

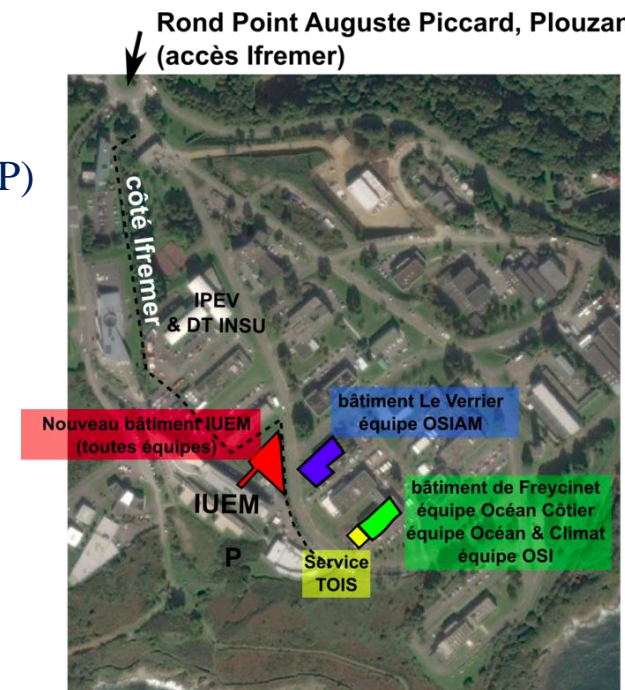
Le Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale – UMR 6523

Quatre tutelles : Ifremer, CNRS, UBO, IRD (classé par effectif décroissant)

Effectif total ~86 permanents, 40 à 50 non permanents dont 20 à 25 doctorants.

Structuration : Quatre équipes de recherche, 1 service technique, 1 service administratif, 1 équipe de soutien informatique :

- Equipe Océan Côtier (11 chercheurs ETP)
- Equipe Océan et Climat (14 chercheurs ETP)
- Equipe Interactions d'échelles Océaniques (9 chercheurs ETP)
- Equipe Satellites et Interface air-mer (16 chercheurs ETP)
- Service « Techniques d'Observation In Situ (TOIS) » (8 IT)
- Service administratif (7 TA, 4,6 ETP permanents)



Recherche polaire au LOPS et à l'Ifremer

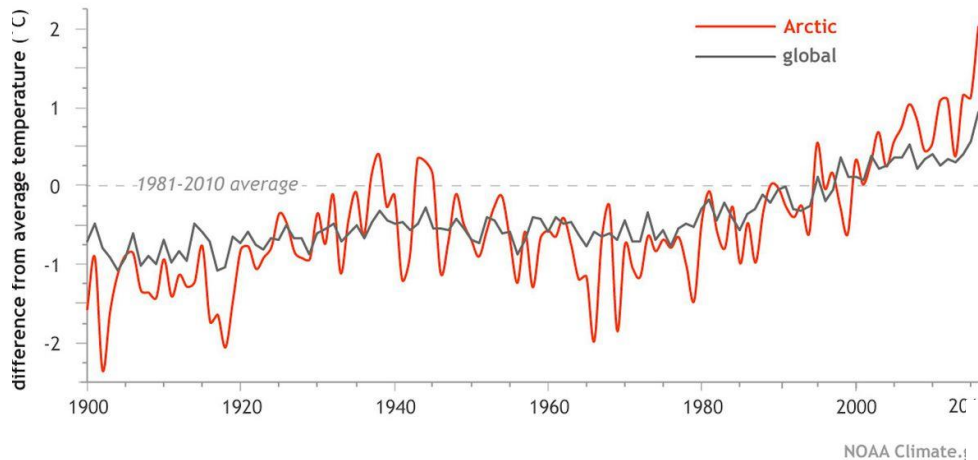


Image of the year (Nature 2018)

Evolution des régions polaires: quelques constats

- Les régions polaires (et l'Arctique en particulier) sont les régions *les plus sensibles* au changement climatique en cours

ARCTIC IS WARMING TWICE AS FAST AS THE GLOBAL AVERAGE

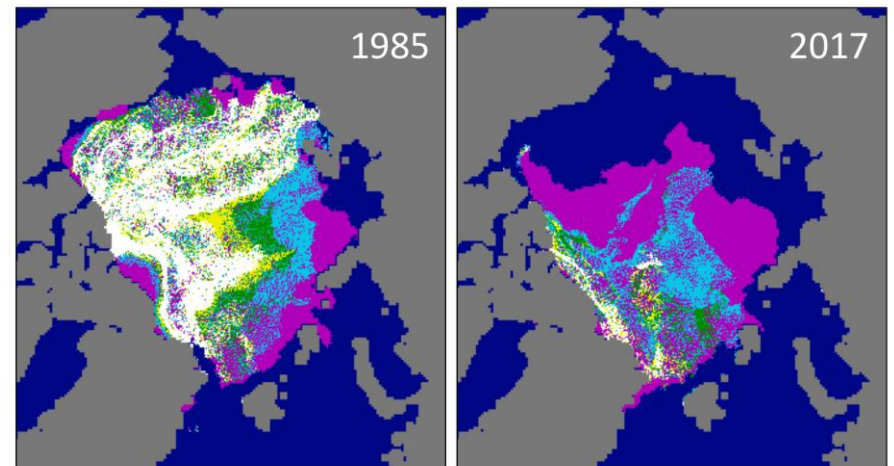


Les températures de l'air augmentent plus rapidement en Arctique

La glace de mer se transforme:

- *Extension en été divisée par 2 depuis 1980 en Arctique*
- *Epaisseur plus fine, glace plus jeune, plus fragile, qui se déplace plus rapidement ...*
- *Zones marginales de glace de plus en plus importantes*

Arctic Sea Ice Age

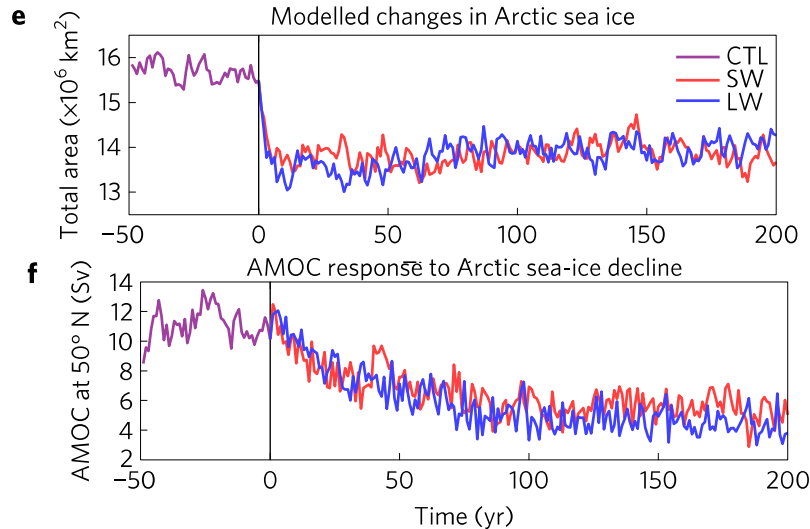


Evolution des régions polaires: quelques constats

- Toutes les composantes du système Arctique (océan, atmosphère, cryosphère, hydrologie...) portent les stigmates du changement climatique
- L'océan Arctique se réchauffe, devient moins salé, plus énergétique (directement forcé par le vent et les vagues)...
- Impacts pour la bio-géochimie en Arctique:
 - Diminution de la capacité de piégeage du CO₂ (les zones polaires sont des puits)
 - Acidification (diminution du pH de 0.02 par décennie)
 - Augmentation de la production primaire de 20% en 10 ans, bloom de plus en plus tôt dans la saison
 - communauté planctonique se déplace vers des espèces de plus petites tailles (Dominance du picoplancton (< 2µm) et diminution du nanoplancton)
 - Tous les écosystèmes et toutes les espèces, marines et terrestres, sont affectées (GIEC 2013)

Evolution des régions polaires: pourquoi c'est important?

- Impacts des changements en Arctique pour la circulation océanique grande échelle
=> **Enjeu 1** : Intégrer l'observation, la modélisation et les processus d'évolution des océans aux échelles décennale à centennale pour affiner les prévisions

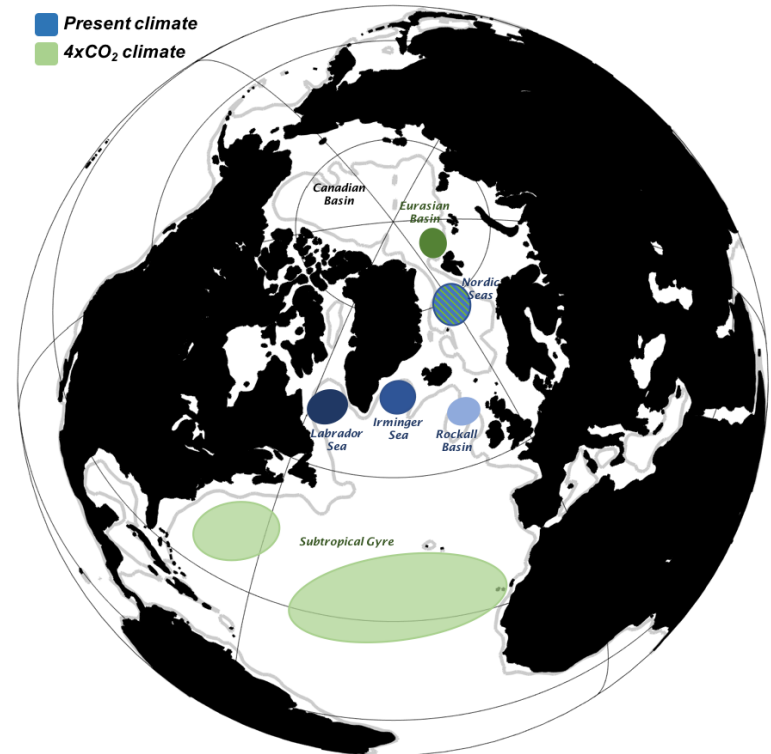


Sur des échelles de temps longues, l'AMOC est très sensible à la fonte des glaces en Arctique

Sevellec et al. (2017, Nature Climate Change)

Le fonctionnement et la structure 3D de l'AMOC sont également très sensibles à la fonte des glaces en Arctique

Lique & Thomas (2018, Nature Climate Change)



Evolution des régions polaires: pourquoi c'est important?

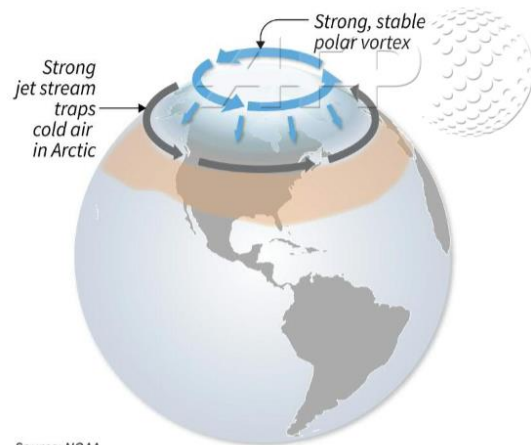
- Impacts des changements en Arctique pour le climat et la météo
=> **Enjeu 2** : Comprendre et prévoir la genèse des événements océan météo extrêmes

Warming Arctic driving extreme weather

Linked to severe winter storms in US and Europe, heatwave at North Pole

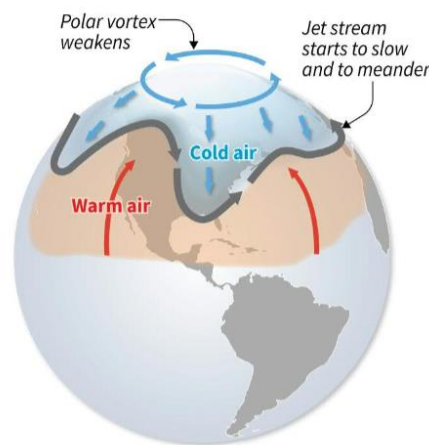
► Normal circumstances

Strong jet stream and polar vortex hold freezing cold air in the Arctic and warm air in lower latitudes



► Arctic warms faster than lower latitudes

Jet stream and polar vortex weaken, allowing Arctic air to move south and warm air to move north



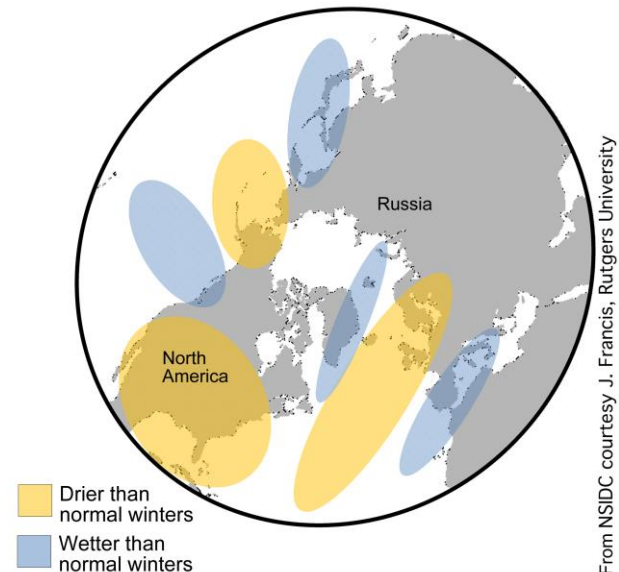
Source: NOAA

Les changements de conditions de glace en Arctique influencent les précipitations dans la majeure partie de l'hémisphère Nord (y compris les systèmes de mousson)

Modification de la position et de l'intensité du jet stream et des flux air-mer chaleur, influencent les tempêtes hivernales aux US et en Europe

Cohen et al. (2018, BAMS)
Barton, Lenn & Lique (2018, JPO)

Winter Precipitation Tendencies Following Summers with Little Sea Ice



From NSIDC courtesy J. Francis, Rutgers University

Evolution des régions polaires: pourquoi c'est important?

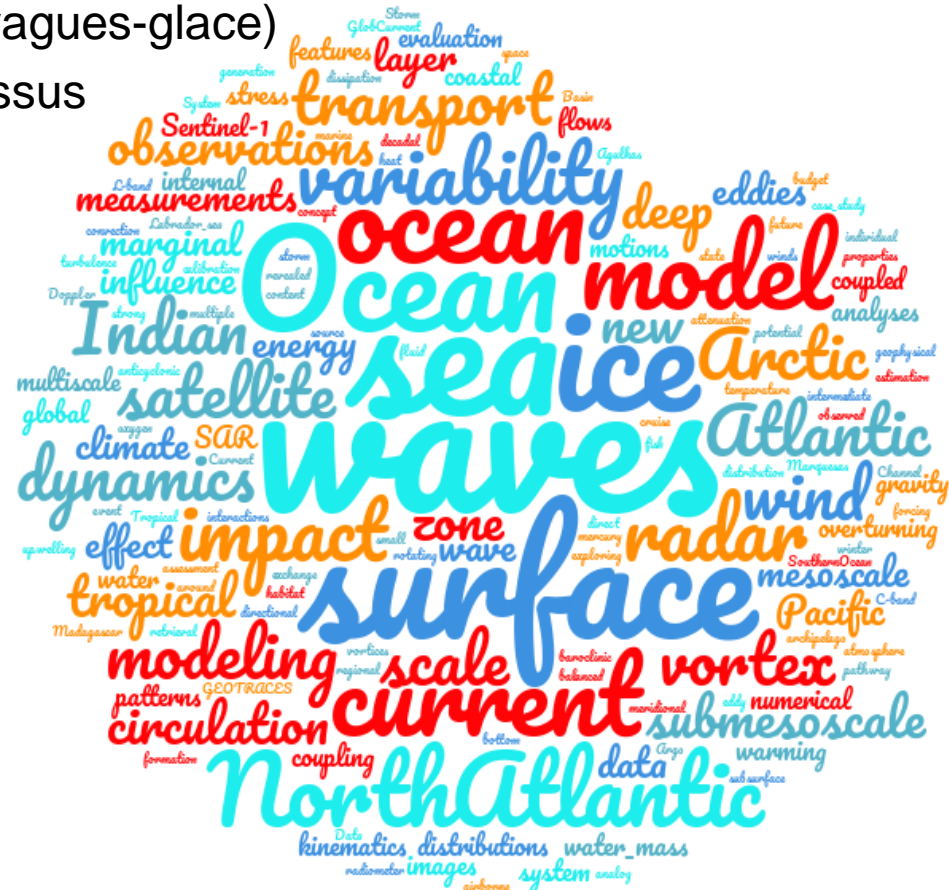
- Un mot des enjeux socio-économiques



- Nouvelles routes de navigations (commerciales et croisières touristiques)
passages du Nord-Ouest et du Nord
- Nouvelles zones pour développer du forage
> 13% du pétrole
> 30 % du gaz naturel
- Intérêts militaires (SHOM + DGA)

Au LOPS – quelques chiffres

- Un axe transverse inter-équipes (+ ouverture au LEMAR): 1 réunion par mois (~15 personnes, 45 sur la mailing list)
- Expertises variées (et uniques!) des chercheurs ifremer:
 - Observations satellites de la glace de mer, des icebergs, des vagues, de l'océan
 - Observations in-situ (interactions vagues-glace)
 - Modélisation numérique, du processus aux modèles climatiques
- Depuis 2015: 44 articles publiés (dont 1 PNAS et 1 Nature Climate Change) sur 412 au total
- Formation d'étudiants (thèses, M2, M1) et postdocs



Strong and highly variable push of ocean waves on Southern Ocean sea ice

Justin E. Stopa^{a,1,2}, Peter Sutherland^a, and Fabrice Ardhuin^a

^aLaboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (LOPS), l'Université de Bretagne Occidentale (UBO), CNRS, IRD, l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), 29280 Plouzané, France

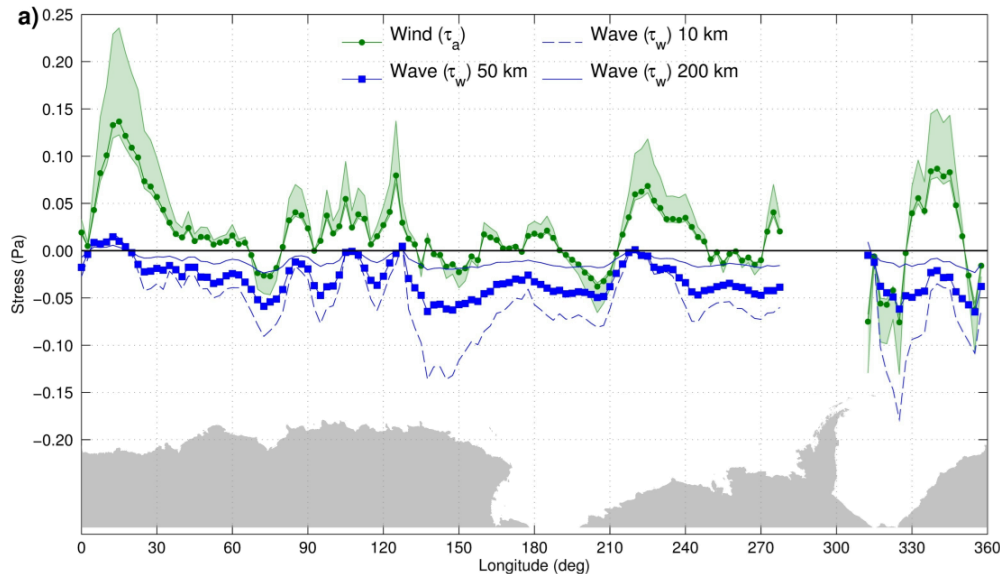
Edited by Claire L. Parkinson, NASA/Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, and approved April 16, 2018 (received for review February 2, 2018)

Sea ice in the Southern Ocean has expanded over most of the past 20 y, but the decline in sea ice since 2016 has taken experts by

directional wave spectrum, from which wave heights, periods, and directions can be derived (20–23). This method, applied to

- Analyse de données satellites SAR (sentinel 1B) du spectre des vagues dans la glace de mer dans la MIZ antarctique
- Etudes réalisées dans le cadre de projets financés par l'ESA SWARP (EU FP7), LabexMER, ONR (USA), WAVE-ICE (CNES)

↓ Zonal dependence of MIZ forcing by wind (green) and waves (blue). Negative values are in the on-ice direction



Au LOPS – quelques résultats

- Interactions vagues-glace de mer à petite échelle

Sutherland, P. & Dumont, D. 2018: Marginal ice zone thickness and extent due to wave radiation stress. JPO.

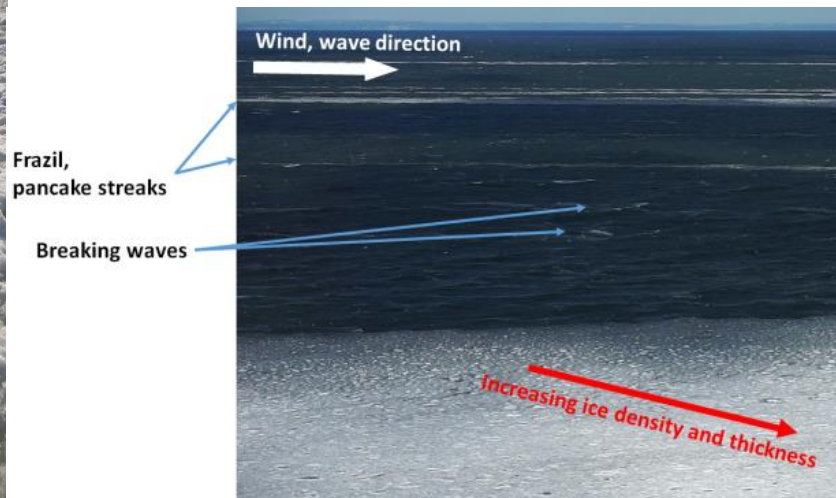
- Collaborations: *UQAR-ISMER, Canada.*
WHOI (USA)

- Campagnes dans le Saint Laurent

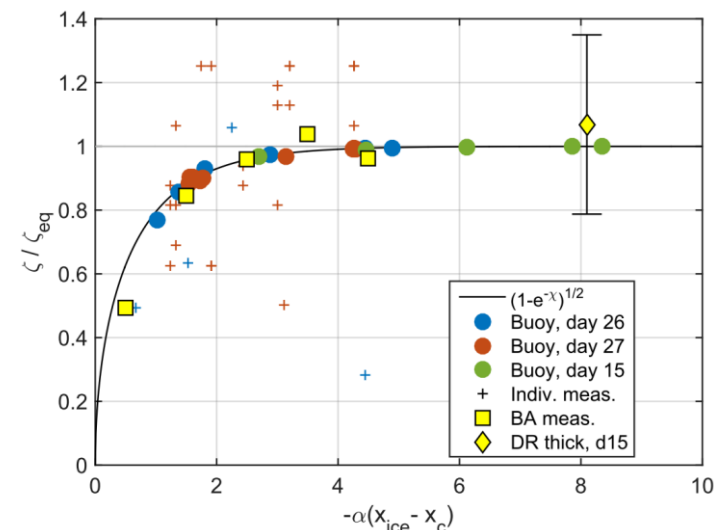
↓ Ice canoe used for instrument deployment



↑ Ifremer wave buoy



↑ Wave-driven turbulence affects ice formation.



↑ Thickness of rafted ice is related to wave forcing

The Cryosphere, 12, 3017–3032, 2018
<https://doi.org/10.5194/tc-12-3017-2018>
© Author(s) 2018. This work is distributed under
the Creative Commons Attribution 4.0 License.



The Cryosphere
Open Access
EGU

Satellite-derived sea ice export and its impact on Arctic ice mass balance

Robert Ricker^{1,2}, Fanny Girard-Ardhuin², Thomas Krumpen¹, and Camille Lique²

¹ Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Bussestrasse 24, 27570 Bremerhaven, Germany

² Univ. Brest, CNRS, IRD, Ifremer, Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (LOPS), IUEM, 29280, Brest, France

- Quantification des exports de glace de mer dans le détroit de Fram en utilisant les données satellites conjointes Ifremer/AWI
- Série temporelle unique sur 2010-2017

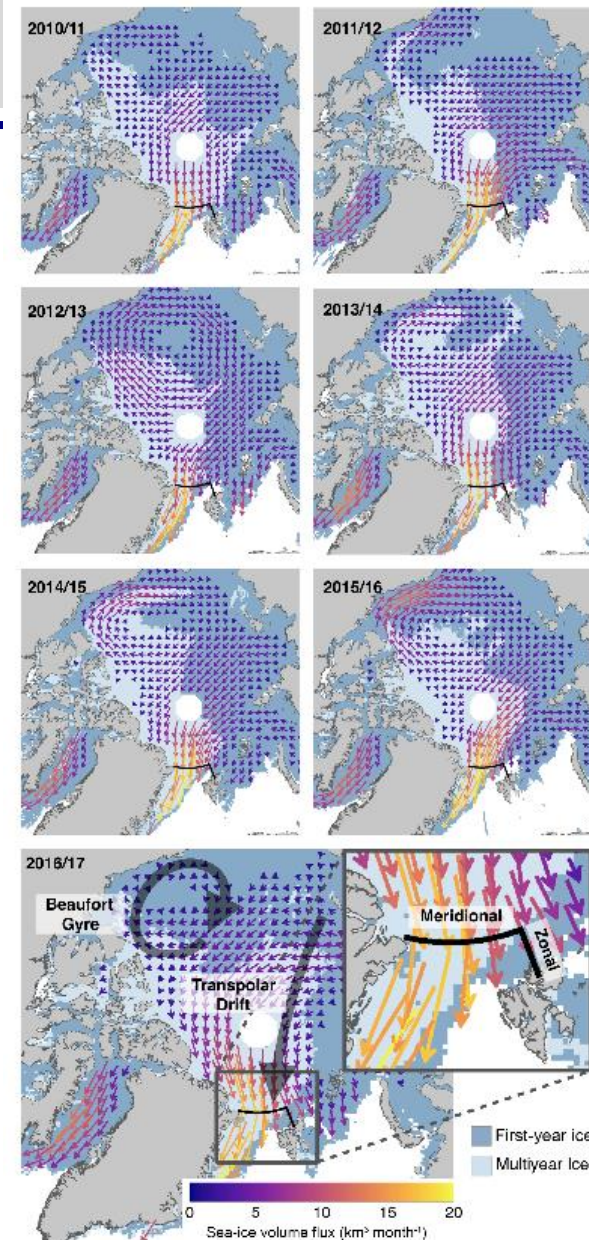
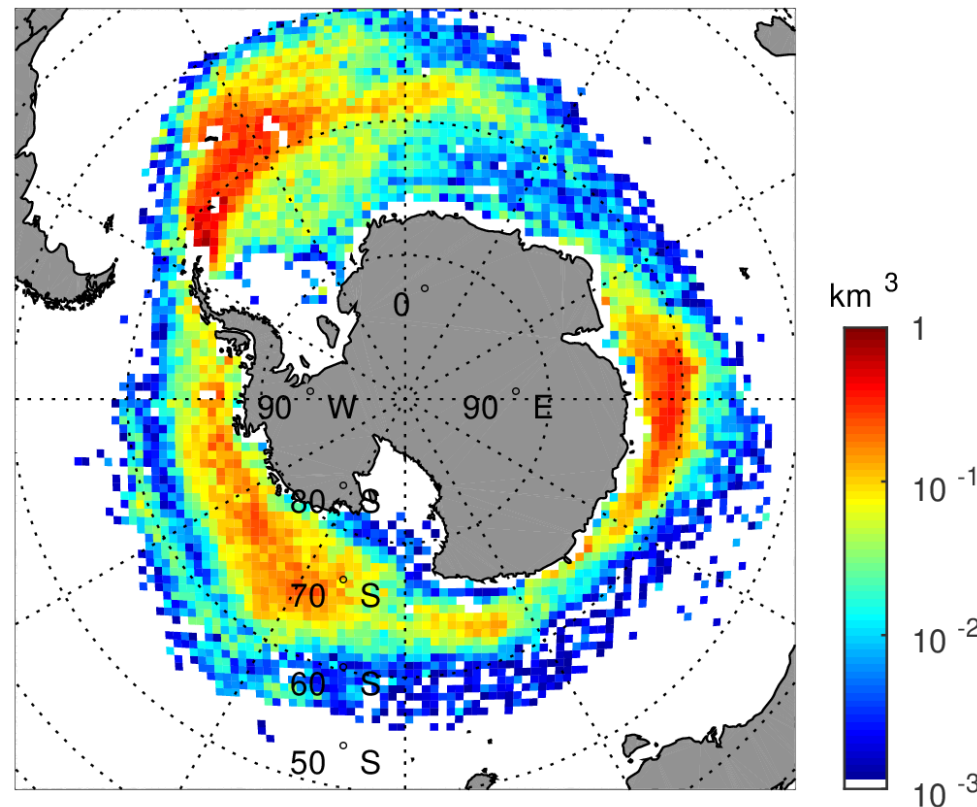


Figure 1. Averages of Arctic sea ice volume fluxes for 2010–2011 and 2016–2017 between October and April. The enlarged box shows the location of the Fram Strait gate at 82°N, which is used for the calculation of the export rates, separated into meridional and zonal gates.

Au LOPS – quelques résultats

- Suivi des icebergs par altimétrie satellite
Tournadre et al. 2015, 2016, 2018, Bouhier et al. 2018 + Thèse N. Bouhier
- Projet ALTIBERG, financé par le CNES depuis 2012 + OSTST
- Production d'une base de données de suivi des icebergs dans l'Austral (et plus récemment autour du Groenland)

↓ Mean Volume of ice, 1992-2017



Au LOPS – quelques résultats

- Arctic Freshwater Synthesis, 2016: travail de synthèse pluridisciplinaire initié par les programmes Climate and the Cryosphere Project (CliC) du WCRP, l'AMAP et l'IASC.



Journal of Geophysical Research: Biogeosciences

REVIEW

10.1002/2015JG003120

Special Section:

Arctic Freshwater Synthesis

Modeling the Arctic freshwater system and its integration in the global system: Lessons learned and future challenges

Camille Lique^{1,2}, Marika M. Holland³, Yonas B. Dibike⁴, David M. Lawrence⁵, and James A. Screen⁶

REVIEW

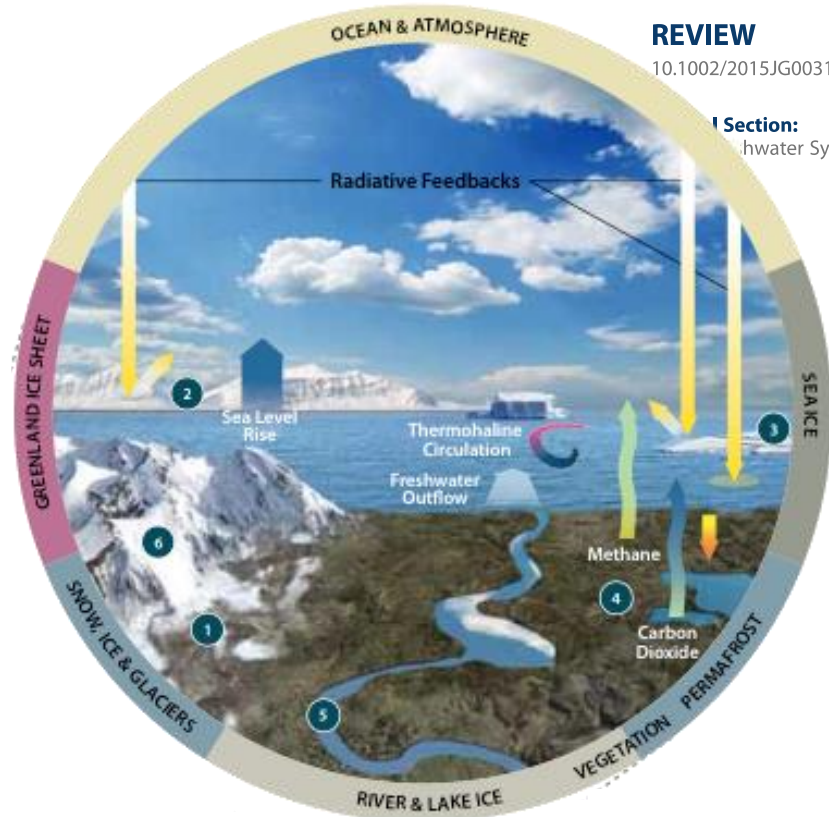
10.1002/2015JG003140

Special Section:

Arctic Freshwater Synthesis

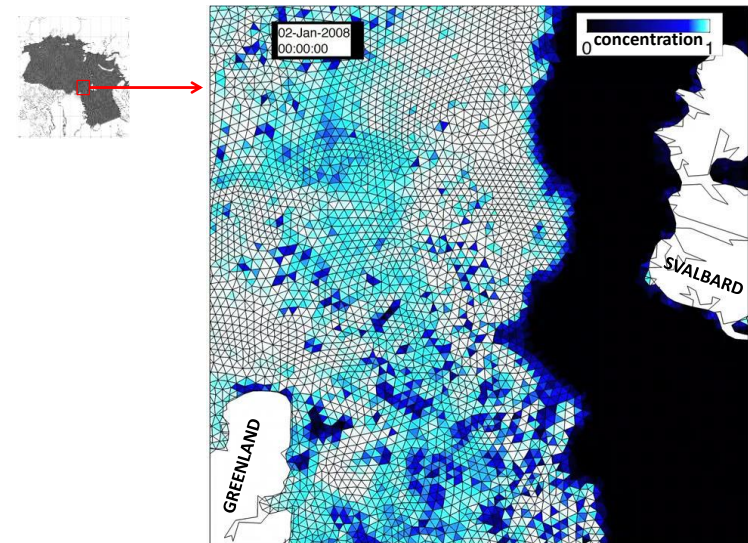
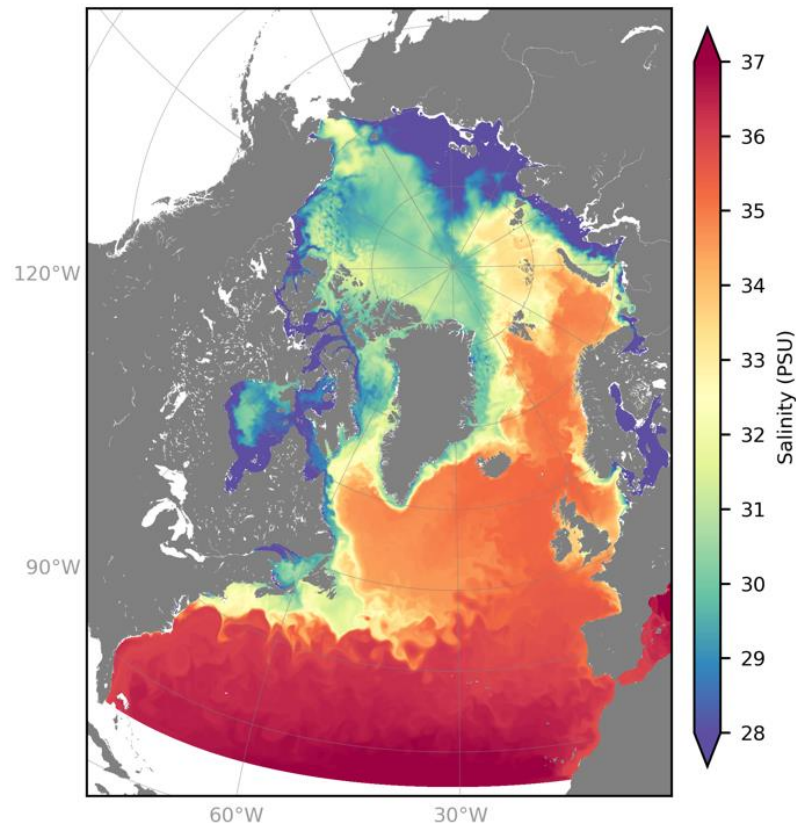
Freshwater and its role in the Arctic Marine System: Sources, disposition, storage, export, and physical and biogeochemical consequences in the Arctic and global oceans

E. C. Carmack¹, M. Yamamoto-Kawai², T. W. N. Haine³, S. Bacon⁴, B. A. Bluhm⁵, C. Lique^{6,7}, H. Melling¹, I. V. Polyakov⁸, F. Straneo⁹, M.-L. Timmermans¹⁰, and W. J. Williams¹



Au LOPS – projets récents / en cours

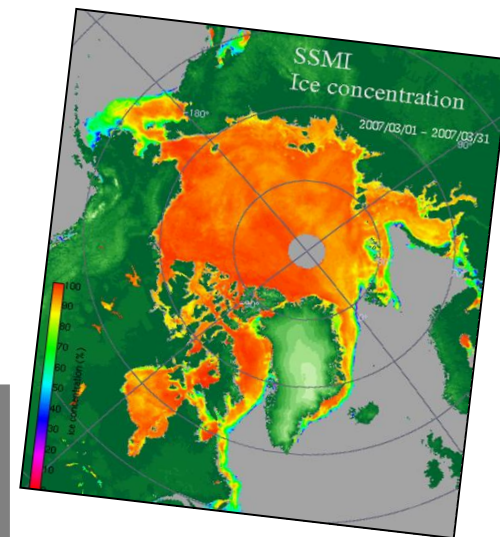
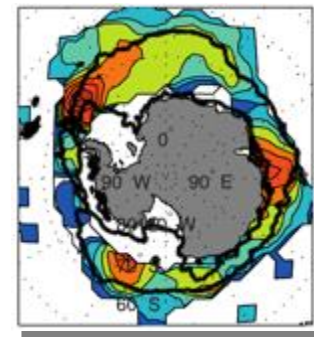
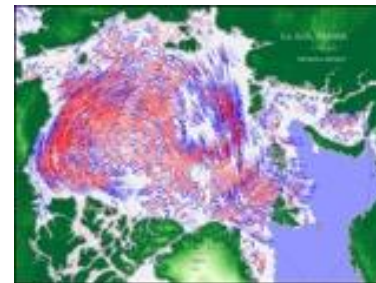
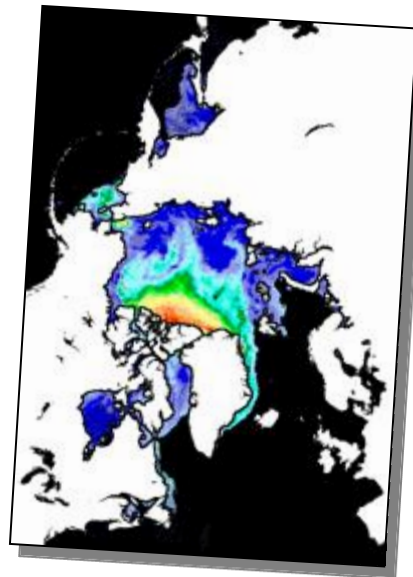
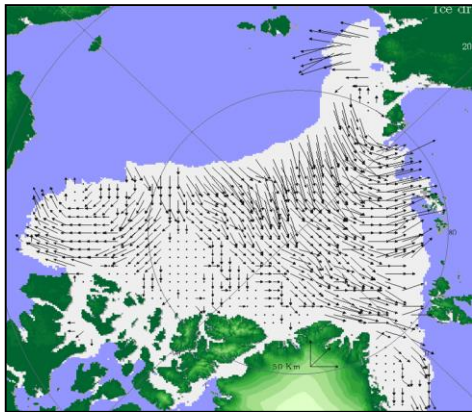
- **Modélisation numérique du bassin Arctique:**
- Projets FREDY (LEFE, Ifremer, Région Bretagne), MIZ1D (Politique de Site), IRN Drakkar, 'Grand Nord' (SHOM)
- Développement d'une configuration haute résolution pour étudier les processus de surface, la stratification et l'impact du mélange vertical
- Collaboration avec le NERSC pour implémenter un modèle de glace de mer nouvelle génération (neXtSIM)



Sea ice model **neXtSIM**

Au LOPS – projets récents / en cours

- **Suivi par satellite des propriétés de la cryosphère:** *Productions de séries longues, continues, et homogènes issues de la synergie multi-capteurs, multi-missions, multi-échelles*
- Financements CNES, ESA (dont CCI sea ice), H2020, Copernicus
- Paramètres:
 - Etendue et concentration (quotidien, depuis 1992)
 - Déplacement des glaces : base de données unique, longue, continue
 - Rugosité de surface : proxy pour l'estimation de l'épaisseur et l'âge
 - Probabilité de présence d'icebergs + suivi d'icebergs
 - Vagues dans la glace



Au LOPS – projets récents / en cours

- **Suivi par satellite des propriétés de la cryosphère:** *Productions de séries longues, continues, et homogènes issues de la synergie multi-capteurs, multi-missions, multi-échelles*
- Financements CNES, ESA (dont CCI sea ice), H2020, Copernicus
- Paramètres:
 - Etendue et concentration (quotidien, depuis 1992)
 - Déplacement des glaces : base de données unique, longue, continue
 - Rugosité de surface : proxy pour l'estimation de l'épaisseur et l'âge
 - Probabilité de présence d'icebergs
 - Vagues dans la glace
- Partenariats : Université de Breme, Hambourg, AWI, Danish Techn. Univ., Danish Meteo Office, Finland Meteo Institute, NERSC, MetNo, NSIDC-NOAA, Univ. Washington, NCAR, etc...

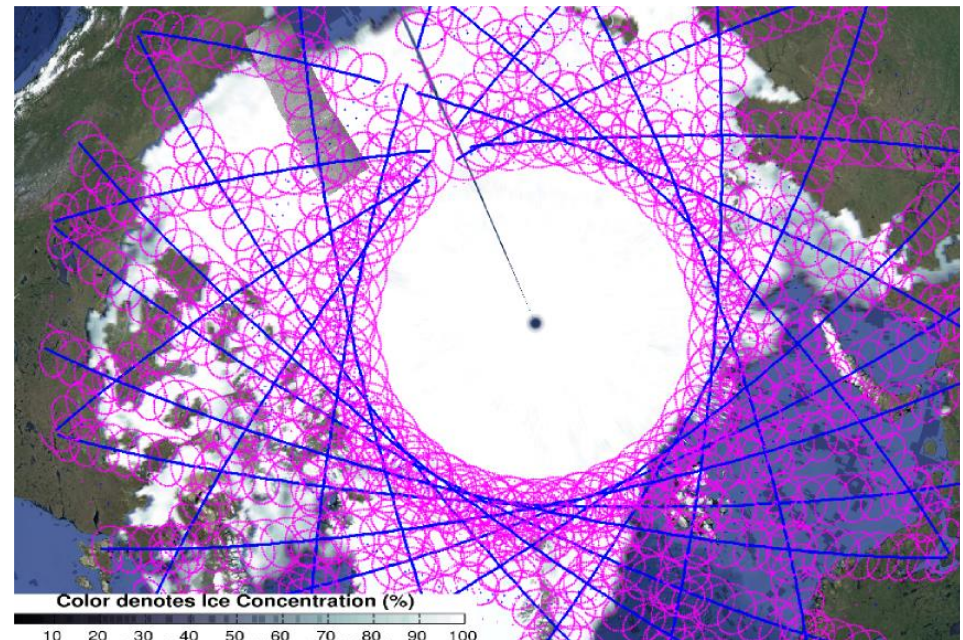


Au LOPS – projets récents / en cours

- **Suivi par satellite des propriétés de la cryosphère:** *Productions de séries longues, continues, et homogènes issues de la synergie multi-capteurs, multi-missions, multi-échelles*
- Financements CNES, ESA (dont CCI sea ice), H2020, Copernicus
- Paramètres:
 - Etendue et concentration (quotidien, depuis 1992)
 - Déplacement des glaces : base de données unique, longue, continue
 - Rugosité de surface : proxy pour l'estimation de l'épaisseur et l'âge
 - Probabilité de présence d'icebergs
 - Vagues dans la glace
- A venir: CFOSAT et SKIM

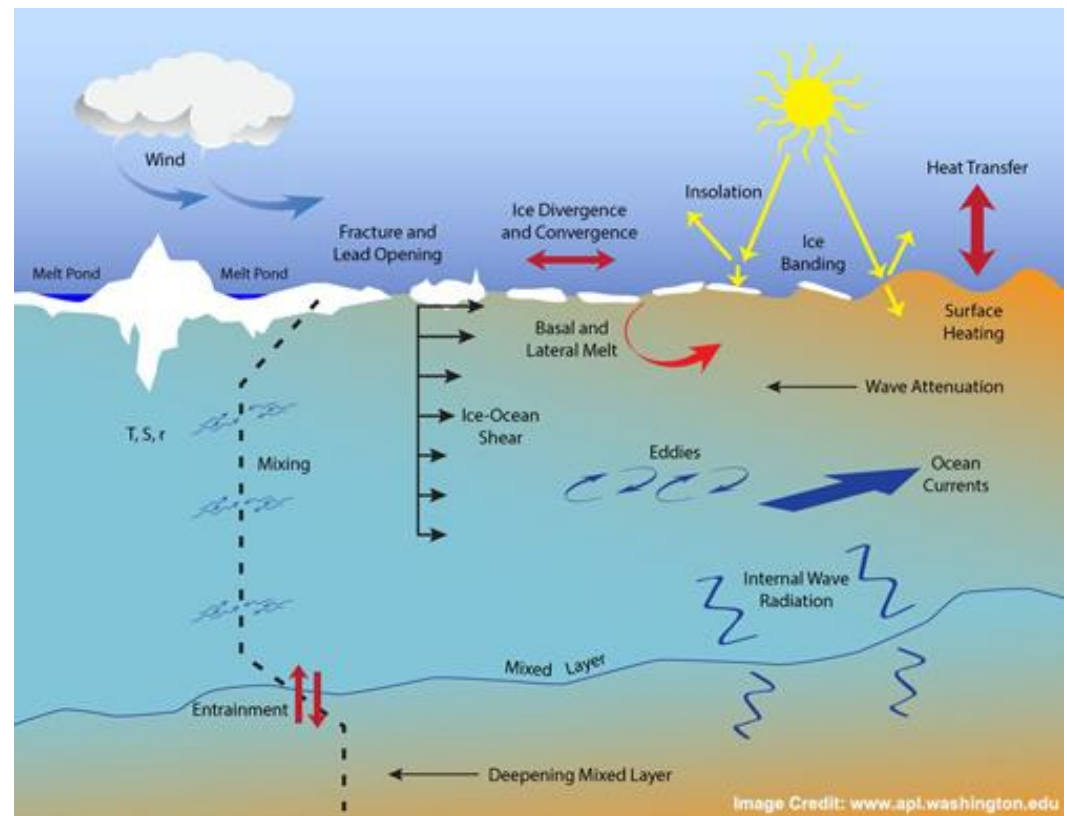


Sea1-day coverage of SKIM



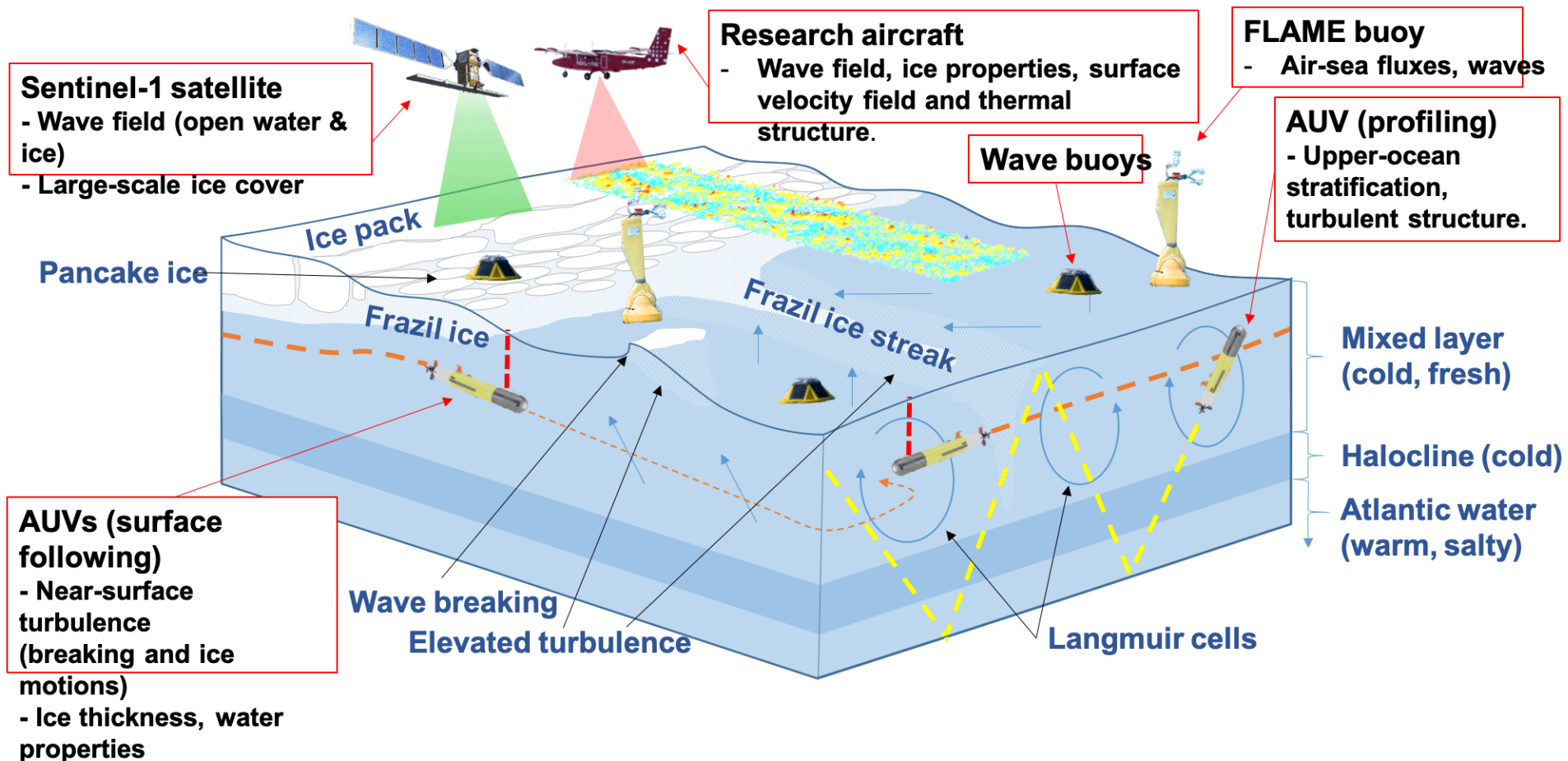
Au LOPS – projets récents / en cours

- compréhension des **interactions vagues-banquise** dans les zones marginales de glace:
 - Projet Sea State DRI ONR : *données in-situ et observations satellites*
 - Projet FP7 SWARP: *modélisation numérique et observations satellites*
 - Projets CMEMS ArcticMix et WlzarD :
développement d'un modèle océan – glace de mer - vagues.
 - Projet H2020 Intaros : *collocalisation des données Sentinel-1 avec les bouées en Arctique*
 - Projets CNES et ESA
 - Thèse DGA



Au LOPS – projets récents / en cours

- ERC WAAXT (2019-2023), PI: P. Sutherland.
Impact des vagues sur la glace de mer, la couche de surface océanique et les échanges air-mer en Arctique
- Campagne en mer, remote-sensing
- Collaborations: Université de Quebec (Canada) & Scripps Institution of Oceanography (USA)



Au LOPS – projets récents / en cours

- ANR JCJC ImMEDIAT (2019-2022), PI: C. Lique
Intéractions entre la mésoéchelle océanique et la glace de mer
- Approche multi-facette (satellite, in-situ et modélisation numérique, de processus et réaliste)
- Collaborations: NERSC (Norway), Oxford (UK), MIT (USA), LOCEAN

**Aerial survey, Fram Strait,
30 June 1984**

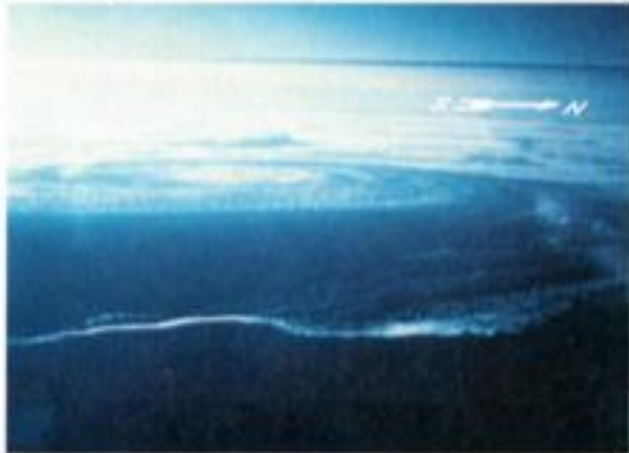
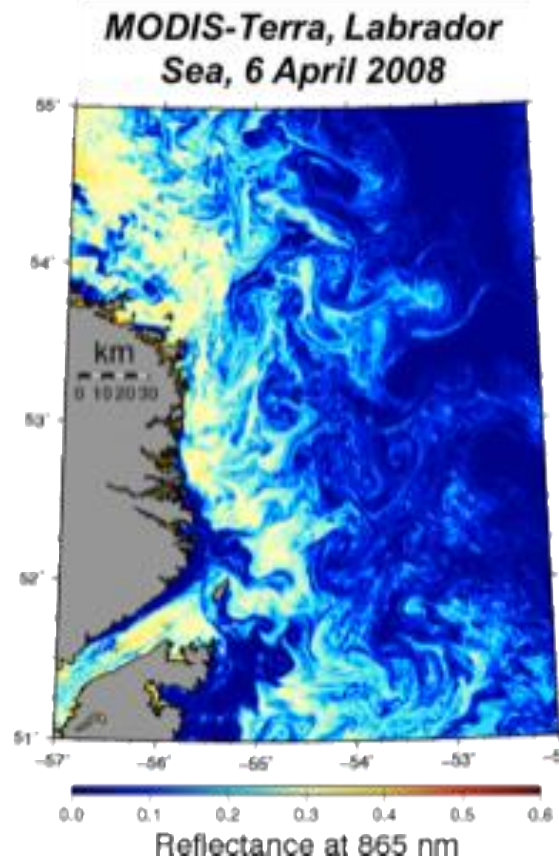
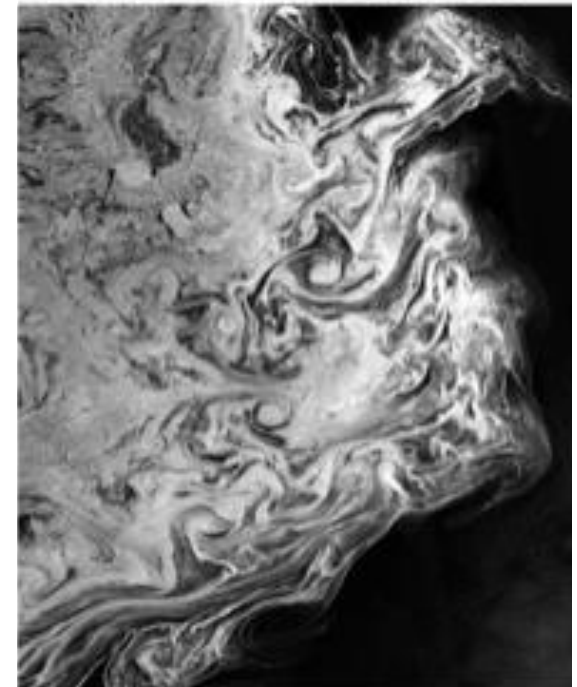


Plate 1 [Johannessen et al.]. Aerial photograph of the 20- to 40-km ice edge eddy E1 centered at 79°N, 2°30'W taken from the CV 580 on June 30, 1984.



**Sentinel 1A SAR,
Beaufort Sea, 12 Sept. 2015**



Au LOPS – quelle expertise dans le paysage national ?

- La recherche polaire en France (pour la physique):
 - Au LOCEAN: Equipex IAOOS, modèle de glace de NEMO, modélisation régionale
 - Au CERFACS/Météo France: prévision décennale, impact climatique
 - Mercator Océan
 - IsTerre, LJK (Grenoble): analogie entre la glace de mer et la dynamique de la croûte terrestre
- Communauté scientifique peu structurée, malgré les nombreuses sources de financement sur ces thématiques (ESA, CNES, H2020, SHOM ...)
- Au LOPS (et à l'Ifremer):
 - Expertise unique sur l'observation satellite de la glace de mer (production de jeux de données + analyse scientifique)
 - Thématiques originales en France: interactions vagues-banquise, suivi des icebergs, étude de la méso-échelle en présence de glace
 - Nombreuses collaborations, en France et à l'international

Recherche polaire au LOPS et à l'Ifremer



Image of the year (Nature 2018)