Patrons climatiques globaux et météorologie synoptique des hivers de forte activité avalancheuse dans la chaîne présidentielle (New Hampshire, États-Unis)



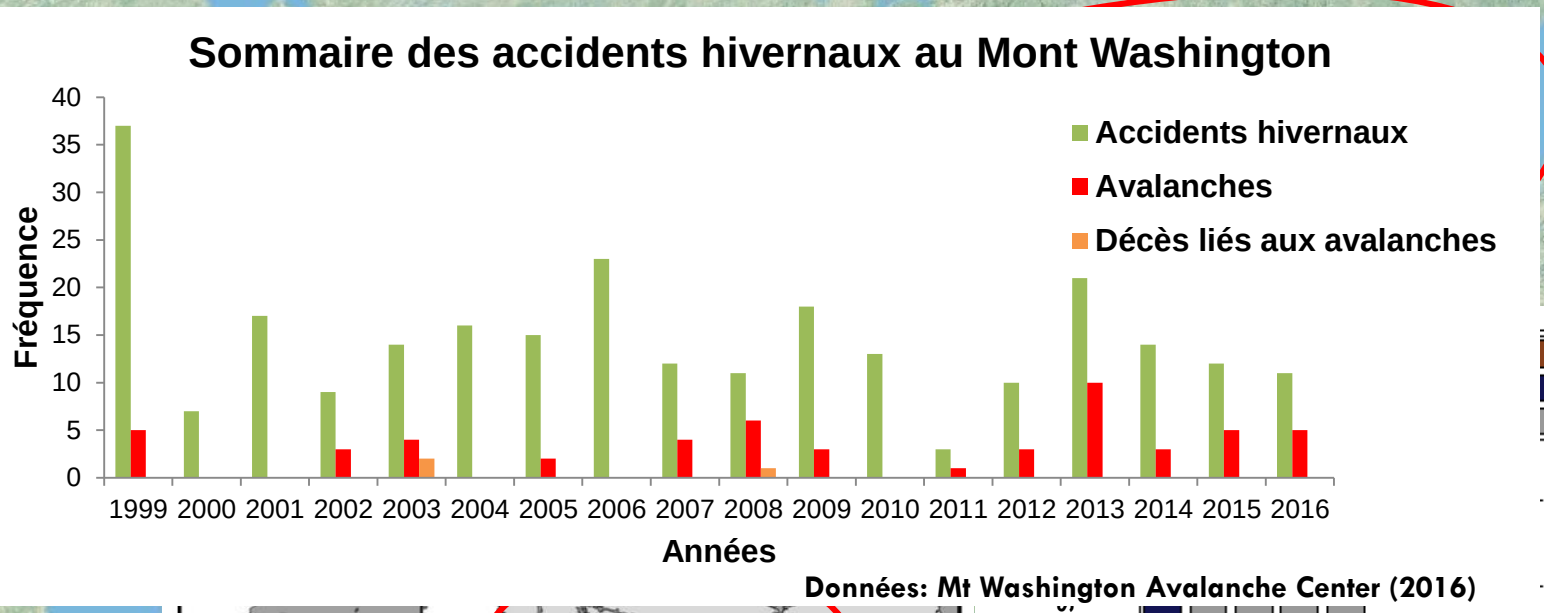
Jean-Philippe Martin
Institut des sciences de l'environnement, UQAM

Pr. Daniel Germain
Département de géographie, UQAM
Institut des sciences de l'environnement, UQAM

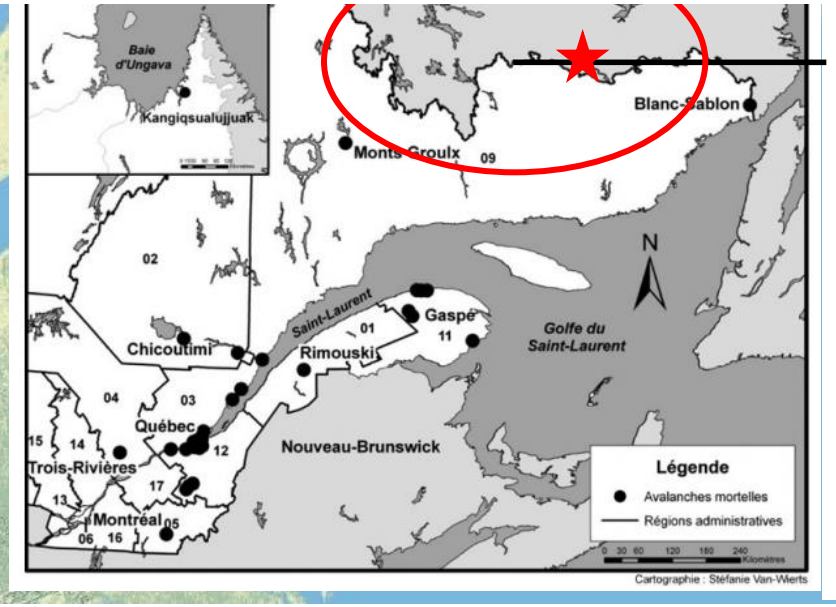
Plan de la présentation

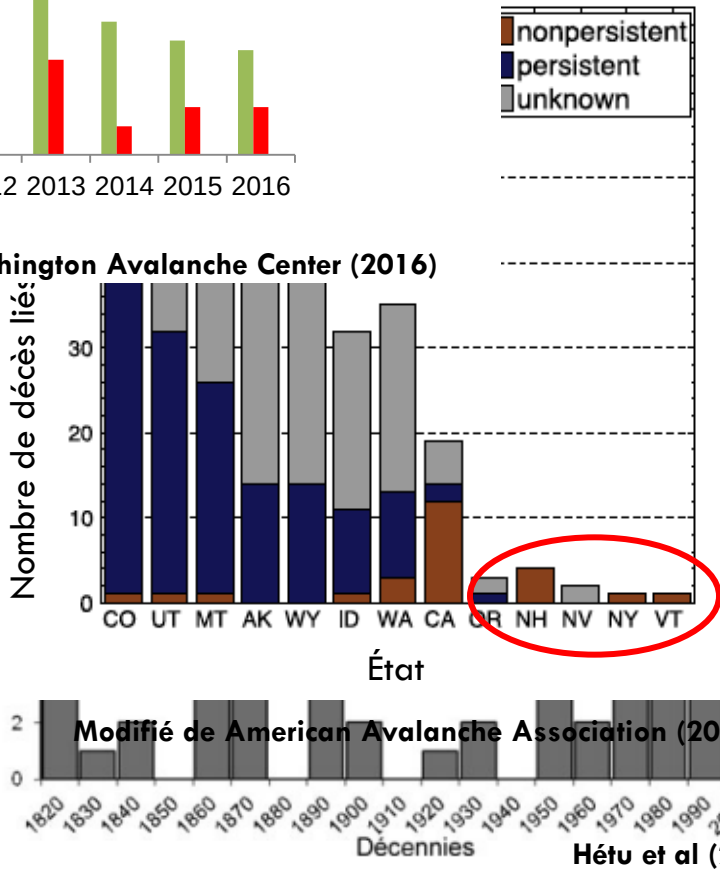
- Avalanches dans le Nord-Est
- Problématique et question de recherche
- Approches méthodologiques
- Résultats et discussion
- Conclusion et perspectives futures

Les avalanches dans le Nord-Est



Données: Mt Washington Avalanche Center (2016)





Modifié de American Avalanche Association (2011)

Hétu et al (2011)

Mont Washington et la chaîne présidentielle

- Facilité d'accès
- Longue tradition de ski et d'alpinisme
- Micro-prévision
- Difficultés
  - Absence de données historiques
  - Peu d'intérêt de la part des scientifiques





Conditions rigoureuses

- Trajectoires des systèmes de basse pression
- Forts vents
- Température hivernale
- Neige
  - 645 cm de précipitations solides
  - 12 – 16 m d'accumulation dans les cirques à l'est



Van Cleef (1908) *in* Schlesigner et al. (1974)



Relations avalanche - climat

Influence des téléconnexions

- El Niño – Colombie-Britannique (McClung, 2013)
- Oscillation pacifique décennale – ouest É.U. (Mock et Birkeland, 2000)
- Osc. nord-atlantique – Islande (Keylock, 2003)

Nord-Est

- Absence d'archives historiques → Recours à la dendrochronologie
- Études concentrées en Gaspésie → Aucune relation avec les téléconnexions (Germain et al., 2009)

Météorologie synoptique

- Analyse qualtitative des patrons synoptiques dominants (e.g. Bjornsson, 1980; Fitzharris and Bakkehøi, 1986)
- Relation neige – anomalies synoptiques (Birkeland and Mock, 1996; Esteban et al., 2005)
- Conditions caractéristiques – avalanches – anomalies synoptiques (Birkeland et al., 2001)
- Conditions synoptiques propices au givre de surface (Yokley et al., 2014)

Difficultés

- Taille des bases de données
- Résolution de la dendrochronologie

Question de recherche

À l'aide de la dendrochronologie, peut-on identifier des relations entre les avalanches, les téléconnexions et la météorologie synoptique?

Sites d'étude

King Ravine (K7)
- Couloir face au nord
- Fait partie du cycle de 1969

Amoonosuc Ravine (AR)
- Couloir face à l'ouest
- Avalanche forte intensité en 2010

Gulf of Slides #2 (SM)
- Site face à l'est
- N'est pas situé sous le Alpine Garden
- Couplage avec perturbations torrentielles



South Gully (HUR)
- Couloir face au nord
- Cirque face à l'est
- Prévisions par le USFS

Sentier estival Lion's Head (LH)
- Couloir face à l'est
- Création d'un sentier hivernal puisque trop exposé

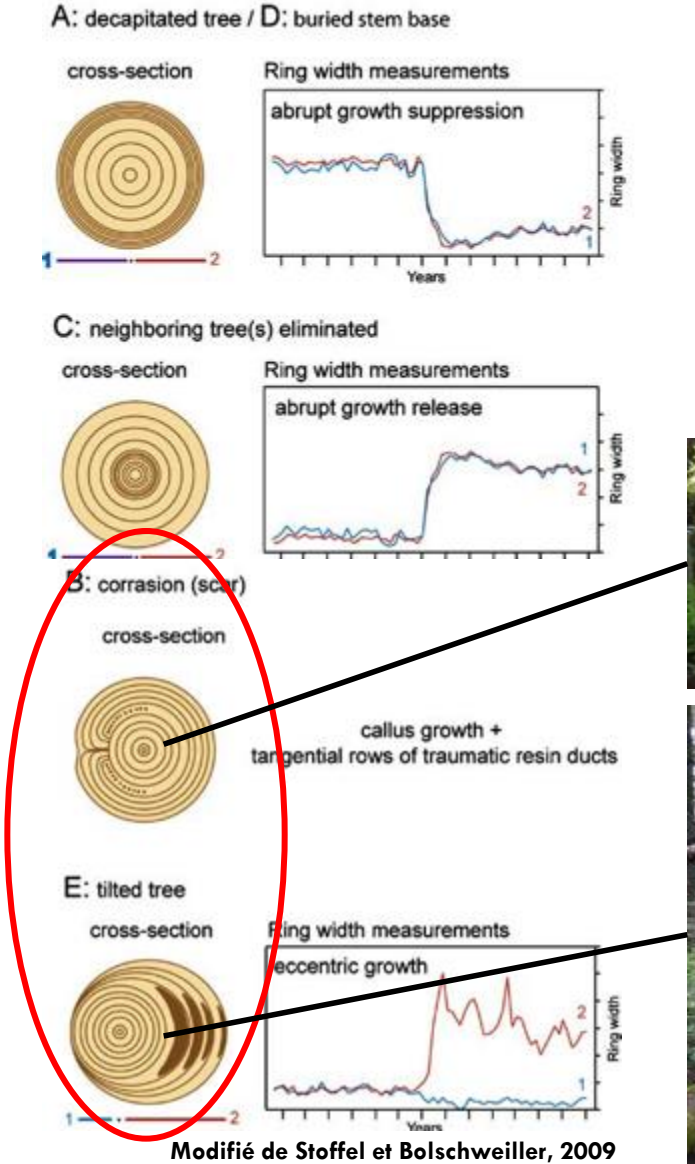
Hillman's Highway (HH)
- Couloir face à l'est
- Prévision par le USFS

Gulf of slides #1 (GS)
- Site face à l'est
- N'est pas situé sous le Alpine Garden

Dendrochronologie

Recensement et datation des perturbations de croissances (GD)

Classe	Indicateur
5	**Cicatrice + B.R.** **Canaux résinifères** **⬇ Croissance majeure**
4	**Cicatrice + B.R.** **B.R. complet ≥ 3 ans**
3	B.R. complet < 3 ans
2	B.R. incomplet B.R. complet, arbre < 10 ans
1	B.R. mal défini

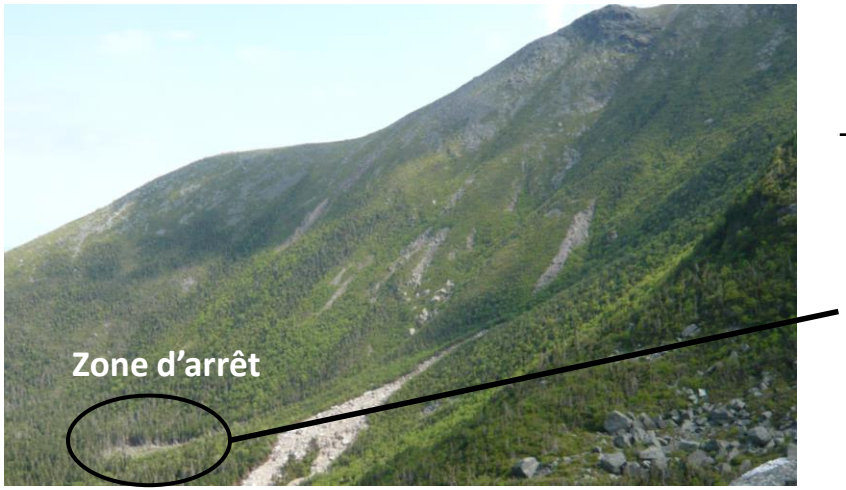


Modifié de Stoffel et Bolschweiller, 2009





Échantillonnage

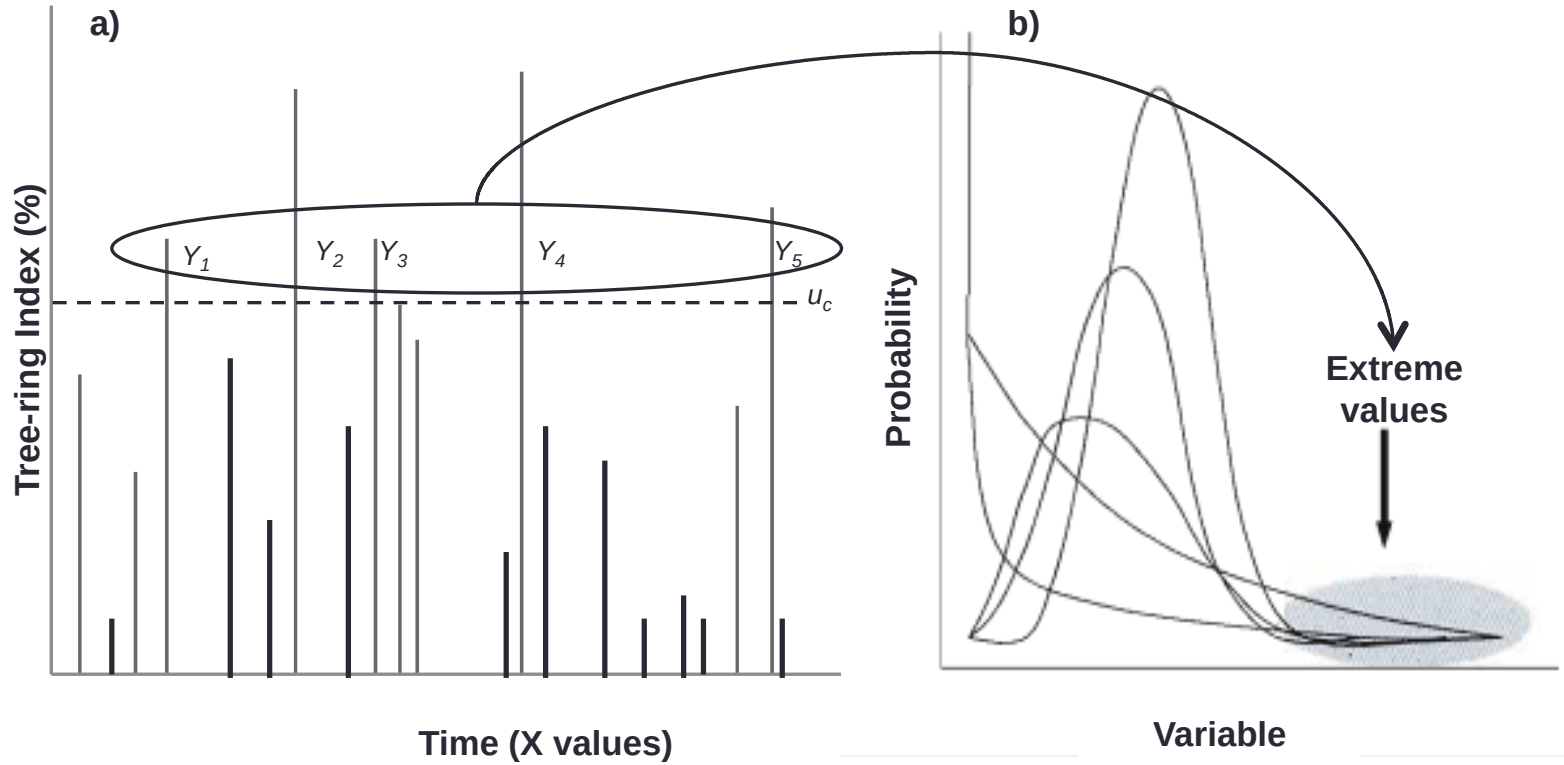


Site	Type	N_{arbres}	N_{GD45}	Début chronologie
GS	RU	67	103	1937
SM	RU	63	191	1889
HH	RU	62	125	1903
LH	RU	78	170	1920
HUR	RU	59	158	1943
K7	RU	60	92	1954
AR	RU	61	121	1950
Total		**450**	**960**	

Établissement du seuil

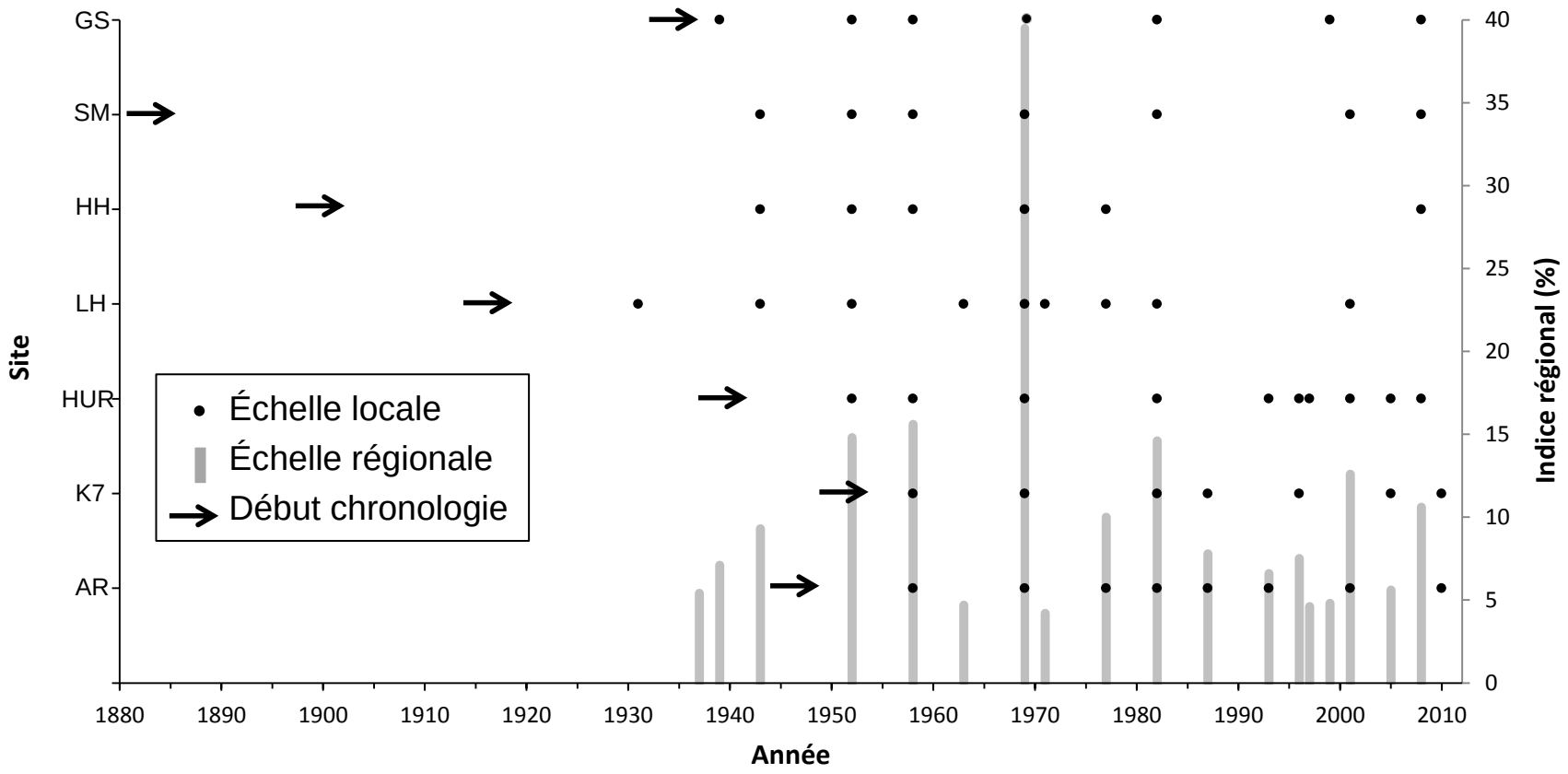
$$RAAI_t = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} I_t}{P_t} \right)$$

$RAAI_t$: Indice d'activitié avalancheuse régionale
I_t: % d'arbres enregistrant une perturbation
P_t: nb sites où n > 10



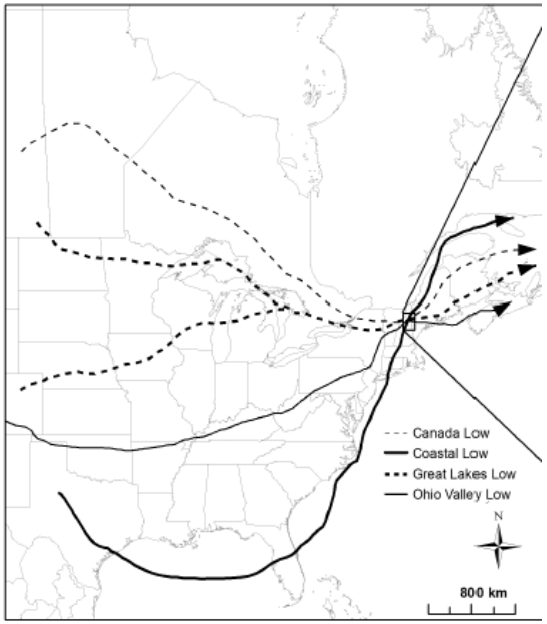
Germain (*sous presse*)

Reconstruction dendrochronologique



Traitement et analyse météorologique

- Traitement
  - Compilation des tempêtes et identification des trajectoires
  - Anomalies synoptiques à 500 hPa pour les années avalancheuses
  - Indices globaux
    - NAO (*station-based*)
    - ENSO (ONI 3.4)
  - Relation entre le RAAI et climat :
    - Test du *t* de Student
    - Chi-carré
    - Corrélations de Spearman
  - Modes climatiques T° / précipitations



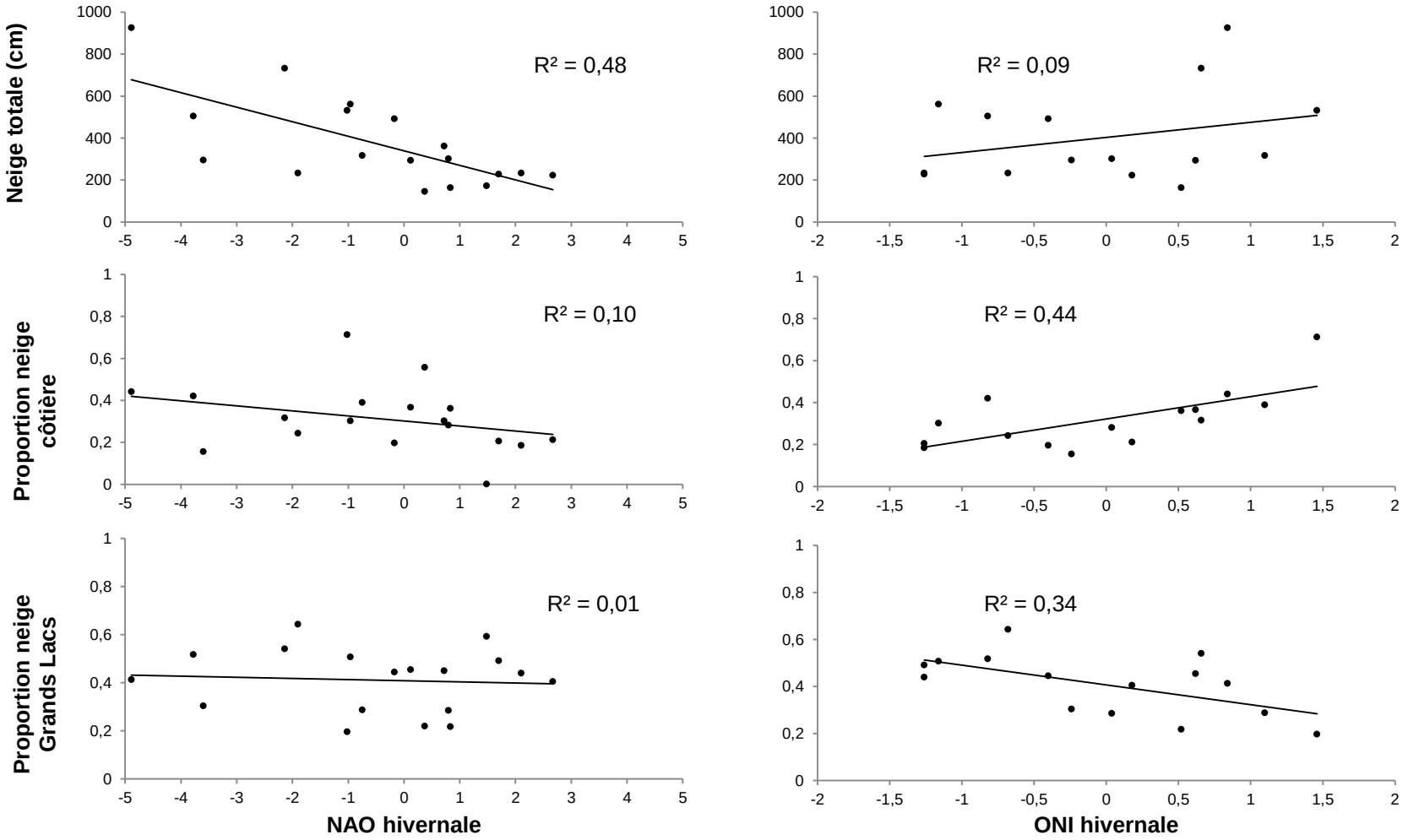
Relation avalanche - climat

- NAO
  - Corrélation entre l'activité avalancheuse et la NAO (ρ = -0,27 ; $p < 0.05$)
  - Corrélation entre les variables météo et la NAO
  - Différence lors d'épisodes de NAO fortement négatifs ($\chi^2 = 6,49$; $p < 0,05$)
  - Moyenne de la NAO des années avalancheuses distincte ($t = -1,83$; $p < 0,05$)
- Aucune relation significative avec ENSO

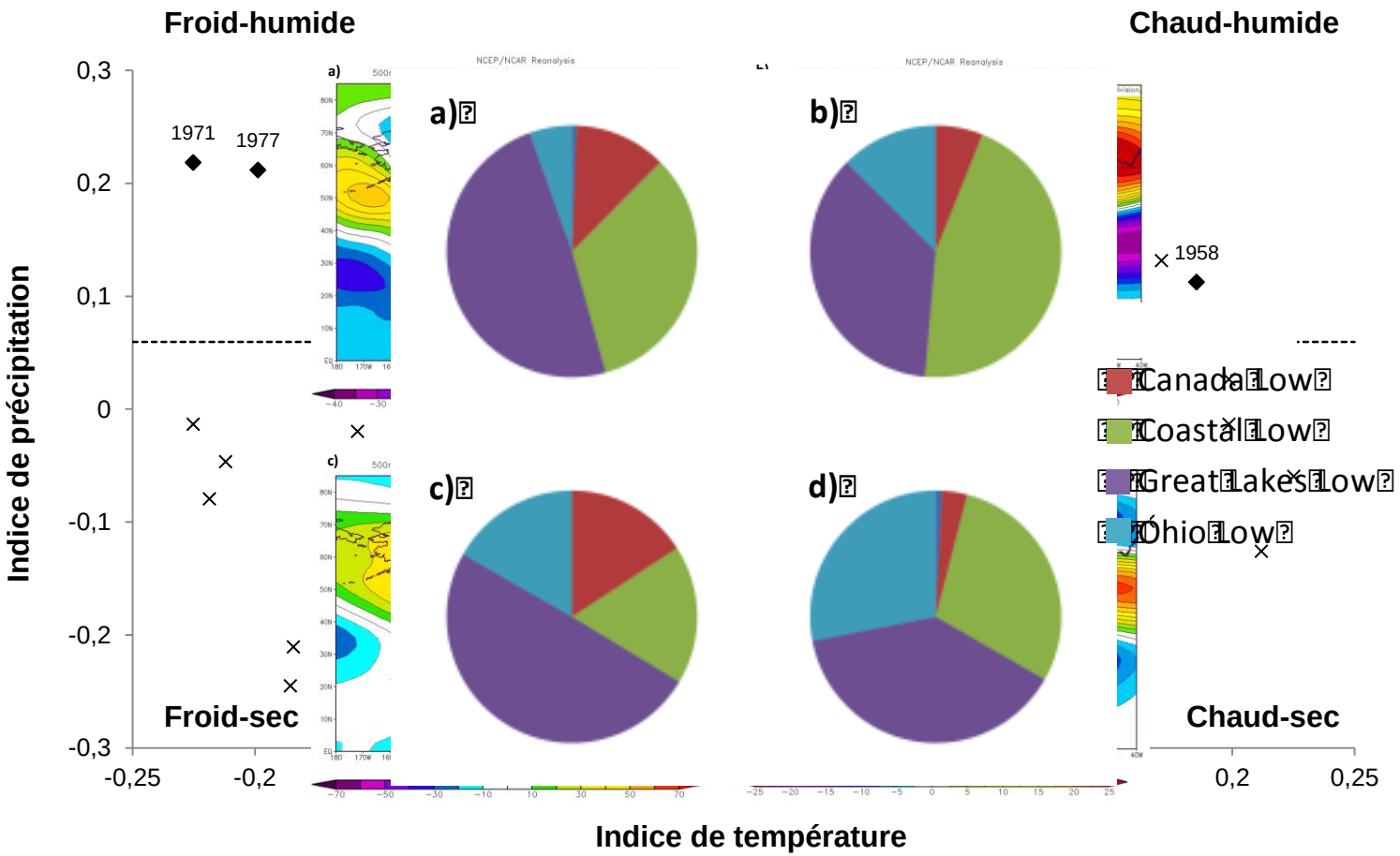
	RAAI	PAAP	Snowfall	Snowdepth	FDD	TDD	NAO	ENSO
RAAI	1	**0.73**	0.37**	0.11	-0.09	-0.21!	-0.27*	-0.11
PAAP	-	1	**0.42****	0.30**	0.06	-0.23*	-0.20!	0.01
Snowfall	-	-	1	**0.74****	0.17	**-0.41****	**-0.39****	0.01
Snowdepth	-	-	-	1	0.27*	-0.32**	**-0.43****	-0.04
FDD	-	-	-	-	1	**-0.39****	-0.25*	**0.35****
TDD	-	-	-	-	-	1	**0.45****	-0.00
NAO	-	-	-	-	-	-	1	0.01
ENSO	-	-	-	-	-	-	-	1

Matrice de corrélation entre l'activité avalancheuse à l'échelle régionale et le climat

Relation neige – climat



Scénarios synoptiques



Conclusions

Premières archives de l'activité avalancheuse régionale dans la Chaîne Présidentielle.

La dendrochronologie permet d'obtenir des résultats statistiquement significatifs entre l'activité avalancheuse régionale et le climat.

La Chaîne Présidentielle est sensible aux fluctuations climatiques à grande échelle.

Aucun pouvoir prédictif – potentiel préventif.

Questions en suspens

Existe-t-il des phasages entre différentes téléconnexions?

	NAO - / ENSO +	Autres
Avalanche	5	9
Pas d'avalanche	3	47

- Période 1951-2012
- $X^2 = 8{,}83$ ($p < 0{,}01$)
- Aucune avalanche si NAO + / ENSO -

Peut-on identifier des relations avalanche – téléconnexions – conditions synoptiques à plus grande échelle?

Plusieurs années communes avec Boucher et al. (2003) et Germain et al. (2009)

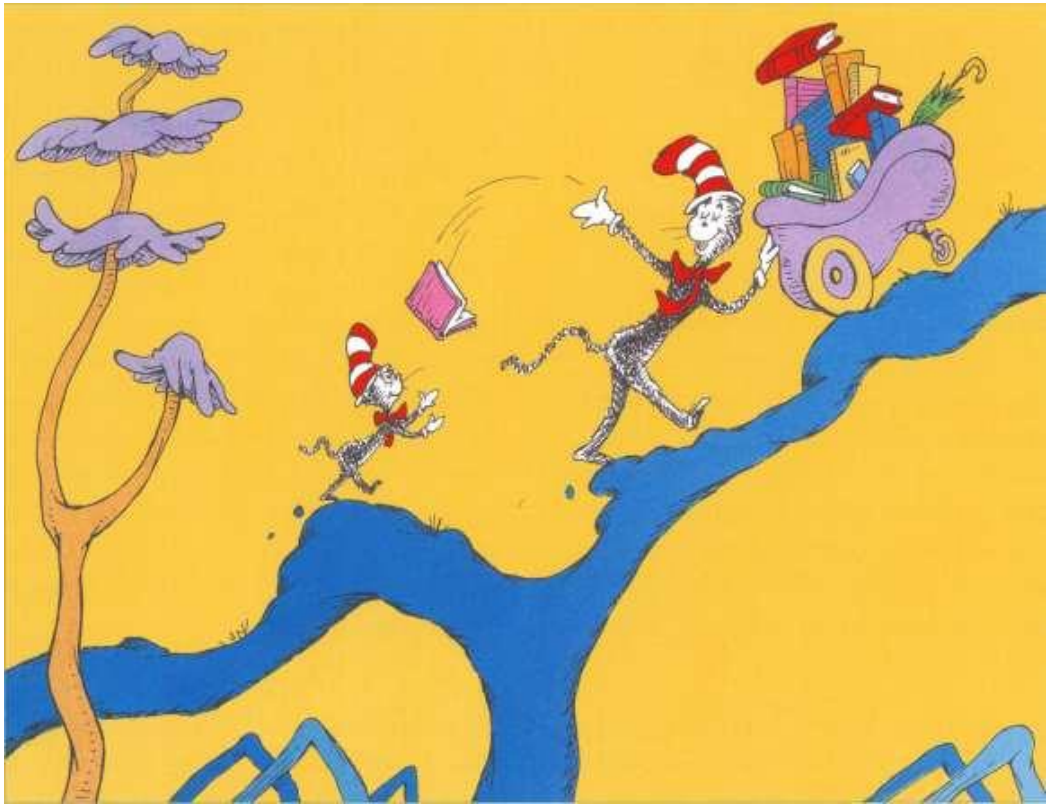
Existe-t-il d'autres téléconnexions ou indicateurs climatiques à grande échelle expliquant l'occurrence d'années avalancheuse à l'échelle régionale?

Longitude du creux barométrique

Pacific North American Pattern

Température de surface

Merci beaucoup!



So…
you're off to Great Places!
Today is your day!
Your mountain is waiting.
So… get on your way!

- Dr. Seuss, *Oh, The Places You'll Go!*