



CALCUL ET MODELISATION HYDRAULIQUE POUR L'AMENAGEMENT D'OUED EL JAWAHER BASE, DANS LA VILLE DE FES (MAROC)

HYDRAULIC CALCULATION AND MODELING FOR THE DEVELOPMENT OF OUED EL JAWAHER IN THE CITY OF FÈS (MOROCCO)

| Maroua Himedi ^{*1} | Aicha Akajou ¹ | Abdelbast Midaoui ¹ | Sakina Gmira ² | Abdel-Ali Chaouni ¹ | et | Abderrahim Lahrach ¹ |

¹. Laboratoire Géoressources et Environnement | Université Sidi Mohamed Ben Abdellah | Fès | Maroc |

². Université Sidi Mohamed Ben Abdellah | Ecole Normale Supérieure | Fès | Maroc |

| Received | 19 October 2018 |

| Accepted 23 November 2018 |

| Published 30 November 2018 |

| ID Article | Maroua-ManuscriptRef.15-ajira191118 |

Résumé

Introduction: L'inondation produit des effets très divers sur les sociétés et les milieux naturels. Dans ce sens la ville de Fès souffre de ces problèmes traduits par le débordement d'oued El Jawaher pendant les périodes pluvieuses. **Objectifs:** cette situation nous a incités à réaliser une comparaison de l'état actuel et l'état aménager par des seuils de l'oued El Jawaher. **Méthodes:** le présent travail consiste à réaliser un modèle hydraulique par HEC-RAS constitué de 31 profils en travers qui permettra d'obtenir le niveau d'eau et d'énergie dans chaque profil en travers ainsi que la vitesse d'écoulement. Les simulations concerneront l'état actuel et l'état aménagé, et ce pour des débits de différentes fréquences. **Résultats:** les simulations confirment que la capacité des ouvrages hydrauliques est insuffisante pour transiter les crues étudiées, et des aménagements complémentaires doivent être envisagés. **Conclusion :** l'aménagement du canal par des seuils qui servent pour la création de plan d'eau amplifie le risque de débordement sur les habitations d'où la nécessité de la mise en place des seuils à vanne mobiles pour permettre le passage des crues ainsi procéder à la surélévation des rives du canal en épuisant la ligne d'eau le long du profil en long.

Mots clés: Crue, Inondation Urbaine, Modélisation, HEC-RAS, Hydrologie.

Abstract

Background: Flooding has a wide range of impacts on societies and natural environments. In this sense the city of Fez suffers from these problems reflected by the overflow of oued El Jawaher during the rainy periods. **Objectives:** this situation led us to compare the current situation and the situation developed by thresholds of the Oued El Jawaher. **Methods:** The present work consists in producing a HEC-RAS hydraulic model consisting of 31 cross sections which will allow obtaining the water and energy level in each cross section as well as the flow velocity. The simulations will concern the current state and the developed state, for flows of different frequencies. **Results:** the simulations confirm that the capacity of the proposed hydraulic structures is insufficient to transit the flood and additional developments should be considered. **Conclusion:** the development of the canal by thresholds which serve for the creation of water plan magnify the risk of overflow on the houses from where the need for the installation of mobile valve to allow the passage of the floods and proceed to the elevation of the banks of the canal by exhausting the water line along the longitudinal profile.

Key Words: flood, urban flood, Modeling, HEC-RAS, Hydrology.

1. Introduction

L'inondation peut-être définie comme "un phénomène de submersion temporaire, naturelle ou artificielle, d'un espace terrestre" [1]. Ce dernier produit des effets très divers sur les sociétés et les milieux naturels. La ville de Fès a connu à partir du milieu du 20ème siècle (septembre 1950 et octobre 1989) des crues excessivement violentes qui ont causé de très importants dégâts [2]. Les débordements des eaux de l'oued El Jawaher pendant les périodes pluvieuses constituent l'une des origines principales du risque d'inondation pour la ville de Fès, qui ne cesse de s'amplifier à cause de l'action anthropique.

L'objectif de ce travail est d'élaborer un modèle hydraulique qui permettra de simuler l'écoulement dans l'oued El Jawaher pour des crues de différentes périodes de retours, et de faire une comparaison de l'état actuel et l'état aménager par des seuils ayant pour objet de remédier aux débordement menaçant la population riveraine au niveau de la ville.

2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La localité se situe entre les parallèles 33°30' et 34°08'N et entre les méridiens 4°54' et 5°09'W.

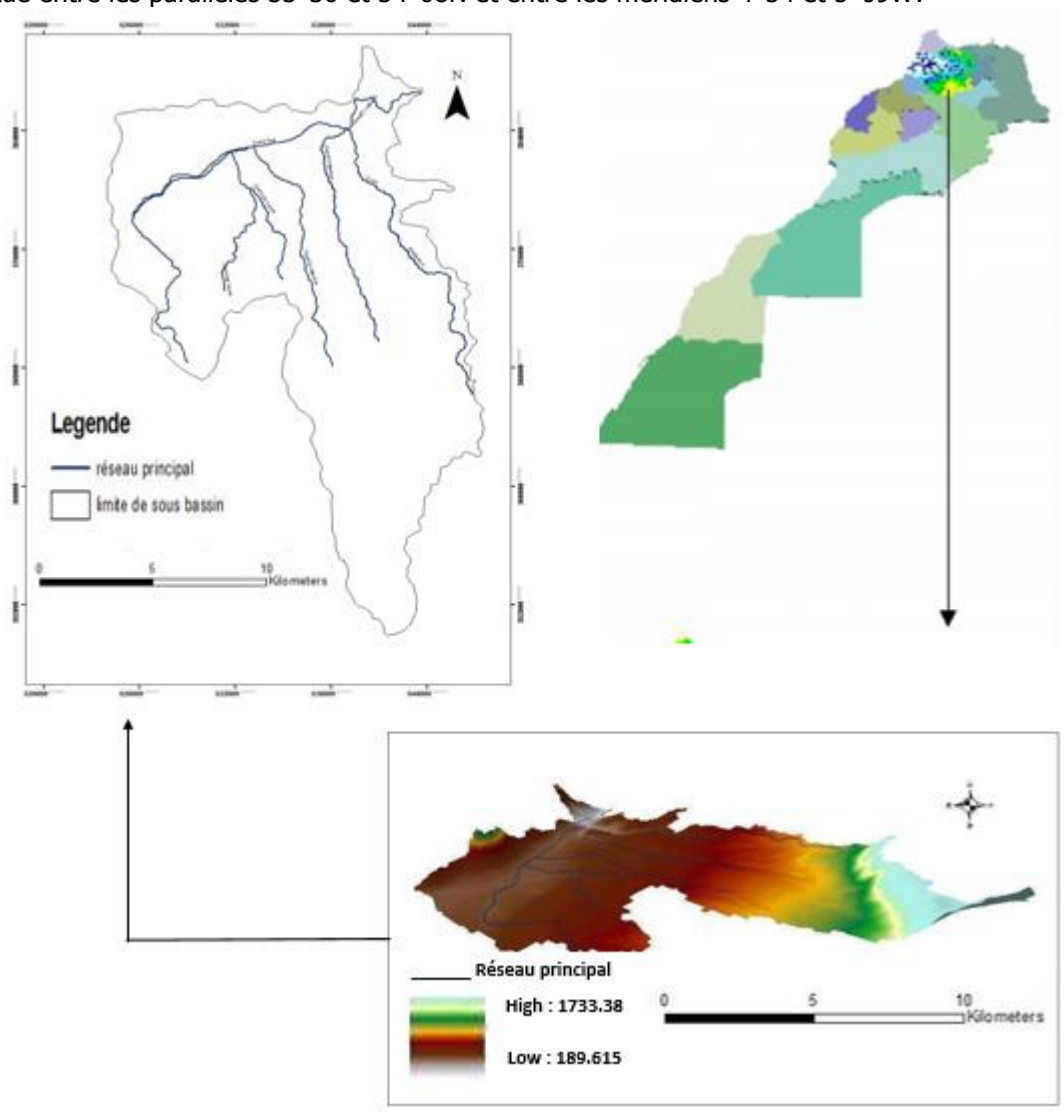


Figure 1 : La figure montre la situation géographique de la zone d'étude.

La zone est une subsidence comblée par des dépôts d'âge néogène dont la frange méridionale vient butter contre les calcaires et dolomies jurassiques du moyen-atlas et la frange septentrionale contre la nappe pré-rifaine.

La ville de Fès est caractérisée par un climat semi-aride, le régime annuel des pluies est caractérisé par l'existence de deux saisons distinctes : une saison humide qui s'étale d'octobre à mai et une saison sèche qui s'étend de juin à septembre, froid en hiver et chaud en été. À partir de la série mesurée par la station Fès Sais, la pluviométrie moyenne annuelle est de 484 mm, et la température moyenne calculée est de l'ordre de 17,1°C [2].

Le réseau hydrographique est très important, la plupart des oueds qui constituent ce réseau sont soutenus par des sources éternelles. Il converge vers la vallée de l'oued Fès qui constitue ainsi le collecteur principal qui achemine les eaux des deux versants qui encadrent la ville de Fès, vers l'oued Sebou.

3. MATERIELS ET METHODES

3.1 Etude hydrologique :

L'étude hydrologique est une phase très importante dans l'étude de la protection contre les inondations, elle a pour objectif de reconnaître les crues par les aspects du débit pointe. Cette dernière est capitale pour la simulation hydraulique

d'oued El Jawaher. Pour cela, il faut passer par deux étapes primordiales l'estimation des temps de concentration par différentes formules, enfin une estimation des débits de pointes.

3.1.1 Estimation des temps de concentration : Le temps de concentration T_c désigne le temps écoulé avant qu'une particule d'eau tombant au point le plus éloigné du bassin versant arrive à l'exutoire. On l'assimile à la durée de temps entre la fin de la pluie et la fin du ruissellement.

En se basant sur les caractéristiques physiques des bassins versants, nous avons calculés le temps de concentration par différentes formules celle de Ventura, la formule Espagnole, Formule de Van Te Chow, la formule Californienne, Formule de Us corps of Engineers, Formule Kirpich, Formule Turraza-Passini et la Formule de Giandotti [3,4].

On a éliminé les valeurs extrêmes très grandes ou très petites pour ne laisser que les valeurs centrales, et on a effectué la moyenne de valeurs retenues. Le tableau 1 récapitule la valeur retenue du temps de concentration.

Tableau 1 : le tableau présente les caractéristiques des bassins versants à l'entrée de la ville de Fès

Sous bassin versant	Superficie (km ²)	Longueur du Tawleg (km)	Dénivelé (m)	Temps de concentration (Heures)
Boufekrane	48	28	775	3
Mehrez	122	22	700	2
El Himmer	80	36	1084	4
Ain Chkef	145	62	1450	7

3.1.2 Estimation des débits de pointe : Les débits de ces Oueds peuvent être calculés par plusieurs formules empiriques comme la méthode de Fuller 2, Hazan Lazarevick, Mallet Gautier. Ainsi que par la transposition à partir de la formule de Francou-Rodier communément utilisée au Maroc, et sans oublier la méthode du Gradex, qui s'appuie sur les observations climatologiques historiques, est de déduire le comportement asymptotique de la loi de probabilité des volumes des crues rare et de la loi de probabilité des cumuls de pluies extrêmes [5,6].

Le tableau 2 récapitule les débits retenus qui est la moyenne des débits calculés par les différentes formules.

Tableau 2 : le tableau montre les débits des crues en m³/s

Bassin Versant	T=10 ans	T= 50 ans	T=100ans
Boufekrane	24	53	68
Mehrez	76	177	217
El himmer	32	95	112
Ain Chkef	3	11	16

L'oued El Jawaher est le principal collecteur du réseau hydrographique du bassin versant, le temps de concentration des cours d'eau est très court (tableau 2) ce qui rend les opérations de prévision et d'alerte des riverains difficiles.

Le long de ces oueds on rencontre des ouvrages hydraulique constituant des véritables points d'étranglement de l'écoulement et peuvent donc être à l'origine d'inondations, résultants de la surélévation de la ligne d'eau, affectant le système routier et une partie de la Médina.

Le barrage Al Gaâda installé sur l'oued Boufekrane offre un degré de protection important, avec un fonctionnement conditionné par la vidange d'un tiers de sa retenue (800000 m³) [2]. Grâce à sa proximité de l'Oued El Jawaher et sa forte hydraulité, il nous assure les débits même aux périodes d'étiage pris comme base de calcul pour l'étude hydraulique de ce projet (max pour tenir compte des inondations, les faibles débits pour le fonctionnement normal des seuils).

3.2 Etude Hydraulique

L'étude hydraulique consiste à faire le diagnostic de la zone d'étude pour tout événement hydraulique le but de réaliser un modèle hydraulique pour calculer l'élévation de la ligne d'eau pour des écoulements graduellement varié, d'une part, et d'autre part pour déterminer les zones de débordement.

L'analyse hydraulique pour l'établissement des zones inondables, s'est basée sur la modélisation hydraulique le long de l'oued par l'utilisation du logiciel HEC-RAS (HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER, RIVER ANALYSIS SYTEME), qui est un logiciel informatique capable de modéliser des écoulements à surface libre dans les canaux naturels et artificiels avec la prise en compte des ouvrages de franchissement. Il permet de simuler les écoulements graduellement variés en régime transitoire, d'effectuer les calculs de lignes d'eau en régime dynamique en simulant les différents obstacles le long du

cours d'eau. La modélisation de l'Oued se base sur les profils en travers, tient compte de tous les ouvrages existant, et permet de définir différents coefficients de rugosité pour chaque section [7]. La simulation hydraulique est construite sur la base de 31 profils réalisés sur le plan de restitution 1/2000 de Fès.

Données d'entrée :

- La topographie des profils en travers des cours d'eau;
- Les distances entre les profils;
- Le coefficient de Manning : appelé aussi coefficient de rugosité, la valeur utilisé dans notre simulation a été déterminée sur la base du tableau de référence tableau de Van Te Chow (1959)
- Les débits et les conditions limites (amont et aval), débits de pointe en amont de chaque tronçon, pente normale (0,016)

Les résultats de calculs :

- Les niveaux d'eau et d'énergie dans chaque profil en travers ;
- Les vitesses d'écoulement dans chaque section ;
- Le profil en long dans le temps des lignes d'eau.

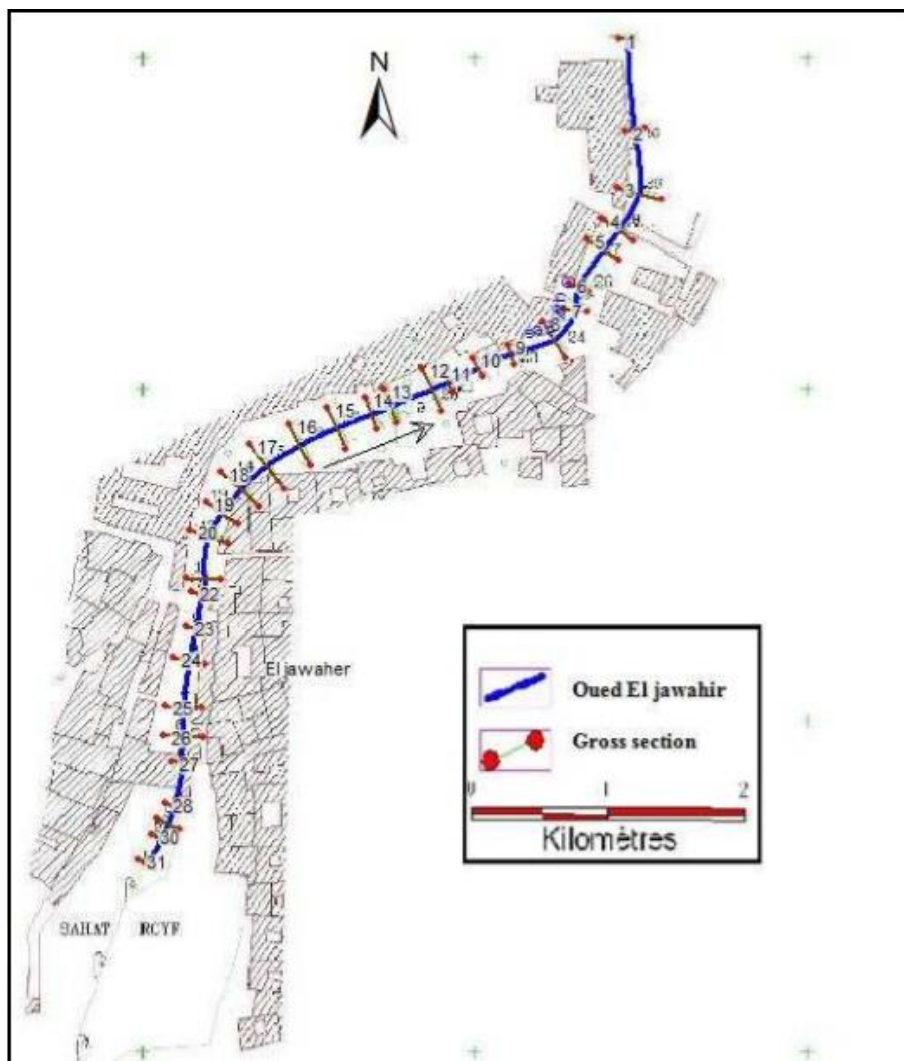


Figure 3 : La figure montre le plan des profils en travers sur le cours d'eau d'Oued El Jawaher.

4. RESULTAT ET DISCUSSION

Afin de répondre aux objectifs de l'étude, nous avons procédé tout d'abord à la construction d'un modèle HEC-RAS sur un tronçon de 400m de l'Oued El Jawaher, constitué de 31 profils en travers extraits à partir du plan de restitution de Fès au 1/2000, avant de passer à l'exécution de plusieurs simulations hydrauliques en régime permanent, pour les deux états actuel et aménagé par des seuils.

4.1 Pour la modélisation de l'état actuel

La modélisation de l'état actuel a été effectuée avec un débit de 70m³/s avec un total de 31 sections en travers de l'oued. D'après le profil en long (figure 4) qui montre le niveau d'eau atteint en fonction de la distance entre les sections en travers de l'oued, on observe que la vitesse d'écoulement varie en fonction de la pente de l'oued, les valeurs de ces vitesses montre que l'écoulement a un régime torrentiel, la cote de la ligne d'eau dépasse la cote minimale du canal avec des valeurs d'environ 3m (La section hydraulique est insuffisante par rapport au débit dans quelques endroits); par conséquent l'oued déborde sur les deux rives sur certaines tronçon du canal étudié. Les zones inondées, notamment en aval, sont importantes. Ces débordements conjugués avec des vitesses importantes qui varient entre 1.45 m/s et 11.17 m/s constitue une menace pour les habitations riveraines.

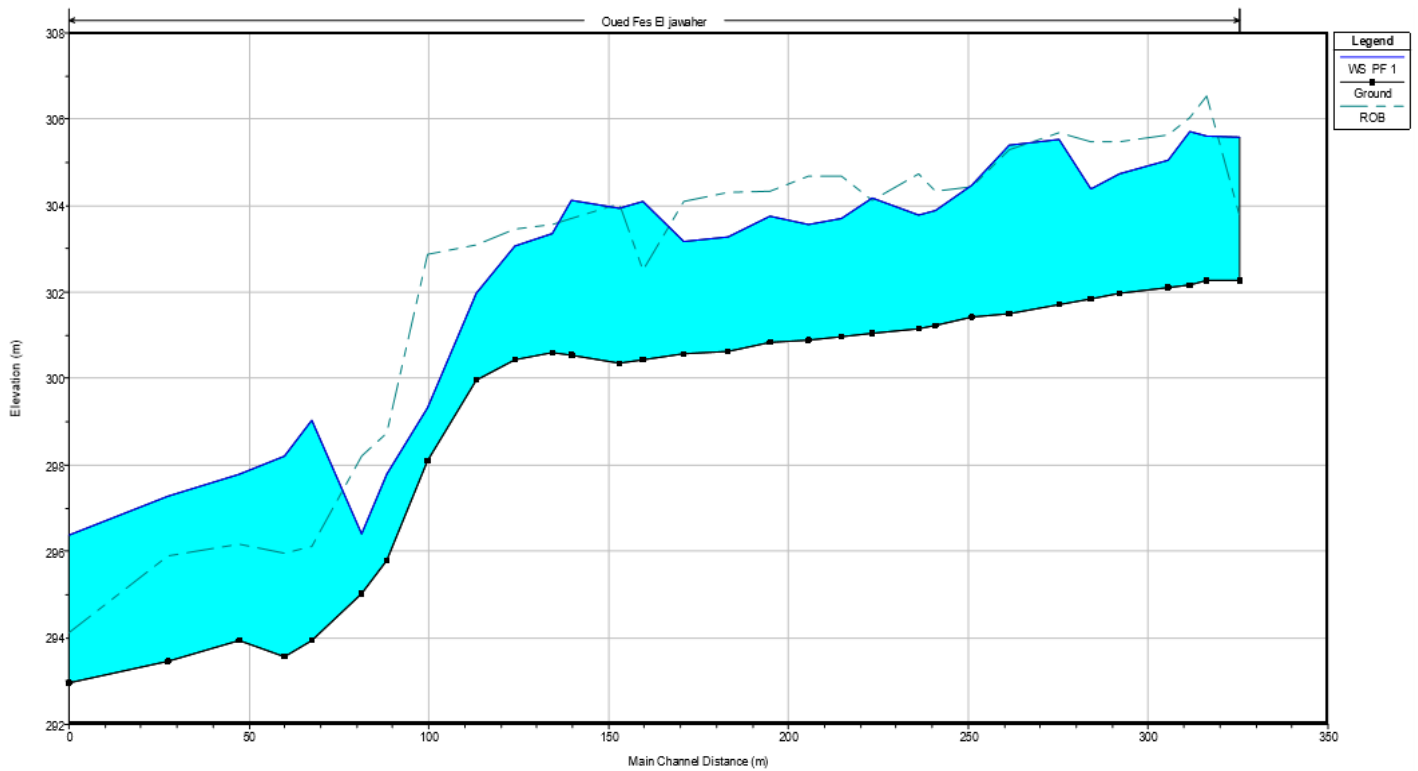


Figure 4 : La figure montre le profil en long de la ligne d'eau pour le débit.

4.2 Etat aménagée par des seuils

La modélisation de l'état futur a été réalisée en se basant sur des différentes valeurs de débit (tableau 3), les sections ont été modifiées pour tenir compte de la mise en place des seuils.

Tableau 3 : le tableau présente les débits utilisés dans la simulation.

Tronçon	Q1	Q2	Q3	Q4
Oued El Jawaher	0.1m ³ /s	0.5m ³ /s	20m ³ /s	70m ³ /s

L'objectif de ces seuils est de créer un plan d'eau permanent au niveau du canal qui s'intègre dans l'aménagement touristique et urbanistique de la zone de l'Oued El jawaher. La présence d'un seuil crée une surélévation de la ligne d'eau en amont du seuil, une section de contrôle hydraulique au niveau du seuil, pouvant conduire à la création des plans d'eau à l'amont de l'ouvrage.

L'élaboration d'un seuil avec HEC-RAS a été réalisée par l'entrée des données géométriques des points superficielles de section considérée, Il s'agit de trois seuils avec une hauteur de 3 m (figure 5), et des longueurs variables en fonction de la largeur du lit de l'oued. La hauteur des seuils dépend de l'altitude entre la cote maximale et minimale des rives gauches et droites des sections initiales.

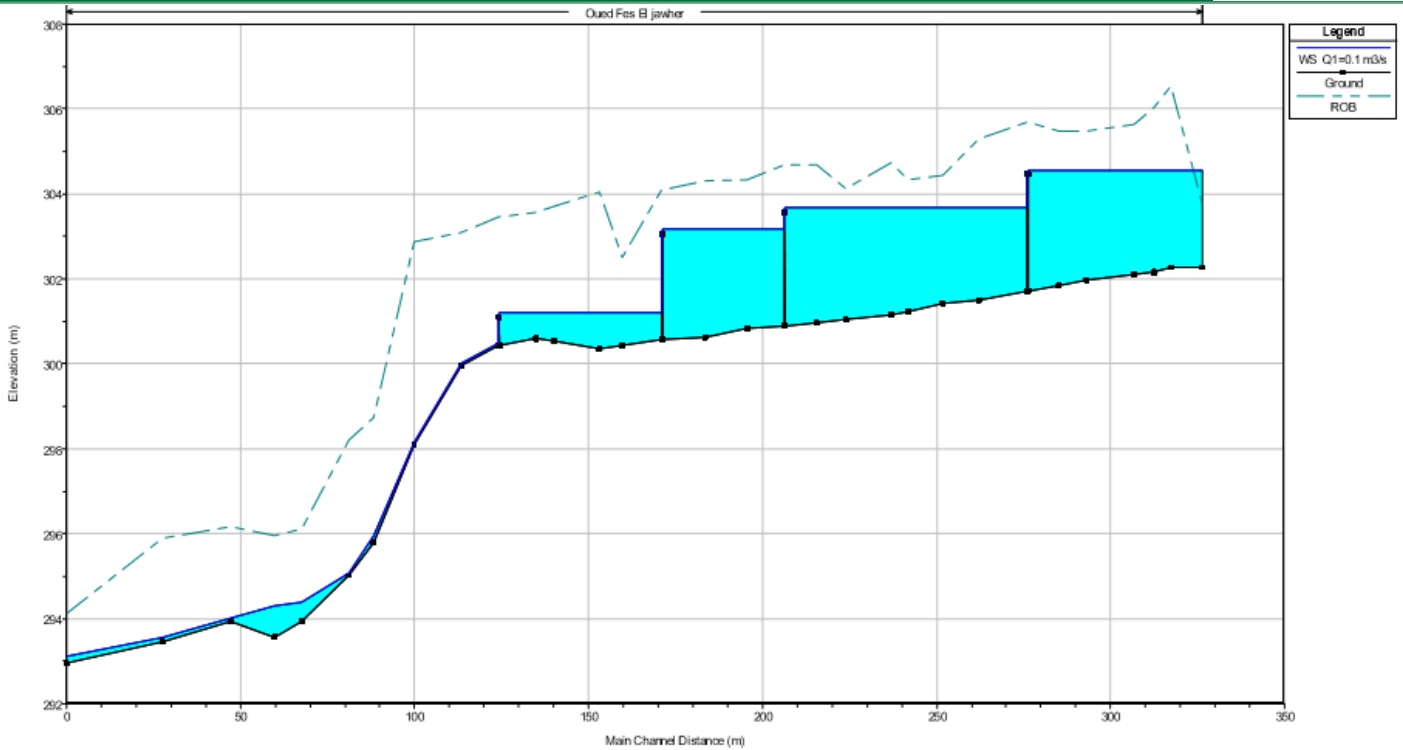


Figure 5 : La figure montre le profil en long de la ligne d'eau des seuils pour un débit de (0.1 m³/s).

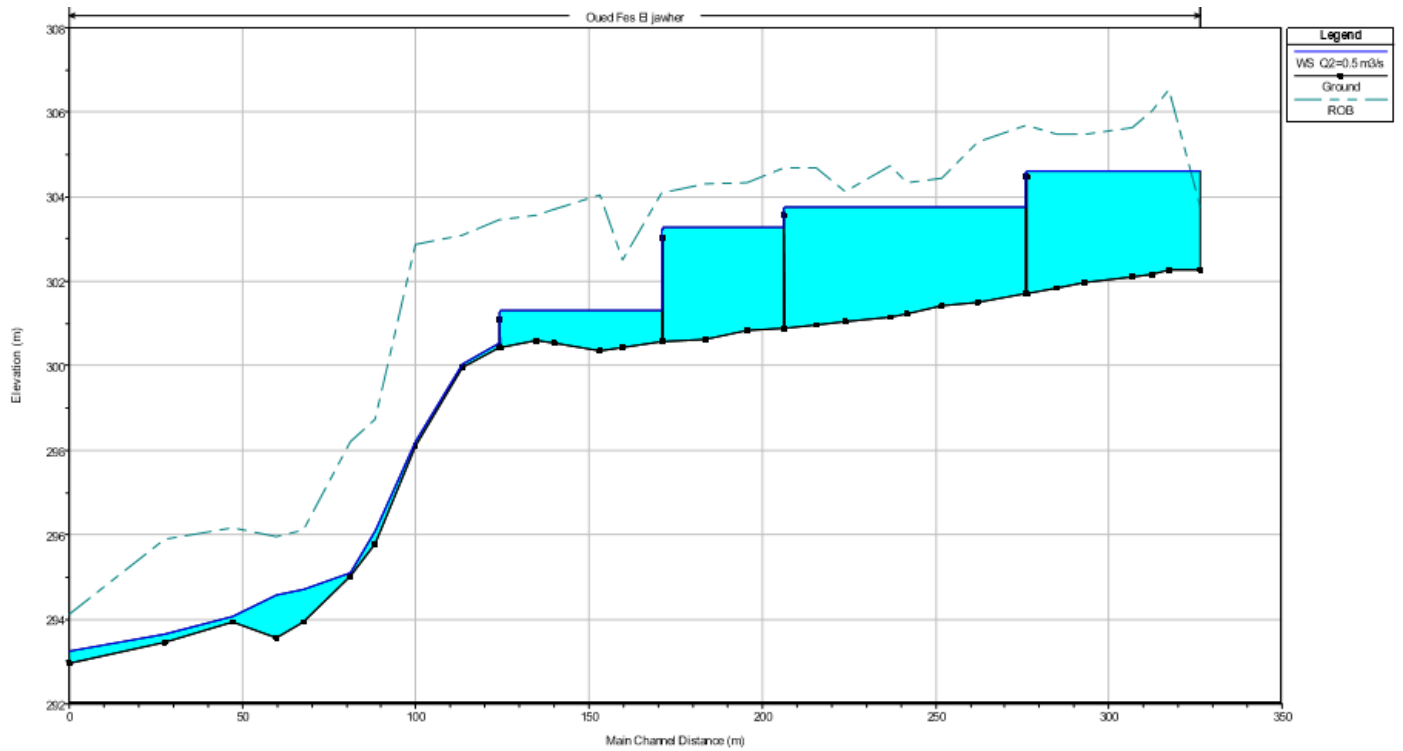


Figure 6 : La figure montre le profil en long de la ligne d'eau des seuils pour un débit (0.5 m³/s).

Ces deux simulations ont été effectuées en employant des débits faibles de l'ordre de 0.1 et 0.5 m³/s. On conclut que, les vitesses de l'écoulement deviennent faibles, souvent inférieures à 1.0 m/s en allant de l'amont jusqu'au seuil présenté en section 10 ou la vitesse devient supérieure à 3.0 m/s, ce qui peut être expliqué par la présence des seuils provoquant le ralentissement de l'écoulement.

On peut conclure que dans ces deux cas présentant la période d'étiage, que les objectifs du projet d'aménagement peuvent être atteints. Les lames au niveau des seuils varient entre 0.1 m et 0.2 m, ce qui donne un aspect visuel de déversement acceptable pour l'aménagement.

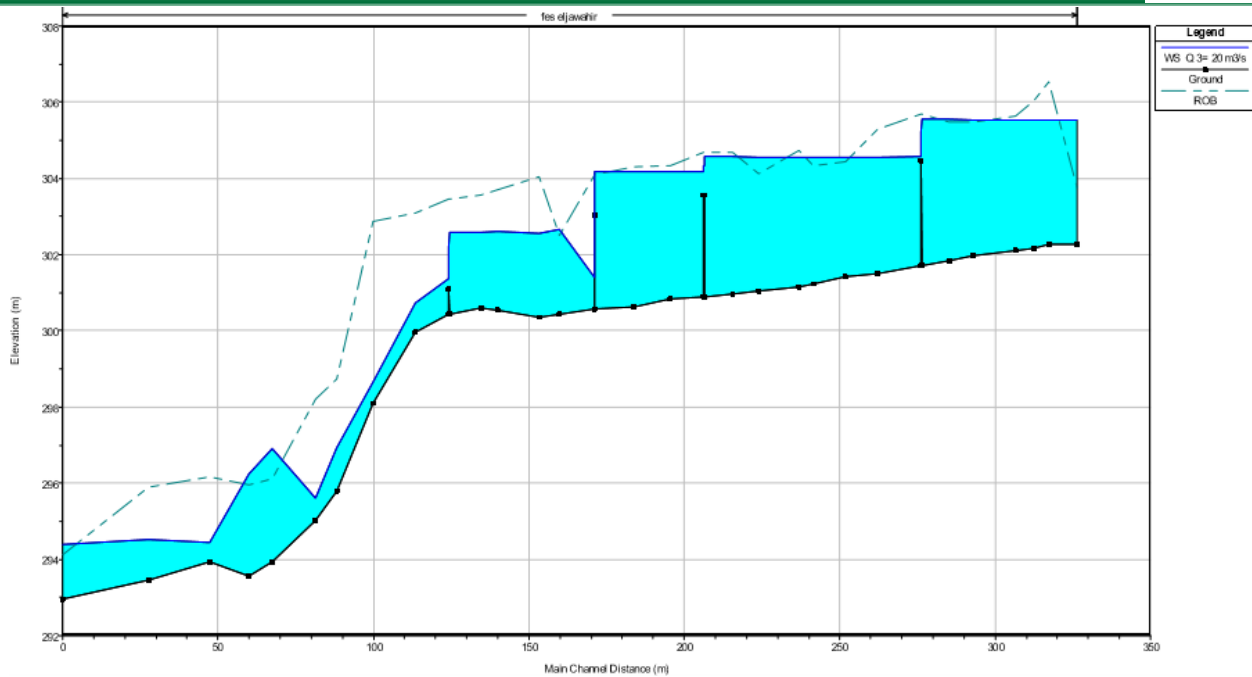


Figure 7 : La figure montre le profil en long de la ligne d'eau des seuils pour un débit de (20 m³/s).

Pour un débit de 20 m³/s, on assiste a :

- Une élévation du niveau de la ligne d'eau à une altitude dépassant celle des seuils d'environ 1 m d'altitude, et par conséquence un débordement le long du canal.
- Les valeurs de la vitesse d'écoulement varient moyennement (ne dépasse pas 3.0 m/s) en allons de l'amont vers l'aval jusqu'au point 15 où elle augmente pour atteindre une valeur de 7.1 m/s.

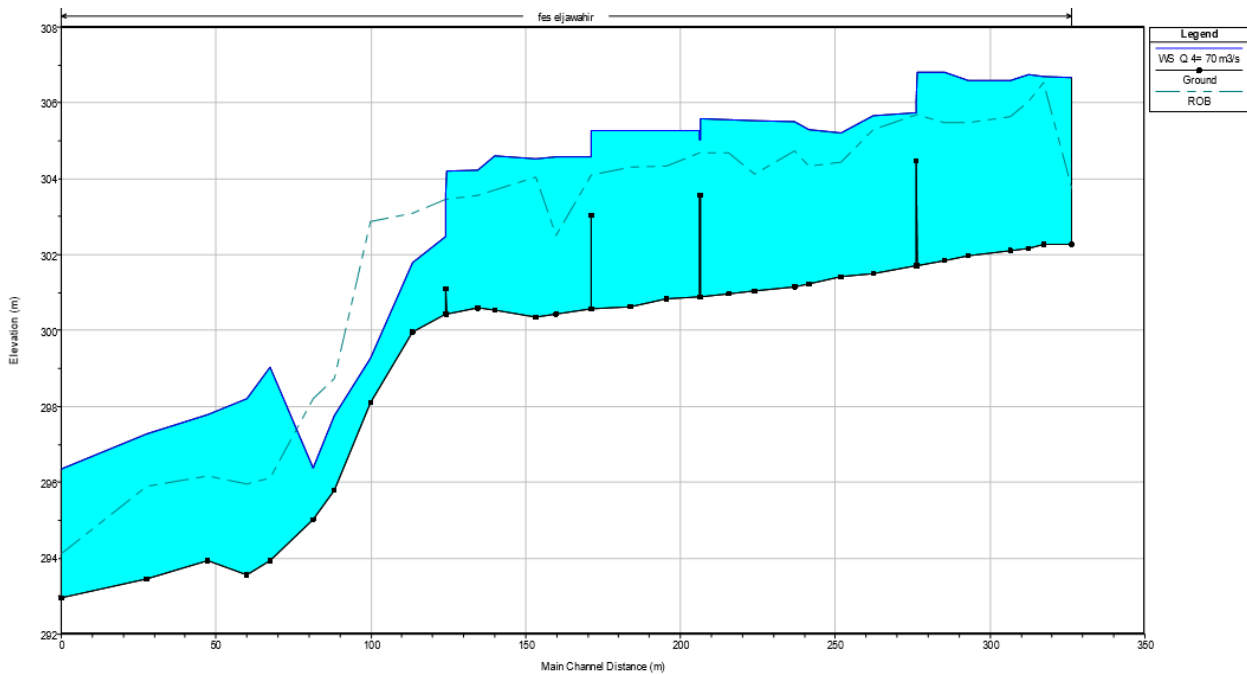


Figure 8 : La figure montre le profil en long de la ligne d'eau des seuils pour le débit de (70 m³/s).

Une simulation hydraulique avec un débit de 70 m³/s montres bien le débordement en amont du seuil. En comparant les résultats de cette simulation avec celle de l'état actuel on observe un faible ralentissement de la vitesse dans la dernière simulation, ce qui est provoqué par la présence des seuils, et l'élargissement puisque on assiste à un débordement sur les deux rives, et par conséquence la création des inondations.

Cette simulation confirme que la capacité des ouvrages hydrauliques proposés est insuffisante pour transiter la crue et des aménagements complémentaires doivent être envisagés. D'où la nécessité de la mise en place des seuils à vanne mobiles pour permettre le passage des crues.

5. CONCLUSION

Le canal fait passer le débit de la crue centennale de 70 m³/s à l'état actuel avec un recalibrage du tronçon juste en amont de la chute du canal. L'aménagement du canal par des seuils qui servent pour la création de plan d'eau amplifie le risque de débordement sur les habitations de la zone d'étude pour les débits importants (deux cas ont fait l'objet de simulation 20 m³/s et 70 m³/s).

Pour pallier le problème de ces débordements deux solutions à envisager :

- Procéder à la surélévation des rives du canal en épuisant la ligne d'eau le long du profil en long.
- Procéder à l'installation des seuils mobiles, il s'agit de vannes "tout ou rien".

Le principe de fonctionnement de ces vannes se base sur un niveau amont de l'eau à détecter par des capteurs automatiques et en suite l'effacement de seuils d'une façon plus rapide. Ce système demande un entretien permanent par les services concernés pour assurer continuellement son fonctionnement.

On peut conclure que la variante seuil à vanne mobile est la plus adaptée.

List of acronym used:

Tc: temps de concentration,

HEC-RAS: HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER, RIVER ANALYSIS SYSTEME,

6. REFERENCES

- [1]. Helga-Jane S., and Richard L. Risque d'inondation et aménagement durable des territoires, 2004. P.21 (Chap. 1). Available on : <http://books.openedition.org/septentrion/15682?lang=fr>
- [2]. Agence du bassin hydraulique de Fès A.B.H.S. Etude de schéma directeur de protection de la ville de Fès contre les inondations, (2010)
- [3]. Musy A. Hydrologie appliquée. Edition HGA. Bucarest. 1998, p.368
- [4]. Musy A. and Higy C. Hydrologie, une science de la nature. Coll. Gérer l'environnement, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne; 2004. p 314
- [5]. Bouvard, Gaross and Berthet. Les crues de projet des barrages méthode du gradex, editors. Bulletin du comité français des grands barrages : FRCOLDNEWS ; 1994. p.17-23 (Chap. 2). Available on : <https://hydrologie.org/BIB/Gradex/Gradex.pdf>
- [6]. Guillot, P. and Duband, D. La méthode du gradex pour le calcul de la probabilité des crues à partir des pluies, in Flood and Their Computation. Proceedings of the Leningrad Symposium. IASH. 1967; Publ. 84: 560–569. Available on: <https://iahs.info/uploads/dms/084063.pdf>
- [7]. U.S. Army Corps of Engineers, 2008. HEC-RAS (Version 4.1) [Hydraulic Reference Manual]. Davis, CA: Hydrologic Engineering Center, U.S. Army Corps of Engineers. Available on: http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documentation/hecras_4.1_reference_manual.pdf



Cite this article: Maroua Himedi, Aicha Akajou, Abdelbast Midaoui, Sakina Gmira, Abdel-Ali Chaoui et Abderrahim Lahrach. CALCUL ET MODELISATION HYDRAULIQUE POUR L'AMENAGEMENT D'OUED EL JAWAHER BASE, DANS LA VILLE DE FES (MAROC). *Am.J. innov. res. appl. sci.* 2018; 7(5): 355-362.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>