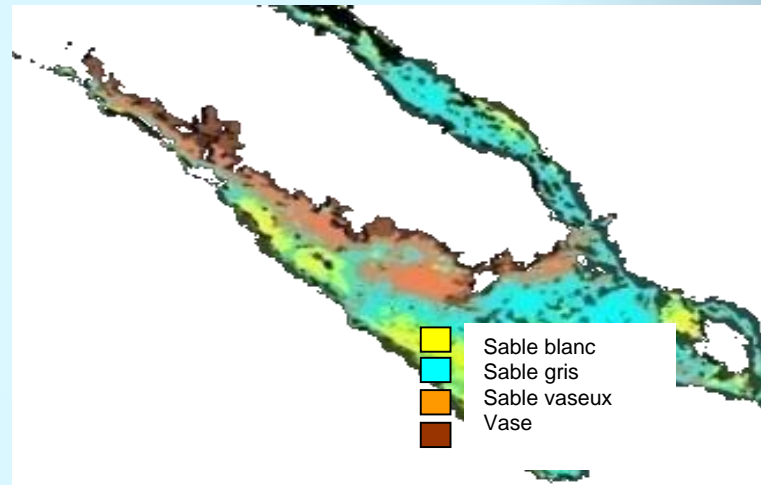
*Inversion de l'équation pour estimer
l'effet du fond à l'aide d'images MERIS*

$$R_s = R_b \cdot e^{-2kz} + R_w$$

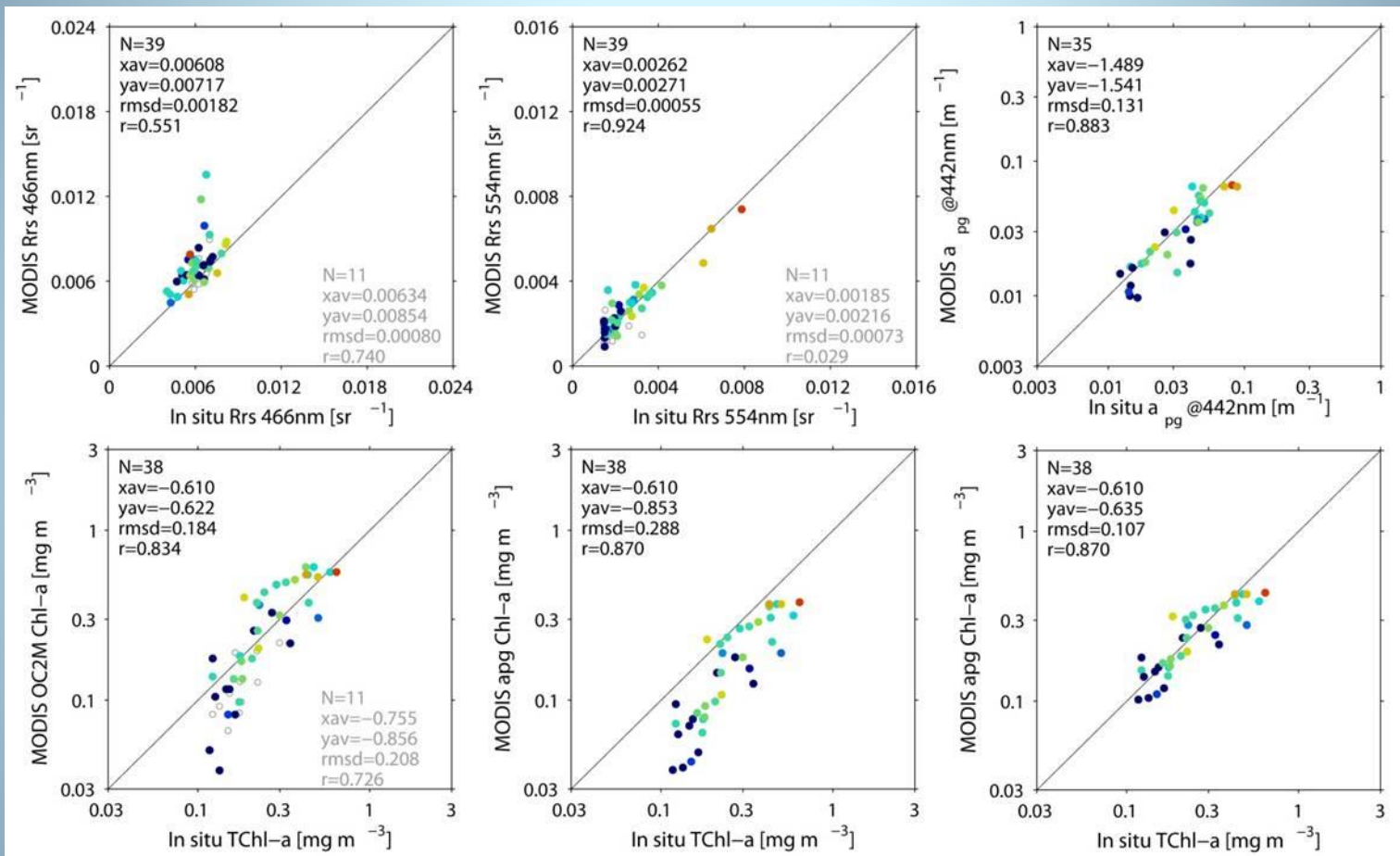
Carte erreurs bathymétrique et de la couleur des fonds

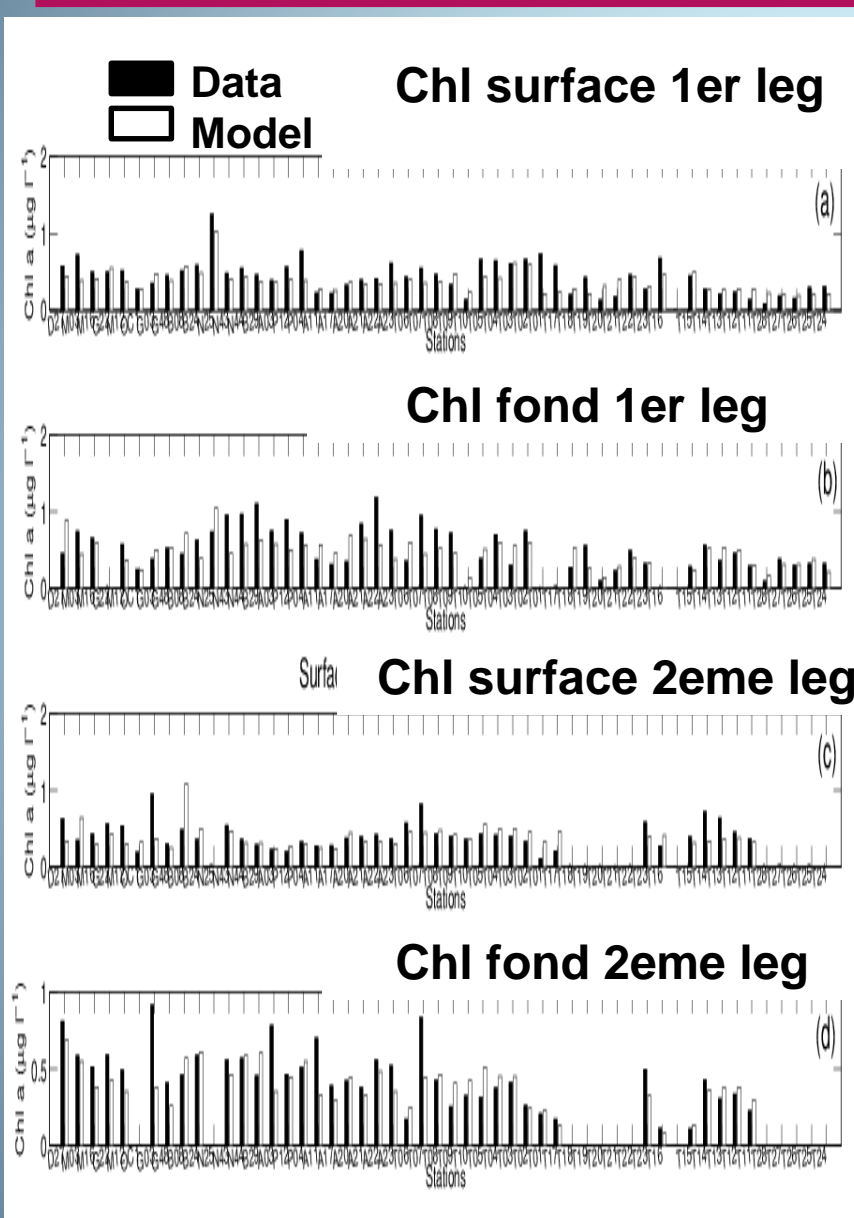


Minghelli-Roman et Dupouy, 2013



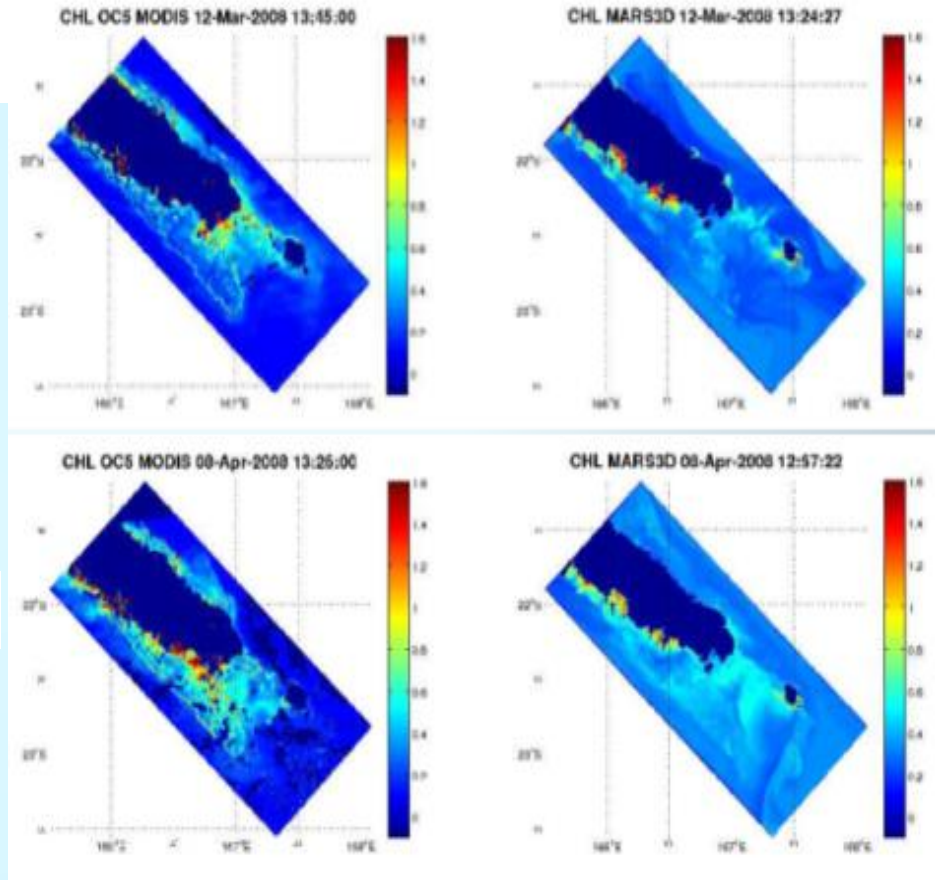
Minghelli-Roman et Dupouy, 2014





Chl MODIS

Chl Modèle



*Forçages modifiés
 enrichissements en nutritifs liés aux
 pluies de l'épisode La Nina 2008*

- rivières
- upwellings



surface_chlorophyll_animation.wmv

Conclusions

- Mesures hyperspectrales montrent une grande variabilité dans le lagon, en comparaison de la station au large SPOT
 - ✓ Effet de la bathymetrie et de la couleur des fonds (Minghelli-Roman et Dupouy, 2013), des minéraux, du phytoplancton/CDOM (en cours, projet TREMOLO)
- Nécessaires pour valider les méthodes pour calculer les constituants en zone lagonaire :
 - Méthodes LMI (Murakami and Dupouy, 2013)
 - Méthodes pour calculer les effets de la bathymétrie et couleur des fonds (Minghelli-Roman et Dupouy, 2013)
- Applications aux futurs capteurs hyperspectraux....

-
- Merci aux différents programmes!
 - VALHYBIO (PNTS 2008) Validation Hyperspectrale d'un modèle Biogéochimique
 - TREMOLO (EC2CO 2012) TRansfErt de Matière Organique dissoute terre - LagOn
 - SPOTVAHINE MOISE (Grand Observatoire du Pacifique Sud) 2010 2012 2009
 - PACEME (Fond Pacifique/Gvt Nouvelle Calédonie) PACific Exchange of Methods for turbidity estimate
 - LEFE