

Article de synthèse

Reçu: 01 Avril 2021/Accepté: 21 Juillet 2021

La dynamique spatio-temporelle du ravinement depuis 1986-2017 sur les routes et les terres adjacentes : cas de Ouzera, Médéa (Algérie)

R. Kouidri*

Institut National de la Recherche Forestière - (INRF) - station pour la GCES BP 193
Ain Dheb-26001. Médéa.

* Auteur correspondant : kouidri_rabia@yahoo.fr

ملخص

في منطقة دراستنا: بوزرة، قبل إنشاء القرية الزراعية، كانت المنطقة مغطاة بكروم العنب التي حافظت على غطاء التربة وحمايته. في الوقت الحالي، يساهم ترقق السطح وممارسات الزراعة المكثفة غير المناسبة لخطورة المناظر الطبيعية في زيادة التآكل الذي يؤدي إلى إتلاف التربة بشكل لا رجعة فيه. تقطع الطرق بالضرورة الأرض وتحول المياه عن ممراتها الطبيعية. خلقت أعمال الهندسة المدنية على مستوى الطرق التي تم تنفيذها في 1986-1987 وأذا كبيراً. أدت آثار الجريان السطحي من المصارف الجوفية التي تم تركيبها في 2000-2001 إلى تكوين ستة (06) أخاديد أخرى موازية للوادي، الذي كان يحد ذاته وأذاً. هذا الأخير يدمر الأراضي المزروعة ويزيد من تكاليف صيانة الطرق. نتيجة لذلك، يؤثر تطور المنحدر المكتظ بالسكان (القرية الزراعية) المزيد والمزيد من الأسئلة حول مستقبل هذه البيئات والمجتمعات. تشكل حدود الطريق مصدر قلق للسكان الذين يرون حقولهم مزروعة أو مروجهم تتآكل بسبب التدفقات. كما يظهر انهيار أرضي في اتجاه مجرى النهر في هذه القرية. لمعالجة هذه المشاكل، يتم إجراء دراسة حول تطور أداء الوادي بعد تصحيح الوادي الذي تم إجراؤه في 2004-2005 من خلال الحفاظ على غابات ولاية المدية منذ 1986-2017.

الكلمات المفتاحية: الردم، تصحيح السيول، الانجراف المائي، الانهيارات الأرضية، الأخاديد، الطريق.

Abstract

In our study area: Ouzera, before the establishment of the agricultural village, the region was covered with vine yards that maintained and protected the soil cover. Currently, surface thinning and intensive cultivation practices that are inappropriate to these varieties of the lands cape contribute to increased erosivity that irreversibly damages the soil. Roads necessarily cut off land and divert water from their natural lanes. The road-level civil engineering work carried out in 1986-1987 created a great gully. The effects of runoff from underground drain sins talled in 2000-2001 resulted in the formation of six (06) other, which was itself a gully. The later devastate cultivated land and increase road maintenance costs. As a result, the evolution of the densely populated slope (agricultural village) raises more and more questions about the future of these environments and societies. The borders of the road area cause for concern to there sidents whose either fields cultivated or their meadow seroded by the flows. Also a land slide appears downstream of this village. To address these problems, a study is being conducted on the evolution of the gully's functioning after the rectification of the gully carried out in 2004-2005 by the conservation of the forests of the wilaya of Medea since 1986-2017.

Key words: backfilling, torrential correction, water erosion, landslides, gully, road.

Résumé

Dans notre zone d'étude : Ouzera, avant l'installation du village agricole, la région était couverte de vignoble qui maintenait et protégeait la couverture pédologique. Actuellement, l'éclaircie de la surface et les pratiques culturales intensives et inappropriées à la sévérité du paysage, contribuent à une érosivité accrue qui détériore les sols de façon irréversible. Les routes coupent nécessairement les terrains et détournent l'écoulement des eaux de leurs voies naturelles. Ainsi les travaux de génie civil au niveau de la route, réalisés en 1986-1987, ont crée un grand ravin. Les effets des eaux d'écoulement provenant des drains souterrains installés en l'an 2000-2001 ont entraîné la formation de six (06) autres ravines parallèles au ravin qui était lui-même une ravine. Ces derniers dévastent les terres cultivées et augmentent les frais d'entretien de la route. Aussi, l'évolution du versant, densément peuplé (village agricole) pose de plus en plus de questions quant à l'avenir de ces milieux et de ces sociétés. Les bordures de la route inquiètent à juste titre les riverains qui voient leurs champs cultivés ou leurs prés érodés par les écoulements. Également un glissement de terrain apparaît à l'aval de ce village. Pour répondre à ces problèmes, une étude est menée sur l'évolution du fonctionnement du ravin après la rectification de ce dernier réalisée en 2004-2005 par la conservation des forêts de la wilaya de Médéa depuis 1986-2017.

Mots clés : comblement, correction torrentielle, érosion hydrique, glissements de terrain, ravinement, route.

1. Introduction

Le ravinement est l'érosion d'un sol sous l'action du ruissellement concentré de l'eau provenant d'une forte averse ou d'une inondation. Ce type d'érosion est l'un des phénomènes de dégradation des terres les plus importants au monde (Nyssen et al. 2004). D'après la Commission des Communautés Européennes (2002), l'érosion hydrique est devenue un enjeu majeur de société dans les zones agricoles qui a été reconnu au niveau européen (Kouidri et al. 2011). En Algérie, l'érosion spécifique annuelle moyenne varie entre 2000 et 4000 t/km² (Demmak, 1982) ; dans les montagnes du Tell, l'érosion par ravinement est la forme dominante de l'érosion du sol. Elle a atteint 20 à 30 mm en moyenne annuelle et concerne des millions d'hectares en Algérie (Kouidri et al. 1989 a).

La configuration géomorphologique compte parmi les facteurs favorisant ou aggravant le ravinement. Les ravins et les ravines, prépondérants dans la région tellienne sont responsables de la mobilisation et du transport des sédiments vers l'aval des bassins versants (Remini et Bensafia, 2016 ; Maamar Kouadri, 2019 ; Kouidri, 2020). Les activités humaines et le surpâturage sont aussi des facteurs aggravant le ravinement. En effet, le défrichage des zones fragiles et le surpâturage en montagne conduisent à une dégradation progressive des sols et de la couverture végétale (Kouidri et al. 1989 a). Les versants sur-pâturés ou cultivés, libèrent peu de terre mais beaucoup d'eau de ruissellement ; c'est ce dernier qui en dévalant des versants, s'accumule dans les ravines et ravins et déplace une masse considérable de sédiments par érosion linéaire (Kouidri et al. 1989 b).

Le ravinement cause de graves dommages aux terres agricoles, aux routes et ponts (Poesen et al. 2003). La mobilisation et le transport des sédiments vers l'aval des bassins versants, en plus de leur contribution substantielle à l'envasement des barrages, posent des problèmes de quantité et de qualité des eaux et occasionnent une perte directe du patrimoine foncier (De Ploey, 1991 ; Remini et Bensafia, 2016 ; Maamar Kouadri, 2019 ; Kouidri, 2020). Le ravinement constitue une menace pour l'agriculture ainsi que pour les infrastructures. En effet, il provoque la réduction des terres arables, une baisse des rendements et conduit à l'envase-

ment des routes (De Ploey, 1991). Un ravinement grave peut se transformer en glissement de terrain ou causer la rupture d'un barrage (De Ploey, 1991).

La lutte contre le ravinement passe par l'étude de sa dynamique spatio-temporelle. Pour ce faire, il faut effectuer un bilan des remaniements entre les caractéristiques d'état des berges et le haut du ravin (Collinet et Zante, 2005). L'évolution ne peut être appréhendée qu'au travers d'une saisie globale des formes et des dimensions des ravines. La photogrammétrie terrestre semble une méthode particulièrement bien adaptée pour suivre les modifications du milieu physique, discontinues à la fois dans le temps et dans l'espace (Muxart et al. 1987). Des mesures, réalisées entre 1990/1992 sur les ravines de Kef Bou Khélil (Ouzera) à l'aide du Rugosimètre à aiguilles coulissantes, montrent une érosion ou une ablation de 28 mm pour une forte averse (03/12/1990). Sur la ravine Souagui I, l'ablation est de 7,73 mm (Kouidri, 1999 ; Kouidri et Ougrine, 2006 ; Kouidri et al. 2010). Yibeltal et al. (2019) ont utilisé la méthode ArcGIS pour les ravines qui ont été cartographiées par interprétation visuelle d'images dans l'environnement. Marié et al. (2021) confirment que la méthode verticale a été développée comme une méthode entièrement automatisée, basée sur des rasters pour la détection et la quantification des changements spatio-temporels verticaux dans un grand nombre de coupes transversales de ravins (CG). Ces changements topographiques ont été estimés à l'aide de MNE multi-temporels à haute résolution produits par photogrammétrie SfM. La précision des mesures est élevée, en effet, L'Erreur Moyenne Quadratique Moyenne (RMSE) estimée pendant le traitement SfM était de 0,03 m (Alphonso-Torreno et al. 2021).

Comprendre la dynamique, l'étendue et la gravité de l'érosion des ravines et de ses facteurs de contrôle est donc une étape importante dans le développement de modèles de ravines et de stratégies de contrôle. Au cours des dernières décennies, la plupart des recherches sur l'érosion hydrique ont traité l'érosion en nappe et en rigole. Les mesures d'érosion sur parcelles expérimentales montrent que l'érosion en nappe sur les versants cultivés n'apporte qu'une petite part (0,5 à 2 t/ha/an)

aux sédiments transportés par l'envasement (Heusch, 1970 ; Demmak, 1982 ; Kouidri et al. 1989 a). Cependant, quelques études ont été réalisées sur le ravinement en raison de la difficulté à mesurer cette forme d'érosion et à la prédire (Poesen et al. 2003). Malgré ces difficultés, des études ont été effectuées en Algérie entre 1986-1995 sur la quantification de l'érosion hydrique en zones sensibles et sur la correction torrentielle dans le cadre d'un projet de coopération entre l'Institut National de Recherche Forestière (INRF) et l'Institut français de Recherches pour le Développement (IRD, ex-ORSTOM). Cet article présente une synthèse des résultats des études entre 1986 à 2017 concernant la dynamique spatio-temporelle du ravinement sur les routes et les terres adjacentes de Ouzera (Médéa).

2. Dynamique du fonctionnement du ravin Haouch Zegaa

Les recherches pour quantifier le ravinement sont peu nombreuses alors que les paysages méditerranéens sont souvent lacérés par le ruissellement concentré (Roose et al. 2012). En Algérie, le volume creusé par le ravinement varie de 30 à 300 t/ha/an en fonction du sol, de la roche altérée, de la pente, de la distance au réseau de drainage, des pluies et de l'humidité du sol (Chebbani et Bellaidi, 1997 ; Kouri et al. 1997 ; Roose et al. 2000). L'érosion des ravines représente une source majeure de sédiments, bien que les canaux des ravines occupent souvent moins de 5% de la superficie d'un bassin versant. Le développement de ravines accentue le ruissellement et la connectivité des sédiments dans le paysage, augmentant ainsi le risque d'inondation et de sédimentation des réservoirs (Verstraeten et Poesen 1999 ; Poesen et al. 2003 ; Ionita et al. 2015).

Ce ravinement trouve son origine dans l'énergie cinétique du ruissellement. Ce dernier et l'érosion varient énormément dans le temps et dans l'espace (Kouidri et al. 1989 b). Il est de plus en plus évident qu'une bonne compréhension de la dynamique spatio-temporelle de l'utilisation et de la gestion des terres est cruciale pour comprendre les processus de ruissellement de surface et étayer les stratégies d'atténuation (Fiener et al. 2011). Ainsi, avant de proposer une intervention avec les habitants, nous avons établi un premier contrat

avec eux pour connaître leur sensibilité vis à vis des problèmes liés au ravin. L'objectif de cette démarche était de connaître l'historique de la formation de ce ravin et les réactions des paysans. Quelques riverains ont répondu à ces questions :

- Comment la ravine s'est développée ?
- Quelle a été la chronologie de sa formation ?

La rigole est apparue en 1987 après les travaux réalisés par la Direction des Travaux Publique (DTP) de Médéa lors des crues importantes. En 1987-1988, les paysans ont commencé à appréhender le phénomène en notant l'apparition de plusieurs rigoles. Les années suivantes, elles n'ont cessé de s'élargir. Ainsi, la ravine se creuse puis s'élargit en empiétant sur les terres cultivables ; la route perpendiculaire à la ravine est de plus en plus détériorée. Cette dégradation s'amplifie au cours des années et prend des dimensions alarmantes.

Les habitants s'inquiètent au sujet du devenir de leur terre et du village entier. Ceci a été confirmé par Laouina et al. (2000) où la dynamique environnementale est bien perçue par les habitants de la région. Cette perception des processus physiques est basée sur une observation quotidienne, de l'extension des ravines, de la menace de transformation du ruissellement aréolaire en griffes et rigole, de la corrélation entre la perte en sol et en graines d'une part et le rendement de l'année. Le premier novembre 1998, les autorités locales ont tenté de limiter l'érosion en tête de ravine à l'aide des seuils superposés en gabion (Figure 1). Trois mois après, le 10 février 1999, il y a eu des pluies torrentielles avec une intensité de 57 mm. Lorsque la pluie tombe, elle casse les agrégats et la chute des gouttes prépare ainsi les matériaux que l'érosion va entraîner. Ces éléments n'étant pas soudés, ils sont balayés par le passage de ruissellement et certains de ces matériaux balayés sont piégés par les pores du sol qu'ils bouchent ou par les minuscules replats où ils se déposent. Il se forme alors une pellicule de battance peu perméable qui accélère l'intensité et la vitesse du ruissellement.

L'érosion linéaire, peut aussi faire suite à l'érosion en nappe étudiée par Kouidri (1987) sur parcelles expérimentales dans les secteurs de Béni-Slimane et de Médéa (Ouzera). Après ces pluies diluviennes, on a enregistré en 48 heures, 60 cm de neige. D'après le même auteur, ces pluies diluviennes hivernales s'abattent concentrées dans le temps ; le sol est saturé en surface, notamment car il présente des caractéristiques fortes de battance ;

le ruissellement s'organise rapidement, dès que les premiers centimètres du sol sont humectés, emportant les sols et les graines des champs fraîchement labourés. A cette époque, toutes les conditions se trouvent réunies pour le déclenchement des glissements de terrain. Après ces intempéries et la fonte des neiges, il y a eu une coulée boueuse et un glissement de terrain à la base du village agricole. D'après Koudri et al. (2010), la saturation de la mince formation argilo-limoneuse de 50 cm par le manteau neigeux implique une diminution de la cohésion lors de la fonte des neiges. Dès lors, le ruissellement concentré prend le relais. Le manteau neigeux (Figure 1 et 2) peut être également responsable de mouvements de masse importants qui seront repris ultérieurement au niveau des versants lors d'une pluie ayant bien ruisselée du fait de bonnes conditions d'humidité préalable et pas seulement d'une forte intensité (Olivry, 1986 ; Olivry et al. 1988). Ce ruissellement, Koudri et al. (1989 b), abondant qui dévale des versants lors des averses tombant sur des sols saturés et encroûtés se concentre dans les champs pour former des rigoles et des ravines et finit par provoquer des éboulements et des crues impressionnantes dans les oueds, capables de déplacer des masses de terres et de pierres énormes en quelques heures.

La route s'est détériorée, la surface du versant est devenue lissée, glacée. Les seuils ont basculé légèrement. Ensuite durant 24 h, les pluies sont tombées avec une intensité de 87 mm les 7 et 8 octobre 1999. En revanche, le gabion s'est déplacé latéralement de 1,55 m. Le second gabion s'est dé-

placé vers l'aval à une distance de 17 cm. Ces pluies, certes étaient abondantes mais tombaient doucement. L'affaissement des seuils en gabion (Figure 1) est dû essentiellement aux pluies torrentielles, tombée précédemment. Tous les sédiments venant de l'amont se sont déplacés vers l'aval d'où élargissement de la ravine entre le flanc de la ravine droite et le seuil en gabion de 40 cm, et entre le flanc de la ravine gauche et le seuil en gabion de 20 cm. Les seuils en gabions se sont inclinés de 37 cm. Au niveau du premier seuil en gabion, il existe une plate forme qui a pu le caler. Par contre sous les deux seuils (gabion), il existe un drain sous forme de tunnel (2,70 m de long). Les eaux propres sortant de ce drain ont poussé les sédiments et les gros blocs placés sous les seuils en gabion vers l'aval. Huit mois après, tous les sédiments sont partis dans le fond de la ravine. D'après Kouri et al. (1997), la sédimentation dans les collecteurs est faible, de 1 à 10% des pertes en terre. A l'inverse l'érosion des fonds des lits à concavité peu marquée atteint des proportions élevées, de 25 à 40% des pertes en terre. Ceci a été confirmé par Le-compte et al. (1998), où l'ablation verticale y est respectivement de 1,2 et 3,5 cm/an en moyenne.

Le 16 novembre 1999, une pluie importante de 28 mm s'est abattue sur cette ravine d'où sol imbibé d'eau. La tête de la ravine a beaucoup évolué : des pans des flans de cette ravine se rompent et glissent le long des parois en colmatant partiellement le fond de la ravine. De Ploey (1973) rapporte que le ruissellement peut s'organiser vers l'aval en une ou plusieurs artères qui alimentent directe-



Figure 1. Affaissement des seuils en gabion : Haouch Zegaa (Ouzera).



Figure 2. Aménagement en tête du ravin.

ment les chutes d'eau des têtes de ravin. Dans notre zone d'étude, la tête du ravin (Figure 1), a tendance à s'élargir et à se ramifier finalement lorsqu'elle est alimentée par un ruissellement convergent hiérarchisé en plusieurs artères (De Ploey, 1973). Cette situation caractérise bien notre ravin concave. Dès 1988, cette ravine est devenue un exutoire par les eaux excédentaires des champs, des habitants du village agricole. Au fil des années, suite à l'accroissement de la population et de l'occupation des sols, le débit qui parcourt la ravine, augmente progressivement depuis sa source qui se trouve au sommet du village jusqu'à son déversement dans l'oued.

L'élargissement de cette ravine, a démarré au cours de l'année 1987 et, d'après les témoignages des paysans, s'est poursuivi jusqu'à nos jours. Cette ravine est devenue actuellement un ravin. Nous pouvons émettre l'hypothèse suivante que le creusement des ravines étudiées ne commence que lorsque, suite à la concentration de l'eau provenant des versants, le ruissellement concentré au fond du talweg atteint un pouvoir érosif suffisant qui lui permet de creuser et ainsi d'entretenir une incision en « V » (Kouidri, 2020). Ainsi, le suivi de l'évolution spatio-temporelle de ce dernier a débuté depuis l'année 2004. En 2005, un aménagement, seuil en gabion en tête du ravin, a été réalisé par le génie civil (Figure 2). Le huit mars 2007, des pluies diluviennes se sont abattues sur la région d'Ouzera. Durant 24 h, les 4, 5, 6 et 7 seuils en gabion ont basculé vers l'aval après ce déluge.

3. Glissement de terrain

Ce glissement se trouve au dessous du village agricole sur la route allant vers Kef Bou Khélil (Figure 3). Le versant est constitué par des marnes passant à des argiles en certains endroits. De fortes pluies s'étant produites durant cette période de glissement. Une partie de ce versant a été complètement remanié le dix mars 2007 par un mouvement des formations superficielles qui ont glissé le long de la pente. Selon Mathys et Poesen (2005), les mouvements de masse sont également une source de matériaux importante dans les bassins ravinés de montagne, qu'il s'agisse de mouvements superficiels mobilisant des matériaux détritiques ou de mouvements plus profonds précipitant au pied des versants des matériaux grossiers qui pourront être,



Figure 3. Glissement de terrain.

soit repris rapidement par des écoulements à forte capacité de transport, soit soumis à une météorisation puis une mobilisation sur leur lieu de dépôt. Dans cette zone, on relève de nombreuses sources. A la base de ce décollement, il faut sans doute invoquer quelques déformations qui ont préparé le terrain, et aussi peut être quelques retraits ayant ouvert des crevasses où l'eau s'est engouffrée lors de fortes pluies du huit mars 2007. En effet, selon Sari (1977), les fissures créent des discontinuités mécaniques dans les roches souterraines, surtout à travers les intercalations, et préparent la macro fragmentation. Les fissures béantes préparent activement l'altération, voire la macroglévation en haute altitude.

A première vue, ce versant nous montre un glissement par paquets. Ce mode de façonnement s'est répété plusieurs fois, en fonction du nombre de paquets affectés, ce qui donne un étalement dans le temps au cours du mouvement (Kouidri, 2020). Presque tous les arbres ou arbustes de ce versant sont penchés, attestant qu'il s'agit d'un mouvement brusque et également de la fonte des neiges, qui intervient entre février et mars, alimente les argiles déjà saturées et provoque donc les différents glissements (Bellatrèche, 1987 ; Kouidri, 2003). Ces derniers seront quantifiés ultérieurement à partir de la photogrammétrie d'où l'importance de la variation spatiale des précisions de la photogrammétrie (Clapuyt et al. 2018). Ce versant sur lequel apparaît le glissement de terrain (Figure 3), se caractérise du point de vue occupation du sol, par l'existence de parcelles de vignoble, appartenant au sec-

teur privé ou autogéré, datant de l'époque coloniale. Les vignes bien entretenues, permettent quelque soit la pente, le maintien d'un certain équilibre malgré la reptation visible au niveau des formations sablo-limoneuses. Après 1970, certaines parcelles céréalières, en outre, les parcelles de viticulture de Haouch Zegaa remplacées par la céréaliculture. Le changement s'est aussitôt traduit sur le terrain par une déstabilisation des versants sous l'action des glissements et du ravinement. Ceci a été confirmé par Kouidri (2020), en outre, Silhan (2021) rapporte que l'établissement de la chronologie de l'activité des glissements de terrain est d'une importance cruciale pour l'évaluation des risques de glissements de terrain. Les méthodes dendrogéomorphiques sont des approches couramment utilisées pour la reconstruction de l'activité passée des glissements de terrain sur les pentes naturelles, mais leur application aux glissements de terrain anthropiques fait pratiquement défaut, probablement en raison de la dominance de la végétation spécifique de feuillus *Betula pendula* Roth sur les pentes artificielles.

Ainsi, dans le village agricole, la route reliant Ouzera à Kef Bou Khélil pose un problème aux services de la DTP qui doivent presque chaque année la recharger à la suite d'affaissement (Kouidri et Ougrine, 2006).

4. Détérioration de la route

Le fossé qui longe la route allant d'Ouzera vers El Djouahria n'a pas été refait depuis 40 ans. L'emplacement des drains souterrains a causé ce ravinement et a détérioré la route qu'on charge chaque année. Ainsi, est apparu ce ravin perpendiculaire à la route et également d'autres ravines parallèles à ce dernier déjà étudié (Figure 4). Ceci est dû en grande partie aux travaux de génie civil réalisés tout le long de la route. Les débris d'érosion provenant de ce fossé qui borde cette route, sont déposés sur une bonne terre arable. L'eau qui s'écoule des drains souterrains et de la route, a creusé des ravines. Ces ravines se forment perpendiculairement à la route suite aux travaux réalisés par le génie civil. Ces ravines sont en train de détruire la terre dans la zone d'Ouzera. Elles ont rongé de nombreux champs que les agriculteurs se sont trouvés dans la nécessité de cesser de cultiver ces terres qui, quelques années seulement auparavant,



Figure 4. Ravines parallèles au ravin ; Houch Zegaa (Ouzera).

étaient d'excellentes terres de viticulture. Ces ravines empiètent sur les routes, minent les remblais, les ponts et les conduites d'eau ; elles augmentent les frais d'entretien des réseaux routiers et ferroviaires et compromettent la sécurité des voyageurs. Les rails de la voie ferrée non fonctionnelle se trouvant à 4 km d'Ouzera, ont été endommagés par les pluies diluviennes et les fortes neiges qui se sont abattues sur la région le 25 octobre 2005.

L'entretien de cette route relève généralement de la responsabilité de l'état. L'Assemblée Populaire Nationale (APC) d'Ouzera se rend compte de l'étendue des dégâts causés par l'érosion hydrique. Il est de l'intérêt matériel des cultivateurs et du public que les propriétaires fonciers et les organismes du génie civil ainsi que les chercheurs travaillent en collaboration pour protéger les fossés d'écoulement qui bordent les routes, les terres cultivées adjacentes. Il est beaucoup moins coûteux de protéger les fossés qui bordent ces routes et de supprimer les drains souterrains avant que les ravines aient commencé à se former que d'avoir à combler le ravin étudié et à gazonner les autres ravines parallèles à ce dernier (Figure 5). De graves dommages vont se produire si on ne comble pas le ravin en nivelant les pentes et si on n'enlève pas le drain souterrain. Il faudrait également enlever les autres drains souterrains installés tout le long de la route distants de 50 m. Ce traitement protégera la route et les terres cultivables adjacentes contre l'érosion hydrique. Pour cela, il faudrait prendre

des précautions spéciales pour protéger les bassins de dispersion des eaux. Le fossé d'écoulement qui longe la route doit être bien entretenu afin que l'eau qui vient de l'amont puisse écouler tranquillement.

Ce ravin est fonctionnel et constitue un drain de ruissellement et transport de produits d'érosion. Il se comble en été et s'érode en hiver. Le bilan en quatre années est une tendance globale à l'ablation. Le ravin s'élargit très vite et à tendance à s'approfondir : $L = 120,05$ m, $l = 14$ m (en tête de ravine), profondeur = 6 m.

- D'après les photos aériennes de 1972 et 1980 avant l'installation du village agricole, ce ravin était une surface plane sur laquelle il y avait du vignoble.
- D'après les témoignages des riverains, l'évolution de ce ravin depuis 1986 est de 31 ans à l'an 2017.
- D'après nos observations sur le terrain en 2017, ce ravin a été complètement comblé par les sédiments venant des flans latéraux depuis début 2015-2017.

Les résultats des vingt quatre années de mesures permettent de comprendre l'évolution du ravin d'érosion qui tend à se creuser et dont les versants sont raides. On se trouve dans une phase aiguë de creusement du ravin où le creusement l'emporte sur le comblement.



Figure 5. Des ravinements provenant des drains souterrains tout le long de la route sont en train de pénétrer dans le champ.

A partir de 2015-2017, on se trouve dans une phase de comblement où le comblement l'emporte sur le creusement. D'après Kouidri et al. (1989 b), la plupart de ces ravines ne fonctionnent pas à chaque averse, ni même chaque année, mais seulement lors de séries d'averses dépassant certains seuils. Il est donc indispensable de disposer d'estimations de leur dynamique sur de longues séries d'années pour analyser les causes et les facteurs réglant l'intensité de divers processus. Ceci a été confirmé par Kouidri (2020) qui a suivi la dynamique spatio-temporelle de ce ravin depuis 1986 jusqu'en 2017. Suivant les témoignages des riverains, les premiers creusements de la ravine auraient débuté au début des années 1990-1991. Ce n'est que plus tard en 1994, qu'apparaît l'élargissement de la première excavation. En conséquence, il aura fallu attendre 12 ans pour que la phase de creusement ait joué son rôle. L'auteur a continué à suivre l'évolution de cette ravine qui est devenu un ravin depuis 2000/2008. A partir de 2008, l'auteur continue à suivre la dynamique spatio-temporelle de ce ravin jusqu'en 2015, date à laquelle ce ravin est complètement comblé par les sédiments.

5. Aménagement expérimental

Un aménagement a été réalisé par la Conservation des Forêts de la Wilaya de Médéa à l'intérieur du ravin. Les forestiers ont placé 9 seuils en gabion dans le ravin (Figure 6) et un mur de soutènement en pierres sèches (Figure 7) pour soutenir le glissement de terrain : $L=120$ m, hauteur=1 m, $l=80$ cm. Cette correction torrentielle a été négative. Au cours des trois dernières années 2015-2017, tous les gabions se sont enfoncés dans le fond du lit du ravin. Ce dernier a été comblé durant ces dernières années par des sédiments venant des flans de ce ravin. Nous avons remarqué que la surface de ce ravin est devenue uniforme. Au milieu de ce ravin une végétation naturelle a poussé durant cette période (Figure 8).

Cette couverture végétale s'est reconstituée spontanément dès que les facteurs de dégradation et de destruction ont cessé d'agir (Benchetrit, 1973). Ceci a été confirmé par Silhan et al. (2016) où les ravines augmentent la biodiversité du paysage et peuvent faire l'objet d'une protection. Cette végétation a assuré une régénération du sol plus importante que l'ablation par érosion, et il y a dès



Figure 6. Correction torrentielle ; seuils en gabion Haouch Zegaa (Ouzera) – le 27/03/2007



Figure 7. Correction torrentielle : mur de soutènement Haouch Zegaa (Ouzera). Fossé naturel d'écoulement qui longe la route - 27/03/2007



Figure 8. Le ravin de Haouch Zegaa : Ouzera Le comblement du ravin.

lors régénération parallèle du sol et de la végétation jusqu'au stade initial, sans aucune intervention de l'homme. [Metzen et al. \(2019\)](#) ont confirmé que les modèles de végétation peuvent être conceptualisés comme une variable prédictive dans le temps. Ce ravin au travers duquel la végétation est installée. C'est un vrai pansement biologique des plaies qu'avait ouvert l'érosion du sol depuis 1986 à 2017. Il est urgent d'enlever tous les drains souterrains qui se trouvent sous la route, de faire de la correction biologique et enfin de laisser l'eau qui vient de l'amont couler dans le fossé naturel.

6. Conclusion et perspectives

Ces travaux de génie civil et des forestiers se sont soldés par des échecs car le sol de cette zone est argilo-marneux. C'est un sol meuble d'où le risque de tassement sera important. Ce sol n'a pas pu résister au poids cumulé de ces seuils en gabion. Les micro-barrages en gabion au niveau de la tête et dans le fond du ravin, les drains souterrains à l'aval du versant et l'installation du village agricole ont créé des mouvements de masse et des ravinelements. Par contre, à Sidi-Zahar (Souagui), un aménagement anti érosif mécanique et biologique a été mis en place par [Bourougaa \(1989\)](#) sur la ravine Souagui II qui est devenue une oasis, parallèle à la ravine témoin Souagui I. Sur cette dernière, [Kouidri \(1987\)](#) a quantifié et surveillé son évolution à ce jour. Dans notre secteur, le vignoble arraché après l'indépendance, a été remplacé par des céréales (blé dur et orge). Après 31 ans, ce ravin végétalisé naturellement constitue une sorte d'oasis linéaire. Cette végétalisation s'est faite naturellement car elle a atteint la pente d'équilibre. La végétation spontanée située dans le lit du ravin de Haouch Zegaa a joué un rôle significatif. D'après [Rey et al. \(2002\)](#), la distribution spatiale de la végétation au sein de ce ravin, doit être importante pour la détermination de la production sédimentaire à son exutoire. Les villageois de Haouch Zegaa, sont aujourd'hui satisfaits de voir ce ravin se végétaliser. Toute la surface concernée par cette érosion en ravine a été complètement cultivée. Après le passage du tracteur, ces ravines parallèles au ravin végétalisé ont été complètement effacées. Cet aménagement a été conçu par la circonscription des Forêts de Médéa et les paysans de la zone d'étude.

Vu son importance dans la région de Médéa

(Ouzera), le ravinement bénéficie d'un intérêt particulier de la part des chercheurs. En Algérie, l'érosion des sols rend difficile le développement du secteur agricole, support aux économies nationales. L'application de plusieurs programmes de conservation des sols crée beaucoup d'espairs. Vu l'étendue des travaux et l'urgence de trouver des solutions pratiques, la recherche devrait se rapprocher des projets de développement, analyser l'expérience paysanne, définir les indicateurs permanents des causes et des facteurs locaux les plus importants en vue de réduire rapidement les risques de dégradation de l'environnement tout en intensifiant la productivité (Roose et De Noni, 2004). La dynamique spatio-temporelle mise en évidence par l'auteur sur la base de documents, d'enquêtes et mesures de son évolution apparaît ainsi essentiellement d'origine anthropique. Ainsi, l'utilisation de la photo-interprétation diachronique, valorisée par l'utilisation d'un Système d'Information Géographique (SIG), indiquera une tendance progressive de la dynamique spatio-temporelle du ravinement.

Depuis 1987, l'approche « GCES » ou « land husbandry » a fait irruption et a modifié le comportement des spécialistes de la lutte antiérosive en remettant le paysan, ses stratégies et ses contraintes à l'avant plan des nouveaux programmes de développement intégré (Roose, 1996). Nous avons assuré la coordination avec la cellule de gestion du projet P.E.R.2 en 2002 de la mise en œuvre du deuxième projet d'emploi rural (P.E.R.2) (conservation des Forêts de la wilaya de Médéa). Le gouvernement algérien a initié un projet d'emploi rural (P.E.R.2) tout en sollicitant l'assistance de la banque mondiale pour un cofinancement. Ce projet a pour but également de développer des emplois en milieu rural à travers la réalisation et à la réhabilitation d'infrastructures agricoles et de protection des ressources naturelles. Il cible des communes de montagne, situées dans les wilayas de Tiaret, Tissemsilt, Chlef, Ain Defla, Médéa.

En 2019-2021, la circonscription des Forêts de Ouzera a initié des travaux de conservation des sols dans la région d'El Djouahria où nous poursuivons des travaux de recherche sur les ravines parallèles au ravin étudié ci-dessus. Elles ont été complètement effacées et corrigées par le passage du tracteur d'où plantation de viticulture sur toute cette zone.

Remerciements

Nous remercions les organismes suivants pour leurs contributions et leur appui : l'INRF, l'ANRH, la DTP, l'USTHB (Faculté des Sciences de la terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire), l'INCT et la Conservation des Forêts de la wilaya de Médéa.

Références

- Alfonso-Torreño, A., Gómez-Gutiérrez, A., & Schnabel, S. (2021). Dynamics of Erosion and Deposition in a Partially Restored Valley-Bottom Gully. *Land*, 10(1), 62-89.
- Chebbani, R., & Belaidi, S. (1997). Etude de la dynamique du ravinement sur deux couples de ravines expérimentales près de Tlemcen. *Bulletin Réseau Erosion*, (17), 152-160.
- Bourougaa Lakhdar, L., & Monjengue, S. (1989). Fixation mécanique et biologique des ravines: expérimentation dans la région semi-aride de Béni Slimane, Algérie. *Bulletin Réseau Erosion*, (9), 19-29.
- De Ploey, J. (1991). Bassins versants ravinés : analyses et prévisions selon le modèle Es. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, (27), 69-76.
- Collinet, J., & Zante, P. (2005). Analyse du ravinement de bassins versants à retenues collinaires sur sols à fortes dynamiques structurales (Tunisie) . *Varia : Géomorphologie : Relief, Processus, Environnement*, 11(1), 61-74.
- Fiener, P., Auerswald, K., & Van Oost, K. (2011). Spatio-temporal patterns in land use and management affecting surface runoff response of agricultural catchments. *Earth-Science Reviews*, 106, 92-104.
- Ionita, I., Fullen, M., Zglobicki, wojciech, & Poesen, J. (2015). Gully erosion as a natural and human-induced hazard . *Natural Hazards*, (79), 1-5.
- Kouidri, R., Arabi, M., & Roose, E. (1989). Premiers résultats de quantification du ruissellement et de l'érosion en nappe sur jachères en Algérie (Wilaya de Médéa) . *Bulletin Réseau Erosion*, (9), 33-38.
- Kouidri, R. (1999). Quantification de l'érosion hydrique en ravine sur deux micro bassins versants : Kef Bou Khéli (Ouzera) et Ain Azerou (Souagui). Les résultats De Recherches forestières En matière De Gestion Et Conservation De l'Eau, De La Biomasse Et De La Fertilité Des Sols. Publication De l'INRF, (9), 15-23.
- Kouidri, R. (2003). L'érosion ravinante sur les terres agricoles, Médéa, Algérie. *Bulletin Des Sciences géographiques, INCT*, (11), 53-56.
- Kouidri, R., Bouguerra, K., & Guendouz, M. (2010). Ap-

- proche quantitative de l'érosion hydrique en Algérie : Bassin Pilote de Souagui (région de Médéa). Quantitative Approach of Hydric Erosion in Algeria : Experimental Souagui Basin (Area of Medea) . Le Journal De l'Eau Et De l'Environnement. Revue Semestrielle Internationale Scientifique Et Technique, Ecole Nationale Supérieure De l'Hydraulique, Blida, 59-69.
- Kouidri, R., & Ougrine, M. (2006). Cartographie automatique de zones de mouvements de terrains à partir de données digitales : cas de Kef Bou Khélil près de Ouzera, région de Médéa, Algérie. Bulletin Des Sciences géographiques, INCT, Alger, (17), 51-53.
- Kouri, L., Vogt, H., & Gomer, D. (1997). Analyse des processus d'érosion linéaire en terrain marneux, bassin de l'oued Mina, Tell Oranais, Algérie. Bulletin Réseau Erosion, (17), 64-73.
- Laouina, A., Nafa, R., Coelho, A. C., Chaker, M., Carvalho, T., Boulet, A. K., & Ferreira, A. (2000). Gestion des Eaux, des terres et phénomènes de dégradation dans les collines de Ksar el Kébir, Maroc. Bulletin Réseau Erosion, 20(18), 256-274.
- Lecompte, M., Lhénaff, R., & Marre, A. (1998). Huit ans de mesures du ravinement des marnes dans les Baronies méridionales (Préalpes françaises du Sud). Géomorphologie : Relief, Processus, Environnement, 4 (4), 351-373.
- Mathys, N., & Poesen, J. (2005). Ravinement en montagne : processus, mesures, modélisation, régionalisation . Géomorphologie: Relief, Processus, Environnement, 11(1), 1-7.
- Nyssen, J., Poesen, J., Moeyersons, J., Deckers, J., Mitiku, H., & Lang, A. (2004). Human impact on the environment in the Ethiopian and Eritrean highlands : A state of the art . Earth-Science Reviews, 64(3-4), 273-320.
- Metzen, D., Sheridan, G. J., Benyon, R. G., Bolstad, P. V., Griedbel, A., & Lane, P. N. (2019). Spatio-temporal transpiration patterns reflect vegetation structure in complex upland terrain. Science of the Total Environment, (694), 133551.
- Roose, E., Chebbani, R., & Bourougaa, L. (2000). Ravinement en Algérie : Typologie, facteurs de contrôle, quantification et réhabilitation. Sécheresse, 11(4), 317-326.
- Roose, E., & De Noni, G. (2004). La Gestion Conservatoire de l'Eau et de la Fertilité des Sols (GCES), une stratégie nouvelle pour face à un double défi du 21ème siècle : la pression démographique et l'environnement rural . Bulletin Réseau Erosion, (23), 10-27.
- Remini, B., & Bensafia, D. (2016). Envasement des barrages dans les régions arides exemplaires algériens . Larhyss Journal, (27), 63-90.
- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., & Valentin, C. (2003). Gully erosion and environmental change: importance and research needs. Catena, 50, 91-133.
- Silhan, K. (2021). The spatio-temporal reconstruction of spoil heap landslide movements using anatomical tree growth responses. Engineering Geology, 281, 105-988.
- Silhan, K., Ruzek, I., & Burian, L. (2016). Dynamics of gully side erosion: a case study using tree roots exposure data. Open Geosciences, 8(1), 108-116.
- Clapuyt, F., Vanacker, V., Schlunegger, F., Christl, M., & Van Oost, K. (2018). Spatio-temporal dynamics of sediment transfer between hillslopes and river channels in landslide-prone environments. In FLAG biennial meeting, Liège, Belgium.
- Maamar-Kouadri, K. (2019). Développement d'outils spatiaux et cartographie des risques d'érosion hydrique des sols dans le Tell oranais (Thèse de Doctorat). Université Abdelhamid Ben Badis, Mostaganem.
- Benchetrit, M. (1973). L'érosion actuelle et ses conséquences sur l'aménagement en Algérie. Paris: Presse universitaire de France.
- Kouidri, R. (2020). L'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Sidi Ali, affluent de la Chiffa (Médéa). Quantification et perspectives de conservation des sols. (Thèse de Magister). USTHB. Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire, Alger.
- Verstraeten, G., & Poesen, J. (1999). The nature of small-scale flooding, muddy floods and retention pond sedimentation in central Belgium. Geomorphology, 29, 275-292.
- Kouidri, R. (1987). Kouidri, R. (1987). Application de la technique anti érosive à la région de Médéa et Béné Slimane Algérie (Thèse de Magister). Sorbonne Université (France) : Université de Paris VII, Jussieu, Panthéon-Sorbonne, Paris.
- Demmak, A. (1982). Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale (Thèse de Doctorat). Université de Pierre et Marie Curie, Paris VII, Paris.
- Yibeltal, M., & Liyew, M. (2019). Analysis of long-term gully dynamics in different agro-ecology settings. Catena, 179, 160-174.
- Bellatrèche, A. (1987). Erosion et perspectives de conservations de sols dans les bassins sédimentaires de Médéa – Beni slimane. Algérie (Thèse de Doctorat). Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger.
- Muxart, T., Cosandey, C., & Billard, A. (1987). L'érosion sur les hautes terres du LINGAS, un processus naturel, une production sociale. (0141) France: CNRS.
- Olivry, J. C. (1986). Fleuves et rivières du Cameroun (9), Montpellier: MERSRES-ORSTOM.
- Olivry, J. C., Quelennec, R. E., & Hoorelbeck, J. (1988). Erosion des Terres Noires de la vallée du Buech (Alpes du Sud), Orléans (FRA). Montpellier: BRGM-ORSTOM.
- Heuch, B. (1970). L'érosion du Pré Rif occidental : une étude quantitative de l'érosion hydrique dans les collines mar (19), France: IRD.
- De Ploey, J. (1973). De Ploey, J. (1973). Ruissellement diffus, ravinement et badlands dans le bassin de Kas-

- serine (Tunisie steppique). Livre jubilaire M. solignac. Annales des Mines et de la Géologie. Tunis, 26 :583-593. Annales Des Mines Et De La Géologie. LIVRE JUBILAIRE (Marcel Solignac), Tunis (26 : 583-593). Tunis: D.M.E (Service géologique de Tunisie).
- Sari, D. (1977). L'Homme et l'Erosion dans l'Ouarsenis. Alger: SNED.
- Kouidri, R., Muxart, T., & Roose, E. (1989). Quantification de l'érosion en ravine. Approche dans le temps et dans l'espace. Réseau érosion, (09), 52-54.
- Marié, I., Loncar, N., & l'anda, L. (2021). New Method for Automated Quantification of Vertical Spatio-temporal Changes within Gully Cross-Sections Based on Very-High-Resolution Models. Remonte Sens, 13(2), 321-348.
- Roose, E. (1996). Méthodes de mesure des états de surface du sol, de la rugosité et des autres caractéristiques qui peuvent aider au diagnostic de terrain, des risques de ruissellement et d'érosion, en particulier sur les versants cultivés des montagnes. Bull. Réseau Erosion, 16, 87-97.
- Kouidri, R., Hamoudi, A., Morsli, B., Amokrane, F., & Boudani, A. (2011). Planification et gestion des ressources hydriques, (1-60) Brésil: INRF.
- Rey, F., Chauvin, C., Richard, D., Mathys, N., Rovéra, G., & Morel, A. (2002). Le piégeage des sédiments marneux par des barrières végétales (Alpes du sud), France. Réseau Erosion, (21), 331-345.
- Roose, E., Sabir, M., Arabi, M., Morsli, B., & Mazour, M. (2012). Soixante années de recherches en coopération sur l'érosion hydrique et la lutte antiérosive au Maghreb. Physio-Géo Géographie Physique, 6, 43-69.