

Le Val d'Arolla comme lieu de recherche scientifique

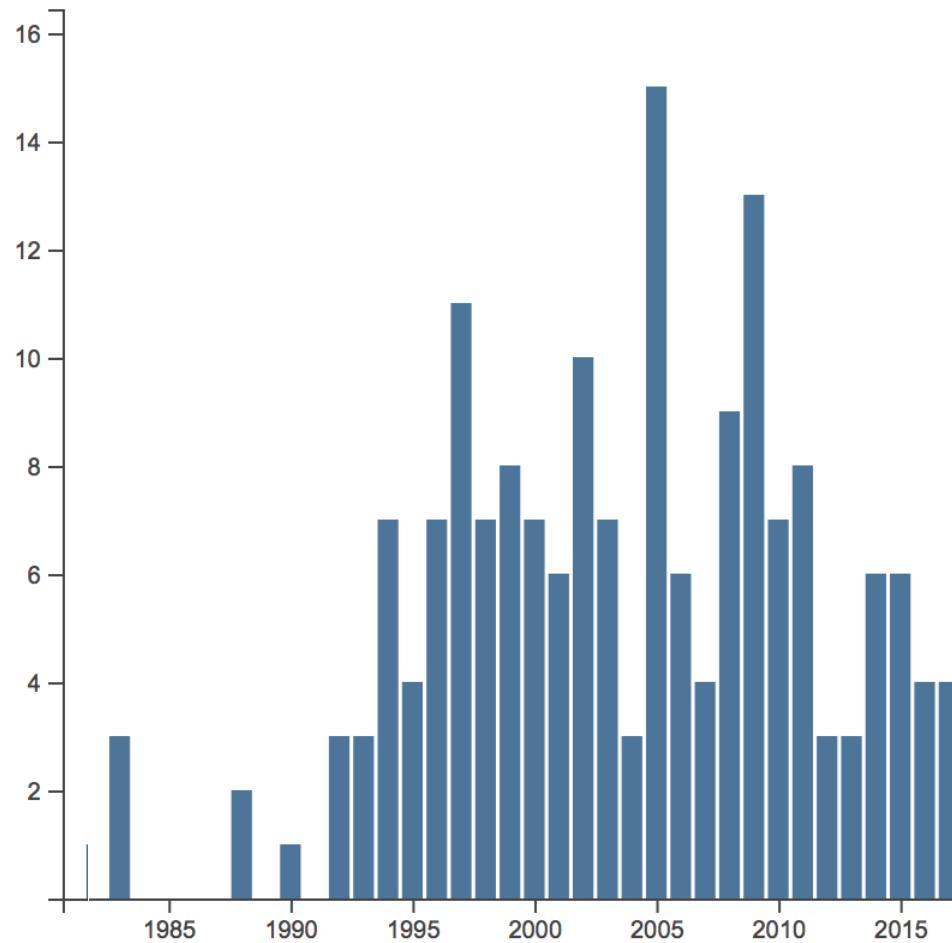
Stuart N. Lane
Institute of Earth Surface Dynamics

stuart.lane@unil.ch

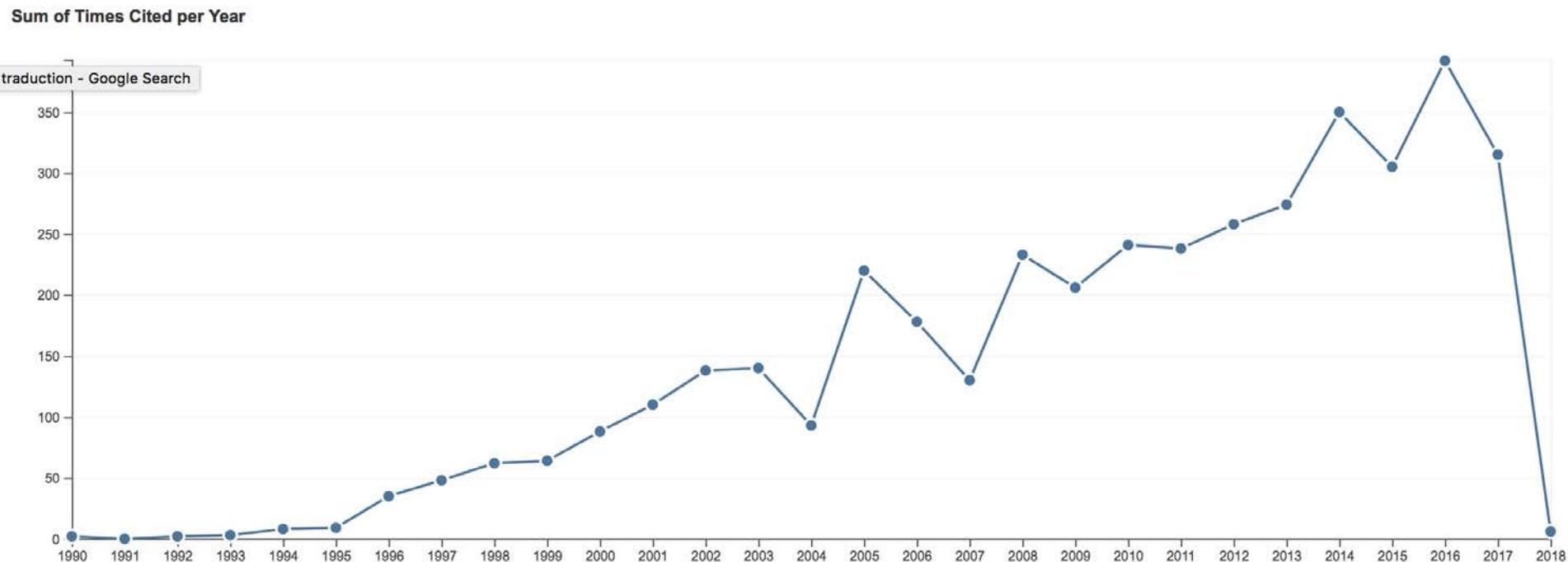
Introduction : le Val d'Arolla

180 Total

No. d'articles
scientifiques
publiés par
année
concernant le
Val d'Arolla



Introduction : le Val d'Arolla



Le Val d'Arolla devient de plus en plus connu et reconnu ...

Introduction : le Val d'Arolla



Chemin au-dessous
des Plans de Bertol

septembre 2010

env. 200-300 étudiant(e)s
universitaires viennent au
Val d'Arolla de l'étranger
chaque année pour les
camps de terrain

Introduction : le Val d'Arolla

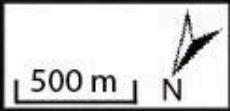
Le colloque : l'origine

Projet de recherche 2012-2017 – “cycle” de 5 ans

Focus sur les effets du réchauffement climatique rapide sur les environnements alpins, surtout le paysage – processus géomorphologiques et écosystèmes – dans le contexte d'un environnement fortement anthropisé

... et c'était un grand projet ... nos remerciements ...

1. Aux membres de l'équipe qui ont aidé avec ce projet: surtout
 1. en thèse: Maarten Bakker, Chrystelle Gabbud, Natan Micheletti, Gilles Antoniazza
 2. en master: Marie Boillat, Pascal Pero, Benoît Regamey, Lisa Ruëger, Sébastien Ruttiman, Jean-Noël Saugy, Amélie Savioz, Réanne Meylan
2. Aux collègues Lausannois, surtout Christian Kaiser, Christophe Lambiel et Emmanuel Reynard
3. Aux collègues des projets SEDFATE et HYDROENV (Paolo Burlando, Stéphanie Giradrclos, Jean-Luc Loizeau, Peter Molnar, Paolo Perona, Christopher Robinson, Fritz Schlunegger et doctorants)
4. Au soutien du Fonds National Suisse, des états de Vaud et du Valais et la commune d'Evolène
5. À la Grande Dixence SA, Alpiq SA et HYDRO Exploitation SA pour l'autorisation d'utiliser leurs données (et surtout Michel Follonier, Christian Constantin, Damien Courtine, Michael Imboden, Eric Zimmerli)
6. Aux résidents et propriétaires du Val d'Arolla et surtout Joan Pralong et Jean-Paul et Ghislaine Bornatici (Hôtel de la Tsa)
7. La société de la Murithienne



Introduction : le Val d'Arolla

Le colloque : l'objectif

Donner un « retour » aux personnes qui nous ont aidé à l'échelle locale

Avoir un échange avec des personnes avec un intérêt plus large

Indiquer les options pour mieux comprendre (ebibalpin.unil.ch, articles scientifiques)

Les grandes questions et la structure

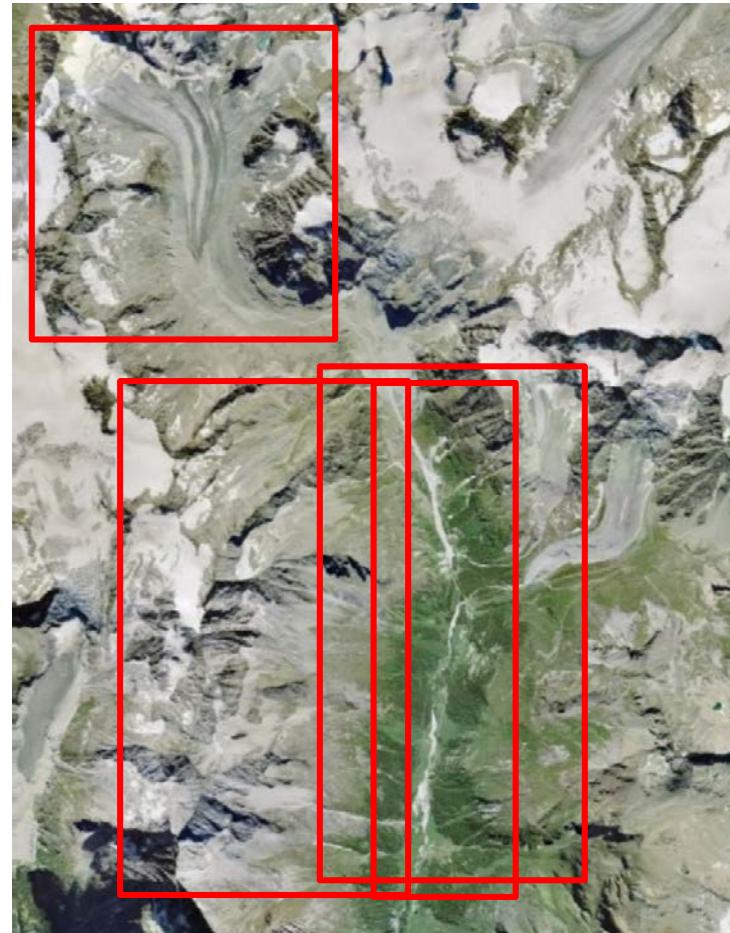
- 1. Quelle est la réponse du paysage ?** Quels sont les éléments du paysage sensibles au réchauffement? Est-ce que le taux de livraison des sédiments à l'aval va augmenter?
- 2. Quels sont les effets des prises d'eau sur les transferts sédimentaires ?** Sur le dépôt des sédiments ? Sur le flux à l'aval ? En comparaison avec les effets du changement climatique

PAUSE CAFE

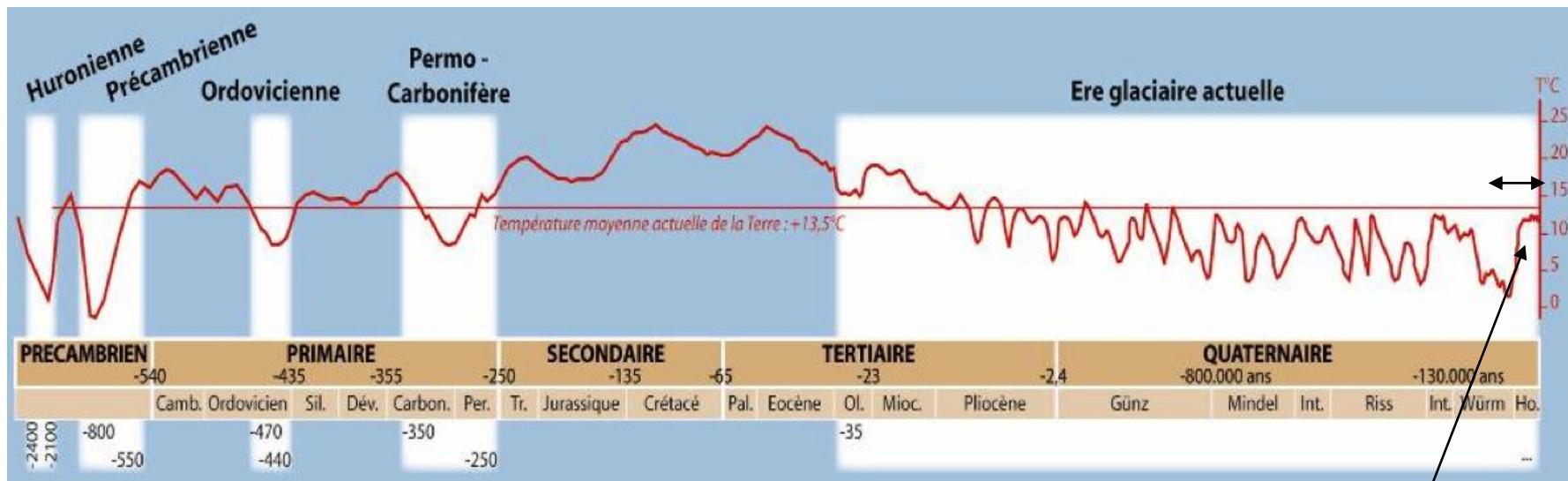
- 3. Quels sont les impacts sur les écosystèmes ?** Sur la faune aquatique ? En été et en hiver ? Quelles sont les implications pour la gestion des cours d'eau alpins ? Les débits minimums ?

TABLE RONDE Marco Cortesi (ALPIQ), Daniel Devanthéry (Canton du Valais), Manuel Nitsche (OFEV), Stuart Lane (UNIL)

APERO



Les changements climatiques dans le contexte de l'histoire de la terre



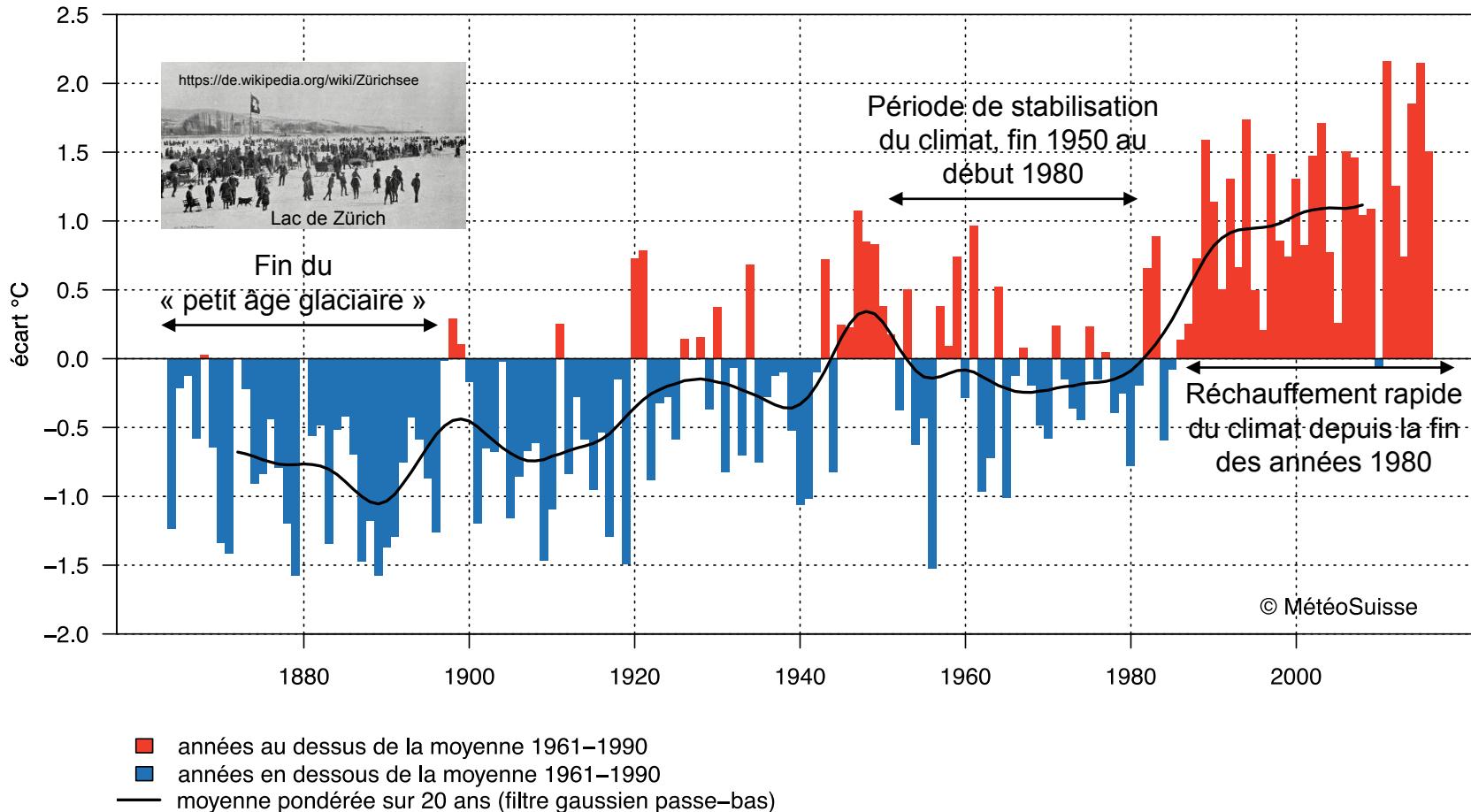
Remerciements : S.Coutterand et M. Desmet, Univ. Savoie

L'Holocène

Les changements climatiques dans le contexte de l'histoire de la terre

température annuelle – nord de la Suisse au-dessus de 1000 m/m – 1864–2016

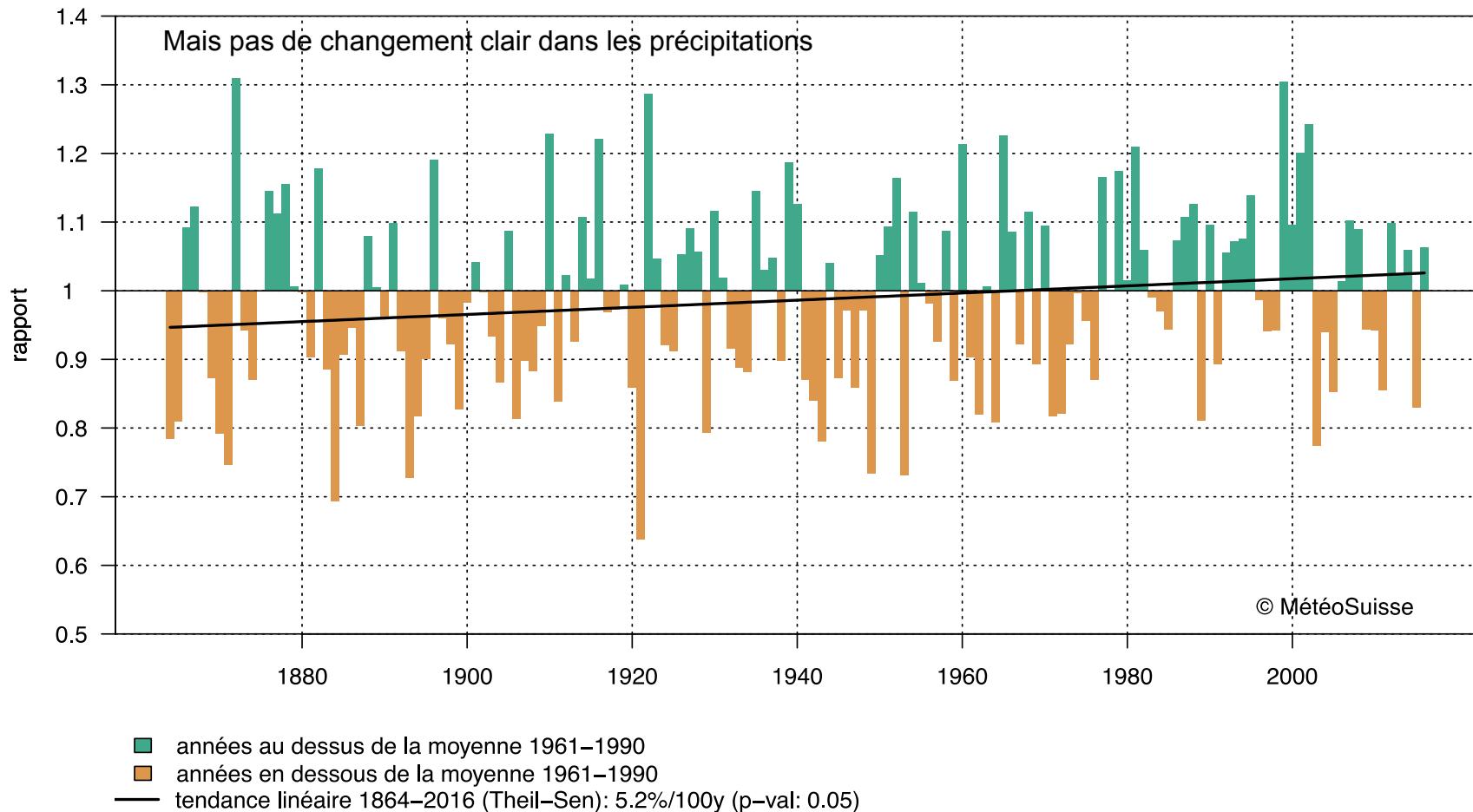
écart à la moyenne 1961–1990



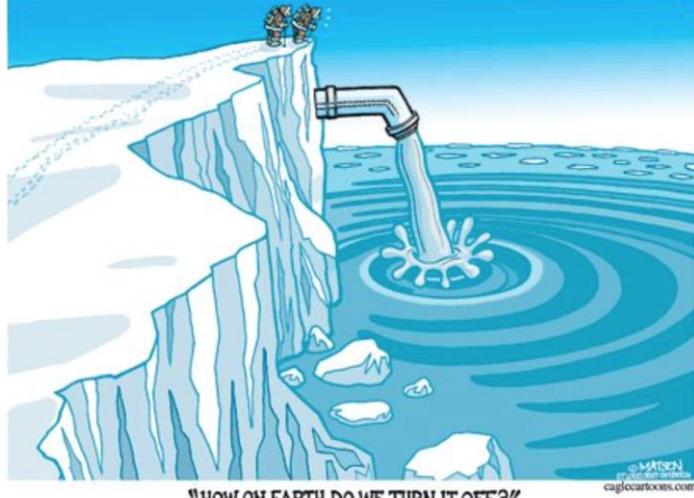
Les changements climatiques dans le contexte de l'histoire de la terre

précipitation annuelle – Suisse – 1864–2016

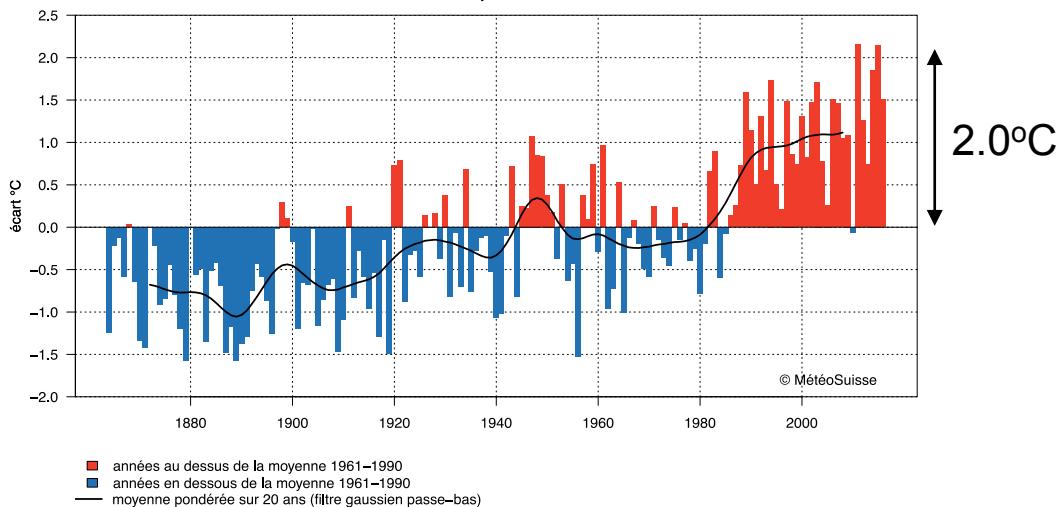
rapport avec la moyenne 1961–1990



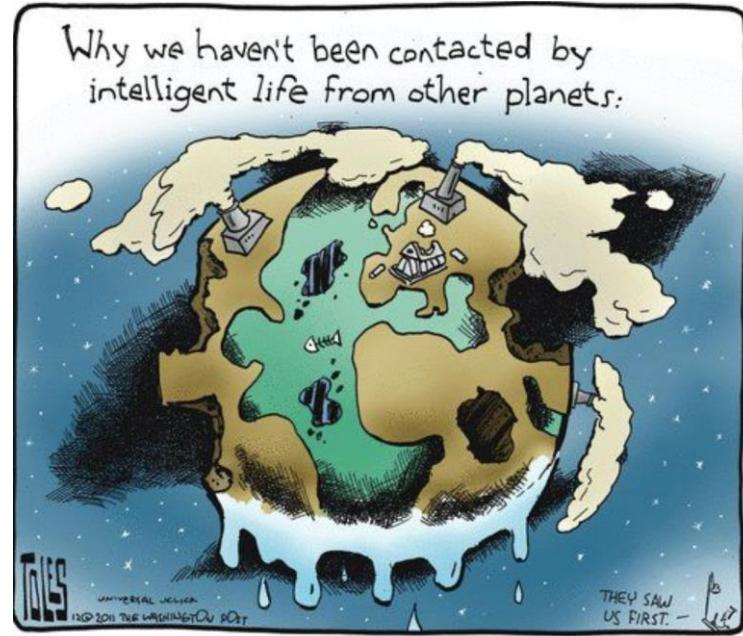
Le recul des glaciers et la fonte du pergélisol



température annuelle – nord de la Suisse au-dessus de 1000 m/m – 1864–2016
écart à la moyenne 1961–1990



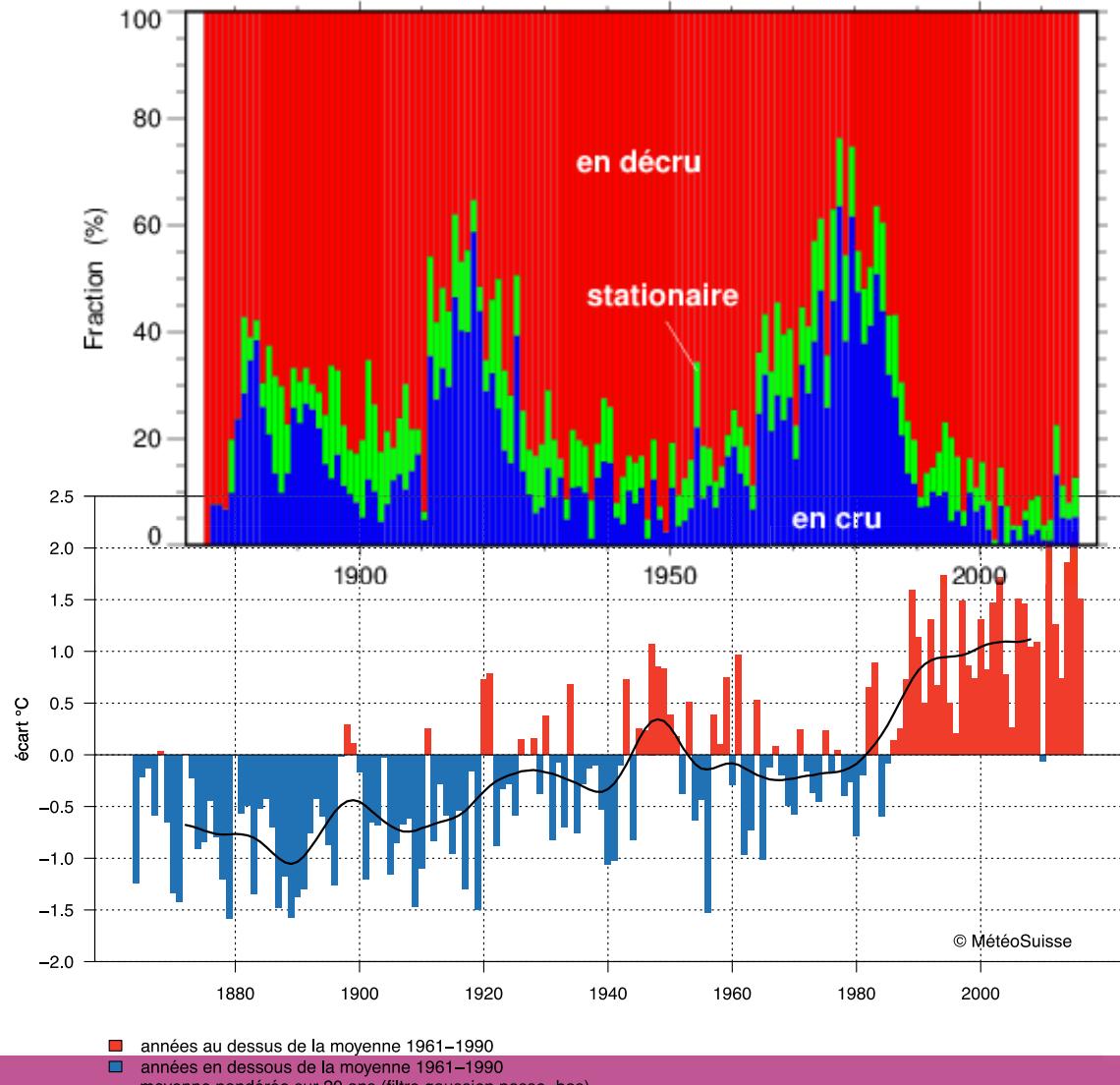
Température diminue de 1°C par 150 m
2.0°C = 300 m d'altitude (**dans la moyenne**)



Le recul des glaciers et la fonte du pergélisol

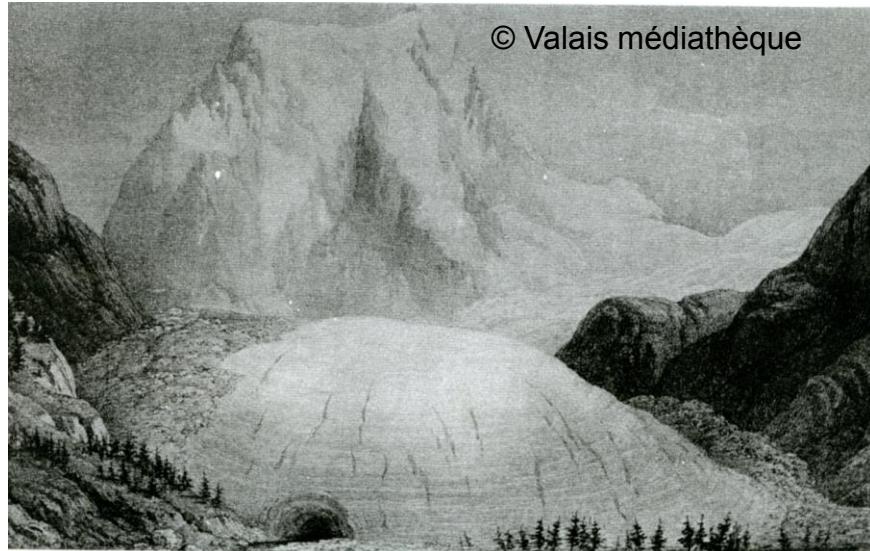
La grande sensibilité de nos pays et nos glaciers au réchauffement climatique

le réseau de relevés glaciologiques (GLAMOS)
ETHZ/ScNAT



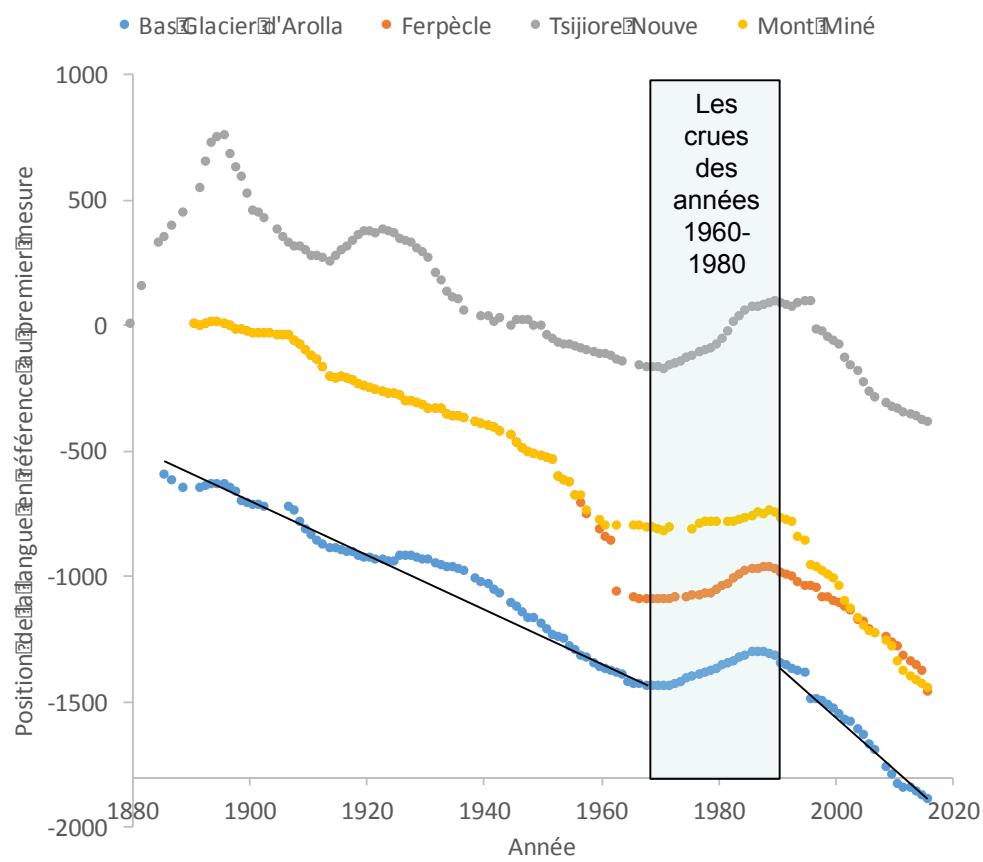
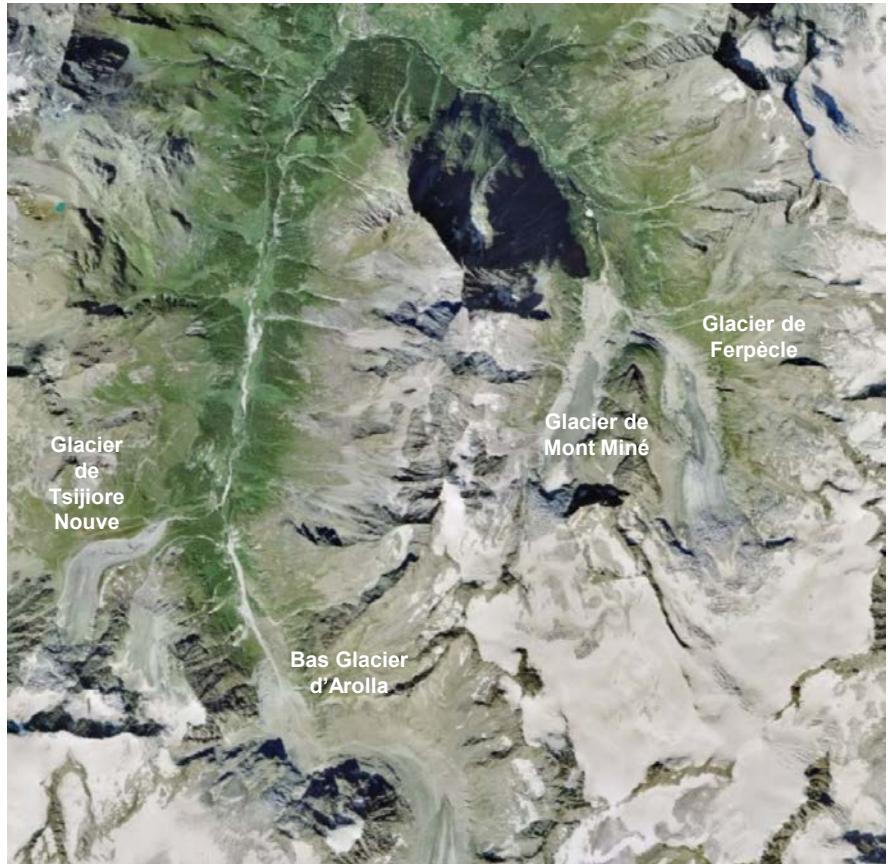
Le recul des glaciers et la fonte du pergélisol

Bas Glacier d'Arolla (Glacier de Mont Collon)



Le recul des glaciers et la fonte de pergélisol

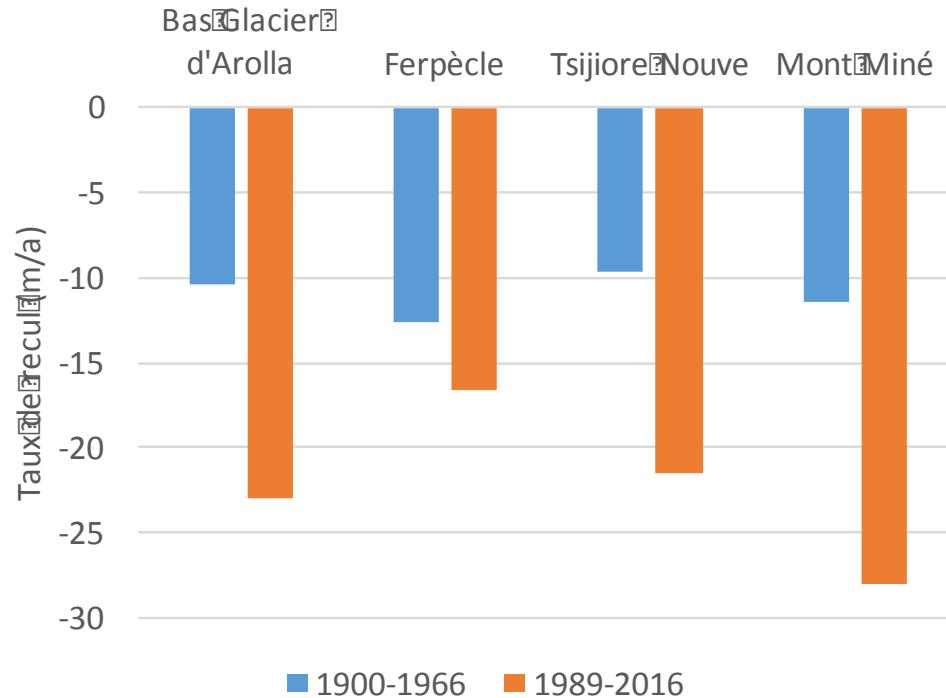
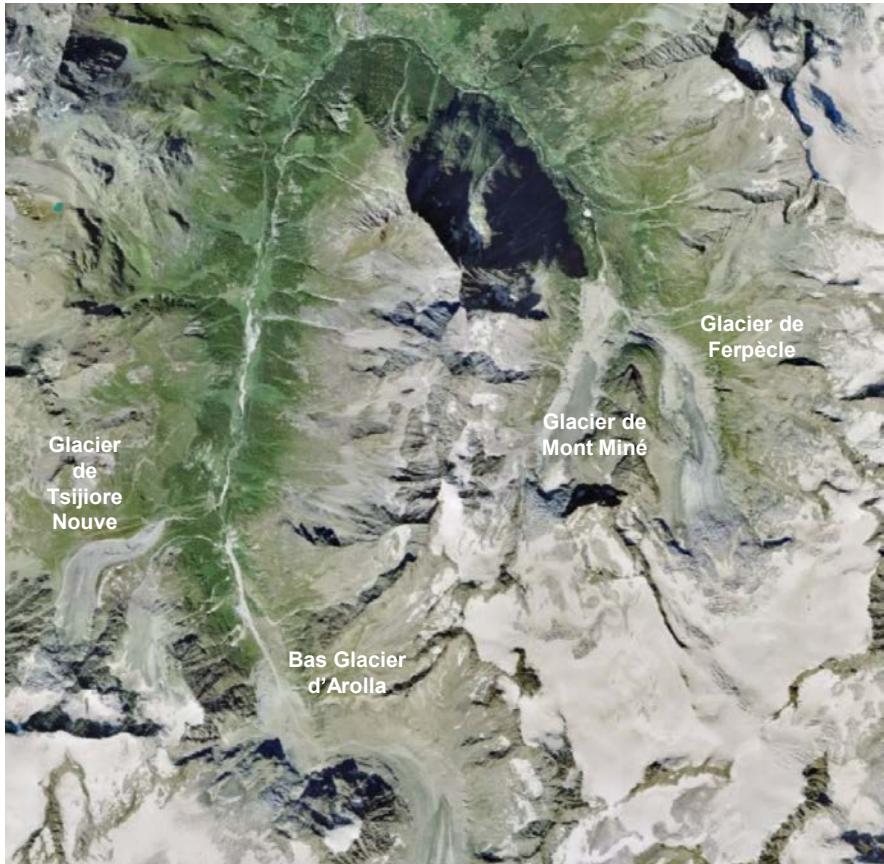
© SwissTopo



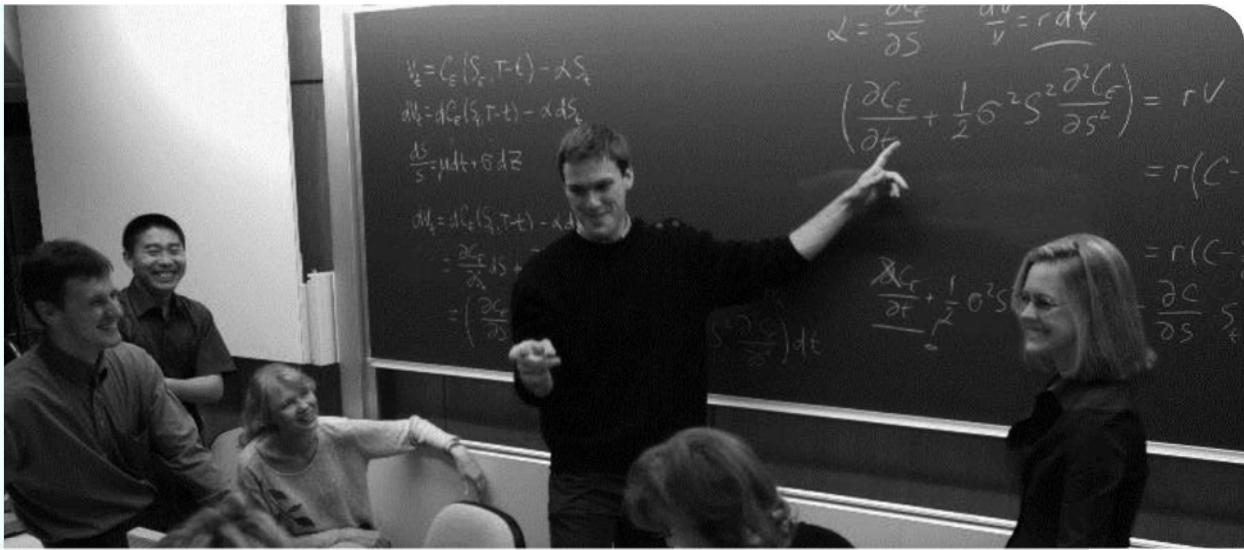
données tirées du réseau de relevés glaciologiques (GLAMOS) ETHZ/ScNAT

Le recul des glaciers et la fonte de pergélisol

© SwissTopo



données tirées du réseau de relevés glaciologiques (GLAMOS) ETHZ/ScNAT



Partie 1: Le paysage Alpin face aux changements climatiques : l'exemple du Val d'Arolla

Stuart N. Lane
Chrystelle Gabbud, Natan Micheletti
Institute of Earth Surface Dynamics

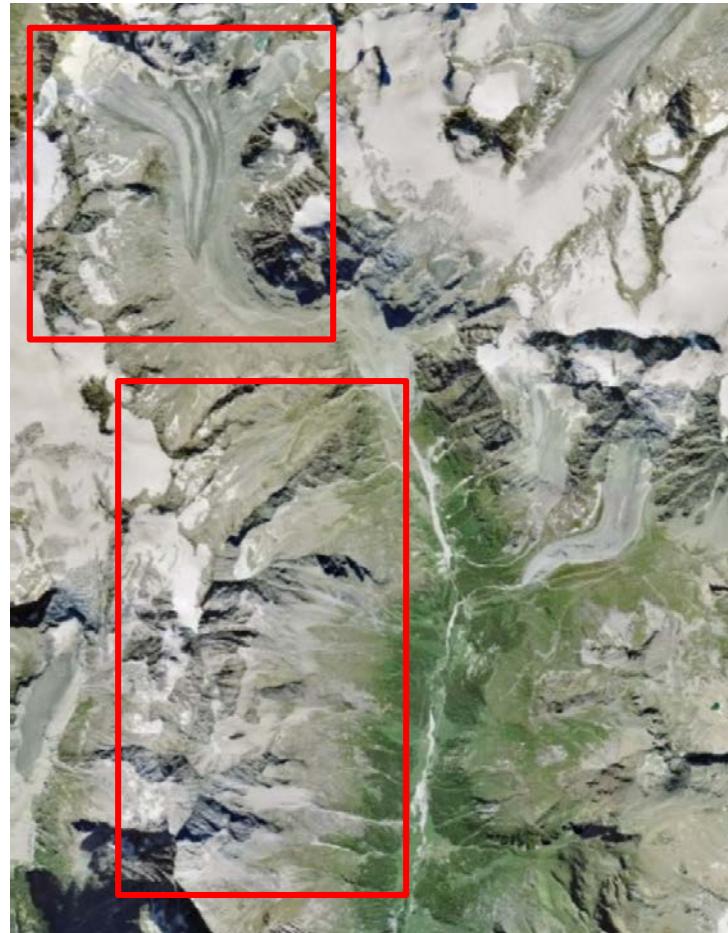
stuart.lane@unil.ch

Les grandes questions et la structure

- 1. Quelle est la réponse du paysage ?** Quels sont les éléments du paysage sensibles au réchauffement? Est-ce que le taux de livraison des sédiments à l'aval va augmenter?

Projets de Master

Dr. Natan Micheletti
Thèse (Canton de Vaud)

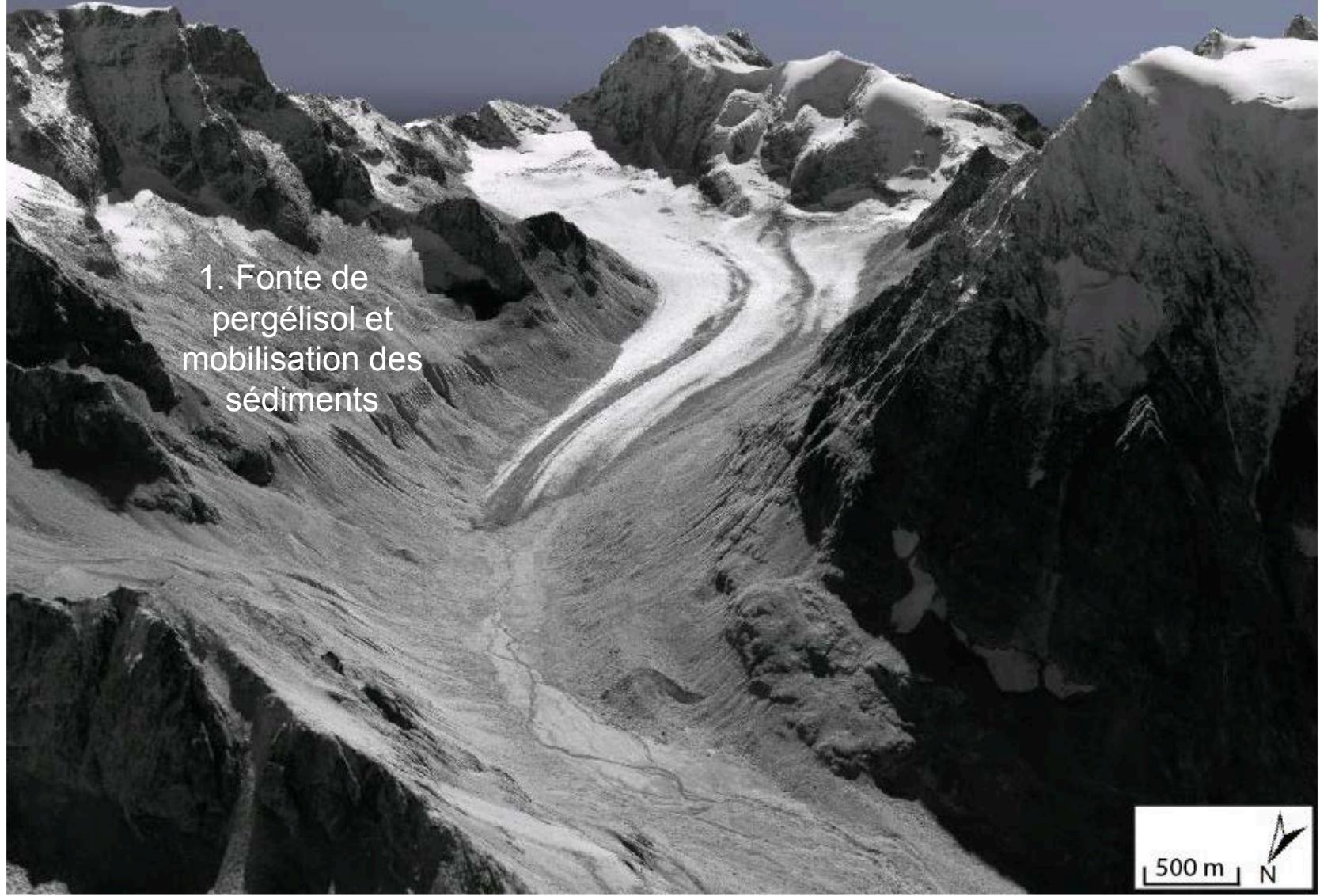


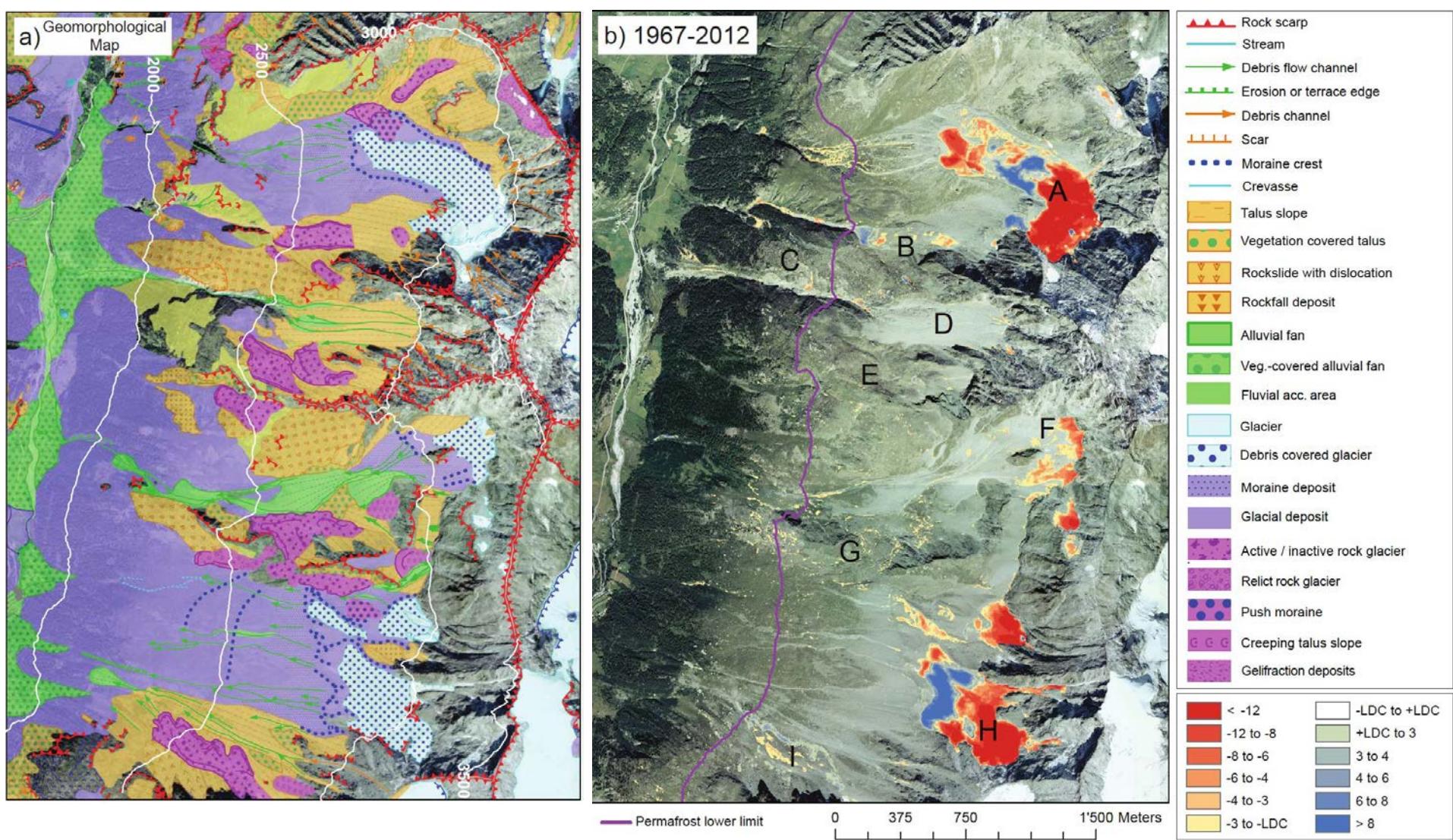
Quelle est la réponse du paysage?

Ce n'est pas fini ... par ex. le Bas Glacier d'Arolla (Glacier de Mont Collon)



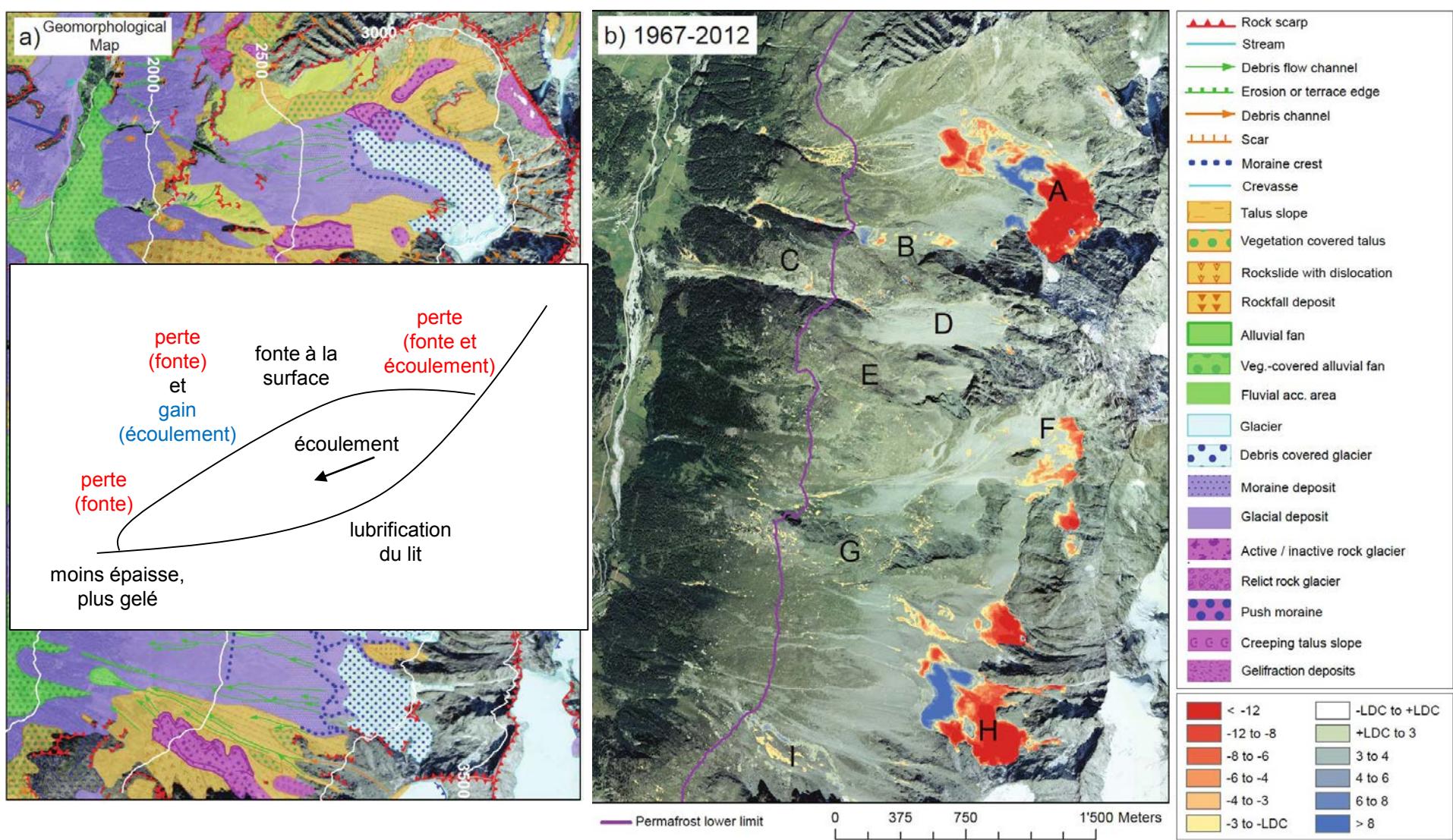
Quelle est la réponse du paysage ?





Micheletti, N., Lambiel, C. and Lane, S.N. 2015. *Journal of Geophysical Research - Earth Surface*

Micheletti, N. and Lane, S.N. 2016. Water yield and sediment export in small, partially glaciated Alpine watersheds in a warming climate. *Water Resources Research*

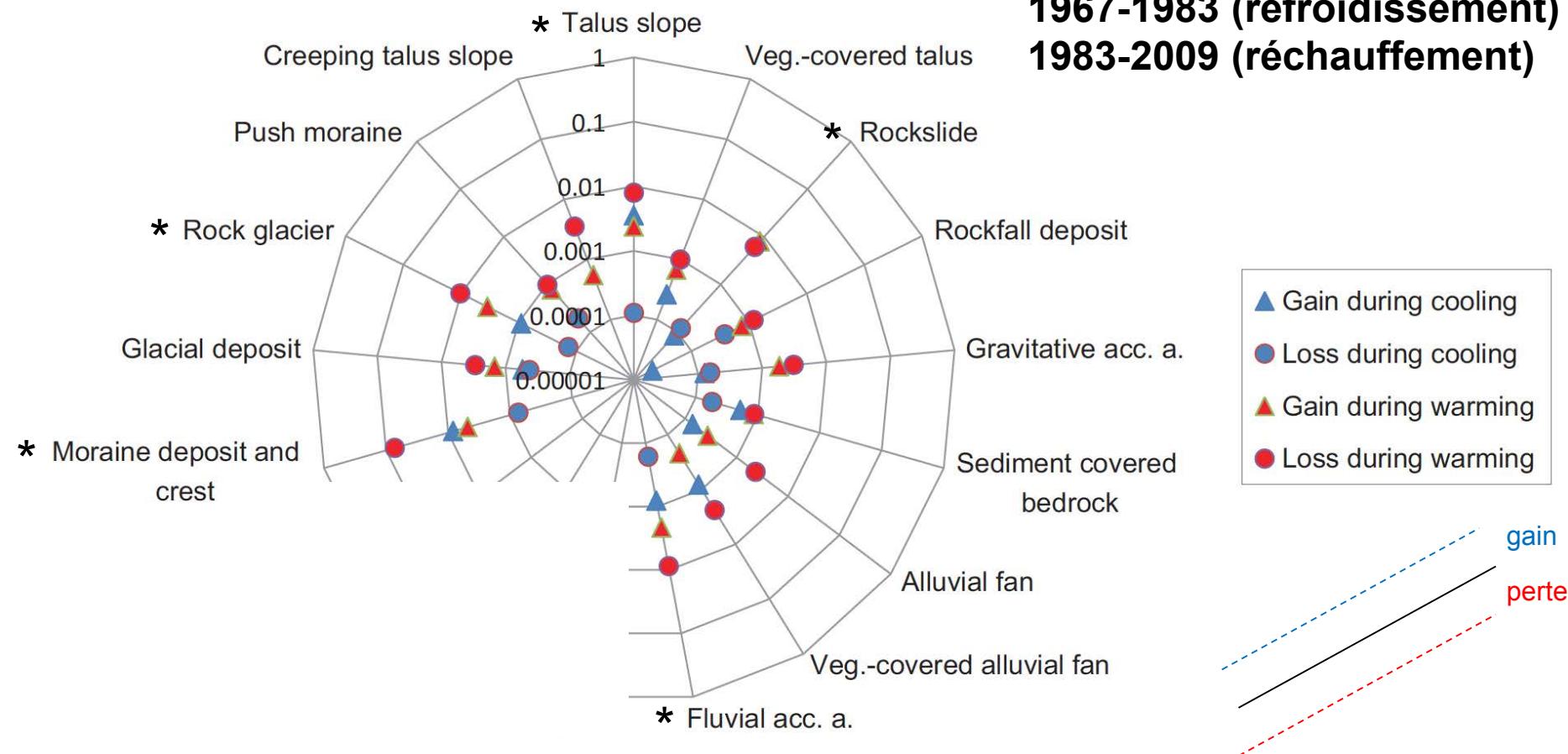


Micheletti, N., Lambiel, C. and Lane, S.N. 2015. *Journal of Geophysical Research - Earth Surface*

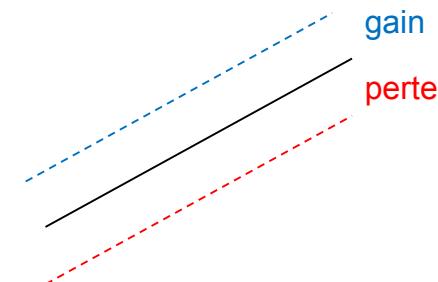
Micheletti, N. and Lane, S.N. 2016. Water yield and sediment export in small, partially glaciated Alpine watersheds in a warming climate. *Water Resources Research*

Un paysage assez stable ...

Changements en m / an
1967-1983 (refroidissement)
1983-2009 (réchauffement)



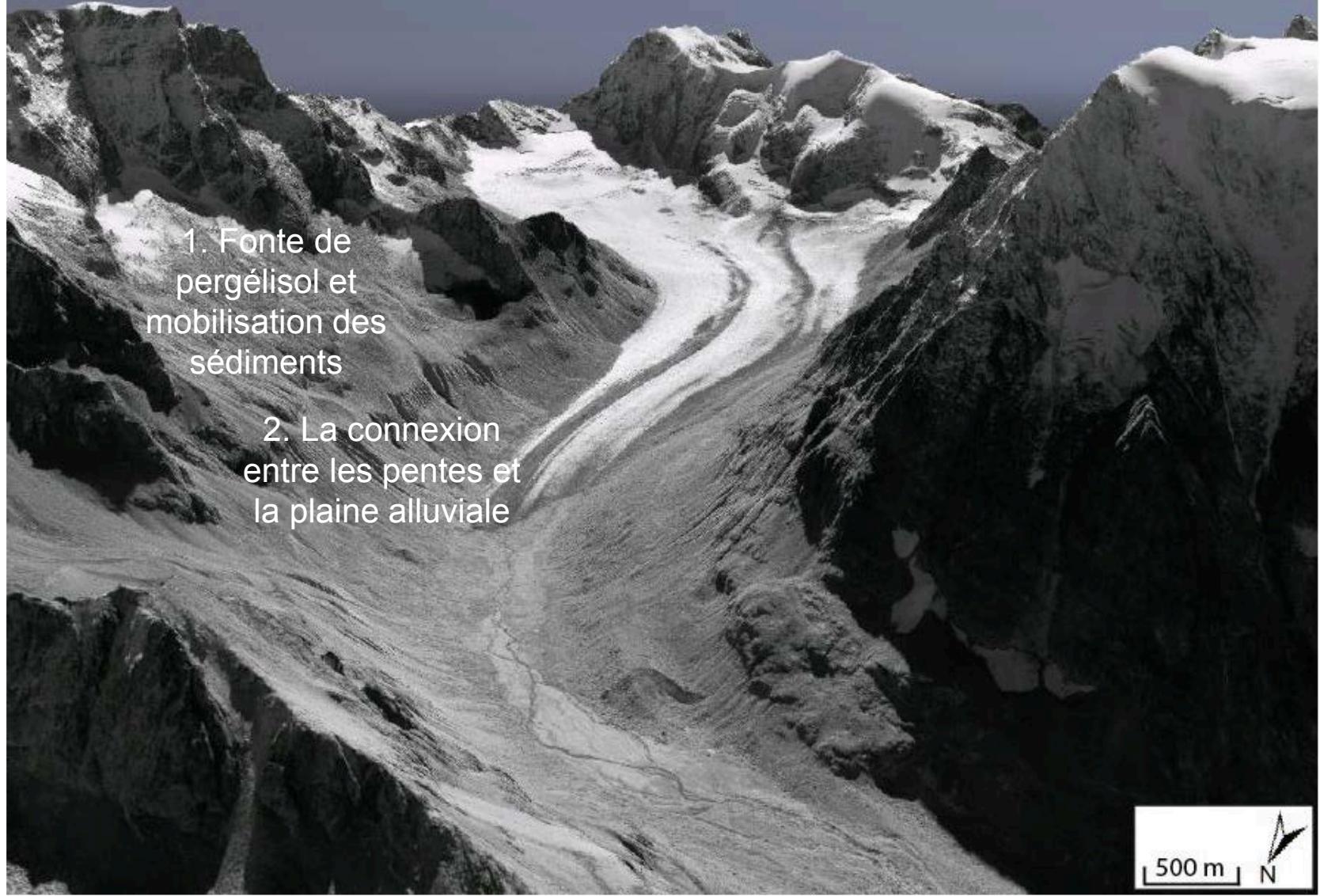
- ▲ Gain during cooling
- Loss during cooling
- ▲ Gain during warming
- Loss during warming



Micheletti, N., Lambiel, C. and Lane, S.N. 2015. *Journal of Geophysical Research - Earth Surface*

Micheletti, N. and Lane, S.N. 2016. Water yield and sediment export in small, partially glaciated Alpine watersheds in a warming climate. *Water Resources Research*

Quelle est la réponse du paysage ?



La connexion et la déconnexion sédimentaire

Satarma

Fonte du pergélisol
Disponibilité des sédiments

Déconnexion
géomorphologique
par ex. moraines et
héritage glaciaire



Au-dessus de la Remointse d'Arolla
© Pierre Odier c. 1900-1930, médiathèque du Valais

Glacier de Tsijiore
Nouve

déconnexion
géomorphologique

moraine

Déconnexion
hydrologique
par ex. les cônes
alluviaux

A

écoulement
concentré

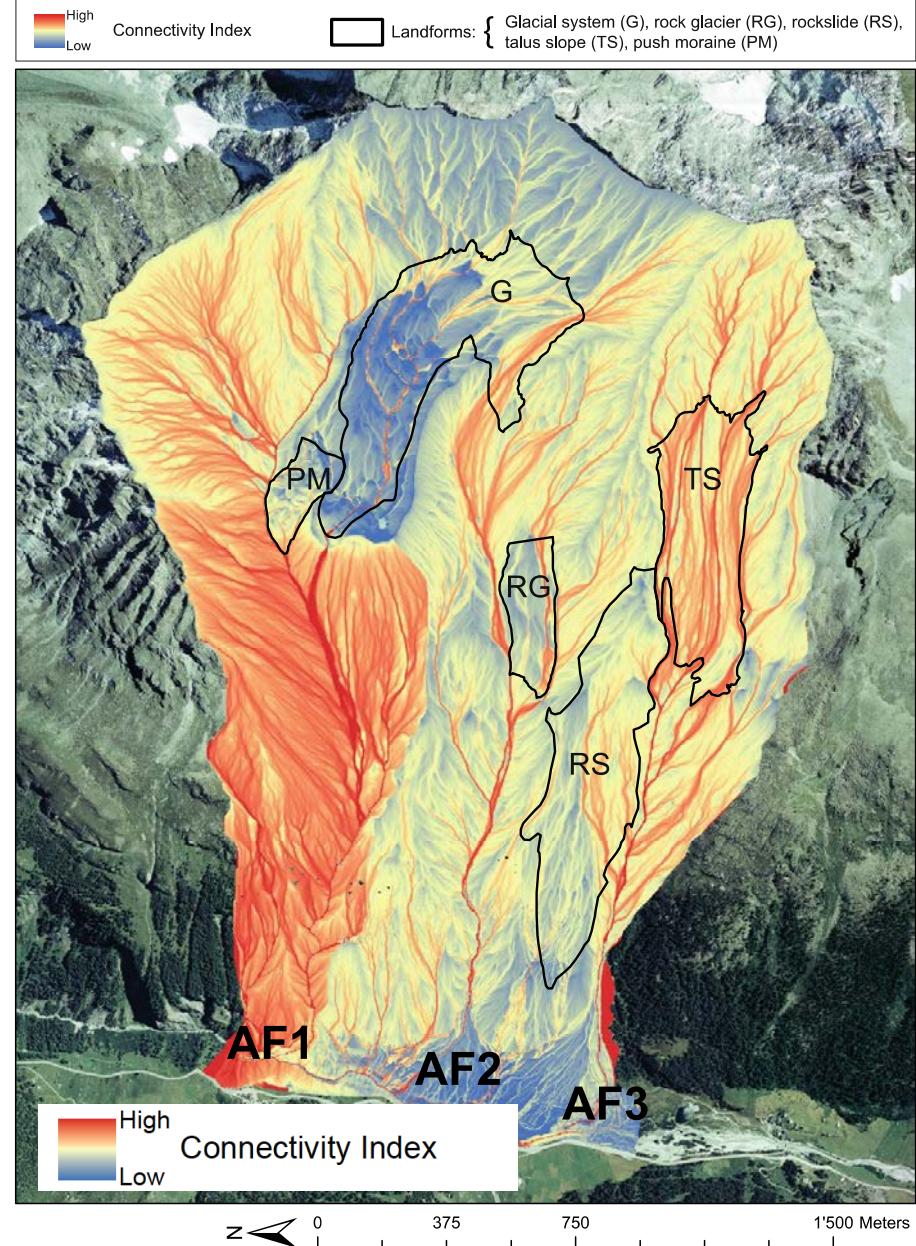
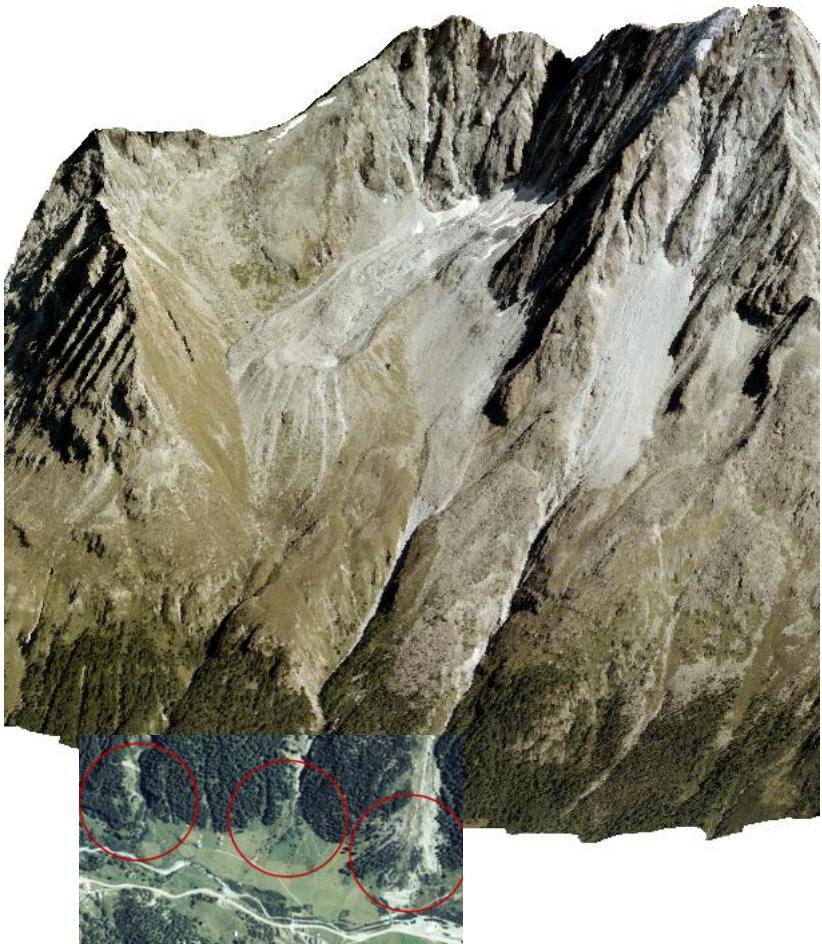
dépôt des
sédiments

écoulement
diffus

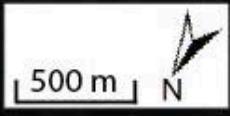
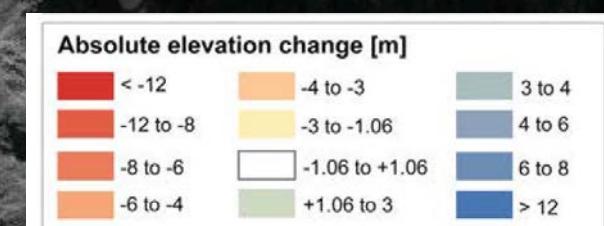
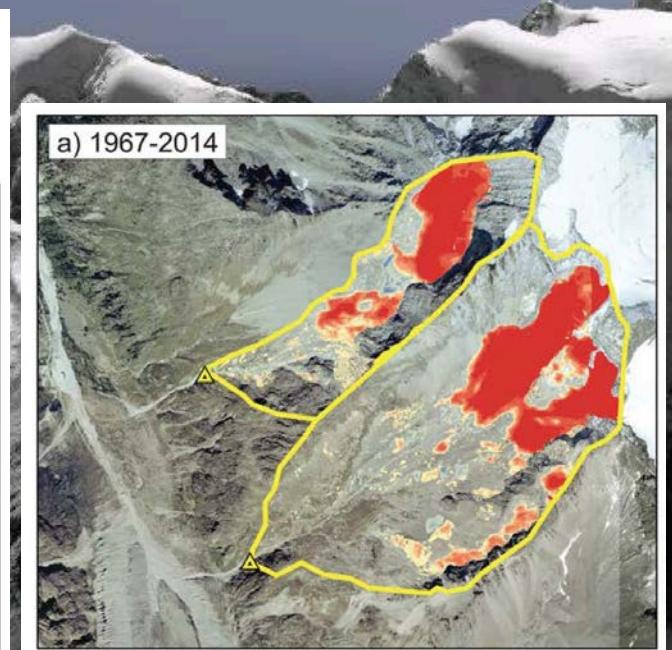
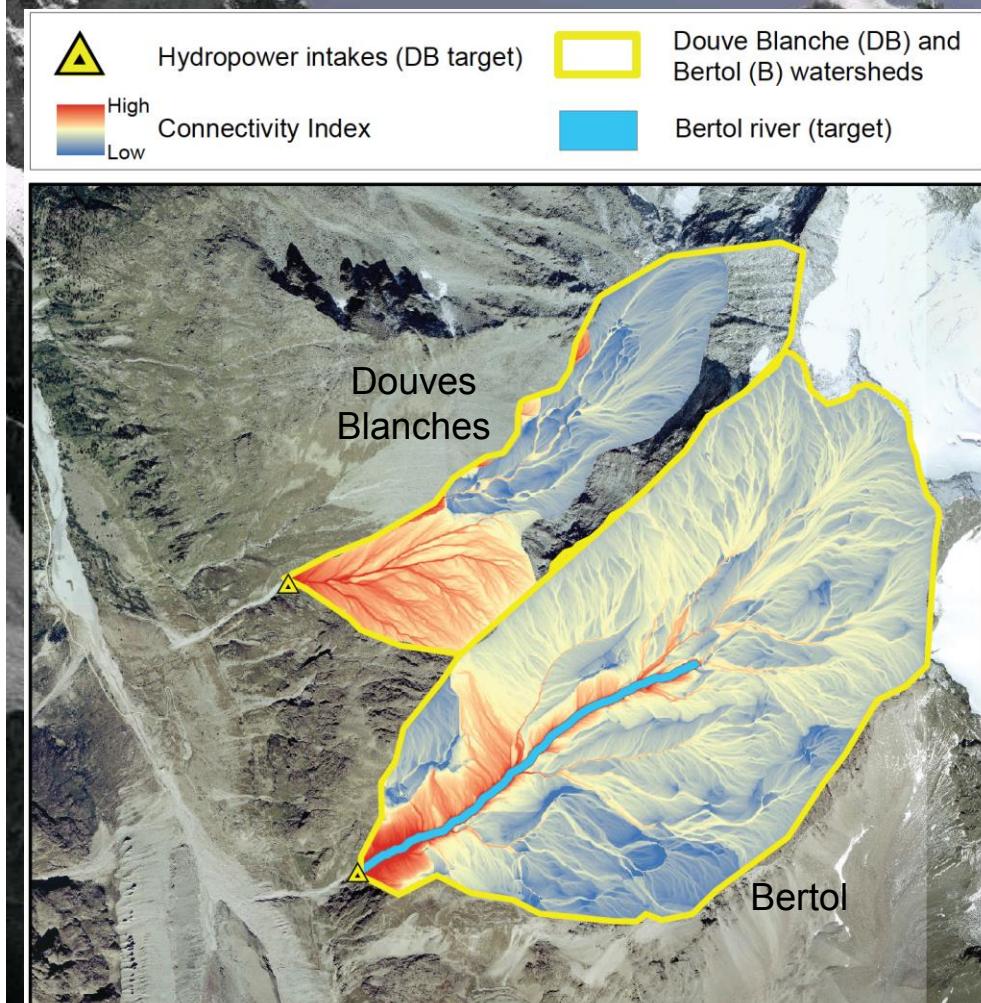
A = accumulation des sédiments



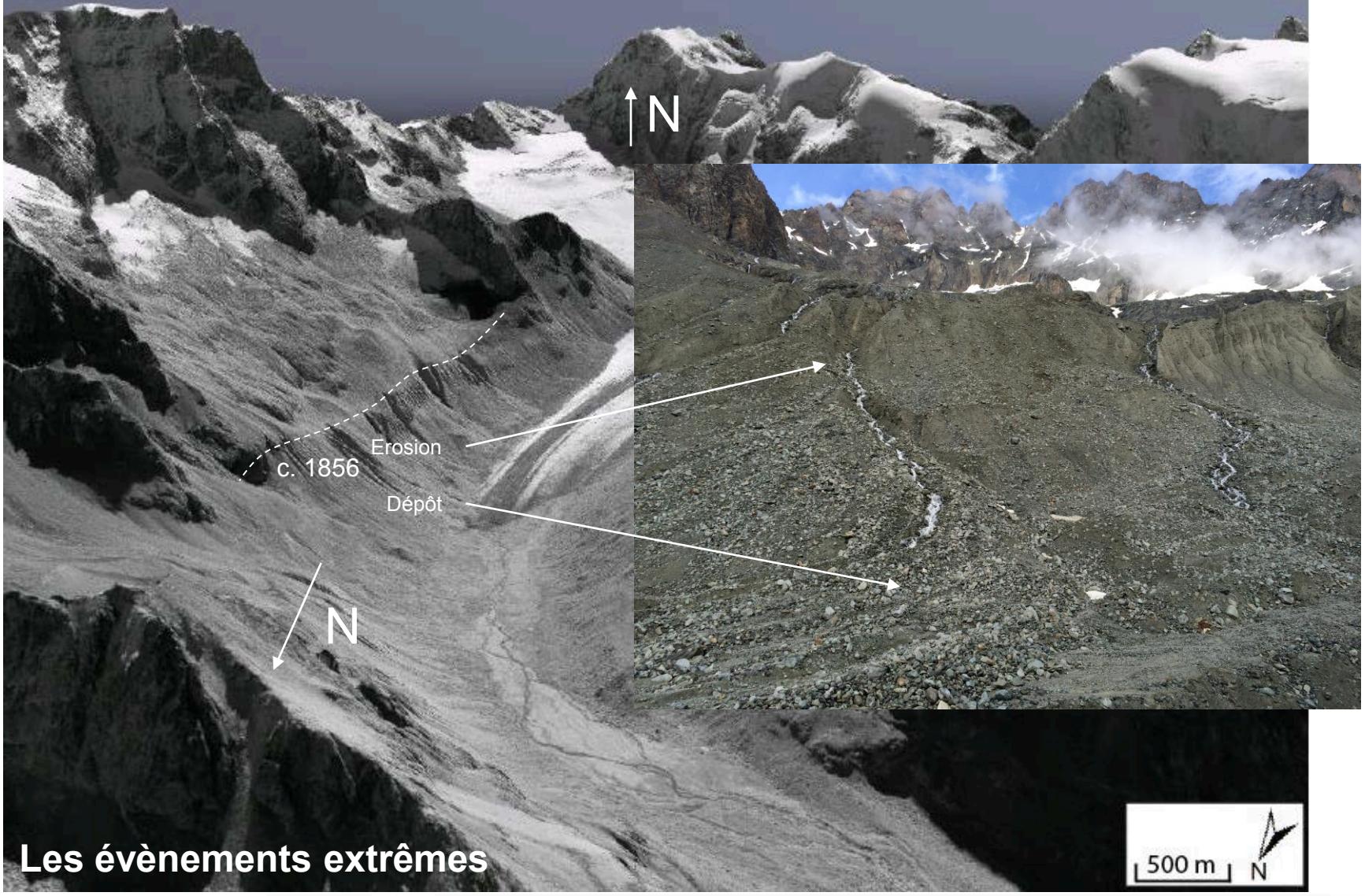
La connexion sédimentaire



L'importance de la déconnexion dans le paysage

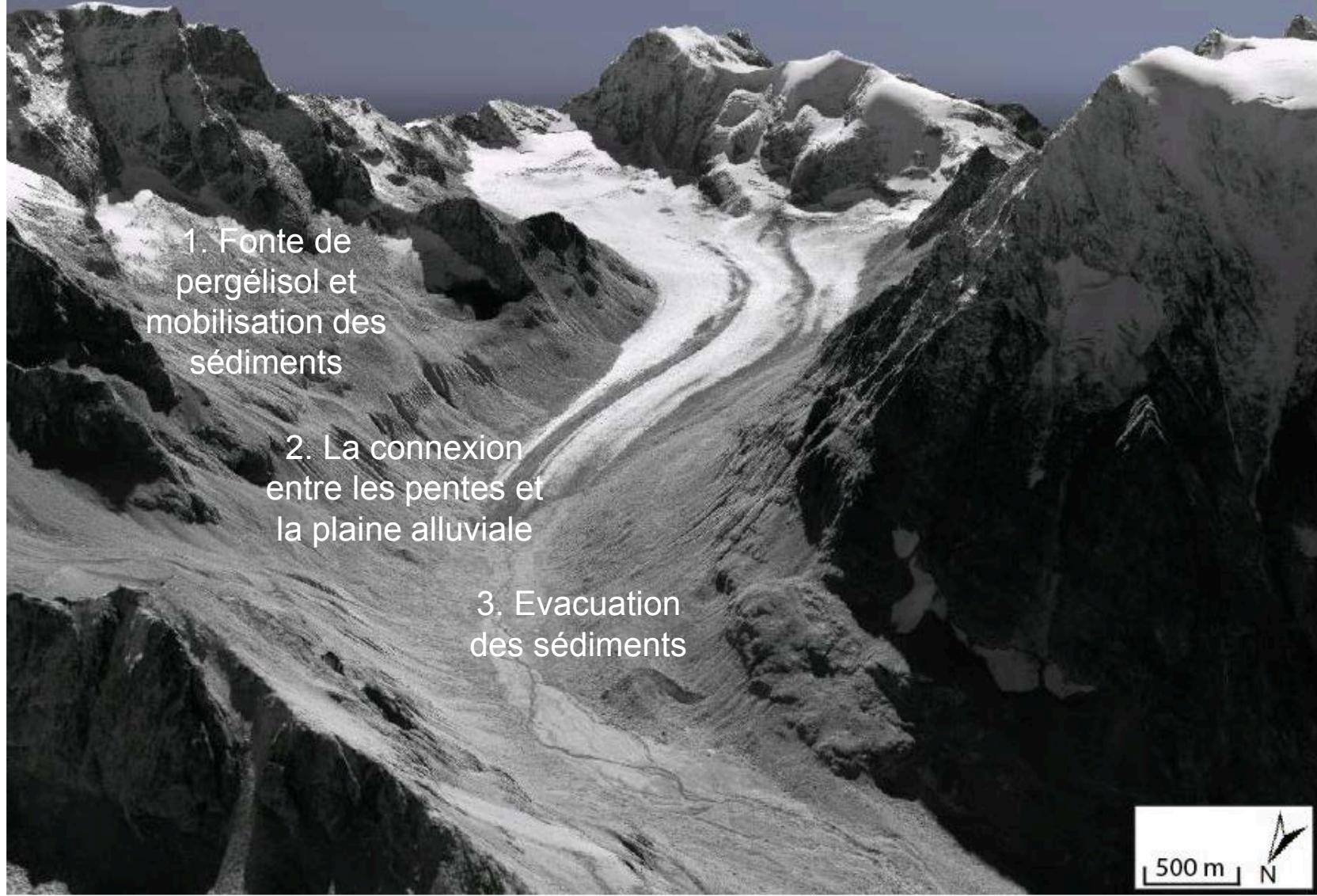


Augmentation dans la connexion sédimentaire et la déconnexion sédimentaire



Les évènements extrêmes

Quelle est la réponse du paysage ?



**THE MANAGEMENT OF SEDIMENT TRANSPORTED BY GLACIAL
MELT-WATER STREAMS AND ITS SIGNIFICANCE FOR THE ESTIMATION
OF SEDIMENT YIELD**

by

A. Bezingé,

(Grande Dixence S.A., CH-1950 Sion, Valais, Switzerland)

M.J. Clark, A.M. Gurnell, and J. Warburton

(Department of Geography, University of Southampton, Southampton SO9 5NH, England, U.K.)



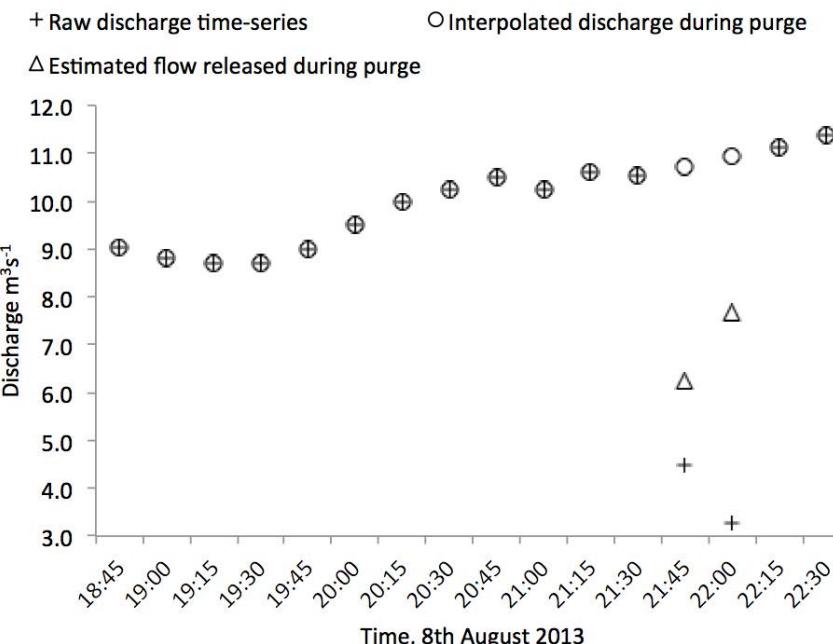
ebibalpin.unil.ch

Les prises d'eau

Les sédiments restent dans des bassins d'accumulation

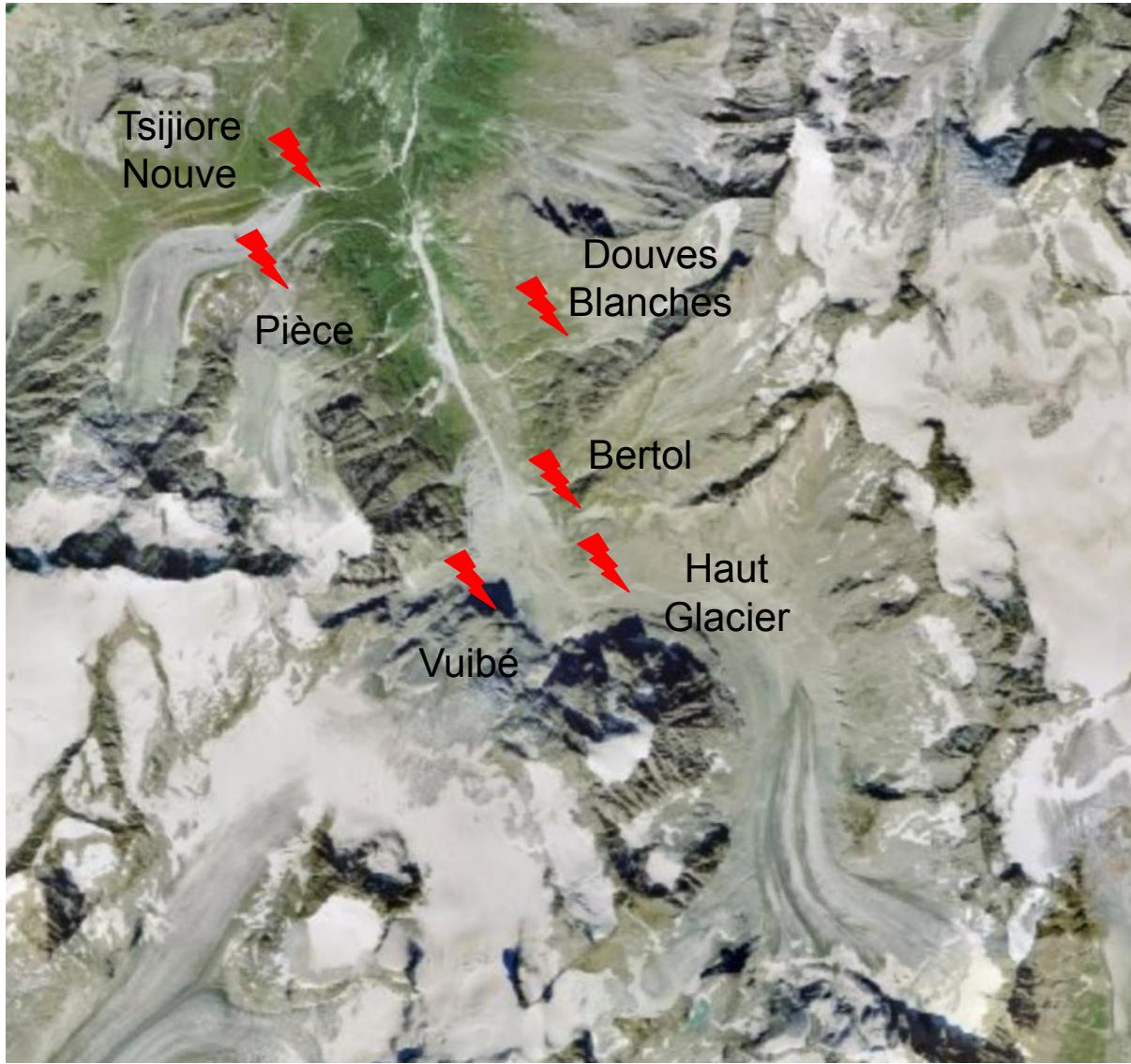
Vidange des bassins quand ils sont remplis

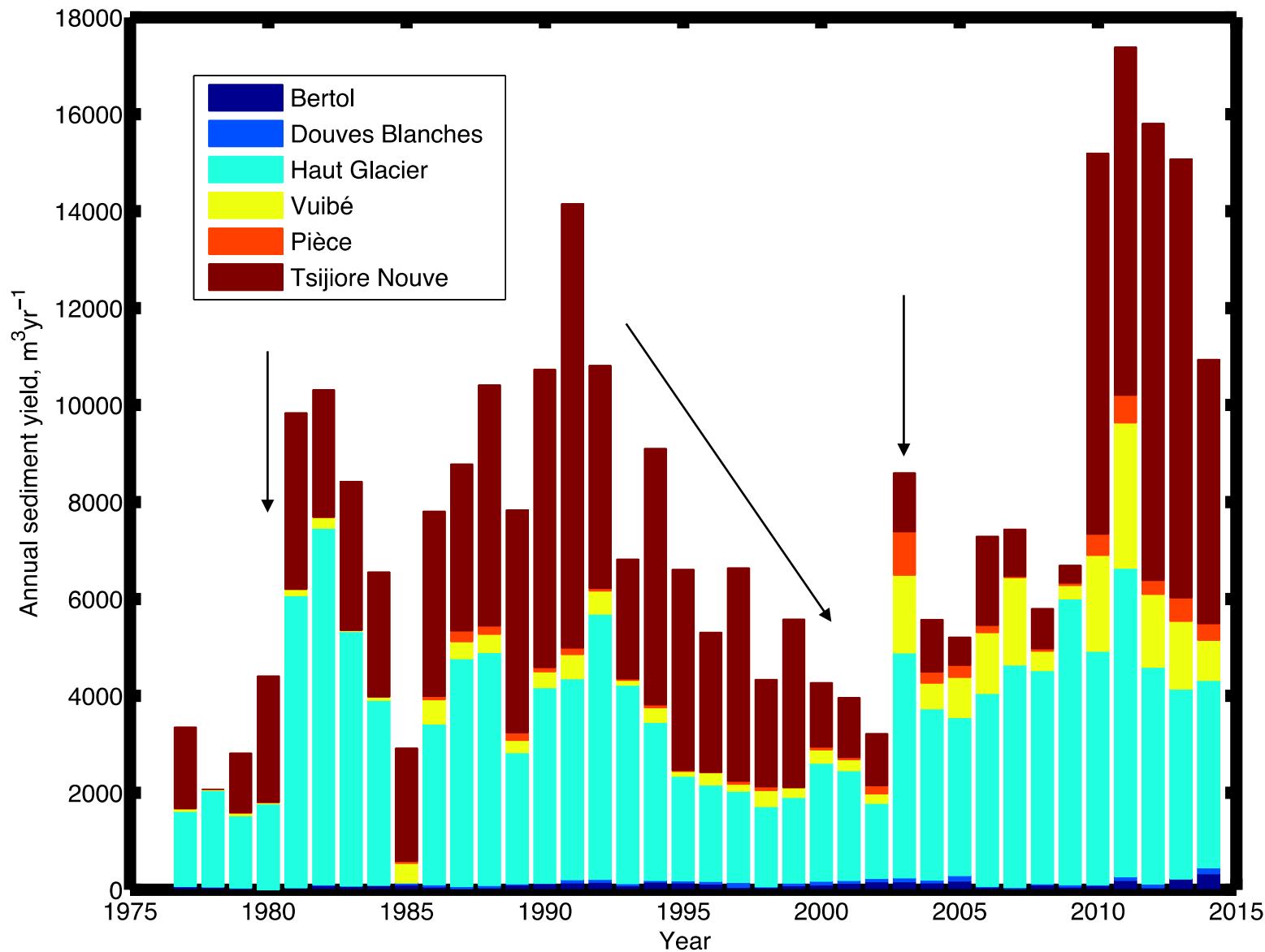
Fréquence élevée pendant l'été



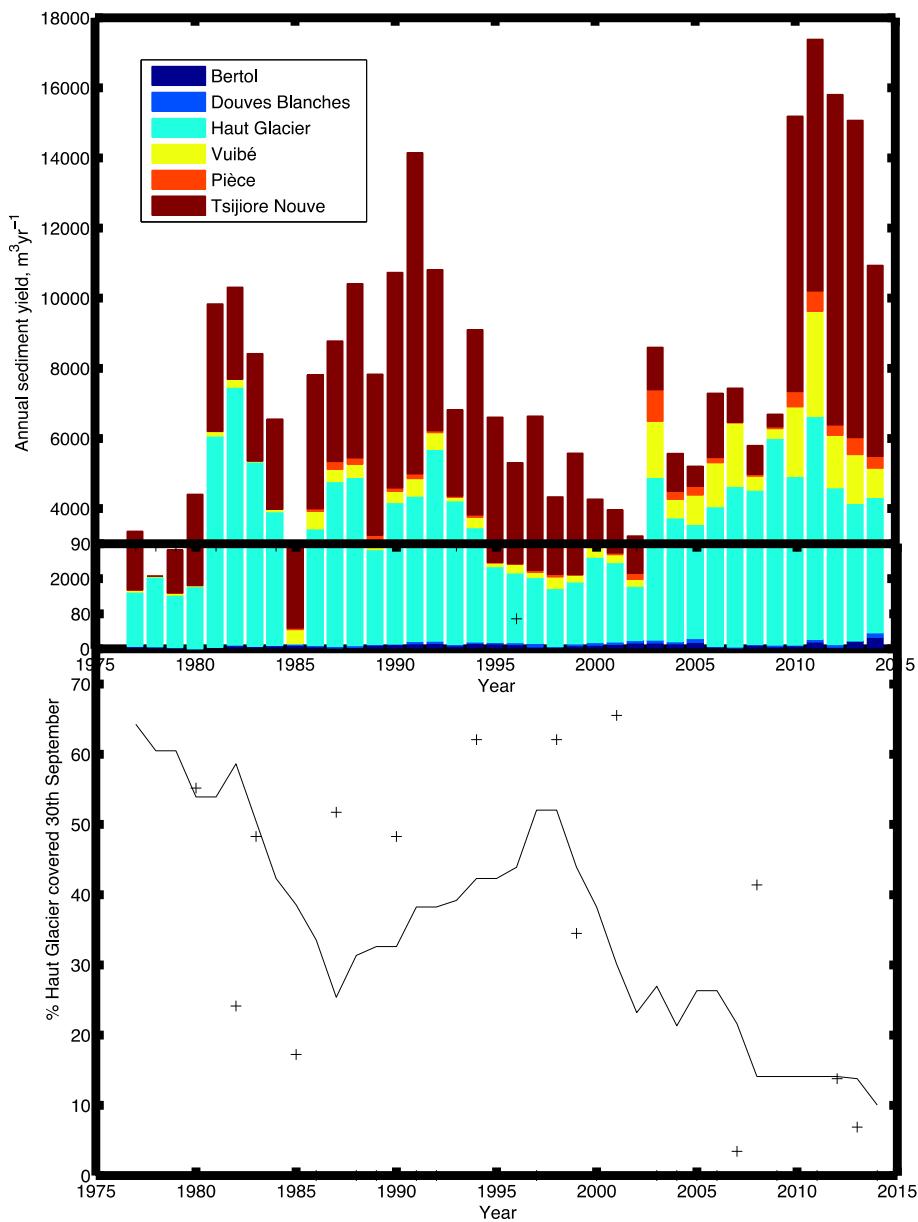
Exemple





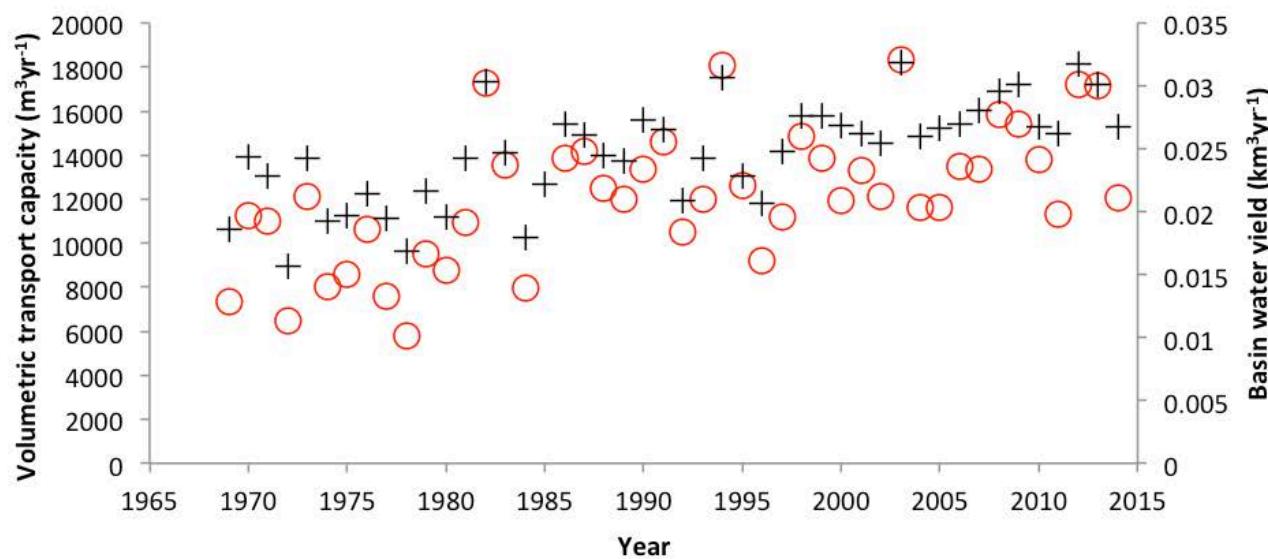


% Couverture neigeuse du Haut Glacier d'Arolla à la fin septembre



Pourquoi ?

1. Les effets du rendement sur la capacité de transport



Rendement en eau and évacuation potentielle - Haut Glacier d'Arolla

○ Volumetric Transport Capacity
+ Yield

Lane, Bakker, Gabbud,
Micheletti, and Saugy, 2017.
Geomorphology, 277, 210-27

Ferguson et al. (2007) and
Nitsche et al. (2011)

$$v_{tot} = \frac{6.5(gRS)^{0.5} 2.5 \left(\frac{R}{D_{84}} \right)}{\left[6.5^2 + 2.5^2 \left(\frac{R}{D_{84}} \right)^{1.67} \right]^{0.5}}$$

$$v_0 = 6.5(gRS)^{0.5} \left(\frac{R}{D_{84}} \right)^{0.167} \quad S_0 = S \left(\frac{v_{tot}}{v_0} \right)^{1.5}$$

Sediment transport treatment
after Rickenmann (2001)

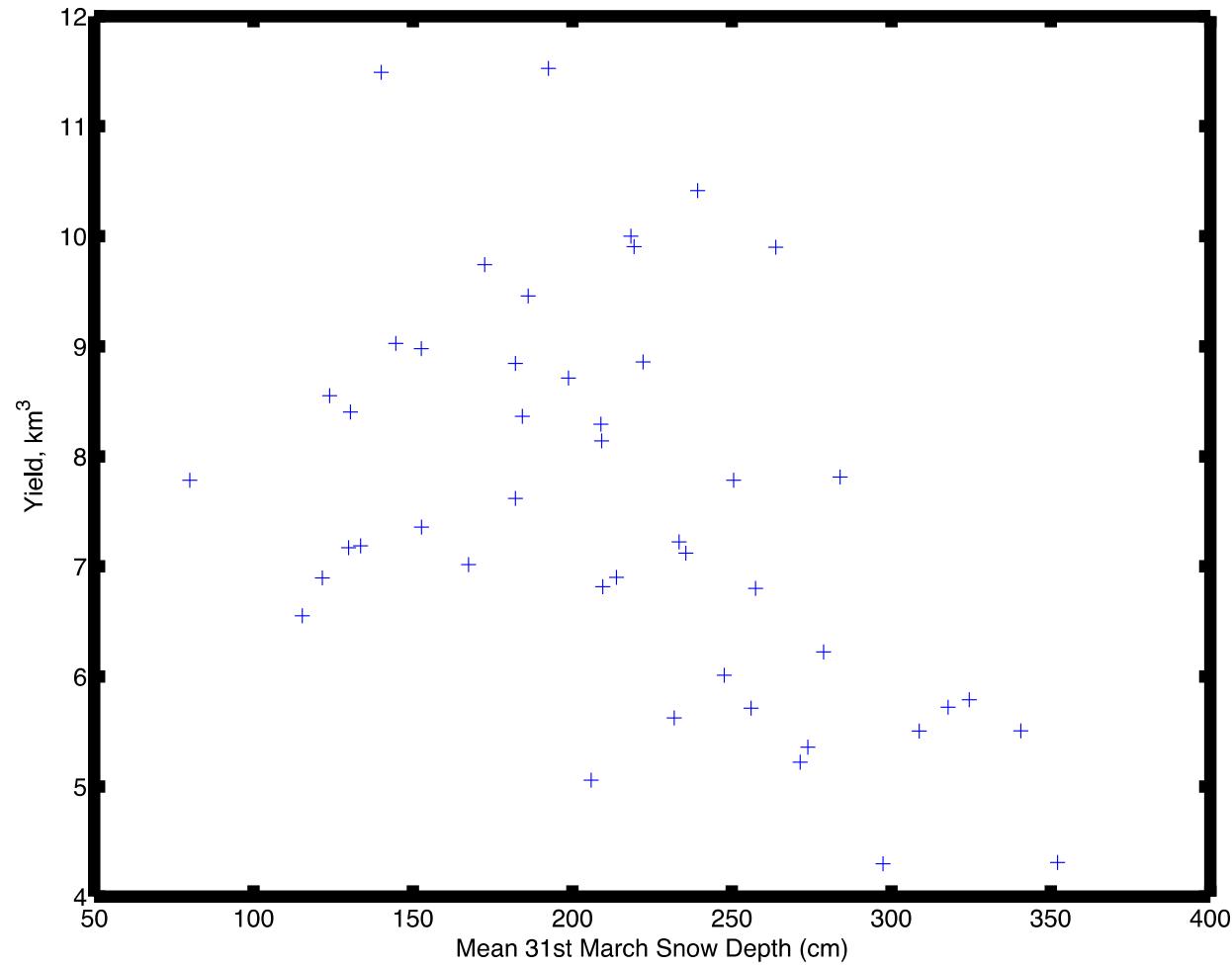
$$q_b = \left(\frac{s}{gD_{50}^3} \right)^{0.5} 2.5 \sqrt{r} (r - r_c) Fr$$

$$\theta_r = \frac{RS_0}{([\rho_s / \rho] - 1) D_{50}} \quad \theta_{rc} = \frac{R_c S_{0c}}{([\rho_s / \rho] - 1) D_{50}}$$

Pourquoi ?

2. Les effets du recul de neige sur la fonte de glace

**moins de neige,
plus de rendement**



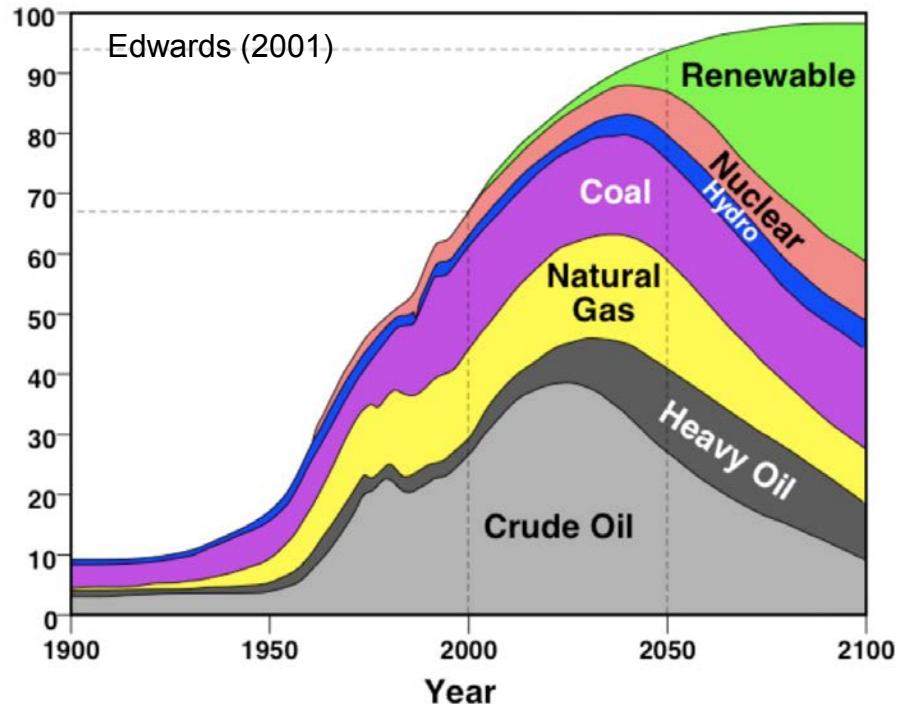
Le futur ?

1. « Peak Water »

« Peak Oil » - d'après M.K. Hubbert (1956)

« Peak Water » - recul des glaciers induit une transition

- depuis l'augmentation du rendement par la fonte de glace;
- à la pénurie du rendement car il y a moins de glace à fondre, et donc une dépendance de plus en plus aux précipitations de l'hiver précédent



Un enjeu pour l'exploitation hydroélectrique

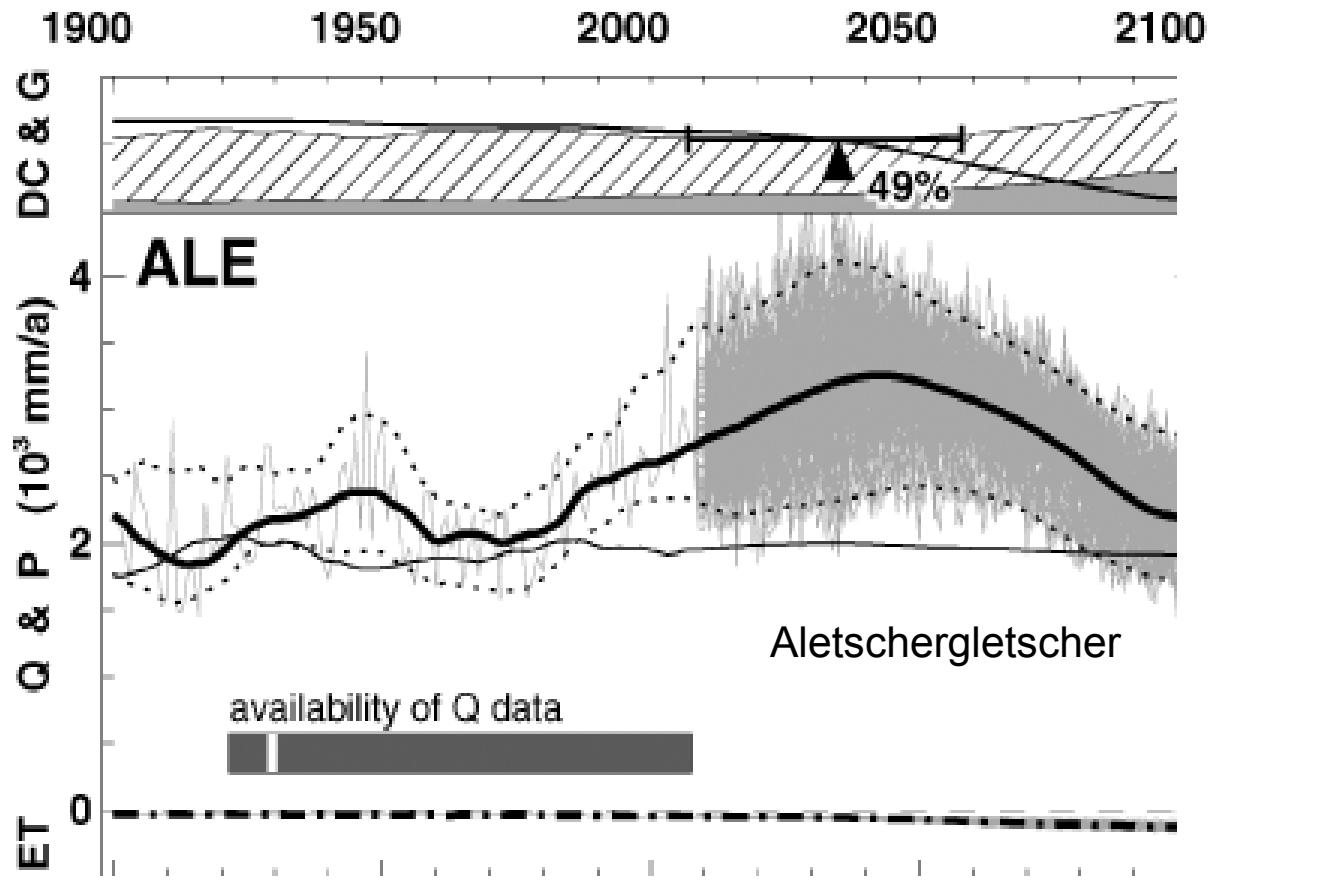
Edwards, J. D., 2001, Twenty-first-century energy; decline of fossil fuel, increase of renewable nonpolluting energy sources, in Downey, M. W., Threet, J. C., and Morgan, W. A., eds., Petroleum provinces of the twenty-first century: Tulsa, OK, United States, Association of Petroleum Geologists, AAPG Memoir 74, p. 21-34

Le futur ?

fonte de glace
fonte de neige
précipitation directe

1. « Peak Water »

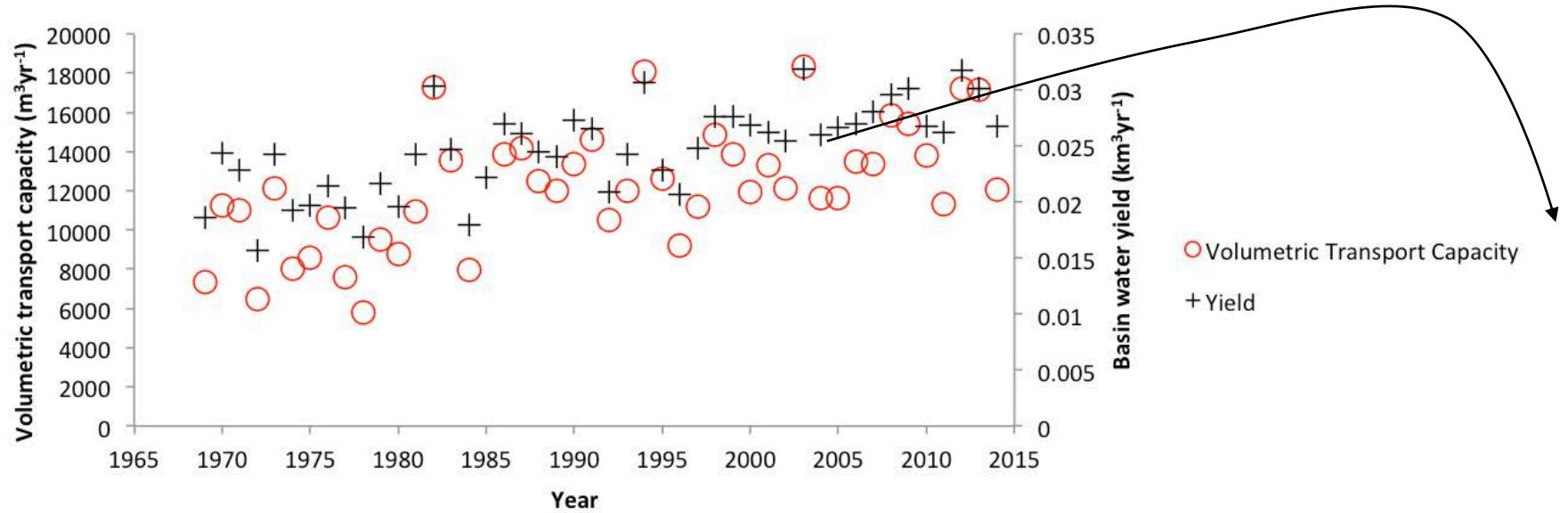
Rendement
de l'eau
(mm/a)



Farinotti, D., Usselmann, S., Huss, M., Bauder, A. and Funk, M., 2012. Runoff evolution in the Swiss Alps: projections for selected high-alpine catchments based on ENSEMBLES scenarios. *Hydrol. Process.*, 26: 1909–24

Le futur ?

2. « Peak Sediment ? »



Les messages clés

1. La fonte du pergélisol et de la glace est responsable d'une augmentation dans le taux d'activité sur les versants depuis les années 1980
 1. le taux est significatif
 2. mais ce n'est pas d'une grande ampleur
2. La connexion sédimentaire reste limitée
 1. à cause de l'héritage glaciaire (par ex. les moraines)
 2. mais aussi à cause des cônes alluviaux à l'interface entre les versants et la plaine alluviale
 3. les événements extrêmes sont importants
3. L'exportation des sédiments des bassins englacés est devenue plus élevée
 1. ce n'est pas lié à une augmentation de l'activité sur les versants
 2. plutôt car l'augmentation dans le rendement de l'eau a augmenté la capacité de transport
 3. l'augmentation du rendement est une conséquence de la diminution de la neige sur les glaciers pendant la saison de fonte