

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA 1

Faculté de Technologie  
Département des Sciences de l'Eau et Environnement



## MEMOIRE DE MASTER

Filière : **Hydraulique**

Spécialité : **Ressources Hydrauliques**

Thème :

**Protection de la zone de Boufarik contre les inondations**

Réalisé par :

**Louize Asma**

**Khelili Sarah**

Devant les membres de jury composé de :

M. BENAZZIZA A.	Professeur, U. de Blida	Président
M. BESSENASSE M.	MCA, U. de Blida	Examineur
M. GUENDOUZ A.	Professeur, U. de Blida	Promoteur

Promotion 2019 / 2020

# *Dédicace*

*A mes très chers parents, en témoignage  
et en gratitude de leur soutien permanent  
durant toutes mes années d'études, leurs  
sacrifices illimités, leur réconfort moral et  
tous les efforts qu'ils ont consentis pour mon  
instruction et pour me voir réussir un jour*

*....que Dieu les garde.....*

*A mon mari Karim*

*A mes frères, Zakaria, Youcef et ma  
sœur Dallel.*

*A ma belle-famille SAADA.*

*Khelili Sara*

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de  
reconnaissances et de respect :

A ma mère et mon père pour tous les  
sacrifices qu'ils ont consenti à mon  
égard.

A mon mari Mohamed

A mon frère Mohamed et mes sœurs  
Faïza, Sara, Chayma et Loubna

A ma belle-famille MAOUDJ et tout la  
famille LOUIZE.

*LOUIZE Asma*

# Remerciements

*Avant tout, nous remercierons le bon Dieu qui a Illuminé notre chemin et qui nous a armés de force et de Sagesse, ainsi la bonne volonté pour achever ce modeste travail.*

*Toute notre gratitude pour notre promoteur Mr. GUENDOUZ Abdelhamid, pour ces judicieux conseils ainsi Que sa disponibilité tout le long de l'élaboration de ce travail.*

*Nous tenons à remercier également les membres de jury : Mr Mohamed Bessenasse et Mr Benazziza Ali pour avoir accepté d'examiner ce travail à nos professeurs et enseignants qui nous Ont guidés au cours de notre formation.*

## ملخص

يعد مشكل الأخطار الطبيعية بشكل عام والفيضانات بشكل خاص موضوعًا هامًا في العالم وخاصًا في الجزائر، وفي ضوء الفيضانات الكارثية الأخيرة، أصبحت إدارة هذا الخطر ضرورة أكثر فأكثر والتي يجب أن تشمل جميع الجهات الفاعلة وجميع الوسائل المتاحة الممكنة. وتهدف هذه الدراسة تحديد هياكل الحماية التي سيتم تنفيذها على مستمعات المياه في وادي تمدا، لحماية مدينة دووسن من الفيضانات. تألفت دراستنا من عدة أجزاء أساسية: دراسة هيدرولوجية سمحت بتحديد التدفق المحتمل للفيضان، ودراسة هيدروليكية لحساب أبعاد أعمال المنشآت.

## Résumé

La problématique des risques naturels en général et des inondations en particulier est un sujet d'actualité qui marque une section mémorable dans le monde et spécifiquement en Algérie, notamment au regard des dernières années grandes crues catastrophiques. En effet, la gestion de ce risque devient de plus en plus une nécessité qui doit inclure tous les acteurs et tous les moyens disponibles possibles.

Cette étude a pour objectif plus précis de déterminer les ouvrages d'aménagements à mettre en place pour protection la ville Boufarik la wilaya de Blida contre les inondations.

Notre étude s'est composée de plusieurs parties essentielles Une étude hydrologique qui a permis la détermination du débit de crue probable et proposition des variantes d'aménagements des ouvrages.

## Abstract

The problems of the natural risks in general and the floods in particular are a subject of topicality, which marks a memorable section in the world and specifically in Algeria, in particular in comparison with the last years great catastrophic risings. Indeed, the Management of this risk becomes more and more one requires which of which to Include all the actors and all the means available possible.

This study has as a more precise objective to determine the rain works and Installations to set up protection of the town of Boufarik against the floods.

Our study consisted of several essential: parts hydrological study, which allowed the determination of the probable flood flow, and proposition for variants.

Introduction Générale .....	01
-----------------------------	----

## **CHAPITRE 01 : Généralité sur les inondations**

I.I. Introduction .....	03
I.II. Définition .....	
I.II.I. Crue.....	03
I.II.II. Inondation .....	04
I.III. Paramètres fondamentaux du cours d'eau .....	04
I.IV. Mécanisme d'inondation .....	10
I.V. Les causes et les conséquences des inondations .....	11
I.V.I. Les causes et les origines des inondations .....	11
I.V.II. Les conséquences des inondations .....	11
I.VI. Principaux paramètres nécessaires pour évaluer la catastrophe .....	13
I.VII. Les inondations en Algérie .....	13
I.VII. Procédés de protection des agglomérations contre les inondations .....	17
I.VII.I. Recalibrage du cours d'eau.....	17
I.VII.II. La rectification du lit mineur .....	18
I.VII.III. Endiguement du cours d'eau .....	18
I.VII.IV. Reboisement .....	20
I.VIII. Conclusion .....	21

## **CHAPITRE 02 : Présentation de la zone d'étude**

II.I. Introduction.....	22
II.II. Présentation de la Mitidja .....	22
II.III. Présentation de la zone de Boufarik .....	23
II.IV. Évolution de population.....	24
II.V. Historiques sur les zones inondables de Boufarik .....	25
II.VI. Caractéristiques hydro climatologie de la région.....	27
II.VI.I. Le climat.....	27
II.VI.II. Les Températures.....	27
II.VI.III. Ensoleillement .....	27
II.VI.IV. Humidité de l'air .....	27
II.VI.V. Le Vent.....	28
II.VI.VI. Évapotranspiration.....	28
II.VII. Conclusion .....	28

## **CHAPITRE 03 : Étude Hydrologique**

III.I. Introduction.....	29
III.II. Étude pluviométrique.....	29
III.III. Analyse statistique de la série pluviométrique .....	31
III.III.I. Caractéristique empirique .....	31
III.III.II. Choix de loi d'ajustement .....	31
III.III.III. Calcul des paramètres pour chaque loi d'ajustement .....	32
III.IV. Calcul de l'intensité de pluie .....	33

<b>III.V.</b>	La localisation des zones inondables .....	35
<b>III.V.I.</b>	Zone inondable N°1 .....	35
<b>III.V.II.</b>	ZONE INONDABLE N°2 .....	36
<b>III.V.III.</b>	ZONE INONDABLE N°3 .....	38
<b>III.V.IV.</b>	ZONE INONDABLE N°4 .....	40
<b>III.V.V.</b>	ZONE INONDABLE N°5 .....	40
<b>III.V.VI.</b>	ZONE INONDABLE N°6 .....	41
<b>III.V.VII.</b>	ZONE INONDABLE N°7 .....	42
<b>III.V.VIII.</b>	ZONE INONDABLE N°8 .....	43
<b>III.VI.</b>	Étude des crues .....	44
<b>III.VI.I.</b>	Formule de la méthode rationnelle .....	44
<b>III.VI.II.</b>	Méthode Crupédix .....	46
<b>III.VI.III.</b>	Formule de transition .....	47
<b>III.VI.IV.</b>	Calcul du temps de concentration .....	48
<b>III.VII.</b>	Délimitation des sous bassin .....	49
<b>III.VII.I.</b>	Évaluation des débits par sous bassin .....	51
<b>III.VIII.</b>	Conclusion .....	51

#### **CHAPITRE 04 : Étude de variantes**

<b>IV.I.</b>	Introduction .....	52
<b>IV.II.</b>	Variante N°1 .....	52
<b>IV.III.</b>	Variante N°2 .....	60
<b>IV.IV.</b>	Variante retenue .....	67
	Conclusion Générale .....	68

# Liste des figures

## Chapitre I :

- Figure I.1 : Schéma explicative sur la forme de crue.....
- Figure I.2 : Lit mineur .....
- Figure I.3 : lit moyen.....
- Figure I.4 : lit majeur .....
- Figure I.5 : Inondation des plaines .....
- Figure I.6 : Inondation par crue torrentiel .....
- Figure I.7 : Inondation dans un milieu urbain .....
- Figure I.8 : Inondation en secteur urbain .....
- Figure I.9 : Inondation par remontées des nappes phréatiques .....
- Figure I.10 : Inondation par rupture de protection .....
- Figure I.11 : Les conséquences des inondations .....
- Figure I.12 : Inondation du 10/11/2001 à Bab El-Oued (Alger).....
- Figure I.13 : Inondations en Algérie (Alger, 11/2001) .....
- Figure I.14 : Inondations en Ghardaïa (10/2008).....
- Figure I.15 : Recalibrage du coure d'eau .....
- Figure I.16 : Les digues en charge permanence .....
- Figure I.17 : Digue de protection .....
- Figure I.18 : Aménagement des berges de l'oued contre le glissement (Halouche, 2007).

## Chapitre II :

- Figure II.1 : La situation de la zone d'étude a Mitidja .....
- Figure II.2 : Localisation de la zone d'étude ville de Boufarik.....
- Figure II.3 : Évolution de population de la zone d'étude « Boufarik » .....

## Chapitre III :

- Figure III.1 : Carte pluviométrique d'Algérie .....
- Figure III.2 : Ajustement la série pluviométrique par la loi de Galton pas de référence.
- Figure III.3 : Courbes Intensité-Durée-Fréquence (Station de Boufarik).....
- Figure III.4 : zone inondable 1 .....
- Figure III.5 : photos de la zone inondable N°1.....
- Figure III.6 : zone inondable N°2 .....
- Figure III.7 : photos de la zone inondable 02.....
- Figure III.8 : collecteur en cour de réalisation zone inondable N°02.....
- Figure III.9 : zone inondable N°03 .....
- Figure III.10 : Photos de la zone inondable N °03 .....
- Figure III.11 : zone inondable N°04 .....
- Figure III.12 : Photos de la zone inondable N°04 .....
- Figure III.13 : zone inondable N 05.....
- Figure III.14 : zone inondable N° 06 .....
- Figure III.15 : zone inondable N 06.....
- Figure III.16 : zone inondable N° 07 .....
- Figure III.17 : Photos de la zone inondable N°07 .....

<b>Figure III.18</b> : zone inondable N°08 .....	.....
<b>Figure III.19</b> : Photos de la cité AIDJA .....	.....
<b>Figure III.20</b> : Délimitation des bassins versants de la zone d'étude .....	.....

## **Chapitre IV :**

<b>Figure IV.1</b> : plan de la variante 01 de la protection de la ville de Boufarik contre les inondations.....	.....
<b>Figure IV.2</b> : Vue en plan de la variante de zone inondable 01 .....	.....
<b>Figure IV.3</b> : Vue en plan de la variante de zone inondable 02.....	.....
<b>Figure IV.4</b> : Vue en plan de la variante de zone inondable 03.....	.....
<b>Figure IV.5</b> : Vue en plan de la variante de zone inondable 04.....	.....
<b>Figure IV.6</b> : Vue en plan de la variante de zone inondable 05.....	.....
<b>Figure IV.7</b> : Vue en plan de la variante de zone inondable 06 .....	.....
<b>Figure IV.8</b> : Vue en plan de la variante de zone inondable 07 .....	.....
<b>Figure IV.9</b> : Vue en plan de la variante de zone inondable 08.....	.....
<b>Figure IV.10</b> : Vue en plan de la variante de l'aménagement d'oued BOUCHEMLA....	.....
<b>Figure IV.11</b> : Vue en plan de la variante 01de l'aménagement d'oued LAKHA .....	.....
<b>Figure IV.12</b> : plan de la variante 02 de la protection de la ville de Boufarik contre les inondations .....	.....
<b>Figure IV.13</b> : Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 01 .....	.....
<b>Figure IV.14</b> : Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 02 .....	.....
<b>Figure IV.15</b> : Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 03 .....	.....
<b>Figure IV.16</b> : Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 04 .....	.....
<b>Figure IV.17</b> : Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 05 .....	.....
<b>Figure IV.18</b> : Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 06 .....	.....
<b>Figure IV.19</b> : Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 07 .....	.....
<b>Figure IV.20</b> : Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 08.....	.....
<b>Figure IV.21</b> : Vue en plan de la variante 02 de l'aménagement d'oued BOUCHEMLA	.....
<b>Figure IV.22</b> : Vue en plan de la variante de l'aménagement d'oued LAKHAL .....	.....

# Liste des tableaux

## Chapitre I :

**Tableau I.1 :** Habitations construites en zones inondables .....

## Chapitre II :

**Tableau II.1 :** Évolution de la population pour la zone d'étude « Boufarik ».....

**Tableau II.2 :** températures moyennes mensuelles

**Tableau II.3 :** Durées(en H) moyennes mensuelles d'ensoleillement/jour .....

**Tableau II.4 :** Humidités relatives mensuelles en % .....

**Tableau II.5 :** vitesses du vent mensuelles en m/s .....

**Tableau II.6 :** L'évapotranspiration mensuelle calculée (formule de Penman).....

## Chapitre III :

**Tableau III.1 :** Identification de la station pluviométrique de BOUFARIK.....

**Tableau III.2 :** Caractéristique de la série pluviométrique de Boufarik .....

**Tableau III.3 :** Résultats d'ajustement par la loi de Galton.....

**Tableau III.4 :** Valeurs des intensités pour différentes périodes de retour .....

**Tableau III.5 :** Paramètres pluviométriques des stations .....

**Tableau III.6:** Coefficient de ruissellement en fonction des catégories du zone d'urbanisation .....

**Tableau III.7:** Coefficient de ruissellement en fonction de la densité de la population .

**Tableau III.8 :** Coefficient de ruissellement en fonction des caractéristiques des zones d'influences .....

**Tableau III.9 :** Méthodes de calcul du temps de concentration Tc .....

**Tableau III.10 :** Formule de calcul du temps de concentration.....

**Tableau III.11 :** caractéristiques physiques des bassins versant (Boufarik).....

**Tableau III.12 :** Résultats du calcul de débit des crues en différentes périodes de retour .....

# **Introduction Générale**

## Introduction générale

L'eau est la vie donc depuis l'aube des temps l'homme à chercher à s'installer le long des plans d'eau et des rivières des civilisations ont prospère dans les plaines inondables triant parti des bien fais qui apportent les crues.

Mais l'eau peut être une source bénéfique comme elle peut être une source de problèmes elle représente une situation paradoxe d'une part de pénuries et d'une autre part d'inondation .ce dernier cas constitue un risque majeur sur le territoire national et dans le monde entier environ 500000 mort par an.

Les risques d'inondations sont dus à l'interaction complexe de plusieurs facteurs c'est le résultat de la concordance de paramètres

Topographique géologique hydrologique et météorologique. Elles ne sont pas toujours procréée par des événements exceptionnels car elles peuvent avoir lieu de suite à des épisodes météorologiques ordinaire s'en étant favorisées par l'intervention d'autres paramètres tel que l'urbanisation anarchique l'aménagement des territoires et manque d'entretien des cours d'eau.

L'Algérie de sa part est confrontés aux phénomènes de crues et d'inondation qui sont plus fréquents que les séismes ces phénomènes provoques des catastrophes plus destructrices et occasionnent d'importants dégâts humains et matériels. Les exemples de Bab El Oued Alger en2001, de Sidi Bel Abbes en 2006, de Ghardaïa en 2008 et El Bayadh en 2011 sont frappants.

Les analyses faites à propos des crues et des inondations dans notre pays mettent en évidence leur violence et leur spontanéité ainsi que leur survenance brutale après une période de sécheresse.

L'inondation ne peut être, dans le cas de la ville de Boufarik, qu'aléatoire ou accidentelle lors d'une crue produite par des pluies exceptionnelles, car elle se produit lorsque de l'eau en excès ne peut être évacuée par les voies naturelles (lits mineurs des cours d'eau) ou artificielles prévues cet effet (t réseaux d'évacuation des eaux pluviales).

Partant de ces considérations, le présent travail vise une étude de protection contre les inondations de la ville de Boufarik. Cette ville est située l'Est de la wilaya de Blida.

Notre étude s'articulera autour de quatre chapitres :

- **Premier chapitre** : Généralité sur les inondations, en distinguant la présentation des notions et concepts fondamentaux liés au risque d'inondation, le phénomène naturel générateur de ce risque, ces types et ces causes
- **Deuxième chapitre** : présente une étude de milieu physique
- **Troisième chapitre** : concerne le calcul hydrologique
- **Quatrième chapitre** : des aménagements de protection

# **Chapitre 01**

**Généralité sur les inondations**

## **I.I. Introduction :**

Les zones inondables sont soumises à différents types d'inondation dont les caractéristiques influencent le déroulement des crises et l'ampleur des impacts humains et économique.

Le Risque n'est pas le même sur les différents territoires exposés puisque ni l'aléa ni la vulnérabilité ne sont les mêmes, les crues surviennent de manière plutôt lente sur le bassin plat alors qu'elles se produisent de manière extrêmement rapide et brutale sur les bassins pentus aussi les inondations ne provoquent pas de catastrophes susceptibles de marquer les esprits.

Si les zones inondables n'étaient pas ou peu occupées par l'homme. Le but principal de ce chapitre est la présentation des notions et concepts fondamentaux liés ainsi que les enjeux et vulnérabilité.

## **I.II. Définition :**

### **I.II.I. Crue :**

Une crue terme plutôt hydrologique peut être définie comme l'augmentation plus ou moins brutale du débit ou le dépassement d'une certaine hauteur d'un cours d'eau, permanent ou non, due à une précipitation ou éventuellement à une autre cause (fonte de neige par exemple). Cette hauteur d'eau peut être qualifiée en fonction de sa durée de retour ; par exemple une crue décennale est une hauteur d'eau ou un débit qui a une chance sur dix de se produire chaque année.

Elle est caractérisée par quatre paramètres :

- Le débit.
- La hauteur d'eau.
- La vitesse d'écoulement
- La durée. [1]



**Figure I.1** : Schéma explicative sur la forme de crue [1].

### **I.II.II. Inondation :**

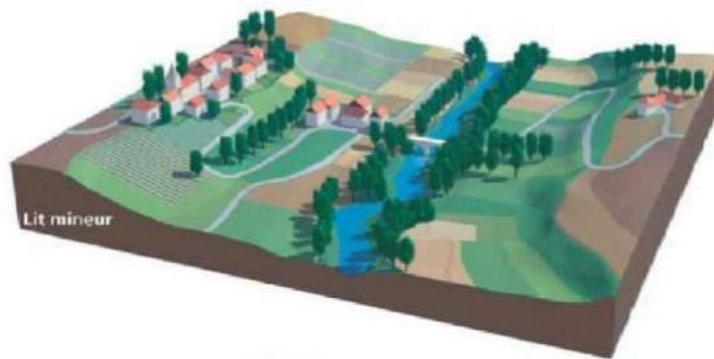
L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau. Le risque d'inondation est la conséquence de deux composantes : l'eau qui peut sortir de son lit habituel d'écoulement et l'homme qui s'installe dans l'espace alluvial pour y implanter toutes sortes de construction, d'équipements et d'activités. Au sens large les inondations comprennent les débordements d'un cours d'eau, les remontées de nappes, les ruissellements résultant de fortes pluies d'orages, les inondations par rupture d'ouvrages de protection (brèche dans les digues), les inondations estuariennes résultant de la conjonction de fortes marées, de situations dépressionnaires et de la crue de fleuve . [1]

### **I.III. Paramètres fondamentaux du cours d'eau :**

#### **a)- Lits du cours d'eau :**

**Le lit** : une rivière étant façonné par les eaux qu'il transporte on conçoit que ses dimensions soient fortement liées aux régimes hydrologiques :

- **Lit mineur** : qui est constitué par le lit ordinaire du cours d'eau, pour le débit d'étiage ou pour les crues fréquentes (crues annuelles comprise entre un an a deux ans).



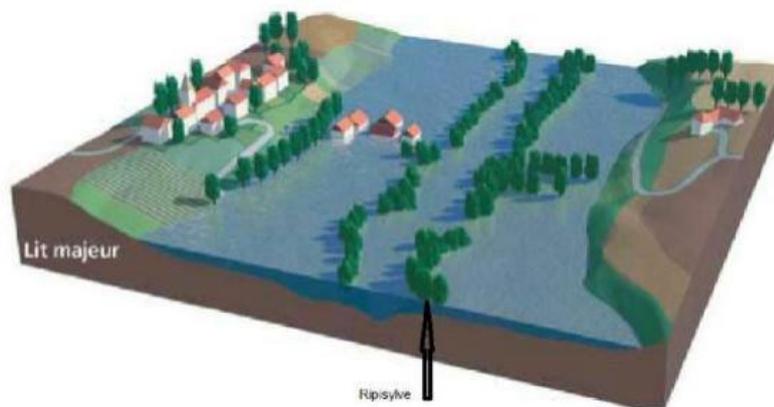
**Figure I.2 : Lit mineur**

- **Lit moyen** : Il correspond à l'espace fluvial ordinairement occupé par la ripisylve.



**Figure I.3 : lit moyen**

- **Lit majeur** : comprend les zones basses situées de part et d'autre du lit mineur, sur une distance qui va de quelques mètres à plusieurs kilomètres. Sa limite est celle des crues exceptionnelles dont la période de retour est de l'ordre de cent ans.



**Figure I.4 : lit majeur**

## b) Les types des inondations :

Ils existent au moins cinq types d'inondation :

- Les inondations des plaines
- Les inondations par crues torrentielles
- Les inondations par ruissellement, en secteur urbain ou rural
- Les inondations par remontées de nappes phréatiques
- Les inondations marines (surcoté marine)
- Les inondations par rupture d'une protection

Dans les quatre premiers cas, le phénomène générateur est la pluie .Dans le dernier, il s'agit de phénomène pour lequel l'action de la mer est le facteur principal déterminant la survenance des désordres.

### ❖ Les inondations des plaines :

Les crues de plaines (on parle aussi de crues fluviales) surviennent a la suite d'épisode pluvieux océaniques prolongés mais d'intensités modérée, s'abattant sur des sols ou le ruissellement est long à déclencher, le cours d'eau sort de son lit ordinaire pour occuper son lit majeur et l'inondation est caractérisée par une montée lente des eaux, le débordement du cours d'eau peut parfois être précédé de remontées des nappes phréatiques. La durée de submersion peut atteindre plusieurs jours à quelques semaines.

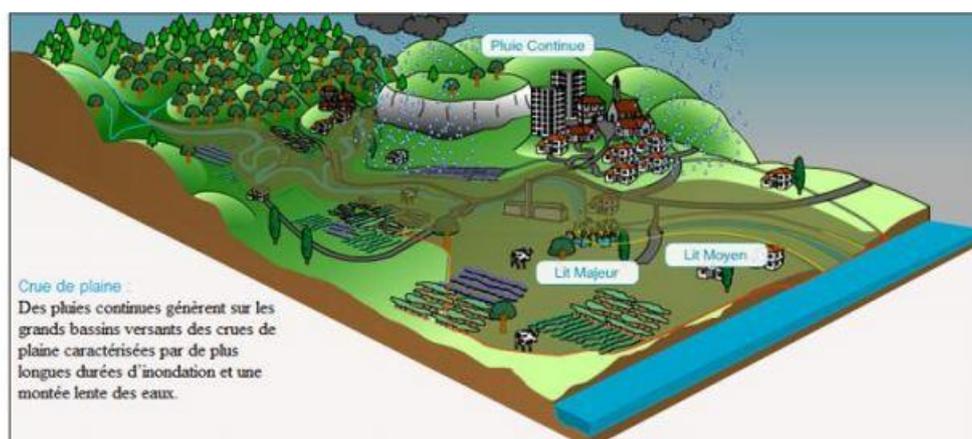


Figure I.5 : Inondation des plaines

### ❖ Les inondations par crues torrentielles :

Les crues torrentielles sont des phénomènes brusques et violents résultant d'épisodes pluvieux intenses et localisés, du type d'orages convectifs. Si la vitesse de montée des eaux est extrêmement rapide, la décrue l'est également. On parle aussi de crues éclairs pour désigner des crues torrentielles survenant de très petits bassins versants et se formant en quelques heures.

De manière un peu conventionnelle, on parle de crues torrentielles lorsque la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau tombant sur le point « hydrologiquement » le plus éloigné atteigne l'exutoire est inférieure à 12 heures (ou 24h pour certaines hauteurs).

Ces crues touchent principalement les zones de montagne, les crues d'eau du pourtour méditerranéen, mais aucun petit bassin au relief accentué, à forte capacité de ruissellement, n'est à l'abri.



**Figure I.6 :** Inondation par crue torrentiel

### ❖ Les inondations par ruissellement en secteur urbain :

Les inondations par ruissellement recouvrent des phénomènes physiques différents selon lesquelles se produisent en milieu rural ou urbain. Mais ces phénomènes caractérisent par leur soudaineté et leur courte durée, ce qui les rend peu prévisibles et difficilement maîtrisables en période de crise.

Les inondations par ruissellement concernent principalement les milieux urbanisés. Les pluies qui ne peuvent s'infiltrer et s'évacuer par les réseaux artificiels d'écoulement (Réseau d'assainissement superficiels et/ou souterrain) s'accumulent dans les points bas.

Le ruissellement pluvial urbain peut provoquer d'importantes inondations lorsque les chenaux d'écoulement ensuite urbain sont devenus insuffisamment dimensionnés après urbanisation et imperméabilisation des sols



**Figure I.7 :** Inondation dans un milieu urbain

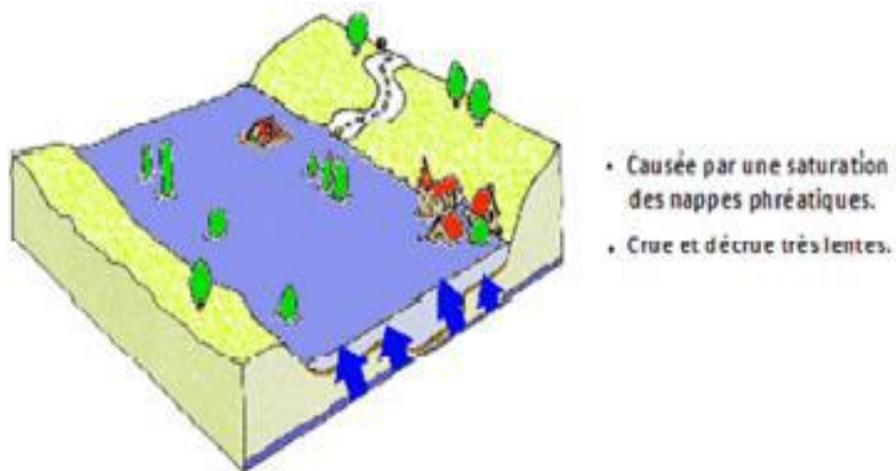


**Figure I.8 :** Inondation en secteur urbain

### ❖ Les inondations par remontées de nappe :

Lors des inondations survenues dans la vallée de la somme et des affluents. De vastes zones du plateau ont été soumises à des phénomènes de remontées de la nappe phréatique, dans la dépression dites « vallées sèches », dans les caves et sous-sol, entraînant de nombreux mouvements de terrain. Ces crues de la somme sont très lentes qui se développent sur plus de deux mois.

L'événement pluviométrique déclenchant s'analyse sur une longue période à partir d'une date conventionnelle de début de recharge des nappes jusqu'à l'apparition des désordres. Ces phénomènes étaient presque totalement méconnues (ou oubliés) jusqu'aux événements de la somme.



**Figure I.9 :** Inondation par remontées des nappes phréatiques

### ❖ Les coulées de boue :

Le terme de coulée de boue pose un phénomène délicat de définition car il est utilisé avec des acceptations très diverses. Dès l'origine, les arrêts de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre de la loi de juillet 1982 ont utilisé l'intitulé « inondation et coulées de boue », l'expression désignant dans la grande majorité des cas une eau chargée en particules fines, par opposition à une eau « claire ». Or, l'eau de la plupart des inondations, même celle des plaines, est toujours chargée en terre, en plus ou moins grandes quantités en fonction des sols du bassin versant et de lit majeur submergé.

### ❖ Inondation par rupture d'une protection :

L'inondation consécutive à une rupture de digue est un phénomène très brutal et d'autant plus dommageable que le site étudié est proche de la digue. Une rupture peut provoquer l'entrée d'un mur d'eau de plusieurs mètres de haut. Il est très difficile de prévoir la rupture d'un ouvrage de protection, ce qui rend la prévention de ce type d'accident particulièrement incertaine. [2]



**Figure I.10** : Inondation par rupture de protection

## I.IV. Mécanisme d'inondation :

### a) Les facteurs physiques qui influencent les inondations :

- Le régime des pluies
- Le relief
- La taille du bassin versant
- L'état des sols

### b) Les facteurs aggravants le risque d'inondation sont :

- L'usage et l'occupation des sols
- Aménagements de territoire
- Le manque d'entretien des cours d'eau.

## **I.V. Les causes et les conséquences des inondations :**

### **I.V.I. Les causes et les origines des inondations :**

#### **a) Origines naturelle :**

Elle correspond aux phénomènes météorologique et climatique tels que : pluies exceptionnelles, torrentielles, fonte de neige...etc. orages violents, pluies.

#### **b) Origines anthropiques directes :**

Implantations humaines inadaptées dans une plaine d'inondation ou une zone inondable ; dans le contexte urbain les surfaces imperméabilisées et dans le contexte agricole, l'imperméabilisation des sols due à une régression et dégradation des sols qui accélère le ruissellement et limite l'infiltration.

#### **c) Origines humaines indirectes :**

Sont liées aux modifications climatiques globales la pollution et le réchauffement climatique, émissions de gaz à effet de serre qui entraînent la fonte des glaciers et qui provoquent une montée du niveau des océans, et cours d'eau ou qui pourraient des cyclones plus intense. [3]

### **I.V.II. Les conséquences des inondations :**

Les inondations touchent presque tous les pays du monde avec des influences très différentes. L'aléa présente des impacts importants sur la société, les dommages qu'elle procure atteignent plusieurs secteurs : le secteur santé et vie, le secteur socioéconomique et le secteur environnement.

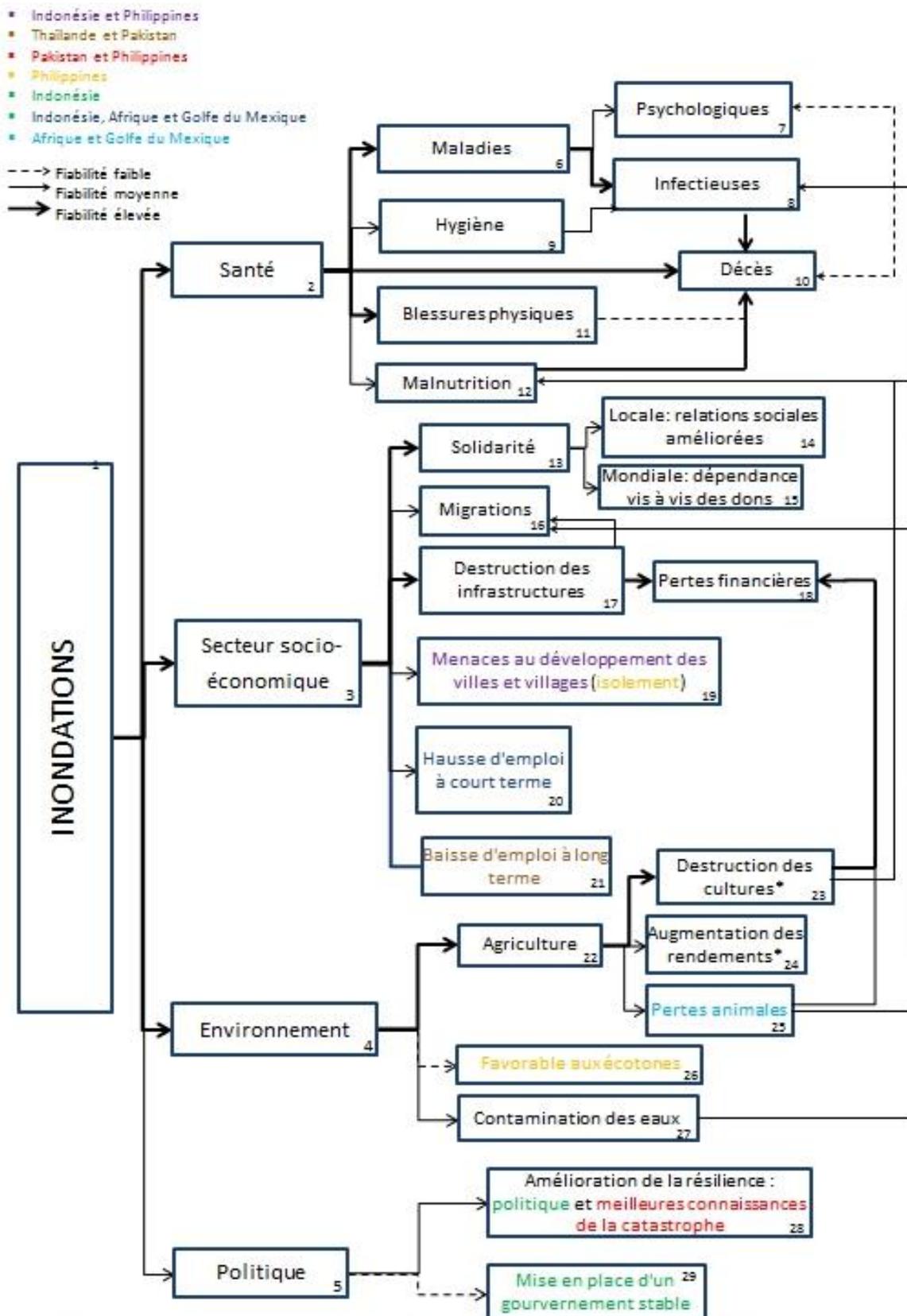


Figure I.11 : Les conséquences des inondations

## I.VI. Principaux paramètres nécessaires pour évaluer la catastrophe :

- La période de retour des crues
- La hauteur et la durée de submersion.
- La vitesse d'écoulement.
- La torrencialité du cours d'eau.

La possibilité d'apparition d'une crue dépend de nombreux paramètres autres que les Quatre précédemment cités, exemple : **répartition spatiale** et **temporelle** des **pluies** par rapport au bassin versant, évaporation et consommation d'eau par les plantes, **absorption d'eau** par le sol, **infiltration** dans le sous-sol ou ruissellement,...etc.

Les dégâts occasionnés par les inondations dépendent des paramètres suivants :

- La hauteur de submersion.
- La durée de submersion.
- Les vitesses d'écoulement.
- Le volume de matériaux solide transportés.
- L'érosion des berges. [3]

## I.VII. Les inondations en Algérie :

L'Algérie, comme la plupart des autres pays du monde, connaît épisodiquement des phénomènes de crues et d'inondation qui se manifestent de façon catastrophique. Constituant ainsi une contrainte majeure pour les activités et une entrave pour le développement économique et social. Au cours de la décennie écoulée, nous avons pu avoir les données de quelques inondations

Parmi lesquelles :

- Le 20 octobre 1993 (ouest algérien) : 22 décès et 14 blessés à OUEDRHIOU (à Chlef).
- Mois d'octobre 1994, des inondations ont été signalées dans plusieurs régions du pays, bilan 60 DCS et des dizaines de disparus au cours de dix jours d'inondations.
- Le 22 octobre 2000 : des inondations à l'ouest algérien, plus de 24 DCS

- Les 10 et 11 novembre 2001 : à BAB EL OUED (Alger), les pluies diluviennes ont fait 733 victimes, 30 000 personnes sans-abris et d'importants dégâts matériels.
- Le 1er octobre 2008 : des pluies diluviennes s'étaient abattues sur la région de Ghardaïa, Faisant dangereusement monter les cours d'eau. Au moins 33 personnes sont mortes, quatre-vingt-quatre personnes ont été blessées et près de 600 maisons détruites dans des Inondations très importantes.
- Le 09 octobre 2008 : dans la wilaya D'AÏN DEFLA, les intempéries ont causé six décès et Huit autres blessées parmi la population, suite à une inondation qui a surpris la région.
- La nuit du 12 octobre 2008 a été fortement pluvieuse, de 20h45mn à 23h35 mn, de pluie ont été enregistrée, surtout dans les localités de KHEMIS MILIANA et Sidi Lakhdar où la force de l'averse a fait que le revêtement bitumeux de la chaussée en certains endroits a été endommagé, de même que des habitations noyées par des eaux chargées de terre argileuse et de gravier. Des torrents de boue provenant des collines surplombant la ville de KHEMIS MILIANA ont envahi la majorité des quartiers. Même la voie ferrée n'a pas été épargnée par ces inondations.
- Durant ce mois d'Octobre 2008, d'autres crues et inondations sont signalées à Batna (450km au sud-est d'Alger) où deux personnes ont été emportées par les eaux d'oueds en crue à Bechar, région habituellement désertique et aride, situé à plus de 1.000 km au sud-ouest d'Alger, au moins huit personnes sont mortes noyées dans des inondations qui l'ont frappé mercredi et jeudi 15 et 16 octobre 2008.
- Le soir du 01 octobre 2011 a été fortement pluvieuse de P=60 mm la ville d'ELBAYADH, de 17h à 18h30 mn, Au moins 11 personnes sont mortes, et près de 170 maisons détruites, et deux ponts dans des inondations très importantes. [4]

<b>Wilaya</b>	<b>Nombre de constructions</b>	<b>Wilaya</b>	<b>Nombre de constructions</b>
Chlef	2248	Annaba	30 cités et quartiers
Laghouat	3083	Guelma	360
O.e.bouaghi	1999	Constantine	620
Batna	16261	Médéa	3075
Béjaia	500	Mostaganem	1633
Biskra	763	M'sila	1185
Bouira	1438	Oran	06 cités
Tamanrasset	1159	Boumerdés	561
Tébessa	17236	El tarf	2370
Tlemcen	375	Tissemsilt	1340
Tiaret	13	El oued	766
Alger	14545+quartiers merdja et baraki	Souk ahras	La plupart des communes
Djelfa	784	Tipaza	2710
Jijel	47(05 zones à risques très élevés)	Mila	1663
Sétif	1261	Ain defla	7772
Saida	976+09 cités	Naama	4924
Skikda	4009	Ain témouchent	14 zones jouxtant différents lits d'oueds

**Tableau I.1 : Habitations construites en zones inondables [4]**



**Figure I.12** : Inondation du 10/11/2001 à Bab El-Oued (Alger)



**Figure I.13** : Inondations en Algérie (Alger, 11/2001)



**Figure I.14** : Inondations en Ghardaïa (10/2008)

## I.VII. Procédés de protection des agglomérations contre les inondations :

### I.VII.I. Recalibrage du cours d'eau :

Le principe de recalibrage consiste à augmenter la débitante du lit mineur en augmentant la section d'écoulement par élargissement du lit ; approfondissement ou les deux.

Le recalibrage des cours d'eau est probablement l'un des types d'intervention les plus fréquemment réalisés. Ce type de travaux hydrauliques a été mis en œuvre très anciennement dans les zones urbaines et périurbaines, souvent accompagné d'endigements étroits, pour réduire la fréquence des inondations. Il a été utilisé de manière quasi systématique dans les zones rurales, particulièrement au cours des années (1950 - 1980), pour diminuer la fréquence de submersion des terres agricoles. Notons que le recalibrage d'un cours d'eau a souvent été couplé d'autre intervention telle que [4] :

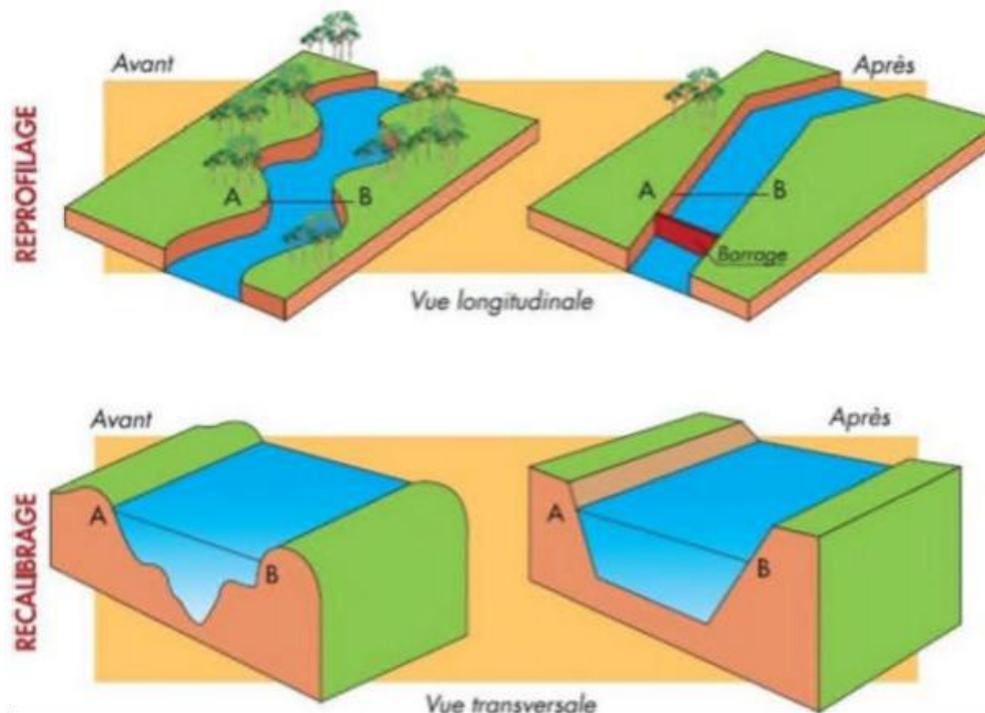


Figure I.15 : Recalibrage du cours d'eau

### **I.VII.II. La rectification du lit mineur :**

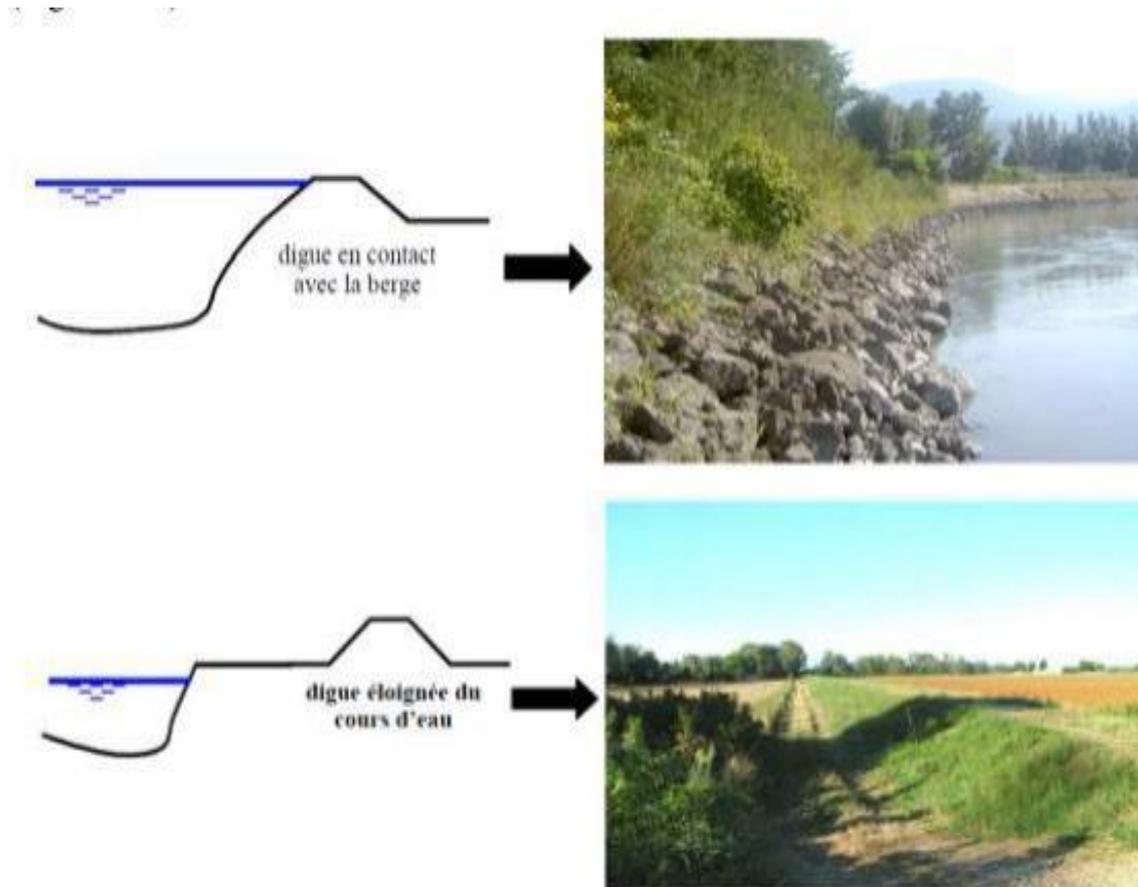
- La protection des berges contre l'érosion.
- La suppression de la ripisylve (systématique sur au moins l'une des deux berges).
- L'endiguement rustique (merlon réalisé avec les déblais du recalibrage).[4]

### **I.VII.III. Endiguement du cours d'eau :**

Une digue est une construction établie dans le but de contenir des eaux ou de se protéger de leurs effets. Cette définition est d'une portée générale et englobe tous les types de digues, existants. Les digues peuvent avoir deux fonctions principales : dériver l'eau et/ou canaliser ou protéger contre l'inondation. Ainsi, il existe deux grandes familles de digues :

#### **a) Les digues en charge en permanence :**

Une digue en charge en permanence est sollicitée en situation normale d'exploitation par la charge hydraulique. Ce cas correspond aux digues de navigation ou aux digues de dérivation pour certaines industries (hydroélectricité, nucléaire...). Les digues de navigation le long des canaux à grand gabarit sont relativement récentes et en bon état. Par contre, les digues de navigation le long des canaux de plus petit gabarit sont plutôt anciennes, une partie d'entre elles datant du 19<sup>e</sup> siècle. Les ouvrages sont donc Hétérogènes et assez mal connus des gestionnaires, et on note environ 10 ruptures par an, en moyenne, le long des 6700 km de canaux navigables. Les digues de navigation le long des Canaux présentent divers profils, selon la topographie du site.



**Figure I.16 :** Les digues en charge permanente

L'effet d'un endiguement est d'empêcher le débordement pour des crues dont les débits sont inférieurs à ceux de la crue de projet. Au-delà de ces débits, le débordement aura lieu, ses conséquences sont souvent accrues du fait de vitesses d'écoulement importantes où se produit la submersion.

#### **b) Les digues de protection contre les inondations :**

Les digues de protection contre les inondations sont des ouvrages dont au moins une partie est construite en élévation au-dessus du niveau du terrain naturel et destinés à contenir épisodiquement un flux d'eau afin de protéger des zones naturellement inondables. Les digues de protection contre les inondations constituent le deuxième grand type de Dignes. On trouve ces digues essentiellement le long des cours d'eau, parfois positionnées directement en contact avec la berge, ou éloignées de plusieurs mètres, ou plus (quelques Centaines de mètres). [5]



**Figure I.17 :** Digue de protection

Il s'agit d'aménagement longitudinal le long des berges qui sert à protéger de l'inondation des zones où sont présents des enjeux importants (habitations, zones commerciales, industriels)

#### **I.VII.IV. Reboisement :**

En plus de leur rôle à développer le volet écologique et touristique, les forêts ont un rôle considérable dans la conservation de sol et des eaux. Le volume intercepté de Pluies et non négligeable et contribue dans le ralentissement de la montée de crue et en Opposé on doit conserver les forêts existantes contre le déboisement (un fort accroissement de ruissellement a été observé après des coupes sélectives des forêts).

Le taux d'infiltration sous un couvert végétal naturel non modifié est généralement élevé et le ruissellement est un phénomène relativement rare sauf dans le cas de pluie exceptionnellement violente.

Au plan de la tenue des berges, un arbre peut jouer différents rôles selon, sa taille, sa position et son espace citons ici le platane qui tapisse la berge et la protège de l'érosion. [5]



**Figure I.18** : Aménagement des berges de l'oued contre le glissement (Halouche, 2007).

### **I.VIII. Conclusion :**

Une crue est un niveau inhabituel observé dans un cours d'eau, son intensité varie partialement et temporairement. Les conséquences qu'elle engendre en milieu naturel sont moindres tant qu'en milieu urbain, on ne peut jamais prévoir quelle ampleur peuvent atteindre les dégâts humains et matériels entraînés par les inondations qui se produisent. La problématique des inondations est particulièrement complexe à gérer.

La protection des agglomérations de ce type de catastrophe nécessite l'implication de plusieurs disciplines afin de déterminer les divers paramètres contribuant dans leur formation ainsi que les solutions appropriées.

# **Chapitre 02**

**Présentation de la zone d'étude**

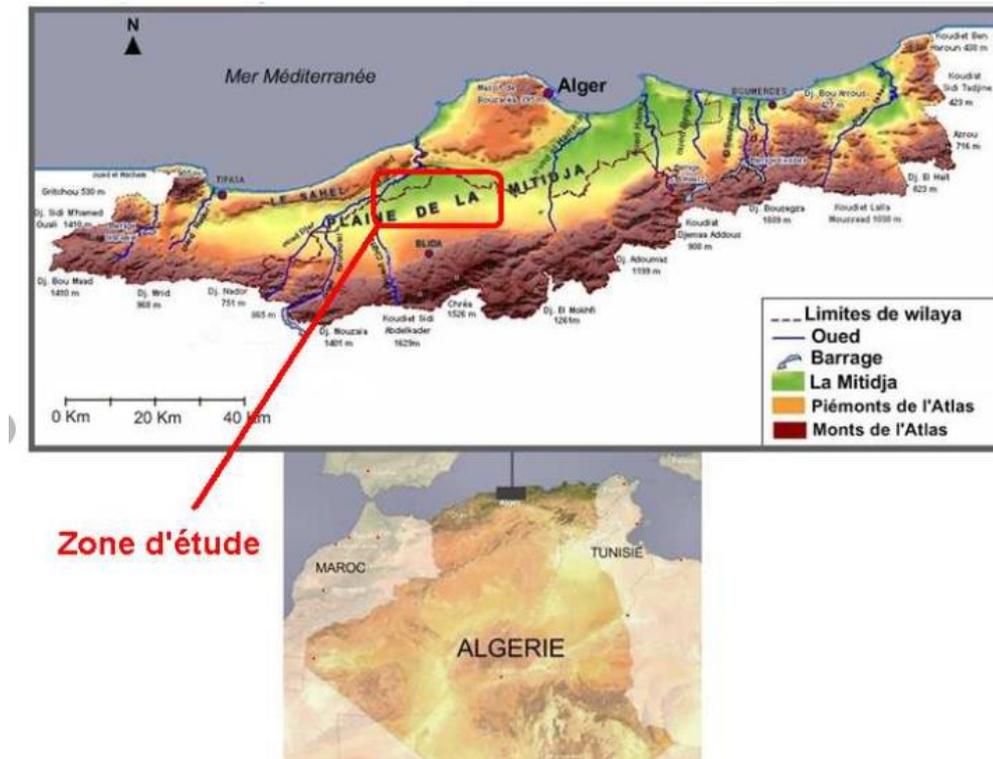
## **II.I. Introduction :**

Les inondations apparaissent avant tout comme un phénomène naturel résultant de l'évolution du niveau des eaux selon les saisons. Plusieurs éléments peuvent rendre ce phénomène naturel exceptionnel, voire même lui conférer un caractère de gravité au regard de l'atteinte aux personnes elles-mêmes ou aux biens. C'est ce type d'impact qui conduit à désigner comme catastrophes naturelles des inondations amplifiées par des causes naturelles ou par des circonstances liées à l'implantation des humains ou à leurs activités.

## **II.II. Présentation de la Mitidja :**

La Mitidja est une plaine du nord de l'Algérie, au sud de la ville d'Alger d'une superficie d'environ 1400 km<sup>2</sup> mesure environ 100 km de long sur 5 à 20 km de large. Elle est d'orientation est-nord-est/ouest-sud-ouest elle est limitée au nord par les collines du Sahel algérien et au sud par l'Atlas Blidéen elle a une altitude d'environ 50 mètres. Le climat est de type méditerranéen. C'est une riche plaine agricole (agrumes, vignobles, arbres fruitiers et fourrage). Les villes les plus importantes sont Blida et Boufarik.

Dès l'indépendance la région connaît un grand mouvement migratoire en provenance de toutes les régions du pays. En 1966, elle est la région la moins rurale de l'Algérie l'urbanisation de la plaine connaît par la suite une certaine stagnation jusqu'au début des années 1980, période à partir de laquelle les grands centres urbains connaissent un développement important, notamment Blida et Boufarik, touchées par une très importante croissance démographique ; de nouveaux centres urbains se sont créés autour des anciens douars et fermes coloniales. Cette expansion urbaine s'est faite au détriment des meilleures terres agricoles de la plaine. [6]



**Figure II.1** : La situation de la zone d'étude a Mitidja

### II.III. Présentation de la zone de Boufarik :

La ville de Boufarik est située au nord-est du chef-lieu de la wilaya de Blida d'une superficie estimée à 581 ha elle est située à 35 km au sud-ouest d'Alger et a 13 km au nord-est de Blida la commune de BOUFARIK est limitée par :

- TESSALA EL MERDJA (W. ALGER) au Nord.
- SOUMAA et GUERROUAOU au Sud.
- OULED CHEBEL (W. ALGER), CHEBLI, et BOUINAN à L'Est.
- BENKHELLIL et BENI MERED à l'Ouest.

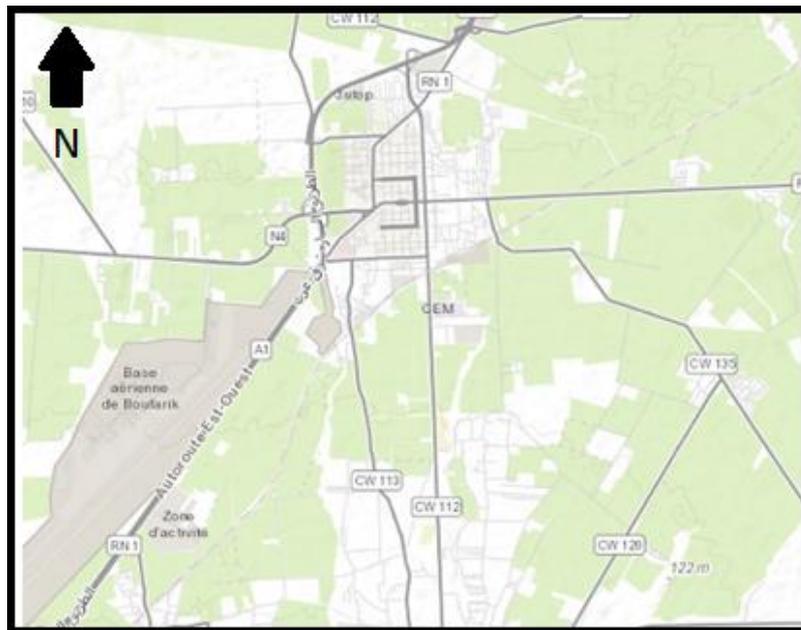


Figure II.2 : Localisation de la zone d'étude ville de Boufarik

#### II.IV. Évolution de population :

La démarche suivante a été appliquée en vue d'aboutir aux données démographiques nécessaires aux calculs des débits des eaux usées.

Lors du recensement de 2008 effectué par l'ONS la population totale de la commune du Boufarik a été estimée à 68,454 personnes avec un taux d'accroissement annuel de 2%. La population à un horizon donné est calculée grâce à la formule suivante :

$$P_n = P_0 \times \left(1 + \frac{T}{100}\right)^n$$

##### Avec :

P : la population à l'horizon voulu.

P<sub>0</sub> : la population de base.

n : nombre d'années, de l'année de base à l'horizon voulu.

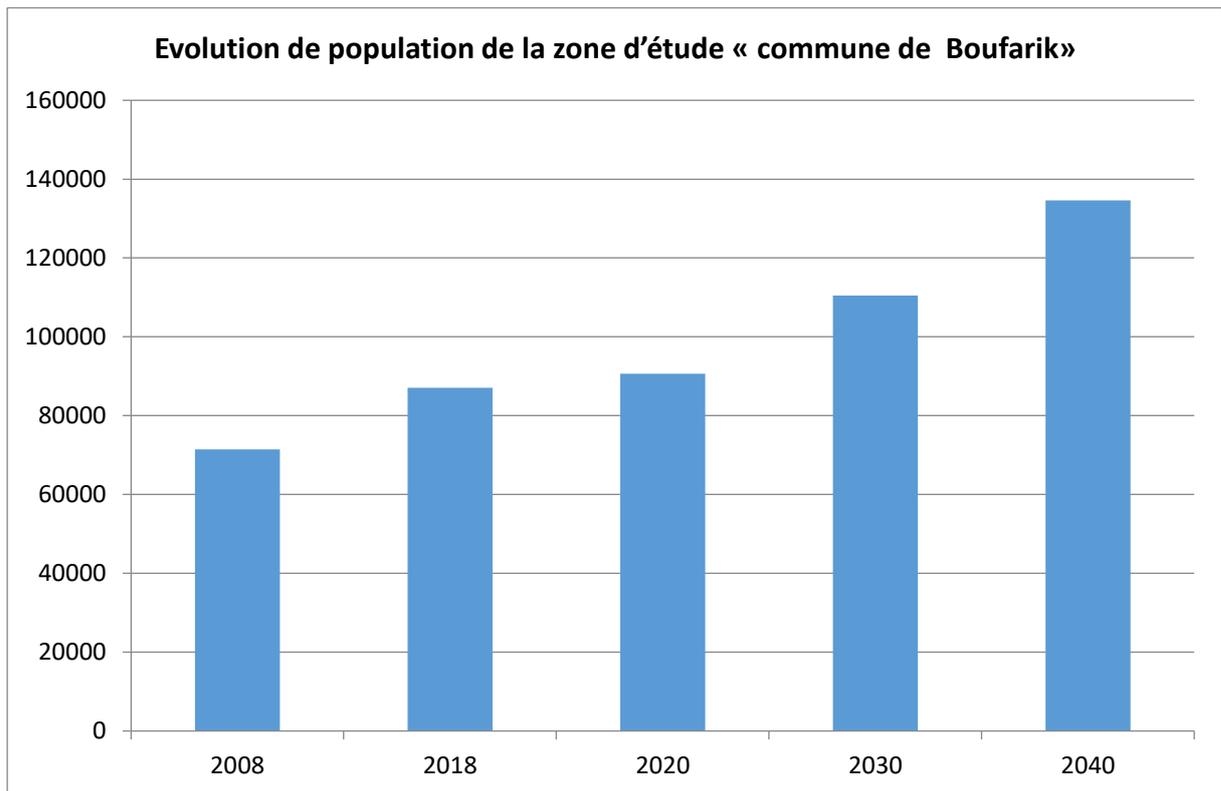
T : taux d'accroissement pris égal à 2.0.

Les résultats du calcul de nombre d'habitant pour des horizons différents, sont regroupés dans le tableau suivant :

Horizons	2008	2018	2020	2030	2040	2050
Population de Boufarik	71446	87092	90611	110454	134643	164129

Tableau II.1 : Évolution de la population pour la zone d'étude « Boufarik ».

L'évolution de la population est représentée dans le graphe suivant :



**Figure II.3 :** Évolution de population de la zone d'étude « Boufarik »

## II.V. Historiques sur les zones inondables de Boufarik :

Suite au plusieurs inondations qui ont été enregistré ces dernières années la presse algérienne a écrit et décrit la grandeur de ces inondation surtout au niveau de l'autoroute EST-OUEST parmi ces articles on peut citer :

- **Source Article ELWATAN 08-11-2010 :**

« Les fortes chutes de pluie enregistrées dimanche, aux premières heures de la matinée, ont provoqué des inondations et des dégâts matériels dans plusieurs régions du nord de l'Algérie, indiquent les différents rapports établis par les services de la protection civile.

Une soixantaine d'habitations du centre de Benchabane, dans la commune de Benkhellil (wilaya de Blida), ont été inondées suite à ces précipitations diluviennes, rapportent les mêmes sources, précisant que les eaux de l'oued Benchabane en crue ont immergé les habitations riveraines des berges de cet oued. Une vingtaine de familles exposées aux dangers des inondations ont ainsi été évacuées vers une école de cette localité par les agents de la protection civile. Dans cette wilaya, la route nationale 61, reliant Boufarik à Chebli a été coupée à la

circulation routière en raison des inondations au même titre que le CW 112 reliant Boufarik à Ben-Khelil (débordement de l'oued Benchabane »

- **Source Article ELWATAN 06/02/2015 :**

« L'état dans lequel se trouvent les avaloirs et bouches d'égouts de la commune est lamentable et plus qu'inquiétant. Tout le monde sait que la gestion de ces derniers est du ressort de la voirie et qu'il revient aux collectivités locales de prendre en charge le débouchage et le nettoyage. Il suffit d'un orage de 20 mn pour que la moitié de la ville de Boufarik soit inondée.

Ni le piéton, encore moins l'automobiliste ne sont à l'abri de ce problème qui est devenu un handicap majeur pour chaque citoyen lorsque qu'il pleut. En effet, les rues et ruelles de presque toute la ville sont remplies d'eau, surtout le bas-côté de la ville boulevard Bouguerra, ainsi que les versants gauche et droit où on constate une inclinaison de presque 4% vers la descente nord en allant vers Alger. Donc l'eau des pluies torrentielles qui s'abattent continuellement sur Boufarik, s'acheminent vers le bas et lorsqu'on sait que les avaloirs sont tous bouchés durant l'hiver, le décor est donc facile à deviner.

Les travaux laissés à moitié par les différents entrepreneurs (goudron très mal fini, trottoirs mal posés, des chaussées escarpées) font que les écoliers trouvent énormément de difficultés à traverser la route inondée afin d'aller vers leur école ou collège. « C'est infernal ! A chaque pluie, c'est toujours le même scénario qui se répète, tout Boufarik se noie. On se déplace difficilement dans cette ville », regrette un citoyen rencontré de bon matin sur un trottoir inondé.

En attendant la réaction des autorités concernées, la menace de violents orages et averses demeure réelle en cette période favorable aux intempéries qui sont à l'origine des inondations, parfois fatales. La commune de Boufarik en est potentiellement exposée dans certains endroits, s'accorde t- on à commenter »

Dans l'objet de localiser les zones inondables de la ville de Boufarik, une sortie a été effectuée le 12-09-2018 à 10 h en présence de service technique de l'APC, la subdivisions de la daïra de Boufarik, le bureau d'étude sarl AH2E (+ pièce jointe le PV de la sortie). [7]

## II.VI. Caractéristiques hydro climatologie de la région :

### II.VI.I. Le climat :

Nous prenons en compte dans notre étude les données de la station climatologique de Dar El Beida qui est les caractéristiques plus représentatives de la zone d'étude. La région est caractérisée par un climat chaud en été (souvent plus de 30°C) et humide en hiver. Juillet et août sont les mois les plus chauds.

En hiver, les températures les plus basses enregistrées sont en moyenne de 6°C. Il existe donc de grands écarts de température entre l'hiver et l'été. [8]

### II.VI.II. Les Températures :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tc°	11.0	11.8	12.8	14.6	17.6	21.2	24.3	25.2	23.2	19.4	15.3	12.1

**Tableau II.2 : températures moyennes mensuelles [8]**

Le gradient de température moyenne du mois le plus froid au mois le plus chaud varie, de 5.8° C à 31.1°C pour la région.

Les mois les plus chauds correspondent à juillet et août, la température moyenne est supérieure à 30°C. Les mois les plus froids sont enregistrés de décembre à février. Les moyennes du mois varient de 5.8 à 6.9 °C.

### II.VI.III. Ensoleillement :

La durée en heures d'ensoleillement a été mesurée à la station de Dar El Beida, les moyennes mensuelles sont données par le tableau suivant :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ensoleillement en heures	5.1	5.8	6.6	7.7	8.8	10.1	11.1	10.3	8.7	7.1	5.7	4.8

**Tableau II.3 : Durées(en H) moyennes mensuelles d'ensoleillement/jour [8]**

### II.VI.IV. Humidité de l'air :

Dans le tableau suivant sont mentionnées les valeurs de l'humidité de l'air mensuelle.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité en %	74.8	72.4	71.5	72.0	70.1	69.3	66.9	66.5	67.6	70.3	71.1	73.5

**Tableau II.4 : Humidités relatives mensuelles en % [8]**

**II.VI.V. Le Vent :**

Les vitesses du vent sont relativement modérées elles varient de 2.8 à 3.4 m/s.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vent en m/s	3.2	3.4	3.4	3.3	3.0	3.2	3.1	3,0	2.8	2.9	2.9	3.4

**Tableau II.5 :** vitesses du vent mensuelles en m/s [8]

**II.VI.VI. Évapotranspiration :**

L'évapotranspiration est un paramètre important du bilan hydrologique, le tableau suivant montre la répartition mensuelle de l'évapotranspiration dans la région.

	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
<b>ETP mm</b>	48.3	59.6	82.7	100.8	127.0	150.7	177.8	172.5	132.7	97.2	63.6	49.2	1262.1
<b>ETP %</b>	3.8	4.7	6,5	8,0	10.1	11.9	14.1	13.7	10.5	7.7	5.0	4.0	100

**Tableau II.6 :** L'évapotranspiration mensuelle calculée à partir de la formule de Penman [8]

**II.VII. Conclusion :**

À travers ce chapitre, nous avons montré les données concernant notre agglomération de point de vue géologique, géographique, lithologique, climatologique.

# **Chapitre 03**

## **Étude Hydrologique**

### III.I. Introduction :

Pour l'étude des précipitations, nous avons besoin d'une série pluviométrique qui comporte les précipitations maximales journalières pour la période la plus longue possible.

Nous prenons comme base de calcul la série pluviométrique de la station expérimentale de Boufarik la série à une période de fonctionnement de 1962 à 2007 qui a été fournie par Agence National Ressource hydraulique (ANRH. Blida).

L'analyse statistique des données pluviométriques consiste à déterminer les caractéristiques empiriques d'un échantillon d'une série d'observations de précipitations maximales journalières de 31 années.

Les caractéristiques de cette série sont représentées dans le tableau

### III.II. Étude pluviométrique :

La station de Boufarik	Code	X (Km)	Y (km)	Altitude (m)	Période d'observation
	021209	518.55	363.40	60.00	1975 - 2006

**Tableau III.1** : Identification de la station pluviométrique de BOUFARIK

La série pluviométrique enregistrée sur la période de 31 ans est présentée par le tableau suivant :

<b>P<sub>jmax</sub></b>	<b>Année</b>	<b>P<sub>jmax2</sub></b>	<b>Année2</b>	<b>P<sub>jmax</sub></b>	<b>Année</b>
38	<b>1962</b>	46	<b>1981</b>	27,7	<b>2000</b>
141,2	<b>1963</b>	33,4	<b>1982</b>	48,9	<b>2001</b>
51,7	<b>1964</b>	43	<b>1983</b>	28,4	<b>2002</b>
96,9	<b>1965</b>	51,9	<b>1984</b>	53,5	<b>2003</b>
44,2	<b>1966</b>	105,5	<b>1985</b>	49,3	<b>2004</b>
50,9	<b>1967</b>	128	<b>1986</b>	96,6	<b>2005</b>
44	<b>1968</b>	59,5	<b>1987</b>	37,8	<b>2006</b>
74,6	<b>1969</b>	59,3	<b>1988</b>	72,6	<b>2007</b>
138,6	<b>1970</b>	35,9	<b>1989</b>		
59,4	<b>1971</b>	45,4	<b>1990</b>		
50,2	<b>1972</b>	33	<b>1991</b>		
105,9	<b>1973</b>	28,2	<b>1992</b>		
76	<b>1974</b>	108	<b>1993</b>		
69,6	<b>1975</b>	51,2	<b>1994</b>		
46,1	<b>1976</b>	95,4	<b>1995</b>		
41,1	<b>1977</b>	41,1	<b>1996</b>		
36,1	<b>1978</b>	51,1	<b>1997</b>		
46	<b>1979</b>	45,5	<b>1998</b>		
65,3	<b>1980</b>	31,6	<b>1999</b>		

L'étude des précipitations joue un rôle très important surtout pour le choix du type du réseau d'assainissement à projeter.

Les rythmes pluviométriques sont méditerranéens caractérisés par une double irrégularité annuelle et interannuelle. La courbe annuelle des pluies se caractérise par un maximum très accusé en Novembre –Avril, les pluies en juin, juillet et août sont négligeables. Les pluies de printemps sont peu importantes, les orages d'été peu fréquents, mais brusques et violents provoquant des crues d'oued subites.

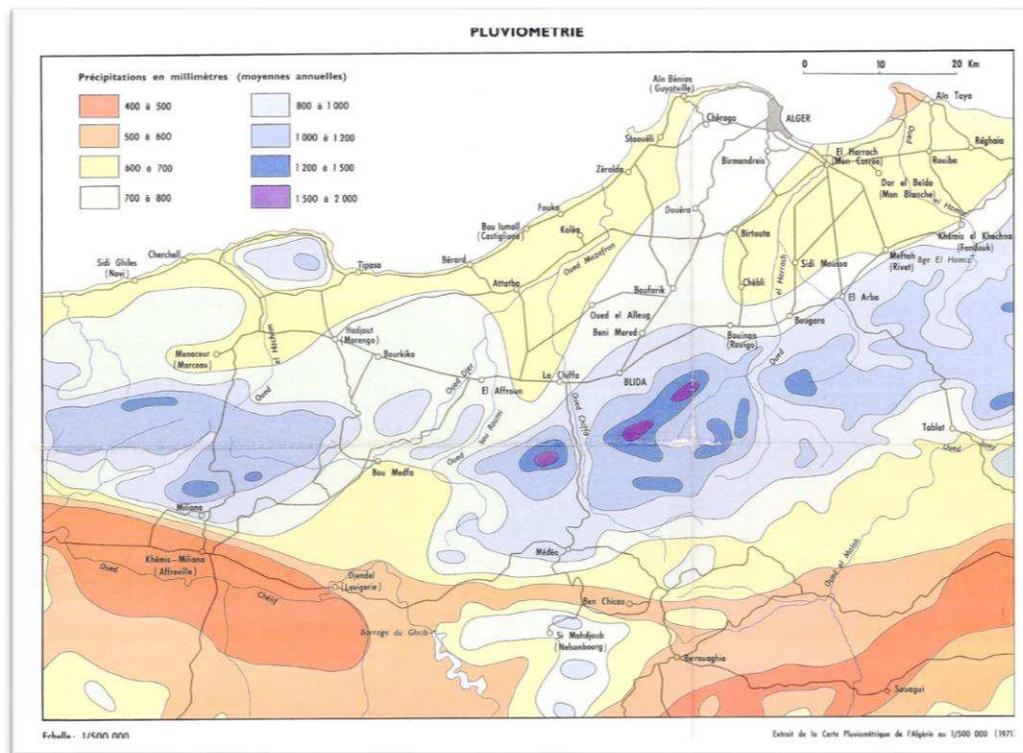


Figure III.1 : Carte pluviométrique d'Algérie

### III.III. Analyse statistique de la série pluviométrique :

#### III.III.I. Caractéristique empirique :

Le tableau suivant regroupe les résultats des caractéristiques de la série :

Caractéristiques	Valeurs
La moyenne des $P_{maxj}$ en (mm)	58.68 mm
L'écart type « $\sigma_x$ »	28.30 mm
Coefficient de variation « $C_v$ »	0,483
L'exposant climatique	0.38

Tableau III.2 : Caractéristique de la série pluviométrique de Boufarik

#### III.III.II. Choix de loi d'ajustement :

Il existe plusieurs lois d'ajustements, ces dernières ne peut-être appliquer à une série statistique si seulement si la série vérifier les conditions d'homogénéité.

Dans notre cas on va ajuster avec les deux lois suivantes :

- Loi de GALTON (log normale).
- Loi de GUMBEL.

### III.III.III. Calcul des paramètres pour chaque loi d'ajustement :

#### A. Ajustement par la loi de GALTON :

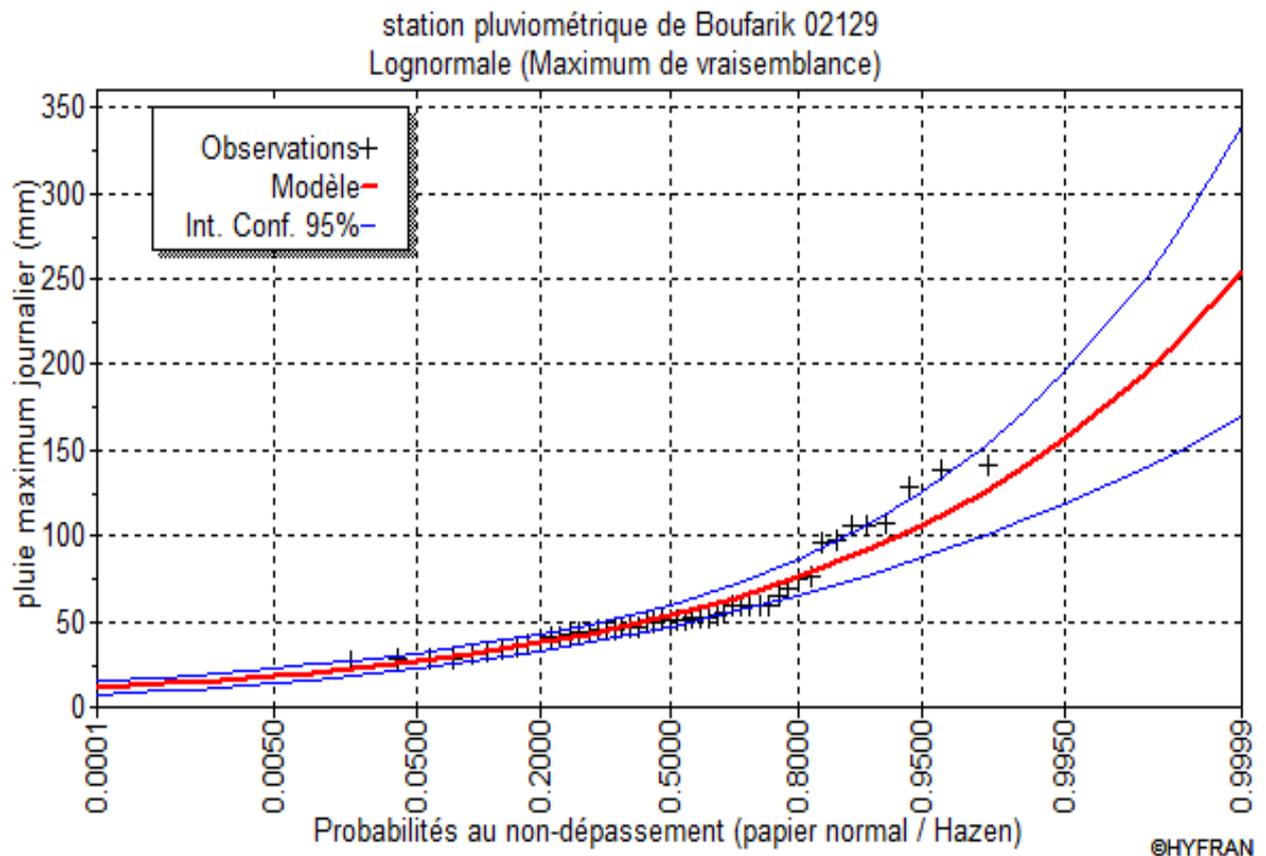
Les résultats de cet ajustement sont récapitulés dans les tableaux ainsi que le graphique de l'annexe.

#### B. Ajustement à la loi de GALTON :

Tous les résultats de l'ajustement sont réunis dans les tableaux et le graphique de l'annexe .

#### Remarque :

La série pluviométrique s'ajuste mieux avec la loi de GALTON.



**Figure III.2 :** Ajustement la série pluviométrique par la loi de Galton

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
<b>100</b>	0.99	142	16.4	109-174
<b>50</b>	0.98	126	13.4	100-153
<b>20</b>	0.95	106	9.83	87.2-126
<b>10</b>	0.9	91.4	7.42	76.9-106
<b>5</b>	0.8	76	5.31	65.6-86.5
<b>2</b>	0.5	53.5	3.2	47.2-59.7

**Tableau III.3 :** Résultats d'ajustement par la loi de Galton

### III.IV. Calcul de l'intensité de pluie :

L'analyse des pluies de courtes durées présente pour, l'ingénieur, un intérêt particulier pour le dimensionnement de réseaux d'assainissement des eaux pluviales.

La recherche de la loi Intensité - Durée - Fréquence s'effectue sur la base des enregistrements pluviaux-graphiques. En effet, à partir des dépouillements des pluies on calcule les quantités de pluies correspondantes à différents pas de temps (5mn, 15mn, 30mn, 1h, 2h, etc...).

Pour chaque durée fixée on sélectionne la valeur maximale par averse. On obtient ainsi une série de données pour chaque pas de temps sur toute la période dépouillée. Pour le calcul de l'intensité moyenne de précipitation nous utilisons la formule de MONTANARI :

$$I_{t_{15min.p\%}} = \frac{P_{max.j}}{24} \times \left(\frac{t}{24}\right)^{b-1}$$

**Avec :**

$I_{t_{15min.p\%}}$ : Intensité moyenne de précipitation pour une averse de fréquence (p%).

$I_{24,p\%}$ : Intensité moyenne de précipitation pour une journée de fréquence (p%) donnée.

**t** : durée de l'averse en heure,  $t=0.25h = 15 \text{ min}$  pour une période de retour de 10 ans.

**b** : exposant climatique de la région ( $b=0.38$ ),

Le calcul de  $I_{24,p\%}$  se fait suivant la formule suivante :

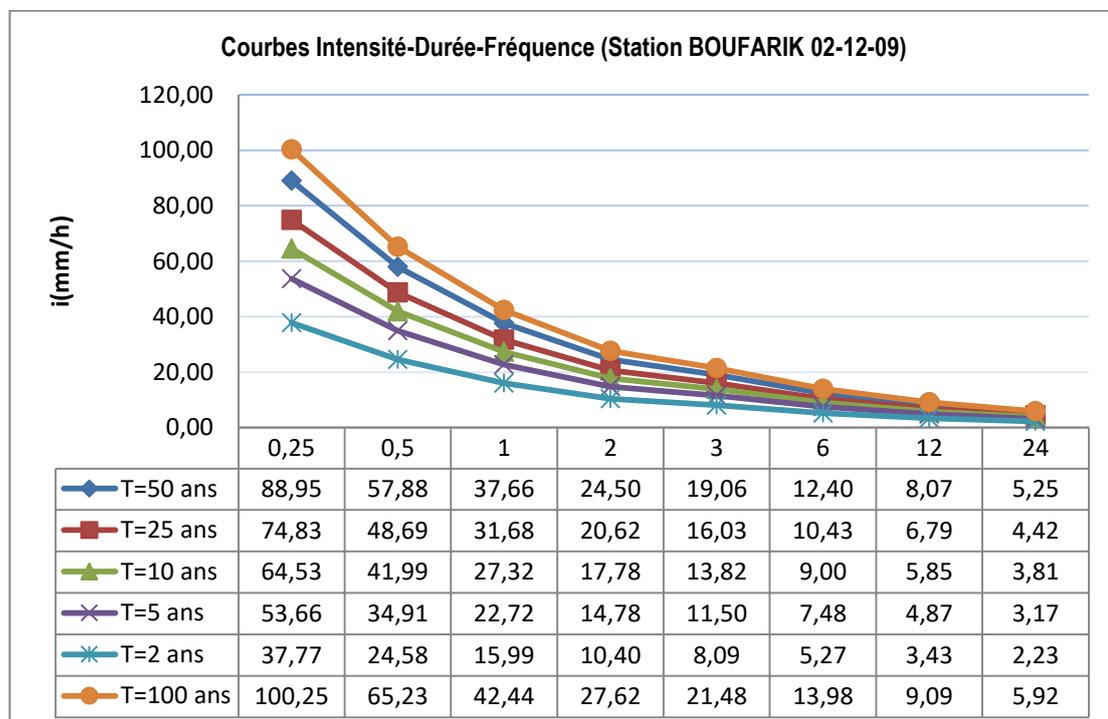
$$I_{24,p\%} = \frac{P_{max.j}}{24}$$

Les résultats du calcul d'intensité sont représentés dans le **tableau III.4** et les courbes I.D.F

Durée H	0.25	0.5	1	2	4	6	9	12	24
100 ans	100.2502	65.2299	42.4432	27.6166	17.9693	13.9751	10.8687	9.0932	5.9167
50 ans	88.9544	57.8800	37.6609	24.5048	15.9446	12.4004	9.6441	8.0686	5.2500
25 ans	74.8347	48.6927	31.6829	20.6152	13.4137	10.4321	8.1133	6.7879	4.4167
10 ans	64.5272	41.9860	27.3191	17.7757	11.5661	8.9952	6.9958	5.8529	3.8083
5 ans	53.6550	34.9118	22.7161	14.7807	9.6174	7.4796	5.8171	4.8668	3.1667
2 ans	37.7703	24.5761	15.9909	10.4048	6.7701	5.2653	4.0949	3.4260	2.2292

**Tableau III.4 :** Valeurs des intensités pour différentes périodes de retour et différents pas de référence.

« L'intensité projet prise en considération dans cette étude est celle de l'averse de 15 min avec une période de retour de 10 ans et qui est égale à 64.53 mm/h soit une intensité de **179.25 l/s/ha.** »



**Figure III.3 :** Courbes Intensité-Durée-Fréquence (Station de Boufarik).

Les précipitations de courtes durées sont caractérisées par la loi Intensité-Durée-Fréquence (IDF) qui est représentée par une courbe exponentielle décroissante dont

les coefficients a et b sont dits paramètres de Montana (relation (1)). Cette loi est très importante dans la détermination des débits de projets maxima.

$$I(t,T) = a(T)t^{-b} \quad (1)$$

I : intensité de pluie exprimée en mm/h

T : période de retour exprimée en années

t : temps exprimé en heures

« a » et « b » : paramètres de Montana

Les courbes IDF de l'ensemble des stations recueillies de la région d'étude ont été obtenues auprès de l'ANRH sans que les dates de début et de fin de mesures des pluies à ces stations ne soient précisées. Le tableau 5 présente la valeur des paramètres de Montana pour différentes périodes de retour pour ces stations.

Période de retour (ans)	Boufarik	
	a	b
2	15.99	0.62
5	22.71	0.62
10	27.31	0.62
25	31.68	0.62
50	37.66	0.62
100	42.44	0.62

**Tableau III.5** : Paramètres pluviométriques des stations

### III.V. La localisation des zones inondables :

Suite de la sortie effectuée par nous et BET en présence des représentants des services techniques de l'APC, la subdivisons de la daïra de Boufarik, huit zone inondable ont été localisé à savoir :

**III.V.I. Zone inondable N°1** : Route nationale N°4 au niveau de l'entrée principale de la base militaire de Boufarik

Vue au remblaiement des fosses de la RN04 au niveau de l'entrée principale de la base aérienne militaire de BOUFARIK, il a été constaté des inondations sur un 900 m linéaire sur la RN04 pendant les périodes des crues.



Figure III.4 : zone inondable 1



Figure III.5 : photos de la zone inondable N°1

Afin de protéger l'entrée de la base aérienne des inondations, le BET SARL AH2E propose de réaliser deux fosses qui drainent les eaux pluviales de la RN 04 vers l'influent de oued LAKHAL, ces deux fosses seront dimensionnées dans la phase d'exécution.

### **III.V.II. ZONE INONDABLE N°2 :**

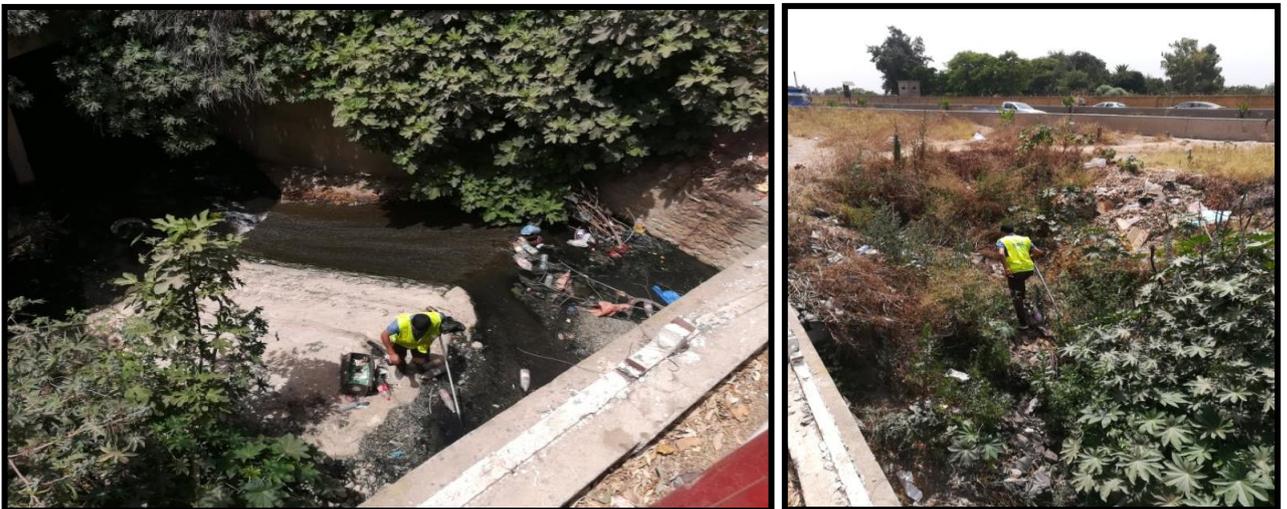
À l'entrée de la caserne militaire oued Karmis route vers GUEROUAOU suite au levé topographique réalisé par la brigade topographique du BET SARL AH2E . il a été

constaté un point bas au niveau de l'entrée de la caserne militaire (route de GUEROUAOU) qui draine un bassin versant important qui prend naissance de GUEROUAOU vers le point d'exutoire oued BOUAGHAB, cette crevasse à qui un point de stagnation des eaux pluviales qui vue son emplacement pourrai inondé d'une part la route de GUEROUAOU et de l'autre part l'autoroute EST-OUEST.

Il a été diagnostiqué un collecteur qui décharge les eaux pluviales en traversant l'autoroute mais sa capacité est insuffisante



**Figure III.6 : zone inondable N°2**



**Figure III.7 : photos de la zone inondable 02**

Pour permettre d'évacuer les eaux pluviales de ce bassin versant vers oued BOUAGHAB, on propose de réaliser un collecteur avec un diamètre adéquat qui débutera de la caserne et dirigera les eaux vers cet oued.



**Figure III.8** : collecteur en cour de réalisation zone inondable N°02

### **III.V.III. ZONE INONDABLE N°3** : Ancienne route nationale N°1

La zone inondable N°03 est localisée entre oued LAKHAL et l'ancienne route nationale N°1 (côté de L'ENERGA et la gare routière), cette zone est caractérisée par ces faibles altitudes qui engendrent des inondations dans la globalité de cette zone avec inondations au niveau de l'autoroute EST-OUEST.



**Figure III.9** : zone inondable N°03



**Figure III.10** : Photos de la zone inondable N °03

Le diagnostic de l'état actuel a démontré qu'il existe un collecteur en DN600 qui traverse l'autoroute qui est en état dégradé et partiellement bouché qui évacue les eaux vers la zone inondable N°04.

La solution technique proposé sera de drainé les eaux pluviales vers un canal qui se trouve dans la zone inondable 04.

### **III.V.IV. ZONE INONDABLE N°4** : Oued Fatis autoroute EST-OUEST central a béton

À cause de la construction du central de béton le canal des eaux pluviales a été remblai et fermé son exutoire qui a engendré des inondations au niveau de l'autoroute EST – OUEST et l'augmentation du niveau d'eau dans les deux zones inondable 03-04.



**Figure III.11:** zone inondable N°04



**Figure III.12 :** Photos de la zone inondable N°04

Pour éliminer les inondations au niveau des deux zones on propose de projeter un canal trapézoïdal qui sera raccordé vers oued LAKHAL.

### **III.V.V. ZONE INONDABLE N°5** : Autoroute Est Ouest au niveau de l'usine HAMOUD BOUALEM

Cette zone inondable a été générée par l'obstruction du collecteur des eaux de drainage de l'autoroute EST-OUEST par un remblai, et la construction au niveau du canal qui dirige les eaux vers oued LAKHAL



Figure III.13 : zone inondable N 05

Après analyse de la situation actuelle le BET propose de projeté un collecteur qui intercepte le rejet de drainage de l'autoroute et qui sera raccordée sur 115ml vers une chaaba existante qui diverse vers oued LAKHAL.

### **III.V.VI. ZONE INONDABLE N°6 : HAOUCH SAIDANI MAMMAR**

HAOUCH SAIDANI MAMMAR est localisé à 1km au nord de la RN04 (aéroport militaire de Boufarik), il est caractérisé par une traversée d'une cours d'eau, cette chaaba est bouché et fermé par des construction au niveau de son lit qui cause des inondations en période des crue.



Figure III.14 : zone inondable N° 06



**Figure III.15** : zone inondable N 06

Afin de permettre d'évacuer les eaux pluviales vers l'exutoire il est à préconiser de soit de démolir la construction citée en dessus ou de dévier le cour d'eau si c'est possible.

**III.V.VII. ZONE INONDABLE N°7** : Chaabat KANDI SUPER MARCHE BOUFARIK

La zone inondable N° 07 est localisée au niveau de l'autoroute EST-OUEST (KANDI SUPER MARCHE BOUFARIK) elle est caractériser par un fossé de draine les eaux de la partie sud de la zone d'étude vers l'oued LAKHAL.



**Figure III.16** : zone inondable N° 07



**Figure III.17** : Photos de la zone inondable N°07

Il a été constaté une stagnation des eaux d'oued LAKHAL et retour de ces eaux vers ce fossé, la solution proposée est de réaliser un collecteur ou un canal trapézoïdal avec un ouvrage de rejet.

### **III.V.VIII. ZONE INONDABLE N°8** : Lotissement Aidja

Le lotissement AIDJA est localisé dans la partie nord de la ville de Boufarik avec une superficie de 3.00Ha. il contient un réseau d'assainissement qui rejette les eaux usées et pluviales vers le collecteur DN 1200, qui est implanté sur la rive droite de oued LAKHAL, en période de crue le niveau d'eau dans l'oued LAKHAL augmentent qui engendre un retour d'eau dans le collecteur DN1200, et qui crée une zone inondable assez importante vue d'une part le retour d'eau du collecteur DN 1200 et d'autre part la topographie de la cité (point bas).



**Figure III.18** : zone inondable N°08



**Figure III.19** : Photos de la cité AIDJA

### III.VI. Étude des crues :

Les crues sont considérées comme des risques naturels contre lesquels il faut se protéger le réseau d'assainissement par la prévention et la prévision. La prédétermination du débit maximum probable a un intérêt socio-économique évident en raison des effets destructifs de ces cataclysmes hydrologiques.

Une crue est caractérisée par :

- Son débit Maximum
- Sa durée
- Son volume.

L'inexistence de cours d'eau naturelles à écoulement permanent dans le bassin étudié conduit à l'inexistence des stations d'observations hydrométriques au niveau de celui-ci.

Pour estimer les débits de crue des différents bassins versant obtenus par délimitation, on utilise la formule de la méthode rationnelle ci-dessous :

#### III.VI.I. Formule de la méthode rationnelle :

Le débit d'eau pluviale est calculé selon la formule rationnelle suivante :

$$Q_{\max} = \alpha * C * I * A$$

**Avec :**

$Q_{\max}$  : Débit maximal, en (m<sup>3</sup>/s)

$\alpha$  : coefficient correcteur de l'intensité des pluies

$I$  : Intensité (mm/h) pour une période de retour et une durée de références données.

**A** : Aire du bassin versant ( $\text{km}^2$ ), l'utilisation de cette formule pour les bassins versants inférieur à  $10 \text{ km}^2$

**C** : Coefficient de ruissellement

**C<sub>r</sub>** : coefficient de ruissellement donné par les tableaux ci-après

\* Le coefficient de ruissellement : Il est déterminé comme un facteur de contraction du débit, il est fonction de plusieurs facteurs dont les principaux sont :

La nature du sol ;

- La densité de la population ;
- La pente du terrain ;
- La densité d'occupation du sol ;
- La durée de pluie ;
- L'humidité de l'air.

Les tableaux suivants indiquent quelques valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de quelques facteurs d'influence.

<b>ZONE D'URBANISATION</b>	<b>COEFFICIENT DE RUISELLEMENT</b>
Zones d'habitation très denses	0.9
Zones d'habitation denses	0.6 à 0.7
Zones d'habitation moins denses	0.4 à 0.5
Quartiers résidentiels	0.2 à 0.3
Squares, jardins, prairies	0.05 à 0.2

**Tableau III.6:** Coefficient de ruissellement en fonction des catégories du zone d'urbanisation

<b>DENSITE DE POPULATION (hab/ha)</b>	<b>COEFFICIENT DE RUISELLEMENT</b>
20	0.20
30 à 60	0.20 à 0.25
60 à 150	0.25 à 0.30
150 à 200	0.30 à 0.45
200 à 300	0.45 à 0.60
300 à 400	0.60 à 0.80

**Tableau III.7:** Coefficient de ruissellement en fonction de la densité de la population

DENSITE DE POPULATION (hab/ha)	COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT
Surfaces totalement couvertes	0.90
Pavages à larges joints	0.60
Voies non goudronnées	0.35
Allées en gravier	0.20
Surfaces boisées	0.03

**Tableau III.8 :** Coefficient de ruissellement en fonction des caractéristiques des zones d'influences

### III.VI.II. Méthode Crupédix :

La méthode Crupédix a été développée en France par le Ministère de l'Agriculture il y a près de 40 ans suite à une analyse statistique de 630 bassins versants de moins de 2000 km<sup>2</sup>. Elle vise à approcher la valeur d'une caractéristique statistique à partir de descripteurs des bassins versants. Elle propose ainsi une estimation du débit de pointe maximal annuel décennal à partir de caractéristiques géomorphologiques (a minima la surface du bassin versant) et climatiques (a minima un quantile de pluie extrême)<sup>1</sup>. Sa formulation s'écrit :

$$Q_{10} = R \cdot \left( \frac{P_{j10}}{80} \right)^2 \cdot S_{BV}^{0.8}$$

Où :

- $Q_{10}$  : Débit instantané maximal annuel décennal en m<sup>3</sup>/s ;
- $P_{j10}$  : Pluie journalière maximale annuelle décennale en mm ;
- $S_{BV}$  : Superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>.

#### a) Évaluation du débit centennal à partir du débit décennal de la formule Crupédix :

On obtient le débit centennal à partir de la corrélation :

$$Q_{100} = b' \times Q_{10}$$

avec :  $1,4 \leq b' \leq 4$

Le paramètre  $b'$  est dépendant de la superficie du bassin versant :

- Jusqu'à 20 km<sup>2</sup>, b' est déterminé en appliquant la formule rationnelle (calcul de Q<sub>10</sub> et Q<sub>100</sub> comme si la formule rationnelle était applicable) ;
- Au-delà de 20 km<sup>2</sup>, b' est déterminé à partir des données provenant des cours d'eau jaugés sur des bassins versants représentatifs à proximité du projet, Tenant compte des données observées dans la région, nous avons pris b' = 4
- Le coefficient régional R varie selon la nature du sol,
  - R = 0,2 pour des terrains perméables
  - R = 1,5 à 1,8 pour des terrains imperméables
  - R = 1 pour des terrains intermédiaires,
- Tenant compte des données des cours d'eau jaugés dans la région nous avons pris R = 1

### b) Évaluation du débit QT de période de retour T :

L'évaluation d'un débit de période de retour T compris entre 10 et 100 ans peut être obtenue par la formule suivante en admettant que la répartition statistique des valeurs observées suive la loi de Gumbel :

$$Q_T = Q_{10} + \Delta Q((y/2,3)-1)$$

$$\text{Avec : } \Delta Q = Q_{100} - Q_{10}$$

$$y = (-\ln (-\ln (1 - 1/T)))$$

$$\text{Si } T = 20 \text{ ans } y = 2,97$$

$$\text{Si } T = 30 \text{ ans } y = 3,38$$

### III.VI.III. Formule de transition

Cette formule peut être justifiée dans la mesure où le débit décennal fourni par la formule rationnelle peut être parfois plus de 2 fois supérieure à celui fourni par la formule Crupédix.

Le débit fourni par la formule de transition s'écrit :

$$Q_{(T)} = \alpha \cdot Q_{R(T)} + \beta \cdot Q_{C(T)}$$

Où :

→  $Q_{(T)}$  : Débit de projet de temps de retour T ;

→  $Q_{R(T)}$  : Débit fourni par la formule Rationnelle, temps de retour T ;

→  $Q_{C(T)}$  : Débit fourni par la formule Crupédix, temps de retour T ;

→  $\alpha, \beta$ : Coefficients de pondération avec  $\alpha = (50 - S_{BV})/40$  et  $\beta = 1 - \alpha$ .

L'utilisation de cette formule est valable pour la surface des bassins versants compris entre 10 à 50 km<sup>2</sup>

### III.VI.IV. Calcul du temps de concentration

Le calcul des débits de projet requiert l'évaluation du temps de concentration du bassin versant ( $T_c$ ) soit le temps le plus long que met une goutte d'eau du bassin versant pour atteindre l'exutoire.

Le temps de concentration peut être estimé selon plusieurs formules comme celles de Ventura, Passini, Giandotti et Kirpich, chacune ayant son propre domaine de validité d'application. La formule de Kirpich, plus adaptée aux terrains accidentés, est privilégiée surtout pour les petits bassins versants.

Le temps de concentration estimé par ces formules est applicable pour des événements fréquemment observés (1 dans 10 ans) et est minoré pour des événements de plus rare récurrence.

TEMPS DE CONCENTRATION $T_c$	
Formule	Critère (domaine d'application)
Kirpich	$S_{BV} < 0.8 \text{ km}^2$
Ventura	$S_{BV} < 5 \text{ km}^2$
Passini	$5 \text{ km}^2 < S_{BV} < 25 \text{ km}^2$
Giandotti	$25 \text{ km}^2 < S_{BV} < 400 \text{ km}^2$

**Tableau III.9 :** Méthodes de calcul du temps de concentration  $T_c$

<b>TEMPS DE CONCENTRATION <math>T_c</math></b>	
Dénomination	Formule et domaine d'application
Kirpich	$T_c = 0,0003246 \frac{L^{0,77}}{i_{BV}^{0,385}} * \frac{1}{60}$ Si $S_{BV} < 0,8 \text{ km}^2$
Ventura	$T_c = 0,127 \sqrt{\frac{S_{BV}}{i_{BV}}}$ Si $S_{BV} < 5 \text{ km}^2$
Passini	$T_c = 0,108 \frac{\left( S_{BV} \frac{L}{1000} \right)^{\frac{1}{3}}}{i_{BV}^{\frac{1}{2}}}$ Si $5 \text{ km}^2 < S_{BV} < 25 \text{ km}^2$
Giandotti	$T_c = 4 \frac{\left( S_{BV} + 1,5 \frac{L}{1000} \right)^{\frac{1}{2}}}{0,8 H_{BV}^{\frac{1}{2}}}$ Si $25 \text{ km}^2 < S_{BV} < 400 \text{ km}^2$

**Tableau III.10** : Formule de calcul du temps de concentration

### III.VII. Délimitation des sous bassin :

En général, un sous bassin est l'aire sur laquelle toute pluie qui tomberait en n'importe quel point de cette surface se trouverait en un même point qu'on appellera exutoire.

Donc les sous bassins élémentaires sont considérés comme des surfaces d'influences, à l'amont de chaque ossature du réseau. Le découpage de ces surfaces s'effectuera suivant les conditions naturelles du relief et urbanistique comme :

- ✓ Les courbes de niveaux
- ✓ Les routes et voiries existantes
- ✓ Les limites naturelles telles que : oueds, talwegs, collines etc...
- ✓ En fonction de la nature du terrain

De façon à respecter les conditions de validité des méthodes d'évacuation des débits.

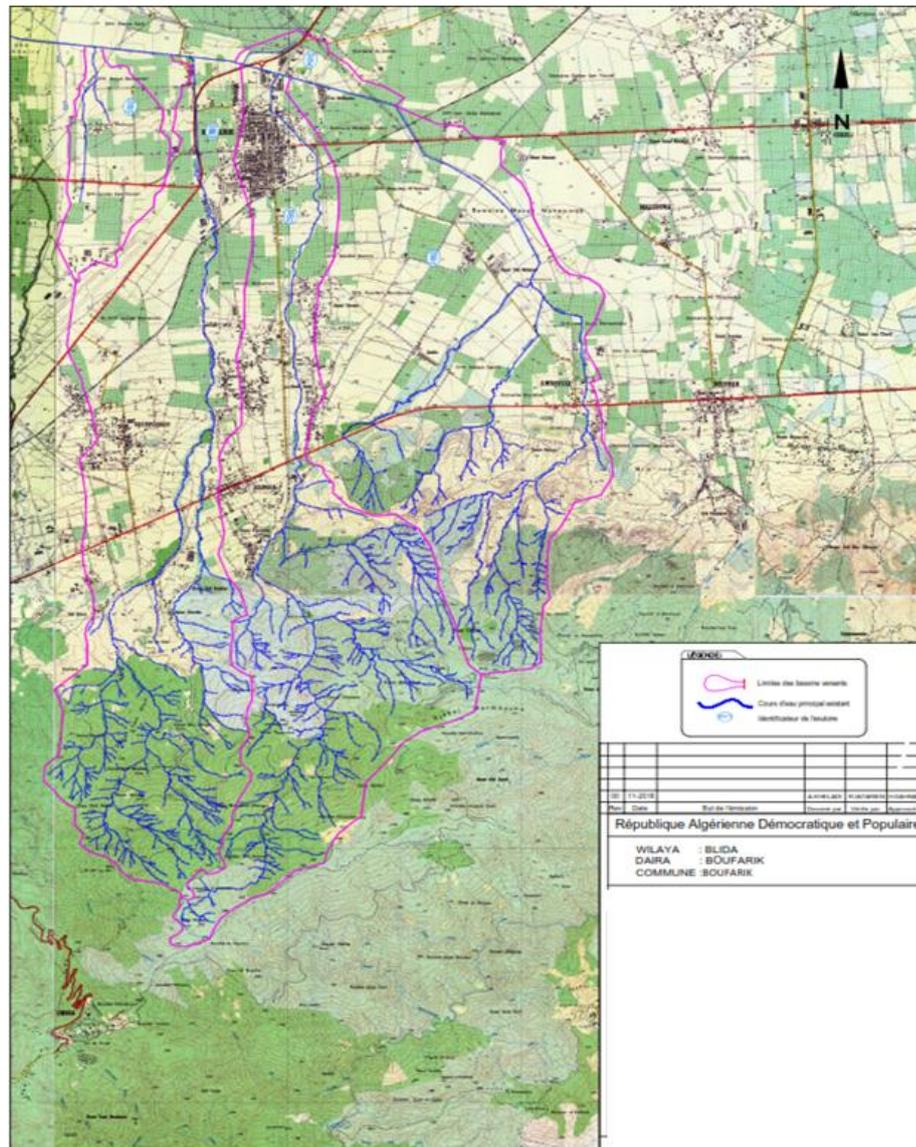


Figure III.20 : Délimitation des bassins versants de la zone d'étude

BV	Oued	Surface (Ha)	Longueur (m)	H <sub>max</sub> (m)	H <sub>min</sub> (m)	H <sub>moy</sub> (m)	Différence (m)	Pente (%)
1	Oued Lakhal	3361	12685.86	943.00	40.00	451.50	903.00	7.12
2	Oued Chemla	3060	18846.40	1469.00	35.05	716.98	1433.95	7.61
3	Oued Karmis	3310	17370.94	1424.00	26.00	699.00	1398.00	8.05
4	Oued Fatis	139.00	1026.34	43.00	29.24	6.88	13.76	1.34
5	Chaaba	479.00	2928.81	87.20	20.64	33.28	66.56	2.27
6	Oued lakhal&chemla	6421	18846.40	1469.00	35.05	716.98	1433.95	7.61

Tableau III.11 : caractéristiques physiques des bassins versant (Boufarik)

### III.VII.I. Évaluation des débits par sous bassin :

En général, un sous bassin est l'aire sur laquelle toute pluie qui tomberait en n'importe quel point de cette surface se trouverait en un même point qu'on appellera exutoire. Pour notre projet, l'aire d'étude comporte 05 bassins versants repartis sur la zone d'étude (commune de Boufarik).

N° BV	Tc	Formule Tc	Cr (-)	i10 ans	i50 ans	i100 ans	Méthode	Q <sub>10</sub> ans	Q <sub>50</sub> ans	Q <sub>100</sub> ans
/	(h)			(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	Débit	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
1	2.48	Giandotti	0.3	15.54	21.43	24.14	Transition	47.64	54.40	57.51
2	2.35	Giandotti	0.3	16.07	22.16	24.97	Transition	44.00	51.53	55.01
3	2.32	Giandotti	0.3	16.21	22.35	25.19	Transition	47.70	54.86	58.17
4	1.29	Ventura	0.3	23.29	32.11	36.19	Rationnelle	2.70	3.72	4.19
5	1.84	Ventura	0.3	18.69	25.77	29.04	Rationnelle	7.46	10.29	11.59
6 (SB1&2)	2.90	Giandotti	0.3	14.1	19.5	21.9	Crupedix	54.69	75.5	84.77

**Tableau III.12** : Résultats du calcul de débit des crues en différentes périodes de retour

### III.VIII. Conclusion :

L'établissement de ce chapitre a pour but de définir toutes les zones inondable et ainsi calculer tous les paramètres hydrologique (le choix d'ajustement, la période de retour, l'intensité, le débit) pour pouvoir réaliser un aménagement adéquat a la situation de la zone.

# **Chapitre 04**

**Étude de variantes**

#### IV.I. Introduction :

Un aménagement hydraulique comporte différents ouvrages unitaires de nature diverse tel que (barrages, ouvrages de dérivation, etc.), interconnectés entre eux par d'autres ouvrages linéaires de liaison (canaux à ciel ouvert, collecteurs enterrés, etc.). Plusieurs variantes peuvent être envisagées pour la protection de la zone de Boufarik contre les inondations.

#### IV.II. Variante N°1 :

Cette variante consiste à projeter des aménagements au niveau des deux oueds importants à savoir Oued BOUCHEMLA et oued Lakhal avec un bassin de rétention. Ce qui concerne les huit zones inondables le BET AH2E propose une solution technique pour chaque zone.



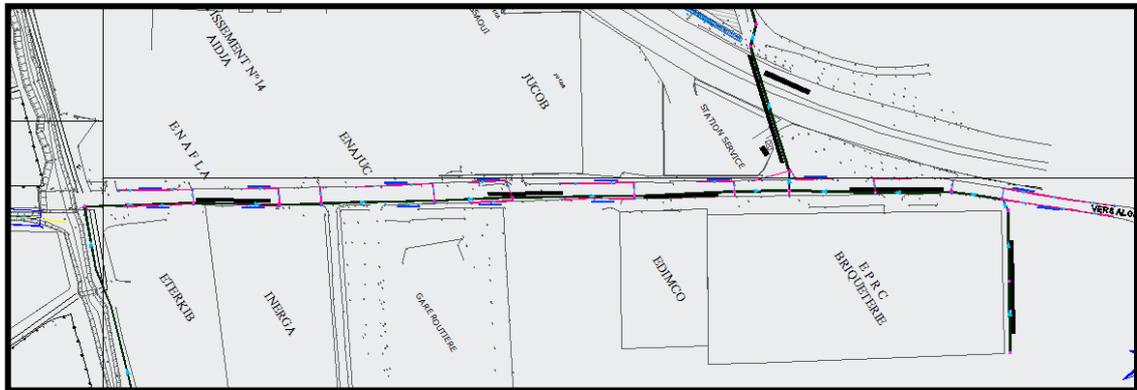
**Figure IV.1** : plan de la variante 01 de la protection de la ville de Boufarik contre les inondations.

##### a) Zone inondable N°1 :

Route nationale N°4 au niveau de l'entrée principale de la base militaire de Boufarik. La solution proposée est de projeter la route nationale N°04 par deux fossés : le premier a les dimensions 1.20m x 0.60m et le deuxième a les dimensions 0.50m x 0.50m sur un linéaire de 980m.



trouver la solution technique pour sécuriser cette zone, des sorties sur terrain ont été effectuées en présence des services concernés et cette solution consiste à projeter 47 avaloirs de type grilles qui seront raccordés vers le collecteur CP1 de la nouvelle ville Bouinane DN1000 qui est raccordé vers la STEP BEN KHELIL avec la projection d'un trop plein vers le canal de drainage de l'ONID en amont de la STEP.



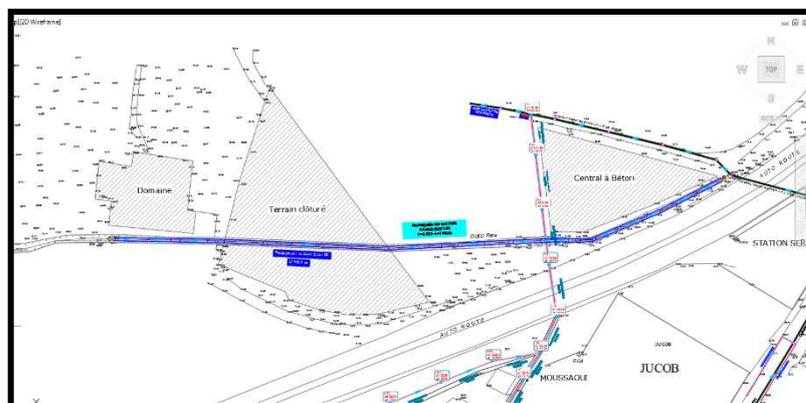
**Figure IV.4 :** Vue en plan de la variante de zone inondable 03

#### d) Zone inondable N°4 :

Oued Fatis autoroute EST-OUEST central à béton

Suite à la construction d'un show-room, la chaabat existante a été fermée et déviée de son lit, ce qui a engendré des inondations au niveau de l'Autoroute Est Ouest, la solution proposée est de créer un canal rectangulaire de dimension 2.0x1.2 qui débitera de la central à béton vers la chaabat qui déverse vers l'oued LAKHAL sur un linéaire de 448m.

Suite à la réunion au niveau de la DRE de BLIDA il a été décidé de respecter le tracé initial de l'oued avec la traversée du show-room en dalot de dimension 2.0 x 1.2 sur 118ml (tracé naturel de l'oued).



**Figure IV.5 :** Vue en plan de la variante de zone inondable 04.

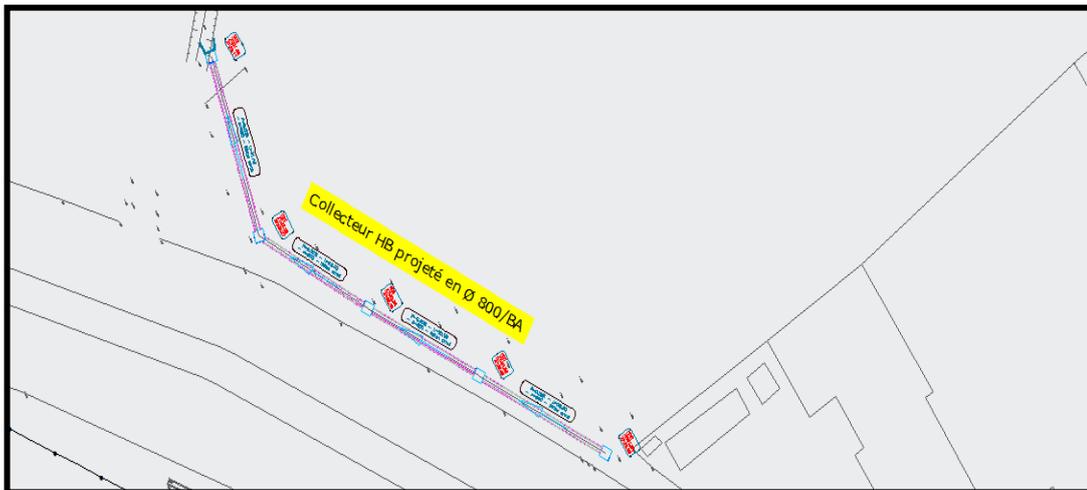
### e) Zone inondable N°5 :

Autoroute Est Ouest au niveau de l'usine HAMOUD BOUALEM

Cette zone inondable a été générée par l'obstruction du collecteur des eaux de drainage de l'autoroute EST-OUEST par un remblai, et la construction au niveau du canal qui dirige les eaux vers oued LAKHAL.

Après analyse de la situation actuelle le BET propose de projeter un collecteur DN800 qui intercepte le rejet de drainage de l'autoroute et qui sera raccordée sur 115m vers une chaaba existante qui dirige vers oued LAKHAL.

**NB :** Un collecteur en DN800 a été réalisé par la DTP qui dirige les eaux directement vers oued LAKHAL. (Un autre tracé du collecteur réalisé par la DTP)



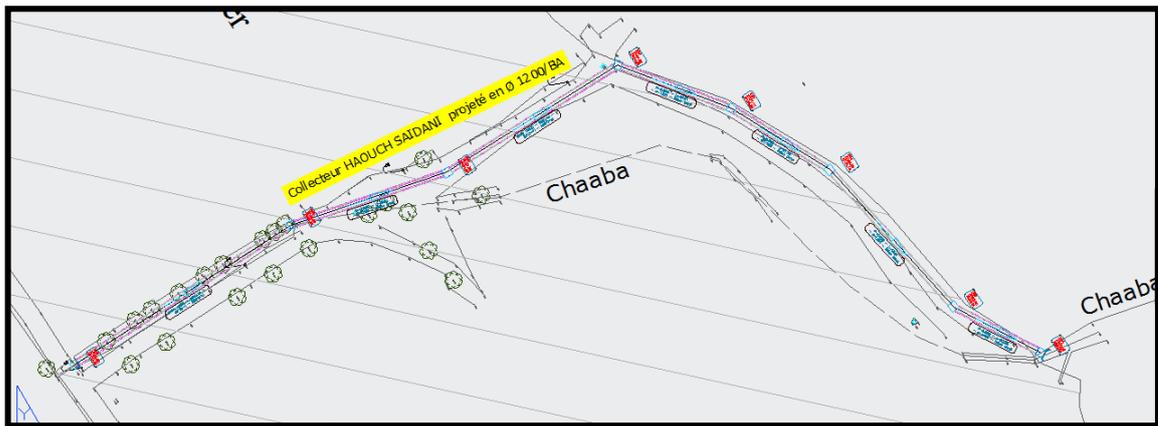
**Figure IV.6 :** Vue en plan de la variante de zone inondable 05

### f) Zone inondable N°6 :

HAOUCH SAIDANI MAMMAR

Afin de permettre d'évacuer les eaux pluviales vers l'exutoire il est à préconiser de soit de démolir la construction citée en dessus ou de dévier le cour d'eau si c'est possible.

La variante 01 proposé est de réaliser un collecteur en DN1200 et de dévier la chaabat sur un linéaire de 270m, 07 regards et un ouvrage de rejet.

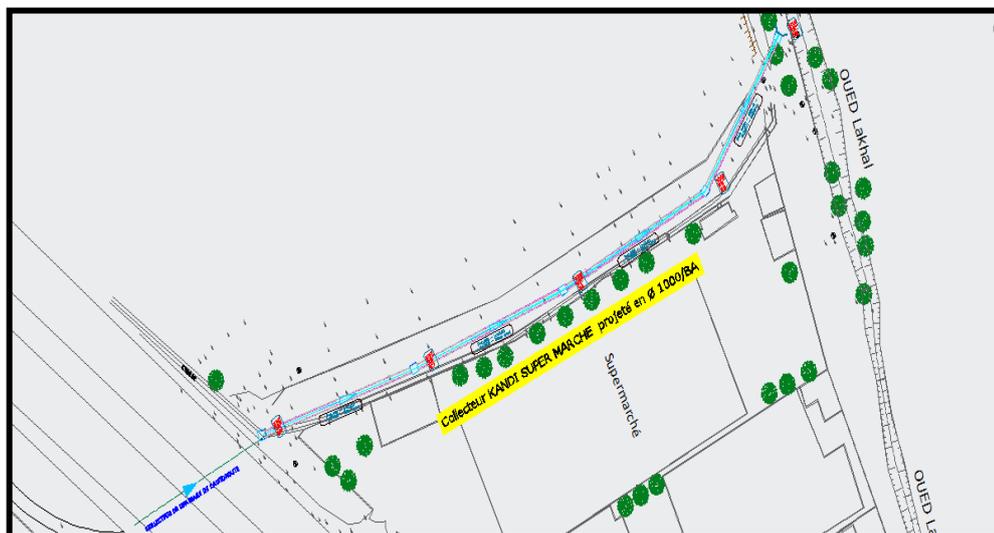


**Figure IV.7 :** Vue en plan de la variante de zone inondable 06

### **g) Zone inondable N°7 :**

Chaabat KANDI SUPER MARCHÉ BOUFARIK

La variante proposée est de réaliser un canal en béton de dimension 1.20x0.6 sur un linéaire de 175ml avec un ouvrage de réception et un ouvrage de rejet.



**Figure IV.8 :** Vue en plan de la variante de zone inondable 07

### **h) Zone inondable N°8 :**

CITE AIDJA

D'après la séance de travail effectuée le 24-02-2019 au siège de la daïra de BOUFARIK et en présence des représentants de l'APC, la Daïra, SUB/DRE, ONA et Mr AIDJA propriétaire de terrain entre la central a béton et le show-room il a été décidé ce qui suit :



- un dalot de dimension 2@4.00x1.50 sur un linéaire de 855m qui débutera à partir du lotissement BOUCHEBRI jusqu'à le point de raccordement de Oued Lakhal.

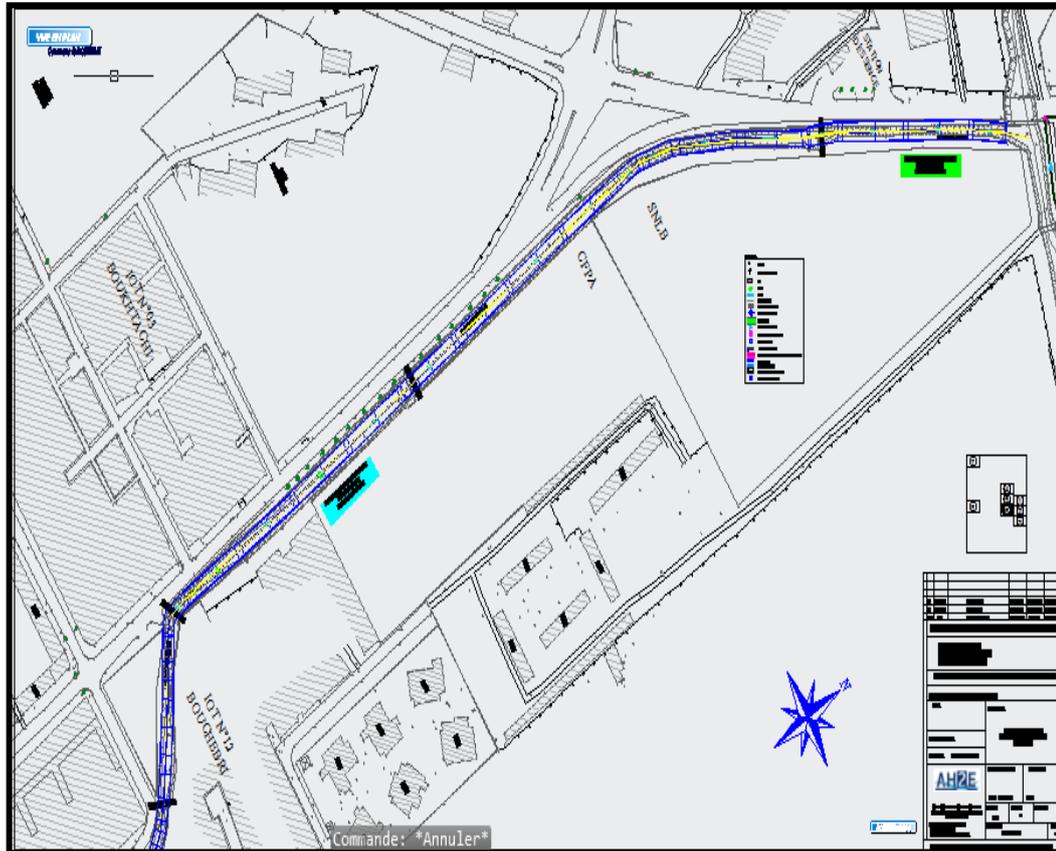


Figure IV.10 : Vue en plan de la variante de l'aménagement d'oued BOUCHEMLA

### j) Aménagement d'oued LAKHAL

Oued Lakhal est un oued artificiel qui draine les eaux pluviales, il traverse la ville de Boufarik, dans cette variante on a proposé de canaliser l'oued en trois parties.

Le partage de l'aménagement de oued Lakhal est comme suivant :

- 1<sup>er</sup> partie : un canal trapézoïdal en béton armé à ciel ouvert de dimension (Dim : 8.0x1.60) /pente des talus 1/1 sur un linéaire de 852m qui débutera à partir de l'entrée de ville de Boufarik jusqu'au EX-RN01.
- 2<sup>ème</sup> partie : un dalot de dimension 2@5.00x2.00 sur un linéaire de 548m qui débutera à partir EX-RN01 jusqu'à l'intersection de autoroute EST-OUEST
- 3<sup>ème</sup> partie : un canal à ciel ouvert de dimension Dim : 10.0x1.80/pente des talus 1/1) sur un linéaire de 505m qui débutera à partir de l'intersection d'autoroute EST-OUEST jusqu'au rejet de collecteur de HamoudBoualem

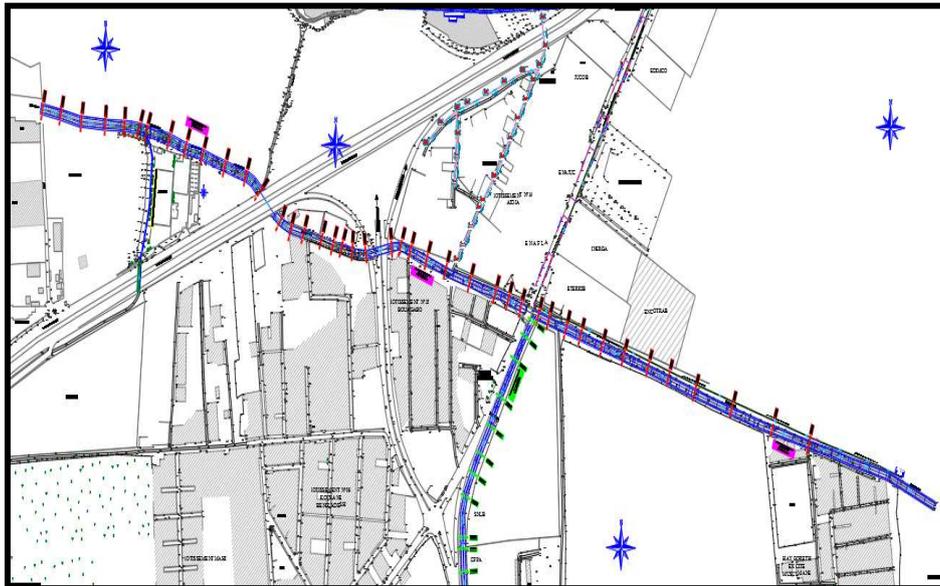


Figure IV.11 : Vue en plan de la variante 01 de l'aménagement d'oued LAKHA

#### IV.III. Variante N°2 :

Dans le cadre de l'étude de protection de la ville de Boufarik contre les inondations une deuxième variante a été élaboration afin de permettre de choisir la variante optimale du pont vue technico-économique.

Cette variante consiste a projeté des aménagements au niveau des deux oueds importants à savoir Oued BOUCHEMLA et oued Lakhal avec un bassin de rétention.

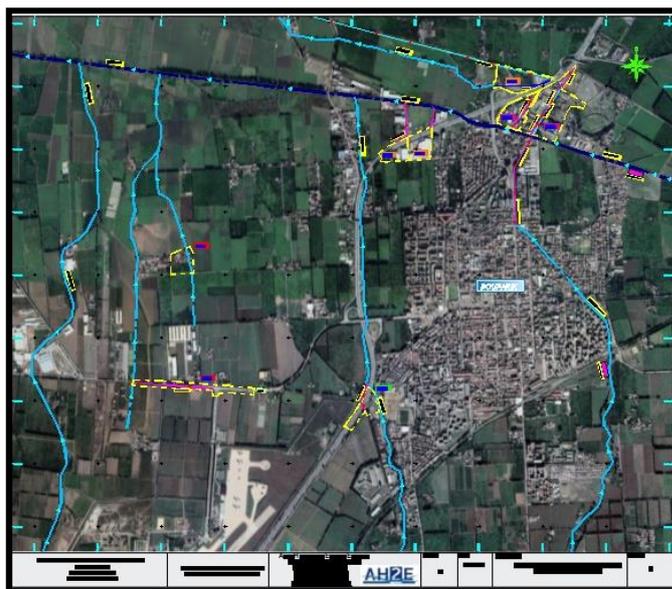
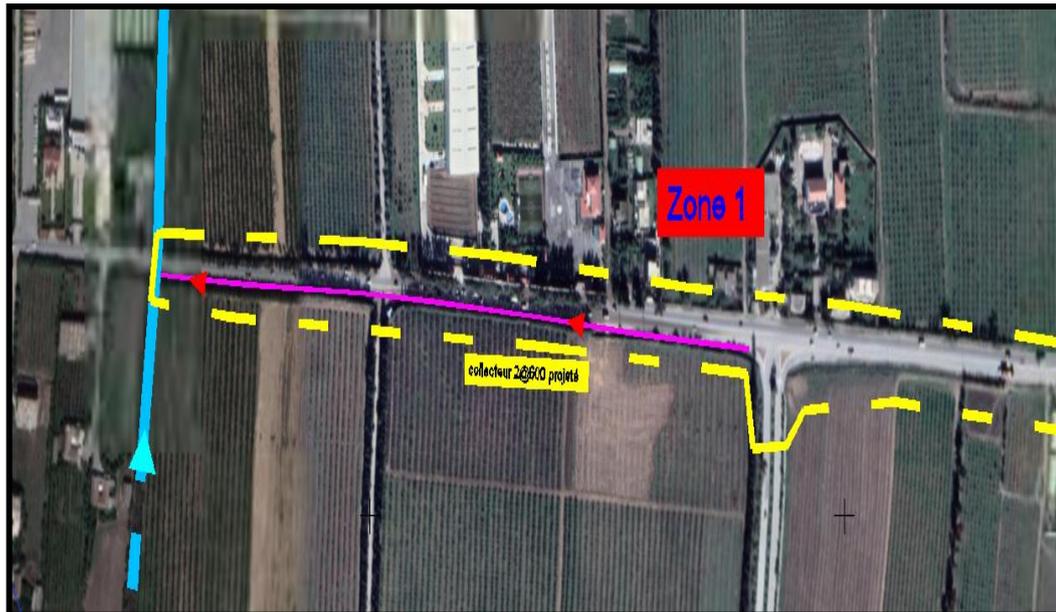


Figure IV.12: plan de la variante 02 de la protection de la ville de Boufarik contre les inondations

**La variante 02 se compose de :**

**a) Zone inondable N°1 :**

Route nationale N°4 au niveau de l'entrée principale de la base militaire de Boufarik la solution proposer est de projeté un collecteur en 2x600 le long de la route nationale N°04 dans un seul cotés sur un linéaire 980ml avec projection des avaloirs du part et de d'autre de la RN04.



**Figure IV.13 :** Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 01

**b) Zone inondable N°2 :**

À l'entrée de la caserne militaire oued Karmis route vers GUEROUAOU

Le drainage des eaux de la zone inondable N02 dans cette variante consiste a projeté un collecteur en DN1200 qui traversera par fonçage l'autoroute est-ouest sur 45 ml et qui longera l'autoroute pour se raccordera vers oued KARMIS sur un linéaire total de 260ml avec la projection de 09 regard et un ouvrage de rejet.

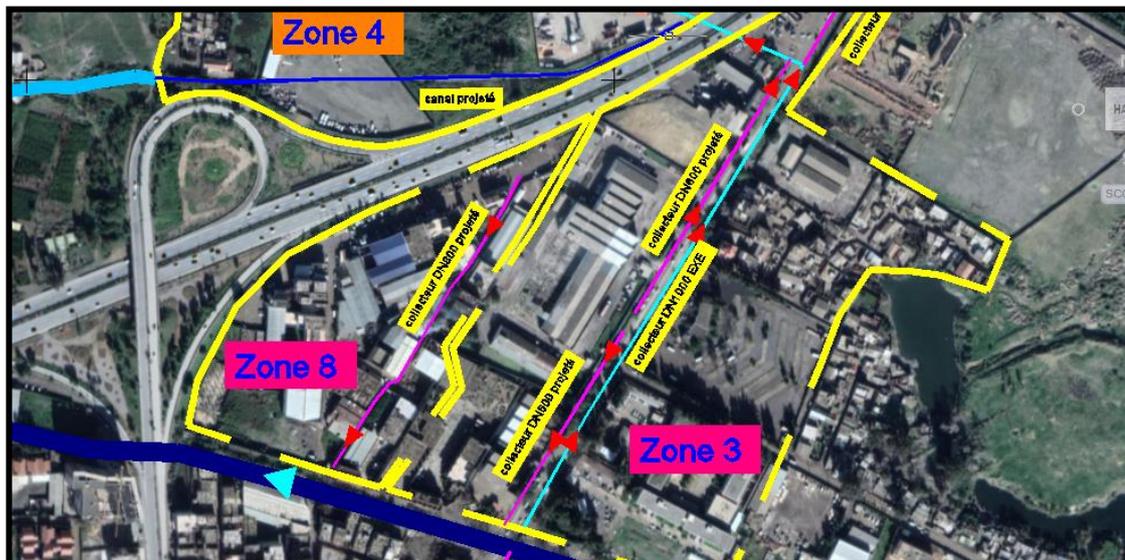


**Figure IV.14 :** Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 02

### c) Zone inondable N°3 :

Ancienne route nationale N°1

Le principe de la variante 02 de la zone inondable 03 est de partager le drainage des eaux pluviales en deux parties la première partie consiste à projeter un collecteur de 200ml en DN600 qui sera implanté sur l'EX RN01 au niveau de la gare routière vers le point de rejet oued Lakhal, la deuxième partie comprend à projeter un autre collecteur qui sera raccordé vers le collecteur des eaux usées CP1 sur un linéaire de 305ml.

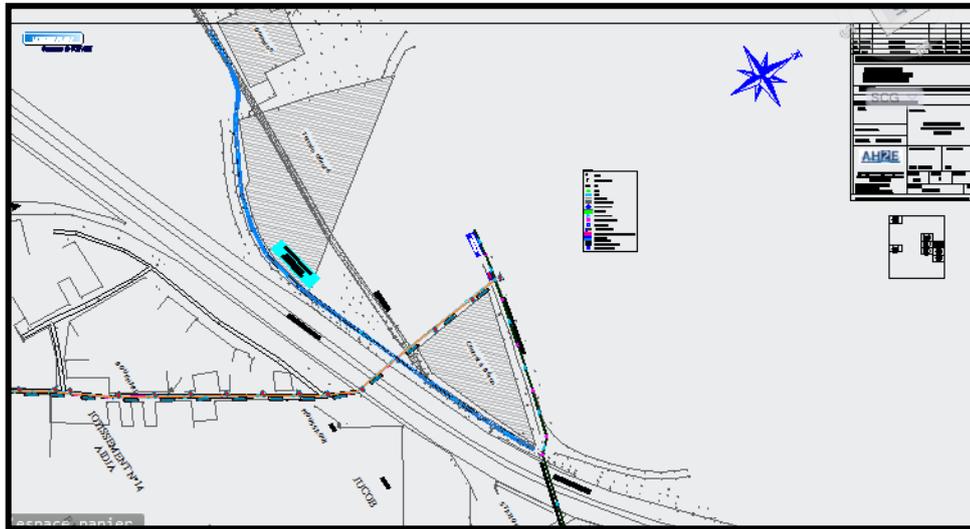


**Figure IV.15 :** Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 03

**d) Zone inondable N°4 :**

Oued Fatis autoroute EST-OUEST central a béton

Il est préconisé dans cette partie de la variante 02 de créer un canal rectangulaire de dimension 2.0x1.2 qui débitera de la central à béton vers la chaaba qui diverse vers oued LAKHAL sur un linéaire de 475ml .



**Figure IV.16 :** Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 04

**e) Zone inondable N°5 :**

Autoroute Est Ouest au niveau de l'usine HAMOUD BOUALEM

Dans cette zone inondable la solution technique de la variante 02 est de projeté un collecteur en DN800 sur 250ml pour se déverser vers oued Lakhal avec projection 10 regards et un ouvrage de rejet.



Figure IV.17 : Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 05

**f) Zone inondable N°6 :**

HAOUCH SAIDANI MAMMAR

Afin de permettre d'évacuer les eaux pluviales vers l'exutoire il est à préconiser de démolir la construction cité en dessus et reprendre le court d'eau. La longueur du cours d'eau sous la bâtisse est de 65ml.

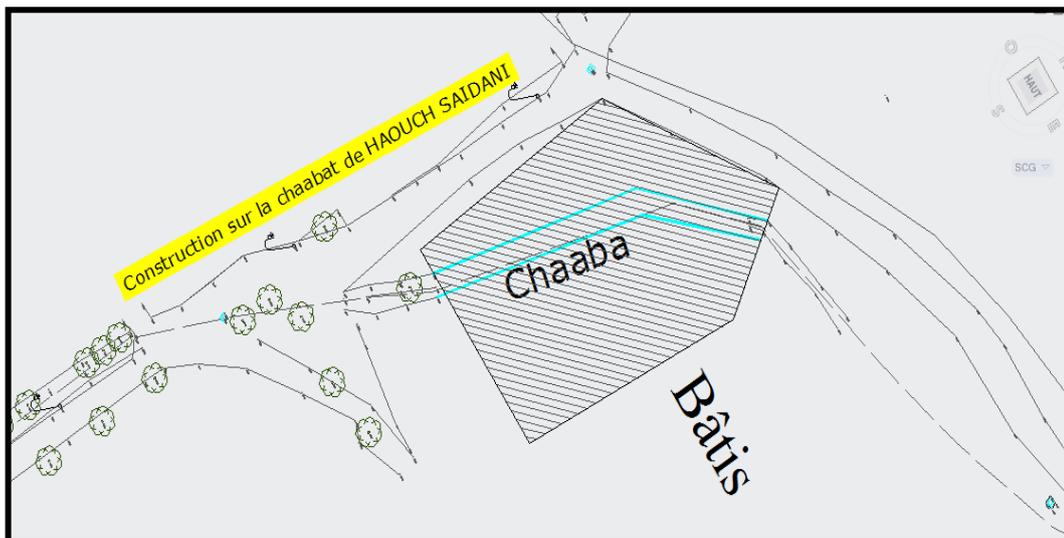


Figure IV.18 : Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 06

### g) Zone inondable N°7 :

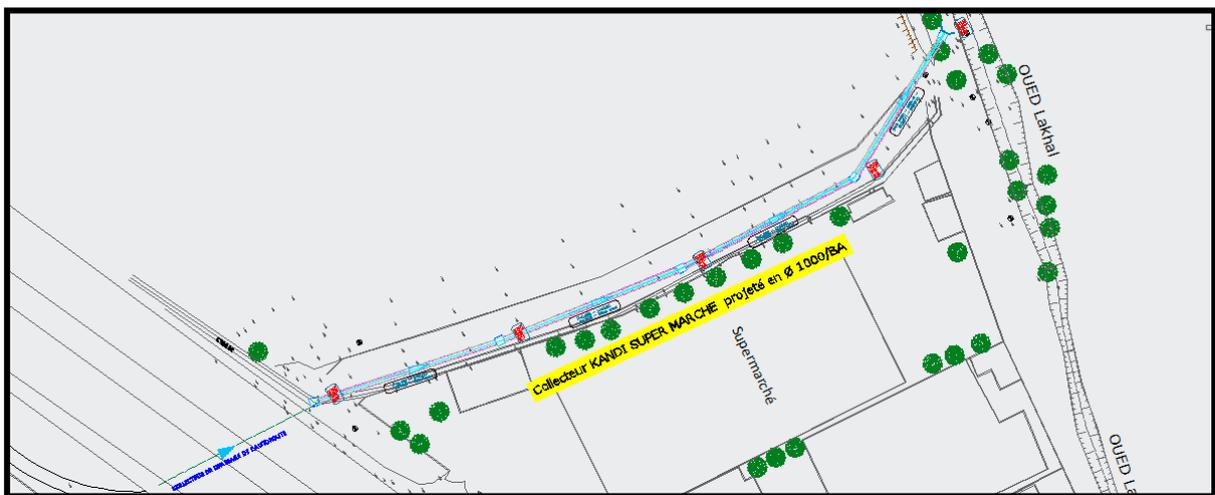
#### Chaabat KANDI SUPER MARCHE BOUFARIK

La variante proposée est de réaliser un collecteur en DN1000 sur un linéaire de 175ml avec un ouvrage de réception et un ouvrage de rejet .

Vue la topographie de la zone inondable, le BET AH2E a constaté un retour de d'eau d'oued LAKHAL en période de crue pour un débit centennale ( $Q=151\text{m}^3/\text{s}$ )

La hauteur proposé des berges de oued LAKHAL dans ce tançons pour l'évacuation de ces eaux est de 2.50m Cote NPHE au niveau de oued Lakhal = 31.48m

**NB** : Cette variante a été refusée par la DRE BLIDA.



**Figure IV.19** : Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 07

### h) Zone inondable N°8 :

#### CITE AIDJA

La variante 02 de réseau d'assainissement de la cité AIDJA est de projeté un collecteur en DN 800 avec l'opération dépose et pose pour se raccordé vers le collecteur DN1200 existant sur la rive droite de oued LAKHAL.

- Projection d'un collecteur en DN800 sur un linéaire de 445m qui sera raccordé vers le collecteur DN1200

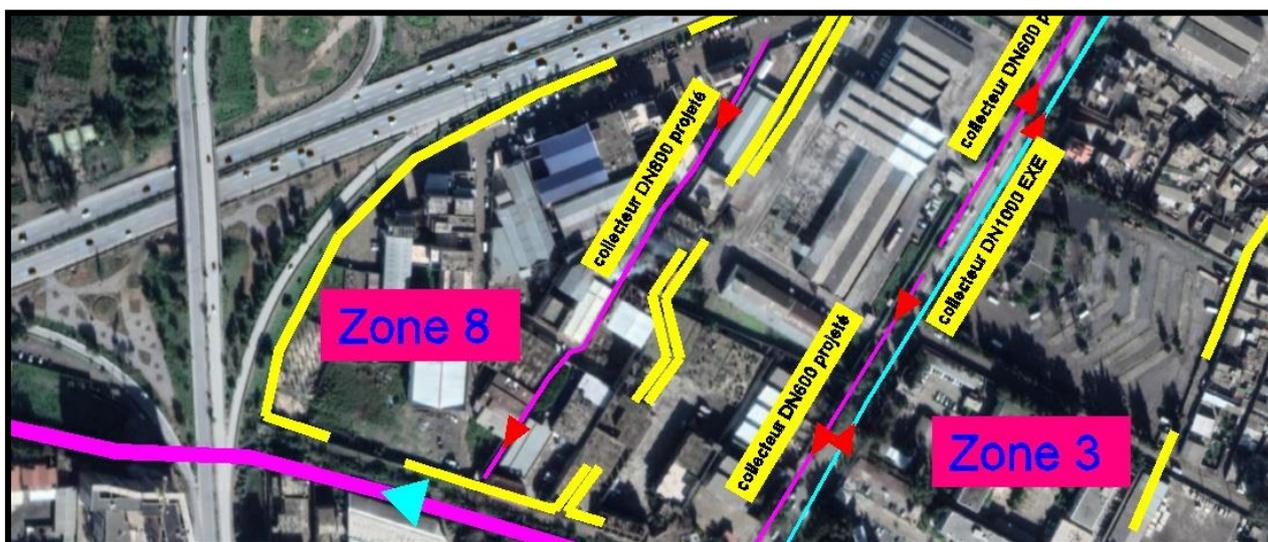


Figure IV.20 : Vue en plan de la variante 02 de zone inondable 08

### i) Aménagement d'oued Bouchemla :

L'aménagement de oued Bouchemla consiste à projeter un canal rectangulaire sur un linéaire de 855m, cet aménagement permet de canaliser l'oued et de protéger ces berges des inondations.

La canalisation d'oued Bouchemla prend naissance au niveau du lotissement BOUCHEBRI jusqu'au point de raccordement oued Lakhal.

La topographie et le calcul hydraulique se sont les deux paramètres qui imposent la faisabilité et les dimensions de ce dalot qui a été partagé en deux parties :

- 1<sup>er</sup> partie : un canal en béton de dimension 8.00 x 2.00 sur un linéaire de 703m qui débutera à partir du lotissement BOUCHEBRI jusqu'à l'entrée de la société SNLB en face de la station de service NAFTAL.
- 2<sup>ème</sup> partie : un canal en béton de dimension 10.00 x 1.50 sur un linéaire de 152m qui débutera à partir de l'entrée de la société SNLB en face de la station de service NAFTAL jusqu'à le point de raccordement de Oued Lakhal.



Figure IV.21 : Vue en plan de la variante 02 de l'aménagement d'oued BOUCHEMLA

**j) Aménagement d'oued LAKHAL**

La variante 02 d'oued lakhal est de recalibré l'oued avec la projection d'un canal trapezoidale de dimension 10X2.50 le long de oued .

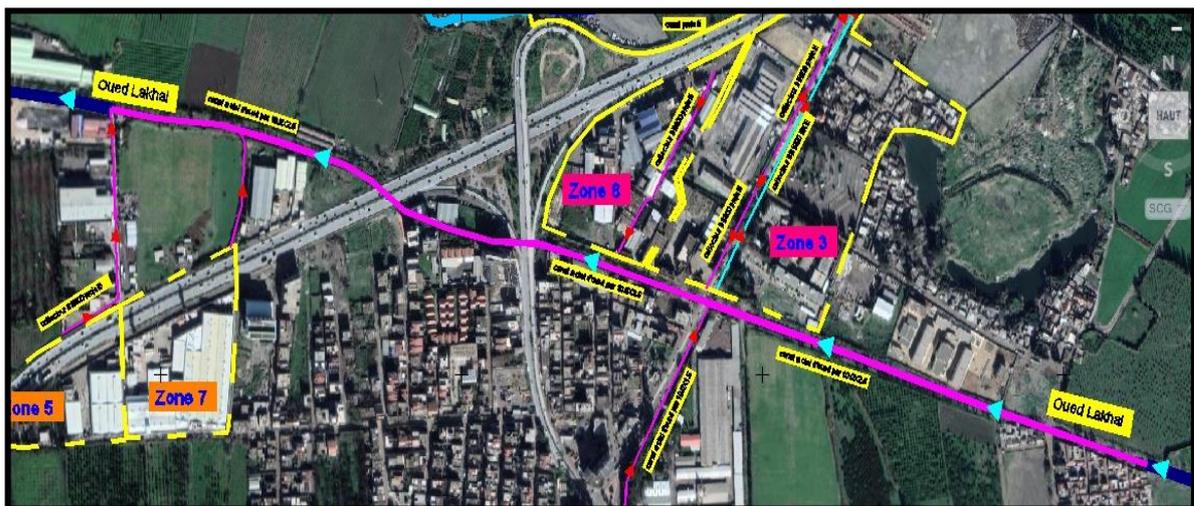


Figure IV.22 : Vue en plan de la variante de l'aménagement d'oued LAKHAL

#### **IV.IV. Variante retenue :**

Le choix des deux variantes proposées est imposé par la configuration et l'occupation des terrains traversés, avec leurs faisabilités.

La variante Permettent d'assuré l'évacuation des eaux usées et pluviales et de protéger la ville de Boufarik contre les inondations est la variante 01 et cette variante prend en charge tous les zone inondables existants et résoudra définitivement le problème des inondations dans cette ville.

D'après l'analyse des caractéristiques des deux variantes, nous recommandons à l'administration de choisir la variante N°01 car elle est la plus avantageuse du point vue technique avec l'accord du maitre d'ouvrage et DRE BLIDA.

## Conclusion générale

La protection des sites urbains contre les crues et les inondations est une nécessité indispensable afin de réduire les dégâts humains, matériels et économiques.

À travers ce mémoire, nous avons essayé d'abord d'expliquer la notion du risque d'inondation montrant qu'il est un concept binomial ; combinant en plus de l'aléa (le phénomène physique), la Vulnérabilité qui est les conséquences dommageables de cet aléa sur les enjeux.

Une protection fiable passe certainement par une étude des causes d'inondation puis par une proposition des solutions convenables.

En discutant les modes de protection on s'est amené à la conjugaison de plusieurs mesures dans le but d'assurer le plus de sécurité.

Cette étude qui sera basée sur le traitement statistique des données hydrométriques ont fait l'objet également d'analyse par l'étude des averses de courtes durées et l'établissement des courbes durée ; intensité ; fréquences qui nous a permis de la détermination de débit de crue centennale qui

Estimé par 84. Toutes ces investigations multiples ont été consolidées par l'utilisation des différents documents topographiques permettant la projection des ouvrages de protection. Les résultats de calcul

Et d'analyse des différents paramètres cités, nous ont permis la conception des ouvrages de protection en l'occurrence.

L'évacuation de crue est la solution la plus appropriée pour l'aménagement des oueds et des zones inondables pour les protéger contre les inondations.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

[9] Agence Nationale Des Ressources Hydriques (ANRH) .

[4] **AISSA MADAOUI OUSSAMA ET AISSA MADAOUI RABIA, 2016** .protection contre l'inondation du centre D' AIN FEZZA Tlemcen : mémoire de master.

[7] Article ( le quotidien EL WATAN 1 Février 2015 ).

[2] **BEN AMOR ,F ;M, 2010**. Etude de la protection de la commune de Boufarik (W.BLIDA) contre les inondation : mémoire de mastre ; ENSH

[5] **ELFETNI KHAOULA, 2019**. Protection contre les inondations de la ville DOUCEN : mémoire de master.

[3] **GUECHAOUI ALI , 2012**.Etude de protection contre les crues et Les inondation de la ville de TACHETA DAIRA D'EL ABADIA . W.AIN ELDEFLA :mémoire de master .

[1] **HAFINE IKRAM ET BENZAIDE ISMA, 2019** .la lutte contre les inondations de la commune BOUHACHANNA : mémoire de master.

[8] Office National de la Météorologie (ONM) Dar El Beida .

[6] <https://fr.wikidia.org/wiki/>