



## CHASE

**Caractérisation de la composition des poussières fines dans la région de Dronning Maud Land : de l'atmosphère jusqu'à la neige de surface**

Alexander Mangold (RMI) – Andy Delcloo (RMI) – Herman Van Langenhove (UGent) – Kristof Demeestere (UGent) – Christophe Walgraeve (UGent) – Nadine Mattielli (ULB) – Philippe Claeys (VUB) – Karen De Causmaecker (RMI) – Preben Van Overmeiren (UGent) – Stefania Gili (ULB) – Sibylle Boxho (ULB)

Axis 2: Geosystems, universe and climate



NETWORK PROJECT

## CHASE

**Caractérisation de la composition des poussières fines dans la région de Dronning Maud Land : de l'atmosphère jusqu'à la neige de surface**

Contract - BR/175/A2/CHASE

## FINAL REPORT

### PROMOTORS:

Dr. Alexander Mangold (RMI)  
 Dr. Andy Delcloc (RMI )  
 Prof. Dr. Herman Van Langenhove (UGent)  
 Prof..Dr. Kristof Demeestere (UGent)  
 Prof. Dr. Christophe Walgraeve (UGent)  
 Prof. Dr. Nadine Mattielli (ULB)  
 Prof. Dr. Philippe Claeys (VUB)

### AUTHORS:

Dr. Alexander Mangold (RMI) – Dr. Andy Delcloc (RMI)  
 Prof. Dr. Herman Van Langenhove (UGent)  
 Prof. Dr. Kristof Demeestere (UGent) – Prof. Dr. Christophe Walgraeve (UGent)  
 Prof. Dr. Nadine Mattielli (ULB) – Prof. Dr. Philippe Claeys (VUB)  
 Dr. Karen De Causmaecker (RMI) – MSc Preben Van Overmeiren (UGent)  
 Dr. Stefania Gili (ULB) – MSc Sibylle Boxho (ULB).





Published in 2022 by the Belgian Science Policy Office  
WTCIII  
Simon Bolivarlaan 30 Boulevard Simon Bolivar  
B-1000 Brussels  
Belgium  
Tel: +32 (0)2 238 34 11  
<http://www.belspo.be>  
<http://www.belspo.be/brain-be>

Contact person: Maaïke Vancauwenberghe  
Tel: +32 (0)2 238 36 78

Neither the Belgian Science Policy Office nor any person acting on behalf of the Belgian Science Policy Office is responsible for the use which might be made of the following information. The authors are responsible for the content.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without indicating the reference :

Mangold A., Delcloo A., Van Langenhove H., Demeestere K., Walgraeve C., Mattielli N., Claeys Ph., De Causmaecker K., Overmeiren P., Gili S., Boxho S.. ***Caractérisation de la composition des poussières fines dans la région de Dronning Maud Land : de l'atmosphère jusqu'à la neige de surface***. Final Report. Brussels : Belgian Science Policy Office 2022 (BRAIN-be - (Belgian Research Action through Interdisciplinary Networks))

## **ABSTRACT**

### **Contexte**

Les flux et les sources de particules atmosphériques et de composés gazeux en Antarctique et au niveau de l'océan austral qui lui est étroitement associé sont mal connus, en particulier la chimie des particules. L'Antarctique est considéré comme la région la mieux préservée sur Terre des émissions anthropiques. Cependant, l'impact des particules et des polluants atmosphériques d'origine anthropique pourrait être beaucoup plus important que prévu. En outre, une compréhension détaillée des voies de transport atmosphérique actuelles des particules et des composés organiques (semi-)volatils ((S)-VOC) de la source au dépôt en Antarctique reste essentielle pour documenter les cycles biogéochimiques et l'importance relative des composés naturels et anthropiques, qui ne sont pas bien connus pour le moment. En outre, les particules atmosphériques agissent également en tant que noyaux de condensation des nuages et noyaux de glace et jouent donc un rôle crucial dans la formation des nuages, en affectant à la fois leurs propriétés radiatives et les précipitations.

Le projet CHASE a fourni des analyses physico-chimiques détaillées des particules atmosphériques et des particules présentes dans la neige de surface, ainsi que des composés organiques (semi-)volatils collectés près de la station de recherche belge Princesse Elisabeth (PEA), terre de la Reine-Maud (Dronning Maud Land), Antarctique de l'Est (71,95°S, 23,35°E, 1390 m asl), et a étudié en détail leurs voies de transport atmosphérique. Des études aussi détaillées n'ont jamais été menées dans la région où se trouve la station Princesse Elisabeth.

CHASE s'est appuyé sur une équipe de recherche interdisciplinaire, réunissant des partenaires ayant des expertises complémentaires dans le travail expérimental à long terme, dans les campagnes de recherche en Antarctique, dans les analyses chimiques de pointe, et dans la modélisation du transport atmosphérique et de la dispersion. Un échantillonnage actif et passif des particules atmosphériques ambiantes et des composés organiques (semi-)volatils a été effectué. L'échantillonnage actif a permis une meilleure résolution temporelle des échantillons pendant l'été austral. L'échantillonnage passif a permis d'obtenir des concentrations moyennes pondérées dans le temps sur des périodes plus longues et d'offrir la possibilité d'échantillonner dans des zones éloignées. L'emplacement des sites d'échantillonnage passif le long d'un transect allant du plateau antarctique à la côte a permis de collecter des échantillons influencés par diverses régions sources.

### **Objectifs**

Les objectifs de CHASE étaient les suivants :

- Constituer une base de données unique sur la composition organique et inorganique des particules dans l'atmosphère et à la surface de la neige, ainsi que sur les composés organiques volatils de la terre de la Reine-Maud, en Antarctique oriental.
- Évaluer de manière exhaustive les régions sources, les voies de transport atmosphérique et les variations saisonnières de la terre de la Reine-Maud, en Antarctique oriental.
- Améliorer la compréhension de l'influence des latitudes inférieures sur la composition de l'atmosphère antarctique.

- Valoriser l'observatoire existant à la station Princesse Elisabeth et mettre en place vers la fin du projet un suivi à long terme de la chimie atmosphérique organique et inorganique par échantillonnage passif dans les environs de la station Princesse Elisabeth.

## Conclusion

- La quantité d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et de HAP oxygénés dans la phase particulaire s'est avérée négligeable. Ceci est très probablement dû à la très faible concentration de particules dans l'atmosphère mesurée à la station Princesse Elisabeth. Le fluorène, le phénanthrène, le fluoranthène et le pyrène étaient les composés HAP les plus répandus dans les échantillons, avec des concentrations comprises entre 1 et plus de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Aucune différence inter-annuelle significative n'a été trouvée pour ces composés.
- 158 échantillons pour l'analyse des composés organiques volatils (COV) ont été collectés, dans lesquels environ 65 composés ont été identifiés et si possible quantifiés. Il en résulte un ensemble de données de plus de 10 000 points de données, ce qui en fait le plus grand ensemble de données sur les COV et les COV oxygénés en Antarctique. On peut conclure que les composés aromatiques oxygénés sont de loin le groupe le plus important en termes de concentration. L'acétophénone, le phénol, le benzaldéhyde et l'acide benzoïque sont des produits d'oxydation connus des composés aromatiques primaires et sont présents à des concentrations allant jusqu'à 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . De plus, le diméthylsulfone (DMSO<sub>2</sub>), un produit d'oxydation du diméthylsulfure (DMS), a clairement montré une tendance à la baisse en fonction de la distance du site d'échantillonnage à l'océan.
- Pour la première fois, les rapports isotopiques du carbone organique particulaire (COP) et du carbone organique dissous (COD) ont été déterminés dans des échantillons de neige de surface dans la région de la PEA. La corrélation linéaire entre le flux de COD et le flux de ssNa<sup>+</sup> indique que les embruns marins sont la principale source de COD. Ceci a été confirmé par le rapport isotopique du carbone du COD.
- Les analyses chimiques inorganiques ont montré que la grande majorité, jusqu'à 89 %, des particules échantillonnées étaient < 2  $\mu\text{m}$  et jusqu'à 50 % des particules sont de taille submicronique. Pratiquement aucune particule d'une taille > 5  $\mu\text{m}$  n'a été détectée. Ce profil de taille des particules n'a pas montré de distinction significative le long du transect de mesure de 250 km, de la côte au plateau, ni en comparant les échantillons d'air et de neige de surface.
- Pour la première fois, des échantillons ont été collectés pour l'analyse de la concentration de particules nucléées par la glace (INP) dans la région de la terre de la Reine-Maud. Comparé aux études menées dans d'autres régions de l'Antarctique, le nombre d'INP pour la PEA se situe à la limite inférieure. Il s'agit d'un résultat important, notamment pour les études de modélisation de l'influence des aérosols sur la formation des nuages et des précipitations.
- L'ensemble de l'échantillon présente une composition minéralogique comparable, dominée par les aluminosilicates, la silice et les silicates Mg-Fe, suivis de près par les aluminosilicates contenant du fer et les oxydes de fer ou de titane. Dans une proportion bien moindre et de façon non systématique, des particules métallifères composées de Cr, Ni, Zn, Cu, Sb, Sn, Tl, Ta étaient présentes, indiquant des sources anthropiques. Une attention particulière a été

accordée aux particules contenant du fer (Fe), car le Fe est un micronutriment clé, essentiel pour la productivité primaire dans l'océan austral. La présence de particules contenant du Fe s'est avérée être répandue dans l'Antarctique de l'Est.

- A partir d'analyses chimiques et isotopiques de particules déposées dans la neige de surface, un nouveau modèle statistique basé sur les signatures chimiques trouvées d'éléments de terres rares (ETR) a été développé. Une autre zone de source potentielle (PSA) majeure pour les particules de poussière dans l'Antarctique oriental a pu être identifiée. En plus de confirmer que le sud de l'Amérique du Sud est le meilleur candidat pour expliquer la signature de la poussière enregistrée pendant les périodes géologiques froides et chaudes, cette étude propose pour les périodes chaudes également le sud de l'Afrique comme PSA.
- Une climatologie de la trajectoire rétrograde de la masse d'air a été établie pour la première fois pour la région de l'Antarctique oriental autour de la PEA, couvrant une période de 11 ans (2010-2020). Une analyse en classification automatique à K moyennes a été réalisée et quatre groupes d'origine de masse d'air ont été trouvés. Les régions sources d'Amérique du Sud, d'Afrique australe et d'Australie se sont avérées très limitées. L'océan Austral était une région source principale, tout comme le continent antarctique lui-même. Pour le groupe de masses d'air le plus important, la région source est principalement limitée à la région au-dessus du continent Antarctique et l'altitude moyenne le long des trajectoires de ce groupe a indiqué que celui-ci correspondait principalement à de l'air descendant de la haute troposphère.

Ces résultats démontrent clairement la valeur de l'approche interdisciplinaire du projet CHASE, qui combine des techniques analytiques de pointe, des méthodologies d'échantillonnage innovantes, une expertise en matière de modélisation du transport atmosphérique et des expéditions sur le terrain en Antarctique, afin de démêler la chimie atmosphérique complexe dans des régions reculées et dans des conditions météorologiques difficiles. Bien que de nombreux progrès aient été réalisés, certaines lacunes ont été identifiées et devront être comblées dans les recherches futures. Tout d'abord, afin de discriminer encore mieux les régions sources potentielles, il faudrait davantage d'échantillons, couvrant plusieurs années et avec une résolution temporelle plus élevée en hiver. Idéalement, ces mesures devraient être effectuées en même temps près de la côte et sur le plateau antarctique, car CHASE a prouvé que les échantillons de ces zones présentaient des caractéristiques chimiques nettement différentes. En outre, les empreintes chimiques relevées par les analyses de CHASE établissent un lien clair entre certaines régions sources (par exemple, l'Afrique australe) ou d'autres sources anthropiques (profils chimiques des HAP, des COV et des métaux) et les zones d'échantillonnage en Antarctique oriental. Mais les simulations respectives des modèles de transport atmosphérique actuels présentent de grandes incertitudes lorsqu'on simule plusieurs semaines de transport atmosphérique, ce qui est apparemment nécessaire. Par conséquent, une modélisation plus élucidée et l'apport de mesures seraient nécessaires pour démêler comment ces composés provenant des basses latitudes atteignent l'Antarctique oriental. Enfin, il est recommandé de poursuivre au moins la collecte par échantillonnage passif sur un ou deux des sites d'échantillonnage CHASE afin d'étendre ces précieuses séries chronologiques. Afin d'obtenir une résolution temporelle plus élevée, y compris pendant l'hiver austral, et d'être indépendant de la contamination potentielle

par le fonctionnement de la station de recherche, des systèmes d'échantillonnage automatique à faible débit avec une production d'énergie sans émission dans des conditions difficiles doivent être développés.

### **Mots-clés**

Particules atmosphériques / Modélisation du transport atmosphérique / Antarctique oriental / Composition élémentaire et isotopique / Composés organiques volatils (COV)