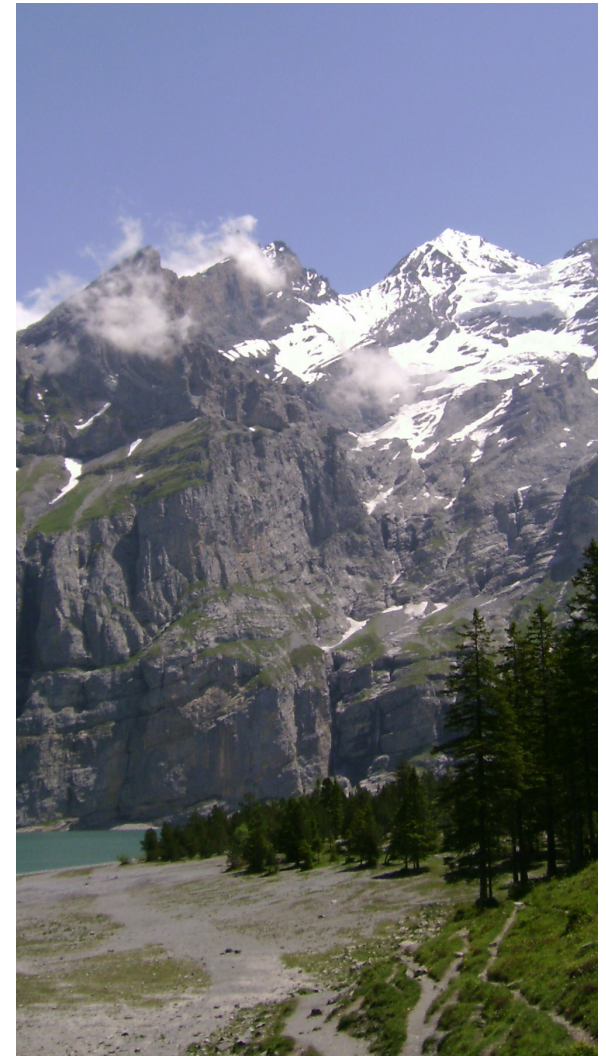


Variabilité de l'enneigement et du risque d'avalanche dans les Alpes

**I. Etchevers, Y. Durand, G. Giraud,
L. Mérindol, M. Rousselot**

Centre d'Etudes de la Neige
CNRM GAME, Météo-France



1. Bref rappel de la méthode
2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement
3. Variabilité de l'évolution du risque d'avalanche
4. Conclusions et Perspectives

1. **Bref rappel de la méthode**
2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement
3. Variabilité de l'évolution du risque d'avalanche
4. Conclusions et Perspectives

1. Bref rappel de la méthode

ALADIN
LMDZ
MAR

RCM fields
T2m, Z500,
grad(Z500), $\Delta(Z500)$

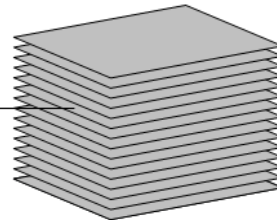
ERA40 fields
T2m, Z500,
grad(Z500), $\Delta(Z500)$



Selection of the analogous day
using a Mahalanobis distance
identification of its date

Identification of the analysis
available for that date
and statistical adaptation

SAFRAN analysis
for 1958-2002



Correction
quantile/quantile

Snow modeling
with CROCUS

Mepra

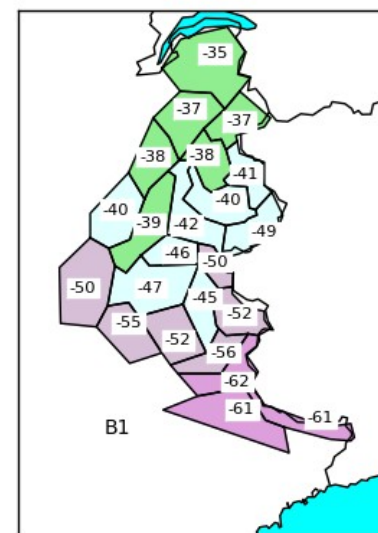
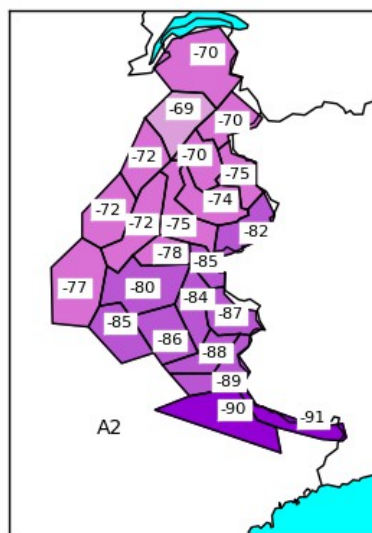
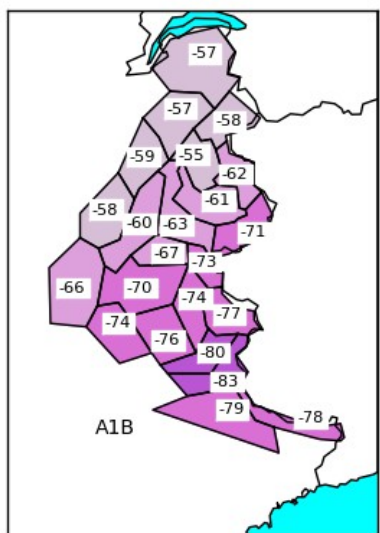
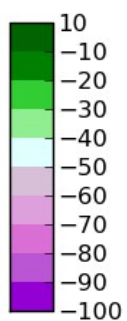
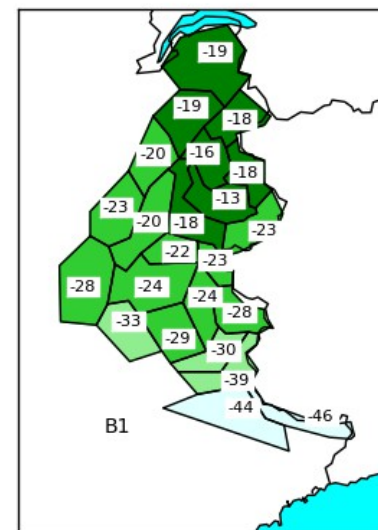
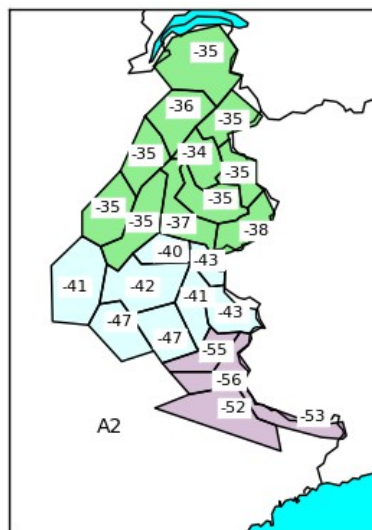
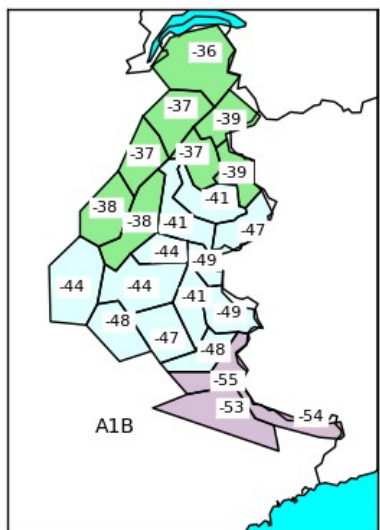
Modèles CMIP3
CNRM-CM3 , GIS,
ISPL-CM4, MPI

Analogues
CERFACS
(DSCLIM)

1. Bref rappel de la méthode
2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement
3. Variabilité de l'évolution du risque d'avalanche
4. Conclusions et Perspectives

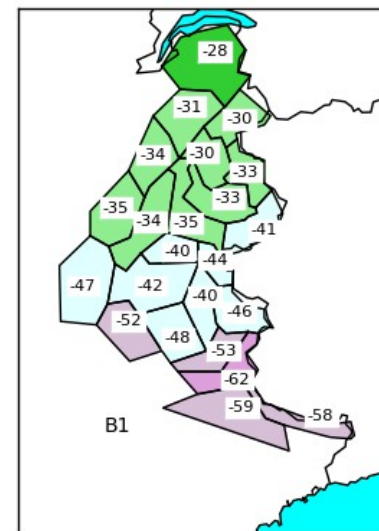
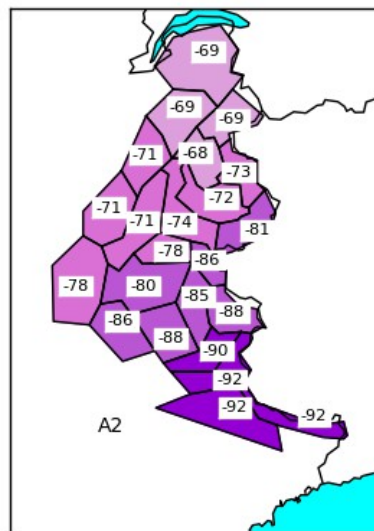
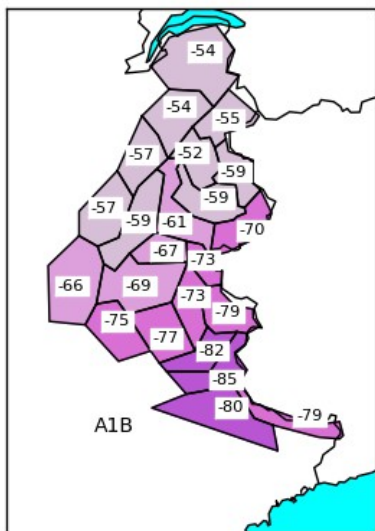
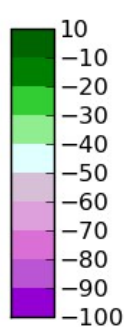
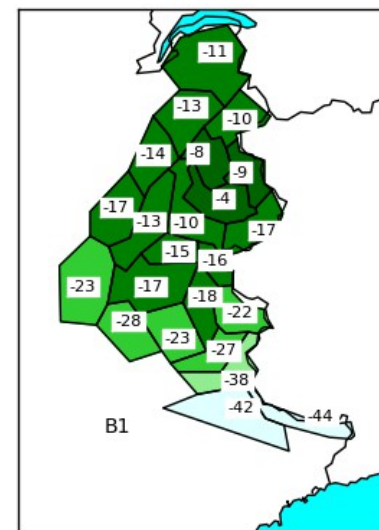
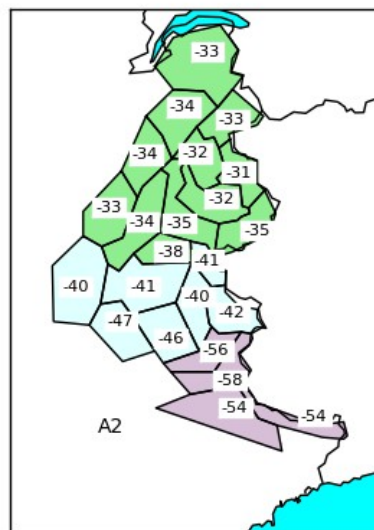
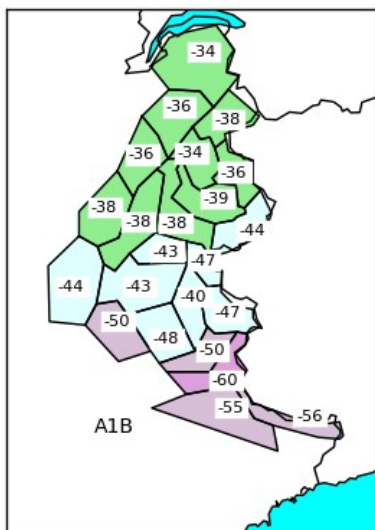
2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement

ALADIN, évolution de HTN (JFM) à 1800 m (%)



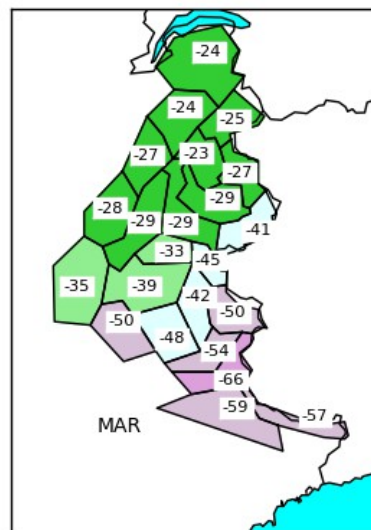
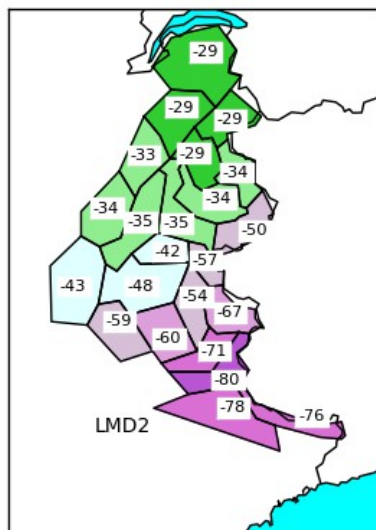
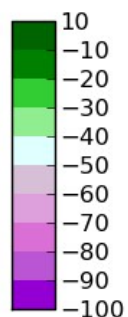
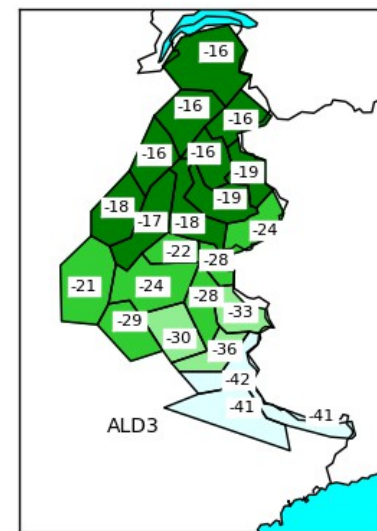
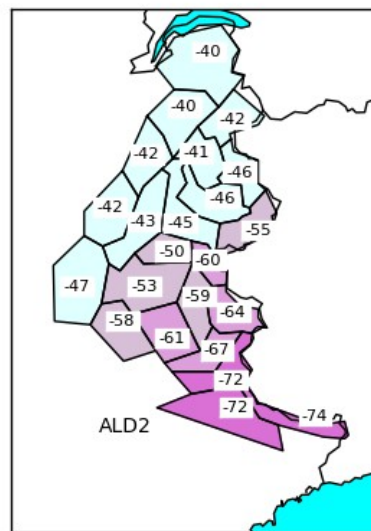
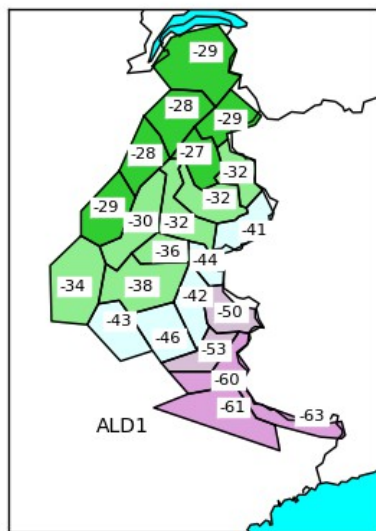
2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement

ALADIN, évolution de SWE (JFM) à 1800 m (%)



2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement

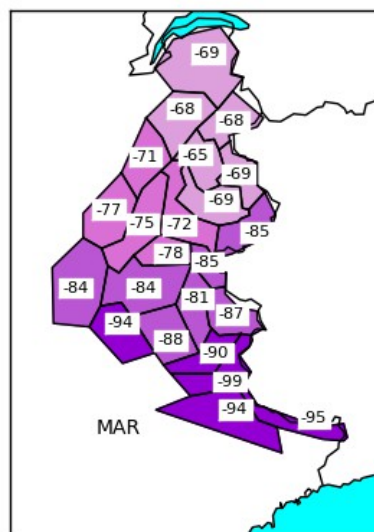
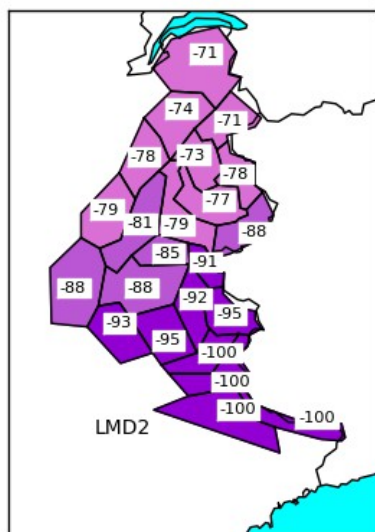
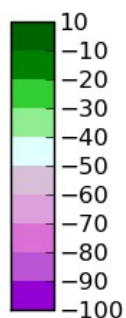
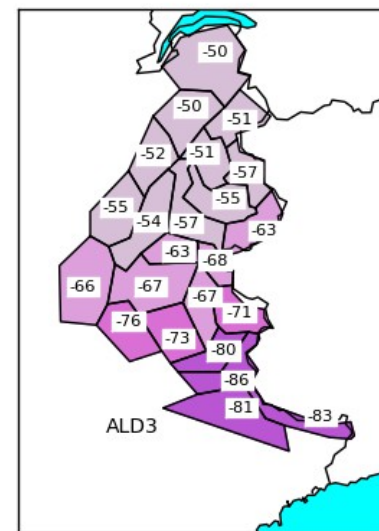
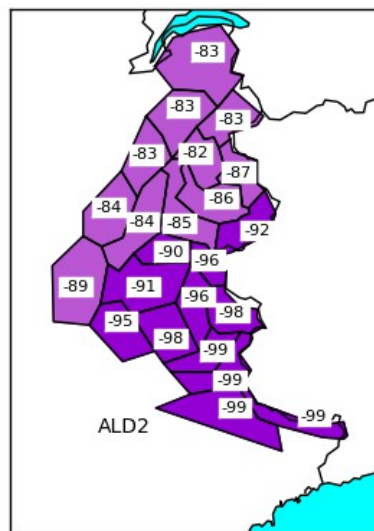
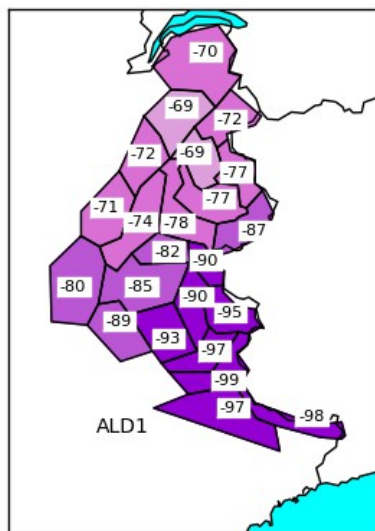
Évolution de la durée annuelle de l'enneigement à 1800 m (%)



| | Mean winter snow depth (cm) | Snow season duration (days) |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Northern Alps | 99 | 206 |
| Central Alps | 73 | 190 |
| Southern Alps | 47 | 168 |
| Extreme south | 34 | 139 |

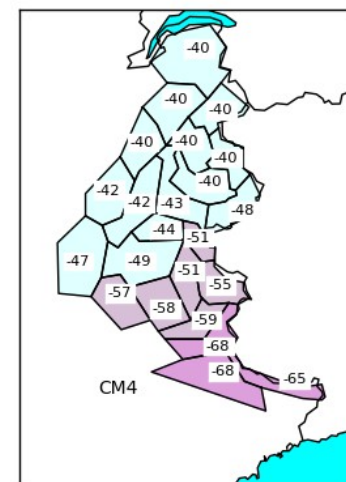
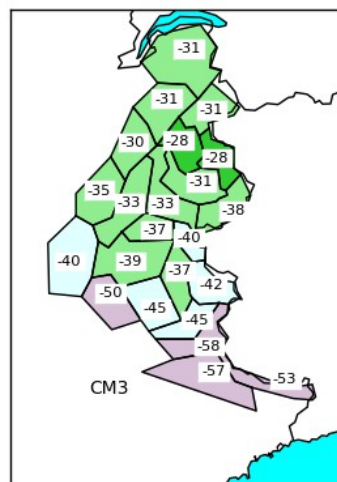
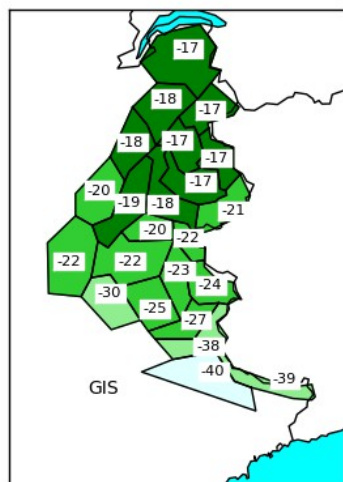
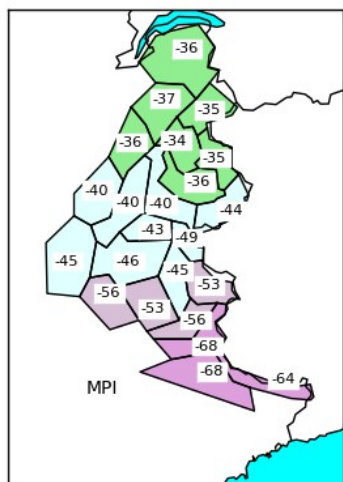
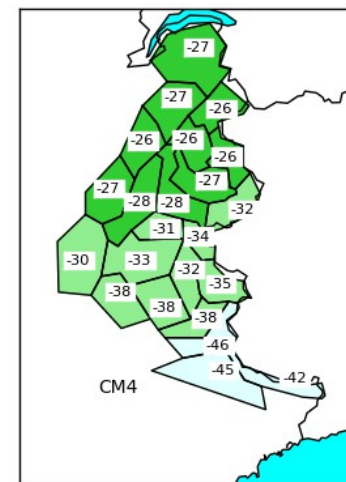
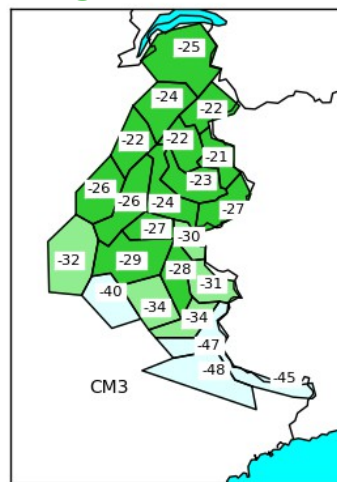
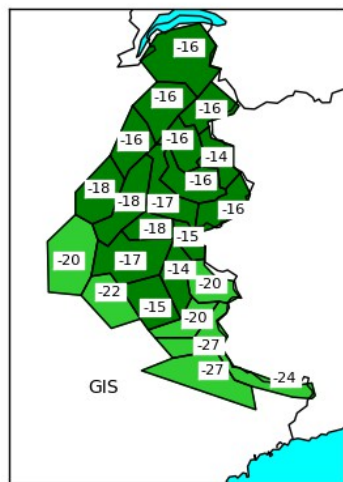
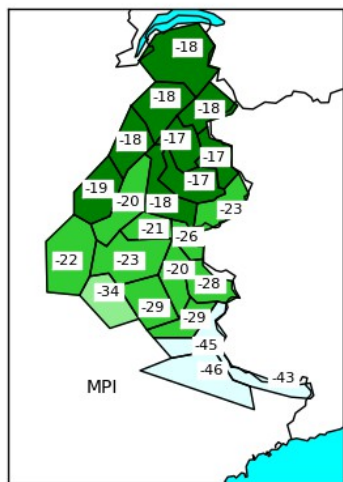
2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement

Évolution de la hauteur minimale de neige sur 100 jours à 1800 m (%)



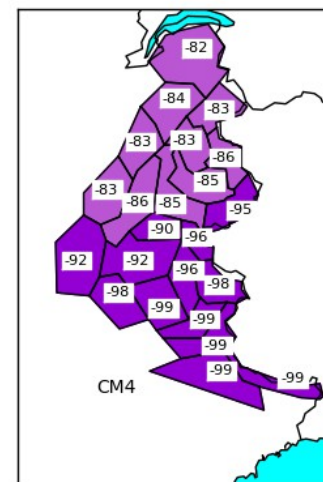
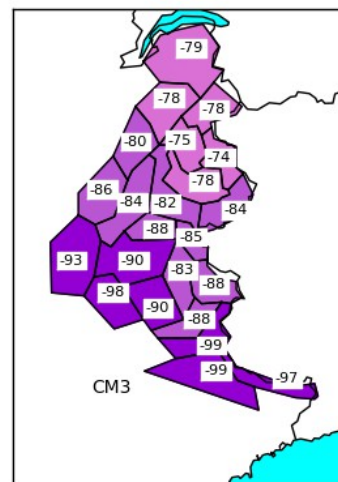
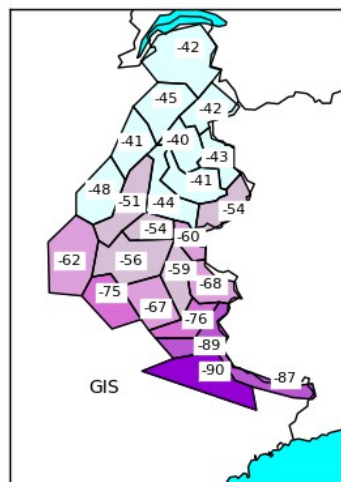
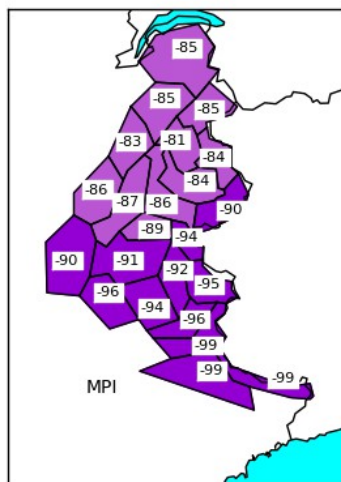
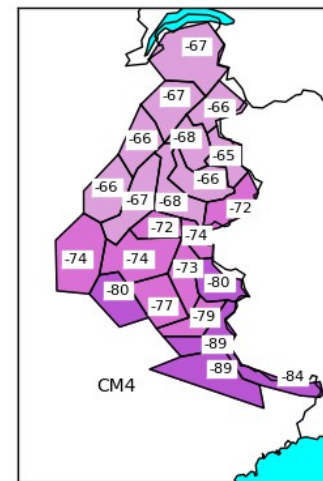
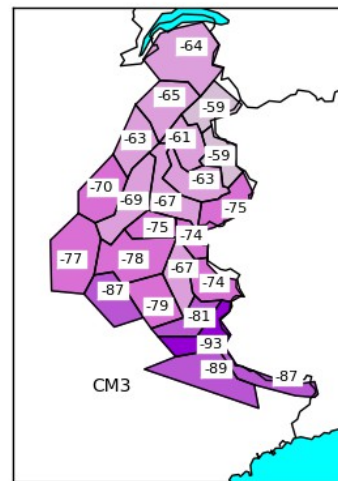
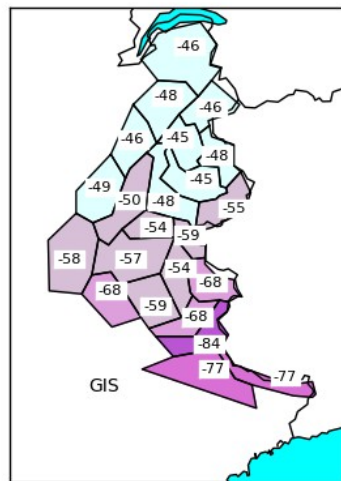
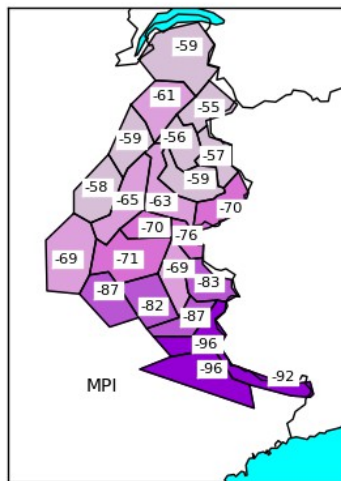
2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement

Évolution de la durée annuelle de l'enneigement à 1800 m (%)



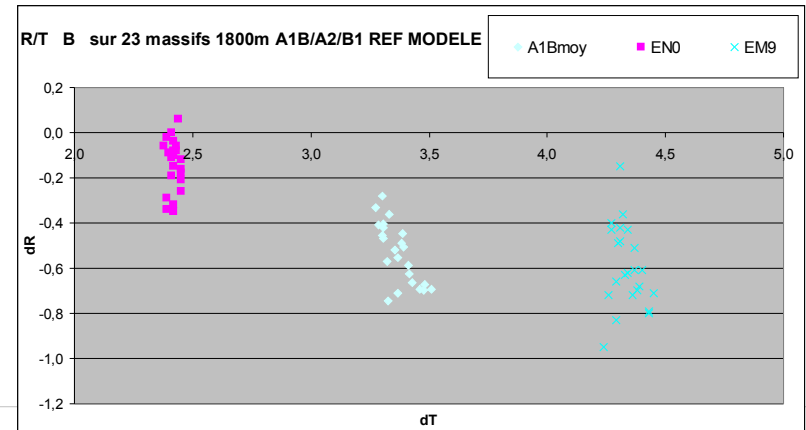
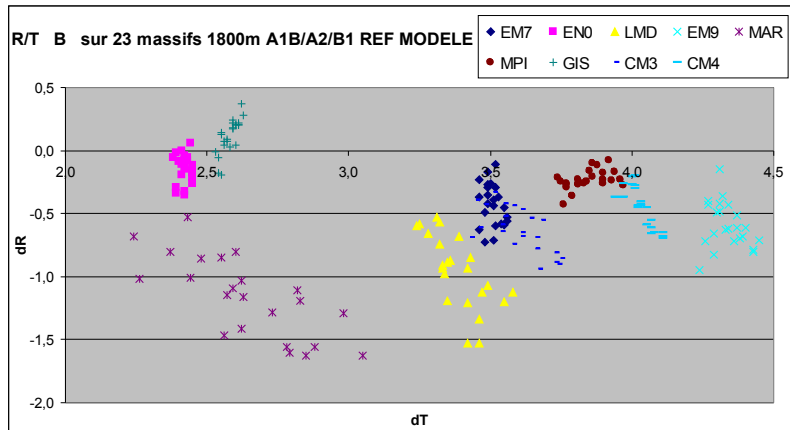
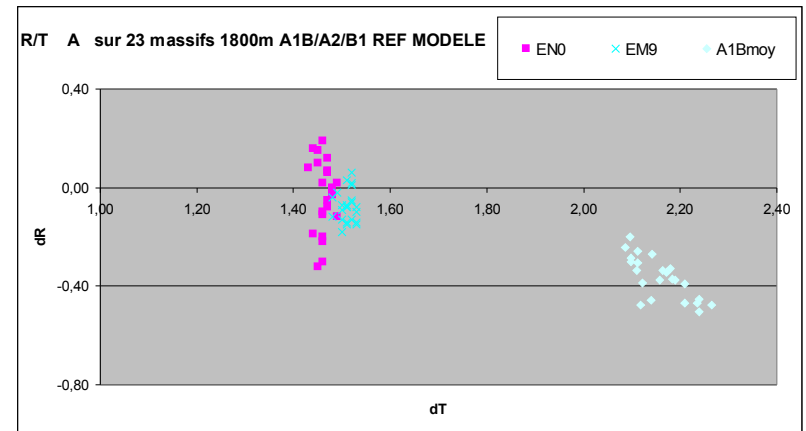
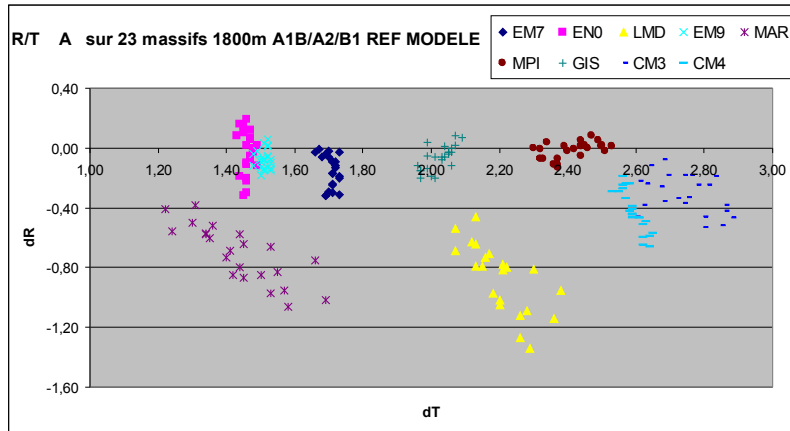
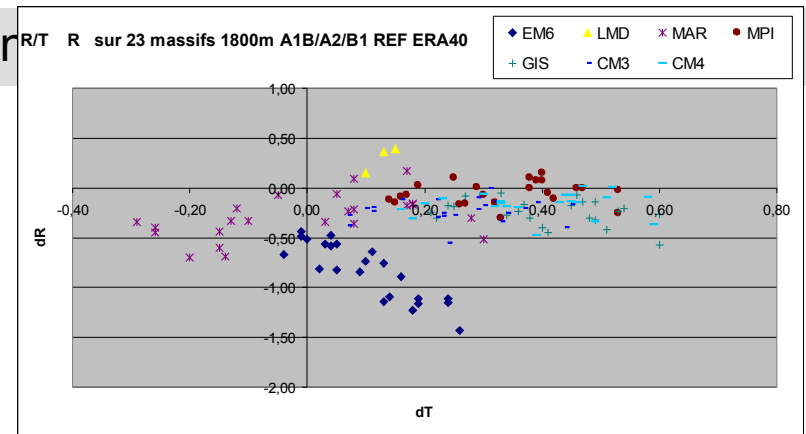
2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement

Évolution de la hauteur minimale de neige sur 100 jours à 1800 m (%)

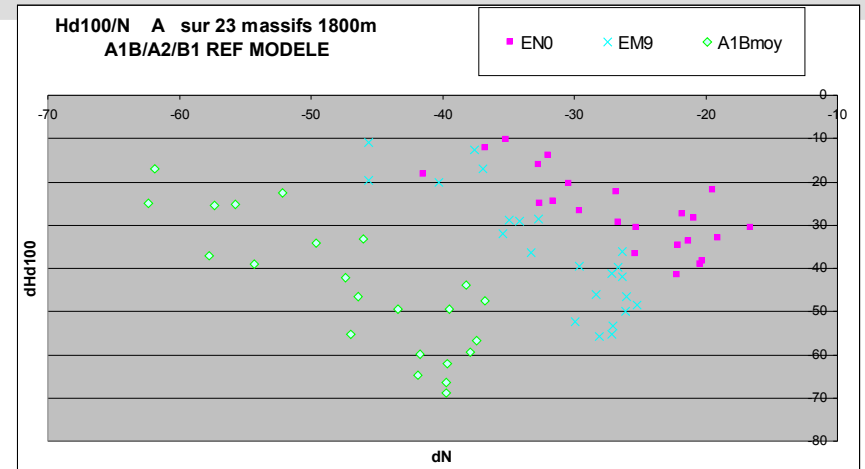
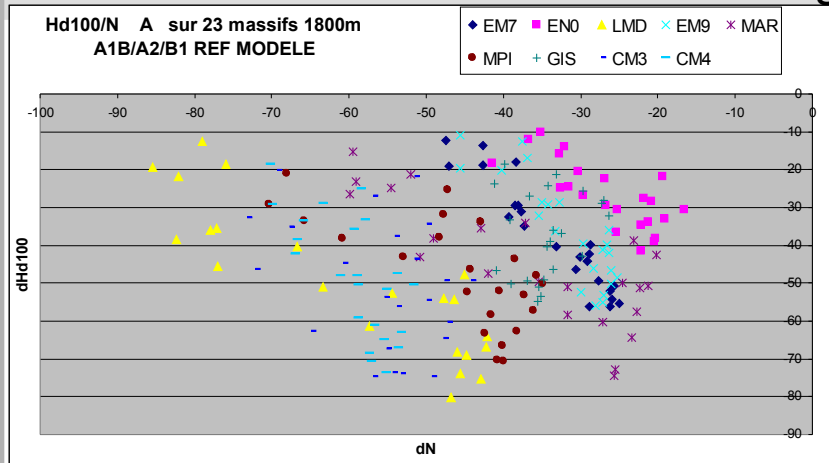


2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement

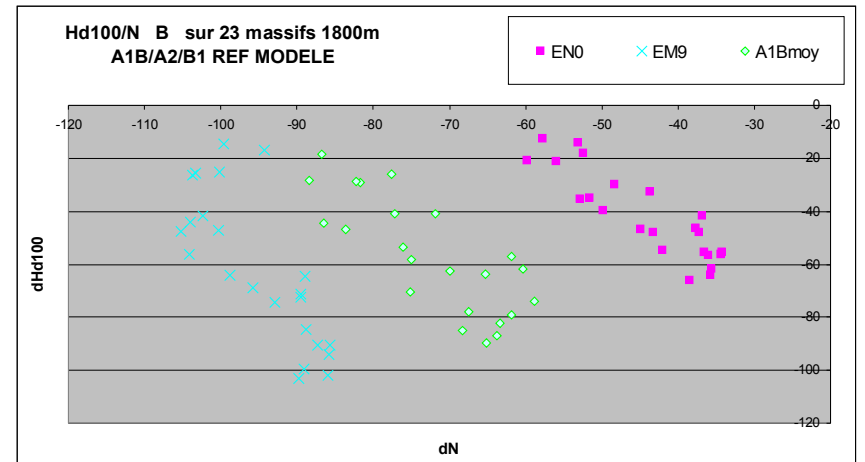
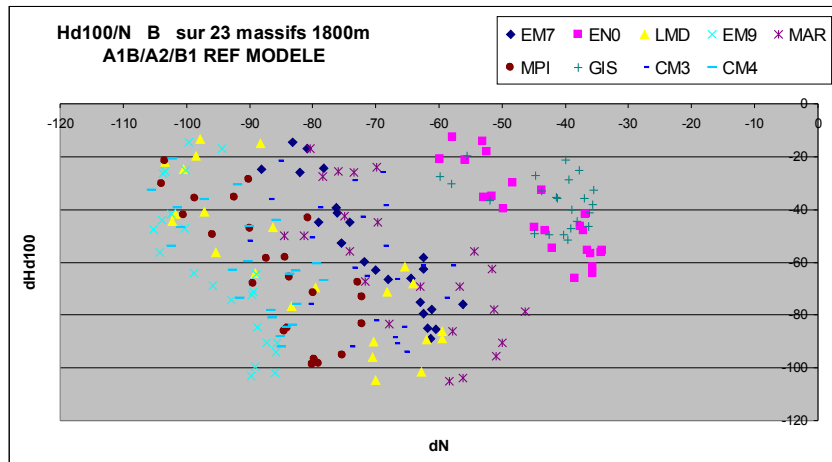
R/T ANN



2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement

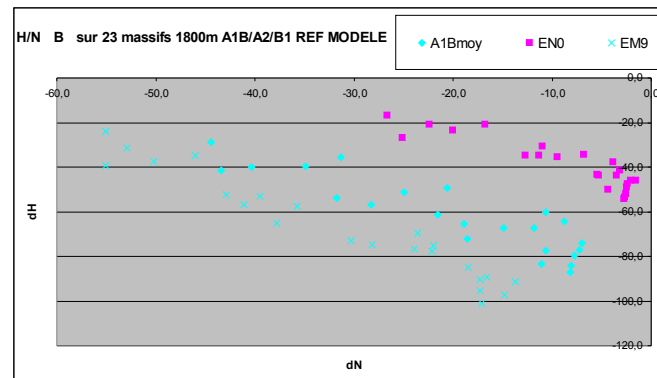
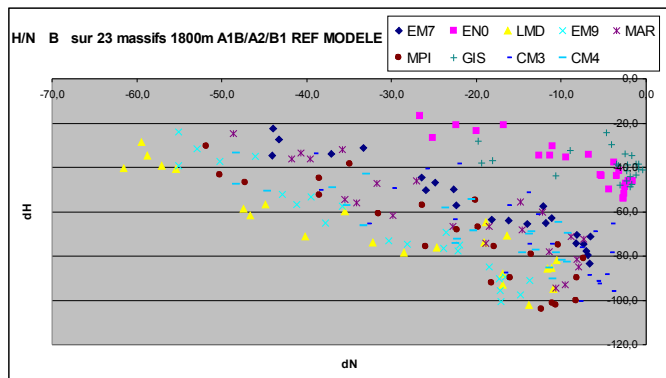
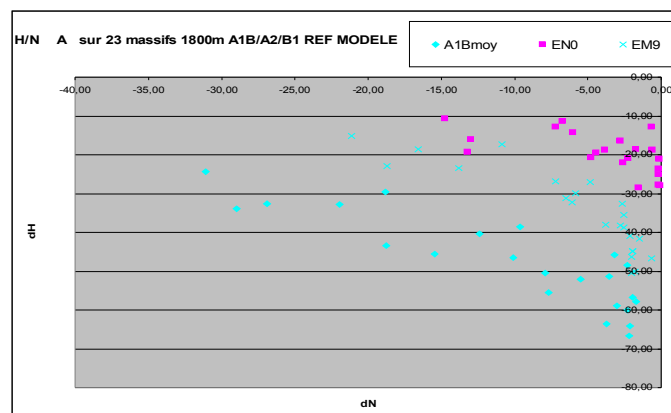
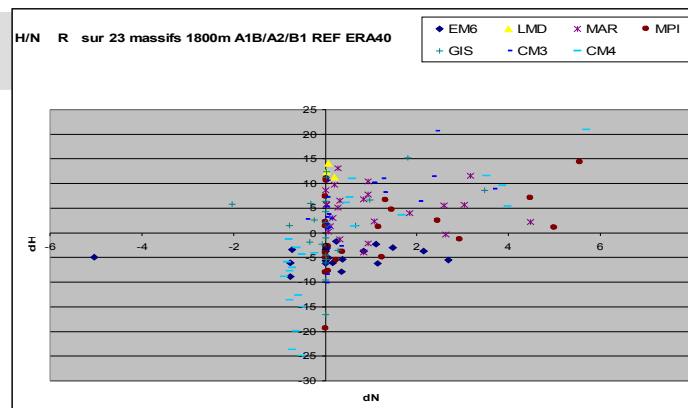
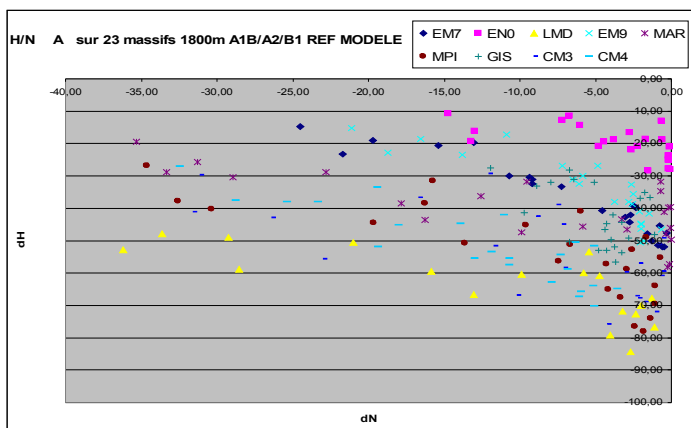


HS100d/N ANN



2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement

H/N JFM



2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement

PB du coeff dans la distance

Calculé au cours du run de référence « climat actuel 60-90 » des modèles ALADIN, MAR et LMDZ.

$$d^2(X) = \sum_{i=1}^N \frac{[(X_a(i) - \langle X_a(i) \rangle) - (X_e(i) - \langle X_e(i) \rangle) + \mathbf{D}]^2}{\sigma_a \cdot \sigma_e}$$

avec $\langle X_a \rangle$ moyenne modèle sur 30 ans (60-90)

avec $\langle X_e \rangle$ moyenne ERA40 sur 50 ans (58-09)

Et volonté de retrouver dans les champs analoges trouvés la moyenne SAFRAN sur (60-90)

-> **D = constante d'ajustement de la moyenne (~ 0.5 °C en Tsurf et 50 m à Z500)**

QUESTION ? : doit'on garder « D » en climat changé ??? ⇔ peut'on le considérer comme un biais du modèle et de la méthode de recherche d'analoges quelque soit la période d'intégration ??? .

REPONSE PRATIQUE

OUI pour ALADIN → Runs en climat changé semblent cohérents (couplages and co...) avec run « R » sur climat présent

NON (D=0) pour MAR → Des différence ???? (si on le met Pas de CC)

OUI_MAIS (2/3 D) pour LMD → qqchose de différent (si D ... peu de CC, si D=0 trop de CC (+6°C) si ½ D = A2... donc ???)

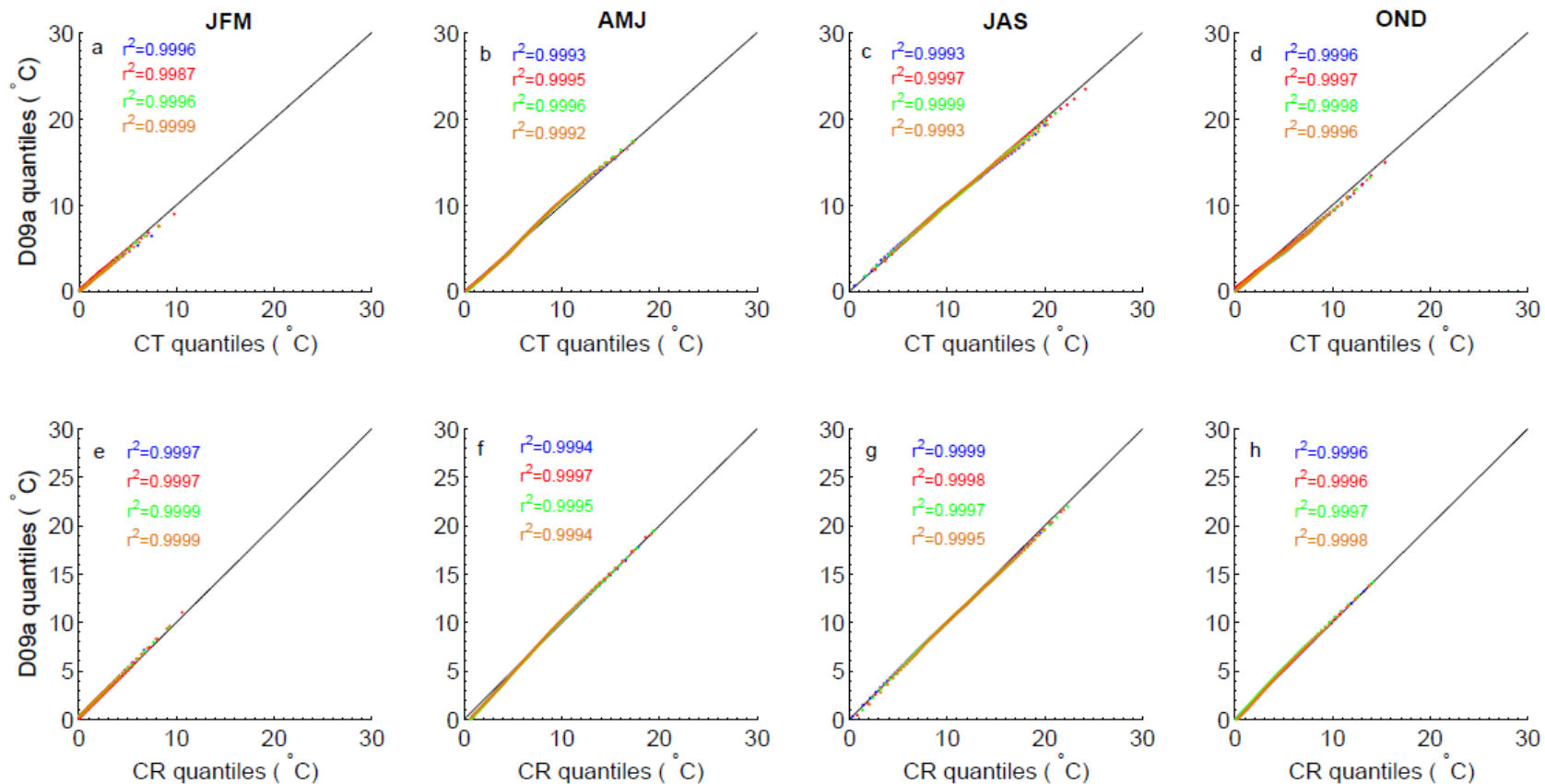
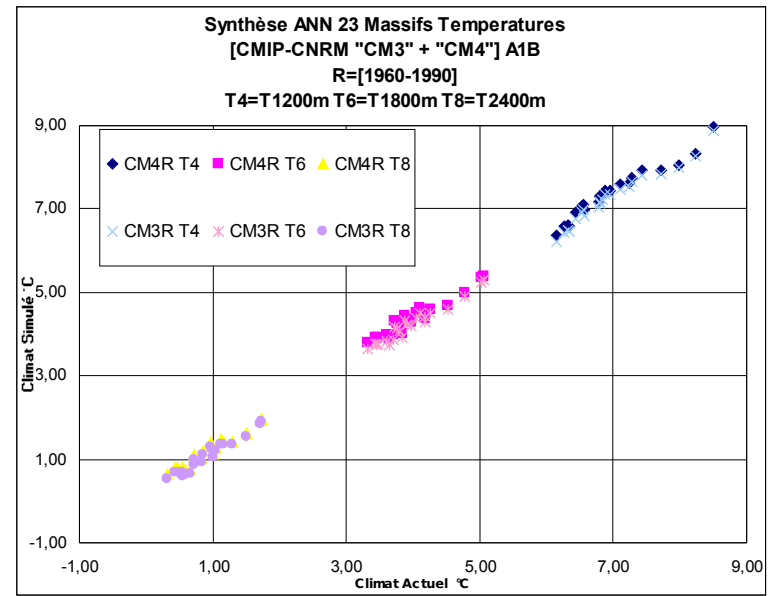
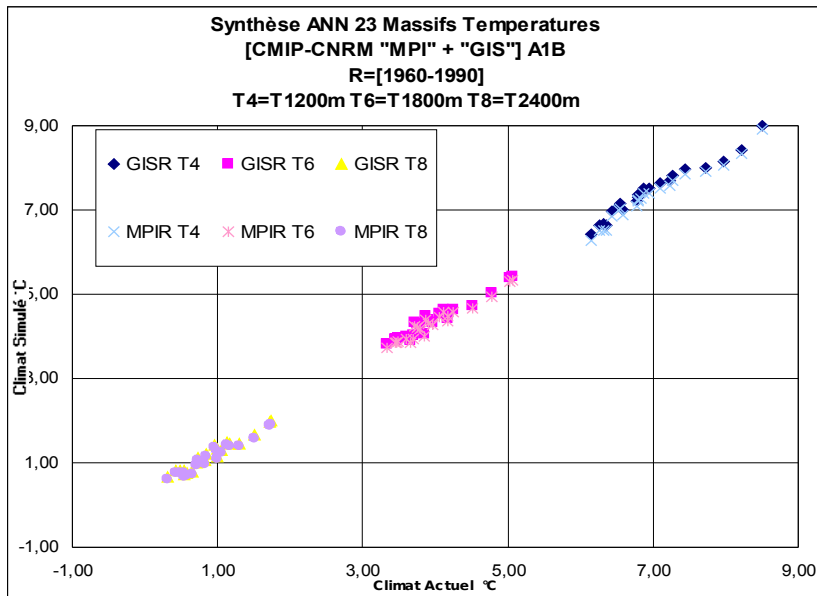
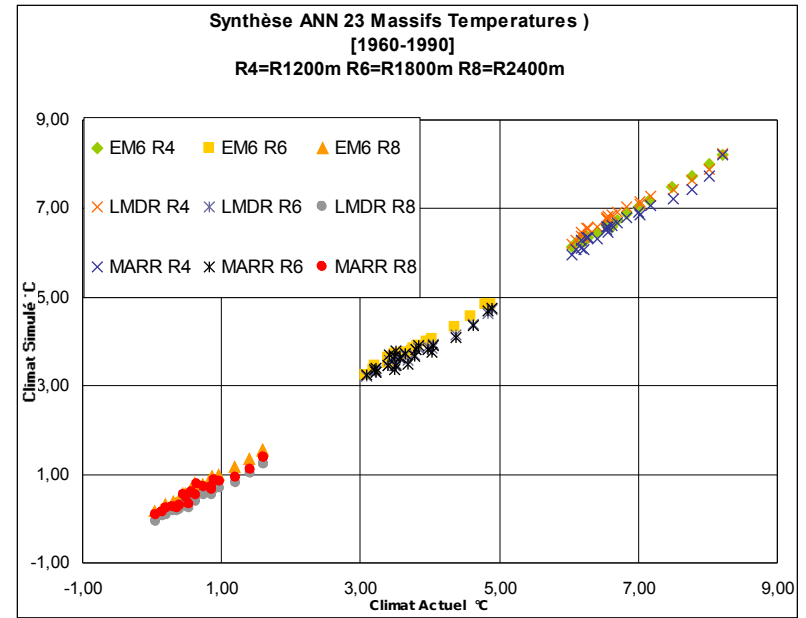


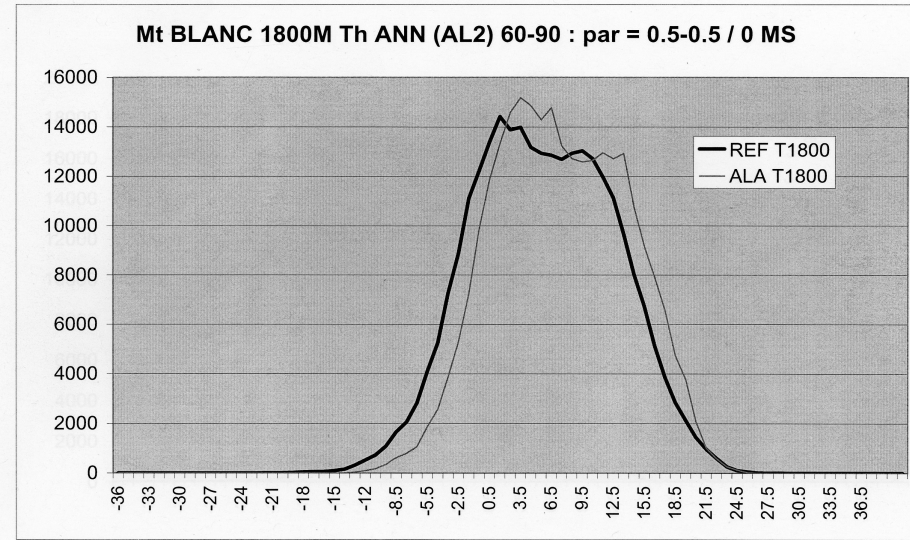
Fig. 3a. Seasonal T2m quantile-quantile diagrams (°C) obtained in the (a-d) CT and (e-h) CR experiments at 1800m.a.s.l. for the Mont-Blanc, Grandes Rousses, Queyras and Ubaye massifs (see Fig. 1 for location). r^2 is the correlation coefficient between the simulated and D09a quantiles for each massif. Insets show zooms.

Impact de « D » sur la restitution du climat présent



D=0 °C (dur dist. Tsurf)

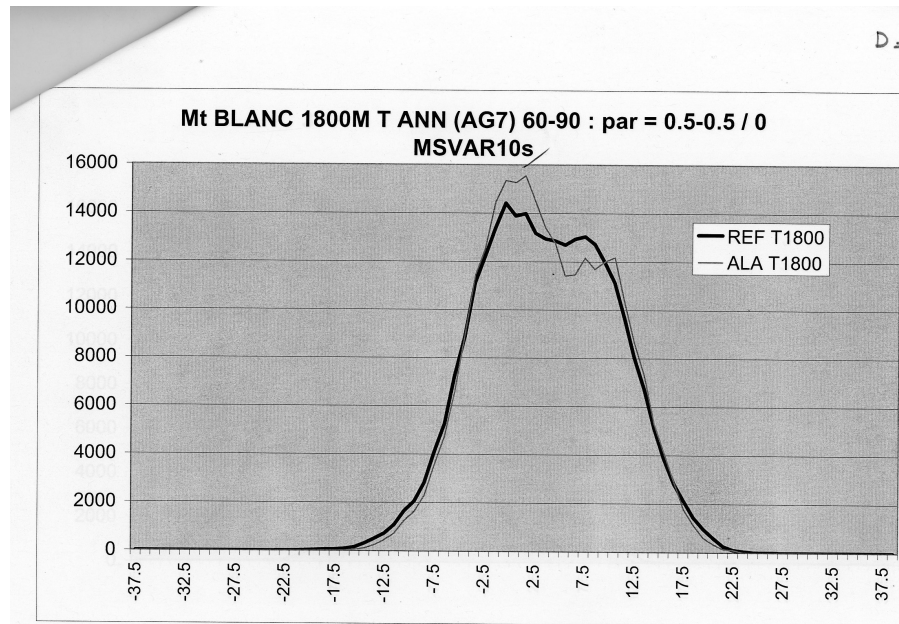
D=0



08/02/2010

D=0.35 °C (dur dist. Tsurf)

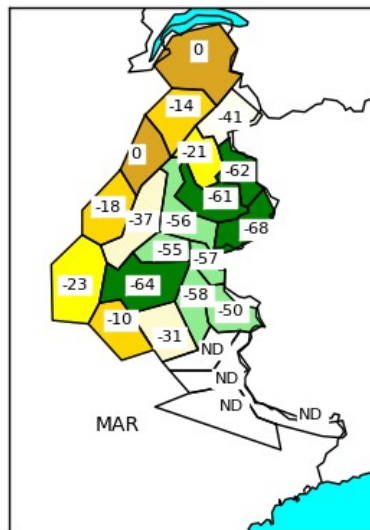
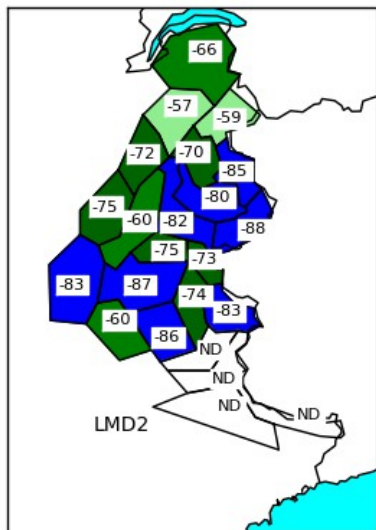
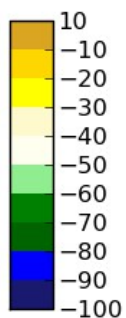
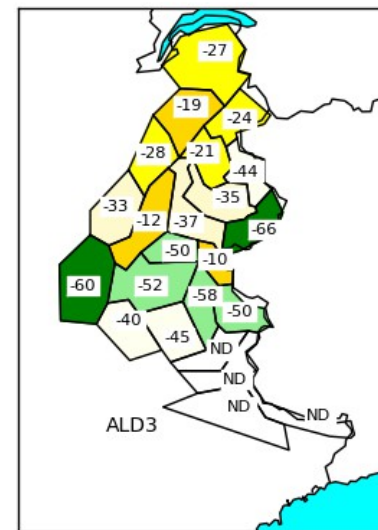
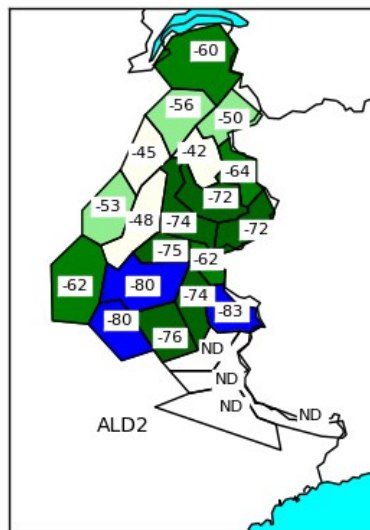
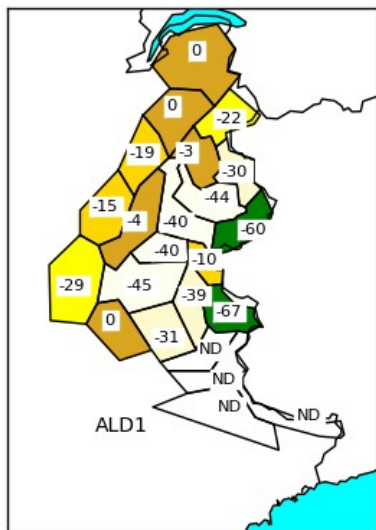
D=0.35



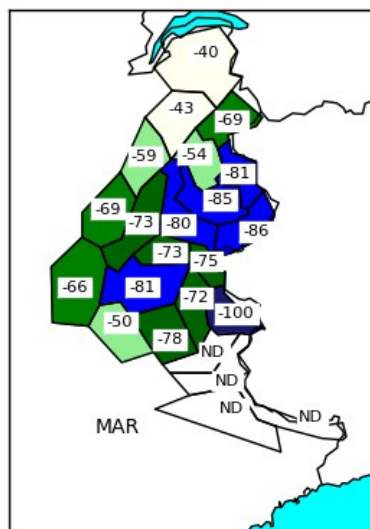
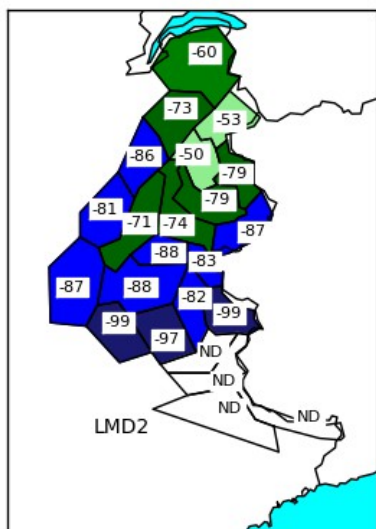
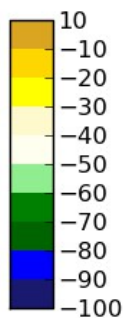
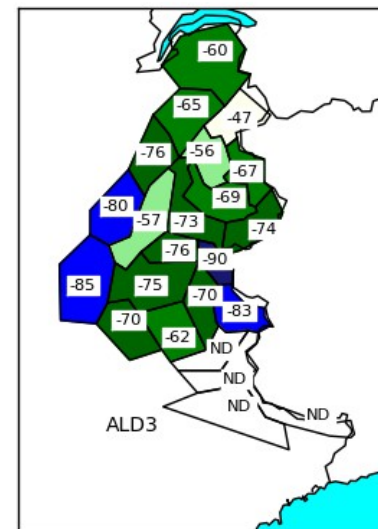
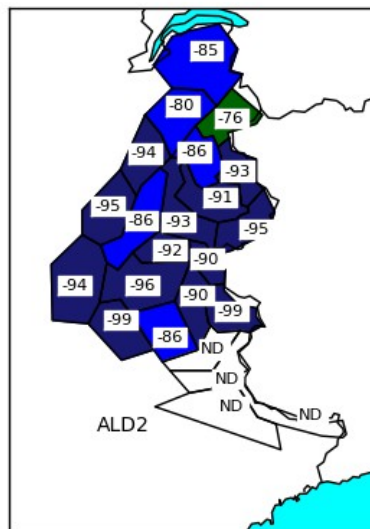
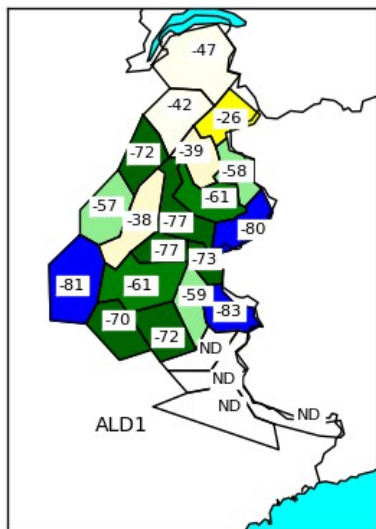
05/03/2010

1. Bref rappel de la méthode
2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement
3. **Variabilité de l'évolution du risque d'avalanche**
4. Conclusions et Perspectives

3. Variabilité de l'évolution du risque d'avalanche



3. Variabilité de l'évolution du risque d'avalanche



1. Bref rappel de la méthode
2. Variabilité de l'évolution de l'enneigement
3. Variabilité de l'évolution du risque d'avalanche
4. **Conclusions et Perspectives**

4. Conclusions ...

▪ **Approche multimodèles:**

- Importante dispersion des résultats en terme de climat et de neige!
- Contraste Nord-Sud
- Néanmoins, il semble qu'un même « effet » sur la neige peut avoir des « causes » météo différentes
suivant le modèle considéré
- ... aucun forçage global n'est commun à tous les modèles et toutes les méthodes

▪ **Difficultés de l'analyse de l'évolution du risque d'avalanche :**

- Échelle météo, a fortiori à échelle climatique
- Utilisation d'indices d'instabilité synthétiques

Merci de votre attention!

