

# Rapport d'activité 2023-2024

Camille Risi  
Camille.Risi@lmd.ipsl.fr

January 29, 2024

## 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
2.3	Isotopes de l'eau . . . . .	4
2.4	Couplage avec ORCHIDEE . . . . .	5
2.5	Amélioration du code radiatif dans LMDZ . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Publications récentes liées au projet</b>	<b>6</b>

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

### 1.1 Vue d'ensemble

Depuis plus de 15 ans, ce projet était hébergé à l'IDRIS. 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 est organisé en 5 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 481 000 heures sur Jean-Zay à l'IDRIS, et la totalité avait été alloué. Notre projet court jusqu'au 3 mai 2024. Toutefois, à cause des perturbations prévues sur Jean-Zay, nous décidons dès maintenant de migrer vers le TGCC. Nous soumettons une nouvelle demande d'accès dynamique au TGCC et rédigeons dans la foulée ce rapport d'activité.

Au 20 janvier 2024, nous avons consommé 267 000 heures, soit un environ 56% de ce que nous avons demandé.

thème	heures allouée (k heures CPU)	heures consommées au 20 janvier 2024 (k heures CPU)
pluies tropicale	34	2
climats polaires	97	102
isotopes de l'eau	205	185
couplage avec ORCHIDEE	100	8
amélioration du code radiatif dans LMDZ	45	62
<b>Total</b>	<b>481</b>	<b>267</b>

Table 1: Tableau comparant les heures de calcul initialement allouées et consommées sur Jean-Zay au 20 janvier 2024.

## 2 Résultats scientifiques

### 2.1 Pluies tropicales

Catherine Rio, Frédéric Hourdin, Jean-Yves Grandpeix

*Demande = 34 000 h. Consommation = 2 000 h CPU sur Jean-Zay*

L'amélioration de la représentation de la distribution et de la variabilité des pluies tropicales est un objectif majeur de la mise au point de la prochaine version de LMDZ qui sera utilisée pour l'exercice CMIP7. Cette année, plusieurs séries de simulations de 1 à 3 ans ont été réalisées afin de mieux comprendre l'impact de la paramétrisation de la convection sur la circulation de grande-échelle et la distribution des pluies associées, à la fois dans des simulations climatiques avec SST forcée et des simulations idéalisées de type aqua-planète. Une attention particulière a été portée sur la compréhension des différences de pluie simulée entre les versions LMDZ5A et LMDZ6A du modèle, en réalisant différents tests de sensibilité aux options des schémas de convection peu profonde et de convection profonde. La Fig 1 illustre l'impact du schéma de convection peu profonde sur l'assèchement de la surface dans LMDZ6A par rapport à LMDZ5A, renforçant l'évaporation en surface et le taux de précipitations.

### 2.2 Climats polaires

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

*Demande = 97 000 h. Consommation = 101 000 h CPU sur Jean-Zay*

Sur l'année écoulée, des simulations avec le modèle à aire limitée ICOLMDZ ont été mise en place sur la Terre Adélie pour évaluer la représentation des vents catabatiques antarctiques (Fig 2). Des comparaisons aux observations in situ sur les pentes de la calotte ont été réalisées (Fig 3). Différents schémas de turbulence ont été testés la sensibilité à la résolution à également été évaluée. Les premiers résultats suggèrent l'importance de tenir compte de la variabilité spatiale de la rugosité de la surface neigeuse pour représenter bien représenter les vents tout le long du transect Plateau-marge côtière.

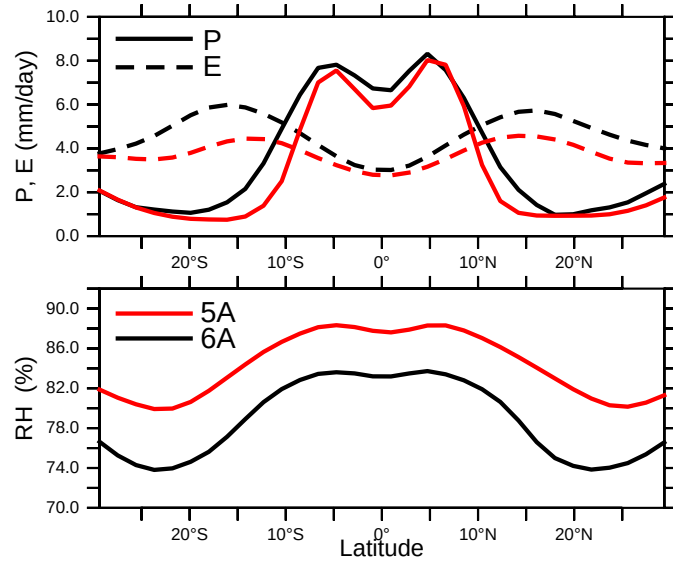


Figure 1: Moyenne zonale des précipitations annuelles (trait plein), de l'évaporation (pointillés) et de l'humidité à 2m dans LMDZ6A (rouge) et LMDZ5A (noir) dans des simulations aqua-planète.

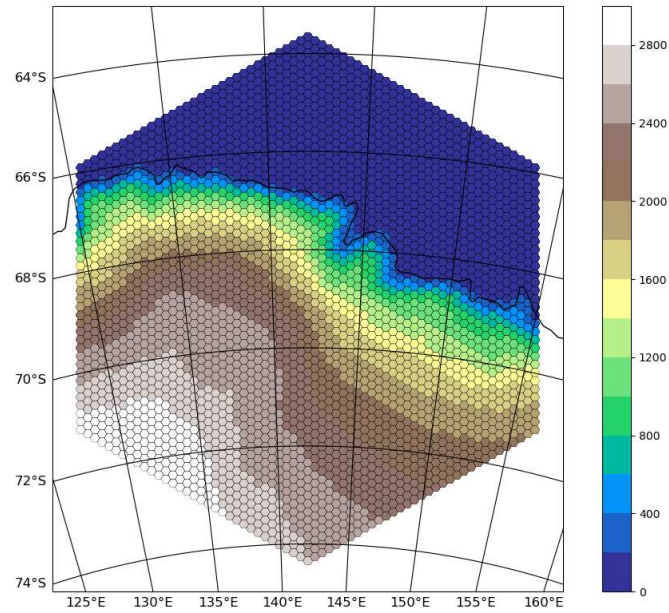


Figure 2: Grille et topographie d'une configuration ICOLMDZ à aire limitée pour évaluer les vents catabatiques en Antarctique.

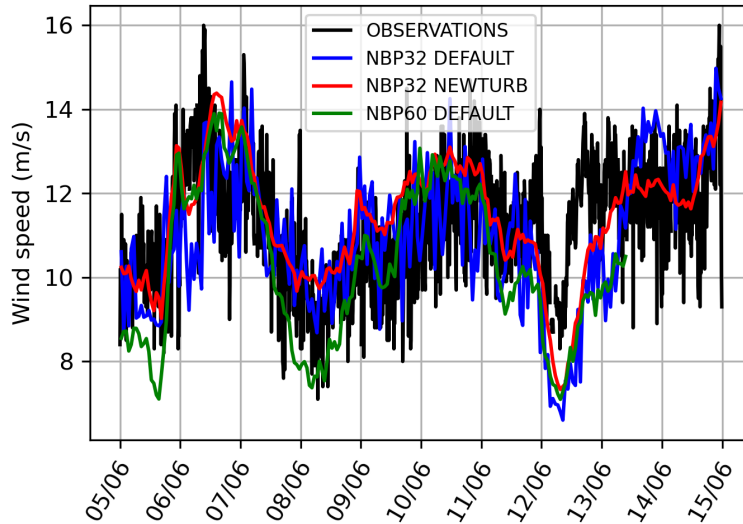


Figure 3: Comparaison de la vitesse du vent mesurée et simulée (par 3 configurations ICOLMDZ à aire limitée) à la station D47 sur les pentes de la calotte Antarctique.

### 2.3 Isotopes de l'eau

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

*Demande = 205 000h. Consommation: 185 000 heures CPU sur Jean-Zay*

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 réalisé des nouvelles simulations de références en  $96 \times 91 \times 79$  et  $144 \times 142 \times 79$  sur la période 1979-2023 utiles pour diverses applications. Ces simulations ont permis diverses applications scientifiques:

- 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 en partie cet appauvrissement (Fig 4), 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. Toutefois, LMDZ sous-estime cet appauvrissement. L'article a été publié (Vimeux et al 2024).
- LMDZ-iso guidé par les vents et la température a été utilisé pour interpréter des observations isotopiques 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 ( $144 \times 143$ ) mais pas avec la résolution  $96 \times 95$ . L'article est en cours de révision (Landais et al 2024).
- LMDZ-iso guidé par les vents et la température est utilisé pour comprendre les processus contrôlant le signal isotopique observé dans la vapeur, les précipitations et la neige en Antarctique. Pour cela,

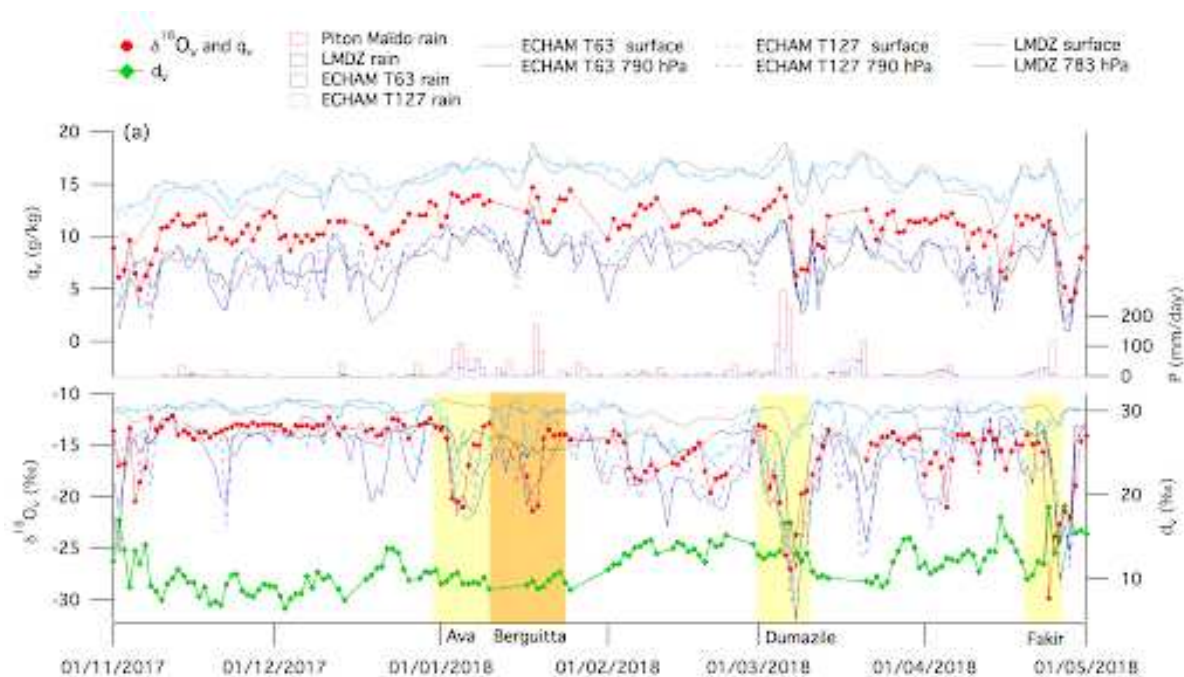


Figure 4: Séries temporelles de l'humidité (haut) et du  $\delta^{18}O$  de la vapeur d'eau (bas) observées au Maito à la Réunion en 2017-2018 (rouge) et simulées par les modèles LMDZ et ECHAM à différentes résolutions (traits fins).

Niels Dutrievoz (doctorant encadré par Cécile Agosta, LSCE) évalue 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. Un article est prêt à être soumis.

- LMDZ-iso guidé par les vents est utilisé pour évaluer dans quelle mesure une représentation de l'organisation de la convection est nécessaire à une simulation correcte de la composition isotopique de la vapeur d'eau. En effet, lorsque la convection tropicale est mieux organisée (par exemple sous forme de cyclones), la vapeur d'eau est plus appauvrie. Actuellement, LMDZ ne représente pas l'organisation de la convection à l'intérieur d'une maille, mais le guidage lui permet d'avoir les conditions météorologiques à grande échelle. Nous montrons que LMDZ reproduit une partie de cet appauvrissement qui est donc lié aux conditions météorologiques à grande échelle, mais pas la totalité. Un article est en préparation.

## 2.4 Couplage avec ORCHIDEE

Josefine Ghattas

*Demande = 100 000 h. Consommation = 8 000 h CPU sur Jean-Zay*

Il s'agissait de lancer des simulations routinières sont lancées pour vérifier le fonctionnement du modèle et évaluer au jour-le-jour les configurations forcées et couplées à LMDZ. L'essentiel des calculs a finalement été réalisé sur un autre projet.

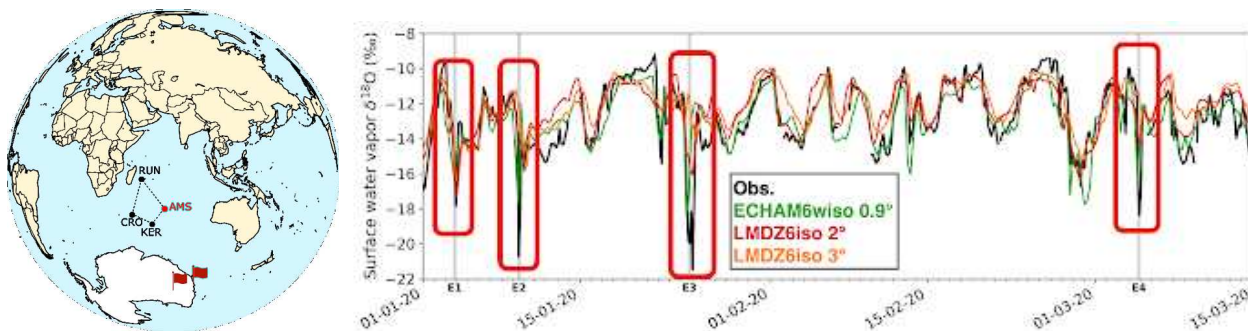


Figure 5: Gauche: carte localisant l’île d’Amsterdam. Droite: Série temporelle du  $\delta^{18}O$  de la vapeur observée sur l’île d’Amsterdam en 2020 (noir) et simulée par les modèles LMDZ et ECHAM à différentes résolutions (autres couleurs).

## 2.5 Amélioration du code radiatif dans LMDZ

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

*Demande = 45 000h. Consommation: 62 000 heures CPU sur Jean-Zay*

Ce travail entre dans le cadre du développement de LMDZ et de la préparation de la version du modèle pour le prochain exercice CMIP7. Le nouveau code radiatif ECRAD est implémenté dans le modèle LMDZ, et remplace l’ancien code RRTM. ECRAD est constitué de quatre modules pratiquement indépendants : Optique des gaz; Optique des aérosols; Optique des nuages; Solveurs des équations de transfert radiatif (5 solveurs). Chacun de ces modules peut être paramétré indépendamment des autres.

Les heures consommées correspondent aux tests de base sur ECRAD :

- des simulations de durées de 5 ans chacune avec les 5 solveurs et différents modules de gaz;
- des simulations pour tester l’intégration des aérosols troposphériques;
- des tests de performances (temps de calculs du rayonnement avec les différents codes de transfert radiatif).

Il n’y a pas encore de publications associées.

## 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. Vimeux, F, Risi, C, et al (2024). Is the isotopic composition of precipitation a robust indicator for reconstructions of past tropical cyclones frequency? A case study on Réunion Island from rain and water vapor isotopic observations. *J. Geophys. Res.*  
L’IDRIS y est bien remercié.
2. Landais, A, Agosta, C et al (en révision). Abrupt excursion in water vapor isotopic variability during cold fronts at the Pointe Benedicte observatory in Amsterdam Island. *EGUsphere*.  
<https://egusphere.copernicus.org/preprints/2023/egusphere-2023-1617/>  
L’IDRIS y est bien remercié.

3. Dutrievoz et al. (en préparation). Antarctic water stable isotopes in the global atmospheric model LMDZ6: from climatology to boundary layer processes.
4. Risi et al (en préparation). Relationships between meso-scale deep convective organization, large-scale circulation and tropospheric humidity
5. Vignon et al (en préparation). Designing a TKE-1 turbulent diffusion parameterization for versatility and thorough tuning