Bulletin du Service Géologique de l'Algérie
Vol. **32**, n° **1**, pp. **33 - 47**, **7** fig., **2** tab., **2023**

SYNTHÈSE DES TRAVAUX RÉALISÉS SUR LES GLISSEMENTS DE TERRAIN DE LA RÉGION DE MILA (EST ALGÉRIEN), INDUITS PAR LE SÉISME DU 07 AOÛT 2020 (Mw= 4,9) ET INVESTIGATIONS GÉOLOGIQUES

Ahmed SERKHANE[*+], Rabah DJEDDI[*+], Yazid RABAH[*] et Menad SADI[*]

RÉSUMÉ

Les tremblements de terre sont souvent à l'origine des glissements de terrain dans les régions montagneuses. En Algérie, plusieurs cas ont été observés tels que lors des séismes de Kherrata (1949, Ms=4,7), d'El Asnam (1980, Ms=7,3), de Zemmouri (2003, Mw=6,8) et de Laalam (2006, Mw=5,2). La région de Mila, située dans l'est algérien, a été affectée par un séisme de faible magnitude (Mw=4,9) en date du 7 août 2020. Celui-ci a induit de nombreux glissements de terrain, dont certains ont irréversiblement endommagé des dizaines de constructions, ce qui remet au goût du jour la problématique liée aux effets induits par les séismes de faible à moyenne magnitude. De ce fait, la région de Mila a suscité l'intérêt des scientifiques, nationaux et internationaux, qui ont appliqué une multitude de techniques à l'exemple de l'interférométrie (InSAR), les méthodes géotechniques et les méthodes géophysiques (HVSR). Ces différentes études ont permis d'identifier les nombreux glissements induits par le séisme du 07 août 2020, ainsi que les caractéristiques géométriques du principal glissement de terrain, en l'occurrence celui du quartier d'El Kherba. Dans ce travail, une étude géologique de détail a été réalisée au lendemain du séisme, ayant permis de réaliser une cartographie géologique des régions affectées, de faire des investigations sur la faille, probablement à l'origine du séisme, et de cartographier les glissements de terrain induits par celui-ci.

Mots-clés - Glissements de terrain - Séisme - Mila - Cartographie géologique - InSAR.

SYNTHESIS OF WORK CARRIED OUT ON LANDSLIDES IN THE MILA REGION (EASTERN ALGERIA), INDUCED BY THE EARTHQUAKE OF AUGUST 07, 2020 (Mw= 4.9) AND GEOLOGICAL INVESTIGATIONS

ABSTRACT

Earthquakes are often the cause of landslides in mountainous regions. In Algeria, several cases have been observed such as during the Kherrata earthquake (1949, Ms=4.7), El Asnam (1980, Ms=7.3), Zemmouri (2003, Mw=6.8) and Laalam (2006, Mw=5.2).The city of

*Agence du Service Géologique de l'Algérie (ASGA), Alger, Algérie.
+Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB), Bab Ezzouar, Algérie. Auteur correspondant : Serkhane Ahmed. E-mail : ahmedasga1806@gmail.com

- Manuscrit déposé sur l'ASJP le 08 décembre 2022, accepté après révision le 03 mai 2023.*
**ASJP : Algerian Scientific Journal Platform.*

Mila, in eastern Algeria, was affected by an earthquake of low magnitude (Mw=4.9) on august 07, 2020. This has induced many landslides, some of which have irreversibly damaged dozens of buildings, which brings to the forefront the problem related to the effects induced by earthquakes of low to medium magnitude. Thus, the region of Mila has attracted the interest of national and international scientists, who have applied a multitude of techniques such as interferometry (InSAR), geotechnical and geophysical methods (HVSR). These different studies have identified the many landslides induced by the earth- quake of august 7, 2020, and the geometric characteristics of the main landslide, in this case, that of the neighborhood of El Kherba. In this work, a detailed geological study has been conducted the day after the earthquake. This study allowed to carry out a geological mapping of the affected areas, investigate the fault probably at the origin of the earthquake, and map the landslides induced by it.

Keywords- Landslides - Earthquake - Mila - Geological mapping - InSAR.

I- INTRODUCTION

Les séismes forts à modérés sont souvent associés à des glissements de terrain à travers le monde (Keefer, 1984 ; Keefer, 2000 ; Keefer, 2002 ; Delgado *et al*., 2011a ; Delgado *et al.*, 2011b ; Havenith *et al*., 2016). En Algérie, plusieurs séismes ont engendré des instabilités de terrain, notamment les séismes de Kherrata du 17 février 1949 (Rothé, 1950), El Asnam du 10 octobre 1980 (Ms=7,3) (Gabert, 1984 ; Vogt, 1984), Zemmouri du 21 mai 2003 (Mw=6,8) (Bouhadad *et al*., 2004 ; Machane *et al*., 2008) et Laalam du 20 mars 2006 (Mw=5,2) (Machane *et al*., 2009 ; Bouhadad *et al*., 2010).

En date du 07 août 2020 à 6 h 16 mn (UTC), un séisme de magnitude Mw=4,9 (Benfedda *et al.*, 2021) a ébranlé la wilaya de Mila, dans l'est algérien. Ce séisme a provoqué de nombreux glissements de terrain, dont certains ont causé des dommages immenses à de nombreuses constructions, nécessitant le relogement de leurs occupants (Hamidatou *et al*., 2022). Ce séisme, relativement faible, a été étudié par plusieurs chercheurs aussi bien algériens qu'étrangers. En effet, ce sont souvent les séismes forts, et à moindre degré les séismes modérés, qui provoquent des glissements de terrain (Keefer, 2002 ; Delgado *et al*., 2011 a et b ; Havenith *et al*., 2016).

Les nombreux glissements engendrés par ce séisme dénotent de la susceptibilité élevée aux glissements de terrain de l'agglomération de la wilaya de Mila, auxquels s'ajoute le manque de visibilité dans les actions d'urbanisme (Guettouche et Labiod, 2010 ; Labiod *et al*., 2011; Bounemeur *et al*., 2022).

On propose dans ce travail, d'une part, de faire une revue des travaux publiés, consacrés au séisme de Mila du 07 août 2020 et, d'autre part, de présenter les résultats de nos investigations géologiques de terrain menées au lendemain de ce séisme.

II- CADRE GÉNÉRAL

II.1- Cadre géographique

La wilaya de Mila se situe au NE de l'Algérie (fig. 1), à environ 300 km d'Alger. Elle est limitée au nord par les wilayas de Jijel et Skikda, au sud par la wilaya de Batna, à l'est par les wilayas de Constantine et Oum El Bouaghi, et à l'ouest par la wilaya de Sétif. La superficie totale de la wilaya est d'environ 3 481 km^2.

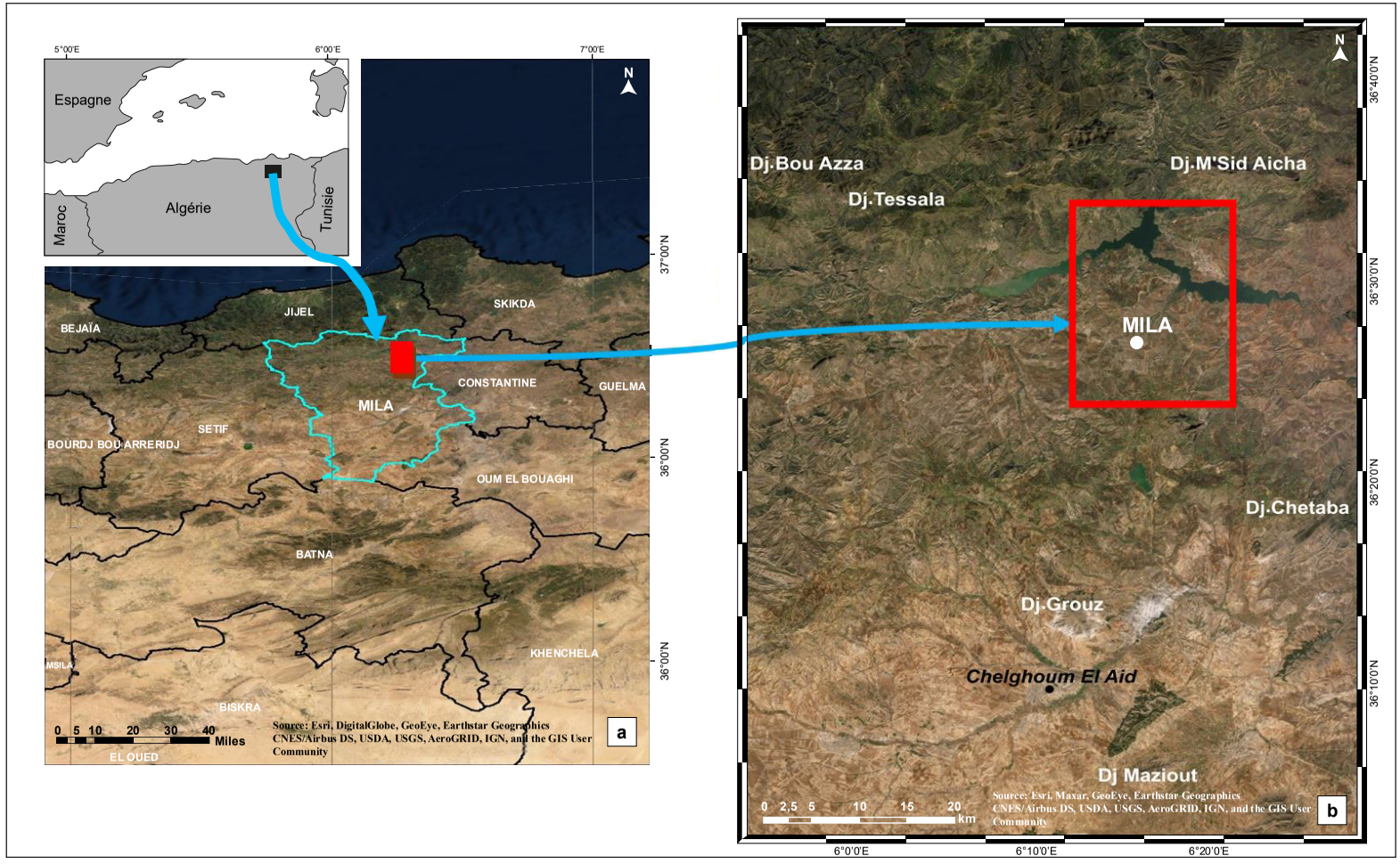


Fig. 1- a- Carte du Nord de l'Algérie montrant la situation géographique de la wilaya de Mila ; **b-** Territoire de la wilaya de Mila avec les principaux éléments du relief. Le rectangle rouge indique la position de la zone d'étude.

a- Map of the North of Algeria showing the geographical setting of the wilaya of Mila ; b- Territory of Mila city with the main relief elements. The red rectangle indicates the study area.

II.2- Cadre géomorphologique général

Sur le plan géomorphologique, la région de Mila fait partie de la chaîne tellienne. Elle est caractérisée par une succession de massifs montagneux, notamment dans sa partie septentrionale, à l'exemple de Djebel M'Sid Aicha, Djebel Tessala et Djebel Bou Azza qui culminent, respectivement, à 1 462 m, 1 432 m et 1 547 m (fig. 1). Au sud, le relief est à dominance de bas piémonts avec des versants plus ou moins prolongés, dépassant des centaines de mètres, à l'exemple des piémonts de Dj. Chetaba (1 316 m), Dj. Grouz (1 080 m) et Dj. Maziout (1 150 m). Ils continuent les prolongements des versants nord du plateau de Maracho, avec des pentes fortes par endroits, dépassant 25%, particulièrement dans les environs des quartiers de Chaabat, lotissement Boulmerka, Ben Mahdjoub et Ben Kara, situés dans la zone d'extension ouest.

II.3- Cadre géologique régional

Géologiquement, la région du Constantinois de façon générale appartient à la chaîne des Maghrébides ou chaîne alpine de l'Afrique du Nord qui fait partie de l'orogène alpin périméditerranéen. Cette dernière s'étend sur plus de 1 200 km, depuis l'Espagne méridionale jusqu'à l'arc Calabro-Sicilien (Durand-Delga, 1969).

Localement, la région de Mila se situe au sein du bassin néogène de Constantine-Mila, à remplissage essentiellement constitué par des dépôts continentaux d'âge mio-pliocène (Benabbas, 2006 ; Labiod, 2009 ; Hammachi, 2011) (fig. 2).

La base de la série stratigraphique commence par des conglomérats polygéniques, surmontés par des marnes grises à gypse, suivies d'argiles rouges sur lesquelles se développent des calcaires lacustres du Pliocène supérieur. Le Quaternaire repose en discordance sur ces terrains, parfois par une croûte calcaire villafranchienne, ou bien par des dépôts de glacis sur une faible pente. Il se présente aussi sous forme de dépôts alluvionnaires.

Sur le plan structural, la zone d'étude fait partie d'un bassin néogène marqué par la tectonique mio-plio-quaternaire (Vila, 1980 ; Meghraoui, 1988). Les conglomérats de base enregistrent des failles normales synsédimentaires liées à l'ouverture du bassin. Les phases qui se succèdent engendrent des réseaux de failles de directions E-O dextres, NE-SO en général senestres, et NO-SE dextres.

Les travaux antérieurs (Meghraoui, 1982 et 1988 ; Aris *et al*., 1998) ont montré que le régime de déformation pendant le Mio-Plio-Quaternaire est transpressif dextre. Dans ce régime, les grandes failles de direction E-O jouent en dextre sous un système en Riedel, alors qu'à l'intérieur du système, les blocs orientés NE-SO jouent en senestre avec une composante inverse. Cela a été notamment démontré dans le bassin néogène de Chélif (Meghraoui, 1982 ; Philip et Meghraoui, 1983).

II.4- Cadre climatique et hydrologique

Le climat de la wilaya de Mila est entièrement compris dans l'étage semi-aride doux, caractérisé par un été sec et chaud et un hiver froid et pluvieux. Les précipitations sont assez importantes avec une moyenne de plus de 633 mm/an, tombant essentiellement entre octobre et février.

La wilaya de Mila est traversée par de nombreux oueds, tels que Oued Enndja, Oued Cotton, Oued Rhumel, Oued Seguène, Oued Bou-Selah, Oued Smendou, Oued Kebir, etc. Cette richesse hydrographique a permis l'implantation de plusieurs barrages à l'exemple des barrages de Béni Haroun, Oued Athmania et Hammam Grouz. Le barrage de Béni Haroun, d'une capacité de 960 millions de m^3, alimente les wilayas limitrophes (Constan-

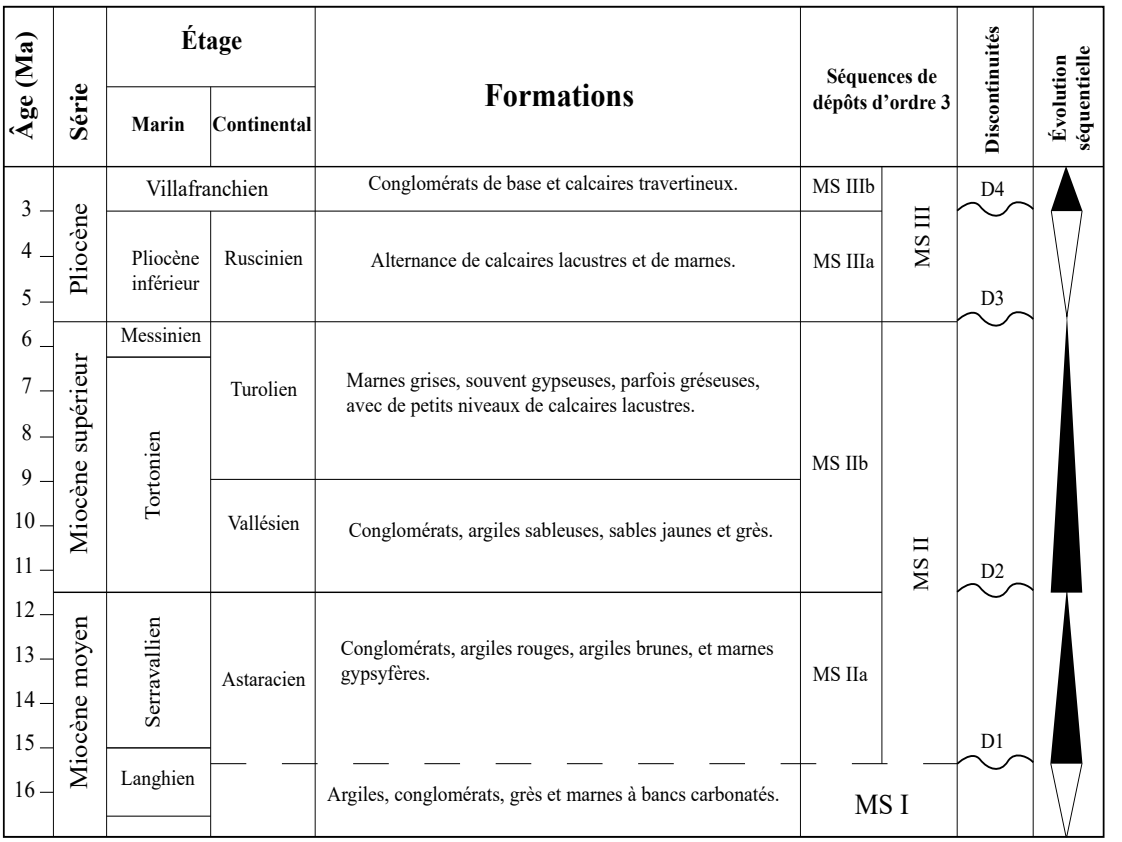


Fig. 2 - Formations du bassin néogène de Constantine (Hammachi, 2011).
Constantine's Neogene basin formations (Hammachi, 2011).

tine, Khenchela, Batna, Jijel, Mila et Oum El Baouaghi), et est considéré comme le plus grand en Algérie.

III- SYNTHÈSE DES TRAVAUX SUR LE SÉISME DE MILA ET SES EFFETS INDUITS

La séquence sismique de Mila du mois d'août 2020 a fait l'objet de plusieurs travaux scientifiques (Benfedda *et al*., 2021 ; Smail *et al*., 2022 ; Tebbouche *et al*., 2022 ; Bounemeur *et al*., 2022 ; Medhat *et al*., 2022 ; Hamidatou *et al*., 2022). Ces nombreux travaux (tabl. I) sont consacrés aussi bien aux aspects sismologiques du séisme qu'aux effets induits, représentés par de nombreux glissements de terrain et leurs effets sur les constructions (fig. 3).

III.1- Travaux de télédétection

Dans le cas des glissements induits par le séisme de Mila du 07/08/2020 (Mw=4,9), les travaux de télédétection ont contribué à délimiter, avec une grande précision les zones de glissements de terrain ainsi que les dommages induits par ceux-ci (Benfedda *et al*., 2021 ; Smail *et al*., 2022 ; Medhat *et al*., 2022 ; Hamidatou *et al.*, 2022) (fig. 4). Les glissements de terrain induits sont localisés dans un couloir d'environ 20 km de long sur 10 km de large avec une orientation NE-SO (Benfedda *et al*., 2021), suggérant ainsi l'orientation de la faille qui a donné lieu au séisme (Chen *et al*., 2017). Par ailleurs, deux autres études basées sur l'analyse des séries temporelles d'images radar Sentinel-1 ont permis d'estimer les vitesses de

Tableau I- Les différentes techniques utilisées pour l'étude des glissements de terrain de la région de Mila.

Different techniques used for the landslides study in the Mila region.

Méthode	Objectif (s)	Auteur (s)
Étude sismologique du séisme	Localisation des épicentres pour les événements sismiques	Benfedda *et al.,* 2021
Interférométrie radar InSAR et MT-InSAR	Détection et délimitation des zones de glissement de terrain induits par le séisme	Benfedda *et al.,* 2021, Smail *et al.,* 2022, Medhat *et al.,* 2022
HVSR (bruit de fond)	Compréhension des facteurs de prédisposition et de déclenchement des glissements ; identification du glissement d'El Kherba	Tebbouche *et al.,* 2022
Rapport des fréquences (FR) et valeur informative (IV)	Cartographie de la susceptibilité aux glissements	Bounemeur *et al.,* 2022
Classification des dommages post-sismiques	Classification des dommages d'habitations induits par le séisme et les glissements de terrain dans les localités d'El Kharba, Grarem Gouga et Azzaba	Hamidatou *et al.,* 2022



Fig. 3- Effondrement total ou partiel des habitations dans le quartier d'El Kharba.

Total or partial collapse of housing in El Kharba neighbourhood.

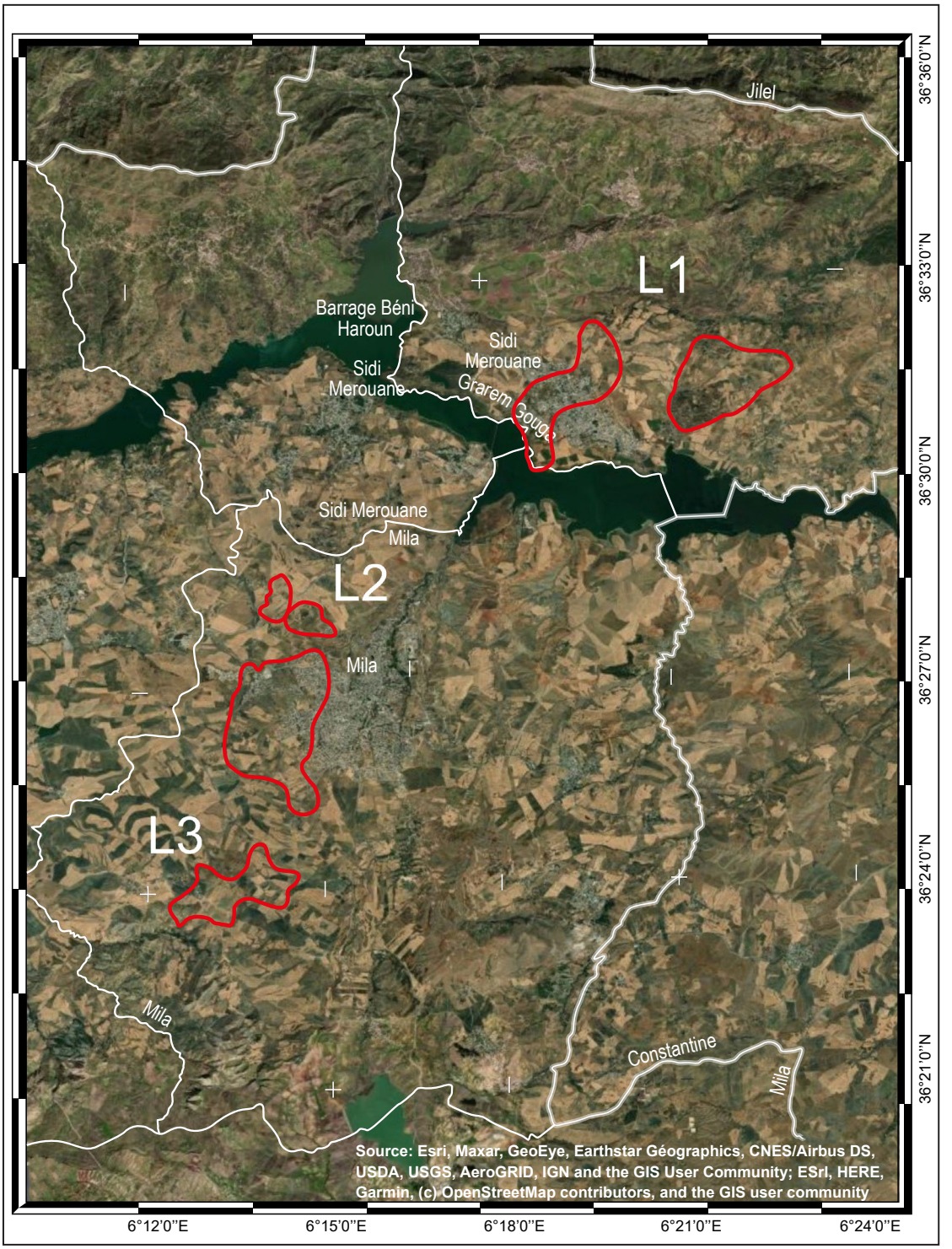


Fig. 4 - Délimitation des zones de glissements de terrain à l'aide de l'InSAR Sentinel-1, e = 1. 30 000.
L1 : Grarem Gouga ; **L2** : Mila ; **L3** : Mechta Sidi Bel Aîd (Benfedda *et al.,* 2021).
Landslide areas delineation by InSAR Sentinel-1, scale= 1.30 000.
L1: Grarem Gouga ; L2: Mila ; L3: Mechta Sidi Bel Aîd (Benfedda et al., 2021).

déplacements annuels horizontaux et verticaux en mm/an (Medhat *et al*., 2022 ; Smail *et al*., 2022). Les taux élevés de déplacements verticaux et horizontaux sont identifiés dans les localités d'El Kherba et de Grarem Gouga (tabl. II et fig. 4).

III.2- Travaux de géophysique et de géotechnique

Par ailleurs, une étude portant sur l'utilisation de la méthode géophysique du rapport spectral horizontal/vertical (HVSR) du bruit ambiant a été menée pour la détermination des caractéristiques et des paramètres géotechniques des glissements de terrain dans certaines zones de la localité d'El Kherba (Tebbouche *et al*., 2022).

Cette étude a permis de mettre en évidence la surface de rupture du glissement de terrain, estimée entre 2,14 ± 0,11 m et 8,35 ± 2,68 m de profondeur dans la couche d'argile peu profonde. Les limites du glissement, le remodelage du matériel glissant, ainsi que les réseaux de fissure, dont les directions sont N055 et N075 marquent les principaux escarpements qui peuvent atteindre 200 m de long et qui sont perpendiculaires à la direction principale du glissement de terrain. Les directions N025 et N135 caractérisent la base du glissement de terrain et ses limites latérales. Le long de ces limites, il y a une autre classe de direction N110 et N165, marquée par les plus grandes ouvertures, atteignant jusqu'à 6 m de largeur (Tebbouche *et al*., 2022).

IV- INVESTIGATIONS DE TERRAIN

IV.1- Esquisse géologique de la zone d'étude

Les investigations de terrain menées, en s'appuyant sur les images multispectrales de haute résolution menées, ont permis de réaliser une esquisse géologique de la région de Mila (fig. 5a). Cette carte minute géologique présente un aperçu global de la région d'étude. Ce qui renseigne sur la nature lithologique fragile (argiles, marnes et gypses) face aux géorisques. Elle est à fort potentiel cinématique en association avec certains autres facteurs tels que les séismes et les précipitations. De plus, les conglomérats et les grès numidiens sont très affectés par la fracturation, ce qui les rend aussi susceptibles aux mouvements de terrain (comme les chutes de blocs dans les grès de Grarem Gouga).

La prospection des marqueurs de la faille longeant Oued Mila (rectangle rouge, fig. 5), orientée NE-SO, a donné les résultats représentés en figures 6 et 7.

Les principaux objectifs de cette mission ont été, entre autres, de réaliser :

- une cartographie géologique préliminaire des zones affectées par le séisme, particulièrement les zones de Mila, Grarem Gouga et Hamala (fig. 5) ;

Tableau II- Synthèse des déplacements annuels obtenus par l'analyse des séries temporelles de l'InSAR.

Summary of the annual displacements obtained by the InSAR time series analysis.

Zone de déformation	Déplacement vertical (mm/an)		Déplacement horizontal (mm/an)	
	Medhat *et al.,* 2022	Smail *et al.,* 2022	Medhat *et al.,* 2022	Smail *et al.,* 2022
El Kherba	-25	-110	-15	/
Grarem Gouga	-40	/	-60	/

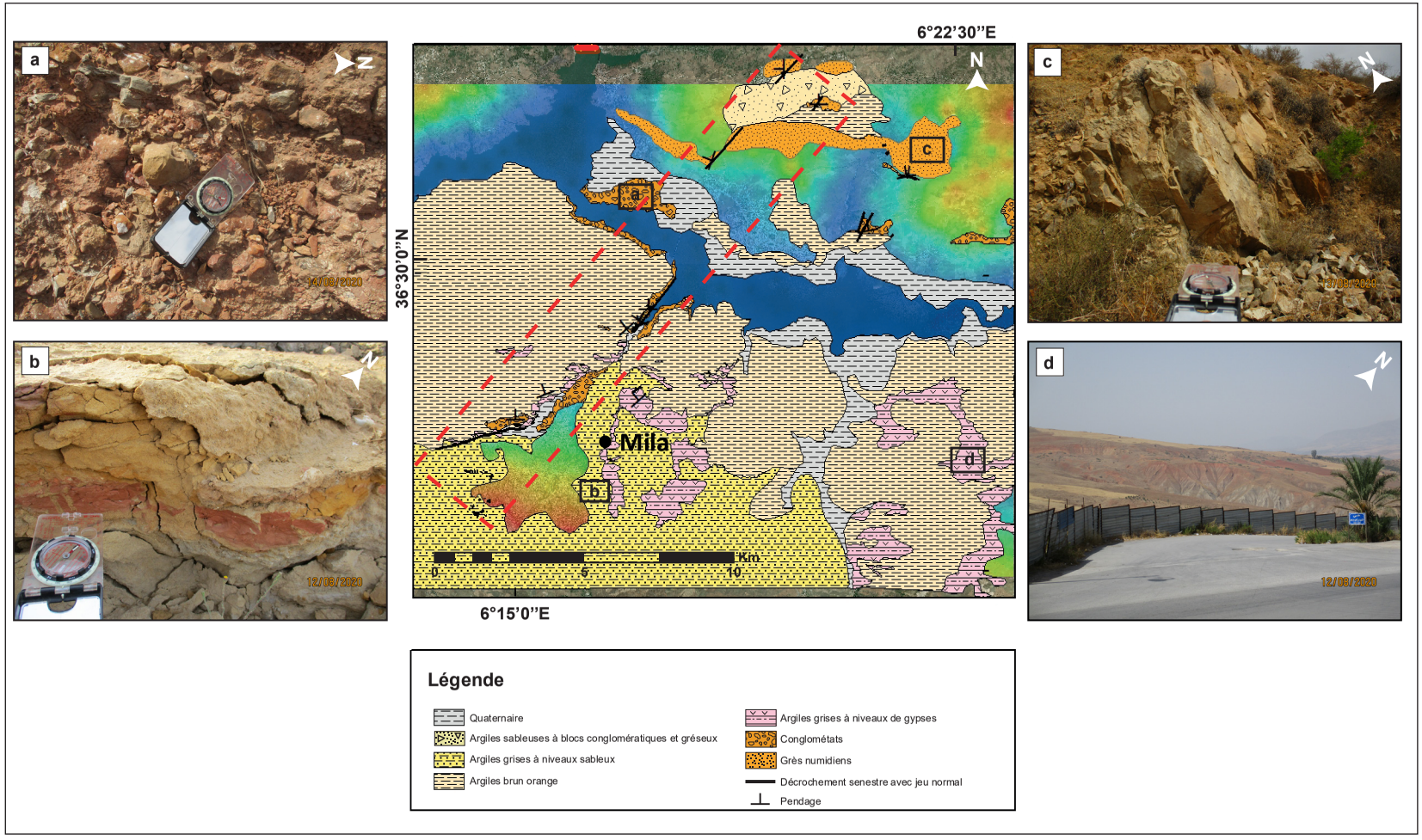


Fig. 5- Carte géologique interprétative de la région de Mila sur fond MNT, à l’échelle de 1/50 000. **a-** Conglomérats ; **b-** Argiles grises à niveaux sableux ; **c-** Grès numidiens ; **d-** Argiles brun-orange et argiles grises à gypse.

Interpretative geological map of the Mila region on a 1/50 000 scale, MNT background. a- Conglomerates ; b- Grey clay with sandy levels ; c- Numidian sandstones ; d- Orange-brown clays and grey gypsum clays.

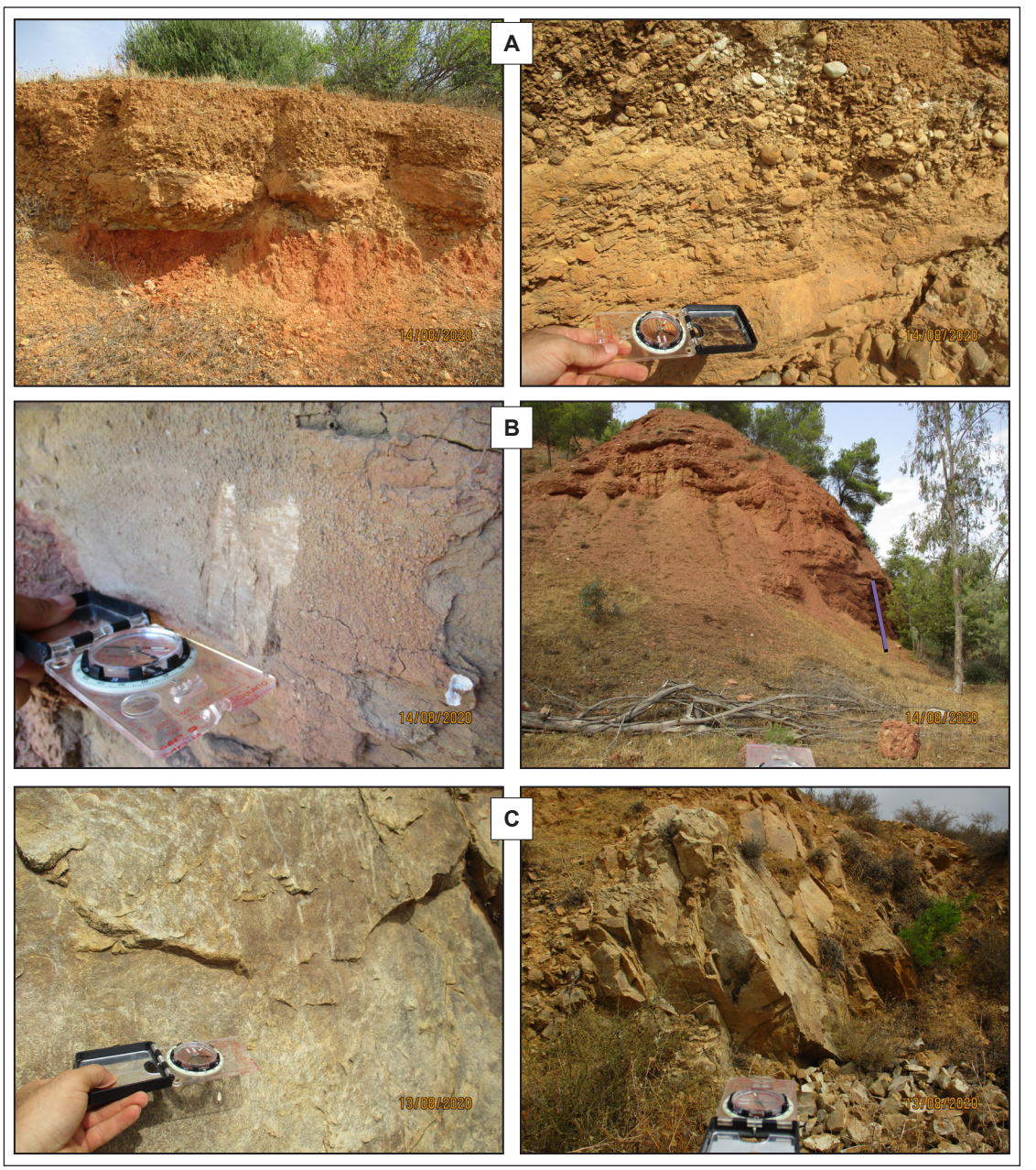


Fig. 6- Marqueurs de la faille NE-SO. **A -** Plans de fracturation de direction N040 ; **B -** Miroirs de failles avec des stries horizontales dans les conglomérats du Mio-Pliocène ; **C -** Figures d'arrachements indiquant un jeu senestre à composante normale.

NE-SW fault markers. A- Fracture planes of N040 direction ; B- Fault mirrors with horizontal striations in Mio-Pliocene conglomerates; C- Snatch patterns indicating normal senestre strike slip.

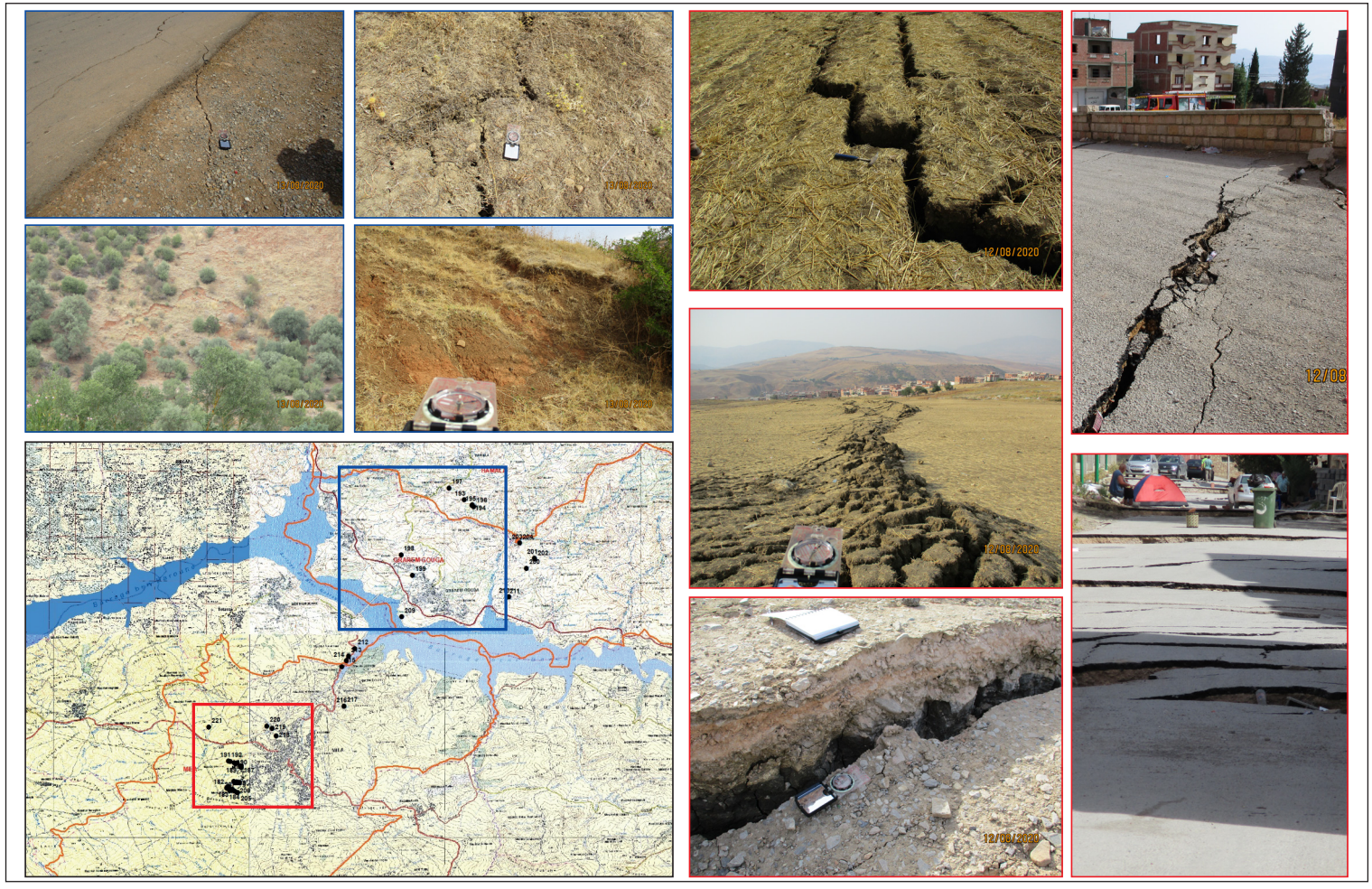


Fig. 7- Zones d'investigations sur fond topographique à 1.50 000 couvrant la wilaya de Mila (INCT). En bleu : Grarem Gouga et Hamala. En rouge : Mila (El Kherba).

Investigation areas on a topographic background at a scale of 1.50 000 covering the wilaya of Mila (INCT). In blue: Grarem Gouga and Hamala. In red: Mila (El Kherba).

- une mise en évidence des marqueurs de la faille causative du séisme ayant induit les glissements (fig. 6) ;

- une cartographie des glissements de terrain induits par le séisme (fig. 7).

IV.2- Mise en évidence des marqueurs de la faille causative, probable

La prospection des marqueurs de la faille longeant Oued Mila (rectangle rouge, fig. 5), orientée NE-SO, a conduit à mettre en évidence des plans de fracturations orientés, des miroirs de faille ainsi que des tectoglyphes confortant l'orientation NE-SO de la faille de Mila. Cette dernière a, fort probablement, induit les séismes du 07 août 2020 et par conséquent les glissements destructeurs dans la région (figs. 6 et 7).

IV.3- Cartographie des glissements de terrain

Pour ce qui est de la cartographie des glissements de terrain (fig. 7), il a été constaté que la commune de Mila est la plus touchée. Les dégâts dans le quartier d'El Kherba sont les plus importants, avec des glissements de grande ampleur et une destruction partielle ou totale de certaines bâtisses. Les dégâts sont de degré moindre au niveau des cités mitoyennes.

Dans la partie sud d'El Kherba, le séisme a induit des glissements avec des escarpements de 30 cm à 3 m, et des rejets senestres de quelques centimètres à près de 2 m. Cependant, dans la partie nord d'El Kherba, il a été observé des structures de compression en bordure de la zone de glissement et des effondrements plus importants par rapport à la partie sud. Les escarpements des glissements varient de 5 à 10 m pour la ligne la plus importante du glissement. Des marqueurs de mouvements horizontaux senestres engendrés par le glissement ont été aussi observés.

Dans la commune de Hamala, les glissements sont moins importants que ceux de la zone de Mila. Les ouvertures sont centimétriques à décimétriques, mais ne dépassant pas 30 cm en vertical et en horizontal. Il est à noter que quelques chutes de blocs dans le massif dominant l'agglomération de Hamala sont également signalées.

Dans la commune de Grarem Gouga, selon une enquête auprès des citoyens et avec la collaboration des autorités locales, quelques glissements de petites et moyennes ampleurs ainsi que des fissures de la chaussée ont été repérés.

V- DISCUSSION ET CONCLUSION

Les tremblements de terre sont souvent à l'origine, notamment dans les zones montagneuses, de glissements de terrain qui peuvent aggraver les conséquences des séismes aussi bien en pertes économiques qu'en vies humaines (Lin *et al.,* 2004 ; Harp et Crone, 2006). En Algérie du Nord, les séismes donnent lieu souvent à des glissements de terrain tels qu'observés lors de plusieurs séismes à l'image de Kherrata (1949, Ms=4,7), El Asnam (1980, Ms=7,3), Zemmouri (2003, Mw=6,8), Laalam (2006, Mw=5,2) (Rothé, 1950 ; Gabert, 1984 ; Vogt, 1984 ; Bouhadad *et al*., 2004 ; Machane *et al.*, 2008 ; Bouhadad *et al.*, 2010).

La région de Mila, objet de ce travail, est incontestablement un cas édifiant, où un séisme de faible magnitude Mw=4,9 a induit de nombreux glissements de terrain qui ont irréversiblement endommagé des dizaines de constructions (Hamidatou *et al.*, 2022), notamment dans le quartier d'El Kherba, érigées sans les normes strictes de l'urbanisme (Benfedda *et al*., 2021 ; Hamidatou *et al.*, 2022).

Le séisme de Mila du 07 août 2020 (Mw=4,9) a été de ce fait un cas d'étude idéal sur les glissements de terrain d'origine sismique et a suscité un engouement des scien-

tifiques nationaux et internationaux qui ont appliqué une multitude de techniques telles que l'interférométrie (InSAR), les méthodes géotechniques et les méthodes géophysiques (HVSR) (Benfedda *et al.*, 2021 ; Medhat *et al*., 2022 ; Smail *et al.*, 2022 ; Tebbouche *et al.*, 2022). Ces différentes études ont permis d'identifier les nombreux glissements induits, ainsi que les caractéristiques géométriques du principal glissement de terrain, en l'occurrence celui du quartier d'El Kherba.

Par ailleurs, ces travaux de terrain ont permis de réaliser une cartographie géologique préliminaire des régions affectées, ainsi que des glissements de terrain induits par le séisme, mais surtout, de déterminer la faille, probablement à l'origine du séisme. Celle-ci se présente sous forme d'un décrochement sénestre NE-SO avec un jeu normal.

Remerciements

Les auteurs de ce papier remercient Mme TAFER Karima, Présidente du Comité de Direction de l'ASGA, ainsi que M. RABAH Yazid, Directeur de la Division Cartographie, pour avoir mis à disposition les moyens nécessaires afin de mener à bien ce travail. Nos remerciements vont aussi à M. BOUHADAD Youcef, Directeur de recherche au CGS, pour ses précieux conseils et orientations. Nous n'oublions pas les reviewers de ce papier auxquels nous exprimons notre gratitude pour avoir corrigé cet article.

BIBLIOGRAPHIE

Aris, Y., Coiffait, E.-M. and Guiraud, M. 1998. Characterisation of Mesozoic-Cenozoic deformations and paleostresses fields in the central Constantinois, northeast Algeria. *Tectonophysics, 290*, pp. 59-85.

Benabbas, C. 2006. Évolution mio-plio-quaternaire des bassins continentaux de l'Algérie Nord oriental : apport de la photogéologie et analyse morphostructurale. *Thèse de Doctorat d'état, Univ. Constantine*, 245 p.

Benfedda, A., Serkhane, A., Bouhadad, Y., Slimani, A., Abbouda, M and Bourenane, H. 2021. The main events of the July–August 2020 Mila (NE Algeria) seismic sequence and the triggered landslides. *Arabian Journal of Geosciences*, *14*, pp. 1-15.

Bouhadad, Y., Nour, A., Slimani, A., Laouami, N. and Belhai, D. 2004. The Boumerdes (Algeria) earthquake of May 21, 2003 Mw=6.8): Ground deformation and intensity. *Journal of Seismology, 8,* pp. 497-506.

Bouhadad, Y., Benhammouche, A., Bourenane, H., Aït Ouali, A., Chikh, M. and Guessoum, N. 2010. The Laalam (Algeria) damaging landslide triggered by a moderate earthquake (Mw=5.2). *Journal Natural Hazards, 54*, pp. 261-271.

Bounemeur, N., Benzaid, R., Kherrouba H. and Atoub, S. 2022. Landslides in Mila town (northeast Algeria): causes and consequences. *Arabian Journal of Geosciences*, *15* (8), 753.

Chen, C.-W., Iida, T. and Yamada, R. 2017. Effects of active fault types on earthquake-induced deep-seated landslides: A study of historical cases in Japan. *Geomorphology*, *295*, pp. 680-689.

Delgado, J.-J., Garrido, C., Lopez-Casado, Martino, S. and Pelàez, J.-A. 2011a. On far field occurrence of seismically induced landslides. *Engineering Geology 123*(3), pp. 204-213.

Delgado, J., Peláez, J.-A., Tomás, R., García-Tortosa, F.-J., Alfaro, P. and López Casado, C. 2011b. Seismically-induced landslides in the Betic Cordillera (S Spain). *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, *31*(9), pp. 1203–1211. doi: 10.1016/j.soildyn.2011.04.008.

Durand-Delga M. 1969. Le bassin maghrébin : une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'ouest des Alpes. *Bull. Serv. Géol. Algérie, n°39*, pp. 89-131.

Gabert, P. 1984. Séismes, néotectoniques et effets induits sur les versants des massifs des Babors dans la région de Kherrata (Algérie). *Revue géographique des pays méditerranéens, 1*, pp. 25-32.

Guettouche, M.-S. et Labiod, F. 2010. Instabilités des versants dans le bassin de Mila (Algérie nord oriental) : causes et conséquences. 1er *Séminaire International euro-méditerranéen sur l'aménagement du territoire et la gestion des risques et sécurité civile du 27 au 29 Avril, Batna-Algérie*. 11 p.

Hammachi, R. 2011. Évolution sédimentaire et paléogéographique des formations néogènes du Constantinois central (Algérie Nord oriental). *Mémoire de Magister*, *Univ. de Tébéssa,* 150 p.

Hamidatou, M., Chaker, A., Hallal, N., Lebdioui, S., Rodrigues, H. and Agius, M. 2022. Post-earthquake damage classification and assessment: case study of the residential buildings after the Mw = 5 Earthquake in Mila city, Northeast Algeria on August 7, 2020. *Bulletin of Earthquake Engineering*, *21* (2), pp. 849-891.

Harp, E.-L. and Crone, A.-J. 2006. Landslides triggered by the October 8, 2005, Pakistan earthquake and associated landslide-dammed reservoirs. *U.S. Geological Survey Open-file report*, pp. 1052-1065.

Havenith, H.-B., Torgoev, A., Braun, A., Schlögel, R. and Micu, M. 2016. A new classification of earthquake-induced landslide event sizes based on seismotectonic, topographic, climatic and geologic factors. *Geoenvironmental Disasters, 3*(1), pp. 1-24.

Keefer, D.-K. 1984. Landslides caused by earthquakes. *Bull. Geol. Soc. Am., 95,* pp. 406-421.

Keefer, D.-K. 2000. Statistical analysis of an earthquake-induced landslide distribution the 1989 Loma Prieta, California event. *Eng. Geol*., *58*(3-4), pp. 231-249.

Keefer, D.-K. 2002. Investigating landslides caused by earthquakes - a historical review. *Surveys in Geophysics, 23*, pp. 473-510.

Labiod, F. 2009. Mouvement de masses et instabilités des terrains dans le bassin versant de l'oued Mila. Caractérisations et enjeux socio-économiques. *Thèse de Magister, USTHB, Alger*. 186 p.

Labiod, F., Bounif, M. A., Guettouche M.-S. and Boutiba, M. 2011. Apports de la géophysique à l'étude des glissements de terrain. Application au fluage du contournement Nord Est de la ville de Mila. *CMGA5*, *Alger, Algérie*, avril 12-14.

Lin, C., Shieh, C., Yuan, Bd, Shieh, Y., Liu S. and Lee, S. 2004. Impact of Chi-Chi earthquake on the occurrence of landslides and debris flows: example from the Chenyulan River watershed, Nantou, Taiwan. *Eng Geol. 71*, pp. 49-61.

Machane, D., Bouhadad, Y., Cheikhlounis, G, Chatelain, J.-L., Oubaiche, E.-H., Abbes, K., Guillier, B. and Bensalem, R. 2008. Examples of geological and geomorphological hazards in Algeria. *Journal Natural Hazards, 45* (2), pp. 295-308.

Machane, D., Guillier, B., Chatelain J.-L, Bouillin, J.-P., Haddoum H., Guemache M.-A., Zetoutou S., Aourari,

S., Djadia, L. and Benelhadj, Z. 2009. Le séisme (Mw = 5) de Laalam (Kabylie, Algérie) du 20 mars 2006 : prospections archéologiques et géophysiques (bruit vibratoire ambiant) et corrélations avec les dommages. *Bulletin du Service Géologique National, 20* (3), pp. 357-373.

Medhat, N.-I., Yamamoto, M.-Y, Tolomei, C., Harbi, A. and Maouche, S. 2022. Multi-temporal InSAR analysis to monitor landslides using the small baseline subset (SBAS) approach in the Mila Basin, Algeria. *Terra Nova*, *34* (5), pp. 407-423.

Meghraoui, M. 1982. Etude néotectonique de la région NE d'El Asnam et relation avec le séisme du 10/10/1980. *Thèse de Doctorat, 3ème cycle, Univ. Paris*, 210 p.

Meghraoui, M. 1988. Géologie des zones sismiques du Nord de l'Algérie. Paléosismologie, tectonique active et synthèse sismotectonique. *Thèse de Doctorat, Univ. Paris VI*. 356 p.

Philip, H. and Meghraoui, M. 1983. Structural analysis and interpretation of the surface deformation of the El-Asnam earthquake of October 1980. *Tectonics, 2*, pp. 17-49.

Rothé, J.-P. 1950. Les séismes de Kerrata et la séismicité de l'Algérie, *Bull. Ser. de la Carte Géologique de l'Algérie*, pp. 16-17.

Smail, T., Abed, M., Mebarki, A. and Lazecky, M. 2022. Earthquake-induced landslide monitoring and survey by means of InSAR. *Natural Hazard and Earth System Sciences*, *22* (5), pp. 1609-1625.

Tebbouche, M.-Y., Ait Benamar, D., Hassan, H.-M., Singh, A.-P., Bencharif, R., Machane, D., Meziani, A.-A. and Nemer, Z. 2022. Characterization of El Kherba landslide triggered by the August 07, 2020, Mw=4.9 Mila earthquake (Algeria) based on post-event field observations and ambient noise analysis. *Environmental Earth Sciences, 81*(46).

Vila, J.-M. 1980. La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. *Thèse de Doctorat ès Sci. Paris VI, 2 t.*, 665 p.

Vogt, J. 1984. Mouvements de terrain associés aux séismes en Afrique du Nord. *Revue géographique des pays méditerranéens*, pp. 43-48.