

# **Ecoute sismique des avalanches de neige: apports des méthodes et outils développés pour les chutes de blocs**

P. Lacroix<sup>1</sup>, J.R. Grasso<sup>1</sup>, A. Helmstetter<sup>1</sup>, J. Roulle<sup>2</sup>, J.P. Navarre<sup>2</sup>, Y. Deliot<sup>2</sup>,  
G. Giraud<sup>2</sup>, D. Goetz<sup>2</sup>, L. Darras<sup>1</sup>, R. Bethoux<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LGIT/ISTerre

<sup>2</sup> CEN/CNRM/GAME

**Prévention du risque d'avalanche -> observation de l'activité avalancheuse naturelle**

=> détection sismique des avalanches

## Objectifs

CEN: détection automatique en temps réel, aide à la prédiction

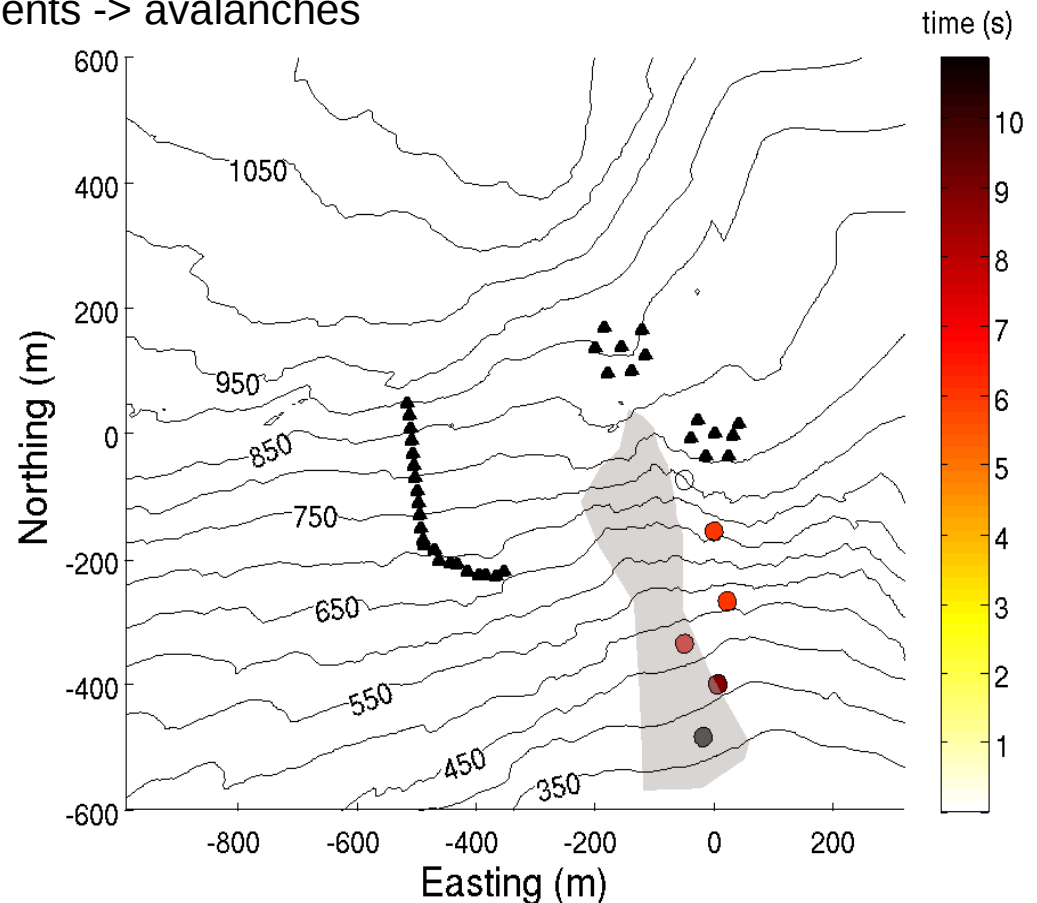
Ce projet: estimer les propriétés mécaniques des avalanches

## Localisation?

=> transfert méthodologique: éboulements -> avalanches



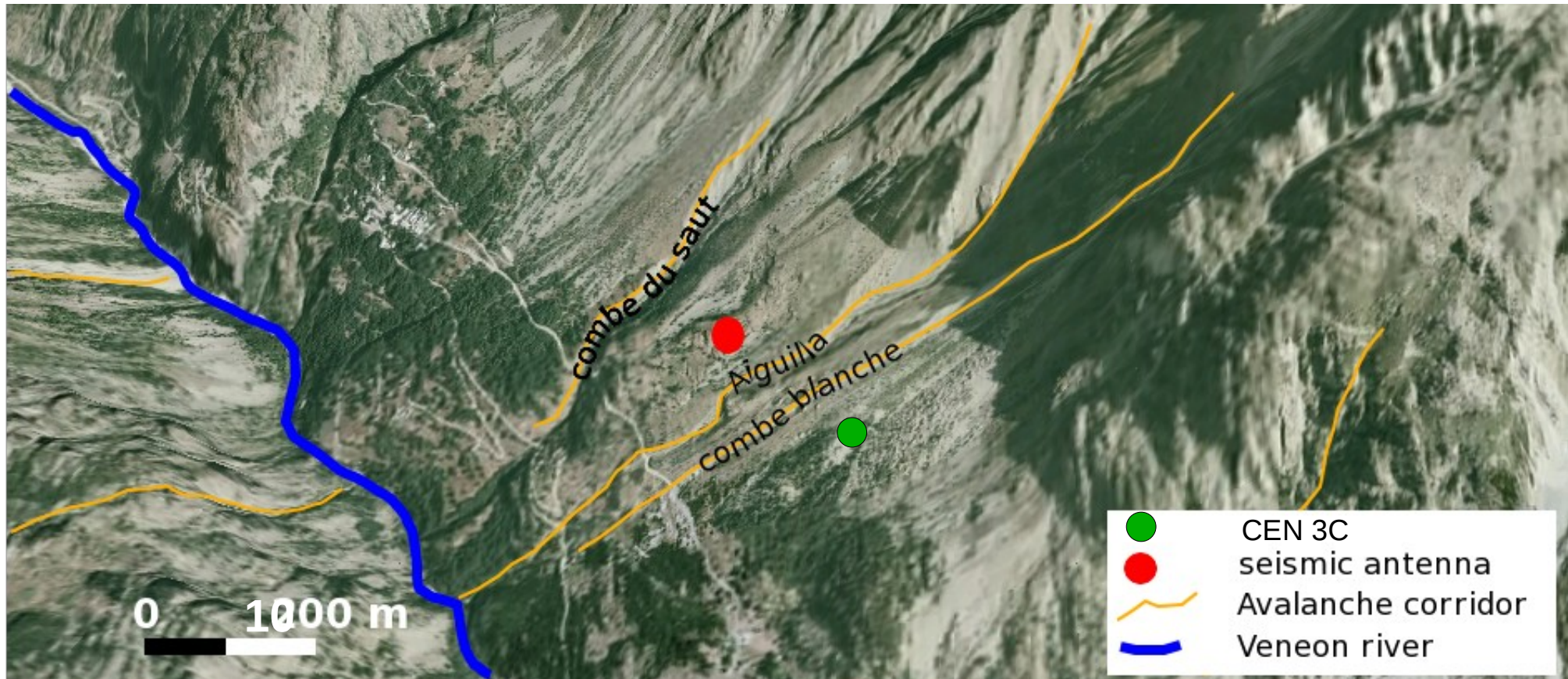
Balise de détection sismique des avalanches



Trajectoire d'une chute de bloc estimée par localisation sismique à Séchilienne

Localisation: sismo 3C -> antenne

Installation d'une antenne sismologique à Saint Christophe en Oisans



02/10/2009

20/11/2009

19/01/2010

28/02/2010

Données sans neige

Pas de données  
(problème de carte)

Données d'avalanche



Mesures en continue  
250Hz

Séismes régionaux

Téleséismes

Avalanches

Chutes de blocs

Bruits anthropiques (hélicoptères, travaux, voitures...)

Classification semi-visuelle, apprentissage sur les signaux de la période sans neige

Critères de reconnaissance visuelle:

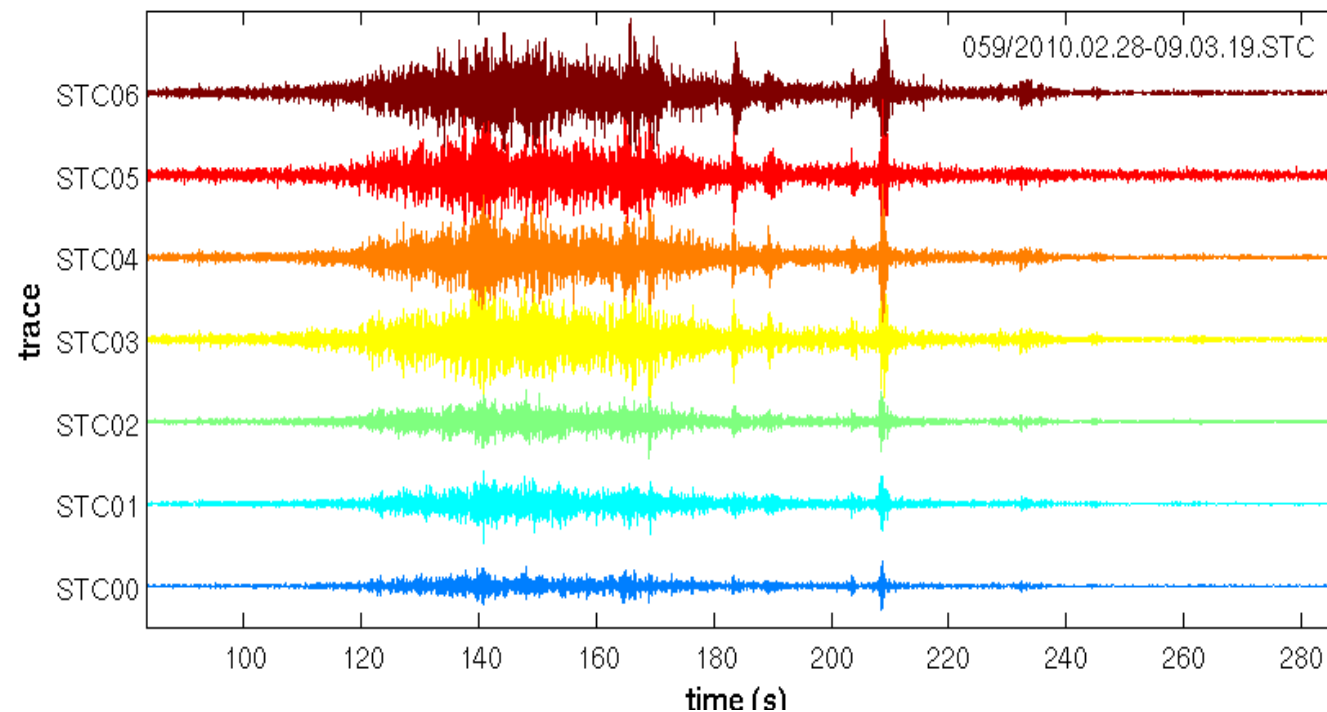
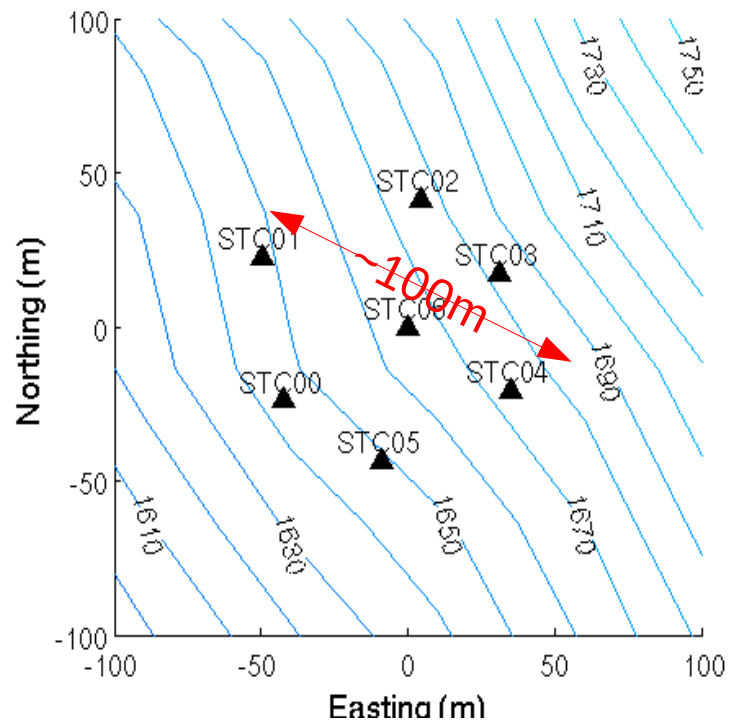
Séismes régionaux: SISMALP+autres (arrivées ondes P/S)

Séismes lointains -> basse fréquence

**Avalanches -> durée longue+basses fréquences+forme de cigare**

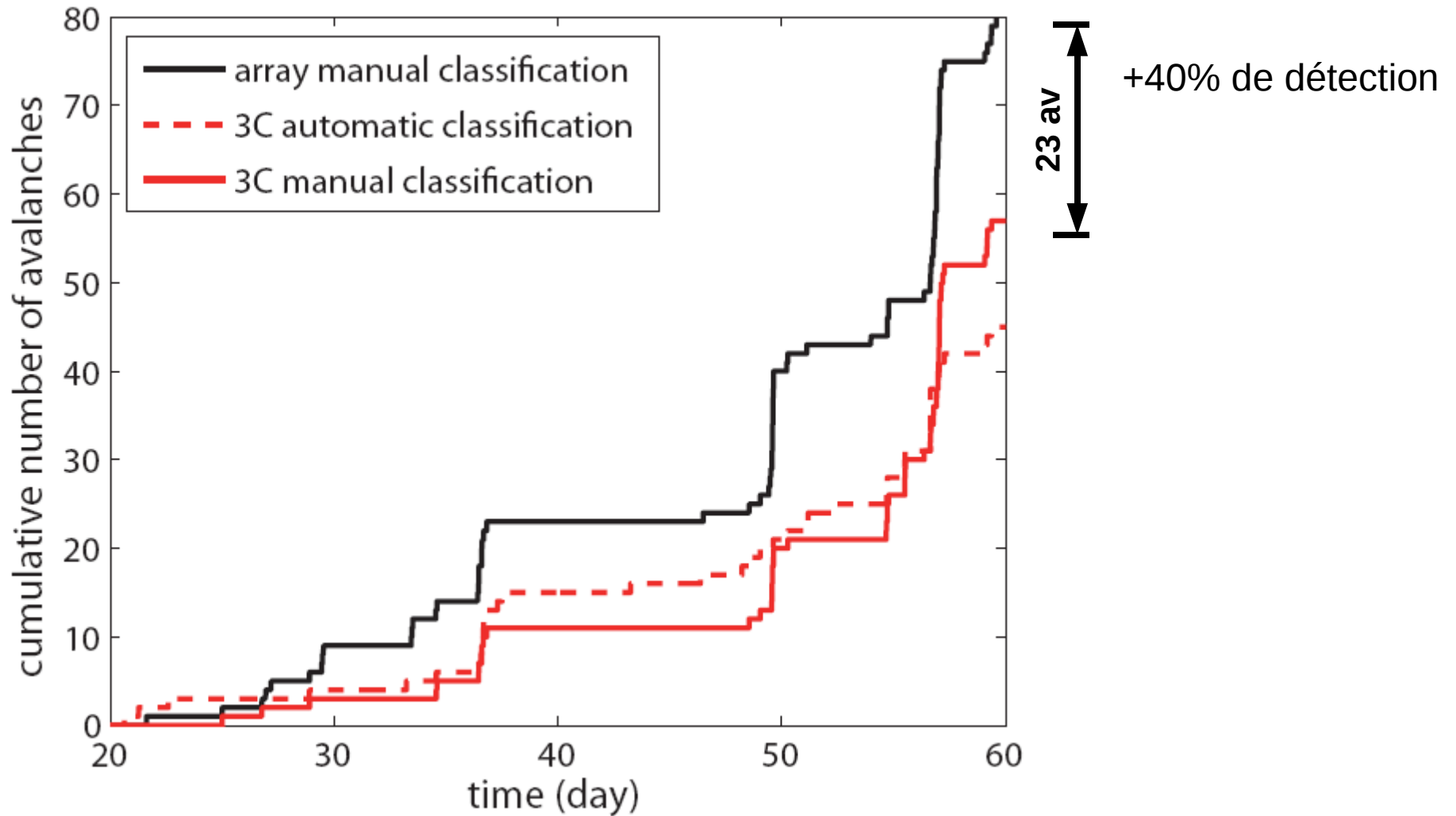
Chutes de blocs -> des impacts

Bruits anthropiques (hélicoptères, travaux, voitures...)



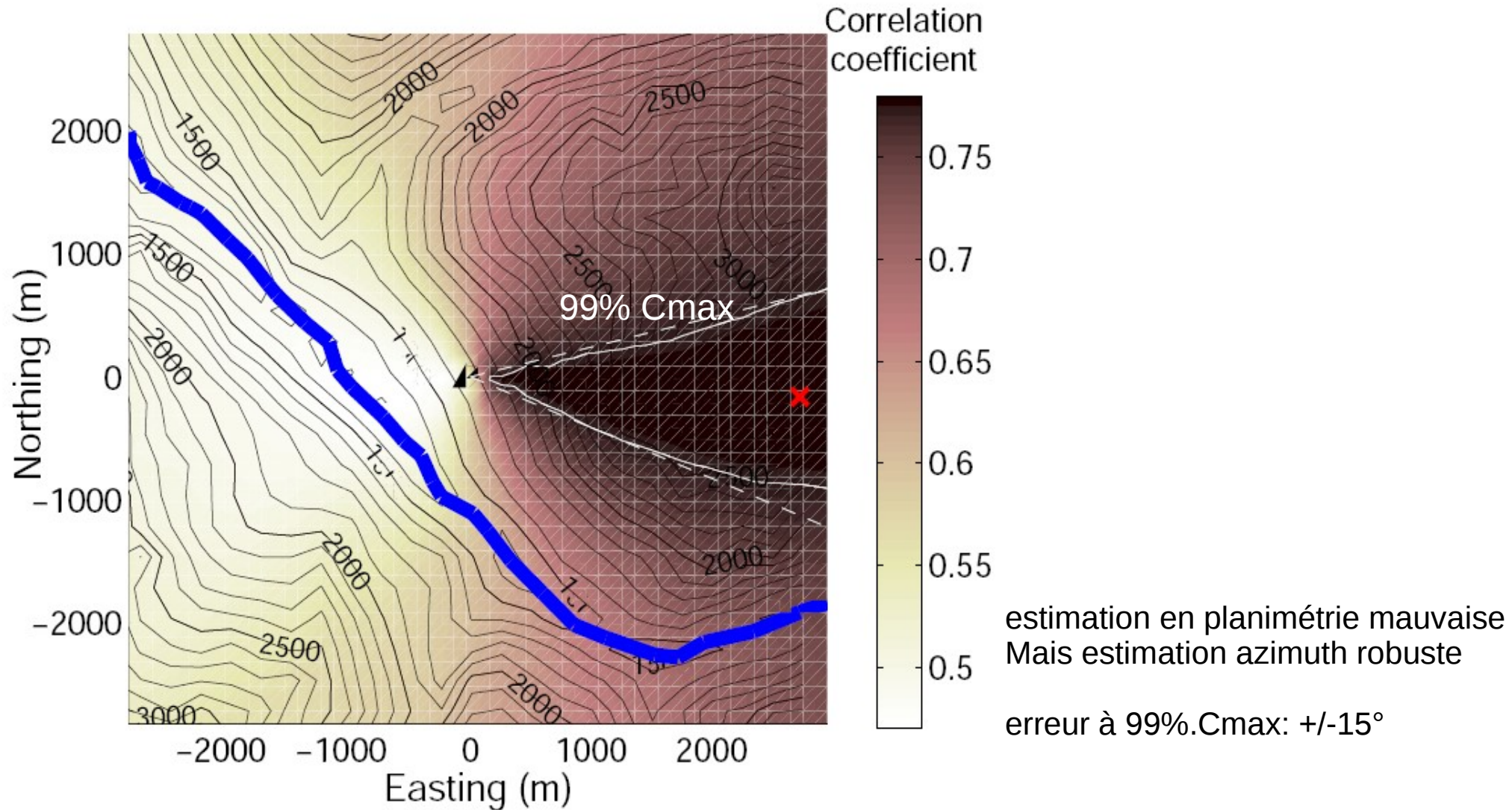
Signal d'avalanche enregistré sur les 7 voies verticales

80 signaux d'avalanches détectés sur 39 jours



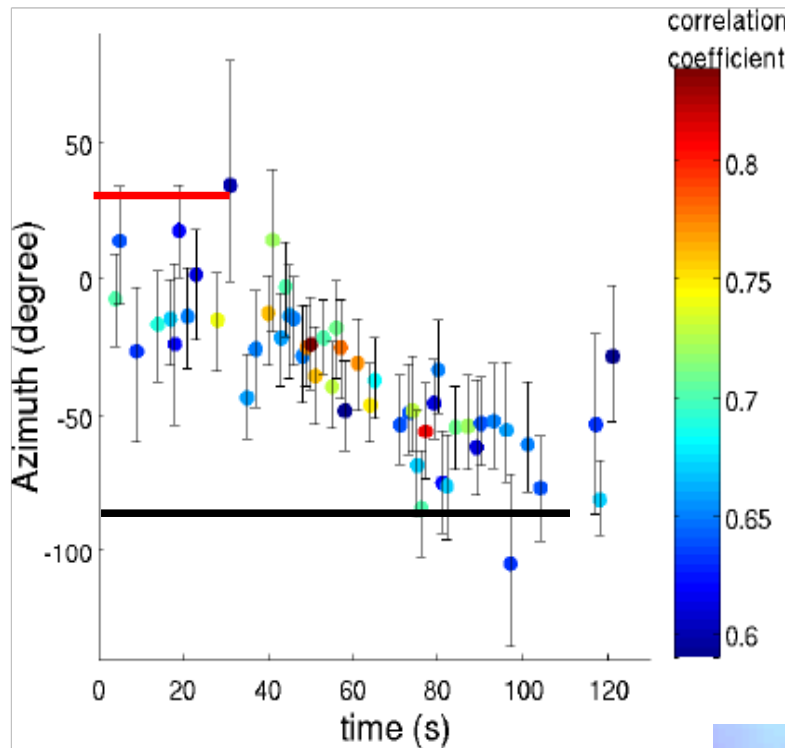
*Nombre cumulé d'avalanche détectée par  
l'antenne (noir) et par le 3C (rouge)*

**Méthode de Formation de voie (Beam-Forming):** on cherche la position qui maximise la corrélation inter-traces décalées du temps de trajet

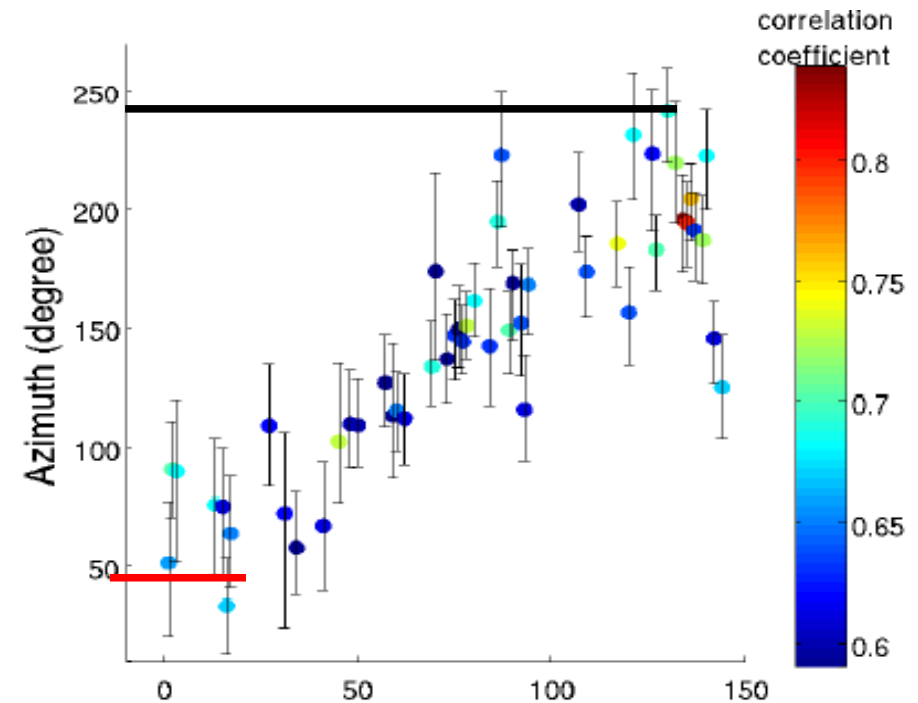


## Traitement:

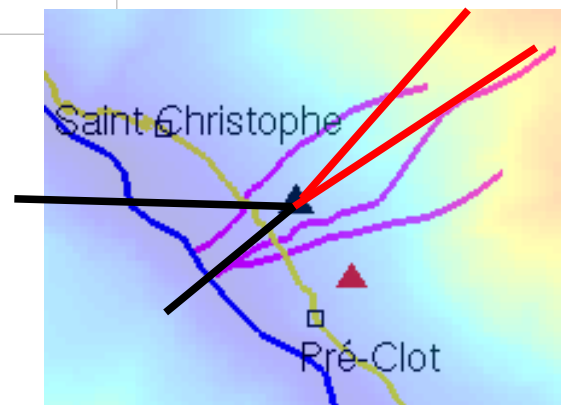
- $C(t)$  et  $Az(t)$  pour chaque seconde du signal
- on ne garde que les azimuts dont  $C > C_{max} * 0.9$  avec  $C_{max}$  calculé sur des fenêtrages glissants de 10s



Combe du saut

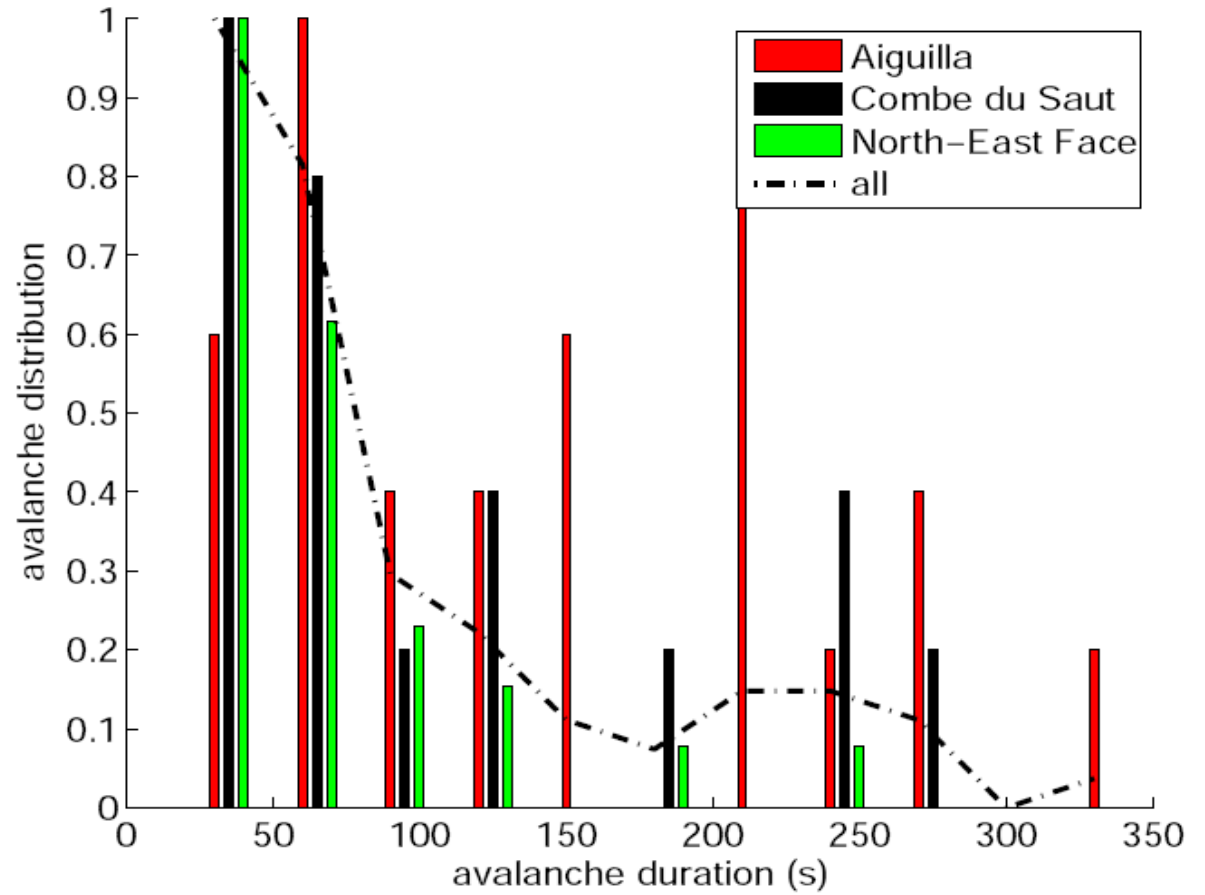
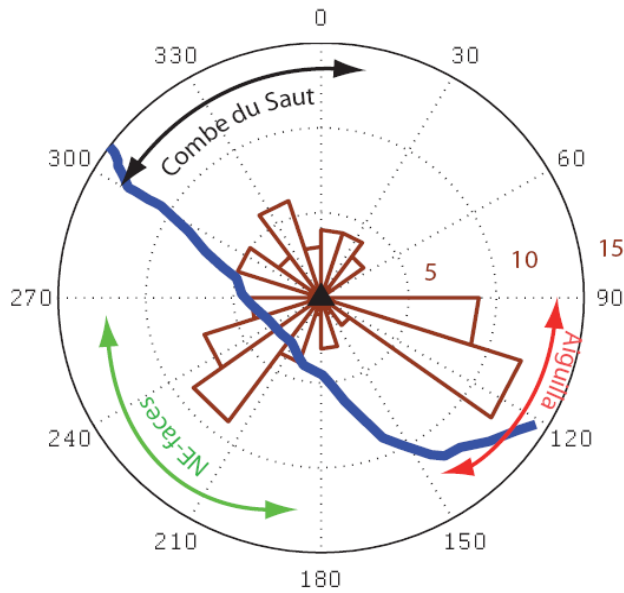


Aiguilla



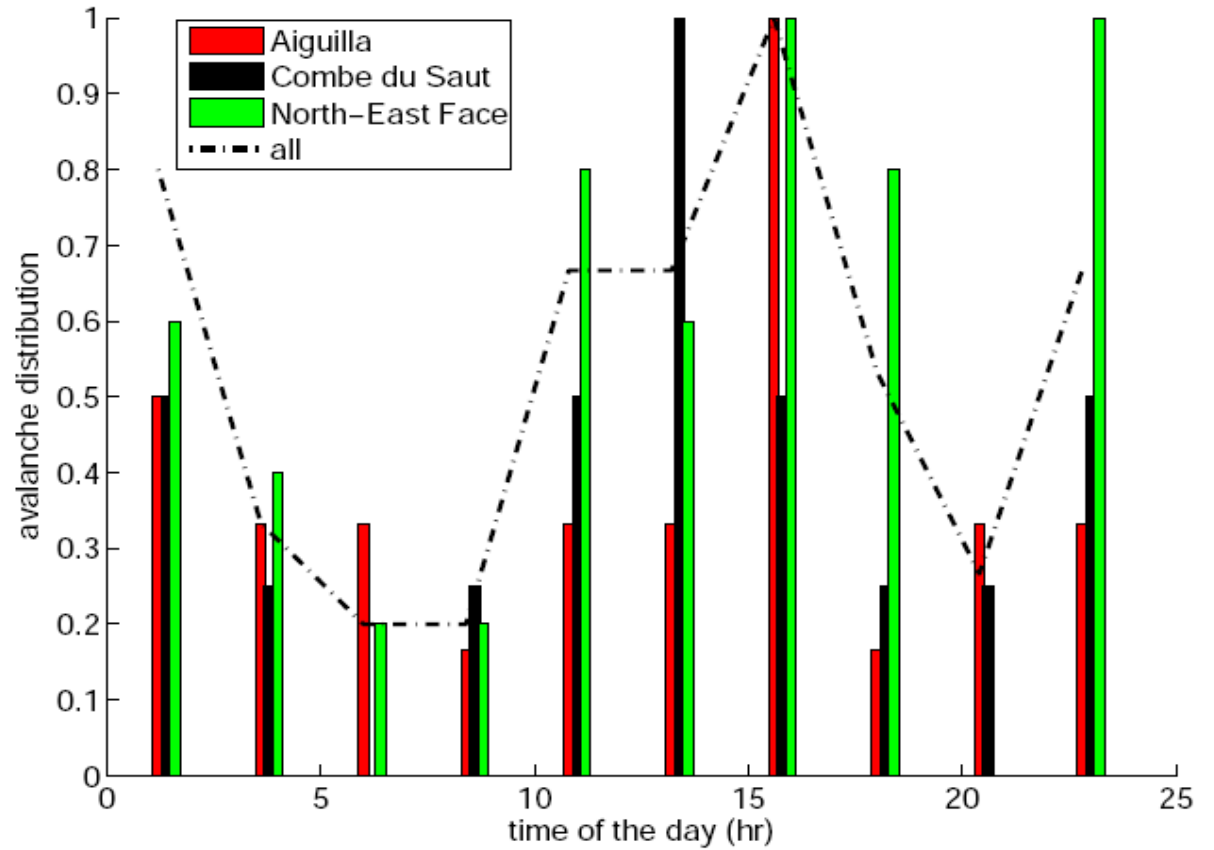
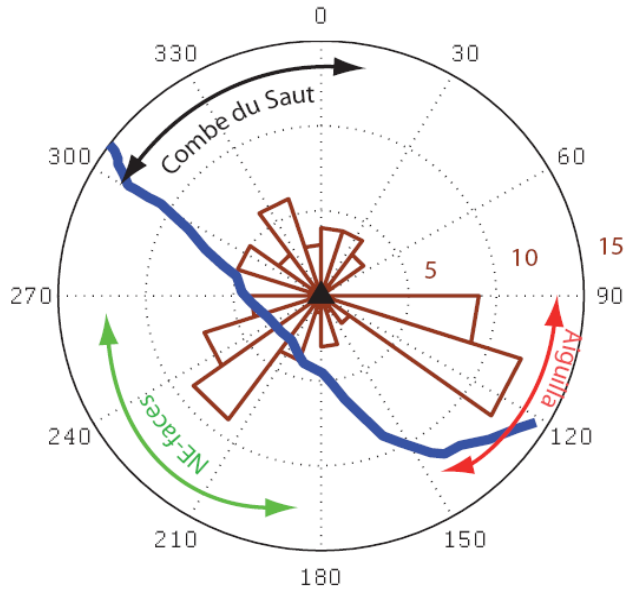
=> identification des signaux d'avalanches+localisation





Durée des signaux d'avalanche (s)

=> signaux dominés par la propagation



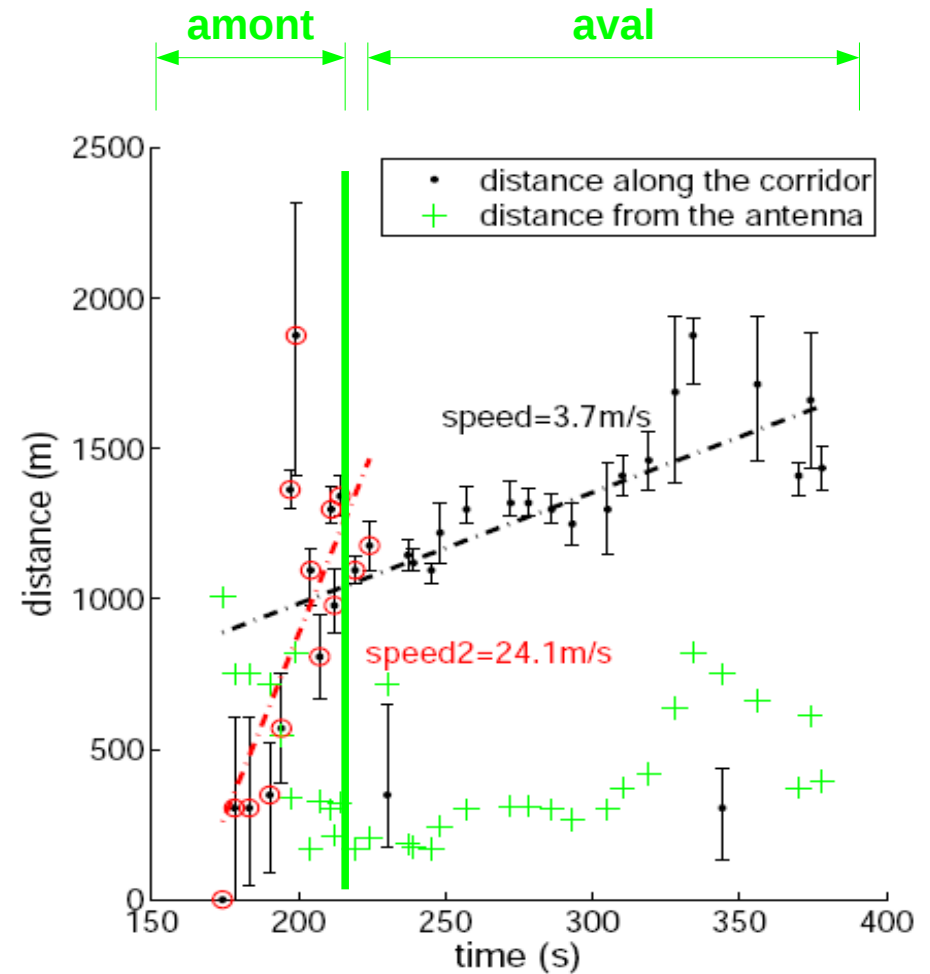
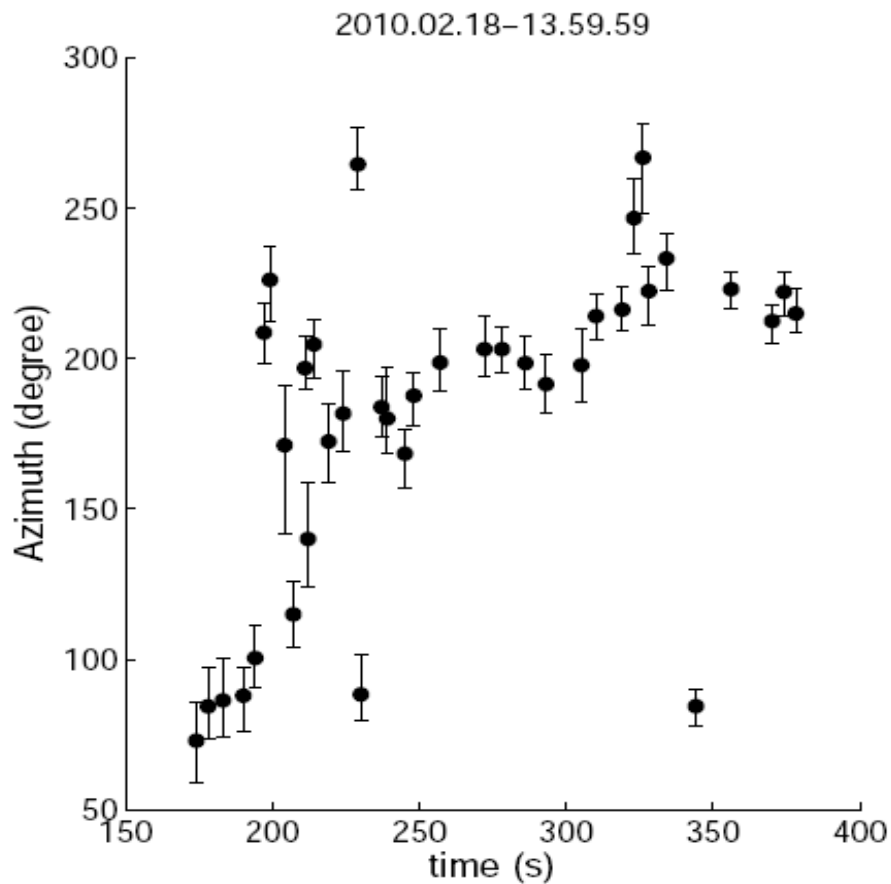
*Heure de la journée d'occurrence des avalanches*

=> Sur les 39 jours de mesures:  
 un pic en milieu de journée  
 un pic dans la nuit

**Hypothèse:** les avalanches s'écoulent dans un des 3 couloirs identifiés

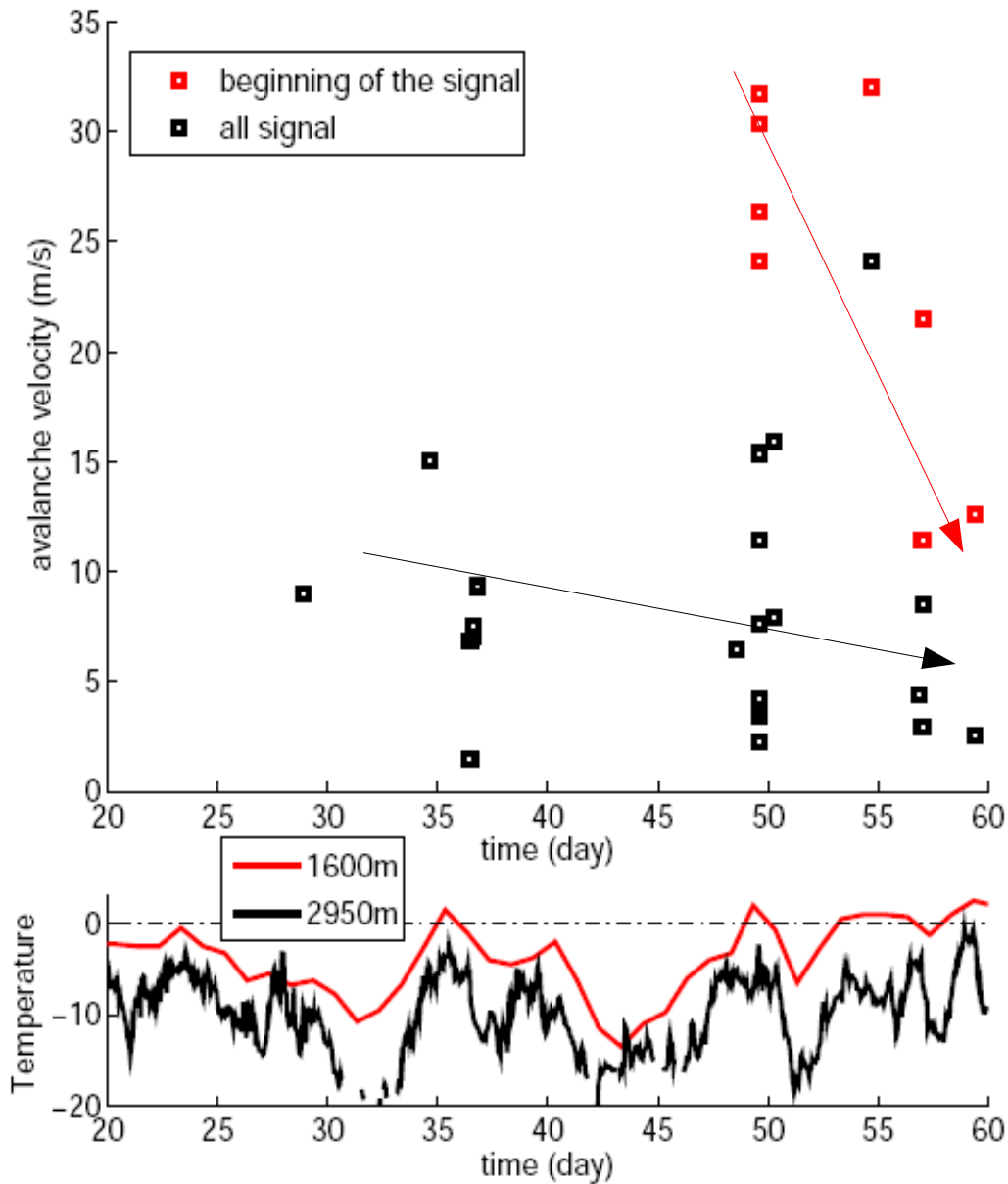
=> transformation azimuth -> (X,Y)

=> vitesse d'écoulement



Le signal est dominé tout d'abord par les impacts du front, puis par des chocs sur des obstacles en aval de l'antenne

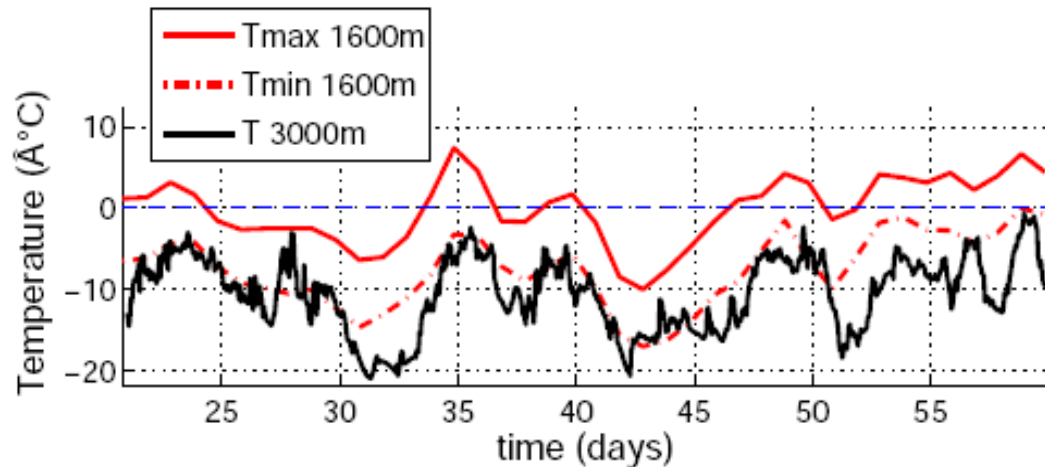
=> On estime la vitesse moyenne et la vitesse du front



Vitesses du front entre 50 et 110km/h

Vitesse avalanche corrélée avec température et pluie

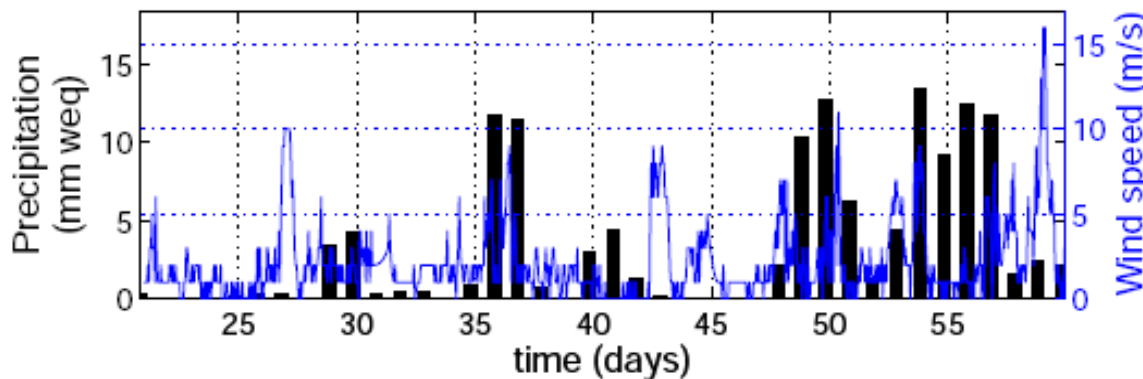
Vitesse estimée des avalanches de la face sud-ouest



## Stations météo:

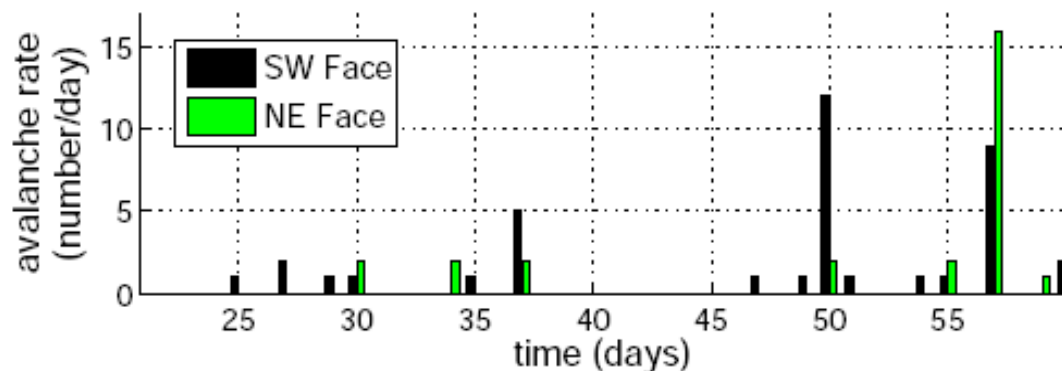
### Pré Clot:

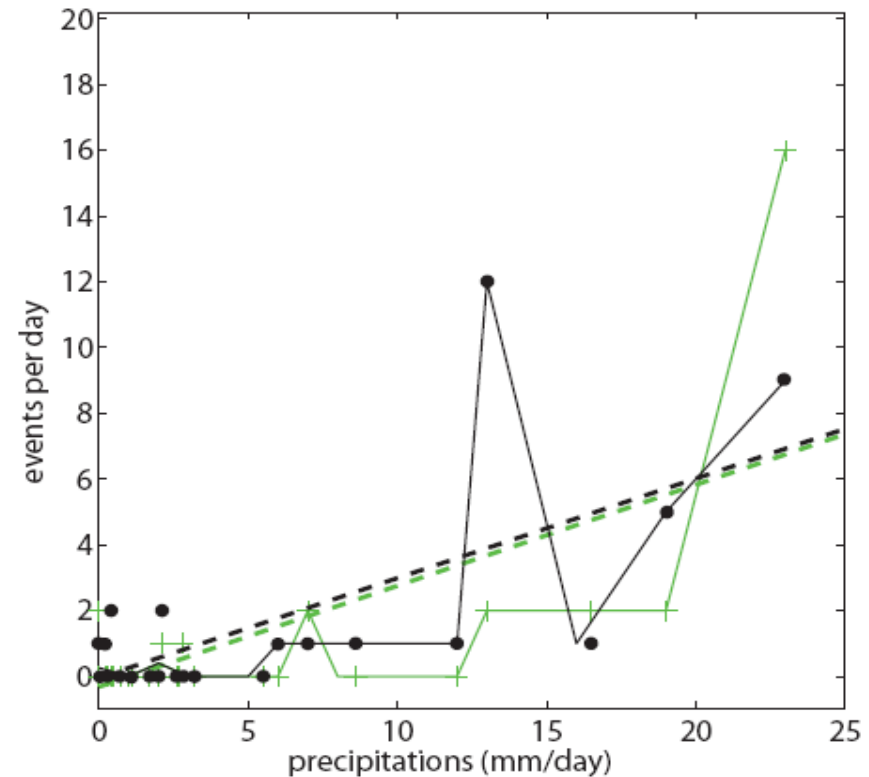
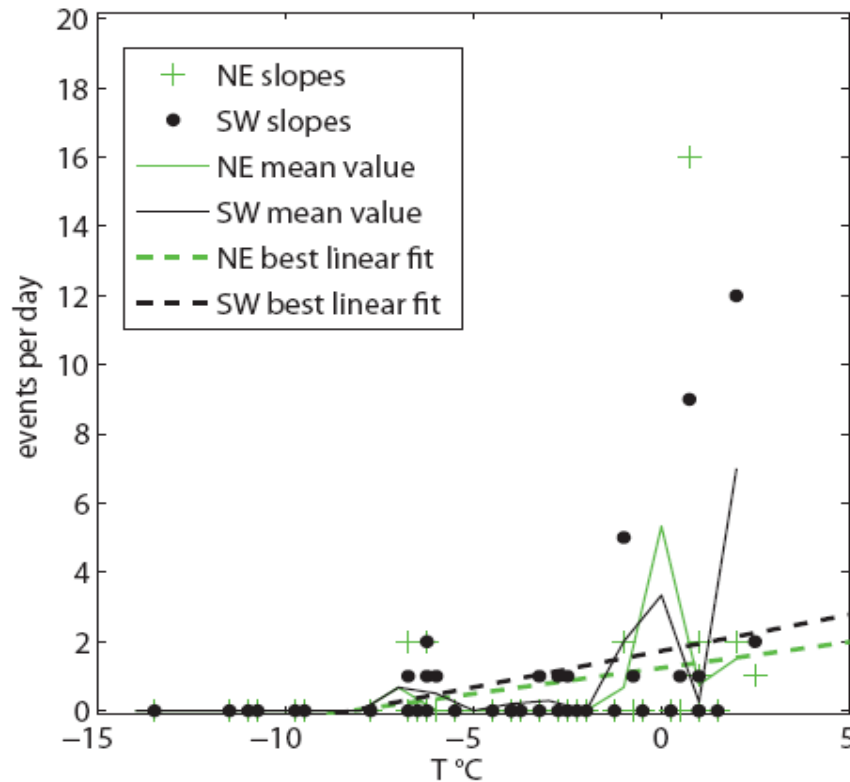
ped des couloirs  
alt 1600m  
échantillonnage au pas quotidien  
relevés manuels  
P, Tmin, Tmax



### Nivose Ecrins:

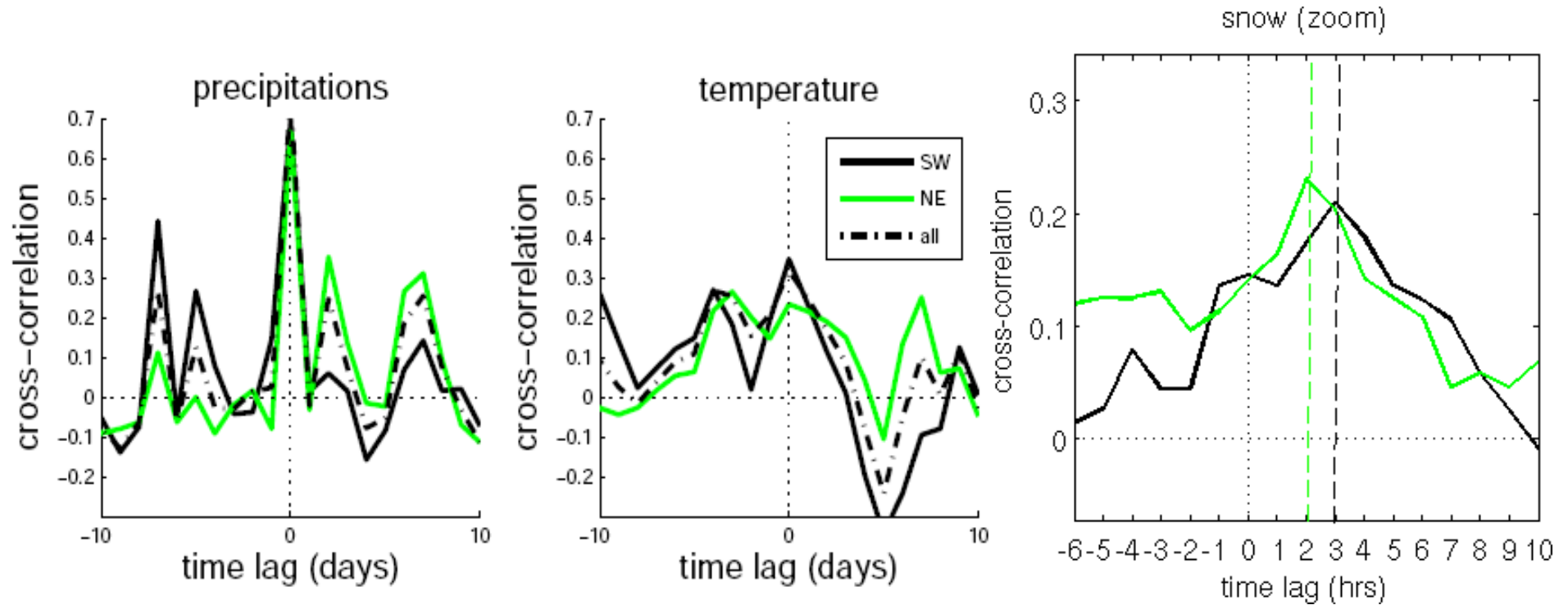
distance 12km  
alt 2950m  
échantillonnage au pas horraire  
relevés automatique  
Hsnow, Wind, T





Taux d'avalanches en fonction des températures et des précipitations en face NE (vert) et face SW (noir)

- Une faible surcharge suffit à déclencher
- taux d'avalanche augmente avec précipitation
- Lien avec T?



*Corrélation taux d'avalanche avec P, T, Hsnow*

=> forte corrélation avec les précipitations

=> décalage de 2h entre les précipitations et le déclenchement en face nord, 3h en face sud

## Résultats préliminaires:

### Méthodologiques

Apport de l'antenne par rapport au 3C

### Caractérisation de l'avalanche

Orientation de l'avalanche

Suivi de la propagation

Estimation de la vitesse

### Facteurs déclenchants

Impact prépondérant de la pluie sur le manteau neigeux

Système instable où une faible surcharge suffit à déclencher

Décalage de 2-3h entre la précipitation et le déclenchement

## Perspectives:

### facteurs déclenchants:

Données sur 40 jours -> période à étendre

Comparaison avec sortie chaîne SAFRAN/CROCUS/MEPRA -> impact évolution

Fragilité du manteau neigeux

### Prédiction:

Comparaison avec indices de risque à l'échelle d'un massif



