# Changement climatique en Antarctique : Analyse de l’apport de simulations de modèles de climat globaux à haute résolution régionale

## Directeurs de thèse : G. Krinner (LGGE, Grenoble) et M. Déqué (CNRM-Météo France, Toulouse)

## Description du sujet (Version Française)

Le changement climatique en cours est rapide et global. Celui attendu pour les siècles à venir sera également rapide et global, mais il sera aussi caractérisé par une variabilité spatiale forte. Depuis longtemps, il est par exemple anticipé que le réchauffement sera particulièrement fort en Arctique, et généralement plus marqué au-dessus des continents qu’au-dessus des océans ; c’est aussi la structure spatiale du réchauffement observée. L’évaluation de l’impact du changement climatique nécessite donc une information fiable à des échelles spatiales relativement fines, inaccessibles avec les outils « classiques » que sont les modèles de climat couplés typiquement utilisés pour produire les projections climatiques globales. En ce qui concerne l’Antarctique, à cause des forts gradients d’altitude de la surface de la calotte dans les régions côtières (une dénivellation de quelques 2000 m sur typiquement une bonne centaine de kilomètres), il faut être en mesure de produire des simulations du changement climatique à une résolution spatiale de l’ordre de quelques dizaines de kilomètres (au moins) afin de pouvoir le caractériser correctement.

Les simulations climatiques globales s’effectuent depuis longtemps préférentiellement dans le cadre de projets internationaux coordonnés dénommés CMIP. Depuis quelques années, la communauté scientifique internationale s’est organisée pour joindre un volet de régionalisation du changement climatique dénommé *Coordinated Regional Downscaling Experiment* (CORDEX) à ces projections climatiques globales. Dans le cadre de CORDEX, des simulations climatiques à l’échelle régionale, à plus haute résolution, sont effectuées. CORDEX poursuit plusieurs objectifs : Il s’agit aussi bien de produire des scénarios de changement climatique pouvant être utilisés pour évaluer les impacts du changement climatique aux échelles spatiales pertinentes que de progresser, par intercomparaison des simulations, dans les méthodes et techniques de modélisation climatique à l’échelle régionale. Cette thèse s’inscrit dans le volet polaire de CORDEX (<http://www.climate-cryosphere.org/activities/targeted/polar-cordex>). Il s’agit de produire des simulations du changement climatique antarctique pour la fin du 21e siècle sous l’hypothèse d’un scénario d’émissions fort (suivant la trajectoire actuelle avec peu ou pas de mesures de réductions des émissions de gaz à effet de serre) à l’aide des deux modèles de circulation générale de l’atmosphère français dénommés ARPEGE et LMDz. Ces modèles, bien que globaux, ont la particularité d’être utilisables avec une haute résolution spatiale sur la région d’intérêt, ce qui permet d’effectuer des simulations du changement climatique régional tout en gardant une approche cohérente à l’échelle globale. Les objectifs de cette thèse sont :

* d’effectuer les simulations climatiques avec ces deux modèles ;
* d’évaluer ces simulations, notamment en les comparant à des simulations effectuées avec des modèles de climat régionaux de type WRF, RACMO et tout particulièrement MAR, et évidemment aux observations climatiques ;
* d’identifier les raisons de biais éventuels dans ces simulations, notamment en ce qui concerne le climat de la basse troposphère – une attention particulière sera portée aux aspects touchant aux flux d’énergie près de la surface ainsi qu’aux termes déterminant le bilan de masse en surface de la calotte de glace ;
* d’effectuer des simulations complémentaires, avec des configurations modifiées (résolution, choix des paramétrisations, scénarios d’émissions supplémentaires, etc.).

Un aspect important concerne l’évaluation systématique de l’apport de la méthode choisie de régionalisation. Pour ce faire, on effectuera une suite de simulations à haute et basse résolution spatiale, avec et sans correction des biais climatiques des simulations globales CMIP qui servent de « matériel de base » pour la régionalisation.

## English version

## Antarctic climate change : Analysis of the added value of variable resolution global climate models

The ongoing climate change is rapid and global. The expected future change is also rapid and global, but it will also show a large spatial heterogeneity. For example, it has been known for a long time that warming will be particularly strong in the Arctic, and generally stronger over the continents than over the oceans. This is also the spatial structure of the observed ongoing warming. In order to evaluate the impacts of climate change, reliable high-resolution information is therefore required, but this is not available using global coupled climate models, the classic tools applied to produce large-scale climate projections. Concerning the Antarctic climate change, one needs to be able to produce climate change simulations at spatial scales of the order of a few tens of kilometers because of the strong topographic gradients in the coastal regions (of the order of 2000 m over typically some 100 km).

Global climate change projections are usually carried out in the framework of large-scale international projects called CMIP. Recently, the scientific community got organized in order to produce regional climate change simulations, linked to CMIP, in an international effort called *Coordinated Regional Downscaling Experiment* (CORDEX). CORDEX has several aims: To produce climate change projections usable for regional-scale climate impact studies, and to make progress in the methods and techniques of regional climate modeling by intercomparing model results.

This thesis takes place within Polar CORDEX (<http://www.climate-cryosphere.org/activities/targeted/polar-cordex>). The aim is to produce Antarctic climate change simulationsfor the end of the 21st century under a strong, unabated emission scenario following approximately the current emission trajectory. We will use two French atmospheric general circulation models (AGCM) which both have the stretched grid capability, allowing for high-resolution climate change simulations over a region of interest within a consistent global modeling approach. The detailed tasks of the PhD thesis are:

* To carry out climate change simulations with these models;
* To evaluate these simulations by comparing them with available CORDEX simulations carried out using regional limited-area climate models such as WRF, RACMO and in particular MAR, and of course to observations;
* To identify reasons for possible biases in these simulations, in particular concerning lower tropospheric climate – particular attention will be paid to surface energy fluxes and terms of the ice sheet surface mass balance (snowfall, surface melt, etc.);
* To carry out complementary simulations with modified configurations (resolution, parameterization settings and choices, additional emission scenarios, etc).

An important aspect concerns the systematic evaluation of the added value of the method chosen for the downscaling of climate change. To this end, we will carry out a suite of simulations at high and low spatial resolution, with and without a correction for large-scale oceanic biases stemming from the CMIP simulations used as oceanic boundary conditions.

## Description du profil recherché

Il s’agit d’une thèse de modélisation avec un fort aspect méthodologique qui se place dans un cadre de collaboration forte aux niveaux national et international. Le candidat doit avoir de bonnes connaissances sur le fonctionnement général du système climatique et notamment sur les processus physiques atmosphériques.

De très bonnes capacités d’organisation, de priorisation des tâches, et de communication (notamment en Anglais lu, écrit et parlé) sont indispensables pour mener à bien ce travail. La maîtrise des outils informatiques (programmation en environnement UNIX) est un requis qui peut être acquis en début de thèse ; il nécessite cependant au préalable une bonne maîtrise générale des outils informatiques habituels et une excellente compatibilité avec un travail intense de programmation.

## Cadre, Financements, Collaborations

Ce travail se place dans un cadre programmatique international très fort et visible. Elle s’inscrit pleinement dans le programme international CORDEX, et notamment dans son volet Polar CORDEX (<http://www.climate-cryosphere.org/activities/targeted/polar-cordex>) organisé par CliC/WCRP (co-présidé par l’un des directeurs de thèse). La thèse s’effectue en étroite collaboration entre le LGGE à Grenoble et le CNRM/Météo France à Toulouse. De nombreux séjours à Toulouse sont à prévoir, dont potentiellement plusieurs sur des périodes longues de plusieurs mois.

Le travail de thèse s’inscrit également dans le projet ANR ASUMA qui fournit les moyens financiers modestes requis (ordinateur, voyages).

## Mots clés

1. Atmosphère et climat
2. Modélisation

## Résumé en 300 caractères

Ce travail de thèse consiste à effectuer et analyser des simulations du changement climatique futur en Antarctique à haute résolution spatiale avec des modèles de climat globaux. Cette thèse s’effectue en étroite collaboration avec MétéoFrance.

Financement demandé: allocation ministérielle ordinaire