

Caractérisation de la dynamique des lits fluviaux par la cartographie des morphologies fluviales: Amont du barrage Bin El Ouidane du Haut Atlas Central Marocain

H. OUAKHIR¹, M. EL GHACHI¹, M. GOUMIH¹

(Reçu le 13/12/2018; Accepté le 05/03/2019)

Résumé

L'étude de la dynamique fluviale vise à déterminer le rôle morphogénique des eaux de l'oued El Abid, la morphologie de sa plaine alluviale et la mobilité spatio-temporelle de son cours. La dynamique des lits dans le Haut Atlas Central se manifeste dans l'érosion des berges, les recoupements des méandres et la divagation des chenaux. En bordure du bassin versant de l'oued El Abid, cette dynamique prend des aspects et des intensités variables. Elle dépend surtout des caractéristiques géomorphologiques de cette zone montagneuse et de ses abords, ainsi que des conditions hydrodynamiques du cours d'eau de l'oued El Abid. Afin de quantifier ces phénomènes et de suivre leur évolution dans le temps et dans l'espace, nous avons procédé à des observations minutieuses sur le terrain. Cette phase du terrain vise à extraire plusieurs informations sur le cours d'eau. L'objectif essentiel est de relever une cartographie rigoureuse de tout le cours d'eau de l'oued El Abid de l'amont jusqu'au barrage de Bin El Ouidane. Cela nous permet également d'avoir des résultats importants sur le fonctionnement hydrodynamique de ce cours d'eau. Les résultats obtenus par cette démarche nous ont permis d'évaluer l'importance de l'évolution des morphologies fluviales dans le cours d'eau de l'oued El Abid.

Mots clés: Cours d'eau Oued El Abid - Morphologie fluviale - Cartographie

Characterization of riverbed dynamics by mapping the morphology river: Upstream part of El Abid river (Central High Atlas, Morocco)

Abstract

The aim of studying fluvial dynamics is to determine the morphogenic role of El Abid river and the morphology of its alluvial plain and the spatio-temporal mobility of its stream. Bed dynamics in the Middle High Atlas occur as bank erosion, meander intersections and channel delineation. At the edge of El Abid catchment, this dynamic takes different aspects and intensities. It depends mainly on the geomorphological characteristics of mountainous areas and its surroundings, as well as the hydrodynamic conditions of El Abid River. In order to quantify these phenomena and following their evolution in time and space, we carried out detailed field observations. This field work aims to extract several information about the river. The main objective is to take a rigorous mapping of the entire of El Abid river from upstream to the Bin El Ouidane dam. It also allows us to have an important result on the hydrodynamic functioning of this river. The results obtained by this approach allowed us to evaluate the importance of the evolution of fluvial morphologies of El Abid river.

Keywords: El Abid river- Mapping- River morphology

INTRODUCTION

La thématique de la dynamique fluviale et des changements morphologiques des systèmes fluviaux est très largement étudiée, en particulier pour les systèmes fluviaux qui se caractérisent par une forte énergie (puissance spécifique supérieure à 30 v/m²) (Petit *et al.*, 2015; Lespez *et al.*, 2015; Melun, 2012). C'est le cas des rivières de montagne et des grands cours d'eau. Cependant, depuis quelques années ces rivières intéressent les chercheurs et les gestionnaires des cours d'eau. Elles sont, comme tout autre cours d'eau, l'objet de réaménagements et gestion qui prescrit le libre écoulement de l'eau afin d'assurer les continuités écologiques et sédimentaires (Claude *et al.*, 2012; Arnaud *et al.*, 2015).

En ce moment, l'évolution actuelle des lits fluviaux est largement influencée par les interventions anthropiques qui exacerbent la morphogénèse (Corbonnois *et al.*, 2003).

Situé au Haut Atlas Central, l'oued El Abid est l'une de ces rivières montagneuses qui se caractérisent par une forte énergie. La situation actuelle de ce cours d'eau issue de la combinaison des conditions naturelles de l'érosion et la dynamique fluviale et de l'ajustement des cours d'eau suite à des modifications anthropiques dont les effets se superposent ou se juxtaposent aux conditions naturelles. Cela a une grande influence sur le deuxième grand barrage du Maroc, le barrage de Bin El Ouidane qui se situe en aval de l'oued El Abid.

Par ailleurs, l'objectif de cet article est d'extraire plusieurs informations sur le cours d'eau, de relever une cartographie rigoureuse de tout le cours d'eau de l'oued El Abid de l'amont jusqu'à le barrage de Bin El Ouidane. Cela nous permet également d'avoir des résultats importants sur l'influence de la dynamique fluviale sur le système fluvial et comprendre le fonctionnement hydrodynamique de cours d'eau de l'oued El Abid.

¹ Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Université Sultan Moulay Slimane, Béni Mellal, Maroc

Présentation de la zone d'étude

Le bassin de l'oued El Abid est une zone montagneuse avec un potentiel important en ressource en eau pour l'alimentation du barrage de Bin El Ouidane et la recharge des nappes de la plaine du Tadla en aval. L'ensemble du bassin versant occupe une superficie de 7975 km² (Moniod, 1972). Dans cet espace, les précipitations sont sensiblement influencées par l'altitude élevée du massif (Haut Atlas). Vers la partie aval du barrage Bin El Ouidane, le bassin de l'Oued El Abid se situe entre les méridiens 6°15''W et 6°30''W, et les parallèles 32° N et 32°5' N. Il est couvert par les cartes topographiques de Béni Mellal, Demnat, Khnifra et Imilchil à l'échelle de 1/250.000.

D'un point de vue administratif, la zone d'étude se situe dans la région Béni Mellal - Khénifra, et elle s'étend sur plusieurs communes (Ouaouizerth, Bin El Ouidane, Ait Mazigh, Tagleft, Aghbala, Tizi N'isli...).

De par sa situation géographique, situé entre le Haut Atlas Central et la plaine de Tadla en aval, le bassin de l'oued El Abid se caractérise par un climat semi-aride et continental. La pluviométrie annuelle moyenne est de 380 mm (peut dépasser les 600 mm pour les années arrosées et descendre au-dessous de 200 mm pour les années sèches), ce qui est relativement faible (1983-2015).

Les précipitations dans cette zone montagneuse suivent un régime pluvial caractérisé par une période plus arrosée de huit mois (octobre à mai) et pouvant atteindre neuf mois en s'approchant de la montagne (septembre à mai) avec un nombre moyen annuel de jours de pluie de l'ordre de 60 jours. Les températures moyennes mensuelles en janvier (le mois le plus froid) varient entre 2,7°C et 17,6°C avec une moyenne avoisinant les 10,2 °C et des nuits qui peuvent être très fraîches (les gelées ne sont pas rares en hiver) (Ouakhir et El Ghachi, 2015).

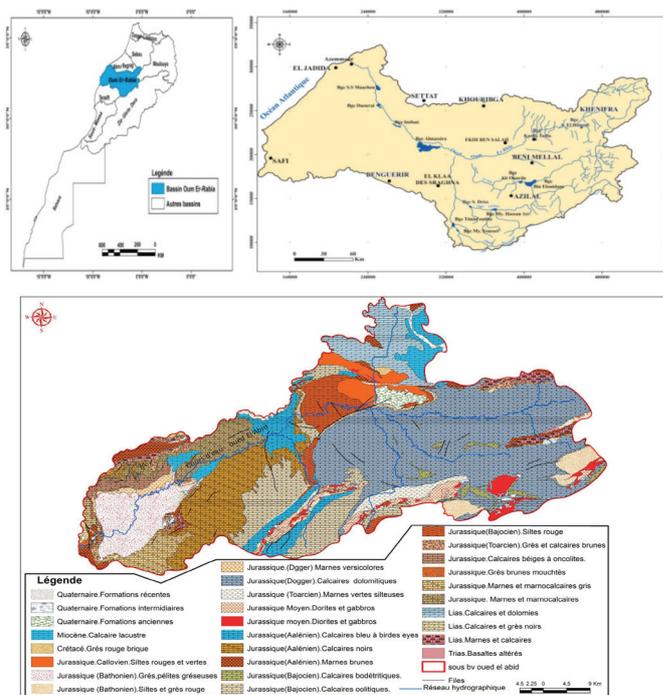


Figure 1 : A) Place du bassin Oum Er Rbia au Maroc. B) Bassin versant Oum Er Rbia. C) présentation de la zone d'étude (Bassin Oued El Abid.) avec ses caractéristiques géologiques)

Géologiquement, le bassin de l'oued El Abid fait partie du Haut Atlas Central calcaire où le relief est marqué par une série d'anticlinaux et de synclinaux, coupés par des vallées étroites (Ouaouizerth) et profondes (Missenard, 2006). En plus, le bassin est établi sur une diversité lithologique qui joue un rôle important dans la vitesse de la circulation de l'eau (Legates et Willmott, 1990). Les caractéristiques hydrogéologiques du substratum sont liées à l'épaisseur et à la nature lithologique qui déterminent la capacité du stockage de l'eau (Souhel, 2001).

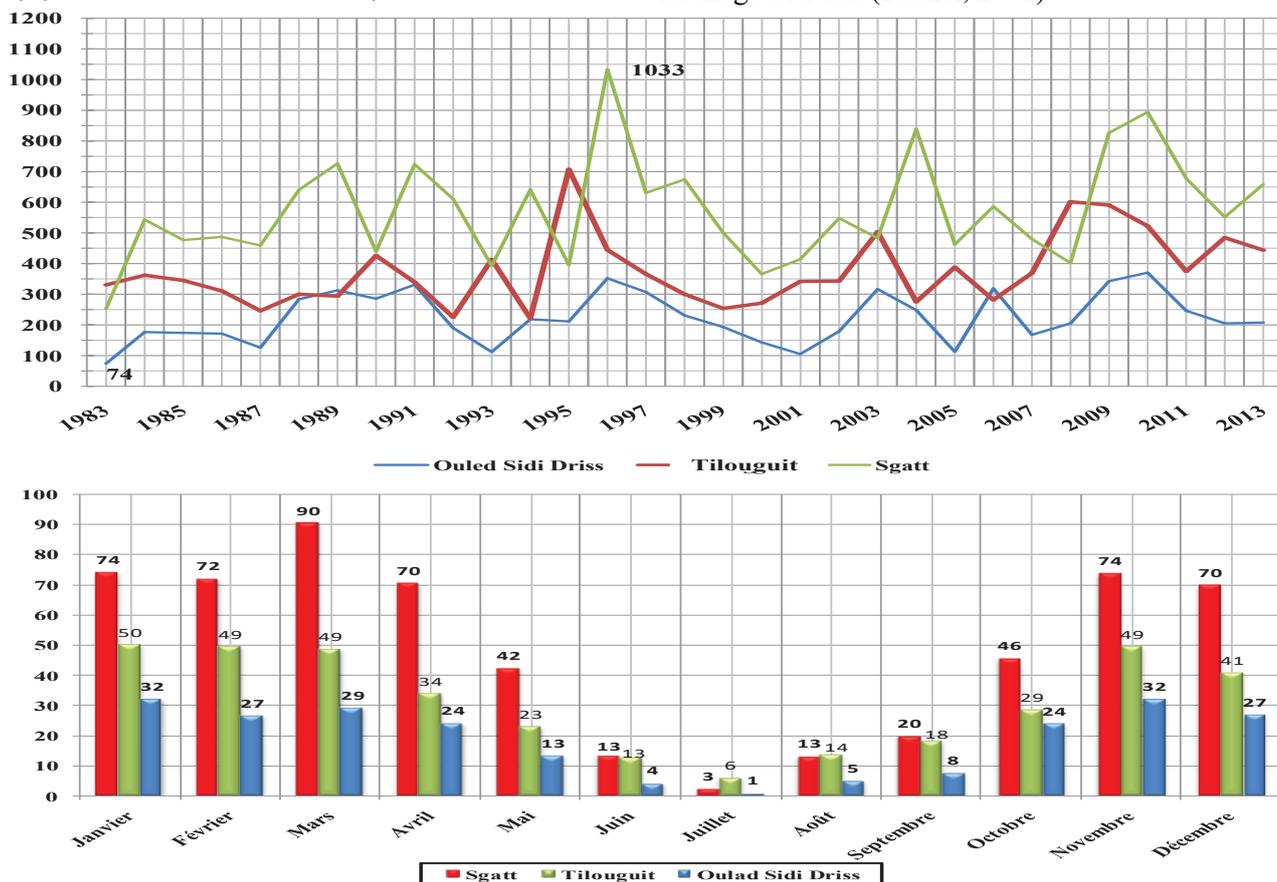


Figure 2: Situation climatique du bassin versant de l'Oued El Abid 1983/2013 (Ouakhir et El Ghachi, 2015)

D'un point de vue hydrologique, la confluence de l'Oued El Abid est l'Oued Ahensal où a été édifié le grand barrage d'accumulation de Bin El Ouidane, couplé au barrage de compensation d'Ait Ouarda. Ces ouvrages dérivent les eaux de l'Oued El Abid dans une galerie souterraine qui franchit au N un petit chaînon atlasique et débouche directement à Afouer, dominant la plaine de Béni Moussa du Tadla.

Bassin versant de l'Oued El Abid: Enjeux et risques

Les barrages sont des ouvrages hydrauliques considérés aussi comme des outils de développement, voire de «développement durable». L'importance de ces ouvrages hydrauliques dans les mutations des territoires, le changement des paysages et le développement socio-économique, a été au cœur des travaux de la Commission mondiale des barrages dont le rapport a été rendu en 2000. Les conclusions de la Commission, plutôt nuancées, ont réaffirmé le rôle positif des barrages, tout en insistant sur la réalité d'impacts négatifs trop longtemps négligés (Touaïbia, 2000).

Au Maroc, l'histoire de l'hydraulique est très ancienne et repose sur une longue pratique de la maîtrise d'une eau toujours utile et dangereuse à la fois. La politique des barrages, que le Roi Hassan II a mis en place depuis les années 30, n'est en aucun cas le fruit du hasard. C'est le résultat de tout un travail de réflexion et de vision scientifique des phénomènes de la nature, notamment les cycles de la sécheresse, un phénomène conjoncturel qui s'est transformé, depuis les années 80, en un problème structurel (Lahlou, 1988).

C'est dans cette perspective qu'une politique des barrages a vu le jour au Maroc avec la mise en service de plusieurs barrages dont le barrage de Bin el Ouidane, qui a été construit en 1953 dans le resserrement de l'Oued El Abid affluent le plus important de l'Oum Er-Rbia, après avoir drainé une grande partie des eaux du versant Nord du Haut Atlas Central. Situé en aval du bassin versant de l'Oued El Abid, le barrage de Bin El Ouidane est la deuxième retenue d'eau au Maroc. Le barrage de Bin El Ouidane, est situé à

24 km au Nord de la ville de Azilal, est à 800 m d'altitude. Il retient les eaux de l'Oued El Abid et de l'Oued Ahensal. La réalisation de cet ouvrage est à but multiples (irrigation, production de l'énergie électrique et alimentation en eau potable...). Sa centrale hydroélectrique produit le quart du courant électrique marocain. Son lac de retenue est d'une superficie de 3800 hectares (Centre Régional d'investissement, 2015).

Actuellement, le barrage de Bin El Ouidane dispose également d'atouts touristiques très diversifiés dont certains connues à l'échelle internationale. Cet ouvrage est en train de devenir un pôle d'attraction des projets touristiques avec des thèmes tournant autour de l'eau et le périmètre du lac. Sur cette immense étendue d'eau que cernent les versants rouges de la cuvette de Ouaouizegth, plusieurs sports nautiques sont possibles: jet ski, natation, planche à voile, mais aussi pêche sportive (Blackbass, sandre, Brochet) et chasse, sur les hauteurs boisées environnantes. Aujourd'hui, cette retenue d'eau représente un patrimoine biologique, écologique et environnemental très diversifié dans la région.

MÉTHODOLOGIE ET OBJECTIFS

Méthodologie

Travail du terrain

Le travail du terrain était la base principale des données qui vont nous permettre d'extraire plusieurs informations sur la dynamique du cours d'eau de l'Oued El Abid.

Cette tâche a pour objectif d'identifier les formes du lit mineur du cours d'eau de l'Oued El Abid. Cela s'avise à caractériser l'état actuelle des berges au long de l'Oued. Les principales informations prises dans ce sens, étaient l'état des berges, sa localisation, son type, et sa longueur. D'après cet inventaire, nous allons déterminer les différents types de berges localisées dans le cours d'eau de l'Oued El Abid.

Cartographie morphologies fluviales

L'étude de la dynamique fluviale fait appel à deux approches importantes pour comprendre le fonctionnement hydrodynamique du cours d'eau: approche historique et démarche actuelle (El Ghachi, 2008). Dans cet article on s'est basé sur l'expression actuelle qui se définit également par le travail cartographique basé essentiellement sur le terrain.

Dans ce contexte et pour cartographier les types des berges au long du cours d'eau de l'Oued El Abid, nous avons découpé cette zone en différentes parties et tronçons selon des critères et caractéristiques physiques et anthropiques déterminés par le travail du terrain.

Objectifs

La présente recherche se donne pour objectif de déterminer les formes du lit mineur du cours d'eau de l'Oued El Abid et caractériser l'état actuel des berges le long de l'Oued.

Le travail de terrain vise à extraire plusieurs informations sur le cours d'eau en relevant une cartographie rigoureuse de tout le cours d'eau de l'Oued El Abid de l'amont vers l'aval. Cela nous permet également d'avoir des résultats importants afin de comprendre le fonctionnement hydrodynamique de ce cours d'eau.

Les données utilisées dans cet article viennent essentiellement des relevés issus du travail de terrain effectuée pendant l'été 2017, et qui présentent l'état actuel du lit fluvial de l'Oued El Abid.



Figure 3: Lac du barrage Bin El Ouidane

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

En termes de résultats, le présent article s'efforce de comprendre la dynamique du cours d'eau de l'Oued El Abid à travers la cartographie des morphologies fluviales.

Évolution actuelle du cours d'eau de l'Oued El Abid

L'analyse des morphologies des berges fournit plusieurs indices sur l'évolution du cours d'eau de l'oued El Abid. La cartographie prend également en considération l'état des berges. Nous allons présenter dans cet article l'évolution différents des berges à travers l'inventaire les différentes types de la dynamique de ce cours d'eau.

Le façonnement des berges

Le sapement des berges est l'une des manifestations les plus spectaculaires de l'érosion que l'on observe le long de l'oued El Abid (Martin, 1987). Dans le cours d'eau de l'oued El Abid l'affouillement des terrasses et l'attaque de certains pieds du versant accentuent la sinuosité du lit mineur et créent un déséquilibre qui affecte les berges. Le long de ce secteur à fond mobile, nous avons distingué plusieurs types en fonction de leur degré de stabilité.

• Les berges sapées

Ce type modifie une dynamique très forte d'érosion des berges. Elle caractérise les zones qui ont une diversité lithologique tendre. Cette berge est due parfois au sapement à la base (plus de 3 m) ou des glissements à toute la berge (environ de 5 m).

Elles sont des formes verticales, subissent une forte dynamique d'érosion, ce qui a amené un décrochage important. L'apparition de ce type montre la force et la dynamique très forte du cours d'eau de l'Oued El Abid, car la formation de cette berge nécessite un débit intéressant notamment dans des périodes de crues.

• Berges affaissées

Les berges affaissées ont été observées aussi tout au long du cours d'eau, ce type montre une forte dynamique de l'oued El Abid. Elles se caractérisent par une forte dégradation de la haute partie. Sa hauteur se déverse entre 1 et 4,5 m selon l'épaisseur des sédiments formant les deux berges.

• Affaissements dus au bétail

Le cours d'eau de l'Oued El Abid est un patrimoine naturel qui favorise la vie pastorale, ce qui sert aux nomades pour abreuver leurs bétails. Cette opération d'abreuvoir le bétails influence les berges de l'Oued. Elle fait écraser les berges et provoque des affaissements.

• Berges végétalisées

Ce type des berges se trouvent tout au long de l'Oued. Elles sont également protégées naturellement, et parfois subissent des aménagements anthropiques pour but de protéger les activités riveraines du cours d'eau.

• Berges dégradées

La dégradation des berges est un processus qui touche tous les types. Ce phénomène est également constaté le long de l'Oued. Cette dynamique concerne les berges basses (inférieures à 1,5 m) qui ont une faible hauteur, cela permet l'effusion du cours d'eau durant les périodes des crues.

L'élaboration d'une légende explicative de la dynamique fluviale

La légende a pour but de présenter les éléments cartographiés d'une façon détaillée, pour arriver à décrypter et à analyser les éléments majeurs. Elle est fondée sur la réalisation d'une légende qui exige un travail spécifique:

- Organisation de l'information: Toutes les informations recueillies sur le terrain sont triées et classées par phénomène cartographié;
- Attribution de symboles à tous les éléments cartographiés: afin de distinguer ces informations, il faut trouver



Figure 3: Berges sapées en amont du cours d'eau El Abid



Figure 4: Affaissements dus au bétail en partie médiane du cours d'eau El Abid 2017

des signes qui les représentent et qui renseignent sur la dynamique fluviale;

- Choix des couleurs, afin de différencier les signes et de les graduer par importance;
- Présentation générale de la légende par types d'informations et grandes familles de données.

Cette démarche a été appliquée à la présentation de la cartographie fluviale de l'amont de l'Oued El Abid pour l'année de 2017.

Carte des morphologies fluviales du bassin de l'Oued El Abid

Le choix des sites étudiés

Le bassin de l'Oued El Abid est une zone plus large, et donc la cartographie de ce cours d'eau peut être difficile, s'ajoute aussi l'insuffisance du temps pour réaliser une cartographie complète au long de l'Oued. A ce côté nous proposons une cartographie des ensembles morphologiques de certains endroits de ce cours d'eau en amont du barrage de Bin El Ouidane. Pour départager ces zones on a adopté des critères primordiaux.

Critères de découpage

L'objectif de ce découpage est de déterminer les facteurs, les indicateurs et les éléments qui forment prioritairement l'organisation globale et conditionnent la modification de la morphologie fluviale du cours d'eau de l'Oued El Abid. Trois ensembles ont été définis:

- Critères naturels: Ils présentent du tracé des unités hydrogéomorphologie, végétation, ...
- Critères humains: Ils regroupent toutes les interventions anthropiques effectuées sur le cours d'eau, à savoir l'agriculture, l'habitat, développement d'activités...
- Critères dynamiques: Ils présentent la forme du lit et sa réaction à travers la dynamique fluviale.

Les interactions entre les facteurs que nous avons présentés influencent le fonctionnement hydrodynamique. Ils agissent par érosion, transport et dépôt des matériaux qui composent le paysage fluvial. Ces processus peuvent ainsi entraîner des phénomènes d'érosion latérale ou verticale, plus rarement des phénomènes d'accumulation, puisque les bancs sont peu répandus dans le lit mineur. Les formes qui en résulte sont présentées dans les figures 5 et 7.

Critères naturels	Nature du relief- conditions d'écoulement, Tracé- végétations des berges...
Critères dynamiques	Erosion- incision du lit- écoulement- crues...
Critères humains	Activités économiques et sociales- habitats- agriculture- pâturage...

Figure 6: Critères de découpage du bassin de l'Oued El Abid

Carte des ensembles morphologiques fluviaux

L'objectif de cette carte est de représenter un exemple d'un inventaire sur le paysage fluvial dans un tronçon (n°1) en amont du barrage de Bin El Ouidane, en se basant sur les relevés de terrain. Les principales informations fournies s'articulent autour de:

- La situation actuelle du cours d'eau: l'état des berges, l'érosion des berges, La végétation, etc;
- L'identification des endroits stables et actifs;
- La classification des unités fluviales de l'oued El Abid et de leur extension;
- La réponse du cours d'eau aux facteurs dynamiques;
- L'analyse des facteurs dominants significatifs du cours d'eau.

Des repères identifiés, on déduira les bases d'une réflexion sur la morphologie fluviale, qu'il faut associer aux connaissances acquises dans la bibliographie afin de formuler et de vérifier les hypothèses quant à la formation et à l'évolution des morphologies du cours d'eau.

Au-delà, et d'après la figure 7, il semble que la dynamique de ce tronçon était très significative et a engendré des changements flagrants en termes d'érosion des berges.

CONCLUSION

La dynamique d'érosion hydrique en amont du barrage de Bin El Ouidane est accentuée par plusieurs facteurs, naturels et anthropiques. Généralement, c'est de l'influence respective de la pluie, du ruissellement, de la rugosité et de la pente du terrain dont dépendent les formes de l'érosion hydrique.

Par conséquent, cette dynamique contribue à l'envase-

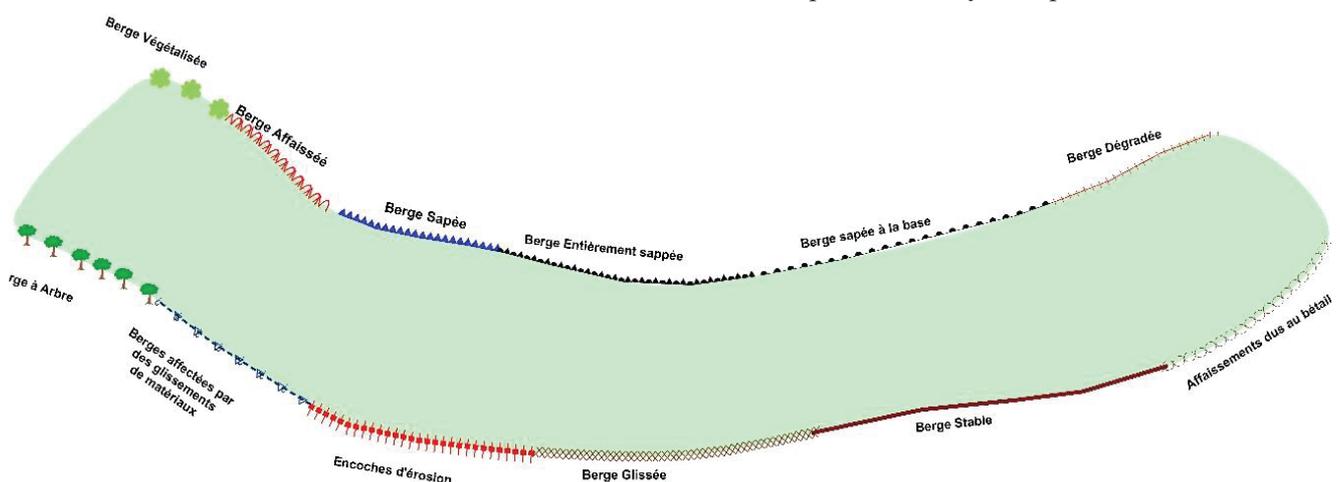


Figure 5: Présentation de la légende de la cartographie des morphologies fluviales de l'oued El Abid

ment de la retenue de Bin El Ouidane. Cet envasement est le résultat de dépôts de la boue de l'érosion des sols des bassins versants et le sapement des berges des cours d'eau. C'est en périodes de crues que les barrages s'ensavent par les courants de densité.

Les études sur l'érosion à échelle d'un bassin versant présentent un intérêt grandissant pour déterminer des problématiques environnementales associées à l'érosion hydrique et développer l'utilisation des méthodes topographique très pointue.

BIBLIOGRAPHIE

Corbonnois J, Jacquemot T, Giovannacci L, Beck. T et El Ghachi. M (2003). Les indicateurs de l'évolution actuelle des lits fluviaux. Étude de cours d'eau du Nord-Est de la France.

Petit F., Hallot E., Houbrechts G., Mols J. (2005). Évaluation des puissances spécifiques de rivières de Moyenne et Haute Belgique. *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 46, 37-50.

Claude N., Rodrigues S., Bustillo V., Bréhéret J.G., Maccaire J. J. & Jugé P. (2012). Estimating bedload transport in a large sand-gravel bed river from direct sampling, dune tracking and empirical formulas. *Geomorphology*, 179: 40-57.

Souhel .A. (2001). Haut Atlas Central, partie nord-ouest North-western Central High Atlas, éditions du service géologique du Maroc, Rabat, 106 p.

Legates D., Willmott .J (1990). Mean seasonal and spatial variability in global surface air temperature, *Theor. Appl. Climatol.*, 41:11-21.

Ouakhir. H, El Ghachi. M (2015). L'impact des lâchés du barrage de Bin El Ouidane sur l'aval du bassin Oued El Abid: Inondations anthropiques et cartographie (bassin Oum Err Bia - Maroc). PFE 2015, FLSHBM. 262p.

El Ghachi M., Corbonnois .J (2008). Caractérisation d'un système fluvial par la méthode de la cartographie des morphologies fluviales: le cas de la Seille (Lorraine, France), CEGUM, Université de Metz 16p.

Lahlou A., (1988). Étude actualisée de l'ensablement des barrages au Maroc. *Rev. Sci. Eau*, 6: 337-356.

Martin J. (1987). Les risques naturels au Maroc, réflexions préliminaires. Hommage à G. Maurer. Les milieux et les hommes dans les pays méditerranéens. *Études méditerranéennes*, 11: 275-289, Poitiers.

Taous, A.(2005). Géomorphodynamique fluviale, Processus morphosédimentaires, ajustement spatio-temporels, paléoenvironnements et mutations récentes des espaces fluviaux. Publications de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Saïs-Fès, Série: Thèse et Monographie, n. 11, 425p.

Touaïbia B., (2000). Érosion – Transport solide – Envasement des barrages: Cas du bassin versant de Mina. Thèse de doctorat d'État, Institut National Agronomique, Alger (Algérie).

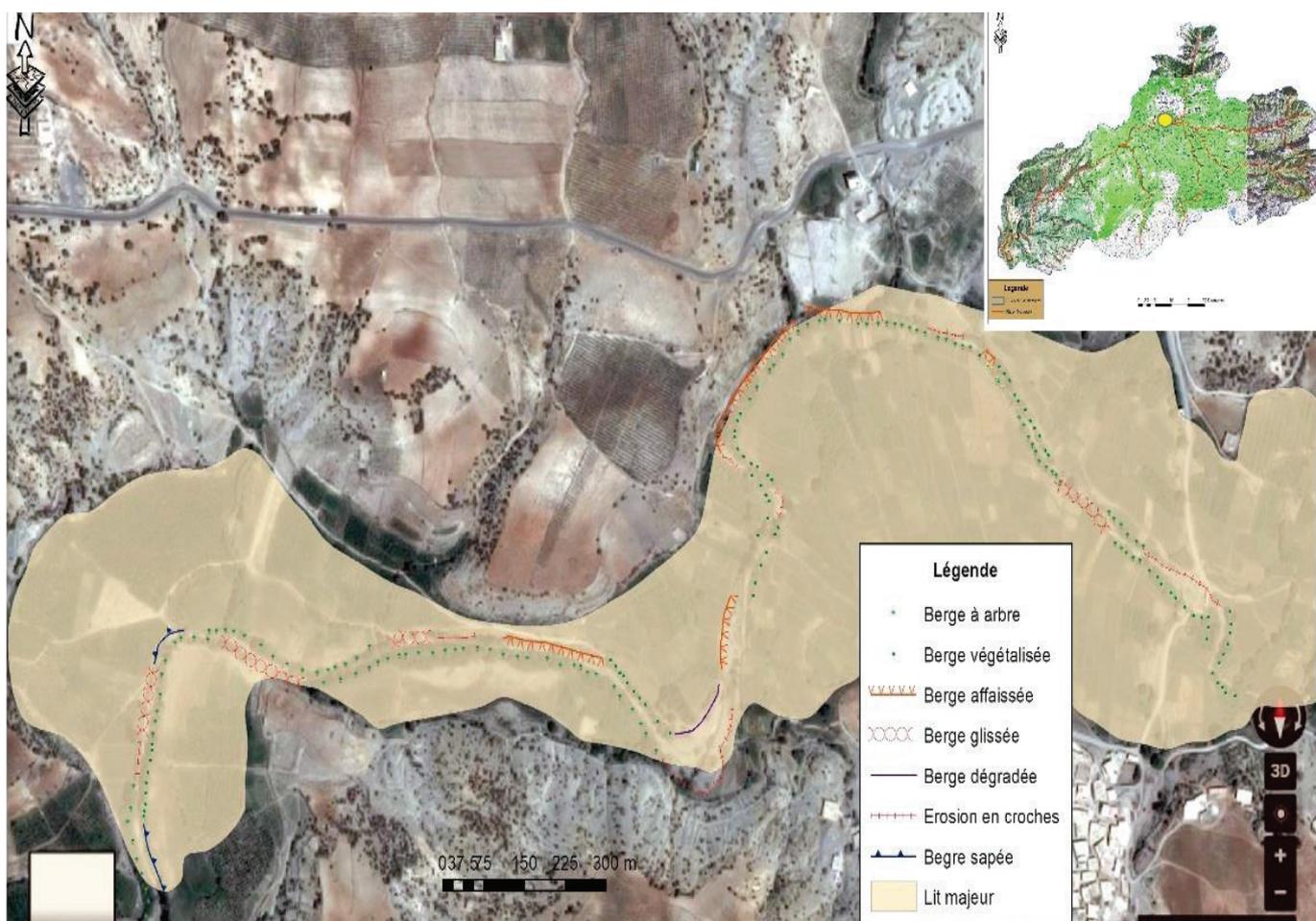


Figure 7: Carte des morphologies fluviales en amont du barrage Bin El Ouidane (Tronçon 1)