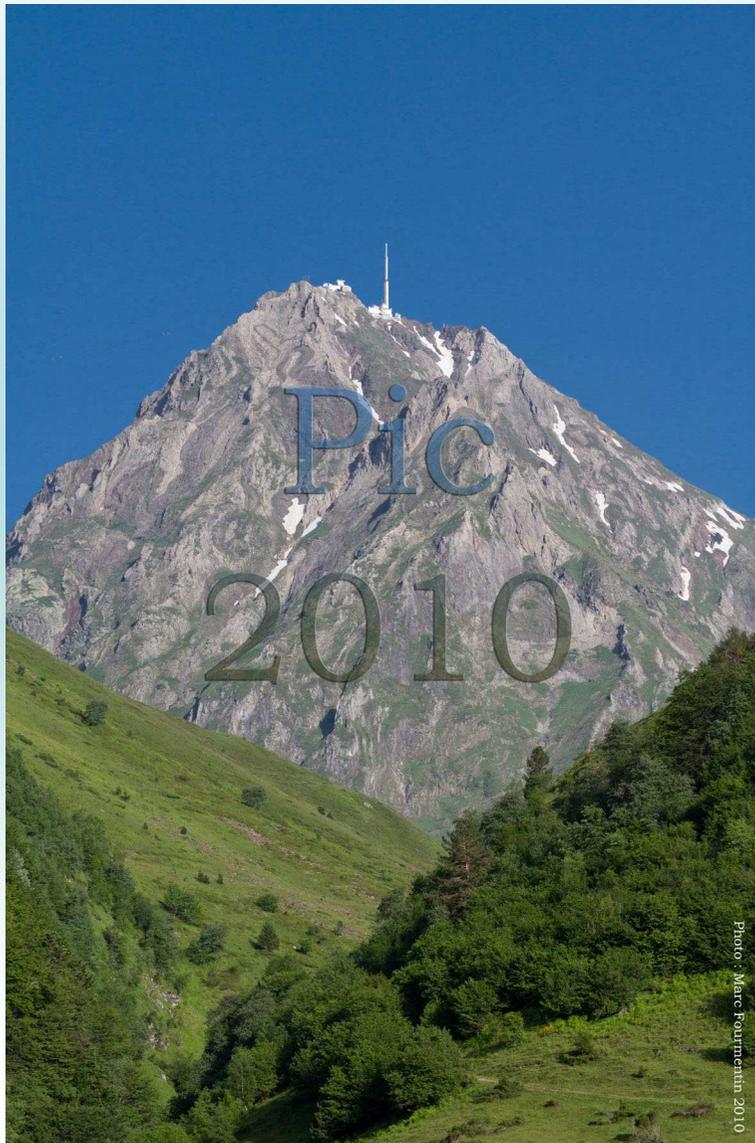


La campagne Pic 2010 : observation, modélisation et quantification de la ventilation orographique au-dessus des Pyrénées

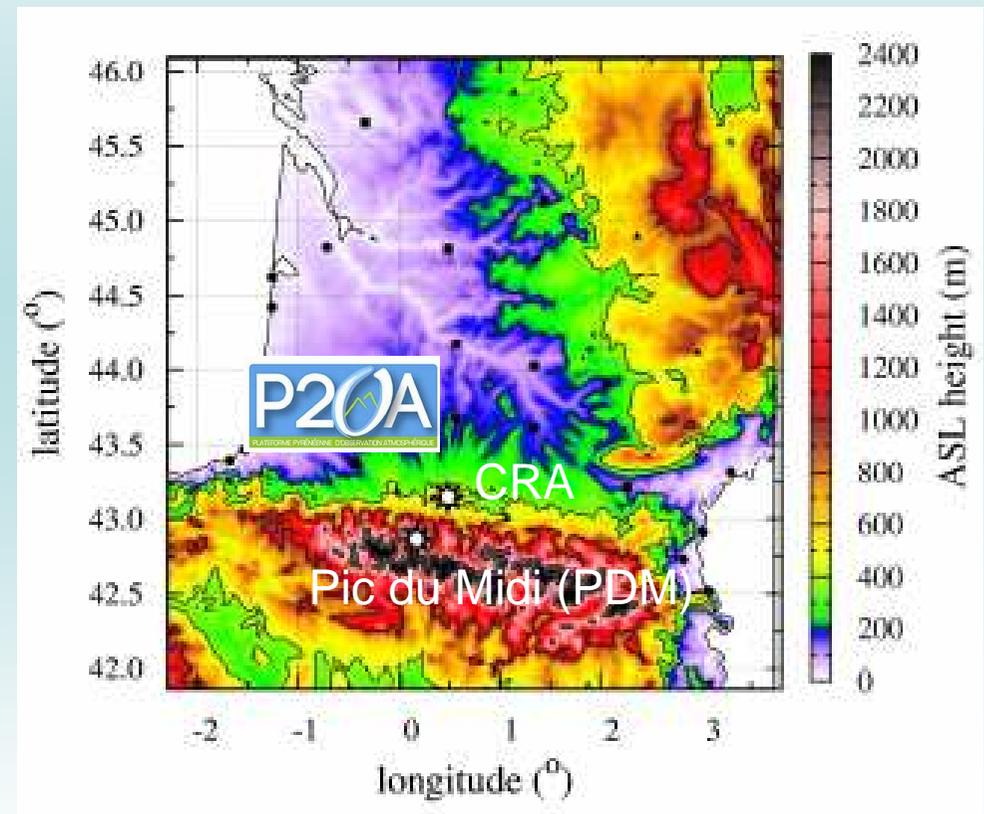


F. Gheusi, P. Augustin, F. Ravetta, G. Ancellet, Y. Bezombes, B. Campistron, S. Derrien, M. Fourmentin, T. Leonardo, C. Przygodsky, C. Rufin-Soler, F. Saïd.



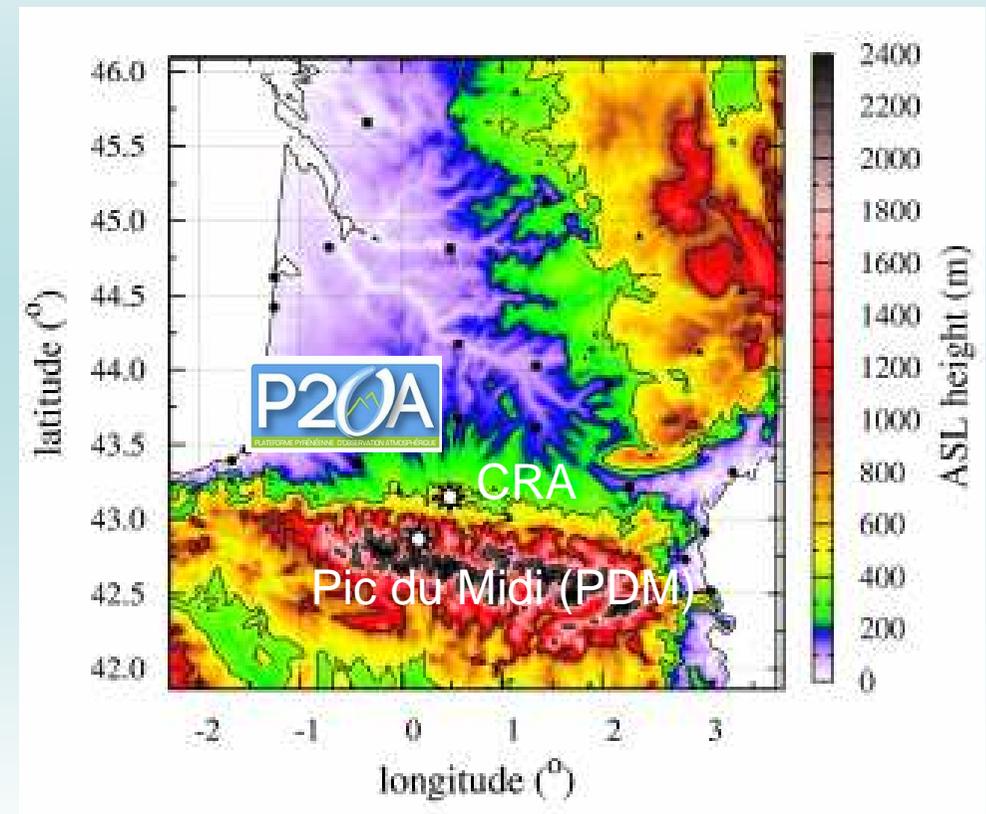
La campagne Pic 2010

- 7 au 16 juillet 2010 sur les sites P2OA



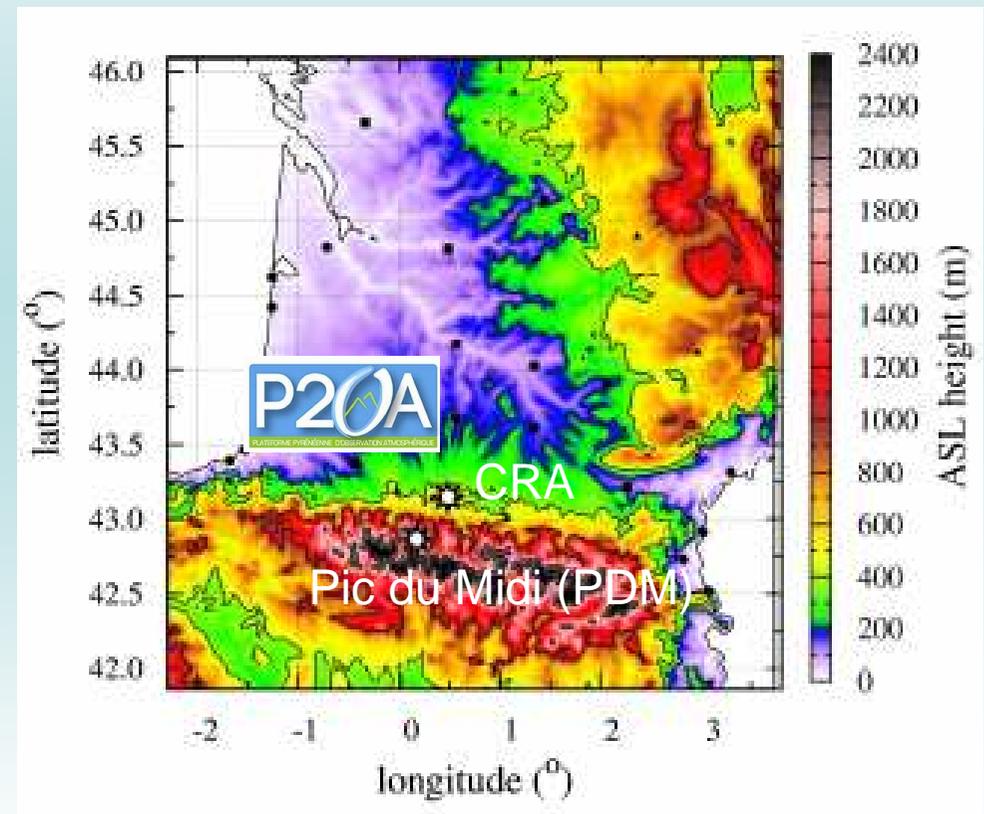
La campagne Pic 2010

- 7 au 16 juillet 2010 sur les sites P2OA
- Objectifs :



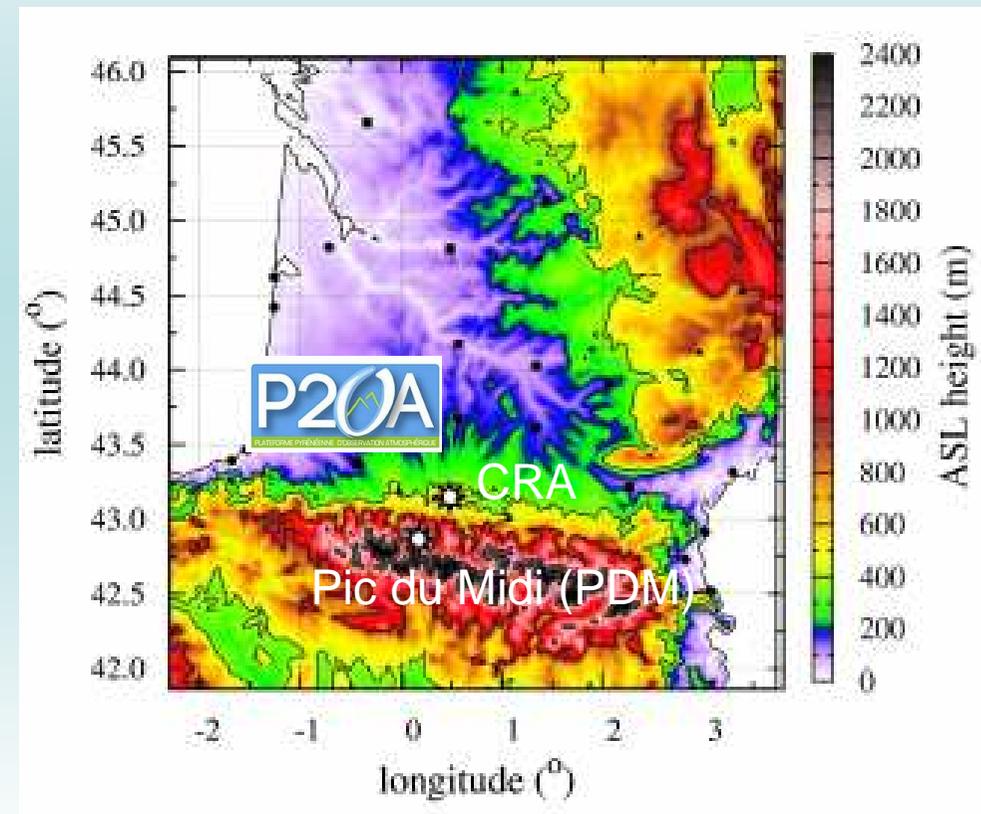
La campagne Pic 2010

- 7 au 16 juillet 2010 sur les sites P2OA
- Objectifs :
 - apprécier la représentativité de mesures en surface au sommet du Pic du Midi vis-à-vis des conditions régnant en tropo libre au dessus de la plaine



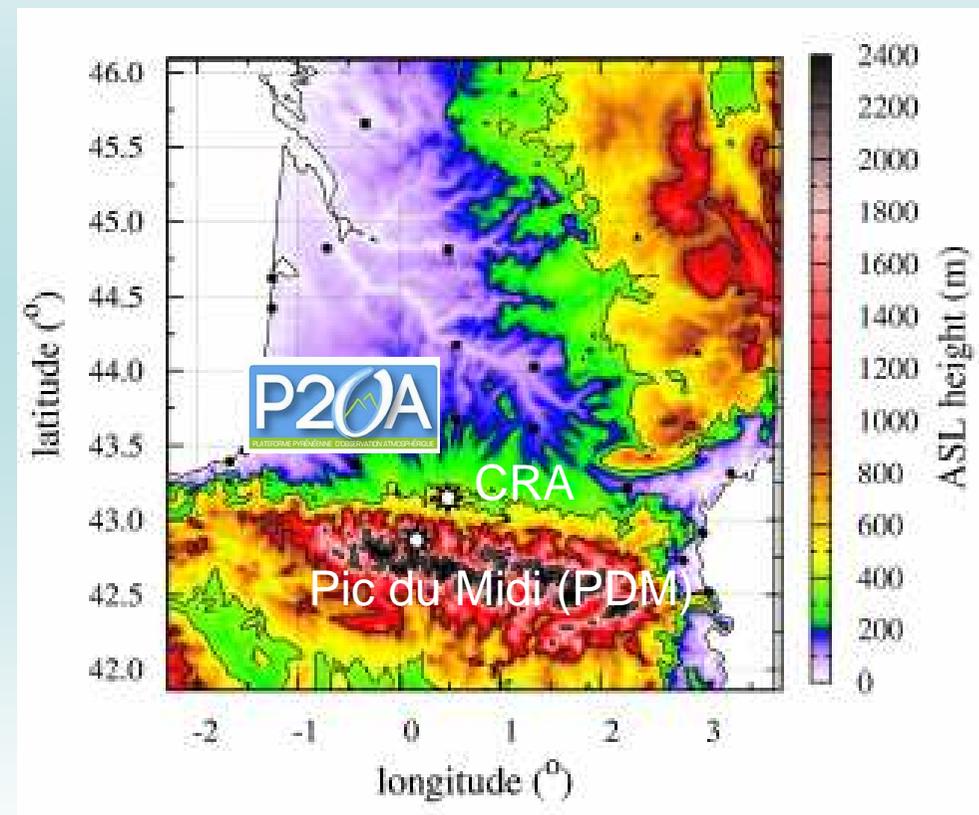
La campagne Pic 2010

- 7 au 16 juillet 2010 sur les sites P2OA
 - Objectifs :
 - apprécier la représentativité de mesures en surface au sommet du Pic du Midi vis-à-vis des conditions régnant en tropo libre au dessus de la plaine
- documenter et quantifier la ventilation orographique des Pyrénées : échanges plaine / montagne et couche limite / troposphère libre.



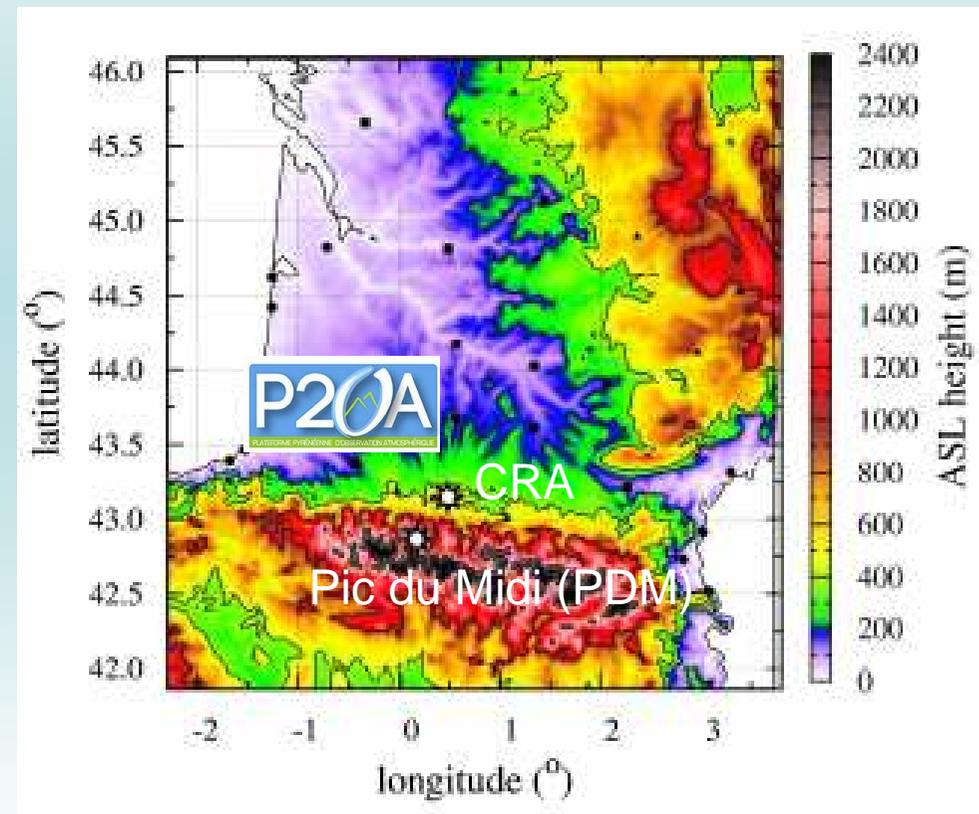
La campagne Pic 2010

- 7 au 16 juillet 2010 sur les sites P2OA
- Objectifs :
 - apprécier la représentativité de mesures en surface au sommet du Pic du Midi vis-à-vis des conditions régnant en tropo libre au dessus de la plaine
 - documenter et quantifier la ventilation orographique des Pyrénées : échanges plaine / montagne et couche limite / troposphère libre.

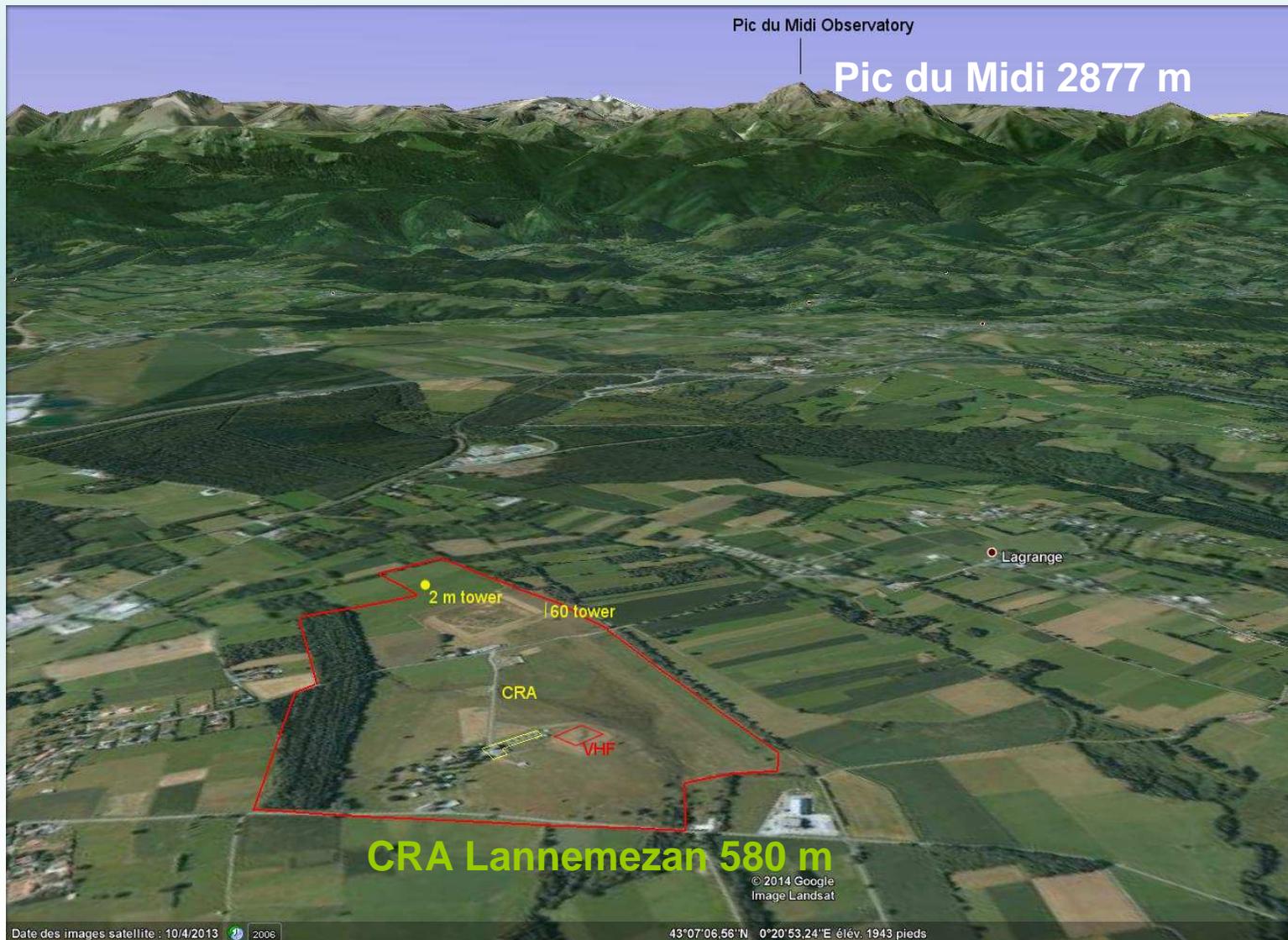


La campagne Pic 2010

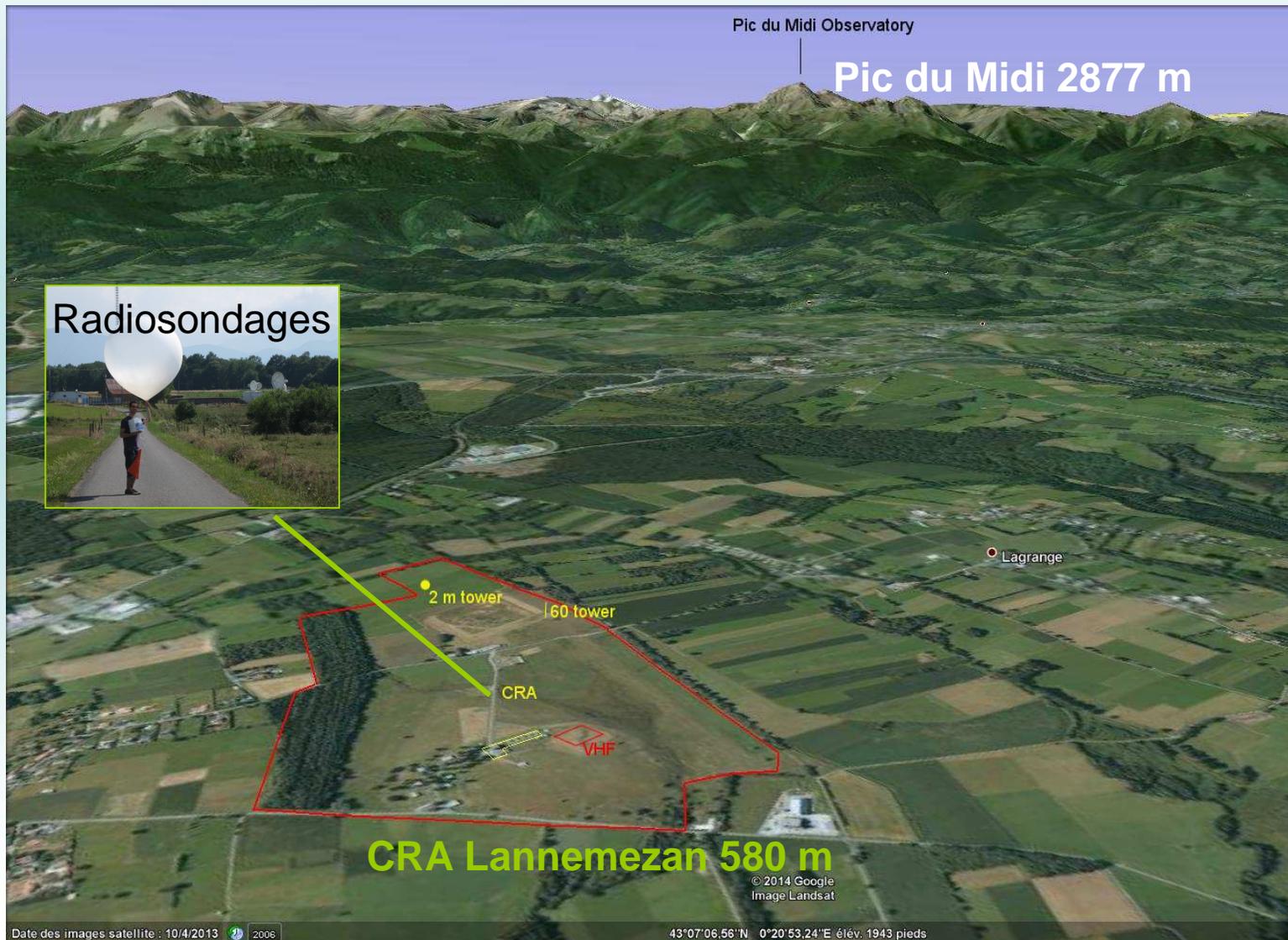
- 7 au 16 juillet 2010 sur les sites P2OA
 - Objectifs :
 - apprécier la représentativité de mesures en surface au sommet du Pic du Midi vis-à-vis des conditions régnant en tropo libre au dessus de la plaine
- documenter et quantifier la ventilation orographique des Pyrénées : échanges plaine / montagne et couche limite / troposphère libre.



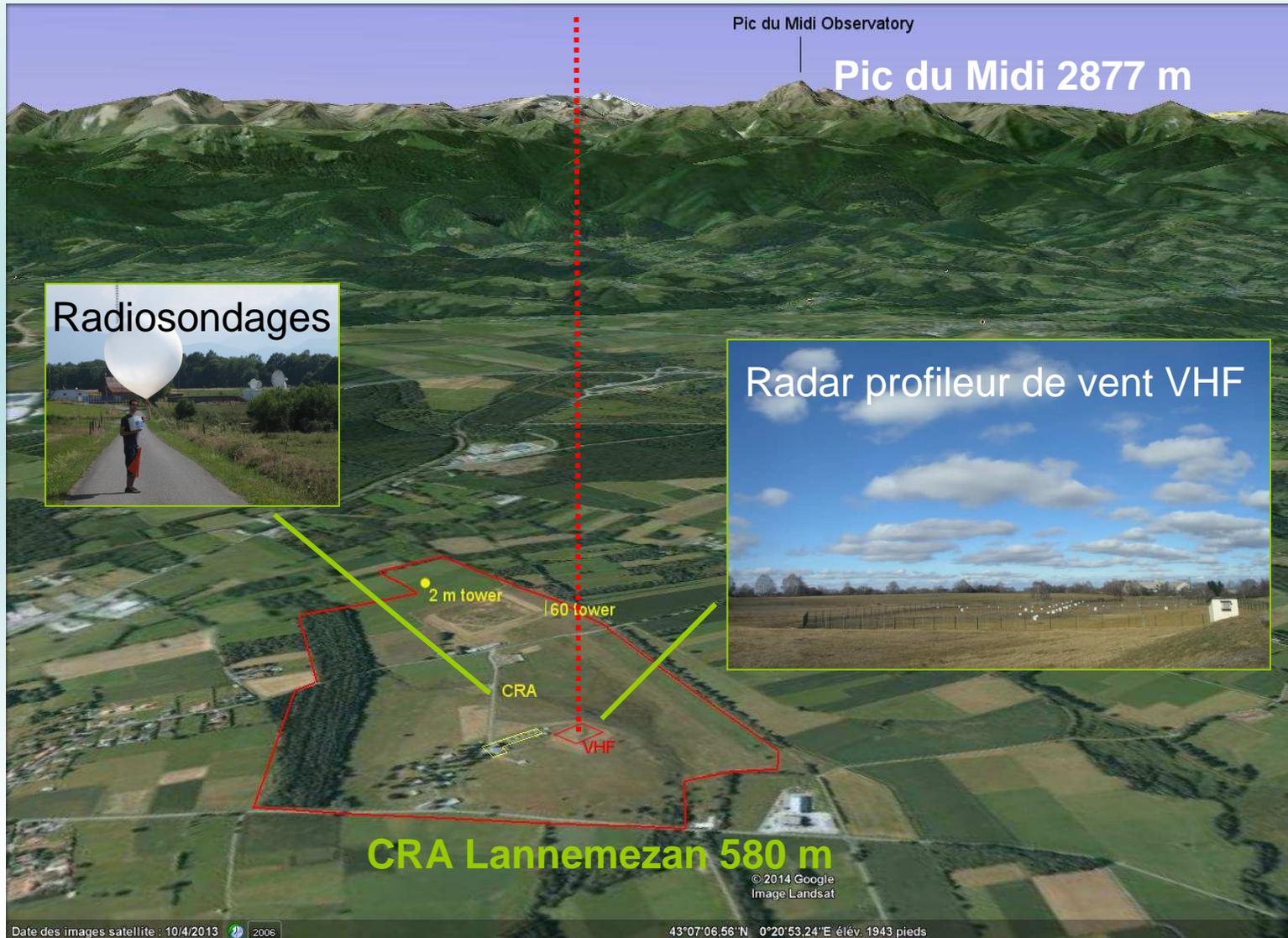
Sites de mesures et dispositif expérimental : CRA



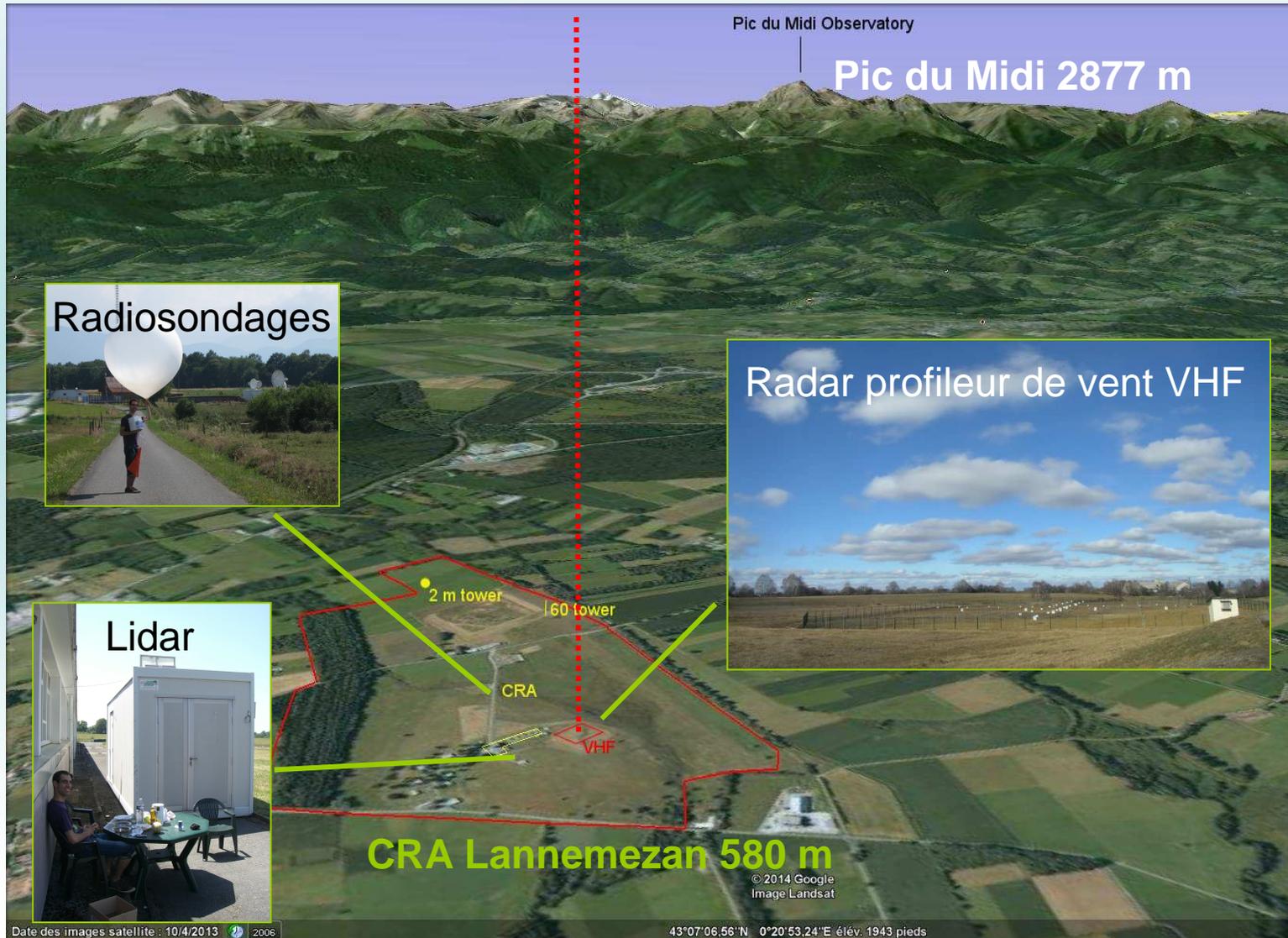
Sites de mesures et dispositif expérimental : CRA



Sites de mesures et dispositif expérimental : CRA



Sites de mesures et dispositif expérimental : CRA



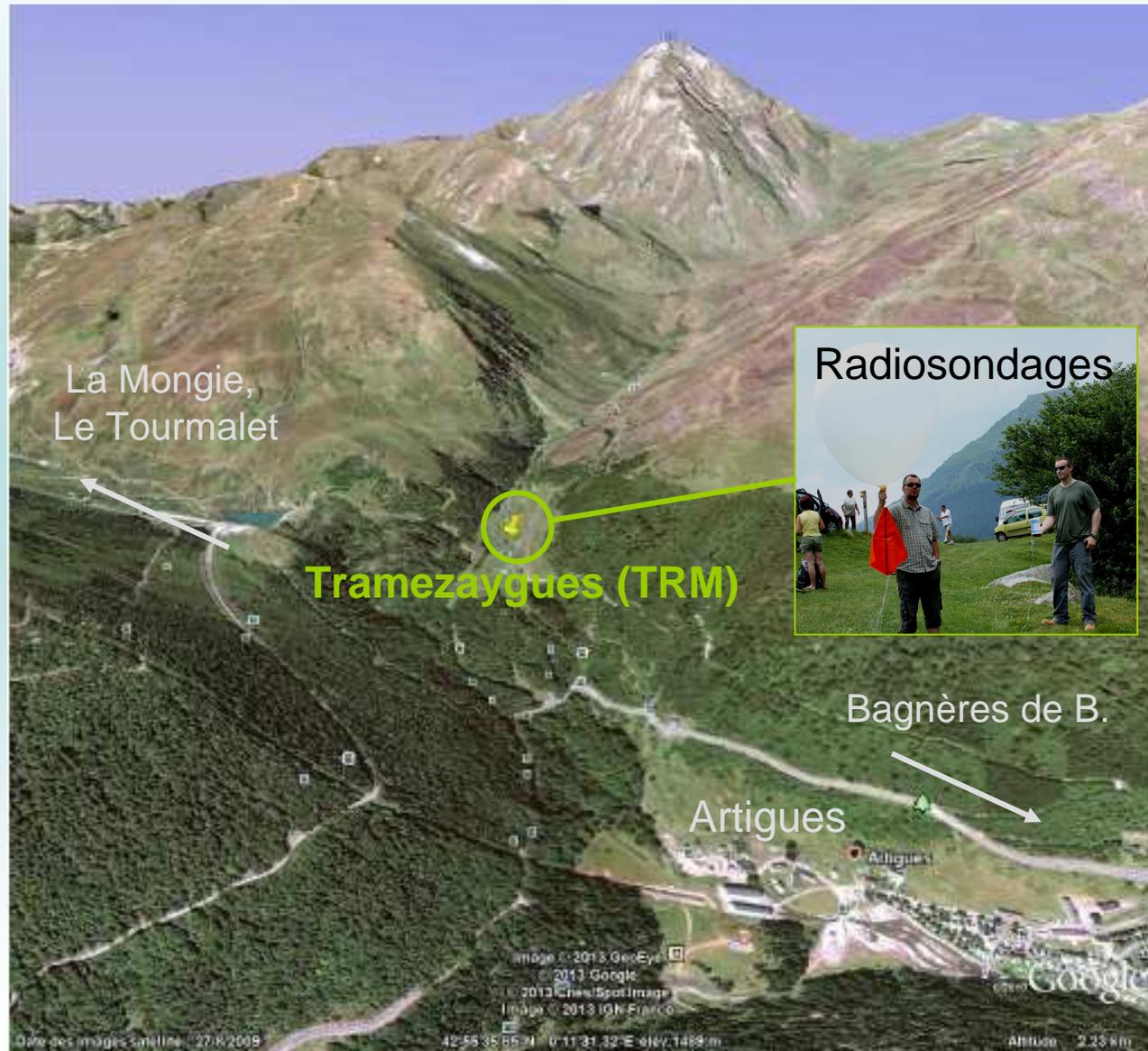
Sites de mesures et dispositif expérimental : PDM



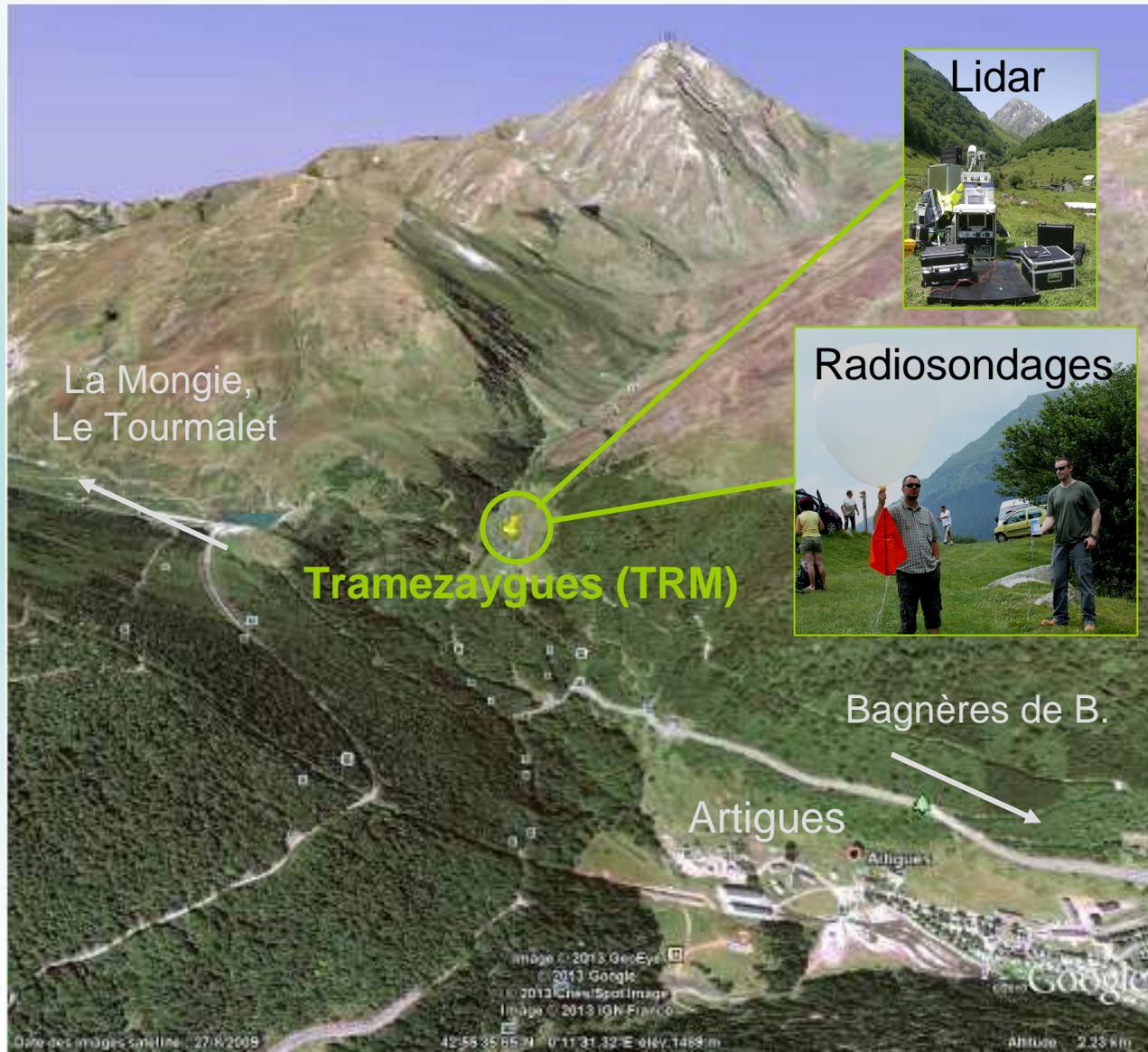
Sites de mesures et dispositif expérimental : PDM



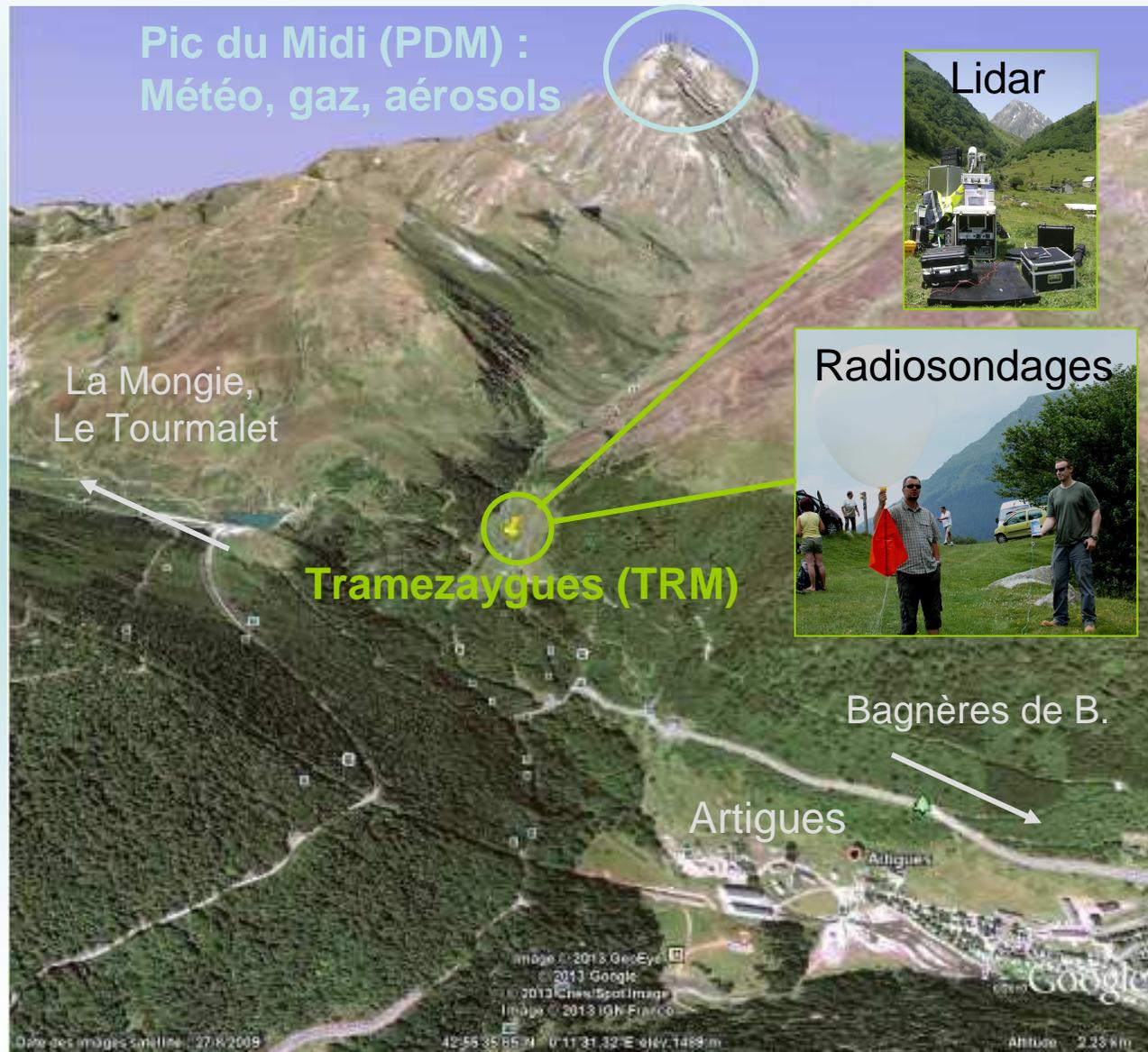
Sites de mesures et dispositif expérimental : PDM



Sites de mesures et dispositif expérimental : PDM



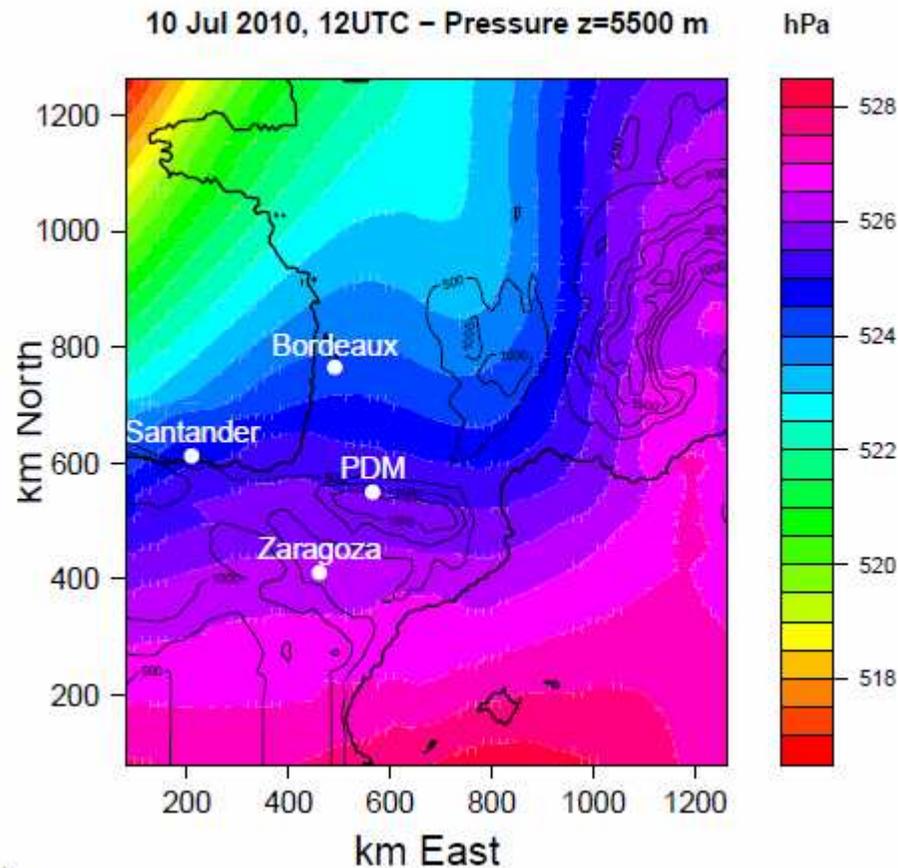
Sites de mesures et dispositif expérimental : PDM



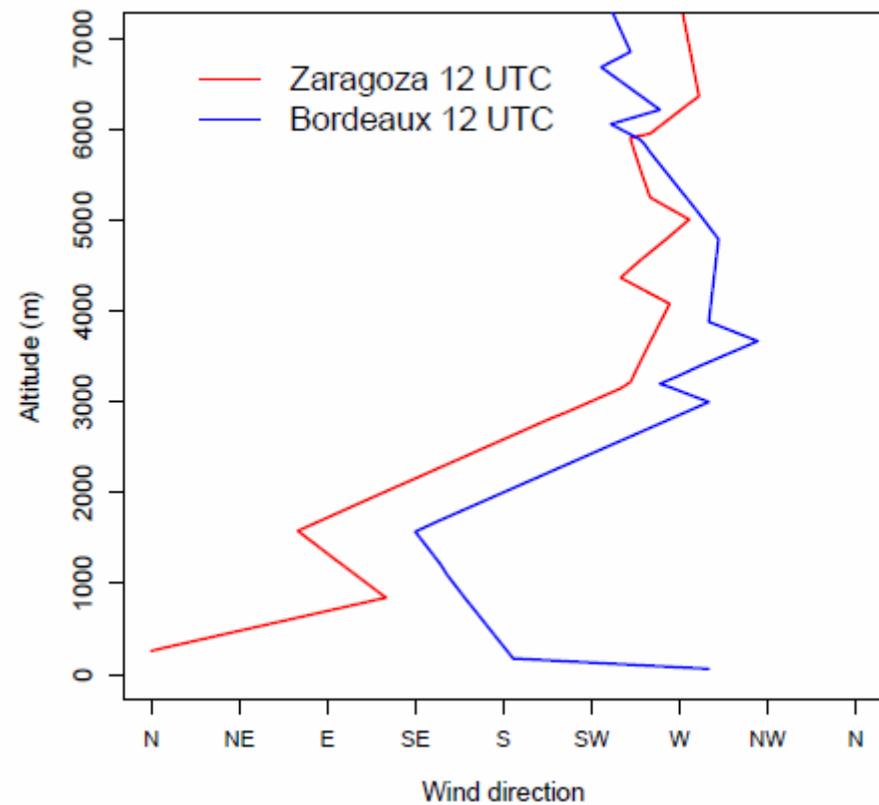
POI du 10 juillet 2010 : contexte synoptique

→ Beau temps, flux d'ouest faible au-dessus de 3000 m

ECMWF

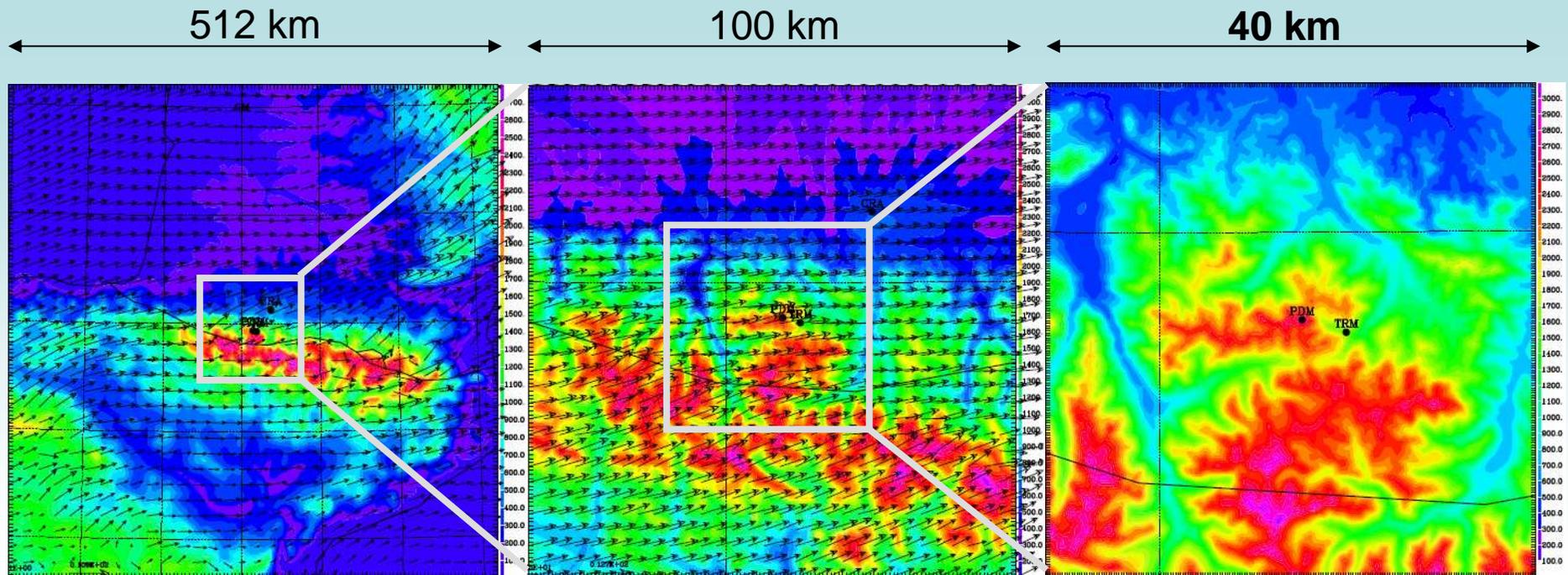


Radiosondages op.

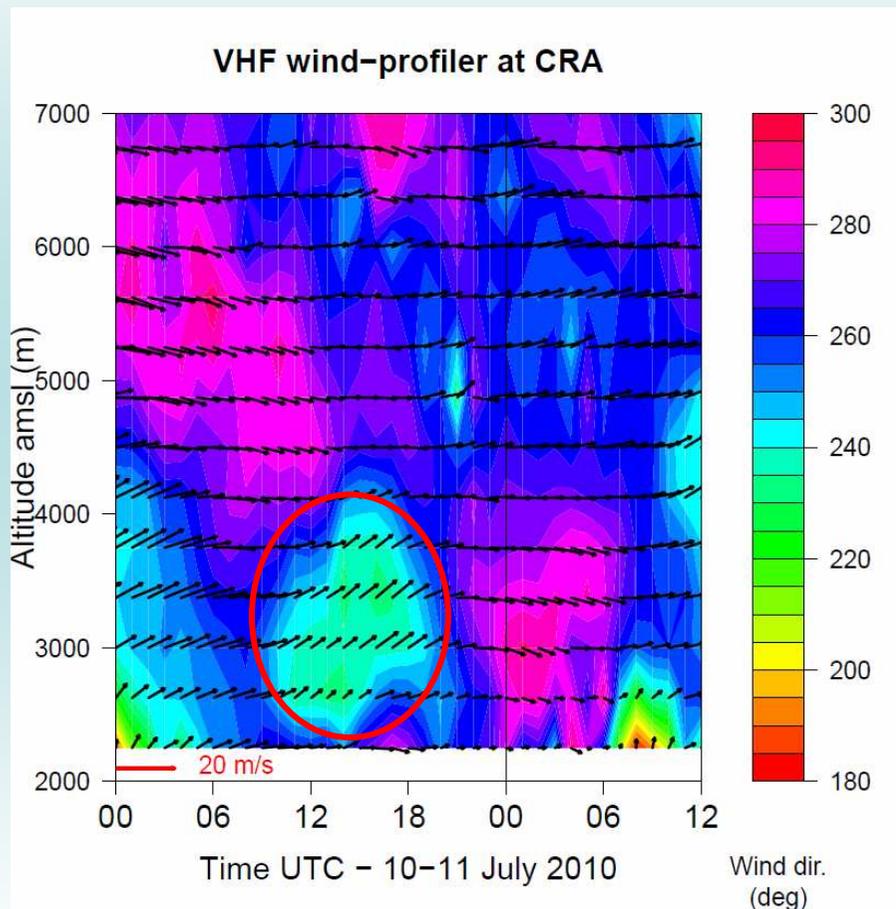


Configuration de Més0-NH

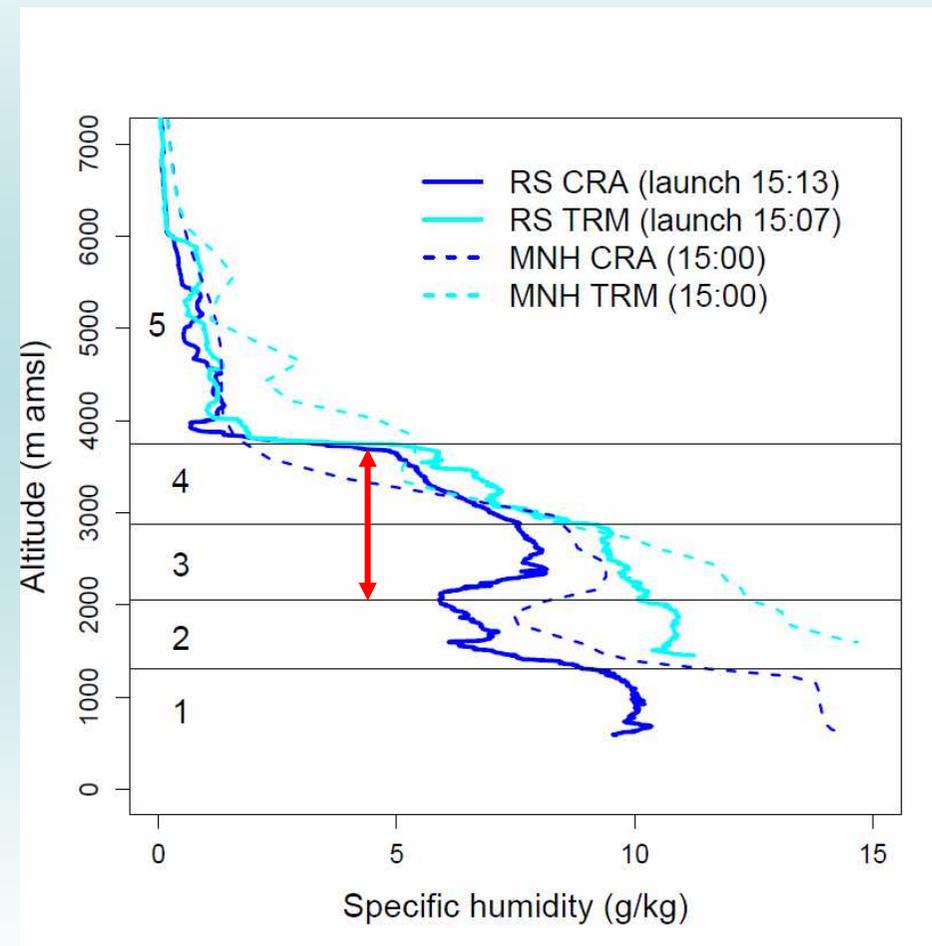
- Période : 10/07 00 UTC – 11/07 06 UTC
- Initialisation / couplage : ECMWF
- 3 modèles imbriqués, résolutions 4 km, 800 m et **200 m**, centrés sur le Pic du Midi (PDM à 2780 m dans le modèle fin)
- Approche globale du transport dans le modèle fin : **moyennes sur le domaine de 40 x 40 km**



Profils de vent et d'humidité sur la zone cible



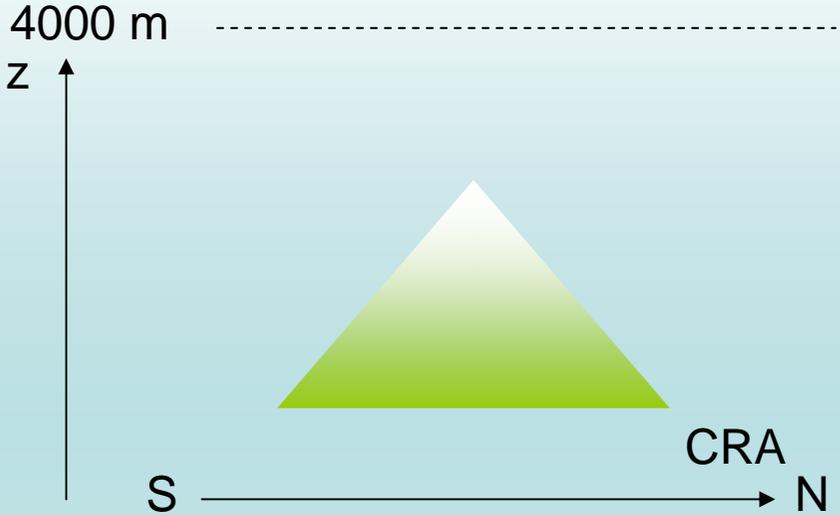
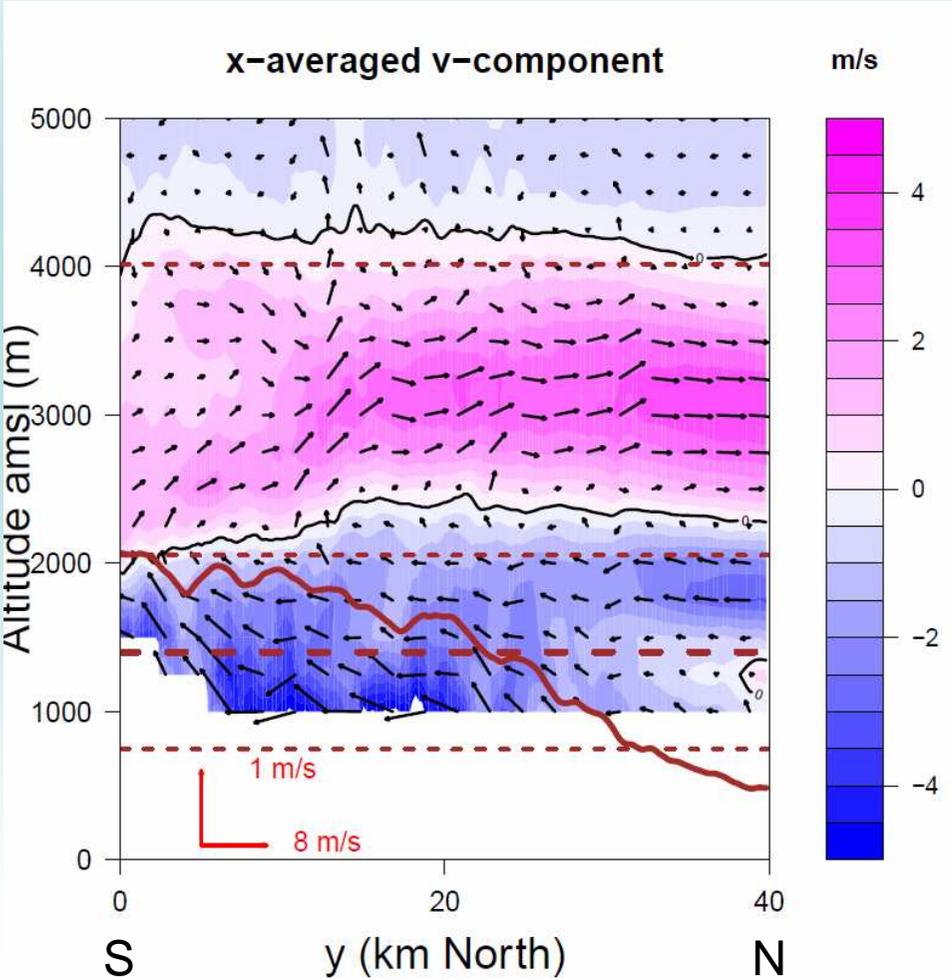
Composante sud entre 2 et 4 km
entre 11 et 18 UTC



Couche humide (+ ~2 g/kg) exportée
depuis les Pyrénées vers le piémont

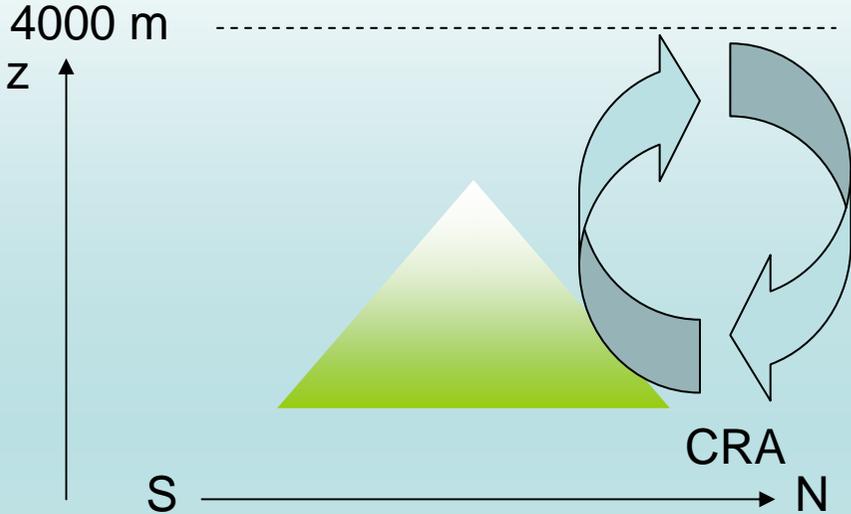
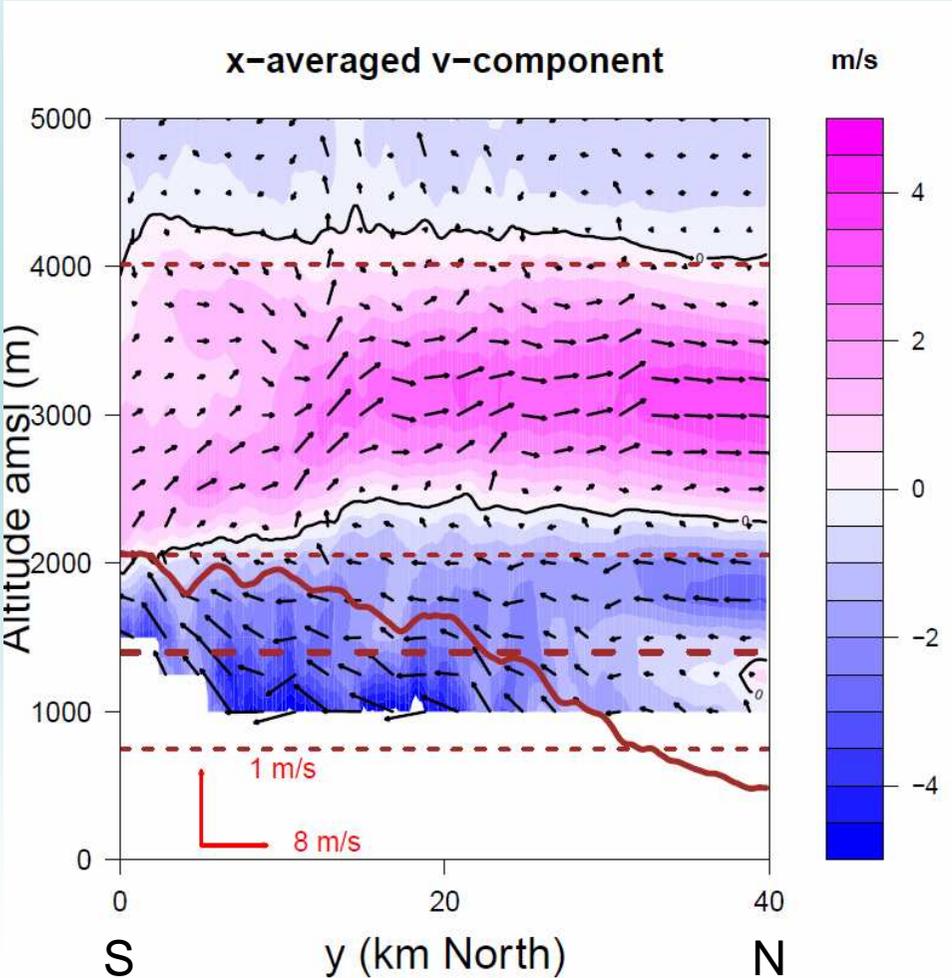
Systeme de circulation thermique plaine / montagne

Circulation meridienne moyennée sur 40 km



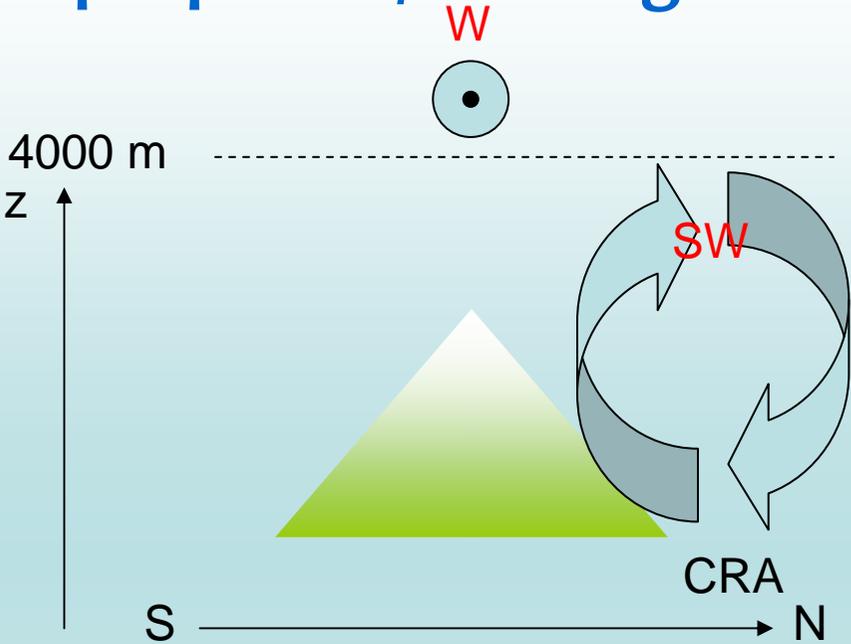
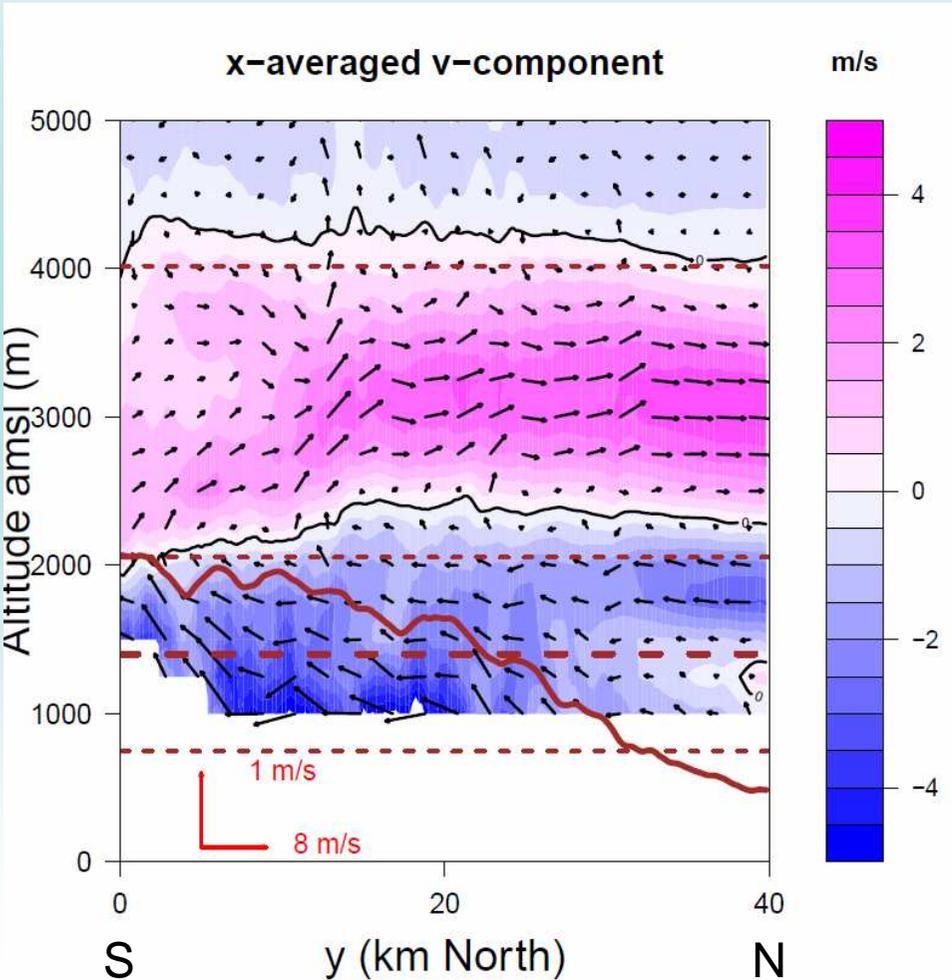
Systeme de circulation thermique plaine / montagne

Circulation meridienne moyennée sur 40 km



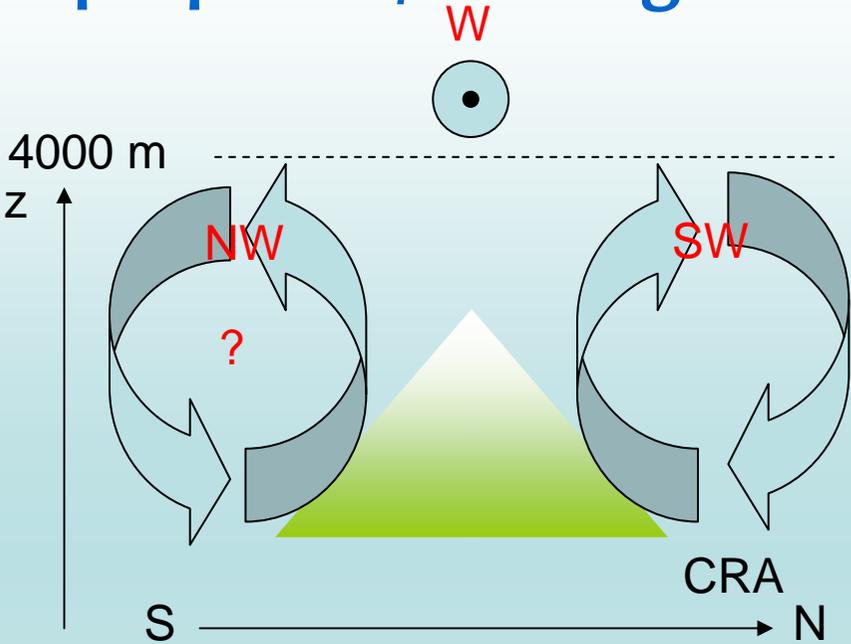
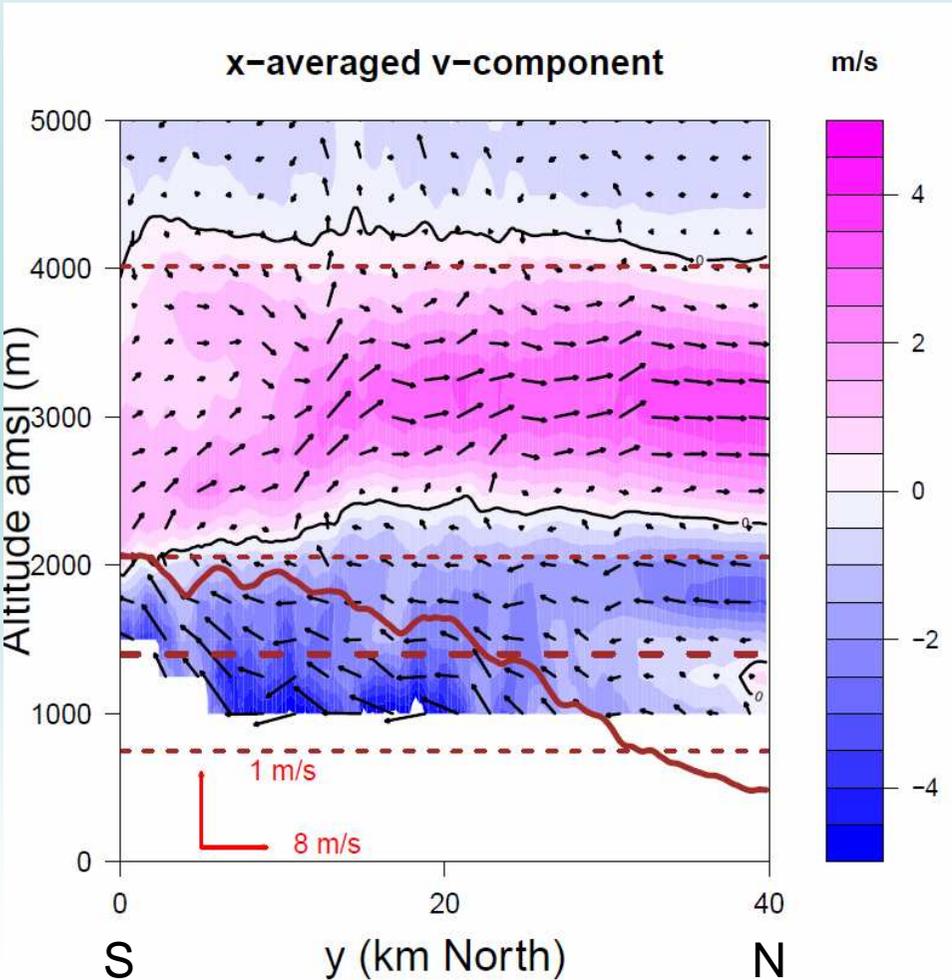
Systeme de circulation thermique plaine / montagne

Circulation meridienne moyennée sur 40 km



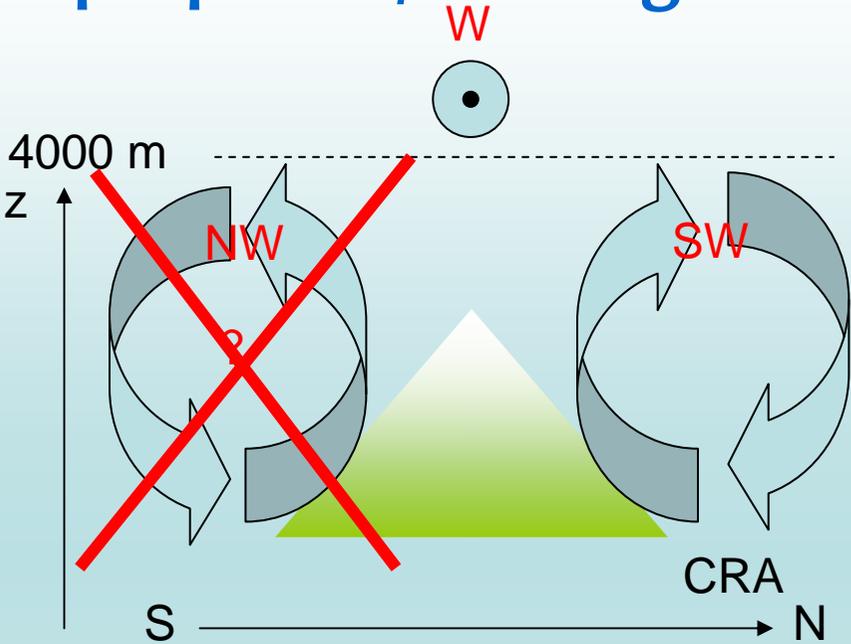
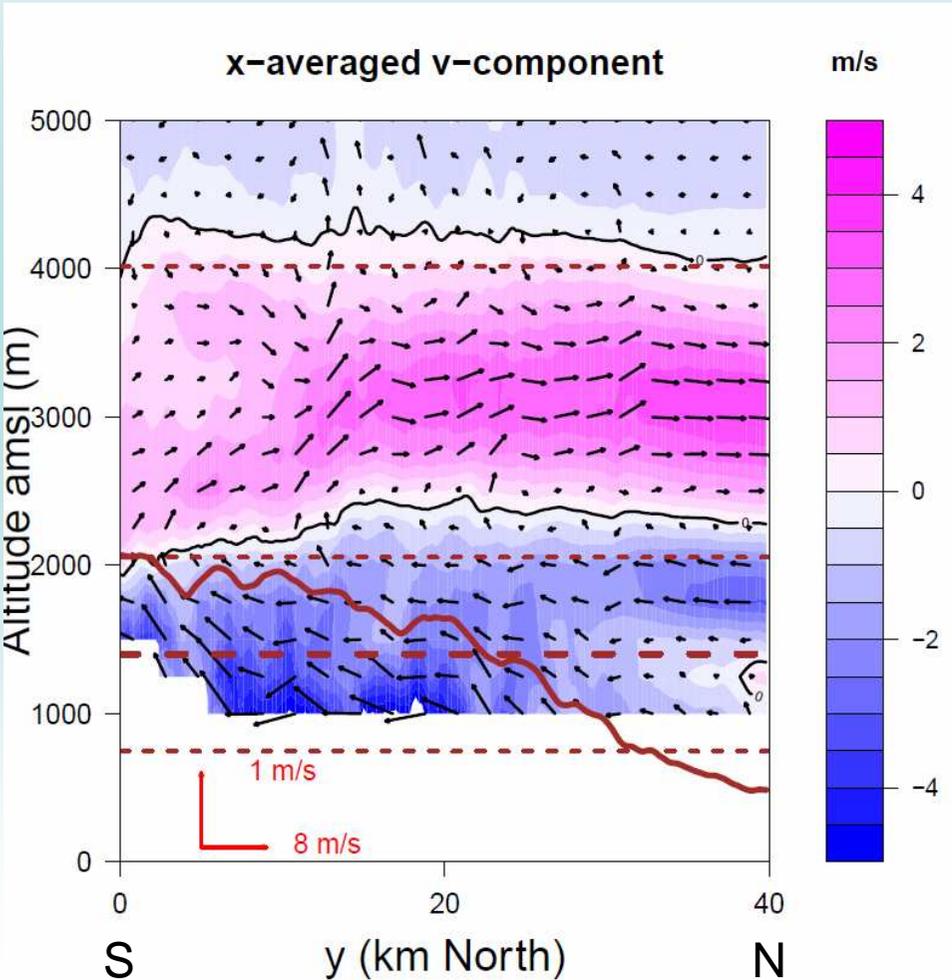
Systeme de circulation thermique plaine / montagne

Circulation meridienne moyennée sur 40 km



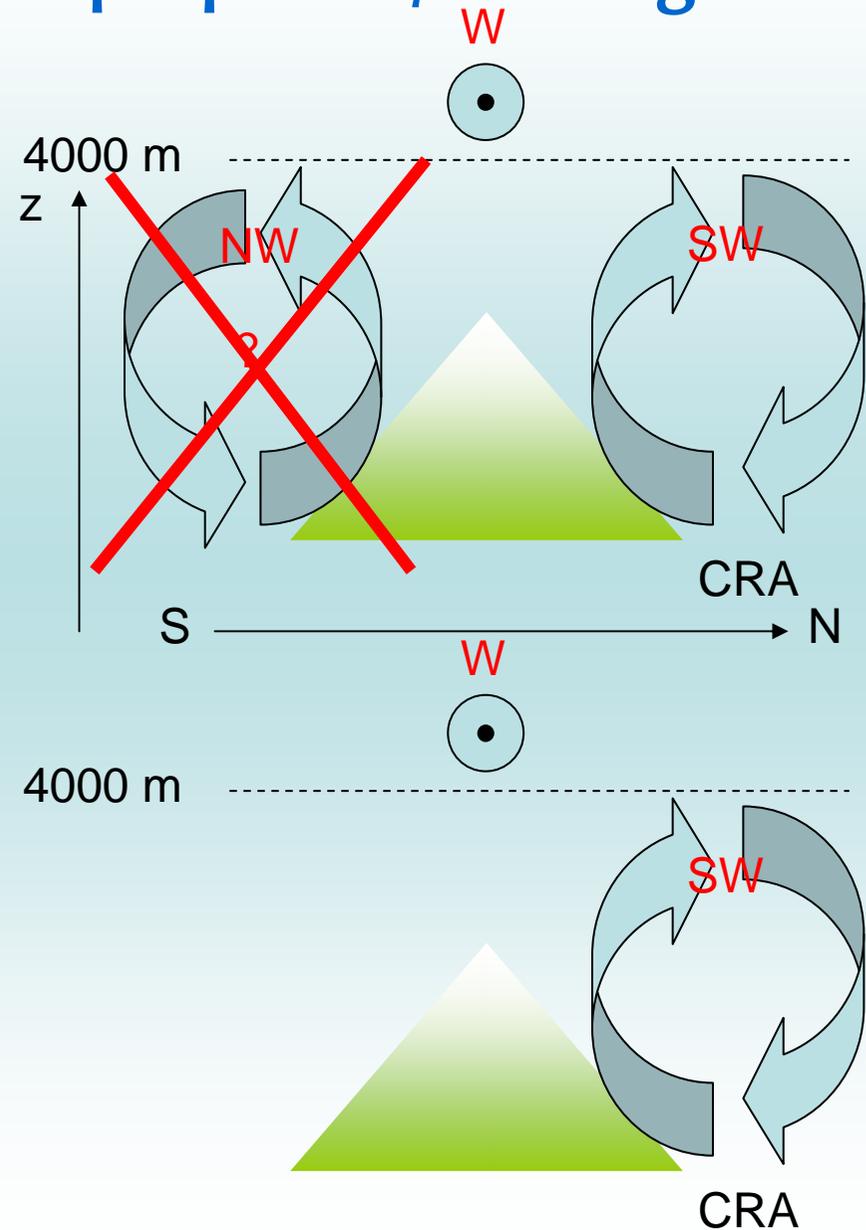
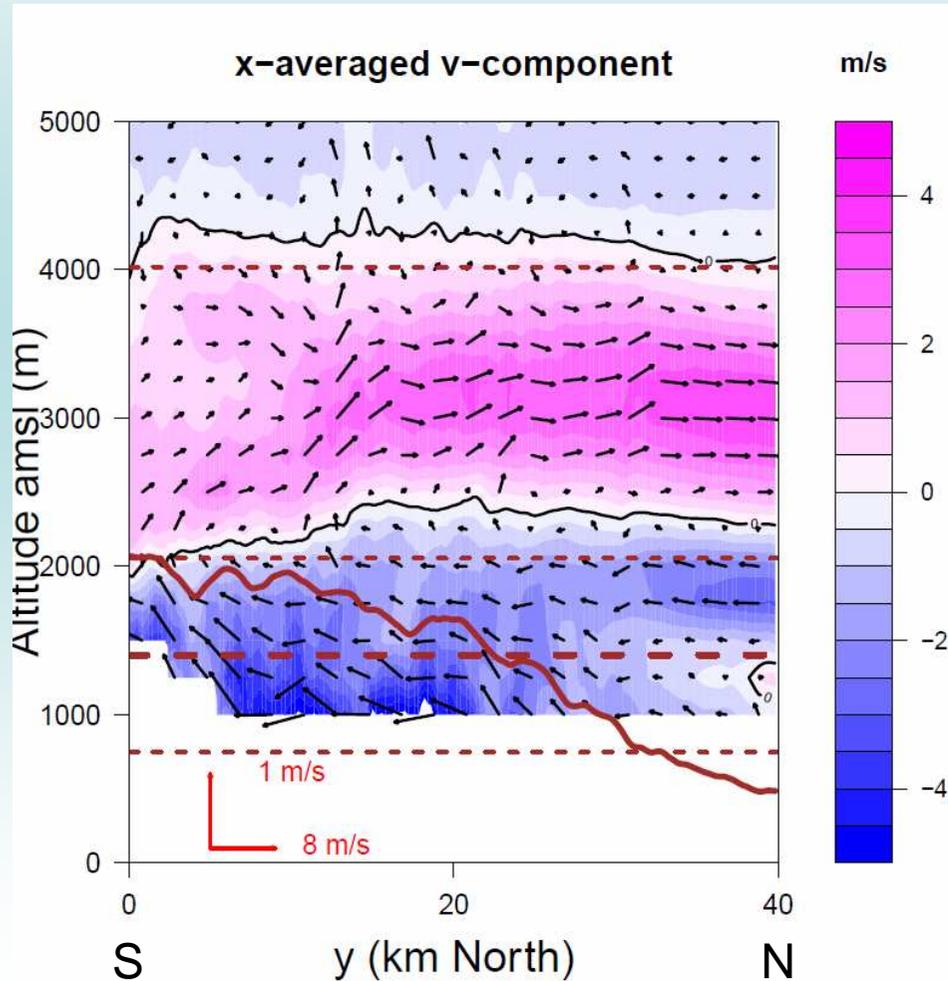
Systeme de circulation thermique plaine / montagne

Circulation meridienne moyennée sur 40 km



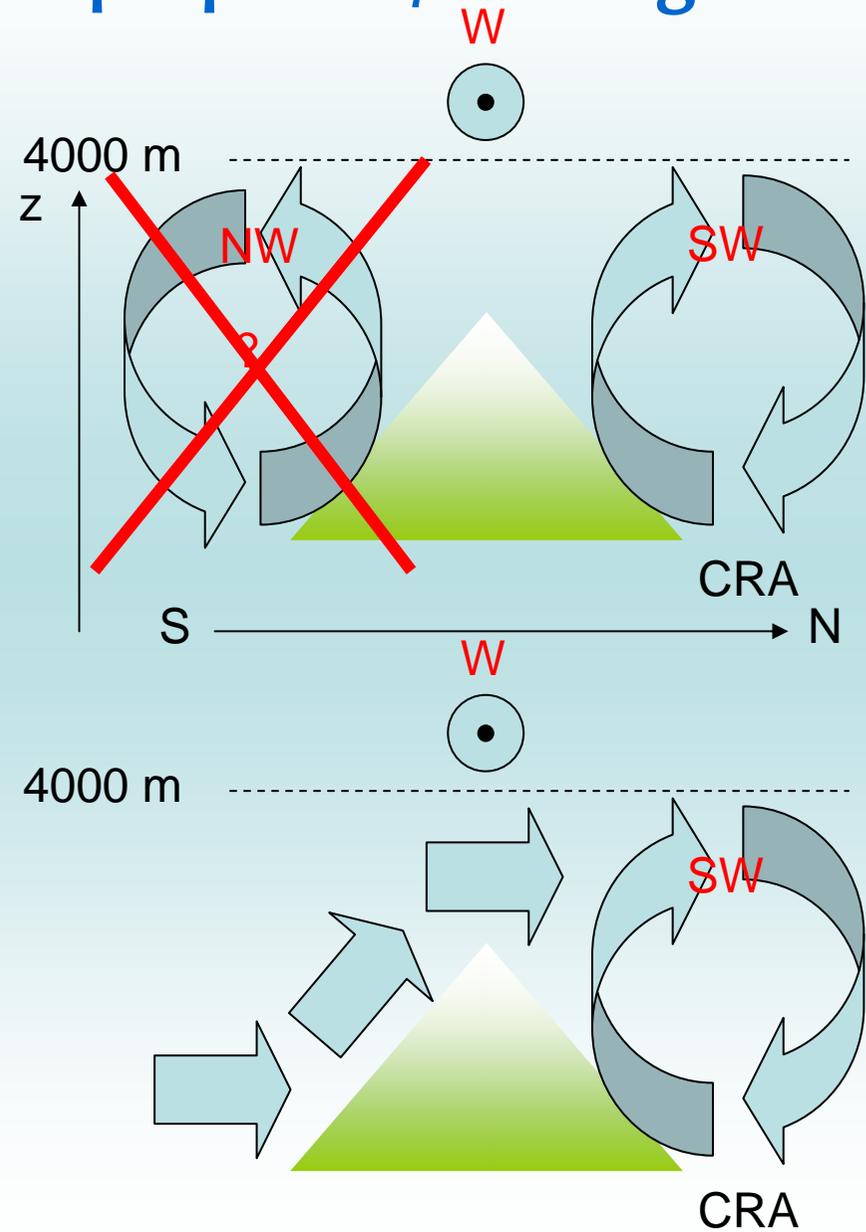
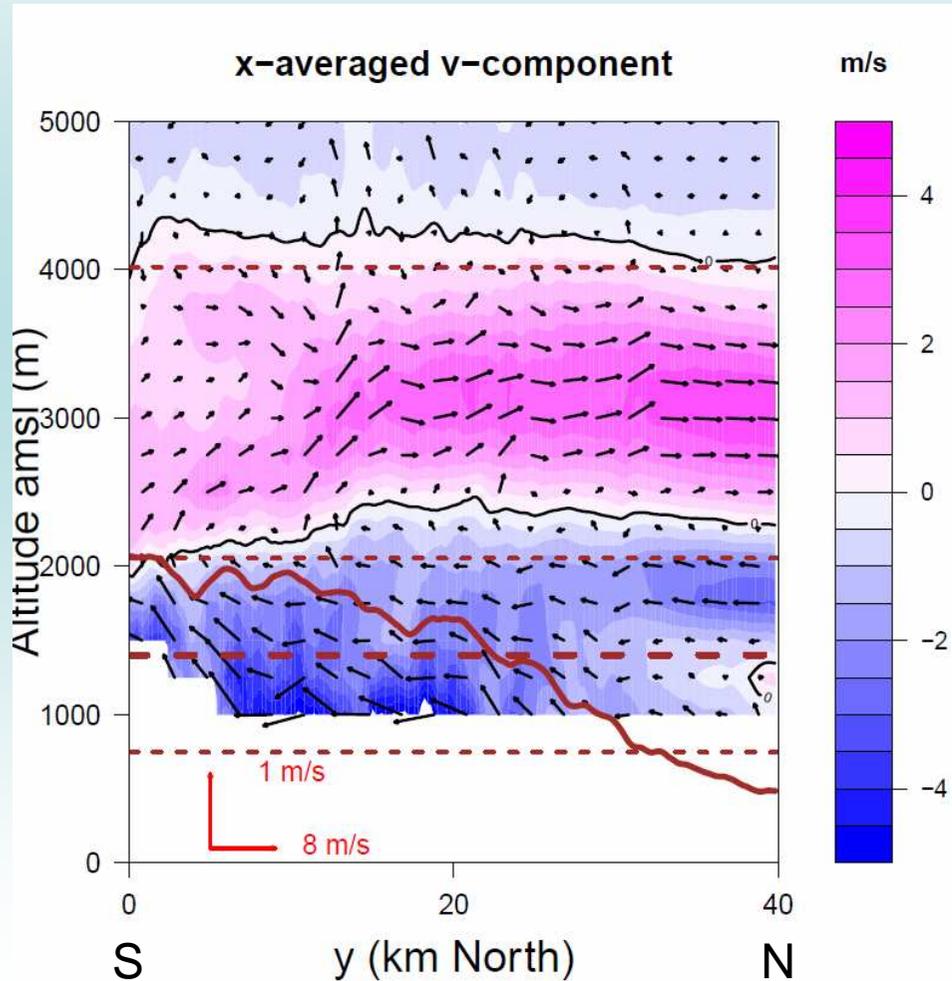
Systeme de circulation thermique plaine / montagne

Circulation meridienne moyennée sur 40 km



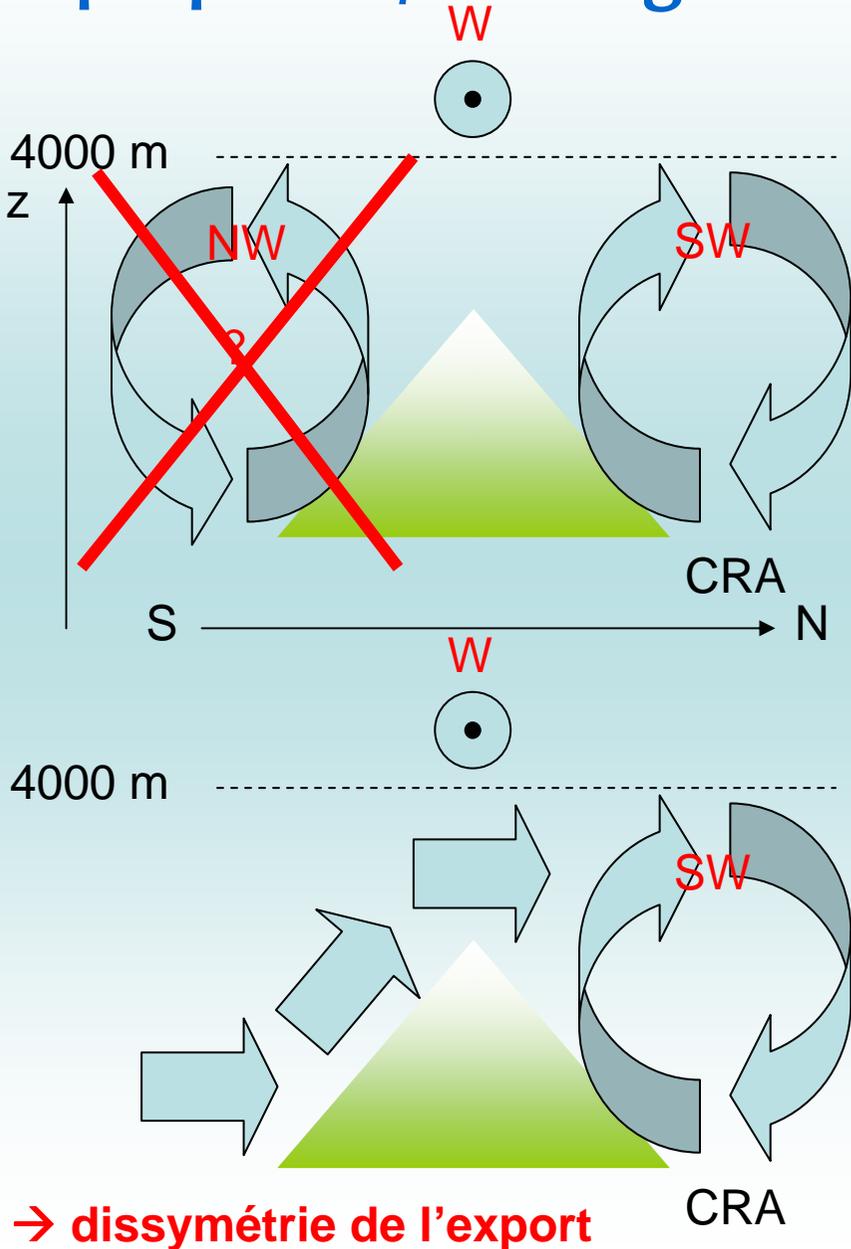
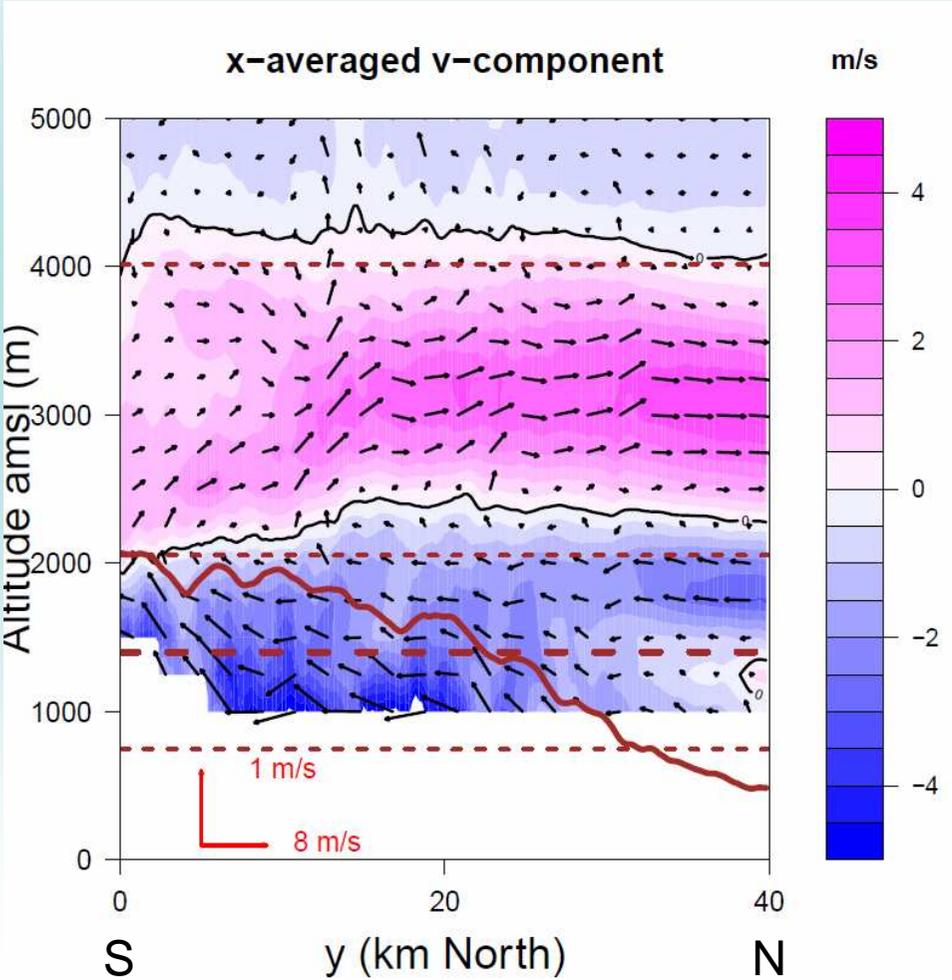
Systeme de circulation thermique plaine / montagne

Circulation meridienne moyennée sur 40 km

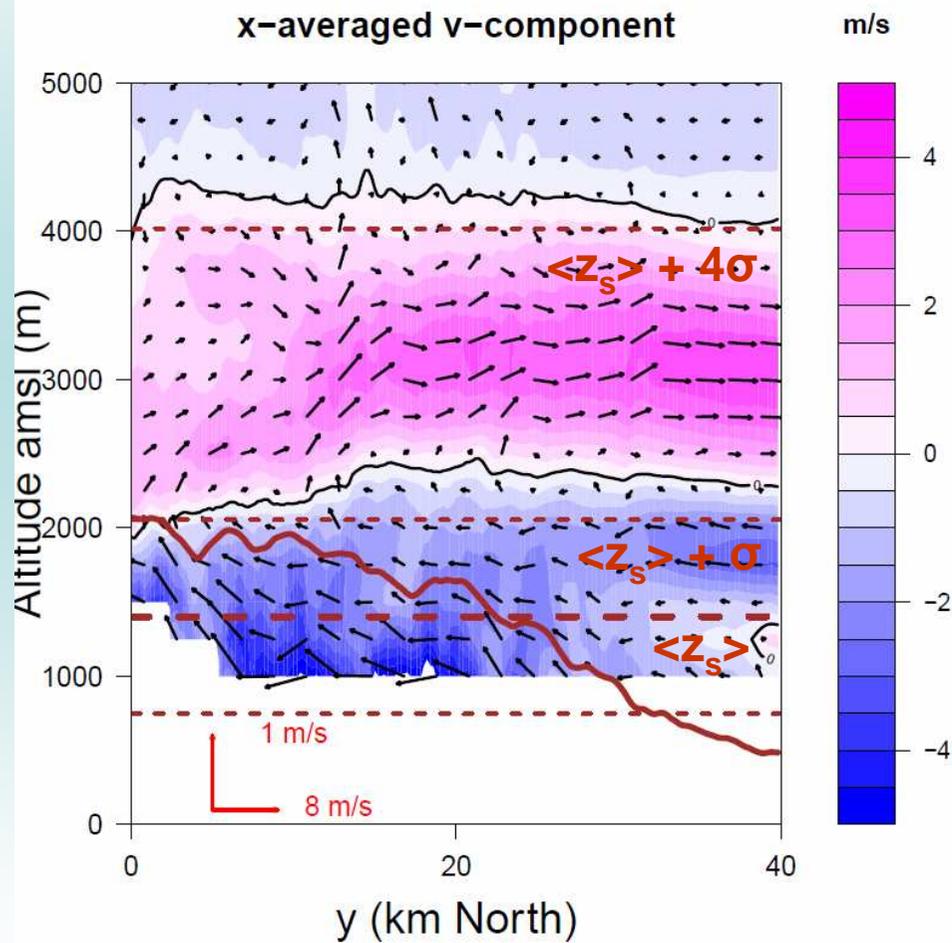


Systeme de circulation thermique plaine / montagne

Circulation meridienne moyennée sur 40 km



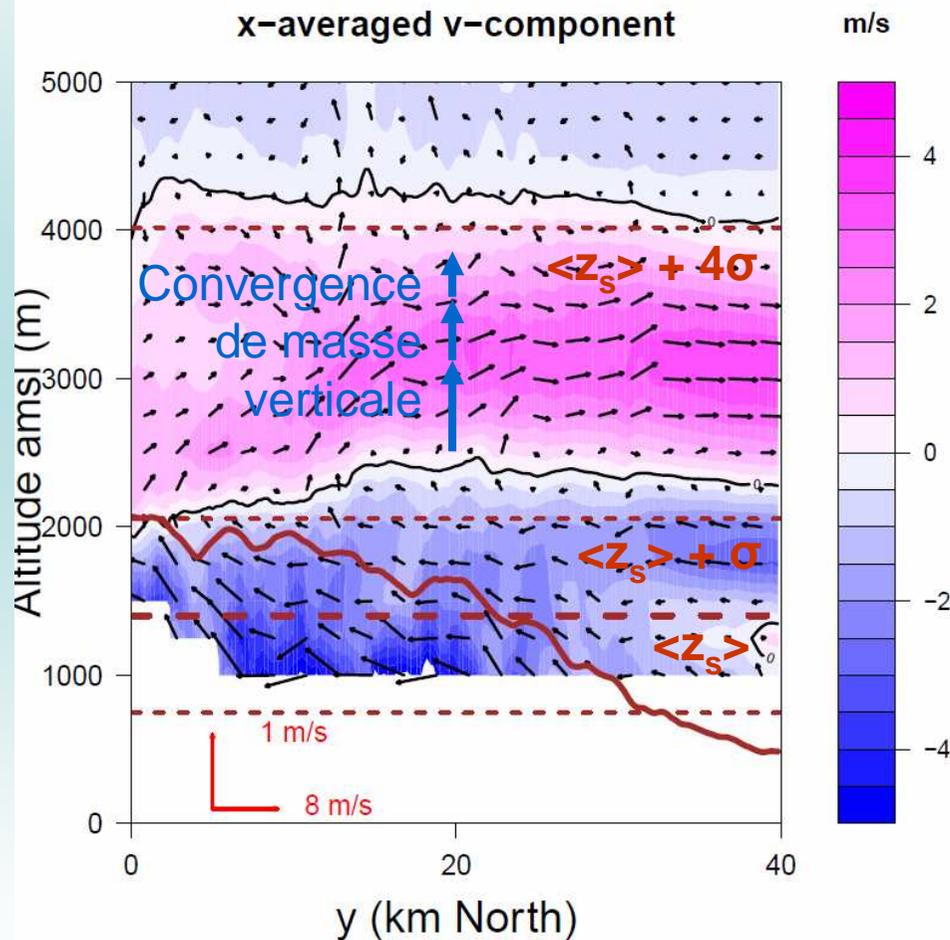
Bilan de quantité de mouvement à 3000 m



→ Equilibre stationnaire entre accélération (lagrangienne), force de pression et de Coriolis

Bilan de quantité de mouvement à 3000 m

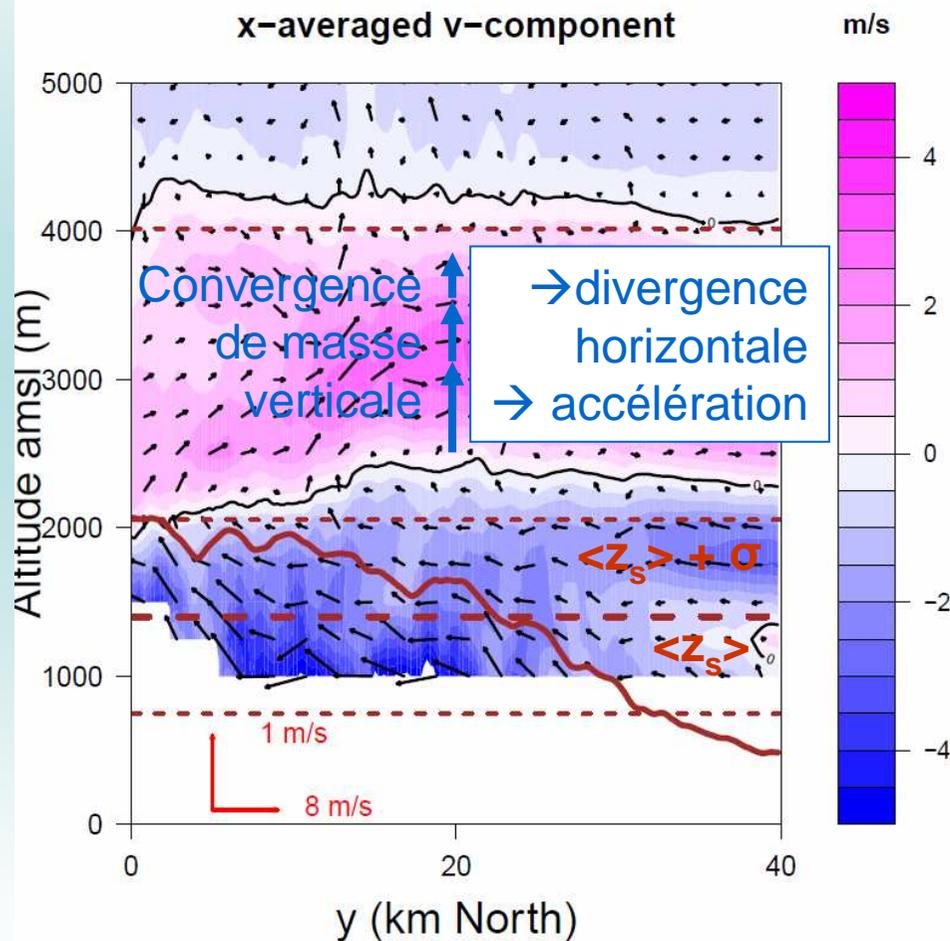
$$\rho a_i \approx \text{div}(\rho u_i \vec{u})$$



→ Equilibre stationnaire entre accélération (lagrangienne), force de pression et de Coriolis

Bilan de quantité de mouvement à 3000 m

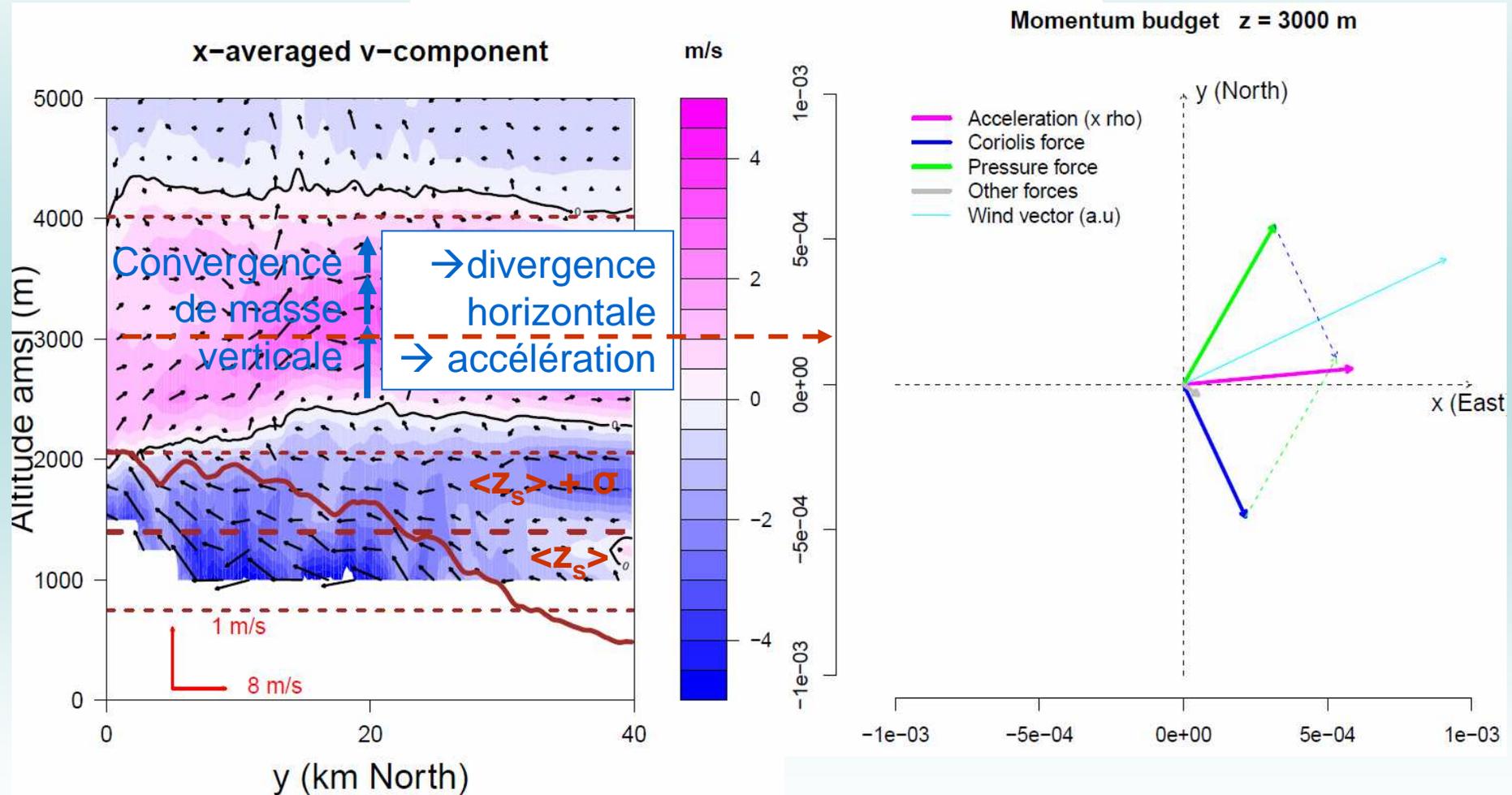
$$\rho a_i \approx \text{div}(\rho u_i \vec{u})$$



→ Equilibre stationnaire entre accélération (lagrangienne), force de pression et de Coriolis

Bilan de quantité de mouvement à 3000 m

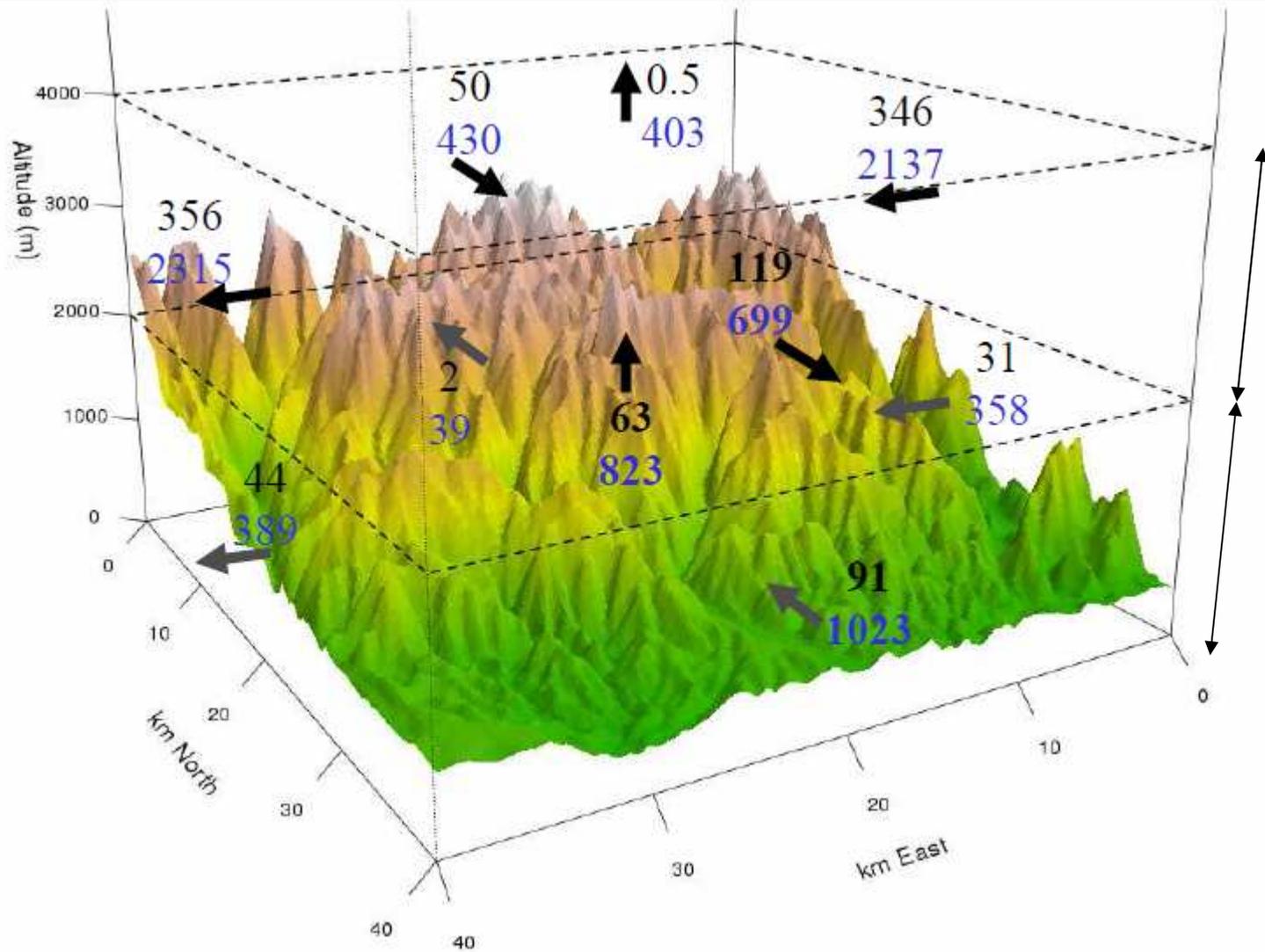
$$\rho a_i \approx \text{div}(\rho u_i \vec{u}) \approx -\partial_i P - (\vec{k} \times \rho f \vec{u})_i + F'_i.$$



→ Equilibre stationnaire entre accélération (lagrangienne), force de pression et de Coriolis

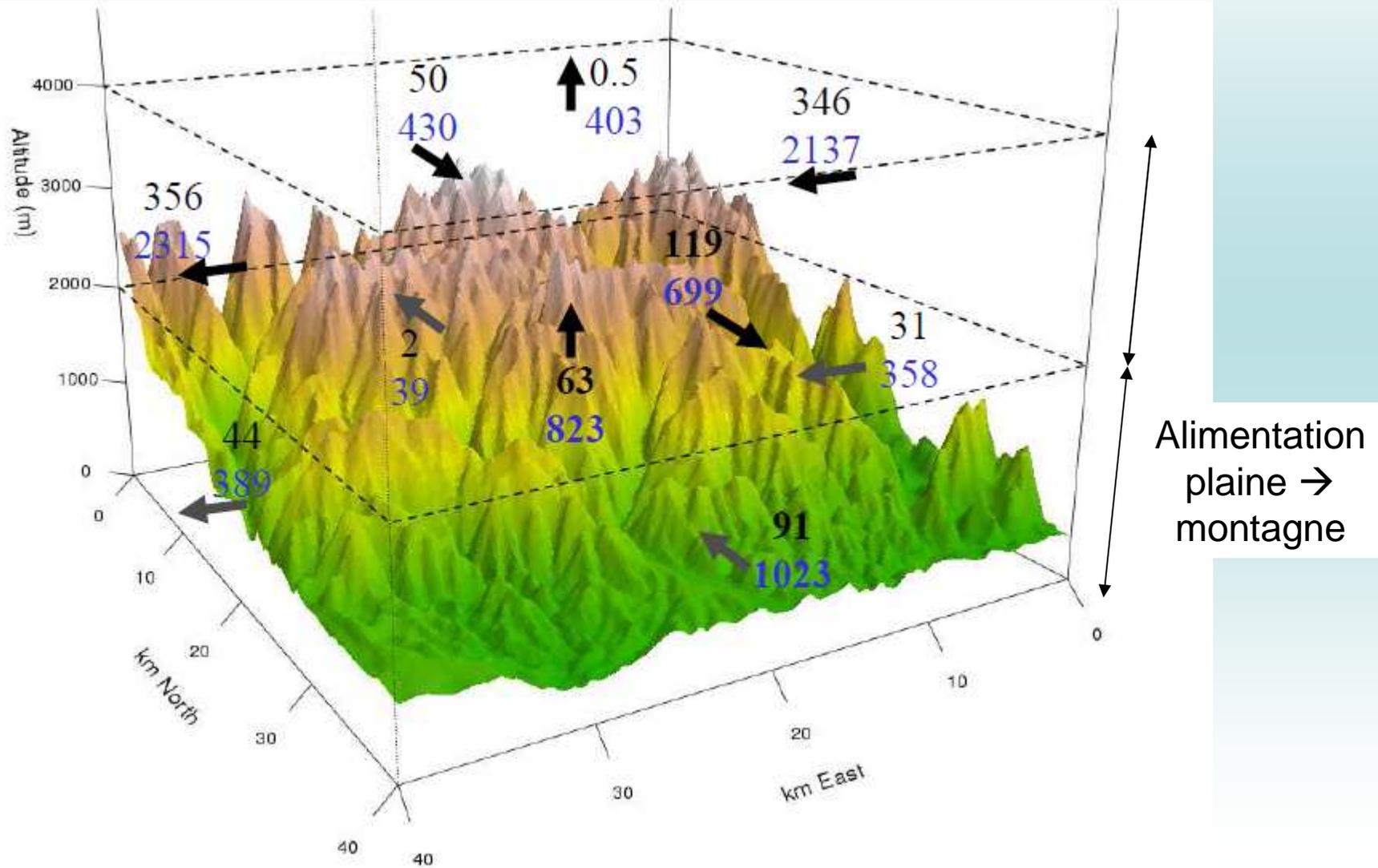
Bilans de masse : air sec

Flux d'air sec en 10^6 kg / s



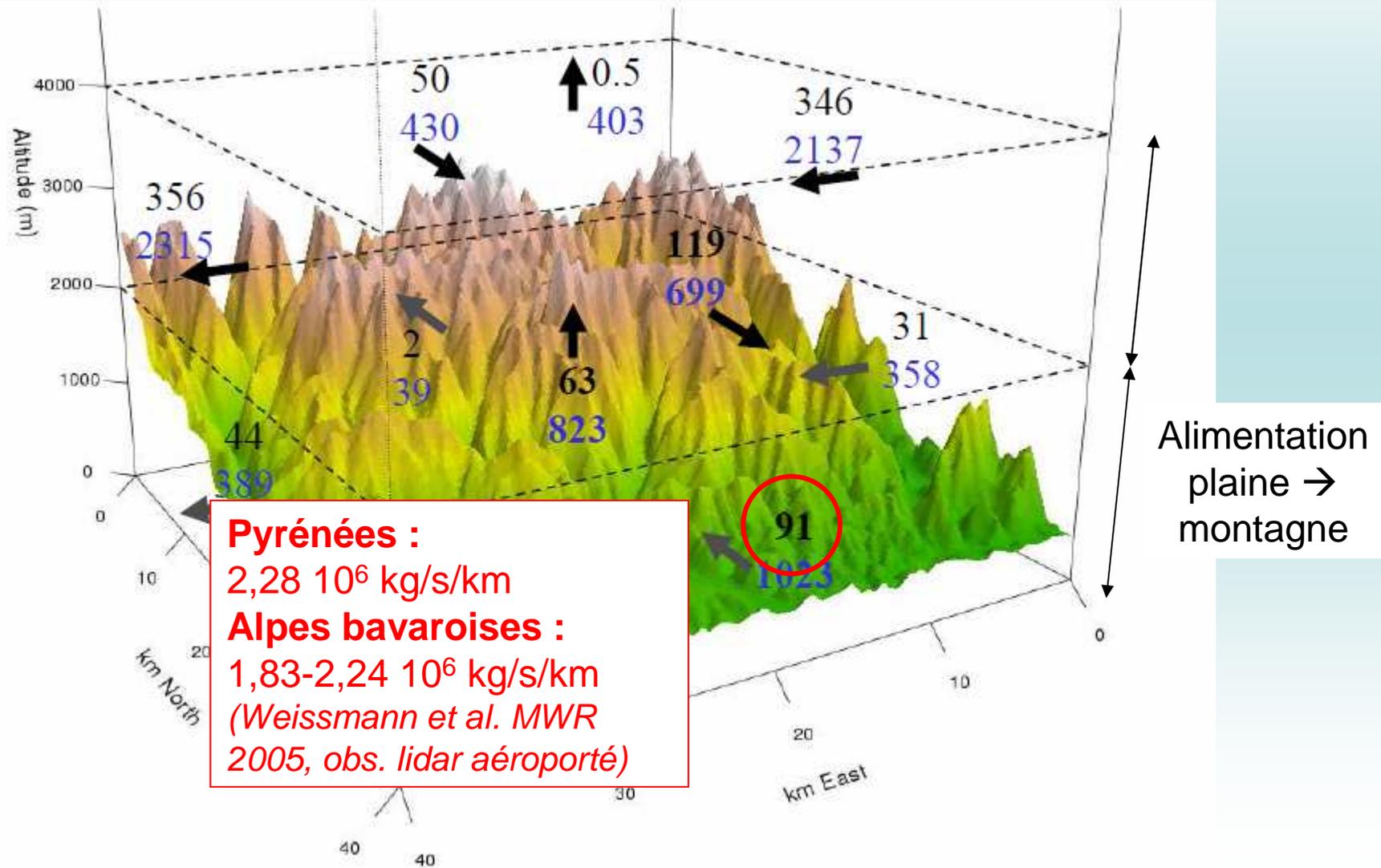
Bilans de masse : air sec

Flux d'air sec en 10^6 kg / s



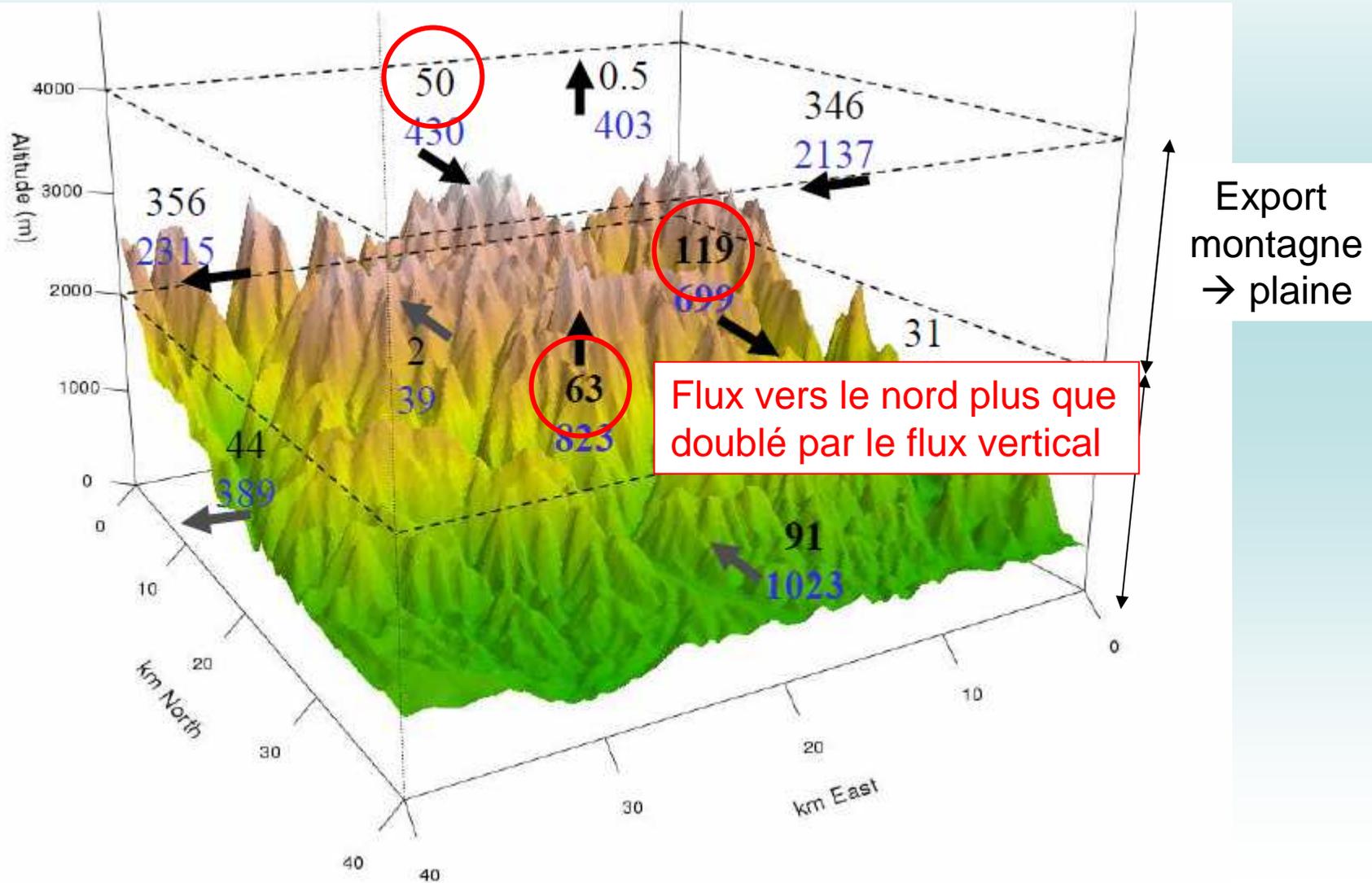
Bilans de masse : air sec

Flux d'air sec en 10^6 kg / s



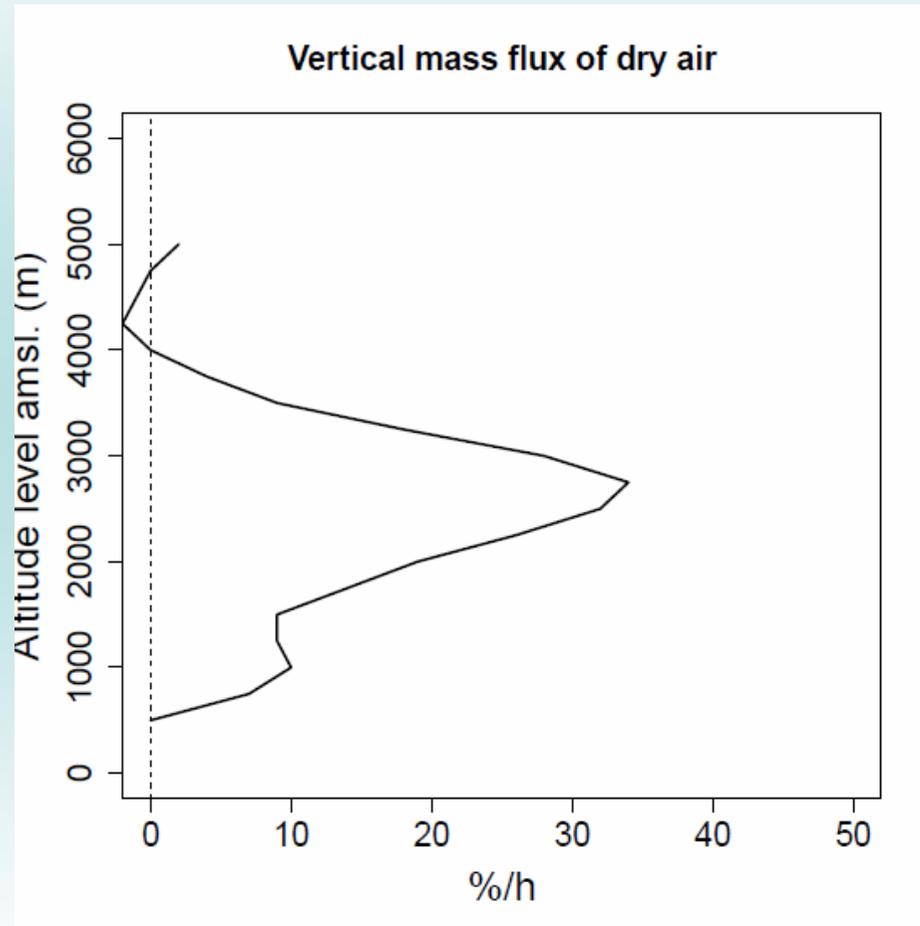
Bilans de masse : air sec

Flux d'air sec en 10^6 kg / s



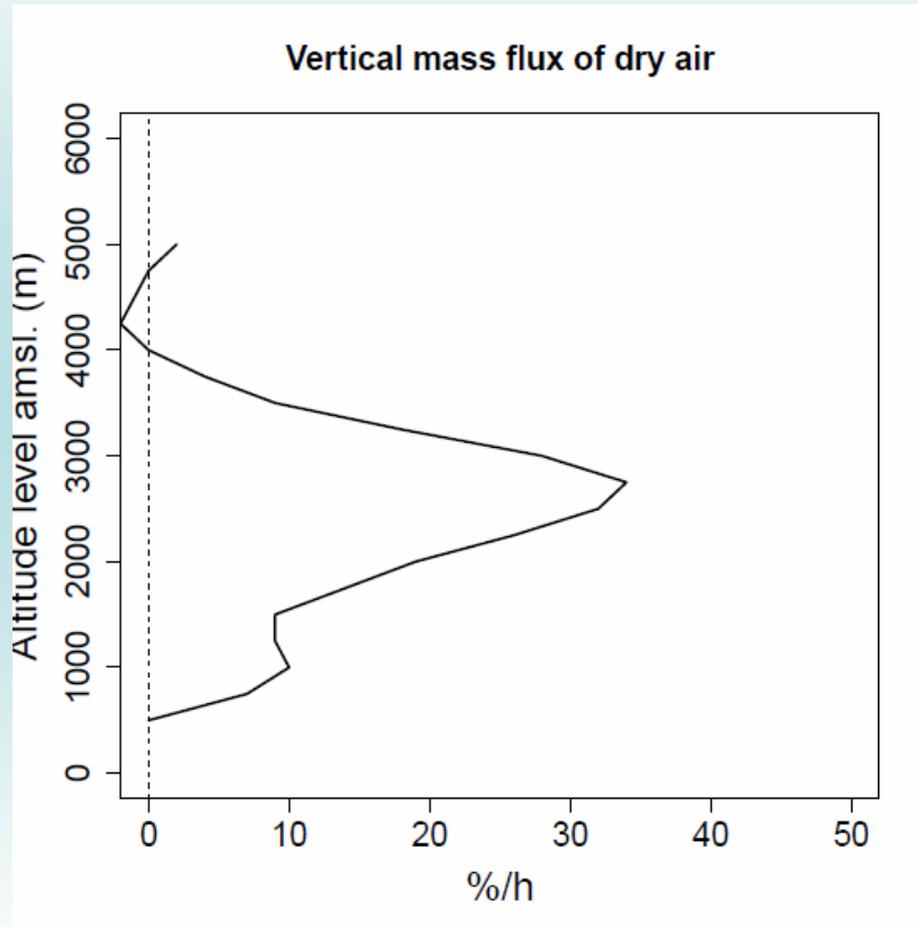
Transport vertical moyen d'air sec selon l'altitude

En %/h du volume des vallées



Transport vertical moyen d'air sec selon l'altitude

En %/h du volume des vallées

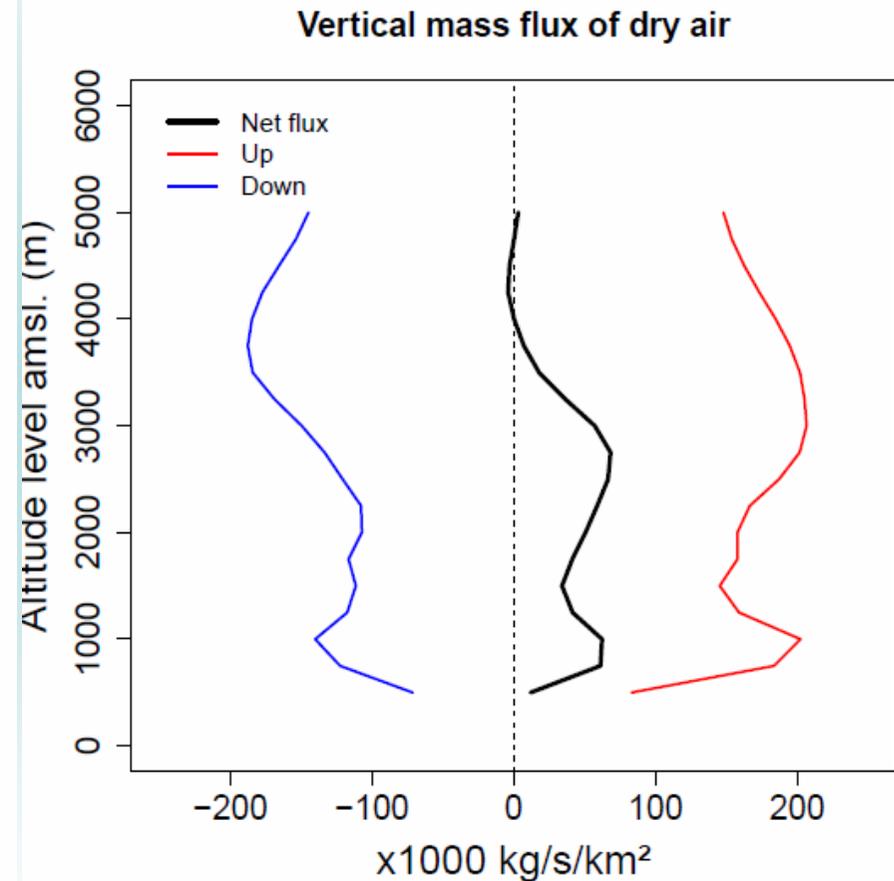
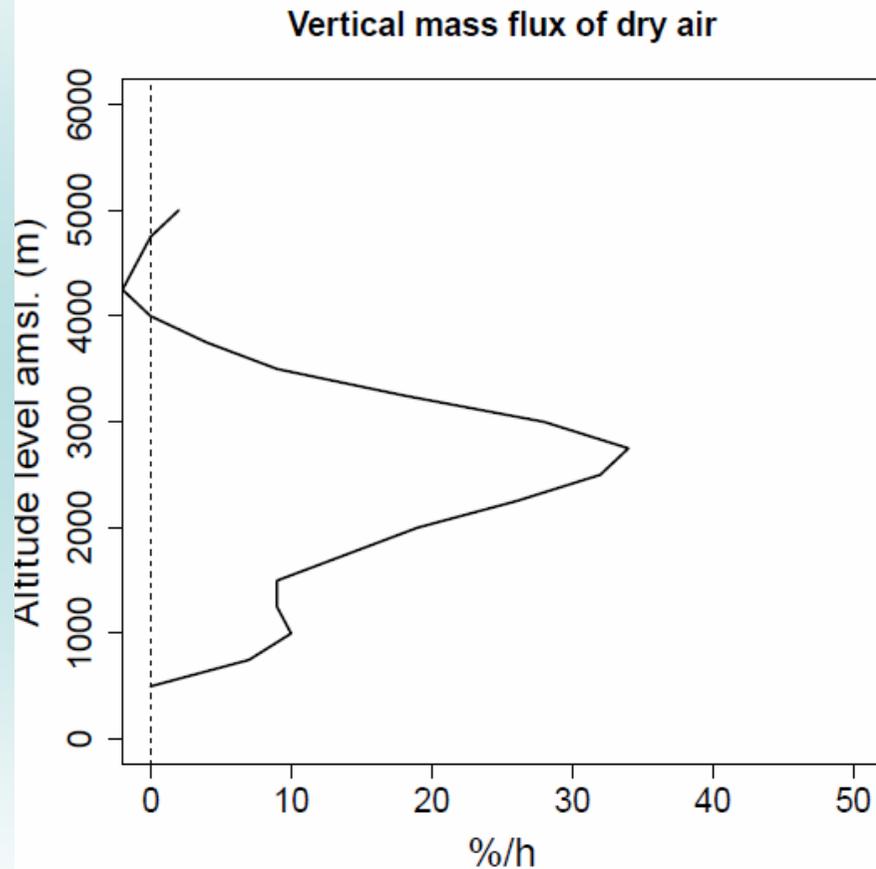


Henne et al., JAM 2005: ~30%/h
à plus de 2500 au-dessus des Alpes

Transport vertical moyen d'air sec selon l'altitude

En %/h du volume des vallées

En densité surfacique de flux (kg/s/m^2)

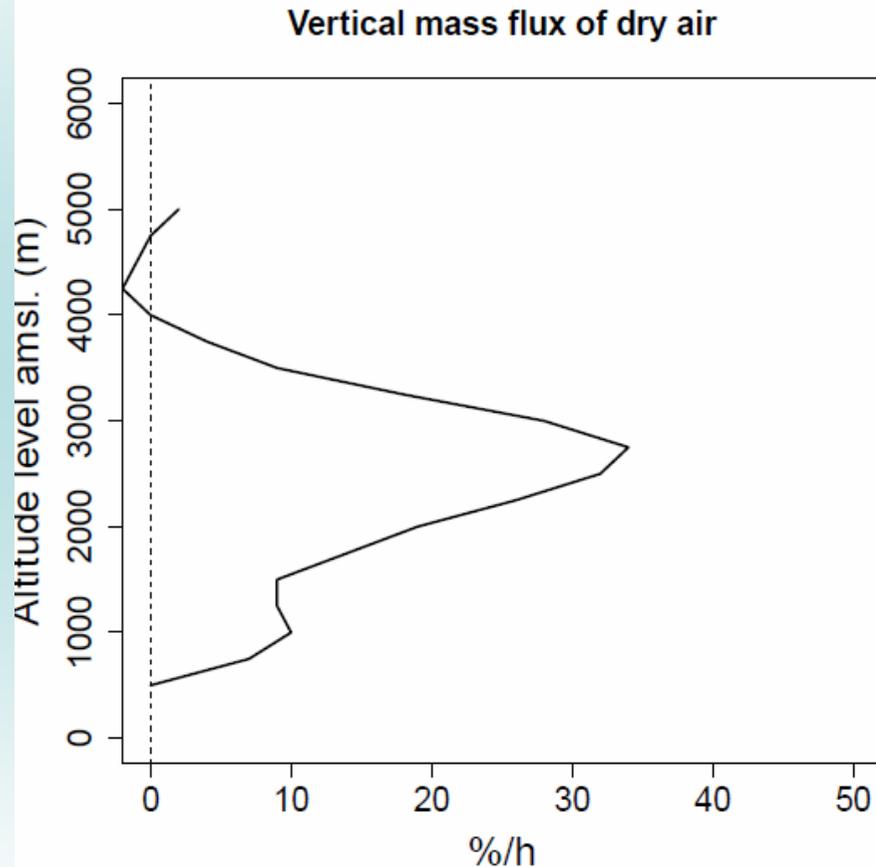


Henne et al., JAM 2005: ~30%/h
à plus de 2500 au-dessus des Alpes

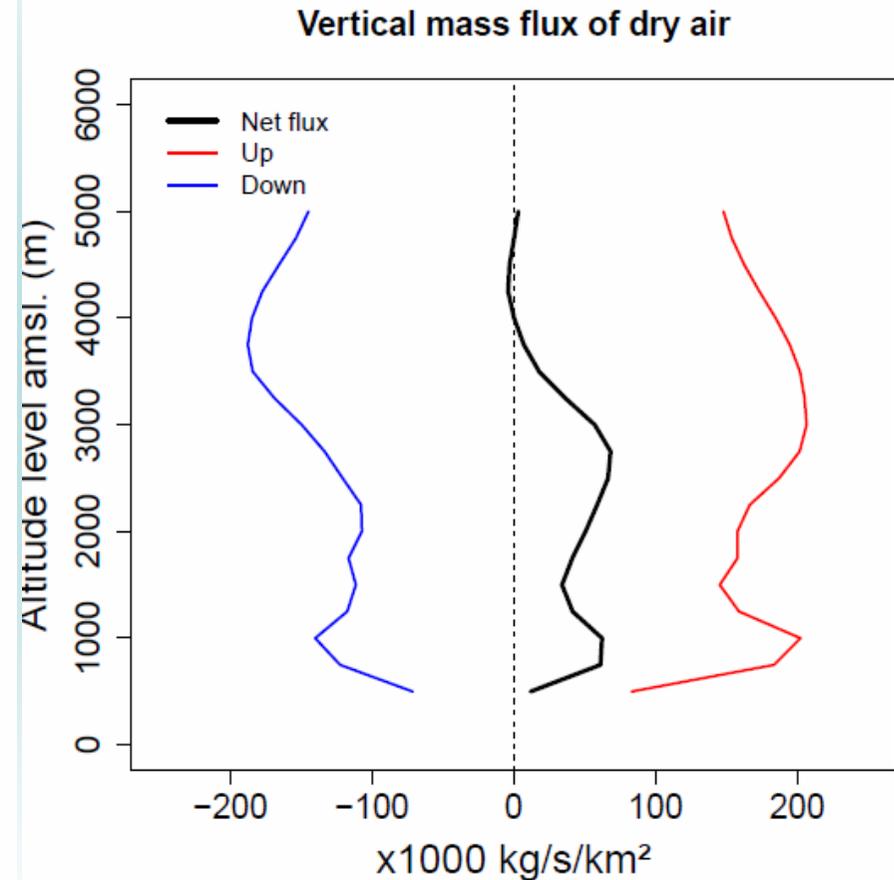
Transport vertical moyen d'air sec selon l'altitude

En %/h du volume des vallées

En densité surfacique de flux (kg/s/m^2)



Henne et al., JAM 2005: $\sim 30\%/h$
à plus de 2500 au-dessus des Alpes

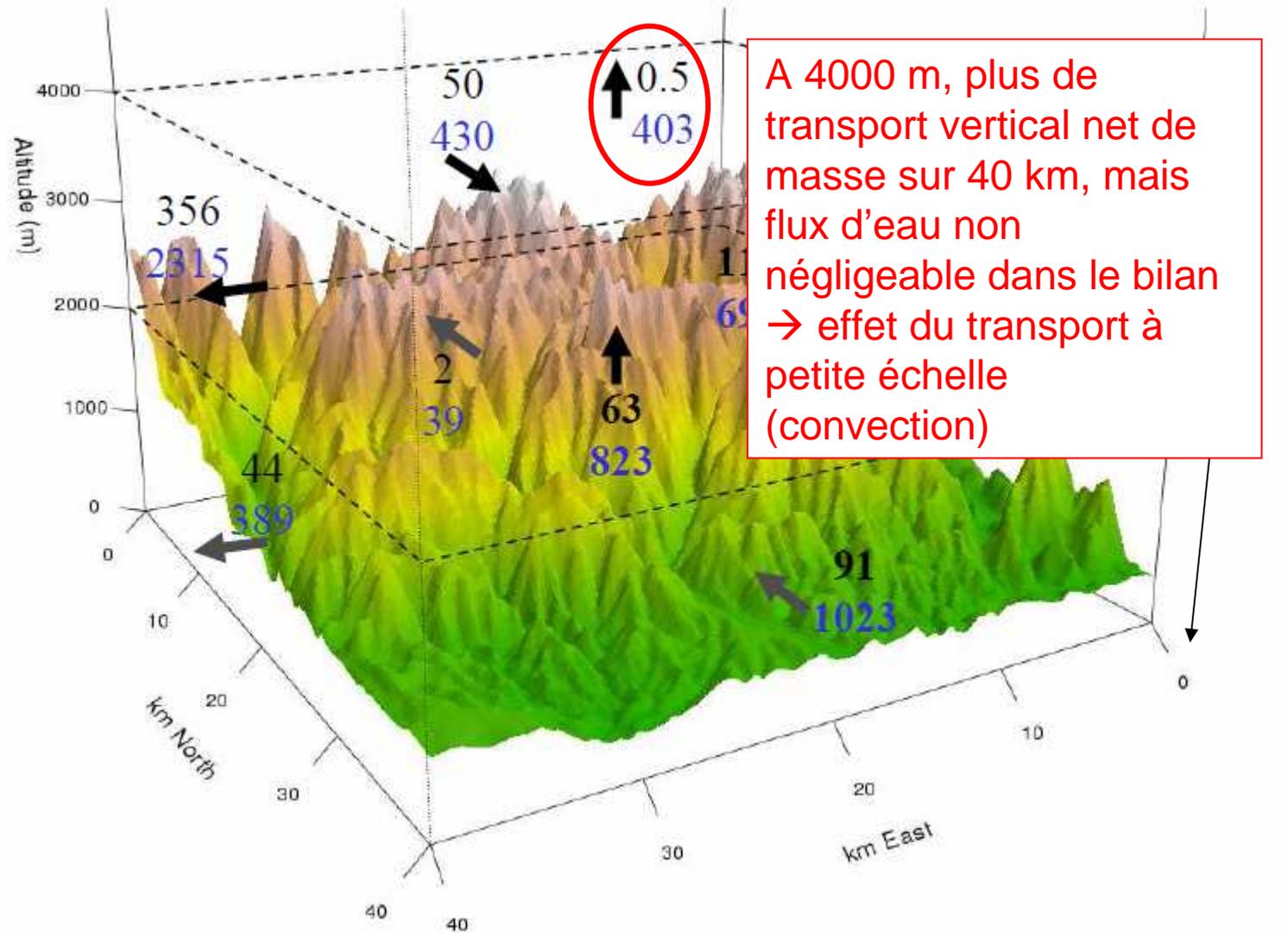


En dessous de 3000 m :
flux net (grande échelle) $\sim 1/3$ des flux
ascendants (petite échelle dominante)

Bilans de masse : eau totale

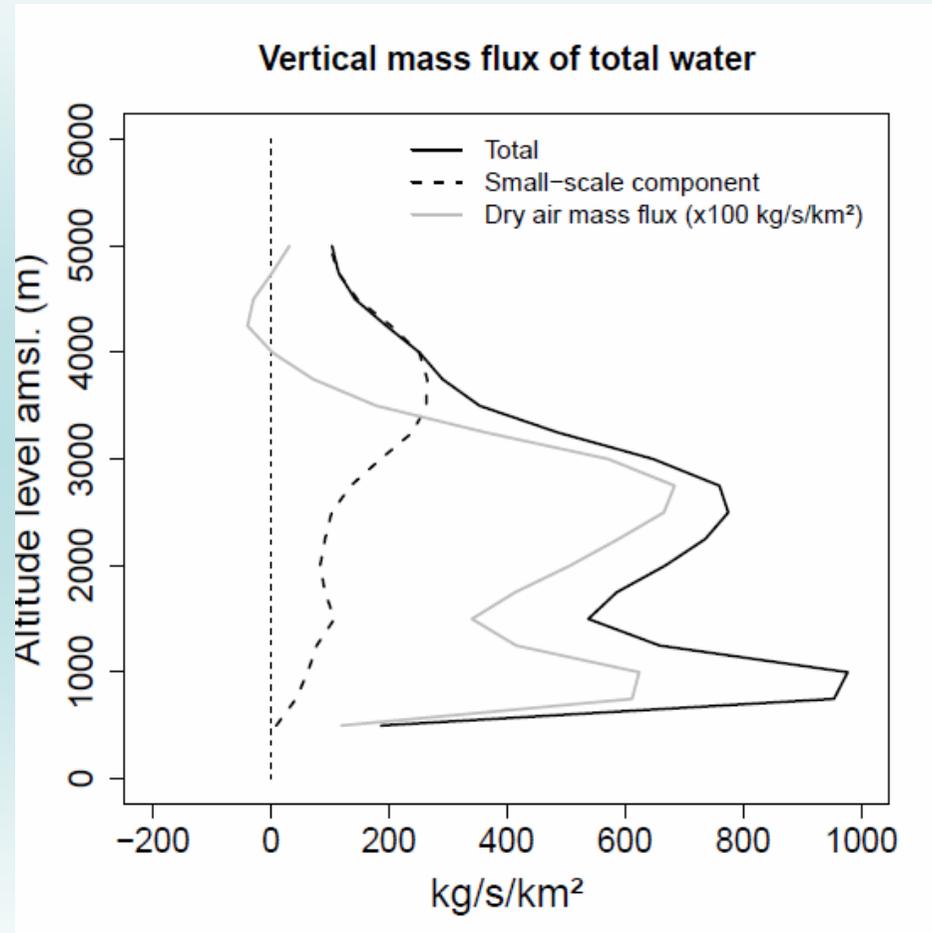
Flux d'air sec en 10^6 kg / s

Flux d'eau totale en 10^3 kg / s



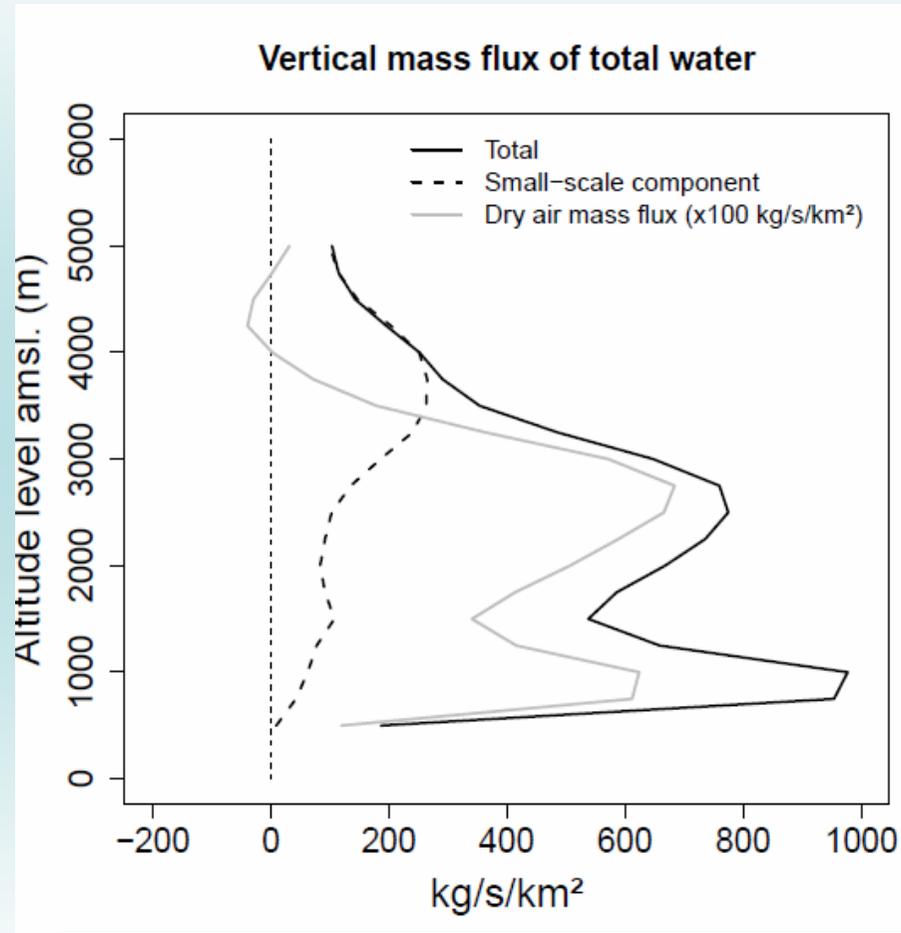
Transport vertical moyen d'eau selon l'altitude

En densité surfacique de flux (kg/s/m^2)



Transport vertical moyen d'eau selon l'altitude

En densité surfacique de flux (kg/s/m^2)



Petite échelle (convection) dominante au-dessus de 3500 m, mais transport non négligeable

Conclusions

Conclusions

- Pic du Midi (~3000 m) en journée de beau temps représentatif de la couche d'export des Pyrénées (*couche d'injection* selon Henne et al., 2004), correspondant au courant de retour en altitude de la circulation thermique plaine → montagne.

Conclusions

- Pic du Midi (~3000 m) en journée de beau temps représentatif de la couche d'export des Pyrénées (*couche d'injection* selon Henne et al., 2004), correspondant au courant de retour en altitude de la circulation thermique plaine → montagne.
- Couche d'export située entre 1 et 4σ de l'altitude du terrain par rapport à l'altitude moyenne sur le domaine.

Conclusions

- Pic du Midi (~3000 m) en journée de beau temps représentatif de la couche d'export des Pyrénées (*couche d'injection* selon Henne et al., 2004), correspondant au courant de retour en altitude de la circulation thermique plaine → montagne.
- Couche d'export située entre 1 et 4σ de l'altitude du terrain par rapport à l'altitude moyenne sur le domaine.
- Export dissymétrique vers le nord des Pyrénées (du côté des plus faibles pressions synoptiques) → effet de la convergence verticale de masse qui agit comme la force de traînée dans le modèle d'Ekman.

Conclusions

- Pic du Midi (~3000 m) en journée de beau temps représentatif de la couche d'export des Pyrénées (*couche d'injection* selon Henne et al., 2004), correspondant au courant de retour en altitude de la circulation thermique plaine → montagne.
- Couche d'export située entre 1 et 4σ de l'altitude du terrain par rapport à l'altitude moyenne sur le domaine.
- Export dissymétrique vers le nord des Pyrénées (du côté des plus faibles pressions synoptiques) → effet de la convergence verticale de masse qui agit comme la force de traînée dans le modèle d'Ekman.
- Flux horizontaux et verticaux quantitativement comparables à ceux rapportés dans la littérature pour les Alpes.

Conclusions

- Pic du Midi (~3000 m) en journée de beau temps représentatif de la couche d'export des Pyrénées (*couche d'injection* selon Henne et al., 2004), correspondant au courant de retour en altitude de la circulation thermique plaine → montagne.
- Couche d'export située entre 1 et 4σ de l'altitude du terrain par rapport à l'altitude moyenne sur le domaine.
- Export dissymétrique vers le nord des Pyrénées (du côté des plus faibles pressions synoptiques) → effet de la convergence verticale de masse qui agit comme la force de traînée dans le modèle d'Ekman.
- Flux horizontaux et verticaux quantitativement comparables à ceux rapportés dans la littérature pour les Alpes.
- A l'échelle de 40 km, 2 régimes de transport vertical selon l'altitude :

Conclusions

- Pic du Midi (~3000 m) en journée de beau temps représentatif de la couche d'export des Pyrénées (*couche d'injection* selon Henne et al., 2004), correspondant au courant de retour en altitude de la circulation thermique plaine → montagne.
- Couche d'export située entre 1 et 4σ de l'altitude du terrain par rapport à l'altitude moyenne sur le domaine.
- Export dissymétrique vers le nord des Pyrénées (du côté des plus faibles pressions synoptiques) → effet de la convergence verticale de masse qui agit comme la force de traînée dans le modèle d'Ekman.
- Flux horizontaux et verticaux quantitativement comparables à ceux rapportés dans la littérature pour les Alpes.
- A l'échelle de 40 km, 2 régimes de transport vertical selon l'altitude :
 - transport net par la circulation plaine → montagne,

Conclusions

- Pic du Midi (~3000 m) en journée de beau temps représentatif de la couche d'export des Pyrénées (*couche d'injection* selon Henne et al., 2004), correspondant au courant de retour en altitude de la circulation thermique plaine → montagne.
- Couche d'export située entre 1 et 4σ de l'altitude du terrain par rapport à l'altitude moyenne sur le domaine.
- Export dissymétrique vers le nord des Pyrénées (du côté des plus faibles pressions synoptiques) → effet de la convergence verticale de masse qui agit comme la force de traînée dans le modèle d'Ekman.
- Flux horizontaux et verticaux quantitativement comparables à ceux rapportés dans la littérature pour les Alpes.
- A l'échelle de 40 km, 2 régimes de transport vertical selon l'altitude :
 - transport net par la circulation plaine → montagne,
 - transport « sous maille » par la convection au-dessus de 3000

Perspectives

Perspectives

- Les résultats obtenus sur le cas du 10 juillet 2010 sont-ils généralisables ? → **d'autres cas d'études à envisager**

Perspectives

- Les résultats obtenus sur le cas du 10 juillet 2010 sont-ils généralisables ? → **d'autres cas d'études à envisager**
- Courant de retour de la circulation plaine → montagne visible au radar VHF (parfois au moins) → **établir une climatologie du phénomène**

Perspectives

- Les résultats obtenus sur le cas du 10 juillet 2010 sont-ils généralisables ? → **d'autres cas d'études à envisager**
- Courant de retour de la circulation plaine → montagne visible au radar VHF (parfois au moins) → **établir une climatologie du phénomène**

Les flux verticaux de matière sur le relief sont-ils bien représentés dans les modèles (de chimie-transport notamment) à résolution plus grossière (qqs km à dizaines de km, typiquement) où le relief est mal résolu ? → s'inspirer des résultats obtenus pour imaginer une **paramétrisation du transport vertical sous-maille induit par le relief**, en se basant en particulier sur les caractéristiques sous-maille de celui-ci.

Perspectives

- Les résultats obtenus sur le cas du 10 juillet 2010 sont-ils généralisables ? → **d'autres cas d'études à envisager**
- Courant de retour de la circulation plaine → montagne visible au radar VHF (parfois au moins) → **établir une climatologie du phénomène**
- Les flux verticaux de matière sur le relief sont-ils bien représentés dans les modèles (de chimie-transport notamment) à résolution plus grossière (qqs km à dizaines de km, typiquement) où le relief est mal résolu ? → s'inspirer des résultats obtenus pour imaginer une **paramétrisation du transport vertical sous-maille induit par le relief**, en se basant en particulier sur les caractéristiques sous-maille de celui-ci.