

Titre du projet : CREEP-NAF

Volet : Recherche

Porteur du projet : Cécile Lasserre

Laboratoires impliqués : ISTERre (Equipes « Cycle sismique et déformations transitoires » et « Mécanique des failles »), IPGP (Lab. de Tectonique de Mécanique de la Lithosphère), Istanbul Technical University (Faculty of Mines, Dpt of Geology), Caltech (Seismology Lab.)

Bilan du projet pour 2014/2015

Bilan d'activité (1 page max)

(Ceci est une version actualisée du bilan préliminaire fourni le 24/11/2014)

Rappel des objectifs :

La faille Nord-Anatolienne en Turquie est la faille la plus active aux portes de l'Europe, avec un grand séisme attendu dans la région d'Istanbul les prochaines années. Cette faille possède deux segments qui glissent de manière lente et asismique, accommodant ainsi une partie du chargement tectonique. Nous cherchons à comprendre, à partir d'études géologiques, géodésiques, et sismologiques, le fonctionnement de ces segments asismiques, les facteurs qui contrôlent le mode de glissement (sismique ou asismique) de la faille et les éventuelles interactions entre sismicité et glissements lents.

Bilan des actions mises en oeuvre :

- Deux missions de terrain effectuées en octobre 2014 et mai 2015 le long de la faille Nord-Anatolienne, suite à une première mission exploratoire à l'automne 2013, ont permis de couvrir les zones de glissement asismique de la région d'Izmit et d'Istmetpaxa, ainsi que les segments de faille bloqués entre les deux (zone couverte ~29.5°E-34.5°E). Le but de la mission était d'échantillonner des roches dans la zone de faille (dans la zone de gouge et d'endommagement ainsi que dans la roche encaissante), à la fois le long des segments en glissement lent asismique et le long des segments bloqués, afin d'étudier les relations entre la lithologie et le mode de glissement, et de mieux caractériser les mécanismes de déformation. Une vingtaine d'affleurements ont ainsi été échantillonnés. Maor Kaduri (doctorant en thèse à ISTERre) a pu analyser leur composition minéralogique, et leurs caractéristiques chimiques et microstructurales (par microscope électronique à balayage, diffraction ou fluorescence X-Ray, et microsonde EPMA). Il met en évidence des différences notables entre segments bloqués et segments « en creep ». Les segments bloqués, essentiellement dans des calcaires, montrent des zones de cisaillement avec peu de développement de gouge, et présentent des évidences de glissements sismiques et asismiques transitoires, avec un mécanisme de dissolution sous contrainte, probablement de nature post-sismique et très localisé. Les segments en "creep" présentent au contraire de larges zones de gouge, riches en minéraux argileux, produits de transformations minéralogiques de la zone d'endommagement et de la roche encaissante, et favorisant un glissement lent permanent, comme dans le cas de la faille de San Andreas.

- En parallèle, Baptiste Rousset (doctorant en thèse à ISTerre) a effectué un séjour au Seismological Laboratory de Caltech pour le traitement et l'analyse en série temporelle d'interférogrammes calculés à partir d'images radar COSMO-SkyMed (CSK), couvrant le segment en « creep » d'Ismetpasa pour la période entre Août 2013 et Août 2014. Le but de cette étude d'interférométrie radar (InSAR) est de détecter et d'analyser les variations spatio-temporelles du champ de déplacement au travers des sections de faille en glissement asismique. Le temps de retour exceptionnel de ces images CSK (jusqu'à 4j) a permis notamment de mettre en évidence de fortes fluctuations temporelles du glissement asismique dans la région d'Ismetpasa. Un épisode d'accélération du glissement asismique, localisé dans une zone d'environ 10 km de long, avec un glissement cumulé en moins d'un mois de l'ordre du glissement moyen cumulé sur un an pour l'ensemble de la faille (l'équivalent d'un séisme de Mw=5.3), a ainsi été détecté.

- Un Modèle Numérique de Surface haute résolution (résolution horizontale et verticale de l'ordre de 70 cm) de toute la zone de faille en « creep » d'Ismetpasa (environ 120 km de long) a été produit à partir d'images stéréo du satellite Pléiades, dans le cadre de la thèse de Gokhan Aslan (co-tutelle ISTerre / Istanbul Technical University).

- Le financement Labex a permis d'initier dans de bonnes conditions la collaboration avec un chercheur de l'ITU à Istanbul (Z. Çakir), spécialiste de la faille Nord-Anatolienne. Il a participé aux missions de terrain et est impliqué dans l'analyse des données InSAR. Il codirige depuis 2015 avec C. Lasserre et F. Renard la thèse en co-tutelle de Gokhan Aslan.

Illustrations - avec légende et crédit (à envoyer également séparément)

Figure 1 : Comparaison des morphologies et lithologies de la zone de faille Nord-Anatolienne, le long de segments bloqués (aucun glissement dans la zone sismogène) et de segments en « creep » (la zone sismogène glisse de façon lente et asismique). Les zones de gouge observées le long du segment en glissement asismique sont riches en minéraux argileux. Crédit : M. Kaduri et al., 2014, 2016.

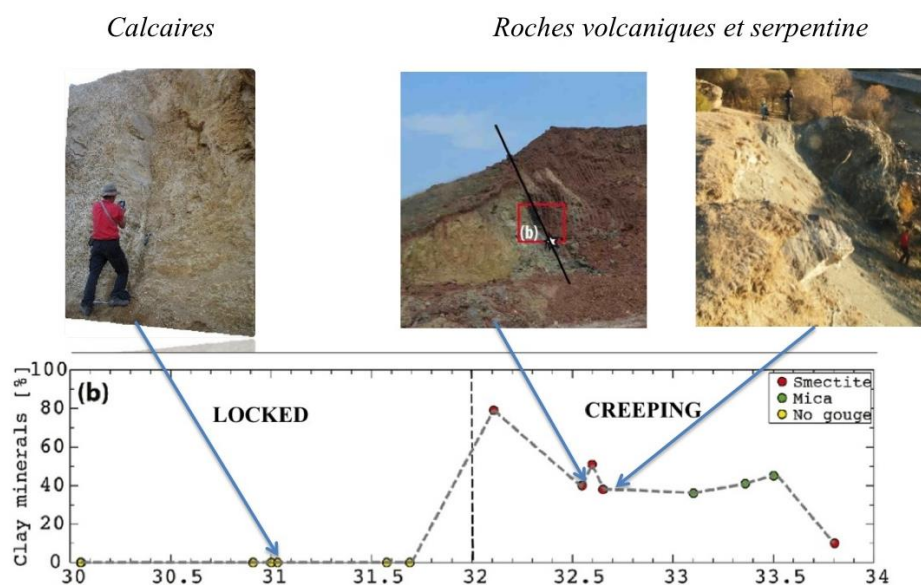


Figure 2 : Haut : Exemple d'interférogramme entre deux images radar acquises par le satellite COSMO-SkyMed au travers de la faille Nord Anatolienne. Le fort gradient de déplacement sur une section de 10 km de long est la signature d'un événement transitoire de glissement asismique peu profond. Bas : Evolution temporelle du déplacement de part et d'autre de la faille (projeté selon la ligne de visée du satellite), tirée de l'inversion d'une série temporelle d'interférogrammes COSMO-SkyMed. On observe l'événement de glissement lent, d'une durée d'un mois, équivalent à un séisme de Mw5.3. Crédit : B. Rousset et al., 2016.

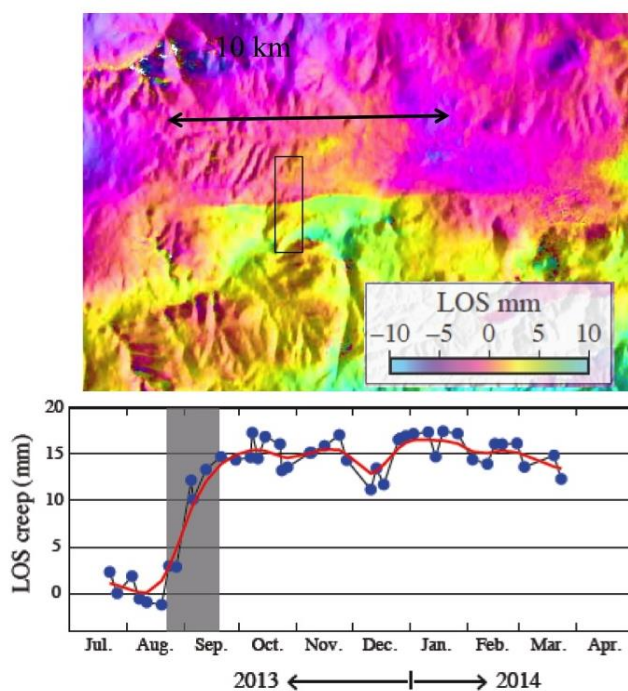
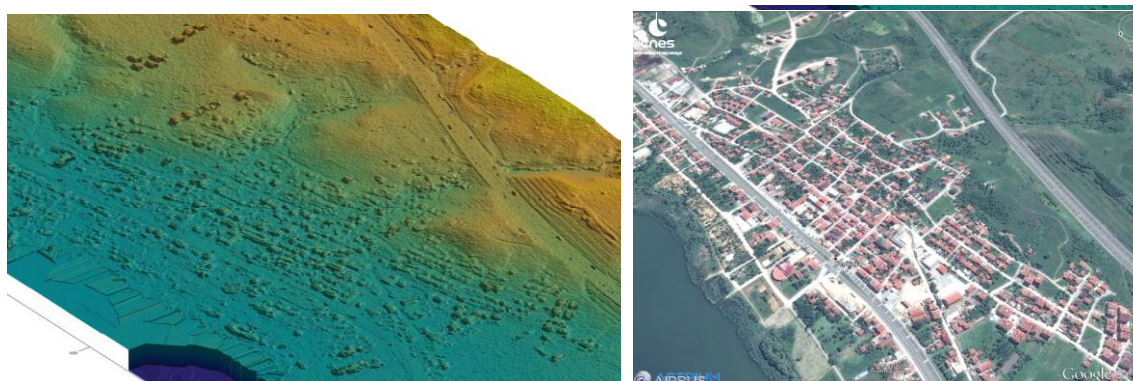


Figure 3 : Gauche : Modèle Numérique de Surface près de Yeniçağa (Bolu, Turquie), obtenu à partir d'images stéréo haute-résolution du satellite Pléiades. La faille Nord-Anatolienne longe le pied des collines. Droite : Localisation de la zone d'étude sur Google Earth. Crédit : G. Aslan et al., 2016.



Production scientifique (*articles scientifiques, actes de congrès...*)

- **PUBLICATIONS :**

- Rousset, B., R. Jolivet, M. Simons, C. Lasserre, B. Riel, P. Milillo, Z. Çakir, and F. Renard, An aseismic slip transient on the North Anatolian Fault, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 3254–3262, doi : [10.1002/2016GL068250](https://doi.org/10.1002/2016GL068250), **2016**
- Kaduri, M., J.-P. Gratier, F. Renard, Z. Çakir, C. Lasserre, The implication of rock transformation on fault aseismic creep : an example from the North Anatolian Fault, Turkey, in prep., **2016**

- **COMMUNICATIONS :**

- Çakir Z., S. Ergintav, H. Ozener, C. Lasserre, B. Rousset, R. Jolivet, D. Mencin, R. Bilham, Aseismic slip behavior of the North Anatolian Fault, Turkey, EGU General Assembly Conference Abstracts, 18, p15966, **2016**
- Rousset, B., R. Jolivet, B. Riel, P. Milillo, M. Simons, C. Lasserre, Z. Çakir, The Transient Behavior of the North Anatolian Fault Creeping Section seen by COSMO-SkyMed (TM) Acquisitions, ESA Fringe Workshop, **2015**
- Kaduri, M., J.-P. Gratier, F. Renard, Z. Çakir, C. Lasserre, Microstructural study of the partition between seismic and aseismic deformation along the North Anatolian Fault zone, Turkey, Gordon Research Conference on Rock Deformation, Andover, New Hampshire, August, **2014**
- Kaduri, M., J.-P. Gratier, F. Renard, Z. Çakir, C. Lasserre, Partition between seismic and aseismic deformation along the North Anatolian Fault zone, Turkey, FlowTrans Newsletter, August, **2014**
- Kaduri, M., J.-P. Gratier, F. Renard, Z. Çakir, C. Lasserre, Microstructural study of the partition between seismic and aseismic deformation along the North Anatolian Fault zone, Turkey, AGU Fall Meeting Abstracts, 1, p4680, December **2014**
- Jolivet, R., B. Rousset, M. Simons, C. Lasserre, B. Riel, P. Milillo, Z. Çakir, The transient behavior of aseismic slip along the creeping section of the North Anatolian fault, Turkey, AGU Fall Meeting Abstracts, 1, p7, December **2014**

Bilan financier succinct (*avec suivant les cas : co-financements éventuels, équipements achetés, missions, recrutements divers, fonctionnements divers...*)

- Financement OSUG@2020 AO4 Volet Recherche (ce projet) : **7700€**

Utilisation :

- L'essentiel du budget (**4500€**) a été utilisé pour le financement d'une **mission de terrain** (8j) de 3 personnes en octobre 2014 (1 étudiant en thèse, 2 chercheurs) sur la faille nord-anatolienne (section en glissement asismique d'Ismetpaxa).

- Nous avons également complété le financement obtenu par Baptiste Rousset au Labex OSUG@2020, Volet International, Mobilité des doctorants (3000€ obtenus), à hauteur de **2000€**. Ceci lui a permis de prolonger son **séjour aux Etats-Unis** pour qu'il puisse traiter l'ensemble des données InSAR de la constellation Cosmo-SkyMed mises à sa disposition dans le cadre d'une coopération avec Caltech.



Ce projet est soutenu par le Laboratoire d'Excellence OSUG@2020 (ANR10 LABX56) financé par le programme d'Investissements d'Avenir lancé par l'Etat et mis en oeuvre par l'ANR.



- Le reste du budget (**1200€**) a été utilisé pour la **programmation d'images Pléiades** le long de la faille de 2014 à 2015 (coût total 4100€, co-financé par le programme ALEAS INSU).

- Co-financement OSUG@2020 AO4 Volet International (mobilité des doctorants) : 3000€ pour le séjour à Caltech du doctorant ISTERre Baptiste Rousset
- Co-financement INSU (programme ALEAS) : 8000€

Annexes si besoin ou lien sur des sites existants et pérennes jusqu'à la fin du Labex (2020)