

Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique : à quoi peut on s'attendre?

Pierre Spandre^{1,2}, Hugues François¹, Deborah Verfaillie²,
Samuel Morin², Emmanuelle George¹, Matthieu Lafaysse²

¹Université Grenoble Alpes, Irstea, LESSEM

²Météo-France - CNRS, CNRM, Centre d'Etudes de la Neige, UMR3589

1 Octobre 2018



Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?

Une méthodologie aujourd'hui bien au point, reposant sur:

- Représentations spatiales des domaines skiables ¹
- Modélisation physique du manteau neigeux intégrant damage et neige de culture ²
- Un schéma proche des réalités de terrain ³
- Données en projections climatiques ajustées par massifs ⁴

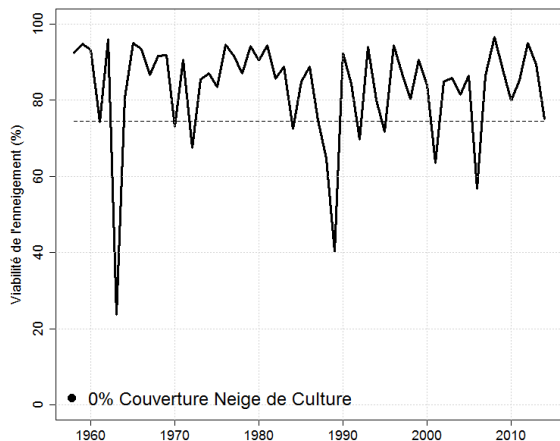
¹François et al. (2014), "Crossing numerical simulations of snow conditions with a spatially-resolved socio-economic database of ski resorts: A proof of concept in the French Alps" in *Cold Regions Science and Technology*

²Spandre et al. (2016), "Integration of snow management in a detailed snowpack model" in *Cold Regions Science and Technology*

³Spandre et al. (2016), "Panel based assessment of snow management operations in French ski resorts" in *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*

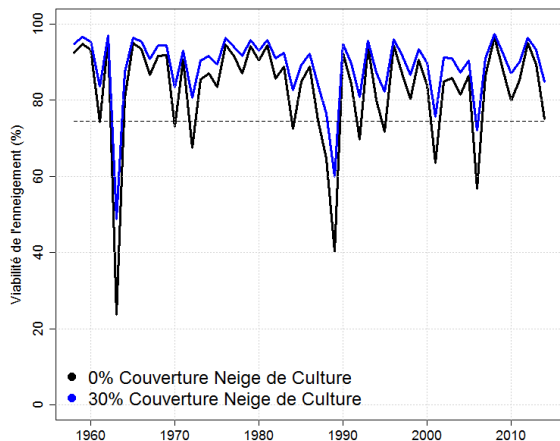
⁴Verfaillie et al.; Verfaillie et al. (2017; 2018), "The method ADAMONT v1.0 for statistical adjustment of climate projections applicable to energy balance land surface models"; "Multi-component ensembles of future meteorological and natural snow conditions for 1500 m altitude in the Chartreuse mountain range, Northern French Alps" in *Geosci. Model Dev. The Cryosphere*

Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?



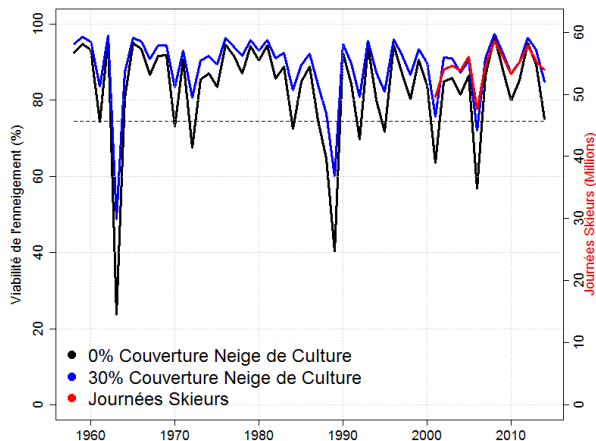
⇒ Un enneigement très variable dans le temps

Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?



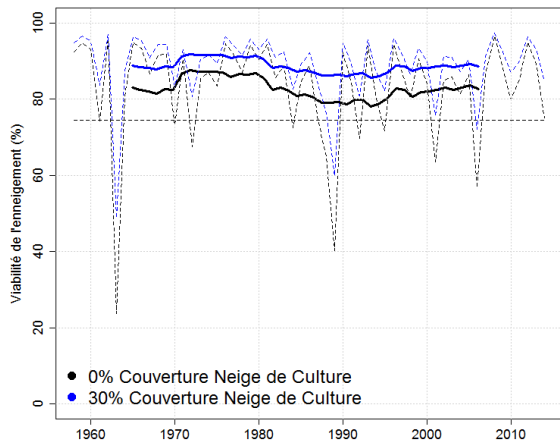
⇒ Un enneigement très variable dans le temps

Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?



- ⇒ Un enneigement très variable dans le temps
- ⇒ Très bien corrélé à la fréquentation!

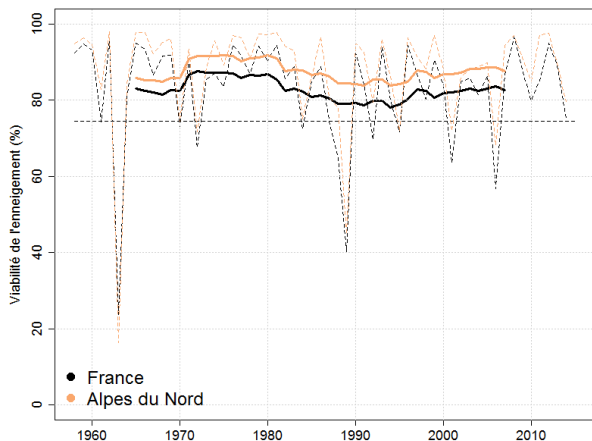
Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?



⇒ Un enneigement très variable dans l'espace

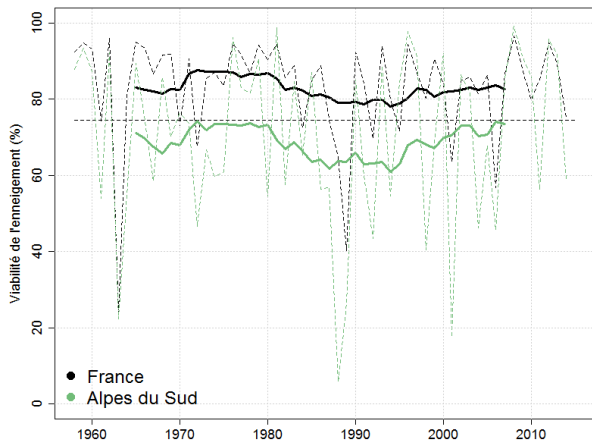
⇒ Evolution "lissée" sur 15 ans

Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?



- ⇒ Un enneigement très variable dans l'espace
- ⇒ Evolution "lissée" sur 15 ans

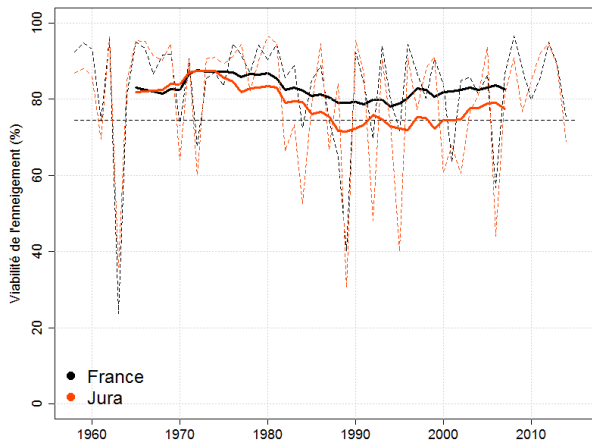
Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?



⇒ Un enneigement très variable dans l'espace

⇒ Evolution "lissée" sur 15 ans

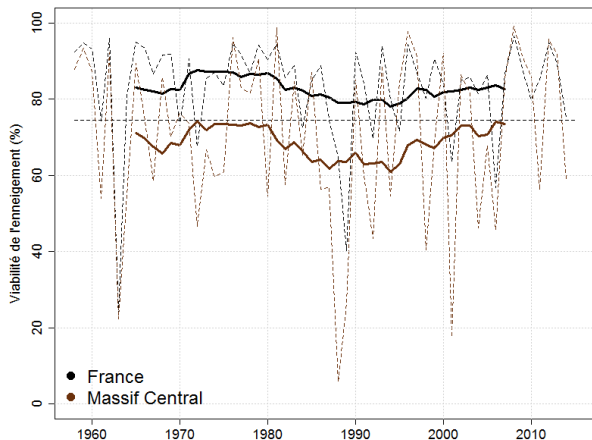
Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?



⇒ Un enneigement très variable dans l'espace

⇒ Evolution "lissée" sur 15 ans

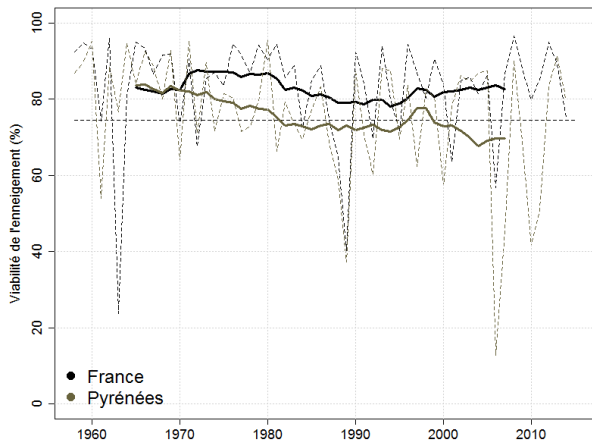
Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?



⇒ Un enneigement très variable dans l'espace

⇒ Evolution "lissée" sur 15 ans

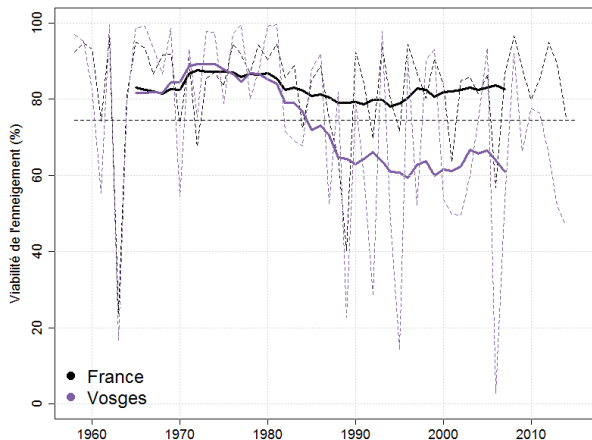
Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?



⇒ Un enneigement très variable dans l'espace

⇒ Evolution "lissée" sur 15 ans

Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?



⇒ Un enneigement très variable dans l'espace

⇒ Evolution "lissée" sur 15 ans

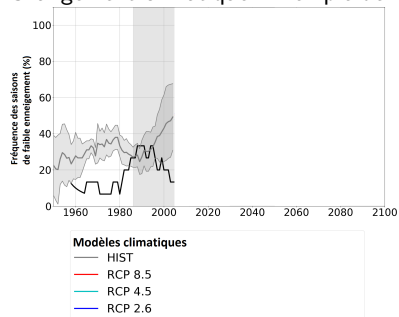
Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?

Depuis 1960, un enneigement en France:

- ⇒ variable dans le temps
- ⇒ variable dans l'espace
- ⇒ bien corrélé à la fréquentation 2001 - 2015
- ⇒ une évolution déjà sensible dans le temps, variable dans l'espace

Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?

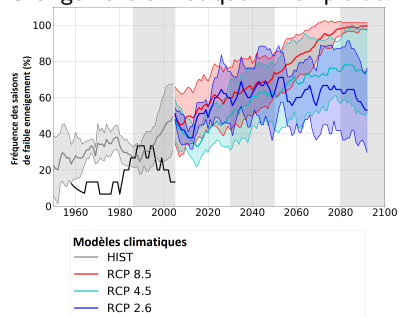
Changement climatique: Exemple de la fréquence des saisons de faible enneigement



- ⇒ Neige naturelle damée
- ⇒ Un "écart" entre modèles climatiques et observations

Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?

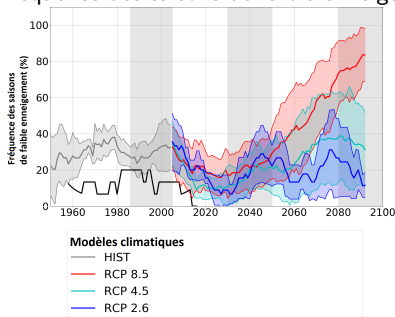
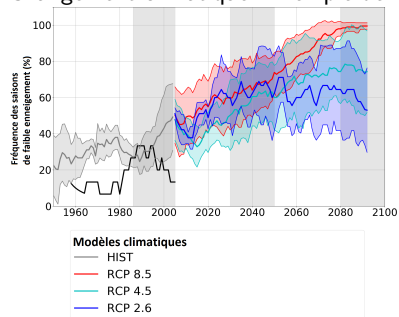
Changement climatique: Exemple de la fréquence des saisons de faible enneigement



- ⇒ Neige naturelle damée
- ⇒ Des évolutions significatives!

Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?

Changement climatique: Exemple de la fréquence des saisons de faible enneigement

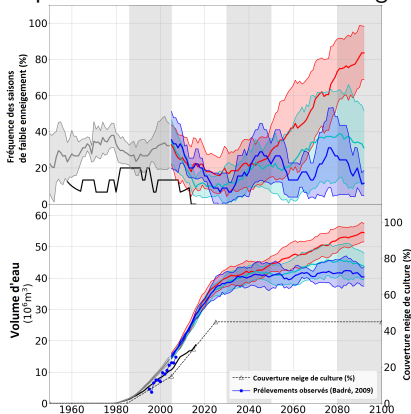
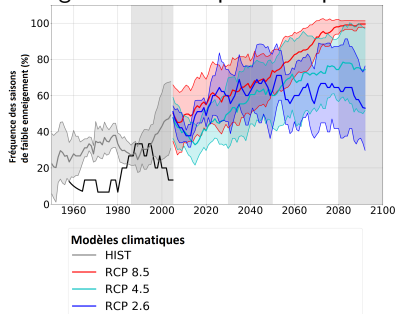


⇒ Neige naturelle damée (gauche) et Avec neige de culture (droite)

⇒ Neige de culture: un outil efficace jusqu'en milieu de siècle

Enneigement, neige de culture, besoin en eau et changement climatique: à quoi peut on s'attendre?

Changement climatique: Exemple de la fréquence des saisons de faible enneigement



- ⇒ Neige naturelle damée (gauche) et Avec neige de culture (droite)
- ⇒ Consommation d'eau: fortement liée à l'évolution de surface équipée...
... et au besoin à l'hectare (augmentation de 10 à 20% en milieu de siècle)

Congrès DSF - 1 Octobre 2018

Travail en cours!^a
Merci de votre attention...
et de vos retours!

^aSpandre et al. (In prep.), "Climate constraints on ski tourism sustainability in the French Alps in the 21st century" in xxx