

Paleo-instability of polar ice caps at land-sea transition: a data/model approach (PATATRA)

PhD title	Paleo-instability of polar ice caps at land-sea transition: a data/model approach (PATATRA)
Funding	PPR 'Ocean & Climat' (https://www.ocean-climat.fr/)
Doctoral school	Graduate School of Marine and Coastal Sciences, UBO-IUEM
Affiliated university	University of Western Brittany (UBO)
Host laboratory	- Ifremer (Brest), Geo-Ocean, ASTRE team (≥24 months; 66%) - LSCE (Paris Saclay), CLIM team (≥8 months; 33%)
Collaborations	AWI (Bremerhaven, Allemagne); Loughborough University (UK)

	Co-supervisor 1*	Co-supervisor 2*
First name / name	Samuel TOUCANNE	Aurélien QUIQUET
Email	stoucann@ifremer.fr	aurelien.quiquet@lsce.ipsl.fr
Organism	IFREMER	CNRS
Laboratory	Geo-Ocean, ASTRE	LSCE, CLIM
Scientific expertise	Marine geology	Glaciology (numerical modeling)

*PhD supervisor (HDR): Stephan JORRY (sjorry@ifremer.fr), IFREMER, Geo-Ocean, ASTRE (Marine geologist)

Abstract / Objectives: The melting of polar ice caps will cause sea level to rise by 0.6-1.1 m by 2100. This estimate is probably underestimated [1,2]: paleo-sciences suggest that major instabilities (i.e. accelerated, large-scale melting) of marine ice margins, not yet observed in recent decades, are likely to occur in the near future [3]. However, past instabilities and their associated forcings are still poorly constrained. In the present project (PATATRA), we propose an innovative approach combining marine geology and 3D glaciological simulations to study past instabilities of the East Greenland Ice Sheet (GrIS) over a time interval that saw it to change from a 'marine' configuration (with ice largely overflowing the ocean) to a 'terrestrial' setting (as expected for the West Antarctic ice sheet in the future). More specifically, the PATATRA project aims to identify and investigate the major instabilities of the GrIS during the major climatic changes (i.e. temperatures, sea level, etc.) that occurred during the late glacial (~11-15 ka) and Holocene (~0-11 ka) periods. Over these periods, the GrIS lost an ice volume equivalent to 3-4 m of sea level in response to known infra-/pluri-millennial-scale forcing (insolation, CO₂) variations [4]. This evolution was characterized by a ~300 km glacial retreat over East Greenland, the history of which is preserved in fjord sediments (including the Scoresby Sund). The

eastern fjords are the outlet of a ~160,000 km² glacial watershed (~10% of the GrIS), which makes them a prime target to study glacial paleo-instability under natural forcing.

We propose a multidisciplinary approach aimed at:

-1- Reconstructing the glacial dynamics and instabilities of the eastern margin of the GrIS during the late glacial and Holocene ice retreat using a marine geological approach (sedimentology-stratigraphy, mineralogy, and elemental/isotopic geochemistry on sediment cores taken from the Scoresby Sund and Kesjer Franz Joseph Fjord, ~70-75°N) [5];

-2- Translating these dynamics (amplitude, duration, velocity) into regional glaciological terms (volumetric/dynamic) using 3D numerical simulations via the GRISLI model [6];

-3- Identifying the direct (e.g. temperature, insolation, CO₂) and indirect (e.g. isostatic rebound) climatic forcings responsible for the observed glacial dynamics.

The results will provide a better understanding of glacial instabilities, ultimately leading to improve sea-level rise projections and adaptation to ongoing climate change.

Keywords: glacial instabilities, ocean-cryosphere interactions, geology-modelling coupling, East Greenland, paleoclimate.

Candidate profile: geosciences background (ocean and climate affinities); sedimentology and/or geochemistry (required); interest in numerical approach.

For additional information, please contact Samuel Toucanne (stoucann@ifremer.fr)

References (non exhaustive):

- [1] Fox-Kemper et al. (2021). *In Climate Change 2021. Sixth Assessment IPCC Report*
- [2] Siegert et al. (2020). *One Earth*, 3(6), 691-703
- [3] Batchelor et al. (2023). *Nature*, <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05876-1>
- [4] Yang et al. (2022). *PLoS ONE*, 17(1): e0259816
- [5] Jang et al. (2023). *Earth and Planetary Science Letters*, 607, 118054
- [6] Quiquet et al. (2018). *Geoscientific Model Development*, 11(12), 5003-5025

Paléo-instabilité des calottes polaires à la transition terre-mer : approche données/modèle (PATATRA)

Titre du sujet de thèse	PALéo-insTABilité des calottes polaires à la TRAnsition terre-mer : approche donnéeS/modèle (PATATRA)
Financement	PPR 'Océan et Climat' (https://www.ocean-climat.fr/)
Ecole doctorale	Ecole doctorale des Sciences de la Mer et du Littoral, UBO-IUEM
Université de rattachement	Université de Bretagne Occidentale (UBO)
Laboratoires d'accueil de l'étudiant-e	- Ifremer (Brest), Geo-Ocean, équipe ASTRE (≥24 mois ; 66%) - LSCE (Paris Saclay), équipe CLIM (≥8 mois ; 33%)
Collaborations	AWI (Bremerhaven, Allemagne) ; Loughborough University (UK)

	Co-directeur 1*	Co-directeur 2*
Prénom Nom	Samuel TOUCANNE	Aurélien QUIQUET
email	stoucann@ifremer.fr	aurelien.quiquet@lsce.ipsl.fr
Organisme	IFREMER	CNRS
Laboratoire	Geo-Ocean, ASTRE	LSCE, CLIM
Discipline scientifique	Géologue marin	Glaciologue (modélisateur)

*Directeur de thèse (HDR): Stephan JORRY (sjorry@ifremer.fr), IFREMER, Geo-Ocean, ASTRE (Géologue marin)

Résumé / Objectifs : La fonte des calottes polaires provoquera une élévation du niveau marin de 0,6-1,1 m d'ici 2100. Cette estimation est probablement sous-estimée [1,2] : les paléo-sciences suggèrent que des instabilités majeures (*i.e.* fontes accélérées, et de grandes ampleurs) des marges glaciaires marines, non encore observées ces dernières décennies, sont susceptibles de se produire dans un futur proche [3]. Ces instabilités passées et les forçages associés sont pourtant encore trop peu contraints. Dans le présent projet (PATATRA), nous proposons une approche innovante mêlant géologie marine et simulations glaciologiques 3D qui permettra d'étudier les instabilités passées de la calotte Est-groenlandaise (GrIS) sur l'intervalle de temps qui l'a vu passer d'une configuration 'marine' (*i.e.* glace débordant largement sur l'océan) vers une configuration 'terrestre' (cas de l'Ouest antarctique *demain*). Plus spécifiquement, le projet PATATRA vise à identifier et investiguer les instabilités majeures de la GrIS au cours des grands bouleversements climatiques (*i.e.* températures, niveau marin, etc.) post-glaciaires (~11-15 ka) et holocènes (~0-11 ka). Sur cette période, la GrIS a perdu un volume de glace équivalent à 3-4 m de niveau marin en réponse à des forçages infra/pluri-millénaires connus (insolation, CO₂) [4]. Cette évolution s'est matérialisée par un retrait glaciaire de

~300 km sur la région Est du Groenland, dont l'histoire est préservée dans les sédiments des fjords (e.g. Scoresby Sund). Ces derniers constituent l'exutoire d'un bassin versant glaciaire de ~160.000 km² (~10% de la GrIS). Ainsi, les fjords de l'Est constituent une cible privilégiée pour l'étude des paléo-instabilités glaciaires sous forçage naturel. Nous proposons une approche pluridisciplinaire visant à :

-1- Reconstruire la dynamique glaciaire et les instabilités de la marge Est de la GrIS au cours de son retrait post-glaciaire et holocène par une approche de géologie marine (sédimentologie-stratigraphie, minéralogie, géochimie élémentaire et isotopique sur des carottes sédimentaires prélevées dans le Scoresby Sund et le Kesjer Franz Joseph Fjord, ~70-75°N) [5] ;

-2- Traduire cette dynamique (amplitude, durée, vitesse) en des termes glaciologiques régionaux (volumétriques / dynamiques) au travers des simulations numériques 3D (modèle GRISLI [6]) ;

-3- Identifier les forçages climatiques directs (e.g. températures, insolation, CO₂) et indirects (e.g. rebond isostatique) expliquant la dynamique glaciaire.

Les résultats apporteront une meilleure compréhension des instabilités glaciaires, permettant *in fine* d'améliorer les projections d'élévation du niveau marin que notre adaptation au changement climatique en cours.

Mots-clés : instabilités glaciaires, interactions océan-cryosphère, couplage géologie-modélisation, Est Groenland, paléoclimat.

Profil souhaité du candidat : formation géosciences (affinités océan, climat requis) ; sédimentologie et géochimie (requis) ; attrait pour l'approche numérique

Pour toute information complémentaire, merci de contacter Samuel Toucanne (stoucann@ifremer.fr)

Références (non exhaustif) :

- [1] Fox-Kemper et al. (2021). *In Climate Change 2021. Sixth Assessment IPCC Report*
- [2] Siebert et al. (2020). *One Earth*, 3(6), 691-703
- [3] Batchelor et al. (2023). *Nature*, <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05876-1>
- [4] Yang et al. (2022). *PLoS ONE*, 17(1): e0259816
- [5] Jang et al. (2023). *Earth and Planetary Science Letters*, 607, 118054
- [6] Quiquet et al. (2018). *Geoscientific Model Development*, 11(12), 5003-5025