

Bilan TOSCA/Océan 2019-2023

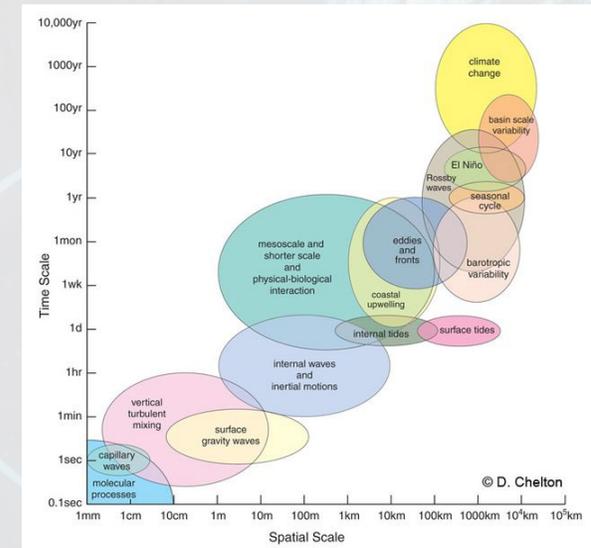
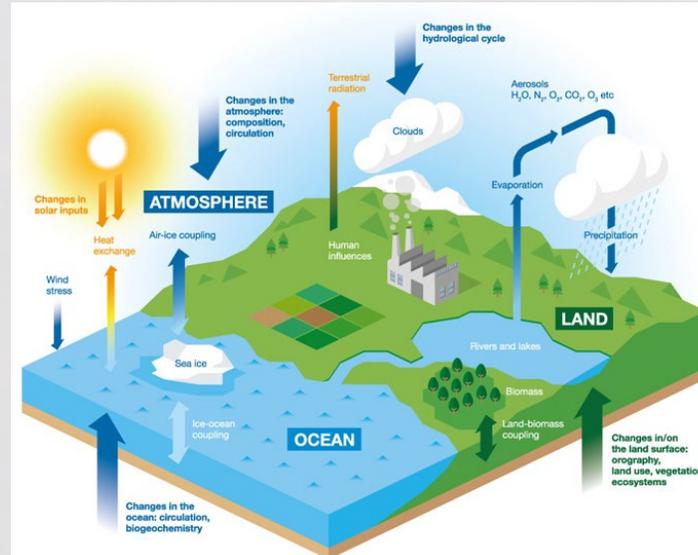
Groupe Thématique Océan

Nadia Ayoub, Pascal Bonnefond, Jacqueline Boutin (Présidente groupe Océan entrant), Aurélien Carbonniere (resp. thème côtier/cryosphère marine Cnes), Hervé Claustre, Casimir de Lavergne, Francesco d'Ovidio, Yann Drillet, Yannice Faugère (resp. thème océan Cnes), Cedric Jamet, Alexei Kouraev, Pierre-Yves Le Traon (Président groupe Océan sortant), Bertrand Lubac, Frédéric Nouguier, Ludivine Oruba, Annick Sylvestre-Baron (resp. thème océan Cnes).

L'Océan: enjeux de connaissance

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

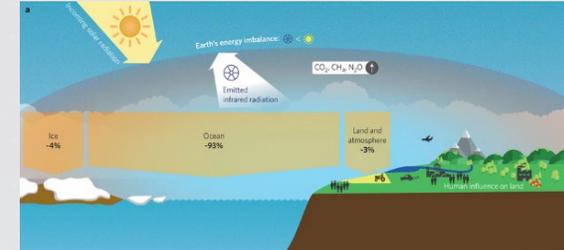
Un domaine vaste, difficile d'accès, des sciences allant de la physique, géologie, chimie et biologie et des processus couvrant une gamme très large d'échelles spatiales et temporelles



Observer, comprendre et prévoir l'Océan: des enjeux sociétaux majeurs

Rôle majeur de l'Océan sur le climat

et ses grands cycles (chaleur, CO₂, cycle de l'eau)



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



L'Océan subit des **pressions majeures**

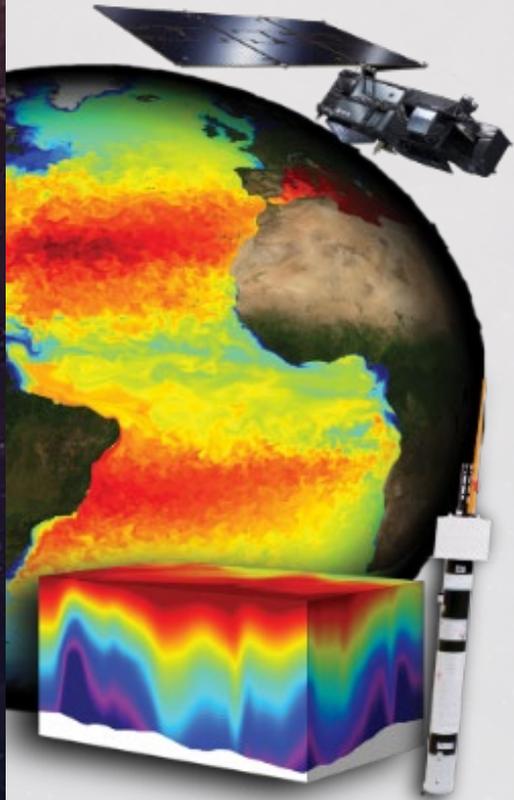
Les **changements** sont rapides et **s'accélèrent**



Impact sur les **activités humaines** et la **biodiversité marine**



L'observation de l'Océan



- ❑ **Rôle fondamental de l'observation dans les sciences océaniques:** des études théoriques au développement de la modélisation et de la prévision
- ❑ **Un système intégré pour l'étude de l'Océan:** observations spatiales et in-situ, modélisation et assimilation de données, jumeaux numériques
- ❑ **Les satellites jouent un rôle majeur =>** observations de **paramètres clés pour la compréhension, le suivi et la prévision de l'Océan.** Couverture globale à haute résolution (spatiale et temporelle)
- ❑ **Mesures in-situ indispensables** pour **calibrer et valider** les observations des satellites, apporter la **dimension verticale** et donner un **contexte historique**

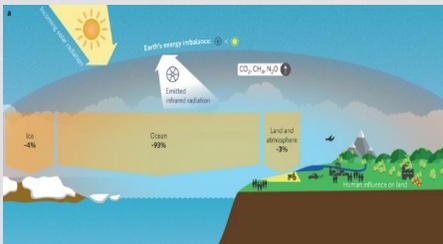
Les questions et défis scientifiques identifiés lors de la prospective 2019

Cinq thèmes principaux

- **Le climat.** Rôle de l'océan sur le climat et ses grands cycles et son évolution. Impact sur l'océan.
- **Les zones polaires.** Changements rapides. Régions clés peu observées. Enjeux géostratégiques.
- **Le côtier et le littoral.** Dynamique des zones côtières, suivre et prévoir leur évolution. Attentes sociétales.
- **La haute résolution.** Compréhension du rôle essentiel des petites échelles sur la dynamique océanique.
- **La biogéochimie et l'écologie marine.** Cycle du carbone, production primaire, biodiversité marine.

Les couplages (système Terre) font partie intégrante des questions de recherche de ces thèmes

Climat



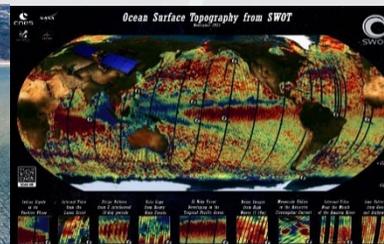
Zones polaires



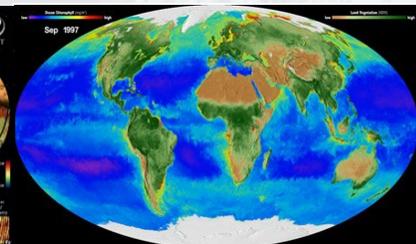
Côtier/Littoral



Haute résolution

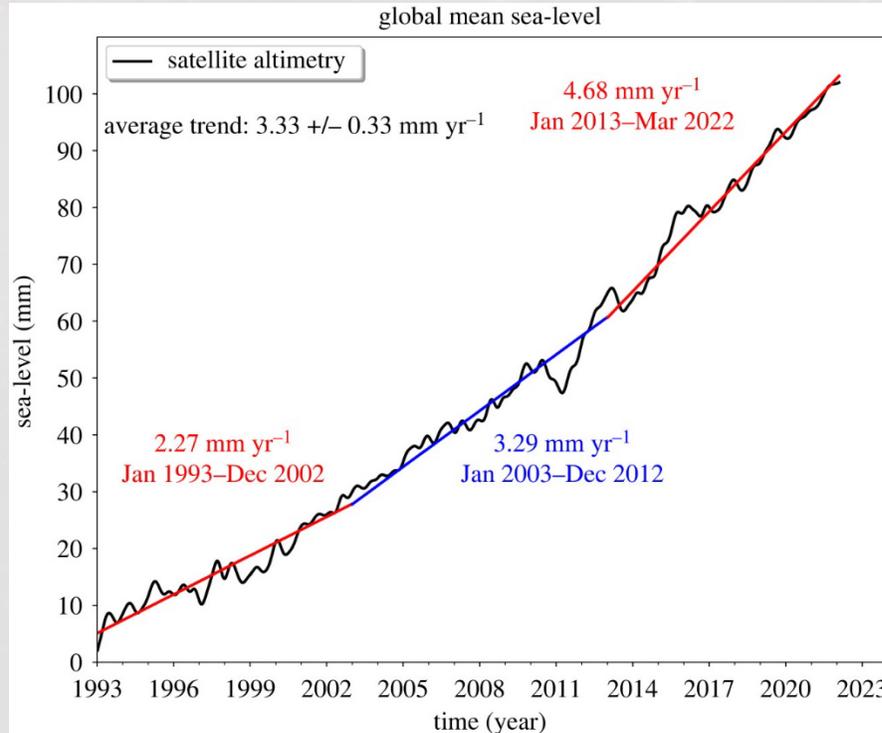


Biogéochimie



Climat – Evolution du niveau de la mer et mécanismes associés

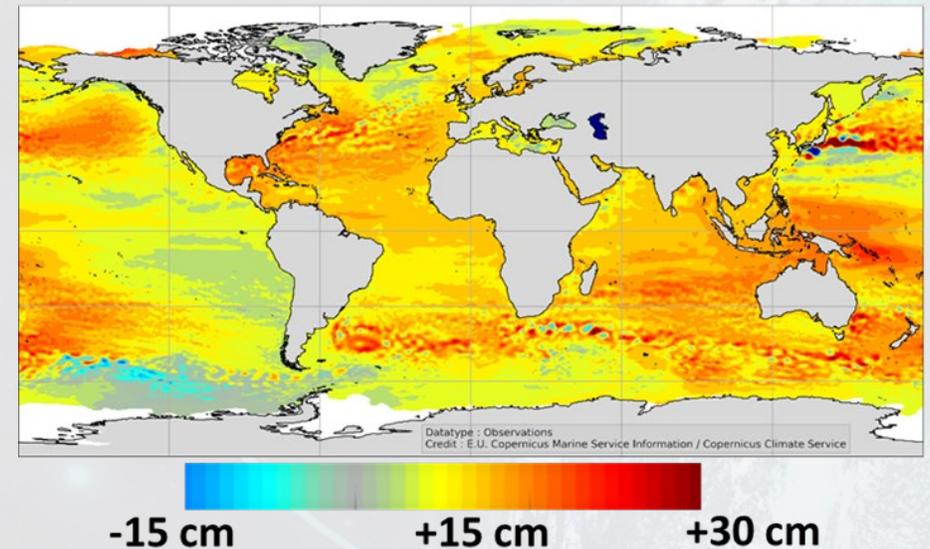
Altimétrie satellitaire et série Jason, données in-situ (Argo), GRACE



Evolution du niveau moyen des mers de 1993 à 2022 (Cazenave et Moreira, 2022).

- Accélération de la montée du niveau de la mer
- Différences regionales
- Bilan/fermeture (expansion thermique, glaciers, calottes)

Elévation du niveau de la mer depuis 1993



Les zones polaires – Caractériser les changements rapides

Apport majeur du spatial (micro-ondes, altimètres)

Climat



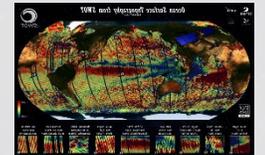
Zones polaires



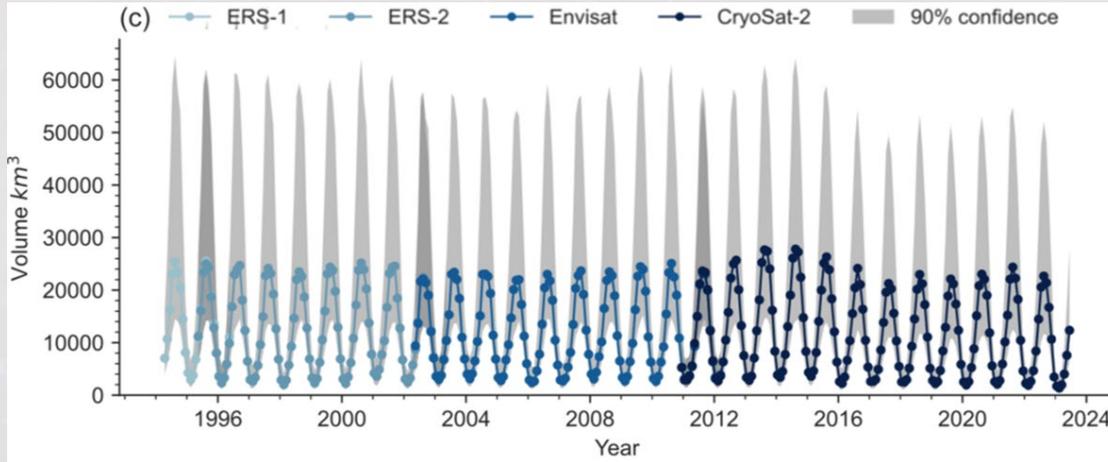
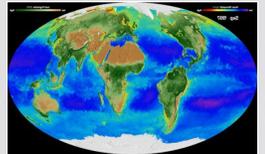
Côtier/Littoral



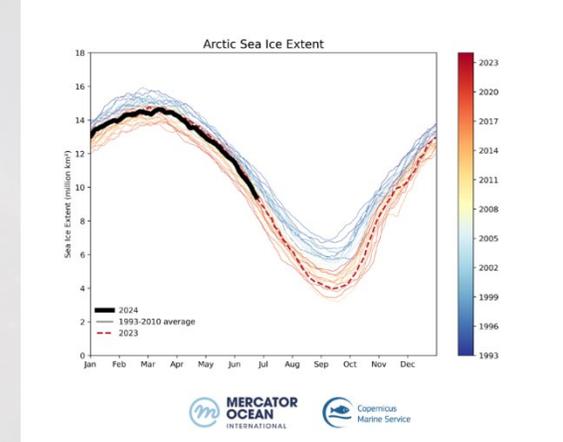
Haute résolution



Biogéochimie

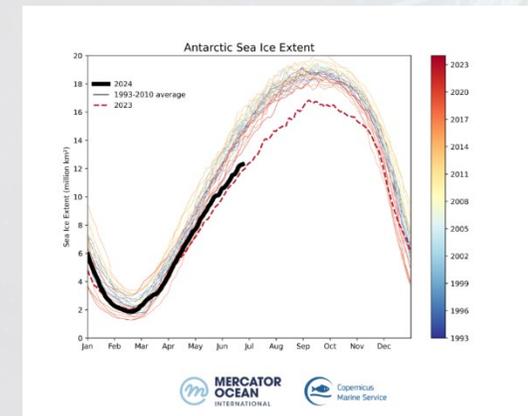


Première observation spatiale sur 30 ans des variations de volume de la banquise Australe (Bocquet et al., 2024).



Fonte de la banquise Arctique.

Vers un océan Arctique sans glace en été 2050



Vers une déstabilisation de la banquise Antarctique ?

Le côtier et le littoral – Science et enjeux sociétaux

Observations spatiales et in-situ. Apport de la modélisation.

Climat



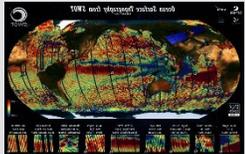
Zones polaires



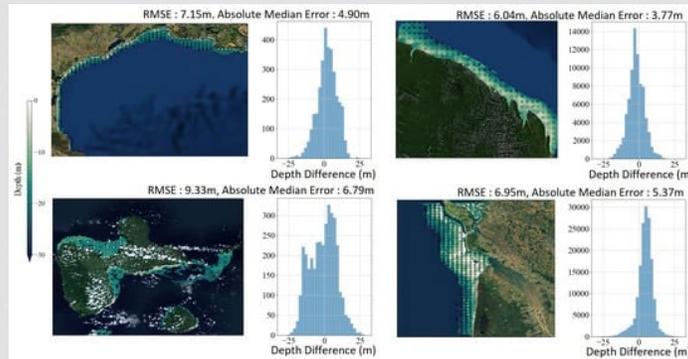
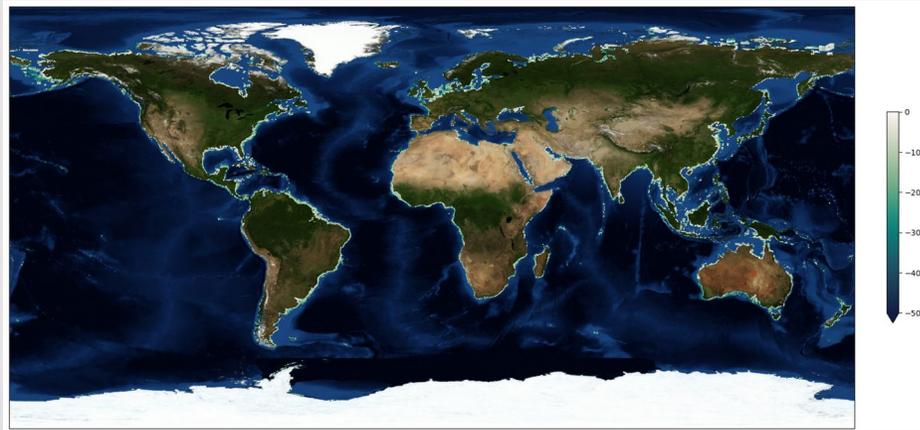
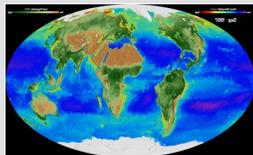
Côtier/Littoral



Haute résolution

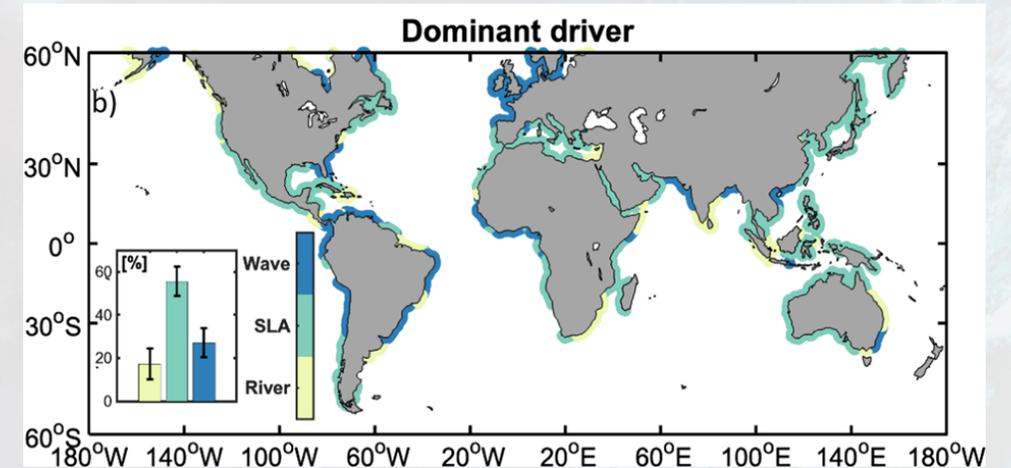


Biogéochimie



Première bathymétrie mondiale côtière par satellite S2Shores composite – données Sentinel-2 (Almar et al., 2021)

Suivi de l'évolution des traits de côte et compréhension des processus (niveau de la mer, vagues, rivières)



nature communications



Article

<https://doi.org/10.1038/s41467-023-38742-9>

Influence of El Niño on the variability of global shoreline position

Received: 22 August 2022

Accepted: 11 May 2023

Published online: 12 June 2023

Rafael Almar¹, Julien Boucharel^{1,2}, Marcan Graffin¹,
Gregoire Ondo Abessolo³, Gregoire Thoumyre¹, Fabrice Papa^{1,4},
Roshanka Ranasinghe^{5,6,7}, Jennifer Montano⁸, Erwin W. J. Bergsma⁹,
Mohamed Wassim Baba¹⁰ & Fei-Fei Jin²

Les fines échelles – La révolution SWOT

Simulations numériques, Cal/Val et premiers résultats

Climat



Zones polaires



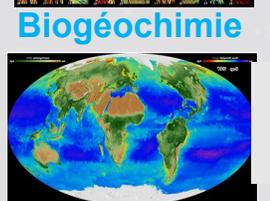
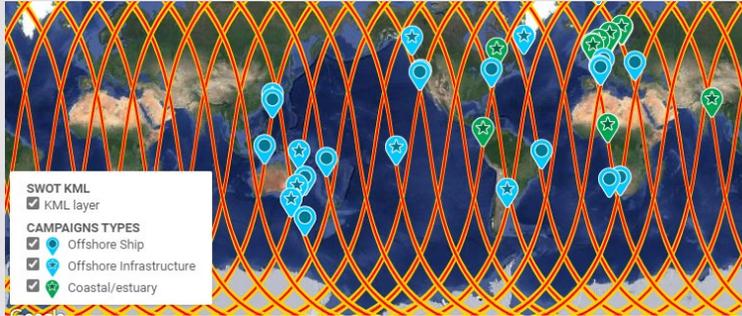
Côtier/Littoral



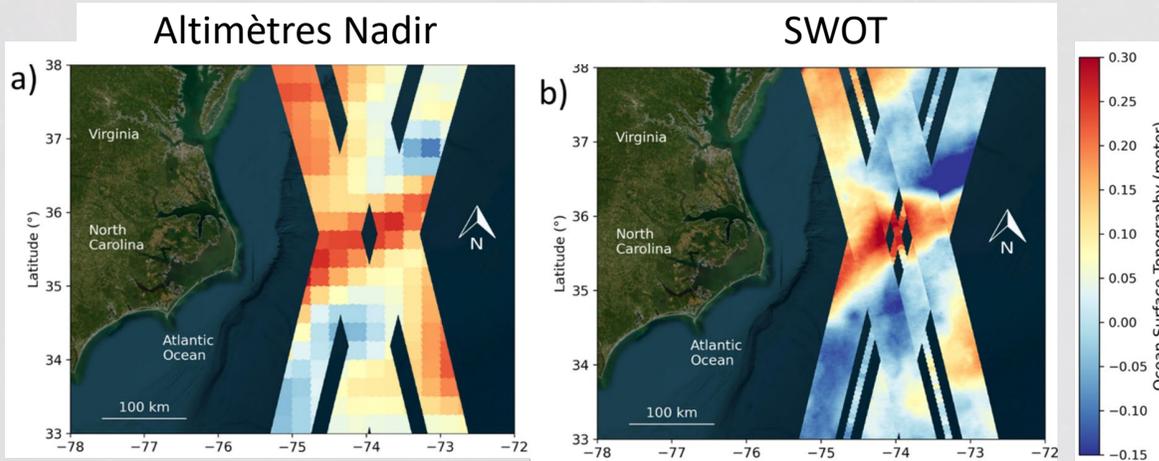
Haute résolution



Biogéochimie

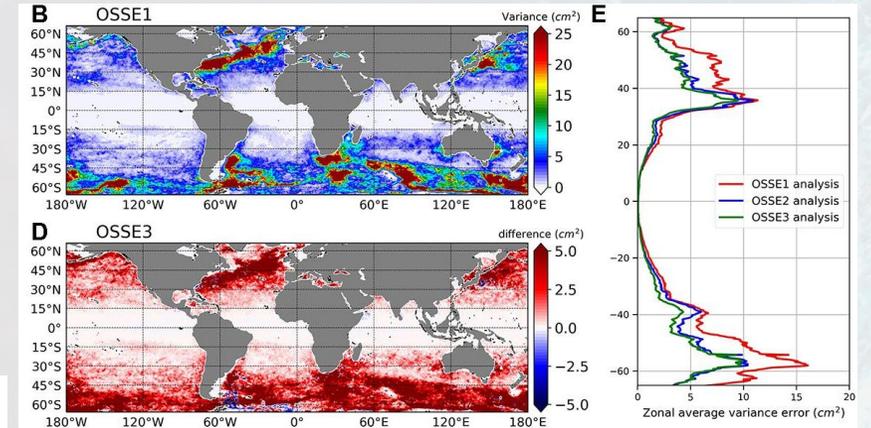



Campagnes Cal/Val SWOT - AdAC Consortium



Anomalie de la hauteur de mer nadir et SWOT. **SWOT détecte beaucoup mieux les fines échelles** (Dibarboure et al., 2024).

Simulations – apport de SWOT Observing System Simulation Experiments (OSSEs)



*Erreur sur la hauteur de mer pour les structures <200 km. OSSE3: SWOT+3 nadirs. OSSE1: 3 nadirs. **SWOT réduit les erreurs jusqu'à 40 % en dehors des zones tropicales** (Tchonang et al., 2021).*

Salinité de Surface – Apport de SMOS pour le suivi des structures mésoéchelles

Synergie entre les capteurs : salinité de surface, couleur de l'océan, altimétrie

Climat



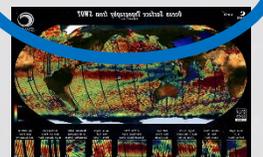
Zones polaires



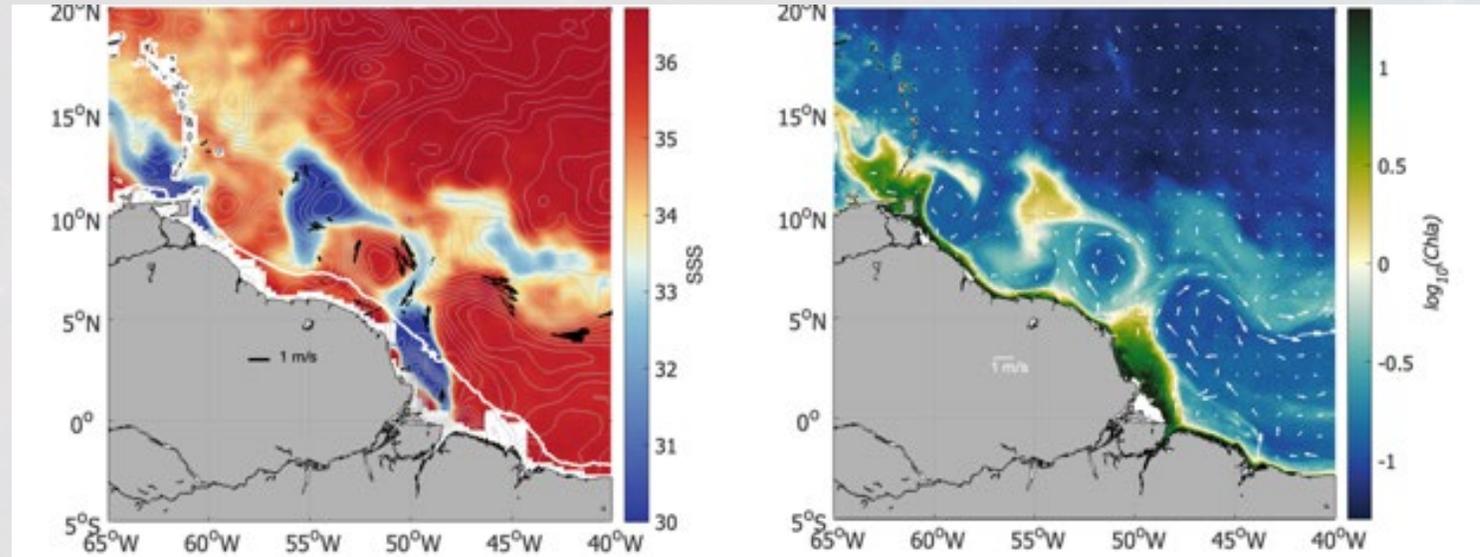
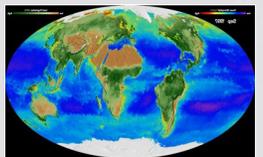
Côtier/Littoral



Haute résolution



Biogéochimie



Salinité à la surface de la mer (SMOS+SMAP) au large de la Guyane (gauche) et de Chla et courants géostrophiques altimétriques (droite) (Olivier et al., 2024). Mise en évidence d'un panache d'eau douce enrichi en chlorophylle.

Biogéochimie et écologie marine – Nouvelles frontières pour la recherche

Capteurs couleur de l'océan (e.g. S3) et autres. Importance majeure de l'in-situ. Rôle de la modélisation.

Climat



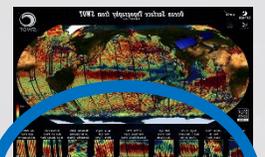
Zones polaires



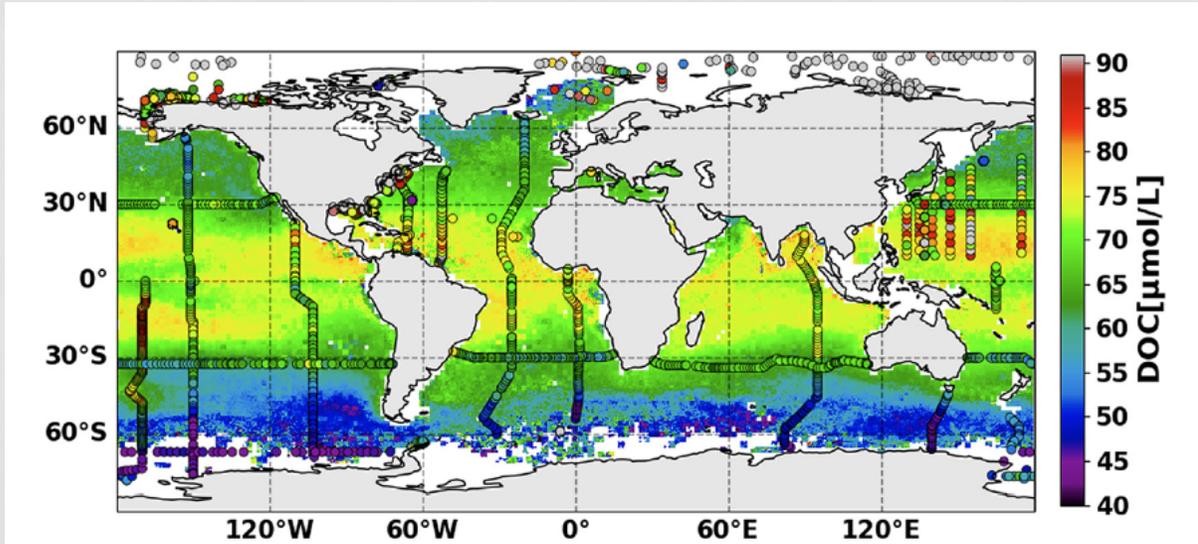
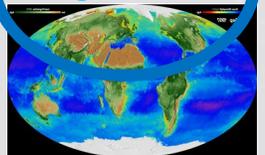
Côtier/Littoral



Haute résolution

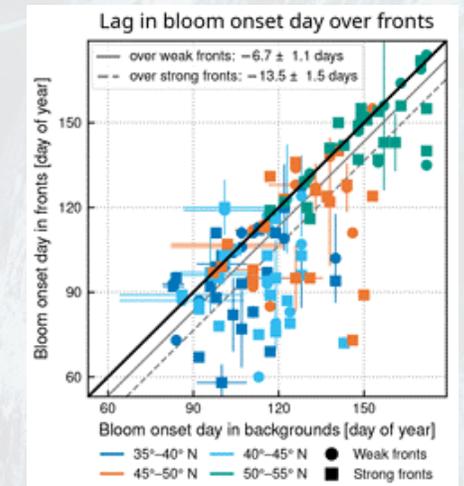


Biogéochimie



Estimation du Carbone Organique Dissous à la surface de l'Océan (Bonelli et al., 2022).

Démarrage de la floraison du phytoplancton plus précoce dans les fronts d'une à deux semaines et deux à trois fois plus intense (Haeck et al., 2023)



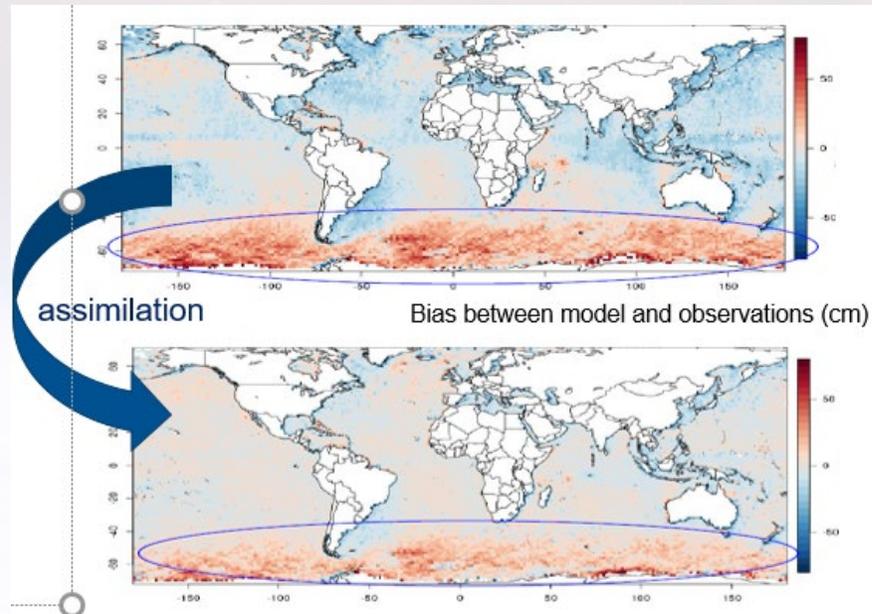
Deux thèmes transverses identifiés lors de la prospective 2019

Océanographie Opérationnelle

Approche intégrée données satellites, in-situ et modèles

Suivi et prévision océanique / Copernicus Marine

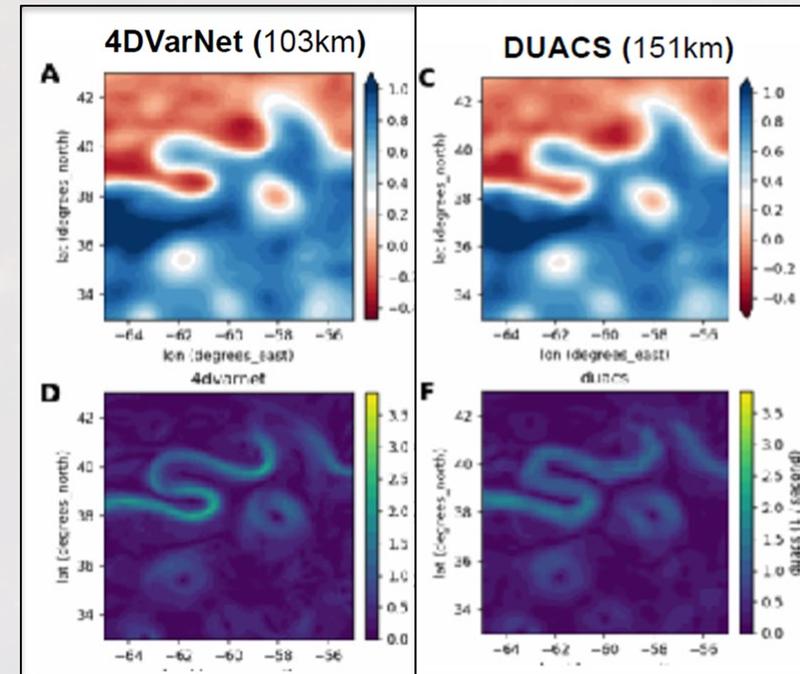
Apport des missions spatiales



Assimilation opérationnelle des spectres de vagues CFOSAT (Aouf et al., 2022). Réduction des biais.

Intelligence Artificielle

Utilisation accrue des techniques d'IA



Montée en résolution des cartes de topographie de l'océan avec 4DVarNet (Febvre et al, 2023)

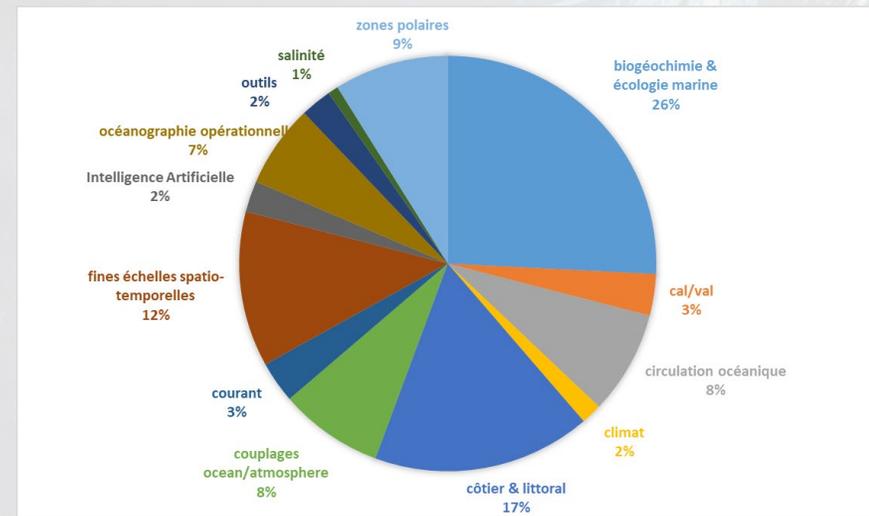
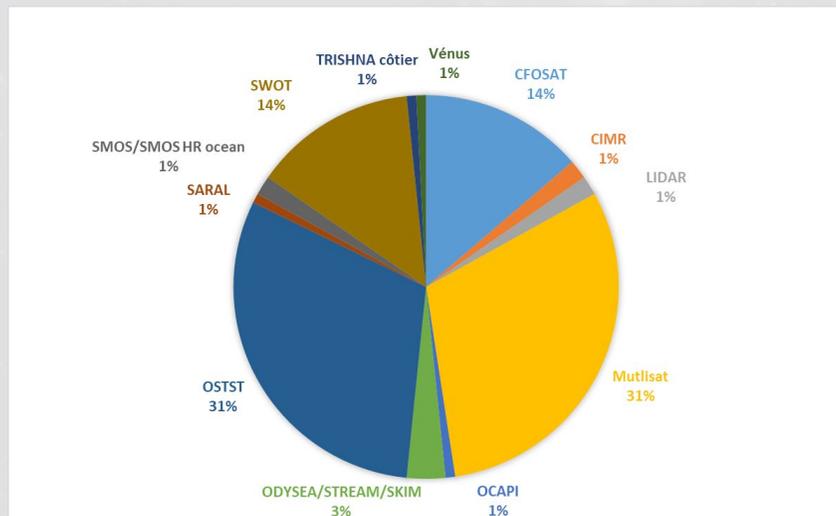
Bilan scientifique

Fort rayonnement scientifique de la communauté nationale

Environ 2000 publications dans des revues à comité de lecture sur la période 2019-2022

> 200 projets APRs (60 à 70 par an), > 30 laboratoires, > 150 Pls/Cols

Projets APR : par mission spatiale/science team et par thématique



Bilan scientifique

- ❑ Positionnement dans les Science Team internationales pour les missions spatiales
- ❑ Présence dans les groupes internationaux sur les thématiques océan, climat et prévision océanique et dans la Décennie UN des Sciences Océaniques
- ❑ Océanographie opérationnelle et applications sociétales



Priorités vis-à-vis des missions spatiales - Un bilan positif / des décisions à consolider

CIMR et CRISTAL (Sentinel Expansion)

- **Priorités fortes (P0) du TOSCA**
- Assurer la continuité (avec améliorations) des mesures micro-ondes de **température de surface de la mer, de salinité et des mesures d'épaisseur de glace de mer**. Répondre aux enjeux majeurs de l'observation en Arctique.
- **Missions validées et implication de la communauté française** (e.g. MAGs, activités préparatoires ESA et CNES)

Sentinel 3 NG TOPO

- **Priorité forte (P0) du TOSCA** pour l'inclusion de **l'altimétrie à fauchée WISA** dans le scénario long terme Copernicus.
- Fort engagement CNES et TOSCA dans discussions multipartites ESA et CE pour favoriser le concept.
- **Décision d'un scénario d'une constellation d'altimètre à fauchée.**

Mission Courant de Surface

- **Priorité forte (P0) du TOSCA**
- Propositions ESA EE: SKIM (courant/vagues) finaliste EE9 et STREAM (courant/vent) proposée à EE11.
- **ODYSEA** (concept STREAM) proposée pour l'appel Explorer NASA avec une lettre d'engagement du CNES. Sélection en juin 2024 pour une phase A.

Priorités vis-à-vis des missions spatiales - Un bilan positif / des décisions à consolider

Priorité forte **P0** pour le développement d'une mission géostationnaire couleur de l'océan. Le cadre programmatique devra être discuté avec Eumetsat.

Des priorités P1 avaient été mises sur **SMOS-HR, TRISHNA, MARVEL**. Ces dossiers ont bien avancé depuis 2019:

- ❑ **SMOS-HR.** Réponse à l'appel d'offre EE12 de l'ESA en septembre 2023. L'objectif principal de la mission (FRESCH, Fine-resolution Explorer for Salinity, Carbon and Hydrology) focalisé sur la SSS. Très bien évalué mais non retenu.
- ❑ **MARVEL.** Le groupe mission Marvel s'est reconfiguré fin 2020 afin de participer à la prochaine mission de gravimétrie du champ variable NASA/ESA MAGIC-NGGM. Le CNES est partie prenante de cette mission.
- ❑ **TRISHNA.** Température de surface de la mer (SST) à très haute résolution. Une composante océan de TRISHNA s'est structurée dans le cadre du TOSCA: algorithmes de SST côtières de niveau 2 et 3, données pour la cal/val.

CONCLUSIONS

Communauté très active et très bien positionnée à l'international

Filières d'excellence

Avancées scientifiques

**Intégration (satellites, in-situ, modèles) et liens société
(océanographie opérationnelle)**

Missions futures : bilan positif / décisions à consolider