



HAL
open science

CES - Couleur des eaux continentales Exploitation de l'imagerie Sentinel-2 et Landsat-1..8

Tristan Harmel, Jean-Michel Martinez, Tormos Thierry, Nathalie Reynaud

► **To cite this version:**

Tristan Harmel, Jean-Michel Martinez, Tormos Thierry, Nathalie Reynaud. CES - Couleur des eaux continentales Exploitation de l'imagerie Sentinel-2 et Landsat-1..8. Atelier ODATIS Couleur de l'eau, May 2019, Paris, France. hal-02993377

HAL Id: hal-02993377

<https://hal.inrae.fr/hal-02993377>

Submitted on 6 Nov 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CES - Couleur des eaux continentales

Exploitation de l'imagerie Sentinel-2 et Landsat-1..8



Objectifs

Observer

Lacs de toutes tailles (grands lacs, retenue, alpins, marais...)

Rivières, fleuves, estuaires

Caractériser

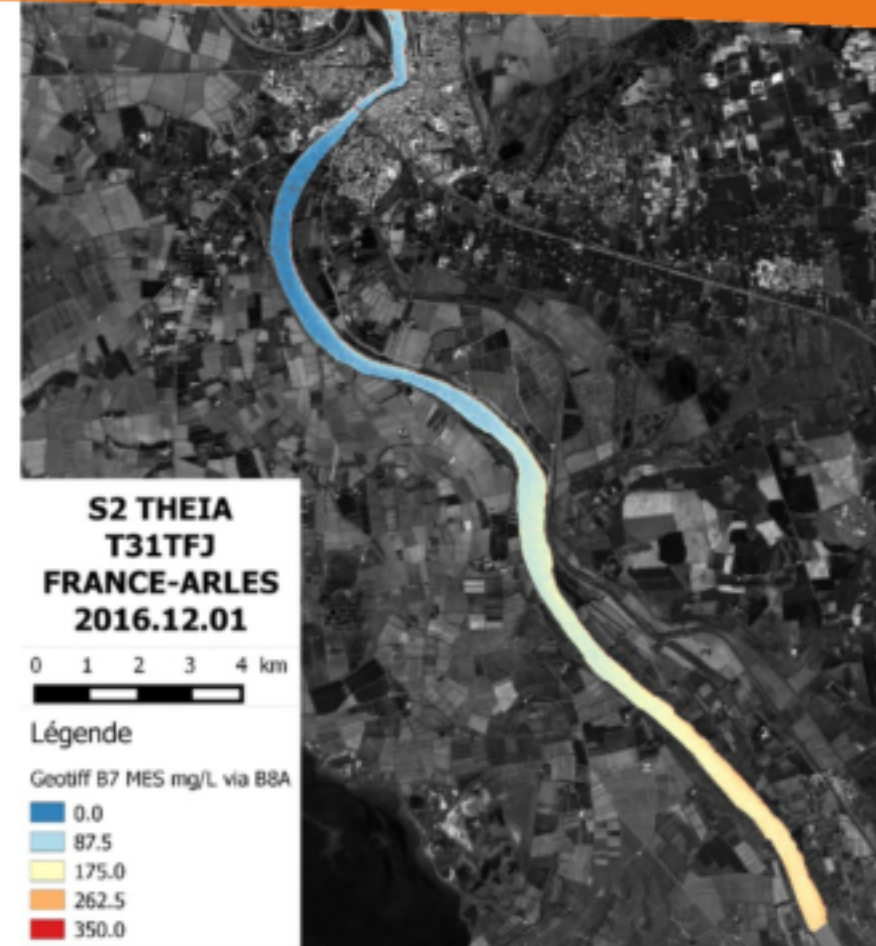
Matières dissoutes et en suspension dans l'eau

Activité biologique, micro-algues (e.g., cyanobactérie)

Comprendre et prévoir

Couplage **observation-modélisation** pour l'analyse de l'état écologique des plans d'eau, processus des bassins versants

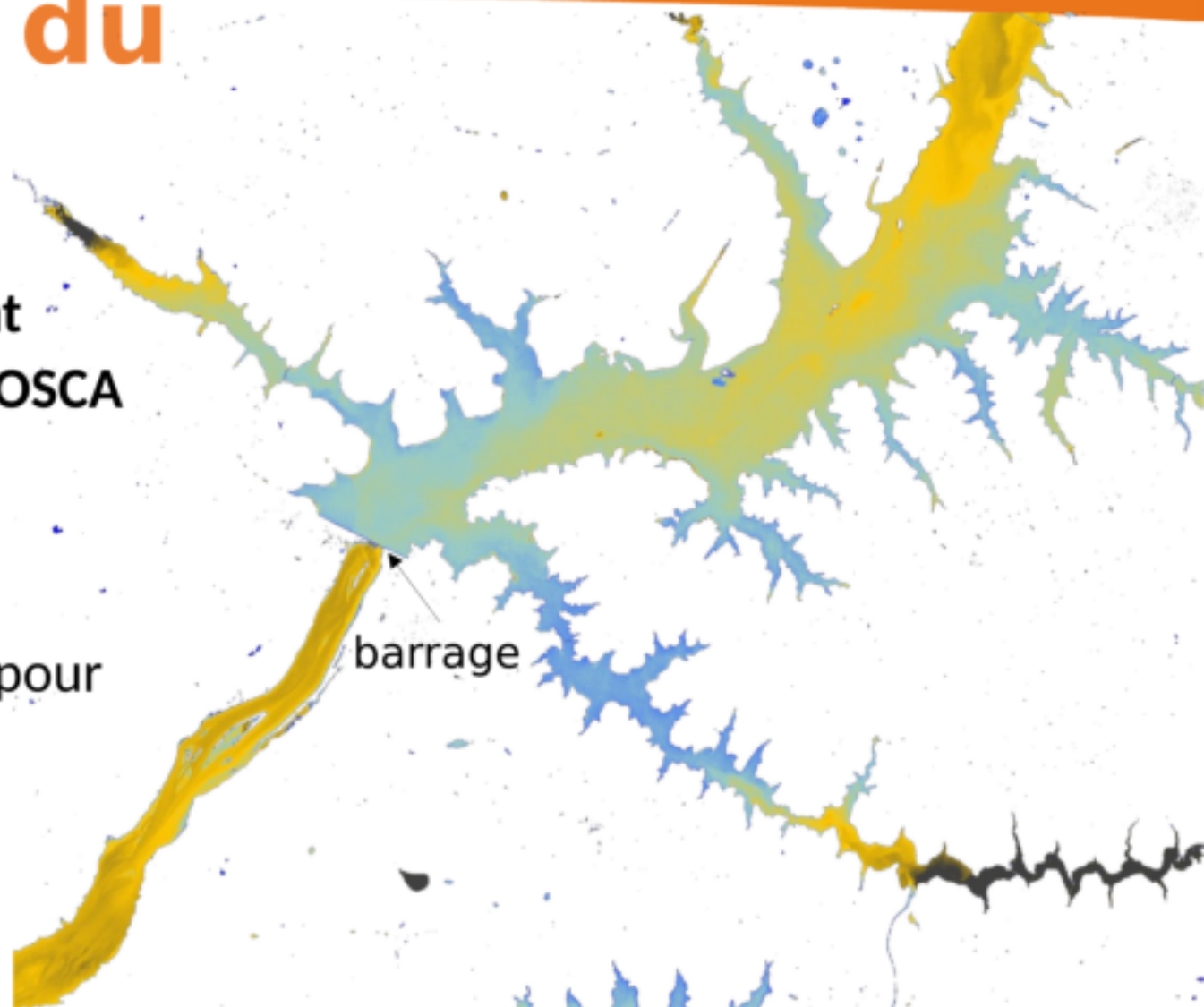
Couplage avec futures **données SWOT** pour l'estimation des flux sédimentaires



Fleuve Rhône (Arles), Sentinel-2

Ambitions du CES

- Mise en place d'une **chaîne de traitement automatisée** avec le support de **THEIA, TOSCA** (projet OBS2CO) et **SWOT-AVAL** pour les produits Landsat / Sentinel-2 (L2, L3)
- Sites pilotes en France et dans le monde pour le suivi de la qualité de lacs et rivières (*mesures in situ*)
- Objectifs : **150 stations virtuelles** à 3 ans



Remise en suspension dans un système de lacs de barrage au sud du Brésil (Sentinel-2)

Processing chain

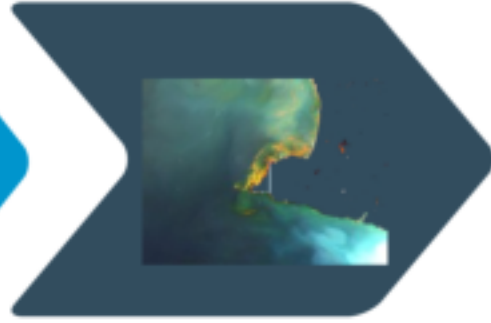
1



OPTICAL IMAGES

- Sentinel 2 (10m)
- Landsat (30m)
- MODIS (250m)
- Sentinel 3 (300m)

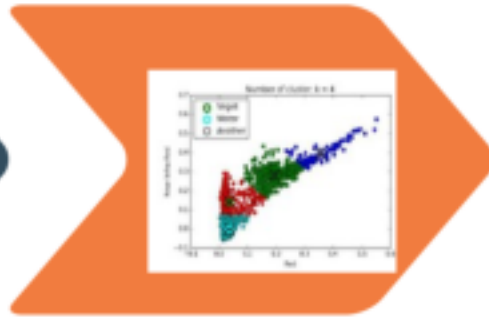
2



ATMOSPHERIC CORRECTIONS

Water reflectance
(Importance of
sunlint correction)

3



WATER MASK

Pixels classification
(clustering)
Cloud or cliff shadows
(machine learning)

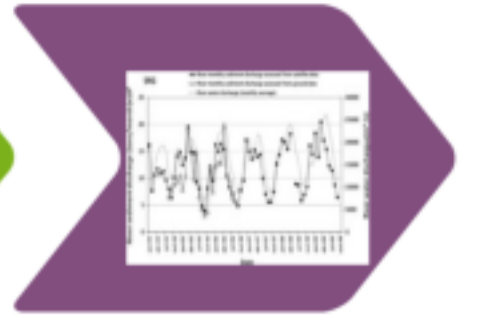
4



SIGNAL INVERSION

Need of in-situ
measurements for
CAL/VAL
Characterization of
diffuse/absorbed
radiations

5



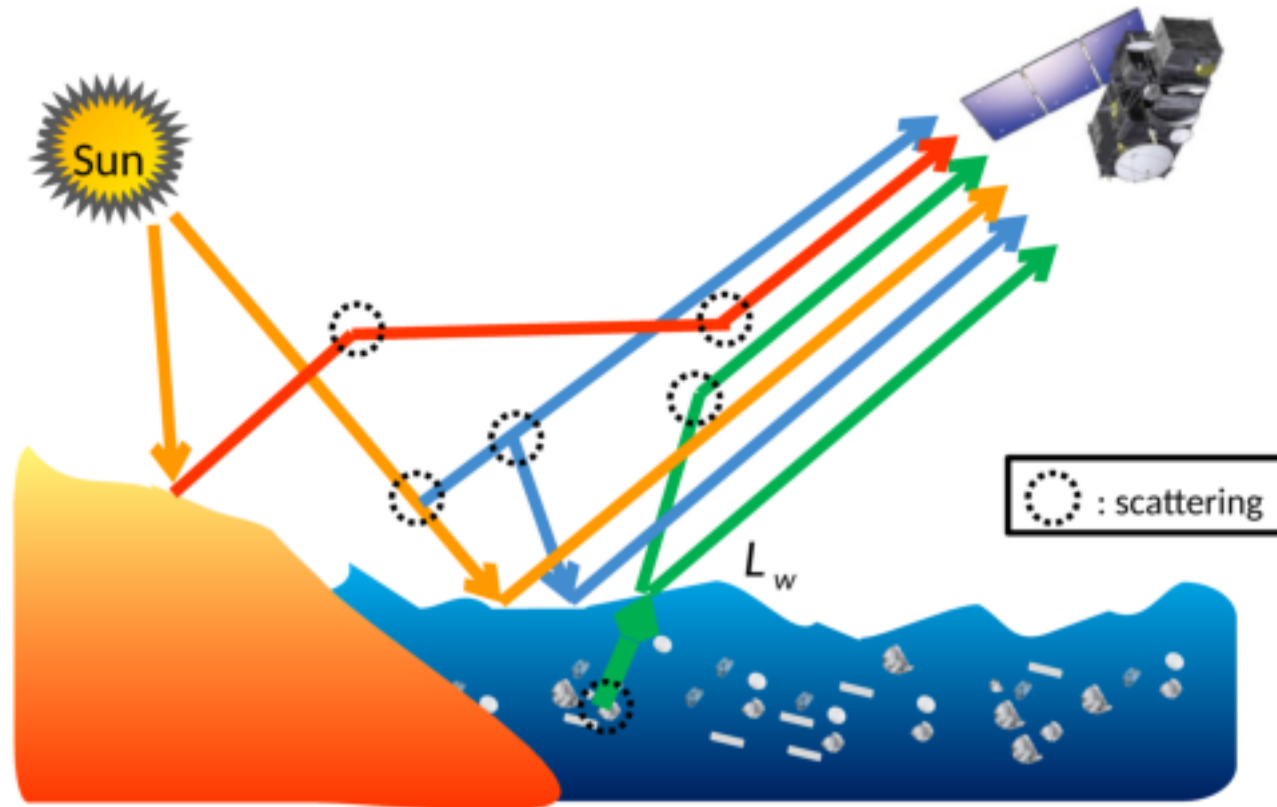
MODELIZATION

Coupling with models
and other datasets
Sedimentary fluxes
Impact on biodiversity
Diseases and health
hazard alert

Expertises du CES - Couleurs des Eaux Continentales

Défi 1- Signal eau (L_w) corrigé

- Transfert radiatif système couple atmosphère-interface-eau
- Algorithmie satellitaire (problèmes inverses, données massives...)



Codes:

Environnement linux
Python, FORTRAN, C, Java

Clusters de calculs:

IRSTEA
Theia
CNES

Images satellite:

MODIS
Landsat-1..8
Sentinel-2
Sentinel-3
...
Futur SWOT

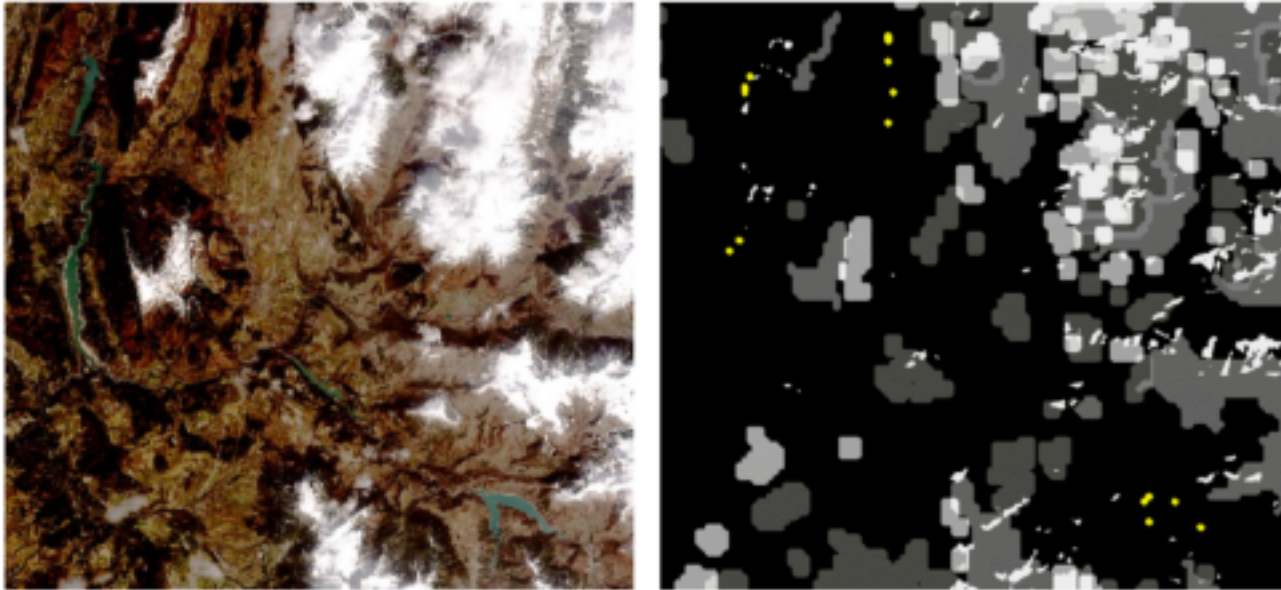
Expertises du CES - Couleurs des Eaux Continentales

Défi 1- Signal eau (Lw) corrigé

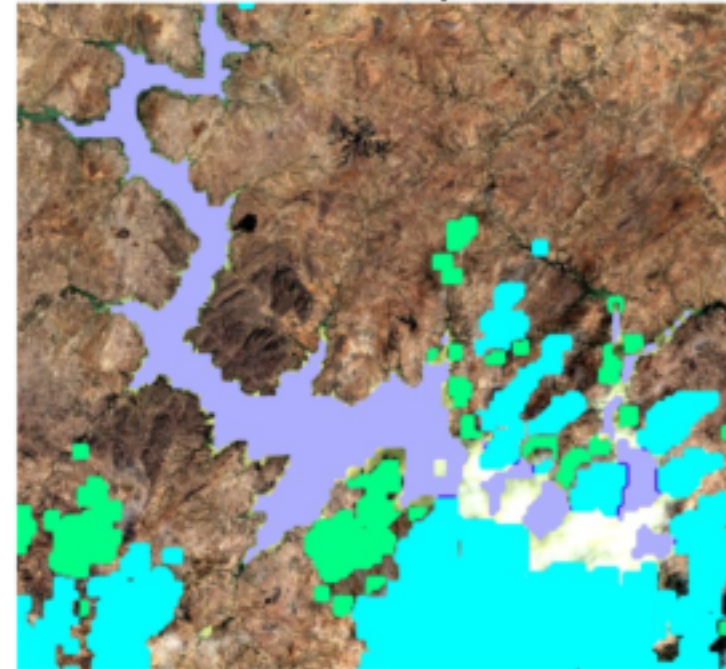
- Transfert radiatif système couple atmosphère-interface-eau
- Algorithmie satellitaire (problèmes inverses...)

Défi 2- Masque Pixel « eau »

- Classification / Machine learning



Problèmes avec masques standards



- Neige
- Nuage
- Ombre

Lac Bagré 23-01-2016 RGB Masque MG2

Expertises du CES - Couleurs des Eaux Continentales

Défi 1- Signal eau (Lw) corrigé

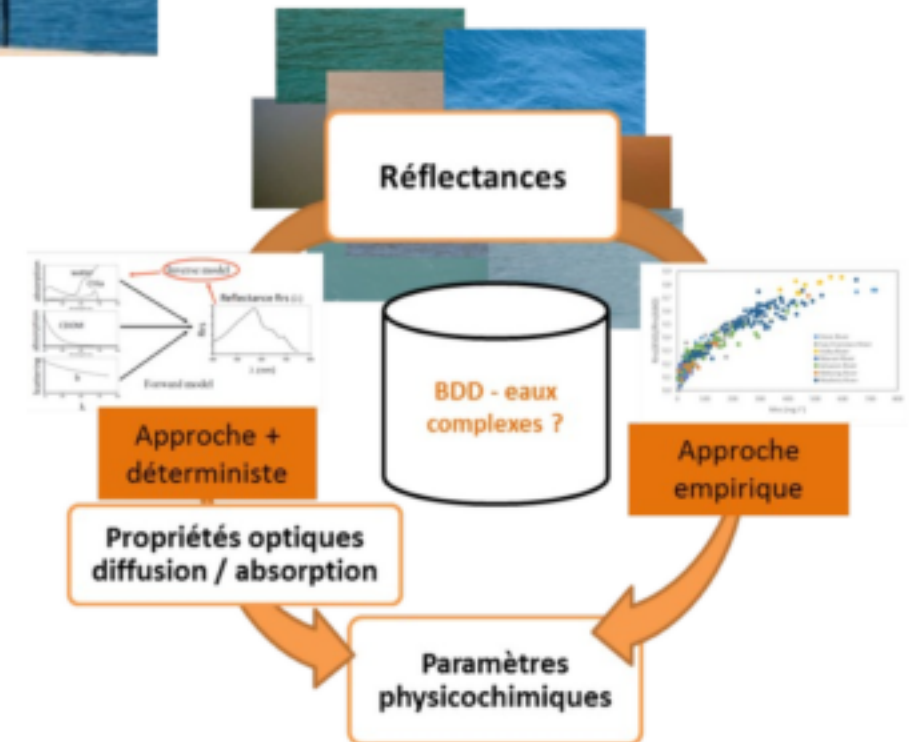
- Transfert radiatif système couple atmosphère-interface-eau
- Algorithmie satellitaire (problèmes inverses...)

Défi 2- Masque Pixel « eau »

- Classification / Machine learning

Défi 3- Estimation des paramètres biogéochimiques

- Instrumentation de terrain (radiomètres, spectromètres, filtration...)
- BDD optique
- Modélisation théorique Propriétés diffusion/absorption
- Algorithmie d'inversion des données radiométriques



Expertises du CES - Couleurs des Eaux Continentales

Défi 1- Signal eau (Lw) corrigé

- Transfert radiatif système couple atmosphère-interface-eau
- Algorithmie satellitaire (problèmes inverses...)

Défi 2- Masque Pixel « eau »

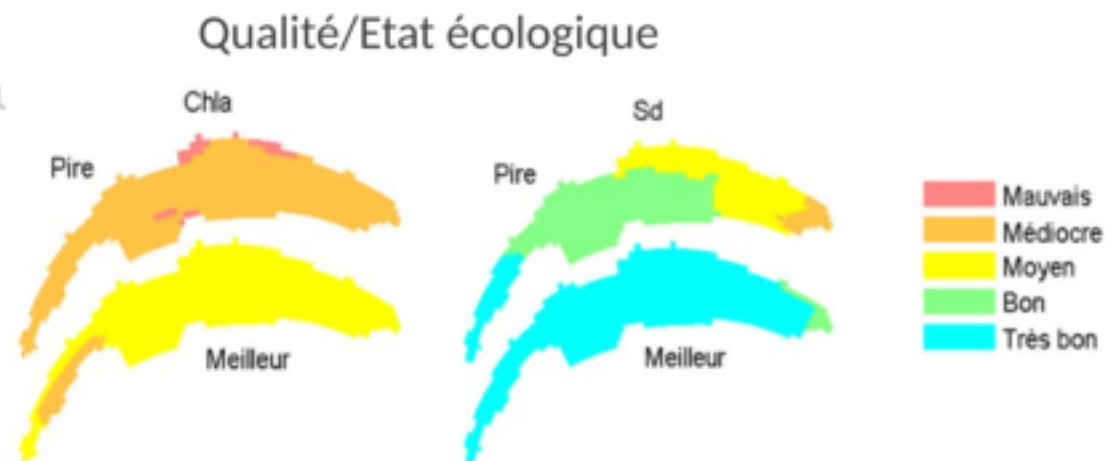
- Classification / Machine learning

Défi 3- Estimation des paramètres biogéochimiques

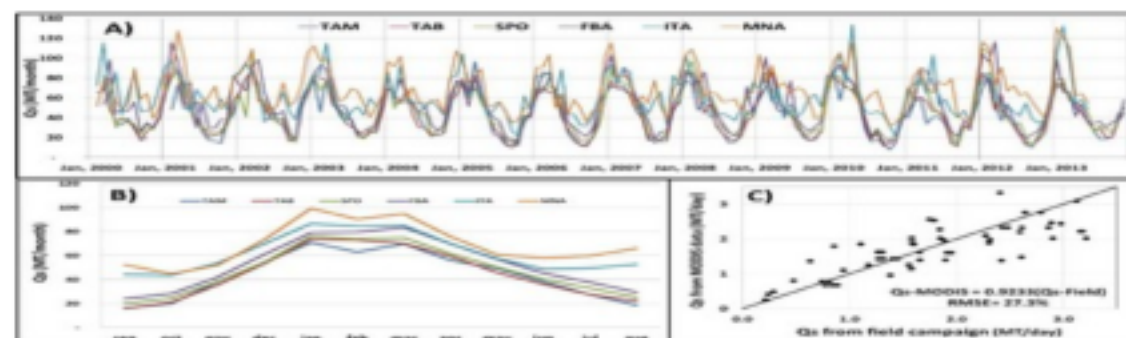
- Instrumentation de terrain (radiomètres, spectromètres, filtration...)
- BDD optique
- Modélisation théorique Propriétés diffusion/absorption
- Algorithmie d'inversion des données radiométriques

Défi 4- Couplage observation - modélisation

- Modélisation qualité écologique, flux sédimentaire
- Système d'alerte sanitaire (*Bacteria E. Coli* from water turbidity / SPM)



SWOT
DOWNSTREAM



« débits solides » estimés par satellite (MODIS) sur le fleuve Amazone

Exemple de service

Démonstration d'un service pré-opérationnel: www.ana.gov.br/hidrosat

Collaboration Agence de l'Eau du Brésil.

Traitement automatisée MODIS pour le suivi de la qualité de l'eau des rivières au Brésil :



Produits considérés :

- Flux sédimentaires dans les rivières
- Turbidité dans les barrages
- Eutrophisation des lacs

Synthèse des actions en cours et à venir

Opérationnalisation OBS2CO V1

- Projet TOSCA-CNES et soutien AFB pour OBS2CO et intégration des chaînes de traitement du GET dans THEIA
- Soutien des travaux sur les corrections atmosphériques

OBS2CO V2 et Augmentation du nombre de sites

- OBS2CO V2 avec correction atmosphérique GRS
- Objectif : **150 sites** (30 plus grands bassins mondiaux, les 4 fleuves français et 20 principaux lacs)
- Produits qualité des eaux **multi-mission** (MODIS, Landsat, Sentinel 2 et

• Validation / Calibration des algorithmes d'inversion et campagnes terrain

20

20

2021

2021

pour une répétitivité temporelle
Début intégration dans HYDROWEB-NG

Diffusion THEIA

- Finalisation de l'algorithme de correction atmosphérique GRS
- Couplage GRS + algo d'inversion \square vers **OBS2CO V2**



- **Distribution** des premiers produits Qualité de l'eau dans THEIA : 20 sites de production d'ici fin 2019 - SPM, Chl-a, turbidité.

- Soutien SWOT-aval pour augmenter le nombre de sites et aller vers le flux de matière

Hydroweb-NG et Lancement de SWOT

- Finalisation de l'intégration des produits qualité de l'eau et production opérationnelle dans **HYDROWEB-NG** / THEIA
- Distribution des produits de **flux sédimentaires**



PROJET OBS2CO

OBSERVATIONS MULTI-SITES DE LA COULEUR DES EAUX CONTINENTALES

Tristan Harmel (GET, GéoAzur)
Jean-Michel Martinez (GET, IRD)
Guillaume Morin (GET)
Nathalie Reynaud (IRSTEA)
Thierry Tormos (AFB)
Alice Andral (CNES)
tristan.harmel@gmail.com

Projet OBS2CO (2018-2020)

Spécificités des eaux continentales:

- Morphologie (traitement d'images)
- Propriétés optiques (mesures et modélisation)
- Correction des effets d'atmosphère

- Sites d'observation instrumentés
- Campagne de mesures
- Imagerie spatiale – Appui au CES « Couleur des eaux continentales »
- Produits: concentration en matières en suspension, en chlorophylle-a, turbidité (lacs et rivières)

Projet OBS2CO (2018-2020)

Equipes impliquées:

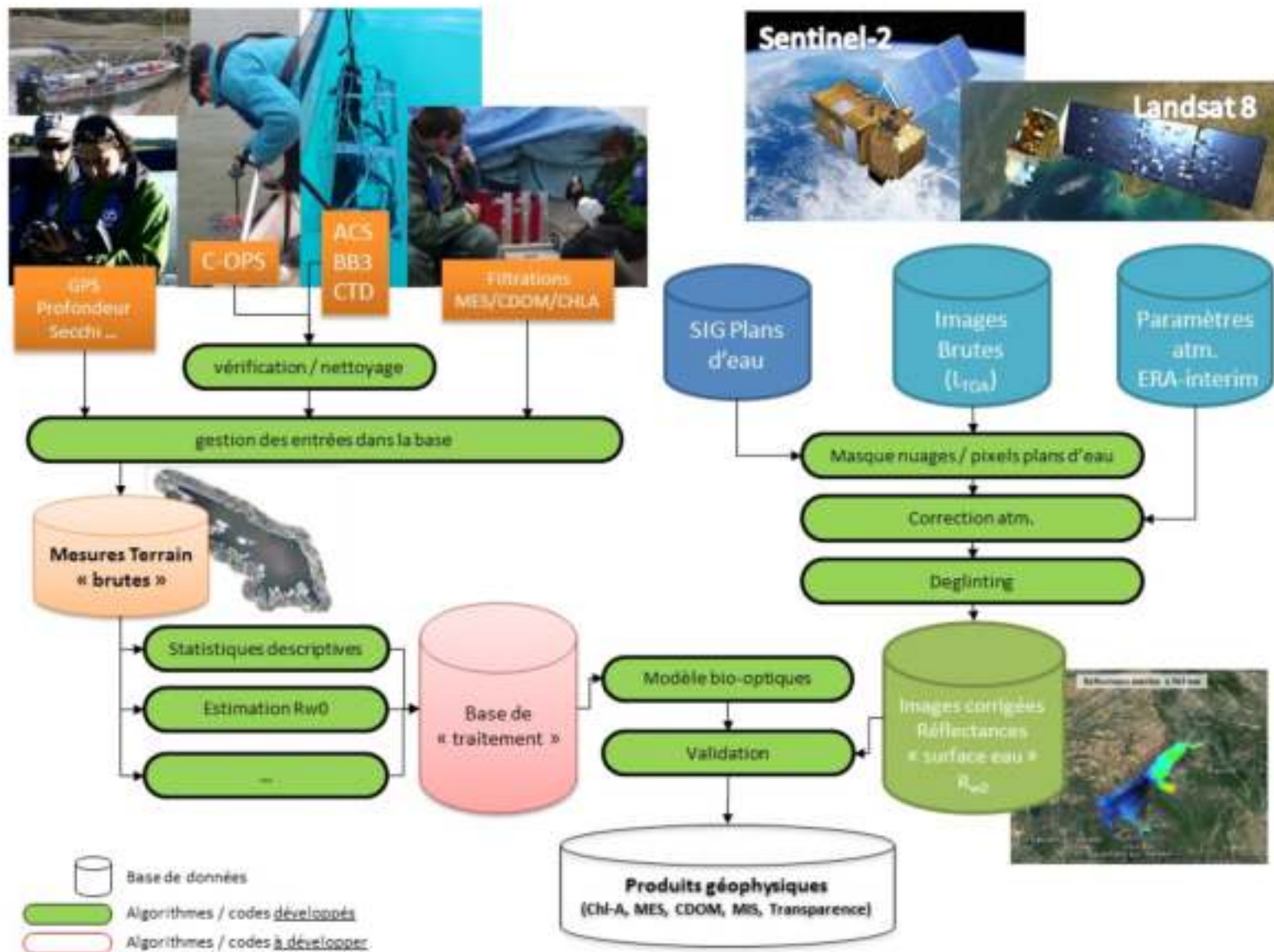
- GET/IRD (Jean-Michel Martinez et al., N~14 pers.) : focalisation sur bassins versants de l'Amazone et Mékong et lacs Burkina Faso
- IRSTEA/AFB (Thierry Tormos et al., N~5 pers.): focalisation plans d'eau nationaux (DCE, >480 lacs) et bassins versants (Rhône...)
- GET/GéoAzur (Tristan Harmel): développement optique fondamentale / algorithmique, intérêt pour l'observation du continuum fleuve/estuaire/océan
- Collaborations: Université de Nantes, CCNY

Projet OBS2CO (2018-2020)

Perspectives:

- Fédérer communauté nationale « couleur des eaux » continentales
- Synergie des méthodes optiques de télédétection avec l'altimétrie haute résolution spatiale (satellite SWOT, lancement ~2020) :
 - (i) cycle saisonnier de la qualité écologique des lacs;
 - (ii) vers une quantification des flux de matières en suspension

Base de données OBS2CO



Campagnes de mesure



Cage optique:

ACs, BB3, sonde multi-paramètres (fluor, température...)

Radiométrie:

Cops, Trios (réflectance de l'eau, Kd, transparence)

Atmosphère:

Microtops-II (aérosols, vapeur)

Filtrations:

Matières en suspension (organique et inorganique)

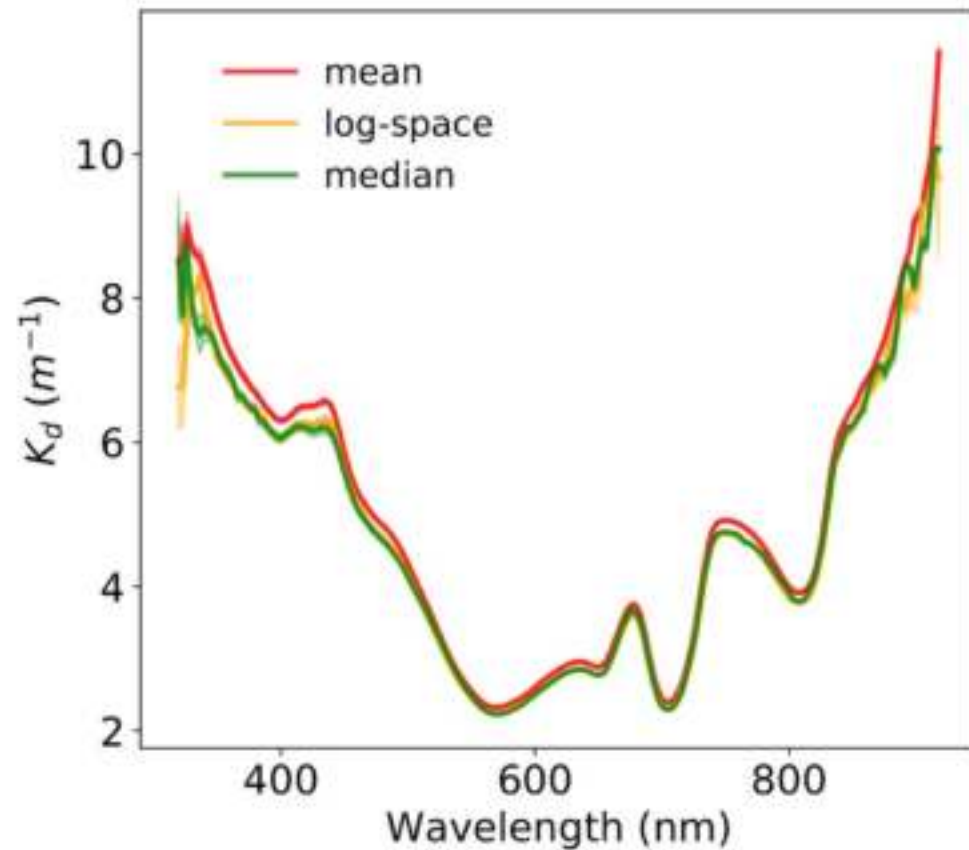
Absorption spécifique

HPLC (phytoplancton)

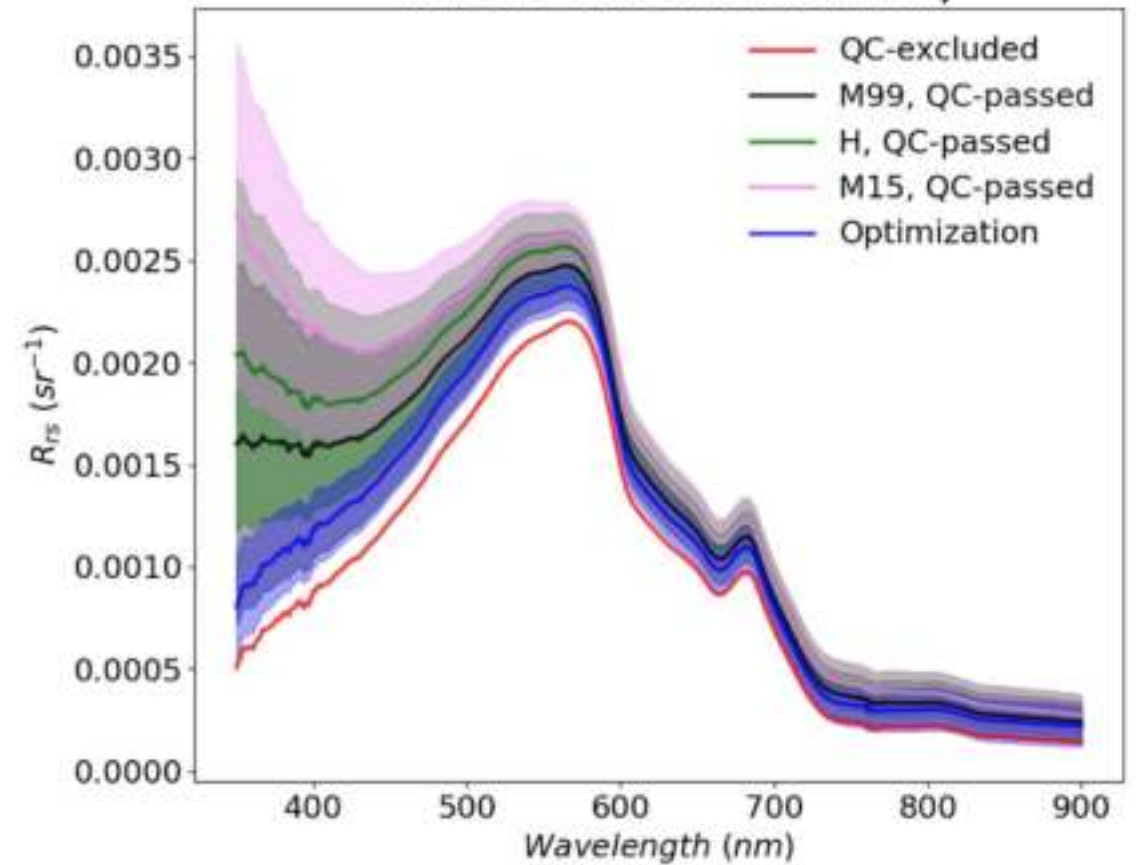
CDOM (composante dissoute)

Développement de traitement algorithmique pour les mesures *in situ*

In-Water Radiometry



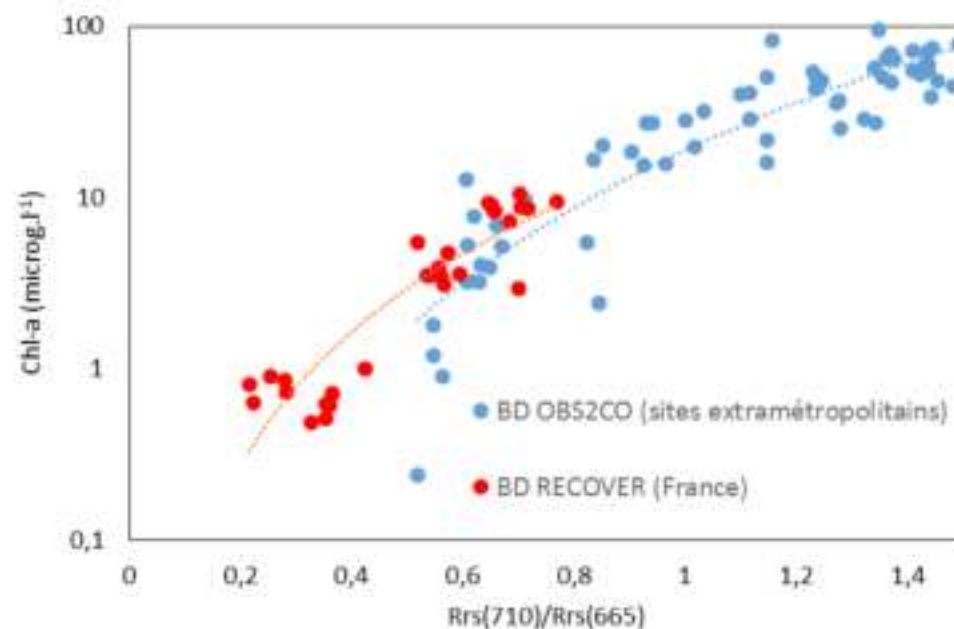
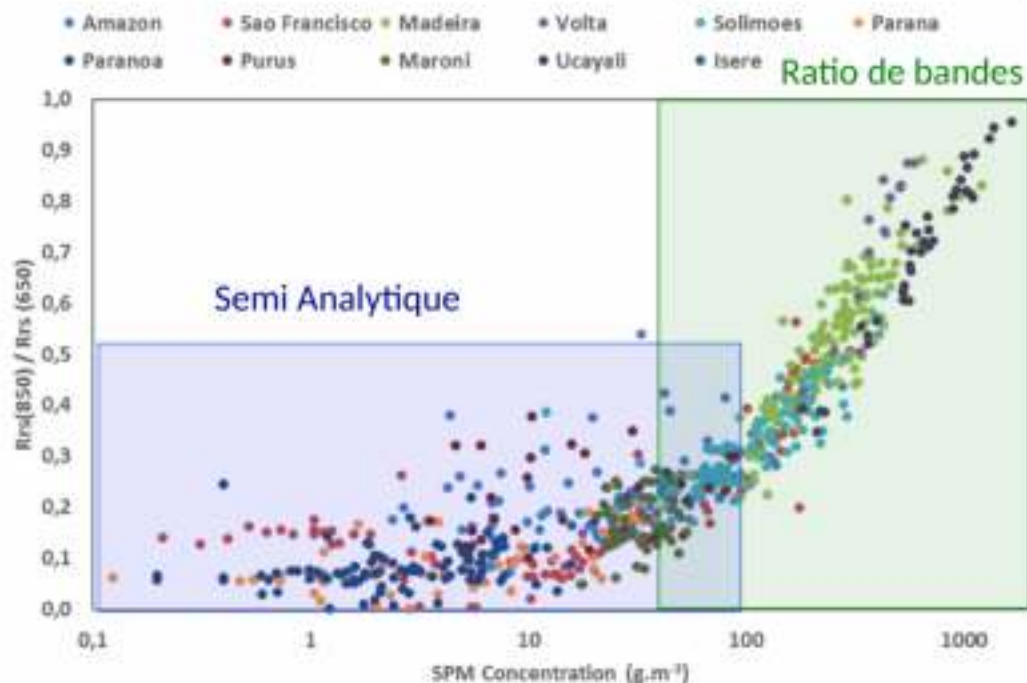
Above-Water Radiometry



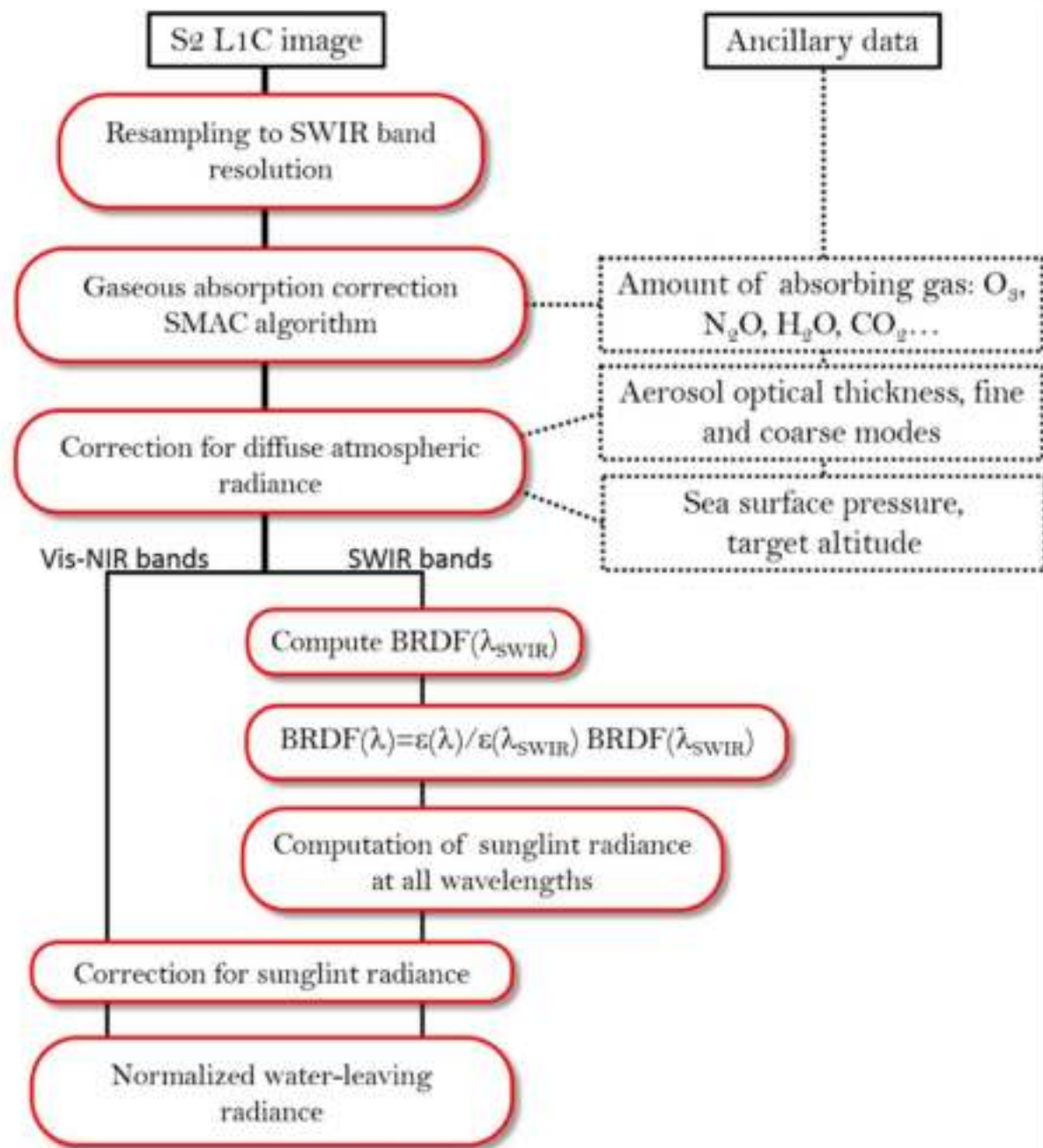
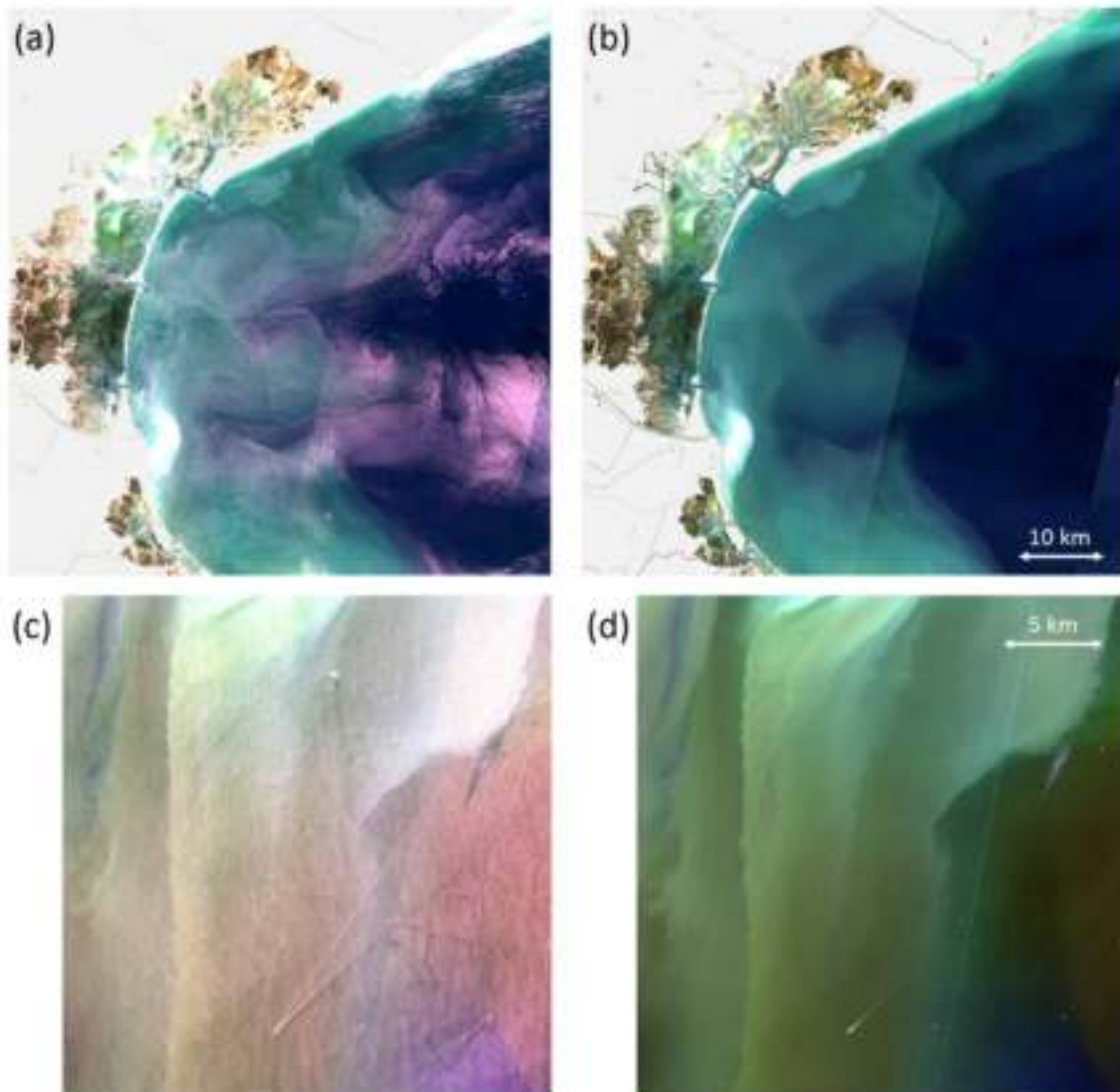
Campagnes de mesure



□ Large jeu de données de validation et de calibration pour une grande gamme de types d'eau (d'oligotrophe et transparente à extrêmement turbide)

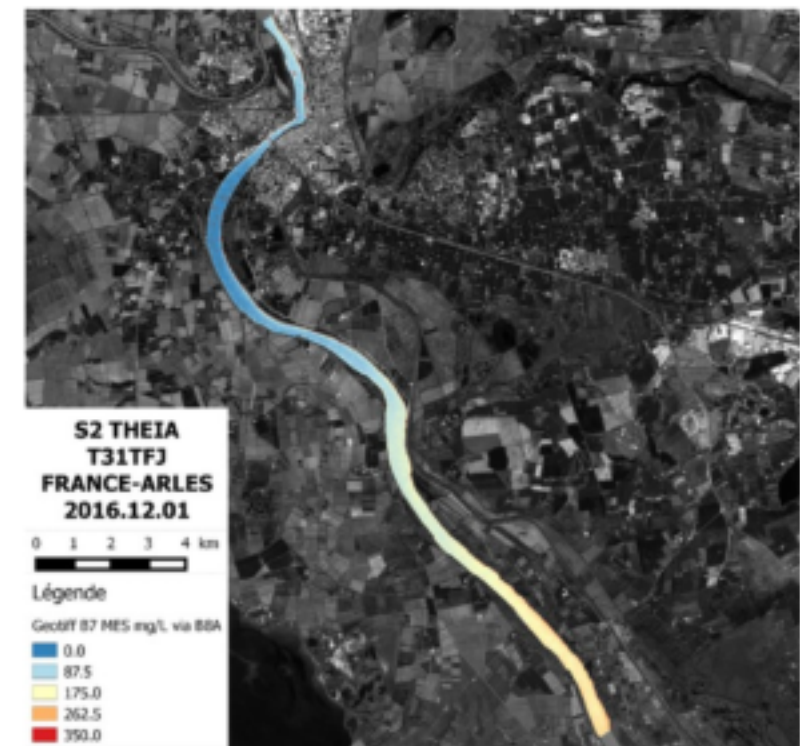
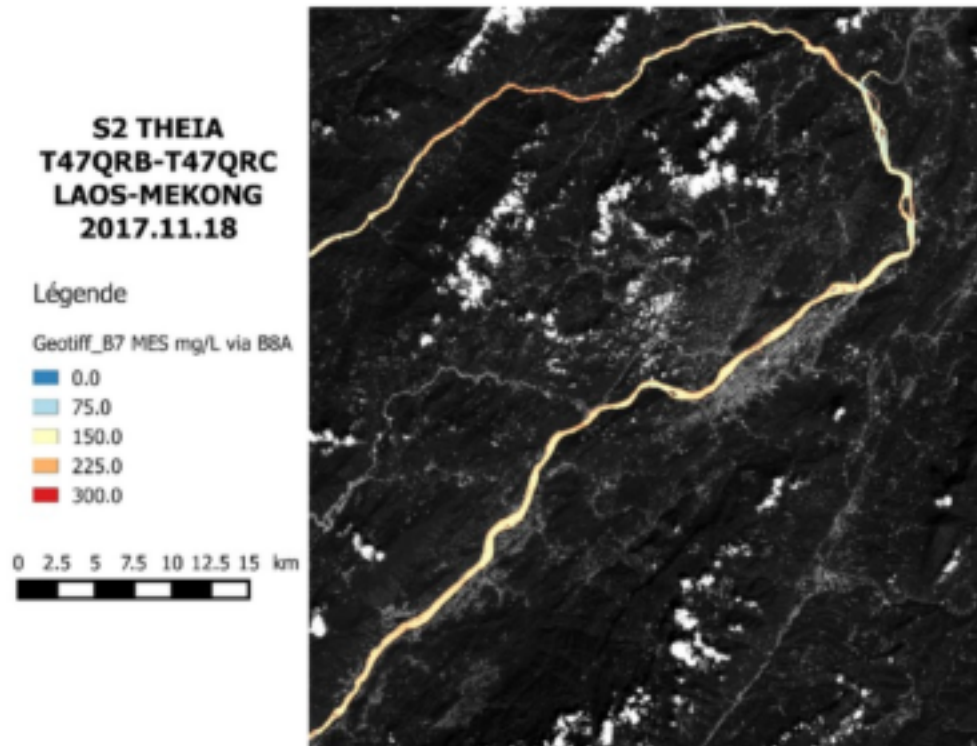
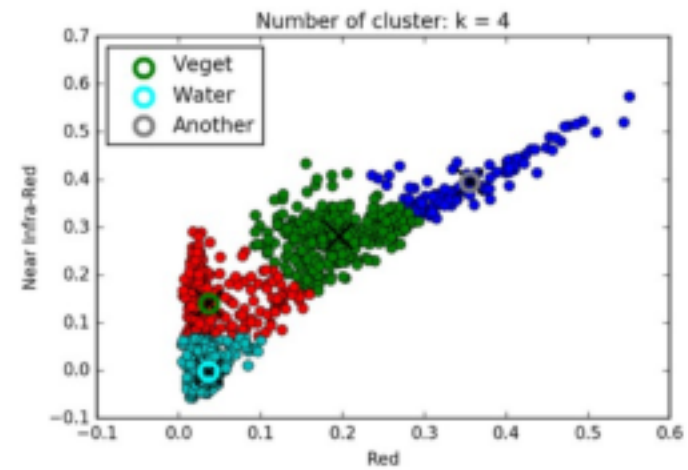


Algorithme d'inversion des données satellitaires



Masque Pixel « eau »

Classification – Machine learning

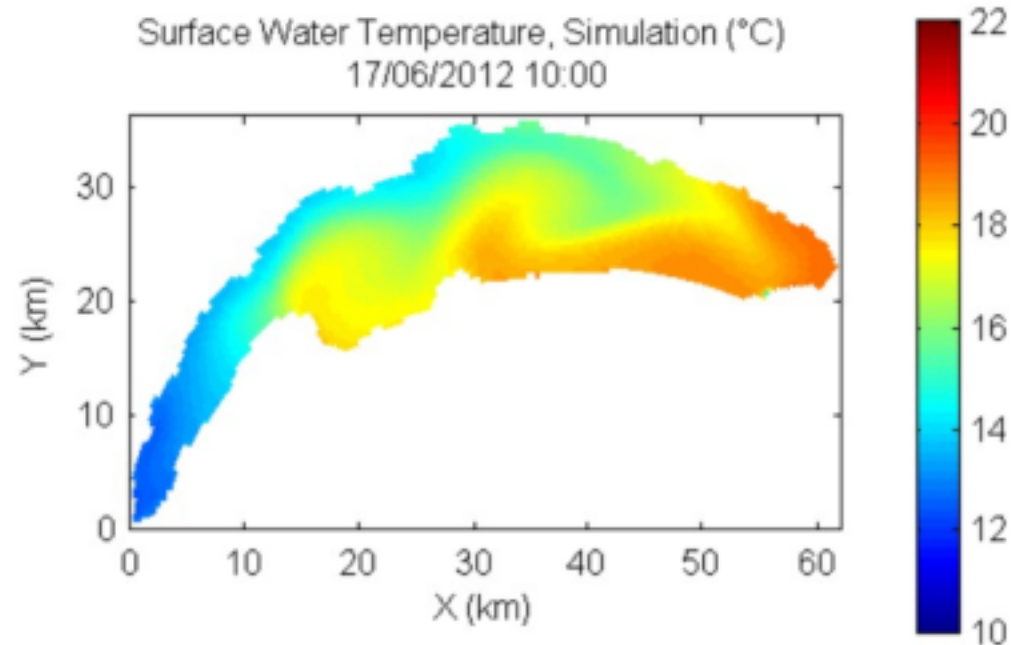
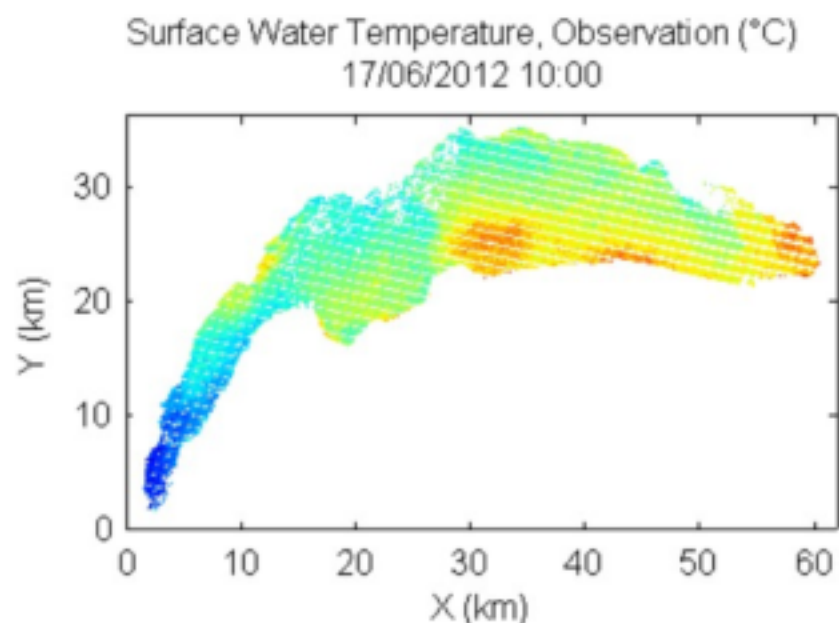


Fleuve Mékong (Laos) Fleuve Rhône (Arles)

Suivi de l'état écologique des plans d'eau par la modélisation du fonctionnement des écosystèmes lacustres.

Observations satellite

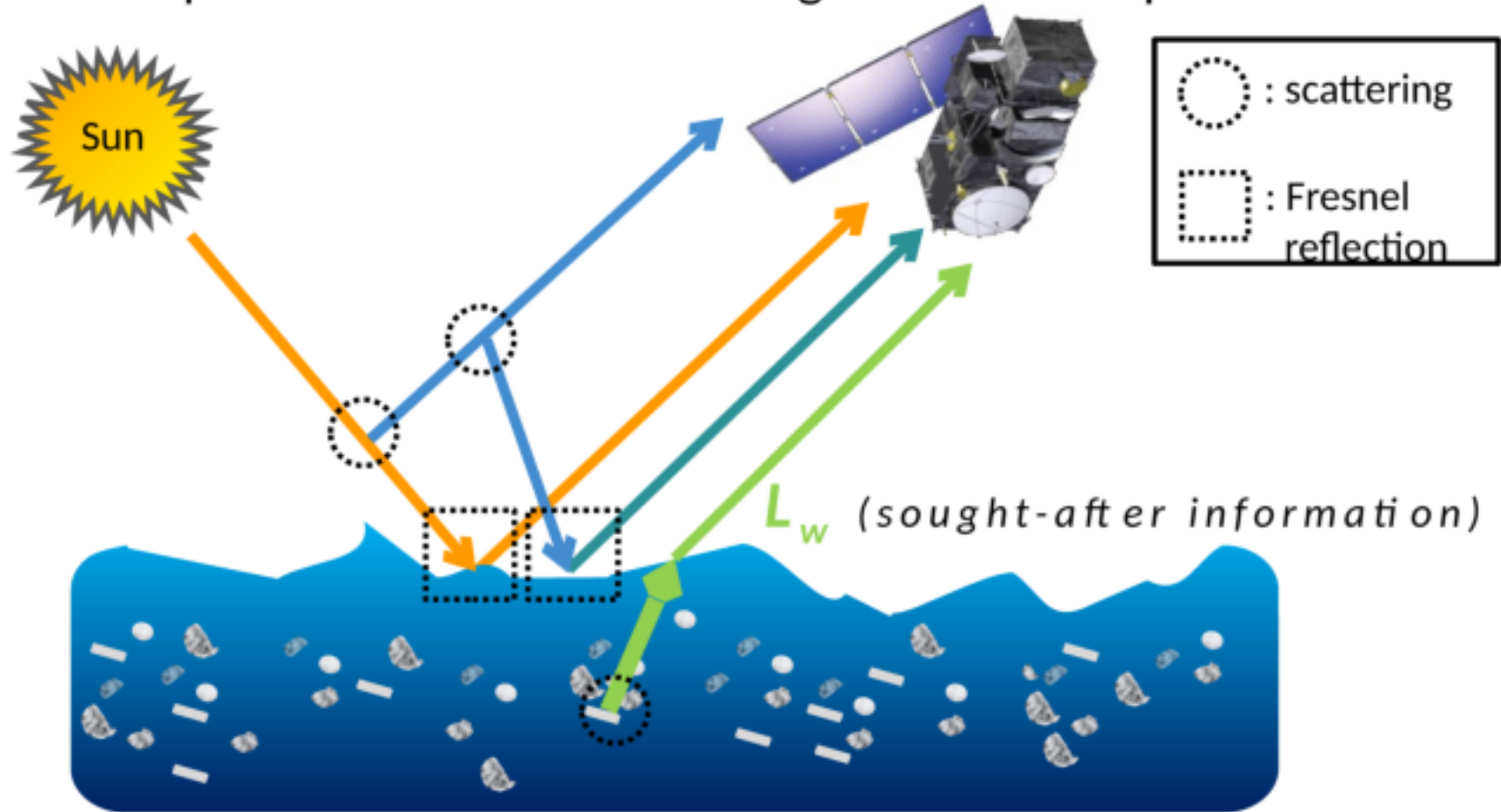
Modèle



Exemple pour température, travail en cours pour Chl, transparence

Principes de correction atmosphérique de Sentinel-2 et la série Landsat (4, 5, 7, 8)

Simplified picture of the TOA signal over aquatic scene



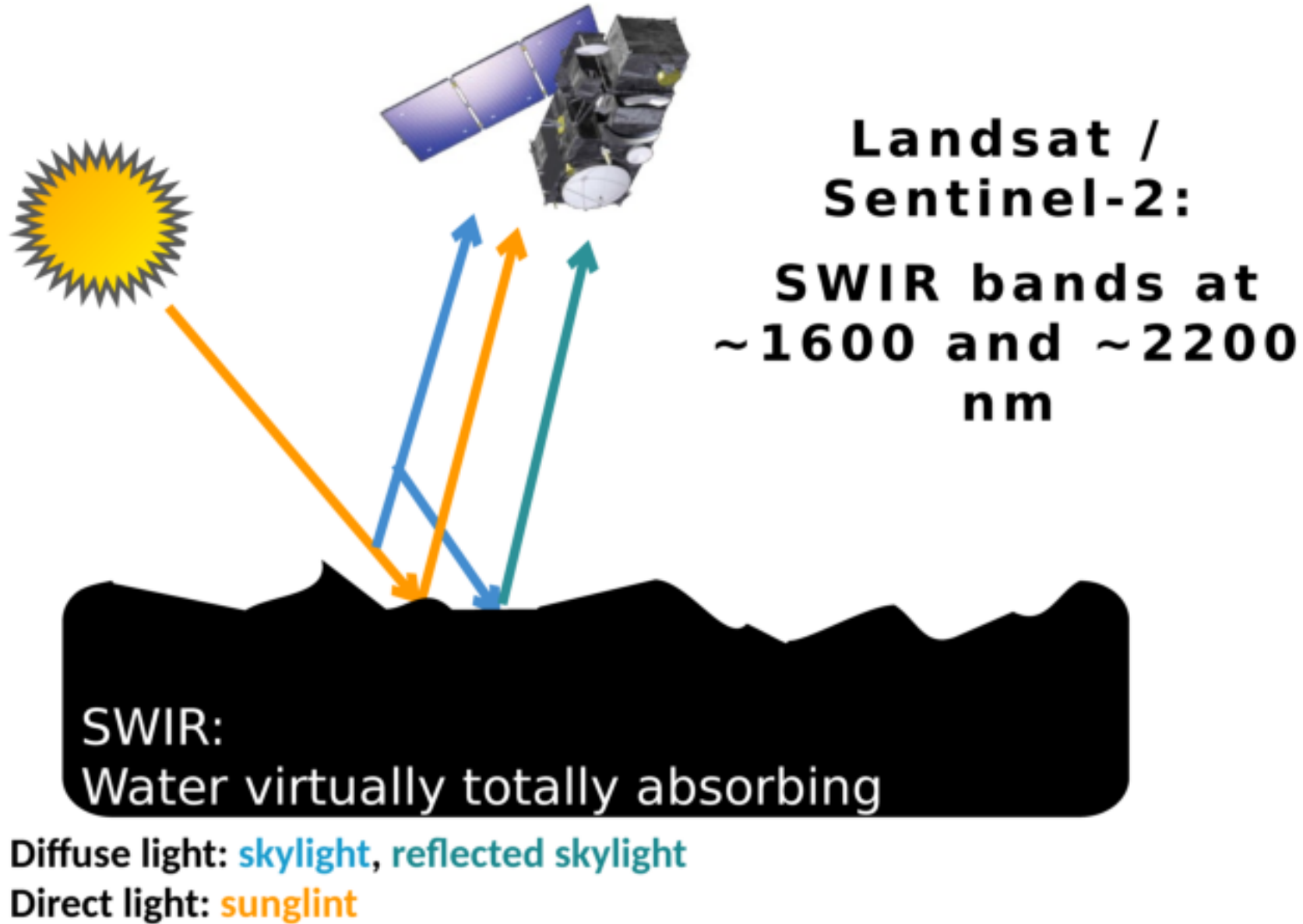
Diffuse light: skylight, reflected skylight and water-leaving radiance
Direct light: sunlint

Principes de correction atmosphérique de Sentinel-2 et la série Landsat (4, 5, 7, 8)



□ **Increase probability/intensity of
sunlint**

Principes de correction atmosphérique de Sentinel-2 et la série Landsat (4, 5, 7, 8)



SUNGLINT IN S2 AND LANDSAT IMAGERY

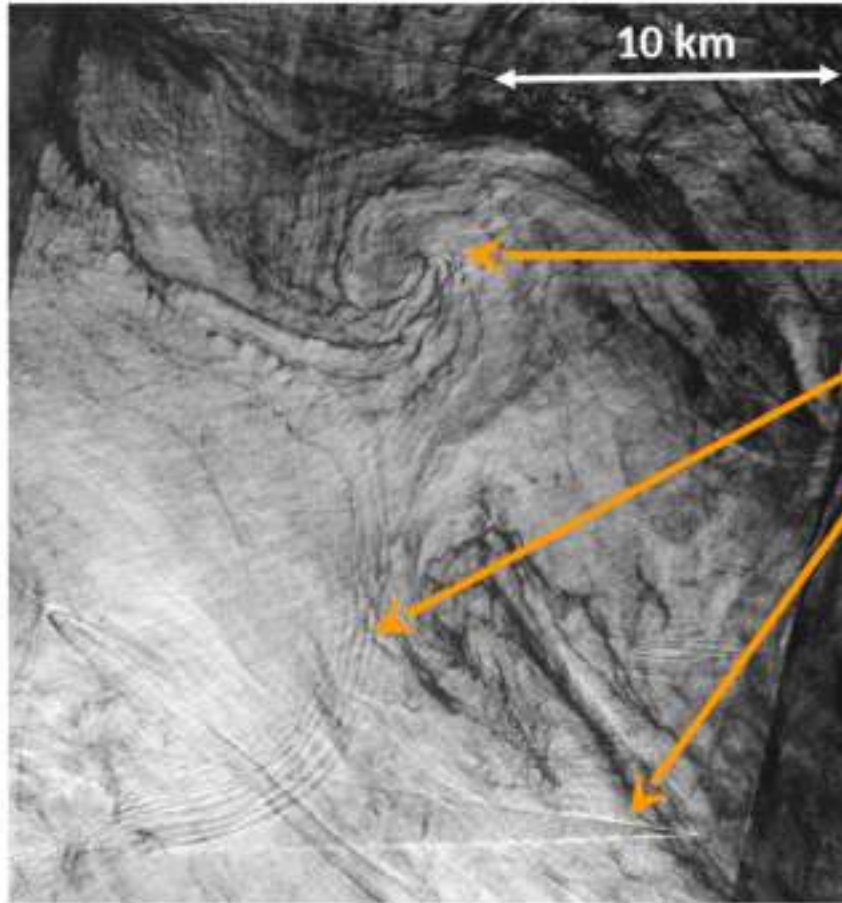


Image Sentinel-2, SWIR-band (~2200nm)

Patterns:

Eddy with surfactant

Wave packet (internals)

Ship wake

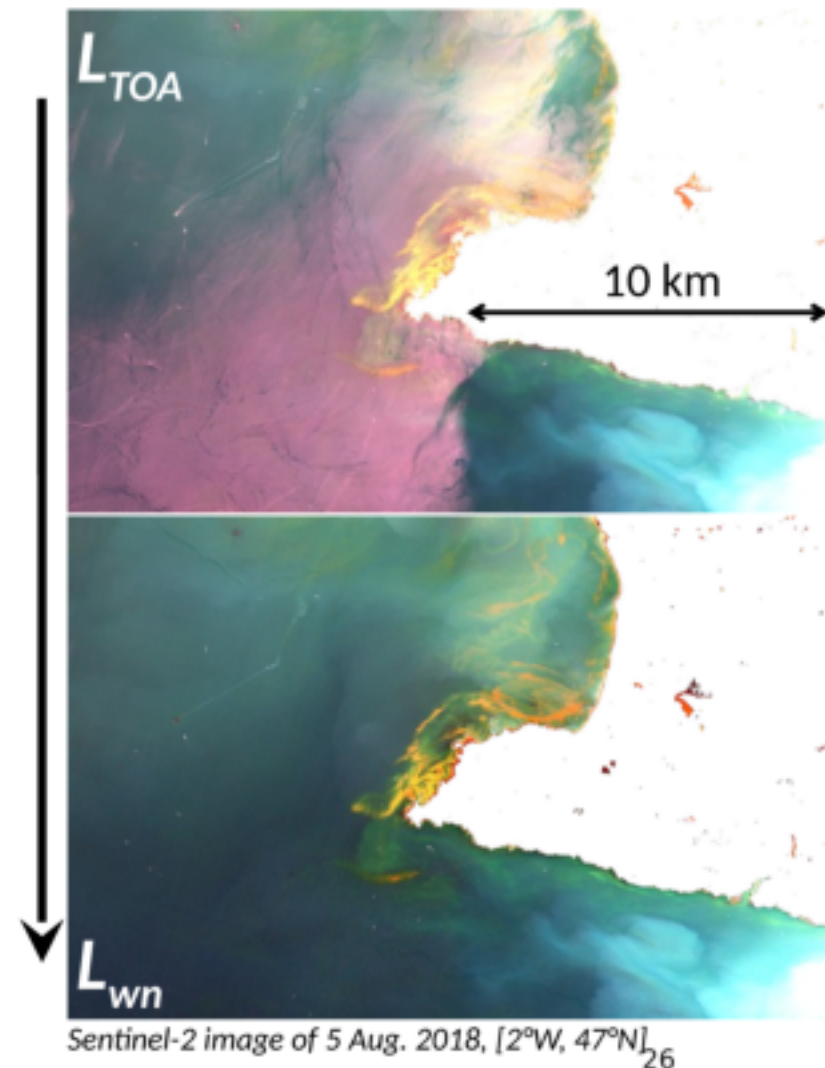
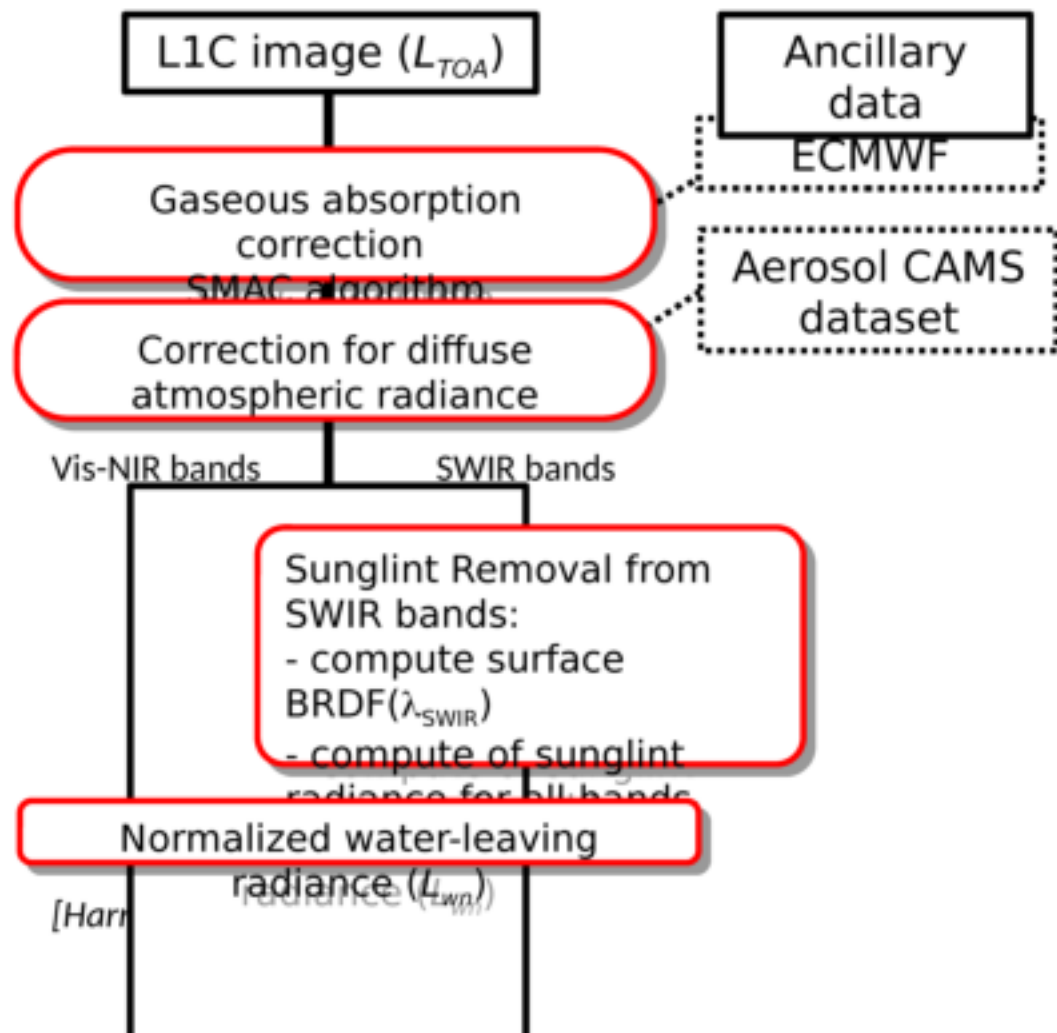
...

GRS ALGORITHM

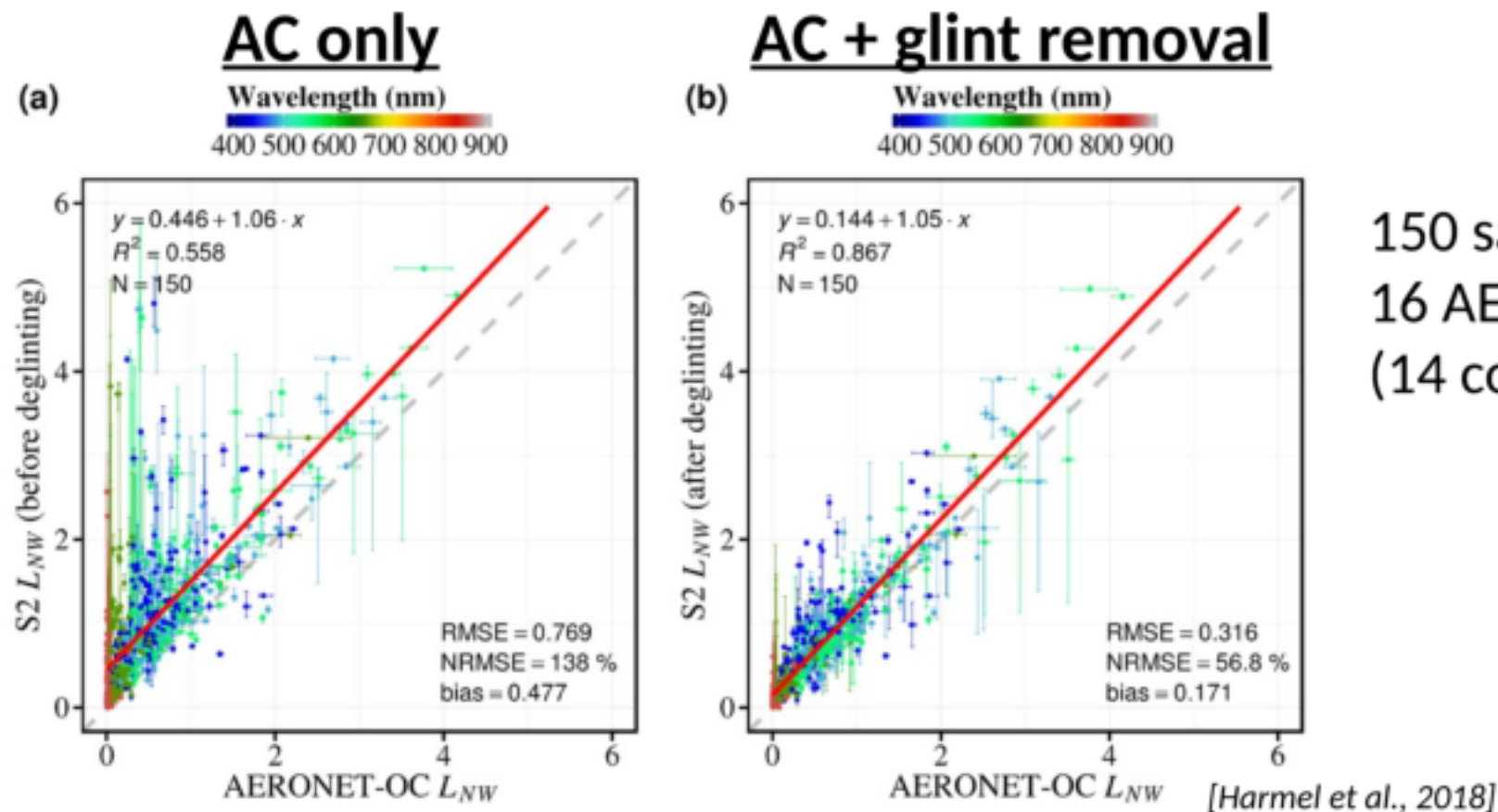
(GLINT REMOVAL FOR SENTINEL-2-LIKE DATA)

GRS: coded in python and FORTRAN, main lib: snappy (ESA)

Can process: Sentinel-2 A & B, Landsat 5, 7 & 8



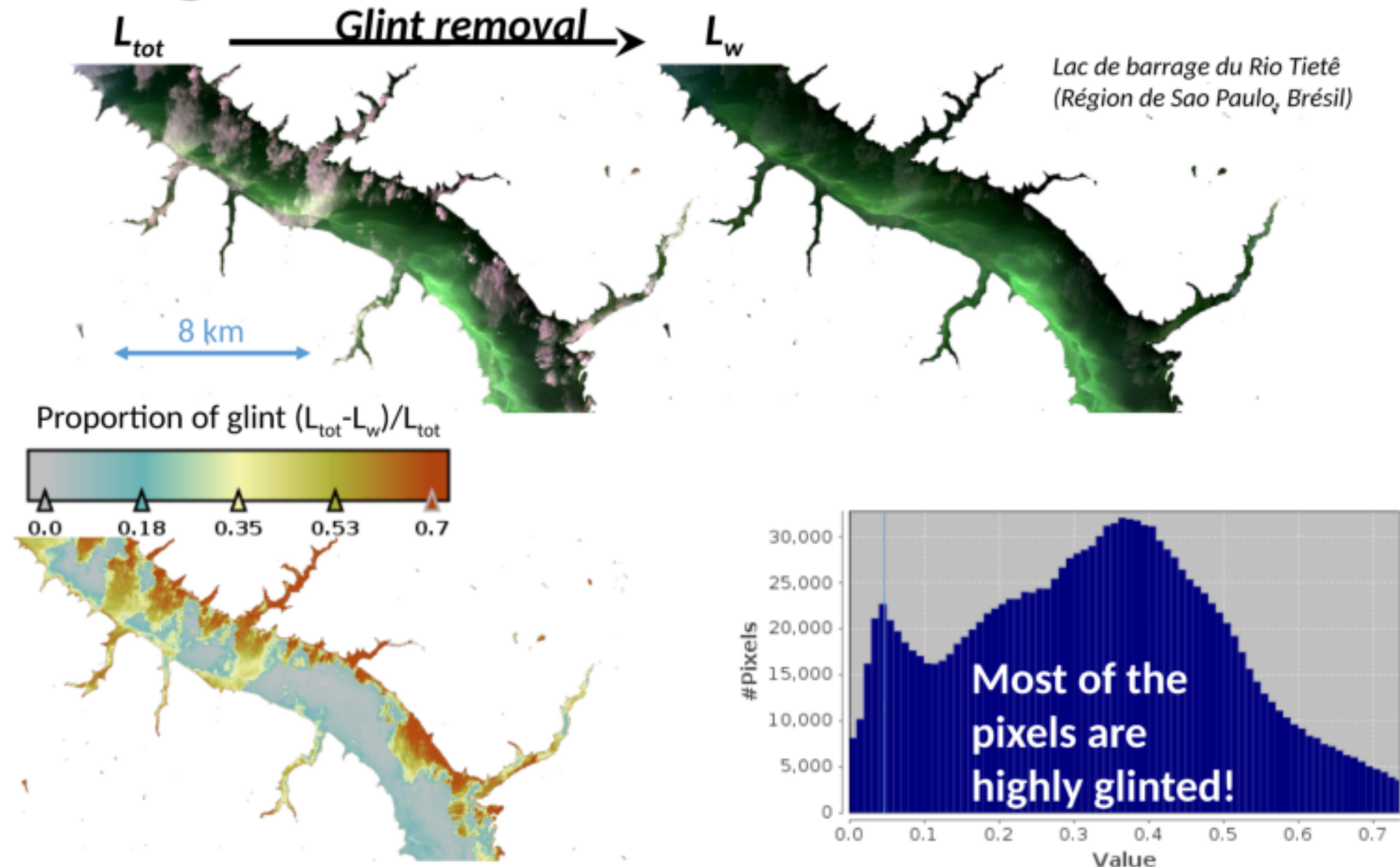
VALIDATION WITH AERONET-OC DATA



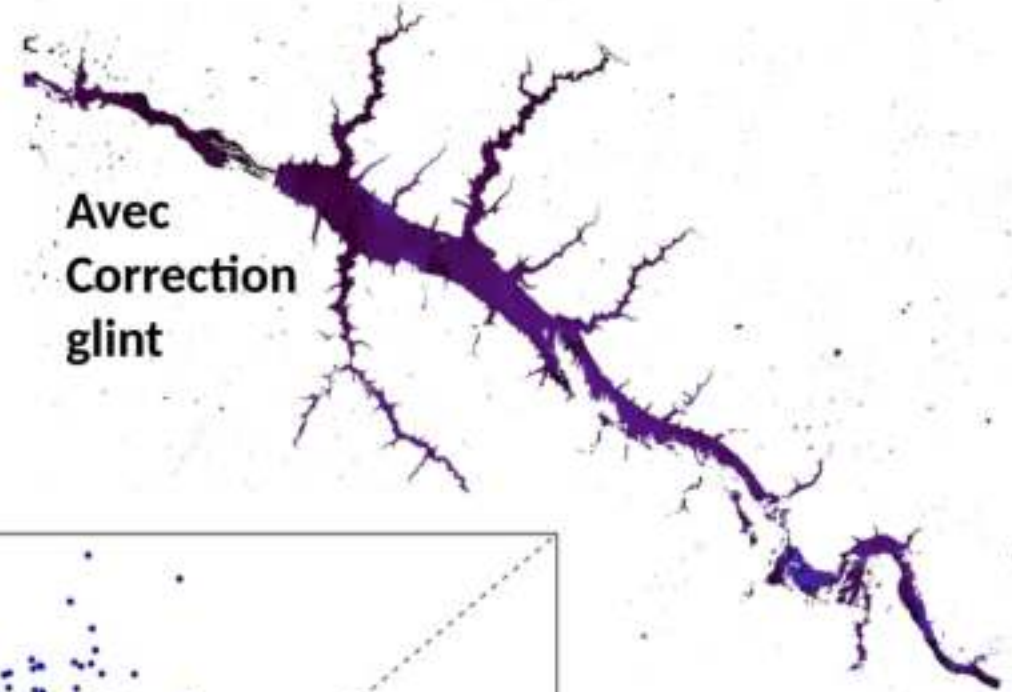
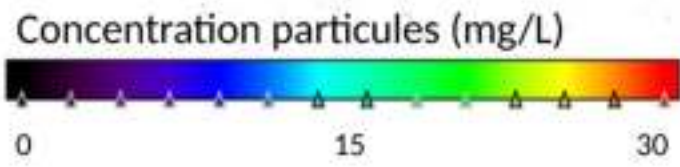
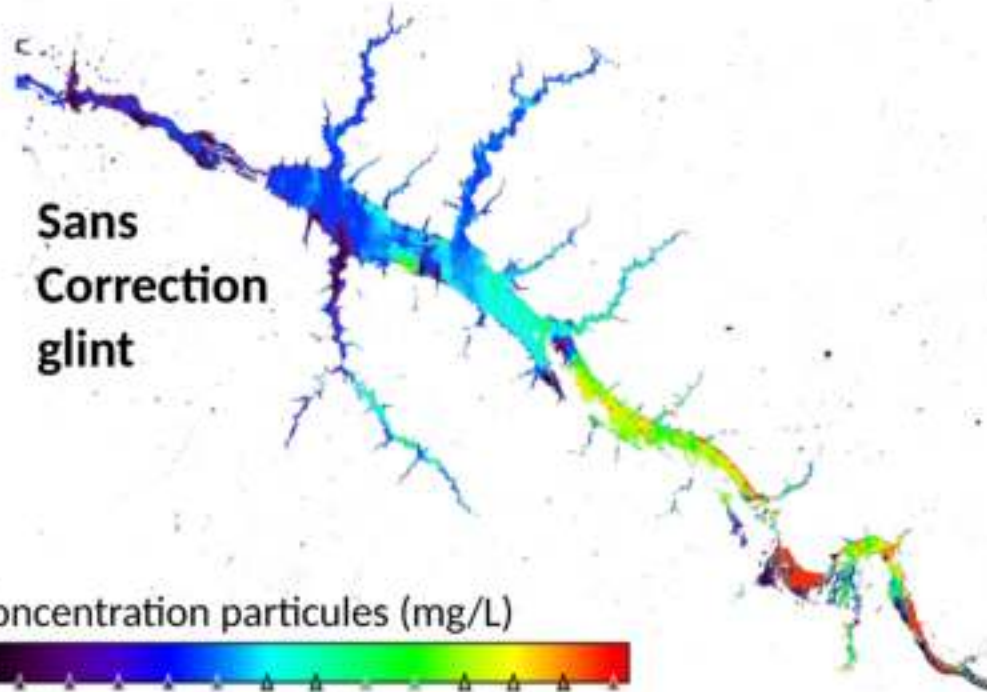
150 satellite images (S2)
16 AERONET-OC
(14 coastal, 2 lake sites)

□ Now, part of the ACIX-II exercise (ESA/NASA) for algorithm intercomparison, (matchup points > 1500 for S2A, S2B, L8)

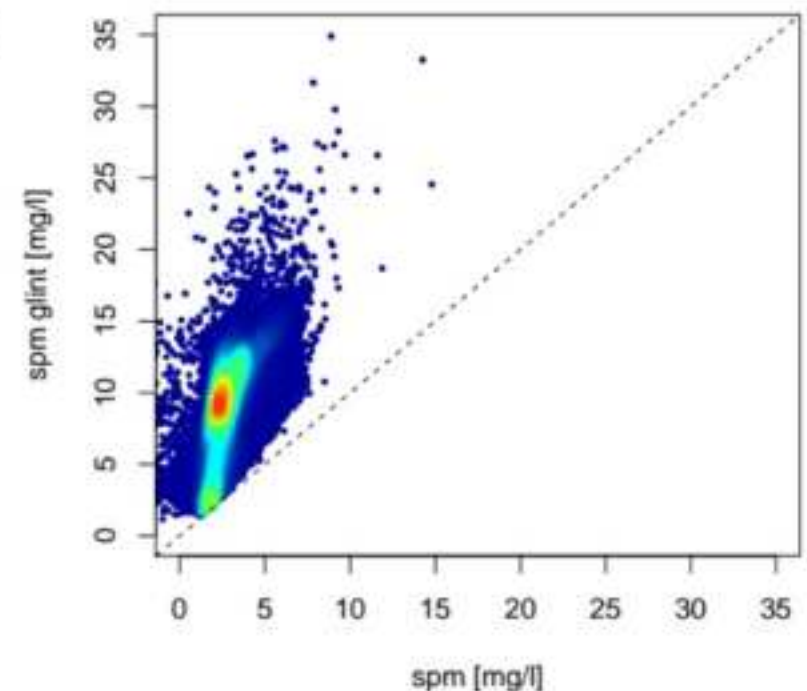
Algorithme GRS *Glint Removal for Sentinel-2-like data*

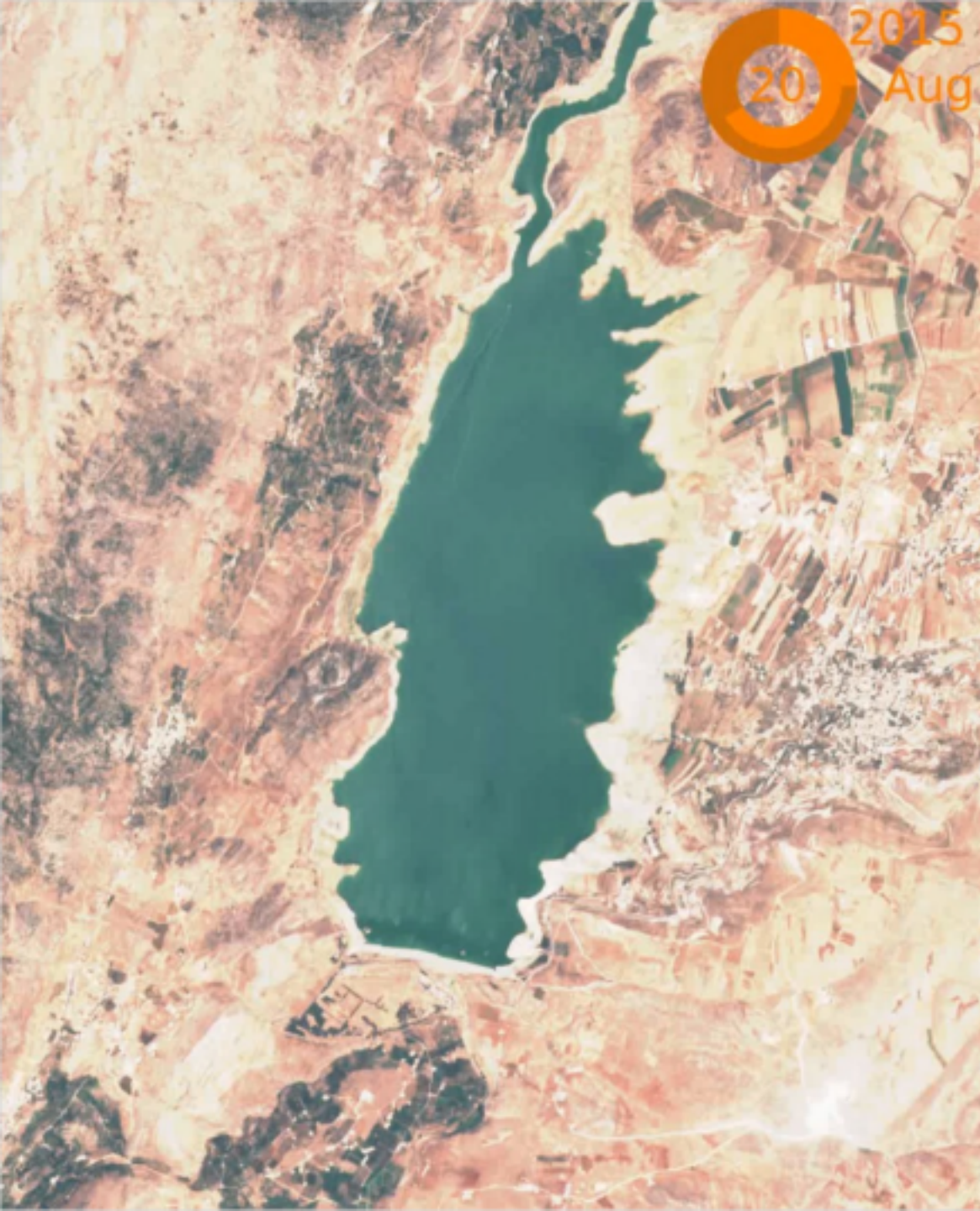


Implications des corrections du glint sur le monitoring de la qualité des eaux continentales



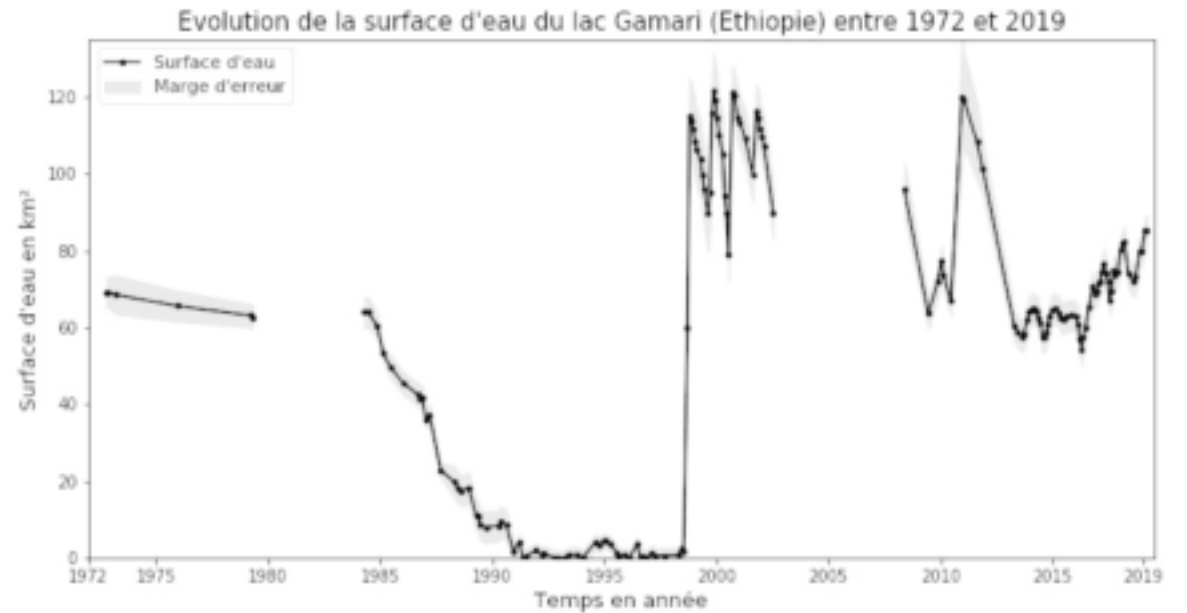
□ Large biais si glint n'est pas corrigé





Time-series

Examples: Lake areas evolution



1972
Landsat-1



Now
Landsat-8
Sentinel-2

Work from P. Menager; PI M. Revel (GeoAzur)

Travaux en cours

- Traitement en masse (L1C \square L2); cluster IRSTEA (sites métropolitains et « sud »)
- Fusion des « masks » Théia
- Couplage algo GRS avec chaîne de détection des pixels « eau »
- Estimation des performances sur jeu de données Cal/Val dans le cadre de l'exercice ACIX-II (ESA/NASA)
- Développement d'un module couplé estimation aérosols / correction atmosphérique
- Prise en compte de l'information directionnelle de chaque pixel (L1B data)
- Couplage de la chaîne avec algorithmes d'estimation bio-optique (L1 \square L3)



AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



French National Research
Institute for Sustainable
Development
IRD
Institut de Recherche
pour le Développement
FRANCE



Relations avec