

Caractérisation de séquence sismique : le séisme de magnitude 7,8 au Népal en avril 2015

■ L. BOLLINGER / CEA – DAM Île-de-France

Le fort séisme népalais du 25 avril 2015 est le dernier d'une longue série de séismes dévastateurs à avoir touché la vallée de Katmandou. Ce séisme, bien que de forte magnitude (M 7,8) et suivi d'une séquence de milliers de répliques détectées par le réseau sismologique national du Népal, déployé en collaboration avec le CEA, n'a pas dissipé la totalité de l'énergie sismique disponible dans la région. La confrontation des chroniques historiques depuis les temps médiévaux et des tranchées paléosismologiques excavées au travers des failles en surface révèle qu'il pourrait s'inscrire dans une séquence de forts séismes qui propagent vers la surface la déformation d'est en ouest du Népal. Les données acquises à l'issue de la crise sismique permettront de mieux contraindre les modèles de génération de sismicité sur les failles chevauchantes et d'évaluer plus justement l'aléa sismique.

Tectonique et cycle sismique en Himalaya

L'Inde converge vers l'Eurasie à une vitesse d'environ 4 cm par an, la moitié de cette convergence s'effectue à la bordure de la plaque indienne, sur le chevauchement principal himalayen (MHT). La déformation de surface mesurée par des réseaux GPS denses et l'interférométrie radar à l'aplomb de cette faille permet de montrer qu'elle glisse en permanence de 2 cm par an sur sa partie inférieure, tandis que sa partie supérieure est complètement verrouillée pendant la période qui sépare les forts séismes [1]. Ces derniers ont lieu lors de la rupture partielle ou totale de la partie supérieure de la faille (figure 1).

Le séisme et sa séquence de répliques

Le séisme du 25 avril 2015 a été initié au niveau de l'extension profonde d'un segment verrouillé de la faille à 80 kilomètres au nord-ouest de Katmandou. L'étude conjointe des enregistrements sismologiques et géodésiques a permis de montrer que la rupture s'est propagée vers l'est sur près de 120 km, à une vitesse de près de 3 km/s. L'amplitude du glissement culmine à plus de 4 mètres. La rupture ne s'est pour autant pas propagée jusqu'en surface, mais a été stoppée à mi-distance du front. Elle a soulevé le nord du bassin de Katmandou de près de 1 mètre et provoqué un affaissement similaire de la haute chaîne himalayenne au nord [1]. Le choc principal a été suivi de milliers de répliques localisées pour une

large part en périphérie de la rupture [2] (figure 2). Une activité sismique particulièrement intense s'est développée en particulier à l'est, après l'occurrence le 12 mai d'un séisme de magnitude 7,3. Ce séisme a rompu un segment de faille de 30 × 20 km dans le prolongement du séisme du 25 avril, un segment dont la terminaison bute sur l'exten-

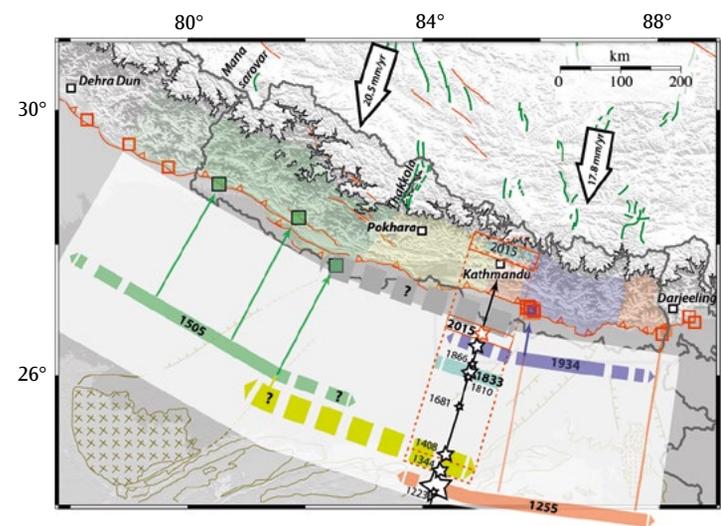


Figure 1. Carte de l'extension des ruptures des forts séismes historiques au Népal [3-5]. Les couleurs correspondent aux extensions supposées des plus grands séismes historiques. Les carrés localisent les sites excavés pour datation des ruptures historiques le long des failles. Le séisme de 2015 s'inscrit dans une séquence de grands séismes identifiés depuis le XIII^e siècle (étoiles).

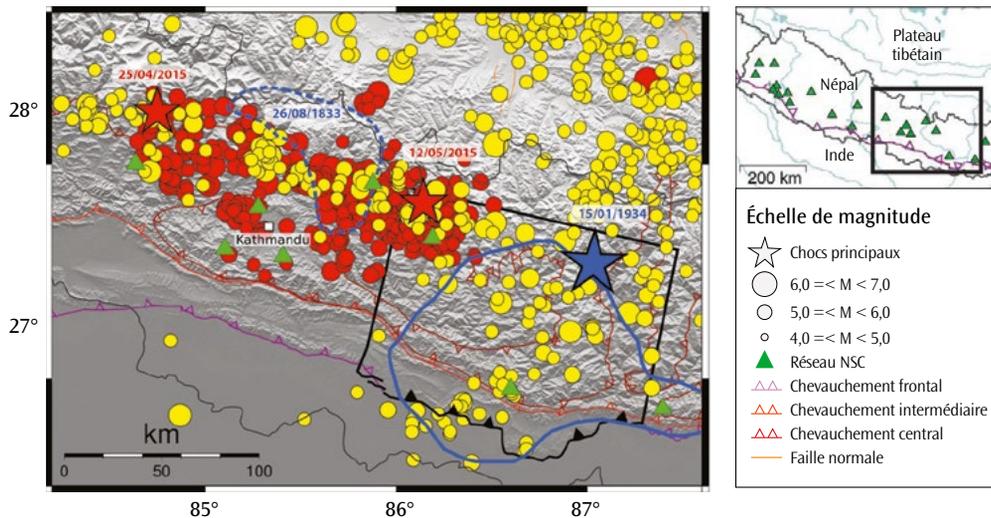


Figure 2.

Carte de la sismicité du centre et de l'est du Népal. Les cercles jaunes et rouges correspondent respectivement aux épicentres des séismes ayant déclenché des alertes sismiques dans les 20 ans qui précèdent et les 45 jours qui suivent le séisme du 25 avril 2015. Les stations du réseau sismologique national du Népal (NSC), déployées dans le cadre de la collaboration entre le Département des mines et de géologie du Népal et le CEA, sont représentées par les triangles verts. En bleu, les zones dévastées par les séismes de 1833 et 1934. Le rectangle noir correspond à l'extension du segment de faille rompu en 1934.

sion de la rupture du fort séisme de 1934 (M 8,2) [1,2]. Depuis, la décroissance de la fréquence des répliques suit une loi de puissance qui présente des paramètres dans la gamme des observations de ce type d'événements sismiques [2]. Le nombre de répliques ressenties par les 4 millions d'habitants de la vallée de Katmandou est encore important dix mois après le séisme, de par la faible distance qui sépare les épicentres de la capitale du Népal (0-80 km) et la faible profondeur moyenne (environ 10 km) de la sismicité.

Une séquence de forts séismes

Le risque accru pour la population a amené à reconsidérer les connaissances historiques des séismes passés et à ouvrir de nouvelles tranchées paléosismologiques pour mesurer les glissements sismiques et dater les événements qui ont propagé dans le passé la déformation jusqu'en surface. Les chroniques historiques médiévales font état d'une séquence de plusieurs événements dévastateurs au Népal en 1255, 1344, 1408 et 1505 [3]. Les ruptures de surface des très forts séismes de 1255 et 1505 ont été découvertes et paraissent résulter de glissements maximums supérieurs à 15 m sur les segments de failles à la rupture [3,4], des événements de magnitude supérieure à 8,2 aux temps de retour d'environ 870 ± 350 ans [3]. La confrontation de la déformation actuelle avec ces ruptures historiques indique que les segments de failles au sud et à l'ouest de la rupture du séisme de 2015 sont d'ores et déjà en mesure de produire de très forts séismes. Leurs ruptures pourraient décrire une séquence similaire à la séquence médiévale, impliquant une propagation d'est en ouest [5].

La quiescence depuis au moins 600 ans des failles au sud-ouest de Katmandou en fait des candidats propices à la rupture dans les décennies à venir. Les études détaillées de l'expression de surface des segments de failles actives dans cette région et celle de la relaxation post-sismique dans la trace de la rupture du séisme de 2015, sont donc plus urgentes que jamais. Elles permettront de réduire les incertitudes concernant l'extension et la magnitude des séismes futurs, mais aussi d'acquérir un jeu de données exceptionnel pour contraindre la physique du cycle sismique et tester les différentes classes de modèles utilisés en aléa sismique.

Références

- [1] R. GRANDIN, L. BOLLINGER *et al.*, "Rupture process of the Mw= 7.9 2015 Gorkha earthquake (Nepal): Insights into Himalayan megathrust segmentation", *Geophys. Res. Lett.*, **42**, p. 8373-8382 (2015).
- [2] L. B. ADHIKARI, L. BOLLINGER *et al.*, "The aftershock sequence of the April 25 2015 Gorkha-Nepal earthquake", *Geophys. J. Int.*, **203**, p. 2119-2124 (2015).
- [3] L. BOLLINGER *et al.*, "Estimating the return times of great Himalayan earthquakes in Eastern Nepal: Evidence from the Patu and Bardibas strands of the Main Frontal Thrust", *Jour. Geophys. Res.*, **119**, p. 7123-7163 (2014).
- [4] T. HOSSLER, L. BOLLINGER *et al.*, "Surface ruptures of large Himalayan earthquakes in Western Nepal: Evidence along a reactivated strand of the Main Boundary Thrust", *Earth Planet. Sci. Lett.*, **434**, p. 187-196 (2016).
- [5] L. BOLLINGER *et al.*, "Slip deficit in central Nepal: Omen for a repeat of the 1344AD earthquake?", *Earth, Planets and Space*, **68**, p. 1-12 (2016).