

Le PS-InSAR pour évaluer le comportement des grottes en zone urbaine

Angus Calderhead, Pascal Castellazzi, Richard Martel

l'Association Québécoise de Télédétection (L'AQT)

Atelier sur la sécurité civile, 29 Octobre, 2015

Mise en contexte

Problème de départ: effondrements de bâtiments dans une zone urbaine*

- **Les effondrements** sont liés à l'emplacement des bâtiments sur **des cavités/grottes non-stables**
- Les effondrements sont **très localisés, graduels et parfois rapides**

**La localité de l'étude ne peut pas être dévoilée*

Question de recherche: Est-il possible de mesurer, détecter ou prédire ces effondrements ??

Plan de la présentation

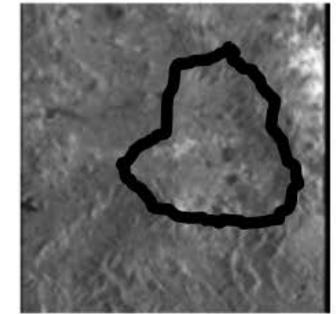
1. Théorie InSAR et PS-InSAR
2. Application et résultats
3. Conclusion



THÉORIE INSAR

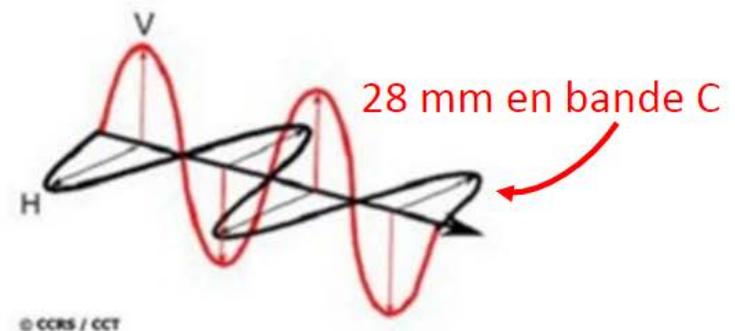
Théorie InSAR

- Utilise la différence de phase d'acquisition SAR pour mettre en évidence une déformation du sol qui s'est produite entre deux dates
- La différence de phase d'une paire d'images InSAR ($\Delta\Phi$) séparée d'une *baseline* et d'une différence de temps peut être décrite par:



$$\Delta\phi = \delta\phi_{flat} + \delta\phi_{top} + \delta\phi_{disp} + \delta\phi_{atm} + \delta\phi_{noise} \pm n \times 2\pi$$

$$\Delta\phi = \frac{4\pi \cdot B_{\perp} \cdot r}{\lambda \cdot \rho \cdot \tan\theta} + \frac{4\pi \cdot B_{\perp} \cdot h}{\lambda \cdot \rho \cdot \sin\theta} + \frac{4\pi \cdot \delta\rho}{\lambda} + \delta\phi_{atm} + \delta\phi_{noise} \pm n \cdot 2\pi$$



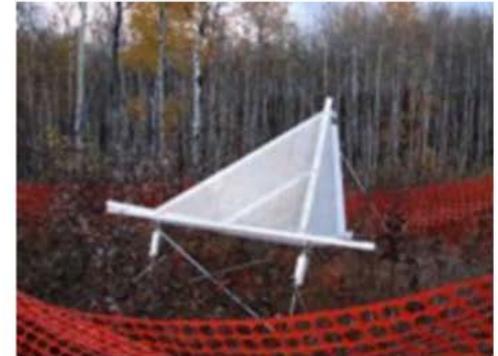
PS-INSAR

Persistent Scatterer Interferometric Synthetic Aperture Radar (PS-InSAR)

- Une grande série d'acquisitions est nécessaire (>20 acquisitions)
- Cible un nombre limité de points dont la cohérence est stable (≥ 0.75) tout le long de la série
 - Le mouvement peut être suivi avec beaucoup de précision pour chaque point stable

PS-INSAR - Limites

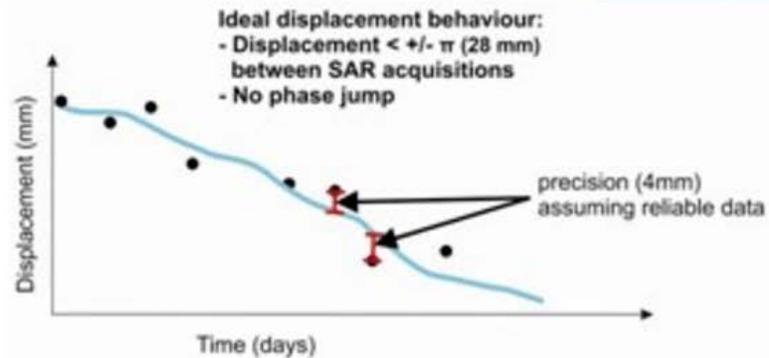
- Ne **peut pas être utilisé** dans des zones avec **végétation** à moins que des **diffuseurs artificiels** soient construits.
- La **fréquence** maximale des acquisitions est limités par la durée d'**un cycle orbital**
- Aucune acquisition hivernale ne peut être utilisée (instabilité de phase dans la neige)



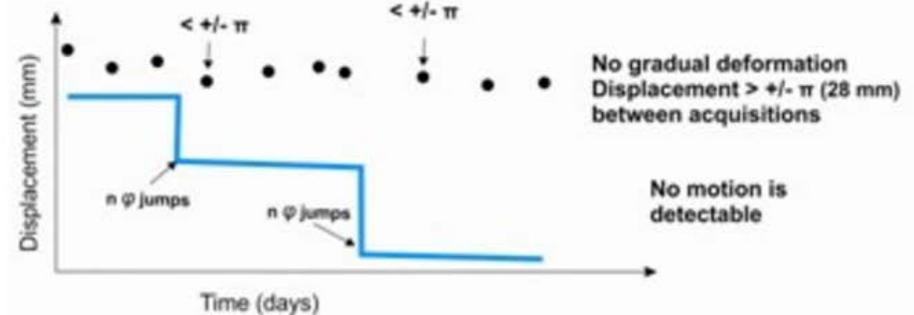
From Aubé, Singhroy, Froese, Briand, 2010

Limitation de la quantification PS-InSAR/grottes

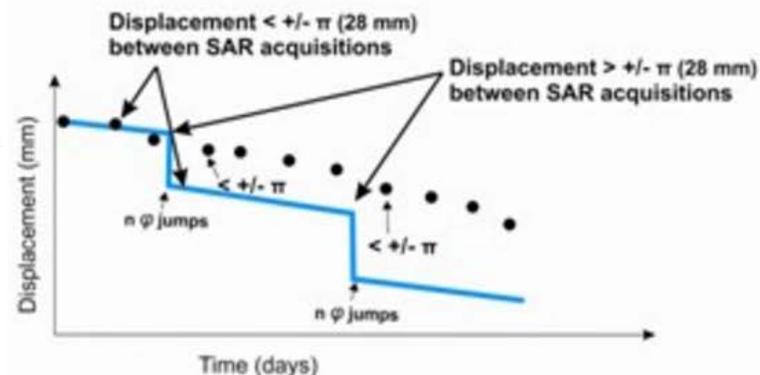
- Modèle idéal:
 - effondrements graduel



- Aucune détection
 - effondrements soudains



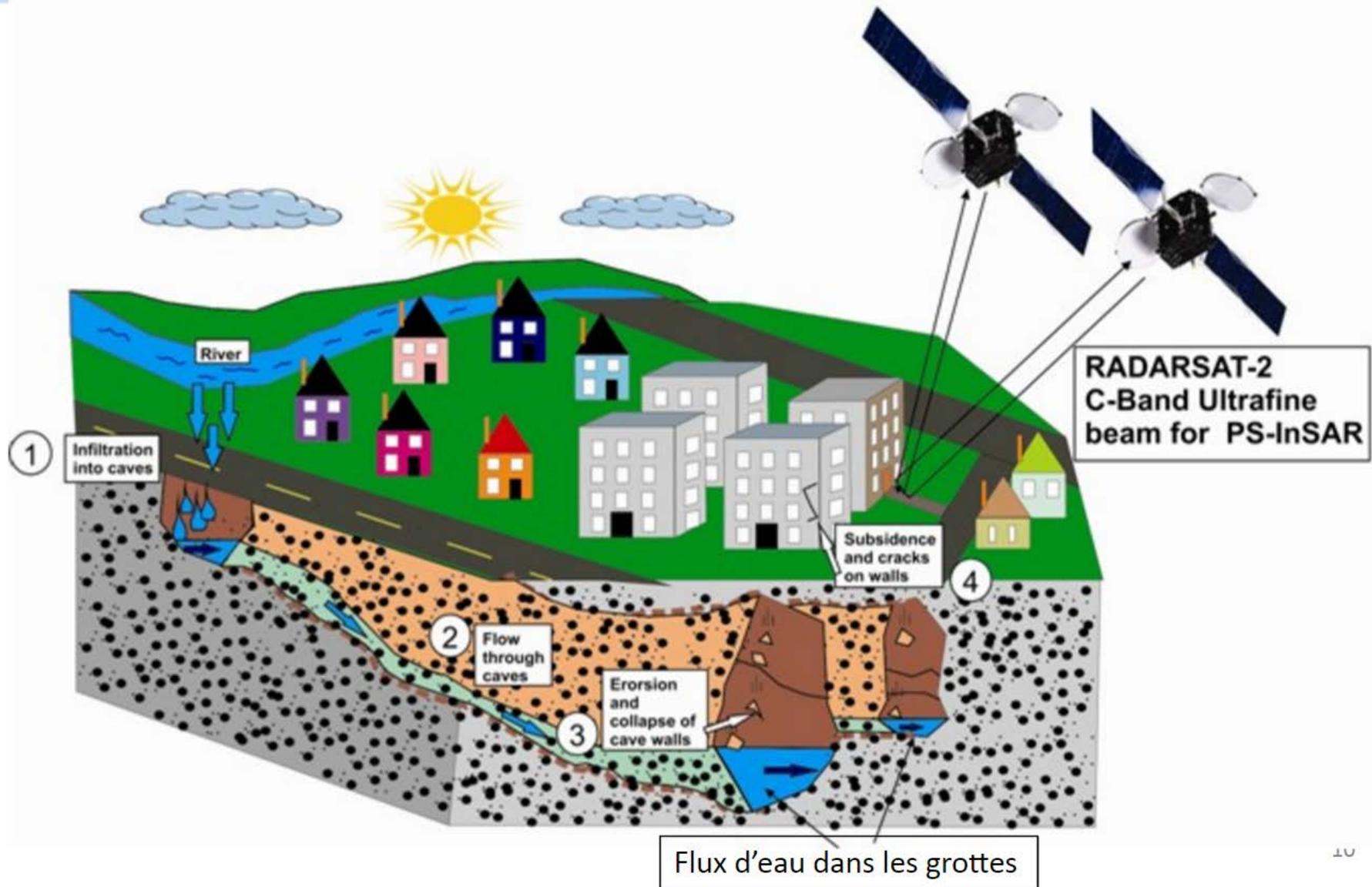
- Dans ce cas-ci: déformation graduelle directement mesurable, les sauts de phase ne sont pas mesurables mais peuvent parfois être mis en évidence





APPLICATION

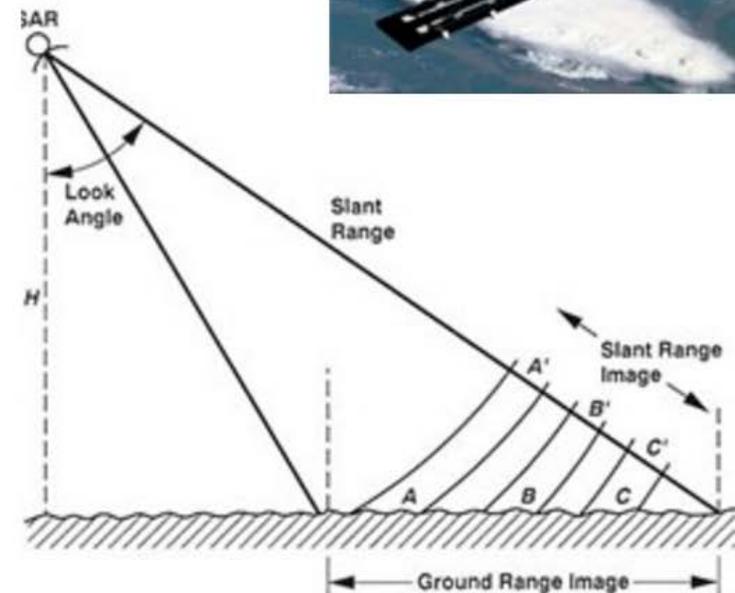
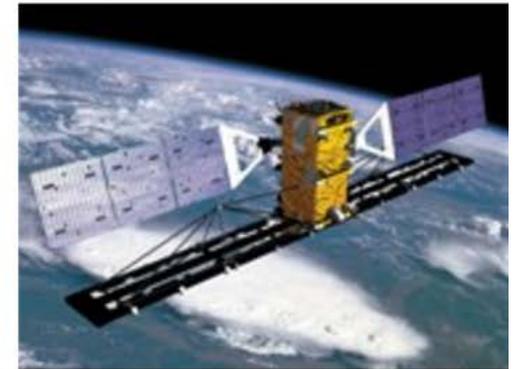
Modèle conceptuel 3D de la problématique



PS-InSAR – Matériel utilisé

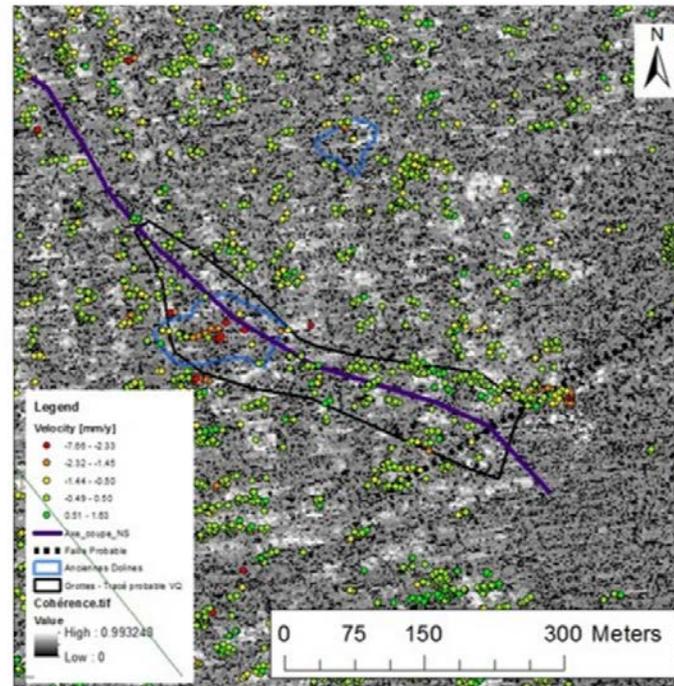
Matériel utilisé:

- RADARSAT-2 Bande C
- 37 acquisitions
 - Mode Ultrafine U6
 - Near incidence angle: 34.0°
 - Far incidence angle: 35.6°
 - Espacement de pixel
 - Résolution Near Range : 2.8 m
 - Far Range Résolution: 2.7 m
- Correction de la phase topographique résiduelle via MNT
 - LIDAR aéroporté
 - Raster 1m
 - First return
- Logiciel InSAR: SARSCAPE 5.1
- Validation: observations sur le terrain



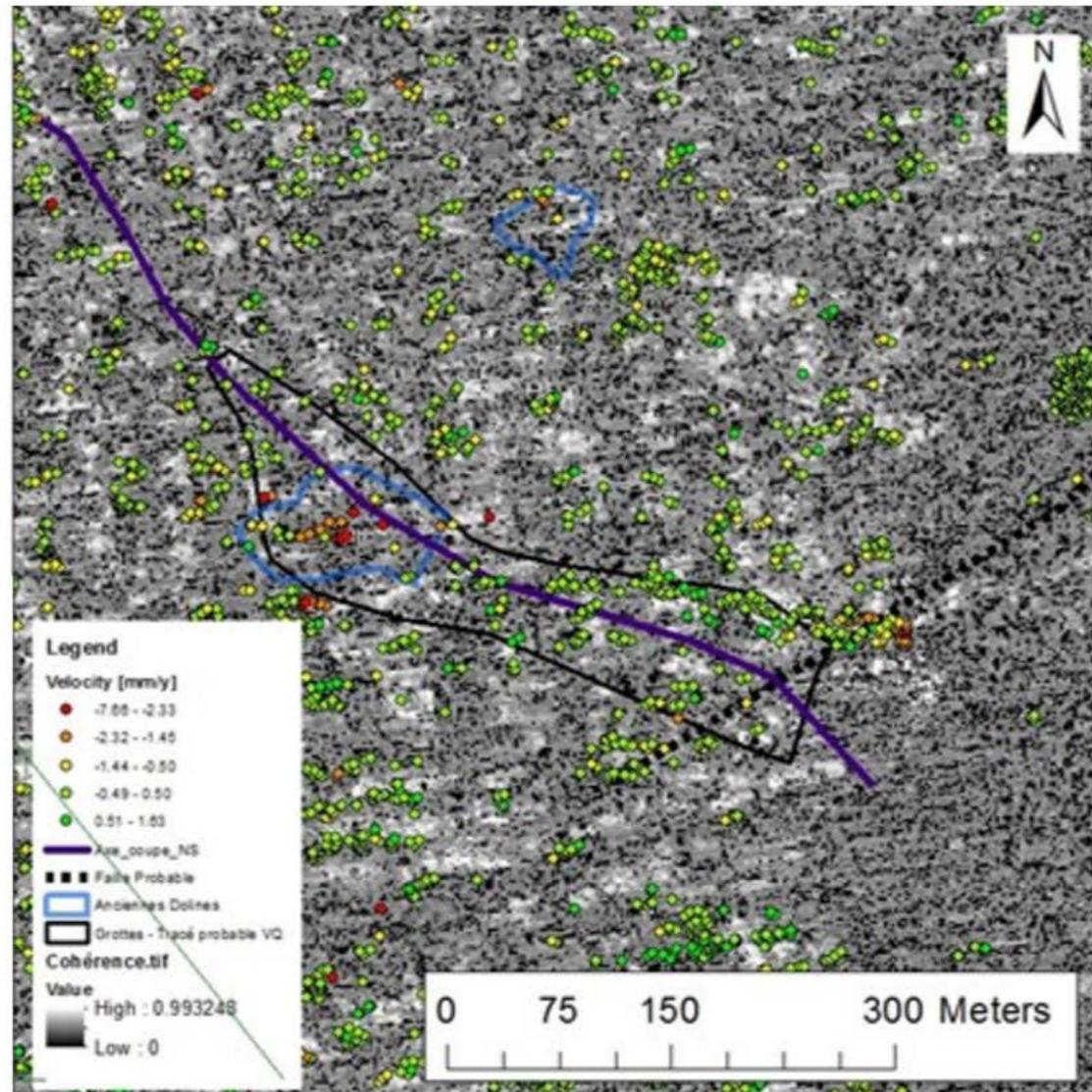
PS-INSAR - Cohérence

- Cohérence de la série de données typique pour un milieu urbain (toits des bâtiments)
- Bonne densité de points PS dans la zone d'étude
- Points considérés comme des cibles de cohérence stable si $C \geq 0.75$



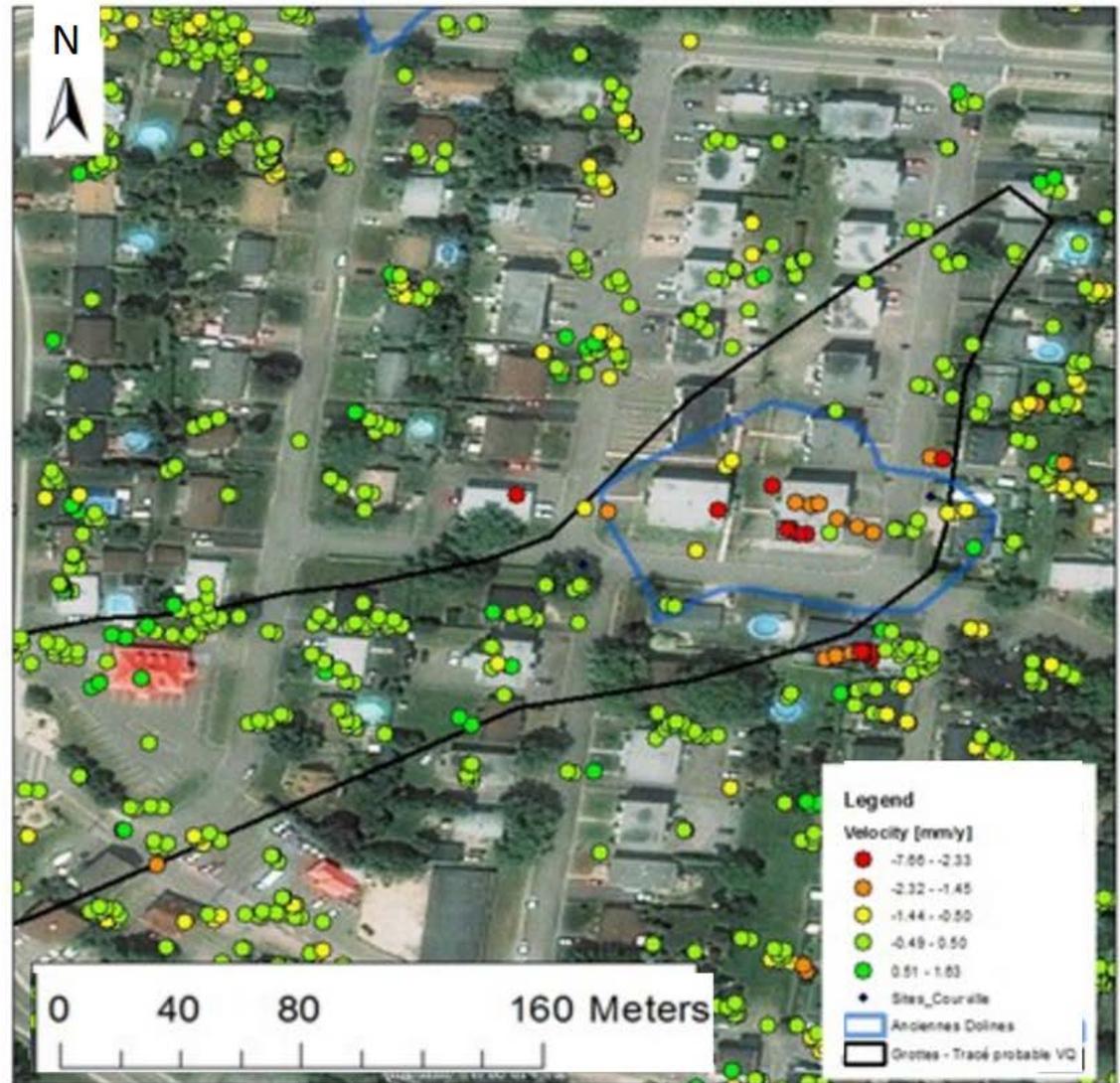
PS-INSAR - Cohérence

- Cohérence de la série de données typique pour un milieu urbain (toits des bâtiments)
- Bonne densité de points PS dans la zone d'étude
- Points considérés comme des cibles de cohérence stable si $C \geq 0.75$

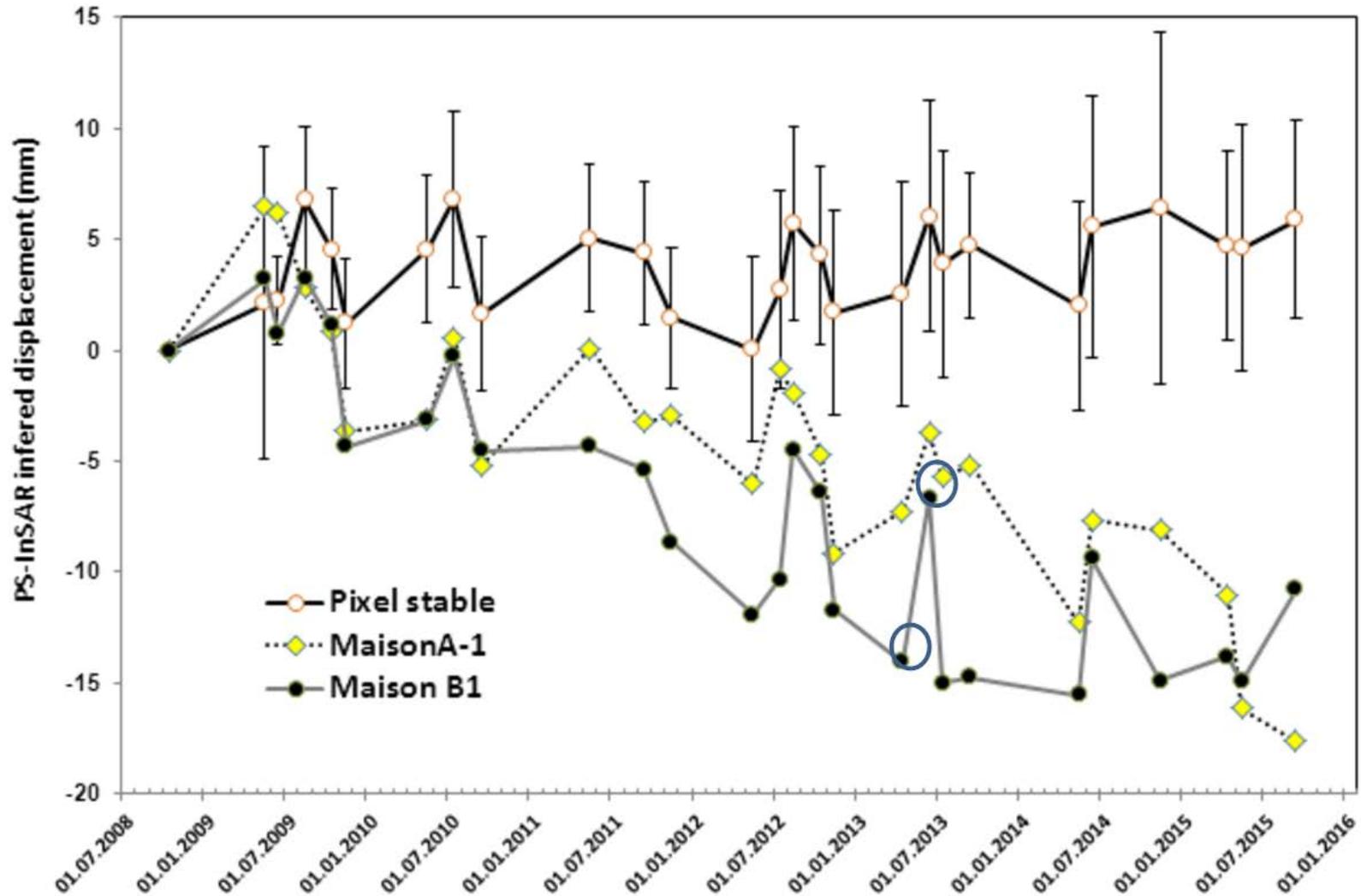


PS-INSAR - Limitations

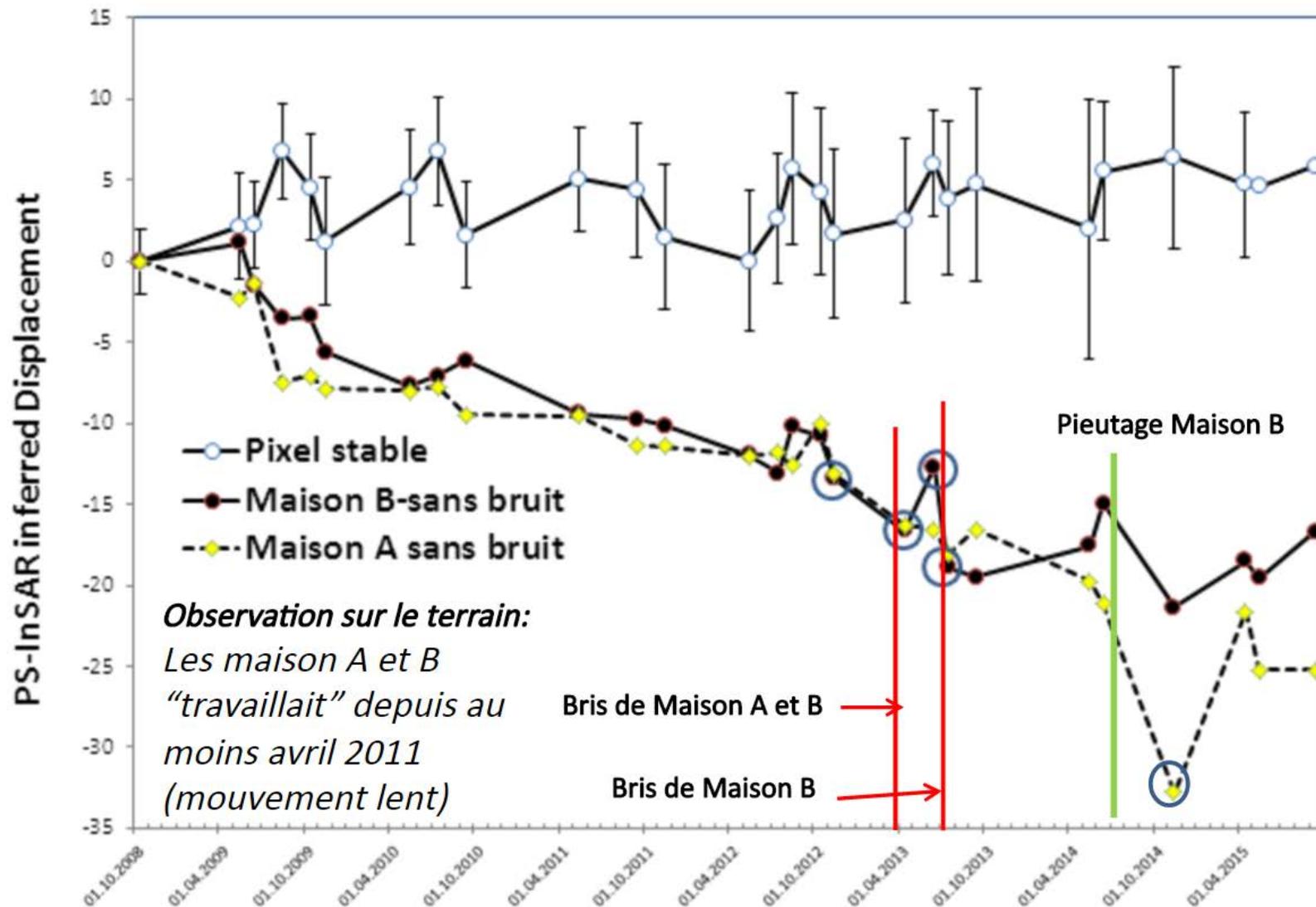
- Seulement quelques bâtiments ont des taux d'affaissement importants
- Les points avec les plus hautes vitesses de déformation se trouvent sur les immeubles qui ont un historique de mouvement
- Nous avons encore des problèmes de co-registation que nous devons améliorer

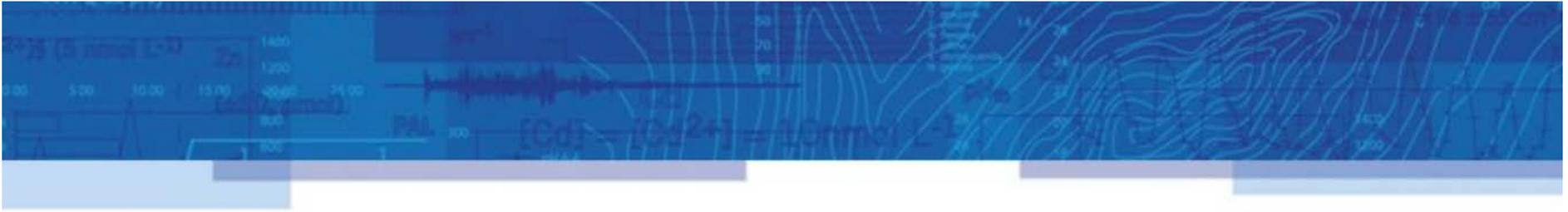


PS-INSAR - Résultats



PS-INSAR Résultats en comparaison aux bâtiments stables alentours





CONCLUSION

Conclusions

- Le PS-INSAR permet d'illustrer un mouvement graduel mesurable entre les effondrements rapide d'affaissement
- Les mouvements d'effondrement rapides sont parfois détectables mais pas quantifiables
- Le PS-InSAR permet donc de détecter les bâtiments instables
 - prévention de mouvements futurs et dommages aux bâtiments
- Applicable a d'autre type d'effondrement
- Le potentiel d'application pour la sécurité civile est important: plan d'urbanisme, transports publiques, projets immobiliers, etc...

Remerciements

- Pour accès aux acquisitions RADARSAT-2:
 - Yves Gauthier et Monique Bernier (INRS)
 - MacDonald, Dettwiler and Associates Corporation



INRS

Université d'avant-garde