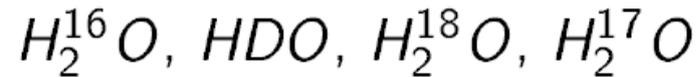
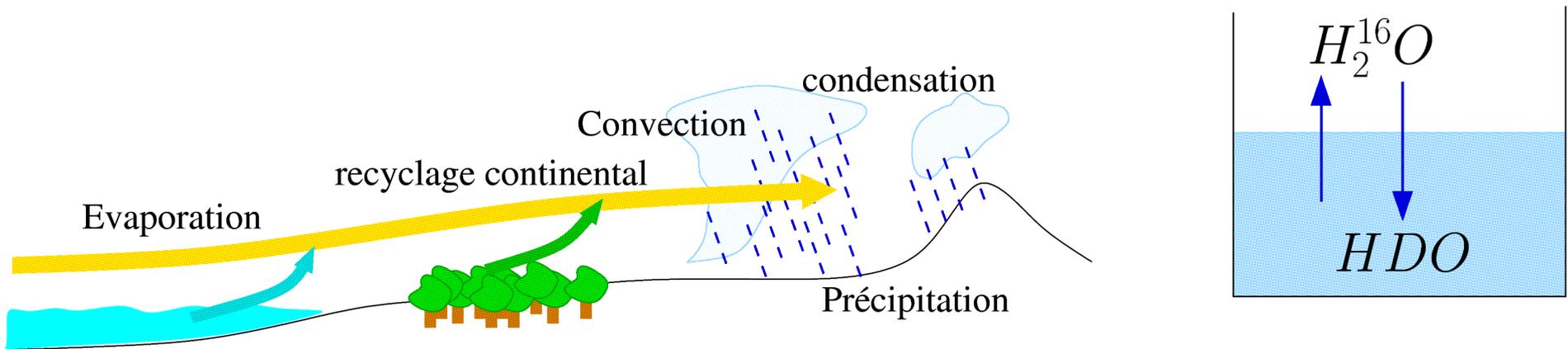


# LMDZ-iso : la version de LMDZ avec “isotopes de l'eau”

- Plusieurs formes isotopiques de la molécule d'eau dans la nature:



- Légères différences de masse et de symétrie
  - propriétés physiques légèrement difftes (pression de vapeur saturante, diffusivité moléculaire..)
  - fractionnement à chaque changement de phase



# LMDZ-iso : la version de LMDZ avec “isotopes de l'eau”

- LMDZ-iso: Plusieurs années de travail de Camille Risi
- Version LMDZ4 du modèle; Référence:

JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 115, D12118, doi:10.1029/2009JD013255, 2010

**Water-stable isotopes in the LMDZ4 general circulation model:  
Model evaluation for present-day and past climates and  
applications to climatic interpretations of tropical isotopic records**

Camille Risi,<sup>1</sup> Sandrine Bony,<sup>1</sup> Françoise Vimeux,<sup>2</sup> and Jean Jouzel<sup>3</sup>

- Gros efforts de validation (des processus à la paléo)  
...rendus possibles par l'arrivée de nombreuses observations

Observations  
isotopiques  
utilisées  
pour évaluer  
LMDZ-iso  
(extrait)

satellites

Télédection  
depuis le sol

Prélèvements  
in-situ

dataset	reference	level	spatial coverage or location	period	uncertainty	footprint	comparison methodology
SCIAMACHY	<i>Frankenberg et al. [2009]</i>	total column, mainly sensitive in the boundary layer	global	2003-2005	40‰-100‰, reduced by averaging	120x20km	collocation
TES	<i>Worden et al. [2007]</i>	600 hPa	global	2004-2008	about 40‰, reduced by averaging	5.3x8.5 km	collocation, convolution with kernels
ACE	<i>Nassar et al. [2007]</i>	down to 500 hPa	global, but small number of measurements	2003-2008	about 50‰, reduced by averaging	limb measurement	collocation, smoothing
MIPAS	<i>Steinwagner et al. [2010]</i>	down to 300 hPa	global	September 2002-March 2004	about 50‰, reduced by averaging	limb measurement	collocation, convolution with kernels
ground-based FTIR in Park Falls (Wisconsin)	<i>Washenfelder et al. [2006]</i>	total column, mainly sensitive in the boundary layer	45.94°N, 90.27°W	June 2004 to December 2009	about 22‰	local	collocation, convolution with kernels
ground-based FTIR in Lamont (Oklahoma)	<i>Washenfelder et al. [2006]</i>	same as above	36.60°N, 97.49°W	July 2008 to December 2009	15‰	local	collocation, convolution with kernels
ground-based FTIR in Lauder (New Zealand)	<i>Wunch et al. [2010b]</i>	same as above	45.05°S, 169.68°E	2004-2009	15‰	local	collocation, convolution with kernels
ground-based FTIR in Darwin (Australia)	<i>Deutscher et al. [2010]</i>	same as above	12.43°S, 130.89°E	2004-2009	7‰	local	collocation, convolution with kernels
ground-based FTIR in Wollongong (Australia)	<i>Deutscher et al. [2010]</i>	same as above	34.41°S, 150.88°E	2008-2009	5‰	local	collocation, convolution with kernels
ground-based FTIR at Izaña	<i>Schneider et al. [2009]</i>	profiles up to 10 km	28.30°N, 16.48°W	2005-2009	10 to 20‰	local	collocation, convolution with kernels
GNIP-vapor at Vienna	IAEA web site	surface	48.25°N, 16.37°E	2001-2003	undocumented	in-situ	collocation
GNIP-vapor at Ankara	IAEA web site	surface	39.95°N, 32.88°E	2001-2002	undocumented	in-situ	collocation
GNIP-vapor at Manaus	IAEA web site	surface	3.12°S, 60.02°W	1978-1980	undocumented	in-situ	collocation
Sampling at Rehovot	<i>Angert et al. [2008]</i>	surface	31.9°N, 34.65°E	December 1997, November 1998	1‰	in-situ	collocation
Sampling at Saclay	<i>Risi et al. [2010b]</i>	surface	48.73°N, 2.17°E	September 1982 to September 1984	1‰	in-situ	collocation
Southern Ocean surface samples	<i>Uemura et al. [2008]</i>	surface	Southern Ocean	January 2004	1‰	in-situ	collocation

Table 2. Summary of the different isotopic dataset used. The period indicates that used in our

**Table 2.** Data Used for Comparison With the LGM Simulation<sup>a</sup>

Station and Data Type	Latitude	Longitude	Reference	$\Delta\delta^{18}\text{O}$ Obs	$\Delta d$ Obs	$\Delta\delta^{18}\text{O}$ LMDZ-iso	$\Delta d$ LMDZ-iso
GRIP ice core (Greenland)	72.60	-38.5	<i>GRIP Members</i> [1993] cited by <i>Lee et al.</i> [2008] <i>Masson-Delmotte et al.</i> [2005a]	-7	-3	-9.8, +1.9	-3.4, -4
Camp Century ice core (Greenland)	77.17	-61.1	<i>Johnsen et al.</i> [1972] cited by <i>Jouzel et al.</i> [1994]	-12.9		-4.7, +7.4	-2.3, +8.5
Renland ice core (Greenland)	72	-25	<i>Johnsen et al.</i> [1992] cited by <i>Jouzel et al.</i> [1994]	-5		-11.9, -2.0	-1.3, -0.4
NGRIP ice core (Greenland)	75.10	-42.32	<i>NGRIP Members</i> [2004] cited by <i>Lee et al.</i> [2008]	-8		-8.1, +1.5	-3.5, -2.9
England	53	-2	<i>Bath</i> [1983] cited by <i>Joussaume and Jouzel</i> [1993]	-1.2		-8.1, -3.5	-1.0, -1.2
Vostok ice core (Antarctica)	-78.45	106.85	<i>Lorius et al.</i> [1985] cited by <i>Werner et al.</i> [2001]	-3 to -5	-2	-6.8, -2.6	-0.2, -4.7
Byrd ice core (Antarctica)	-80.2	-119.5	<i>Johnsen et al.</i> [1972] cited by <i>Lee et al.</i> [2008]	-8		-6.3, -4.4	-1.4, -2.3
Dome C ice core (Antarctica)	-74.7	124.2	<i>Lorius et al.</i> [1979] cited by <i>Jouzel et al.</i> [1994] <i>Stenni et al.</i> [2001]	-5.4	-4	-6.2, -0.3	-1.3, -5.0
Dome B ice core (Antarctica)	-77.8	94.9	<i>Vaikmae et al.</i> [1993] cited by <i>Jouzel et al.</i> [1994]	-5		-7.8, -3.3	+0.4, -4.6
Taylor Dome (Antarctica)	-77.8	71.6	<i>Grootes et al.</i> [2001] cited by <i>Lee et al.</i> [2008]	-3		-6.7, -2.0	+1.6, -4.4
Stampriet aquifer (Namibia)	-25	18	<i>Stute and Talma</i> [1998] cited by <i>Gasse</i> [2000]	+1.5		-1.5, -0.3	-1.1, -0.5
Huascaran ice core (South America)	-9.11	-77.61	<i>Thompson et al.</i> [1995]	-6.3	-4	+1.2, +0.5	+1.2, 0.0
Sajama ice core (South America)	-18.10	-68.97	<i>Thompson et al.</i> [1998]	-5.4		-1.1, -1.3	-0.5, -1.0
Illimani ice core (South America)	-16.62	-67.77	<i>Ramirez et al.</i> [2003]	-6	-4	-0.4, -0.3	+0.2, +0.2
Botuvera cave (South America)	-27.2	-49.02	<i>Cruz et al.</i> [2005b]	-1.5		-1.2, -0.6	+1.0, +1.1
Santana cave (South America)	-24.52	-48.72	<i>Cruz et al.</i> [2006]	-1.5		-0.5, 0.1	+0.9, +0.8
Rio Grande do Norte speleothems records (South America)	-5.60	-37.73	<i>Cruz et al.</i> [2009]	-0.5		+0.9, -0.3	+0.6, +0.9
Salar de Uyuni (South America)	-20	-68	<i>Fritz et al.</i> [2003]	-4		-1.1, -1.3	-0.3, -0.1
Guliya ice core (Tibet)	35.28	81.48	<i>Thompson et al.</i> [1997] cited by <i>Thompson et al.</i> [2000]	-5.4		-2.2, -5.1	-2.2, -4.9
Dunde ice core (Tibet)	38	96	<i>Thompson et al.</i> [1989]	-2		-2.1, -2.3	-0.5, -1.5
Sanbao and Hulu caves (China)	31.67	110.43	<i>Wang et al.</i> [2008]	+1.5		-1.6, +0.5	-0.3, -0.8

<sup>a</sup>Name (column 1) and location (columns 2 and 3) of the data stations, reference for the data (column 4), and LGM-PD difference in  $\delta^{18}\text{O}$  and  $d$  excess measured in records (columns 5 and 6) and simulated by LMDZ (columns 7 and 8). We consider as LGM what the author considers as LGM or otherwise take the period of minimum  $\delta^{18}\text{O}$  in the record between 17 ka and 21 ka. We take an approximate average value over 2 kyr. We take as present day the value averaged over the last 2 kyr. The  $\delta^{18}\text{O}$  differences in carbonates expressed as PDB were converted in SMOW using  $\Delta\delta_{\text{SMOW}} \simeq 1.03 \cdot \Delta\delta_{\text{PDB}}$  [Coplen, 1988]. For LMDZ-iso (columns 7 and 8) the first and second entries in each column are corresponding values for the CLIMAP SST-PD SST and for the IPSL LGM SST-PI, respectively (see section 2.3.3 for simulation setup).

Données  
isotopiques  
utilisées  
pour évaluer  
LMDZ-iso  
au DMG

# Pourquoi une version isotopique de LMDZ ?

## - Une façon supplémentaire d'évaluer le modèle

- \* climatologie
- \* processus physiques (e.g. convection atmosphérique, UTLS, interactions sfc-atm)
- \* changements passés du cycle hydrologique (e.g. Holocène)
- \* sensibilité climatique (e.g. Dernier Max Glaciaire)

## - Une aide à l'interprétation des observations isotopiques disponibles

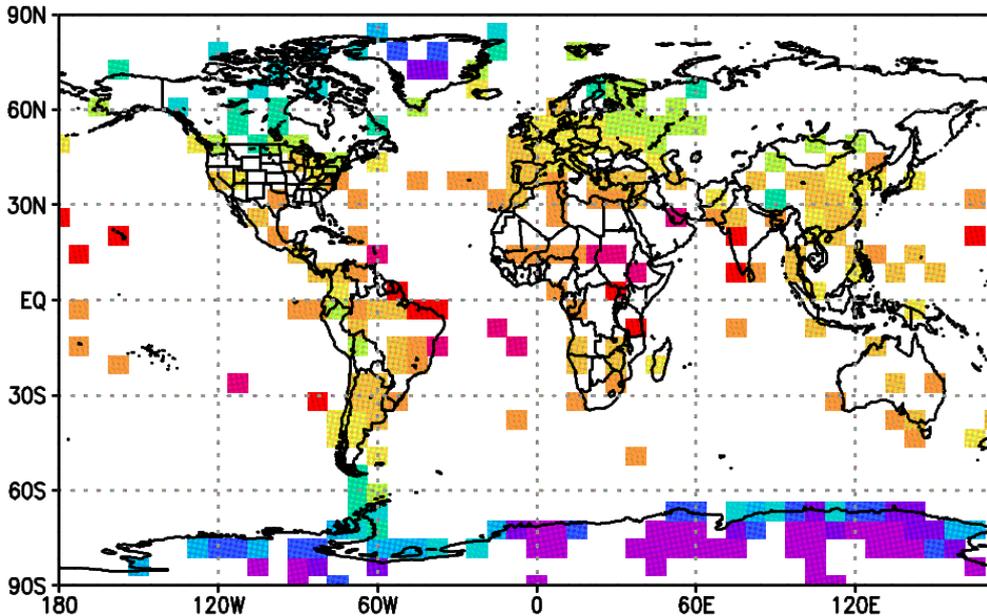
- \* in-situ (représentativité des mesures, interprétation en terme de climat ou processus,etc)
- \* satellitales (arrivée de nouvelles observations, *terra incognita*..)
- \* paléo (interprétation des signaux enregistrés, stabilité des calibrations,..)

## - Une aide à la compréhension des mécanismes physiques (dans le modèle au moins)

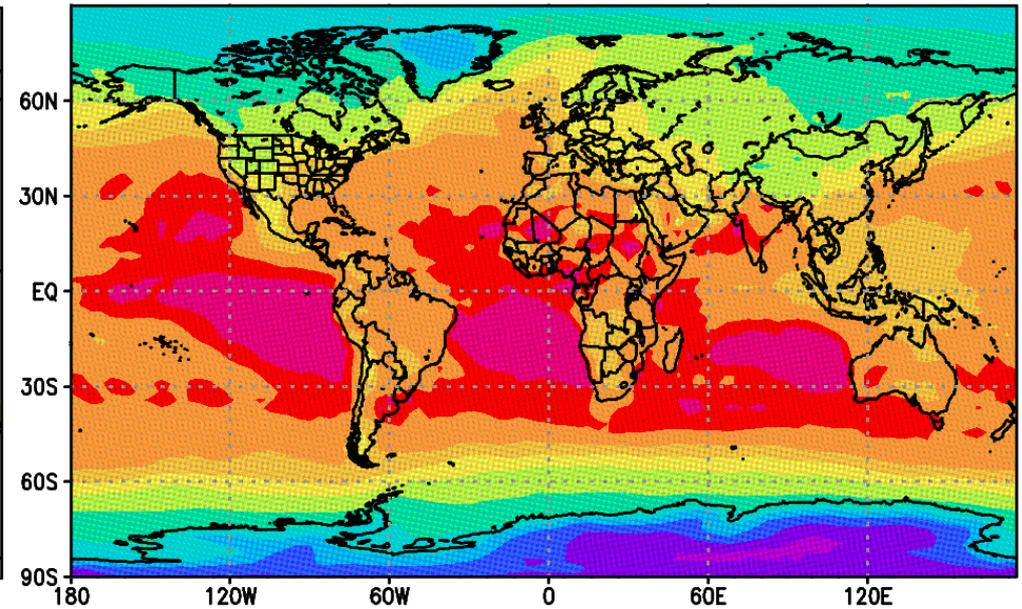
- + comprendre liens climats passe-present-futur

# Comparaison aux données in-situ GNIP (Global Network of Isotopes in Precipitation) *Précipitation à la surface*

données



LMDZ-iso



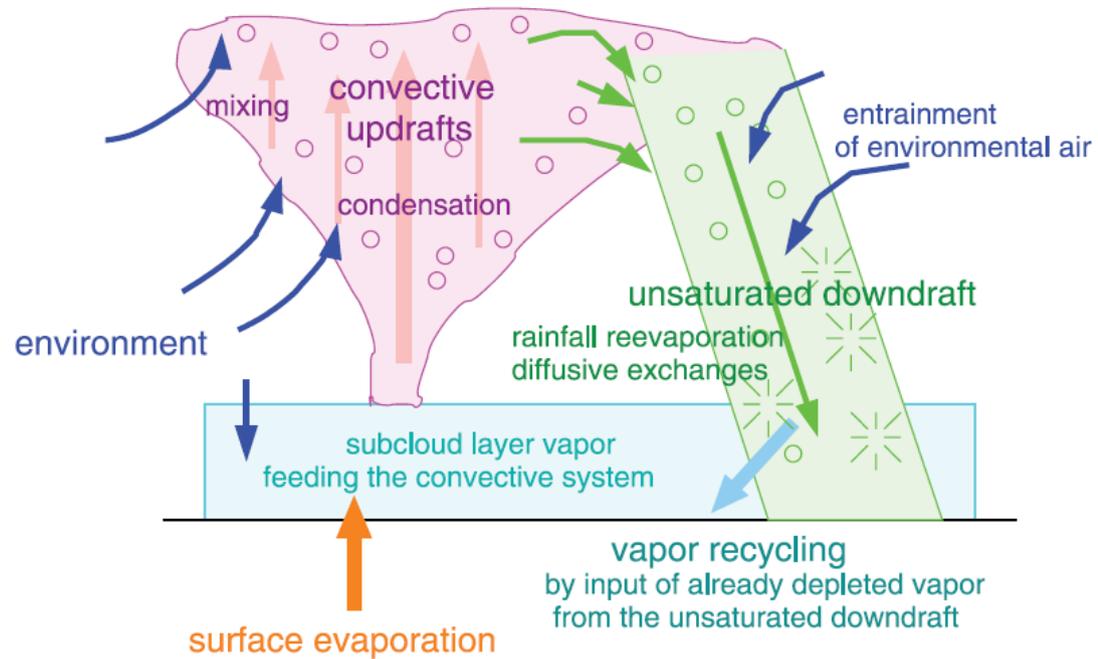
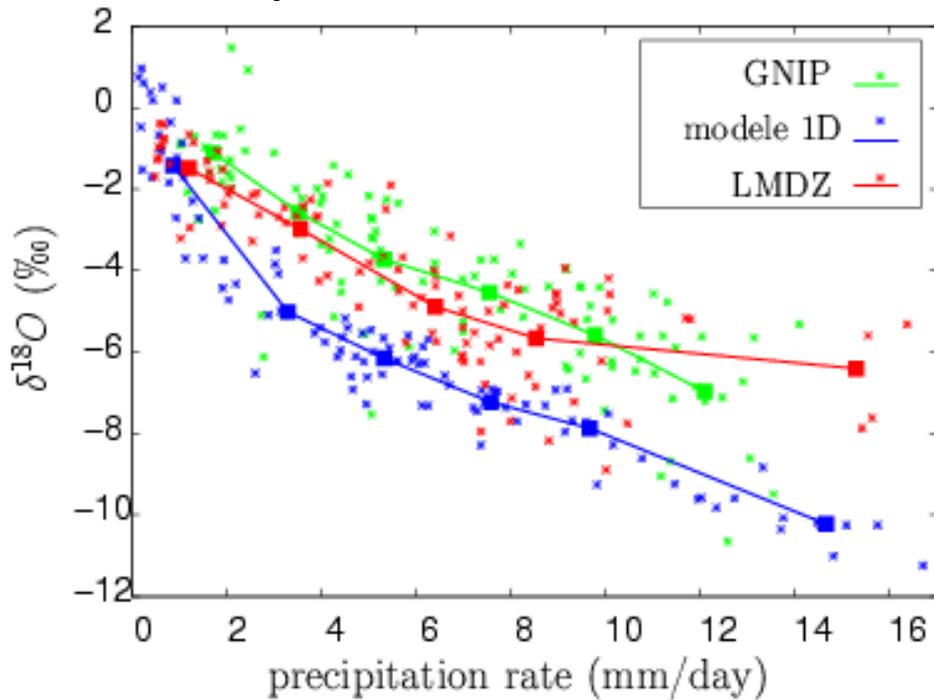
-40 -35 -30 -25 -20 -15 -10 -7 -5 -3 -2

$\delta^{18}O$  de la précipitation (‰)

→ Relation  $\delta D$ -précipitation très sensible à la réévaporation de la pluie et aux descentes insaturées du schéma convectif

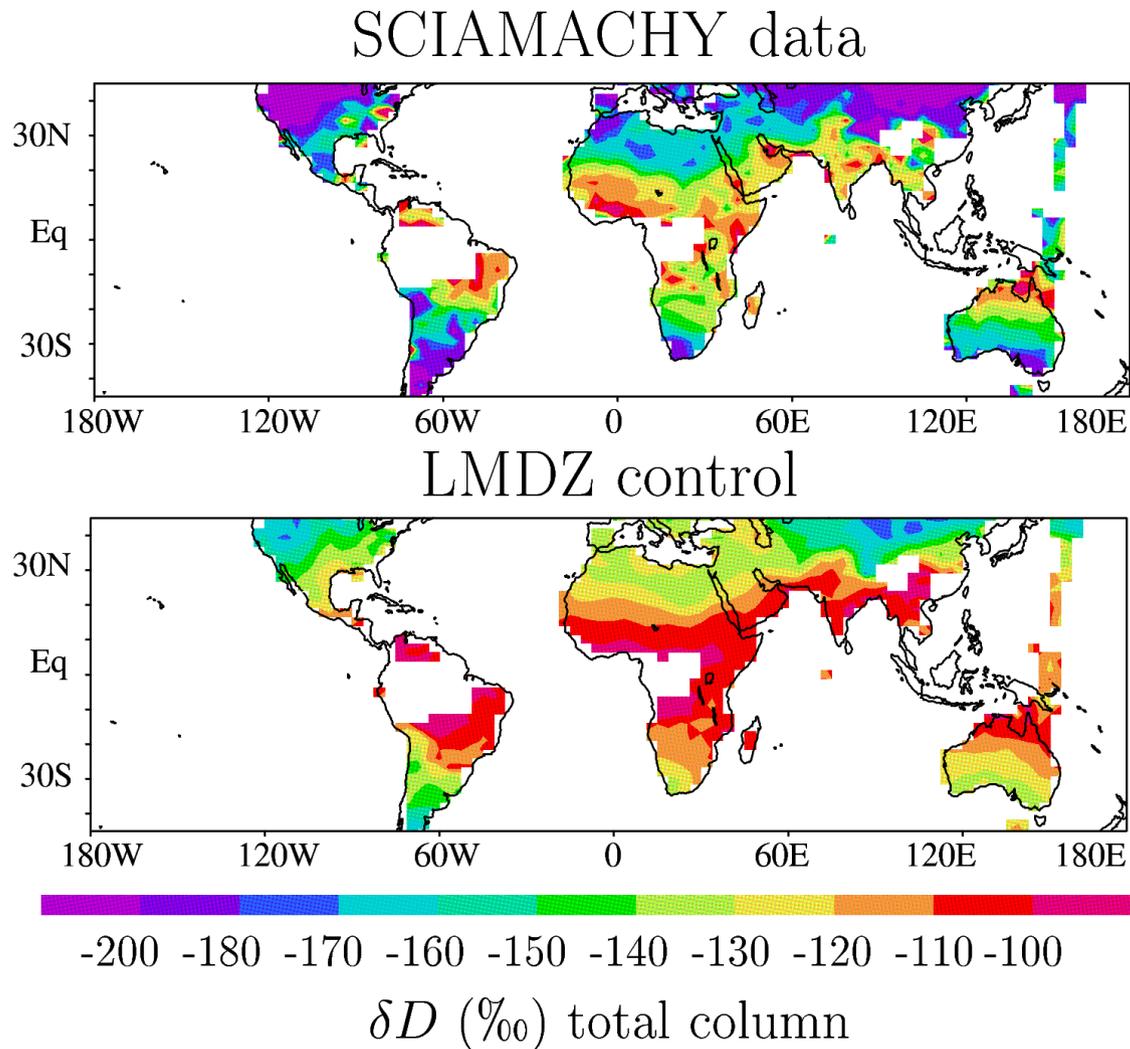
# Comparaison aux données in-situ GNIP (Global Network of Isotopes in Precipitation) *Précipitation à la surface*

*tropical marine stations*



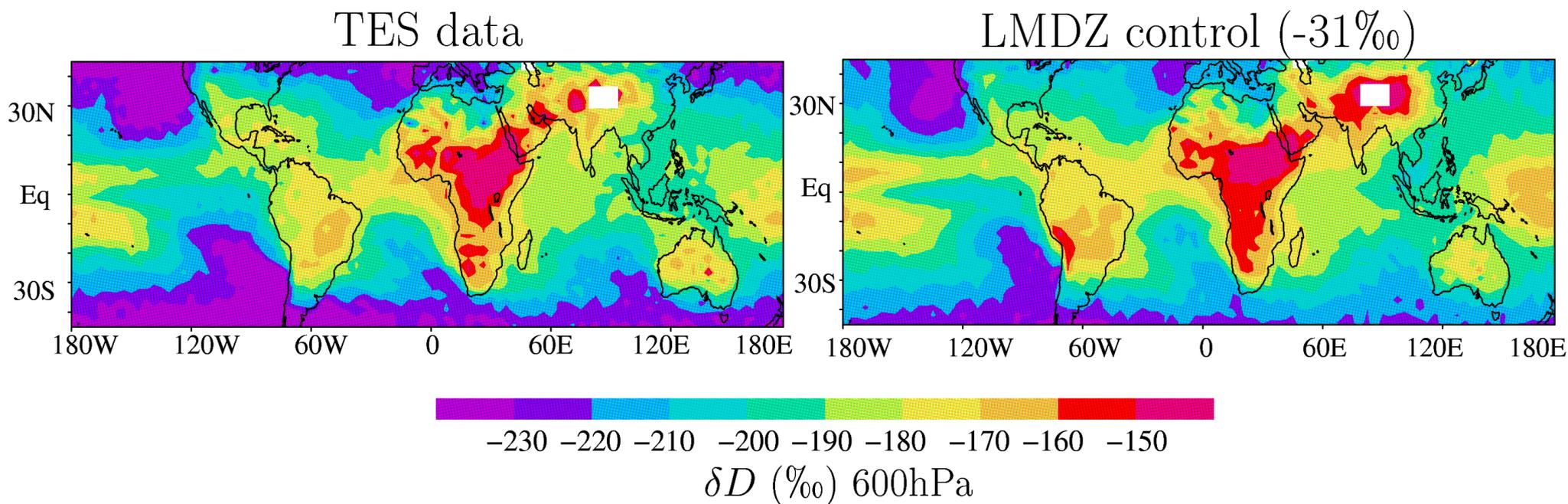
→ Relation  $\delta D$ -précipitation très sensible à la réévaporation de la pluie et aux descentes insaturées du schéma convectif

# Comparaison aux données spatiales SCHIAMACHY (Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography) *Contenu intégré dans l'atmosphère*



→ Sur le Sahel : forte signature de la subsidence atmosphérique de grande échelle dans les variations saisonnières de  $\delta D$

# Comparaison aux données spatiales TES (Tropospheric Emission Spectrometer) *Vapeur vers 600 hPa*

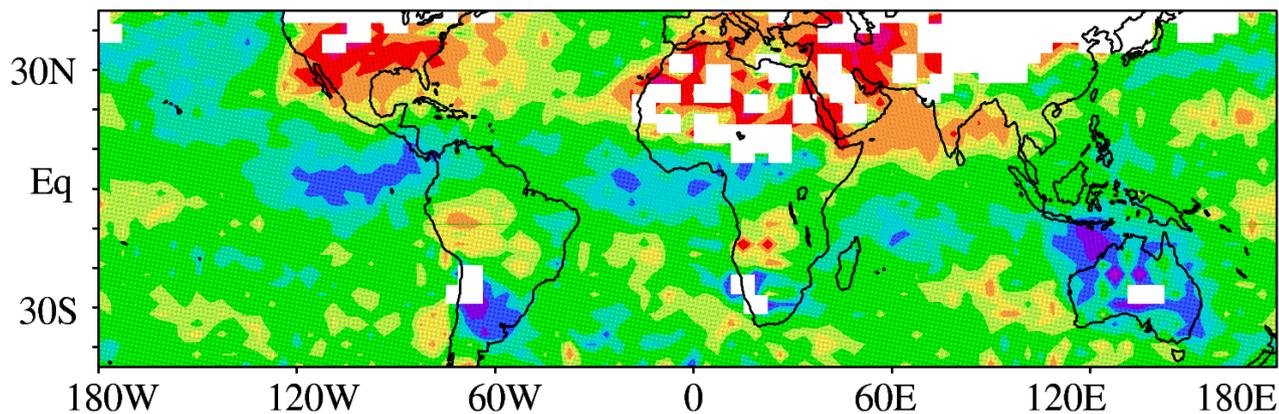


- Comparaison modèle-données : un simulateur serait souhaitable...  
Alternative envisagée: utiliser le simulateur CALIPSO pour comparer  
des scènes de nébulosité comparable.

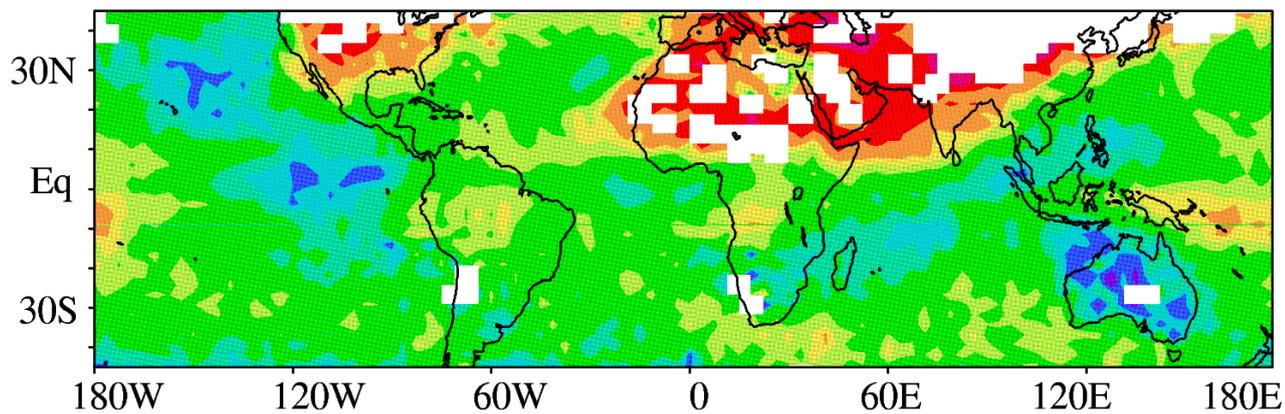
# Comparaison aux données spatiales TES (Tropospheric Emission Spectrometer)

*Vapeur vers 600 hPa*

TES data



LMDZ control



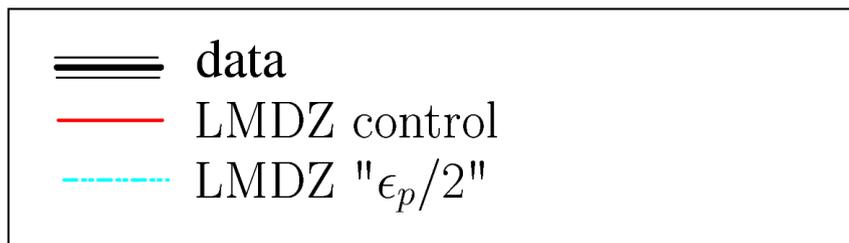
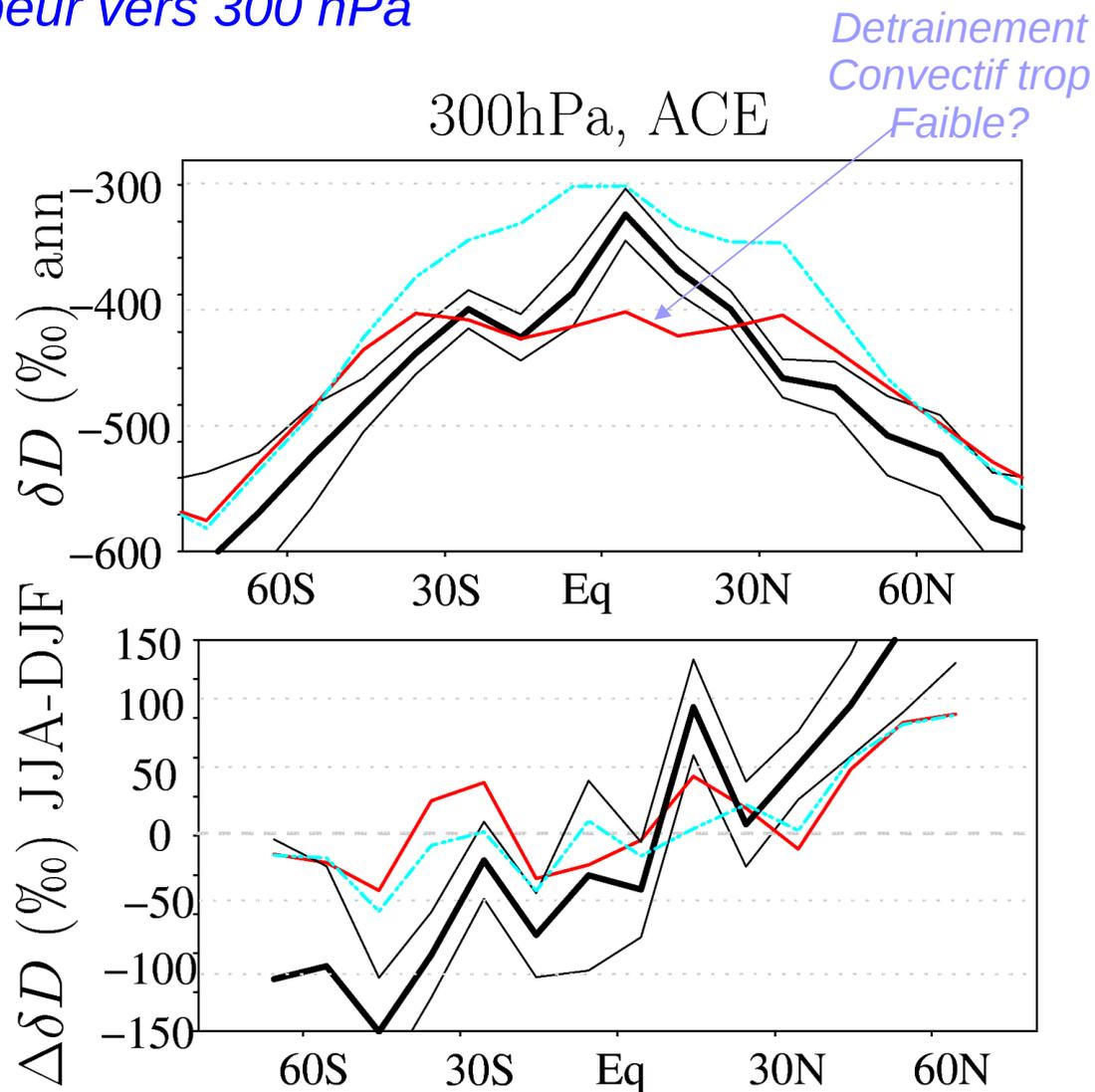
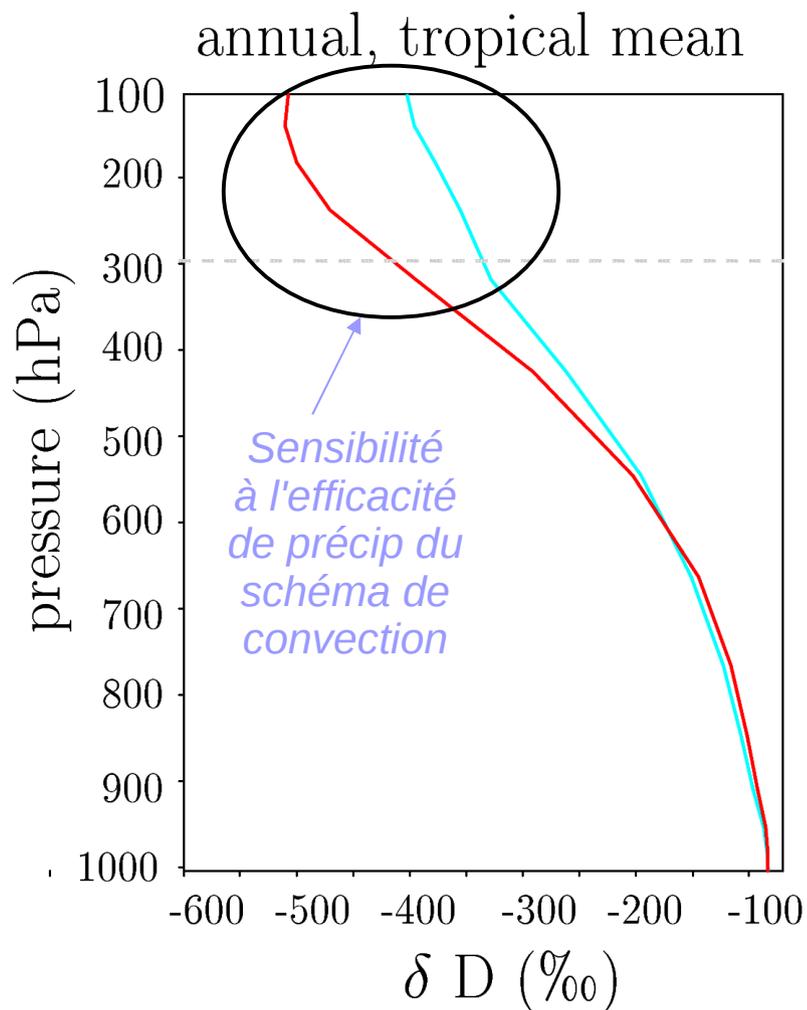
-80 -50 -30 -20 -10 10 20 30 50 80

$\Delta\delta D$  (‰) JJA-DJF

# Comparaison aux données spatiales ACE

(Atmospheric Chemistry Experiment Fourier Transform Spectrometer)

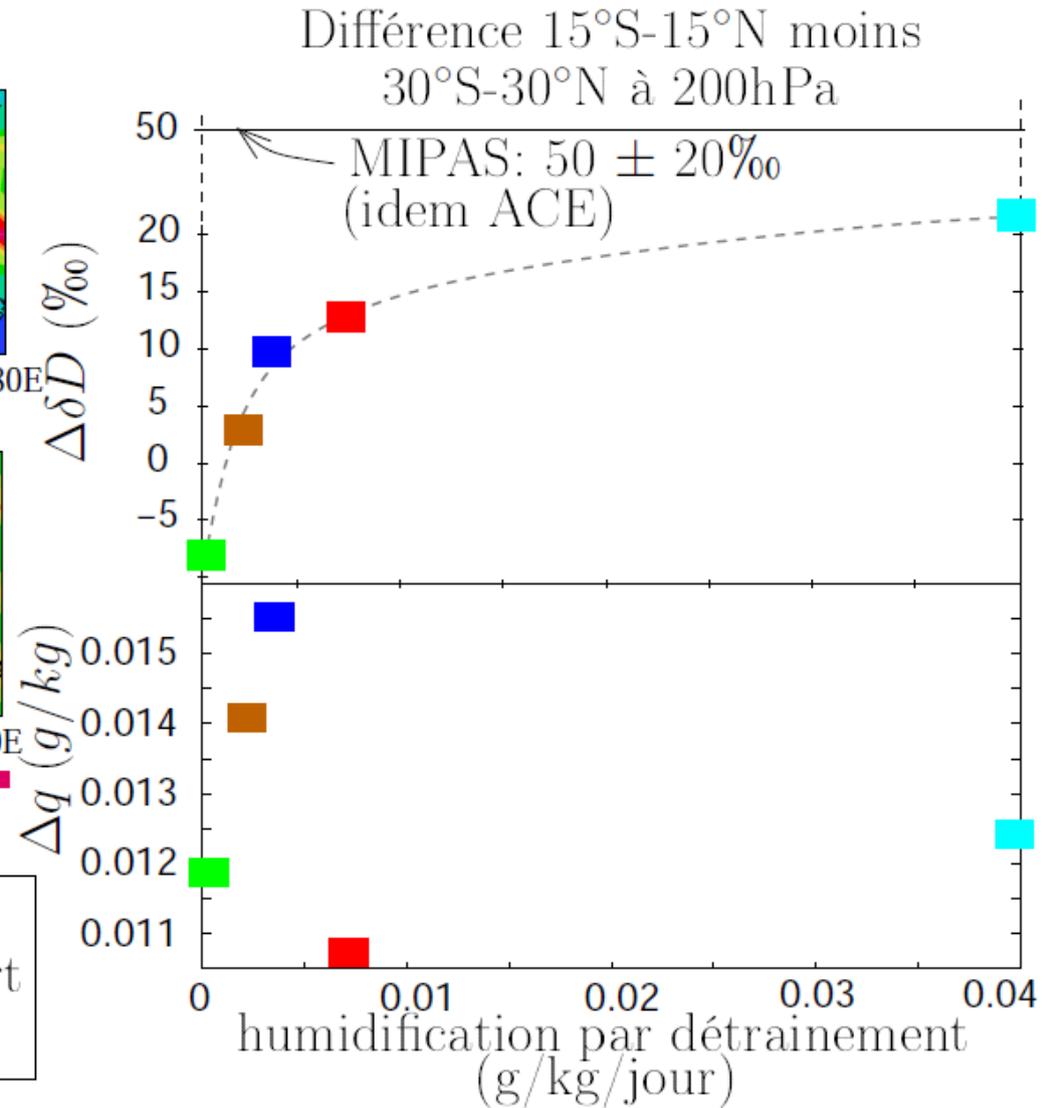
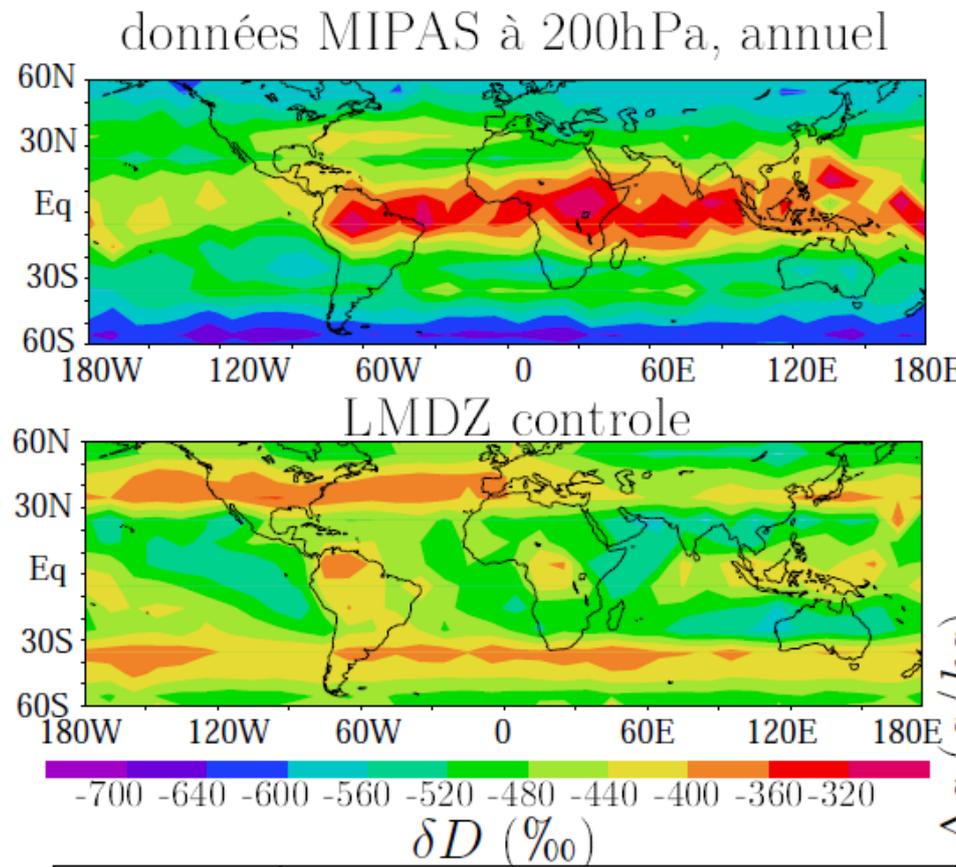
*Vapeur vers 300 hPa*



# Comparaison aux données spatiales MIPAS

(Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding)

## Vapeur vers 200 hPa



→ Meilleurs résultats qd le déentraînement convectif est augmenté

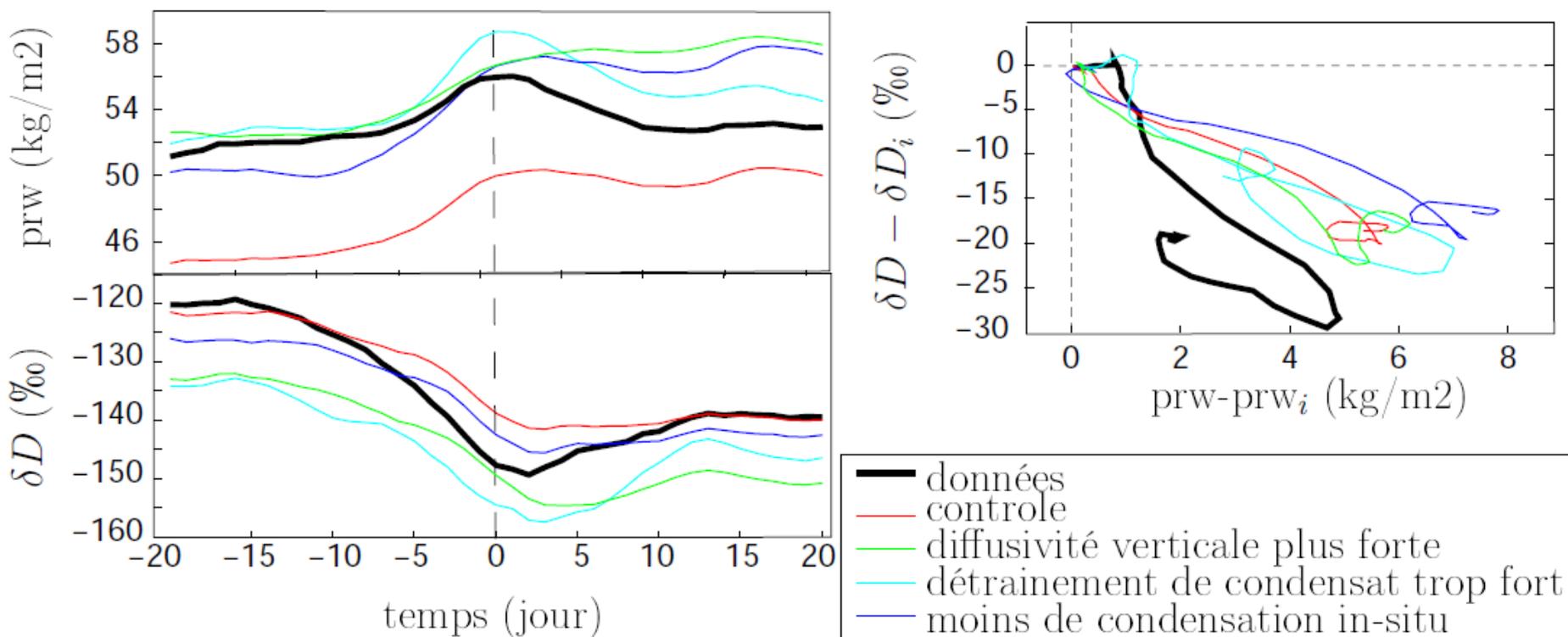
▶ lien gradient zonal de  $\delta D$ /humidification par la convection

# Comparaison aux données de télédétection depuis le sol à Darwin (Australie, DJF)

(Données FTIR toutes les 3 min depuis 2004, LMDZ guidé par ECMWF)

## Contenus intégrés sur la colonne

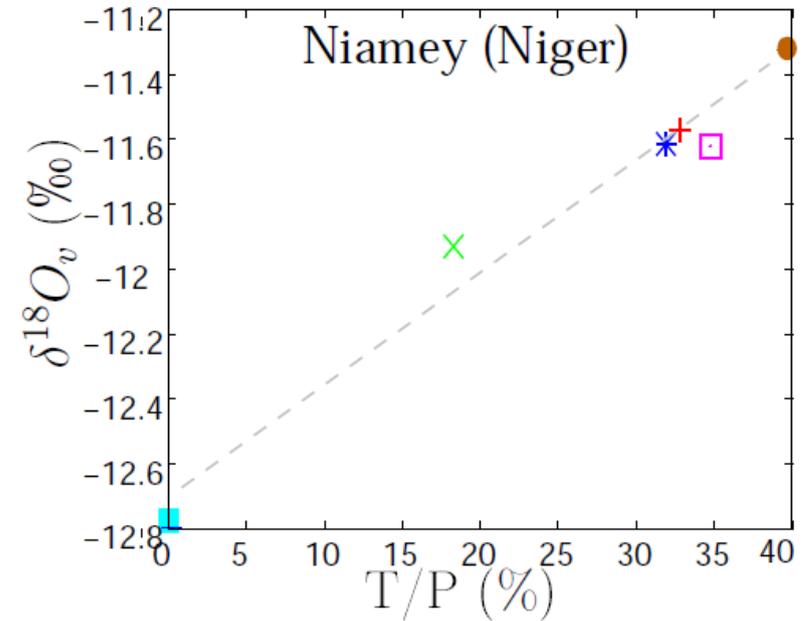
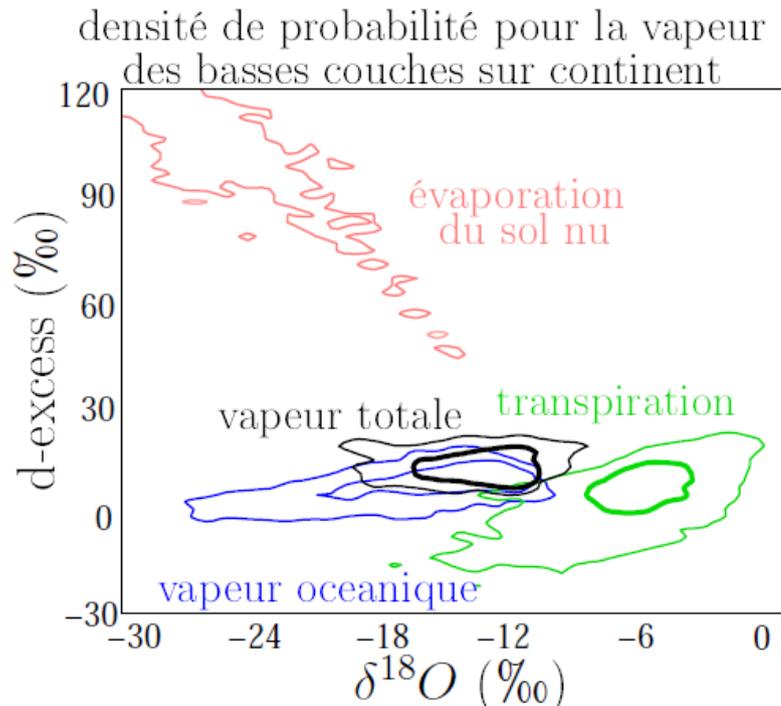
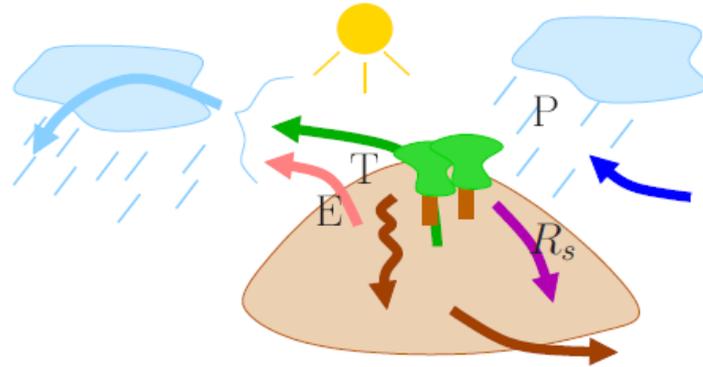
Composites de la variabilité intra-saisonnière tropicale (% max d'activité convective) :



- constantes de temps et pentes prw- $\delta D$  sensibles à la physique
- perspective: LMDZ-1D, en particulier sur le cas TWP-ice

# Interactions surfaces continentales / atmosphère :

- ▶ isotopes et water tagging dans ORCHIDEE-AR4 et LMDZ-OR

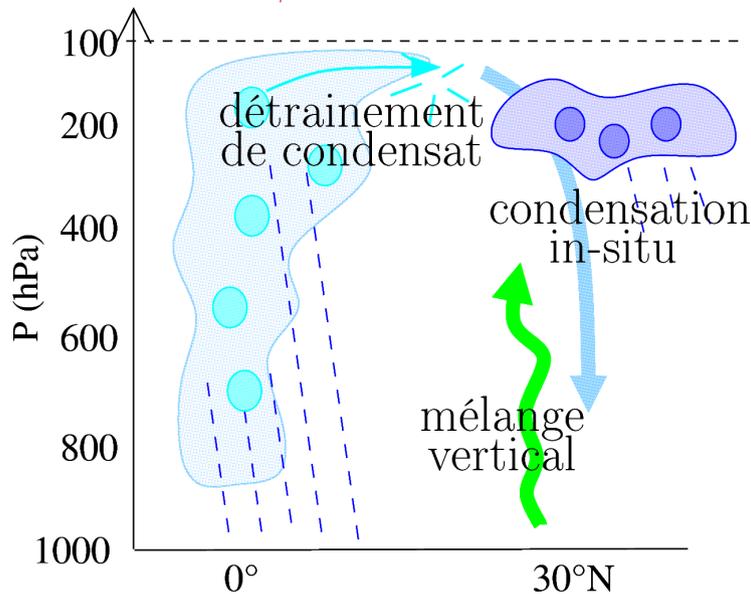


- Fort potentiel pour contraindre le schéma de surface
- Besoin de données isotopiques pour cela (e.g. MIBA sur les USA....SIRTA ds le futur?)

(Risi et al, submitted a)

# Utilisation de la composition isotopique de l'eau pour discriminer les différentes sources possibles de biais humide du modèle dans la haute troposphère

Cause biais humide dans la moyenne/haute troposphère?



Simulations LMDZ:

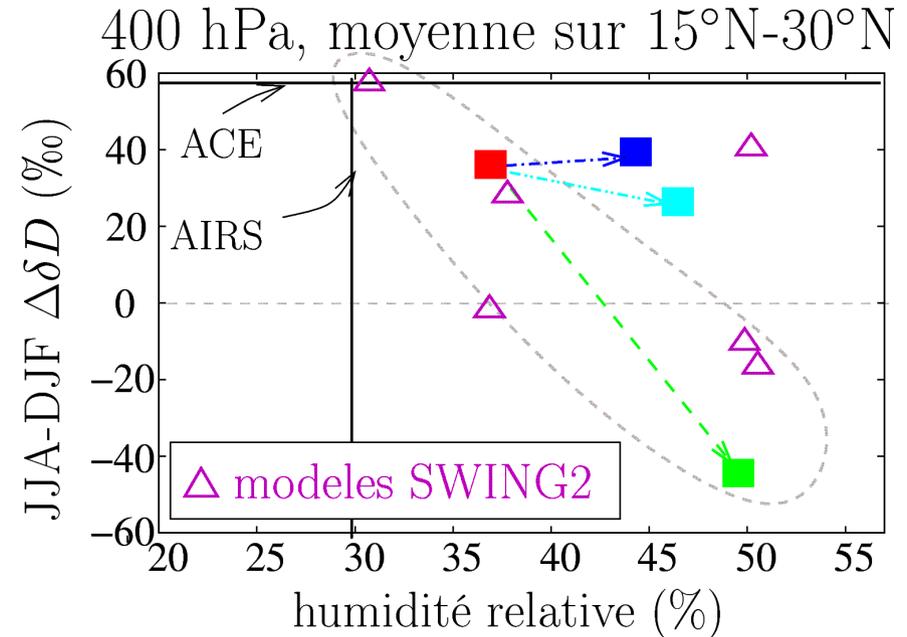
■ Controle

Tests: causes du biais humide:

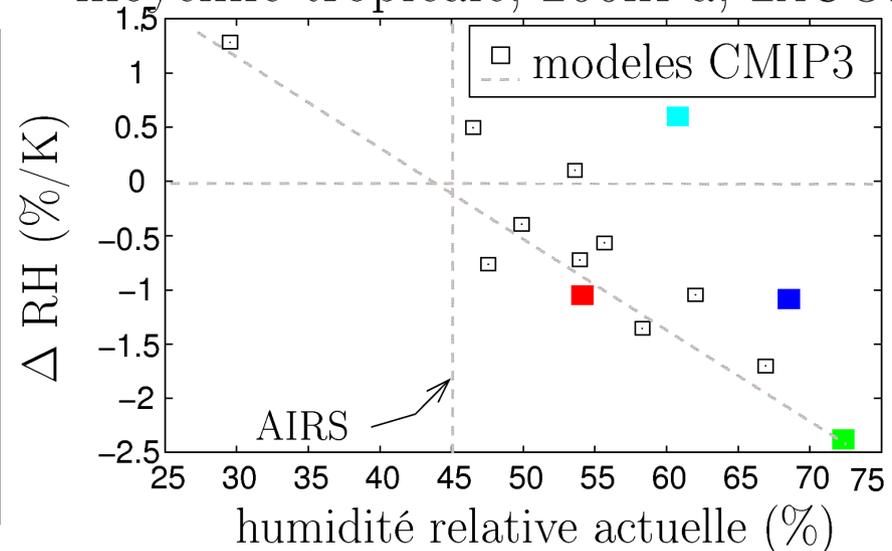
■ Advection verticale trop diffusive

■ Détrrainement de condensat trop fort

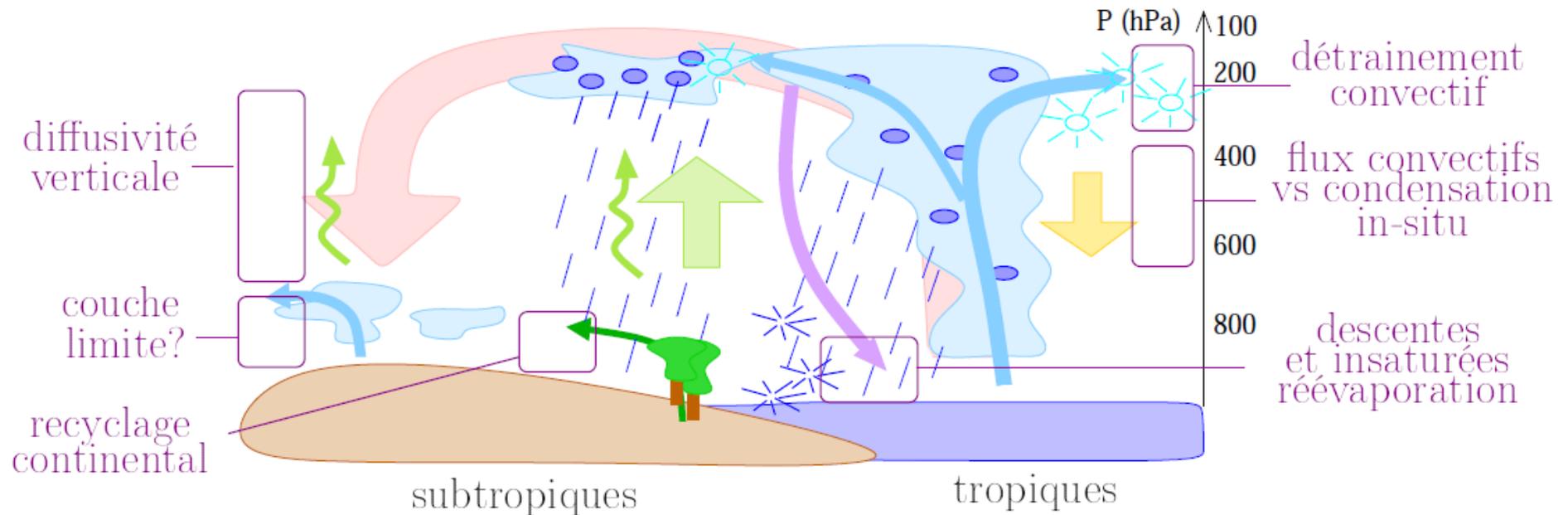
■ Condensation in-situ insuffisante



moyenne tropicale, 200hPa, 2xCO2



# Conclusions et perspectives



quelques perspectives:

- ▶ lien isotopes/ processus de couche limite?
    - ▶ nouvelles données + données encore inexploitées
    - ▶ modèle de thermique
  - ▶ approfondissement du lien isotopes/convection
    - ▶ nouvelles données + données encore inexploitées
    - ▶ schéma de poches froides, nouvelle fermeture
    - ▶ collocation TES-Calipso, utilisation de COSP **Nelle Physique LMDZ**
    - ▶ complémentarité traceurs isotopiques/non isotopiques (CO, O<sub>3</sub>)?
- Importance d'utiliser les isotopes pour contraindre les futurs développements du modèle