



Analyse géomorphologique et géologique du glissement de terrain d'Akchour (Rif, Maroc).

Geomorphological and geological analysis of Akchour landslide (Rif, Morocco).

HARMOUZI H^{*a}, DEKAYIR A^a, ROUAI M^a & AFECHKAR M^b

Abstract: Natural hazards have become increasingly intense as a result of human impacts and climate change. The Rif chain in northern Morocco is known as a landslide prone area due to hilly slopes, alpine geology and climatic conditions. These conditions make the region highly vulnerable to landslides and thus constitute a real threat to the local population and socio-economic activity.

The present work deals with the case of an important landslide in the area known as "Taourart-Akchour", located 9 km from Chefchaouen town. This landslide occurred after the heavy winter rainfall of 2010. The damage was considerable without loss of human life fortunately. The superposition of limestone formations and marls, combined with a slope of 19%, favored the sliding. Indeed, its structure established from remote sensing, shows that this is a complex rotational sliding in context of a thrust nappe.

The results of the grain size and mineralogical analyzes of the samples taken from the sliding surface suggest that the presence of clay minerals allowed the triggering of the landslide. The climatic conditions and the energy of the relief are also factors of triggering mass movements.

Keywords : landslide, cartography, clay minerals, Rif, Morocco.

Résumé: Les risques naturels sont devenus de plus en plus intenses en raison des actions anthropiques et de l'impact du changement climatique global. La chaîne du Rif, située au nord du Maroc, est connue comme une zone exposée aux glissements de terrain dus aux reliefs accidentés, à la structure géologique et aux conditions climatiques. Ces conditions rendent la région très vulnérable aux glissements et constituent ainsi une menace certaine pour la population et l'activité socio-économique locale.

Le présent travail traite du glissement de terrain provoqué dans la zone dite " Taourart-Akchour " située à 9 km au NNE de la ville de Chefchaouen. Ce glissement est survenu suite aux fortes précipitations d'hiver de l'année 2010, les dégâts furent considérables, sans perte de vies humaines heureusement. La superposition de formations calcaires et des marnes, associée à une pente de 19 % a favorisé ce glissement. En effet, sa structure établie par photo-interprétation, montre qu'il s'agit d'un glissement rotationnel complexe en contexte de nappe de charriage. Le résultat des analyses granulométriques et minéralogiques des échantillons prélevés sur la surface du glissement suggère que la présence de minéraux argileux favorise le déclenchement du glissement de terrain. Les conditions climatiques et l'énergie du relief sont également des facteurs favorisant le déclenchement des mouvements de masse.

Mots-clés : glissement de terrain, cartographie, minéraux argileux, Rif, Maroc.

^a Equipe Géoexploration et géotechnique, Université Moulay Ismaïl, FSM. B.P. 11201 Zitoune, Meknès, Maroc.
har.hasnaa@gmail.com (Harmouzi Hasnaa*) +212 677 324 414.
dekayir@yahoo.fr (Dekayir Abdelilah).

mohamed.rouai@gmail.com (Rouai Mohamed).

^b Ministère de l'équipement, du transport et de la logistique, Direction des routes, Avenue Assanaoubar, Rabat, Maroc.

afechkar@mtpnet.gov.ma (Afechkar Mohamed).

INTRODUCTION

Le Rif est connu pour ses glissements de terrain, parfois naturels ou anthropiques, très fréquents qui endommagent les infrastructures et handicapent le développement durable de la région. Le glissement d'Akchour, localisé dans le parc naturel de Chefchaouen et en raison de sa dimension kilométrique a causé des dégâts importants : destruction de maisons, de routes et de terrains agricoles (PATEAU, 2014).

De nombreux travaux ont été consacrés à l'étude de mouvements de terrain dans le Rif : inventaire et cartographie des mouvements de terrain (AVENARD, 1965 ; MILLIES-LACROIX, 1968 ; MARGAA, 1994 ; FARES, 1994 et FONSECA, 2014), étude géologique et structurale de cas particuliers (EL FELLAH *et al.*, 1996 ; FALEH & SADIKI, 2002 ; AZZOUZ *et al.*, 2002). Au Maroc, la première étude de cartographie et d'inventaire des mouvements de masse portait sur le bassin du Sebou (AVENARD, 1965). Dans le Rif central, MAURER (1968) s'est principalement intéressé à la cartographie des glissements et particulièrement ceux superficiels. EL KHATTABI et CARLIER (2004) ont discuté les relations entre la pluviométrie et les paramètres mécaniques des matériaux et leur influence sur le facteur de sécurité (F), dans la limite nord du Rif central.

Les glissements de terrain sont approchés de plusieurs manières, leur caractérisation permet de dresser des cartes de susceptibilité. L'analyse multi-fractale effectuée sur les glissements de terrain dans le Rif central (ROUAI & JAAIDI, 2003) démontre que la distribution spatiale des glissements n'est pas une structure fractale homogène : invariance de l'échelle et comportement auto-organisé des glissements de terrain. Les glissements sont aussi étudiés du point de vue risque (MASTERE, 2011).

Ce travail porte sur le glissement d'Akchour (Fig. 1), dans un contexte de nappe de charriage. Il consiste en une caractérisation géologique du glissement et la compréhension des paramètres de prédisposition et de déclenchement du mouvement (lithologie, failles, gradient de pente, réseau hydrographique, précipitations, et occupation au sol). Ces paramètres ont été cartographiés et classés dans le but de mieux comprendre leurs interactions et leurs effets respectifs dans l'instabilité de ce versant.

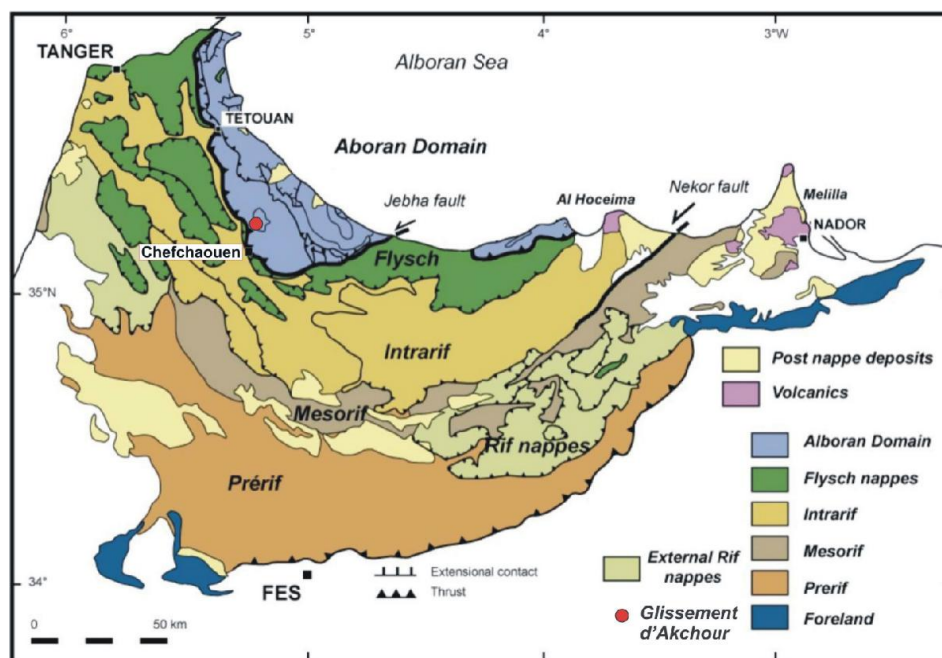


Fig. 1 - Unités géologiques du Rif (d'après Negro et al., 2008 ; modifié).

Fig. 1 - Geological units of the Rif (Negro, et al., 2008) modified).

CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

Pluviométrie d'Akchour

La zone d'étude est située à 9 km environ au nord de la ville de Chefchaouen entre les longitudes W 5.223983-W 5.205460 et les latitudes N 35.258807-N 35.240284 (WGS 1984). Les précipitations moyennes annuelles mesurées durant soixante-dix ans (entre 1941 et 2012) sont de l'ordre de 950 mm, avec un maximum annuel de 1993 mm (tab. 1).

Tab. 1 : Pluviométrie et températures moyennes annuelles (1941-2012)- Indice d'aridité (PDIRE, ABHL. 2012).

Tab. 1: Annual average rainfall (1941-2012) and temperatures - Aridity index (PDIRE, ABHL. 2012).

Poste	Pluviométrie annuelle (mm)			Température moyenne (°C)	Indice d'aridité
	Moyenne	Minimum	maximum		
Larache	627	296	1238	17.8	23
Bge. Oued El Makhazine	610	250	1100	19.2	21
Tanger	801	342	1280	17.6	29
Khémis Beni Arrous	928	374	1676	18.3	33
Bab Taza	1280	465	2925	19.0	44
Chefchaouen	950	345	1993	17.0	35
Bge. Smir	686	310	1475	18.7	24
Bge. Nakhla	713	294	1216	18.1	25
Oued Laou	634	330	1340	18.3	22
Jebha	337	213	528	18.3	12
Targuist	402	259	559	19.1	14
Bge. M.B.A Al Khattabi	286	160	420	17.6	10
Al Hoceima	346	170	596	17.0	13

Les maxima pluviométriques se situent entre novembre et février. Les mois les plus secs sont juillet et août (ABHL, 2012). Entre décembre 2009 et mars 2010, la région de Chefchaouen a reçu près de 1100 mm de précipitations (80 % des précipitations annuelles), soit le plus fort cumul enregistré sur la dernière décennie (Fig. 2).

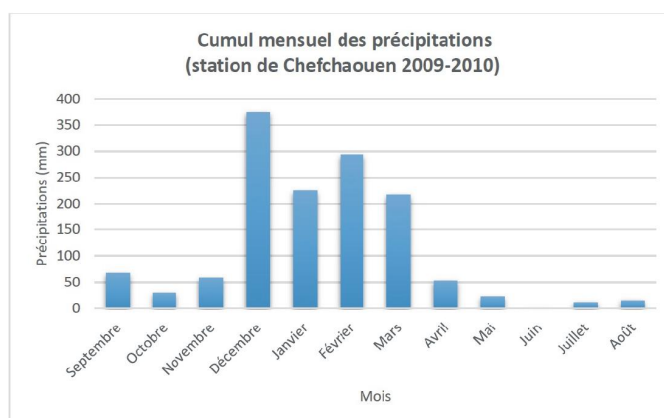


Fig. 2 - Données pluviométriques de la station météorologique de Chefchaouen. Cumul mensuel de la période 2009-2010 (ABHL, 2012).

Fig. 2 - Rainfall data from the Chefchaouen meteorological station. Monthly amount of the period 2009-2010 (ABHL, 2012).

Ainsi, ces fortes précipitations hivernales ont été suivies par le glissement d'Akchour au cours du mois de mars 2010.

Hydrologie

Le réseau hydrographique qui traverse la zone glissée se compose de deux petits affluents de l'oued Talembote. Le tracé de ce réseau a été modifié par le glissement (Fig. 3).

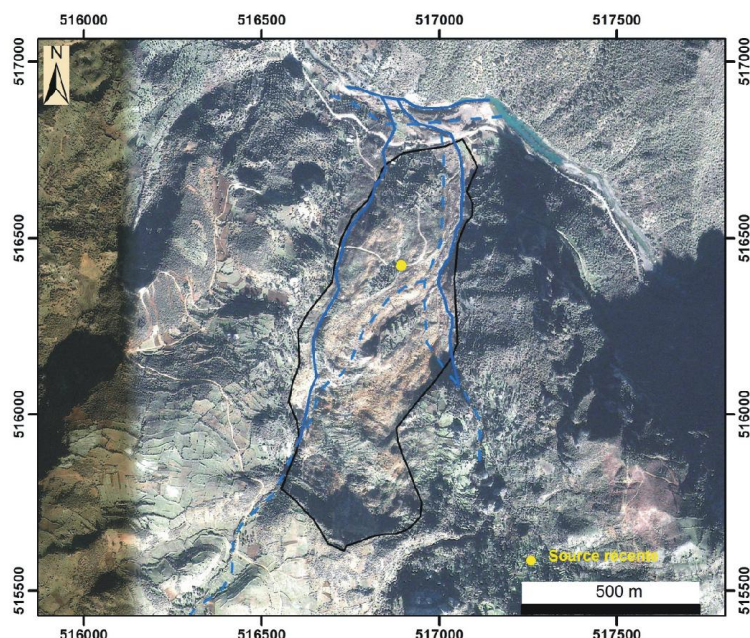


Fig. 3 - Réseau hydrographique avant le glissement (ligne en tirets) et après le glissement (ligne continue).

Fig. 3 - Hydrographic network before slipping (discontinuous line) and after slipping (continuous line).

Les anciens lits de ces deux affluents (trait bleu discontinu) sont complètement modifiés et décalés. En effet, avant le glissement, ces deux affluents s'intersectent en un point de confluence avant de rejoindre l'oued Talembote. Après le glissement, la masse glissée les a séparé et a fait apparaître une petite source qui pourrait être la continuité de l'écoulement souterrain de l'affluent ouest.

Topographie.

La zone d'étude est caractérisée par une topographie à relief accidenté et très varié. L'altitude maximale est d'environ 2147 m située au sud à Jbel Tissouka. Une analyse des pentes a été réalisée selon la méthode de Jenks (1967) (tab. 2), les pentes inférieures à 15° couvrent 76% de la superficie de la zone d'étude. Le glissement est situé dans la classe 16°-25°.

Tab. 2 - Classes des pentes selon la méthode de classification de Jenks (Jenks, G. 1967).

Tab. 2 - Classes of slopes according to the Jenks classification method (Jenks, G. 1967)

Classe (degré)	Pourcentage
0-15	76.2
16-25	16.8
26-35	5.4
>35	1.6

Géologie

La géologie d'Akchour est composée de l'unité de Beni Hozmar qui fait partie des Gomarides, de l'unité prédorsalienne (nappes des flyschs) et de l'unité de Tarhzoute (unité d'Ametrasse Bettara) qui fait partie de la dorsale calcaire (Fig. 4).

La nappe de Beni Hozmar est formée de terrains essentiellement d'âge paléozoïque constitués de schistes siluro-dévonien, conglomérats, flyschs carbonifères et marne du Permien. Cette nappe repose par faille inverse sur les terrains de la nappe prédorsalienne formée de grès, argile brune d'âge oligocène dans la partie supérieure et de marnes bariolées à la base. L'unité prédorsalienne est chevauchée par l'unité de Tarhzoute (Calcaires massifs blancs du Trias supérieur et conglomérat d'âge inconnu) (MICHARD *et al.*, 2008).

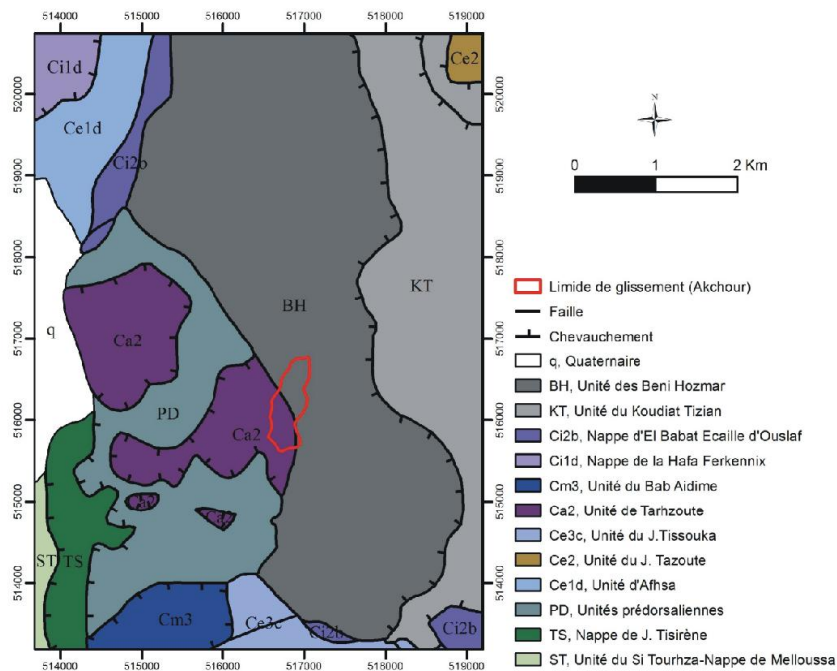


Fig. 4 - Schéma structural montrant les unités des nappes de charriage dans la zone d'étude (Kornprobst et Wildi., 1975, carte géologique de Talembote au 1/50000).

Fig. 4 - Structural map showing the units of the thrust sheets in the study area (Kornprobst et Wildi., 1975, 1/50000 Talembote geological maps).

Sismicité

Le glissement d'Akchour se situe dans une région d'activité sismique modérée. Le séisme le plus proche du glissement d'Akchour étant à 2.7 km vers le Nord ayant une magnitude de 3.1 sur l'échelle de Richter, il s'est produit en 2005 (ISC, "International Seismological Centre"). Dans le Rif, l'activité sismique est concentrée autour de la zone d'El Hoceima, localisée dans le domaine bético-rifain qui constitue le siège d'une activité sismique intense qui témoigne du rapprochement et la collision des deux plaques Afrique-Eurasie (CHERKAoui & EL HASSANI 2012).

METHODES D'ANALYSE UTILISEES

Pour étudier le glissement de terrain d'Akchour, nous avons opté pour une démarche méthodologique pluridisciplinaire :

- La morphologie du glissement a été approchée à travers l'étude de photos aériennes à l'échelle 1/20000 prises après le glissement. Une paire d'images stéréographiques est transformée en images composites (Fig. 5) en couleurs rouge et cyan. Sous le logiciel Arcgis, cette opération a permis de cartographier et de mettre en relief les éléments du glissement, à travers ces outils de

cartographie disponibles (digitalisation et extraction des composantes de glissement puis cartographie de leurs limites).

- L'étude comparée de deux images Google Earth prises avant et après le glissement, la géologie, l'hydrologie et la minéralogie des argiles des formations glissées et en place.
- L'identification par diffraction des rayons X a été réalisée dans un premier temps sur poudre. La fraction argileuse ($\varnothing < 2 \mu\text{m}$) extraite des échantillons a été montée sur lames orientées (échantillons P1, P2 et P3) et passée aux différents traitements, à savoir : normal, glycolé et chauffé (500 °C). Après traitement des spectres, une analyse semi-quantitative a permis la quantification des pourcentages de minéraux argileux.

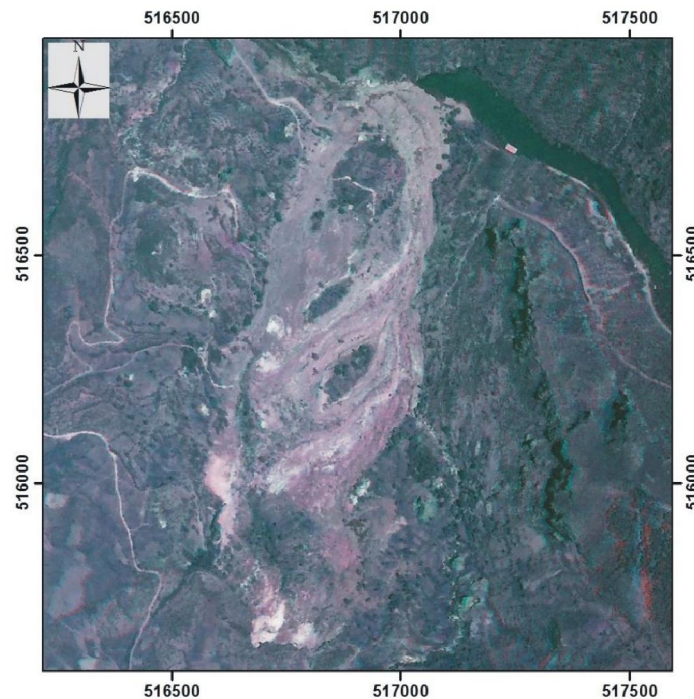


Fig. 5 - Image composite (Anaglyphe) à partir de deux photos aériennes (2011) 1/20 000.

Fig. 5 - Composite image (Anaglyph) composed of two aerial photographs (2011) at 1/20000 scale.

ANALYSE ET RESULTATS

Morphologie

L'ampleur du glissement d'Akchour est déterminée par ses caractéristiques géométriques. En effet, le glissement est orienté SSW-NNE sur une longueur de 1195 m. L'altitude amont du glissement est de 630 m tandis que le point le plus bas est à 400 m, soit un dénivelé de 230 m. Il en sort que la pente moyenne est de l'ordre de 19%. La superficie du glissement est d'environ 0,36 Km².

L'interprétation visuelle de l'image satellite (Fig. 6), montre que le mouvement gravitationnel des masses glissées a deux directions : une principale SSW-NNE (flèche en vert) et une direction secondaire SW-NE (flèche en noir). La comparaison entre les deux images satellites montre que le mouvement de terrain n'est pas homogène, un lambeau de terrain à l'intérieur du glissement, n'a pas subi de déplacement notable, mais il est bien visible qu'il a subi un basculement.

La figure 7 montre la structure du glissement extraite de l'image composite des photos aériennes. Cette structure montre, à première vue, que le glissement est composé de plusieurs masses ou unités, dont le mouvement serait différentiel. A part la surface de glissement située au sud et à l'ouest, le corps glissé contient plusieurs surfaces de glissement secondaires qui conjuguent ces mouvements. Ces surfaces sont localisées dans la partie médiane du glissement, cela est dû au mouvement combiné vers le nord-est qui est guidé par l'orientation de la pente locale (vers le NE). Les indices de mouvement relevés par analyse stéréoscopique sont : les escarpements et niches d'arrachement, les lambeaux de terrain et les coulées.

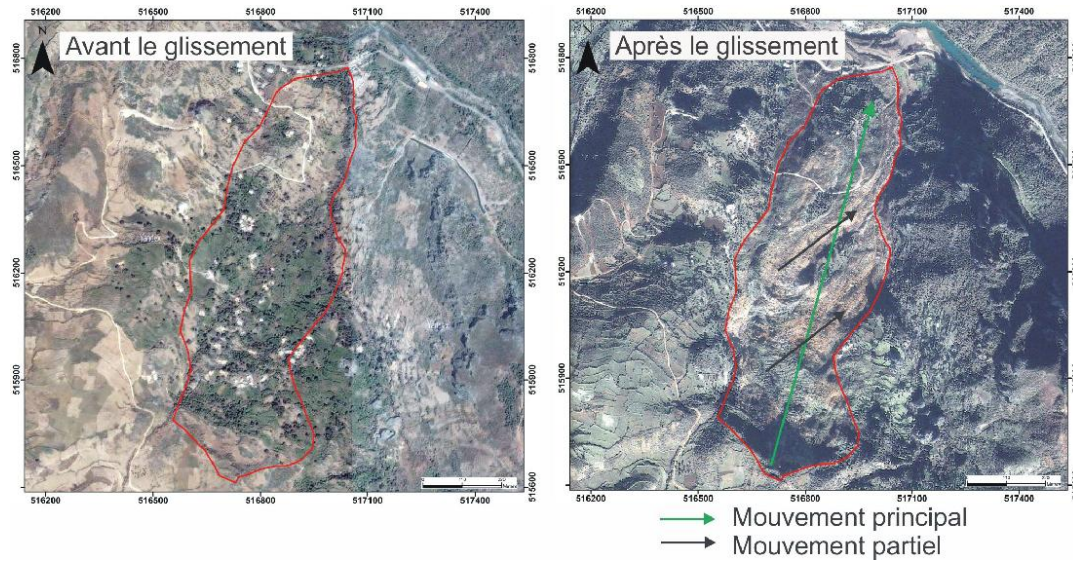


Fig. 6 - Etat initial (2005) et post-glissement (2014) du secteur étudié (source : Yandex et Google)
Fig. 6 - Initial state (2005) and post landslide state (2014) of study area (source: Yandex and Google).

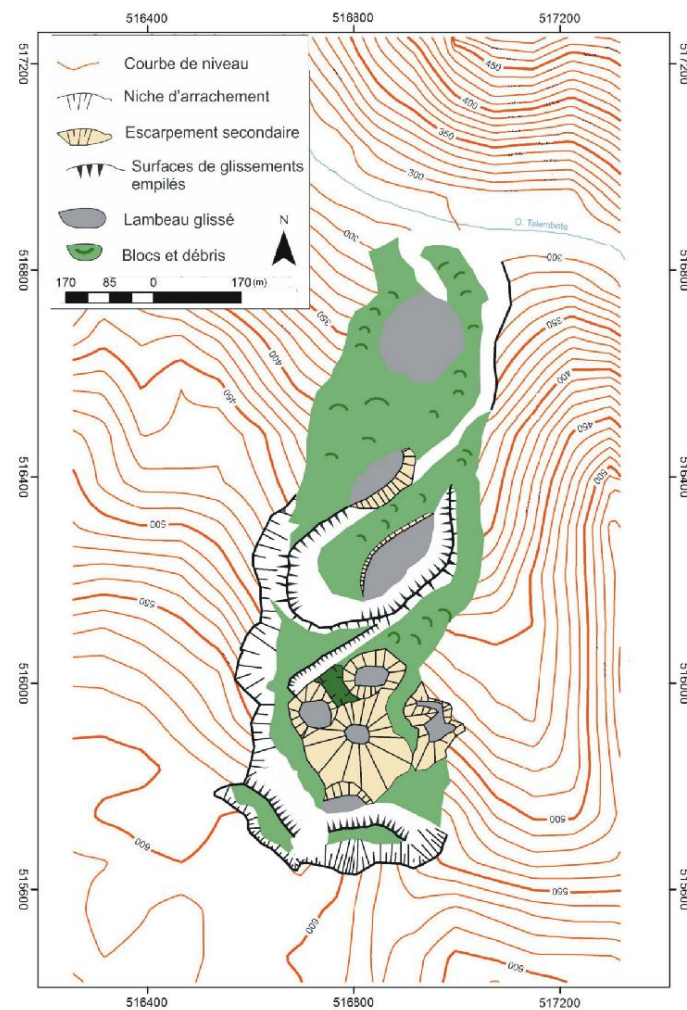


Fig. 7 - Morphologie du glissement d'Akchour.
Fig. 7 - Akchour landslide morphology.

Géologie du site d'Akchour

La géométrie des formations géologiques glissées est étudiée à travers une coupe géologique longitudinale (Fig.8C, D). Cette coupe de direction SSW-NNE traverse la zone de contact de la partie SSW de l'unité prédorsalienne et celle de Beni Hozmar. Cette zone de contact est une faille inverse subverticale de direction NW-SE (Carte géologique de Talembote Coupe CC'). Elle serait localisée au milieu de la zone de glissement. En effet, les formations de dolomies et calcaires massifs du Trias (formation tICB dans Fig. 8A ; Fig. 10) chevauchent les formations de grès micacés et d'argiles bruns et les marnes de l'Eocène (egPD).

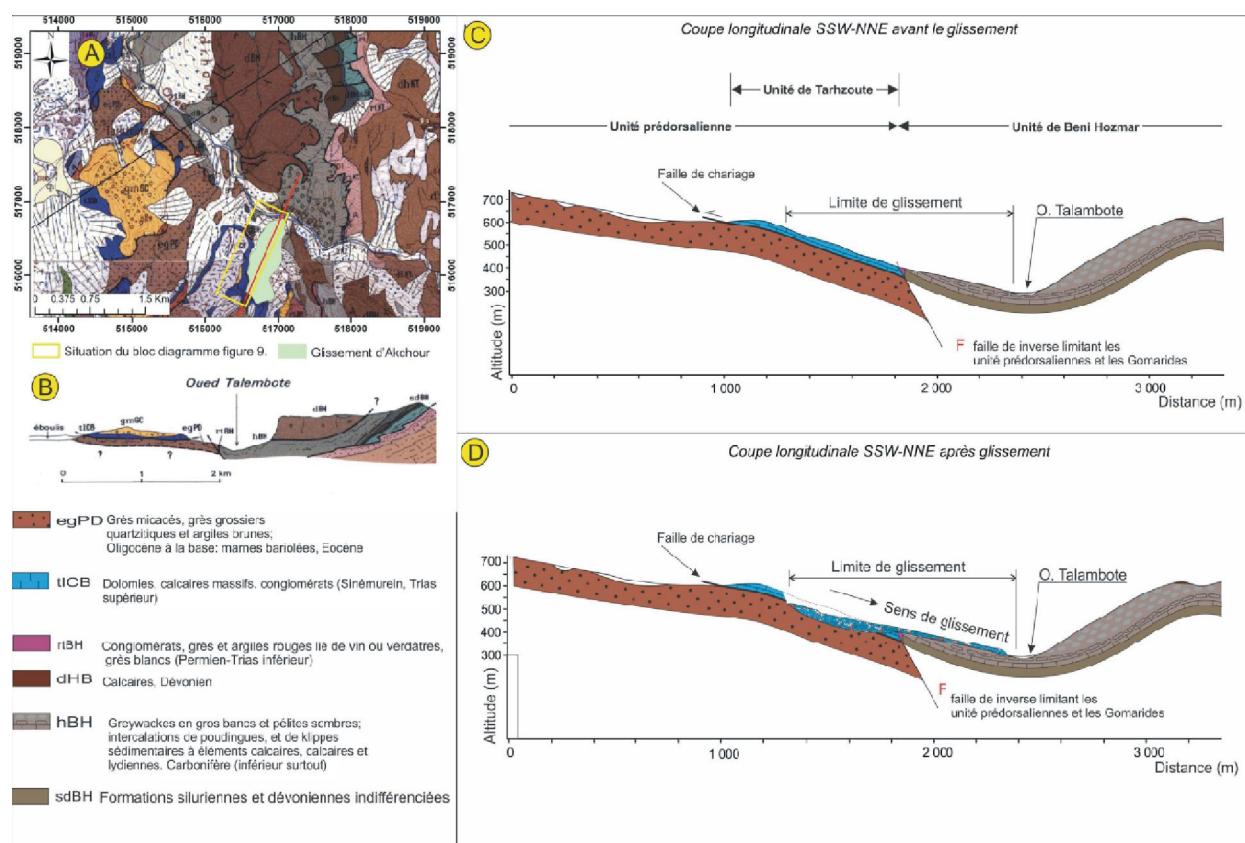


Fig. 8 - Situation des coupes géologiques sur la carte géologique de la zone 1/ 50000. 2) coupe géologique au NW du glissement. A et A', B et B' : coupes géologiques SSW-NNE et WNW-ESE, avant et après le glissement.

Fig. 8 - Location of the geological sections on the topographic map 1 / 50,000. 2) Geological cross-section at the NW of the slide. A and A', B and B': SSW-NNE and WNW-ESE, geological cross-sections before and after sliding.

Le glissement étudié est marqué par : une masse glissée qui présente des contre-pentes délimitées par de brusques ruptures de pente et des fissures dans la tête et les bourrelets de pied. Le glissement d'Akchour est constitué de plusieurs glissements rotationnels successifs remontant vers l'amont (PHILIPPONNAT & BERTRAND, 2008) formant ainsi un grand glissement complexe (Fig. 9).

Le corps du glissement est traversé par deux petits affluents de l'oued Talembote. L'affluent 2 (Fig. 10) a un écoulement superficiel pérenne tandis que l'affluent 1 a un écoulement superficiel saisonnier qui se manifeste en été par de petites sources. Cet affluent pouvait influencer le déclenchement du glissement puisqu'il peut causer des infiltrations d'eau au niveau des fissures de tension et de la niche d'arrachement qui sont sur son parcours.

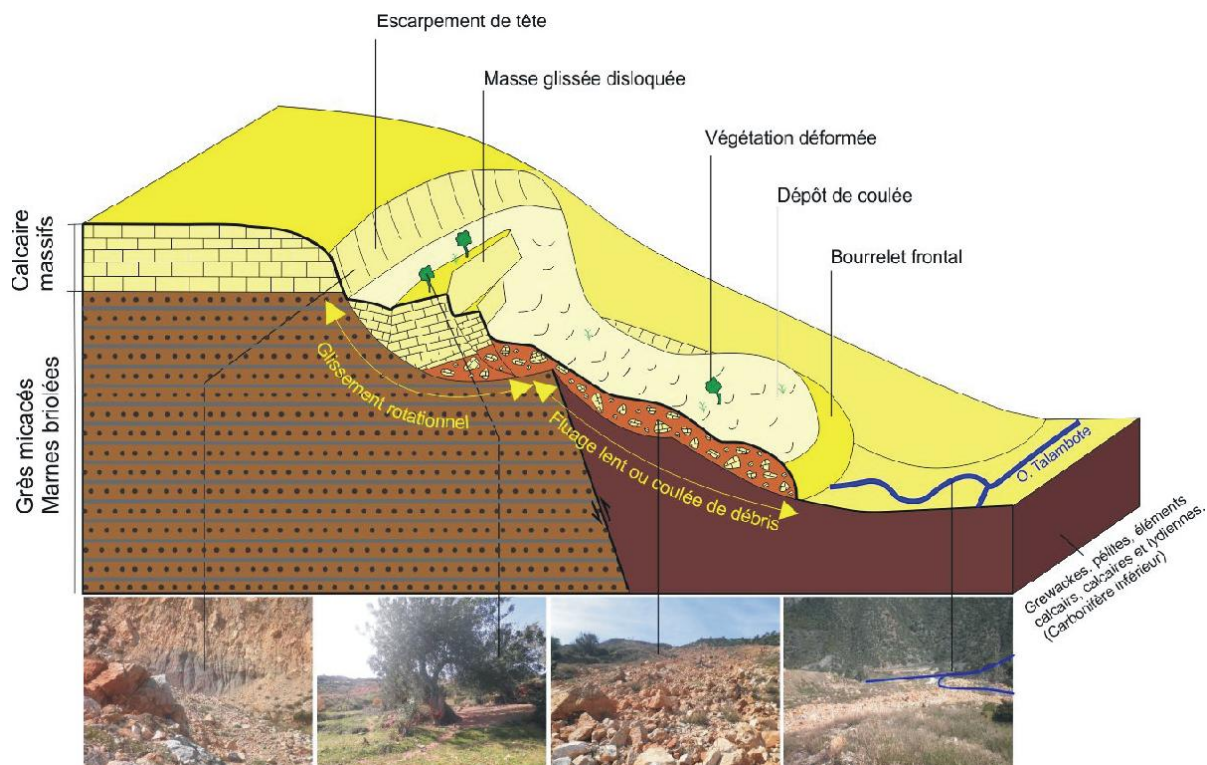


Fig. 9 - Bloc diagramme schématisant le glissement rotationnel des formations d'Akchour.

Fig. 9 - Block diagram illustrating the rotational slip of Akchour formations.

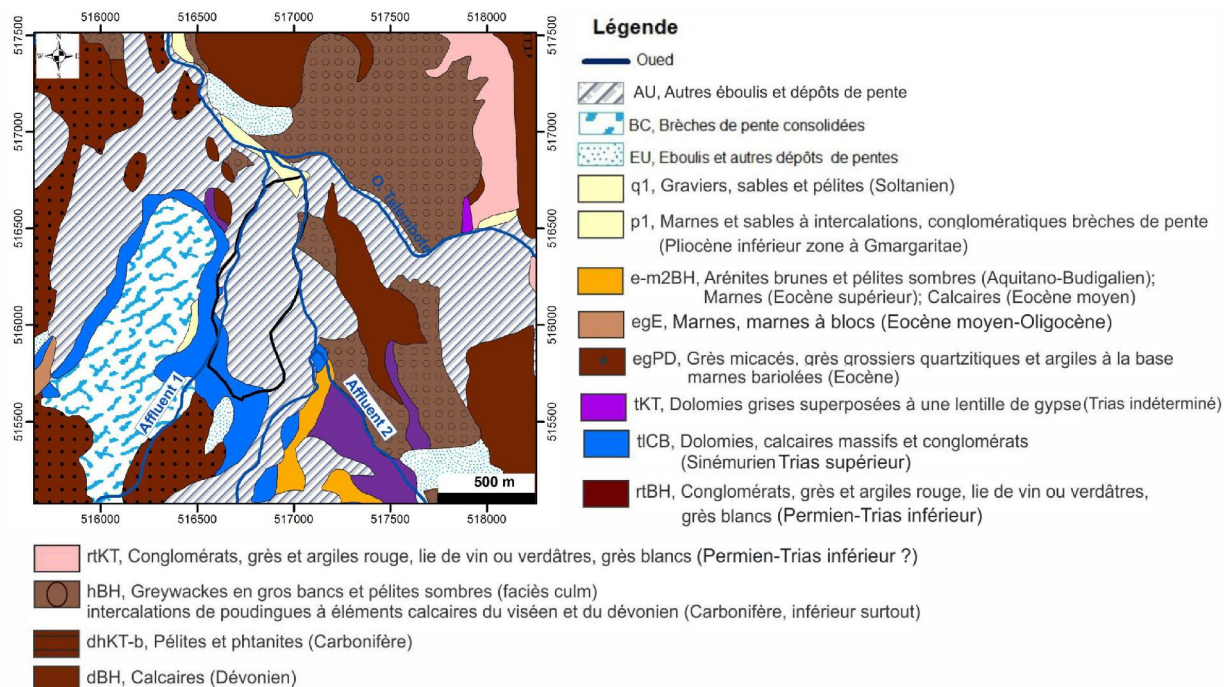


Fig. 10 - Carte géologique de la zone d'Akchour (Ministère de l'énergie et des mines, Service géologique du Maroc: cartes géologique de Talembote et Bab Taza au 1/50000).

Fig. 10 - Geological map of the Akchour area (Ministry of Energy and Mines, Geological Service of Morocco: 1/50000 Talembote and Bab Taza maps).

Minéralogie des niveaux argileux d'Akchour

L'échantillon P1 est prélevé dans les grès rouges éocènes de la zone basse du glissement sur le flanc d'affluent 2. L'analyse par diffraction de rayon X montre que cet échantillon est composé de quartz, muscovite, et de faibles quantités d'hématite et de dolomie (Fig. 11 -12). L'analyse de la fraction inférieure à 2 μ m, montre la dominance de la muscovite (pic à 10 A° invariable aux différents traitements) et un pic d'intensité faible à 7 A° qui correspond à des traces de kaolinite (disparition de la zone à 7A° après chauffage à 500°C), (Fig. 13).

Quant à l'échantillon P2 qui est prélevé dans une pélite grise silicatée, il contient les mêmes phases minérales que l'échantillon P1 avec une prédominance de la kaolinite sur la muscovite (Fig. 14).

Les échantillons P3 et P4 prélevés sur la surface de glissement située en amont montrent la présence de minéraux détritiques comme le quartz, la dolomie, et la calcite avec des minéraux argileux tels que la muscovite, et la chlorite (Fig. 15, tab. 3).

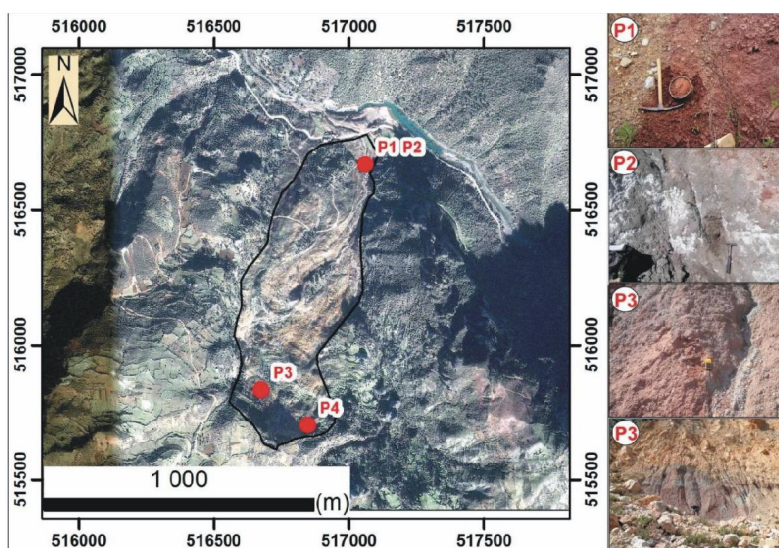


Fig. 11 - Localisation des échantillons sur le glissement de Taourart-Akchour (image satellite Google Earth).

Fig. 11 - Samples locations on the Taourart-Akchour landslide (Google Earth satellite image).

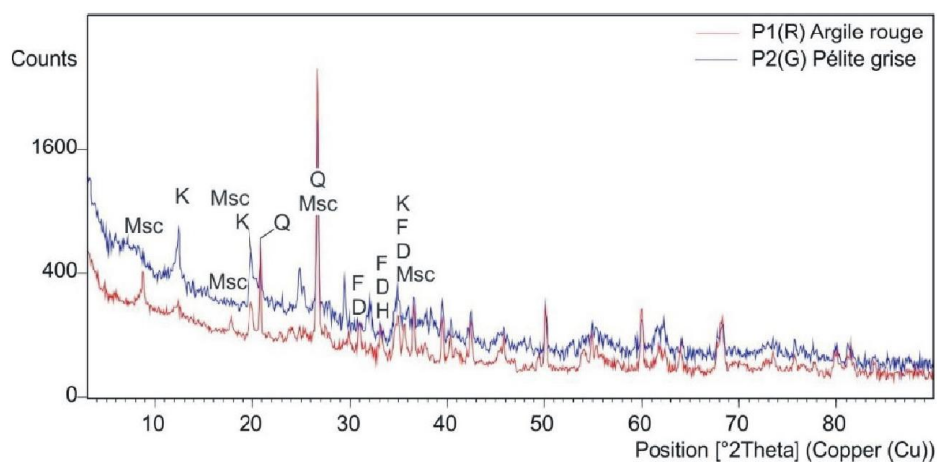


Fig. 12 - Diffractogramme sur poudre, échantillons P1(R) et P2(Gr). (D) Dolomite. (F) Ferroan. (H) Hématite. (K) Kaolinite. (Q) Quartz. (Msc) Muscovite.

Fig. 12 - Samples powder diffractogram, P1 (R) and P2 (Gr). (D) Dolomite. (F) Ferroan. (H) Hematite. (K) Kaolinite. (Q) Quartz. (Msc) Muscovite.

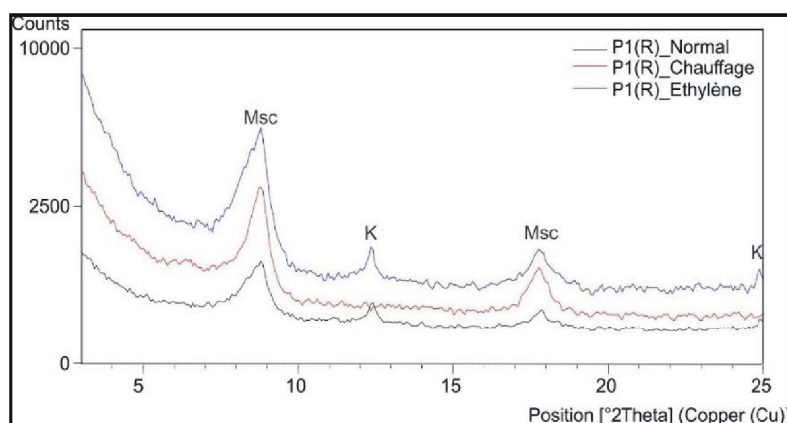


Fig. 13 - Diffractogramme sur agrégats orientés, échantillon P1(R). (K) Kaolinite. (Msc) Muscovite.

Fig. 13 - Diffractogram on oriented aggregates of sample P1 (R). (K) Kaolinite. (Msc) Muscovite.

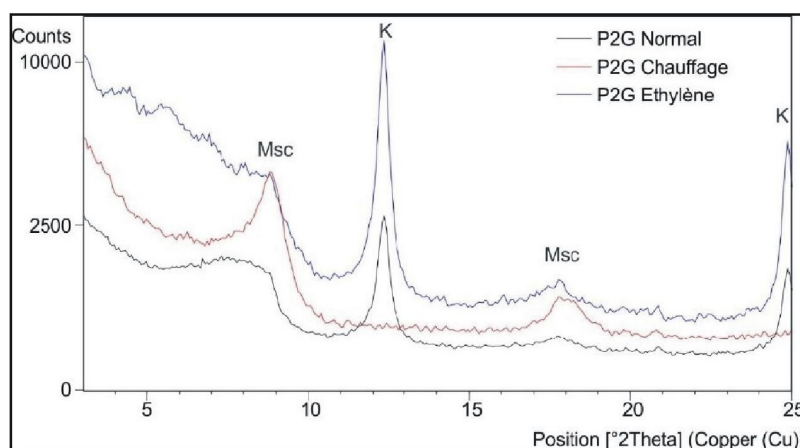


Fig. 14 - Diffractogramme sur agrégats orientés, échantillon P2(G). (K) Kaolinite. (Msc) Muscovite.

Fig. 14 - Diffractogram on oriented aggregates of sample P2 (G). (K) Kaolinite. (Msc) Muscovite.

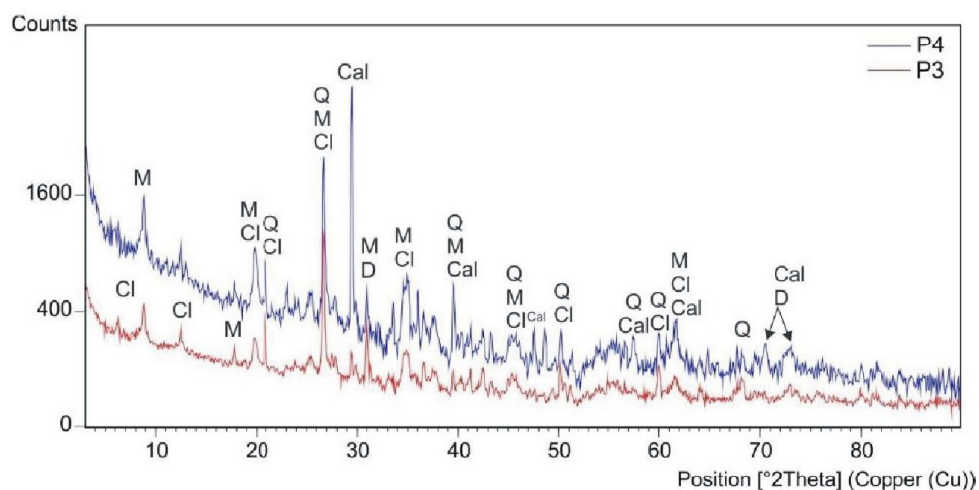


Fig. 15 - Diffractogrammes sur poudre, échantillons P3(R) et P4(R). (D) Dolomite. (Cal) Calcite. (Cl) Chlorite. (Q) Quartz. (M) Muscovite.

Fig. 15 - P3 (R) and P4 (R) powder diffractograms (D) Dolomite. (Cal) Calcite. (Cl) Chlorite. (Q) Quartz. (M) Muscovite

Tab. 3 - Composition minéralogique des argiles.
Tab. 3 - Mineralogical composition of clays.

Echantillon	Composition minéralogique					
	Kaolinite	Muscovite	Quartz	Dolomite	Calcite	Chlorite
P1 (R)	+	+	+	+	-	-
P2 (gr)	+	+	+	+	-	-
P3(rouge)	-	+	+	+	-	+
P4 (rouge)	-	+	+	+	+	+

DISCUSSION ET CONCLUSION

Le glissement d'Akchour est situé dans une zone à vocation touristique importante, sur deux pistes qui relient plusieurs douars au réseau routier principal. A part les dégâts matériels causés en 2010 suite au glissement (perte de maisons et de terrains agricoles), la destruction de ces deux pistes a paralysé l'activité socio-économique de cette zone. Toutefois, le danger de la réactivation du mouvement de masse est toujours persistant, surtout qu'aucune mesure de sécurité ou de stabilisation n'a été entreprise

Dans le cas du glissement étudié, l'utilisation de la méthode d'anaglyphe a permis de cartographier la structure du corps glissé et de comprendre la géométrie des éléments composant le glissement, surtout dans les zones inaccessibles. Ces éléments cartographiés ont été géologiquement identifiés sur terrain. Il s'agit des calcaires du Trias superposés aux argiles de l'Eocène.

Aussi, la localisation de la zone dans une région à précipitations importantes (1993 mm/an, station Chefchaouen. ABHL, 2012), et où les cours d'eau sont pérennes augmente les processus d'altération et la fragilisation des formations par le changement de leurs paramètres mécaniques sous l'effet des eaux d'infiltration et de ruissellement. Ajouté à cela, l'irrigation par système gravitaire des terrains affectés. En effet, l'infiltration des eaux en continu pendant la période sèche (période d'irrigation) serait probablement une des causes du glissement.

Il ressort de l'étude minéralogique, que les grès micacés sous-jacents présentent une minéralogie homogène composée de quartz, de dolomie, et de la calcite associée à des minéraux argileux tels que la kaolinite, la muscovite et la chlorite. En effet, la présence de chlorite et l'abondance de la précipitation semblent contrôler le déclenchement du glissement de terrain.

En perspective, nous envisageons approfondir cette étude en réalisant les essais géotechniques (sur place et au laboratoire), pour caractériser les formations glissées. Le changement de volume des formations argileuses (indice de gonflement) et les indices de plasticité, limite de liquidité permettront de confirmer le présent résultat et d'expliquer les différents éléments du glissement.

BIBLIOGRAPHIE

- ABHL (Agence du bassin hydraulique de Loukkos), 2012. Projet du plan directeur intégré des ressources en eau des bassins du Loukkos, du tangérois et côtiers méditerranéens, Rapport final, 184p.
- AVENARD J.M. 1965. L'érosion actuelle dans le bassin de Sebou, *INRA-Rabat.*, 114p.
- AZZOUZ O., EL FELLAH B. & CHALOUAN A. 2002. Processus de glissement dans le Massif de Bokoya (Rif interne, Maroc) : exemple de Cala Bonita. *Bulletin de l'Institut scientifique*, Rabat, section Sciences de la Terre., 24 : 33-40.
- CHERKAoui T.E. & EL HASSANI A. 2012. Seismicity and Seismic Hazard in Morocco: 1901-2010. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Terre., 34: 45-55.
- EL FELLAH B., AZZOUZ O. & ASSEBRIY L., 1996. Sikha Asfalou ; exemple de glissement de terrain littoral sur la côte méditerranéenne des Bokoya entre Torrès et Badis, Rif, Maroc. *ORSTOM*, réseau érosion., 16: 222-230.

- EL KHATTABI J. & CARLIER E., 2004. Tectonic and *hydrodynamic* control of landslides in the northern area of the Central Rif, Morocco. *Engineering Geology*, 71: 255-264.
- FALEH A. & SADIKI A., 2002. Glissement rotationnel de Dhar El Harrag : exemple d'instabilité de terrain dans Le Prérif central (Maroc). *Bulletin de l'Institut scientifique*, Rabat, section Sciences de la Terre, 24 : 41-48.
- FARES A., 1994 - Essai méthodologique de la cartographie des risques naturels liés aux mouvements de terrain. Application à l'aménagement de la ville de Taounate (Rif, Maroc). Dans Thèse de doctorat, Université de Franche Comté, 177p.
- FONSECA A. F. DE P. S. C., 2014. Large deep-seated landslides in the northern Rif Mountains (Northern Morocco): inventory and analysis. Thèse de doctorat, Lisboa. 195p.
- ISC, (International Seismological Centre) On-line Catalog. <http://www.isc.ac.uk/>.
- JENKS, GEORGE F., 1967. "The Data Model Concept in Statistical Mapping", *International Yearbook of Cartography*, 7: 186-190.
- KORNPROBST J. & WILDI W., 1975. Carte géologique du Rif : Talembot - Echelle 1/50 000. Service géologique du Maroc. Rabat, Maroc.
- MARGAA K., 1994. Essai de cartographie des risques naturels : application de l'aménagement de la région d'Al-Hoceima (Rif, Nord-Maroc), dans Thèse. Univ. Sci. Tech. Franche Comté, 174p.
- MASTERE M., 2011. La susceptibilité aux mouvements de terrain dans la province de Chefchaouen (Rif central, Maroc) : analyse spatiale, modélisation probabiliste multi-échelle et impact sur l'aménagement et l'urbanisme. Thèse, Université de Bretagne occidentale, 316 p.
- MAURER G., 1968. Les montagnes du Rif central. Étude géomorphologique. Thèse, Paris, 499 p.
- MICHARD A., SADDIKI O., CHALOUAN A & DE LAMOTTE DF., 2008. Continental evolution: the geology of Morocco. Structure, stratigraphy, and tectonics of the Africa-Atlantic- Mediterranean triple junction. Springer-Verlag, Lecture notes in earth science; Berlin, Heidelberg, 116:65-95.
- MILLIES-LACROIX C.A., 1968. Les glissements de terrain. Présentation d'une carte prévisionnelle des mouvements de masse dans le Rif (Maroc septentrional). *Mines et Géologie*, 27: 45-55.
- NEGRO F., SIGOYER J., DE GOFFE B., SADDIQI O & VILLA I M., 2008. "Tectonic Evolution of the Betic – Rif Arc : New Constraints from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Dating on White Micas in the Temsamane Units (External Rif, Northern Morocco). *LITHOS*, 106(1-2) : 93-109.
- PATEAU, M., 2014. De l'aléa au risque naturel : Cas de la région Tanger-Tétouan (Rif, Maroc). *Geo-Eco-Trop.*, 38: 23-31.
- PHILIPPONNAT G. & BERTRAND H., 2008. Fondations et ouvrages en terre, Chap. 7, Eyrolles, 547p.
- ROUAI M. & JAAIDI E.B., 2003. Scaling properties of landslides in the Rif Mountains of Morocco. *Engineering Geology*, 68: 353-359.

