

SÉISMES EN AFGHANISTAN EN OCTOBRE 2023

Alain Guillon, membre de la SAGA.

Tout au long du mois d'octobre 2023, plusieurs séismes ont eu lieu en Afghanistan, près de la ville d'Hérat où vivent près de 2 millions d'habitants et qui est considérée comme la capitale culturelle de ce pays (figure 1).

La série a commencé le 7 octobre vers 11 h, avec une magnitude de 6,3 Mw, puis une réplique de même intensité 30 minutes plus tard. Le 11 octobre vers 5 h, un séisme de magnitude 6,3 Mw s'est à nouveau produit, puis le 15 octobre (encore 6,3 Mw), puis des répliques de plus faible magnitude : le 23 octobre, 4,4 Mw et le 28 octobre, 4,5 Mw.

Les séismes se sont produits à faible profondeur, vers 10 km (figure 2), ce qui explique les effets dévastateurs sur la ville voisine, Hérat. L'Afghanistan subit fréquemment des séismes, en particulier dans la chaîne de montagnes de l'Hindu Kush, proche du point de jonction entre les plaques tectoniques eurasienne et indienne.

Des sources historiques remontant au IX^e siècle attestent qu'Hérat, ville aux origines antiques située le long de la route de la soie, a été endommagée par des

séismes par le passé, mais les magnitudes qu'on leur associe n'atteignent pas plus de 5,9. Si la différence avec les quatre séismes d'octobre de magnitude 6,3 peut paraître faible, c'est parce que l'échelle de magnitude de moment est une mesure logarithmique. Ces séismes sont en fait chacun 4 fois plus puissants, que ce soit en termes d'énergie libérée ou de taille de la zone affectée.

Ainsi, cette région relativement stable, comparée à l'est de l'Iran ou les hauteurs himalayennes, n'éveillait pas de grandes suspicions. C'est dans les tracés des rivières et les dépôts sédimentaires que l'on retrouve le plus de signes d'une activité sismique récente à l'échelle des temps géologiques.

Les conditions de vie dans ces régions occupées par les Talibans ont encore aggravé les dégâts liés aux séismes. Il y aurait entre 1 500 et 2 000 morts ; les autorités locales parlent de « martyrs », principalement des femmes et des enfants, qui se trouvaient dans les maisons en pisé qui se sont effondrées, les hommes étant à cette heure de la journée à l'extérieur.

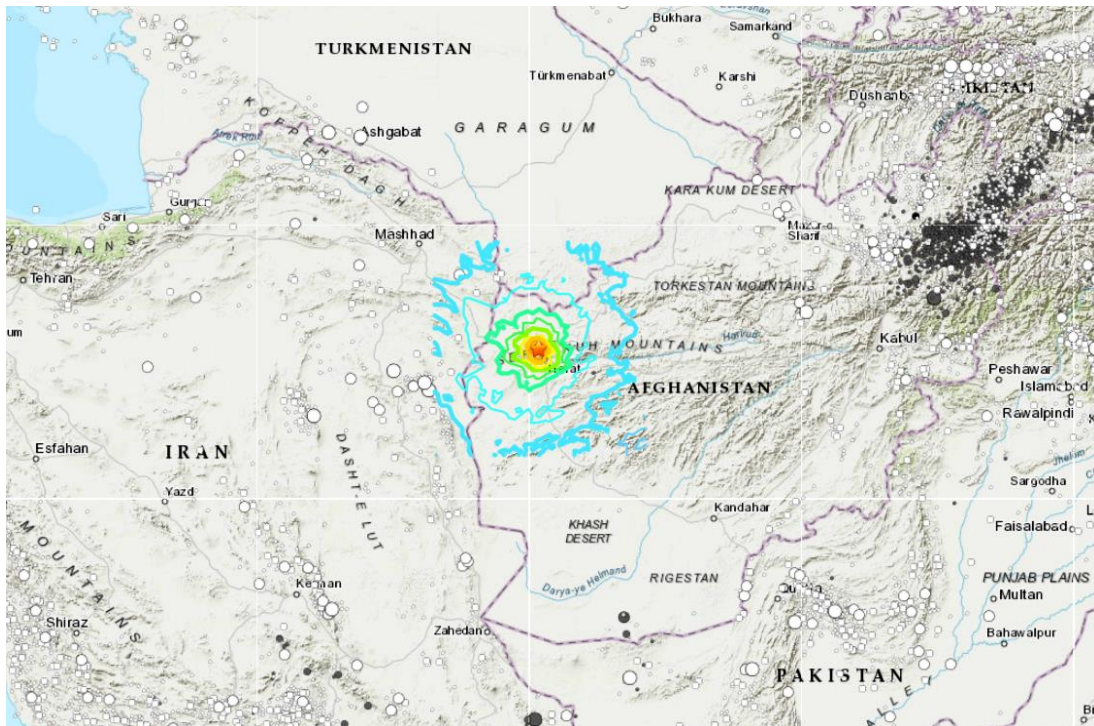


Figure 1. Carte USGS présentant la localisation des séismes à la frontière entre l'Afghanistan, l'Iran et le Turkménistan.

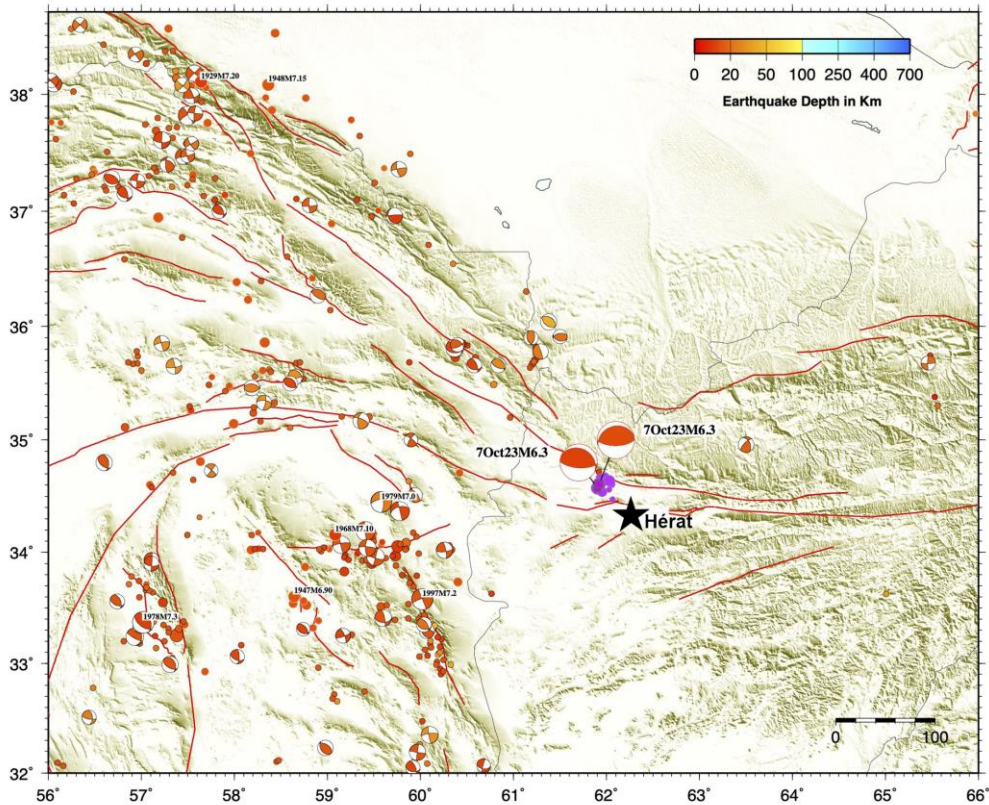


Figure 2. Carte de localisation des premiers séismes avec leur faible profondeur, près de la ville d'Herat. Source : Jasha Polet @CPPGeophysics (X Twitter).

L'USGS (service géologique des États-Unis) a pu déterminer que le premier séisme correspondait à un glissement, essentiellement vertical, vers le haut, le long d'une faille inclinée à environ 30 degrés par rapport à l'horizontale et orientée est-ouest. Les trois autres séismes principaux qui ont suivi semblent avoir des géométries de rupture similaires.

Cette série de quatre séismes puissants n'a pas manqué de semer la confusion dans le monde de la science. « J'étais déjà abasourdie face au doublet initial », témoigne Judith Hubbard, sismologue rattachée à l'Université Cornell, dans l'État de New York. « Le troisième était stupéfiant et le quatrième encore plus ».

Ces quatre événements étant de magnitudes presque identiques, les scientifiques font face à une curiosité statistique, dont l'origine physique reste à expliciter. D'habitude, un séisme de forte magnitude est suivi d'une séquence de répliques de magnitudes inférieures (pour un séisme de magnitude 6, la réplique la plus forte attendue est de magnitude 5). Quatre séismes de forte magnitude à la suite, c'est très inhabituel, voire jamais vu.

Un second mystère réside dans le fait qu'aucun événement avec une magnitude si élevée n'était recensé de mémoire humaine sur ces failles actives.

L'origine de cette cascade sismique improbable est au cœur du débat qui anime la communauté scientifique. Face au manque local de sismomètres, les événements restent difficiles à étudier, mais une théorie gagne peu à peu du terrain. La cause de ces séismes « est probablement un effet domino » indique Harold Tobin, le directeur du Pacific Northwest Seismic Network pour l'Université de Washington. Suite au premier séisme, la tension exercée sur la faille géologique qui a cédé s'est transférée sur une autre faille, elle-même déjà sous tension, ce qui a provoqué sa rupture et ce processus s'est répété deux fois de plus. Ce transfert des tensions se produit partout dans le monde, mais dans le cas qui nous intéresse, « ce qui est étrange, c'est l'intensité similaire de chaque événement et le bref intervalle qui les sépare », nous explique Tobin.

Sur le découpage de notre globe en plaques tectoniques, ces séismes ont frappé la large frontière sud de la plaque eurasiennne en collision le long de la chaîne de montagne alpino-himalayenne, s'étendant des contreforts des Pyrénées au Myanmar (figure 3). Au niveau de l'Afghanistan, les plaques Inde et Arabie sont en collision avec l'Eurasie, à des vitesses relatives de quelques centimètres par an. Ces mouvements relatifs peuvent être mesurés grâce à des stations GPS ou à des images satellites.

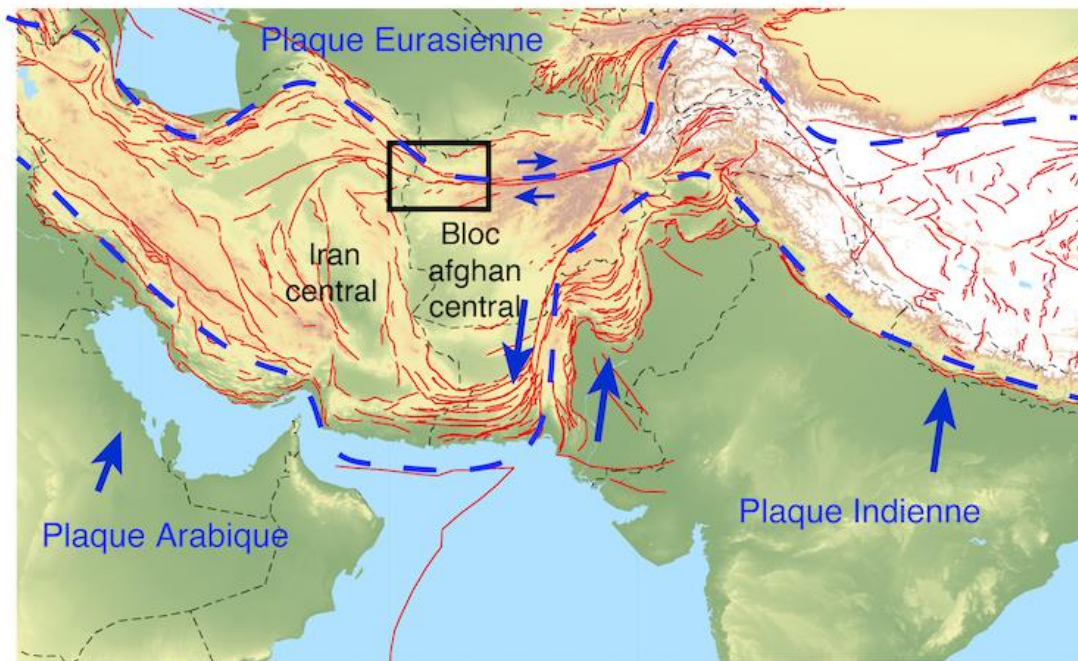


Figure 3. Géographie des plaques et blocs tectoniques délimités par le tracé des failles actives en rouge. La séquence sismique est localisée dans le cadre noir, à proximité de la ville d'Hérat, en Afghanistan. En bleu, les zones de suture marquant la présence d'anciens océans. Source : The Conversation.

Un soulèvement de 80 centimètres

Le déplacement du sol lié aux séismes a été mesuré à partir de la comparaison de trois images satellites de l'ESA (Agence spatiale européenne), acquises avant le premier séisme (le 25 septembre) et après les deux premiers séismes de magnitude 6,3 des 7 octobre et 19 octobre 2023.

Des résultats préliminaires indiquent que le sol s'est élevé de quelques dizaines de centimètres sur une zone de 30 km par 10 km (une surface de l'ordre de celle occupée par la métropole de Lyon). Ce mouvement nécessite donc une énergie colossale, mais conforme à ce qui est attendu pour une telle magnitude.

Pourquoi est-il difficile d'estimer le risque sismique dans la région ?

En général, c'est l'analyse des séismes contemporains et historiques d'une région qui constitue la première source d'information pour essayer d'anticiper l'emplacement et l'ampleur des prochains séismes.

Or, très peu de séismes ont été documentés dans cette région, en comparaison avec d'autres frontières de plaques, comme celle de Californie par exemple, la plus étudiée au monde. Le dernier tremblement de terre de taille importante enregistré à proximité de Khost remonte à 1956, avec une magnitude estimée de 6,7.

On sait également que Kaboul, la capitale afghane, a été détruite par un séisme en 1505, et des récits

rapportent que « le sol s'est élevé aussi haut qu'un éléphant à certains endroits et s'est effondré d'autant ailleurs ». D'autres récits, combinés aux informations géographiques, ont permis d'estimer qu'il s'agissait d'un séisme de magnitude de 7,3, quatre-vingt-dix fois plus puissant que celui de 2023.

Dégâts, causes et conditions identiques

Comme dans le cas du séisme qui s'est produit au Maroc en septembre 2023, et dans toutes ces régions rurales, les dégâts sur les habitations ne respectant pas les normes sismiques et construites en pisé sont malheureusement les mêmes. Aucune structure ne peut résister et les maisons, comme les petits immeubles, s'effondrent sur eux-mêmes, occasionnant en fonction de l'heure du séisme plus ou moins de victimes (figure 4).

Références

- <https://www.nationalgeographic.fr/sciences/actualites-catastrophe-en-afghanistan-une-serie-de-seismes-devastateurs-laisse-les-scientifiques-perplexes>.
- <https://theconversation.com/cascade-de-seismes-en-afghanistan-une-sequence-jamais-vue-215750>.
- <https://pubs.usgs.gov/of/2006/1185/>.
- https://fr.wikipedia.org/wiki/S%C3%A9ismes_de_2023_%C3%A0_H%C3%A9rat.



Figure 4. Destructions en Afghanistan, une nouvelle fois touché par de puissants séismes. Les constructions en pisé n'ont pas résisté. Samiullah Popal / EPA-EFE.

LES 100 PREMIERS GÉOSITES MONDIAUX DE L'IUGS

À l'occasion de ses 60 ans, en 2022, l'Union internationale des sciences géologiques (IUGS en anglais) a relancé un programme d'inventaire des sites géologiques d'importance internationale.

Pour cela, l'IUGS a mis en place une commission sur le patrimoine géologique (*Commission on Geoheritage*), patrimoine qui recouvre les sites géologiques, les pierres de construction et les collections qui présentent un intérêt patrimonial à l'échelle internationale.

C'est une sous-commission « Sites » qui a été chargée d'établir une sélection des sites les plus représentatifs au niveau mondial et à très haute valeur scientifique.

Son premier travail a donc été de définir les critères pour figurer dans cette liste et de constituer une base de données des sites patrimoniaux, le tout en collaboration avec le programme Géoparcs de l'UNESCO, et de nombreuses autres organisations internationales qui œuvrent dans le domaine de sciences de la Terre.

Au total, 181 sites, localisés dans 56 pays, ont été proposés et une première liste de 100 « géosites mondiaux de l'IUGS » a été dévoilée en octobre 2022. Pour la France, quatre sites avaient été proposés, trois ont été retenus : la Dalle aux ammonites de Digne-les-Bains, les dépôts volcaniques et sédimentaires jurassiques de la Désirade, à la Guadeloupe, et le Puy de Dôme. Le quatrième site correspondait au strato-

type historique du Bajocien à Sainte-Honorine-des-Pertes (Calvados).

La description de ces 100 sites peut être consultée sur le site de la Commission *Geoheritage* : <https://iugs-geoheritage.org/designations>.

Un livre a également été publié, qui peut être téléchargé au format pdf :

https://iugs-geoheritage.org/videos-pdfs/iugs_first_100_book_v2.pdf.

On peut aussi l'acquérir au prix de 70 euros sur le site *Geoheritage*, mentionné ci-dessus.

Un grand voyage à travers 100 sites géologiques emblématiques dans le monde en perspective.

THE FIRST
100
IUGS GEOLOGICAL HERITAGE SITES

60 IUGS