



**Study of the recent disappearance of a tropical glacier
in the Bolivian Andes with the help of
the high resolution regional climate model MAR**

Mémoire présenté par

Chloé SCHOLZEN

Master en sciences géographiques, orientation climatologie

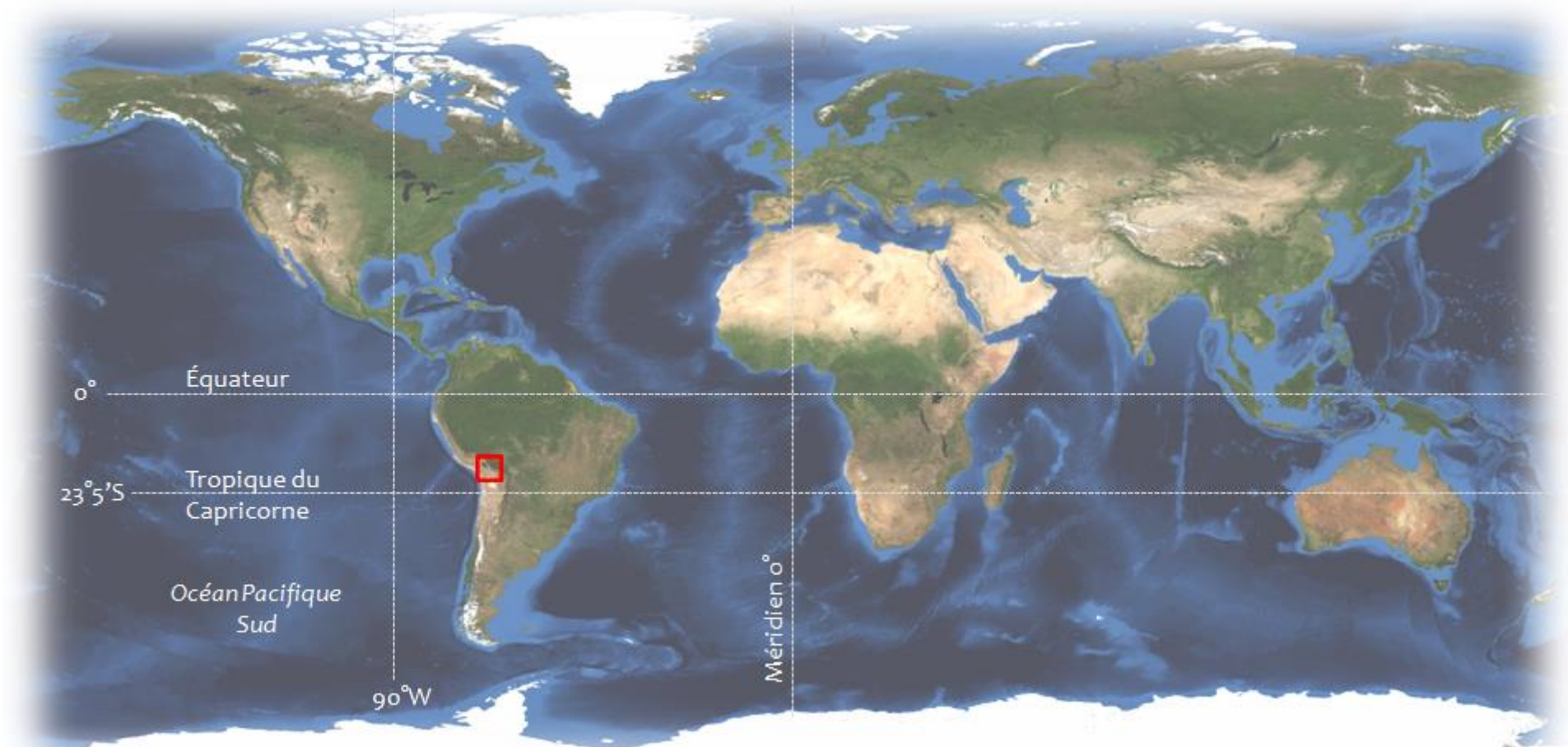
Le 23 mars 2016

**À l'occasion de la conférence « *Jeunes Chercheurs en Géographie* »
Organisée par la Société Géographique de Liège**

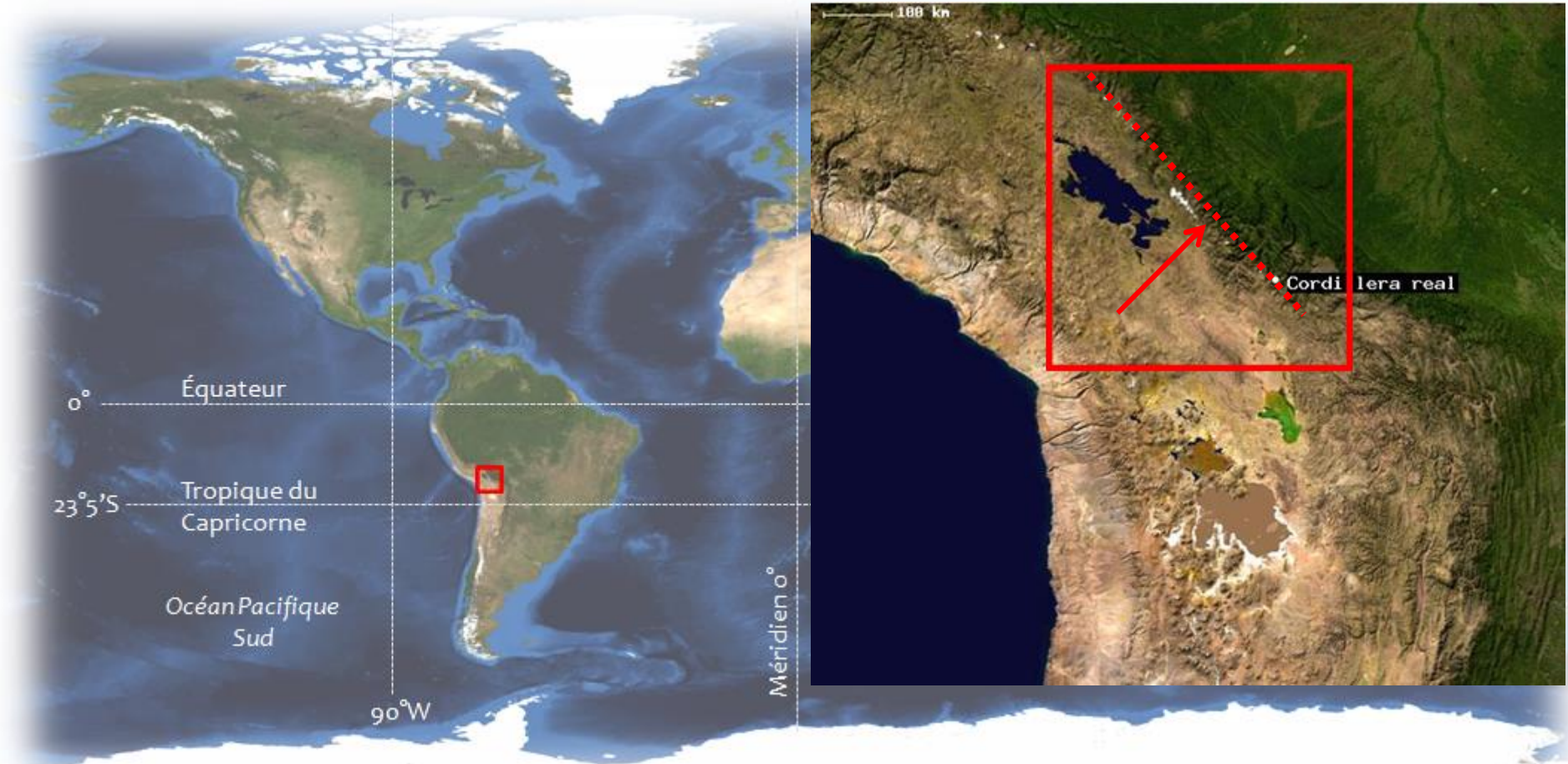
**Université
de Liège**



Bolivie, Amérique du Sud



Bolivie, Amérique du Sud
Cordillère Royale, Andes

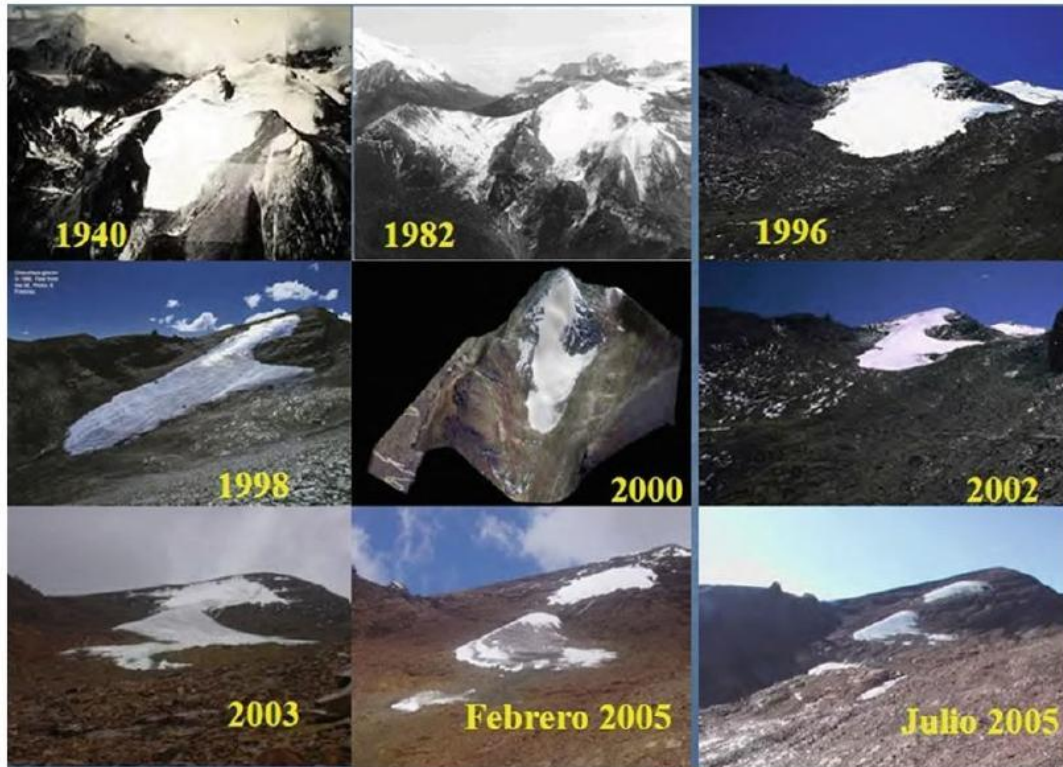


Bolivie, Amérique du Sud
Cordillère Royale, Andes

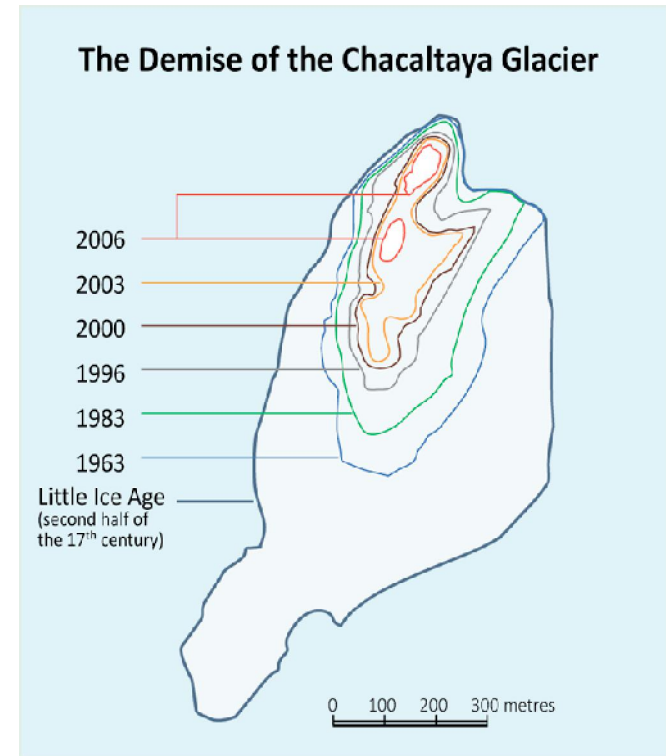
Montagne Chacaltaya

- ☐ Longitude: 68°13'W
- ☐ Latitude: 16°21'S



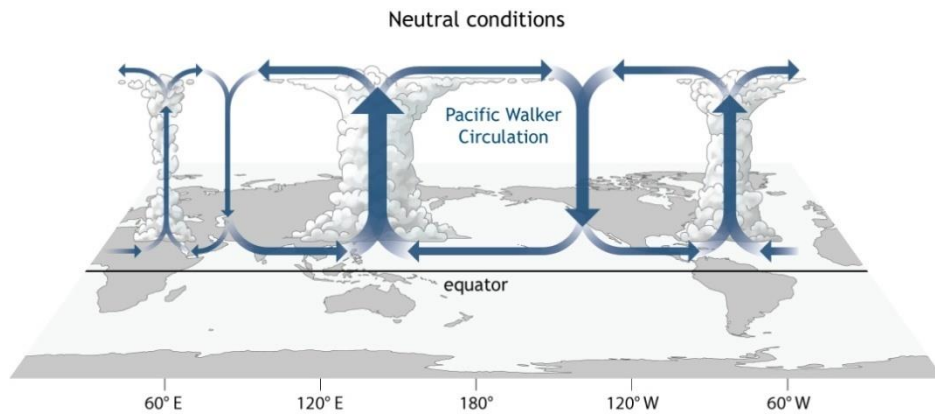


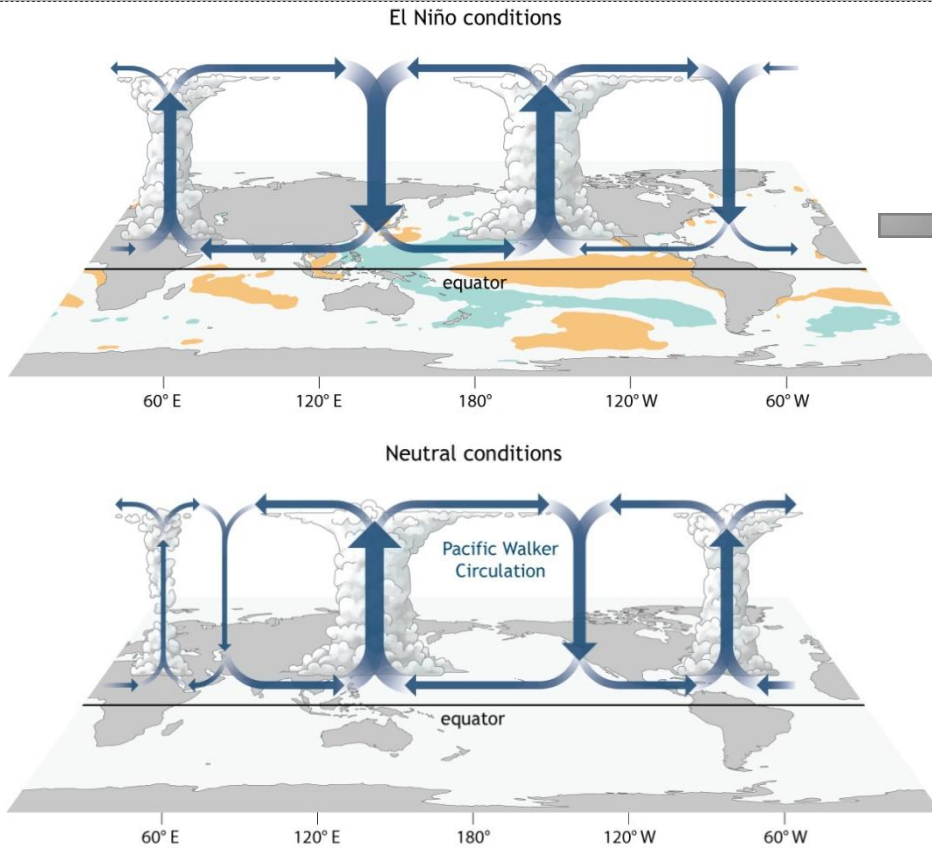
Rabatel et al. (2013)



UNEP (2013)







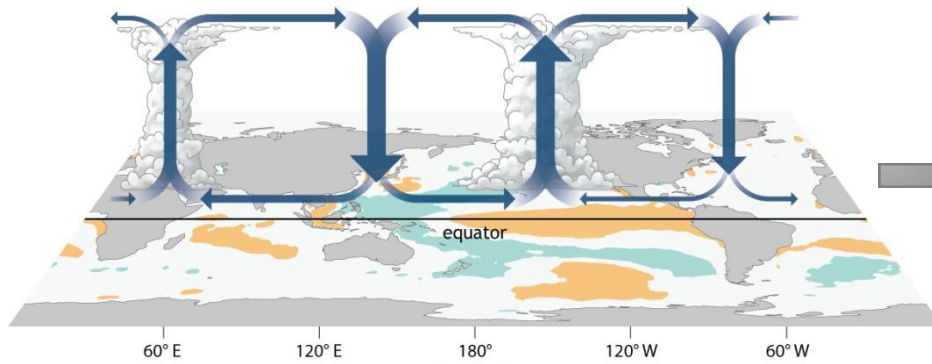
IMPACT SUR LES ANDES BOLIVIENNES

Chaud et sec

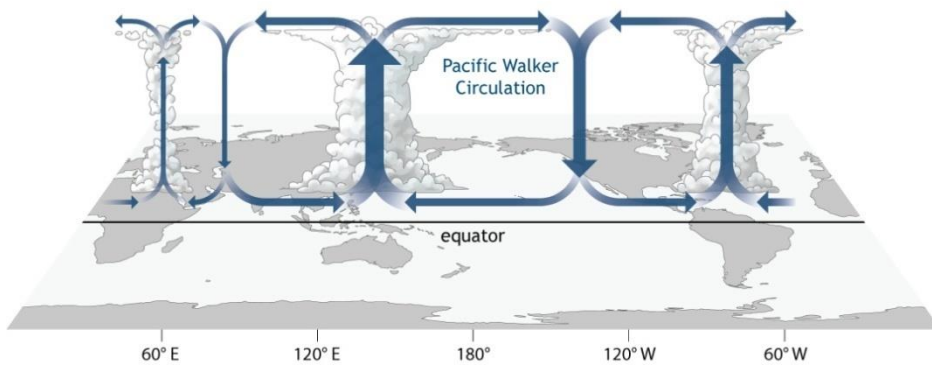
BMS* négatif

* BMS = Bilan de masse en surface d'un glacier
= gains (neige) – pertes (sublimation + fonte) de masse

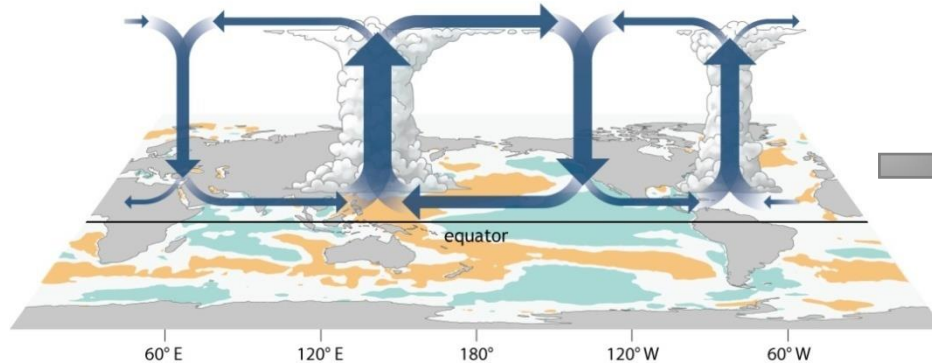
El Niño conditions



Neutral conditions



La Niña conditions



<https://www.climate.gov/>

IMPACT SUR LES ANDES BOLIVIENNES

Chaud et sec

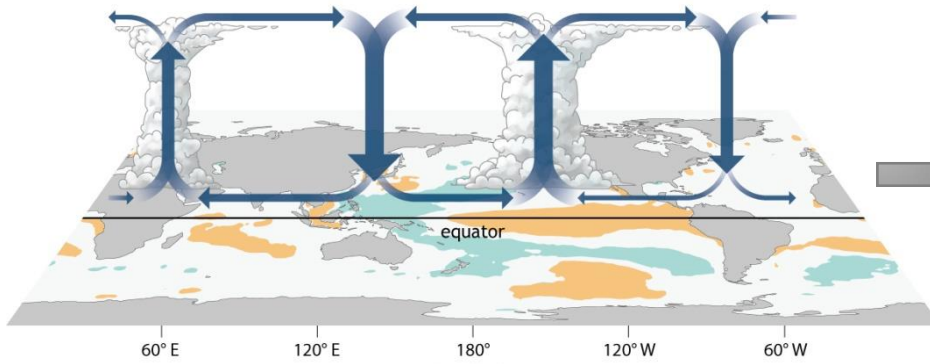
BMS* négatif

Froid et humide

BMS* positif

* BMS = Bilan de masse en surface d'un glacier
= gains (neige) – pertes (sublimation + fonte) de masse

El Niño conditions

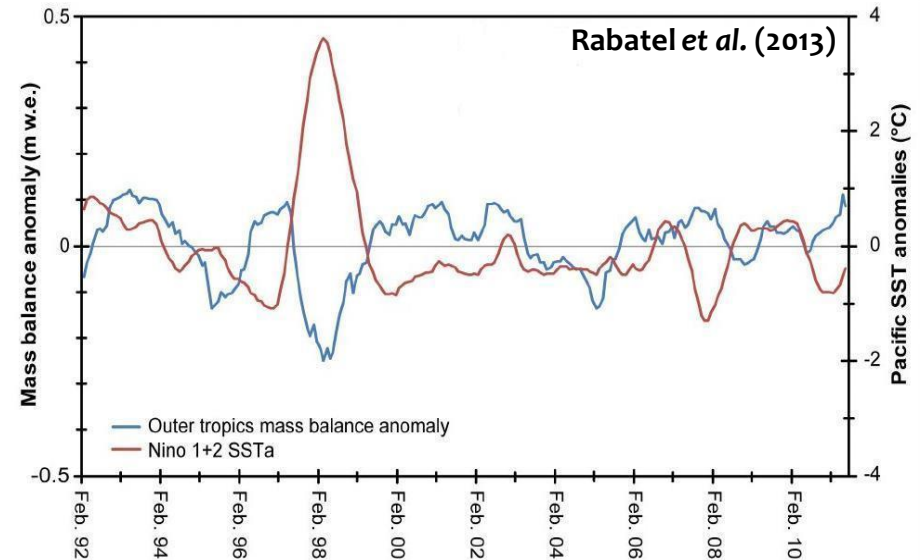
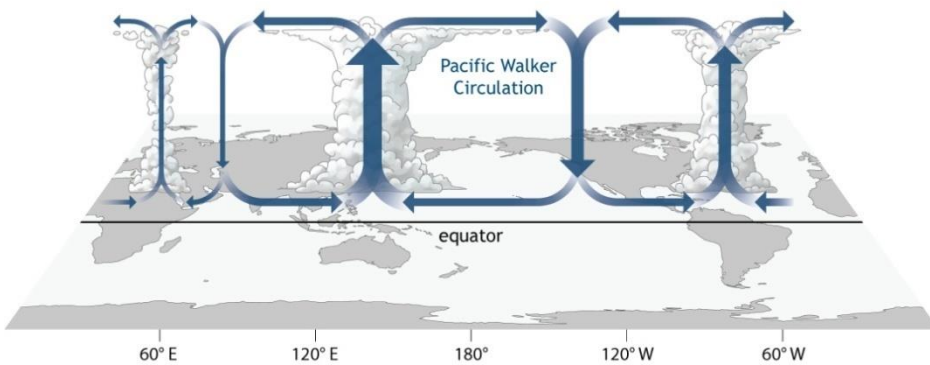


IMPACT SUR LES ANDES BOLIVIENNES

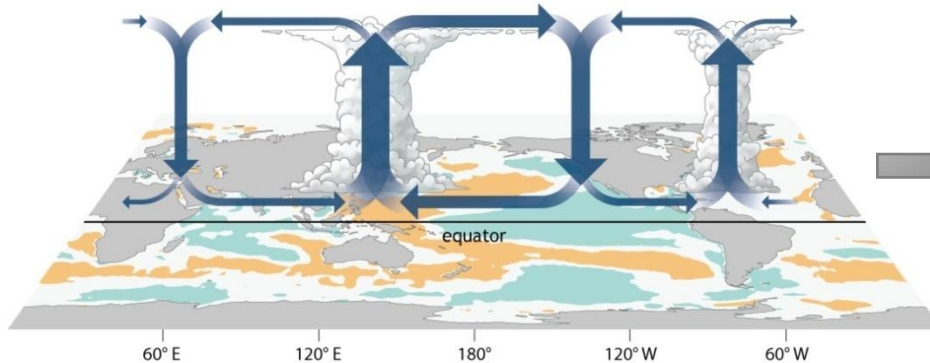
Chaud et sec

BMS* négatif

Neutral conditions



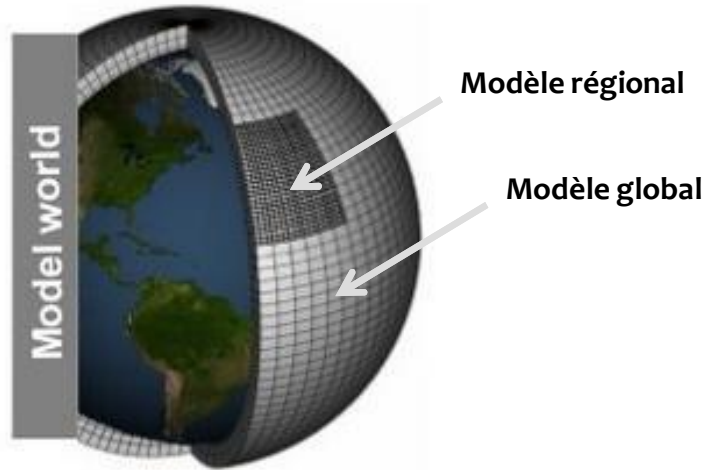
La Niña conditions

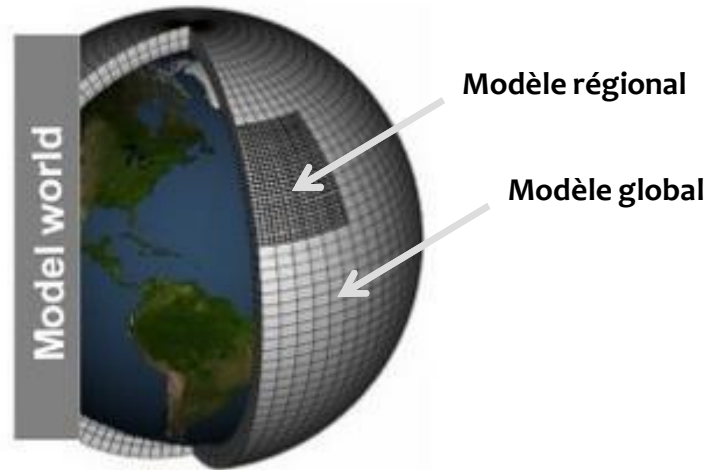


Froid et humide

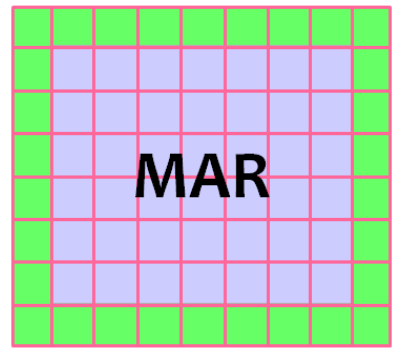
BMS* positif

* BMS = Bilan de masse en surface d'un glacier
= gains (neige) - pertes (sublimation + fonte) de masse



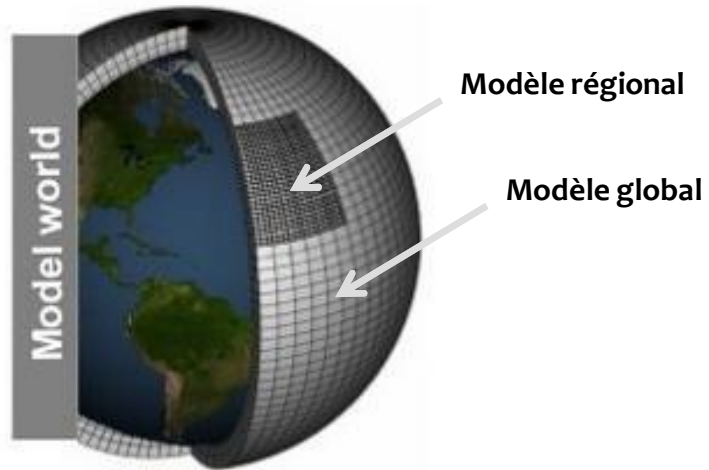


1
DÉVELOPPEMENT
DU MODÈLE



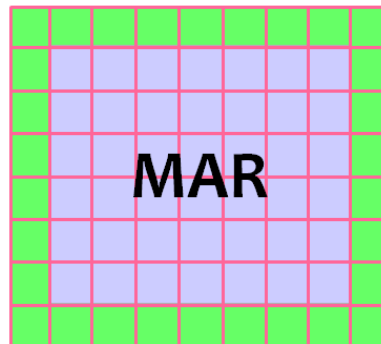
2
SIMULATIONS

3
ANALYSE
DES RÉSULTATS



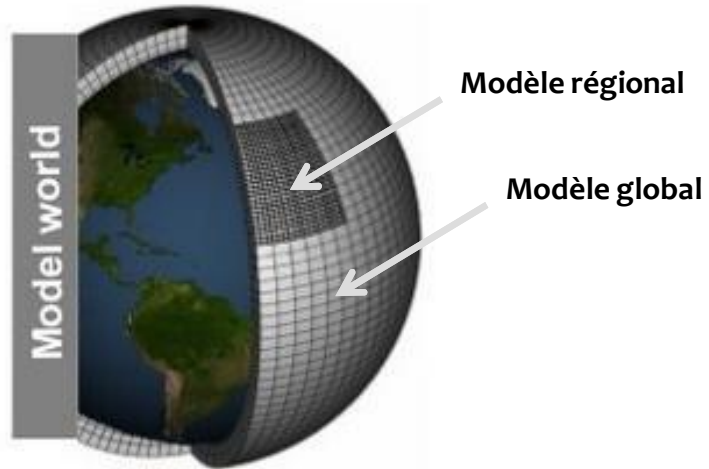
1 DÉVELOPPEMENT DU MODÈLE

Équations



2 SIMULATIONS

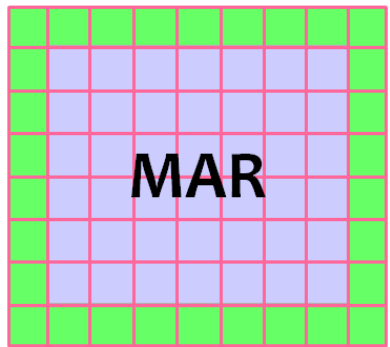
3 ANALYSE DES RÉSULTATS



1 DÉVELOPPEMENT DU MODÈLE

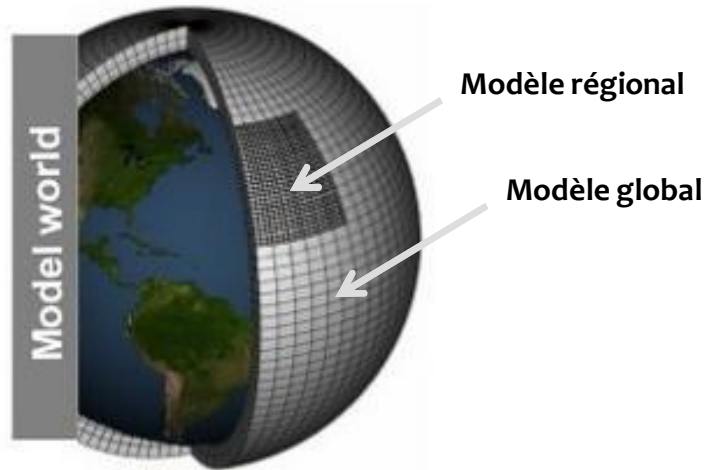
Équations

Paramétrisations



2 SIMULATIONS

3 ANALYSE DES RÉSULTATS



1 DÉVELOPPEMENT DU MODÈLE

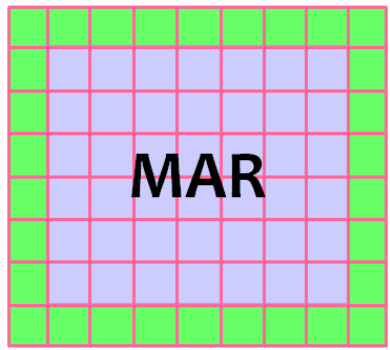
Équations

Paramétrisations

Calibrage

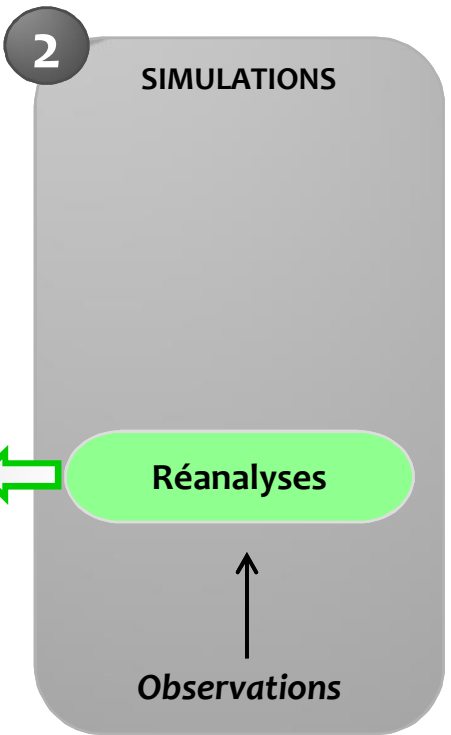
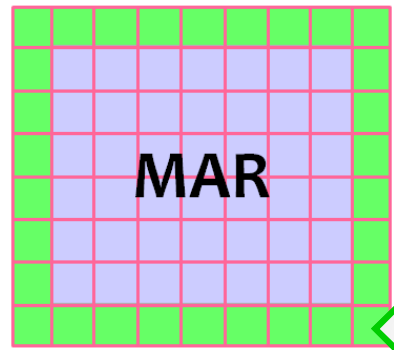
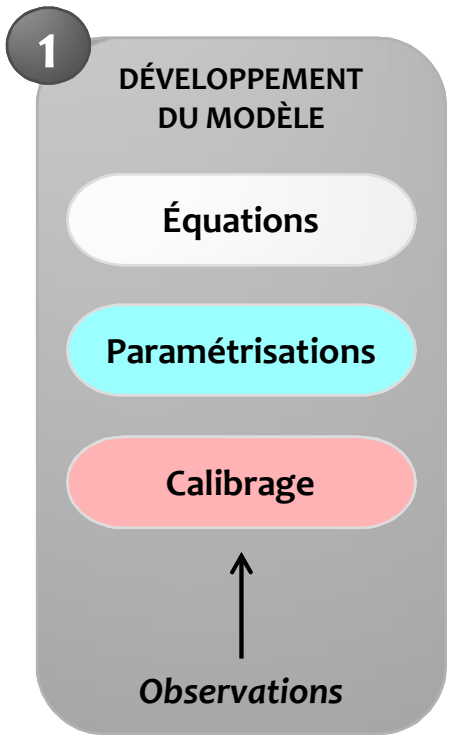
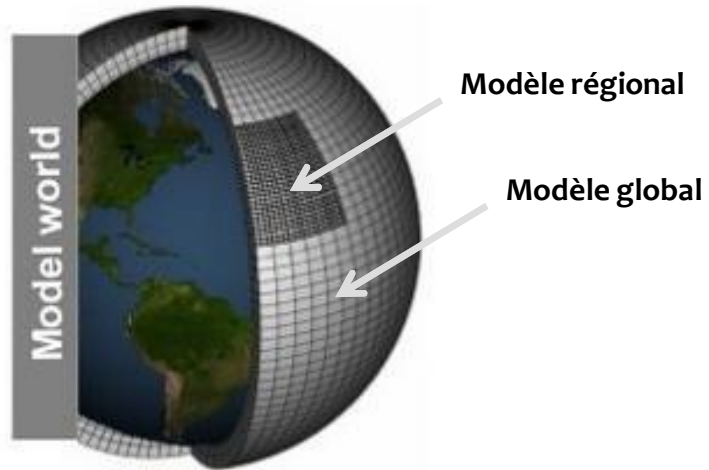
↑

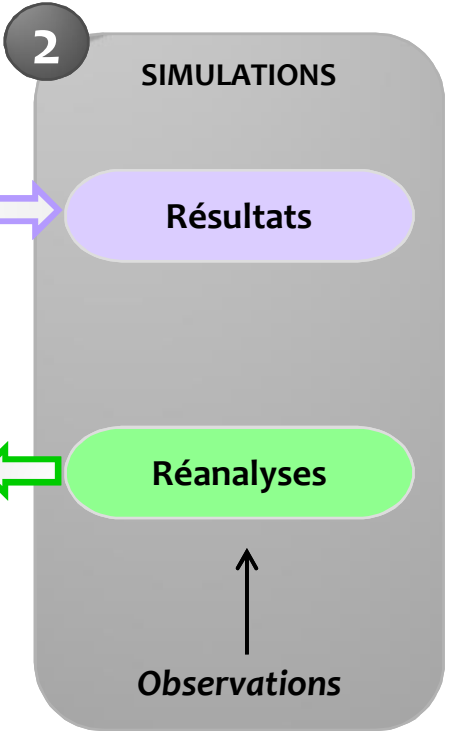
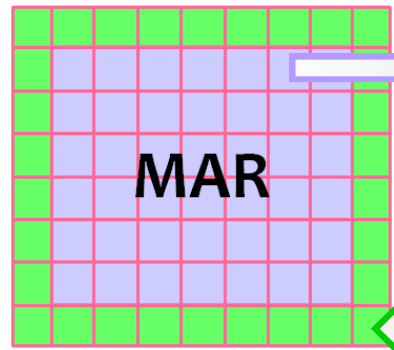
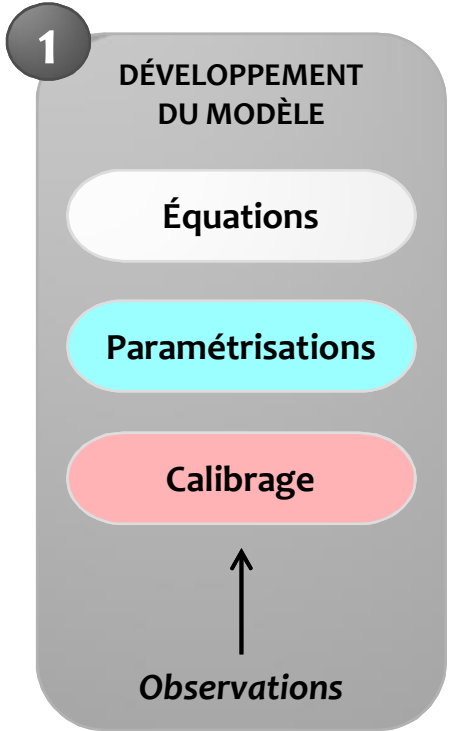
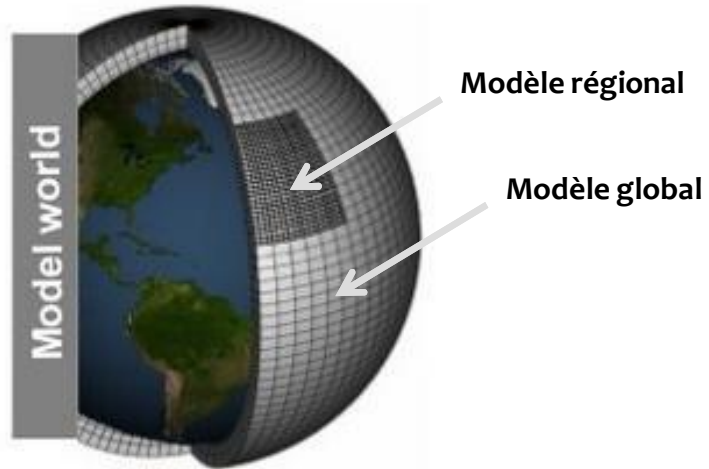
Observations

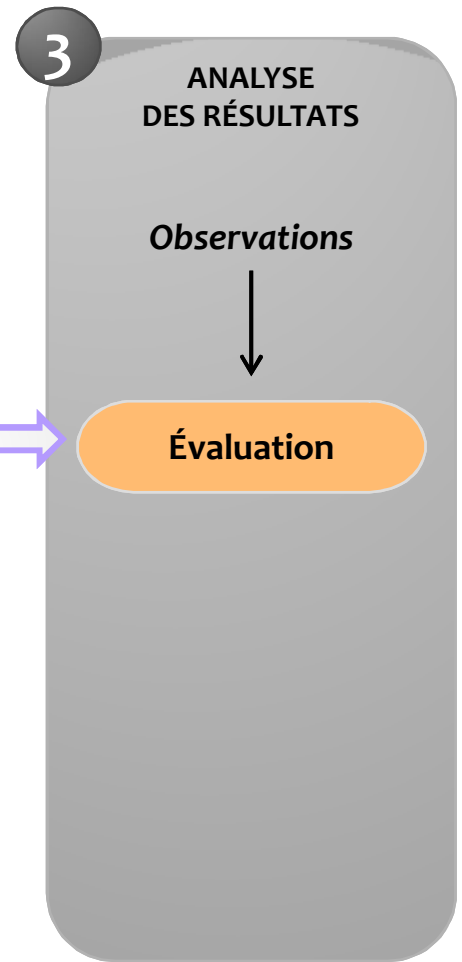
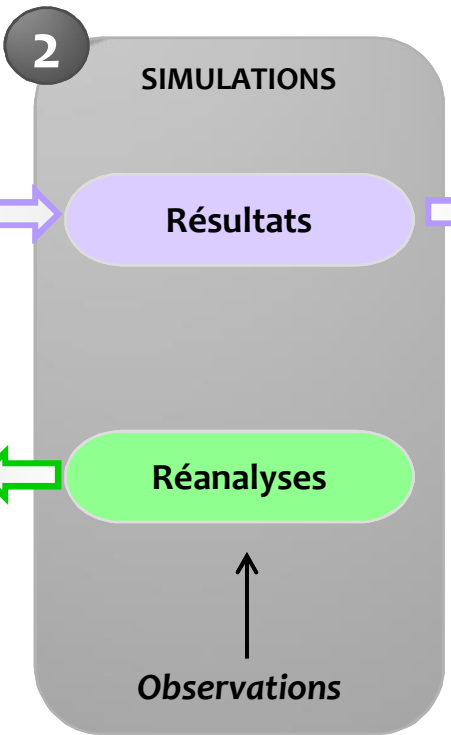
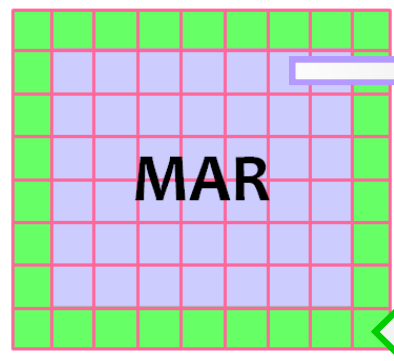
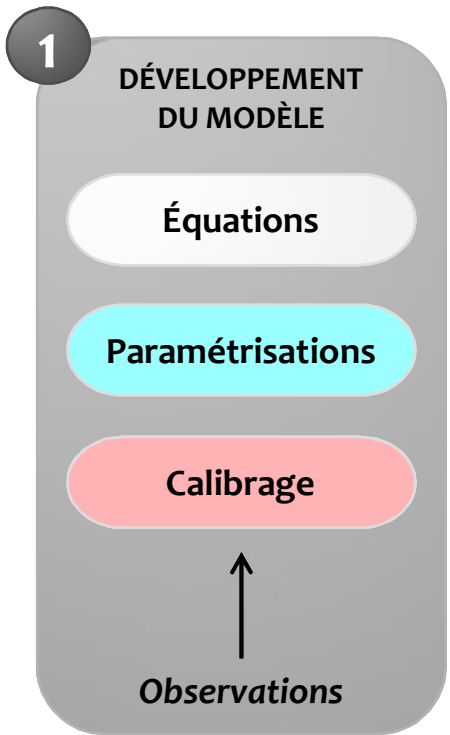
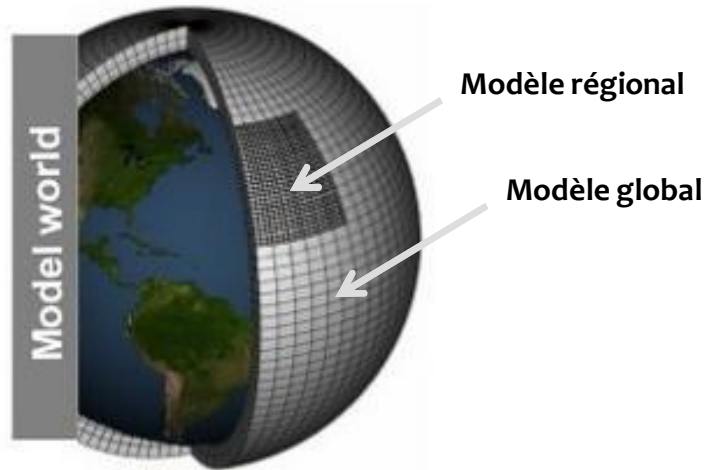


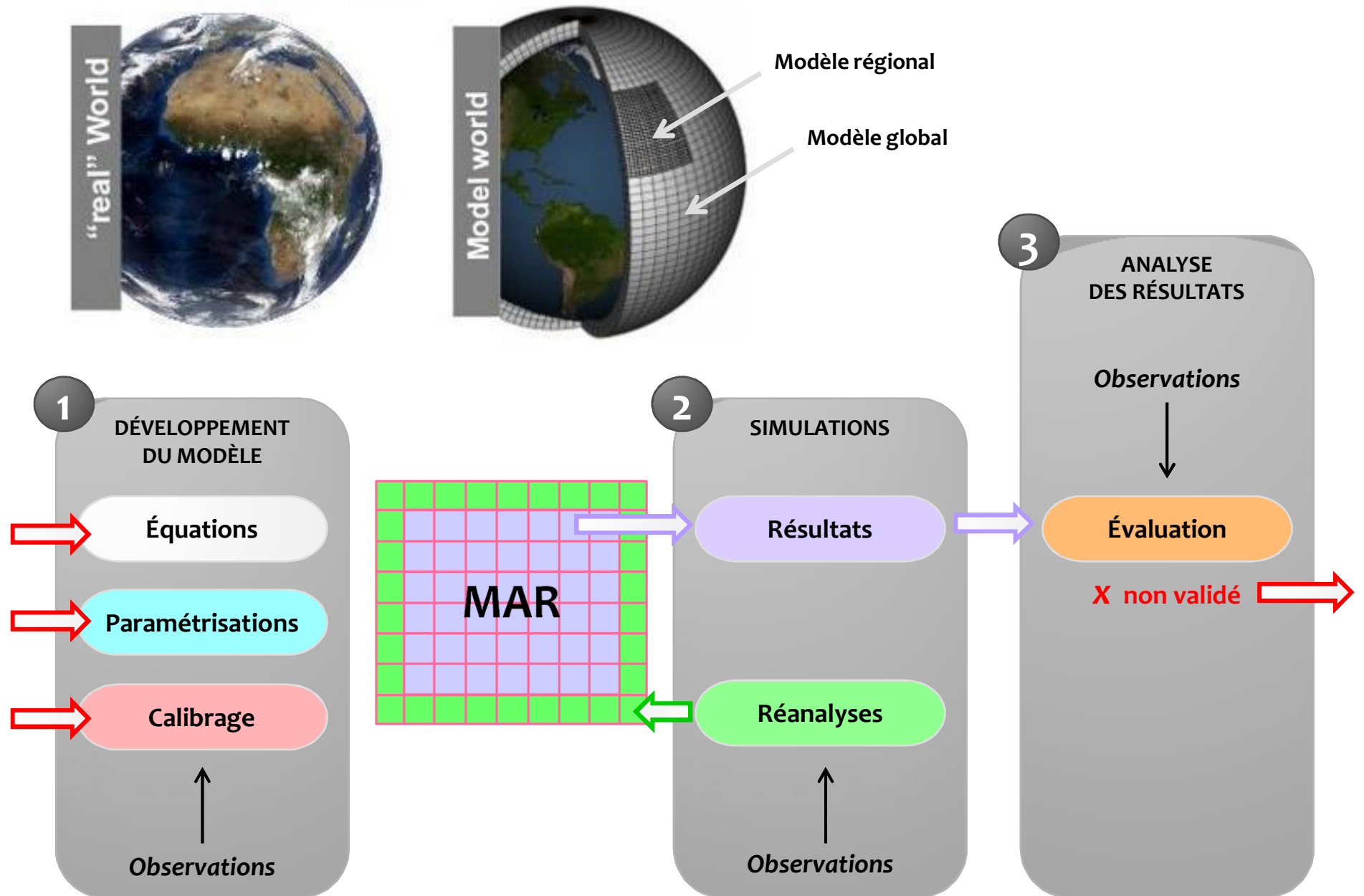
2 SIMULATIONS

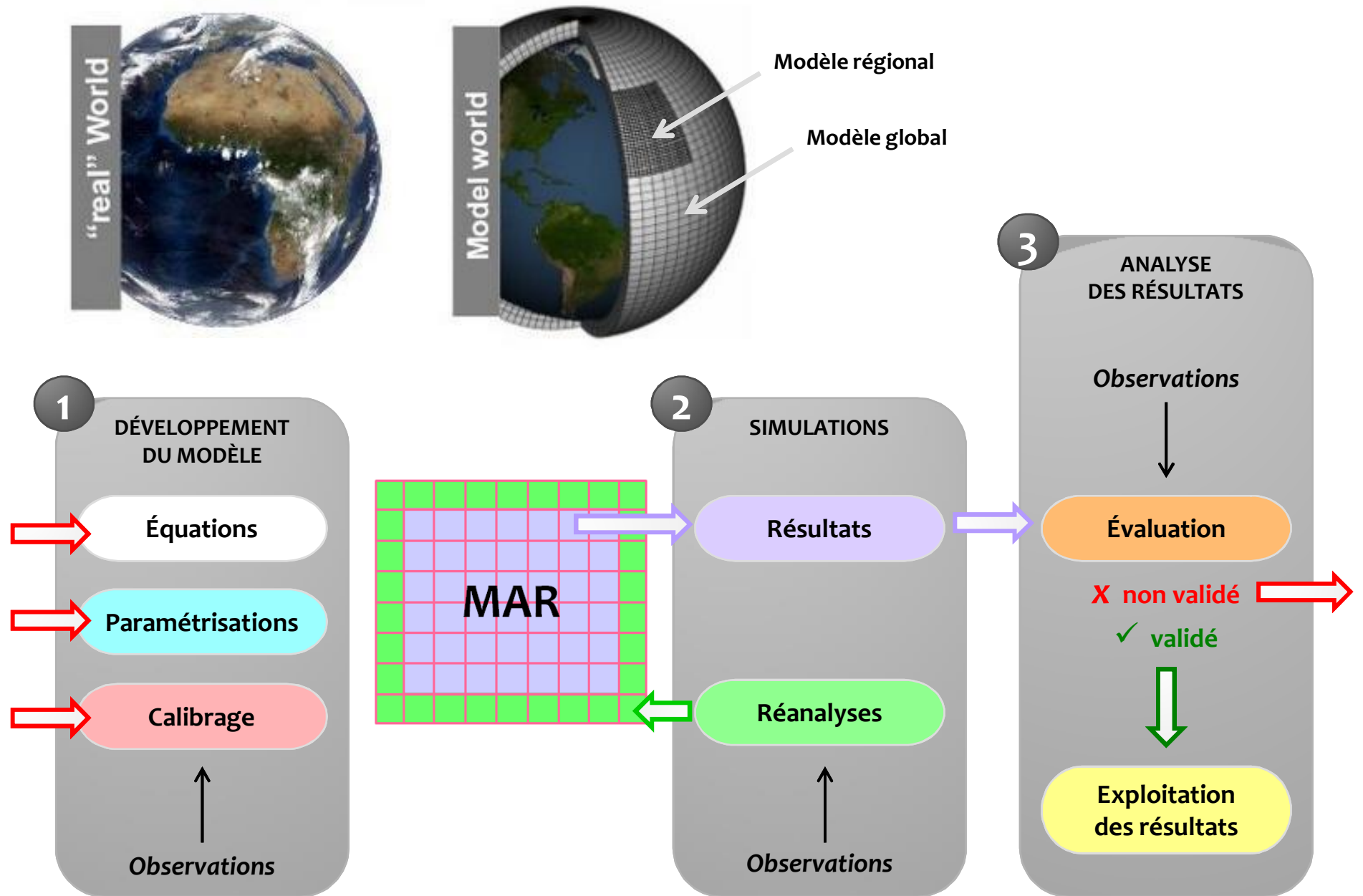
3 ANALYSE DES RÉSULTATS



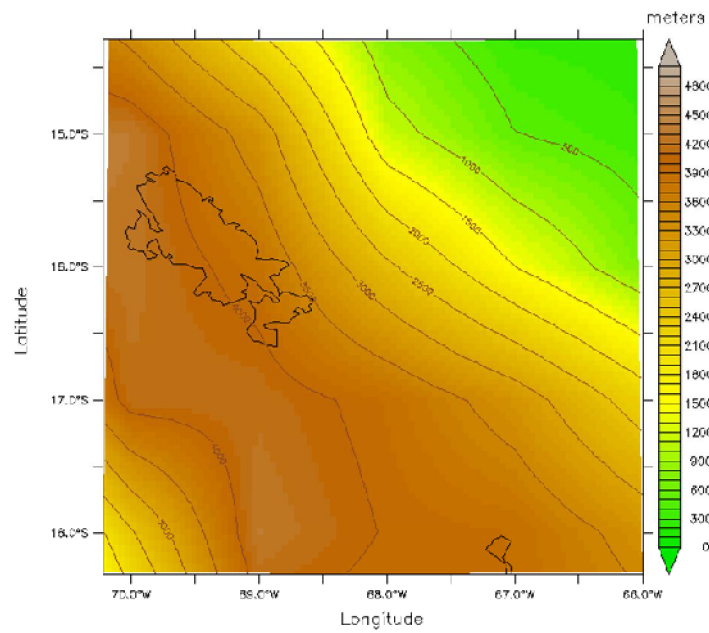




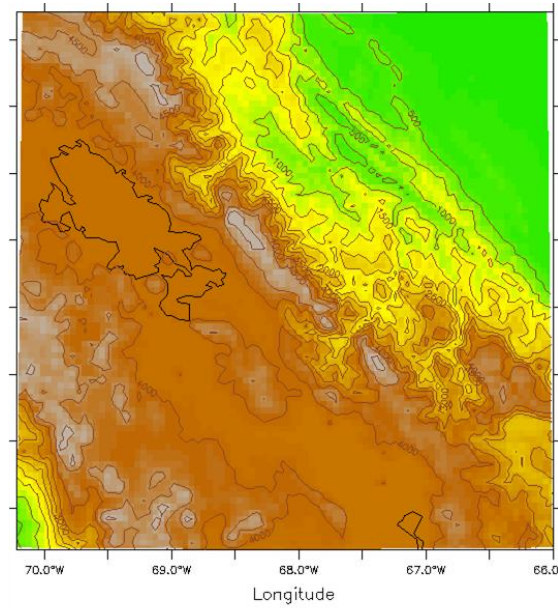




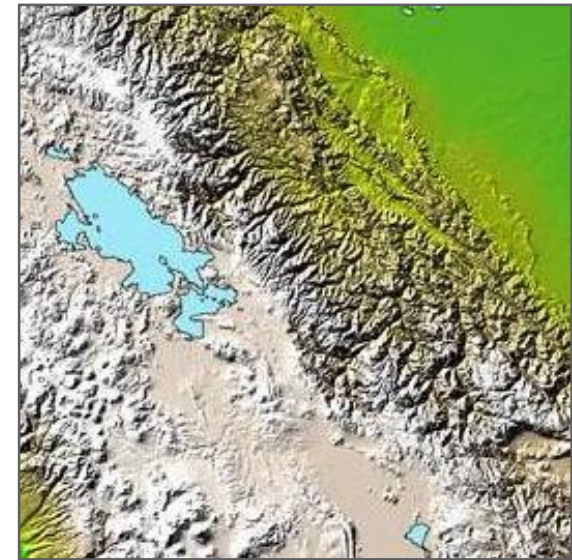
ECMWF ERA-40
Résolution ~ 125 km



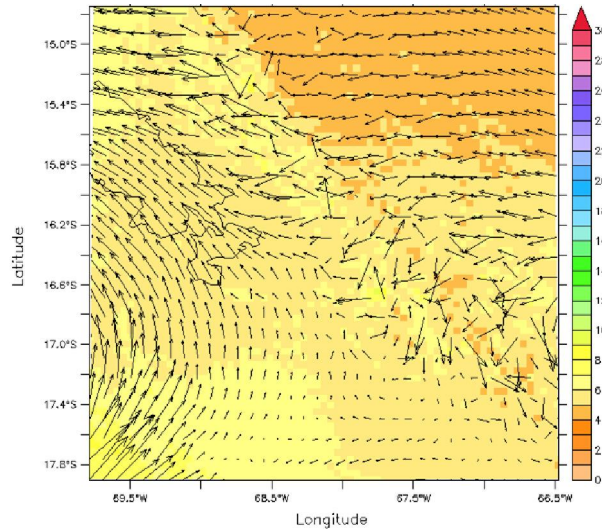
MAR
Résolution 5 km



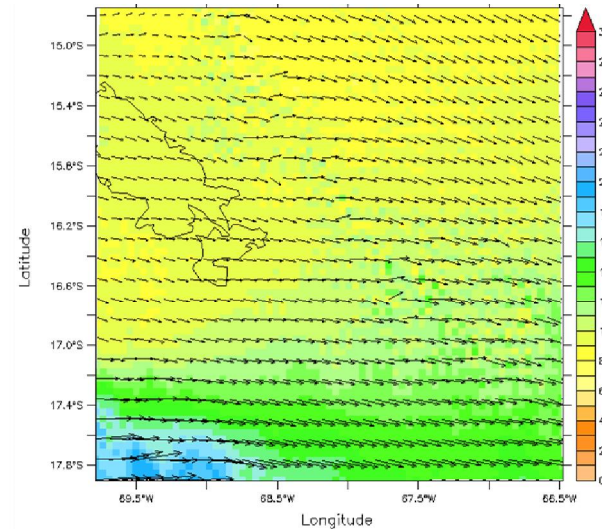
NASA Earth Observatory



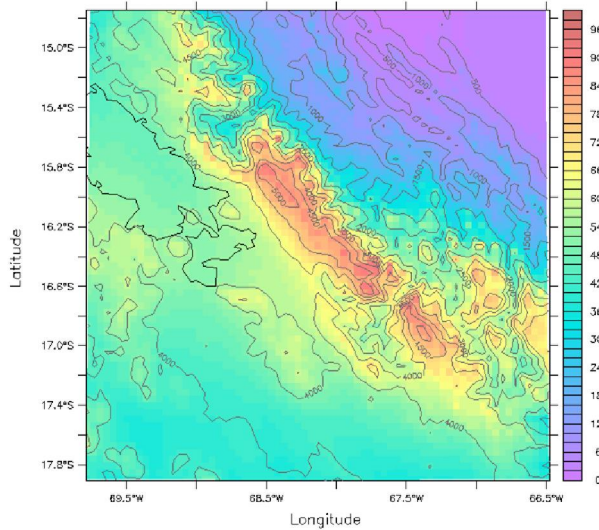
**Vitesse moyenne du vent (m/s)
à 500 hPa en JANVIER**



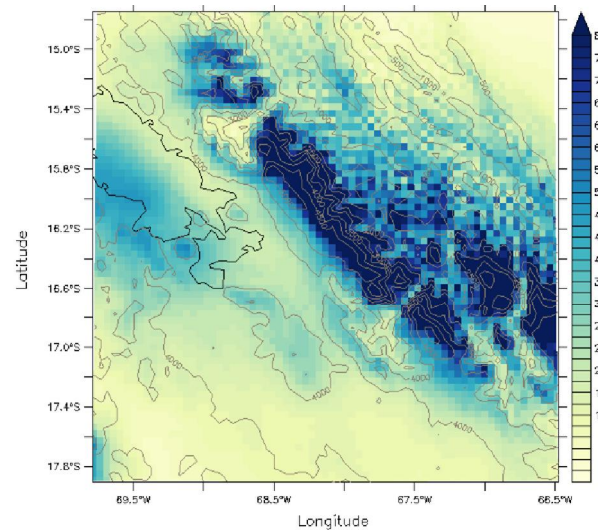
**Vitesse moyenne du vent (m/s)
à 500 hPa en JUILLET**



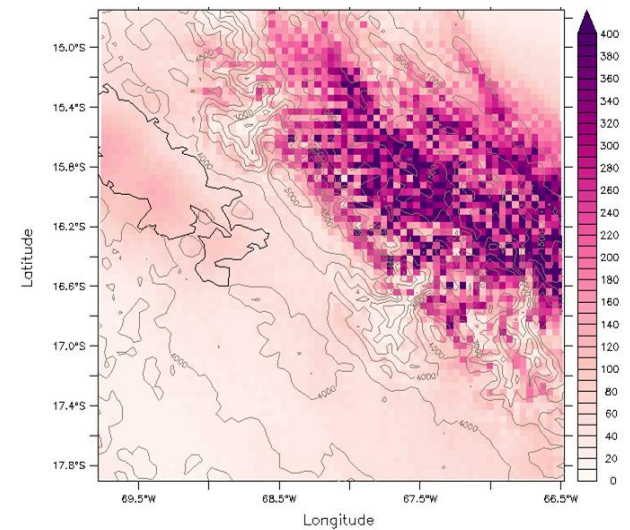
**Couverture nuageuse (%)
durant l'été austral (DJF)**

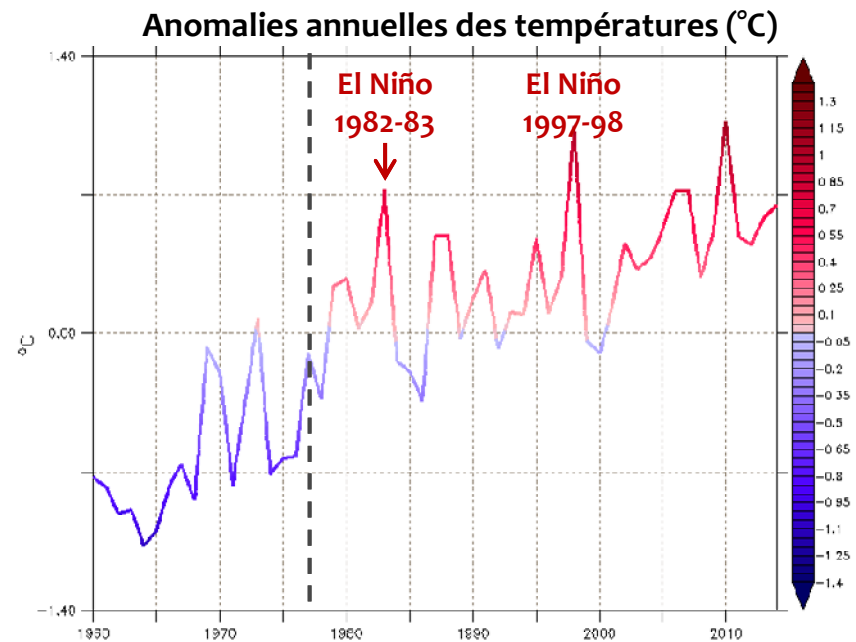
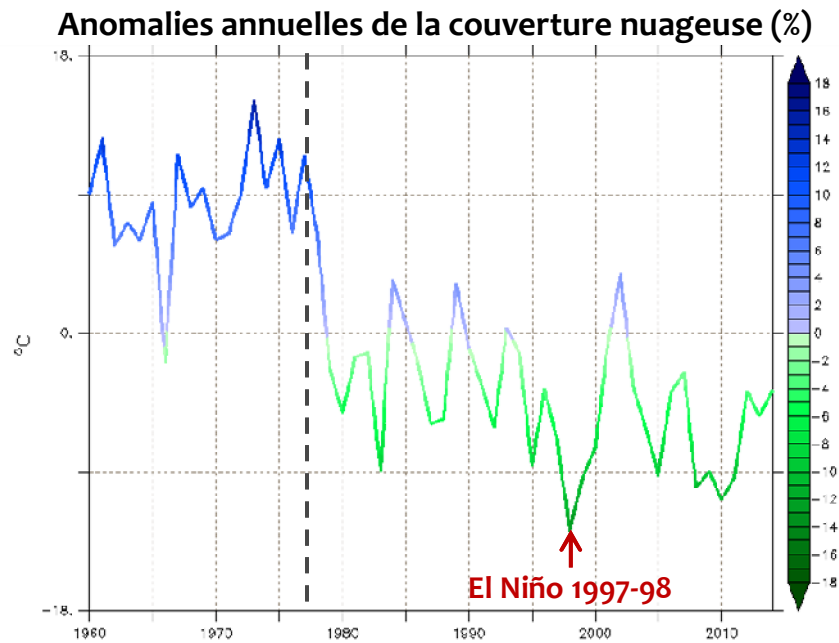
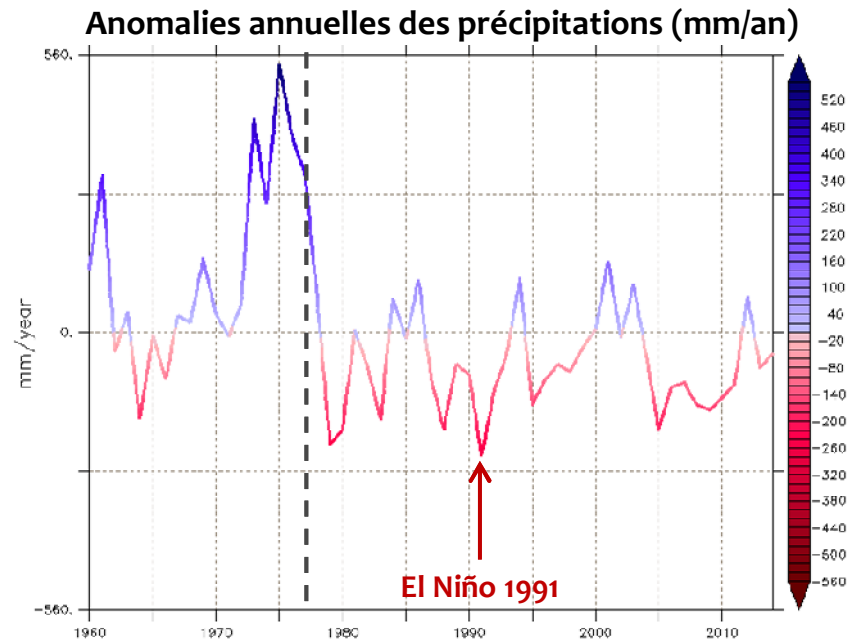


**Précipitations totales
annuelles (mm/an)**



**Précipitations convectives
totales annuelles (mm/an)**





MAR inefficace dans les Andes tropicales

MAR inefficace dans les Andes tropicales

Mauvaise qualité des réanalyses

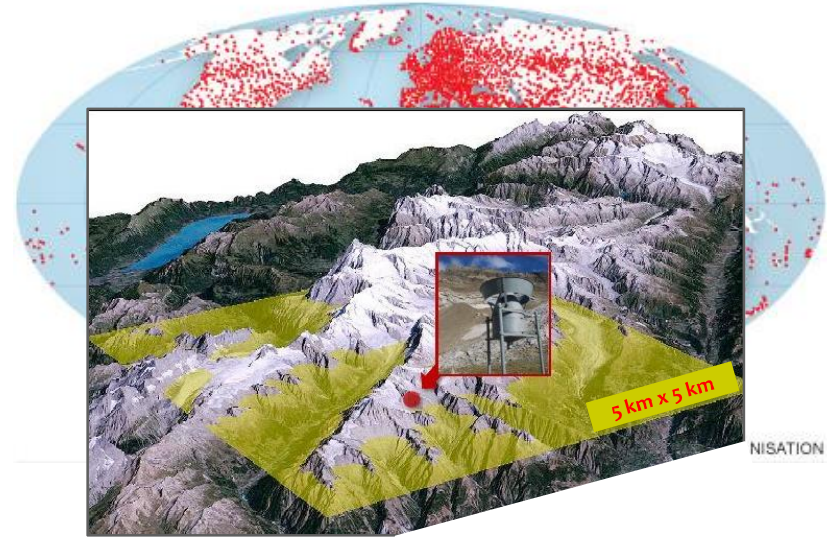


SOURCE: WORLD METEOROLOGICAL ORGANISATION

MAR inefficace dans les Andes tropicales

Mauvaise qualité des réanalyses

Résolution trop peu fine

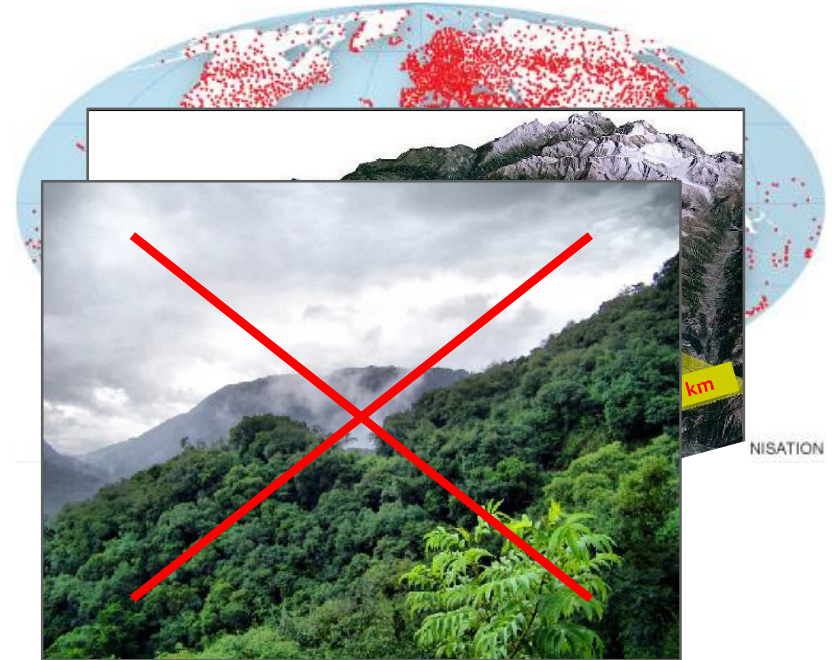


MAR inefficace dans les Andes tropicales

Mauvaise qualité des réanalyses

Résolution trop peu fine

Végétation non représentative



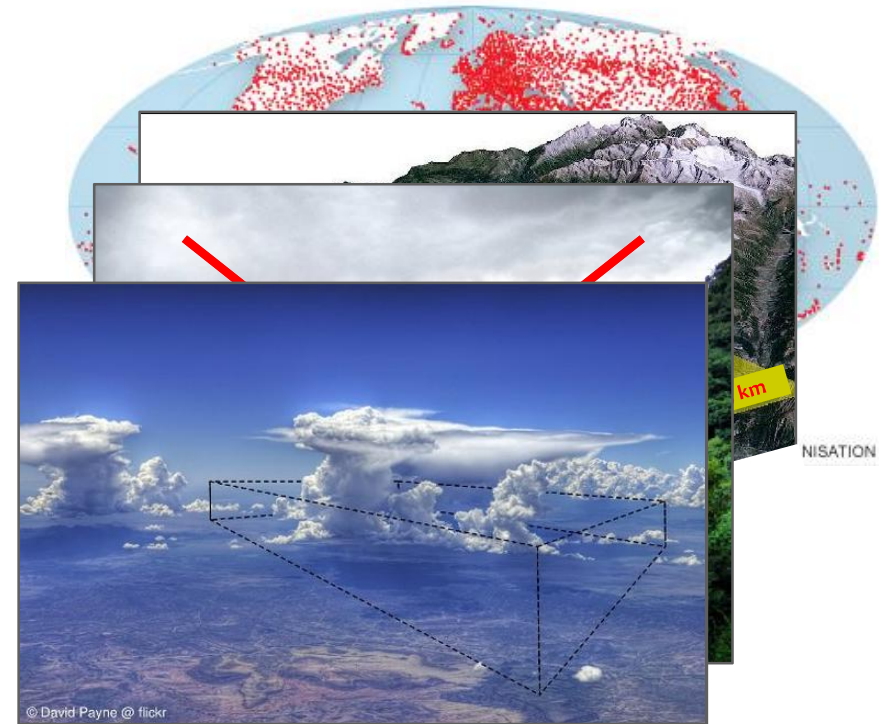
MAR inefficace dans les Andes tropicales

Mauvaise qualité des réanalyses

Résolution trop peu fine

Végétation non représentative

Schéma convectif non adapté



MAR inefficace dans les Andes tropicales

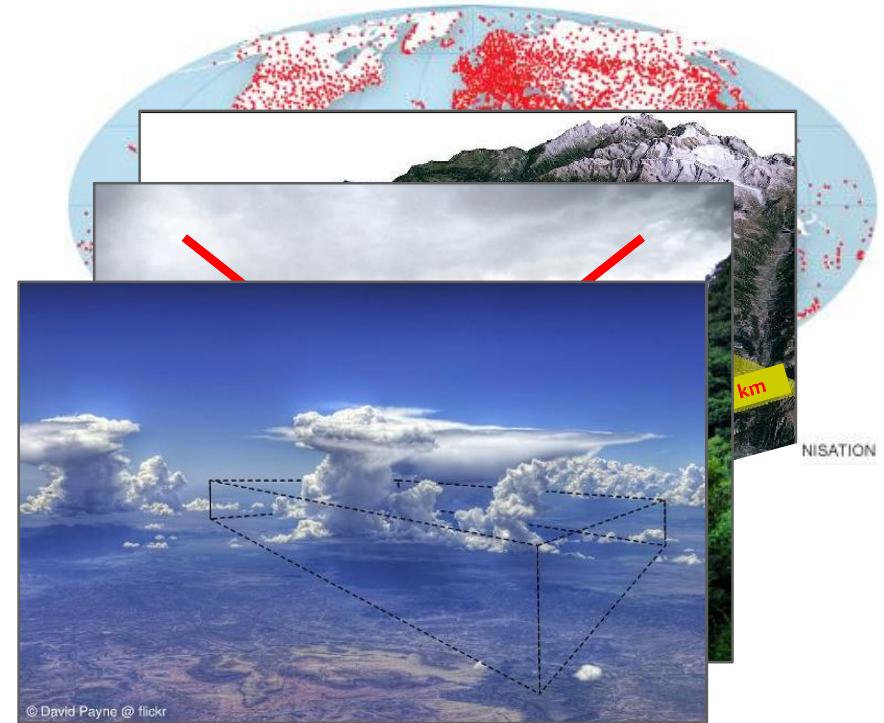
Mauvaise qualité des réanalyses

Résolution trop peu fine

Végétation non représentative

Schéma convectif non adapté

Principales causes climatiques de la disparition du Glacier Chacaltaya :



MAR inefficace dans les Andes tropicales

Mauvaise qualité des réanalyses

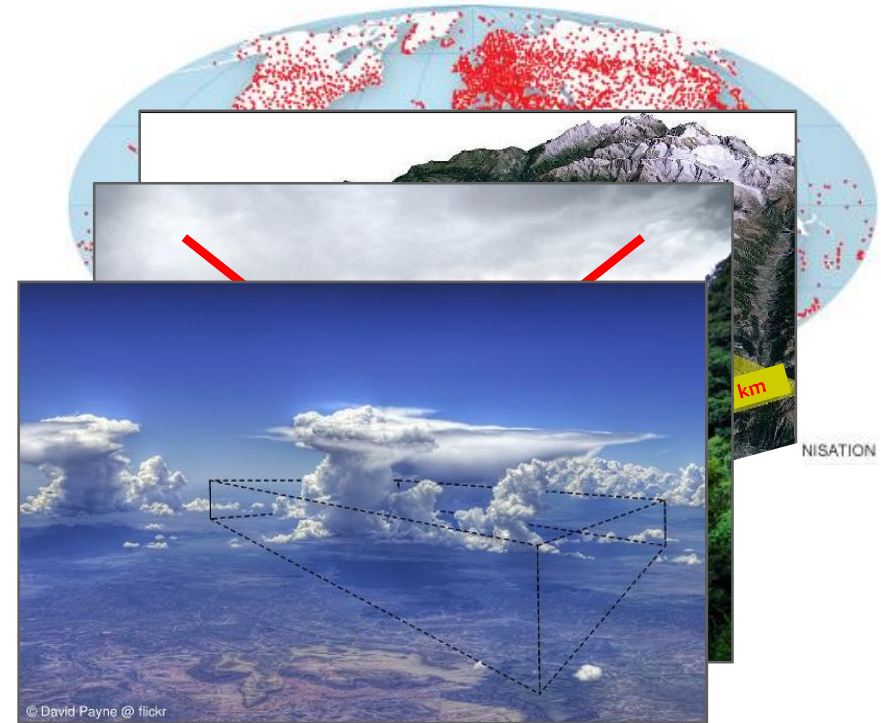
Résolution trop peu fine

Végétation non représentative

Schéma convectif non adapté

Principales causes climatiques de la disparition du Glacier Chacaltaya :

Diminution des précipitations
neigeuses et de la nébulosité



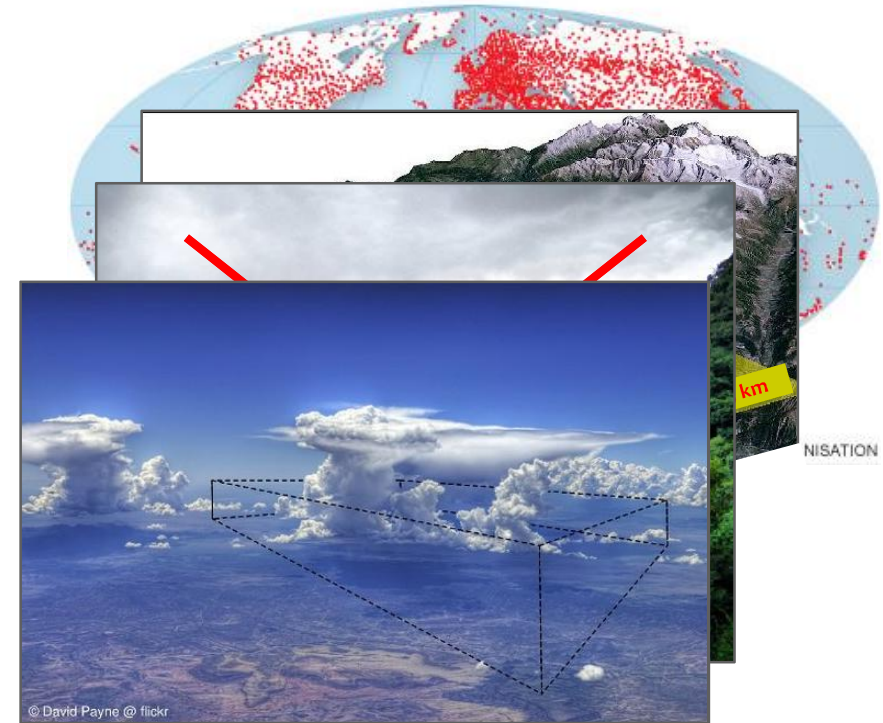
MAR inefficace dans les Andes tropicales

Mauvaise qualité des réanalyses

Résolution trop peu fine

Végétation non représentative

Schéma convectif non adapté



Principales causes climatiques de la disparition du Glacier Chacaltaya :

Diminution des précipitations
neigeuses et de la nébulosité

Succession d'évènements El Niño entre 1977 et 1999

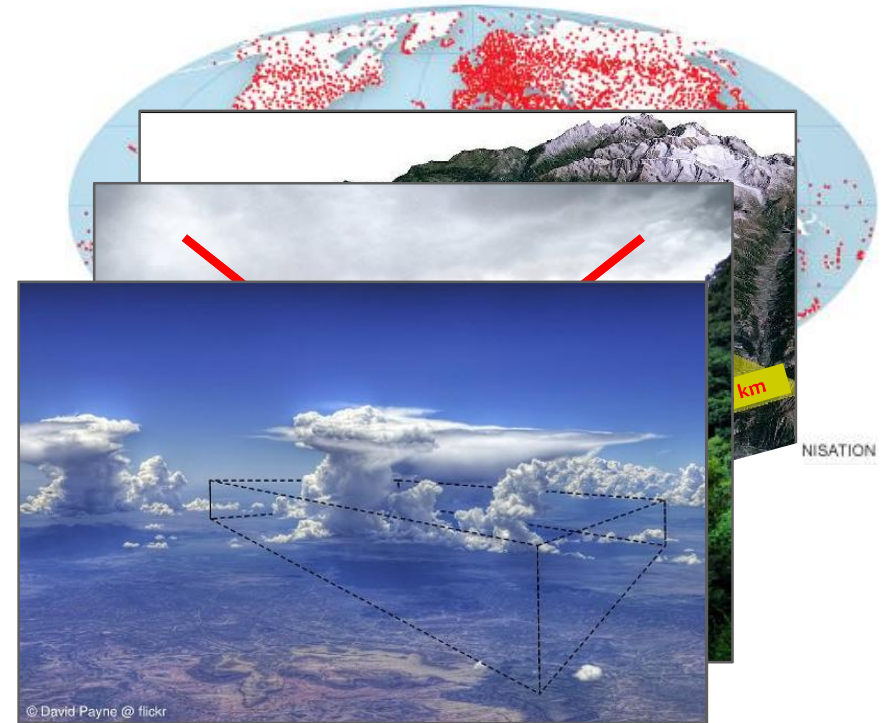
MAR inefficace dans les Andes tropicales

Mauvaise qualité des réanalyses

Résolution trop peu fine

Végétation non représentative

Schéma convectif non adapté



Principales causes climatiques de la disparition du Glacier Chacaltaya :

Diminution des précipitations
neigeuses et de la nébulosité

Succession d'évènements El Niño entre 1977 et 1999

Perspectives

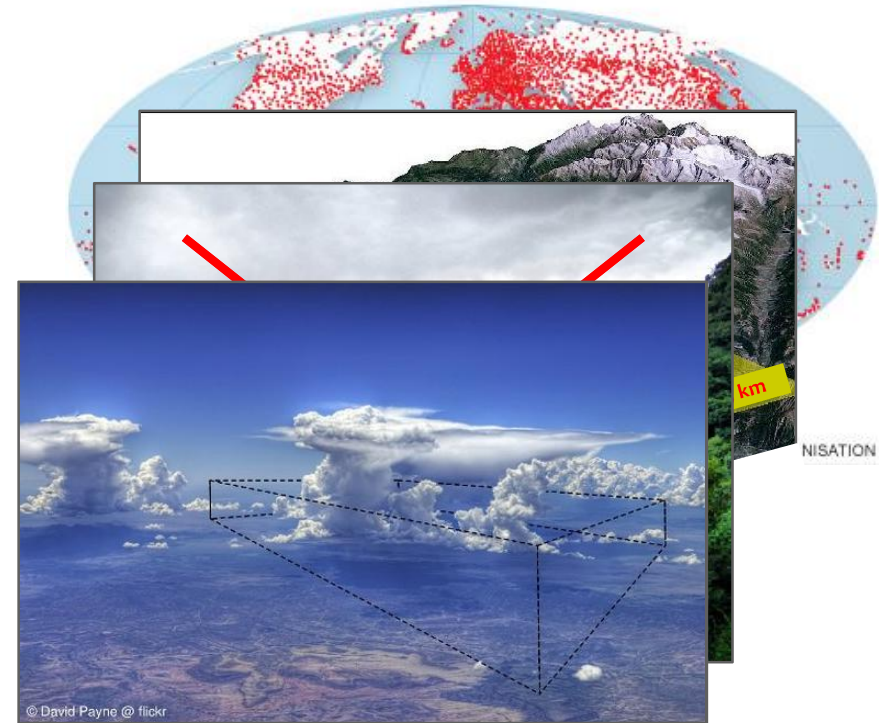
MAR inefficace dans les Andes tropicales

Mauvaise qualité des réanalyses

Résolution trop peu fine

Végétation non représentative

Schéma convectif non adapté



Principales causes climatiques de la disparition du Glacier Chacaltaya :

Diminution des précipitations neigeuses et de la nébulosité

Succession d'évènements El Niño entre 1977 et 1999

Perspectives

Intégrer MAR sur toute l'Amérique du Sud

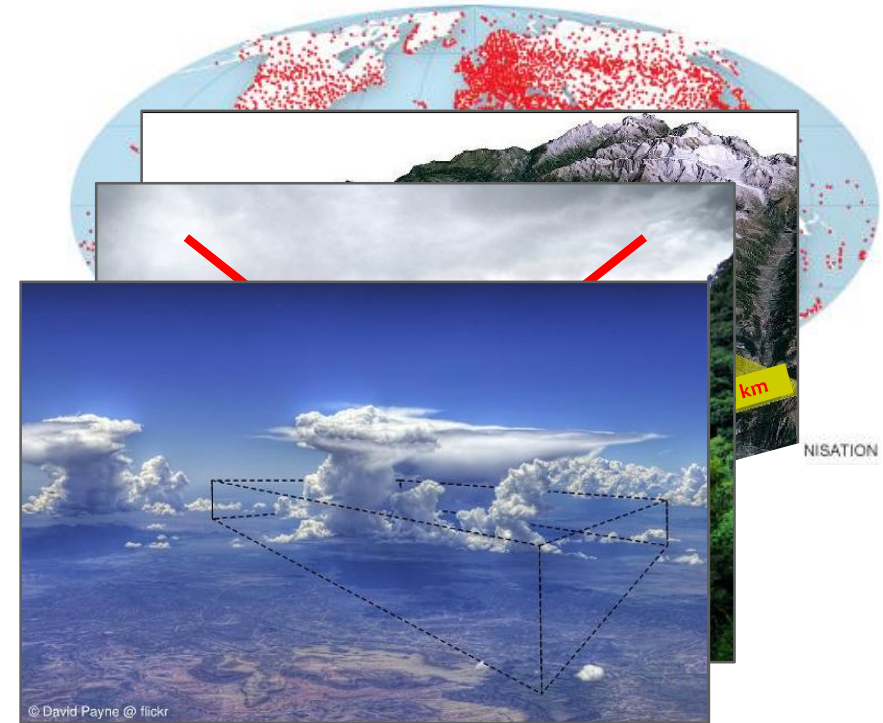
MAR inefficace dans les Andes tropicales

Mauvaise qualité des réanalyses

Résolution trop peu fine

Végétation non représentative

Schéma convectif non adapté



Principales causes climatiques de la disparition du Glacier Chacaltaya :

Diminution des précipitations
neigeuses et de la nébulosité

Succession d'évènements El Niño entre 1977 et 1999

Perspectives

Intégrer MAR sur toute l'Amérique du Sud

Impact des aérosols sur l'albédo de la neige/glace

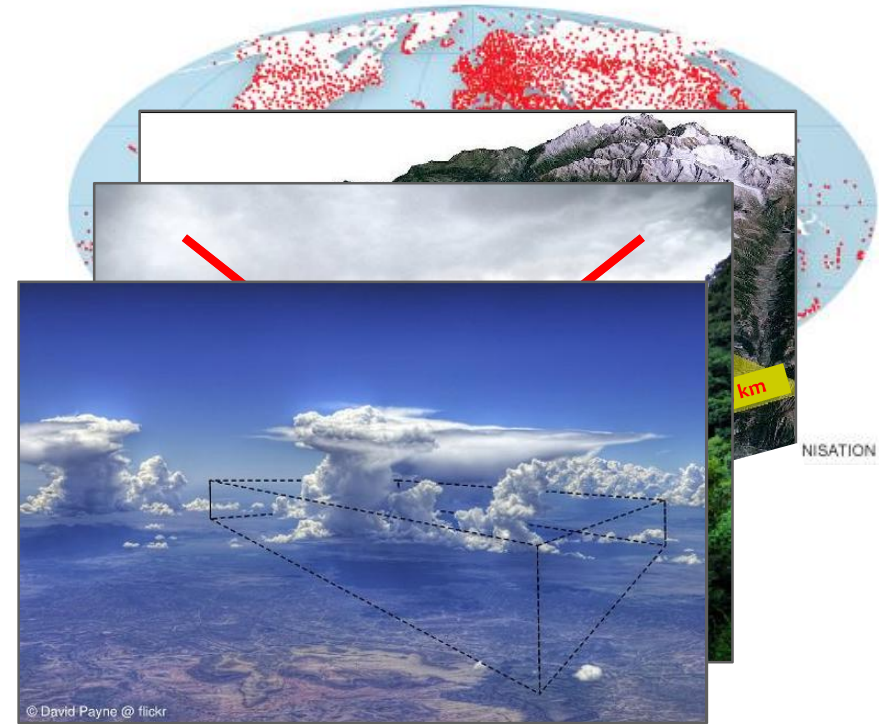
MAR inefficace dans les Andes tropicales

Mauvaise qualité des réanalyses

Résolution trop peu fine

Végétation non représentative

Schéma convectif non adapté



Principales causes climatiques de la disparition du Glacier Chacaltaya :

Diminution des précipitations neigeuses et de la nébulosité

Succession d'évènements El Niño entre 1977 et 1999

Perspectives

Intégrer MAR sur toute l'Amérique du Sud

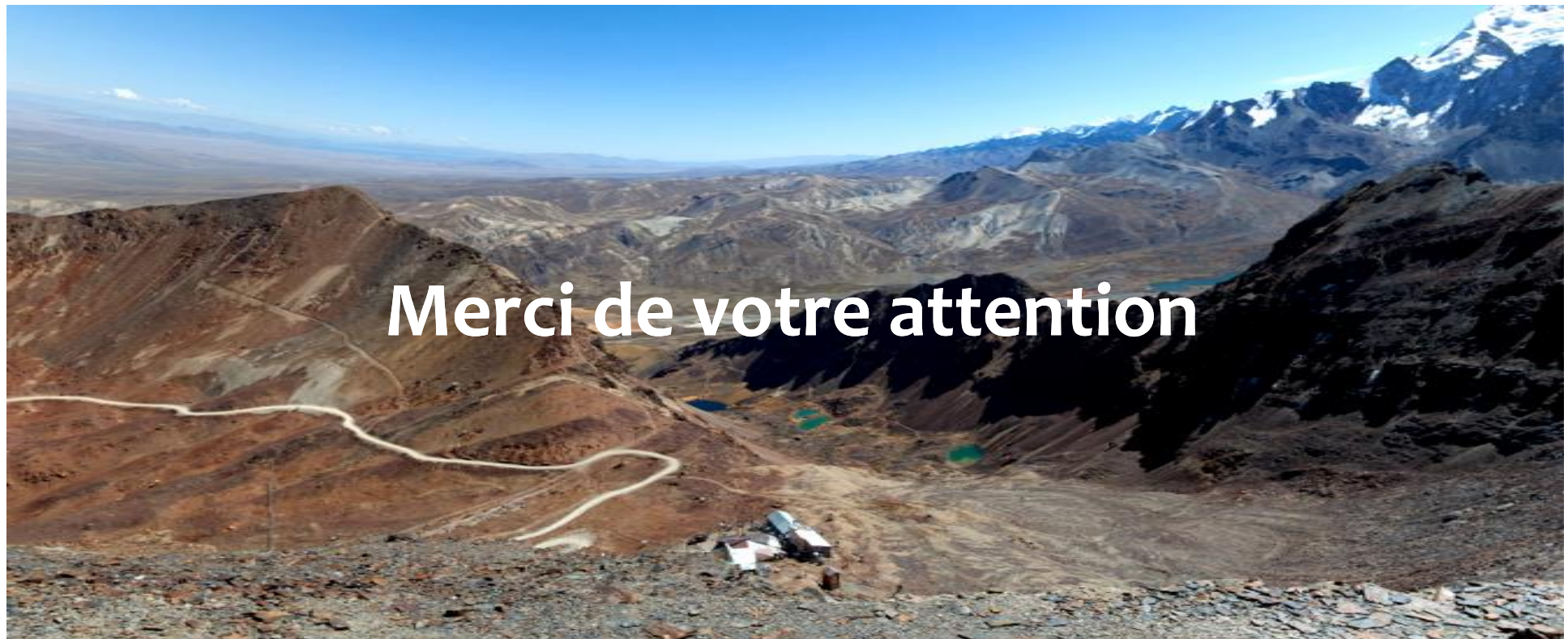
Impact des aérosols sur l'albédo de la neige/glace

Projections futures ?

NASA Earth Observatory. <http://Earthobservatory.nasa.gov/>

Rabatel A., Francou B., Soruco A., Gomez J., Caceres B., Ceballos J. L., Basantes R., Vuille M., Huggel C., Scheel M., Lejeune Y., Arnaud Y., Condom T., Consoli G., Favier V., Jomelli V., Galarraga R., Ginot P., Maisincho L., Mendoza J., Menegoz M., Ramirez E., Ribstein P., Suarez W., Villacis M., Wagnon P. (2013). Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere*, 7(1), pp. 81-102.

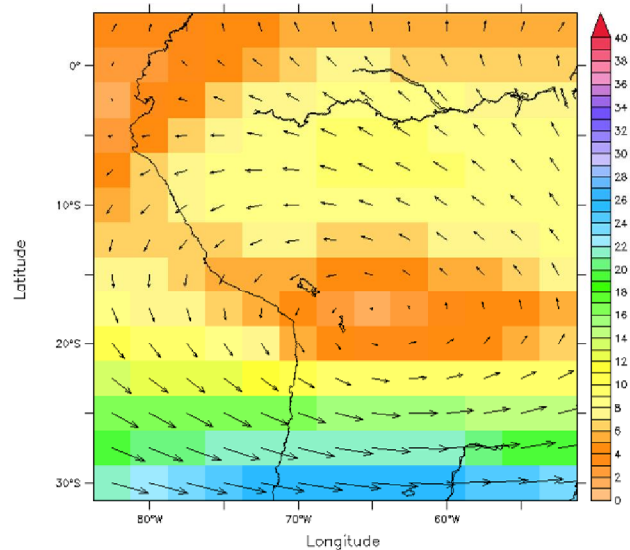
UNEP (United Nations Environment Programme). (2013). Where will the water go? Impacts of accelerated glacier melt in the Tropical Andes. http://na.unep.net/geas/getUNEPPageWithArticleIDScript.php?article_id=104



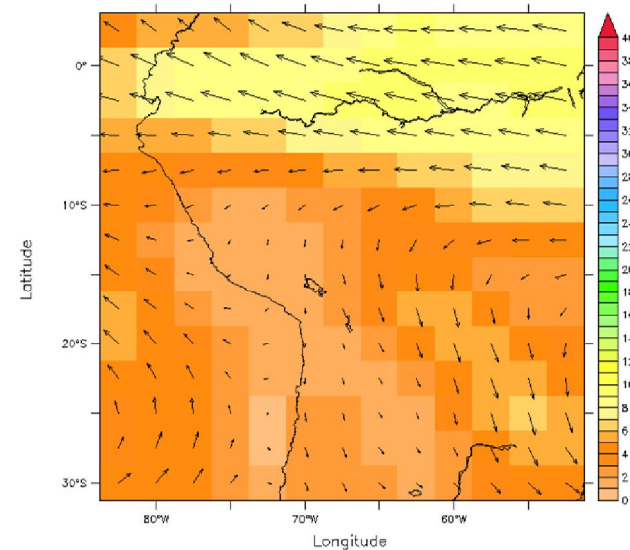
Merci de votre attention

NCEP/NCAR-v2
Résolution ~ 280 km

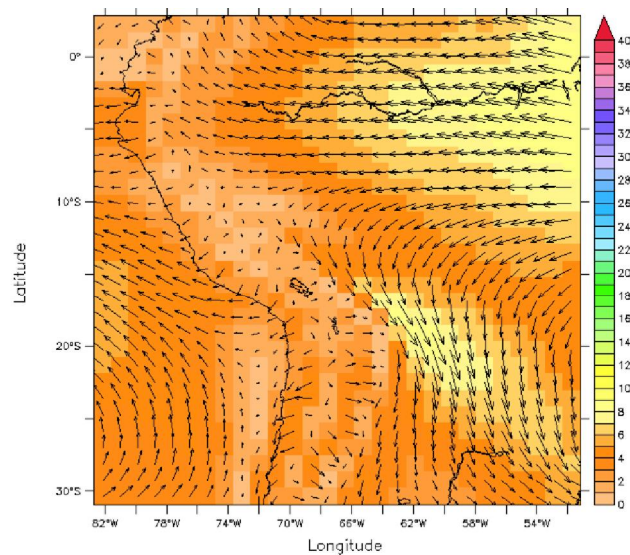
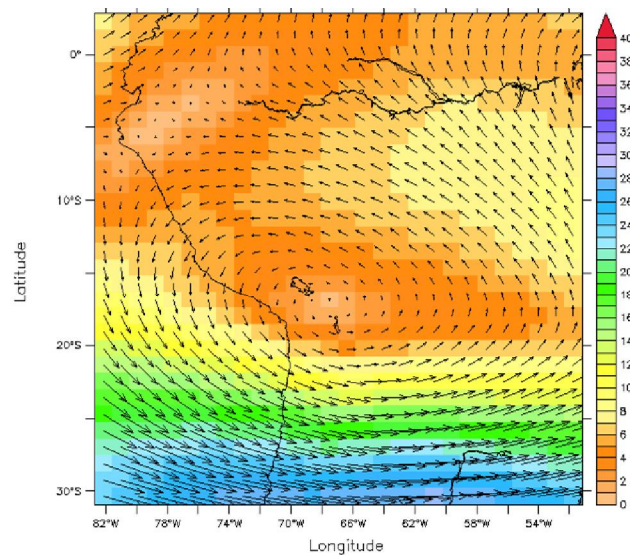
Vitesse moyenne du vent (m/s)
à 200 hPa en JANVIER



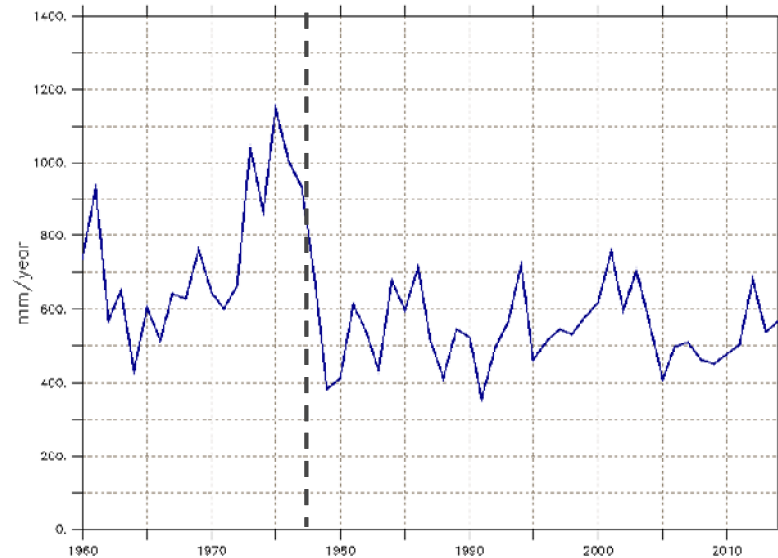
Vitesse moyenne du vent (m/s)
à 850 hPa en JUILLET



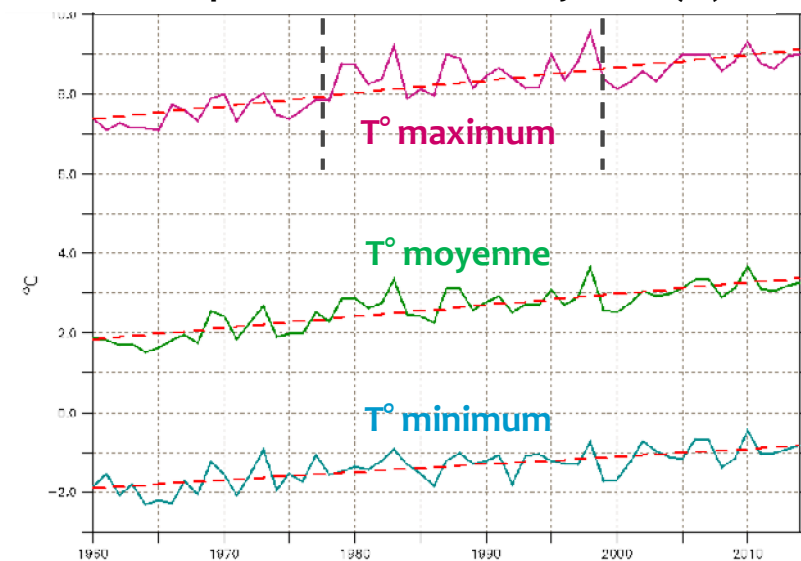
ECMWF ERA-Interim
Résolution ~ 80 km



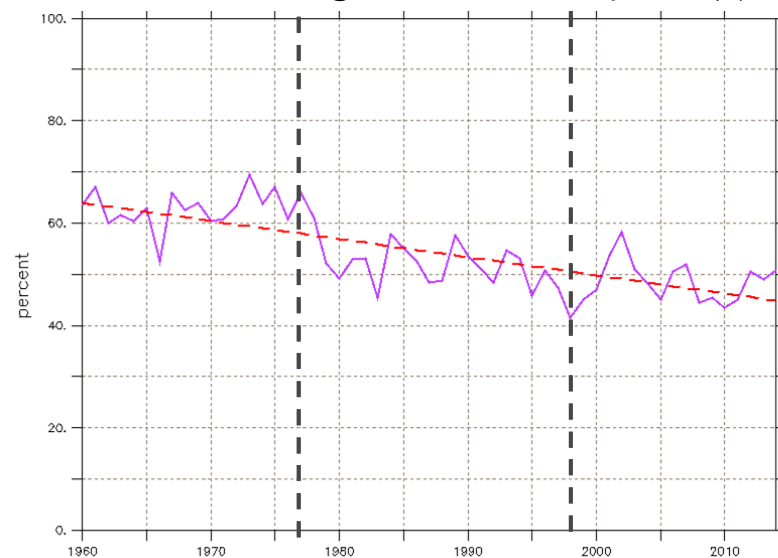
Précipitations totales annuelles (mm/an)



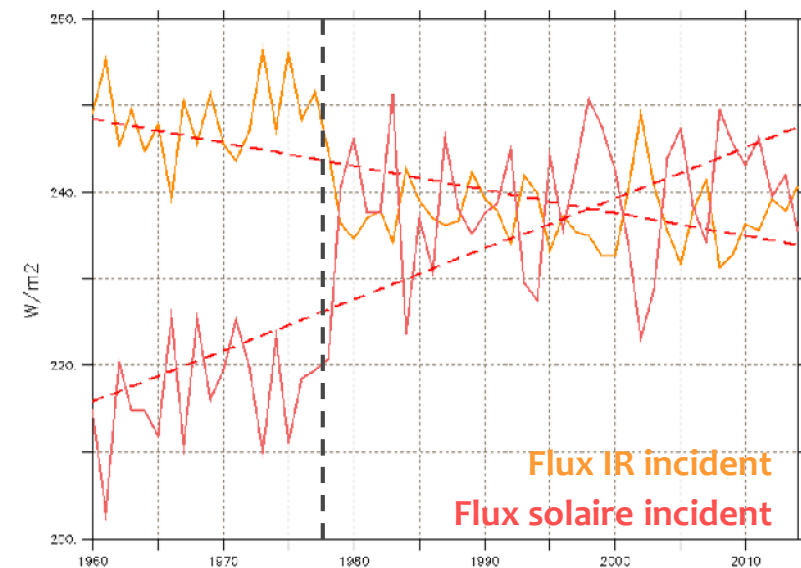
Températures annuelles moyennes (°C)



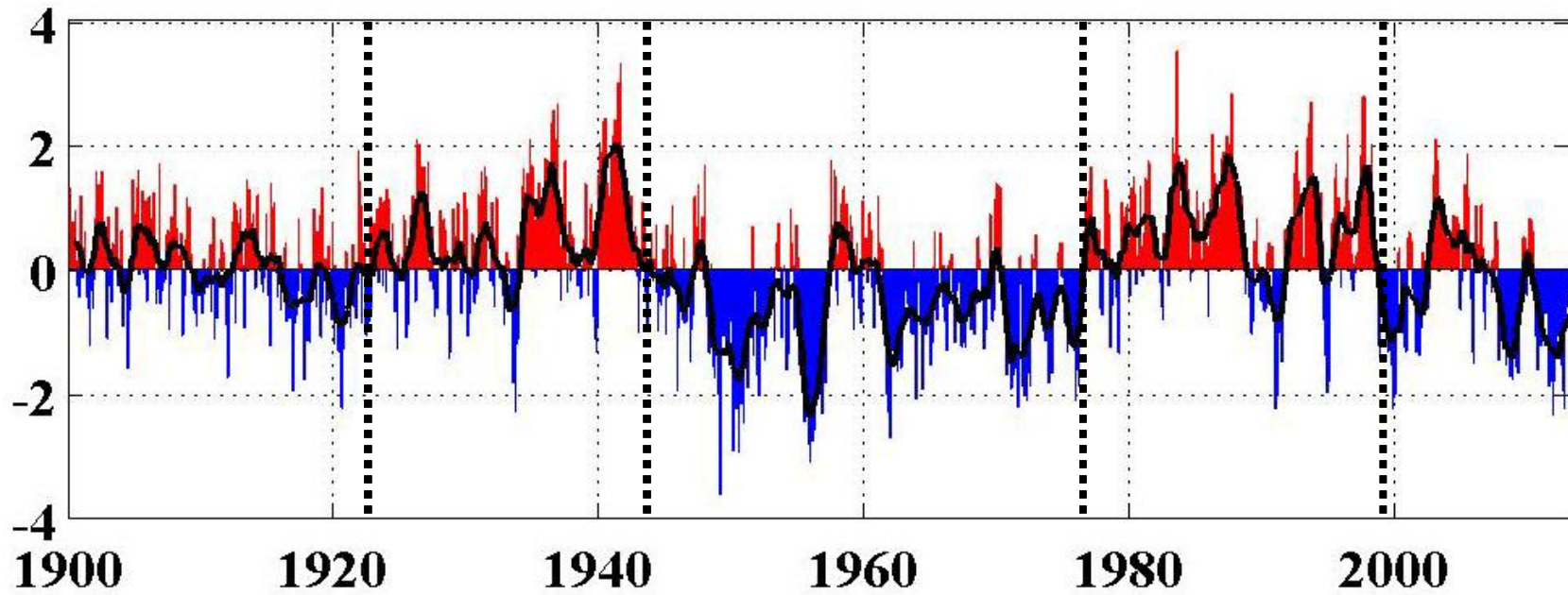
Couverture nuageuse annuelle moyenne (%)



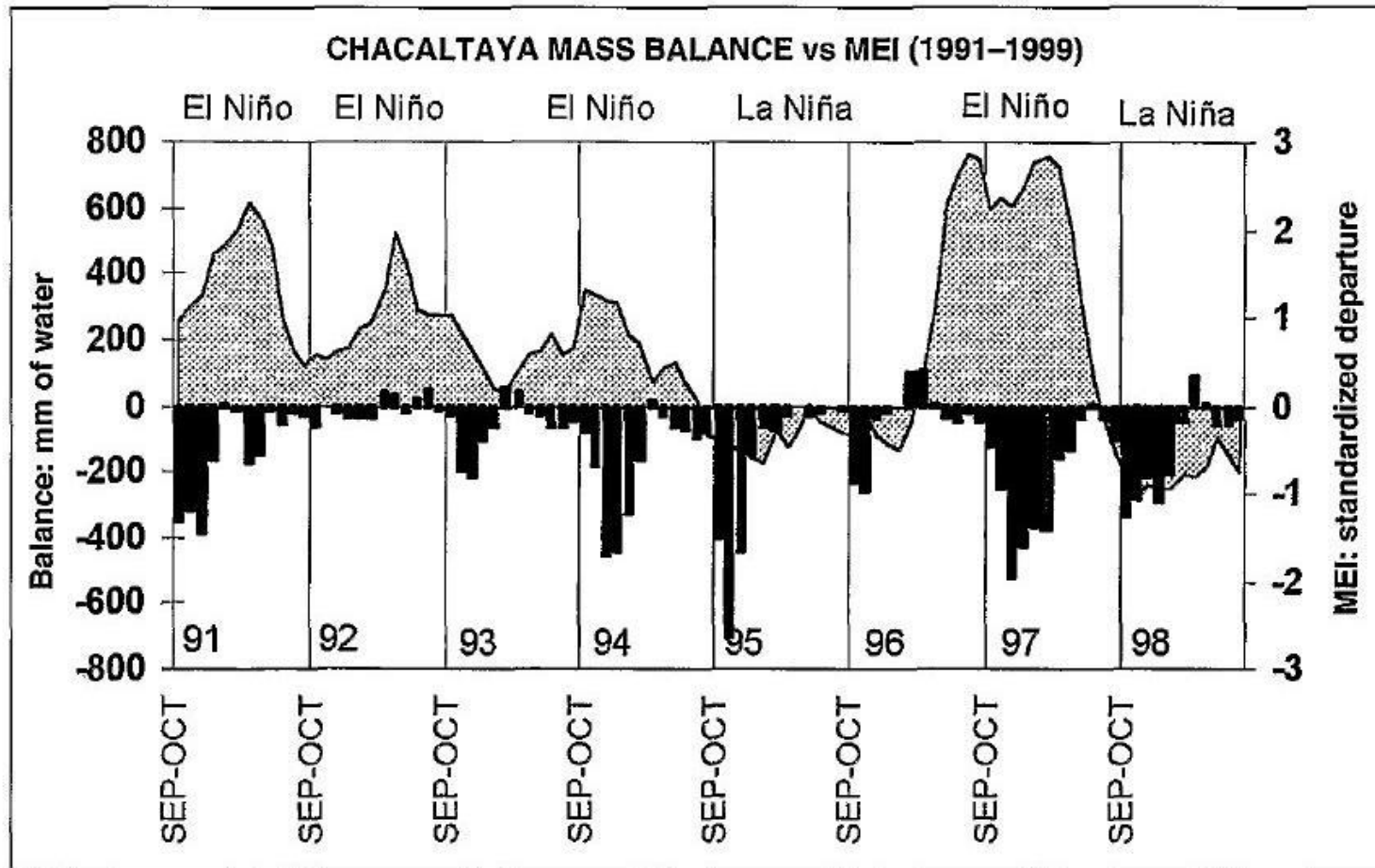
Flux radiatifs incidents (W/m²)



Valeurs mensuelles de l'indice PDO (1900-2013)



<http://research.jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>



Francou et al. (2000)