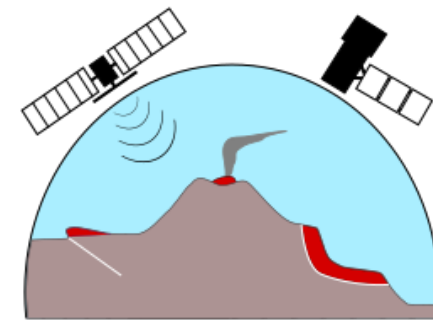


# Complémentarité entre l'EGMS et l'approche scientifique du service national d'observation ISDeform. Exemple du littoral et autres applications

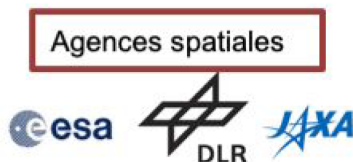
Marie-Pierre Doin, ISTerre, Grenoble

SNO ISDeform



**ISDeform**

CNRS-INSU, Observatoires de Strasbourg, Grenoble, Paris, Lyon,  
Clermont-Ferrand  
CNES, IGN, BRGM, IRD, MTECT



# Objectif numéro 1 du SNO :

Acquérir, traiter, valider, valoriser, diffuser  
des données satellitaires sur les déplacements du sol (optique et radar)

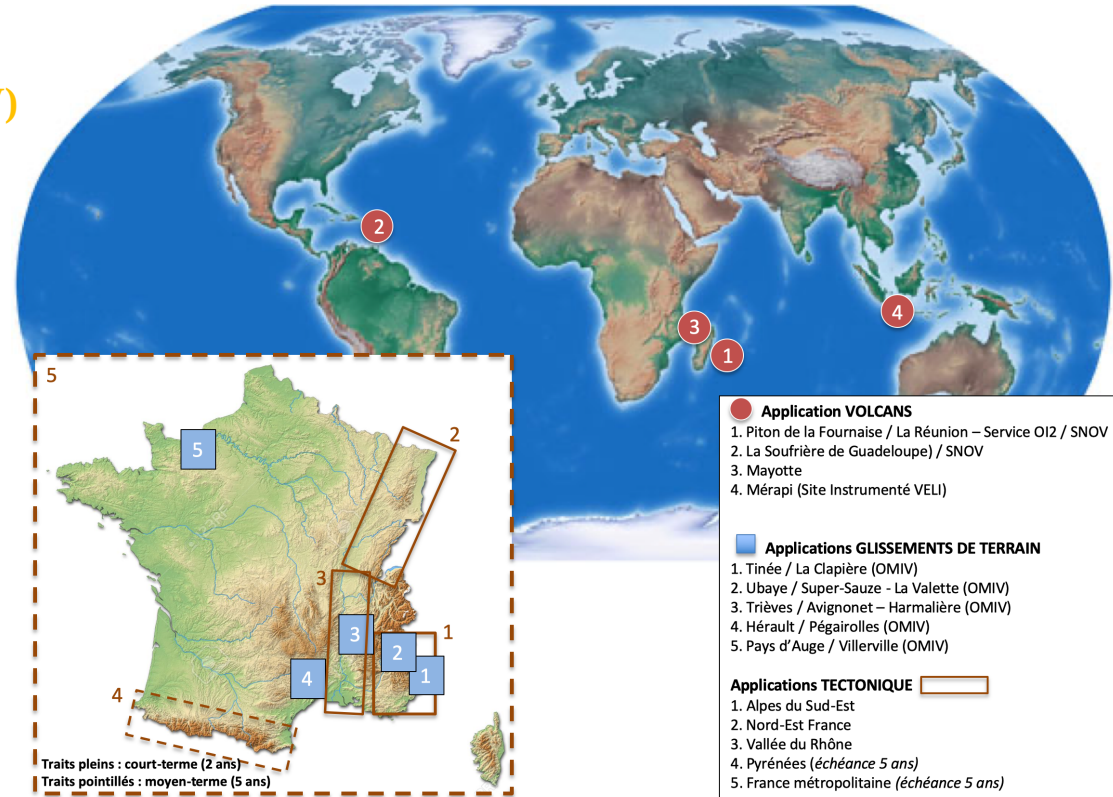
## Volcans

1. Piton de la Fournaise, La Réunion (SNOV)
2. Soufrière de Guadeloupe, Guadeloupe (SNOV)
3. Montagne Pelée, Martinique (SNOV)
4. Mayotte (SNOV)
5. Mérapi (VELI)

## Glissements de terrain

1. La Valette / Super Sauze (OMIV)
2. La Clapière (OMIV)
3. Vence (OMIV)
4. Avignonet / Armalière (OMIV)
5. Aiguilles (OMIV)
6. Hérault / Pégairolles (OMIV)
7. Pays d'Auge / Villerville (OMIV)
8. Maca / Colca

## France métropolitaine

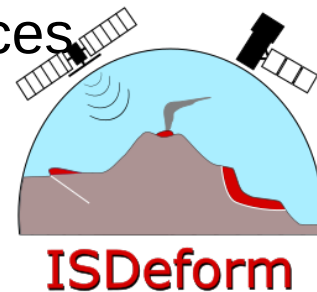


# Objectif numéro 2 du SNO :

Animer une communauté « recherche » autour de codes et services

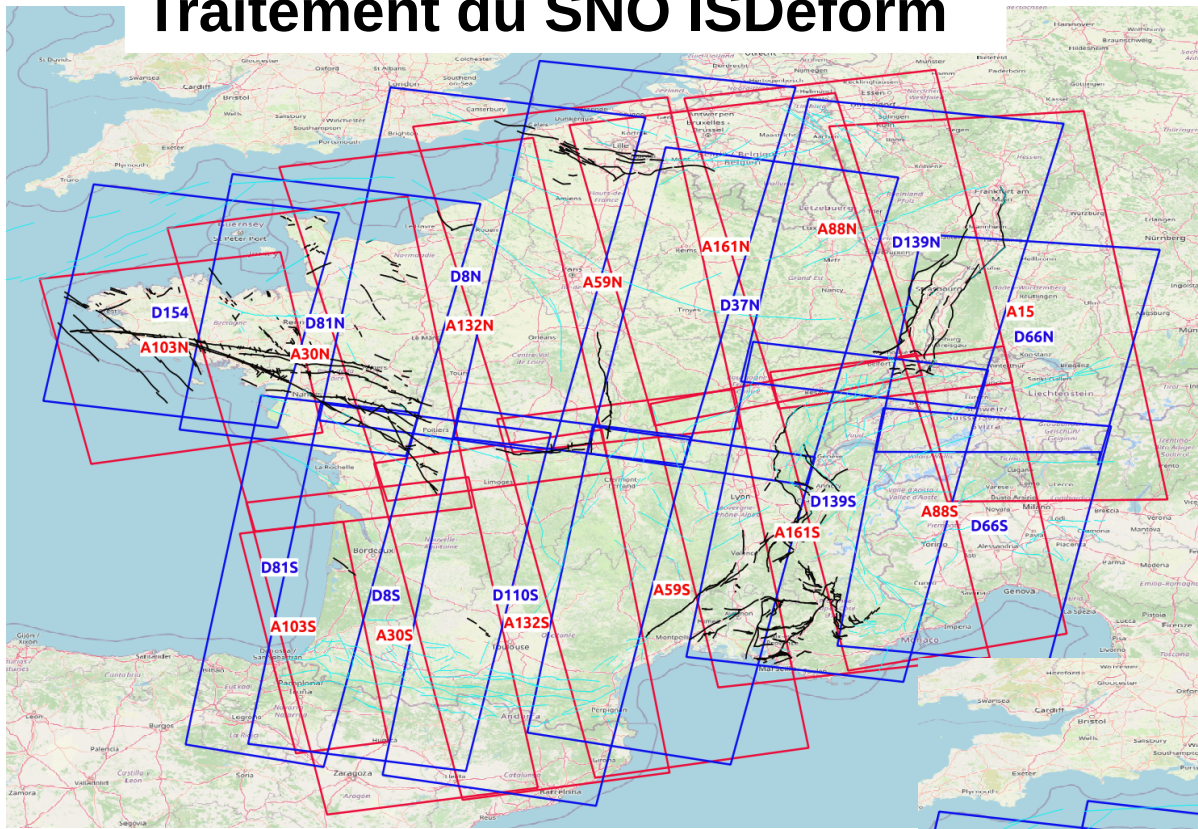
# Objectif numéro 3 du SNO :

Formation et ouverture au Sud, IRD





# Traitement du SNO ISDeform

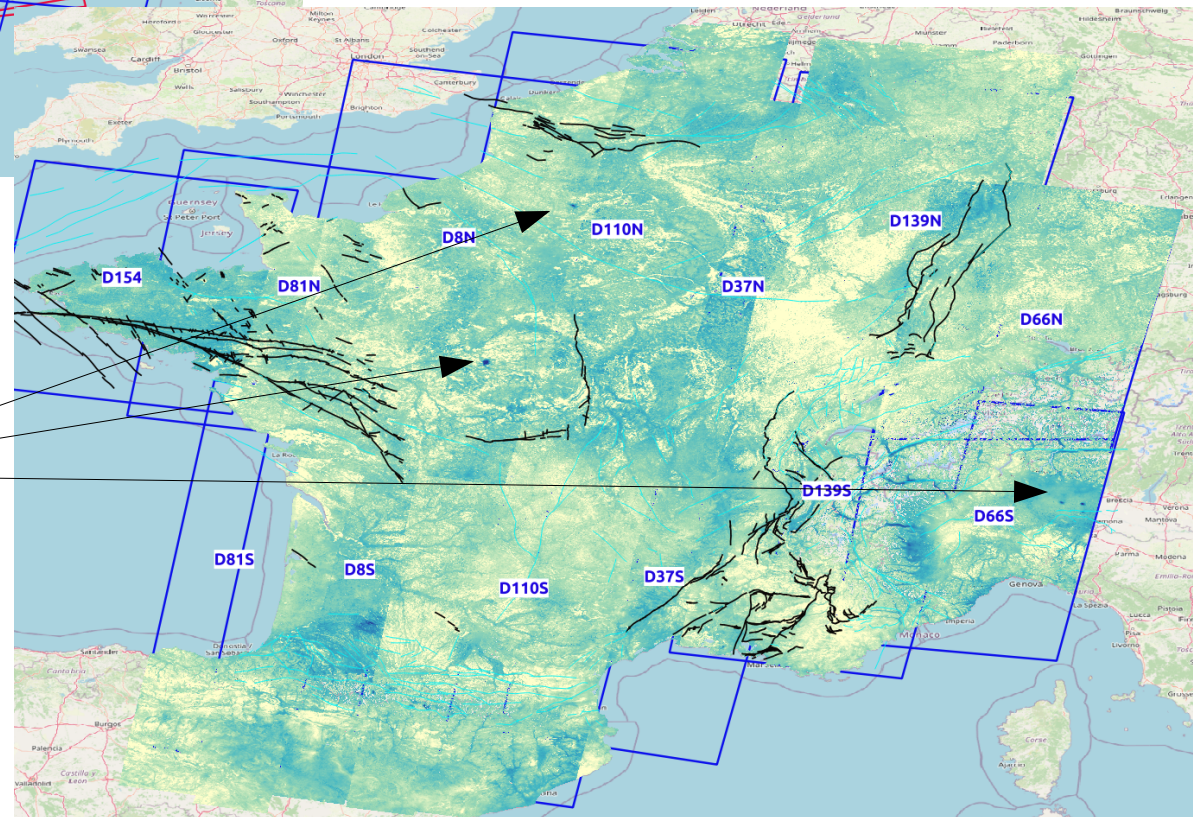


Acquisitions Sentinel-1  
2015-2021

Prétraitement au CNES  
(service FLATSIM)  
35 000 interférogrammes  
Résolution 30x30 m<sup>2</sup>

Retraitement ISTerre, Grenoble

Terme saisonnier brut

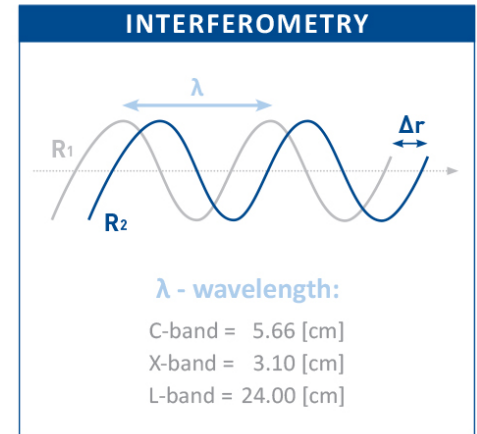
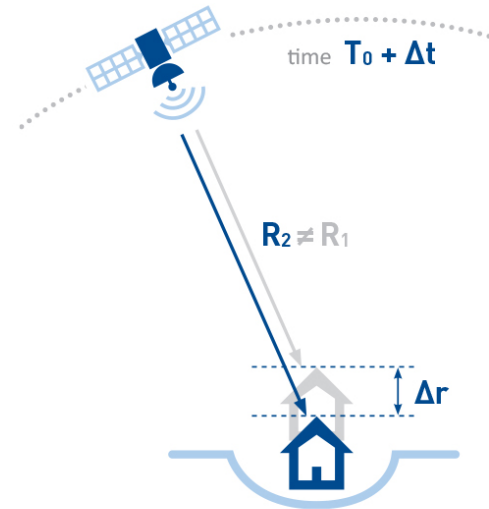
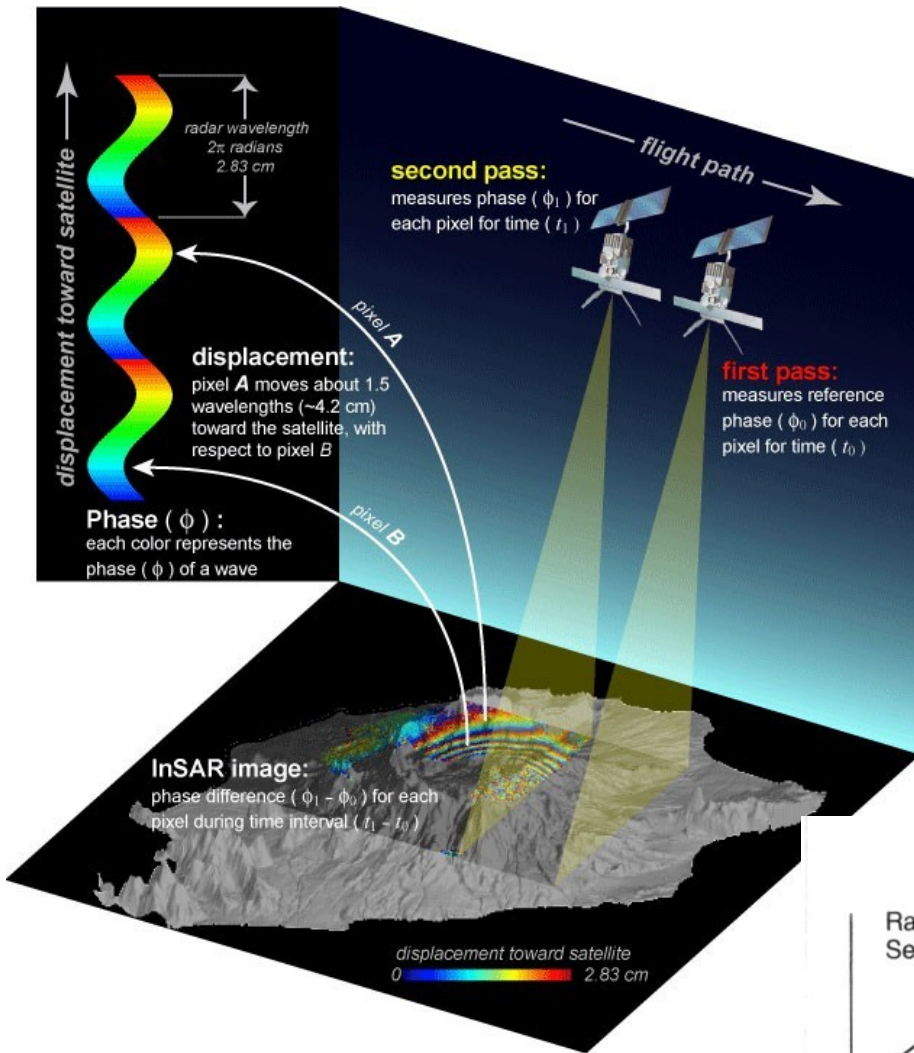


Composante de déplacement  
printemps-automne: stockage de  
gaz souterrain, humidité des sols

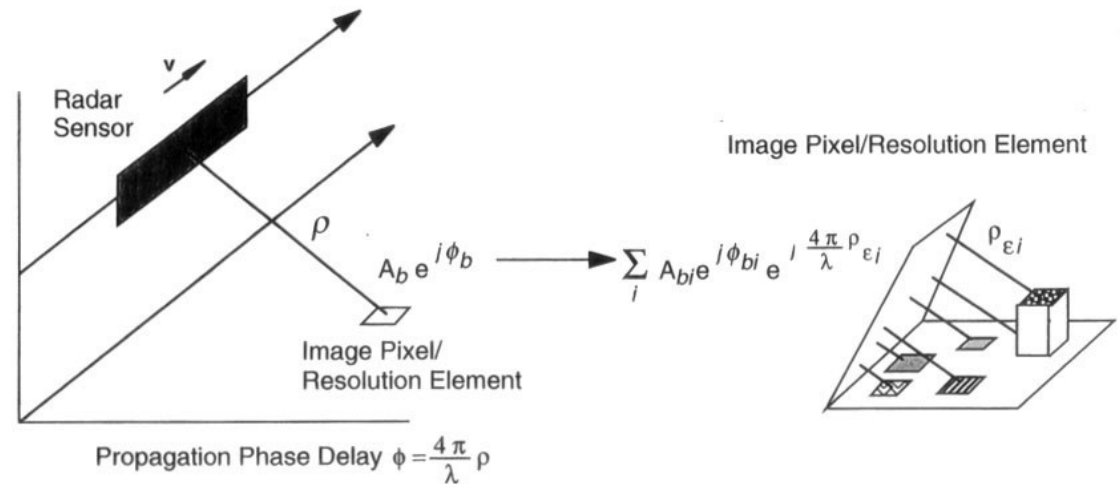


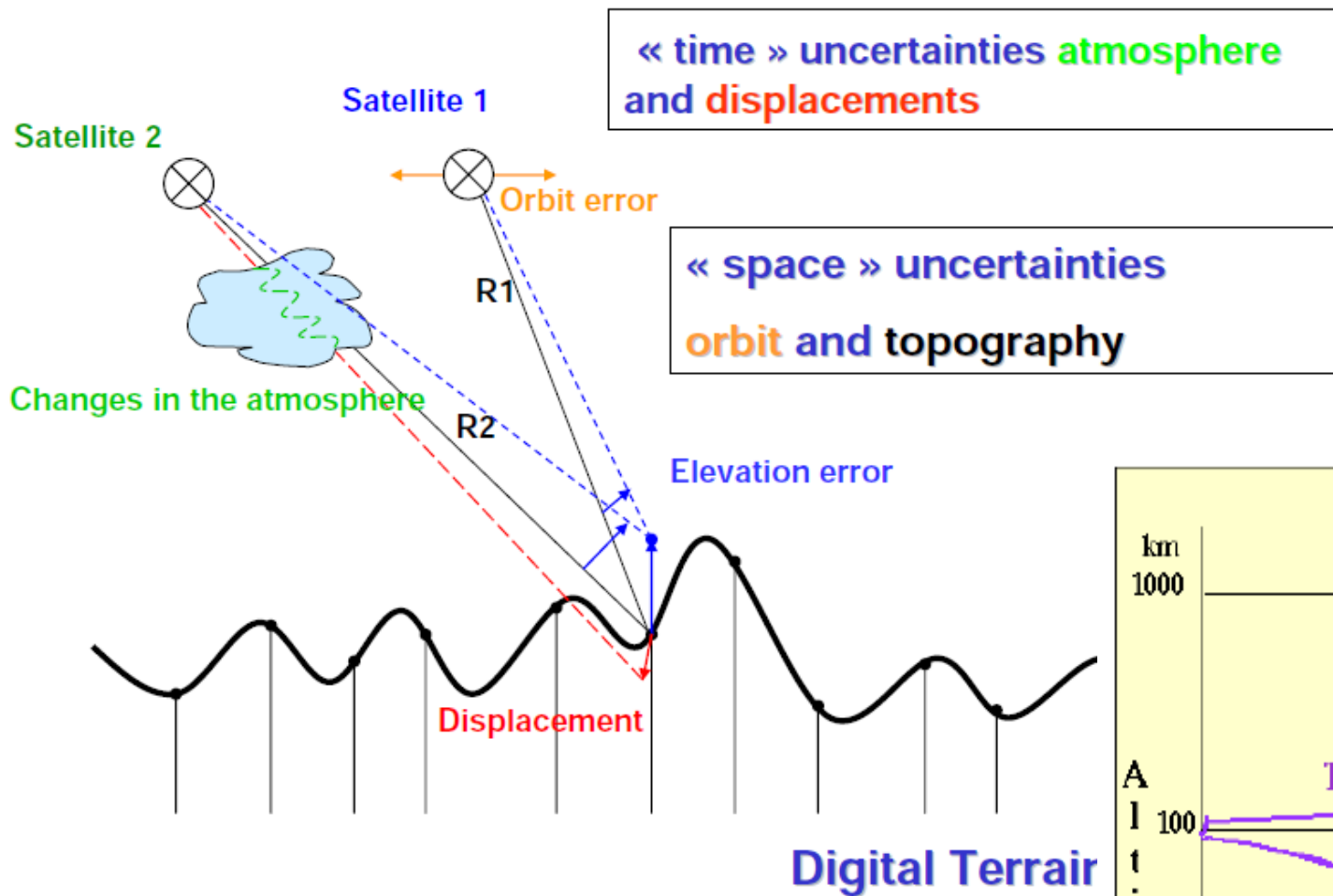
# Interférométrie différentielle : Mesure de la différence de temps de trajet entre deux passages du satellite

Mesure de phase, modulo  $2\pi$



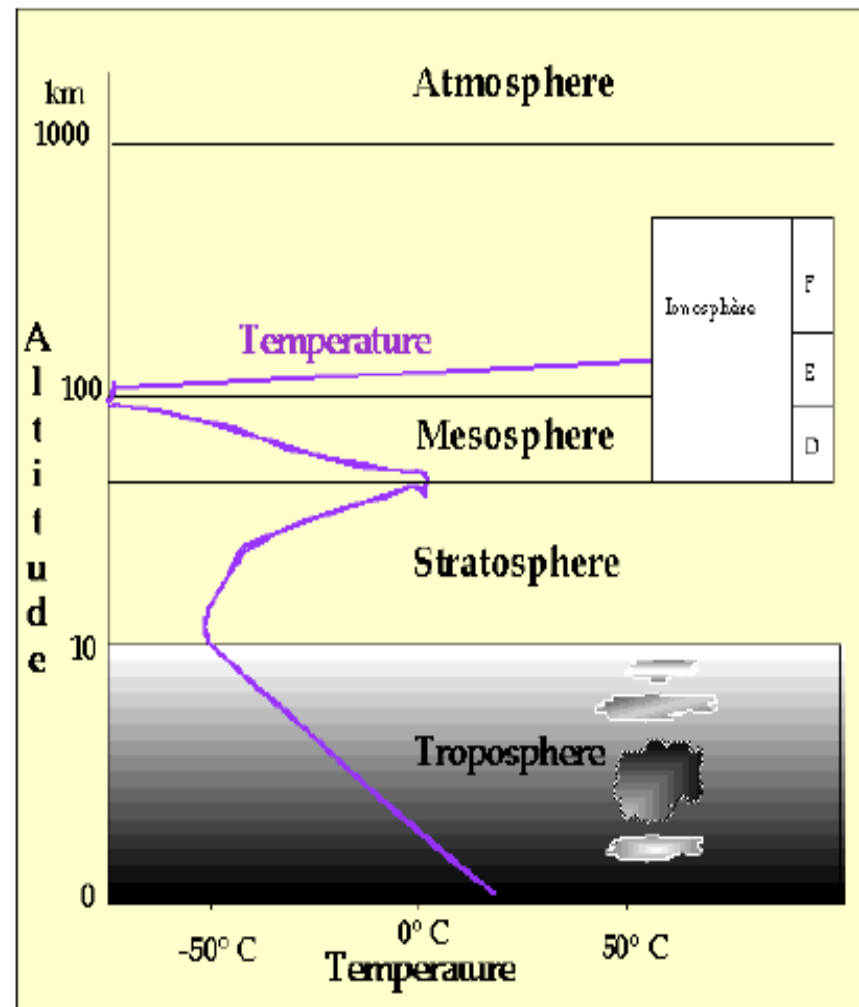
Propagation + interaction onde/pixel





## Propagation

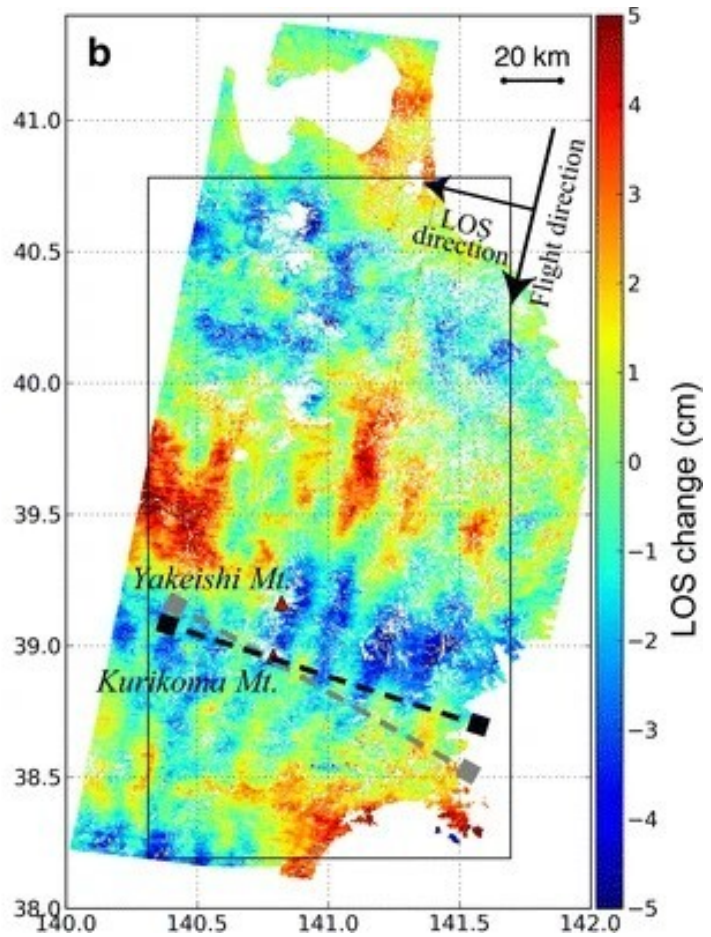
Délais troposphériques et ionosphériques : 1-20 cm!



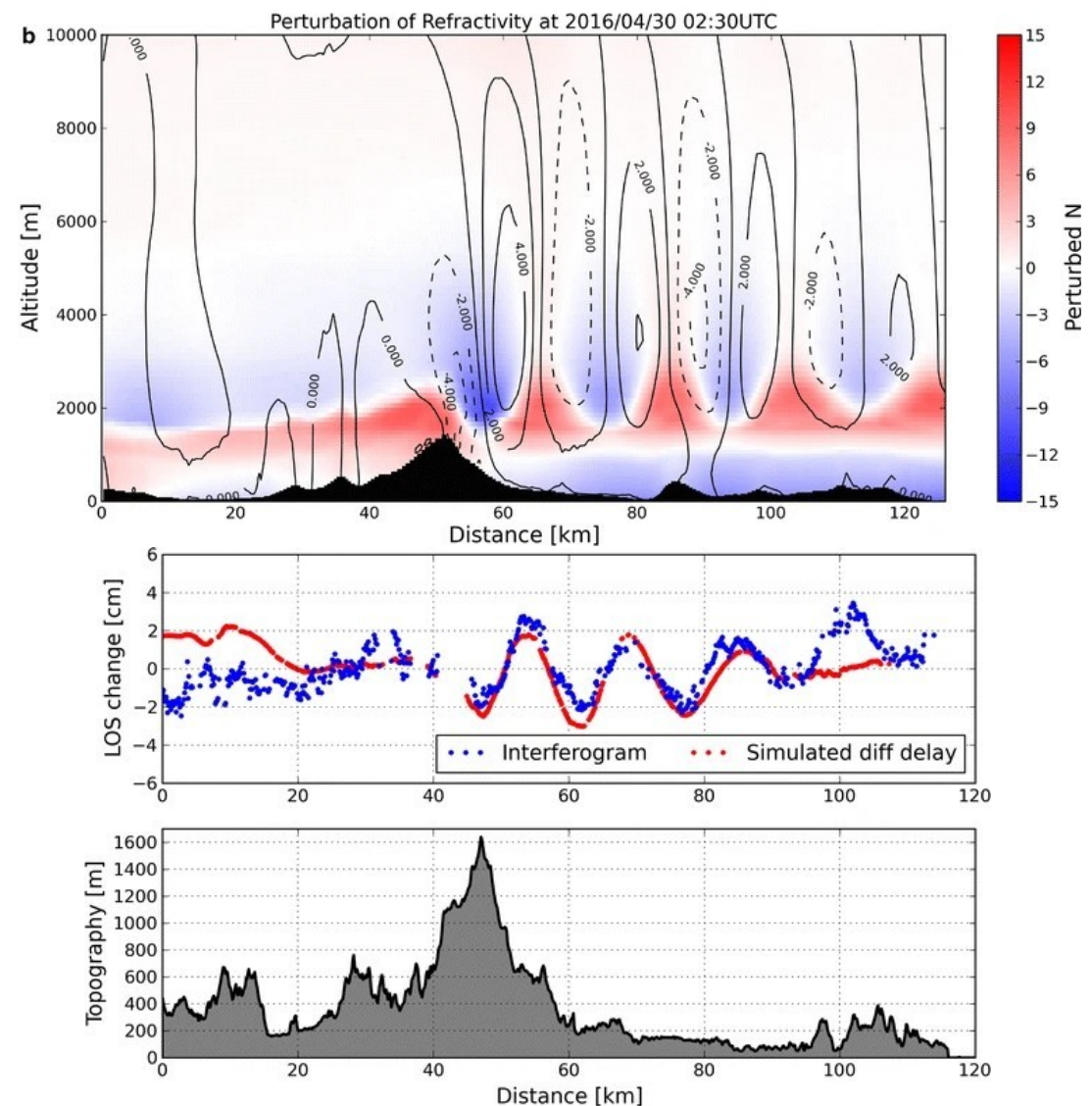
Délais atmosphériques : une partie “stratifiée” assez bien corrigée par les modèles atmosphériques globaux, une partie “turbulente” non corrigée :  
 → séparation entre signal de déplacement et délais atmosphériques

**EGMS** : filtres passe-haut en espace et passe-bas en temps  
**ISDeform** : utilisateur scientifique en fonction du processus étudié

Exemple de délai atmosphérique “modéré”, non corrigé par les modèles atmosphériques globaux

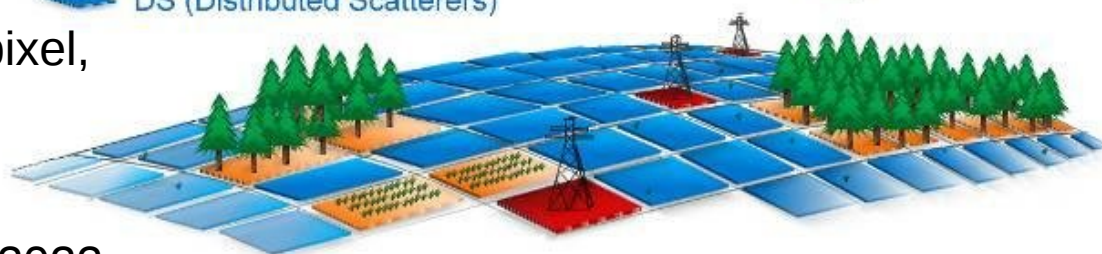
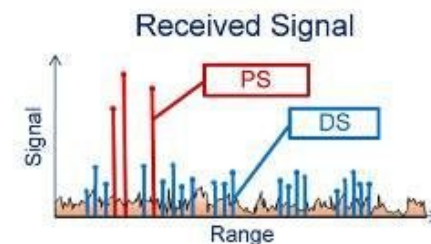
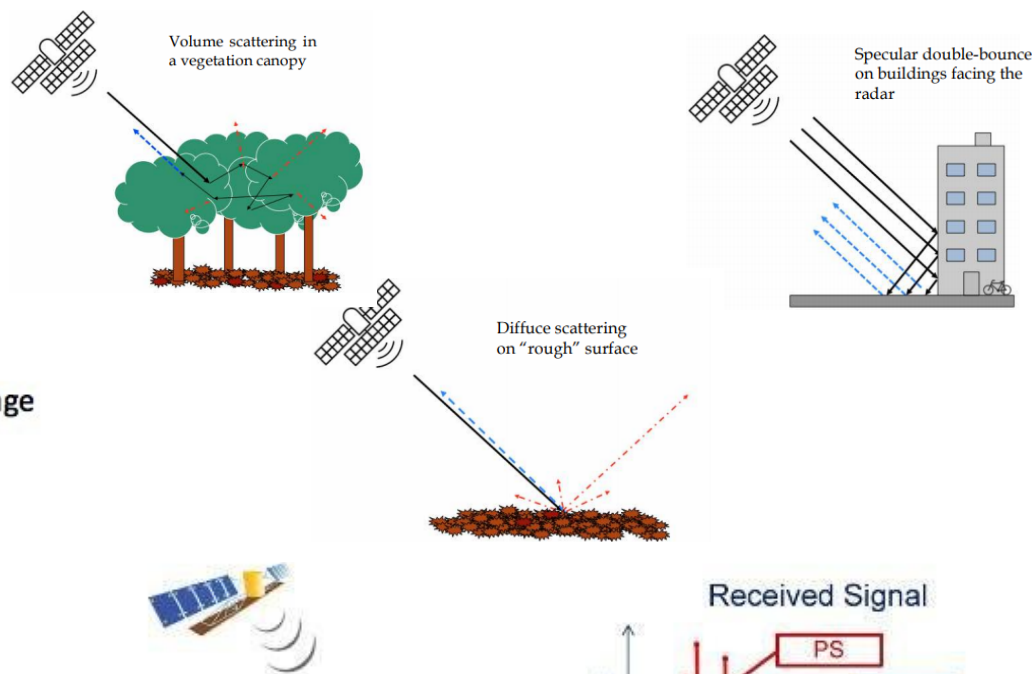
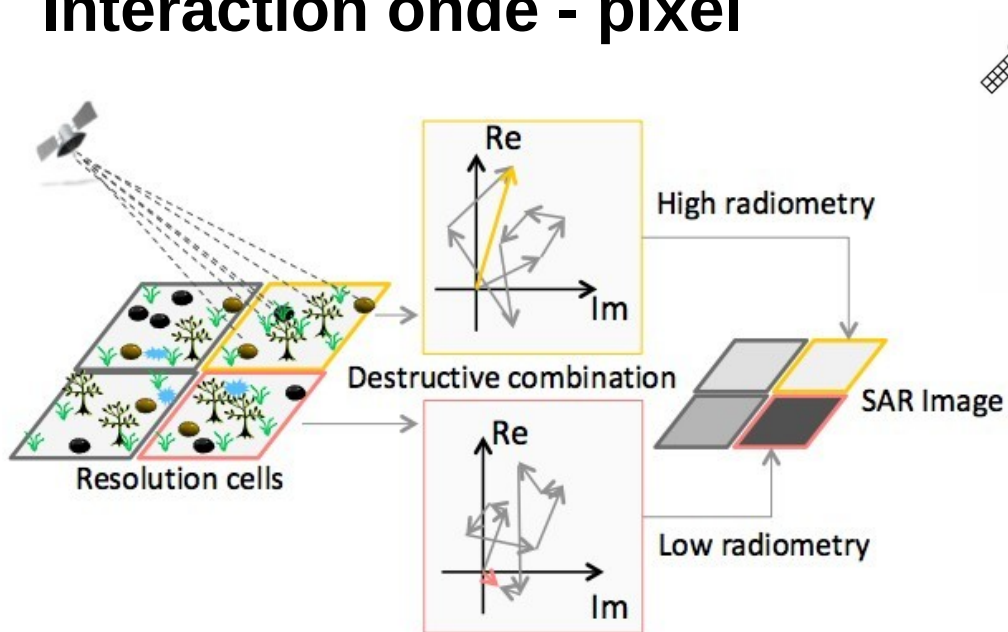


Example of Lee waves  
 Kinoshita et al., 2017





# Interaction onde - pixel



**EGMS** : sélectionne des "points" stables:

PS : 1 seul rétrodiffuseur, très fort dans le pixel, très stable de 2015 à 2022

DS: moyenne d'un ensemble de pixels, rétrodiffusion forte et très stable de 2015 à 2022

→ Continuité temporelle entre PS/DS voisins pour résoudre l'ambiguïté de  $2\pi$

**ISDeform** : pas de sélection, mais application de poids et moyennage spatial sur  $120 \times 120$  m

→ Continuité spatiale entre pixels voisins pour résoudre l'ambiguïté de  $2\pi$

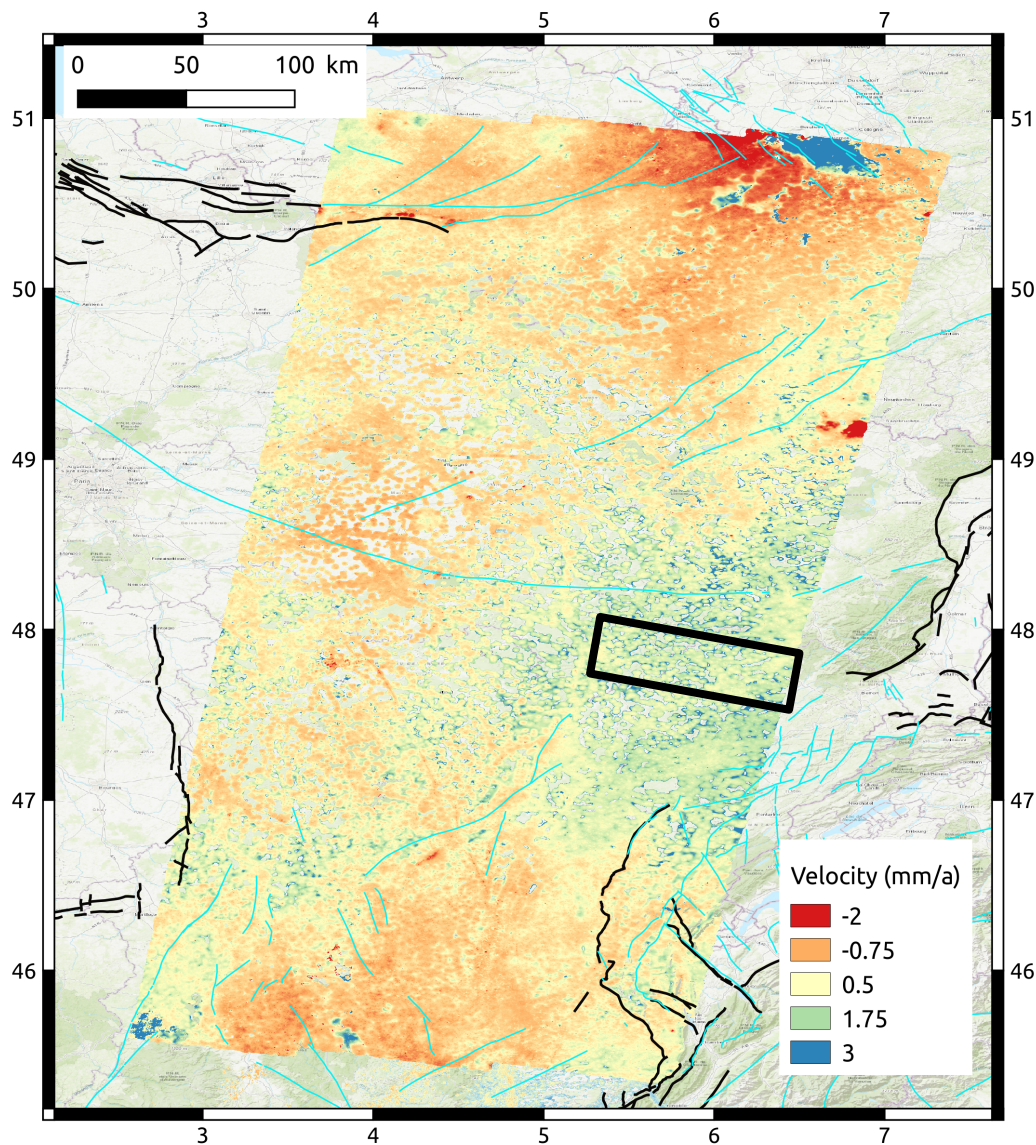
# Taille des tuiles pour le référencement au GNSS

**EGMS-France** : 70x30 km<sup>2</sup>

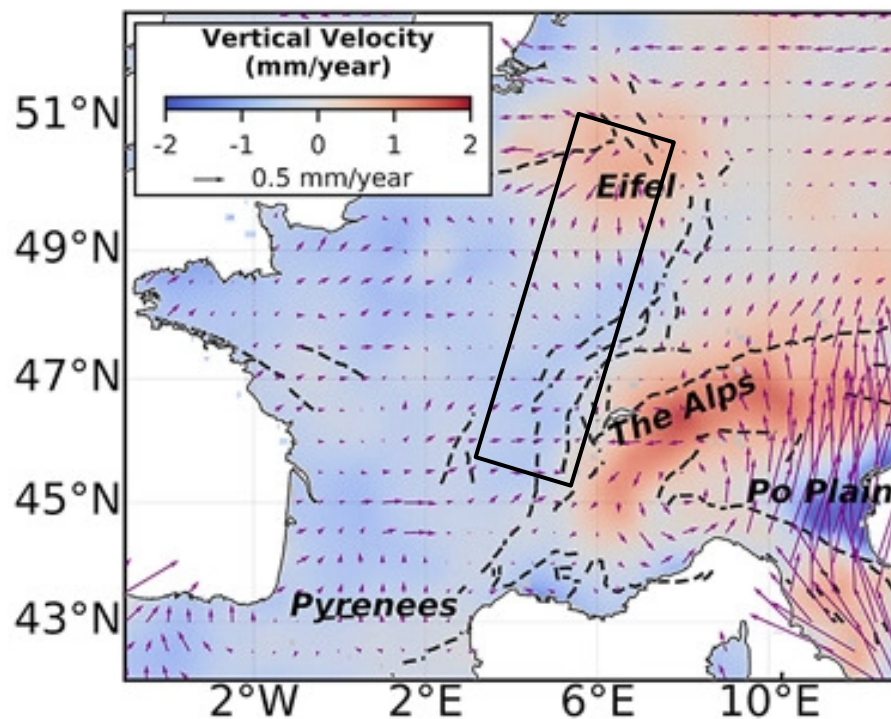
Les patterns larges (> 10-20 km ?) sont ôtés de la solution InSAR avant le référencement

**ISDeform** : 250x700 km<sup>2</sup>

On garde tous les patterns spatiaux sauf les rampes avant le référencement



→ Solution ISDeform beaucoup moins dépendante du GNSS

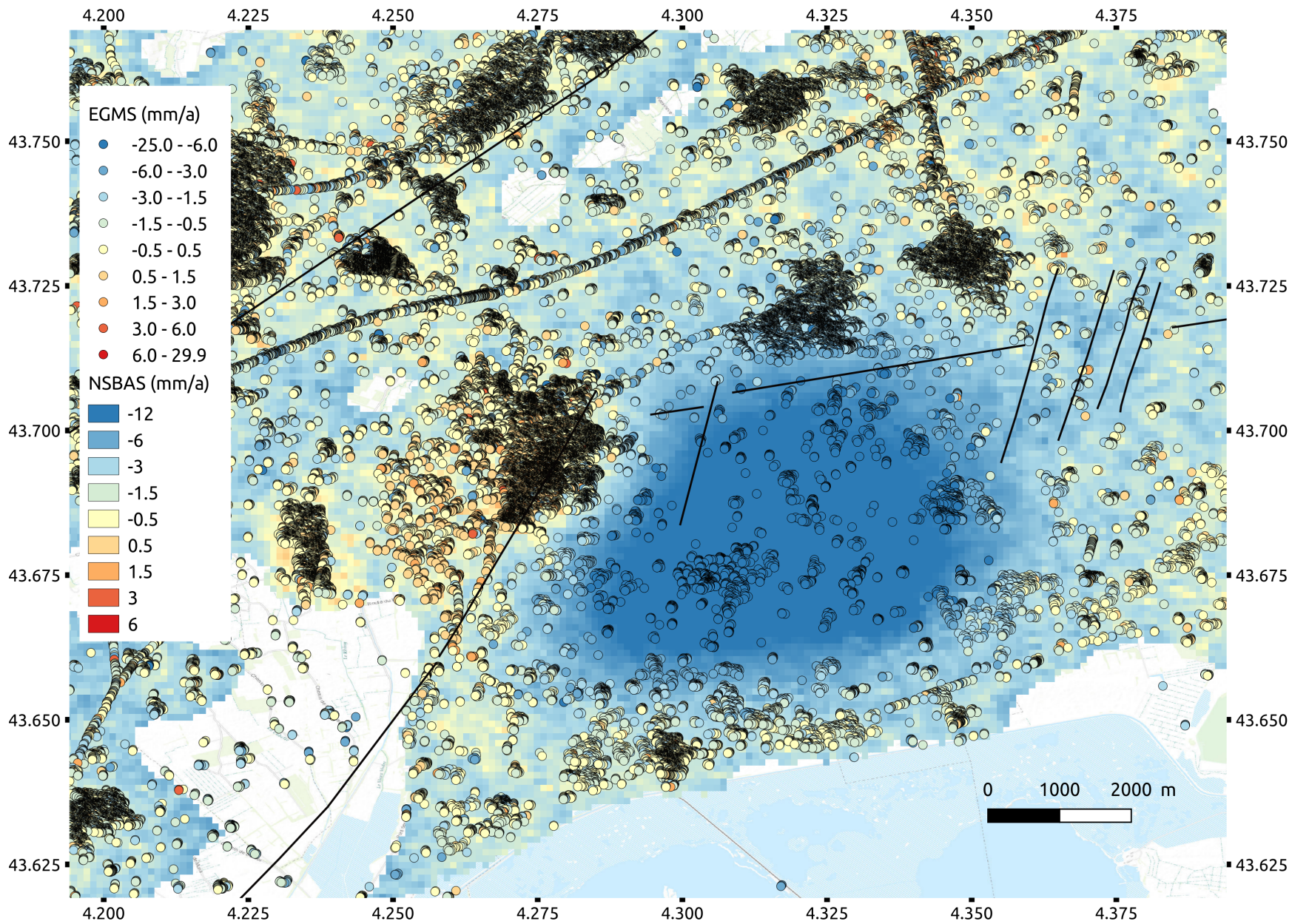


Pina-Valdes et al., 2022



# Comparaison EGMS et ISDeform en ligne de visée

## Exemple de la mine de Vauvert

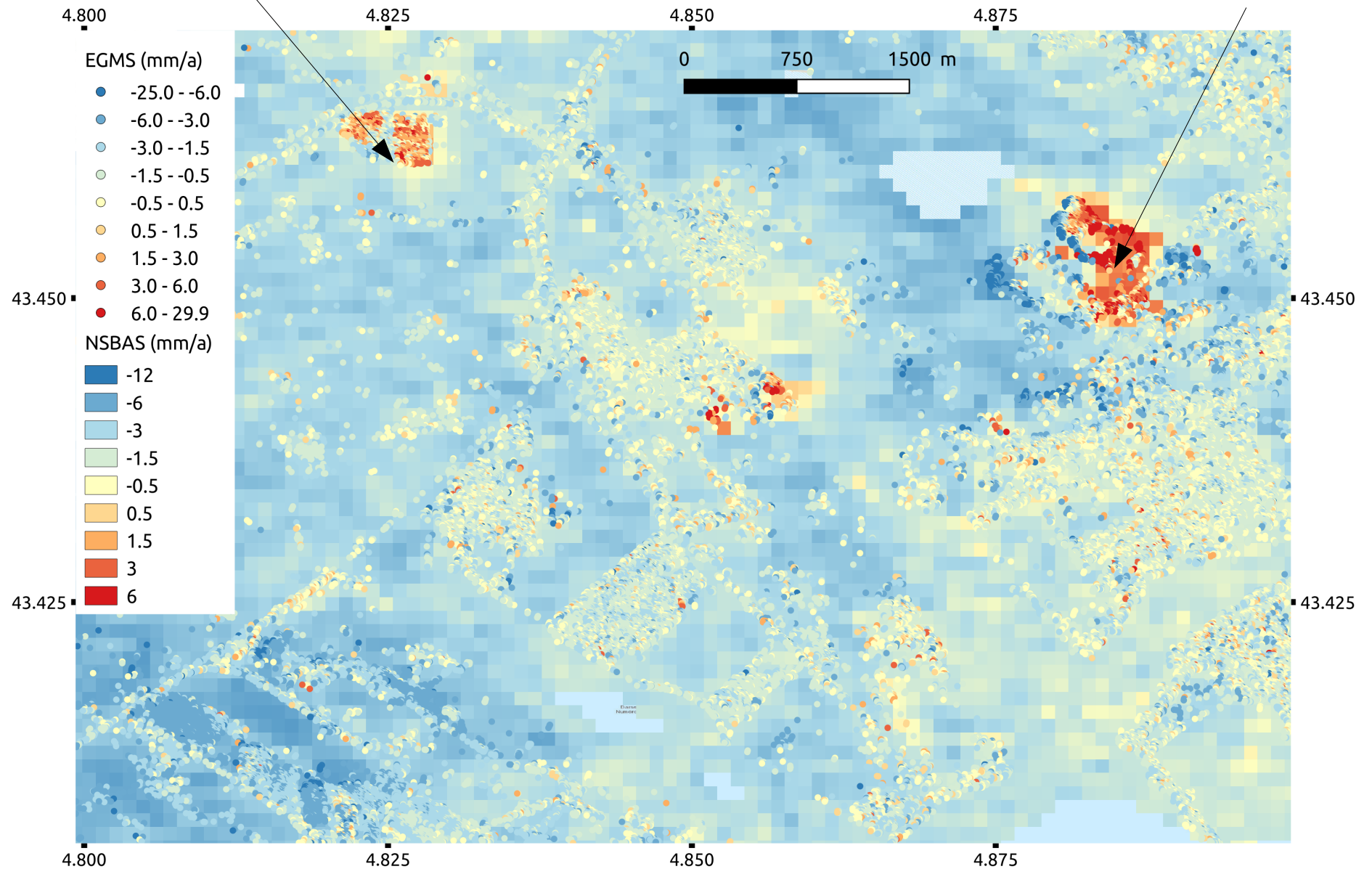


# Comparaison EGMS et ISDeform en ligne de visée

## Exemple près de Fos sur Mer de soulèvement localisé

Ancien marais salants ?

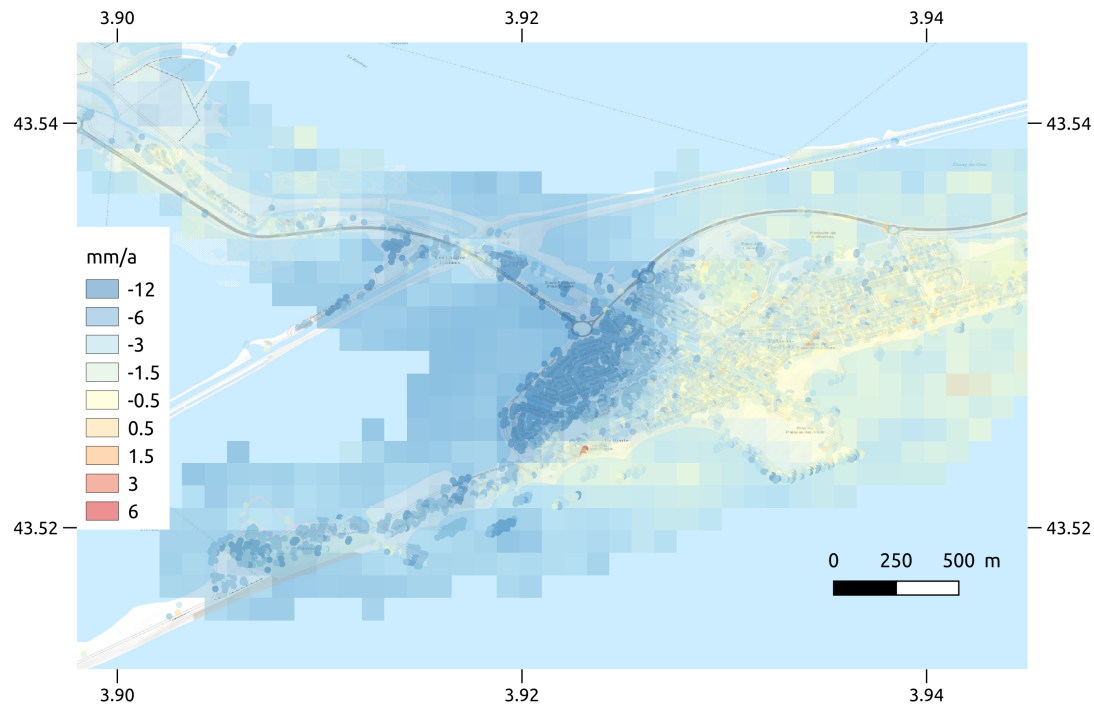
Carrière de Castine





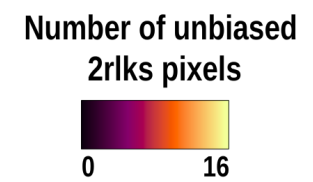
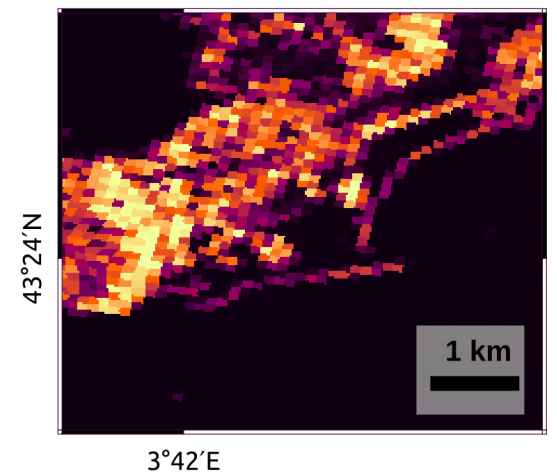
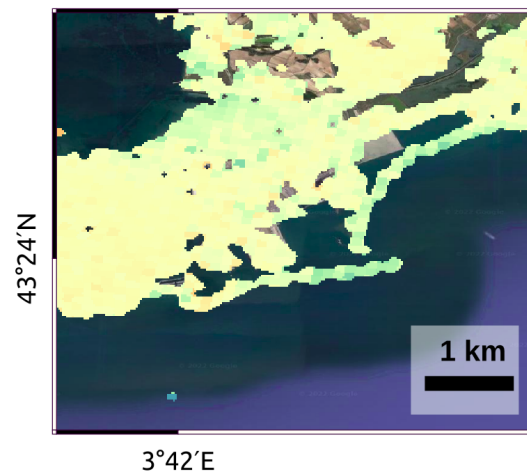
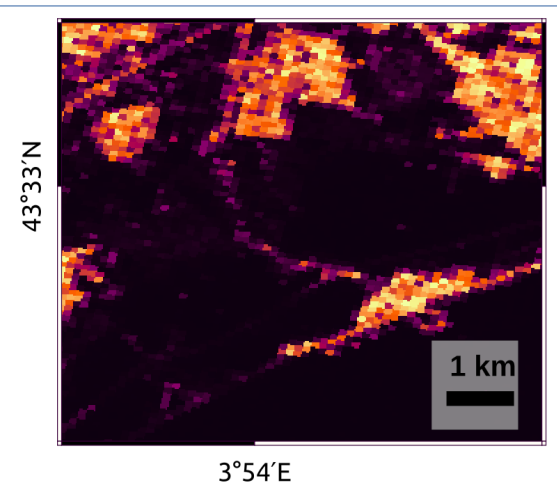
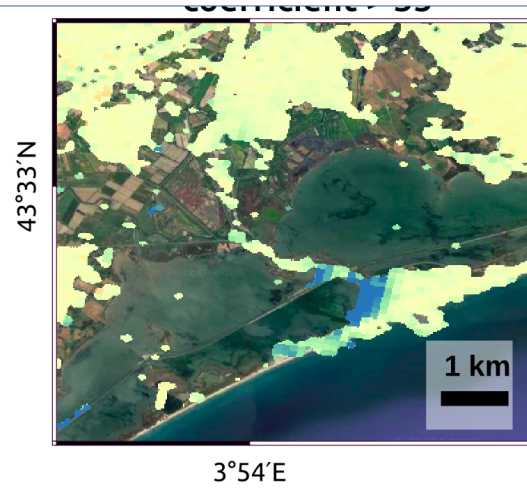
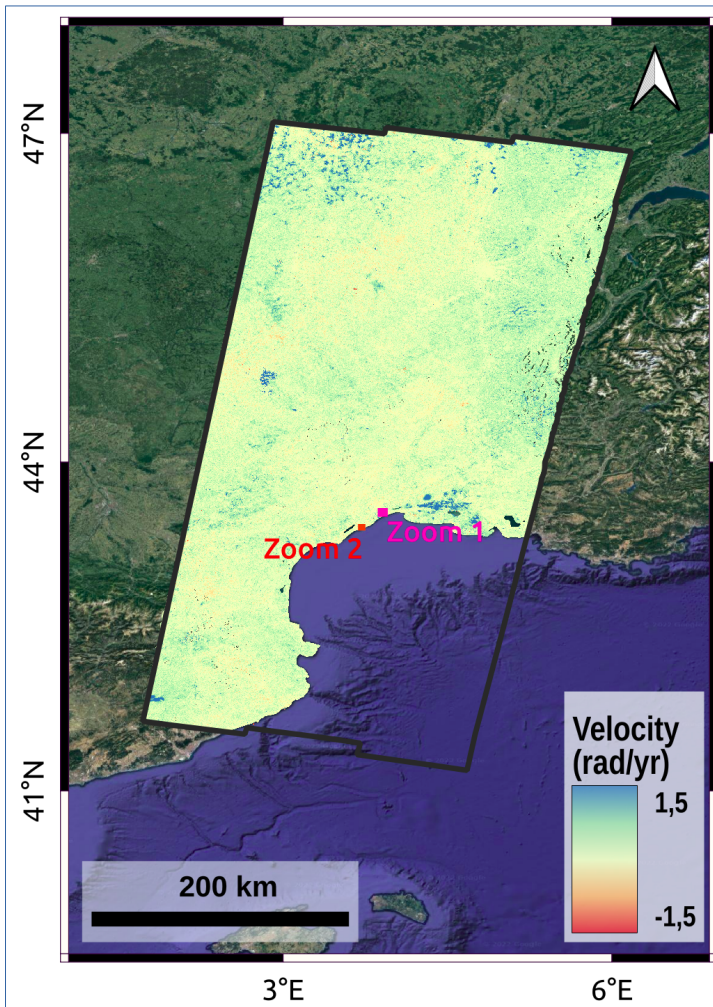
# Comparaison EGMS et ISDeform en ligne de visée

## Subsidence à Palavas les Flots



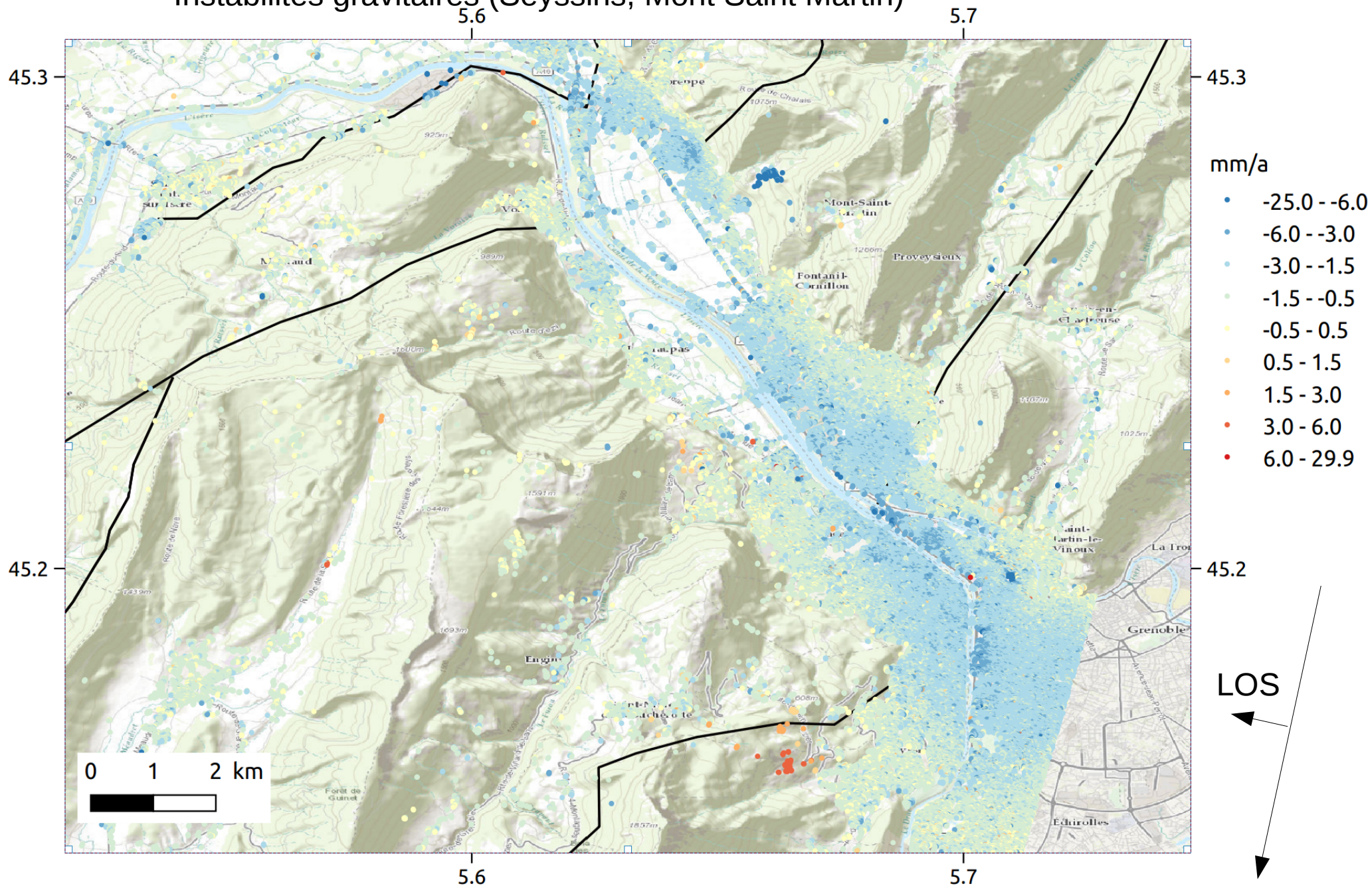
Sète



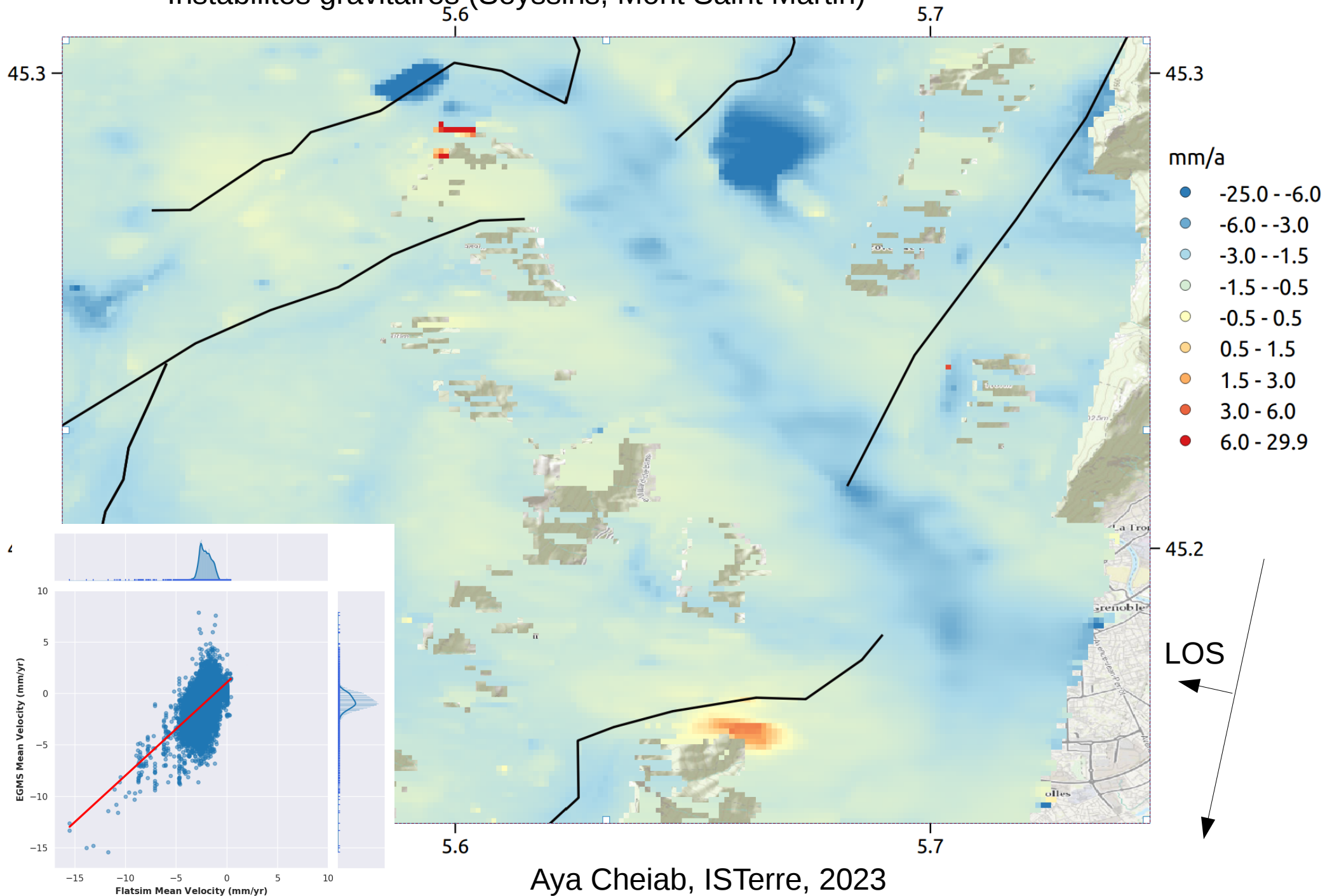




# EGMS-D037-LOS, Compaction sédimentaire du bassin Voreppe-Grenoble Instabilités gravitaires (Seyssins, Mont Saint Martin)



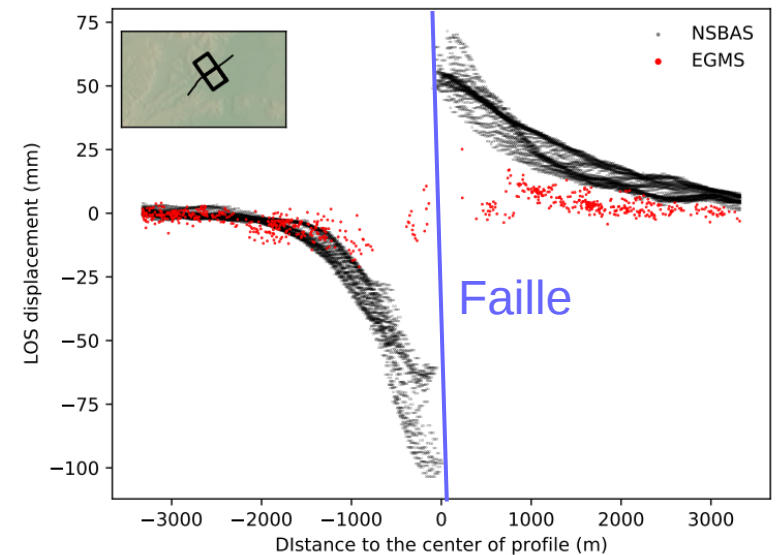
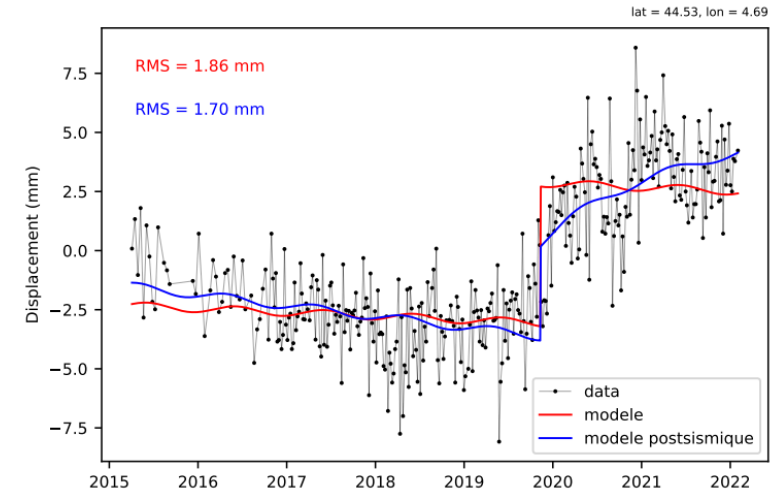
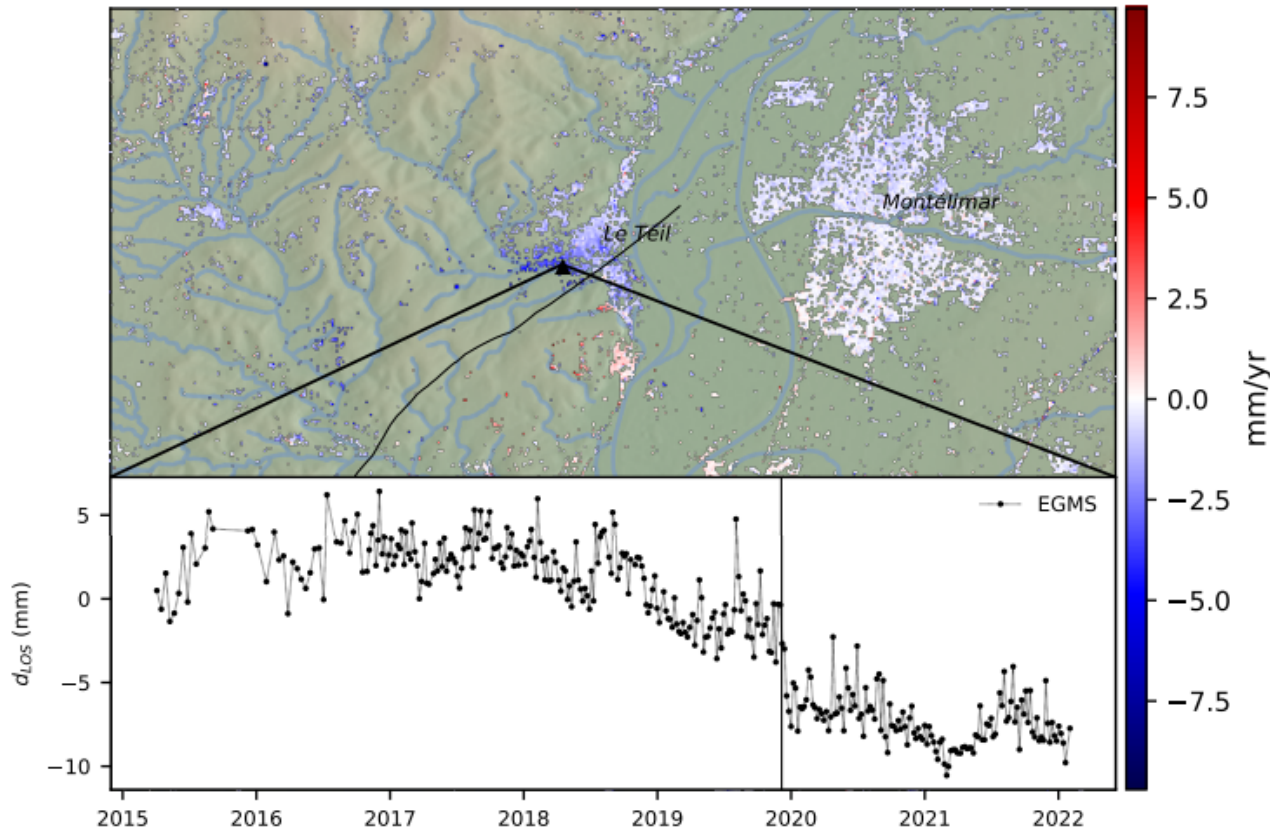
# ISDeform-D037-LOS, Compaction sédimentaire du bassin Voreppe-Grenoble Instabilités gravitaires (Seyssins, Mont Saint Martin)





# Limite de l'EGMS pour les déplacements non linéaires et non saisonniers: Exemple du séisme du Teil

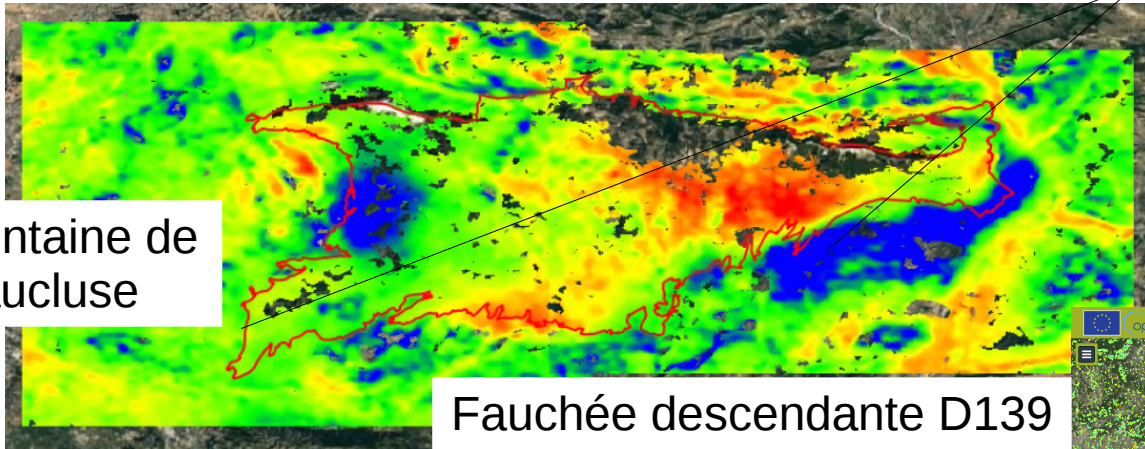
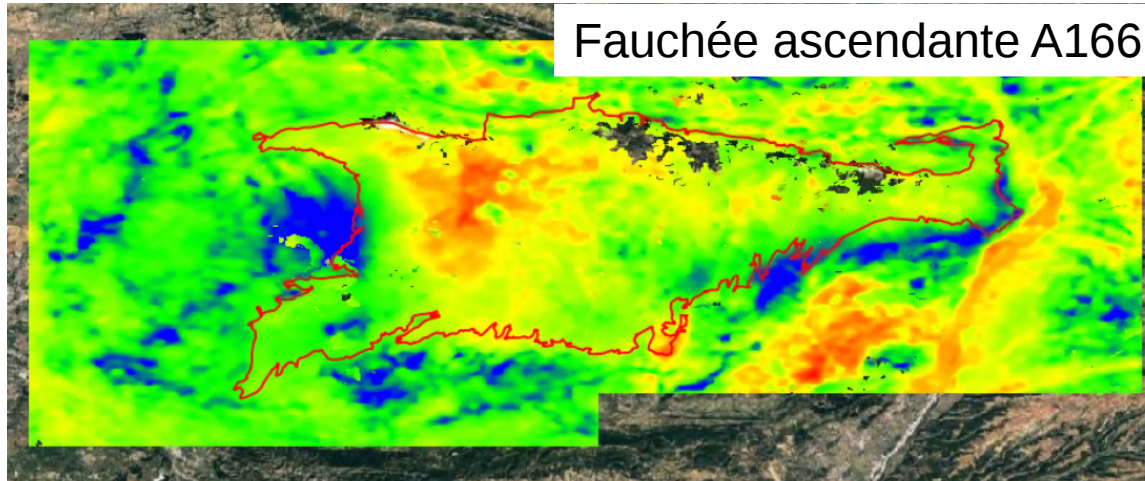
EGMS



Master 2 de Charlotte Spriet, LGL-TPE, 2023

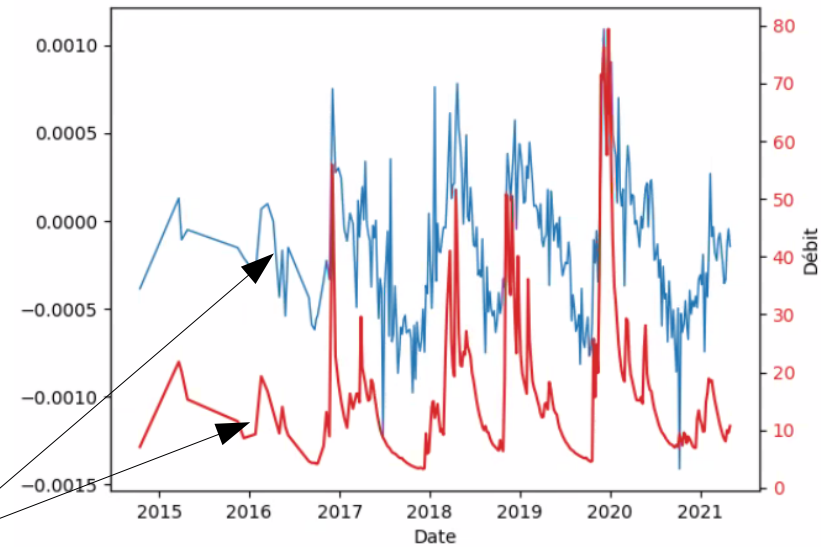
# Déformation non linéaire d'origine hydrologique: ex. du karst du Vaucluse

Carte des déplacements associés au débit d'eau



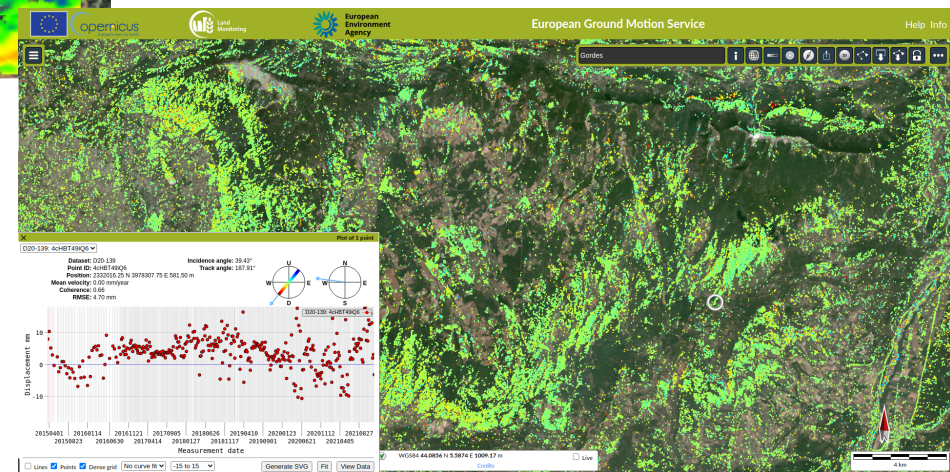
ISDeform

Proportionnalité et débit en fonction du temps



Stage M2 de Fares Mokthari, ITES,  
Avec C. Doubre, MP Doin  
Financement MTECT

EGMS



# Solutions EGMS versus ISDeform :

## bon accord avec spécificités de chaque méthode

### **Méthodologies différentes, mais mêmes données**

- \* Hypothèses pour résoudre l'ambiguïté de la phase différentes
- \* Principes de séparation signal vs délais atmosphérique différents
- \* Principes pour le référencement différents

### **Atouts/défauts complémentaires:**

- \* Résolution spatiale en ville : EGMS >> ISDeform
- \* Grande échelle : ISDeform >> EGMS
- \* Milieux naturels : ISDeform >> EGMS
- \* Déformation non linéaire : ISDeform >> EGMS
- \* Forts déplacements / non linéaires : traitement dédié

### **Limites des deux solutions:**

- \* Détection des erreurs de traitement
- \* Représentation des incertitudes
- \* Représentativité des mesures au sol : point brillant ? Zone ?

### **Intérêt d'une solution nationale "scientifique":**

- Expertise
- Traitements spécifiques dédiés (par ex., sur les glissements de terrain)
- Cross-validation et applications complémentaires