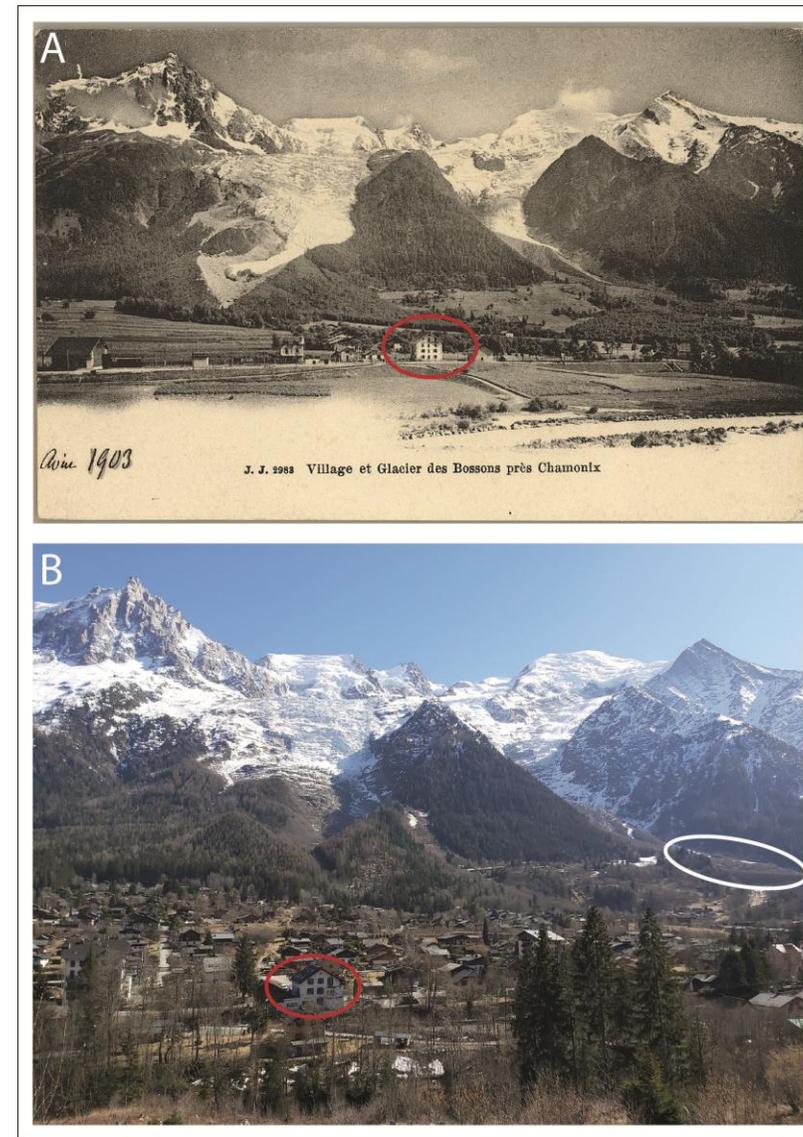


# Des données pluriséculaires à l'évolution de l'activité avalancheuse et du risque associé

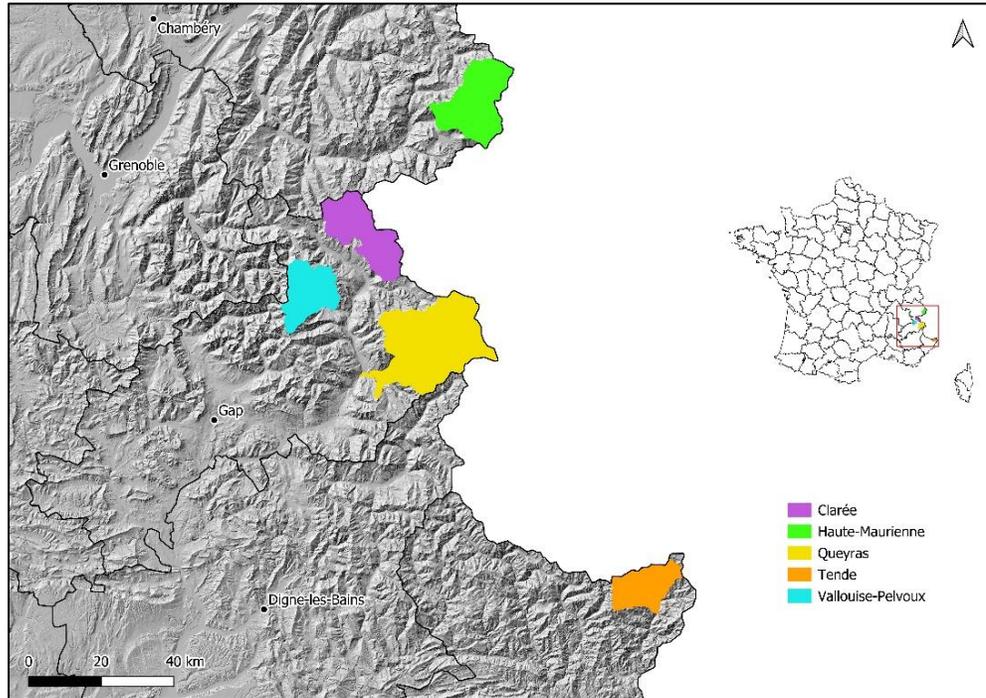
Camille Defernand, Florie Giacona, Manon Farvacque, Hannah Rowe, Pascal Dkegne Sielenou, Garance Levy, Nicolas Eckert

Séminaire QUAAACC  
Col de Porte, 18 juin 2025

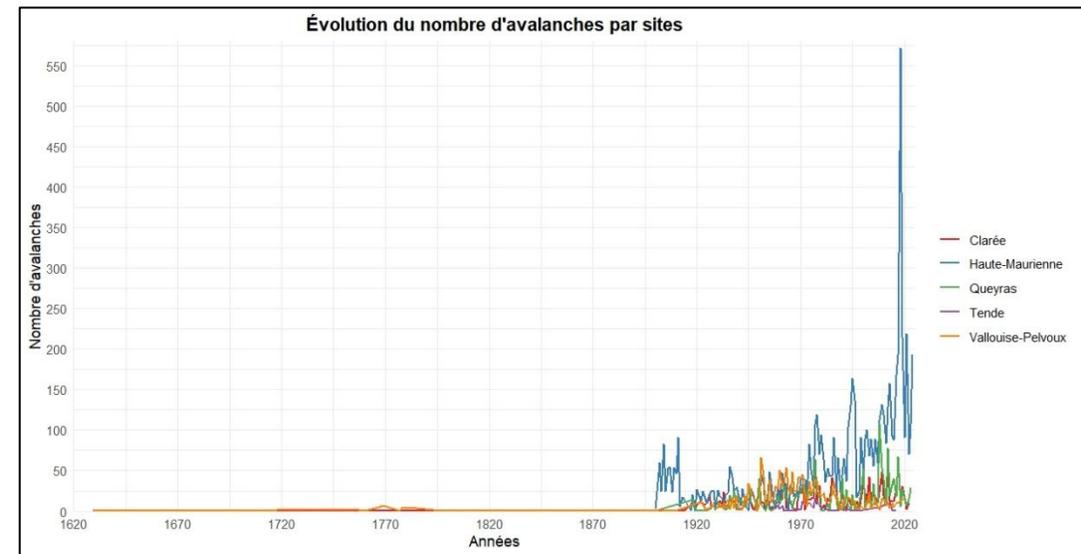


Eckert & Giacona, Ambio 2022

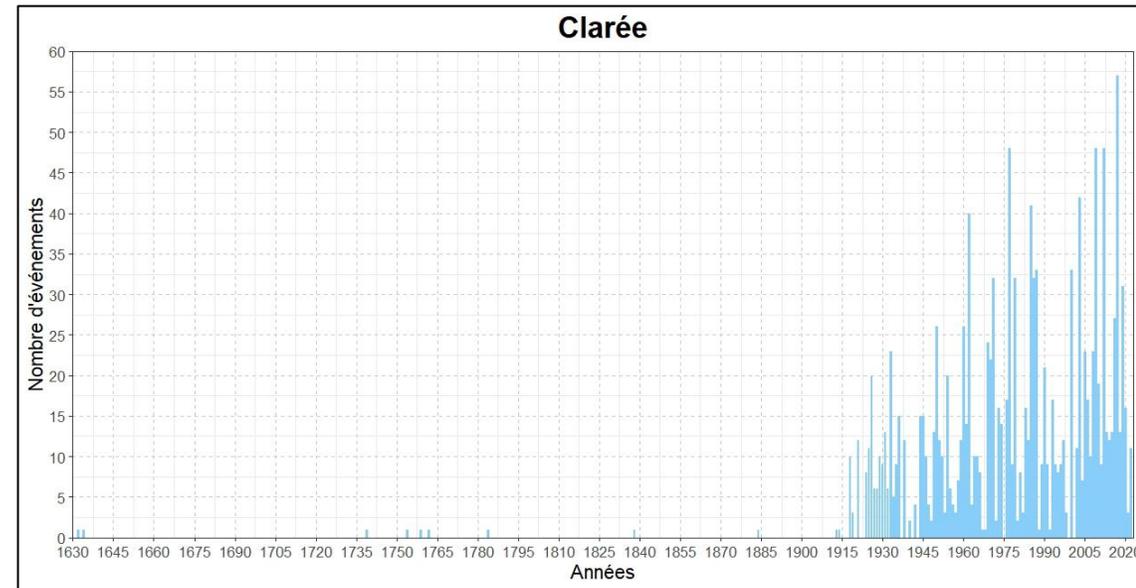
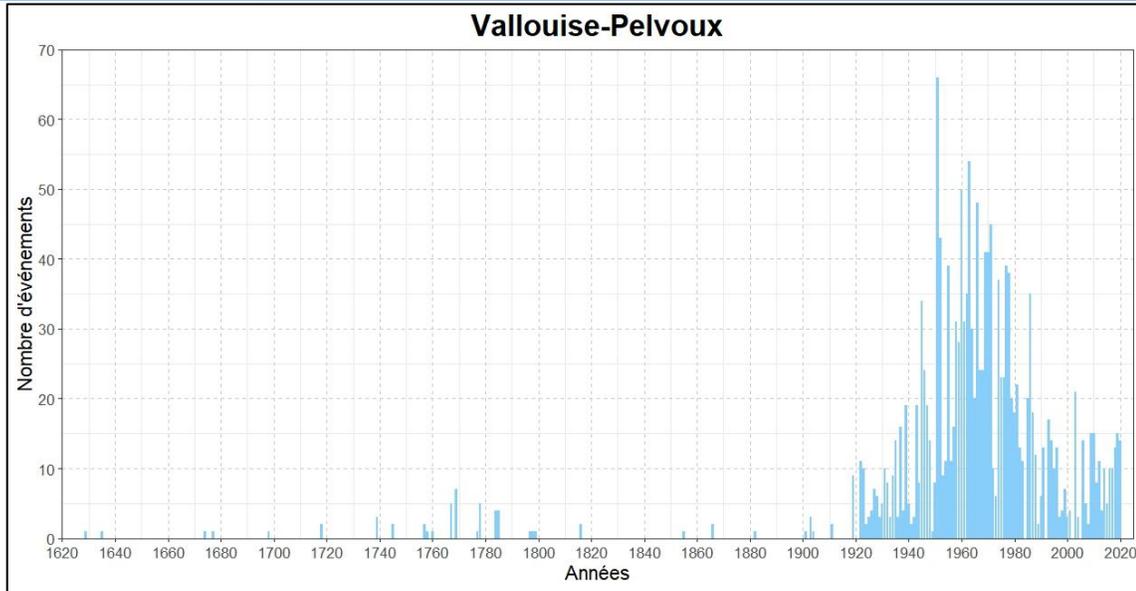
# 5 zones d'étude aussi bien documentées que possible



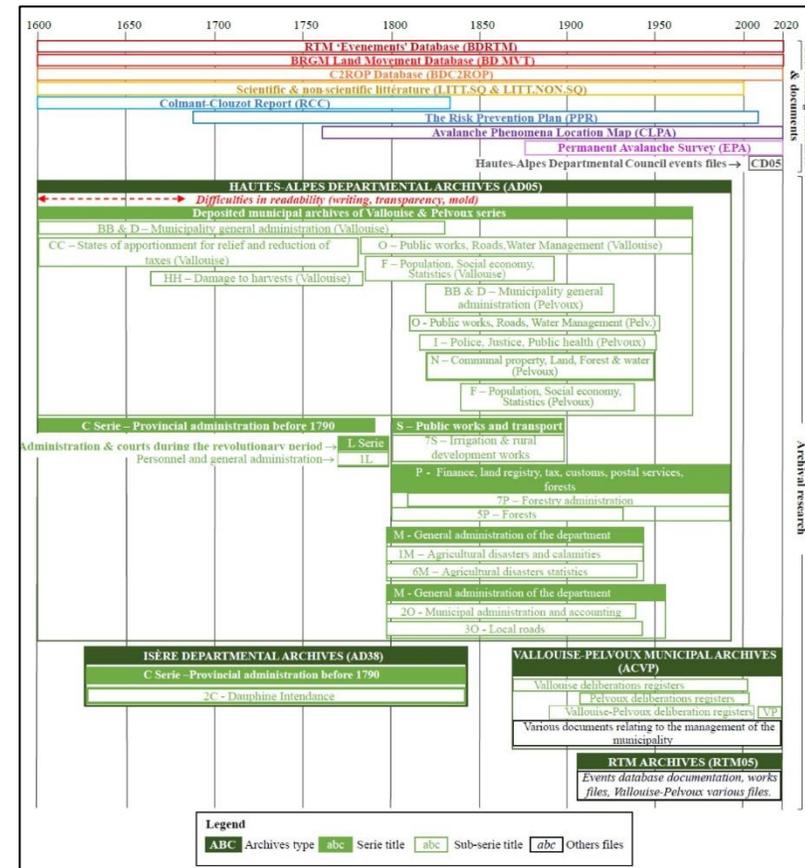
Zone	Nombre d'évènements	Nombre de sites	Chronologie évènements	Sources utilisées
Vallouise-Pelvoux (très avancé)	1654	59	1629 à 2020	Archives départementales et communales ; BDRTM ; BDC2ROP ; BDMVT ; EPA ; CLPA
Clarée (très avancé)	1426	57	1633 à 2023	Archives départementales et communales ; BDRTM ; BDC2ROP ; BDMVT ; EPA ; CLPA
Haute-Maurienne (avancé)	6919	70	1900 à 2024	EPA ; carnet forestier ; CLPA ; BDRTM ; data-avalanche
Queyras (démarré)	1701	38	1900 à 2024	EPA ; carnet forestier ; CLPA ; BDRTM ; data-avalanche ; ANENA ; archives (en cours)
Tende (terminé sur courte période)	137	10	1955 à 2016	EPA ; carnet forestier ; CLPA ; BDRTM ; data-avalanche ; ANENA



# 5 zones d'étude aussi bien documentées que possible (2)



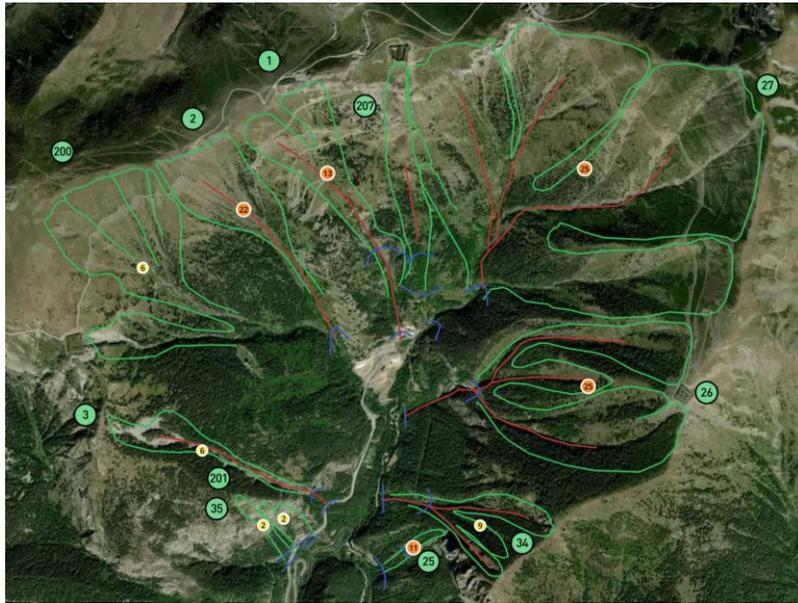
- Chronologies aux allures similaires
- Importance cruciale de l'évolution des sources (nombre, nature, etc.)



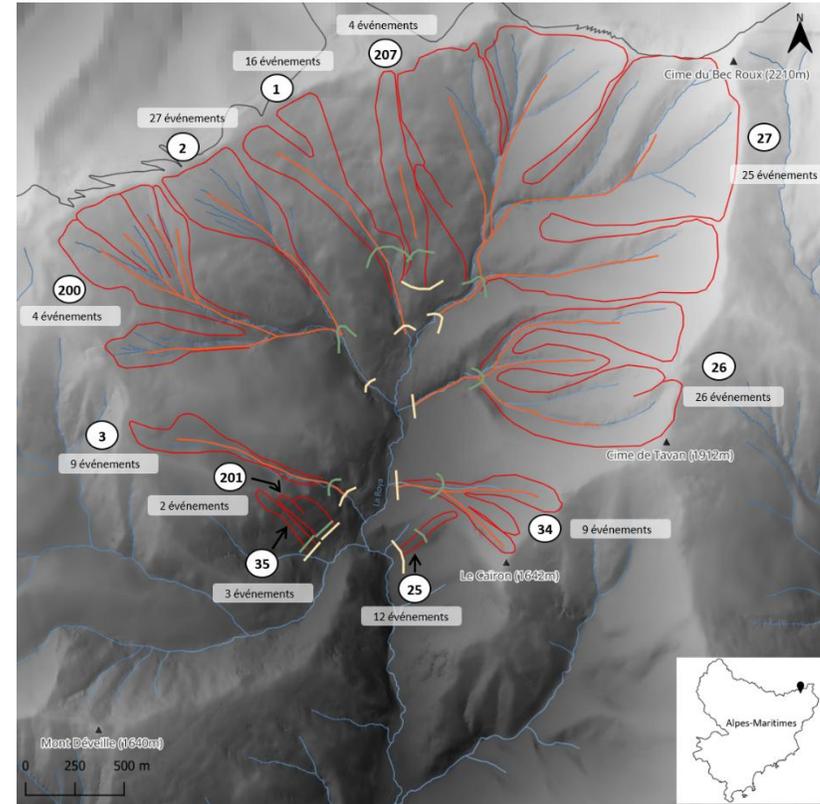
Dallons Thanneur et al., NHESSD 2025

# 5 zones d'étude aussi bien documentées que possible (3)

- Des historiques localisés complétés:
  - À l'échelle des sites EPA (+ analyse détaillée)
  - « Ailleurs » (autres sites localisés, ou a minima territoire communal)



EPA @www.avalanches.fr



- |  |  |
|--|--|
| ① Site n°1: Vallon de la CA (ancien "Poste Frontière")           | ③④ Site n°34: Ciappa                                       |
| ② Site n°2: Vallon de Romanin (ancien "Le Colombier")            | ③⑤ Site n°35: Rocher de Susarme-Couloir                    |
| ③ Site n°3: Penologue (ancien "Pellonèque")                      | ②⑥ Site n°200: Vallon de Morgon (ancien site n°2bis)       |
| ②⑤ Site n°25: Cairon   | ②① Site n°201: Rocher de Susarme-Versant (rajouté en 2005) |
| ②⑥ Site n°26: Fort Taborda                                       | ②⑦ Site n°207: Cannelle-Poste de Douane (rajouté en 2007)  |
| ②⑦ Site n°27: Val de Cannelle (rattaché au site n°27bis en 2005) |  |

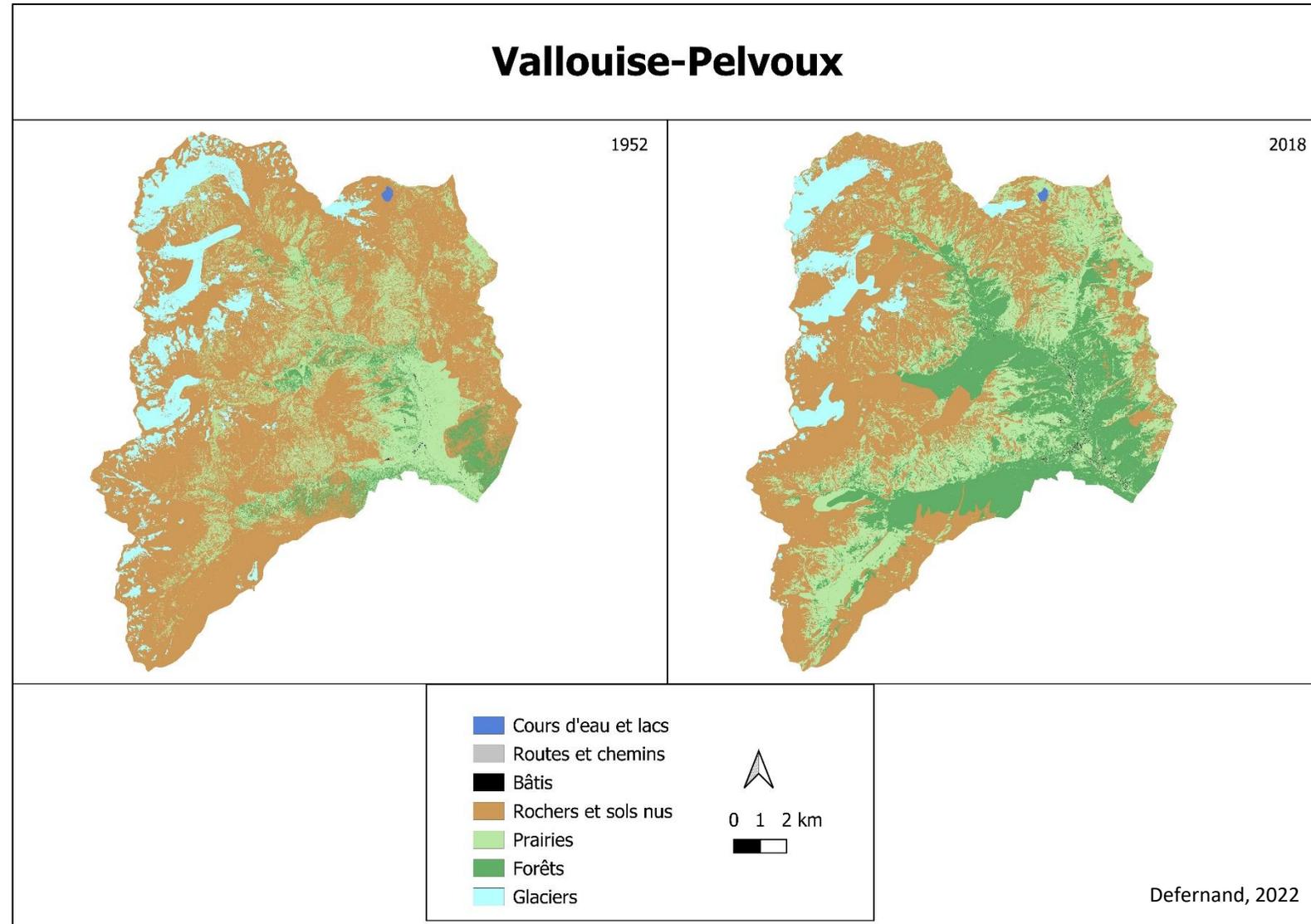
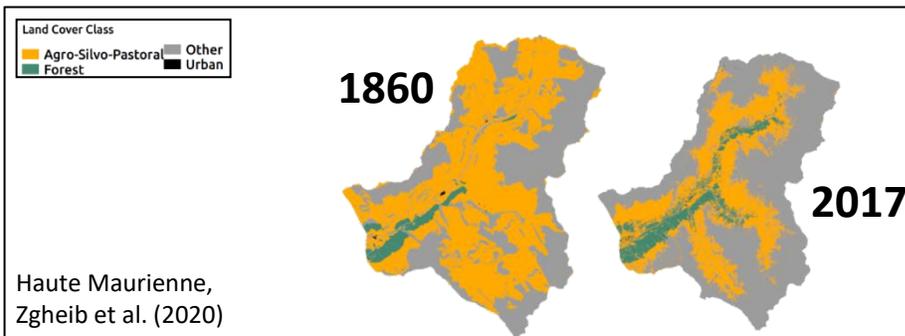
- |                          |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| — Talwegs des sites EPA  | — Seuil d'observation |
| — Contours des sites EPA | — Seuil d'alerte      |

Historique complété  
après analyse  
géohistorique

# 5 zones d'étude aussi bien documentées que possible (4)

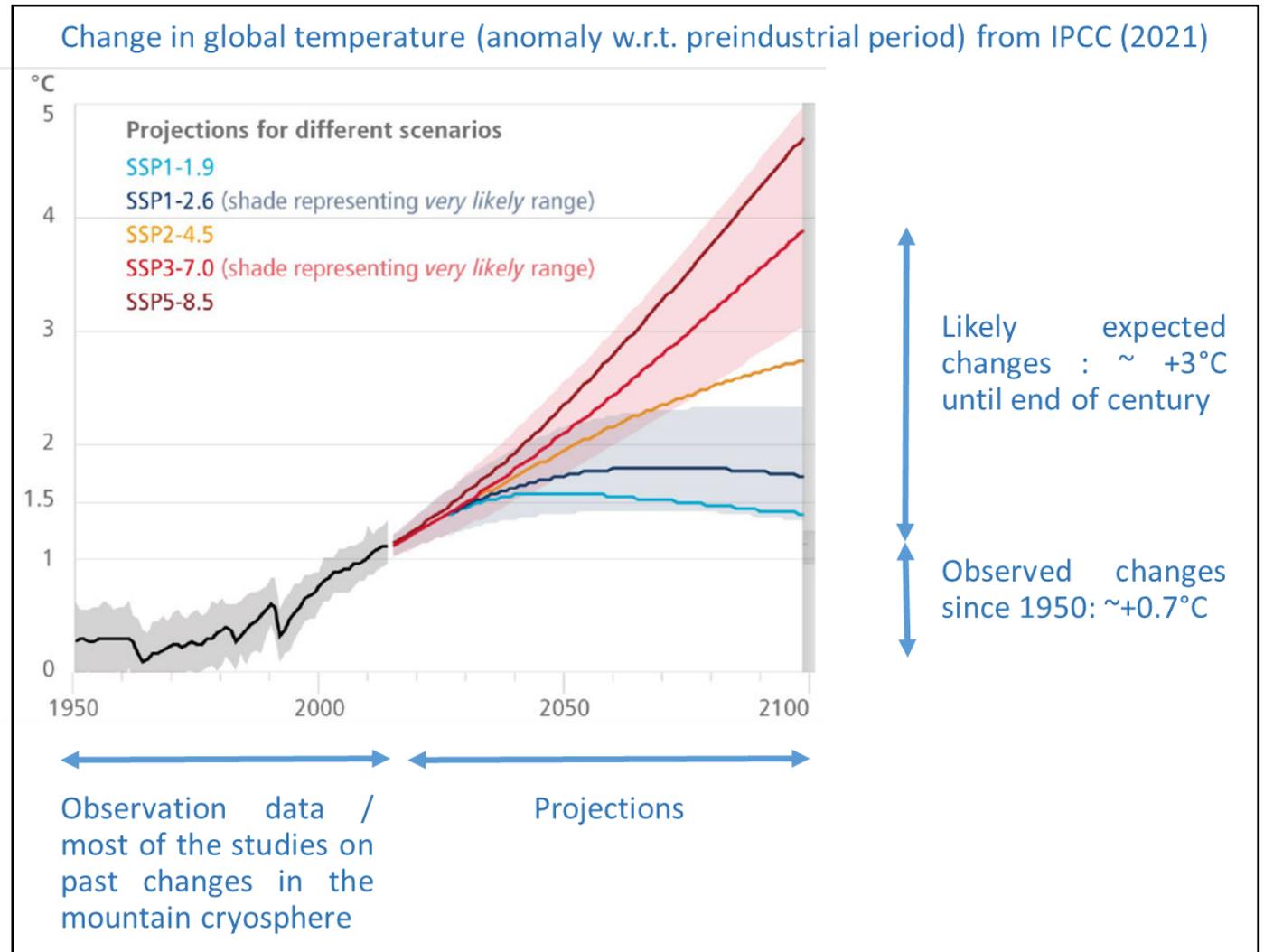
Des données de contexte en cours de complétion:

- Cartes diachroniques d'occupation des sols (terminé)
- Climatologie et enneigement : données de station, proxies/indices, réanalyses (en cours)
- Protection (à compléter)



# Pourquoi s'embêter? Le besoin de temps long pour anticiper

- Observations/résultats disponibles concentrés sur une faible fenêtre de temps
- Tendances peu significatives
- “Faible” réchauffement
- Besoin d’aller bien plus loin dans le passé :
- Tendances plus significatives
- Fenêtre de réchauffement idéalement similaire à celle attendue pour le futur

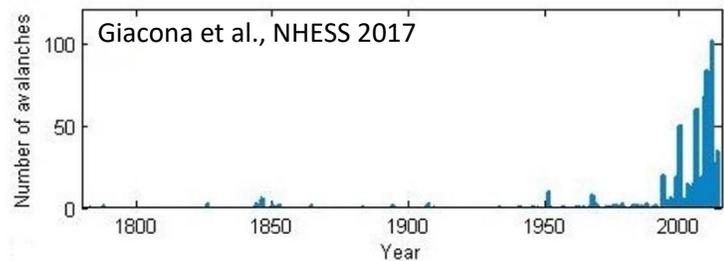


# L'exemple des Vosges (1)

## Enquête géohistorique

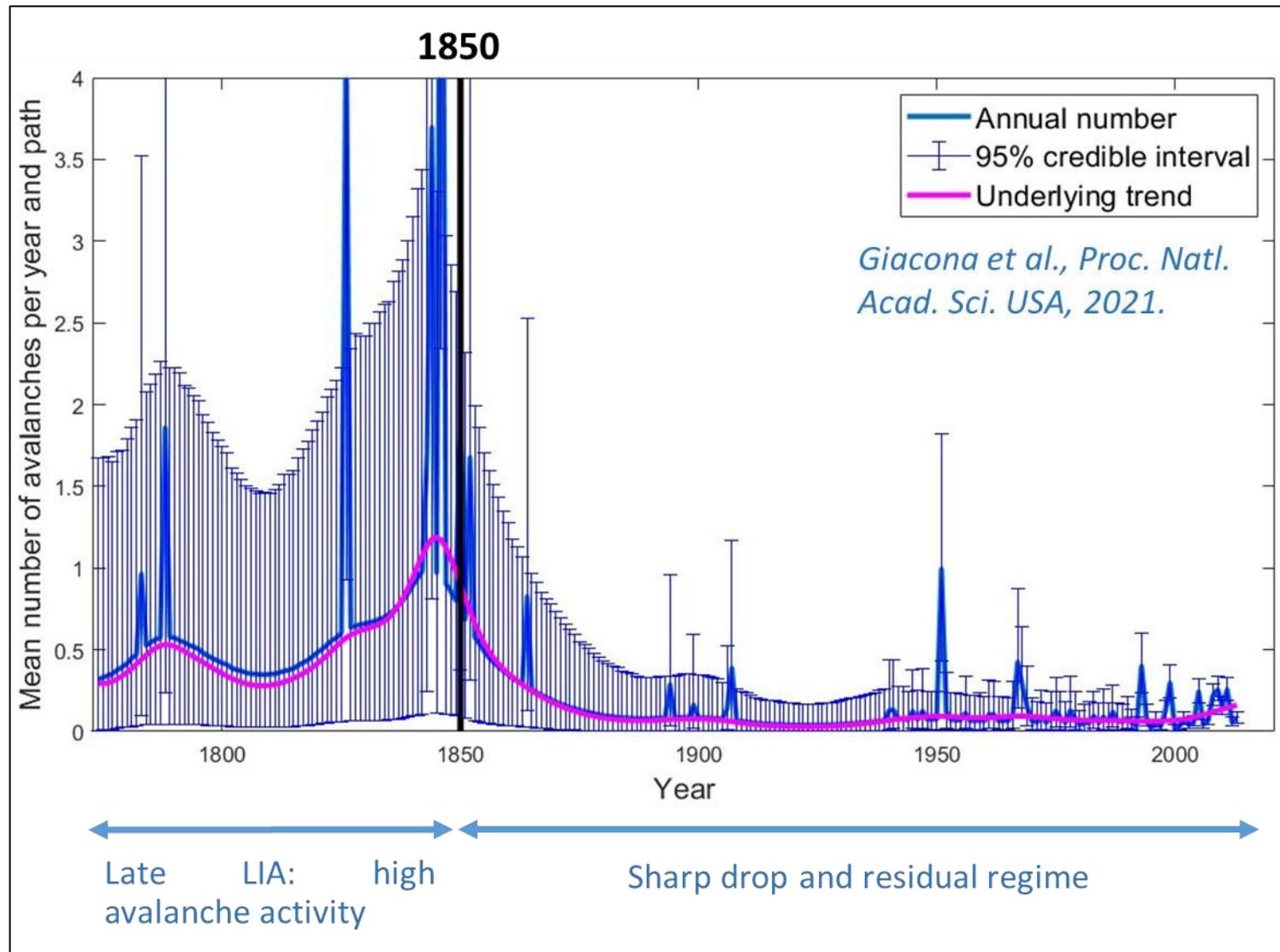


Map localizing a house damaged by an avalanche in the Vosges Mountains, France, in 1844. @ Archives of the industrial Society of Sainte-Marie-aux-Mines.



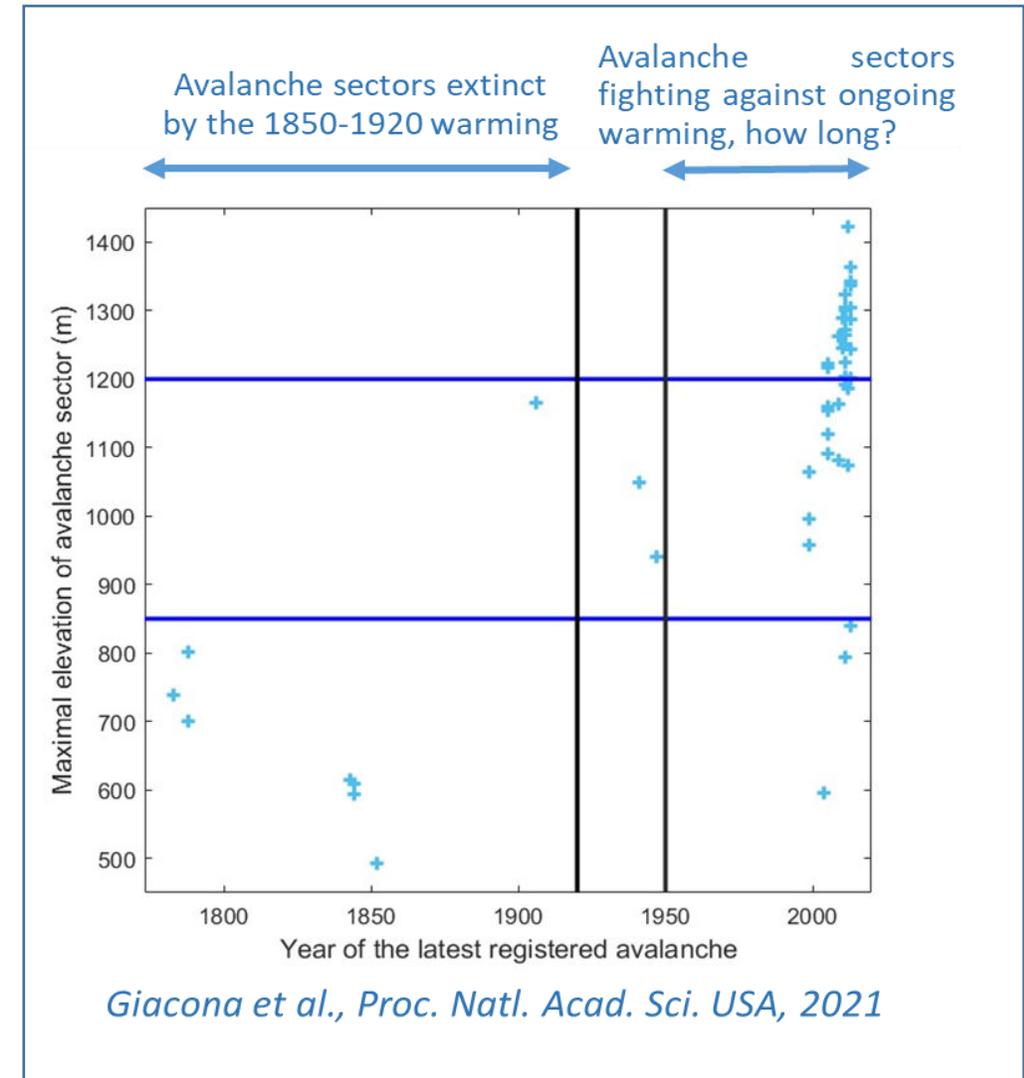
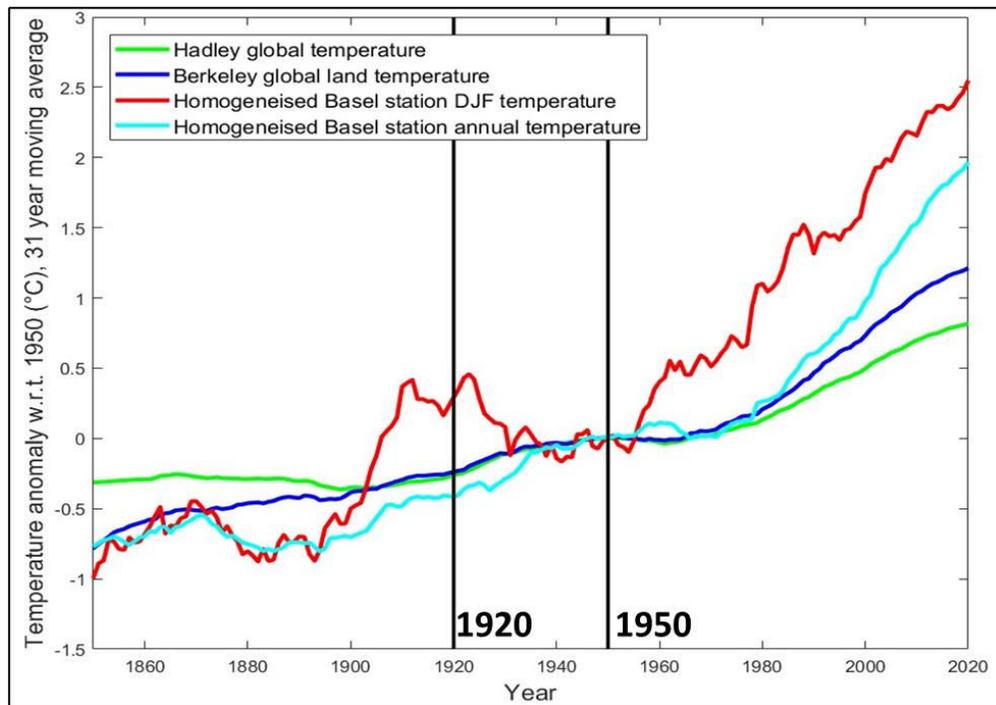
## Modèle bayésien hiérarchique

$$p(\theta, x|y) \propto \pi(\theta) \times p(x|\theta, x) \times p(x|y, \theta)$$



# L'exemple des Vosges (2)

- Un réchauffement « exceptionnel » à la fin du PAG: +1.3°C (pas assez...)
- Une réponse non-linéaire de l'activité avalancheuse due à la répartition altitudinale des couloirs d'avalanche
- « Pas assez » vs. réchauffement futur: aller « plus loin dans le passé »



# La clé : contextualisation et modélisation des sources

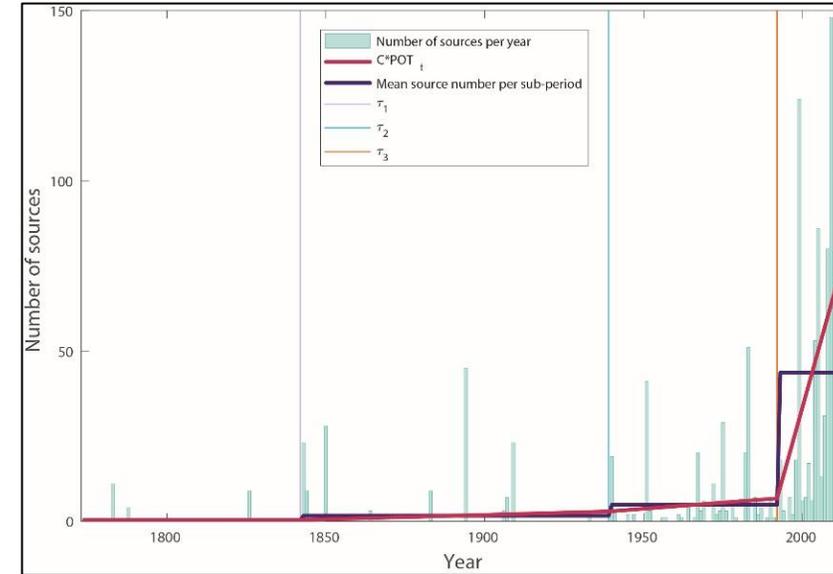
- Méthodologie géohistorique d'analyse de l'ensemble des facteurs influençant les chronologies (Giacona et al. 2019)
- Analyse détaillée de l'évolution des sources
- Intégration de l'effet des sources dans la modélisation pour homogénéiser la chronologie + incertitude associée

Période 1783-1784 - 1842-1843	Période 1843-1844 - 1869-1870	Période 1870-1871 - 1939-1940	Période 1940-1941 - 1992-1993	Période 1993-1994 - 2013-2014
Archives administratives	Archives administratives	Archives administratives	Archives administratives	Archives administratives
Archives communales	Archives communales	Archives communales	Archives communales	Archives communales
Mémoire orale indirecte	Mémoire orale indirecte	Mémoire orale indirecte	Mémoire orale indirecte	Mémoire orale indirecte
Croix (?)	Croix	Croix	Croix	Croix
	Presse locale	Presse locale	Presse locale	Presse locale
	Littérature locale scientifique	Littérature locale scientifique	Littérature locale scientifique	Littérature locale scientifique
	Littérature locale non scientifique	Littérature locale non scientifique	Littérature locale non scientifique	Littérature locale non scientifique
		Documents iconographiques	Documents iconographiques	Documents iconographiques
		Mémoire orale directe	Mémoire orale directe	Mémoire orale directe
		Structure de gestion des espaces naturels et boisés	Structure de gestion des espaces naturels et boisés	Structure de gestion des espaces naturels et boisés
		Presse quotidienne régionale et nationale	Presse quotidienne régionale et nationale	Presse quotidienne régionale et nationale
		Relevés de terrain	Relevés de terrain	Relevés de terrain
			Observations de terrain	Observations de terrain
			Radio locale	Radio locale

Presse Nouvelle source  
Presse Continuité

Auteur : F. Giacona, 2014

Giacona et al., 2022



Giacona et al., 2021

$$\lim_{t \rightarrow \tau_j^-} POT_t = \lim_{t \rightarrow \tau_j^+} POT_t$$

$$C \int_{\tau_j}^{\tau_{j+1}} POT_t dt = \sum_{t=\tau_j}^{\tau_{j+1}} s_t$$

$$POT_{t_o+T-1} = 1$$

$$y_{it} \sim P(\lambda_{it})$$

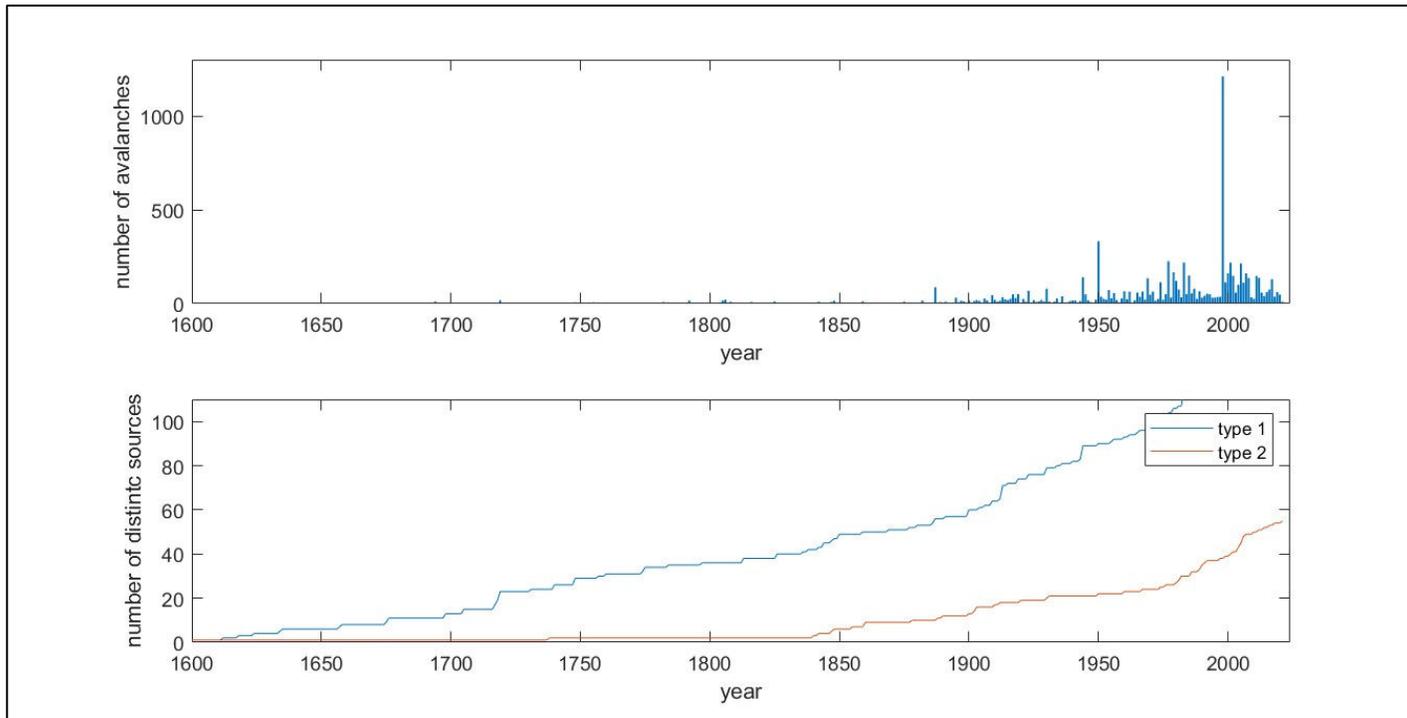
$$\ln(\lambda_{jt}) = \ln(e_{jt}) + v_j + g_t + z_t + \dots$$

$$e_{jt} = POT_t \times \frac{c_j}{\sum_{j=1}^M c_j} \times \frac{1}{P} \sum_{j=1}^M \sum_{t=t_o+T_{obs}-P-1}^{t_o+T_{obs}-1} \frac{a'_{jt}}{POT_t}$$

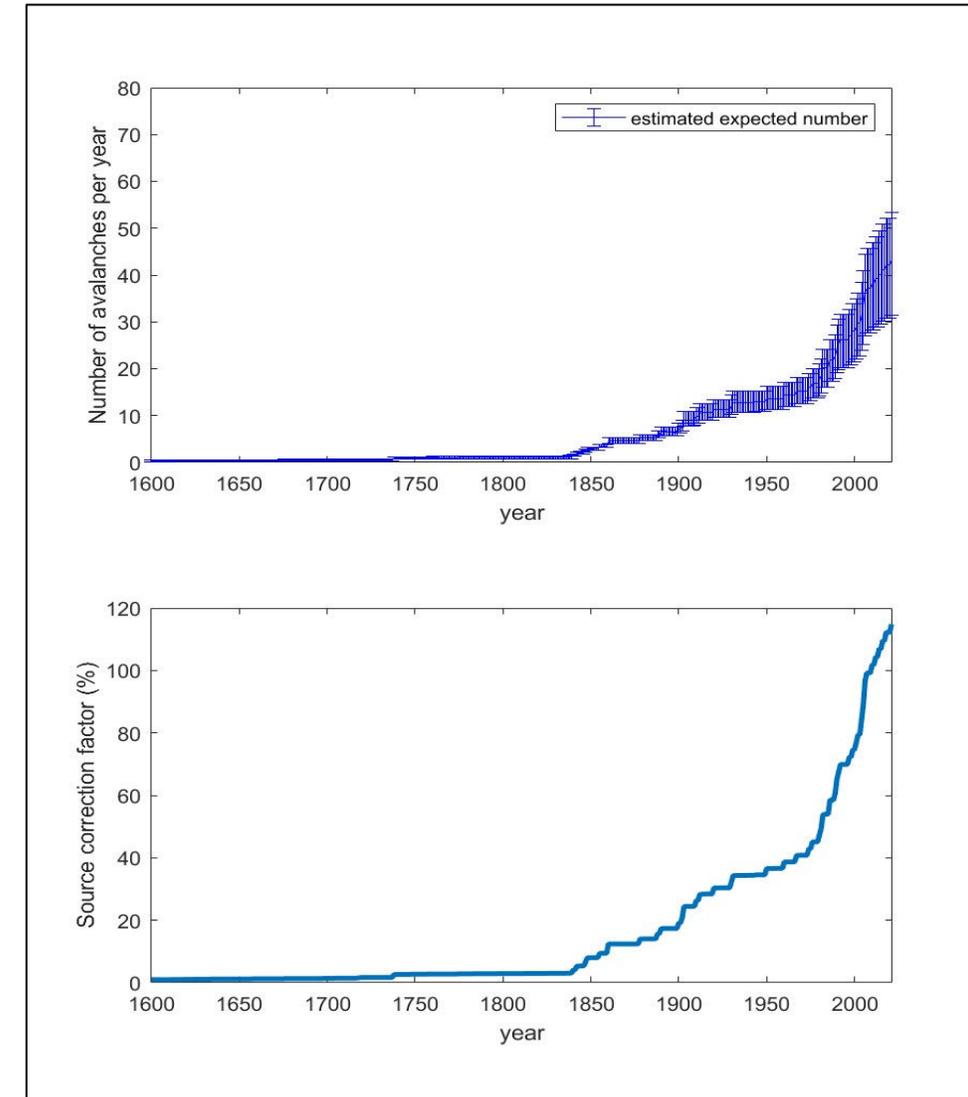
# Le cas Valaisan (ça peut s'appliquer aux Alpes), 1



- Compilation de l'existant + archives sur > 4 siècles : ~10000 avalanches
- Analyse approfondie des sources
- Développement et estimation d'un modèle de correction « ad hoc »

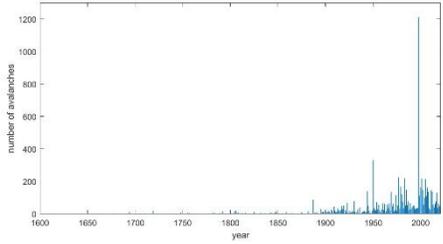


Chronologie brute et indicateur synthétique d'existence des sources @M. Farvacque

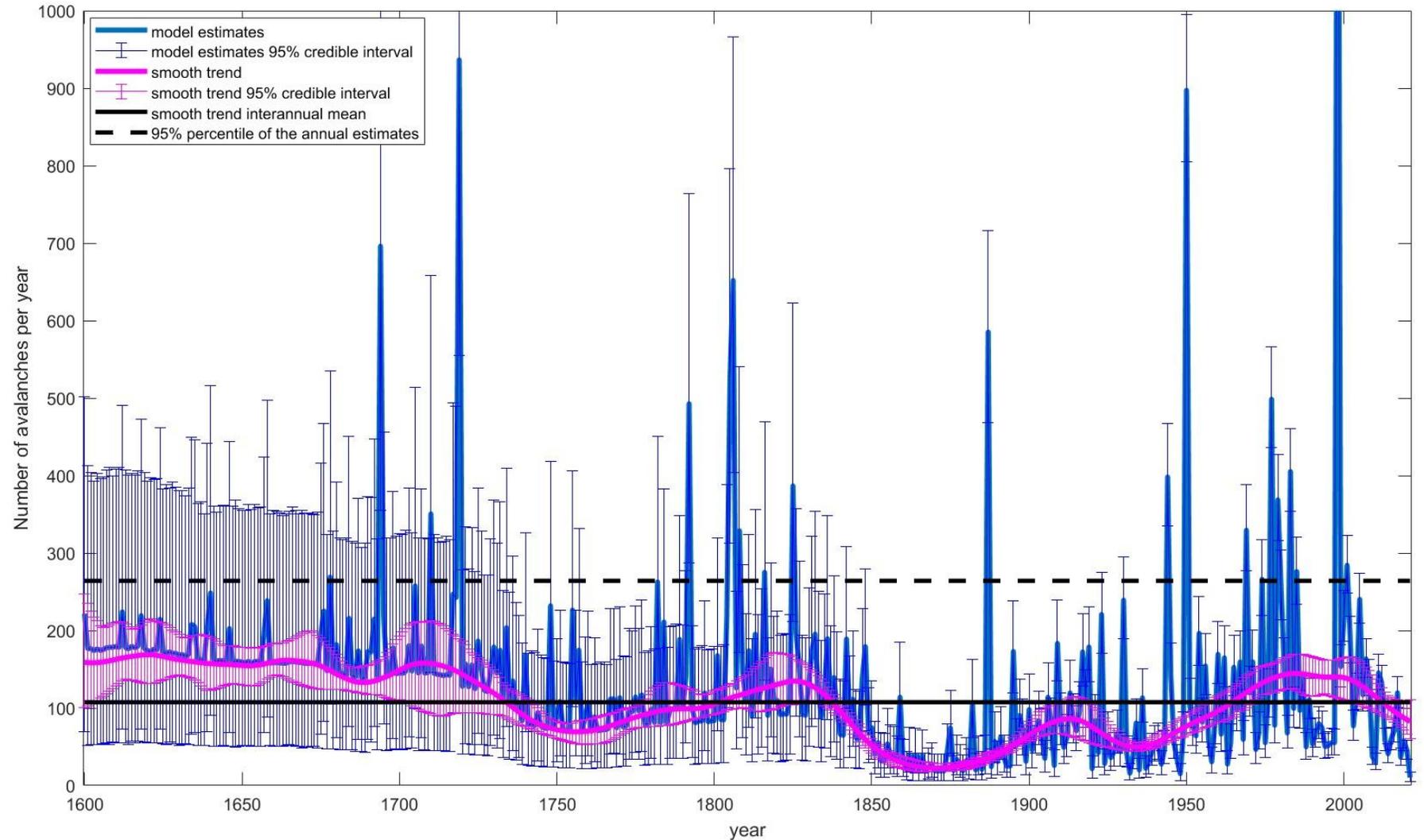


Estimation du facteur de correction

# Le cas Valaisan (ça peut s'appliquer aux Alpes), 2



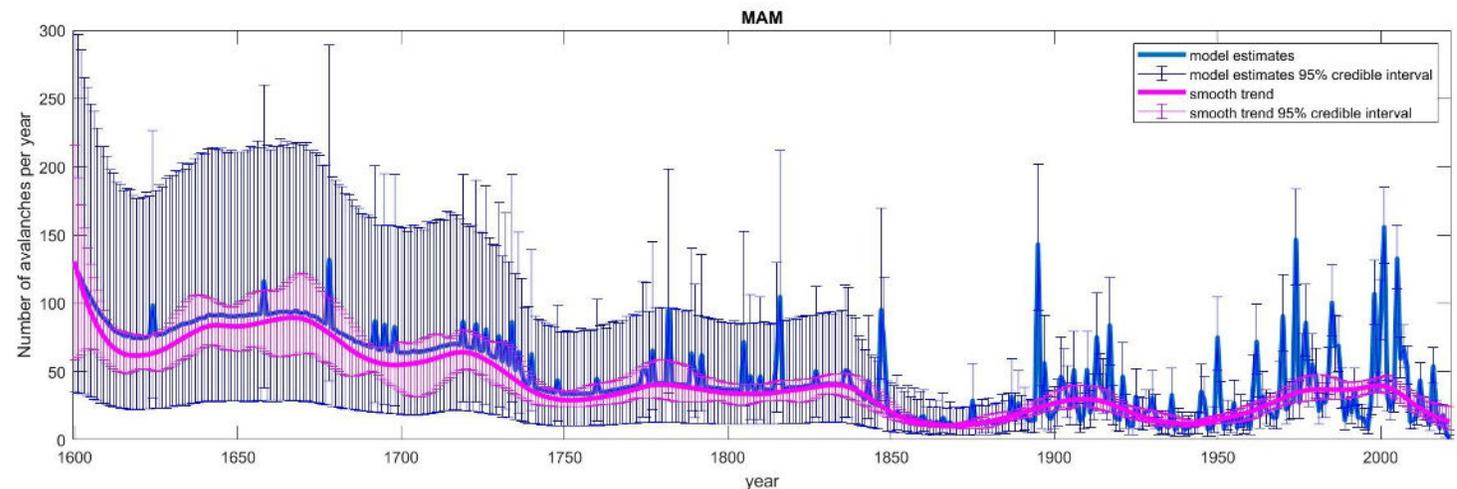
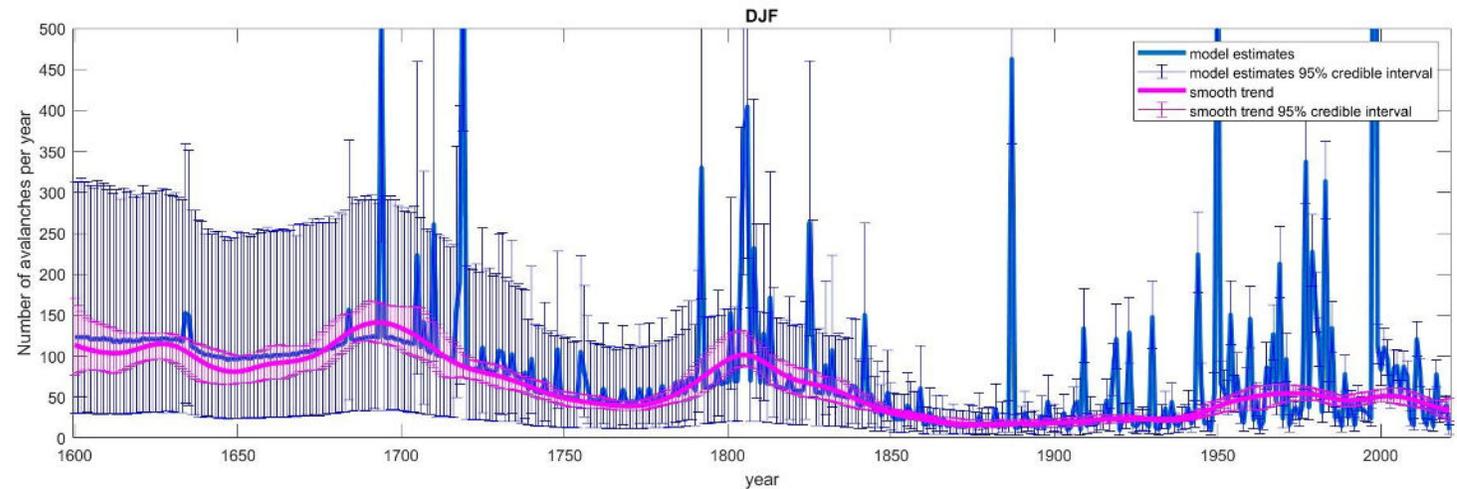
Facteur de correction  
dans le modèle



$$p(\theta, x|y) \propto \pi(\theta) \times p(x|\theta, x) \times p(x|y, \theta)$$

# Le cas Valaisan (ça peut s'appliquer aux Alpes), 3

- Application de la correction aux chronologies différenciées
- Approfondissement de l'interprétation climatologique
- Des dommages au(x) risque(s) !?

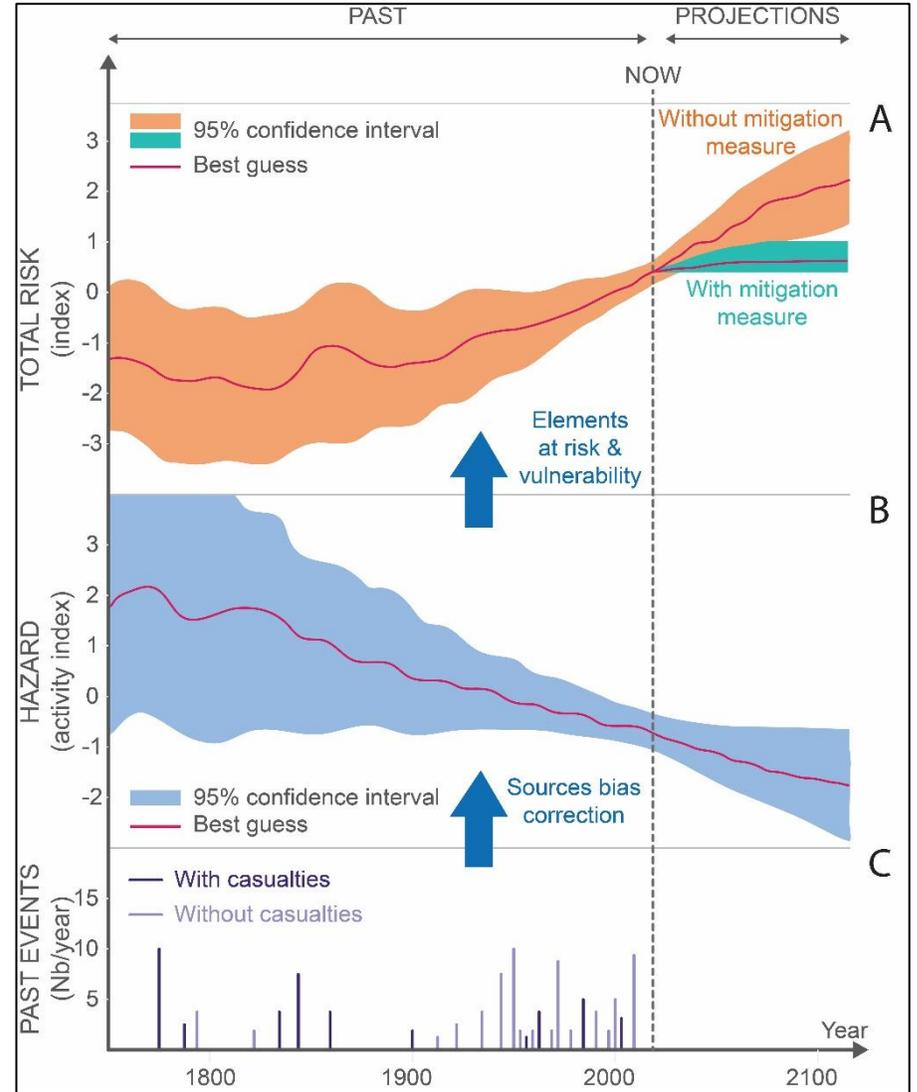


• **Bilan : principe de la démarche :**

- Données événementielles aussi complètes que possible sur 2-4 siècles
- Contextualisation
- Combinaison au sein de modèles statistiques pour obtenir une évolution homogénéisée indépendamment du climat (+ incertitude)
- Mise en correspondance avec évolution du climat (entre autres)

• **Travaux en cours / perspectives :**

- Complétion des BD événementielle
- Analyse de l'évolution des sources
- Adaptation des méthodes d'homogénéisation: aléa(s) et risque(s)
- Contextualisation climatique et socio-environnementale, dont indicateurs d'enneigement "temps long"
- Interprétation climatologique: tendances, facteurs causaux et poids
- Utilisation en projection vs scenarii, résultats « journaliers » vs. « hivernaux »
- Dynamique IRIMONT (PEPR Risques) et Grenoble Risk Institute



Eckert & Giacona, Ambio 2022