

AWACA

Atmospheric Water Cycle over Antarctica
←————— past, present & future —————→

DOSSIER DE PRESSE



European Research Council
Established by the European Commission

SOMMAIRE



COMPRENDRE LES PROCESSUS METEOROLOGIQUES DE L'ANTARCTIQUE POUR PREVOIR L'EVOLUTION DU CLIMAT 3

L'EVOLUTION D'AWACA 4

L'EQUIPE 5

LES OBJECTIFS D'AWACA 7

LES 5 PHASES DU PROJET 7

GEOGRAPHIE ET CONDITIONS METEOROLOGIQUES DE L'ANTARCTIQUE 10

L'INSTRUMENTATION 11

LE TRANSECT 12

LES ISOTOPES DE L'EAU : DES ALLIÉS PRECIEUX POUR RECONSTRUIRE LES CLIMATS PASSÉS 14

UNE CAMPAGNE DE MESURE POUR AFFINER LES MODELES DE CLIMAT 16

PARTENAIRES 18

CONTACT 19

GLOSSAIRE 20

COMPRENDRE LES PROCESSUS METEOROLOGIQUES DE L'ANTARCTIQUE POUR PREVOIR L'EVOLUTION DU CLIMAT

Lauréat d'un «Synergy Grant» du Conseil européen de la recherche, le projet AWACA (Atmospheric Water Cycle over Antarctica : past, present & future) s'axe sur la compréhension du cycle de l'eau atmosphérique en Antarctique à travers une campagne de mesures inédites. Ce travail permettra, entre autres, de simuler correctement l'accumulation de neige sur la calotte glaciaire de l'Antarctique, donc son bilan de masse, afin de reconstruire le climat passé et déterminer l'évolution future du niveau des océans.

AWACA réunit une équipe de chercheurs qui travailleront sur la compréhension de la branche atmosphérique du cycle de l'eau en Antarctique. La finalité est de mieux comprendre les processus qui gouvernent la météorologie de cette région de la Terre afin de prévoir les évolutions climatiques futures. Pour ce faire, un ensemble de plates-formes autonomes sera déployé le long d'un transect de 1100 kilomètres, de la base française Dumont d'Urville, sur la côte, à la base franco-italienne Concordia, sur le haut plateau du continent.

La technologie de mesure se compose d'instruments qui permettront d'étudier la formation et le devenir des flocons de neige. Des analyses isotopiques seront effectuées afin de retracer les changements de phase de l'eau dans l'atmosphère (gaz, liquide, solide). De cette analyse isotopique résultera une série d'informations sur les variations climatiques passées à travers le forage de carottes de glace. Les mesures seront réalisées en toute saison, ce qui constitue un défi majeur au vu des conditions météorologiques extrêmes en Antarctique. Cet ensemble des données collectées est nécessaire pour obtenir une meilleure représentation des processus physiques dans les modèles numériques de climat et pour affiner les projections climatiques futures.

Le projet, qui bénéficie d'un financement du Conseil européen de la recherche (ERC) dans le cadre du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne (convention de subvention n° 951596 - AWACA), débutera le 1er septembre 2021 pour une durée de 6 ans. Les deux premières années s'articuleront autour du développement et de l'acquisition des instruments nécessaires à la collecte de données sur le terrain. La campagne de mesures commencera à partir du mois de décembre 2023. Viendra ensuite la phase d'analyse des données. Une fois validées, elles permettront de paramétriser les processus physiques afin de prendre en compte leurs effets dans les modèles de climat. Enfin, AWACA projette de reconstruire la variabilité climatique de l'Antarctique sur les 1000 dernières années, et prédire celle des 100 prochaines années.



L'évolution d'AWACA

Novembre 2020
Lauréat d'un Synergy
Grant du Conseil
européen de la
recherche (ERC)

1er septembre 2021
Début officiel d'AWACA
pour une durée de
six ans

2021 / 2022
Développement
technologique et
instrumental

**Décembre 2023 /
janvier 2024**
Déploiement des
instruments en
Antarctique

Février 2024
Début de la campagne
de mesures

Jusqu'en 2027
- Analyse des données
- Implémentations des
modèles
- Paramétrisations
- Reconstruction &
projection du climat

Quelques chiffres...

XX de chercheurs, scientifiques impliqués

AWACA est prévu pour durer **6** années

XX doctorants et post-doctorants travailleront sur le projet

1 100 kilomètres, la distance du transect le long duquel seront déployés les instruments

AWACA produira une reconstruction du climat de l'Antarctique des **1 000** dernières années

... et une projection des **100** prochaines années.



L'ÉQUIPE



Christophe Genthon est directeur de recherche CNRS et chercheur au Laboratoire de météorologie dynamique (CNRS - ENS Paris - Ecole Polytechnique - Sorbonne Université - IPSL). Christophe a contribué à la mise en oeuvre de modèles numériques de l'atmosphère pour l'étude des climats polaires, particulièrement en Antarctique. Il a lancé le programme CALVA (toujours en cours) et a contribué au projet APRES3 comme coordinateur. Titulaire d'un doctorat en météorologie et océanologie, Christophe a pratiquement dédié toute sa carrière à l'observation, la modélisation et la compréhension du climat de l'Antarctique. Pour AWACA, il apporte ses compétences en matière de météorologie de surface et de climat en Antarctique. Il s'occupe également de la partie technologique et logistique du projet, en lien avec l'Institut Polaire Français (IPEV), et est le référent direct avec l'ERC (Conseil européen de la recherche).

Contact : christophe.genthon@cnrs.fr



Valérie Masson-Delmotte est paléoclimatologue et directrice de recherche CEA au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (CEA - CNRS - UVSQ - IPSL). Spécialisée dans l'étude des variations climatiques passées, la compréhension du cycle de l'eau et l'évaluation des modèles de climat, Valérie est titulaire d'un doctorat de l'Ecole Centrale de Paris en physique des fluides et des transferts. Membre du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), elle en est depuis 2015 la co-présidente du groupe de travail qui s'intéresse aux bases physiques du climat. Elle est également membre du Haut Conseil pour le Climat et du conseil d'administration de l'ADEME, entre autres. Au sein d'AWACA Valérie apporte son expertise en matière d'isotopes stables de l'eau et de carottes de glaces.

Contact : valerie.masson@lsce.ipsl.fr



Alexis Berne est directeur du Laboratoire de télédétection environnementale (LTE) et professeur de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Ses activités de recherches portent sur la caractérisation et la compréhension des précipitations, ainsi que leur variabilité et leur microphysique, grâce à la télédétection. Ce spécialiste en hydrométéorologie radar cherche à mieux comprendre les processus qui gouvernent les chutes de neiges. Alexis apporte son expertise en télédétection et en microphysique des précipitations et des nuages pour comprendre le rôle de ces derniers dans le cycle hydrologique. Il interagit également avec la partie modélisation du projet.

Contact : alexis.berne@epfl.ch



Thomas Dubos est professeur à l'Ecole Polytechnique (ENS Paris - Ecole Polytechnique - Sorbonne Université). Son activité de recherche se positionne, entre autres, sur le thème de la dynamique de l'atmosphère et sa modélisation. Spécialisé dans la dynamique des fluides, en physique et en modélisation de l'atmosphère, Thomas a contribué au développement des modèles de climat LMDZ et DYNAMICO, dont il dirige le développement pour ce dernier. Pour AWACA, il apporte son savoir en matière de dynamique atmosphérique et de conception de modèles. Il est aussi un expert des questions numériques.

Contact : dubos@lmd.ipsl.fr



Cécile Agosta est chercheuse CEA au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE). Elle est spécialiste, entre autres, du bilan de masse de la calotte glaciaire de l'Antarctique et est en charge du modèle régional MAR et de l'implémentation des isotopes de l'eau dans les modèles MAR et LMDZ. Pour AWACA, elle intervient sur la modélisation et la partie isotopique.

Contact : cecile.agosta@lsce.ipsl.fr



Jean-Baptiste Madeleine est maître de conférence à la Sorbonne. Il contribue au développement de meilleures paramétrisations de la physique de l'eau dans l'atmosphère de l'Antarctique pour le modèle LMDZ. En tant que modélisateur, il travaille sur la description des nuages et des précipitations dans les modèles et sur la condensation à grande échelle. Jean-Baptiste a également un rôle central concernant l'enseignement de la modélisation et la transmission des savoirs.

Contact : jmadeleine@lmd.ipsl.fr



Etienne Vignon est physicien de l'atmosphère et chercheur CNRS au Laboratoire de météorologie dynamique (LMD). Il travaille sur les paramétrisations des nuages, des précipitations et de la couche limite atmosphérique dans le modèle de climat. Il est notamment spécialisé en physique de l'atmosphère polaire.

Contact : etienne.vignon@lmd.ipsl.fr



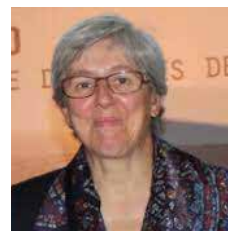
Amaelle Landais est climatologue et directrice de recherche CNRS au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE). Elle est spécialisée dans les paléoclimats, l'étude des isotopes stables de l'eau, les cycles biogéochimiques et le cycle hydrologique. Pour AWACA, elle apporte son expertise en matière d'isotopes de l'eau et participe au développement instrumental.

Contact : amaelle.landais@lsce.ipsl.fr



Elise Fourre est chercheuse CEA au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE). Spécialiste en géochimie des isotopes de l'eau dans les régions polaires, ses activités se concentrent notamment sur les isotopes de l'eau dans les carottes de glace de l'Antarctique, sur la variabilité climatique, et sur l'empreinte isotopique dans la vapeur d'eau, la neige et la glace. Pour AWACA, elle apporte son expertise en matière d'isotopes stables de l'eau.

Contact : elise.fourre@lsce.ipsl.fr



Chantal Claud est directrice de recherches CNRS et chercheuse au Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD), spécialiste de télédétection satellitale appliquée à l'observation des précipitations en régions polaires. Pour AWACA, Chantal intervient au niveau de la télédétection v

Contact : chantal.claud@lmd.polytechnique.fr

AWACA forme et emploie des doctorants et post-doctorants qui travailleront sur le projet :

LES OBJECTIFS D'AWACA



Durant 6 années, les chercheurs impliqués dans le projet AWACA travailleront sur la compréhension des mécanismes qui régissent le cycle de l'eau atmosphérique de l'Antarctique. Les objectifs sont les suivants :

Comprendre le cycle atmosphérique de l'eau de l'Antarctique. Pour ce faire, le projet s'appuie sur le développement et le déploiement d'instruments permettant de collecter des données sans précédent pour identifier et quantifier les processus-clés de la météorologie de l'Antarctique.

Ces données permettront de **caractériser les processus atmosphériques de surface, la composition isotopique de l'eau sous ses différentes phases, mais aussi les nuages et les précipitations sur toute la hauteur de la colonne troposphérique.**

La compréhension de ces processus vise à **améliorer leur paramétrisation dans les modèles de climat** régionaux et globaux.

L'amélioration des paramétrisations physiques dans les modèles de climat est essentielle pour **affiner les projections climatiques**, mais aussi pour **reconstruire les climats passés.**

Grâce à ces éléments, AWACA permettra de **prévoir le bilan de masse de la calotte glaciaire de l'Antarctique** et son impact sur **l'évolution future du niveau des océans.**

« En faisant progresser la compréhension des processus, leur modélisation, et leur implémentation dans les modèles, les prédictions futures seront plus précises. La contribution principale du projet se fera sur les précipitations et leur rôle dans le bilan de masse de la calotte glaciaire. »

Alexis Berne

**Directeur du Laboratoire de Télédétection Environnementale
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne**

LES 5 PHASES DU PROJET

AWACA se déroulera sur 6 années à compter du 1er septembre 2021.
Voici les différentes étapes qui le composent.

PHASE n°1 Préparation de l'instrumentation

Cette première étape vise à acquérir et préparer les instruments pertinents au projet pour surveiller le cycle de l'eau atmosphérique. Certains instruments de mesure seront spécialement développés et conçus pour AWACA. Ce travail inclut également la conception des plates-formes autonomes (OPU) qui abriteront les instruments et systèmes d'acquisition des données, et qui devront fournir l'énergie nécessaire pour leur fonctionnement.

PHASE n°2 Déploiement et travail de terrain

Les instruments de mesures seront déployés en Antarctique, le long d'un transect de 1100 kilomètres entre les bases Dumont d'Urville, sur la côte, et Concordia, au coeur du plateau. L'Institut Polaire Français (IPEV) s'occupera de la logistique pour le déploiement. Les instruments prendront place dans des plates-formes autonomes (OPU).

PHASE n°3 Analyse des processus atmosphériques

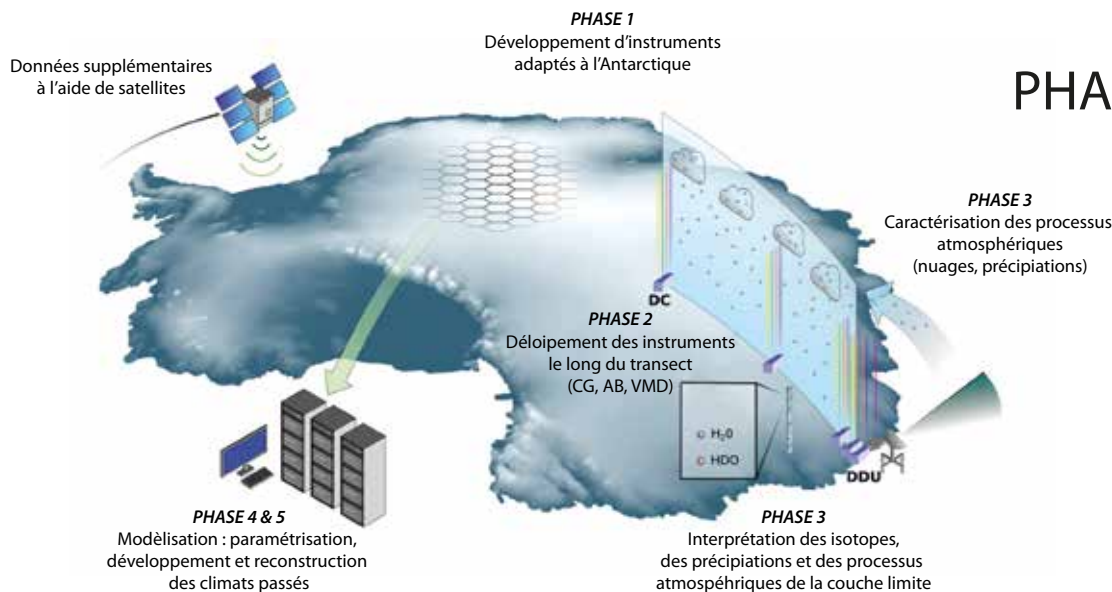
Il s'agit de tirer profit des données collectées durant près de 4 années pour caractériser et mieux comprendre le cycle de l'eau atmosphérique, en particulier sur les aspects des flux surface-atmosphère, de l'isotopie, des nuages et des précipitations.

PHASE n°4 Paramétrisation et modélisation

Les données collectées et les observations, une fois validées, vont permettre d'améliorer les paramétrisations physiques dans les modèles de climat. Les processus physiques au sein des nuages (croissance des gouttelettes et cristaux, conversion en précipitation...), seront ainsi mieux représentés. AWACA pourra alors bénéficier de modèles de climat régionaux et globaux de pointe permettant de réaliser des projections climatiques fiables.

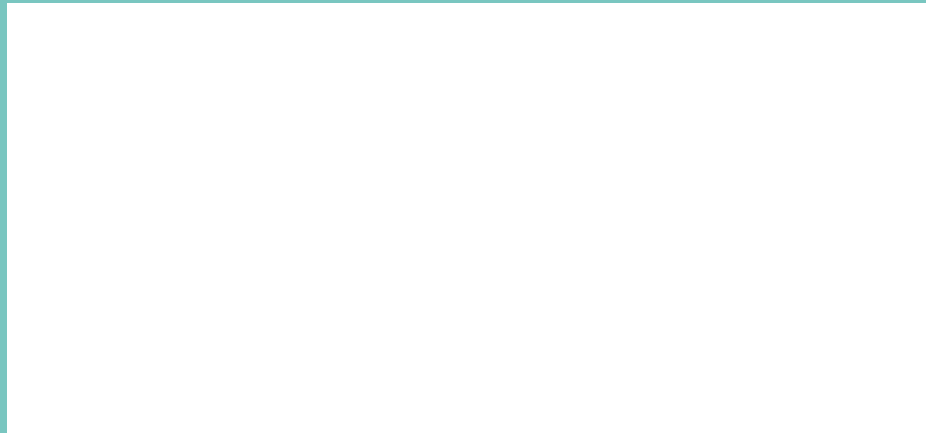
PHASE n°5 Reconstruction et projection du climat

Un ensemble de projections climatiques de l'Antarctique sera produit avec des modèles climatiques régionaux et globaux évalués et validés de manière approfondie. Une reconstruction de la variabilité climatique des 1000 dernières années sera également élaborée.





A quoi vont ressembler les plates-formes autonomes ?



Il s'agit d'abris qui accueilleront l'ensemble des instruments nécessaires à la réalisation des mesures en Antarctique. Parmi ces instruments, on retrouve notamment des radars ou des lidars*. Ces plates-formes devront générer l'équivalent d'1KWatt pour faire fonctionner tous les instruments. Pour ce faire, l'énergie solaire — et éolienne — sera captée et stockée dans des batteries qui permettront une alimentation en continu.

Le déploiement de ces plates-formes débutera au mois de décembre 2023. Les équipes de l'Institut polaire français (IPEV) s'occuperont de la partie logistique. Cinq à six personnes seront mobilisées. En principe, ces stations automatisées ne nécessitent pas de personnel pour les faire fonctionner. Toutefois une équipe viendra assurer la maintenance, vérifier le bon fonctionnement de matériel et télécharger les données collectées.



« AWACA nous permettra d'effectuer des mesures qui n'ont jamais été réalisées »

Christophe Genthon est chercheur CNRS au Laboratoire de météorologie dynamique (LMD). Spécialiste en météorologie polaire, il sera en contact avec l'IPEV pour la technologie et la logistique. En outre, il est le référent en lien avec le Conseil européen de la recherche (CER).

Comment vont s'articuler les premières phases du projet ?

Christophe Genthon : « Le développement du matériel se fera en métropole. Des instruments seront construits sur mesure pour le projet. Le déploiement est prévu à partir du mois décembre 2023, jusqu'à janvier 2024. »

Parlez-nous des plateformes autonomes.

C.G. : « Il s'agit de structures qui seront complètement recouvertes de panneaux solaires pour alimenter les instruments en énergie. Nous avons besoin de pratiquement 1 kilowatt pour tout faire fonctionner. Nous utiliserons également l'énergie éolienne et stockerons le surplus

l'instrumentation lorsqu'il n'y aura ni vent, ni soleil. »

Quelles sont vos attentes par rapport au projet ?

C.G. : « Nous travaillerons pour obtenir le meilleur modèle de climat possible. AWACA nous permettra d'effectuer des mesures qui n'ont jamais été réalisées auparavant, de faire des choses qui ne l'ont jamais été. Nous allons échantillonner un endroit qui est représentatif de l'Antarctique. Ce projet laissera, je l'espère, un "héritage" dont d'autres chercheurs et scientifiques pourront s'emparer en reprenant le concept. »

GEOGRAPHIE ET CONDITIONS METEOROLOGIQUES

L'ANTARCTIQUE

L'Antarctique est un continent situé autour du pôle Sud et cerné par l'océan Austral dont la limite nord est fixée au 60ème parallèle sud.

14 millions de km²

C'est la superficie de l'Antarctique. Sur ces 14 millions de km², 280 000 sont libres de glace. Le continent est 1,3 fois plus grand que l'Europe.

C'est le pourcentage de la surface de l'Antarctique qui est entièrement recouverte de glace.

98 %

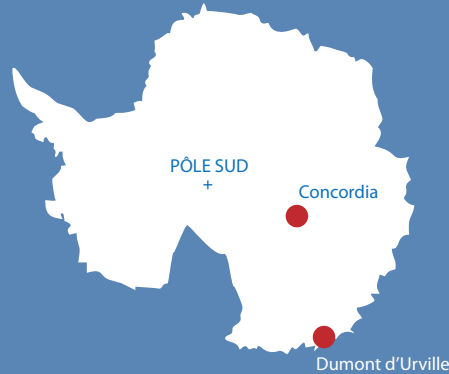
1,6 km

Il s'agit de l'épaisseur moyenne de la couche de glace sur le continent Antarctique.

C'est le volume de l'inlandsis de l'Antarctique, ce qui représente 90% de la glace présente sur Terre.

70 %

L'Antarctique dispose de 70% des réserves d'eau douce de la planète qui est contenue dans sa calotte glaciaire.



CONDITIONS METEOROLOGIQUES



VENT

La vitesse moyenne du vent est modérée dans les régions centrales (10 à 20 km/h) et plus élevée sur les côtes (30 à 70 km/h).

Les rafales peuvent atteindre des vitesses record tels les 320 km/h.



TEMPERATURES

Les températures maximales se situent entre 5 et 15°C et, à l'intérieur du continent, les minimales fluctuent entre -80 et -90°C.



PRECIPITATIONS

Il tombe chaque année moins de 5 cm d'équivalent en eau et souvent moins de 2 cm.

Chiffres de l'Institut Polaire Français (IPEV) - <https://institut-polaire.fr/fr/antarctique/decouvrir-antarctique/> et de France Diplomatie



© Christophe Genthon

L'Antarctique s'étale sur 14 millions de km². Sa superficie est 1,3 fois plus grande que celle de l'Europe. Sur ces 14 millions de km², 280 000 sont libres de glace. Autrement dit, la glace recouvre 98% de la surface de ce continent. L'épaisseur moyenne de cette couche de glace est de 1,6 km.

Il s'agit de la région la plus froide de la planète, les températures peuvent descendre jusqu'à -90°C durant l'hiver. Les maximales se situent entre 5°C et 15°C, près des côtes en été. La température moyenne est de -57°C à l'intérieur des terres, et oscillent, le long des côtes, entre -28°C en août et -3°C en janvier.

Dans les terres, la vitesse du vent est modérée (15m/s). En descendant depuis le plateau vers les côtes, de forts vents catabatiques* s'accroissent balayant violemment les rives du continent. Ces derniers dépassent souvent les 200km/h. Ces phénomènes contribuent à une température ressentie encore plus froide.

L'air froid ne pouvant contenir que très peu d'eau, les précipitations sont réduites. Elles se concentrent essentiellement sur les côtes. Le pôle Sud reçoit moins de 5 cm de précipitations par an, en moyenne.

Le volume de glace de l'inlandsis* de l'Antarctique est considérable : 30 millions de km³, ce qui représente 90% de la glace présente sur Terre, et 70% des réserves d'eau douce.

L'INSTRUMENTATION

Pour collecter des données sur le cycle de l'eau atmosphérique le long du transect, AWACA s'appuiera sur une instrumentation en partie innovante, et déployée dans un milieu hostile. L'ensemble des instruments sera disponible à la fin de la première année du projet.



Instruments de météorologie de surface - © Jean-Baptiste Madeleine



Entrée d'air d'un instrument de mesure utilisé pour l'étude des isotopes - © Leroy Dos Santos

MÉTÉOROLOGIE DE SURFACE

COMPOSITION ISOTOPIQUE

NUAGES ET PRÉCIPITATIONS

L'analyse de la météorologie de surface permettra de comprendre les processus d'échange de chaleur et d'eau entre l'atmosphère et la neige de surface afin de vérifier les modèles et leurs paramétrisations.

Pour ce faire, des capteurs seront déployés pour mesurer les caractéristiques de l'air au contact de la neige. Ceux-ci comprennent un capteur de vent, de température, d'humidité et de poudrerie, un radiomètre, entre autres.

Mesurer de façon continue la composition isotopique de la vapeur d'eau en Antarctique représente un défi, la plupart des instruments n'étant pas adaptés pour travailler dans ce type d'environnement.

AWACA développera une nouvelle technique de mesure via la spectroscopie optique, avec une sensibilité accrue. Ces instruments permettront d'augmenter la précision des mesures.

Pour analyser l'eau condensée dans la colonne troposphérique*, le projet utilisera un dispositif de télédétection. Les technologies RADAR et LIDAR permettront, selon la longueur d'onde, de caractériser les propriétés des nuages et des chutes de neige. Là encore, le défi est de faire fonctionner cette instrumentation dans des conditions extrêmes.



«Comblent les lacunes dans la compréhension du cycle de l'eau atmosphérique en Antarctique»

Alexis Berne est directeur du **Laboratoire de Télédétection Environnementale** de Lausanne. Son travail consiste à comprendre les processus qui gouvernent les chutes de neige que l'on peut observer dans les milieux montagneux et polaires.

En quoi l'instrumentation déployée est innovante ?

Alexis Berne : « La nouveauté n'est pas fondamentalement dans les instruments eux-mêmes, mais dans le contexte dans lequel ils seront déployés. Les données collectées constitueront un gain de connaissance. Elles permettront de combler les lacunes dans la compréhension du cycle de l'eau atmosphérique en Antarctique en identifiant les processus dominants impliqués dans les flux d'humidité, la formation des nuages et des précipitations, et aussi les signatures isotopiques associées. »

Quelles sont les attentes quant aux résultats ?

A.B. : « Si nous parvenons à effectuer des observations pluriannuelles, ça sera très bien. Si nous arrivons à appliquer cela le long du transect, on pourra voir comment les processus évoluent ou s'atténuent. »

Quel est le lien entre ces observations et les modèles de climat ?

A.B. : « Pour évaluer les modèles, on doit les comparer à des mesures d'observation, à la réalité qu'on a objectivée avec

les instruments. En faisant progresser la compréhension des processus et leur modélisation, les prédictions futures seront plus précises. »

Vous vous intéressez aux nuages. Pourquoi ?

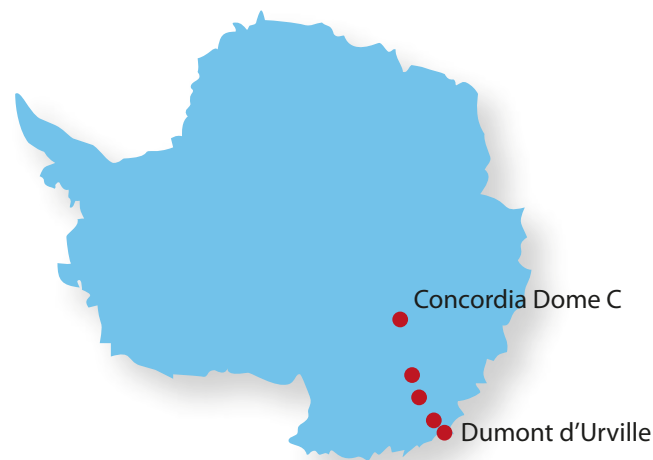
A.B. : « Les nuages sont des particules liquides ou solides (gouttelettes d'eau ou cristaux de glace). En Antarctique, comme il fait très froid, il y a beaucoup de nuages de glace. Il y a aussi des nuages en phase mixte. Il s'agit de nuages entre deux phases, liquide et solide. En fonction de la phase de l'eau, les interactions avec le rayonnement solaire et infrarouge sont très différentes. Le problème c'est que les modèles ne sont pas assez bons pour reconstituer la bonne quantité de nuages en phase mixte qu'on observe sur l'océan Austral et la région côtière de l'Antarctique. L'effet radiatif de ces nuages est mal représenté, ce qui crée des biais dans les modèles, en termes de températures par exemple, car le modèle ne parvient pas à représenter les bonnes proportions entre les particules d'eau liquide et d'eau glacée. »

LE TRANSECT

Il s'agit d'un tracé représentatif des conditions météorologiques de l'Antarctique le long duquel seront disposés les instruments



Le déploiement des OPU s'effectuera sur un transect long de 1100 kilomètres entre les stations Dumont d'Urville (DDU, côte Antarctique, 66°40'S, 140°E, presque au niveau de la mer) et Concordia Dome C (haut plateau, 75°6'S, 123°20'E). Il sera organisé avec le support logistique de l'Institut polaire français Paul-Emile Victor (IPEV).



Les OPU seront déployées sur les sites D17, D47 et D85, respectivement à 17, 95 et 500 kilomètres de la base Dumont d'Urville, le long du transect.

Ce transect est représentatif des conditions météorologiques de l'Antarctique. Les intrusions d'air marin humide vers le plateau s'alignent sur ce parcours. Les OPU échantillonneront les masses d'air au fur et à mesure qu'elles libèrent de l'humidité sur le chemin vers le haut plateau.

Le rôle de l'Institut polaire français (IPEV) dans le développement et le déploiement des instruments

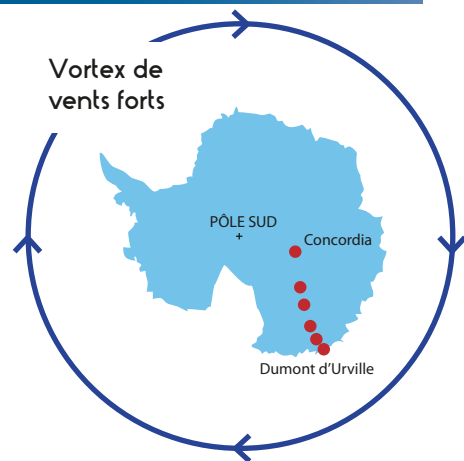
L'Institut polaire français (IPEV) participera activement au développement technologique des instruments en apportant un lot de connaissance propre au milieu polaire. Le déploiement des instruments ne pourra se faire que durant la saison de l'été austral (novembre à février). Le transport des plates-formes autonomes (OPU) se fera par navires polaires. L'Institut polaire française se chargera de mettre en place une logistique spécifique pour transporter les OPU jusqu'à leurs sites le long du transect. Ces manoeuvres se feront à la fin de la deuxième année du projet. Cette phase peut prendre jusqu'à un mois car la progression est lente sur la glace. Une équipe de logisticiens de l'IPEV sera mise à contribution. Quatre scientifiques/ingénieurs du projet travailleront avec l'Institut polaire français pour la mise en route des instruments. Par la suite, des membre de l'IPEV visiteront chaque année les OPU pour les entretenir, vérifier l'état des instruments et télécharger les données collectées.



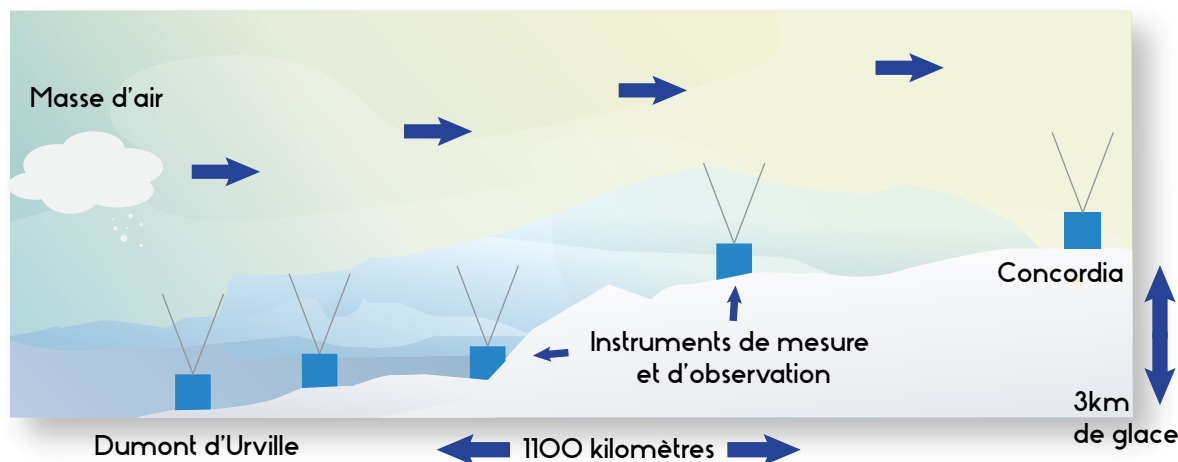
«Etudier toutes les étapes de modification des nuages»

Jean-Baptiste Madeleine est modélisateur du climat et Maître de conférence à la Sorbonne. Il explique les processus impliqués le long du transect.

« Le transect est un tracé qui s'étend en Terre Adélie, de la station Dumont d'Urville, près de la côte, à la base Concordia, sur le haut plateau. L'idée est de poser des instruments à différents endroits de ce transect, afin de collecter des données dans cette région très représentative de tout l'Antarctique. Autour de ce continent, il y a un vortex composé de vents forts. Au sein même de ce vortex, des dépressions se propagent et vont apporter avec elles des précipitations sur les côtes. Parfois, une dépression particulièrement forte va amener beaucoup de vapeur d'eau sur le haut plateau, ainsi que de la neige. Ces quelques dépressions, chaque année, sont essentielles, car le cœur de l'Antarctique est un endroit très sec où il neige peu. Quand une masse d'air humide arrive, elle se heurte à la pente de la calotte, gigantesque montagne de glace, et comme elle est forcée à monter rapidement en altitude, elle condense. De ce fait, il neige plus le long des côtes que sur le haut plateau. Toutefois, ces perturbations sont parfois transportées jusque vers le haut plateau. Au fur et à mesure de ce transport, les nuages vont rencontrer des conditions atmosphériques plus froides et vont se modifier. Surtout constitués de gouttelettes proche des côtes, ils vont peu à peu geler, et leurs propriétés vont évoluer. Cette évolution est cruciale pour comprendre l'apport de neige sur la calotte. Le projet AWACA a l'objectif ambitieux d'instrumenter le transect pour observer ces phases de changements, avec entre autres des radars et des lidars, qui vont imager précisément le cœur du nuage. Ceci nous permettra de documenter toutes les étapes de modifications des nuages pour ensuite mieux intégrer ces paramètres dans les équations des modèles de climat ».



Christophe Genthon et Massimo Del Guasta installant des instruments - © Jean-Baptiste Madeleine



LES ISOTOPES DE L'EAU : DES ALLIÉS PRÉCIEUX POUR RECONSTRUIRE LES CLIMATS PASSÉS

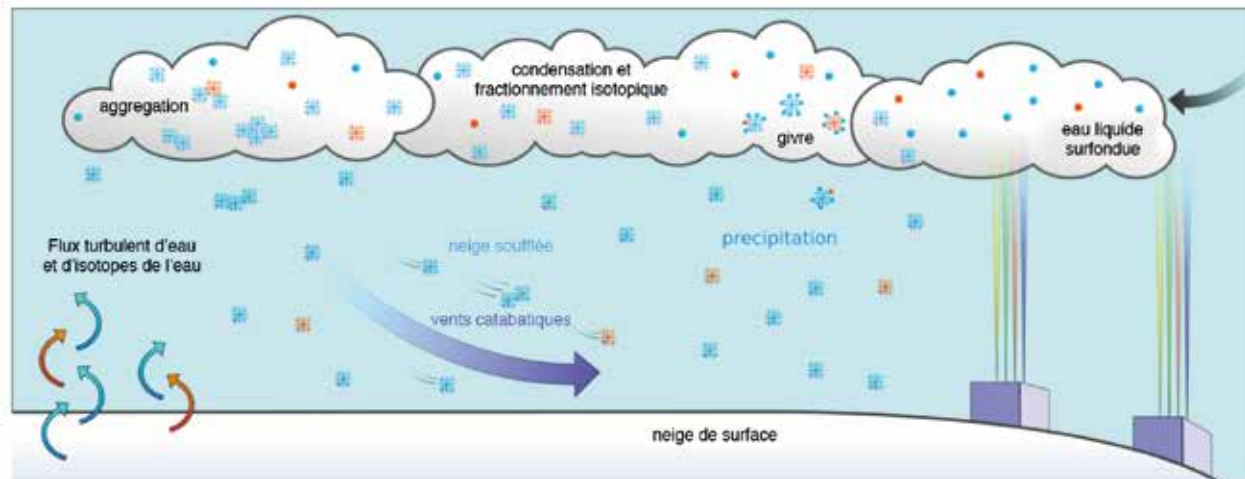
Etude des isotopes de la vapeur d'eau et des chutes de neige

Les isotopes de l'eau permettent de retracer les variations climatiques passées mais aussi de comprendre la dynamique actuelle du cycle de l'eau atmosphérique. Le projet AWACA s'intéressera aux isotopes dans la vapeur d'eau et dans les chutes de neige. Les isotopes de l'eau apportent des informations sur l'origine de la masse d'air, mais également sur la façon dont l'eau a été modifiée pendant son trajet en passant de la vapeur aux nuages puis des nuages aux précipitations de neige. Un des défis est de relier la composition isotopique dans la neige antarctique à l'origine et les caractéristiques des masses d'air pour mieux reconstruire le climat passé.

Dans un premier temps nous chercherons à identifier la signature isotopique de chaque type de neige, neige précipitée, neige partiellement sublimée, neige transportée par le vent, et celle de la vapeur associée. Nous combinerons ensuite ces données avec les observations de nuages et de précipitations pour estimer la ré-évaporation et la sublimation des précipitations dans la colonne d'air ainsi que la quantité d'eau sous forme liquide ou solide dans les nuages. Ces résultats seront intégrés pour revoir la représentation des nuages dans les modèles de climat et l'interprétation des profils isotopiques de l'eau disponibles dans les carottes de glace.

Des alliés précieux pour reconstruire les climats passés

En Antarctique, les premières observations continues ont débuté en 1957. Pour obtenir des informations sur les climats passés, notamment les changements de circulation atmosphérique autour de l'Antarctique, l'unique moyen est de les reconstruire à partir des carottes de glace, notamment en analysant les variations des isotopes de l'eau.



Exemple de processus isotopiques et microphysiques étudiés dans AWACA





«*Éliminer une grande source d'incertitude*»

Cécile Agosta est chercheuse CEA au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE). Elle est spécialiste, entre autres, du bilan de masse de la calotte glaciaire de l'Antarctique et interviendra au sein du projet sur la modélisation et la partie isotopique

Quel est l'intérêt d'analyser les isotopes de l'eau ?

Cécile Agosta : « Les isotopes de l'eau sont principalement utilisés pour reconstituer les climats passés. De façon classique, on considère que les variations isotopiques sont directement reliées aux changements de température. Et ainsi on reconstruit les températures passées à partir de la composition isotopique des carottes de névé et de glace. En réalité les relations entre isotopes et climat sont bien plus complexes, c'est cet aspect que nous voulons mieux comprendre grâce au projet AWACA.»

Quel type d'instrumentation allez-vous développer ou utiliser ?

C.A. : « Il s'agit d'instruments permettant la mesure de la composition isotopique de la vapeur d'eau en continu via la spectroscopie laser. Ce type d'observation est assez récent mais maintenant bien maîtrisé. Une innovation développée dans ce projet sera d'analyser la composition isotopique des

flocons de neige avec les mêmes instruments. »

Pouvez-vous nous en dire plus sur ces mesures de composition isotopique des flocons de neige ? Comment cela fonctionne ?

C.A. : « L'idée est de capturer des flocons de neige quand il y a des précipitations et de les évaporer pour obtenir leur composition isotopique. C'est quelque chose qui n'a jamais été fait. Mesurer directement la composition isotopique de la précipitation nous permettra de comparer directement l'observation avec ce qui est calculé dans les modèles atmosphériques. Cela élimine une grande source d'incertitude car actuellement l'évaluation est faite par rapport à la neige de surface, qui est remaniée à travers des interactions avec l'atmosphère. Cela permet aussi un lien plus direct avec les observations des nuages et des précipitations faites en parallèle dans AWACA, ce qui nous offre des voies d'amélioration de tous ces processus à la fois dans les modèles atmosphériques. »



En quoi consiste l'analyse isotopique de l'eau



Forage de carottes de glace en Antarctique - © Amaelle Landais

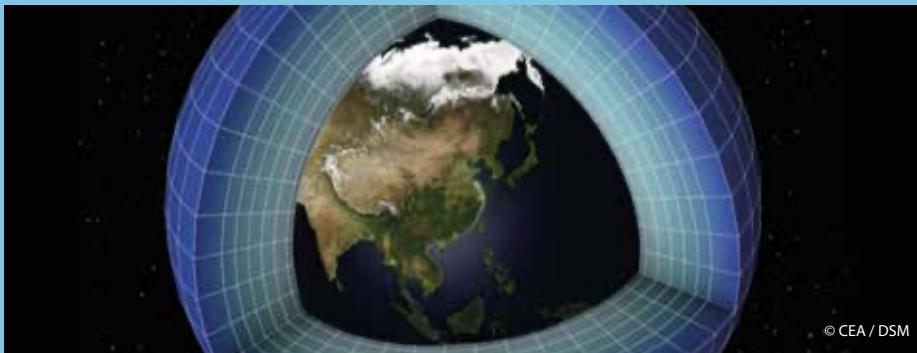


Découpe de carottes de glace - © Amaelle Landais

Pour reconstituer les climats de la Terre, on utilise plusieurs outils, dont l'étude des carottes de glace qui sont des échantillons de névé (neige transformée, ou vieille neige, ou neige ancienne) et de glace prélevés au niveau des calottes polaires. Cette glace correspond à des chutes de neige accumulées au fil du temps, son analyse nous renseigne donc sur les périodes anciennes. La glace est principalement constituée d'eau, et cette eau est constituée de molécules plus ou moins lourdes : les isotopes de l'eau. Analyser les isotopes de l'eau de l'eau revient à mesurer le poids des molécules d'eau. Ces analyses donnent des informations sur le climat et la circulation atmosphérique du passé.



Qu'est-ce qu'un modèle de climat ?



© CEA / DSM

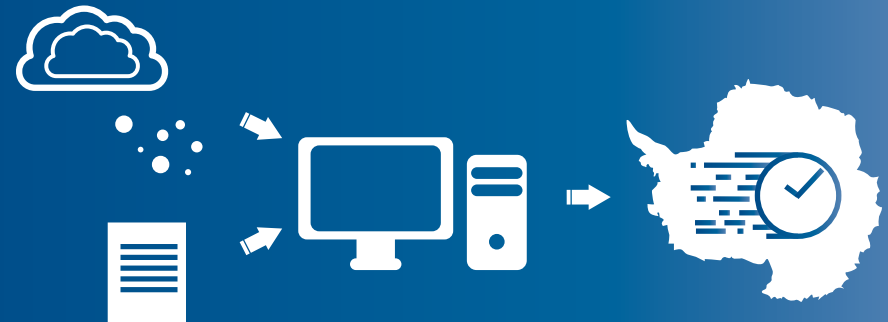
Un modèle numérique de climat est un code informatique qui est la traduction d'un modèle mathématique intégrant les différentes lois physiques qui gouvernent l'évolution de la dynamique et de la physique de l'atmosphère. Les simulations numériques du climat, par des modèles mathématiques fondés sur les équations de la physique et des paramétrisations, elles-mêmes fondées sur l'observation, constituent le **seul outil possible pour anticiper les évolutions futures du climat**. Des ordinateurs, à travers ces modèles numériques, résolvent des équations de la physique de l'air, de l'océan, de la glace, etc.

Ce travail permet d'effectuer des expériences numériques pour obtenir des projections sur les climats du passé ou du futur. « *C'est une représentation quantitative qui permet de prévoir les conditions du climat futur. Il s'agit d'un programme informatique qui va réaliser des calculs à partir de données. Les modèles intègrent deux composantes : la mécanique des fluides, c'est-à-dire l'étude du comportement des fluides (liquide, gaz) et des forces internes associées ; et la microphysique, qui est un domaine de la physique qui traite de la matière à l'échelle microscopique* », explique Thomas Dubos, chargé de la partie modélisation du projet AWACA.

Principes de modélisation

1 On procède aux observations et aux collectes de données sur le terrain à l'aide d'instruments

3 Les modèles de climat améliorés sont effectués sur des super-calculateurs



2 On compare les grandeurs observées aux grandeurs simulées dans les modèles numériques de climat, pour les valider et les améliorer.

4 On obtient une simulation qui offre des projections du climat futur ou passé

PARTENAIRES

AWACA a bénéficié d'un financement du Conseil européen de la recherche (CER) dans le cadre du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne (convention de subvention n° 951596 - AWACA). Des chercheurs provenant de différents établissements sont impliqués dans ce projet.



European Research Council

Established by the European Commission



GLOSSAIRE

Anticyclone thermique : zone de haute pression causée par des températures très basses.

Bilan de masse : bilan entre les gains (accumulation) et les pertes (ablation, vêlage d'icebergs) touchant la masse des glaces au cours d'une période précise, souvent une année ou une saison. Le bilan de masse en surface établit la différence entre l'accumulation et l'ablation superficielles.

Couche limite atmosphérique : couche atmosphérique adjacente à la surface de la Terre, subissant l'influence du frottement contre cette surface et, probablement aussi, du transfert de chaleur et d'autres variables à travers cette surface.

Inlandsis : glacier de très grande envergure se présentant sous la forme d'une nappe de glace recouvrant la terre ferme et qui peut atteindre plusieurs milliers de mètres d'épaisseur.

Isotopes : atomes d'un même élément chimique ayant un même nombre de protons, mais un nombre différent de neutrons. La plupart des éléments possèdent plusieurs isotopes. Les isotopes peuvent servir de traceur dans les processus de transport.

Lidar : technique de mesure à distance fondée sur l'analyse des propriétés d'un faisceau de lumière renvoyé vers son émetteur.

Microphysique : description de la physique des gouttelettes et des cristaux dans les nuages. Par exemple, l'agrégation de plusieurs cristaux de glace pour former un flocon de neige est un processus microphysique.

Modèle de climat : représentation numérique du système climatique fondée sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques de ses composantes et leurs processus d'interactions et de rétroaction.

Nuages en phase mixte : nuage composé, malgré des températures négatives, de gouttelettes d'eau liquide en surfusion, et d'une proportion variable de cristaux de glace.

Paramétriser : mettre au point des équations représentant les processus atmosphériques à l'échelle de la maille du modèle (plusieurs dizaines de km). Pour reproduire au mieux les observations, ces équations physiques sont ajustées à l'aide de paramètres, d'où le nom de paramétrisation.

Radar : système qui utilise les ondes électromagnétiques pour détecter la présence et déterminer la position ainsi que la vitesse d'objets.

Troposphère : partie inférieure de l'atmosphère, s'étendant de la surface de la Terre à environ 10 km d'altitude aux latitudes moyennes (cette altitude varie de 9 km aux latitudes élevées à 16 km en zone tropicale), où se forment les nuages et se produisent les phénomènes météorologiques où se forment la plupart des nuages.

Vent catabatique : vent gravitationnel produit par le déséquilibre d'une masse d'air refroidie devenue plus dense et qui dévale un relief géographique

Vortex : tourbillon. En dynamique des fluides, région d'un fluide dans laquelle l'écoulement est principalement un mouvement de rotation autour d'un axe.

CONTACT

Contact AWACA

tess.kane@lmd.ipsl.fr
gaelle.bruant@lmd.ipsl.fr
christophe.genthon@cnrs.fr

Contact presse

INSU - Marie.PEREZ@cnrs.fr
presse@cnrs.fr

Contact Institut polaire français (IPEV)

Aude.Sonneville@ipev.fr

Laboratoires

Laboratoire de météorologie dynamique
<https://www.lmd.polytechnique.fr>

Laboratoire des Sciences du climat et de l'environnement
LSCE - <https://www.lsce.ipsl.fr>

Laboratoire de télédétection environnementale
<https://www.epfl.ch/labs/lte>

Institut Pierre-Simon Laplace
IPSL - <https://www.ipsl.fr/>

www.awaca.cnrs.fr (?)

