

The Influence of River Flow on the Dynamics of Mobility Zones and The Creation of Bottom Morphologies of the Lakhdar Wadi Channel During 2019 – 2020 - Oum Errabia Watershed – Morocco -

Abdellah ELOUIAZZANI (1), Abdellatif LAGNI (2), Ayoub YAZINI (3), Mohamed EL GHACHI (4)

Faculty of Letters and Humanities,
Sultan Moulay Slimane University, Béni Mellal, Morocco

Science Step Journal / SSJ

September 2023 / Volume 1- Issue 2

DOI: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.24451957>

To cite this article: Abdellah, E., Abdellatif, L., Ayoub, Y., & Mohamed, E. G. (2023, September). The Influence of River Flow on the Dynamics of Mobility Zones and The Creation of Bottom Morphologies of the Lakhdar Wadi Channel During 2019 – 2020 - Oum Errabia Watershed – Morocco -. Science Step Journal, 1(2), 269-284. ISSN: 3009-500X.

Abstract

The climate, particularly precipitation, plays a crucial role in watershed dynamics. Precipitation is considered the main source of discharge, which acts as the driving force behind fluvial dynamics. This dynamic within the riverine environment contributes to the creation of distinct landscapes and forms that are clear in various areas of the watercourse. These scenes are utilized in human activities or for tourism purposes. This study was conducted in a region characterized by a specific semi-arid climate that is greatly influenced by climate variations between relatively wet and dry years. The Oued Lakhdar stands out with its year-round continuous flow and significant discharge, especially during periods of rainfall and snowfall. During these times, the main channel is supplied with substantial volumes of water from mountain streams. The increase in flow during winter leads to erosion activity along the banks as well as in the riverbed, while the decrease in flow during summer results in the deposition of materials and the formation of specific features within the riverbed.

These climatic and hydrological characteristics contribute to a fluvial dynamic activity based on the principles of abrasion, transport, and sedimentation. The evolution of this dynamic shows notable variations based on cross-sectional profiles, which are determined by the width and length of the river section, as well as the typology of channel bed elements. However, the results of the identification of fluvial morphology show the existence of a remarkable variety of alluvial forms in the main watercourse.

Keywords

Oued Lakhdar, river dynamics, Channel bed, mobility.

L'influence de l'écoulement fluvial sur la dynamique des zones de mobilité et la création des morphologies du fond du chenal de l'oued Lakhdar pendant 2019 – 2020 (bassin versant de l'Oum Errabia – Maroc)

ELOUIAZZANI Abdellah (1), LAGNI Abdellatif (2), YAZINI Ayoub (3), EL GHACHI Mohamed (4)

Laboratoire dynamique des paysages risques et patrimoine, FLSH,
Université sultan Moulay Slimane , Béni Mellal - Maroc

Résumé :

Le climat, en particulier les précipitations, joue un rôle crucial dans la dynamique des bassins versants. Les précipitations sont considérées comme la source principale du débit, qui agit comme moteur de la dynamique fluviale. Cette dynamique au sein de l'environnement fluvial contribue à la création de paysages et des formes distinctes qui se manifestent clairement dans différentes zones du cours d'eau. Ces scènes sont exploitées dans des activités humaines ou dans le tourisme... Cette étude a été menée dans une région caractérisée par un climat semi-aride spécifique et fortement influencée par les variations climatiques entre les années relativement humides et les années sèches. L'oued Lakhdar se distingue par son écoulement permanent tout au long de l'année et par un débit important, particulièrement pendant les périodes de précipitations pluvieuses et neigeuses. Pendant ces périodes, Le cours principal est nourri par de considérables volumes d'eau issus des ruisseaux de montagne. L'augmentation du débit pendant l'hiver entraîne une activité d'érosion le long des rives ainsi qu'au fond de la rivière, tandis que la diminution du débit pendant l'été entraîne le dépôt de matériaux et la formation de caractéristiques particulières à l'intérieur du lit de la rivière.

Ces caractéristiques, climatiques et hydrologiques contribuent à une activité de dynamique fluviale basée sur la philosophie de l'abrasion, du transport et de la sédimentation. L'évolution de cette dynamique présente des variations notables en fonction des profils en travers, lesquelles sont déterminées par la largeur et la longueur de la section du cours d'eau. Et selon la typologie des éléments du fond de chenal. Cependant les résultats de l'identification de la morphologie fluviale montrent l'existence d'un nombre assez remarquable de types des formes alluviaux dans le cours d'eau principal.

Mots clés

Oued Lakhdar, dynamique fluviale, fond du chenal, mobilité.

I. Introduction et Conceptions:

Les fleuves sont souvent perçus en termes de leur rôle d'écoulement des eaux, une perspective simpliste qui néglige la complexité des hydrosystèmes et les multiples facteurs qui influencent leur fonctionnement. En réalité, ils se composent d'une interconnexion d'unités spatiales variées, entrelacées par différents flux (hydriques, sédimentaires et biologiques). Par ailleurs, les systèmes trouvent leur origine, leur structure et leur évolution étroitement entrelacées avec la dynamique fluviale qui a existé par le passé ou qui est en cours actuellement.

Les fonds alluviaux jouent un rôle crucial dans les écosystèmes fluviaux en raison de leur influence sur la morphologie, la dynamique et la santé générale des cours d'eau, ils sont des éléments fondamentaux des écosystèmes fluviaux, influençant la biodiversité, la qualité de l'eau, la dynamique des cours d'eau et la résilience aux changements environnementaux. Une compréhension approfondie de leur importance est cruciale pour une gestion durable et équilibrée de ces écosystèmes précieux. La connaissance de la morphologie des fonds alluviaux est essentielle pour une gestion efficace et durable des ressources en eau. Elle permet de prendre des décisions éclairées concernant la restauration des habitats, la prévention des inondations, l'aménagement des rives, et d'autres opérations réalisées par les individus le long des cours d'eau. Les fonds alluviaux sont souvent interconnectés avec les écosystèmes terrestres adjacents, jouant un rôle vital dans la fourniture d'habitats de transition pour la faune et la flore qui dépendent à la fois de l'eau et de la terre. Les caractéristiques des fonds alluviaux, telles que les lits de gravier et les végétations riveraines, peuvent atténuer les effets des crues en ralentissant le flux d'eau et en réduisant les dégâts potentiels causés par les crues soudaines. Le cours d'eau est régi par deux flux principaux : les sédiments (débit solide) et l'eau (débit liquide) qui influent sur le processus d'érosion et de dépôt, et ainsi sur la dynamique des cours d'eau, y compris celui de l'oued Lakhdar. Cependant, cette dynamique est grandement influencée par la morphologie du lit de l'oued Lakhdar.

Cet article se focalise sur l'étude de la cartographie de la morphologie du lit fluvial et de la mobilité des méandres et des rives dans le lit mineur au fil du temps, ainsi que sur les changements transversaux du lit fluvial. Et dans ce contexte nous présenterons les concepts structurés les plus importants de ce travail :

- **La dynamique fluviale:** La dynamique fluviale (la géomorphodynamique fluviale) est une discipline qui se propose d'étudier le fonctionnement morphodynamique actuel des milieux fluviaux et de retracer leur histoire géomorphologique. Comme les autres branches de la géomorphologie elle a un double objectif : d'un côté, elle doit fournir une description explicative détaillée de son domaine géographique qui est le milieu fluvial, au sens spatial du terme, de l'autre

côté elle doit analyser les processus et les mécanismes complexes qui s'interfèrent et aboutissent à modeler la surface de cet espace géographique¹.

- **Chenal:** « canal » naturel ou artificiel qui contient de l'eau courante (de façon permanente ou périodique). Le fond du chenal d'un cours d'eau, est la zone où les eaux s'écoulent aux pieds des berges, surtout dans les périodes de basses eaux. Il est souvent délimité par la végétation des berges. Lors des périodes de hautes eaux, l'eau dépasse de cette zone.

- **Espace de mobilité:** L'espace de mobilité du cours d'eau est défini comme l'espace du lit majeur à l'intérieur duquel le lit mineur peut se déplacer. L'espace de mobilité correspond à la «divagation» du lit du cours d'eau : c'est-à-dire la zone de localisation potentielle des sinuosités ou des tresses.

II. Description de la zone d'étude:

Le bassin hydrographique de l'oued Lakhdar, couvrant une étendue de 3120,9 km² et s'étendant sur une distance de 100,69 km, est une composante intégrante du système hydraulique de l'oued Oum Errabia. Les eaux du bassin de l'oued Lakhdar s'écoulent à travers le cours du même nom, un affluent qui rejoint l'oued Oum Er Rabia. Ses limites méridionales et sud-orientales sont formées par les montagnes du Haut Atlas, tandis que sa frontière occidentale est délimitée par le bassin de Tassaout. Ce bassin versant présente plusieurs affluents notables, tels que l'oued Mhasser, l'Assif Ghzzaf, l'oued Tiainit, ainsi que l'oued Bernat, qui représente le principal affluent de l'oued Lakhdar. Son extension principale se situe dans la région de Béni Mellal-Khenifra de la province d'Azilal, tout en pénétrant légèrement dans la province de Kelaa Sraghna de la région de Marrakech-Safi.

¹ TAOUS, A. (2005) : géomorphodynamique fluviale. Publication de la faculté des lettres et sciences humaines saïs-Fès série: « thèse et monographies » n° 11.

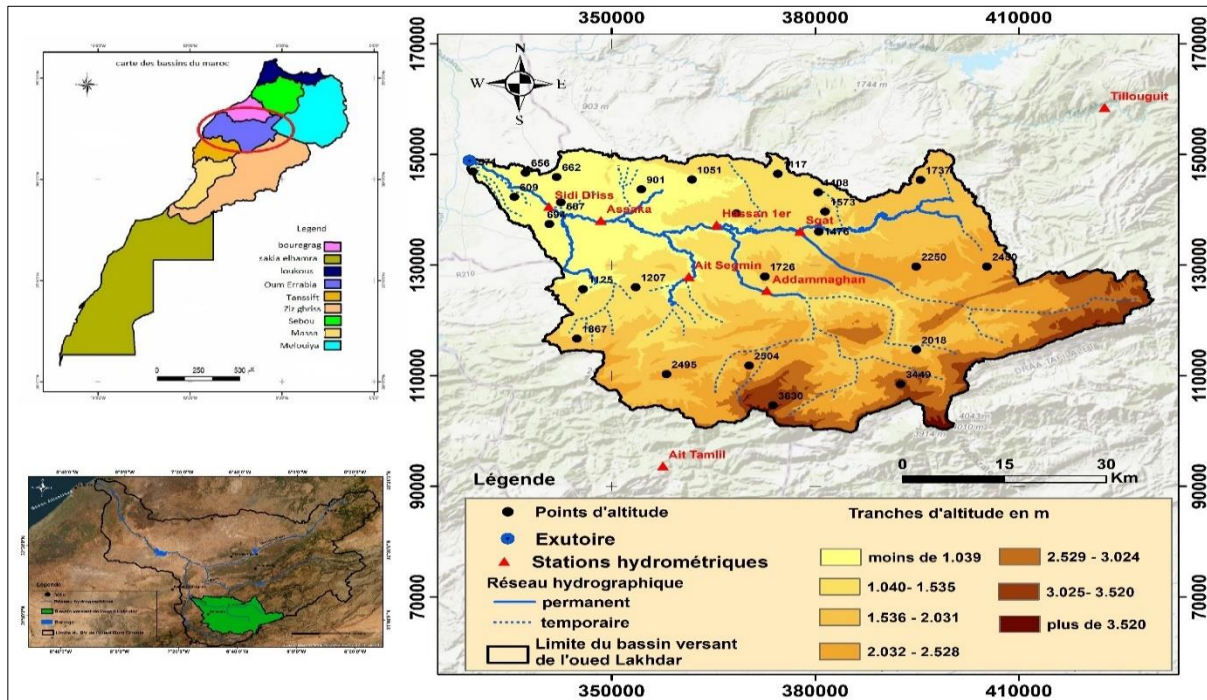


Figure 1. Localisation du bassin versant de l'oued Lakhdar

III. Problématique:

Cet article aborde la problématique liée à l'étude de l'impact des facteurs climatiques et des précipitations sur l'écoulement fluvial, qui est le moteur de la dynamique fluviale dans le milieu naturel fluvial, et par conséquent sur les caractéristiques naturelles des cours d'eau, que ce soit au niveau du chenal mineur ou du lit de la rivière. Ces formes résultant de la dynamique fluviale sont exploitées dans les activités humaines, en particulier celles liées à l'utilisation du sol. Cette problématique se divise en plusieurs questions :

- Quelles sont les caractéristiques topographiques, géologiques, climatiques et hydrologiques du bassin versant de l'oued Lakhdar ?
- Quelles sont les formes résultant de la dynamique fluviale au fond du cours d'eau ?
- Quelles sont les types de la mobilité au niveau des méandres ?

IV. Méthodologie:

L'approche méthodologique entreprise dans cette étude se fonde sur les phases qui suivent :

- Identification et analyse des facteurs topographiques, géologiques, climatiques et hydrologiques qui régissent l'activité de la dynamique fluviale et leur impact sur l'érosion hydrique au sein du milieu fluvial, ainsi que leur rôle dans la diversité des formes qui se manifestent à l'échelle du lit mineur et du trajet d'écoulement.

- La réalisation d'activités de terrain essentielles pour rassembler des données fondamentales permettant d'acquérir de nombreuses informations sur la dynamique du sous-bassin de Lakhdar. L'objectif de cette phase est l'identification des caractéristiques du lit mineur et du fond du chenal de l'Oued Lakhdar, Dans le but d'acquérir une compréhension plus approfondie de la situation actuelle de la mobilité du cours d'eau. Les données principales collectées englobent des détails tels que l'état, l'emplacement, le type et les formes fluviaux.
- Collecte et organisation des données obtenues sur le terrain, traitement des photos capturées sur le terrain et identification des formes de la dynamique fluviale résultant des mécanismes d'érosion, de transport et de sédimentation.

V. **Les données utilisées:**

Les données utilisées sont regroupées en trois principales catégories :

- La première catégorie englobe principalement la documentation, incluant des études sur le bassin de Lakhdar, comme des thèses de doctorat, des mémoires de master, des ouvrages, des articles, des photographies, des cartes topographiques et géologiques...
- La deuxième catégorie concerne plus particulièrement la collecte des données climatiques et hydrométriques. Les données de précipitations et de débit ont été obtenues auprès de l'Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Errabia.
- La troisième catégorie concerne essentiellement la visite sur le terrain. Il s'agit de la partie opérationnelle de l'étude, qui présente l'origine des informations actuelles.
- **Les objectifs de l'étude:**
- Déterminer les caractéristiques physiques du bassin versant de L'oued Lakhdar et leur rôle dans l'activité de la dynamique fluviale.
- Déterminer le fonctionnement hydrologique du bassin de L'oued Lakhdar
- Analyser statistiquement les données des stations climatiques du bassin
- Identifier la réponse hydrologique du bassin lors des événements climatiques : (précipitations, L'étiage).
- Identifier les zones et les types de mobilité au niveau du cours d'eau et la morphologie du fond du chenal.
- Analyser statiquement les résultats obtenus par types.
- Comprendre les mécanismes de fonctionnement des milieux fluviaux dans les régions montagneuses.
- Enrichir notre connaissance des processus géomorphologiques en cours et de leur impact sur la dynamique du cours d'eau.

VI. Résultats et interprétations :

1-Les facteurs régissant l'activité de la dynamique fluviale :

1-1. La topographie et la géologie :

1-1-1. La topographie du bassin :

La zone d'étude s'inscrit au sein du Haut-Atlas central et couvre des altitudes échelonnées de 488 m le long de l'oued Tassaout jusqu'à 4017 m dans la zone du Haut Atlas. Trois étendues morphologiques de grande envergure se discernent clairement :

- Une région montagneuse (altitude supérieure à 1500 m, présentant une pente moyenne de 9,5 %), englobant approximativement 52 % de la surface totale du sous-bassin, correspondant à la zone d'alimentation de l'oued Lakhdar ainsi que de ses principaux affluents.
- Une région de piémont (altitude comprise entre 800 m et 1500 m, avec une pente moyenne de 1,3 %), occupant environ 31 % de l'étendue du bassin.
- Environ 17 % de la superficie du sous-bassin de Lakhdar est constituée par la plaine².

1-1-2. La géologie :

La section nord-est du sous-bassin est formée par l'extrémité orientale du bassin sédimentaire du Haouz Mejjate. Cela englobe des dépôts continentaux de comblement datant du Mio-Plio-Quaternaire, qui se révèlent être très diversifiés en termes de composition, comprenant notamment :

- Des assemblages de conglomérats dans une étroite bande d'altitude de seulement 2-3 km, s'étirant le long de la base de l'Atlas et s'étendant vers le nord selon l'alignement du cours actuel de l'oued Lakhdar.
- Des accumulations alluviales réaménagées au cours du Quaternaire, composées de galets, de graviers et de sables à forte perméabilité, qui correspondent à d'anciens lits d'oueds.
- Ces couches perméables évoluent vers le nord pour donner naissance à des strates limoneuses, parfois formant des croûtes en surface.

Le reste de la section nord du bassin de l'oued Lakhdar est caractérisé par une alternance de formations géologiques issues du Jurassique (Lias, Jurassique moyen et Jurassique gerseaux rouges du Haut Atlas). Dans la partie sud, des formations géologiques plus anciennes du Secondaire (Trias) et du Primaire affleurent, comprenant notamment le Dévonien non subdivisé et l'Ordovicien non subdivisé³.

² Aht group ag – resing. 2016: Diagnostic du sous-bassin de Lakhdar, P 26

³ AHT GROUP AG – RESING. 2016: Diagnostic du sous-bassin de Lakhdar, P 38

1-2. Le climat et l'hydrologie :

1-2-1. Les caractéristiques climatiques :

L'étude de la variabilité spatiotemporelle, des pluies durant les périodes retenues, des stations utilisées vise à caractériser le schéma de précipitations dans la zone du bassin de l'oued Lakhdar, en analysant la distribution temporelle et spatiale des précipitations à partir des données fournies par l'Agence du Bassin Hydraulique de l'Oum Errabia.

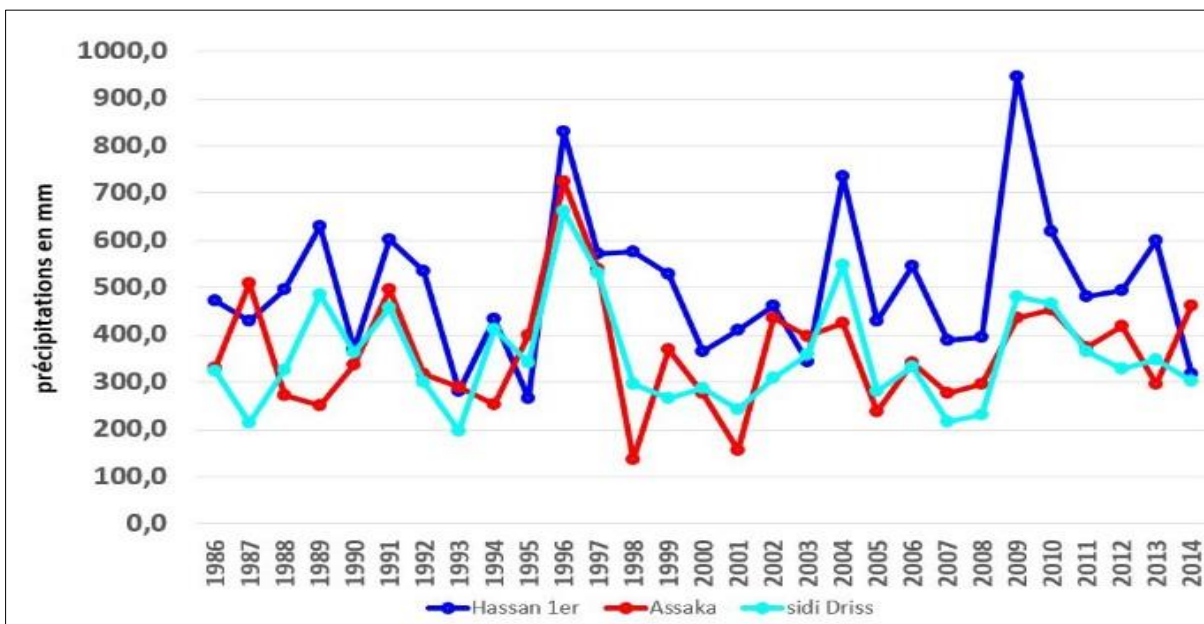


Figure 2. Répartition des pluies annuelles au niveau du bv de L'oued Lakhdar

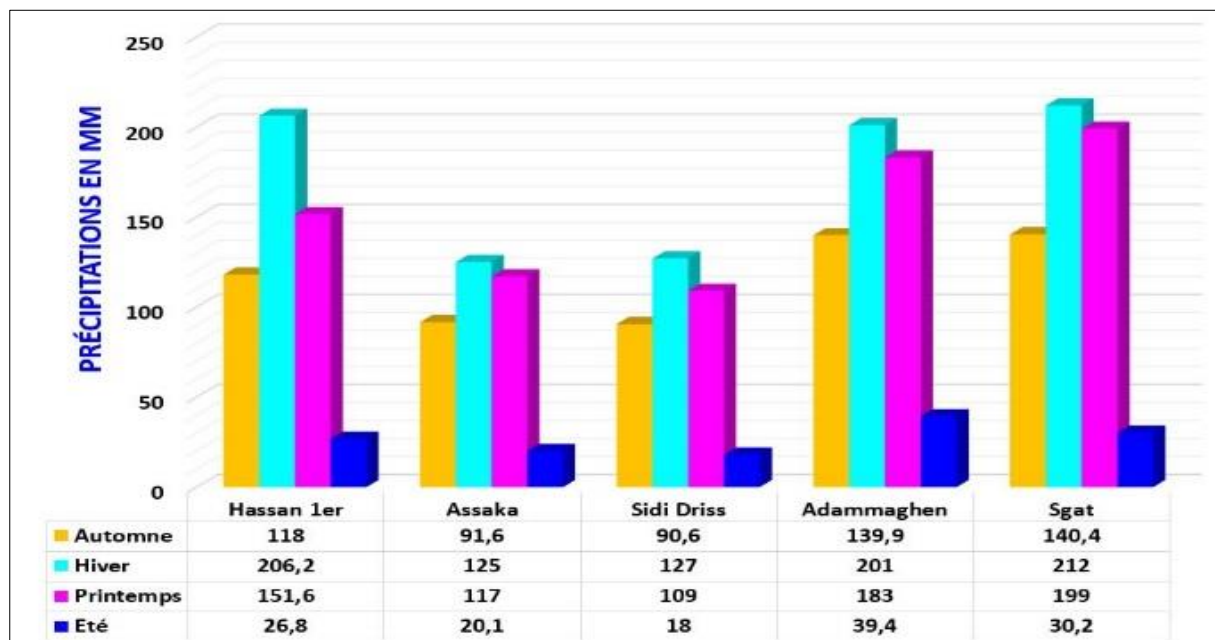


Figure 3. Répartition des pluies saisonnières au niveau du bv de L'oued Lakhdar

Les précipitations enregistrées au niveau des trois stations connues une importante variation d'une année à l'autre, car il y a des années qui enregistrent moins de 300 mm, comme les années 1987, 1993, 1998, 2001 ... alors qu'il y a des années qui enregistrent des valeurs record dépassant 650 mm. Comme c'est le cas dans les années 1989, 1996, 2004, 2010. La station du barrage Hassan I a enregistré en 2010 une valeur record qui a atteint 950 mm.

A l'échelle saisonnières le bassin est bien arrosé avec des hauteurs pluviométriques qui dépassent les 200 mm en hiver dans les stations de Sgat et Addamaghen et Le printemps dépasse 150 mm. Les autres stations Assaka et Sidi Driss reçoivent moins que les stations de l'amont et enregistre les pluies les plus faibles de la série.

1-2-2. Les caractéristiques hydrologiques :

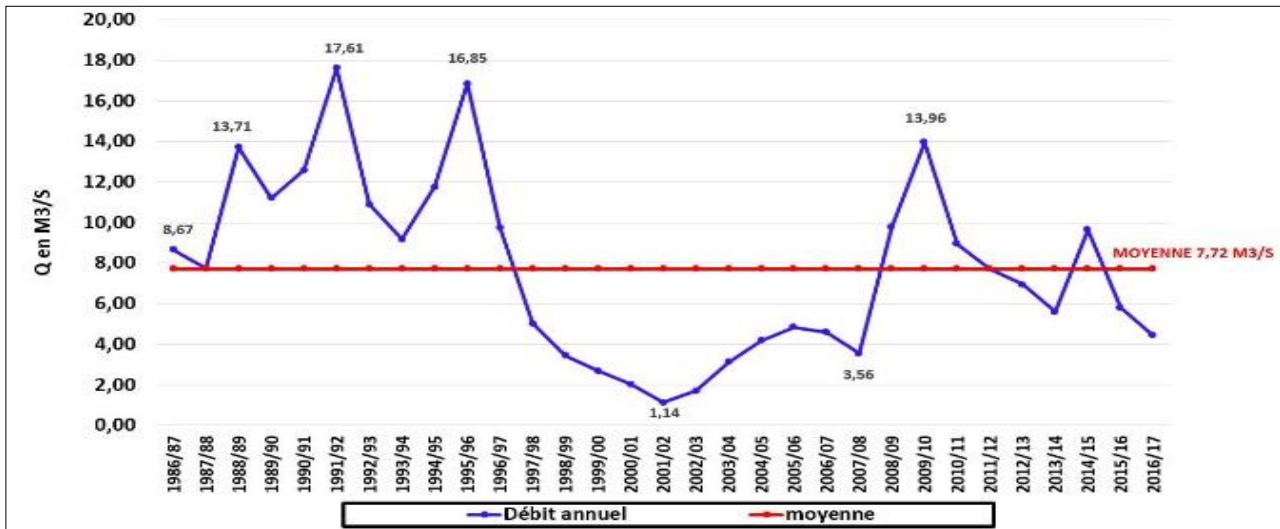


Figure 4. Débits annuels et par rapport à la moyenne de la station d'Assaka (1986-2017)

Le débit a montré une forte variabilité au cours des périodes 1992-92, 1995-96 et 2009-10. Son apogée a été atteinte en 1991 avec un pic de 17.61 m³/s, et une autre pointe a été enregistrée en 1995, avec un débit d'environ 16.85 m³/s, ce qui a favorisé la survenue d'inondations. Les périodes de débit minimal se situent en 2001-02 avec seulement 1.14 m³/s, et en 2007-08 avec un débit légèrement plus élevé à 3.56 m³/s. En revanche, les années présentant des débits très élevés correspondent à des phases humides.

La topographie, la géologie, le climat et l'hydrologie contribuent au changement de l'activité dynamique des cours d'eau, ce qui engendre des éléments variés au niveau du lit principal et du fond de la rivière, créant ainsi des paysages fluviaux distinctes.

2-Identification de la mobilité des berges et des méandres :

L'interaction entre les divers facteurs qui régissent le déplacement des sédiments se manifeste par une diversité spatiale dans le mouvement des particules. Dans les cours d'eau à granulométrie importante, les formations sédimentaires à grande échelle jouent un rôle notable dans la mobilité des particules, étant donné que leur présence engendre des changements dans la répartition spatiale de certains éléments qui influent sur la mobilité des sédiments. L'un des objectifs des géomorphologues fluviaux utilisant du traçage sédimentaire est d'identifier les paramètres contrôlant le déplacement des particules. Le rôle de des différents contrôles est fondamental pour une estimation plus réaliste du transport solide par charriage⁴.

⁴ Fanny Arnaud et al. (2020) : Les traceurs sédimentaires pour comprendre la trajectoire morphologique d'un cours, P 15

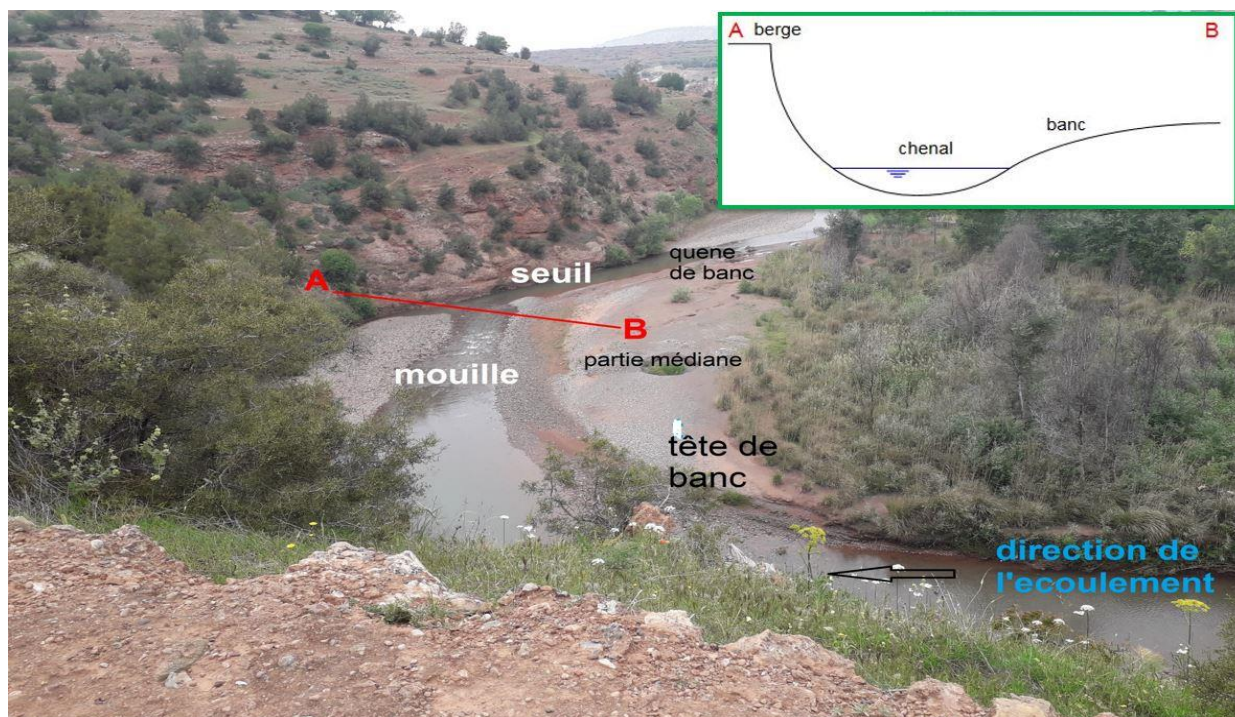


Photo 1. La mobilité latérale d'un méandre de l'oued Lakhdar (Elouiazzani 2020)

Emplacement dans la coupe transversale.		Banc	Chenal	Berge
Emplacement à l'intérieur du banc.	Tête de banc	+++	++	+
	Partie médiane	+	+	+++
	Queue de banc	-	+	+++
Emplacement à l'intérieur du système.	Seuil	++	++	++
	Mouille	+	-	+++
À l'échelle du méandre		+	+	++

Tableau 1. Les types de mobilité d'un méandre au niveau du lit mineur de l'oued Lakhdar

Source des symboles : Margot Chapuis. (2012) : Mobilité des sédiments fluviaux grossiers dans les systèmes fortement anthropisés : éléments pour la gestion de la basse vallée de la Durance

En se référant à la photo et au tableau précédents, on peut constater que diverses zones ont été identifiées en fonction de leur emplacement dans le contexte de l'étude. Le long d'un transect (section A-B), on repère un banc, un chenal et une berge. Dans le détail du banc, on distingue la tête du banc, la partie médiane et la queue du banc. Pour le profil longitudinal du chenal, on observe une alternance entre seuil et zone mouillée. Une compilation des régions où les contraintes sont

maximales (indiquant une mobilité accrue) à différentes échelles est élaborée en corrélation avec la disposition des particules au sein de la structure. Les symboles + + + représentent une mobilité très élevée, ++ indique une forte mobilité, + désigne une mobilité de surface, et - indique un dépôt préférentiel.



Photo 2. La berge est située dans une sinuosité au talus d'érosion (Elouiazani 2020)

On observe sur le cours d'eau de l'oued Lakhdar des sites préférentiels d'abrasion et de sédimentation. Dans les tronçons sinueux ou méandriformes, la rive concave est une zone préférentielle d'érosion sous l'effet de la force centrifuge, tandis que la rive convexe est une zone préférentielle de dépôts de matériaux.



Photo 3. Zone d'érosion et de dépôt (Elouiazani 2020)

3-Identification de la morphologie du fond du chenal:

Le lit du chenal d'un cours d'eau correspond à la zone où les eaux s'écoulent le long des

3-1. Les bancs:

Le banc d'un cours d'eau, est une étendue de sédiments de diverses tailles, formée par le processus sédimentaire (érosion, transport et dépôt dans le cours d'eau). Ces bancs, peuvent être de type végétalisé, ou non végétalisés, suivant la densité des plantes qu'elles contiennent.

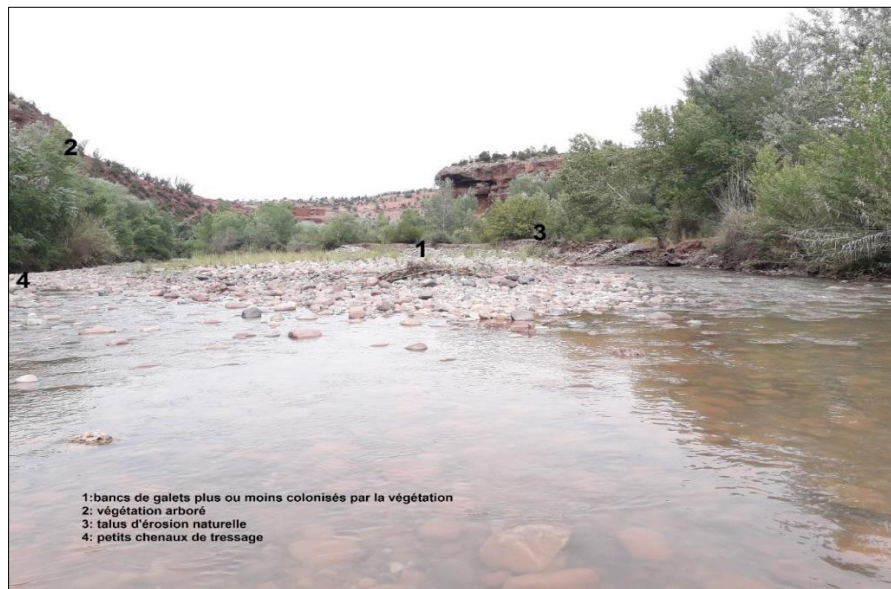


Photo 4. Exemple des bancs dans le fond du chenal de l'oued Lakhdar (Elouiazani 2020)

3-2. Les seuils naturels:

Un obstacle naturel situé au sein du lit du cours d'eau, pouvant prendre la forme d'une structure volumineuse telle qu'un rocher, une végétation aquatique, une berge enfoncée ou déplacée, qui bloque partiellement ou complètement le lit mineur. Ce phénomène exerce une influence significative, notamment sur la composition granulométrique du substrat. Les seuils sont particulièrement reconnus pour leur capacité à interrompre le déplacement des particules solides, entraînant ainsi souvent un creusement et ou un revêtement de la surface du lit en aval. La présence d'un seuil entraîne un rehaussement du niveau d'eau en amont de celui-ci.



Photo 5. Les seuils naturels au fond du chenal de l'oued Lakhdar (Elouiazani 2020)

3-3. Les seuils construits:

Un seuil construit se réfère à une structure artificielle élaborée en divers matériaux tels que le béton, la maçonnerie, les gabions, les enrochements, le bois ou le métal. Dans certains scénarios, son utilisation comprend la déviation de canaux, l'exploitation de l'énergie hydraulique, ou l'amélioration des conditions de prélèvement d'eau en créant un rehaussement du niveau d'eau en amont du seuil. Ce type de seuil est érigé dans des zones spécifiques, soit caractérisées par des accumulations de débris, soit par un changement abrupt de la direction du cours d'eau, principalement dans des endroits où la profondeur est limitée.



Photo 6. Exemples des seuils construits dans le chenal de l'oued Lakhdar (Elouiazani 2020)

3-4. Les embâcles:

Un embâcle correspond à une entrave à l'écoulement dans le lit d'un cours d'eau. La dimension de cet embâcle joue un rôle essentiel dans les modifications subies par le lit. Toutefois, dans la plupart des situations, une charge grossière résulte principalement de l'apport localisé de sédiments, notamment provenant de l'érosion des berges, dont la taille des particules est similaire à celle qui compose le fond du lit.



Photo 7. Exemples des embâcles dans le chenal de l'oued Lakhdar (Elouiazani 2020)

Les résultats obtenus révèlent que le cours principal de l'oued Lakhdar présente une dynamique très active. Cela se manifeste au niveau des méandres, où l'on trouve des rives convexes et d'autres concaves, ainsi que par la diversité des formes au fond du cours d'eau. De plus, la dynamique varie en fonction de l'équilibre de l'écoulement. Tous ces éléments contribuent à la biodiversité et à l'utilisation des sols ainsi que les modèles d'intervention et d'aménagement au sein des milieux fluviaux.

Conclusion:

En résumé de, il est pertinent de noter que le cours principal de l'oued Lakhdar connaît des changements importants et cela est dû à plusieurs facteurs, y compris sa recherche constante d'équilibre entre ses deux rives, qui laisse de multiples formes sur les rives et sur le fond du chenal. Cette mobilité du fleuve est constituée le moteur de la biodiversité également, en particulier les espèces végétales existantes Des deux côtés de la rivière, ainsi qu'à l'intérieur du cours d'eau (le lit mineur), en plus de l'effet de la dynamique du cours sur les exploitations agricoles et l'utilisation du sol dans le lit majeur.

Bibliographie

- [1] AHT GROUP AG – RESING. 2016: Diagnostic du sous-bassin de Lakhdar.105P.
- [2] BALLAIS, J., Chave, S., Dupont, N., Masson, E & Penven, M. (2011) : La méthode hydrogéomorphologique de détermination des zones inondables. 173P.
- [3] Bavard, J.P & Petit, F. (1997) : Les cours d'eau, dynamique du système fluvial. : Revue de géographie de Lyon, vol. 73, n°1, 1998. Varia. 92P.
- [4] CHAPUIS, M. (2012) : Mobilité des sédiments fluviaux grossiers dans les systèmes fortement anthropisés : éléments pour la gestion de la basse vallée de la Durance. 252P
- [5] CHAPUIS, M. (2012) : Approches géomorphologiques historique et expérimentale pour la restauration de la dynamique sédimentaire d'un tronçon fluvial aménagé : le cas du Vieux Rhin entre Kembs et Breisach. (France, Allemagne). 281P.
- [6] Corbonnois, J., Jacquemot T., Giovannacci L., Beck., T & El Ghachi, M. (2003) : Les indicateurs de l'évolution actuelle des lits fluviaux. Étude de cours d'eau du Nord-Est de la France. Revue Géographique de l'Est.16P.
- [7] DEMAA. (2007) : Manuel de restauration hydrogéomorphologique des cours d'eau.
- [8] ELGHACHI, M. (2007) : La Seille : Un système fluvial anthropisé (Lorraine, France). Thèse de Doctorat de l'Université Paul Verlaine de Metz, discipline : Géographie, II. Metz, France. 394P.
- [9] Fanny, A., Mathieu, C., Guillaume, F., Daniel, V., Anne, C & Emilie Mauron. (2020) : Les traceurs sédimentaires pour comprendre la trajectoire morphologique d'un cours.23P
- [10] GIRET. A. (2007) : hydrologie fluviale. Université géographie. 272 P.
- [11] KHALLOU, A. (2016) : la dynamique fluviale actuelle dans le bassin versant de l'oued M'hasser.
- [12] LABORDE, J. (2000) : Elément d'hydrologie de surface. Nice France. Edition 2009.202P.
- [13] Malavoi, J & Bravard, J. (2011) : Éléments d'hydromorphologie fluviale. Volume 5. 224P.
- [14] MEUNIER, P. (2004) : Dynamique des rivières en tresses. Paris, France.23P.
- [15] TAOUS, A. (2005) : géomorphodynamique fluviale. Publication de la faculté des lettres et sciences humaines saïs-Fès série : « thèse et monographies » n° 11.