

Syrine SLOULI¹
Ouadii EL AROUI²

DYNAMIQUES GÉOMORPHOLOGIQUES SUR LE VERSANT NORD DE JBEL EL GORRAA (TUNISIE DU NORD-OUEST) : RISQUES ET AMÉNAGEMENT

Résumé. Le versant nord de Jbel EL Gorraa est situé au Haut Tell septentrional. Il appartient administrativement à la délégation de Thibar du gouvernorat de Béja. Son contexte topographique et structural est particulier. Tout à fait à l'amont, le paysage est dominé par une corniche de quelques dizaines de mètres d'épaisseur, taillée entièrement dans les calcaires massifs de l'Eocène. Vers l'aval et sur plusieurs centaines de mètres d'étendue, la place est donnée plutôt aux marnes noires du Maestrichtien-Paléocène.

Ce contexte morphologique semble être très favorable à la dynamique géomorphologique qui a été exprimée sur le terrain par l'action de plusieurs mouvements de terrain. Les phénomènes repérés sont nombreux et se répartissent de l'amont vers l'aval dans des familles variées. Tout cela se fait sur un versant qui connaît actuellement une vulnérabilité accentuée suite à une présence humaine importante et une extension remarquable de la seule agglomération de la zone étudiée (Djebba). L'évolution a commencé depuis la moitié du dernier siècle et a été accompagnée par des mutations socioéconomiques profondes ayant énormément changé le mode de l'occupation du sol. Afin de préserver et assurer la pérennité des activités humaines sur ce versant et dans le but de veiller à la sécurité des visiteurs de la région qui sont de plus en plus nombreux, des travaux d'aménagement devront être entrepris dans l'urgence. L'objectif principal est de limiter les risques qui pourraient être engendrés par les mouvements de terrain, surtout ceux qui prennent naissance à l'amont de l'agglomération de Djebba.

Mots-clés : Haut-Tell Tunisien, Djebba, Jbel El Gorraa, mouvements de terrain, risque, aménagement

¹ Etudiante chercheuse en Géomorphologie et Environnement, Labo CGMED, FSHS Tunis, Université de Tunis, E-mail : sloulisyrine94@gmail.com.

² Géomorphologue et enseignant-chercheur, Labo CGMED, FSHS Tunis, Université de Tunis, E-mail : ouadiielaroui@gmail.com.

1. Introduction

La zone étudiée appartient au Haut Tell septentrional et elle s'étend sur le versant nord de Jbel El Gorraa. Elle est limitée du côté sud par les monts de TebourSouk et du côté nord par la plaine de Bousalem-Jendouba et elle appartient au bassin-versant de Oued Djebba, affluent principal de Oued Thibar (figure 1).

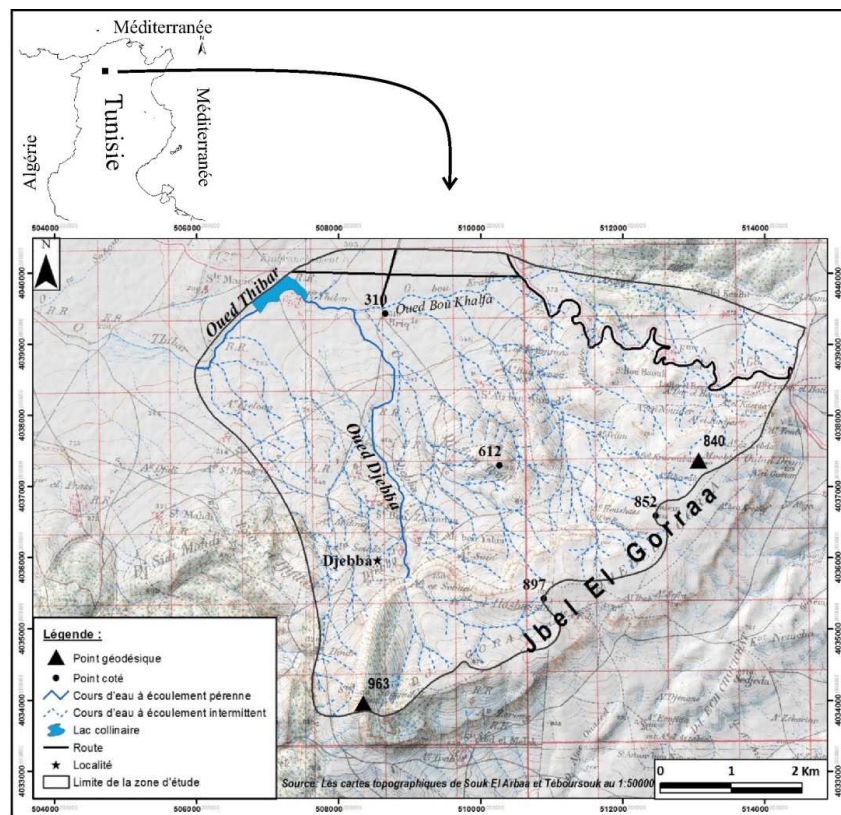


Figure 1. Carte de localisation

La topographie accidentée, la structure faillée, le contraste lithologique entre des roches dures fissurées et perméables et autres plastiques et imperméables, la densité du réseau hydrographique, la multiplication des sources d'eau et l'importance des précipitations ont fait du versant nord de Jbel El Gorraa un secteur très vulnérable à la dynamique

géomorphologique. Cette dernière s'exprime sur le terrain par une variété des modèles surtout ceux en rapport avec l'activité des mouvements de terrain. Certains de ces modèles sont hérités, probablement, depuis les périodes humides du Quaternaire, d'autres sont plus récents et témoignent d'une dynamique active. Malgré que le contexte géomorphologique de la zone étudiée annonce une dynamique d'instabilité générale, mais ceci n'a jamais empêché l'Homme de s'installer. Les premières traces de son occupation remontent à l'antiquité, cependant sa pression sur le milieu naturel n'a commencé à être remarquable qu'à partir de la deuxième moitié du dernier siècle.

Ceci a été exprimé sur le terrain par l'extension de l'agglomération de Djebba, par des changements profonds dans l'utilisation du sol et par une fréquentation des touristes de plus en plus importante.

Cette étude vise donc l'étude détaillée de toutes les formes d'instabilités repérées sur le versant afin de comprendre les mécanismes et les processus de leurs développements. Par la suite, nous tenterons de proposer les solutions d'aménagement nécessaires afin de limiter les effets de cette dynamique, surtout du côté amont de l'agglomération de Djebba. Nous le ferons grâce aux observations du terrain, les recherches bibliographiques, l'examen des différents documents cartographiques et photographiques de différentes dates et le recours aux entretiens directs entrepris auprès d'un échantillon de la population locale.

Trois parties feront l'objet de cette étude. La première mettra l'accent sur les caractéristiques du milieu naturel. La deuxième étudiera les processus de la dynamique géomorphologique. La troisième s'intéressera à l'étude de la vulnérabilité du milieu, l'accentuation du risque et les aménagements proposés.

2. Des caractéristiques du milieu naturel favorables aux dynamiques géomorphologiques

2.1. Une topographie irrégulière et des pentes souvent raides

Sur la section amont de la zone étudiée, le paysage donne lieu à une paroi rocheuse culminant à 963 m et d'une épaisseur d'environ 80 m. cette

paroi s'étend du sud-ouest vers le nord-est sur une distance de plusieurs kilomètres. Au pied de laquelle, le paysage change et donne naissance à une topographie plus ou moins irrégulière où se succèdent des sections de pentes raides et d'autres d'inclinaison moins importante (figure 2). Ceci se poursuit sur quelques kilomètres jusqu'à atteindre la plaine de Thibar située à 300 m d'altitude.

D'une façon générale, les pentes dans la zone étudiée sont variées et passent rapidement de quelques degrés d'inclinaisons à plus de 50°. Le plus souvent, nous distinguons deux alignements de pentes raides : le premier est celui qui caractérise la paroi rocheuse située tout à fait à l'amont du versant. Le deuxième est rencontré vers 500 à 600 m d'altitude et correspond généralement aux bordures externes des pans de calcaires détachés et glissés depuis la paroi principale (figure 3). En dehors de ces deux sections les pentes sont moins accentuées mais elles gardent toujours leurs aspects irréguliers et donnent naissance à plusieurs replats séparés souvent par des talus de pentes raides.

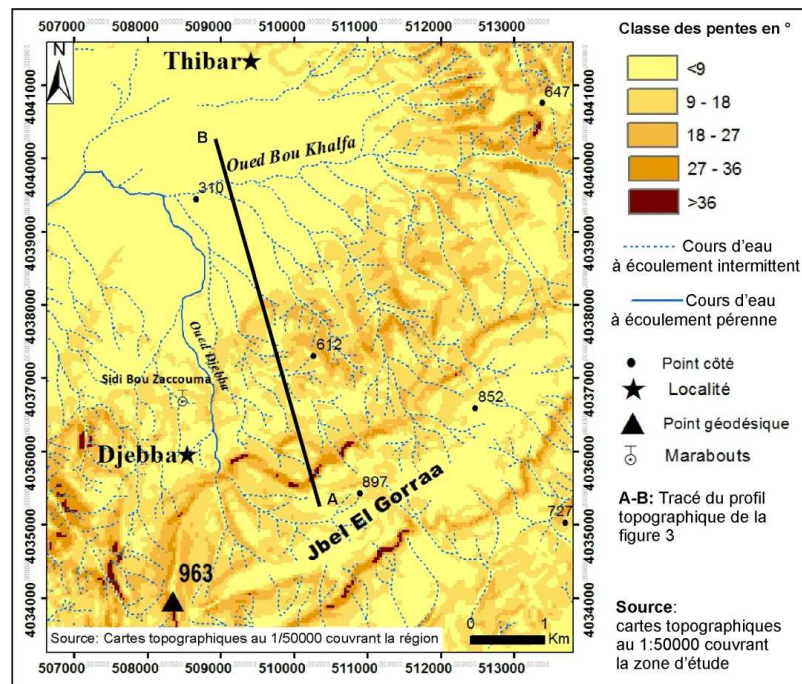


Figure 2. Carte des pentes

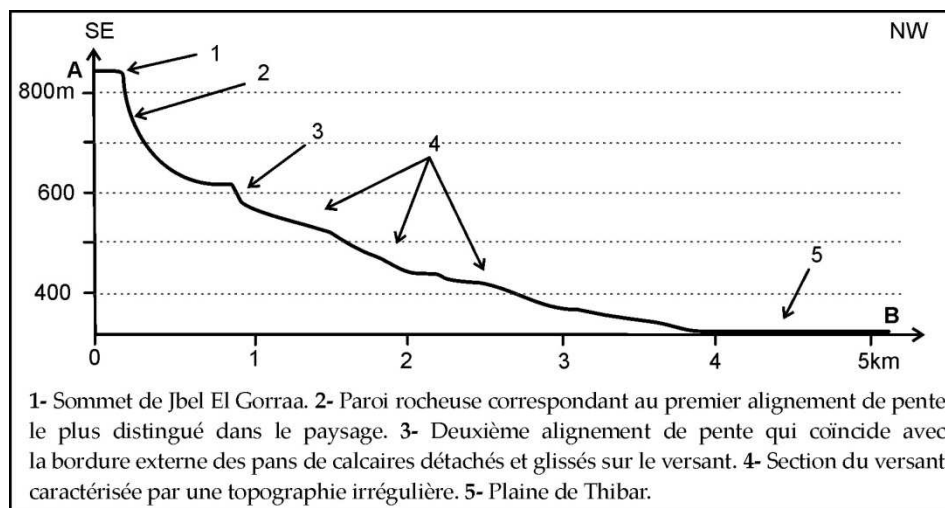


Figure 3. Profil topographique le long du versant nord de Jbel El Gorraa

2.2. Le rôle des caractéristiques lithologiques et structurales

L'essentiel du secteur d'étude est dégagé dans un binôme de roche dure de type calcaires d'âge Eocène inférieur (Formation *Métlaoui*) qui repose directement sur une épaisse assise marneuse d'âge Crétacé supérieur-Paléocène (formation *El Haria*) (figure 4a et 4b). Ce contraste lithologique entre roche dure perméable en amont et roche tendre imperméable en aval a donné lieu à plusieurs sources d'eau qui avaient un rôle considérable, surtout pendant les années humides, à l'accélération de la dynamique géomorphologique.

Cette dynamique trouve ses origines également dans les multiples diaclases et fissures caractérisant la paroi calcaire (figure 4b). Elle l'est aussi grâce à un réseau de faille très dense qui commande en grande partie le détachement et l'écroulement des gros blocs de calcaires, un point sur lequel nous reviendrons dans les parties suivantes de ce travail.

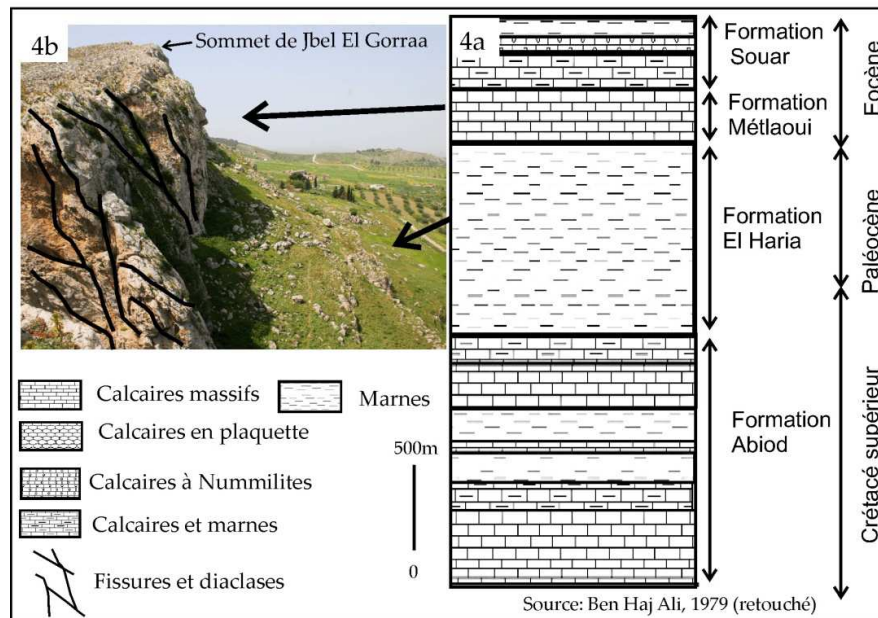


Figure 4. Colonne stratigraphique de Jbel El Gorraa (a); Réseau de fissures et de diaclases caractérisant le front de la paroi rocheuse de Jbel El Gorraa (b)

2.3. Le rôle des précipitations

La zone d'étude appartient à l'étage bioclimatique subhumide à hiver doux et été chaud. Elle reçoit une pluviométrie moyenne annuelle d'environ 563 mm³. Cette moyenne varie entre une année et autre (figure 5). Par exemple, pendant l'année hydrologique 2002-2003, la zone d'étude a enregistré 849 mm. Alors que pendant l'année 2019-2020, elle n'a reçu que 365 mm. A noter aussi que sur le versant nord de Jbel El Gorraa, l'hiver est la saison la plus arrosée, il reçoit en moyenne 223 mm dont plus que 1/3 tombe pendant le mois de janvier. D'où, l'accélération des dynamiques géomorphologiques en ce moment de l'année.

³ La zone étudiée n'est pas équipée d'une station météorologique qui pourrait nous fournir des données sur les quantités de pluies. Afin de contourner ce problème, nous nous sommes basés sur les données qui proviennent de la station la plus proche, celle de Thibar qui se situe à environ 5 Km du secteur d'étude. Les données recueillies couvrent une période qui s'étend de 2000 jusqu'à 2023.

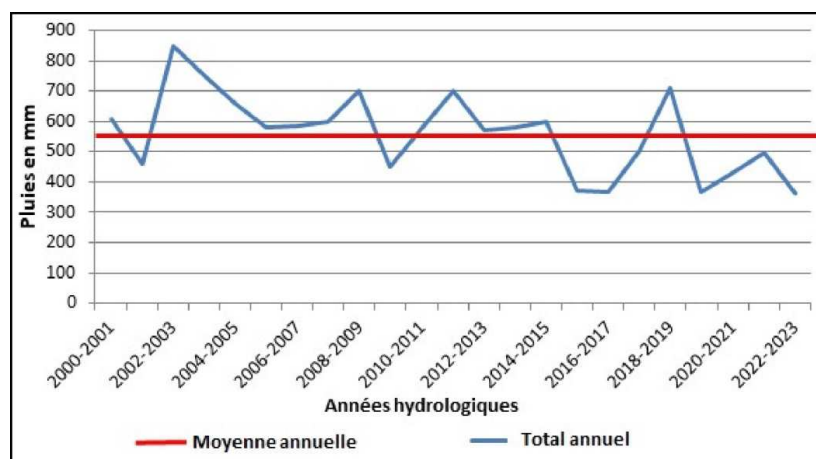


Figure 5. Variabilité annuelle des pluies en mm dans la station de Thibar pour la période qui s'étend de 2000 à 2023 (Source: DGRE)

En plus de la pluie, la fonte des eaux de la neige qui survient parfois sur le sommet d'El Gorraa, participe aussi à l'imbibition des affleurements marneux et par conséquent à l'accélération de la dynamique géomorphologique. Le nombre moyen des jours de neige par an varie aussi d'une année à l'autre. Dans la station la plus proche, celle de Thibar située à 350 m d'altitude, il est entre 2 et 4 jours (Bousnina, 1984). Cependant, sur le sommet d'El Gorraa et sous l'effet de l'altitude, le nombre de jour de neige soit plus important. Par exemple le 31 janvier 1999, la région a enneigé pendant 3 jours consécutifs (Abaza, 2013). La deuxième semaine du mois de février de l'année 2012 a connu également la précipitation des quantités considérables de la neige. D'ailleurs, l'épaisseur du manteau neigeux a dépassé, selon le témoignage de quelques habitants de la région, 20 cm par endroit.

2.4. Un couvert végétal naturel fortement dégradé

Malgré que les conditions bioclimatiques dans la zone étudiée soient en faveur du maintien d'une végétation relativement dense et riche, mais sur le terrain la réalité est totalement différente. En effet, le couvert végétal naturel est souvent dans un état de dégradation avancé. Il est

rencontré essentiellement à l'amont de la zone étudiée, particulièrement au niveau de la paroi rocheuse ou immédiatement à son contrebas. Le reste du versant est presque totalement dénudé (Abaza, 2013). En se basant sur les travaux de ce dernier et sur nos observations du terrain réalisées en 2022, trois types de formations végétales caractérisant le versant nord de Jbel El Gorraa ont été distingués:

- * **Un erme clair à asphodèle et dys** qui occupe le sommet de Jbel El Gorraa et les pointes de la paroi rocheuse. Il représente déjà le stade ultime de la dégradation de la forêt méditerranéenne. Ceci s'explique surtout par l'effet du surpâturage bovin.
- * **Un matorral moyen à cyprès assez dense** (*Cupressus sempervirens*) issu des actions de reboisement. Il occupe les éboulis situés directement au pied de la paroi rocheuse.
- * **Une végétation ripicole** riche et assez couvrante dominée par le freine à feuilles étroites (*Fraxinus angustifolia*) qui s'observent le long des cours d'eau et à proximité des sources d'eau. La fréquentation humaine et animale a également favorisé dans ce site la prolifération de plusieurs espèces nitrophiles et rudérales⁴ (figure 6).

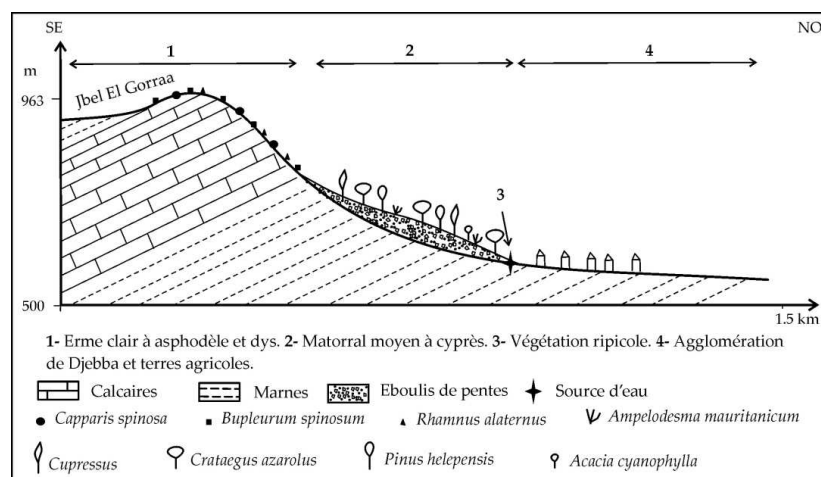


Figure 6. Aperçu sur la distribution de la végétation en 2022 sur le versant nord de Jbel El Gorraa en amont de l'agglomération de Djebba

⁴ Les auteurs remercient le Pr. Khaled Abaza qui a accepté de réviser cette partie en rapport avec les caractéristiques du couvert végétal.

3. La dynamique géomorphologique : une place prépondérante aux mouvements de terrain

Les caractéristiques du milieu naturel examinées dans la partie précédente font du versant nord de Jbel El Gorraa un terrain fortement vulnérable aux dynamiques géomorphologiques. Celles en rapport avec les mouvements de terrain sont les mieux représentées et se distinguent souvent par le processus de leurs détachements, les mécanismes de leurs évolutions et par les formes qui y génèrent. Ces mouvements s'organisent dans la zone étudiée de l'amont vers l'aval dans des familles bien distinguées : tout à fait à l'amont, au dépend de la paroi rocheuse, des mouvements de déplacement brusque à instantané. D'autres sont beaucoup moins rapide et s'expriment également sur la même paroi par le détachement et le basculement de gros blocs de calcaires. Vers l'aval, sur les affleurements marneux sous-jacents, la place est plutôt donnée aux mouvements appartenant à la famille de solifluxion.

3.1. Depuis la paroi rocheuse

3.1.1. Des déplacements brusques à instantanés

Ces mouvements sont dus à des déplacements rapides sur de courtes distances avec une importante composante verticale et qui se produisent en roche cohérente principalement sous l'effet de la gravité (Karray, 2010). Le type le plus rencontré est celui en rapport avec la chute de pierres. Valadas en 2004 le définit comme étant un déplacement individuel des blocs ou des morceaux de roches, de tailles décimétriques, détachés de la paroi. Au moment de la chute, ces blocs se fractionnent et se stabilisent pour former des accumulations que l'on désigne par le terme d'éboulis.

Ils sont rencontrés dans la zone étudiée essentiellement au contrebas de la paroi rocheuse principale et quelquefois au pied des fronts de pans de calcaires détachés et glissés depuis l'amont. Les matériaux chutés proviennent du démantèlement des calcaires diaclasés et fissurés et sont souvent de tailles variées allant de simples fragments

aux énormes masses rocheuses. Dans le cas où le matériel libéré est considérable, alors des formes bien particulières prennent naissance juste au pied de la paroi rocheuse. Nous en citons à titre d'exemple les cônes et les tabliers d'éboulis (figure 7).

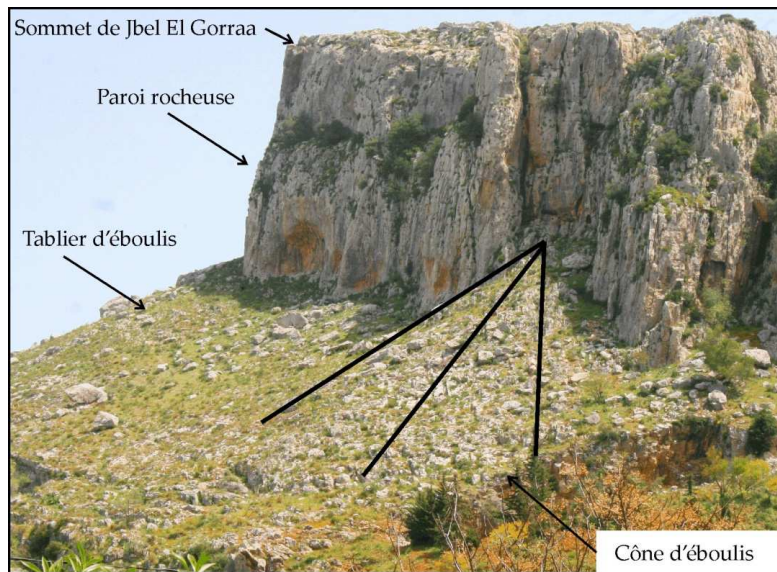


Figure 7. Tablier et cône d'éboulis au pied de la paroi rocheuse principale (mars 2022)

Les travaux de terrain nous ont permis aussi d'identifier plusieurs générations d'éboulis superposées, situées immédiatement en contrebas de la paroi rocheuse. De telles formes ne pourront que témoigner de l'importance et de l'ancienneté de la dynamique en rapport avec les déplacements brusques et instantanés sur le versant nord de Jbel El Gorraa. Ces différentes générations d'éboulis donnent naissance à une couverture colluviale occupant une position intermédiaire entre les pentes raides de la paroi rocheuse et les pentes irrégulières des affleurements marneux. Elle représente de ce fait un véritable réservoir d'eau qui alimente les sources situées plus en aval. En Tunisie, de tels dépôts sont rencontrés pour l'essentiel aux pieds des principaux reliefs et leurs mises en place sont renvoyées souvent aux périodes humides du Quaternaire (Karray, 1977 et 2010 ; Bourgou, 1993 ; Jendoubi, 2003 ; Ben Ghazi, 2009 et El Aroui, 2018).

3.1.2. Détachements, basculements et déplacements de gros pans de calcaires

Depuis le front de la paroi rocheuse, des pans de calcaires de quelques mètres de longueurs et d'autant pour la largeur se détachent, basculent, glissent et/ou s'écroulent. Ces blocs profitent d'un réseau dense de failles et de diaclases qui facilitent leurs détachements et du coup leurs basculements du côté aval du versant. Les affleurements marneux sous-jacents semblent aussi avoir un rôle important dans cette dynamique. Au moment des pluies, les eaux infiltrées depuis la roche calcaire imbibent la partie superficielle des affleurements marneux sous-jacents ce qui donne naissance à une surface glissante appelée aussi une « couche savon ». Au dépend de cette dernière, les blocs détachés se déplacent et glissent sur l'ensemble du versant. D'une façon générale, deux modes d'évolution sont dégagés :

➤ Si le degré de basculement du pan détaché dépasse le seuil de sa capacité à se maintenir à la verticalité, il finira par s'écrouler pour donner, sur le versant, des amas de blocs de différentes tailles rappelant ainsi les formes liées aux éboulements ou aux traînées de blocs (figure 8).

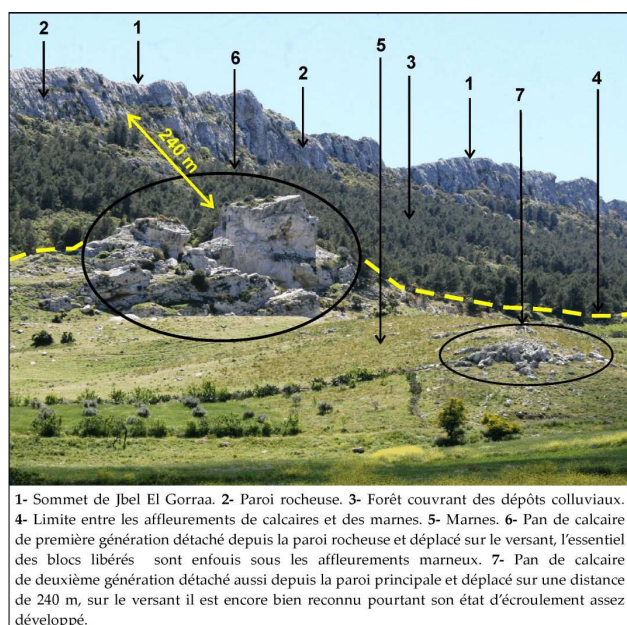


Figure 8. Des états d'écroulement différents caractérisant quelques pans de calcaire sur le versant nord de Jbel El Gorraa (mars 2022)

➤ Si le pan se détache et glisse au dépend d'une surface de rupture rotationnelle, il s'échappe donc à l'éroulement et donne naissance à un replat précédé par une légère concavité. Le tout est devancé par une corniche qui donne naissance à un front secondaire d'éboulis (figure 9). Sur le terrain, la succession de plusieurs pans glissés donne au versant son aspect en gradin, un paysage bien reconnu surtout autour de l'agglomération de Djebba.

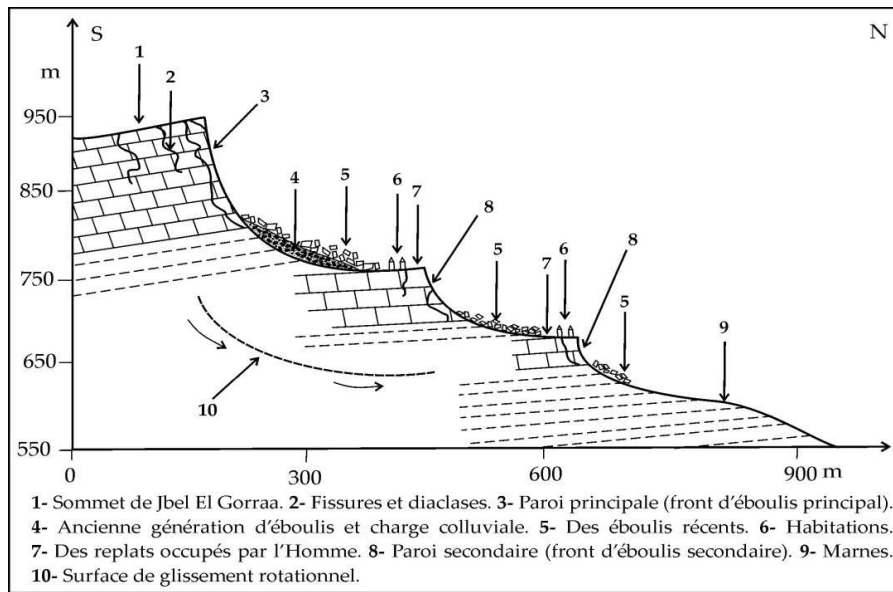


Figure 9. Exemple des pans de calcaires évoluant par glissement rotationnel et donnant au versant son aspect en gradin (situation en 2022)

3.2. Sur les affleurements marneux: des mouvements appartenant essentiellement à la famille de la solifluxion

En dehors des affleurements rocheux, le paysage change et donne naissance à des pentes moyennes à douces taillées entièrement dans des affleurements marneux de la formation « *El Haria* ». Les principaux types de mouvements repérés ici appartiennent à la famille de la solifluxion. Il s'agit des mouvements du sol, souvent lent, et qui sont liés au franchissement des marnes de leurs limites de liquidité ou de plasticité.

Les observations du terrain nous ont permis de repérer essentiellement des phénomènes en rapport avec une solifluxion pelliculaire. Il s'agit d'un ensemble des mouvements superficiels qui se manifestent sur le terrain par des mouvements d'arrachements et d'autres de décollements touchant principalement les horizons les plus superficiels du sol. Ces phénomènes sont sporadiques et seront rapidement corrigés avec le premier labour qui sera effectué par le propriétaire de la parcelle agricole. Par ailleurs, la situation évolue autrement si le mouvement touche des horizons situés plus en profondeur. Ceci nous l'avons constaté surtout pendant les années humides où des formes particulières apparaissent à l'image des coulées ou des loupes de solifluxion (figure 10). Ces dernières se manifestent sur le versant par la succession des petits bossellements séparés par des creux désignés par Bonvallot (1984) comme étant des mares ou « *mejens* ». Ces derniers retiennent l'eau et portent souvent une végétation hydrophile indiquant la permanence de l'humidité. Dans le cas où ces loupes se multiplient, elles accordent donc au versant son aspect boursouflé et irrégulier (figure 11).

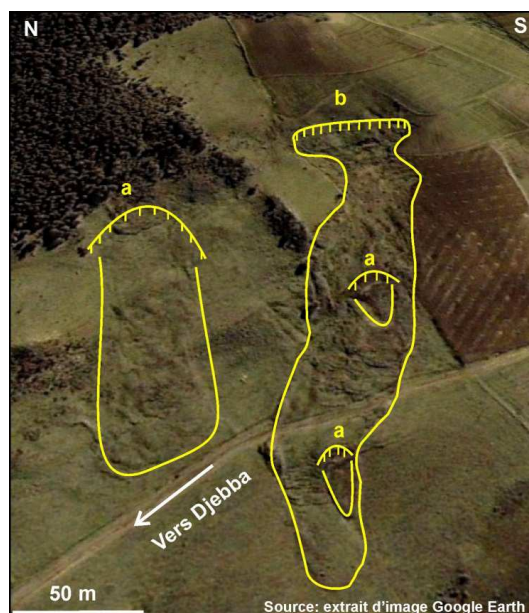


Figure 10. Loupes de glissement (a) et coulée boueuse (b) affectant les affleurements marneux du versant nord de Jbel El Gorraa en 2019

Notons enfin que ces mouvements sont à l'origine de l'acheminement et de la distribution des blocs de calcaires sur l'ensemble du versant. En fait, les éboulis qui atterrissent sur les marnes, au pied de la paroi, seront rapidement repris dans un mouvement de type solifluxion. Déjà, certains de ces blocs se trouvent aujourd'hui à une distance de plusieurs centaines de mètres par rapport au lieu de leurs chute (figure 11).

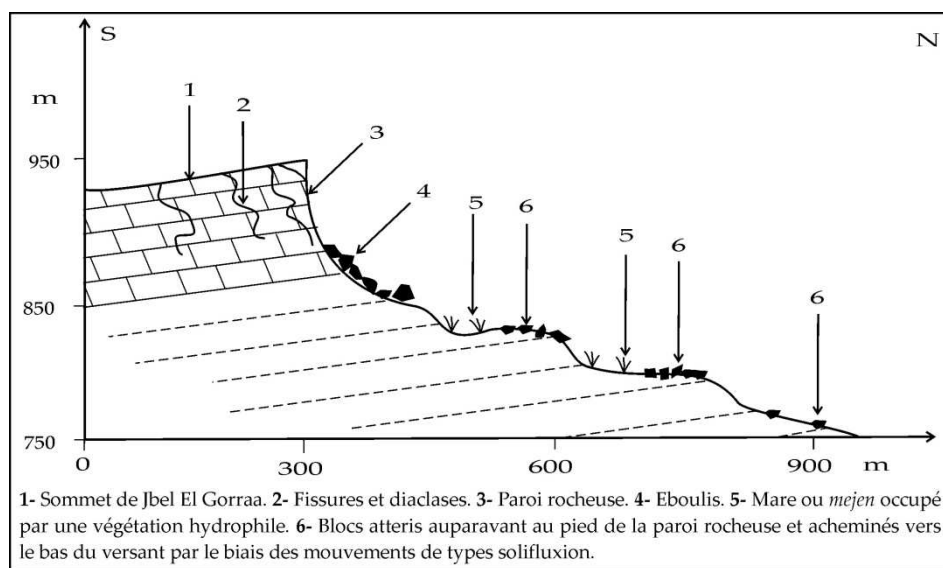


Figure 11. Succession de bosses et de creux sur les affleurements marneux de Jbel El Gorraa (situation en 2022)

4. Risque accentué et opérations d'aménagement requises sur le versant nord de Jbel El Gorraa

Au cours de cette partie, l'accent sera mis sur l'analyse des facteurs qui ont été à l'origine de l'accentuation de la vulnérabilité de la zone étudiée aux mouvements de terrain et à l'identification des secteurs les plus exposés à de tel risque. Nous nous intéressons aussi à proposer certaines techniques d'aménagement qui pourraient limiter le risque auquel est exposé l'Homme.

4.1. Comprendre le risque mouvements de terrain dans la zone étudiée

4.1.1. Présentation des facteurs de vulnérabilité du milieu

Les facteurs qui sont à l'origine de l'accentuation de la vulnérabilité du milieu sur le versant nord de Jbel El Gorraa sont tous en rapport avec l'Homme et ses activités. Nous pensons particulièrement à l'intensification de la présence humaine, à l'évolution de l'occupation du sol et à une fréquentation touristique de plus en plus importante.

4.1.1.1. Une présence humaine ancienne qui n'a pas cessé de s'intensifier

Djebba a été très tôt occupé par l'Homme, son ancien nom pendant l'époque antique était *Thigibba Bure* (Ben Younes, 1990 et 1992). Dans une époque plus récente, elle a attiré aussi les colons marianistes de *Thibaris* (Thibar actuellement, situé à quelques km de Djebba) qui ont pratiqué la culture et l'élevage et ont également exploité les mines de plomb de Djebba (Lapeyre, 1936). Mais, c'est à partir du 19^{ème} siècle que la présence humaine a commencé à être considérable. Ceci coïncide avec l'instauration de la colonisation française et aussi à la création du domaine agricole de Saint Joseph de Thibar par la confrérie religieuse catholique des Pères Blancs. Ces derniers ont pratiqué l'élevage et ont exploité les terres fertiles situées sur le versant de la zone étudiée.

Le dernier recensement effectué en 2014 par l'Institut National de la Statistique a évalué la population de la zone étudiée à 3780 habitants répartis sur 982 ménages. Ce qui donne une densité relativement importante qui atteint 115 habitants/km².

La croissance du nombre de la population a été accompagnée sans doute par l'extension de l'espace bâti. Le problème se pose surtout pour les nouvelles habitations construites immédiatement au pied de la paroi rocheuse, et s'exposant donc au risque immédiat d'éboulis et de chutes de pierres (figure 12).

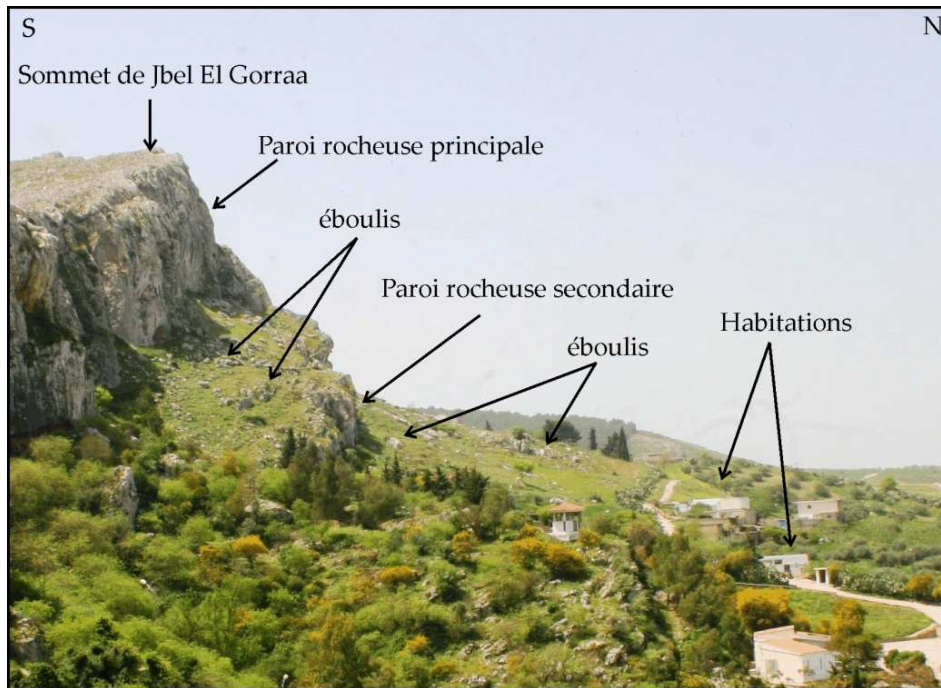


Figure 12. Sur le risque engendré par les éboulis à l'amont de l'agglomération de Djebba (situation en 2022)

La situation demeure encore inquiétante avec l'identification sur la paroi rocheuse de plusieurs cicatrices qui dénotent un départ probable de gros blocs de calcaires. Certains de ces derniers, sont déjà disloqués de la paroi et d'autres sont basculés du côté des habitations. Quelle sera donc la situation, si l'un de ces blocs se détache entièrement de la paroi, s'écroule et s'effondre sur les habitations situées dans la trajectoire directe de la chute des pierres ? Ne s'agit-il pas en fait de l'un des éléments qui a accentué la vulnérabilité du milieu à l'action des mouvements de terrain ?

4.1.1.2. Evolution de l'occupation du sol

L'examen des documents cartographiques et photographiques de différentes dates ont permis de montrer à quel point la zone étudiée a connu des mutations au niveau de l'exploitation du sol. L'agriculture reste de loin l'activité la plus prépondérante, elle s'est manifestée lors de ces dernières années par une extension importante des espaces cultivés malgré que

l'essentiel des pratiques culturelles se font d'une façon traditionnelle et le plus souvent sont assurées par la main d'œuvre familiale. La population locale a réussi en fait à façonner un paysage jardinatoire original de type «huerta» dans lequel la superficie moyenne des parcelles exploitées ne dépassent pas 2 ha et associent souvent l'arboriculture et la culture maraîchère (Abaza, 2021). Selon le même auteur, le figuier est l'arbre le plus répandu dans la zone étudiée, il occupe une superficie d'environ 500 ha. En 2012, la figue de Djebba a reçu l'appellation d'origine contrôlée «AOC» par le ministre de l'agriculture. Sa commercialisation a commencé en 2014 avec l'appui du projet PAMPAT (Projet d'accès aux marchés des produits Agroalimentaire et de territoire).

Grâce au savoir-faire paysanne, les systèmes agricoles de Djebba ont été reconnus en juin 2020 comme systèmes ingénieux du patrimoine agricole mondiale « SPAM » (Tounsi *et al.*, 2020). Même si ce savoir-faire agricole prouve une adaptation remarquable de la population avec les conditions naturelles existantes, cependant l'Homme a, par certaines de ses pratiques irresponsables, participé à la fragilisation du milieu naturel et par conséquent à l'accentuation de la vulnérabilité aux mouvements de terrain. Ceci nous l'avons pu déterminer directement sur le terrain par les faits suivants :

- L'extension des terres agricoles aux dépens des secteurs jadis considérés par la population locale comme étant des terrains exposés au risque d'éboulis et d'éboulement.
- L'exploitation excessive des terres agricoles et les labours multiples, surtout ceux appliqués sur les terrains occupant les pentes les plus accentuées, ont participé à l'augmentation des taux d'infiltration. Ceci va accélérer les processus conduisant particulièrement à l'accentuation des phénomènes de solifluxion.
- L'activité du pâturage a aussi participé à l'accélération de l'activité des mouvements de terrain par l'action de dégradation qu'elle effectue sur le couvert végétal.

4.1.1.3. Un terrain de plus en plus fréquenté

Lors de ces dernières années, le versant nord de Jbel El Gorraa devient l'un des sites les plus visités dans le Nord-ouest tunisien. C'est surtout pendant les weekends et les vacances scolaires que des milliers de

visiteurs venaient découvrir dans la région, la singularité du paysage et sa beauté. L'un des points les plus recherchés dans la région est le parc de loisir de Djebba, aménagé juste en contrebas de la paroi rocheuse (figure 13). C'est le lieu qui permettra aux visiteurs de prendre les escaliers menant au sommet de Jbel El Gorraa. Ceci est l'un des points qui nous a attiré l'attention quant au risque des chutes de pierres, auquel est exposé le chemin emprunté par le tracé de ces escaliers.

4.2. Sur la nécessité d'aménagement du versant contre l'action des mouvements de terrain

L'analyse des facteurs de la vulnérabilité du milieu et l'étude du risque d'instabilité du versant montre à quel point le versant nord de Jbel El Gorraa nécessite des travaux d'aménagement de lutte contre le risque des mouvements de terrain. Le problème auquel nous sommes confrontés au cours de cette étude est la rareté des données quant aux travaux de lutte contre les mouvements de terrain en Tunisie. Les seuls travaux ont été repérés sur le versant côtier de Jbel Korbous occupant la moitié orientale du golfe de Tunis. Il s'agit d'un versant extrêmement exposé aux mouvements de type chute de pierres et éboulis et connaît aujourd'hui des travaux d'aménagement de lutte contre les mouvements de terrain (El Aroui, 2020).

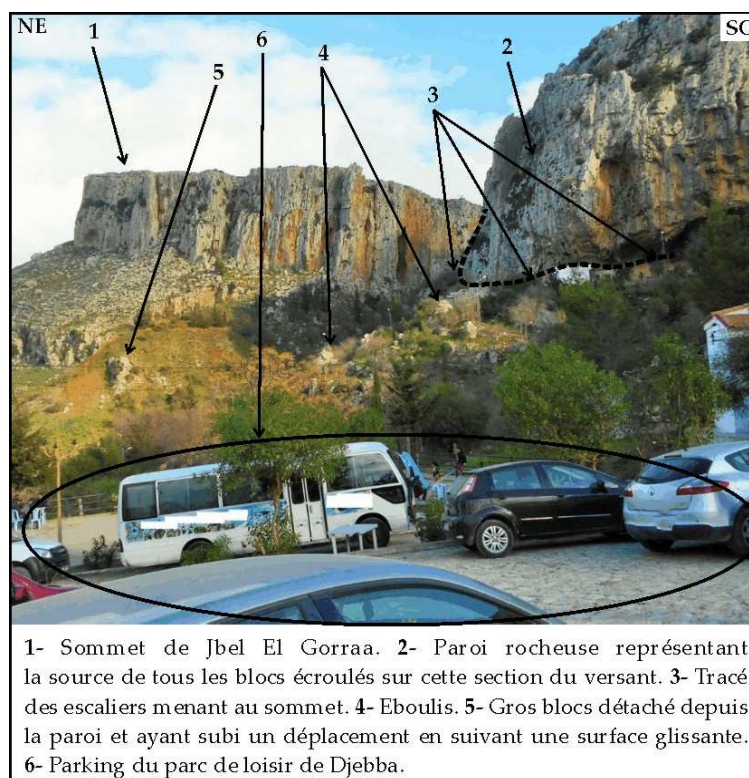


Figure 13. Sur le risque de chute de pierre dans les environs du parc de loisir de Djebba (2021)

D'une façon générale, si nous admettons les caractéristiques morphologiques de la zone étudiée et les phénomènes d'instabilités repérés sur le terrain, deux modes d'aménagement semblent être intéressants à appliquer dans les secteurs les plus exposés aux risques. Le premier intéresse la paroi rocheuse et son piémont immédiat et le deuxième intéresse plutôt les sections du versant taillées dans les affleurements marneux.

4.2.1. Des aménagements sur la paroi rocheuse et sur son piémont immédiat

Ici, deux familles d'aménagement sont à proposer : des aménagements actifs installés directement sur la paroi rocheuse et d'autres passifs, disposés plutôt à son piémont.

4.2.1.1. *La famille des aménagements actifs*

Cette famille consiste à l'application de certaines techniques d'aménagement sur les sections de la paroi rocheuse les plus susceptibles à l'éroulement afin d'assurer leurs stabilités (figure 14a, 14b et 14c). Les exemples sont multiples, à savoir:

- **Le grillage plaqué** doit être installé sur le front des pans de calcaires les plus disloqués.
- **Les ouvrages de renforcement** sont variés et sont installés aussi aux dépens des pans de calcaires ou sur les sections de la paroi rocheuse les plus susceptibles à l'éroulement, surtout celles qui s'inscrivent directement dans la trajectoire des habitations. Parmi ces techniques nous citons les ancrages par des tirants ou par des clous et les techniques du béton projeté, appelée aussi le gunitage.

4.2.1.2. *La famille des aménagements passifs*

Ce sont des techniques d'aménagement qui consistent à intercepter les blocs détachés de la paroi afin d'empêcher leurs propagations sur le versant. La technique la plus couramment utilisée est celle des filets pars-blocs. Ces derniers sont installés au contrebas de la paroi rocheuse et consiste à une barrière verticale souple mais surtout déformable. Ces filets sont constitués par un assemblage de plusieurs modules de filets, positionnés de manière à stopper et à recueillir les blocs de différentes tailles. Cette technique nécessite un entretien fréquent car le bon fonctionnement de ce type d'ouvrage ne supporte pas d'accumulation excessive de matériaux (figure 14d).

4.2.2. *Des aménagements aux dépens des affleurements marneux*

L'objectif ici est de lutter contre les formes de solifluxion qui pourraient être générées suite au franchissement du seuil de plasticité des roches marneuses. Pour ceci, il faut veiller surtout à réduire l'infiltration ainsi que la teneur d'eau en surface et en profondeur. Ceci doit se faire par l'application des travaux et des techniques nécessaires afin d'assurer, sur le versant, le drainage et l'évacuation des eaux des sources et des suintements à travers un réseau de drains. Ce dernier assurera l'acheminement des eaux vers des exutoires naturelles ou même artificielles.

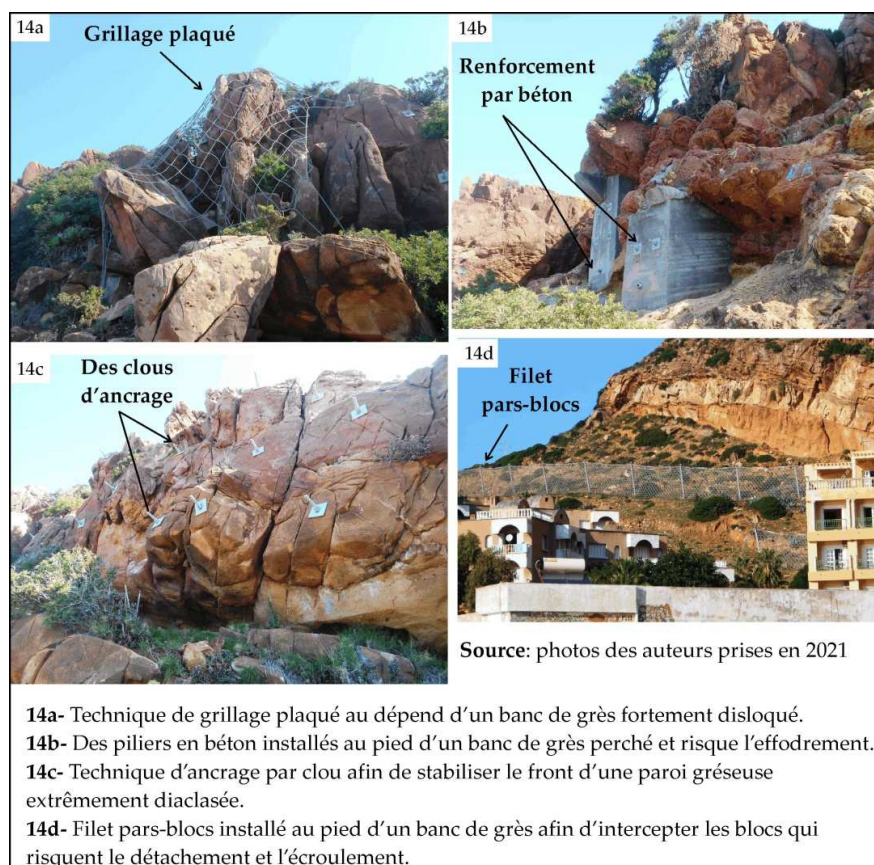


Figure 14. Quelques techniques de lutte contre les mouvements de terrain repérés sur le versant côtier de Jbel Korbous et qui pourraient faire l'objet d'application sur le versant nord de Jbel El Gorraa

5. Conclusion

L'analyse des documents cartographiques et photographiques ainsi que les observations du terrain ont permis de montrer à quel point le versant nord de Jbel Gorraa est propice à la dynamique géomorphologique, surtout celle en rapport avec les mouvements de terrain. Ces dernières sont variées et sont réparties en deux grandes familles. La famille des phénomènes qui prennent naissance depuis la paroi rocheuse et la famille des mouvements s'inscrivant au dépend des affleurements marneux.

La première famille est de loin la plus représentée dans la zone étudiée et elle se manifeste par deux types de dynamique : une dynamique brutale exprimée par des mouvements brusques à instantanés à savoir la chute de pierres et les éboulis voir même les éboulements, et une dynamique beaucoup moins lente qui donne naissance au détachement des pans de calcaires et leurs basculements et/ou déplacements le long du versant par le biais d'une surface sous-jacente, souvent glissante.

En contrebas de la paroi rocheuse, la place est donnée aux affleurements marneux, c'est ici que nous avons identifié les mouvements appartenant à la deuxième famille. Les phénomènes sont variés et se développent essentiellement aux dépens des terres agricoles. Certains sont à peine perceptibles comme les arrachements et les décollements, d'autres sont par contre plus distingués dans le paysage comme les loupes de glissement et les coulées.

Cette dynamique géomorphologique trouve ses origines dans des caractéristiques du milieu naturel favorables, tels que la topographie accidentée, les pentes raides, la lithologie contrastée, la structure faillée, l'abondance des précipitations et la multiplication des sources d'eau. A ceci s'ajoute aussi le rôle de l'Homme qui n'a pas cessé, surtout depuis la fin du 20^{ème} siècle, d'agresser son milieu naturel et de lui appliquer des mutations socio-économiques profondes qui ont été à l'origine de sa modernisation et de son ouverture sur l'espace régional voire même national. Tout cela a été à l'origine de l'accentuation de la vulnérabilité du milieu aux dynamiques géomorphologiques.

Ceci, appelle donc des interventions nécessaires sur le versant nord de Jbel El Gorraa afin de sauvegarder la population locale ainsi que les visiteurs du risque des mouvements de terrain, particulièrement celui en rapport avec les mouvements brusques à instantanés. Nous devons le faire à travers l'application de certaines techniques d'aménagement capables d'assurer essentiellement la stabilité de la paroi rocheuse (figure 15 et 16).

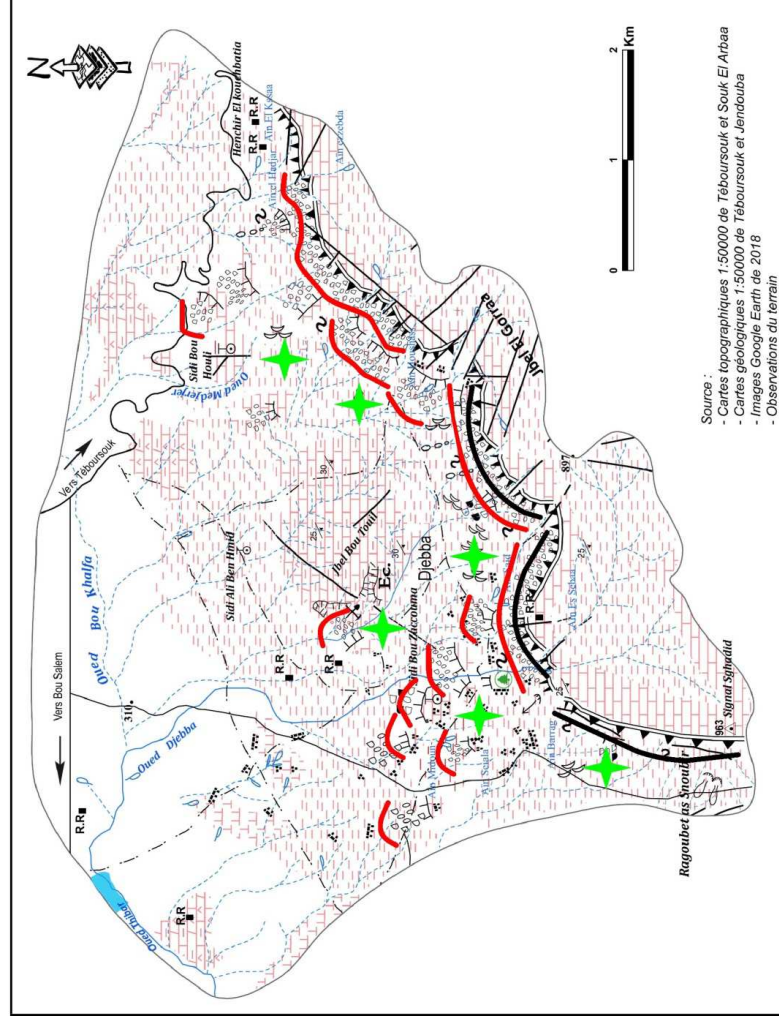


Figure 15. Carte de la dynamique géomorphologique et des ménagements proposés sur le versant nord de Jbel El Gorraa

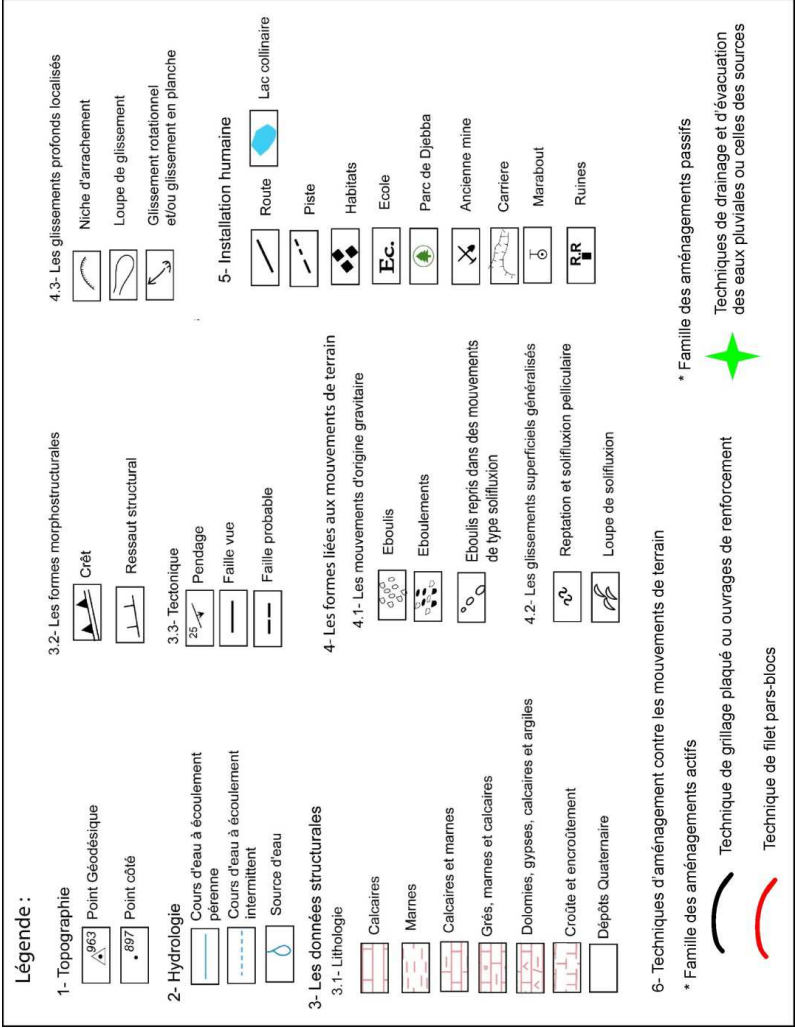


Figure 16. Légende de la carte de la dynamique géomorphologique et des aménagements proposés sur le versant nord de Jbel El Gorraa

Références bibliographiques

- Abaza, K., 2013, *La végétation des Monts de Téboursouk dans le Haut tell tunisien : Analyse locale et dynamique*, Centre de publication Universitaire, 377 p.
- Abaza, K., 2021, « Les figues dans les deux territoires montagneux de Kesra et Djebba : Un produit agricole du terroir, levier du développement local », *In Cinq continents*, vol. 10, nr. 22, p. 211-226.
- Ben Hadj Ali, M., 1979, *Etude géologique du Jbel Goraa*, Thèse de 3^{ème} cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 120 p.
- Ben Ghazi, A., 2009, *Le bassin-versant de l'Oued Tessa (Haut-telle, Tunisie) : Etude morphologique des héritages quaternaires*, Thèse de Doctorat, publication de la FLAH, Manouba, 304 p.
- Ben Younes, A., 1990, « Stèles de Thibaris et de ses environs », *In Reppal*, V, p. 27-42.
- Ben Younes, A., 1992, « La nécropole rurale de Thigibba Bure », *In Reppal*, VII-VIII, p. 179-217.
- Bonvallot, J., 1984, « Population, occupation du sol et mouvements de masse dans la région d'Ain Draham (Tunisie Septentrionale) », *In colloque Mouvements de terrain*, Caen, Série documents du BRGM, nr. 83, p. 609-618.
- Bourgou, M., 1993, *Le bassin-versant du Kébir-Miliane : Etude géomorphologique*, Thèse de Doctorat, Publication de la FSHS Tunis, Série 2 : Géographie, 435 p.
- Bousnina, A., 1984, « La neige en Tunisie », *In Revue Tunisienne de Géographie*, Tunis, nr. 13, p. 9-51.
- DGRE., Les annuaires hydrauliques de la Tunisie, (2000-2023).
- El Aroui, O., 2018, « Etude et cartographie des mouvements de terrain sur les versants du synclinal perché de Dyr El Kef (Tunisie du Nord-Ouest), *In Revue Tunisienne de Géographie*, nr. 46-47, p. 87-109.
- El Aroui, O., 2020 « Risques géomorphologiques et aménagement dans la partie sud-est du golfe de Tunis : le cas du versant de Jbel Korbous (Tunisie nord-orientale), *In la revue Géo Eco Trop*, Université de Liège, nr. 44, V. 4, p. 631-531.
- INS., 2014, Recensement général de la population et de l'habitat 2014.
- Jendoubi, S., 2003, « Les formes et les dépôts Holocènes dans le bassin-versant de l'Oued Siliana », *In Revue Tunisienne de Géographie*, nr. 35, p. 123-152.
- Karray, M.R., 1977, *L'extrémité nord-est de la dorsale tunisienne. Recherches géomorphologiques*. Thèse 3^{ème} cycle, Université Tunis, 174 p.
- Karray, M.R., 2010, *Sahel et Kairouanais septentrionaux et leurs abords montagneux (Tunisie Orientale) : Etude géomorphologique*, Thèse de Doctorat d'état, Univ Tunis I, Vol. II, 736 p.
- Lapeyre, G., 1936, « Thibari », *In Revue Tunisienne*, Institut de Carthage, Tunis, p. 155-178.
- Tounsi, K., Mars, M., et Khansoussi, M., 2020 « Le système ingénieux des jardins suspendus de "Djebba el Olia" : Un système agroforestier de montagne », *In Ministère de l'Environnement*, FAO, 84 p.
- Valadas, B., 2004, *Géomorphologie dynamique*, Ed. Armand Colin, Paris, 191 p.

DECLARATION OF CONFLICTING INTERESTS

The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.