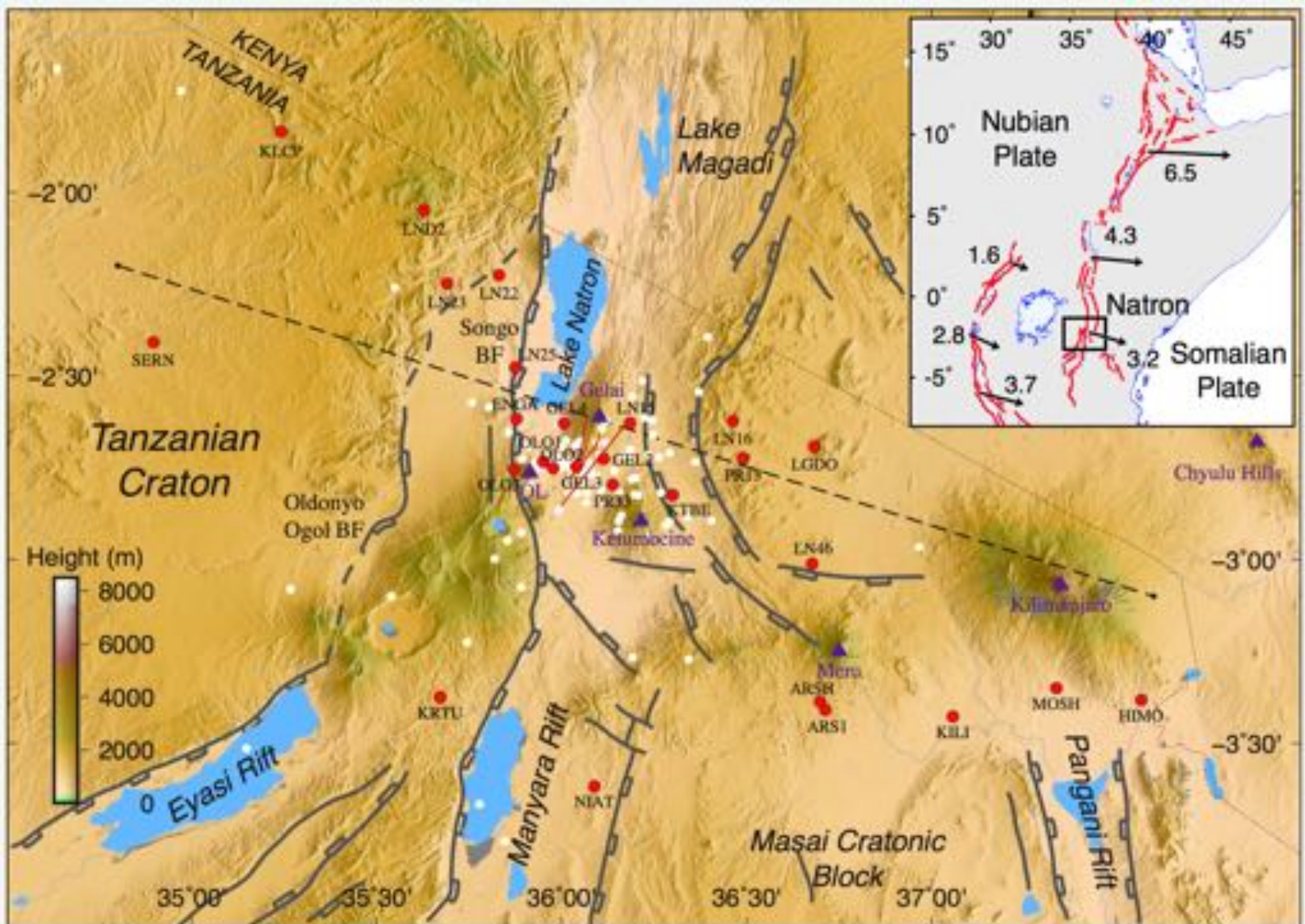
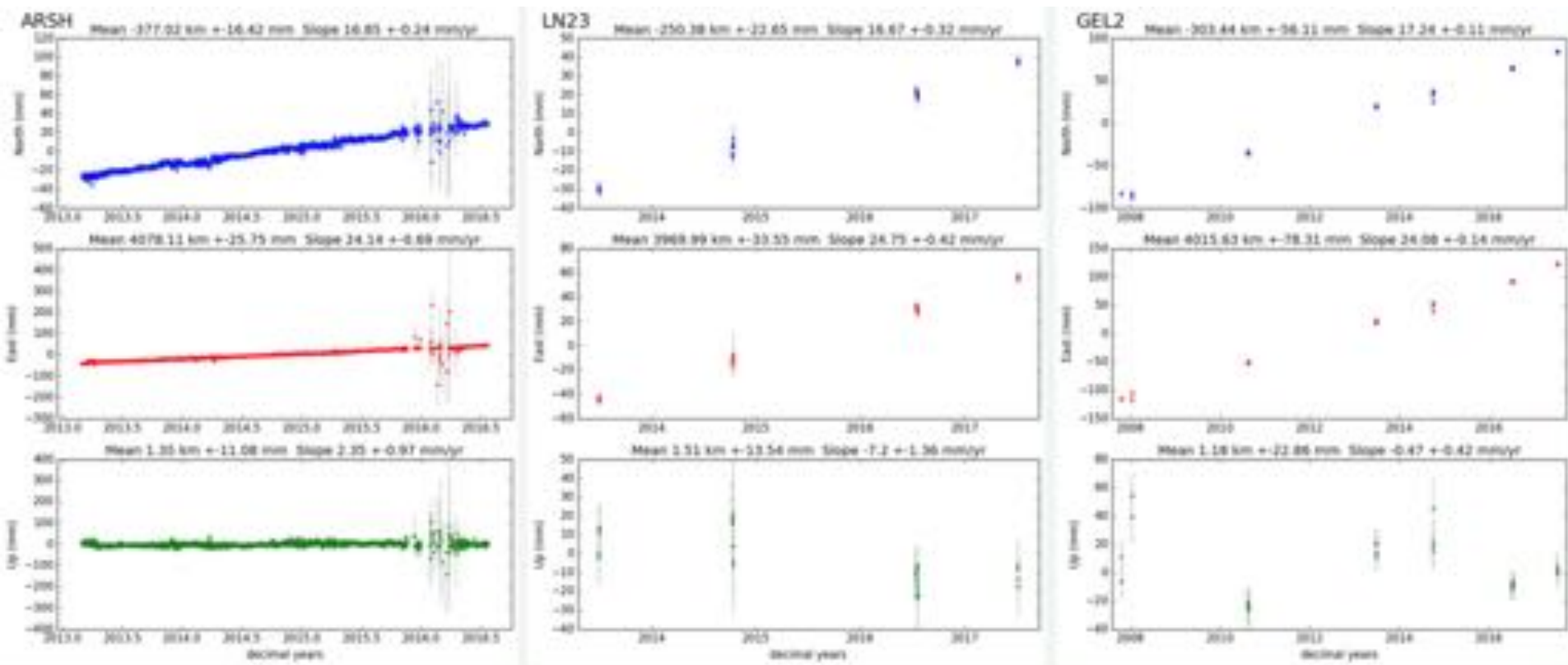


Deux types de contributions:

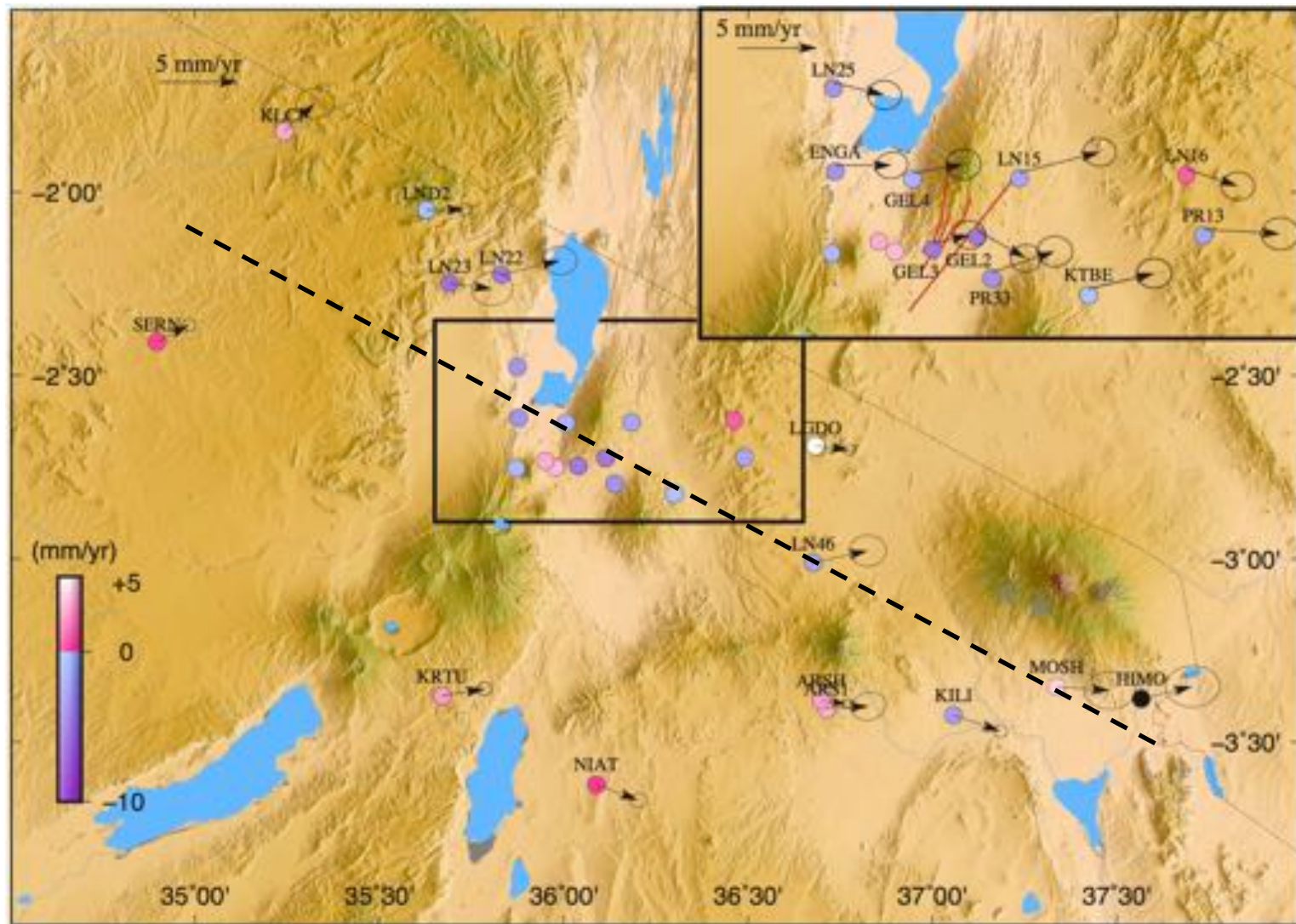
- Géodésie GPS et déformation active du rift Kenyan – Natron: résultats mi-2018 sur la base de données collectées jusqu'en 2017. La mission de 2018 n'a pas été possible – elle est prévue en 2019.
- Modèles thermo-mécaniques couplés manteau-lithosphère avec (1) panache mantellique, (2) extension aux limites = modèles de rifting “actif – passif” .



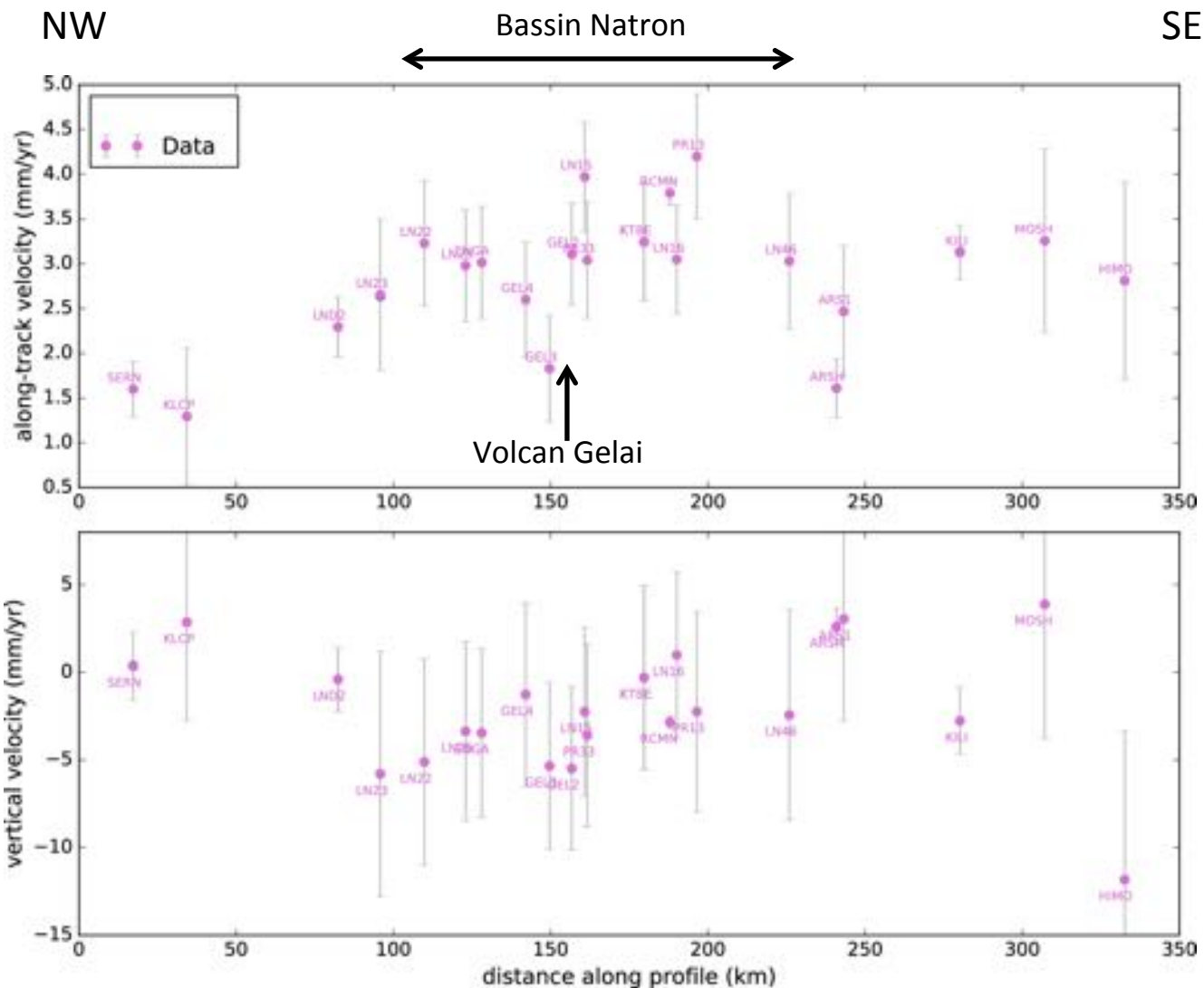
Le bassin de Natron, à l'extrémité sud de la branche est du rift est africain. Points rouges: sites GPS, lignes rouges: dike et faille normale actives lors de la crise sismo-magmatique de 2007. Les flèches indiquent les vitesses GPS par rapport à la Nubie (Saria et al., 2014).



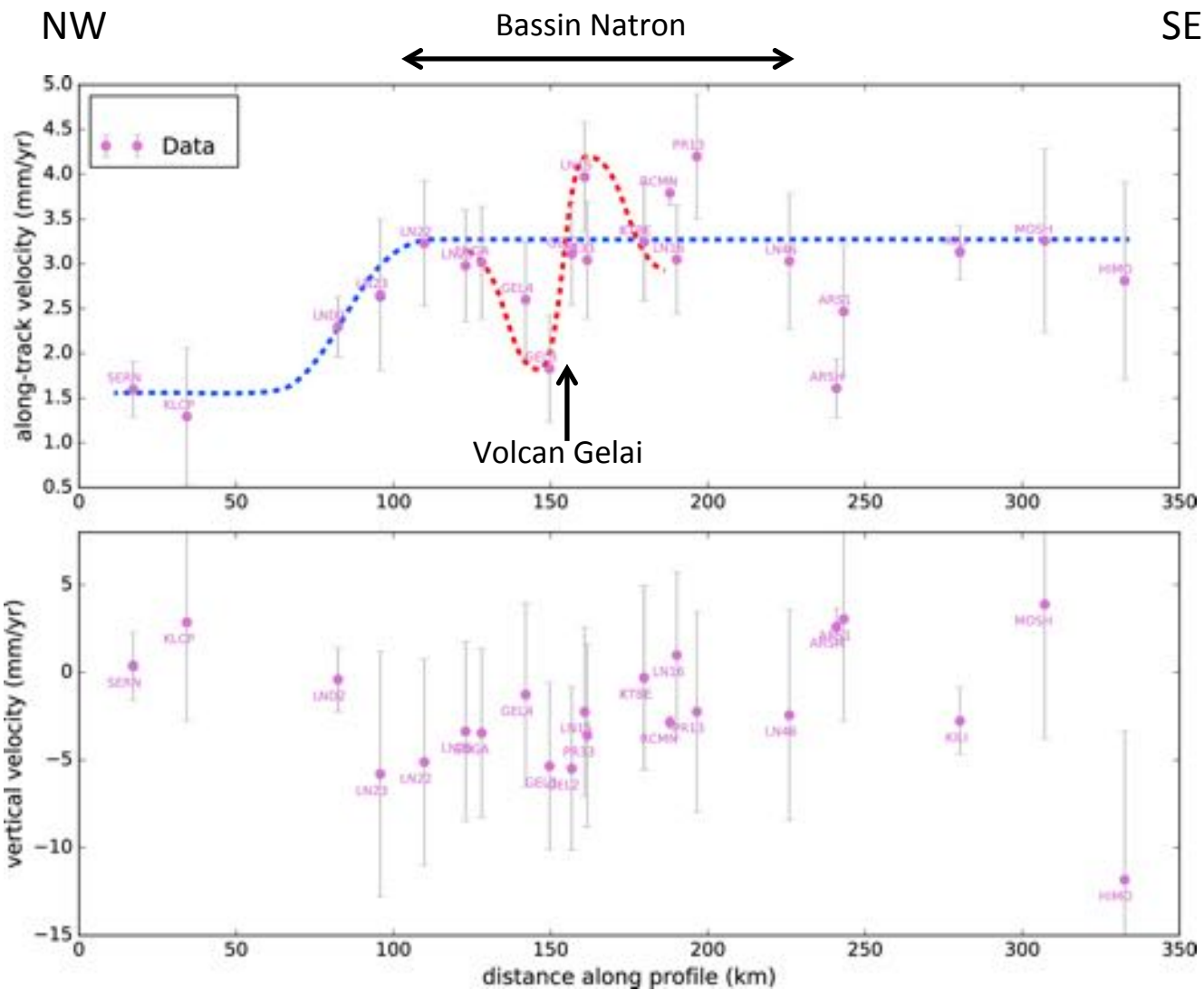
Séries temporelles de positions mesurées par GPS à trois sites de la région Natron. ARSH est une station permanente située à Arusha. LN23 et GEL2 sont des sites mesurés de manière répétée, notamment en 2017 dans le cadre de ce projet.



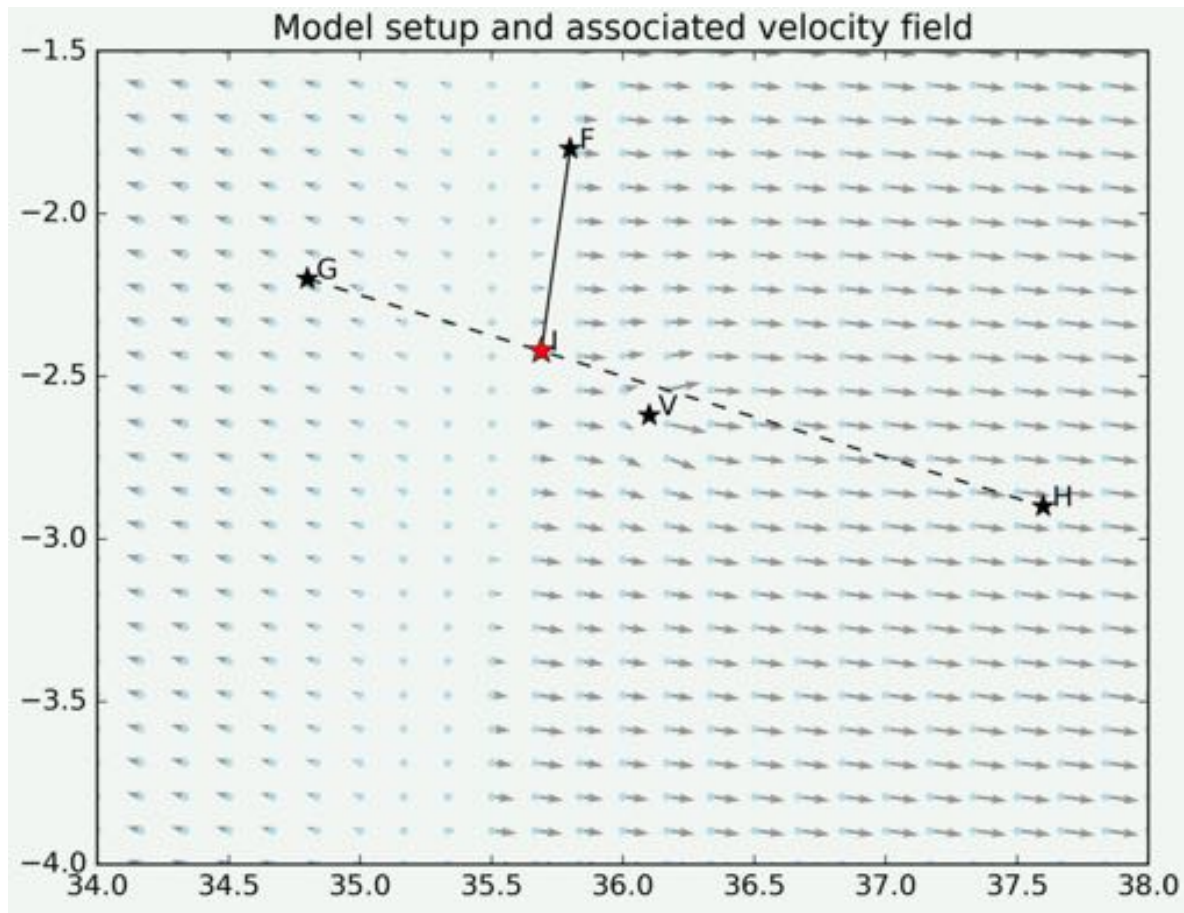
Vitesse horizontales exprimées par rapport à la plaque Nubie (flèches) et verticales (disques de couleur). Les ellipses d'erreurs sont pour 95% de confiance, les incertitudes prennent en compte bruit blanc et un bruit coloré forfaitaire déduit de l'analyse de la série temporelle du site permanent ARSH. Pointillé noir: profil des figures suivantes.



Les observations montrent (1) une extension à grande échelle de l'ordre de 2 mm/an avec un gradient de vitesse localisé le long de la bordure ouest du bassin Natron, et (2) un signal de plus courte longueur d'onde à l'intérieur du bassin, centré sur le volcan Gelai, sous lequel le dike de 2007 était localisé.

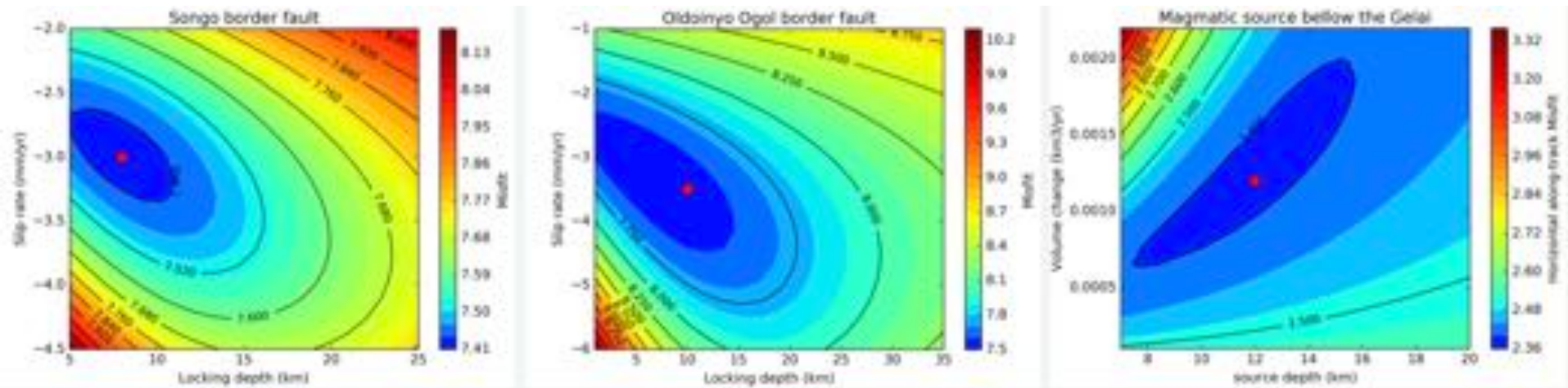


Représentation schématique: en bleu de l'extension à grande échelle de l'ordre de 2 mm/an avec un gradient de vitesse localisé le long de la bordure ouest du bassin Natron, et en rouge du signal de plus courte longueur d'onde à l'intérieur du bassin, centré sur le volcan Gelai, sous lequel le dike de 2007 était localisé.



Nous modélisons les observations géodésiques par (1) du glissement sur une faille normale bordière (OBF ou SBF, voire figure de situation), et (2) l'inflation d'une chambre magmatique sous les volcans actifs Gelai ou Ol'Donyo Lengai. Les calculs combinent les formalismes d'Okada et de Mogi dans un $\frac{1}{2}$ espace élastique homogène.

Ci-dessus un exemple de champ de vitesse modélisé avec une faille normale passant par F et I et une source magmatique située en V. Le profil considéré plus bas va de G à H

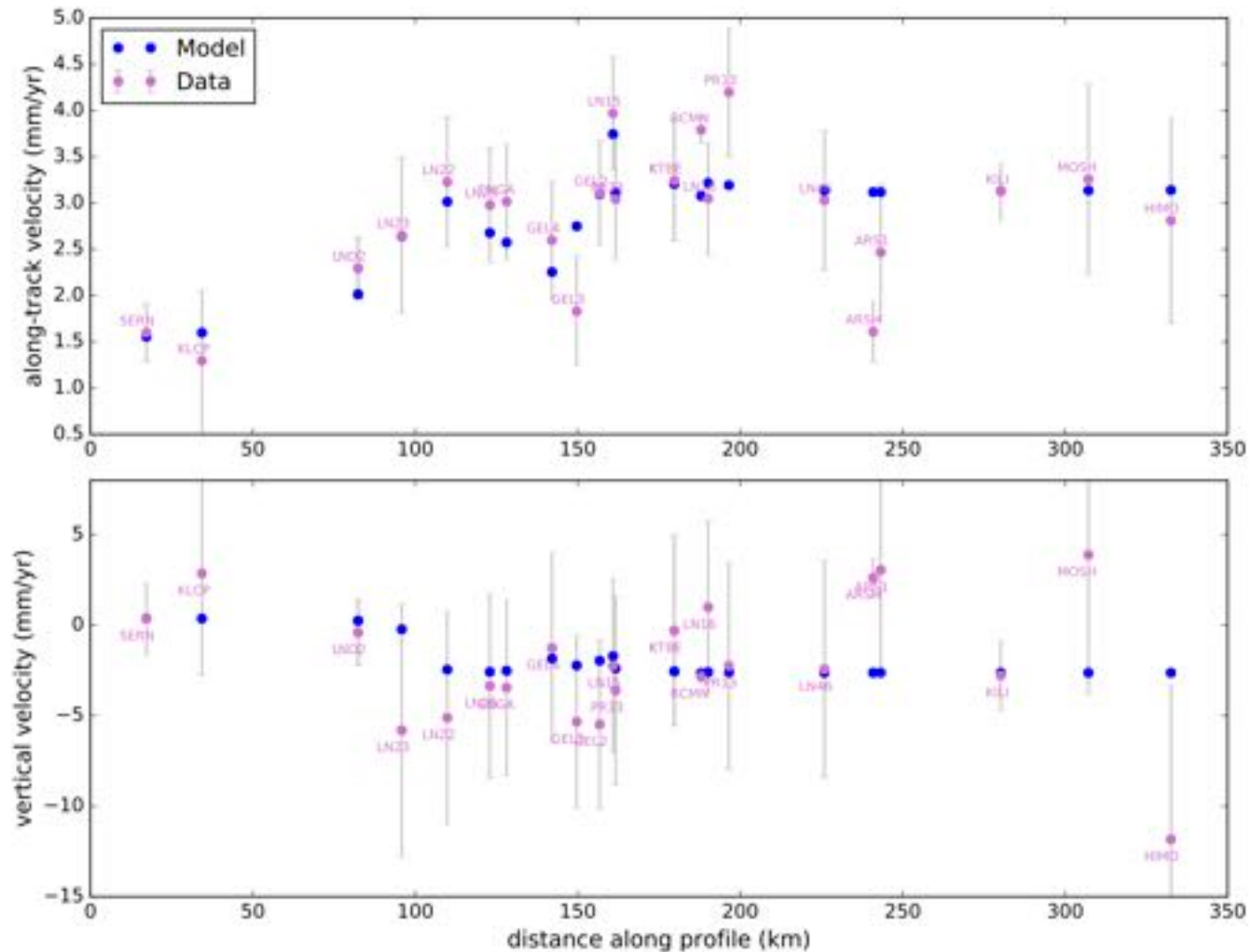


Nous varions la profondeur de la chambre magmatique, le changement de volume associé, la profondeur de blocage de la faille normale, son pendage, sa direction et sa vitesse de glissement long-terme. Le misfit est mesuré par le chi2 réduit du modèle.

Le meilleur modèle correspond à (1) une faille normale de 60° de pendage de direction 0-15°E avec une vitesse de glissement de 3-4 mm/an et une profondeur de blocage de 8-10 km, plus (2) une chambre magmatique située à 12 km de profondeur sous le Gelai avec une inflation de 0.0012 km³/yr.

NW

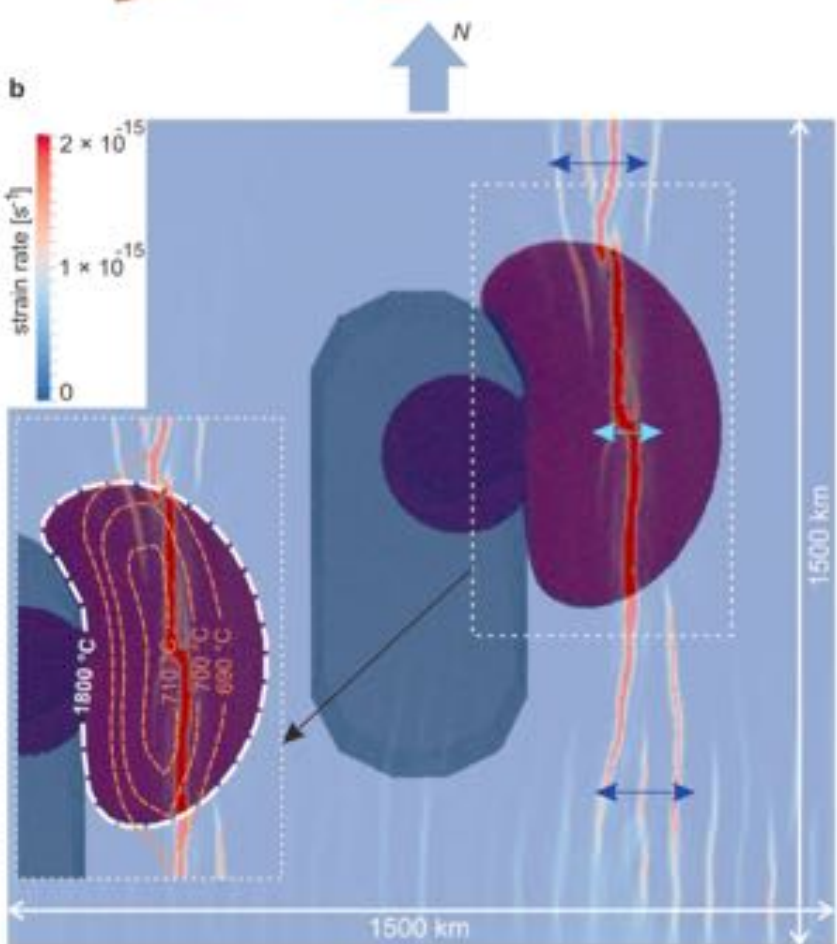
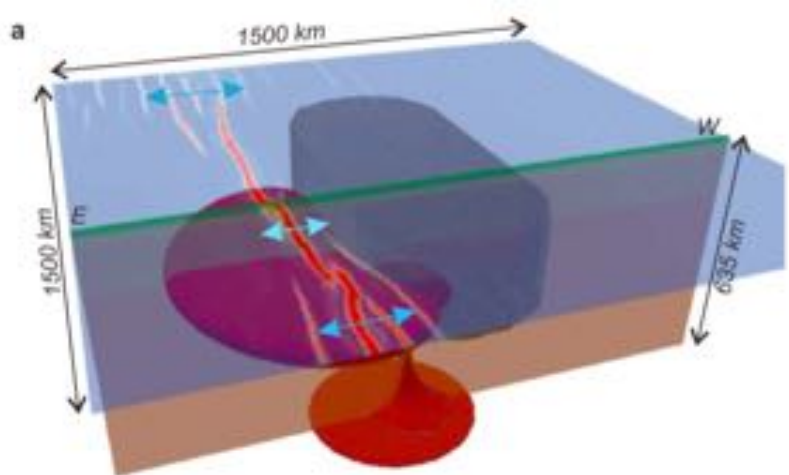
SE



Comparaison modèle – données. Les données sont bien ajustées par le jeu de la faille bordière ouest et une source magmatique. Cette dernière est clairement visible en horizontal, son effet en vertical est significatif mais peu visible sur la figure à cause de l'échelle des ordonnées.

Conclusions

- Résultats principaux:
 - Une divergence de 2 mm/an au travers du bassin Natron, accommodée essentielle par le système de faille bordière ouest – un “hémigraben”.
 - Une activité magmatique possible au centre du bassin
 - la relaxation post-dike de 2007 reste aussi un processus candidat.
- Travaux à venir:
 - Remesure du réseau GPS Natron
 - Poursuite des modélisations faille / source magmatique
 - Installation d’un transect GPS dans le rift kenyan



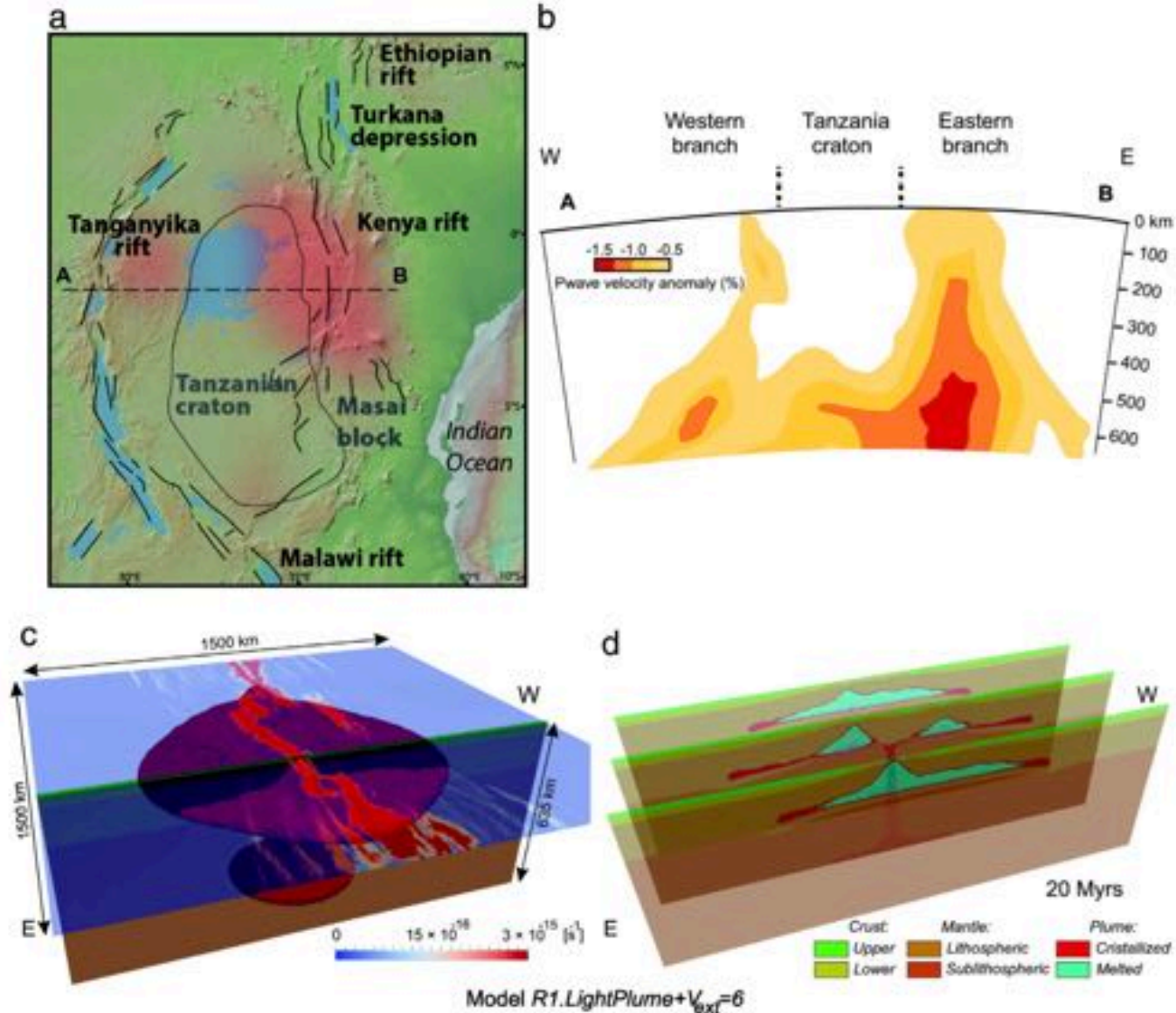
Etude de la variabilité latérale de la largeur d'un rift, exemple du rift kenyan qui est paradoxalement plus étroit là où il est aussi le plus "chaud".

Modèles thermo-mécaniques avec couplage manteau-lithosphère, panache mantellique et extension lente aux limites.

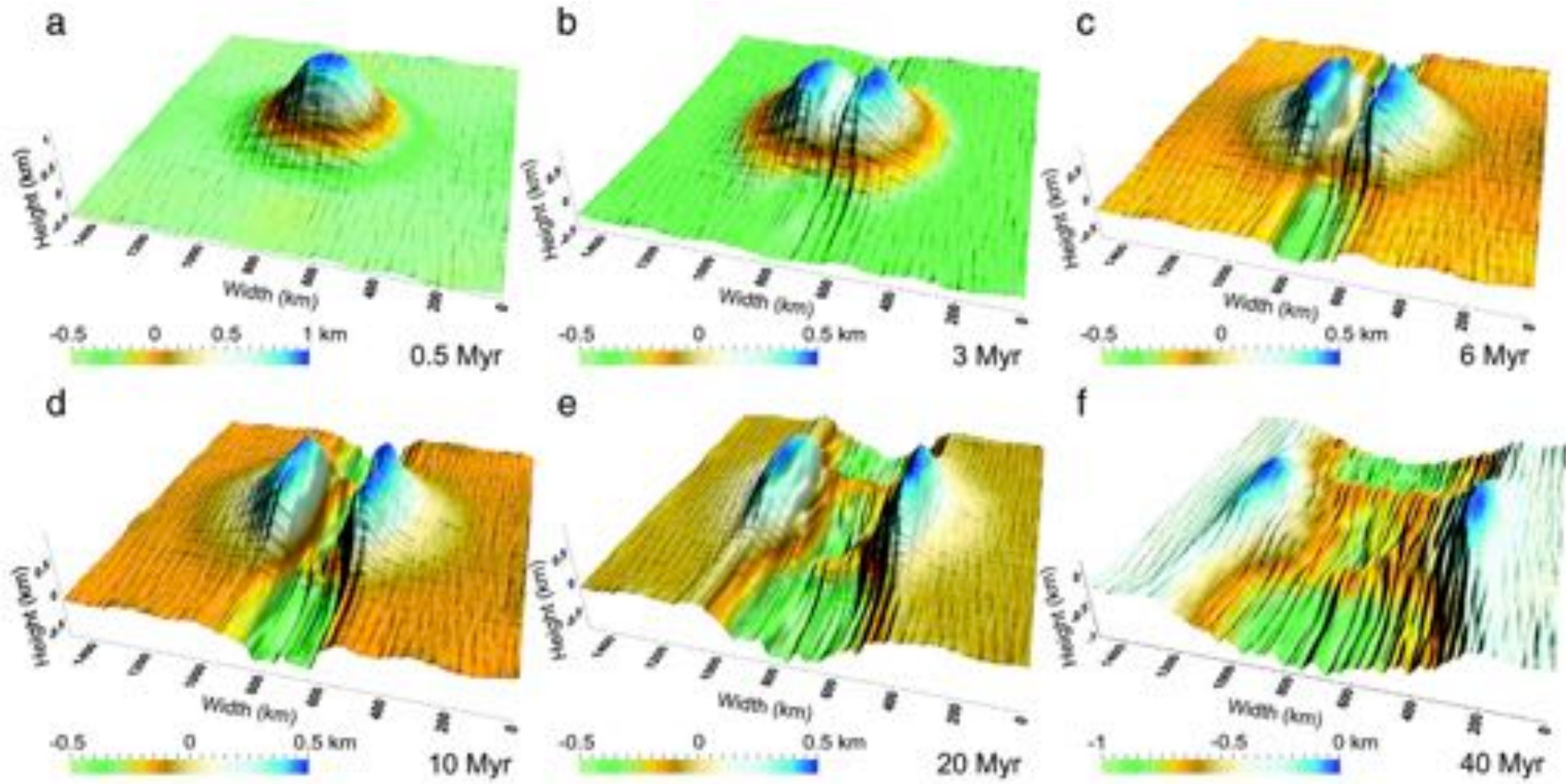
Dans ces modèles couplés, le panache (i.e. un géotherme élevé) localise la déformation, qui évolue dans le temps et l'espace à mesure que le panache s'écoule à la base de la lithosphère.

Des structures lithosphériques pré-existantes ne sont pas nécessaires pour expliquer les observations.

A. Koptev, E. Calais, E. Burov, S. Leroy, and T. Gerya, "Along-Axis Variations of Rift Width in a Coupled Lithosphere-Mantle System, Application to East Africa," *Geophys. Res. Lett.*, vol. 189, no. 1, pp. 123–9, Jun. 2018.

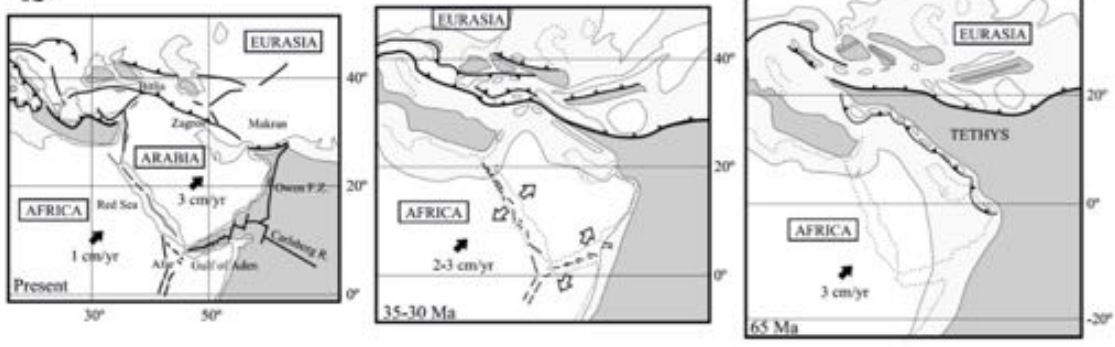


A. Koptev, E. Burov, T. Gerya, L. Le Pourhiet, S. Leroy, E. Calais, and L. Jolivet, "Plume-induced continental rifting and break-up in ultra-slow extension context: Insights from 3D numerical modeling," *Tectonophysics*, vol. 746, no. C, pp. 121–137, Oct. 2018.

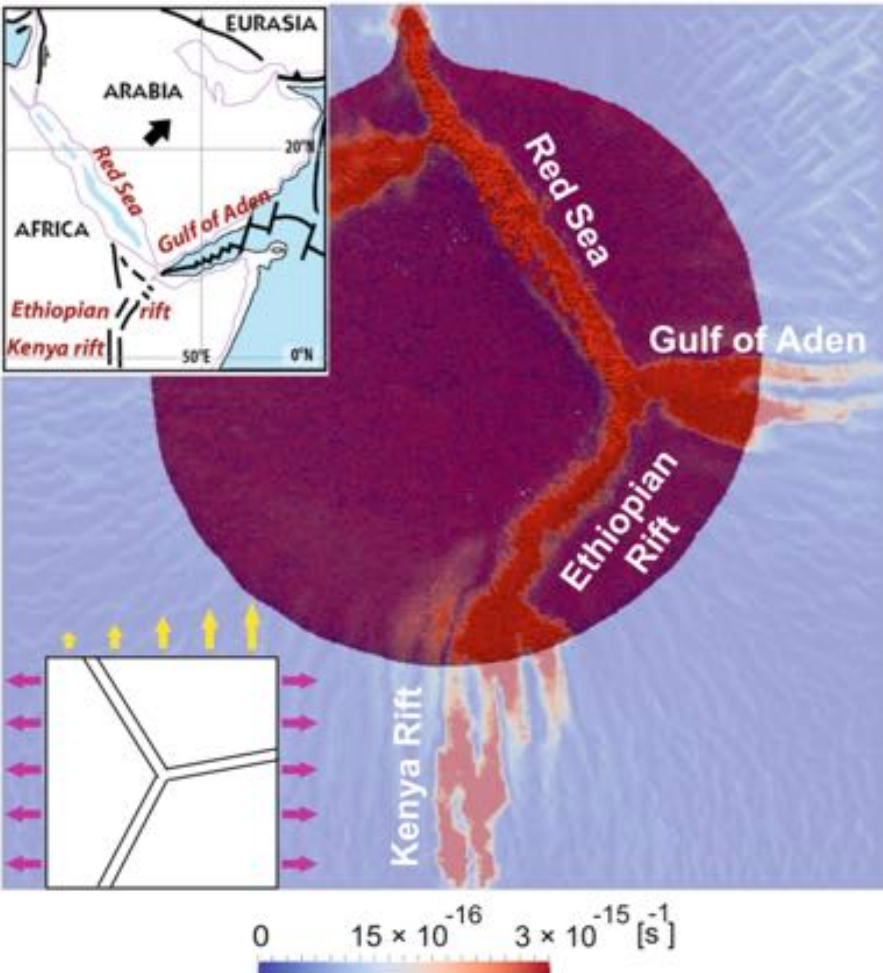


Evolution de la topographie au-dessus d'un panache mantellique dans un modèle thermo-mécanique avec couplage manteau-lithosphère + divergence aux limites = rifting "actif - passif".

Cet exemple numérique pourrait expliquer la situation actuelle du rift Kenyan (20 Myr sur cette figure), avec un relief résiduel séparé par une dépression tectonique découpée d'une succession à courte longueur d'onde de failles normales.

b

Etude de la génèse de jonctions triples RRR dans une lithosphère latéralement homogène en présence d'un panache mantellique et en variant les conditions cinématiques aux limites.



Une jonction triple de type Afar se développe spontanément, sans structure pré-existante, sous une extension multi-directionnelle compatible avec l'évolution géologique régionale.

Koptev, A., T. Gerya, E. Calais, S. Leroy, and E. Burov, "Afar triple junction triggered by plume-assisted bi-directional continental break-up," *Scientific Reports*, pp. 1-7, Sep. 2018.

Conclusions

- Les modèles thermo-mécaniques couplés manteau-lithosphère de type “actif – passif” expliquent simplement quelques observations de premier ordre dans le REA.
- Les non-linéarités des modèles permettent à des structures géométriquement complexes de se mettre en place sans nécessité d’invoquer des structures lithosphériques existantes.
- Ni le panache seul, ni l’extension seule ne permettent d’expliquer les observations – la combinaison des deux est nécessaire, comme on l’observe d’ailleurs sur plusieurs segments de REA.
- L’évolution des rifts – géométrie, transition rifting/breakup, ... – dans les modèles doit beaucoup à la localisation de la déformation permise par le géotherme plus élevé à l’apex du panache, géotherme qui évolue dans le temps et l’espace à mesure que le panache s’écoule.
- Un modèle complet du REA est envisagé – les temps de calculs rendent l’exercice périlleux!