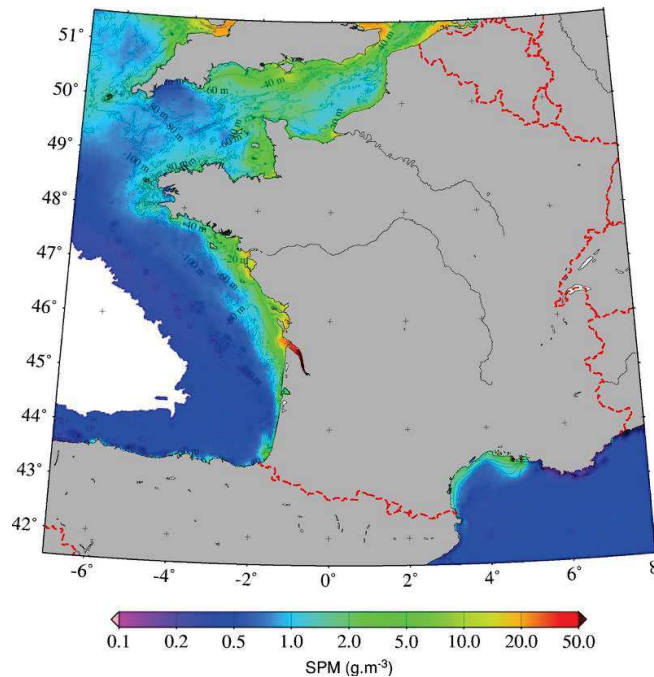


Optimisation et SYnergie des données In situ et COuleur de l'eau pour l'étude de la dynamique biogéochimique des eaux côtières (TOSCA/CNES OSYNICO)



V. Vantrepotte, H. Loisel, C. Jamet, F. Schmitt (LOG), S. Schmidt, N. Savoye (EPOC), D. Doxaran (LOV), P. Gernez (RSBE), F. Gohin (Ifremer DYNECO), M. Puigt, F. Dufresnois (LISIC)

Contexte/Historique du projet

- Réunion EVOLution à Long terme des Ecosystèmes COTiers
EVOLECO: décembre 2017
- Besoin de connecter les communautés télédétection et in situ
- Souhait du CNES de fédérer les acteurs de la couleur de l'eau en côtier à l'échelle nationale
- Réunion eaux côtières au CNES en février 2019
- Complémentarité des approches in situ et satellite
- Outils numériques d'analyse et de fusion de données
- Réunion ODATIS couleur de l'eau avril 2019
- Bancarisation mise à disposition des données couleur de l'eau

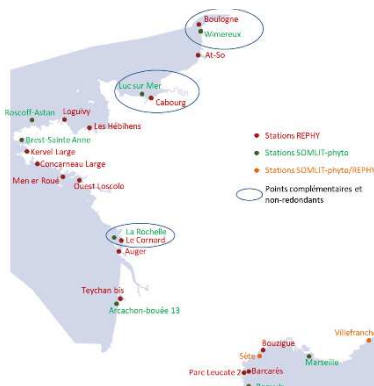
Suivi in situ via les Services Nationaux d'Observation



15 jours

depuis 1997

T, S, MES, chl a, COP,
turbidité,
fluorescence, pico-
nanoplancton, etc.



15 jours

depuis 1987

T, S, chl a, turbidité,
microphytoplancton,
etc.



haute fréquence

depuis 1997

T, S, turbidité,
fluorescence, etc.



estuaires



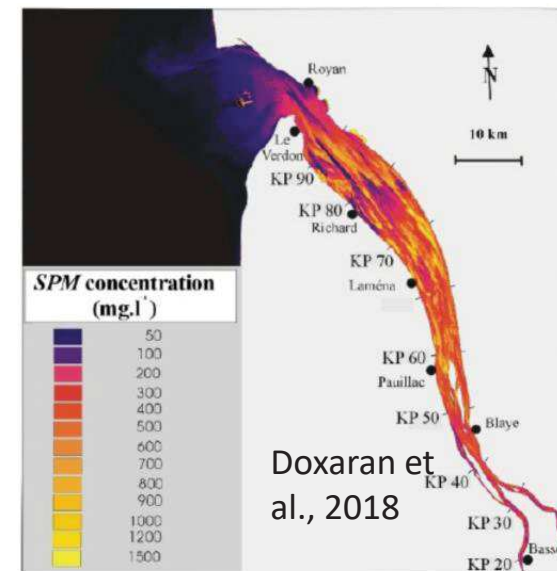
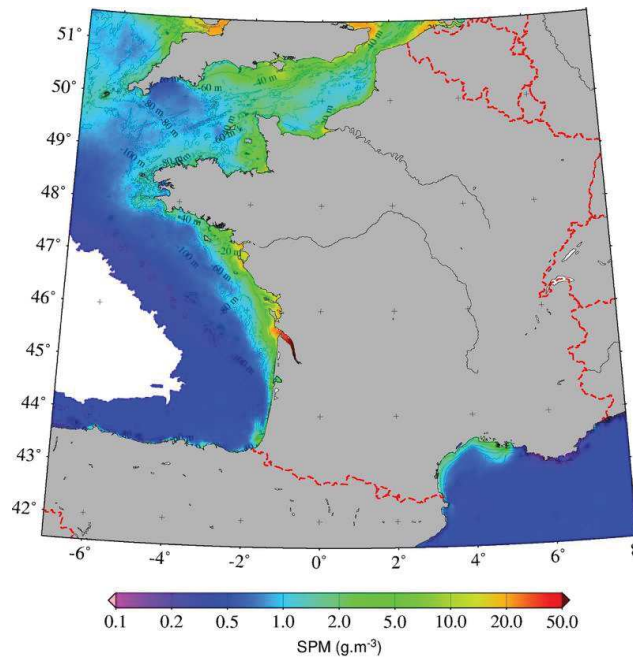
haute fréquence

depuis 1999

T, S, turbidité, etc.

Nombreuses sources d'informations
Données standardisées
Multiplicité des paramètres et échelles d'observation
Mesures localisées

Observation satellite couleur de l'eau

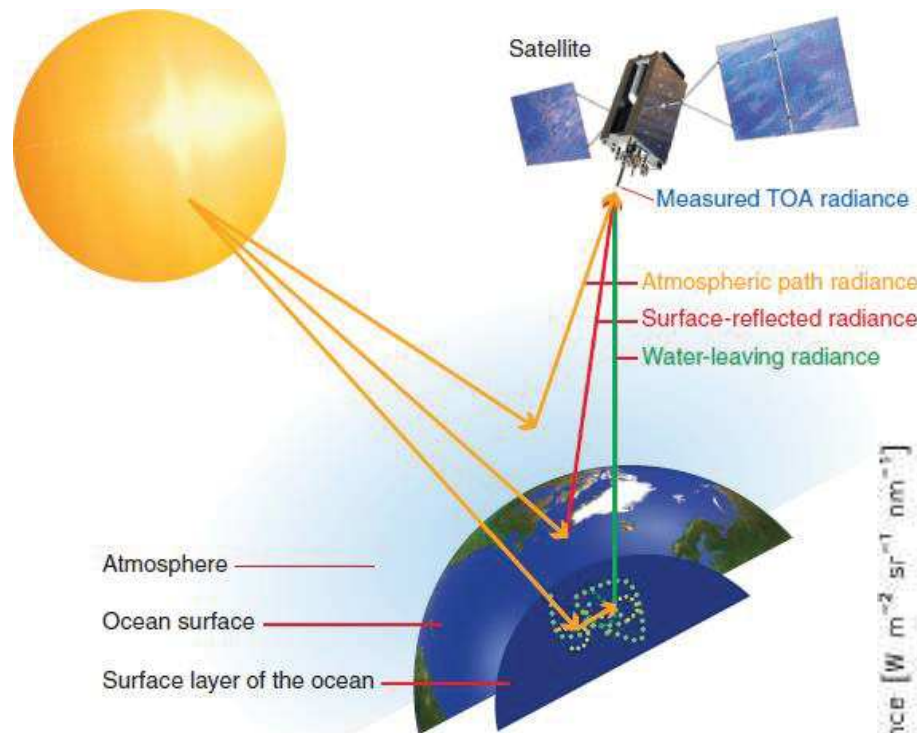


Moyennes résolutions temporelles (la journée) et **spatiales** (300m–1km) satellites couleurs « standards »: SeaWiFS, MODIS, MERIS, VIIRS, OLCI

Haute résolution spatiale (20-30m) plus récemment disponible avec une relativement bonne définition spectrale et radiométrique mais relativement faible couverture temporelle (16 jours) – OLI (Landsat 8) Sentinel 2a et b: 6 jours

Représentation synoptique à différentes échelles
Couverture continue depuis Septembre 1997

En raison de la complexité bio-optique des eaux côtières, un grand effort de développement algorithmique pour la couleur de l'eau a été entrepris cette dernière décennie

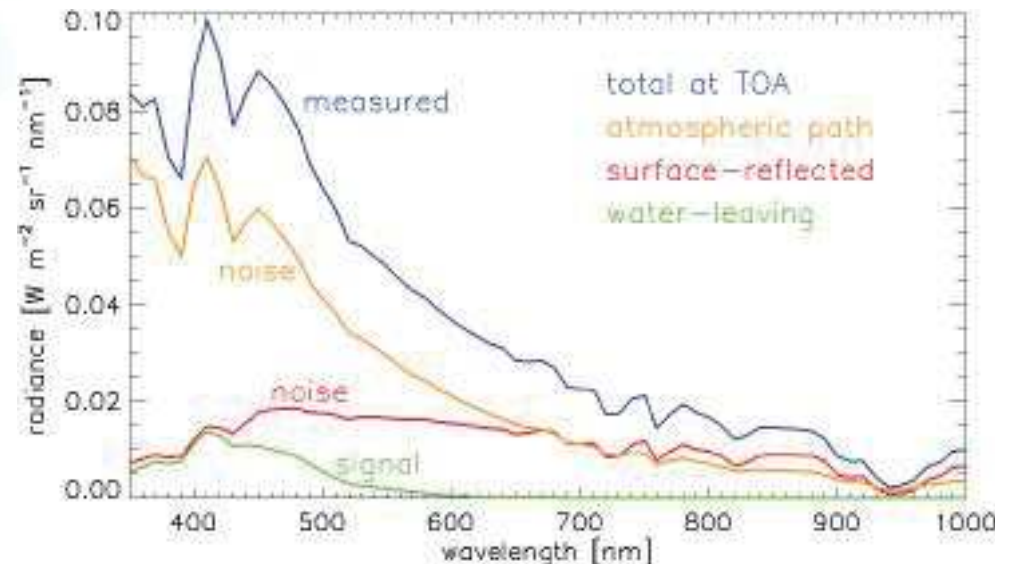


1) Corrections Atmosphériques

TOA signal $\rightarrow$ marine reflectance (R_{rs})

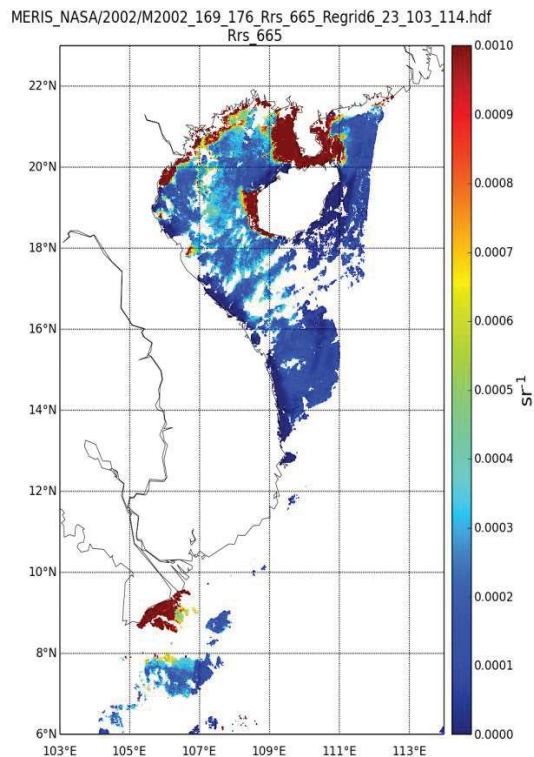
2) Algorithmes bio-optiques

R_{rs} $\rightarrow$ biogéochimie

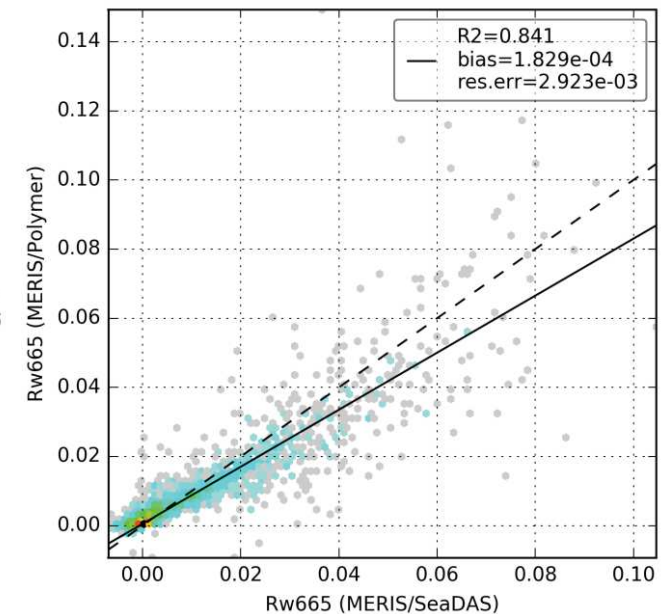
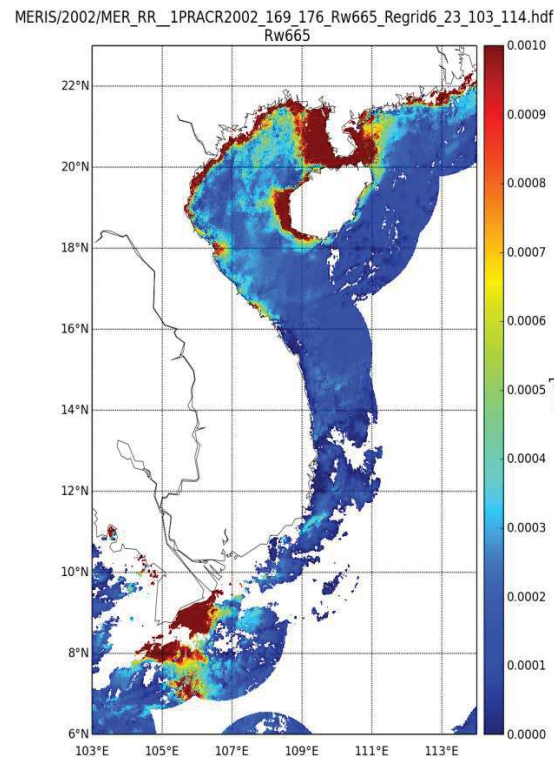


Les développements méthodologiques récents (ANR GlobCoast) ont permis d'augmenter la résolution spatiale (et temporelle) avec une performance radiométrique similaire

Traitement SeaDAS



Traitement GlobCoast



De nombreux paramètres bio-optiques et biogéochimiques peuvent actuellement être estimés dans les eaux côtières

Algorithmes matures

- IOPs * (proxy de grandeurs biogéochimiques)
- Turbidité *
- MES *
- Chla *
- DOC * dominée par les apports terrigènes
- POC (en soumission)
- Kd

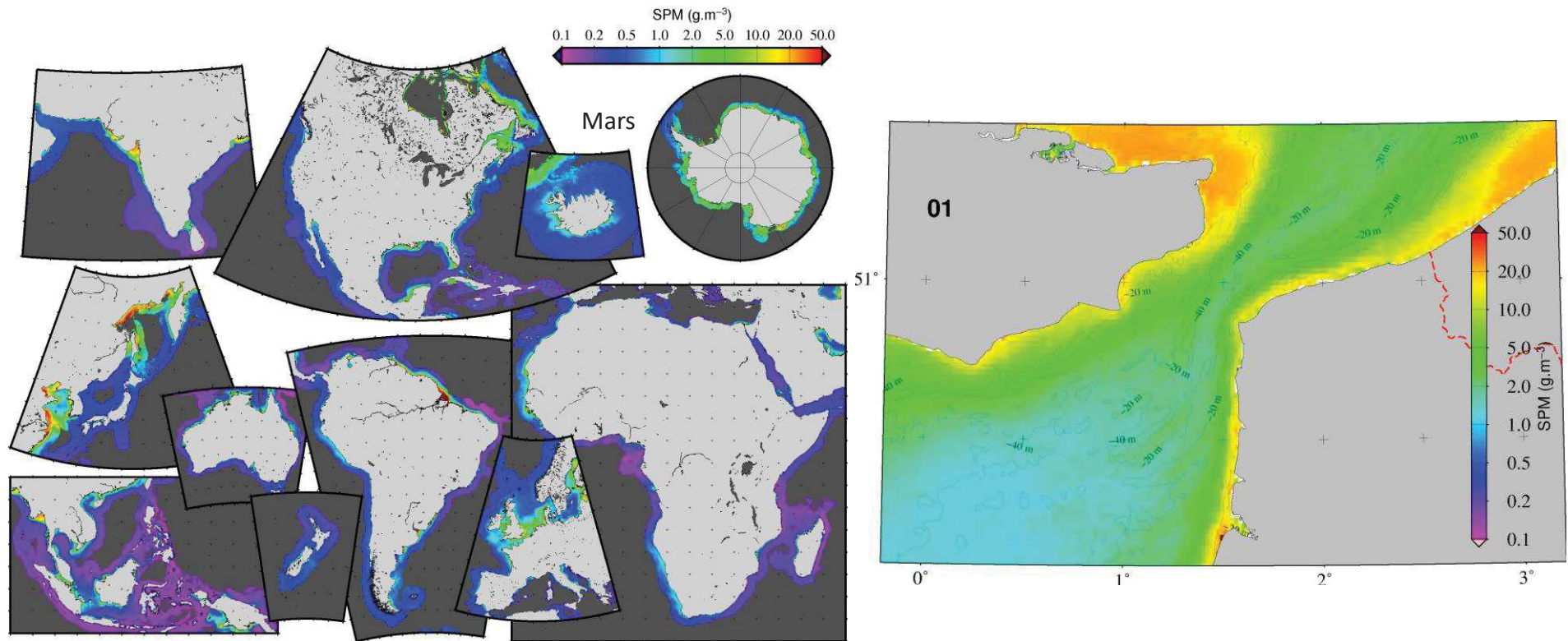
En cours de développement

- PIM et POM
- DOC « phytoplanktonique »
- NOP
- pCO₂

Paramètres communs avec les observations in situ

**: Développements récents pour la haute résolution spatiale*

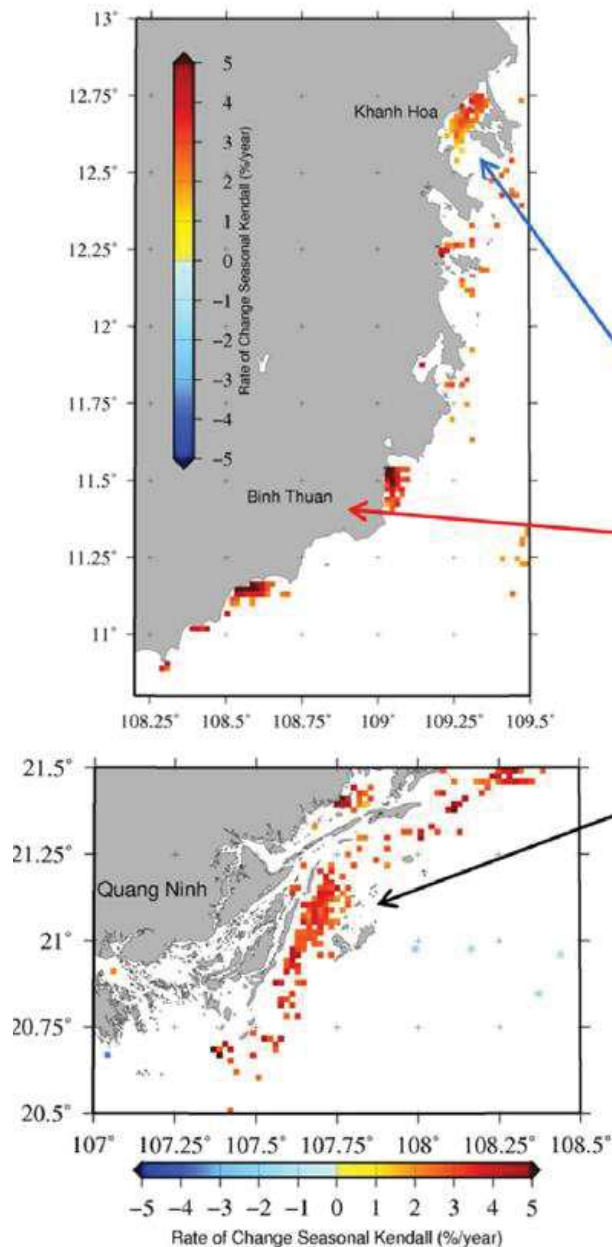
Une description des caractéristiques biogéochimiques des eaux côtières est désormais à différentes échelles



→ Modèles régionaux/globaux

→ Données in situ pour développer/**valider ces produits**

Exploitation des séries temporelles couleur de l'eau pour caractériser l'impact des forçages environnementaux

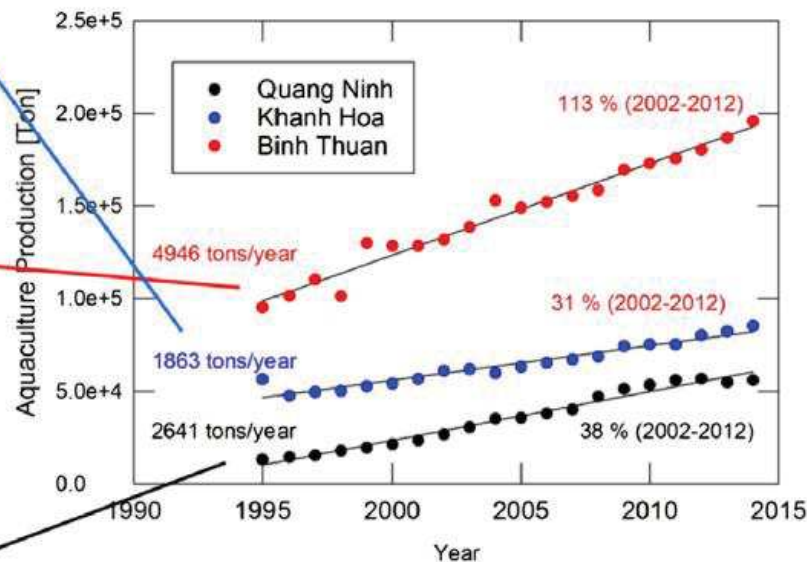


Loisel et al., 2017

-Chla + 50% à Binh Thuan

-Chla +20% à Khanh Hoa

Eaux côtières du
Vietnam : Impact de
l'aquaculture sur Chla



- Besoin de mesures sur les **conditions environnementales** pour confirmer les l'impact des forçages (ici nutriments)
- Analyses limitées à des **séries mono-capteurs** (10 ans MERIS), besoin d'éprouver la validité des **séries multicapteurs en côtier**

Complémentarité des observations terrain SNO et satellite

- Paramètres communs Chla, MES, POC (+Données ancillaires)
- Échelles d'observation (spatiales et temporelles)

Données Satellite

- Incertitudes sur les produits
- Multiples capteurs
- Couverture spatiale dépendante de la couverture nuageuse
- Données limitées à la surface

Données in situ

- Mesures localisées
 - Au sein d'un même écosystème
 - Au niveau des façades littorales françaises

Objectifs généraux du projet OSYNICO

Evolution à long terme des caractéristiques biogéochimiques des écosystèmes côtiers français en réponse aux variations des conditions environnementales (Chla, MES, POC)

- Interannuelle
- Saisonnalité

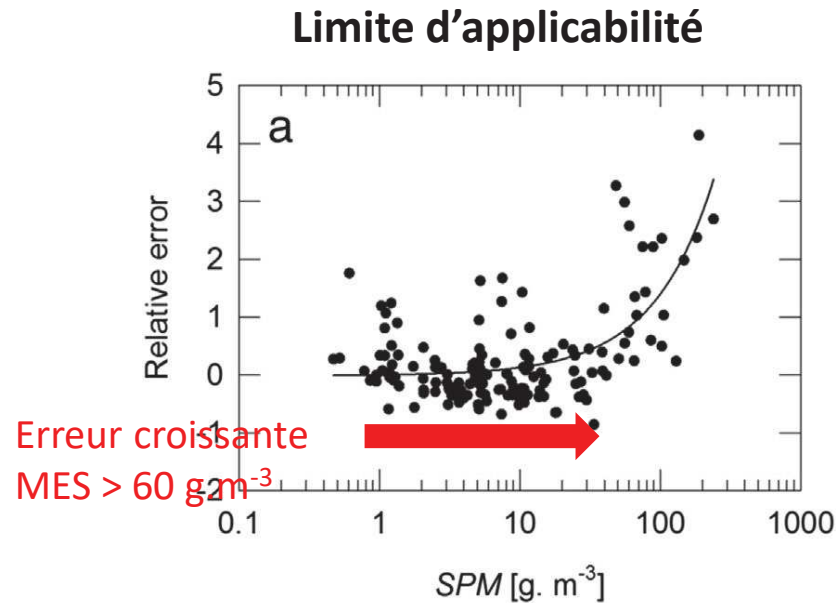
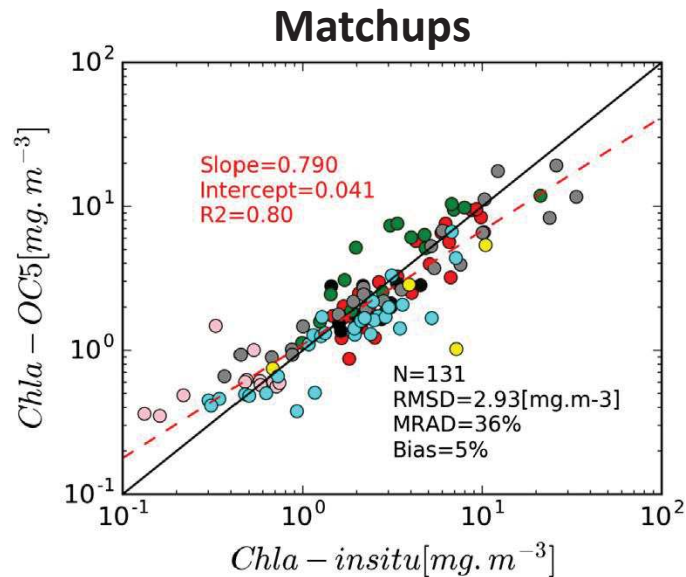
Modification rapide des caractéristiques biogéochimiques des eaux côtières

- Evènements climatiques extrêmes (fortes pluies, tempêtes)
- Blooms phytoplanctoniques spécifiques

→ *Dépasser les limites propres à chaque moyen d'observation*

→ *Tirer profit de la complémentarité des mesures pour combiner les informations fournies par ces différentes observations*

Archives couleur de l'eau à l'échelle nationale et incertitudes associées



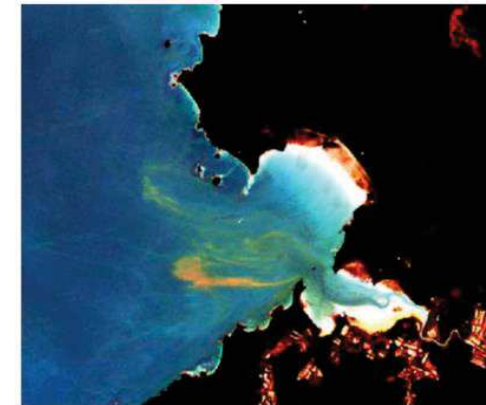
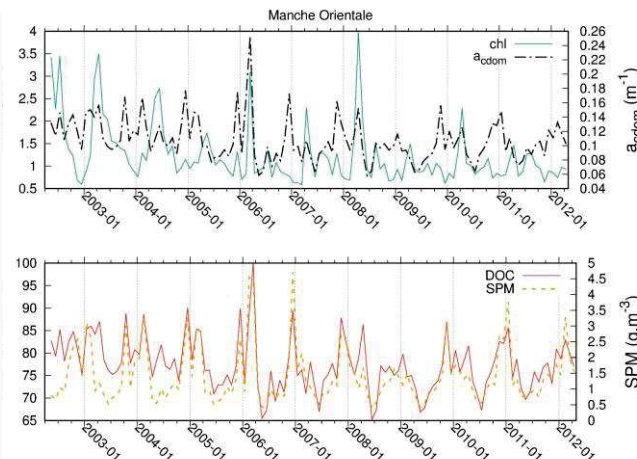
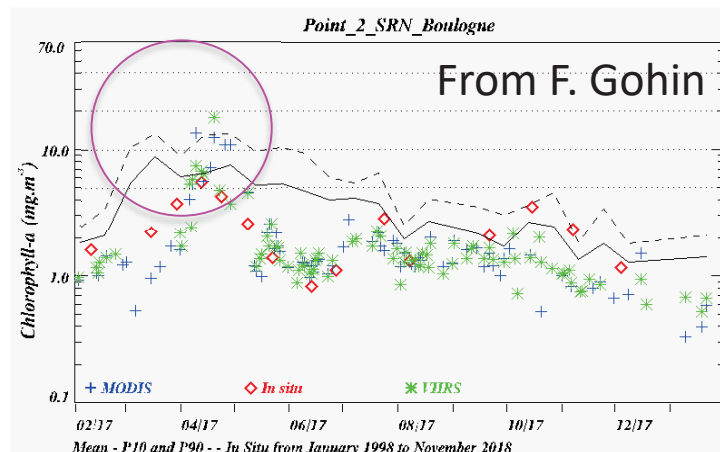
Exemple Chla : Algorithme OC5 (F. GOHIN, IFREMER)

Gange Delta, Bay of Bengal and Arabian Sea (Tilstone et al., 2009, 2011) Bay of Biscay (Novoa et al., 2012), Rhone river plume (Fontana, et al., 2009), Ligurian and Tyrrhenian seas (Lapucci et al., 2012), Alboran sea (Gomez-Jakobsen et al., 2016), Baltic sea, (Pitarch, et al., 2016), Vietnam coastal waters (Loisel et al., 2017)

Sélection des algorithmes les plus pertinents et génération d'archives couleur de l'eau à l'échelle des zones côtières françaises sur la base des données terrain (dont SNOs)

→ Mise a disposition des données pour les différentes archives couleur de l'eau disponibles à haute et moyenne résolution spatiale (ODATIS)

Quelle est la représentativité des observations à l'échelle temporelle ?



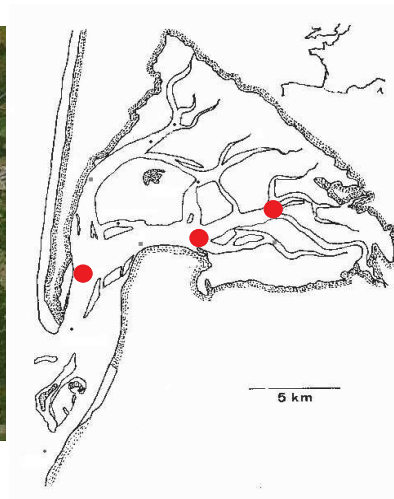
Lepidodinium chlorophorum Sentinel2
estuaire du Mès, P. Gernez comm. pers.

Caractériser et de comparer les variations temporelles des paramètres biogéochimiques communs aux mesures *in situ* et aux archives couleur de l'eau pour évaluer la restitution:

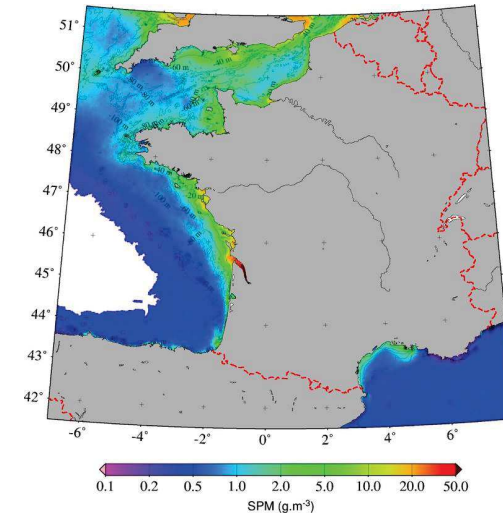
- des variations à long terme
- des variations saisonnières (phénologie des blooms phytoplanctoniques)
- d'évènements exceptionnels (comparaison haute et moyenne résolution spatiale et temporelle)

→ Evaluer la cohérence des différentes observations et leurs limites

Quelle est la représentativité des données à l'échelle spatiale ?



Intra-écosystémique ?



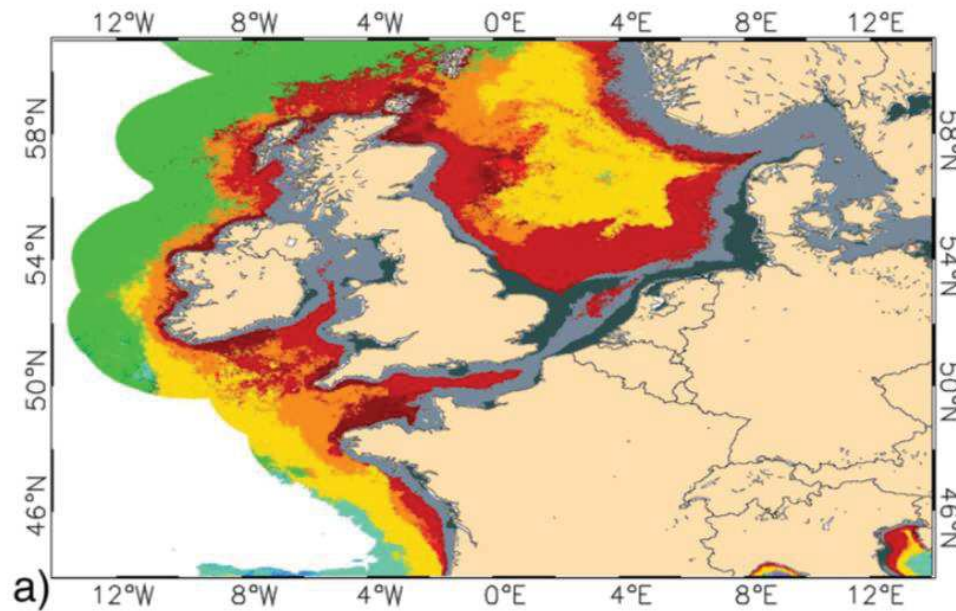
Le long des littoraux français dans leur ensemble ?

Définir jusqu'à quel point les variations (saisonniers interannuelles, ponctuelles) en une station donnée sont représentatives des masses d'eaux environnantes

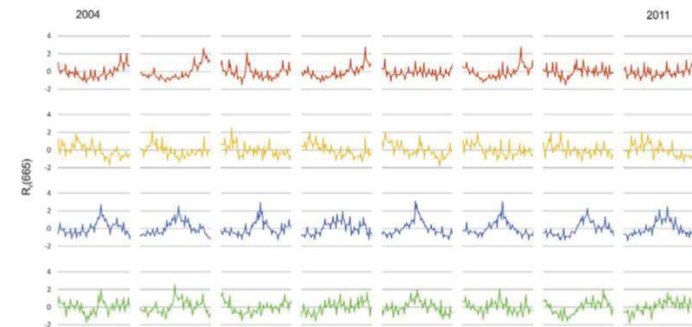
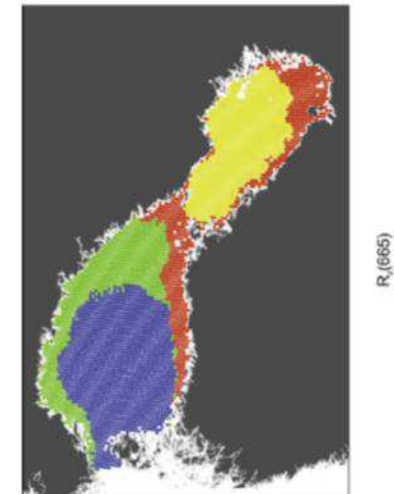
Dans quelle mesure la compréhension de processus biogéochimiques obtenue localement peut être extrapolée à une plus large échelle spatiale ?

Outils statistiques envisagés

- **Analyse de séries temporelles** (Census X-11 decomposition Vantrepotte et Mélin 2011, Empirical Mode Decomposition EMD : Schmitt and Huang 2016)
 - Tendances interannuelles ?
 - Phénologie ?
- **Classification optique**, Vantrepotte et al., 2012, **séries temporelles multivariées**: *Dynamic Time Warping*, Suominen, (2018)
- **Analyses de continuité spatiale** centrées sur les points SNOs



Mélin et Vantrepotte, 2015



Suominen, (2018)

Optimisation des informations fournies par les données in situ et les données couleur de l'eau

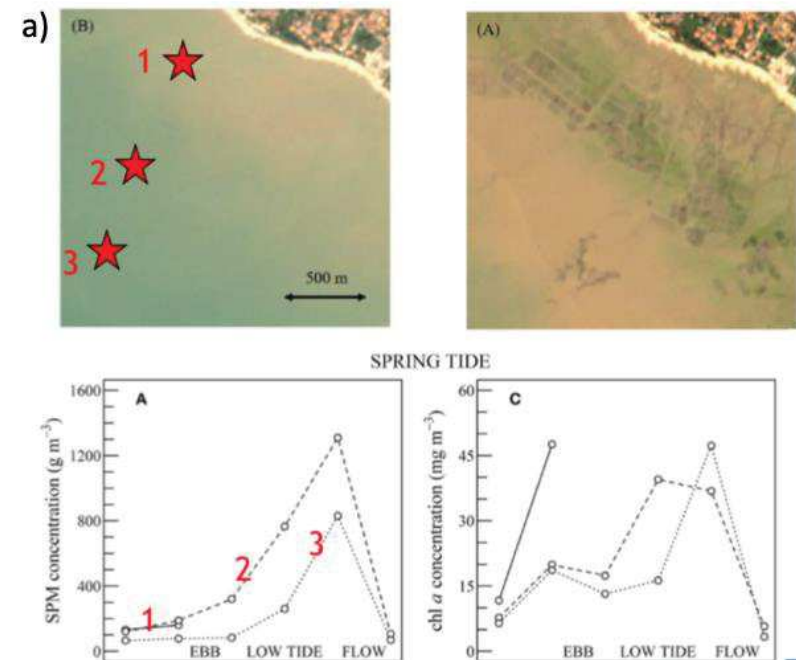
- Fusion des données couleur de l'eau à haute et moyenne résolution spatiale
- Transfert d'échelle via le couplage des données in situ et satellite

Peut-on spatialiser et jusqu'à quel point les données à haute fréquence (COAST HF) ?

→ Augmenter la résolution temporelle des données satellite

→ Prise en compte (correction) des processus à évolution rapide (marées, évènements extrêmes)

- Correction des biais dans les séries couleur de l'eau à long terme multicateurs (1997-, Climate Change Initiative, GlobColour) grâce aux données des de suivi terrain



Gernez et al. (2017)

Résultats attendus

- Génération d'une base de données satellite à haute et moyenne résolution spatiale (portail de distribution de données)
- Démontrer l'avantage des approches couplées pour l'étude à l'échelle nationale:
 - la dynamique des MES notamment dans les grands estuaires français
 - la dynamique phytoplanctonique: déterminisme des blooms, efflorescences extrêmement ponctuelles et inhabituelles (HABs)
 - la dynamique du carbone organique : stock et information sur l'origine de la matière organique particulaire



MERCI