Chapitre IV

Application sur la zone d'étude et protection en aval

IV-1-Introduction:

Ce chapitre est consacré à l'application du logiciel HEC-Ras pour la simulation du niveau d'eau dans la vallée après la rupture du barrage Bousberka.

Le calcul diffère évidement selon la rupture est instantanée ou non, et selon que la rupture est total ou partiel. Il convient donc de distinguer plusieurs cas.

Dans notre étude nous allons proposer une seule rupture donc un seul scénario (rupture totale progressive c'est le cas le plus défavorable) qui se déroule dans notre projet à cause d'une :
*crue centennale (crue de projet) de 144 m^3/s (modèle de calcul). [17]
*crue exceptionnelle millénaire de débit 202 m^3/s. [17]

IV-2-Généralité:

Le barrage de Bousberka est un barrage en terre de type homogène à fort pourcentage d'argile. Il a une hauteur de 18 m et une capacité de 619415.9 m^3. L'évacuateur de crue à surface libre avec un déversoir de largeur 14 m, type frontal de profil GREAGER, il est dimensionné pour une crue de 100 ans (le débit déversé 120,11 m^3/s avec une hauteur de la lame d'eau déversée est de 2,5m).

IV-2-1-Caractéristiques du barrage :

- Hauteur du barrage :

C'est la hauteur (en mètres) entre le fond de la vallée (Terrain Naturel) au droit du barrage et la crête de l'ouvrage. Elle est utilisée dans le cas d'une rupture progressive :

- dans le calcul du débit de pointe au droit du barrage.
- dans le calcul du temps de rupture du barrage. La valeur de la hauteur du barrage est : 18 m.

- les principales caractéristiques du barrage sont indiquées dans le tableauIV.1

Cotes principales (m)	
Cote de la retenue normale des eaux	1307.2
Cote de la retenue maximale des eaux	1309.7
Cote de la crête	1310.84
Dimensions du barrage (m)	
Largeur à la base du barrage	111.5
Largeur en crête	7
Longueur en crête	128

Tableau IV1: caractéristiques des barrages Bousberka

IV-2-2-L'objectif de l'application:

L'objectif principal de cette thèse est de proposer un modèle numérique explicite de simulation l'onde de l'écoulement due à la rupture totale d'un ouvrage de retenue collinaire de Bousberka, par une crue exceptionnelle centennale, afin de tracer leszones inondables ainsi que les limites du champs d'inondation, pour pouvoir protéger les biens et les personnes dans ces zones et dégager des éventuelles recommandations pour minimiser le risque humain et matériel, et pour cela, on va utiliser le logiciel HEC-Ras pour simuler l'ondede crue et obtenir les hydrogrammes en chaque section pour calculer l'impact sur les structures se trouvant sur le trajet de l'onde.

IV-3-Préparation des données:

IV-3-1-créer un modèle conceptuel :

La première étape pour créer un modèle HEC-RAS est de créer un modèle conceptuel à l'aide d'un logiciel WMS cette modèle définira les portées des fleuves, les lignes transversales des portées, locations des rives et les zones des matériaux.

Nous avons utilisé la carte géologique (figure IV.1) pour délimiter le périmètre de la zone d'étude et l'image de cette zone sur Google earth (figure IV2) pour dessiner les zones des matériaux et le coffrage de notre oued (figure IV3).

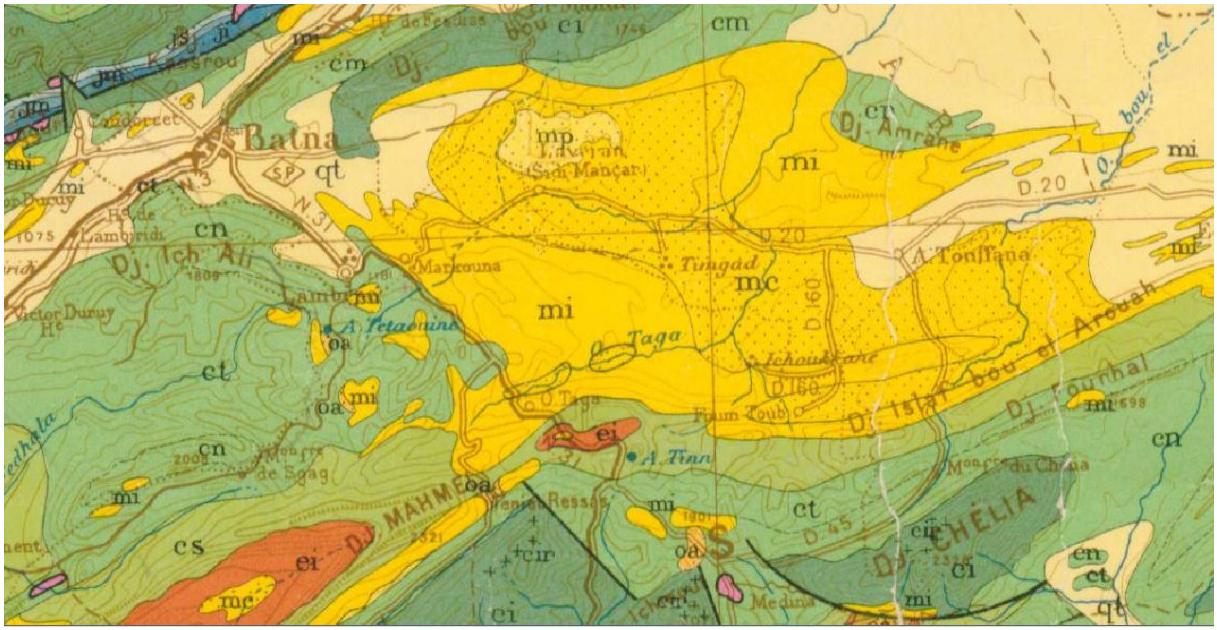


Figure IV1: la carte géologique de la zone d'étude

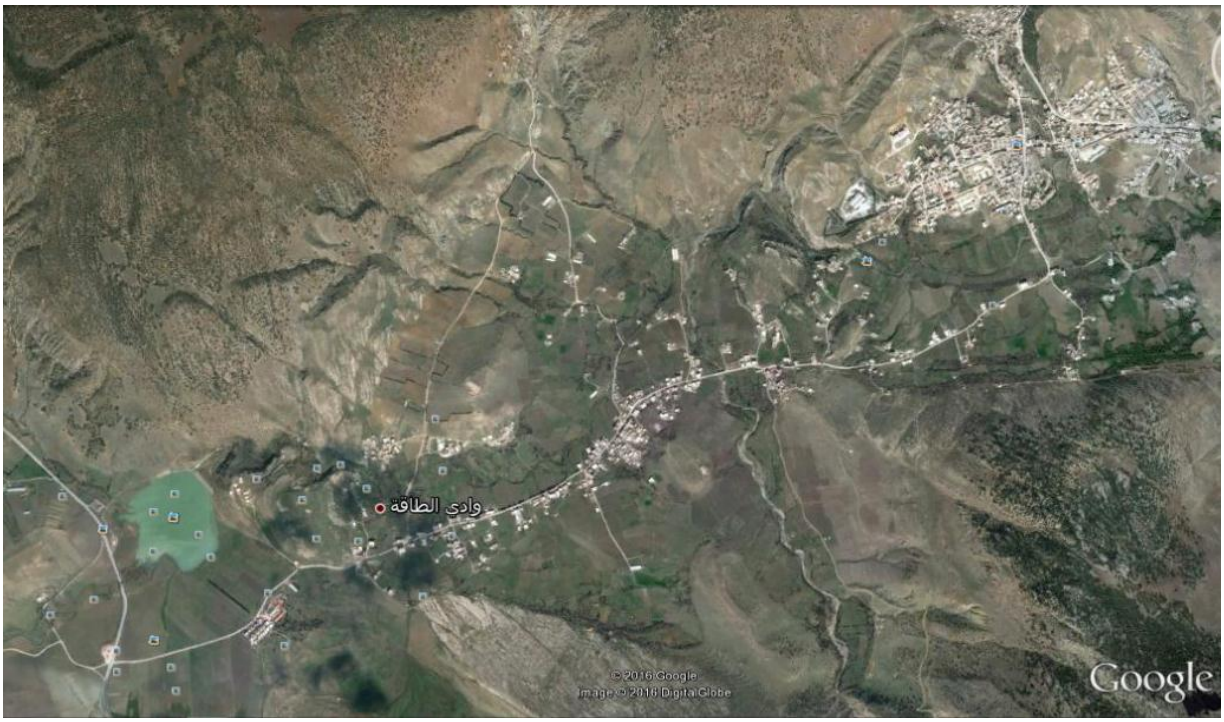


Figure IV2: présentation de la zone d'étude sur Google earth [27]

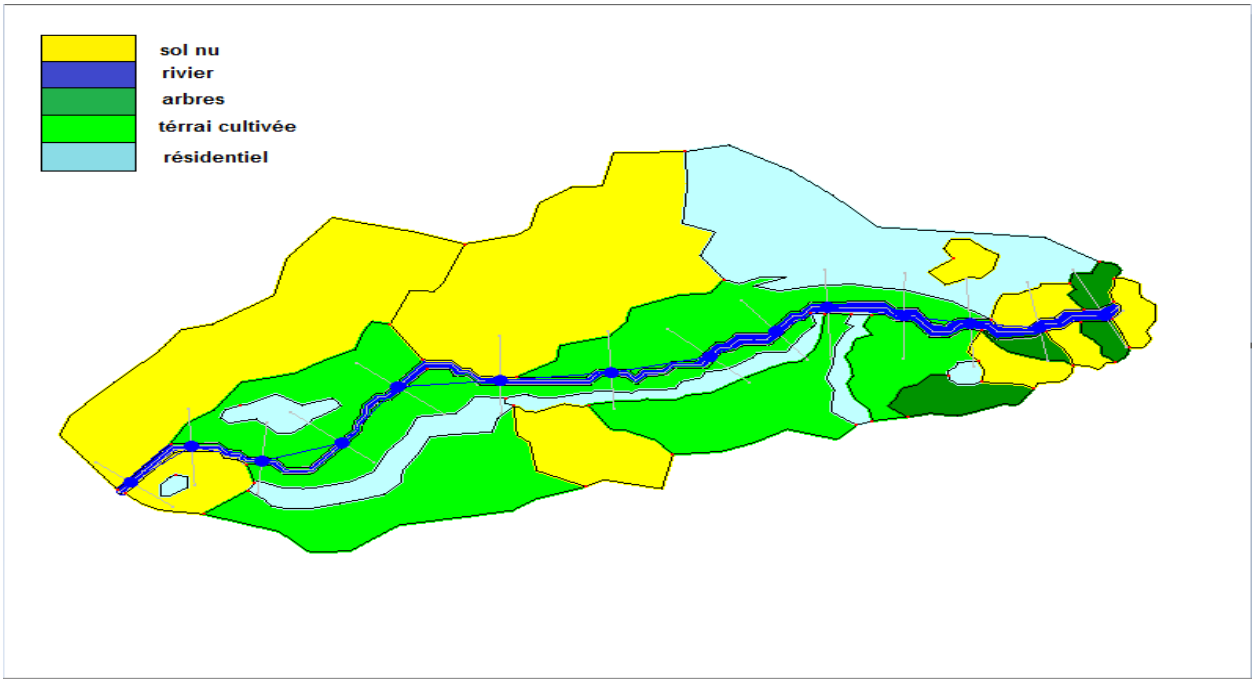


Figure IV3: la couverture des zones matériaux dans WMS.

IV-3-2-coefficients de Manning-Strickler:

Le coefficient de manning- strickler doit tenir compte de l'occupation du fond de la vallée au niveau de la section (végétation, habitant, sol, …)les valeurs de ce coefficient pour les matériaux formant notre zone d'tude sont enregistrées dans le tableau suivant :

Matériel	Rugosité
Arbres	0.07
résidentiel	0.08
Sol nu	0.03
Terrain cultivée	0.05
rivière	0.04

Tableau IV2: Coefficient de Manning-Strickler

Les lignes transversales est très importante pour utiliser HEC-Ras, chaque ligne contient les informations de la base de données qui contient les données xyz, propretés des matériaux, locations des rives et locations thalweg.

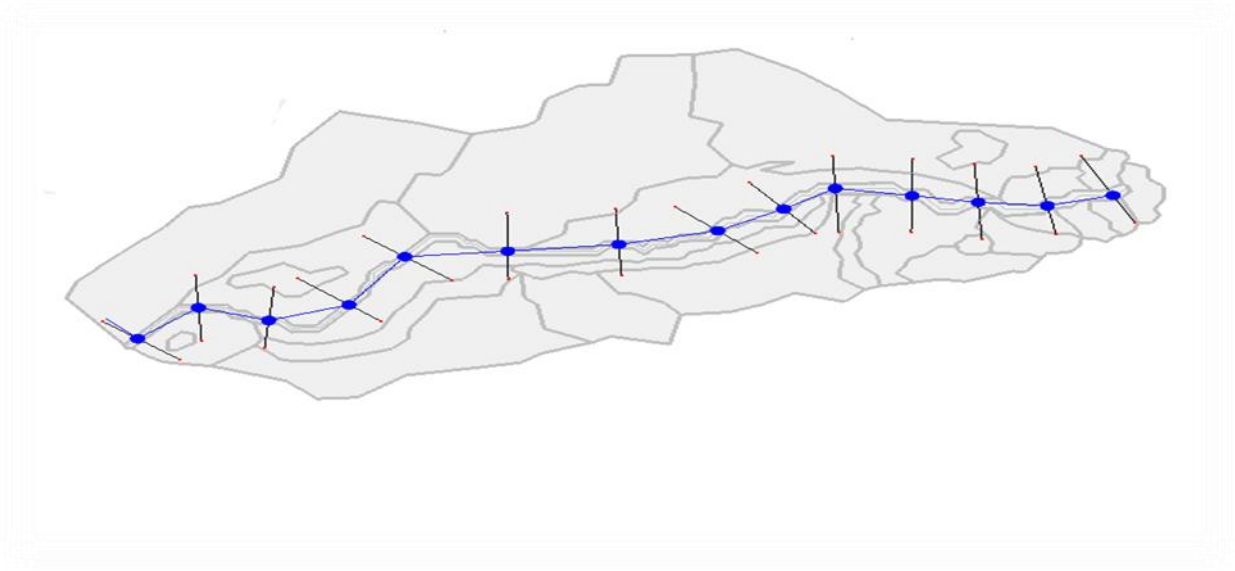


Figure IV4: La couverture des lignes transversales dans WMS

Après avoir le modèle conceptuel, nous devons créer le fichier du projet HEC-RAS :

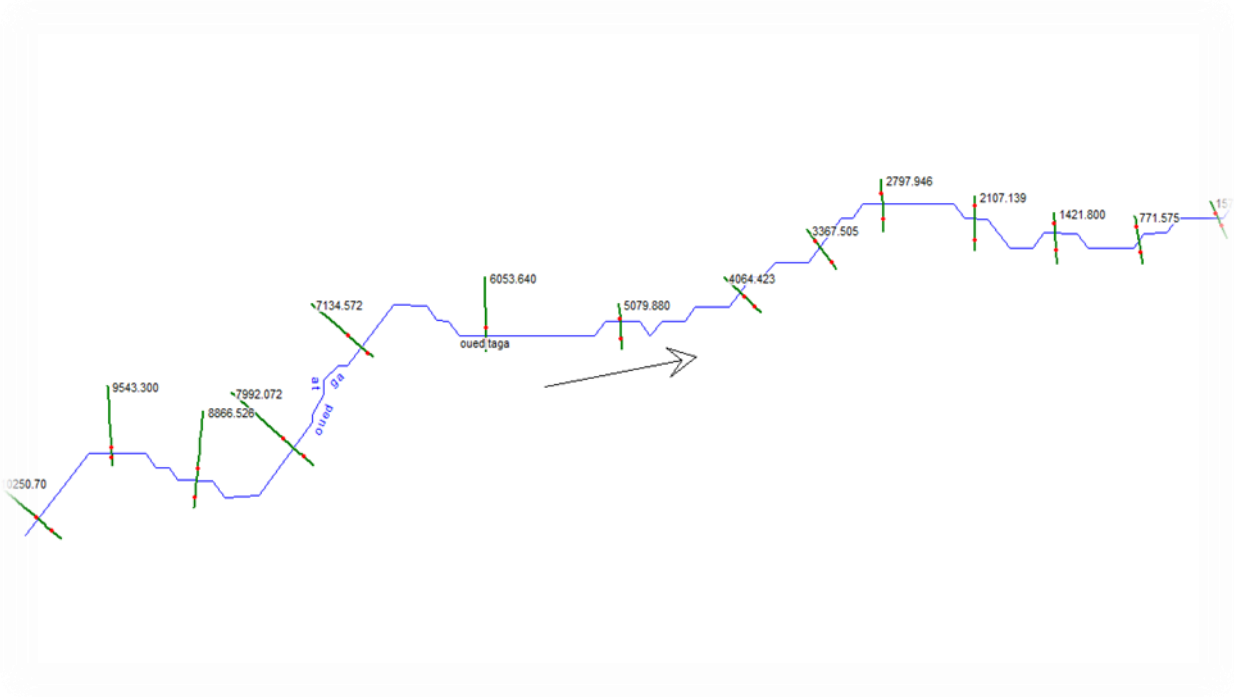


Figure IV5: Rivière et sections dans HEC-Ras

La section (10250.70) possède les données suivantes :

Cross Section Coordinates

	Station	Elevation	n Val
1	0	1311	0.03
2	32.94	1311.74	
3	68.32	1308.06	
4	144.4	1306.03	
5	182.86	1305	
6	243.98	1305.82	
7	304.01	1302.95	
8	341.94	1301.12	
9	361.53	1300.53	0.04
10	387.36	1299.67	
11	421.55	1296.98	
12	464.29	1296.92	0.03
13	504.9	1299.46	
14	546.75	1300.02	
15	569.9	1300.02	
16	583.44	1300.31	

Figure IV6: Données de la section (10250.70) dans HEC-Ras

Avec la forme suivante :

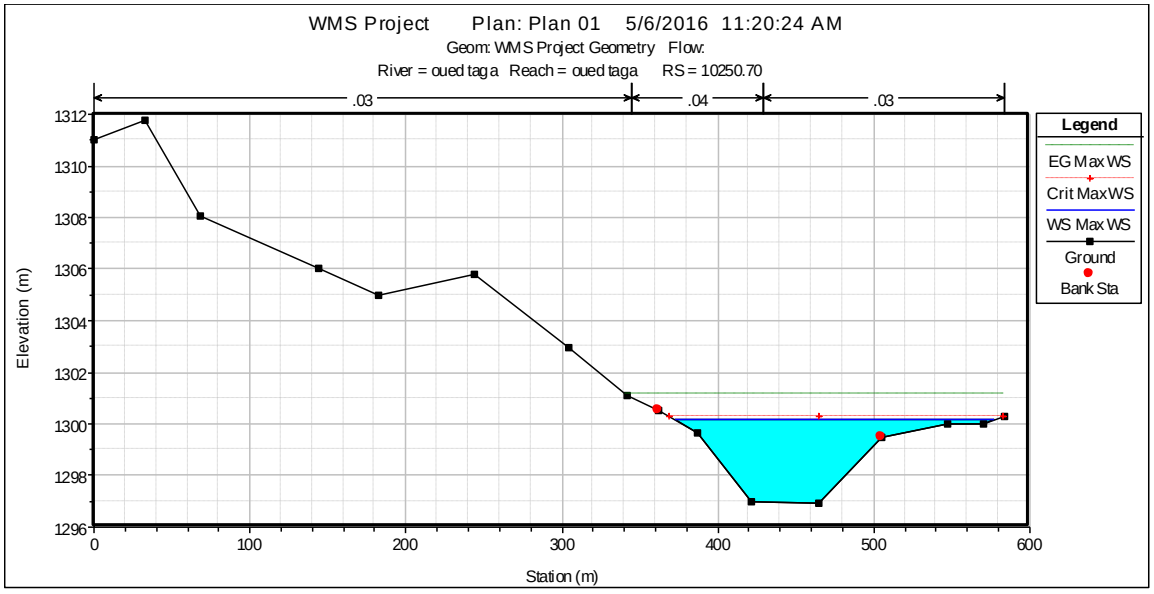


Figure IV7: Forme de la section (10250.70) dans HEC-Ras

IV-3-2-Donnés hydrauliques :

Pour pouvoir utiliser HEC-RAS pour un écoulement non permanent qui correspond à la rupture totale du barrage par une crue exceptionnelle, il faut spécifier les conditions suivantes :

a)Conditions initiales :

Il suffit de définir le débit t=0. Dans notre cas, ce débit correspond au débit 431.42 m^3 /S tiré de l'hydrogramme de débit de rupture qui est la résultante de débit de pointe estimé selon la formule de Molinaro et le débit de crue millénaire.

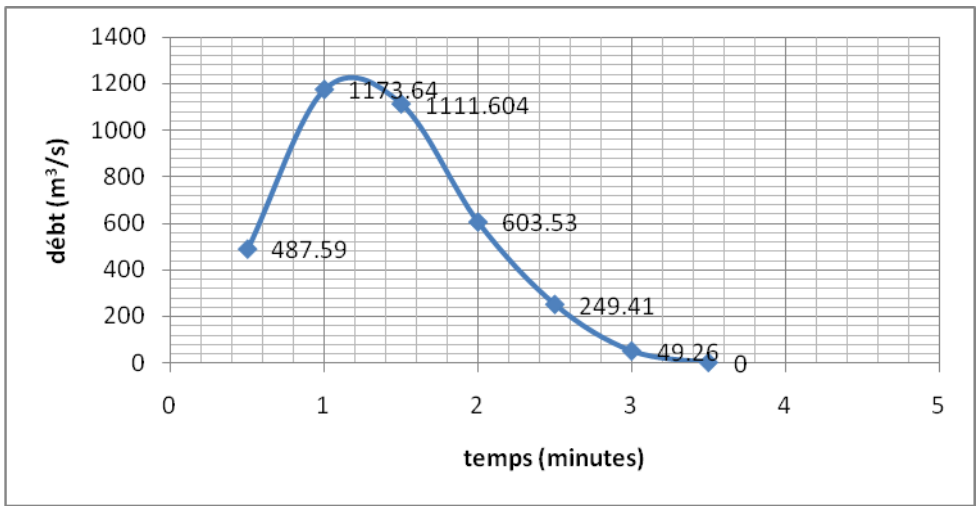


Figure IV8: hydrogramme de débit de rupture.

b) Conditions aux limites :

Dans notre cas, on doit définir deux types de conditions aux limites

-À l'amont de la rivière

On doit entrer un hydrogramme de débit de rupture (voir la figure IV.10)

-Le débit en aval de la retenue après la rupture se compose de deux parties :

*Le débit initial : ou débit correspond à volume maximum de retenue.

*Le débit de crue millénaire : ce débit s'ajoute au débit initial (ce débit s'ajoutera à la retenue lorsque le volume de la retenue est atteint le volume normal).

-À l'aval de la rivière

On doit entrer la pente du lit de la rivière. Cette pente est égale à 0.028

IV-4-Résultats :

Après la saisie des données relatives aux sections de la vallée, en introduisant les conditions aux limites qui sont représentées par l'hydrogramme de crue à l'extrémité amont du barrage et la valeur de la pente à l'extrémité avale, pour imposer un régime uniforme à cet endroit. Les conditions initiales représentent le débit permanent de l'oued qui peut être nul.

Avant de lancer la simulation on doit choisir un pas de temps et saisir les dates de début et fin de simulation, qui ne doivent pas être situées en dehors des dates de passage de la crue

IV-5-1-Profil en travers des sections

Permet de visualiser les résultats du calcul dans chaque section sous forme d'un profil en travers. La vallée est devisée en 14 sections suivant l'axe de l'oued.

Les profils des sections de la vallée sont tracés par le logiciel HEC-RAS.il sont regroupés dans l'annexe 1(exemple la section 10250.70) figure IV11.

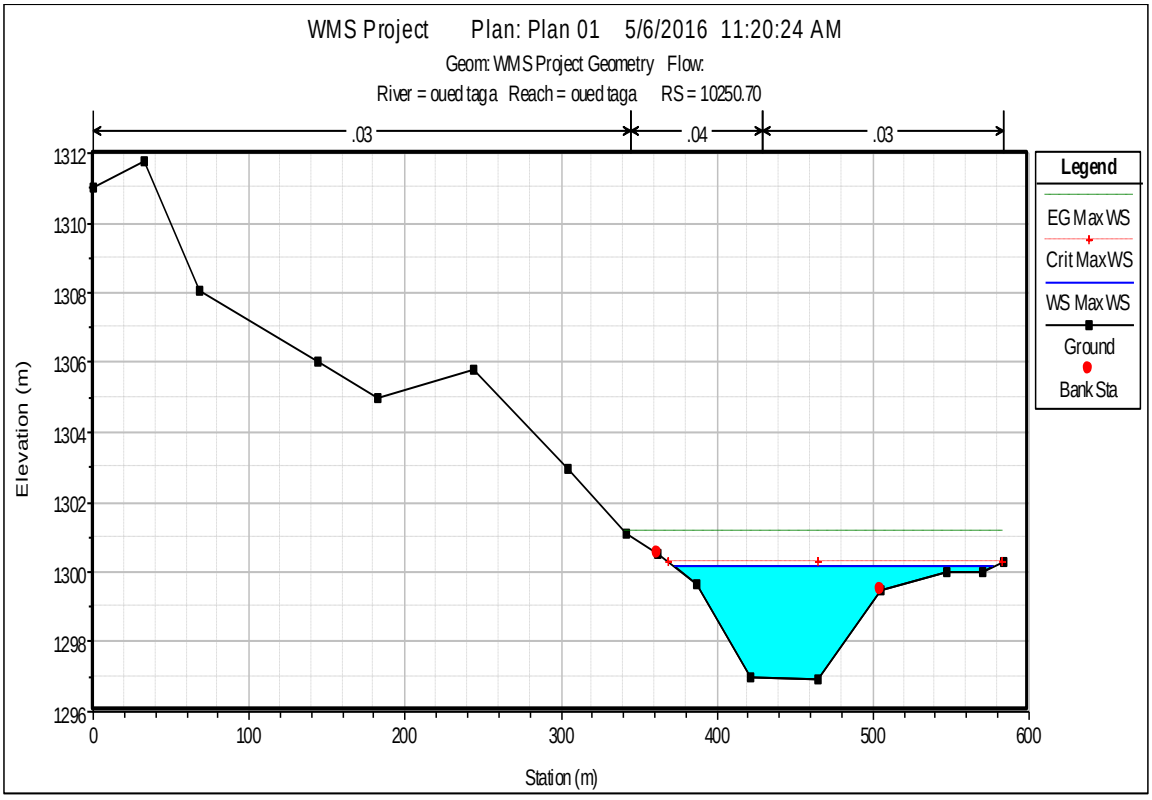


Figure IV9:niveau d'eau maximum dans la section(10250.70)

Hauteur maximale est de 3.29 m.

IV-5-2-Profil du cours d'eau principal en 2d :

Le profil du cours d'eau présente la variation de la hauteur d'eau en fonction de longueur de cours d'eau par logiciel HEC-RAS.

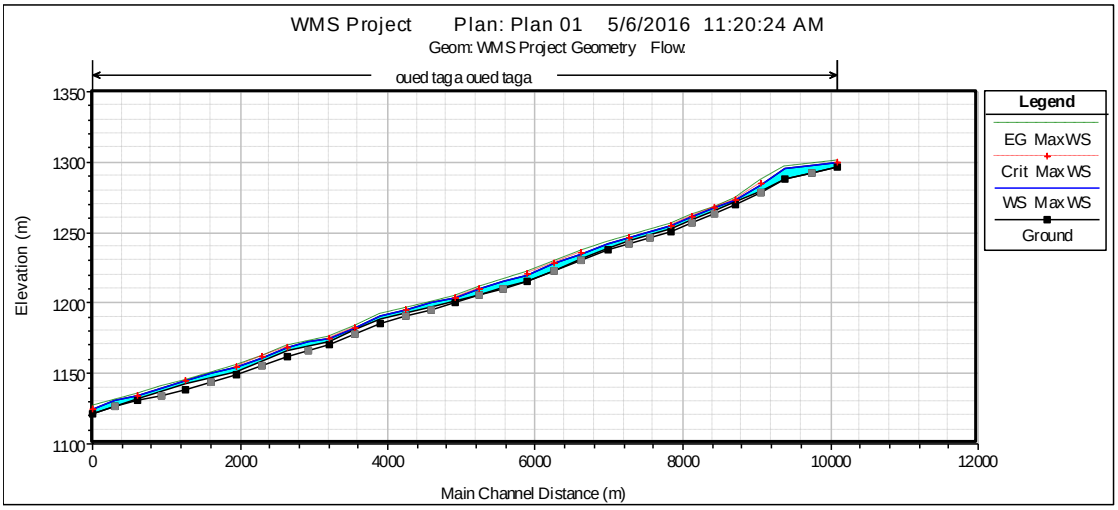


Figure IV10: H_{max} en fonction de la longueur du cours d'eau principal

IV-5-2-Profil du cours d'eau principal en en3d :

Le profil d'eau pour un écoulement non permanent est variable en fonction du temps. Pour cette raison, on va présenter des profils d'eau après la rupture.

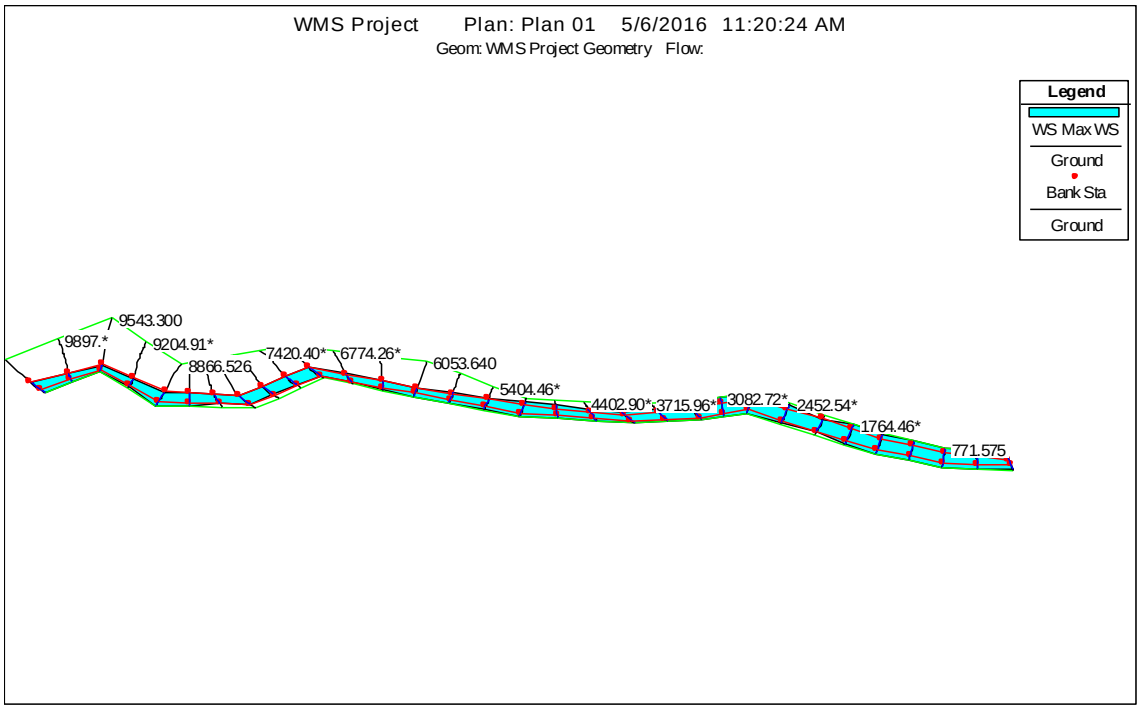


Figure IV11 :profil d'eau après la rupture de barrage en 3D

D'après ceprofil d'eau on peut analyser les deux rives (gauche est droite) comme suit :

rives gauche : Les sections les plus touchées par l'onde de crue sont les sections :17,18,19,20,21,22,23,24,25,27,28,29,30,31,32.

rives droite : Les sections les plus touchées par l'onde de crue sont lessections :1,2,3,4,5,6 ,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,27,28,29,30,31,32.

Il faut rappeler que l'augmentation du débit dans la rivière provoquera une augmentation de la quantité de mouvement Par conséquent, la force d'impact sur les structures se trouvant sur le chemin de l'onde sera très grande et sûrement catastrophique.

IV-5-3-Hydrogramme de crue :

Les hydrogrammes de crue montrent l'importance des débits crées par la crue.

Le schéma suivant montre la variation de débit maximale en fonction de la distance (de l'aval vers l'amont) :

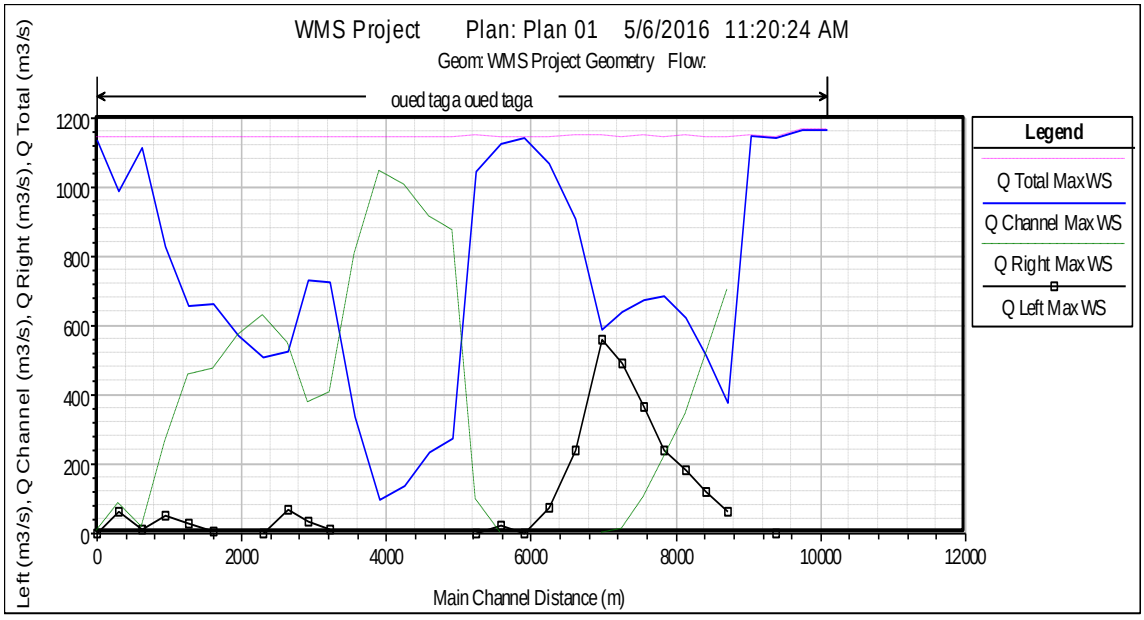


Figure IV12: Variation du débit maximal avec la distance

Et le tableau suivant traduise le schéma précédent et nous donne les valeurs des débits de l'onde de crue dans chaque section :

	River	Reach	RS	Ch Dist	Max WS-Q Left	Max WS-Q Channel	Max WS-Q Right	Max WS-Q Total
1	oued taga	oued taga	10250.70	10092.96		1167.44		1167.44
2	oued taga	oued taga	9897.*	9739.26		1163.71		1163.71
3	oued taga	oued taga	9543.300	9385.56	0.02	1142.23		1142.24
4	oued taga	oued taga	9204.91*	9047.17		1148.34		1148.34
5	oued taga	oued taga	8866.526	8708.79	61.32	377.80	705.34	1144.45
6	oued taga	oued taga	8575.04*	8417.31	118.97	514.53	511.59	1145.09
7	oued taga	oued taga	8283.55*	8125.82	185.24	620.32	341.91	1147.48
8	oued taga	oued taga	7992.072	7834.34	240.46	685.16	219.72	1145.34
9	oued taga	oued taga	7706.23*	7548.51	367.68	675.86	103.06	1146.60
10	oued taga	oued taga	7420.40*	7262.67	491.31	638.62	11.12	1141.06
11	oued taga	oued taga	7134.572	6976.84	557.16	587.74	1.17	1146.07
12	oued taga	oued taga	6774.26*	6616.53	238.02	907.74		1145.76
13	oued taga	oued taga	6413.95*	6256.22	76.26	1069.32		1145.59
14	oued taga	oued taga	6053.640	5895.91	1.95	1143.63		1145.58
15	oued taga	oued taga	5729.05*	5571.32	20.94	1123.77	0.04	1144.75
16	oued taga	oued taga	5404.46*	5246.74	1.25	1045.58	98.93	1145.77
17	oued taga	oued taga	5079.880	4922.15		271.58	873.90	1145.48
18	oued taga	oued taga	4741.39*	4583.66		232.02	912.66	1144.68
19	oued taga	oued taga	4402.90*	4245.17		139.58	1005.15	1144.73
20	oued taga	oued taga	4064.423	3906.68		99.33	1044.29	1143.62
21	oued taga	oued taga	3715.96*	3558.22		338.74	805.07	1143.80
22	oued taga	oued taga	3367.505	3209.76	10.24	726.06	407.21	1143.50
23	oued taga	oued taga	3082.72*	2924.98	34.35	732.06	376.20	1142.61
24	oued taga	oued taga	2797.946	2640.20	70.25	526.39	546.74	1143.38
25	oued taga	oued taga	2452.54*	2294.80	2.25	509.54	631.20	1142.98
26	oued taga	oued taga	2107.139	1949.39		572.50	570.17	1142.66
27	oued taga	oued taga	1764.46*	1606.72	3.72	663.40	475.39	1142.52
28	oued taga	oued taga	1421.800	1264.05	29.86	655.07	457.71	1142.64
29	oued taga	oued taga	1096.68*	938.94	49.70	829.44	263.39	1142.53
30	oued taga	oued taga	771.575	613.83	10.39	1114.32	17.77	1142.48
31	oued taga	oued taga	464.658*	306.92	65.61	990.15	85.88	1141.65
32	oued taga	oued taga	157.741	0.00	1.77	1136.53	3.05	1141.34

Tableau IV3: Variation de débit maximal dans la rivière

IV-5-4-Etude des vitesses d'écoulement :

Les vitesses d'écoulement entrent dans le calcul de l'impact sur les structures. Elles montrent la violence de l'écoulement et contribuent dans l'estimation de la quantité de mouvement.

Elles sont très importantes et peuvent produire des dégâts importants même si la hauteur d'eau est faible.

Le schéma suivant montre la variation de la vitesse maximale en fonction de la distance (de l'aval vers l'amont).

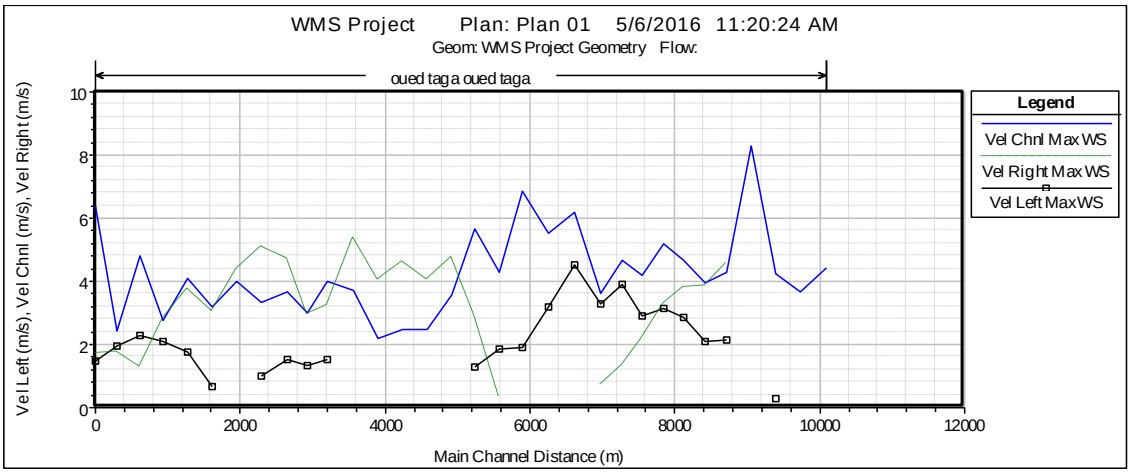


Figure IV13: Variation de la vitesse maximale avec la distance

Les vitesses maximales au niveau de chaque section :

	River	Reach	RS	Ch Dist	Max WS-Vel Left	Max WS-Vel Chnl	Max WS-Vel Right
1	oued taga	oued taga	10250.70	10092.96		4.42	
2	oued taga	oued taga	9897.*	9739.26		3.69	
3	oued taga	oued taga	9543.300	9385.56	0.27	4.25	
4	oued taga	oued taga	9204.91*	9047.17		8.30	
5	oued taga	oued taga	8866.526	8708.79	2.16	4.30	4.57
6	oued taga	oued taga	8575.04*	8417.31	2.08	3.97	3.84
7	oued taga	oued taga	8283.55*	8125.82	2.85	4.65	3.79
8	oued taga	oued taga	7992.072	7834.34	3.13	5.20	3.31
9	oued taga	oued taga	7706.23*	7548.51	2.89	4.18	2.17
10	oued taga	oued taga	7420.40*	7262.67	3.92	4.68	1.34
11	oued taga	oued taga	7134.572	6976.84	3.30	3.63	0.73
12	oued taga	oued taga	6774.26*	6616.53	4.52	6.21	
13	oued taga	oued taga	6413.95*	6256.22	3.18	5.53	
14	oued taga	oued taga	6053.640	5895.91	1.89	6.88	
15	oued taga	oued taga	5729.05*	5571.32	1.85	4.31	0.32
16	oued taga	oued taga	5404.46*	5246.74	1.27	5.66	2.92
17	oued taga	oued taga	5079.880	4922.15		3.59	4.77
18	oued taga	oued taga	4741.39*	4583.66		2.48	4.07
19	oued taga	oued taga	4402.90*	4245.17		2.46	4.62
20	oued taga	oued taga	4064.423	3906.68		2.20	4.05
21	oued taga	oued taga	3715.96*	3558.22		3.71	5.36
22	oued taga	oued taga	3367.505	3209.76	1.51	4.00	3.25
23	oued taga	oued taga	3082.72*	2924.98	1.35	3.01	2.97
24	oued taga	oued taga	2797.946	2640.20	1.51	3.68	4.69
25	oued taga	oued taga	2452.54*	2294.80	0.98	3.32	5.10
26	oued taga	oued taga	2107.139	1949.39		3.99	4.37
27	oued taga	oued taga	1764.46*	1606.72	0.67	3.17	3.02
28	oued taga	oued taga	1421.800	1264.05	1.77	4.11	3.78
29	oued taga	oued taga	1096.68*	938.94	2.11	2.78	2.79
30	oued taga	oued taga	771.575	613.83	2.27	4.82	1.28
31	oued taga	oued taga	464.658*	306.92	1.97	2.44	1.77
32	oued taga	oued taga	157.741	0.00	1.49	6.40	1.70

Tableau IV. 4: les vitesses maximales au niveau de chaque section

D'après ce tableau on peut dire que les vitesses sont acceptables dans les deux rives pour les ouvrages.

IV-5-4-1-Variation de la hauteur d'eau en fonction de débit :

Les autres courbes sont regroupées dans l'annexe 2 (exemple section10250.70).

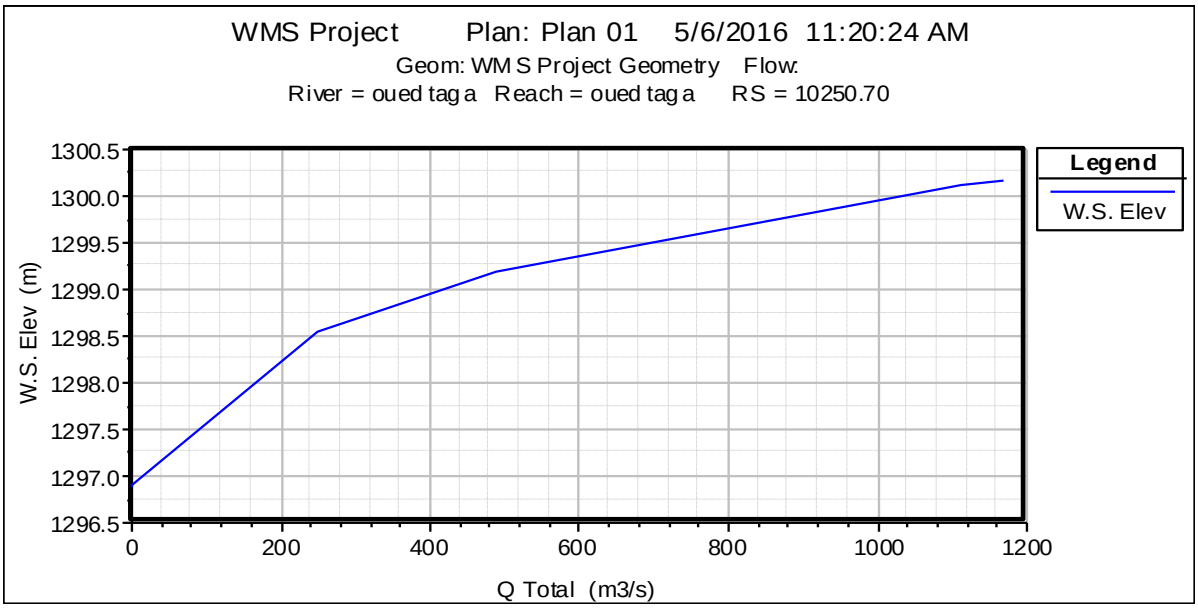


Figure IV14: variation de la hauteur d'eau en fonction de débit

Au niveau de section du barrage (section 10250.70**).**

IV-5-4-2-débit et hauteur en fonction du temps :

- **dan la section (10250.70)**

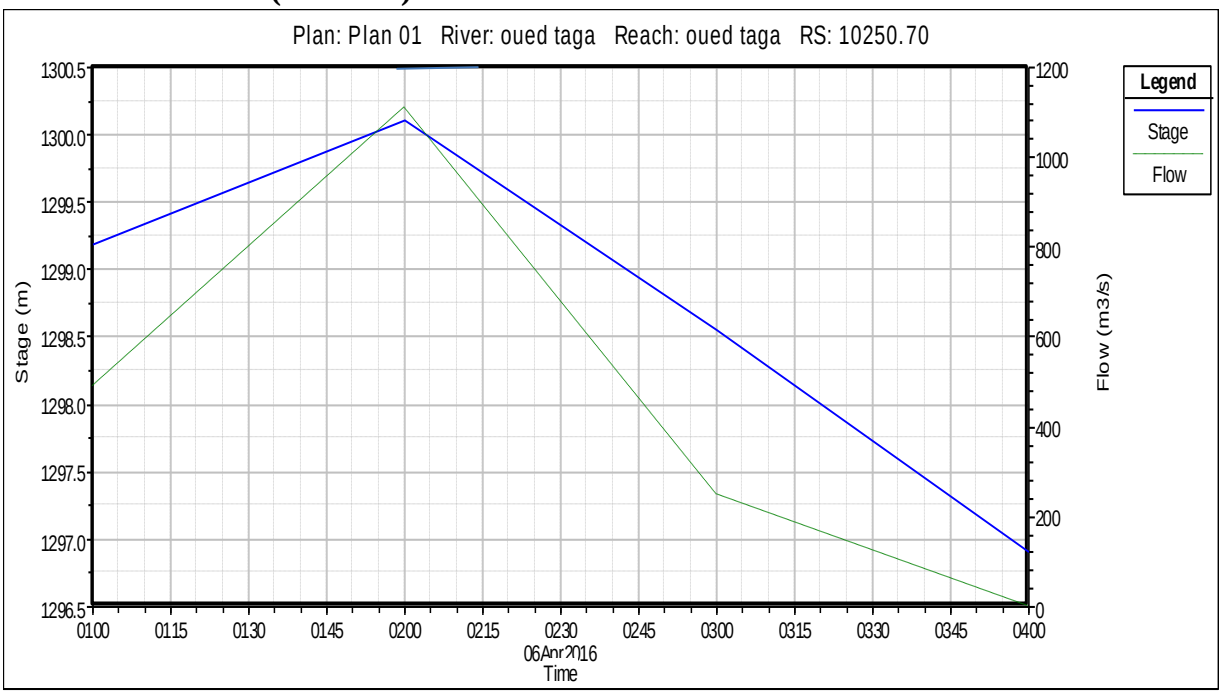


Figure IV15: débit et hauteur en fonction du temps (section 10250.70)

- **Dan la section (157.741)**

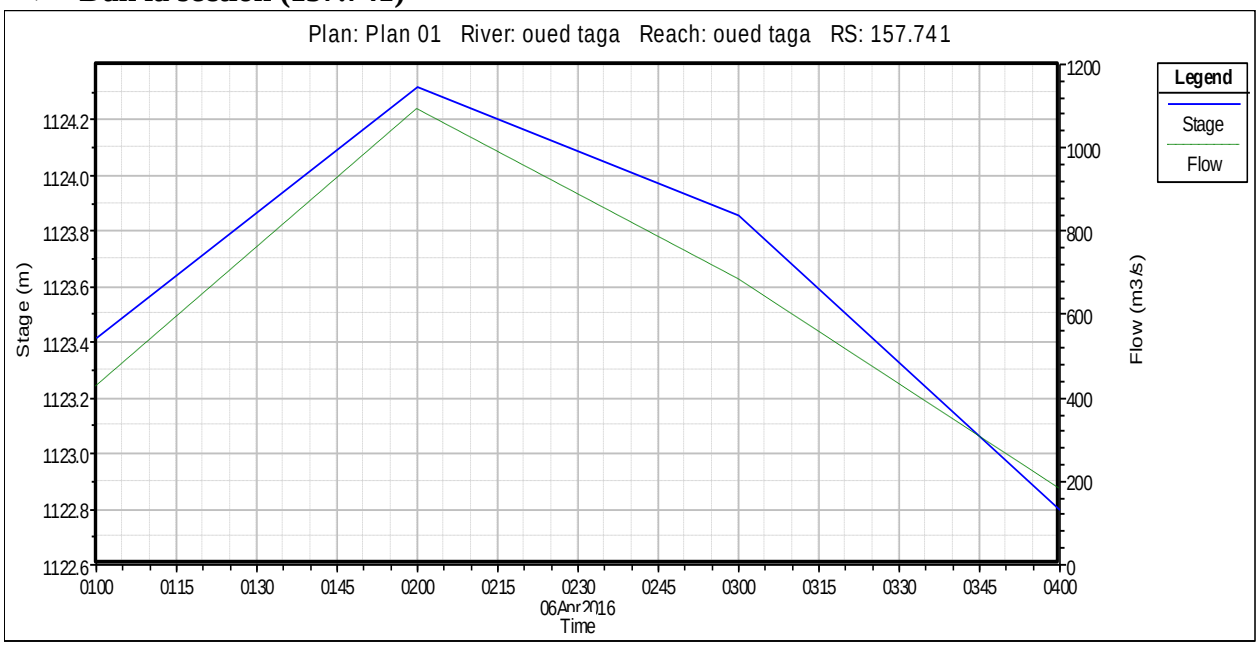


Figure IV16: débit et hauteur en fonction du temps (section 157.741)

Oued	N° Station	Période de Retour	Q Total	Cote du Fond	Cote de la surface de l'eau	Cote de la Surface de l'eau Critique	Cote d'énergie	La pente d'énergie	La vitesse	Surface inondée	Largeur	Nombre de Froude	h'auteur de l'eau
		année	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)
taga	10250.7	1000	1167.44	1296.89	1300.18	1300.29	1301.18	0.01024	4.42	263.96	160.64	1.1	3.29
taga	9897	1000	1163.71	1292.2	1297.88		1298.57	0.004585	3.69	315.5	111.99	0.7	5.68
taga	9543.3	1000	1142.24	1287.5	1296		1296.92	0.004536	4.25	268.86	64.29	0.66	8.5
taga	9204.91	1000	1148.34	1279.59	1283.89	1284.97	1287.4	0.05259	8.3	138.31	65.8	1.83	4.3
taga	8866.04	1000	1144.45	1271.68	1273.28	1273.49	1274.26	0.023616	4.3	270.43	212.46	1.26	1.6
taga	8575.04	1000	1145.1	1265.4	1267.38	1267.35	1268.1	0.018206	3.97	320.24	211.75	0.95	1.98
taga	8283.55	1000	1147.48	1259.12	1261.09	1261.19	1261.97	0.023407	4.65	288.78	200.91	1.08	1.97
taga	7992.072	1000	1145.34	1252.84	1254.85	1255.02	1255.88	0.018527	5.2	275.09	186.91	1.21	2.01
taga	7706.23	1000	1146.6	1248.3	1250.92		1251.6	0.01093	4.18	336.62	205.53	0.93	2.62
taga	7420.4	1000	1141.06	1243.76	1246.32	1246.44	1247.28	0.019295	4.68	270.04	189.96	1.2	2.56
taga	7134.95	1000	1146.07	1239.22	1242.34		1242.96	0.010784	3.63	332.31	191.47	0.89	3.12
taga	6774.26	1000	1145.76	1231.29	1234.7	1235.24	1236.47	0.026109	6.21	198.97	116.88	1.44	3.41
taga	6413.95	1000	1145.59	1223.36	1227.73	1228.02	1229.22	0.014296	5.53	217.4	101.26	1.11	4.37
taga	6053.64	1000	1145.58	1215.43	1219.79	1220.53	1222.2	0.024945	6.88	167.38	76.71	1.44	4.36
taga	5729.05	1000	1144.75	1210.78	1215.84		1216.77	0.008059	4.31	272.49	105.88	0.8	5.06
taga	5404.46	1000	1145.77	1206.13	1209.99	1210.38	1211.52	0.024766	5.66	219.58	128.22	1.22	3.86
taga	5079.39	1000	1145.48	1201.48	1203.99	1204.01	1205.03	0.015226	3.59	258.78	128.95	1.02	2.51
taga	4741.39	1000	1144.68	1197.36	1199.94		1200.68	0.010927	2.48	317.97	155.04	0.7	2.58
taga	4402.9	1000	1144.73	1193.25	1195.1	1195.15	1196.1	0.016762	2.46	274.42	152.51	0.82	1.85
taga	4064.42	1000	1143.62	1189.13	1190.67		1191.45	0.011026	2.2	302.81	158.75	0.8	1.54
taga	3715.96	1000	1143.8	1180.85	1182.39	1182.71	1183.63	0.033686	3.71	241.49	175.41	1.17	1.54
taga	3367.505	1000	1143.5	1172.57	1174.81	1174.72	1175.52	0.012481	4	313.57	194.83	0.98	2.24
taga	3082.72	1000	1142.61	1169.44	1172.16		1172.61	0.008115	3.01	395.22	202.72	0.65	2.72
taga	2797.946	1000	1143.38	1166.31	1168.36	1168.57	1169.22	0.017095	3.68	305.87	293.22	1.07	2.05
taga	2452.54	1000	1142.99	1159.04	1161.39	1161.58	1162.37	0.022794	3.32	279.73	203.39	0.99	2.35
taga	2107.139	1000	1142.66	1151.76	1154.22	1154.31	1155.11	0.01933	3.99	274.19	183.22	1.15	2.46
taga	1764.46	1000	1142.52	1147.14	1149.77		1150.26	0.009211	3.17	371.98	240.76	0.83	2.63
taga	1421.8	1000	1142.64	1142.52	1144.44	1144.55	1145.22	0.02094	4.11	297.53	250.09	1.19	1.92
taga	1096.68	1000	1142.53	1137.41	1140.03		1140.42	0.008824	2.78	416.2	248.39	0.61	2.62
taga	771.575	1000	1142.48	1132.3	1134.42	1134.69	1135.58	0.021531	4.82	249.38	192.8	1.25	2.12
taga	464.656	1000	1141.65	1126.85	1130.97		1131.25	0.005935	2.44	487.15	194.72	0.43	4.12
taga	157.74	1000	1141.34	1121.4	1124.37	1125.01	1126.45	0.028187	6.4	180.46	106.57	1.49	2.97

Tableau IV5: tableau qui résume les différents paramètres de simulation résultant par HEC-RAS

IV-6-Carte de la zone d'inondation :

Pour obtenir la carte de la zone inondable, nous avons relevé dans HEC-Ras le profil maximum c'est-à-dire la largeur supérieure de l'eau de chaque section. Pour obtenir dans Wms la carte de risque suivante :

La carte suivante (figure IV.18) présente la délimitation finale des zones inondables et les élévations des eaux pour un débit de rupturepar une crue exceptionnelle (millénaire)

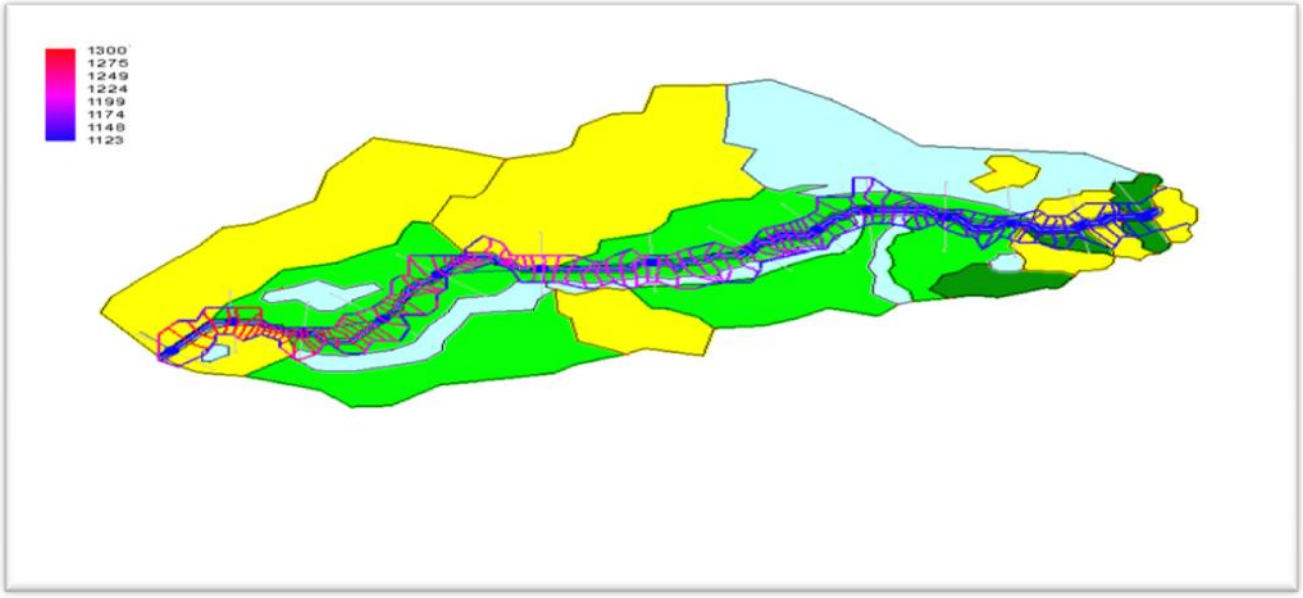


Figure IV17: carte d'inondation pour une rupture par crue millénaire.

Ces contours en couleur, comme indiqué dans la Figure IV.19 représente les élévations des Surfaces des eaux de la plaine d'inondation.

Le tableau suivant nous donne la largeur maximale de l'eau de chaque section :

	River	Reach	RS	Ch Dist	Max WS-Top Wdth Act	Max WS-Top Width
1	oued taga	oued taga	10250.70	10092.96	160.64	160.64
2	oued taga	oued taga	9897.*	9739.26	111.99	111.99
3	oued taga	oued taga	9543.300	9385.56	64.29	64.29
4	oued taga	oued taga	9204.91*	9047.17	65.80	65.80
5	oued taga	oued taga	8866.526	8708.79	212.46	212.46
6	oued taga	oued taga	8575.04*	8417.31	211.75	211.75
7	oued taga	oued taga	8283.55*	8125.82	200.91	200.91
8	oued taga	oued taga	7992.072	7834.34	186.91	186.91
9	oued taga	oued taga	7706.23*	7548.51	205.53	205.53
10	oued taga	oued taga	7420.40*	7262.67	189.96	189.96
11	oued taga	oued taga	7134.572	6976.84	191.47	191.47
12	oued taga	oued taga	6774.26*	6616.53	116.88	116.88
13	oued taga	oued taga	6413.95*	6256.22	101.26	101.26
14	oued taga	oued taga	6053.640	5895.91	76.71	76.71
15	oued taga	oued taga	5729.05*	5571.32	105.88	105.88
16	oued taga	oued taga	5404.46*	5246.74	128.22	128.22
17	oued taga	oued taga	5079.880	4922.15	128.95	128.95
18	oued taga	oued taga	4741.39*	4583.66	155.04	155.04
19	oued taga	oued taga	4402.90*	4245.17	152.51	152.51
20	oued taga	oued taga	4064.423	3906.68	158.75	158.75
21	oued taga	oued taga	3715.96*	3558.22	175.41	175.41
22	oued taga	oued taga	3367.505	3209.76	194.83	194.83
23	oued taga	oued taga	3082.72*	2924.98	202.72	202.72
24	oued taga	oued taga	2797.946	2640.20	293.22	293.22
25	oued taga	oued taga	2452.54*	2294.80	203.39	203.39
26	oued taga	oued taga	2107.139	1949.39	183.22	183.22
27	oued taga	oued taga	1764.46*	1606.72	240.76	240.76
28	oued taga	oued taga	1421.800	1264.05	250.09	250.09
29	oued taga	oued taga	1096.68*	938.94	248.39	248.39
30	oued taga	oued taga	771.575	613.83	192.80	192.80
31	oued taga	oued taga	464.658*	306.92	194.72	194.72
32	oued taga	oued taga	157.741	0.00	106.57	106.57

Tableau IV6: la largeur maximale de l'eau dans chaque section.

IV-7-Mesures de sécurité de protection en aval :

IV-7-1introduction :

Il est important avant d'aménager un oued, de réfléchir aux divers types d'ouvrages envisageablesa adoptée, pour mieux choisir un système d'aménagement optimum et épargner la ville tous risques d'inondation.

Il faut que les solutions proposées soient réalisables et adaptables aux conditions du terrainAussi bien topographique que géologique.

L'étude comparative des variantes, passe d'abord par une analyse du site à protéger, d'unePart afin d'assurer l'évacuation des eaux de ruissellement pendant les périodes de grande Précipitation ; d'autre part elle permet de sélectionner la variante qui s'adapte aux conditions Économiques, technique et environnemental.

IV-7-2-Description des variantes proposées pour l'étude :

- **Première variante** : Protection par un canal trapézoïdal en bloc végitalisable.
- **Deuxième variante** : protection en bloc de béton.
- **Troisième variante** : Protection par un mur en maçonnerie.
- **Quatrième variante** : Protection par un mur en gabion.

Dans ce qui suit, nous ferons une description de chaque variante.

A) Première variante :

-Protection par un canal trapézoïdal à ciel ouvert en bloc vegitalisable :

C'est la méthode la plus utilisé s'agissant de fabriquer des blocs en béton avant de les fairemonter et de les coller

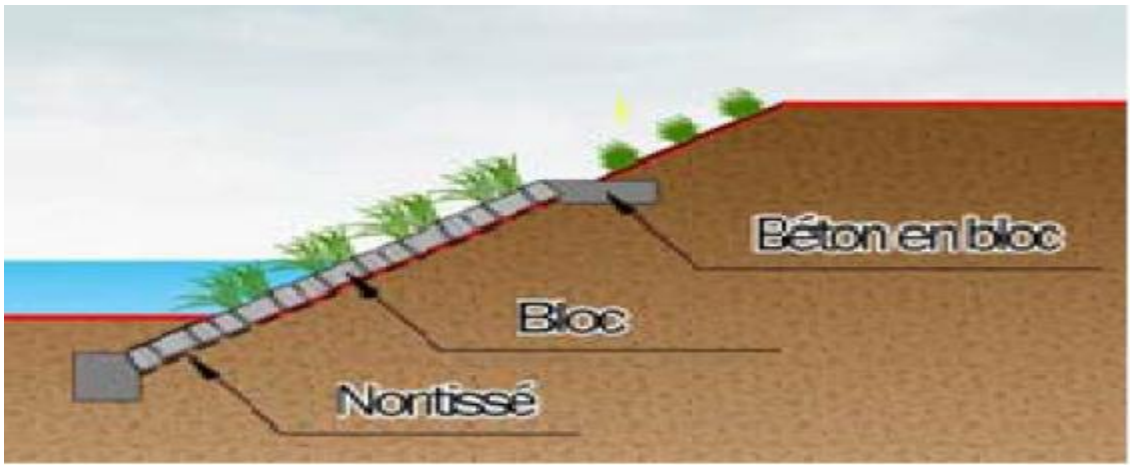


Figure IV18:Coupe transversale standard

Un canal est un système de transport dans lequel l'eau s'écoule et dont la surface libre estsoumise à la pression atmosphérique.

Cette variante, elle est constituée d'un canal trapézoïdal en bloc de végétation dont son rôleest de contenir et de rediriger les eaux vers un point préférentiel à la circulation. Au début deprotection, on projette un canal d'amenée qui est composé d'un lit de pierres, pour protéger lecanal lui–même contre les affouillements, qui peuvent se produire lors de l'entrée des eauxdans le futur canal. [29]

Par la suite, nous continuerons notre aménagement par un canal trapézoïdal en bloc végetalisable

Caractéristiques hydrauliques (Stabilité) :

Les blocks végitalisable sont caractérisé par :

- Stabilité structurelle grâce à une simple liaison (E=19cm).
- Relativement bonne adaptabilitéà la partie de forte vitesse d'écoulement.
- Bonne adaptabilitéà la partie de forte vitesse d'écoulement.
- Considération de côté esthétique et de l'écosystème - Activités fluviales, protection del'écosystème, préservation de paysage
- Facilité d'entretien contre l'abandon et la perte

Avantages et inconvénients :

Les différents avantages et inconvénient sont :

- Contrainte importante du climat
- Bonne constructibilité grâce à sa grande taille
- Nécessité de réaliser la fondation en béton
- continuitéécologique
- Facilité d'entretien

Exécution :

La figure ci-dessous représente une photo des blocks végitalisables lors de leurs dispositionsdans un aménagement d'un cours d'eau.



Figure IV19: vue en plan des blocs végétalisables lors de leurs dispositions

Zone d'application :

L'application des blocks végitalisable concerne les berges du lit mineur et du lit majeur.

Cout :

Confection des blocks sur chantier tel que :(confection locale) Une pièce du block pèse 25kg en béton non armé Donc 1 m^2 de block vegitalisable coute 9000 Da

B)Deuxième variante :[29]

-Protection en blocs de béton :

Caractéristiques hydrauliques (Stabilité) :

Les blocks en béton sont caractérisé par :

- Contrainte structurelle à cause d'accrochement de manière simple (E=10cm)
- Mauvaise adaptabilitéà la partie où la vitesse d'écoulement est rapide
- Relativement faible rugosité de surface et faible effet de
- diminution de vitesse d'écoulement

Avantages et inconvénients :

Les différents avantages et inconvénient sont :

- Nécessité de réaliser la fondation en béton,
- Mauvaise adaptabilitéà la partie où la vitesse d'écoulement et la pente des berges sont rapides
- Faible durabilitéà l'érosion et à l'effritement

Exécution :

La figure ci-dessous représente une photo des blocks en béton prise d'un cours d'eau déjà Aménagé



Figure IV20: vue en plan des blocs de béton

Zone d'application :

L'application des blocks en béton concerne les berges du lit mineur et du lit majeur.

Cout :

Mur en béton armé **(CRS)** dosé 350 kg/m3 y compris la fourniture, le transport, le coffrage, leferraillage, la main d'œuvre et toutes éventuelles sujétions.Le mètre cube coute a peut prés 36000 Da

C)Troisième variante :[29]

-Protection par un mur en maçonnerie :

Caractéristiques hydrauliques (Stabilité) :

Les principales caractéristiques des murs en maçonneries sont :

- Bonne capacité hydraulique grâce à l'intégration des roches entre elle avec une liaisonen ciment
- Excellente adaptabilitéà la partie où la vitesse d'écoulement est rapide
- Forte rugosité de surface et excellente flexibilité

Avantages et inconvénients :

Les différents avantages et inconvénient sont :

- Courte durée d'exécution grâce à la simplicité des travaux et la réalisation indépendante.
- Facilité de la garde de la forme lors de la conception du mur.
- Moins couteux et disponibilité des matériaux (zone d'empreinte près de la zone d'étude).

Exécution :

La figure ci-dessous représente une photo lors de la conception d'un mur en maçonnerie dansun aménagement d'un cours d'eau.



Figure IV21:aménagement avec maçonnerie lors des travaux

Cout :

Confection d'un mur en maçonnerie y compris la fourniture, le transport, le coffrage, lamain d'œuvre et toutes éventuelles sujétions avec semelle en béton (zone d'empreinte à coté)
Le mètre cube coute a peut prés 2500 Da.

D)Quatrième variante :[29]

-Protection par un mur en gabion

Les gabions sont des structures parallélépipédiques formées de cages grillagées en fil de fer et emplies de Cailloux ou de galets.

La quatrième variante consiste en un canal qui ressemble au 2eme sauf qu'au lieu d'un canal en béton, nous aurons des canaux en gabions. La forme des murs est en escalier des deux côtés de l'axe de la rive. Il est ancré de 50 cm environ au sol. Des gabions en semelles sont placés entre le terrain de fondation et les gabions afin de mieux répartir les charges.

Nous gardons les ouvrages d'entrés et de sorties comme ceux de la première variante c'est-à dire un lit de pierre pour faire face aux affouillements. Les dimensions de ces caisses sont conformes aux normes universelles (1x1xl), le diamètre des roches varie entre de 20 à 40 cm, la couche en béton à une épaisseur d'environ 10cm.

Avantages

Les principaux avantages du gabion :

-Les gabions coutent peu surtout si les pierres sont disponibles.

-Ils permettent de réduire la vitesse des courants grâce à leurs perméabilités.

-Parfaite intégration à l'environnement.

-La rigidité de chaque gabion, ainsi que le mode de solidarisations des gabions mis enplace, confèrent à l'ensemble un caractère monolithique.

Inconvénients

Les principaux Inconvénients du gabion :

-Durée de l'ouvrage relativement courte.

-Curage de l'ouvrage très difficile du fait de ses aspérités.

-l'amont et l'aval sont les points les plus sensibles de la ligne d'enrochement, si l'eau arrive à passer d'derrière les blocs amont tout l'ouvrage est menacé par l'érosion et peut assez rapidement s'effondrer.

-Pendant le curage, l'endommagement de certains éléments est inévitable.

-Il demande une main d'œuvres qualifies pour sa bonne exécution.

Cout :

Mur en gabions y compris la fourniture, transport, la main d'œuvre et toutes éventuelles sujétions. Le mètre cube coute a peut prés 5000 Da

IV.7. 3) Proposition des solutions :

Parmi les propositions de l'aménagement cité déjà au-dessus, juste quelques variantes sont souvent utiliser dans les projets d'aménagement et de protection contre les crues, dont ce qui suit on s'intéresse d'étudier les variantes 3 et 4 les plus réalisables, afin d'étudier le coté technico-économique pour pouvoir choisir celle la plus adéquate pour notre projet.

IV-7-3-1-Etude et choix de la variante convenable :

A-Aménagement en maçonnerie :

On propose comme première solution l'aménagement de protection par un canal trapézoïdal en

Maçonnerie pour protéger la zone d'équipements (habitats, équipements), assez proche de L'oued, contre le débordement certain de l'oued en cet endroit.

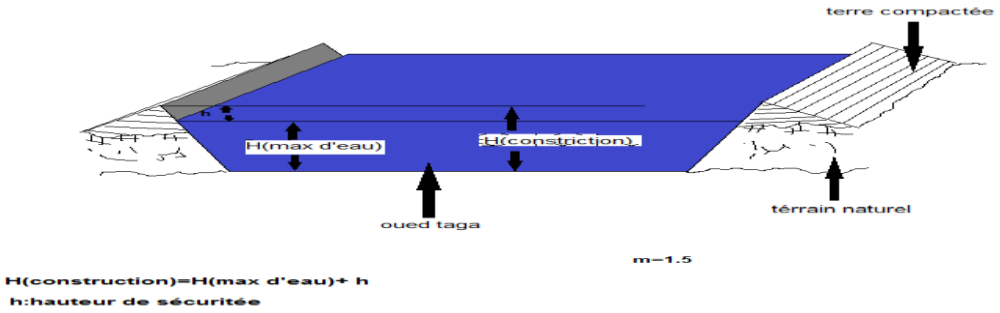


Figure 22:schéma représenté la protection en maçonnerie

- **Choix de la valeur du coefficient de rugosité Ks de la formule Manning-Strickler :**

Comme nous options pour une section trapézoïdale en maçonnerie, le coefficient de rugosité, n, est de l'ordre de 0.018, alors on aura KS=55.

- **Les caractéristiques du canal trapézoïdal sont :**

-La largeur du fond b (35m-55m) pour oued taga.

-Largeur moyenne b=40m

-Fruit de talus m = 1.5(la section la plus avantageuse)

-La hauteur H (cons)=h (eau)+ h……. h : hauteur de sécurité = 1m

$$h_{eau}= 3.5m$$

Exemple : section (10250.70)

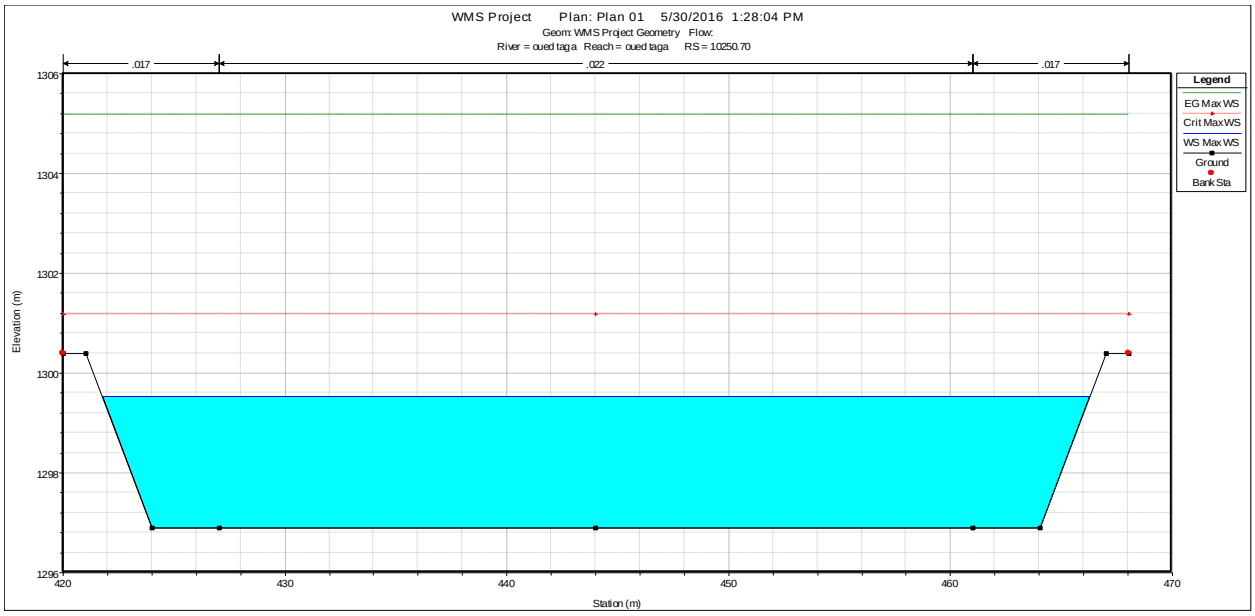


Figure IV23:exemple de profil de section aménagée en maçonneries.

h= 2.64m

Section (157.741)

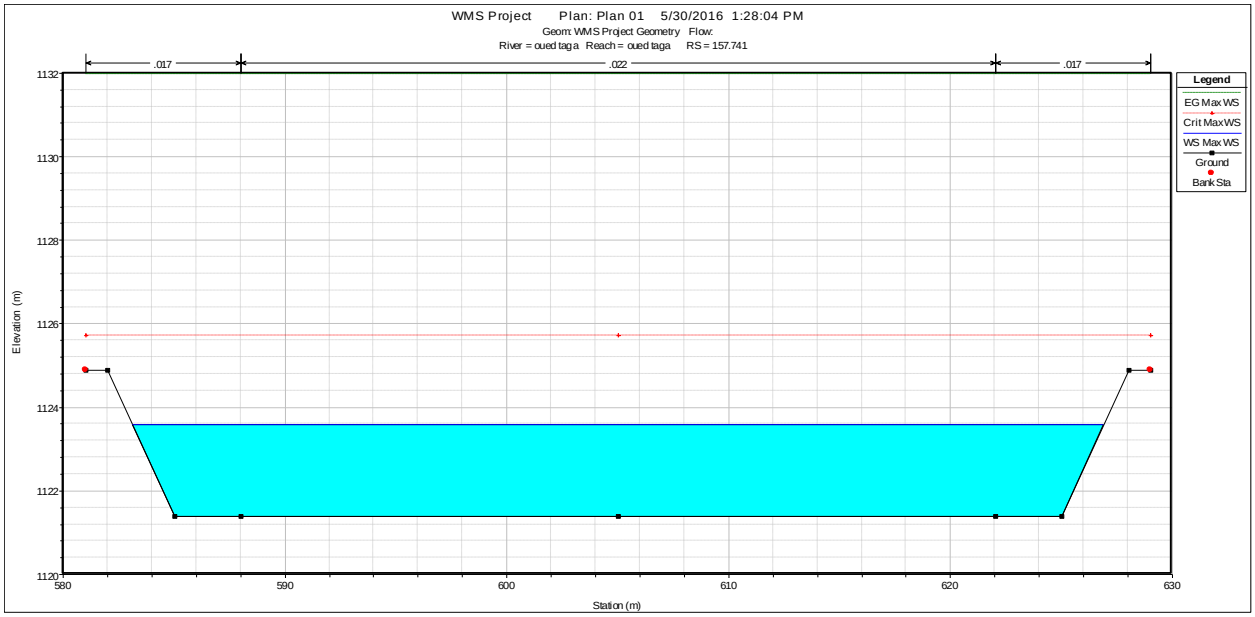


Figure IV24: exemple de profil de section aménagée en maçonneries.

h=2.2m

Profil du cour d'eau en 3d

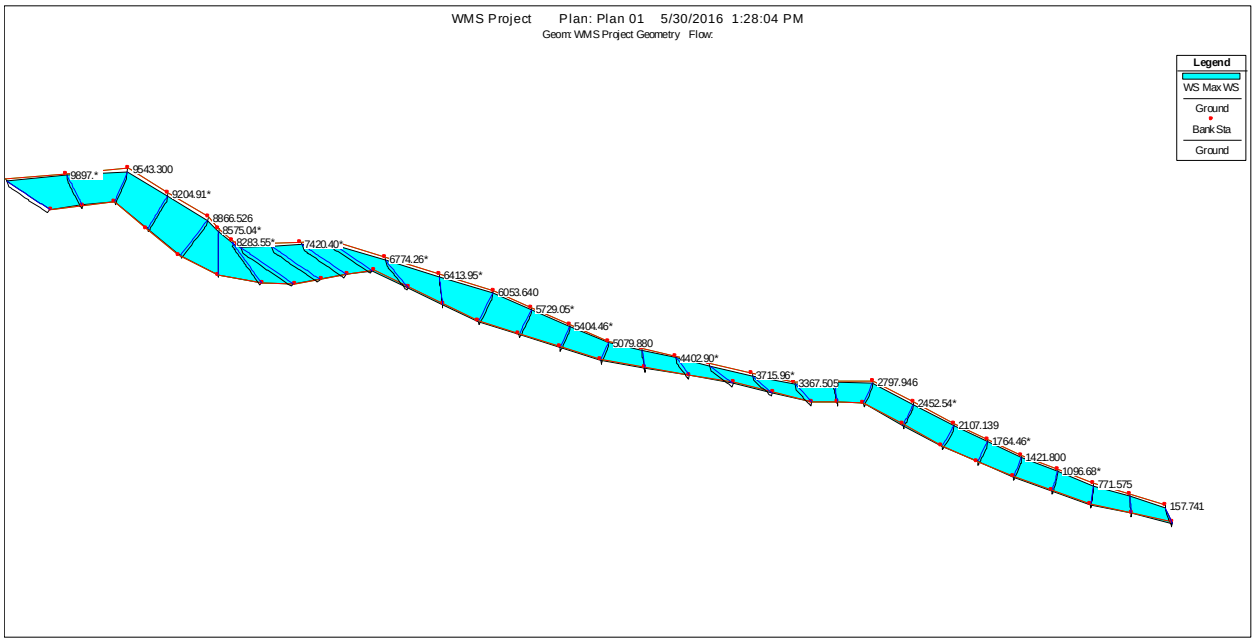


Figure IV25: profil du cour d'eau aménagée en maçonnerie

- **Commentaire :**

On constate que le régime torrentiel domine le long d'Oued Taga et H varie entre (1.9m et 2.17m)

B-Aménagement en gabion :

On propose comme deuxième solution le type aménagement de protection par un canal rectangulaire en gabion pour protéger la zone d'équipements (habita, équipements), assez proche de l'oued, contre le débordement certain de l'oued en cet endroit.

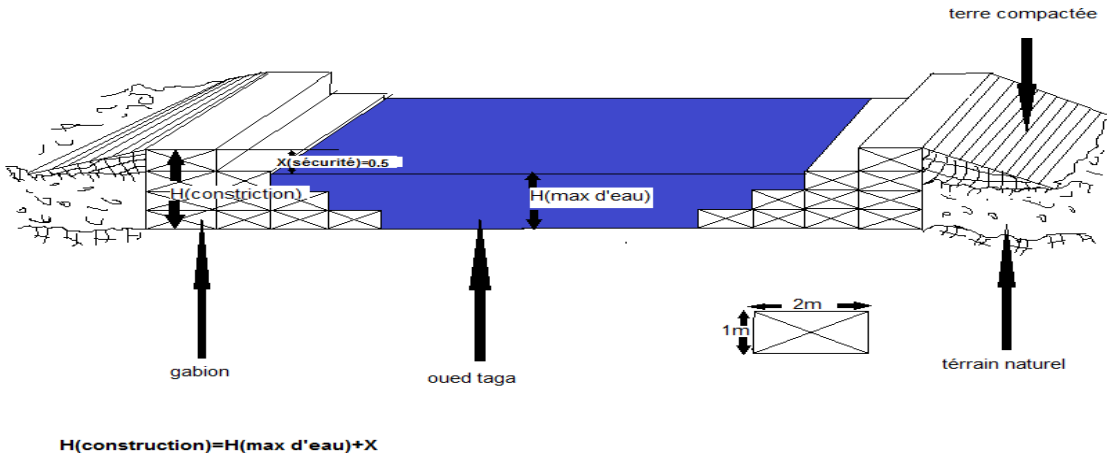


Figure IV26: schéma représenté la protection en gabion

- **Choix de la valeur du coefficient de rugosité Ks de la formule Manning-Strickler :**

Comme nous options pour une section trapézoïdale en gabion le coefficient de rugosité, n, est de l'ordre de 0.025, alors on aura KS=40.

- **Les caractéristiques du canal trapézoïdal sont :**

-La largeur du fond b (35m-55m) pour oued taga.

-La largeur moyenne= 40m

--La hauteur $H=h_{eau}+h$ h : hauteur de sécurité =1m

h_{eau}= 3.5m

Exemple : section (10250.70)

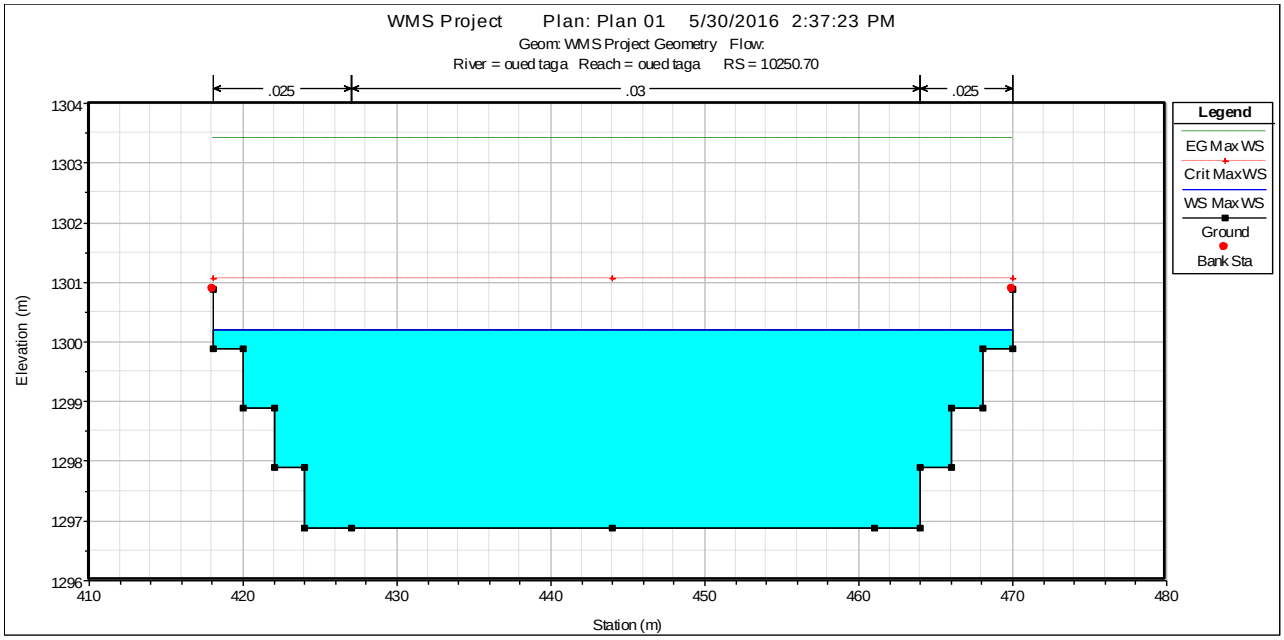


Figure IV27: exemple de profil de section aménagée en gabion

h=3.31m

Section (157.741)

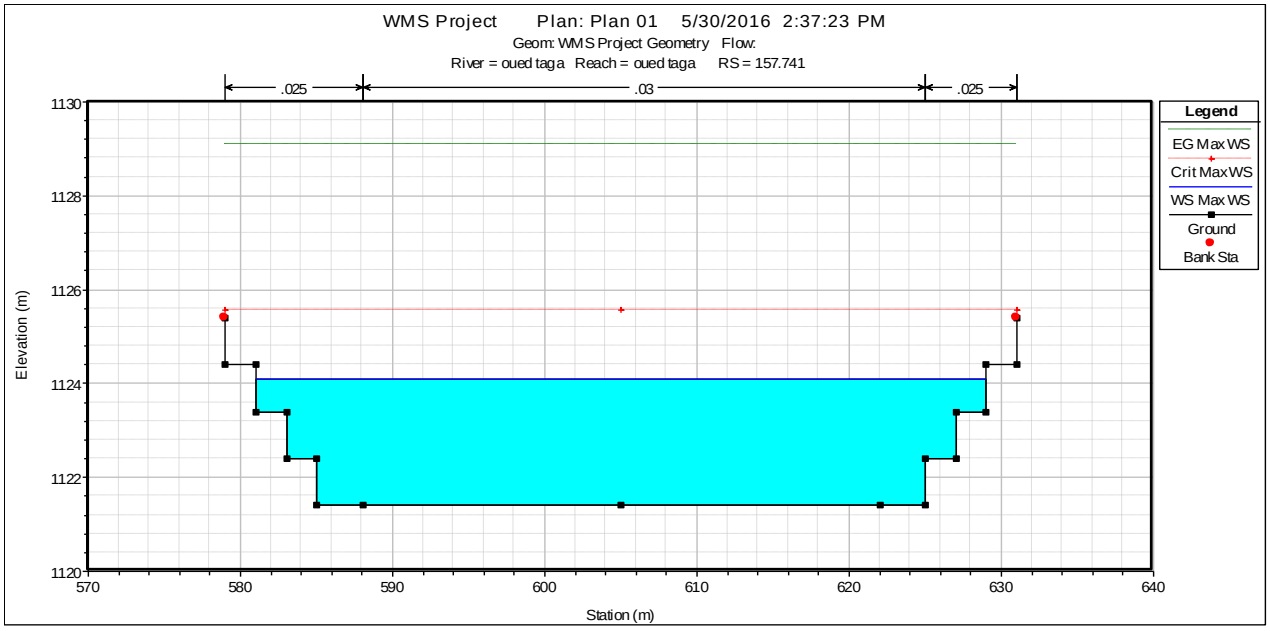


Figure IV28: exemple de profil de section aménagée en gabion

h=2.7m

Profil du cour d'eau en 3d

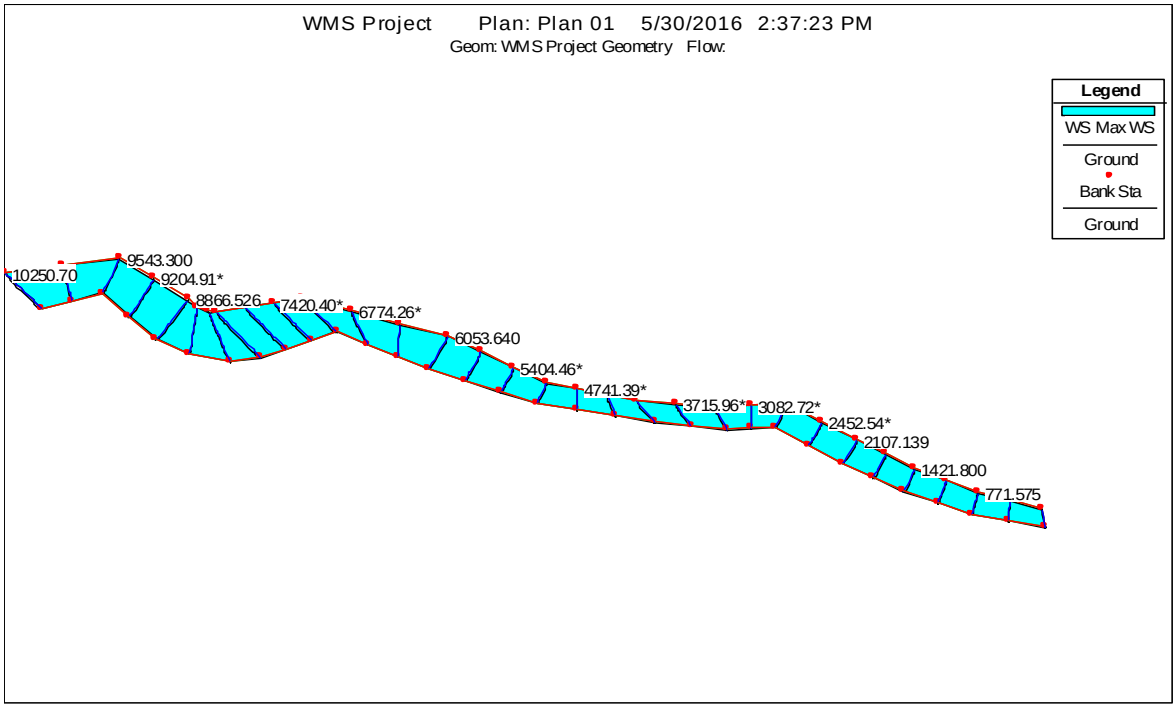


Figure IV29: profil du cour d'eau aménagée en gabion

- **Commentaire :**

On constate que le régime torrentiel domine le long d'Oued Taga et H varie entre (2.63m et 3.84m) .

IV-7-3-1-1- Choix de la variante convenable :

On opte pour le choix de la variante 4 (aménagement en gabion) en tenant compte du facteur économique de la disponibilité des matériaux de réalisations sur site , moins couteuse facile à réalisée.

Le dernier choix se présente dans la variante elle-même ; aménagement en gabion et le choix de l'aménagement total ou partiel, qui dépend du cas d'inondation ou des endroits touchés par le débordement (inondés).

Pour notre cas il ya quelques endroits touchées par le débordement, c'est pour cela on fait choix d'un aménagement en gabion partiel.

-Aménagements en gabion (partiel) :

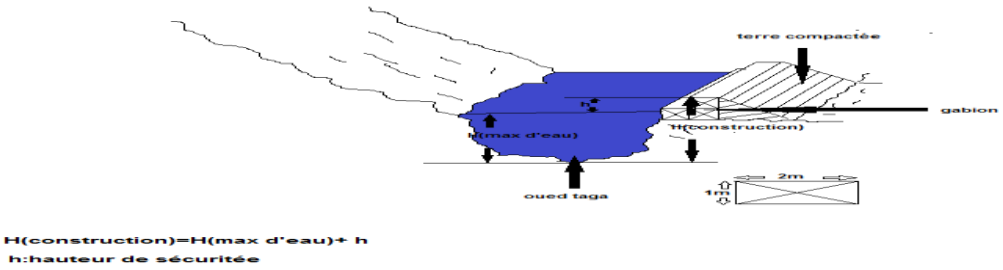


Figure 30: schéma représenté la protection partiel en gabion

➢ **Les caractéristiques du canal sont :**

La largeur du fond b (35m-55m) pour oued taga.

Exemple : section (10250.70) débordée à droit :

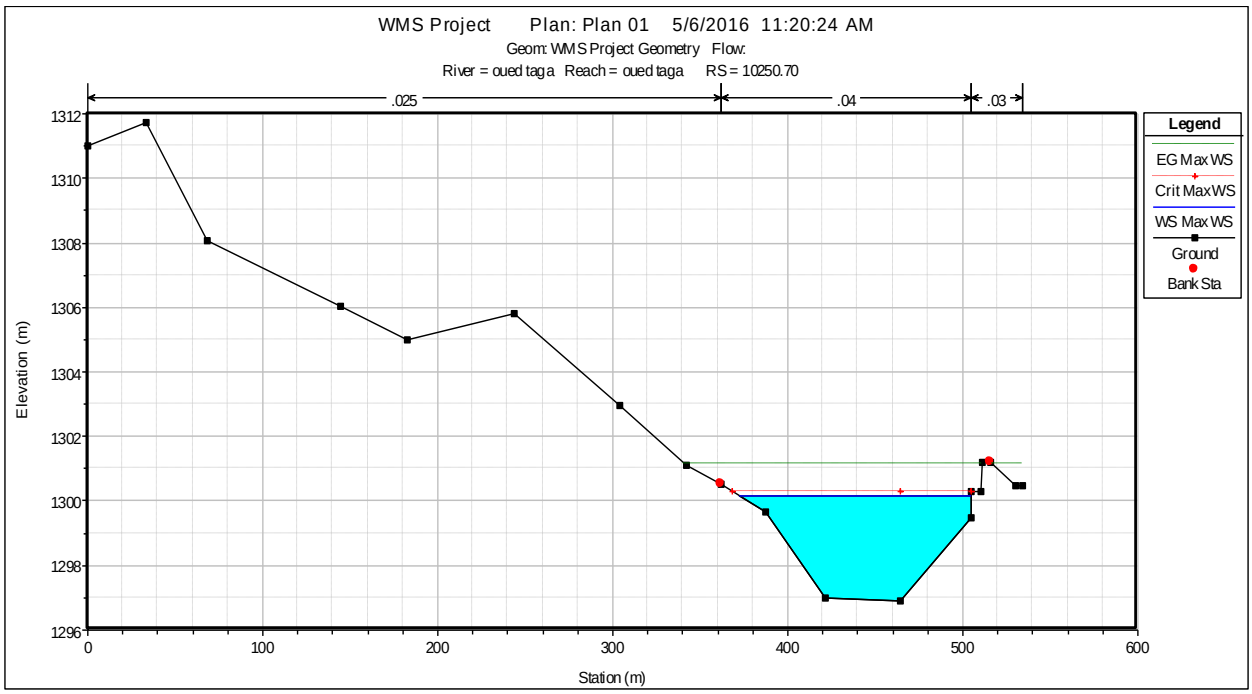


Figure IV31: exemple de profil de section aménagée en gabion

Exemple : section (7992.072) non débordée :

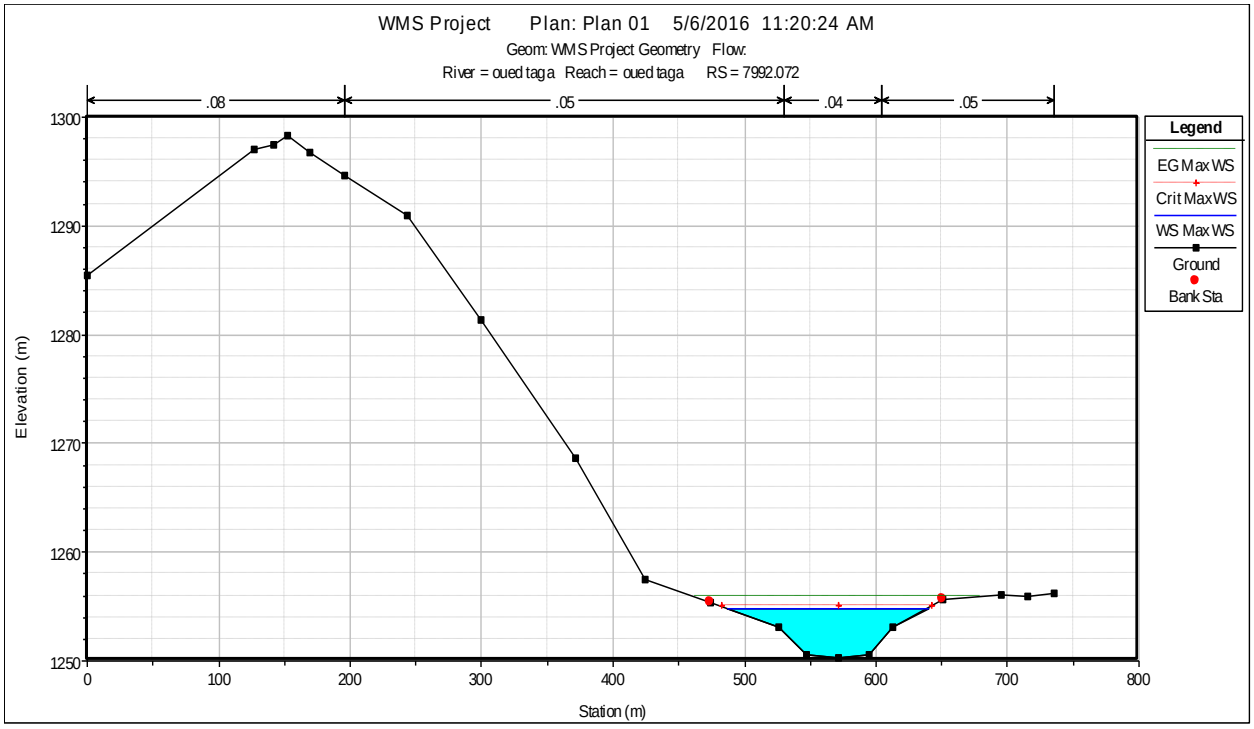


Figure IV32: exemple de profil de section non débordée

Exemple : section (157.741) aménagé dans deux rives :

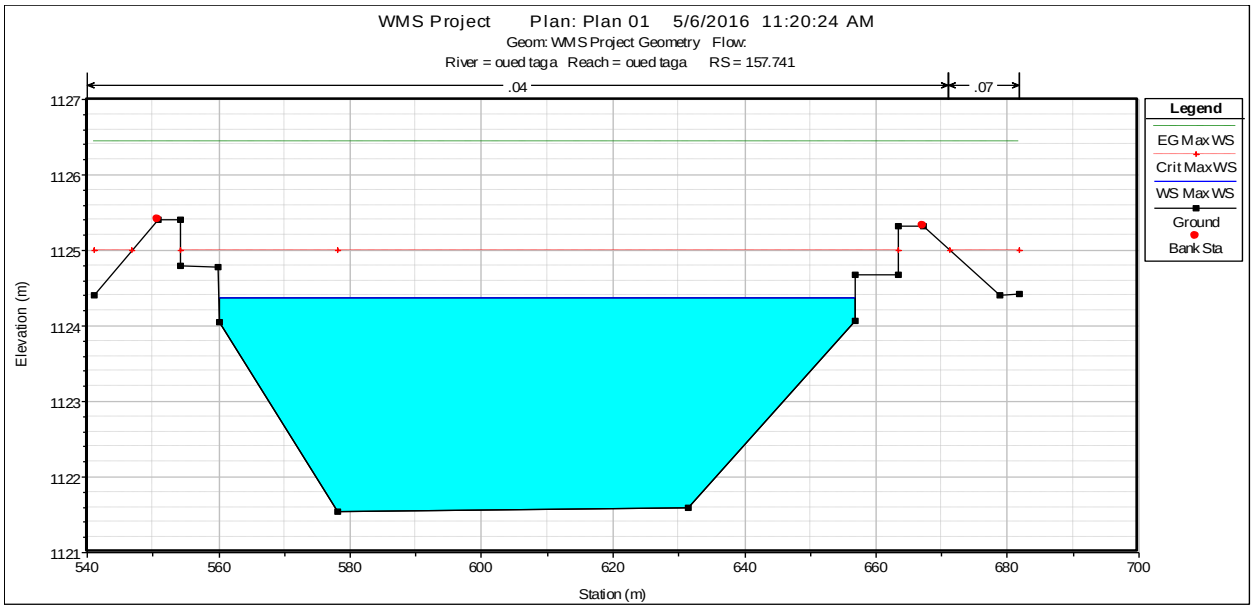


Figure IV33: exemple de profil de section aménagée en gabion

Profil du cour d'eau en 3d :

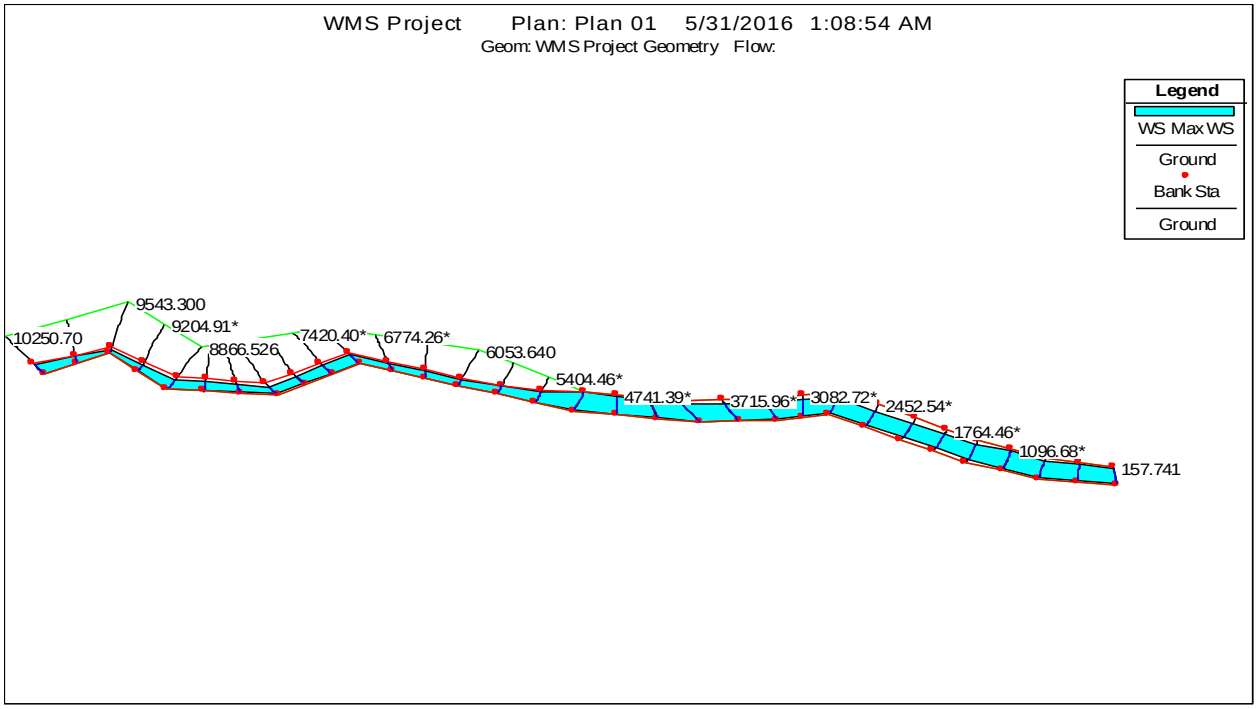


Figure 34: profil du cour d'eau aménagée partiel

- **Commentaire :**

On constate que le régime torrentiel dans la plus part section et le régime fluvial dans les autres Et H varie entre (2.33m et 5.06m).

IV-8-Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons constater que la méthode de simulation par HEC-Ras permis de calculer les caractéristiques de l'onde de rupture (hauteur, vitesse, débit…) et quantifiée le risque d'inondation (par l'onde de rupture du barrage).