

# Rapport d'activité 2024-2025

## Modélisation du climat: cycle de l'eau et variabilité climatique

Camille Risi  
Camille.Risi@lmd.ipsl.fr

January 31, 2025

### Contents

<b>1</b>	<b>Vue d'ensemble du projet et bilan de notre consommation</b>	<b>1</b>
1.1	Vue d'ensemble . . . . .	1
1.2	Bilan de notre consommation . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Résultats scientifiques</b>	<b>2</b>
2.1	Pluies tropicales . . . . .	2
2.2	Climats polaires . . . . .	2
2.2.1	La paramétrisation des nuages de phase mixte sur Océan Austral . . . . .	2
2.2.2	La modélisation des vents catabatiques en antarctique . . . . .	3
2.3	Intéactions atmosphère-banquise . . . . .	3
2.4	Isotopes de l'eau . . . . .	4
2.5	Amélioration du code radiatif dans LMDZ . . . . .	5
2.6	Ondes de gravité das la stratosphère . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Publications récentes liées au projet</b>	<b>5</b>

## 1 Vue d'ensemble du projet et bilan de notre consommation

### 1.1 Vue d'ensemble

Ce projet est hébergé au TGCC depuis 1 ans. Il est dans la continuité d'un projet du même nom à l'IDRIS depuis plus de 20 ans. Il regroupe différentes études liées à la modélisation du climat, au cycle de l'eau et à la variabilité climatique. Le but est de mieux comprendre et de mieux modéliser les processus atmosphériques. Il s'appuie sur le modèle LMDZ, modèle de circulation général atmosphérique développé au LMD. Il est organisé en 5 grands thèmes (tableau 1).

### 1.2 Bilan de notre consommation

L'an dernier, nous avons demandé 498 000 heures sur Irène SKL au TGCC, et la totalité avait été alloué. Au 30 janvier 2025, nous avons consommé 466 000 heures, soit un environ 97% de ce que nous avons demandé.

Le tableau 1 montre la répartition par thèmes de la consommation. Certains thèmes n'ont pas consommé car nous n'avons pas eu le temps de migrer au TGCC les simulations habituellement réalisées

à l’IDRIS. En contrepartie, d’autres thèmes ont consommé plus que prévu. Et un nouveau thème est apparu: les ondes de gravité dans la stratosphère.

thème	heures allouée (k heures CPU)	heures consommées au 30 janvier 2025 (k heures CPU)
pluies tropicale	23	0
climats polaires	77	94
isotopes de l’eau	130	0
banquise	155	202
amélioration du code radiatif dans LMDZ	113	149
Ondes de gravité dans la stratosphère	0	21
<b>Total</b>	<b>498</b>	<b>466</b>

Table 1: Tableau comparant les heures de calcul initialement allouées et consommées sur Irène au 30 janvier 2025.

## 2 Résultats scientifiques

### 2.1 Pluies tropicales

Catherine Rio, Frédéric Hourdin, Jean-Yves Grandpeix

*Demande = 23 000 h. Consommation = 0 h CPU*

Les heures ont finalement été consommées sur un projet jumeau à l’IDRIS (AD010107632R3), car on a plus l’habitude de cette machine.

### 2.2 Climats polaires

Étienne Vignon, Valentin Wiener (thèse), Jean-Baptiste Madeleine, Léa Raillard (thèse)

*Demande = 77 000 h. Consommation = 94 000 h CPU*

La travail sur les régions polaires pour la dernière allocation s’est décliné en deux grands chantiers.

#### 2.2.1 La paramétrisation des nuages de phase mixte sur Océan Austral

Dans le cadre de la thèse de Lea Raillard et dans l’objectif d’améliorer la représentation des nuages polaires, une nouvelle paramétrisation de répartition de la phase des nuages froids a été développée. Afin d’évaluer la paramétrisation, une simulation ICOLMDZ LAM à haute résolution au large de la côte Antarctique a été mise en place pour comparaison avec les observations de la campagne bateau MARCUS. Notamment plusieurs ensembles de simulation aux paramètres perturbés (Perturbed Parameter Ensemble - PPE) ont été réalisés afin d’évaluer la sensibilité paramétrique généralisée de la paramétrisation. Sur la figure 1 une comparaison de séries temporelles de contenu intégré en gouttelettes d’eau liquide surfondue (LWP) entre 3 ensembles de simulations (enveloppes jaune, rouge et bleue) et les observations (gris) au point de grille le plus proche du bateau. Le point important ici est la relative faible dépendance des résultats à la concentration en noyaux glaciogènes (correspondant aux différentes couleur). Une publication est sur le point d’être soumise dans Journal of Advances in Modeling Earth Systems.

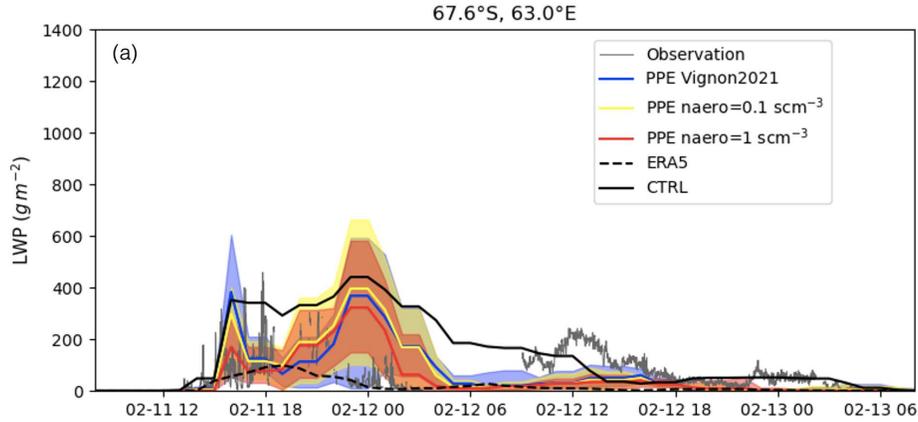


Figure 1: Contenu intégré en eau liquide surfondue nuageuse au large de la côte antarctique lors de la campagne MARCUS dans des observations radiomètre (gris), la réanalyse ERA5 (tiretés) et des ensembles de simulations ICOLMDZ (couleur) incluant la nouvelle paramétrisation des nuages de phase mixte (Raillard et al. In prep) et différentes concentrations en noyaux glaciogènes. .

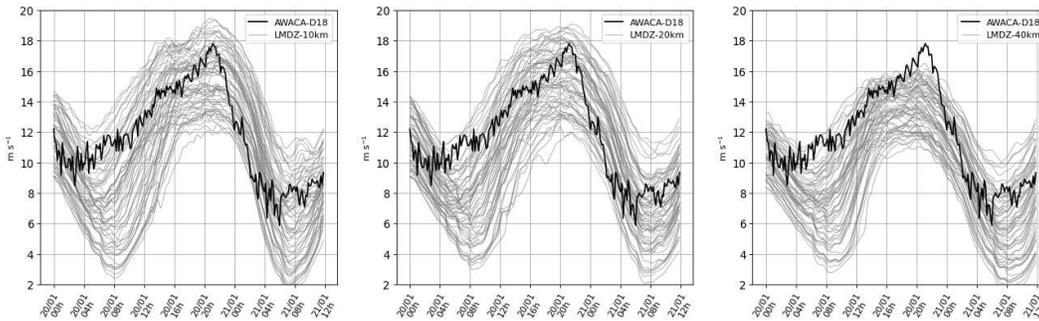


Figure 2: Vitesse du vent au point D18 (lon : 139,7 ; lat : -66,7) pour les observations météorologiques (noir) et pour les explorations paramétriques de ICOLMDZ (gris) à 10 km (gauche), 20 km (centre) et 40 km (droite) de résolution le 20/01/2023.

## 2.2.2 La modélisation des vents catabatiques en antarctique

Dans le cadre de la thèse de Valentin Wiener sur les vents catabatiques en Antarctique, des explorations paramétriques (60 simulations/exploration) d'une configuration ICOLMDZ à aire limitée à 3 résolutions horizontales différentes ont été effectuées pour étudier le comportement des vents du modèle en Terre Adélie, Antarctique de l'est. La figure 2 montre les explorations paramétriques des vents de surface du modèle (gris) comparées aux observations météorologiques (noir) pour les 3 résolutions spatiales explorées. Cette figure indique qu'une configuration à 20 km est suffisante pour représenter correctement les vents de surface.

Ce travail est l'objet d'une publication scientifique en cours de rédaction.

## 2.3 Interactions atmosphère-banquise

Camille Risi, Xiaohu Huan (thèse), Guillaume Gastineau, Francis Codron

*Demande = 155 000 h. Consommation = 202 000 h CPU*

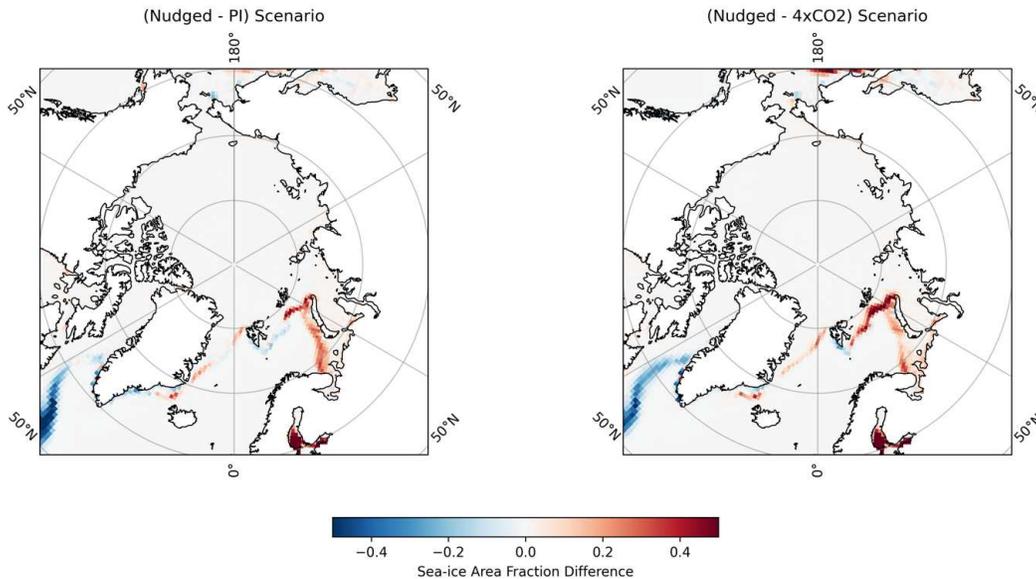


Figure 3: Différence moyenne de la concentration de glace de mer à partir de l’essai de guidage d’un mois, en comparant la simulation guidée avec le contrôle préindustriel et la simulation abrupte 4xCO2.

Dans le contexte du changement climatique, la région arctique subit des changements importants [Rantanen et al., 2022]. La concentration de glace de mer diminue depuis le début des observations, et elle diminue rapidement surtout après 2000 [Serreze and Meier, 2019], et on s’attend à ce qu’elle soit saisonnièrement libre de glace avant le milieu de ce siècle [Constable et al., 2022]. L’interaction entre l’atmosphère et le déclin de la glace de mer restent une question ouverte [Ding et al., 2017, Liu et al., 2022].

Pour analyser la contribution du changement de vent à la perte de glace de mer dans le modèle couplé, nous avons effectué des essais pendant un mois en guidant le vent d’une simulation abrupte de 4xCO2 par le vent préindustriel. Pour cela, nous avons d’abord effectué deux longues simulations : une simulation de contrôle préindustriel sur 10 ans et une simulation abrupte 4xCO2 sur 10 ans, afin de les comparer aux résultats existants de l’IPSLCM6 et de tester leur cohérence. Après avoir confirmé la cohérence, nous avons effectué une autre simulation de contrôle préindustriel sur 10 ans, produisant des sorties à haute fréquence permettant la construction des fichiers de guidage. Les simulations guidées seront réalisées en 2025 et sont décrites dans la demande. Quelques années de simulations sont montrées en figure 3.

D’autre part, pour mieux comprendre les changements de la circulation atmosphérique causés par le de la glace de mer et les sources de vapeur des précipitations arctiques, les régions océaniques et continentales ont été tagguées, en utilisant la fonctionnalité de coloriage de l’eau du modèle LMDZ. Nous sommes actuellement en train de déboguer les simulations.

Nous espérons que ces 2 études feront l’objet de publications.

## 2.4 Isotopes de l’eau

Camille Risi, Sébastien Nguyen, David Cugnet, Cécile Agosta, Niels Dutrievoz (docorant)

*Demande = 130 000h. Consommation: 0 heures CPU*

Les heures ont finalement été consommées sur un projet jumeau à l’IDRIS (AD010107632R3), car on a plus l’habitude de cette machine.

## 2.5 Amélioration du code radiatif dans LMDZ

Abderrahmane Idelkadi, Frédéric Hourdin, Lionel Guez, Maelle Coulon Decorzens (thèse), Najda Villefranque

*Demande = 113 000h. Consommation: 149 000 heures CPU*

Ce travail entre dans le cadre du développement de LMDZ et de la préparation de la version du modèle pour le prochain exercice CMIP7. Ce travail viendra également alimenter le travail de thèse de Maelle Coulon et c'est en collaboration avec Najda, Frédéric et Maelle. Le nouveau code de transfert radiatif ECRAD est implémenté dans LMDZ (<https://lmdz.lmd.jussieu.fr/Members/aidelkadi/implementation-du-code-de-transfert-radiatif-ecrad-dans-le-modele-lmdz>). Dans le but d'évaluer LMDZ avec Ecrad, le double appel du code de transfert radiatif a été implémenté dans LMDZ ([https://mattermost.lmd.jussieu.fr/lmdz/channels/lmdz\\_ecrad](https://mattermost.lmd.jussieu.fr/lmdz/channels/lmdz_ecrad)). A l'avenir, ce travail permettrait également de calculer les forçages radiatifs liés aux gaz à effets de serre et aux aérosols. La consommation correspond essentiellement à une partie des simulations effectuées pour tester l'effet 3D des nuages et pour inter-comparer les différents solveurs de Ecrad. Plusieurs simulations ont été mises en place pour :

- tester les différentes hypothèses de recouvrement des nuages
- tester les différentes hypothèses sur la longueur de décorrélation dans le cas Exp-Rand - inter-comparer les différents solveurs de Ecrad (Tripleclouds, Spartacus, Homogeneous, ...)

Il n'y a pas encore de publications associées.

## 2.6 Ondes de gravité dans la stratosphère

*Demande = 0h. Consommation: 21 000 heures CPU*

Cet axe historique de la version IDRIS de ce projet est nouveau pour la version TGCC. Il s'agit d'optimiser la représentation de la circulation dans la stratosphère de LMDZ puis d'ICOLMDZ en utilisant des paramétrisations d'ondes de gravité. Des simulations préliminaires ont été réalisées. L'objectif de cette étude est expliqué plus en détail dans la partie demande.

## 3 Publications récentes liées au projet

1. Vignon et al (2024). Designing a Fully-Tunable and Versatile TKE-I Turbulence Parameterization for the Simulation of Stable Boundary Layers, JAMES
2. Article en préparation pour JAMES sur La paramétrisation des nuages de phase mixte sur Océan Austral

## References

- [Constable et al., 2022] Constable, A. J., Harper, S., Dawson, J., Holsman, K., Mustonen, T., Piepenburg, D., Rost, B., Bokhorst, S., Boike, J., Cunsolo, A., et al. (2022). Cross-chapter paper 6: Polar regions. In *IPCC AR WGII*. Cambridge University Press.
- [Ding et al., 2017] Ding, Q., Schweiger, A., L'Heureux, M., Battisti, D. S., Po-Chedley, S., Johnson, N. C., Blanchard-Wrigglesworth, E., Harnos, K., Zhang, Q., Eastman, R., et al. (2017). Influence of high-latitude atmospheric circulation changes on summertime arctic sea ice. *Nature Climate Change*, 7(4):289–295.

- [Liu et al., 2022] Liu, Z., Risi, C., Codron, F., Jian, Z., Wei, Z., He, X., Poulsen, C. J., Wang, Y., Chen, D., Ma, W., et al. (2022). Atmospheric forcing dominates winter barents-kara sea ice variability on interannual to decadal time scales. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(36):e2120770119.
- [Rantanen et al., 2022] Rantanen, M., Karpechko, A. Y., Lipponen, A., Nordling, K., Hyvärinen, O., Ruosteenoja, K., Vihma, T., and Laaksonen, A. (2022). The arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. *Communications earth & environment*, 3(1):168.
- [Serreze and Meier, 2019] Serreze, M. C. and Meier, W. N. (2019). The arctic’s sea ice cover: trends, variability, predictability, and comparisons to the antarctic. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1436(1):36–53.