

# Potentiel des satellites ALOS-2 et Sentinel-1 pour l'étude des séismes lents dans la subduction mexicaine par interférométrie radar satellitaire.

PATHIER Erwan, DOIN Marie-Pierre, RADIGUET Mathilde, COTTE Nathalie, WALPERSDORF Andrea, ROJO-LIMON Graciela, LASSERRE Cécile. (ISTerre)

KOSTOGLODOV Vladimir (UNAM)

GRANDIN Raphaël (IPGP)



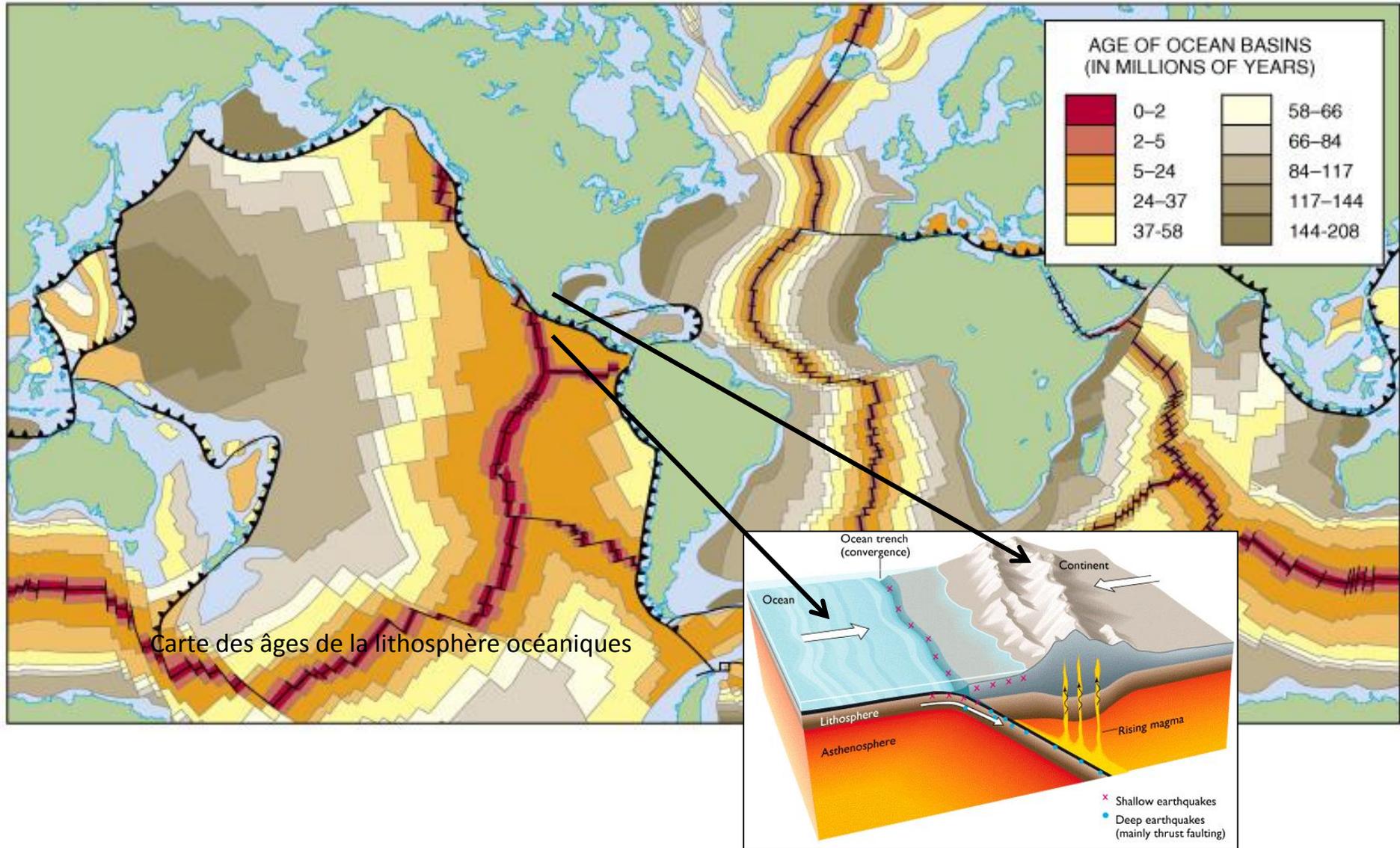
Universidad  
Nacional  
Autónoma  
de México



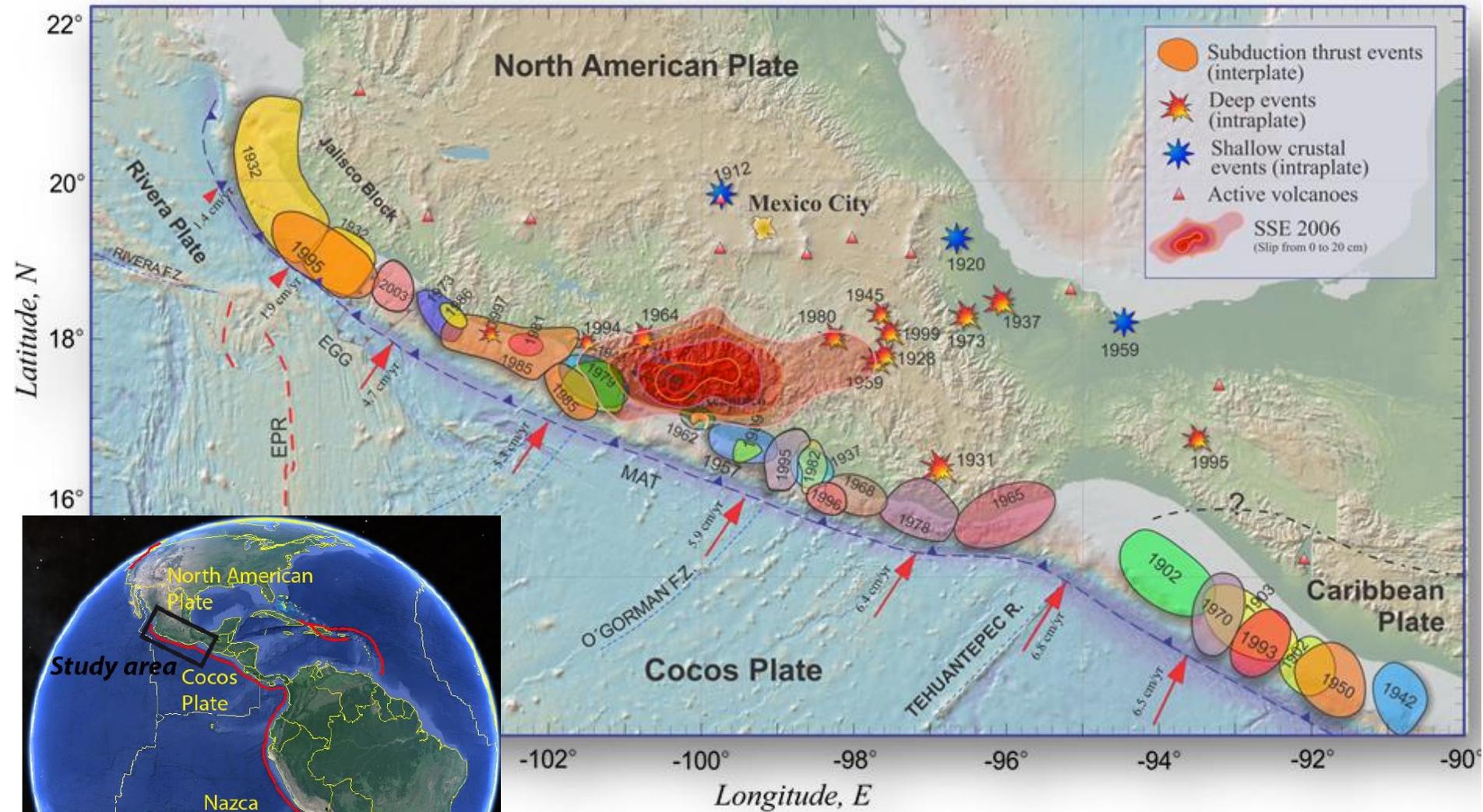
Instituto de Geofísica



# Les zones de subduction: en lien avec la tectonique des plaques, lieu des plus gros séismes au monde.

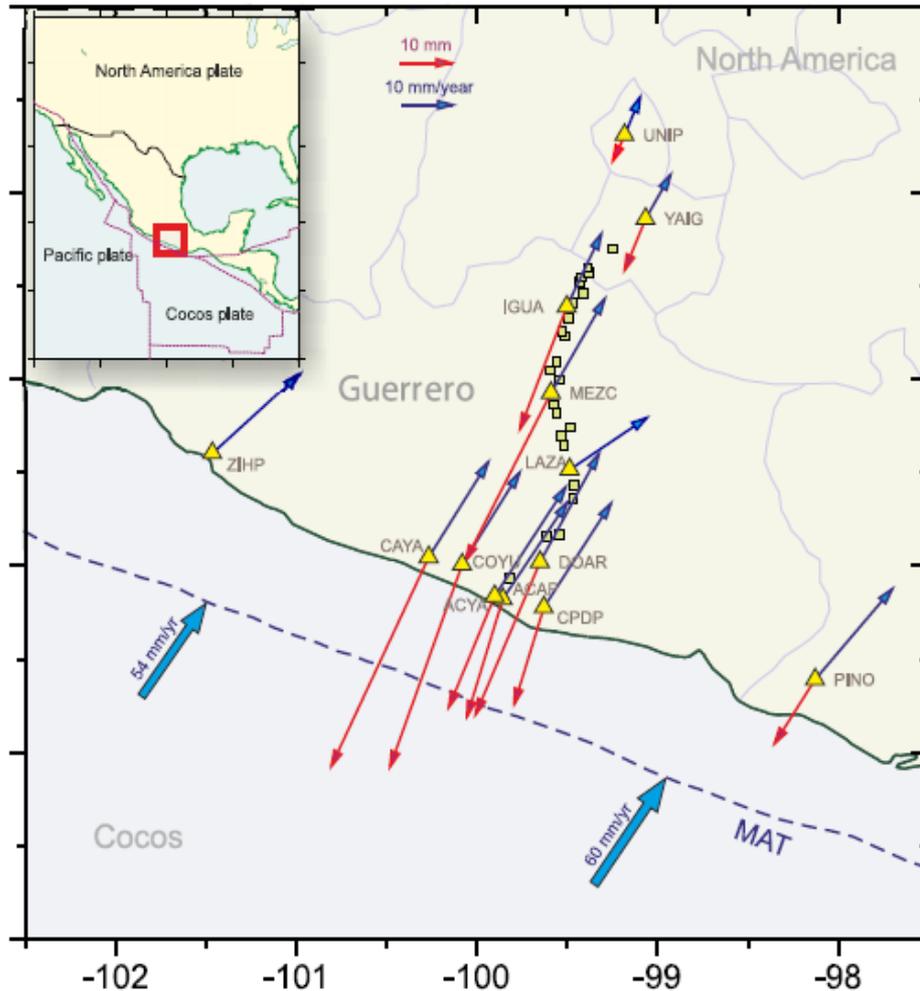


# La subduction mexicaine

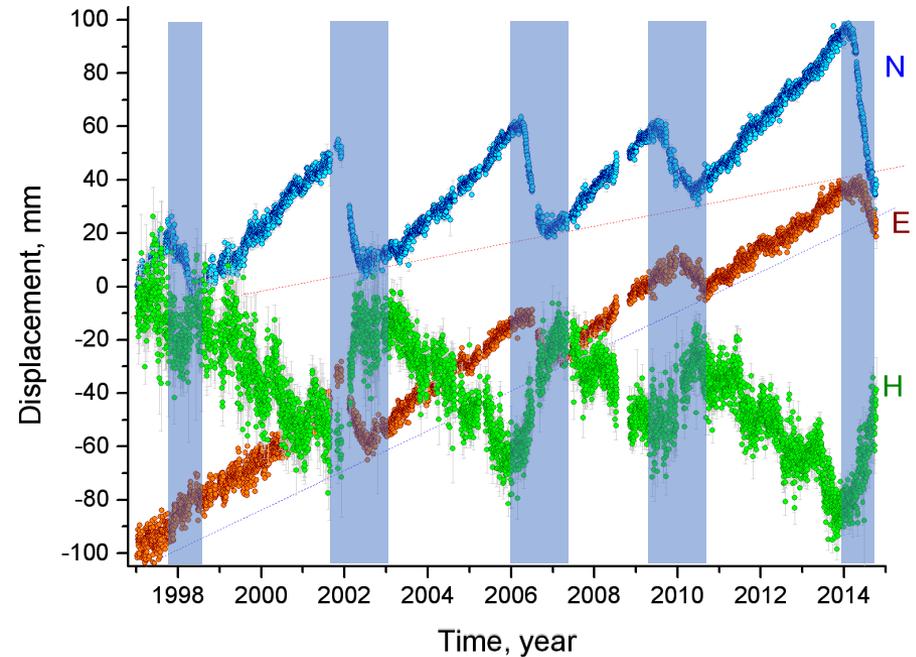


*D'après Kostoglodov et al 2015, et Cavalié et al 2013.*

# Observation par GPS des séismes lents dans la région de Guerrero



Flèches bleues : déplacement entre deux séismes lents  
Flèches rouges : déplacement lors du séisme lent de 2006



Série temporelle de la station GPS 'CAYA'

Des déformations de faibles amplitudes (cm), transitoires (quelques mois) et distribuées sur une grande surface (500km \* 400km)

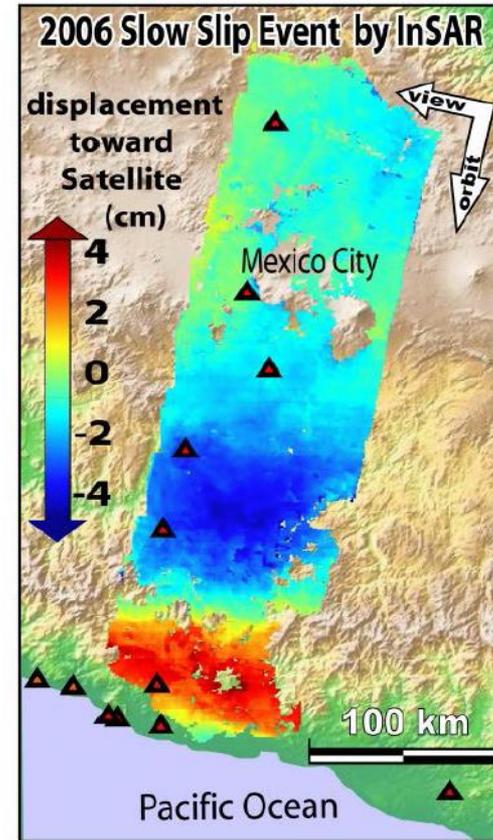
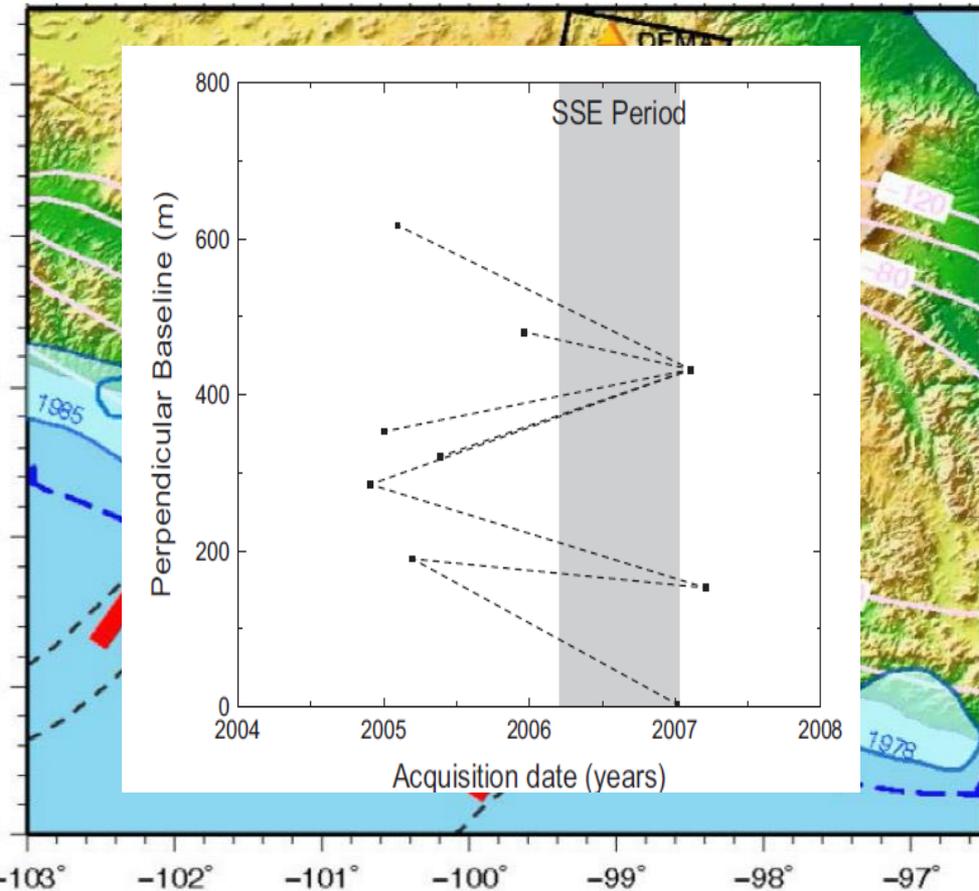
## Une couverture GPS non optimale pour l'observation des séismes lents



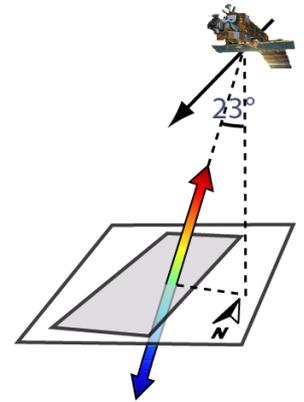
*Carte des réseaux GPS permanents d'après le site web "SSN-SISMOLOGIA-UNAM"*

=> Utilisation de l'interférométrie radar satellitaire pour compléter le GPS.

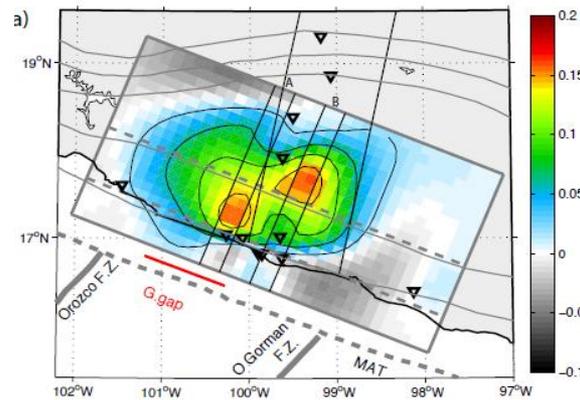
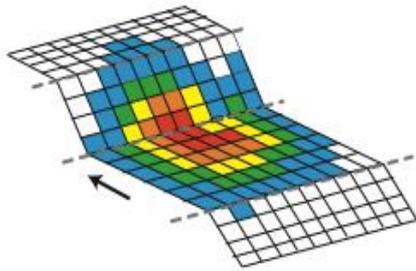
# Le séisme lent de 2006



Carte de vitesse moyenne de déplacement obtenu à partir d'une pile d'interferogrammes (satellite **Envisat**)

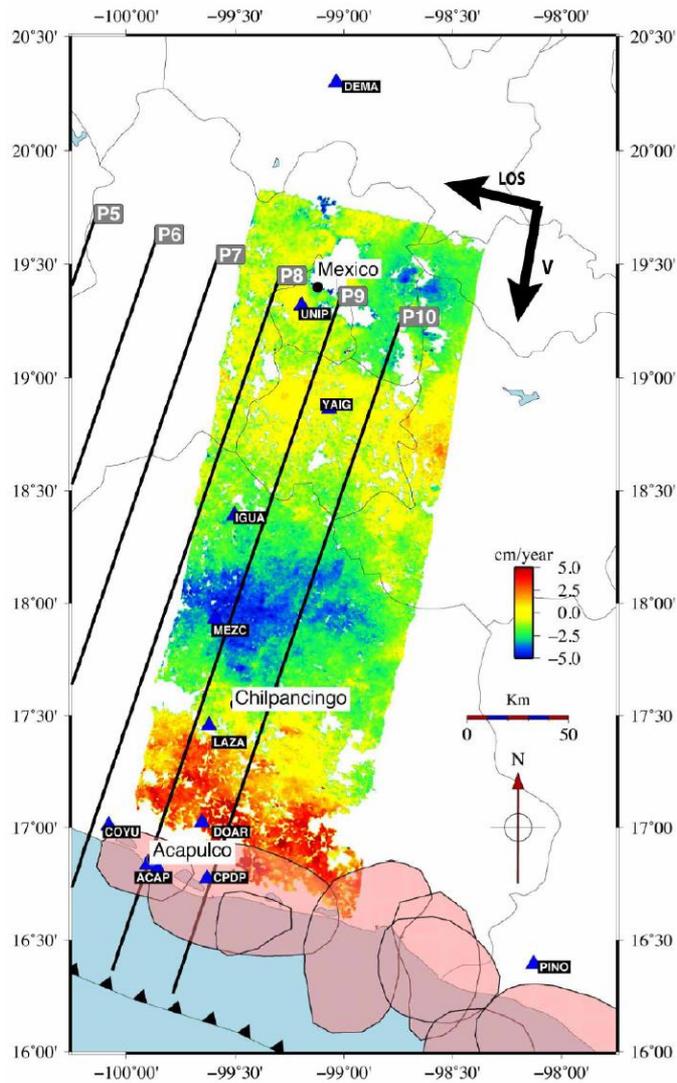


(D'après Cavalié et al 2013)

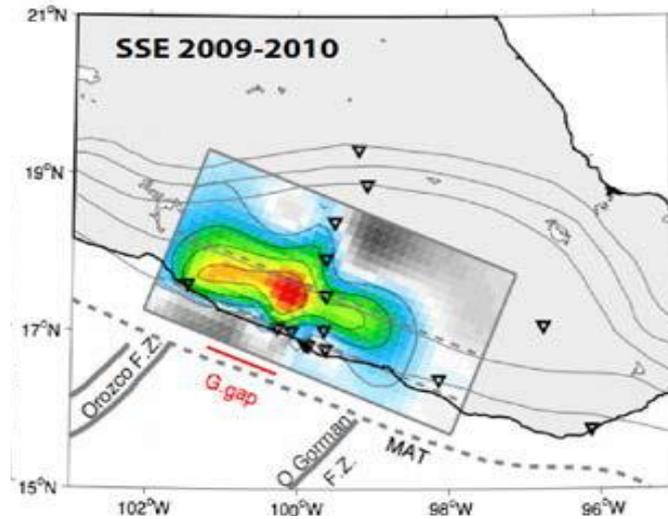
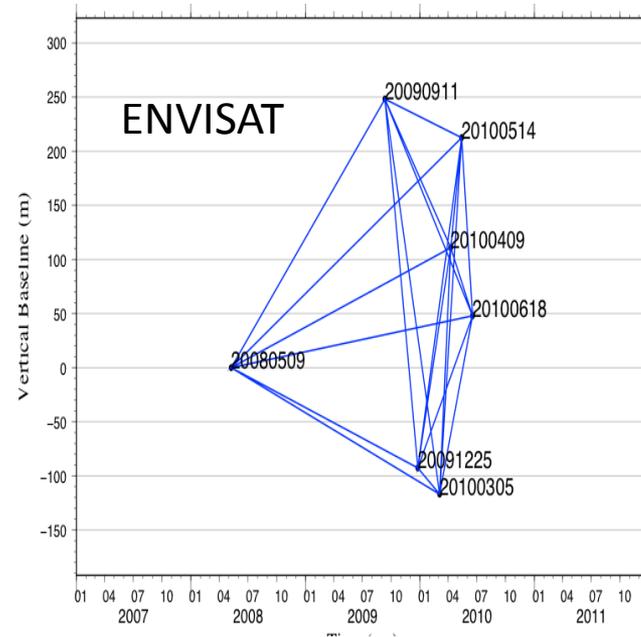


Inversion couplé GPS – INSAR du glissement cumulé du séisme lent de 2006 sur l'interface de subduction

# Le séisme lent de 2009-2010

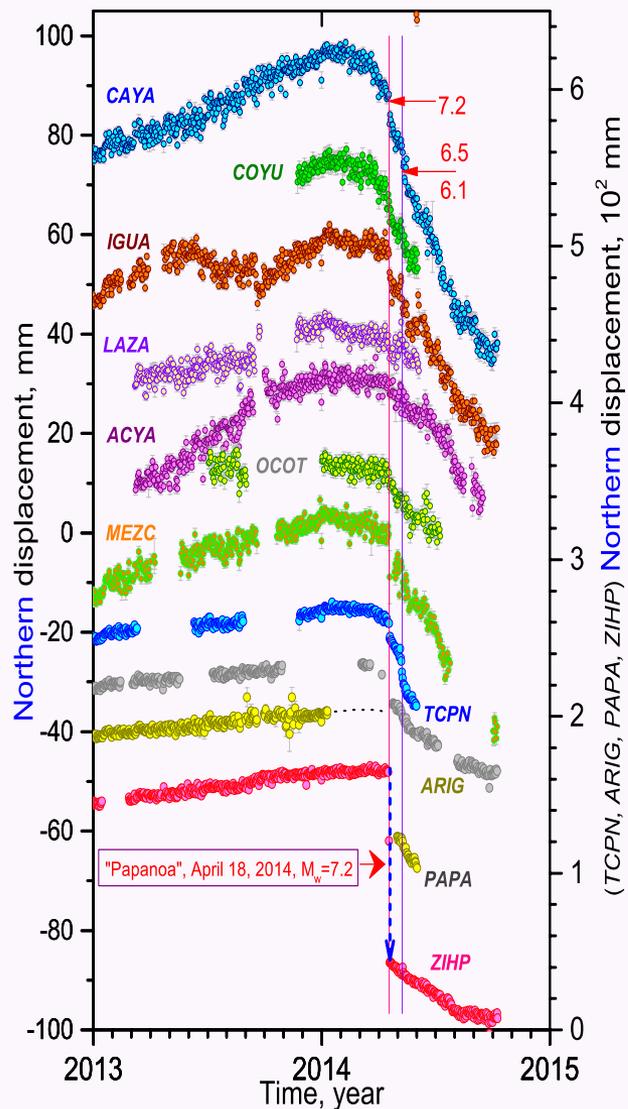


(D'après Bacques, 2013).

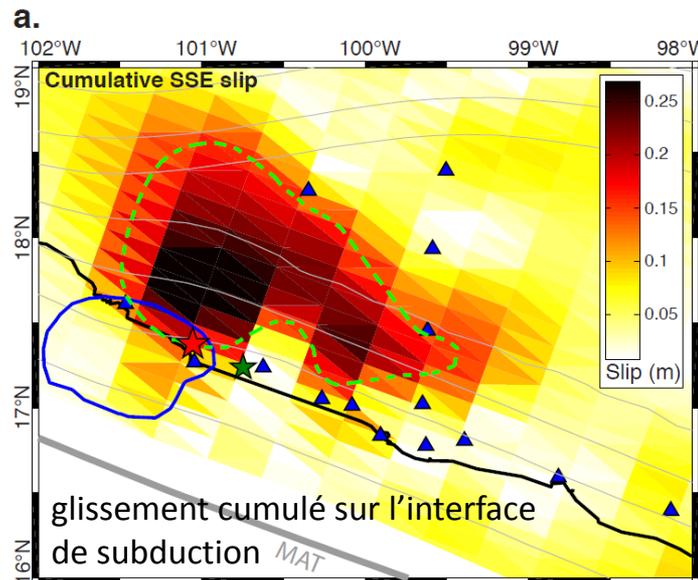


(D'après Radiguet et al 2012)

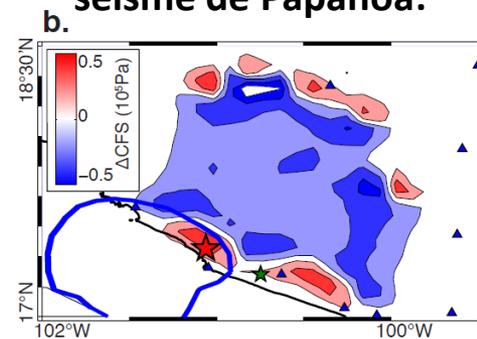
# Le séisme lent de 2014 et le séisme de Papanoa (Mw=7.3): étude GPS



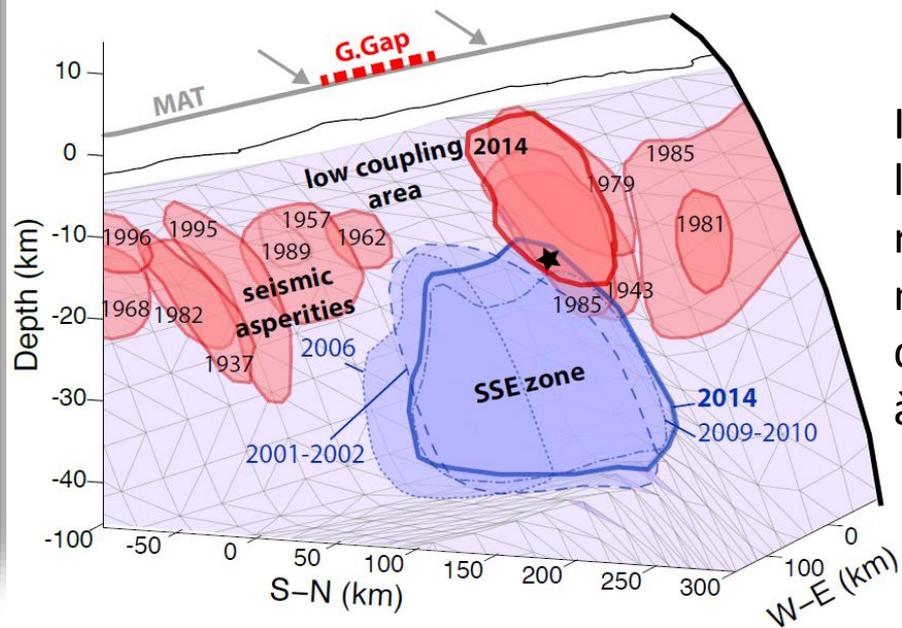
Radiguet et al. 2016, Nature Geosciences.



## Interactions avec le séisme de Papanoa:



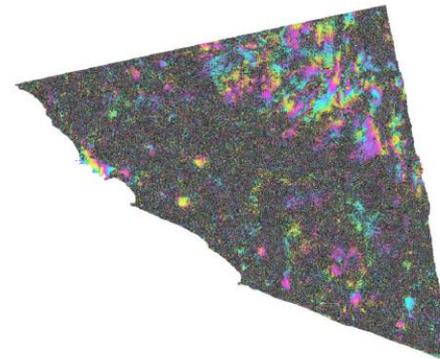
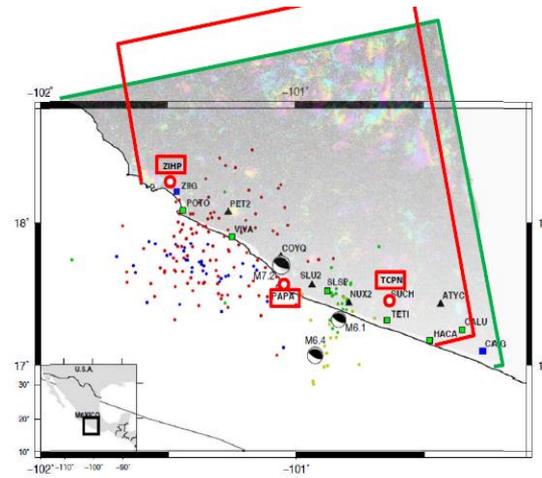
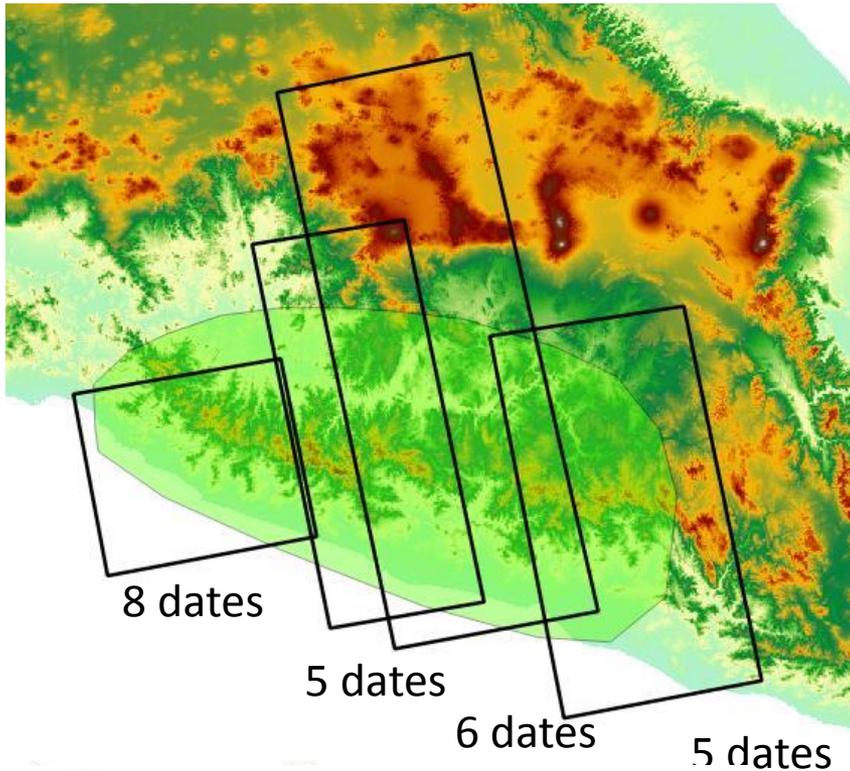
Changement de contrainte de Coulomb sur l'interface de subduction



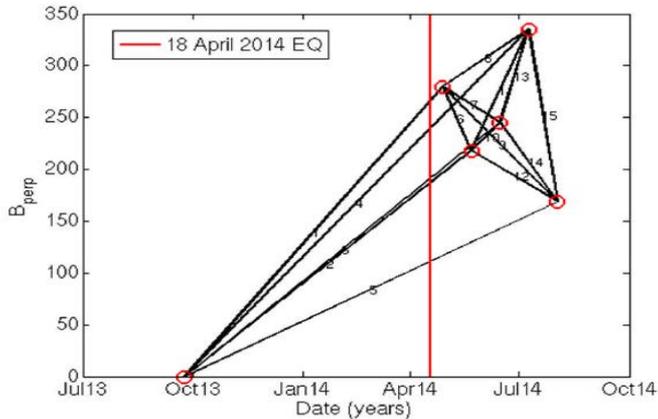
Interprétation à la limite de la résolution du modèle, car pas de données GPS à l'Ouest

# Le séisme lent de 2014 et le séisme de Papanoa (Mw=7.3): et l'INSAR ?

- Pas de données Envisat disponibles, essai avec Radarsat-2



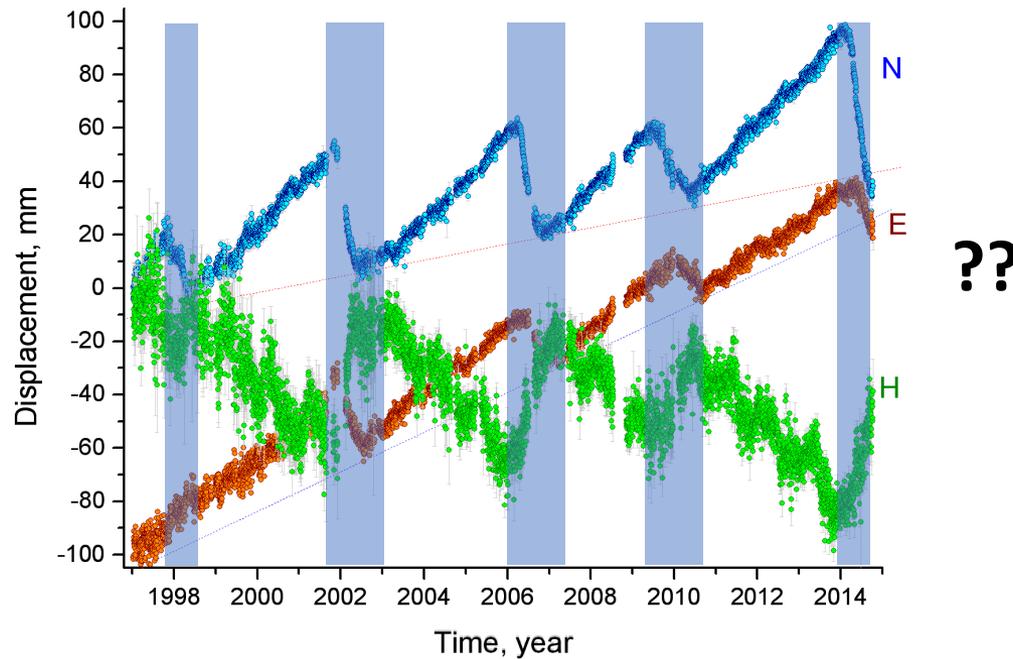
*Traitement par  
Sergey Samsonov  
& David Beakert*



Résultats très décevants.

Trop peu d'archives, interférogrammes très bruités.  
Beaucoup de perturbations atmosphériques.

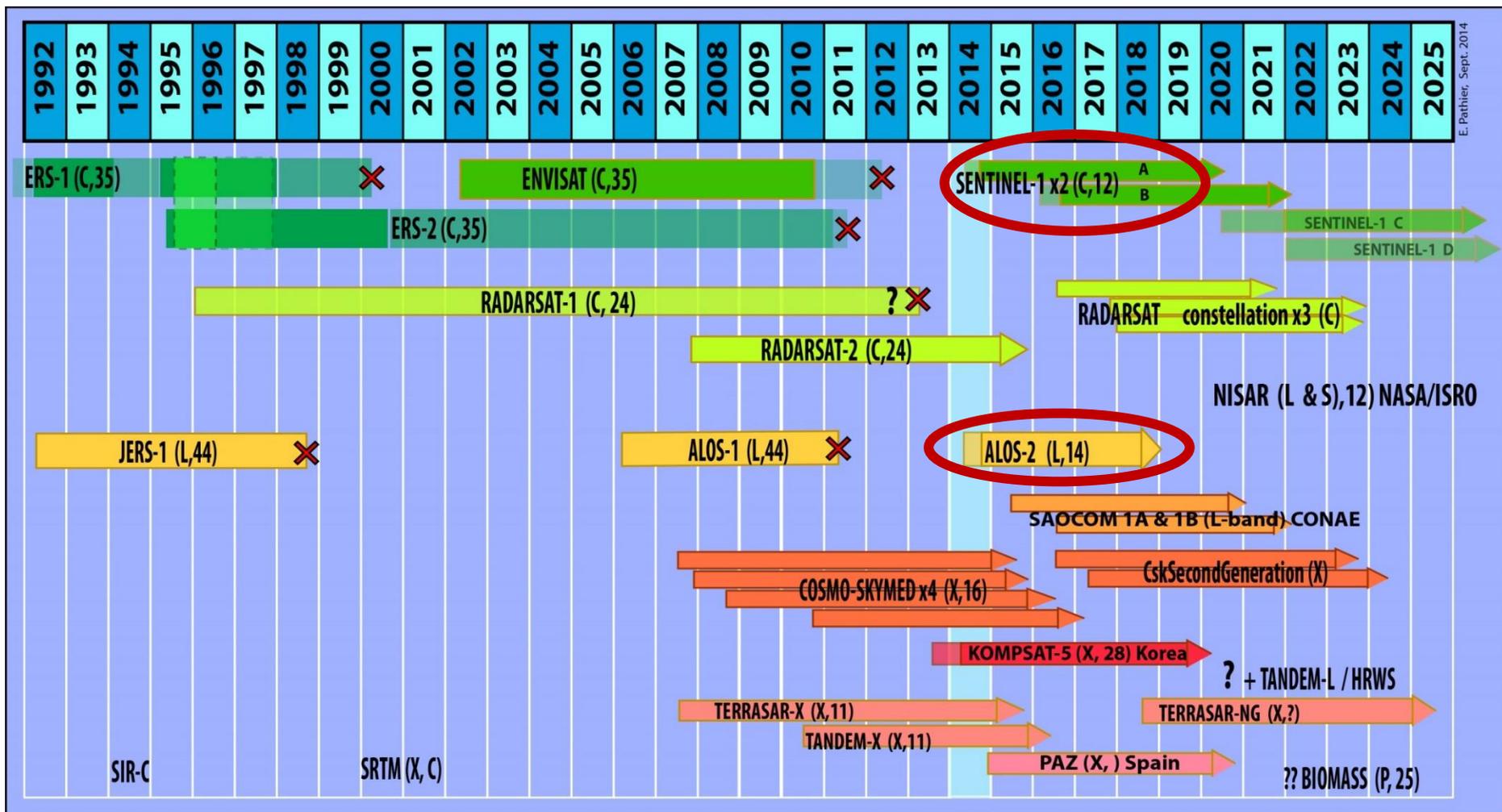
1998, 2002, 2006, 2009-2010, 2014, ... et le prochain ? 2018 ?



Jusqu'à présent l'approche InSAR, malgré son potentiel, a été très limitée par plusieurs facteurs :

- Acquisitions non systématiques
- Acquisitions trop irrégulières en temps et en baseline
- Temps de retour insuffisant dans certaines zones à forte décorrélacion temporelle.
- Perturbations atmosphériques, particulièrement dans les zones de reliefs

# Satellites radar dont les données permettent de faire de l'interférométrie radar



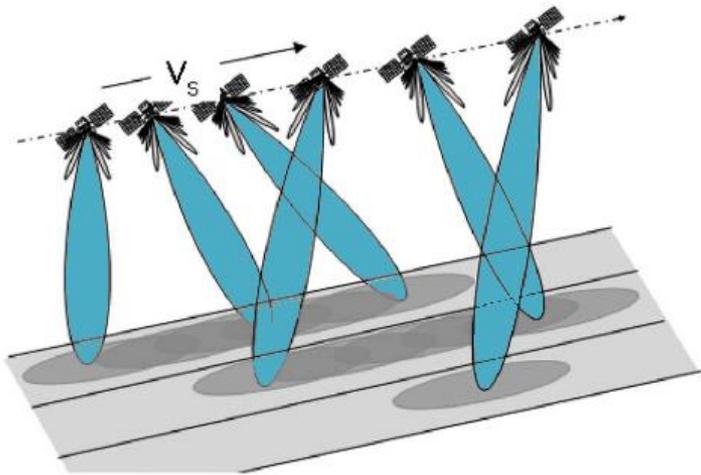
trois nouveaux venus, remplissant le critère d'acquisitions systématiques sur le Mexique: Sentinel-1 a et son jumeau Sentinel-1b, et ALOS-2.

# Les satellites Sentinel-1 et ALOS-2

Sentinel-1 (ESA)  
Bande C



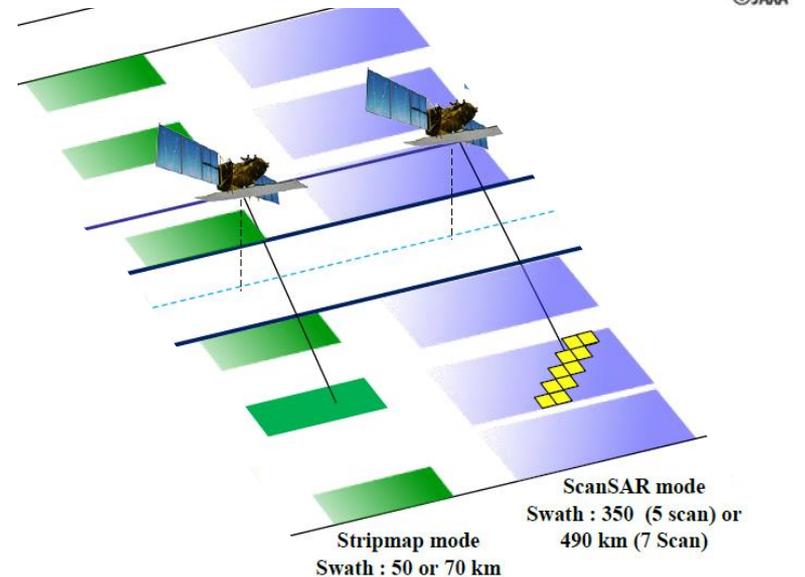
mode TOPSAR. 250km swath width; 5m-x-20m ground resolution.



ALOS-2 (Jaxa)  
Bande L

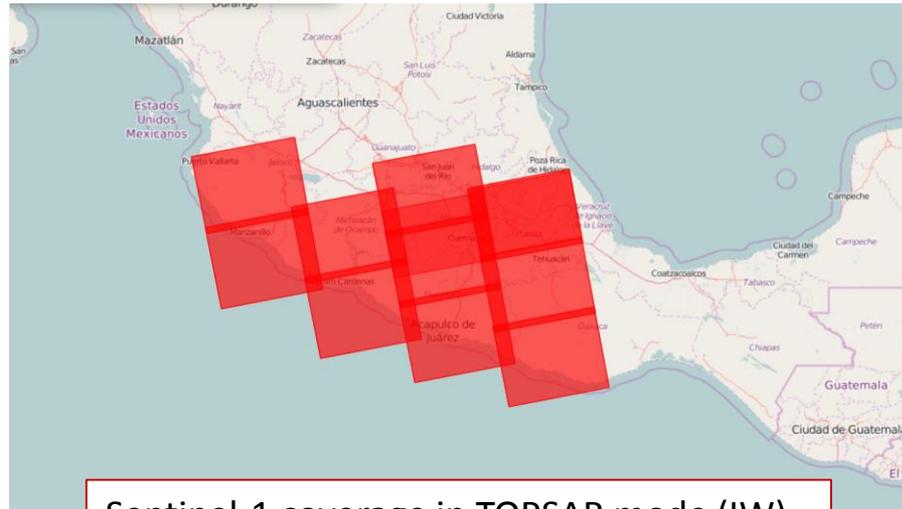


mode ScanSAR



# Couverture Sentinel-1 et ALOS-2 sur le Mexique pour l'étude des séismes lents

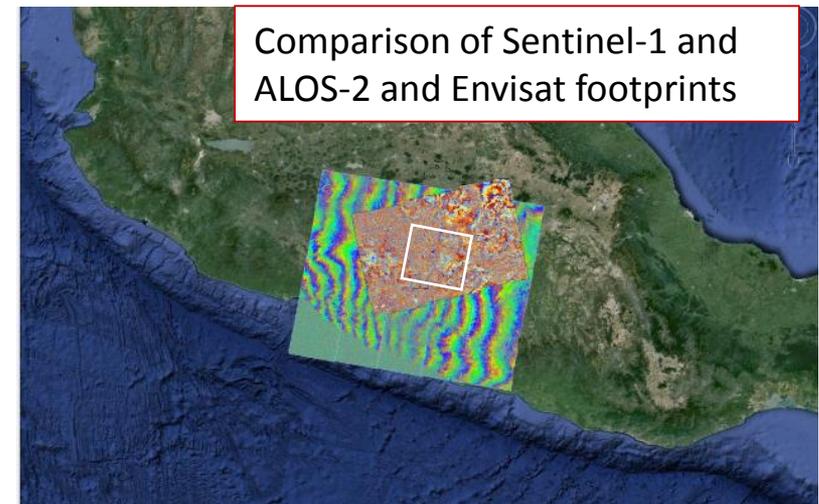
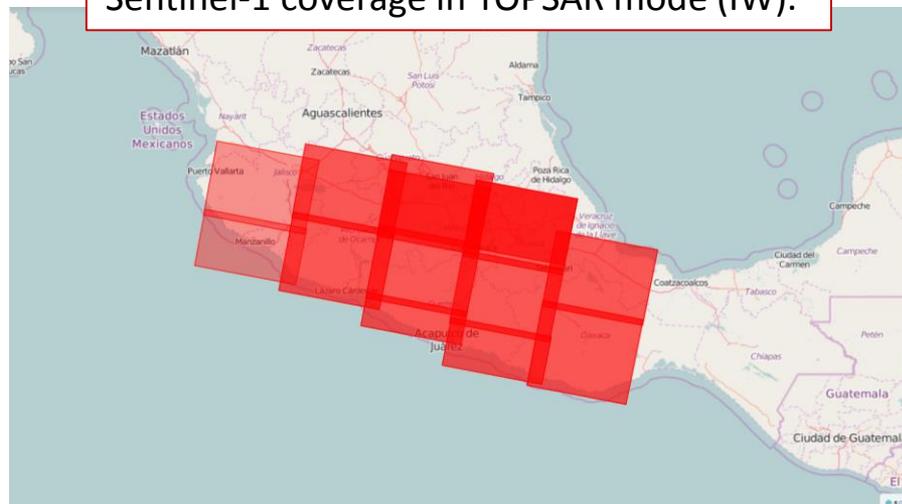
## Sentinel-1 : mode TOPSAR (mode par défauts)



Sentinel-1 coverage in TOPSAR mode (IW).



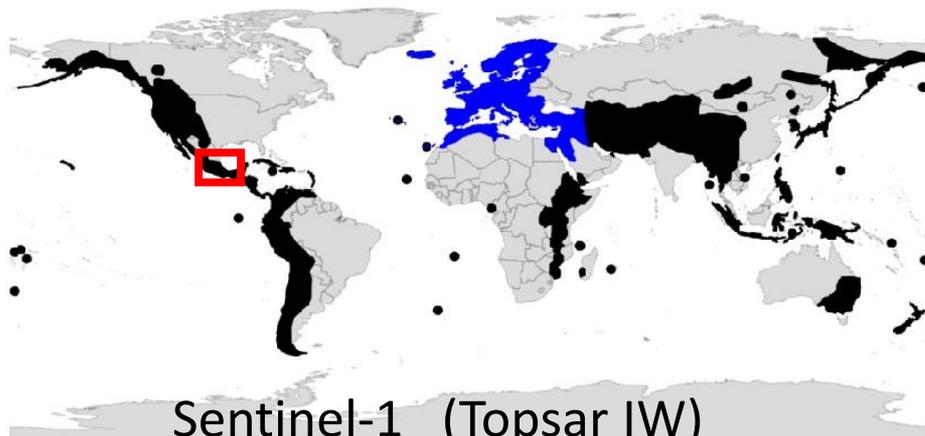
ALOS-2 Scansar (W2) coverage



Comparison of Sentinel-1 and ALOS-2 and Envisat footprints

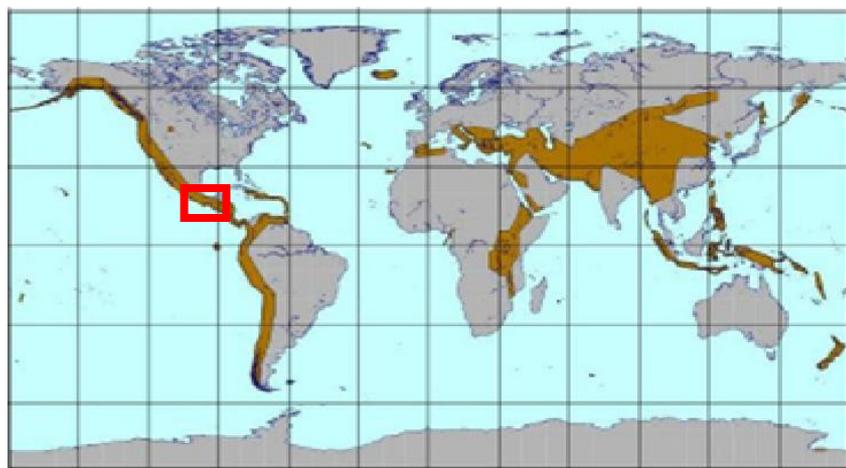
Fauchée large (+ temps de retour plus fréquent pour Sentinel-1 )  
=> couverture systématique de grandes zones plus fréquente.

# Temps de revisite pour les zones tectoniques prévue par les agences spatiales



**Sentinel-1 (Topsar IW)**

24 days revisit time without Sentinel -1b  
 12 days expected with Sentinel-1b



**ALOS-2 (Scansar W2)**

about 8 images/year  
 (average revisit time of 45 days)

Exemple d'archives disponibles pour Sentinel-1 et ALOS-2

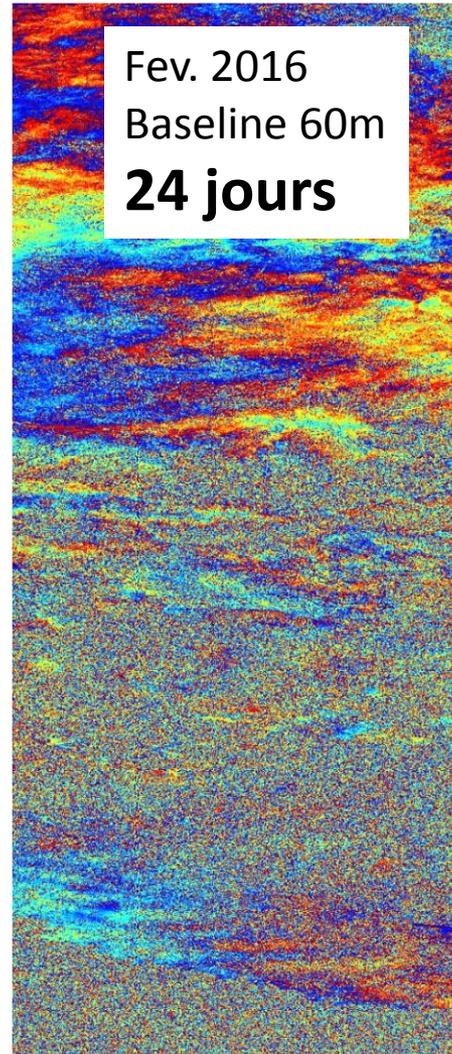
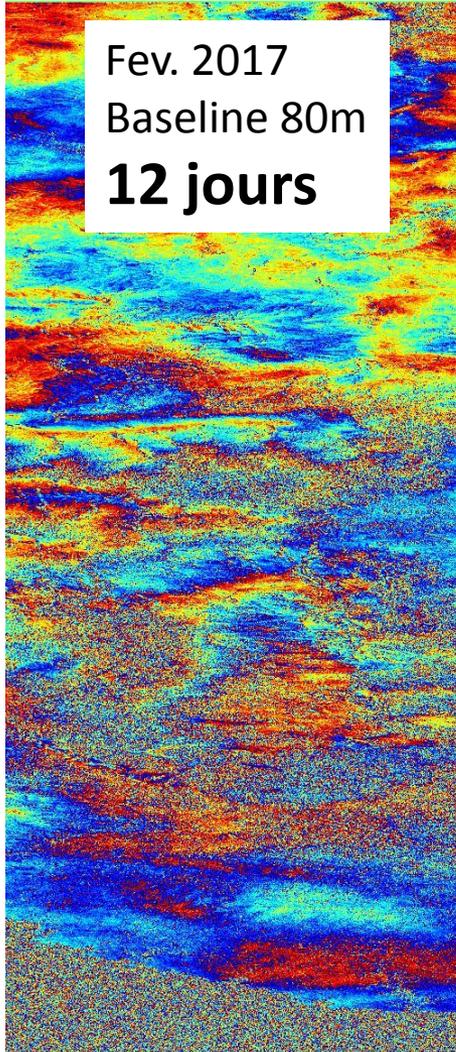
## Sentinel-1 (D70)

DATE	INTERVAL
04/03/2017	12
20/02/2017	12
08/02/2017	24
15/01/2017	24
22/12/2016	24
28/11/2016	24
04/11/2016	24
11/10/2016	24
17/09/2016	24
24/08/2016	24
31/07/2016	24
07/07/2016	24
13/06/2016	24
20/05/2016	24
26/04/2016	24
02/04/2016	24
09/03/2016	24
14/02/2016	24
21/01/2016	24
28/12/2015	24
04/12/2015	24
10/11/2015	24
17/10/2015	24
23/09/2015	24
30/08/2015	24
06/08/2015	24
13/07/2015	24
19/06/2015	24
26/05/2015	24
02/05/2015	24

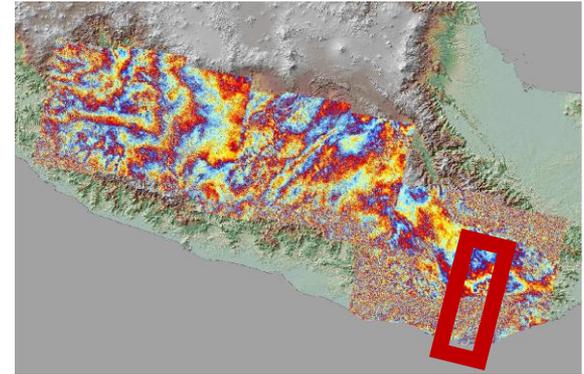
## ALOS-2 (D153)

DATE	INTERVAL
26/02/2017	84
04/12/2016	42
23/10/2016	42
11/09/2016	42
31/07/2016	70
22/05/2016	42
10/04/2016	42
28/02/2016	42
17/01/2016	42
06/12/2015	42
25/10/2015	42
13/09/2015	42
02/08/2015	28
05/07/2015	42
24/05/2015	42
12/04/2015	

## L'importance du temps de revisite en bande C dans certaines zones du Mexique



## Comparaison d'interferogrammes Sentinel-1 à 12 jours et à 24 jours



Le passage de 24 à 12 jours améliore significativement la qualité du signal dans les zones à faible cohérence.

L'analyse InSAR en série temporelle pour couvrir de façon homogène l'ensemble de la zone de subduction mexicaine nécessite une régularité et une fréquence d'acquisition suffisante

Interférogrammes Sentinel-1

pour l'étude des séismes lents au Mexique	Envisat	Sentinel-1	Alos-2
Longueur d'onde	Bande C (5.6cm)	Bande C (5.6cm)	Bande L (25.6cm)
Temps de retour nominal (1 cycle)	35 j.	12 j. 6 j. avec 2 satellites	14 j.
Temps de retour effectif au Mexique	Très irrégulier	24 j. 12 j. avec 2 sat.	42 j. mais quelques irrégularités
Mode utilisé pour l'INSAR	Stripmap	TOPSAR large fauchée	ScanSAR (très large fauchée)
Résolution spatiale dans ce mode	Env. 10m	Env. 10m	Env. 70m
Période d'observation	2002-2011	2015 -2030	2015-2022
Avantages	Traitement simple, Volume de données de l'archive raisonnable	Acquisitions fréquentes et régulières en orbites ascendantes <b>et</b> descendante.	Très Bonne cohérence temporelle. Déroulement plus facile
Inconvénients	Acquisitions irrégulières, décorrelation temporelle rapide	Traitement plus difficile, volume de données important. décorrelation temporelle rapide	Traitement plus difficile volume de données très important Pb ionosphère

# Conclusions et perspectives

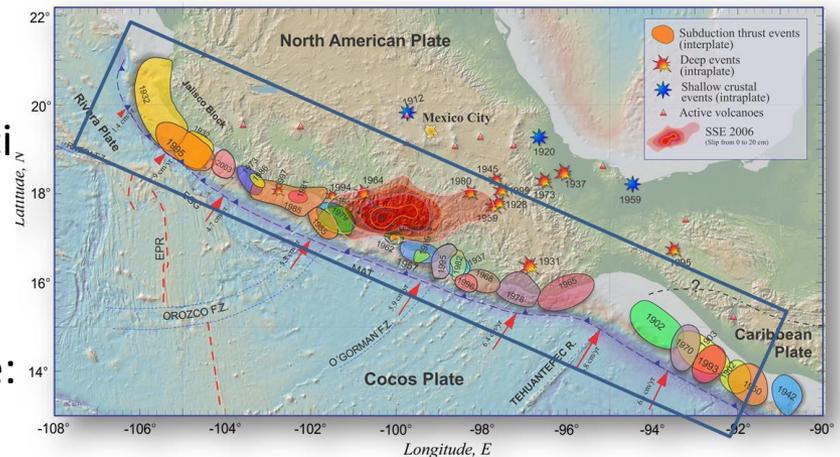
Jusqu'à présent le potentiel de l'INSAR pour étudier les séismes lents au Mexique a été fortement bridé par les données disponibles.

Avec l'arrivée des satellites Sentinel-1 et ALOS-2, l'étude du prochain séisme lent devrait beaucoup plus bénéficier de l'apport de l'INSAR, notamment grâce au temps de revisite à 12 j. de Sentinel-1 en orbites ascendantes et descendantes:

- Passage d'une vision InSAR statique à une vision cinématique du séisme lent.
- Meilleure contrainte géométrique et possibilité de réduire le bruit atmosphérique qui permettront de réduire l'incertitude sur le déplacement cumulé et sur l'inversion du glissement

On peut espérer une programmation Sentinel-1 spécifique lors du séisme lent 12j => 6 j. Mais ceci nécessite un bon suivi à la semaine des séries temporelles GPS.

Encore du travail du point de vue méthodologique:  
Gestion du volume de données,  
mise à jour régulière des séries temporelles  
Correction ionosphérique à implémenter



Ambition: faire étude sur l'ensemble de la zone de subduction