

Imagerie satellitaire radar Haute Résolution (HR) spatiale appliquée à la prévention des risques glaciaires.

Michel Gay¹ **Olivier Harant**^{1 3} **Lionel Bombrun**² **Xuan Vu Phan**¹ **Laurent Ferro-Famil**³ **Laurent Ott**¹ **Renaud Fallourd**² **Emmanuel Trouvé**²

¹Grenoble Image Parole Signal et Automatique (GIPSA-lab)

²Laboratoire, d'Informatique Systeme, Traitement de l'Information et de la Connaissance (LISTIC)

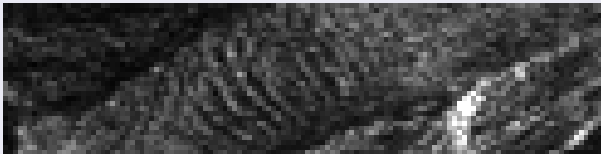
³IETR Laboratory, SAPHIR Team, University of Rennes 1



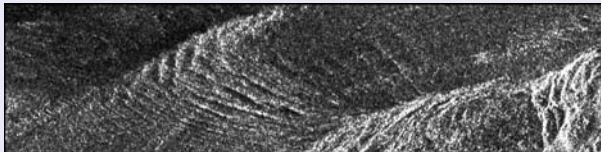
GlaRiskAlp

March 12, 2012

Images radar haute résolution spatiale (métrique), zoom glacier d'Argentière



(a) ERS 1995-07-09

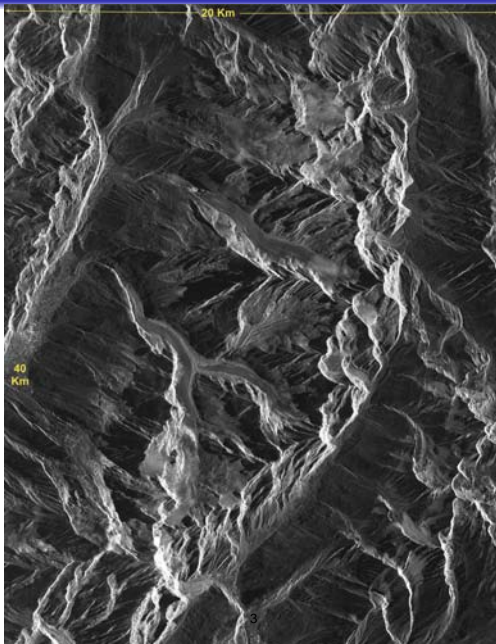


(b) TSX 2009-01-06

Applications aux risques naturels :

- **Glaciers, glaciers rocheux**, permafrost, volcans, séismes, glissement de terrain, inondations, éboulements etc...

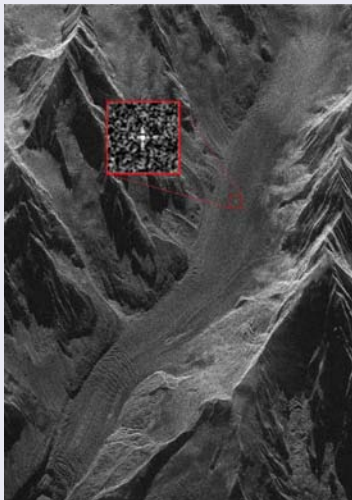
Spatialisation de l'information : image TerraSAR-X de la vallée de Chamonix.



- 1 Argentière : site test
- 2 Mesure de déplacement : corrélation d'intensité
- 3 Interférométrie différentielle
- 4 Synthèse des capteurs radar



Un glacier instrumenté : Argentière – > comparaison entre les mesures satellitaires et in-situ.



2008-09-29 HH

Résolution: 1.5 m × 0.9 m (azimuth × range)

- 2006 : installation **d'un coin réflecteur**
- 2007 : **3 GPS continu.**
- 2009 : 4 coins réflecteurs.
- 2012 : Capteur sismique.



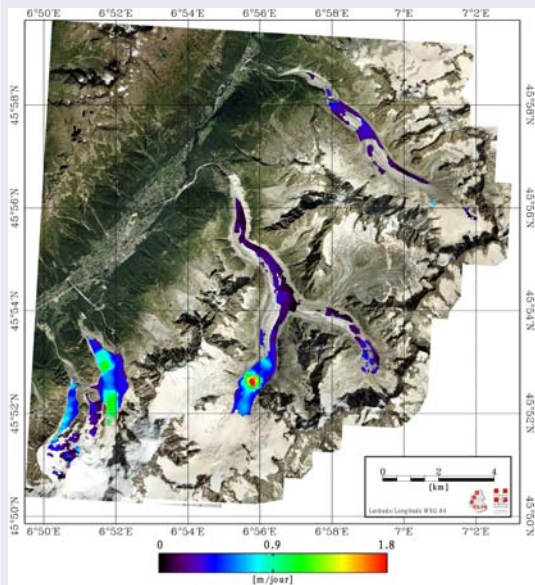
coins réflecteurs et GPS



capteur sismique



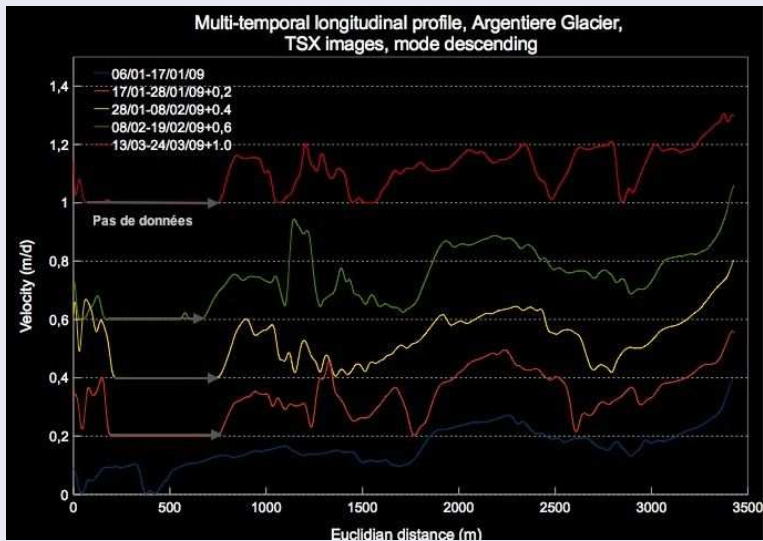
Vitesse moyenne 2D (3D) de surface, à partir de 2 images TSX à 11 jours (PhD. R. Fallourd, 2012).



- **Corrélation d'intensité** : mesure sub-pixelique (1/10 ième de pixel) des décalages entre deux images – > déplacements, vitesses.
- **Vitesses de surface des glaciers** : variations de 10 cm à 1 mètre par jour.
- **Suivi tous les 11 jours de la vitesse de surface de l'ensemble des glaciers de la vallée.**



Suivi temporel des variations de la vitesse des glaciers (profils longitudinaux).

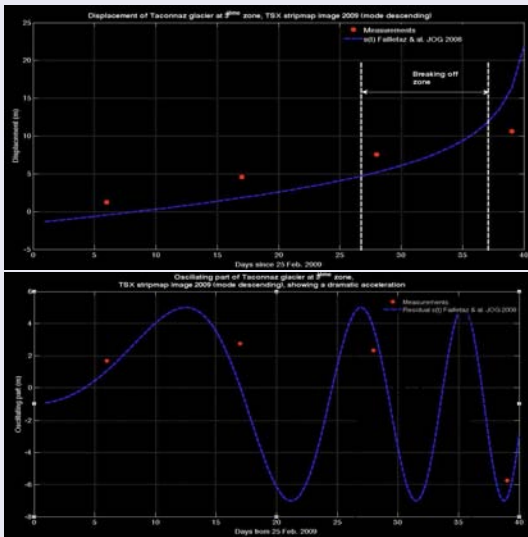




Déplacement de surface du glacier de Taconnaz



Chute de sérac de Taconnaz : déplacement à différentes dates.



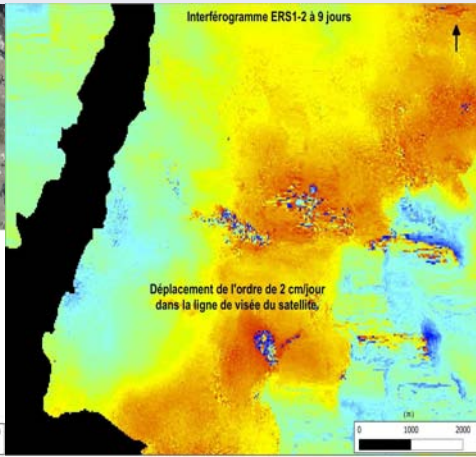
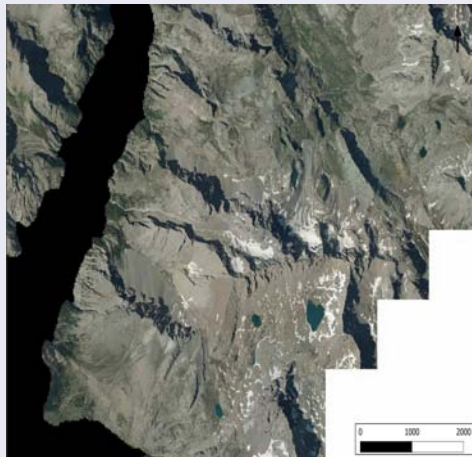
- Accélération du déplacement de surface mesurée par imagerie satellitaire.
- **Un indicateur préventif de la chute de séracs (Failletaz et al. JOG 2008).**

Interférogramme différentielle de la vallée de Chamonix : la phase (variation blanc-noir) est représentative du déplacement centimétrique du glacier, images ERS1-2 à 1 jour.

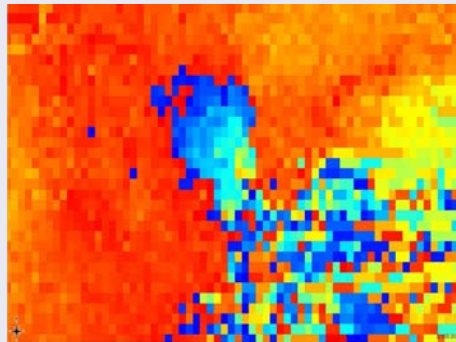
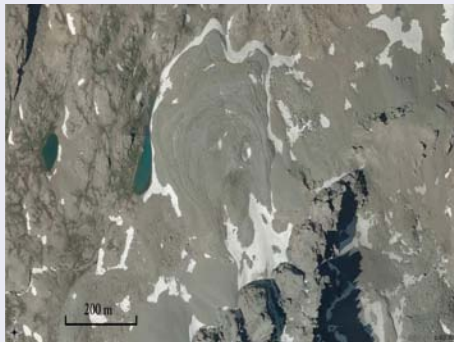
**Glacier d'Argentière : vitesse
de surface à 2700m d'altitude :
15cm/jour**



Application à la détection des glaciers rocheux des Alpes (PhD. T. Echelard 2010-13).

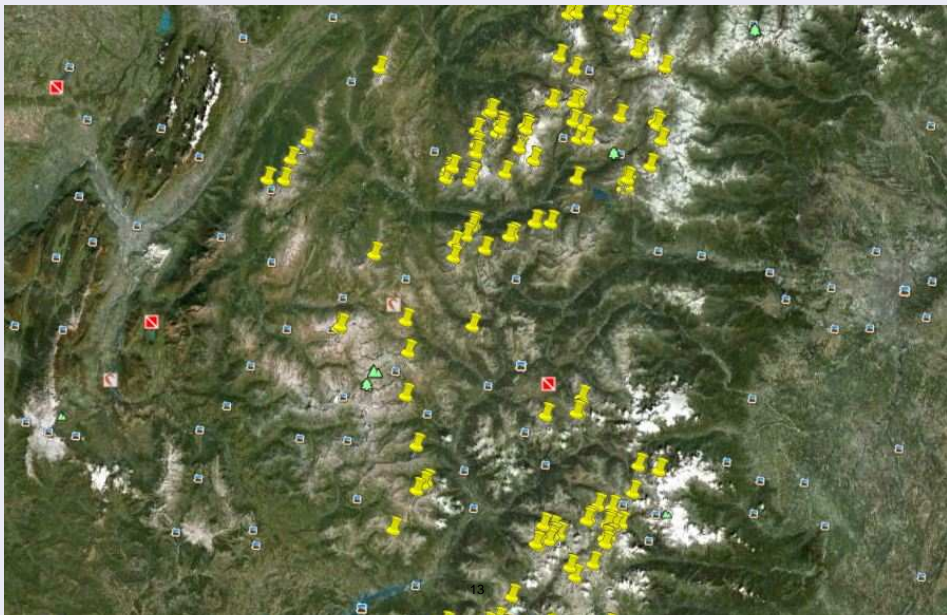


Détection des glaciers rocheux des Alpes (PhD. T. Echelard 2010-13). Interférogramme à 3 jours.



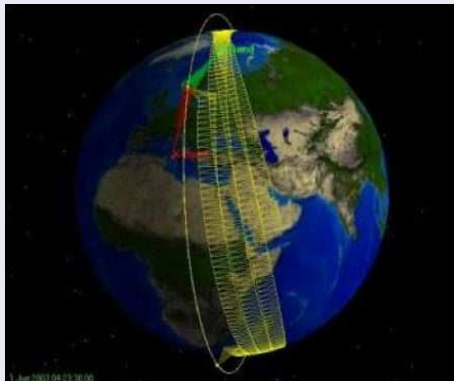


Cartographie des glaciers rocheux des Alpes (points jaune) détectés par interférométrie différentielle ERS1-2 (PhD. T. Echelard 2010-13).



"l'âge d'or des satellites radar"

Exemple : Cosmo-Skymed.



- Satellite dual civil et militaire
- Haute résolution spatiale et radiométrique des images.
- Possibilité d'acquisition de jour comme de nuit et en toute condition météorologique.
- Temps de réponse très court pour accéder à une image de n'importe quelle zone de la Terre (18/24h) .
- Peut revisiter une zone entre 4, 8, 12, 16 jours etc...
- Priorité pour les états de crise.

Synthèse des capteurs radar

Satellites civils et militaires haute résolution spatiale

Satellites	Dates	Appartenance	Bande	Coût images
Envisat	2002-présent	ESA	C	free (research)
Cosmo-Skymed	2007-présent	ASI	X	free (research)
TerraSAR-X	2007-présent	DLR-EADS	X	175 Euros (research)
Radarsat-2	2007-présent	CSA	C	free (research)
Tandem-X	2010-présent	DLR-EADS	X	175 Euros (research)
(Sentinel-1A, 1B)	2013, 2014	ESA	C	free

Avantages de la haute résolution spatiale et temporelle :

- Réalisation de modèle numérique de terrain métrique (Tandem X).
- Revisite d'une même zone à 4 jours (CSK) etc...
- Suivi des déplacements d'une zone de faible dimension (inférieure à 100mx100m).

Conclusions

Quels sont les apports de l'imagerie radar HR pour la prévention des risques d'origine glaciaire ?

- **Suivi et surveillance multi-temporels (11 jours...) des vitesses de surface (corrélation d'intensité) de tous les glaciers visibles dans une image.**
- **Obtention d'indicateur préventif des chutes de séracs dans les zones à risques.**
- **Détection et suivi multi-temporel des glaciers rocheux (interférométrie différentielle).**
- **Fusion d'informations optique-radar – > cartographie des glaciers rocheux des Alpes.**
- **Travaux publiés dans les congrès et revues du domaine (IEEE-TGRS, IEEE-GRSL, JSTARS, IGARSS, EUSAR, PolINSAR, WRCP...)**

Merci de votre attention

