



L'érosion des berges de l'oued Sebou et leur impact morphologique en Pré-Rif : le cas de la partie s'étendant entre les deux vallées, Inaouene et Bouchabel – Maroc

The erosion of the banks of the Sebou wadi and their morphological impact in Pre-Rif: the case of the part extending between the two valleys, Inaouene and Bouchabel - Morocco

Mohammed YAZAMI ZTAIT¹, Idriss SAMMAA¹, Jawad EL HAWARI²

1- Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Sais-Fès, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah. Maroc

2- Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Beni Mellal, Université Sultan Moulay Slimane. Maroc

This is an open access article under the [CC BY-NC-ND](#) license.



Résumé : Ce travail examine l'érosion des berges et la dynamique fluviale de l'Oued Sebou dans le Pré-Rif marocain. La zone d'étude couvre le tronçon de l'Oued Sebou entre les affluents de l'Inaouene et du Bouchabel. L'article détaille les caractéristiques géomorphologiques de cette région, met en évidence les conditions hydro-climatiques influençant l'érosion fluviale, et décrit les manifestations d'érosion des berges.

La méthodologie de l'étude repose sur des travaux de terrain, des observations des berges, des relevés de sédiments, des enquêtes auprès des habitants locaux, ainsi que l'utilisation de cartes et d'images satellites pour la localisation des sites d'érosion. L'article analyse également l'évolution hydro-climatique et morphologique de l'Oued Sebou depuis 1943.

Les résultats montrent que l'érosion latérale est active dans cette région en raison de l'hétérogénéité des précipitations et du débit du cours d'eau. L'Oued Sebou se caractérise par des méandres larges dans une plaine inondable limoneuse. Les berges, principalement composées de galets, de limon et de sable, sont constamment exposées à l'érosion latérale, en particulier pendant les inondations.

L'article souligne l'impact socio-économique significatif de l'érosion des berges sur les terres agricoles de la plaine inondable. Enfin, il met en évidence l'évolution du cours de l'Oued Sebou au fil des décennies, notamment sous l'influence des barrages construits dans la région.

Mots clés : Maroc, Oued Sebou, Dynamique fluviale, Conditions hydro-climatiques, Géomorphologie, Impacts.

Abstract: This study examines riverbank erosion and fluvial dynamics in the Sebou River within the Moroccan Pre-Rif region. The study area covers the stretch of the Sebou River between the Inaouene and Bouchabel tributaries. The article details the geomorphological characteristics of this region, highlights the hydro-climatic conditions influencing riverbank erosion, and describes manifestations of bank erosion.

The study methodology relies on fieldwork, bank observations, sediment surveys, interviews with local residents, and the use of maps and satellite images to locate erosion sites. The article also analyzes the hydro-climatic and morphological evolution of the Sebou River since 1943.

The results show that lateral erosion is active in this region due to the heterogeneity of precipitation and river flow. The Sebou River is characterized by wide meanders within a silty floodplain. The riverbanks, primarily composed of pebbles, silt, and sand, are constantly exposed to lateral erosion, especially during floods.

The article highlights the significant socio-economic impact of bank erosion on the agricultural lands of the floodplain. Finally, it underscores the evolution of the Sebou River's course over the decades, notably under the influence of dams constructed in the region.

Keywords: Morocco, Oued Sebou, Fluvial dynamics, Hydro-climatic conditions, Geomorphology, Impacts.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.10015253>

1. INTRODUCTION

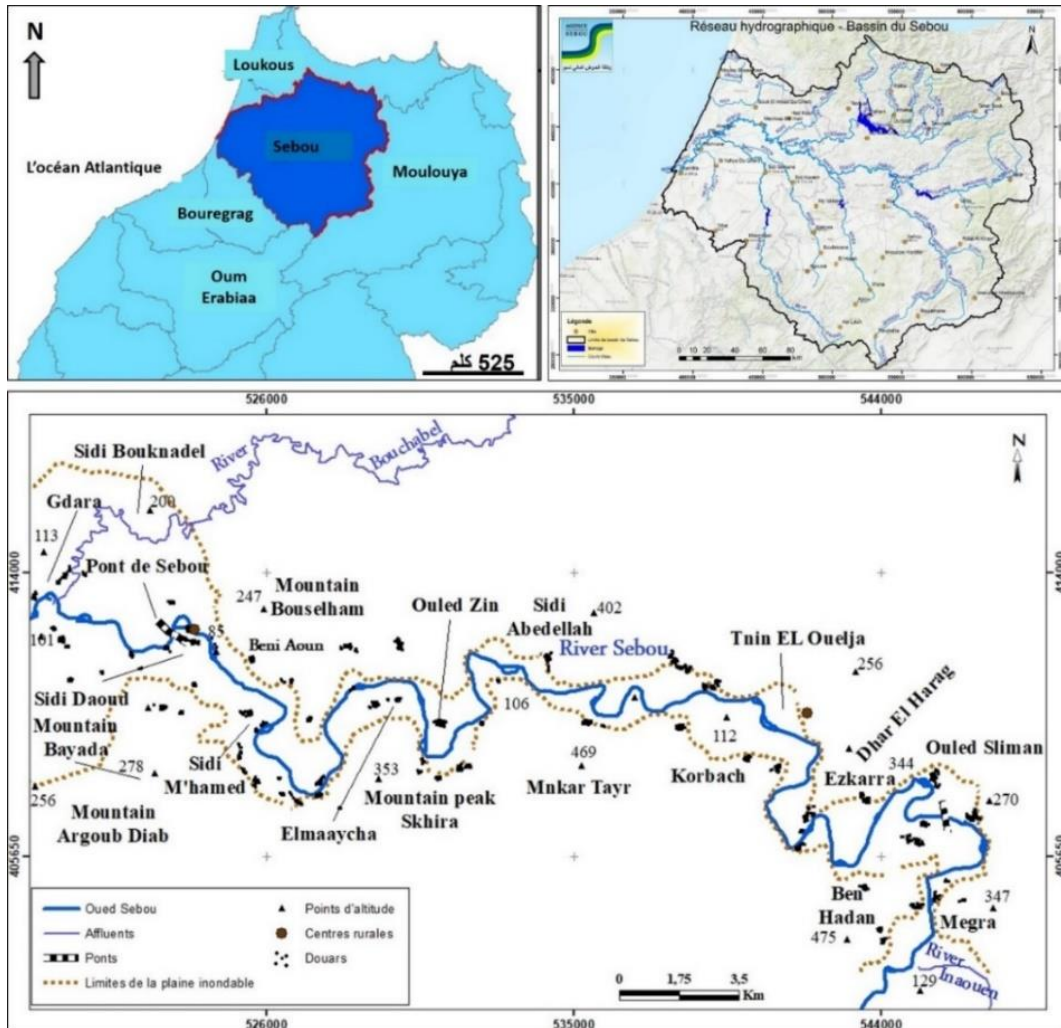
Dans cet article, nous étudions le cas d'un tronçon fluvial de l'Oued Sebou, situé au nord de la ville de Fès. Cette zone s'étend depuis la confluence de la vallée du Sebou avec la vallée de l'Inaouene jusqu'à sa jonction avec la vallée du Bouchabel. Ses coordonnées géographiques se situent entre 34 degrés 05 minutes et 34 degrés 25 minutes de latitude nord de l'équateur, ainsi qu'entre 4 degrés 50 minutes et 5 degrés 20 minutes de longitude ouest de la ligne de Greenwich (selon les cartes de Fès - Est, Fès Ouest, Kala'a de Slass, et le village de Ba Mohamed à l'échelle 1/50000).

Cette zone se caractérise par la fragilité de ses terres vallonnées, où l'érosion hydrique est active, comme l'ont noté Boughalem et al. (2020), Faleh (1989), Rahhou (1999), et Faleh et Saddiki (2006). En ce qui concerne la vallée du Sebou, elle présente un fond large et une plaine plate, avec un cours d'eau qui serpente (meandre) largement, comme décrit par El Aroui (2020), Achiban et al. (2020), Yazami Ztait et al. (2020), Valenza et al. (2020), Peijia et al. (2020), et Donatella et al. (2019). Cette région est également connue pour son sol fertile, exploité par la population pour l'agriculture, conformément à l'étude d'El-Maqnisi (2007).

1.1. Contexte géographique et géologique

La zone en question se situe dans la topographie pré-rifaine, s'étendant entre le lit de l'Ouazane et le Pré-Rif. En conséquence, sa géologie est principalement caractérisée par des formations de boue et d'argile, bien que certaines différences existent en raison de sa proximité avec les montagnes du Moyen Atlas. Cette particularité géologique a été étudiée par Avenard (1964-1965-1995), Bravard et Petit (1997), Bravard (1998), Heusch (1970), Tribak (2000), Faleh (1989), Laouina (1974), et Maurer (1968). Les composants géologiques de cette région sont marqués par l'argile blanche datant de l'époque de l'Éocène présente des deux côtés du cours d'eau, selon les observations de Beaudet et al. (1967), Dridri et Fedan (2001), et Dridri (2004). Les formations d'argile et d'argile du Crétacé dominant également, avec des traces de gypse datant de l'époque des terrasses, couvrant la plaine inondable de la vallée moderne.

Figure 1 : Localisation géographique du domaine d'études



1.2. Topographie et paysage

La zone d'étude présente une topographie variée et complexe résultant principalement de l'intersection des collines du Miocène avec la formation d'argile. Cela a conduit à la formation de collines d'une hauteur variant de 200 à 500 mètres, inégalement réparties entre les côtés est et ouest du parcours. La région est également caractérisée par un réseau hydrologique dense, comprenant des oueds permanents et saisonniers, ainsi que des pistes de surface abondantes. Le couvert végétal de la région est relativement faible, étant principalement constitué d'oliviers, de vignes, et de quelques autres types de végétation tels que les sidrows, dômes, et plantes adultes.

1.3. Érosion et conditions climatiques

L'érosion latérale des berges des cours d'eau est considérée comme l'un des processus géomorphologiques fondamentaux dans la formation des rivières, en conjonction avec d'autres méthodes telles que le transport des matériaux depuis les zones en amont jusqu'aux bassins inférieurs et la sédimentation des rivières au fond des vallées, comme discuté par Taous (2005) et Bravard et Petit (1997). Les fonds des vallées marocaines sont particulièrement vulnérables (Taous, 2013), avec une érosion des berges active en raison des conditions climatiques annuelles et saisonnières, ainsi que de la force des courants d'eau pendant les périodes pluvieuses.

2. MÉTHODOLOGIE

L'article commence par examiner les conditions hydrodynamiques et les facteurs qui influent sur la dynamique fluviale. Ensuite, il présente les résultats préliminaires de l'étude des aspects les plus importants de l'érosion des berges de l'oued Sebou causée par ces conditions, ainsi que la détermination de leur impact géomorphologique et de leur répartition spatiale le long du cours du fleuve. De plus, l'article aborde l'évolution de la trajectoire de ce cours d'eau au cours des dernières décennies, à partir de l'année 1943.

La méthodologie de cette étude s'est principalement basée sur des travaux sur le terrain. Nous avons effectué des observations directes des berges, en identifiant les zones d'érosion. De plus, nous avons sélectionné des sections de sédiments pour étudier leur composition. Nous avons également recueilli des données en interrogeant les résidents locaux en utilisant des formulaires d'enquête. Pour localiser les sites d'érosion, nous avons utilisé des documents cartographiques ainsi que des images satellites de Google Earth. Notre analyse s'est particulièrement concentrée sur l'évolution hydro-climatique et morphologique du cours d'eau au cours des dernières décennies.

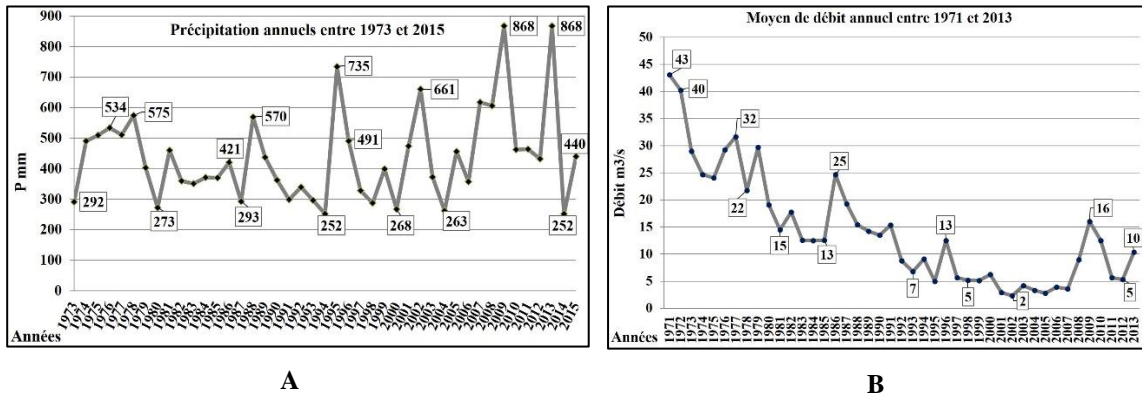
3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. L'influence des conditions hydro-climatiques sur l'érosion fluviale

Les conditions hydro-climatiques jouent un rôle prépondérant dans le processus d'érosion fluviale. Le régime pluviométrique du bassin du Sebou exerce généralement un contrôle significatif sur le comportement hydrologique, qui est le principal facteur contribuant à l'érosion fluviale. L'hétérogénéité des précipitations et la variabilité du cours d'eau influencent la dynamique de ce dernier ainsi que l'érosion progressive de ses berges. Ces phénomènes d'érosion sont constamment en action en fonction de la force du courant d'eau, de la disparité des précipitations, et du débit résultant de ces facteurs. L'érosion fluviale se manifeste par le déplacement, le glissement, et l'effondrement des matériaux fluviaux, atteignant son intensité maximale lors de périodes de débit élevé, notamment pendant les fortes averses, et inversement. En effet, plus le courant d'eau est puissant, plus l'érosion latérale s'intensifie, tandis qu'une faible résistance des berges s'accompagne d'une érosion moins prononcée (Bravard et Petit, 1997 ; Taous, 2005). L'intensité de l'érosion varie en fonction des variations quotidiennes et saisonnières du débit, ainsi que des variations annuelles caractéristiques du bassin du Sebou (Dadoun, 2007 ; Yazami Ztait et Taous, 2020).

Dans la Figure 2, nous présentons une illustration des variations annuelles des précipitations et du débit, en utilisant les données de la station météorologique de Dar Al-Arsa, située au nord-est de Fès.

Figure (2) : La variabilité annuelle des pluies et du débit d'eau à Oued Sebou, station Dar Al-Arsa 1971-2013 (selon les données de l'Agence du bassin du Sebou)



3.2. Fluctuations des précipitations et impact sur le débit

Les précipitations présentent des variations, mais malgré leur hétérogénéité, comme le montre la courbe du graphique n° (1), elles jouent un rôle fondamental dans l'érosion des berges du cours d'eau. Les précipitations annuelles à la station de Dar Al-Arsa ont oscillé entre 280 mm et 570 mm avant la construction du Barrage Allal Al-Fassi en 1990, ne dépassant pas 600 mm. Après la construction du barrage, elles ont varié entre 252 mm et 868 mm, dépassant à plusieurs reprises les 600 mm, ce qui confirme une augmentation des précipitations, en particulier au cours des dix dernières années.

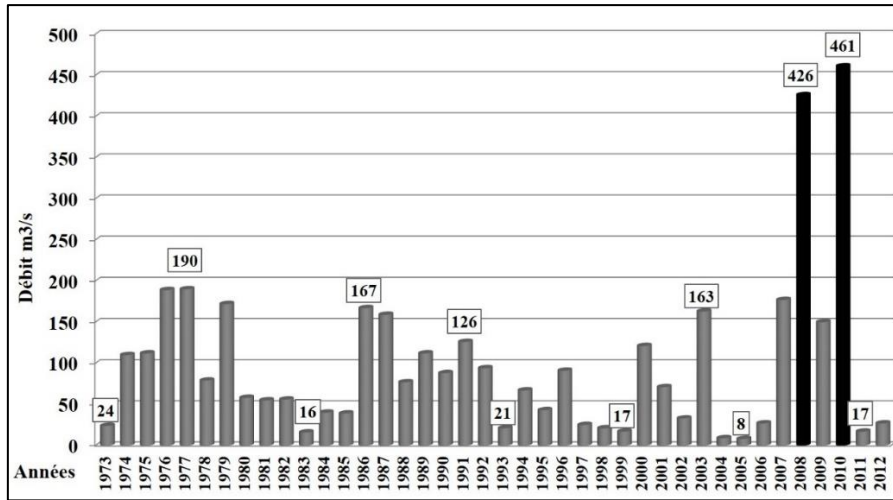
Le débit d'eau correspond en grande partie aux variations des précipitations dans le bassin avant la construction du barrage Allal Al Fassi près de Fès en 1990. Cependant, après cette année, le système hydrologique a connu une diminution continue, comme le montre la Figure (2). La station a enregistré deux phases importantes :

La période précédant la construction du barrage Allal Al-Fassi, entre 1971 et 1990 : Les quantités de débit de cette station ont connu une baisse constante depuis 1971, avec une quantité minimale de 22 m³ / s enregistrée en 1978 et une quantité maximale de 43 m³ / s en 1971.

La période après la construction du barrage Allal Al-Fassi, entre 1990 et 2013 : Au cours de cette période, l'impact du barrage sur le débit est évident, avec une baisse relative du débit moyen sur 34 ans. Le débit a atteint un minimum de 2 m³ / s en 2002 et un maximum de 25 m³ / s en 1986.

Dans la Figure 3, nous présentons les valeurs du débit quotidien maximal sur la période de 1973 à 2012. Ce débit a fluctué au fil des années, atteignant un minimum de 8 m³ / s le 28 février 2005 et un maximum de 461 m³/s le 10 mars 2010, ainsi qu'un pic de 426 m³ / s le 11 octobre 2008. Il a dépassé les 100 m³ / s à plusieurs reprises, ce qui peut provoquer des crues violentes, des inondations et influencer la dynamique des cours d'eau, comme cela s'est produit lors des années exceptionnellement pluvieuses, telles que 2008, 2009 et 2010.

Figure (3) : Quantités du débit quotidien maximal à la station Dar Al-Arsa entre 1973 et 2012



3.3. Les caractéristiques géomorphologiques de l'Oued Sebou dans la zone d'étude

L'Oued Sebou présente, dans la région étudiée, une caractéristique principale sous la forme d'un cours d'eau à méandres larges, comme illustré dans la Figure 4. Ce cours d'eau s'étend au sein d'une vaste plaine inondable, dont la largeur varie en fonction de la nature des formations rocheuses environnantes. La largeur de la plaine peut osciller entre des sections relativement étroites, mesurant environ 400 mètres de large, et des sections beaucoup plus larges pouvant dépasser 2500 mètres. La largeur de la plaine inondable tend à augmenter significativement lors des confluences avec les principaux affluents de l'Oued Sebou, tels que la vallée de l'Inaouene et la vallée du Bouchabel.

En ce qui concerne la pente longitudinale générale de la plaine inondable, celle-ci demeure relativement faible, avec une estimation d'environ 0,2%.

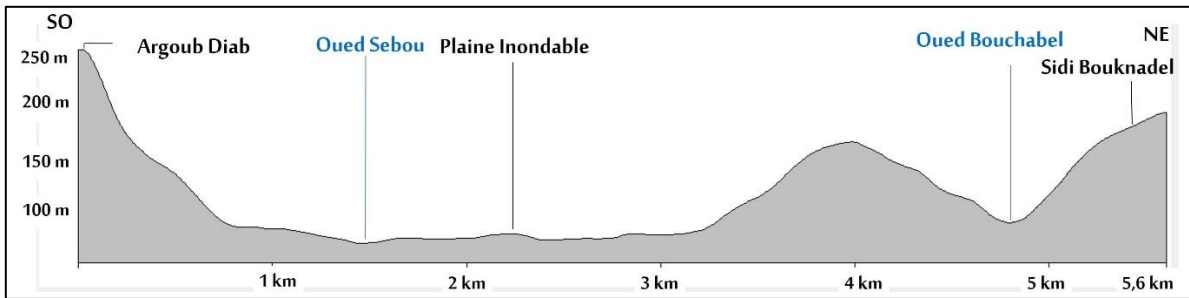
Figure (4) : Vue générale d'Oued Sebou dans la région d'Al Oualja (19/06/2015)



Nous présentons une coupe topographique transversale qui illustre la morphologie générale de l'Oued Sebou dans la région de Sidi Daoud, située entre deux collines, à savoir Sidi Bouknadel au nord et Arg-Ediab au sud. Cette coupe met en évidence l'étendue de la largeur de la plaine inondable dans cette section de la vallée du Sebou, où elle dépasse les 2500 mètres. La zone se trouve à une altitude d'environ 90 mètres et est caractérisée par des pentes asymétriques à forte inclinaison.

Dans la Figure 6, nous présentons une coupe qui détaille la morphologie et les composantes de la plaine inondable en utilisant un modèle représentatif de la steppe du champ d'étude, située entre les pentes du Jebel Bayada et du Jebel Bousselham. Cette zone est principalement constituée de sédiments fluviaux grossiers, avec une épaisseur générale variant entre 2 et 3 mètres, composée de gravier, de galets et de sable. Ces sédiments sont recouverts de fines formations alluviales dont l'épaisseur varie localement entre 0,5 et 2 mètres. Ces formations transportent des nutriments essentiels du sol utilisés dans l'agriculture.

Figure (5) : Coupe topographique transversale montrant la forme de la vallée du moyen Sebou et la largeur de la plaine inondable à Sidi Daoud



a - Coupe générale des sédiments de la plaine inondable - b: Coupe détaillée montrant la position morphologique du cours d'eau actuel et de ses berges dans la zone de Megra

Les rives de l'Oued Sebou surplombent le cours d'eau actuel avec des rebords dont la hauteur varie entre quelques dizaines de centimètres à plus de 5 mètres. Ces rebords sont principalement constitués de matériaux fluviaux appartenant à la plaine inondable, comme illustré dans la section de la Figure 6. En certains endroits, le cours d'eau atteint les pentes de la vallée, formant ainsi de hautes crêtes composées de matériaux de la roche mère.

La section étudiée (Figure 7) présente des matériaux sédimentaires sur la rive droite, située au sud-ouest du rond-point de Megraha dans la région de Ben Hadan, aux coordonnées $x = 545471,786$, $y = 404503,408$, $z = 125$ mètres. L'épaisseur des sédiments dans cette zone est d'environ 5,5 mètres et se compose de six niveaux distincts.

Figure (6) : Coupe transversale montrant la morphologie et la structure sédimentaire de la plaine inondable de la région de Sidi Daoud

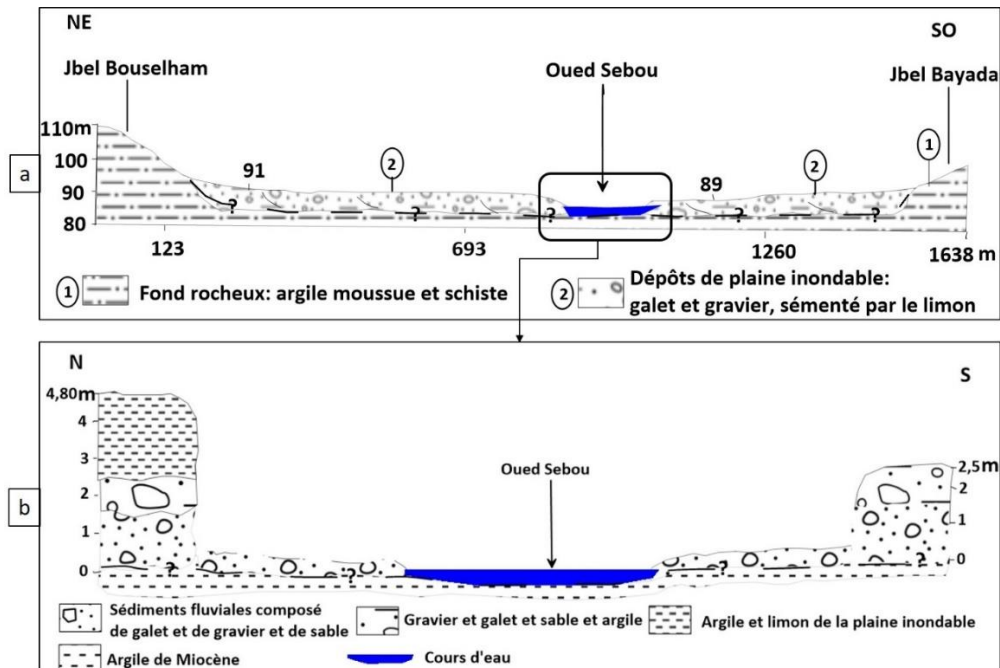
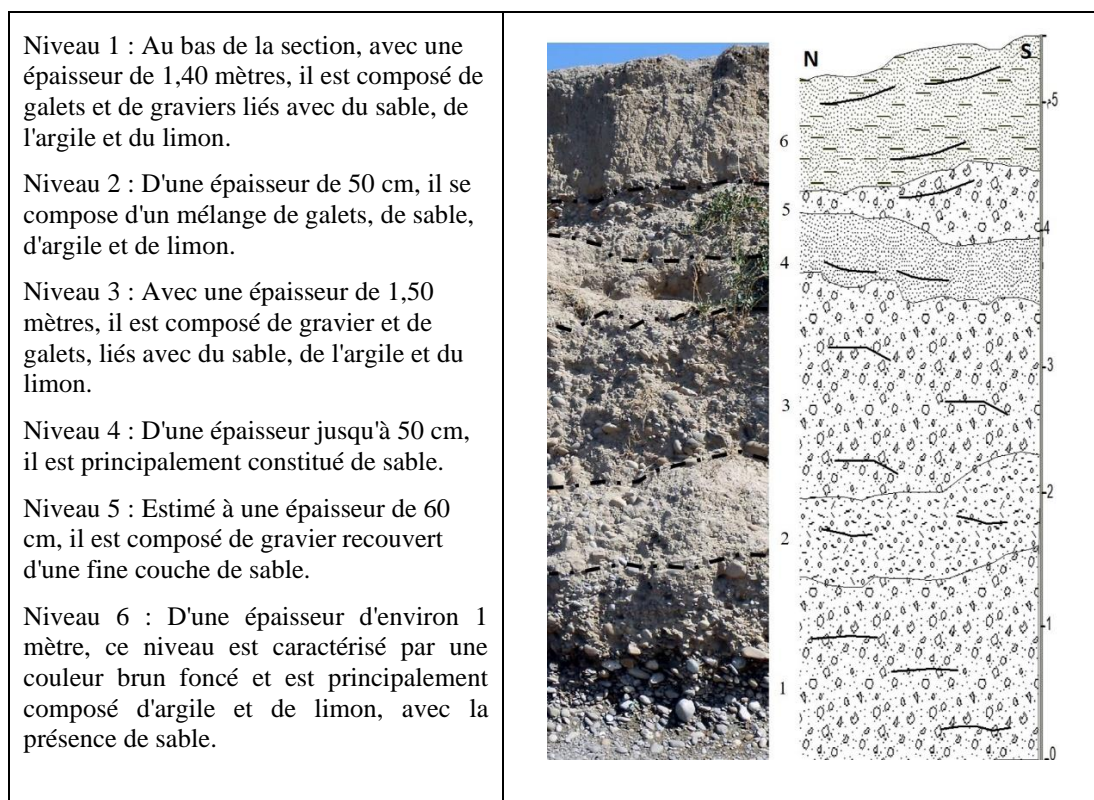


Figure (7) : Coupe détaillée montrant les éléments de la rive droite de la vallée de Sebou, à l'ouest du rond-point de Megrah dans le secteur de Ben Hadan



3.4. Formes d'érosion des berges et des bords de l'Oued Sebou

Dans le cadre de cet article (Yazami Ztait, 2020) et à travers des travaux sur le terrain ainsi que l'utilisation d'imagerie satellite Google Earth (2016), nous avons étudié l'érosion et la dégradation des berges dans le but de diagnostiquer leurs caractéristiques, leur répartition spatiale et d'évaluer leur degré de dégradation relatif. En général, les formes d'érosion varient en fonction de divers facteurs, notamment la fragilité des composants des berges, la hauteur des rives, les caractéristiques morphologiques du cours d'eau, la force du courant, la présence ou l'absence de couvert végétal, sa qualité, ainsi que l'intensité de la pression humaine liée à l'agriculture dans la plaine inondable ou à l'extraction de matériaux sédimentaires des rives du cours (carrières de sable).

Nous avons distingué entre deux types d'érosion latérale : l'érosion latérale ou l'évacuation des berges surplombant le cours d'eau actif, qui concerne généralement les composantes de la plaine inondable, et l'érosion latérale des bords latéraux, qui creuse directement dans les roches argileuses du pied de la berge, en bordure directe du cours d'eau. De plus, certaines parties du fond du cours d'eau présentent des caractéristiques d'érosion verticale active dans certains endroits.

Les berges de l'Oued Sebou dans la zone étudiée sont soumises à une érosion latérale fluviale violente, contribuant à leur recul et à leur érosion, ainsi qu'à l'effritement des berges formées à partir des sédiments de la plaine inondable en de nombreux endroits (voir Tableau 2). Cela se produit généralement dans des zones où les berges sont exposées directement au courant d'eau sur les berges concaves, en particulier lors de périodes de crues exceptionnelles et de forte activité d'érosion fluviale. Malgré la présence d'une protection relative sous forme de couvert végétal dans certaines zones, la fragilité des composants des berges et leur faible résistance à l'érosion les rendent vulnérables aux fissures, glissements de terrain et effondrements lorsque le niveau du débit d'eau diminue dans le cours. Cette activité d'érosion contribue également à l'apport de sédiments dans le lit fluvial. Quelques exemples de modèles sont présentés dans le Tableau 2.

Figure (8) : Exemples d'érosion latérale et de drainage des berges de l'Oued Sebou



2- L'érosion sur la rive gauche de Oued Sebou, à l'ouest du douar Megra

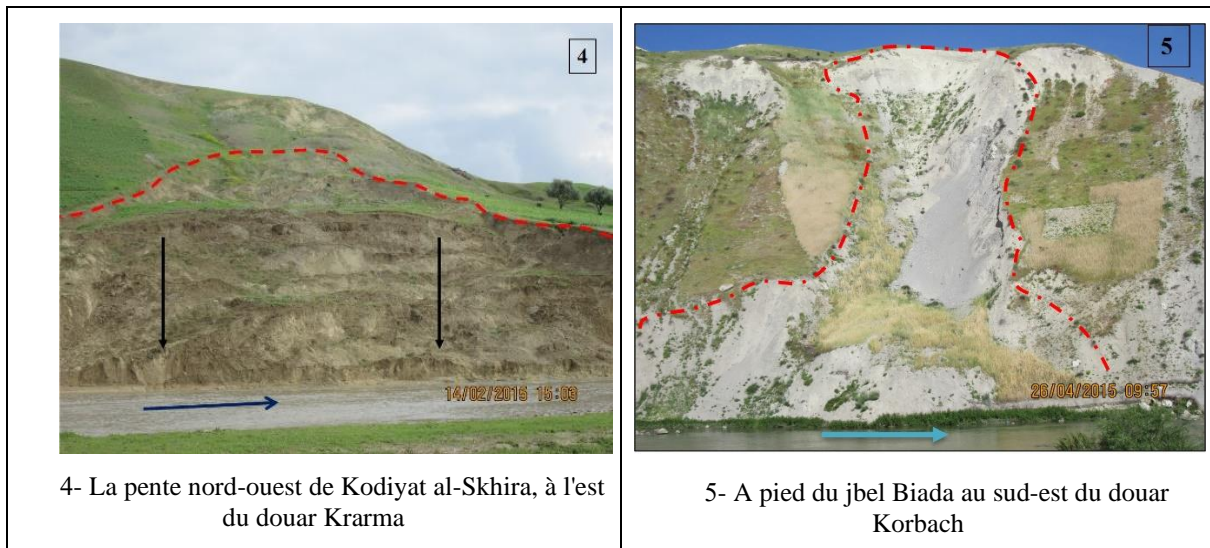


3- Effondrement des matériaux rive droite au Nord-Ouest du douar Zkara

Dans certaines régions, la plupart des pentes fragiles surplombant directement le cours de l'Oued Sebou peuvent être exposées à l'érosion et au recul à mesure que le cours d'eau s'approche des pentes marneuses et sculpte leur base. Cette situation peut évoluer vers l'apparition de glissements de terrain sur ces pentes, en particulier pendant les périodes de crues, et immédiatement après leur retrait (voir Photo 3).

Sur la Photo 4 (Figure 9), une maquette montre un glissement de terrain à l'est du douar Kharma, sur la rive concave gauche, où la force du courant d'eau conduit au glissement du versant nord-ouest d'Al-Kodyat Skhira. Sur la Photo 5, un autre modèle de glissement de terrain apparaît au sud-est du douar Korbach, à environ 1 km de distance, là où le versant sud du côté droit de la piste a subi un glissement.

Figure (9) : Modèles de certaines masses glissant dans les contreforts de l'Oued Sebou



4- La pente nord-ouest de Kodyyat al-Skhira, à l'est du douar Kharma

5- A pied du jbel Biada au sud-est du douar Korbach

3.5. Mesure et évaluation de l'érosion des berges

Pour évaluer le taux d'érosion et de retrait des berges, nous avons effectué un suivi et des mesures sur le terrain dans certaines stations, et obtenu les résultats présentés dans le Tableau 1. Ces résultats démontrent que la plupart des berges étudiées sont sujettes à l'érosion et au retrait. En l'espace d'un an, la rive de la station n° 1 a reculé de seulement 6,40 mètres, tandis que celle de la station n° 3 a reculé de 4,40 mètres.

De plus, des forages ont été réalisés au pied de certaines berges, révélant une augmentation de la profondeur du cours et de sa hauteur. Cela indique que les berges du ruisseau sont totalement instables, à l'exception de la station 7. Ces observations sont influencées par les variations du débit de l'Oued Sebou entre mai 2016 et mai 2017, où le débit moyen à la station Dar Al Arsa était de 3,1 mètres cubes par seconde.

Tableau (1) : Résultats de la mesure de l'érosion latérale et verticale sur les berges de l'Oued Sebou dans la seconde partie entre 2016 et 2017

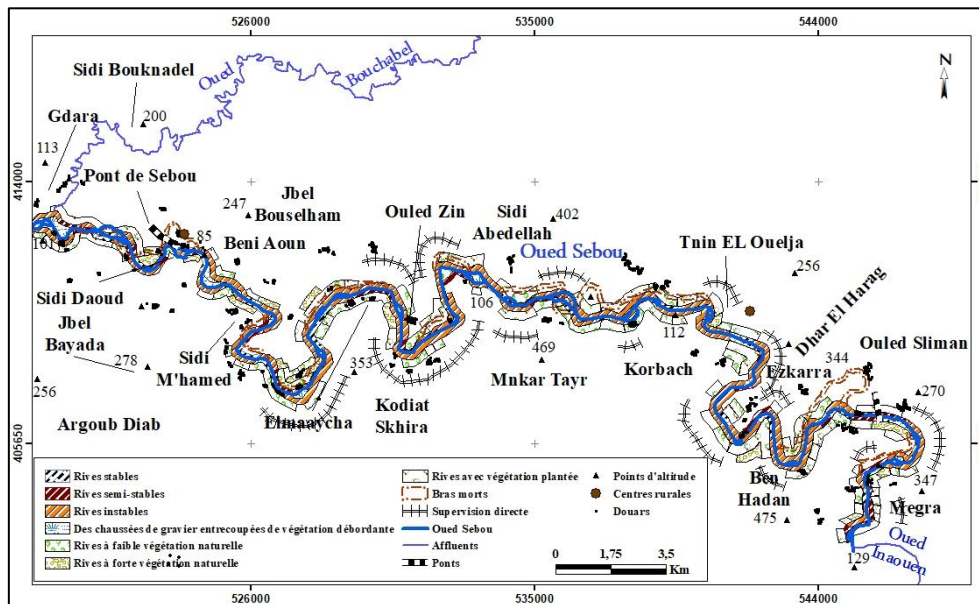
N° Station	Situation de station	21-22 Mai 2016 mesure en mètre	21-22 Mai 2017 mesure en mètre	Différences en mètre
1	X= 545496,111; Y= 403555,966; Z= 128 m	Hauteur : 4,70 Distance : 3,90	Hauteur : 4,90 Distance : 2,90	(+0,20) (-1)
2	X= 545375,615; Y= 404890,031; Z= 126 m	Hauteur : 4,90 Distance : 17,40	Hauteur : 5,30 Distance : 11	(+0,40) (-6,40)
3	X= 545556,359; Y= 404096,595; Z= 125 m	Hauteur : 4,80 Distance : 10,40	Hauteur : 5 Distance : 6	(+0,20) (-4,40)
4	X= 544041,55; Y= 404136,423; Z= 121 m	Hauteur : 2,50 Distance : 38	Hauteur : 2,80 Distance : 35,70	(+0,30) (-2,30)
5	X= 541898,44; Y= 407919,648; Z= 116 m	Hauteur : 5 Distance : 18,30	Hauteur : 4,40 Distance : 16,30	(-0,60) (-2)
6	X= 530554,588; Y= 410286,537; Z= 93 m	Hauteur : 4,80 Distance : 12,25	Hauteur : 4,60 Distance : 5,25	(-0,20) (-7)

Ces résultats, obtenus par des mesures sur le terrain et un suivi sur une période d'un an, nous fournissent une image simplifiée du taux d'érosion et du recul des berges de l'Oued Sebou dans les stations étudiées. L'Oued Sebou dans la zone étudiée présente toujours une dynamique latérale en constante évolution, en fonction de l'hétérogénéité de la force du courant (voir Tableau 1).

3.6. Diagnostic et régulation des cas des berges

Sur la carte simplifiée (Figure 10), nous présentons une vue d'ensemble des résultats du diagnostic de l'état des berges et des rives le long du cours de l'Oued Sebou dans le champ d'étude. Il est apparu qu'il existe différents cas, allant des berges relativement stables, qui sont rares et présentent peu de signes d'érosion, aux berges instables et légèrement érodées, qui sont constamment soumises à une forte érosion et semblent dégradées.

Figure (10) : Le cas des berges de l'Oued Sebou, entre Oued Inaouene et Oued Bouchapel



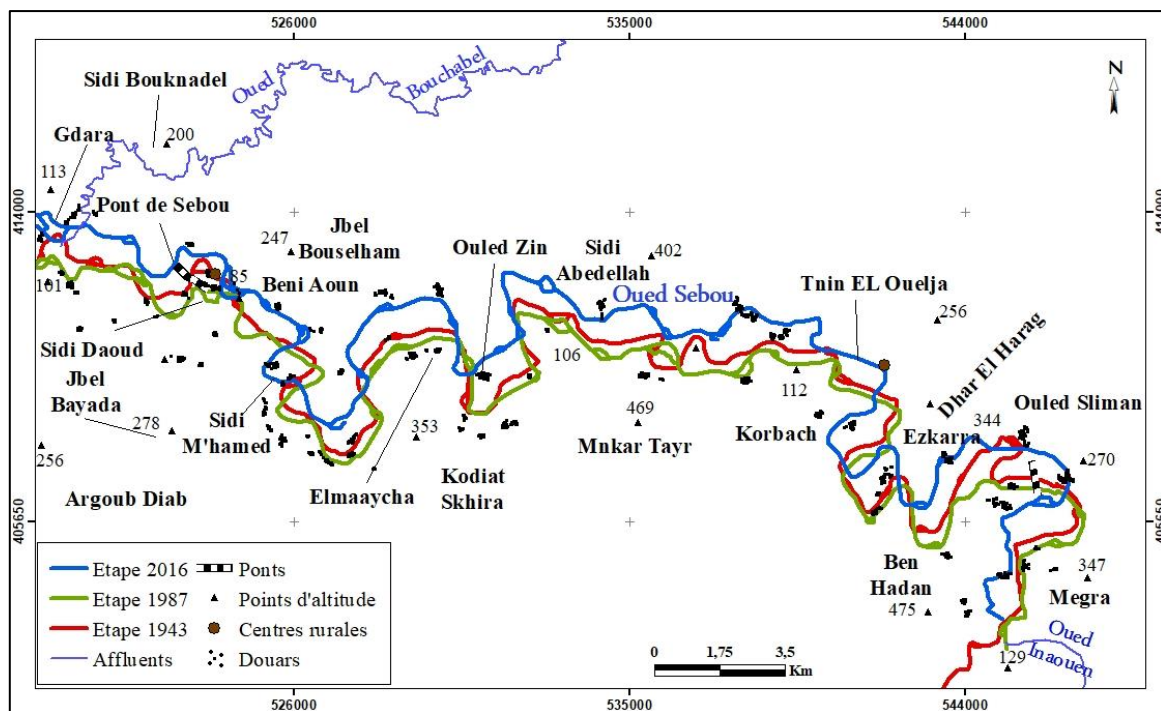
Plusieurs facteurs influencent ces variations dans les conditions des berges. Cela inclut la nature des matériaux constituant les berges, leur position morphologique par rapport à la direction du cours d'eau, la présence ou l'absence de couverture végétale, ainsi que sa qualité. La végétation joue un rôle essentiel dans la protection des berges contre l'érosion. De plus, les activités humaines peuvent avoir un impact significatif. Certaines interventions, telles que la mise en place de barrières, la plantation d'arbres ou l'installation de clôtures, peuvent contribuer à la protection des berges. Cependant, d'autres actions humaines, telles que la déforestation ou l'exploitation intensive des terres de la plaine inondable, ainsi que l'extraction de sédiments fluviaux du cours et de la plaine inondable, peuvent contribuer à la dégradation des berges et à leur érosion en éliminant la végétation naturelle de protection.

3.7. Dynamique et évolution du parcours de l'Oued Sebou au cours des dernières décennies

En fonction de l'évolution des conditions climatiques et hydrologiques, le cours de l'Oued Sebou connaît des évolutions et des transformations rapides de sa morphologie et de son tracé d'écoulement, en raison de l'activité hydrodynamique et de l'érosion latérale de ses berges, comme évoqué précédemment. Des résultats similaires ont été obtenus par d'autres chercheurs étudiant différentes parties de l'Oued Sebou, que ce soit dans la région du Saïs ou en Pré-Rif (Ali Dadoun, 2007 ; A. Faleh et Sadiki, 2006 ; A. Taous et A. Dadoun, 2015). Dans cet article, nous tenterons d'examiner en détail l'évolution dynamique du cours d'eau dans la zone étudiée en retraçant son parcours à long terme, de 1943 à 2016 (voir Figure 11). Pour ce faire, nous avons utilisé des cartes topographiques de Fès Est, du Kala'a de Slass et du village de Karia Ba Mohamed à l'échelle de 1/50 000 pour l'année 1943, ainsi que des images de Google Earth de 2016.

Les résultats de l'analyse morphométrique ont montré que le cours d'eau principal a subi des changements significatifs entre 1943 et 2016. Sa longueur a augmenté de 3,1 km, passant de 60 km à 63,1 km. Cette évolution indique que de nouveaux méandres se sont formés, tandis que d'autres sont devenus des bras morts abandonnés. Le rayon moyen des méandres a diminué de 14 mètres, passant de 839 m à 825 m, et la longueur d'onde a augmenté de 3025 m à 3062 m. L'indice de méandrage est passé de 1,65 à 1,74 m.

Figure (11) : L'impact de la dynamique fluviale et de l'érosion fluviale sur l'évolution du cours de l'Oued Sebou



Cependant, le développement était plus évident entre les années 1943 et 1987, lorsque le débit était normal avant la construction du barrage Idris I en 1973 sur l'affluent Inaouene et du barrage Allal Al Fassi en 1990 sur l'Oued Sebou. Bien que ce changement soit également notable entre les années 1987 et 2016, cette phase coïncide avec la construction des deux barrages simultanément. Ainsi, elle témoigne de la maîtrise par l'homme de la dynamique du fleuve.

3.8. Les résultats obtenus dans cette étude révèlent plusieurs aspects importants :

- ✍ **Érosion Latérale Active** : L'érosion latérale est un phénomène actif le long de l'Oued Sebou, notamment dans la région comprise entre les affluents de l'Inaouene et du Bouchabel, située dans les collines du Pré-Rif. Cette érosion est le résultat d'une grande variabilité dans le système pluviométrique et hydrologique de la rivière. L'hétérogénéité des précipitations et du débit contribue de manière significative à la dynamique fluviale et à l'érosion des berges.
- ✍ **Caractéristiques Morphologiques de l'Oued Sebou** : L'Oued Sebou présente des caractéristiques morphologiques distinctives dans la zone d'étude. Il se caractérise par de larges et mobiles méandres, qui évoluent au sein d'une plaine inondable limoneuse. La largeur du lit du fleuve varie en fonction de la nature des roches environnantes, allant de sections étroites à environ 400 mètres à des sections larges de plus de 2500 mètres. La pente générale de la plaine inondable est relativement faible, autour de 0,2%. Les berges de la rivière se composent principalement de matériaux tels que des galets, du limon et du sable, recouverts d'une couche de matériaux limoneux et argileux, créant un sol fertile largement utilisé pour l'agriculture.
- ✍ **Érosion des Berges et Impact** : Les berges de l'Oued Sebou sont constamment soumises à l'érosion latérale, qui est particulièrement active pendant les périodes de crues et d'inondations exceptionnelles. Cette érosion entraîne des éboulements, des effondrements et des glissements de matériaux, qui sont emportés par le courant de la rivière. À long terme, cette érosion contribue à la modification des caractéristiques géomorphologiques du fleuve et à l'évolution de son cours.
- ✍ **Impact Socio-Économique** : Il est important de souligner que l'érosion des berges de la vallée de Sebou dans la zone d'étude a un impact socio-économique significatif. Elle provoque des pertes et des dommages considérables aux terres agricoles de la plaine inondable, qui sont intensivement exploitées. Ces terres fertiles sont constamment exposées à l'érosion et à la dégradation de leur sol, ce qui entraîne des conséquences importantes pour l'agriculture locale.

En résumé, cette étude met en évidence l'importance de la compréhension de la dynamique fluviale et de l'érosion des berges le long de l'Oued Sebou. Les résultats obtenus contribuent à une meilleure gestion des ressources naturelles de la région et à la prise de décisions en matière de conservation et de protection de l'environnement local.

4. CONCLUSION

En conclusion, cette étude met en évidence l'érosion des berges et la dynamique fluviale de l'Oued Sebou dans le Pré-Rif marocain. Les résultats montrent que l'érosion latérale est une réalité préoccupante dans cette région, principalement due à l'hétérogénéité des précipitations et du débit du cours d'eau. L'Oued Sebou se caractérise par ses méandres larges dans une plaine inondable limoneuse, où les berges, principalement composées de matériaux tels que des galets, du limon et du sable, sont constamment exposées à l'érosion, en particulier lors des inondations.

L'impact socio-économique de cette érosion est significatif, car elle affecte les terres agricoles de la plaine inondable, causant des pertes et des dommages importants. De plus, l'érosion des berges contribue à l'évolution du cours de l'Oued Sebou au fil des décennies, notamment sous l'influence de la construction de barrages dans la région.

Cette étude souligne l'importance de mieux comprendre la dynamique fluviale et les facteurs qui contribuent à l'érosion des berges, en particulier dans les régions sujettes à ce phénomène. Une gestion adéquate des ressources hydriques et une protection des berges sont essentielles pour atténuer les effets néfastes de l'érosion sur l'agriculture et l'environnement local.

En fin de compte, cette recherche contribue à enrichir notre compréhension de la géomorphologie fluviale et de ses implications dans la région du Pré-Rif marocain, offrant ainsi des informations utiles pour la prise de décisions et la mise en place de mesures de préservation environnementale.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Achiban, H., Achiban, H., & Taous, A. (2020). Influence de la lithologie et de la tectonique sur les profils longitudinaux de l'oued Bouhellou et de ses affluents (Moyen Atlas septentrional, Maroc). *Revue Geo-Eco-Trop*, 44(4), 571-583.
- Al-Maqrani, A. (2007). Gestion des ressources en eau entre pratique et droit : le cas de l'irrigation non autorisée dans le moyen Sebou (approche géographique-cartographique et juridique). Thèse de doctorat, Université Sidi Mohamed bin Abd-Allah, Faculté des lettres et des sciences humaines, Saïss-Fes.
- Avenard, J. M. (1964). Présentation d'un aspect de l'érosion dans les marnes du Saïs. *Revue de géographie du Maroc*, 6, 119-123.
- Avenard, J. M. (1965). L'érosion actuelle dans le bassin du Sebou. *Inst. Nat. Rech. Agron.*, Rabat, Ronéo, 114 p.
- Avenard, J. M. (1995). Dynamique érosive actuelle et actions humaines dans le Préfif (Maroc). Université Louis-Pasteur de Strasbourg. *Bulletin, réseau, Erosion*, 15, 395-407.
- Beudet, G., Maurer, G., & Ruellan, A. (1967). Le Quaternaire (1) Marocain : observations et hypothèses nouvelles. *Revue de géographie physique et de géologie dynamique*, IX, FASC, 4, 269-310.
- Bravard, J-P., & Petit, F. (1997). Les cours d'eau, Dynamique du système fluvial. Masson, Armand Colin.
- Champagnac, L. (2005). Dynamique des formations superficielles et analyse morphologique du Val de Ruz. Institut de géographie et de géologie, Université de Neuchâtel.
- Champion, M., & Jura, P. (2000). Divagation des rivières « synthèse bibliographique ». Ecole Nationale du Génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg.
- Dadoun, A. (2007). Hydrodynamique fluviale de la vallée du Moyen Sebou entre 1960 et 2006 : le barrage d'Allal Al Fassi s'est produit et les contraintes de gestion du domaine fluvial. Thèse de doctorat, Université de Sidi Mohamed Ben Abd-Allah, Faculté des lettres et des sciences humaines, Saïss-Fes.
- Donatella, P., Claudio, C., Stevo, L., & Attilio, T. (2019). The Long-Term Effects of Land Use and Climate Changes on the Hydro-Morphology of the Reno River Catchment (Northern Italy). *Water*, 11, 1831.
- Dridri, A. (2004). Les formations quaternaires des oueds Inaouene et Moyen Sebou (entre Fès et Col de Touaher), analyses lithostratigraphique, sédimentologique et morphostructurale. Thèse de doctorat, Université de Fès.
- Dridri, A., & Fedan, B. (2001). Origine et distribution des argiles des formations superficielles du moyen Sebou (Maroc). *Bulletin de l'institut scientifique, Rabat, section sciences de la Terre*, 23, 55-65.
- Dridri, A., & Fedan, B. (2001). Rôle du contrôle structural dans la mise en place du réseau hydrographique de Sebou et Inaouen entre Fès et Oued Amlil (Maroc). *Bulletin de l'institut scientifique, Rabat, section sciences de la Terre*, 23, 67-77.
- El Aroui, O. (2020). Risques géomorphologiques et aménagement dans la partie sud-est du golfe de Tunis : Le cas du versant du Jbel Korbous (Tunisie nord-orientale). *Geo-Eco-Trop*, 44(4), 631-651.
- Faleh, A. (1989). Les pays du Sebou préfifain. Étude géomorphologique. Thèse de doctorat, Université de Tours, France.
- Heusch, B. (1970). L'érosion dans le Pré-rif. Thèse de doctorat-Ingénieur, Université de Toulouse.
- Maurer, G. (1968). Les montagnes du Rif central, étude géomorphologique. Thèse de doctorat, Université de Paris, FLSH de Sorbonne.
- Peijia, W., Kaidao, F., Jiangcheng, H., Xingwu, D., & Zaizhi, Y. (2020). Morphological changes in the lower Lancang River due to extensive human activities. *PeerJ*, 1-21.
- Rahho, M. (1999). L'érosion dans le Pré-Rif centrale, la région entre fleuve, Al-Laban, Sebou, et Ouargha, la poursuite du développement et du produit sociétal. Thèse de doctorat d'État, Université Mohammed V de Rabat.

- Taous, A. (2005). Géomorphodynamique fluviale : Processus morphosédimentaires, ajustement spatio-temporels, paléoenvironnements, et mutation ressenties des espaces fluviaux. Publications de la FLSH, Sais-Fès, série "Thèse et monographie," N°11.
- Taous, A. (2013). Cours d'eau et paysages fluviaux du Maroc : un patrimoine naturel fragile à protéger. In Ressources patrimoniales et développement local au Maroc et en Andalousie (pp. 125-151). FLSH Sais-Fès.
- Taous, A., & Dadoun, A. (2015). Espaces de mobilité hydrologique et impacts du barrage Allal el Fassi dans la vallée du Sebou en amont de Fès. Actes du Colloque international "Géomatique et gestion des risques naturels."
- Taous, A., & Dadoun, A. (2015). Espaces de mobilité hydrologique et impacts du barrage Allal el Fassi dans la vallée du Sebou en amont de Fès. Actes du Colloque international "Géomatique et gestion des risques naturels" (pp. 45-60).
- Tribak, A. (2000). L'érosion hydrique en moyenne montagne du Prérif oriental (Maroc). Thèse d'état, Université Chouaib Doukkali El Jadida.
- Valenza, J. M., Edmonds, D-A., Hwang, T., & Roy, S. (2020). Downstream changes in river avulsion style are related to channel morphology. *Nature Communications*, 1-8.
- Yazami Ztait, M. (2020). Géomorphodynamique fluviale et exploitation de l'espace fluvial dans le moyen Sebou, Aval Fès. Thèse de doctorat, Université de Sidi Mohamed Ben Abd-Allah, Faculté des Lettres Saiss-Fes.
- Yazami Ztait, M., El Ghachi, M., & El Khalki, Y. (2018). Les inondations et leur impact sur le Socio-Magali dans la vallée centrale du Sebou, le cas des groupes : « Al-Ouadaine, Ain Qansra et Ain Bouali », région de Moulay Yaacoub-Fès. Travaux du symposium : climat, eau et société (CES'2015).
- Yazami Ztait, M., Samaa, I., El Ghachi, M., Taleb, A., & Ouali Alami, F-T. (2020). Ressources en eaux à la lumière de la variabilité climatique dans le moyen Sebou, entre les deux stations Azzaba et Dar El Arsa. *Revue African Scientific Journal*, 3(3), 111-135.
- Yazami Ztait, M., & Taous, A. (2020). La variabilité climatique et son effet sur le ruissellement du Moyen Sebou, un modèle pour la station Dar Al-Arsa (Pré-Rif, Maroc). Travaux de la conférence : climat, eau et société (CES'19).