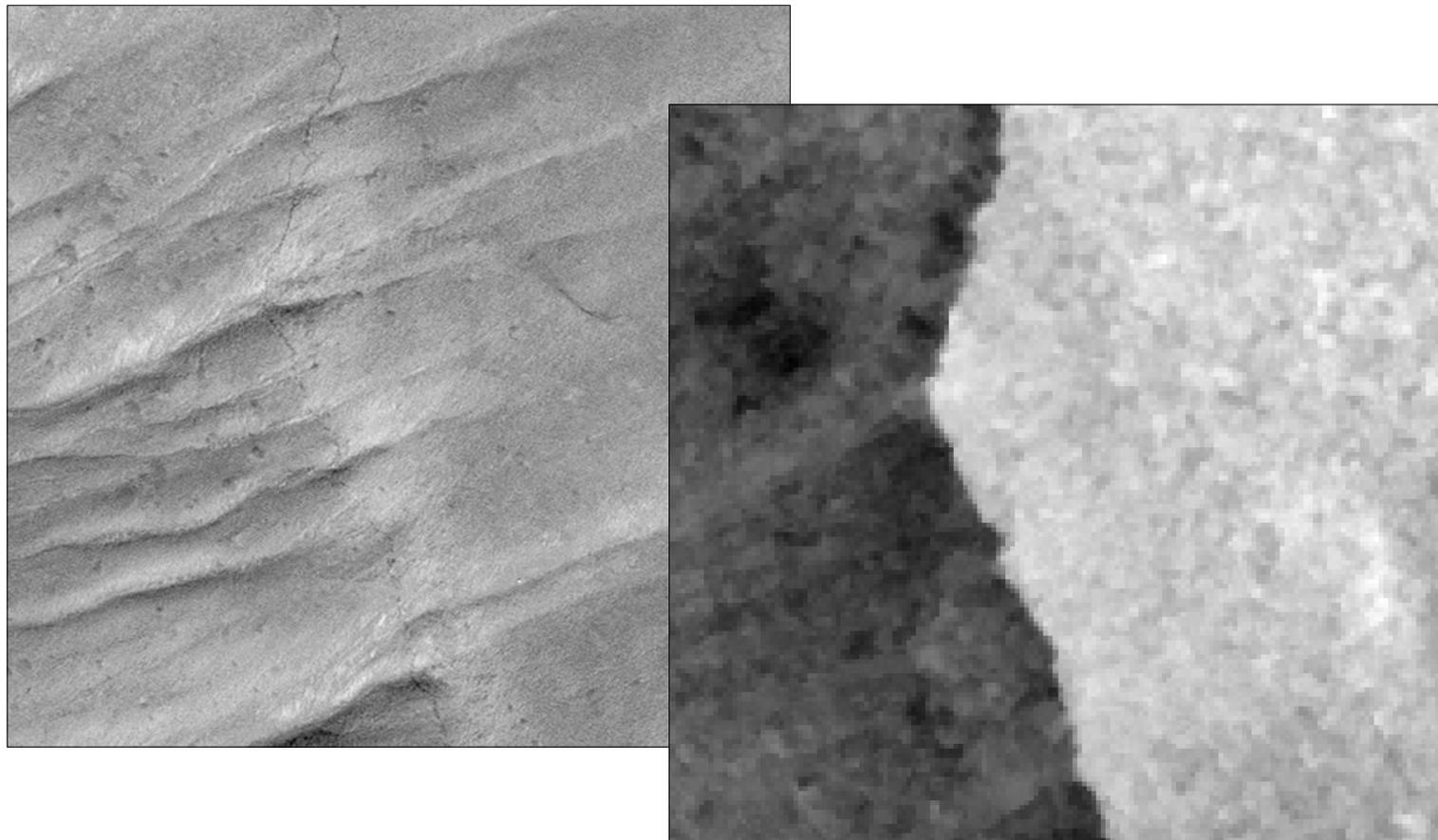


L'étude de la déformation de la surface à partir des images satellites optiques



IPGP : Yann Klinger
Arthur Delorme
Raphaël Grandin

IGN : Marc Pierrot-Desseilligny
Ewelina Rupnik



Développements dans MicMac pour l'étude de la déformation de la surface

Projets financés par le TOSCA (CNES), collaboration IGN et IPGP :

2012 à 2014

- Développement d'une chaîne de traitement pour la mesure de la déformation de la surface
([Rosu et al., 2015](#))
- Tests sur le corrélateur de MicMac pour le calcul de MNS à partir d'images satellites
- Workshop à l'IPGP sur le calcul de MNS et la comparaison des solutions existantes (40 participants, 8 présentations, 12 équipes participant à la comparaison)

1 ingénieure CDD : Ana-Maria Rosu

2015 et 2016

Adaptation de la chaîne MicMac pour le calcul de MNS (notamment de la partie orientation) au traitement d'images satellites
([Rupnik et al., 2016](#))

1 ingénieure CDD : Ewelina Rupnik

2017

Réalisation d'une interface graphique pour MicMac

1 ingénieur CDD : Amaury Truffier

2020

Réalisation d'un outil de post-traitement pour réaliser des mesures sur les cartes de la déformation

1 ingénieur CDD : Laurent Pourchet (6 mois à partir de sept. 2019)

Tous ces développements sont intégrés au logiciel MicMac, libre et gratuit.

Trois cas d'études de la déformation engendrée par des séismes continentaux

- Le séisme du Balouchistan (Pakistan, 2013), de M_w 7.7
- Le séisme de Norcia (Italie, 2016), de M_w 6.5
- Le séisme de Kaikoura (Nouvelle-Zélande, 2016), de M_w 7.8

Trois cas d'études de la déformation engendrée par des séismes continentaux

- ➔ • Le séisme du Balouchistan (Pakistan, 2013), de M_w 7.7
- Le séisme de Norcia (Italie, 2016), de M_w 6.5
- Le séisme de Kaikoura (Nouvelle-Zélande, 2016), de M_w 7.8

Le séisme du Balouchistan (Pakistan, 2013), de M_w 7.7

Vallage et al. (2015, 2016)

Mouvement de décrochement sénestre, au premier ordre

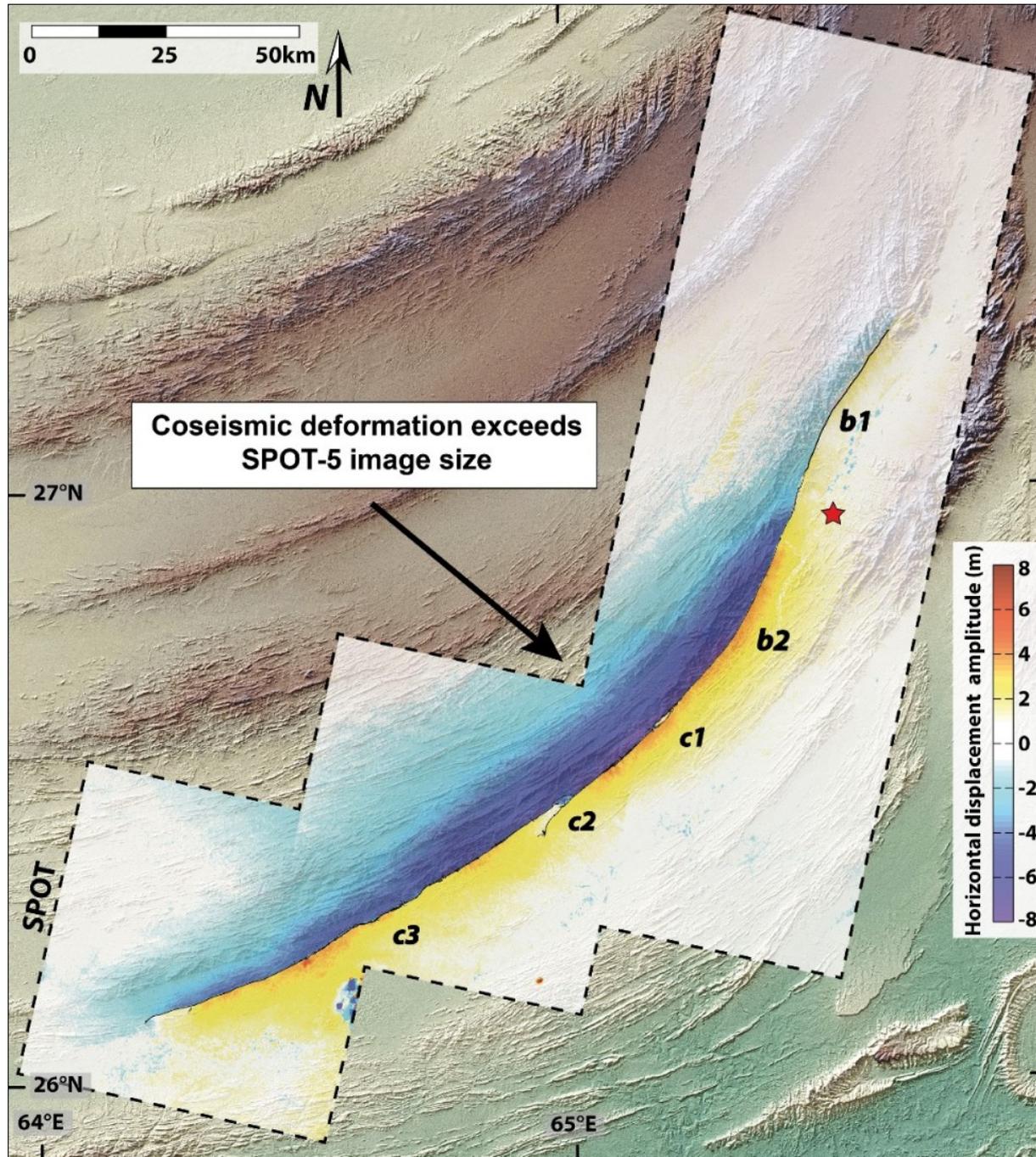
Paires avant / après :
SPOT 5 (2.5 m) proches nadir avec un faible B/H

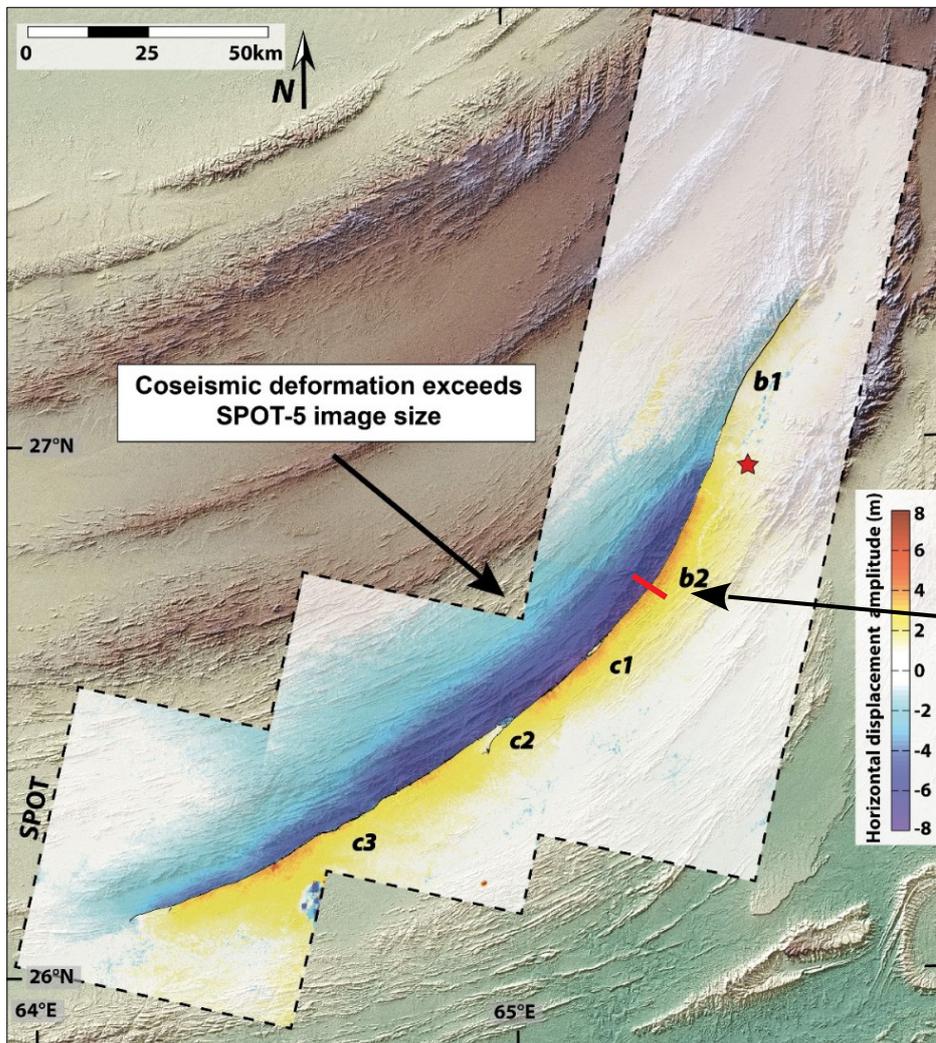
Orientation + ortho-rectification :
COSI-Corr

Corrélation d'images : **MicMac**

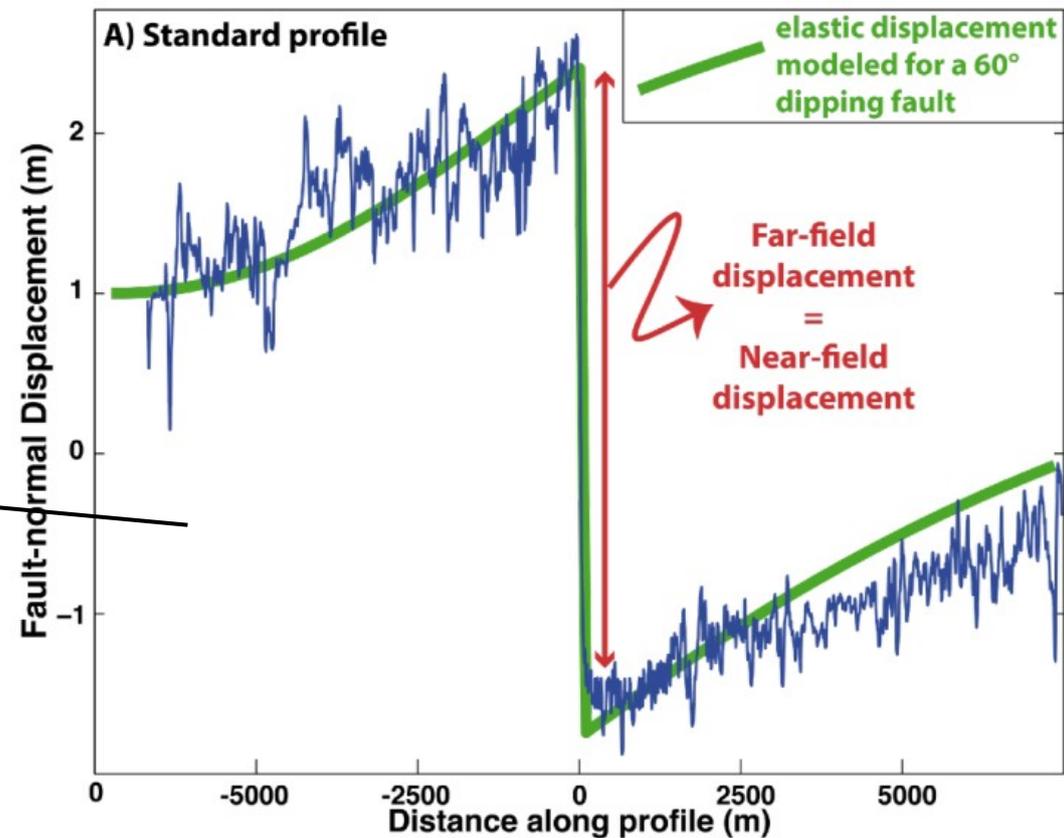
=> Cartes de la déformation horizontale de la surface :

- Résolution : 2.5 m
- Seuil de détection : ~25 cm



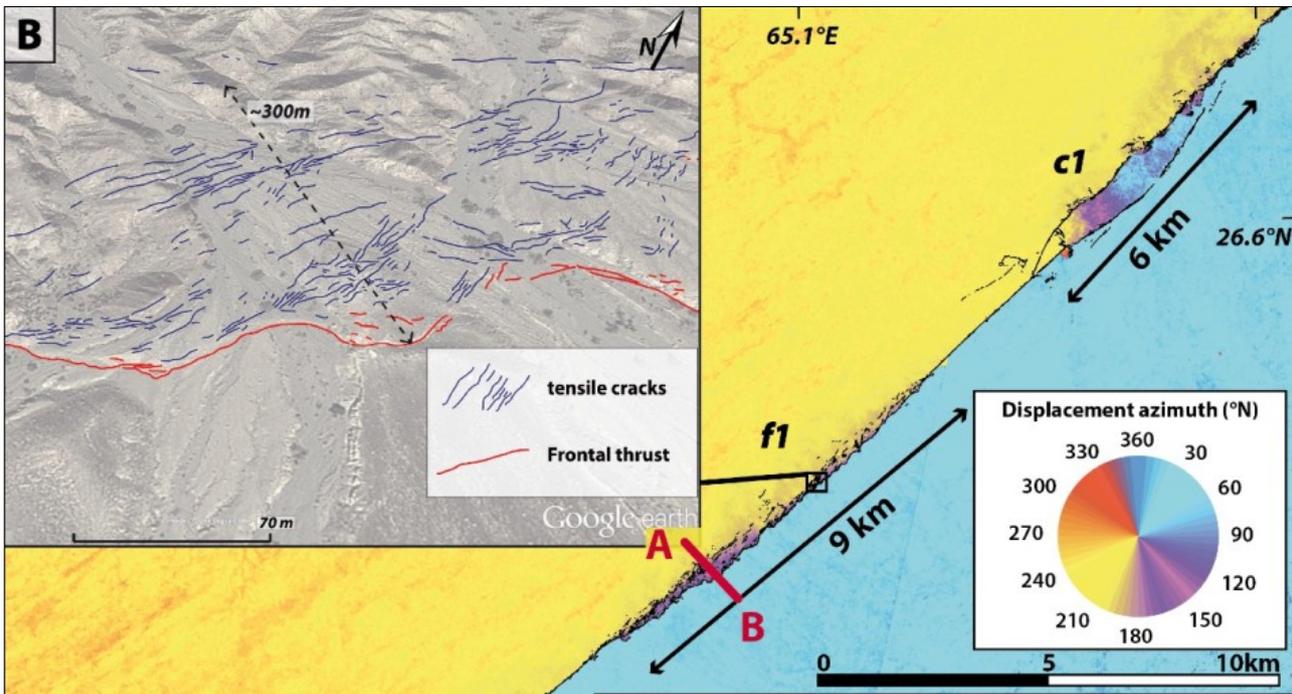


(Vallage et al., 2015)

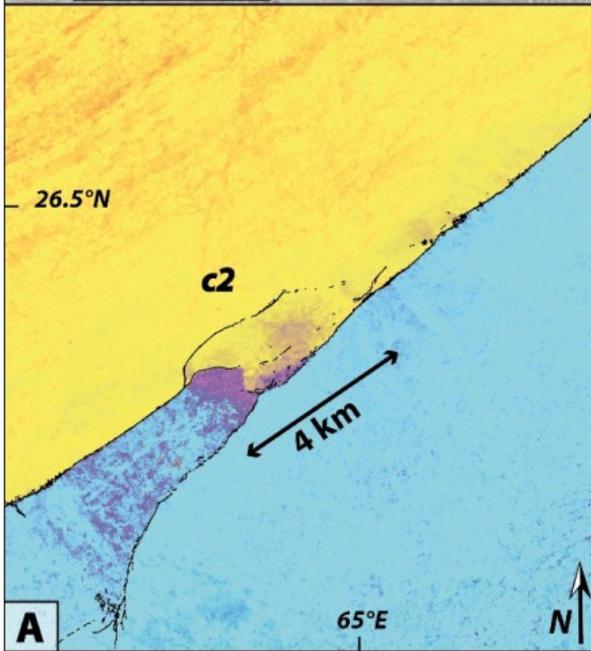


« Pile » de profils : longueur 15 km, largeur 100 m

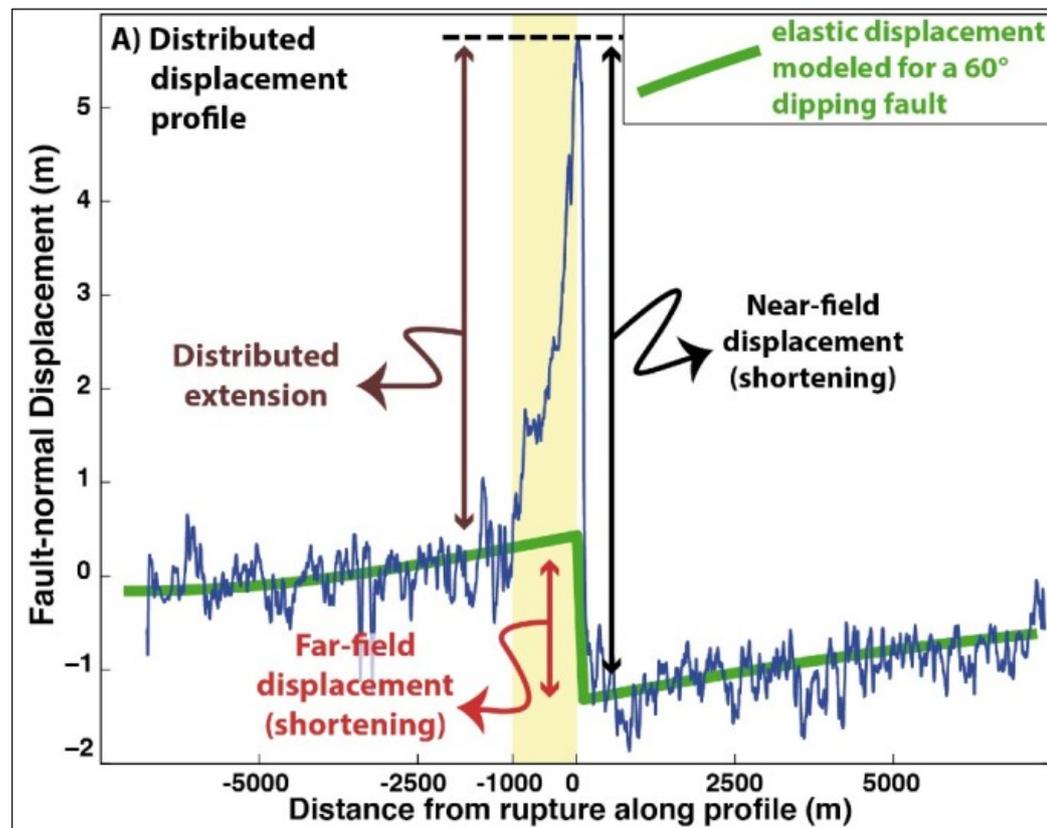
Mesure des déplacements parallèle et perpendiculaire à la faille, de part et d'autre de celle-ci, pour déterminer le glissement accommodé sur la faille



Le niveau de détail obtenu révèle des complexités géométriques le long de la rupture



(Vallage et al., 2015)

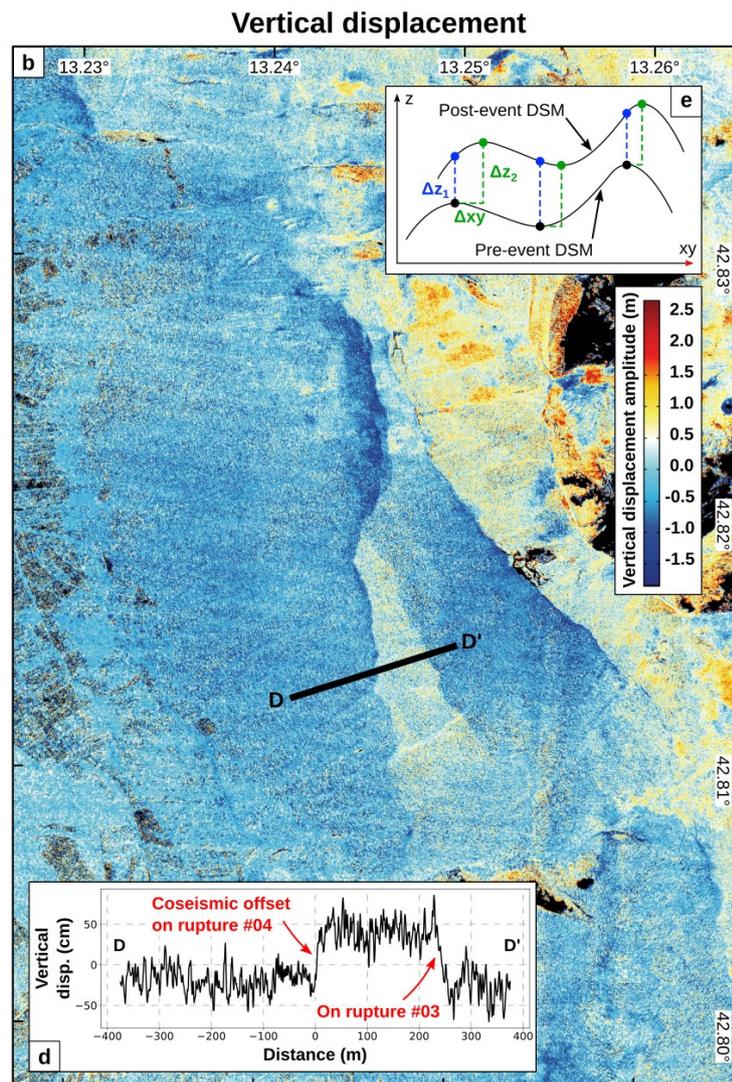
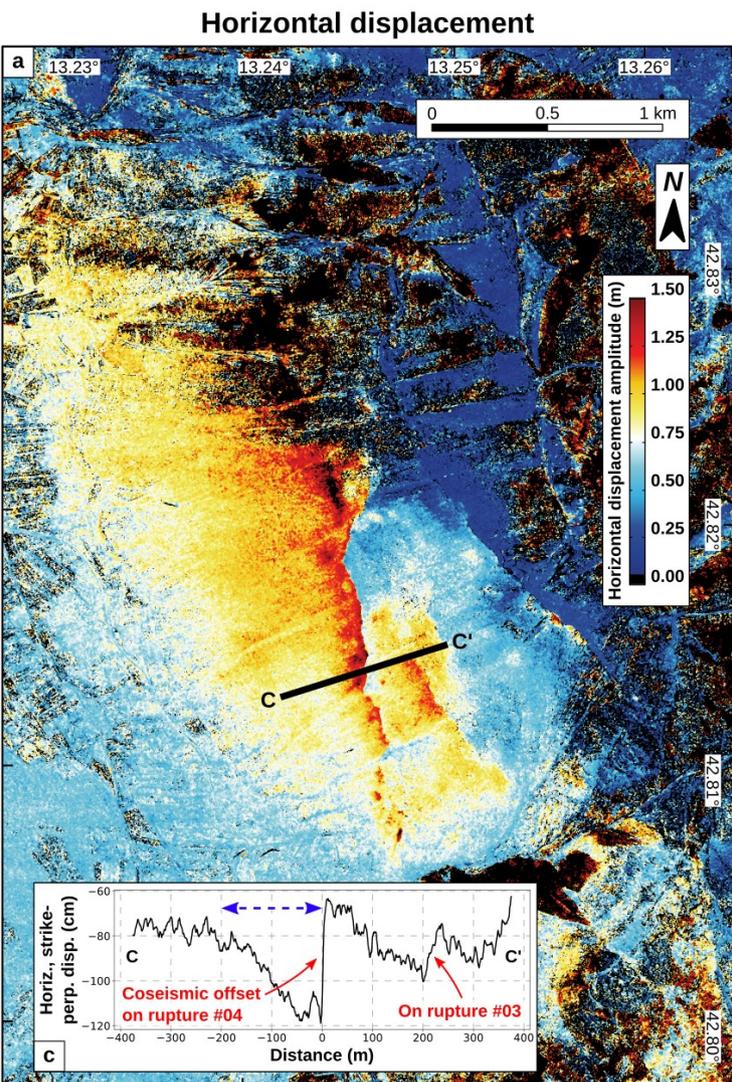


Trois cas d'études de la déformation engendrée par des séismes continentaux

- Le séisme du Balouchistan (Pakistan, 2013), de M_w 7.7
- ➔ • Le séisme de Norcia (Italie, 2016), de M_w 6.5
- Le séisme de Kaikoura (Nouvelle-Zélande, 2016), de M_w 7.8

Le séisme de Norcia (Italie, 2016), de M_w 6.5

Delorme et al. (revision under review)



Mouvement en failles normales

Paires avant / après :

Pleiades (0.5 m) avec B/H variable

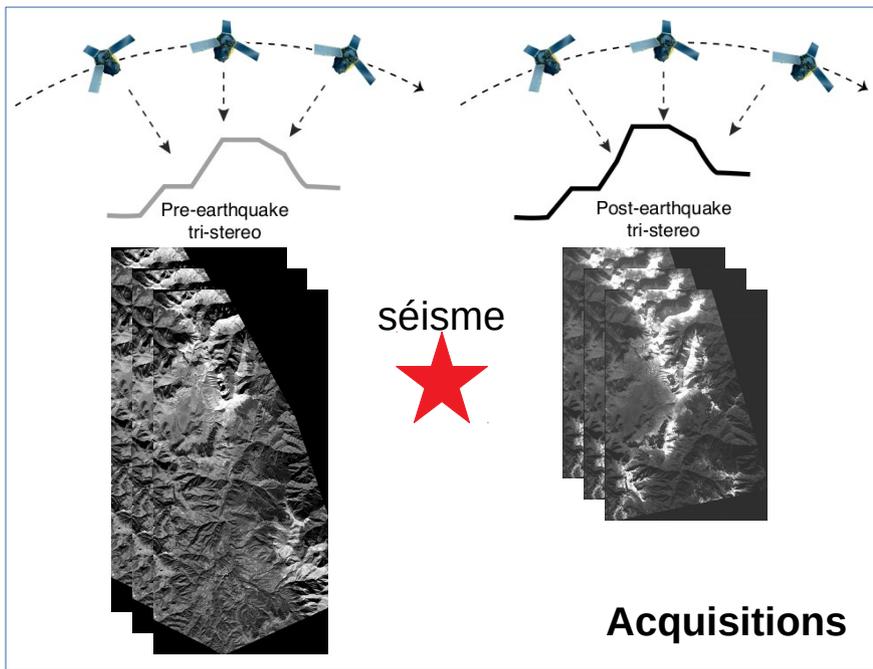
Orientation, MNS, ortho-rectification et corrélation d'images : **MicMac**

=> Cartes de la déformation horizontale **et verticale** de la surface :

- Résolution : 0.5 m

- Seuil de détection : ~10 à 20 cm

Chaîne de traitement MicMac



Recherche de points de liaison

Entre les six images

Ajustement de faisceaux

Affinage du modèle de géométrie des six images

Calcul d'un MNS « avant »

À partir des trois images « avant »

Calcul d'un MNS « après »

À partir des trois images « après »

Ortho-rectification

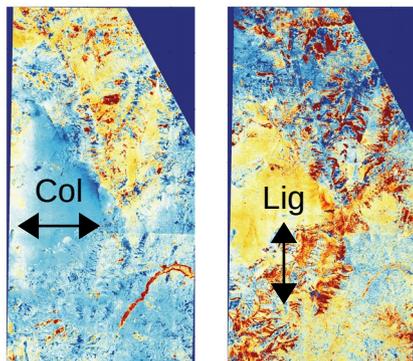
Ré-échantillonnage des images dans une géométrie commune

Ortho-rectification

Ré-échantillonnage des images dans une géométrie commune

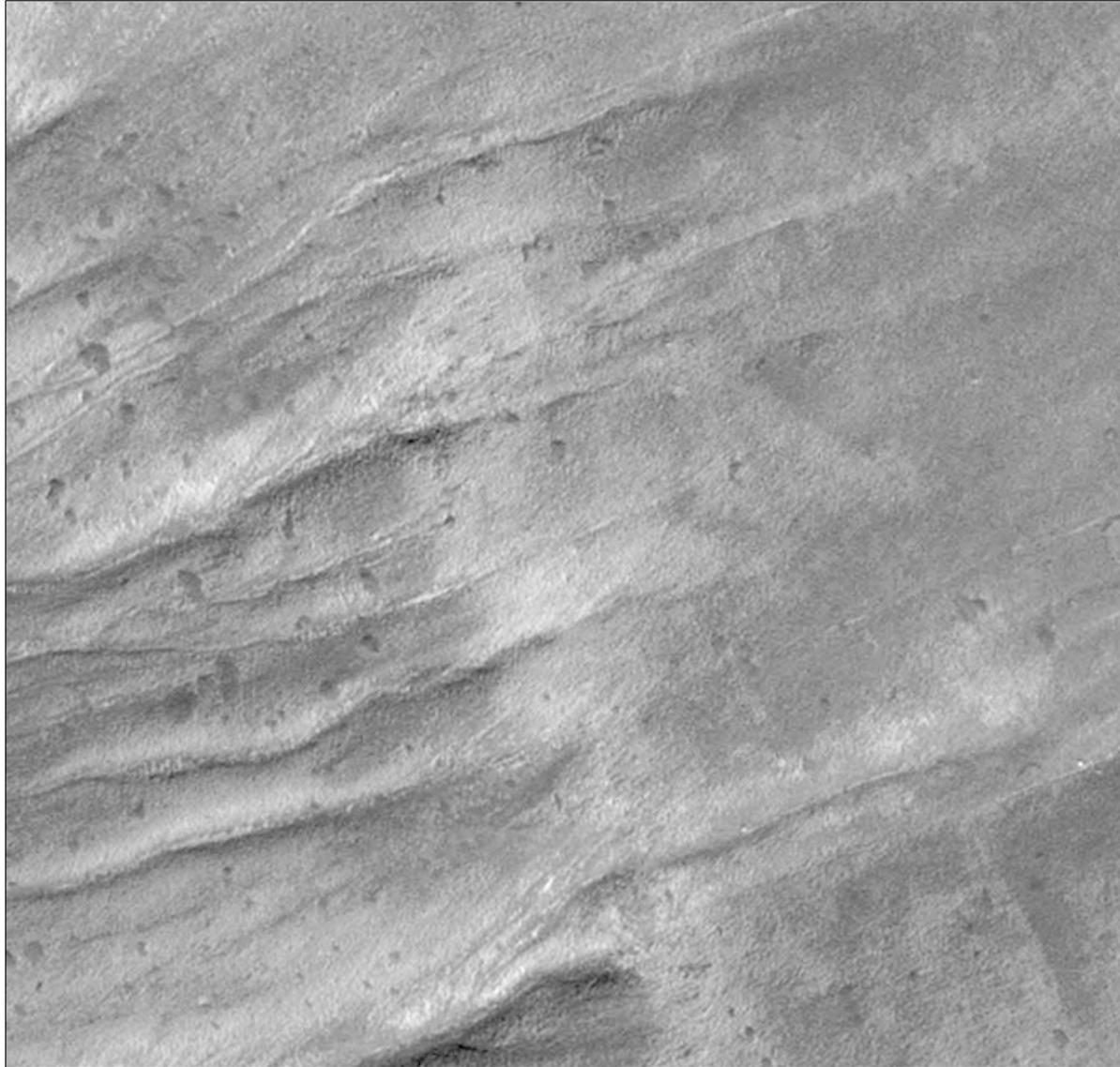
Mise en correspondance dense « 2D »

Par corrélation d'images



Cartes de la déformation horizontale

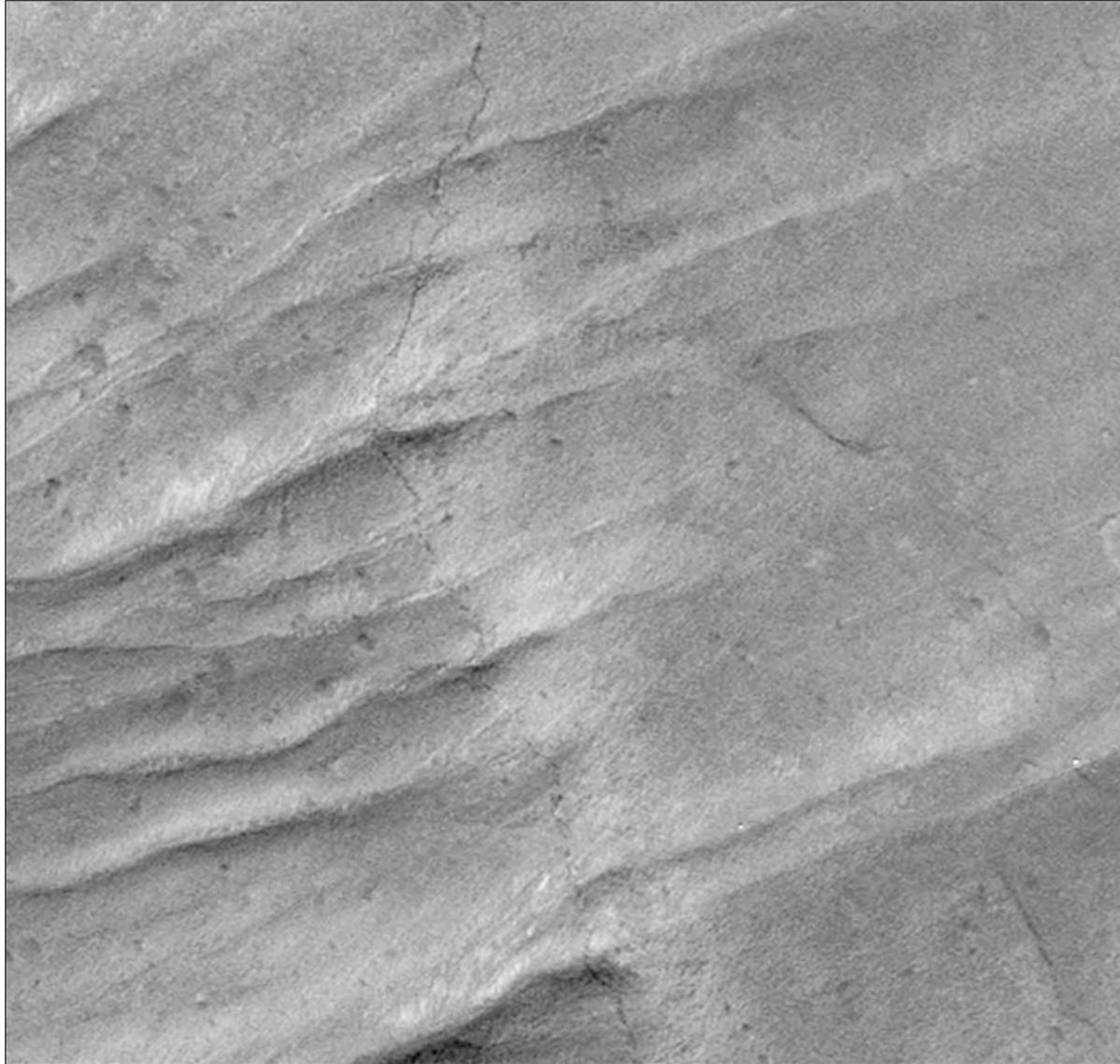
Ortho-images



100 m



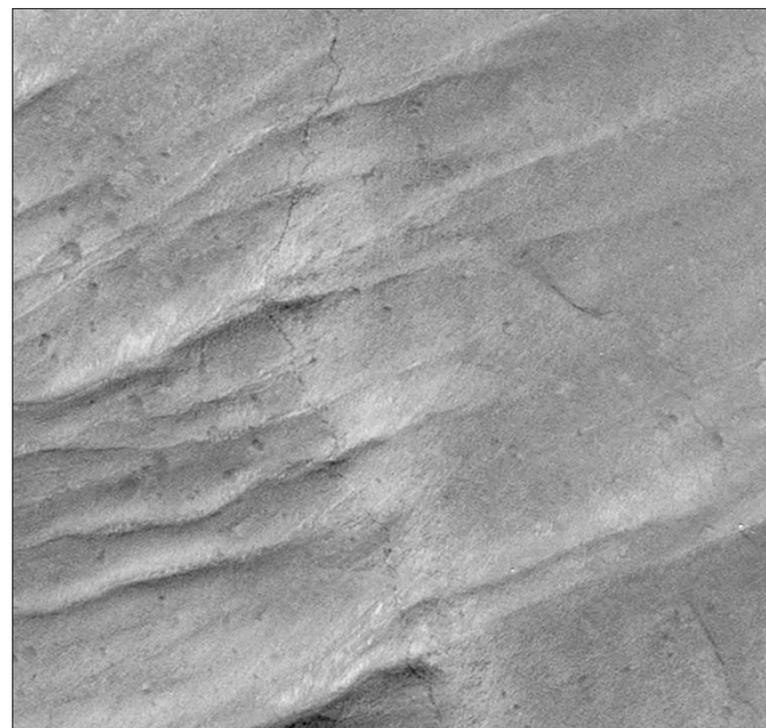
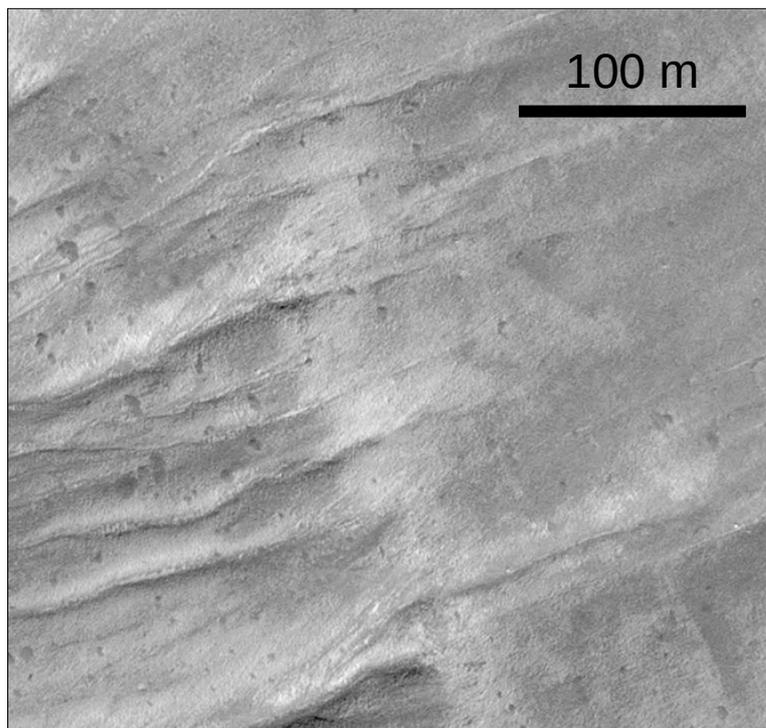
Ortho-images



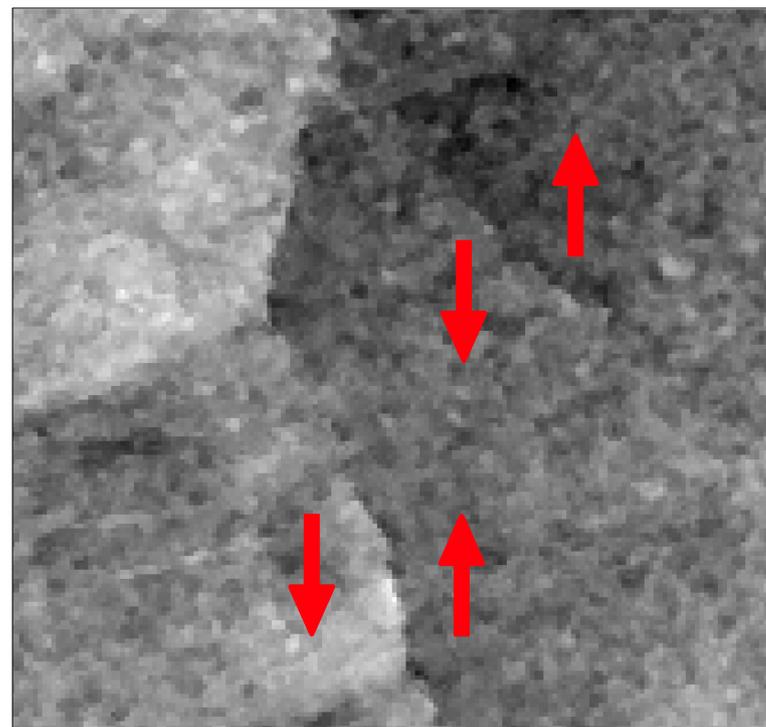
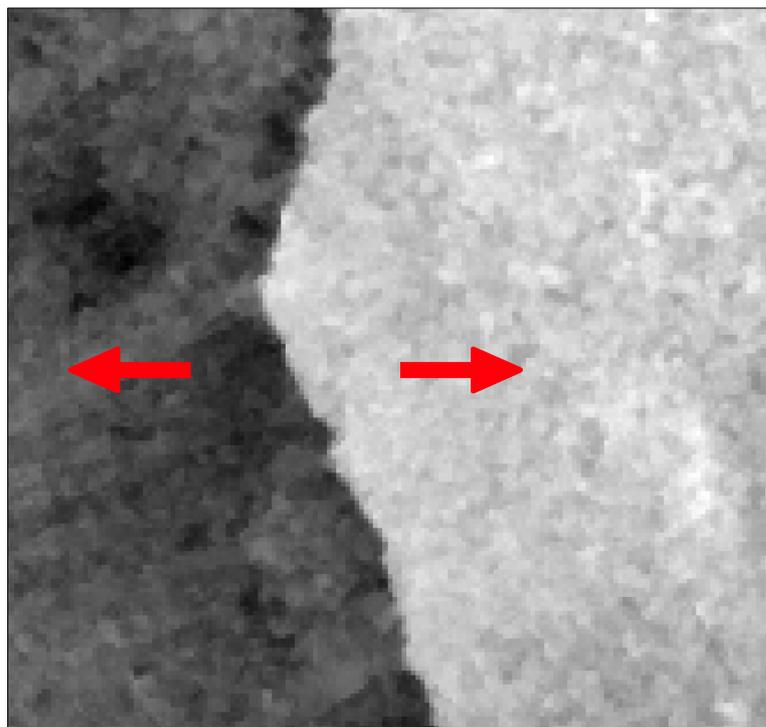
100 m



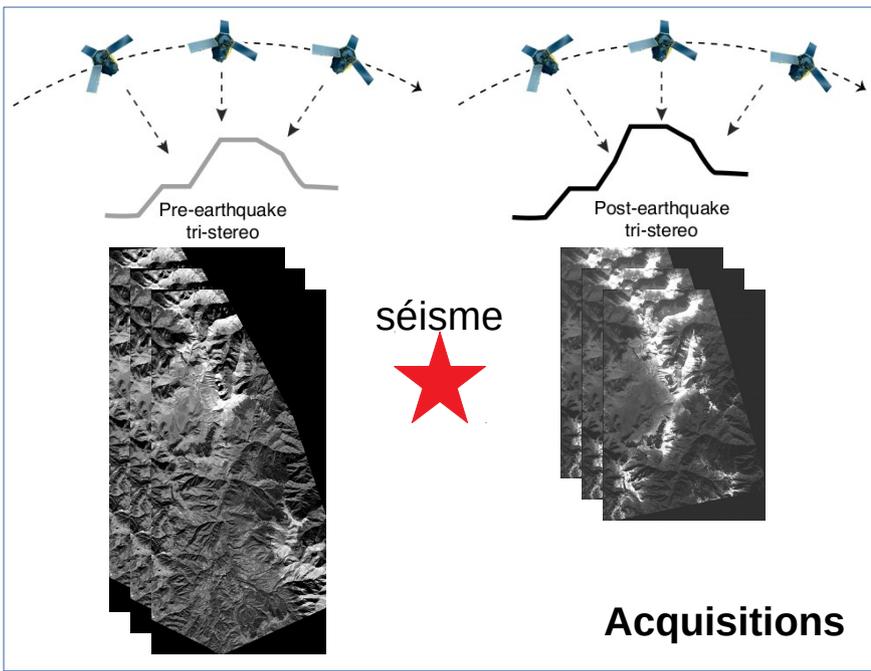
Ortho-images



Cartes de la déformation horizontale



Chaîne de traitement MicMac



Recherche de points de liaison
Entre les six images

Ajustement de faisceaux
Affinage du modèle de géométrie des six images

Calcul d'un MNS « avant »
À partir des trois images « avant »

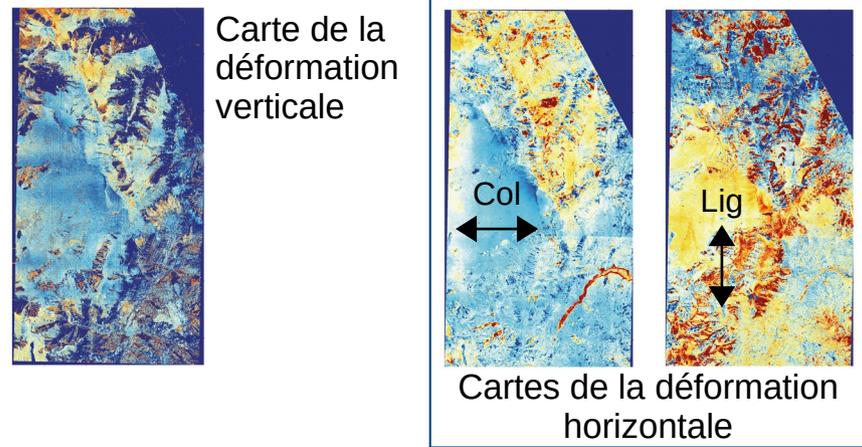
Calcul d'un MNS « après »
À partir des trois images « après »

Différence de MNS
En prenant en compte la déformation horizontale

Ortho-rectification
Ré-échantillonnage des images dans une géométrie commune

Ortho-rectification
Ré-échantillonnage des images dans une géométrie commune

Mise en correspondance dense « 2D »
Par corrélation d'images



Déformation 3D à partir des images Pleiades

East-West

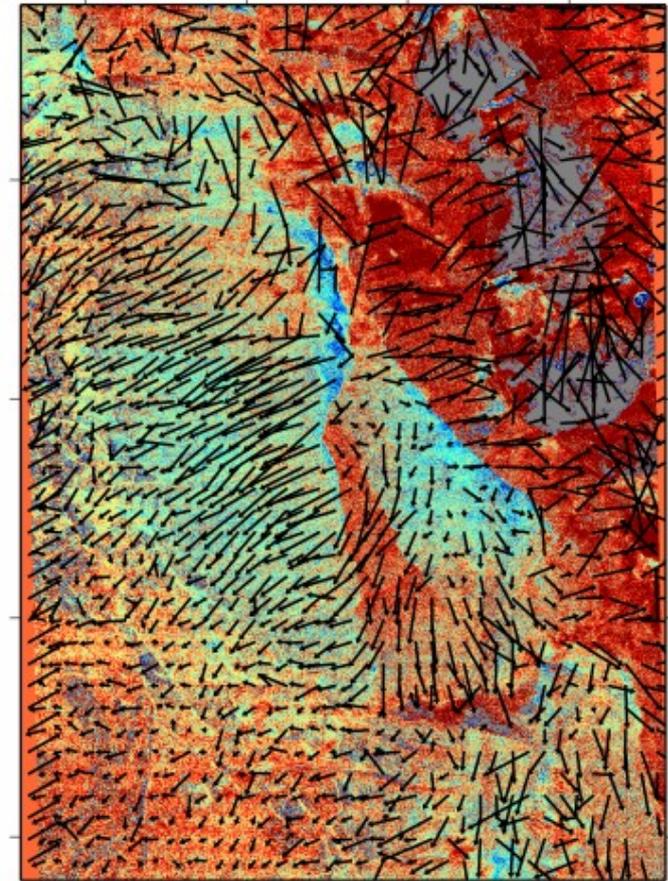
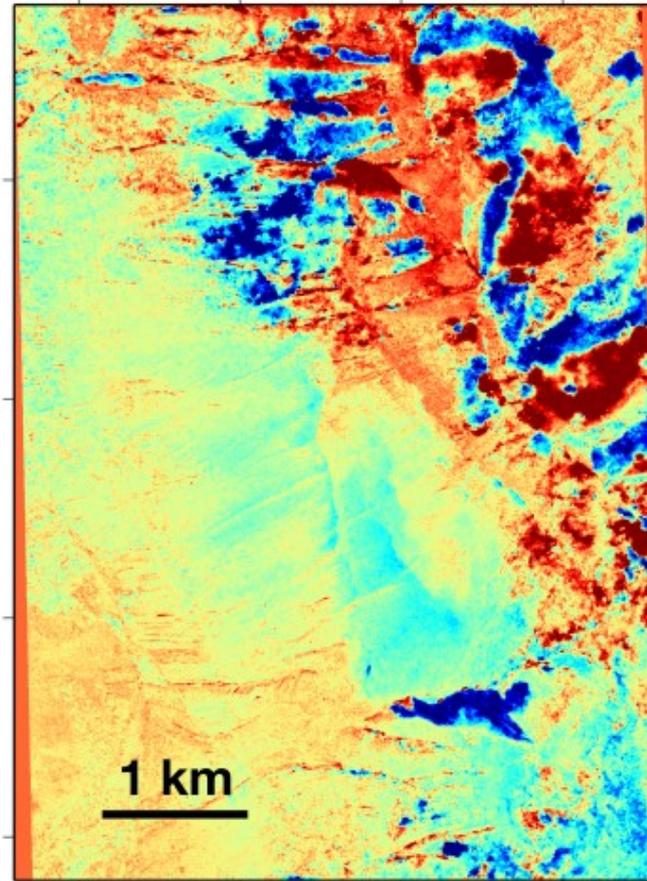
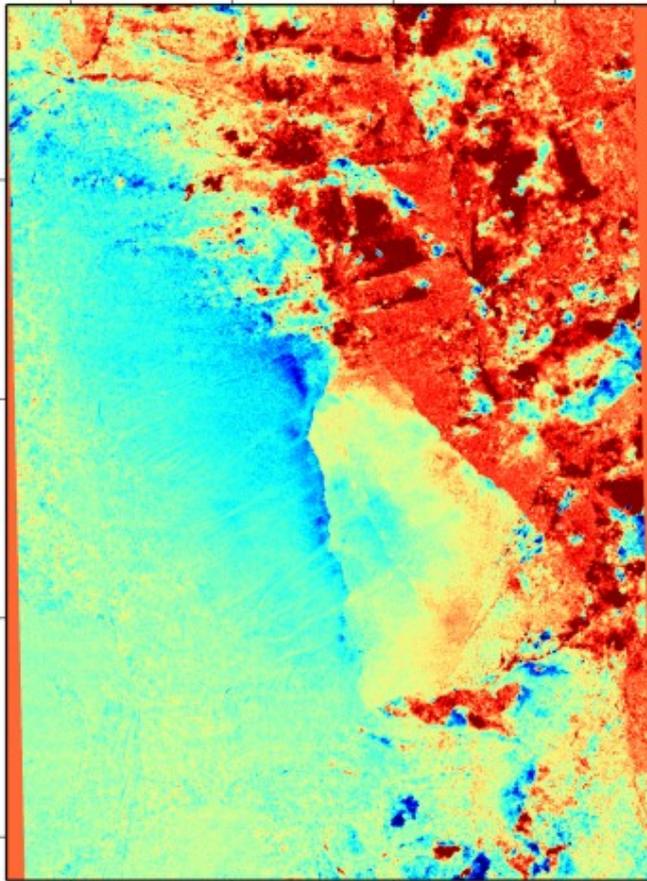
13.23° 13.24° 13.25° 13.26°

North-South

13.23° 13.24° 13.25° 13.26°

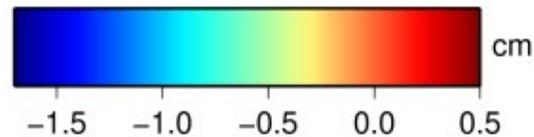
Vertical

13.23° 13.24° 13.25° 13.26°



42.83
42.82
42.81
42.8°

Displacement



Trois cas d'études de la déformation engendrée par des séismes continentaux

- Le séisme du Balouchistan (Pakistan, 2013), de M_w 7.7
- Le séisme de Norcia (Italie, 2016), de M_w 6.5
- ➔ • Le séisme de Kaikoura (Nouvelle-Zélande, 2016), de M_w 7.8

Le séisme de Kaikoura (Nouvelle-Zélande, 2016), de M_w 7.8

Klinger et al. (2018)

Mouvement de décrochement dextre au premier ordre

Les cartes de la déformation horizontale de la surface ont permis de tester différents **scénarios de propagation de la rupture**

Paires avant / après :

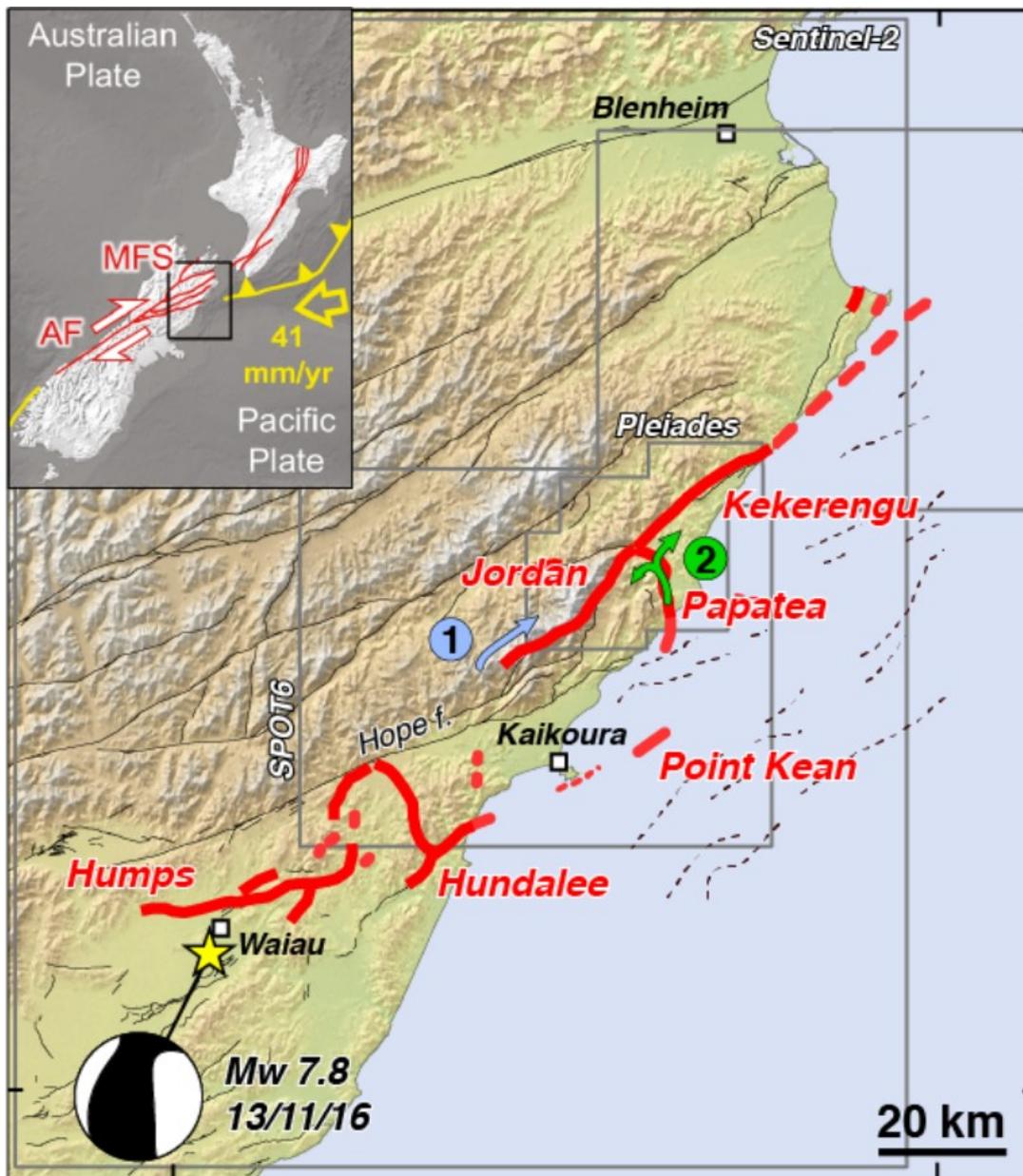
SPOT 6 (1.5 m) / Pleiades (0.5 m) avec B/H variable

Orientation, ortho-rectification et corrélation d'images : **MicMac**

=> Cartes de la déformation horizontale de la surface :

- Résolution : 1.8 m

- Seuil de détection : ~18 cm



Cartes de la déformation horizontale de la surface

