

Prospective Océan

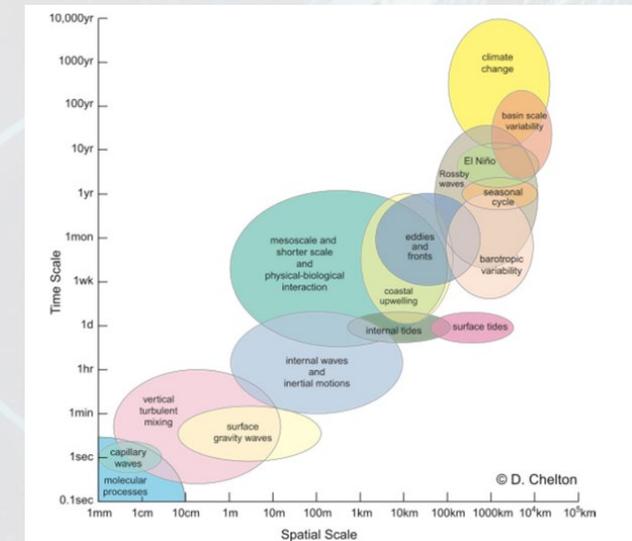
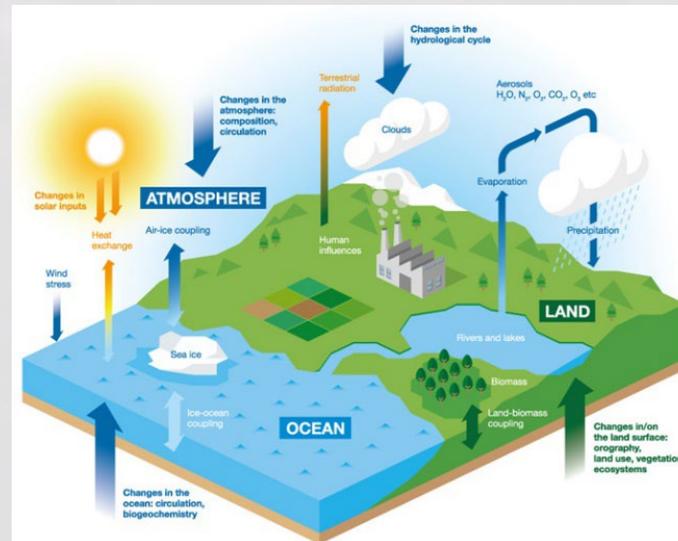
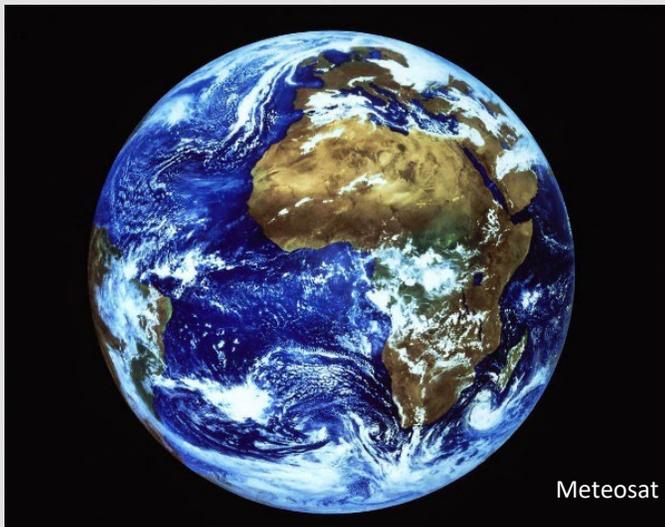
N. Ayoub, P. Bonnefond, J. Boutin (présidente entrante), A. Carbonnière (Responsable Thème entrant), H. Claustre, C. Delavergne, F. D'Ovidio, Y. Drillet, Y. Faugère (Responsable de thème entrant), C. Jamet, A. Kouraev, F. Nouguier, P.Y Le Traon (président sortant), B. Lubac, F. Nouguier, L. Oruba, A. Sylvestre-Baron (Responsable de thème sortante)

L'Océan: Observer, Comprendre, Modéliser, Pourquoi?

Enjeux de connaissance

L'Océan: une machine complexe en interaction avec les autres composantes du système Terre

Un domaine vaste, difficile d'accès, une profondeur moyenne de 3800 m, des sciences allant de la physique, géologie, chimie et biologie et des processus couvrant une gamme très large d'échelles spatiales et temporelles



L'Océan: Observer, Comprendre, Modéliser, Prévoir, Pourquoi?

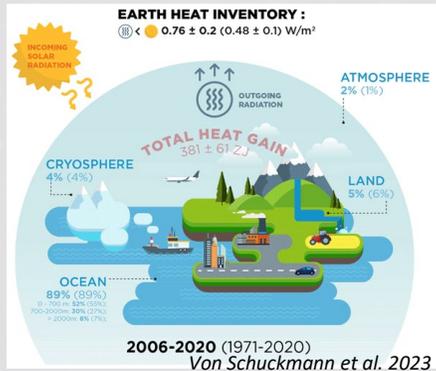
Enjeux de société

Rôle majeur de l'Océan sur le climat (chaleur, CO₂, cycle de l'eau)

L'Océan: source essentielle de nourriture, d'énergie, contribue au développement de l'économie mondiale

L'Océan subit des pressions majeures en raison du changement climatique et d'autres activités humaines

Les changements sont rapides et s'accélèrent. Impact sur les activités humaines et la biodiversité marine.



Les besoins pour répondre à ces enjeux:

Continuité d'observations spatiales,

De nouvelles observables,

Des résolutions spatio-temporelles accrues,

De nouveaux outils pour combiner ces larges ensembles d'informations

Les enjeux pour l'observation spatiale de l'océan:

1. Couplages vents-courants-vagues
2. Salinité à fine échelle liée aux apports d'eau douce et rétroactions
3. Continuum terre-océan
4. Evolution de la pompe biologique de carbone et biodiversité marine
5. Variabilités, tendances et points de bascule du système climatique
6. Améliorer les analyses et prévisions de l'océan, accompagner le développement des jumeaux numériques

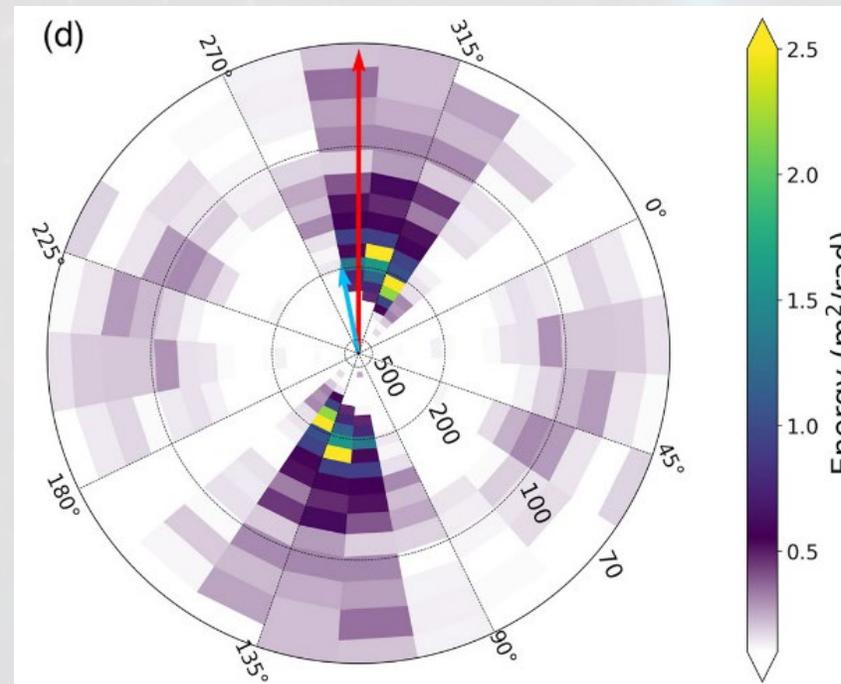
Les enjeux pour l'observation spatiale de l'océan:

1. Couplages vents-courants-vagues

Modifient les échanges océan-atmosphère (CO_2 , chaleur), les tempêtes, les courants,

Influencent les vagues de chaleur marines, l'évolution rapide des zones marginales de glace,

Alors que les conditions extrêmes s'intensifient...



*Exemple couplage vent-cyclones-vagues:
Asymétrie paramètres vagues reliée à rapport
entre vitesse maximale du vent et vitesse du
cyclone (CFOSAT/SWIM Lemerle et al. 2022)*

Les enjeux pour l'observation spatiale de l'océan:

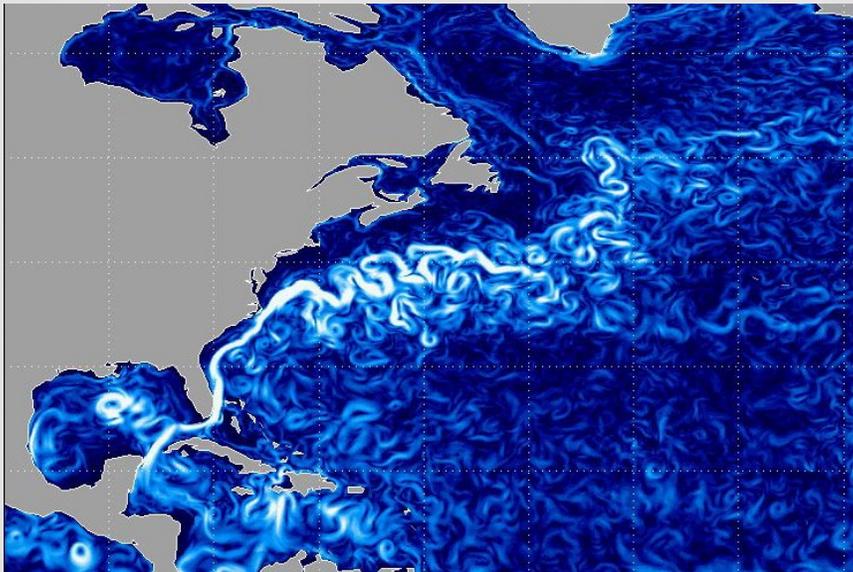
1. Couplages vents-courants-vagues

Modifient les échanges océan-atmosphère (CO_2 , chaleur), les tempêtes, les courants,

Influencent les vagues de chaleur marines, l'évolution rapide des zones marginales de glace,

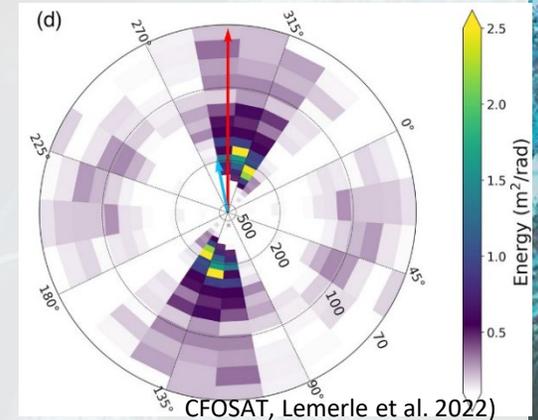
Alors que les conditions extrêmes s'intensifient...

Mais manque mesures de courants de surface totaux (P0 prospective 2019)



Priorité Majeure:
ODYSEA

Priorité Substantielle:
CFOSAT-NG



Priorités majeures: 1. ODYSEA (Ocean Dynamics and Surface Exchange with the Atmosphere)

Courants de surface et vent de surface ~ 25 km à l'échelle globale ~ chaque jour

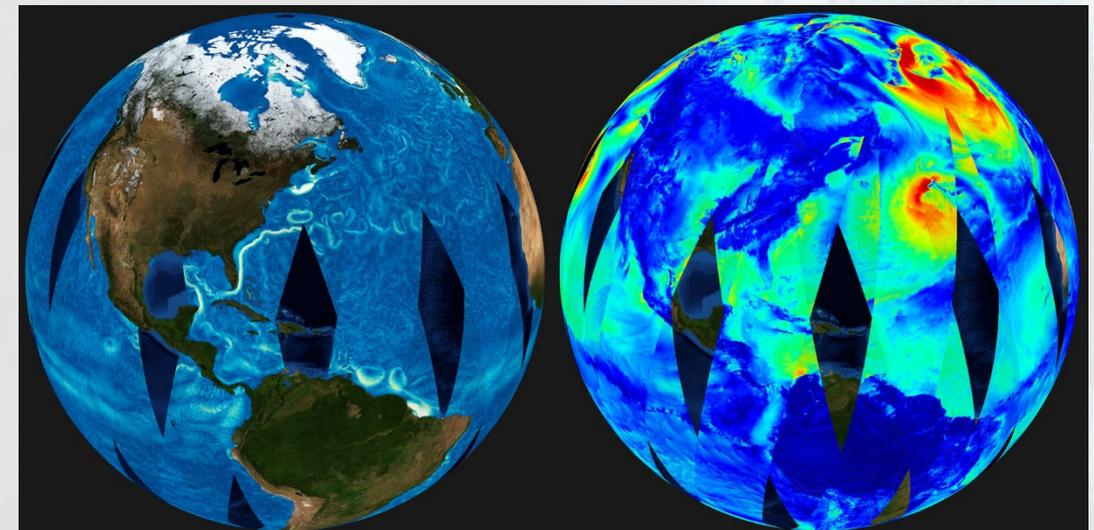
Accepté Phase A NASA Explorer

- **Mesure "directe" du courant par effet Doppler**
- on ne mesure plus la **géométrie** de la surface, mais ses **vitesses** (pas d'hypothèse "géostrophique" sur le lien entre courant et niveau de la mer)
 - permet une **mesure à l'équateur**
 - permet de mesurer les **courants induits par le vent, courant de marée ...**



CALENDRIER

phase A1 CNES en cours (jusqu'à juillet 2025)
 2024/06: "Kick off" phase A NASA
 2025/02: "Concept Study Report" remis à NASA
 2025/07: sélection for flight
 2030/2032: launch..... 



Norme courants

Module vent

Sous les traces satellite (1 jour)

Les enjeux pour l'observation spatiale de l'océan:

2. Salinité à fine échelle liée aux apports d'eau douce et rétroactions

Plateaux continentaux (fleuves) et bords de glaces (fonte) soumis à de forts apports d'eau douce

Où, quand, par quels mécanismes les flux d'eau douce pénètrent-ils dans l'océan ?

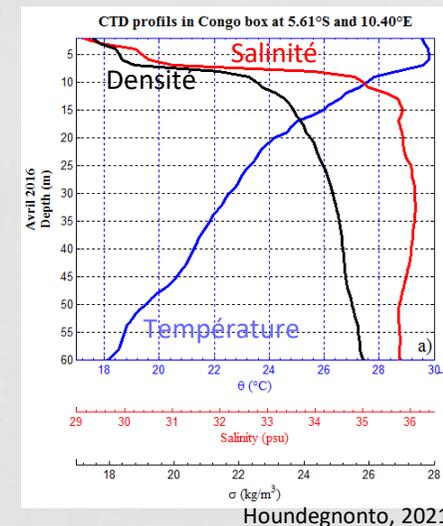
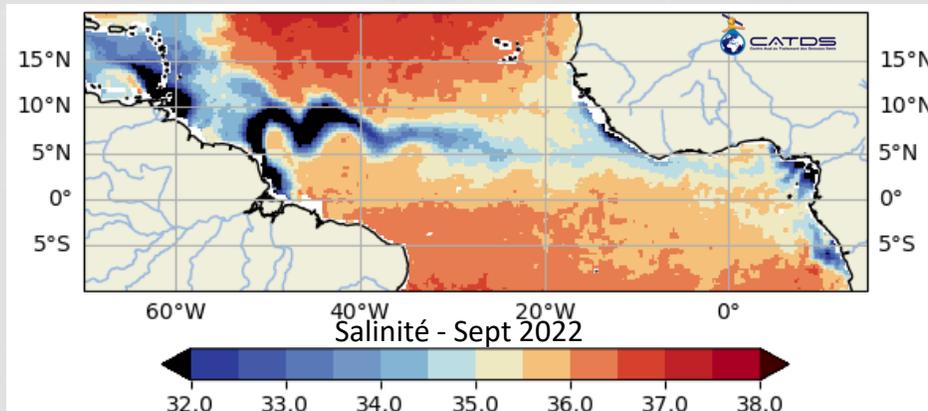
Influence des gradients verticaux de densité sur la circulation océanique, les échanges air-mer?

Rôle de la dynamique tourbillonnaire ?



© Léa Olivier

Salinité à la surface de la mer - SMOS



Houdegnonto, 2021

Les enjeux pour l'observation spatiale de l'océan:

2. Salinité à fine échelle liée aux apports d'eau douce et rétroactions

Plateaux continentaux (fleuves) et bords de glaces (fonte) soumis à de forts apports d'eau douce

Où, quand, par quels mécanismes les flux d'eau douce pénètrent-ils dans l'océan ?

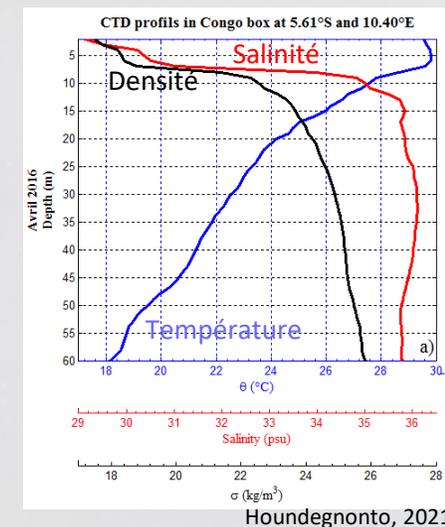
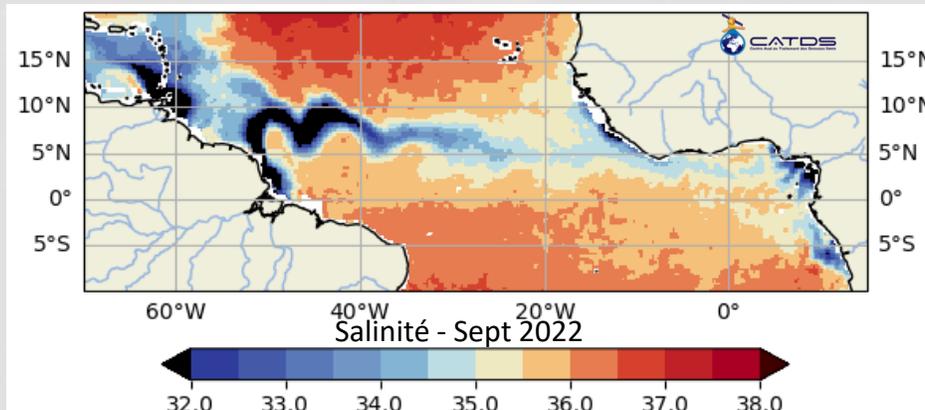
Influence des gradients verticaux de densité sur la circulation océanique, les échanges air-mer?

Rôle de la dynamique tourbillonnaire ?

Manque de mesures de la salinité sur plateaux continentaux et à méso-échelle



Salinité à la surface de la mer - SMOS

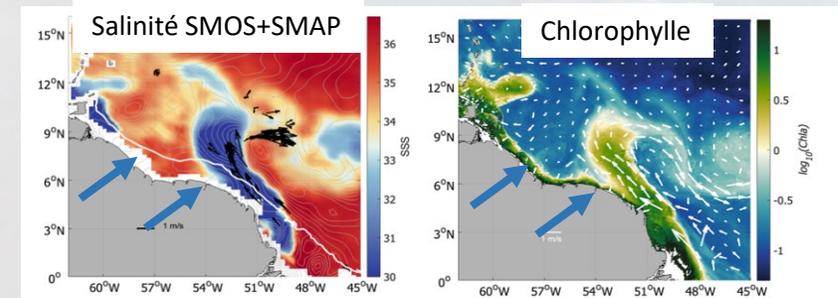


**Priorité Majeure:
 SMOS-HR**

Priorités majeures: 2. SMOS-HR (Soil Moisture and Ocean Salinity-High Resolution)

Salinité de surface ~ 10 km à l'échelle globale ~ chaque 3 jours

- ~ 90 % surface des plateaux continentaux (seulement 50 % avec Smos)
- Structures tourbillonnaires => ~ 60° de latitude (seulement ~30° avec Smos)
- Concept: **Interféromètre radiométrique en bande L**
avec un réseau d'antennes optimisé pour la haute résolution
- Calendrier:
phase A au Cnes Ok,
cadre programmatique à trouver



Les enjeux pour l'observation spatiale de l'océan:

3. Continuum terre-ocean

Influencé par changements globaux et apports continentaux fortement anthropisés

Quels flux terre-mer (eau, matière, chimie), de la côte vers le large?

Interactions entre processus physiques, la biogéochimie, les sédiments, et les polluants?

Enjeux d'adaptation et gestion des risques dans les zones côtières.

Besoins :

- Continuité d'observations des bassins versants jusqu'à l'océan côtier et profond.
- Compléter les mesures d'élévation de type Swot

Priorités Majeures (européen):

Couleur de l'eau géostationnaire

S3-NG Topo

Priorité Substantielle:

Swot-LOAC (Land Ocean Aquatic Continuum)



Caractéristiques topographiques de zones intertidales : élévations Swot (élévations en couleur (points); jaune élevées; vert faibles) à marée basse (Réserve Naturelle de Moëze-Oléron) superposées à une image satellite optique.

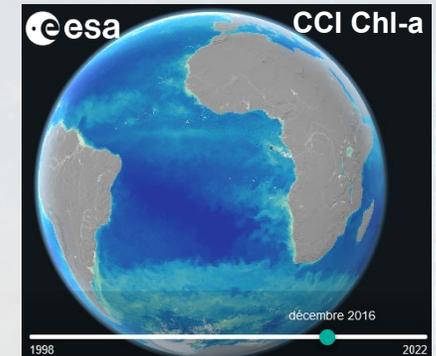
Les enjeux pour l'observation spatiale de l'océan:

4. Evolution de la pompe biologique de carbone et biodiversité marine

Déterminant pour comprendre l'évolution du cycle du carbone.

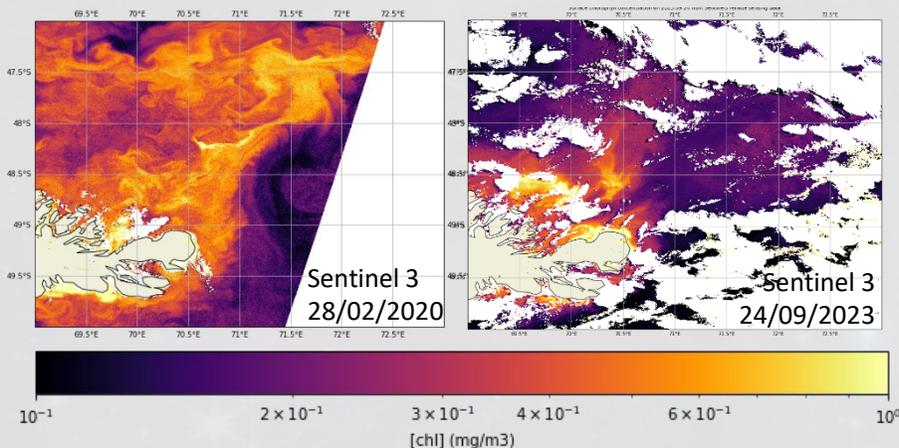
Rôle des **fines échelles océaniques** sur la biologie ?

=> accompagner la **définition des politiques d'exploitation et conservation durables**,
 surveiller les **aires marines protégées**, estimer l'efficacité des mesures de protection...



Besoin: **Observer des phénomènes à évolution rapide** liés, en particulier, à la **dynamique côtière**, et **sous la surface de l'océan, de jour et de nuit, et aux hautes latitudes** (pendant les hivers polaires)

*Chl-a (mg m⁻³)
 Sentinel 3 au large
 des îles Kerguelen
 (incluant une aire
 marine protégée)
 en période de ciel
 clair (gauche) et
 nuageux (droite)*



Priorité Majeure (européen) :
Couleur de l'eau géostationnaire

Priorité Substantielle:
Lidar marin (AOS/Caligola)

Les enjeux pour l'observation spatiale de l'océan:

5. Variabilités, tendances et points de bascule du système climatique

L'océan est en pleine mutation.

Points de bascule ou changements irréversibles de certaines variables climatiques?

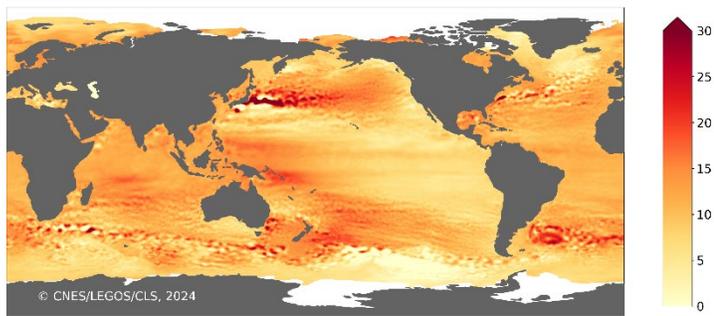
Comment les anticiper? fournir des éléments à la société pour mieux s'y préparer ?

Futur du rôle de l'océan vis à vis de l'évolution du climat, ou l'occurrence d'évènements extrêmes ?

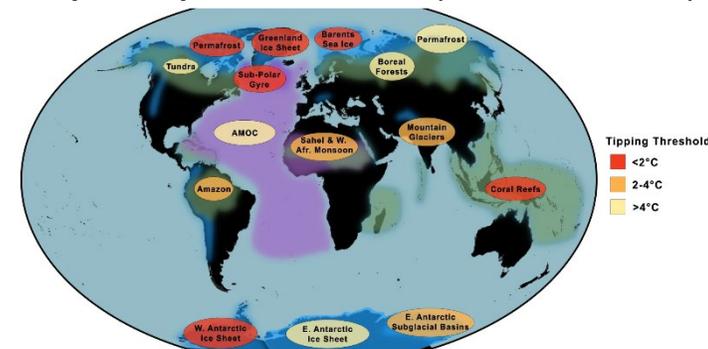
Besoin de comprendre les processus, **maintenir et optimiser séries longues** de variables climatiques essentielles.

total sea level change

in cm, from January 1993 to July 2024



Risques de points de bascule (Lenton et al. 2024)



Priorités Majeures (Européen) :
Sentinels NG (e.g. S3-NG-Topo)
NGGM/MAGIC
GENESIS & DORIS

Les enjeux pour l'observation spatiale de l'océan:

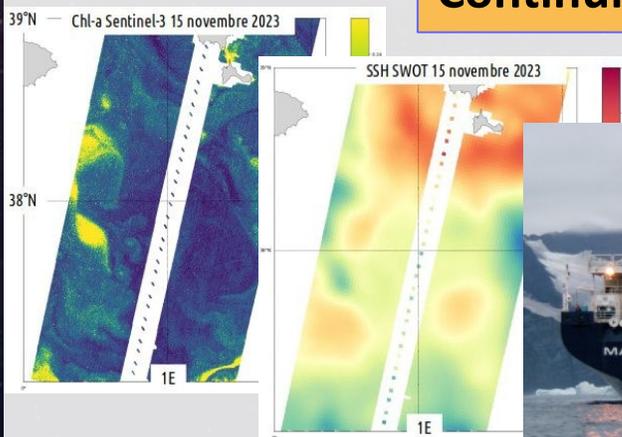
6. Améliorer les analyses et prévisions de l'océan, accompagner le développement des jumeaux numériques

Multiplicité des observations spatiales complétées par mesures in situ (e.g. sous la couche de surface),

Besoin de **synthèse via des modèles numériques, des techniques d'IA, de jumeaux numériques.**

Maintien d'observations systématiques régulières (e.g. pour les services océaniques, Copernicus Marine Service).

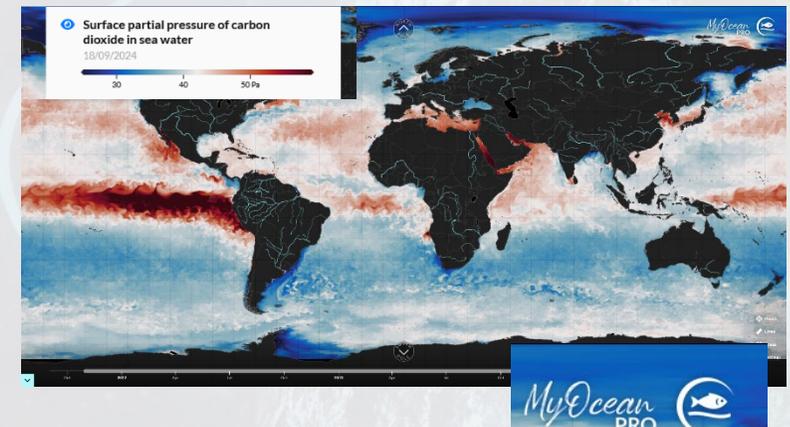
**Priorités Majeures (Européen) :
Continuité des Variables Climatiques Essentielles (ECVs) avec Sentinel**



C. Guinet



Edited by Ken Johnson & Hervé Claustre



Autres priorités – Spécificités océan

Pôle de données Data Terra. Les centres d'expertises concentrent un savoir-faire national dans un domaine particulier (ex. sur la couleur de l'eau). Il est important de les accompagner pour qu'ils soient bien intégrés dans le paysage national de la recherche.



Mesures in-situ: Soutien à la coordination nationale de l'observation de l'océan **Fr-oos (French Ocean Observing System)** et aux IRs et SNOs associés afin de s'assurer que les besoins Cal/Val des missions océan soient pris en compte.

Support aux Science Team internationales. Grosse implication internationale de la communauté océan, souhaitable de rapprocher les équipes scientifiques Swot océan et OSTST (Ocean Surface Topography Science Team).

Priorités missions spatiales (Majeures et Substantielles)

Cadre bi-latéral ou à déterminer

Observable	Cadre de développement	Priorité	Recommandation
Courants & vents globaux	Odysea	Majeure	NASA Explorer phase A Bilatéral CNES-NASA à soutenir
Salinité haute résolution	Smos-hr	Majeure	Cadre à trouver
Topo, courants, vagues, continuum terre-mer	Swot Loac	Substantielle	Discussion CNES NASA à poursuivre
Profils verticaux chlorophylle & particules	Lidar marin profileur (AOS/Caligola)	Substantielle	Concept instrumental adapté aux mesures marines
Vagues, Courants, vents	Cfosat-NG	Substantielle	Cadre à trouver

Cadre Européen

Observable	Cadre actuel de développement	Priorité	Recommandation
Niveau de la mer Large fauchée	S3NG Topo	Majeure	Sécuriser les développements et valoriser les avancées Swot
Couleur de l'eau géostationnaire	Geo-Ocapi	Majeure	Futurs Meteosat
Champs de gravité terrestre	Esa/Nasa NGGM/Magic (phase B1 ESA)	Majeure	A soutenir pour passage phase C/D
Positionnement	Genesis et Doris Neo	Majeure	Essentiel pour précision altimétrique
Salinité en eaux froides	Cryorad phase 0 EE12	Substantielle	Fort potentiel pour les hautes latitudes