

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



UNIVERSITE DE GHARDAIA

**FACULTE DE SCIENCE ET
TECHNOLOGIE**

N° d'ordre :

N° de série:

DEPARTEMENT DE SCIENCE ET TECHNOLOGIE

Projet de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

LICENCE

Domaine : Science et Technologie

Filière : Hydraulique

Spécialité : Science de L'eau et de L'environnement

THEME:

ETUDE DE LA RETENUE COLLINAIRE DE TENIRA

(WILAYA DE SIDIBELABBES)

PAR :

M^{elle} : BENSAHA ZINEB

M^r: BENADDA LOTFI

Maitre Assistance A Univ Ghardaia

Encadreur

M^r: BOUBLI SALIM

Maitre Assistance A Univ Ghardaia

Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2012/2013



DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents

Mes grands parents

Toute ma famille

Tous mes amis et particulièrement,

Karima, Oum elkier, Siham.

A Tous ceux que j'aime.

Zineb

REMERCIEMENTS

*Tout d'abord je remercie le bon DIEU pour tous.
A l'issu de cette étude, je tiens à exprimer mes vifs
remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé
tout le long de mon travail.*

*Ma reconnaissance va plus particulièrement à :
Mon professeur et encadreur Mr Benadda Lotfi pour
le savoir qu'il m'a transmis, l'intérêt qu'il m'a
accordé, les conseils qu'il m'a donné, et surtout pour
tout le temps qu'il m'a consacré pour élaborer ce
modeste travail par la meilleure façon.*

*À l'ingénieur Mr Chouireb Mustapha mon chargé de
stage pour ses appréciations, ses remarques, ses
directives et conseils.*

*A Mes parents pour tous les sacrifices qu'ils ont
consentit à mon égard.*

*Je remercie vivement Mr Ouled Belkhir mon
professeur pour ses directives et conseils.*

*Je remercie très chaleureusement mes amis de la
promotion hydraulique, surtout mes copines pour
tous les bons moments qu'on a passés ensemble.*

*Je remercie toute personne ayant contribué, de près
ou de loin, à la réalisation de ce travail.*

Zineb BENSALHA

ملخص

تعتبر السدود من منشآت الري المنجزة كحواجز عبر الأودية لتخزين المياه الجارية، من أجل استغلالها في ميادين جمة، كالتزويد بالمياه الصالحة للشرب، سواء للسكنات أو المصانع، أو للسقي الفلاحي، أو لملئ المياه الجوفية، للترفيه و النزهة، ... إلى غير ذلك من الأمور المهمة ذات الطابع الاقتصادي و الاجتماعي.

نظرا لأهمية السدود، كانت رغبتنا بالقيام بدراسة تقنية و اقتصادية من أجل إنجاز سد تنيرة جنوب ولاية سيدي بلعباس، الموجه للسقي الفلاحي.

حيث تركزت هذه الدراسة على عدة معطيات و تحاليل جوية، جيولوجية، هيدرولوجية، هيدروجيولوجية، طبوغرافية، أساسية لتحديد أبعاد السد و تجهيزاته الملحقة (مفرغ الفيضانات، مأخذ المياه و مفرغ القاع) إلى جانب تصميم السد، قمنا بدراسة اقتصادية للتقويم المادي لهذه المنشأة الاقتصادية، كما قمنا بتصميم من أجل تنظيم الورشة يسمح بالسير الحسن للأشغال.

المفاتيح : سد، تنيرة، دراسة تقنية، دراسة اقتصادية، تنظيم الورشة، التجهيزات الملحقة.

Résumé

Les retenues collinaires sont des ouvrages qui permettent le captage des eaux à travers les cours d'eau, afin d'alimenter les populations et l'industrie en eau potable, l'irrigation, le remplissage superficiel des aquifères, ou encore, les loisirs, et tout autre but de caractère économique et social.

Pour cette raison, nous avons choisi d'étudier techniquement et économiquement la retenue collinaire de Ténira, située au Sud de la Wilaya de Sidi Belabbès. Notre étude s'articule sur les données et les analyses climatologiques, hydrologique, géologique, hydrogéologiques et topographiques, nécessaire pour le dimensionnement de la digue et ses ouvrages annexes (évacuateur de crue, prise d'eau et vidange de fond).

En plus, nous avons consacré une partie de ce mémoire à l'étude économique et à l'organisation du chantier, pour la réalisation de la retenue collinaire dans les normes de l'art.

Mots clefs : Retenue, Dimensionnement technique et économique, Digue et Ouvrages Annexes, Organisation du Chantier.

Abstract

The small dams are structures that allow the catchment of water through the rivers, in order to feed the population and industry of drinking water, irrigation, filling of underground aquifers, or, recreation, and other purposes of economic and social nature.

For this reason, we chose to study technically and economically small dams of Ténira, located south of the Wilaya of Sidi Belabbès.

Our study is articulated on the data and analysis, of the climate, hydrological, geological, hydrogeological and topographical necessary for the design of the small dam and its appurtenant structures (spillway, water intake and bottom outlet).

In more, we have dedicated a part of this memory to the economic study and organization of the worksite, for the realization of the hill reservoir in conformity with art.

Keywords: Dam, Technical and economical study, Appurtenant structures, Organization worksite

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES

DEDICACE

REMERCIEMENT

RESUME

INTRODUCTION2

CHAPITRE 01 ETUDE DE MILIEU PHYSIQUE

1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....5

1.2. ETUDE CLIMATOLOGIQUE.....6

1.2.1. PRESENTATION DES STATIONS PLUVIOMETRIQUES6

1.2.2. ANALYSE DES PRECIPITATIONS6

1.2.2.1.PRECIPITATIONS MOYENNE ANNUELLE.....6

1.2.2.2.PRÉCIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES.....7

1.2.2.3.PRECIPITATIONS MAXIMALES JOURNALIERES7

1.2.3. ANALYSE DES TEMPERATURES8

1.2.4. DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE8

1.2.5. L'EVAPORATION.....9

1.3. ETUDE HYDROLOGIQUE 10

1.3.1. ETUDE MORPHOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT 10

1.3.1.1.SUPERFICIE ET PERIMETRE 10

1.3.1.2.INDICE DE COMPACITE DE GRAVELIUS 10

1.3.1.3.DIMENSIONNEMENT DU RECTANGLE EQUIVALENT 10

1.3.1.4.CHEVELUE HYDROGRAPHIQUE 11

1.3.1.5.PARAMETRES CARACTERISTIQUES..... 12

A) COURBE HYSOMETRIQUE 12

B) INDICE DE PENTE GLOBAL « IG » 13

C) INDICE DE PENTE DE ROCHE « IP »..... 13

D) PENTE MOYENNE DU BASSIN VERSANT 13

E) DENSITE DE DRAINAGE 14

F) COEFFICIENT DE TORRENTIALITE 14

G) COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT..... 14

H) ALTITUDES 15

❖ ALTITUDE MOYENNE..... 15

❖ ALTITUDE DE FREQUENCE 50 % 15

I) PROFIL EN LONG DU COURS D'EAU 15

1.3.1.6.CONCLUSION	17
1.3.2. ETUDE DES APPORTS	18
1.3.2.1.APPORTS LIQUIDES.....	18
A) APPORT MOYEN ANNUEL	18
A) FORMULE DE DERRIE.....	18
B) FORMULE DE COUTAGNE.....	18
C) FORMULE RATIONNELLE	18
D) FORMULE DE SAMIE	19
E) FORMULE DE CHAUMONT.....	19
F) FORMULE DE ADJEL – SMAIN	19
G) VALEUR DE L'APPORT MOYEN	19
B) APPORT FREQUENTIEL	20
1.3.2.2.APPORTS SOLIDES	21
A) FORMULE DE TIXERONT	21
B) FORMULE DE SOGREAH	21
C) FORMULE DE FOURNIER	21
D) FORMULE DE GRAVILOVIC	22
E) VALEUR DE L'APPORT SOLIDE CONSIDEREE	22
1.3.3. ETUDE DES CRUES	23
1.3.3.1.TEMPS DE CONCENTRATION.....	23
1.3.3.2.DEBIT DE CRUES	24
1.3.3.3.HYDROGRAMME DE CRUE	24
A) METHODE DE SOGREAH.....	24
B) METHODE DE SOKOLOVSKY	25
C) CONCLUSION	26
1.4. ETUDE GEOLOGIQUE	27
1.4.1. APERÇU LITHO STRATIGRAPHIQUE DE LA REGION	27
1.4.1.1.FORMATIONS ANCIENNES	27
A) CALCAIRE DE REMAILIA	27
B) FORMATION DES GRES DE BERTHELOT	29
1.4.1.2.FORMATIONS RECENTES	29
A) MIOCENE TRANSGRESSIF DU DJEBEL TENIRA	29
B) PLIO-QUATERNAIRE	29
1.4.2. APERÇU TECTONIQUE.....	30
1.4.3. GEOLOGIE DE LA CUVETTE DES RETENUES	30

1.4.3.1. APERÇU HYDROGEOLOGIQUE	31
1.4.3.2. SISMICITE	31
1.5. GEOTECHNIQUES	32
1.5.1. ESSAIS GEOTECHNIQUE DU SITE	32
1.5.2. ESSAIS GEOTECHNIQUE DE LA ZONE D'EMPRUNT	33

*CHAPITRE 02 DIMENSIONNEMENT DE LA RETENUE
COLLINAIRE*

2.1. INTRODUCTION	35
2.2. ETUDE TOPOGRAPHIQUE	35
2.2.1. CHOIX DU SITE DE LA RETENUE	35
2.2.2. ACCES AU BARRAGE	35
2.3. ETUDE DE LA REGULARISATION DE LA RETENUE	38
2.3.1. ESTIMATION DES PERTES PAR EVAPORATION	39
2.3.2. ESTIMATION DES PERTES PAR INFILTRATION	39
2.3.3. ESTIMATION DES BESOINS EN IRRIGATION	40
2.3.4. VOLUME MORT	40
2.3.5. ESTIMATION DU VOLUME UTILE	41
2.3.6. COURBE CARACTERISTIQUE	41
2.3.6.1. PREMIERE METHODE ^[2]	41
2.3.6.2. DEUXIEME METHODE ^[2]	42
2.3.6.3. CALCUL DES SURFACES/VOLUMES	43
2.3.7. LAMINAGE DES CRUES	47
2.3.7.1. INTRODUCTION ET DEFINITION	47
2.3.7.2. LE DEVERSOIR	47
2.4. DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE LA DIGUE	49
2.4.1. CONCEPTION DE LA DIGUE	49
2.4.1.1. HAUTEUR DE LA DIGUE	49
A) NIVEAU DE LA BASE DU BARRAGE	49
B) NIVEAU D'ENCRAGE DE LA DENT DE LA DIGUE	49
C) NIVEAU MORT DE LA RETENUE	49
D) NIVEAU DE LA CRETE	49
E) NIVEAU DES PLUS HAUTES EAUX	50
2.4.1.2. ESTIMATION DE LA REVANCHE	50

TABLE DES MATIERES

A)	HAUTEUR DES VAGUES	50
❖	FORMULE DE SVENSON	50
❖	FORMULE DE MOLITOR	51
❖	FORMULE EMPIRIQUE.....	51
B)	SOULEVEMENT DU PLAN D'EAU	52
C)	VITESSE DE PROPAGATION DES VAGUES	52
2.4.1.3.	NIVEAU NORMAL DE LA RETENUE	52
2.4.1.4.	HAUTEUR DE LA DIGUE	52
2.4.1.5.	LONGUEUR DE LA DIGUE	52
2.4.2.	ETUDE DES TALUS	53
2.4.2.1.	PRE DIMENSIONNEMENT DES TALUS	53
2.4.2.2.	PROTECTION DES TALUS.....	53
A)	TALUS AVAL	53
B)	TALUS AMONT	53
2.4.2.3.	LARGEUR DE LA CRETE	54
2.4.2.4.	LARGEUR DE LA BASE	54
2.5.	OUVRAGES ANNEXES	55
2.5.1.	EVACUATEUR DE CRUE LATERAL EN BETON	55
2.5.1.1.	DEVERSOIR	55
2.5.1.2.	CANAL DE TRANSITION	55
2.5.1.3.	COURSIER	56
2.5.1.4.	BASSIN D'AMORTISSEMENT	56
2.5.1.5.	CANAL DE FUIITE	56
2.5.2.	PRISE D'EAU ET CONDUITE DE VIDANGE DE FOND.....	57
2.5.2.1.	TOUR DE PRISE	57
2.5.2.2.	CONDUITE DE VIDANGE	57
2.5.2.3.	CHAMBRE DE MANŒUVRE.....	58
2.5.2.4.	BASSIN D'AMORTISSEMENT DE LA VIDANGE	58

CHAPITRE 03 ETUDE ECONOMIQUE

3.1.	INTRODUCTION	60
3.2.	FACTEUR ECONOMIQUE DE L'OUVRAGE.....	60
3.3.	ESTIMATION GROSSIERE DU COUT DE L'OUVRAGE.....	60
3.4.	CONCLUSION	61

CHAPITRE 04 ORGANISATION DU CHANTIER

4.1. INTRODUCTION	63
4.2. LE PLANNING.....	64
4.2.1. INSTALLATIONS DU CHANTIER.....	64
4.2.2. LES ETAPES DE REALISATION	64
4.2.2.1. TRAVAUX PREPARATOIRES	64
4.2.2.2. EXECUTIONS DES TRAVAUX	65
4.2.2.3. TRAVAUX DE FINITION	65
4.3. MOYENS HUMAINS	65
4.3.1. LE MAITRE DE L'OUVRAGE	65
4.3.2. LE MAITRE D'ŒUVRE	66
4.3.3. L'ENTREPRENEUR	66
4.4. MOYENS MATERIELS	67
4.5. LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION	69
CONCLUSION GENERALE	71
ANNEXES	74
BIBLIOGRAPHIE.....	87

Liste Des Figure

Fig.N°01 – Coupe Type D’un Barrage En Terre	3
Fig.N°02 – Situation Géographique De Ténira	5
Fig.N°03 – Carte Pluviométrique	6
Extrait De La Carte Hydrologique	6
(1/500000 – ANRH).....	6
Fig.N°04 – Précipitations Moyennes Mensuelles	7
Fig.N° 05 – Précipitations Maximales Journalières	7
Fig.N°06 – Variation De La Température Moyenne Mensuelle	8
Fig.N°07 - Diagramme Ombrothermique De Gauss	9
Fig.N°08 – Rectangle Equivalent	11
Fig.N°09 – Courbe Hypsométrique	12
Fig.N°10 – Profil En Long Du Cours d’Eau	16
Fig.N°11 – Courbe Du Coefficient K	20
Fig.N°12 - Hydrogramme De Crue SOGREA	25
Fig.N°13 - Hydrogramme De Crue SOKOLOVSKY	26
Fig.N°14 – Calcaire De Remailia	28
Fig.N°15 – Profil Géophysique	30
Fig.N°16 – Carte De Zonage Sismique Du Territoire National	31
Fig.N°17 – Implantation De La Retenue Collinaire Sur Oued Ténira	36
Fig.N°18 – Levé Topographique De La Cuvette De La Retenue Collinaire De Ténira ..	
Fig. N°19– Surface / Volume De Cuvette En Fonction Des Côtes	44
Fig N°20 – Courbe Caractéristique	45
Fig. N°21 : La Courbe De Laminage (BRATRANEK)	47
Fig. N°22. – Ligne De Fetch	51
Fig. N°23 - Bassin Dissipation.....	56
Fig. N°24 - L’organigramme D’organisation Du Chantier	63
Fig. N°25 - Lien Contractuel Entre Les Acteurs D’un Chantier	66

Liste Des Tableaux

Tableau N°01 – Données Des Stations De Ténira Et De Sfisef	6
Tableau N°02 – Températures Moyennes Mensuelles	8
Tableau N°03 – Répartition Mensuelle De L'évaporation	9
Tableau N°04 – Classification Des Ordres De Talwegs (Horton)	11
Tableau N°05 – Répartition De La Superficie Du B. V. En Tranche D'altitude	12
Tableau N°06 – Profil En Long Du Cours	15
Tableau N°07 – Récapitulatif Des Caractéristiques Morphométriques	17
Tableau N°08 – Apports Liquides	19
Tableau N°09 – Apports Solides	22
Tableau N°10 – Résumé Des Données De Base	38
Tableau N°11 – Variation Mensuelle De L'évaporation	39
Tableau N°12 – Variation Mensuelle Des Besoins En Irrigation	40
Tableau N°13 – Calcul De Surface/Volume En Fonction Des Côtes	43
Tableau N°14 – Table De Régularisation	46
Tableau N°15 – Débit Laminé Et Longueur Du Déversoir	48
Tableau N°16 – Valeur Du C Pour Différents Poids Spécifiques	54
Tableau N°17 – Estimation Grossière Du Coût De La Retenue	61
Tableau N°18 – Les Engins Utiliser Dans Le Chantier	67

CHAPITRE 01

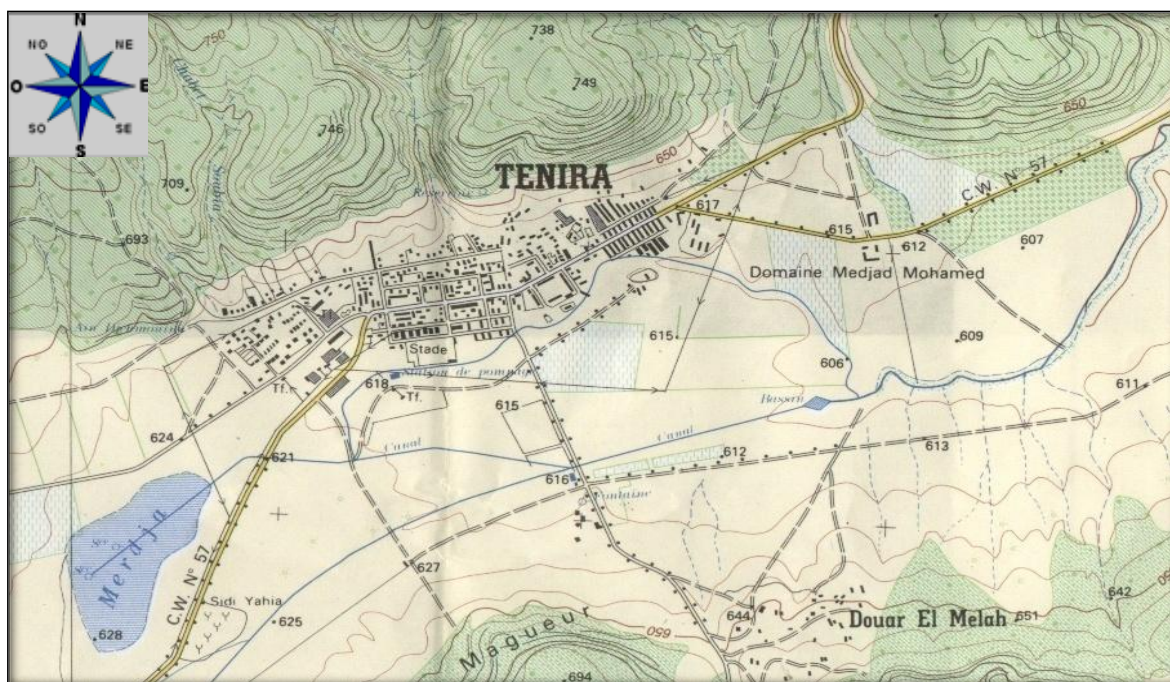
ÉTUDE DE MILIEU PHYSIQUE

1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La commune de TENIRA se situe au Sud du chef lieu de la wilaya sur l'axe routier RN04 qui la relie à SIDI BEL ABBES. Elle s'allonge de l'Est vers l'Ouest sur un vaste couloir sous forme d'un plateau de part et d'autre des versants d'Oued MTALEK et constituant les piedmonts des monts de Djebels TENIRA qui la limite au Nord. Au Sud TENIRA est bloquée par Djebels de MAGUEUR, de MEDARREG et de SOUMSAL.

Ainsi, la commune repose sur un important potentiel en eau souterrain enrichissant sa disposition de vastes terrains agricoles de bonnes aptitudes, constitués de vergers et de diverses autres cultures, par le biais d'une série de puits et forages. Toutefois, l'implantation d'une retenue collinaire soulagera l'exploitation de la nappe et augmentera la production d'eau et ne pourra être que bénéfique pour cette région.

Fig. N°02 – Situation Géographique De Ténira (1/25 000)



1.2. ETUDE CLIMATOLOGIQUE

L'analyse des paramètres climatiques a une relation primordiale avec l'écoulement de surface, ses variations et le stockage des eaux. Ces paramètres se résument principalement dans les données de précipitations et de températures.

1.2.1. PRESENTATION DES STATIONS PLUVIOMETRIQUES

Pour la synthèse climatique, nous avons récoltés les données de précipitations de la station de TENIRA (1990-2004), tandis que pour les températures celle de SFISEF (1980-2000).

Tableau N°01 – Données Des Stations De Ténira Et De Sfifef

Stations	Codes	Coordonnées	
		X	Y
TENIRA	110.504	205,5	196,2
SFISEF	111.508	233,4	218,8

Données ANRH-Oran

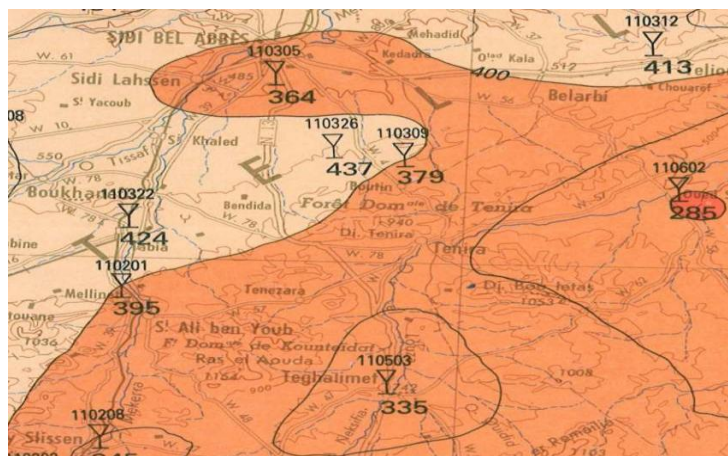
1.2.2. ANALYSE DES PRECIPITATIONS

Les précipitations étant la source principale de l'approvisionnement d'Oued Ténira, le régime hydrologique dans le Bassin est directement lié à ces précipitations essentiellement constituées de pluies.

1.2.2.1. PRECIPITATIONS MOYENNES ANNUELLES

La carte climatique établie par l'ANRH, elle donne la valeur moyenne des précipitations annuelles est 379 mm.

Fig. N°03 – Carte Pluviométrique
Extrait De La Carte Hydrologique
(1/500000 – ANRH)



1.2.2.2. PRÉCIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES

La répartition mensuelle de la pluie moyenne interannuelle a été établie sur la base de la série des précipitations à la station de TENIRA.

L'analyse de la série des précipitations donne une moyenne de $27,13 \text{ mm}$, un écart type de $\sigma = 23,77$ et un Coefficient de variation de $Cv = 1,00$.

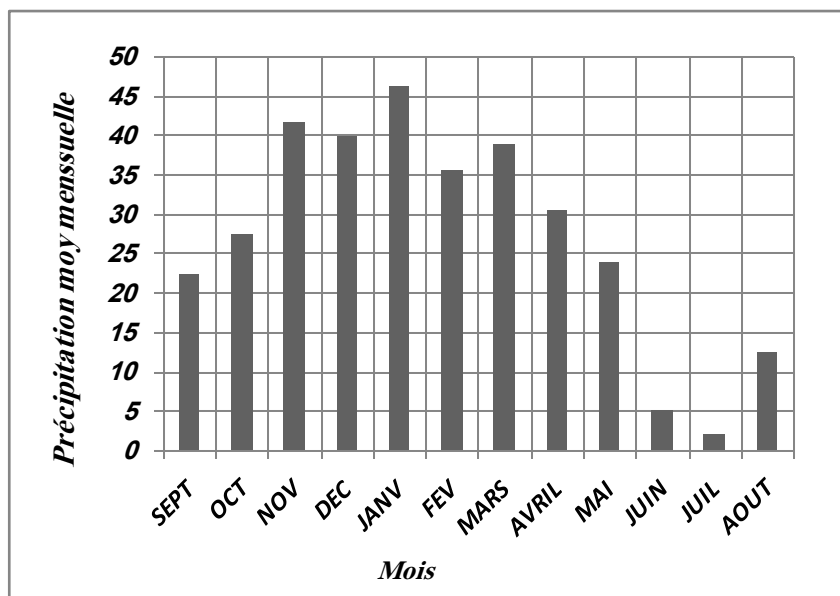


Fig. N°04 – Précipitations Moyennes Mensuelles

1.2.2.3. PRÉCIPITATIONS MAXIMALES JOURNALIÈRES

Le graphe de la Fig. N°5 montre la variation des pluies maximales journalières de la série étudiée. On peut remarquer que la précipitation maximale la plus élevée est de $58,8 \text{ mm}$ enregistrée en 2001, quant-à la précipitation minimale la plus faible est de $19,7 \text{ mm}$ enregistrée en 1993.

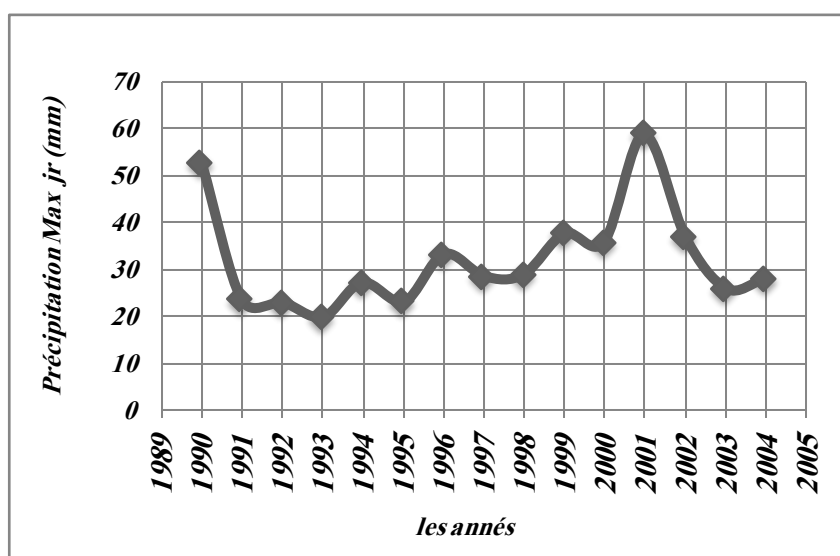


Fig. N° 05 – Précipitations Maximales Journalières

Donc la précipitation max moyenne est égale à : $P_{J.Max} = 58,8 \text{ mm}$.

L'écart type est de l'ordre de $\sigma = 11,02$.

Quant-au coefficient de variation est de $Cv = 0,2$.

1.2.3. ANALYSE DES TEMPERATURES

La température moyenne annuelle et sa répartition durant l'année ont été estimées à partir de séries observées sur les stations voisines et sont rédigés dans le tableau suivant :

Tableau N°02 – Températures Moyennes Mensuelles

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
T (°c)	7,79	9,58	11,3	13,7	17,2	22,6	27,5	27,6	24,2	18,2	12,9	9,23	17

Données ANRH-Oran

La température moyenne de la région de Ténira est de 17 °c, avec un maximum de 27,6°c en août et juillet, et un minimum de 7,79°c en janvier.

L'analyse de la série de température permet de remarquer que la variation de la moyenne mensuelle est faible, où la température la plus élevée a enregistré dans le mois d'Août 27,6 °C, alors que la plus faible est enregistrée en le mois de Janvier 7,79 °C (Fig. N°6).

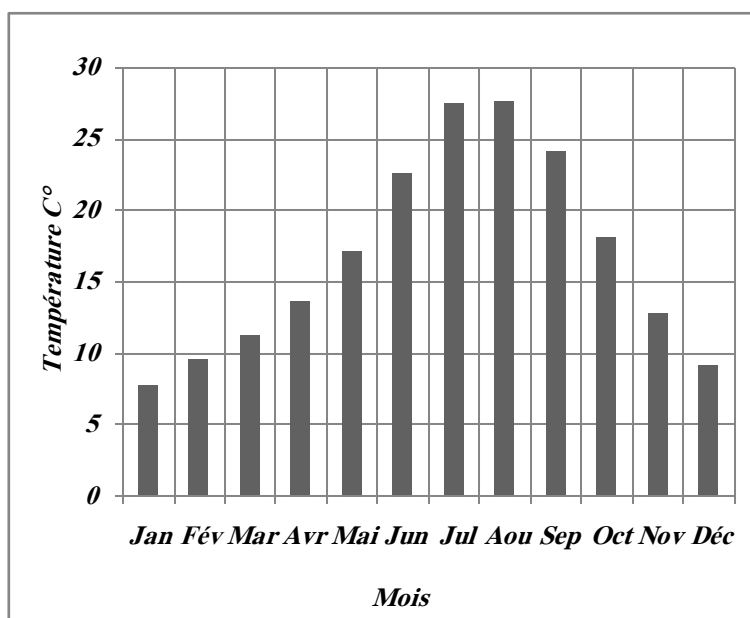


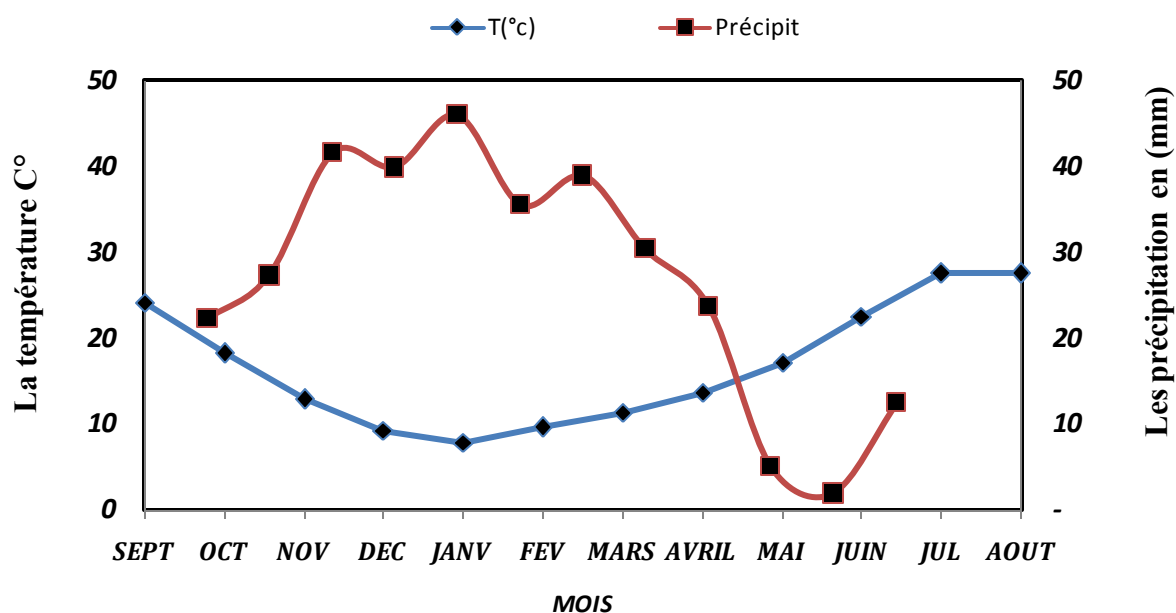
Fig. N°06 – Variation De La Température Moyenne Mensuelle

1.2.4. DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE

Afin de préciser les périodes sèches et humides durant l'année, nous avons établi le diagramme ombrothermique suivant.

Nous remarquons que la période humide varie entre le mois d'octobre et avril, Quant à la période Sèche varie entre mai et septembre.

Fig. N°07 - Diagramme Ombrothermique de Gauss



1.2.5. L'EVAPORATION

La répartition mensuelle de l'évaporation est représentée dans le tableau N°3.

Tableau N °03 – Répartition Mensuelle De L'évaporation

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Jn	Jl	A
E (mm)	217,6	126,95	72,54	54,41	36,27	72,54	90,68	126,95	181,35	235,76	308,3	290,16
(%)	12	7	4	3	2	4	5	7	10	13	17	16

Données ANRH-Oran

D'après le tableau on remarque un taux élevé de l'évaporation de l'eau dans l'air pendant les mois chauds et une diminution à partir du mois de septembre, donc en fonction de la température de l'air.

- ❖ L'évaporation maximale est enregistrée au mois d'août 308.3 mm quant-à la valeur minimale est enregistrée au mois de janvier 36.27 mm.
- ❖ L'évaporation annuelle est 1813,50 mm.

1.3. ETUDE HYDROLOGIQUE

L'étude hydrologique pour la réalisation d'un ouvrage hydrotechnique révèle une importance considérable. Le but est de mettre en évidence les paramètres hydrologiques de l'oued tels que les débits des crues, les apports du bassin versant (apports liquides et solides) qui constituent la base de dimensionnement des ouvrages constituant l'aménagement.

1.3.1. ETUDE MORPHOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT

1.3.1.1. SUPERFICIE ET PERIMETRE

Le bassin versant de la retenue de Ténira occupe une superficie de 4,12 Km² avec un périmètre de 10,20 Km.

1.3.1.2. INDICE DE COMPACTITE DE GRAVELIUS

La valeur de cet indice permet d'avoir une idée sur la forme du bassin versant. Il est donné par la formule suivante :

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

P : périmètre du bassin versant.

S : superficie du bassin versant.

$$\underline{K_c = 1,4071}$$

Nous avons donc un bassin versant de forme allongé.

1.3.1.3. DIMENSIONNEMENT DU RECTANGLE EQUIVALENT

La longueur et la largeur du Rectangle Equivalent sont respectivement données par les relations suivantes :

$$L = \frac{K_c}{1.12} \times \sqrt{S} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right);$$

$$l = \frac{K_c}{1.12} \times \sqrt{S} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right)$$

L : Longueur du rectangle équivalent ;

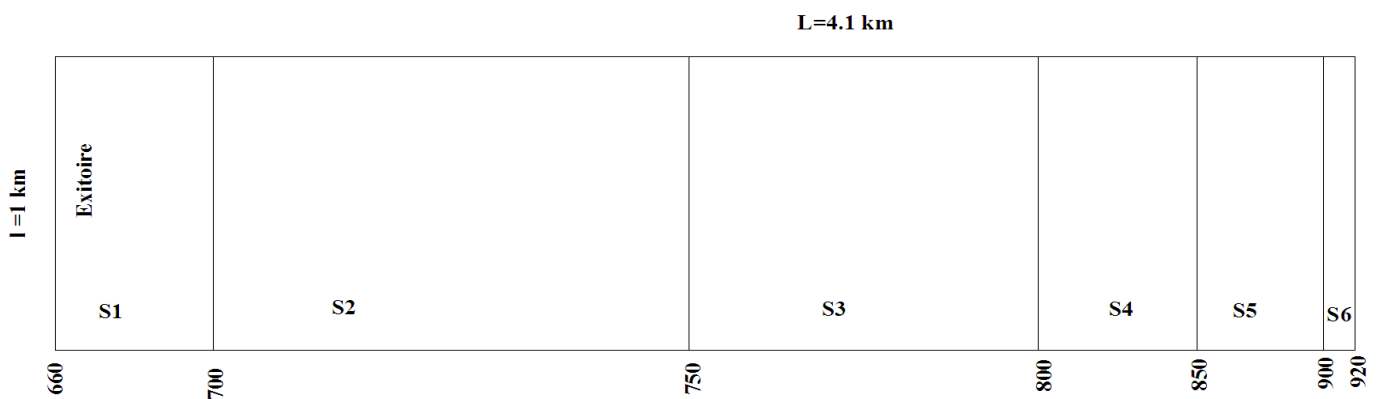
K_C : Indice de Gravelius ;

S : Surface du bassin.

Donc : $L = 4,09 \text{ Km}$, $l = 1,00 \text{ Km}$

Nous présentons par la figure ci-dessous le rectangle équivalent du bassin versant de la retenue :

Fig.N°08 – Rectangle Equivalent



1.3.1.4. CHEVELUE HYDROGRAPHIQUE

Le cours principal d'un oued est alimenté par les affluents les plus importants qui sont eux mêmes alimentés par des affluents de second ordre, ainsi de suite jusqu'aux ruisselets et petits cours d'eau de tête du bassin formant ce que les cartographes appellent le chevelu.

Les résultats de la classification des ordres par la méthode de Horton son regroupent dans le tableau suivant :

Tableau N°04 – Classification Des Ordres De Talwegs (HORTON)

Ordre de talweg	Nombre de talweg	Longueurs cumulées des talwegs (Km)	longue ur moyenne de rang (Km)
1	12	4.12	0,34
2	4	4.58	1.14
3	1	0.65	0.65

En peut en déduire se qui suit :

- ❖ L'ordre du talweg principal est de 3 ;
- ❖ La longueur cumulée de tous les talwegs est de : 9.341 Km.

1.3.1.5. PARAMETRES CARACTERISTIQUES

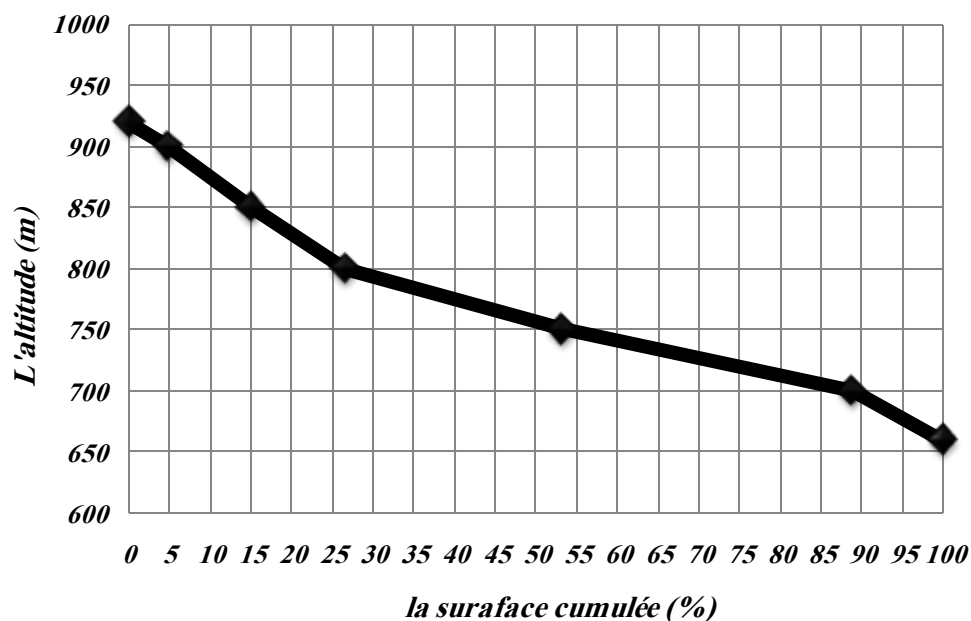
A) COURBE HYSOMETRIQUE

Le traçage de la courbe hypsométrique est basé sur la répartition de la surface du bassin versant en superficie partielle (en Km² et en %) de la superficie totale par tranche d'altitude.

Tableau N° 05 - Répartition De La Superficie Du B. V. En Tranche D'altitude

Classe d'altitude (m)	H _{moy} (m)	surface du bassin (Km ²)	surface du bassin cumulé (Km ²)	pourcentage de la surface du bassin cumulé (%)
660-700	680	0,46	0,46	11,2
700-750	725	1,47	1,93	46,8
750-800	775	1,1	3,03	73,5
800-850	825	0,48	3,51	85,2
850-900	875	0,42	3,93	95,4
900-920	910	0,2	4,13	100

Fig. N°09 – Courbe Hypsométrique



A partir de la courbe hypsométrique, on détermine les altitudes suivantes *Fig N°9* :

- ❖ altitude maximale H_{\max} = 920 m.
- ❖ altitude minimale H_{\min} = 660 m.
- ❖ altitude à 95% $H_{95\%}$ = 680 m.
- ❖ altitude à 5% $H_{5\%}$ = 900 m.

B) INDICE DE PENTE GLOBAL « IG »

Il est donné par la relation suivante :

$$I_g = \frac{D}{L} = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L}$$

D : Dénivelée entre $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ (m)

L : Longueur du rectangle équivalent (Km)

$$\underline{I_g = 5,37\%}$$

C) INDICE DE PENTE DE ROCHE « IP »

Il est donné par la formule suivante :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum \sqrt{S_i \times d_i}$$

S_i : Fraction en pourcentage de la surface S comprise entre deux courbes de niveau voisines distantes de d_i .

d_i : Distance entre deux courbes de niveau.

L : Longueur du Rectangle équivalent.

$$\underline{I_p = 10,06}$$

D) PENTE MOYENNE DU BASSIN VERSANT

$$I_{\text{moy}} = \frac{\Delta H(0.5L_1 + L_2 + \dots + 0.5L_n)}{S}$$

ΔH : équidistance entre deux courbes de niveau consécutives.

S : surface du bassin versant ($S = 4,12\text{Km}^2$).

L_i : longueur entre deux courbes de niveau d'ordre i.

$$\underline{I_{\text{moy}} = 5\%}$$

E) DENSITE DE DRAINAGE

Elle est définie comme étant la longueur totale de tous les talwegs du bassin, et donnée par la relation suivante :

$$D_d = \frac{L}{S}$$

L : Longueur totale des talwegs en Km ($L = 9.341 \text{ Km}$).

S : la surface de bassin versant ($4,12 \text{ km}^2$).

$$\underline{D_d = 2.267 \text{ Km}^{-1}}$$

F) COEFFICIENT DE TORRENTIALITE

Il se calcul à partir de la formule suivante :

$$C_T = D_d \times F_1$$

Avec :

$$F_1 = \frac{N_1}{S}$$

N_1 : Nombre du talweg d'ordre 01.

S : Surface totale du bassin versant.

F_1 : Fréquence des talwegs d'ordre 01.

$$\underline{F_1 = 2,912}$$

$$\underline{C_T = 6,601 \text{ km}^{-3}}$$

G) COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT

Le coefficient de ruissellement est généralement tabulé en fonction des conditions physiques du bassin versant (relief, sols, végétation, taux d'urbanisation), il est déterminé sur la base de classification dressée par L'ANRH sur les bassins versants algériens en fonction de leurs sols, de la taille du bassin, et de la pluviométrie journalière de fréquence 1%.

Dans notre cas le coefficient de ruissellement sera de l'ordre de 0,55. (Annexe N°02).

H) ALTITUDES

❖ ALTITUDE MOYENNE

Elle est déduite de la courbe hypsométrique, est donnée par la relation :

$$H_{moy} = \frac{1}{S_t} \sum S_i \times \frac{H_{i-1} + H_i}{2}$$

S_i : Surface partielle.

S_t : Surface totale.

H_{i-1} : Altitude d'ordre (i-1).

H_i : Altitude d'ordre (i).

$$\underline{H_{moy} = 771 \text{ m}}$$

❖ ALTITUDE DE FREQUENCE 50 %

Elle est tirée de la courbe de fréquence altimétriques :

$$\underline{H_{50\%} = 760 \text{ m.}}$$

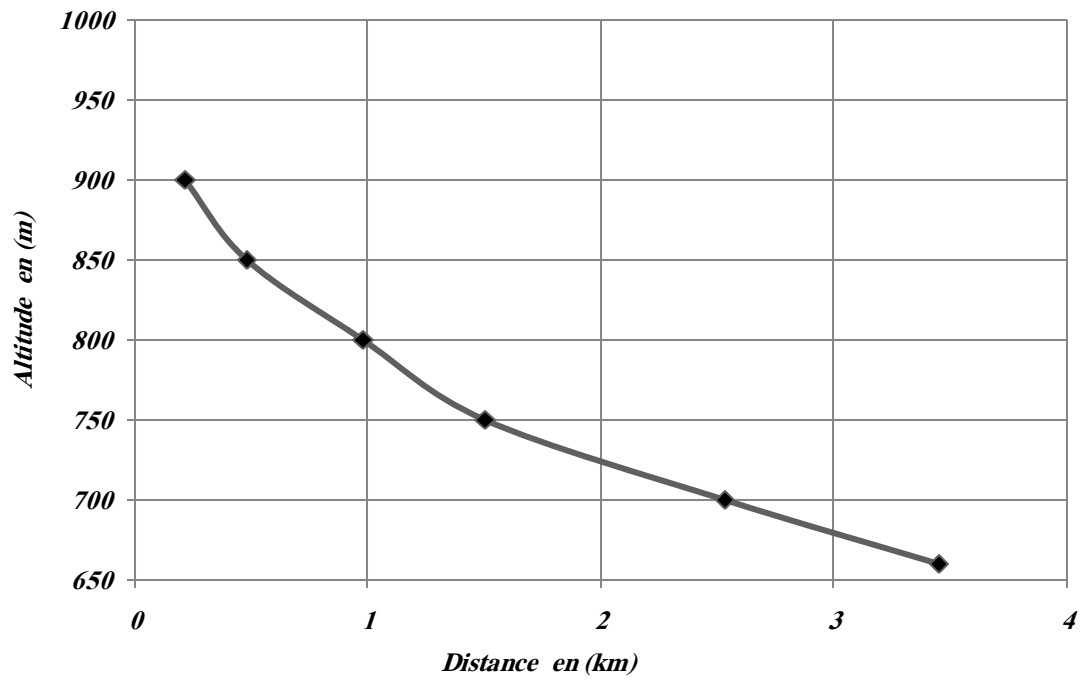
I) PROFIL EN LONG DU COURS D'EAU

Le cours d'eau est composé de pente variée entre un maximum de 19 % à un minimum de 4 %.

Tableau N°06 – Profil En Long Du Cours

Tranche d'altitude (m)	Longueur partielle (Km)	Longueur cumulée (Km)	% d'altitude
660-700	0,9193	3,4465	4%
700-750	1,0238	2,5272	5%
750-800	0,5251	1,5034	10%
800-850	0,5039	0,9783	10%
850-900	0,2611	0,4744	19%
900-920	0,2133	0,2133	9%

Fig. N° 10 – Profil En Long Du Cours d'Eau



1.3.1.6. CONCLUSION

Le tableau ci-dessus résume l'ensemble des paramètres hydro- morphométriques :

Tableau N°07 – Récapitulatif Des Caractéristiques Morphométriques

Caractéristiques	Désignation	Unité	Valeur
Coordonnées du site du barrage	x	Unités Lambert m	726,5
	y		3879,6
	z		571
Superficie du bassin versant	S	km ²	4,12
Périmètre du bassin versant	P	km	10,19
Rectangle équivalent	L	km	4,09
	l	km	1
Indice de compacité	K _c	-	1,407
Densité de drainage	D _d	km ⁻¹	2,267
Coefficient de torrentialité	C _T	km ⁻³	6,601
Indice de pente globale	I _g	%	5,37
Indice de pente de roche	I _p	-	10,06
pente moy de BV	I _{moy}	%	5
Longueur du talweg principal	L _{t,p}	km	3,4
Longueur de tous les talwegs	SL _t	km	9,341
Altitude à H _{95%}	H _{95%}	m	680
Altitude à H _{5%}	H _{5%}	m	900
Altitude minimale du B.V	H _{min}	m	660
Altitude maximale du B.V	H _{max}	m	920
Altitude moyenne du B.V	H _{moy}	m	771

1.3.2. ETUDE DES APPORTS

1.3.2.1. APPORTS LIQUIDES

A) APPORT MOYEN ANNUEL

De nombreuses estimations des apports, existent en Algérie, quelques-unes entre elles sont employées pour approcher au mieux la valeur de l'apport moyen annuel.

A) FORMULE DE DERRIE

L'apport est donné par la relation suivante :

$$A_0 = K \times M_0 \times S$$

$$M_0 = 11,8 \times P^{2,82} \quad \text{et} \quad K = 31,54 \times 10^3$$

P : représente la précipitation moyenne annuelle en mm ($P_{\text{moy}}=0,379$).

S : représente la superficie du bassin versant en km² (S=4,12).

$$\underline{A_0 = 99\,403,91 \text{ m}^3/\text{an}}$$

B) FORMULE DE COUTAGNE

L'apport est donné par la relation suivante :

$$L_e = (0,164 - 0,00145 \times \sqrt{S}) P$$

$$A_0 = L_e \times S$$

P : précipitation moyenne annuelle en (mm).

$$\underline{A_0 = 251\,487,01 \text{ m}^3/\text{an}}$$

C) FORMULE RATIONNELLE

L'apport est donné par la relation suivante :

$$A_0 = P \times C_e \times S$$

S : la superficie du bassin versant en m².

P : précipitation moyenne annuelle en m

Ce : coefficient d'écoulement tiré de l'abaque, pour des oueds à écoulement temporaire (Annexe N03). Ce = 0,08 ; n'est utilisé que pour la formule rationnelle.

$$\underline{A_0 = 124\,918,4 \text{ m}^3/\text{an}}$$

D) FORMULE DE SAMIE

La lame d'eau écoulee (Le) est donnée par la relation suivante :

$$Le = (293 - 2,2 \times \sqrt{S}) P^2$$

$$A_0 = Le \times S$$

L'apport est donné par la relation suivante : $A_0 = Le \times S$

$$\underline{A_0 = 170\,754,98\,m^3/an}$$

E) FORMULE DE CHAUMONT

La lame d'eau écoulee (Le) est donnée par la relation suivante :

$$Le = (1 - 10^{-KP^2}) P$$

$$A_0 = Le \times S$$

K : coefficient égal à : $K = \alpha - 0,01 \times \text{Log } S$

α : variable fonction des conditions d'écoulements. Dans notre cas ($\alpha=0,175$)

$$\underline{A_0 = 156\,148,00\,m^3/an}$$

F) FORMULE DE ADJEL – SMAIN

La lame d'eau écoulee (Le) est donnée par la relation suivante :

$$Le = 11,7 \times e^{3,81 P}$$

$$A_0 = Le \times S$$

$$\underline{A_0 = 204\,267,83\,m^3/an}$$

G) VALEUR DE L'APPORT MOYEN

Nous résumons le calcul des apports dans le tableau suivant :

Tableau N°08 – Apports Liquides

	DERRI	COUTAGNE	RATIONNELLE	SAMIE	CHAUMONT	Adjel-Smain
A₀ en m³	99 403,91	251 487,01	124 918,40	170 754,98	156 148	204 267,83

Nous remarquons que les résultats trouvés par les relations empiriques sont, plus ou moins, écartés les unes des autres, nous avons pris en considération la moyenne des résultats de toutes les formules.

$$\underline{A_0 = 167\,830,02\,m^3/an}$$

B) APPORT FREQUENTIEL

L'apport fréquentiel est celui qui nous permet une irrigation de huit (08) années sur dix (10), soit un apport fréquentiel de 80%. L'apport fréquentiel est déterminé par le biais de la formule de Galton donnée par :

$$A_{pp80\%} = \frac{A_o}{\sqrt{Cv^2 + 1}} e^{-u\sqrt{\ln(Cv^2 + 1)}}$$

μ : variable de Gauss (pour une fréquence de 80%, $\mu = 0,84$).

La variabilité de l'apport annuel est caractérisée par le coefficient de variation des écoulements hydriques Cv, estimé dans notre cas par cette formule empirique la formule de PADOUN

$$Cv = \frac{0,93}{M_o^{0,23}}$$

C_v : Dépendant du module M_0 qui est l'apport calculé en (l/s.Km²). Dans le cas où nous n'avons pas d'apport liquide, le Module M_0 est égale à :

$$M_0 = K \times (14 - 0,0236 \times P)$$

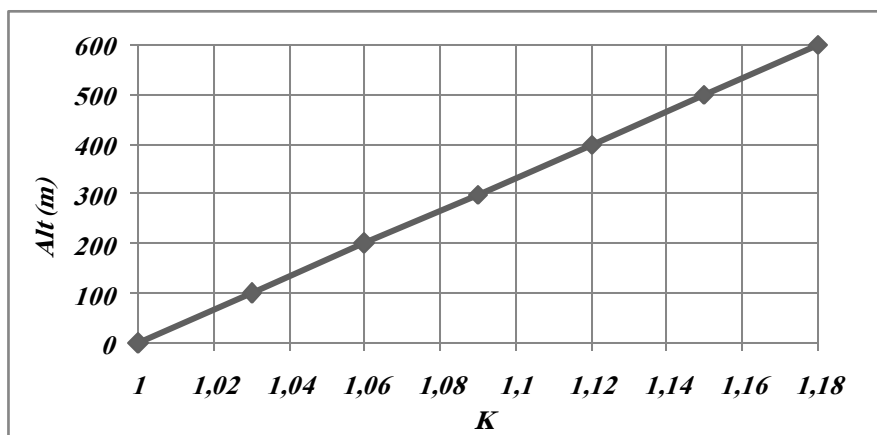
K : Coefficient variant linéairement avec l'altitude ($K=1,213$).

$$M_0 = 6,132 \text{ l/ s / Km}^2$$

$$CV = 0,88.$$

$$A_{pp80\%} = 66\,915,4662 \text{ m}^3/\text{a}.$$

Fig. N°11 – Courbe du Coefficient K



1.3.2.2. APPORTS SOLIDES

Le transport solide est un paramètre qui permet d'évaluer le volume mort soit charrié ou en suspension. Sa quantification est décisive sur la faisabilité de la retenue. Il est estimé par des formules empiriques.

A) FORMULE DE TIXERONT

Elle est donnée par :

$$A_S = \alpha \times A_0^{0,15}$$

α : Paramètre caractérisant la perméabilité du Bassin Versant. Le bassin versant de Aïn Belhadri est faiblement perméable ; $\alpha = 1400$.

$$\underline{A_S = 35\,055,46 \text{ T/an}}$$

B) FORMULE DE SOGREAH

L'apport solide est déterminé par le biais de la relation de SOGREAH, inspirée par celle de Tixeront. Cette relation est donné par la relation suivante :

$$A_S = 75 \times R^{0.15}$$

R : Représente la lame d'eau ruisselée, elle est égale à : $R = \frac{A_0}{S \times 10^3}$

$$\underline{A_S = 538,83 \text{ T/an}}$$

C) FORMULE DE FOURNIER

Nous avons utilisé la relation des petits bassins versant qui tient compte des indices pluviométriques et orographiques ont été retenues, elle est donnée par :

$$A_S = \frac{1}{36} \times \left(\frac{P_X^2}{P_{MOY}} \right)^{2.65} \times \left(\frac{H^2}{S} \right)^{0.46}$$

P_X : Pluie mensuelle moyenne du mois le plus pluvieux (en mm).

P_{MOY} : Pluie moyenne annuelle en mm

H_{MOY} : dénivelée moyenne.

S : Superficie du Bassin Versant en (km²).

$$\underline{A_S = 2\,598,49 \text{ T/an}}$$

D) FORMULE DE GRAVILOVIC

Cette relation fait intervenir un autre indice climatique (Coefficient de Température) et des caractéristiques de B.V. Elle est donnée par :

$$A_S = A_{S_q} \times C_{RM}$$

A_{S_q} : Taux de production annuel de matériaux (charriés et en suspension) $m^3/Km^2/an$, il se calculera à partir de la relation suivante :

$$A_{S_q} = T \times P_{MOY} \times \pi \times Z^{1.5}$$

Z : Coefficient d'érosion relatif, pour un terrain faiblement érodé en profondeur ret en nappe $Z = 0,25$ (Annexe N°04).

T : Coefficient de température donné par : $T = 0.1 + \sqrt{\frac{t}{10}}$

Où t est la température moyenne annuelle ($t = 17^\circ C$).

C_{RM} : Coefficient de rétention tenant compte des discontinuités spatio-temporelles dans le flux de matériaux arrachés au versant :

$$C_{RM} = \frac{\sqrt{P}}{0.2 \times (L + 10)} \times H_{MOY}$$

P : Périmètre du bassin versant (en Km).

L : Longueur du Talweg Principal (en Km).

H_{moy} : Altitude moyenne (Km).

$$\underline{A_S = 787,42 \text{ m}^3/an}$$

E) VALEUR DE L'APPORT SOLIDE CONSIDEREE

Les formules ci-dessus nous ont permis de calculer le transport solide annuel alimentant la cuvette de la retenue, nous résumons les résultats obtenus dans le tableau suivant :

Tableau N°09 – Apports Solides

	TIXERONT	SOGREAH	GRAVILOVIC	FOURNIER
As^1 (T/ an)	35 055,46	538,83	-	2 598,49
As^2 (m^3/an)	21 909,66	336,77	787,42	1 624,06

² : la quantité en m^3/s est la quantité ¹ divisée par la densité des granulats ($\delta = 1,6 \text{ kg/m}^3$).

Les résultats sont très variés, toutefois, la relation de SOGREAH semble la plus adapter à cette région montagneuse et boisée :

$$\underline{A_s = 336.77 \text{ m}^3/\text{an}}$$

Les travaux de correction torrentiel ayant pour but de réduire le charriage des MES plus de 80%. Ainsi, l'apport solide devient :

$$\underline{A_s = 67.35 \text{ m}^3/\text{an}}$$

1.3.3. ETUDE DES CRUES

Une analyse détaillée des averses et leurs intensité maximale, est l'étape primordiale dans le dimensionnement de la digue et certains des ouvrages annexes, notamment l'évacuateur de la retenue.

1.3.3.1. TEMPS DE CONCENTRATION

C'est le temps qu'effectue une particule d'eau pour parcourir la distance qui sépare l'exutoire du point du bassin versant le plus éloigné. Il est déterminé à partir de plusieurs formules empiriques suivantes :

$$\text{❖ KIRPICH} \quad T_c = 0,945 \times \frac{L^{1,115}}{(H_{\max} - H_{\min})^{0,385}} = 0,43 \text{ Heure ;}$$

$$\text{❖ PASSINI} \quad T_c = 0,108 \times \frac{\sqrt[3]{S \times L}}{\sqrt{I_p}} = 0,10 \text{ Heure ;}$$

$$\text{❖ GIANDOTTI} \quad T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}} = 0,60 \text{ Heure ;}$$

$$\text{❖ BOURIER} \quad T_c = 4 \times \left[\frac{(S \times L)^{0,33}}{\sqrt{P}} \right]^{0,75} = 3,23$$

Heure ;

L : Longueur du talweg principal

S : Superficie du bassin versant

H_{moy} : Altitude moyenne du bassin versant

H_{max} : Altitude maximale du bassin versant

H_{min} : Altitude minimale du bassin versant

I_p : Indice de pente.

On considère la valeur moyenne des résultats, le temps de concentration est égal à :

$$\underline{T_c \text{ (heure)} = 0,50 \text{ Heure}}$$

1.3.3.2. DEBIT DE CRUES

Il est déterminé par la méthode rationnelle, bien adaptée aux petits bassins, en admettant que la fréquence du débit de pointe est égale à celle de la pluie maximum sur le temps de concentration.

$$Q_{\max(F)} = \frac{C \times P_{t_c} \times S}{3,6 \times t_c}$$

C : coefficient de ruissellement.

P_{t_c} : pluie au temps de concentration t_c , elle est déterminée par la relation :

$$P_{t_c} = P_{j_f} \left(\frac{t_c}{24} \right)^b$$

T_c : temps de concentration

b : exposant climatique dépendant de la station pluviométrique : $b = 0,45$ (Carte de body).

P_{j_f} : pluie journalière de fréquence f, elle est déterminée par :

$$P_{j_f} = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

P_j : pluie journalière maximum.

C_v : coefficient de variation.

u : variable de GAUSS ($u_{1\%} = 2,33$).

Le débit de crues est égal à :

$$\underline{Q_{\max}(1\%) = 19,85 \text{ m}^3/\text{s}}$$

1.3.3.3. HYDROGRAMME DE CRUE

Afin de connaître les autres caractéristiques de la crue (volume, temps de bases et de montée ... etc.), nous avons utilisé deux méthodes :

A) METHODE DE SOGREAH

L'hydrogramme de crue est schématisé par un triangle, dont la base correspond au temps de base de la crue et la hauteur au débit de crue (Q_{\max})

instantané. Il faut tout d'abord déterminer un paramètre noté K correspondant au rapport (Q_{\max}/Q_j) ; on en déduit $K = 7$ pour la région de Ténira.

Calcul du temps de base : $T_b = 48/K \rightarrow T_b = 6,86$ heure.

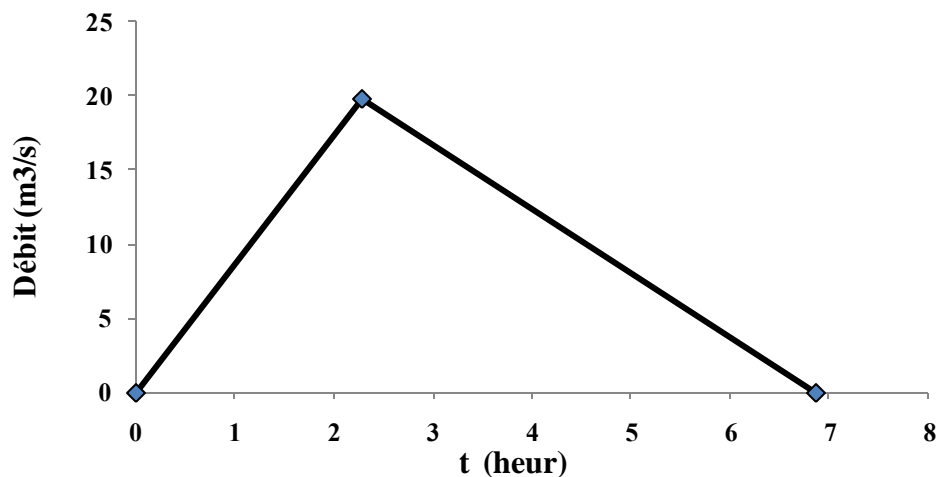
Calcul du temps de montée : $T_m = T_b/3 \rightarrow T_m = 2,28$ heure.

Le volume de crue correspondant a la surface de ce digramme est donné par :

$$V = 0,5 \times Q_{\max} \times T_b$$

$$\underline{V = 244\,948,63 \text{ m}^3}$$

Fig. N°12 - Hydrogramme De Crue SOGREAH



B) METHODE DE SOKOLOVSKY

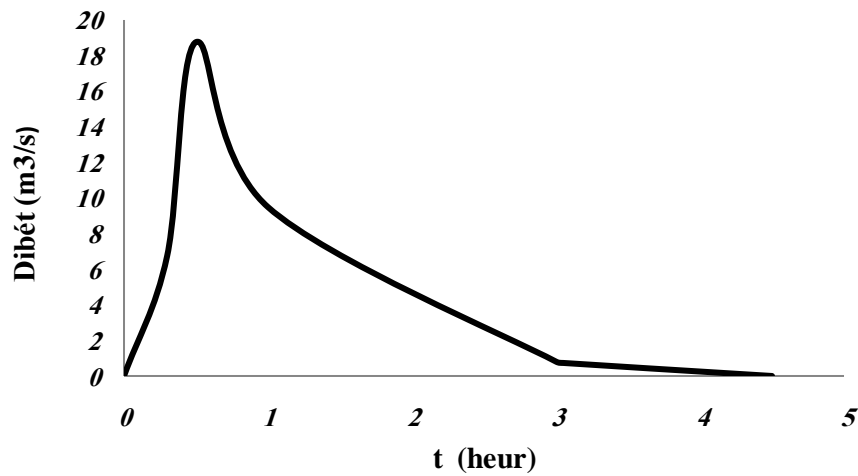
SOKOLOVSKY considère que l'hydrogramme présente deux branches de courbe, l'une pour la montée et l'autre pour la décrue. Chacune d'elle a sa propre équation :

$$\underline{\text{Pour la montée}} : Q_t = Q_{\max} \left(\frac{t}{t_m} \right)^2$$

$$\underline{\text{Pour la décrue}} : Q_t = Q_{\max} \left(\frac{t_d - t}{t_d} \right)^3$$

Pour le cas des crues d'averses, cette méthode suppose que $t_m = t_c$ et $t_d = c \cdot t_m$ où « c » est un coefficient qui est fonction de la taille du cours d'eau, de la perméabilité et du taux de boisement du bassin versant ($c = 2,25$).

Fig. N°13 - Hydrogramme De Crue SOKOLOVSKY



Le volume est donné par : $V = \int_0^{t_b} Q dt$

$$V = Q_{\max} \left[\int_0^{t_m} \left(\frac{t}{t_m} \right)^2 dt + \int_{t_m}^{t_d} \left(\frac{t_d - t}{t_d} \right)^3 dt \right]$$

$$V = Q_{\max} \left[\frac{1}{3 \times t_m^2} [t^3]_0^{t_m} + \frac{1}{4 \times t_d^2} [-(t_d - t)^4]_{t_m}^{t_b} \right]$$

$$\underline{V_{C100} = 54\,445,71 \text{ m}^3}$$

C) CONCLUSION

La valeur la plus importante est donnée par l'hydrogramme de SOGREAH, elle est presque Cinque (05) fois plus grande que la valeur que celle de SOKOLOVSKY.

Ceci traduit la diversité trop importante des résultats obtenus qui peut être expliquée par l'hypothèse sur les conditions aux limites qui ne peuvent pas être évalués avec précision.

Par mesure de sécurité, nous optons pour le volume le plus important de SOGREAH :

$$\underline{V = 244\,948,63 \text{ m}^3}$$

1.4. ETUDE GEOLOGIQUE

La spécification géologique du site de la retenue est déterminante pour l'édifice de l'ouvrage. Raison pour laquelle, nous devons diagnostiquer géologiquement le site choisi.

1.4.1. APERÇU LITHO STRATIGRAPHIQUE DE LA REGION

Dans toute la zone de Ténira, affleure la stratification la plus étroite :

- ❖ Le membre Calcaire-marneux de Zegla « A », présente l'alternance ancienne.
- ❖ La formation carbonatée de Zigyne, représente le terrain mésozoïque le plus jeune, elle affleure sur la pente du Dj. Menizla au Nord de Ténira.

1.4.1.1. FORMATIONS ANCIENNES

A) CALCAIRE DE REMAILIA

Développé à l'Est de la zone, sur le Dj. Hank El Hamar, son épaisseur atteint 800 à 850m, se réduit vers le SE avec 600 à 650m, dans le Dj Remailia qui se compose des différents membres suivants :

- ❖ **Membre Calcaréo-Dolomitique de Zegla « A »** : Absent dans notre zone.
- ❖ **Membre Marno-Calcaire De Zegla « B »** : L'épaisseur totale varie de 180 à 280 m. Le toit est caractérisé par des calcaires quartzeux et gréseux, dolomitisés, le long des failles. Le membre Zegla « B » affleure à l'Est de Ténira et de notre site de retenue, dans le Dj. Briouiga (894m), Hank el Hamar (921m), Koudiat Taourira (667m) et enfin au Koudiat Teredouine (740m), où les bancs de calcaires massifs sont exploités en carrières.
- ❖ **Membre Marno-Calcaire De Zegla « C »** : Il affleure dans l'Ouest de la zone, dans les Djebels Medereg (947m) et des chaînes de Kounteidat à l'Est du site. Les affleurements sont moins continus, là où les affleurements sont répandus, on trouve une prédominance totale des marnes ; seulement au sommet, des calcaires oolithiques ou quartzeux sont développés, et d'une épaisseur allant de 10 à 20m avec intercalations de grès. L'épaisseur totale de ce membre oscille entre 60 et 140m.

❖ **Membre Calcaréo-Gréseux De Zegla « D »** : Les affleurements de ce membre sont répandus, la base d'une épaisseur de 30m environ est marneuse, vers le sommet, le membre est constitué par une alternés d'une épaisseur allant de 10 à 25m (Djebel Mederag Narha), l'épaisseur du membre atteint au moyen 150m.

Fig. N°14 – Calcaire De Remailia



Légende:

- | | | | | | |
|---|---|---------|---------------------------------|---|-------------------------------------|
| 1 | membres D,C,B de la formation de remailia | 2 | formation des grés de BERTHELOT | 3 | miocén conglomérats-argiles et grés |
| 4 | plio-quaternaire conglomérats et limons | failles | | | |

B) FORMATION DES GRES DE BERTHELOT

Les grés de Berthelot affleurent à l'Est, et au Sud de la zone de retenue, et forment une barrière des Djebels Mederag Narha au Sud Ouest (947m), au Sud Est Dj Teniet El Bel (786m) à l'Est, les grés de Berthelot forment les reliefs des Djebels Bou Letas(976m) et Meflah.

1.4.1.2. FORMATIONS RECENTES

A) MIOCENE TRANSGRESSIF DU DJEBEL TENIRA

Ce membre constitue les affleurements les plus répandus dans le djebel Ténira, au Nord de la zone d'étude, il est marno-gréseux, mais sur le bassin de Ténira, on n'a pas remarqué sa présence.

B) PLIO-QUATERNAIRE

Les recouvrements du plio-quaternaire sont répandus dans la majeure partie du bassin (Figure N°14) où ils atteignent une épaisseur maximum.

Le quaternaire est composé d'un matériel limoneux contenant parfois des débris et des galets .par endroits, les lits de graviers et de sable sont développés.

Au pliocène, on rencontre des conglomérats mal classés, ils ont été mis en évidence par des différents forages réalisés dans le bassin, c'est l'équivalent local des conglomérats des hauts plateaux, son développement a été influencé par l'activité tectonique du tertiaire et éventuellement du quaternaire ancien.

Deux profils géophysiques' prospection électrique des ressources en eaux profonds- Strojexport- Prague 1974'', passent par le bassin de Ténira montrent :

- ❖ Un recouvrement d'épaisseur allant de 30 à 50 m, d'une résistivité oscillant entre 19 et 30 $\Omega.m$, indiquant ainsi un limon semi-imperméable.
- ❖ Un autre résistant d'une résistivité allant de 50 à 350 $\Omega.m$, indique un conglomérat fissuré, Karstifiés et parfois compact.

1.4.2. APERÇU TECTONIQUE

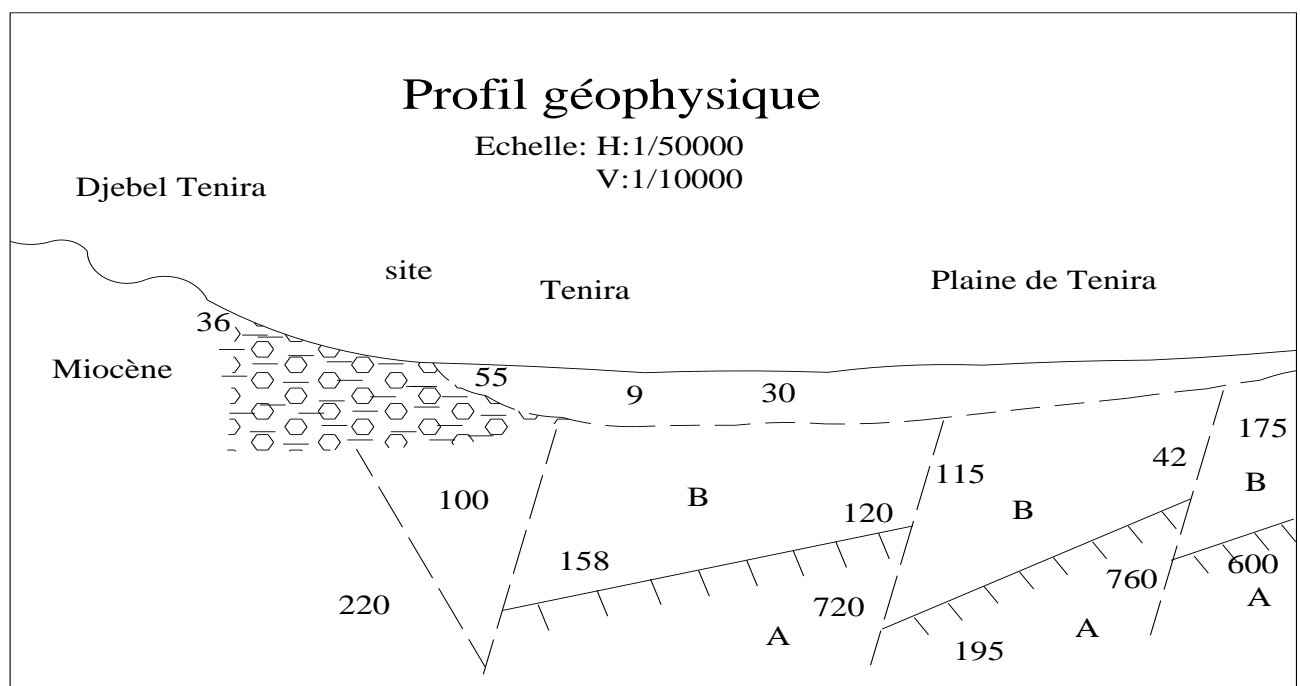
La zone d'étude est caractérisée par une tectonique de plissements et par un système de failles, tandis que le plissement a présidé tout d'abord au développement de grandes structures géologiques (anticlinales et synclinales), les failles ont joué par la suite (Horsts et Grabens) ; parmi ces grandes structures, on trouve celle de Chanzy où il fait partie notre secteur. L'anticlinal de Chanzy se trouve dans la partie Sud-Ouest du Bassin de Ténira, où il s'élève dans la forêt de Kounteidet (Dj el Assa 1077 m).

L'axe de cet anticlinal est orienté OSO-ENE près de Tenezera, est interrompu par un graben perpendiculaire des grés de Berthelot. Dans notre secteur, il est limité au Dj. Hank El-Hamar par une faille du sens O-E contre le complexe miocène du Dj. Ténira.

La zone fracturée et sa bordure Nord est limitée par une grande faille OSO-ENE, elle passe au Nord du Dj. Mederrag, Hank El-Hamar et briouiga, son rejet de 1000m environ, met en contact le miocène de la forêt de Ténira et le membre crétacé de Zegla 'D'.

1.4.3. GEOLOGIE DE LA CUVETTE DES RETENUES

Fig. N°15 – Profil Géophysique



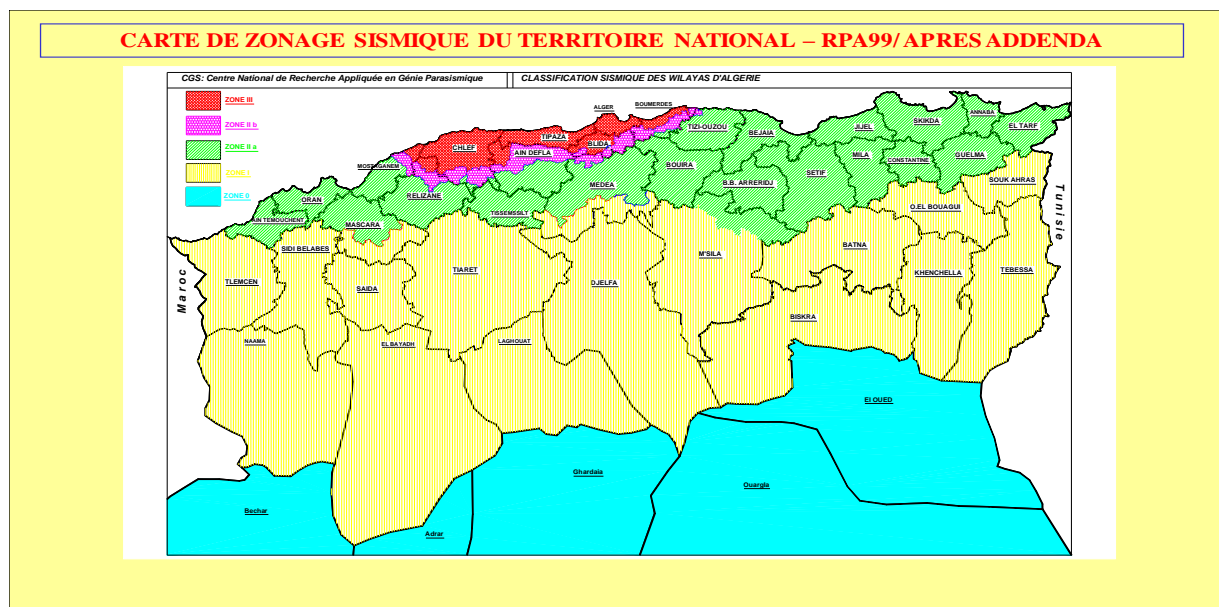
1.4.3.1. APERÇU HYDROGEOLOGIQUE

Parmi les formations géologiques importantes, qui constituent un aquifère dans notre bassin, est le membre de Zegla « B », dont la base et le toit de sont localement favorables à l'accumulation des eaux (grés mal cimentés), respectivement calcaires quartzeux ou gréseux, par endroits dolomités et karstifiés. L'anticlinal de Chanzy, au Sud du bassin de Ténira constitue le siège d'une karstication intense du sommet des calcaires. La lithologie et la tectoniques locales, sont responsables des grands débits des forages exploitants ces calcaires.

1.4.3.2. SISMICITE

La retenue est implantée dans une région ayant une activité sismique faible. En fait, la retenue collinaire fait partie du groupe 1A, elle est située en zone sismique 1, nous proposons une valeur du coefficient d'accélération égale à 0.15 pour les calculs de génie civil et de stabilité.

Fig. N°16 – Carte De Zonage Sismique Du Territoire National



1.5. GEOTECHNIQUES

En vue de définir les caractéristiques des sols devant servir d'assiettes aux ouvrages principaux prévus sur le site, trois sondages géotechniques ont été effectuée respectivement :

- ❖ 1^{er} sondage à la rive droite de 15.00 m ;
- ❖ 2^{ème} sondage au lit d'oued de 10.50 m ;
- ❖ 3^{ème} sondage à la rive gauche de 10.50 m.

1.5.1. ESSAIS GEOTECHNIQUE DU SITE

Les échantillons on été soumis aux essais in situ de la perméabilité k (située entre 10^{-6} m/s et 10^{-8} m/s), d'une part, et d'autre part, des essais effectués au laboratoire, à savoir :

- ❖ Analyses granulométriques.
- ❖ Limites d'Atterberg.
- ❖ Poids volumiques apparents.
- ❖ Teneurs en eau.
- ❖ Cisaillements directs UU.
- ❖ Teneurs en carbonates.

Ces analyses ont montré l'existence d'une argile limono-sableuse contenant des proportions variables de graviers calcaire. Le matériau analysé est assez plastique de coloration marron à jaunâtre, avec des passages de galets et graviers au niveau du lit d'oued. Son angle de frottement interne est égal à 25° et une cohésion non drainée $c_u \approx 0.65$ kg/cm². Donc, c'est une argile sur consolidée, de consistance ferme à raide. On notera le passage de couches centimétriques de sable limono argileux à différents niveaux.

En plus, nous avons enregistré des galets et gravier rencontré dans le lit d'oued entre 0.00 et 1.50 m, de nature greso-calcaire. Leurs diamètres varient entre 5 et 10 cm. leurs poids volumique varie de 1.74 à 1.98 t/m³. Leurs teneurs en eau moyenne est de 15 %.

1.5.2. ESSAIS GEOTECHNIQUE DE LA ZONE D'EMPRUNT

Les différentes investigations réalisées sur la zone d'emprunt ont permis de délimiter les zones des matériaux fins pouvant servir à la construction du barrage. Quatre fouilles en puits de 4.00 m de profondeur ont montré la nature de sol, en l'occurrence :

- ❖ F1 et F2 : sable et limon graveleux, peu plastique, marron jaunâtre.
- ❖ F3 : Argile limoneuse, un peu de sable et de graviers, assez plastique.
- ❖ F4 : Sable fin un peu de limon et gravier peu plastique jaunâtre.

Les matériaux analysés présentent des caractéristiques géotechniques bonnes pour une utilisation comme matériau de réalisation de la digue.

CHAPITRE 02

DIMENSIONNEMENT DE LA RETENUE COLLINAIRE

2.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous allons procéder au dimensionnement de la digue de la retenue et de ses ouvrages annexes.

Ceci repose sur le levé topographique, la régularisation, l'étude des crues et l'étude hydrotechnique.

2.2. ETUDE TOPOGRAPHIQUE

L'étude de projet d'un barrage est toujours précédée d'un levé topographique pour se prononcer sur l'aptitude topographique du site choisi et de positionner au mieux l'axe du barrage et celui des ouvrages annexes.

2.2.1. CHOIX DU SITE DE LA RETENUE

Le choix de site est basé essentiellement sur des connaissances et des conditions topographiques, géologiques, géotechniques et hydrauliques du site. Parmi les critères déterminants du choix d'un site de barrage, on distingue les éléments suivants :

- ❖ Existence d'une cuvette de bonne capacité,
- ❖ Avoir un bon apport hydrologique,
- ❖ Assurant une assise géologique imperméable,
- ❖ Avoir de solide fondation pour la digue,
- ❖ Existence de zones d'emprunts du corps de la digue à proximité du site,
- ❖ Assurant l'irrigation de considérables périmètres agricoles...etc.

2.2.2. ACCES AU BARRAGE

Le site de la retenue d'oued Ténira est localisé au Sud-Est de la ville de SIDI BEL ABBES. Il se trouve à proximité de la localité de Guenadza dans la commune de TENIRA,

L'Oued de TENIRA est du au creusement par érosion de la pleine qu'il traverse. Il a une forme géométrique en V. Il est assez large et évasé par endroit. L'axe choisi pour la digue présente une topographie assez régulière. Le site est assez facilement accessible.

Fig. N°17 – Implantation De La Retenue Collinaire Sur Oued Ténira

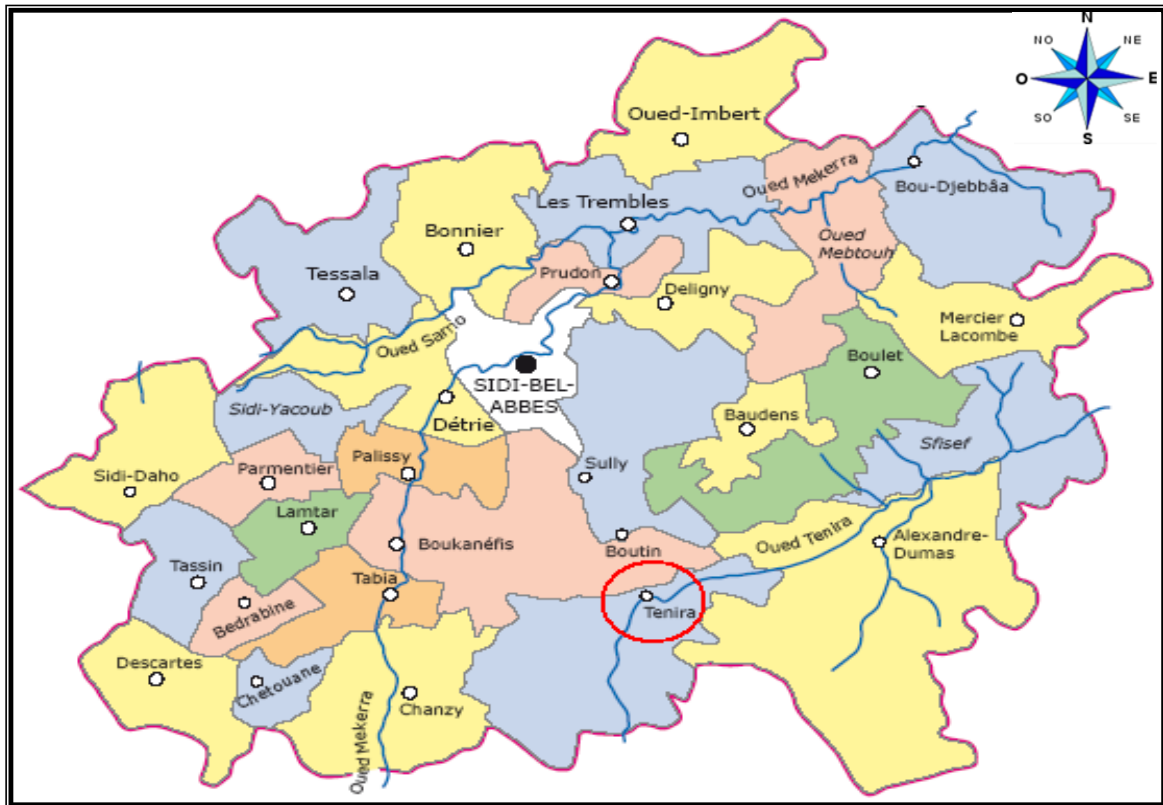
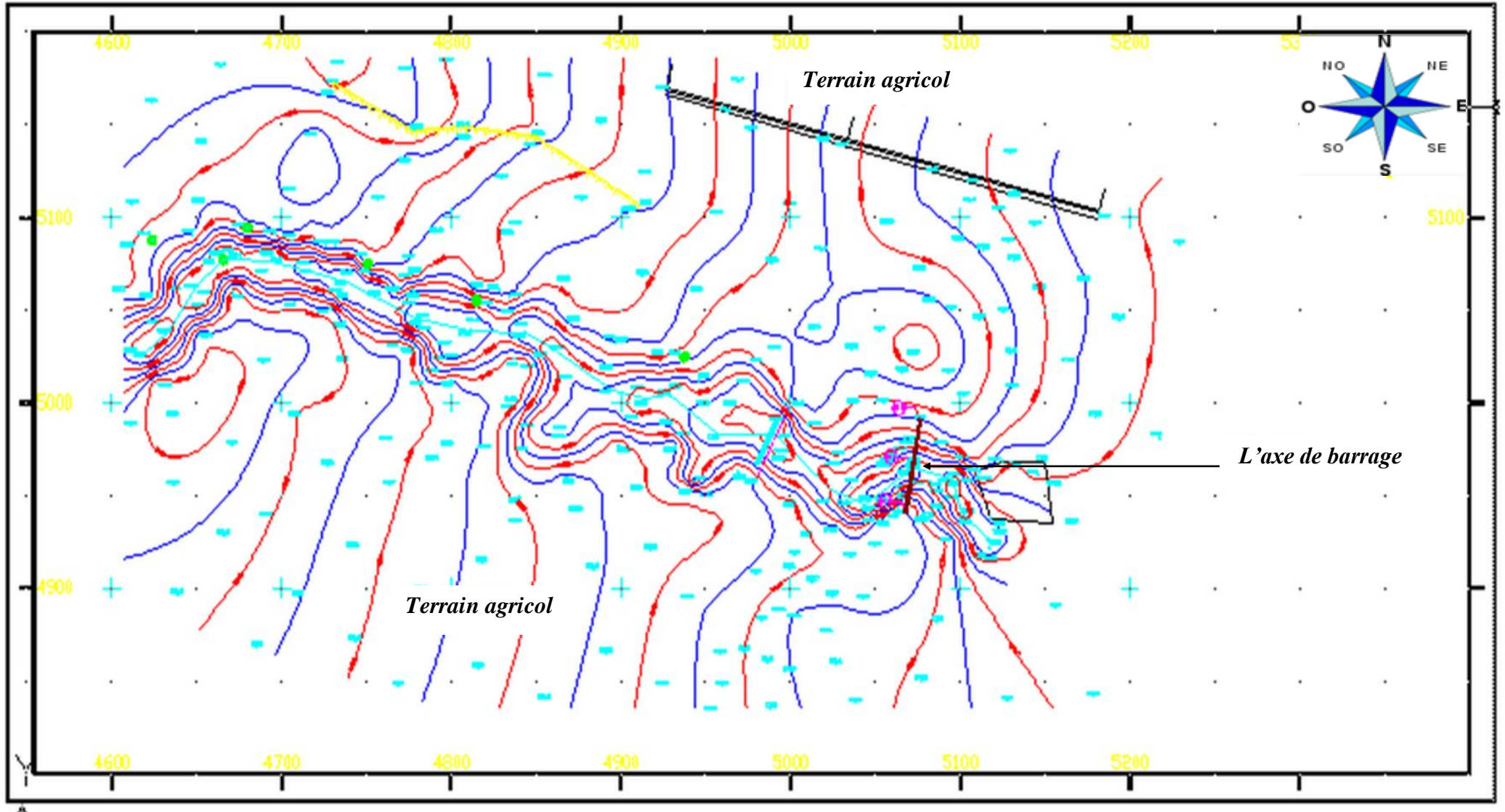


Fig. N°18 – Levé Topographique De La Cuvette De La Retenue Collinaire De Ténira (1/200)



2.3. ETUDE DE LA REGULARISATION DE LA RETENUE

L'étude de la régularisation permet d'arrêter les dimensions optimales des ouvrages et de gérer rationnellement la capacité de la retenue.

Les données de base nécessaires à la régularisation sont de trois sortes :

- ❖ Les résultats des études hydrologiques, notamment les répartitions mensuelles des apports, de l'évaporation et d'autres pertes s'il y a lieu ;
- ❖ Les besoins en eau des utilisateurs potentiels, exprimés à l'échelle mensuelle ;
- ❖ La loi hauteur-capacité de la retenue, provenant du dépouillement des levés topographiques de la cuvette.

Les données hydrologiques nécessaires pour la présente étude sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau N°10 – Résumé Des Données De Base

Paramètres	Valeurs
Altitude Moyenne du Bassin Versant [m]	771
Altitude Minimale du Bassin Versant [m]	660
Altitude Maximale du Bassin Versant [m]	920
Longueur du Talwegs Principal [Km]	3,4
Indice de Pente	0,078
Surface [Km ²]	4,12
Précipitation moyenne [mm]	379
Température moyenne [°C]	17
Apport moyen A ₀ [m ³ /an]	16 7830 ,02
Apport fréquentiel A _{80%} [m ³ /an]	66 915,46
Apport Solide A _s [m ³ /Km ² .an]	16,34

La méthodologie suivie pour l'estimation des différentes tranches de volumes, permette de dimensionnement le corps de la digue, est décrite par la démarche ci-dessous.

2.3.1. ESTIMATION DES PERTES PAR EVAPORATION

L'évaporation moyenne annuelle est calculée par la relation de VISENTINI, liées à l'altitude et à la température de l'air. L'altitude du site est supérieure à 500 m, la relation de l'évaporation « E » est égale à :

$$\underline{E=90T+300}$$

Le tableau ci-dessous résume la variation mensuelle de l'évaporation :

Tableau N°11 – Variation Mensuelle De l'Evaporation

Mois	Température	Evaporation	
	°C	%	mm
Septembre	24,2	12	217,53
Octobre	18,2	7	126,89
Novembre	12,9	4	72,51
Décembre	9,23	3	54,38
Janvier	7,79	2	36,26
Février	9,58	4	72,51
Mars	11,3	5	90,64
Avril	13,7	7	126,89
Mai	17,2	10	181,28
Juin	22,6	13	235,66
Juillet	27,5	17	308,17
Août	27,5	16	290,04
	17	100	1812,75

L'évaporation annuelle est donc égale à :

$$\underline{E = 1\ 812,75\ mm}$$

2.3.2. ESTIMATION DES PERTES PAR INFILTRATION

Le volume infiltré est déterminé à partir des essais géotechniques. Celle-ci indique que le sol de la cuvette est faiblement perméable, le coefficient de perméabilité moyen « k » dans notre cas est égal à :

$$\underline{K = 5,5 \times 10^{-8}\ m/s}$$

2.3.3. ESTIMATION DES BESOINS EN IRRIGATION

Les besoins en irrigation dépendent du climat, de la pédologie, des cultures, des assolements et du système d'irrigation.

Nous considérons des besoins de l'ordre $5000 \text{ m}^3/\text{ha}$, la surface totale à irriguer est dans les environs de 12 ha , le volume d'eau d'irrigation est de :

$$\underline{V_{Irrig} = 60\,000 \text{ m}^3/\text{an}}$$

Le tableau suivant résume la demande d'eau mensuelle pour l'irrigation :

Tableau N°12 – Variation Mensuelle Des Besoins En Irrigation

Mois	Besoin en Irrigation		
	%	m^3/ha	m^3
Septembre	3,5	175	2100
Octobre	1,7	85	1020
Novembre	0,1	5	60
Décembre	0	0	0
Janvier	0	0	0
Février	0	0	0
Mars	4	200	2400
Avril	9,6	480	5760
Mai	16	800	9600
Juin	18	900	10800
Juillet	24,6	1230	14760
Août	22,5	1125	13500
Total	100	5000	60 000

2.3.4. VOLUME MORT

C'est la quantité de la vase stockée dans la retenue durant les 15 ans d'exploitation. Il est donné par la relation :

$$V_m = A_s \times N$$

V_m : volume mort en m^3 .

A_s : l'apport solide en m^3/an .

N : nombre d'années d'exploitation.

$$\underline{V_s = 1010,312 \text{ m}^3}$$

Ce volume occupe une Surface dans la cuvette égal à :

$$\underline{S_M = 750 \text{ m}^2}$$

Correspondant ainsi à une côte de :

$$\underline{NMR = 574,80 \text{ m}}$$

2.3.5. ESTIMATION DU VOLUME UTILE

C'est la quantité d'eau réellement mobilisée, elle est égale à l'apport mobilisé par la cuvette réduit du volume des pertes par infiltration, évaporation et irrigation. Ainsi le volume utile est égale à :

$$V_u = V_A - V_P - V_E$$

V_u : Volume utile de la retenue ;

V_A : Volume des apports ;

V_P : Volume des pertes ;

V_E : Volume évacué.

2.3.6. COURBE CARACTERISTIQUE

La retenue collinaire crée un remous sur le cours d'eau, c'est-à-dire une surélévation du plan d'eau au-dessus du niveau de terrain naturel.

Ce remous s'étend sur une certaine longueur en amont de la retenue, au-delà de la quelle le plan d'eau rejoint le niveau naturel. La capacité de la retenue dépend de la topographie et est déterminée à l'aide de la courbe caractéristique Volume/Surface en fonction de la différence d'altitudes.

Ainsi, pour le calcul du volume correspondant à la surface d'une courbe de niveau déterminé nous avons utilisé deux méthodes.

2.3.6.1. PREMIERE METHODE ^[2]

Le volume élémentaire compris entre deux courbes de niveau consécutives est :

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

ΔH : Différence d'altitude entre deux courbes de niveau consécutives, H_{i-1} et H_i

S_i : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_i

S_{i-1} : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe de niveau H_{i-1}

Le volume initial est pris égal à :

$$V_i = \frac{2}{3} \times S_1 \times \Delta H_1$$

Ce volume se trouve près du lit de l'oued

Le volume statique (V), à partir de la courbe de niveau initiale jusqu'à la côte H est la somme des volumes élémentaires V_i

$$1^{\text{er}} \text{ volume} : V_1 = \Delta V_i = \frac{2}{3} \times S_1 \times \Delta H_1$$

$$2^{\text{ème}} \text{ volume} : V_2 = V_1 + \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) \times \Delta H_2$$

$$3^{\text{ème}} \text{ volume} : V_3 = V_2 + \left(\frac{S_2 + S_3}{2} \right) \times \Delta H_3$$

$$n^{\text{ème}} \text{ volume} : V_n = V_{n-1} + \left(\frac{S_{i-1} + S_i}{2} \right) \times \Delta H_n$$

Ce $n^{\text{ème}}$ volume est le volume total de la retenue.

2.3.6.2. DEUXIEME METHODE ^[2]

Cette méthode est utilisée surtout pour les reliefs accidentés à la condition que le rapport $S1/S2$ soit supérieur à 1.5

Le volume initial est pris égal au volume d'une pyramide régulière :

$$V_i = S_1 \times \frac{H_1}{3}$$

Au fur et à mesure que la hauteur augmente, la pyramide devient irrégulière et la formule adoptée est :

$$V_2 = V_1 + \Delta V_{2,1}$$

$$\Delta V_{2,1} = \frac{\Delta H_{2,1}}{3} \times (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \times S_2})$$

$$\text{Et : } \Delta H_{2,1} = H_2 - H_1$$

$$V_3 = V_2 + \Delta V_{3,2}$$

$$\Delta V_{3,2} = \frac{\Delta H_{3,2}}{3} \times (S_2 + S_3 + \sqrt{S_2 \times S_3})$$

$$V_n = V_{n-1} + \Delta V_{n,n-1}$$

$$\Delta V_{n,n-1} = \frac{\Delta H_{n,n-1}}{3} \times (S_{n-1} + S_n + \sqrt{S_{n-1} \times S_n})$$

2.3.6.3. CALCUL DES SURFACES/VOLUMES

Nous résumons dans le Tableau N°13 les résultats de calcul des Surfaces/Volumes correspondant aux côtes des courbes de niveau de la cuvette du levé topographique de la retenue.

Nous signalons que les surfaces correspondant aux courbes de niveau sont les avons déterminées par le logiciel Auto CAD.

Les calculs de Surface/Volume sont séparés par des pas de 1,00 m des courbes de niveau correspondant.

Tableau N°13 – Calcul De Surface/Volume En Fonction Des Côtes

N°	Côte [m]	DH [m]	Surface [m ²]	Volume [m ³]	
				1 ^{ère} Méthode	2 ^{ème} Méthode
Axe Oued	571,75	0	0	0	0
1	573	1,25	172,5	143,75	71,88
2	574	1	527,16	493,58	405,61
3	575	1	837,45	1175,89	1081,96
4	576	1	1843,93	2516,58	2389,98
5	577	1	3729,36	5303,22	5121,85
6	578	1	5750,54	10 043,17	9825,47
7	579	1	8349,96	17 093,42	16 835,45

Sachant que le rapport entre S_1 et S_2 est égal à **0,327**, inférieur à 1,50, donc nous utilisons la première méthode, en plus, celle-ci donne des volumes supérieurs de la 2^{ème} méthode, reflétant la réalité.

La figure N°19 suivante présent le volume et la surface a chaque cote de la cuvette.

Nous donnons par la suite également, dans la Figure N°20, le tracé de la courbe caractéristique Surface/Volume en fonction des courbes de niveau.

Fig. N°19. – Surface / Volume De Cuvette En Fonction Des Côtés (1/200)

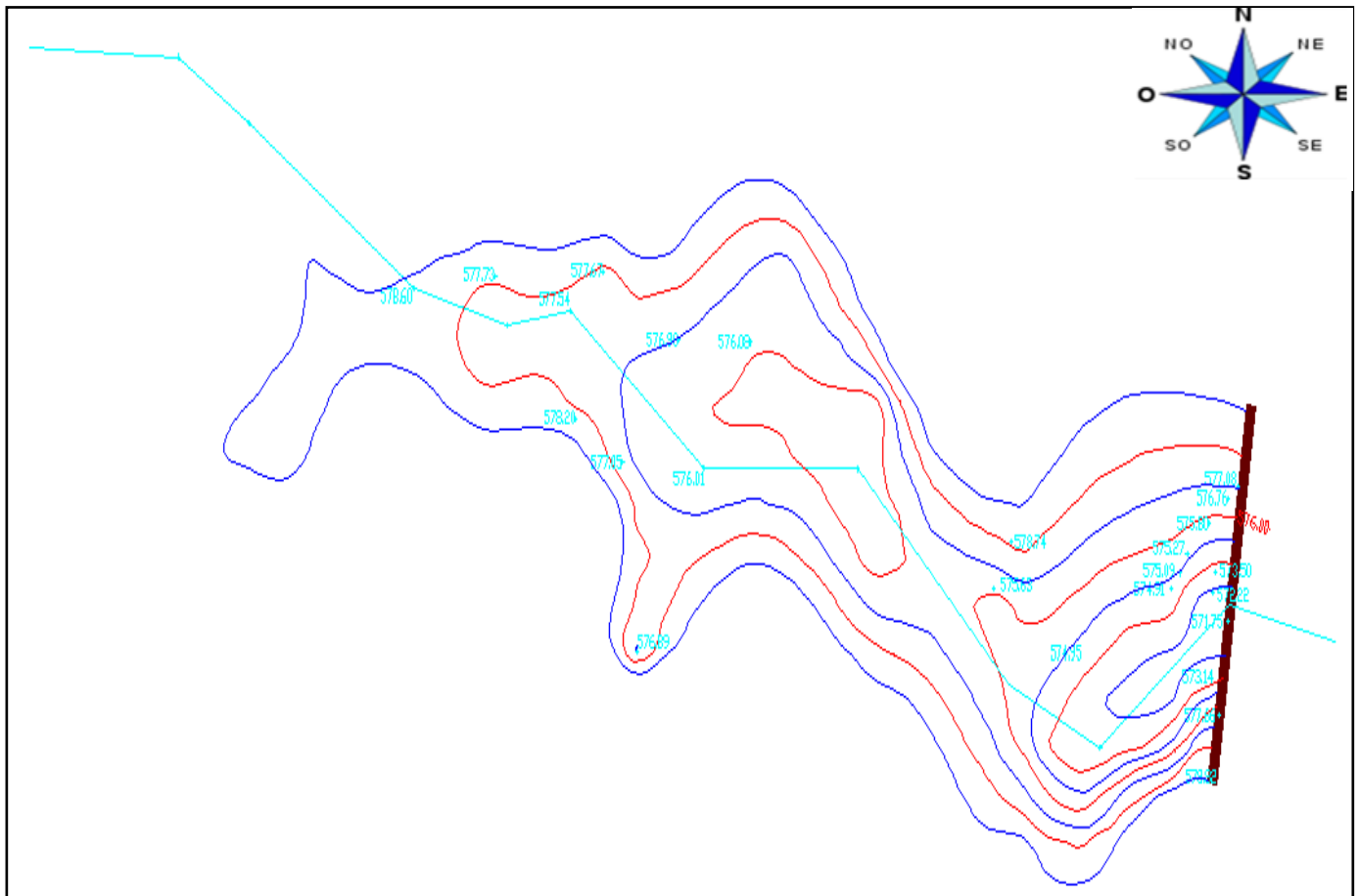


Fig. N°20 – Courbe Caractéristique

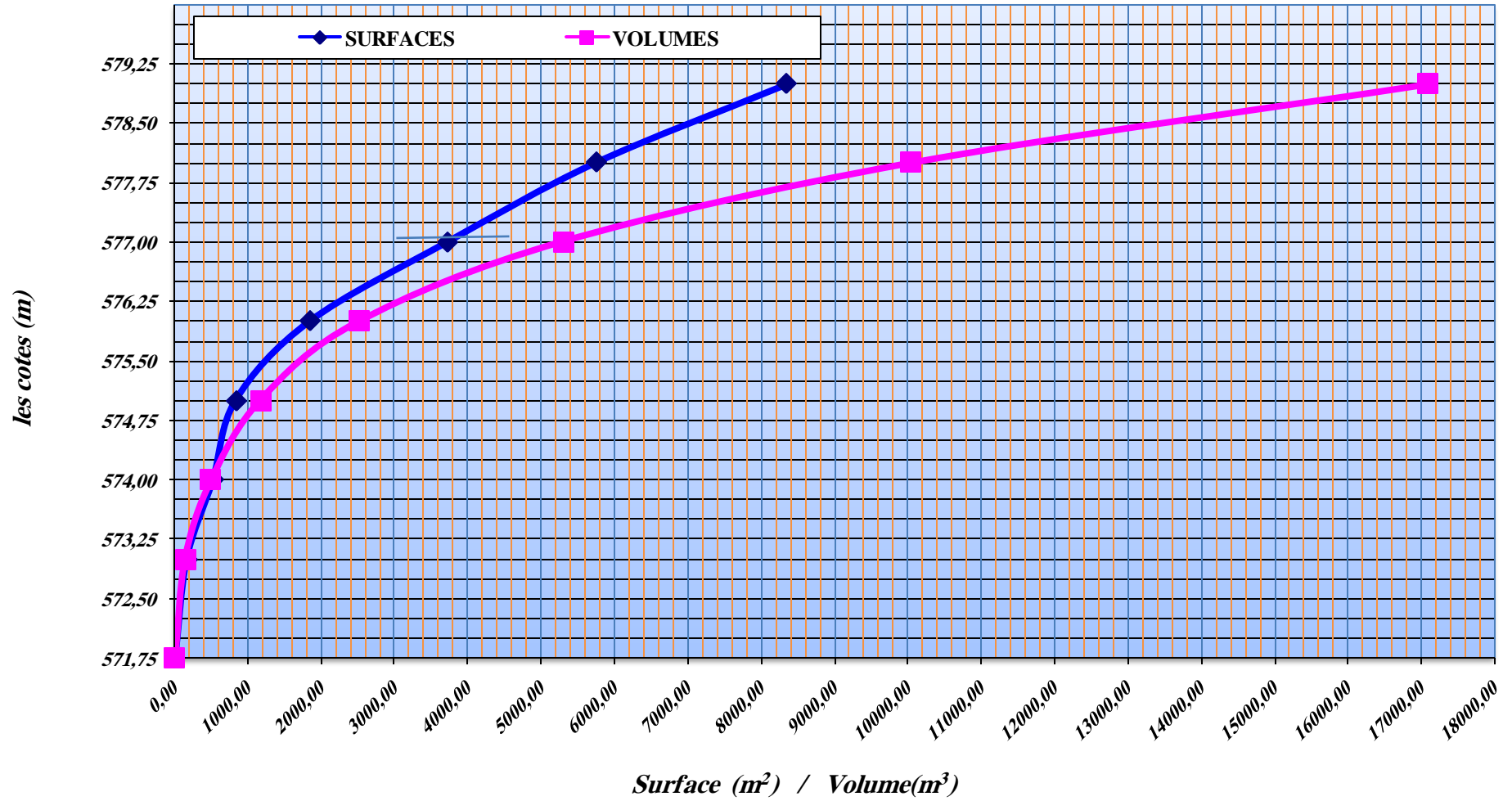


Tableau N°14 – Table De Régularisation

Mois	Temp.	Préc.		V Barrage	V Initial	Apport 80%	Infil.	Surface	Evaporation			Besoin en Irrigation			Volume des Pertes	Volume Restant	Volume Evacué	Volume Stocké	Volume Total
	(°C)	(mm)	P(%)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ²)	(%)	(mm)	(m ³)	(%)	(m ³ /ha)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Sept	24,20	22,3	6,86	4593,59	0,00	4593,59	434,81	3050	12	217,53	663,47	3,5	175	2100	3198,27	1395,32	0,00	1395,32	5988,91
Oct	18,20	27,3	8,39	7008,49	1395,32	5613,18	589,25	4000	7	126,89	507,57	1,7	85	1020	2116,82	4891,68	0,00	4891,68	10504,85
Nov	12,90	41,7	12,80	13455,33	4891,68	8563,65	712,80	5000	4	72,51	362,55	0,1	5	60	1135,35	12319,98	6697,16	5622,82	14186,48
Déc	9,23	39,9	12,26	20523,22	12319,98	8203,24	751,29	5100	3	54,38	277,35	0	0	0	1028,64	19494,58	13871,76	5622,82	13826,06
Janv	7,79	46,1	14,15	28965,44	19494,58	9470,86	854,41	5800	2	36,26	210,28	0	0	0	1064,69	27900,75	22277,93	5622,82	15093,68
Févr	9,58	35,6	10,94	35221,45	27900,75	7320,70	638,67	4800	4	72,51	348,05	0	0	0	986,72	34234,73	28611,91	5622,82	12943,52
Mars	11,30	38,9	11,96	42239,26	34234,73	8004,53	743,93	5050	5	90,64	457,72	4	200	2400	3601,64	38637,62	33014,80	5622,82	13627,35
Avr	13,70	30,4	9,33	44883,92	38637,62	6246,30	591,62	4150	7	126,89	526,60	9,6	480	5760	6878,23	38005,69	32382,87	5622,82	11869,12
Mai	17,20	23,8	7,30	42891,18	38005,69	4885,49	515,59	3500	10	181,28	634,46	16	800	9600	10750,05	32141,13	26518,31	5622,82	10508,31
Juin	22,60	5,1	1,56	33184,01	32141,13	1042,88	128,30	900	13	235,66	212,09	18	900	10800	11140,40	22043,61	16420,79	5622,82	6665,70
Juil	27,50	2,0	0,60	22445,14	22043,61	401,53	58,92	400	17	308,17	123,27	24,6	1230	14760	14942,19	7502,95	1880,13	5622,82	6024,35
Août	27,50	12,5	3,84	10072,46	7502,95	2569,51	279,89	1900	16	290,04	551,08	22,5	1125	13500	14330,97	0,00	0,00	0,00	2569,51

Total 17 325,53 66915,46 6299,49 1812,75 4874,5 5000 60000 71774.97

S. Irriguée (ha) 12
Hauteur (m) 577.1
Volume Utile (m³) 5622.82

2.3.7. LAMINAGE DES CRUES

2.3.7.1. INTRODUCTION ET DEFINITION

Le but du laminage de crues est de déterminer les dimensions optimales de l'évacuateur de crues afin d'éviter un coût élevé de l'ouvrage d'assurer la sécurité de la retenue.

Nous avons utilisé la méthode graphique simplifiée, de BRATRANEK, à partir de laquelle nous déduisons le débit à laminer :

$$X \% = \frac{V_1 - V_0}{V} \quad \text{et} \quad Y \% = \frac{Q_c - Q_e}{Q_c}.$$

V_1 : La capacité de la Retenue à la côte maximale lors de la crue ;

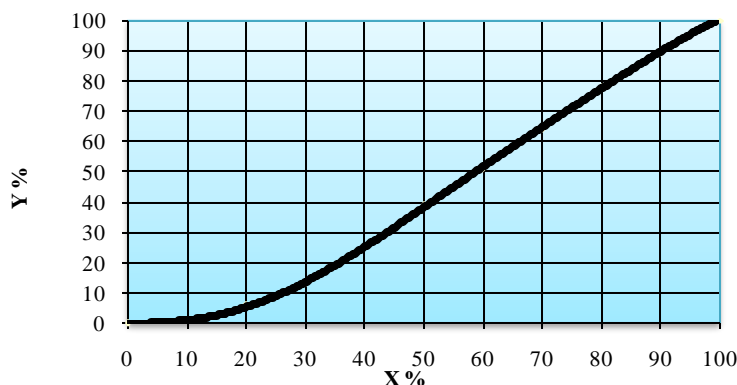
V_0 : La capacité de la Retenue à la côte normale des eaux ;

V : Volume de la crue (déterminé précédemment) ;

Q_c : Débit de pointe de crue venant d'amont ;

Q_e : Débit maximum qui déverse.

Fig. N°21 : La Courbe De Laminage (BRATRANEK)



2.3.7.2. LE DEVERSOIR

Le seuil du déversoir doit permettre l'évacuation de la lame d'eau comprise entre le niveau normal et les plus hautes eaux. Sa longueur est déterminée par :

$$L = \frac{Q_e}{m \times h^{1.5} \times \sqrt{2 \times g}}$$

m : coefficient de débit du déversoir, il est $m = 0,45$.

La longueur du déversoir est obtenue en fonction des lames d'eau à évacuer. Nous avons considéré la longueur correspondant à la hauteur déversant optimale.

Nous présentons dans le tableau suivant les valeurs de la longueur du seuil du déversoir en fonction du débit laminé et la hauteur déversante :

Tableau N°15 – Débit Laminé Et Longueur Du Déversoir

H₀	577,70	577,6	577,5	577,4	577,3	577,2	577,1	577,0	576,9	576,8	576,7
H₁	578,00	578,00	578,00	578,00	578,00	578,00	578,00	578,00	578,00	578,00	578,00
V₀	7988,05	7534,02	7105,79	6701,90	6320,96	5961,68	5622,82	5303,22	5001,79	4717,49	4449,35
V₁	9521,04	9521,04	9521,04	9521,04	9521,04	9521,04	9521,04	9521,04	9521,04	9521,04	9521,04
V	244948,63	244948,63	244948,63	244948,63	244948,63	244948,63	244948,63	244948,63	244948,63	244948,63	244948,63
X	0,63	0,81	0,99	1,15	1,31	1,45	1,59	1,72	1,84	1,96	2,07
Y	0,032	0,049	0,064	0,079	0,092	0,105	0,117	0,128	0,138	0,148	0,157
H	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
Q_{max}	20,17	20,17	20,17	20,17	20,17	20,17	20,17	20,17	20,17	20,17	20,17
Q_e	19,53	19,19	18,87	18,58	18,31	18,05	17,82	17,59	17,38	17,19	17,00
L	89,44	57,08	40,17	30,09	23,53	18,99	15,70	13,24	11,34	9,84	8,63

- ❖ Le débit laminé optimal est égal à : **$Q_e = 17,82 \text{ m}^3/\text{s}$**
- ❖ Le volume utile est égal à : **$V_0 = 5\,622,82 \text{ m}^3$**
- ❖ Le volume à la charge déversante maximale est égal à : **$V_1 = 9\,521,04 \text{ m}^3$**
- ❖ La charge au dessus du déversoir : **$H = 0,90 \text{ m}$**
- ❖ La largeur du déversoir : **$L = 16,00 \text{ m}$**

2.4. DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE LA DIGUE

2.4.1. CONCEPTION DE LA DIGUE

2.4.1.1. HAUTEUR DE LA DIGUE

La hauteur totale du barrage sera égale à la hauteur normale de la retenue des eaux majorée de la charge maximale au dessus du seuil du déversoir et de la revanche.

A) NIVEAU DE LA BASE DU BARRAGE

C'est le niveau de la base du barrage, il est de 1 m de profondeur du niveau de terrain Naturel après le décapage de la terre végétale. Sachant que la côte du terrain naturel au niveau du lit du Oued est à :

$$\underline{NTN = 571.75 \text{ m}}$$

Ainsi, la côte de la base de la Retenue est à :

$$\underline{NBR = 570.75 \text{ m}}$$

B) NIVEAU D'ENCRAGE DE LA DENT DE LA DIGUE

C'est le niveau de la base de la dent d'encrage profonde de 4 m au-dessous de la base du barrage. Ainsi ce niveau est à la côte :

$$\underline{NDE = 566.75 \text{ m}}$$

C) NIVEAU MORT DE LA RETENUE

L'apport solide unitaire étant égal à :

$$\underline{A_s = 16.34 \text{ m}^3 / \text{Km}^2 . \text{an},}$$

Le niveau mort correspond à 15 ans de service est égal à :

$$\underline{V_{15 \text{ ans}} = 1010.31 \text{ m}^3}$$

Le volume mort annuel correspond à la côte :

$$\underline{NMR = 574.80 \text{ m}.$$

D) NIVEAU DE LA CRETE

Le niveau de crête de la retenue correspond au niveau de la côte la plus élevée de la courbe caractéristique de la retenue.

$$\underline{NCR = 579.00 \text{ m}}$$

E) NIVEAU DES PLUS HAUTES EAUX

Il correspond au niveau de la crête de la retenue diminué de la revanche « R ». Celle-ci constitue une hauteur de sécurité, assurant le protège de l'ouvrage contre les élévations du niveau d'eau qui pourrait causer des risques de submersion.

$$\underline{NHE = NCR - R}$$

2.4.1.2. ESTIMATION DE LA REVANCHE

La revanche dépend de la hauteur des vagues qui se forment sur le plan d'eau et de la projection de l'eau vers le haut de la retenue due à la vitesse de propagation des vagues lorsque celles-ci rencontrent la retenue.

La revanche minimale R est donnée par la relation suivante :

$$R = 0,75 \times H_w + \frac{V^2}{2g} + H_s$$

H_w : représente le soulèvement par les vagues.

V : vitesse de propagation des vagues.

H_s : représente le soulèvement du plan d'eau.

A) HAUTEUR DES VAGUES

La hauteur des vagues est estimée par plusieurs formules empiriques.

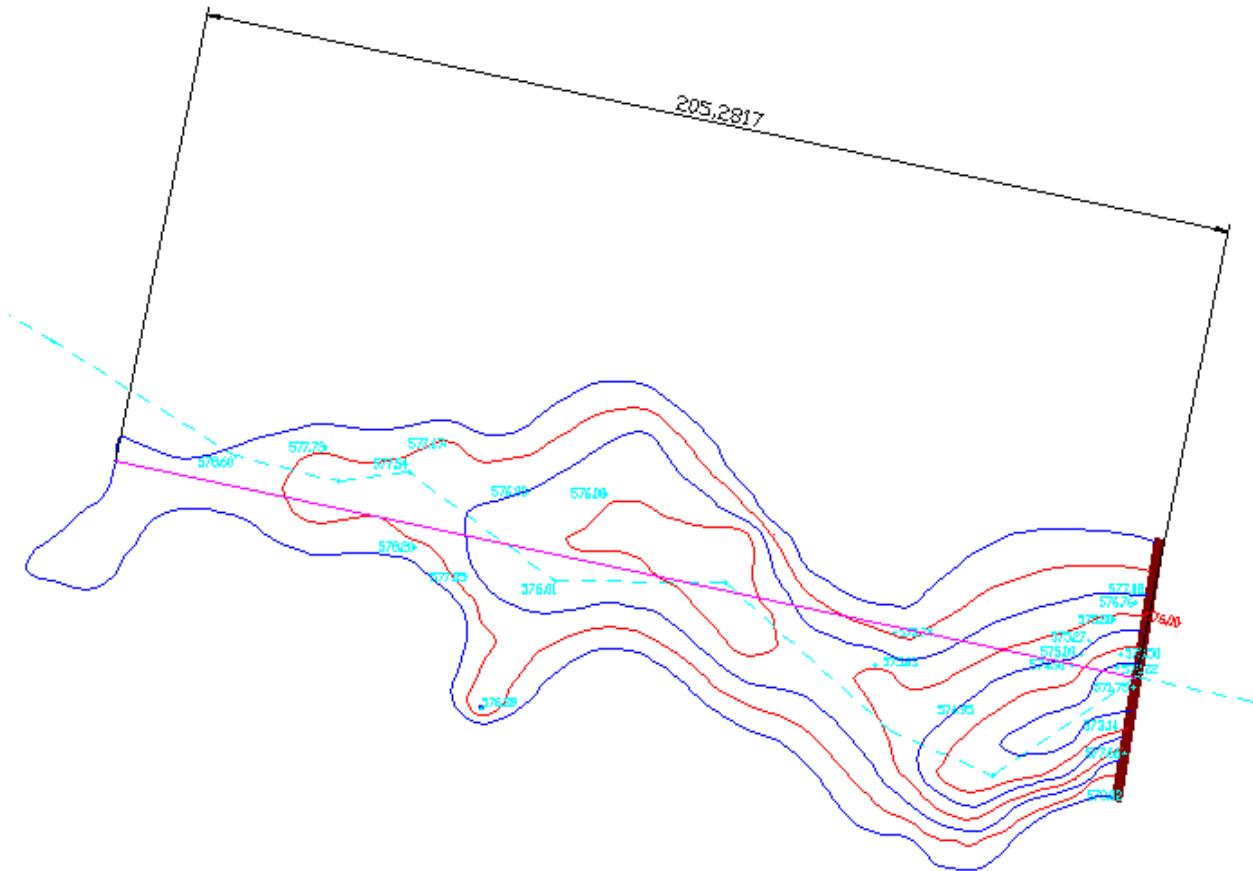
❖ FORMULE DE SVENSON

$$\text{Pour } F < 18 \text{ Km : } H_w = 0,75 + 0,34\sqrt{F} + 0,26\sqrt[4]{F}$$

$$\text{Pour } F > 18 \text{ Km : } H_w = 0,34 \times F$$

F [Km] : Fetch, longueur rectiligne perpendiculaire mesurée de l'axe de la digue au la ligne de la cuvette la plus éloignée (Fig. 23). Dans notre cas F est égal à 0,205 Km :

$$\underline{H_w = 1.08 \text{ m}}$$

Fig. N°22 – Ligne de Fetch

❖ FORMULE DE MOLITOR

Pour $F < 30$ Km : $H_w = 0,75 + 0,032\sqrt{UF} - 0,27\sqrt[4]{F}$

Pour $F > 30$ Km : $H_w = 0,32\sqrt{UF}$

$H_w = 0.61$ m

❖ FORMULE EMPIRIQUE

La hauteur des vagues peut être estimée aussi par la formule empirique suivante :

$$H_w = 0,005 \times (U)^{1,06} \times (F)^{0,47}$$

U (Km/h) : vitesse du vent, (a ce région les vents est : 9.18 km/h)

H_w (m) : hauteur des vagues.

$H_w = 0.025$ m

Soit une moyenne de hauteur des vagues égale à :

$H_w = 0.572$ m

B) SOULEVEMENT DU PLAN D'EAU

On peut le négliger car nous avons une retenue de petite superficie.

C) VITESSE DE PROPAGATION DES VAGUES

La vitesse des vagues est estimée par la relation de Gaillard :

$$V = 1,5 + 2 \times H_w$$

V (m/s) : vitesse de propagation des vagues

H_w (m) : hauteur des vagues

$$\underline{V = 2.64 \text{ m/s}}$$

La revanche sera augmentée d'une hauteur de sécurité de H_{sec} de **0,50 m**.

Donc, R est égale à :

$$\underline{R = 1.30 \text{ m}}$$

Le niveau des plus hautes eaux, est égale à :

$$\underline{NHE = 577.70 \text{ m}}$$

2.4.1.3. NIVEAU NORMAL DE LA RETENUE

Il est calculé compte tenu de la capacité utile à stocker majorée par la tranche morte éventuellement prévue au fond de la retenue pour emmagasiner les dépôts solides. Elle correspond au volume engendré par la cote des plus hautes eaux diminuée de la charge (H) sur le déversoir, celle-ci, selon la régularisation, est de **0.90 m**.

$$NNR = NHE - H$$

$$\underline{NNR = 577.1 \text{ m}}$$

2.4.1.4. HAUTEUR DE LA DIGUE

La hauteur de la digue de la retenue à partir du terrain naturel, est de :

$$\underline{H = 7.25 \text{ m}}$$

La hauteur de la digue à partir de sa base, est de :

$$\underline{H = 8.25 \text{ m}}$$

La hauteur de la digue à partir de la dent d'encrage, est de :

$$\underline{H = 12.25 \text{ m}}$$

2.4.1.5. LONGUEUR DE LA DIGUE

La longueur total de la digue est égale à: $\underline{L_R = 40 \text{ m}}$

2.4.2. ETUDE DES TALUS

2.4.2.1. PRE DIMENSIONNEMENT DES TALUS

D'après les recommandations faites sur les barrages en Terre, si la digue est en matériaux argileux homogènes, le talus amont aura une pente de 1/3 et le talus aval aura une pente de 1/2,5. Alors que si la digue est conçue avec un noyau central, le talus amont aura une pente de 1/ 2.5 et le talus aval 1/2.5.

2.4.2.2. PROTECTION DES TALUS

Le parement amont sera protégé par des enrochements contre le batillage des vagues. C'est le matériau le plus couramment utilisé pour la protection du talus amont. Quant au parement aval, il sera protégé par la végétation contre les eaux de ruissellement pluviales. Par ailleurs, des caniveaux seront prévus sur la crête et sur les deux rives de la digue pour collecter les eaux pluviales et les évacuer dans l'oued ou la cuvette.

A) TALUS AVAL

Le talus aval peut être protégé contre l'érosion par un enherbement qui doit être réalisé immédiatement après l'achèvement des travaux de terrassement, en ayant soin de couvrir le parement d'une couche végétale de 5 à 10 cm d'épaisseur.

B) TALUS AMONT

Le talus amont est protégé par une couche d'enrochement dont l'épaisseur est déterminée par la hauteur des vagues, et de leurs vitesses de propagation. Cette épaisseur (e) peut être obtenue par la formule suivante :

$$e = C \times V^2$$

V : vitesse des vagues en (m/s), $V = 2.64$ m/s.

C : Coefficient dépendant de la pente du talus (m) et du poids spécifique (θ) de du matériau d'enrochement : ($\gamma P = 2,65 \text{ g/cm}^2$), La valeur de «C » est donnée par le tableau N°20.

(Pour $m = 3$ et $\theta = 2,65 \text{ t/m}^3$, $C = 0,025$).

Tableau N°16 - Valeur Du C Pour Différentes Poids Spécifiques

Pente du talus	Valeur de C		
	$\gamma_P = 2,5$	$\gamma_P = 2,65$	$\gamma_P = 2,80$
$\frac{1}{4}$	0,027	0,024	0,022
$\frac{1}{3}$	0,028	0,025	0,023
$\frac{1}{2}$	0,03	0,028	0,026
$1/1.5$	0,036	0,028	0,03
$1/1$	0,047	0,041	0,038

$$e = 17.4 \text{ cm}$$

On prendra une couche d'encrochement de $e = 20 \text{ cm}$.

2.4.2.3. LARGEUR DE LA CRETE

La largeur de la crête du barrage doit être assez large pour :

- ❖ Qu'il n'y ait pas de circulation d'eau dans le barrage, près de son couronnement, lorsque la retenue est pleine.
- ❖ Permettre la circulation des engins pour la finition de l'ouvrage, et ultérieurement pour son entretien.
- ❖ Permettre la communication entre les deux rives du barrage et surtout pour les fellahs de la région.

Pratiquement la largeur de la crête « L » est supérieure à 3 m et si la hauteur $H > 9 \text{ m}$, alors $L = H/3$. D'autres formules empiriques peuvent être utilisées, pour la détermination de la largeur de crête :

- ❖ $L = 1,65 \times H^{0,5}$;
- ❖ $L = 3,6 \times H^{1/3} - 3$;
- ❖ $L = 1,1 \times H^{0,5} + 1$.

La largeur de la crête de la retenue sera de l'ordre de :

$$L = 4 \text{ m}$$

2.4.2.4. LARGEUR DE LA BASE

La base de la retenue sera d'une largeur égale à :

$$L_B = 40 \text{ m}$$

2.5. OUVRAGES ANNEXES

2.5.1. EVACUATEUR DE CRUE LATERAL EN BETON

Un barrage, s'il retient l'écoulement, doit aussi conserver la faculté d'évacuer les crues exceptionnelles. Mais il faut que cette évacuation ait lieu sans que la lame d'eau ne le submerge car il aurait toute chance d'être gravement endommagé ou détruit. On prévoit alors un organe d'évacuation à fonctionnement automatique appelé évacuateur de crues.

Cet ouvrage est composé des organes suivants :

- ❖ Déversoir,
- ❖ Chenal de transition,
- ❖ Coursier,
- ❖ Bassin d'amortissement,
- ❖ Canal de fuite.

2.5.1.1. DEVERSOIR

- ❖ Longueur déversante : $L_{dev} = 16.00$ m,
- ❖ Charge sur le déversoir : $H_{dev} = 0.90$ m,
- ❖ Largeur du déversoir : $B = 4.00$ m,
- ❖ Pente : $I = 4.67$ %,
- ❖ Débit laminé : $Q_{dev} = 17,82$ m³/s.

2.5.1.2. CANAL DE TRANSITION

C'est un organe de pente faible maintenant un écoulement permanent, permettant le contournement de la digue dans les meilleures conditions de sécurité, il permet le passage de l'écoulement du régime fluvial vers le régime torrentiel caractérisant le coursier.

- ❖ Longueur du Canal : $L = 12,00$ m,
- ❖ Largeur du canal : $B = 7,00$ m,
- ❖ Pente : $I = 0,20$ %.

2.5.1.3. COURSIER

Le coursier permet d'acheminer l'écoulement d'une crue de l'amont vers l'aval de la retenue, sa longueur et sa perte dépendant de la configuration topographique du terrain, et des disponibilités de raccordement au cours d'eau original.

- ❖ Longueur du Canal : $L = 15.00 \text{ m}$,
- ❖ Largeur du canal : $B = 4,00 \text{ m}$,
- ❖ Pente : $I = 12,80 \%$,
- ❖ Canal rectangulaire.

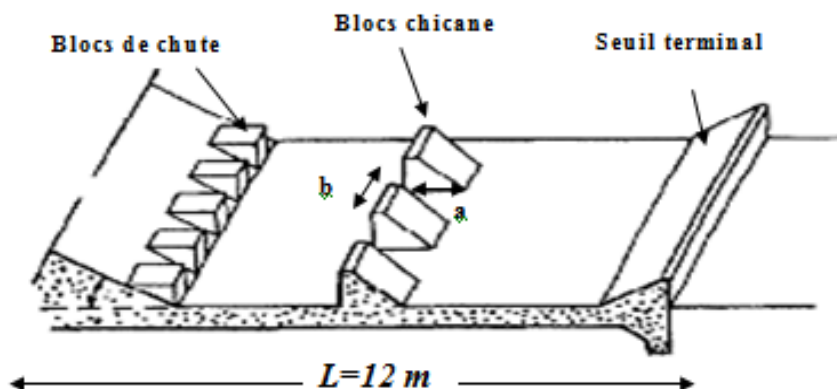
2.5.1.4. BASSIN D'AMORTISSEMENT

Les bassins d'amortissement sont des structures chargées d'alléger l'importante énergie que l'eau acquiert dans sa chute.

Le saut a lieu lors de l'union de deux régimes d'écoulement: l'un d'arrivée torrentielle et l'autre de sortie sub-critique.

- ❖ Longueur du bassin : $L = 12.00 \text{ m}$.
- ❖ Largeur du bassin : $B = 8,50 \text{ m}$.

Fig. N°23- Bassin Dissipation



2.5.1.5. CANAL DE FUITE

C'est un canal de forme rectangulaire de faible pente, d'une distance qui se chargera de restituer au cours d'eau original sans risque d'affouillement.

- ❖ Longueur du Canal : $L = 12.36 \text{ m}$,
- ❖ Largeur du canal : $B = 4,00 \text{ m}$,
- ❖ Pente : $I = 1,00 \%$.

2.5.2. PRISE D'EAU ET CONDUITE DE VIDANGE DE FOND

La prise d'eau et la vidange de fond sont réunies dans un même ouvrage situé au pied amont de la digue sur la rive gauche. Il est équipé de :

- ❖ Vanne d'entrée de la prise d'eau (chambre immergée).
- ❖ Conduite forcée de vidange de fond.
- ❖ Vanne de sortie (vanne robinet) contenant trois, robinets l'un pour la prise d'eau, l'autre pour la vidange et le dernier de secours.
- ❖ Bassin d'amortissement pour dissiper l'énergie provenant en temps de vidange de Fond de la retenue.
- ❖ Canal d'évacuation.

2.5.2.1. TOUR DE PRISE

Elle est de forme cylindrique présentant deux sections différentes, une section de 2,00 m de hauteur et de diamètre externe de 2,60 m et une section de 7,70 m de hauteur de diamètre externe 2,40 m. Le diamètre intérieur est constant 2,00 m.

Nous avons prévu une vanne de vidange de dimension 1,00 x 1,00 m.

Nous avons prévu aussi une conduite de prise d'eau de diamètre 800 mm menée d'un coude dans sa partie basse qui la reliera à la conduite de service passant par la conduite de vidange dans sa partie supérieure.

Le niveau de prises d'eau est à partir de NMR 574.80 m.

2.5.2.2. CONDUITE DE VIDANGE

La conduite forcée de vidange a un diamètre intérieur de 400 mm sur longueur totale de 33.66 m. La pente du radier de la conduite est de 1% et le débit est de l'ordre 0,64 m³/s.

Le niveau de vidange est à partir de la cote de NMR 574.80 m.

2.5.2.3. CHAMBRE DE MANŒUVRE

C'est une chambre en béton à l'extérieur de la conduite de vidange dans sa partie supérieure, de 3,10 m de longueur et 2.00 m de largeur.

Trois vannes seront installées sur la conduite de prise de diamètre 400 mm, vanne de garde, vanne d'exploitation pour des fins d'irrigation et une vanne sera utilisé lors de la vidange complète de la retenue.

2.5.2.4. BASSIN D'AMORTISSEMENT DE LA VIDANGE

Les dimensions de ce bassin sont reliées au profil de terrain naturel :

- ❖ Débit de vidange $Q = 0,63 \text{ m}^3/\text{s}$; Diamètre de la conduite $D = 400 \text{ mm}$.
- ❖ $b =$ largeur du bassin d'amortissement, $b = D + 2 \times 0,43 = 1,30 \text{ m}$.
- ❖ $L =$ longueur de bassin d'amortissement, $L = 11,50 \times 0,43 = 5,00 \text{ m}$.
- ❖ $h =$ hauteur d'eau dans le bassin, $h = 1,1 (D + 2 \times 0,43) = 1,40 \text{ m}$.

CHAPITRE 03

ETUDE ECONOMIQUE

3.1. INTRODUCTION

L'étude économique est une partie décisive dans les études des ouvrages d'art en général, et les retenues collinaires en particulier.

Pour les retenues collinaires, l'estimation financière repose sur son facteur économique indiquant sa rentabilité ou non.

Dans le cas où son impact économique est appréciable, on détermine son coût de réalisation.

3.2. FACTEUR ECONOMIQUE DE L'OUVRAGE

Le coefficient d'efficacité représente la clef maitresse de la réalisation ou pas de notre retenue collinaire. Il permet d'apprécier l'intérêt économique et le taux de rentabilité de l'ouvrage. Il est égal au volume utile mobilisé par la retenue sur le volume du remblai de la digue.

Le volume du remblai pré calculé est de l'ordre de :

$$\underline{V_R = 2\,997.00\ m^3}$$

Le coefficient d'efficacité est donc de :

$$\underline{E = 1.87}$$

Ainsi, selon cette évaluation de l'ouvrage, nous estimerons que celui-ci doit être réalisé vu son intérêt économique.

3.3. ESTIMATION GROSSIERE DU COUT DE L'OUVRAGE

Nous avons dans cette partie effectuée une estimation grossière du coût de notre retenue collinaire de type remblai homogène.

L'estimation du coût de l'ouvrage se compose de deux parties, en l'occurrence la partie du corps de la digue et les ouvrages annexes.

Nous résumons dans le tableau suivant l'estimation du coût globale de l'ouvrage.

Tableau N°17 – Estimation Grossière Du Coût De La Retenue

N°	Désignation	Montant	N°	Désignation	Montant
Remblais de la digue			Ouvrages Annexes		
1	Terrassement	1 270 000,00	1	Evacuateur de crues	9 000 000,00
2	Corps de la Digue		2	Canaux dérivation et d'entrée	280 000,00
2.01	Remblais	2 100 000,00	4	Tour de Prise	2 000 000,00
2.02	Drainage	220 000,00	5	Conduite Forcée	470 000,00
2.03	Talus	760 000,00	6	Chambre de Vannes	750 000,00
2.04	Crête	60 000,00	7	Bassin d'Amortissement	560 000,00
TOTAL		4 410 000,00	TOTAL		13 060 000,00
TOTAL					17 470 000,00

Ainsi, le coût global grossier de la retenue est de l'ordre de : *Dix Sept Millions Quatre Cent Soixante Dix Mille Dinars, 00 Cts.*

Le devis de réalisation de la retenue est décrit en détail dans la partie annexe.

3.4. CONCLUSION

Vue la valeur de facteur économique E est inférieure à 5 et l'étude détaillée des différents organes de notre retenue collinaire de Ténira estimée grossièrement au alentour de douze millions de dinar algérienne.

En plus, la géotechnique a montrée l'existence de quantité suffisante permettant la réalisation d'une retenue homogène.

Donc le dimensionnement que nous avons établi pour notre retenue collinaire de Ténira s'est avéré économiquement réalisable.

CHAPITRE 04
ORGANISATION DU CHANTIER

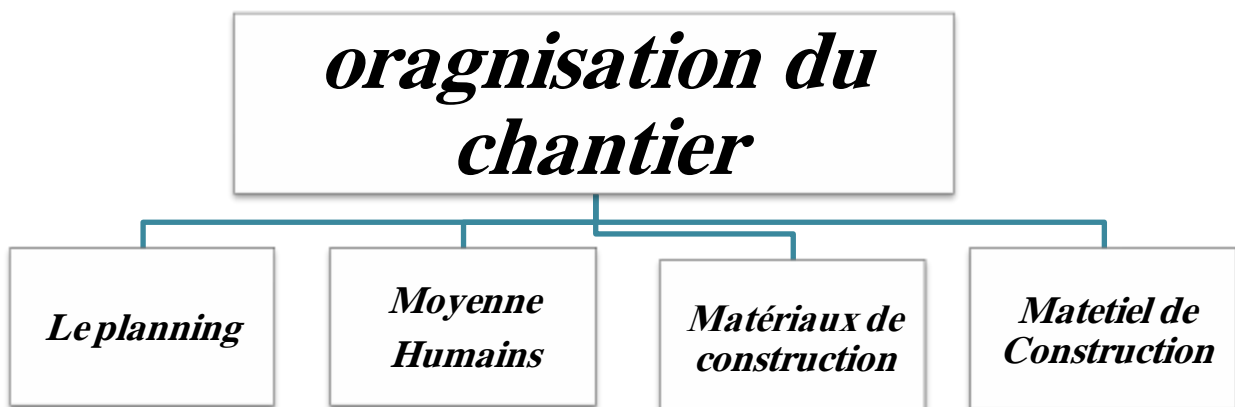
4.1. INTRODUCTION

L'organisation de chantier consiste à déterminer et à coordonner la mise en œuvre des moyens nécessaires pour accomplir dans les meilleures conditions possibles les travaux à exécuter. Pour cela il faut toujours commencer par une étude théorique et ensuite la partie pratique. Dans la première on détermine le temps de réalisation avec précision, le matériel à utiliser, la main d'œuvre nécessaire et les matériaux de construction nécessaires. Dans la deuxième partie on passe à l'exécution des travaux sur terrain.

Les principes de base observés dans l'organisation de chantier sont :

- ❖ Mécanisation du chantier à un degré maximal et l'utilisation d'un matériel efficace et d'un personnel hautement qualifié.
- ❖ Coordination des différentes phases de construction à en matière de simultanéité des travaux sur quelques sous chantier pour accélérer la réalisation. [4]

Fig. N°24 - L'organigramme D'organisation Du Chantier



4.2. LE PLANNING

C'est un calendrier donnant aux différents intervenants dans la réalisation du projet, les échéances de déroulement des phases de l'ouvrage d'art de son installation jusqu'à son repli.

4.2.1. INSTALLATIONS DU CHANTIER

C'est la première étape de réalisation, elle concerne la préparation du chantier par :

- ❖ Plaques de définition du projet ;
- ❖ Différents plaques de signalisation, d'indication, d'accès, de circulation ...etc. ;
- ❖ Installations destinées au personnel (dortoirs, vestiaires, réfectoires ...etc.) ;
- ❖ Installation des locaux (Bureaux, salle de réunion, Laboratoire ... etc.) ;
- ❖ Installations destinées au stockage des matériaux ;
- ❖ Installations destinées aux engins et les véhicules (parkings) ;
- ❖ Installations destinées à la réparation des engins ;
- ❖ Installations pour la préfabrication ;
- ❖ ...etc.

4.2.2. LES ETAPES DE REALISATION

Les travaux de construction doivent suivre un planning d'exécution bien étudié afin de gérer la construction et de respecter le plus possible les délais de réalisation. On peut résumer la succession des travaux dans les étapes suivant :

4.2.2.1. TRAVAUX PREPARATOIRES

- ❖ Etude de conception détaillée ;
- ❖ Implantation du barrage ;
- ❖ Aménagement des points d'eau ;
- ❖ Aménagement des gisements (argile, sable et gravier) ;
- ❖ Préparation de la cuvette ;
- ❖ Préparation des zones d'emprunt ;
- ❖ Installation de la centrale à béton ...etc.

4.2.2.2. EXECUTIONS DES TRAVAUX

- ❖ Réalisation de la clé d'étanchéité ou du rideau d'injection ;
- ❖ Traitement des fondations rocheuses si nécessaire ;
- ❖ Mise en place des conduites de prise et de vidange ;
- ❖ Drainage de fondation s'il y a des venues d'eau ;
- ❖ Exécution du prisme de drainage ;
- ❖ Construction du remblai et exécution des drains ;
- ❖ Génie civil des ouvrages de prise et de restitution ;
- ❖ Génie civil de l'évacuateur de crues ;
- ❖ Réalisation des protections des talus ;
- ❖ Installation et tests des équipements hydrauliques ...etc.

4.2.2.3. TRAVAUX DE FINITION

- ❖ Nettoyage de chantier ;
- ❖ Fermeture des zones d'emprunt ;
- ❖ Revêtement de la crête et des routes d'accès ;
- ❖ Mises-en eau du chantier ;
- ❖ Replie du projet ;
- ❖ Equipement divers et travaux d'aménagement des abords ...etc.

4.3. MOYENS HUMAINS

Les moyens humains sont la clef de la bonne réalisation et gestion du projet, nous donnons ci-dessous les rôles des différentes personnes amenées à intervenir dans l'acte de construction.

4.3.1. LE MAITRE DE L'OUVRAGE

C'est une personne physique ou morale pour lequel sont exécutés les travaux. Son rôle est de définir le but à atteindre (programme), d'organiser un financement, de passer et de régler les marchés des travaux. Après la réception des ouvrages, il en est le propriétaire et parfois le gestionnaire.

4.3.2. LE MAITRE D'ŒUVRE

C'est une personne physique ou morale, chargée par le maître de l'ouvrage d'étudier et de suivre l'ouvrage, d'établir le dossier de consultation des entreprises, d'assister le maître d'ouvrage dans le dépouillement des offres, de contrôler l'exécution des travaux et de proposer leur réception et leur règlement, après en avoir établi le décompte.

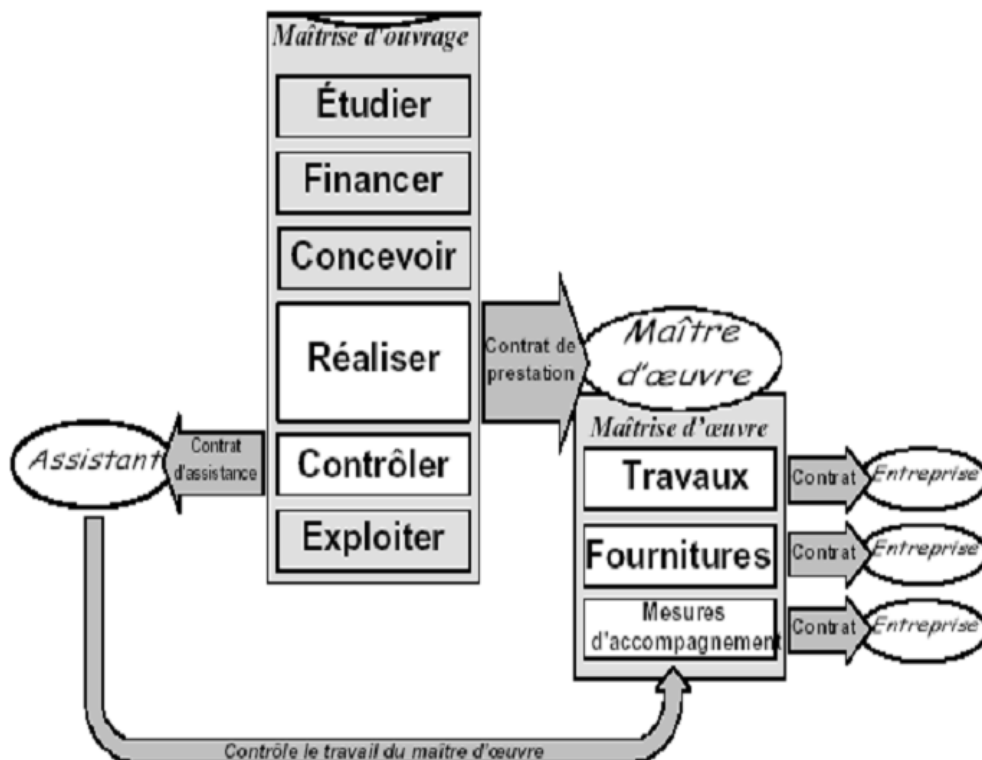
Pour le cas d'un barrage, le maître d'œuvre est souvent chargé, en outre d'interpréter son osculation jusqu'à l'achèvement de la phase de la mise en eau et de régler le rapport de la première mise en eau.

4.3.3. L'ENTREPRENEUR

Personne physique ou morale, titulaire d'un marché de travaux conclu avec le maître d'ouvrage, chargée de l'exécution des travaux et, parfois, de la conception détaillée des ouvrages.

L'entrepreneur est responsable du chantier et de l'ouvrage en cours de construction tant que celui-ci n'a pas été réceptionné. Le lien contractuel entre les acteurs traditionnels d'un chantier se résume par la Fig. N°25.

Fig. N°25 - Lien contractuel entre les acteurs d'un chantier






4.4. MOYENS MATERIELS



Dans une retenue collinaire, plusieurs matériels lourds et légers interviennent dans sa réalisation, en l'occurrence, le matériel de terrassement, de remblaiement et déblaiement, d'arrosage, de compactage, nivellement ...etc.

Dans le tableau ci-dessous nous avons essayé de mentionner les moyens matériels intervenant dans la réalisation de la retenue collinaire.

Tableau N° 18 – Les Engins Utilisés Dans Le Chantier

Le nom	Le rôle d'utilisation
<p>décapeuse</p>	<ul style="list-style-type: none"> - pour l'arasement des sols 
<p>Chargeur</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les chargeurs : ce sont des tracteurs sur lesquels on monte à l'avant deux bras articulés, actionnés par des vérins et porte un godet. 
<p>Pelle</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pour l'extraction des alluvions. 

<p>Bulldozer</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pour l'exécution des déblais et des remblais. 	
<p>Compacteur à Pneu</p>	<ul style="list-style-type: none"> - pour compacter les terrains 	
<p>Les compacteurs à rouleaux vibrant</p>	<ul style="list-style-type: none"> - pour le compactage des matériaux à angle de frottement élevé, tels les enrochements ou les sables à granulométrie serrée. 	
<p>Ripper</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pour les terrains semi- durs. 	
<p>Niveleuse</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La niveleuse en plus de son travail de terrassement pour le réglage 	

Centrale à béton	<ul style="list-style-type: none"> - Pour la préparation du béton. 	
Camion Benne	<ul style="list-style-type: none"> - Pour le transport des terres 	
Camion citerne	<ul style="list-style-type: none"> - Pour humectage 	

4.5. LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Pour la réalisation d'une retenue collinaire, plusieurs matériaux sont utilisés :

- ❖ Les matériaux rocheux :
 - matériaux rocheux pour béton (granulats et sable).
 - matériaux pour enrochements (les talus).
 - matériaux rocheux pour filtres et drains.
- ❖ Les matériaux fins : principalement l'argile pour la construction du corps de la digue (retenue homogène).
- ❖ En plus le ciment et les bars de fer pour la composition complète de béton.
- ❖ ...etc.

CONCLUSION

CONCLUSION

Par notre affection aux retenues collinaires, qui sont des ouvrages à plusieurs fins ; tel que le stockage, l'alimentation en eau potable, l'irrigation ...etc. Nous nous sommes intéressés à l'étude détaillée de la Retenue Collinaire de Ténira, localisée dans une région steppique au Sud de la wilaya de Sidi Belabbès.

La Retenue Collinaire de Ténira est destinée à l'irrigation de 12 ha, elle est conditionnée par un climat pluvieux en hiver ($P_{\text{moy}} = 46.1 \text{ mm}$), et chaud en été avec une température de 27.5°C , et une évaporation de 308.17 mm, nécessitant un stockage d'eau pour la moyenne et petite hydraulique.

Le dimensionnement de notre retenue nécessite l'étude de plusieurs paramètres en l'occurrence :

L'étude géologique, hydrologique et géotechnique donnant indication sur la nature des sols et de la fondation de notre retenue en déterminant essentiellement le degré d'imperméabilité qui égale à $5.5 \cdot 10^{-8}$, impliquant qu'elle est imperméable.

L'étude topographique permettant l'identification du relief de la cuvette de notre retenue, primordiale pour le dimensionnement de la digue et ses ouvrages annexes.

L'analyse climatologique permettant principalement de quantifier la lame d'eau précipitée et celle évaporée d'une part, et le régime des vents indiquant la hauteur de la houle dans la cuvette de la retenue de Ténira, d'autre part.

Les études suscitées, sont la base de la détermination des paramètres hydrologiques en particulier l'apport liquide ($A_0 = 167\,830,02 \text{ m}^3/\text{an}$) et l'apport solide ($A_s = 67.35 \text{ m}^3/\text{an}$), des données principales pour la régularisation de la Retenue Collinaire de Ténira, celle-ci nous a permis en fonction des conditions topographiques d'avoir une retenue collinaire de :

- ❖ Hauteur de la digue à partir de la dent d'encrage est : 12.25 m.
- ❖ Hauteur de la digue à partir de la base du barrage : 8.25 m.
- ❖ Hauteur de la digue à partir de niveau du sol : 7.25 m.
- ❖ Hauteur de niveau mort par rapport au sol : 3.05 m régularisant un volume de 1010.31 m³/ans de boues au bout de 15 ans.
- ❖ Hauteur du niveau normal par rapport au niveau mort : 2.3 m.
- ❖ Hauteur du niveau déversant maximal des eaux : 0.9 m.
- ❖ La revanche de la crête : 1.3 m.

En plus une étude hydrotechnique a permis de donner les caractéristiques de la digue de la retenue ; dont la longueur et la largeur de la crête sont respectivement de 40 m et de 4 m, la pente du talus amont est de 1/3 et celui aval est de 1/2.5 donnant une base maximale au niveau de l'axe de l'Oued de 40 m de large.

Egalement, notre retenue est composée génie civilement par des ouvrages annexes ; évacuateur de crue avec un déversoir de 16 m longueur, une tour de prise de 7.70 m, une vidange de fond de 400 mm diamètre.

Suite au dimensionnement, nous avons élaboré une étude économique et financière donnant un clair intérêt de faisabilité économique ($E=1.87$ inférieur à 5) et en montant financier favorable à la réalisation de l'ouvrage que nous avons dimensionné.

En concordance avec l'étude économique nous avons jugé utile d'indiquer la démarche à suivre pour l'organisation d'un tel chantier colossal comme celui de la retenue collinaire de Ténira.

Enfin, l'étude d'une Retenue Collinaire permet de virer sur tout le domaine de l'hydraulique, de l'environnement et même de l'économie. C'est la première étude de ce genre à l'Université de Ghardaïa, fruit de nos efforts le long de plusieurs mois, de notre volonté et de l'objectif à fournir une référence de base pour toute étude de Retenue Collinaire, au niveau de l'Université de Ghardaïa, par ce modeste et humble travail.

ANNEXES

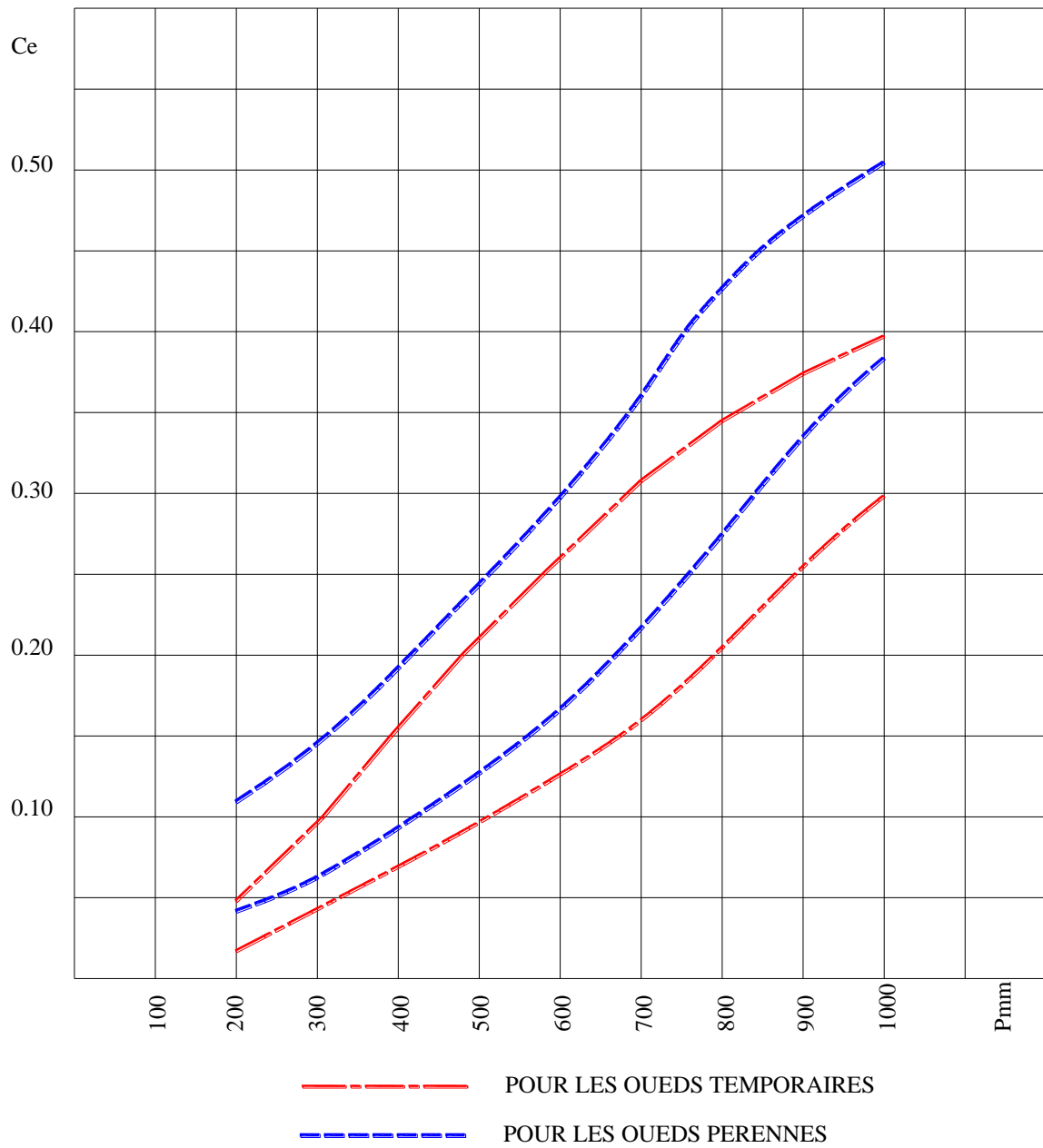
ANNEXES

ANNEXE N°01 - Classification Du Coefficient De Ruissellement Selon L'ANRH

Catégorie des sols	Appellation des sols	Pj Max (mm)	Surface des bassins versants (en km ²)				
			<0,1	>0,1 <2,0	>2,0 <10,0	>10,0 <100,0	>100,0
1	Asphaltes, roches non fissurées, béton	---	1	1	1	1	1
2	Sols argileux gras, croûtes et sols encroûtés	>0,8	0,8	0,7	0,65	0,65	0,6
		81 – 150	0,9	0,85	0,8	0,8	0,8
		151 – 200	0,95	0,9	0,9	0,9	0,9
		>200	0,95	0,95	0,95	0,9	0,9
3	Sols argileux, sols forestiers d'argile grise, sols argileux gris et lourds	>0,8	0,7	0,6	<u>0,55</u>	0,55	0,45
		81 – 100	0,8	0,75	0,7	0,65	0,65
		101 – 150	0,85	0,8	0,75	0,65	0,65
		151 – 200	0,85	0,85	0,8	0,7	0,7
4	Sols châtaîns lœss, sols carbonatés	>0,8	0,55	0,45	0,4	0,35	0,3
		81 – 150	0,65	0,55	0,5	0,45	0,4
		151 – 200	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55
		>200	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
5	Limons sableux, sols marrons et gris marrons des zones steppiques et désertiques, sols gris limoneux – sableux.	>0,8	0,35	0,28	0,2	0,2	0,15
		80 – 150	0,45	0,35	0,25	0,25	0,2
		151 – 200	0,55	0,45	0,4	0,35	0,3
		>200	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4

ANNEXES

6	Sols sableux, graviers, sols à roches friables	-	0,25	0,2	0,15	0,1	0,1
---	--	---	------	-----	------	-----	-----

ANNEXE N°02 – Courbe De Coefficient d'Ecoulement

**ANNEXE N° 03 - Intensité Du Processus D'érosion Avec Le Coefficient
D'érodabilité**

Catégorie de destruction	Intensité du processus d'érosion dans le lit et sur le bassin versant	Coefficient d'érodabilité Z	Valeur moyenne du coefficient Z	Débit solide spécifique m ³ / Km ² .an
I	Erosion excessive	1.01 à 1.50 et au delà	1.25	< 3000
II	Erosion forte	0.71 à 1.00	0.85	1500 à 3000
III	Erosion moyenne	0.41 à 0.70	0.55	1000 à 1500
IV	Erosion faible	0.20 à 0.40	0.30	500 à 1000
V	Erosion très faible	0.01 à 0.19	0.10	0 à 500
VI	Retenues	0.00	0.00	0.00

ANNEXE N°04 - Tableau Récapitulatif Des Résultats De Laboratoire

for.	EChan.	PROF	W	γ_h	γ_s	CaCo3	<i>Limites consistance</i>			<i>TAMISAGE SEDIM.</i>			<i>PROCTOR</i>			<i>CISAILL. DIRECT UU</i>		<i>CONSOLIDATION OEDOMETRIQUE</i>			<i>CLASS</i>
							LL	LP	IP	G	S	F	ϵ	Cu	Rc	φ°	Cu	P'o	P'c	CC	
n°	N°	(m)	%	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	%	%	%	Kg/cm ²	Kg/cm ²		Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²			
f1		0.00 4.00	8.32	1.470	2.667	12.7	21.60	12.80	8.30	22.70	43.03	34.27									sm
f2		0.00 4.00	7.65	1.489	2.671	22.0				20.49	41.66	37.64									sm
f3		0.00 4.00	6.23	1.436	2.687	14.0	30.45	16.74	13.71	12.06	18.39	69.54				23	0.68				cl
f4		0.00 4.00	5.41	1.592	2.664	24.0				23.89	53.07	23.04									sm

ANNAXE N° 05 - Séries Pluviométrie

Précipitations Moyennes Mensuelles

STATION	CODE	X	Y	ANNEE	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
TENIRA	110504	205,5	196,2	1990	43,8	28,7	33,1	49,2	51	56,3	144,6	1,5	11,7	0	0,5	7,2
TENIRA	110504	205,5	196,2	1991	14,7	22,5	26,2	24,8	22,1	13,1	74,3	40,9	59,8	20,3	1,6	0
TENIRA	110504	205,5	196,2	1992	0,2	11,6	14,9	16,5	1,7	45	16,3	41,7	29,6	0	0	9,5
TENIRA	110504	205,5	196,2	1993	20,3	18,4	39,5	20,5	68,6	23,7	1,9	33,9	6,2	0,5	6,4	0
TENIRA	110504	205,5	196,2	1994	73,7	14,3	42,8	0	28,3	30,3	85,4	0	0	2,9	0	2,6
TENIRA	110504	205,5	196,2	1995	10,3	22,1	15,6	41,3	66,1	101,4	58,1	84,3	28,3	27,7	6,2	6,3
TENIRA	110504	205,5	196,2	1996	18,1	11,8	2,8	38,7	64,5	0,5	0	44,9	14	1,4	5	65
TENIRA	110504	205,5	196,2	1997	53,9	14,4	52,9	53,4	11,1	35,3	16,2	23,6	42,9	0	4,4	9,7
TENIRA	110504	205,5	196,2	1998	4,4	4	23,8	14	65,9	57,2	70,4	0	0	0,5	0	3,5
TENIRA	110504	205,5	196,2	1999	42,5	22,6	50,7	125,6	0,5	0	9	15,3	19,8	0	0	2,5
TENIRA	110504	205,5	196,2	2000	20,5	86,7	62,4	19,1	114,5	51,7	5,4	19,2	11,1	0	0,4	0
TENIRA	110504	205,5	196,2	2001	20,5	28,2	106,2	36,8	2,5	4,9	21,7	61,3	47,8	0,5	0	10,3
TENIRA	110504	205,5	196,2	2002	0,5	23,9	72,6	20	135,3	77,9	31,4	28,7	32,7	12,3	2,5	46,7
TENIRA	110504	205,5	196,2	2003	5,9	40,7	33,3	70,1	33,7	0	15,8	50,3	52,6	9,7	0	24,2
TENIRA	110504	205,5	196,2	2004	5,9	59,7	48,1	68,6	25,3	36,9	33,6	10,2	0	0,3	2,3	0

Précipitation Maximales Journalières

STATION	CODE	X	Y	ANNEE	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
TENIRA	110504	205,5	196,2	1990	11,7	19,5	6,6	14,5	17,3	9,5	52,6	0,9	5,2	0	0,4	3,1
TENIRA	110504	205,5	196,2	1991	6,8	15,4	20,5	13,6	10,7	7,6	12,4	14,7	23,4	8,2	1,3	0
TENIRA	110504	205,5	196,2	1992	0,2	3,9	8,1	6,2	1,7	19,7	5,7	16,2	22,9	0	0	6,2
TENIRA	110504	205,5	196,2	1993	12,4	9	11,9	10,1	19,7	8,3	1,9	17,5	6,2	0,5	5,4	0
TENIRA	110504	205,5	196,2	1994	37	8,9	8,7	0	19,1	24,8	27,1	0	0	2,9	0	1,2
TENIRA	110504	205,5	196,2	1995	7,7	7,8	7,1	17,1	22,4	23,1	14,1	19,5	10,3	20,2	5,3	4,6
TENIRA	110504	205,5	196,2	1996	10	8,1	1,7	20,2	24,9	0,5	0	9,6	8,3	0,9	2,6	33,2
TENIRA	110504	205,5	196,2	1997	18,6	6,1	20	28,4	3,6	13,9	8,4	8,6	16,3	0	4,4	6,3
TENIRA	110504	205,5	196,2	1998	2,6	2,9	6,8	7,1	17,7	18,3	28,8	0	0	0,3	0	3,2
TENIRA	110504	205,5	196,2	1999	37,6	9,6	15,5	37,3	0,5	0	6,6	8,4	12,2	0	0	2,1
TENIRA	110504	205,5	196,2	2000	8,4	27,3	22,5	6,7	35,6	20,7	3,6	14,2	3,2	0	0,3	0
TENIRA	110504	205,5	196,2	2001	12,9	15,3	58,8	13,1	2,5	4,2	9,2	16,7	28,4	0,5	0	9,4
TENIRA	110504	205,5	196,2	2002	0,3	11,3	23,4	6,8	36,8	28	17,1	12,8	25,2	5,2	2,5	27,6
TENIRA	110504	205,5	196,2	2003	5,9	17	14,2	22,8	21,2	0	4,1	25,8	23,1	5,4	0	14,7
TENIRA	110504	205,5	196,2	2004	2,4	27,9	27,4	17,5	12,4	10,5	7,8	7	0	0,2	2,3	0

ANNAXE N°06 – La Totale De Matériaux De Construction**Remblais de la Digue**

N°	Désignation des travaux	U.	Quantité	P.U.	P.T.
1	Terrassement				
1,01	Décapage de la surface d'assise de la digue (ép 0.50 m)	M ³	669,00	340,00	227460,00
1,02	Excavation de clé d'ancrage	M ³	1 503,00	400,00	601200,00
1,03	Transport des terres excédentaires	M ³	2 172,00	200,00	434400,00
2	Corps de la digue				
2-1	Remblais de la digue				
1,01	Argile pour le corps de la digue, y compris préparation, transport, arrosage et compactage 95% PN	M ³	2 997,00	700,00	2097900,00
2-2	Prisme de drainage				
2,01	Filtre de sable fin, Dim-Max 5 mm, y compris préparation et mise en place.	M ³	26,00	800,00	20800,00
2,02	Filtre de graviers, Dim-Max 20 mm, y compris préparation et mise en place.	M ³	37,00	800,00	29600,00
2,03	Filtre de gros graviers, Dim-Max 80 mm, y compris préparation et mise en place.	M ³	42,00	1100,00	46200,00
2,04	Recharge en enrochements tout-venant pour le prisme de drainage, Dim-Max 300mm, y compris préparation et mise en place.	M ³	47,00	2500,00	117500,00
2-3	Talus amont				
3,01	Filtre de sable fin, Dim-Max 5 mm, y compris préparation et mise en place.	M ³	47,00	800,00	37600,00
3,02	Filtre de graviers, Dim-Max 20 mm, y compris préparation et mise en place.	M ³	47,00	800,00	37600,00
3,03	Enrochement bien sélectionné pour le talus amont, Dim-Max 500 mm, Dim-Min 100 mm	M ³	223,00	2500,00	557500,00
2-4	Talus aval				
4,01	Couche d'humus, y compris préparation et mise en place.	M ³	119,00	1000,00	119000,00
2-5	Fondation de la crête				
5,01	Pierres concassées, Dim 0-20 mm, y compris préparation, arrosage et compactage.	M ³	68,00	800,00	54400,00
				TOT =	4381160,00

Evacuateur De Crue

N°	Désignation des travaux	U.	Quantité réel.	P.U.	P.T.
1	Terrassement				
1,01	Déblais	M3	3 346,00	400,00	1338400,00
1,02	Remblais	M3	16,00	300,00	4800,00
1,03	Transport des terres excédentaires	M3	3 330,00	400,00	1332000,00
2	Construction en béton armé				
2,01	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3 de ciment CPJ45, y/c coffrage.	M3	25,00	5000,00	125000,00
2,02	Béton armé dosé à 400 kg/m3 de ciment CPJ45, y/c coffrage et ferrailage.	M3	250,00	18000,00	4500000,00
2,03	Béton de remplissage dosé à 250 kg/m3 de ciment CPJ45, y/c coffrage.	M3	8,00	7000,00	56000,00
2,04	Enduit étanche.	M2	1 000,00	1600,00	1600000,00
2,05	Joint de reprise type water-stop.	ML	34	1500,00	51000,00
2,06	Joint de dilatation en bitume	M2	2	800,00	1600,00
TOT =					9008800,00

Canal De Dérivation

N°	Désignation des travaux	U.	Quantité réel.	P.U.	P.T.
1	Terrassement				
1,01	Déblais	M3	30,00	400,00	12000,00
1,02	Remblais	M3	0,00	300,00	0,00
1,03	Transport des terres excédentaires	M3	30,00	200,00	6000,00
2	Construction en béton armé				
2,01	Canal en pierres maçonnées	M3	1,00	5000,00	5000,00
TOT=					23000,00

Canal D'entrée

N°	Désignation des travaux	U.	Quantité réel.	P.U.	P.T.
1	Terrassement				
1,01	Déblais	M3	39,00	400,00	15600,00
1,02	Remblais	M3	0,00	300,00	0,00
1,03	Transport des terres excédentaires	M3	39,00	200,00	7800,00
2	Construction en béton armé				
2,01	Béton de propreté dosé à 150 kg/m ³ de ciment CPJ45, y/c coffrage	M3	2,00	5000,00	10000,00
2,02	Béton armé dosé à 400 kg/m ³ de ciment CPJ45, y/c coffrage et ferrailage	M3	12,00	18000,00	216000,00
				TOT=	249400,00

Tour De Prise

N°	Désignation des travaux	U.	Quantité réel.	P.U.	P.T.
1	Terrassement				
1,01	Déblais	M3	68,00	400,00	27200,00
1,02	Remblais	M3	26,00	300,00	7800,00
1,03	Transport des terres excédentaires	M3	42,00	200,00	8400,00
2	Construction en béton armé				
2,01	Béton de propreté dosé à 150 kg/m ³ de ciment CPJ45, y/c coffrage.	M3	3,00	5000,00	15000,00
2,02	Béton armé dosé à 400 kg/m ³ de ciment CPJ45, y/c coffrage et ferrailage	M3	45,00	18000,00	810000,00
2,03	Enduit étanche	M2	55,00	1600,00	88000,00
2,04	Enduit hydrofuge pour parties enterrées de la tour de prise	M2	37,00	1000,00	37000,00
2,05	Vanne murale (1.00x1.00) y/c accessoires de fixation et de manipulation	U	1,00	900000,00	900000,00
2,06	Echelle métallique en acier galvanisé avec garde corps	U	2	10000,00	20000,00
2,07	Grille pour trou d'homme en acier galvanisé	U	1,00	2800,00	2800,00
2,08	Conduites en acier galvanisé de prise d'eau grillagées (forme de U, D=300mm, long=1.63m)	U	2,00	4000,00	8000,00
2,09	Grille en acier galvanisé (1.00x1.00)	U	01	4000,00	4000,00
				TOT=	1928200,00

Conduite Forcée

N°	Désignation des travaux	U.	Quantité réel.	P.U.	P.T.
1	Terrassement				
1,01	Déblais	M3	163,00	400,00	65200,00
1,02	Remblais	M3	121,00	300,00	36300,00
1,03	Remblais terre tamisée	M3	29,00	200,00	5800,00
1,04	Transport des terres excédentaires	M3	13,00	200,00	2600,00
2	Construction en béton armé				
2,01	Béton de propreté dosé à 150 kg/m ³ de ciment CPJ45, y/c coffrage	M3	6,00	5000,00	30000,00
2,02	Béton armé dosé à 400 kg/m ³ de ciment CPJ45, y/c coffrage et ferrailage	M3	12,00	18000,00	216000,00
2,03	Béton ordinaire dosé à 250 kg/m ³ de ciment CPJ45, y/c coffrage et ferrailage	M3	8,00	7000,00	56000,00
2,04	Enduit de bitume	M2	50,00	1000,00	50000,00
2,05	Conduites en acier galvanisé de la conduite forcée - Conduite D=300mm, long.=66,00m	U	1,00	4000,00	4000,00
				TOT=	465900,00

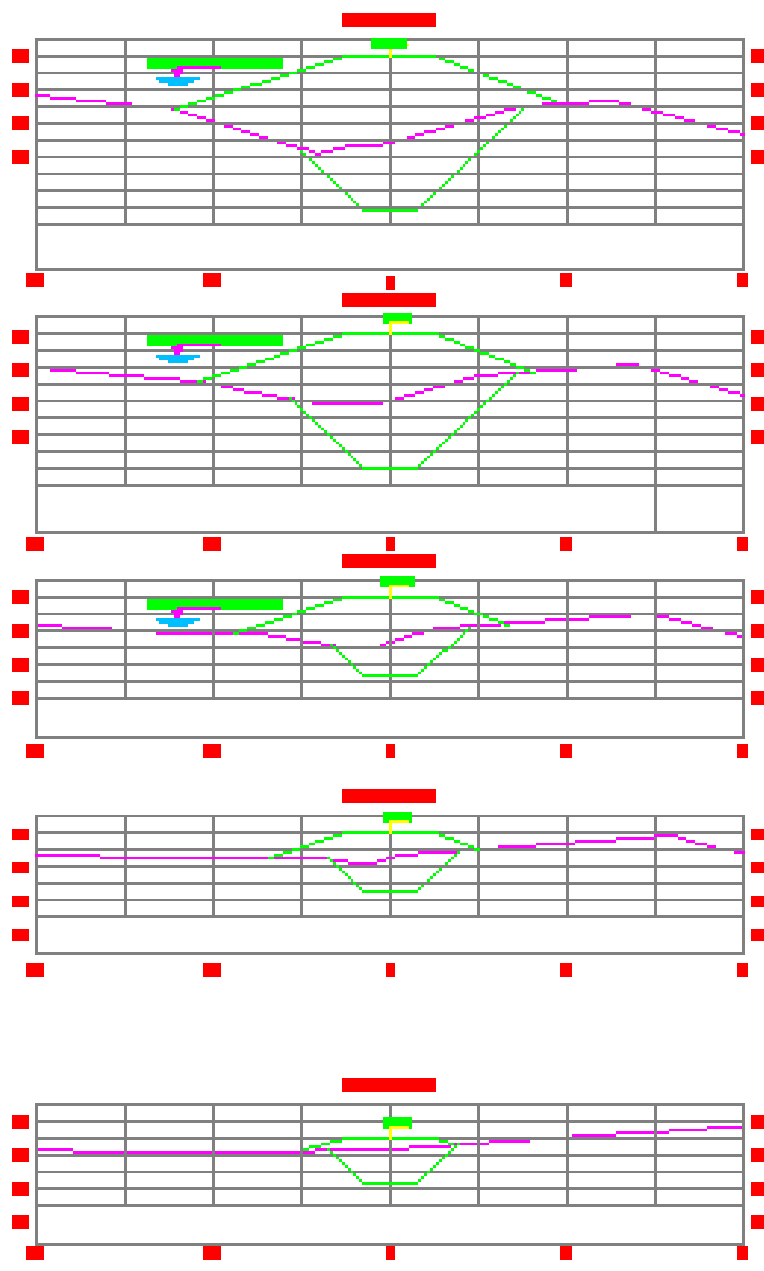
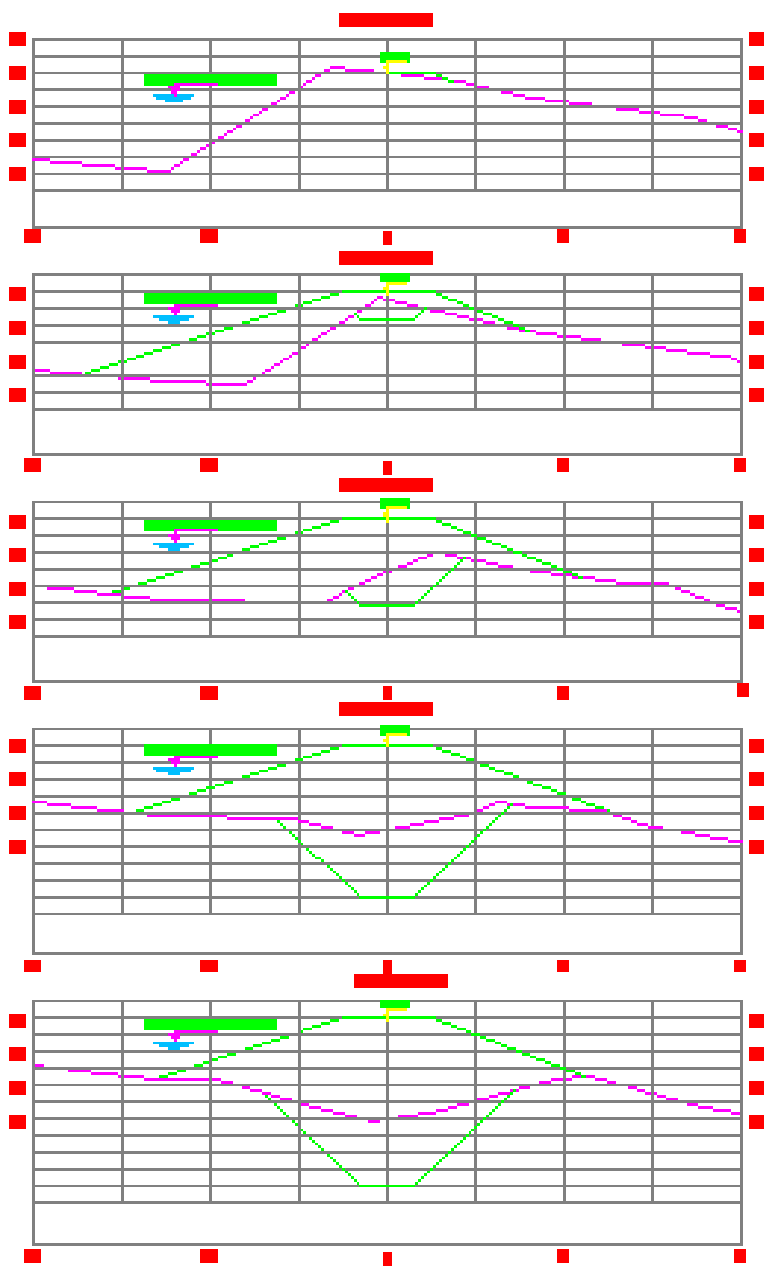
Bassin D'amortissement

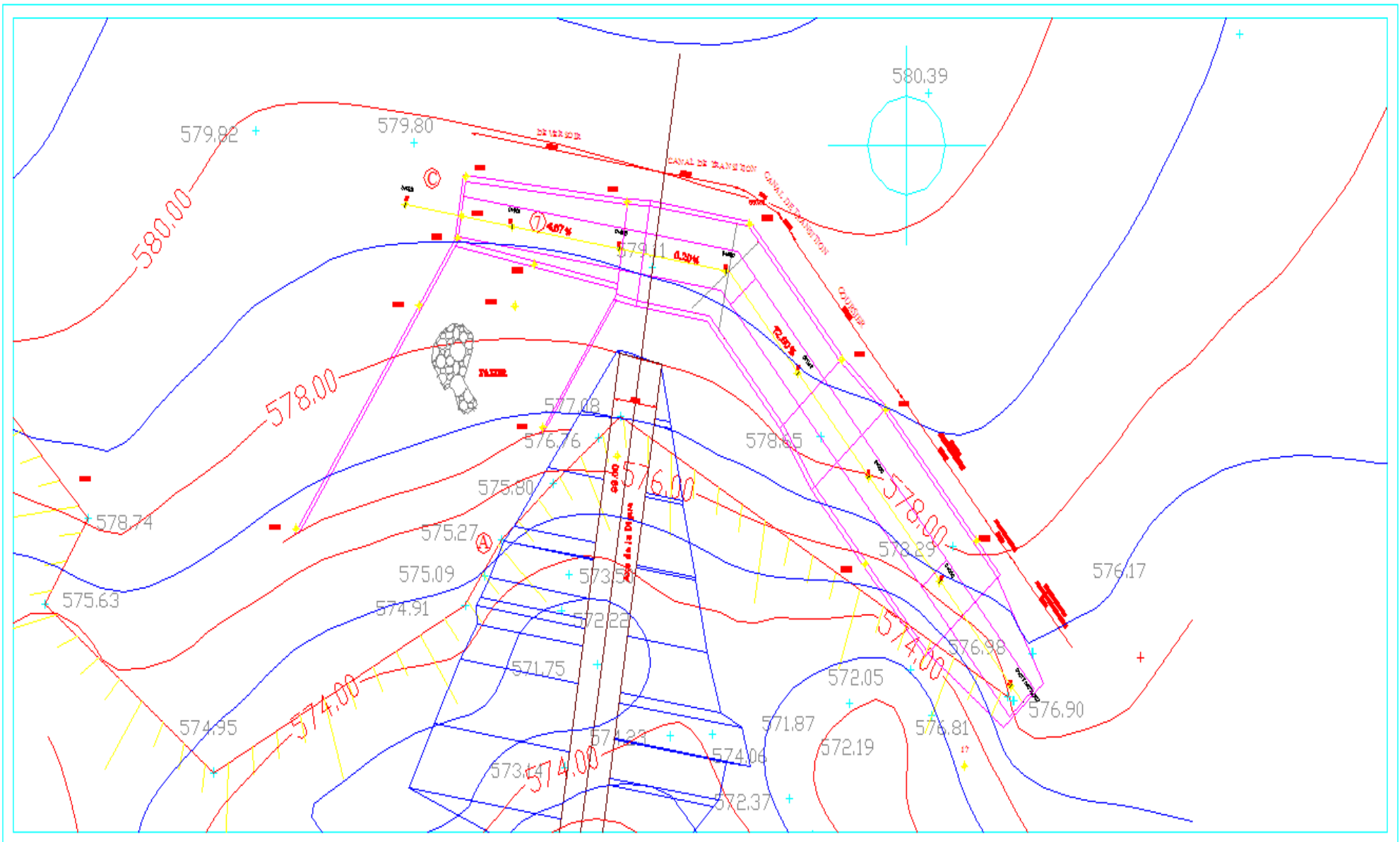
N°	Désignation des travaux	U.	Quantité réel.	P.U.	P.T.
1	Terrassement				
1,01	Déblais	M3	57,00	400,00	22800,00
1,02	Remblais	M3	25,00	300,00	7500,00
1,03	Transport des terres excédentaires	M3	32,00	200,00	6400,00
2	Construction en béton armé				
2,01	Béton de propreté dosé à 150 kg/m ³ de ciment CPJ45, y/c coffrage	M3	1,00	5000,00	5000,00
2,02	Béton armé dosé à 400 kg/m ³ de ciment CPJ45, y/c coffrage et ferrailage	M3	15,00	18000,00	270000,00
2,03	Enduit étanche	M2	53,00	1600,00	84800,00
2,04	Enduit hydrofuge pour parties enterrées du bassin d'amortissement	M2	40,00	1000,00	40000,00
2,05	Joints de reprise type water-stop	ML	17,00	1500,00	25500,00
				TOT=	462000,00

Canal De Fuite

N°	Désignation des travaux	U.	Quantité réel.	P.U.	P.T.
1	Terrassement				
1,01	Déblais	M3	16,00	400,00	6400,00
1,02	Remblais	M3	0,00	300,00	0,00
1,03	Transport des terres excédentaires	M3	16,00	200,00	3200,00
2	Construction en béton armé				
2,01	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3 de ciment CPJ45, y/c coffrage	M3	1,00	5000,00	5000,00
2,02	Béton armé dosé à 400 kg/m3 de ciment CPJ45, y/c coffrage et ferrailage	M3	4,00	18000,00	72000,00
2,03	Béton de pente dosé à 250 kg/m3 de ciment CPJ45	M3	1,00	7000,00	7000,00
				TOT =	93600,00

Planches de la Retenue Collinaire Ténira





BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. *BENGUEDDACH. B.* Dessalement De L'eau De Mer. Séminaire Sur Le Secteur De L'eau En Algerie, 2009.
- [2]. *BENINA TOUAIBA* et *BENLAOUKLI BACHIR*, Introduction Au Dimensionnement De Retenue Collinaire, OPU, 2004.
- [3]. *BENSAOULA F, ADJIM M*, La mobilisation des ressources en eau Cas de la Wilaya de Tlemcen, SNE, 2001.
- [4]. *BOUCHEMAL REDA.*, Etude de faisabilité d'un petit barrage (Oued KOLLA wilaya d'Ain Temouchent). PFE Ingéniorat, E.N.S.H. Blida, 2005.
- [5]. *CASSARD, TOUABIA, AIT-KACI*, Hydrologie des retenues collinaires, SRC-TIPAZA, 2009.
- [6]. *KHALIL.A*, Etude de faisabilité d'un barrage (Oued HLIB W. de Sétif). PFE Ingéniorat, E.N.S.H. Blida, 2005.
- [7]. *MILLOGO A*, Cour ouvrages hydrauliques, Paris, 2009.

