

Utilisation des isotopes de l'eau pour évaluer les processus atmosphériques dans les modèles de climat

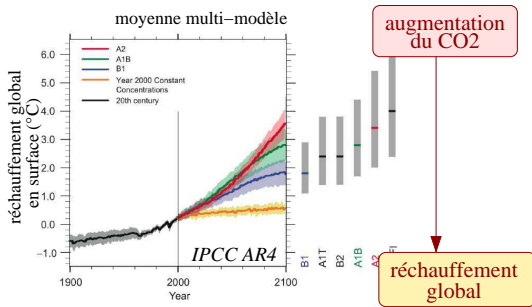
Camille Risi

CIRES, Boulder

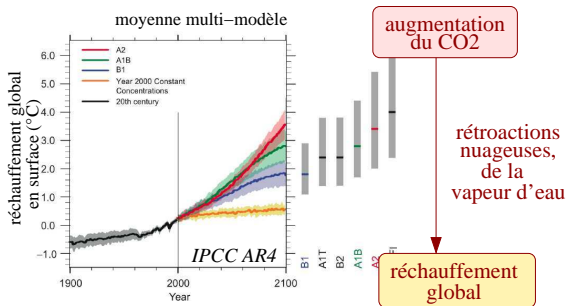
avec la contribution de: D Noone, S Bony,
TES data: J Worden, J Lee, D Brown,
SCIAMACHY data: C Frankenberg,
MIPAS data: G Stiller, M Kiefer, B Funke
ACE-FTS data: K Walker, P Bernath,
ground-based FTIR: M Schneider, D Wunch, P Wennberg,
V Sherlock, N Deutscher, D Griffith
in-situ data: R Uemura
SWING2: C Sturm

Séminaire au GSMA, 10 janvier 2010

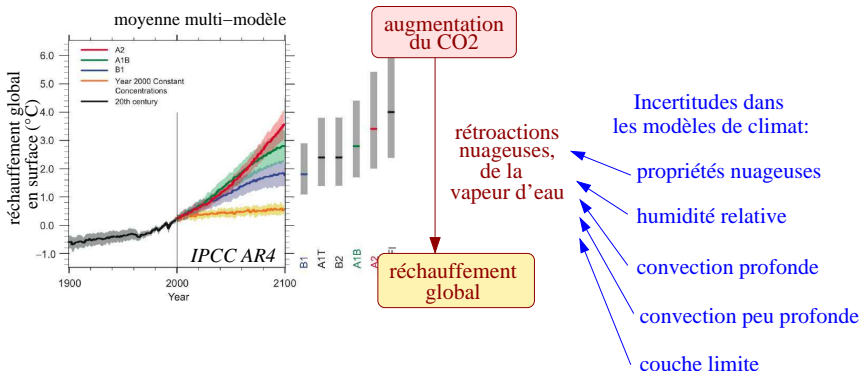
Incertitudes dans les projections climatiques



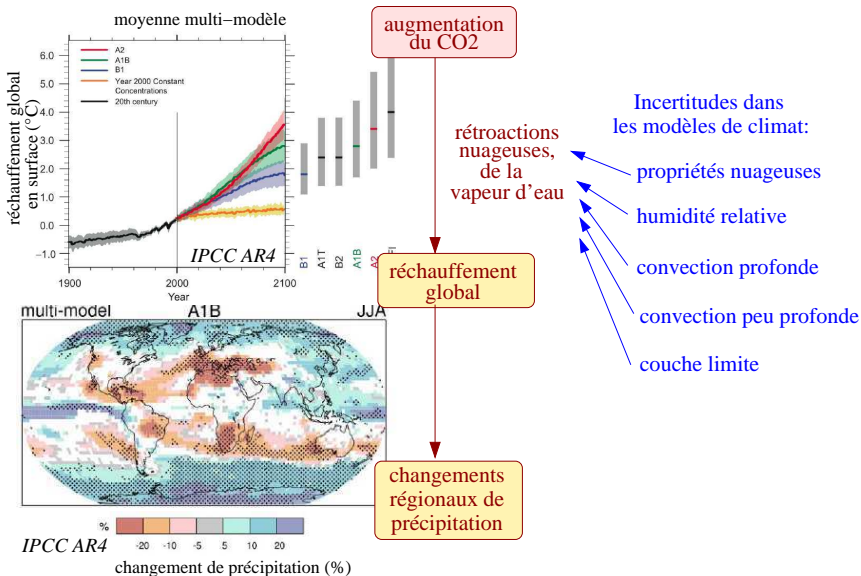
Incertitudes dans les projections climatiques



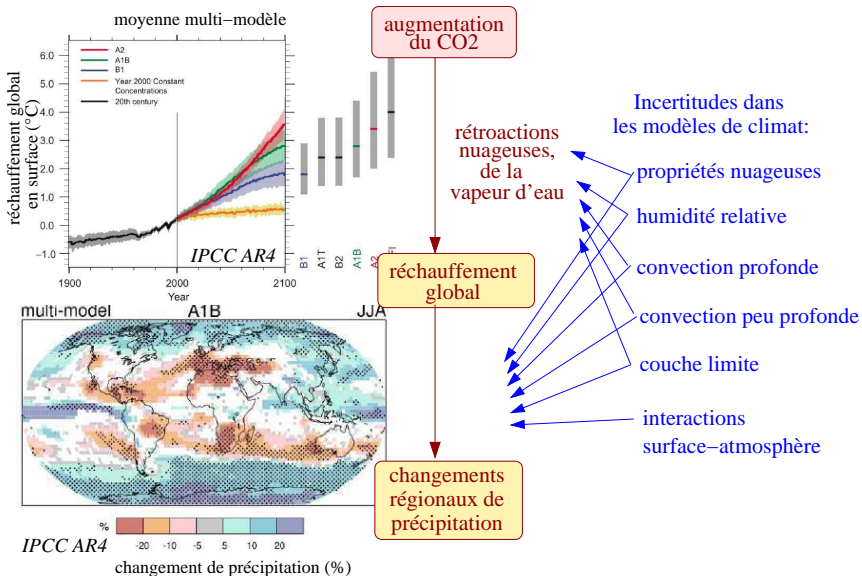
Incertitudes dans les projections climatiques



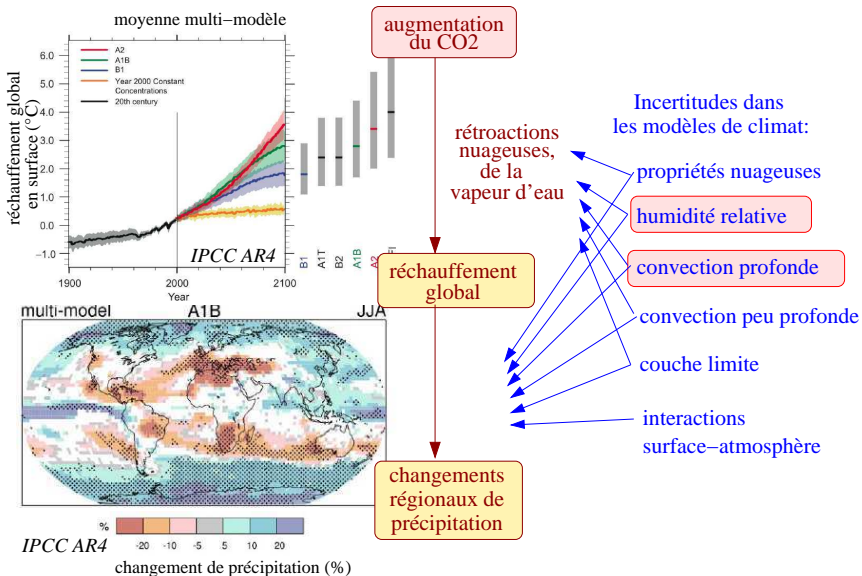
Incertitudes dans les projections climatiques



Incertitudes dans les projections climatiques



Incertitudes dans les projections climatiques



Incertitudes dans les projections d'humidité

- ▶ rôle de l'humidité relative de la troposphère libre sur
 - ▶ la rétroaction vapeur d'eau (*Soden et al 2008*)
 - ▶ les rétroactions nuageuses (*Sherwood et al 2010*)
 - ▶ la convection profonde (*Derbyshire 2004*)

Incertitudes dans les projections d'humidité

- ▶ rôle de l'humidité relative de la troposphère libre sur
 - ▶ la rétroaction vapeur d'eau (*Soden et al 2008*)
 - ▶ les rétroactions nuageuses (*Sherwood et al 2010*)
 - ▶ la convection profonde (*Derbyshire 2004*)
- ▶ mais humidité relative variable selon les modèles de climat
 - ▶ pour le climat actuel, avec biais humide dans la moyenne et haute tropo (*John and Soden 2005*)
 - ▶ pour les projections de changement climatique (*Sherwood et al 2010*)

Incertitudes dans les projections d'humidité

- ▶ rôle de l'humidité relative de la troposphère libre sur
 - ▶ la rétroaction vapeur d'eau (*Soden et al 2008*)
 - ▶ les rétroactions nuageuses (*Sherwood et al 2010*)
 - ▶ la convection profonde (*Derbyshire 2004*)
- ▶ mais humidité relative variable selon les modèles de climat
 - ▶ pour le climat actuel, avec biais humide dans la moyenne et haute tropo (*John and Soden 2005*)
 - ▶ pour les projections de changement climatique (*Sherwood et al 2010*)

⇒ crédibilité des modèles pour leur simulation des processus contrôlant l'humidité?

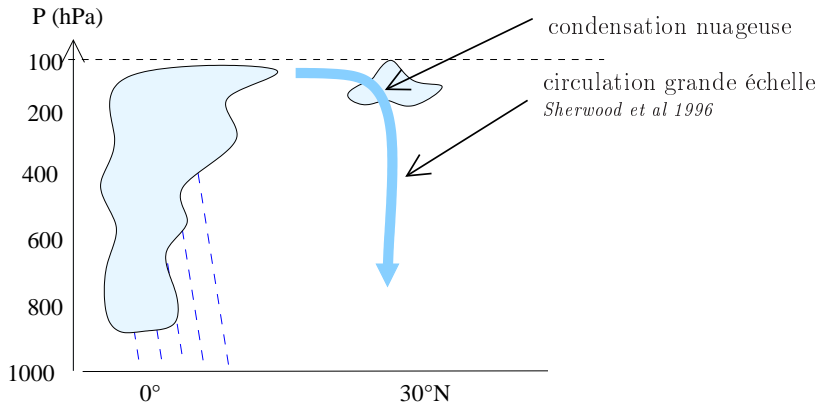
Incertitudes dans les projections d'humidité

- ▶ rôle de l'humidité relative de la troposphère libre sur
 - ▶ la rétroaction vapeur d'eau (*Soden et al 2008*)
 - ▶ les rétroactions nuageuses (*Sherwood et al 2010*)
 - ▶ la convection profonde (*Derbyshire 2004*)
- ▶ mais humidité relative variable selon les modèles de climat
 - ▶ pour le climat actuel, avec biais humide dans la moyenne et haute tropo (*John and Soden 2005*)
 - ▶ pour les projections de changement climatique (*Sherwood et al 2010*)

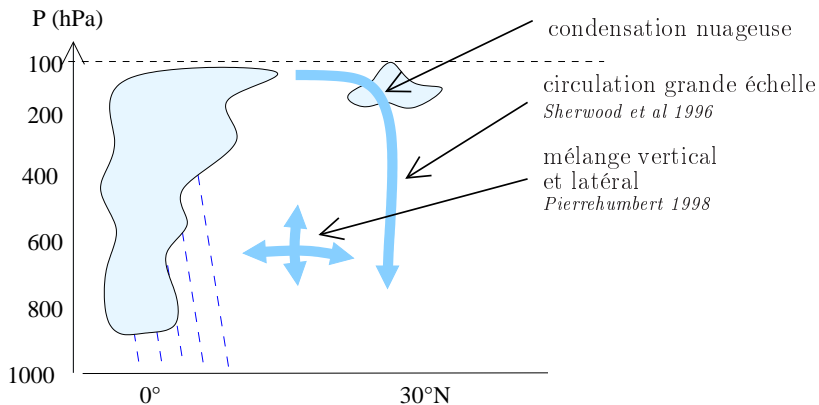
⇒ crédibilité des modèles pour leur simulation des processus contrôlant l'humidité?

⇒ But: développer des diagnostics observationnels pour évaluer processus contrôlant l'humidité relative, détecter les biais et en comprendre les causes?

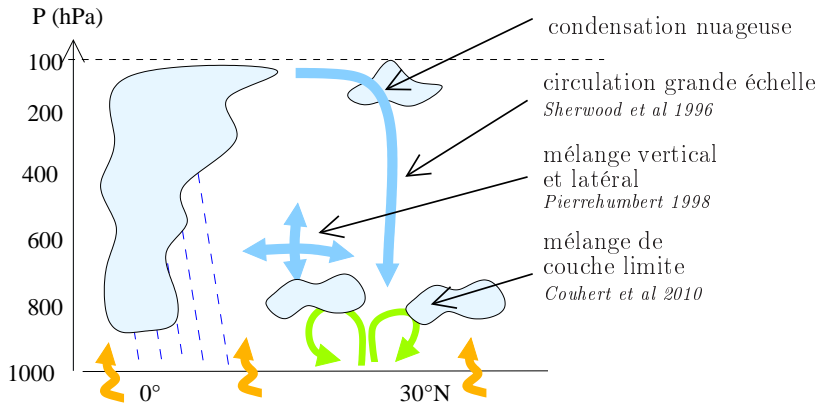
Processus contrôlant l'humidité relative



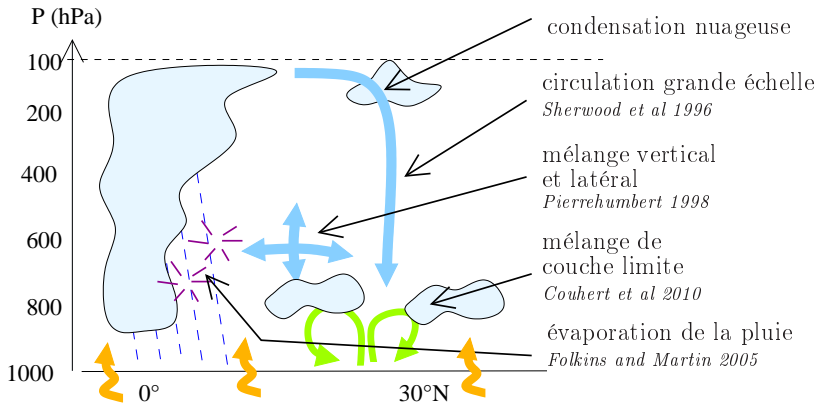
Processus contrôlant l'humidité relative



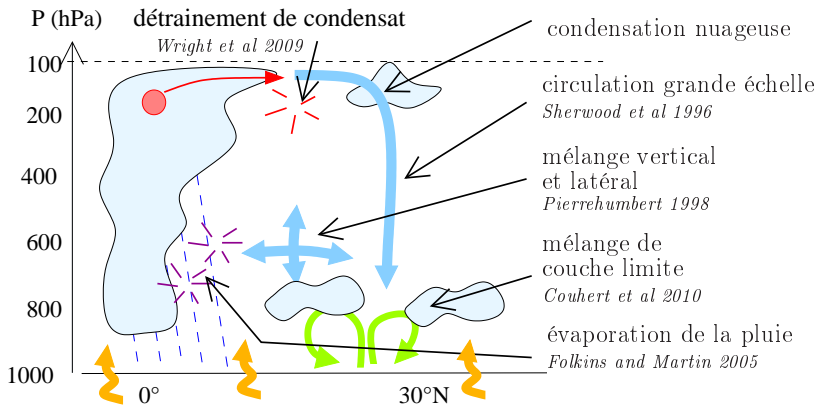
Processus contrôlant l'humidité relative



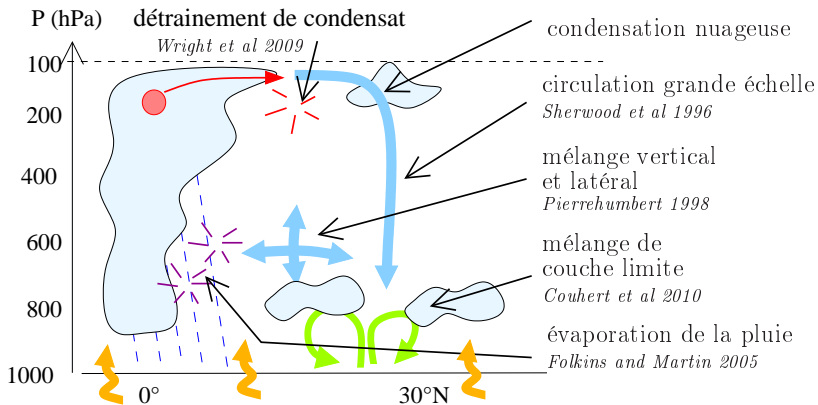
Processus contrôlant l'humidité relative



Processus contrôllant l'humidité relative



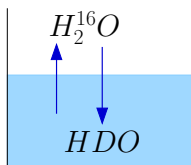
Processus contrôlant l'humidité relative



► besoin d'observations complémentaires

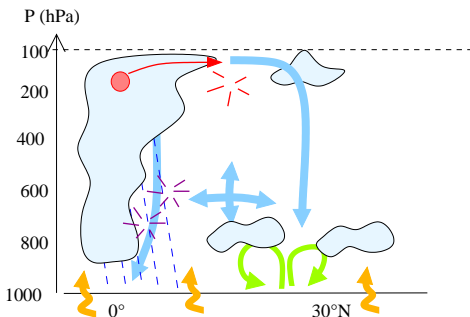
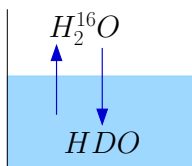
Processus contrôlant la composition isotopique de la vapeur

- ▶ isotopes de l'eau: $H_2^{16}O$, $H_2^{18}O$, HDO
- ▶ fractionnement \Rightarrow enregistre les changements de phase



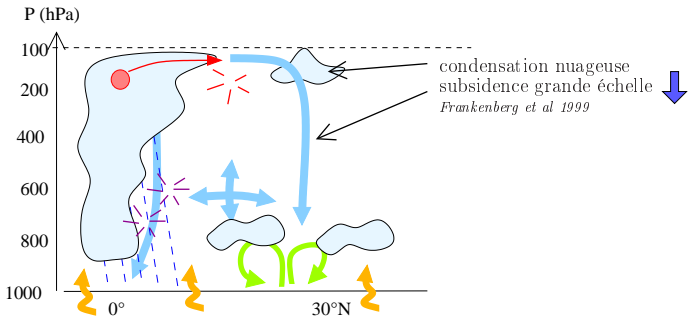
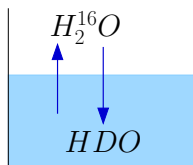
Processus contrôllant la composition isotopique de la vapeur

- ▶ isotopes de l'eau: $H_2^{16}O$, $H_2^{18}O$, HDO
- ▶ fractionnement \Rightarrow enregistre les changements de phase



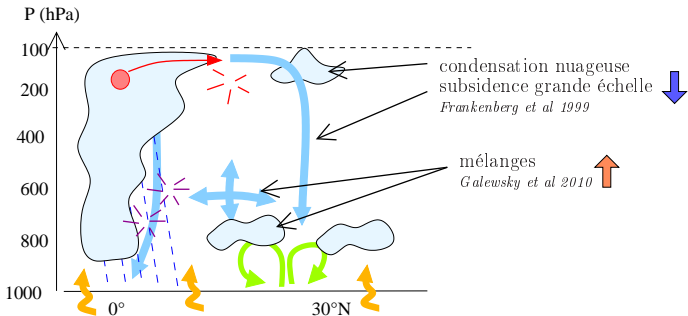
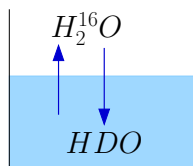
Processus contrôllant la composition isotopique de la vapeur

- ▶ isotopes de l'eau: $H_2^{16}O$, $H_2^{18}O$, HDO
- ▶ fractionnement \Rightarrow enregistre les changements de phase



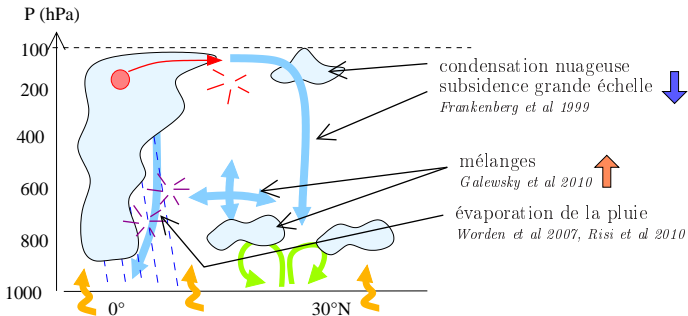
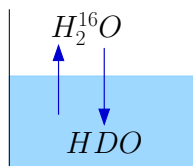
Processus contrôllant la composition isotopique de la vapeur

- ▶ isotopes de l'eau: $H_2^{16}O$, $H_2^{18}O$, HDO
- ▶ fractionnement \Rightarrow enregistre les changements de phase



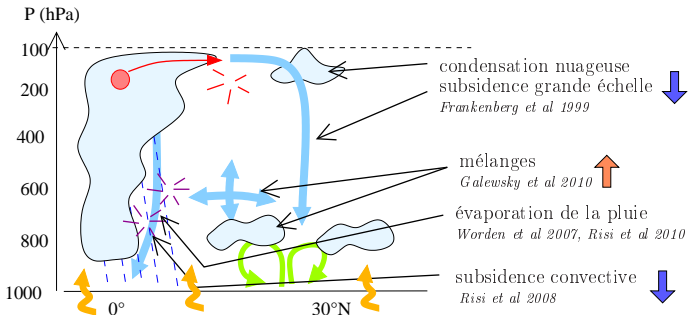
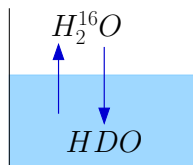
Processus contrôllant la composition isotopique de la vapeur

- ▶ isotopes de l'eau: $H_2^{16}O$, $H_2^{18}O$, HDO
- ▶ fractionnement \Rightarrow enregistre les changements de phase



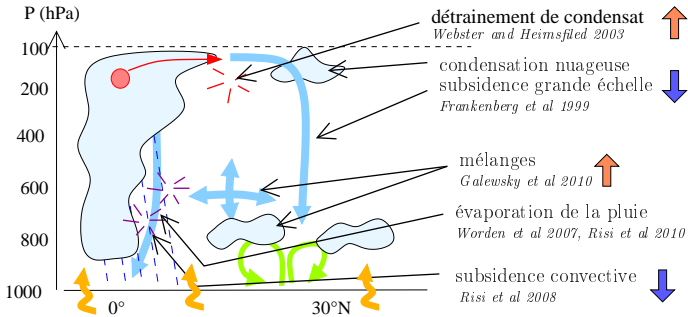
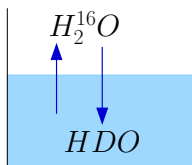
Processus contrôllant la composition isotopique de la vapeur

- ▶ isotopes de l'eau: $H_2^{16}O$, $H_2^{18}O$, HDO
- ▶ fractionnement \Rightarrow enregistre les changements de phase



Processus contrôlant la composition isotopique de la vapeur

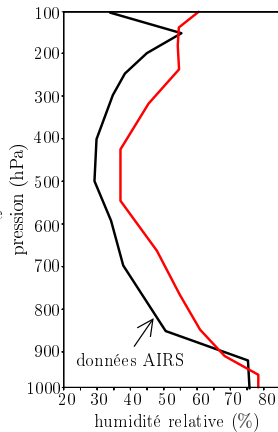
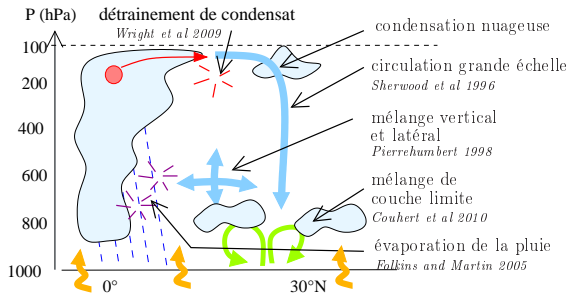
- ▶ isotopes de l'eau: $H_2^{16}O$, $H_2^{18}O$, HDO
- ▶ fractionnement \Rightarrow enregistre les changements de phase



Simulations

LMDZ-iso (Risi et al 2010):

— controle: version AR4 (19 niveaux)

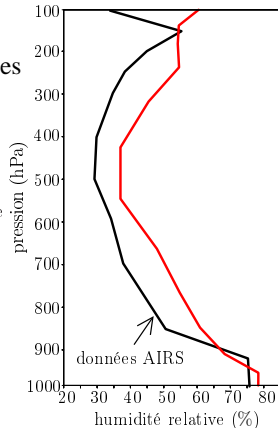
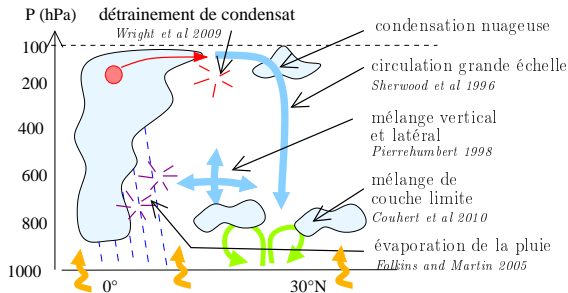


Simulations

LMDZ-iso (Risi et al 2010):

— controle: version AR4 (19 niveaux)

} 3 raisons possibles
pour un
biais humide



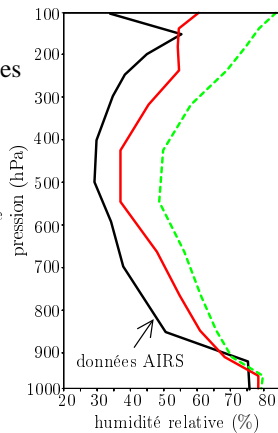
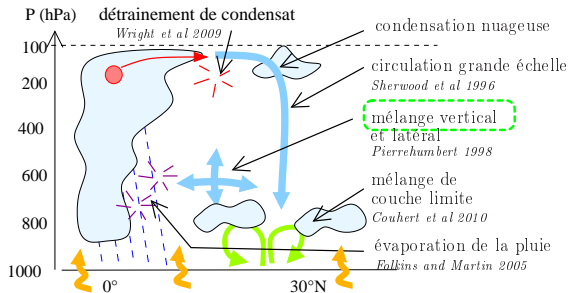
Simulations

LMDZ-iso (Risi et al 2010):

— controle: version AR4 (19 niveaux)

- - - advection verticale diffusive

} 3 raisons possibles
pour un
biais humide

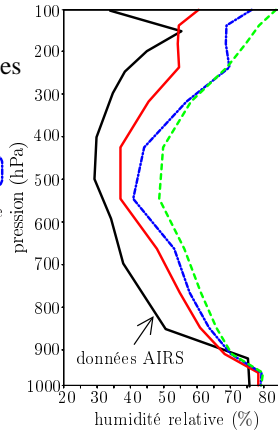
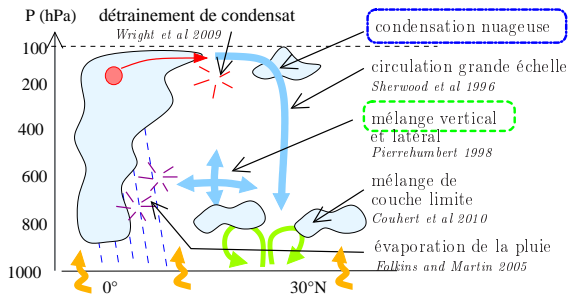


Simulations

LMDZ-iso (Risi et al 2010):

- controle: version AR4 (19 niveaux)
- - - advection verticale diffusive
- $\sigma_q/10$

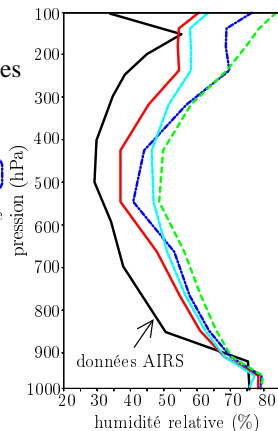
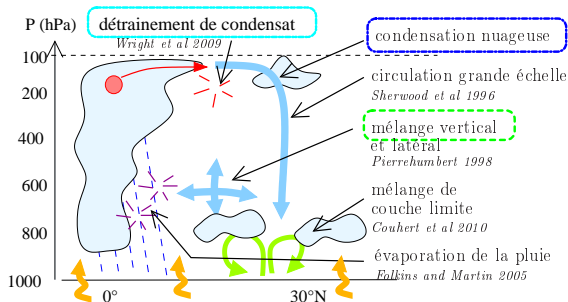
3 raisons possibles
pour un
biais humide



Simulations

LMDZ-iso (Risi et al 2010):

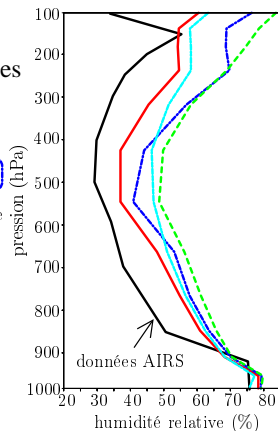
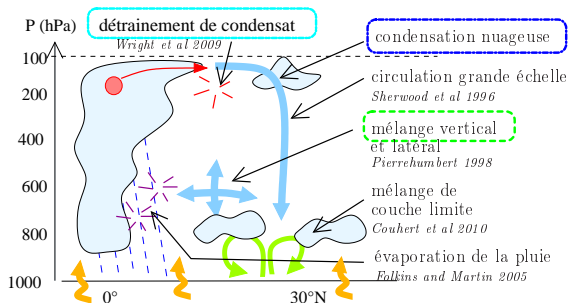
- controle: version AR4 (19 niveaux)
 - - - advection verticale diffusive
 - $\sigma_q/10$
 - $\epsilon_p/2$
- } 3 raisons possibles pour un biais humide



Simulations

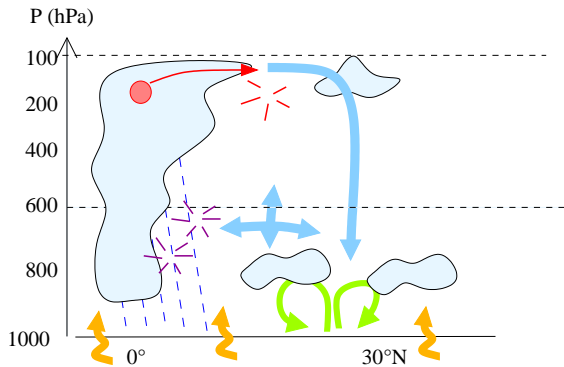
LMDZ-iso (Risi et al 2010):

- controle: version AR4 (19 niveaux)
 - - - advection verticale diffusive
 - $\sigma_q/10$
 - $\epsilon_p/2$
- } 3 raisons possibles pour un biais humide

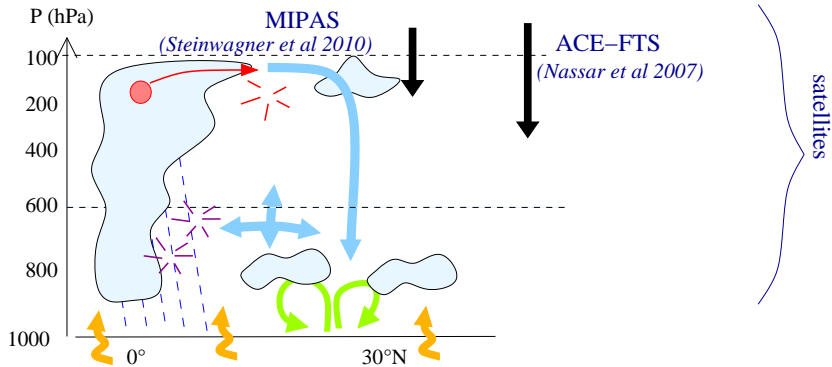


⇒ les mesures isotopiques permettent-elles de détecter ces biais?

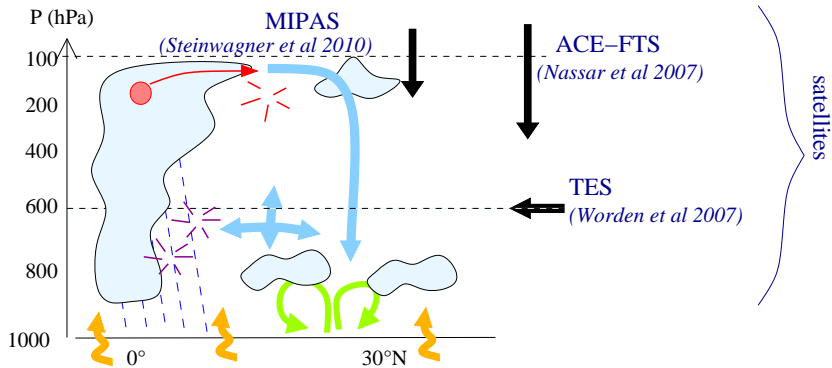
Les mesures isotopiques



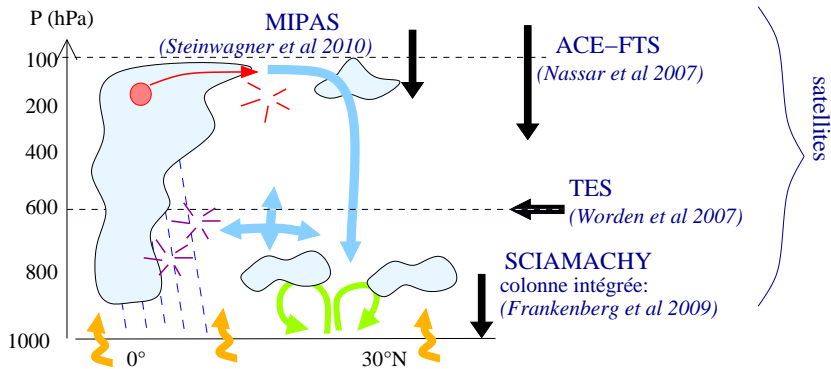
Les mesures isotopiques



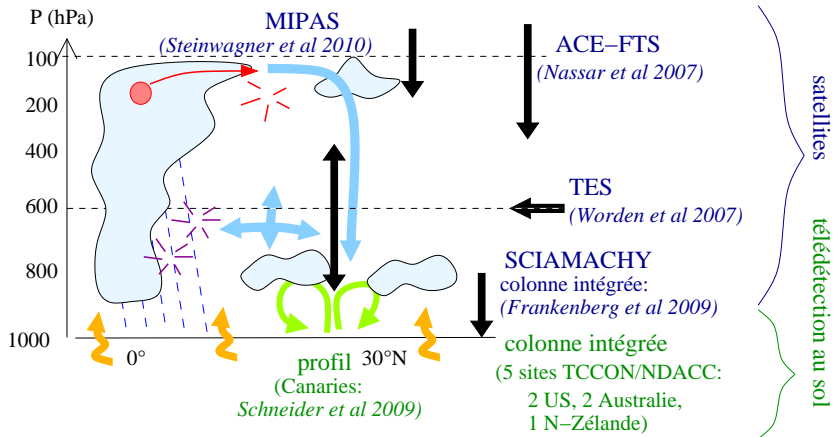
Les mesures isotopiques



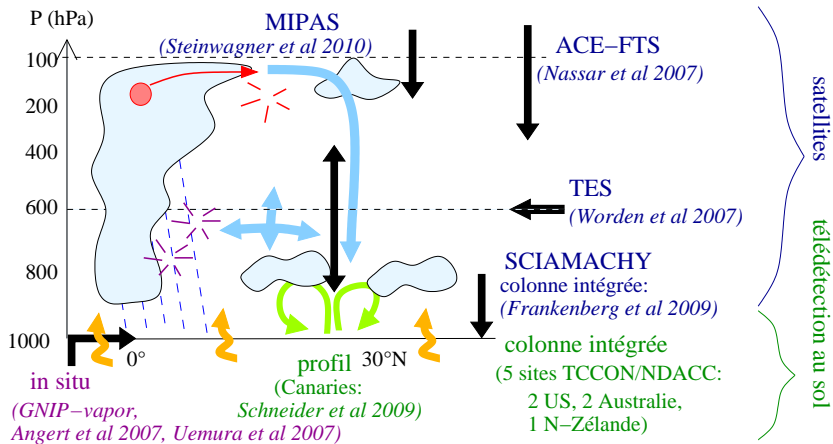
Les mesures isotopiques



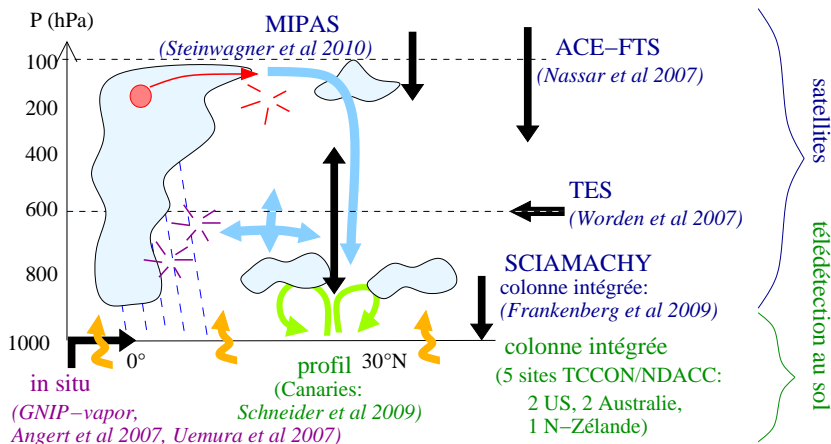
Les mesures isotopiques



Les mesures isotopiques

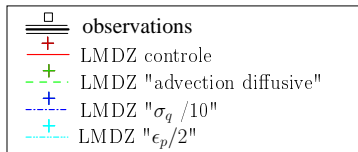
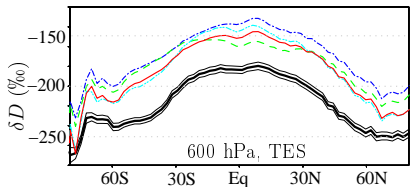
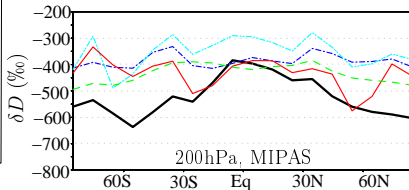
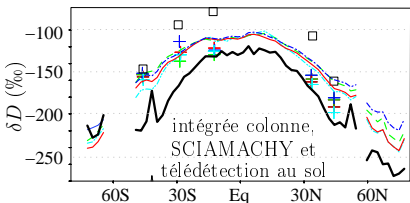
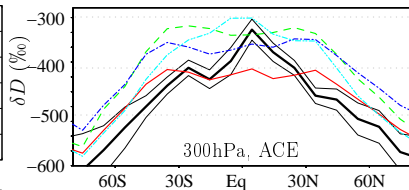
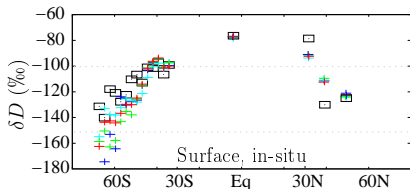


Les mesures isotopiques

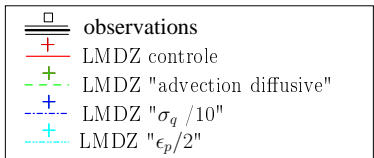
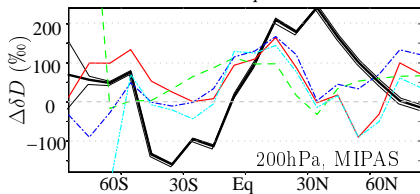
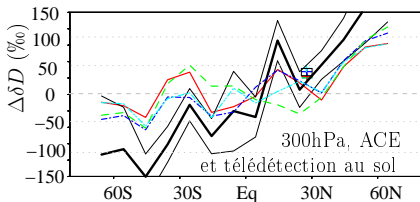
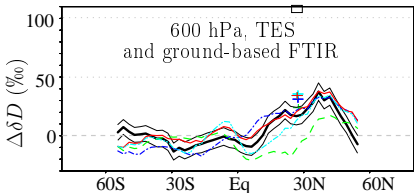
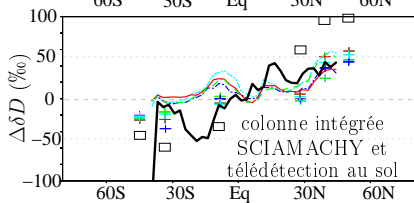
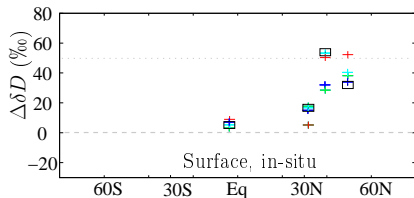


- ▶ comparaison modèle-données: collocalisation, simulations guidées, kernels; focalisation sur les variations

Moyennes zonales annuelles

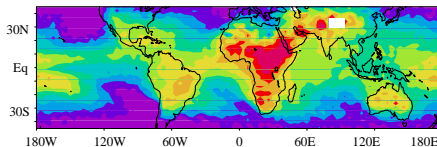


Variations saisonnières (JJA-DJF)

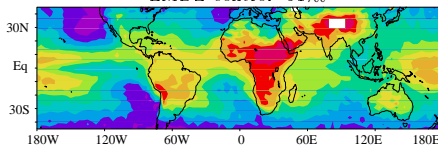


Variations spatiales

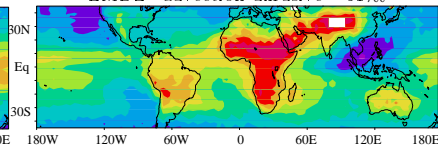
données TES



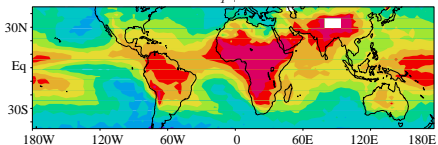
LMDZ control -31‰



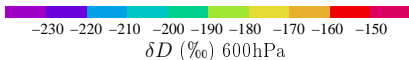
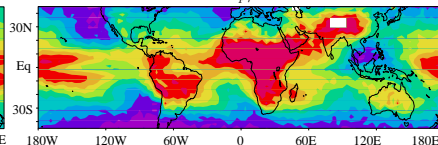
LMDZ "advection diffusive" -31‰



LMDZ " $\sigma_q / 10$ " -31‰

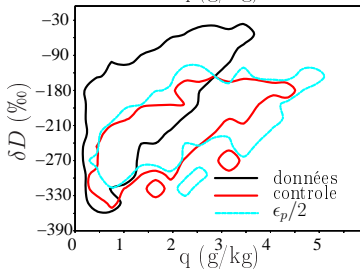
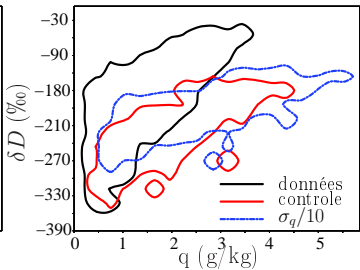
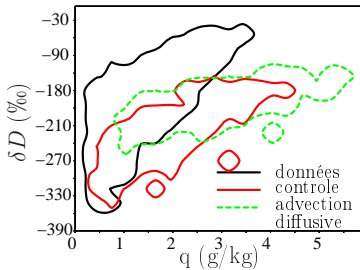


LMDZ " $\epsilon_p / 2$ " -31‰



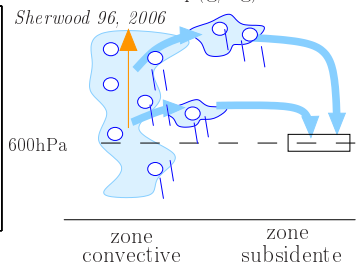
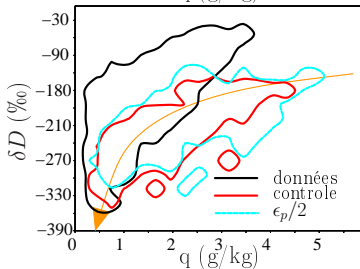
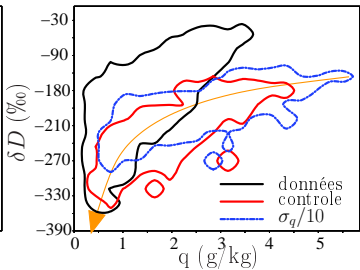
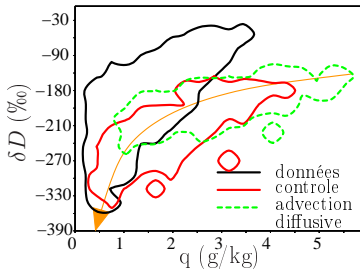
Variations intra-saisonnères

Canaries, 600hPa, PDFs journalières



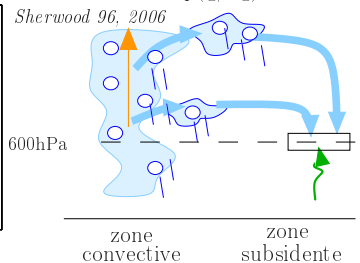
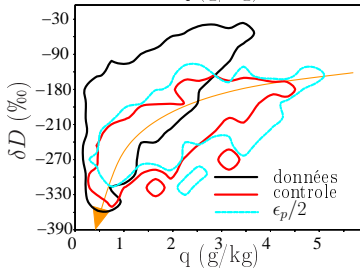
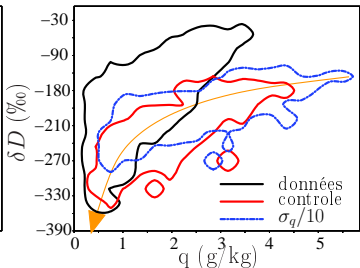
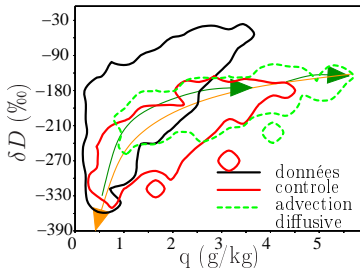
Variations intra-saisonnères

Canaries, 600hPa, PDFs journalières



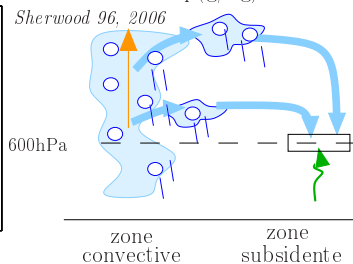
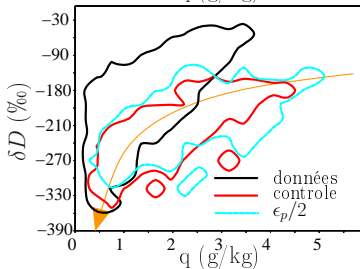
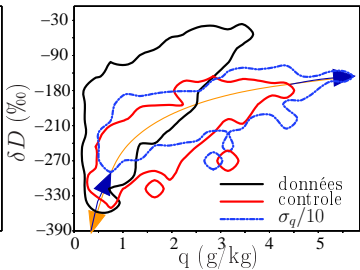
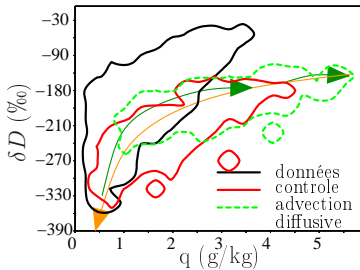
Variations intra-saisonnères

Canaries, 600hPa, PDFs journalières



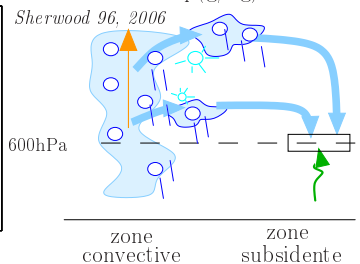
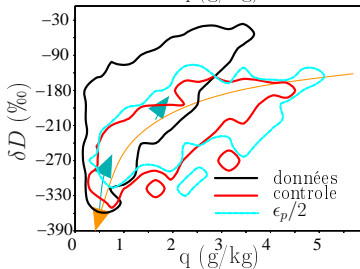
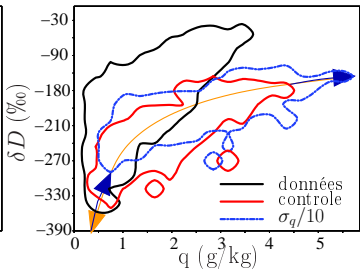
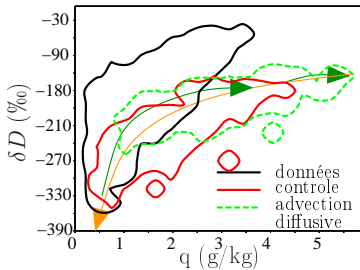
Variations intra-saisonnères

Canaries, 600hPa, PDFs journalières



Variations intra-saisonnères

Canaries, 600hPa, PDFs journalières



Résumé: les diagnostics isotopiques d'un biais humide

Diagnostic observationel	Raison du biais humide

Résumé: les diagnostics isotopiques d'un biais humide

Diagnostic observationnel	Raison du biais humide
<ul style="list-style-type: none">● Saisonalité du δD sous-estimée ou inversée dans la troposphère libre● Régions convectives trop pauvres● Variabilité intra-saisonnière de RH et δD sous-estimée dans les subtropiques	

Résumé: les diagnostics isotopiques d'un biais humide

Diagnostic observationel	Raison du biais humide
<ul style="list-style-type: none">• Saisonalité du δD sous-estimée ou inversée dans la troposphère libre• Régions convectives trop pauvres• Variabilité intra-saisonnière de RH et δD sous-estimée dans les subtropiques	advection verticale trop diffusive

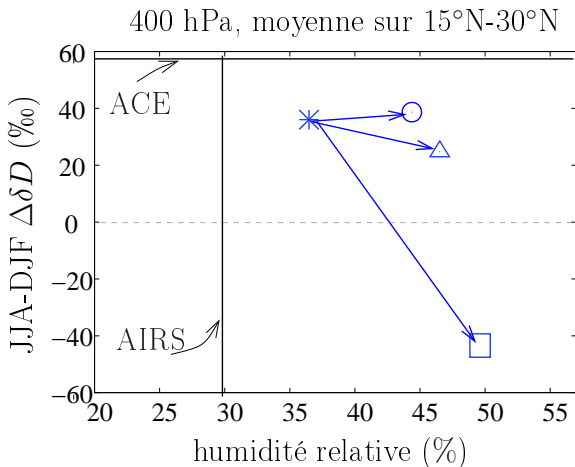
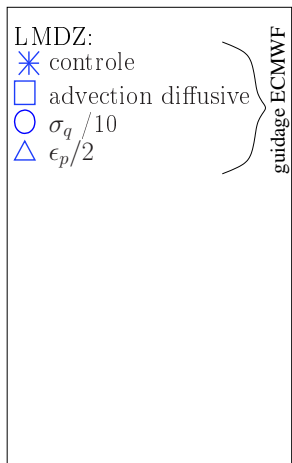
Résumé: les diagnostics isotopiques d'un biais humide

Diagnostic observationnel	Raison du biais humide
<ul style="list-style-type: none">• Saisonalité du δD sous-estimée ou inversée dans la troposphère libre• Régions convectives trop pauvres• Variabilité intra-saisonnière de RH et δD sous-estimée dans les subtropiques	advection verticale trop diffusive
Variabilité intra-saisonnière dans les subtropiques trop faible pour δD , trop forte pour la RH	condensation in-situ trop faible

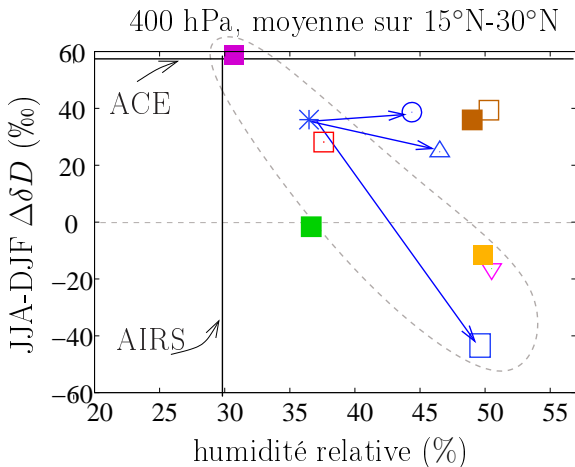
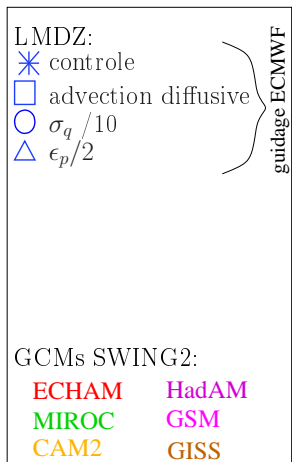
Résumé: les diagnostics isotopiques d'un biais humide

Diagnostic observationnel	Raison du biais humide
<ul style="list-style-type: none">• Saisonalité du δD sous-estimée ou inversée dans la troposphère libre• Régions convectives trop pauvres• Variabilité intra-saisonnière de RH et δD sous-estimée dans les subtropiques	advection verticale trop diffusive
Variabilité intra-saisonnière dans les subtropiques trop faible pour δD , trop forte pour la RH	condensation in-situ trop faible
δD trop fort dans la haute troposphère	trop de condensat détrainé par la convection

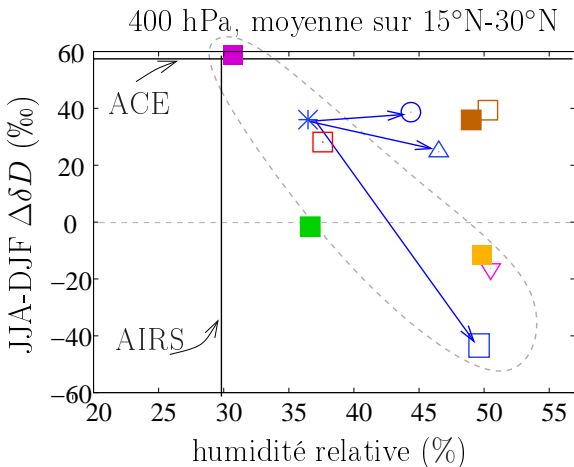
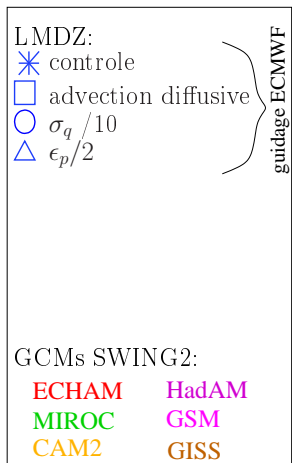
Cause des biais humides dans les modèles?



Cause des biais humides dans les modèles?

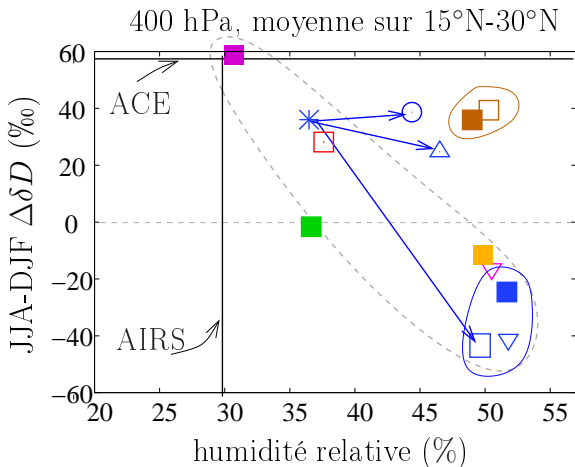
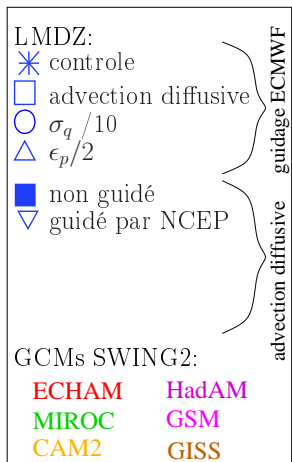


Cause des biais humides dans les modèles?



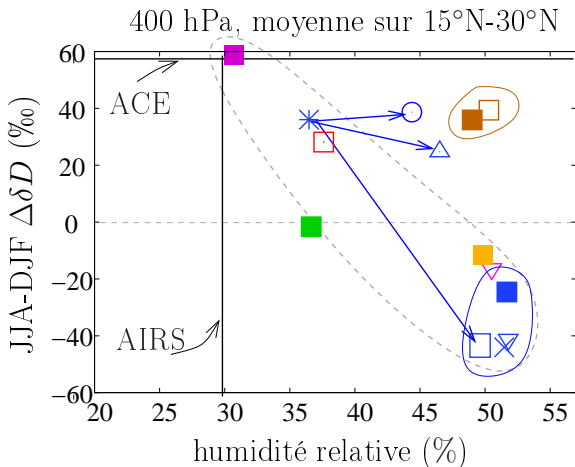
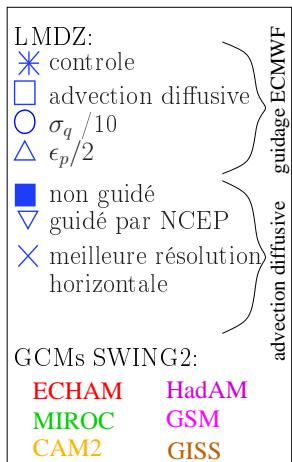
► Advection verticale trop diffusive

Cause des biais humides dans les modèles?



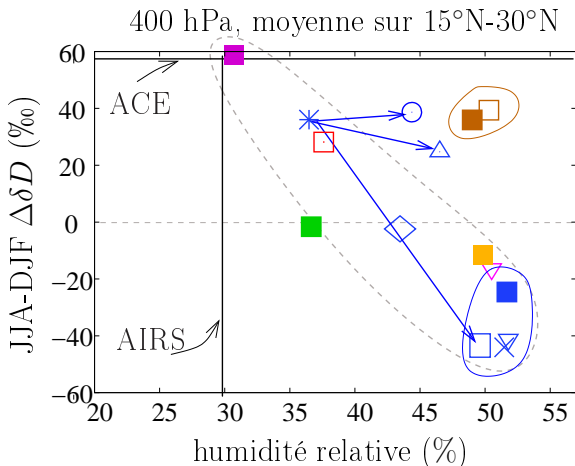
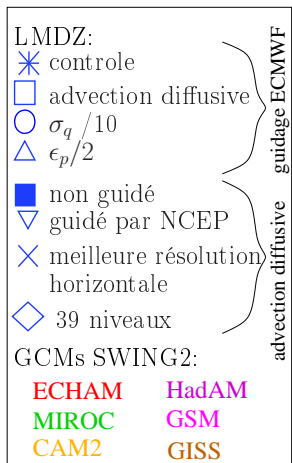
► Advection verticale trop diffusive

Cause des biais humides dans les modèles?



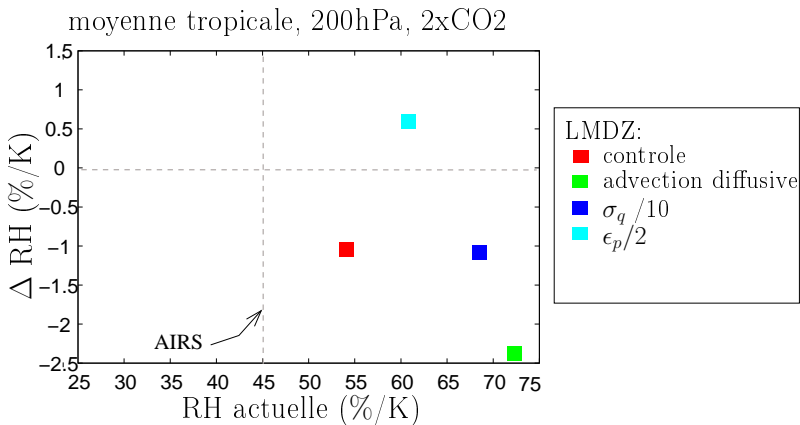
► Advection verticale trop diffusive

Cause des biais humides dans les modèles?

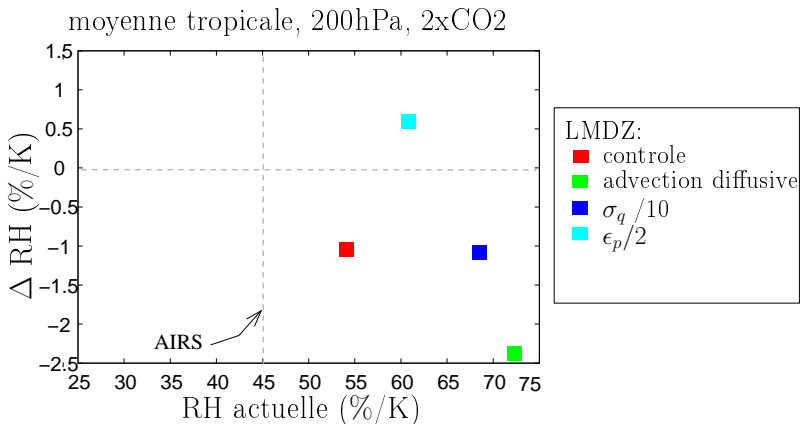


► Advection verticale trop diffusive

Quel impact sur les projections d'humidité?

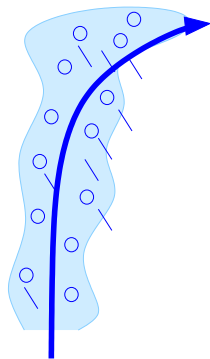
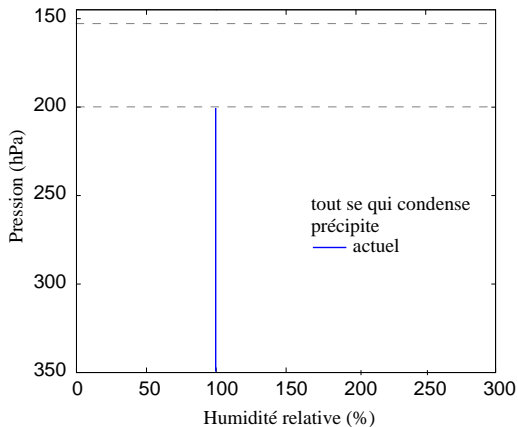


Quel impact sur les projections d'humidité?

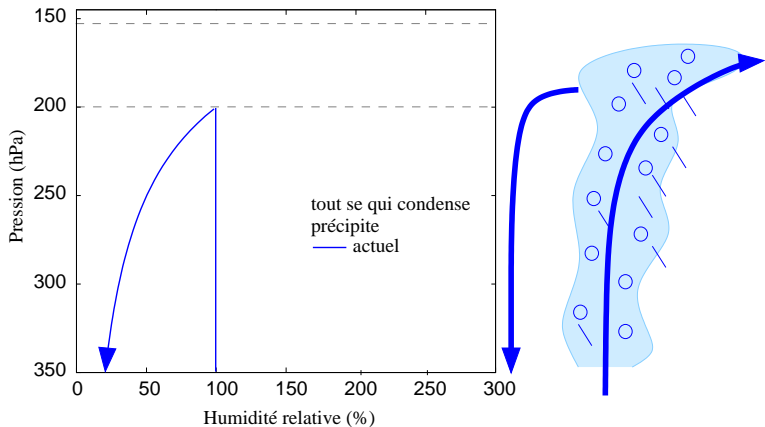


- ▶ La façon dont un biais humide impacte les projections dépend de la raison de ce biais

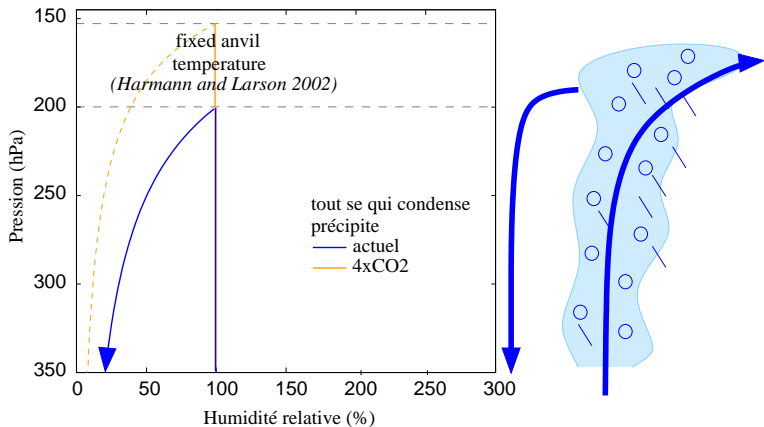
Quel impact sur les projections d'humidité?



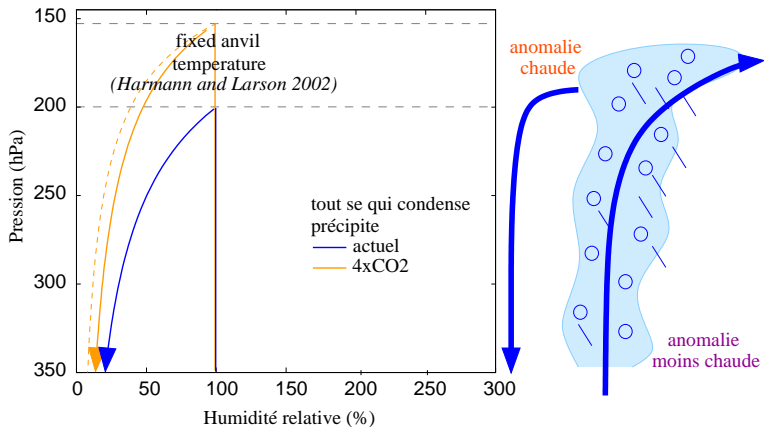
Quel impact sur les projections d'humidité?



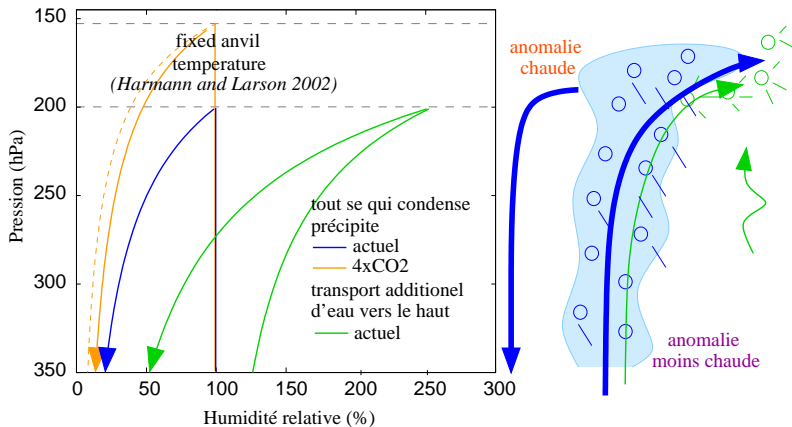
Quel impact sur les projections d'humidité?



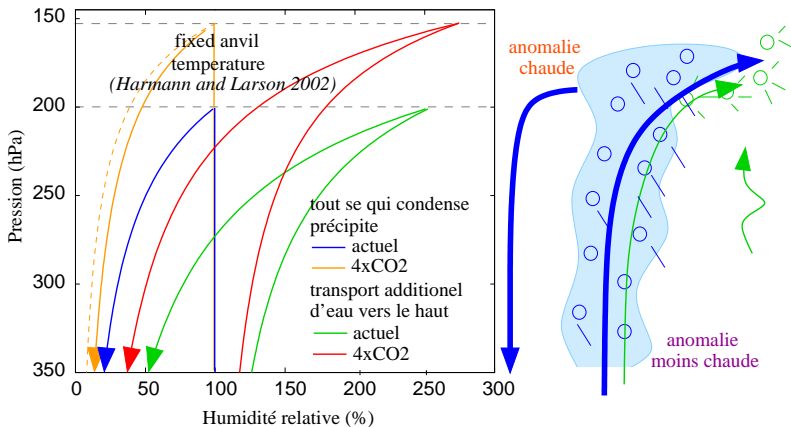
Quel impact sur les projections d'humidité?



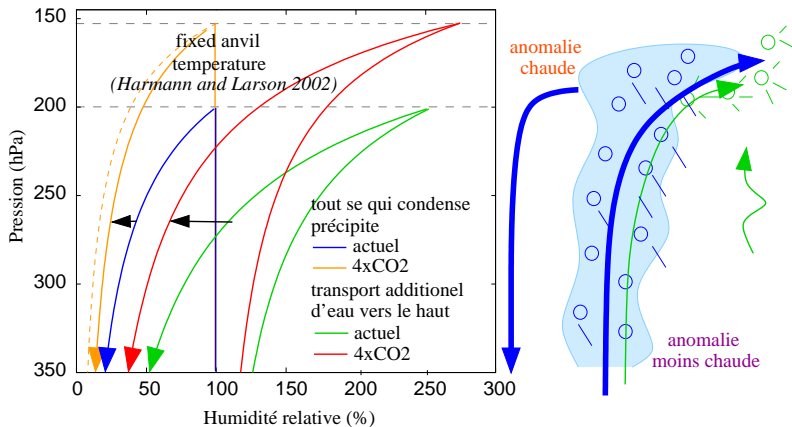
Quel impact sur les projections d'humidité?



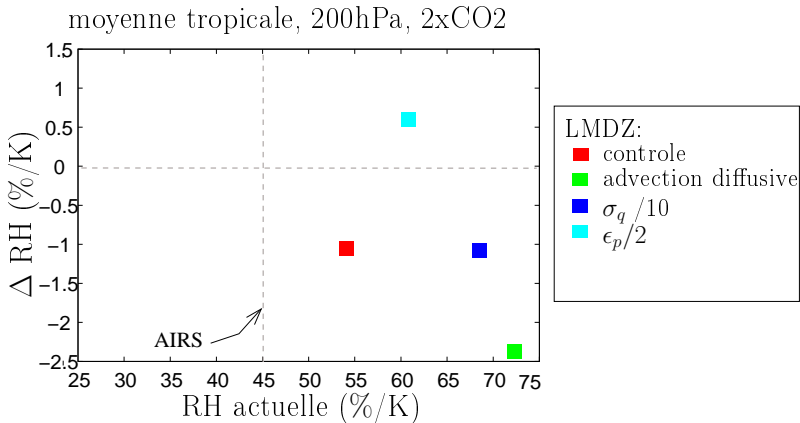
Quel impact sur les projections d'humidité?



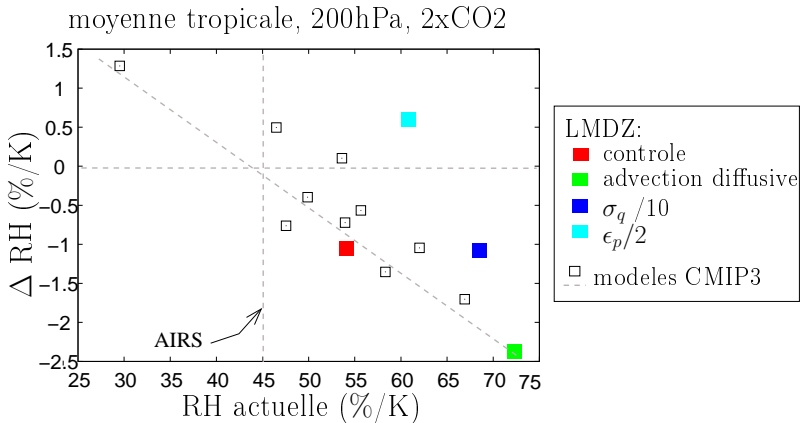
Quel impact sur les projections d'humidité?



Quel impact sur les projections d'humidité?



Quel impact sur les projections d'humidité?



Résumé sur l'humidité troposphérique

- ▶ Les mesures isotopiques dans la vapeur d'eau = diagnostic observationnel pour évaluer les processus contrôlant l'humidité dans les modèles

Résumé sur l'humidité troposphérique

- ▶ Les mesures isotopiques dans la vapeur d'eau = diagnostique observationnel pour évaluer les processus contrôlant l'humidité dans les modèles
- ▶ La diffusivité verticale trop forte est une cause fréquente du biais humide dans la moyenne et haute troposphère dans les modèles de climat

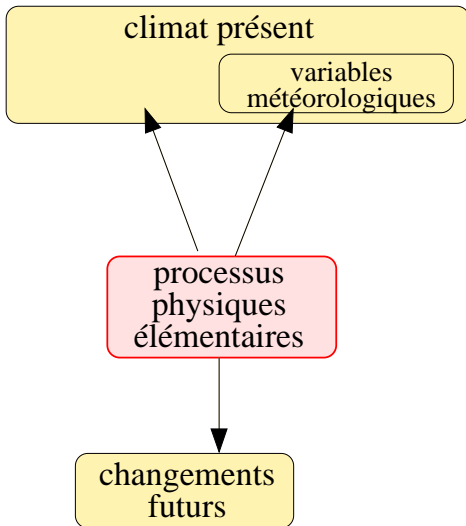
Résumé sur l'humidité troposphérique

- ▶ Les mesures isotopiques dans la vapeur d'eau = diagnostique observationnel pour évaluer les processus contrôlant l'humidité dans les modèles
- ▶ La diffusivité verticale trop forte est une cause fréquente du biais humide dans la moyenne et haute troposphère dans les modèles de climat
- ▶ Comprendre les raisons des biais est important car les processus contrôlant l'humidité pour le climat actuel impactent les projections futures

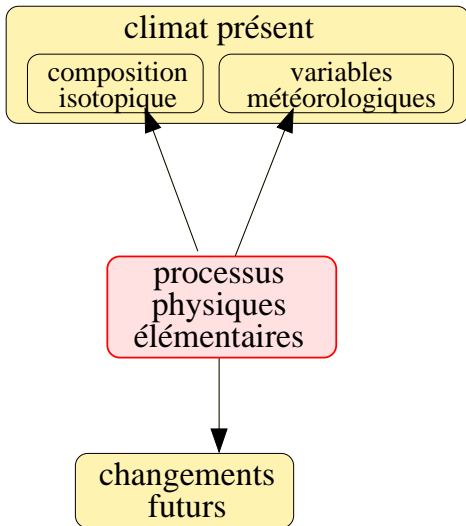
Résumé sur l'humidité troposphérique

- ▶ Les mesures isotopiques dans la vapeur d'eau = diagnostique observationnel pour évaluer les processus contrôlant l'humidité dans les modèles
- ▶ La diffusivité verticale trop forte est une cause fréquente du biais humide dans la moyenne et haute troposphère dans les modèles de climat
- ▶ Comprendre les raisons des biais est important car les processus contrôlant l'humidité pour le climat actuel impactent les projections futures
- ▶ Quelles conséquences sur la sensibilité climatique?
-> étude avec des rétroactions avec la méthode des kernels radiatifs

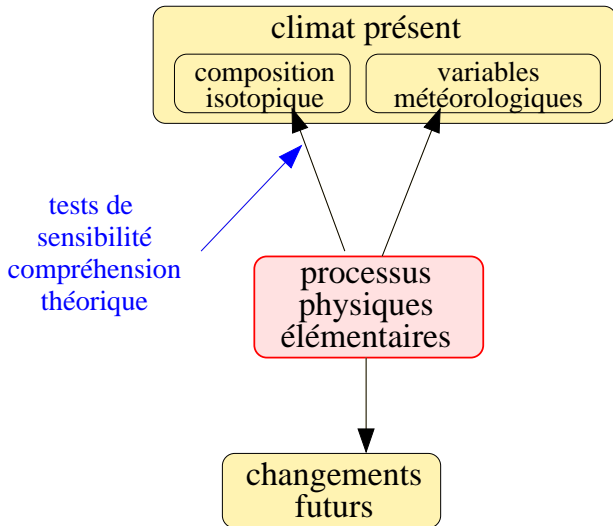
Résumé méthodologique



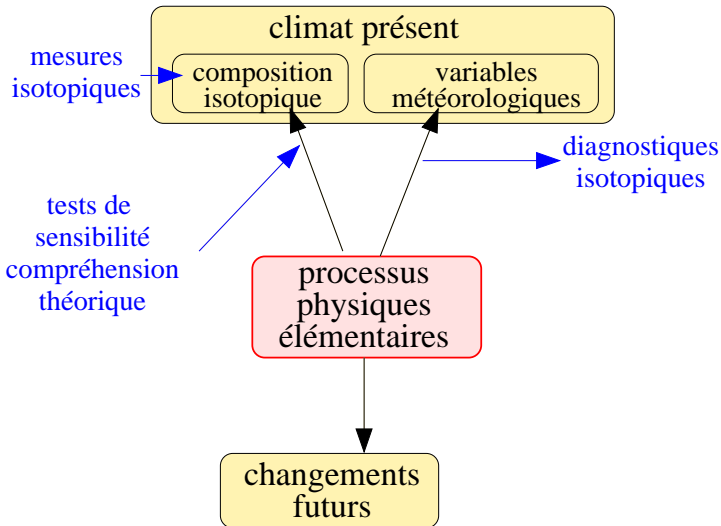
Résumé méthodologique



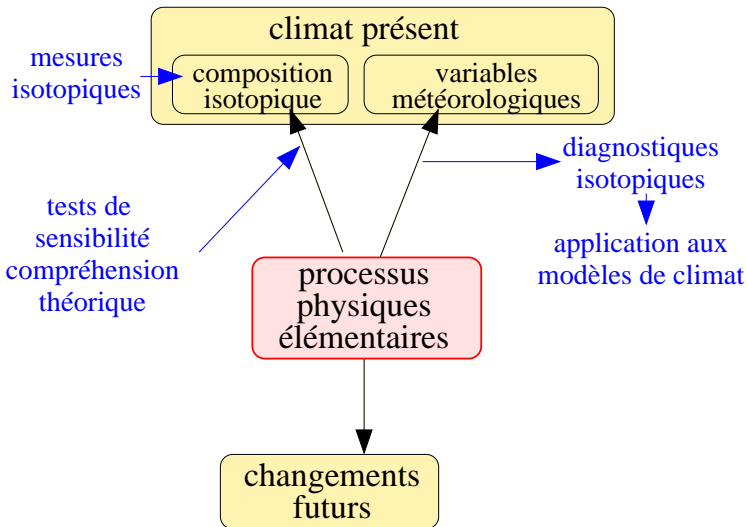
Résumé méthodologique



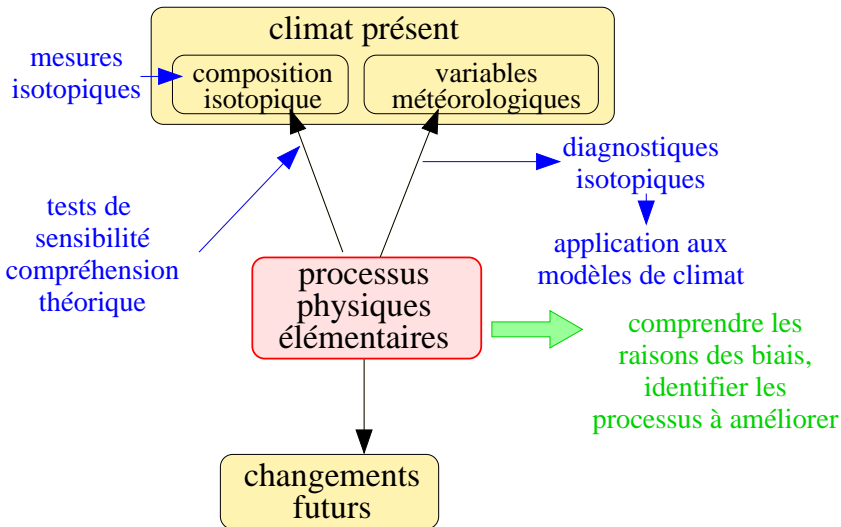
Résumé méthodologique



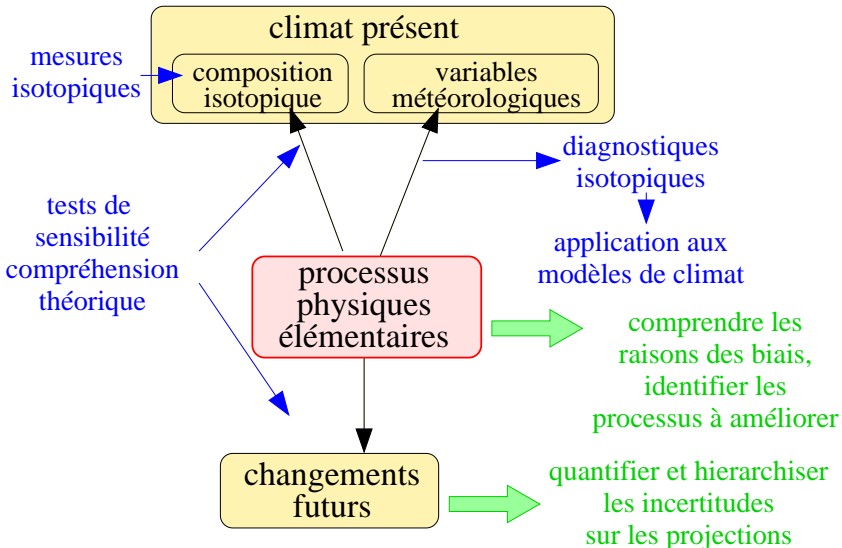
Résumé méthodologique



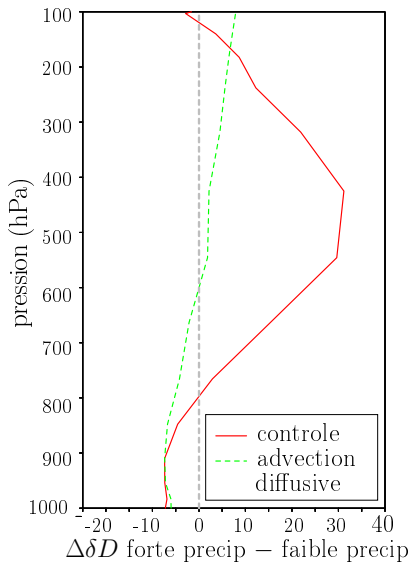
Résumé méthodologique



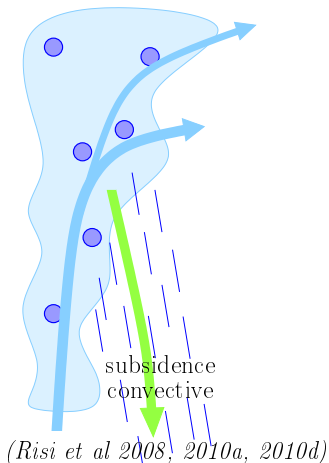
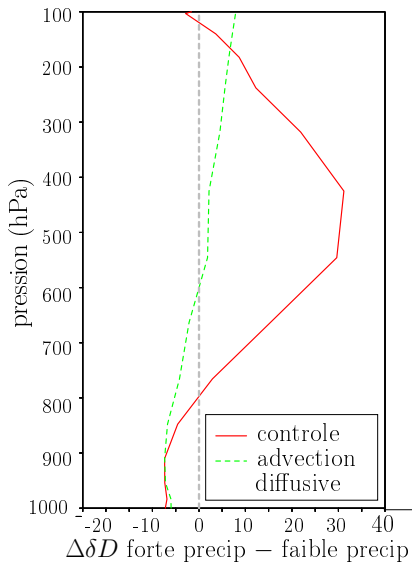
Résumé méthodologique



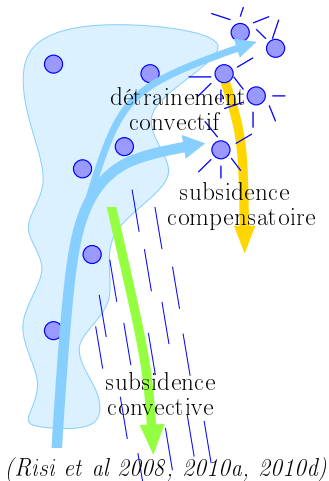
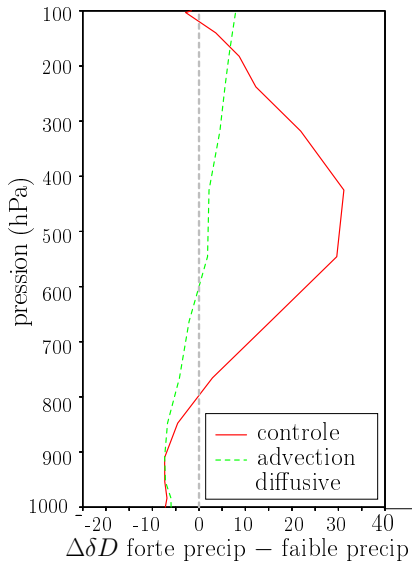
Signature isotopique de la convection



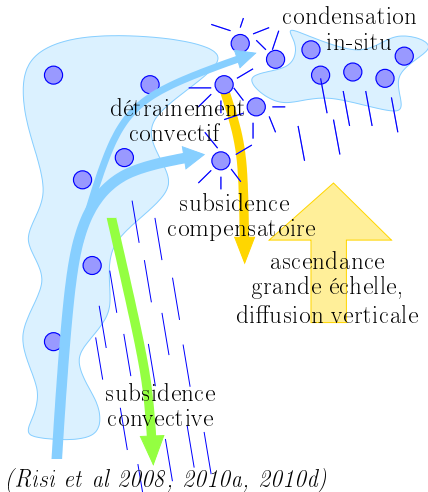
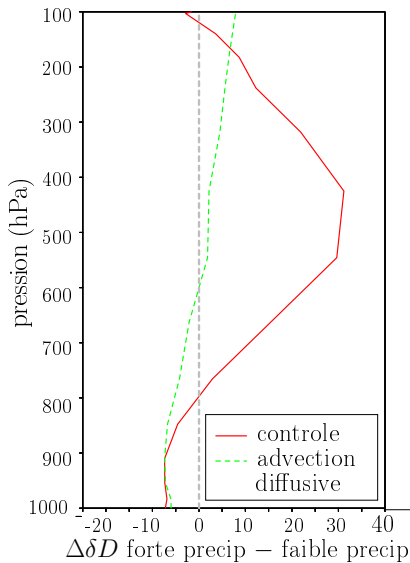
Signature isotopique de la convection



Signature isotopique de la convection



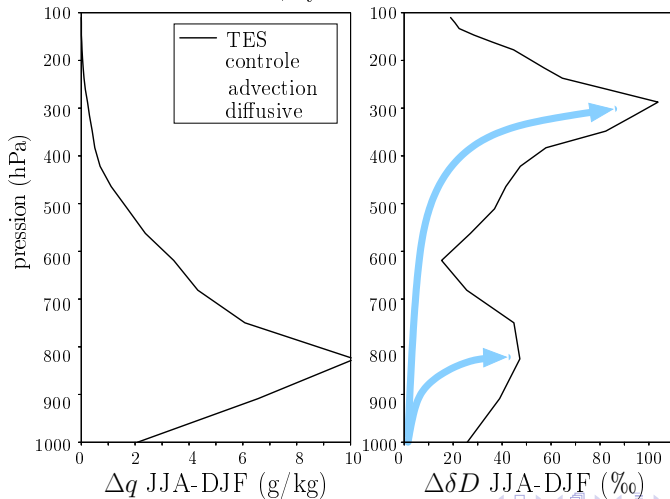
Signature isotopique de la convection



Nouveaux profils TES

- ▶ restitution conjointe de H_2O , HDO et CH_4 permettant d'obtenir des profils dans la troposphère (*John Worden, JPL*)

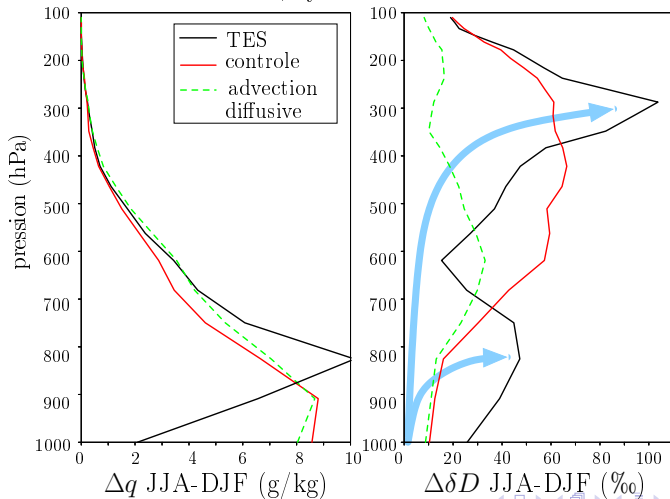
Sahel, cycle saisonnier



Nouveaux profils TES

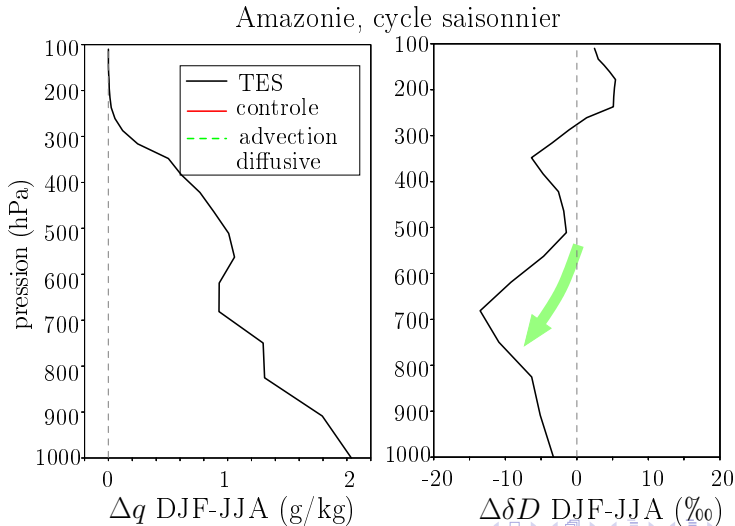
- ▶ restitution conjointe de H_2O , HDO et CH_4 permettant d'obtenir des profils dans la troposphère (*John Worden, JPL*)

Sahel, cycle saisonnier



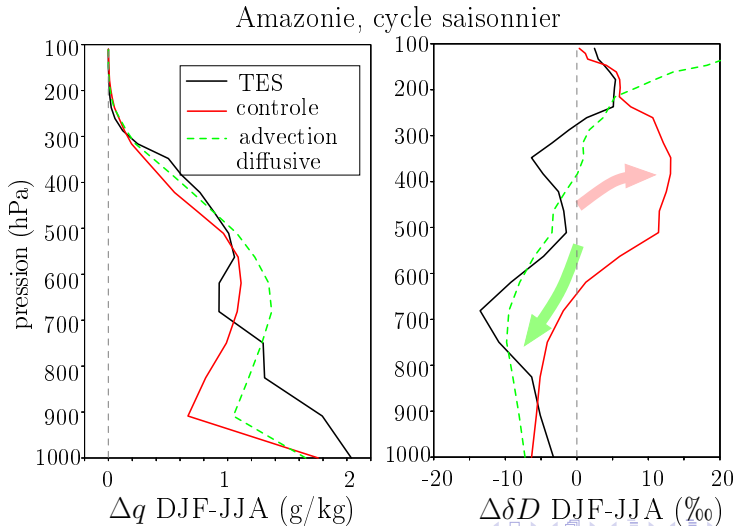
Nouveaux profils TES

- ▶ restitution conjointe de H_2O , HDO et CH_4 permettant d'obtenir des profils dans la troposphère (*John Worden, JPL*)



Nouveaux profils TES

- ▶ restitution conjointe de H_2O , HDO et CH_4 permettant d'obtenir des profils dans la troposphère (*John Worden, JPL*)



Perspectives

- ▶ Nouvelles données
 - ▶ nouveaux profils TES

Perspectives

- ▶ Nouvelles données
 - ▶ nouveaux profils TES
 - ▶ données haute fréquence de télédétection au sol (ex: Darwin)
 - ▶ -> variabilité synoptique, intra-saisonnière

Perspectives

- ▶ Nouvelles données
 - ▶ nouveaux profils TES
 - ▶ données haute fréquence de télédétection au sol (ex: Darwin)
 - ▶ -> variabilité synoptique, intra-saisonnière
 - ▶ -> étude en 1D, utilisation des données/forçages TWP-ice

Perspectives

- ▶ Nouvelles données
 - ▶ nouveaux profils TES
 - ▶ données haute fréquence de télédétection au sol (ex: Darwin)
 - ▶ -> variabilité synoptique, intra-saisonnière
 - ▶ -> étude en 1D, utilisation des données/forçages TWP-ice
- ▶ Nouvelle méthodologie de comparaison modèle/données

observations

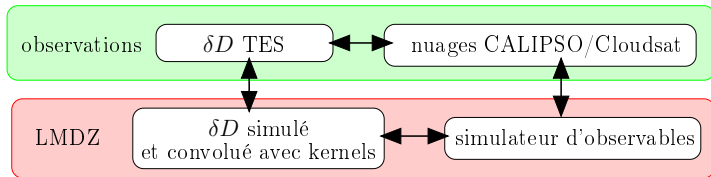
δD TES



nuages CALIPSO/Cloudsat

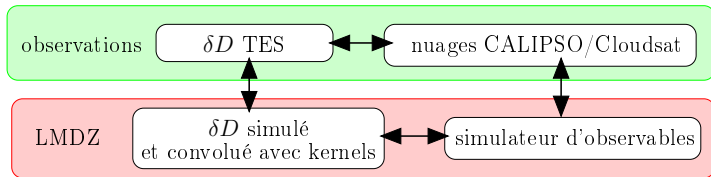
Perspectives

- ▶ Nouvelles données
 - ▶ nouveaux profils TES
 - ▶ données haute fréquence de télédétection au sol (ex: Darwin)
 - ▶ -> variabilité synoptique, intra-saisonnaire
 - ▶ -> étude en 1D, utilisation des données/forçages TWP-ice
- ▶ Nouvelle méthodologie de comparaison modèle/données



Perspectives

- ▶ Nouvelles données
 - ▶ nouveaux profils TES
 - ▶ données haute fréquence de télédétection au sol (ex: Darwin)
 - ▶ -> variabilité synoptique, intra-saisonnière
 - ▶ -> étude en 1D, utilisation des données/forçages TWP-ice
- ▶ Nouvelle méthodologie de comparaison modèle/données



- ▶ Nouvelle physique d'LMDZ
 - > tests de sensibilité à la convection et à la couche limite