

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

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed khider –Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie civil et d'Hydraulique
Référence :/2022



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية و الري
المرجع/2022

Mémoire de Master

Filière : Sciences et Technologie
Spécialité : Ouvrage Hydraulique

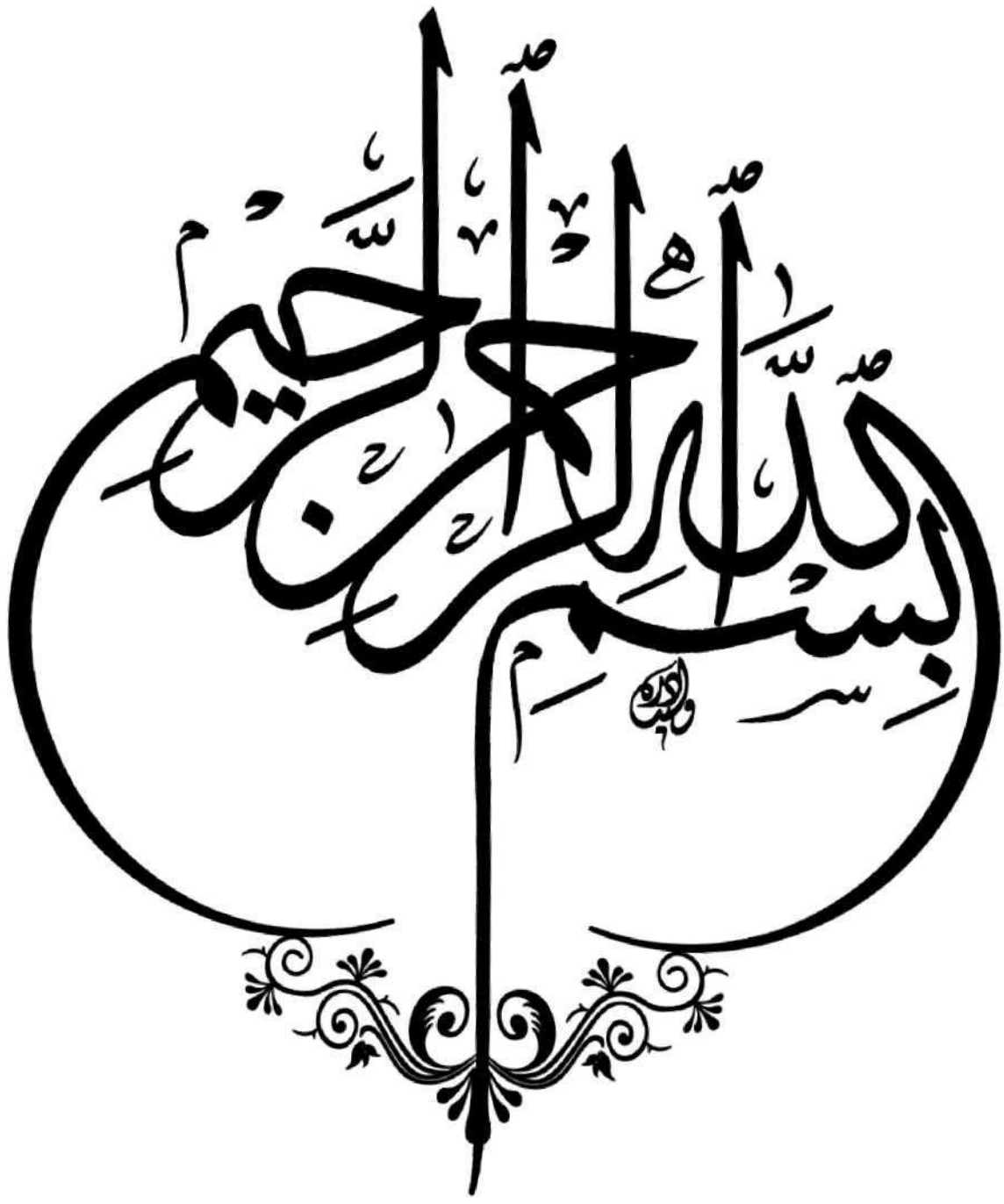
Thème

**Etude de la Réhabilitation d'un Ced de dérivation
(cas de Ced LEGUERABIAT- Oued LABIOD-
commune CHAIBA)**

Nom et Prénom de l'étudiant :
CIDI Mourad

Encadreur : Pr OUAMANE Ahmed

Promotion: Juin 2022



Dédicace

Je dédie ce travail :

À l'esprits de mes parents allah yarhamehoum.

a ma femme et mes enfants **RIM, HAITHEM, AYEHEM, MOLHAM et ROSSOL**

a mes frères, et mes sœurs,

a tous qui ma encouragé à prendre cette aventure culturelle et scientifique, en particulier à mon encadreur **Pr OUAMANE Ahmed** qu'il resté toujours proche de moi dis mon ingénieur

Je veux surtout dédier ce travail à mes très chers camarades de promotion Master promotion
2021/2022,

Je vous souhaite la réussite à leurs vies professionnelles

Et enfin à tous mes enseignants du primaire à l'Université en particulière aux
enseignants du Département Hydraulique,

À vous aussi.

Remerciements

Au début, je remercie **ALLAH**, afin de mener à bien ce travail.

Je voudrais rendre toutes mes remercies a monsieur **Pr OUAMANE Ahmed** enseignant à l'Université de Biskra, pour son aide précieux, ses encouragements et son soutien tout le long cursus Universitaire et Professionnelle, il est parmi me meilleurs exemples.

Je tiens à remercier à la fois les enseignants de l'Université, ainsi Enfin, je remercie sincèrement mes amis.

je remercie mes collègues de travail

N'oublions pas mes amis qui mon aidés de proches a élaboré ce travail Messieurs :

Ben Smainne Kheiredine, Mossai Tarek et Bachir Taha Hamza

Tous qui ma aidé de proche ou de loin afin d'élaborer ce travail.

Merci tout le monde.

Résumé :

- L'exploitation des eaux de crues en irrigation par épandage aux terres agricoles près des rives des oueds est parmi les anciennes techniques utilisés par les habitants proches des cours d'eau à travers l'ensemble des civilisations pour satisfaire à leurs besoins en eau pour l'irrigation, l'abreuvement des cheptels et même pour l'AEP dans d'autres cas. Le déficit des ressources en eau nous a conduits par obligation à développer nos connaissances et études pour l'exploitation extrême des ressources superficielles et les conduites aux consolidations des productions agricoles, valorisant les eaux perdues au niveau des chotts et sebkhas.

ملخص :

- ان استغلال تقنيه السقي بالغمر للأراضي الفلاحية خلال فيضان الأودية من أقدم التقنيات المنتهجة من قبل كل الحضارات القديمة المحاذية للأنهار والأودية وكذا توريد قطعان الماشية وحتى للشرب أحيانا. النقص الحاد لموارد المياه يدفع بما إلى تطوير وتكثيف الدراسات من أجل الاستغلال الأمثل للموارد السطحية وتأمينها والتقليل من كميات الماء التي تصب نحو السبخات والشطوط.

SOMMAIRE

Dédicace

Remerciements

Liste des tableaux

Liste des figures

Résumé

INTRODUCTION GENERALE	01
CHAPITRE I : ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	03
Introduction	03
I.1 Situation générale	03
I. 1.1 Prospection in situ	03
I.1.2 Etat actuel du site.....	04
I.1.3 Localisation du périmètre.....	04
I-2 Démographie de l'agglomération de Chaiba	05
I-3 Conditions topographiques	05
I-3-1 Conditions Géologiques	06
I-3-1-1 Cadre géologique général	06
I-3-1-2 Aperçu Hydrogéologique	07
I-3-1-3 Caractéristique du sol de la zone d'étude	09
Conclusion	10
CHAPITRE II : ETUDE HYDROLOGIQUE	11
Introduction	11
II-1 Les caractéristiques morpho métriques du bassin	12
II-1-1 Surface du bassin versant	12
II-1-2 Périmètre du bassin versant	12
II-1-3 Longueur du talweg principal	12
II-1-4 Coefficient de compacité de Gravelius K_C	13
II-1-5 Rectangle équivalent	13
II-2 Répartition altimétrique	14
II-2-1 Indice de relief	14

II-2-2 Dénivelé simple (D)	15
II-2-3 Altitude moyenne	15
II-2-4 Altitude médiane ($H_{50\%}$)	15
II-3 Caractéristiques du réseau hydrographique	16
I-3-1 Indice de pente globale (I_g)	16
II-3-2 Indice de pente de Roche	16
II-3-3 Densité de drainage	16
II-3-4 Pente moyenne	17
II-3-5 Réseau hydrographique	17
II-3-6 Estimation du temps de concentration	18
II-3-7 Vitesse moyenne de ruissellement	18
II-4 Conditions climatiques	19
II-4-1 Température et vent	19
II-4-2 Hygrométrie	19
II-4-3 Evaporation	19
II-4-4 Pluviométrie	20
II-5 Pluie maximale journalière	23
II-5-1 Analyse fréquentielle des pluies	23
II-5-2 Ajustement des pluies maximales journalières	24
II-5-2-1 Ajustement à la loi de GUMBEL	25
II-5-2-2 Ajustement a la loi de GALTON (Log Normal)	26
II-5-2-3 Ajustement à la loi de Log-Normal (3 paramètres)	27
II-5-3 Choix de la meilleure méthode d'ajustement.	28
II-5-4 Pluies de courte durée et leurs intensités à différentes fréquences	29
II-6 Calcul des apports	29
II-7 Etude des crues	30
II-7-1 Prédétermination des crues	31
II-7-2 Caractéristiques de la forme de l'hydrogramme des crues	33
II-8 Transports Solides	34
Conclusion	35
Chapitre III- Etat Actuel du CED Leguerabiat	37
Introduction	37
III-1 Historique du ced Leguerabiat	37

III-2 Etat de constat du ced Leguerabiat	39
Conclusion	42
Chapitre IV- Réhabilitation de Ced Leguerabiat	43
Introduction	43
IV-1 Synthèse de l'étude hydrologique	43
IV-2 Choix de l'emplacement des aménagements	43
IV-3 Caractéristique des aménagements proposés	44
IV-4 Choix des matériaux de la digue déversante	44
V-5 Protection de l'aménagement contre les risques des crues exceptionnelles.....	47
IV-5-1 Calcul des débits qui transitent par la digue déversante et le canal de	
Dérivation	48
IV-6 – Devis quantitatif et Estimatif des travaux	50
CONCLUSION GENERAL	51
Références bibliographiques	52

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableaux I.01: Différentes nappes souterraines de la zone d'étude	08
---	----

Chapitre II

Tableau II.01: Paramètres géométrique du bassin versant Oued El Abiod	13
Tableau II.02: La répartition de la surface en fonction de l'altitude	14
Tableau II.03: Altitude moyenne et l'altitude médiane	15
Tableau II.04 : Indice Roche des bassins versants	16
Tableau II.05: résultat du calcul de temps de concentration	18
Tableau II.06: La Fréquence moyenne interannuelle des vents direction différente.....	19
Tableau II.07: Hygrométrie moyenne mensuelle	19
Tableau II.08: Evaporation moyenne de la région de sidi Khaled	20
Tableau II.09: Caractéristique des stations pluviométriques	21
Tableau II-10 des équidistances entre stations est Ced (km)	21
Tableau II-11 valeurs de précipitation et sections d'actions pour les stations.....	22
Tableau II.12: Précipitations annuelle (la moyenne des 03 stations).....	22
Tableau II.13: Précipitations maximales journalières enregistrées (la moyenne des 03 stations).....	23
Tableau II-14 : Caractéristiques statistiques de base des données de la série suite HYFRAN	24
Tableau II.15: Résultats de l'ajustement à la loi de Gumbel.....	25
Tableau II.16: Résultats de l'ajustement à la loi de GALTON.....	26
Tableau II.17: Résultats de l'ajustement à la loi de Log Normal (3paramètres).....	27
Tableau II.19: récapitulatif de la lame écoulee et de l'apport annuel calculé.....	30
Tableau II.20: Q_{max} pour les différentes formule et périodes de retour	33
Tableau II.21: Q_{max} pour les différentes formule obtenus et périodes de retour	33
Tableau II.22: Q_{max} et P_{jmax} pour les différentes formule obtenus et périodes de retour.....	33
Tableau II.23 : Résultats de calcul de l'apport solide (Formule de TIXERONT)	35

Chapitre IV

Tableau IV.1: Récapitulatif de l'étude hydrologique	43
Tableau II.2: Q_{max} et P_{jmax} pour les différentes formule obtenus et périodes de retour ...	43

Tableau IV-3 Caractéristique géométriques des aménagements proposés44

Tableau IV-4 Calcul des débits évacués par la digue déversante et le canal de dérivation ...49

Liste des figures

Chapitre I

Figure I-1 : Photo Satellite de site.....	04
Figure I-2 : Photos des ruines de Ced à l'état actuel	04
Figure I-3 : Photo Satellite de la zone d'épandage	05
Figure I-4: Commune de Chaiba sur la carte wilaya Biskra	05
Figure I-5 : Carte géologique de la région de Biskra	06
Figure I-6: Carte hydrogéologique de Biskra (ANRH)	08
Figure I-7 : Carte des sols d'Algérie – Biskra-	09

Chapitre II

Figure II-1 : Carte Réseau hydrographique (ANRH)	11
Figure II-2 : altitude dans le bassin versant oued El Abiod	14
Figure II-3: Courbe hypsométrique (bassin versant oued EL Abiod)	15
Figure II-4 : Réseau hydrographique du bassin versant	17
Figure II-5 : Carte des évaporations potentielles moyennes sur l'Algérie du Nord d'après J.P. Laborde	20
Figure II-6 : Carte pluviométrique du nord de l'Algérie (ANRH)	20
Figure II.07 Stations pluviométriques proches du Zone d'étude.....	21
Figure II.08: Histogramme des pluies annuelles (la moyenne des 03 stations).....	23
Figure II.09: Histogramme des pluies maximales journalières (la moyenne des 03 stations)..	24
Figure II.10: Ajustement de la loi de GUMBEL	25
Figure II.11: Ajustement de la loi de GALTON	26
Figure II.12: Ajustement au Log-Normal (3 paramètres)	27
Figure II-13 Choix de la meilleure méthode d'ajustement suite HYFRAN.....	28
Figure II.14: Hydrogrmme des crues de Oued El Abiod	34

Chapitre III

Figure III-1 Etat initial (2003) du ced Leguerabiat sur l'Oued El Abiod	38
Figure III-2 coupe transversale du canal de dérivation (partie amont)	38
Figure III-3 coupe transversale du canal de dérivation (partie aval)	39
Figure III-4 coupe transversale de la digue déversante en gabions	39
Figure III-5 Schéma de l'état actuel du ced Leguerabiat sur l'Oued El Abiod	40
Figure III-6 Vue générale du ced Leguerabiat sur Oued El Abiod	40
Figure III-7 Etat actuel du Ced Leguerabiat sur l'Oued El Abiod	40

Figure III-8 Partie centrale du ced détruite suite au passage d'une crue exceptionnelle	41
Figure III-9 Etat du gabionnage de la partie détruite du ced	41
Figure III-10 l'état actuel de la digue	41

Chapitre IV

Figure IV-1 Schéma d'ensemble de l'aménagement du ced	45
Figure IV-2 Coupe transversale de la digue déversante.....	46
Figure IV-4 Schéma de la protection de la rive gauche en aval de la digue et de la partie de l'entonnement du canal	46
Figure IV-4 Schéma de la protection du canal et de la rive droite de la digue	47
Figure IV-5 Schéma de la protection du Canal et Ced	47

Liste des logiciels utilisés

- **Microsoft Word**
- **Microsoft Excel**
- **MNT (Modèle numérique de terrain)**
- **Google Earth**
- **ARC GIS**
- **Hyfran**
- **Global Mapper**
- **Covadis**
- **Auto CAD**

Références bibliographiques

- Agence national des Ressource hydrique d'Alger (ANRH).
- Agence national des Ressources hydrique de Biskra (ANRH).
- Agence national des Ressources hydrique de Djelfa (ANRH).
- Houchal said et Frhati A.Malek, Etude de la recharge de la nappe d'Oued Djedi par les eaux de crues (Région d'Ouled Djellal) , mémoire de fin d'étude présenté par promotion 2011.
- OUADAHI MOUMOUH, Protection de la région Besbes contre l'érosion hydrique (Sidi Khaled), mémoire de fin d'étude présenté par promotion 2011.

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est la ressource la plus précieuse pour la vie et la sécurité de l'humanité ; cependant, cette ressource commence à devenir plus rare essentiellement dans les pays du tiers monde. Pour combler le déficit en eau, la mobilisation et la rétention des eaux de surface sont devenues les opérations les plus importantes pour satisfaire une partie des besoins en eau et par conséquent réduire le soutirage des eaux souterraines qui sont non renouvelable et coûteuses.

L'irrigation compte parmi les activités les plus consommatrices d'eau souterraine et de surface. Cependant, les réserves en eaux souterraine sont en majorité non renouvelable et se trouve actuellement dans une situation de stress.

L'épandage des crues est l'une des techniques de mobilisations des eaux de surface utilisée pour l'irrigation des cultures. Cette technique est simple ; elle consiste en la réalisation d'une digue déversante à travers le cours d'eau pour favoriser la création d'une prise d'eau par dérivation. Cette technique est souvent utilisée pour l'irrigation des grandes cultures des céréales.

Le présent travail se rapporte à l'étude de réalisation d'un Ced de dérivation pour irrigation en épandage destiné aux productions fourragères dans une zone rural à climat aride. Il faut bien notifier que l'activité principale dans cette zone est le package des animaux domestiques en particulier de race ovine et caprin qui caractérisent la plupart des zones de la steppe algérienne.

En générale les zones d'épandage dans les régions steppiques (Daeits, Maethers...) ont des grandes potentialités notamment en matière de fertilité de sol (sol riche en matière organique) et d'apport en eau de ruissèlement. Ces potentialités ont été exploitées depuis tous la nuit des temps par les agro-éleveurs dans la production céréalière avec des techniques traditionnelles.

Le présent travail se propose d'améliorer les conditions traditionnelles d'irrigation des agricultures dans le but d'assurer un meilleur rendement et une durabilité des ouvrages de dérivation. A cet effet la présente étude concernera une étude de réhabilitation du ced LEGUERABIAT qui est l'une des causes qui ont permis la fixation des agro-éleveurs dans cette région aride.

L'objectif principale à atteindre consiste à assurer par épandage des crues la production fourragères d'une superficie de 300 Hectares.

Pour mener à bien cette étude, plusieurs administrations ont été impliquées essentiellement pour la collecte des données, telles que APC, DSA, DRE, ANRH, les agro éleveurs locaux, l'exploitation de l'HCDS. Le traitement de ces données a nécessité l'utilisation des moyens informatiques (logiciels) et de visualisation tels que : La visualisation par GPS (environnement topographique), MNT (modèle Numérique de Terrain), Arc GIS, HYFRAN, EXCEL, GOOGLE EARTH...etc.

Après une introduction générale, le premier chapitre a été consacré à une description de la situation géographique de l'ouvrage concerné ainsi que l'étude géologique et hydrogéologique de la région d'étude. Le second chapitre s'est intéressé à l'étude morphologique et hydrologique du bassin versant. Le troisième chapitre, qui représente la finalisation de ce travail s'est intéressé à l'étude hydraulique pour le dimensionnement des ouvrages et l'impact sur le développement des zones steppiques. Enfin, une conclusion générale clôture ce mémoire

CHAPITRE I : ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Introduction

La région de Chaiba à vocation pastorale et fourragère en premier, représente une région type de la steppe Algérienne. Le cheptel est sous-alimenté, la production fourragère est très limitée et les ressources pastorales restent aléatoires et s'amenuisent d'année en année. Pour pallier à cette problématique qui est liée directement au manque d'eau dans cette région, un ouvrage de dérivation sur l'oued El Abiod, appelé Ced Leguerabiat a été érigé pendant les années cinquante. Actuellement ce Ced est en ruine suite à sa rupture pendant le passage des crues. Pour évaluer l'état actuel du Ced et proposer la solution convenable pour sa réhabilitation, des sorties sur site au lieu-dit Leguerabiat commune Chaiba wilaya d'Ouled Djellal ont été effectuées.

I.1 Situation générale

Le site d'étude est situé dans la commune de Chaiba wilaya d'Ouled Djellal qui est limités par les communes suivantes.

Nord : Ain Fares et Ouled Slimane Wilaya M'sila

Est : Tolga et Legherous Wilaya Biskra et Doucen Wilaya d'Ouled Djallel

Sud : communes Ouled Djellal , Sidi Khaled et Besbes Wilaya d'Ouled Djellal.

Ouest : commune Besbes Wilaya d'Ouled Djellal.

est localisé sur la carte d'état major (BISKRA NI 31-8) à une échelle 1/250 000 à 42 Km de vol de oiseau au sud ouest du chef lieu de la commune CHAIBA et d'environ de 30 km Nord Ouest d'Ouled Djellal Figure I.1.

Le site de l'exutoire se situe au point de coordonnées Lambert:

$$X=685.4 \quad Y=126.2 \quad \text{et} \quad Z=270.0$$

Et coordonnés GPS N :34°24'36,0 “ E :004°43'18,6”

I. 1.1 Prospection in situ :

Après avoir localisé le site à étudier, des sorties sur site au lieu-dit Gotaa Tounssie dans la commune de CHAIBA ont été effectuées pour une prospection du site d'implantations du Ced Leguerabiat sur l'oued El Abiod et le périmètre d'irrigation par épandage des crues, ainsi que la prise de contact avec la communauté locale bénéficiaire du projet.

Au cours de ces visites, il a été constaté que le système d'irrigation actuel est constitué par une digue déversante transversant l'oued et une prise d'eau sur la rive droite reliée à un canal en terre pour mobilisés les eaux vers la zone d'épandage.



Figure I-1 : Photo Satellite de site

I.1.2 Etat actuel du site

Le Ced est réalisés la première fois sous forme d'une prise d'eau en terre durant les années 1950 - 1954 par un travail de volontariat des agro-éleveurs de la région pour assurer les besoins de la production fourragère, du blés dure et de l'orge.

En 2003 le Haut-Commissariat au Développement de la steppe a lancé des travaux de rénovation du Ced qui est complètement détruit. Ces travaux de rénovation consistent à réaliser un nouveau Ced de conception économique sous forme d'un déversoir en gabion non revêtue avec canal de prise en terre et avec des travaux de protection en rive droite ; cette conception simple à céder à l'arrivée de la première crue enregistré en 2004. Cette crue a causé la rupture du Ced au niveau de la zone de protection à l'entrée du canal de prise.



Figure I-2 : Photos des ruines de Ced à l'état actuel

I.1.3 Localisation du périmètre :

L'étude de réhabilitation doit prendre en charge l'ensemble des anomalies constaté durant la réalisation du Ced pendant la conception précédente pour aboutir à la conception d'un ouvrage résistant aux conditions d'écoulement torrentiel avec des transports solides des matériaux de grands diamètres.



Figure I-3 : Photo Satellite de la zone d'épandage

I-2 Démographie de l'agglomération de Chaiba :

La ville de Chaiba se situe dans la daïra d'Ouled Djellal appartenant à la wilaya d'Ouled Djellal. La commune de Chaiba compte environ 14000 habitants et une superficie de 1696 km², soit une densité de population de 8.2 habitants par km².

La localité ciblée du projet compte 90 ménages de plus de 600 habitants



Figure I-4: Commune de Chaiba sur la carte wilaya Biskra

I-3 Conditions topographiques

La région de l'étude est caractérisée par un relief variable avec des fortes pentes dans le Nord du sous bassin versant avec des cotes qui prennent des valeurs de 500 m jusqu'au 1000 m d'altitude et des pentes faible avec des altitudes qui varie de 500 m jusqu'au 300 m dans le Sud du bassin versant. La superficie du bassin versant est de 647.05 km².

I-3-1 Conditions Géologiques

I-3-1-1 Cadre géologique général

Du point de vue géologique la région d'étude est située sur deux secteurs bien distincts. Il s'agit du domaine :

a- Septentrional correspondant à l'atlas saharien représenté par un ensemble de plis d'orientation Sud-Ouest Nord-Est esquissés lors de l'orogénèse alpine. L'analyse structurale a permis de mettre en évidence deux systèmes de failles de direction Nord-Ouest, Sud-Est et Sud-Ouest Nord-Est.

b- Méridional caractérisé par une zone effondrée représentant le Sahara septentrional.

Le passage entre les deux domaines sus cités se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de plis-failles et de failles correspondant à la flexure saharienne ou flexure sud atlasique qui s'est développée lors de la phase paroxysmale pliocène et post-pliocène et ce suite à la surrection de l'atlas saharien.

- Les formations rencontrées dans la zone d'étude sont surtout des formations tertiaires Eocène moyen : Dépôts lagunaires (Argiles, gypses et Andries des calcaires dolomitiques).

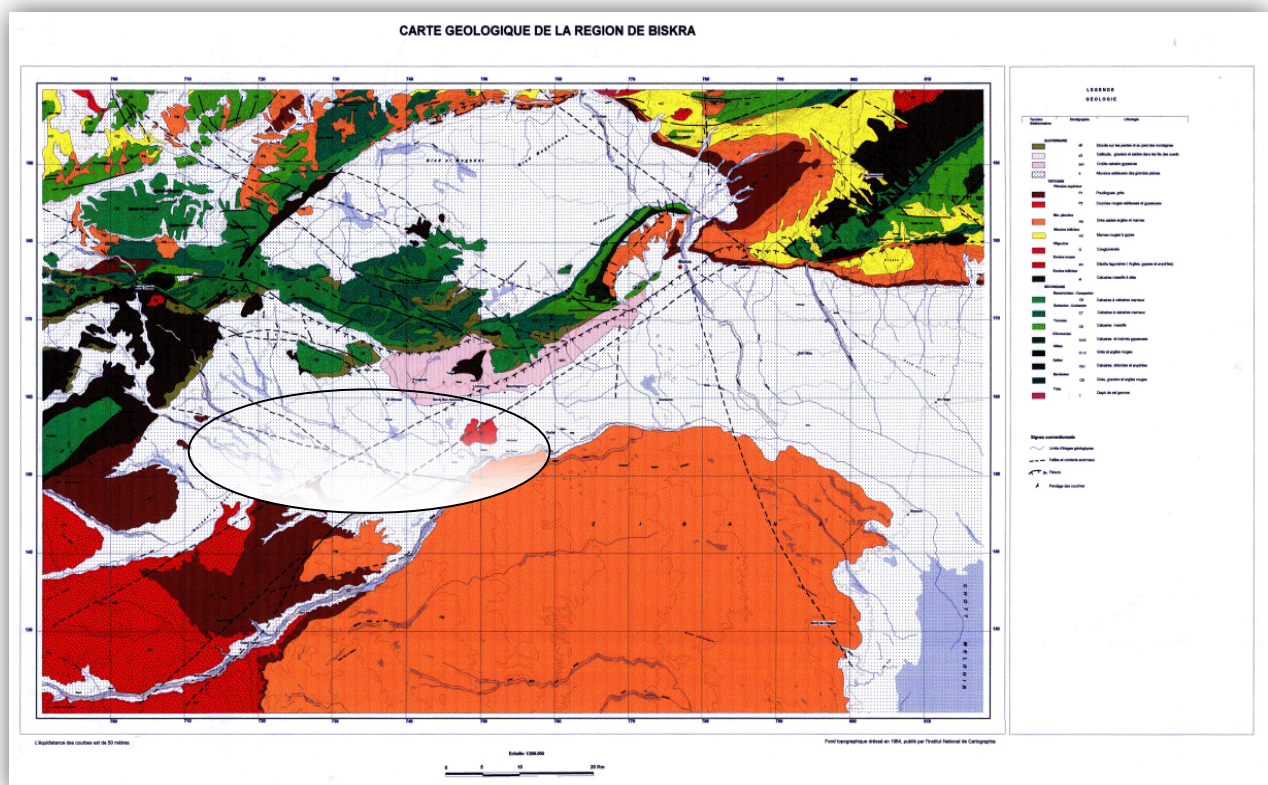


Figure I-5 : Carte géologique de la région de Biskra

I-3-1-2 Aperçu Hydrogéologique

La wilaya de Biskra présente des ressources en eau souterraines considérables, représentées par quatre unités aquifères.

La nappe du Quaternaire (Inféroflux) :

Cette nappe qui se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires est alimentée essentiellement par les eaux d'infiltration des Oueds (inféroflux). Les plus importantes dans la wilaya sont celles de l'Oued Biskra et de l'Oued Djeddi et Oued Labiod.

La nappe inféroflux de Oued Djeddi représente l'unique ressource de la région de Ouled Djellal, Sidi Khaled. Elle est trop sollicitée vue sa faible profondeur et sa bonne qualité chimique qui est favorable pour l'alimentation en eau potable. La profondeur de cette nappe est comprise entre 20 et 150m avec un débit oscillant entre 05 et 20 l/s et une qualité chimique allant de bonne à mauvaise selon les zones.

La nappe des sables du Miopliocène (CT) :

Constituée par une alternance de niveaux d'argile, sable, et cailloutis d'âge Mio-Pliocène, elle couvre une grande superficie de la wilaya de Biskra. Cette nappe est fortement exploitée dans la partie Est de la wilaya notamment dans la zone de M'Zirâa.

Du point de vu hydrodynamique, cette nappe présente un système très hétérogène car elle est constituée par des couches de diverses perméabilités. La profondeur de cette nappe varie de 100 à 300 m, avec un débit moyen de 15 l/s.

A l'est de la wilaya de Biskra, cette nappe se subdivise en deux aquifères séparés par une épaisse couche d'argile et d'argile sableuse, l'un, profond désigné sous le nom du Pontien et l'autre, moyennement profond qui est la nappe du Mio-Pliocène. Le sens d'écoulement principale des eaux de la nappe des sables se dirige vers la zone de Chott Melrhir.

La nappe des calcaires du Sénono-Eocène (CT) :

Cette nappe est constituée essentiellement de calcaires fissurés d'âge Eocène inférieur. Elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Zibans, cette dernière est appelée localement « Nappe de Tolga ». La profondeur de cette nappe varie de 100m dans la zone de Tolga à 500m dans la zone de Lioua.

La nappe du Continental Intercallaire (CI) :

C'est un réservoir très important constitué essentiellement de Grés et de marne d'âge Albien et Barrémien. Son exploitation est très coûteuse en raison de sa profondeur qui atteint des fois les 2000m. La température de l'eau peut dépasser les 60° C. Cette nappe est exploitée dans la wilaya par 19 forages. Cette nappe est connue également dans la wilaya par des sources hydrothermales

qui sont: la source de Hammam Essalhines dans la commune de Biskra et celle de Sidi El Hadj dans la commune d'El-Outaya .

Du point de vue hydrogéologique les formations aquifères sont représentées dans la région par :

- Les conglomérats, graviers et sables du mio-plio-quaternaire qui représentent une épaisseur importante au niveau de la plateforme saharienne
- Les calcaires fracturés à silex de l'Eocène inférieur et les calcaires massifs du Maestrichtien.

La géologie et l'hydrogéologie de la zone d'étude sont représentées sur la carte hydrogéologique de la région de Biskra.

Tableaux I.01: Différentes nappes souterraines de la zone d'étude.

Daïra	Nappe	Prof. (m)	Q (l/s)	N.S (m)	R.S (g/l)
SIDI KHALED	Phreatique	20 - 60	1 - 3	03 - 10	2 - 4
	Eocene Inf	90 - 500	5 - 40	90 - 120	0,5 - 4
	Albien	1500-2500	40 - 120	Art	3

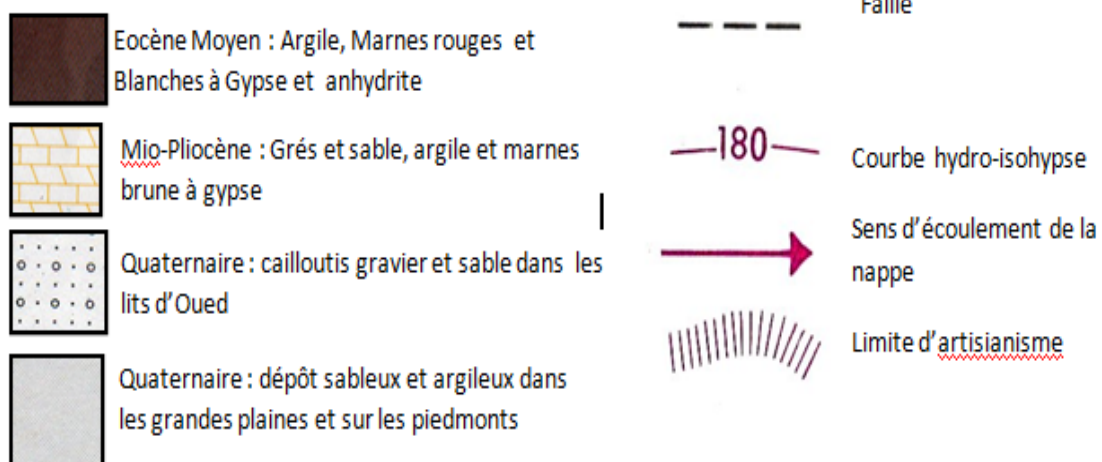


Figure I-6: Carte hydrogéologique de Biskra (ANRH 1972)

I-3-1-3 Caractéristique du sol de la zone d'étude

La formation des sols dans les régions sub-sahariennes et sahariennes est entièrement manipulée par les conditions climatiques où le vent joue un rôle prépondérant, d'où la formation de deux grands types de sols éoliens.

Sols éoliens d'ablation : Ces types de sols sont caractérisés par leur appauvrissement en éléments fins entraînés par le vent. L'enlèvement de toutes les parties de roches suffisamment fines pour être entraînées ne laisse sur place que des cailloux plus ou moins grossiers qui se concentrent en surface et donnent ce qu'on appelle à tort un « reg ». La roche mère ne joue ici qu'un rôle secondaire : elle n'intervient que pour différencier le produit final. Les regs recouverts de sables grossiers cailloux ou pierres plus ou moins éolisés, souvent enrobé d'une patine appelée « vernis du désert ».

On distingue souvent : les regs autochtones dont les éléments proviennent de la décomposition des roches sous-jacentes calcaires, grés, roches éruptives, et les regs allo-techtones dont le matériau original est une alluvion souvent susceptible.

Le « reg » est par excellence un sol zonal, reposant sur une épaisseur très variable d'alluvions plus ou moins meubles. La classification de Durand fixe les valeurs pour le reg comme suis :

0-15cm : limon brun-rougeâtre très caillouteux (sur la surface) sa structure est très friable.

15-40cm : limon brun-rougeâtre sableux à structure granuleuse friable avec quelque nodules calcaires farineux en-dessous limon sableux plus riche en granules calcaires plus gros et plus dur qui reste d'un ancien sol.

La surface plus ou moins sablo-limoneuse souvent enrichie en sels et en calcaire ou en gypse, forment ainsi une pellicule un peu durcie.

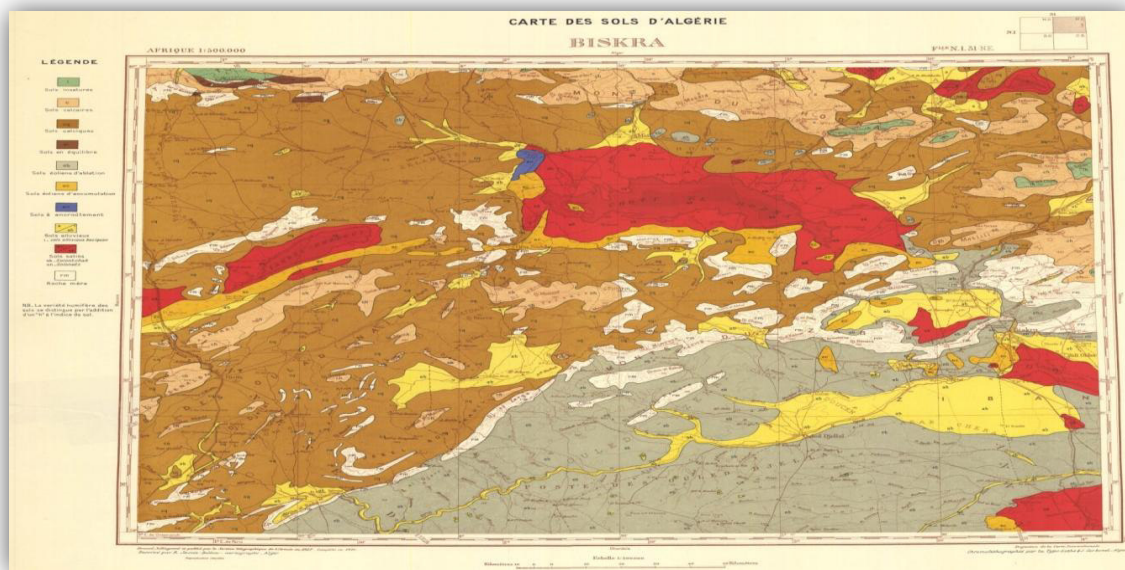


Figure I-7 : Carte des sols d'Algérie – Biskra-

Conclusion

D'après les données collectées et les cartes concernant la géologie, la topographie et l'hydrogéologie et la carte des sols d'Algérie, on constate que la couche géologique constituant la partie superficielle se compose généralement de limon brun-rougeâtre sableux à structure friable ce qui favorise d'être un terrain agricole pour des cultures des céréales, mais on peut mentionner que ce type de terrain est facilement érodable qu'il faut protéger par des travaux de conservations des sols.

CHAPITRE II-ETUDE HYDROLOGIQUE

Introduction

Le bassin versant est l'unité de toute étude hydrologique. Ces limites sont formées par les lignes de partage des eaux qui correspondent à la ligne des crêtes qui séparent les bassins adjacents. Les lignes des partages des eaux sont difficilement repérables dans les régions très plates où les eaux divaguent dans celles où les écoulements temporaires se perdent dans les sables ou dans les cuvettes désertiques.

Les principaux oueds de la wilaya de Biskra se résument en quatre grands oueds, à savoir, Oued Djedi, Oued El Hay, Oued El Arab et Oued Labiod. Ces oueds se caractérisent par un écoulement intermittent avec des crues importantes. Après leur parcours, les eaux de ces oueds se jettent dans le Chott Melghir qui représente l'exutoire du bassin versant 06 (Selon la classification de l'ANRH) et qui porte le nom de Chott Melghir.

Le cours d'eau concerné par cette étude est l'Oued El Abiod, qui est un affluent de la rive gauche d'Oued Djedi, il prend naissance des monts Boukehil a la commune Ras El Miaad et monts Kebche et Guesseiate de la commune Ain Fares de la wilaya de M'sila.

Le bassin versant de Oued EL Abiod se localise dans un relief très accidenté avec des altitudes variables de 1242m jusqu'aux points d'exutoire a 262 m, il est caractérisé par un climat aride qui favorise l'évaporation, ou le taux des précipitations est faible. Il couvre une superficie très importante de 647.05 km² qui fait partie du grand bassin Chott Melghir (BV06).

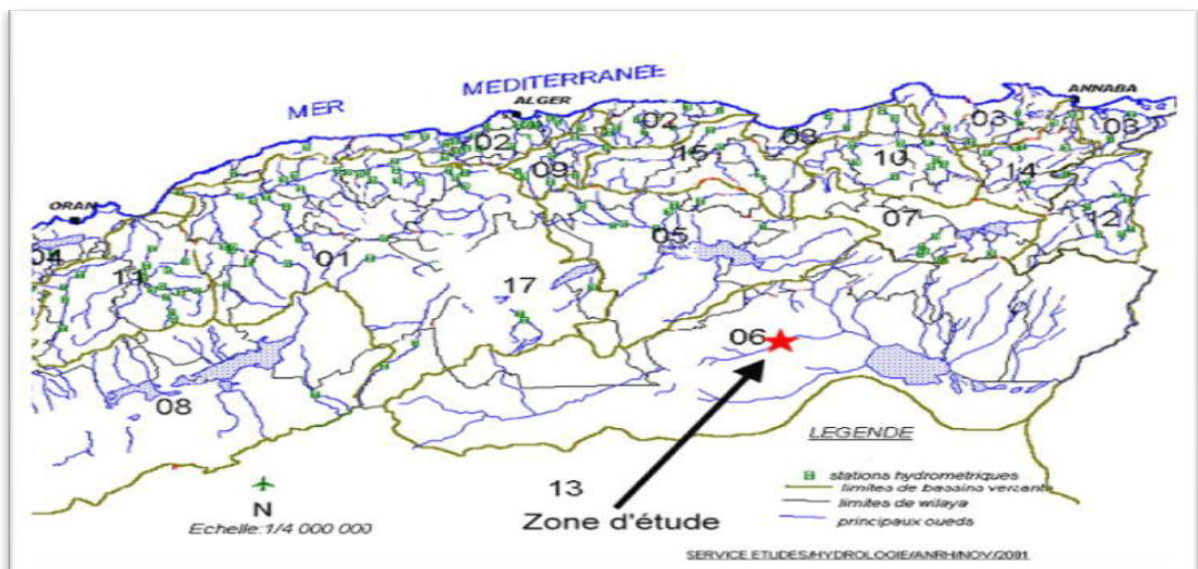


Figure II-1 : Carte Réseau hydrographique (ANRH)

Le bassin versant de l'oued El Abiod se caractérise par une forme allongé, les principaux oueds qui drainent ce bassin sont : Oued El Khaouane, Oued Ain Fares, Oued Khalfoune, Oued Kharzet

El Beidh et Oued El Kharoub sans oublier la prédominance des autres petits affluents qui caractérise ce bassin versant.

La trajectoire des écoulements et l'organisation du drainage, sont dépendant essentiellement des caractéristiques du bassin hydrographique (relief, géologie, lithologie, couvert végétal et le climat). Le terme de bassin hydrographique est parfois remplacé par celui du bassin versant qui désigne la surface d'interception des précipitations alimentant un cours d'eau.

II-1 Les caractéristiques morpho métriques du bassin :

Les oueds de la région de l'Oued El Abiod font parties du bassin versant d'Oued Djedi qui appartient au grand bassin hydrographique du Chott Melghir, l'un des derniers vestiges de l'étendue aquatique qui recouvrait cette région.

II-1-1 Surface du bassin versant :

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits vont être en partie reliés à sa surface qui est défini comme l'étendu topographique drainée par un cours d'eau principal et ses affluents, cette surface est limitée par la ligne de partage des eaux, la surface du bassin versant est défini partiellement sur la carte d'état-major de Biskra à l'échelle 1:250000. Pour des raisons de manque des cartes qui domines la totalité du bassin versant qui est réparti sur quatre communes (Ain Fares, Ras El Miaad, Besbes et Chaiba) appartenant aux deux wilaya (Ouled Djellal et M'sila). Pour calculer la surface on a opté la détermination de la limite du bassin versant par l'utilisation du code MNT (Modèle Numérique du Terrain) pour délimiter et déterminer la surface totale du bassin versant de Oued El Abiod qui est de :

$$S= 626,90 \text{ Km}^2$$

II-1-2 Périmètre du bassin versant :

Le périmètre représente toutes les irrégularités du contour ou de la limite du bassin versant, il est exprimé en km. Le contour du bassin est constitué par une ligne joignant tous les points les plus élevés. Il n'influence pas l'état d'écoulement du cours d'eau au niveau du bassin versant. Pour le cas présent, le périmètre du bassin versant de l'oued El Abiod est déterminé par le code MNT.

$$P= 145,00 \text{ km}$$

II-1-3 Longueur du talweg principal

La longueur du talweg de chaque oued a été déterminée par l'utilisation du curvimètre, elle correspond à la longueur entre le point de naissance du cours d'eau concerné et son exutoire. L'utilisation du code MNT sur Arc Gis à permis aussi de déterminer le longueur du talweg principal.

$$L_t = 55,38 \text{ km}$$

II-1-4 Coefficient de compacité de Gravelius K_c

Le coefficient de compacité est établi en comparant le périmètre du bassin versant à celui d'un cercle qui aurait la même surface, il est égal à 1 pour un bassin circulaire et croît d'autant plus que la compacité diminue :

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

P : Périmètre, km

S : superficie, km²

Si $K_c \approx 1$ bassin versant ramassé

Si $K_c > 1$ bassin versant allongé

$$K_c = 1,621$$

$K_c = 1,621 > 1$, alors le bassin versant est allongé.

II-1-5 Rectangle équivalent

Afin de pouvoir comparer le comportement hydrologique de deux bassins versant, on utilise la notion de rectangle équivalent, il s'agit d'une transformation purement géométrique pour laquelle on assimile le bassin versant à un rectangle ayant la même surface et la même altitude moyenne d'un bassin versant en (m).

Longueur L :

$$L = K_c \frac{\sqrt{S}}{1.128} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K_c} \right)^2} \right]$$

Largeur l

$$l = K_c \frac{\sqrt{S}}{1.128} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K_c} \right)^2} \right]$$

L : longueur en (km)

l : largeur en (km)

K_c : coefficient de compacité

S : superficie (km²)

Longueur du bassin équivalent est : L=62,26 km.

Largeur du bassin équivalent est : l=10,14 km.

Tableau II.01: Paramètres géométrique du bassin versant Oued El Abiod

S	P	L_t	L	l
(km ²)	(km)	(km)	(km)	(km)
626,9	145,0	55,35	62,26	10,14

II-2 Répartition altimétrique

II-2-1 Indice de relief

La plupart des facteurs météorologiques et hydrologiques (précipitation, température, débits spécifiques, ...) étant en fonction de l'altitude, il est intéressant de déterminer la répartition de la surface totale en fonction de l'altitude, ce calcul se fera par la mesure de la surface comprise entre chaque deux courbes de niveau successives.

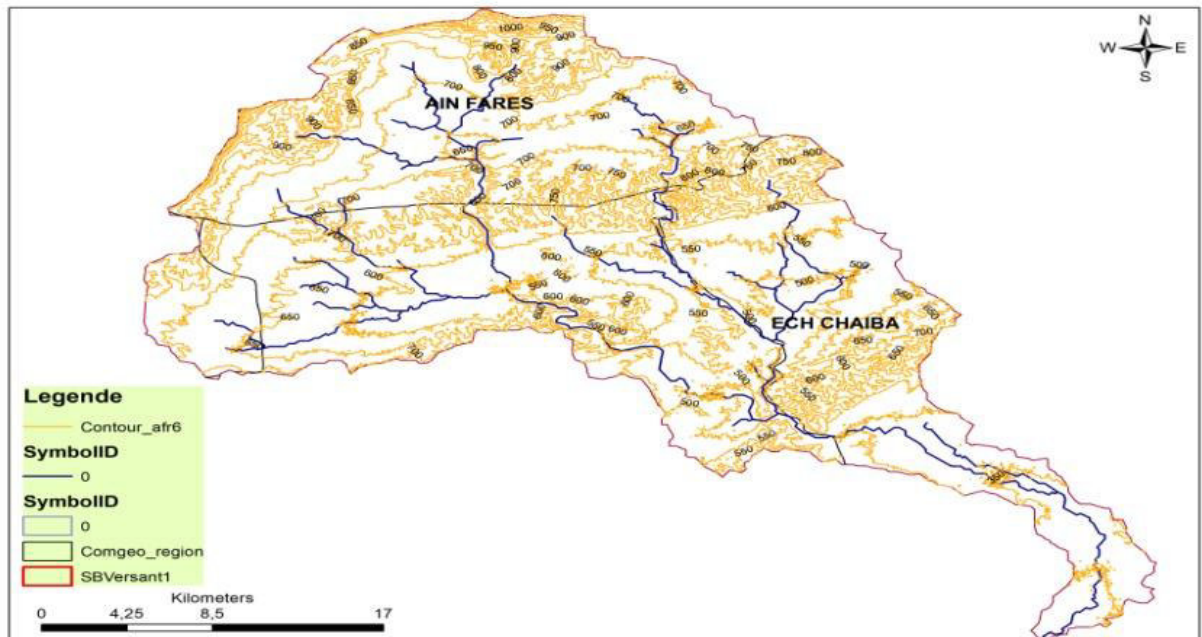


Figure II-2 : altitude dans le bassin versant oued El Abiod

Tableau II.02: La répartition de la surface en fonction de l'altitude

Altitude(m)	SI(Km ²)	SC(Km ²)	S(%)
1242	0	0	0
1200	0.05	0.05	0.01
1150	0.18	0.23	0.04
1100	0.31	0.54	0.09
1050	1	1.54	0.25
1000	1.85	3.39	0.54
950	3.73	7.12	1.14
900	10.36	17.48	2.79
850	18.29	35.77	5.71
800	20.16	55.93	8.92
750	28.7	84.63	13.50
700	90.51	175.14	27.94
650	124.16	299.3	47.74
600	70.2	369.5	58.94
550	78.9	448.4	71.53
500	71.64	520.04	82.95
450	51.45	571.49	91.16
400	19.87	591.36	94.33
350	24.38	615.74	98.22
326	11.16	626.9	100.00

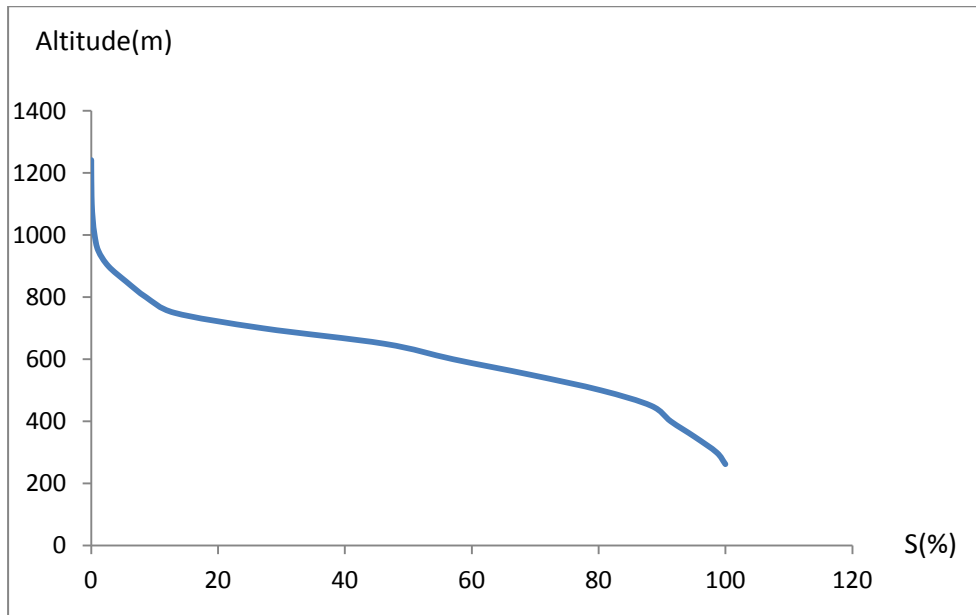


Figure II-3: Courbe hypsométrique (bassin versant oued EL Abiod)

II-2-2 Dénivelé simple (D)

La dénivelée ne dépend que de l'hypsométrie et de la forme, elle est obtenue directement de la courbe hypsométrique.

$$D = H_{5\%} - H_{95\%}$$

$$D=515m$$

II-2-3 Altitude moyenne

L'altitude moyenne est calculée par la relation suivante :

$$H_{moy} = \frac{\sum(H_i * S_i)}{S_t}$$

H_{moy} : Altitude moyenne (m)

H_i et S_i : Altitude (m) et superficie (Km^2) comprise entre deux courbes de niveau successives

S_t : Surface totale du bassin versant (Km^2)

II-2-4 Altitude médiane ($H_{50\%}$)

Déduite directement de la courbe hypsométrique qui exprime les variations de l'altitude en m, en fonction de la superficie en %.

Tableau II.03: Altitude moyenne et l'altitude médiane

Bassin versant	Altitude moyenne (m)	Altitude médiane ($H_{50\%}$)
Oued EL Abiod	665	634

II-3 Caractéristiques du réseau hydrographique

Parmi les caractéristiques du réseau hydrographique, on distingue l'indice de pente globale et l'indice de pente de Roche.

L'objet de ces indices est de caractériser les pentes et permettent des comparaisons et des classifications.

I-3-1 Indice de pente globale (I_g)

On peut l'obtenir à partir de la formule suivante :

$$I_g = \frac{D}{L}$$

I_g : Indice de pente globale m/Km

D : Dénivelé simple en m

L : Longueur de rectangle équivalent exprimée en Km

II-3-2 Indice de pente de Roche

Obtenu par la formule suivante :

$$I_p = \frac{\sqrt{I_g}}{0.8}$$

I_p : Indice de pente de Roche en m/Km.

I_g : Indice de pente globale m/Km.

Tableau II.04 : Indice Roche des bassins versants

Bassin versant	Indice de pente globale (I_g)	Indice de pente de Roche (I_p)
	m/km	m/km
Oued El Abiod	8,271	3,595

II-3-3 Densité de drainage :

La densité de drainage, introduite par Horton, est la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant elle dépend de la géologie (structure et lithologie) des caractéristiques topographiques du bassin versant et, dans une certaine mesure, des conditions climatologiques et anthropiques :

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

Avec :

D_d : densité de drainage (km/km²);

L_i : longueur de cours d'eau (km);

A : surface du bassin versant (km²).

$$\sum L_i = 614,607 \text{ Km}$$

$$A = 626,9 \text{ Km}^2,$$

$$D_d = 0,98 \text{ km/km}^2$$

II-3-4 Pente moyenne :

La pente topographique est un élément capital dans le comportement hydrologique du bassin elle détermine en grande partie l'aptitude des terrains au ruissellement et conditionne la vitesse d'écoulement des eaux de surface par l'effet de la pesanteur.

La pente moyenne est une caractéristique importante qui renseigne sur la topographie du bassin. Elle est considérée comme une variable indépendante et donne une bonne indication sur le temps de parcours du ruissellement direct, donc sur le temps de concentration t_c et influence directement le débit de pointe lors d'une averse, plusieurs méthodes ont été développées pour estimer la pente moyenne d'un bassin, toutes se basent sur une lecture d'une carte topographique réelle ou approximative

$$i_{\text{moy}} = \frac{2(H_{\text{moy}} - H_{\text{min}})}{L}$$

H_{moy} : Altitude moyenne du bassin versant, $H_{\text{moy}}=665$ m.

H_{min} : Altitude minimale du bassin versant, $H_{\text{min}}=326$ m.

L : Longueur de talweg principale, $L=55,38$ Km.

$$i_{\text{moy}} = 12,24 \%$$

II-3-5 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin.

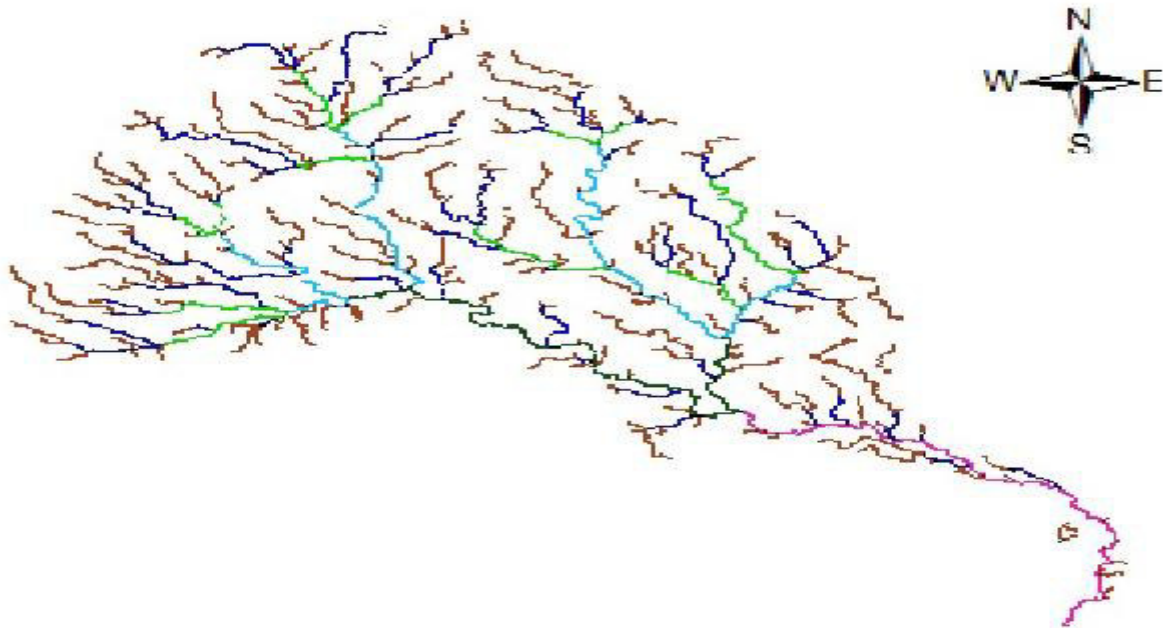


Figure II-4 : Réseau hydrographique du bassin versant

II-3-6 Estimation du temps de concentration :

Le temps de concentration T_c des eaux sur un bassin versant se définit comme la durée maximale nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point le plus éloigné du bassin versant et l'exutoire de ce dernier.

Formule de la California Highways and Public Works :

$$T_c = 0,966 * (L^3 / D)^{0,385}$$

$$T_c = 9.00 \text{ h}$$

Où L : la longueur du talweg le plus long, L=55,38 Km

D : est la dénivelée du bassin, D=515m

Formule de Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5 L}{0,8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

$$T_c = 12.44 \text{ h}$$

Tc: Temps de concentration en heure.

S: Superficie du bassin versant, S=626,9 Km².

H_{moy}: Altitude moyenne, H_{moy}=665m.

H_{min}: Altitude minimale H_{min}=326m.

L : Longueur du talweg principale L=55,38Km.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau II.05: résultat du calcul de temps de concentration

Formule	Giandotti	<u>California Highways</u>
Temps de concentration (en heure)	Tc=9,00	Tc=12,44

Le temps de concentration adopté correspond à la moyenne des deux valeurs proches obtenues

$$T_c = 10.72 \text{ h}$$

II-3-7 Vitesse moyenne de ruissellement :

$$V_r = L_p / T_c$$

On $L_p = 55,38 \text{ (km)}$

$T_c = 10,72 \text{ Heure}$

Donc : $V_r = 5,166 \text{ m/s}$

II-4 Conditions climatiques :

II-4-1 Température et vent :

Le climat de la région étudiée est de type semi-aride à aride qui se caractérise par des précipitations faibles avec un rythme saisonnier de type HAPE (hiver - automne - printemps - été) et des températures élevées notamment en période estivale, donnant lieu à une moyenne annuelle avoisinant (21°-22°c).

La température moyenne en été varie entre (29°-33°c) et peut atteindre les 50°c.

Le climat hivernal est doux la température moyenne avoisine les 14°c par contre les valeurs minimales des températures varient entre (-1°- 0°c).

Les vents dominants sont d'orientation Sud-Ouest et Ouest ses caractéristique son obtenue a partir de la station météorologique de Biskra.

La fréquence moyenne interannuelle des vents est donnée dans le tableau suivant :

Tableau II.06: La Fréquence moyenne interannuelle des vents direction différente.

Direction	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calme
Fréquence %	11,4	6,5	2,0	0,5	5,6	24,7	14,8	4,4	30,1

II-4-2 Hygrométrie

L'humidité relative moyenne ne dépasse pas 60 %, avec une pointe de 69 % en décembre et janvier. Ceci démontre bien que la région est sujette à une sécheresse atmosphérique pendant la majeure partie de l'année. Les taux d'humidité relative moyenne mensuelle obtenue auprès de la station de Biskra sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.07: Hygrométrie moyenne mensuelle

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidité Moy (%)	69	62	58	47	47	42	36	38	50	57	64	69

II-4-3 Evaporation

Les régions semi-arides se caractérisent avec un taux d'évaporation très élevé la moyenne annuelle est estimée à 2600mm la rareté des précipitations cause un déficit très important en eau en remarquant que l'évaporation a des faibles valeurs en hiver environ de (2,82mm/jour) et des valeurs maximales en été avoisinant de 12,43 mm/jour.

Tableau II.08: Evaporation moyenne de la région de sidi Khaled

Evp (mm)	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Jour	3	3,73	5,45	6,97	9,15	11,27	12,43	11,55	8,88	5,91	3,82	2,82
Mois	93	108,17	168,95	209,1	283,65	338,1	385,33	358,05	266,4	183,21	114,6	87,42

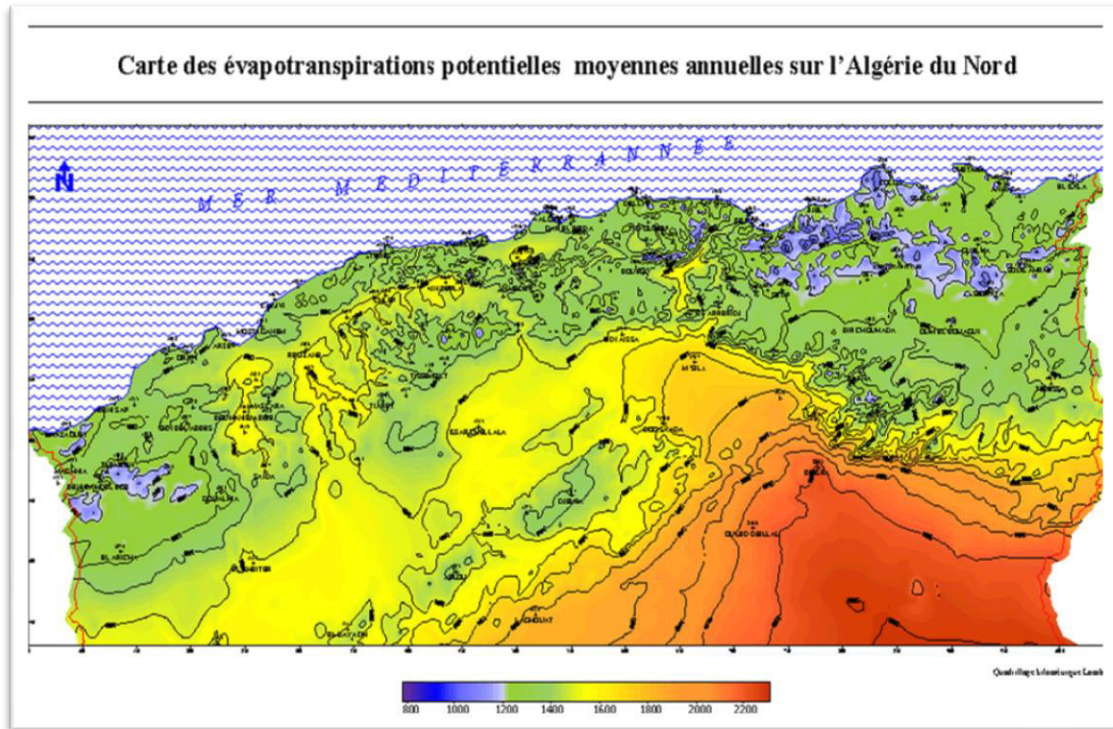


Figure II-5 : Carte des évaporations potentielles moyennes sur l'Algérie du Nord d'après J.P. Laborde

II-4-4 Pluviométrie

Le bassin versant Oued El Abiod se situe entre deux versant dont la pluviométrie est importante dans la partie Nord-Ouest que celle de la zone Sud Est. La pluviométrie est faible et varie de 100 à 300 mm par an, sauf pour les années exceptionnelles. Les pluies sont les plus abondantes en automne et au printemps, elles sont principalement d'origine orageuse et provoque souvent des crues plus au moins importantes.

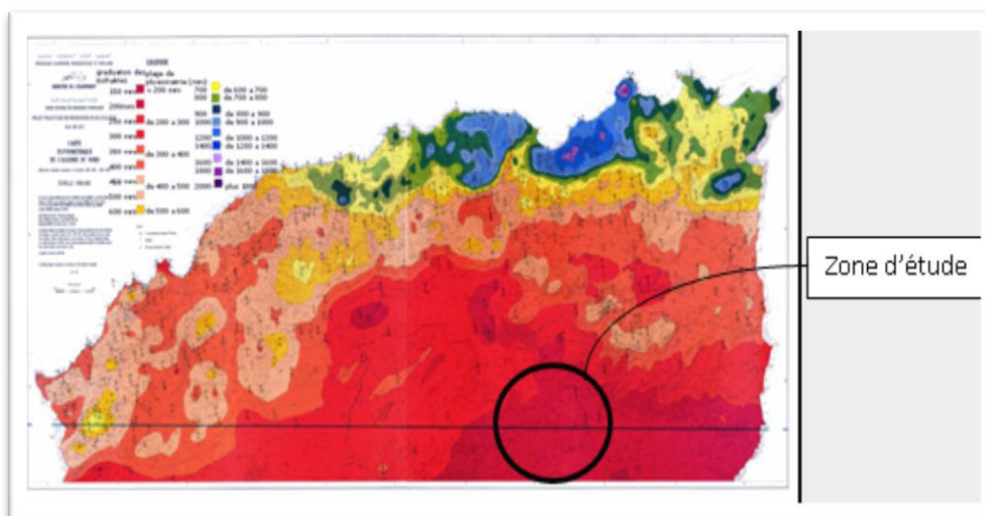


Figure II-6 : Carte pluviométrique du nord de l'Algérie (ANRH)

La zone d'étude est dotée au contour de trois stations pluviométrique située à Sidi Khaled, Doucen et Ain El Maleh. Les coordonnées de ces stations sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau II.09: Caractéristique des stations pluviométriques

Station	Code	X	Y	Alt. (m)	Période d'observation.
Sidi Khaled	060902	5°00'06"	34°23'48"	220	1976-2014
Doucen	061206	5°06'15"	34°35'57"	180	1973-2012
Ain El Maleh	052003	4°09'35"	34°50'24"	956	1974-2018

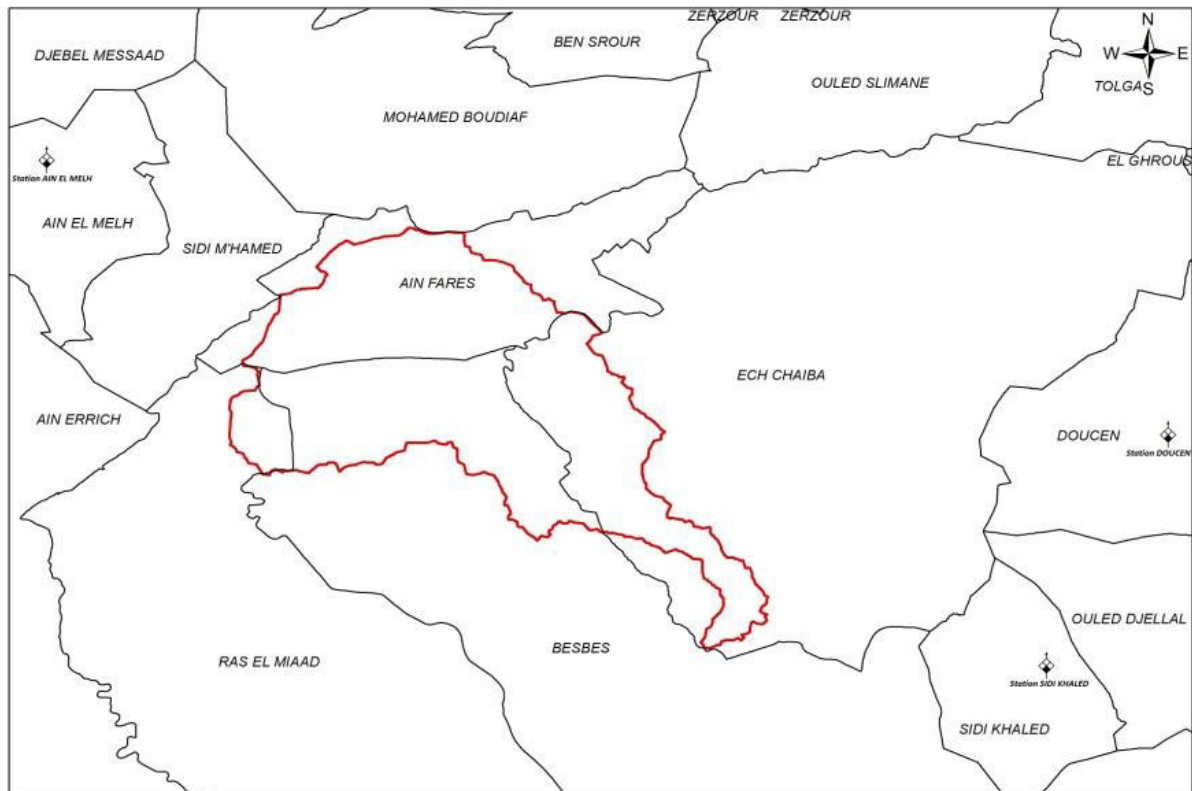


Figure II.07 Stations pluviométriques proches du Zone d'étude

II-10 Tableau des équidistances entre stations est Ced (km)

Equidistances en km	Ced Leguerabiat	Station Sidi Khaled	Station Doucen	Station Ain El Maleh
Station sidi khaled	26,7	/	24,357	91,512
Station Doucen	36,5	24,357	/	90,505
Station Ain El Maleh	64,9	91,512	90,505	/

Etant donnée que le bassin versant étudié ne contient pas de station pluviométrique, il est plus raisonnable d'utiliser les données des trois stations limitrophes.

Pour exploiter les données de ces trois stations, on doit faire recours à la méthode géométrique de THIESSEN et la méthode de la moyenne arithmétique pour déterminer la valeur moyenne des précipitations.

- Méthode de THIESSEN :

$$P_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i P_i}{S}$$

S_i : Surface d'influence du pluviomètre i en Km²

P_i : Précipitation au poste i en mm

S : Surface du bassin versant en Km² inter stations proche de la zone d'étude.

Tableau II-11 valeurs de précipitation et sections d'actions pour les stations.

N	Stations	Pan max(mm)	Pan moy(mm)	Pj max(mm)	Si(km2)
1	Ain El Maleh	269,3	125,1	139,8	350,29
2	Doucen	205,7	86,1	109,0	104,90
3	Sidi Khaled	247,7	112,0	90,0	171,71
4	Moyenne Station	210,7	108,7	94,6	

$$P_{moy} = 121 \text{ mm}$$

- Méthode de la Moyenne Altimétrique :

$$P_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

P_i : valeurs de précipitations moyennes de chaque station.

$$P_{moy} = 107,7 \text{ mm}$$

Étant donné que les valeurs obtenues par l'application de la méthode du THIESSEN et la méthode de la Moyenne Altimétrique sont proches. On adopte la valeur obtenue par THIESSEN..

$$P_{moy} = 121 \text{ mm}$$

Tableau II.12: Précipitations annuelle (la moyenne des 03 stations).

Années	Pan (mm)	Années	Pan (mm)	Années	Pan (mm)
77\78	35,1	89\90	192,2	01\02	60,6
78\79	50,6	90\91	72,0	02\03	81,0
79\80	157,0	91\92	90,0	03/04	170,9
80\81	66,6	92\93	79,5	04/05	92,9
81\82	102,0	93\94	34,0	05/06	131,2
82\83	120,3	94\95	197,6	06/07	102,7
83\84	20,6	95\96	177,8	07/08	110,8
84\85	96,0	96\97	79,5	08/09	129,8
85\86	116,8	97\98	182,9	09/10	107,2
86\87	130,0	98\99	100,7	10/11	210,7
87\88	125,5	99\00	143,7	11/12	138,0
88\89	72,9	00\01	24,0		

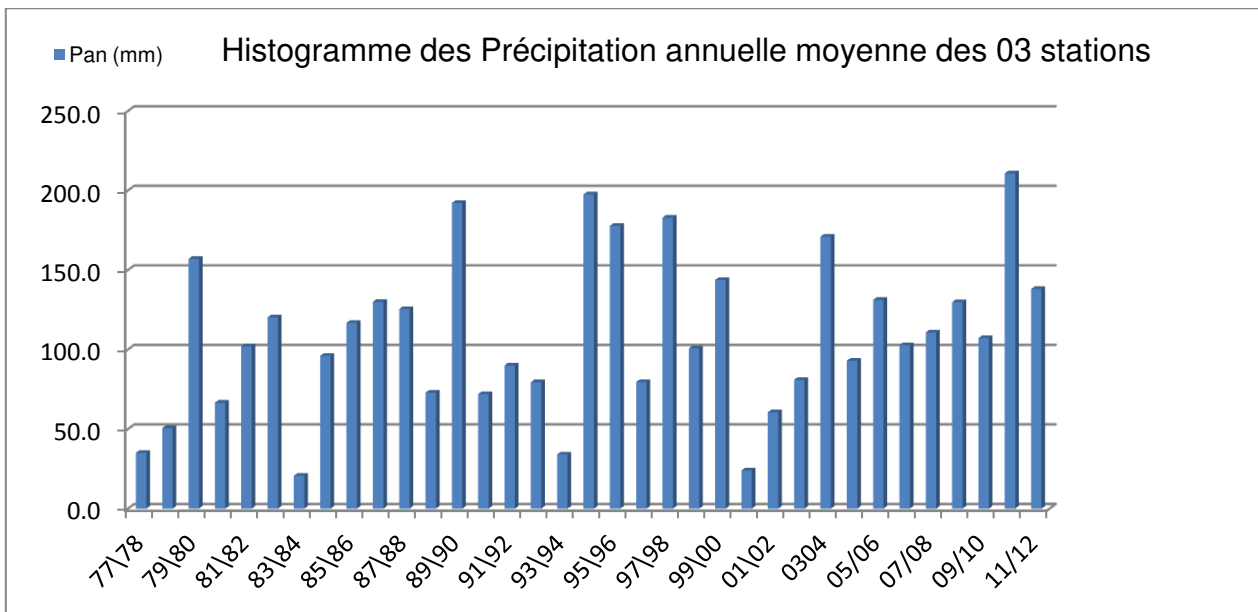


Figure II.08: Histogramme des pluies annuelles (la moyenne des 03 stations).

D'après cette série de 35 ans « 1977-2012 », (Tableau II-12), la pluviométrie moyenne annuelle enregistrée sur cette période est de **121 mm**, toutefois, la pluviométrie annuelle est très variable d'une année à l'autre. Cette variabilité interannuelle des précipitations (Fig II.08) montre une irrégularité assez prononcée, avec des périodes humides qui ont des valeurs supérieures à la moyenne, jusqu'à **210.7mm** (2010-2011) et des périodes sèches dont les valeurs sont inférieures à la moyenne, jusqu'à **20.6 mm** (1983-1984).

II-5 Pluie maximale journalière

Tableau II.13: Précipitations maximales journalières enregistrées (la moyenne des 03 stations).

Années	Pjmax (mm)	Années	Pjmax (mm)	Années	Pjmax (mm)
77\78	8,1	89\90	77,7	01\02	17,9
78\79	16,8	90\91	17,6	02\03	25,3
79\80	50,4	91\92	18,8	03\04	50,9
80\81	20,8	92\93	25,5	04\05	27,2
81\82	32,2	93\94	10,3	05\06	50,2
82\83	34,4	94\95	94,6	06\07	21,5
83\84	5,0	95\96	37,6	07\08	46,1
84\85	30,4	96\97	45,2	08\09	21,0
85\86	29,9	97\98	30,2	09\10	40,5
86\87	35,1	98\99	53,0	10\11	26,6
87\88	48,2	99\00	49,8	11\12	38,5
88\89	20,6	00\01	7,2		

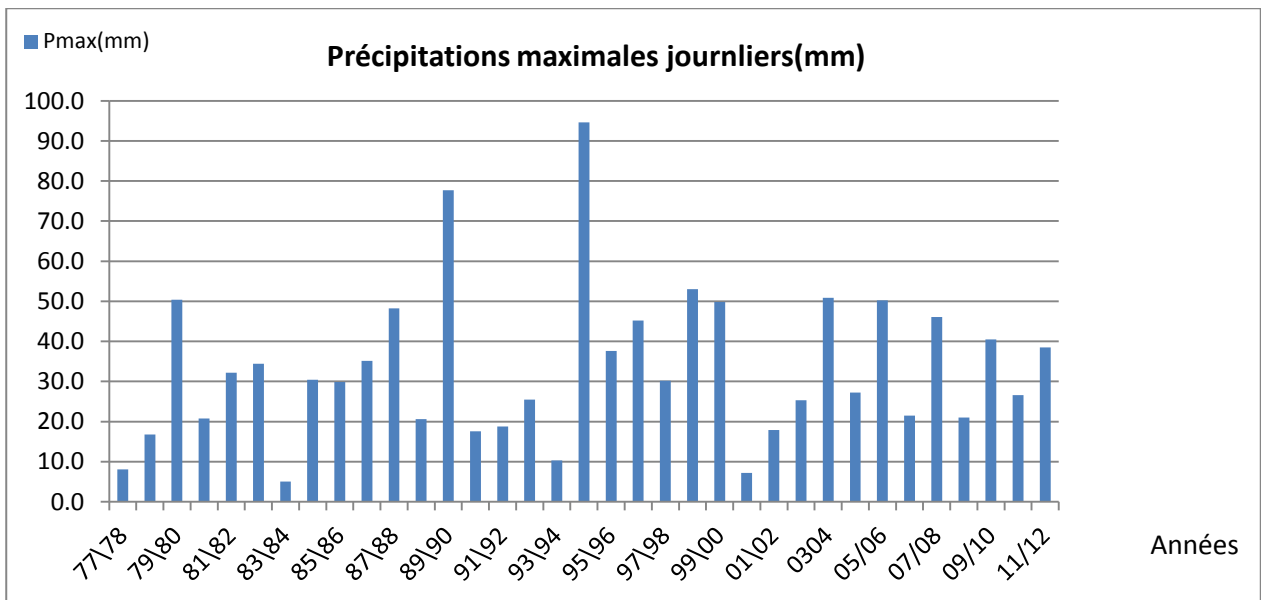


Figure II.09: Histogramme des pluies maximales journalières (la moyenne des 03 stations).

D'après le tableau (II-13) et l'histogramme représentative de la figure (II-09) ont peut remarquer une grande variabilité des valeurs de précipitation d'une année à l'autre.

II-5-1 Analyse fréquentielle des pluies

Tableau II-14 : Caractéristiques statistiques de base des données de la série suite HYFRAN

Caractéristique	Valeur	Unité
Nombre d'observations	35	-
Minimum	5,0	Mm
Maximum	94,6	Mm
Moyenne	33,3	Mm
Ecart-type	19,1	-
Médiane	30,2	Mm
Coefficient de variation (Cv)	0,573	-
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1,172	-
Coefficient d'aplatissement (Ck)	4,48	-

II-5-2 Ajustement des pluies maximales journalières

Le traitement des données a été fait à l'aide du logiciel « HYFRAN »

Test d'hypothèses :

Les méthodes de test d'hypothèses permettent soit d'accepter l'hypothèse de départ concernant la valeur du paramètre en question soit de la rejeter.

Hypothèses

H₀ : Il n'y a aucune tendance dans les observations

H₁ : Il y a une tendance dans les observations

Conclusion : H₀ peut être acceptée au niveau de signification de 5 %

II-5-2-1 Ajustement à la loi de GUMBEL :

L'équation de droite de Gumbel : $P_{jmax} = \frac{1}{\alpha} y + x_0 \dots\dots\dots 1$
 y : variable de la droite de Gumbel : $y = -[\ln(-\ln(F(x)))] \dots\dots\dots 2$
 Où : $F(x) = \frac{m - 0.5}{N} \dots\dots\dots 3$

m : ordre de classement ;
 N : taille de l'échantillon ;
 $\frac{1}{\alpha}$, x_0 : sont déterminées par la méthode des moindres carrés ;

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-u}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-u}{\alpha}\right)\right]$$

Quantile q= F(X) (probabilité au non-dépassement)

Paramètre : $T = 1 / (1-q)$

$u = 24,696297$

$\alpha = 14,854530$

Les résultats de calcul des fréquences expérimentales et des valeurs théoriques sont exposés dans le tableau suivant :

Tableau II.15: Résultats de l'ajustement à la loi de Gumbel

T (année)	P	Pjmax% (mm)	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000,0	0,9999	162	19,4	123	200
2000,0	0,9995	138	16,2	106	169
1000,0	0,9990	127	14,8	98,2	156
200,0	0,9950	103	11,7	80,5	126
100,0	0,9900	93,0	10,3	72,8	113
50,0	0,9800	82,7	8,97	65,1	100
20,0	0,9500	68,8	7,19	54,7	82,9
10,0	0,9000	58,1	5,86	46,6	69,6
5,0	0,8000	47,0	4,55	38,1	55,9
3,0	0,6667	38,1	3,61	31,0	45,2
2,0	0,5000	30,1	2,94	24,4	35,9

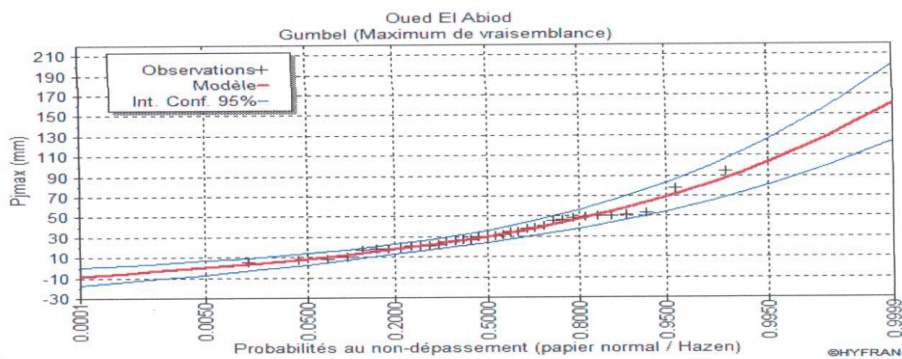


Figure II.10: Ajustement de la loi de GUMBEL

Conclusion : H_0 peut être acceptée au niveau de signification de 5 %

II-5-2-2 Ajustement a la loi de GALTON (Log Normal) :

Calcul des fréquences expérimentales (au non dépassement) :

$$q = F(x_i) = \frac{m-0,5}{N} \quad \text{et} \quad T = \frac{1}{1-q}$$

Résultats : Résultat de la statistique : T = 1.76

m : numéro d'ordre de la valeur

N : taille de l'échantillon

Paramètres d'ajustement à la loi normale :

$$XP\% = X_{\text{moy}} + \delta \text{ UP5}$$

X_{moy} : hauteur de pluie moyenne

δ : Ecart -type

UP% : variable réduite de gauss

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{[\ln x - \mu]^2}{2\sigma^2}\right\}$$

Paramètre :

$\mu = 3.33.662$

$\sigma = 0.643459$

Tableau II.16: Résultats de l'ajustement à la loi de GALTON

T (année)	P	Pjmax% (mm)	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000,0	0,9999	306	94,9	120	492
2000,0	0,9995	232	64,8	105	359
1000,0	0,9990	204	54,0	98,3	310
200,0	0,9950	147	33,5	81,0	212
100,0	0,9900	125	26,4	73,1	177
50,0	0,9800	105	20,3	65,0	145
20,0	0,9500	80,6	13,6	54,0	107
10,0	0,9000	63,8	9,42	45,3	82,3
5,0	0,8000	48,0	6,10	36,1	60,0
3,0	0,6667	36,9	4,20	28,6	45,1
2,0	0,5000	28,0	3,04	22,0	33,9

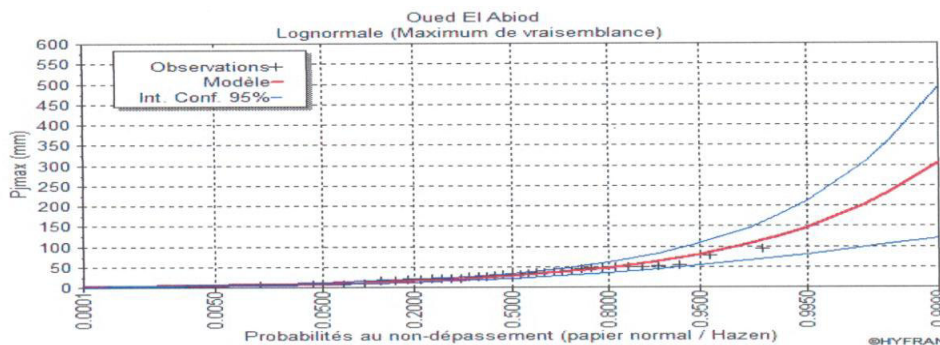


Figure II.11: Ajustement de la loi de GALTON

Conclusion : H_0 peut être acceptée au niveau de signification de 5 %

II-5-2-3 Ajustement à la loi de Log-Normal (3 paramètres) :

La fonction de répartition est de la forme suivante :

$$f(x) = \frac{1}{(x-m)\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{[\ln(x-m)-u]^2}{2\sigma^2}\right\}$$

m : paramètre de position.

σ : Ecart-Type

u : paramètre de position

Paramètre :

m= -15,455767

σ = 0,374911

μ =3,816577

Les résultats de calcul sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau II.17: Résultats de l'ajustement à la loi de Log Normal (3paramètres).

T (année)	P	Pjmax% (mm)	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000,0	0,9999	168	52,3	66,8	214
2000,0	0,9995	141	37,7	66,4	192
1000,0	0,9990	129	32,1	63,1	145
200,0	0,9950	104	20,8	60,5	126
100,0	0,9900	93,3	16,7	57,1	108
50,0	0,9800	82,7	13,0	51,2	86,3
20,0	0,9500	68,8	8,94	45,4	70,7
10,0	0,9000	58,0	6,46	37,8	55,9
5,0	0,8000	46,8	4,60	30,8	45,1
3,0	0,6667	37,9	3,64	23,9	36,0
2.0	0.5000	30.0	3.08	16.7	27.1

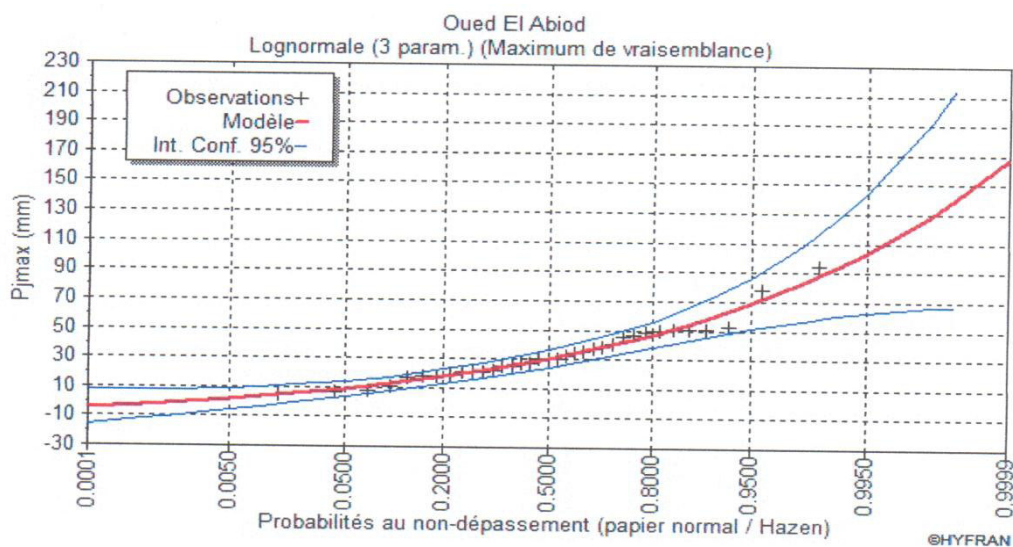


Figure II.12: Ajustement au Log-Normal (3 paramètres)

Conclusion : H_0 peut être acceptée au niveau de signification de 5 %

II-5-3 Choix de la meilleure méthode d'ajustement.

Pour le choix de la meilleure méthode d'ajustement le logiciel HYFRAN permet d'effectuer une comparaison entre ces méthodes soit graphiquement ou par calcul de certains critères de comparaison tel que :

➤ **Critère d'information d'Akaike (AIC)**

$$AIC = -2 \log(L) + 2k$$

où L est la vraisemblance, k le nombre de paramètres et n la taille de l'échantillon.

➤ **Critère d'information bayésien (BIC)**

$$BIC = -2 \log(L) + 2k \log(n)$$

Où L est la vraisemblance et k le nombre de paramètres.

Ces deux critères (BIC et AIC) permettent de construire un classement de modèles statistiques tenant compte du principe de parcimonie.

Remarque :

- Les meilleurs ajustements correspondent aux plus faibles valeurs.
- Les probabilités à posteriori permettent également de calculer une valeur pondérée du quantile de période de retour T.

Les résultats de comparaison sont illustrés dans le tableau suivant :

Oued El Abiod						
Nombre d'observations: 35						
T= 100						
Modèle	Nb param.	XT	P(Mi)	P(Mi x)	BIC	AIC
Gumbel (Maximum de vraisemblance)	2	93.029	33.33	68.79	305.096	301.985
Lognormale (Maximum de vraisemblance)	2	124.942	33.33	18.52	307.720	304.609
Lognormale (3 param.) (Maximum de vraisemblance)	3	93.279	33.33	12.68	308.478	303.811
P(Mi) : Probabilité a priori						
P(Mi x) : Probabilité a posteriori (Méthode de Schwartz)						
BIC : Critère d'information Bayésien						
AIC : Critère d'information d'Akaike						
Moyenne pondérée des quantiles : 98.9727						

Figure : II-13 Choix de la meilleure méthode d'ajustement suite HYFRAN.

D'après les résultats de ce tableau la meilleure méthode d'ajustement est la loi de **GUMBEL**

II-5-4 Pluies de courte durée et leurs intensités à différentes fréquences :

Les précipitations exceptionnelles (P_{ct}) de durée (t) inférieure à 24 heures (courte durée) sont liées aux précipitations journalières fréquentielles $P_{j_{maxj}}$ par la relation suivante :

$$P_{ct} = P_{j_{max}} \left(\frac{t}{24} \right)^b$$

P_{ct} : pluie de courte durée de fréquence égale à celle de $P_{j_{max}}$ en mm

$P_{j_{max}}$: pluie maximale journalière pour différentes fréquences

t : durée en heures

b : exposant climatique égale à 0.19 pour la région de Biskra.

L'intensité de la pluie en mm/h

$$I_{ct} = \frac{P_{ct}}{t}$$

Les résultats de calcul sont regroupés dans le tableau II.18 (voir l'annexe).

II-6 Calcul des apports

A cause du manque de données hydrométriques pour le bassin versant étudié, on a eu recours aux formules empiriques pour la détermination des apports liquides en se basant sur le calcul de la lame écoulée par les formules applicables pour la région d'étude.

Formule de Samie (II) :

$$L_e = \frac{\bar{P}_0^2 \times (293 - 2,2\sqrt{S})}{1000}$$

L_e : la lame d'eau écoulée en (mm);

$$L_e = 3,48 \text{ mm}$$

\bar{P}_0 : Pluviométrie moyenne annuelle en (m)

S : Surface du bassin versant en (km^2)

Formule de Medinger II :

$$L_e = \bar{P}^2 \times (0,24 - 0,0014\sqrt{S})$$

L_e : la lame d'eau écoulée en (mm);

$$L_e = 3,00 \text{ mm}$$

\bar{P} : Pluviométrie moyenne annuelle en (m)

S : Surface du bassin versant en (km^2)

Formule de Coutagne :

$$L_e = \bar{P}_0 - D$$

L_e : la lame d'eau écoulée en (mm);

\bar{P} : Pluviométrie moyenne annuelle en (m)

$$D = \bar{P}_0 - \lambda \bar{P}_0^2 \quad \text{Avec : } \lambda = \frac{1}{0,8 + 0,14 \times T}$$

Donc :

$$Le = \frac{\bar{P}_0^2}{0,8 + 0,14 \times T}$$

Valable pour : $\frac{1}{8\lambda} < \bar{P}_0 < \frac{1}{2\lambda}$

Le= 3,775 mm

L'apport annuel moyen est donné par la relation suivante en fonction de la lame écoulée :

$$A = Le * S$$

Tableau II.19: récapitulatif de la lame écoulée et de l'apport annuel calculé

La formule	La lame écoulée (mm)	Apport annuel (Hm ³)
Formule de Sami II	3,48	2,182
Formule de Medinger II	3,00	1,881
Formule de Coutagne	3,775	2,366
Moyenne	3,418	2,143

On adopte comme valeurs moyennes des trois résultats tenus :

$$A = 2,143 \text{ Hm}^3 \text{ avec } Le = 3,418 \text{ mm}$$

II-7 Etude des crues

Les crues sont des événements correspondant à la circulation des débits exceptionnels dans les bassins versants, elles sont influencées par de nombreuses variables parmi lesquelles l'intensité, la durée et la distribution de la pluie dans le bassin, la topographie et la densité de drainage, ...etc.

Les débits de crues ont une influence directe sur le régime hydrologique particulièrement en Algérie où les oueds, à cause de la grande irrégularité, passant des débits nuls à des débits de crues exceptionnels.

Les crues dépendent essentiellement de l'abondance et de l'intensité de la pluie, et de la morphologie et la géométrie du bassin versant.

De ce fait, l'évolution de la crue obéit principalement à la puissance et l'intensité de l'averse, sa vitesse est largement influencée par le couvert végétal, la lithologie, les paramètres morphométriques du bassin (indice de compacité, densité de drainage, rapport des confluences et des longueurs, etc.), par la pente du cours d'eau, la forme du lit, la largeur de la vallée. De plus, les diverses branches du chevelu hydrographique interviennent bien qu'à un degré moindre dans

l'évolution ou la perturbation d'une crue. Dans la plupart des cas, ce sont les averses qui provoquent les grandes crues.

II-7-1 Prédétermination des crues

A cause de l'absence de station hydrométrique dans les sous bassins versant de Oued El Abiod des formulations empiriques ont été utilisées pour la prédétermination des débits de crues maximales. Pour avoir des résultats plus fiables on a utilisé six formules empiriques :

Formule de SOKOLOVSKI :

$$Q_{max\%} = \frac{0,28 \times P_{tc} \times \alpha\% \times S \times f}{t_c}$$

t_c : Temps de concentration

Où : $P_{tc}\%$: pluie à courte durée correspondant à un temps t_c en mm.

S : Surface du bassin versant en km²

$\alpha\%$: Coefficient de ruissellement du bassin versant pour la crue considérée de fréquence donnée

$T_m = T_c$: Temps de concentration en heure

f: coefficient de forme de l'hydrogramme.

f = coefficient de forme de crue, $f = 12/(4+3\gamma)$, on prend $\gamma = 2,5$ d'où $f=1,04$

0.28 : coefficient de changement d'unité

Le coefficient de ruissellement α est choisi en fonction de la nature géologique du site de l'étude et aussi selon la période de retour ($0,6 < \alpha < 0,8$).

D'après la carte des sols d'Algérie la zone d'études se caractérise par des sols éoliens d'ablation. Le sol du bassin versant étudié est pourvu des éléments fins résidus à l'érosion éolienne, sa texture est perméable et le sol est presque nu.

On adopte ainsi, pour cette étude, un coefficient de ruissellement $\alpha = 0.8$.

Formule de POSSENTI :

$$Q_{max} = C_p \times \frac{P_j}{L} \times (S_n + \frac{S_p}{3})$$

P_j : pluie journalier fréquentielle correspondante chaque période de retour

Voir le tableau II.17 (Voir annexe)

L : longueur de Talweg, L=55,38 Km.

S_n : Superficie montagneuse du B.V, $S_n=84,63\text{Km}^2$.

S_p : Superficie plaine du B.V, $S_p=542,27 \text{ Km}^2$.

C_p : coefficient dépendant de la longueur du talweg.

$$700 < C < 800$$

Formule de GIANDOTTI :

$$Q_{max0/0} = \frac{170 \times S \times \sqrt{H_{moy} - H_{min}}}{4 \times \sqrt{S} + 1.5 \times L} \times P_{tc}$$

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

S : Superficie du bassin, S=626.9Km².

L : Longueur du thalweg principal, L=55.38 Km.

H_{moy} et H_{min} : Altitudes moyenne et minimale en m.

P_{tc} : Pluie fréquentielle de courte durée, correspondant au temps de concentration.

Formule de MAILLET GAUTIER :

$$Q_{max} = 2 \times k \times \log(1 + a.P) \times \frac{S}{\sqrt{L}} \times \sqrt{1 + \log\left(\frac{T^4}{S}\right)}$$

Tel que :

Q_{max} : c'est la crue maximale (m³/s).

S : Surface du B.V, S=626,9Km².

L : longueur de Talweg, L=55,38Km.

T : Période de retour en (ans).

P : Pluviométrie annuelle moyenne P=0.121 m.

a et k : coefficients topographique (valeurs adoptées : a = 25 et k = 2,5).

$$20 < a < 30$$

$$2 < k < 3$$

Formule dite RATIONNELLE (TURAZZA):

$$Q_{max\%} = \frac{C \times P_{tc\%} \times S}{3,6 \times t_c}$$

S : Superficie du bassin versant (Km²).

C : Coefficient de ruissellement.

P_{tc%} : Pluies de courte durée pour une fréquence donnée (mm).

t_c : Temps de concentration (heures).

Méthode SYNTHETIQUE

$$Q_{max\%} = \frac{(P_{tc\%} - D) \times S}{3,6 \times t_c}$$

P_{tc%} : Pluie de courte durée pour une fréquence donnée.

D : Déficit d'écoulement initial (mm).

S : Superficie du bassin versant (Km²).

t_c : Temps de concentration (heures).

Tableau II.20: Q_{max} pour les différentes formule et périodes de retour

T (an)	Pjmax% (mm)	Sokolovski	Rationnelle	Mallet-Gauthier	Giandotti	Possenti	Synthétique
5,00	47.0	549,39	524,07	305,47	431,88	173,20	370,81
10,00	58.1	679,14	647,83	453,68	533,88	214,10	525,52
20,00	68.8	804,21	767,14	564,21	632,20	253,53	674,65
50,00	82.7	966,69	922,13	683,42	759,93	304,75	868,39
100,00	93.0	1087,09	1036,98	761,30	854,57	342,71	1011,95
1000,00	127	1484,52	1416,09	976,38	1167,00	468,00	1485,84

Il est à remarquer des résultats ci-dessus que les valeurs des débits des différentes fréquences obtenus par les formules de (Sokolovski, Rationnelle, Giandotti et la méthode synthétique) sont comparables, tandis que les valeurs obtenues par les formules de Mallet-Gauthier et Possenti sont contradictoires aux premiers, ceci est peut-être dû au choix des valeurs des coefficients respectivement (a qui varie de 20 à 30 et k de 2 à 3) et (μ qui varie de 700 à 800). Ainsi, les valeurs obtenues par ces deux dernières formules sont rejetées.

Tableau II.21: Q_{max} pour les différentes formule obtenus et périodes de retour

T (an)	Pjmax%	Sokolovski	Rationnelle	Giandotti	Synthétique
(an)	(mm)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
5,00	47.0	549,39	524,07	431,88	435,78
10,00	58.1	679,14	647,83	533,88	590,49
20,00	68.8	804,21	767,14	632,20	739,63
50,00	82.7	966,69	922,13	759,93	933,37
100,00	93.0	1087,09	1036,98	854,57	1076,93
1000,00	127	1484,52	1416,09	1167,00	1534,57

Pour des raisons de sécurité les valeurs adoptées seront celles obtenues par la formule de Sokolovski qui représentent les valeurs enveloppes supérieures.

Tableau II.22: Q_{max} et Pjmax pour les différentes formule obtenus et périodes de retour

Période de retour (en année)	5	10	20	50	100	1000
Pjmax (mm)	47,0	58,1	68,8	82,7	93,0	127,0
Qmax (m ³ /s)	549,39	679,14	804,21	966,69	1087,09	1484,52

II-7-2 Caractéristiques de la forme de l'hydrogramme des crues :

La forme des crues (temps de montée et de décrue) est déterminée à l'aide de la méthode de SOKOLOVSKY qui assimile l'hydrogramme de crue à deux équations paraboliques l'une pour le temps de montée et définie par :

$$Q_t = Q \left(\frac{t}{t_m} \right)^m_{max}$$

et l'autre pour la décrue exprimée par :

$$Q_d = Q \left(\frac{t_d - t}{t_d} \right)^n_{max}$$

Où : Q_{max} : Débit maximal de fréquence donnée.

Q_t : Débit instantané au moment t

t_m et t_d : Temps de montée et temps de décrue

m et n : Puissance des paraboles, pour les Bassins de petits gabarits,

$m = 2$ et $n = 3$ et $t_b = t_m + t_d$

Avec : t_b : Temps de base (heure)

t_m et t_d , définis précédemment.

$t_m = t_c = 10.72$ h

$t_d = 2.5 t_c = 26.8$ h

$t_b = 37.52$ h

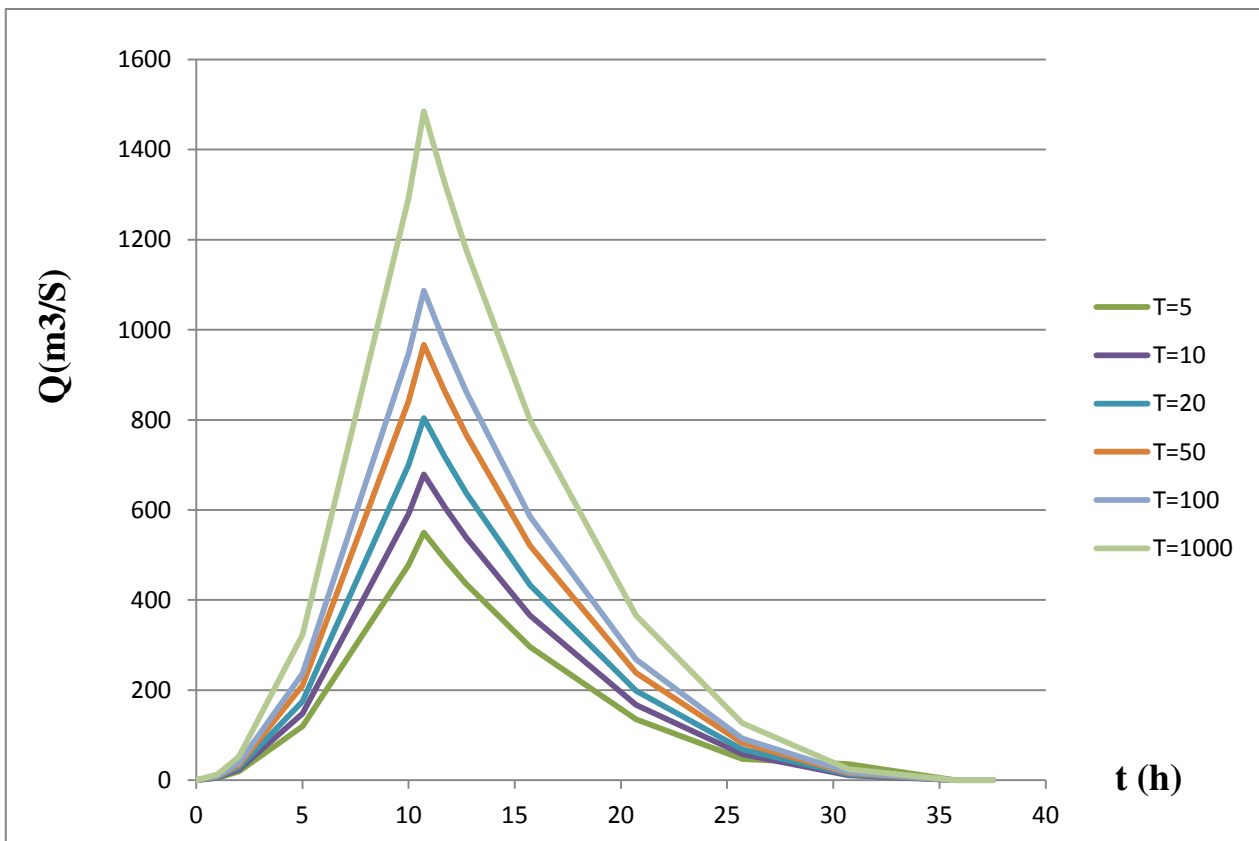


Figure II.14: Hydrogramme des crues de Oued El Abiod

II-8 Transports Solides :

Il s'agit d'apports moyens annuels d'éléments solides, ces apports concernent seulement ceux véhiculés par le flux hydrique. Ceux-ci peuvent être calculés suivants plusieurs formules empiriques à cause de l'absence de mesures du transport solide dans la région d'étude.

Formule de TIXERONT

Celle-ci a été établie sur la base de corrélations faites entre l'apport moyen liquide annuel et la perméabilité grâce à des données d'observations sur des oueds algériens et tunisiens

Cette formule donne l'apport solide moyen annuel en suspension en $t/km^2 \cdot An$.

Elle est exprimée par :

$$Es = \alpha \cdot Le^{0,15}$$

$$As = Ta \cdot S$$

ou:

Ta : Apport solide moyen annuel en suspension en $T/ Km^2 \cdot An$

Le : Lamme d'eau écoulée, $Le=3,418mm$

S : Superficie du Bassin versant, $S=626,90Km^2$

An : apport annuel solide en T/An

α : Paramètre empirique qui varie en fonction de la pluviométrie du terrain, $\alpha = 350$ pour une perméabilité moyenne du Bassin versant

A.N

$$Es=350*3,418^{0,15}$$

$$Es=420.856 T/Km^2/An$$

$$As=420,856*626.9$$

$$As=263834,63 T/An$$

Tableau II.23 : Résultats de calcul de l'apport solide (Formule de TIXERONT)

Formule	Es ($T/km^2 \cdot An$)	As (T/An)
Formule de TIXERONT	420,856	263834,63

Conclusion :

Suite à l'étude effectuée sur les caractéristiques morphométriques, structurales et climatiques, on a constaté que la région d'étude se caractérise par un relief fortement accidenté avec absence du couvert végétal surtout pour la partie Nord-Ouest du bassin versant, cependant, la partie Sud-Est se remarque par un couvert végétal très faible.

Les caractéristiques climatiques du bassin versant sont étroitement liées à sa position géographique et son relief ; on relève de fortes variabilités spatiales et surtout temporelles des précipitations sous forme d'averses rapides.

Les apports sont estimés être suffisants pour satisfaire les besoins en irrigation des 300 ha de fourragères, ils sont estimés à $2,14.10^6 m^3/an$, tandis que les crues des différentes périodes de retour sont très importantes par rapport à l'apport annuel moyen ($Q_{10} = 679,14 m^3/s$, $Q_{50} = 966,69 m^3/s$, $Q_{100}=1087,09 m^3/s$, $Q_{1000} =1484,52 m^3/s$).

Les valeurs obtenues montrent que l'apport annuel moyen est suffisant pour les besoins et les crues sont d'une grande ampleur ce qui exige un organe d'évacuation de grande longueur. A cet effet, il est recommandé d'utiliser un canal de dérivation de largeur suffisante pour le passage du débit demandé et de construire le Ced sous forme d'un barrage déversoir le long de la largeur de l'oued pour pouvoir évacuer les crues extrêmes.

La géologie et la pédologie de la zone est favorable à l'infiltration des eaux dans les zones perméables du bassin versant, pendant le passage des crues ce qui permet la recharge de la nappe alluvionnaire et le ruissellement d'une tranche des eaux de pluie.

Chapitre III- Etat Actuel du Ced Leguerabiat

Introduction :

La région rurale du ced Leguerabiat qui se caractérise par une activité d'élevage extensif d'ovins, de caprins, complété par la culture épisodique de céréales. Ces activités se trouvent confrontées au manque de ressources en eau pour couvrir les besoins en irrigation et pour l'abreuvement de leurs cheptels.

Pour pallier à ce manque d'eau, les travaux de réalisation et de réhabilitation de petites hydraulique (Djoub, Puits, forages, sources...etc) et l'exploitation des eaux des crues (Ced de stockage et de dérivation, mare d'eau, travaux de protection...etc.), sont parmi les solutions à cette problématique dans un milieu épars et éloigné des centres urbains.

L'exploitation des eaux des crues en irrigation par épandage pour des grande superficies des terres agricoles au niveau des Daeits, représente une méthode ancestrale pour l'amélioration de la production des céréales et fourragères au niveau de ses zones et l'amélioration en conséquence des revenus financières des habitants des régions de la steppe.

III-1 Historique du ced Leguerabiat

Le ced Leguerabiat a été réalisé par volontariat (Touiza) des citoyennes des localités Hassi Sida et Gotaa Tounsi de la commune Chaiba pour la première fois durant les années 1950 à 1954 d'une façon traditionnelle ; les travaux réalisés pendant cette période regroupent, la création d'un canal de dérivation en terre, transversal a Oued El Abiod pour le soutirage d'une partie du volume des crues. Les travaux d'entretien sont périodiques après chaque crue pour assurer la continuité d'irrigation.

En 2003, le Haut-Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS) et dans le cadre du programme PPLCD (Programme de Proximité de Lutte Contre la Désertification) du ministère de l'agriculture à planifier une opération d'aménagement de ced Leguerabiat pour améliorer les conditions de dérivation. Les travaux ont été réalisés de la même façon traditionnelle que celle lors de sa première construction en 1950.

L'aménagement réalisé en 2003, se situe à 8.9km en amont de l'exutoire de l'oued El Abiod sur l'oued Djedi, et à 33.5km du chef-lieu de la wilaya d'Ouled Djellal et à 43,6 km de la commune Chaiba. Cet aménagement regroupe :

- Une digue en gabions qui traverse la largeur de l'oued sur une longueur de $L_d = 100m$.

- Un canal en terre de largeur $B = 6,5\text{m}$, de longueur $L = 100\text{ m}$ et de profondeur 2 m qui a pour rôle de dériver une partie des eaux des crues vers la parcelle à irriguer.

Les deux ouvrages sont protégés par des gabions en position transversale à la digue de longueur 15 m (rive droite) et 20 m (rive gauche), tandis que le canal est protégé par une ligne en gabion de longueur 30m .

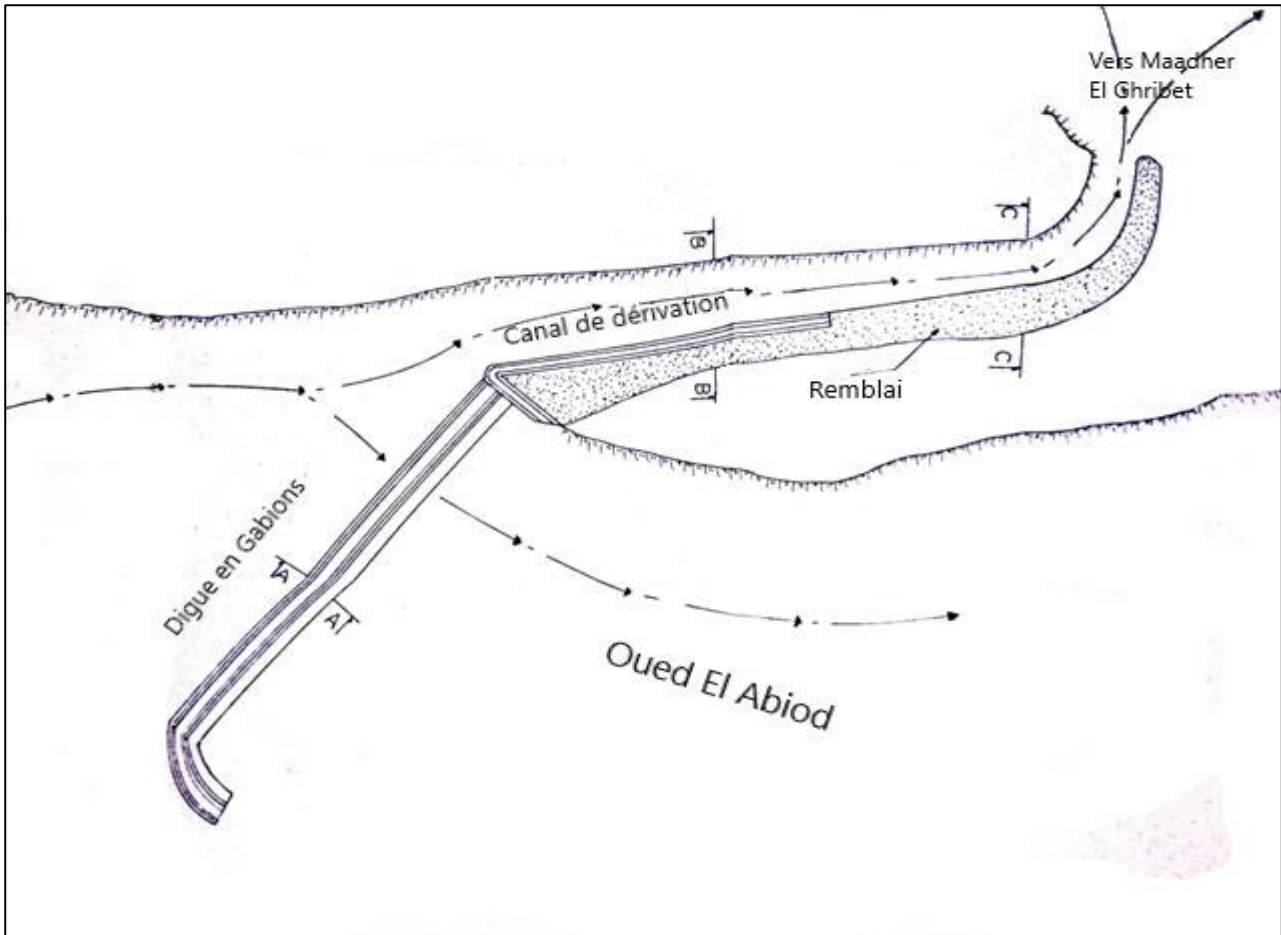


Figure III-1 Etat initial (2003) du ced Leguerabiat sur l'Oued El Abiod

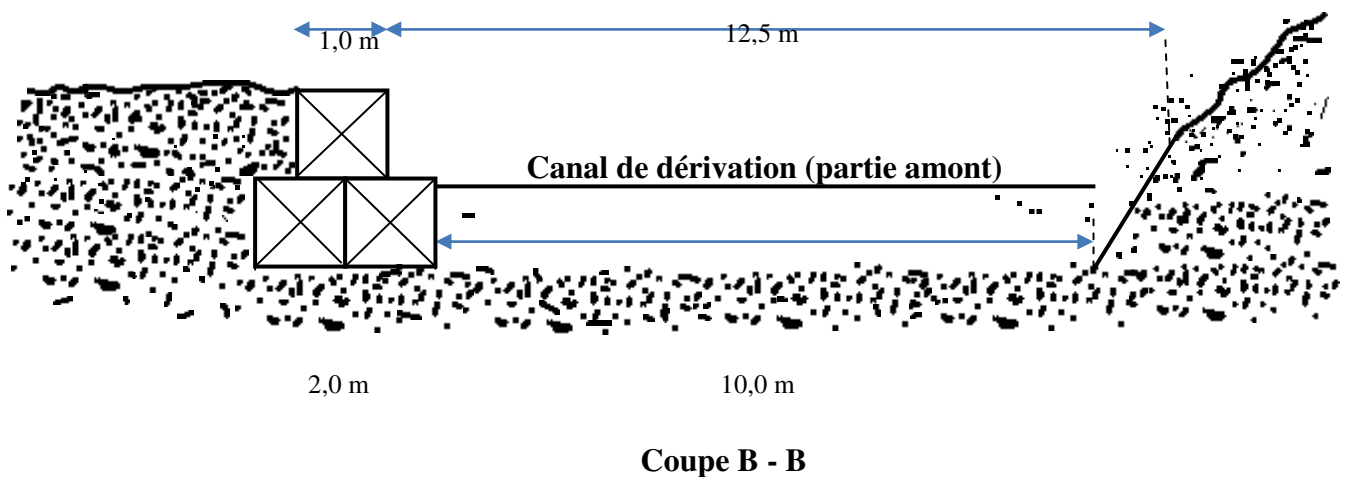
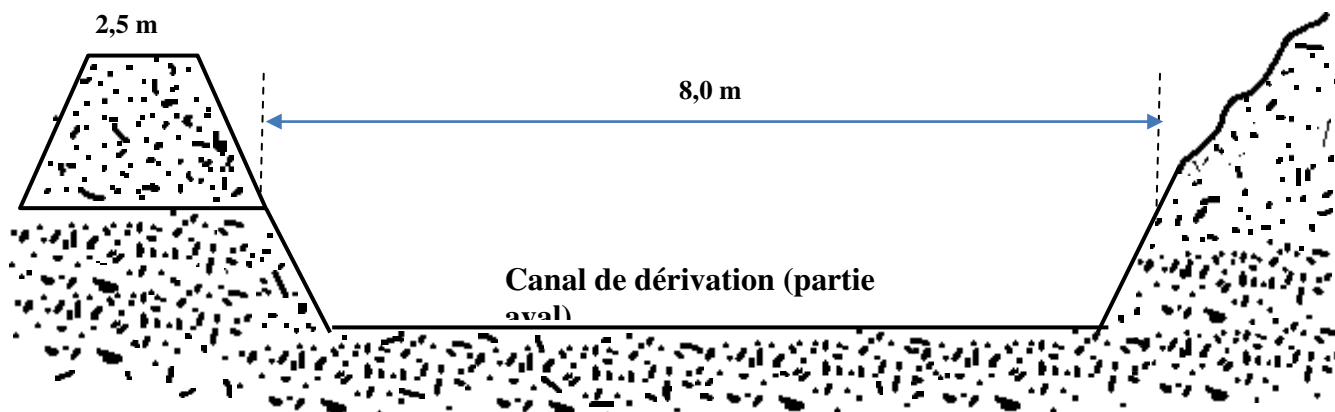
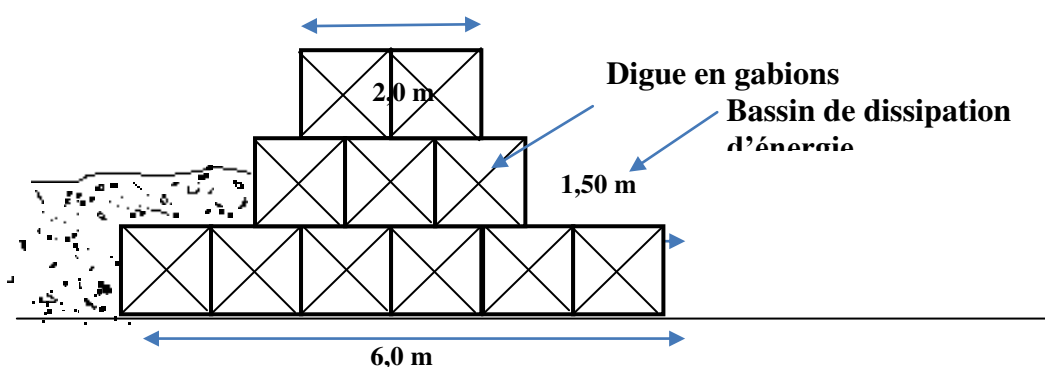


Figure III-2 coupe transversale du canal de dérivation (partie amont)



10,0 m
Coupe C - C

Figure III-3 coupe transversale du canal de dérivation (partie aval)



Coupe A - A

Figure III-4 coupe transversale de la digue déversante en gabions

III-2 Etat de constat du ced Leguerabiat :

Les ouvrages réalisés en 2003 par HCDS ont subits des dommage important suite au passage d'une crue exceptionnelle en mai 2004. le ced a connu la rupture de sa partie centrale et la destruction du gabinnage de protection de la digue et du canal. Ceci a mis hors service le ced Leguerabiat.

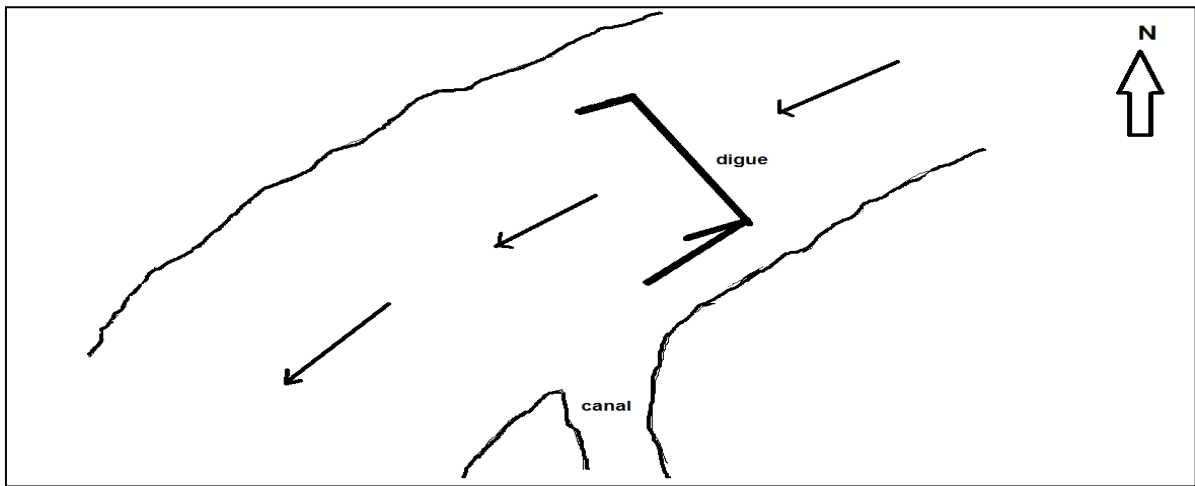


Figure III-5 Schéma de l'état actuel du ced Leguerabiat sur l'Oued El Abiod



Figure III-6 Vue générale du ced Leguerabiat sur Oued El Abiod



Figure III-7 Etat actuel du Ced Leguerabiat sur l'Oued El Abiod



Figure III-8 Partie centrale du ced détruite suite au passage d'une crue exceptionnelle



Figure III-9 Etat du gabionnage de la partie détruite du ced



Figure III-10 l'état actuel de la digue

Suite aux sorties de visite et de prospection au site du ced Leguerabiat sur l'Oued El Abiod et l'analyse des différents documents se rapportant à l'étude d'excusion du ced en 2003 et à l'état actuel de l'aménagement, on peut tirer les conclusion suivantes :

- L'étude des différents paramètres hydrologiques et hydrauliques n'ont pas été pris en compte ou mal estimés pendant l'étude du projet.
- La conception et réalisation de la digue déversante et du bassin de dissipation sans revêtement des partie sensibles à l'écoulement torrentiel a favorisé la dégradation de l'ouvrage au passage des premières crues après sa réalisation.
- Le facteur de transport solide essentiellement par charriage de galet d'oued de grandes dimensions ($d > 200\text{mm}$) et le regime d'ecoulement torentiel ont provoqué la dislocation des caissons de gabionage et par conséquent la ruine des ouvrages installés le long des oueds.
- La crue survenue en mai 2004 était rapide et violente, se qui a provoqué la distabilisation de la digue et par conséquent sa rupture et la détrioration de la protection du canal de dérivation.

Conclusion

D'après les informations et les données recueillies, il à été remarqué que le ced Leguerabiat sur l'Oued El Abiod à était reconstruit en 2003, une année après (mai 2004), l'ouvrage à subit des dommages importants à la suite du passage d'une crue importante. Ces dommages se résume par la rupture du ced au niveau de al partie centrale de la digue et l'arrasement des protections du canal et de la digue.

Ainsi, la restauration du ced ne peut être efficace que par la reconstruction d'une nouvelle digue et la réhabilitation du canal existant. Pour éviter les risques de détérioration des ouvrages et assurer leur durabilité dans le futur, il est recommandé d'opté pour un nouveau plan de conception de ces ouvrages en tenant compte des reserves d'echec déterminer par la présente étude.

CHAPITRE IV- Réhabilitation de Ced Leguerabiat

Introduction

L'évaluation de l'état actuel du ced Leguerabiat sur l'Oued El Abiod a fait montrer que les ouvrages qui constituent cet aménagement (la digue et le canal de dérivation) ont subi des dommages importants à la suite du passage d'une crue importante en 2004 c'est-à-dire une année après sa réalisation. Ces dommages qui se résume par la rupture de la digue et l'arrasement des protections du canal et de la digue ne sont pas réparables. Par conséquent, la restauration du ced ne peut être efficace que par la reconstruction d'une nouvelle digue et la réalisation d'un nouveau canal de dérivation.

IV-1 Synthèse de l'étude hydrologique

L'étude hydrologique du bassin versant de Oued El Abiod à l'exutoire du site Leguerabiat a permis de déterminer les paramètres suivants :

Tableau IV.1: Récapitulatif de l'étude hydrologique

Surface	S	626,90	km ²
Longueur de talweg principal	L _p	55,38	Km
Périmètre du bassin versant	P	145,0	km
Altitude minimale	H _{min}	326	m (NGA)
Altitude moyenne	H _{moy}	665	m (NGA)
Altitude maximale	H _{max}	1242	m (NGA)
Lame écoulée	Le	3,42	mm
Apport liquide annuel moyen	A	2,14 10⁶	m ³
Apport solide	As	0,165 106	m ³

Tableau II.2: Q_{max} et P_{jmax} pour les différentes formule obtenus et périodes de retour

Période de retour (en année)	2	5	10	20	50	100	1000
P _{jmax} (mm)	31,0	47,0	58,1	68,8	82,7	93,0	127,0
Q _{max} (m ³ /s)	351,84	549,39	679,14	804,21	966,69	1087,09	1484,52

IV-2 Choix de l'emplacement des aménagements

Sur la base des informations collectés sur site et de la topographie du terrain un nouveau site des ouvrages a été définis. Le point de localisation du nouveau site corespond à l'entrée du canal de dérivation et se trouve à environ 160m en amont de l'ancien site.

Coordonnées du nouveau site :

N : 34° 29' 23.2'' E : 004° 43' 30.7'' Z : 327m

IV-3 Caractéristique des aménagements proposés

Les ouvrages proposés sont liés à la grandeur des apports et l'importance des crues, souvent ce type d'aménagement se base essentiellement sur les apports des crues de faibles périodes de retour et non pas sur l'apport annuel moyen.

D'après les résultats obtenus de l'étude hydrologique, on remarque que l'apport annuel moyen est de 2,14 Hm³, ce volume risque de ne pas être suffisant pour l'irrigation des 300 ha prévus surtout si on tient compte du ced aménagé dans la zone amont du bassin versant ou le débit soutiré peut être estimé à 30% de l'apport global. Donc, on peut dire que la principale ressource pour l'irrigation des 300 hectares provient des crues qui sont très importantes.

Période de retour (en année)	2	5	10	20	50	100	1000
Qmax (m ³ /s)	351,84	549,39	679,14	804,21	966,69	1087,09	1484,52

Tableau IV-3 Caractéristique géométriques des aménagements proposés

<u>Digue déversante</u>		
Longueur de la crête de la digue déversoir	280	(m)
Largeur de la crête	1,0	(m)
Hauteur de la digue	2,0	(m)
Niveau de la crête de la digue déversante	326	(m. NGA)
Largeur au pied de la digue déversoir	2.0	(m)
<u>Canal de dérivation de forme trapézoïdale</u>		
Pente des talus du canal de dérivation	2,38	(m)
Niveau du radier du canal de dérivation	325,5	(m. NGA)
Largeur du fond du canal de dérivation	30,0	(m)
Longueur du canal de dérivation	677,30	(m)
Niveau de la crête du canal de dérivation	328,5	(m. NGA)

IV-4 Choix des matériaux de la digue déversante

Le choix du type de digue dépend essentiellement des conditions géologiques, topographique et de la disponibilité des matériaux de construction au niveau du site. Le critère économique joue aussi un rôle important dans le choix du type des matériaux des ouvrages. Pour le cas présent, la solution de digue en gabion paraît être la solution la plus raisonnable, à cause de la disponibilité des

enrochement sur le site, de l'éloignement de la région des centres urbains et du type des travaux de construction qui ne demande pas une main d'oeuvre qualifiée.

Les gabions demeurent des matériaux privilégiés dans la réalisation des petits ouvrages hydrauliques notamment dans les régions rurales où le contexte social, économique et technique rend leur utilisation courante dans les petites digues de dérivation des cours d'eau pour l'irrigation. Ces ouvrages sont de conception relativement standardisée ; on emploie usuellement les gabions dans les digues déversantes. A cet égard, les déversoirs en gradins de gabions sont une solution fréquemment adoptée. Ces structures déversantes présentent une grande stabilité mécanique ainsi qu'une bonne résistance au déferlement de crues ; en outre, leur mise en œuvre est aisée.

Ainsi, pour le présent cas d'étude, le projet à réaliser sera composé d'une digue déversante de longueur 280m, d'un canal de dérivation long de 677,3 m et des digues de protection à l'aval de la digue déversante et à l'entrée du canal.

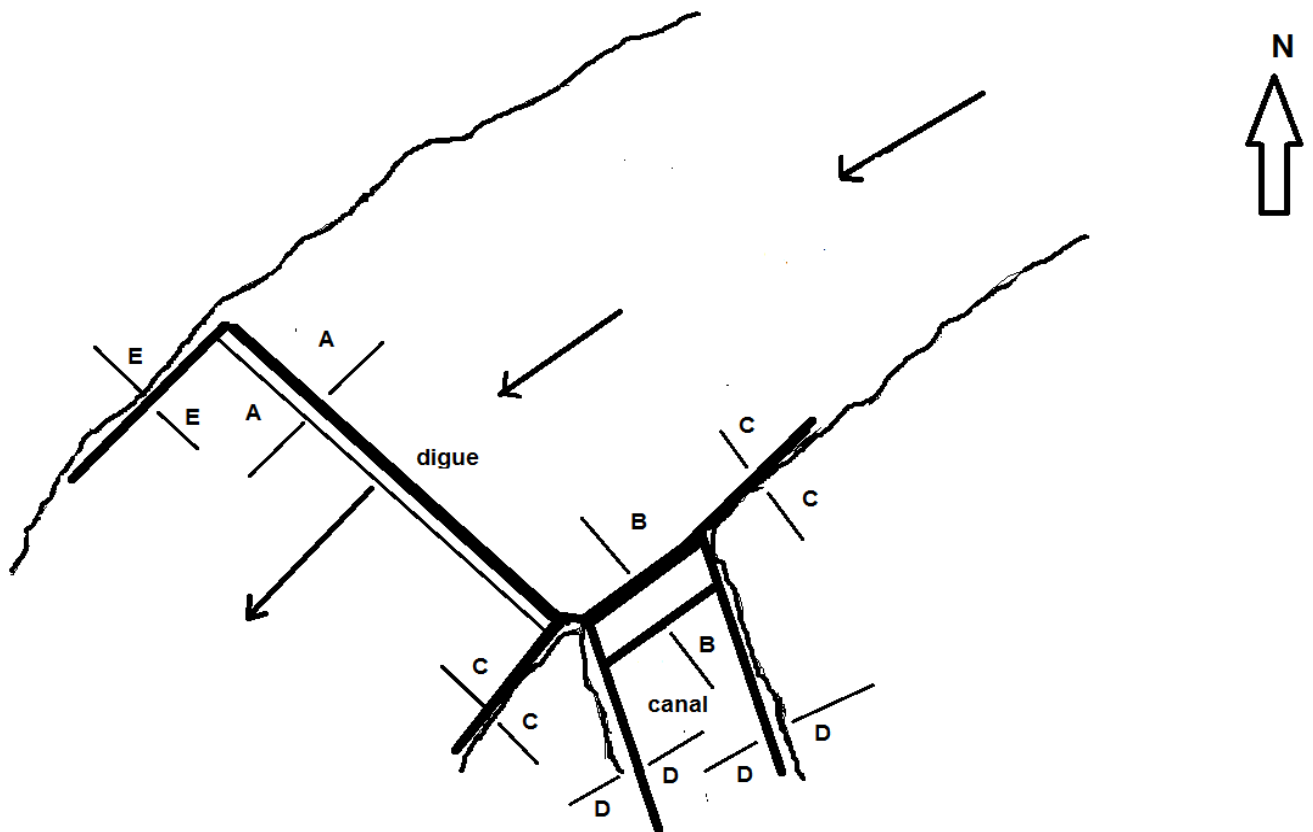


Figure IV-1 Schéma d'ensemble de l'aménagement du ced

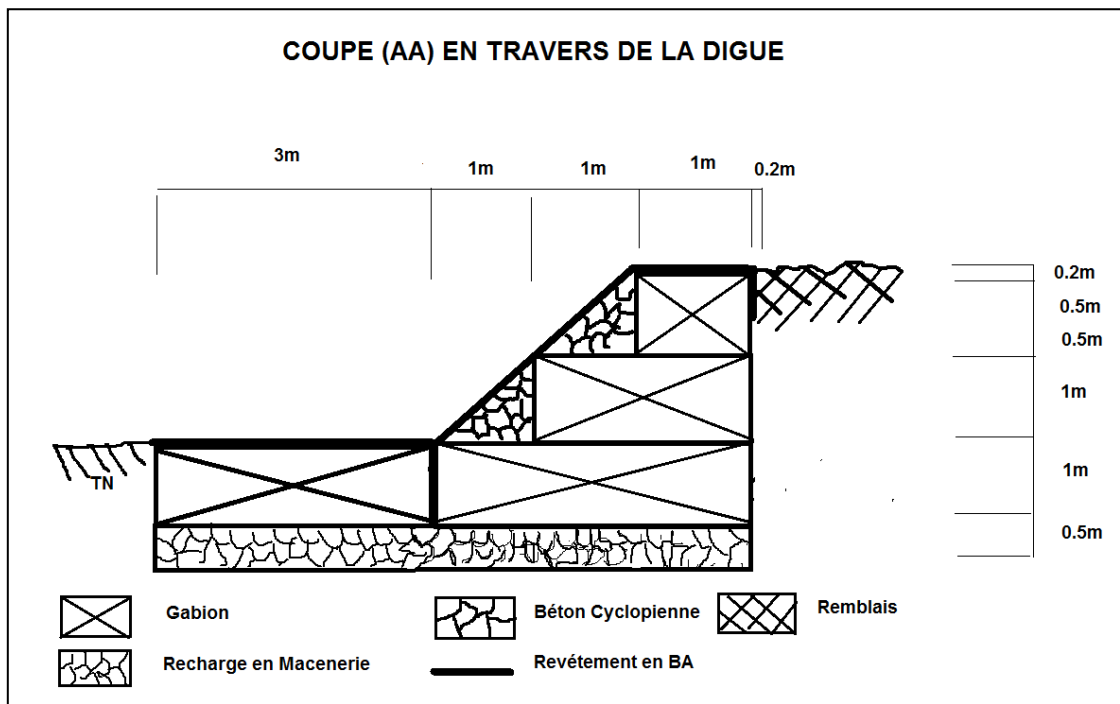


Figure IV-2 Coupe transversale de la digue déversante

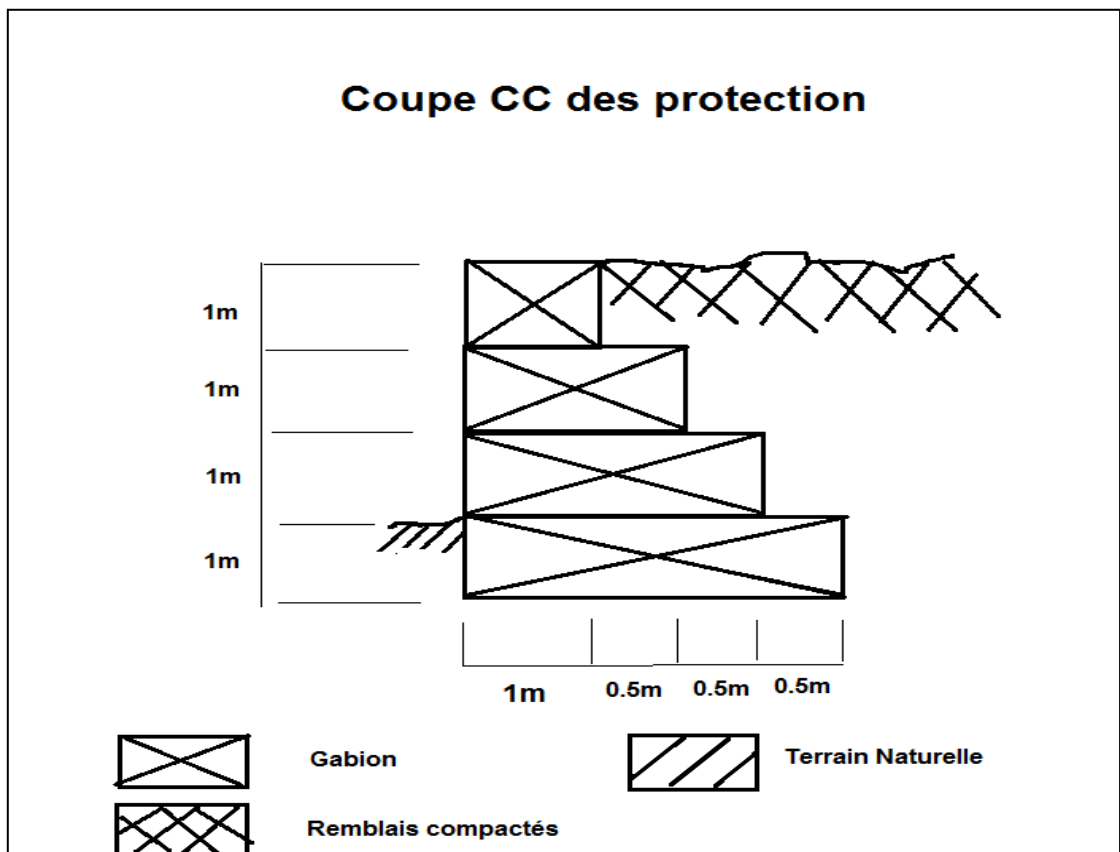


Figure IV-4 Schéma de la protection de la rive gauche en aval de la digue et de la partie de l'entonnement du canal

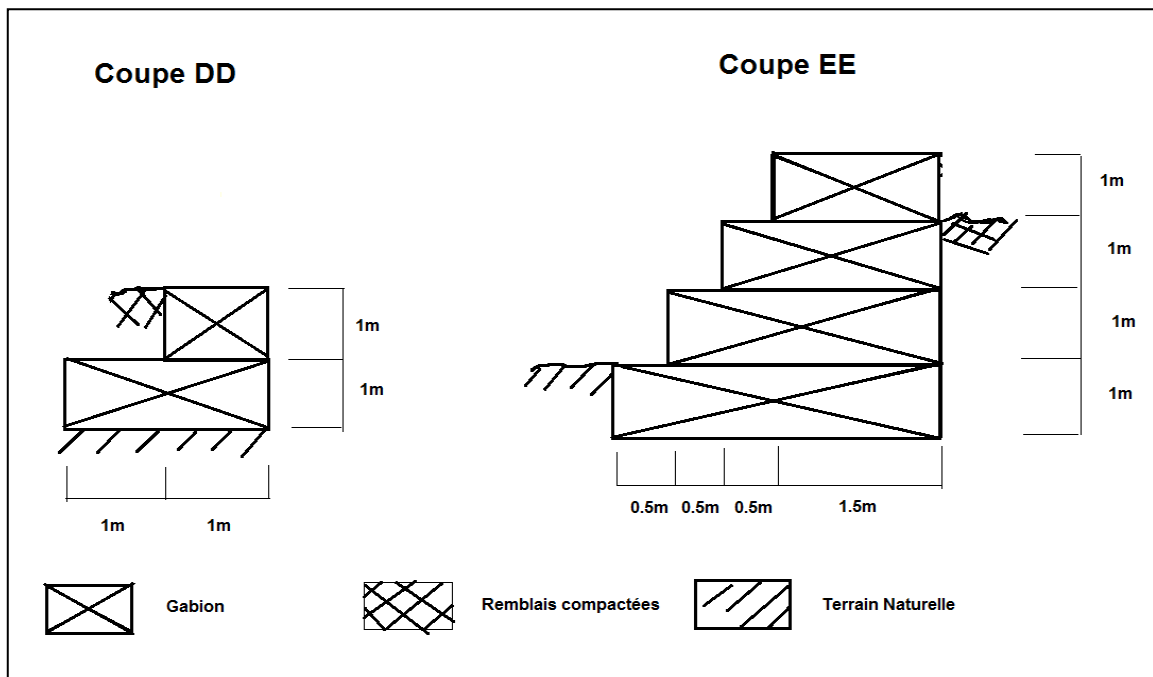


Figure IV-4 Schéma de la protection du canal et de la rive droite de la digue

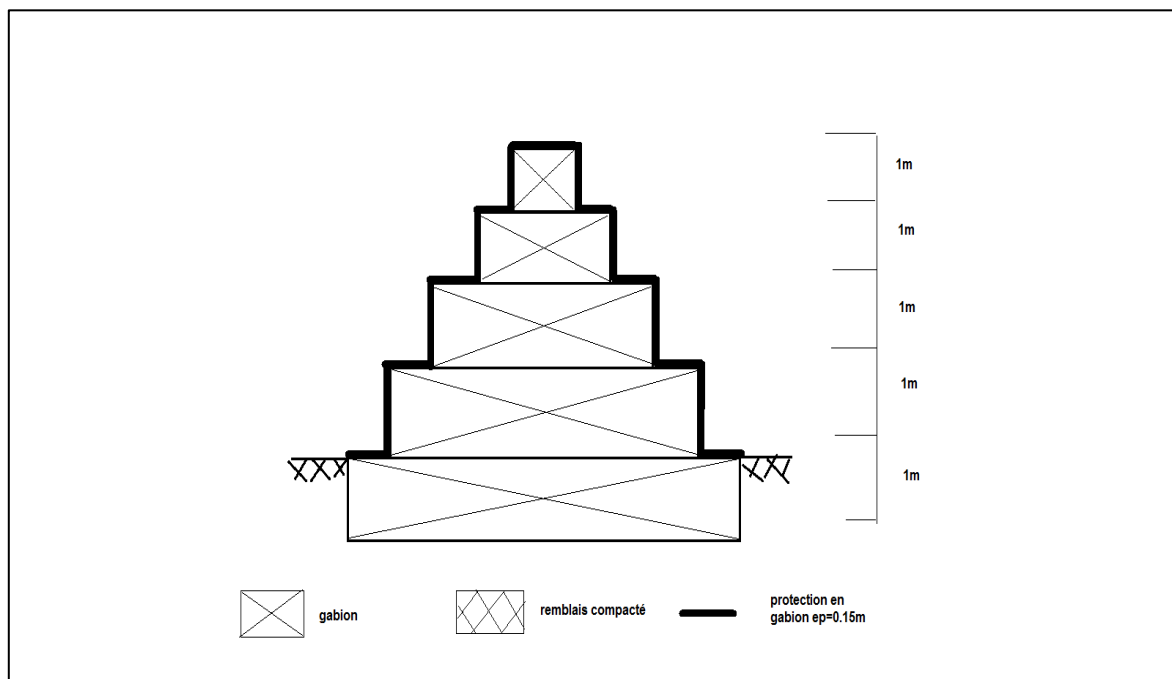


Figure IV-5 Schéma de la protection du Canal et Ced

IV-5 Protection de l'aménagement contre les risques des crues exceptionnelles

Pour assurer la sécurité des ouvrages pendant le passage des crues, il est nécessaire de prévoir le passage des différentes crues sans débordement afin de conserver les ouvrages prévus et éviter l'inondation des régions environnantes. Pour se faire, on a opté pour la réalisation d'une digue déversante qui peut assurer le passage des différentes crues sans incident en tenant compte du passage d'une fraction de la crue par le canal de dérivation.

IV-5-1 Calcul des débits qui transitent par la digue déversante et le canal de dérivation

Il est impératif de déterminer la capacité d'évacuation de la digue déversante et du canal de dérivation, pour se faire, on doit faire le calcul de débit en considérant le cas de déversement simultané de la digue déversante et du canal de dérivation.

Calcul du débit évacué par la digue déversante

Le débit qui transite par la digue déversante peut être estimé par la relation universelle de Poleni :

$$Q = \mu \cdot L \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}$$

Avec :

μ : Coefficient de débit en fonction du type de déversoir ($\mu = 0,38$ pour un déversoir à large seuil en gabion).

L : Largeur de l'emprise du déversoir (L = 280 m).

H : Charge d'eau sur le seuil du déversoir.

g : Accélération de l'apesanteur ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

Calcul du débit évacué par le canal de dérivation

Le débit qui transite par la digue déversante peut être estimé par la relation universelle de Chezy :

$$Q = K \cdot S \cdot R^{2/3} \sqrt{i}$$

K : Coefficient de rugosité de Manning Strickler ($\text{m}^{1/3}/\text{s}$).

S : Section mouillée (m^2), $S = (b + mh) \cdot h$

R : Rayon hydraulique S/P (m).

P : Périmètre mouillé (m), $P = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$

i : Pente longitudinale du canal.

Le canal de dérivation proposé est de section trapézoïdale, avec des talus inclinés ($m = 2,3$), la largeur du fond $b = 30,0$ m et sa profondeur est de 3,0m.

Le tableau des calculs des débits montre que la digue déversante et le canal de dérivation peuvent évacuer les débits des crues des différentes périodes de retour dans de bonne condition et la charge maximale par rapport au fond du canal n'est que de 2,446 m, correspondant au débit de la crues millénaire ($1484,74 \text{ m}^3/\text{s}$).

Période de retour	02	05	10	20	50	100	1000
Débit évacué (m^3/s)	351,65	351,65	679,40	804,85	966,57	1087,06	1484,72
Charge d'eau (m)	1,222	1,487	1,643	1,784	1,955	2,076	2,446

IV-4 Calcul des débits évacués par la digue déversante et le canal de dérivation

Canal de dérivation									Digue Déversante					
Hc	k	b	M	i	S	P	R	Q	Hd	μ	L	Q	Qtotal	
(m)	(m ^{1/3} /s)	(m)	-	-	(m ²)	(m)	(m)	(m ³ /s)	(m)	-	(m)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
0	46	30	2,3	0,001	0	30,00	0,00	0,00	0	0,38	280	0,00	0,00	
0,1	46	30	2,3	0,001	3,023	30,50	0,10	0,94	0	0,38	280	0,00	0,94	
0,3	46	30	2,3	0,001	9,207	31,50	0,29	5,90	0	0,38	280	0,00	5,90	
0,5	46	30	2,3	0,001	15,575	32,51	0,48	13,87	0	0,38	280	0,00	13,87	
0,6	46	30	2,3	0,001	18,828	33,01	0,57	18,84	0,1	0,38	280	14,90	33,74	
0,8	46	30	2,3	0,001	25,472	34,01	0,75	30,56	0,3	0,38	280	77,44	108,00	
0,9	46	30	2,3	0,001	28,863	34,51	0,84	37,27	0,4	0,38	280	119,23	156,50	
1	46	30	2,3	0,001	32,3	35,02	0,92	44,52	0,5	0,38	280	166,63	211,15	
1,1	46	30	2,3	0,001	35,783	35,52	1,01	52,31	0,6	0,38	280	219,04	271,35	
1,222	46	30	2,3	0,001	40,094	36,13	1,11	62,52	0,722	0,38	280	289,13	351,65	Q(02)
1,3	46	30	2,3	0,001	42,887	36,52	1,17	69,44	0,8	0,38	280	337,23	406,67	
1,4	46	30	2,3	0,001	46,508	37,02	1,26	78,76	0,9	0,38	280	402,40	481,16	
1,487	46	30	2,3	0,001	49,695	37,46	1,33	87,28	0,987	0,38	280	462,13	549,41	Q(05)
1,5	46	30	2,3	0,001	50,175	37,52	1,34	88,59	1	0,38	280	471,29	559,88	
1,6	46	30	2,3	0,001	53,888	38,03	1,42	98,90	1,1	0,38	280	543,73	642,63	
1,643	46	30	2,3	0,001	55,50	38,24	1,45	103,48	1,143	0,38	280	575,92	679,40	Q(10)
1,7	46	30	2,3	0,001	57,647	38,53	1,50	109,70	1,2	0,38	280	619,53	729,23	
1,784	46	30	2,3	0,001	60,840	38,95	1,56	119,15	1,284	0,38	280	685,71	804,85	Q(20)
1,9	46	30	2,3	0,001	65,303	39,53	1,65	132,75	1,4	0,38	280	780,70	913,45	
1,955	46	30	2,3	0,001	67,440	39,81	1,69	139,42	1,455	0,38	280	827,15	966,57	Q(50)
2	46	30	2,3	0,001	69,2	40,03	1,73	144,99	1,5	0,38	280	865,82	1010,81	
2,076	46	30	2,3	0,001	72,192	40,41	1,79	154,61	1,576	0,38	280	932,45	1087,06	Q(100)
2,1	46	30	2,3	0,001	73,143	40,53	1,80	157,70	1,6	0,38	280	953,83	1111,53	
2,2	46	30	2,3	0,001	77,132	41,04	1,88	170,89	1,7	0,38	280	1044,63	1215,52	
2,3	46	30	2,3	0,001	81,167	41,54	1,95	184,54	1,8	0,38	280	1138,15	1322,70	
2,4	46	30	2,3	0,001	85,248	42,04	2,03	198,67	1,9	0,38	280	1234,30	1432,97	
2,446	46	30	2,3	0,001	87,140	42,27	2,06	205,33	1,946	0,38	280	1279,40	1484,72	Q(1000)
2,5	46	30	2,3	0,001	89,375	42,54	2,10	213,27	2	0,38	280	1333,02	1546,28	

IV-6 – Devis quantitatif et Estimatif des travaux

D'après les plans d'exécution et les schémas de différentes taches de réalisation le devis quantitatif et estimatif des travaux est comme suit :

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire (DA)	Prix Total (DA)
01	Travaux déblais en tous Nature Terrain	m ³	4206.0	350.00	1472100.00
02	F/P d'un tapis en maçonnerie	m ³	540.0	2500.00	1350000.00
03	F/P Gabion en caisse	m ³	2244.0	4000.00	8976000.00
04	Travaux de revêtements en Béton Armée dosé 350kg/m ³ épaisseur 0.1m, ferrailage en (Ø 12)	m ³	271.5	20000.00	5430000.00
05	Travaux de béton cyclopienne (béton + maçonnerie) mortier ciment dosé de 350kg/m ³	m ³	517.6	6000.00	3105600.00
06	Travaux de remblais avec arrosage et compactage	m ³	416.4	450.00	187380.00
07	Travaux de nettoyage du site et transport des débris des travaux.	fft	1.0	150000.00	150000.00
Prix total Hors Taxe en (DA)					20 671 080,00
TVA (19%) en (DA)					3 927 505,20
Prix total en TTC (DA)					24 598 585,20

Le coût total des aménagements est estimé être égal à 24.598.585,20 DA

CONCLUSION GENERAL

La mobilisation des eaux de ruissellement est l'une des techniques anciennes pratiquées par les différentes civilisations pour dériver les eaux de surfaces et les eaux pérennes destinées à l'irrigation des terres agricoles, l'abreuvement des cheptels et pour les besoins domestiques. Dans certains cas de proximité des fleuves et oueds, on pratique la technique d'épandage artificiel des crues pour irriguer les terres agricoles pendant les périodes des crues. Mais, face aux besoins toujours croissants en eau d'irrigation, les modes traditionnelles deviennent insuffisants et non pratique, ce qui nécessite leur modernisation pour aboutir aux buts. Ces techniques peuvent être résumé comme suit :

- Valoriser les eaux perdues au niveau des chotts et sebkhas
- Améliorer les activités socio-économique et revenus des agro éleveurs
- Augmenter les capacités de la recharge des nappes
- Assurer pendant les périodes sèches une offre fourragère en vert suffisant aux cheptels.
- Améliorer la production en céréales pendant les périodes humides
- Modérer les techniques de dérivations, en misant en surveillance le mode fonctionnement des ouvrages en services
- Fertiliser les sols par la dérivation en suspension des alluvions
- Consolider les patrimoines des terres mise en concession agricole.

La réhabilitation de ced Leguerabiat sur l'oued LABIOD représente l'un des points cités précédemment. Elle concerne, le diagnostic des ouvrages existants et de proposer les solutions possibles. La présente étude a montré que les ouvrages existants sont fortement détériorés et ne peuvent pas être réhabilités. Ainsi, un nouveau site a été choisi en amont des ruines de la digue existante. Les différentes étapes de l'étude ont montré qu'il est possible de réaliser un nouveau ced qui permet l'irrigation d'une parcelle de 300 ha pendant le passage des crues.