

Rapport d'activité 2023

Camille Risi
Camille.Risi@lmd.ipsl.fr

21 mars 2023

Table des matières

1	Vue d'ensemble du projet et bilan de notre consommation	1
1.1	Vue d'ensemble	1
1.2	Bilan de notre consommation	1
2	Résultats scientifiques	2
2.1	Stratosphère et ondes de gravité	2
2.2	Pluies tropicales	2
2.3	Climats polaires	3
2.4	Couplage avec ORCHIDEE	4
2.5	Isotopes de l'eau	4
2.5.1	Isotopes dans LMDZ6	5
2.5.2	Applications régionales et paléoclimatiques	5
2.6	Amélioration du code radiatif dans LMDZ	6
3	Publications récentes liées au projet	7

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

1.1 Vue d'ensemble

Ce projet 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 est organisé en 4 grands thèmes (tableau 1). Il utilise et contribue à développer 2 modèles :

1. LMDZ, modèle de circulation général atmosphérique développé au LMD
2. ORCHIDEE, modèle de surface continentale développé à l'IPSL.

1.2 Bilan de notre consommation

L'an dernier, nous avons demandé 305 000 heures, puis avons demandé une rallonge de 200 000 heures, ce qui fait un total de 505 heures allouées

Au 13 mars 2023, nous avons consommé 506 000 heures, soit un peu plus que ce qui nous avait été alloué.

thème	heures allouée (k heures CPU)	heures consommées au 13 mars 2023 (k heures CPU)
stratosphère et ondes de gravité lentes	45	0
pluies tropicale	30	22
climats polaires	80	69
isotopes de l'eau	100	181
couplage avec ORCHIDEE	50	178
autre ?	0	57
Total	505	506

TABLE 1 – Tableau comparant les heures de calcul initialement allouées et consommées sur Jean-Zay au 17 janvier 2021.

2 Résultats scientifiques

2.1 Stratosphère et ondes de gravité

F. Lott, L. Guez, D. Cugnet, T. Dubos, G. Gastineau, J. Mignot, F. d'Andréa, G. Rivière, J. Riboldi (post-doc)

Demande = 45 000 h. Consommation = 0 000 h CPU sur Jean-Zay

Les simulations ont finalement été réalisées sur un autre projet, rgzi.

2.2 Pluies tropicales

Catherine Rio, Frédéric Hourdin, Jean-Yves Grandpeix

Demande = 30 000 h. Consommation = 22 000 h CPU sur Jean-Zay

L'amélioration de la représentation de la distribution et la variabilité des précipitations tropicales est un enjeu majeur des futures versions du modèle LMDZ. Cette année, plusieurs séries de simulations d'une durée de 1 à 3 ans ont été réalisées afin d'analyser la sensibilité de la distribution et de la variabilité des précipitations tropicales aux paramétrisations physiques utilisées dans LMDZ. Plusieurs configurations ont été testées :

- Des simulations forcées en température de surface (SST) de type AMIP :
 Dans ces configurations réalistes nous avons testé en particulier l'influence de deux processus paramétrisés dans le modèle sur la représentation des pluies tropicales :
 - l'évaporation des pluies dans les nuages de grande-échelle, qui a été améliorée lors de la thèse de Ludovic Touzzé-Peiffer (LMD), et qui permet d'augmenter la fraction des précipitations s'évaporant sous les nuages en limitant l'évaporation dans la couche nuageuse,
 - la transition de la convection peu profonde à profonde, en jouant sur la valeur du seuil de la taille que doit atteindre le plus gros thermique de couche limite pour déclencher le schéma de convection profonde.

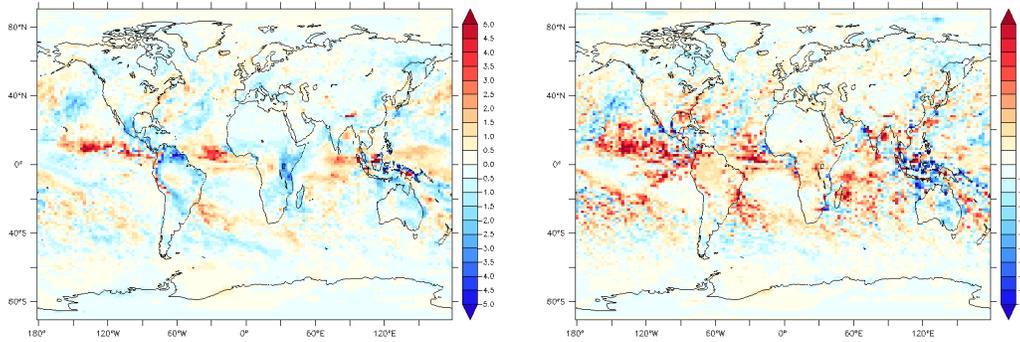


FIGURE 1 – Impact d’une modification du seuil de déclenchement de la convection profonde à partir de la taille du plus gros thermique sur la distribution moyenne (gauche) et la variabilité jour à jour (droite) des précipitations (mm/jour).

Les résultats montrent en particulier un impact important du critère de déclenchement de la convection profonde sur le rôle respectif de la convection peu profonde et de la convection profonde, se répercutant sur la distribution et la variabilité des pluies tropicales (Fig. 1). Ils pointent sur la nécessité de s’affranchir de la valeur seuil constante utilisée en définissant un seuil dépendant des caractéristiques de l’environnement, en particulier pour mieux pouvoir prendre en compte les contrastes entre continents et océans.

2. Des simulations forcées en SST de type aqua-planète :

Des simulations ont été réalisées afin de déterminer dans quelle mesure des configurations idéalisées de type aqua-planète peuvent être utilisées afin de caractériser une version particulière de la physique du modèle et comprendre les interactions entre les paramétrisations sous-maille et la circulation de grande-échelle menant aux précipitations. Ces simulations seront utilisées pour illustrer un chapitre d’encyclopédie sur la dynamique de l’atmosphère en cours de rédaction. Une limite de la configuration aqua-planète est la contrainte posée par les SST forcées en surface sur la distribution des pluies.

3. Des simulations de type terra-planète :

Des premiers tests ont été réalisés afin de définir une configuration qui ne soit pas contrainte par les valeurs de SST forcées. Il s’agit de se mettre en configuration terra-planète avec un modèle de sol de type bucket permettant une évaporation infinie, comme sur océan. Des tests sont en cours afin de déterminer les réglages permettant de simuler des valeurs de température de surface proches de celles observées.

2.3 Climats polaires

Étienne Vignon, Valentin Wiener (thèse), Léa Raillard (thèse), Jean-Baptiste Madeleine,
Gwendal Rivière, Cécile Agosta

Demande = 80 000 h. Consommation = 69 000 h CPU sur Jean-Zay

Cette année, notre recherche en modélisation des climats polaire bénéficiant du projet rlmd s’est déclinée en 4 axes principaux.

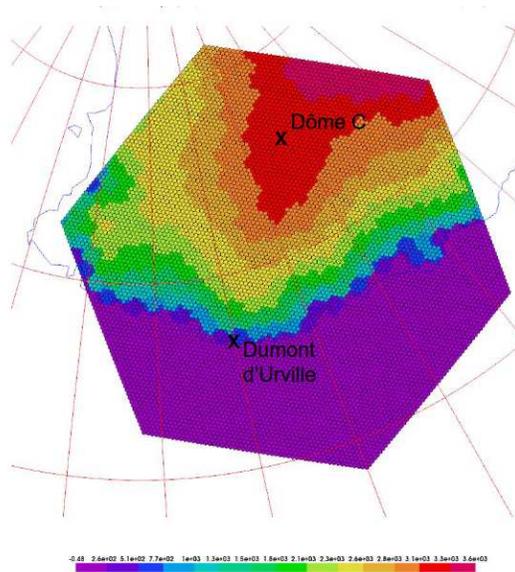


FIGURE 2 – Topographie d’une configuration à aire limitée du modèle DYNAMICO-LMDZ à 25km de résolution, centrée sur la Terre Adélie, Antarctique de l’Est.

1. Nous avons tout d’abord réalisé 6 ans de simulations LMDZ en configuration zoomée sur l’Antarctique pour évaluer la capacité du modèle à simuler les chutes de neige en comparant avec des observations de précipitations à la station Dumont’Urville. Ceci a aboutit à une publication (Roussel et al. 2023).
2. Nous avons ensuite mis en place plusieurs configurations de simulation avec le nouveau modèle à aire limitée DYNAMICO-LMDZ (Figure 2).
3. Avec de telles configurations, nous avons évalué la capacité du modèle à représenter les vents catabatiques qui dévalent les pentes du continent Antarctique.
4. Nous avons enfin développé une paramétrisation de neige soufflée dans le modèle LMDZ (Figure 3)

2.4 Couplage avec ORCHIDEE

Josefine Ghattas, Vladislav Bastrikov, Agnes Ducharne

Demande = 50 000 h. Consommation = 178 000 h CPU sur Jean-Zay

Comme d’habitude, des simulations routinières sont lancées pour vérifier le fonctionnement du modèle et évaluer au jour-le-jour les configurations forcées et couplées à LMDZ.

D’autre part, une simulation couplée LMDZ-ORCHIDEE sur la période 1979-202 a été réalisée dans le cadre d’un projet sur l’irrigation. Cette simulation devait être basculée sur un autre projet (celui d’Agnès Ducharne sur l’irrigation), mais on avait oublié de la basculer quand ce projet a été accepté.

2.5 Isotopes de l’eau

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

Demande = 100 000h. Consommation : 180 000 heures CPU sur Jean-Zay

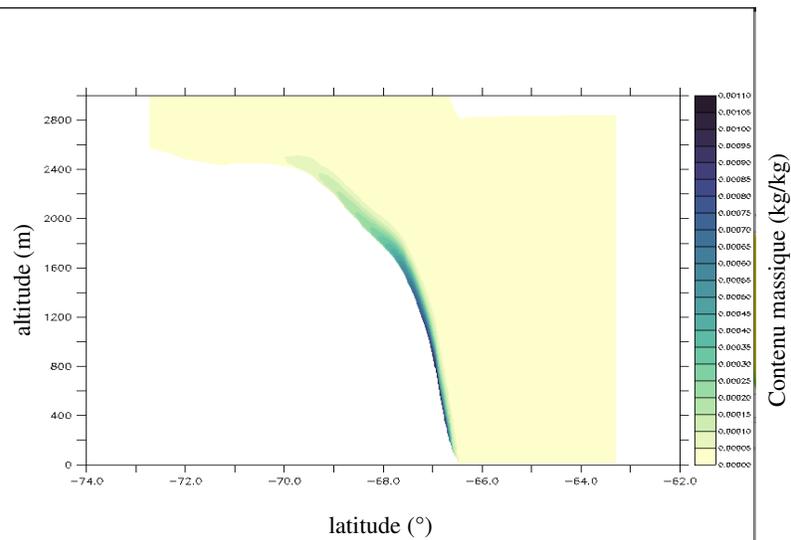


FIGURE 3 – Coupe latitude-altitude de la concentration massique de neige soufflée au dessus de l’Antarctique telle que simulée par notre nouvelle paramétrisation dans DYNAMICO-LMDZ, en moyenne sur le mois de janvier 2011, le long d’un transect à 140°E partant du plateau Antarctique jusqu’à la côte.

2.5.1 Isotopes dans LMDZ6

Les isotopes stables de l’eau (HDO , $H_2^{18}O$, $H_2^{17}O$) peuvent être utilisés pour mieux comprendre les processus hydrologiques et atmosphériques et mieux évaluer leur représentation dans les modèles de climat. Ils sont implémentés dans le modèle LMDZ depuis 2008.

Des simulations de plusieurs années ont été réalisées avec la version isotopique de la trunk de LMDZ. Des problèmes ont été détectés et des tests ont été réalisés pour les réparer. Nous avons en particulier identifié des soucis dans l’initialisation isotopique ainsi que dans le traitement isotopique de l’évaporation de la pluie.

2.5.2 Applications régionales et paléoclimatiques

- Di Wang, doctorante en co-tutelle avec l’Université de Yunnan en Chine, utilise LMDZ-iso guidé par les vents pour comparer à ses observations de profils verticaux de composition isotopique de la vapeur d’eau effectuées par drone sur le plateau Tibétain. LMDZ-iso sous-estime l’enrichissement isotopique de la vapeur d’eau dans la moyenne et haute troposphère.
- LMDZ-iso a aussi été comparé à des observations isotopiques dans la vapeur d’eau dans la haute troposphère-basse stratosphère des régions de mousson (Amérique du Nord, Népal, Corée) dans le cadre d’une collaboration avec l’Université de Chicago. Ces comparaisons confirme que LMDZ-iso sous-estime l’enrichissement isotopique de la vapeur d’eau dans la haute troposphère (fig 4), et pointe en particulier un enrichissement insuffisant par la convection profonde.
- LMDZ-iso guidé par les vents a été utilisé pour interpréter des observations isotopiques dans la vapeur d’eau sur l’île de la Réunion. Ces observations montrent un appauvrissement très fort de la vapeur d’eau lors du passage de cyclones tropicaux. LMDZ-iso est capable de reproduire cet appauvrissement, ce qui suggère que la circulation méso-échelle dans les cyclones, non reproduite par LMDZ-iso, n’est pas cruciale, tandis que les échanges pluie-vapeur jouent un rôle clé. L’article est en cours de préparation.
- LMDZ-iso guidé par les vents et la température a été utilisé pour interpréter des observations iso-

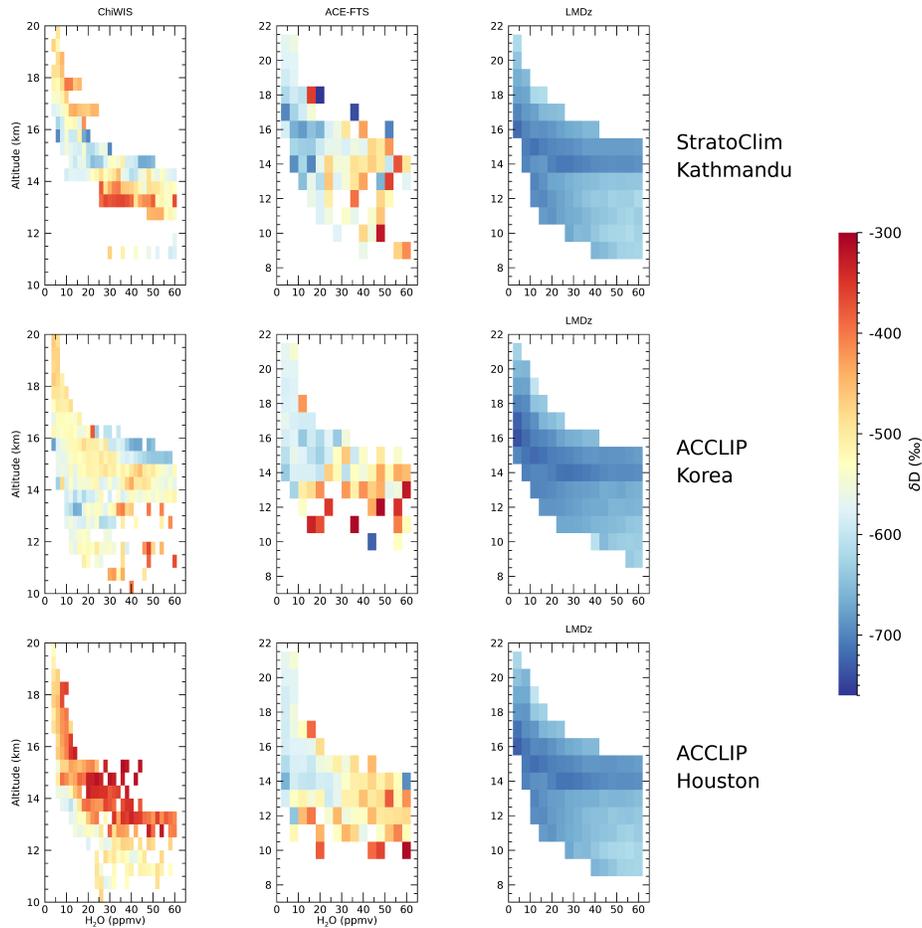


FIGURE 4 – Distribution de probabilité de la composition isotopique de la vapeur d’eau (exprimée par le δD en ‰) dans différentes régions du monde (Népal pendant la campagne StratoClim en haut, Corée pendant la campagne ACCLIP au milieu, et Etats-Unis pendant la campagne ACCLIP en bas), pour les observations in-situ (colonne de gauche) et satellites (colonne du milieu), et pour LMDZ (colonne de droite).

topiques dans la vapeur d’eau sur l’île d’Amsterdam, à mi-chemin entre l’Antarctique et l’île de la Réunion. Ces observations montrent des appauvrissements abruptes non corrélés avec l’humidité (fig 5). L’analyse des sorties de modèle ont permis de montrer le lien entre ces appauvrissements et la dynamique verticale de l’atmosphère. Cette dynamique verticale semble correctement représentée dans LMDZ avec une résolution horizontale du modèle assez fine (144x143) mais pas avec la résolution 96x93. L’article est en cours de préparation et devrait être soumis dans les prochains mois.

- LMDZ-iso guidé par les vents et la température sera utilisé pour comprendre les processus contrôlant le signal isotopique observé dans la vapeur, les précipitations et la neige en Antarctique. Pour cela, Niels Dutrievoz (doctorant encadré par Cécile Agosta, LSCE) va évaluer différentes configurations de LMDZ-iso (différentes résolutions et paramètres isotopiques) en utilisant un ensemble d’observations isotopiques dans la vapeur d’eau, dans les précipitations et dans la neige de surface obtenues à trois stations Antarctique depuis 2019.

2.6 Amélioration du code radiatif dans LMDZ

Abderrahmane Idelkadi, Jean-Louis Dufresne, Frédéric Hourdin, Olivier Boucher

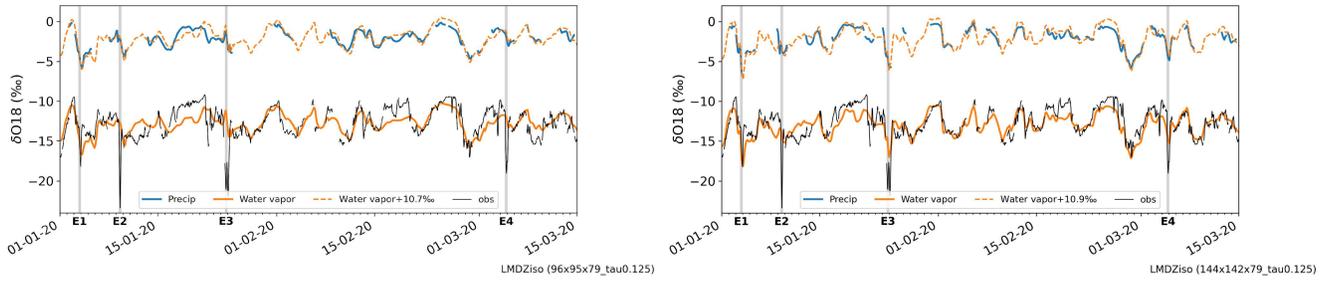


FIGURE 5 – Comparaison de la composition isotopique de la vapeur observée (en noir) et modélisée par LMDZ6-iso dans le niveau de surface (orange) à l’île d’Amsterdam. La courbe bleu représente la composition isotopique des précipitations, et la courbe orange tiretée la composition isotopique de la vapeur plus une constante, montrant que précipitations et vapeur sont à l’équilibre. LMDZ6-iso est utilisé avec la physique NPv6.1_iso et guidé par ERA5 en vents et température avec un taux de nudging de 0.125 (3h). Gauche résolution 96x95x79 et droite 144x142x79.

Demande = 0 000h. Consommation : 57 000 heures CPU sur Jean-Zay

Du temps de calcul a été utilisé pour introduire le code radiatif ECRAD dans LMDZ. Actuellement, c’est RRTM qui est utilisé.

ECRAD est un code développé au centre européen. Il intègre les anciens codes (dont RRTM) mais réécrits avec du fortran orienté objet. Il inclus également de nouveaux solveurs (pour la résolution des équations de transfert) et offre la possibilité de prendre en compte les effets 3D des nuages (travaux de thèse de Najda Villefranque).

Nous avons réalisé des tests d’implémentation et codage, des tests avec les anciens codes de transferts radiatif et avec ECRAD avec ses différents solveurs, ainsi que des tests d’intégration des aérosols dans le cas ECRAD.

3 Publications récentes liées au projet

Nous ne listons ici que les articles les plus récents, qui n’étaient pas encore dans le rapport précédent ou dont le statut a changé depuis.

1. Chen, J, Chen, J, Zhang, X, Peng, P and Risi, C (2023) : A century and a half precipitation oxygen isoscape for China generated using data fusion and bias correction. Sci. Data.
2. Liu, Z, Risi, C, Codron, F, Jian, Z, Wei, Z, He, X, Poulsen, C J, Wang, Y, Chen, D, Ma, W, Bowen, G (2022). Atmospheric forcing dominates winter Barents-Kara sea ice variability. PNAS.
3. Roussel M-L, Wiener V, Genthon C, Vignon E, Bazile E, Agosta C, Berne A, Durán-Alarcón C, Dufresne J-L, Claud C (2023) Assessing the simulation of snowfall at Dumont d’Urville, Antarctica, during the YOPP-SH special observing campaign, accepted in QJRMS