

Développement et application de produits satellitaires validés et calibrés pour le suivi opérationnel de lagunes côtières optiquement complexes

Samuel MARTIN

Laboratoire Océanographie Villefranche, CNRS/SU

samuel.martin@imev-mer.fr

CES ODATIS, 13 mars 2024, Paris, France

Encadrants de thèse :

- David Doxaran (IMEV/LOV)
- Philippe Bryère (ACRI-ST)

1. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

- Été 2018 : crises écologiques dans les lagunes de Berre et de Thau dûes aux chaleurs intenses et à la stratification

Etang de Berre : une catastrophe écologique provoque la mort des palourdes

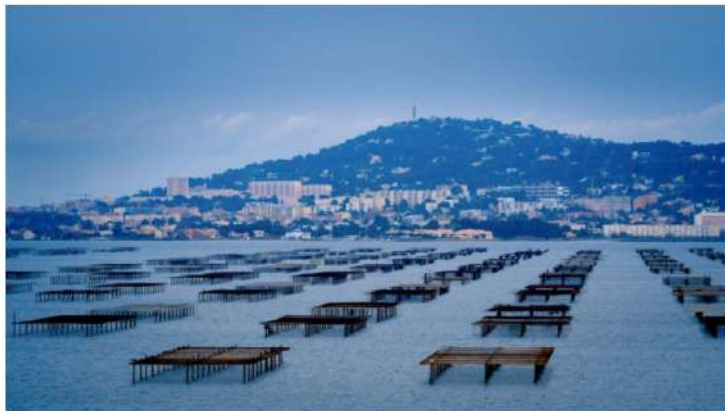
Publié le 10/09/2018 à 15h07 - Mis à jour le 12/06/2020 à 16h21
Écrit par Ludovic Moreau.



Un phénomène d'anoxie a entraîné la destruction du stock de palourdes, la pêche va être de nouveau interdite # © DAVAL

Etang de Thau : la récolte et la vente des huîtres, moules et palourdes suspendues

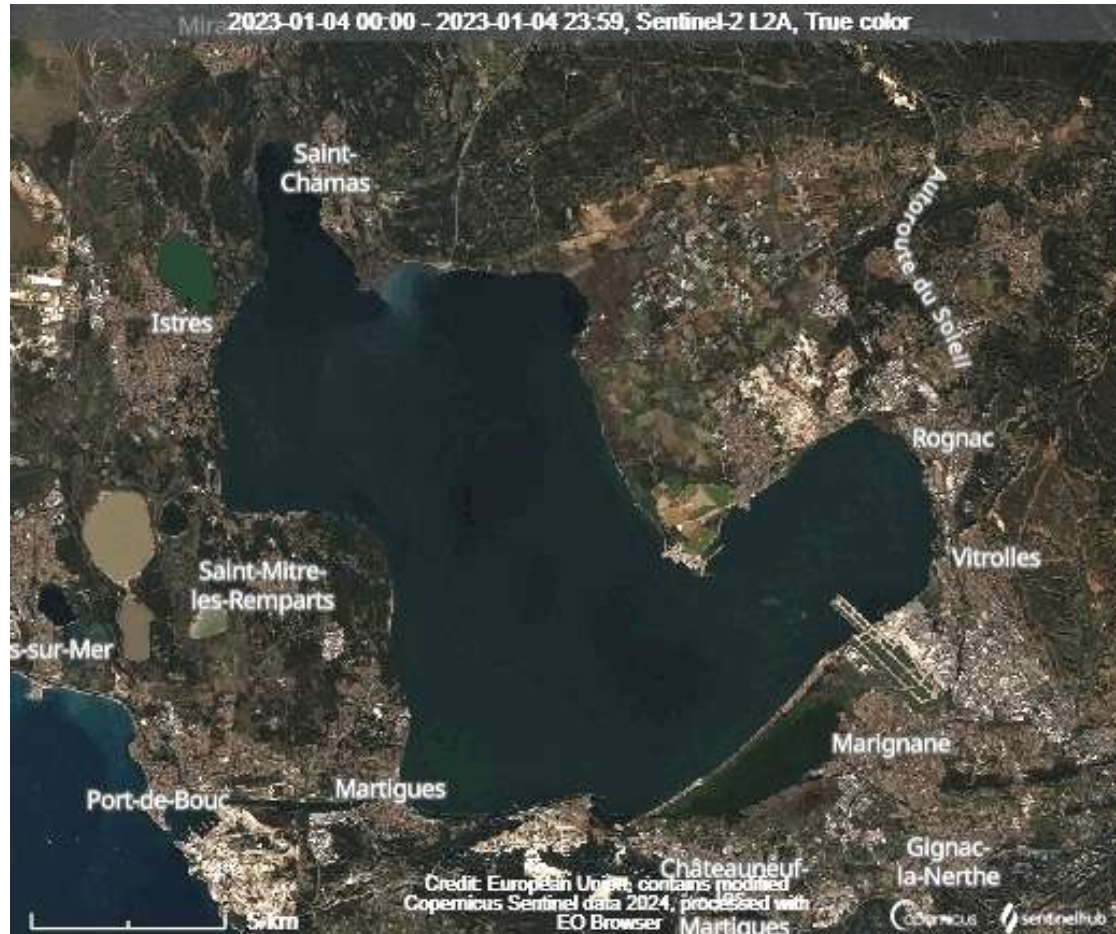
La récolte et la vente des huîtres, moules et palourdes de l'étang de Thau pêchées après le 19 décembre sont interdites par la préfecture de l'Hérault jusqu'à nouvel ordre.



L'étang de Thau, une mer intérieure de plus de 7000 hectares fortement impactée par l'activité humaine (©dr)

- On pourrait bénéficier des observations satellitaires pour la surveillance de ces écosystèmes ...
 - Faible coût (données accessibles gratuitement)
 - Fréquence temporelle élevée
 - Nous donne énormément d'informations spatiales
- ... Mais difficile en raison de la complexité optique des lagunes

1. CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE



Animation GIF d'images Sentinel-2 RGB corrigées sur l'année 2023

Complexité optique des lagunes côtières :

1. Contamination par :
 - Effets de fond
 - Effets terrestres adjacents
 - Sunlint
2. Correction atmosphérique en milieu côtier complexe
3. Environnement hautement dynamique et variabilité de la nature et des concentrations en particules (rejets eaux turbides, remise en suspension, bloom/malaïgue, ...)

→ Algorithmes développés pour l'océan ouvert atteignent leurs limites dans ce type de milieu

2. OBJECTIFS DE LA THESE

1^{er} objectif : calibration/validation de prod. satellitaires adaptés au suivi des lagunes côtières optiquement complexes pour la CHL, les MES, la transparence des eaux et la T°

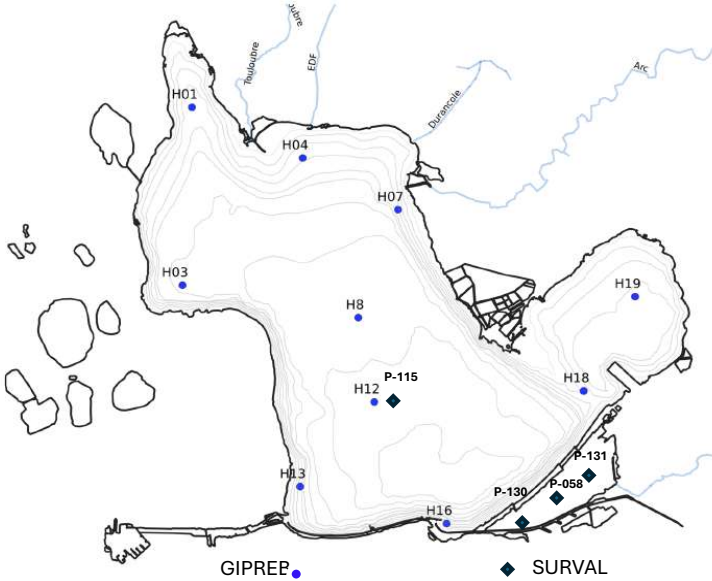
2^{ème} objectif : appliquer les prod. validés sur une série temporelle de 20 ans sur plusieurs lagunes



1. Quels sont les changements écologiques majeurs (20 dernières années) ?
2. Quels changements sont attribuables aux pressions anthropiques (industrialisation et urbanisation, chaine hydroélectrique EDF, aquaculture, modification du bassin versant, changement climatique, etc.) ?
3. Qu'apportent les observations satellitaires par rapport aux mesures in-situ pour évaluer l'état écologique d'une lagune au regard de la DCE ?

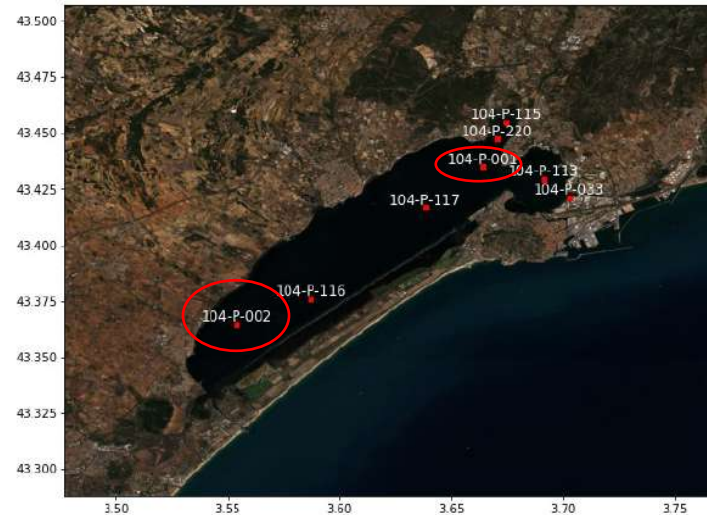
3. METHODOLOGIE : DONNEES IN-SITU

1. Étang de Berre (France)



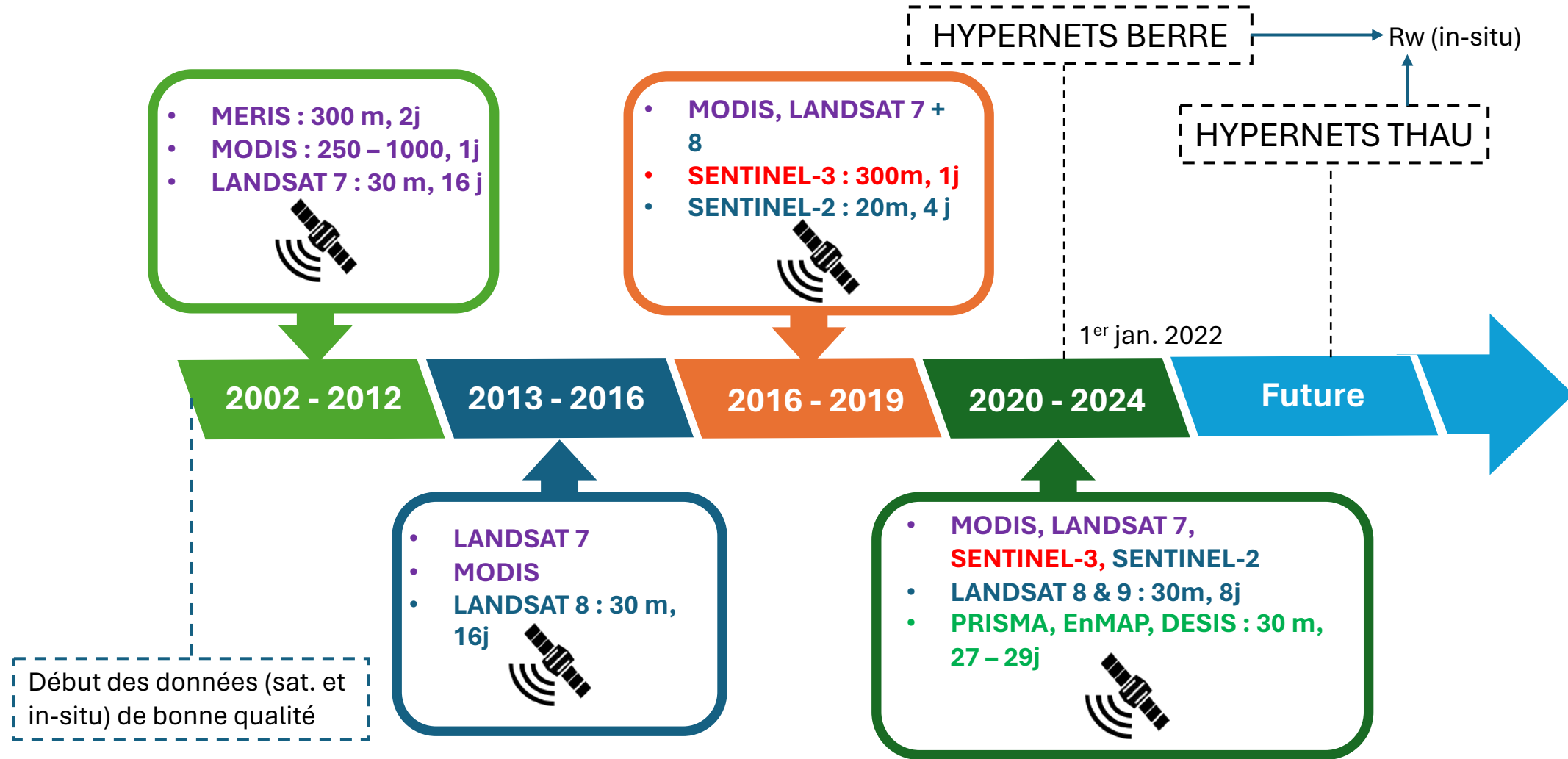
1. Données GIPREB :
 - 10 stations à fréq. mensuelle (~2004 - 2023)
 - CHL (fluorométrie), MES, Zs, TU, T°
2. Données SURVAL :
 - 4 stations (Berre et Bolmon) (~1980 - 2023): CHL (spectrophotométrie) et TU (fréq. ~ mensuelle en été)
3. Campagnes LOV ponctuelles (TRIOS)
4. Radiomètre autonome in-situ HYPERNETS couplé à une sonde BBFLNTU (2022 – 2024) : Rw, Bb, CHL, TU

2. Étang de Thau (France)



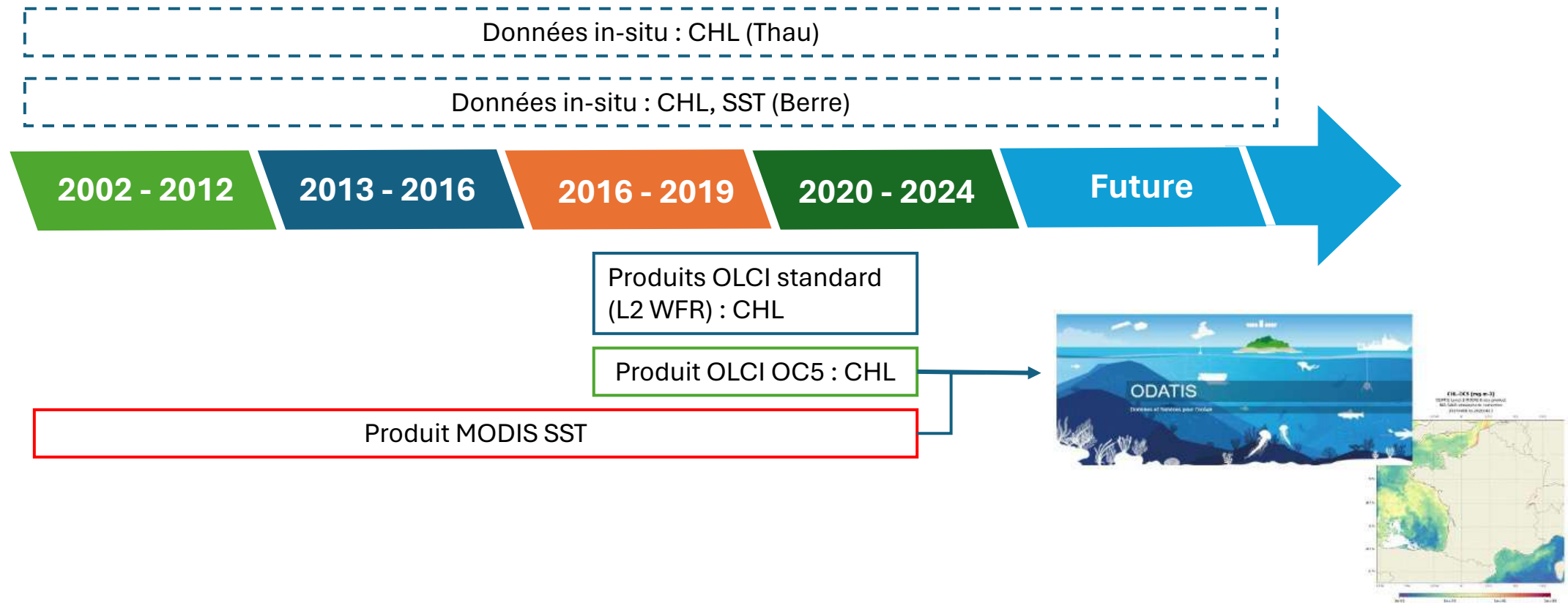
1. Données SURVAL (IFREMER) :
 - 8 stations dont 2 monitorées à fréq. hebdomadaire :
 - CHL (spectrophotométrie), TU, T° (~1990 - 2023)
2. Campagnes LOV ponctuelles (TRIOS)
3. Mai 2024 : Radiomètre autonome in-situ HYPERNETS couplé à une sonde BBFLNTU

3. METHODOLOGIE : DONNEES SATELLITAIRES

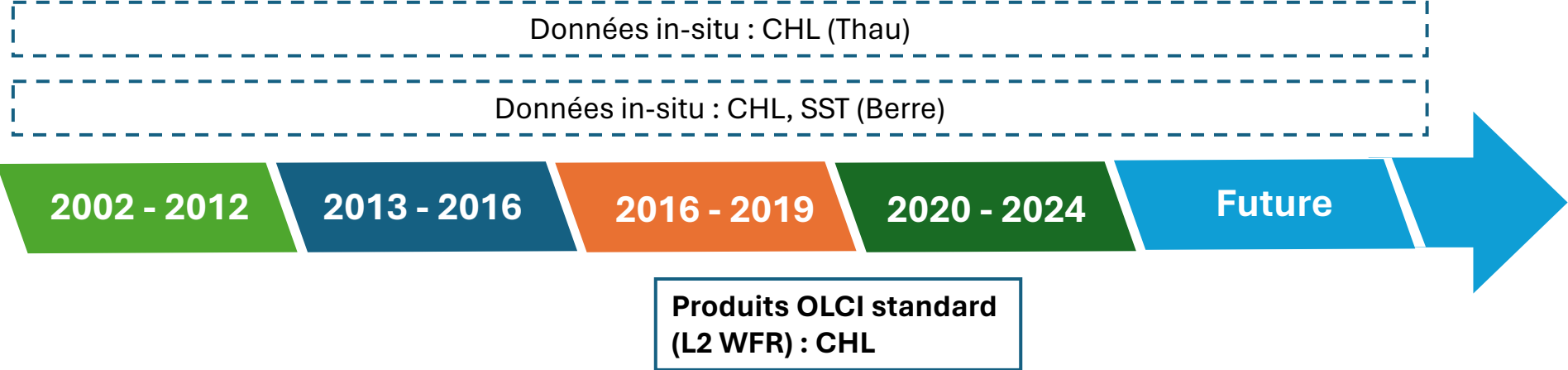


- Mauve : sat. rétrotemporel
- Rouge : sat. principal
- Bleu : sat. secondaire
- Vert : sat. hyperspectral expérimental

3. METHODOLOGIE : DONNEES SATELLITAIRES



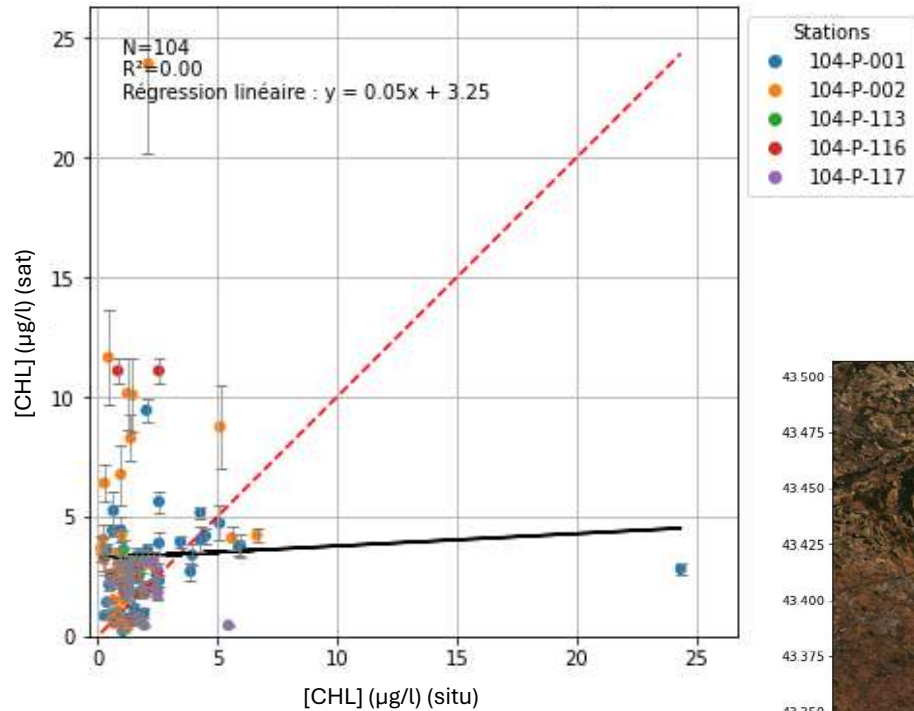
4. RESULTATS : ETANG DE THAU



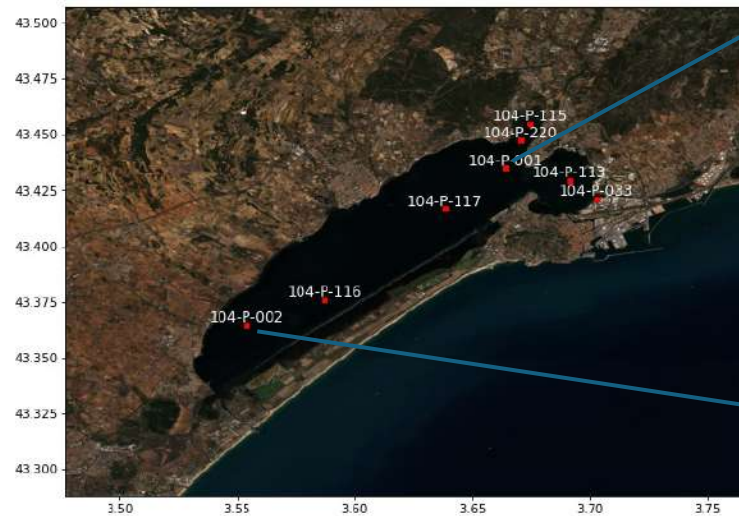
4. RESULTATS : PRODUIT STANDARD (CHL-NN)

1. ETANG DE THAU : DONNEES SURVAL

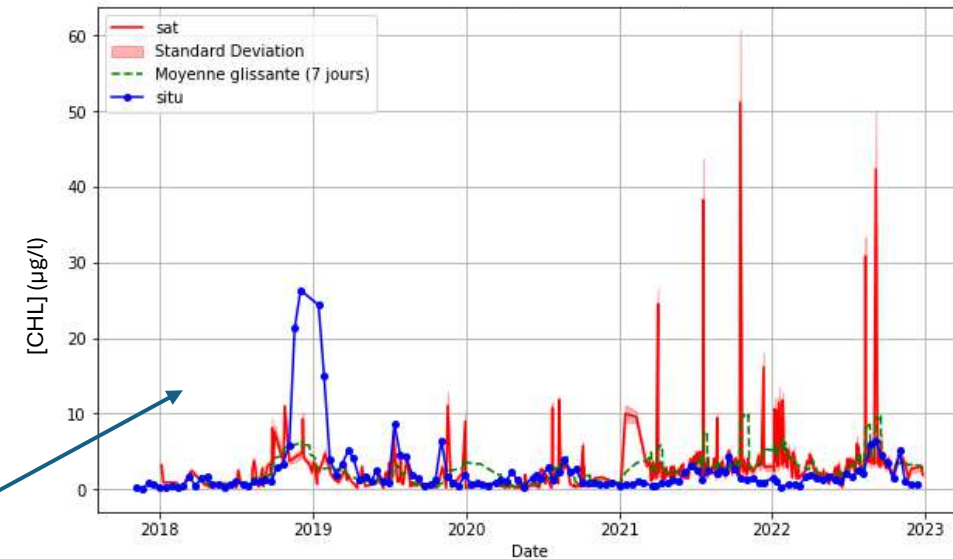
Scatterplot entre données in-situ et satellitaires (OLCI standard) pour la [CHL] ($\mu\text{g/l}$) sur l'étang de Thau



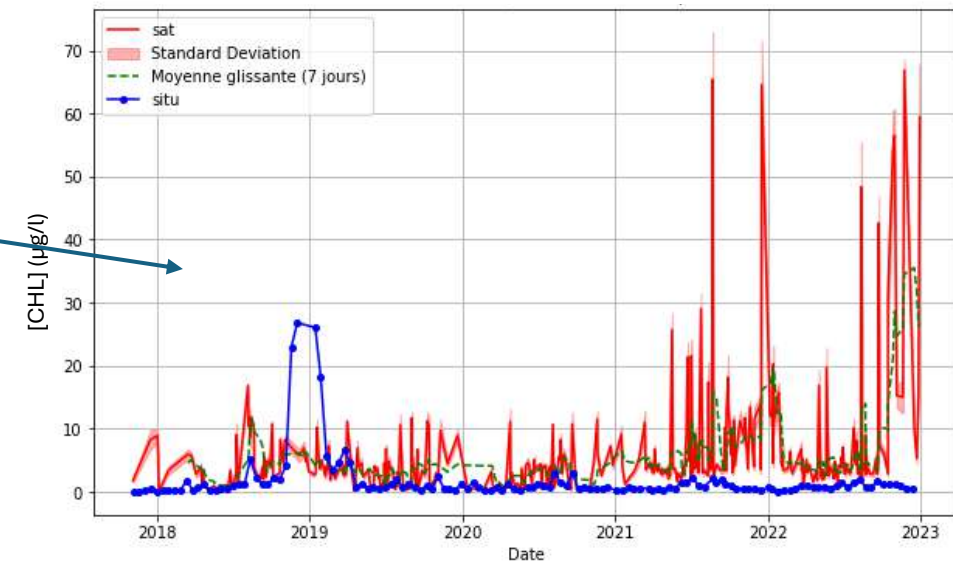
- Résultats mauvais
- Beaucoup de bruit (correction atmosphérique AAC)



Série temporelle des données in-situ et satellitaires (OLCI standard) pour la [CHL] ($\mu\text{g/l}$) sur P-001



Série temporelle des données in-situ et satellitaires (OLCI standard) pour la [CHL] ($\mu\text{g/l}$) sur P-002

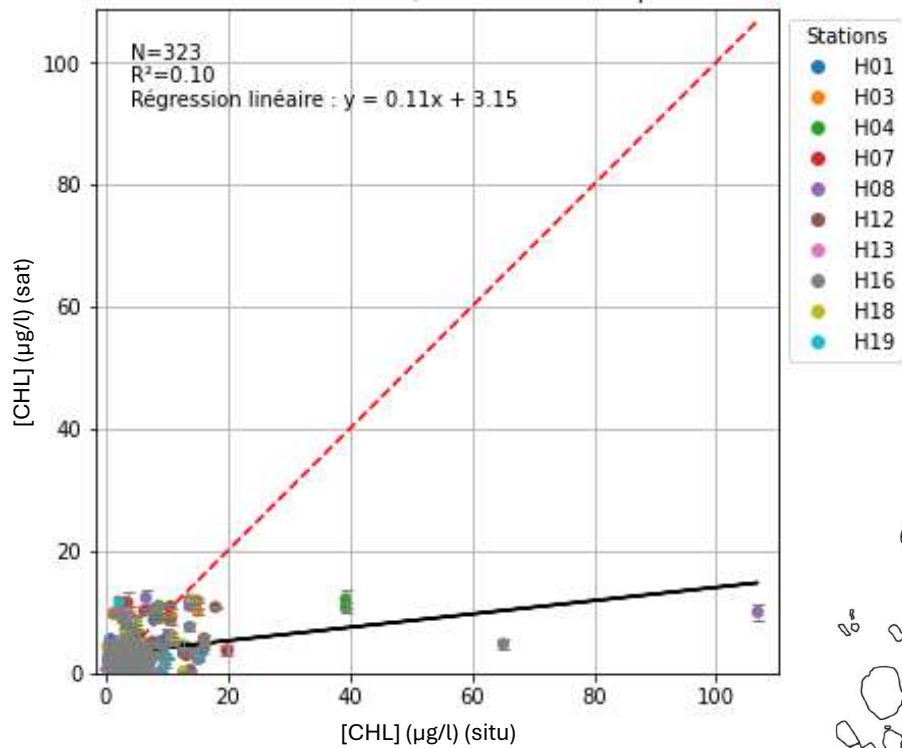


4. RESULTATS : PRODUIT STANDARD (CHL-NN)

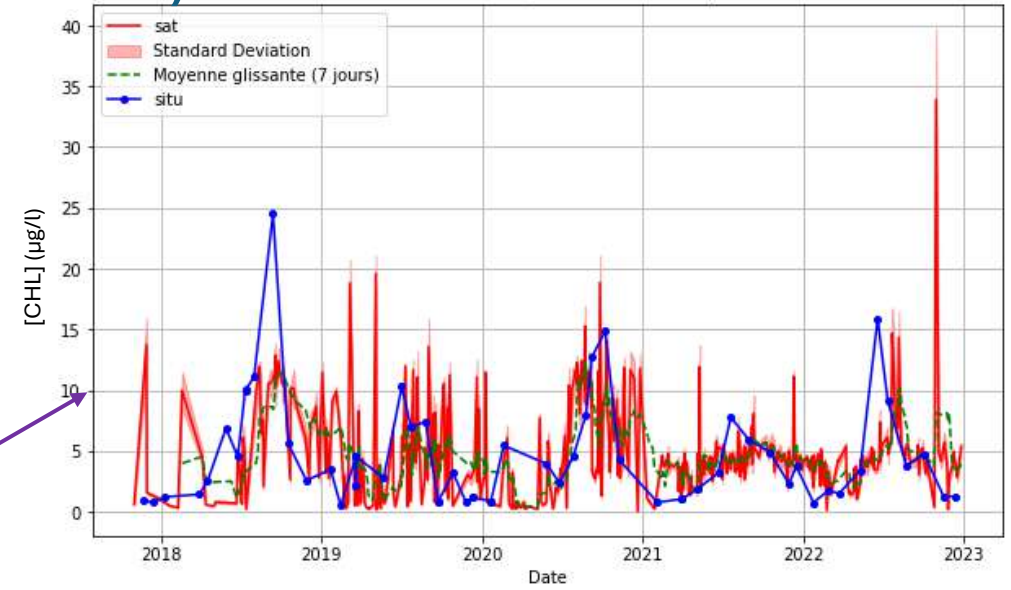
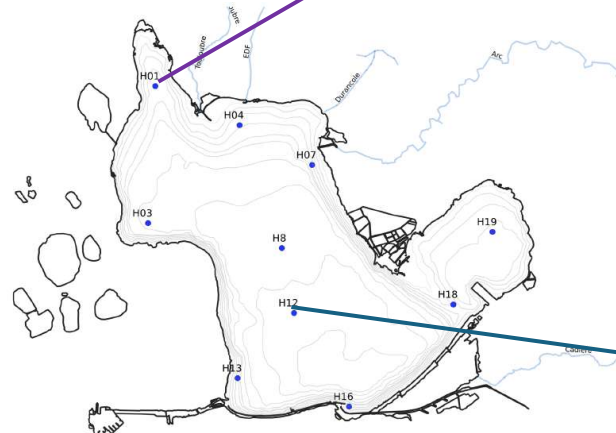
Série temporelle des données in-situ et satellitaires (OLCI standard) pour la [CHL] ($\mu\text{g/l}$) sur H01

2. ETANG DE BERRE : DONNEES GIPREB

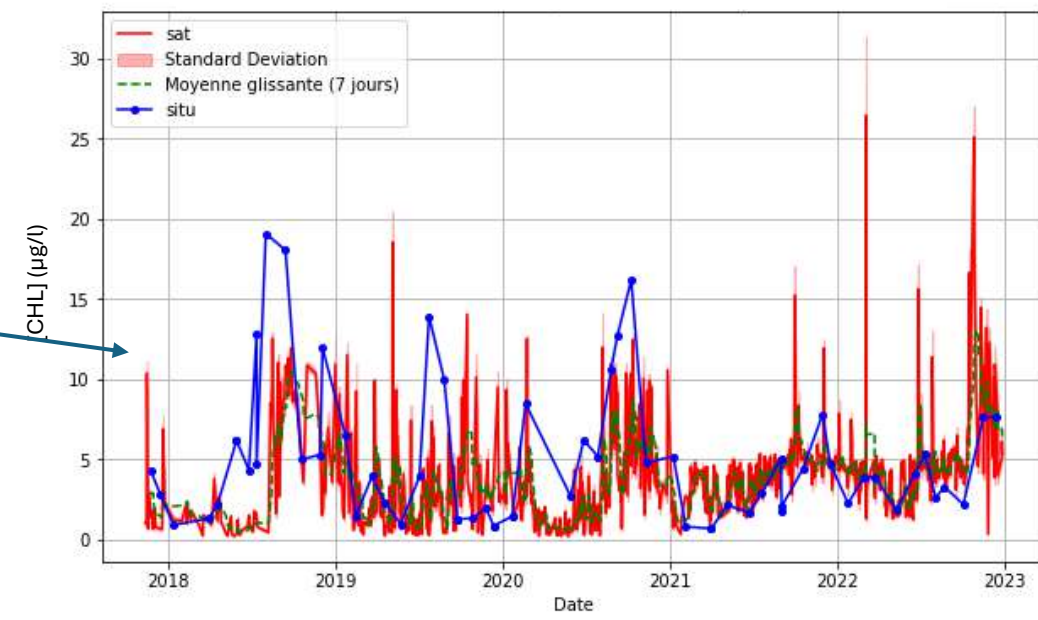
Scatterplot entre données in-situ et satellitaires (OLCI standard) pour la [CHL] ($\mu\text{g/l}$) sur l'étang de Berre

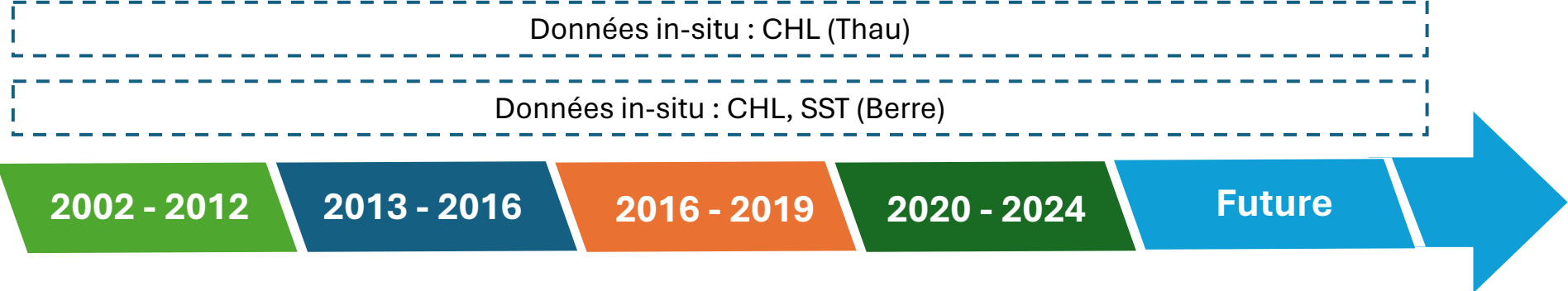


- Beaucoup de bruit (correction atmosphérique AAC)
- Sous-estimation aux [CHL] élevées



Scatterplot entre données in-situ et satellitaires (OLCI standard) pour la [CHL] ($\mu\text{g/l}$) sur H12



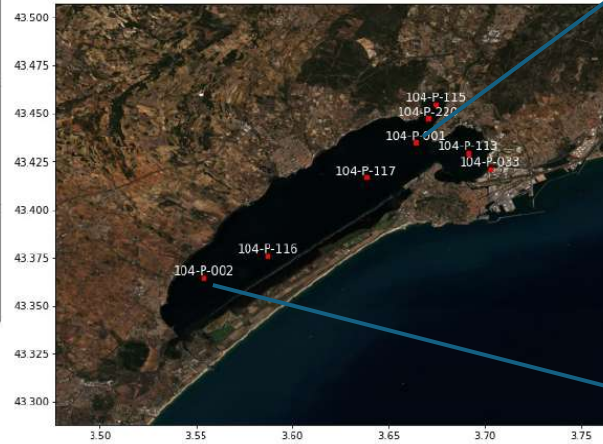
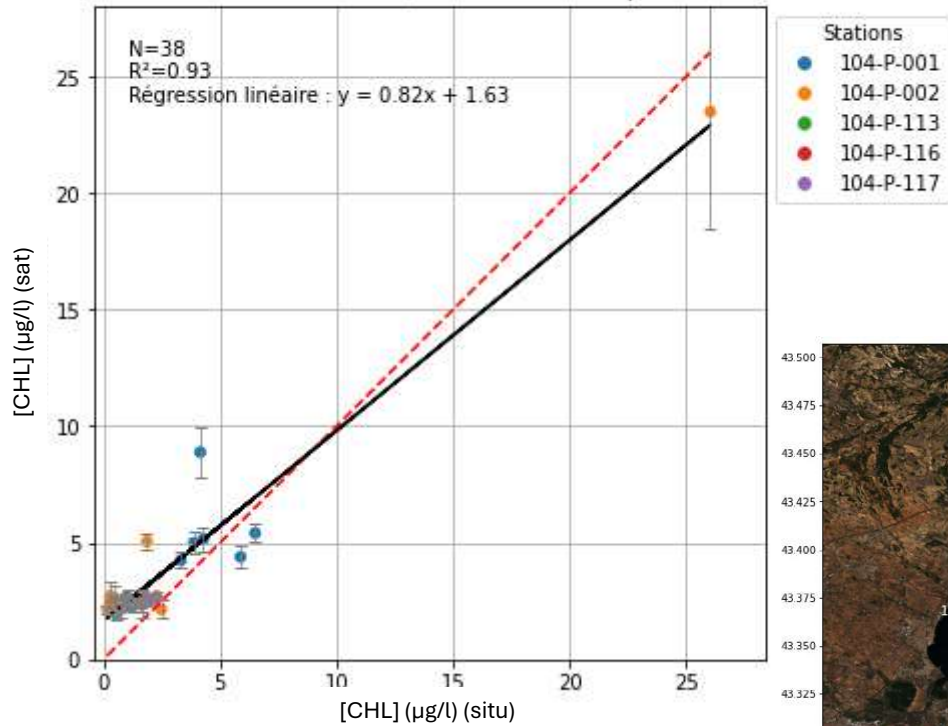


Produit OLCI OC5 : CHL

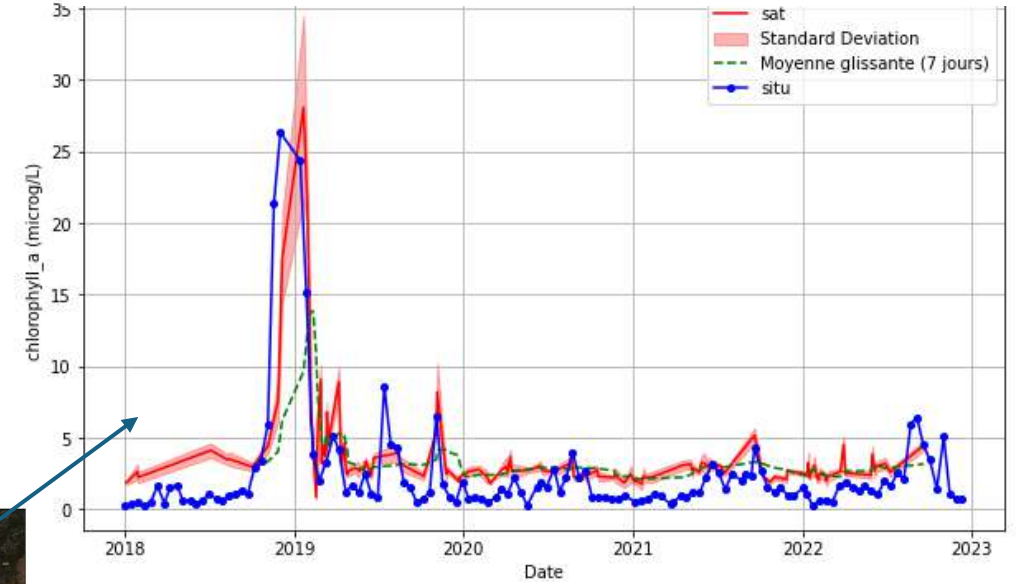
4. RESULTATS : VALIDATION SUR THAU (OLCI-OC5 CHL)

1. ETANG DE THAU : DONNEES SURVAL

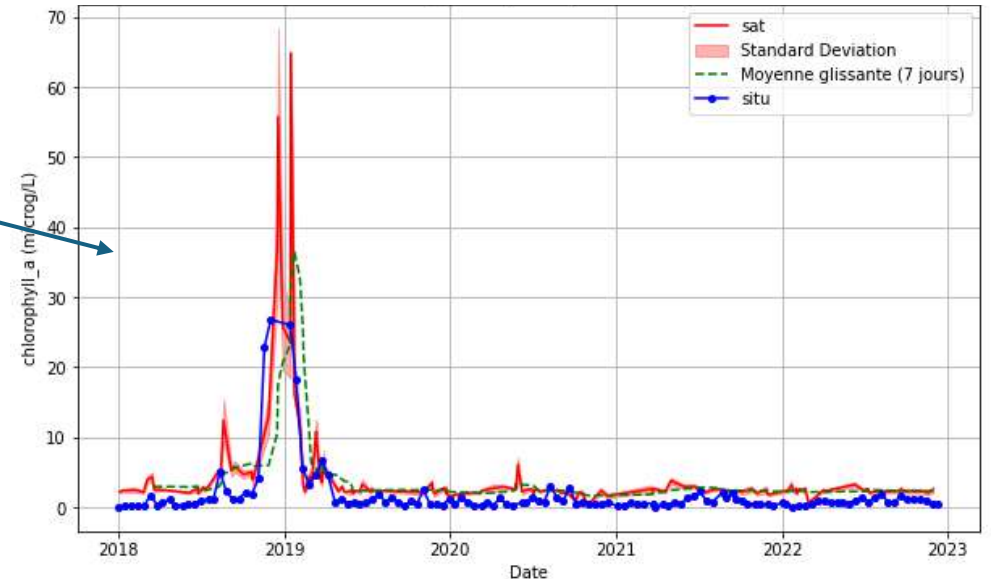
Scatterplot entre données in-situ et satellitaires (OC5) pour la CHL (microg/L) sur l'étang de Thau



Série temporelle des données in-situ et satellitaires (OC5) pour la chlorophylle (microg/L) sur P-001 (Bouzigues)



Série temporelle des données in-situ et satellitaires (OC5) pour la chlorophylle (microg/L) sur P-002 (Marseillan)

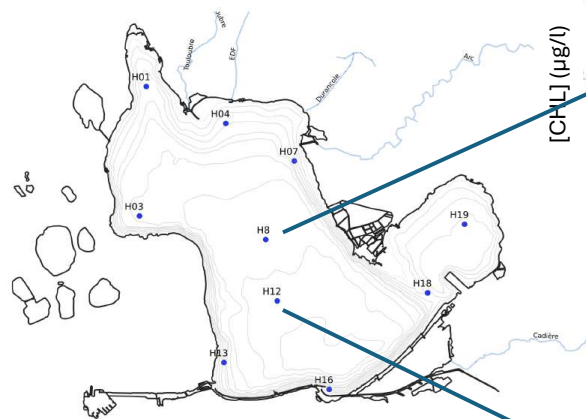
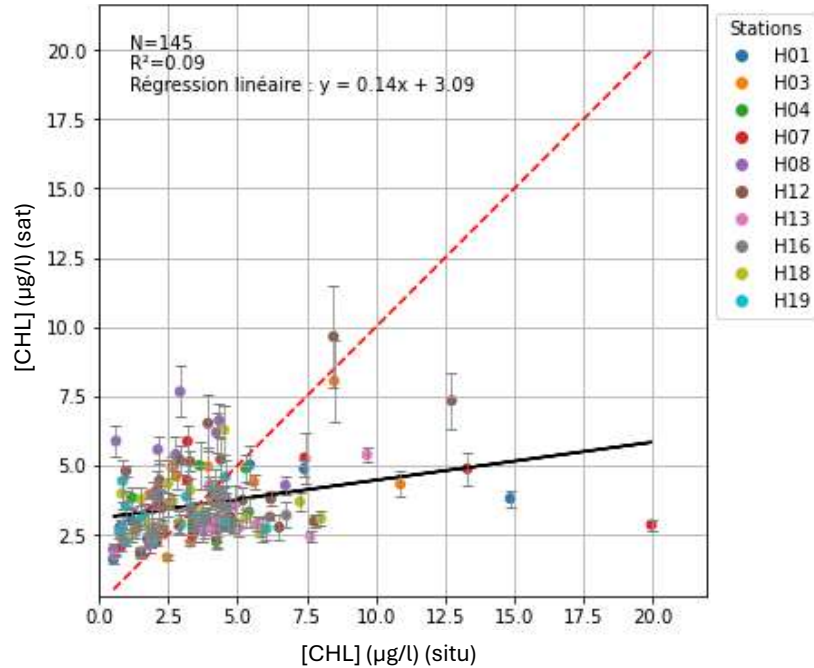


- Très bons résultats (scatterplot + séries temporelles)
- Petit offset aux faibles valeurs de CHL (table/fond ?)

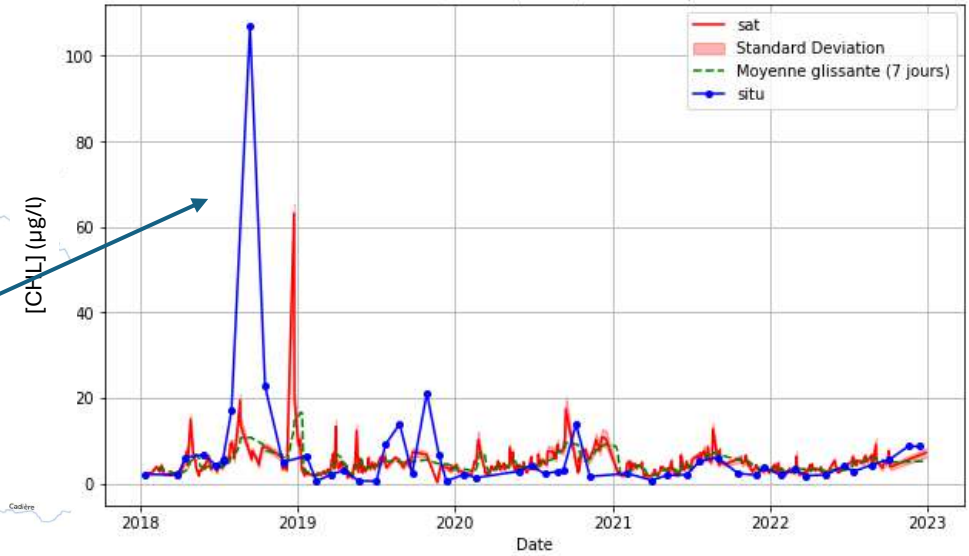
4. RESULTATS : VALIDATION SUR BERRE (OLCI-OC5 CHL)

2. ETANG DE BERRE : DONNEES GIPREB

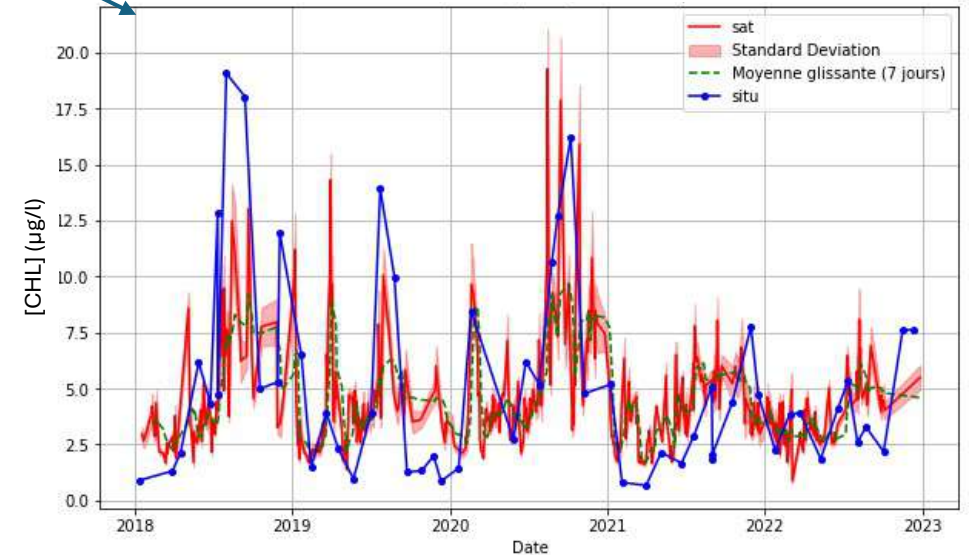
Scatterplot entre données in-situ et satellitaires (OC5) pour la [CHL] ($\mu\text{g/l}$) sur l'étang de Berre



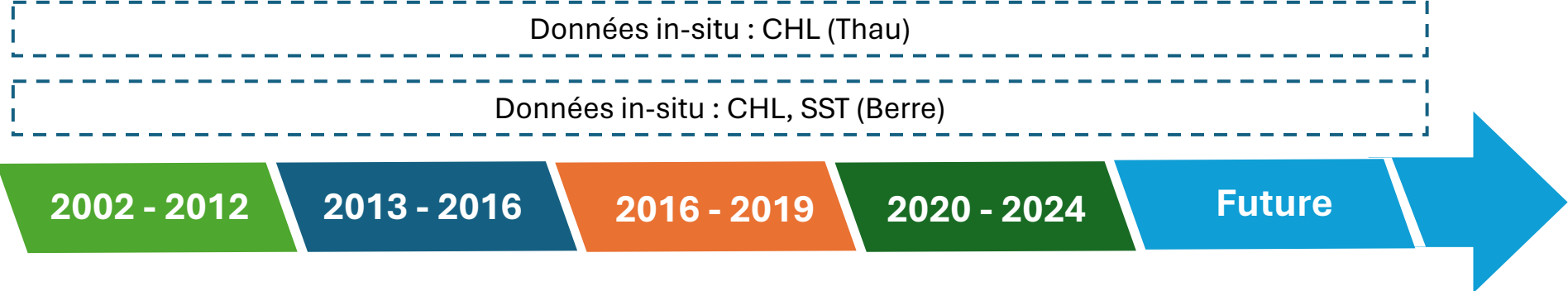
Série temporelle des données in-situ et satellitaires (OC5) pour la [CHL] ($\mu\text{g/l}$) sur H08



Série temporelle des données in-situ et satellitaires (OC5) pour la [CHL] ($\mu\text{g/l}$) sur H12



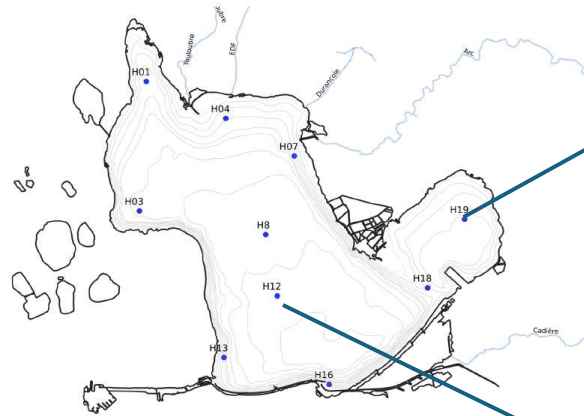
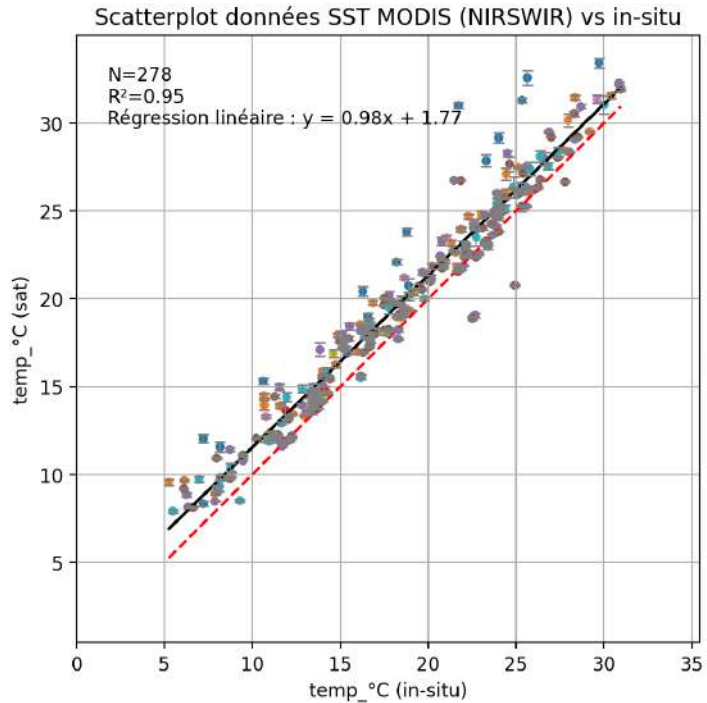
- Résultats « scatterplot » légèrement décevants mais capte bien les tendances sur les séries temporelles
- Fonctionne bien à partir de 2020



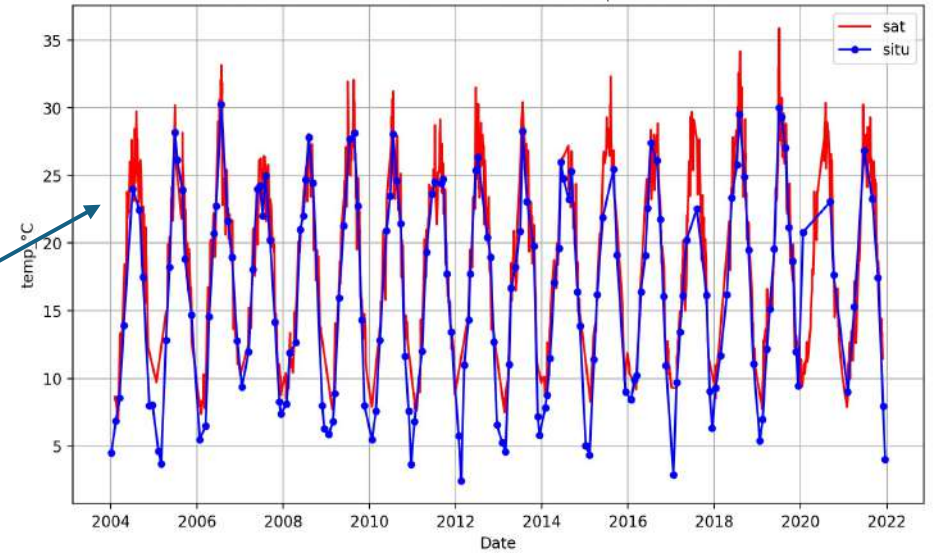
Produit MODIS SST

4. RESULTATS : VALIDATION SUR BERRE (NIRSWIR-MERIS-SST)

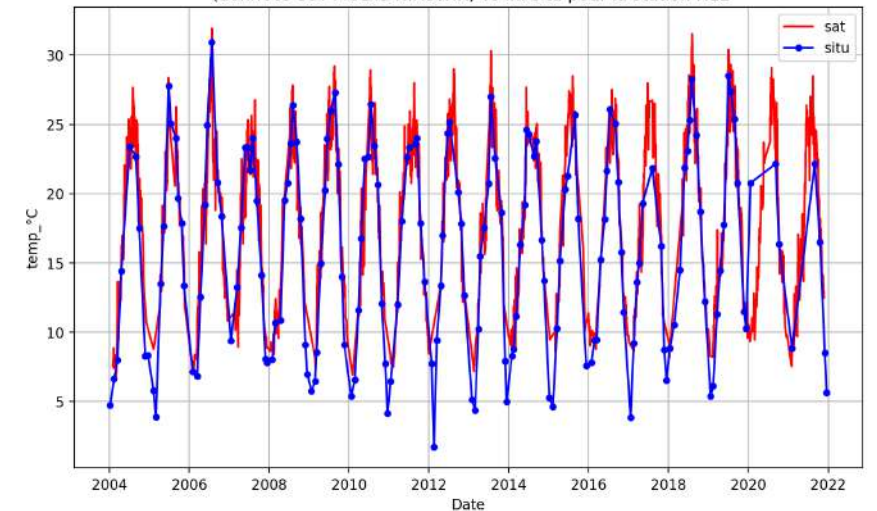
1. ETANG DE BERRE : DONNEES GIPREB



Série temporelle de temp_°C obtenue par satellite (données SST-MODIS NIRSWIR) vs in. situ pour la station H19

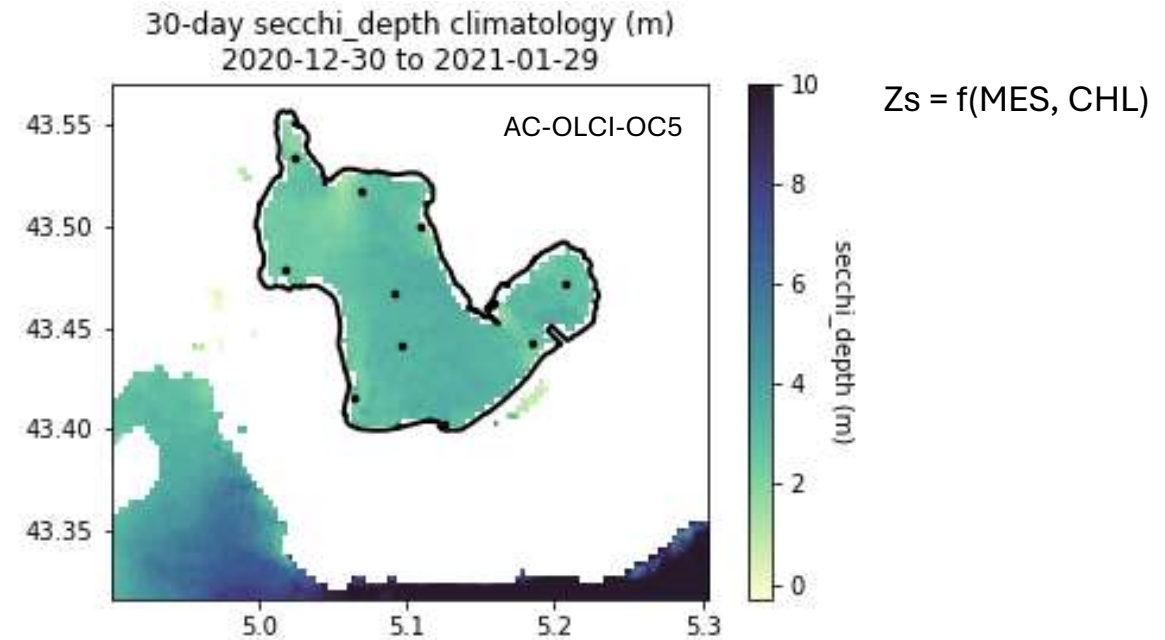
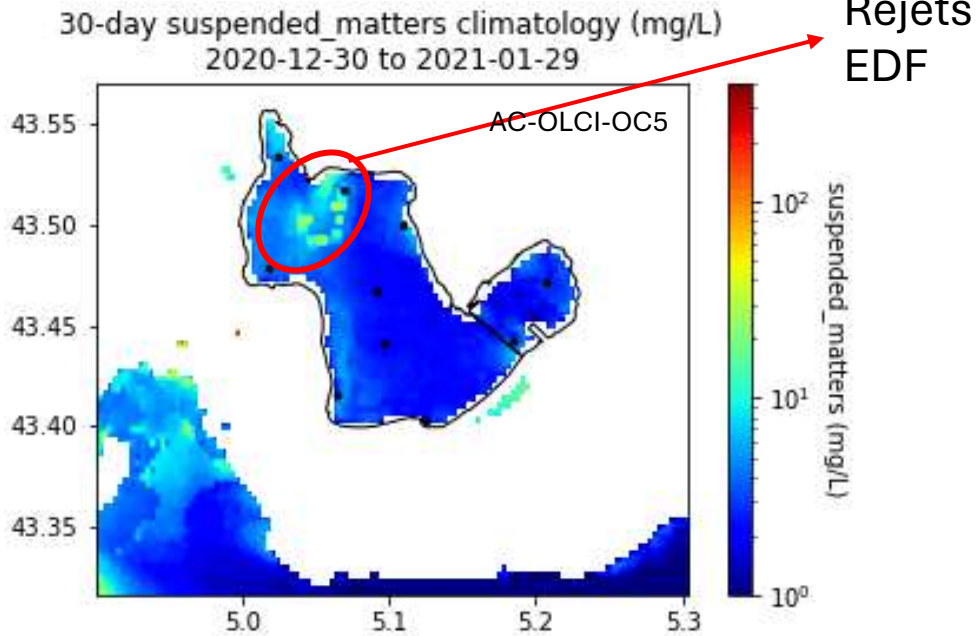
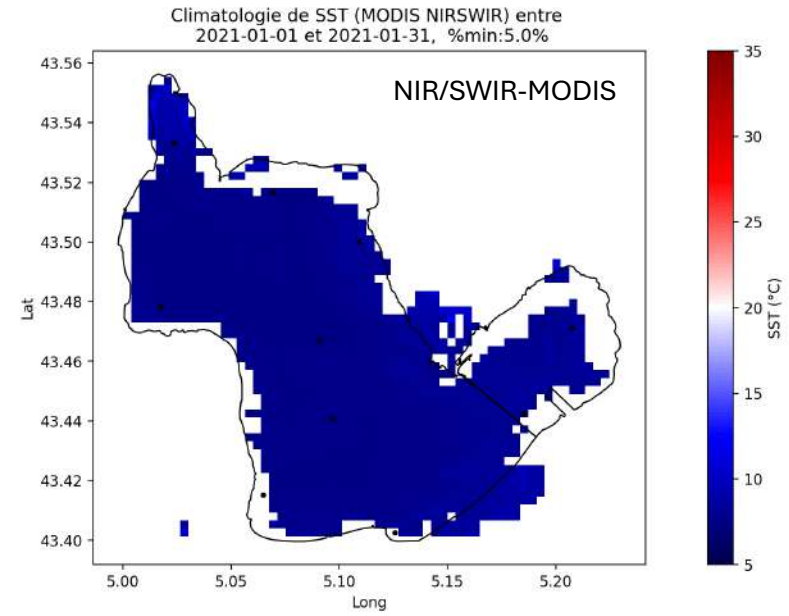
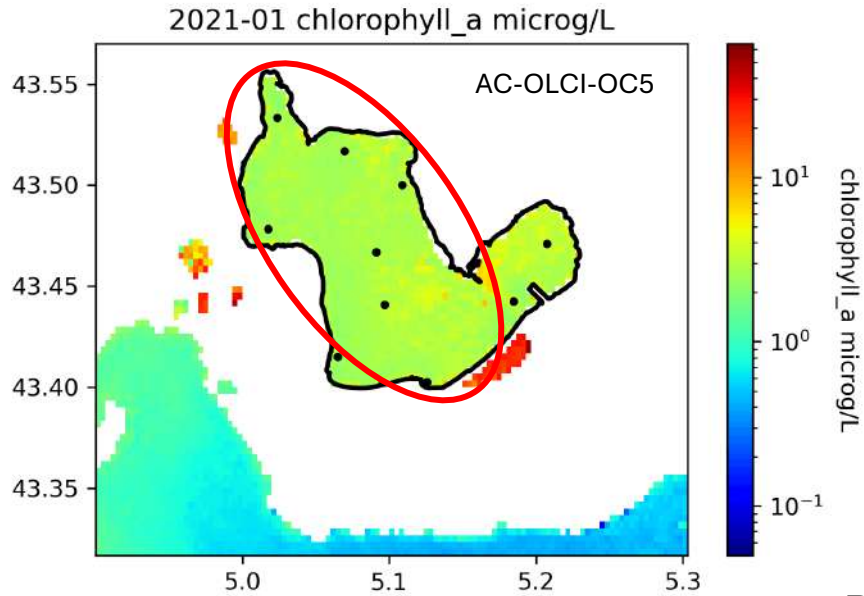


Série temporelle de temp_°C obtenue par satellite (données SST-MODIS NIRSWIR) vs in. situ pour la station H12



- Très bons résultats (scatterplot + séries temporelles)
- Offset attendu de 1,8°C (SST \leftrightarrow T° à 0,5 m de profondeur)
- SST de nuit ?

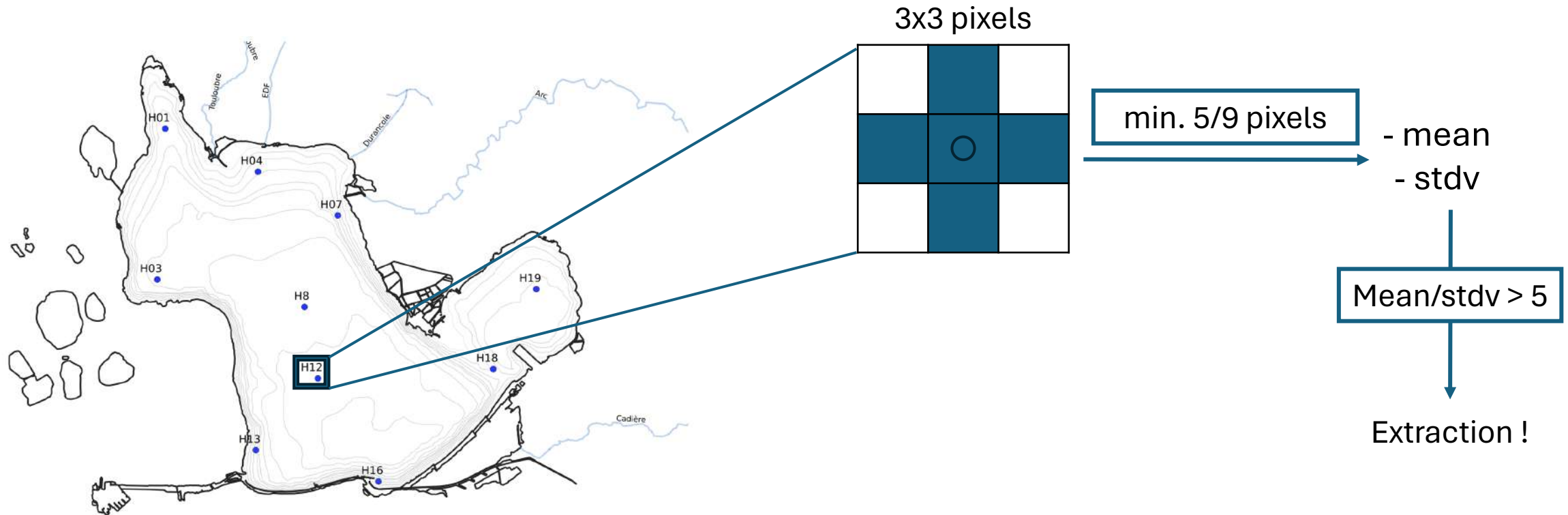
4. RESULTATS : CLIMATOLOGIES 30 J SUR BERRE



5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

- OC5 : meilleurs résultats pour la CHL dans les lagunes que le produit standard (surtout dans Thau)
- Résultats scatterplots : comparaison d'un pixel satellitaire de 300 m vs. une mesure in situ prise à des instants différents ?
- Séries temporelles : OC5 capte bien les tendances et peut être utilisé en complémentarité des mesures in-situ pour suivre l'évolution et la spatialité des lagunes
- Perspectives :
 - Inclusion des effets de fond dans OC5 pour de meilleurs résultats, notamment pour la MES
 - Etendre l'application d'OC5 à autres capteurs et comparaison avec d'autres algorithmes d'AC (polymer/C2RCC) et d'inversion (méthodes semi-analytiques comme Lee et al. 1999) → en cours

6. SLIDE SUPP: EXTRACTION ET MATCH-UP



Mesures in-situ :

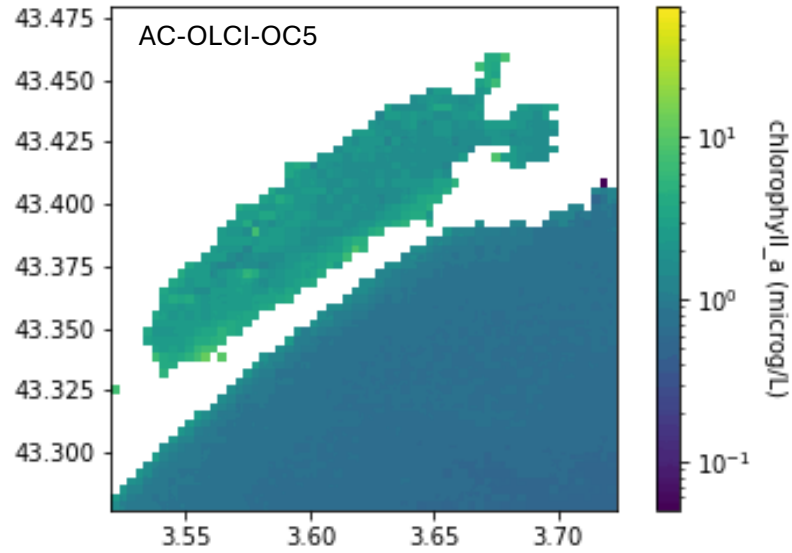
1. Berre : GIPREB, campagnes, SURVAL
2. Thau : SURVAL, campagnes

- ~~Valeurs aberrantes~~
- Moyenne sur la couche de surface ($P < 1$ m)
- Delta temps : jour

Extraction ↔ mesure in-situ

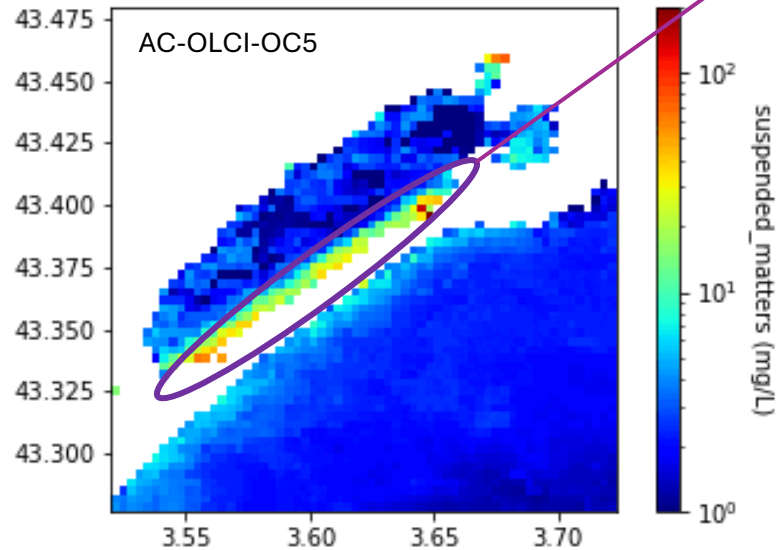
6. SLIDE SUPP : CLIMATOLOGIES 30 J SUR THAU

30-day chlorophyll_a climatology (microg/L)
2021-01-09 to 2021-02-08



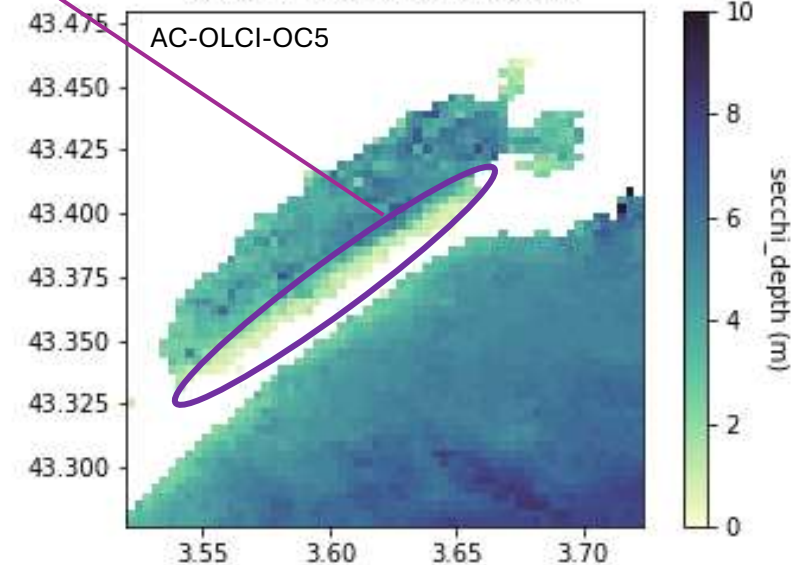
Bande sableuse très peu profonde → effets de fond

30-day suspended_matters climatology (mg/L)
2021-01-09 to 2021-02-08



$$Z_s = f(\text{MES}, \text{CHL})$$

30-day secchi_depth climatology (m)
2021-01-09 to 2021-02-08

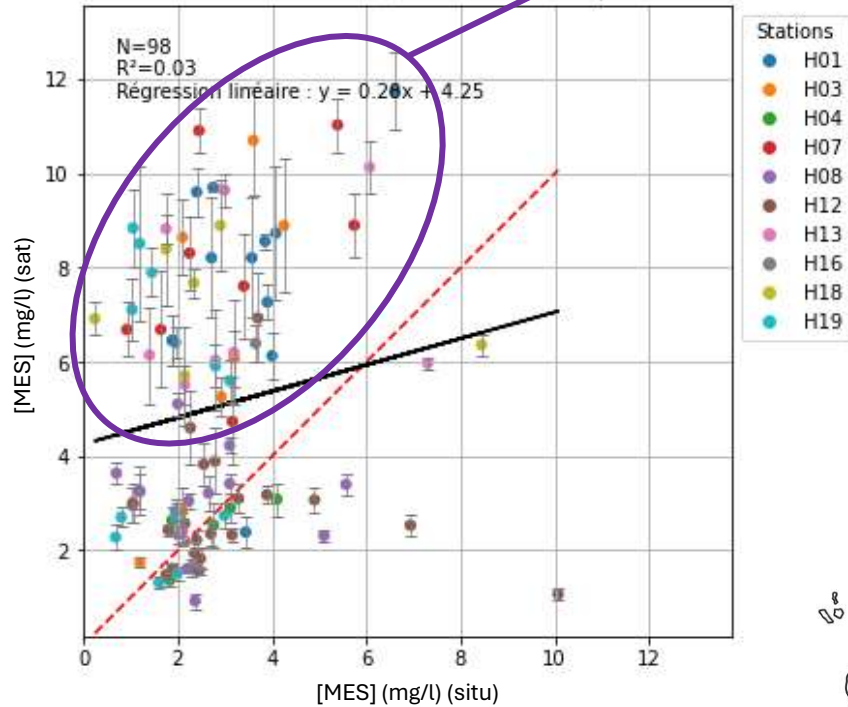


6. SLIDE SUPP : PRODUIT OC5 : MES

1. ETANG DE BERRE : DONNEES GIPREB

H01, H07, H13, H18, H16 et H19 → effets adjacents/de fond !

Scatterplot entre données in-situ et satellitaires (OC5) pour la [MES] (µg/l) sur l'étang de Berre



Série temporelle des données in-situ et satellitaires (OC5) pour la [MES] (mg/l) sur H07

