



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعرييرج

Université Mohammed El Bachir El Ibrahimî B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Aménagement hydro -agricole

Intitulé:

Etude diagnostique et réhabilitation du canal Merdj El Ouest

Dans la ville de Bourdj Bou Arreridj

Présenté par :

Rekhroukh Kenza & Benkara mohammed khouloude

Soutenu le ___ / 06/ 2024, Devant le Jury :

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation / institution
Président :	M. DEFFAF Ammar	M_	Université de B.B.A.
Encadrant :	M. HERIZI Toufik	M_	Université de B.B.A.
Examineur :	M. CHOURGHAL Nacira	M_	Université de B.B.A.

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

Au terme de cette étude, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce mémoire de fin d'études. Professeur *harizi toufik* , notre Directeur de mémoire, notre profonde reconnaissance

pour l'encadrement et les conseils qu'il nous a apportés. Il nous a transmis ses connaissances scientifiques et nous a supportés pendant nos travaux en brillant par sa gentillesse, sa générosité et ses encouragements.

Nous voulons également exprimer toute notre gratitude aux membres de jury qui nous feront l'honneur de juger notre travail.

Nos vifs remerciements vont aussi membres du jury à Monsieur *DAFFAF* et madame *CHOURGHAL*

Nous voudrions aussi exprimer notre vive reconnaissance envers tous les enseignants de notre spécialité Aménagement hydro agricole des sciences agronomiques.

Nous souhaiterons également remercier nos professeurs de la faculté des sciences de la nature et de la vie pendant les cinq années.

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous qui me sont chers

À mes chers parents

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma
considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et
mon bien être*

*Je vous remercie pour tous le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance
et J'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours*

*Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formules, le fruit de vos
innombrables sacrifices.*

Puisse dieu, le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie

*Mama, reposez votre cœur, votre rêve est devenu réalité, enfin votre petite fille est
devenue diplômée comme que tu as tant imaginée*

*À mes chères sœurs :**BOUTHAINA ,SARA ,AHLEM** pour leurs soutient et leurs amour*

*À mon cher frère :**YOUNES***

*À mon cher fiancé :**MOHAMMED***

*À mes petits ange **AYA,ISLEM***

*À mon binôme **KHOULOU** : Un ami depuis des années et l'inspiration de mon succès,*

À la bougie qui éclaire mon chemin

❖ **KENZA**

Dédicaces

Louange à Allah le Tout –puissant m à permis de voir ce jour tant attendu.

A mon pur ange , et ma force est après dieu , mon première et éternel soutien

*Je vous dédie cette réalisation qui n'aurait pas existé sans votre présence **maman**
Reconnaissant parce que dieu t'a choisi pour moi parmi les humains un **maman** la
meilleure compensation et la meilleure accompagnement.*

*À mon père : **Abderrahman***

*À mes sœurs : **Abla , souad,Linda ,Amel** c'est vous qui m'avez appris le
sens de la vie et sens d'affronter la vie et donc la vie a un sens.*

*la femme de mon frère : **djamila***

*À mes frères : **Fares , Antar** Vous étiez pour moi plus que des frères je ne saurais trouver une
expression témoignant de ma reconnaissance et des sentiments de fraternité que je vous porte.*

*À mes Ange : **Fatima , Hanin , Abd El Basset ,yasamin , Abderrahman , Retaj ,
Basma, youssef** mon petit ange : **Rahaf.***

*Mon amie : **kenza** Un ami depuis des années et l'inspiration de mon succès,*

À la bougie qui éclaire mon chemin

Khouloud

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I: Présentation Présentation de la région d'étude et description des données	5
Chapitre II: Evaluation de la méthode de dimensionnement	18
Conclusion	26
Conclusion générale.....	28
Références bibliographiques.....	30

Liste des figures

Figure	page
Figure 1 Niveaux d'eau relative aux lits d'un cours d'eau (Piégay, 2018).	2
Figure I.1- Situation géographique et réseau hydrographique du Bassin versant Oued Merdj El Ouest .	6
Figure I.2- Ajustement de la série de pluie à la loi de Gumbel.	12
Figure I.3- Méthode de pose d'un canal de 1500 mm destiné à l'écoulement des eaux d'Oued.	14
Figure I.4- Fissuration importante dans la base de canal existant.	15
Figure I.5- Corrosion des armatures dans la partie haute du canal.	15
Figure I.6- La partie rénovée en bleu en bon état.	16
Figure II.1- la section projetée pour l'ouvrage de protection.	24

Liste des Tableaux

Tableau	page
Tableau I.1: Série des pluies journalières maximales ($P_{j\max}$) (ONM station de BBA.	7
Tableau I.2: Valeurs des débits max station Maghrawa (ANRH- Alger).	8
Tableau I.3 : Vérification d'homogénéité de notre pluie.	10
Tableau I.4: Vérification d'homogénéité de la série de débit max.	11
Tableau I.5: paramètres statistiques de pluie journalière maximale estimée par la méthode des moments.	11
Tableau I.6: $P_{j\max P\%}$ de différents périodes de retour (Méthode de maximum de vraisemblance).	13
Tableau I.7 : Estimation de la population à l'horizon futur .	13
Tableau II.1 : Les valeurs de S , L , H_{moy} et H_{min} , BV Merdj El Wassat.	20
Tableau II.2: Valeurs de $P_{j\max}$, T_c et P_{tc} pour $T = 100$ ans pour la méthode de vraisemblance .	22
Tableau II.3: Valeurs de débit maximal estimées par les trois methods.	23
Tableau II.4: Caractéristiques géométriques et hydrauliques de canal de protection.	25

I' intitulé de d'abréviation:

$U_{1-\frac{\alpha}{2}}$ représente la valeur de la variable centrée réduite de Gauss correspondant à une probabilité de $1-\frac{\alpha}{2}$.

- $P_{J_{\max, moy}}$ pluie journalière maximale moyenne en mm.

C_v - Coefficient de variation de la série pluviométrique.

- δ écart type.

y - Variable réduite de Gumbel.

x - Précipitation maximale journalière (y).

α paramètre d'ajustement (gradex).

Pn - Population future.

Po - Population actuel pour l'année 2008 selon l'Office National des Statistiques (ONS).

T - Taux d'accroissement (1.3%) selon ONS .

N - Nombre d'années séparant l'année de futur et l'année de reference.

Qmax (%): Débit maximum de crue en m³/s de même fréquence que celle de la pluie de courte durée.

S: Superficie du bassin versant (Km²).

L: Longueur du talweg principal (km).

Hmoy, Hmin: altitudes moyennes et minimales (en m).

Ptc: Pluies de courte durée (m).

A: Coefficient régional pris égal à 20.

k: Constante qui dépend des caractéristiques du bassin versant pris égal à 2.

P: Précipitation moyenne interannuelle en(mm).

T: période de retour en années.

Ptc : Pluie de courte durée pour un temps de concentration t = TC.

Tc : Temps de concentration(heure).

C : Coefficient de ruissellement en grande crue, $C = 0,9$.

H_{moy} : Altitude moyenne, m NGA

H_{min} : Altitude à l'exutoire, m NGA.

P_{tc} : pluie de courte durée de fréquence donnée en mm,

P_{jmax} : Pluie max journaliere de meme fréquence, mm,

T_c : Temps de concentration, heur,

b : Exposant climatique = 0,32.

Q - Débit de projet en $m^3/s = 19 m^3/s$,

K_s - Coefficient de Strickler $K_s = 70$,

S_m - Section mouillée en (m^2).

I - Pente hydraulique (0.01 m/m).

R_h - Rayon hydraulique en (m.)

v - Vitesse qui correspond un débit max .

Q_{max} - Débit max calculé.

Sc - Section de canal donnée par logiciel Canal21.

F_r - Nombre de Froude.

v - Vitesse qui correspond un débit max en m/s.

h - Hauteur adoptée pour l'ouvrage de protection en m.

Introduction générale

Introduction générale

L'Algérie souffre de catastrophes naturelles, qu'il s'agisse de sécheresse, d'incendies de forêt ou d'inondations. Malgré les efforts déployés par l'État pour prévenir ces risques, l'absence de diagnostic précis des ouvrages disponibles entraîne des risques importants et des coûts élevés.

La résistance à l'écoulement est un problème fondamental dans l'ingénierie hydraulique. Les travaux dans le domaine lié aux effets de la rugosité sur le facteur de frottement dans les écoulements ont été lancés par Antoine Chezy, Henry Darcy, Julius Weisbach et Robert Manning (Hager et Liiv 2008). Il a été constaté que la vitesse moyenne d'écoulement V dépend de la pente du canal I , du rayon hydraulique R_h et de la hauteur de rugosité. Après la célèbre expérience de Reynolds en 1883, les chercheurs connaissaient l'existence d'écoulements laminaires et turbulents (Moody, 1944). Nikuradse et Prandtl, Colebrook et White, et Moody ont constaté que le facteur de frottement dépend du nombre de Reynolds et de la rugosité relative (Yang, et al., 2011).

Les écoulements dans les cours d'eau naturels (rivières, oueds...) et les canaux artificiels sont, dans la plupart des cas, des écoulements à surface libre.

Il existe deux types de canaux : les canaux naturels et les canaux artificiels

On appelle les canaux naturels, les cours d'eau qui se sont formés par des processus naturelles comme les oueds, les torrents, les fleuves et les rivières, leurs propriétés géométriques et hydrauliques sont généralement assez irrégulières.

Les canaux artificiels sont les cours d'eau construits par l'homme, avec des propriétés hydrauliques généralement assez régulières.

Le frottement est un terme dominant dans le calcul des écoulements dans les canaux ouverts, ce type d'écoulements est retardé par la résistance du frottement à la fois du lit et des berges. Dans les canaux naturels, la détermination de la vitesse moyenne d'écoulement est un challenge incontournable dans tous les travaux d'engineering, en particulier pendant la période des crues ; toutefois, il est nécessaire de calculer la vitesse d'écoulement et le débit en modélisant l'écoulement avec un prédicteur de la résistance à l'écoulement.

L'écoulement à surface libre dans un canal se définit comme une masse d'eau en mouvement concentrée dans une géométrie quelconque, à une forme bien définie (figure 1). Le lit d'un cours d'eau naturel prend des formes complexes avec des niveaux d'eau très variables. Dans la plupart du temps, l'écoulement se fait dans le lit mineur (Piégay, 2018), ce dernier est

limité par deux talus topographiques (les berges) bien marqués. Un lit plus petit se définit comme le lit d'étiage, il véhicule les plus basses eaux, dans le cas des berges abruptes, il se confond avec le lit mineur.

En période des crues, le cours d'eau déborde dans un lit plus large, il est défini comme un lit majeur d'une fréquence donnée (100 ou 200 ans, parfois plus), ou lit d'inondation dont les limites externes sont définies arbitrairement comme étant celles des plus hautes eaux connues.

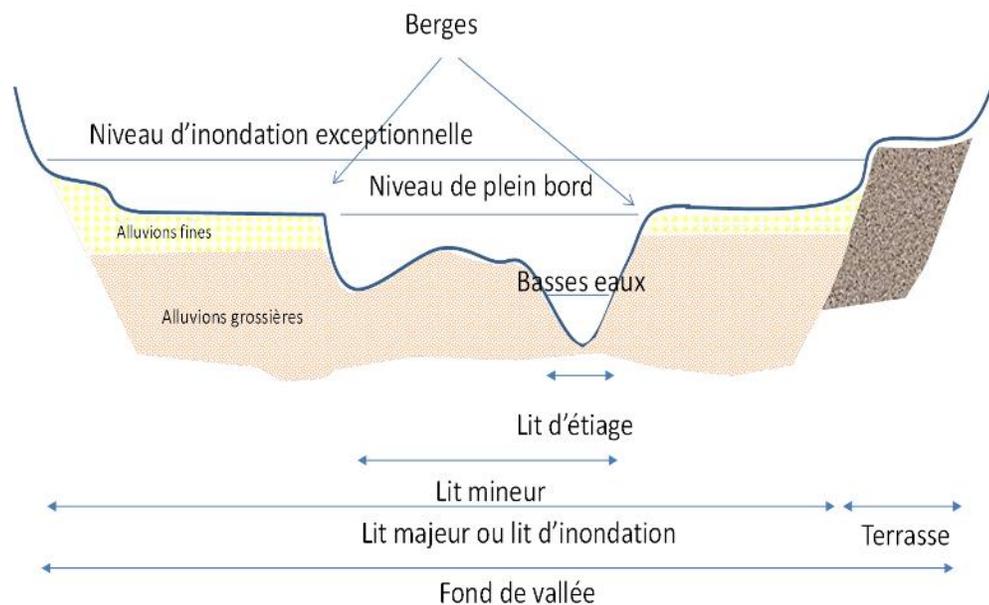


Figure 1 Niveaux d'eau relative aux lits d'un cours d'eau (Piégay, 2018)

La protection des sites urbains contre les inondations est considérée comme étant une nécessité indispensable afin de réduire les dégâts humains, matériels et économiques (Bennis, 2009). L'aménagement de la zone sensée subir le risque d'inondation repose sur plusieurs critères, la topographie du terrain, la surface de bassin versant, le débit d'eau à évacuer et le type de sol. La conception de cette protection est faite par la simulation de ces crues sur les tronçons traversant ces villes. Ces simulations sont réalisées par des calculs hydrauliques de l'hydrogramme des crues fréquentielles. Le facteur de dissipation d'énergie ou les pertes de charge est incontournable dans ces calculs, il joue un rôle déterminant dans le dimensionnement des ouvrages de protection (Gérard 2006).

Plusieurs Oueds traverses la ville de Bordj Bou Arreridj, ces oueds sont: oued Slib à l'ouest, oued Arraridj et Merdj El West au centre, oued Boumergued à l'est. Cette agglomération est à forte concentration de population (plus de 200 000 habitant), et sous l'effet d'une urbanisation pseudo-anarchique et non réglementée sur sa périphérie, elle présente des grands risques. L'examen des événements tragiques survenus dans cette zone, notamment celui du 1994 montre clairement la nécessité de se prémunir contre ce fléau naturel qui nécessite de rebondir à chaque événement pluvieux exceptionnel.

Ce travail s'inscrit dans une optique visant à entreprendre un projet d'étude qui permet d'établir un diagnostic pour un canal existant d'Oued Merdj El Wassat. Cette zone d'étude se situe au centre de la ville de Bordj Bou Arreridj (DRE BBA, 2011).

Pour atteindre notre objectif, avons organisé ce travail en deux chapitres: le premier chapitre est consacré à la présentation et l'analyse des données utilisées de la zone d'étude, avec une description détaillée des composants du canal impliqués dans le diagnostic. Le deuxième chapitre de ce mémoire comprend une discussion des méthodes de calcul de débit max adoptées en Algérie. Ensuite, nous proposons des solutions adéquates pour chaque tronçon du canal.

Chapitre I

Présentation de la région d'étude et description des données

Chapitre I: Présentation de la région d'étude et description des données

I.1- Présentation de la zone d'étude

I.1.1-La situation géographique

La wilaya de Bordj Bou Arreridj occupe une place stratégique au sein de l'Est algérien. Elle se trouve à mi-parcours du trajet séparant Alger de Constantine. Le Chef-lieu de la wilaya est située à 220 km à l'est de la capitale, Alger. La wilaya de Bordj Bou Arreridj s'étend sur une superficie de 3 921 km². La ville de BBA est limitée administrativement comme suit:

- Au Nord : Medjana, Hasnoaua;
- Au Sud : El Hammadia;
- Au l'Ouest : El Achir;
- A l'Est : Sidi Embarek, El Anasser.

La présentation de la zone d'étude est mentionnée dans l'image satellite (Fig **I.1**). Le bassin versant de cette zone se situe au centre des plaines de la Medjana, avec les montagnes de Mourissan au nord, les Maadhid au sud, les hauts plateaux à l'Est et les monts Tafartast et Djbel Mansoura à l'Ouest.

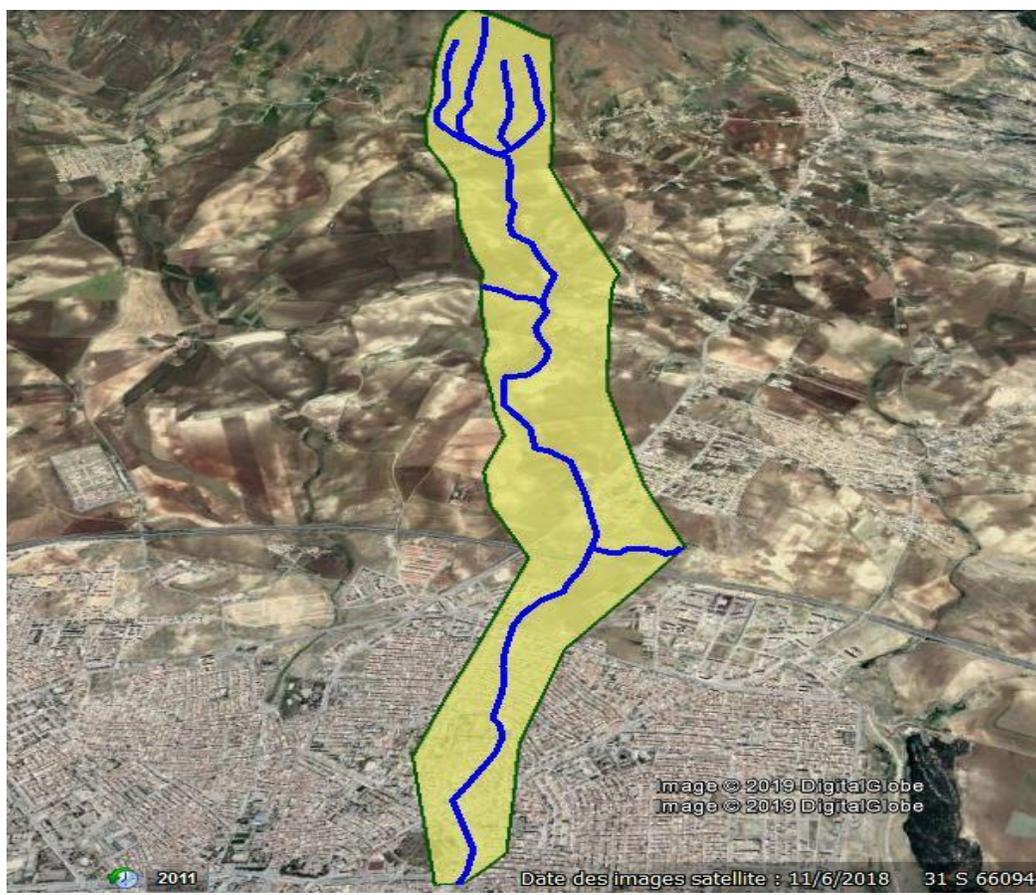


Figure I.1- Situation géographique et réseau hydrographique du Bassin versant Oued Merdj El Ouest

I.1.2- Situation climatique et pluviométrie

Les conditions climatiques au niveau du bassin versant jouent un rôle capital dans le comportement hydrologique des cours d'eau. Les facteurs qui déterminent le climat sont:

Les précipitations avec leur distribution dans le temps et dans l'espace, l'évaporation, et la température. Les données climatiques de la wilaya sont issues de la station météorologique de Bordj Bou Arreridj de coordonnées (36°40' Nord 04°40' Est) et 955 m d'altitude. À cet effet les données de pluie journalières maximales sont présentées dans la série du tableau 01

Tableau I.1- Série des pluies journalières maximales ($P_{j\max}$) (ONM - station de BBA)

n°	Année	$P_{j\max}$ en mm	n°	Année	$P_{j\max}$ en mm	n°	Année	$P_{j\max}$ en mm
1	1982	33,1	12	1993	30	23	2004	39,4
2	1983	27	13	1994	110,9	24	2005	24,2
3	1984	23,7	14	1995	32,4	25	2006	34,7
4	1985	52,4	15	1996	52,9	26	2007	29,6
5	1986	56,6	16	1997	21,4	27	2008	24,6
6	1987	27	17	1998	29,2	28	2009	27,9
7	1988	21,7	18	1999	48,3	29	2010	38,1
8	1989	27,3	19	2000	26,2	30	2011	35,3
9	1990	38,6	20	2001	37	31	2012	30
10	1991	32,9	21	2002	25,4	32	2013	28,8
11	1992	30,8	22	2003	26,7	33	2014	18,1

Les données de débits max pour l'Oued de Maghrawa (station Maghrawa) sont représentées dans le tableau:

Tableau I.2-Valeurs des débits max station Maghrawa (ANRH- Alger)

n°	Année	Q _{max} en m ³ /s	n°	Année	Q _{max} en m ³ /s	n°	Année	Q _{max} en m ³ /s
1	1982	41,9	12	1993	40,3	23	2004	48,5
2	1983	35,5	13	1994	126,2	24	2005	32,5
3	1984	32,0	14	1995	41,1	25	2006	43,6
4	1985	50,1	15	1996	62,7	26	2007	38,2
5	1986	87,0	16	1997	29,6	27	2008	32,9
6	1987	30,6	17	1998	37,8	28	2009	36,4
7	1988	37,0	18	1999	57,9	29	2010	47,1
8	1989	91,0	19	2000	34,6	30	2011	44,2
9	1990	22,8	20	2001	46,0	31	2012	38,6
10	1991	25,9	21	2002	33,8	32	2013	37,3
11	1992	10,0	22	2003	35,1	33	2014	26,1

Cette série a été ajoutée pour être utilisée dans le cas où nous n'obtiendrons pas de valeurs proches pour le débit maximum d'Oued Merdj El-Wassat.

I.2- Analyse des données utilisées

I.2.1- Analyse des données hydrométriques

I.2.1.1-Test d'homogénéisation

Test de Wilcoxon

C'est le test le plus puissant des tests non paramétriques (Manuel Pratique d'Hydrologie B.TOUAIBIA).

Test de Wilcoxon ou Test des rangs

Avant de faire l'extension, il convient de tester si la série corrigée appartient à la même population que la série de référence. Le test de Wilcoxon est le plus puissant des tests non paramétriques.

Rappel : Soient 2 variables aléatoires Y et X, représentant respectivement 2 séries de précipitations annuelles de taille N1 et N2. Y étant la série à étudier et X étant la série de base avec N2 > N1. Si l'échantillon Y est issu de la même population que l'échantillon X, l'échantillon nouveau Y U X est également issu de la même population. De ce fait, on classe les éléments de ce nouvel échantillon Y U X par ordre croissant et on attribue à chacune des valeurs le rang qu'elle occupe dans cette nouvelle série. (Si une valeur se répète plusieurs fois, il faut lui associer le rang moyen qu'elle détermine).

On calcule les quantités W_Y et W_X :

W_Y représente la somme des rangs de Y et c'est celle qui nous intéresse et est égale à:

$$W_Y = \sum_{i=1}^n rang_Y = 1+3+4+...+13+17+...+n \quad \dots\dots\dots(1.1)$$

La condition c'est que: $N_1 \leq N_2$

L'hypothèse nulle est vérifiée si:

$$W_{min} < W_x < W_{max}$$

Avec-

$$W_X = \sum_{i=1}^{n-1} rang_X = 2+5+...+12+14+15+16+...+n-1 \quad \dots\dots\dots(1.2)$$

$$W_{min} = \frac{(N_1 + N_2 + 1) \cdot N_1 - 1}{2} - u_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}} \quad \dots\dots\dots(1.3)$$

$$W_{Max} = (N_1 + N_2 + 1) N_1 - W_{min} \dots\dots\dots(1.4)$$

Avec-

$u_{1-\frac{\alpha}{2}}$ - représente la valeur de la variable centrée réduite de Gauss correspondant à une probabilité de $1 - \frac{\alpha}{2}$

L'hypothèse d'homogénéité est acceptée si l'égalité suivante est vérifiée: $W_{min} < W_x < W_{max}$. Les résultats de calcul sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau I.3 - Vérification d'homogénéité de la pluie

N_1	16
N_2	17
W_y	/
W_x	244
W_{min}	217.09
W_{max}	326.91
Condition d'homogénéité:	$W_{min} < W_x < W_{max}$

Comme conclusion, on peut dire que la série est homogène.

Même chose pour les étapes à suivre pour la vérification d'homogénéité de la série des débits d'Oued Maghrawa (Ain Taghrouit). Les résultats de calcul sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau I.4- Vérification d'homogénéité de la série de débit max

N_1	16
N_2	17

W_y	/
W_x	269
W_{\min}	200,58
W_{\max}	343,42
Condition d'homogénéité:	$W_{\min} < W_x < W_{\max}$

Comme conclusion, on peut dire que la série d'Oued Maghrawa (débit max) est homogène aussi.

I.3.2- Calcul des paramètres statistiques de la série

Ces calculs sont indiqués dans le tableau **I.5**

Tableau I.5- paramètres statistiques de pluie journalière maximale estimée par la méthode des moments.

<i>c</i>	<i>Station</i>	<i>Méthode des moments</i>		
		$P_{J_{\max, moy}}, mm$	C_v	δ
01	B.B.A	34,61	0,47	16,26

$P_{J_{\max, moy}}$ - pluie journalière maximale moyenne en mm,

C_v - coefficient de variation de la série pluviométrique,

δ - écart type.

L'ajustement des pluies maximales journalières est fait par la loi de Gumbel qui s'adapte bien avec notre série, la fonction de répartition de cette loi est donnée par la formule suivante:

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

Avec-

$$y = \alpha (x - x_o)$$

y - variable réduite de Gumbel,

x - précipitation maximale journalière (y),

α paramètre d'ajustement (gradex).

L'ajustement de notre série de pluie, station de Bordj Bou Arreridj, avec cette loi donne des résultats très acceptables (Voir la figure I.2).

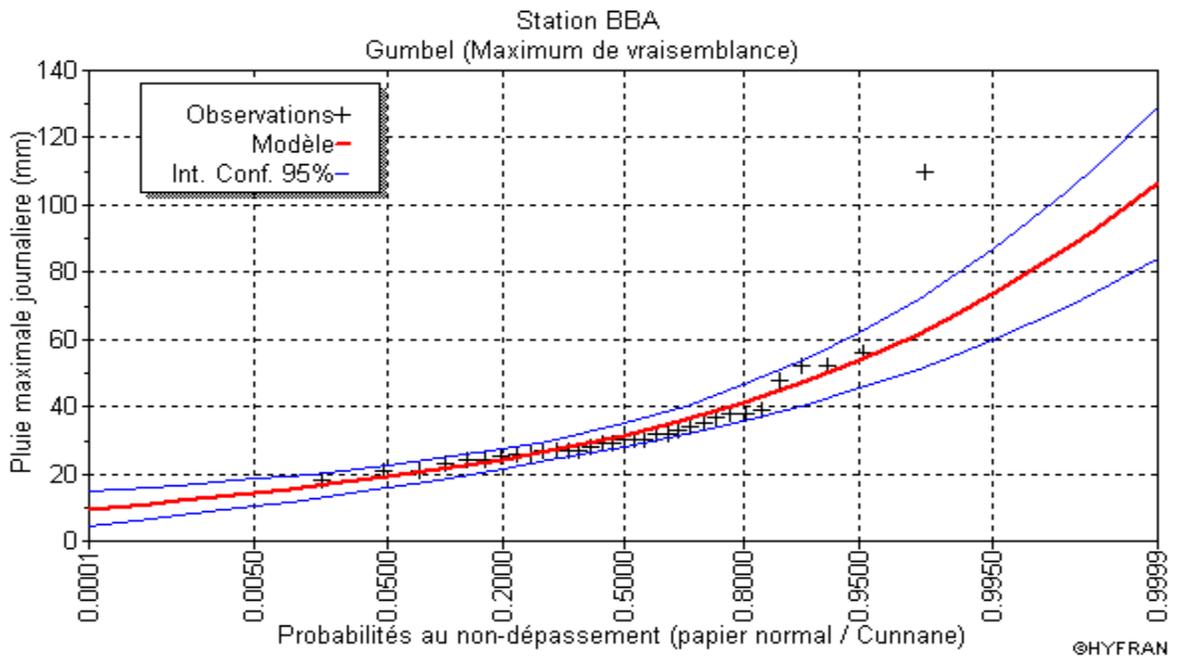


Figure I.2- Ajustement de la série de pluie à la loi de Gumbel

Comme conclusion et par simple vérification on peut dire que cette loi s'ajuste bien avec notre série de pluie de la station de Bordj Bou Arreridj, vu que la majorité des points situés dans la zone d'intervalle de confiance. On peut choisir cette loi pour déterminer la pluie journalière maximale $P_{jmaxp\%}$.

Tableau I.6- $P_{jmaxP\%}$ de différents périodes de retour (Méthode de maximum de vraisemblance)

N°	Loi	$P_{jmax p\%} (T = 50)$	$P_{jmax p\%} (T = 100)$	$P_{jmax p\%} (T = 1000)$
----	-----	-------------------------	--------------------------	---------------------------

		ans)	ans)	ans)
1	Gumbel	61,6	68	87,1

I.3.3- La démographie

Pour l'estimation de la population à l'horizon futur nous utiliserons l'expression des intérêts composées :

$$P_n = P_o (1+T)^n \dots\dots\dots(I.1)$$

d'où :

P_n - Population future;

P_o - Population actuel pour l'année 2008 selon l'Office National des Statistiques (ONS);

T - Taux d'accroissement (1.3%) selon ONS ;

N - Nombre d'années séparant l'année de futur et l'année de référence.

Tableau I.7- Estimation de la population à l'horizon futur

Localité	NOMBRE D'HABITANTS						
	Horizon 2008	Horizon 2014	Horizon 2020	Horizon 2025	Horizon 2030	Horizon 2035	Horizon 2040
BBA Est	43500	47620	50790	54180	57800	61650	65760

On peut remarquer que cette zone urbaine est très dense de la population.

I.4- Description de la zone d'étude

Le canal Oued Mardj El-Wassat peut être divisé en trois parties principales. La première est la partie principale (2,5 km). Une conduite, temporaire a été placée en béton armé, d'un diamètre de 1500 mm. Cette situation est à reconsidérer car cette conduite, dans une de ses parties, traverse une agglomération dense.



Figure I.3- Méthode de pose d'un canal de 1500 mm destiné à l'écoulement des eaux d'Oued

Concernant la deuxième partie du canal (1,5 km), il s'agit d'une partie achevée en 1987 et qui est dans un état d'usure. Elle a été conçue avec des dimensions de 2 mètres de largeur et 1,7 mètre de hauteur, sur la base d'une étude réalisée par le Bureau des études Est (Constantine). Les photos ci-jointes montrent l'état de cette partie du canal.



Figure I.4- Fissuration importante dans la base de canal existant.



Figure I.5- Corrosion des armatures dans la partie haute du canal

Après avoir l'état du canal existant on propose la rénovation de ce dernier et de construire un nouveau avec une section, un dosage du béton et des caractéristiques exigés par une nouvelle étude.

La partie restante (1 km) atteint le point de raccordement avec Oued Boumergued. Elle a été achevée en 2014 sur la base d'une étude réalisée par le Bureau d'Etudes N2E (Alger), avec 3 mètres de largeur et 2 mètres de hauteur. En fonction des conditions climatiques, on constate que cette partie remplit parfaitement son rôle jusqu'à présent.



Figure I.6-La partie rénovée en bleu en bon état

L'objectif de donner cet aperçu descriptif du canal Oued Mardj Al-Wasat est de fournir l'opportunité de proposer des solutions appropriées et d'améliorer l'aménagement d'une manière qui convient à la nature de chaque partie de ce canal.

Conclusion

Ce chapitre comprend une analyse des principales caractéristiques hydrologiques qui ont implicitement interféré dans la mise en évidence des aménagements proposés pour protéger le centre de la ville de Bordj Bou Arreridj contre les pluies torrentielles. La série de précipitations maximales journalière a été ajustée par la loi de Gumbel s'est avéré la plus pertinente pour notre série de précipitations. Le diagnostic de canal existant est très important, pour décrire les solutions adoptées, pour ce canal qui traverse des quartiers populaire comme el Djbbas dans la ville de Bordj Bou Arreridj.

Chapitre II

*Discussions de la méthode et Résultat
obtenue de dimensionnement*

Chapitre II: Discussions de la méthode et Résultat obtenue de dimensionnement

II .1-Introduction

Un diagnostic précis des ouvrages est considéré comme utile pour prendre des solutions appropriées. C'est le principe sur lequel repose cette étude. Le développement des civilisations humaines, dès les temps les plus anciens, est strictement lié à l'utilisation des réserves superficielles d'eau, qui ont exceptionnellement une grande influence sur le développement continu de la société humaine. Cette influence est pratiquement toujours ambiguë. D'une part, les inondations, l'assèchement des rivières, des lacs, sont accompagnées par les pertes essentielles économiques, et parfois par les pertes humaines. D'autre part, les réserves objets d'eau favorisent le développement de l'irrigation agricole, les relations commerciales et toutes les industries. En s'adaptant aux conditions initiales du régime naturel, les gens, au fil du temps constituent une influence active sur le régime d'écoulement, en changeant ses caractéristiques conformément dans le sens des besoins exprimés. Les changements les plus importants sont associés à la surexploitation des réservoirs d'eau. Parfois en empiétant sur les servitudes affectées aux cours d'eau et au hasard des constructions chaotiques au bord des oueds et des rivières, ou la pratique de l'activité agricole dans ces servitudes, ce qui crée de véritables dangers représentés dans les torrents torrentiels. Pour éviter les problèmes posés par les débits de crue, on recourt à l'utilisation ou à la création de modèles hydrauliques ou hydrologiques pour prédire les valeurs maximales de l'écoulement dans les oueds et les rivières. Parfois ces Oueds sont redimensionnés en fonction de la situation nécessaire pour préserver la vie des résidents.

II .2-Les méthodes utilisées pour l'évaluation de débit maximal dans les oueds

Vu que les méthodes utilisées dans les calculs des débits maximums sont de types empiriques, ce que signifie que les résultats sont des débits fréquentiels de P% (débits calculés et non mesurés). Les données de bassins versant (BV) Merdj El Wassat, sont mentionnées dans le tableau suivant:

Tableau II.1-Les valeurs de S , L , H_{moy} et H_{min} , BV Merdj El Wassat

<i>Non de sous Bassins</i>	<i>S en km²</i>	<i>L en km</i>	<i>H_{moy} en m</i>	<i>H_{max} en m</i>	<i>H_{min} en m</i>
BV Merdj el ousat	564	9,22	1090	1264	916

Comme nous l’avons déjà mentionné les données hydrométriques de notre bassin versant sont représentées par la pluie journalière maximale de station Bordj Bou Arreridj situé à la forêt de Boumergued. En absence total des débits mesurés au niveau de ce cours d’eau.

Pour atteindre notre objectif, calcule de Q_{max} dans l’oued Merdj El Wassat, on utilise des modèles de transformations pluie-débit. Dans ce cas, il existe plusieurs modèles de conversion, les suivants sont cités à titre d'exemple: Méthodes de Giandotti, Mallet-Gautier et Turazza.

II .2.1- Formule de méthode Giandotti

La méthode de Giandotti s’inspire des lois de ruissellement basées sur les caractéristiques morphométriques du bassin versant ainsi que le temps de concentration. Cette formule donnée des résultats satisfaisants, particulièrement pour les bassins typiquement montagneux (Bennis, 2004).

$$Q_{max \%} = \frac{170.S.(H_{moy} - H_{min})^{1/2}}{4(S)^{1/2} + 1.5L} . P_{tc} \dots\dots\dots (II.1)$$

Q_{max} (%): débit maximum de crue en m³/s de même fréquence que celle de la pluie de courte durée.

S : superficie du bassin versant (km²).

L : longueur du talweg principal (km).

H_{moy} , H_{min} : altitudes moyennes et minimales (en m).

P_{tc} : pluies de courte durée (m).

II .2.2- Formule de méthode Mallet – Gauthier

Dans leur étude sur les problèmes de l’eau en Algérie, ils ont établi une formule exprimant le débit maximum en crue en fonction des précipitations, de la surface du bassin versant et d’un coefficient K caractéristiques géographique et climatique du bassin versant.

$$Q_{\max \%} = 2k \text{Log}(1 + AP) \cdot \frac{S}{\sqrt{L_p}} \cdot \sqrt{1 + 4\text{Log}T - \text{Log}S} \dots\dots\dots(\text{II.2})$$

S: superficie du bassin versant (Km²).

L_p: longueur du talweg principal (Km).

A: coefficient régional pris égal à 20.

k: constante qui dépend des caractéristiques du bassin versant pris égal à 2.

P: précipitation moyenne interannuelle en mm.

T: période de retour en années.

II .2.3- Formule de Turazza

La formule de Turazza tient compte des pluies maximales de courte durée par conséquent de l'intensité des pluies, également de la superficie et du temps de concentration :

$$Q_{\max} = \frac{C P_{tc} S}{3,6 T_C} \dots\dots\dots(\text{II.3})$$

ou :

P_{tc} : Pluie de courte durée pour un temps de concentration t = T_C ,

S : Superficie de bassins versant, km²,

T_C : Temps de concentration, heur,

C : Coefficient de ruissellement en grande crue, C = 0,9.

Pour permettre d'utilisation dès l'une de ces modèles, il faut calculer obligatoirement le temps de concertation par cette formule (formule de Giandotti):

$$T_C = \frac{4\sqrt{S} + 1,5 L}{0,8\sqrt{H_{moy} - H_{\min}}} \dots\dots\dots(\text{II.4})$$

ou :

S : Surface du bassin versant, Km^2 ,

L : Longueur du thalweg principal, km ,

H_{moy} : Altitude moyenne, m NGA,

H_{min} : Altitude à l'exutoire, m NGA.

L'étape suivante avant de déduire le débit maximal de notre oued est de trouver la pluie de courte durée de fréquentielle en mm, par la formule type Montana:

$$P_{tc} = P_{j\max} \left(\frac{T_c}{24} \right)^b \dots\dots\dots(II.5)$$

ou:

P_{tc} : pluie de courte durée de fréquence donnée en mm,

$P_{j\max}$: Pluie max journaliere de meme fréquence, mm,

T_c : Temps de concentration, heur,

b : Exposant climatique = 0,32.

Tableau II.2– valeurs de $P_{j\max}$, T_c et P_{tc} pour $T = 100$ ans pour la méthode de vraisemblance

Bassin versant	$P_{j\max}$ en mm	T_c en heur	P_{tc} en mm
Oued Merdj El	68	2,21	31,7

Les résultats de calcul de débit maximal dans l'oued de Merdj El Wassat sont illustrés dans le tableau , on prend un débit max d'une période de retour égale à 100 ans ($T = 100$ ans), vu que cette période est le plus couramment utilisé dans les aménagements des zones urbaine et rurale contre le risque d'inondation.

Tableau II.3- valeurs de débit maximal estimées par les trois méthodes

n°	Méthode	Q ₅₀ (T = 50 ans) m ³ /s	Q ₁₀₀ (T = 100 ans) m ³ /s	Q ₁₀₀₀ (T = 1000 ans) m ³ /s
1	Giandotti	15,6	17,2	22
2	Mallet – Gauthier	18,2	19,6	24
3	Turazza	18,3	20,2	26

On peut remarquer que les résultats existants sont proches, et donc cela dispense de recourir à la méthode de corrélation entre cette station (P_{jmaxP%}) et le débit (Q_{max}) de l'oued Maghrawa.

II.3- Dimensionnement de l'ouvrage de protection

Nous utilisons dans le calcul hydraulique de l'ouvrage la formule **de Manning-Strickler** (Manning, 1891) dans ce cas on calcule les dimensions de l'ouvrage de protection sur la base d'un débit maximum d'une crue centennale (T = 100 ans), estimé par les méthodes précédentes (on prend la valeur moyenne) Q_{max} = 19 m³/s.

$$Q = K_s S_m I^{\frac{1}{2}} R_h^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (II.6)$$

où:

Q - débit de projet en m³/s Q = 19 m³/s,

K_s - coefficient de Strickler K_s = 70,

S_m - section mouillée en m²,

I - pente hydraulique (0.01 m/m),

R_h - rayon hydraulique en m.

Dans notre cas d'étude, la variante adoptée pour le système de protection contre l'inondation consiste à projeter un canal sous forme rectangulaire (zone urbaine). Étant donné

que la réalisation d'un canal trapézoïdal de type ouvert à l'air libre présente un grand danger pour la sécurité des citoyens. En plus des odeurs qui s'en dégagent et qui provoquent des nuisances. Sur le plan technique, la réalisation d'un canal de forme trapézoïdale et fermé en forme de galerie nécessite un bon sol pour la stabilité des deux versants du canal, ce qui est coûteux, d'autant plus que les berges des oueds sont composées de terre accumulée, ce qui nécessite des solutions techniques très coûteuses. Sur la base des raisons évoquées ci-dessus, nous avons choisi une forme rectangulaire pour réaliser la protection contre les inondations à L'oued Merdj El Wassat (forme de galerie), ce type de forme est largement utilisé dans les canaux non ouverts.

L'utilisation des logiciels et outils informatiques, qui sont basé sur la formule de **Manning-Strickler** (Gauckler, 1867) dans notre cas, simplifier les calculs. Il faut connaître très bien que, à l'heure actuelle, l'outil informatique permet de faire des calculs numériques les plus complexes, surtout quand il s'agit des calculs répétitifs. La grande capacité de la mémoire permet des centaines voire des milliers d'opérations en un temps record. Le logiciel **Canal21** est l'un des outils informatiques utilisé pour le dimensionnement des ouvrages de protection.

D'après nos calculs, par l'utilisation de logiciel Canal21, nous optons pour une section de largeur $B = 3$ m et une hauteur $h = 1,5$ m, sur toute la longueur L existante. L'élargissement de la largeur de l'ouvrage et la diminution de la hauteur en effet, cela donne plus de chances au processus de raccordement (dans la partie aval), en particulier dans le cas de valeurs de pente faibles.

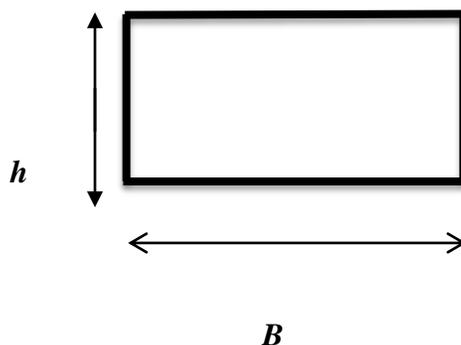


Figure II.1- la section projetée pour l'ouvrage de protection.

La vitesse maximale d'écoulement est calculée par la formule universelle suivante:

$$v = \frac{Q_{\max}}{S_c} \dots\dots\dots(\text{II.7})$$

v - vitesse qui correspond un débit max,

Q_{\max} - le débit max calculé,

S_c - la section de canal donnée par logiciel Canal21.

Le régime d'écoulement est donné par le nombre de Froude F_r dont la formule est:

$$F_r = \sqrt{\frac{v^2}{g h}} \dots\dots\dots(\text{II.8})$$

ou-

F_r - nombre de Froude,

v - vitesse qui correspond un débit max en m/s,

h - hauteur adoptée pour l'ouvrage de protection en m.

Dans le tableau **II.4** suivant nous représentons les caractéristiques géométriques et hydrauliques de canal de protection à l'oued Merdj El Wassat:

Tableau II.4- Caractéristiques géométriques et hydrauliques de canal de protection

<i>Oued</i>	Q_{\max} m ³ /s	v m/s	F_r	B m	h m	<i>Régime d'écoulement</i>
Merdj El Wassat	19 m ³ /s	4,2	1,1	3,0	1,5	Torrentiel

Les valeurs illustrées dans le tableau montrent que l'écoulement est de régime torrentiel et que ces valeurs calculées sur une période de retour de 100 ans (une fois au moins tous les cent ans).

II.4-Solution adoptée pour chaque partie du canal

Etant donné que le canal Merdj El Wassat est divisé en trois sections, comme nous l'avons expliqué précédemment dans le premier chapitre, et que chaque section a donc une solution adéquate et appropriée, elle peut être détaillée comme suit:

II .4.1- La première partie

Cette partie a été réalisée, provisoirement, de manière non conforme aux normes techniques, puisque l'implantation de cours d'eau dans un canal de 1500 mm de diamètre peut exposer la zone urbaine qu'elle traverse à des risques d'inondation. Cette conduite fonctionne avec un écoulement en charge en cas des grandes crues. La partie, qui est située au voisinage de siège de Djezzy, est la zone la plus touchée en raison des écoulements d'eau provenant de l'intérieur du canal. Donc sur un linéaire de 2,5 km, le cours d'eau doit être convenablement aménagé en plaçant une galerie aux mêmes dimensions que nous avons expliquées précédemment, 3 m en largeur et 1,5 m en hauteur, afin de préserver la vie des habitants.

II.4.2- La deuxième partie

Cette partie est ancienne et usée, sur un linéaire de 1,5 km, elle a été achevée en 1987. La qualité du béton est médiocre, étant donné qu'il est situé dans une zone urbaine, où le toit du canal sert de couloir et de route pour les véhicules, ce qui rend l'objet extrêmement dangereux. Dans cette étude, nous proposons de réhabiliter le canal selon les nouvelles dimensions que nous avons obtenues: 3 m en largeur et 1,5 m en hauteur, tout en mettant en place du béton armé conforme aux normes techniques, en tenant compte des conditions actuelles.

II.4.3- La troisième partie

La partie restante (1 km) atteint le point de raccordement avec Oued Boumergued. Elle a été achevée en 2014 sur la base d'une étude réalisée par le Bureau d'Etudes N2E (Alger), avec 3 mètres de largeur et 2 mètres de hauteur. Grâce au processus de suivi réalisé par les services de la Direction des Ressources en Eau, cette section remplit son rôle, même si les précipitations n'ont pas atteint la valeur maximale pour laquelle le canal a été conçu. De plus, ces dimensions

sont suffisantes pour prévenir les risques d'inondation si on les compare aux dimensions obtenues dans cette étude.

Conclusion

À travers ce chapitre, nous visons à évaluer l'ouvrage d'Oued Merdj El-Wassat. Nous avons d'abord diagnostiqué la situation et, dans un deuxième temps, avons proposé des solutions appropriées pour chaque section du canal. Un bon diagnostic de la situation de l'ouvrage a permis de prendre des solutions adaptées en prenant en compte la situation de canal cas par cas. Il a été proposé d'aménager entièrement le premier tronçon en raison de sa dangerosité pour les zones résidentielles qu'il traverse, à travers la programmation d'un projet de réalisation aux risques d'inondation. La réalisation d'un tel projet est nécessaire pour éliminer le problème d'immersion des quartiers situés dans les zones basses (au voisinage de siège de Djezzy). Dans cette étude, notre attention a été attirée sur la présence d'un tronçon aménagé, mais celui-ci est ancien et insuffisant pour laisser passer le débit maximum, ce qui nécessite une réhabilitation et une reconstruction conformément aux normes techniques. Lors de l'évaluation des installations existantes, nous trouvons généralement de bonnes pièces, viables et utilisables, ce que nous avons évoqué dans la dernière section de cette étude, ce qui indique l'existence d'efforts antérieurs qu'il faut mentionner. En conclusion, on peut dire qu'un bon diagnostic conduit à un réalisme qui permet de réduire les coûts d'achèvement et de préserver l'argent public.

Conclusion

Conclusion générale

Dans cette étude, nous avons atteint notre objectif de faire un diagnostic général sur le canal Merdj El Wassat au centre de la ville de Bordj Bou Arreridj. Ce diagnostic détaillé du canal, sur une longueur de 5 km, nous a permis de déterminer la situation existante de chaque partie, puisque nous avons constaté la présence de trois tronçons différents. Le plus grand danger dans le canal Oued Merdj El-Wassat réside dans sa première partie, qui est la partie la plus longue de ce canal. La Direction des Ressources en Eau a temporairement créé un canal circulaire d'un diamètre de 1500 mm pour véhiculer un débit d'environ $19 \text{ m}^3/\text{s}$, ce qui se traduit par une grande densité d'eau sortant, du canal qui contient cette énorme quantité d'eau, vers les maisons des citoyens en cas de fortes pluies. Lors de notre inspection de la deuxième partie du canal, après avoir pris quelques photos, il est devenu clair qu'il s'agit d'un type ancien et usé. Cette partie est située en zone urbaine et le canal est en cours de préparation pour être utilisé comme passage de véhicules. Cette section nécessite une réhabilitation car ses dimensions actuelles ne permettent pas le passage d'un écoulement de débit calculé par cette étude. Si le toit du canal est utilisé comme passage pour les véhicules, notamment les poids lourds, le type de béton doit être conforme aux normes techniques applicables dans le domaine des travaux publics. Ceci est très important pour éviter que le toit ne se brise et que les véhicules ne tombent dans le canal (de tels accidents ont déjà été enregistrés). L'un des avantages d'un bon diagnostic est la détection des parties qui peuvent être conservées, ce que l'on voit dans la dernière partie qui a été réalisée déjà par la Direction des Ressources en Eau, ce qui nous évite de la refaire et de la réhabiliter. Enfin, nous estimons avoir fait le nécessaire pour diagnostiquer et réhabiliter le canal Merdj El Wassat, qui traverse le centre de la Ville de Bordj Bou Arreridj, de manière technique appropriée, ce qui conduit à protéger les habitants du risque d'inondations torrentielles.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **DRE BBA, 2011 Etude de protection de la ville de Bordj Bou Arreridj contre les inondations**
- Gauckler, Ph, « *Études Théoriques et Pratiques sur l'Écoulement et le Mouvement des Eaux* », Comptes Rendues de l'Académie des Sciences, Paris, vol. 64, 1867, p. 818-822.
- Gérard Degoutte 2006, Cours d'hydraulique, dynamique et morphologie fluviale p39, Paris Tech Grand Ecoles D'ingénieurs de Paris.
- Hager, W. et Liiv, U., 2008. Johann Nikuradse – expérimentateur hydraulique. *Journal of Hydraulic Research*, 46(4), pp.435-444.
- Les données hydrométriques sont des données de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (A. N. R. H.) Bir Mourad Rais – Alger
- Manning, R., « *On the flow of water in open channels and pipes* », *Transactions of the Institution of Civil Engineers of Ireland*, vol. 20, 1891, p. 161-207.
- Moody, LF, 1944. Coefficients de frottement pour l'écoulement des tuyaux. *Trans. Suis. Soc. Méca. Ing.* 66, 671 -684.
- Piégay, H., 2018. Le Rhône, France : appliqué les sciences intégratives à la gestion durable. *E3S Web des Conférences*, 40, p.01003
- Saad Bennis, 2009, *Hydraulique et hydrologie* 2^{ime} édition. Université du Québec, Ecole de Technologie supérieure p35, 36, 16.
- Yang, S., Han, Y. et Dharmasiri, N., 2011. Résistance à l'écoulement sur des éléments de rugosité fixes. *Journal of Hydraulic Research*, 49(2), pp.257-262

ملخص

تعرف الجزائر على توسع عمراني كبير، خاصة في المدن الكبيرة، حيث يرتبط هذا التوسع بالبناء الفوضوي وعدم احترام حقوق الأودية، مما يزيد من مخاطر الفيضانات خاصة خلال فترات الفيضانات. على إثر الفيضانات التي شهدتها العديد من المدن الجزائرية في السنوات الأخيرة (مثل الجزائر، وغرداية، ومسيلة...)، قامت الحكومة الجزائرية بتنفيذ العديد من المشاريع لحماية المدن من الفيضانات. تبقى رسم الخرائط للمناطق المعرضة للفيضانات تحديًا لتحسين توقعات الفيضانات. يتناول هذا العمل حالة نموذجية تهدف إلى حماية وسط مدينة برج بوعريبيج من الفيضانات من خلال دراسة التشخيص والتأهيل. تعتبر هذه المدينة عاصمة الولاية، وتقع على بُعد حوالي 240 كيلومتراً شرق الجزائر، وتضم سكاناً يبلغ عددهم 200000 نسمة. تركز هذه الدراسة على المنطقة التي يمر بها وادي مج الوسط. لمنع التجاوزات أثناء الفيضان المنوي ($Q=19$ م³/ثانية) يتطلب الأمر بناء قناة من الخرسانة المسلحة بشكل مستطيلي على الأجزاء غير المعمورة أو المتضررة.

الكلمات المفتاحية: أقصى تدفق، وادي، نموذج، فيضان، منشأة حماية.

Résumé

L'Algérie connaît une forte extension d'urbanisation, en particulier dans les grandes villes, Cette extension est associée avec des constructions chaotiques et le non-respect des servitudes des oueds, cette situation pose des risques majeurs d'inondation surtout en période des crues. Suite aux inondations enregistrées dans plusieurs villes algériennes ces dernières années (Alger, Ghardaia, M'sila...), l'état algérien a programmé beaucoup des projets de protection des villes contre les inondations. La cartographie des zones inondables présente toujours un défi pour une meilleure prévision des inondations. Dans ce travail on présente un cas type qui consiste à protéger le centre de la ville de Bordj Bou Arreridj contre les inondations, par une étude de diagnostic et réhabilitation. Cette ville est chef-lieu de wilaya, située à l'Est d'Alger à 240 km environ, elle compte une population de 200 000 habitants. Dans cette étude on s'intéresse à la zone traversée par l'oued Medj El Wassat. La protection contre le débordement de la crue centennale ($Q = 19 \text{ m}^3/\text{s}$) nécessite la réalisation d'un canal en béton armé sous forme rectangulaire sur la partie non aménagée ou détériorée.

Mots clés: Débit maximum, Oued, model, inondation, ouvrage de protection.

Abstract :

Algeria is experiencing significant urban expansion, particularly in major cities. This expansion is associated with chaotic construction and the disregard of river servitudes, posing major flood risks, especially during periods of high water. Following floods in several Algerian cities in recent years (Algiers, Ghardaia, M'sila...), the Algerian government has initiated numerous projects to protect cities from flooding. Mapping flood-prone areas remains a challenge for better flood prediction.

In this study, we present a typical case aimed at protecting the city center of Bordj Bou Arreridj from floods through a diagnostic and rehabilitation study. This city is the capital of the province, located approximately 240 km east of Algiers, with a population of 200,000 inhabitants. This study focuses on the area crossed by the Medj El Wassat river. Protection against overflow from the centennial flood ($Q = 19 \text{ m}^3/\text{s}$) requires the construction of a reinforced concrete canal in rectangular form in the undeveloped or deteriorated part

Keywords: Maximum discharge, Oued, flood, inundation, protection.