

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur

Et de la Recherche Scientifique

Université Akli Mohand Oulhadj-

Institut de Technologie



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة اكلي محند اولحاج

- البويرة -

معهد التكنولوجيا

Département de Génie de l'eau

Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme

De licence professionnelle en :

Hydraulique

Thème :

Etude hydrologique

d'une retenue collinaire à El Colla,

Wilaya de Bordj Bou Arreridj

Réalisé par :

- GHARBI Asma

Encadré par :

- Mme BALOUL Djohra
- Mr TOUAHRI Azzedine

Maitre-assistant à l'institut de technologie
Ingénieur au service hydro-agricole / DRE

Examiné par :

- Examineur 01 : Mr DJAFER KHODJA .H
- Examineur 02 : Mme BOUAKLINE .H

Maitre de conférences / IT Bouira
Maitre de conférences / IT Bouira

Année Universitaire 2021/2022

Remerciement :

C'est avec un réel plaisir que je tiens à présenter ces mots de remerciement à tous ceux qui m'ont accompagné. Conseillé et soutenu tout au long de travail.

Je remercie Dieu tout puissant qui m'a donné le courage et la volonté pour préparer ce modeste travail.

Je remercie profondément, mon maître de stage **Mr TOUAHRI** d'avoir accepté de diriger mon travail, pour sa disponibilité et ses orientations.

J'exprime également ma gratitude et mon profond respect **Mr CHADER Billel** qui m'a aidé dans ce rapport.

Je remercie également aussi mon encadreur **Mme BALLOUL** ; d'avoir accepté d'évaluer ce travail et dont les remarques vont sûrement permettre de consolider ce travail.

Je remercie vivement, **Mr DJAFER KHODJA** qui m'a aidé avec une extrême bienveillance et autant de gentillesse et grâce à ses orientations et ses conseils judicieux.

Je remercie chaleureusement les membres de jury d'avoir fait l'honneur d'examiner ce modeste travail.

Je remercie également les entrepreneurs qui ont accepté de répondre à nos questions, pour leur collaboration soignée.

Enfin, je tiens à remercier toute ma famille pour leur soutien et leur patience, ainsi que tous ceux et toutes celles qui m'ont apporté soutien tout au long de ce travail.

Dédicace

J'adresse ma plus profonde gratitude à mes chers parents
et plus particulièrement à ma très chère mère qui ma soutenu
tout au long de mon existence et c'est avec émotion que je
leurs exprime toute mon affection, mon admiration et mes profonds respects,
je leur témoigne une grande reconnaissance et un profond respect.

A mes frères A ma sœur Sara

A mes tentes Soussou , Kheiro et mes oncles

A tout mes cousins et mes cousines

A tout mes amies surtout Nora ,Ikram, Manar , Chaima, ikram, Romaissa...

Massi le plus beau cadeau de ma vie

A tous ceux qui ont marqué leurs existences dans ma vie et

que mon

Stylo n'a pas cité

Sommaire

Remerciement	I
Dédicace.....	II
Liste des figures	III
Liste des tableau.....	IV
Résumé.....	V
Introduction Générale	1

CHAPITRE I : Présentation de l'entreprise

Introduction :.....	2
I. Présentation de DRE :.....	2
II. Le stage au sein de l'entreprise :.....	3
1. Structure et organisation interne de l'entreprise :.....	3
2. Les services au sein de l'entreprise :	4
Conclusion :	6

CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude

Introduction :.....	7
I. Objectif de l'étude :	7
II. Situation géographique la commune d'EL COLLA :	7
III. Hydrogéologie sommaire de la région :.....	8
IV. Géologie régionale : (ANBT, 2014).....	8
V. Sismicité de la région d'étude : (ANBT, 2014)	10
Conclusion :	12

CHAPITRE III : description du sous bassin versant

Introduction :	13
I. Etude du sous bassin versant :	13
1. Définition du sous bassin versant :	13
2. Situation géographique :	13
II. Les caractéristiques morphologiques du sous bassin versant :	14
1. Paramètres géométriques :	14
2. Paramètre de forme :	14
3. Paramètres du relief :	16
III. Les caractéristiques hydrographiques :	20
IV. Données climatologiques :	25
1. Températures :	25
2. Evaporation :	25
3. Vitesse du vent :	26
Conclusion :	26

CHAPITRE IV : etude hydrologique du bassin versant

Introduction :	27
I. Etude de précipitation :	27
1. Données pluviométriques :	27
2. Etude des pluies journalières de différentes fréquences :	29
a. Ajustement à loi log-normale :	30
b. Ajustement à la loi de Gumbel :	32
3. Pluies de courte durée :	34
II. Etude des apports liquides :	35
1. Apport moyens annuels :	35
2. Variation de l'apport :	37

3.	Etude fréquentielle des apports liquides :	38
III.	Etude des crues :	39
1.	Débits maximums :	40
2.	Hydrogramme de crue :	41
3.	Le volume de crue :	42
4.	Choix de la crue de projet :	43
IV.	Etude de l'apport solide :	43
V.	Etude de la régularisation :	44
1.	Courbes caractéristiques de la retenue :	45
2.	Détermination des besoins :	47
3.	Calcul du volume utile :	47
VI.	Etude de laminage des crues :	49
1.	Méthode de Kotcherine:	50
2.	Calcul du niveau des plus hautes eaux (NPHE) :	52
	Conclusion :	53

Conclusion générale	54
----------------------------------	----

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Figure I- 1: Le siège de la direction de ressource en eau de la Wilaya de BORDJ BOU ARRERIDJ.	2
Figure I- 2: Organigramme de la direction des ressources en eaux.	3
Figure II- 1: Situation de la commune d'EL COLLA	8
Figure II- 2: Extrait de la carte géologique de l'est algérien au 1:500.000 montrant la zone d'étude.	10
Figure II- 3:: Carte de zonage de l'Algérie.	11
Figure III- 1: La situation géographique du sous bassin versant étudié.....	13
Figure III- 2: Le rectangle équivalent.	15
Figure III- 3: La carte hypsométrique d'Oued GHERAIFET.	16
Figure III- 4: La courbe hypsométrique.	17
Figure III- 5: Le réseau hydrographique d'Oued GHRAIFET.	21
Figure III- 6: Diagramme de répartition mensuelle de température.	25
Figure III- 7: Diagramme de répartition mensuelle d'évaporation.....	26
Figure IV- 1: La carte de localisation de la station pluviométrique de MEDJANA.....	28
Figure IV- 2: la carte des isohyètes pluviométrique de la région de Bordj Bou Arreridj.....	28
Figure IV- 3: Répartition mensuelle des pluies (station Medjana).	29
Figure IV- 4: Les résultats de l'ajustement par la loi Log- Normal.....	31
Figure IV- 5: Les résultats de l'ajustement par la loi Gumbel.	34
Figure IV- 6: Diagramme de distribution moyenne annuelle des apports.	37
Figure IV- 7: Diagramme de distribution moyenne annuelle des apports 80%.....	39
Figure IV- 8: Hydrogramme des crues de différentes périodes de retours.	42
Figure IV- 9: Courbe altitude volume.....	46
Figure IV- 10: Courbe altitude surface.	46
Figure IV- 11: La courbe de debit en fonction de la hauteur deversé.....	52

Liste des tableaux

Tableau III- 1: Répartition de la courbe hypsométrique du bassin versant.	17
Tableau III- 2: Détermination de la pente de Roche Ip.....	19
Tableau III- 3: Classification du relief (Touaibia, 2005).	20
Tableau III- 4 : Les résultats de différentes formules empiriques.	23
Tableau III- 5 : Tableau récapitulatif des caractéristiques physiographiques du bassin versant	24
Tableau III- 6: Répartition mensuelle de la température pour la période de (1980-2003).	25
Tableau III- 7 : Répartition mensuelle de l'évaporation (station Bordj Bou Arreridj).....	26
Tableau III- 8 : Répartition des vitesses du vents (Station Bordj Bou Arreridj).....	26
Tableau IV- 1:Caractéristique de la station pluviométrique MEDJANA.	28
Tableau IV- 2: Moyennes mensuelles des précipitations en (mm).	29
Tableau IV- 3: Paramètres statistiques de l'échantillon	29
Tableau IV- 4: Résultats d'ajustement des pluies max journalières (loi log-normal).....	30
Tableau IV- 5: Résultats du calcul de l'adéquation.	31
Tableau IV- 6: Comparaison des caractéristiques de la loi et de l'échantillon.	31
Tableau IV- 7: PJ max fréquentielle par la loi Log- Normal.	32
Tableau IV- 8: Résultats d'ajustement des pluies max journalières (loi GUMBEL).	33
Tableau IV- 9: Résultats du calcul d'adéquation.	33
Tableau IV- 10: Comparaison des caractéristiques de la loi et de l'échantillon.	33
Tableau IV- 11: PJ max fréquentielle par la loi Gumbel.	34
Tableau IV- 12: Les résultats de calcul de la pluie de courte durée.	35
Tableau IV- 13: Tableau récapitulative des résultats.....	36
Tableau IV- 14: Distribution moyenne annuelle des apports.....	37
Tableau IV- 15: Les apports liquide de différentes fréquences	38
Tableau IV- 16: Distribution moyenne annuelle des apports 80%.	39
Tableau IV- 17: Tableau récapitulatif des débits.	41
Tableau IV- 18: Les volumes de crue pour différentes fréquences.	42
Tableau IV- 19: Crues de projet recommandées.....	43
Tableau IV- 20 : Volume mort pour les différentes durées d'exploitation.	44
Tableau IV- 21: Caractéristiques topographiques de la retenue.	45
Tableau IV- 22: Estimation des besoins mensuels pour l'irrigation.	47
Tableau IV- 23: Le volume utile de la retenue.	48
Tableau IV- 24 : Données initiales.	51
Tableau IV- 25: Données de base pour la méthode de Kotcherine.....	51

Tableau IV- 26: Des différentes débits lamines pour des largeurs différentes.	51
Tableau IV- 27: les différentes valeurs de H	52

ملخص:

كجزء من الإستراتيجية الوطنية لتعزيز قطاع المياه من خلال تعبئة الموارد المائية ، تم تكليف إدارة التنمية المستدامة بمسؤولية بناء السدود وخزانات التلال بمساعدة شركات أخرى.

لدراستنا، يستحق اختيار هياكل التخزين وحجمها أن يتم فحصها بمزيد من التفصيل وعليه فإن البحث الذي قمنا به في هذه الأطروحة هو دراسة تنفيذ سد بولاية برج بوعريريج لري 50 هكتاراً .

الهدف منها هو دراسة هيدرولوجية عامة لهذا الخزان حسب الحسابات الموضوعية.

الكلمات المفتاحية : سد، دراسة هيدرولوجية ،مستجمعات المياه .

Résumé :

Dans le cadre de la stratégie nationale en matière de promotion du secteur de l'hydraulique par la mobilisation de la ressource en eau, le DRE s'est vu attribuer la charge de réaliser des barrages, des retenues collinaires à l'aide d'autres entreprises.

Pour notre étude, le choix et le dimensionnement des ouvrages de stockage méritent d'être approfondis. Ainsi, les recherches que nous avons menées dans ce mémoire est une étude d'exécution d'une retenue collinaire dans la Wilaya de Bordj Bou Arreridj destiné à l'irrigation de 50 ha .

L'étude a pour objectif d'étude hydrologique en générale pour ce retenue d'après les calculs établis.

Mots clé : barrage, étude hydrologique, bassin versant.

Abstract:

As part of the national strategy for promoting the water sector by mobilizing water resources, the DRE has been given responsibility for building dams and hill reservoirs with the help of other companies.

For our study, the choice and sizing of the storage structures deserve to be examined in more detail. Thus, the research that we have carried out in this thesis is a study of the execution of a hill reservoir in the Wilaya of Bordj Bou Arreridj intended for the irrigation of 50 ha.

The objective of the study is a hydrological study in general for this reservoir according to the calculations established

Keywords: dam, hydrological study, watershed

Introduction
générale

Introduction générale :

L'eau est une ressource rare et précieuse, indispensable pour tout développement économique, agricole ou industriel, elle est la source de la vie, sa demande est en croissance permanente.

En Algérie, les ressources en eau sont insuffisantes et mal réparties. Dans ce cas, il est indispensable de mobiliser cette ressource afin de la réutiliser durant les périodes sèches. L'irrigation des terres agricoles reste le secteur le plus consommateur en eau.

C'est dans ce contexte que l'Algérie a lancé dans le cadre de la PMH (Petite et Moyenne Hydraulique) un programme de retenues collinaires visant la réalisation de plus de 300 retenues dans le Nord de l'Algérie. Ce programme ambitieux aura un impact positif sur l'agriculture, puisqu'il vise en premier lieu l'irrigation des terres agricoles dans les zones reculées.

La wilaya de Bordj Bou Arreridj est reconnue pour ses terres agricoles très riches, cependant, par manque d'ouvrages de mobilisation, l'irrigation n'est pas pratiquée dans ces régions.

Dans ce cas, la Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj a bénéficié d'un nombre de projets de réalisation d'aménagements hydrauliques, parmi lesquels la réalisation de retenues collinaires destinées à l'irrigation.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce mémoire de fin d'étude, où on détaillera l'étude hydrologique de la retenue de GHERAIFET dans la daïra d'El COLLA.

Le mémoire est axé sur quatre chapitres :

- La description du bassin versant ;
- La détermination de l'apport moyen interannuel et les apports fréquents.
- Une analyse de crues: l'estimation du temps de concentration, le débit maximal et le volume de la crue
- L'estimation des volumes de l'apport solide pour déterminer la capacité de la retenue.

On termine ces chapitres par une conclusion générale.

Chapitre I :
Présentation de
l'entreprise

Introduction :

Dans le cadre d'une licence professionnelle au sein de l'institut de technologie de Bouira, j'ai réalisé un stage d'une durée de 03 mois au sein de la direction des ressources en eau (DRE) : une entreprise répondant à ces enjeux du futur à l'aide d'autres entreprises telles que ANRH (agence nationale des ressources hydrauliques) en réalisant d'un projet de réalisation des retenues collinaires destinées à l'irrigation.

Dans ce chapitre nous allons présenter l'entreprise d'accueil qui est la DRE : ses services, l'organigramme et quelques chiffres correspondant à cette entreprise.

I. Présentation de DRE : [4]

La direction des ressources en eau (DRE) de la Wilaya de BORDJ BOU ARRERIDJ est une structure technique dans le domaine de l'hydraulique rattachée au ministère des ressources en eau. Cette structure est chargée d'assurer le contrôle et le suivi pour le compte du ministère de tutelle de l'ensemble des projets de construction et de réalisation des infrastructures hydrauliques. La direction des ressources en eau est organisée en cinq (05) services centraux qui sont :

- ▶ Le service de la mobilisation des ressources en eau ;
- ▶ Le service d'alimentation en eau potable ;
- ▶ Le service de l'assainissement ;
- ▶ Le service de l'hydraulique agricole ;
- ▶ Le service de l'administration des moyens.

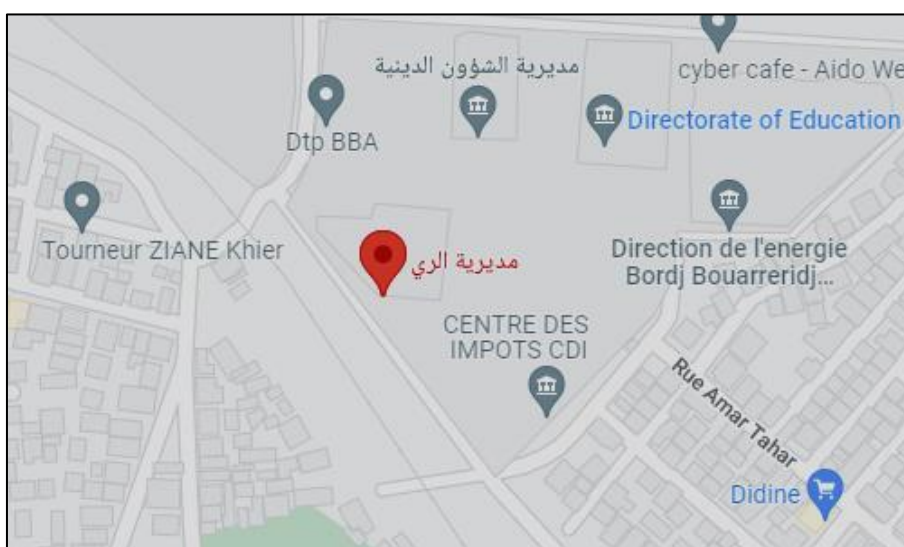


Figure I- 1: Le siège de la direction des ressources en eau de la Wilaya de BORDJ BOU ARRERIDJ (Google Earth).

- **La DRE en quelque chiffre :**

Le taux de raccordement est de 90% soit 95% de la population urbaine et 70% pour la population rurale agglomérées. Le nombre total de communes est de 1541, dont 814 gérées par l'ADE. Le nombre total de clients est de 4,08 millions. La fréquence de distribution en eau potable varie selon les quartiers; h 24 pour 22%, quotidien pour 42%, 1 J/2 pour 23%, 1 J/3 et plus pour 13%.

II. Le stage au sein de l'entreprise :

1. Structure et organisation interne de l'entreprise :

La DRE est un établissement public national à caractère commercial doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Son siège principal se situe à l'arrondissement administratif (Rue de la Palestine, Bordj Bou Arreridj 34000) où elle emploie environ 60 salariés. Les employés sont sous la direction Mr BENHOURIYA Mourad. La mission du directeur est évaluer la performance pratique et financière de l'institution et s'efforcer de l'améliorer, diriger le processus d'évaluation des employés, préparer régulièrement des rapports, développer des solutions aux problèmes auxquels l'organisation est confrontée. [4]

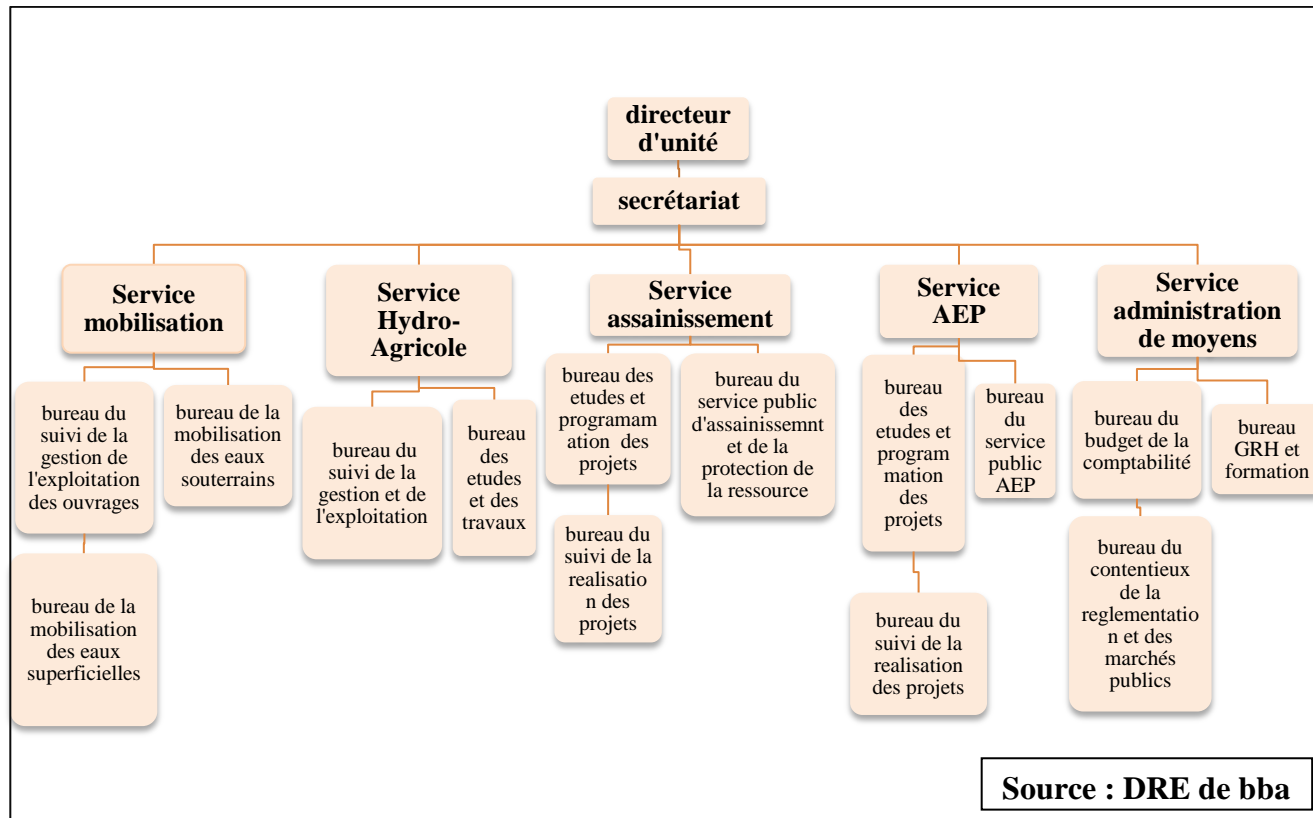


Figure I- 2: Organigramme de la direction des ressources en eaux.

2. Les services au sein de l'entreprise : [4]

L'entreprise se compose des services suivants :

- Le service de la mobilisation des ressources en eau : est chargé , notamment :
 - de participer aux études et à l'élaboration du programme d'actions visant la mobilisation de la ressource superficielle et souterraine.
 - d'assurer la maîtrise d'ouvrage, de suivre la réalisation des projets et de veiller au respect des règles et des normes de réalisation des ouvrages
 - de veiller à la bonne exploitation, gestion et entretien des ouvrages de mobilisation de la ressource.
 - de constituer des banques de données sur la connaissance, la mobilisation, l'utilisation et la conservation de l'eau au niveau de la wilaya.

Il est composé de trois (3) bureaux :

- le bureau de la mobilisation des eaux superficielles ;
 - le bureau de la mobilisation des eaux souterraines ;
 - le bureau du suivi de la gestion et de l'exploitation des ouvrages de mobilisation des eaux et de la protection du domaine public hydraulique.
-
- Le service de l'alimentation en eau potable : est chargé, notamment :
 - de participer aux études et à la programmation des projets d'alimentation en eau potable ;
 - d'assurer la maîtrise d'ouvrage, le suivi de la réalisation des projets d'alimentation en eau potable et de veiller au respect des règles et des normes de réalisation de ces projets ;
 - de veiller à la bonne gestion et au bon fonctionnement du service public de l'alimentation en eau potable ;
 - de constituer et de mettre à jour un système d'information relatif à l'alimentation en eau potable et industrielle ;

Il est composé de trois (3) bureaux :

- le bureau des études et de la programmation des projets ;
- le bureau du suivi de la réalisation des projets ;
- le bureau du service public de l'alimentation en eau potable.

- Le service de l'assainissement : est chargé, notamment :
 - de participer aux études et à la programmation des projets d'assainissement et de protection contre les inondations ;
 - d'assurer la maîtrise d'ouvrage et le suivi de la réalisation des projets d'assainissement et de protection contre les inondations et de veiller au respect des règles de construction de ces ouvrages ;
 - de participer au choix des procédés et des techniques d'assainissement et d'épuration ;
 - de veiller au bon fonctionnement du service public lié à l'assainissement et au respect des règles et des normes de gestion et d'exploitation des infrastructures y afférentes ;
 - de veiller, en relation avec les services concernés, à la protection et à la préservation de la ressource ;
 - de constituer et de mettre à jour un système d'information relatif à l'assainissement et à la protection de l'environnement.

Il est composé de trois (3) bureaux :

- le bureau des études et de la programmation des projets ;
- le bureau du suivi de la réalisation des projets ;
- le bureau du service public d'assainissement et de la protection de la ressource.

- Le service de l'hydraulique agricole : est chargé, notamment :
 - de participer à l'élaboration des programmes de développement de la petite et moyenne hydraulique agricole ;
 - d'assurer le suivi et la mise en œuvre des programmes de développement de la petite et moyenne hydraulique agricole ;
 - de veiller à l'application de la réglementation et des normes d'exploitation des infrastructures d'irrigation et de drainage ;
 - de réunir les éléments relatifs à l'octroi de concessions d'exploitation des infrastructures d'irrigation et de drainage.

Il est composé de deux (2) bureaux :

- le bureau des études et des travaux ;
- le bureau du suivi de la gestion et de l'exploitation.

- Le service de l'administration des moyens : est chargé, notamment :
 - de participer à l'élaboration des budgets d'équipement et de fonctionnement et leur exécution ;
 - de gérer et de veiller à la préservation du patrimoine ;
 - d'élaborer et d'exécuter les plans de gestion de la ressource humaine et de la formation des personnels ;
 - d'instruire et de suivre les affaires contentieuses.

Il est composé de trois (3) bureaux :

- le bureau du budget, de la comptabilité et du patrimoine ;
- le bureau du contentieux, de la réglementation et des marchés publics ;
- le bureau des ressources humaines et de la formation.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons souligné en lumière sur l'entreprise qui nous a accueillis par une présentation générale de cette dernière.

La partie suivante de ce rapport doit visiter a définir le site de travail ainsi que la partie concerné de projet par cette étude, cela présente une grande importance pour l'avancement de notre rapport, parce que une bonne connaissance de site de réalisation veut dire l'adaptation a n'importe quelle problème rencontré.

Chapitre II :

*Présentation de
la zone d'étude*

Introduction :

Les retenues collinaires sont des ouvrages destinés à retenir et à stocker l'eau pour la restituer à des utilisateurs divers. Ce sont des ouvrages hydrauliques, souvent importants, très délicats du point de vue conception, réalisation, leur exploitation qui nécessite un entretien très soutenu et soigné.

Pour tous cela l'élaboration d'un tel projet doit nécessairement passer par des études préliminaires, à la base de la recherche et aux choix du site, à la bonne connaissance des conditions topographique, géotechniques et hydrologique du site.

I. Objectif de l'étude :

L'objectif de l'étude de la retenue collinaire sur oued GHERAIFET commune d'EL COLLA wilaya de BORDJ BOU ARRERIDJ, est la mobilisation des ressources superficielles en vue de l'irrigation des terres agricoles limitrophes et protection contre les incendies.

Pour cet objectif : la direction de ressource en eau de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj a lancé cette étude avec l'agence nationale des barrages et des transferts (se situe a Constantine).

Ce rapport traite de l'étude hydrologique du projet de retenue a la commune d'EL COLLA. Dont l'objet est la détermination des conditions actuelles qui caractérisaient la zone de l'aménagement, a savoir calculer les caractéristiques morphologiques, les données climatiques, pluviométriques, de déterminer l'apport de différentes fréquences .également les débits maximums et les apports solides.

II. Situation géographique la commune d'EL COLLA :

La commune d'EL COLLA occupe la partie Nord-Ouest du territoire de la Wilaya de BORDJ BOU ARRERIDJ. L'Agglomération chef-lieu du commun est située a environ 30 km du chef-lieu de la Wilaya. La commune est limitée comme suit :

- Au Nord et l'Est : la commune et daïra de DJAAFRA.
- Au Sud : les communes HASNAOUA et MEDJANA.
- A l'Ouest : la commune de TENIET EL NASR.

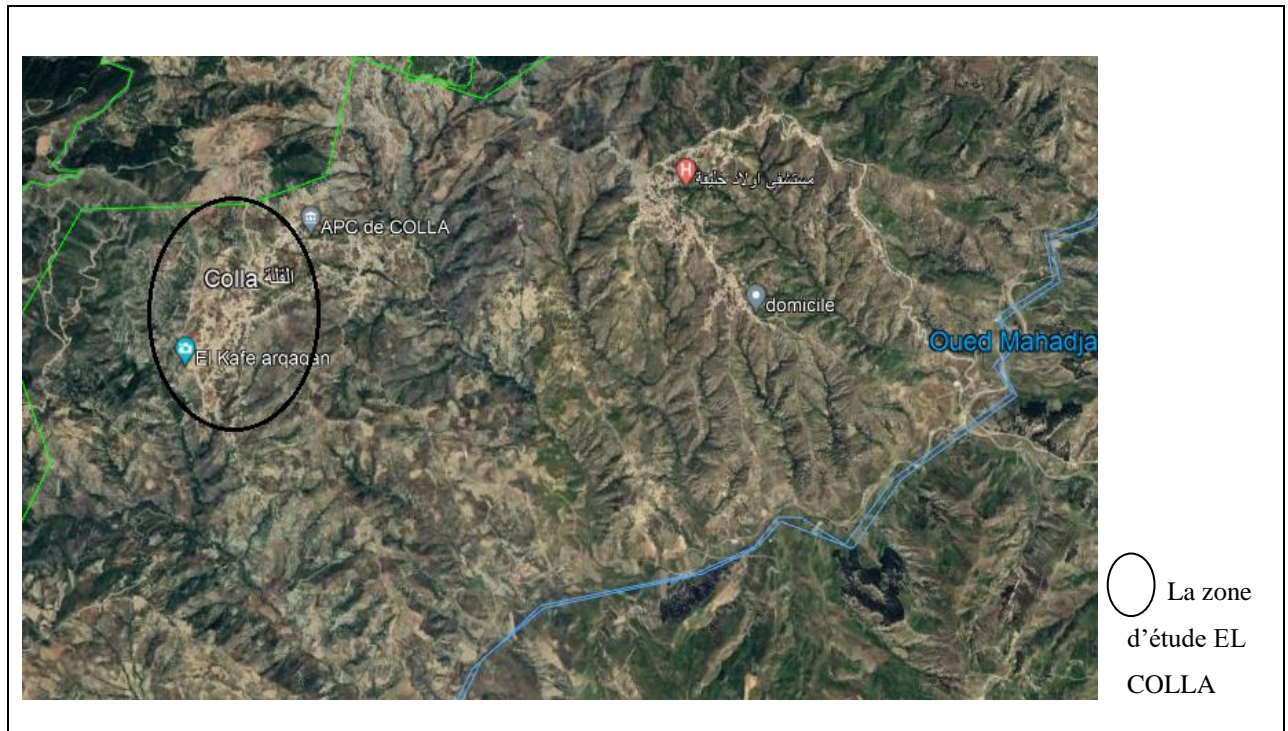


Figure II- 1: Situation de la commune d'EL COLLA (Google Earth).

III. Hydrogéologie sommaire de la région :

La région d'études ou se situe notre site de la retenue collinaire OUED GHERAIFET est formé de terrains Eocènes à Danien caractérisé par des formations calcareuses et marneuses qui surplombent des formations crétacées de même nature mais d'épaisseur plus important.

L'abondance et la présence des marnes en épaisseur importante au niveau du substratum constituent un bon tapis d'étanchéité envers les infiltrations verticales de l'eau , car ce sont formations potentiellement imperméables .

L'affleurement des facies perméables [des calcaires ou des conglomérats] qui , par leur fissuration , constitue des zones favorables aux infiltrations et par conséquent la récupération des eaux de ruissellement au niveau de l'assiette du barrage collinaire reste moyen. (ANBT, 2014)

IV. Géologie régionale : [4]

Les formations existantes dans cette région appartiennent aux monts des Maadid, allant du Mésozoïque , Cénozoïque jusqu'au Quaternaire .

➤ **Mésozoïque** : il est défini par :

◆ **Crétacé** : les formations du crétacé sont représentées par les étages suivants :

- L'étage inférieur : Formé par une série de calcaire gris , sous forme de bancs lités contenant régulièrement de minces intercalations marneuses et renferme une faune assez riche .
- L'étage moyen : est représenté dans sa majorité par des marnes intercalées avec de bancs de calcaire compact de couleur gris.
- L'étage supérieur : représenté en grande partie par le même faciès de l'étage inférieur avec au sommet des calcaires ocreux de glauconie.

♦ **Campanien** : Représenté par des marnes grisâtres à verdâtres et qui sont parfois blanchâtres (altération) intercalés avec des marno-calcaires et calcaires marneux organogènes et lumachelles. Cet étage a une puissance qui varie entre deux cent et trois cent mètres.

Par ailleurs, d'après les nombreuses études hydrogéologiques réalisées dans la région, les eaux souterraines sont très profondes. Seules les failles existantes peuvent être considérées comme conductrices d'eau souterraines.

♦ **Turonien** : Composé de calcaire et dolomies lité.

➤ **Cénozoïque :**

♦ **Miocène** : Représenté par des formations du miocène supérieur et miocène inférieur .

- Miocène supérieur : Caractérisé par une puissante série , épaisse de quelques centaines de mètres , représenté par des marnes argileuses de couleur grise foncé et des intercalations de calcaire avec des bancs de grés d'une puissance allant de quelque centimètres jusqu'à vingt centimètres .
- Miocène inférieur : Occupe une grande partie de la région , représentées par des calcaires gréseux de couleur grise au beige. Cet étage correspond à une transgression importante et débute localement par un conglomérat de base à gros élément plus ou moins arrondis. L'épaisseur de la formation peut aller jusqu'à plus de cent mètres.

♦ **Eocène supérieur – oligocène** : Les faciès de l'étage éocène supérieur oligocène d'une épaisseur de 250m affleure la partie Nord de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj , le long des trois massifs: Dj M'zita, Dj Moutene, Dj Morissene d'orientation Ouest-Est, les formations de cet étage dites Numidiennes (ou Medjaniennes) représentent la transition généralement confuse entre éocène supérieur et l'oligocène , elles sont représentées a la base par des argile marines avec petits banes de calcaire , micro-brèche et quartzite .

➤ **Quaternaire :**

Les alluvions actuelles et récentes sont rencontrées au fond des vallées. Les limons et graviers d'une épaisseur allant jusqu'à une dizaine de mètres, sont rencontrés dans les lits majeurs d'oueds.

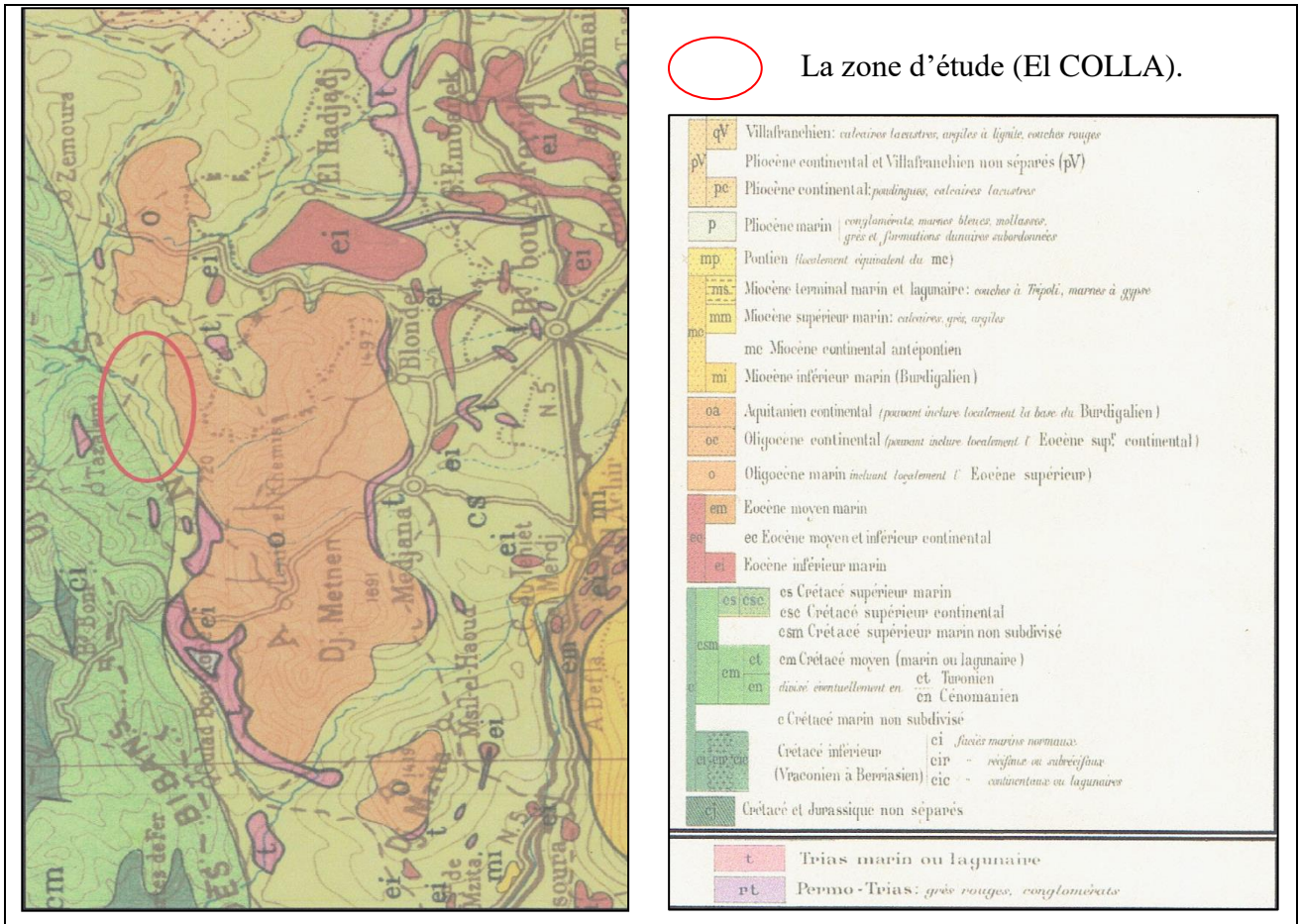


Figure II- 2: Extrait de la carte géologique de l'est algérien au 1:500.000 montrant la zone d'étude.

V. Sismicité de la région d'étude : [2]

L'activité sismique est due principalement à la nature géologique de la région maghrébine et à ses caractéristiques tectoniques à la frontière des plaques africaine, en mouvement compressif permanent (tectonique des plaques).

Pour pouvoir réduire les pertes induites par ce cataclysme , on doit en premier lieu quantifier le danger ou dégât en identifiant les sources sismique (failles actives , charriages ...) et évaluer les niveaux de secousse (intensité , magnitude , accélération) dans la région épicalentral , puis évaluer le niveau de vulnérabilité (taux de perte) de la population exposée au risque (individus , ouvrage , bien économiques et sociaux ...)

Le coefficient d'accélération de la zone note « A » est donné par R.P.A 99 en fonction du groupe d'usage de l'ouvrage et du zonage sismique de la région. Le site de la retenue collinaire EL COLLA, commune d'EL COLLA, Wilaya de Bordj Bou Arreridj est situé dans la zone « II a » (zone caractérisée par une intensité sismique moyenne basse d'après R.P.A 99, correspondant à une intensité égale à VII selon l'échelle de MERCALI).

La dite retenue collinaire un ouvrage de peu d'importance pour la communauté ce qui lui permette d'être dans le groupe d'usage 3 selon le règlement R.P.A et ayant une durée de vie limitée de 20 à 30 ans.

Donc pour notre site ayant un degré d'usage égale à 3 , appartenant à la zone sismique II a , une durée de vie économique de 20 à 30 années et une période de retour R.P = 50 ans , son coefficient de dommage est de :

$$10\% = 0.10$$

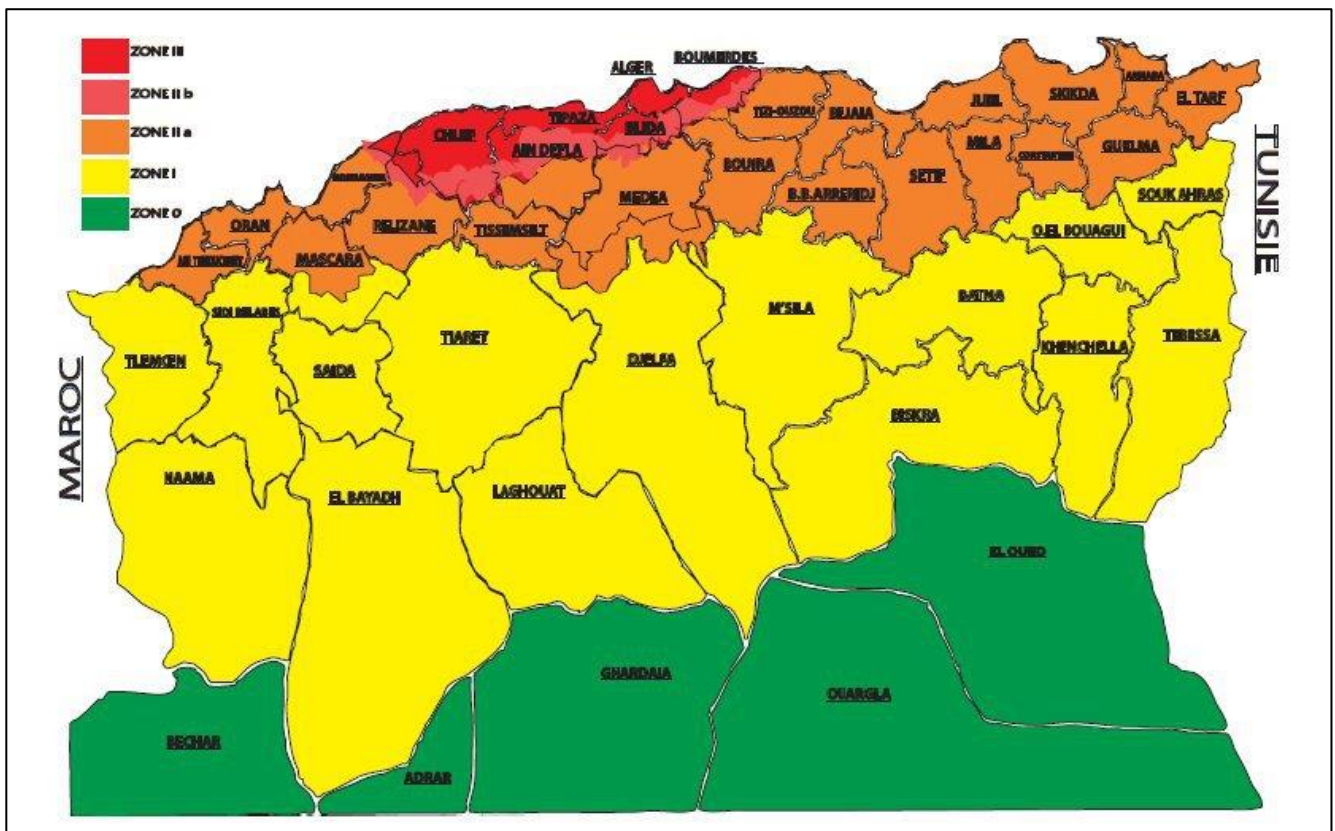


Figure II- 3: Carte de zonage d'Algérie.

Conclusion :

Les résultats de la campagne géologique et hydrogéologiques évoquées a ce chapitre, nous permettant de faire la conclusion suivant :

La structure géologique du substratum a dominance marneuse et son comportement hydrogéologique ne s'oppose guère a la réalisation d'une digue en terre et d'opter pour un ancrage au fond du thalweg jusqu'à Bed-rock sain après décapage de la couverture alluvionnaire et le toit altère du premier.

Chapitre III :

Description du

sous bassin

versant

Introduction :

Les caractéristiques physiographiques d'un bassin versant influencent fortement sa réponse hydrologique, et notamment le régime des écoulements en période de crue ou d'étiage. Dans ce présent chapitre nous allons traiter ces caractéristiques.

I. Etude du sous bassin versant :

1. Définition du sous bassin versant :

Un bassin versant ou bassin hydrographique est une portion de territoire délimitée par des lignes de crête (ou lignes de partage des eaux) et irriguée par un même réseau hydrographique (une rivière, avec tous ses affluents et tous les cours d'eau qui alimentent ce territoire).

A l'intérieur d'un même bassin, toutes les eaux reçues suivent, du fait du relief, une pente naturelle et se concentrent vers un même point de sortie appelé exutoire..[3]

2. Situation géographique :

Le site de la future retenue collinaire GHERAIFET se trouve à 04 km environ à vol d'oiseau au Sud de la commune d'EL COLLA. L'axe de la présente retenue collinaire est caractérisé sur la carte d'Etat major Bordj Boni feuille n°91 à l'échelle 1/50.000 par les coordonnées LAMBERT suivant :

$$X = 677.80 \text{ km .}$$

$$Y = 326.00 \text{ km}$$

$$Z = 768 \text{ m.}$$

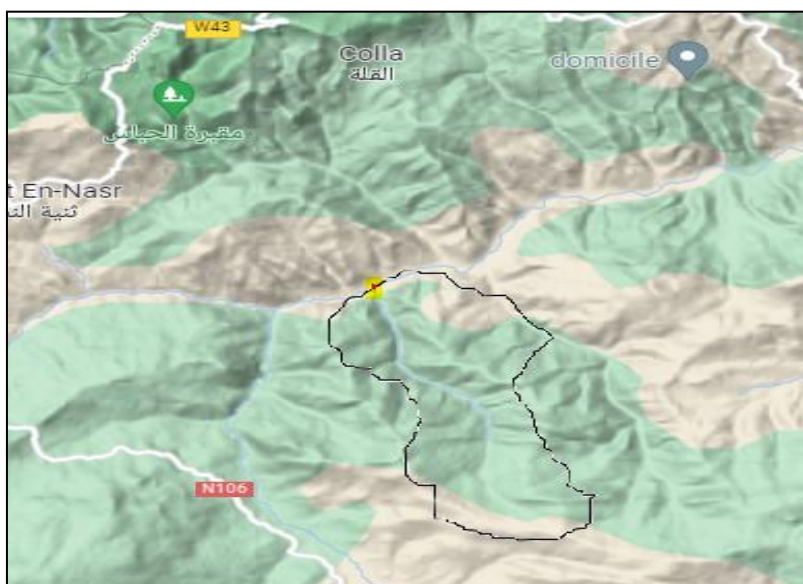


Figure III- 1: La situation géographique du sous bassin versant étudié.

II. Les caractéristiques morphologiques du sous bassin versant :

1. Paramètres géométriques :

- **Superficie du sous bassin versant :**

C'est le paramètre le plus important du bassin parce qu'il permet de contrôler l'intensité de plusieurs phénomènes hydrologiques tels que le débit et le volume de précipitation ou d'infiltration.

La superficie du bassin versant est mesurée par planimétrie sur la carte topographique au 1/50.000.

$$S = 17.35 \text{ km}^2$$

- **Périmètre du sous bassin versant :**

Il correspond à la longueur de la limite extérieure du bassin.

$$P = 21.11 \text{ km.}$$

- **Longueur du talweg principal :**

La longueur du thalweg principal a pour valeur :

$$L = 7.52 \text{ km.}$$

2. Paramètre de forme :

- **Indice de compacité de Gravellius « K_C » :**

Cet indice exprime une idée de la forme du bassin, c'est la relation entre le périmètre du bassin et celui d'un cercle de la même surface. Il est déterminé par:

$$K_C = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

P : périmètre du bassin versant (km).

S : superficie du bassin versant (km²).

Si : $K_C = 1$; le bassin versant est ramassé.

$K_C > 1$; le bassin versant est allongé.

AN:

$$K_C = 1.41$$

Donc : Le $K_C > 1$; le bassin versant est allongé.

• **Rectangle équivalent :**

Le rectangle équivalent est un rectangle qui a la même surface que le bassin, le même indice de compacité et de distribution hypsométrique identique. Il s'agit d'une transformation purement géométrique du bassin dans un rectangle de même périmètre, en transformant les courbes de niveau dans des droites parallèles au plus petit côté, celles-ci étant la première et la dernière courbe de niveau.[1]

Le périmètre et la surface du rectangle sont respectivement :

$$P = 2*(L+l) \quad ; \quad S = L * l \quad \dots\dots\dots (1)$$

La longueur L et la largeur l en km sont données par la résolution de P et S :

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

De (1) et (2) on obtient une équation de 2^{ème} degré admet deux solutions L , l :

$$L_r = \frac{K_c \sqrt{S}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right] \quad \boxed{L_r = 8.42 \text{ km.}}$$

$$l_r = \frac{K_c \sqrt{S}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right] \quad \boxed{l_r = 2.05 \text{ km.}}$$

L_r : longueur du rectangle équivalent en (km).

l_r : largeur du rectangle équivalent en (km).

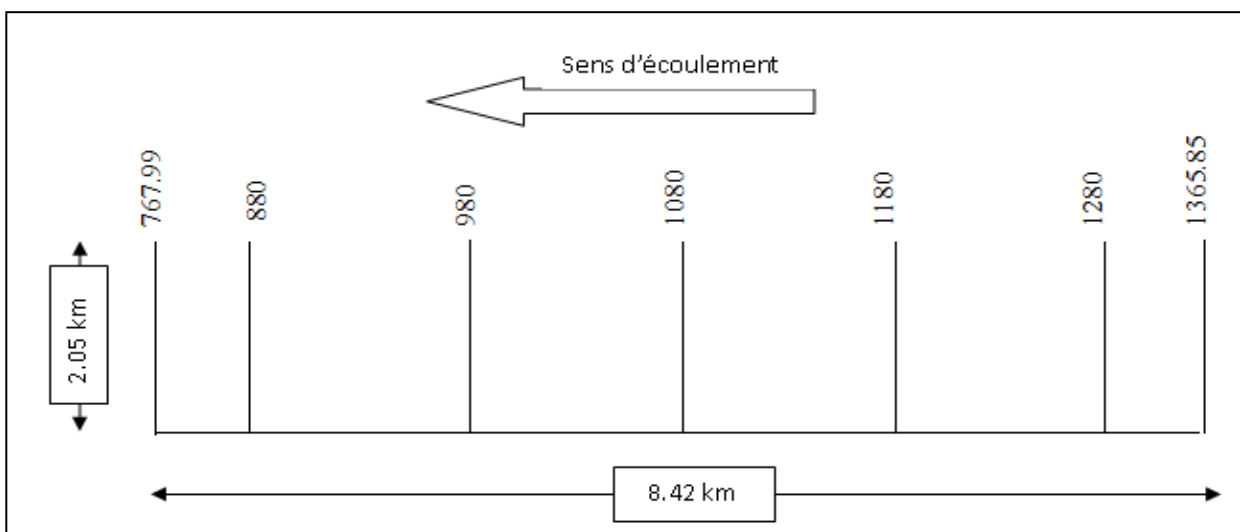


Figure III- 2: Le rectangle équivalent.

- **Coefficient d'allongement :**

Ce coefficient est obtenu par la relation :

$$Ca = \frac{L^2}{S}$$

L : la longueur du talweg principal. ; L = 7.52 km

S : la superficie du bassin versant. ; S = 17.35 km².

AN :

$$Ca = 3.25$$

3. Paramètres du relief :

- **Courbe hypsométrique :**

La courbe hypsométrique représente les surfaces dominées au-dessus de chaque niveau et par conséquent, caractérise en partie le relief. On utilise aussi la courbe de distribution, c'est-à-dire, la proportion en pourcentage de la surface totale du bassin comprise entre des courbes de niveau.

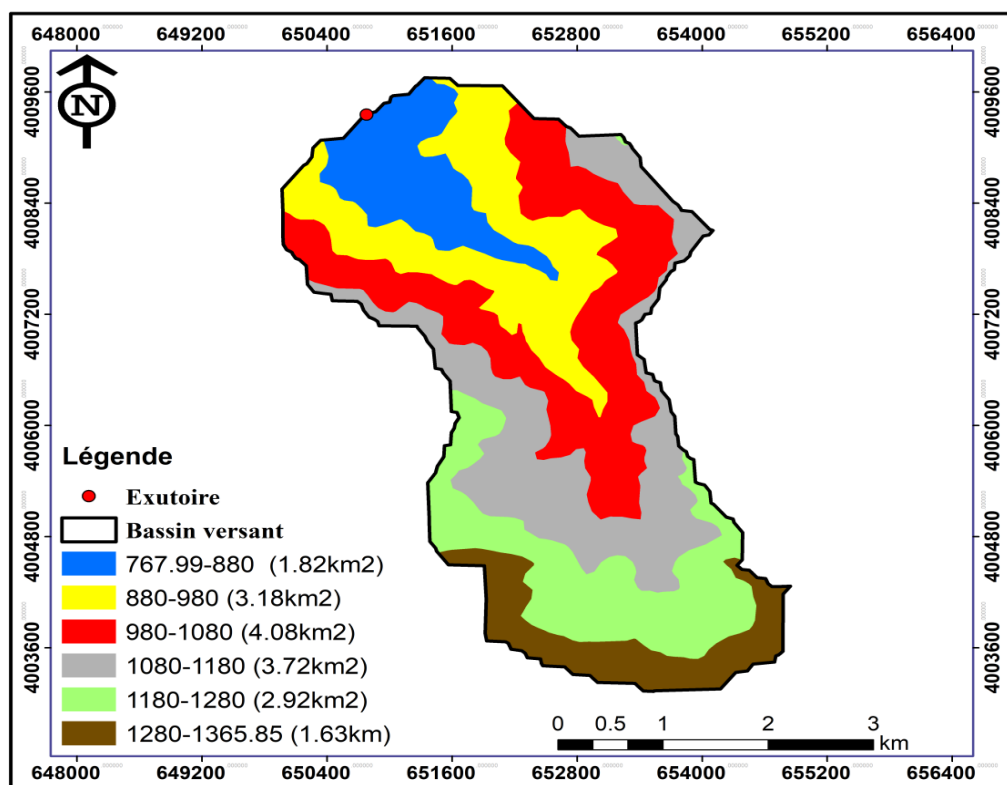
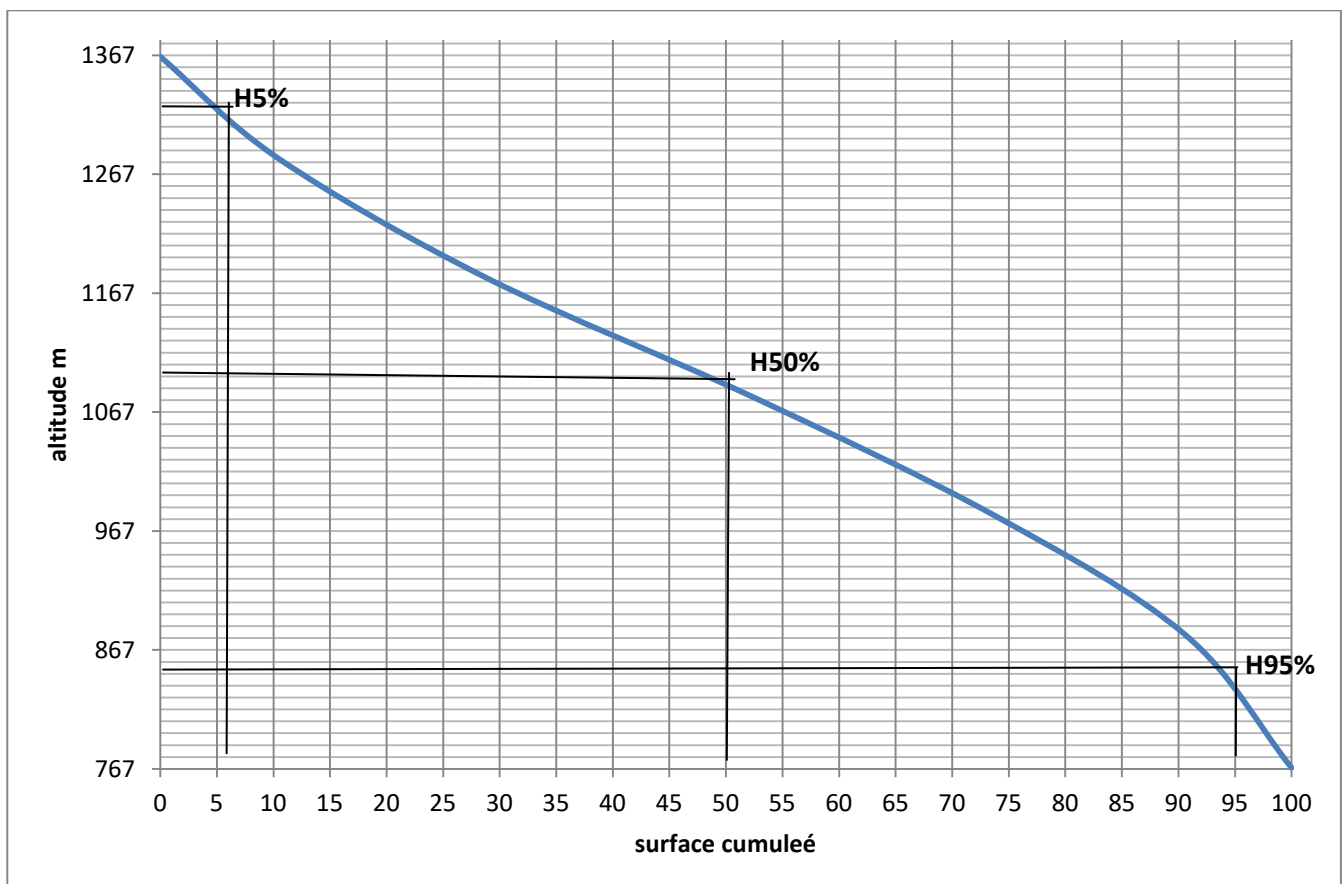


Figure III- 3: La carte hypsométrique d'Oued GHERAIFET.

Tableau III- 1: Répartition de la courbe hypsométrique du bassin versant.

Altitude	surfaces partielles (km ²)	surfaces partielles (%)	surfaces cumulées (%)	H moyennes (m)
767.99 – 880	1.82	10.48	10.48	823.99
880 – 980	3.18	18.32	28.8	930
980 – 1080	4.08	23.51	52.31	1030
1080 – 1180	3.72	21.44	73.75	1130
1180 – 1280	2.92	16.82	90.57	1230
1280 – 1365.85	1.63	9.39	99.96	1322.92
Somme	17.35	99.96		

**Figure III- 4:** La courbe hypsométrique.

- **Les altitudes caractéristiques :**

- L'altitude maximale et minimale :

Elles sont obtenues directement à partir de cartes topographiques. L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que l'altitude minimale considère le point le plus bas, généralement à l'exutoire.

$$H_{\max} = 1365.85 \text{ m}$$

$$H_{\min} = 767.99 \text{ m}$$

- Altitude moyenne :

Celle-ci est donnée par deux procédés :

- Graphiquement :

C'est l'ordonnée de la courbe hypsométrique correspondante à la surface 50%.

- Analytiquement :

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum H_i S_i}{S}$$

S_i : surface partielle entre deux courbes de niveaux (Km^2).

H_i : altitude moyenne entre deux courbes de niveaux successive (m).

S : superficie du bassin versant (Km^2).

AN :

$$H_{\text{moy}} = 1072.86 \text{ m}$$

- Altitude médiane :

L'altitude médiane est H_{med} est lue sur la courbe hypsométrique :

$$H_{50\%} = 1087 \text{ m}$$

La dénivelé simple :

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

$$D = 490.25 \text{ m}$$

- **L'indice de la pente ROCHE :**

Est une valeur moyenne de la pente déduite du rectangle équivalent es donné par la formule:

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L_r}} \sum_i^n \sqrt{S_i (H_i - H_{i-1})}$$

L_r : est la longueur de rectangle équivalent (m).

S_i : surface partielle (%) comprise entre 2 courbes de niveau consécutives H_i et H_{i-1} .

Tableau III- 2: Détermination de la pente de Roche I_p .

altitude	S %	$H_i - H_{i-1}$	$S^*(H_i - H_{i-1})$	$\sqrt{S^*(H_i - H_{i-1})}$
767.99 – 880	10.48	112,01	1173,86	34,26
880 – 980	18.32	100	1832,00	42,80
980 – 1080	23.51	100	2351,00	48,49
1080 – 1180	21.44	100	2144,00	46,30
1180 – 1280	16.82	100	1682,00	41,01
1280 – 1365.85	9.39	85,85	806,13	28,39

AN :

$$I_p = 0.83 \% .$$

$$I_p = 83.14$$

- **Indice de la pente moyenne:**

$$P_{moy} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L}$$

L: Longueur de la rivière (km). = 7.52km

H_{max} et H_{min} : Hauteur maximale et minimale (m).

AN :

$$P_{moy} = 79.50\text{m/km}$$

- **Indice de la pente globale :**

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

D : dénivelée simple H95% - H5% (tiré à partir de la courbe hypsométrique)

Lr: longueur du rectangle équivalent (m).

AN :

H95% = 827 m. ; H5% = 1317.25 m. ; Lr = 8.42 km.

$$I_g = 58.22 \text{ m/km}$$

$I_g = 0.58 \%$.

- **Classification du relief :**

Il s'agit de caractériser le relief du bassin en se basant sur l'indice de pente globale selon la classification de l'ORSTOM.

Tableau III- 3: Classification du relief.[12]

Relief		I_g
1	Très faible	$I_g < 0.002$
2	Faible	$0.002 < I_g < 0.005$
3	Assez faible	$0.005 < I_g < 0.01$
4	Modéré	$0.01 < I_g < 0.02$
5	Assez modéré	$0.02 < I_g < 0.05$
6	Fort	$0.05 < I_g < 0.1$
7	Très fort	$0.05 < I_g$

D'après la classification de l'ORSTOM, le bassin présente un relief modéré.

III. Les caractéristiques hydrographiques :

- **Le réseau hydrographique :**

La restitution du réseau hydrographique est faite sur les mêmes cartes citées pour la détermination de l'altitude moyenne.

Pour procéder au calcul de la densité de drainage, il faut classer les cours d'eau, il existe plusieurs classifications dont la plus courante est la classification de SCHUM.

Dans cette classification de SCHUM est considéré « ordre (x+1) » tout tronçon de rivière formé par la réunion de 02 cours d'eau d « ordre(x) ».

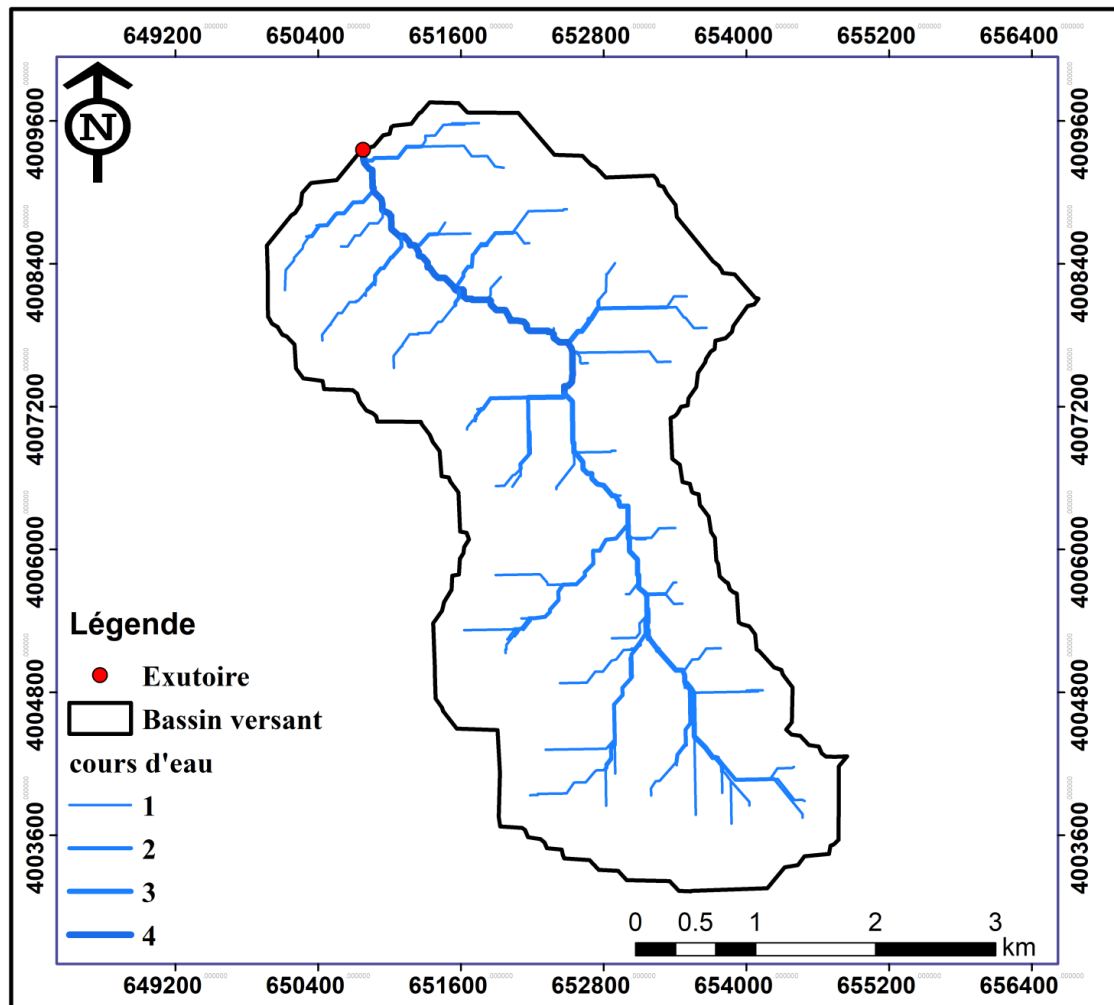


Figure III- 5: Le réseau hydrographique d’Oued GHRAIFET.

- **Densité de drainage :**

C’est le rapport entre la longueur total de tous les talwegs « L_i », du bassin versant, à la surface « S ». Elle reflète la dynamique du bassin, la stabilité du chevelu hydrographique et le type de ruissellement de surface, elle est exprimée en Km/Km^2 .

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

L_i : somme des longueurs de tous les cours d’eau d’ordre i (km) =37,49Km.

S : surface du bassin versant (Km^2).

AN :

$$D_d = 2.16 \text{ km/km}^2$$

- **Coefficient de torrentialité :**

Le coefficient de torrentialité est calculé par l'expression suivante :

$$C_t = D_d \times F_1$$

F_1 = le rapport entre le nombre des talwegs d'ordre 1 et la surface globale du bassin versant :

$$N_1 = 37 . \quad F_1 = \frac{N_1}{S}$$

AN :

$$C_t = 4.60$$

- **Temps de concentration T_c :**

Le temps de concentration intervient dans la détermination du débit de projet. Il est défini comme étant la durée nécessaire pour qu'une goutte de pluie tombée sur le point le plus éloigné hydrauliquement atteigne l'exutoire. Son estimation est primordiale, puis qu'une sous-estimation de ses valeurs aurait des conséquences sur la sécurité des ouvrages hydrauliques (**REMENIRAS, 1986**)[10]. Généralement, on le détermine à partir de séries de pluies enregistrées à un pas de temps de court.

Cependant, par le manque des données pluviométriques, on utilise les formules empiriques.

- **Formule de GIANDOTTI :**

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \times L}{0.8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

S : surface du bassin versant (Km²) ;

L : Longueur du cours d'eau principal (km).

H_{moy} , H_{min} : respectivement la hauteur moyenne et minimale du B.V (m).

AN :

$$T_c = 2.00 \text{ h}$$

- **Formule de CALIFORNIA :**

$$T_c = \left(\frac{0.87 \times L^3}{H_{max} - H_{min}} \right)^{0.386}$$

AN :

$$T_c = 0.829 \text{ h}$$

- Formule de KIRPICH :

$$T_c = 0.6615 \times L_p^{0.77} I_g^{-0.385}$$

Ig : la pente globale du B.V .

AN :

$$T_c = 0.65 \text{ h}$$

Tableau III- 4 : Les résultats de différentes formules empiriques.

Formule	Tc (h)
GIANDOTTI	2.00
CALIFORNIA	0.829
KIRPICH	0.65

Commentaire :

sur la base de ces résultats , et la considération du thalweg principale , nous nous proposons d'adopter la valeur **Tc = 2.00 heures** , GIANDOTTI qui est d'emploi fréquent en Algérie parce qu'elle tient compte tous les paramètres géométriques du bassin .

- **Vitesse de ruissellement :**

$$V_r = \frac{L_p}{T_c}$$

Lp : longueur du thalweg (km).= 7.52 km

Tc : le temps de concentration (h).

AN :

$$V_r = 3.76 \text{ km/h}$$

Tableau III- 5 : Tableau récapitulatif des caractéristiques physiographiques du bassin versant

Désignation		Symbole	Unités	Valeur
Superficie		S	Km ²	17.35
Périmètre		P	Km	21.11
Longueur du thalweg principal		L	Km	7.52
Indice de compacité		K _C	-	1.41
Rectangle Equivalent	Longueur	L _r	Km	8.42
	Largeur	l _r	Km	2.05
altitudes	Maximale	H _{max}	M	1365.85
	moyenne	H _{moy}	M	1072.68
	médiane	H _{med}	M	1087
	minimale	H _{min}	M	767.99
Indice de pente globale		I _g	%	0.58
Indice de pente moyenne		P _m	m/km	79.50
Indice de pente de M Roche		I _p	%	0.83
Densité de drainage		D _d	Km/Km ²	2.6
Coefficient de torrentialité		C _t	-	4.60
Temps de concentration		T _c	H	2.00
Vitesse de ruissellement		V _r	Km/h	3.76

IV. Données climatologiques :

1. Températures :

Au site considéré, le bassin versant est dominé par un climat de type semi-aride frais continental. Un hiver très rigoureux et été très chaud.

- La moyenne annuelle des températures durant ces 23 ans est estimée à 15,23°C .
- La température moyenne la plus basse est enregistrée durant le mois janvier de 5,6 °C.
- La moyenne la plus haute des températures est celle du mois d'aout de l'ordre 26,7 °C.

Tableau III- 6: Répartition mensuelle de la température pour la période de (1980-2003).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy ann
température Moyenne	5,6	7,0	9,6	12,4	17,3	23,6	26,7	26,3	21,3	16,0	10,4	6,6	15,23

(Source ONM de B.B.Arreridj)

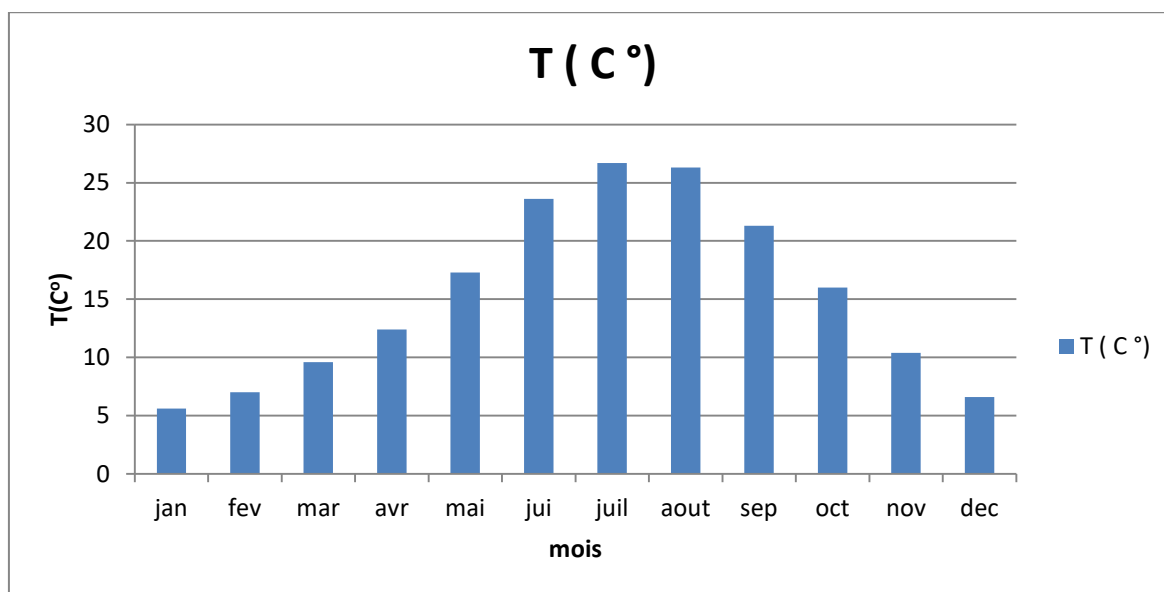


Figure III- 6: Diagramme de répartition mensuelle de température.

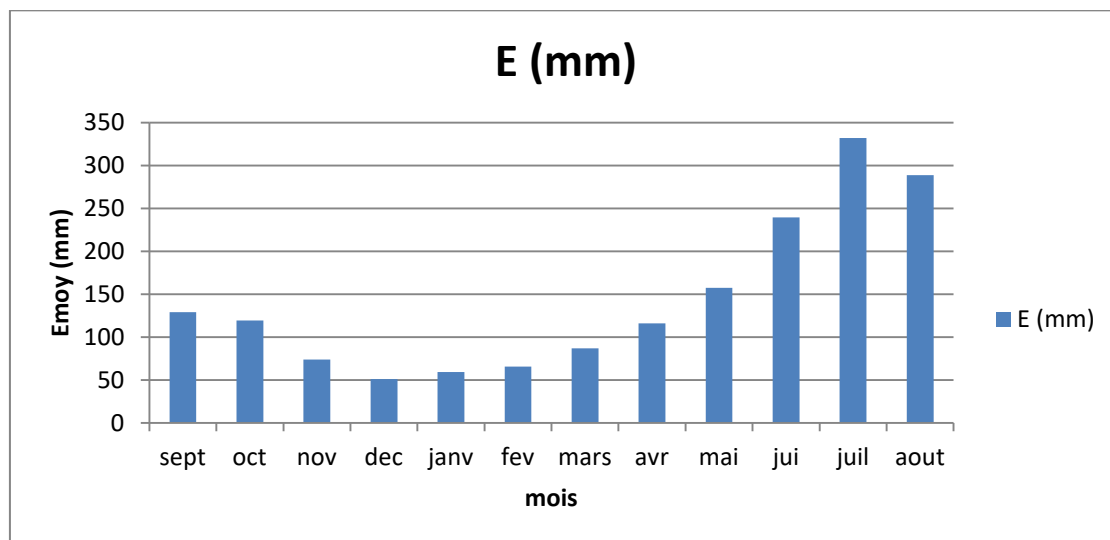
2. Evaporation :

L'évaporation est mesurée à l'aide de l'évaporimètre « bac classe A ».

L'évaporation moyenne annuelle retenue est donc de 1780.6 mm, comme on le remarque dans le tableau III-7 ci-après. Elle est minimale durant les mois d'hiver décembre et janvier, alors qu'elle est maximale pour les mois d'été (juillet et aout).

Tableau III- 7 : Répartition mensuelle de l'évaporation (station Bordj Bou Arreridj).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Somme
E(mm)	192.	119,4	73,8	51,12	59,1	65,4	87,0	115,8	157,2	239,4	331,8	288,6	1780,62

**Figure III- 7**: Diagramme de répartition mensuelle d'évaporation.

3. Vitesse du vent :

Les valeurs de la vitesse du vent enregistrée au niveau de la station de Bordj Bou Arreridj sont présentées dans le tableau n° III-8 .

Tableau III- 8 : Répartition des vitesses du vents (Station Bordj Bou Arreridj).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Moy
V m/s	3,3	3,1	3,5	3,4	3,4	3,7	3,5	3,7	3,8	3,7	3,7	3,3	3,54

Conclusion :

A la fin de ce chapitre, nous avons déterminé les caractéristiques hydro-morpho-métrique du bassin versant d'Oued GHERAIFET, ce qui nous a permis de mener a bien la phase suivante de l'étude hydrologique.

Chapitre IV :

*Etude
hydrologique de
bassin versant*

Introduction :

L'hydrologie est une science qui étudie la phase du cycle de l'eau, qui débute avec l'arrivée de celle-ci sur la surface de la terre. Elle englobe les précipitations, le ruissellement et les eaux souterraines.[11]

Les études hydrologiques donc sont très indispensables. Elles permettent de connaître les potentialités et la capacité du bassin versant pour produire des écoulements, ainsi qu'évaluer, en première approximation, les paramètres pour le dimensionnement des différents objets des ouvrages annexes, leurs coûts, principalement leur capacité de stockage et les caractéristiques des ouvrages d'évacuation de crues (évacuateur de crues, etc.).

Dans le but de l'étude hydrologique, on devra considérer :

- La détermination de l'apport moyen interannuel et les apports fréquentiels.
- Une analyse de crues: le débit maximal et le volume de la crue.
- L'estimation des volumes de l'apport solide pour déterminer la capacité de la retenue.

I. Etude de précipitation :

1. Données pluviométriques :

Le bassin versant étudié appartient au sous bassin versant Oued El Main (15-08) .le bassin versant d'étude ne possède pas des stations pluviométriques situées a l'intérieur.

Toutes les stations existant sont situées aux alentours du bassin comme la station de bordj Zemourah (150802) , station Thniet El Nasr plein de lacune , station Guelaa (150902) est en arrêt depuis longtemps qui a rendu sans utilisation quasi-impossible , et station Medjana (050906).

Pour notre étude nous utilisons la station de **MEDJANA** , située au sud du bassin versant sur une distance de 9 km a vol d'oiseau, les données de la station sont un peu faible avec une série (1989-2013).

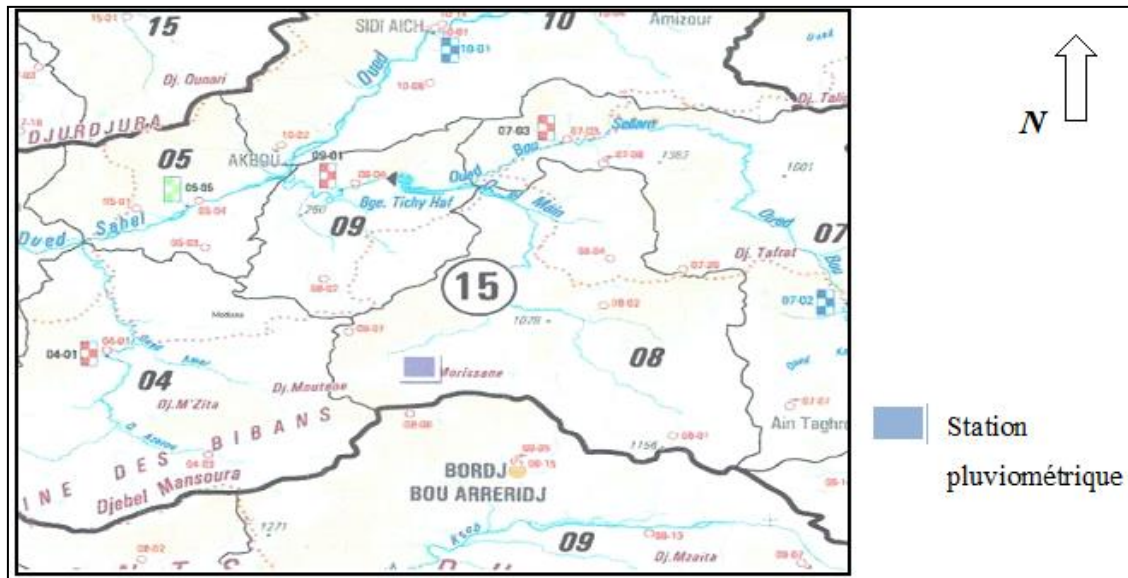


Figure IV- 1: La carte de localisation de la station pluviométrique de MEDJANA.

La station pluviométrique de Medjana possède une série de (1989-2013).

Tableau IV- 1: Caractéristique de la station pluviométrique MEDJANA.

Nom de la station	Code	ALT (m)	Années d’observation
MEDJANA	050906	1042	1987-2013

Par ailleurs la Figure IV-2 montre la carte des isohyètes pluviométrique de la région de Bordj Bou Arreridj en 1993.

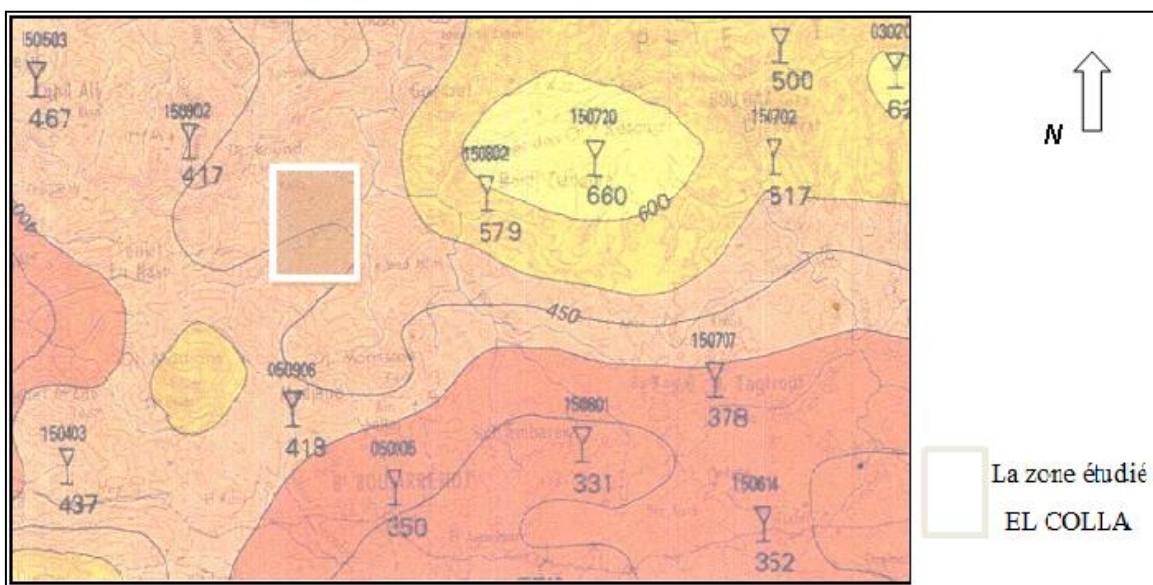


Figure IV- 2: la carte des isohyètes pluviométrique de la région de Bordj Bou Arreridj.

Le tableau IV- 2 montre la distribution moyenne mensuelle des pluies dans le bassin de l'étude.

Tableau IV- 2: Moyennes mensuelles des précipitations en (mm).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	mai	Jui	Juil	Aou	Somme
P(mm)	45,19	30,31	41,39	49,65	56,66	44,93	38,48	44,73	41,80	15,61	8,33	14,62	431,69

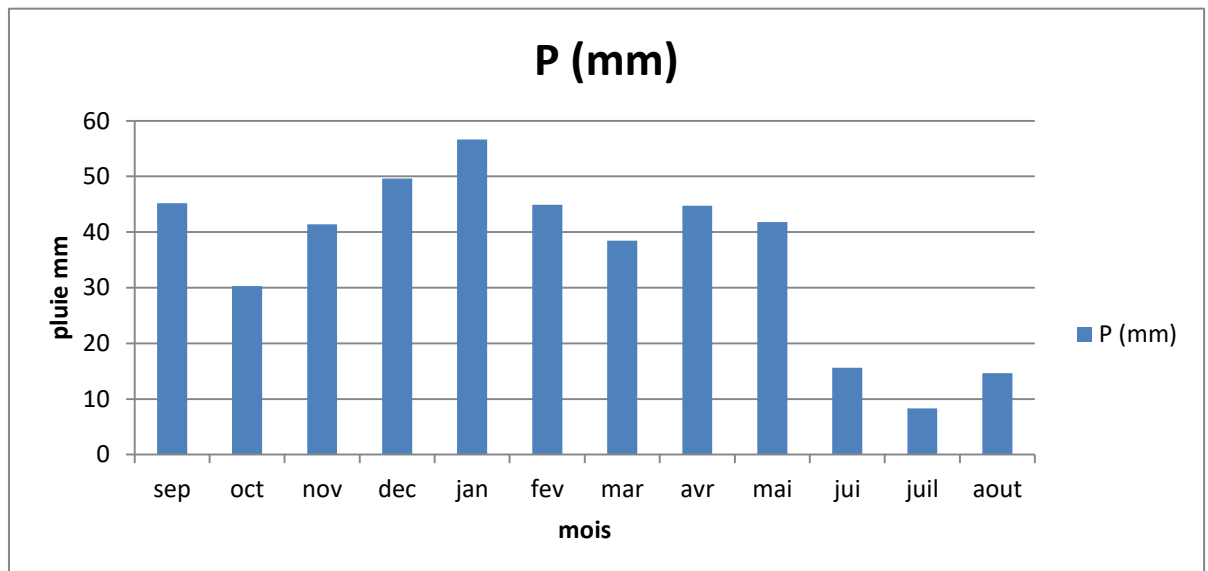


Figure IV- 3: Répartition mensuelle des pluies (station Medjana).

- Nous constatons que la moyenne annuelle des pluies a la station de Medjana est de 431,69 mm .
- Le mois le plus pluvieux est janvier (56.66 mm) .

2. Etude des pluies journalières de différentes fréquences :

Pour l'étude des pluies journalières maximales, les données relevées de la station de MEDJANA est prise en compte. un traitement statistique a été appliqué a la série des PJ max et plusieurs lois sont utilisées afin de tester l'ajustement et de choisir celle qui est la plus représentative pour l'estimation des valeurs de faibles fréquences.

Tableau IV- 3: Paramètres statistiques de l'échantillon .

Observation	24	Ecart-type	11.7
Minimum	14.5	Médiane	32
Maximum	67.3	Coefficient de variation (Cv)	0.351
Moyenne	33.2	Coefficient d'asymétrie (Cs)	0.889

Cet ajustement nous permet d'évaluer les pluies maximales journalières pour n'importe quelle période de retour. Je utilise logiciel « **Hyfran Plus** » pour donner ces résultats :

❖ Paramètres du logiciel

- T : Période de retour en année.
- Q : Fréquence.
- Xt : Pluie journalier maximale correspondante à la période de retour donnée en mm.

a. Ajustement à loi log-normale :

Les pluies annuelles s'ajustent à une loi normale, dont la fonction de densité s'écrit :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad \text{Avec } u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \text{ dépend de deux paramètres qui sont la moyenne } \bar{x} \text{ et}$$

l'écart-type σ .

❖ **Log-Normale :**

Nombre d'observations : 09

- Mu = 3.44239
- Sigma = 0.357076

Quantiles :

- q = F(x) (probabilité au non-dépassement).
- T = 1/(1-q).

Tableau IV- 4: Résultats d'ajustement des pluies max journalières (loi log-normal).

T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (80%)
1000.0	0.9990	94.2	16.8	72.7 – 116
200.0	0.9950	78.4	12.1	63.0 - 93.9
100.0	0.9900	71.8	10.2	58.6 - 84.9
50.0	0.9800	65.1	8.49	54.2 - 76.0
20.0	0.9500	56.3	6.37	48.1 - 64.4
10.0	0.9000	49.4	4.91	43.1 - 55.7
5.0	0.8000	42.2	3.60	37.6 - 46.8
3.0	0.6667	36.5	2.78	32.9 - 40.0
2.0	0.5000	31.3	2.28	28.3 - 34.2

• **Test d'adéquation du Khi carré :**

Hypothèses : H_0 : L'échantillon provient d'une loi Log normal.

H_1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Log normal.

Tableau IV- 5: Résultats du calcul de l'adéquation.

X ²	p-value	Degrés de liberté	Nombre de classe
2.83	0.5861	4	7

Nous pouvons accepter H_0 au niveau de signification de 5 %.

Tableau IV- 6: Comparaison des caractéristiques de la loi et de l'échantillon.

Paramètres	Caractéristiques de la loi	Caractéristiques de l'échantillon
Minimum	Aucun	14.5
Maximum	Aucun	67.3
Moyenne	33.3	33.2
Ecart-type	12.3	11.7
Médiane	31.3	32
Coefficient de variation (Cv)	0.369	0.351
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1.16	0.889

Le tracé de la droite de Log Normal est représenté comme le montre la figure suivante :

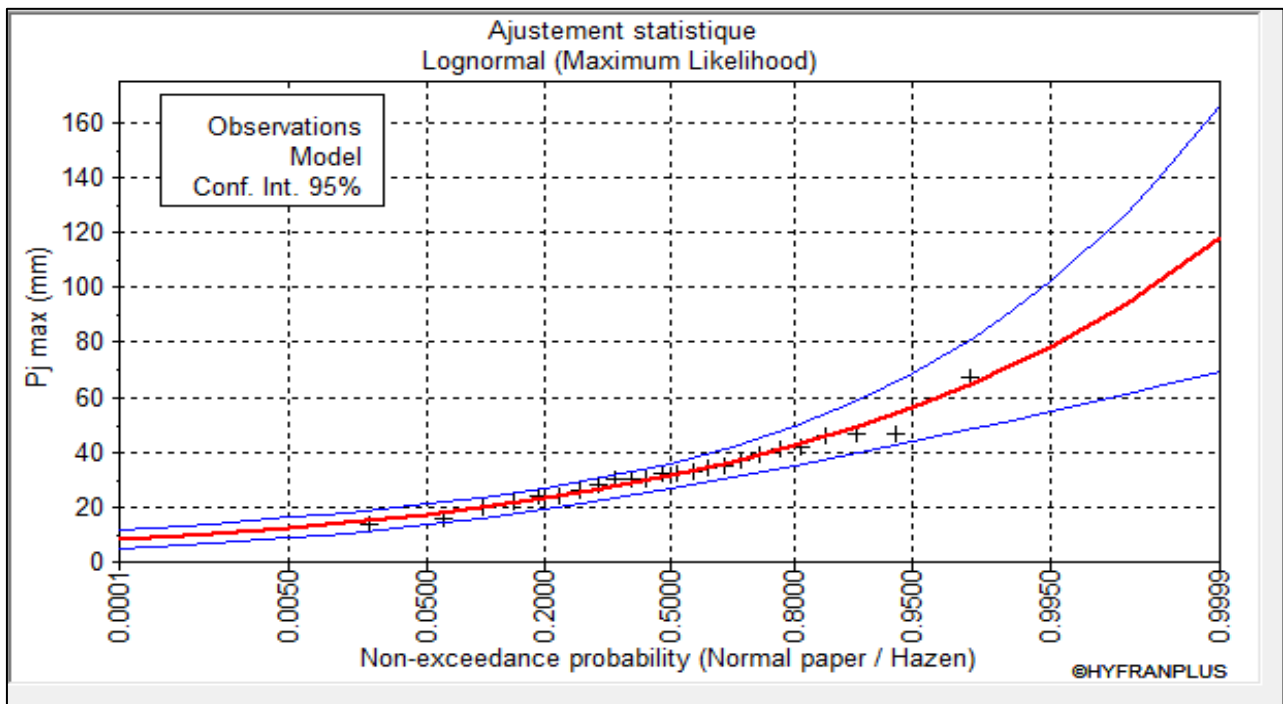


Figure IV- 4: Les résultats de l'ajustement par la loi Log- Normal.

Tableau IV- 7: PJ max fréquentielle par la loi Log- Normal.

Période de retour (année)	1000	200	100	50	10
Fréquence %	0.1	0.5	1	2	10
PJ max	94.2	78.4	71.8	65.1	49.4

b. Ajustement à la loi de Gumbel :

C'est la loi dite double exponentielle, elle s'applique pour les précipitations maximales journalières afin de déterminer les valeurs fréquentielles.

La fonction de répartition de la loi de Gumbel s'écrit :

$$F(x_1) = e^{-e^{-\alpha(x-x_0)}}.$$

$F(x)$: fréquence au dépassement de la valeur de x . α , et x_0 : coefficients d'ajustement.

α : paramètre d'échelle différent de zéro et positif appelé aussi (gradex).

x : précipitation maximale journalière (mm)

x_0 : paramètre de position (mode).

Puis que c'est une loi à deux paramètres, cette loi s'ajuste facilement a des ajustement graphiques.

Donc on peut écrire **[6]** : $y = - \ln (- \ln (F (x)))$

y : variable réduite de Gumbel.

❖ GUMBEL :

- Nombre d'observations : 24
- $U = 27.7264$
- $\text{Alpha} = 9.85179$

Quantiles :

- $q = F(x)$ (probabilité au non-dépassement).
- $T = 1/(1-q)$.

Tableau IV- 8: Résultats d'ajustement des pluies max journalières (loi GUMBEL).

T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (80%)
1000.0	0.9990	95.8	12.0	72.3 – 119
200.0	0.9950	79.9	9.43	61.4 - 98.4
100.0	0.9900	73.0	8.33	56.7 - 89.4
50.0	0.9800	66.2	7.23	52.0 - 80.3
20.0	0.9500	57.0	5.80	45.6 - 68.4
10.0	0.9000	49.9	4.72	40.6 - 59.1
5.0	0.8000	42.5	3.65	35.3 - 49.7
3.0	0.6667	36.6	2.89	30.9 - 42.3
2.0	0.5000	31.3	2.35	26.7 - 35.9

- **Test d'adéquation du Khi carré :**

Hypothèses : H_0 : L'échantillon provient d'une Gumbel.

H_1 : L'échantillon ne provient pas d'une Gumbel.

Tableau IV- 9: Résultats du calcul de d'adéquation.

X^2	p-value	Degrés de liberté	Nombre de classe
2.96	0.5861	4	7

Nous pouvons accepter H_0 au niveau de signification de 5 %.

La comparaison entre les caractéristiques de la loi de Gumbel et celles de l'échantillon station de MEDJANA est résumée dans le tableau suivant :

Tableau IV- 10: Comparaison des caractéristiques de la loi et de l'échantillon.

Paramètres	Caractéristiques de la loi	Caractéristiques de l'échantillon
Minimum	Aucun	14.5
Maximum	Aucun	67.3
Moyenne	33.4	33.2
Ecart-type	12.6	11.7
Médiane	31.3	32.0
Coefficient de variation (Cv)	0.378	0.351
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1.14	0.889

Le tracé de la droite de Gumbel est représenté sur papier normal comme le montre la figure suivante :

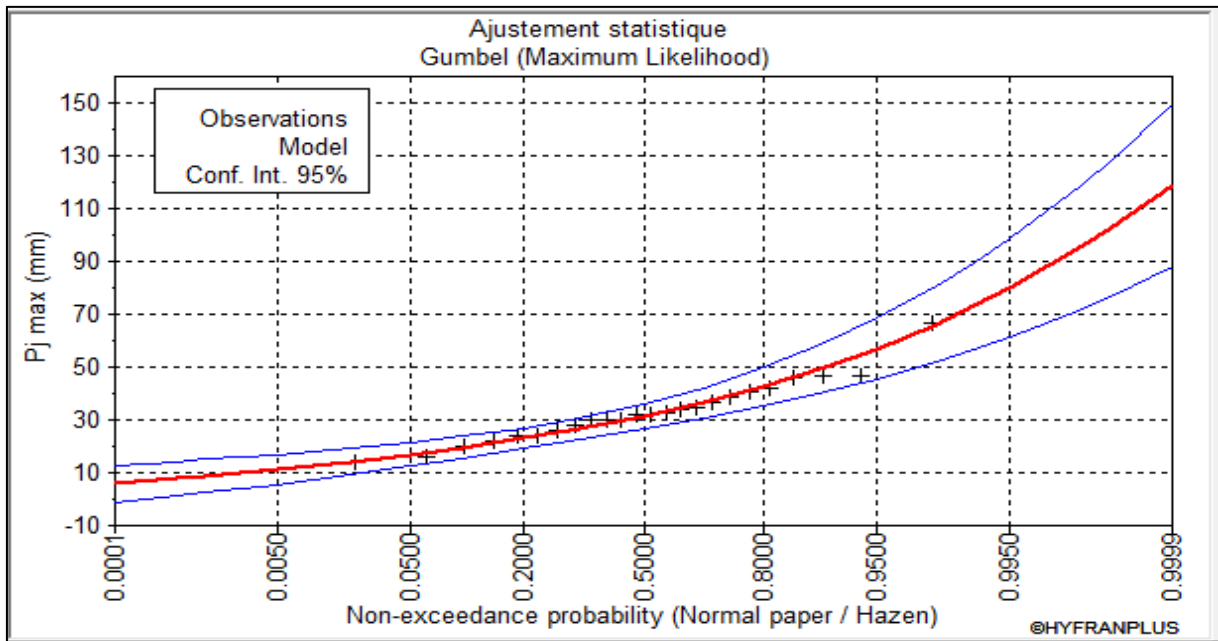


Figure IV- 5: Les résultats de l’ajustement par la loi Gumbel.

Tableau IV- 11: Pj max fréquentielle par la loi Gumbel.

Période de retour (année)	1000	200	100	50	10
Fréquence %	0.1	0.5	1	2	10
PJ max	95.8	79.9	73.0	66.2	49.9

• **Commentaire :**

D’après les résultats obtenus on remarque qu’à partir les deux méthodes (Gumbel et Log-normal)on trouve que la série de pluies maximale journalière suit la loi de Galton par ce que tous les points sont a l’intérieur de l’intervalle .

3. Pluies de courte durée :

On a choisi la loi d’ajustement Log Normale pour prendre ces résultats de PJ max.

A partir des pluies journalières maximales nous calculons les pluies de courte durée de même fréquence en utilisant la relation suivante :

$$P_{tc} = P_{jmax} \times \left(\frac{Tc}{24}\right)^b$$

Ou :

Ptc : pluie de courte durée de fréquence donnée (mm).

PJ max : pluie maximale journalière de même fréquence (mm).

Tc : temps de concentration (h) = 2.00 h

b : coefficient climatique (0.33).

Tableau IV- 12: Les résultats de calcul de la pluie de courte durée.

Période de retour (année)	1000	200	100	50	10
Fréquence %	0.1	0.5	1	2	10
PJ max	94.2	78.4	71.8	65.1	49.4
Ptc	41.50	34.54	31.64	28.68	21.77

II. Etude des apports liquides :

1. Apport moyens annuels :

En raison de l'absence des stations hydrométriques sur l'Oued, l'estimation de l'apport moyen annuel est faite en se basant sur les formules empiriques : [6]

- Formule DERI 1977.
- Formule de SOGREAH.
- Formule ANRH.

- **Formule de DERI 1977 :**

$$Le = 11.8 \times \left(\frac{Pa}{1000}\right)^{2.82} \times 31.536$$

$$A = Le \times S \times 10^{-3}$$

Pa : pluie moyenne annuel (mm).

Le : lame d'eau ruisselée (mm).

A : apport moyen annuel (hm³/an).

S : surface de bassin versant (m²).

$$A = 0.611143 \text{ hm}^3.$$

$$Le = 34.82 \text{ mm.}$$

- **Formule de SOGREAH :**

$$Le = 720 \left(\frac{P-150}{1000} \right)^{1.85}.$$

$$A = 0.538544 \text{ hm}^3.$$

$$Le = 30.67 \text{ mm.}$$

- **Formule ANRH :**

$$Le = P \times (1 - 10^{-kP^2}) \times 10^3.$$

$$K = a - 0.01 \log S \quad ; \quad \text{Avec : } a = 0.18$$

P : pluie en (mm).

$$Le = 31.65 \text{ mm.}$$

$$A = 0.555756 \text{ hm}^3.$$

Tableau IV- 13: Tableau récapitulative des résultats.

Formules	DERI 1977	SOGREAH	ANRH
Lame d'eau écoulée (mm)	34.80	30.67	31.65
Apport moyen annuel (hm ³)	0.611143	0.538544	0.555756

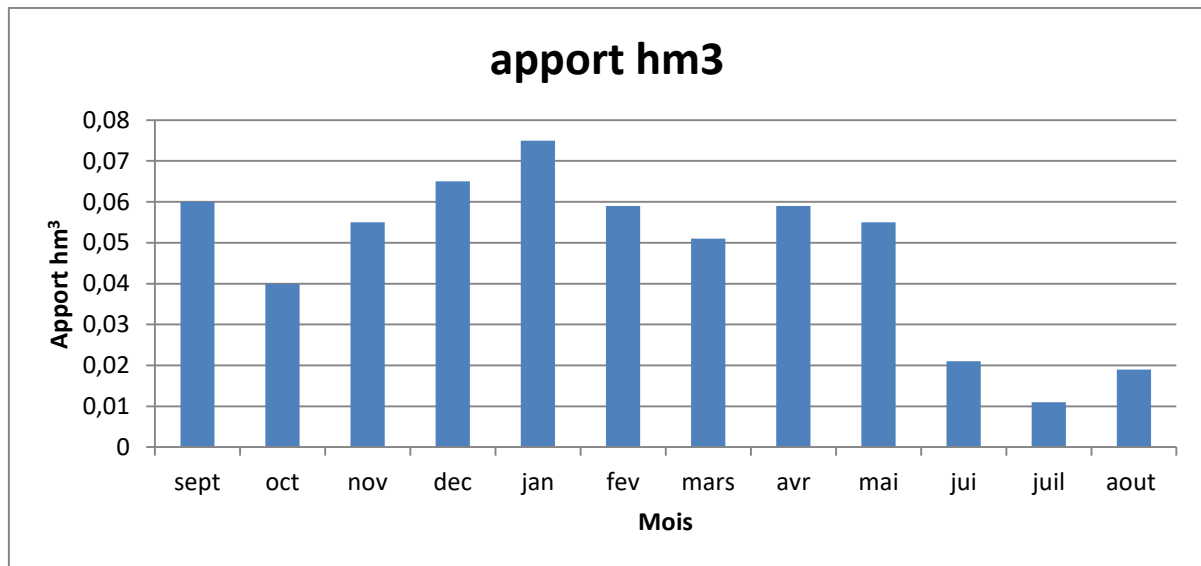
Après analyse des résultats des différentes formules nous considérons que la valeur de la lame d'eau ruisselée est de **32.37 mm** engendrant un apport liquide moyenne de **0.568481 hm³/an**.

La distribution moyenne mensuelle des apports liquides sur l'Oued de la retenue est portée dans le tableau IV-14.

Les apports baissent considérablement durant la période s'étendant du mois de juin au mois d'aout.

Tableau IV- 14: Distribution moyenne annuelle des apports.

Mois	sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	mai	Jui	juil	Aou	ΣA
%	10.56	7.04	9.68	11.44	13.20	10.38	8.68	10.38	9.68	3.51	1.93	3.34	100
A hm³	0.060	0.040	0.055	0.065	0.075	0.059	0.051	0.059	0.055	0.021	0.011	0.019	0.570

**Figure IV- 6:** Diagramme de distribution moyenne annuelle des apports.

2. Variation de l'apport :

Coefficient de variation :

Pour les cours d'eau non jaugés , on a recours généralement soit a l'analogie des Oueds observe , soit aux formules empiriques .

$$\text{Ou : } Cv = \frac{0.70}{Mo^{0.125}} \times Ks$$

Mo : module spécifique l/s/km²

$$Mo = \frac{A}{S \cdot T} \quad M = 1.14 \cdot 10^9 \text{ l/s/km}^2.$$

- A : apport moyen annuel.
- T : temps d'une année en second (31536000 secondes)

K_s : coefficient de réduction qui tient compte de la pérennité de l'oued ($K_s = 1$ pour les oueds temporaire et $K_s = 0.25$ pour les oueds pérennes).

Dans notre cas : $K_s = 1$

Ce qui donne :

$$C_v = 0.77$$

3. Etude fréquentielle des apports liquides :

Nous adoptons la distribution LOG NORMALE (GALTON) qui s'ajuste bien en général aux séries observées, l'expression de la loi s'écrit :[6]

$$Af\% = \frac{A}{\sqrt{C_v^2 + 1}} e^{\mu \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

Ou :

A : apport moyen annuel.

Af % : apport liquide de fréquence donnée.

C_v : coefficient de variation pris = 0.77

u: variable de Gauss.

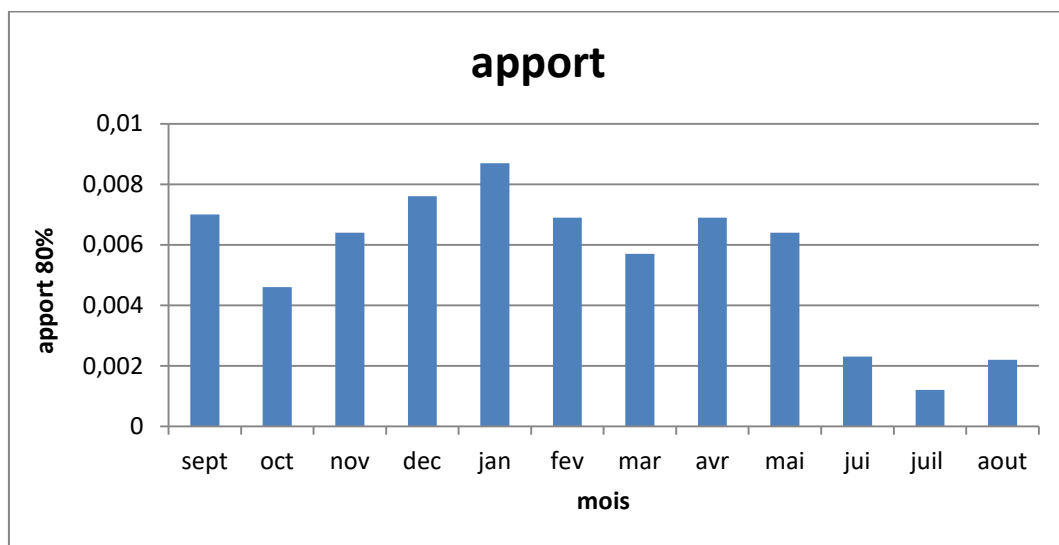
Tableau IV- 15: Les apports liquide de différentes fréquences .

Période de retours	2	5	10	20	5 sèches	10 sèches
Fréquence %	50	20	10	5	80	90
U	0	0.84	1.28	1.65	-0.84	-1.28
Apport liquide (hm ³)	0.117	0.208	0.281	0.359	0.065	0.049
Lame d'eau ruisselée (mm)	11.60	20.60	27.83	35.66	6.54	4.85
Débits (m ³ /s)	0.004	0.007	0.009	0.011	0.002	0.002

La répartition mensuelle de l'apport moyen annuel suit la même répartition mensuelle des précipitations ; on a : $A_{80\%} = 0.0659 \text{ Hm}^3$ pour notre bassin versant.

Tableau IV- 16: Distribution moyenne annuelle des apports 80%.

mois	sept	oct	nov	Dec	jan	Fer	Mar	avr	mai	jui	Juil	Aout	ΣA
A %	10.56	7.04	9.68	11.44	13.20	10.38	8.68	10.38	9.68	3.51	1.93	3.34	100
A 80%	0.0070	0.0046	0.0064	0.0076	0.0087	0.0069	0.0057	0.0069	0.0064	0.0023	0.0012	0.0022	0.0659

**Figure IV- 7:** Diagramme de distribution moyenne annuelle des apports 80%.

D'après le diagramme l'apport maximale est dans le mois de janvier ($0,0087 \text{ Hm}^3$) et le minimale dans le mois de Juillet (0.0012 Hm^3).

III. Etude des crues :

« Selon le glossaire international d'Hydrologie, une crue est définie comme la montée, en générale brève, du niveau d'un cours d'eau jusqu'à un maximum, cette montée précédant la décrue généralement plus lente. » [6]

L'étude des crues nécessite la détermination des paramètres conditionnant le comportement hydrologique du bassin versant tels que :

- Le débit maximum.
- Le volume.
- L'hydro-gramme des crues.

1. Débits maximums :**✓ Formule de TURAZZA:**

La formule de TURAZZA tient compte des pluies maximales de courte durée , de l'intensité des pluies , de la superficie et du temps de concentration.

$$Q_{max} = \frac{Cr * P_{tc} * S}{3.6 * T_c}$$

Où : P_{tc} : pluie de courte durée pour un période de retour donnée.

S : la superficie du bassin versant. = 17.35 km².

T_c : temps de concentration = 2.00h.

Cr : coefficient de ruissellement = 0.8

✓ Formule de GIANDOTTI :

La formule de GIANDOTTI représente le rapport entre le débit instantané et le débit moyen journalier.

$$\frac{Q_{inst}}{Q_t} = \frac{P_{tc}}{P_{jmax}} * \frac{24}{T_c}$$

Où : Q_t :débit moyen journalier de temps de retour T .

Q_t : est calculé par la formule de SAMIE :

$$Q_t = \frac{Cr * P_{tc} * S}{108}$$

Cr : coefficient de ruissellement en grande crue = 0.9

S : la superficie du bassin versant = 17.35 km².

✓ Formule de SOKOLOVSKY :

Est donnée sous la forme suivante :

$$Q_{max} = \frac{0.28 * P_{tc} * Cr * S * F}{T_c}$$

Où : F : coefficient de la formule de l'hydrogramme = **0.75**

$$F = \frac{12}{4+3\gamma}$$

Les résultats obtenus par les trois formules citées ci-dessus sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IV- 17: Tableau récapitulatif des débits.

Période de retour (ans)	1000	200	100	50	10
TURAZZA	80.97	67.39	54.02	41.97	31.86
GIANDOTTI	32.10	26.72	24.48	22.19	16.85
SOKOLOVSKY	61.21	50.91	46.67	31.73	24.08
Le débit adopté	61.21	50.91	46.67	31.73	24.08

Devant la disparité entre les valeurs trouvées par les formules de calculs, et par mesure de sécurité ont écarté ces valeurs sous estimées, et on prend les valeurs de (SOKOLOVSKY).

2. Hydrogramme de crue :

La forme de l'hydrogramme de crue est déterminée selon la méthode de **SOKOLOVSKY** qui assimile l'hydrogramme a deux équations paraboliques , l'une traduisant la montée de la crue et qui s'écrit :

$$Q(t) = Q_{max} \left(\frac{t}{t_m} \right)^m$$

Et l'équation de décrue :

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

Où :

T_m : Temps de montée de la crue.

T_d : : Temps de la décrue.

m,n : Puissance des courbes; m = 2, n=3

$t_b = t_m + t_d$ avec : $t_d = \gamma t_m$ et $\gamma = 2.5$

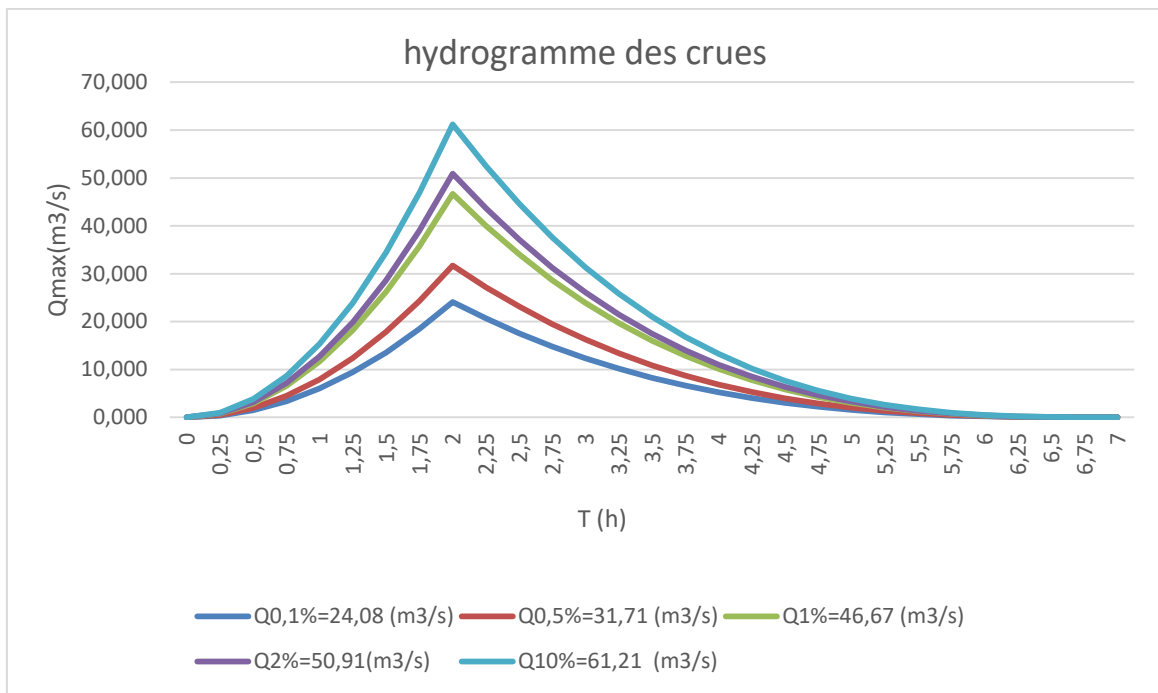


Figure IV- 8: Hydrogramme des crues de différentes périodes de retours.

3. Le volume de crue :

C'est donné par la relation suivante :

$$Vt = \frac{1.8 * Qt * 2 * Tc}{1000}$$

Où : Vt : volume de crue Hm³.

Qt : débit maximal m3

Tc : temps de concentration (2.00h).

les volumes de crue pour différentes fréquences calculés d'après l'équation et les hydro gramme sont dans le tableau ci-après :

Tableau IV- 18: Les volumes de crue pour différentes fréquences.

Période de retour	1000	500	100	50	10
Volume de crue (Hm ³)	0.441	0.367	0.336	0.228	0.173

4. Choix de la crue de projet :

- Définition :

« La crue de projet est la crue de la plus faible fréquence entrante dans la retenue. Elle est prise en compte pour déterminer le niveau des Plus Hautes Eaux et dimensionner l'évacuateur de crue, en intégrant les possibilités de laminage» (Francou, 1967). « La période de retour de la crue du projet est en fonction du risque intrinsèque à chaque ouvrage, conformément aux recommandations du CFGB (Comité Français des Grands Barrage) de 1997». (Francou, 1967)

Tableau IV- 19: Crues de projet recommandées.

Catégorie de dommages	Crue de projet recommandée
Elevés : Perte de vie Dommages considérables	1/100000 à 1/10000
Importants : pas de pertes de vies dommages importants	1/10000 à 1/1000
Faibles : pas de perte de vies dommages légers	1/1000 à 1/100

Nous optons pour une crue de projet de probabilité de dépassement annuelle de 1/100 avec un calcul de vérification du niveau d'eau dans la retenue par rapport à la crête de la digue pour une probabilité de crue 1/100. On retient pour cette retenue, la crue centennale $Q_{100 \text{ ans}} = 46.67 \text{ m}^3 / \text{s}$.

IV. Etude de l'apport solide :

En l'absence des données sur les apports solides ; notamment les particules en suspension, la formule de TIXERONT est utilisée pour le calcul du taux de dégradation spécifique.

o Formule SOGRIAH-TIXERONT (1969) :

$$Ta = 350 R^{0.15}$$

Où : R : lame d'eau ruisselée ($R = l_e = 31.37 \text{ mm}$) .

Ta : taux d'abrasion, $\text{T/Km}^2/\text{an}$.

AN :

$$Ta = 589.643 \text{ T/Km}^2/\text{an}$$

En considérant un poids spécifique de 1.4 T/m^3 , le volume mort au garde d'envasement se calcule comme suit :

$$Vm = \frac{S * Ta * t}{1.4}$$

Où : t : la durée de vie de barrage.

Tableau IV- 20 : Volume mort pour les différentes durées d'exploitation.

Durée d'exploitation	10	20	30	40	50
Volume en Hm ³	0.0844	0.146	0.219	0.292	0.365

Pour le calcul on prend le volume mort **81446.60 m³ (0.0844 hm³)** pour un durée de vie de 10 ans.

V. Etude de la régularisation :

La régularisation de l'écoulement au niveau d'un barrage est la répartition de celui-ci dans le temps d'une façon régulière pour compenser les déficits de la demande. On distingue la régularisation annuelle (saisonnière) quand l'écoulement annuel d'une fréquence donnée peut couvrir la demande en eau durant une année et aussi les pertes d'eau du barrage. Ce type de régularisation permet de déterminer une restitution en eau optimale qui est destinée à satisfaire des besoins limités. Si l'écoulement annuel d'une fréquence donnée est inférieure à la somme de la demande exigée et des pertes d'eau, il devient impératif de faire appel à la régularisation interannuelle, c'est à dire pour satisfaire les besoins d'une année quelconque, il faut prendre une partie de l'écoulement des années précédentes déjà stockées dans le volume interannuel..[9]

Pour ce faire ce type de régularisation, on utilise la méthode du bilan d'eau, elle nécessite la connaissance des données de base telles que :

- les répartitions mensuelles des apports, d'évaporation sur la retenue et les pertes par infiltration.
- la courbe (Hauteur-Capacité-Surface) du plan d'eau provenant de dépouillement de la carte topographique de la cuvette.
- les besoins en eau des utilisateurs.

1. Courbes caractéristiques de la retenue :

L'approximation des volumes a été fait selon l'expression :

$$\Delta V_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \Delta H$$

S_i : surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_i en m^2

S_{i+1} : surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_{i+1} en m^2

ΔH : Différence d'altitude entre les deux courbes de niveau successives

ΔV_i : Volume élémentaire compris entre deux courbes de niveau successives (m^3)

Tableau IV- 21: Caractéristiques topographiques de la retenue.

Altitude	Δh	Superficie (km2)	Volume partiel (hm3)	Volume cumulé (hm3)
768.71	2.29	/	/	/
771	1	0.0001359	0.000104	0,000104
772	1	0.001614	0.000739413	0,00084341
773	1	0.002826	0.002191896	0,00303531
774	1	0.004793	0.003766452	0,00680176
775	1	0.007794	0.006233003	0,01303476
776	1	0.010521	0.009123474	0,02215824
777	1	0.013911	0.012176612	0,03433485
778	1	0.018906	0.016344772	0,05067962
779	1	0.023443	0.021133878	0,0718135
780	1	0.029835	0.026574862	0,09838836
781	1	0.035251	0.032505378	0,13089374
782	1	0.040955	0.038067371	0,16896111
783	1	0.04632	0.043609991	0,2125711
784	1	0.052925	0.049585828	0,26215693
785	1	0.0599175	0.056385009	0,31854194

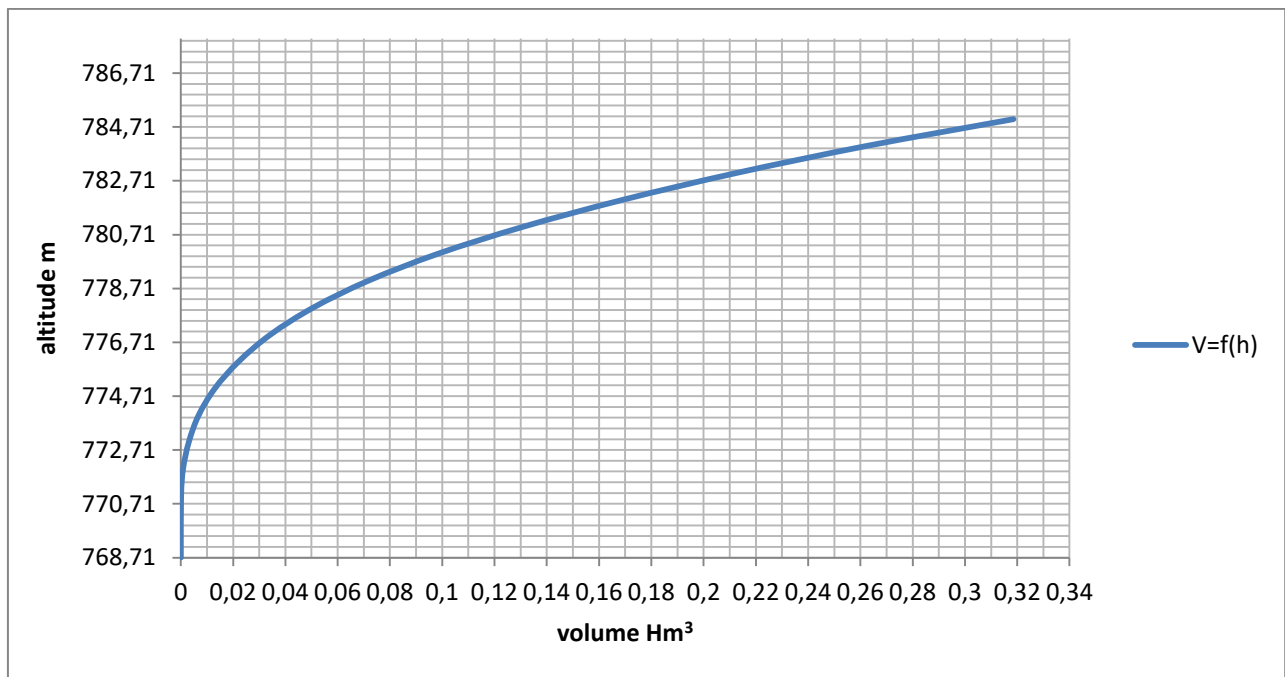


Figure IV- 9: Courbe altitude volume.

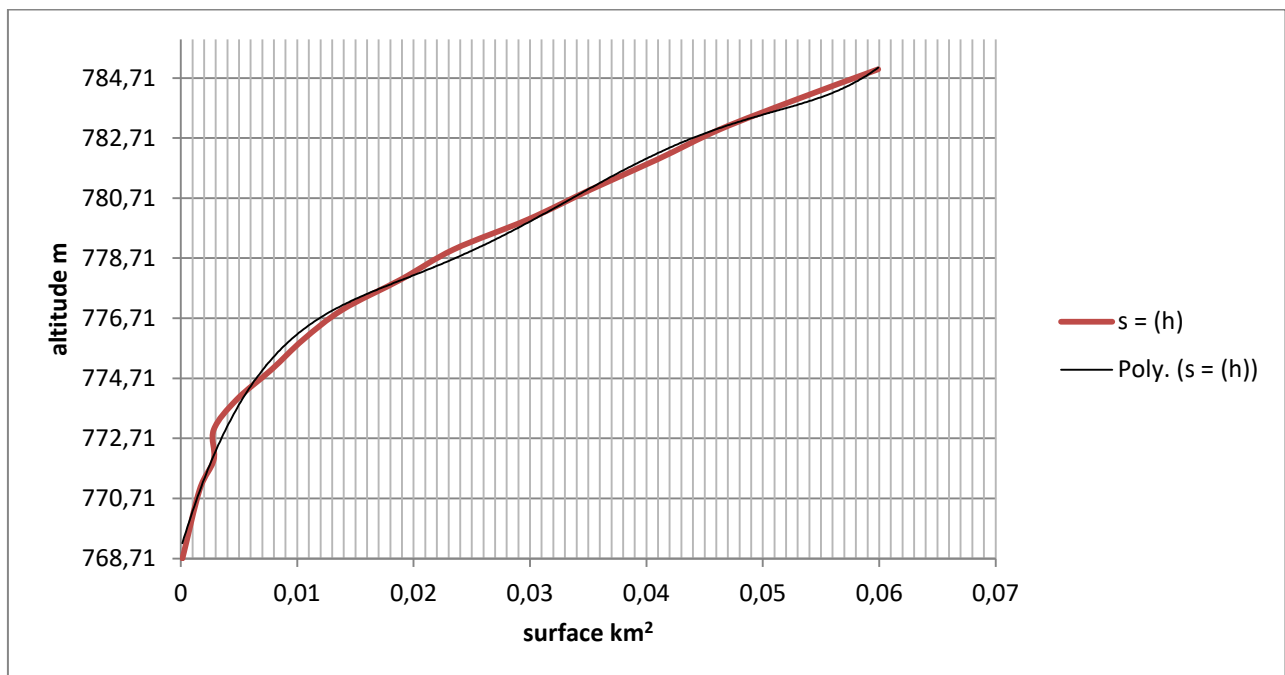


Figure IV- 10: Courbe altitude surface.

Détermination de la garantie de la restitution :

Les retenues collinaires sont destinées pour l'irrigation dont la garantie de restitution est généralement prise égale à $P = 80\%$ qui répond à une marge des risques pondérés qui sont liés à un ou plusieurs facteurs influents directement ou indirectement sur le développement optimum de la culture. Dans notre cas la retenue aura comme but la réalisation d'un stock d'eau pour l'irrigation.

2. Détermination des besoins :

La restitution est la quantité d'eau qu'on doit garantir pour satisfaire les besoins en eau d'un secteur utilisateur donné. Dans notre cas, il s'agit des besoins en eau pour l'irrigation. La question posée consiste de déterminer la quantité d'eau mise à la disposition de l'irriguant. Cette quantité doit suffire pour couvrir en même temps les besoins des plantes et aussi pour couvrir les quantités perdues dans la retenue. Connaissant la durée de la saison végétative, la répartition de cette quantité est proportionnelle à l'évapotranspiration, soit aux déficits des écoulements mensuels des mois : avril, mai, juin, juillet et août, durant lesquels on prend les quantités nécessaires de la retenue collinaire pour l'irrigation. Les restitutions mensuelles exprimées en m^3 pour une surface irriguée de 50 ha, figurent dans le tableau (IV-22).

Tableau IV- 22: Estimation des besoins mensuels pour l'irrigation.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Σ
m3/ha	0	0	0	1020	1600	1800	622	555	0	0	0	0	5597
Besoins eau Hm3	0	0	0	0.053	0.083	0.093	0.033	0.023	0	0	0	0	0.285

Source : D.H.BBA

3. Calcul du volume utile :

Pour calculer le volume utile de la retenue on a besoin de :

- L'apport annuel $A_{80\%}$.
- La consommation $U_{80\%}$.
- Le volume mort de la retenue.

✓ Procédé de calcul : [9]

- Détermination de la période à bonne hydraulicité.
- Détermination des périodes excédentaires et déficitaires sur un cycle hydrologique.
- Calcul des volumes excédentaires et déficitaires " V_s " et " V_d ".
- Détermination du type de fonctionnement de la retenue et calcul du volume utile.
- Détermination du volume à évacuer.

En analysant le bilan Apports-Consommation on voit que la période à bonne hydraulicité (Période excédentaire) est celle correspondant du mois de Septembre-Mars.

Les résultats de calcul de la régularisation saisonnière sont donnés dans le tableau IV-23 :

Tableau IV- 23: Le volume utile de la retenue.

Mois	W80% [Hm3]	U80% [Hm3]	W-U [Hm3]	V [m3]
Septembre	0,06	0	0,06	411000
Octobre	0,04	0	0,04	
Novembre	0,055	0	0,055	
Décembre	0,065	0	0,065	
Janvier	0,075	0	0,075	
Février	0,059	0	0,059	
Mars	0,051	0	0,051	
Avril	0,059	0,053	0,006	
Mai	0,055	0,083	-0,028	-126000
Juin	0,021	0,093	-0,072	
Juillet.	0,011	0,033	-0,022	
Août	0,019	0,023	-0,004	

$$V_s = 411000 \text{ m}^3.$$

$$V_d = 126000 \text{ m}^3.$$

- Donc: la retenue fonctionne à **un seul temps**.

$$V_s > V_d \quad \text{D'où} : V_u = V_d$$

Alors :

$$V_u = 126000 \text{ m}^3$$

Le volume normal de la retenue sera : $V_{NNR} = V_u + V_m$

$$V_m = 81446.6 \text{ m}^3.$$

D'où :

$$V_{NNR} = 207446,6 \text{ m}^3.$$

La capacité utile détermine le niveau de remplissage possible de la retenue dans les conditions normales d'exploitation c'est-à-dire la cote au niveau normale de la retenue NNR.

VI. Etude de laminage des crues :

- **Définition** : On appelle laminage d'une crue la réduction du débit de pointe de son hydrogramme par des moyens naturels ou artificiels. Le laminage naturel a lieu le long du tronçon de rivière. Les forces de frottement du fond du canal et des berges causent une réduction de la pointe de l'hydrogramme. [1]

L'effet de laminage de crue dépend de la forme de l'hydrogramme de crue entrant, de la capacité de l'évacuateur de crue et de la forme de la partie supérieure de la retenue.

L'étude de laminage de crue va nous permettre de déterminer la côte maximale du plan d'eau, ainsi que le dimensionnement optimum de l'évacuateur de crue en fonction des hauteurs laminées sans affecter la sécurité globale de l'aménagement..[1]

Cette étude peut se faire par calcul sur ordinateur, ou par des méthodes numériques hydrauliques, basées sur la formule de déversoir telles que : Hildenblat, Muskingum, Blackmore, Kotcherine, Step by Step et d'autre méthodes.

Dans notre cas, nous avons étudié « **la méthode de Kotcherine** ».

- **Principe de calcul :**

L'étude de laminage repose sur l'équation différentielle suivante :

$$Q(t) * dt = q(t) * dt + s(t) * dH$$

Avec : $Q(t)$: débit de crue entrant à l'instant (t);

$q(t)$: débit déversé par l'évacuateur de crue (laminé) ;

S : surface du plan d'eau de la cuvette à l'instant (t).

Le débit cumulé à l'instant (t) est :

$$(Q - q) * dt = S * dH \quad \text{ou} \quad (Q - q) = S \frac{dH}{dt}$$

$\frac{dH}{dt}$: Représente la vitesse de remplissage (ou de montée des eaux) dans la retenue.

1. Méthode de Kotcherine:

La méthode de Kotcherine est un procédé grapho-analytique, qui se base sur les principes suivants :

- L'hydrogramme de crue est considéré comme un triangle ou un trapèze.
- Les débits transitant par l'évacuateur de crue se déversent selon une fonction linéaire.
- Le laminage commence avec le remplissage de la cuvette au niveau NNR;
- Les pertes par infiltration et évaporation sont concéderait comme nulles au moment de la crue.

- Le débit d'évacuation est calculé d'après la formule suivante:

$$Q = mb\sqrt{2g} H_0^{\frac{3}{2}}$$

m: coefficient de débit dépend de la forme de déversoir m=0.49.

b: largeur du déversoir (en m).

H₀: charge globale d'eau sur le déversoir dépend de la vitesse d'approche d'eau.

$$H_0 = H + \frac{\alpha V_0^2}{2g}$$

H: charge d'eau sur le déversoir.

V₀: vitesse d'écoulement dans le canal d'approche déterminée d'après la formule:

$$V_0 = \frac{Q}{S} \quad \text{Avec: } S = b * (H+P).$$

La détermination de la largeur du déversoir ainsi que le débit correspondant se fait graphiquement après le traçage du graphe $Q_{\text{lam}} = f(h)$ déterminée par la formule:

$$Q_L = Q_{\text{max}} \left(1 - \frac{V_L}{V_C}\right).$$

Q%: débit maximum de crue considérée en m³/s.(46.67 m³/s).

V_L: volume de laminage.

V_C : volume de la crue correspondant au Q% en m³/s.(0.336 hm³).

V_L = 0.2 V_C .

$$Q_L = 0.8 Q_{\max}$$

$$Q_L = 37.336 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tableau IV- 24 : Données initiales.

Données initiales	
G	9,81 m ² /s
Alpha	1
Q_{1%}	46.67 (m ³ /s)
W_{1%}	0.336 (Hm ³)
M	0,49
P	1 m

Tableau IV- 25: Données de base pour la méthode de Kotcherine.

Largeur b [m]	Hauteur [m]	Débit [m³/s]	Surface [m²]	Vitesse [m/s]
14	0,2	2,718	2,8	0,971
15	0,4	8,236	6	1,373
16	0,6	16,140	9,6	1,681
17	0,8	26,402	13,6	1,941
18	1	39,068	18	2,170
19	1,2	54,209	22,8	2,378
20	1,4	71,906	28	2,568

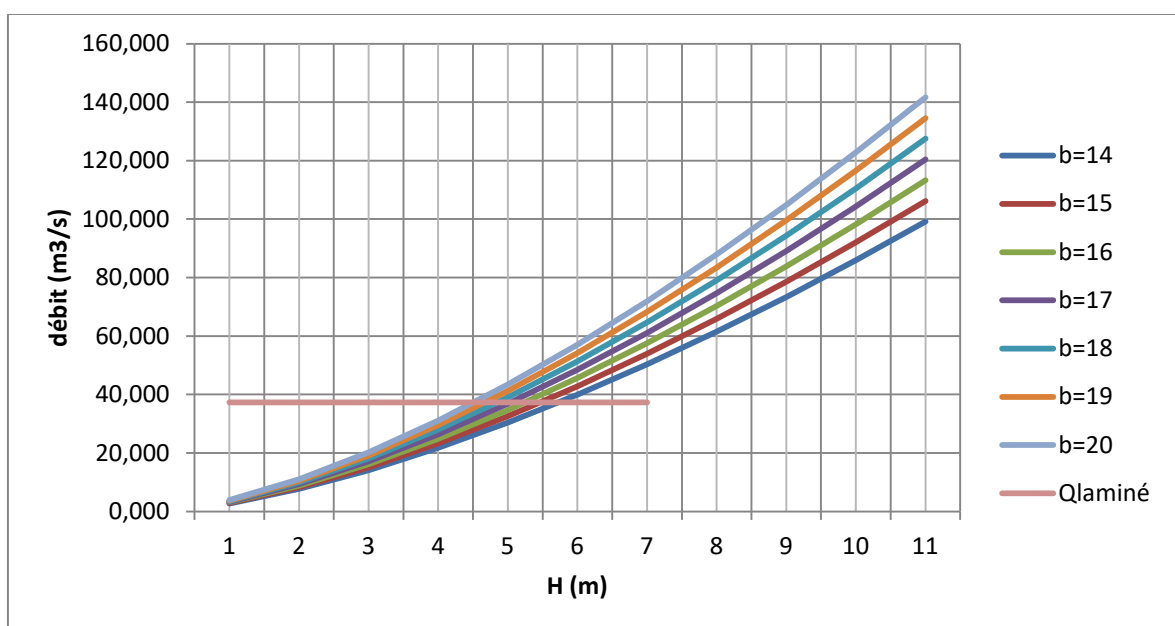
Les résultats de calcul pour le laminage de la crue de projet par la méthode de Kotcherine sont donnés dans les tableaux suivants et la figure :

Tableau IV- 26: Des différentes débits lamines pour des largeurs différentes.

Hauteur M	Vitesse m/s	Débit m³/s						
		b=14m	b=15m	b=16m	b=17m	b=18m	b=19m	b=20m
0.2	0,971	2,718	2,912	3,106	3,300	3,494	3,688	3,883
0.4	1,373	7,687	8,236	8,785	9,334	9,883	10,433	10,982
0.6	1,681	14,122	15,131	16,140	17,148	18,157	19,166	20,174
0.8	1,941	21,742	23,295	24,849	26,402	27,955	29,508	31,061
1	2,170	30,386	32,556	34,727	36,897	39,068	41,238	43,409
1.2	2,378	39,943	42,797	45,650	48,503	51,356	54,209	57,062
1,4	2,568	50,334	53,930	57,525	61,120	64,716	68,311	71,906

Tableau IV- 27: les différents valeur de H .

Largeur	Hauteur
14	1,1472
15	1,0956
16	1,0495
17	1,0079
18	0,9702
19	0,9359
20	0,9044

**Figure IV- 11:** La courbe de debit en fonction de la hauteur deversé.

Ce calcul est dédié pour exprimer les valeurs de hauteur deversé « h » et la largeur du déversoir « b » ; donc d'après la courbe on obtiens : $H = 1.05 \text{ m}$, $b = 16 \text{ m}$.

2. Calcule du niveau des plus hautes eaux (NPHE) :

Le niveau du plus des hautes eaux sur le seuil de déversoir est au niveau normal plus la charge sur le déversoir h :

$$\text{PHE} = \text{NNR} + h .$$

$$\text{On a } \text{NNR} = 16 \text{ m} \quad / \quad h = 1.05 \text{ m} .$$

$$\text{Donc : } \text{HPHE} = 17.05 \text{ m} .$$

Conclusion :

L'étude hydrologique effectuée dans ce chapitre nous a permis de constater que :

- L'apport moyen annuelle est de 0.568481 hm³/an .
- Lamé d'eau ruisselée est de 32.37 mm.
- Les apports annuelles reflètent la particularité du régime des apports et son irrégularité , ce qui est confirmé par le coefficient de variation $C_v = 0.77$.
- Le débit laminé est de 37.336 m³/s.

Par la suite on a opté les paramètres suivants :

- La capacité totale du barrage : $V_{NNR} = 207446.6$ m³.
- Le volume mort et sa cote : $V_m = 81446.6$ m³ / $N_{VM} = 779.51$ m.NGA.
- La cote des plus hautes eaux : $NPHE = 783.76$ m.NGA.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Dans le cadre du mémoire de fin d'études, nous avons essayé d'étudier l'ensemble des aspects qui concernent le dimensionnement de la digue du de la retenue collinaire GHERAIFET, dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

L'ensemble des éléments qui ont été étudiés ont concerné les données de la morphologie du site, la topographie, la géologie, l'hydrologie et la mécanique des sols.

Durant les différents chapitres du mémoire, nous avons essayé de traiter et d'étudier en détail les principales caractéristiques de la digue.

Ce travail a permis de tirer les conclusions suivantes :

- ❖ Du point de vue géologique et géotechnique, le site proposé s'est avéré favorable à l'implantation d'une retenue, sans risque majeur sur les fondations ou l'ancrage de la digue.
- ❖ Grace a la capacité de retenue qui est 207446.6 m^3 , le barrage peut assurer la pérennité de l'irrigation .
- ❖ Pour sauvegarder les habitats situes en aval , le débit maximale de la crue qui sera pris en compte pour l'étude de laminage est la crue de 100 ans $Q_{1\%} = 46.67 \text{ m}^3 / \text{s}$ par contre le débit laminé est de $Q_L = 37.336 \text{ m}^3 / \text{s}$.
- ❖ Apres la détermination de la cote des plus hautes en eaux, on a calculé la hauteur totale du barrage qui est de 20.03 m.

Enfin, on peut dire que cette étude nous a permis d'aborder différents volets qui concernent l'étude de la digue d'un retenue, tout en se basant sur les théories le long de notre cursus universitaire.

Références bibliographique

- [1]. **A.R, Bernardo et SANTOS.L.** *Manuel de conception et projets typiques des digues en terre ; procédures méthodologiques pour l'exécution des études des retenues collinaires* . alger : ANBT, 2009.
- [2]. **ANBT.** *Etude geologique et sismicité de la wilaya de Bordj Bou Arreridj* . 2014.
- [3]. **Delliou.P, Le.** *Les barrages conception et maintenance* . s.l. : Presses universitaire Lyon, 2003.
- [4]. **DRE.** Bordj Bou Arreridj : s.n., 2013.
- [5]. **Francou, S And Rodier, F.** *Essai de classification des crues maximales observées dans le monde*. s.l. : Cahiers de l'orstom, 1967. pp. 19-46.
- [6]. **Laborde.** *Eléments d'hydrologie de surface*. Nice France : Ecole polytechnique de l'université Sophia Antipolis, 2009.
- [7]. **Maalel, K. et Hafsia, Z.** *Ouvrages hydrauliques, Polycopié du cours*. Tunisie : Département de Génie iCivil de l'ENIT, 2012.
- [8]. **Laib.H.A, Atime.S** , *Memoire, fin d'etude. Etude numerique de la conception des barrages en terre*. s.l. : université de Biskra, 2015.
- [9]. **MOULAY.A** . *Etude des parametres de la stabilité des barrages en terre*. 2014.
- [10]. **REMENIRAS.** *L'hydrologie de l'ingénieur*. s.l. : Edition Eyrolles, 1986. p. 345 p.
- [11]. **Roches, M.** *Hydrologie de surface*. Paris : Gauthier-Villars ORSTOM, 1963.
- [12]. **Touaibia.** *Dimensionnement des retenues collinaires*. s.l. : Ed ENSH, 2005.

Annexe

Hydrogramme de crues de différentes périodes de retours.

T (h)	Q0,1%=24,08 (m3/s)	Q0,5%=31,71 (m3/s)	Q1%=46,67 (m3/s)	Q2%=50,91 (m3/s)	Q10%=61,21 (m3/s)
0	0,000	0	0	0,000	0
0,25	0,38	0,50	0,73	0,795	0,96
0,5	1,51	1,98	2,92	3,182	3,83
0,75	3,39	4,46	6,56	7,159	8,61
1	6,02	7,93	11,67	12,728	15,30
1,25	9,41	12,39	18,23	19,887	23,91
1,5	13,55	17,84	26,25	28,637	34,43
1,75	18,44	24,28	35,73	38,978	46,86
2	24,08	31,71	46,67	50,910	61,21
2,25	20,646	27,187	40,014	43,649	52,480
2,5	17,554	23,117	34,022	37,113	44,622
2,75	14,788	19,474	28,661	31,265	37,591
3	12,329	16,236	23,895	26,066	31,340
3,25	10,159	13,378	19,689	21,478	25,823
3,5	8,259	10,877	16,008	17,462	20,995
3,75	6,613	8,708	12,817	13,981	16,810
4	5,201	6,849	10,081	10,997	13,221
4,25	4,006	5,276	7,765	8,470	10,184
4,5	3,010	3,964	5,834	6,364	7,651
4,75	2,194	2,890	4,253	4,639	5,578
5	1,541	2,029	2,987	3,258	3,917
5,25	1,032	1,360	2,001	2,183	2,624
5,5	0,650	0,856	1,260	1,375	1,653
5,75	0,376	0,495	0,729	0,795	0,956
6	0,193	0,254	0,373	0,407	0,490
6,25	0,081	0,107	0,158	0,172	0,207
6,5	0,024	0,032	0,047	0,051	0,061
6,75	0,003	0,004	0,006	0,006	0,008
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

La série pluviométrique de la station de MEDJANA (1987-2013) donnée par A.N.R.H Constantine.

	sep	Oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1987-1988	17,1	10	25	39,3	37,8	27,8	13,5	73,4	5	22,5	8,5	*	279,9
1988-1989	86,7	11,3	32,3	17,4	48,8	0	32,1	42,5	120	3	21	29,7	444,8
1989-1990	16,9	6,5	52,5	46	9	27,5	34,5	11,5	31,5	18	21,5	*	275,4
1990-1991	76	82,5	41	28	78,5	38,5	104	54	38	24	29	0	593,5
1991 -1992	56	12,4	31,5	76,5	26,9	26,7	18,3	20,4	51,9	6,5	4,5	0	331,6
1992-1993	57,9	34,8	31,7	44,9	15,1	64,2	10	23,6	0	0	2	2,1	286,3
1993-1994	92,4	61,3	11,6	11,5	85,5	8,5	12,5	18	0	46	0	0	347,3
1994-1995	14	21	18,5	10	49,5	108,6	29	35,5	35,55	18,5	0	0	340,15
1997-1998	87	8,5	50,4	31,7	67,7	36	22,3	0	11	10,8	0	25	350,4
1998-1999	73	21,1	21,2	84	0	0	23,2	17,2	55,7	3,5	0	0	298,9
1999-2000	23	30	19	57,5	108,5	30,5	5,5	28	12	0	0	14	328
2000-2001	53	4	19,5	3	25	34	12,5	16,5	28	16	25,2	110	346,7
2001-2002	54	22,5	138	110	231	113,5	16	110	63	5,8	13	37	913,8
2002-2003	19	88	15	208	65	28	52,5	79	142,5	15	15	20	747
2003-2004	20	30	60	105	96	22	9	38	7,5	12	0	11	410,5
2004-2005	52	39,7	66,5	46,5	50,1	46,5	6,8	27,8	102,9	0	0	0	438,8
2005-2006	62	17,8	8,4	47,9	9,8	44,3	137,5	119,1	22,5	21	0	0	490,3
2006-2007	120,4	74,5	38	40	8	31	42	13	60,7	35	50,2	22	534,8
2007-2008	29	63,5	44	42,8	130,7	27	46,7	70,9	14,3	0	0	0	468,9
2008-2009	35,2	10	66,2	53	57	70,5	67	26	62	44	0	29	519,9
2009-2010	17	69	29	27,5	40	106,2	22	74	66,2	18	10	19	497,9
2010-2011	16	9	56	17	20	59	39	87	*	22	0	32	357
2011-2012	7	0	53	0	65	100	88,5	85	34	0	0	0	432,5
2012-2013	0	0	65	45	35	28	79	3	39	33	0	0	327