

Evolution et utilisations scientifiques récentes de LMDZiso

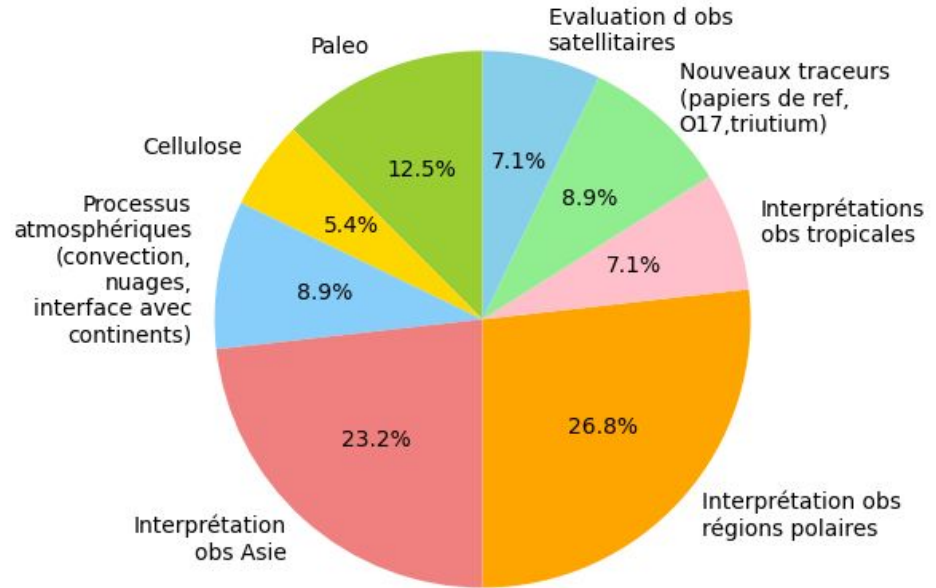
Cécile Agosta, Mohamed Ayache, David Cugnet, Niels Dutrievoz,
Jean-Baptiste Ladant, Amaelle Landais, Sébastien Nguyen, Camille
Risi, Françoise Vimeux

Evolutions récentes du code

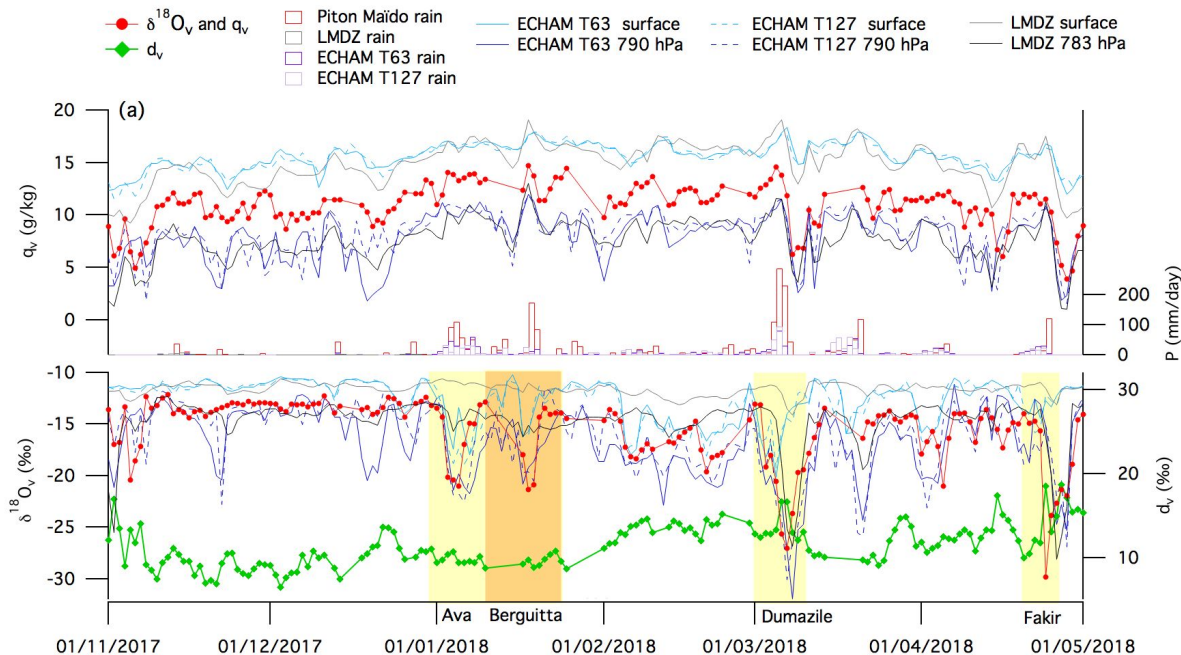
- Isotopes dans le trunk, transparent dans la dynamique, dans le répertoire phylmdiso/ pour la physique avec nombreux fichiers sous forme de liens symboliques vers phylmd/ -> objectif: mettre directement les isotopes dans phylmd pour que ce soit plus pérenne.
- Utilisent le nouveau parser de tracer.def
- Lançable avec tutorial_prod, et bientôt avec libIGCM
- Simulations de référence réalisées (AMIP guidées en R96, R144, piControl, MidHolocene, lig127k)
- Water tagging de l'eau fonctionne aussi, mais water tagging des isotopes reste à déboguer

Utilisations scientifiques de LMDZiso

- Vue d'ensemble sur 56 publiés depuis 2010
- Quelques exemples récents dans les slides qui suivent



Isotopes de l'eau pendant les cyclones, La Réunion

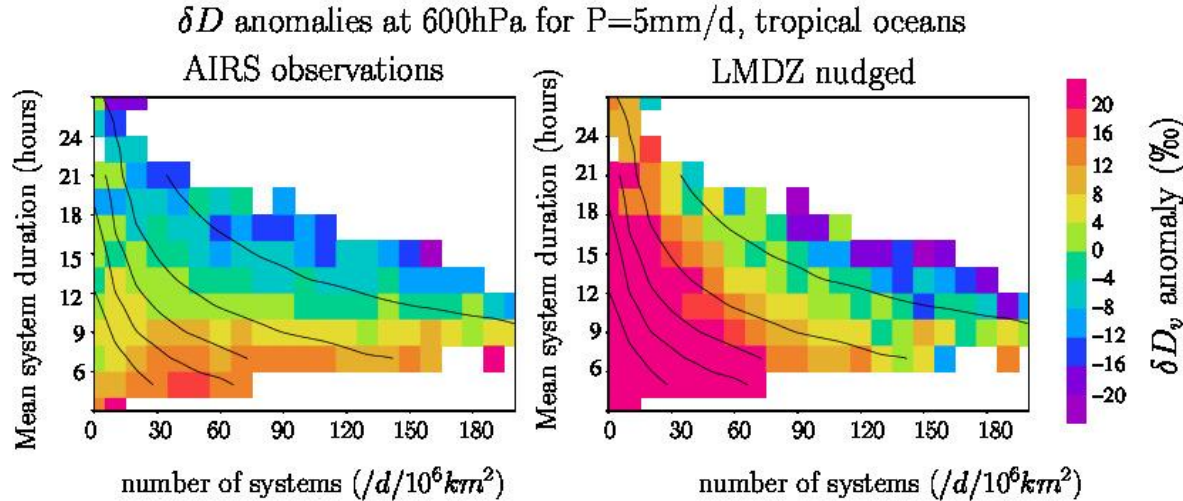


← Comparaison entre des observations journalières à La Réunion dans la vapeur d'eau et les sorties de LMDZ-iso et ECHAM-wiso guidés par réanalyses

Appauvrissement isotopique lors des cyclones dans la pluie et la vapeur plus fort que lors d'autres événements pluvieux de même intensité → **applications en paléo-tempestologie** (très forte corrélation entre le δ moyen annuel des pluies et le nombre de cyclones par an)

- LMDZ sous-estime l'appauvrissement en surface
- ECHAM-wiso, et dans une moindre mesure LMDZ-iso, reproduisent bien les observations cycloniques malgré leur résolution grossière -> l'appauvrissement isotopique pendant les cyclones est indépendant des circulations méso-échelles propres aux cyclones: ex: interactions pluie-vapeur en conditions très humides

Isotopes de l'eau, marqueurs de l'organisation de la convection



- scènes de $4 \times 4^\circ$
- nombre de systèmes convectifs méso-échelle et durées de vie diagnostiqués par l'algo de tracking TOOCAN dans les obs.
- LMDZ guidé co-localisé avec obs

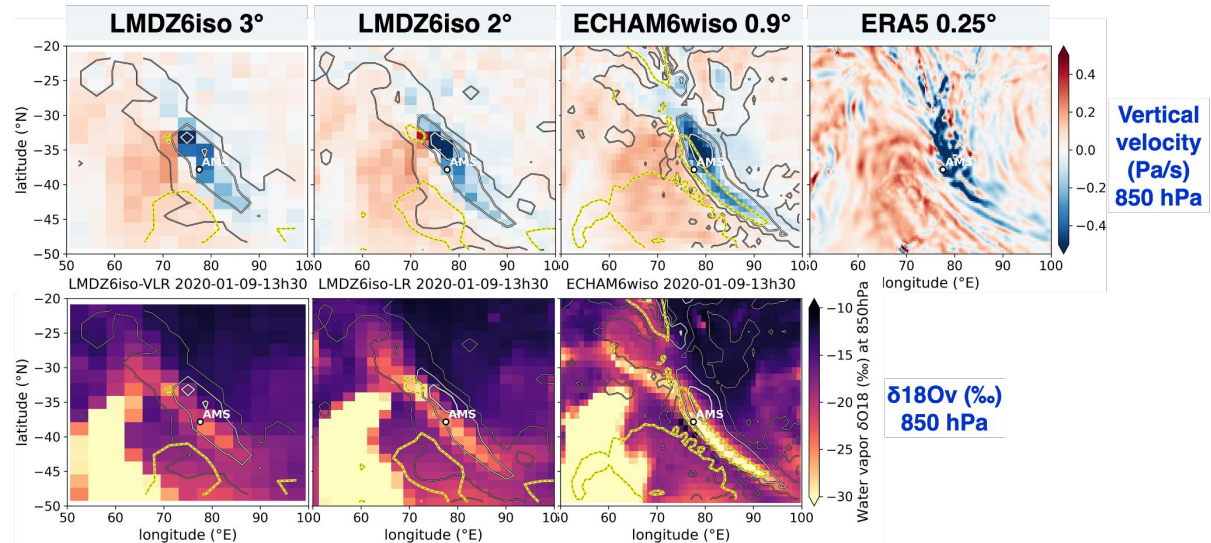
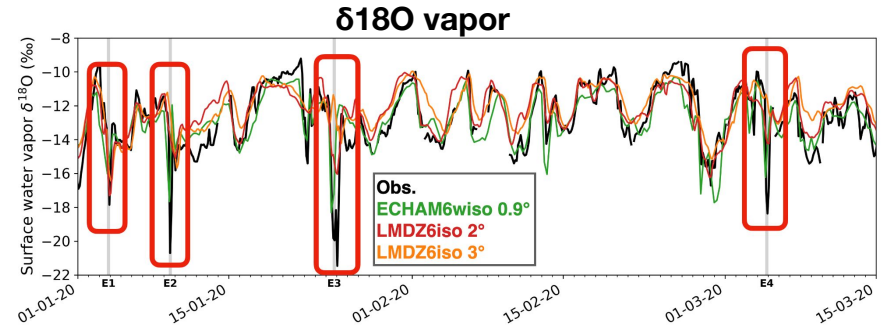
Risi et al in prep

- Dans les observations, plus la convection s'organise en systèmes convectifs à longue durée de vie, plus la vapeur d'eau est appauvrie
- LMDZ guidé reproduit partiellement cette tendance, mais enrichit trop les situations de convection pop-corn/congestus (peu de systèmes courts).

Isotopes de l'eau lors de fronts, Ile d'Amsterdam

- Ile d'Amsterdam : couche limite marine, océan indien
- Vapeur d'eau plus pauvre lors du passage de fronts
- LMDZ guidé reproduit l'appauvrissement, mais partiellement

LMDZiso : phy NPv6.1_iso, VLR & LR



Water isotopes in Antarctica

Our objective :

Develop an evaluation framework that helps:

- understand the origin of model biases
- understand processes driving observed water isotopes

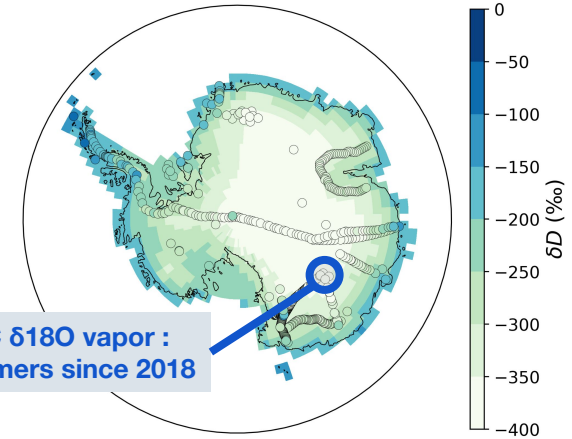
First test case : Dome C, 12/2018

- **LMDZiso**, phy: **NPv6.1_iso**, LR
 - 1-layer snow, bucket for water isotopes
 - Water tendencies including water isotopes

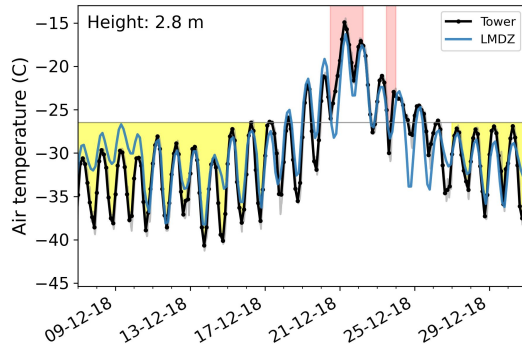
δD of Antarctic surface snow

Dataset: Masson-Delmotte et al. (2008)

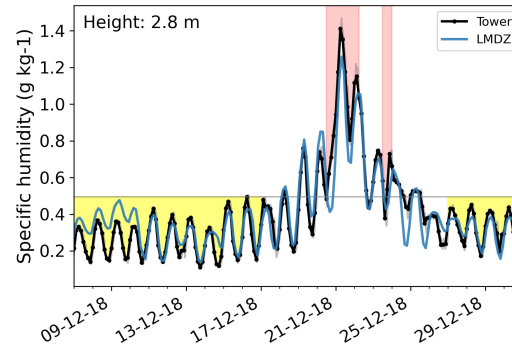
δD of surface snow (1981 - 1984)



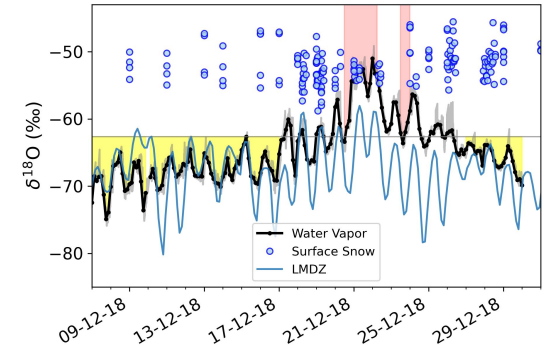
Temperature



Specific humidity



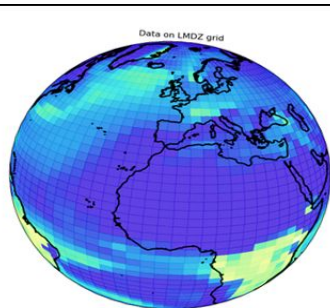
$\delta^{18}O$ vapor



Re-Implementing water isotopes/tracers in NEMO

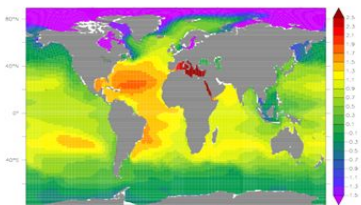
OFFLINE (oceanic model forced by LMDZiso outputs)

NEMOv3.4 (2016-2018)



$$F^{18}O = E(R_s - R_E) - P(R_s - R_P) - R(R_s - R_R)$$

Evaporation Precipitation Runoff

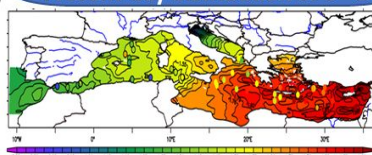


- ❖ Uncoupled mode only (OFFLINE)
- ❖ No mass exchange between sea-ice

NEMO-ORCA2 (A. Mouchet)

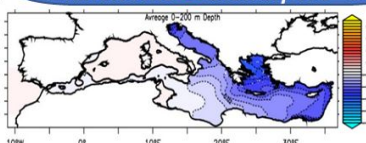
NEMOv3.6 (2021-2022)

Present-day distribution of $\delta^{18}O$



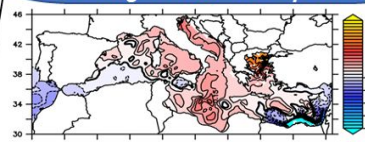
→ A reasonable E-W gradients of $\delta^{18}O$ is simulated by the model

midHolocene S1 anomaly of $\delta^{18}O$



→ Clear decrease in $\delta^{18}O$ in the eastern basin at 9-10 ka (same in data)

last interglacial S5 anomaly of $\delta^{18}O$



→ The reduced circulation & Nile changes have a significant impact on the $\delta^{18}O$

MedSens project (M. Ayache et al.)

Vers IPSL-iso (ONLINE coupling)

NEMOv4.2 (2023-)

Uncoupled
Off-line

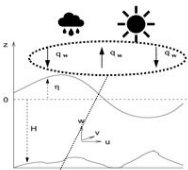
- Linear free-surface (fixed volume)

$$\rho_0 K \nabla^{18}R|_{z=0} = (\epsilon - p - R)^{18}R - ({}^{18}\epsilon - {}^{18}p - {}^{18}R)$$

Context-dependent

Uncoupled
On-line

- Non-linear free-surface (variable volume)



Coupled
On-line

- Identical to Uncoupled/On-line (OASIS)

$$\rho_0 K \nabla^{18}R|_{z=0} = (\epsilon - p - R)^{18}R - ({}^{18}\epsilon - {}^{18}p - {}^{18}R)$$

Context-dependent

PLANNING

Implementation in ocean, NEMOv4.2

Coupling water isotopes in NEMOv4.2/LMDZ6

Water isotopes in LMDZ6+Orchidee

Water isotopes in IPSL-CM7 : NEMOv4.4 + LMDZOR

Atmosphere LMDZiso

Land ORCHEEDE

NEMOv4.2

Ocean ??

Future work: add to sea ice and ice sheet component

Vers IPSL-iso

- Fort enjeu pour les applications paléo (Quaternaire + deep-time)
- Développements très importants pour garantir la pérennité du code
- **Planning provisoire:**
 - Implementation of water isotopes in ocean, NEMOv4.2 (completed)
M. Ayache, A. Mouchet, S. Nguyen, J.-C. Dutay, J.-B. Ladant
 - Coupling water isotopes in NEMOv4.2/LMDZ6 (no land surfaces) (mid 2024)
M. Ayache, C. Risi, S. Nguyen, J.-B. Ladant
 - Water isotopes in Orchidee 3(/4) (evapo-transpiration, soils hydology) (mid 2024)
A. Bahi, C. Risi, P. Peylin, S. Nguyen, J.-B. Ladant
 - Water isotopes in LMDZOR = LMDZ6+Orchidee (2025+)
A. Bahi, C. Risi, P. Peylin, S. Nguyen, J.-B. Ladant
 - Water isotopes in IPSLCM7 : NEMOv4.4(.2) ↔ LMDZOR (2025++)
M. Ayache, J.-C. Dutay, A. Caubel, S. Nguyen, J.-B. Ladant
 - Future work: add to sea ice and ice sheet component (?+)