

Téledétection de la température de surface de la mer

Emmanuelle Autret (Ifremer)

Thierry Tormos (OFB, INRAE)





Observations de SST (« Sea Surface Temperature »)

- Mesures in-situ :
 - Par capteurs immergés installés sur des bouées dérivantes ou ancrées, sur navires, XBT, CTD.
 - mesures ponctuelles, instantanées (ou moyennées sur qq minutes) avec des précisions de 0.01 à 0.1 °C. La profondeur de mesure: 30 cm à qq m.
- Télédétection :
 - Par capteurs, **radiomètres**, embarqués sur satellites (géostationnaires ou à orbite polaire), infra-rouge ou micro-onde (+ radiomètres embarqués sur ferry)
 - Instruments passifs captant le rayonnement émis par la surface et qui est fonction de sa température.
 - Produits opérationnels de SST par satellite : algorithmes empiriques restituent la SST à des résolutions spatiales de 1 km à 25 km. Les précisions attendues sont de l'ordre de 1/10ème de degré. La profondeur de mesure: ~ de 500 micromètres à qq mm.





Observations de SST : des mesures « différentes »

- Des mesures in-situ et satellite à différentes profondeurs :

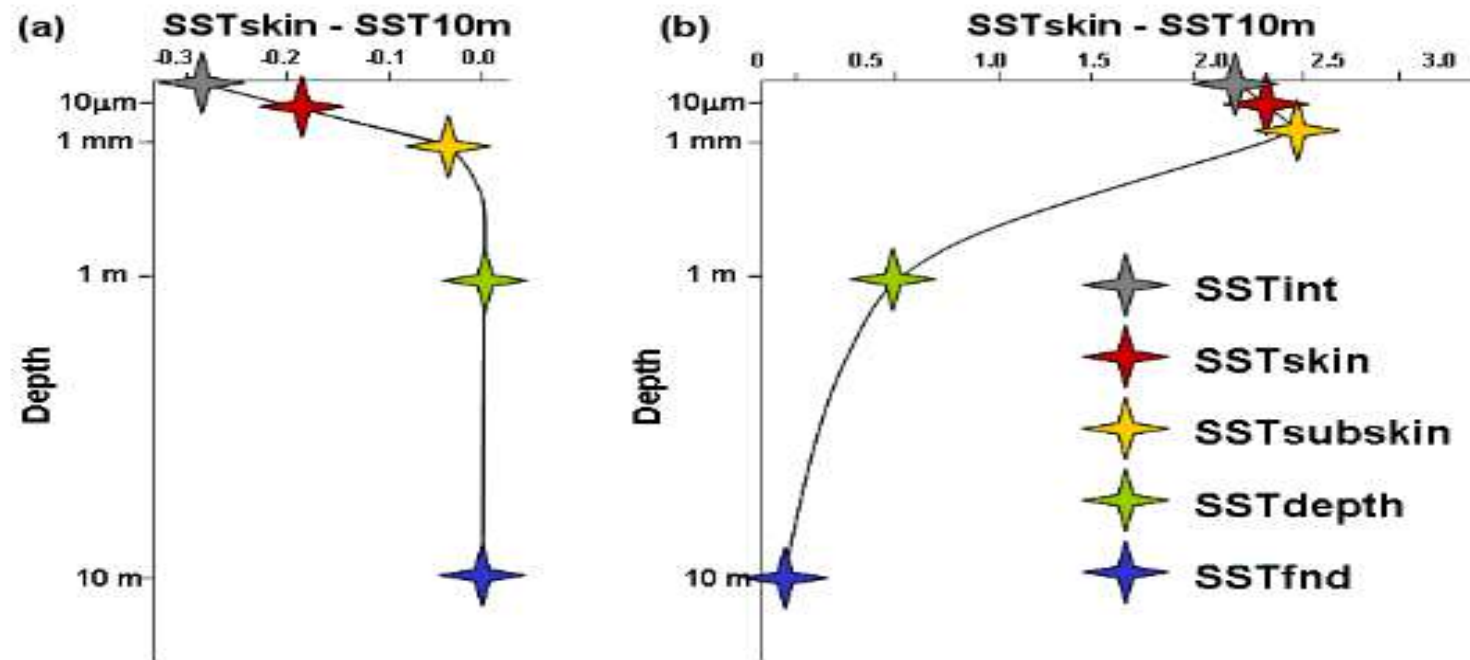


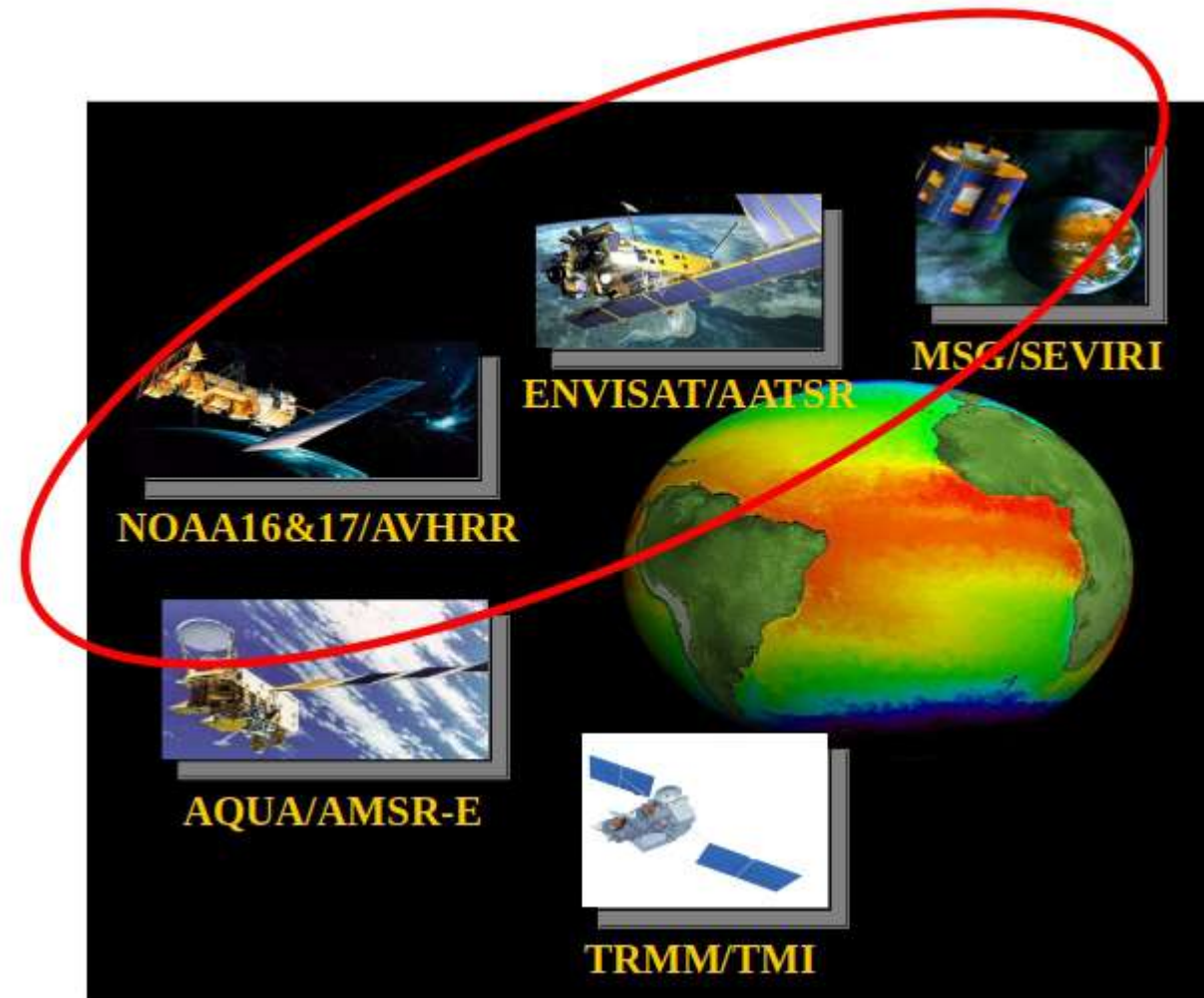
FIGURE 1.3. Schematic representation of the thermal structure of the uppermost 10 m of the ocean for (a) nighttime and daytime during strong wind conditions and (b) daytime for low windspeeds.



Observations de SST (« Sea Surface Temperature »)

Radiomètres Infra-Rouge (IR) :

- Satellites en orbite polaire ou géostationnaires
- Skin SST (10-20 μm)
- **Pb des nuages (non détection ou « sur-masquage »), contamination par aérosols, ...**
- Affecté par cycle diurne (rechauffement)
- Haute résolution (5km > 1km), jusqu'à 100m et + (Landsat, ECOSTRESS, ASTER, et futures missions TRISHNA, LSTM, SBG)

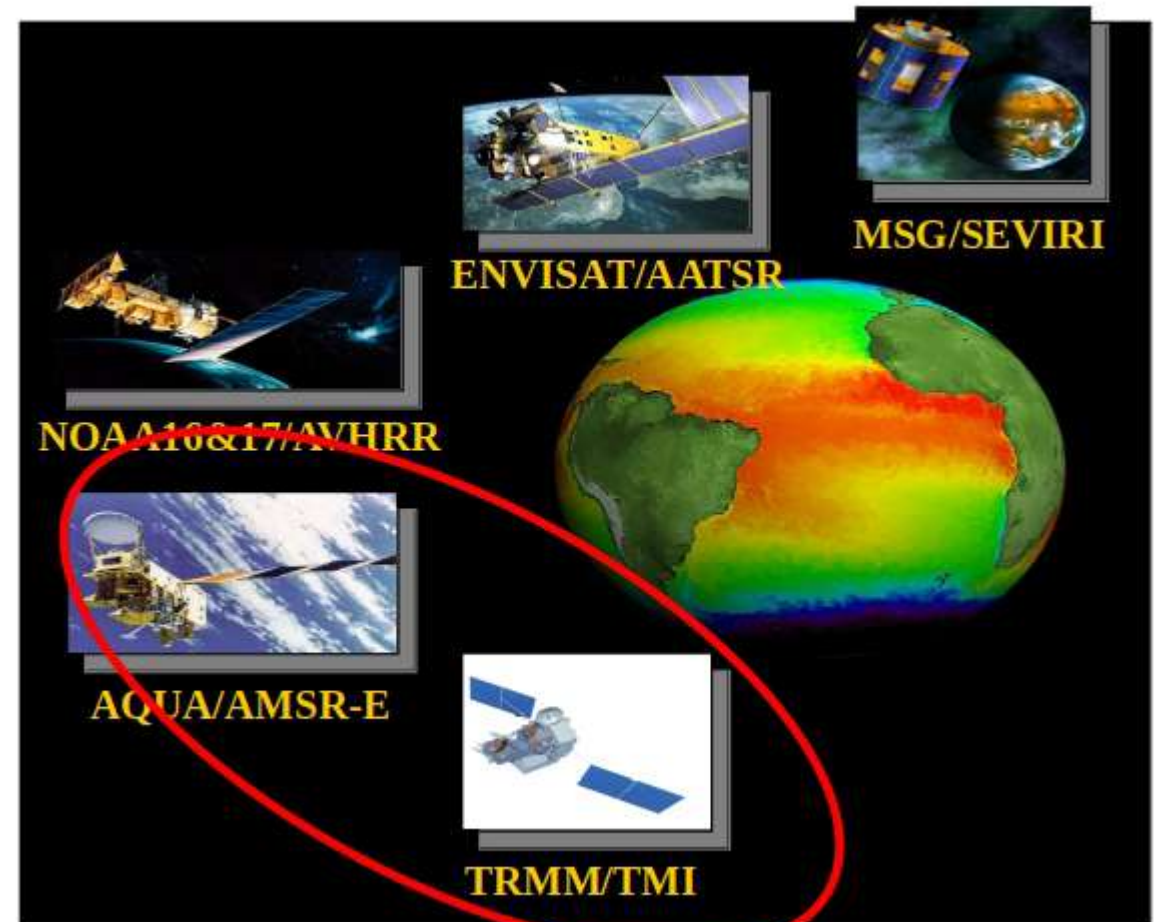
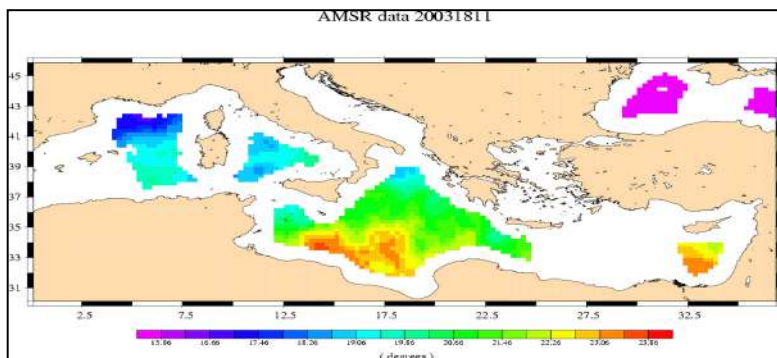




Observations de SST (« Sea Surface Temperature »)

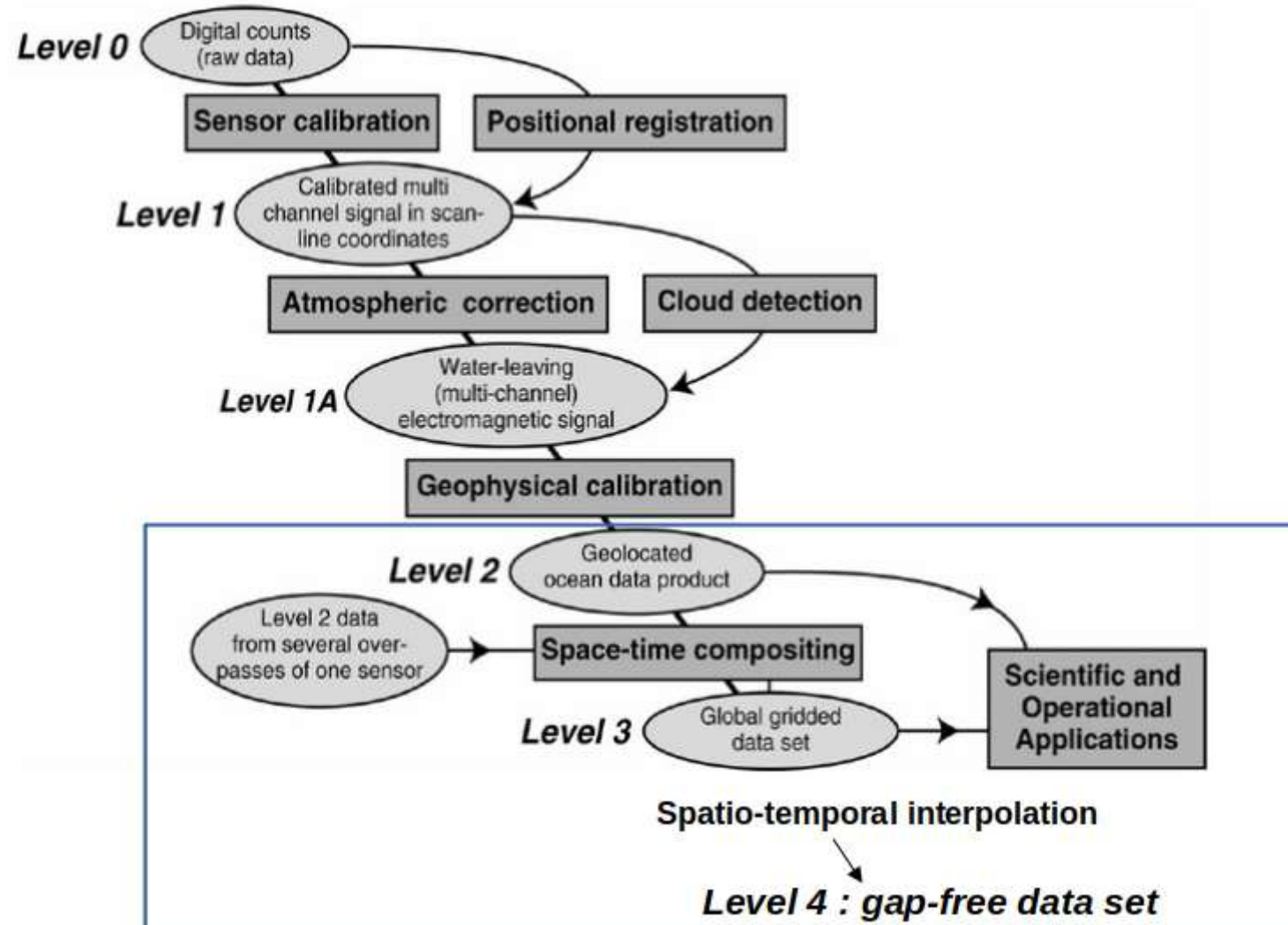
Radiomètres micro-onde (MW) :

- Satellites en orbite polaire
- Subskin SST (~ 1 mm)
- Relation entre SST et rayonnement reçu plus complexe
- Affecté par cycle diurne (rechauffement)
- **Basse résolution (25-50 km), pas de données à moins 75-100 km des côtes**





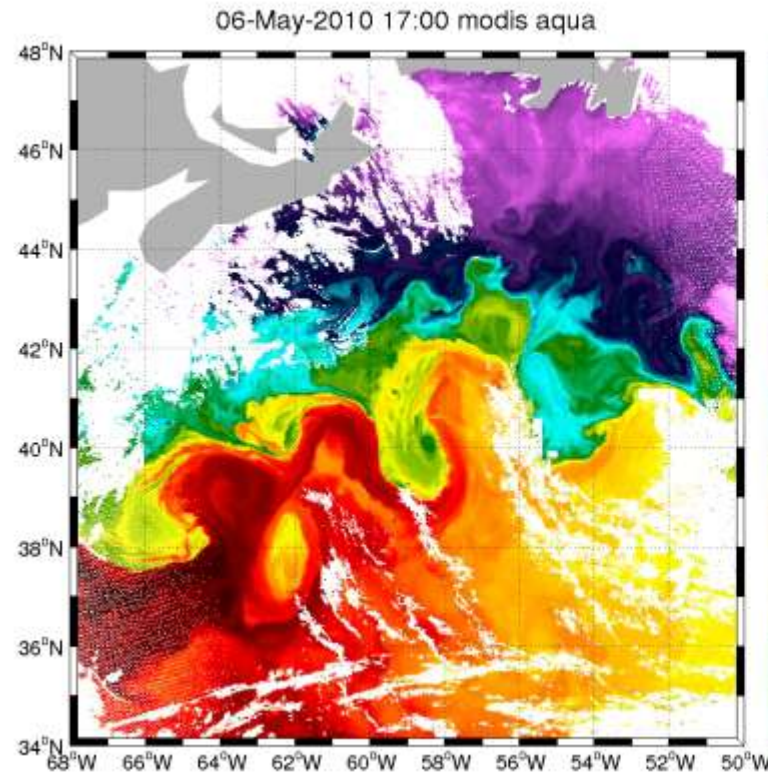
Produits de SST (et «niveaux» de produits)





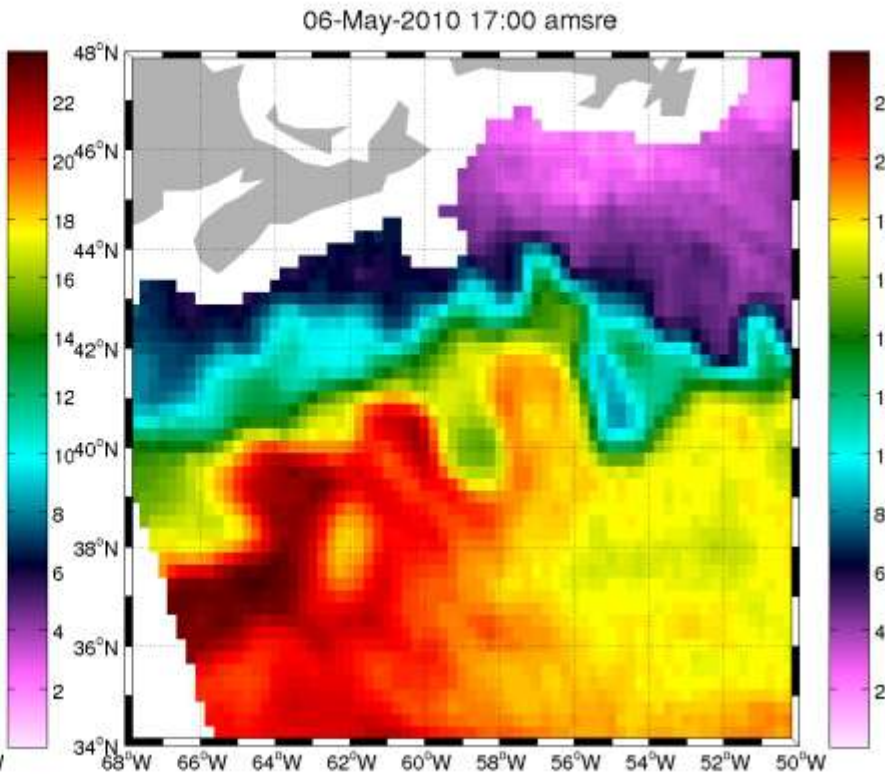
Exemples de produits de SST de niveau L2

Observations IR (1km)

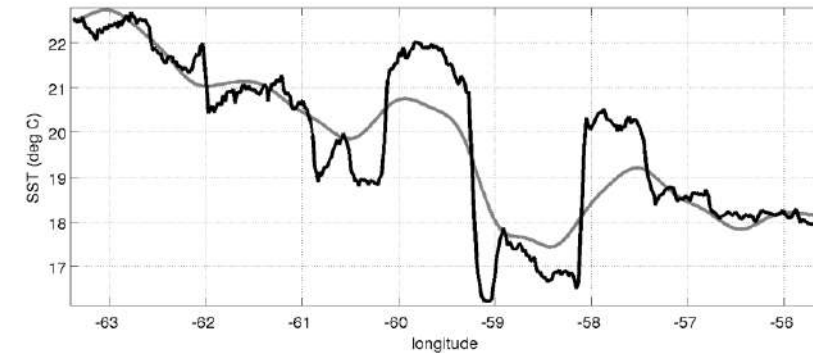


L2 IR : résolution effective ~ 1-10 km
(selon produits)

Observations MW (25km)



L2 MW : résolution effective ~ 60 km



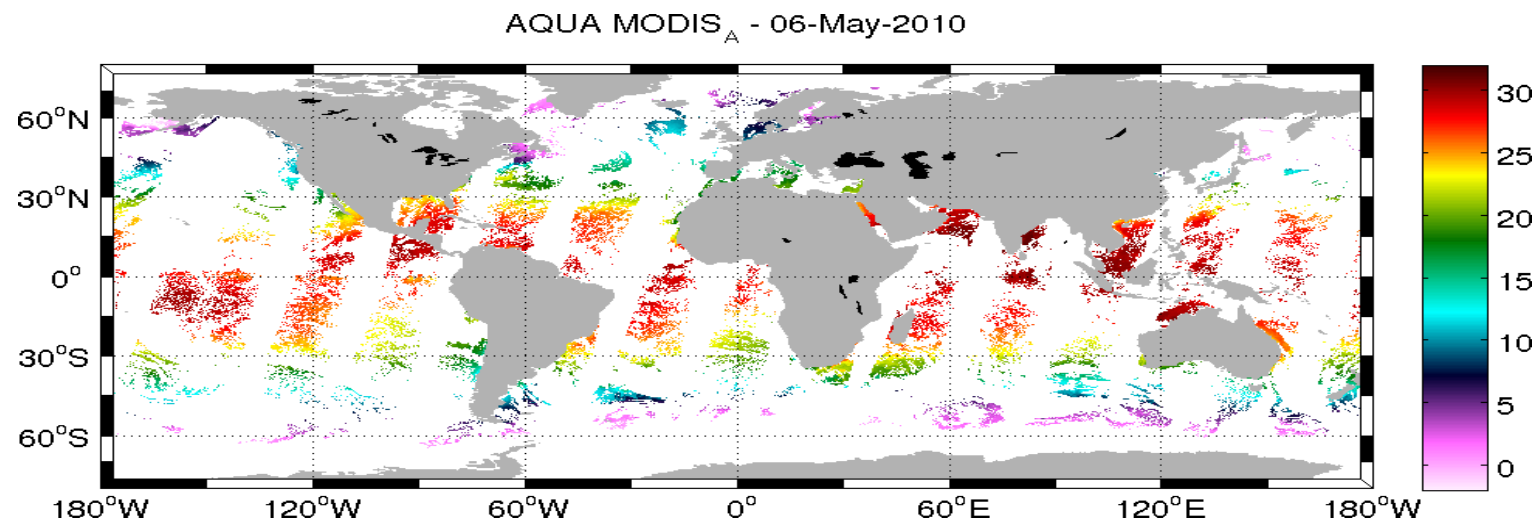
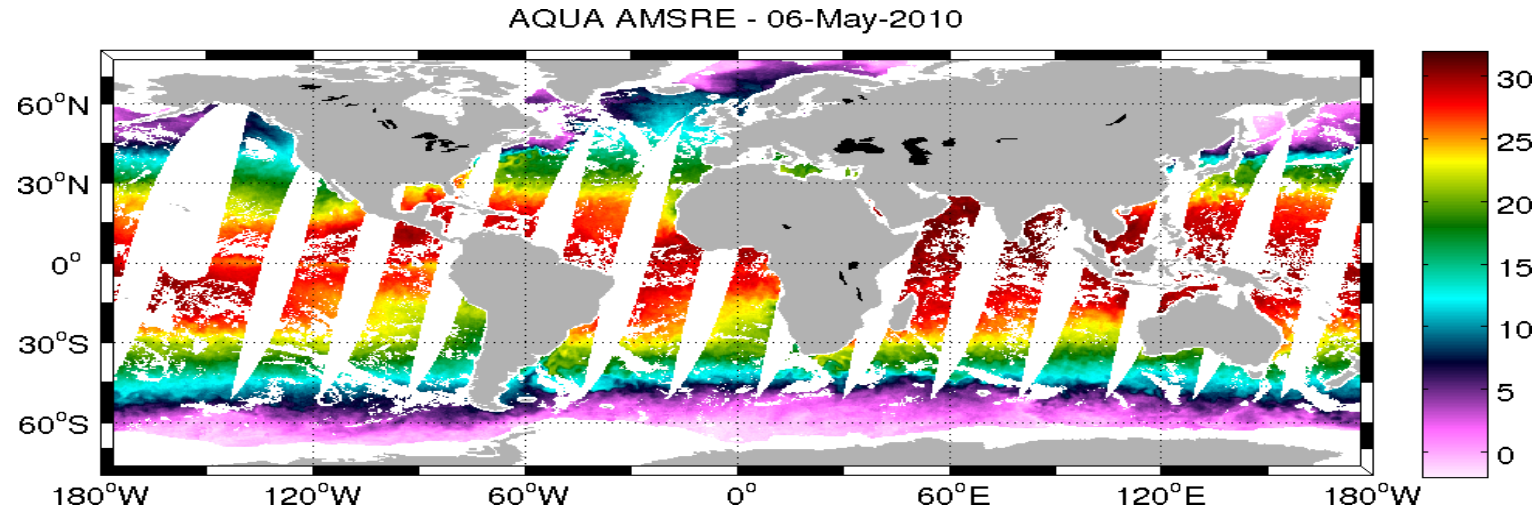
(a) SST MODIS (noir) et AMSR-E (gris) sur une section à la latitude 39.125°N sur la situation Gulf Stream

Différentes résolutions spatiales



Exemples de produits de SST de niveau L3

Produits
L3 mono-capteur
(daily, night-time)

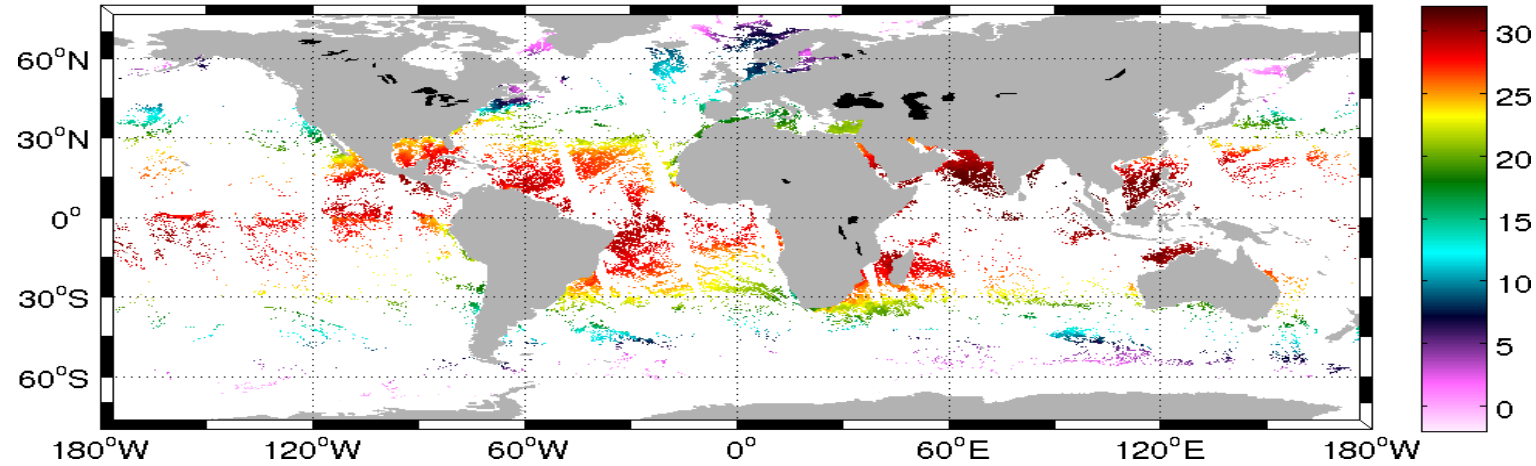




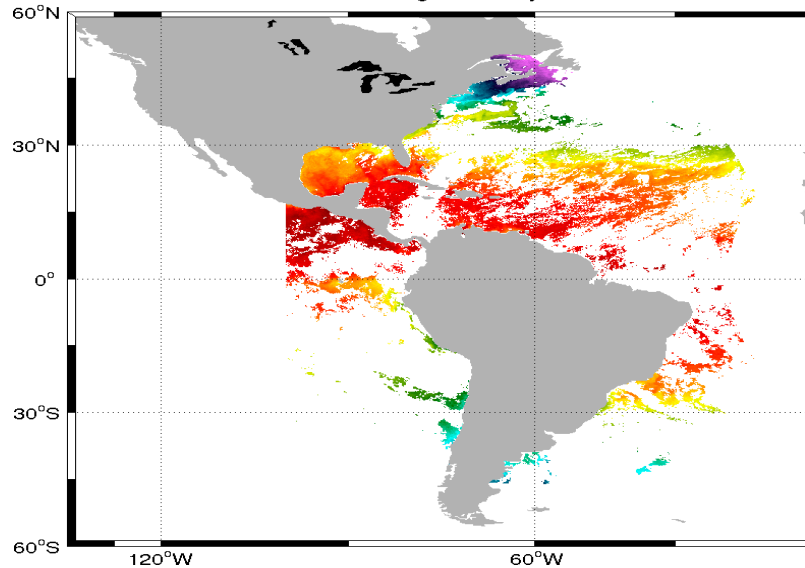
Exemples de produits de SST de niveau L3

Produits
L3 mono-capteur
(daily, night-time)

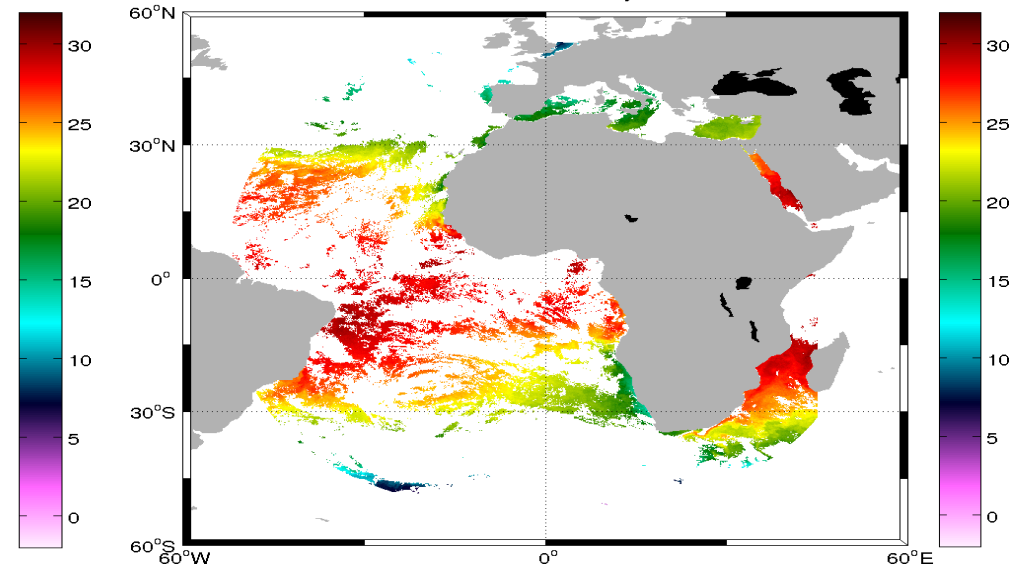
METOP-A AVHRR - 06-May-2010



GOES13 Imager - 06-May-2010

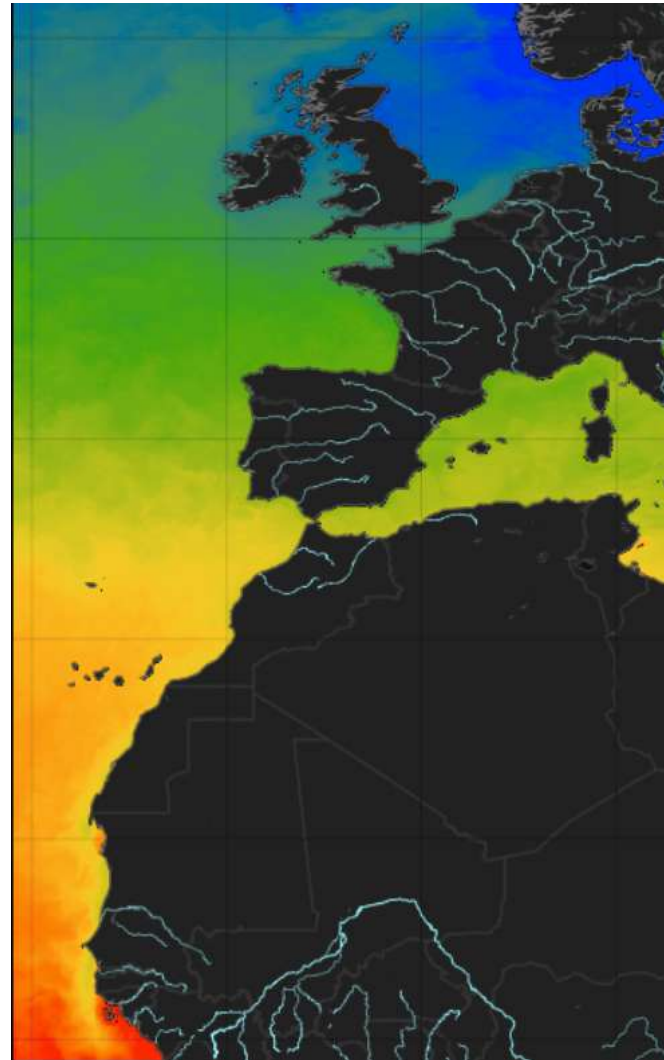
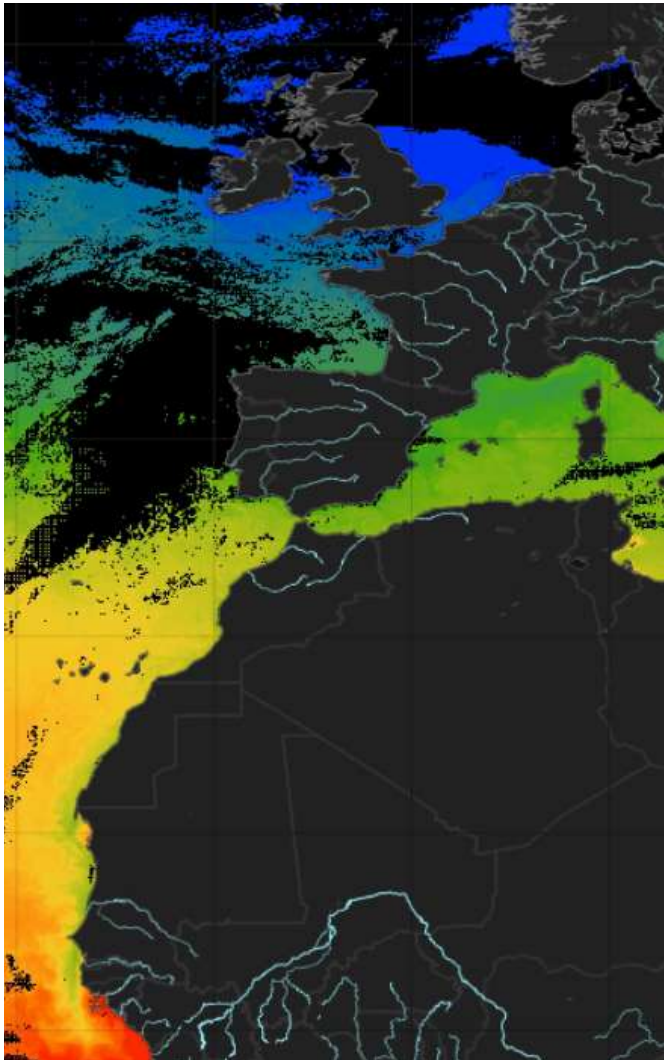


MSG-2 SEVIRI - 06-May-2010





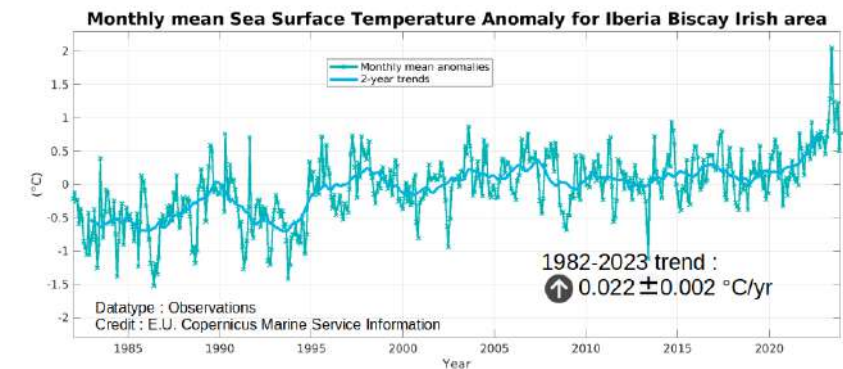
Exemples de produits de SST de niveaux L3 (multi-capteurs) et L4



L4 :
résolution
effective ~
10-100 km
(selon
produits)

Produits Ifremer L3 et L4 globaux et régionaux accessibles sur <https://marine.copernicus.eu>

Et exemple d'indicateurs



Informations complémentaires :



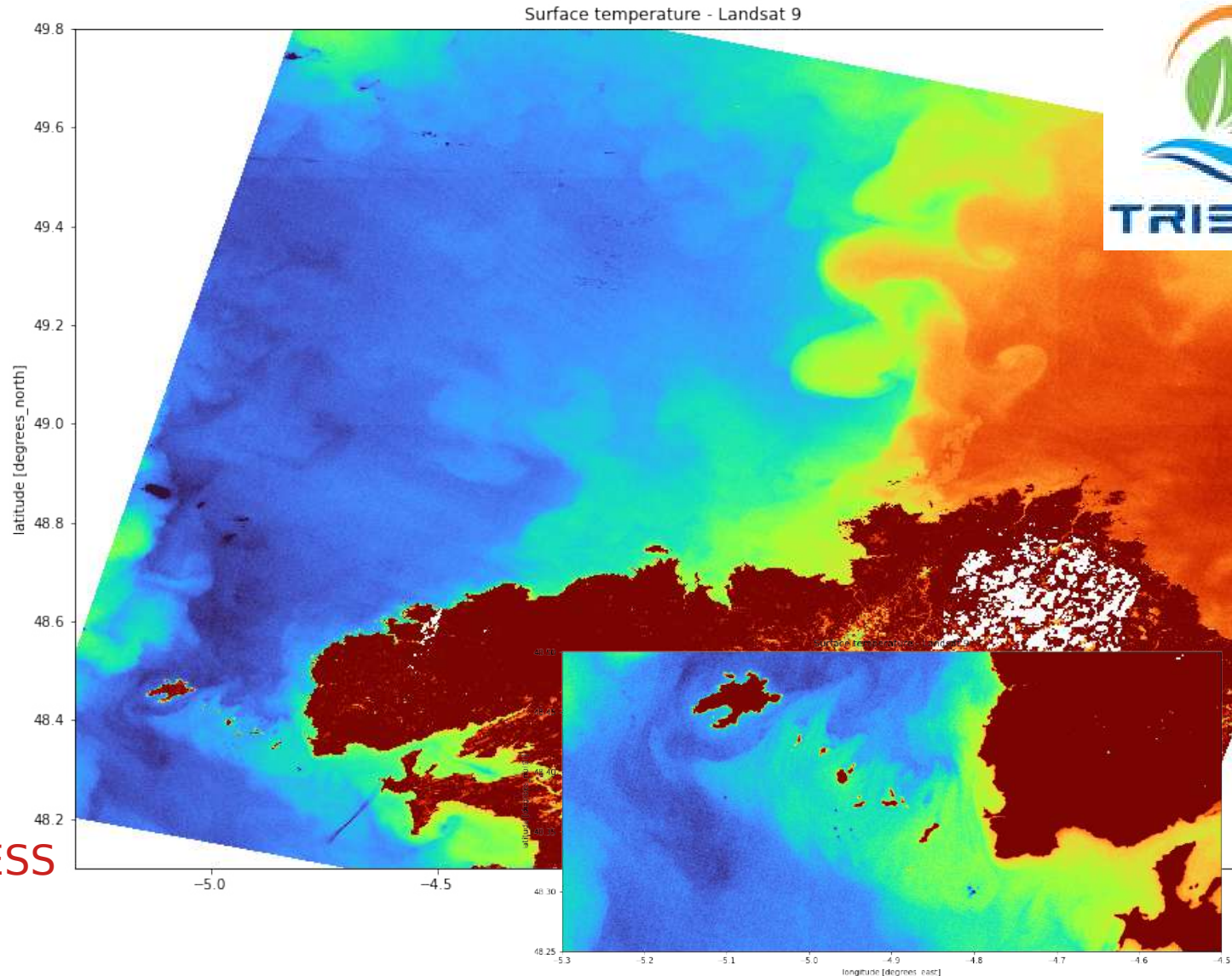
<https://www.ghrsst.org/>



<https://marine.copernicus.eu/fr>



SST satellite pour les eaux côtières et continentales : vers la très haute résolution, 50-100m / 2-3 jours



CNES/ISRO
TRISHNA

2026



NASA SBG

2027



2028

LANDSAT



ECOSTRESS



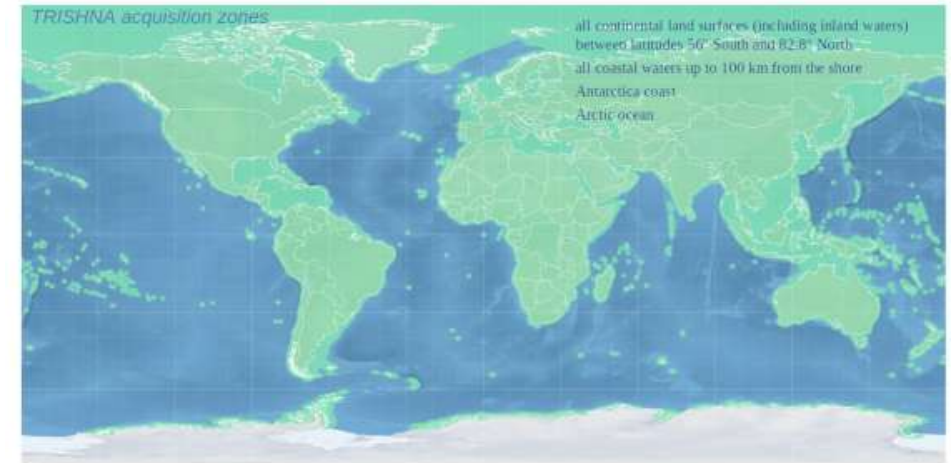


SST satellite pour les eaux côtières et et continentales : vers la très haute résolution, 50-100m / 2-3 jours



TRISHNA (Thermal infraRed Imaging Satellite for High-resolution Natural resource Assessment) :

- Mission franco-indienne CNES/ISRO
- Lancement : 2026
- Résolution spatiale : 60 m
- Fauchée de 1000 km
- Mesures dans l'IR (infrarouge) et le VIS (visible)



TRISHNA full resolution (60m) data coverage (in green)
All continental land surfaces (including inland waters)
All coastal waters up to 100km from the shore
Bathymetry > 250m ; Antartica ; Artic Ocean

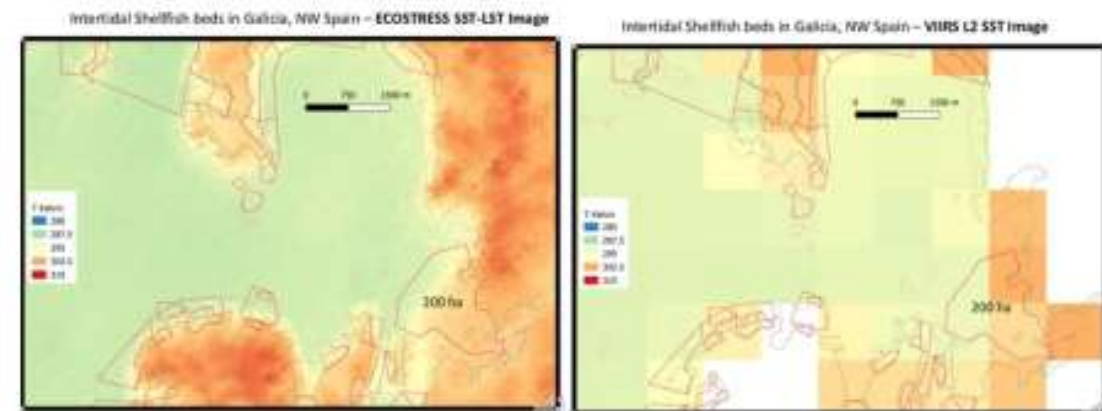


Illustration of SST observations with a spatial resolution close to the future TRISHNA mission (60m) compared to a 1km SST field. From GHRSSST 2021 meeting presentation : SST at 70-m scale from ECOSTRESS on the Space Station: Application to Complex coasts and Intertidal Flats (David S Wethey, Nicolás F Weidberg, Sarah A Woodin)

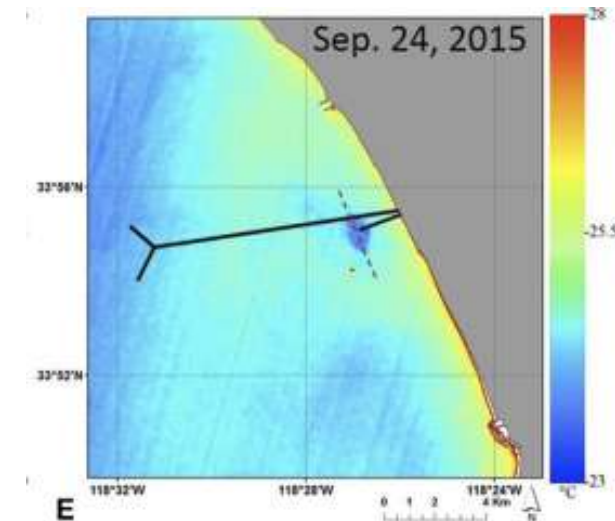


SST satellite pour les eaux côtières et et continentales : vers la très haute résolution, 50-100m / 2-3 jours

Les perspectives



- Etude de la qualité des eaux en zone littorale, comme montré par *Cherif et al., 2019*, construisant un modèle statistique basé sur les observations TIR SST pour prévoir des concentrations de bactéries dans les eaux de baignades
- Surveillance des décharges d'eaux usées, en synergie avec des produits de couleur de l'eau (*Trinh et al., 2017*)
- Surveillance d'activités industrielles utilisant l'eau de mer comme refroidissement (e.g. *Cahyono et al, 2017, Huang et al., 2014; Dai et al., 2012*)
- Suivi des décharges d'eaux sous-terraines (e.g. *Cheng et al., 2020; Wilson et al, 2012; Mejías et al, 2012; Mallast et al., 2013*) alors que ces signal de SST est absent des SST 1km



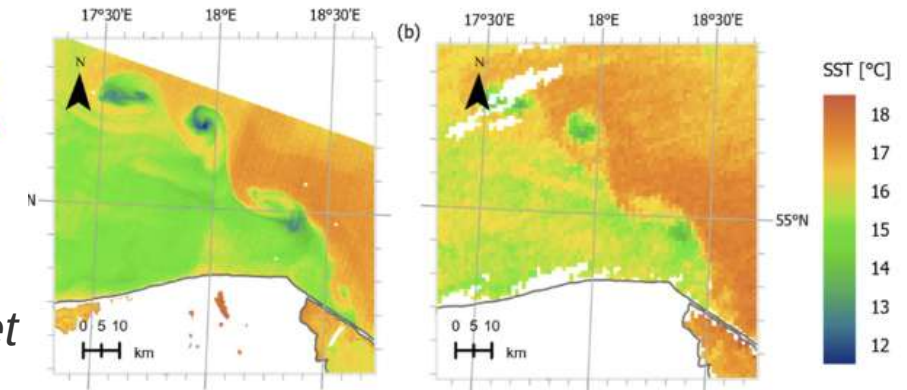
SST from TIR and Ch-a data for assessing the environmental effects of wastewater discharge in a coastal environment, (*Trinh et al., 2017*)



SST satellite pour les eaux côtières et continentales : vers la très haute résolution, 50-100m / 2-3 jours

Les perspectives

- Meilleure caractérisation :
 - Panaches des rivières (*Brando et al., 2020*)
 - Processus sous-méso échelle (e.g. *Kuroda et al., 2020, Tarantino et al., 2012; Thomas et al., 2002*)
 - Variabilité de la SST (e.g. *Seenipandi et al., 2021 ; Bradtke et al., 2021*), lakes (*Prats et al., 2020*).
 - Impact des gradient forts sur la dynamique atmosphérique (*Redelsperger et al., 2019*)
- Capturer les structures de fines échelles (fronts) qui jouent un rôle important dans les échanges air-mer (e.g. *Fox-Kemper et al., 2011; Lévy et al., 2012; Ferrari et al., 2011; Capet et al., 2008*)
- Définition et suivi de sites pour l'aquaculture (*Snyder et al., 2017*)



SST from Landsat-8 from NLSST algorithm in the Baltic Sea and L2 Aqua MODIS product (*Bradtke et al., 2021*)



SST satellite pour les eaux côtières et et continentales : vers la très haute résolution, 50-100m / 2-3 jours

Les challenges

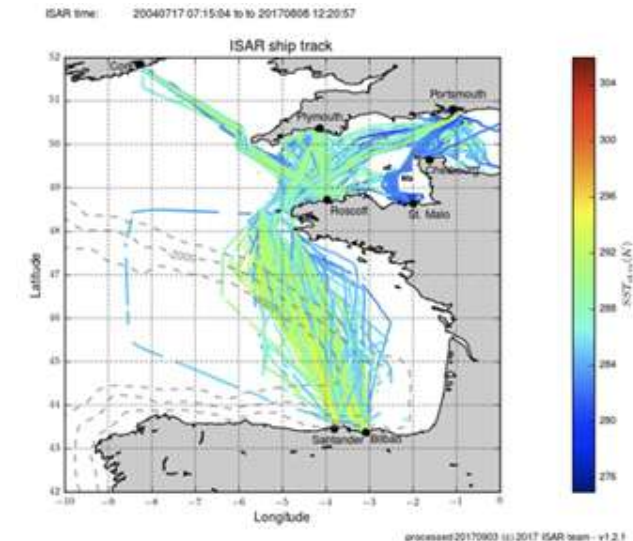


● Algorithmes

- Forte variabilité de l'atmosphère (vapeur d'eau, aérosols, etc) en côtier ou sur lacs
- Complexité de la côte, marées ou niveau d'eau sur lacs
- Accès à des données in-situ de qualité pour l'optimisation des algorithmes
- Disponibilité de données ancillaires (ex : climatologie)
- Masquage : nuages/terre/eau/glace

● Calibration / validation

- Identification des stations et jeux de données de référence
- Identification des manques et nouveaux besoins



Exemple de données de validation :
<https://www.ships4sst.org>
ISAR ship track from the Shipborne
Radiometer Network



SST satellite pour les eaux côtières et et continentales : en attendant TRISHNA

Température de surface
Pour tous les pixels « eau »
des tuiles Landsat

Données : Archive Landsat (4-8)

Méthode : Algo mono-canal

Erreur : 0.5 à 2 °C

Distribution :

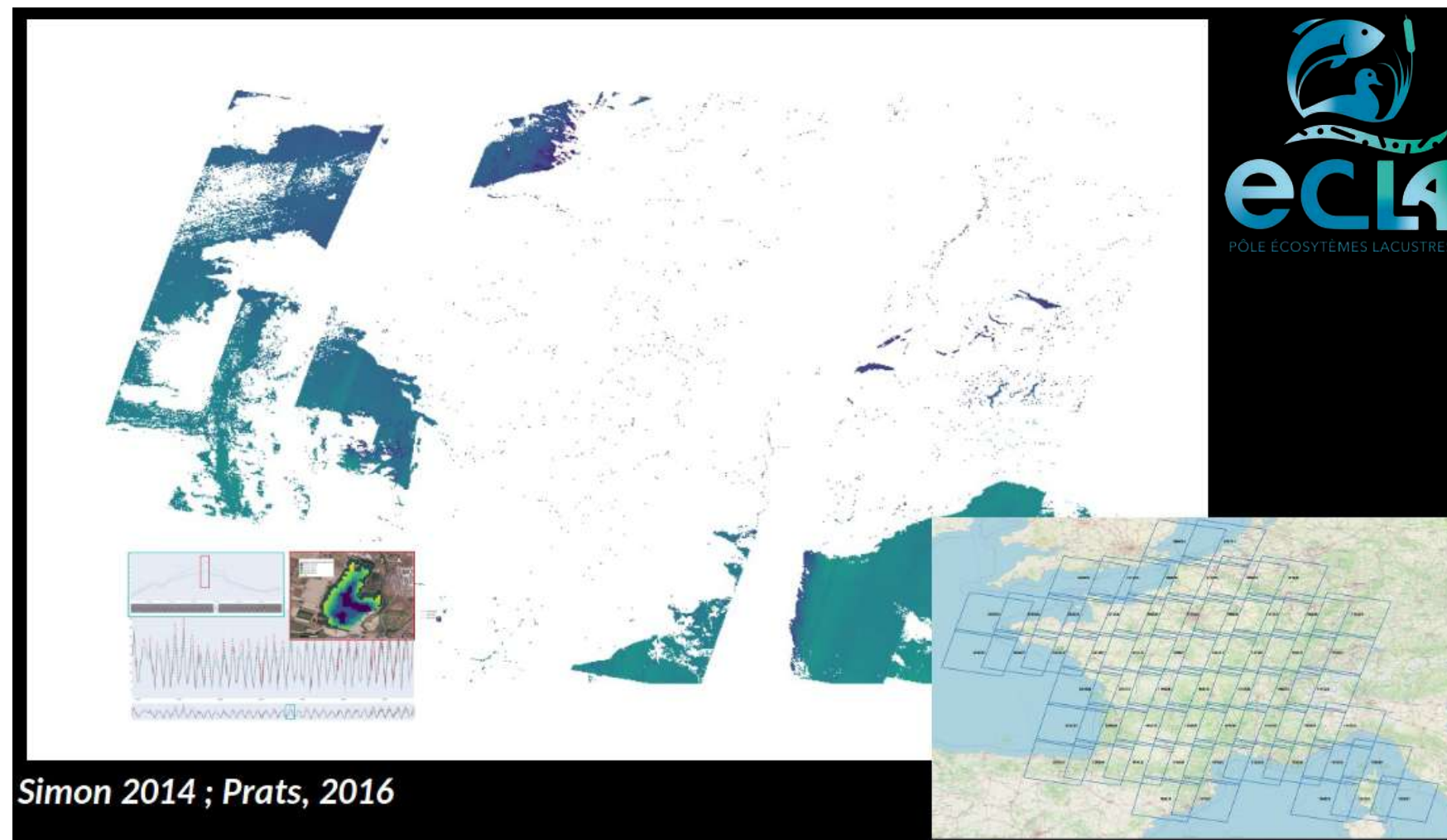


et

<http://geo.ecla.inrae.fr/maps/a-cceuil-map#project>

Contact :

thierry.tormos@ofb.gouv.fr



Simon 2014 ; Prats, 2016



SST satellite pour les eaux côtières et continentales : en attendant TRISHNA

CALISTA (COASTAL 100m RESOLUTION SEA SURFACE TEMPERATURE FROM SATELLITE INFRARED IMAGERY)



Les données

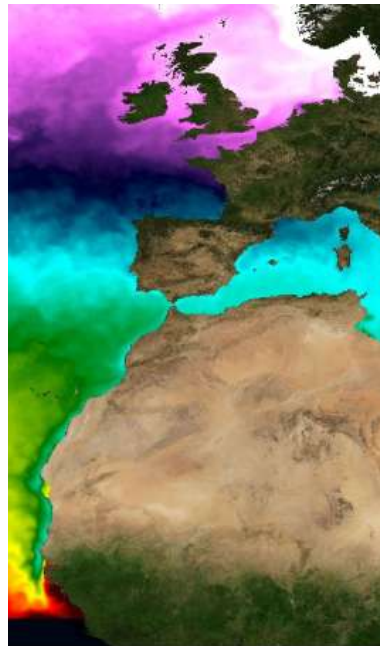


ECOSTRESS



LANDSAT

La zone



la méthode et les résultats

- Algo split-window (NLSST)
- Coefficients à partir de
 - produits satellite 1km
 - RTTOV + 700000 profils atmos.
- Evaluation et amélioration des masques
- Débruitage
- Colocalisation avec Felyx
- Validation et diagnostics:
 - GHRSSST 1km SSTs, In-situ (bouées, stations), ISAR
- Distribution du produit (format GHRSSST)
- Contact : emmanuelle.autret@ifremer.fr

