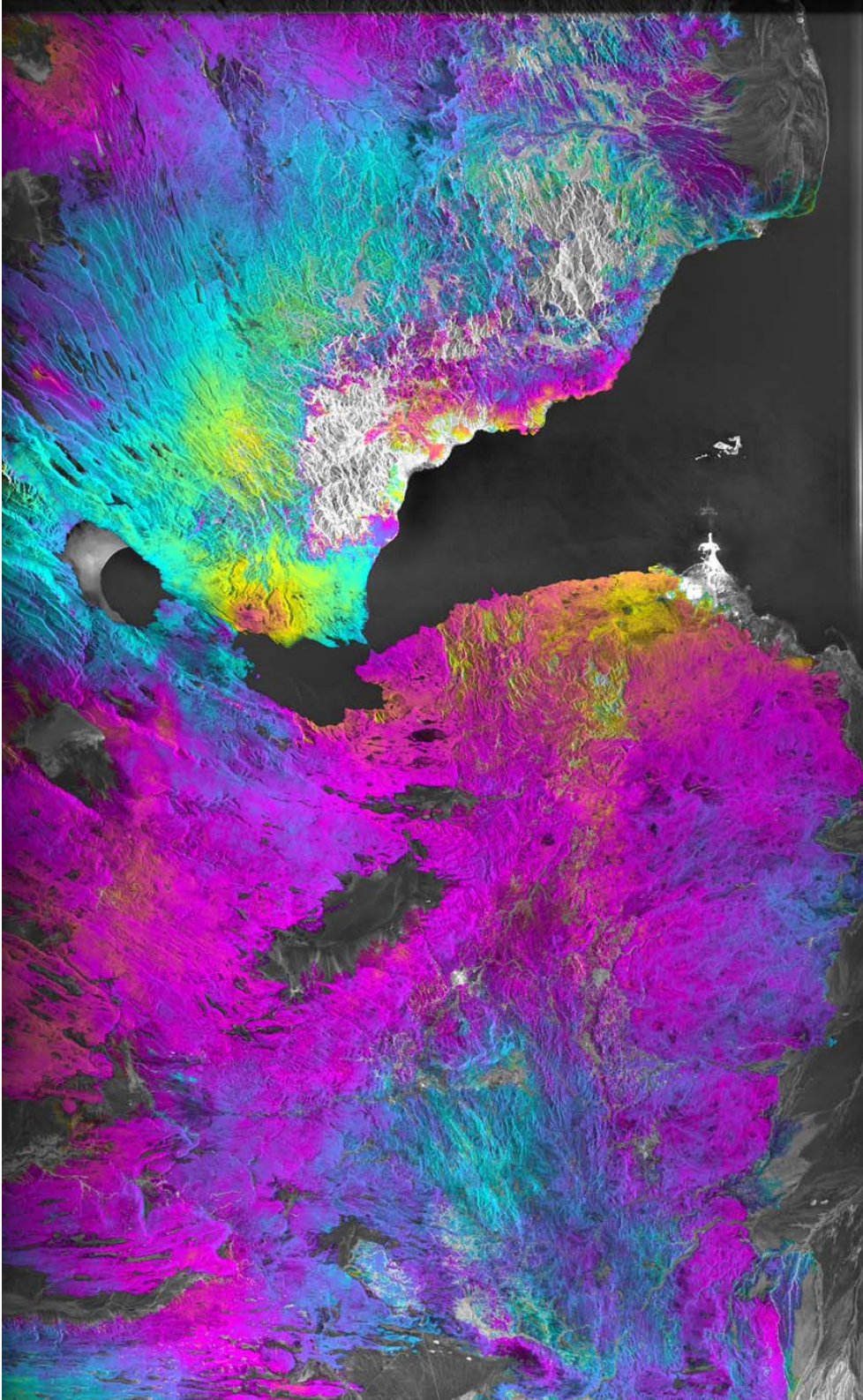




CARACTERISATION DES DEFORMATIONS TRANSITOIRES PAR L'UTILISATION CONJOINTE DE SERIES TEMPORELLES InSAR ET DE DONNEES MICRO- SISMQUES

-

*Application au Rift d'Asal-
Ghoubbet
(Djibouti - Dépression Afar)*

Cécile Doubre

Earth and Space Sciences Department, UCLA, Los Angeles, USA

Février 2006

G. Pelzer (UCLA), I. Manighetti (IPG-G), L. & C. Dorbath (IRD-IPG-S)

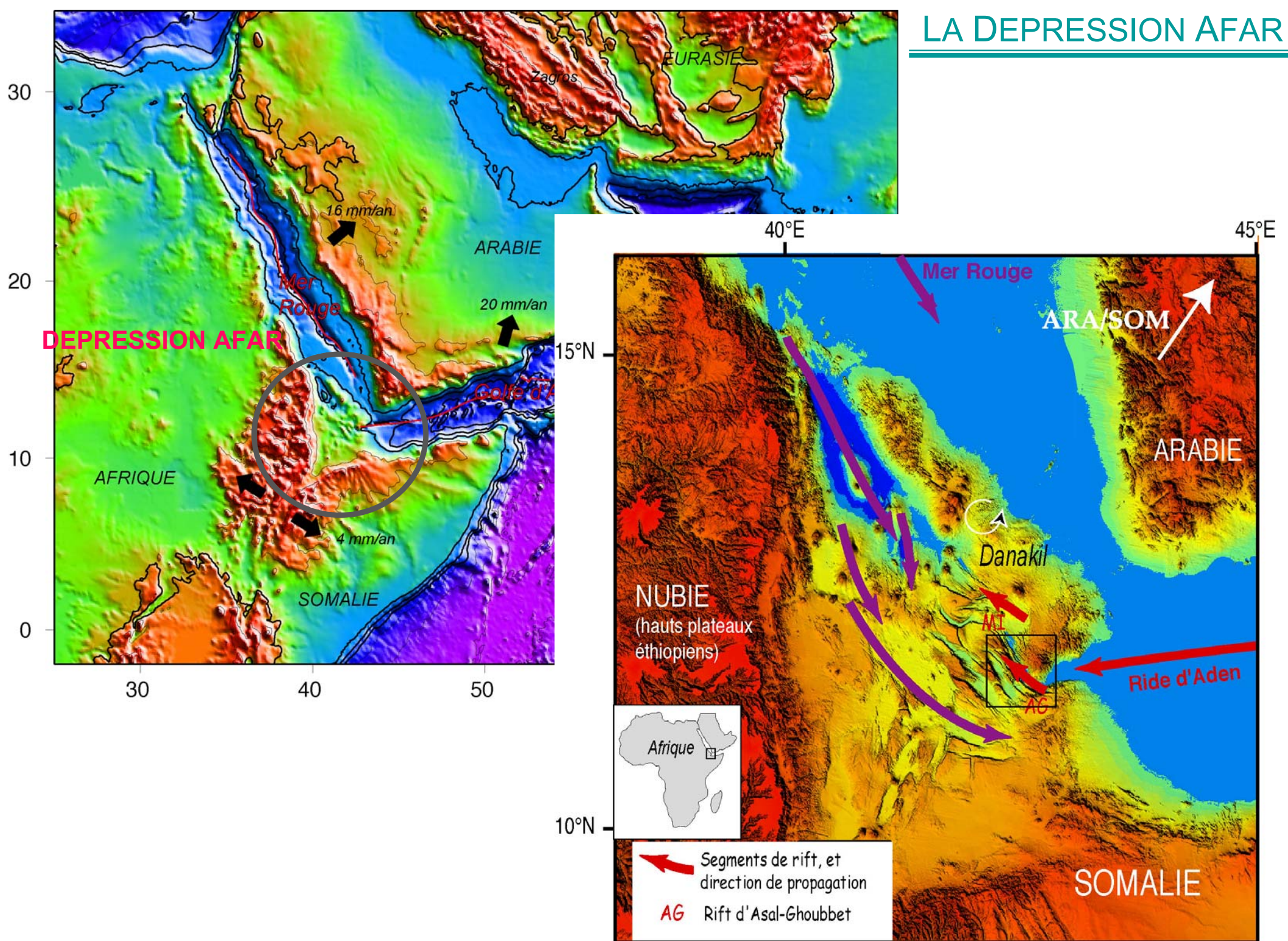
POURQUOI LE RIFT D'ASAL-GHOUBBET?

- Interactions Magmato-Tectoniques
- Mécanismes Contrôlant la Segmentation des Limites de Plaques Divergentes (du domaine continental au domaine océanique)

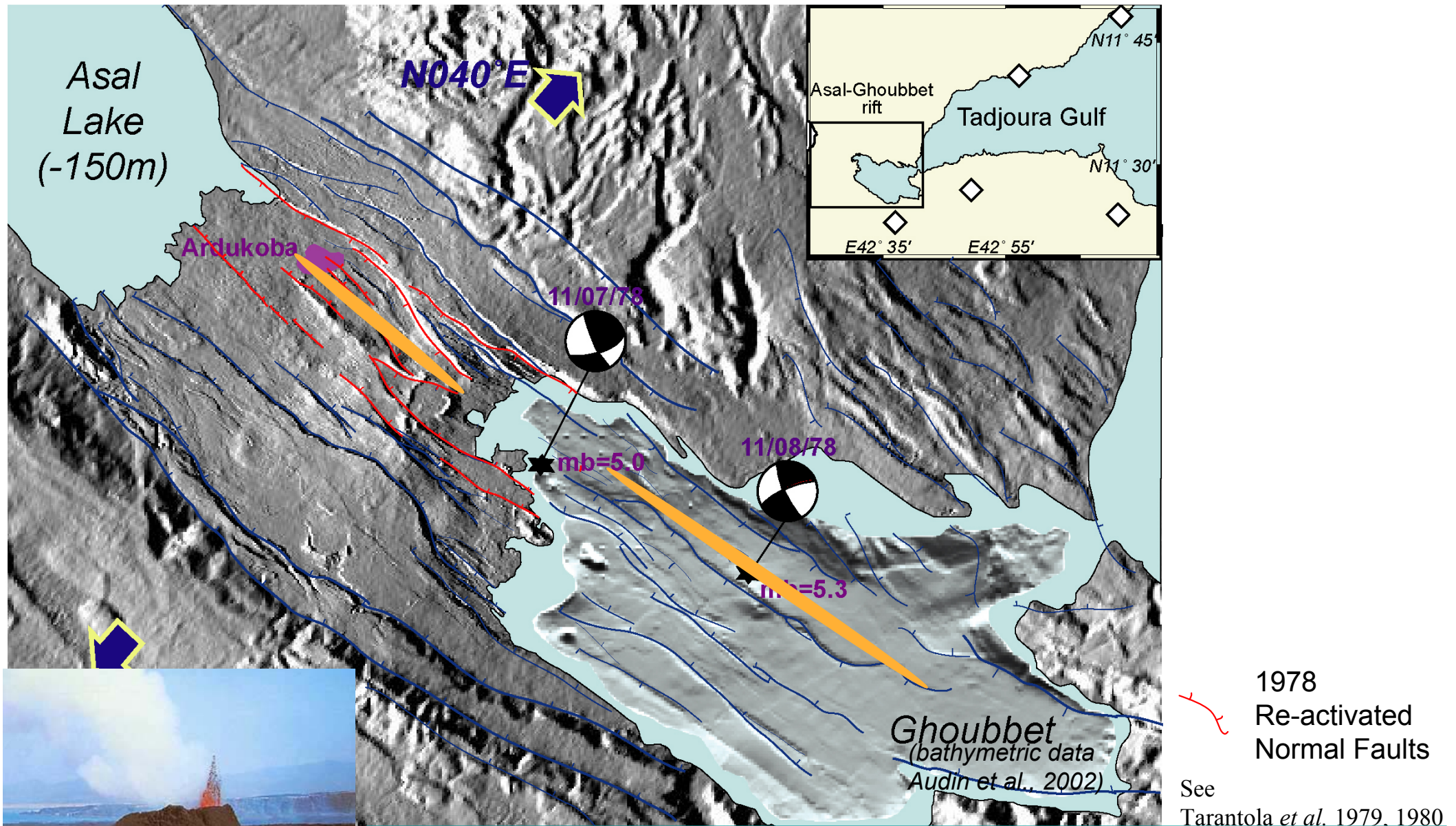
Observatoire Géophysique de Djibouti / Arta (IPG/CERD)

- Données Sismiques *[Lépine & Hirn & Jacques - cette étude]*
- Données Géodésiques *[Ruegg & DeChaballier & Vigny - cette étude]*
- Données Gravimétriques *[BRGM & Diament & Ballu]*
- Données de puits *[Abdallah & BRGM]*
- + Etudes Morpho-, Néo-Tectoniques *[Stein & Manighetti & DeChaballier]*

LA DEPRESSION AFAR



LE RIFT D'ASAL-GHOUBBET



CRISE SISMO-TECTONIQUE DE NOVEMBRE 1978

- 2 m d'extension horizontale

- 70 cm de subsidence du plancher central

Les plus grands taux d'ouverture ont lieu pendant les épisodes de rifting



5 km

Comment s'organise la deformation depuis le dernier épisode de rifting?

Activité tectonique

- identification des systèmes actifs
- comportement: déplacements continus ou transitoires

Activité volcanique

- manifestations de l'activité magmatique/hydrothermale
- identifications des structures, reservoirs
(profondeur/ géométrie)

Interactions magmato-tectoniques

- spatiales
- temporelles

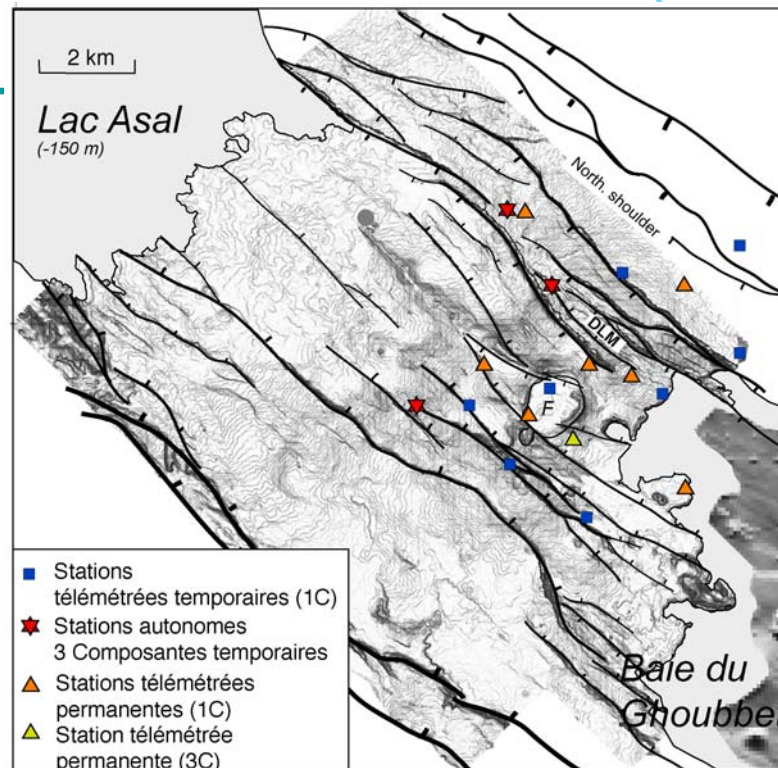
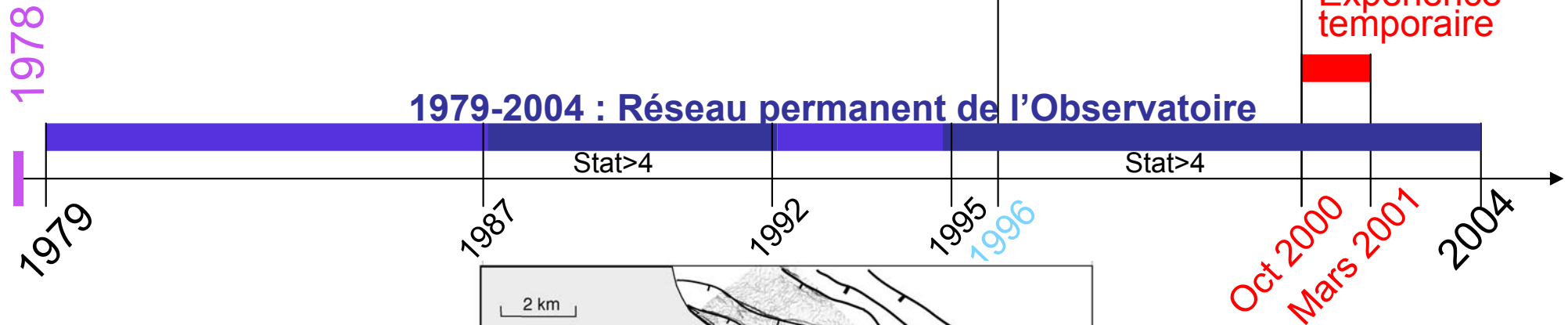
Etude de la
microsismicité

InSAR
Série temporelle



SAR images 1997- aujourd'hui

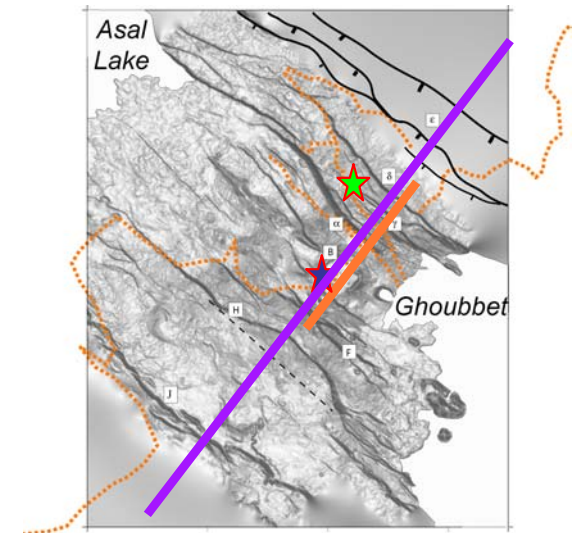
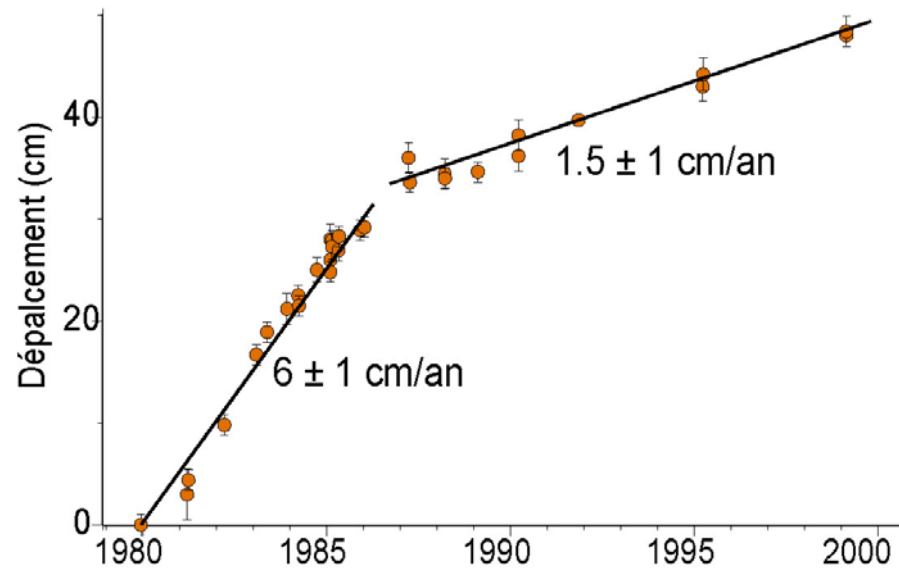
Crise
sismo-volcanique



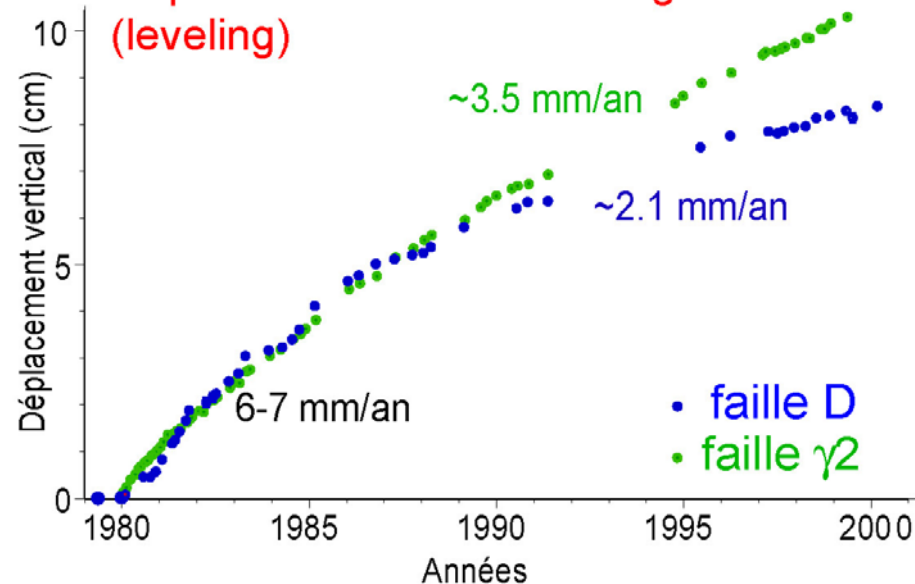
5 mois d'enregistrement en continu:

- 200 séismes
- Tomographie & relocalisations
- Mécanismes au foyer

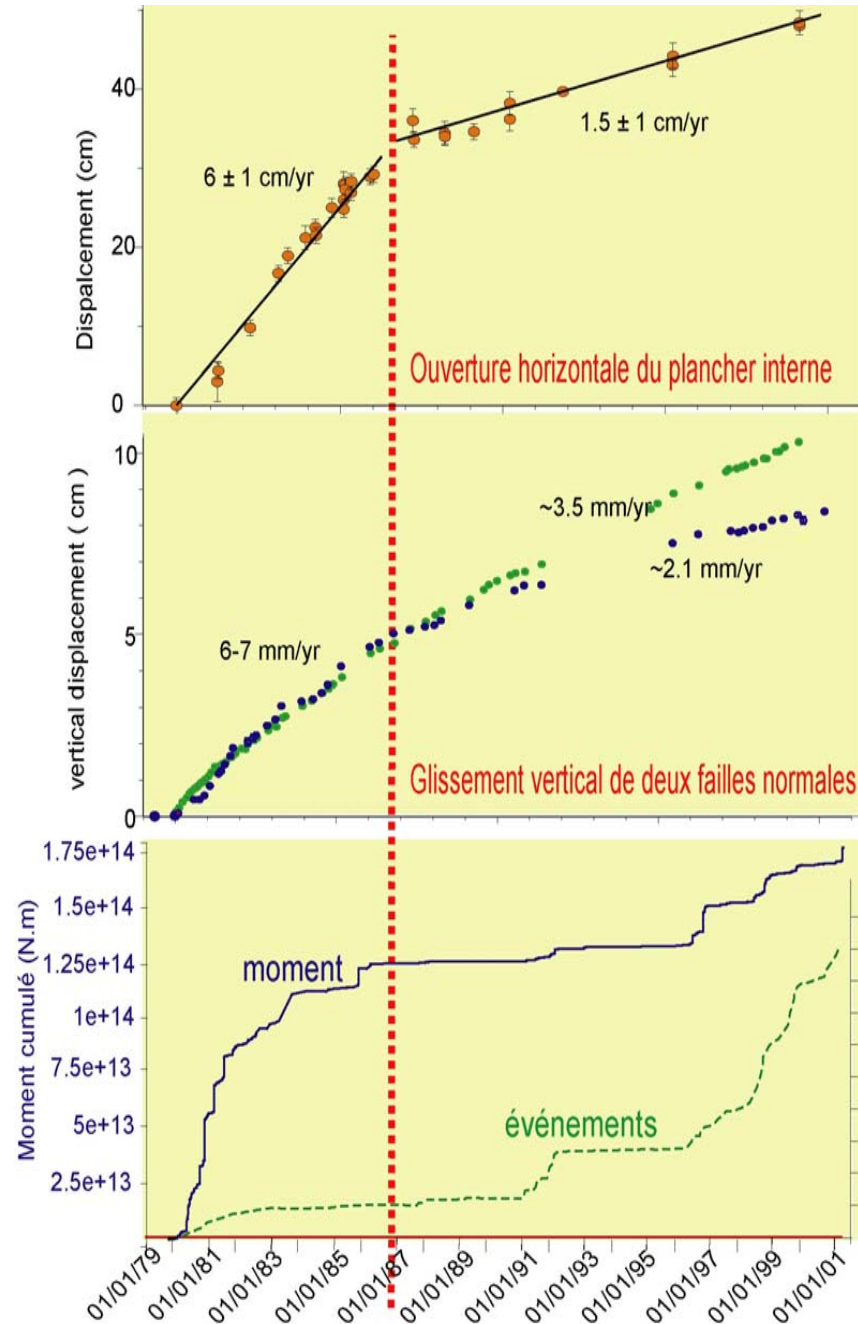
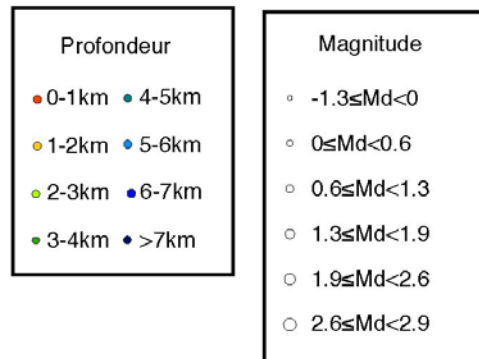
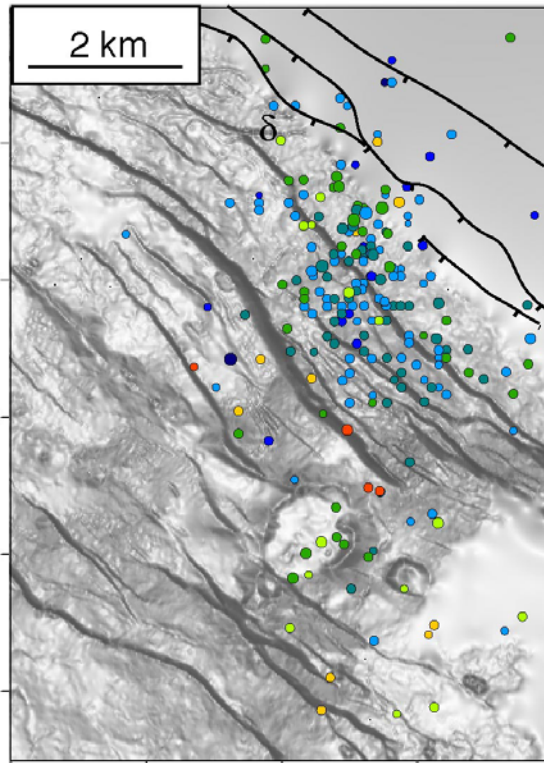
Extension Horizontale (théodolite/laser)



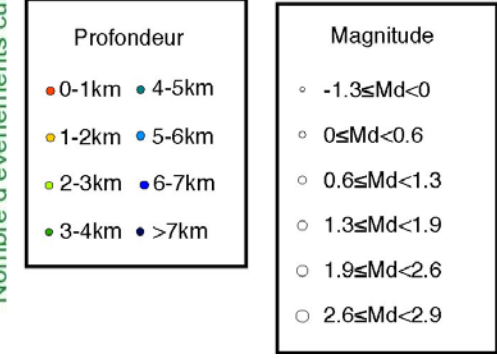
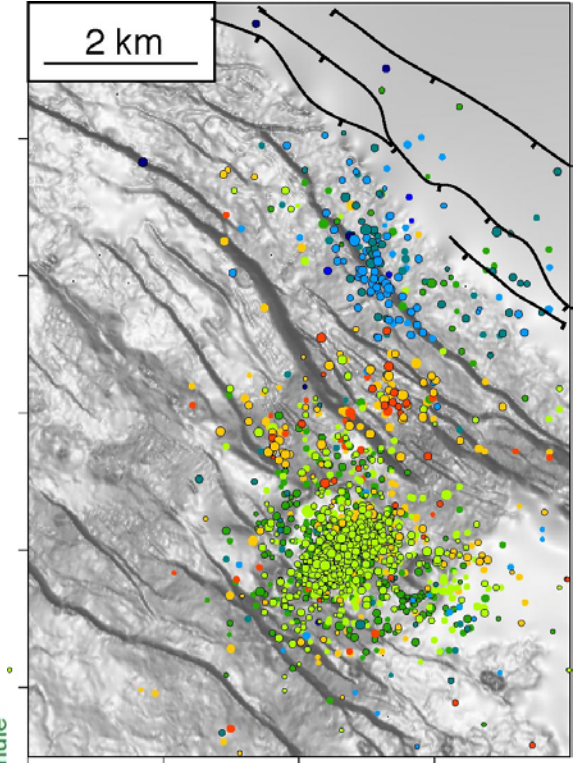
Déplacement Vertical le long de 2 Failles (leveling)

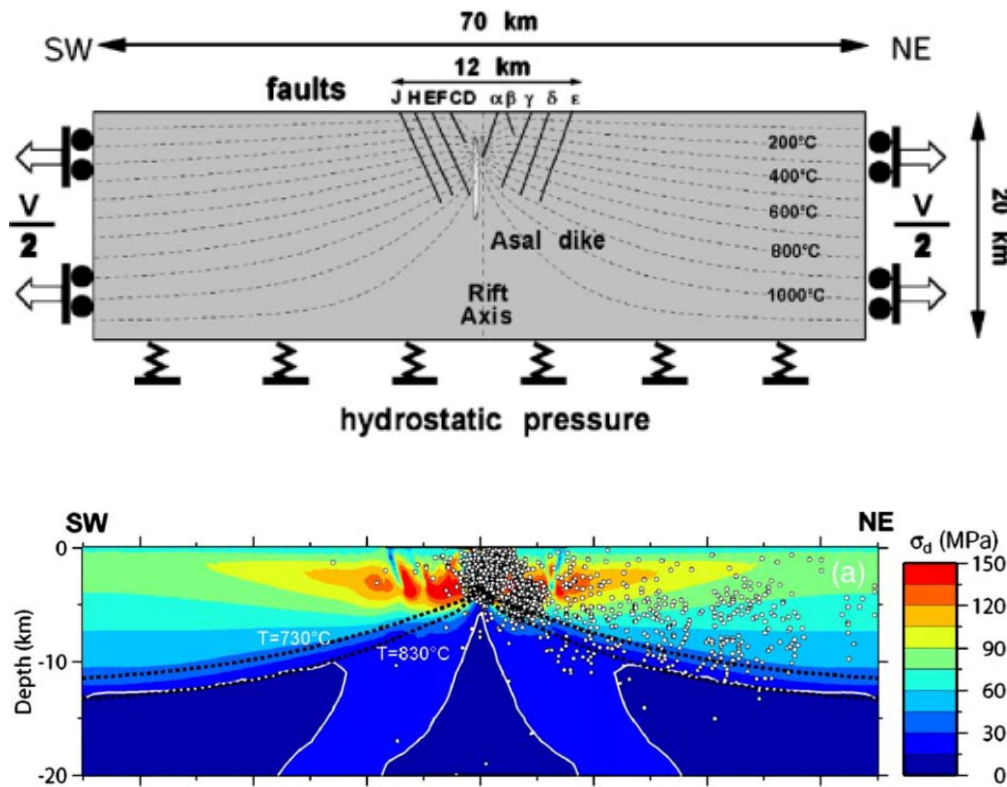


1979-1986

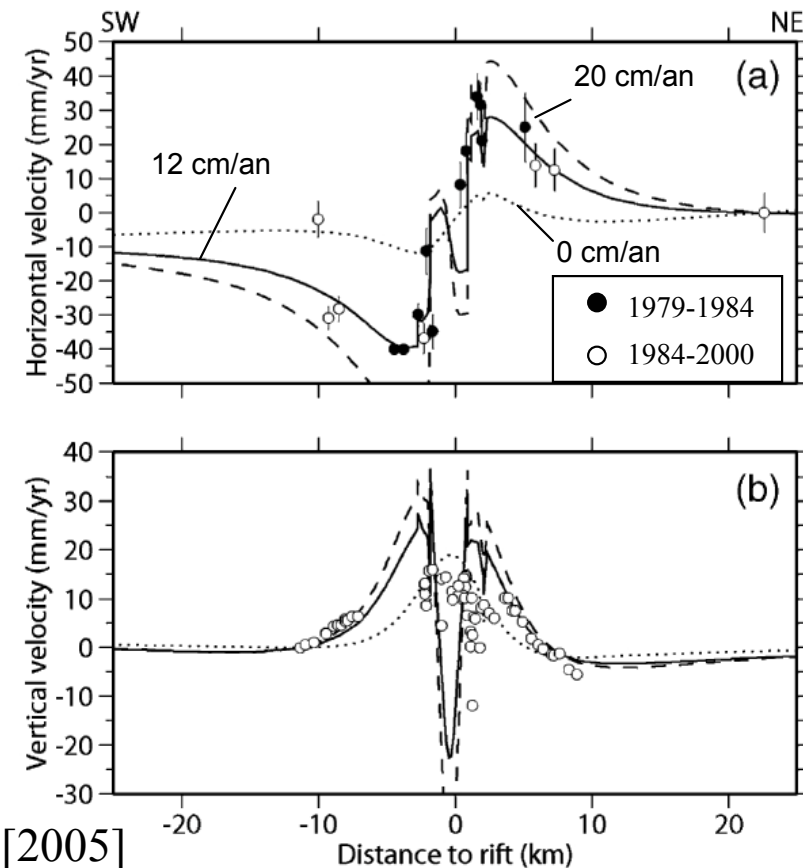


1987-2001



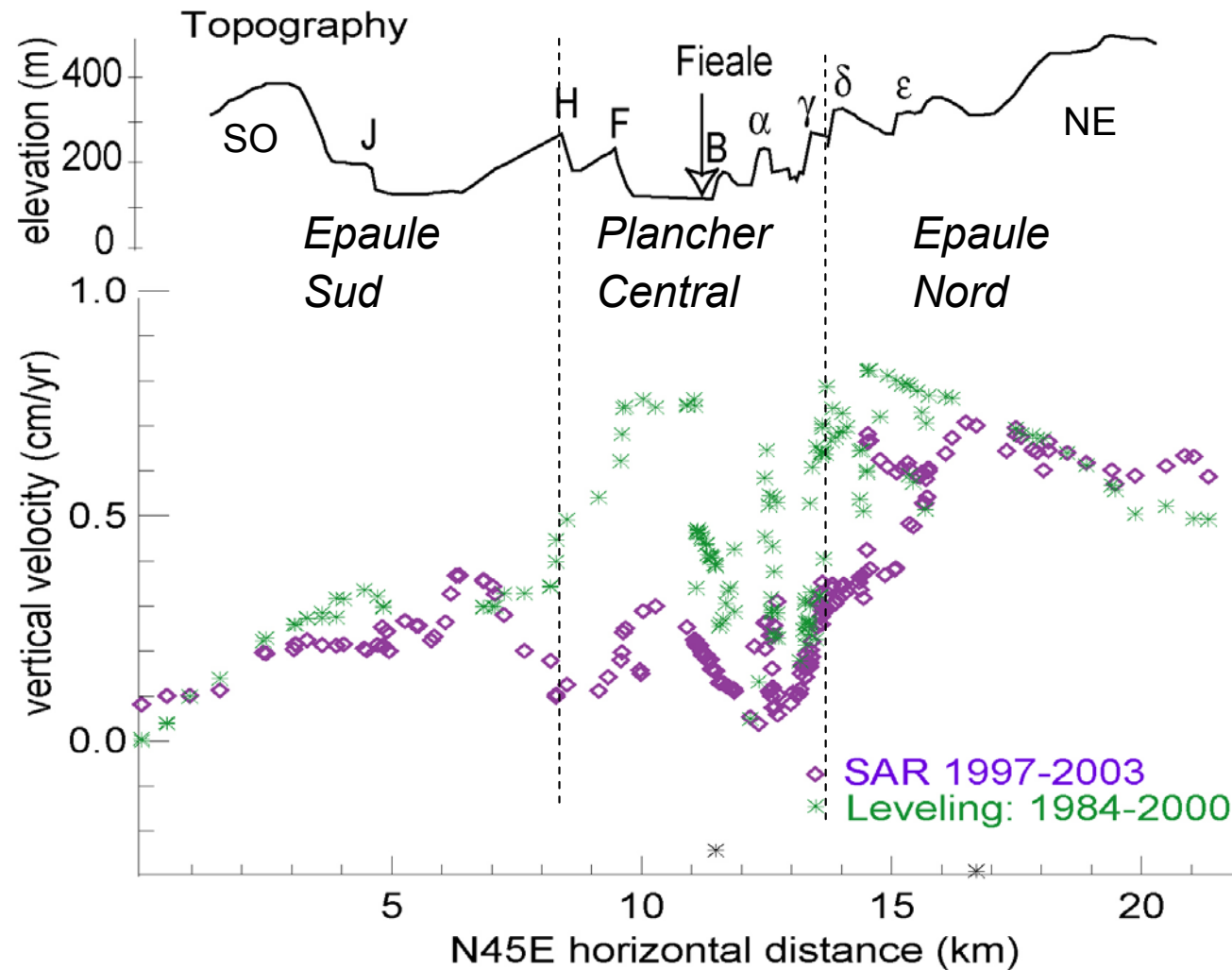


D'après Cattin et al. [2005]

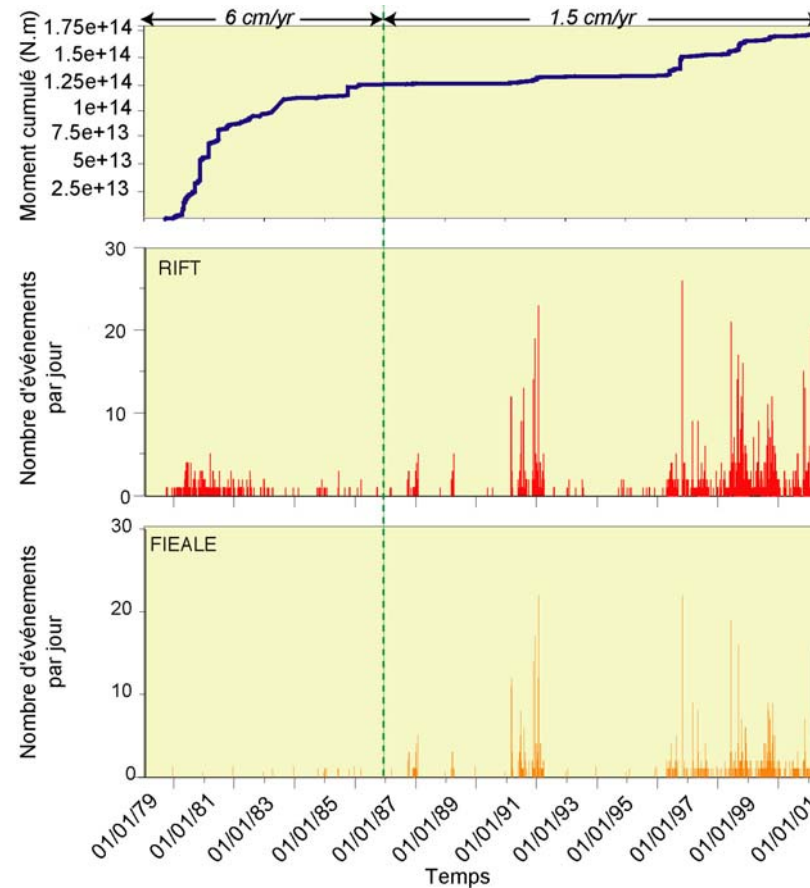
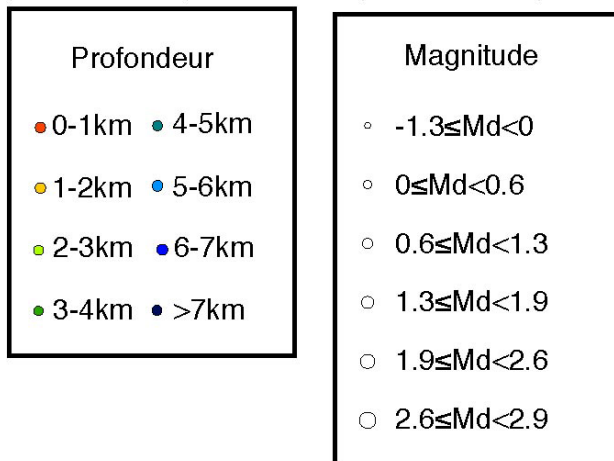
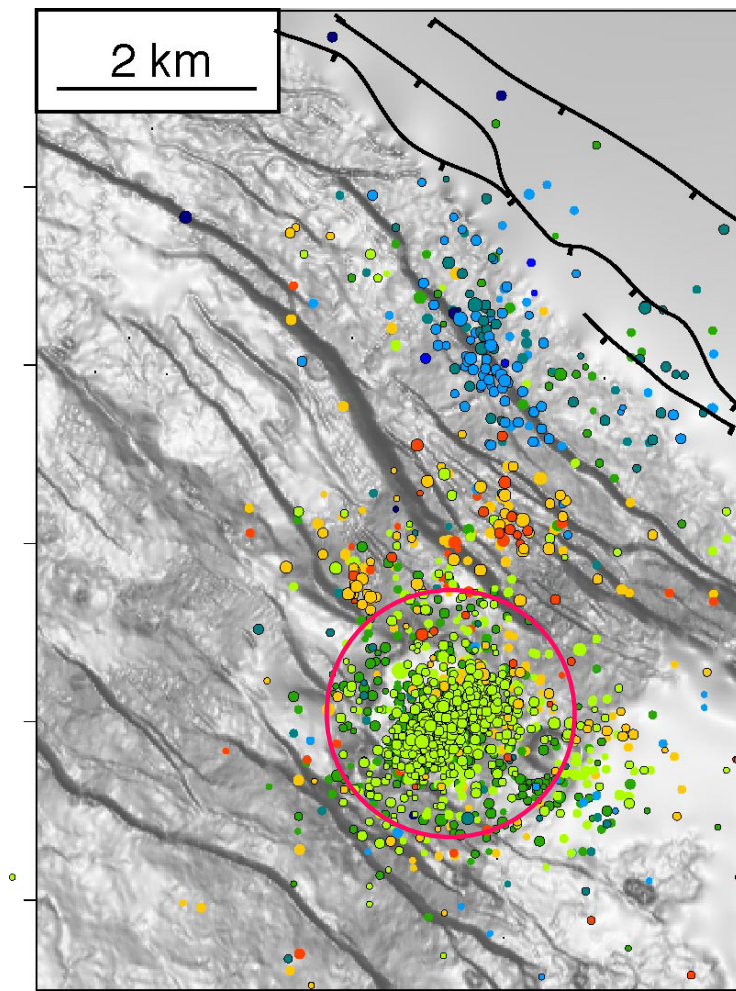


Modèles thermo-mécaniques:

- Ouverture du rift non-stationnaire, contrôlée par injections magmatiques
- Comportement post-rifting contrôlé par une inflation du dyke jusqu'en 1985 (12 cm/an)

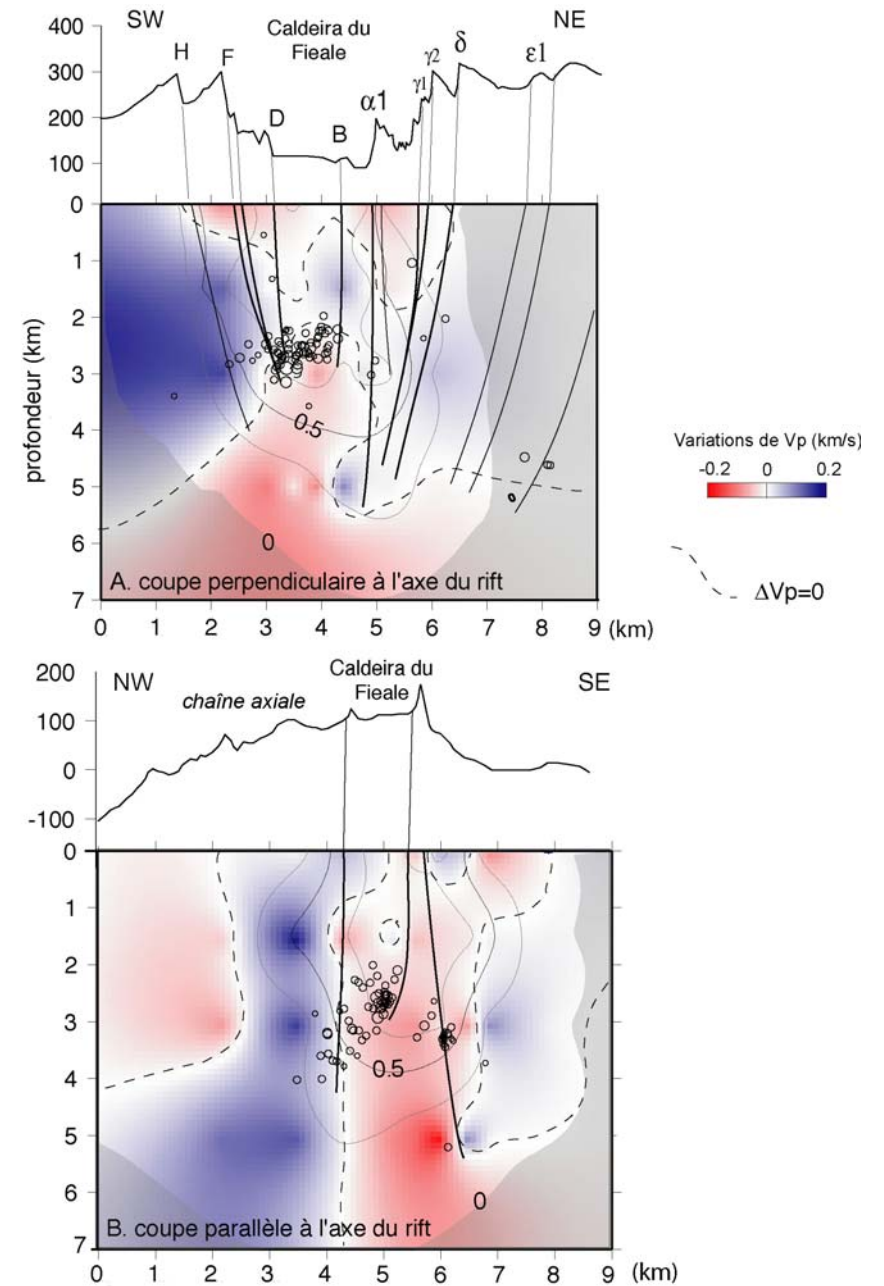
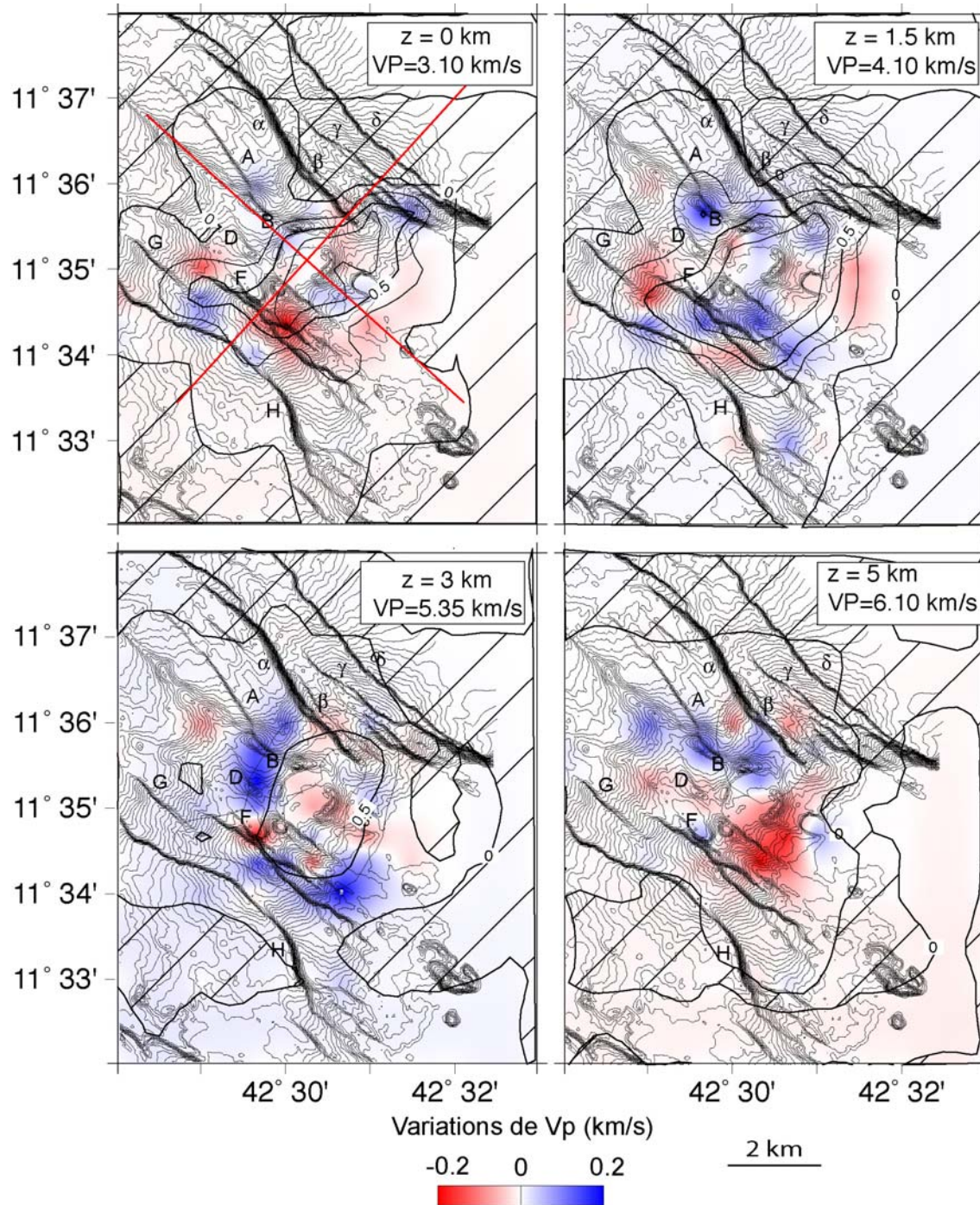


Période INTER-RIFTING

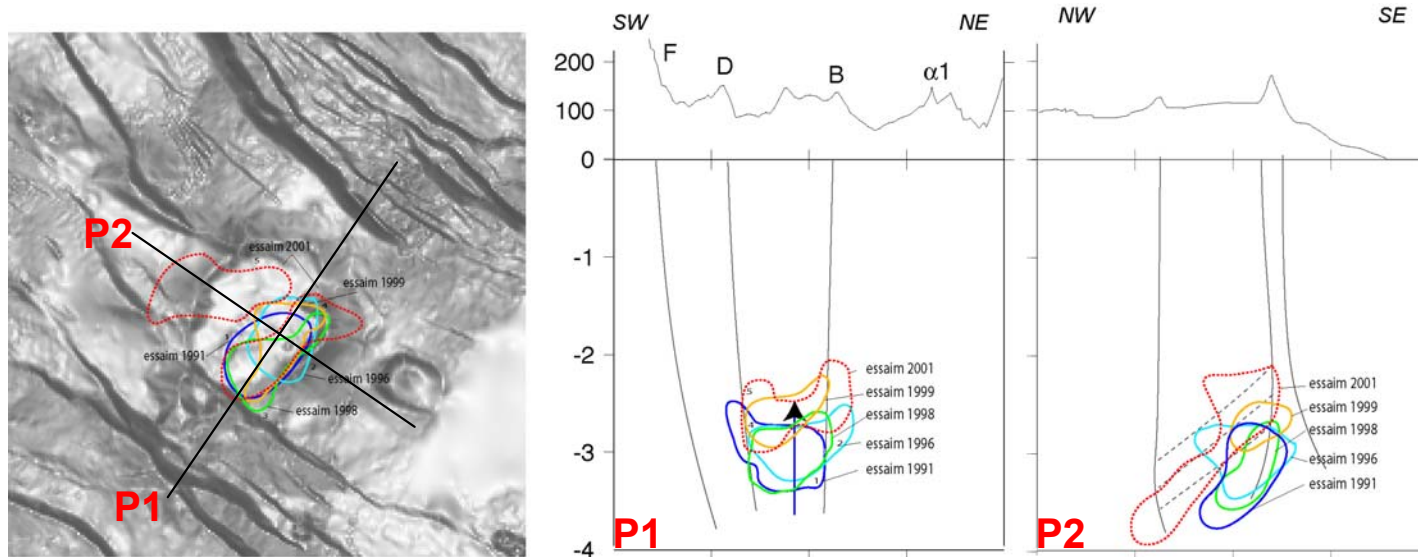


➡ *L'activité sismique de Fieale correspond-elle à l'activité des failles normales ou du système volcanique/hydrothermal?*

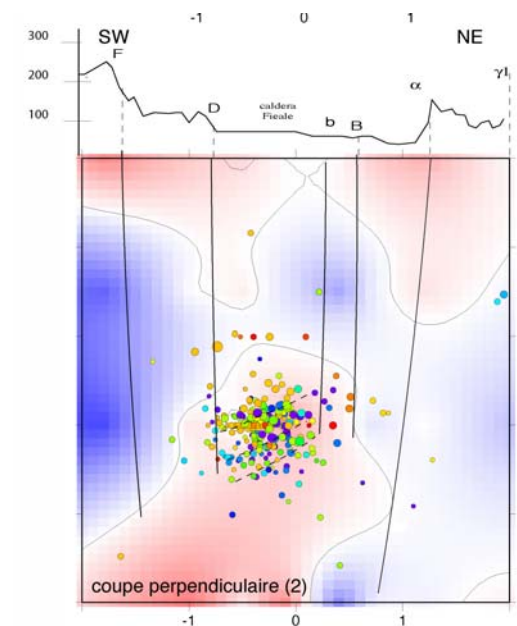
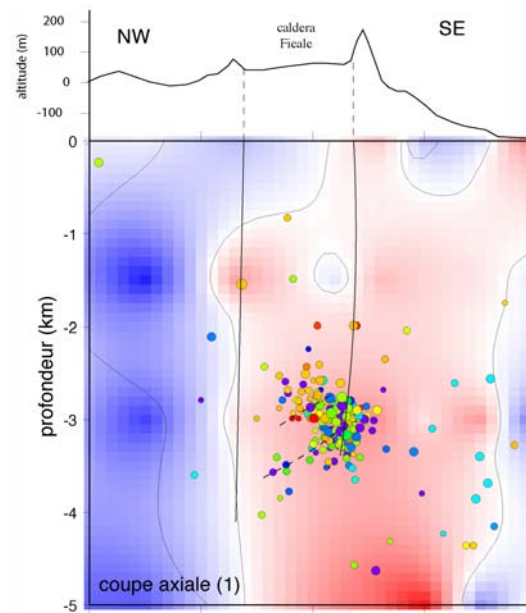
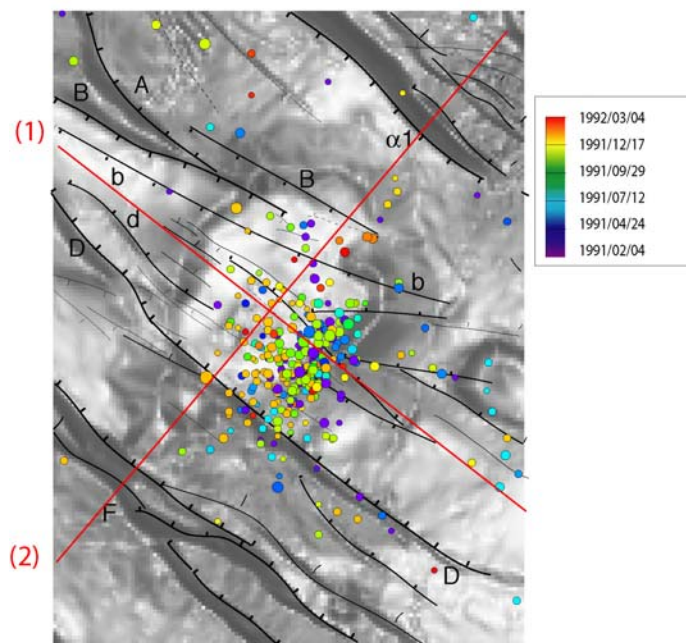
➡ *Ces crises ont elles une influence sur l'activité des failles du rift?*



5 Principaux Essaims depuis 1991



La Crise de 1991



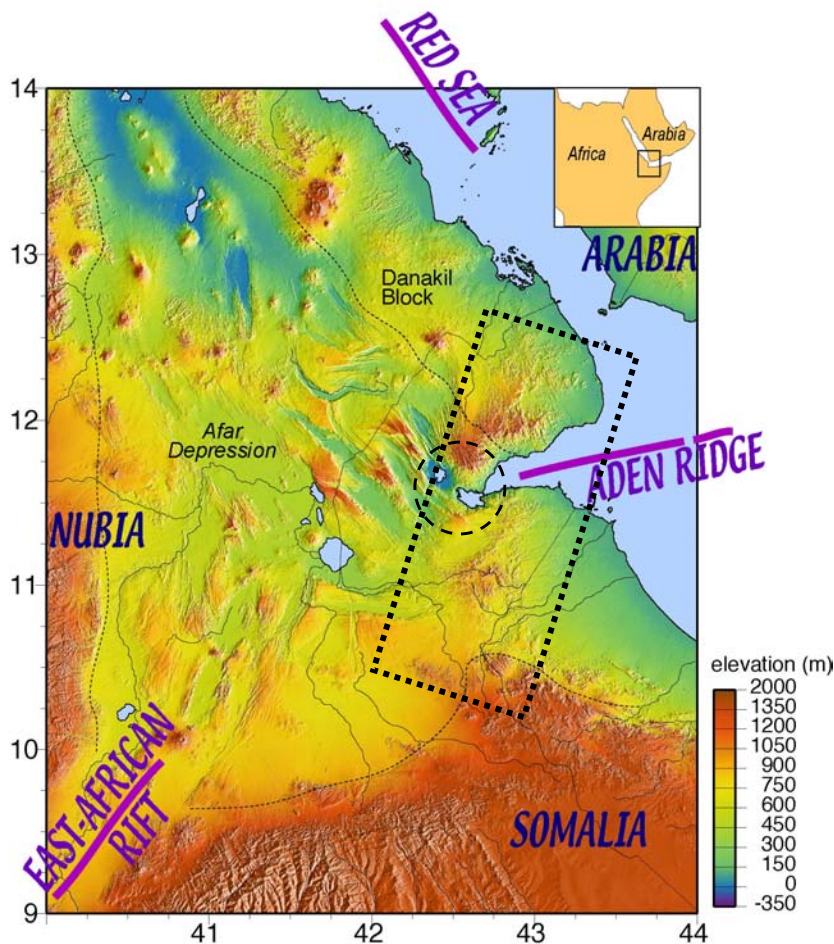
**Crises d'activité sismique + Mouvements du plancher central
non-stationnaires**

**-Existe-t-il une relation entre la sismicité “volcanique”
et ces mouvements transitoires?**

- Quel est le comportement des failles du rift?

fluage aseismique / continu / transitoire ?

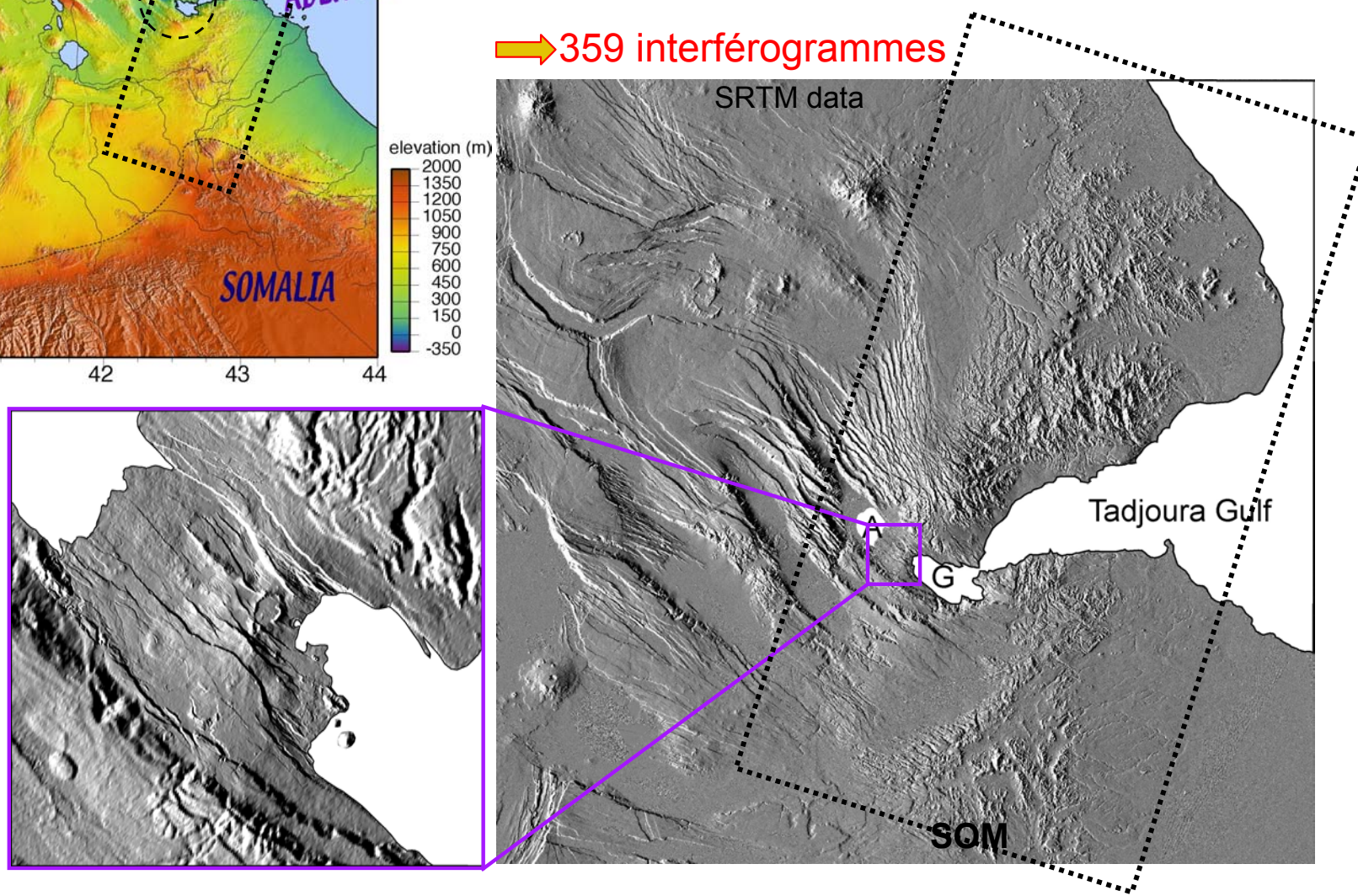
**- L'énergie sismique relachée explique-t-elle la
déformation mesurée?**



Données RADARSAT (1997-2005)

- Software ROI_PAC [JPL-CalTech]
- Haute résolution: taille du pixel 11.6m (r) x 22.1m (a)
- Données topographiques :
SRTM (30 m sous échantillonné) + IGN (10m)

→ 359 interférogrammes



Climat aride:

Pas d'érosion

+

Pas de végétation

=

Très bonne Cohérence

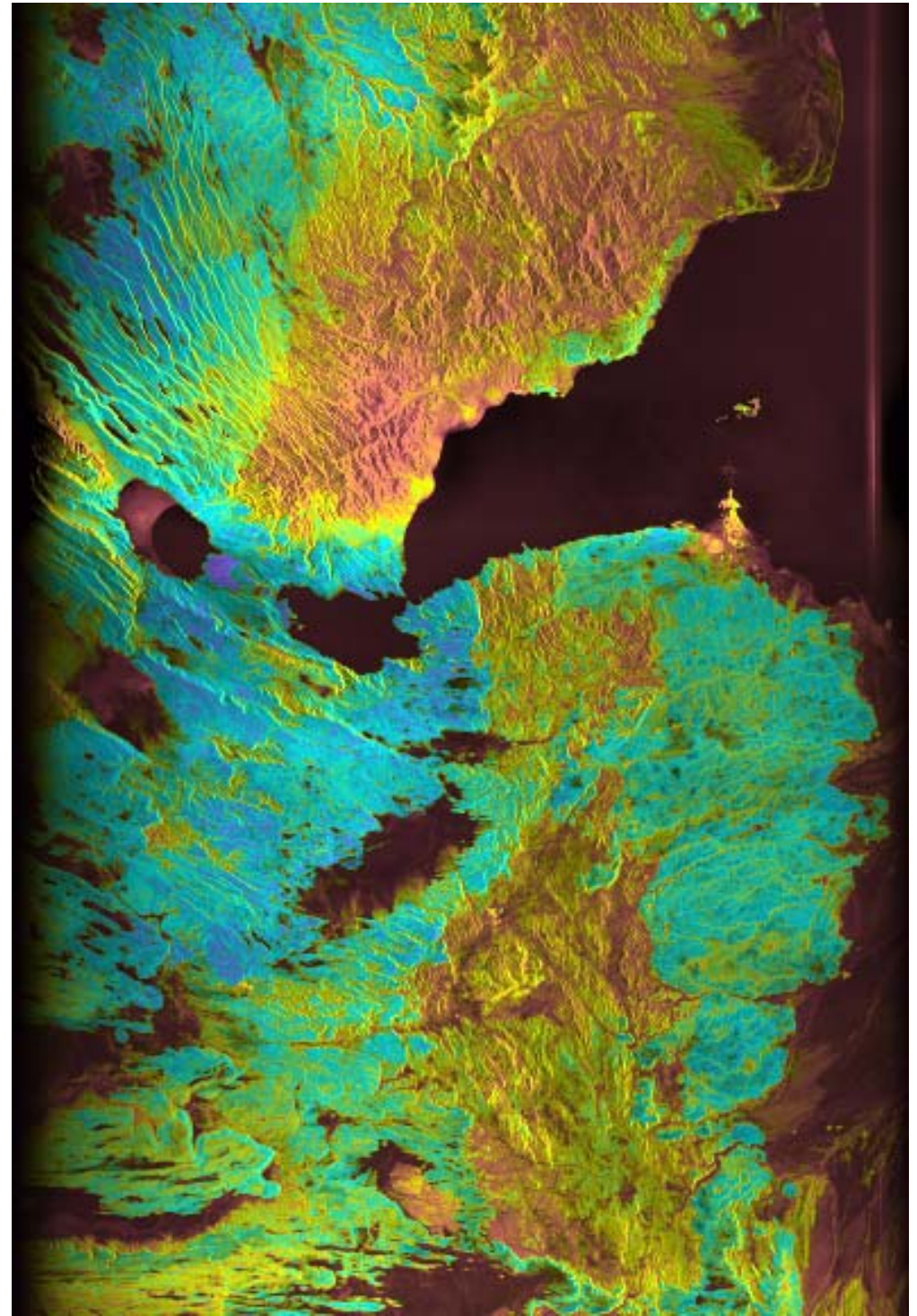
Volcanisme récent:

laves chaotiques (rugueuses)

= Très bon retour radar



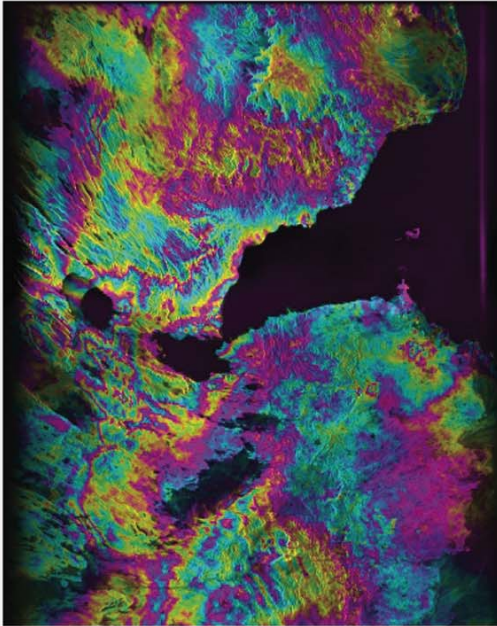
Facteur de corrélation



Perturbations troposphériques

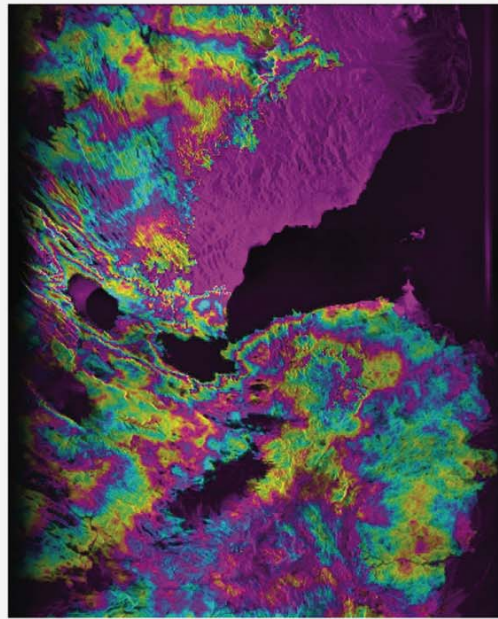
24 jours

o15843-o16186: 17 Nov 98 - 12 Dec 98



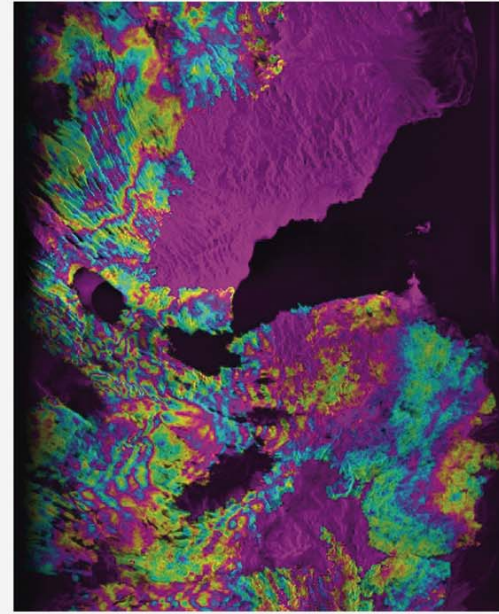
3 ans

o20302-o35394: 25 Sept 99 - 17 Aug 02

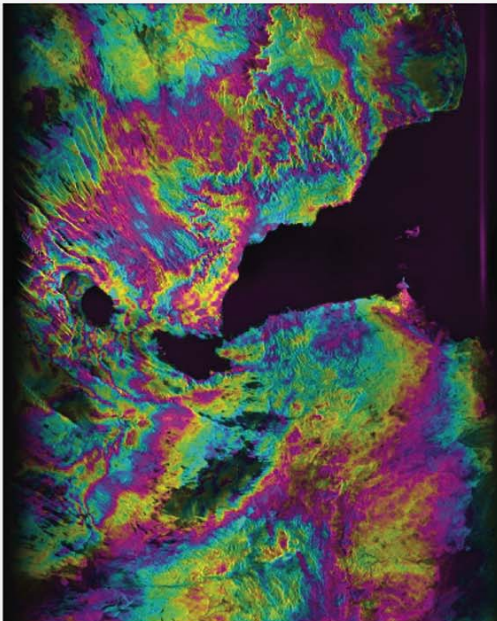


6.5 ans

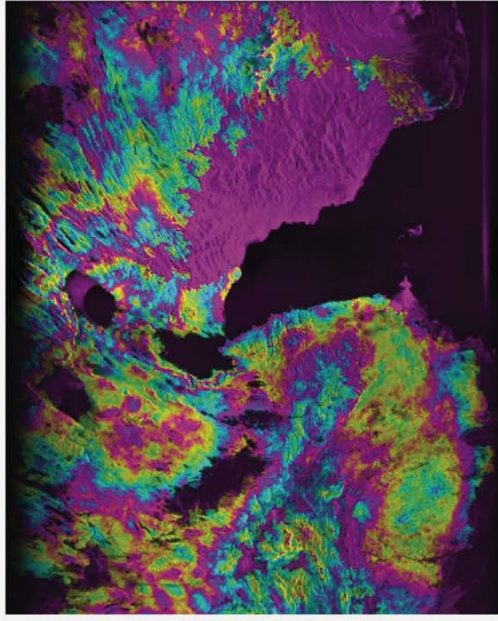
o7954-o42254: 16 May 97 - 10 Dec 03



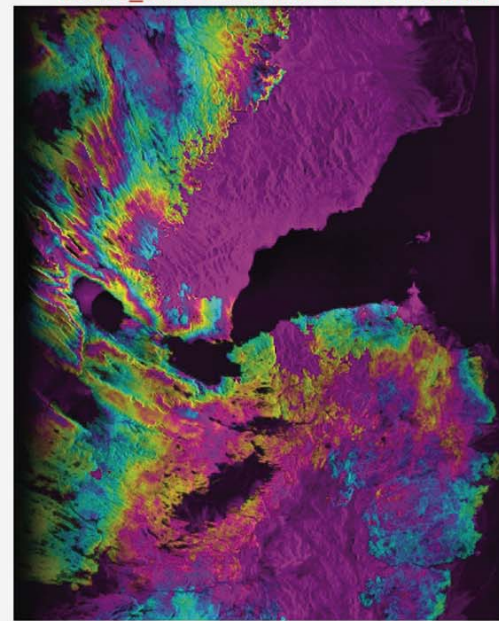
o25790-o26133: 13 Oct 00 - 05 Nov 00



o25790-o41225: 13 Oct 00 - 28 Sept 03



o7268_o47742: 29 Mar 97 - 27 Dec 04



Phase
déroulée (LOS)



Vitesse Moyenne

359 interferogrammes

Principales Zones

de Déformation:

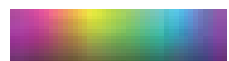
- **Mak'Arrassou**

Zone de transfert de la déformation entre AG et le rift de Manda Inakir

(blocs basculés par failles normales)

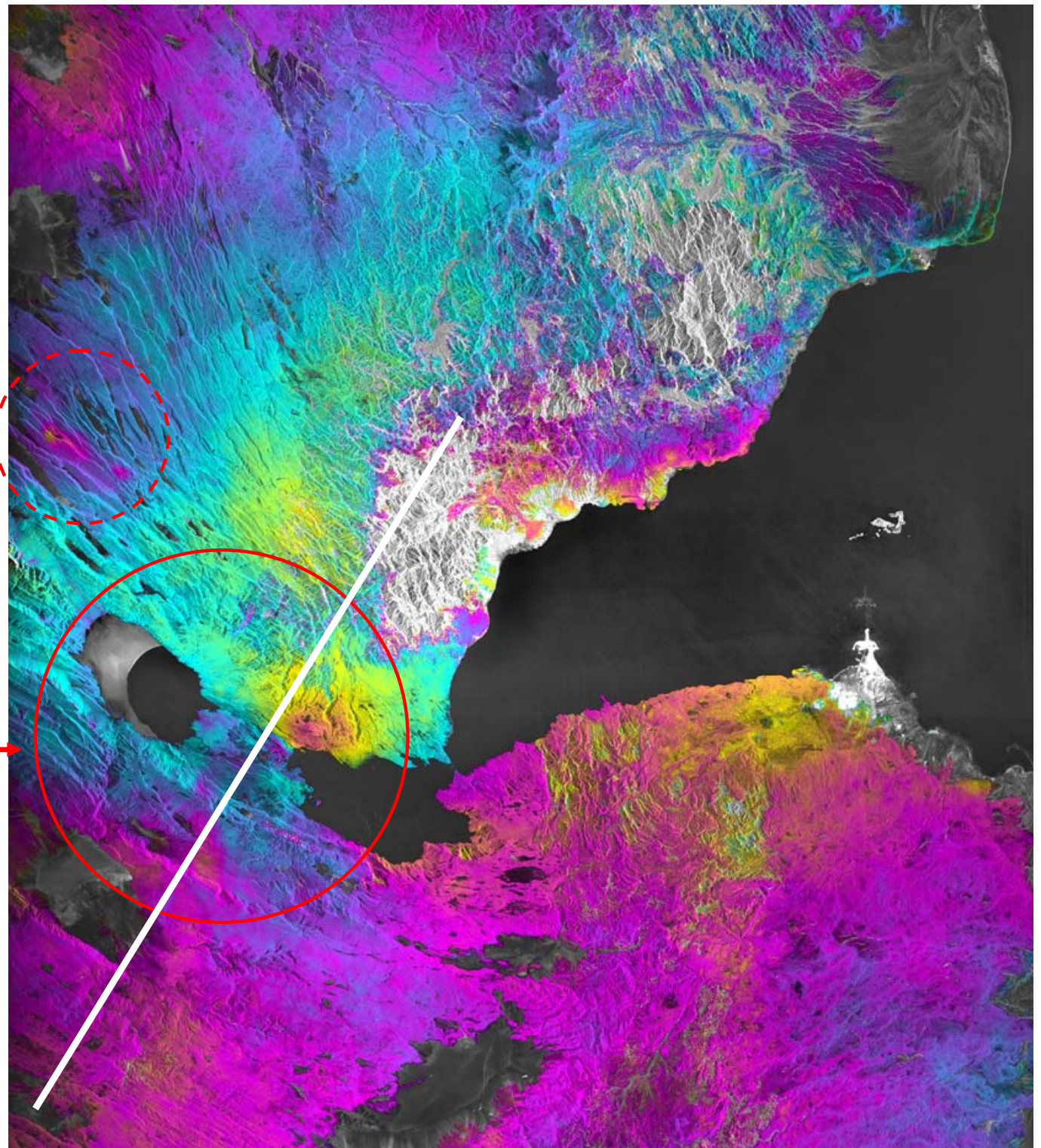
Asal-Ghoubbet Rift

Vitesse moyenne (LOS)



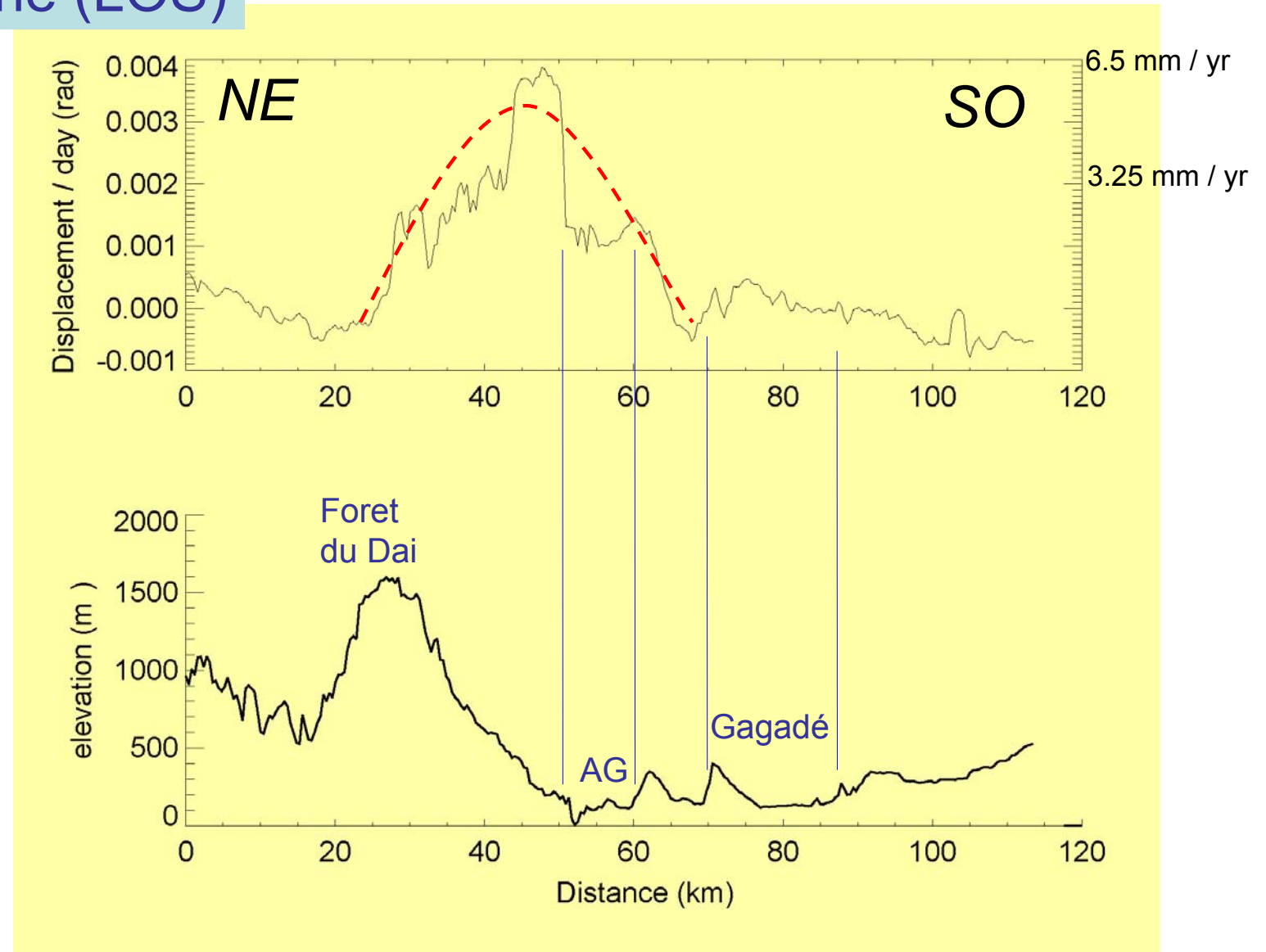
0

1cm/yr



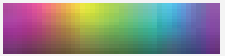
Vitesse moyenne (LOS)

Topographie

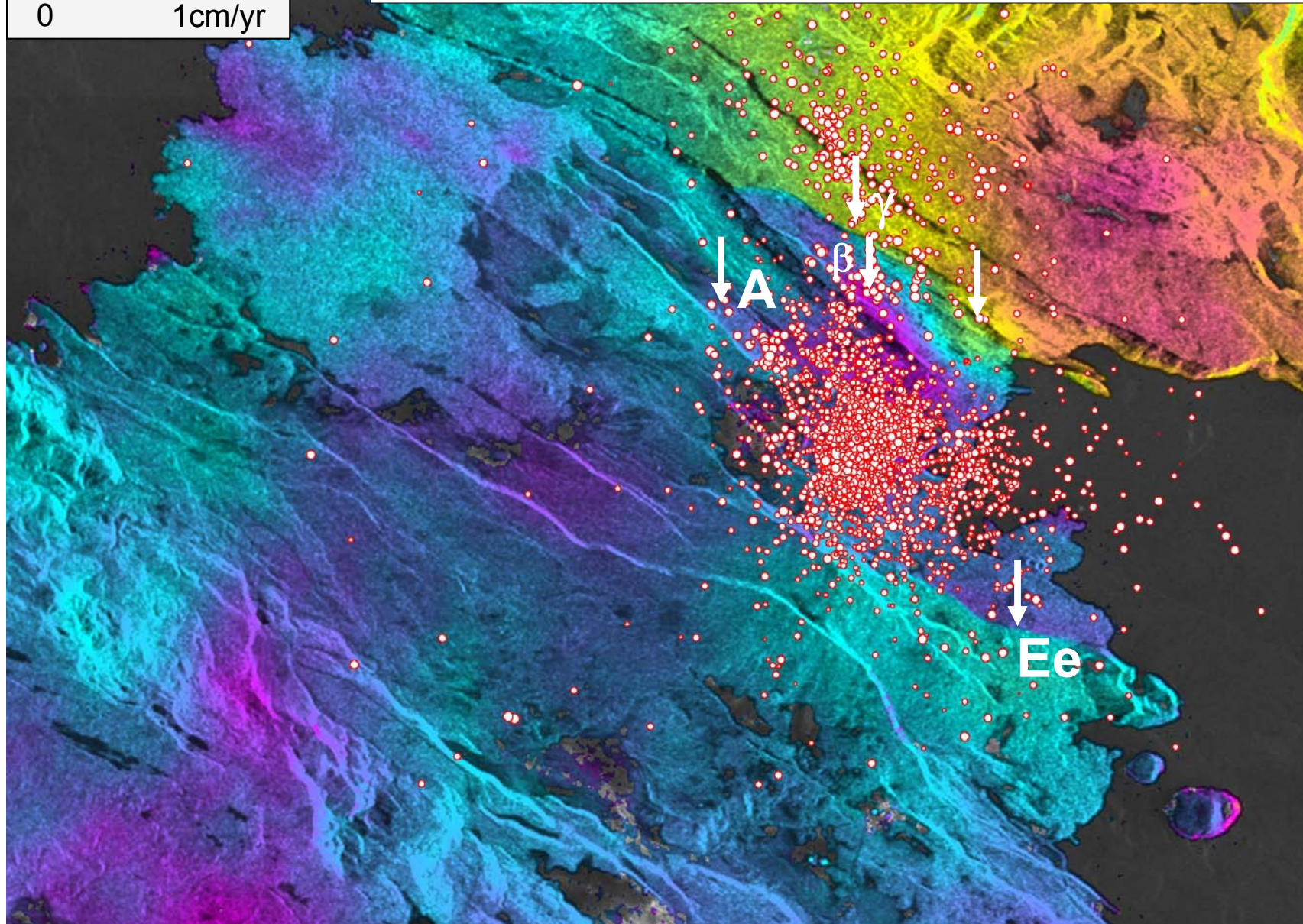


- Soulèvement de l'Epaule Nord **Asymmetrie**
- Subsidence du Plancher Central entre les Failles γ and Ee
- Pas de Déformation associée au Volcan Fieale
- Fluage sur les Failles: γ , β , A, Ee

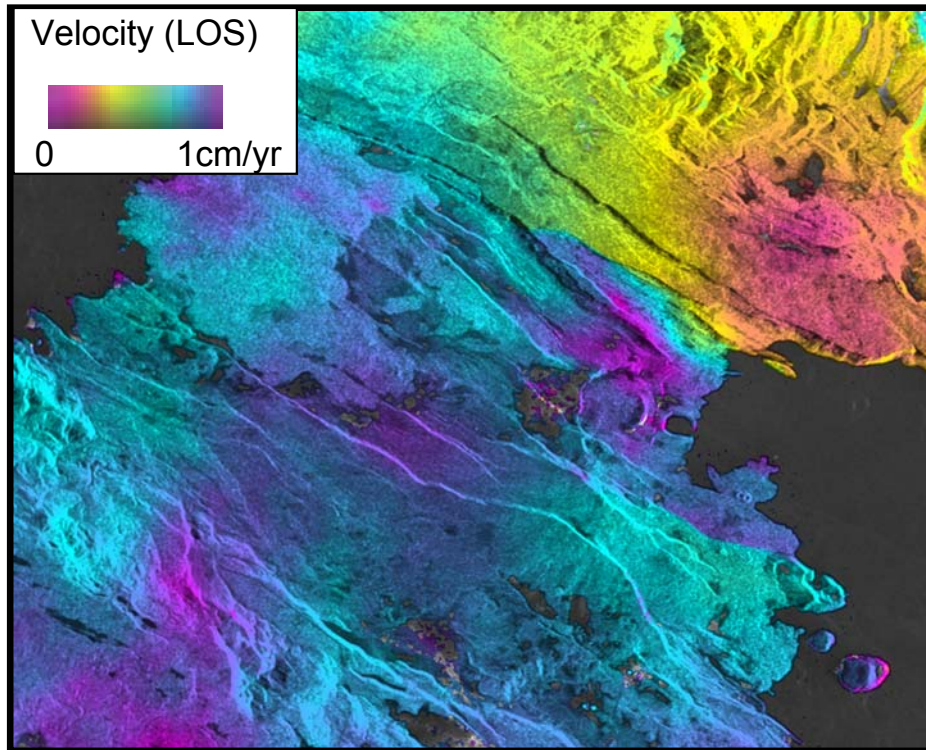
Vitesse moyenne
(LOS)



0 1cm/yr



Failles réactivées
pendant la crise
sismo-volcanique
de 1978



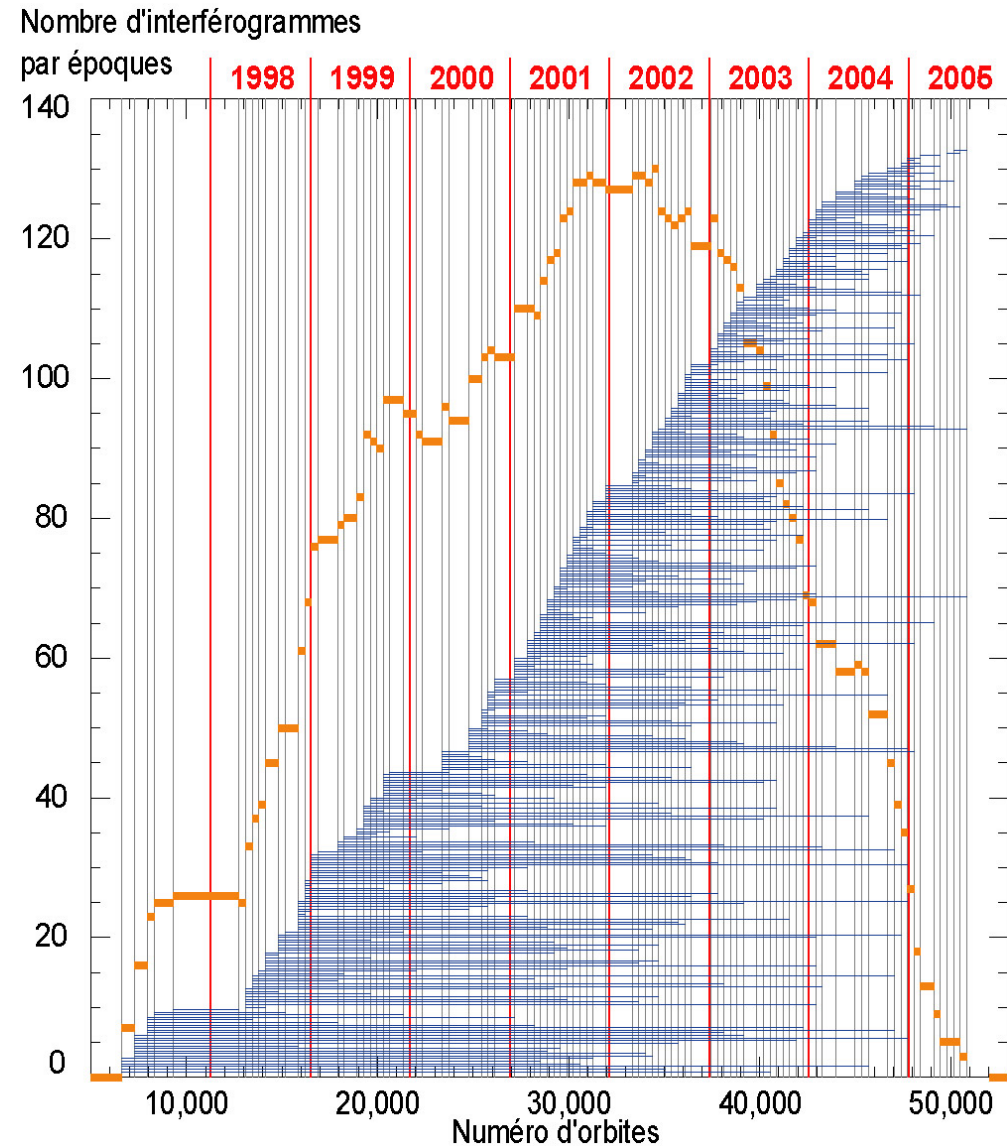
90 images de Février 1997 à 2005

-359 interférogrammes de 24 jours
(cycle du satellite) à 7.75 ans

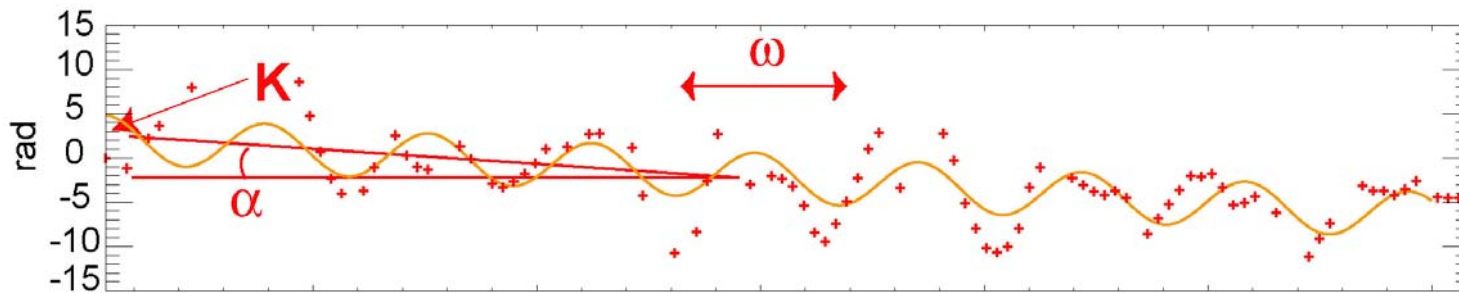
-89 époques

Série temporelle

- Méthode de *Berardino et al.* [2002]
Inversion du champ de déplacement
(minimisation aux moindres carrés)



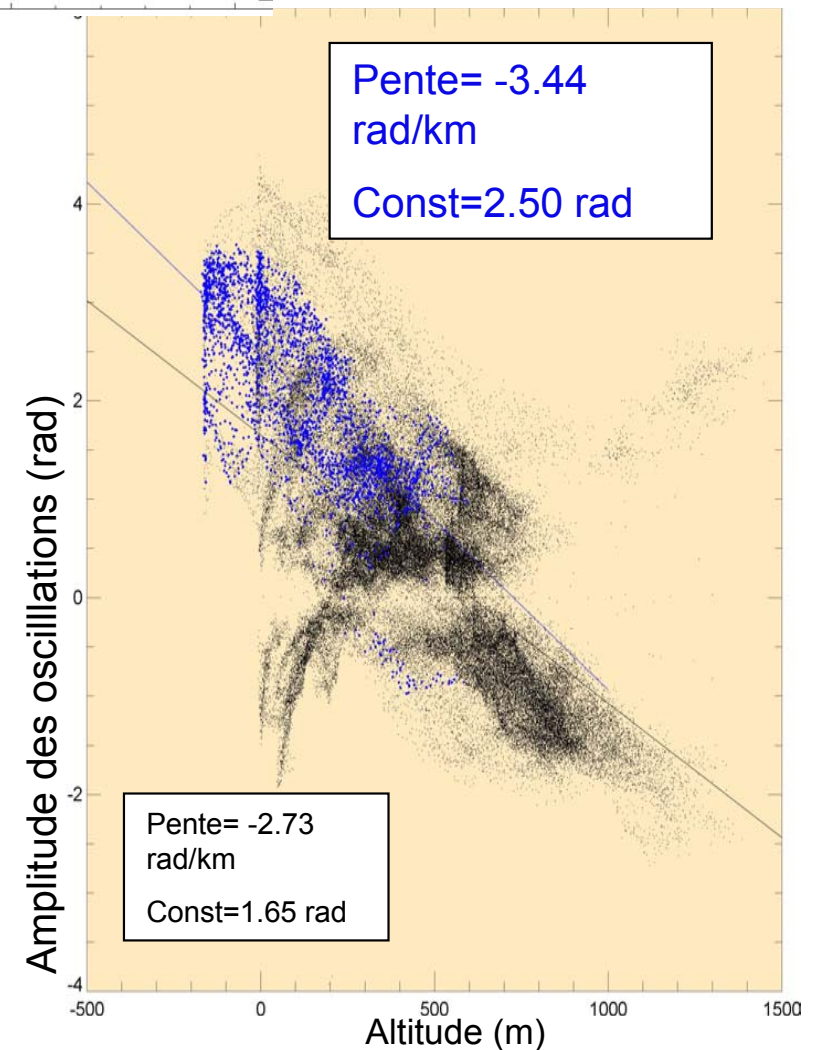
Signal Sinusoidal



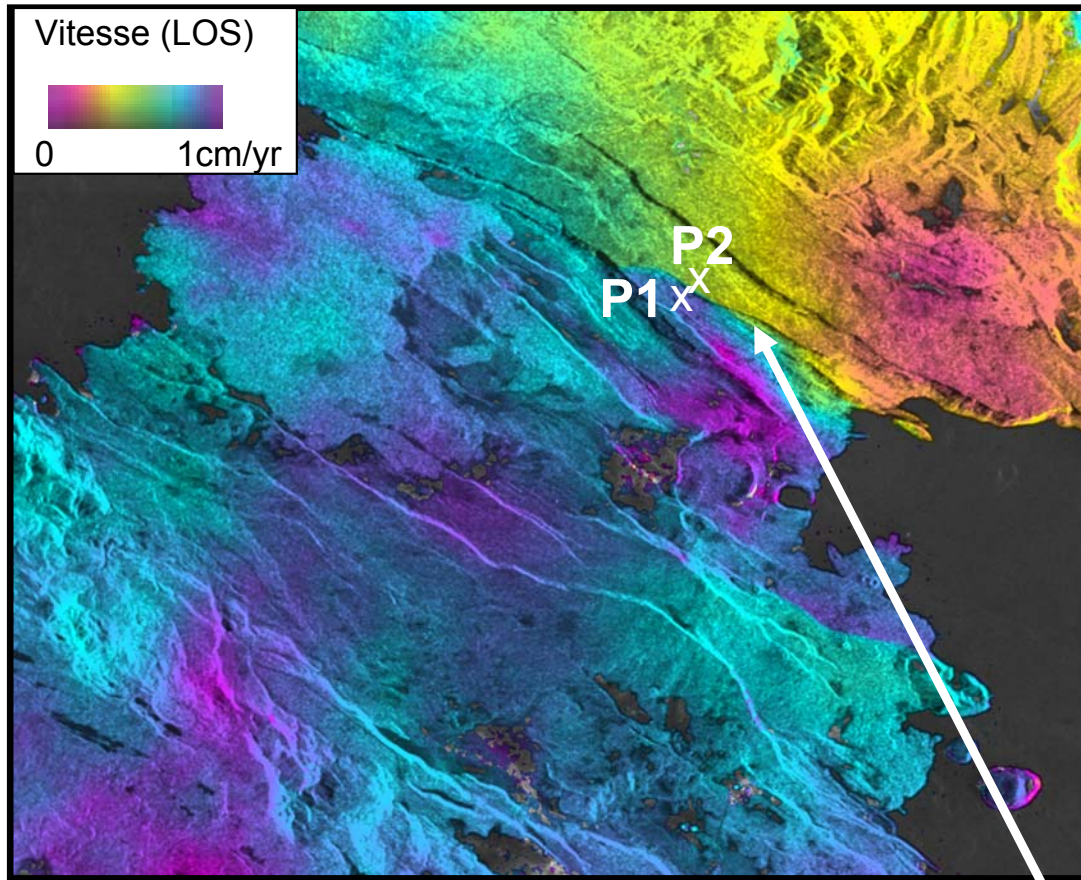
$$ts = K + \alpha t + \beta \sin(\omega t + \phi)$$

$$K, \alpha, \beta, \omega, \phi = \text{csts}$$

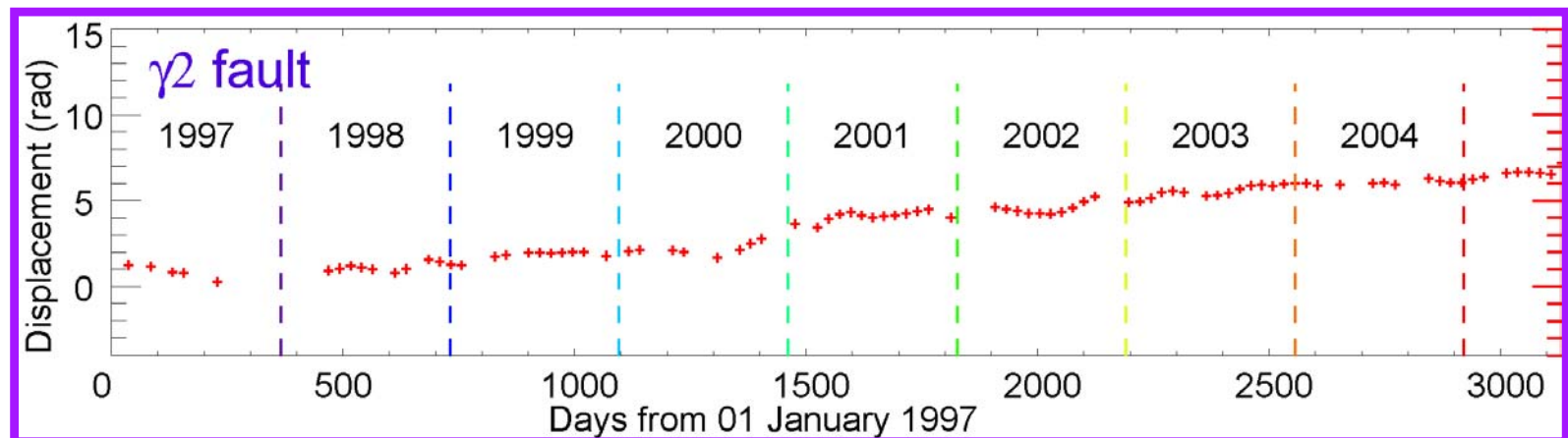
- Constant K depends on the first image
- Period $w = 2\pi / 365$ days
- Phase $\phi \sim 35$ in the AG rift
- Amplitude $\alpha = f(\text{topography})$



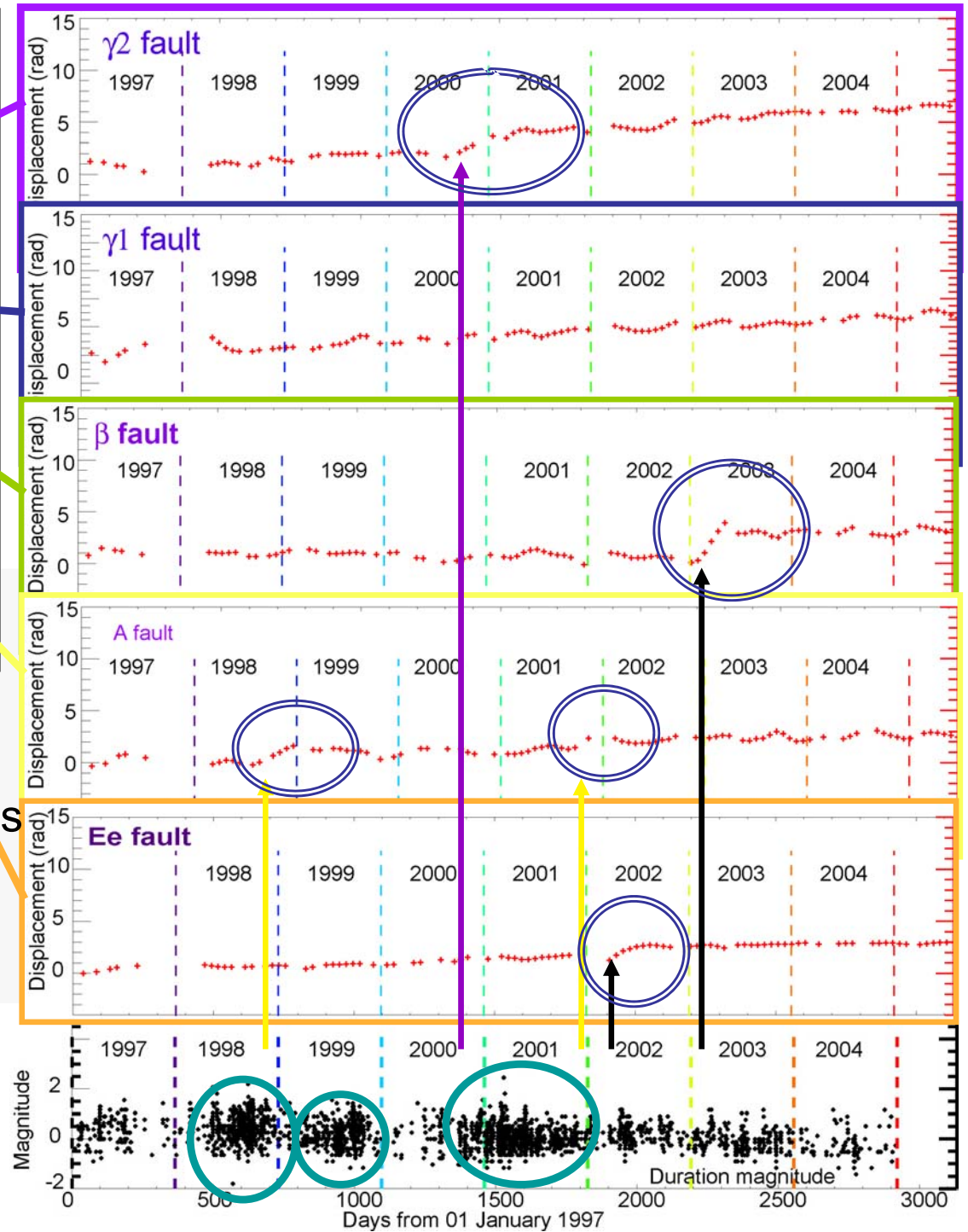
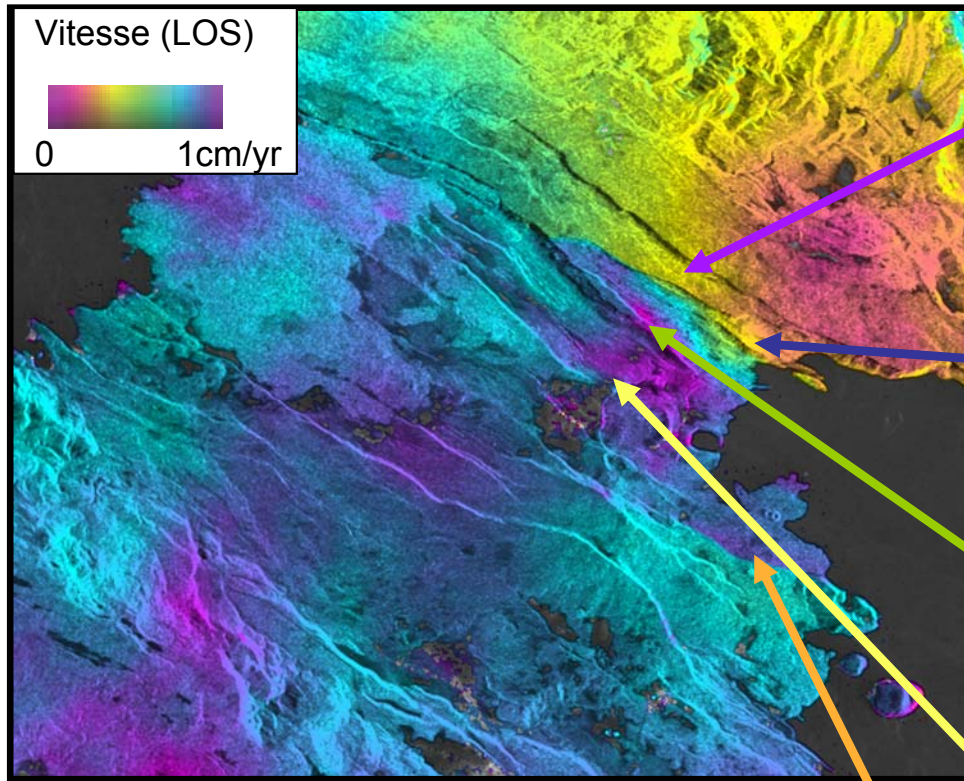
Décomposition en Série Temporelle



*Déplacement
relatif
cumulé
(P2-P1)
(LOS)*

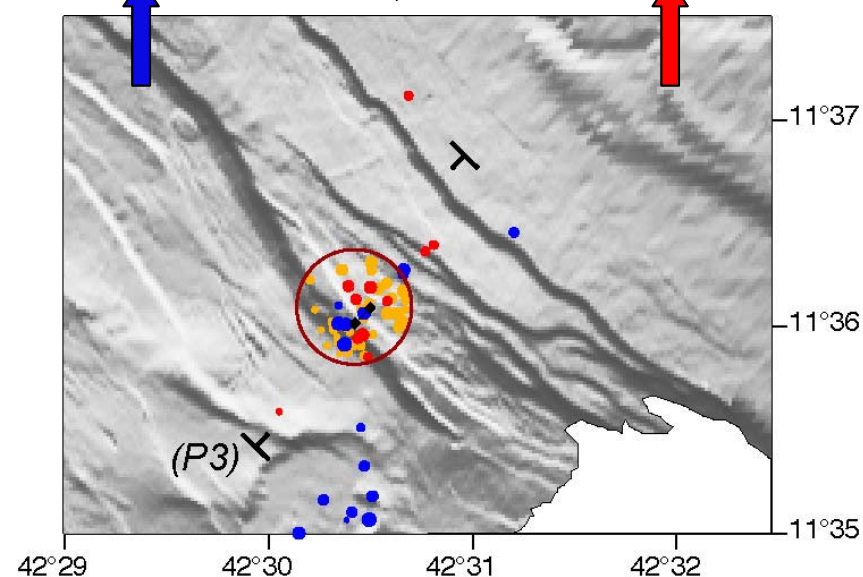
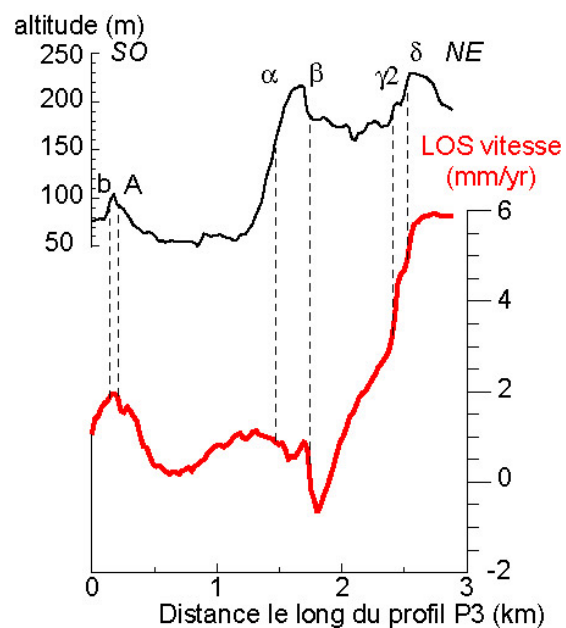
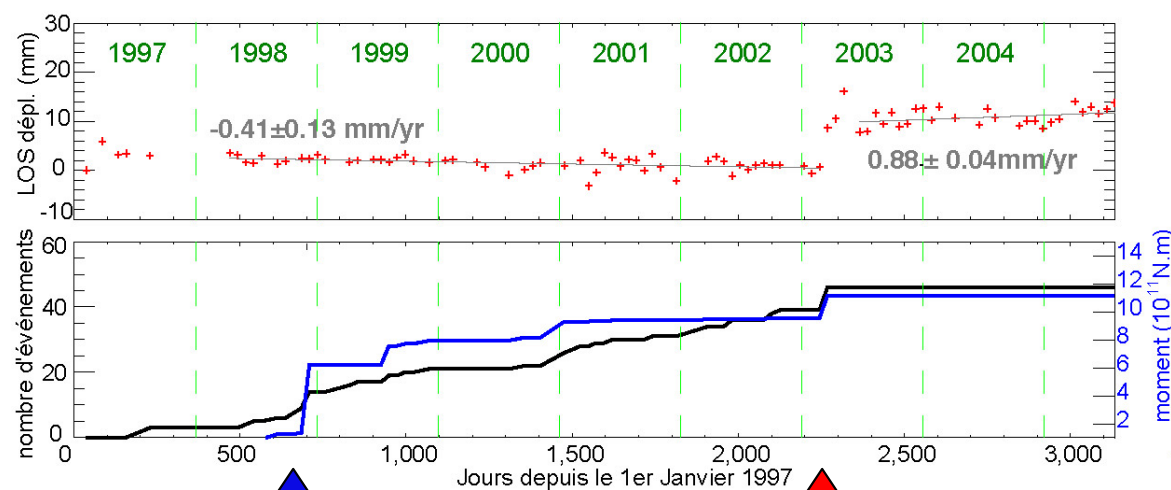
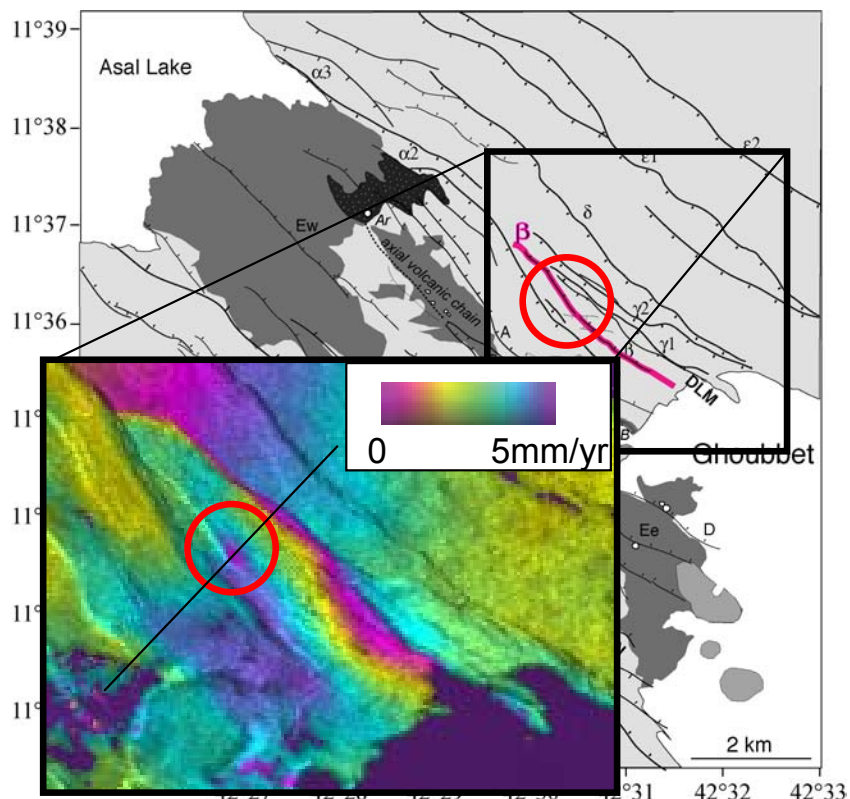


À chaque période, par rapport au temps de référence

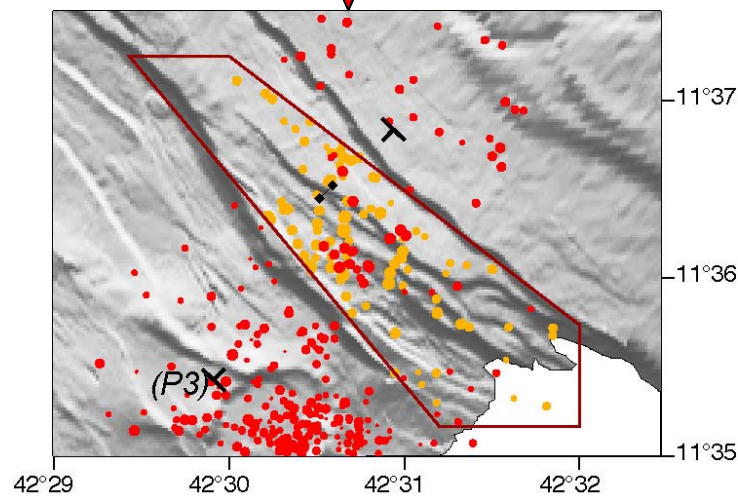
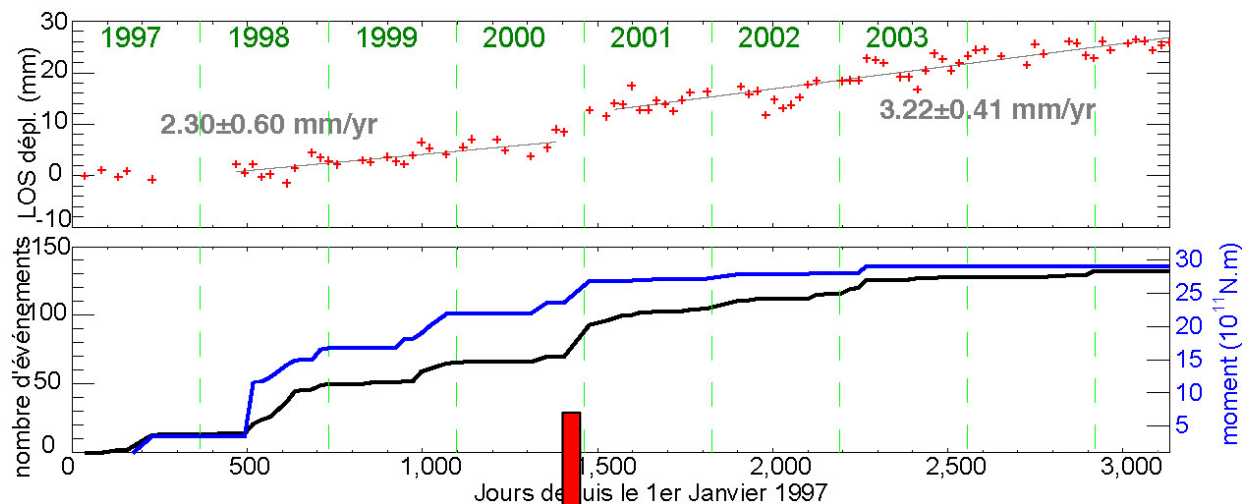
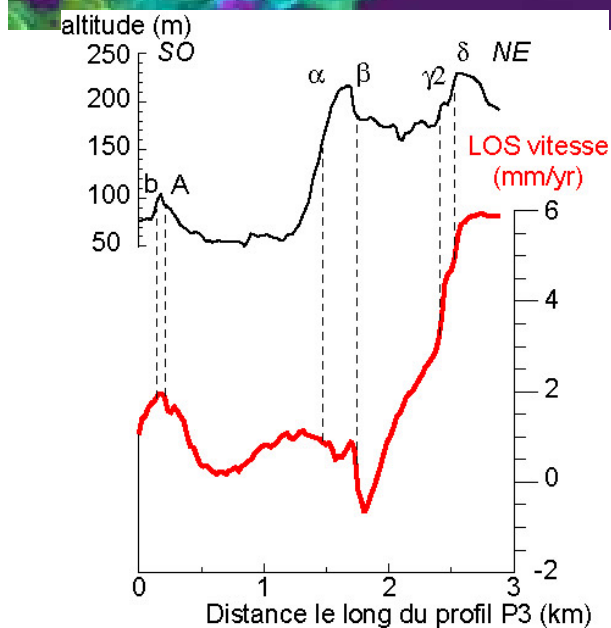
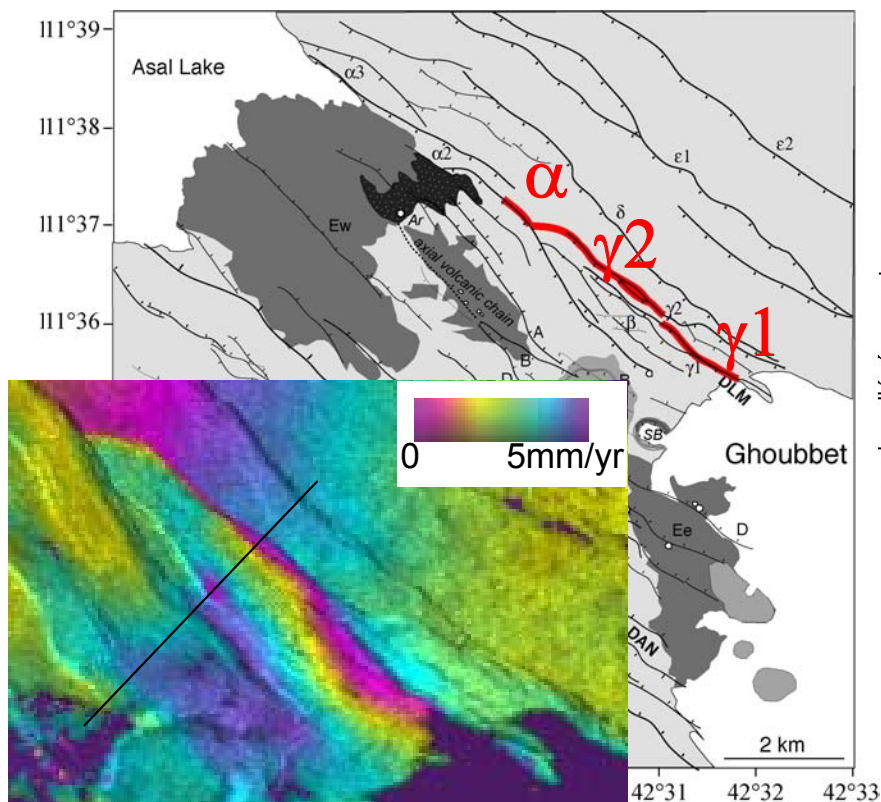


Déplacement le long des failles normales

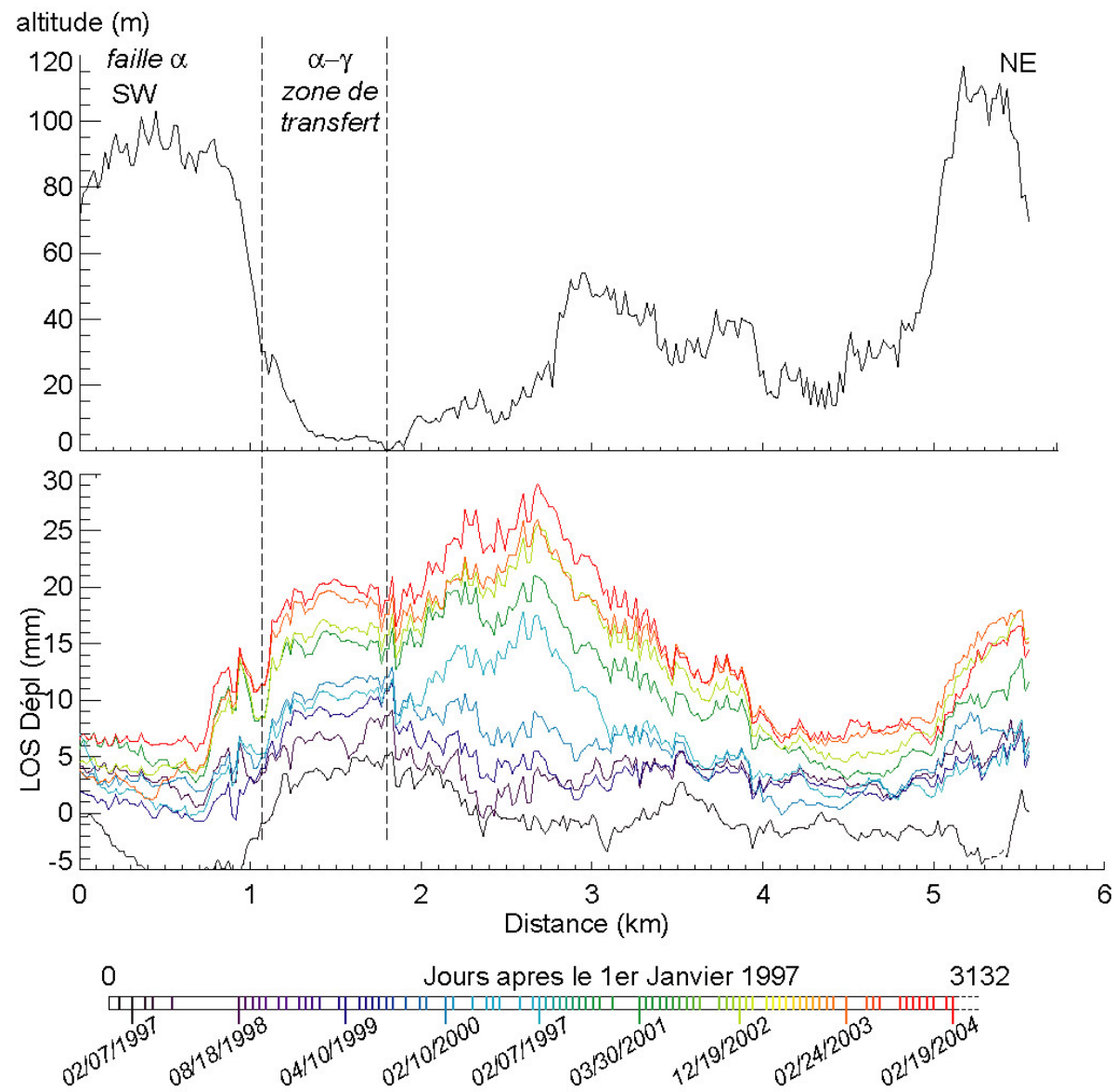
- Glissement continu
- Glissement continu avec période d'accélération
- Faille bloquée avec période de glissement



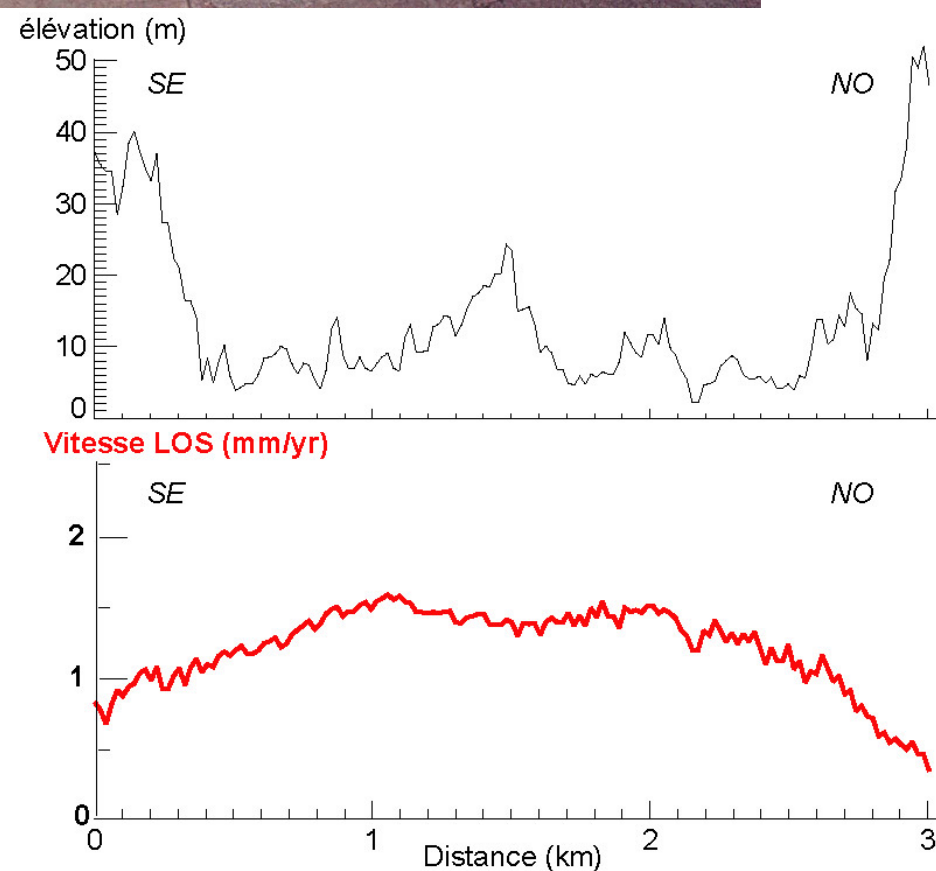
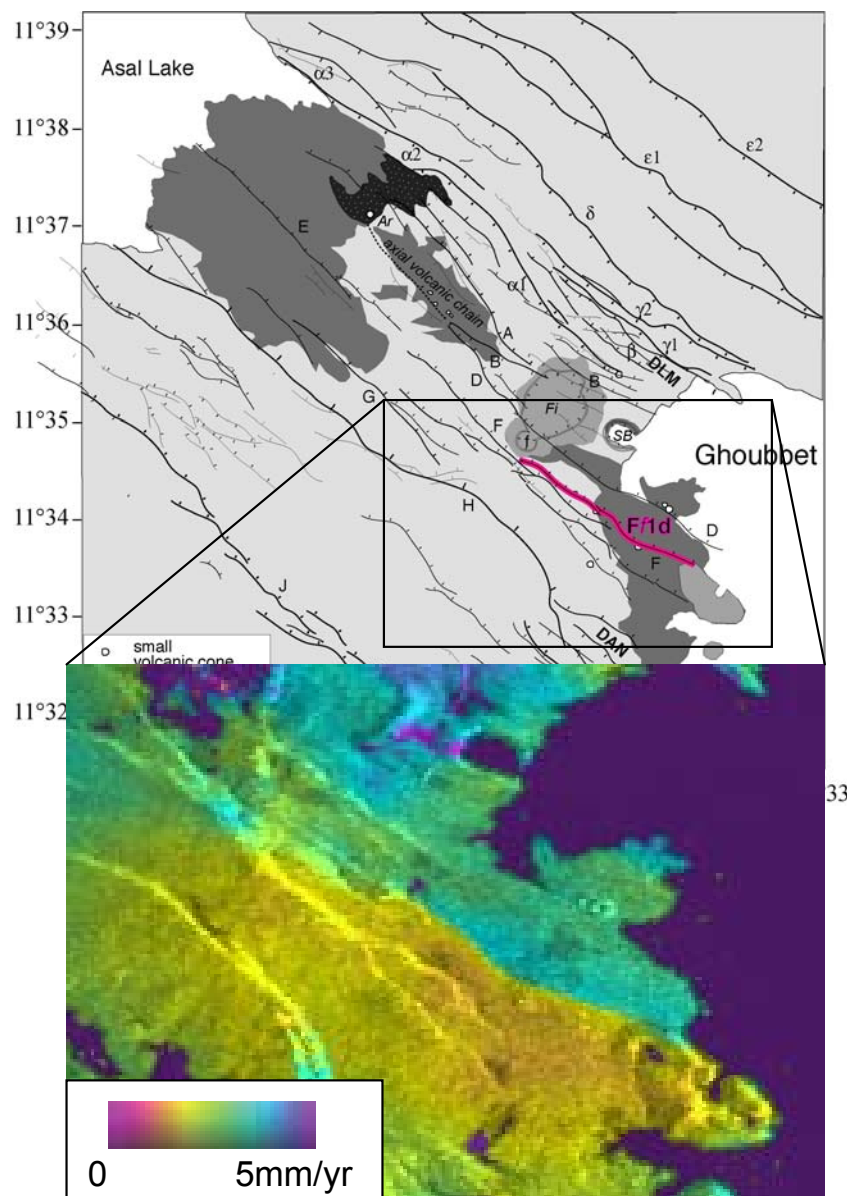
Vitesse moyenne $\sim 1.8 \pm 0.3$ mm/an
 Vitesse Holocène 1.7 ± 0.4 mm/an
 Glissement de la période 59 : 9.2 ± 0.2 mm
 Période 59 : 24 Février au 20 Mars 2003
 7 séismes ($0.3 \leq M_d \leq 1.2$)
 1.6×10^{11} N.m $\ll 5.0 \times 10^{14}$ N.m (800m x 2000m)



Vitesse moyenne $\sim 1.9 \pm 0.2$ mm/an
 Vitesse Holocène 1.3 ± 0.4 mm/an
 <<< Vitesse géodésique (post-crise 1978) $6 - 3.47 \pm 1.0$ mm/an
 Glissement de la période 33 : 5.1 ± 1.0 mm
 Période 33 : 6 Novembre 2000 au 17 Janvier 2001
 23 séismes ($-0.5 \leq M_d \leq 1.2$)
 3.2×10^{11} N.m << 6.8×10^{14} N.m (1500m x 3000m)



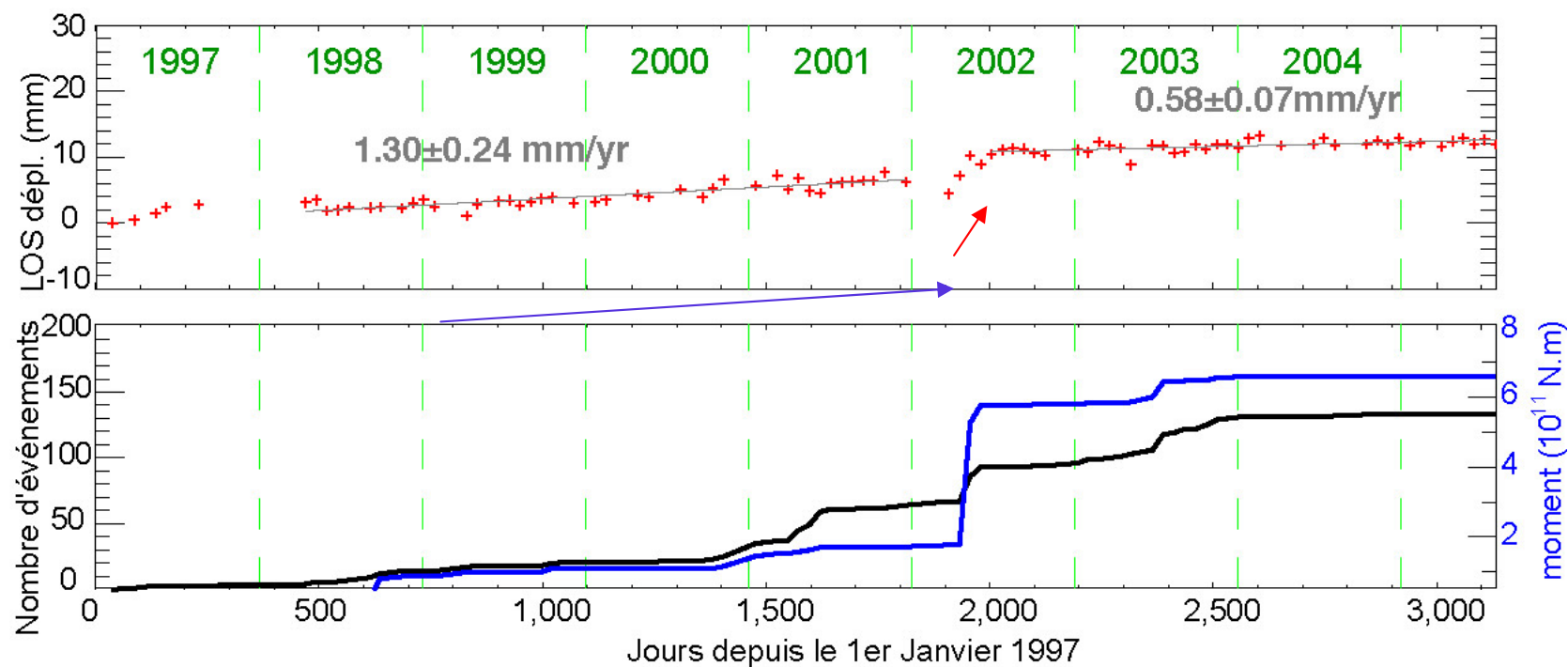
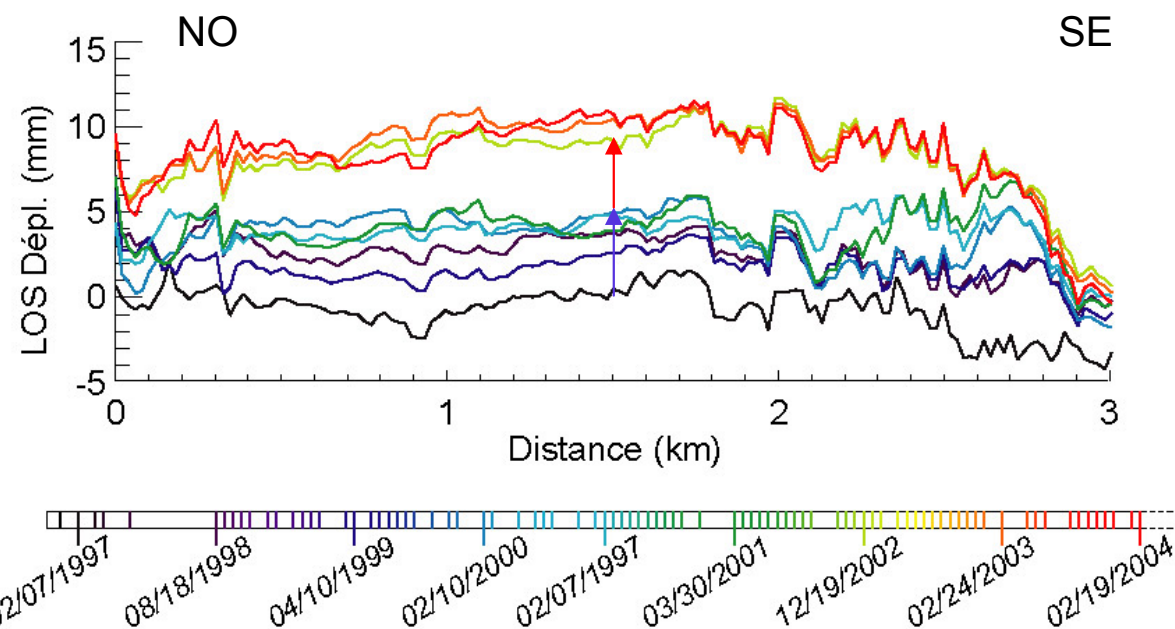
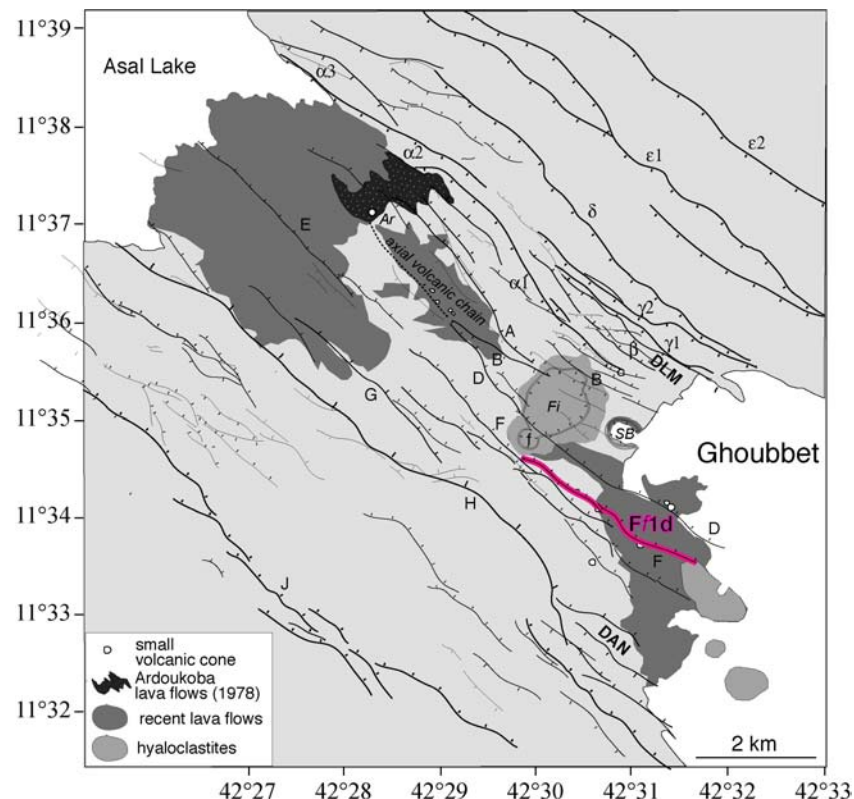
Faïlle E

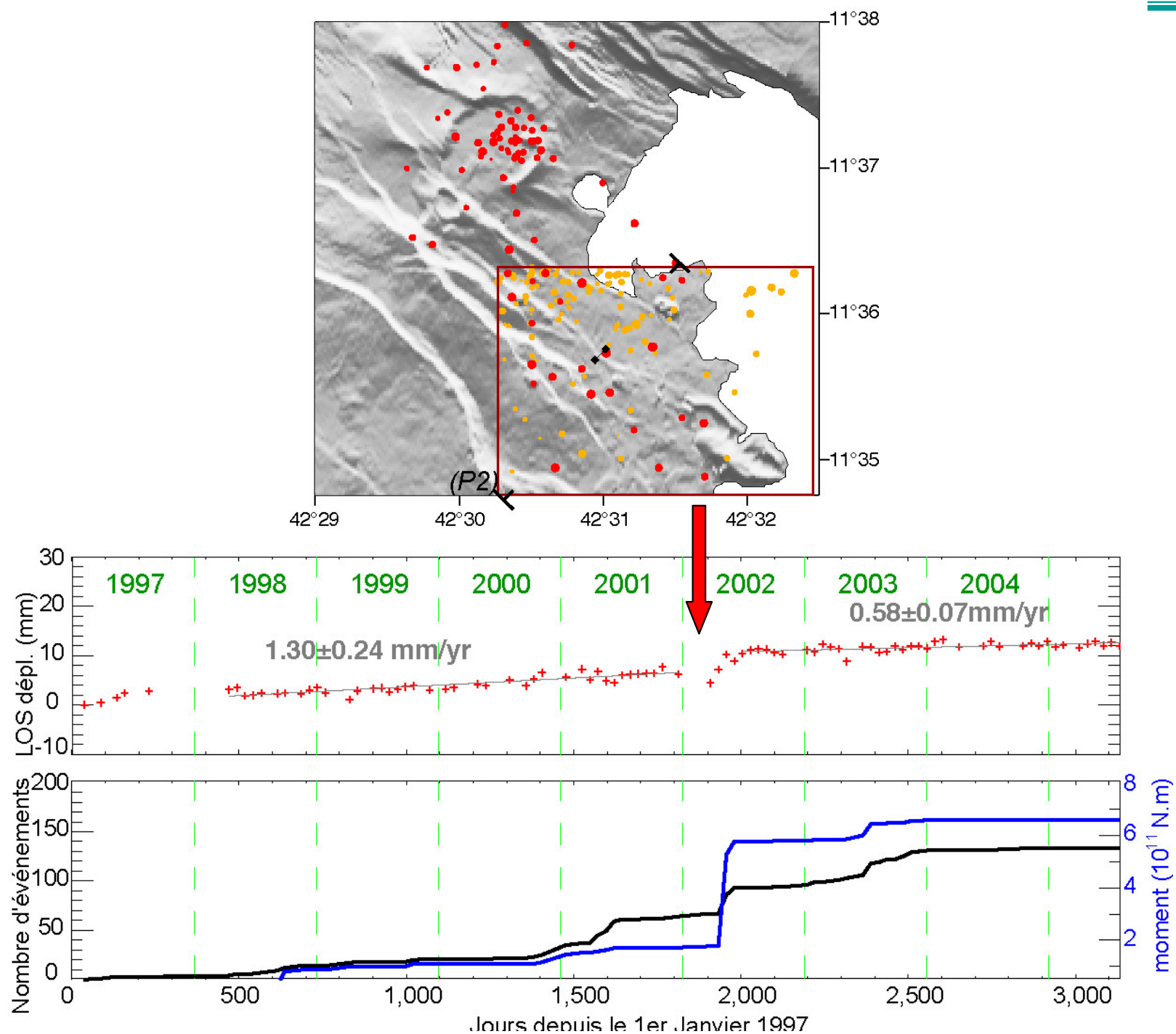


-Pas de ressemblance entre le profil de glissement 1997-2005 et le profil cumulé

-Vitesse moyenne 2.0 ± 0.4 mm/an

Faïlle E







- Le Rift d'Asal-Ghoubbet

- Continuité des données (Observatoire)
- Idéal pour l'étude des mécanismes d'extension

- Comparaison de données géodésiques et sismologiques

- Image précise du comportement du rift
- Image précise du système volcanique
- Importance des interactions magmato-tectoniques
- Importance des mouvements transitoires

- InSAR

- Champ de déplacement à haute résolution

- Série Temporelle InSAR: Description des mouvements transitoires

- Plus d'effets troposphériques
- Comportement des failles: Mise en évidence de périodes d'accélération du glissement
 - Vitesse moyenne = Vitesse "intégrée"
 - Microsismicité, déplacement= fluage asismique
 - Glissement lent = rôle des fluides
 - Description de la croissance des failles
 - "comble le déficit" du déplacement cumulé
 - barrières