



Modélisation du transport de la neige par le vent dans les Andes semi-arides du Chili

Implications glaciologiques et hydrologiques

Simon Gascoin^{1,2}, Stef Lhermitte^{1,3}, Christophe Kinnard²

(1) Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère (CESBIO) – Toulouse, France

(2) Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA) – La Serena, Chili

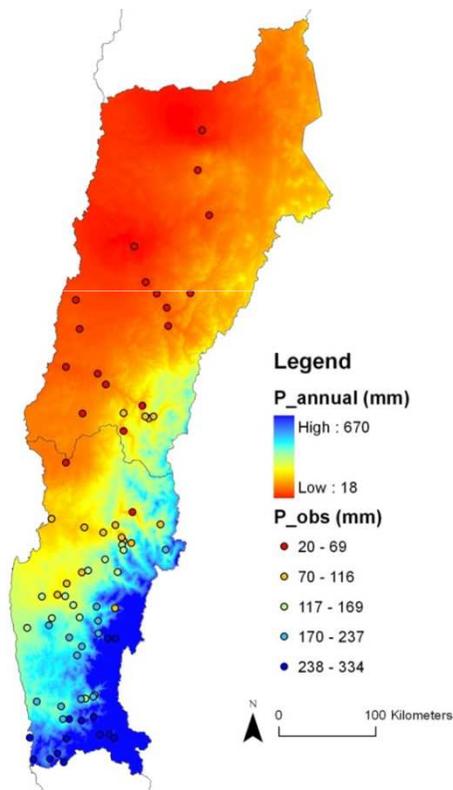
(3) Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI) – De Bilt, Pays-Bas



Contexte hydro-climatique régional

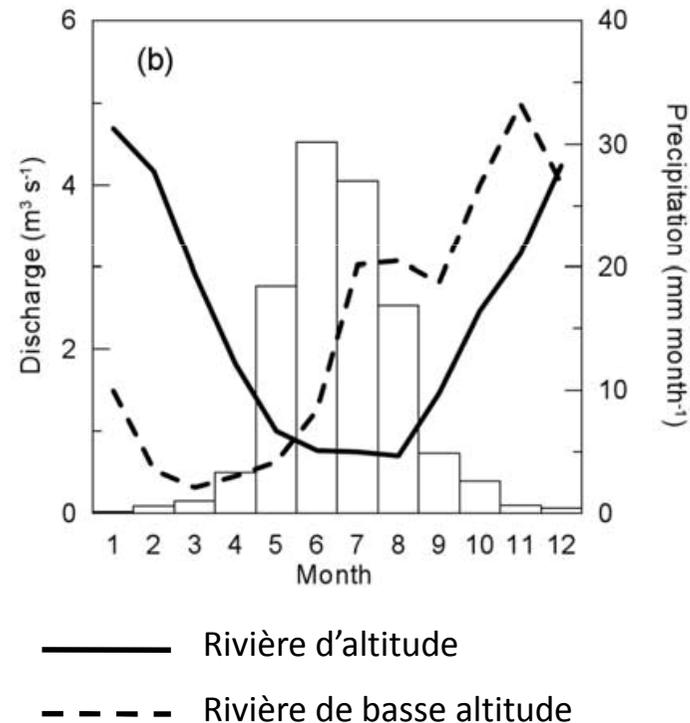


Précipitations annuelles



Bourgin et al. 2012 LHB

Précipitations et débits mensuels

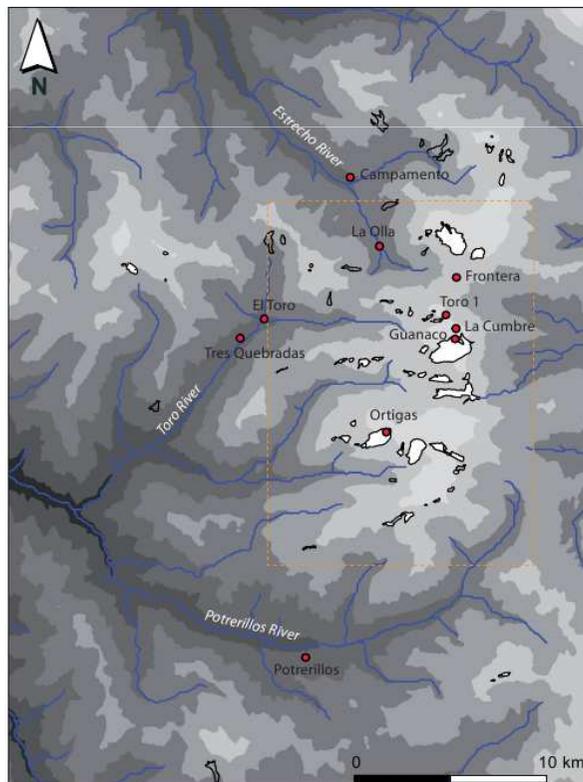
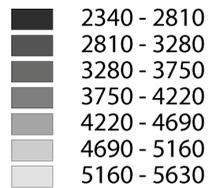


Favier et al. 2009 WRR

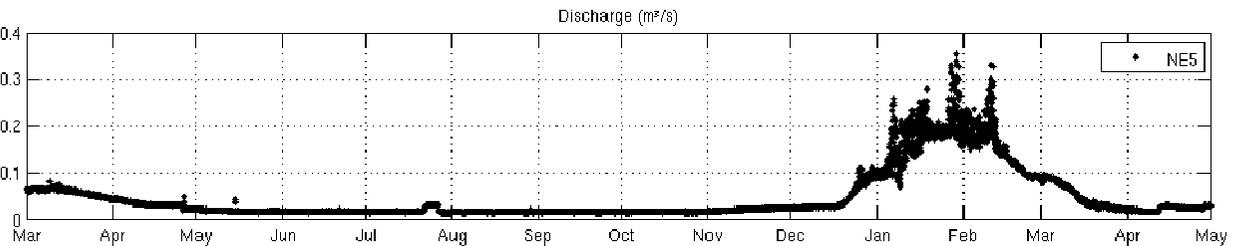
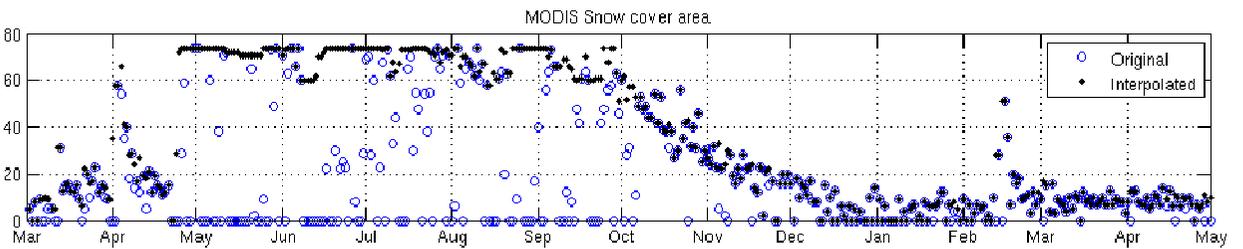
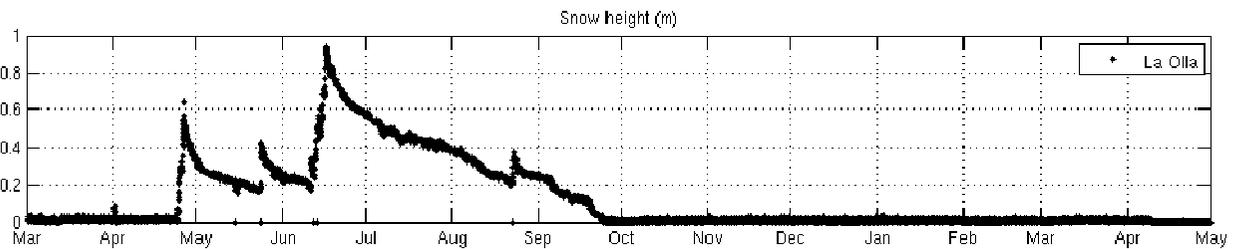
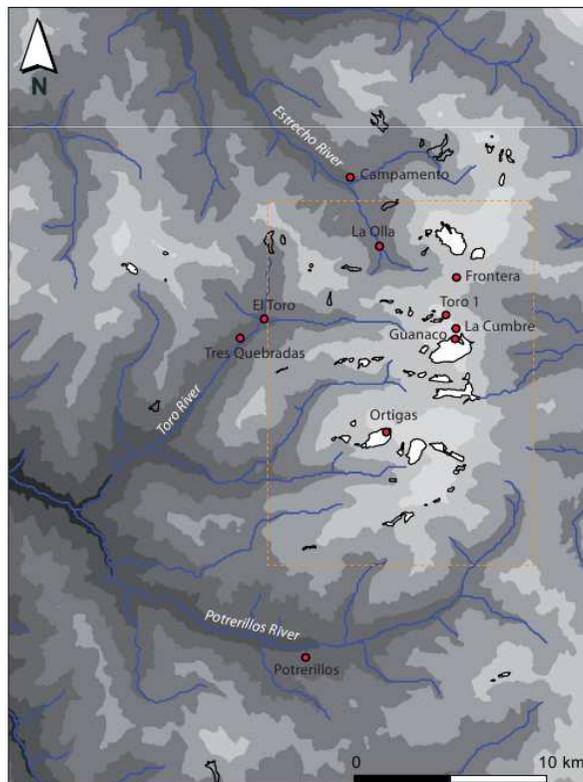
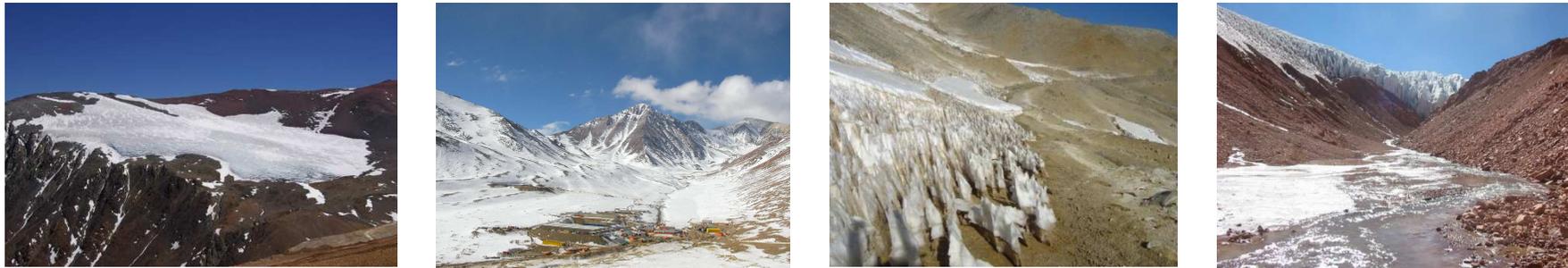
Régime hydrologique en altitude

Site d'étude : Pascua-Lama

Elevation (m)



Régime hydrologique en altitude



Problématique



- Quelle est l'importance du transport de la neige par le vent ?
 - Distribution spatiale du manteau neigeux ?
 - Formation des glaciers ?

Présentation du modèle

- SnowModel
 - Modèle distribué d'évolution du manteau neigeux

MicroMet

Interpolation spatiale des variables météorologiques
(Liston & Elder 2006)

EnBal

Bilan d'énergie du manteau neigeux
(Liston et al. 1999)

SnowPack

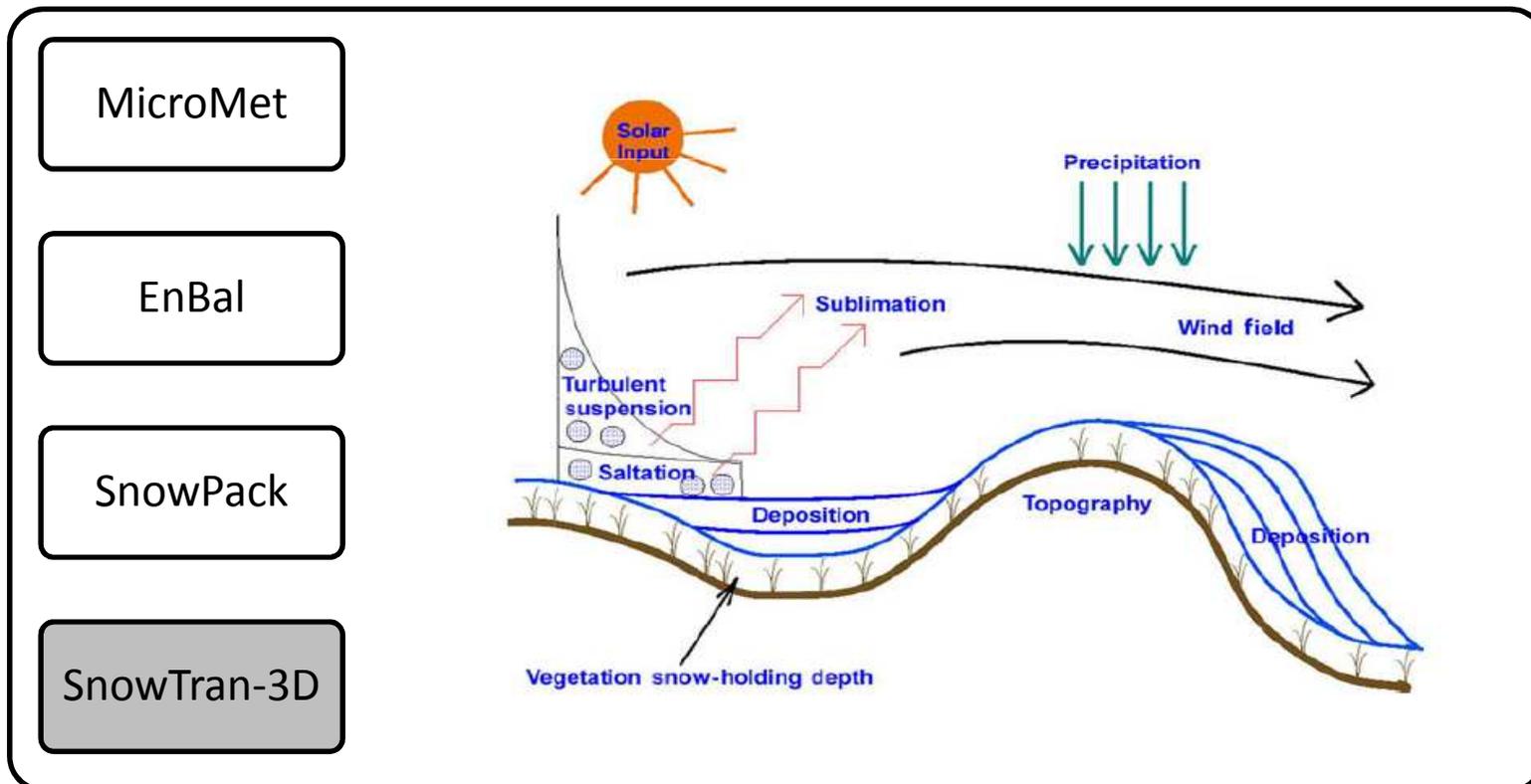
Evolution de la hauteur de neige (modèle 1 couche)
(Liston & Hall 1995)

SnowTran-3D

Dépôt, érosion et sublimation de la neige par le vent
(Liston et al. 2007)

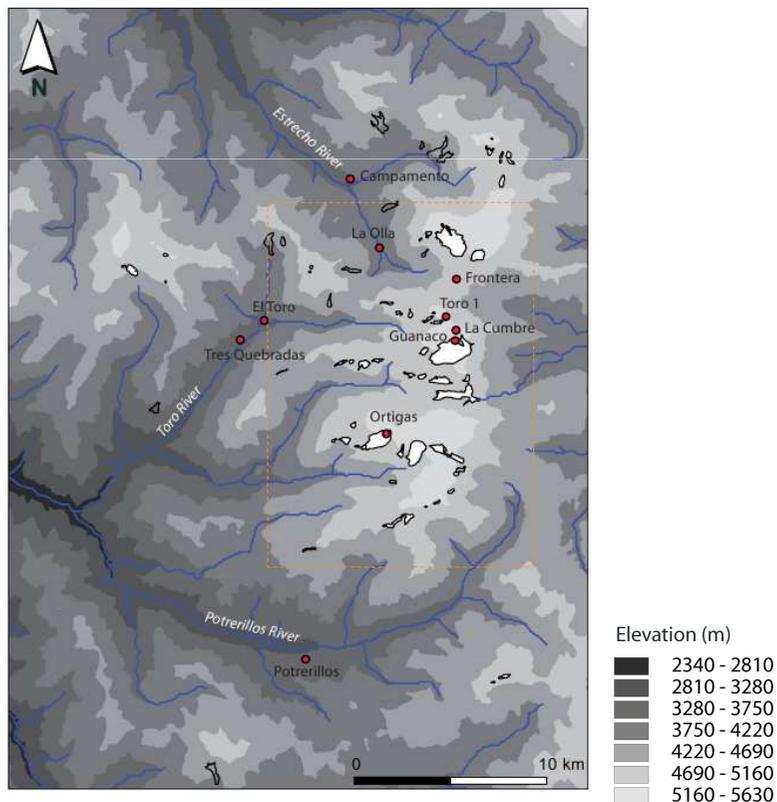
Présentation du modèle

- SnowModel
 - Modèle distribué d'évolution du manteau neigeux



Mise en place du modèle

- Période : de mai à novembre 2008 (saison complète)
- Forçages : 11 stations météo (précipitation supposée uniforme)
- Topo : MNT 90-m

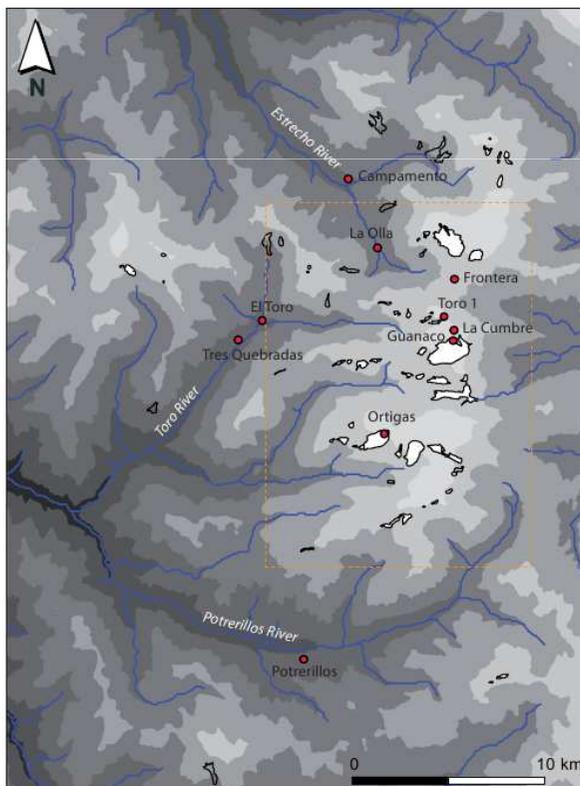


Évaluation du modèle

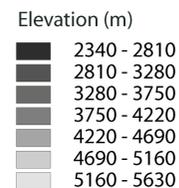
1. MicroMet
2. SnowTran-3D

Évaluation du modèle

1. MicroMet : validation croisée des variables météo simulées (*leave-one-out*)

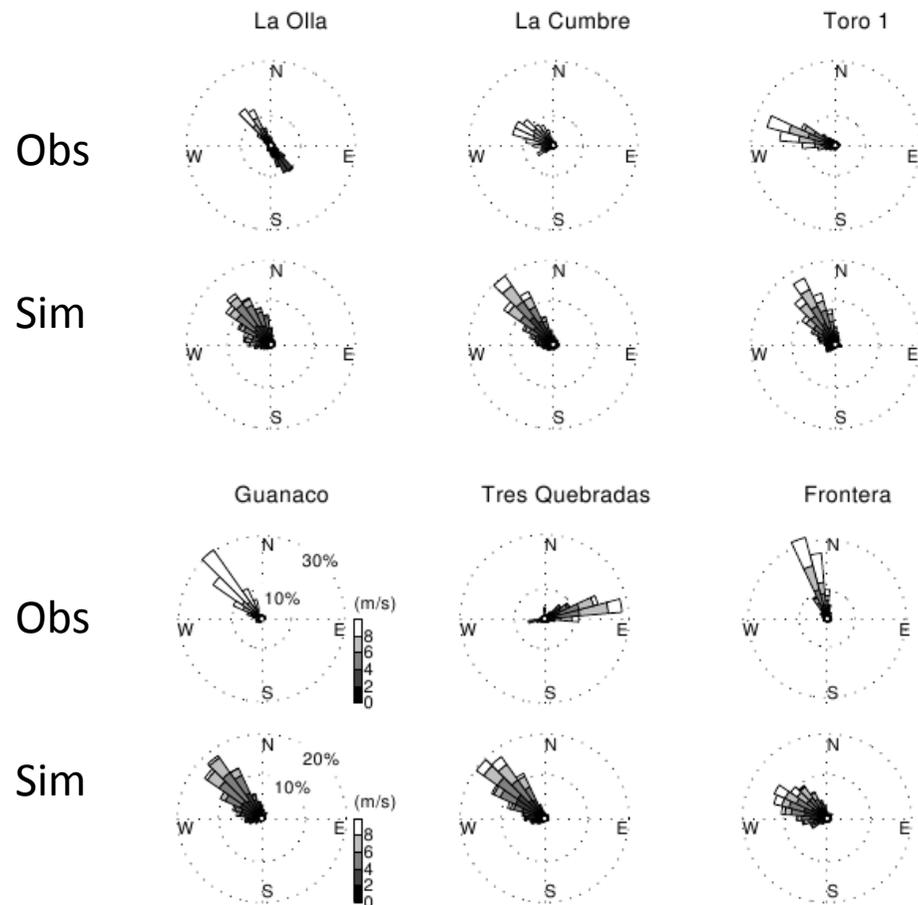
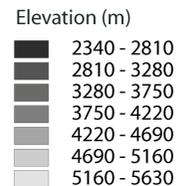
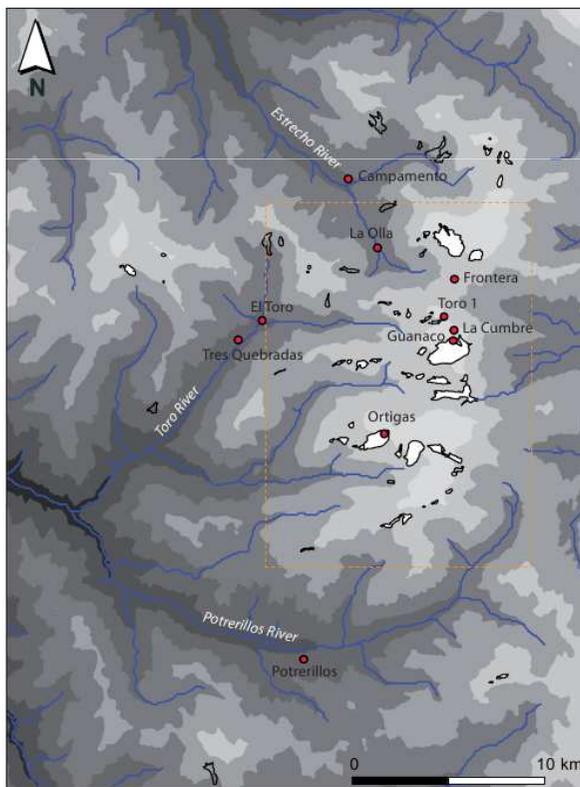


Station	TA (°C)		RH (%)		WS (m/s)		WD (°)	SI (W/m ²)		LI (W/m ²)	
	<i>R</i> ²	<i>B</i>	<i>R</i> ²	<i>B</i>	<i>R</i> ²	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>R</i> ²	<i>B</i>	<i>R</i> ²	<i>B</i>
Guanaco	0.98	-0.20	0.92	2.14	0.24	-4.39	-1.70	0.99	-49.68	0.95	6.50
Ortigas	0.95	-0.75	0.80	7.35	-	-	-	-	-	-	-
El Toro	0.95	-1.33	0.90	3.54	0.03	-1.01	-	0.97	21.97	-	-
Tres Que.	0.91	-0.17	0.87	2.06	0.25	-0.90	-79.25	0.95	23.21	-	-
Portrerillo	0.83	0.46	0.58	-6.44	-	-	-	0.99	-0.74	-	-
Frontera	0.96	-0.41	0.81	-2.93	0.31	-1.24	-41.33	0.92	-26.27	-	-
La Olla	0.95	0.97	0.86	-5.18	0.13	0.53	16.46	0.97	5.59	-	-
La Cumbre	0.98	0.06	0.93	2.41	0.36	-3.65	12.37	-	-	-	-
Toro 1	0.97	-0.03	-	-	0.25	-1.89	28.14	0.97	-37.37	0.96	-6.68



Évaluation du modèle

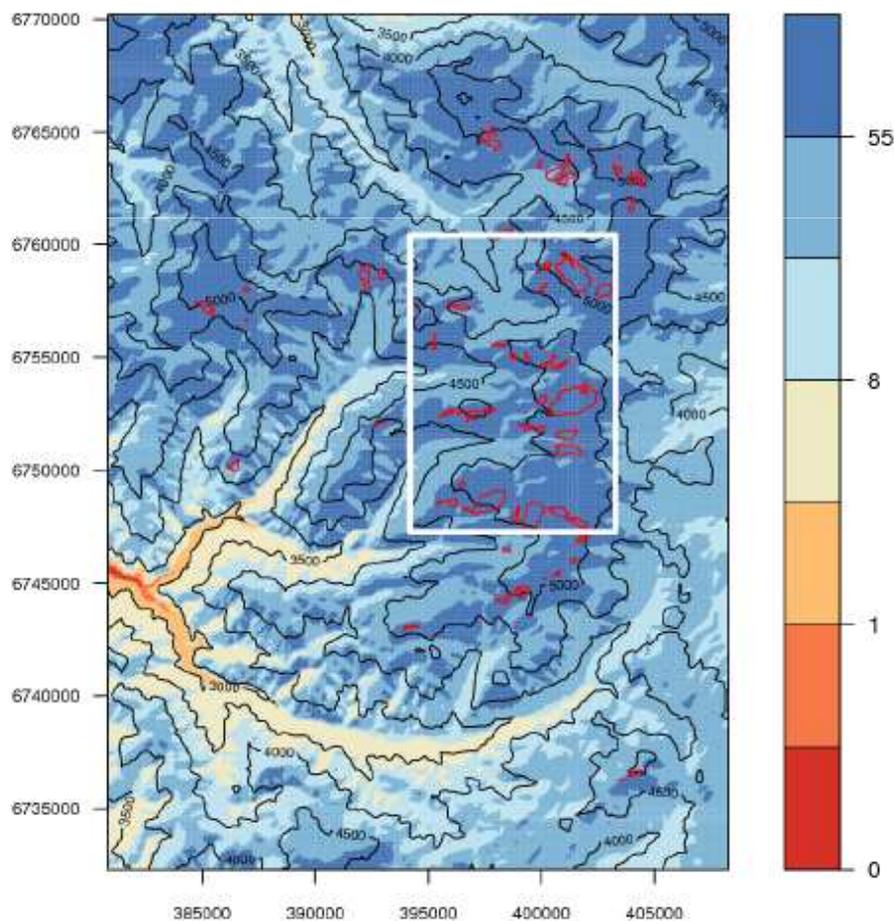
1. MicroMet : validation croisée des variables météo simulées (*leave-one-out*)



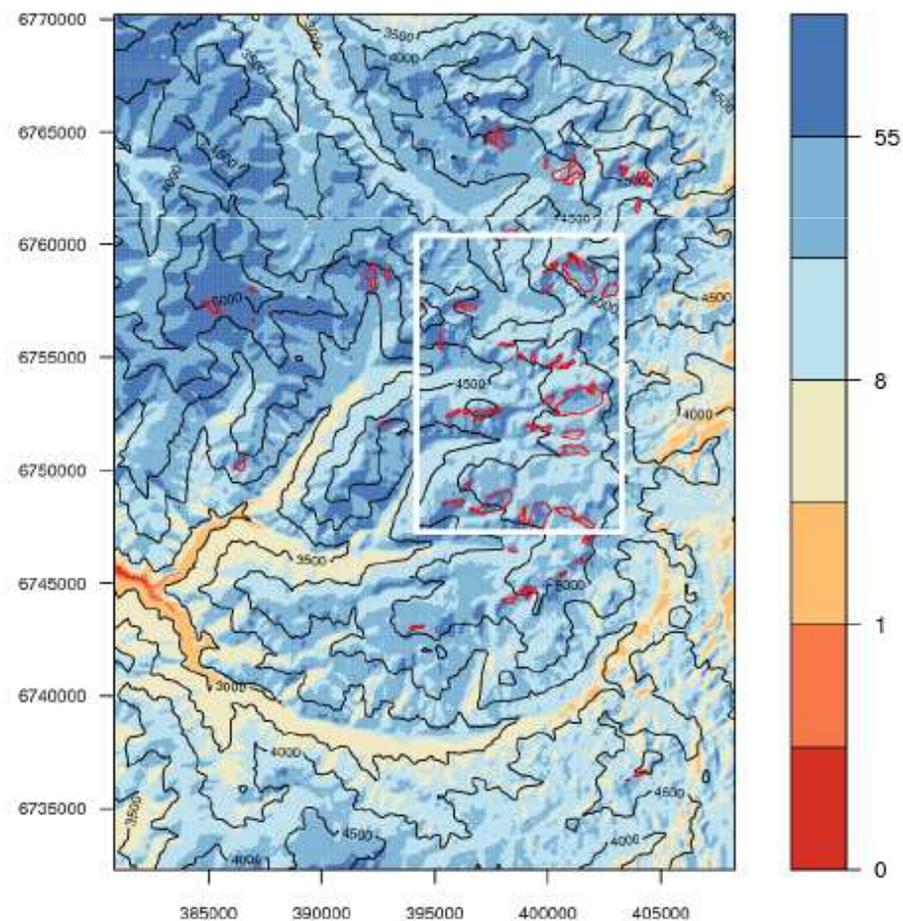
Évaluation du modèle

2. SnowTran-3D : effet sur les simulations

SWE (mm) sans ST

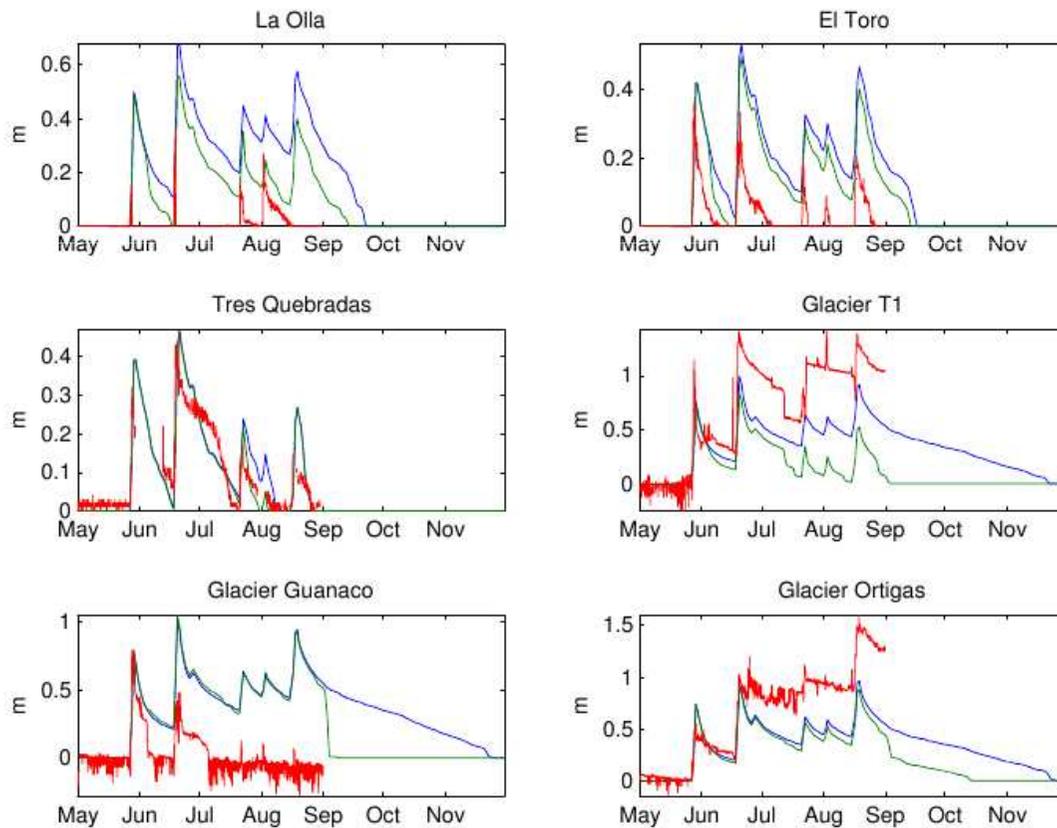


SWE (mm) avec ST



Évaluation du modèle

2. SnowTran-3D : effet sur les simulations



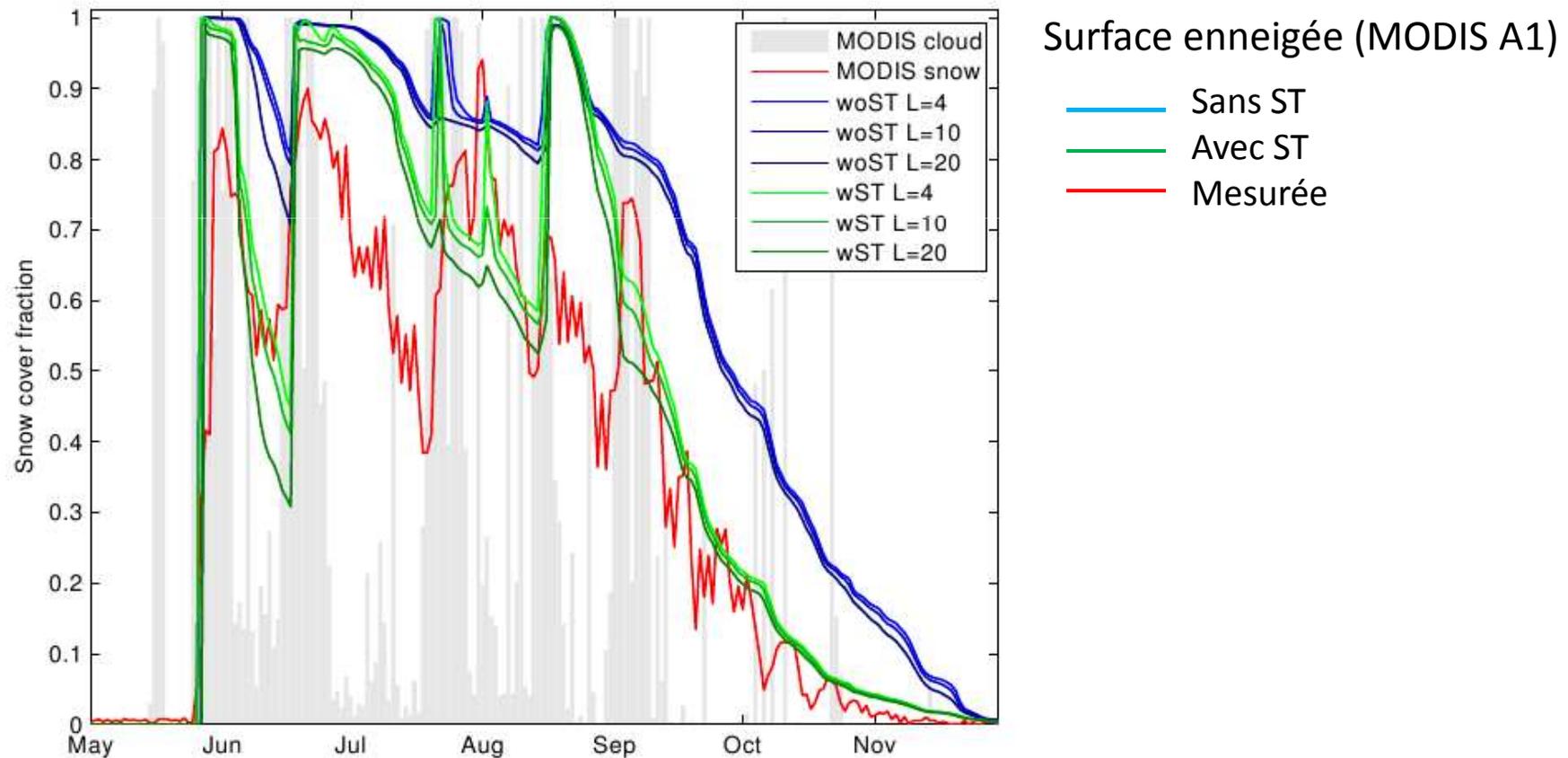
Hauteur de neige (SR50)

- Sans ST
- Avec ST
- Mesurée



Évaluation du modèle

2. SnowTran-3D : effet sur les simulations

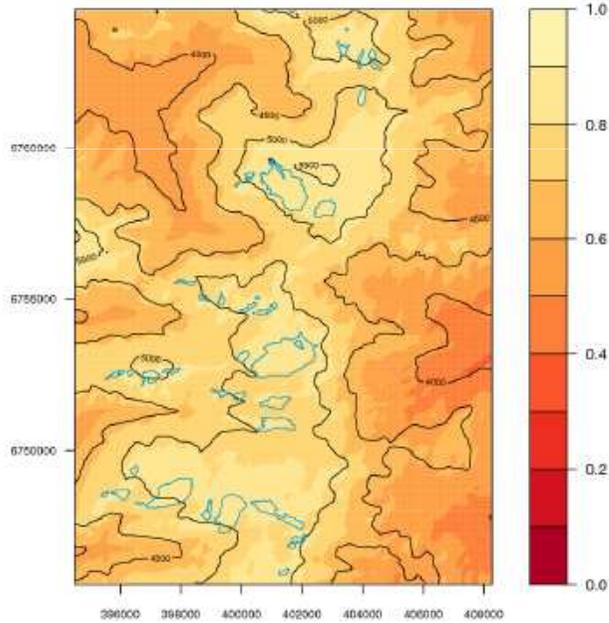


Évaluation du modèle

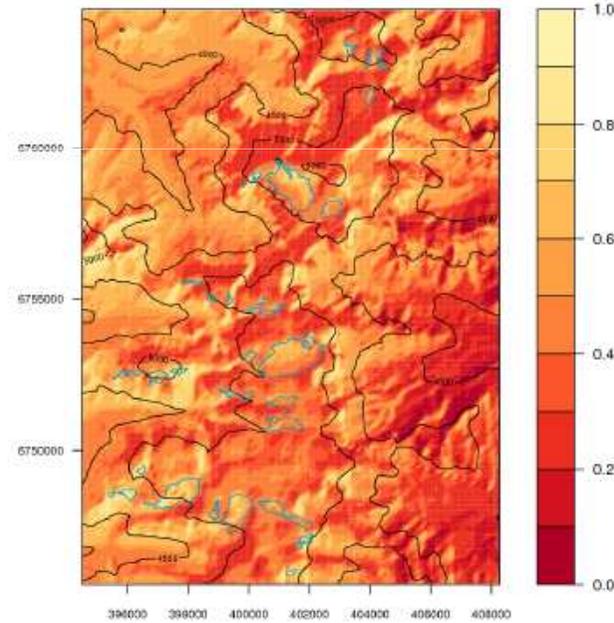
2. SnowTran-3D : effet sur les simulations

Probabilité de présence de neige

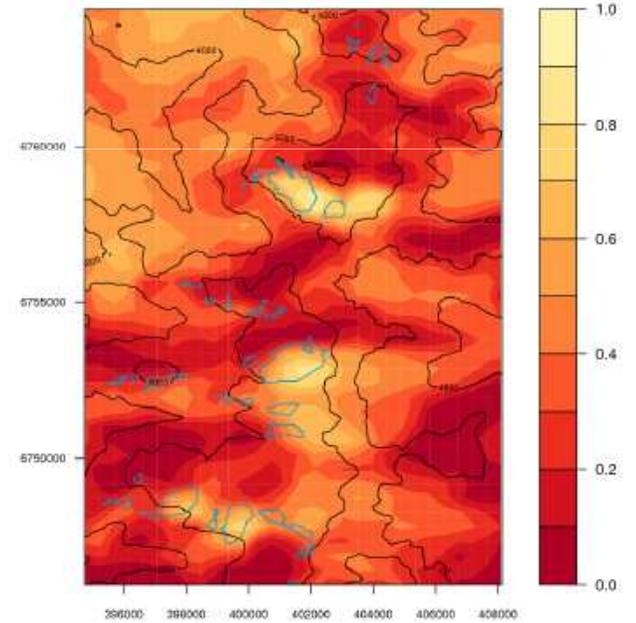
Sans ST



Avec ST



MODIS



Résultats

Effets du transport par le vent

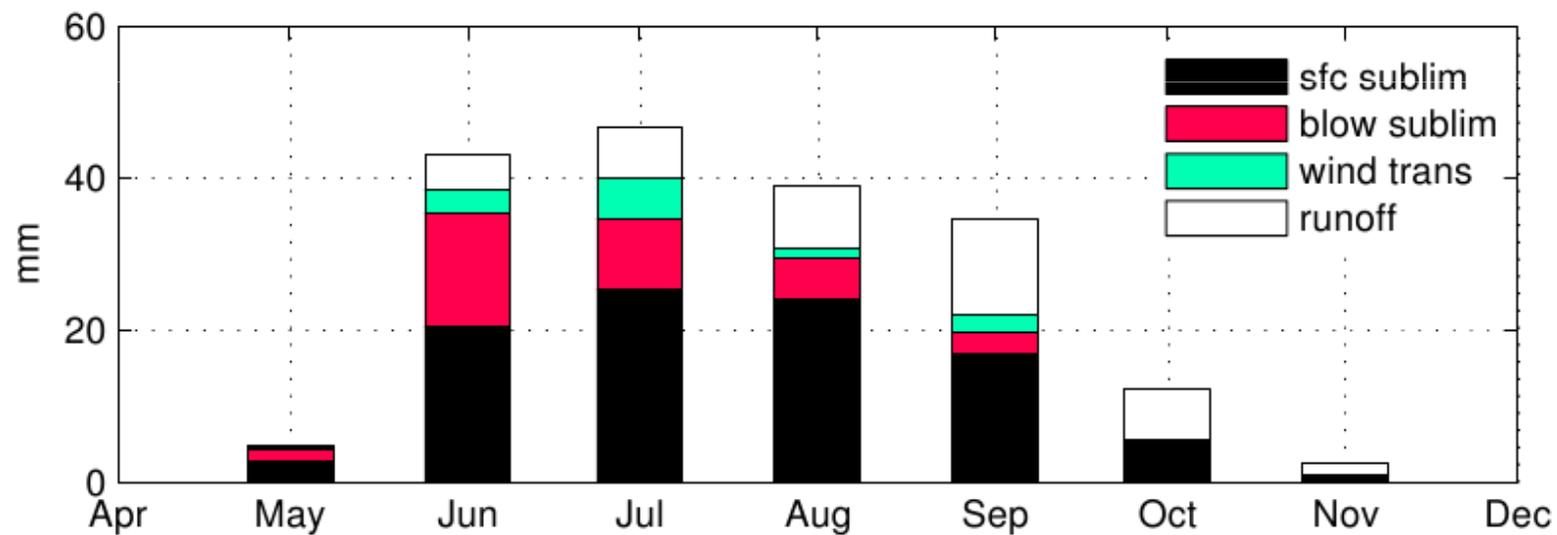
1. Sur le bilan hydrologique
2. Sur l'accumulation des glaciers
3. Sur la fonte de la neige

Résultats

1. Effet sur le bilan hydrologique

Sublimation = 71% ablation totale

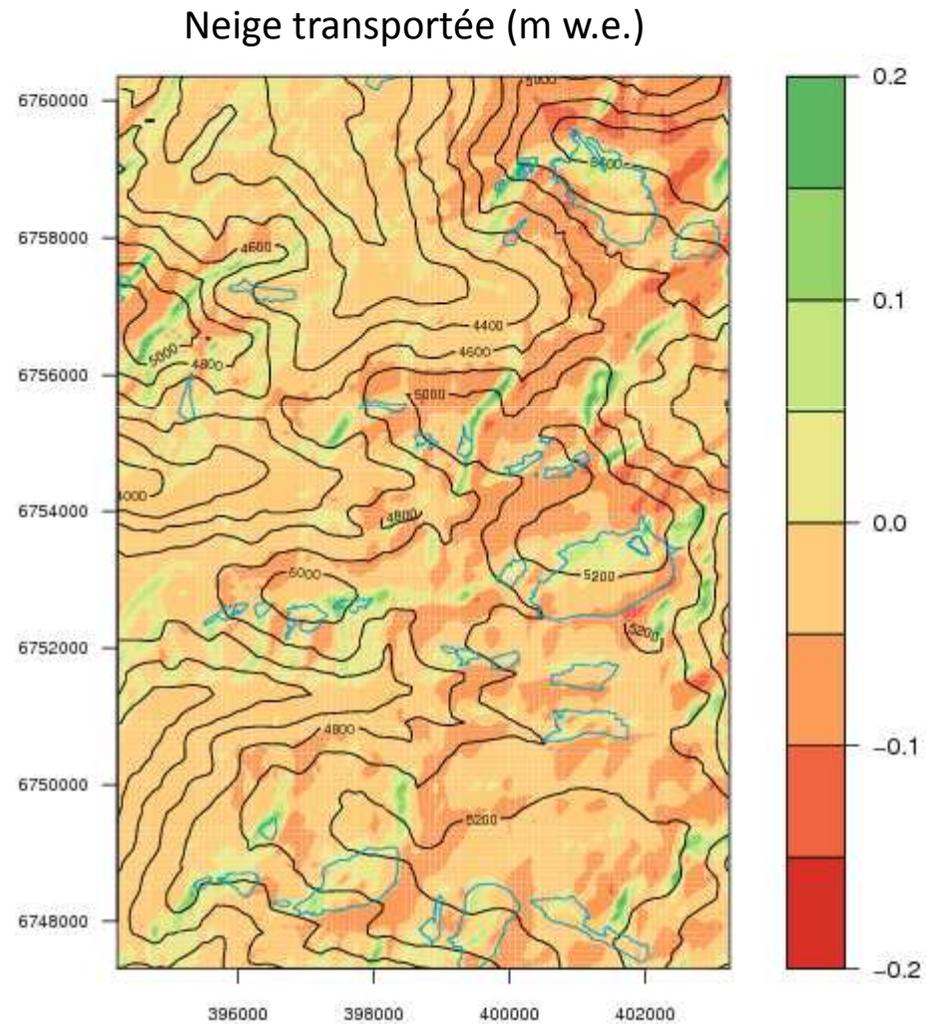
Sublimation de la neige soufflée = 26 % de la sublimation totale



Résultats

2. Effet sur les glaciers

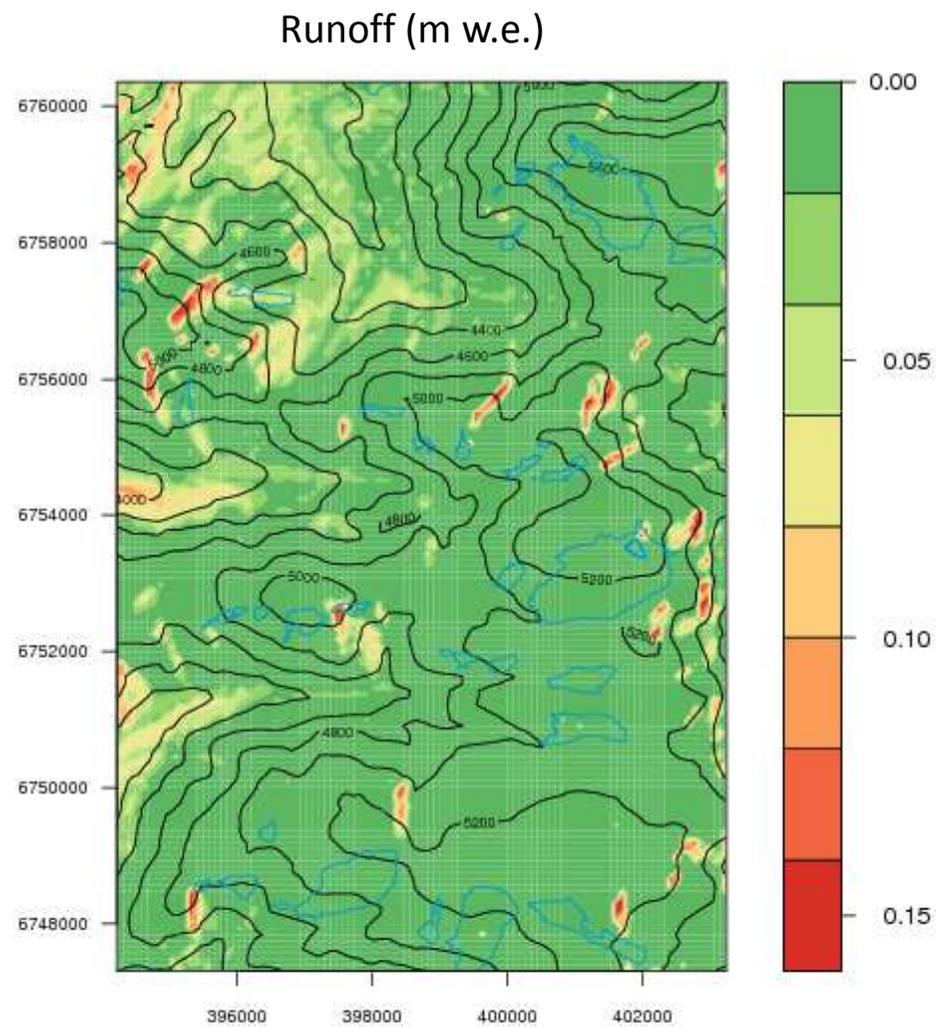
Au-dessus de 4475m, le **bilan est positif** en fin de simulation pour :
43 % des points de grille « glaciers »
23 % en dehors



Résultats

3. Effet sur la fonte

Les accumulations locales de neige prolongent la saison de fonte

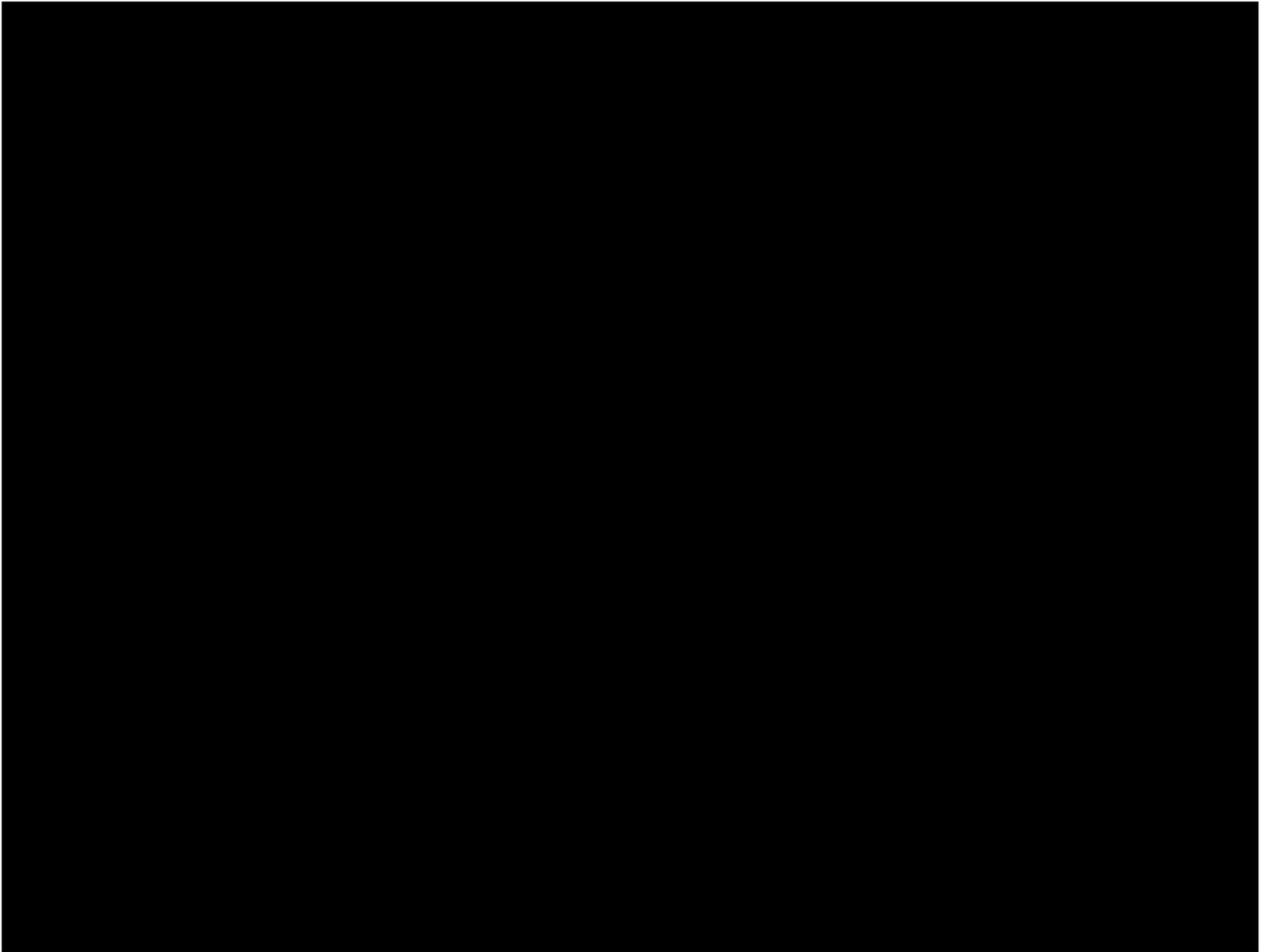


Conclusion

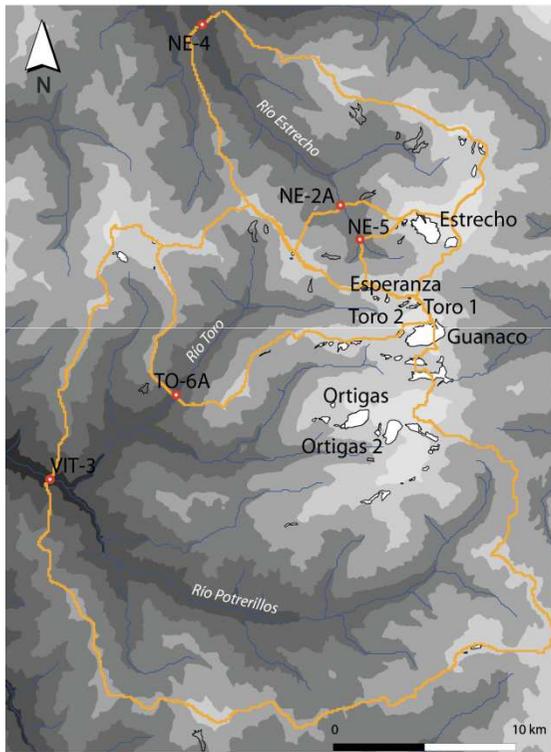
- Fort impact du transport par le vent sur la distribution spatiale de la neige
- Les glaciers apparaissent comme des zones d'accumulation préférentielles
- Perspective : la neige déposée par le vent peut jouer un rôle dans le soutien du débit d'étiage

Gascoin, S. Lhermitte, S. , Kinnard, C., Bortels, K., Liston, GE.,
Wind effects on snow cover in Pascua-Lama, Dry Andes of Chile,
Advances in Water Resources, 2013 (in press)





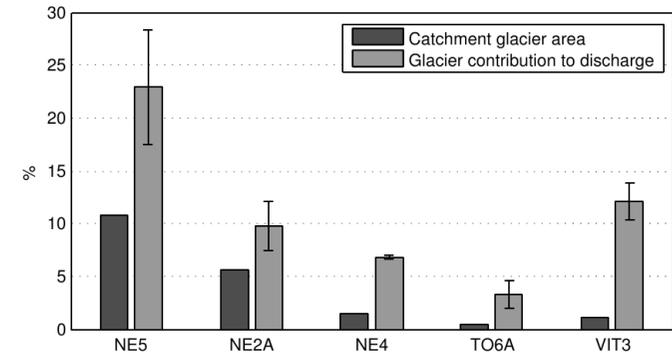
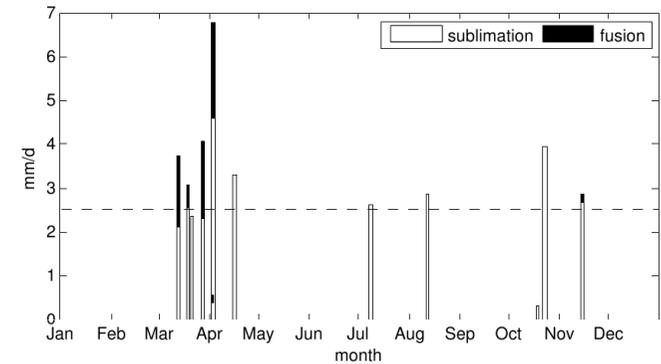
Processus hydrologiques



High solar radiation and low humidity
 ⇒ **High sublimation rates** (lysimeter)
 ⇒ Penitents

Hydrological balance suggests that
glaciers accumulate more snow than the surrounding areas (wind ?)

However, **seasonal snowmelt** (i.e. from non-glaciated areas) is the main contributor to streamflow at annual scale



Gascoin et al. 2011 TC

Évaluation du modèle

2. SnowTran-3D : effet sur les simulations

