

# Approche multivariée des facteurs influençant le bilan de masse d'un glacier arctique

Sophie Schiavone<sup>1</sup>, Florian Tolle<sup>1</sup>, Éric Bernard<sup>1</sup>, Jean-Michel Friedt<sup>2</sup> Madeleine Griselin<sup>1</sup>, Daniel Joly<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Théma - UMR 6049-CNRS, Université de Franche-Comté <sup>2</sup> Laboratoire FEMTO-ST - UMR 6174-CNRS, Université de Franche-Comté

**Mots-clefs** - statistique multivariée, bilan de masse, glacier arctique

## Contexte et problématique

L'Arctique est la zone géographique où la modification du climat au cours du XXI<sup>ème</sup> siècle sera la plus forte de la planète. La totalité de la cryosphère (banquise, glaciers, pergélisol, etc.) subira de profondes altérations qui se traduiront spatialement par des évolutions majeures. Les glaciers sont de bons indicateurs de ces changements, aussi bien à une échelle locale que globale, car leur dynamique est très sensible au climat. Cette étude porte sur un glacier du Spitsberg où il a été observé que des conditions climatiques et nivologiques contrastées d'une année sur l'autre avaient des conséquences multiples, et parfois inattendues, sur les bilans de masse. En 2014 par exemple, les mesures laissaient présager un bilan de masse négatif. Or l'analyse de l'ensemble des données disponibles a permis de conclure à un bilan de masse du glacier positif pour la première fois depuis 7 ans. Des travaux antérieurs ont montré que les bilans de masse sont dépendants de 3 facteurs principaux : les températures estivales, les précipitations liquides en toute saison et l'accumulation hivernale de neige. L'objectif de ce travail est (i) d'identifier et de qualifier les combinaisons de facteurs qui influencent le bilan de masse d'un glacier arctique. Il s'agira notamment (ii) de comprendre la chronologie saisonnière et de hiérarchiser les paramètres qui ont la plus grande influence sur les dynamiques glaciaires.

## Données observées

Notre objet d'étude est le glacier arctique Loven Est situé sur la péninsule de Brøgger au Spitsberg (Svalbard, 79°N). C'est un petit glacier d'une superficie de 4.5km<sup>2</sup> qui présente une configuration géographique plutôt simple : pente douce et régulière, absence de séracs, avancée lente (3-4m/an). Le Loven Est est un glacier observatoire équipé de nombreux appareils de mesure. Les données mobilisées dans ce travail sont issues d'observations faites entre 2007 et 2014 : le bilan de masse annuel, les précipitations, les températures et l'accumulation de neige.

Le bilan de masse annuel est mesuré à la fin de l'été (30 septembre). Ces mesures sont faites à partir de 36 balises à glace réparties de manière homogène sur le glacier, couvrant aussi bien la zone d'ablation en aval, que la zone d'accumulation en amont.

Les températures de l'air à la surface du glacier sont issues de mesures faites depuis 2007 en continu (à raison de 2 mesures horaires) sur le Loven Est. Le glacier est parsemé de 20 capteurs de température répartis de la manière la plus homogène possible et la plus représentative de la topographie et de la morphologie du glacier. Pour des raisons techniques, les données de précipitations n'ont pas pu être mesurées in situ c'est pourquoi nous nous référons à celles de la station météorologique la plus proche (Ny Ålesund, à 6 km du site, à 8m d'altitude). Elles servent de base à l'évaluation des précipitations sur le glacier. Enfin, l'accumulation de neige est mesurée chaque an-

née. Le manteau neigeux en place sur le glacier constitue le bilan de masse hivernal. Il est mesuré par carottage de la couche de neige à la fin de l'hiver (fin avril/début mai), avant que ne commence la fonte. Ces carottages sont réalisés aux mêmes emplacements que les balises à glace. La couche de neige est caractérisée selon son épaisseur et sa densité.

## Méthode

Les paramètres initiaux (température, précipitations, manteau neigeux) font l'objet de traitements visant à identifier leur influence sur le glacier. Dans le cas de la température par exemple, une approche par degrés-jours permet de considérer uniquement les températures positives qui auront évidemment la plus grande influence sur le glacier. Les mesures sont effectuées en continu dans le temps mais ponctuellement dans l'espace et en des sites différents selon les variables. Une démarche de généralisation spatiale par interpolation doit donc être appliquée afin de pouvoir rendre compte de processus en tout point du glacier. En effet, les facteurs conditionnant la zone d'accumulation, zone où se forme la nouvelle glace, ne seront pas nécessairement les mêmes que ceux qui ont la plus grande influence sur la fonte en zone d'ablation. Une fois cette étape réalisée, chaque point de la surface du glacier (dépendant

de la résolution choisie) constituera un individu intégré dans l'analyse statistique.

Les données observées sont mises en forme pour constituer les éléments de l'analyse. Ainsi, les températures brutes sont traitées en vue d'obtenir une série d'indicateurs secondaires révélant le contexte thermique selon différents aspects. Des températures estivales, ou positives quelle que soit la saison, dépend le potentiel de fonte du couvert neigeux dans un premier temps puis de la glace dans un second temps. Les précipitations qui influencent le plus le bilan de masse sont les précipitations liquides, en hiver comme en été. Un gradient altitudinal est appliqué aux données de la station de Ny Ålesund pour ajuster les données au contexte local rencontré en tout point du glacier. Leurs conséquences peuvent aller de la réduction irréversible de l'épaisseur du manteau neigeux jusqu'au lessivage de la surface du glacier. L'époque, la fréquence, et la durée des épisodes pluvieux peut avoir une influence majeure sur le bilan de masse annuel du glacier.

Toutes les données dérivées servent de base à une approche multivariée de ces déterminants. Les résultats permettent de mettre en évidence et de cartographier, à échelle spatiale très fine, les processus jouant un rôle dans les évolutions glaciaires actuellement observées. Pour aller au-delà d'analyses par corrélation, c'est une typologie des facteurs et de leur impact cumulé qui sera réalisée.