

Morphométrie des sastrugi suivie par laser-scan automatique au Col du Lac Blanc (Alpes Françaises, 2720 m)

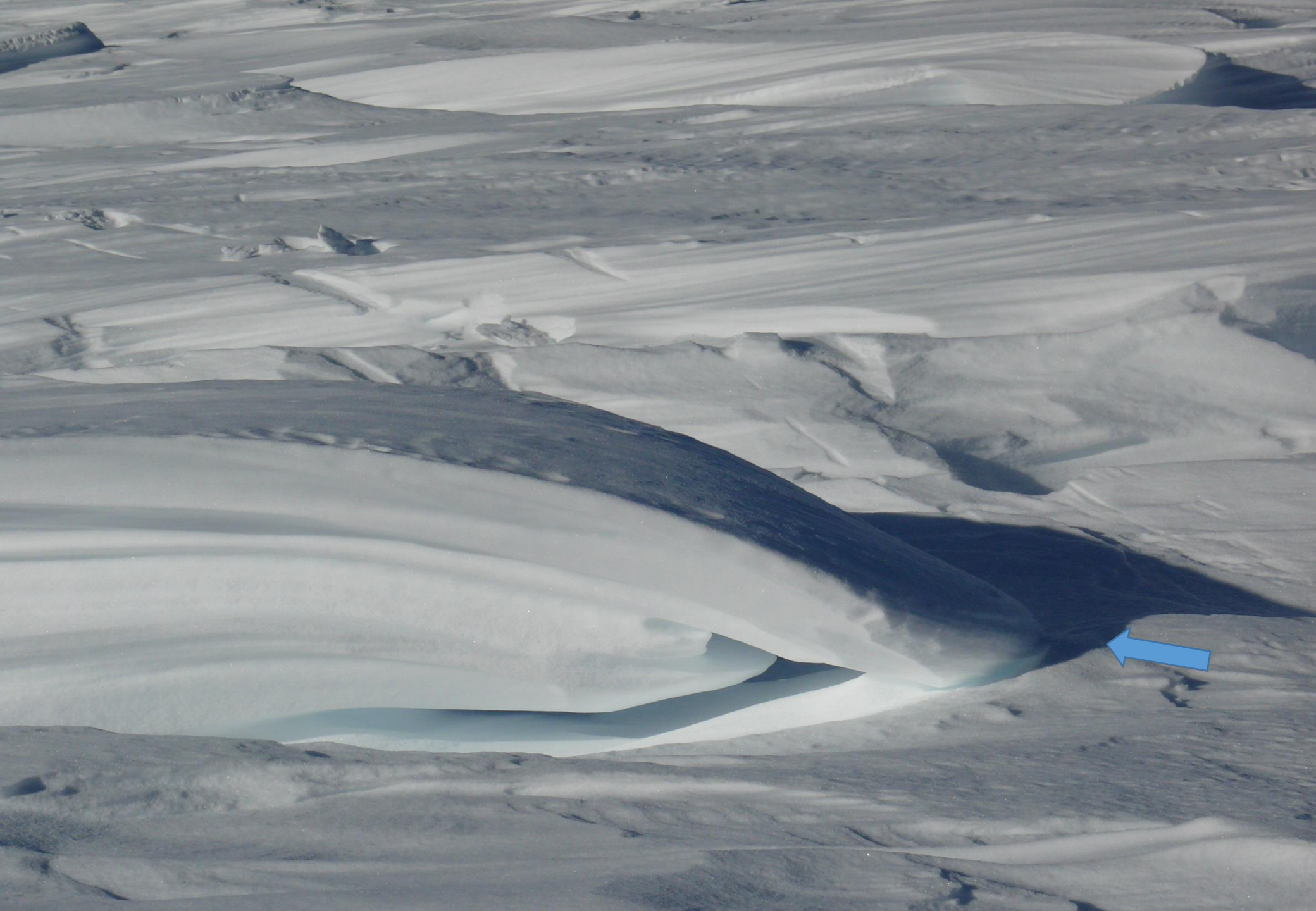
H. Bellot, L. Arnaud, F. Naaim-Bouvet, G. Picard, V. Vionnet







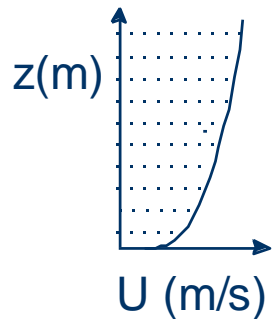




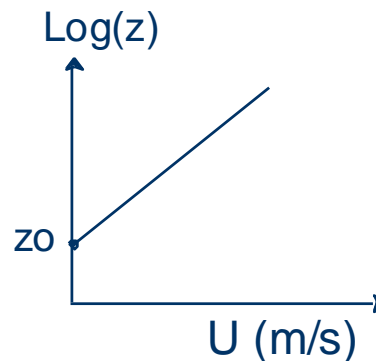
La rugosité modifie le flux de neige transporté

Couche limite atmosphérique neutre

Régime turbulent



$$U(z) = \frac{u_*}{k} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

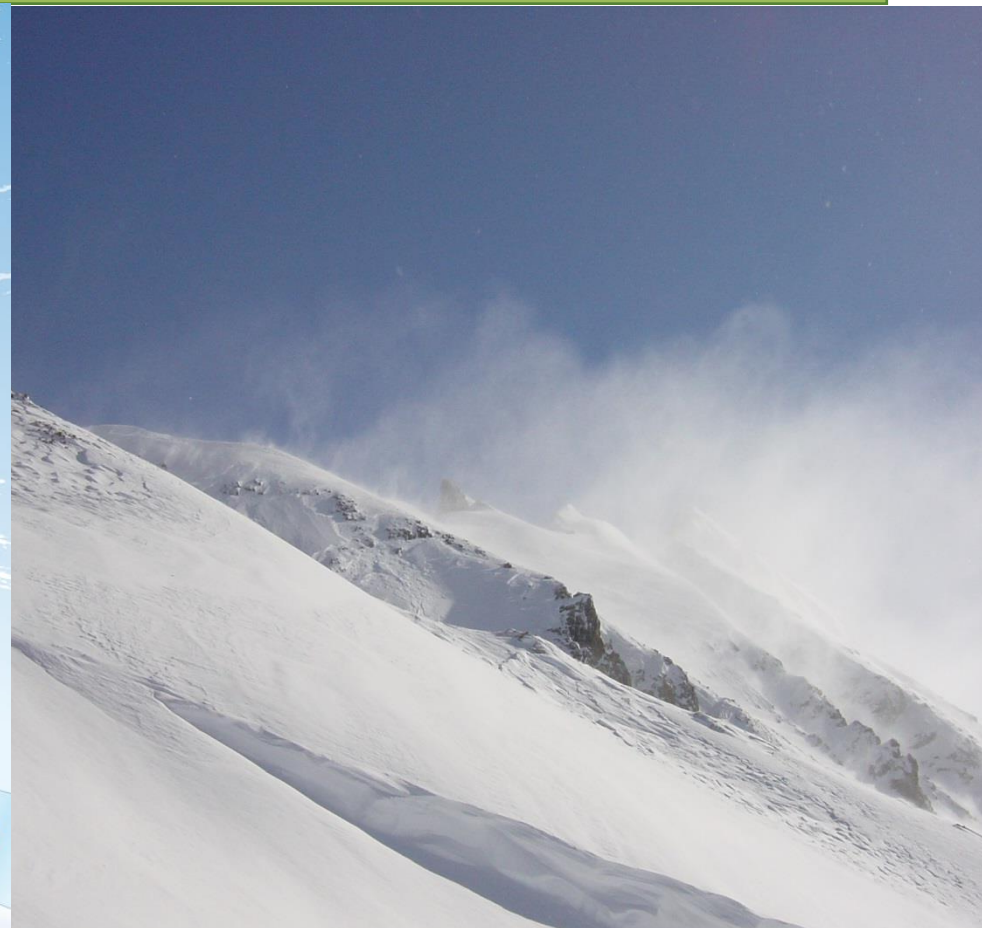
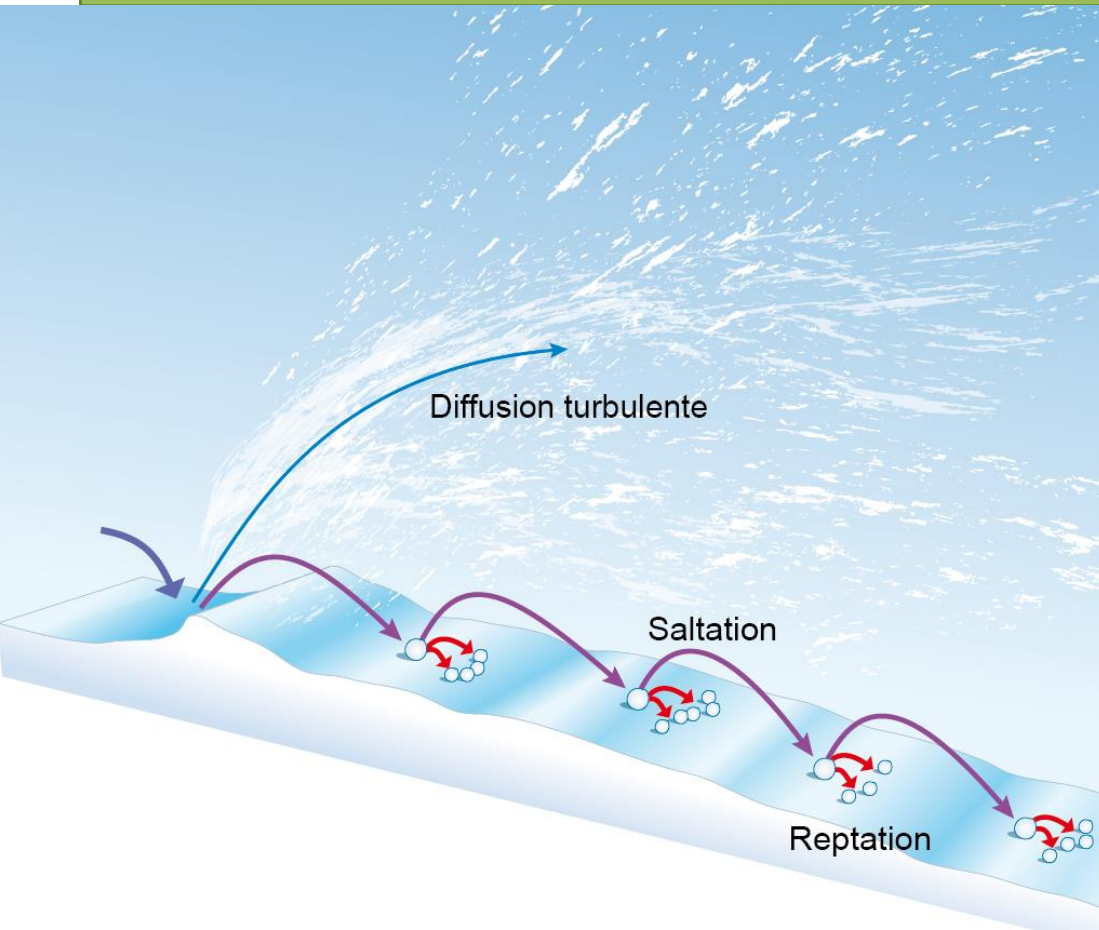


$$\tau = \rho u_*^2$$

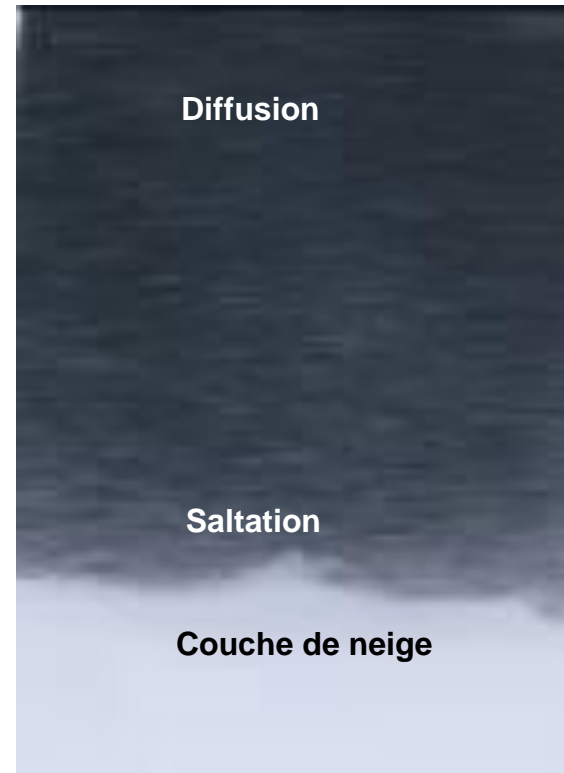
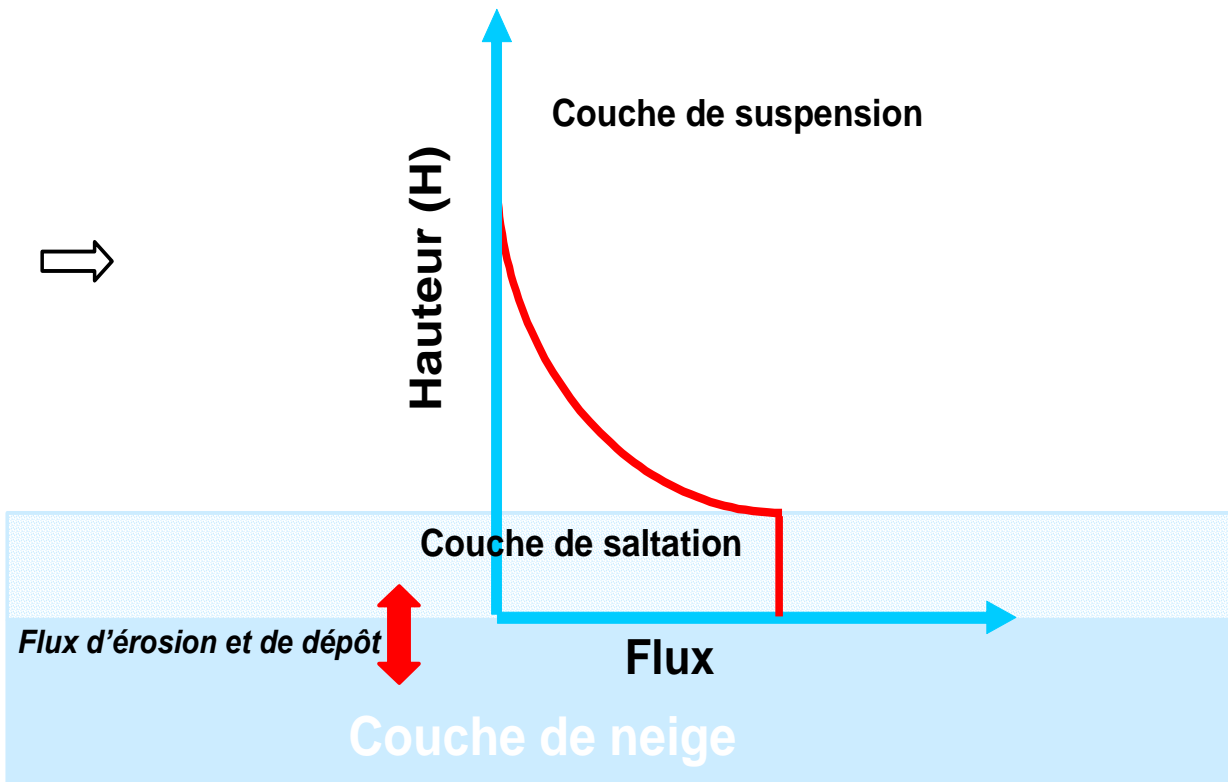


Pour un U_∞ donné, plus la rugosité Z_0 est grande plus la contrainte τ est faible

La rugosité modifie le flux de neige transporté
*Arrachement des particules pour un τ seuil (u_{*t})*

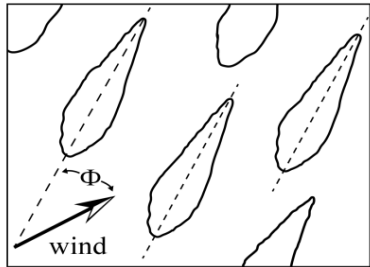
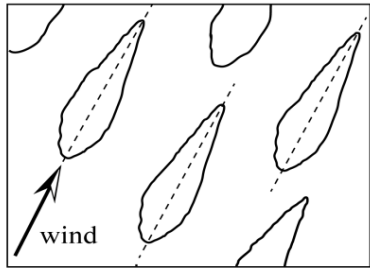


La rugosité modifie le flux de neige transporté



Plus la contrainte τ est faible, plus le flux dans la couche de saltation est faible

Assymétrie et complexité de la dynamique des sastruggi



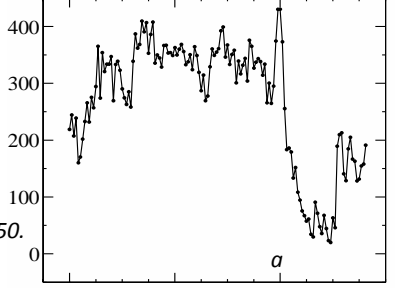
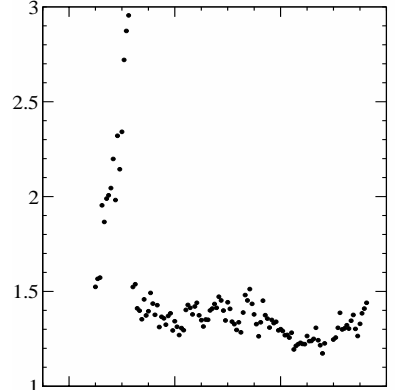
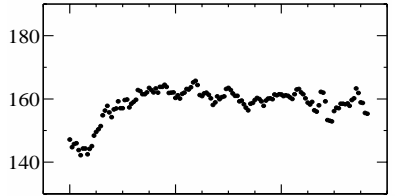
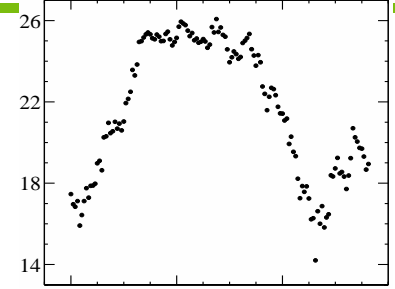
U_{2m} [m.s⁻¹]

Direction [deg]

$10^3 C_{DN10}$

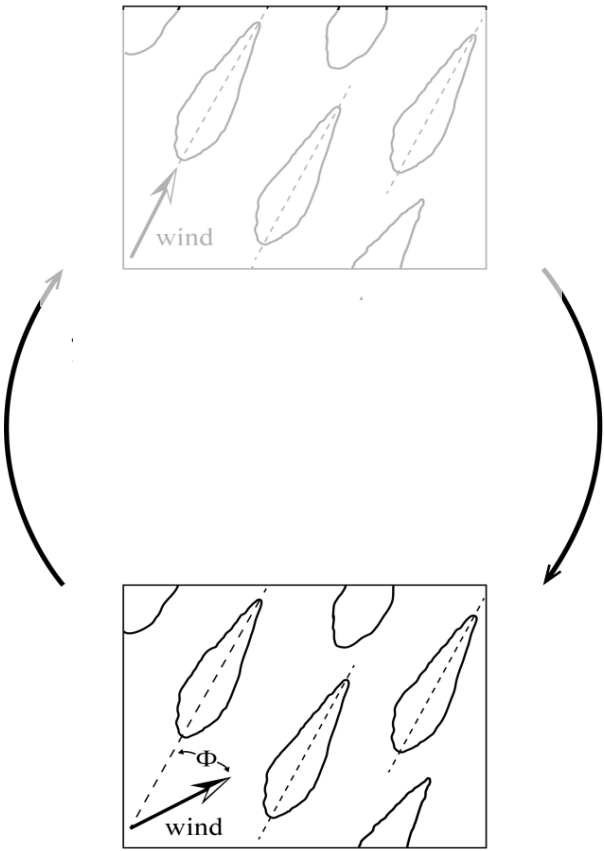
$$C_{DN10} = [\kappa / \ln(10/z_0)]^2$$

Flux horizontal de neige
[g.m⁻².s⁻¹]



Amory, C., Naaim-Bouvet, F., Gallée, H., Vignon, E., 2016, Brief communication : two well-marked cases of aerodynamic adjustment of sastrugi, *The Cryosphere*, 10, 743-750.
Amory, C., H. Gallée, F. Naaim-Bouvet, V. Favier, E. Vignon, G. Picard, A. Trouvilliez, L. Piard, C. Genthon and H. Bellot, 2016, Seasonal variations in drag coefficients over sastrugi-covered snowfield of coastal East Antarctica. *Boundary Layer Meteorology*, 2017

Assymétrie et complexité de la dynamique des sastruggi



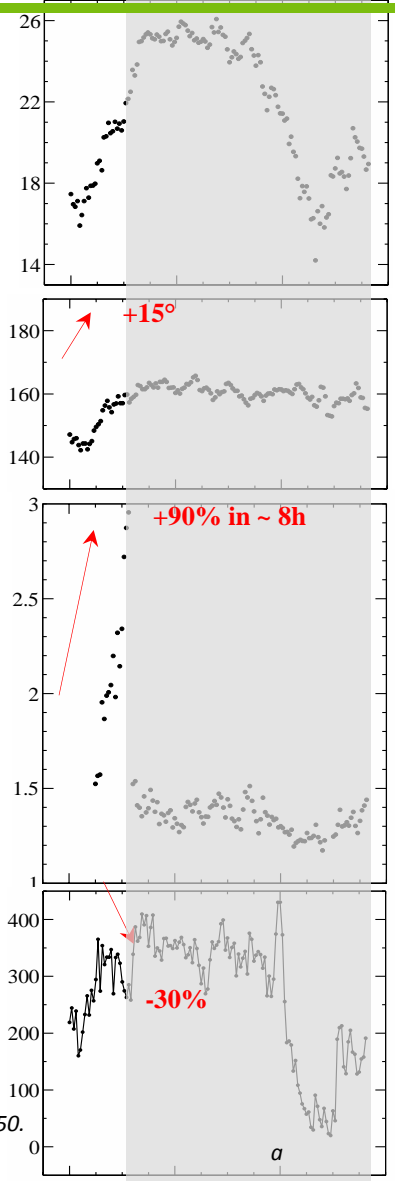
U_{2m} [m.s⁻¹]

Direction [deg]

$10^3 C_{DN10}$

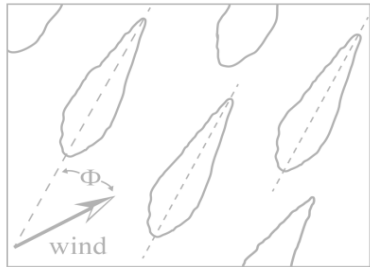
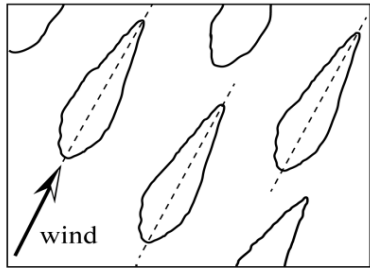
$$C_{DN10} = [\kappa / \ln(10/z_0)]^2$$

Flux horizontal de neige
[g.m⁻².s⁻¹]



Amory, C., Naaim-Bouvet, F., Gallée, H., Vignon, E., 2016, Brief communication : two well-marked cases of aerodynamic adjustment of sastrugi, *The Cryosphere*, 10, 743-750.
Amory, C., H. Gallée, F. Naaim-Bouvet, V. Favier, E. Vignon, G. Picard, A. Trouvilliez, L. Piard, C. Genthon and H. Bellot, 2016, Seasonal variations in drag coefficients over sastrugi-covered snowfield of coastal East Antarctica. *Boundary Layer Meteorology*, 2017

Assymétrie et complexité de la dynamique des sastruggi



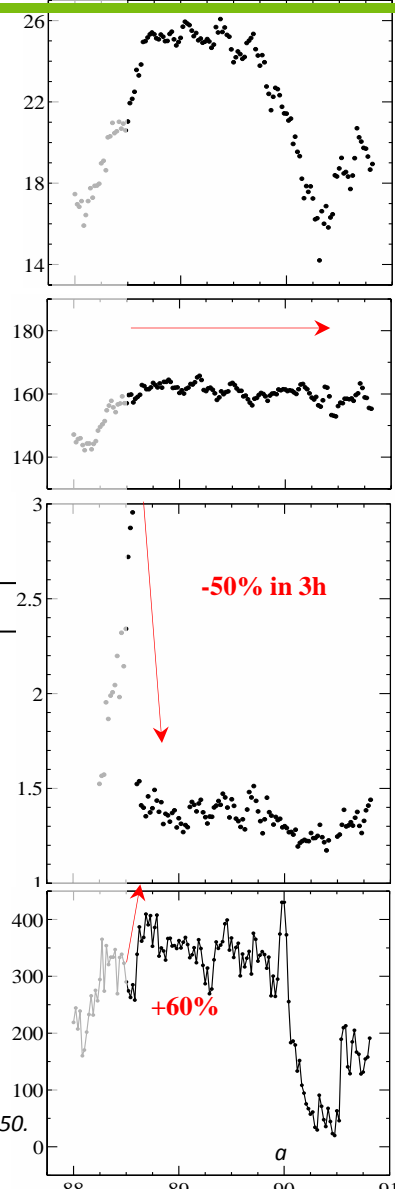
U_{2m} [m.s⁻¹]

Direction [deg]

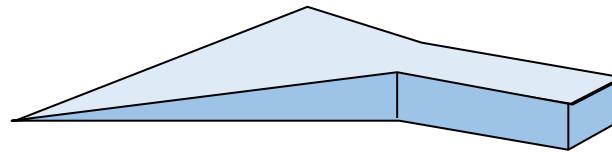
$10^3 C_{DN10}$

$$C_{DN10} = [\kappa / \ln(10/z_0)]^2$$

Flux horizontal de neige
[g.m⁻².s⁻¹]

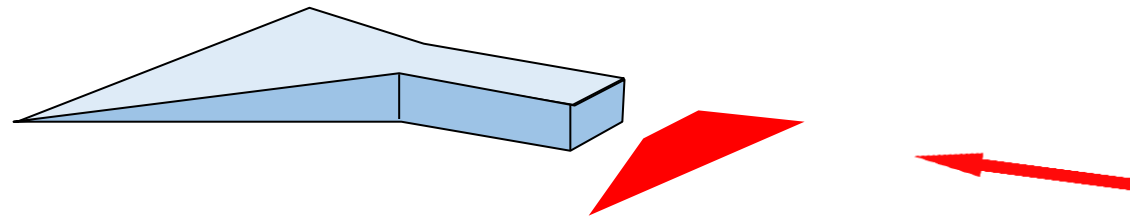


Représentation schématique d'un sastrugi (*Jackson et Carroll, 1977*)



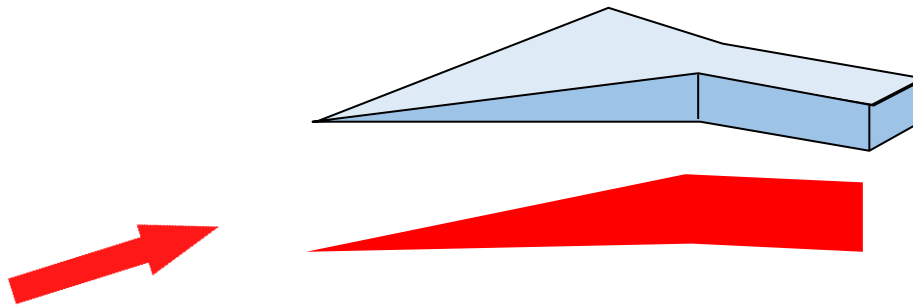
Représentation schématique d'un sastrugi (Jackson et Carroll, 1977)

$$z_0 = \frac{0.5 \cdot h \cdot S}{A} \quad (\text{Lettau, 1969})$$



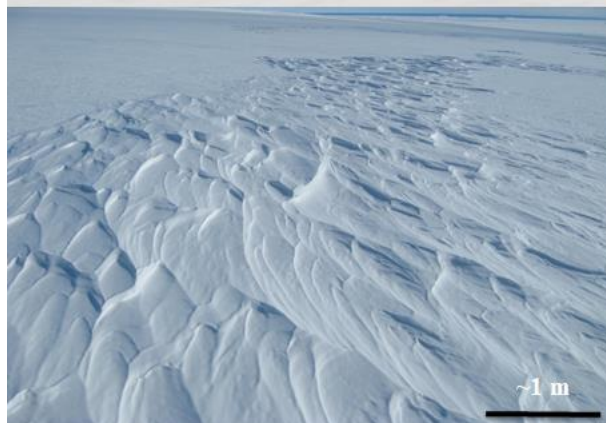
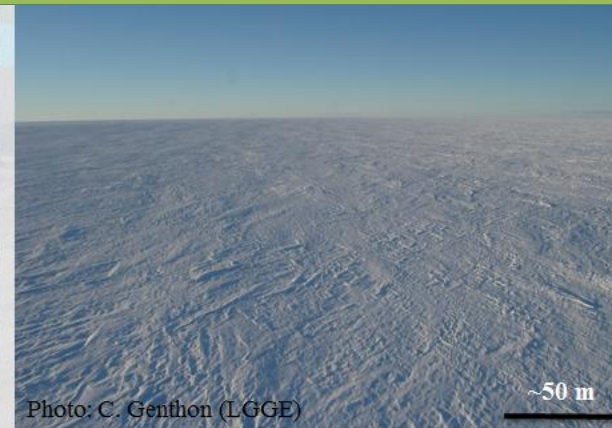
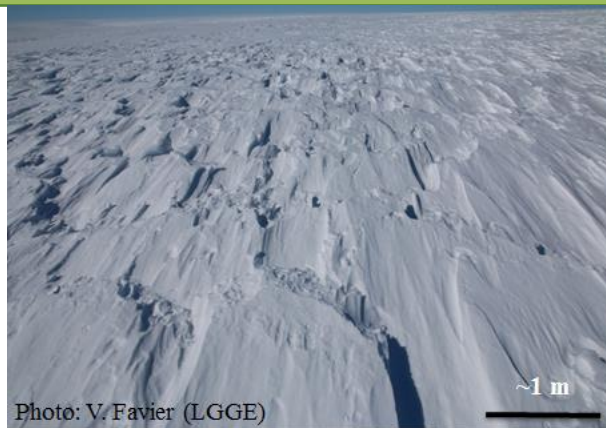
Représentation schématique d'un sastrugi (Jackson et Caroll, 1977)

$$z_0 = \frac{0.5 \cdot h \cdot S}{A} \quad (\text{Lettau, 1969})$$



Déterminer :

- Les conditions, temps de formation et de réajustement aérodynamique des sastruggi
- La variation des propriétés aérodynamiques en fonction de la direction du vent



Col du Lac Blanc

Col du Lac Blanc (2720 m) :

Un observatoire du SOERE Cryobs-Clim :

- dédié à l'étude du transport de neige par le vent sujet à la formation de sastrugi
- disposant d'une instrumentation performante dédiée



Col du Lac Blanc

Profils de vent et flux de neige transportée



Suivi de surface par laser-scan automatique journalier bas coût (IGE)

Lasermètre (DIMETIX FLS-CH 30 avec chauffage)

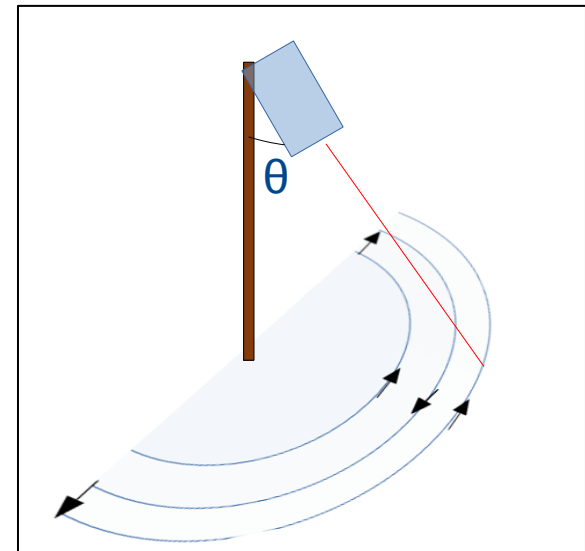
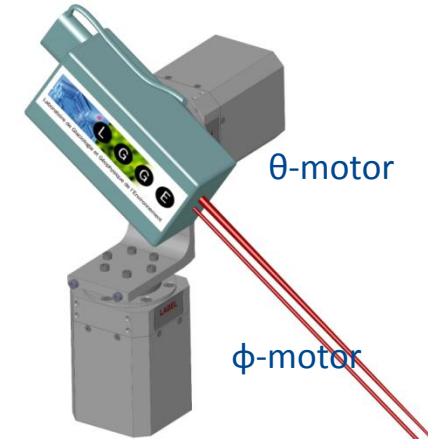
- laser
- précision 3 mm
- distance max 65 m
- gamme de température : -40°C to +50°C

Plateforme avec 2 axes de rotation

- précision : 0.05°
- vitesse : 0.5 - 8 deg/s

Production d'une carte de hauteur

- série d'arcs concentriques à vitesse constante de 19 à 62°
- Résolution constante au sol
- 200 000 points en 4 heures



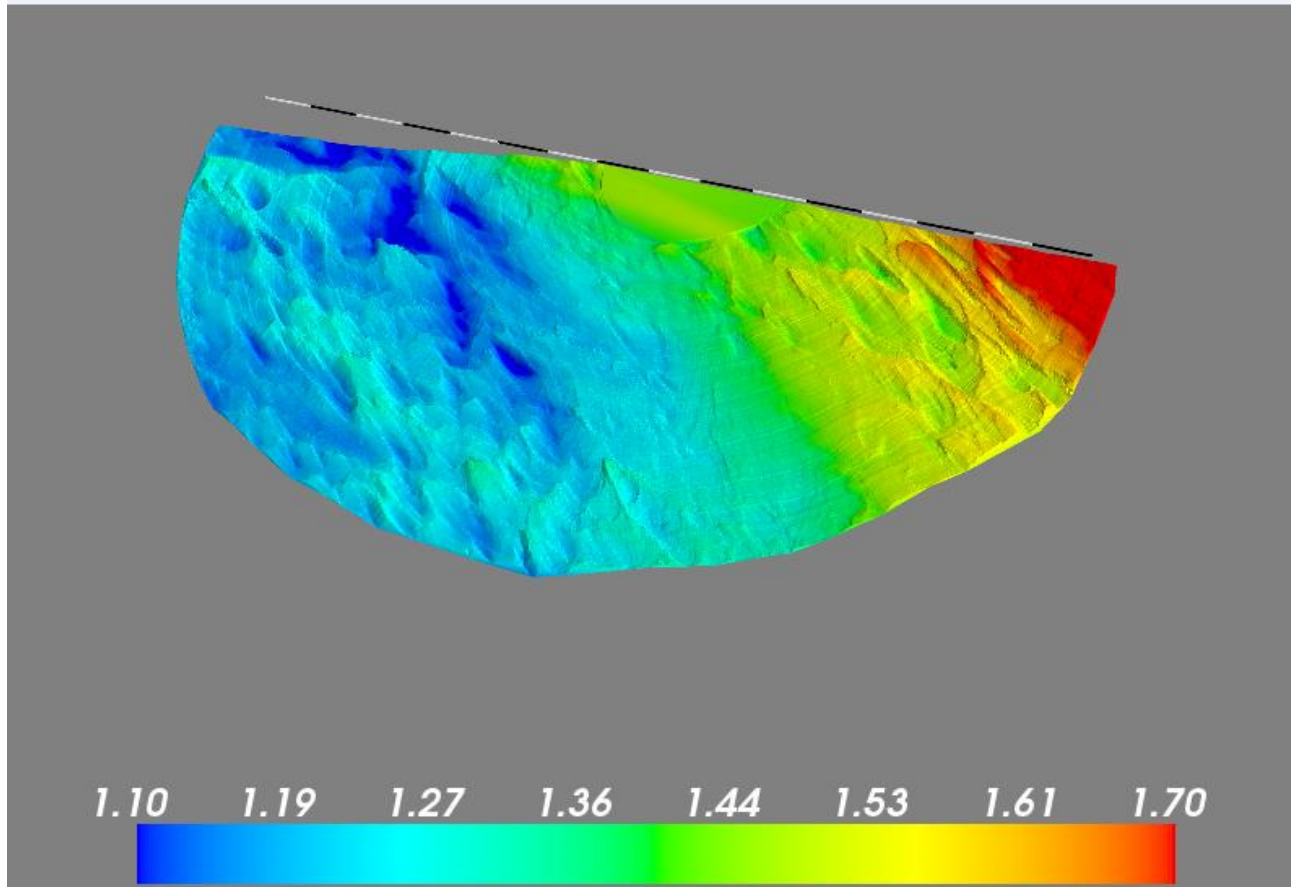
Suivi de surface par laser-scan automatique journalier bas coût (IGE)



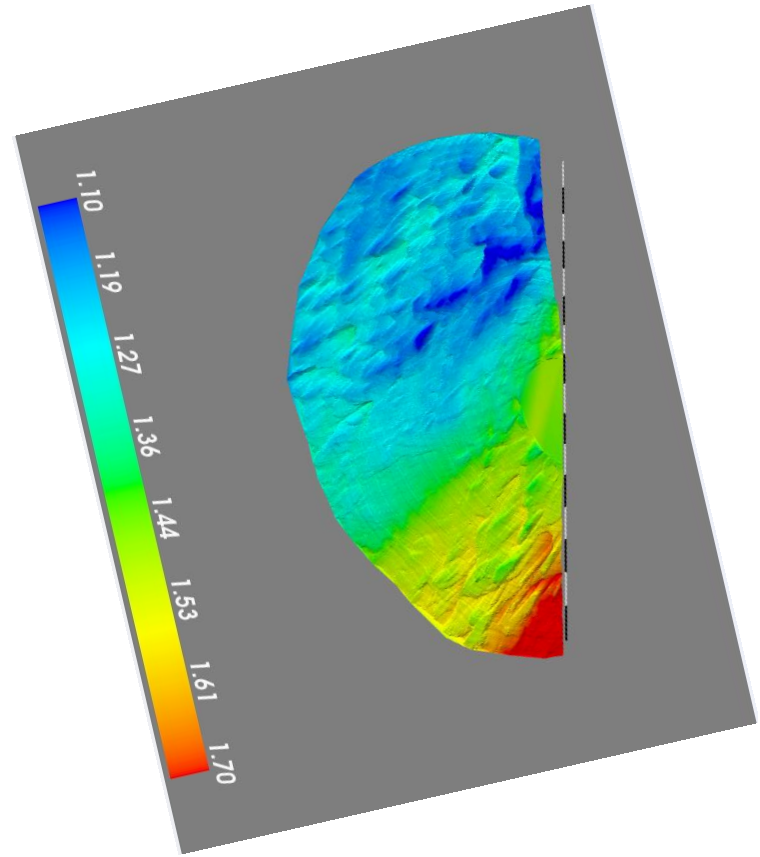
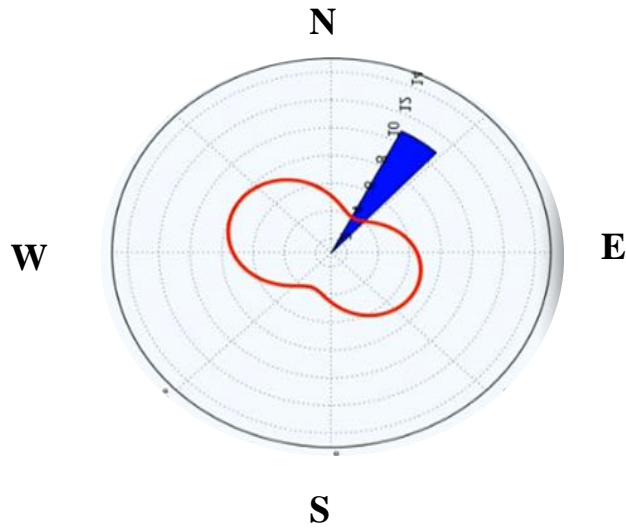
Suivi de surface par laser-scan automatique journalier bas coût (IGE)



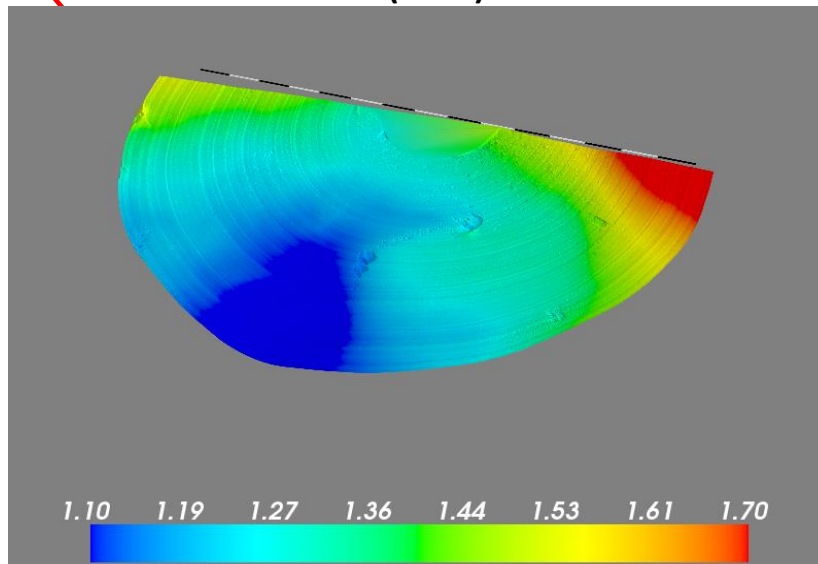
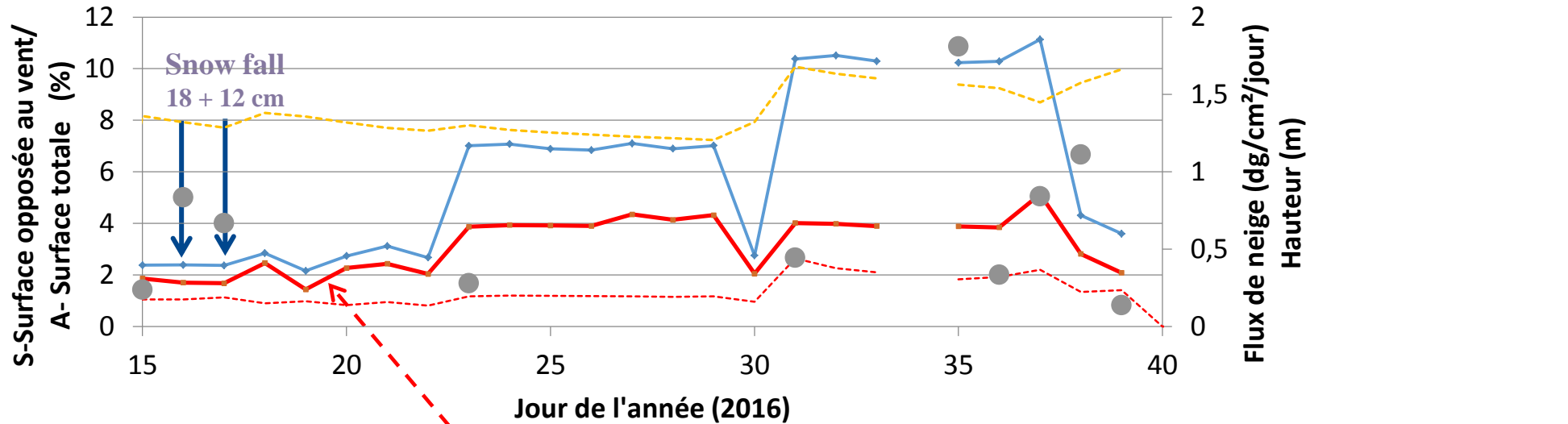
Traitement des données : caractéristiques des sastruggi



Traitement des données : caractéristiques des sastruggi



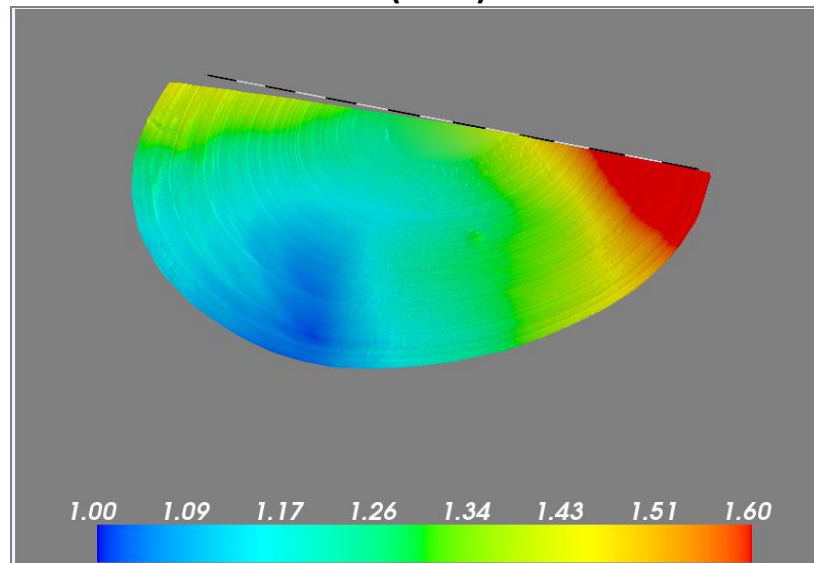
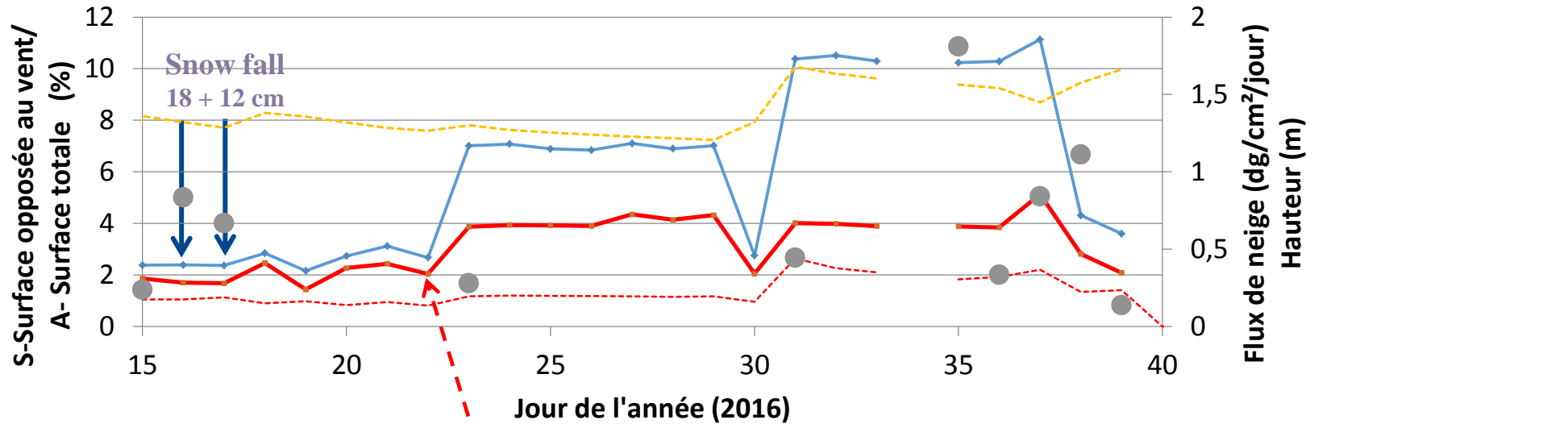
Traitement des données : caractéristiques des sastruggi



- ◆— S/A maximal
- S/A minimal
- Flux de neige
- - - Hauteur moy. de neige
- - - Hauteur moyenne des sastruggi

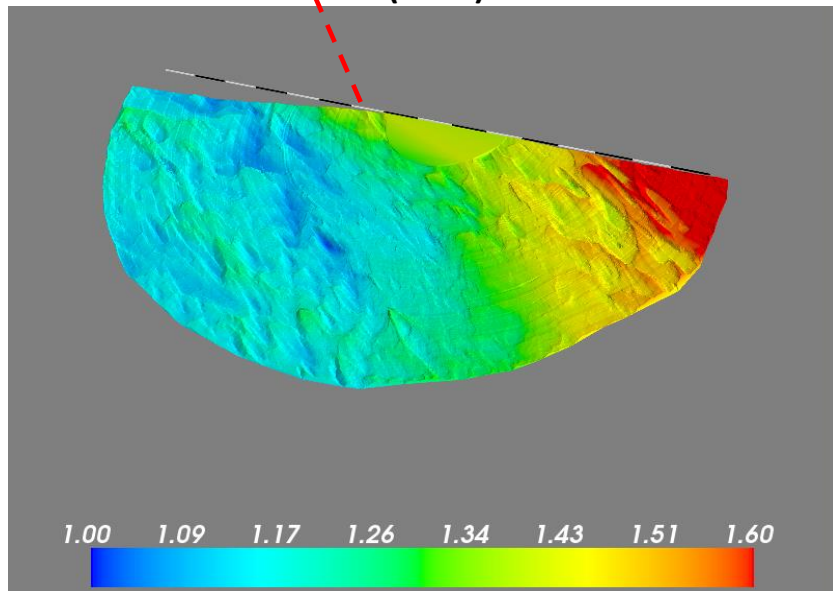
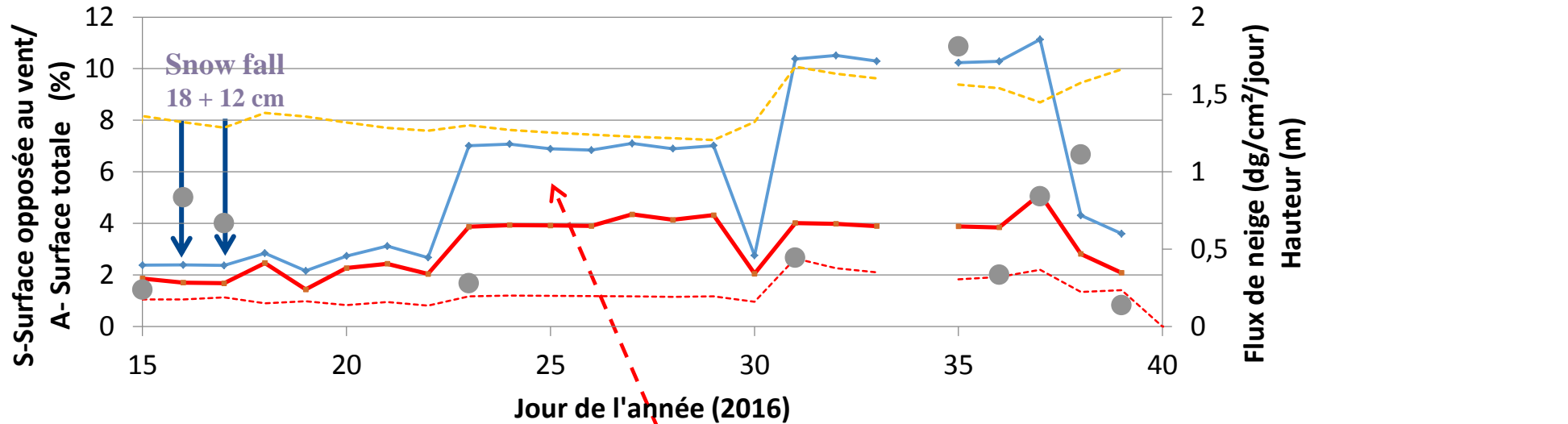
1.10 1.19 1.27 1.36 1.44 1.53 1.61 1.70

Traitement des données : caractéristiques des sastruggi



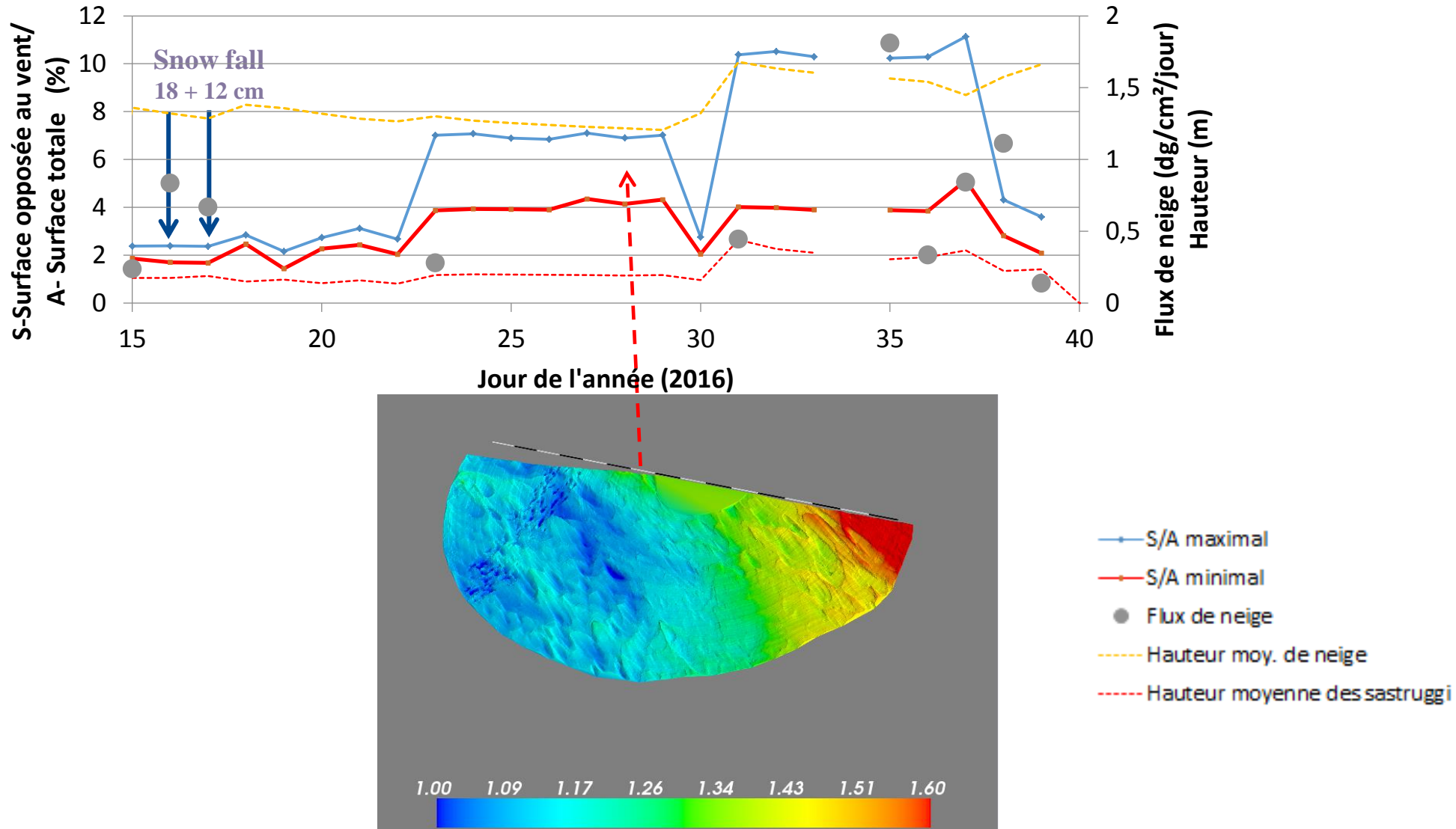
- S/A maximal
- S/A minimal
- Flux de neige
- - - Hauteur moy. de neige
- - - Hauteur moyenne des sastruggi

Traitement des données : caractéristiques des sastruggi

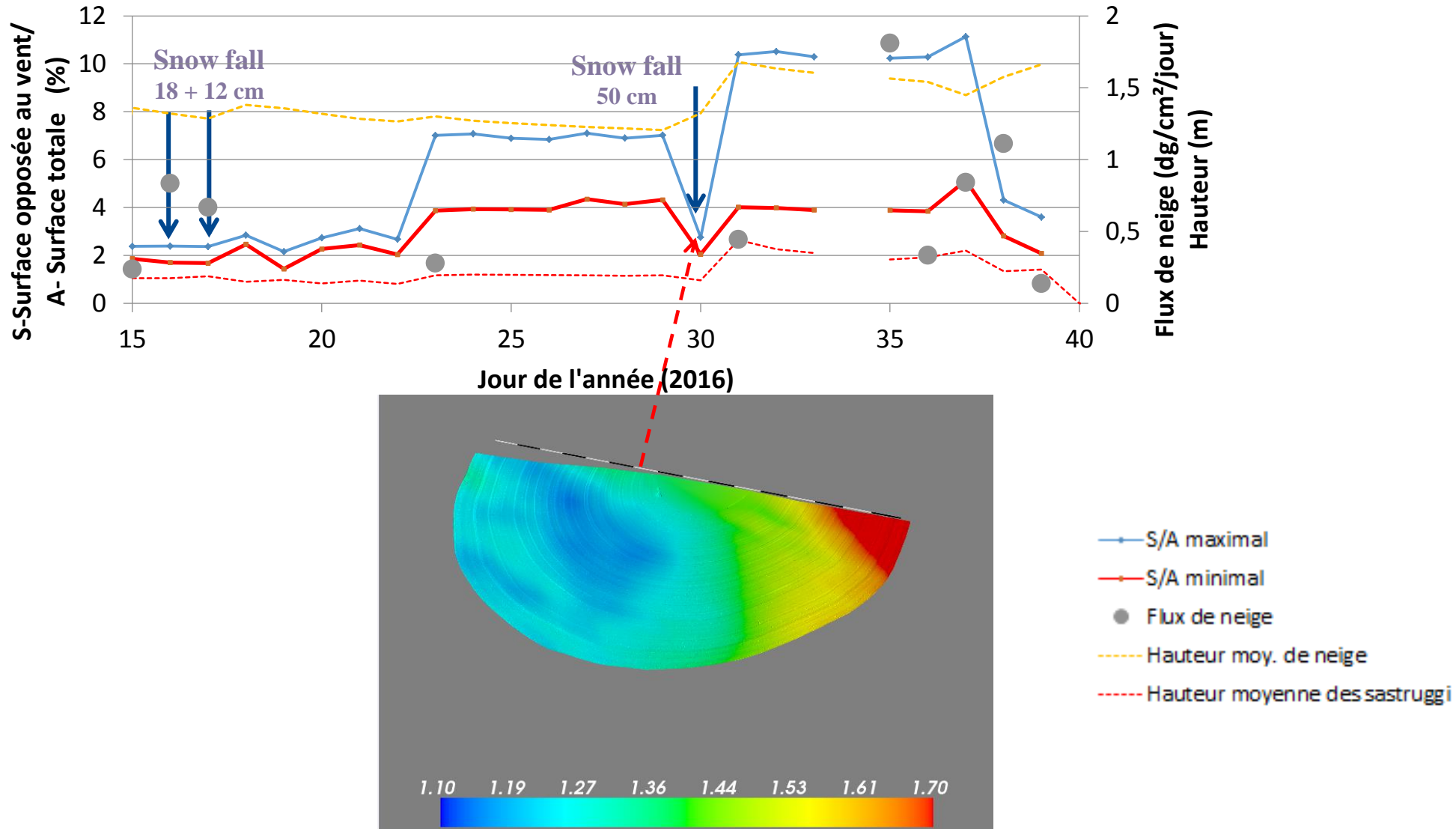


- ◆— S/A maximal
- S/A minimal
- Flux de neige
- - - Hauteur moy. de neige
- - - Hauteur moyenne des sastruggi

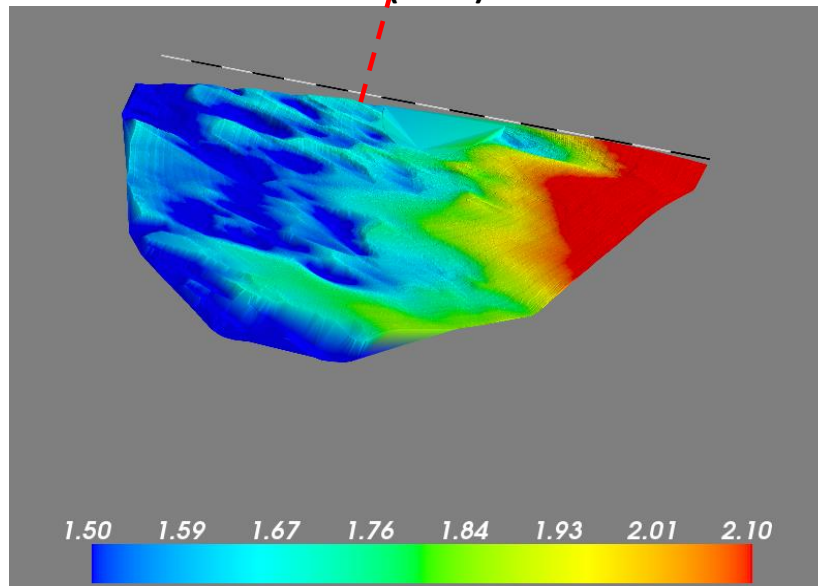
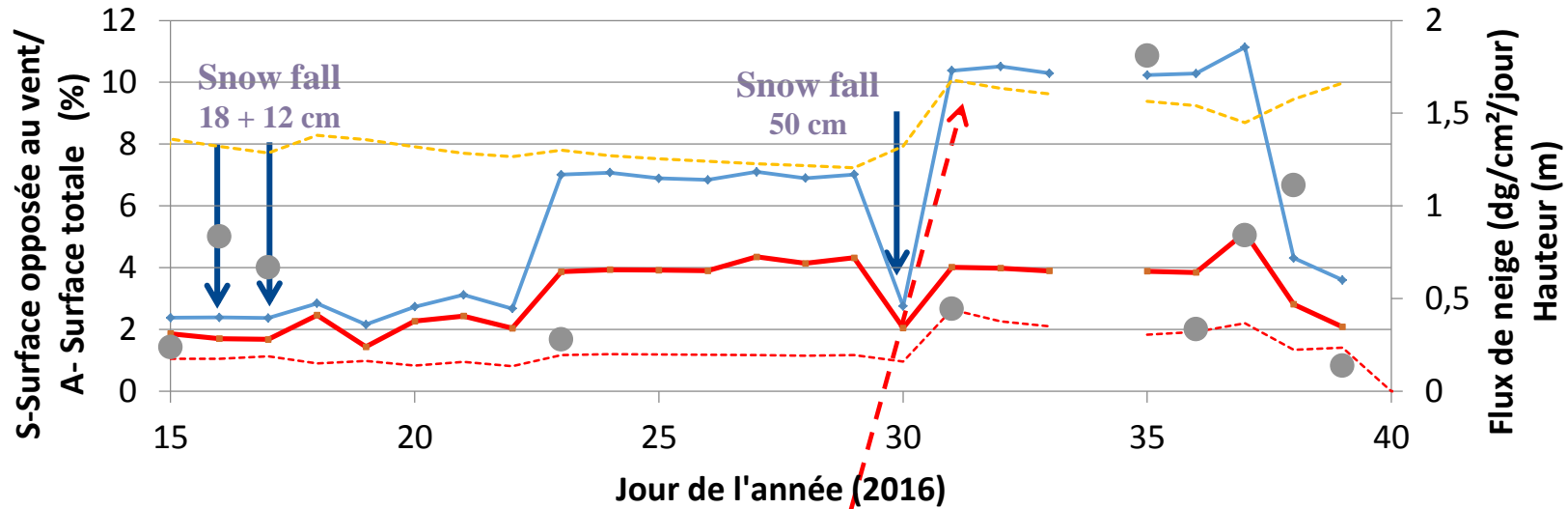
Traitement des données : caractéristiques des sastruggi



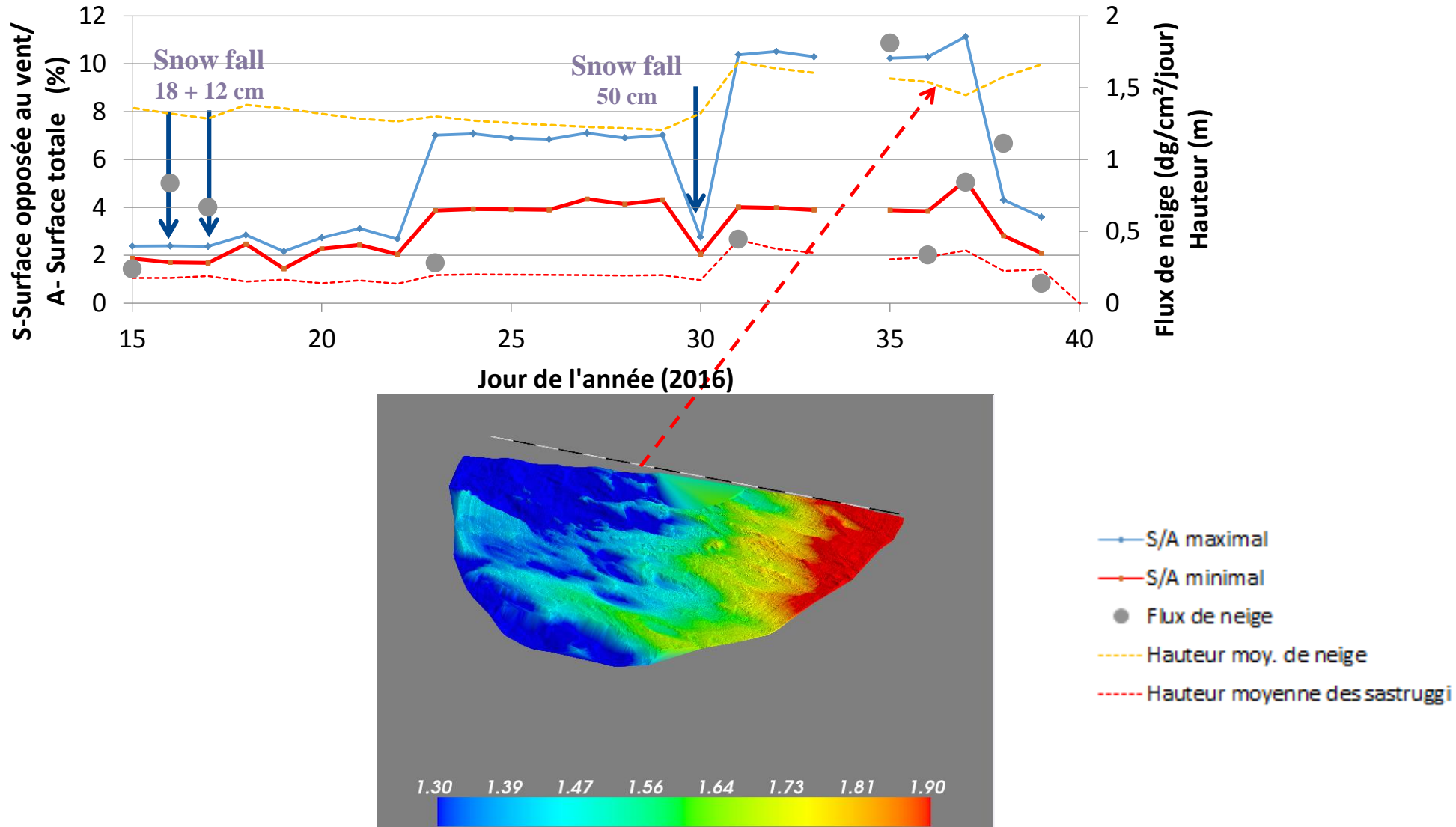
Traitement des données : caractéristiques des sastruggi



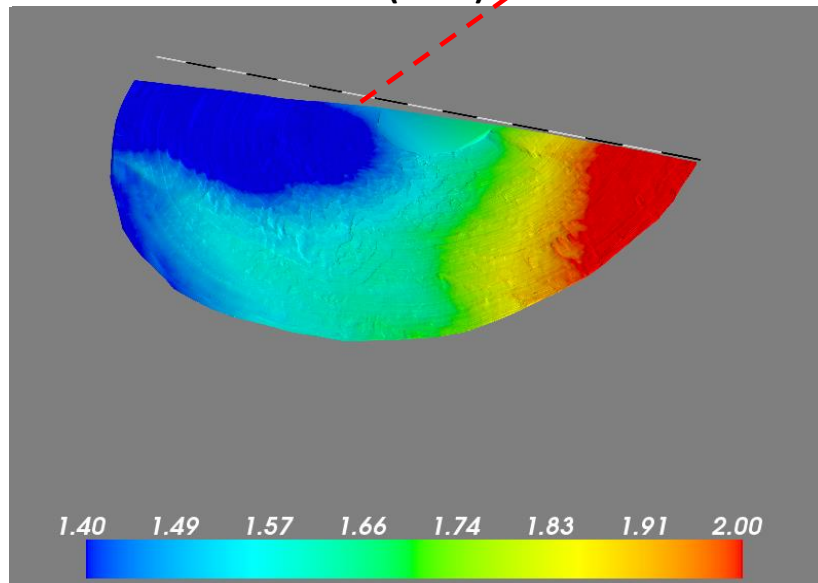
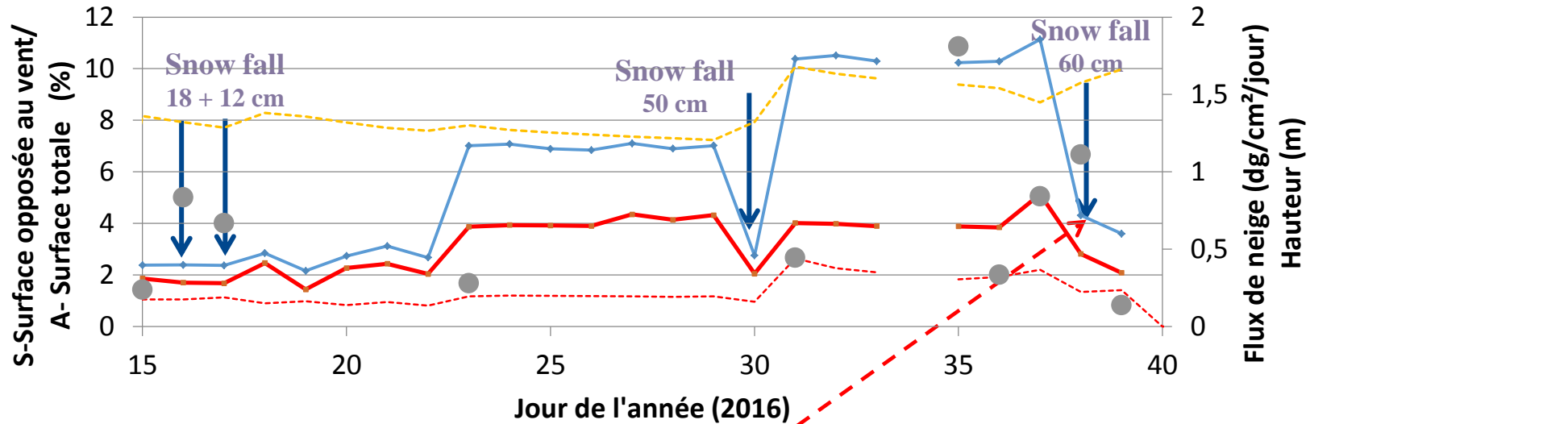
Traitement des données : caractéristiques des sastruggi



Traitement des données : caractéristiques des sastruggi

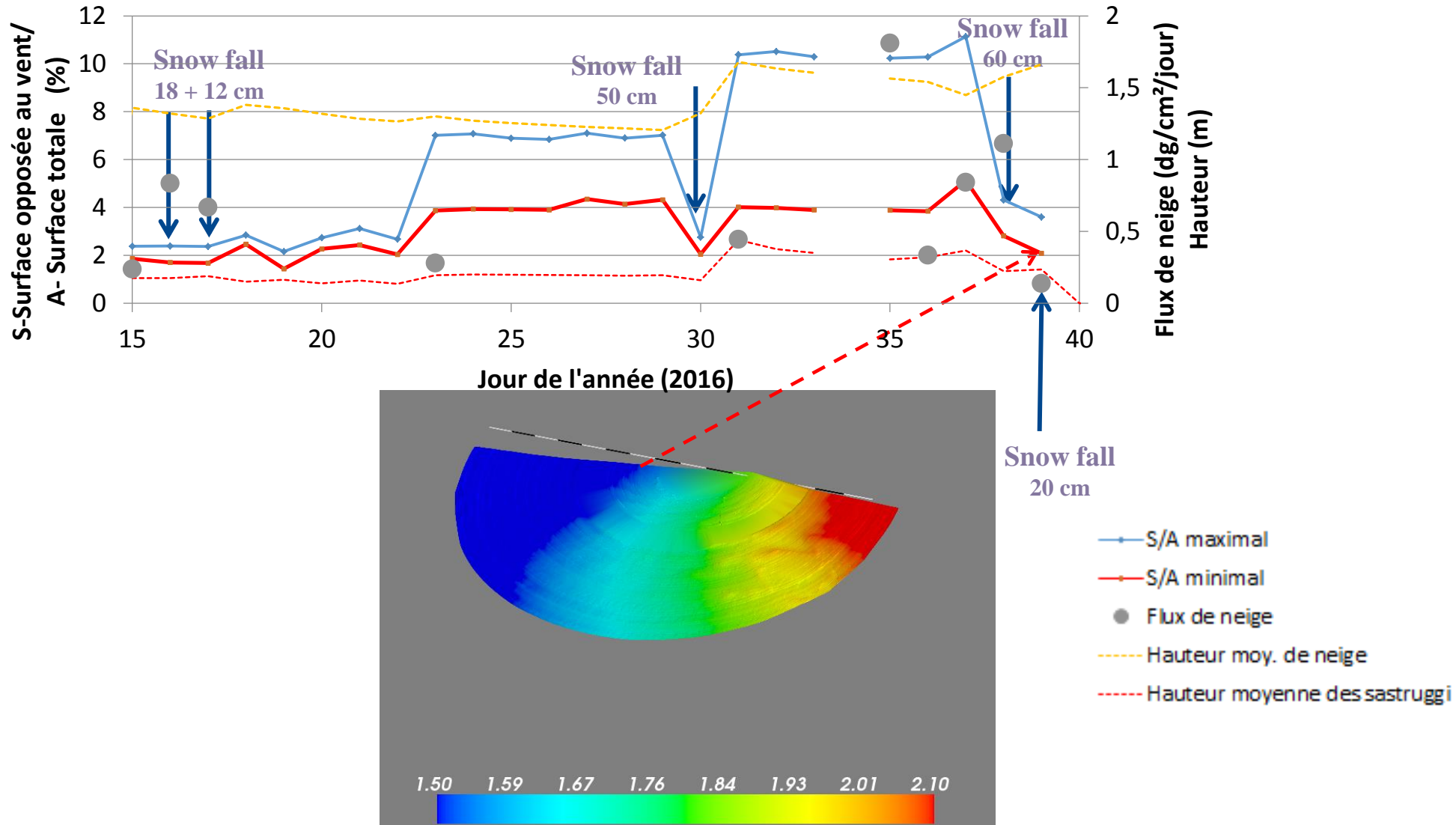


Traitement des données : caractéristiques des sastruggi

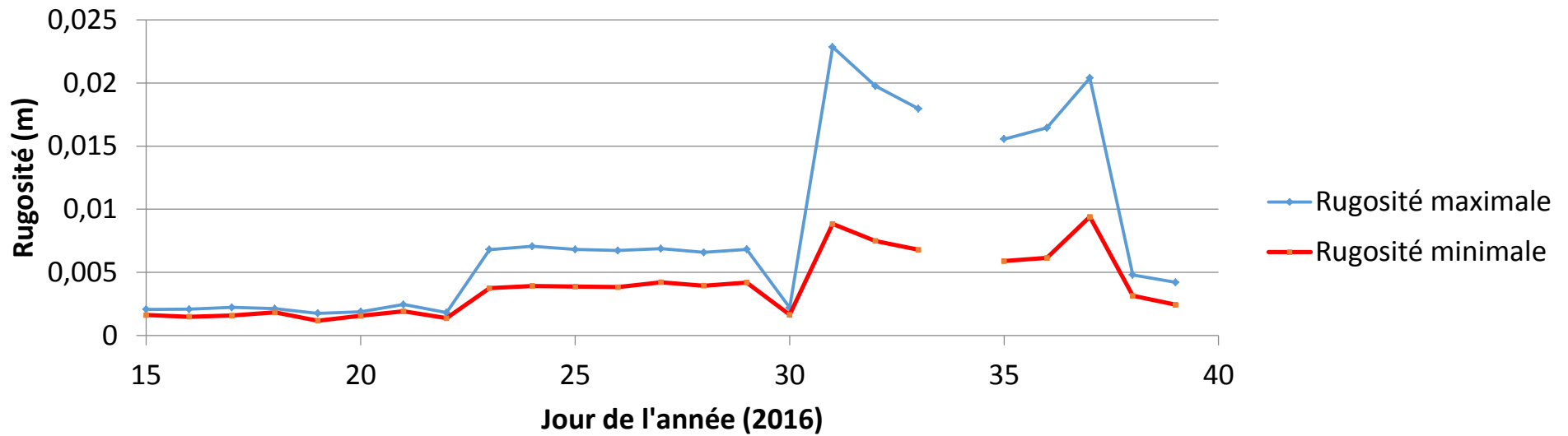


- S/A maximal
- S/A minimal
- Flux de neige
- - - Hauteur moy. de neige
- - - Hauteur moyenne des sastruggi

Traitement des données : caractéristiques des sastruggi



Rugosités



$$z_0 = \frac{0.5 \cdot h \cdot S}{A}$$

Ordre de grandeur pour z_0 max: 5 cm pour sastrugi de 50 cm
(Jackson and Carroll, 1978)

Conclusions (Hiver 2016)

Laserscan :

- 86% des des scans journaliers sont complets et valides

Sastruggi :

- La formation de sastruggi peut être automatiquement détectée à partir du traitement des MNT issus du laser-scan
- Les sastruggi se forment pour une vitesse de vent supérieure à 10 m.s^{-1} avec un temps de formation inférieure à la journée
- La rugosité peut différer de façon significative en fonction de la direction du vent mais aussi en fonction du type de sastruggi

Hivers 2017 et 2018:

- La fréquence des scans n'est pas suffisante → acquisition bi-quotidienne
- Les liens avec la rugosité aérodynamique mesurée effectivement restent à déterminer
→ mise en place de 2 mâts de mesures anémométriques



Perspectives

Hivers 2017 et 2018 :

- Représentativité de la zone de mesures → campagnes Drones



Remerciements : SOERE CRYOBS-CLIM

Firmin Fontaine, Gilbert Guyomarc'h, Yannick Deliot, Fred Ousset, Xavier Ravanat, Mickael Deschâtres, Pascal Humbert, Eric Mermin, Laurent Borgniet