



**HAL**  
open science

## **Thinice : campagne de mesure aéroportée dédiée à l'étude des dépressions arctiques et des interactions avec les nuages et la banquise**

Gwendal Rivière, Lea Raillard, Julien Delanoë, Sophie Bounissou, Christophe Caudoux, Laure Cossalter, Kevin Huet, Capucine Cozzolino, Olivier Jourdan, Christophe Gourbeyre, et al.

### ► To cite this version:

Gwendal Rivière, Lea Raillard, Julien Delanoë, Sophie Bounissou, Christophe Caudoux, et al.. Thinice : campagne de mesure aéroportée dédiée à l'étude des dépressions arctiques et des interactions avec les nuages et la banquise. *La Météorologie*, 2022, 119, pp.4-5. 10.37053/lameteorologie-2022-0074 . hal-04285379

**HAL Id: hal-04285379**

**<https://hal.science/hal-04285379v1>**

Submitted on 14 Nov 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## THINICE : campagne de mesure aéroportée dédiée à l'étude des dépressions arctiques et des interactions avec les nuages et la banquise.

Gwendal Rivière<sup>1</sup>, Julien Delanoë<sup>2</sup>, Olivier Jourdan<sup>3</sup>, Clémantyne Aubry<sup>2,4</sup>, Eric Bazile<sup>5</sup>, Sophie Bounissou<sup>2</sup>, Christophe Caudoux<sup>2</sup>, Laure Cossalter<sup>2</sup>, Capucine Cozzolino<sup>2</sup>, Vincent Douet<sup>6</sup>, James D. Doyle<sup>7</sup>, Christophe Gourbeyre<sup>3</sup>, Kevin Huet<sup>2</sup>, Florian Pantillon<sup>8</sup>, Lea Raillard<sup>1</sup>, Yann Seity<sup>5</sup>, Jérémie Trules<sup>6</sup>, Meryl Wimmer<sup>1,9</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de météorologie dynamique, Institut Pierre-Simon Laplace, Ecole Normale Supérieure / CNRS, Paris

<sup>2</sup>Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales, Institut Pierre-Simon Laplace, Université Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines / CNRS, Guyancourt

<sup>3</sup>Laboratoire de météorologie physique, Observatoire de Physique du Globe de Clermont-Ferrand, Université Clermont Auvergne / CNRS, Clermont-Ferrand

<sup>4</sup>Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen, Germany

<sup>5</sup>Centre national de recherches météorologiques, Météo-France / CNRS, Toulouse

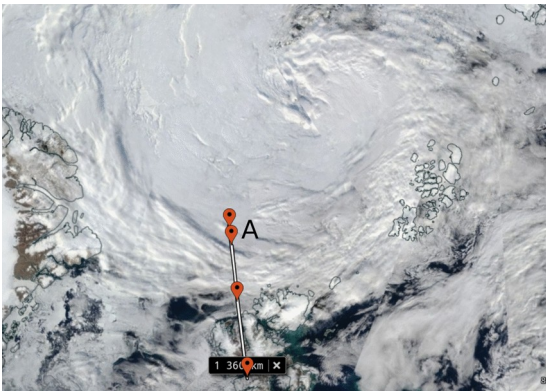
<sup>6</sup>Laboratoire de météorologie dynamique, Institut Pierre-Simon Laplace, Ecole Polytechnique / CNRS, Palaiseau

<sup>7</sup>Naval Research Laboratory, Monterey, USA

<sup>8</sup>Laboratoire d'Aérodynamique, Université de Toulouse, CNRS, UPS, IRD, Toulouse

<sup>9</sup>CNES, Paris

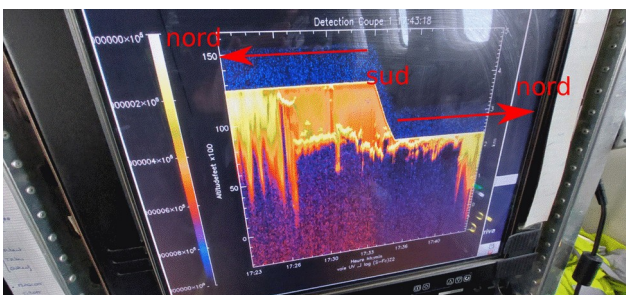
a. Réflectance Terra MODIS



b. Vue du front froid depuis le point A



c. Vue du poste LNG



d. Mesures RALI (combinaison RASTA-LNG)

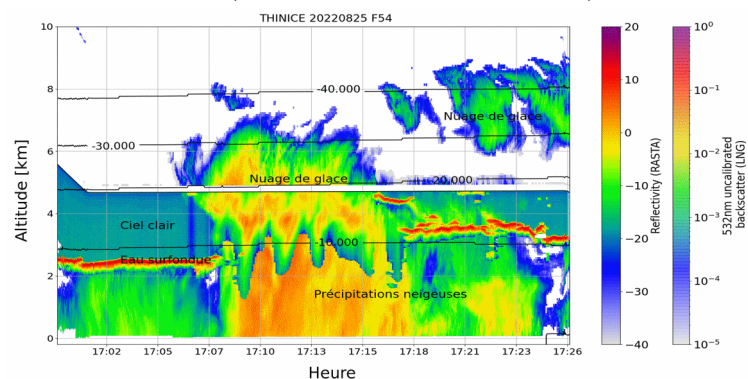


Figure : (a) Image satellite Terra MODIS, avec trajectoire de l'avion, du 25 août 2022 au dessus de l'Océan Arctique montrant les nuages en forme de spirale autour du centre de la dépression. (b) Vue du côté froid du front associé à la dépression au nord est du Svalbard, (c) Visualisation du poste lidar LNG avec la rétrodiffusion indiquée en fonction du temps et de l'altitude et (d) combinaison de la réflectivité radar RASTA et de la rétrodiffusion du lidar LNG le long d'une coupe du vol.

Les dépressions arctiques de surface dont l'échelle typique est le millier de kilomètres restent assez peu étudiées en comparaison de leurs cousines des latitudes tempérées alors que des questions fondamentales se posent à leur sujet. Bien que leur phase de développement soit souvent barocline en interagissant avec une anomalie de tropopause comme dans le cas des dépressions des moyennes latitudes, leurs échelles spatio-temporelles sont mal expliquées avec une échelle spatiale grande au regard du rayon de déformation de Rossby ( $\sim 500$  km) et une durée de vie pouvant régulièrement dépasser la semaine. Un autre enjeu majeur autour de l'étude des dépressions arctiques concerne les processus nuageux au sein de celles-ci dont la formation et le maintien d'eau liquide surfondue dans les nuages de phase mixte sont récurrents à ces latitudes. L'enjeu est de taille puisque l'impact radiatif des gouttelettes d'eau liquide est très différent de celui des cristaux de glace. Une mauvaise représentation des différentes phases de l'eau au sein des nuages pourrait être à l'origine de biais dans les modèles de climat et les modèles de prévision numérique du temps. Par exemple, l'hypothèse incorporée dans certains modèles selon laquelle la proportion d'eau liquide par rapport à la glace est une fonction de la température reste peu justifiée et nécessite d'être revue. Il est important par ailleurs de mieux comprendre les processus dynamiques, thermodynamiques et de microphysique des nuages au sein des dépressions arctiques car celles-ci jouent un rôle déterminant dans le climat de l'Arctique notamment en transportant de la chaleur et de l'humidité des latitudes plus basses vers le pôle. Le rôle qu'elles jouent dans le réchauffement plus rapide de l'Arctique n'est pas encore clairement identifié. Enfin, en été, même si elles sont en général moins creusées que pendant les autres saisons elles interagissent avec la banquise fragilisée et peuvent dans certains cas accélérer sa fonte. Toutes ces raisons amènent de plus en plus de chercheurs à s'intéresser aux dépressions arctiques et ont conduit à mener la campagne de mesure internationale THINICE en août 2022.

La campagne THINICE, organisée par des équipes françaises, britanniques, américaines et norvégiennes, a reposé sur l'exploitation complémentaire de deux avions de recherche instrumentés basés à l'aéroport de Longyearbyen dans l'archipel du Svalbard. D'un côté, l'avion ATR42 opéré par SAFIRE (Service des avions français instrumentés pour la recherche en environnement) lié à la composante française de la campagne appelée RALI-THINICE, a effectué 16 vols représentant plus de 60 heures dans les nuages des dépressions arctiques. De l'autre, l'avion Twin Otter opéré par le British Antarctic Survey a effectué 19 vols pour un volume de 80 heures de vol. Les vols de l'ATR42 étaient dédiés à l'étude de la circulation atmosphérique et de la microphysique nuageuse au sein des dépressions à partir de deux instruments nationaux de l'INSU, la plateforme de télédétection active RALI (radars RASTA et BASTA, lidar LNG ; <http://rali.projet.latmos.ipsl.fr/>) et la plateforme in-situ PMA (<http://www.obs.univ-bpclermont.fr/atmos/fr/recherches/PTA.php>) composée de sondes microphysiques. À cela s'ajoutent les mesures conventionnelles météorologiques de l'avion. Ceux du Twin Otter, en revanche, se sont concentrés sur les processus de couche limite tels que les flux de surface, la turbulence et les interactions avec la glace de mer à partir de la plateforme instrumentée MASIN (Meteorological Airborne Science Instrumentation) composée entre autres de sondes microphysiques, de turbulence et d'un altimètre.

Un exemple de vol de l'ATR42 est montré sur la figure 1. Il s'agit du cas d'une dépression évoluant au-dessus de l'océan arctique le 25 août 2022 mais dont la naissance a eu lieu 10 jours plus tôt vers le 16 août dans les mers du Groenland et de Norvège. Cette dépression est l'archétype de la dépression arctique car marquée par un cœur froid et une longue durée de vie en évoluant autour du pôle. Elle a été intensivement observée entre le 16 et le 19 août durant sa première phase de développement puis bien plus tard le 25 août. L'enroulement nuageux autour du centre dépressionnaire sous forme de spirale est remarquable sur l'image satellite de la figure 1a. L'objectif du vol (dont la trajectoire est représentée en figure 1a) a été de traverser le front froid à plusieurs reprises à des altitudes différentes afin d'échantillonner au maximum les différentes

couches nuageuses. La stratégie a été d'abord de voler à haute altitude pour avoir une vision générale des nuages à partir des mesures de télédétection, puis de descendre petit à petit à différents paliers pour confirmer les mesures de télédétection par des mesures in-situ. La figure 1c illustre cette stratégie avec une coupe nord-sud du nuage à 4.5 km d'altitude suivie d'une coupe sud-nord à l'altitude de 3 km pour confirmer à l'aide des sondes microphysiques la présence d'eau surfondue détectée au préalable par le lidar à cette altitude. La figure 1d résume les résultats combinés des mesures radar et lidar le long d'une coupe nord-sud du vol : les nuages épais ou hauts sont essentiellement des nuages de glace. Leur présence se traduit par une forte réflectivité radar tandis que les sommets des nuages bas (à 2km et 3km au nord et sud des nuages épais) montrent une rétrodiffusion lidar très forte, signature de la présence d'eau surfondue.

L'objectif majeur de la suite du projet est d'évaluer la capacité des modèles de prévision numérique du temps globaux et régionaux ainsi que les modèles de climat à prévoir et représenter la circulation et les nuages au sein des dépressions arctiques observées pendant la campagne ainsi que les processus de couche limite associés. La composante française s'attachera en particulier à mieux comprendre les processus de formation et de maintien des nuages de phase mixte, à améliorer leur représentation dans les modèles et analyser leurs effets sur la circulation atmosphérique des dépressions arctiques.

Pour en savoir plus :

- Site de la composante française de la campagne : <https://ralithinice.aeris-data.fr/>
- Site de la composante britannique de la campagne : <https://research.reading.ac.uk/arctic-summertime-cyclones/>

Remerciements : Les auteurs sont particulièrement reconnaissants aux membres de l'unité SAFIRE pour leur dévouement et pour avoir mené à bien cette campagne en leur compagnie.

Partenaires et laboratoires français :

Laboratoire de météorologie dynamique (LMD/IPSL, Île-de-France), Laboratoire atmosphères, milieux et observations spatiales (LATMOS/IPSL, Île-de-France), Laboratoire de météorologie physique (LaMP/OPGC, Clermont-Ferrand), Centre national de recherches météorologiques (CNRM, Météo-France/CNRS, Toulouse), Laboratoire d'aérodynamique (LAERO/OMP, Toulouse), Pôle de données AERIS, Service des avions français instrumentés pour la recherche en environnement (SAFIRE, Toulouse)

Financeurs de la composante française :

Office Naval Research (ONR), CNES, CNRS-INSU-LEFE