

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI OUZOU



FACULTE DE GENIE DE LA CONSTRUCTION
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :
Master académique
Spécialité : Hydraulique
Option : Ouvrages Hydrauliques

Présenté par:

BELDJERD Lyes

Thème :

RENFORCEMENT DES RESSOURCES EN
EAU DE LA WILAYA DE TIZI-OUZOU :
TRANSFERT SEBAOU-TAKSEBT.

Devant le jury composé de :

Pr HAMMOUM Hocine	UMMTO	Président
Dr DEHMOUS Hocine	UMMTO	Encadreur
Mr ISSAD Mazigh	COSIDER	Co-Encadreur
Pr KHATTAOUI Mohamed	UMMTO	Examineur
Pr BOUZELHA Karima	UMMTO	Examineur

Promotion : 2020/2021

REMERCIEMENTS

AVANT TOUT JE REMERCI LE TOUT PUISSANT "ALLAH" POUR M'AVOIR DONNES DU COURAGE, DE LA SERENITE ET SURTOUT LA FORCE ET LA VOLONTE POUR BIEN MENER ET ACHEVER CE TRAVAIL.

ENSUITE, JE TIENS A EXPRIMER MA RECONNAISSANCE A MON PROMOTEUR MR DEHMOUS HOCINE POUR SON SUIVI DURANT L'EVOLUTION DE MON TRAVAIL, AINSI QUE POUR SES CONSEILS AVISES, SES REMARQUES PERTINENTES ET LA CONFIANCE QU'IL MA PRODIGUE.

JE REMERCI EGALEMENT LES MEMBRES DU JURY QUI ME FONT L'HONNEUR DE PRESIDER ET D'EXAMINER CE MODESTE TRAVAIL.

J'EXPRIME AUSSI, MA GRATITUDE A TOUS LES ENSEIGNANTS QUI ONT CONTRIBUE A NOTRE FORMATION, AINSI QU'A TOUTES LES PERSONNES QUI, DE PRES OU DE LOIN, M'ONT APPORTEES ASSISTANCE ET AIDE DANS LA REALISATION DE MON PROJET.

ENFIN, J'ADRESSE MES REMERCIEMONS
A MA FAMILLE POUR LES SACRIFICES QU'ELLE A FAITS POUR QUE JE
TERMINE MES ETUDES DANS LES M

DEDICACE

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL À MES TRÈS CHERS
PARENTS QUI ONT TOUJOURS ÉTÉ LÀ POUR MOI, ET QUI
ONT FAIT DE MOI CE QUE JE SUIS AUJOURD'HUI.
À MES SŒURS ET MON FRÈRE QUI M'ONT AIDÉ ET
ENCOURAGÉ DURANT TOUTE MA FORMATION.
À MES AMIS QUI M'ONT ACCOMPAGNÉS DURANT
MON PARCOURS .

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Introduction	3
I.1. Situation géographique.....	3
I.2. Situation démographique	4
I.3. Étude climatologique et hydrologique.....	5
I.3.1. climat	5
I.3.1.1. Les précipitations	5
I.3.1.2. Relation pluviométrie altitude	10
I.3.1.3. Etude de la Températures	11
I. 3.1.5. L’humidité relative (%).....	14
I.3.1.6. Etude de l’évapotranspiration	15
I.3.2. hydrologie	16
I.3.2.1. Réseau hydrographique du bassin Sébaou	16
I.3.2.2. Contexte hydrogéologique.....	17
I.3.2.3. Etude hydrodynamique	18
Introduction	27
II.1. Potentialités hydriques de la W. Tizi-Ouzou	27
II.1.1. Ressources de surface.....	27
a) Barrage.....	28
b) Retenues collinaires.....	28
II.1.2. Ressources souterraines	28
a) Les forages et les puits	28
b) Les sources	28
II.1.3. Dessalement.....	29

II.3. Les chaine de distribution d'eau potable.....	31
II.4.1. Barrage taksebt.....	32
II.4.2. Analyse de l'évolution de la ressource de barrage de Taksebt.....	32
II.4.4. Les problèmes de gestion dans AEP et AEI	36
II.5. Recherche de nouvelle ressources- sources d'approvisionnement.....	37
II.5.1. Analyse des possibilités de renforcement de la ressource en eau.....	38
II.5.2.Captage des eaux de Sébaou	38
Conclusion	39
Introduction	40
III.1. Acquisitions des données topographiques de la zone d'étude.....	40
III.2. Modélisation de terrain avec le logiciel Global Mapper.....	46
III.2.1. présentation du logiciel.....	46
III.2.2. Utilisation de logiciel.....	46
a. Ouvrir l'interface de Global Mapper	46
b. Importation du fichier « points topographique » sur Global Mapper	46
c. Génération d'un Modèle Numérique de Terrain MNT.....	47
d. L'étape suivante c'est de simuler le niveau de montée des eaux.....	49
Conclusion	51
Introduction	52
IV.1. Etude préalable.....	52
IV.1.1. La description de la ressource.....	52
IV.1.2. choix du type et du site de l'aménagement	52
IV.1.3. Description sommaire d'aménagement.....	53
IV.2. Ouvrage de prise d'eau dans l'oued Sebaou.....	53
IV.2. 1.Étude de la variante digue en gabions.....	53
IV.3.calcul déterministe de canal à ciel ouvert en matelas Reno (ouvrage de prise).....	61

IV.3.1. Calcul hydraulique des cours d'eau à surface libre	61
IV.3.2. Dimensionnement des revêtements en matelas Reno	61
IV.3.3. Interprétation des résultats	68
IV.4. Dimensionnement du bassin de décantation	68
IV.5. Calcul et dimensionnement de conduite de refoulement (Transfert)	69
IV.5.1. Le choix du tracé	69
IV.5.2. Le choix du type des conduites	69
IV.5.3. Etude technico-économique	70
Conclusion	74
CONCLUSION GENERALE	76
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des figures

Figure I.1: Situation géographique de la région d'étude.	4
Figure I.2: Représentation graphique des précipitations moyennes mensuelles.	6
Figure I.3: histogramme de quantité des pluies saisonnières.	8
Figure I.4: Représentation graphique de l'évolution de la moyenne mensuelle des jours de précipitation ≥ 1 mm.....	10
Figure I.5: Gradient altimétrique du Tizi-Ouzou).	11
Figure I.6: Représentation graphique des températures moyennes mensuelles de l'air (en °C) (maximales, minimales, moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou période 1996-2012.....	12
Figure I.7: Représentation graphique de l'évolution de la moyenne mensuelle de NJ T (°C) ≥ 30	13
Figure I.8: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN de la région de Tizi-Ouzou période 1991/2014.	14
Figure I.9: Variation de l'humidité moyenne relative en %de la station de T.O.....	15
Figure I.10: Le réseau hydrographique d'Oued Sébaou.	17
Figure I.11: Carte de la nappe alluviale du bassin versant de l'oued Sébaou.....	18
Figure I.12: Carte piézométrique de la nappe alluviale du haut Sebaou.	19
Figure I.13: Carte piézométrique de la nappe alluviale du haut Sebaou.	20
Figure I.14: crue d'Oued Sebaou au niveau de Tamda	21
Figure I.15: Représentation graphique de l'évolution interannuelle des apports liquides arrivant dans la station de Belleoua	22
Figure I.16: Représentation graphique de la répartition mensuelle des apports liquides arrivant dans le barrage Taksebt en relation avec les précipitations.....	24
Figure I.17: vue du barrage taksebt	25
Figure II.1: Pourcentage de la consommation total pour L'année 2020.....	30
Figure II.2: Présentation graphique de l'évolution mensuelle de l'affluent et défluent du barrage de Taksebt.....	33
Figure II.3: Présentation graphique de l'évolution interannuelle des apports liquides arrivant et sortant dans le barrage de Taksebt.....	35
Figure II.4: Présentation graphique de l'évolution interannuelle des apports liquides arrivant et sortant dans le barrage Taksebt	36
Figure III.1: Fichier Excel (Cosider).	41

Figure III.2: Fichier Bloc-notes (ASC).....	41
Figure III.3:L'interface Covadis.....	42
Figure III.4: Affichage des étapes de calage des points topo	42
Figure III.5: Extraire le fichier de points sous format (ASC).....	43
Figure III.6: Affichage de semis de points.	43
Figure III.7: construction de model numérique de terrain M.N.T.	44
Figure III.8: Affichage de M.N.T.	44
Figure III.9: Affichage des Courbe de Niveau.	45
Figure III.10: Affichage de différente couche dessin.	45
Figure III.11: L'interface du logiciel Global Mapper.....	46
Figure III.12: Importation de la mise en page des coordonnées.....	47
Figure III.13: Point topographique.	47
Figure III.14: Création du MNT.....	48
Figure III.15: Commande création de grille d'altitude.....	48
Figure III.16: Modèle numérique de notre terrain.	49
Figure III.17: Commande Simuler le niveau de montée des eaux.....	49
Figure III.18: Afficher la commande simulation de niveau d'eau.....	50
Figure III.19: Affichage notre terrain en forme 3D.....	50
<i>Figure IV. 1: Coefficient de débit d'un déversoir à profil rectangulaire2).....</i>	<i>58</i>
Figure IV. 2 : Les phases de la mise en œuvre	60
Figure IV. 3: Vitesse critique V_c du mouvement des roches en fonction de leurs tailles.	62
Figure IV. 4 : Vitesse critique qui initie le mouvement de roche en fonction de Reno épaisseur du matelas.	63
Figure IV. 5: schéma du mouvement des pierres dans les poches.....	64
Figure IV. 6: Rapport entre le paramètre de déformation et le coefficient d'efficacité de Shields	66
Figure IV. 7: Valeurs des vitesses admissibles maximum pour terrains cohérents.....	67
Figure IV. 8: Schéma représentant le tracé de la conduite Sebaou-Taksebt	74

Liste des tableaux

Tableau I.1: Précipitations moyennes mensuelles	6
Tableau I.2: Pourcentage des pluies saisonnières.....	7
Tableau I.3: Comparatif des précipitations moyennes à Tizi-Ouzou pour différentes périodes.	9
Tableau I.4: Variation mensuelle de NJP dans la station de Tizi-Ouzou	9
Tableau I.5: Températures moyennes mensuelles de l'air (en °C) (maximales, minimales, moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou période 1996-2012	11
Tableau I.6: Températures moyennes mensuelles de l'air (en °C) (maximales, minimales, moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou période 2015 à 2020.....	12
Tableau I.7: variation mensuelle de NJT (°C) ≥ 30 dans la station de T.O.....	13
Tableau I.8: Humidité relative moyenne mensuelle en % de la station de T.O, période récente et ancienne	14
Tableau I.9: Bilan hydrologique selon THORONTHWAITE à TO et Taksebt en 2019.	16
Tableau I.10: Débits d'écoulement de la vallée de Sebaou 1955/1956.....	21
Tableau I.11: Répartition interannuelle des apports liquides arrivant dans la station de Belleoua.	22
Tableau I.12: Répartition mensuelle des apports liquides arrivant dans le barrage Taksebt en relation avec les précipitations 2002-2020.	23
Tableau II.1: Le Patrimoine et la potentialité hydraulique des eaux souterraines de la wilaya de Tizi-Ouzou.....	29
Tableau II.2: Les potentialités hydrauliques des eaux de la Wilaya de Tizi-Ouzou	29
Tableau II.3: Production moyenne journalière et consommation de L'année 2020.	30
Tableau II.4: Valeur d'exploitation mensuelle barrage Taksebt pour l'année 2020.	32
Tableau II.5: Evolution interannuelle des apports liquides arrivant et entrant dans le barrage Taksebt	34
Tableau IV. 1: la cru pour des periodes de retour differents.	56
Tableau IV. 2 : Résultat de calcul fait avec Excel	58
Tableau IV. 3: resultat de calcul hydraulique de la conduite de refoulement.	73

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource précieuse et rare sur terre. L'eau douce utilisable provient principalement d'eaux souterraines formées par les eaux de pluie tombées il y a des milliers d'années, ou de surfaces stockées dans des réservoirs artificiels.

La pénurie d'eau est une préoccupation majeure à mesure que la demande augmente et que la disponibilité d'eau pour les habitants a tendance à diminuer. Pour cela, il est temps de réfléchir à une stratégie pour améliorer la situation, et préservé durablement la ressource en eau pour assurer sa disponibilité pour toute la population.

Chaque année des centaines de village de la région de Tizi-Ouzou attendent anxieusement la pluie. A l'arrivé du chaque été la crise d'eau potable s'installe à travers les robinets des algériens. Cette situation devient de plus en plus inquiétante au point que la population n'a pas suffisamment accès à cette ressource.

La bonne gestion de cette ressource est un défi permanent lié aux changements démographiques, à l'urbanisation et au développement économique de la société à la lumière du changement climatique global.

Les modèles hydrologiques se révèlent d'une importance majeure principalement dans l'étude des processus essentiels liés à la ressource en eau et l'impact de la sécheresse sur sa disponibilité.

Qu'en est-il réellement de la disponibilité de la ressource en eau au niveau de la région de Tizi-Ouzou ?

Pour répondre à cette question, il est judicieux dans un premier temps d'inventorier les ressources et de projeter leur mobilisation à travers :

- Les forages.
- Les Sources pour renforcé la ressource au niveau des villages loin et montagneuses.
- Dessalement des eaux de mer pour l'alimentation de la région côtière.
- Et enfin le captage de volumes d'eaux qui se jettent dans la mer à travers le Sebaou.

Pour accomplir ce travail nous avons suivi le plan de travail suivant :

Le premier chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude d'un point de vue géographique, climatique et hydrologique.

Introduction générale

Le deuxième chapitre, est consacré à la présentation du potentiel hydraulique disponible dans la région.

Le troisième chapitre est dédié à l'étude topographique, qui a pour objectif d'établir un modèle numérique de terrain concernant notre zone d'étude, ainsi que la création de profil long de l'Oued et les sections transversale, nécessaire pour le choix du site d'implantation et du type d'aménagement.

Le quatrième et dernier chapitre est réservé pour au dimensionnement de l'aménagement.

CHAPITRE I
CARACTERISTIQUES GENERALES
DE LA REGION D'ETUDE

Introduction

La wilaya de Tizi-Ouzou couvre une superficie de 2 993 km² et est découpée en 67 communes et 21 daïra, Occupé par des Zones de montagne très accidentées à faible potentiel agricole (143,25km²) et dispose de deux zones industrielles et un barrage en fonctionnement et un autre en cours de réalisation.

La mobilisation de la ressource en eau est l'objet de notre étude. Le barrage de Taksebt représente une importante ressource en eau de surface dans la région de Tizi-Ouzou, construit dans le bassin versant (BV) de l'Oued-Aissi. Dans ce chapitre, nous allons présenter les données climatologiques et faire un diagnostic pour les différentes ressources disponible et évalué les besoins.

I.1. Situation géographique

Tizi-Ouzou est une Wilaya côtière située dans le centre-nord de l'Algérie. Située à environ 100 kilomètres à l'est d'Alger, la région est une immense forteresse constituée d'une série de chaînes de montagnes toute d'orientation général Est Ouest entourées d'une étroite plaine alluviale.

La wilaya de Tizi-Ouzou est limitée :

- au nord : par la mer méditerranée.
- Au sud : la chaîne cristalline du Djurdjura.
- A l'est : le massif d'Akfadou.
- A l'Ouest : des collines et des vallées.

De par la topographie de la région favorise la convergence des eaux de pluie vers les différents affluents.

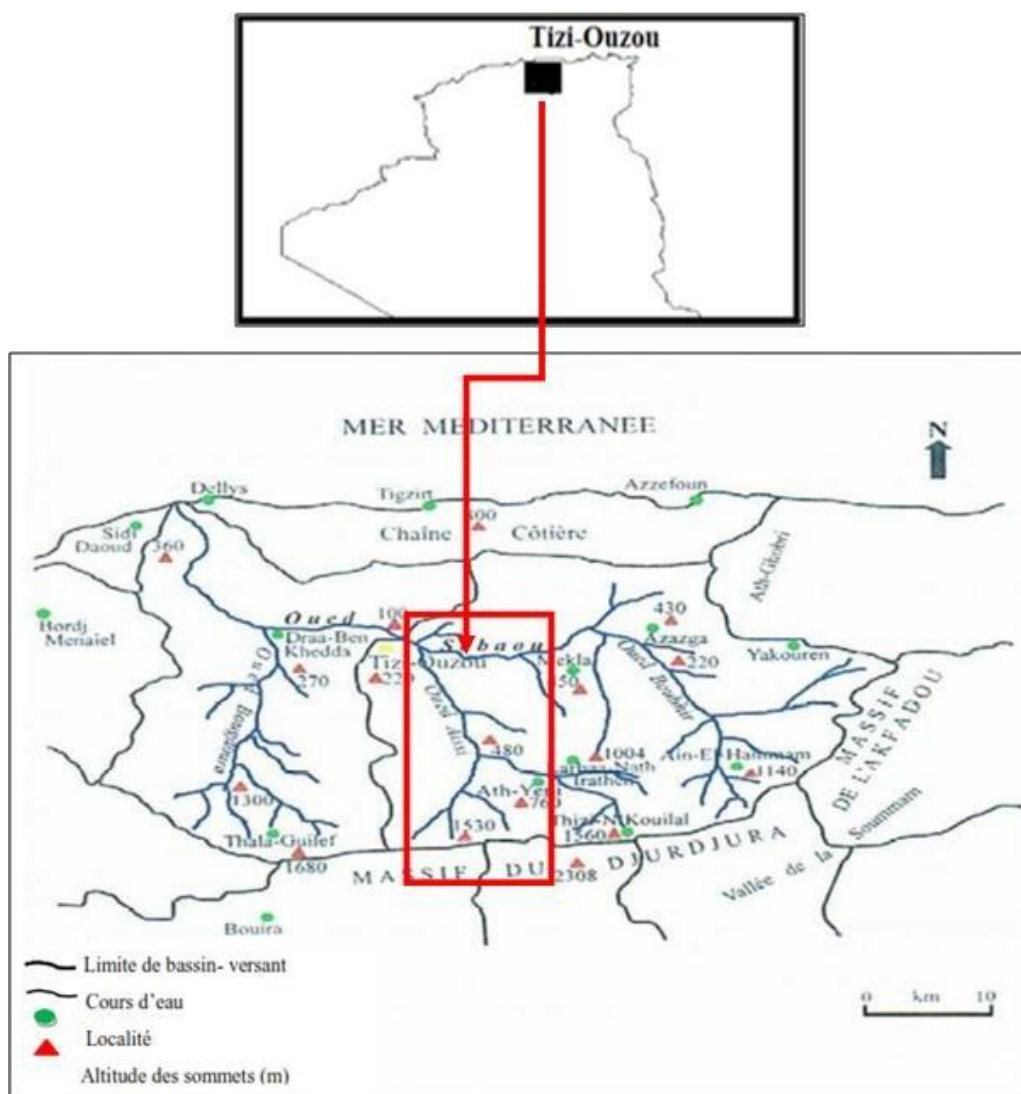


Figure I.1: Situation géographique de la région d'étude (HAOUCHINE, 2011).

I.2. Situation démographique

Afin de déterminer la quantité d'eau consommée et estimer les besoins d'une région, il est nécessaire de comprendre l'accroissement de la population et leurs répartitions, vu qu'une grande partie de la population est installée dans des villages éloignés avec un accès difficile.

D'après le recensement effectué en 2008 par les services de la planification de la wilaya (DPAT) de Tizi-Ouzou, le nombre d'habitants était de 1 127 166 habitants.

Nous avons estimé la répartition spatiale de la population au cours de la période d'étude l'année 2021. Pour le calcul, nous avons utilisé la formule de croissance suivante :

$$P = P_0(1 + T)^n \quad (I.1).$$

Avec : P_n : Population à l'horizon du calcul (2021).

P_0 : Population de références 2008 ou 1998.

T : Taux d'accroissement démographique pris égal à 1.5% (DPAT de Tizi-Ouzou).

n : Écart donné entre les deux horizons.

Ce qui donne une population qui dépasse 1 649 380 habitants (2021). soit une densité de 550 habitants / km².

Selon les données récupérées au niveau de la direction de ressource en eau de Tizi-Ouzou (DRE), la population desservie est de 1 160 686 habitants sur une population totale de 1 198 561 habitants avec une dotation de 150 l/j qui varie d'une zone à une autre.

I.3. Étude climatologique et hydrologique

L'étude climatique confirme le type de climat et son impact sur l'hydrologie de la région.

I.3.1. climat

L'étude des précipitations permet d'évaluer l'entrée d'une part et l'impact de la condition climatique sur le bilan hydrique.

En générale la répartition des précipitations est soumise à l'influence de certains facteurs comme l'orientation des vallées, l'explosion des versants et l'éloignement de la mer. La pluviosité augmente avec l'altitude jusqu'au seuil optimal pluvial.

La région est soumise à l'influence d'un climat méditerranéen, caractérisé par :

- Des précipitations d'origine cyclonique apportée par les vents nord-ouest de mois du décembre à février.
- des pluies orageuses en automne et au printemps.

Le régime des cours d'eau est caractérisé par une alternance de crues courtes et brutales. La période d'étiage sévère, est soutenue par les sources karstiques, la fonte des neiges et les nappes aquifères.

Ce travail consiste en établissement d'un bilan hydrologique par l'analyse des données climatique des séries anciennes et récentes, recueillies auprès de l'Office National de la Météorologie (ONM) et de l'Agence National des Barrage et des Transfert (ANBT).

I.3.1.1. Les précipitations

Les pluies qui tombent en Algérie sont d'origines orographiques et torrentielles. Elles varient selon l'altitude (Seltzer, 1946).

Les précipitations annuelles peuvent varier considérablement, et il peut y avoir de fortes chutes de neige dans le Djurdjura et l'extrémité est du centre de la parcelle. La station de Tizi-

Ouzou située à 195 m d'altitude à proximité de boukhalfa a enregistré une tranche de pluviométrie moyenne annuelle de 786 mm pour la période allant 1990 à 2021.

a) Régime mensuelle

Après l'analyse des données pluviométriques mise à notre disposition nous pouvons établir une moyenne précipitation sur la période ancienne et les données récentes. Celles-ci sont présentées dans les tableaux ci-dessous. La distribution des précipitations moyennes mensuelles présente deux saisons distinctes.

Les mois les plus humides sont concentrés entre Novembre et avril. Le mois le plus sec est Juillet et août (période de précipitations insuffisantes). Le rapport de l'écart type à la moyenne est très élevé, car il dépasse 0,5 à 0,6. Nous avons rarement des échantillons qui sont normalement distribués.

Tableau I.1: Précipitations moyennes mensuelles (source : ONM / ANRH /ANBT).

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Annuel
P(2020/2021) ONM	30,3	28,6	141,3	179,1	48,6	14,3	47,3	38,6	12,2	15	0	0,8	556,1
P(2020/2021) ANBT	0	28,1	130,6	169,7	60,6	15	78	32	133	16	0	5,5	668,5
Moy (ONM)	35,9	63,5	104,7	126,3	124,2	93,6	90,4	76,5	55,2	11,9	3,3	7,1	786
Moy (ANRH)	33.2	66.3	106.5	129	124.2	104.7	87.5	78.4	53.7	11.1	3.6	7.8	800.6
Moy (ANBT)	32,9	51,6	114,3	96,3	116,1	103,7	97,4	74,8	43,6	12,7	1,8	6,7	751,8

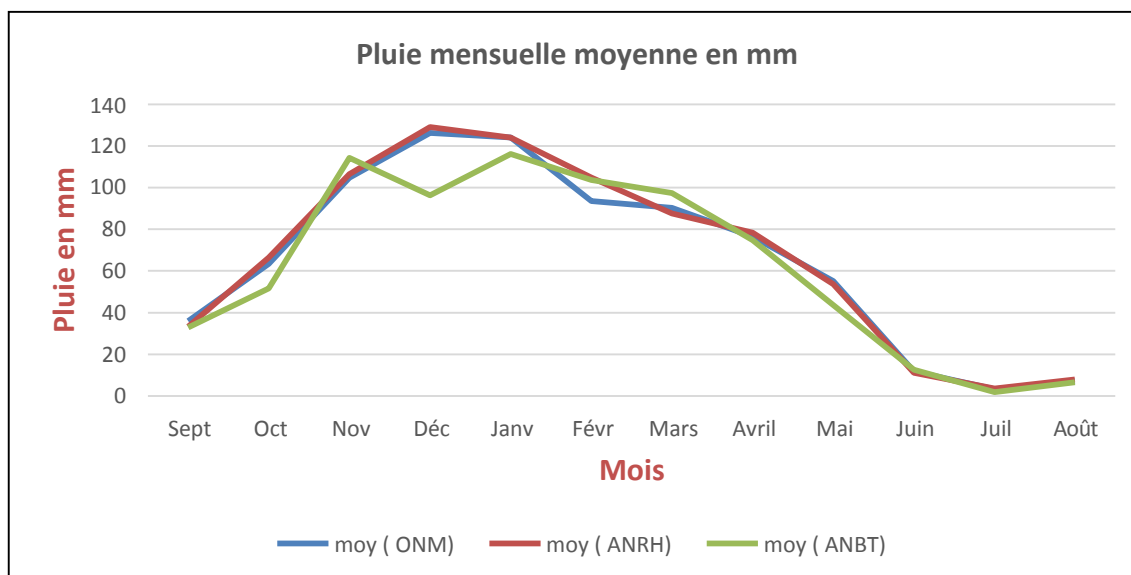


Figure I.2: Représentation graphique des précipitations moyennes mensuelles. (Source : ONM / ANRH /ANBT).

On observe une légère différence entre les valeurs de pluies enregistrées dans les stations de la région pour divers facteurs intervenant dont le climat et l'orographie aussi la position de la station et l'altitude.

b) Régime saisonnier des précipitations

L'année pluviométrique a été divisée en quatre saisons conventionnelles,

- Automne : Septembre, Octobre et Novembre,
- Hiver : Décembre, Janvier et Février,
- Printemps : Mars, Avril et Mai,
- Eté : Juin, Juillet et Août.

Le régime saisonnier de notre région d'étude durant la période (1990 – 2010) est de type **H. P. A. E** (Hiver, Printemps, Automne, Eté).

L'analyse pluviométrique pour la station de Tizi-Ouzou montre que les précipitations sont abondantes en Hiver. L'été est la saison la plus sèche de l'année, elle est caractérisée par un minimum de pluie.

L'existence d'une période de sécheresse estivale est l'un des facteurs essentiels de baisse de la ressource en eau.

Tableau I.2: Pourcentage des pluies saisonnières.

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté
P Moy	204,1	344,1	222,1	22,3

Pour la répartition des pluies selon la saison on remarque ses dernières années une perturbation remarquable, ses valeurs ne sont pas stables (tableau I.2) à cause des pluies torrentiel avec des quantités importante pendant une durée courte ce phénomène revient au réchauffement climatique.

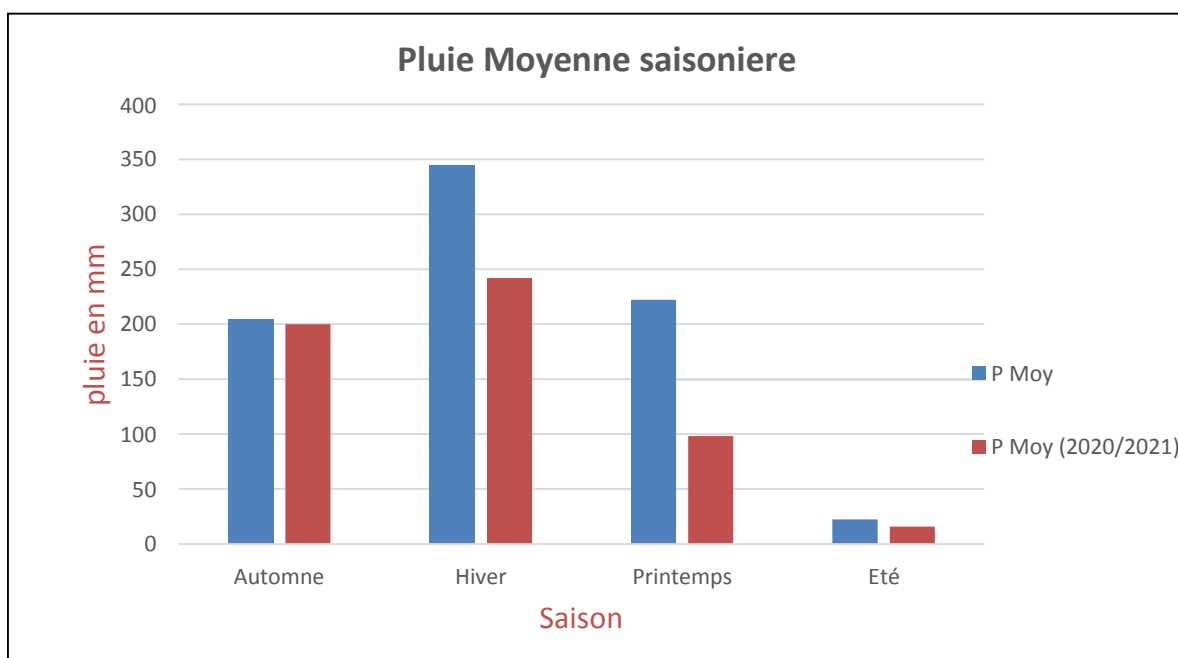


Figure I.3: histogramme de quantité des pluies saisonnières.

Nous avons remarqué dans la région de Tizi-Ouzou que plus de 65 % de la pluie annuelle est concentrée sur les mois d'automne et d'hiver et environ de 30 % des précipitations sont enregistrées au printemps l'analyse des pluies saisonnières a été fait séparément (Automne, Hivers, printemps, été).

On compare les précipitations moyenne saisonnière avec la période 2020 / 2021 un déficit dans les quantités des pluies important dans les saisons hiver et printemps.

c) Régime annuelle

La pluviométrie dans la région de Tizi-Ouzou est caractérisée par une forte irrégularité spatio-temporelle durant la période d'analyse la moyenne interannuelle est de 784 mm 1995/2021 (ONM / T.O).Et enregistrée une lame annuelle de 556 mm pour l'année (2020/2021) avec un déficit de 30 % par rapport à la moyenne annuelle.

D'après les différentes cartes des pluies de l'Algérie du nord (BV de Djurdjura) établie par **CHAUMONT** en 1971, ANRH en 1993, sont comprises entre 800 et 1800 mm/an.

Les précipitations actuelles sont plus faibles (entre 780 et 1500 mm) avec une moyenne de 800 mm (ANRH / T.O). On le remarque en examinant les moyennes calculées pour les différentes périodes à la station de Tizi-Ouzou tableau 3 ci-dessous.

Tableau I.3: Comparatif des précipitations moyennes à Tizi-Ouzou pour différentes périodes.

Station Tizi-Ouzou	Période observations	Moyenne (mm)	Min (mm)- année	Max (mm)- année
Chaumont M. 1971	1913-1963	910	/	/
ANRH 1993	1922-60 ; 1969- 1989	848	/	/
Actuel 2021	1985-2021	784	393.4 (2001/2002)	1267.6 (2002/2003)

d) Pluies maximales journalières

Parmi les éléments et les indicateurs majeurs à l'origine d'une inondation dans une région la chute des précipitations importantes qu'on appelle les précipitations maximales, Tizi-Ouzou a connu l'inondation catastrophique telle que 1974.

Dans la région d'étude la plus grande valeur de pluie maximale journalière a été enregistrée ses dernières années en novembre 2019 à la station de Tizi-Ouzou avec une valeur de 96 mm en 24 h, en une journée on a une quantité de pluie qui dépasse 1/10 de la moyenne annuelle.

e) Nombre jours de pluie

La hauteur de pluie supérieure ou égales à 1 mm durant une journée nous permet de la considérée pluvieuse, le nombre de jours de pluie est entre 78 et 107 NJP/an à Tizi-Ouzou réparti entre Octobre et Avril, Le reste des mois de l'année les pluies sont rares à exceptionnelles. La moyenne de nombre de jours de pluie dans la région 74 NJP/an et une moyenne de 30 NJP/an ou la hauteur de pluie supérieur ou égale à 10 mm, qui assure un écoulement important pendant plusieurs jour même dans la saison non pluvieuse (ZEROUALI 2015).

Tableau I.4: Variation mensuelle de NJP dans la station de Tizi-Ouzou (Source : ONM T.O).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuel
NJP \geq 1 mm	9,8	11,3	7,4	7,1	5,6	2,4	1,1	2	5	4,4	8,1	9,8	74

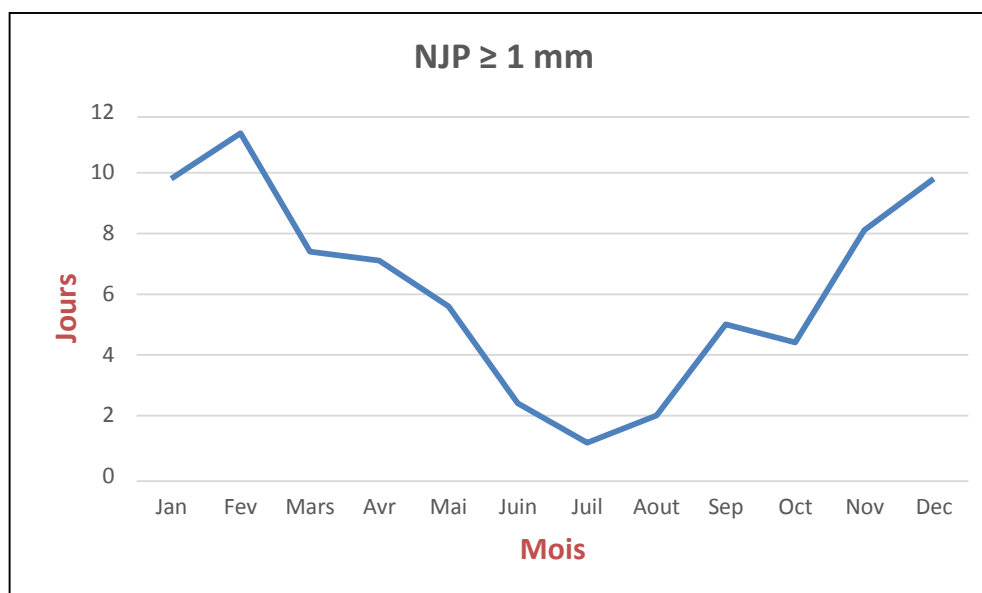


Figure I.4: Représentation graphique de l'évolution de la moyenne mensuelle des jours de précipitation ≥ 1 mm (Source : ONM T.O).

I.3.1.2. Relation pluviométrie altitude

Le graphique des variables pluviométriques en fonction de l'altitude de la figure I.5 montre la disposition des deux ensembles de stations pluviométriques.

La station nord occupe plus d'emplacement géographique et reçoit plus de précipitations que la station sud, avec une augmentation d'environ 46 mm par 100 m.

Pour la station sud située sur le versant nord du massif du Djurdjura, une majoration de 40 mm est ajoutée tous les 100

Nous avons tenté de mettre en évidence l'influence de l'éloignement par rapport à la mer sur les précipitations, mais nous remarquons que la lame d'eau précipité n'est pas influencée par ce facteur, par contre, ce que on peut dire c'est les précipitations augmentons de l'Ouest à l'Est (DJEMAI 1985).

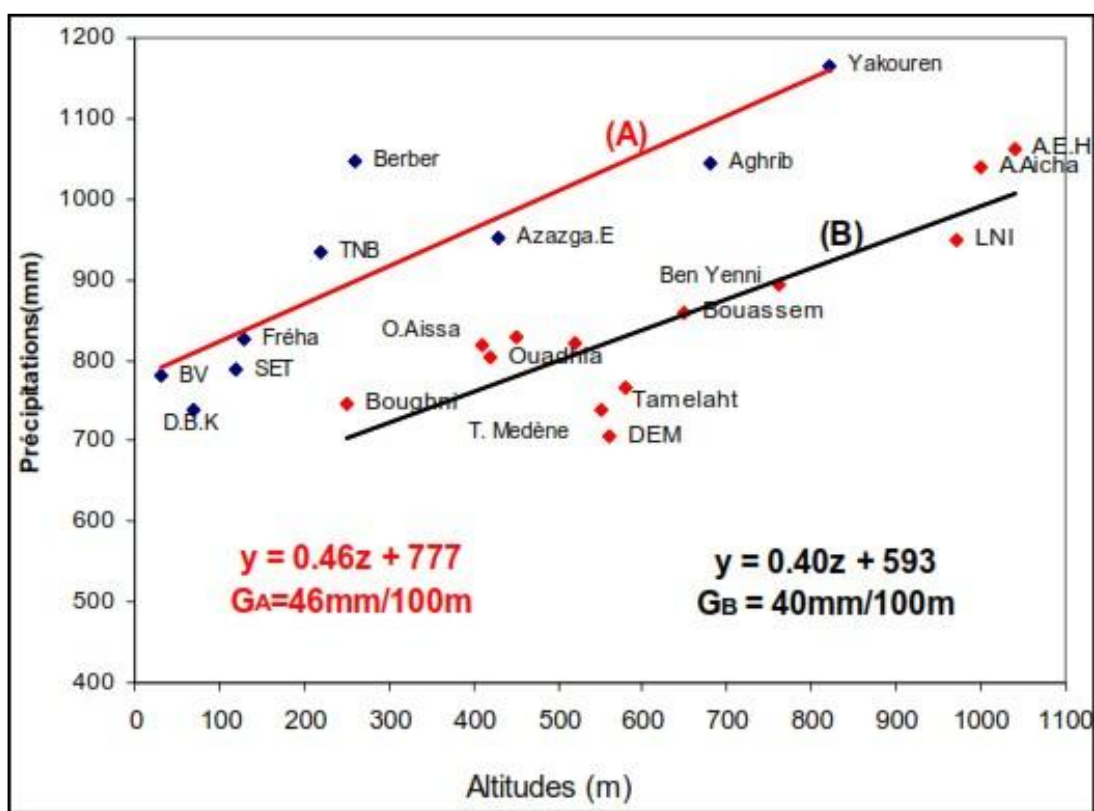


Figure I.5: Gradient altimétrique du Tizi-Ouzou (source : HADJOU 2008).

I.3.1.3. Etude de la Températures

La température est un facteur important dans le conditionnement hydro climatologique d'une région. Ce paramètre conditionne l'évaluation du déficit d'écoulement qui intervient dans l'estimation du bilan hydrologique.

Nous disposons des données récentes recueillies au niveau de la station de l'ONM de T.O pour la période (2015/2020), et les anciennes données allant de 1996 à 2012, ainsi que les extrêmes relevées durant les différentes périodes.

a) Données anciennes

Tableau I.5: Températures moyennes mensuelles de l'air (en °C) (maximales, minimales, moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou période 1996-2012, (source O.N.M de Tizi-Ouzou).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
T.moy	24,3	20,3	14,6	11,5	10,4	10,7	13,5	16	19,6	24,6	27,8	18.4
T.min	18,7	15,6	10,6	7,67	6,5	6,9	8,9	10,7	14,4	15,5	21,4	13.2
T.max	30,9	27,3	19,6	16	15,3	16,4	19,8	21,8	26,3	32,2	35,6	24.7

- La température moyenne enregistrée pour les deux mois les plus chauds (juillet, août) sont respectivement de 27.8 °C et 27.97 °C, leurs maxima 35.6 °C et 35.5 °C.
- La température moyenne enregistrée pour les deux mois les plus froids (janvier, février) sont respectivement de 10,4 °C et 10,7 °C, leurs minima 6,5 °C et 6,9 °C.

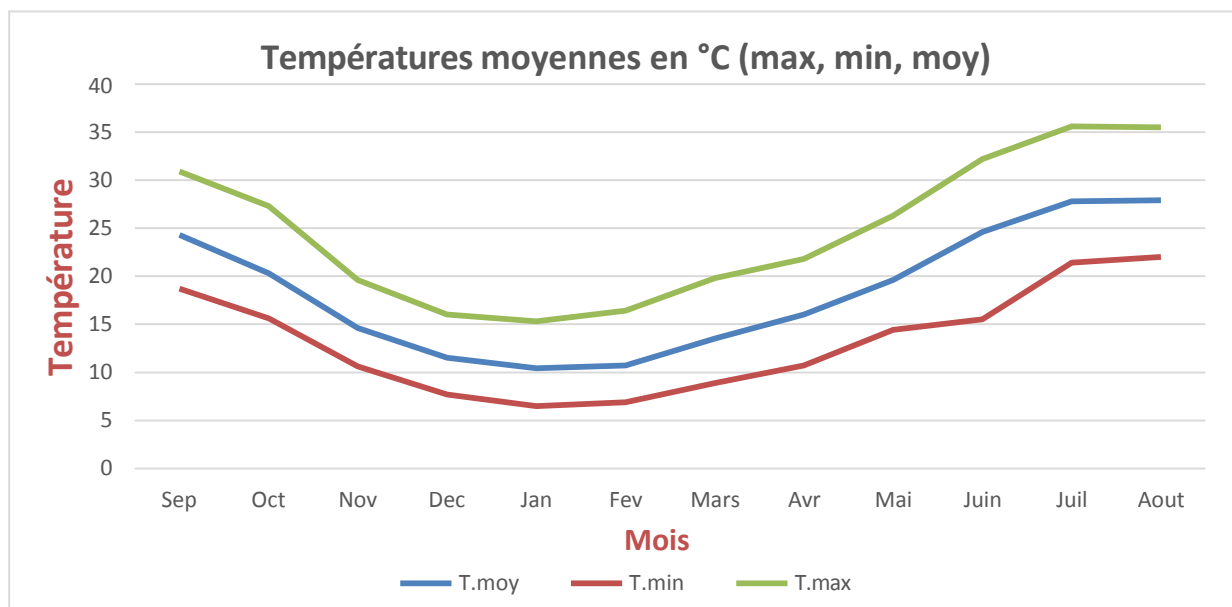


Figure I.6: Représentation graphique des températures moyennes mensuelles de l'air (en °C) (maximales, minimales, moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou période 1996-2012. (Source : O.N.M / T.O).

b) Données récentes

Tableau I.6: Températures moyennes mensuelles de l'air (en °C) (maximales, minimales, moyennes) enregistrées à Tizi-Ouzou période 2015 à 2020 (source O.N.M de Tizi-Ouzou).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	annuel
T.moy	24,4	20,0	15,9	12,4	11,1	13,0	14,4	19,7	20,7	24,7	29,1	30,5	19,5
T.min	18,6	14,4	11,8	8,5	6,9	8,4	9,6	11,7	14,7	18,1	21,6	21,4	13,4
T.max	30,7	26,5	21,2	16,3	15,6	18,1	19,8	21,9	19,7	32,1	36,5	36,0	25,5

- La température moyenne enregistrée pour les deux mois les plus chauds (juillet, août) sont respectivement de 29.1 °C et 32.5 °C, leurs maxima 36.5 °C et 36°C.
- La température moyenne enregistrée pour les deux mois les plus froids (janvier, février) sont respectivement de 11,1 °C et 13,0 °C, leurs minima 6,9 °C et 8,4 °C.

Dans le tableau suivant on a le nombre de jours de l'année ou les températures dépassent 30 °C avec une moyenne de 108 NJT (INFO-CLIMAT).

Tableau I.7: variation mensuelle de NJT ($^{\circ}\text{C}$) ≥ 30 dans la station de T.O (Source : INFO-CLIMAT).

mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
NJ T ($^{\circ}\text{C}$) ≥ 30	0	1	1,3	1,8	6,9	17,7	24,8	27,2	17,7	8,5	1,2	0

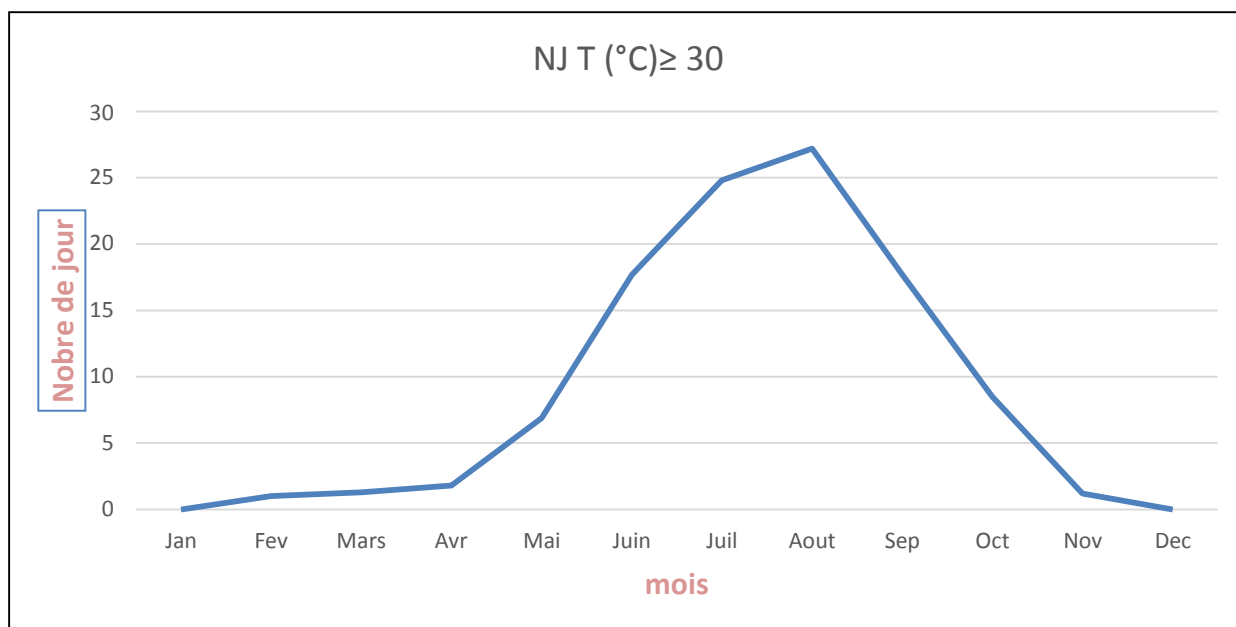


Figure I.7: Représentation graphique de l'évolution de la moyenne mensuelle de NJT ($^{\circ}\text{C}$) ≥ 30 (Source : INFO-CLIMAT).

L'analyse des données montre que les valeurs moyennes mensuelles maximales et minimales ainsi que la moyenne enregistrée sont très variables pendant la même période et on constate une augmentation de plus de 1°C pour la moyenne annuelle avec une valeur de $19,8^{\circ}\text{C}$ pour la période récente et $18,4^{\circ}\text{C}$ pour ancienne. L'été 2021 la région de Tizi-Ouzou enregistré un nouveau record annuel en mois aout avec une valeur de $47,4^{\circ}\text{C}$ et un record moyen annuelle en 2020 avec une valeur de $25,7^{\circ}\text{C}$.

Ces résultats influencent d'une manière négative sur le bilan hydrique dans la région et provoque l'augmentation des valeurs d'évaporations.

I.3.1.4. Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique est une représentation classique du climat d'une zone donnée. Il met en évidence l'état thermique et les précipitations à un endroit donné.

Selon BANGOULS & GAUSSEN (1953), une période de l'année est considérée lorsque les précipitations en millimètres sont inférieures à deux fois la température exprimée en degrés Celsius, $P \leq 2T$.

La figure I.8 représente le diagramme ombrothermique de la station Tizi-Ouzou pour la période allant de 1996 à 2012. Deux périodes sont mises en évidence :

- ✓ Une période sèche qui s'étale sur quatre mois, de fin mai à fin septembre.
- ✓ Une période humide de huit mois, d'octobre au début mai.

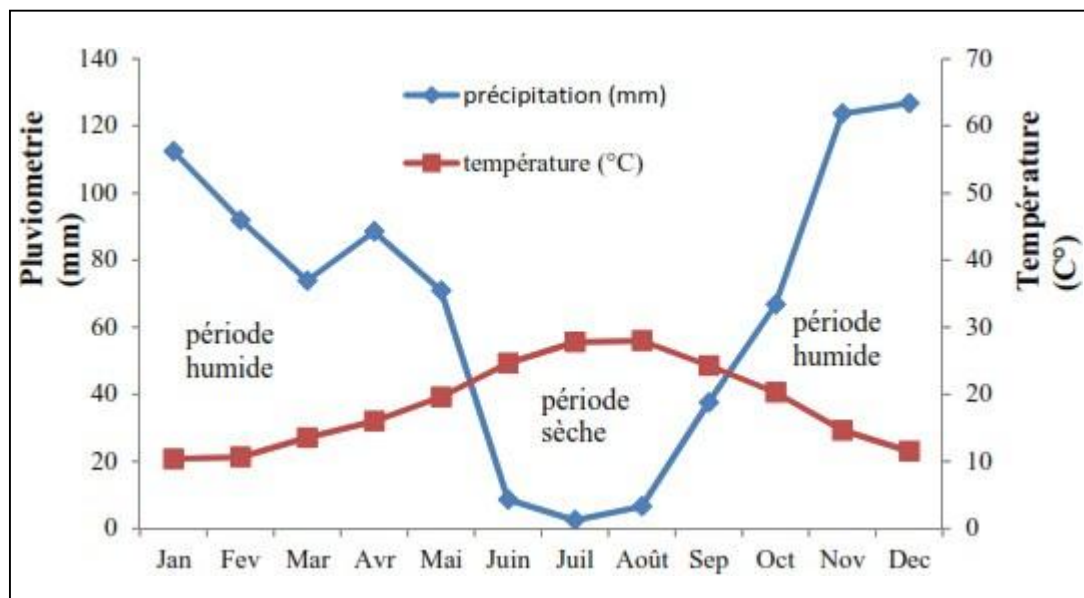


Figure I.8: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN de la région de Tizi-Ouzou période 1991/2014 (Source ANRH).

I. 3.1.5. L'humidité relative (%)

Appelée aussi état hygrométrique, c'est le rapport en centièmes, de l'humidité absolue vraie à l'humidité absolue saturante, à la même température et la même pression (CHERIFI D, 2012).

Le tableau et la figure ci-dessous représentent les valeurs moyennes mensuelles en % de l'humidité relative pour la période (2015-2019) de la station météo de T.O.

Tableau I.8: Humidité relative moyenne mensuelle en % de la station de T.O, période récente et ancienne (source : ONM T.O).

humidité	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	An
Moyenne	64	70	76	82	80	76	74	74	70	61	54	58	70.0
MoySeltzer	57	66	71	76	79	74	68	68	65	58	50	50	65

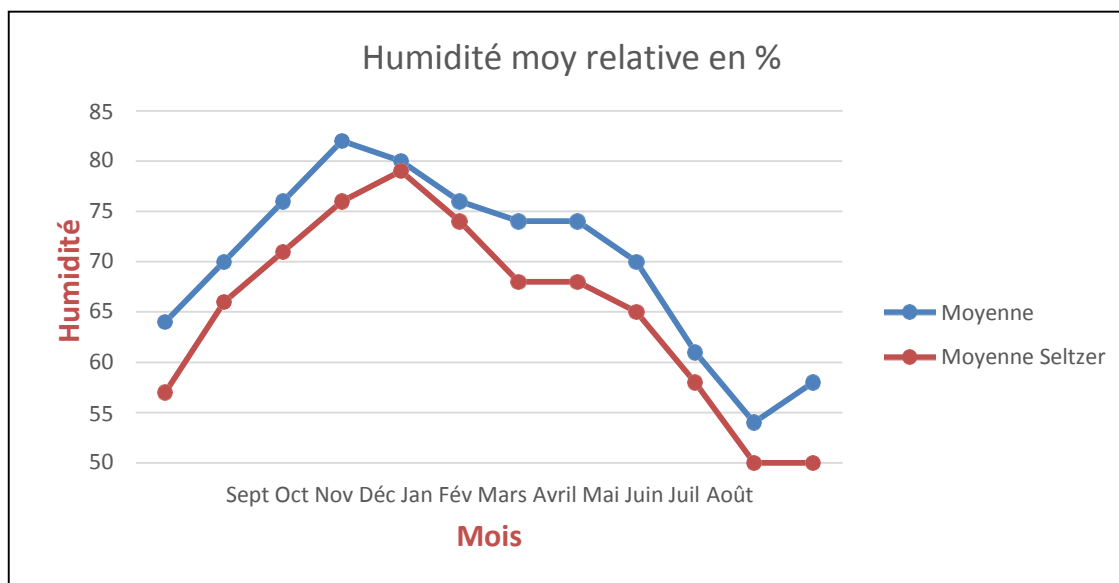


Figure I.9: Variation de l'humidité moyenne relative en % de la station de T.O (source : ONM TO).

L'humidité relative moyenne est la plus élevée en décembre et janvier, et le minimum en juillet et août.

Cela correspond à des valeurs de températures extrêmes (air sec). A l'échelle annuelle, on constate que l'humidité relative moyenne mensuelle est toujours supérieure à 54%, et la moyenne annuelle est de 70%. Il augmente de septembre à janvier, puis diminue jusqu'à son point le plus bas en août.

En comparant ces valeurs avec celles obtenues par Seltzer (1913-1938), nous avons remarqué que la similarité a augmenté de 5% en moyenne.

I.3.1.6. Etude de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est un phénomène important dans le cycle hydrologique, il comprend Tous les phénomènes d'évaporation directe par retour dans l'atmosphère, de Réservoirs de surface (lacs, océans, etc.), souterrains (niveaux des eaux souterraines, aquifères) et transpiration végétale. Cela dépend du climat et de ses changements, et le changement climatique est déterminé par l'humidité de l'air et la vitesse du mouvement de l'air. Vent, température de l'air et de l'eau, rayonnement solaire et pression atmosphérique.

On distingue l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (REE).

On s'inspire d'un résultat de calcul avec la méthode THORNTHWAITE Mois, RFU est de 100 mm. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 9 ci-dessous. L'évapotranspiration réelle calculée par cette méthode est de 425,8 mm soit 50,03 % Précipitations annuelles en 2018-

2019. Le débit disponible est de 425,2 mm Ces valeurs indiquent que l'année hydrologique 2018-2019 est une année humide et pluvieuse les résultats du calcul présentés dans le tableau ci-dessous (KACI & MOIALI., 2019)

Tableau I.9: Bilan hydrologique selon THORONTHWAITE à TO et Taksebt en 2019.

	Sept	Oct	No	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Année
PrecipitationsP(mm)	44.0	183.0	175	43.0	185.1	51.3	54.3	58.4	35.1	1.3	11.0	9.5	851.5
Temperatures(°C)	26.1	20.0	15.8	12.5	9.8	11.6	14.2	16.1	25.4	25.4	28.9	29.4	19.6
Indice thermique I	11.9	8.0	5.6	3.9	2.8	3.5	4.8	5.8	11.5	11.5	13.9	14.2	97.4
ETPbrute(mm)	114.7	69.0	55.6	34.1	32.4	46.4	59.4	53.3	93.8	144.4	191.5	158.6	1053.2
Coefcorrection k	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	
ETPcorrigée (mm)	128.0	64.3	32.5	13.6	11.9	17.7	35.3	51.6	152.3	153.5	199.2	192.6	1052.5
P -ETP (mm)	-84.0	118.7	142.	29.4	173.2	33.6	19.0	6.8	-117.2	-152.2	-188.2	-183.1	-201.5
ETRéelle (mm)	44.0	64.3	32.5	13.6	11.9	17.7	35.3	51.6	135.1	1.3	11.0	9.5	425.8
RFU(100mm)	0.0	100.0	100.	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Déficit (mm)	84.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	150.5	188.2	183.1	605.8
Écoulement (mm)	0.0	18.4	142.	24.4	173.2	33.6	19.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	425.2

I.3.2. hydrologie

La région de Tizi-Ouzou est un réservoir important dans la partie centrale du pays, mais la capacité de mobilisation est encore insuffisante.

L'hydrologie de la zone est dominée par l'Oued Sebaou, qui recueille la majeure partie de l'eau du Djurdjura à travers ses affluents. La parcelle centrale, le Djurdjura et même la chaîne côtière sont en réalité coupées par de nombreux fleuves d'importance socio-économique évidente, parmi lesquels on citera principalement : Oued-Boubehir, Oued Djemaa, Oued Aissi, Oued-Bougdoura, Assif-Ousserdhoun et Assif-El Hammam.

I.3.2.1. Réseau hydrographique du bassin Sébaou

Le réseau hydrographique est souligné par un chevelu très ramifié. Le principal oued de la région, en l'occurrence le Sébaou, prend le nom de Boubehir dans sa partie amont et s'étale sur une longueur de 117 Km (figure 10). Le bassin est caractérisé par :

- Une topographie particulière qui participe à une évacuation rapide des eaux de surface vers l'embouchure.

- Un sous-sol essentiellement imperméable qui explique l'inexistence de nappes d'eaux souterraines (mis à part les alluvions de l'oued Sébaou).
- L'absence d'un couvert végétal continu et le manque d'aménagements pour la protection des berges participent amplement à l'érosion des sols et à une importante déperdition des eaux de surface. Depuis sa source au Djurdjura orientale jusqu'à l'embouchure en mer méditerranée, l'oued Sébaou change trois fois de direction :
 - Haut Sébaou : S'étend de la source Actif de Boubehir jusqu'à la cluse de Belleoua où l'oued prend direction NNW-SSE.
 - Moyen Sébaou : Au niveau de la cluse de Belleoua l'oued Sébaou forme son premier coude avec le haut Sébaou et Prend une direction NE-SW.
 - Bas Sébaou : L'oued marque son deuxième coude au niveau de Tadmaït et empreinte la direction NNW-SSE. (BOUSSAD, 1996).

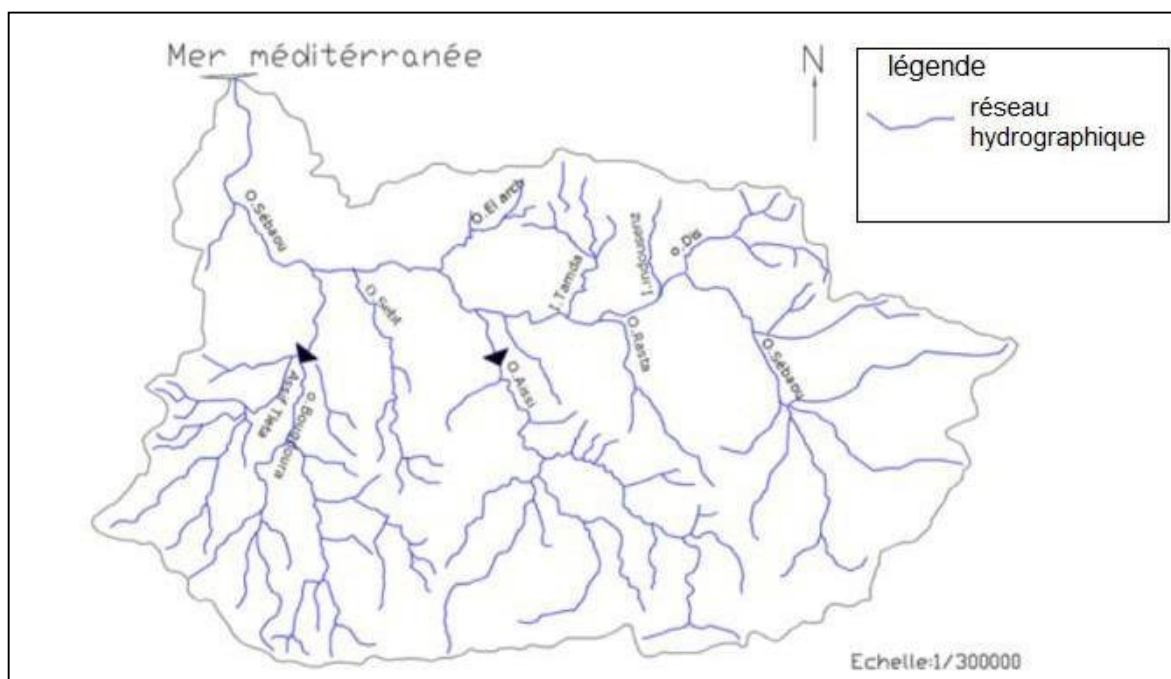


Figure I.10: Le réseau hydrographique d'Oued Sébaou.

I.3.2.2. Contexte hydrogéologique

La vallée de l'oued Sébaou occupe la grande zone synclinale miocène qui s'étend d'Azazga à Dellys. Le Miocène marneux constitue le substratum imperméable de la nappe alluviale de l'oued Sébaou. Elle est une large dépression comblée d'alluvions du Quaternaire formant un complexe de terrasses reposant sur des formations de Miocène inférieur. Ces formations sont constituées principalement par des marnes et des argiles et constituent le

substratum des formations alluviales aquifères. Les formations alluviales aquifères de l'oued Sébaou s'étendent sur environ 100 Km.

Dans la région de Tizi-Ouzou, la vallée du Sébaou, est séparée en deux par le Djebel Belleoua qui scinde naturellement l'axe longitudinal de la vallée en deux zones indépendantes avec une structure géomorphologique différente et des conditions géologiques voire hydrogéologiques diverses (YAKOUB, 1995).

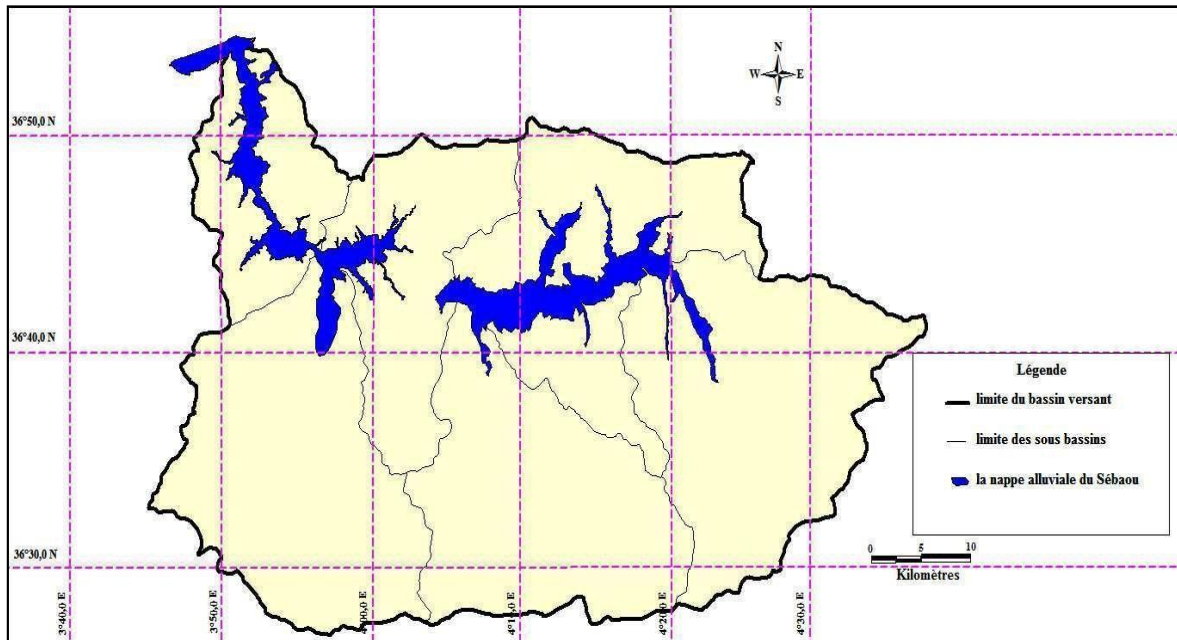


Figure I.11: Carte de la nappe alluviale du bassin versant de l'oued Sébaou, (BALLAH, 2014).

I.3.2.3. Etude hydrodynamique

a) piézométrie

L'oued de Sebaou le principale cours d'eau dans la région s'étale de l'actif N'Boubehir à l'amant de Fréha jusqu'à l'embouchure en mer méditerranée, sur environ de 80 Km et se subdivise en trois secteurs :

- Haut Sebaou.
- Moyen Sebaou.
- Bas Sebaou.

Le haut Sebaou, et la partie la plus étendu de la vallée, sur 50 Km environ et une largeur variable de 0.5 à 2.5 Km, l'aquifère de haut Sebaou est constitué de sable, graviers et galets de 9 m d'épaisseur à l'amont et environ 20 m à l'aval.

L'alimentation des terrasses du haut Sebaou s'effectue principalement par l'infiltration des précipitations et ne présente pas de liaison avec les écoulements superficiels de oued car la constitution de ces terrasses de médiocres aquifères à faible extensions d'alluvions caractérisés de mauvaise perméabilité des terrains contrairement au premières terrasses au-dessus de lit sont les plus favorable.

b) les haute et basse eaux dans le haut de Sebaou (HADJOU 2008)

Dans le haut Sebaou le niveau piézométrique varie d'amont en aval de 130 m à 70 m, un axe de drainage des eaux souterraine est mis en évidence qui coïncide avec le tracer actuel de oued qui draine le ruissellement de surface du bassin versant.

Dans le haut Sebaou les valeurs de gradient hydraulique sont comprises entre 10^{-1} sur les bordures de la vallée se de 10^{-2} au centre, et le profile piézométrique en bas sont comparable à ceux de haut d'une manière général les gradients hydrauliques marquent une évolution ils sont de 10^{-3} au centre de vallée et de 10^{-2} sur les bordures. Ces valeurs relativement plus faibles, peuvent s'expliquer par la diminution de l'alimentation de l'aquifère à partir des bordures, et par l'infiltration direct des précipitations (Figure I.12 et I.13).

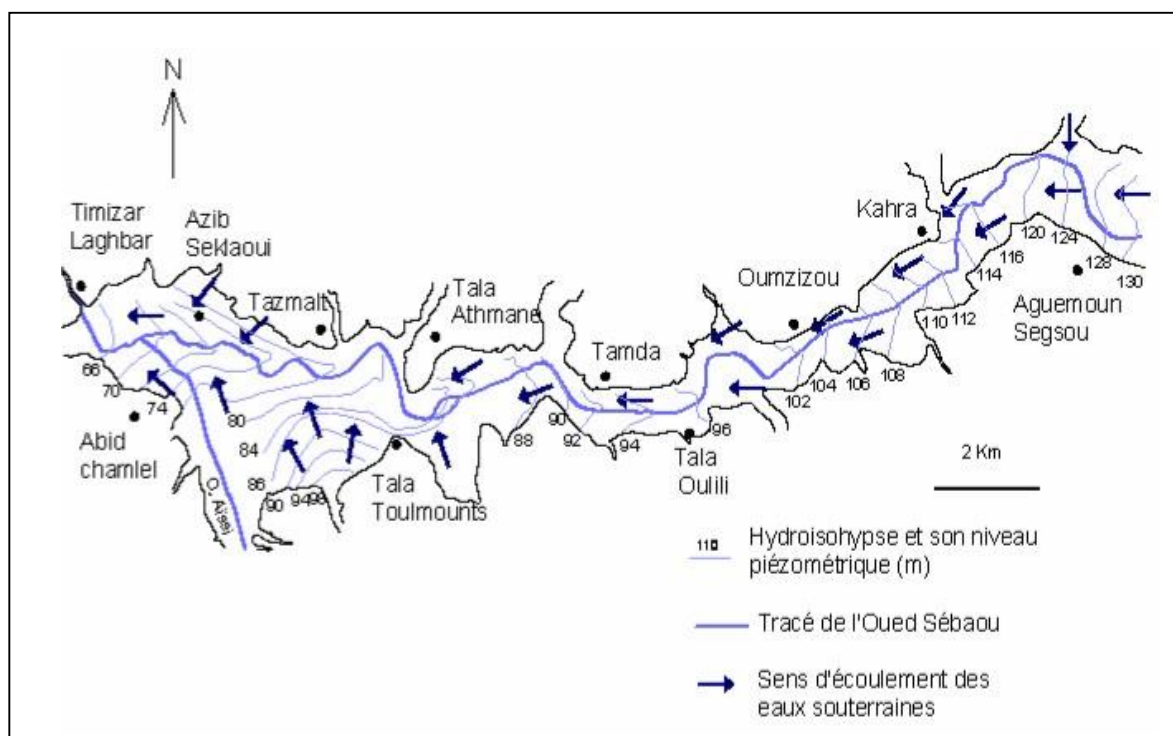


Figure I.12: Carte piézométrique de la nappe alluviale du haut Sebaou Septembre octobre 1973. (HADJOU 2008).

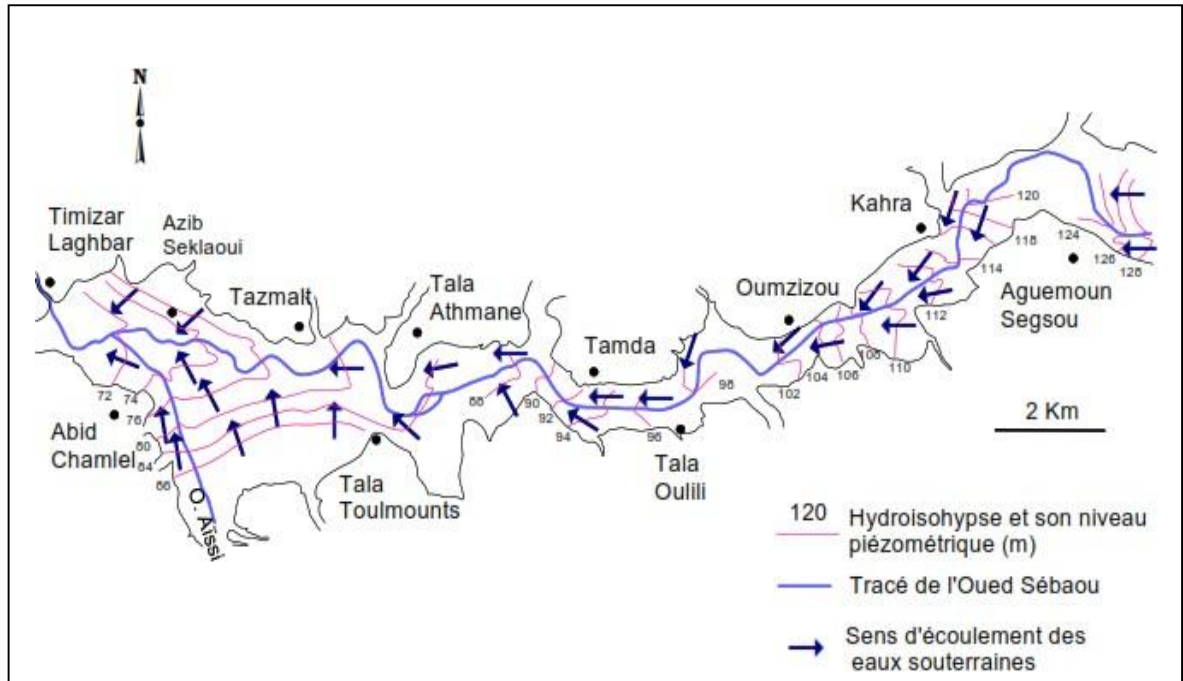


Figure I.13: Carte piézométrique de la nappe alluviale du haut Sebaou Février-Mars 1973 (HADJOU 2008).

c) Alimentation de la nappe

L'alimentation de la nappe alluviale du Sebaou peut être envisagée par :

- ✓ Une infiltration efficace des précipitations, dans les zones où la nappe est libre ou semi libre.
- ✓ Les eaux de l'oued Sebaou et ses principaux influents provenant de ruissèlement des terrains peu perméables.
- ✓ Une l'alimentation peu prévenir de la chaîne de Djurdjura par un écoulement latéraux, par le biais d'accidents géologiques qui constituent des drains non négligeables.
- ✓ La vidange des terrasses supérieures perchée souvent matérialisées par des sources de faibles débits.
- ✓ Un retour vers la nappe des eaux d'irrigation.

d) Débits d'écoulement de la vallée de Sebaou

Les données exploitées dans notre étude extraites de l'étude de (Y.CHADRINE, 1975) sous l'égide de MRE (source : ANRH), les observations des années 1955 à 1956 pour les deux stations Belleoua et Oued-Aissi de haut Sebaou d'écoulement superficiel et souterraine sont considérées comme période d'écoulement moyen dans la région d'étude.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 10 ci-dessous.

Tableau I.10: Débits d'écoulement de la vallée de Sebaou 1955/1956 (HADJOU. 2008).

Station	Ecoulement superficiel		Ecoulement souterrain	
	m ³ /s	Hm ³ /an	m ³ /s	Hm ³ /an
Oued-Aissi	6,5	205	3,5	115
Belleoua	22	625	9,5	300

On constate une augmentation de l'écoulement superficiel deux fois plus dans la station de Belleoua comparé à Oued-Aissi, et cette valeur varie d'une saison à une autre selon les précipitations et ses caractéristiques qui agissent directement sur les infiltrations et l'écoulement de Oued.



Figure I.14: crue d'Oued Sebaou au niveau de Tamda (Novembre 2021).

La figure I.14 présente le oued du Sebaou d'une vue prise au niveau de pant Tamda au milieu de mois de Novembre 2021, où on remarque un débit d'écoulement important.

e) régime des débits

Vu la non disponibilité de la série de débits (données ANRH) des dernières années, nous sommes intéressées aux données de la période (1987-1999) pour la station de Belleoua, les résultats sont présentés dans le tableau 11 suivant.

Pour le Oued-Aissi les apports liquides mesurés par l'ANBT (apports arrivant dans le barrage et lecture de l'échelle limnimétrique) depuis sa mise en eau jusqu'à l'année 2020.

Et les tableaux en annexe montrent la répartition des apports liquides et les précipitations par mois pour plusieurs périodes pour l'Oued-Aissi.

Tableau I.11: Répartition interannuelle des apports liquides arrivant dans la station de Belleoua, (Source : ANRH TO).

Année	Min	Max	Moy	Annuel
1987 - 1988	0,00	98,88	3,75	118,55
1988 - 1989	0,20	235,60	7,44	235,20
1989 - 1990	0,18	250,68	2,50	79,05
1990 - 1991	0,12	534,43	12,29	382,35
1991 - 1992	0,12	553,00	8,77	275,72
1992 - 1993	0,10	438,40	8,16	258,54
1993 - 1994	0,06	237,24	5,60	173,73
1994 - 1995	0,00	378,20	11,48	366,31
1997 - 1998	0,00	678,00	13,98	441,20
1998 - 1999	0,01	289,95	13,16	409,73

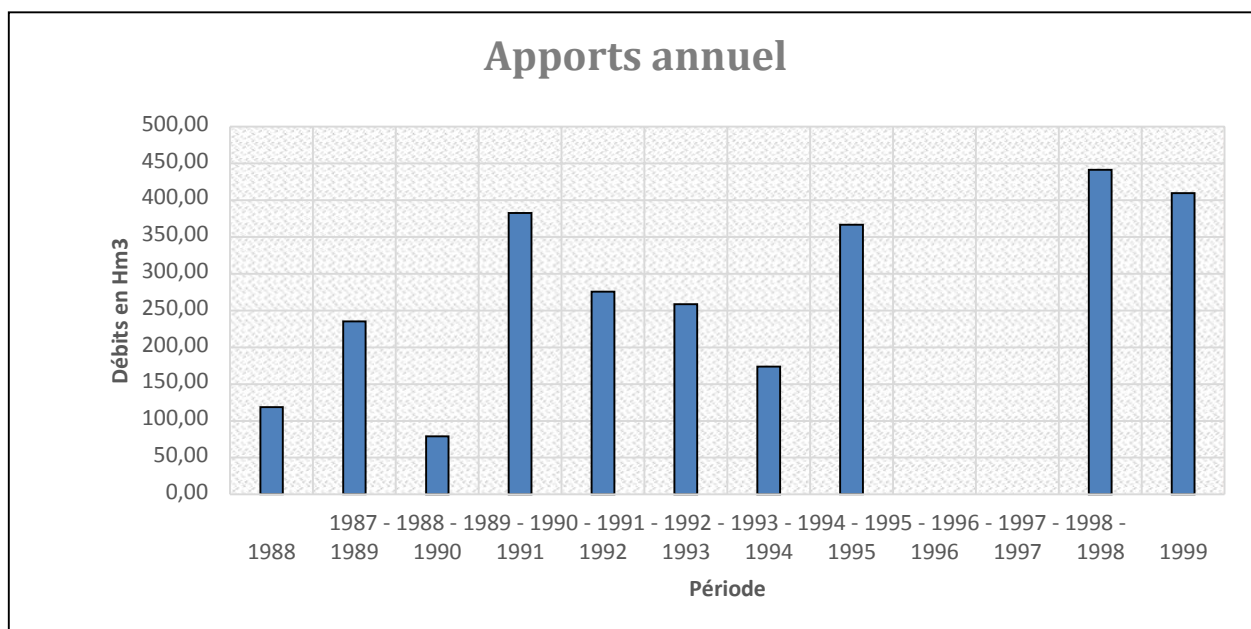


Figure I.15: Représentation graphique de l'évolution interannuelle des apports liquides arrivant dans la station de Belleoua (Source : ANRH TO).

Tableau I.12: Répartition mensuelle des apports liquides arrivant dans le barrage Taksebt en relation avec les précipitations 2002-2020 (Source : ANBT).

Année hydrologique	Valeur max	Valeur min	APPORT	PLUVIOMETRIE
2002-2003	102,03	0,20	406,49	849,24
2003-2004	36,72	0,96	169,14	760,55
2004-2005	72,97	1,02	263,41	564,32
2005-2006	45,11	0,30	162,83	520,95
2006-2007	57,92	0,52	150,10	726,05
2007-2008	27,53	1,52	149,27	803,7
2008-2009	70,82	0,84	267,02	741,32
2009-2010	29,04	0,98	136,35	837,6
2010-2011	53,35	0,88	242,28	669,3
2011-2012	75,92	1,13	263,94	927,13
2012-2013	62,56	1,24	213,33	963,72
2013-2014	86,80	1,07	199,72	799,3
2014-2015	89,65	0,70	302,63	921,9
2015-2016	43,32	0,80	118,52	734,8
2016-2017	24,90	0,70	84,57	555,93
2017-2018	36,18	0,65	153,71	931,7
2018-2019	33,76	0,44	169,08	851,44
2019-2020	19,71	0,38	41,97	375,41

Les valeurs du tableau montrent la répartition des apports liquides et les précipitations pour plusieurs périodes, ses valeurs sont mesurées au niveau du barrage Taksebt.

Ou on remarque une concordance directe entre la pluviométrie et les apports et une différence d'une année à une autre qui revient a un manque des pluies tombées.

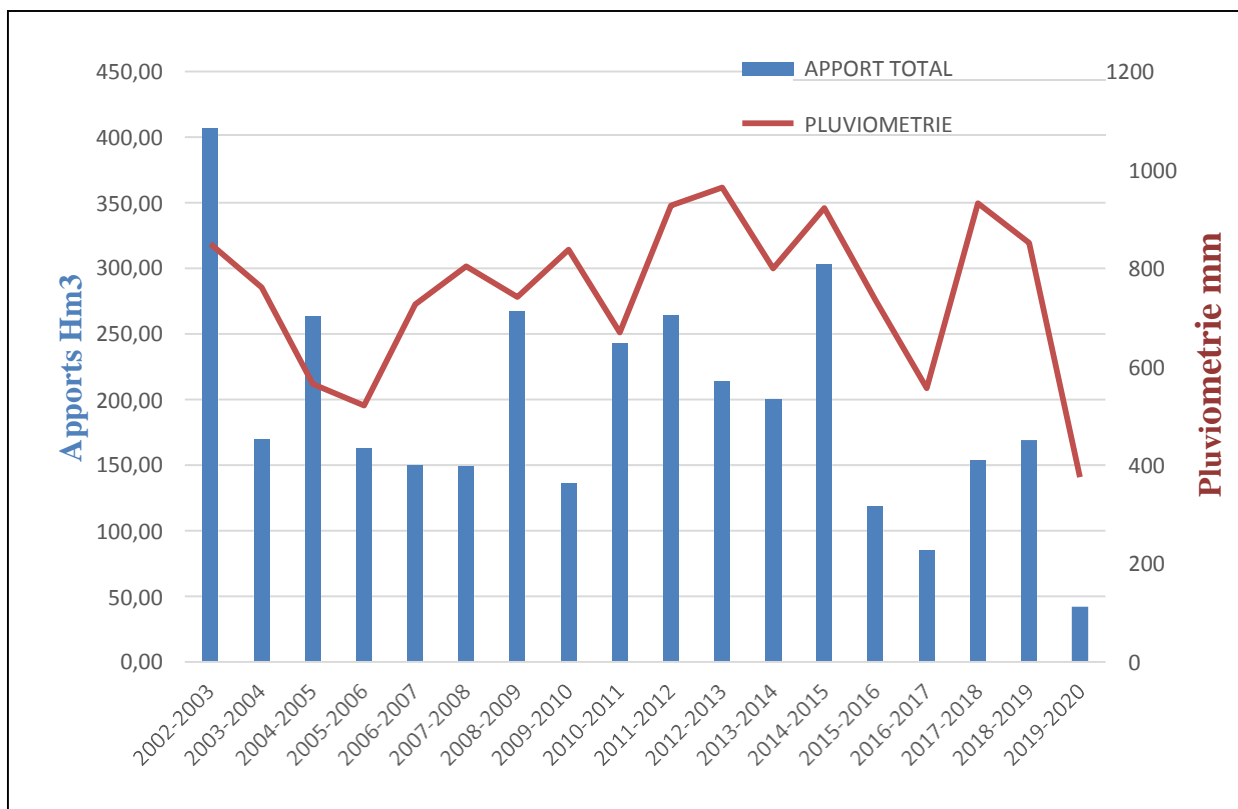


Figure I.16: Représentation graphique de la répartition mensuelle des apports liquides arrivant dans le barrage Taksebt en relation avec les précipitations (Source : ANBT).

Les apports liquides varient d'une année à une autre, enregistrant un apport max de 406 m/an en 2002 2003. L'année 2016-2017 était la plus déficitaire avec un apport de 41,97m3/ an.

Le pic des apports ne coïncide pas avec le maximum des précipitations. Ce décalage montre l'influence de l'enneigement en amont du BV et le rôle de la neige du Djurdjura.

L'analyse des apports Sebaou et sont principale influent Oued-Aissi les deux cours d'eau qui nous intéresse dans notre études on remarque que le débit moyens transporte par Sebaou plus important que Oued-Aissi.



Figure I.17: vue du barrage taksebt (novembre 2021).

La figure 17 présente le barrage Taksebt au milieu de mois de Novembre 2021. Le manque de pluviométrie enregistré ses dernières années a fait que l'ouvrage hydraulique a marqué des baisses jamais égalées depuis sa mise en eau en 2002.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté d'une manière brève notre région d'étude, ainsi que les caractéristiques que nous allons utiliser dans la modélisation ou l'explication du fonctionnement du modèle hydrologique.

La pluviométrie annuelle moyenne à Tizi-Ouzou est d'environ 800 mm Des irrégularités interannuelles évidentes, ce qui caractérise le climat méditerranéen. Dans la partie haut Sebaou et Taksebt Elle est de 950 mm, soit plus de 1500 mm/an au sommet du mont Djurdjura. La neige au

sommet des montagnes influence le régime des apports au Oueds avec un différé et un soutient des écoulements d'environ trois mois (avril, mai à juin).

La température moyenne mensuelle très variable, atteignant une valeur maximale (30.5°C) en juillet et août, et tombant à une valeur très faible en janvier (11.1°C). L'humidité relativement moyenne importante en l'hiver avec maximum en décembre et janvier et avec une valeur plus basse en juillet, mais toujours au-dessus de 50 %.

L'analyse des résultats hydrologique et les différentes moyennes annuelles de la région on constate qu'elle est humide et pluvieuse avec une évapotranspiration (> 50%).

L'écoulement disponible avec des apports variables d'une année à une autre ou on a enregistré un déficit remarquable pour la période 2015-2020 à cause du manque des précipitations ce qui joue un rôle important dans la perturbation des réserves d'eau superficiels et souterraines ou on a vu pour la première fois une baisse de niveau de barrage Taksebt a une valeur jamais enregistrée. Dans le chapitre suivant on va estimer la ressource en eau de la wilaya de Tizi-Ouzou.

CHAPITRE II
RESSOURCES EN EAU DE LA
WILAYA DE TIZI-OUZOU

Introduction

A travers ce présent chapitre nous allons montrer en premier lieu, les potentialités du secteur de l'hydraulique de la wilaya de Tizi-Ouzou ainsi que l'analyse et l'évolution des données d'exploitation et de production qui sont recueillies au niveau des organismes concernés, et en deuxième lieu rechercher des nouvelles ressources pour faire face au déficit dans l'avenir.

II.1. Potentialités hydriques de la W. Tizi-Ouzou.

Un besoin en eau important de l'agglomération, une morphologie accidentée de localité de la Wilaya de Tizi-Ouzou, ces paramètres rend l'alimentation de la région complexe.

Une alimentation réalisée par chaîne d'adduction avec des champs de captage différents, par extraction des eaux souterraines dans les alluvions du l'Oued Sebaou et ses affluents et par le système d'adduction par les eaux de surface production barrage de taksebt, et le transfert à partir du barrage koudiat-Acerdoune qui alimente une partie des régions Boghni Draa El Mizan et béni Douala.

II.1.1. Ressources de surface

Les eaux de surface, les fleuves et les rivières sont des cours d'eau qui s'écoulent dans un lit naturel, alimenté par des eaux de surfaces ou souterraines, qui souvent, sont perturbés par les multiples aménagements de l'homme, qui change parfois radicalement leur nature et leurs propriétés.

Les ressources en eau de surface de la wilaya de Tizi-Ouzou relèvent principalement des écoulements des oueds Sébaou et Bougdoura, qui drainent l'essentiel du territoire de la wilaya, mais aussi d'une multitude des petits oueds côtiers.

Cette wilaya présente un potentiel important en eaux de surface, dont une infime partie qui est seulement mobilisée, avec un volume qui est évalué à 1.1 Milliard de m³ et le reste est déversé dans la mer (ABEDSLEM, 2021).

Pour cela les principales ressources en eau de surface mobilisées se présentent comme suit :

- ✓ Barrages.
- ✓ Retenues collinaires.
- ✓ prise d'eau.

a) Barrage

Dont seulement environ 192 Hm³ sont déjà mobilisées, grâce aux barrages de Taksebt, Djebba, Draa-El-Mizan, d'Ain Zaouia et TiziGhennif.

Les projets de barrages en cours de réalisation avec un taux d'avancement qui approche à 80 % Souk n'Tleta dans la région de Draa El-Mizan lancés en 2012 d'une capacité de 96 Hm³. et de barrage Sidi Khelifa dans la région d'Azeffoun d'un volume de 21.4 Hm³.

b) Retenues collinaires

Dans la wilaya de Tizi-Ouzou, on peut compter 75 retenues collinaires réalisées en majorité durant les années 80, dans le cadre d'un programme de petite et moyenne hydraulique, en totalisant ainsi une capacité de 5,59 Hm³/an.

II.1.2. Ressources souterraines

Les eaux souterraines, qui correspondent à l'eau sous toutes ses formes, que sont dans l'écorce terrestre, forment ainsi de grands réservoirs naturels, connus comme aquifères. Ils se différencient par leurs caractéristiques géologiques, lithologiques, et hydrodynamiques, aussi par la température et la composition chimique de leurs eaux.

Dans la Wilaya de Tizi-Ouzou les ressources en eau souterraines se concentrent essentiellement dans la nappe alluviale de l'oued Sébaou, qu'est alimentée par l'infiltration directe à partir des eaux de pluies et les crues des Oueds.

Pour cela les principales ressources en eau de surface mobilisées se présentent comme suit :

- ✓ Les forages et les puits.
- ✓ Les sources.

a) Les forages et les puits

Les nombres des forages existants à travers la Wilaya de Tizi-Ouzou fait état de 188 forages, dont 140 qui sont réellement exploitées. Donc le volume mobilisé par les forages et les puits de la wilaya est de 27 Hm³/ans ; au bénéfice de l'AEP, l'AEI et à l'irrigation.

b) Les sources

La wilaya de Tizi-Ouzou, dispose d'un nombre important de sources dans l'ensemble de la Wilaya, estimés à 203 sources dont 121 sources importantes d'un débit total estimé à 701,7 l/s, soit plus de 22 Hm³/ans qui sont situées en majeure partie sur le flanc Nord de Djurdjura, qui sont généralement utilisées pour l'alimentation en eau potable des zones montagneuses isolées.

Le tableau suivant permet de montrer le Patrimoine et la potentialité hydraulique des eaux souterraines de la wilaya de Tizi-Ouzou.

Tableau II.13: Le Patrimoine et la potentialité hydraulique des eaux souterraines de la wilaya de Tizi-Ouzou (Source : DRE.T-O).

Patrimoine	Evolution
Nombre de forages	140
Nombre de sources	121
Ressources souterraines	60 Hm ³ /an

II.1.3. Dessalement

Le littoral de Tizi-Ouzou s'étend sur plus de 61 kilomètres et a un grand potentiel pour construire de multiples stations de dessalement et mettre fin à la pénurie d'eau, en particulier dans les villes côtières à potentiel touristique en été.

Il existe une usine de dessalement de grande importance dans la région de Tizirt, qui a été mise en service l'année 2004 avec une production de 2500 m³/j, mais a connu plusieurs interruptions depuis son démarrage, rendant sa capacité de production instable.

La wilaya possède des ressources d'eau considérable, pour cela le tableau suivant nous montre l'importance de secteur d'hydraulique et les potentialités qui la caractérisent ainsi.

La Réalisation de tous les projets planifiés en matière d'AEP ont permis l'évolution du patrimoine hydraulique de la wilaya comme suit :

Tableau II.14: Les potentialités hydrauliques des eaux de la Wilaya de Tizi-Ouzou (Source : DRE.T-O).

Potentialités	Volumes Mobilisé
Ressources superficielle (Barrages et retenues collinaires)	Potentialités : 10 ⁸ Hm ³ /an
Barrage de Taksebt	181 Hm ³
Barrage de Djebba	3 Hm ³
Barrage de Draâ El Mizan	1,50 Hm ³
Barrage d'Ain Zaouia	1,40 Hm ³
Retenues collinaires 83	4,50 Hm ³
Ressources souterraines	60 Hm ³ /an
Dessalement	0.9 Hm ³ /an
Totale	252.3 Hm ³ /an

II.2. Production par ressource (m3/j)

La mobilisation de cette ressource se présente comme suit : Les ressources souterraines mobilisées environs 27,10 hm³/an ; La quantité d'eau mobilisé de ressource superficiel à 92,78 Hm³/an ; Le débit mobilisé à partir des sources sont 4,36 hm³/an ; Le débit des mobilisations à partir de la station de dessalement de Tizirt, estimés á 0,0216 hm³/an.

Avec l'évolution démographique et le développement économique, la demande sur la ressource dans la wilaya de Tizi-Ouzou en augmentation, le tableau suivant présente le volume de la production moyenne journalière et la consommation total dans la région pour l'Année 2020 à partir de différentes ressources existantes.

Tableau II.15: Production moyenne journalière et consommation de L'année 2020.
(Source : DRE. T.O).

Ressource	Souterraine	superficielle	dessalée	totale
Production (m3/j)	74 267	254 208	59	328 535
Production (m3/an)	27107567,7	92785957,9	21586,8579	119915112,4
Production en %	22,61	77,38	0,02	100

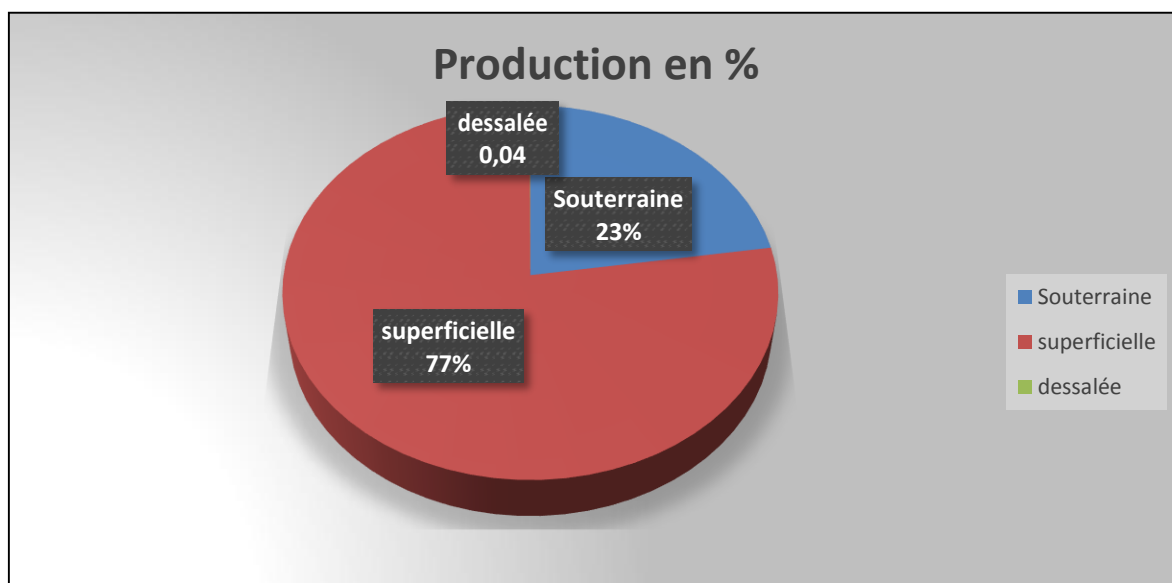


Figure II.18: Pourcentage de la consommation total pour L'année 2020.

La plus grande partie de production dans la région basée sur les eaux de surface avec un volume qui approche les 93 Hm³, 65% de cette valeur assuré par le barrage du Taksebt, aussi le

volume consommé de la ressource souterraine dépasse les 23 % de la capacité de production total, d'autre part les eaux de dessalement sont insuffisants revient à une production faible.

II.3. Les chaines de distribution d'eau potable

L'AEP se fait grâce aux réseaux d'adduction d'une longueur 1998km et les réseaux de distribution d'alimentation de 2745km. La dotation moyenne en eau potable est de 167litres/jour/hbt. Elle est de 205l/j/hbt en zone urbaine, et de 129l/J/hbt en zone rurale.

Les chaines d'AEP sont de :

a) Transfert d'eau à partir de Taksebt vers Freha, Azazga

Alimente 13 chefs-lieux de communes (Tizi-Ouzou, Irdjen, Ouaguenoun, Tizi Rached, Larbaâ Nath Irathene, ait oumalou, Mekla, Souama, ait khellili, timizart, Freha, Azazga, et Yakouren) et 240villages pour une population de 330000 habitants. La population de cet axe reçoit l'eau avec un taux horaire moyen de 16heure par jour avec une dotation de 120 litre par jour par habitant ; Sur cet axe, il est affecté un volume de 27 Hm³

b) Transfert d'eau à partir de Taksebt vers Tizi-Ouzou, DBK, Tadmaït

Le volume affecté sur cet axe est de 36 Hm³/an, il alimente 11 chefs-lieux de communes et 212 villages (Tizi-Ouzou, Béni Douala, Béni Zmenzer, Tizi Ntleta, Ouadhias, Maâtkas, Draâ Ben Khedda, Tirmatine, Makouda, Sidi Namane et Tadmaït) pour une alimentation de 500000 habitants.

c) Adduction AEP du flanc Nord de la Wilaya de Tizi-Ouzou à partir du barrage de Taksebt.

Son volume d'affectation est de 21000 m³ et alimente huit (8) communes et de 214 villages pour une population de 80000 hbts. Les communes concernées sont Boudjima, Iflissen, Tigzirt, Aghribs, Akerrou, Azeffoun, Ait Chaffaâ et Zekri.

d) Transfert d'eau à partir du barrage koudietacerdoune (wilaya de Bouira) vers le couloir de Draâ El Mizan, Boghni et Ouadhias.

Le volume affecté à cet axe dépasse 21Hm³ renforçant en eau potable 14chefs-lieux de communes et 190 villages.

(Mkira, TiziGhenif, Draâ ElMizan, Frikat, Ain zaouia, Bounouh, Boghni, AssiYoucef, Mechtras, Souk El Tenine, Tizi Ntleta, AitBouaddou, Ouadhias, Agouni-Gueghrane).

II.4. Analyse de l'évolution de la ressource en eau de la Wilaya de Tizi-Ouzou à partir de barrage Taksebt

Le barrage de Taksebt représente un rôle important pour améliorer l'alimentation de la région en eau potable.

II.4.1. Barrage taksebt

Il est mis en service en novembre 2001, son volume régularisé est de $181\text{hm}^3/\text{an}$. Il est destiné à l'alimentation en eau potable des wilayas de Tizi-Ouzou, Boumerdes, Alger. Le volume alloué à la wilaya de Tizi-Ouzou est de $68\text{hm}^3/\text{par an}$ recouvrant 38 centres urbains et 750 villages répartis sur l'axe Azazga, Tizi-Ouzou, DBK, Tadmaït et les communes du flanc nord de la wilaya.

II.4.2. Analyse de l'évolution de la ressource de barrage de Taksebt

Avec un volume d'eau emmagasiné présentement de l'ordre de 25% actuellement, le barrage de Taksebt qui alimente la wilaya de Tizi-Ouzou et une partie d'Alger et de Boumerdes enregistre l'un des plus faibles taux de remplissage depuis sa mise en eau en 2002.

Le tableau suivant montre les valeurs mensuelles pour les différentes caractéristiques qui agissent dans l'exploitation du barrage Taksebt.

Tableau II.16: Valeur d'exploitation mensuelle barrage Taksebt pour l'année 2020 (Source : ANBT).

Mois	Affluent Hm ³	prise d'eau Hm ³	Fuites Hm ³	Evaporation Hm ³	Défluent Hm ³	Pluie mm
janvier	7,51	11,15	0,12	0,11	11,38	48,90
février	3,34	10,58	0,12	0,14	10,83	0,00
mars	4,76	11,74	0,12	0,13	11,99	79,40
avril	15,05	10,72	0,12	0,15	10,98	91,80
mai	5,83	12,09	0,12	0,39	12,61	9,00
juin	1,40	12,81	0,12	0,50	13,43	5,00
juillet	0,51	14,16	0,12	0,62	14,90	0,00
août	0,23	14,57	0,12	0,53	15,23	5,50
septembre	0,24	9,89	0,11	0,20	10,19	0,00
octobre	0,24	8,94	0,12	0,13	9,19	28,10
novembre	3,52	8,57	0,12	0,09	8,78	130,62
décembre	25,55	8,43	0,12	0,05	8,61	169,70
total	68,18	133,64	1,45	3,04	138,13	568,02

Pour l'année 2020 on a eu au niveau de la retenue de Taksebt un déficit de 30% dans les précipitations et environ 60% d'apports liquide qui arrive de l'oued-Aissi.

D'autre part le volume exploité équivalent a deux fois plus que les entrées de l'année, ce que épuise la capacité de stockage. Le volume perdu causé par l'évaporation qui augmente surtout dans la période d'été ou il attient à son maximum. Les fuites s'approchent de 1.5 Hm³.

Selon l'ANBT un problème technique au niveau de la vanne de vidange qui sera réglé dans les plus brefs délais et qui assure que les infiltrations au niveau de la digue son tolérable donc ce volume va revenir à ses valeurs normalisé.

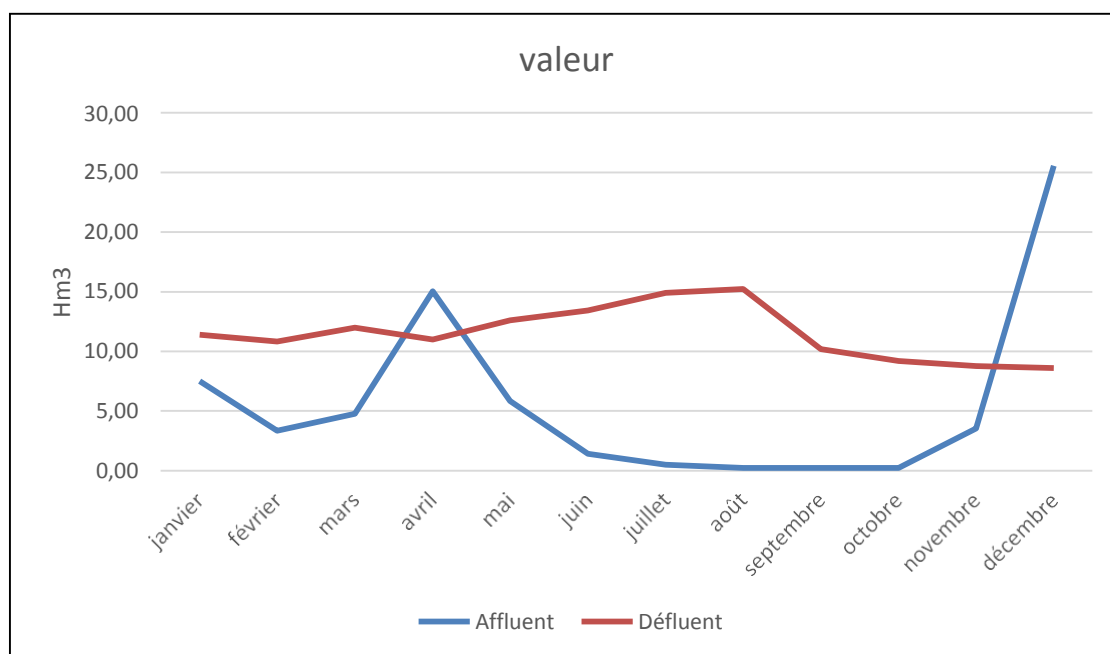


Figure II.19: Présentation graphique de l'évolution mensuelle de l'affluent et défluent du barrage de Taksebt (Source : ANBT 2020).

Le graphe de la figure II.2 construit à partir des données d'exploitation de l'ANBT pour la période 2020, traduit les apports liquides et le défluent de barrage avec une variation mensuelle irrégulière, ou on remarque un déficit de juin à novembre la période ou les apports approchent de zéro.

II.4.3. Analyse de l'évolution interannuelle des données d'exploitation du barrage de Taksebt

Depuis la mise en eau du barrage taksebt en novembre 2002 l'ANBT veille sur l'enregistrement journalier des données d'exploitations. Nous allons faire de ce que suit une analyse pour les déférents paramètres qui entrent dans le bilan d'exploitation.

Les valeurs de tableau II.5 suivant présentent le cumul des volumes annuels (janvier à décembre) de stockage, et les apports d'Oued-Aissi, l'exploitation annuelle et les différents débits sortants.

Réserve = entrée – sortie

Reserve : le volume stocké par la retenue.

Entrée : les apports d'Oued-Aissi et l'alimentation des sources.

Sortie : présente plusieurs paramètres qu'on prend en charge pour déterminer le volume total de sortie.

- volume lâché par la prise d'eau (AEP).
- Volume d'évaporation.
- Volume fuite.
- Volume déversé (crues).
- Volume vidangé.

Tableau II.17: Evolution interannuelle des apports liquides arrivant et entrant dans le barrage Taksebt (Source : 2020 ANBT).

année	entrer	Lâcher prise d'eau	sortie	réserve
2002	89,48	1,09	62,23	38,282
2003	336,00	2,75	269,82	105,40
2004	178,88	2,99	153,40	127,58
2005	251,29	5,33	262,20	116,85
2006	154,58	9,19	119,38	151,40
2007	191,49	20,13	158,10	181,40
2008	136,34	85,74	163,68	153,59
2009	261,36	118,88	282,53	129,50
2010	139,46	128,81	142,69	126,17
2011	226,89	137,46	230,65	124,12
2012	257,94	128,87	264,57	119,17
2013	222,99	130,44	221,94	120,03
2014	203,81	*156,27	217,05	105,83
2015	295,01	165,55	305,75	91,32
2016	*108,7	117,18	129,59	70,20
2017	100,68	95,58	107,63	62,82
2018	167,94	104,43	111,89	119,22
2019	160,61	142,08	157,35	122,48
2020	68,18	133,53	138,13	52,53

On remarque une variation interannuelle irrégulière dans les valeurs de l'exploitation du barrage à partir de l'année de mise en service de la station de traitement taksebt en 2007, ou on est arrivé à une exploitation du volume normalisé.

* En 2014 qui fait une baisse dans les réserve de la retenu vu au manque d'apports causé par la perturbation dans la moyenne précipitation de puis l'année 2016 ce qui influence sur la relation entré sortie qui résume la situation de barrage.

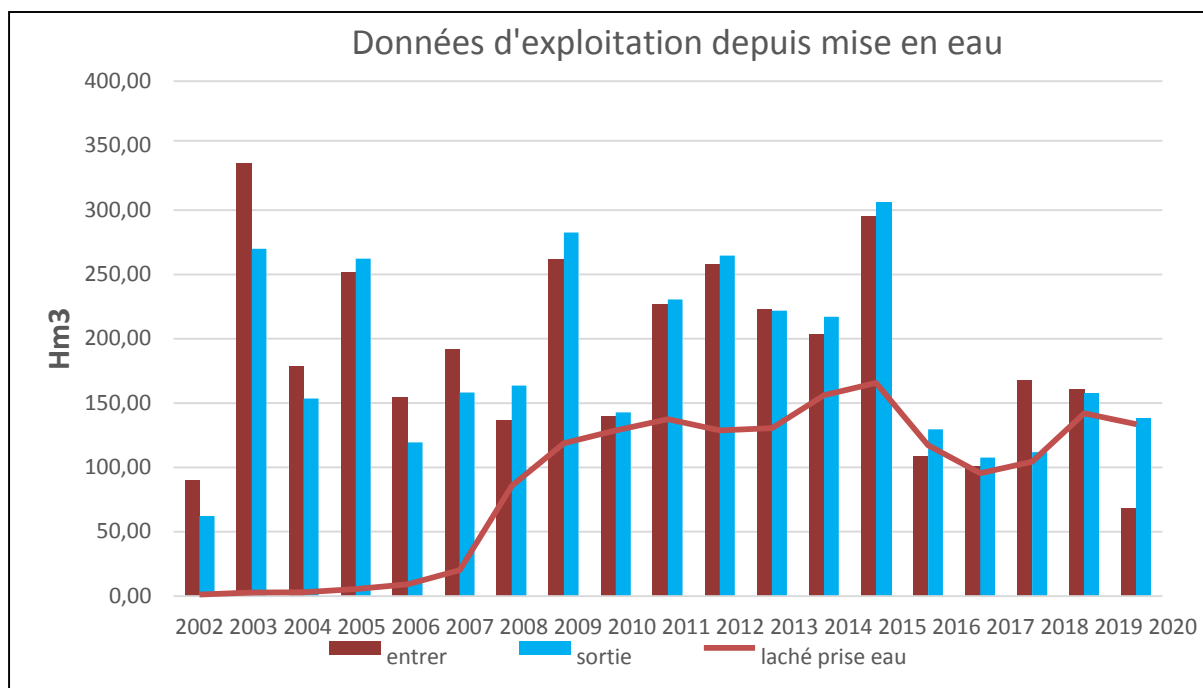


Figure II.20: Présentation graphique de l'évolution interannuelle des apports liquides arrivant et sortant dans le barrage de Taksebt (Source : 2020 ANBT).

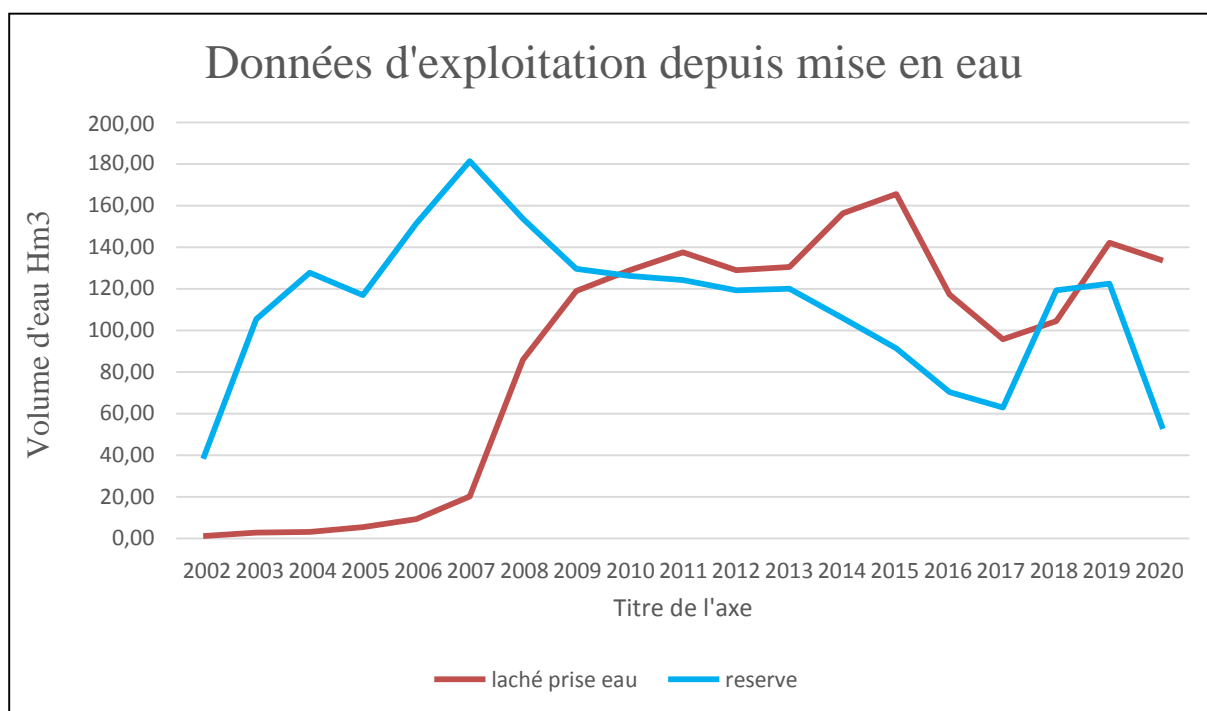


Figure II.21: Présentation graphique de l'évolution interannuelle des apports liquides arrivant et sortant dans le barrage Taksebt (Source : 2020 ANBT).

On remarque une variation interannuelle irrégulière qui caractérise l'exploitation du barrage. Le paramètre des apports relié directement avec les précipitations ainsi que le lâché d'eau qui dépasse en 2015 le volume régularisé ($151 \text{ M}^3 / \text{ans}$) ce que épuise la réserve. Dans les périodes où nous avons un déficit dans les entrées. .

II.4.4. Les problèmes de gestion dans AEP et AEI

Malgré le potentiel hydrique important de la wilaya, la population n'a pas suffisamment accès à l'eau potable, cette situation s'explique par :

- ✓ Un manque dans les ouvrages de stockage pour une meilleure exploitation des eaux de la surface et le captage de différente ressource.
- ✓ des perturbations au niveau des réseaux de distributions et une exploitation technique et commerciale mal maîtrisé.
- ✓ des problèmes de fuite et perte d'eau dans la nature ce qui aggrave les pénuries.
- ✓ Un grand retard dans le secteur d'eau non conventionnelle.
- ✓ Un volume important des eaux d'épurations non exploité pour l'irrigation un secteur qui épuise la nappe alluviale de Sebaou.

Sachant que la nappe phréatique de l'oued Sebaou a diminué considérablement ces dernières années à cause, notamment, du manque des précipitations qu'a connu le pays cet hiver, le changement climatique, l'allongement de la saison sèche et la surexploitation de la réserve souterraine destinée à l'alimentation en eau potable, à l'irrigation ou aux usages domestiques et industriels.

II.5. Recherche de nouvelle ressources- sources d'approvisionnement

Pour faire face aux pénuries d'eau et répondre à la demande en eau potable des habitants, notamment à l'approche de chaque été où la consommation est très importante, on doit trouver des solutions d'urgence et efficace, aussi adopter une politique qui va faire face au problème du sécheresse du changement climatique. Ainsi l'évolution démographique de la population.

Après avoir analysé les données hydrologiques et les volumes annuelles et journalier produits et consommés de la région, un plan de travail d'urgence doit être envisagé pour les prochaine années repartie en trois phase.

En premiers lieux des projets à court terme ou plutôt des solutions d'urgence pour rattraper le déficit en manque d'eau mobilisée. A moyen terme il est temps de revoir la politique de gestion de la ressource et l'exploitation de potentiel des volumes impotents qu'on perd quotidiennement à cause des réseaux vêtus et les vieux ouvrages, et penser à faire des projets du captage des eaux de surface pour augmenter la capacité des barrages existants et des eaux souterraines et les reliés directement au réservoirs dans les différentes localités.

Ainsi se prépare à long terme a tous les scénarios ou la situation s'aggrave. Il important de rationaliser la ressource et penser à la réutilisation des eaux usées, surtout dans l'irrigation et l'industrie lourde pour minimiser les couts.

Aussi réaménager la zone de Sébaou ou on a eu l'extraction des quantités de sable importantes qui a causé une perte dans les eaux souterraines mobilisées, dans le but de récupérer les forages déjà existants à cause de la baisse du niveau statique des eaux sous terraines qu'ils sont à l'arrêt depuis des années et d'autre juste pour des périodes courtes (Niveau des hautes eaux).

Une autre solution efficace peut régler la rareté de la ressource dans la ville côtière il s'agit profiter de la longueur importante de littoral et construire des stations de dessalement avec une capacité de production élevé en premier lieux pour l'alimentation de ses villes et les localités proches.

II.5.1. Analyse des possibilités de renforcement de la ressource en eau

Selon la DRE de T-O plusieurs projets déjà lancés et d'autre en cours d'étude ou en attente de financement ; Deux barrages sont en cours de construction (barrage Souk n'Tletaet Sidi Khelifa) et deux sont à l'étude (barrages de Bounachi et Zaouia) ; une station de dessalement dans la région de Tmda-Ougumoun qui va produire un volume 40 000 m³/j, d'une capacité qui attient 1.5 hm³/ans peu régler le problème d'alimentation de la région d'Azeffoun et les localités voisines.

Un programme de réhabilitation d'anciens forages recensés à travers la wilaya de Tizi-Ouzou est prévu dans le cadre des opérations visant à canaliser toutes les ressources en eau existantes et améliorer sa distribution auprès de la population.

Cinq autres forages, dont les travaux de réalisation sont en cours, sont destinés à alimenter la partie sud de la wilaya, dans un autre volet du programme, il est aussi prévu la création d'environ 27 autres nouveaux forages d'une capacité de pompage de 27 000 m³/j.

II.5.2. Captage des eaux de Sébaou

Les résultats obtenus, concernent les caractéristiques hydrologiques de la zone d'étude dans le premier chapitre, montrent que la région reçoit annuellement en moyenne de 900 mm de pluie, et que les débits d'écoulements superficiels augmentent de septembre à février et peut partir jusqu'au le mois de mai pour les années ou les neiges sont importantes dans la chaine du Djurdjura.

L'Oued Sebaou draine les eaux de la nappe et des infiltrations souterraines qui coïncident avec les eaux superficiels estimés à plusieurs millions du mètre cube qui traverse la station de Belleoua pendant plusieurs mois et débouche dans la mer.

Le barrage de taksebt à quelque kilomètre de Sebaou connaît un déficit énorme ces dernières années à cause de manque des précipitations ainsi que une sur exploitation de de la réserve.

Le captage des eaux de Sebaou consiste à pomper dans la retenu du barrage un volume journalier qui dépend du débit d'écoulement de l'Oued cela pour objectif de retenir le niveau de la retenu, ainsi augmenter la capacité de production dans la région.

On peut viser dans ce projet à garder un volume de remplissage proche de 100 % en début de la saison d'étiage de chaque année autrement dit avoir une deuxième réserve que Taksebt qui

peu combler le déficit dans la région, où les perturbations dans la distribution sont signalées à longueur d'année.

Conclusion

De ce qui précède, nous avons montré les potentialités du secteur de l'hydraulique de la wilaya de Tizi-Ouzou ainsi que son évolution au cours de ces dernières années. Nous avons remarqué une évolution considérable en matière d'alimentation en eau potable.

Afin de saisir la problématique de l'eau dans la Wilaya de Tizi-Ouzou, nous avons adopté la démarche qui consiste à présenter la situation hydraulique à travers la description du système d'AEP et d'exploitation de la ressource existante.

Après avoir cerné les différents potentialités qui caractérise la wilaya, il est intéressant de prendre les prédispositions nécessaires afin d'acquérir une autosuffisance en matière d'eau potable dans les prochaines années.

Afin de définir et de choisir un bon emplacement et d'éviter les complications lors de l'exécution des travaux, il est nécessaire d'étudier la topographie de notre terrain (Oued-Sebaou).

Le prochain chapitre consiste à étudier notre terrain et de faire une simulation de la remontée des eaux dans l'Oued avec le logiciel Global Mapper.

CHAPITRE III

ETUDE TOPOGRAPHIQUE DU SITE

Introduction

L'objectif de l'étude topographique présentée dans ce chapitre est d'établir un modèle numérique de terrain concernant notre zone d'étude, ainsi que la création des tabulations (section transversale le long du profil du l'oued) nécessaire pour le choix de lieux d'emplacement de la digue et la modélisation du risque d'inondation via le logiciel Global Mapper. La démarche suivie est résumée par les principales étapes suivantes :

- Acquisition des données topographiques de la zone d'étude, mise à notre disposition par l'entreprise Cosider chargé de l'étude et de la réalisation du projet, sous le format (.xlsx).
- Création du levé topographique avec le logiciel Covadis.
- Création des différents axes du l'oued et crée l'MNT.
- Création d'un fichier sous format (.dwg.) pour l'importé vers Global Mapper.
- La simulation de la remontée des eaux avec le logiciel Global Mapper.

Avant même l'étude technique, une bonne connaissance de la topographie du site est nécessaire.

L'étude topographique a pour but de connaître la configuration du site et simuler la présence de l'ouvrage pour ainsi définir ses caractéristiques. En simulant la présence de l'ouvrage, on peut formuler des hypothèses sur sa position exacte, ses dimensions, ses conséquences dans la vallée ainsi que les possibilités de mise en œuvre.

III.1. Acquisitions des données topographiques de la zone d'étude

- Le levé topographique de la zone d'étude nous a été confié par Cosoder sous format Excel, Ces points topographiques sont récoltés par un agent topographe dans la zone d'étude avec un appareil topographique (figure III.1).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		ID	X	Y	Z	Code		
2		1	530176.245	4068696043	107.826	--		
3		2	530184.697	4068759707	106.618	TN		
4		3	530198.112	4068764663	106.569	TN		
5		4	530199.386	4068743373	106.93	TN		
6		5	530204.777	4068729376	107.978	TN		
7		6	530215.547	4068740123	108.548	TN		
8		7	530213.616	4068748093	107.741	TN		
9		8	530210.865	4068756968	107.006	TN		
10		9	530222.283	4068759924	108.811	TN		
11		10	530218.218	4068771296	106.993	TN		
12		11	530217.25	4068773562	106.589	TN		
13		12	530225.644	4068792635	106.683	TN		
14		13	530230.228	4068794086	107.771	TN		
15		14	530232.051	4068788621	108.479	TN		
16		15	530236.493	4068793751	108.522	TN		
17		16	530236.884	4068800288	107.396	TN		
18		17	530232.663	4068808884	106.593	TN		
19		18	530242.218	4068812521	106.925	TN		
20		19	530241.251	4068818433	107.572	TN		
21		20	530176.245	4068696043	107.826	TN		

Figure III.22: Fichier Excel (Cosider).

- Extraire le fichier de points sous format bloc-notes ASC (figure III.2).

```

530176.245 4068696043 107.826
530184.697 4068759707 106.618 TN
530198.112 4068764663 106.569 TN
530199.386 4068743373 106.93 TN
530204.777 4068729376 107.978 TN
530215.547 4068740123 108.548 TN
530213.616 4068748093 107.741 TN
530210.865 4068756968 107.006 TN
530222.283 4068759924 108.811 TN
530218.218 4068771296 106.993 TN
530217.25 4068773562 106.589 TN
530225.644 4068792635 106.683 TN
530230.228 4068794086 107.771 TN
530232.051 4068788621 108.479 TN
530236.493 4068793751 108.522 TN
530236.884 4068800288 107.396 TN
530232.663 4068808884 106.593 TN
530242.218 4068812521 106.925 TN
530241.251 4068818433 107.572 TN
530174.9800 40688918.579 108.038 ---
530175.0266 40688918.465 108.026 ---
530171.4031 40688882.536 108.179 ---
530162.236 4068885.072 108.392 ---
530162.170 4068883.193 108.322 ---
530159.036 4068884.206 108.600 ---
530154.977 4068858.402 108.246 ---
530129.131 4068816.512 108.094 ---
530123.673 4068823.912 108.178 ---
530079.592 4068744.266 108.534 ---
530095.8559 4068786.133 107.749 ---
530085.441 4068741.616 108.300 ---
530090.219 4068717.950 108.861 ---
530074.042 4068719.523 108.212 ---
530272.327 4068883.907 106.635 TN
530273.777 4068888.721 106.912 TN
530272.651 4068874.981 107.477 TN
530263.223 4068867.262 106.603 TN
530266.590 4068864.556 107.871 TN
530290.451 4068868.107 107.642 TN
530299.500 4068879.090 107.723 TN
530293.101 4068884.185 107.745 TN
530168.678 40688562.233 109.000 TN
530123.832 40688550.265 110.984 ---
530161.147 4068875.084 108.445 TN
530151.967 4068877.796 108.338 TN
530169.956 40688603.344 107.900 TN
530312.242 40688911.906 108.139 TN
    
```

Figure III.23: Fichier Bloc-notes (ASC).

- Ouvrir le logiciel Covadis choisir l'icône Autocad classique.

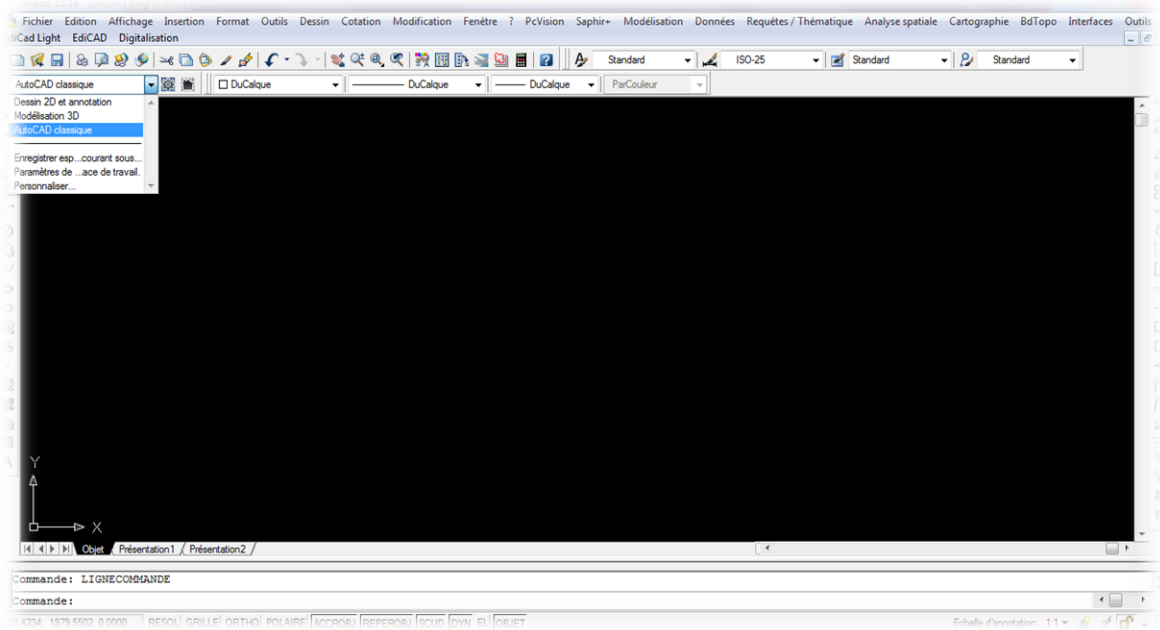


Figure III.24:L'interface Covadis.

- Pour importer les points topographiques et suivant les étapes énumérées ci-dessous.
- Covadis 2D ➡ Point topographique ➡ Chargement de semis

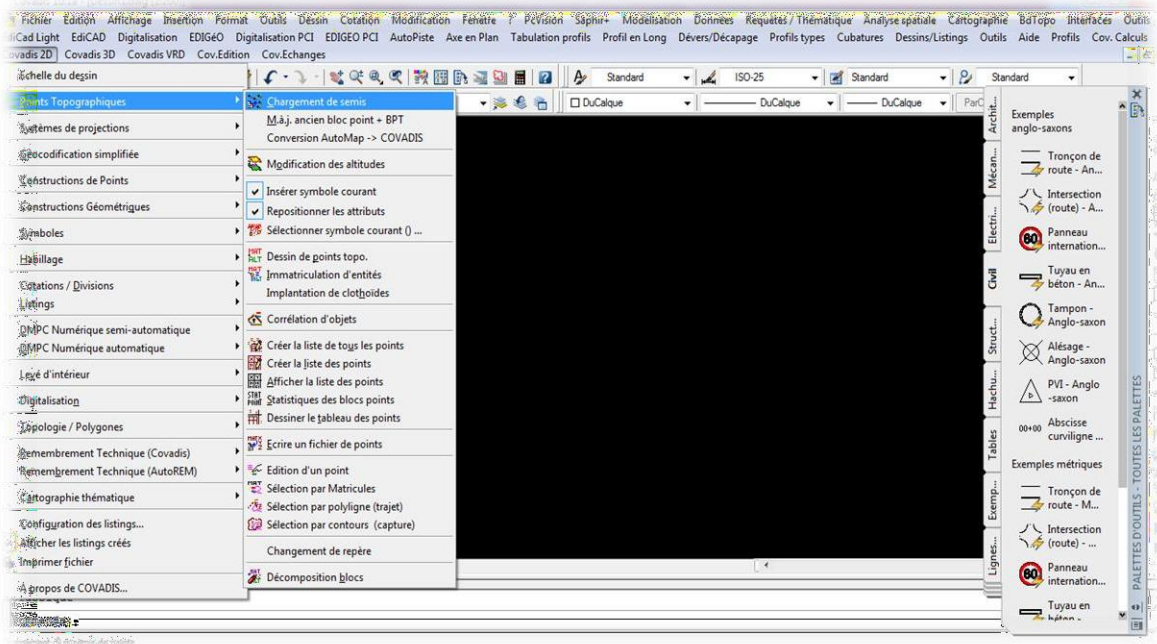


Figure III.25: Affichage des étapes de calage des points topo.

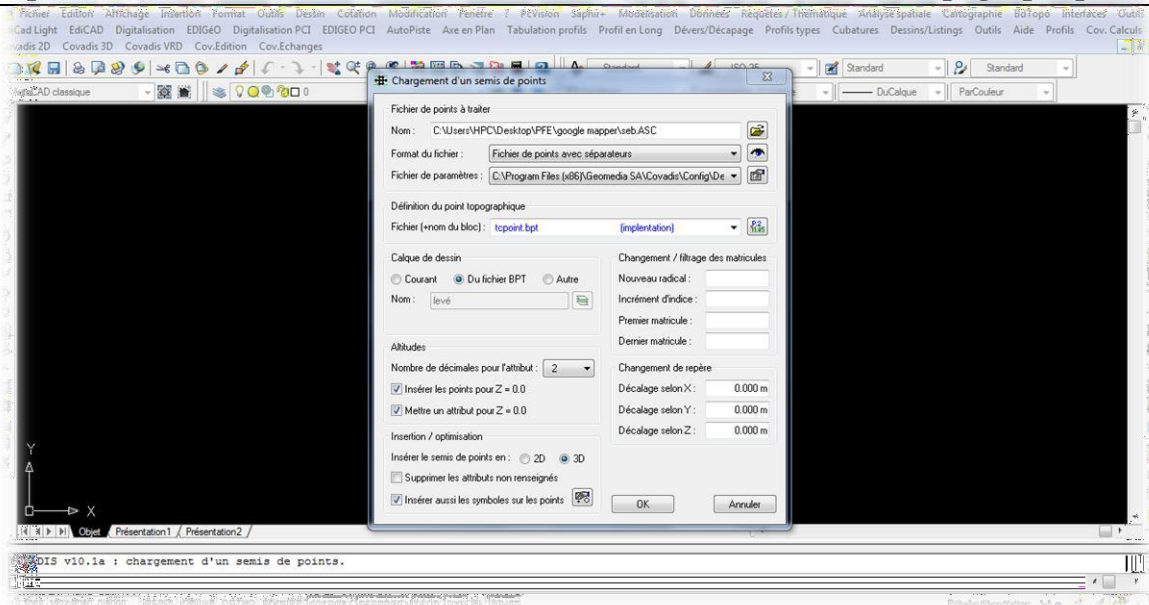


Figure III.26: Extraire le fichier de points sous format (ASC).

Après le réglage des différents paramètres on clique sur OK pour affiché le levé topographique pour la région d'étude.

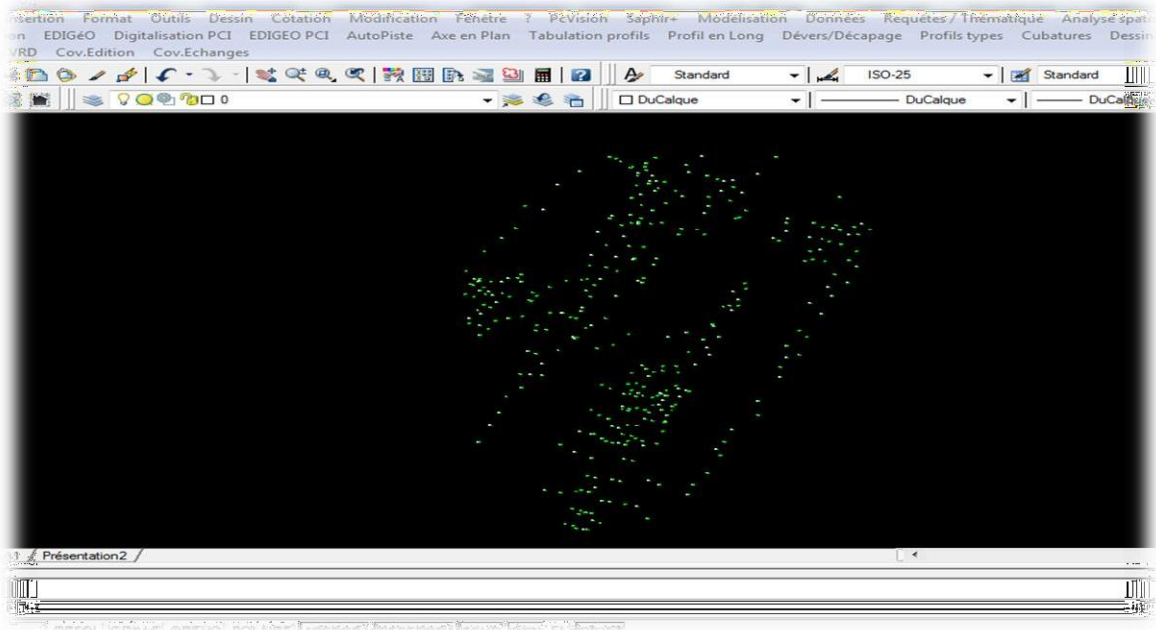


Figure III.27: Affichage de semis de points.

- L'étape suivante s'agit de construire un model numérique de terrain (MNT) et d'affiché les courbe de niveau (voir plus de détails dans l'annexe 1).

- Covadis 3D → Calcul M.N.T → Calcul et dessin M.N.T.

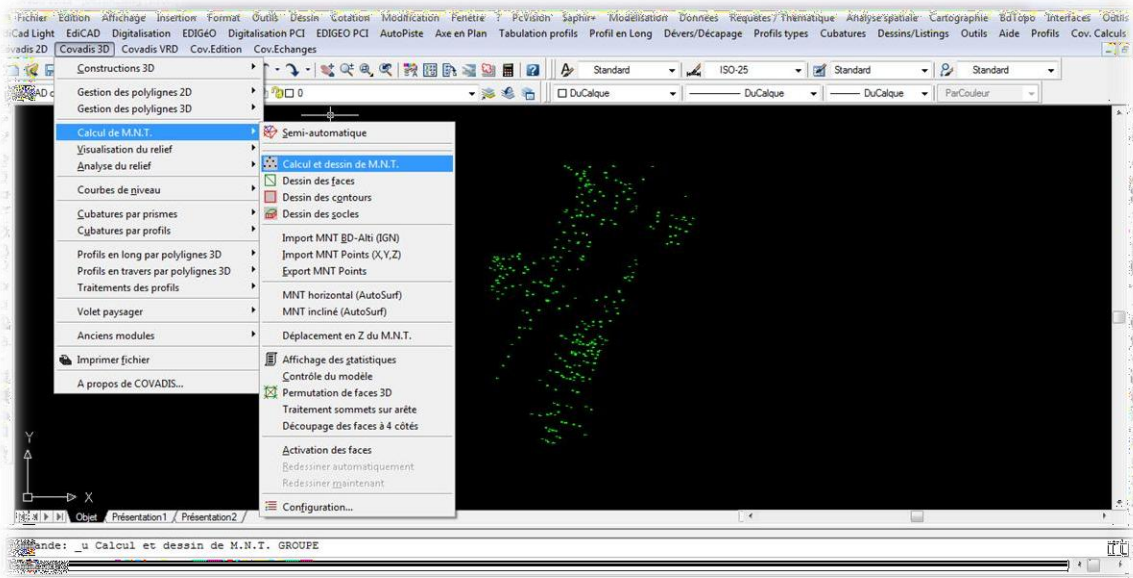


Figure III.28: construction de model numérique de terrain M.N.T.

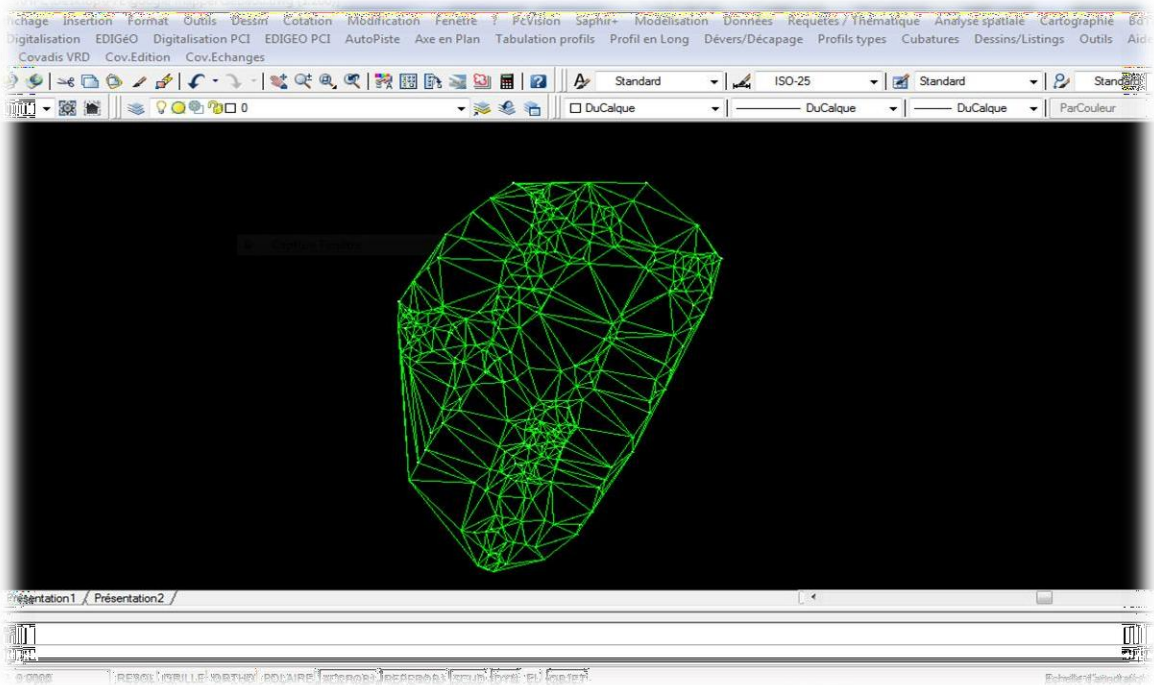


Figure III.29: Affichage de M.N.T.

- Covadis 3D → Courbe de Niveau → Automatiques /M.N.T.

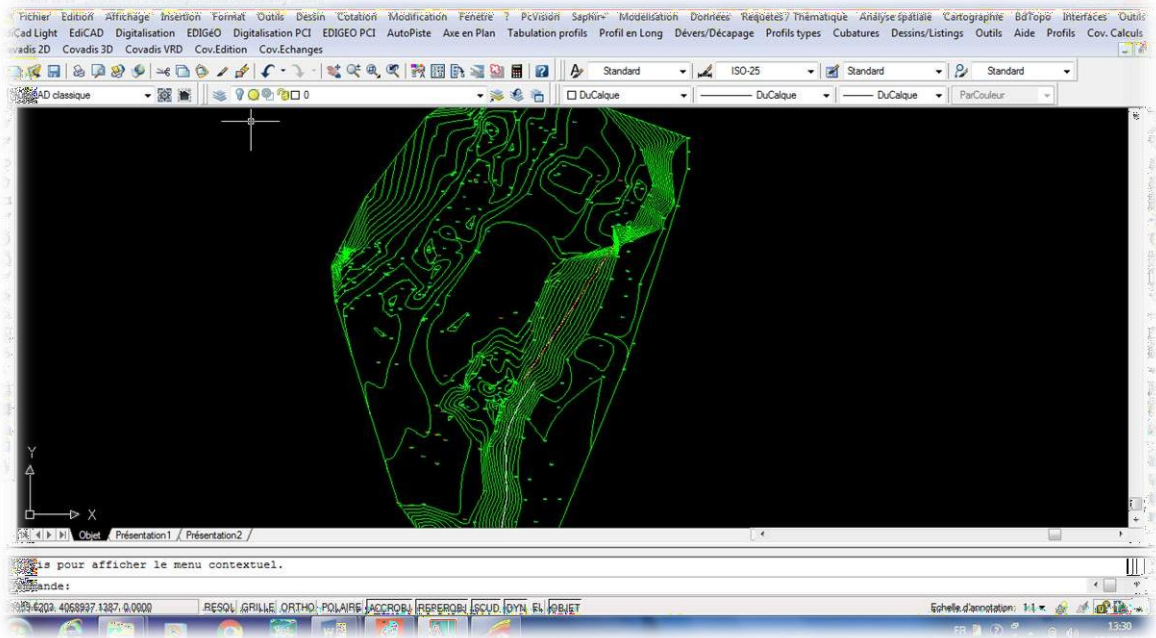


Figure III.30: Affichage des Courbe de Niveau.

- L'étape suivante c'est de dessiner le lit de oued et la rive droite et gauche aussi les talus et enregistrer chaque couche seul avec des noms et des couleurs différentes.

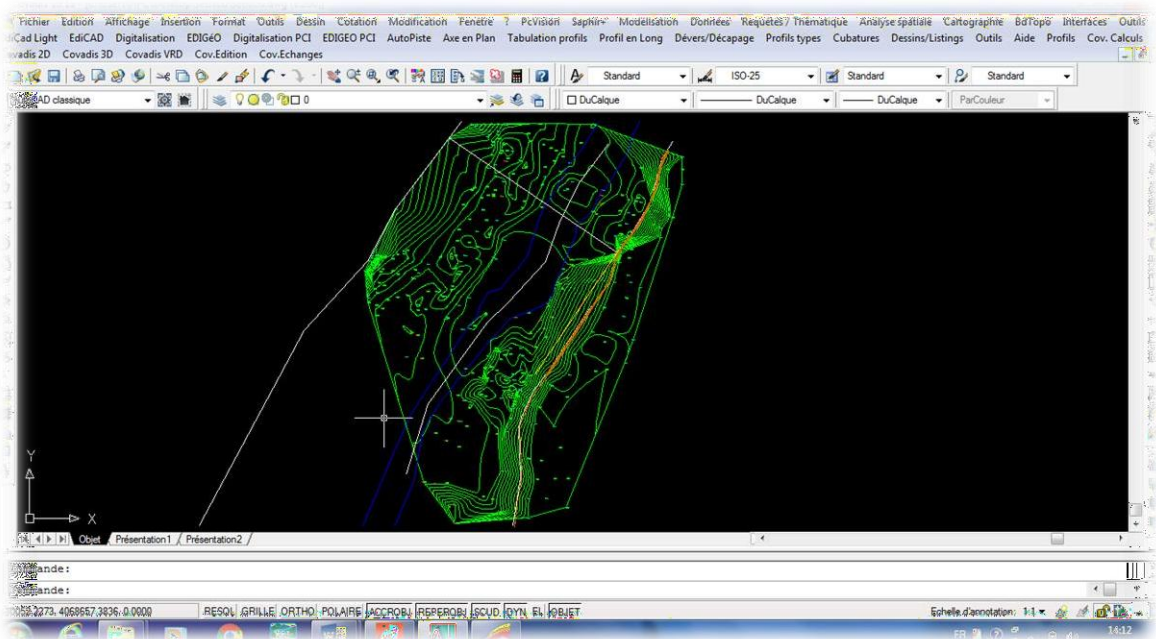


Figure III.31: Affichage de différente couche dessin.

- Enregistré le fichier de point sous forme (dwg.) pour le Exporté vers le logiciel Global Mapper.

III.2. Modélisation de terrain avec le logiciel Global Mapper

III.2.1.présentation du logiciel

Ce logiciel est capable d'afficher, convertir et analyser pratiquement tous les types de données géo spatiales 2D ou 3D, en réseau ou en local, raster ou vecteur, fichier texte ou base de données spatiales. Le logiciel convertit, édite, publie, imprime, gère les GPS, crée des mosaïques, des tuiles et permet aux utilisateurs d'effectuer une analyse spatiale poussée, y compris les indices de végétation, l'analyse de bassins versants, le calcul de volume et plus encore. Les étapes de la création du MNT sont données ci-dessous.

III.2.2. Utilisation de logiciel

a. Ouvrir l'interface de Global Mapper



Figure III.32: L'interface du logiciel Global Mapper.

b. Importation du fichier « points topographique » sur Global Mapper

Ouvrir l'interface du logiciel global Mapper version 19 et cliquer sur « Open Data Files » puis sélectionner le fichier de points (dgn) extrait avec Covadis version 10.

La génération du modèle numérique de terrain est effectuée comme suit :

- Une fois le fichier est sélectionné, choisir le type d'importation, la mise en page des coordonnées.

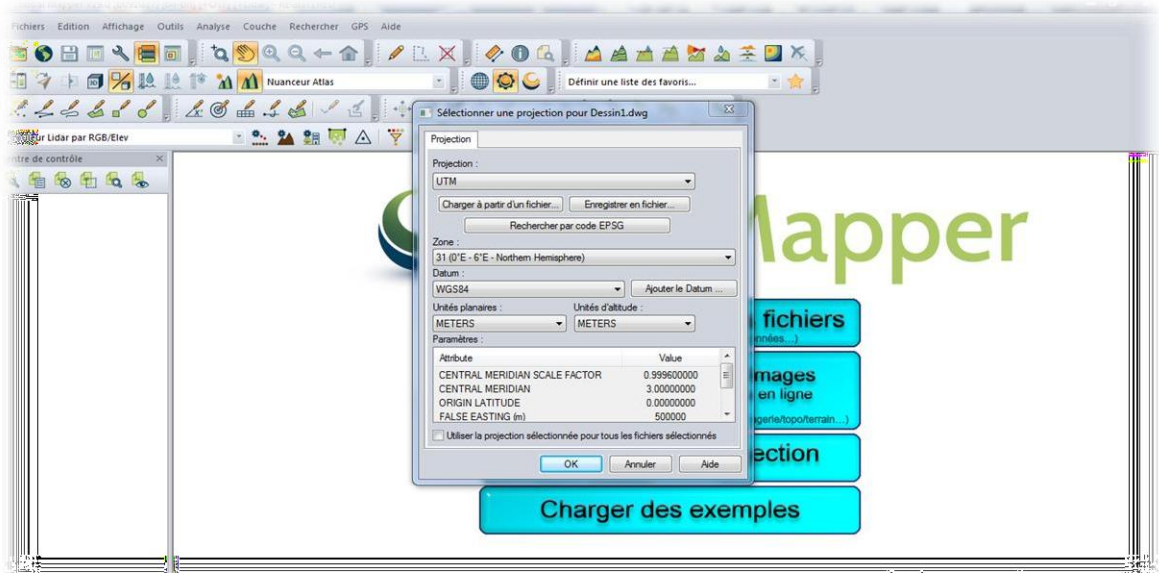


Figure III.33: Importation de la mise en page des coordonnées.

- Choisir la projection dans notre cas UTM zone 31 N.
- Le fichier de point topographique s'affiche sur l'interface du logiciel comme l'illustré la figure (III.13).

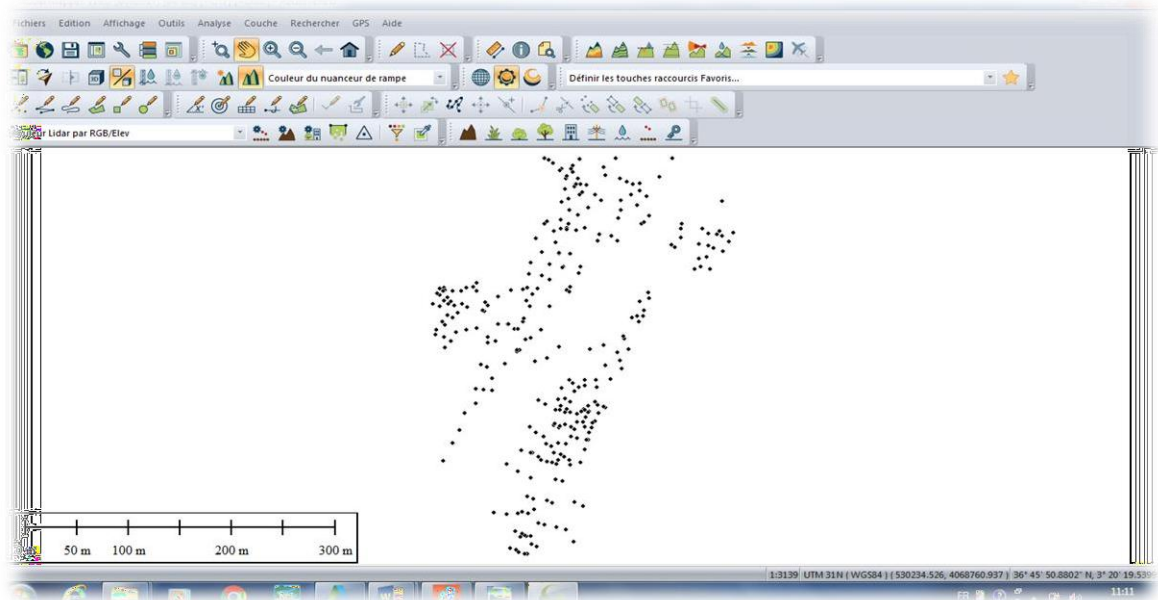


Figure III.34: Point topographique.

c. Génération d'un Modèle Numérique de Terrain MNT

La génération du modèle numérique de terrain est effectuée comme suit :

- Sur la barre d'outils cliquer sur la commande « **Analyse** » puis sélectionner la commande « **Créer une grille d'altitude à partir des données vectorielles 3D** ».

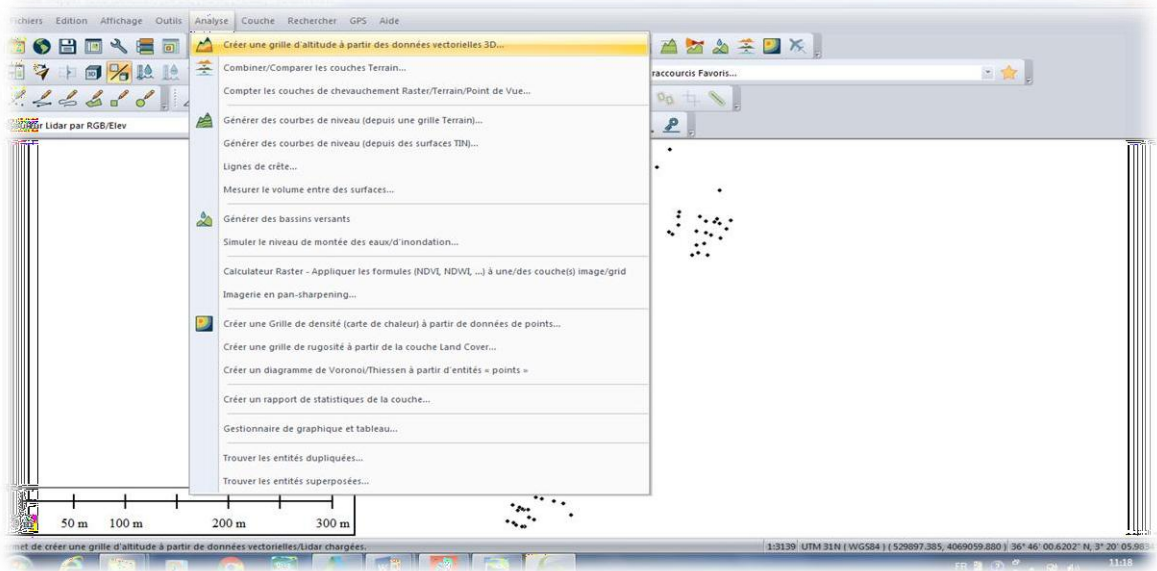


Figure III.35: Création du MNT.

- Sélectionner les commandes « **Taper les entées de surface 3D** » et « **ignorer les altitudes à Zéro** » affichées sur la figure (.III.15) puis valider.

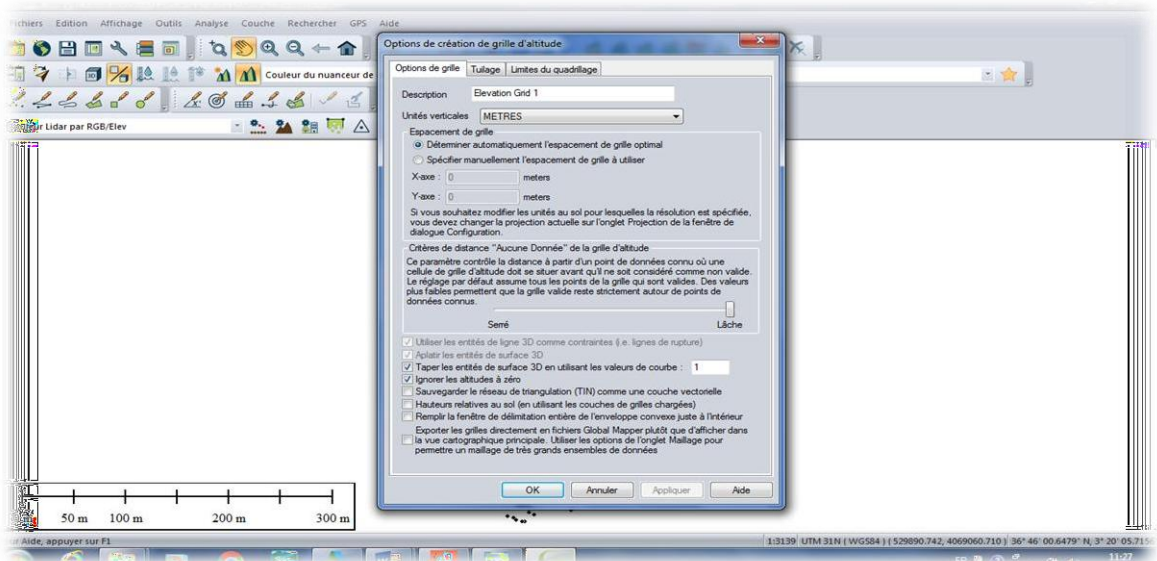


Figure III.36: Commande création de grille d'altitude.

- Ainsi s'affiche le modèle numérique de notre terrain, et afficher les courbes de niveau et les altitudes comme l'illustre la figure (III.16).

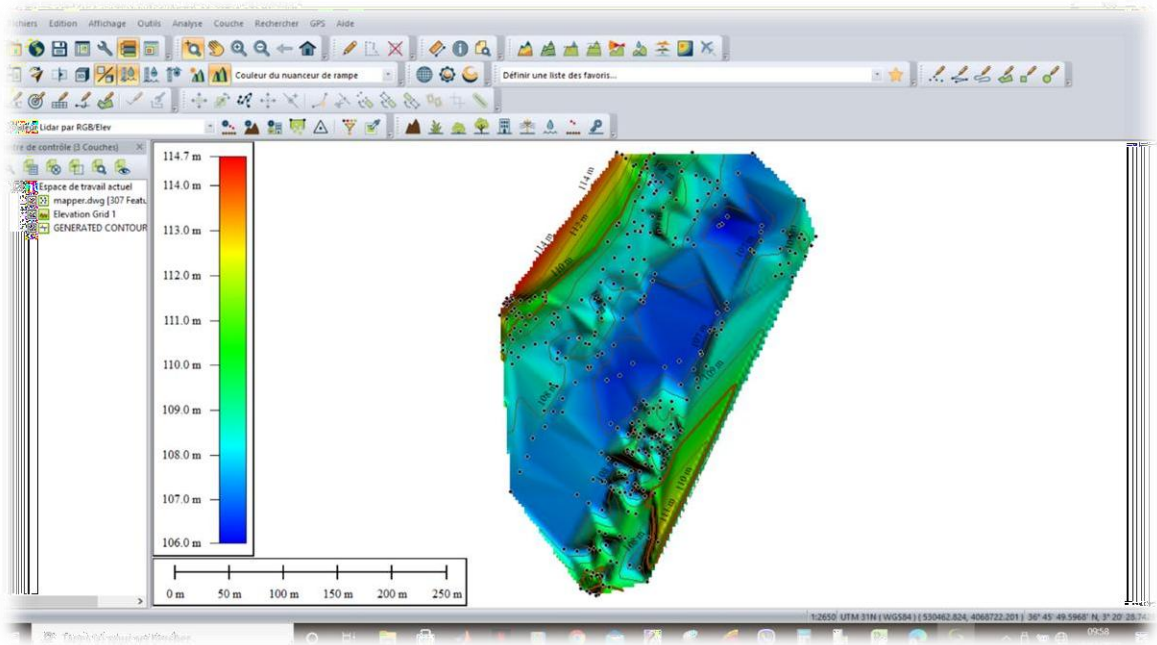


Figure III.37: Modèle numérique de notre terrain.

d. L'étape suivante c'est de simuler le niveau de montée des eaux

Dans le but de déterminé l'emplacement du canal, les étapes à suivre c'est comme suite :

- Sur la barre d'outils cliquer sur la commande « **Analyse** » puis sélectionner la commande « **Simuler le niveau de montée des eaux / et d'inondation** ».

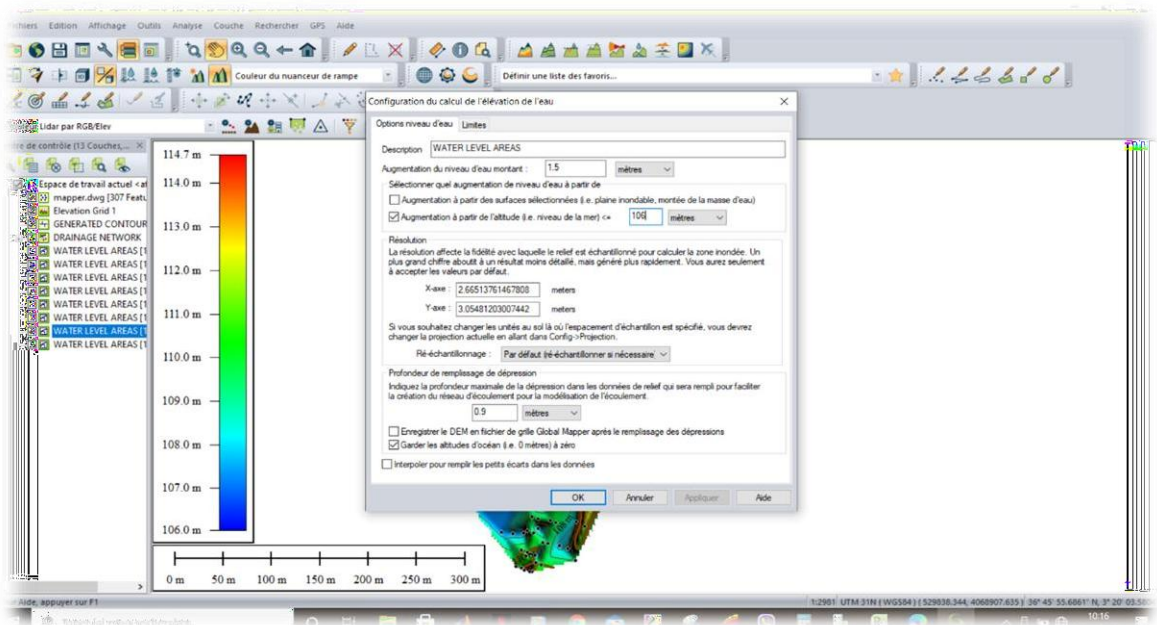


Figure III.38: Commande Simuler le niveau de montée des eaux.

- Une fois la commande est sélectionnée, choisir l'altitude de départ 106 m (cote du lit d'oued) et la hauteur d'élévation 1.5 m qui représente la hauteur de la digue en gabion.

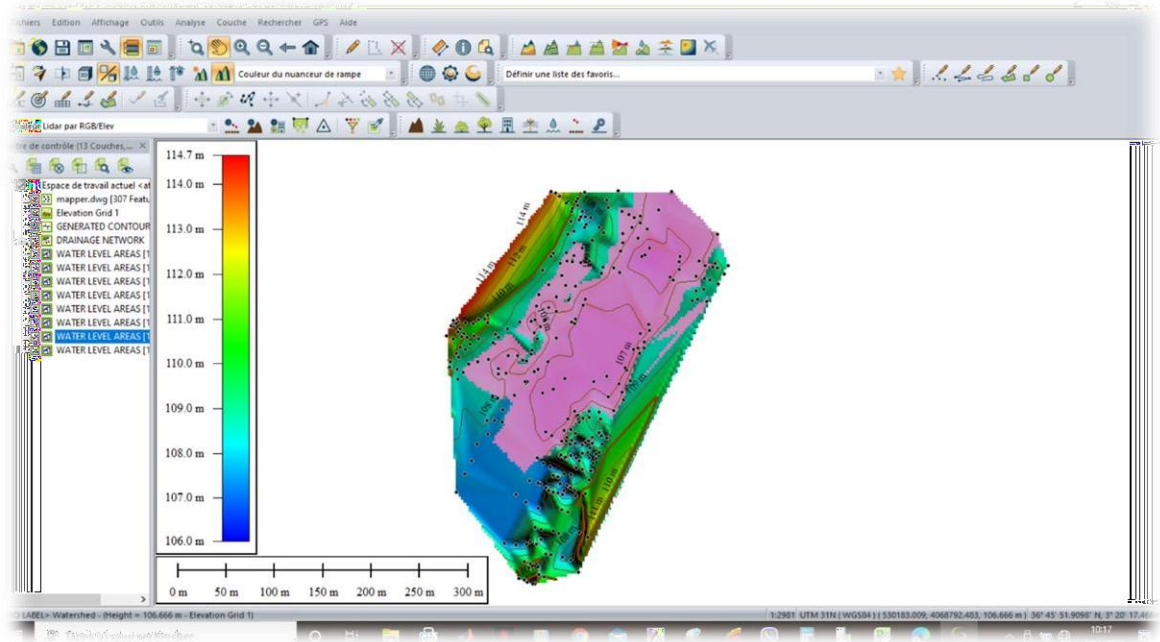


Figure III.39: Afficher la commande simulation de niveau d'eau.

- La figure suivante représente notre terrain en forme 3D, avec la simulation de la remonté d'eau.

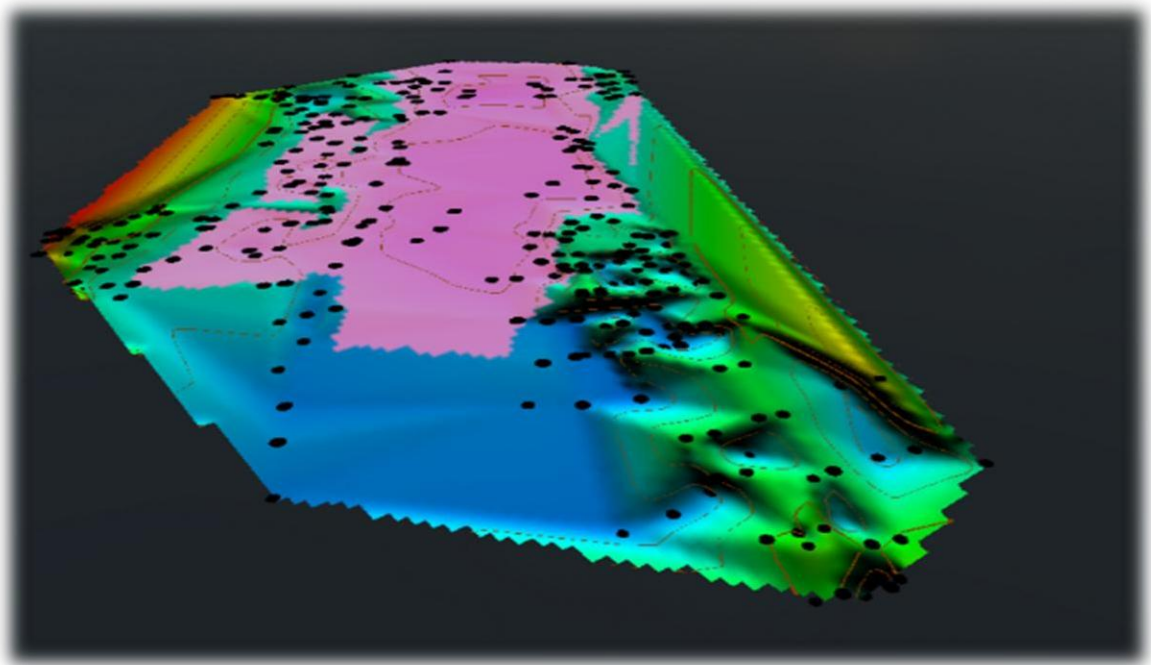


Figure III.40: Affichage notre terrain en forme 3D.

Conclusion

La création du levé topographique avec le logiciel Covadis est une étape nécessaire pour l'étude du terrain et la modélisation de l'écoulement dans l'oued.

Par ailleurs, la réalisation du MNT de notre zone d'étude permet de générer les sections transversales nécessaires pour un meilleur emplacement de la digue de dérivation.

La simulation de l'inondation en utilisant le logiciel Global Mapper, que pour la visualisation de l'étendue de la montée des eaux, dans le but de choisir un meilleur emplacement du canal et le bassin de stockage avec la station de pompage dans un endroit protégé contre les inondations.

Dans le chapitre suivant on va étudier la faisabilité d'un ouvrage de captage sur le lit d'Oued Sebaou, et la possibilité de transporter des millions de m³ vers le barrage de Taksebt.

CHAPITRE IV

Aménagement d'ouvrage dérivation

Et

Transfert Sebaou-Taksebt

Introduction

Le présent chapitre d'avant-projet d'aménagement d'une digue de dérivation avec un canal d'amené et pose de conduite pour transporté l'eau ver Taksebt.

L'étude des sites est important pour atteindre les objectifs fixés sans causer de dommages tant à l'amont qu'à l'aval.

IV.1. Etude préalable

Un ouvrage aménagé en travers du lit mineur du Sebaou au lieu-dit «kaf-lahmar» sert actuellement à transférer de l'eau brute vers Taksebt.

Définir les moyens à mettre en œuvre pour permettre d'alimenter la prise d'eau et que d'autre part les obligations vis à vis du débit minimum biologique.

IV.1.1. La description de la ressource

Dans le cas particulier des eaux superficielles, les caractéristiques hydrologiques du bassin versant et l'estimation des débits transportés en cas de déversement en période de crue ou étiage (Chapitre I).

L'appréciation de la vulnérabilité de la ressource en fonction du mode d'écoulement des eaux et la nature géologique et pédologique de bassin d'alimentation, ainsi que les échanges entre réservoirs aquifères (surface ou souterrain).

Pour cela on va étudier un ouvrage pour but de détourner un débit fixé à 4.5 m³/s hors de lit naturel de l'oued Sebaou.

IV.1.2. choix du type et du site de l'aménagement

Les types d'ouvrages peuvent être classés en différentes catégories selon le matériau de construction et selon le mode de résistance à la poussée de l'eau :

- Une digue en gabion.
- Un barrage mobile.
- Un barrage poids en béton ou en BCR.

Le barrage en gabion un ouvrage souple, les principaux paramètres à prendre en compte dans le choix du type et du site de barrage sont suivants :

- La topographie et les apports du l'Oued.
- La morphologie des rives.
- Les conditions géologiques et géotechniques.

- Le régime des crues.

Dans notre cas, après considération de ces aspects, les variantes qu'on a déjà proposées resteront possibles. La disponibilité des matériaux, pour aboutir au meilleur choix économiques, ce qui permettront de départager les solutions (BOUVARD, 1984).

IV.1.3. Description sommaire d'aménagement

Ce projet comporte :

- 1°- Une digue réalisée en gabion avec déversoir en gabion au milieu de la digue.
- 2°- Sur la rive droite un canal d'amené de forme trapézoïdale aménagé en Matelas-Reno.
- 3°- Construire un bassin de décantation qui va jouer en même temps le rôle d'un stockeur.
- 4°- Une station de pompage avec le dimensionnement de la conduite de transfert vers Taksebt.

IV.2. Ouvrage de prise d'eau dans l'oued Sebaou

L'ouvrage essentiel est une digue en gabions élevée en travers du lit de Oued Sebaou pour permettre l'implantation de cette digue, il convient de remanier le lit de façon importante.

Ce lit recreusé offre à la retenue créée par la digue, un volume suffisant pour permettre une bonne alimentation d'un canal de raccordement, qui va satisfaire les exigences suivantes :

- Prélevé un débit destiné au transfert vers Taksebt.
- Maintenir un certain écoulement, même en saison sèche, dans le lit naturel de l'Oued Sebaou à partir des infiltrations à travers les gabions de perméabilité importante posés sur le lit d'oued.

IV.2. 1.Étude de la variante digue en gabions

Un gabion est une cage qui a une forme cubique remplie de matériau pierreux de diamètre approprié enfermée dans un grillage métallique qui garde les pierres ensemble et les empêche de se déplacer sous la pression de l'eau. Le gabion est normalement le nom de la cage seulement, mais il est également utilisé fréquemment pour l'ensemble de la structure elle-même. La technique du barrage à gabions consiste à lier différentes cages ensemble pour former une unité de gabion complète. La hauteur moyenne varie de 1 à 4 m et sa longueur est fonction de la largeur du lit de l'oued (ROYET, 1992).

a) Digue en gabion

La digue en gabions est un ouvrage simple mais robuste destiné à ralentir l'eau sur un cours d'eau. Il est particulièrement adapté à la prise d'eau. Et résiste contre l'inondation et le débit solide amené par les crues.

Un barrage en gabion un ouvrage posé à même le fond du lit de la rivière et constitué d'un amas de grosses pierres empaquetées dans un maillage du fil de fer galvanisé, le tout se présentant sous forme de carrés ou de rectangles en fonction de la configuration des lieux.

- Selon les Fonctions techniques :
 - ✓ Stabilité, c'est-à-dire résistance au glissement, au renversement et aux infiltrations, et charge exercée sur le sol.
 - ✓ Facilité de construction, notamment simplicité de la conception, temps exigé, équipement et main- d'œuvre nécessaires, adaptabilité au terrain.
 - ✓ Coûts, y compris le coût d'acquisition, d'entreposage et d'entretien.
- Selon les aspects et les solutions envisagées :
 - ✓ Augmentation de l'approvisionnement en eau.
 - ✓ Augmentation de l'infiltration.
 - ✓ Augmentation du volume stockée dans la retenue ainsi le sol.

b) Conception de la digue

- **Hauteur (H)**

Le choix de hauteur de la digue pas pour but de créer une retenue pour avoir un grand volume de stockage, par contre pour augmenter le niveau d'eau d'oued pour avoir un bon écoulement au niveau de notre canal d'amené.

Pour cela on a fixé la hauteur de notre digue à 1,5 m, à partir de la cote du fond d'oued 106 m (NGA), (coordonnées 36.715000 ; 4106500).

D'où la valeur de la cote en crête de 107,5 m.

- **Largeur en crête (b)**

La largeur en crête de la digue doit être suffisante pour permettre la circulation des engins lors de la mise en œuvre de l'ouvrage et ultérieurement pour son entretien, Elle est en fonction de la hauteur du barrage, la largeur en crête peut être évaluée par les formules suivantes (CHETATH.2016) :

- Formule De T.T.Knapen
$$b = 1,65 \cdot H^0 \quad (VI.1)$$

- Formule d'E.F.Preece :
$$b = 1,1 \cdot H^{0.5} + 1 \quad (VI.2)$$

Pour une hauteur d'une digue de 1,5 m les résultats sont comme suite

Formule De T.T.Knapen : $b = 2$ m

Formule de E.F.Preece : $b = 2.35$ m

Pour notre cas on va prendre une largeur $b = 6$ m pour avoir une bonne stabilité avec le poids des roches qui arrive à 2500 kg/m^3 qui son favoris pour crée une résistance importante pour tenir à la pression d'eau ainsi pour avoir une bonne circulation d'engins en cas d'entretien.

- **Longueur en crête (L)**

La longueur en crête mesurée à partir du plan d'ensemble de la base, par rapport à l'axe défini de la digue sur le lit d'Oued.

- **Les fondations**

Une fois le seuil implanté (axe, largeur et longueur) il est nécessaire de creuser la fouille de fondation selon la profondeur déjà déterminé. Il est très important que le niveau de la fouille soit horizontal. Pour le creusage de la fouille de fondation il faut prendre en compte aussi l'emprunt des talus latéraux, raison pour laquelle la largeur totale de la fouille doit être supérieure d'environ 1 m à la largeur demandé (TRICOLI. D, 2002).

D'où la longueur des fondations de 162 m et la largeur de 8 m.

c) Predimensionnement de la crue de projet (DURAND, 1998)

- **Estimation des débits de projets**

D'une manière générale, suivant l'absence des données hydrométriques au niveau de notre site on tentera d'augmenter la taille de l'échantillon pour une série de données anciennes.

La valeur retenue pour la crue de projet à Sebaou nous a paru importante et nous l'avons calculé on utilisant le logiciel Hyfran, à partir d'une série de valeurs maximum journalier de débits d'écoulement d'Oued. Le tableau ci-dessous donne la crue pour plusieurs périodes de retour, ou le procédé du calcul présenté dans l'annexe 2.

Tableau IV. 1: la cru pour des périodes de retour différents (Hyfran).

La période de retour	La crue (m ³ / s)
5	347
10	400
20	443
50	492
100	525
1000	616

La prise en compte de l'influence du laminage, nous a amené à prévoir un déversoir en gradin pour 3 périodes de retour différentes (1/20, 1/100 et 1/1000). Pour but principal de protégé les berges du l'Oued contre l'érosion jusqu'à la cote 112.5m (NGA).

▪ Crête de déversement

La longueur de la crête de déversement, en position centrale, doit être dimensionnée de telle sorte que, pour la crue de projet centennale, les ailes ne déversent pas et que les berges ne risquent pas ainsi d'être affouillées, les déversoirs en gradins de gabions offrent une économie importante sur la fosse de dissipation. En effet, les gradins permettent de réduire de 10 % à 30 % la longueur du bassin par rapport aux structures déversantes en pente rectiligne ou en chute verticale.

On est parfois amené à protéger les gradins de gabions en coulant une galette en béton sur le giron des marches. Cette protection a pour effet d'étancher partiellement les gabions et la dissipation de l'énergie est diminuée. Pour dimensionner alors exactement la fosse de dissipation, on majore de 15 %,8%.

Il est également envisageable de réaliser l'ensemble des gradins du parement aval en légère contre-pente (5 à 15 %) vers l'amont du barrage. Outre une augmentation de la stabilité du déversoir, cette solution améliore la dissipation d'énergie. Dans un souci de sécurité, on adopte néanmoins les longueurs, alors légèrement surdimensionnées, du bassin de dissipation. Toutefois, la réalisation de cette contre-pente requiert une attention particulière, notamment lors de l'implantation des gabions inclinés.

▪ Les déversoirs en gabions

L'utilisation de gabions dans la partie déversantes des barrages est courante en Afrique.

Elle conduit à des ouvrages qui allient très souvent une bonne fiabilité à une simplicité d'exécution et un coût très compétitif. Cependant, simplicité ne signifie pas manque de rigueur et

il est important, pour cette technique comme pour les autres, de se conformer scrupuleusement aux règles de l'art en la matière. A ce propos, le chapitre 5 du présent manuel sera entièrement consacré à la conception des structures en gabions, et nous ne nous étendrons donc pas davantage sur ce sujet dans ce paragraphe.

Simplement, le choix des concepteurs peut être guidé vers cette solution dans la mesure où elle offre une bonne adéquation avec les conditions socio-économiques africaines. En effet, une main d'œuvre nombreuse, peu qualifiée mais bien encadrée, pourra construire des ouvrages en gabions relativement importants, et si l'on implique les populations concernées par leur réalisation, on facilitera par là-même leur appropriation.

L'entretien ultérieur, toujours hypothétique, aura de meilleures chances de s'en trouver amélioré.

Notons à ce sujet qu'en fonction de leur nature même, les déversoirs n'accepteront pas tous des charges h identiques. A titre indicatif, on peut donner les ordres de grandeur suivants de charges maximales admises par les déversoirs les plus fréquemment employés :

- déversoirs en gabions : $h \text{ max} < 1,0 \text{ m}$, voire $1,5 \text{ m}$ dans le cas de gradins constitués de gabions pour lesquels les règles de mise en œuvre auront été scrupuleusement respectées.

- déversoirs en matelas Reno : $h \text{ max} < 0,70 \text{ m}$

- **Dimensionnement de déversoir**

- Détermination de L

m étant connu, pour calculer la longueur déversante nécessaire à l'évacuation d'un débit Q sous une charge maximale à l'amont h , on appliquera la relation suivante :

$$L = \frac{Q}{m\sqrt{2 \cdot g \cdot h^{1.5}}} \quad (\text{VI.3})$$

Avec :

- L : la longueur déversante en mètres.
- Q : débit sur le seuil en m^3/s .
- m : le coefficient de débit qui dépend de la forme du seuil, mais aussi de la charge.
- g : accélération de la pesanteur en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

- h : charge sur le seuil en m (assimilable à la différence de cote, en se plaçant suffisamment en amont du seuil, de manière à ce que la vitesse soit pratiquement nulle), on fixe h pour avoir L .

Les résultats de calcul sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV. 2 : Résultat de calcul fait avec Excel (détail en annexe 3).

Paramètre	crue 1/20	crue 1/100	crue 1/1000	unité
Débits de crue	443	525	618	m ³ /s
accélération de la pesanteur	9,81	9,81	9,81	m.S ⁻²
hanteur max des berges	1,5	3,5	6,5	m
le coefficient de débit	0,37	0,37	0,37	
hauteur deversante	2,0	2,415	2,42	m
Largeur en crête	160	162	170	m
Sm	319,84	391,23	4	m
Pm	163,998	166,83	174,84	m
Rh	1,95	4,30	4,32	m ²
vitesse	1,30	2,36	2,37	m/s
cote max	109,5	109,914	110,334	m

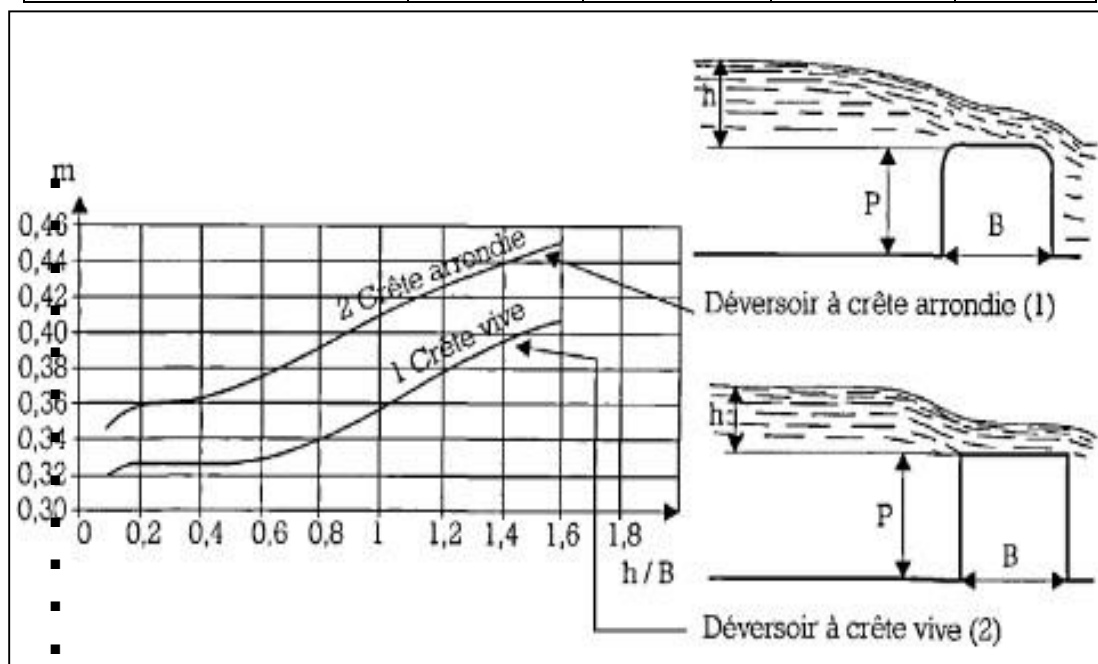


Figure IV. 1: Coefficient de débit d'un déversoir à profil rectangulaire (DURAND, 1998).

▪ Mise en œuvre des gabions

Le choix des gabions devra de préférence s'orienter vers des cages tissées industriellement dès que la hauteur des ouvrages dépassera quelques mètres. En tout état de cause, même si les gabions sont tissés manuellement, le point fondamental reste la qualité des fils. On conseille en particulier de se conformer aux normes les plus sévères en la matière (si possible galvanisation en aluminium-zinc, comportant 95 % de zinc et 5 % d'aluminium).

Pour construire notre digue on va suivre les étapes suivantes :

- Pour diminué la déformation de notre digue on a pensé à faire une assise en béton d'une épaisseur de 0.25 m d'un dosage de 250 kg/ m³ a la côte 103 m (NGA).
- La digue sera encrée dans le lit du l'Oued à partir de la côte 103.25 m (NGA).

▪ Exécution des roches

Afin de faciliter les opérations de commande, on s'efforce de concevoir la structure de manière à n'employer qu'un nombre réduit de types de gabions différents.

On veillera en particulier au choix des pierres (éviter si possible les latérites) et à leur agencement, notamment dans la partie supérieure des gabions. Plus encore que dans d'autres types d'ouvrages, on respectera strictement les règles de granulométrie (dimension des matériaux supérieure à 1,5 fois la distance entre les côtés torsadés de la maille).

Le remplissage doit être homogène afin de limiter la déformation des cages. Sur les faces vues en particulier, les pierres doivent être mises en place avec la qualité d'une maçonnerie de pierres sèches.

Les roches sont exécutées classiquement avec les engins de terrassement. Dans notre cas il est monté à une cote légèrement supérieure à la base des gabions, puis recreusé à la cote exacte de cette base, diminuée éventuellement de l'épaisseur du filtre si celui-ci est de nature granulométrique.

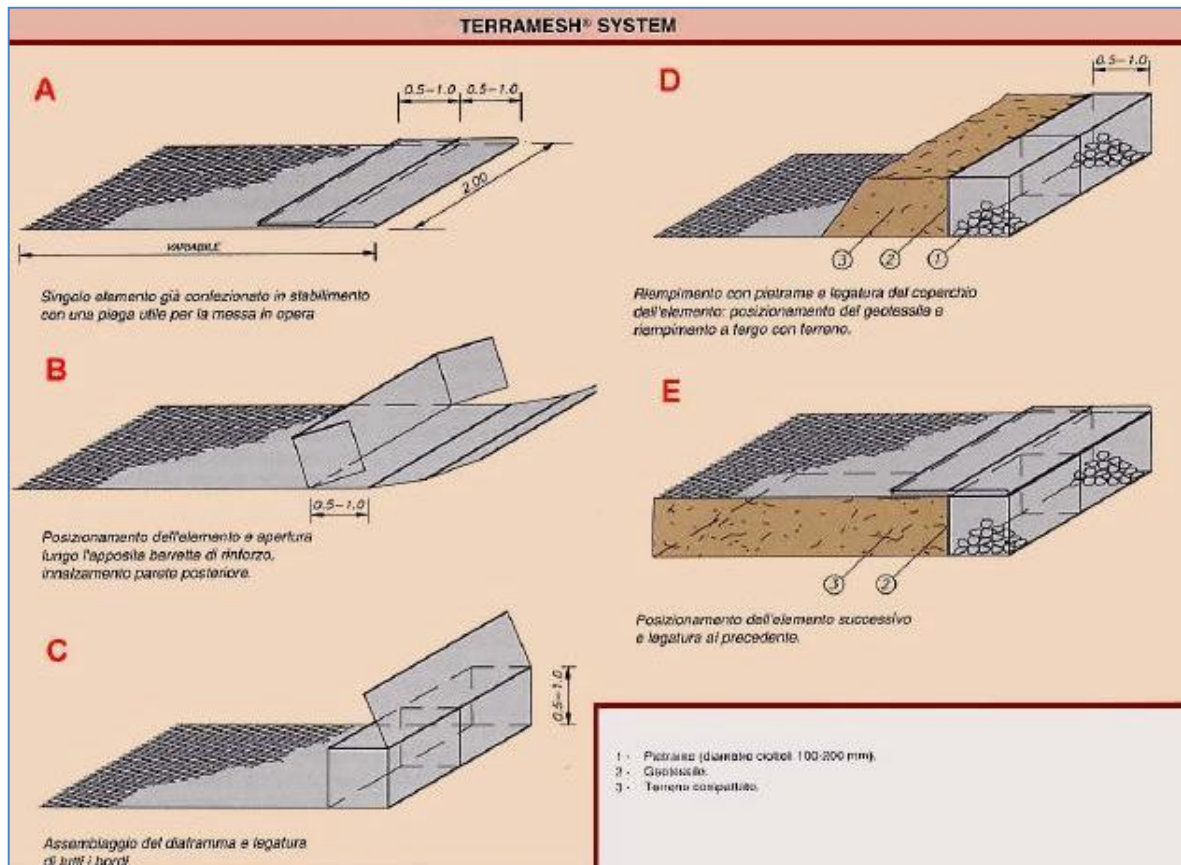


Figure IV. 2 : Les phases de la mise en œuvre (DARIO, 2002).

▪ Revêtement des faces extérieures des gabions

Si les règles de mise en œuvre des gabions sont scrupuleusement respectées, les parements aval en gradins peuvent admettre sans dommage de forts débits.

C'est indubitablement la seule structure déversant gabionnée capable de supporter de telles crues.

Les gabions sont cependant sensibles au transport de matériaux solides qui risquent de provoquer l'abrasion des fils et même la rupture des cages. Les transports de gros corps flottants sont également à craindre. Pour protéger les gradins, on pourra couler sur le giron des marches une galette de béton avec une charge maximale limitée à 0.3- 0,5 m.

Mais la hauteur des marches ne doit pas être cimentée car cette disposition empêcherait l'évacuation des eaux de drainage.

▪ Renforcement avec des roches de grand calibre

Cette étape sera faite sur l'aval de la digue pour but de créer plus de résistance au cas des crues importantes, ainsi à l'amont pour créer un frein aux débits solides amenés par les crues.

IV.3. calcul déterministe de canal à ciel ouvert en matelas Reno (ouvrage de prise)

Un calcul déterministe est effectué sur un canal trapézoïdal en matelas Reno, qui tient compte des différentes vérifications de stabilité du matelas Reno en passant par le calcul hydraulique (IMERZOUKENE, 2016).

IV.3.1 Calcul hydraulique des cours d'eau à surface libre

Pour les canaux artificiels, il est souvent possible, en phase de projet, d'envisager les conditions de mouvement uniforme, c'est-à-dire de mouvement permanent avec débit constant dans chaque section, pour un cours d'eau qui coule dans un lit prismatique incliné dans le sens du mouvement et dont la pente est constante, avec surface libre parallèle au fond, ainsi la vitesse de l'écoulement est exprimée par la relation de Chézy.

$$v = c \cdot \sqrt{Rh \cdot I} \quad (VI.4)$$

Avec

- V : Vitesse moyenne d'écoulement (m/s).
- Rh : Rayon hydraulique(m).
- I : pente du canal.
- Le coefficient de Chézy peut être donné par la formule de Manning :
-

$$c = \frac{1}{\eta} \cdot Rh^{1/6} \quad (m^{1/2}s^{-1}) \quad (VI.5)$$

Où η est un coefficient de rugosité, dont la valeur dépend de la nature des parois

Et aussi donnée par la relation suivante :

$$\text{Formule de Strickler} \quad \eta = \frac{d50^{1/6}}{21} \quad (VI.6)$$

IV.3.2. Dimensionnement des revêtements en matelas Reno

Le dimensionnement d'un revêtement en matelas Reno consiste à la vérification de la stabilité du fond du canal, et des berges, en passant par les différents termes de vitesses, tension d'entraînement, effet de déformation, et enfin par la stabilité du fond du canal et le sol.

a) Vérification en termes de vitesse

On évalue habituellement la stabilité du revêtement en se basant sur la vitesse (vitesse moyenne V du courant dans la section).

Etant donné le revêtement, contrairement à la tension tangentielle qui permet à elle seule de définir le stade de stabilité, la vitesse critique, dépend aussi de la profondeur de l'eau Y .

En effet la vitesse et la profondeur de l'eau sont liées entre elles.

b) Vérifications en termes de tension d'entraînement

• Fond du canal

Lorsque la pierre ne se déplace pas, on dit que le revêtement est stable ; qu'il s'agisse d'un revêtement en matelas Reno et en gabions avec grillage métallique ou d'enrochement (riprap).

Le premier mouvement de ces éléments correspond à la limite de stabilité de revêtement. La tension tangentielle qui s'exerce sur le revêtement est :

$$\tau b = \gamma w \cdot Y \cdot I \quad (\text{VI.7})$$

Où γw représente le poids spécifique de l'eau, Y la profondeur de l'eau, I l'inclinaison du fond. La figure VI.2 compare la résistance à la vitesse V_c d'un revêtement en fonction du nombre de Froude et des dimensions de la pierre.

La figure VI.3 montre la résistance à la vitesse des matelas Reno soumis aux essais, en fonction de l'épaisseur du revêtement utilisé.

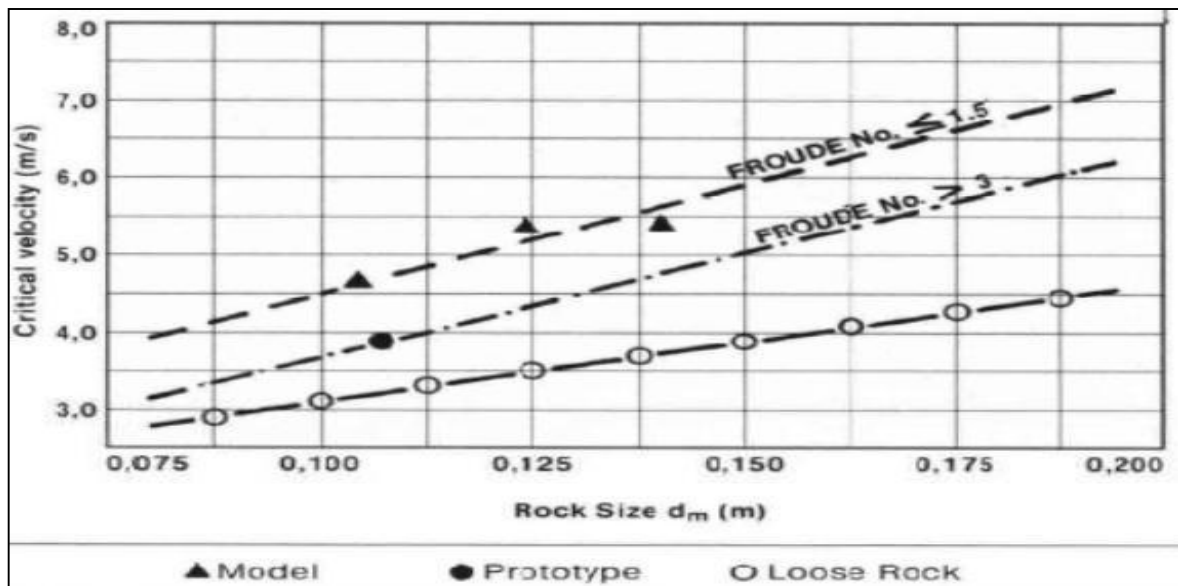


Figure IV. 3: Vitesse critique V_c du mouvement des roches en fonction de leurs tailles.

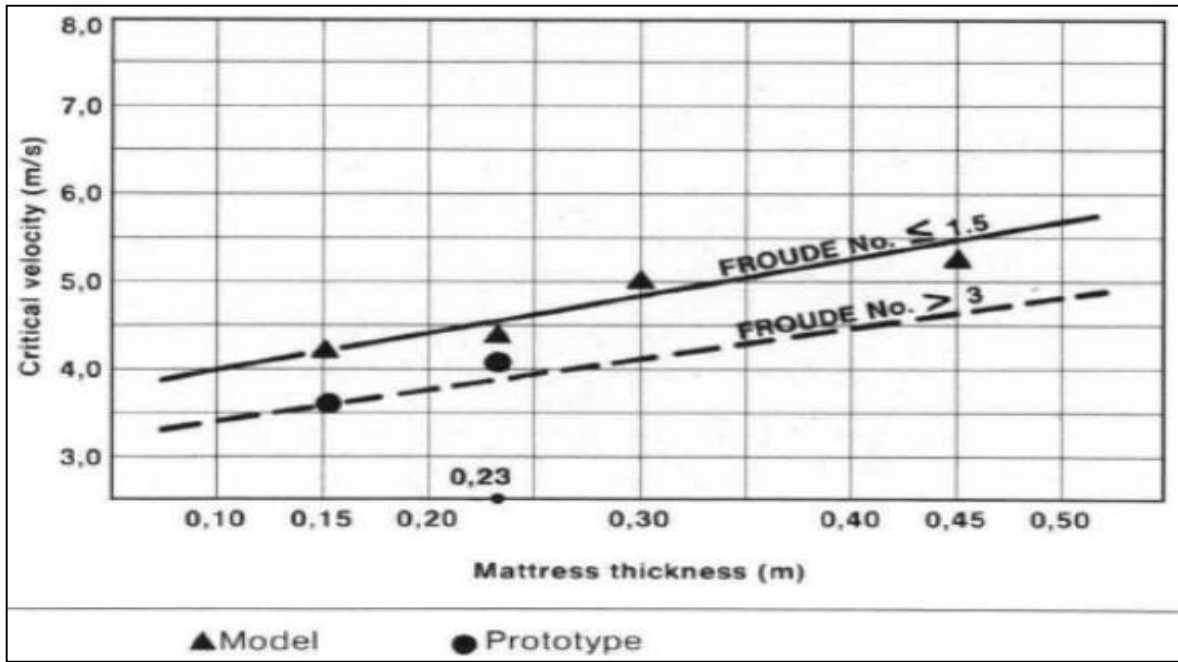


Figure IV. 4 : Vitesse critique qui initie le mouvement de roche en fonction de Reno épaisseur du matelas.

Considérons un caillou d'un diamètre égal au diamètre moyen d_m de la pierre du fond (c'est-à-dire le diamètre permettant le passage de 50% de la pierre qui constitue le revêtement) ; le coefficient de Shields sera représenté par la valeur adimensionnelle :

$$C_* = \frac{\sigma_c}{(\gamma_s - \gamma_w)d_m} \quad (VI.8)$$

Où τ_c représente la tension tangentielle d'entraînement lors de la situation critique du premier mouvement, et γ_s le poids spécifique du matériau inerte.

Le dénominateur est proportionnel à la tension normale que le poids du caillou exerce sur le fond. Le coefficient de Shields est donc analogue à un coefficient de frottement.

La valeur de la tension tangentielle au fond, qui peut se vérifier sans mouvement de la pierre est :

$$\sigma = c_*(\gamma_s - \gamma_w)d_m \quad (VI.9)$$

Si l'inégalité entre l'équation (VI.7) et (VI.9) est vérifiée le revêtement est dit stable :

$$\tau_b \leq \tau_c \quad (VI.10)$$

On admet par contrôle de déformations que :

$$\tau_b \leq 1.2\tau_c \quad (VI.111)$$

- **Les berges**

Le coefficient de Shields pour la pierre emprisonnée par grillage métallique (matelas Reno et gabions) le coefficient est de :

$$C_* \approx 0.10$$

Donc, grâce à l'emprisonnement par grillage métallique, la pierre de remplissage des matelas Reno et des gabions, à dimensions égales.

Les équations précédentes concernant la tension tangentielle τ_b et la tension tangentielle critique τ_c concernant le revêtement du fond du canal ; pour le revêtement des berges d'un canal à section trapézoïdale, la tension tangentielle est :

$$\tau_m = 0.75. \gamma_w. Y. I \quad (VI.12)$$

Et la tension tangentielle critique :

$$\tau_s = \tau_c \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \phi}} \quad (VI.13)$$

Où θ représente l'inclinaison de la berge et ϕ l'angle de frottement interne de la pierre qui constitue le revêtement pour les matelas Reno, on accepte

$$\tau_m \leq \tau_s \quad (VI.14)$$

On admet par contrôle des déformations, que :

$$\tau_m \leq 1.2\tau_s \quad (VI.15)$$

c) Estimation des effets de déformation

Lorsque la contrainte de cisaillement atteint la valeur critique de la condition de «mouvement initial», une partie de la pierre de remplissage se déplace en aval du compartiment.

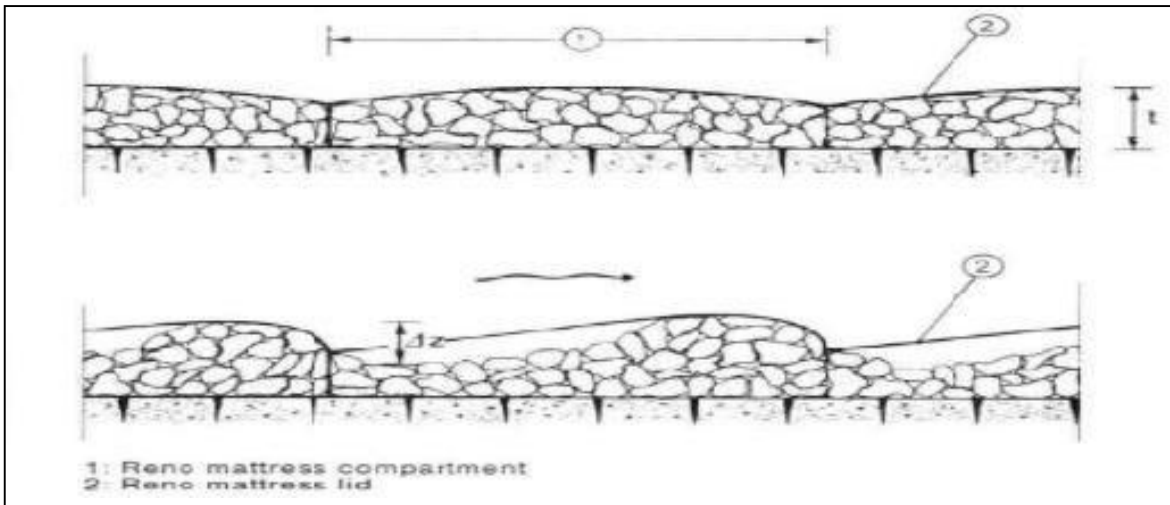


Figure IV. 5: schéma du mouvement des pierres dans les poches.

Si les contraintes de cisaillement augmentent de nouveau, l'une des deux choses peut se produire :

- Soit le revêtement perdra de son efficacité (si le sol de base sous le matelas Reno est exposé).
- Ou soit un nouvel équilibre sera atteint dans lequel la force du treillis métallique en acier permet de remplir sa fonction de confinement.

Le degré de protection offert par le matelas Reno au sol de base sous-jacent reste inchangé même après cette déformation (fournissant les matériaux de base non exposés) puisque la vitesse de l'eau sous le matelas Reno ne change pas de façon significative.

Pour évaluer le degré de déformation, le paramètre $\frac{\Delta z}{\Delta m}$ est utilisé, où Δz est la différence de hauteur entre la surface de la roche maximale et minimale dans un compartiment de matelas Figure (VI.4).

$$C'_* = \frac{\sigma_b - \sigma_c}{(\gamma_s - \gamma_w) d_m} \quad (\text{VI.16})$$

Avec une augmentation de la résistance d'emprisonnement du grillage métallique. La vitesse de l'eau sous le matelas restant inchangée, le degré de protection du fond sous-jacent ne varie pas, même après déformation, si, bien entendu, le fond n'est pas ouvert. La protection est efficace si :

$$t - \Delta t \geq dm \quad (\text{VI.17})$$

Où 't' est l'épaisseur du matelas non déformé et Δt la diminution max de l'épaisseur de remplissage.

La même procédure d'évaluation de l'acceptabilité des déformations est suivie également pour le matelas Reno sur les berges

La figure 2.4 montre que le paramètre $\frac{\Delta z}{\Delta m}$ reste inférieur à 1.6 équivalent à $t = 1.8 dm$, un matelas Reno d'une épaisseur de 1.8 à 2 fois dm peut supporter des conditions hydrauliques difficiles, sans que le fond ne se découvre. D'où nous adopterons comme règle de dimensionnement des matelas Reno, des épaisseurs au moins égales de 1.8 à 2 fois dm , avec ainsi de bonnes marges de résistance.

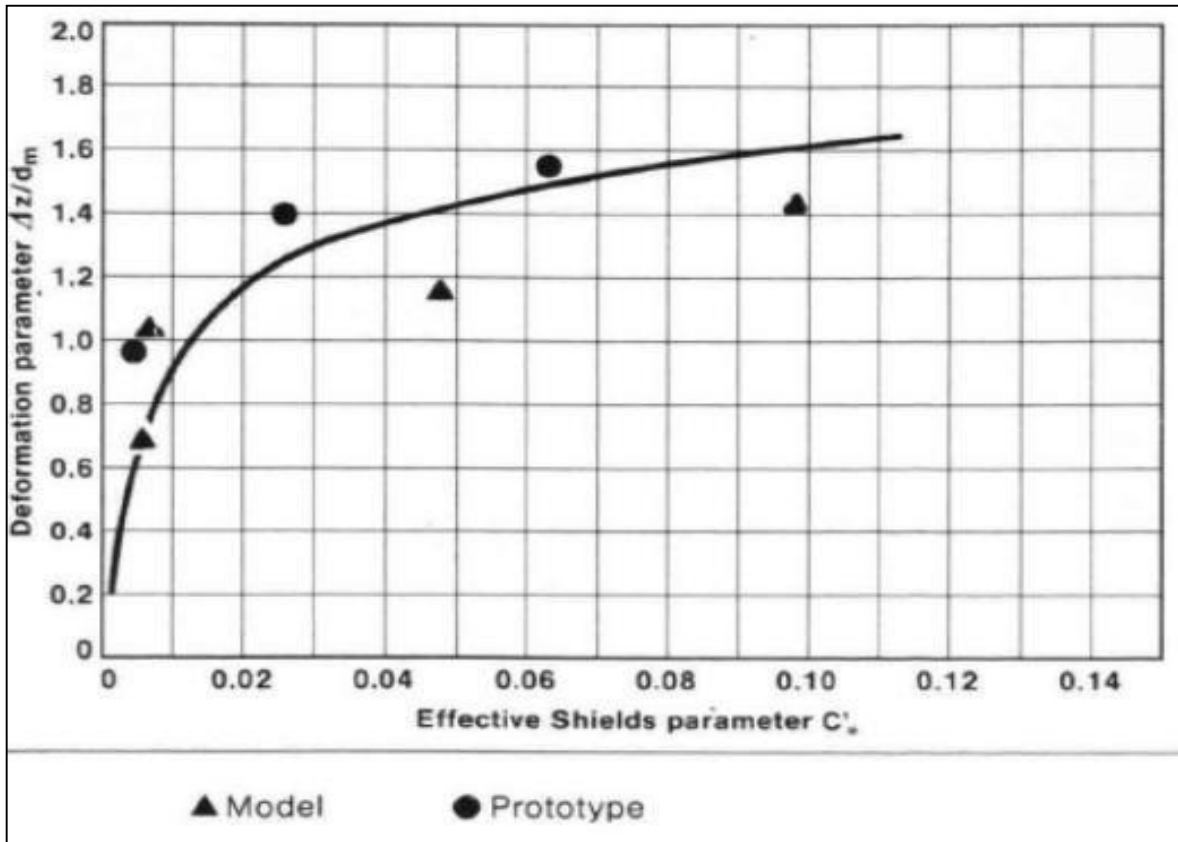


Figure IV. 6: Rapport entre le paramètre de déformation et le coefficient d'efficacité de Shields

d) Vérification vis à vis de l'érosion du matériau de base

L'épaisseur du revêtement et la dimension de la pierre doivent permettre aux revêtements en matelas Reno, de résister aux mouvements du courant et d'éviter l'érosion du matériau de base.

Il faut donc que la vitesse de l'eau entre la couche de la pierre et le sol de base soit minimum afin d'éviter tout mouvement des particules qui composent le terrain.

On peut déterminer la vitesse sous le matelas Reno (à l'interface avec le fond sous-jacent et le filtre), en utilisant la formule de Manning :

$$V_b = \frac{1}{\xi\eta} \chi \left(\frac{d_m}{2}\right)^2 \cdot I^{\frac{1}{2}} \tag{VI.18}$$

Ou :

- V_b : représente la vitesse à l'interface du matelas Reno et le sol de base (ou filtre).
- $\xi\eta$: le coefficient de rugosité du fond, qui prend la valeur de $\xi\eta = 0,02$, s'il y a un filtre en géotextile sous le matelas ou s'il n'y en a pas, par contre, on aura $\xi\eta = 0,025$ si le filtre

est en gravier, Il faudra comparer la vitesse V_b et la vitesse V_e (vitesse acceptable à l'interface avec le matériau de base).

La vitesse d'érosion V_e est la vitesse que le sol peut supporter sans subir d'érosion, on peut obtenir sa valeur de la figure 9 pour les terrains cohérents, et on a pour les terrains non cohérents.

$$V_e = 16,10 \cdot (d_{50})^{\frac{1}{2}} \quad (\text{VI.19})$$

Où :

- V_e est exprimée en m/s
- d_{50} est exprimé en (m) et représente la dimension des particules du sol auxquelles on veut éviter l'érosion.

L'utilisation d'un filtre géotextile implique une réduction de la vitesse de l'eau qui le traverse de haut en bas, à l'interface avec le sol, sa valeur est 1/4 à 1/2 de la valeur de V_b donnée par l'équation (VI.18), même si le filtre est colmaté).

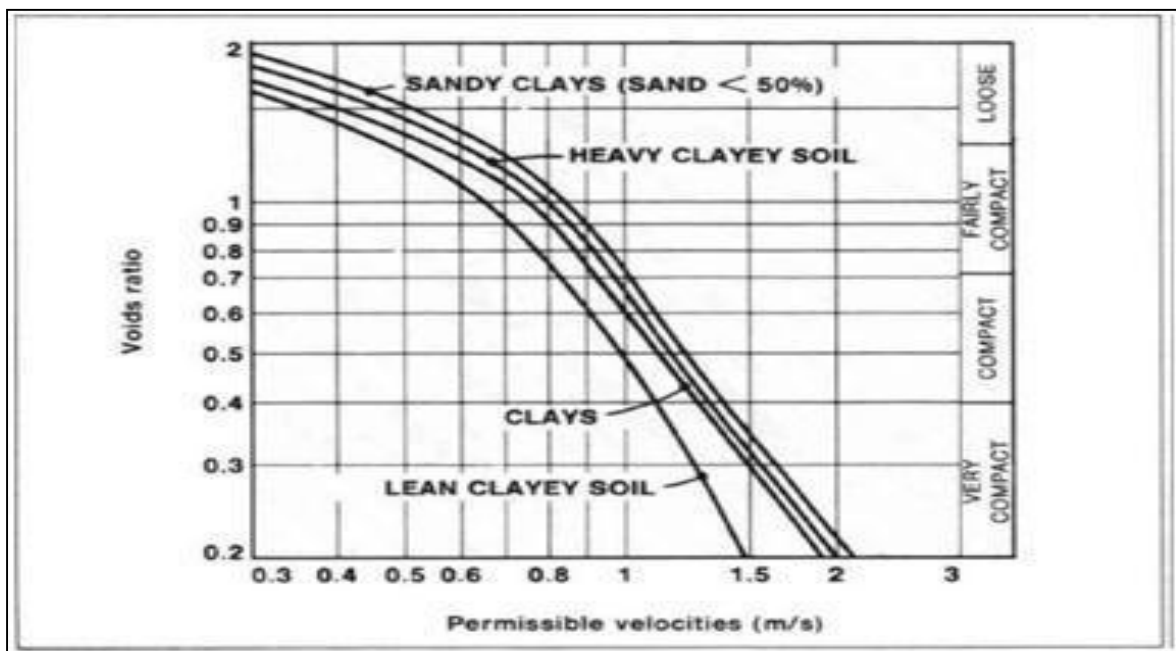


Figure IV. 7: Valeurs des vitesses admissibles maximum pour terrains cohérents.

Les vérifications de stabilité effectuées dans cette étude, de Canal en matelas Reno, sont :

- Vérification en termes de vitesses,
- Tension dans le fond,
- Tension dans les berges,
- Effet de la déformation,
- Vérification de l'érosion du matériau de base.

La procédure de vérification est présentée dans l'organigramme qui suit. Les résultats du calcul hydraulique du matelas Reno sont présentés dans le tableau de l'annexe.

IV.3.3. Interprétation des résultats

Après vérification, nous constatons que les différents tests s'avèrent stables, ou on a prévu une pente minimal approche vers zéro pour minimise la vitesse dans le canal. Le canal traverse un sol sablonneux $d_{50} = 1,5\text{mm}$ (AIT CHIKHOUNE 2015).

Il y a lieux de déterminer les caractéristiques d'un revêtement en matelas Reno.

Dans le cadre de l'aménagement d'un canal d'eau, il s'agit de réaliser un canal de drainage pour un débit $Q = 4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ qui correspond au débit quand on veut transférer, et une pente du fond $I = 0,001 \text{ mm}$, avec un angle d'inclinaisons des talus $\theta = 45^\circ$. La section du canal est 5 m à la base.

On prévoit a lamant du canal un dalot en béton pour but d'installer des vanne plate quels vont nous permettra une meilleure régulation d'écoulement ou le nettoyage de notre bassin.

Ce calcul est ainsi automatisé sous un programme Excel présenté dans le tableau (annexe 3) que nous avons élaboré pour un calcul déterministe des paramètres du matelas Reno conforme à l'organigramme citer en même annexe3.

La condition de vitesse n'est pas vérifiée et cela revient a la pente de la fondation, d'autre part les autres conditions sont vérifiées.

IV.4. Dimensionnement du bassin de décantation

Un ouvrage en enrochement formé d'une cuve couvert avec une membrane géotextile imperméable, alimenté par le canal qui achemine un débit de $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$, sera implanté sur la cote 106.5 m NGA encré 2m. Ce bassin va nous permettre d'avoir une meilleure décantation d'eau brute aussi de joue le rôle de stockeur grâce à la géomembrane pour l'étanchéité, aussi avoir une réserve qui va assurer la continuité du pompage dans le cas d'arrêt de son alimentation par le canal.

Dans notre procédure du calcul on a choisi de fixe le temps de stockage à 1 h de temps qui va donner :

$$V = Q.t \quad (\text{VI.20})$$

Avec

- V : volume de stockage.
- Q : le débit en m^3/s .

- T : temps de stockage en heure.

D'où : $V = 4,5 * (1 * 3600) = 16200 \text{ m}^3$

On va fixer la profondeur de notre bassin (H) a 3 m et la longueur (L) a 100 m ce que va donner une largeur (b) de 54 m.

- $V = 16200 \text{ m}^3$.
- $H = 3 \text{ m}$.
- $L = 100 \text{ m}$.
- $b = 54 \text{ m}$.
- Sur Laval du bassin on va laisser un trop plein qui va déverser directement dans l'oued-Aissi.

IV.5. Calcul et dimensionnement de conduite de refoulement (Transfert)

L'acheminement de l'eau vers le barrage Taksebt nécessite l'étude d'un projet de transfert. Dans le cadre de cette étude, nous nous intéressons à l'étude technique dans le choix du diamètre.

IV.5.1. Le choix du tracé

Le choix de tracé et du profil de la conduite se fait toujours en tenant compte de certains impératifs d'ordre technique et économique. On préfère souvent établir le long des routes et les pistes pour faciliter la pose des conduites et leurs exploitations c'est-à-dire :

- Faciliter l'accès pour l'entretien et la réparation.
- Faciliter la détection des fuites et des vannes défectueuses.

Le tracé ainsi choisi, influencera sur les frais d'investissement, c'est pourquoi d'ailleurs un profil en long doit être régulier et court dans les limites du possible.

Dans notre cas, on a choisi le tracé plus favori, sur la berge gauche suivant l'Oued-Aissi, un terrain appartient au domaine hydraulique ce que nous va éviter les frais de l'indemnisation ou le blocage par les citoyens, aussi la disponibilité d'une piste accessible et ce tracé va nous éviter le traverser de la route national N° 12.

IV.5.2. Le choix du type des conduites

Le choix entre les différents types de conduite sera établi sur des critères d'ordre technique, à savoir le diamètre, le débit et la pression de service, les conduites de pose et sur des

critères économiques qui englobent le prix de la fourniture, du transport, de la main d'œuvre et éventuellement des conditions d'exploitation.

Dans le cas de notre projet, on a opté pour les conduites acier, vu les avantages qu'elle présente :

- Résistance aux contraintes.
- Une longue durée de vie, à condition qu'elles soient bien protégées.

IV.5.3. Etude technico-économique

Elle consiste à étudier le choix le plus économique pour le diamètre de la conduite.

Le choix de ce dernier repose sur deux critères :

- Techniquement, le diamètre de la conduite doit pouvoir faire transiter le plus grand débit à des vitesses acceptables.
- Les frais d'investissement (frais d'exploitation et ou frais d'amortissement) sont proportionnels aux diamètres des conduites.

a) Le diamètre

Les conduites doivent supporter les plus grands débits instantanés ainsi que le débit de pointe. Ce préfère aux diamètres économiques normalisés donnés par les constricteurs locaux.

b) La vitesse

Sachant que les fortes vitesses d'écoulements qui sont supérieur à 1.5 m/s favorisent la dégradation des parois internes de la conduite, et que les faibles vitesses qui sont inférieur à 0.5 m/s favorisent la formation des dépôts dans les conduites.

Donc il est nécessaire que la vitesse d'écoulement dans les conduites doit être dans la limite du possible entre 0,5 à 1.5m/s, toutes fois, certain cas font l'exception est donnée par la formule :

$$V = \frac{4.Q}{\pi D^2} \quad (\text{VI.21})$$

Avec :

V : vitesse moyenne d'écoulement en [m/s].

Q : débit transitant dans la conduite en [m³/s].

D : diamètre de la conduite en [m].

c) Le débit

Les conduites devront pouvoir transiter suivant les lois hydrauliques le débit appelé le débit de projet, si le système fonctionne 24h/24h il s'agira du Q max.

d) Les pertes de charge

Les pertes de charges présentent une partie de l'énergie mécanique de l'eau qui se transforme en chaleur sous l'effet de frottements entre les particules de l'eau et les parois des canalisations, elles se présentent sous deux formes :

- Les pertes de charges linéaires.
- Les pertes de charges singulières.

e) Pertes de charges linéaires

Elles sont déterminées par la formule de DARCY-WEISBACH

$$H_l = J * L = \lambda \cdot L \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g \cdot D} \quad (\text{VI.22})$$

Avec :

- J : perte de charge linéaire en m/m.
- D : diamètre de la conduite en m.
- V : vitesse moyenne d'écoulement en m/s.
- L : longueur de la conduite en m.
- λ : Coefficient de frottement, il caractérise l'écoulement ainsi que la nature de rugosité de la canalisation, il est donné par la formule d'Achour et al (2002) :

$$\lambda = (-2 \log \left[\frac{K}{3.71 \cdot D} + \frac{4}{Re} + \log \frac{Re}{6.97} \right])^2 \quad (\text{VI.23})$$

Avec

- K : Rugosité absolue, elle représente la hauteur moyenne des aspérités de la surface des parois en contact avec l'eau.
- Re : Nombre de REYNOLDS donnée par la formule suivante :

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (\text{VI.24})$$

Avec

- V : Vitesse moyenne [m/s].
- D : Diamètre [m].
- ν : Viscosité cinématique [m²/s].

f) Pertes de charges singulières

Les pertes de charges singulières HS, sont celles occasionnées par des singularités (coudes, vannes, clapets,...). Elles ont estimées à 20 % des pertes de charges linéaires :

$$H = 0,2 \times HL \quad (\text{VI.25})$$

g) La pression

Il est nécessaire de vérifier les pressions au sol en chaque nœud, de ce fait la valeur maximale de la pression constitue la valeur à la quelle doit résister la conduite leurs de l'exploitation.

h) Hauteur manométrique total

- Hmt : Hauteur manométrique totale [m].

$$Hmt = Hg + PDC \quad (\text{VI.26})$$

Avec

- Hg : hauteur géométrique [m].
- PDC : Pertes de charge [m].

$$PDC = J.L \quad (\text{VI.27})$$

Avec

- L : Longueur de la conduite [m].
- J : Pertes de charge unitaire [m/m].

$$J = \frac{8.\lambda Q^2}{\pi^2 g D^2} \quad (\text{VI.28})$$

Avec

- λ : Coefficient de perte de charge.

Remarque : Il y a lieu d'indiquer que dans cette étude et du fait que le débit du projet est important, On repartie le débit sur deux conduites de mêmes caractéristiques. Ceci afin de contourner le problème de disponibilité de conduites de grand diamètre sur le marché national.

Le tableau suivant présente les caractéristiques calculées de notre transfert (voir plus de détails dans l'annexe 4).

Tableau IV. 3: résultat de calcul hydraulique de la conduite de refoulement.

Désignation de la variable	Valeur	Unité
Cote de départ Cd	110	m
Cote d'arrivée Ca	211.5	m
Débit à véhiculer à travers la conduite Q	2.25	m ³ /s
Longueur de la conduite L	4900	m
Calcul du diamètre économique	1382	mm
Type de la conduite	Acier	/
Choix de diamètre Nominal (intérieur)	1400 (56'')	mm
Epaisseur	22	mm
Vitesse d'écoulement de l'eau V	1.42	m/s
Hauteur manométrique totale Hmt	112.07	m
Choix de la pression nominale PN	30	Bars

La figure ci-dessous montre le tracé des deux conduites de refoulement Sebaou Taksebt avec Google Earth.

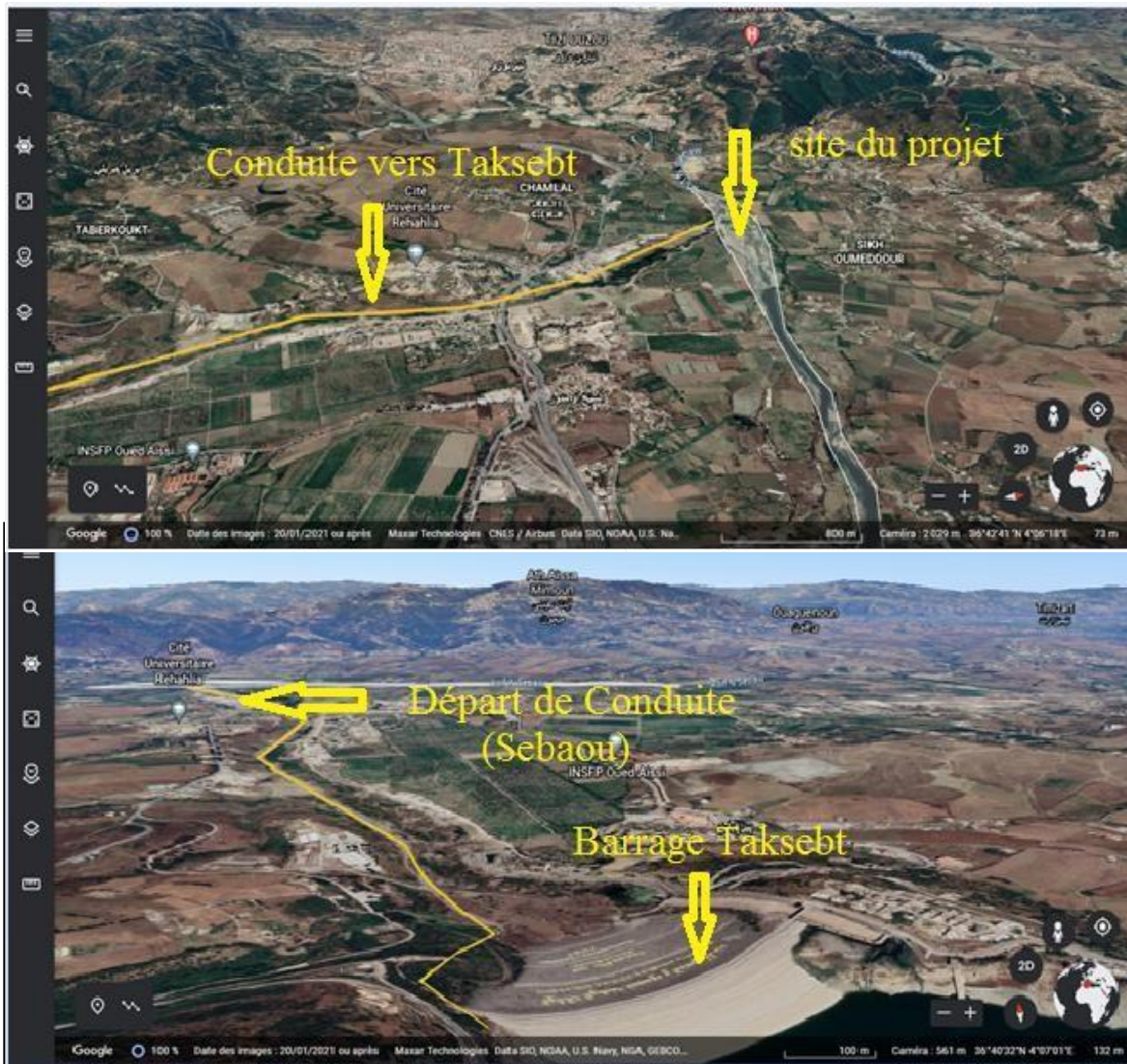


Figure IV. 8: Schéma représentant le tracé de la conduite Sebaou-Taksebt

Conclusion

La réalisation de digues-seuils en travers de l'oued Sébaou, à la confluence avec l'Oued-Aissi, permettra, par prise au fil de l'eau, de dériver un potentiel de plus de 72 millions de m^3/an . Ces volumes d'eau seront transférés, par pompage dans la cuvette du barrage de Taksebt sous une HMT de 112m. Ce dispositif sera constitué d'une digue, d'un Canal de dérivation et d'amenée de 100m, d'un Bassin pour la décantation dans le lit de l'Oued-Aissi de $5\ 400m^3$, de 2 pompes de (2,2 à $3\ m^3/s$) et de 2 conduites DN 1400 qui seront posée en suivant le lit de l'Oued-Aissi sur 5 Km jusqu'à la digue du barrage de Taksebt.

Cette ouvrage simple de mise en œuvre rudimentaire, de faible coût et réalisable dans un délai court. Ce type de digue peut être submergé et même emporté sans conséquences particulières en amont et en aval.

Conclusion

CONCLUSION GENERALE

Après avoir analysé les caractéristique de notre zone d'étude, il en ressort que notre région bénéficie d'une pluviométrie importante avec une moyenne annuelle de 800 mm, qui se repartie selon deux périodes différentes et augmente de l'Ouest à l'Est. Et une température moyenne annuelle de 19.5°C.

Cette abondance de pluie a pour conséquence des débits d'écoulements superficiels qui augmente de Septembre à Mars.

L'exploitation des donné du potentiel hydraulique dans la wilaya de Tizi-Ouzou montre que la grande partie des volumes desservi à la population vient de la ressource superficiel en premier lieu puis à partir des eaux souterraines à travers son territoire avec un total consommé de 254 Hm³/ans. Par contre ce chiffre est en augmentation avec l'évolution démographique et économique dans la région.

Compte tenu de la situation que connait notre région, l'objectif de notre étude est de proposer des solutions pour améliorer la situation, à savoir :

- Faire des nouveaux forages et aménagement des sources pour renforcer l'adduction en eau au niveau des villages et zones montagneuses.
- Construire de nouvelles usines de dessalement des eaux de mer pour l'alimentation de la région côtière.
- Capturer des volumes d'eaux du Sebaou et procéder à leur transfert vers le barrage du Taksebt.

Dans le cadre de cette étude, nous avons opté pour la réalisation d'un ouvrage de captage d'eau sur le Sebaou. Cet ouvrage sera constitué de :

- Une digue en gabion d'une hauteur de 1.5 m implantée à la cote 106 m NGA du lit de l'Oued, et d'une largeur total de 192 m. La hauteur total de la fondation (cote 103m NGA) jusqu'aux protections des berges (cote 110.5 m NGA).
- Un canal d'une longueur de 100 m (cote 106 m NGA) en Matelas Reno et d'épaisseur 0.3 m, tapissé d'une géomembrane pour l'étanchéité d'une largeur à la base de 2.5 m avec un angle d'inclinaison de 45°.
- Un bassin de stockage décanteur d'un volume de 16200 m³ implanté à la cote 106 m NGA d'une hauteur de 3 m (voir Annexe 5).

Conclusion générale

- Et deux conduites de refoulement de diamètre 1400 mm en acier qui vont transporter un débit de 4.5 m³/s par jour.

Ce projet peut renforcer la retenue de Taksebt avec 72 millions m³/ans du mois de Septembre jusqu'au mois de Mai, où on peut atteindre un volume supérieur. Dans le cas de disponibilité de l'écoulement dans les autres mois restant, en particulier dans les saisons où la pluviométrie est abondante et surtout la présence de la neige sur la chaîne du Djurdjura.

La solution proposée dans cette étude n'est qu'une des nombreuses solutions existantes dans notre région. Elle constitue une solution d'urgence et rapide. Il y a lieu d'indiquer qu'en plus de cette solution proposée, nous attirons l'attention sur d'autres solutions à prendre en compte pour des études futures à savoir :

- Aménagement de l'oued avec des digues pour le rechargement de la nappe.
- Dessalement de l'eau de mer
- Tôt ou tard réfléchir à la réutilisation des eaux traitées dans les stations d'épuration.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. ABEDSLEM. M. Réalisation d'urgence de -digues de dérivation pour transfert dans le barrage de taksebt et la recharge des champs captant. (Tizi-Ouzou 2021).
2. AMOUBOUDI K. et BALEH A (2001). Evaluation des ressources en eau et la contribution de la charge polluante de la rive gauche du haut Sébaou (Ingénieur en Agronomie)
3. ANBT, Donnée climatiques, apports liquide niveau du barrage (2002-2020)
4. ANRH, Données pluviométrique.
5. BALLAH, (2014). Etude de l'écoulement liquide et solide dans le bassin versant de l'Oued-Sebaou.
6. BENALIA & HETATHA, (2016). TUDE D'UN BARRAGE EN TERRE (DIGUE) BARRAGE OUED HALIB, UZA Djelfa.
7. BOUSSAD, (1996). Etude de pluie extrême dans le bassin versant de Sebaou (ENSH).
8. CHADRINE.Y (1975), étude hydrogéologique de la nappe de l'Oued-Sebaou.
9. CHERIFI D & FOUAL M (2012), Contribution à la surveillance de la qualité physicochimique Du barrage de Taksebt et estimation du volume des margines déversées (Ingénieur d'Etat UMMTO).
10. DARIO TRICOLI. (Juillet 2002), Procédure pour la réalisation des seuils en gabions.
11. DELFI & AIDI. (2016), Etude du transfert à partir du barrage Kef Eddie, OUM EL BOUAGHI.
12. DJEMAI M (1985), Hydrologie du bassin du Haut Sebaou, (Ingénieur d'Etat Université scientifique et médicale de Grenoble).
13. DPAT services de la planification de la wilaya de Tizi-Ouzou (population).
14. DRE Tizi-Ouzou Données de la ressource en eau à Tizi-Ouzou.
15. DURAND & Al. Technique des petits barrages en Afrique sahélienne et équatoriale (1998 par l'E.I.E.R.).
16. HADJOU.F. (2008), étude hydrogéologique par modélisation mathématique en vue d'une approche rationnelle et optimale de la gestion des eaux souterraines de la vallée de l'oued-Sebaou.
17. IMERZOUKENE & OUHAROUN. analyse fiabiliste de la stabilité d'un canal en matelas Reno (UMMTO. 2016)
18. KACI & MOIALI. (2019), Suivi de la qualité hydro-chimique des eaux brutes du barrage Taksebt en surface et en profondeur et des affluents de l'Oued-Aissi (UMMTO).

Références bibliographiques

19. MAURICE BOUVARD (1984), Barrages mobiles et ouvrages de dérivation. Editions EYROLLES.
20. ONM. Office national de la météo-logies Tizi-Ouzou.
21. ROYET, (1992). Du diagnostic a la réhabilitation des barrages anciens.
22. SELTZER(1946) : Le climat de l'Algérie. Université d'Alger. Institut de la Météorologie et de Physique du globe de l'Algérie.
23. Site web: www.DRE.dz
24. Site web: www.infoclimat.fr
25. Technique des barrages en aménagement rural - Ministère de l'Agriculture – Paris
Nouvelle édition 1989.
26. TRICOLI. D, (2002). Procédure pour la réalisation des seuils en gabions.
27. YAKOUB B (1985). Contribution à l'étude hydrogéologique de la Kabylie occidentale.
Thèse doctorat troisième cycle.
28. YAKOUB B (1996), Le problème de l'eau en grande Kabylie, Edité par l'université de Tizi-Ouzou.
29. ZEROUALI & Al. (2015), Analyse et cartographie des tendances pluviométriques dans le bassin versant de l'Oued Sebaou.

Annexes

Annexe 1

MNT - STATISTIQUES DU CHARGEMENT ET DU CALCUL

Nom du fichier dessin : C:\Users\HPC\Desktop\sebaou\Sebaou_ PFE BELDJERD Lyes_ FGC/UMMTO
Listing effectué le : 08/12/2021 à 10:12:05

Points chargés : oui	
Provenance des points	Base graphique AutoCAD
	Points de type topographiques et AutoCAD
	dans le(s) calque(s) levé
Filtre altimétrique	
Points d'altitude nulle	Ignorés
Filtre planimétrique	Périmètre d'emprise (Surface 2D = 93588.687 m ²)
Elimination des points doubles	Tolérance : 0.001
	Mode automatique (indifférent)
	Avec création d'un cercle d'erreur

Récapitulatif du chargement	
Nombre de points lus	353
Nombre de points lus à Z = 0	0
Nombre de points doubles	0
Nombre de points conservés après filtrage	353
Nombre de points et sommets utilisables	353
Distance moyenne entre points	19.252 m
Coordonnées minimales	530032.725 4068550.003 m
Coordonnées maximales	530354.739 4068956.293 m
Altitude minimale	106.038 m
Altitude maximale	115.500 m

Périmètre calculé : chargé avec les points

Faces calculées : oui	
	680 faces calculées
	680 faces activées
Aire 2D	93588.686 m ²
Aire 3D	94727.341 m ²
Faces dessinés : oui	
	Dans le calque MNT _MNT
Echelle de dessin	1.000
Dimensions minimales	530032.72 4068550.00
Dimensions maximales	530354.74 4068956.29
Altitude minimale	106.038 m
Altitude maximale	115.500 m

Annexe 2

Etape de calcul de debit de cru d'oued Sebaou avec Hfran.

haricana.hyf

Description | Données | Statistiques de base | Tests d'hypothese | Graphiques

Titre du projet
sebaou

Commentaires
Données de 1915 à 1994
Note:
Les données de 1949 et 1951 ont été corrigées pour un effet de glace. Elles sont indiquées par le code "G". Leur valeur se situe à moins d'un écart-type de la moyenne. Elles ont tout de même été désactivées. Elles apparaissent en italique dans le tableau des données. On peut les réactiver à partir du menu "Echantillon".
Les données étaient mesurées manuellement jusqu'en 1964. Elles sont maintenant mesurées de façon automatique.

Type de variable
Nom : Débit maximum journalier
Unité de mesure : m³/s
Chiffres significatifs : 3

Définition de la période de retour
 $T = 1/(1-q) = 1/p$ (crue)
 $T = 1/q = 1/(1-p)$ (étiage)
 $q = F(x)$: prob. au non-dépassement
 $p = 1 - F(x)$: prob. au dépassement

Formule de probabilité empirique
 $F(x) = (k - a) / (n - 2a + 1), 0 < a < 0.5$
 $a = 0.50$ (Formule de Hazen)

Hyfran - haricana.hyf

Fichier Edition Echantillon Ajustement Graphique Affichage Fenêtre ?

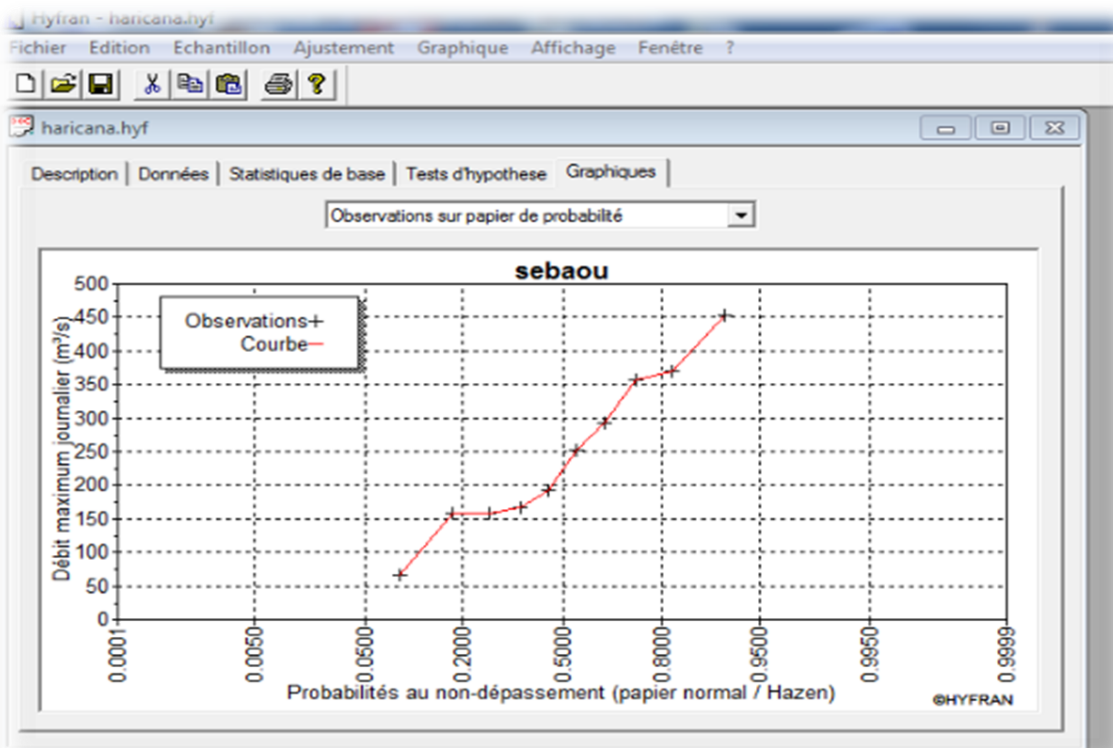
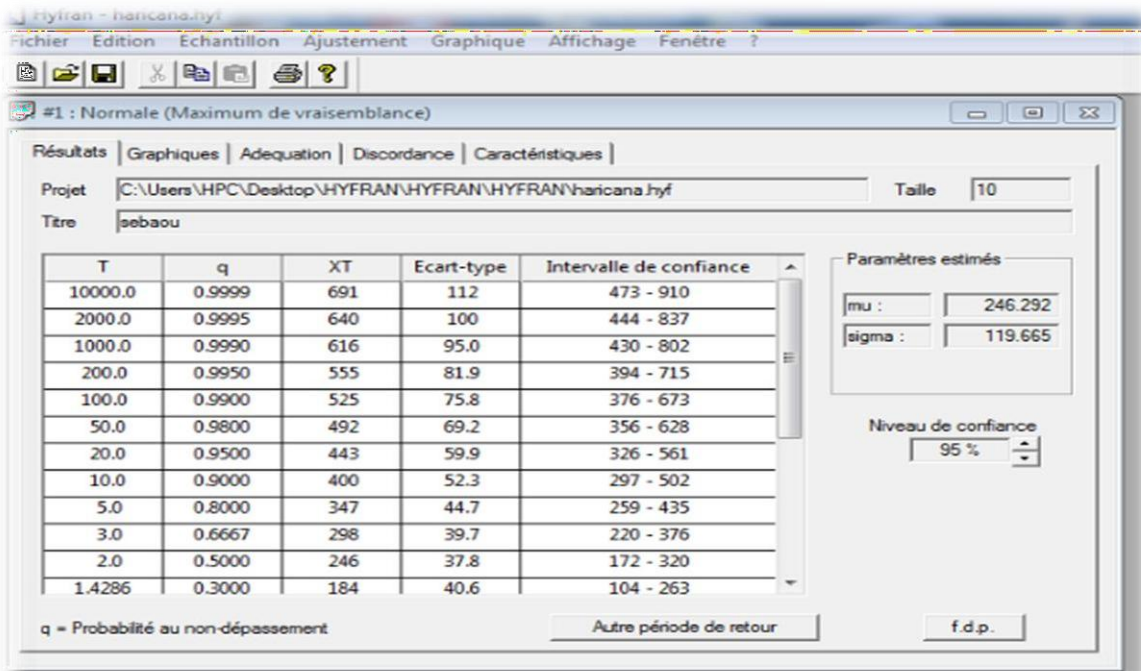
haricana.hyf

Description | Données | Statistiques de base | Tests d'hypothese | Graphiques

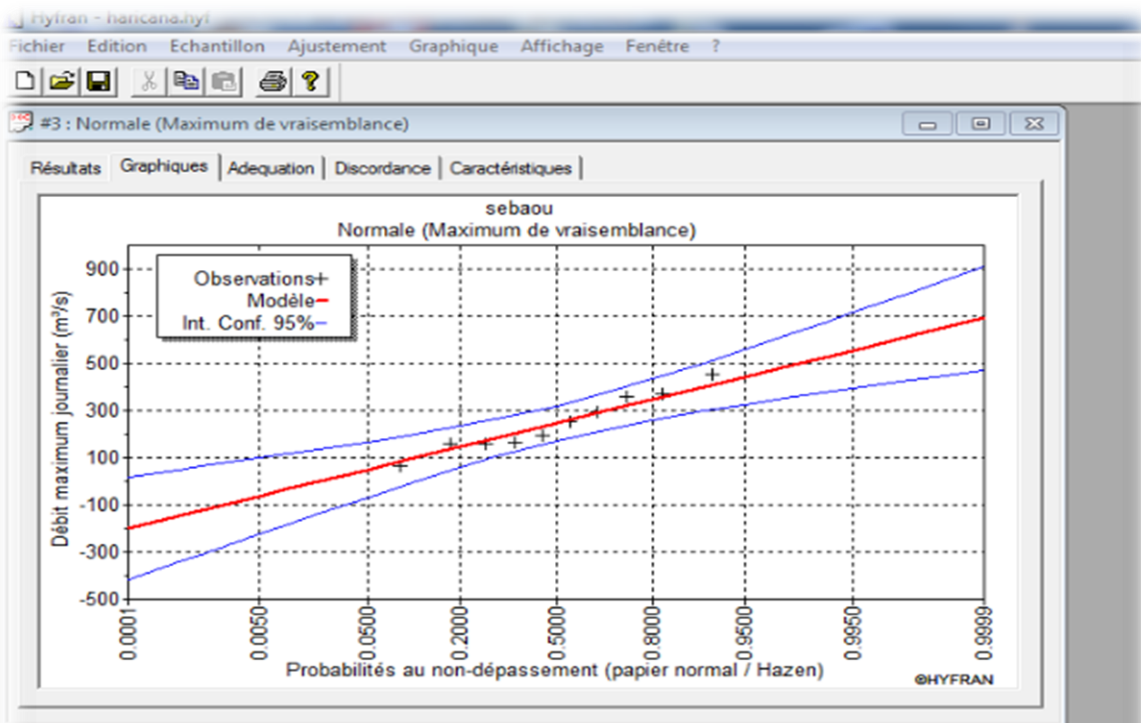
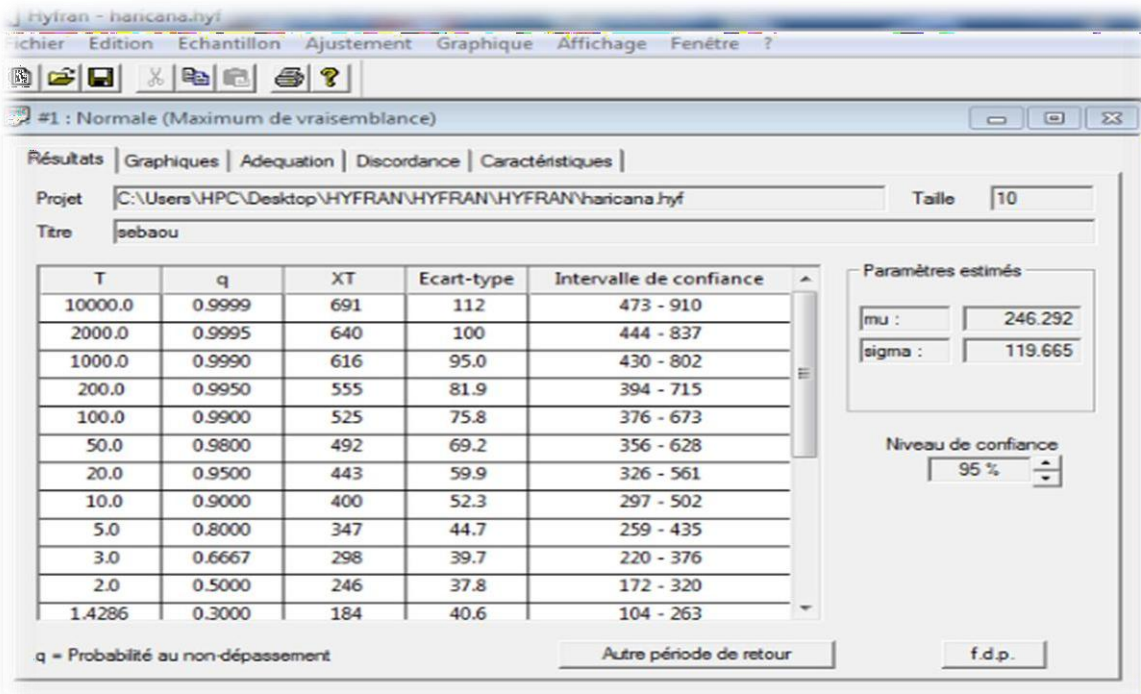
Titre du projet
sebaou

Nombre de données [n] :	10
Minimum :	65.9
Maximum :	452
Moyenne :	246
Écart-type :	120
Médiane :	223
Coefficient de variation [Cv] :	0.486
Coefficient d'asymétrie [Cs] :	0.329
Coefficient d'aplatissement [Ck] :	1.66

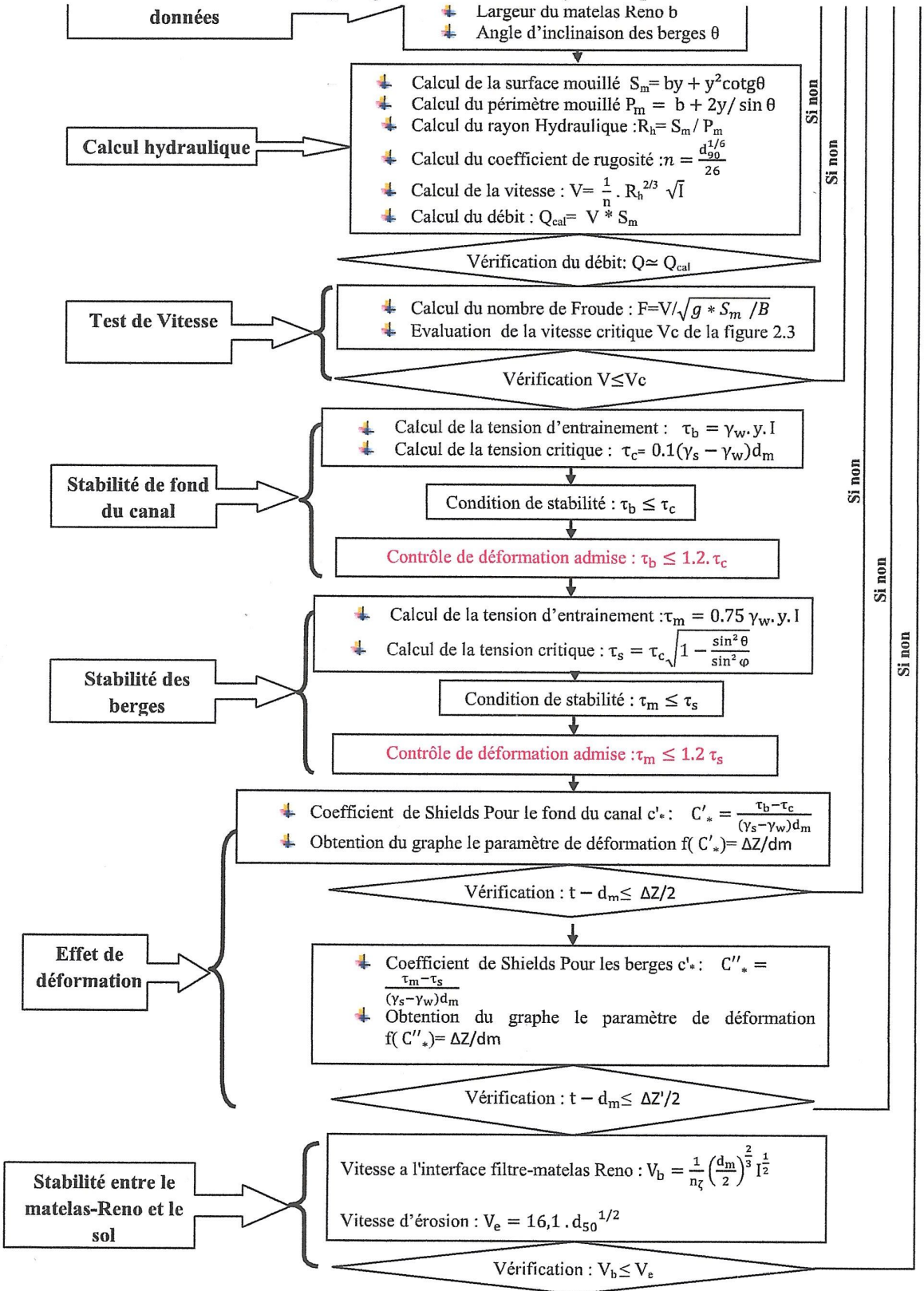
Annexes



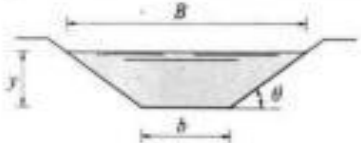
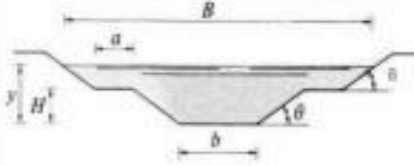
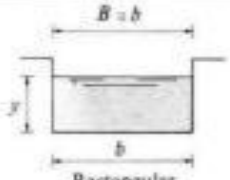

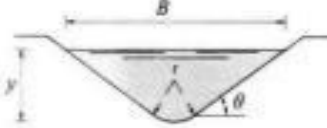
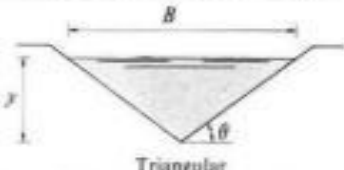
Annexes



Annexe 3 Organigramme du calcul hydraulique.

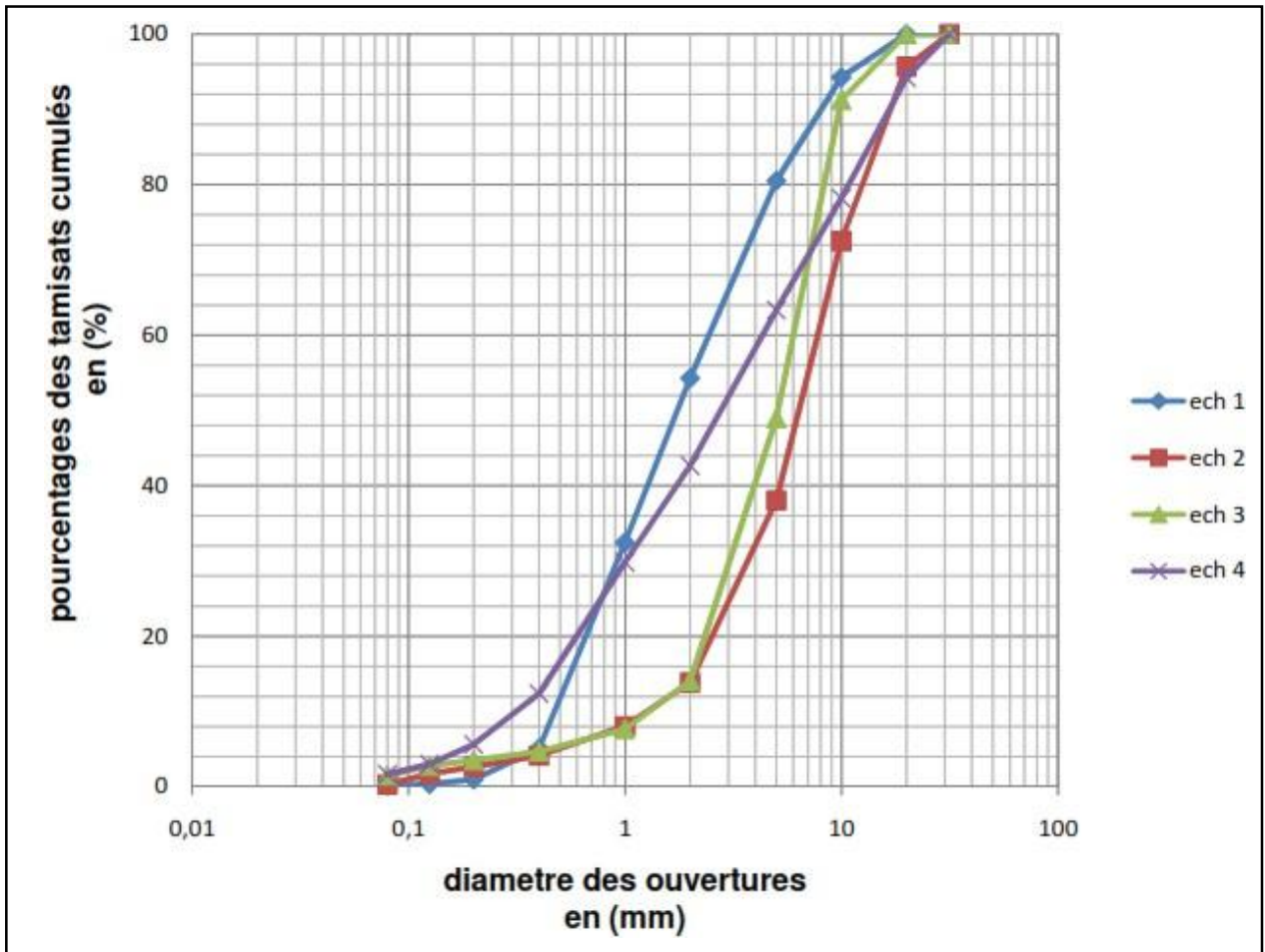


Eléments géométriques hydrauliques de quelques sections de canaux.

Section	Area (A)	Wetted perimeter (C)	Hydraulic radius (R)
 <p>Trapezoidal</p>	$y(b + y \cot \theta)$	$b + \frac{2y}{\sin \theta}$	$\frac{y(b + y \cot \theta)}{b + \frac{2y}{\sin \theta}}$
 <p>Compound trapezoidal</p>	$(b + 2a)y + y^2 \cot \theta - 2aH'$	$b + 2a + \frac{2y}{\sin \theta}$	$\frac{(b + 2a)y + y^2 \cot \theta - 2aH'}{b + 2a + \frac{2y}{\sin \theta}}$
 <p>Rectangular</p>	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$
 <p>Parabolic</p>	$\frac{2}{3}By$	$B + \frac{8}{3} \frac{y^2}{B}$	$\frac{2B^2 y}{3B^2 + 8y^2}$
 <p>Triangular with rounded invert</p>	$\frac{B^2 \tan \theta}{4} - r^2 \tan \theta + r^2 \theta$	$\frac{B}{\cos \theta} - 2r \tan \theta + 2r \theta$	$\frac{\frac{B^2 \tan \theta}{4} - r^2 \tan \theta + r^2 \theta}{\frac{B}{\cos \theta} - 2r \tan \theta + 2r \theta}$
 <p>Triangular</p>	$y^2 \cot \theta$	$\frac{2y}{\sin \theta}$	$\frac{y}{2} \cos \theta$

Courbe granulométriques, l'échantillon 3 représente le granulat qui s'approche à notre site d'étude.

(Source : AIT CHIKHOUNE, 2015). Caractéristiques géotechniques des granulats (cas Sebaou) UMMTO.



Annexe 4

Tableaux Correspondance des diamètres nominaux et l'épaisseurs : DN / Pouces / Millimètres.

Ø Nominal		Ø en mm	
DN	Pouce	Tubes Norme NF & EN	Tubes Norme ASME
1050	42"	(1) 1067,0	1067,0
1100	44"	(1) 1118,0	1118,0
1150	46"	(1) 1168,0	1168,0
1200	48"	(1) 1219,0	1219,0
1300	52"	(1) 1321,0	1321,0
1400	56"	(1) 1422,0	1422,0
1500	60"	(1) 1524,0	1524,0
1600	64"	(1) 1626,0	1626,0
1700	68"	(1) 1727,0	1727,0
1800	72"	(1) 1829,0	1829,0
1900	76"	(1) 1930,0	1930,0
2000	80"	(1) 2032,0	2032,0
2200	88"	(1) 2220,0	2220,0
2400	96"	(1) 2420,0	2420,0
2600	104"	(1) 2620,0	2620,0
2800	112"	(1) 2820,0	2820,0

Exemple du programme de calcul fiabiliste pour un débit de 4.5 m3/s

d90	10	k	15,805976
Q	4,5	γw	1000
g	9,81	γs	2500
d50	5	dm	0,12
l	0,001	m	0,61736962
η	0,03968254	φ	26,5
e°	45	C*	0,10
b	5	ητ	0,02
c		t	0,24

tranon	CT Amon t	CT Aval	L (m)	h (lm)	γ (m)	Pente canal (m/m)	B (m)	e°	Sm (m2)	Pm (m)	Rh	c	V (m/s)	Froude	Q (m3/s)	Q cacul (m3/s)	ΔQ (m3/s)
1	106	106	20	1,0762924	1,096292421	0,0010	6,234739248	45	6,223452151	3,576772546	1,739963073	17,33450017	0,723071658	0,231068266	4,5	4,500001867	0,00
2	106	106,02	20	1,0563263	1,096326273	0,0010	6,234739248	45	6,223667237	3,576852114	1,7399845	17,33453574	0,723077595	0,23106617	4,5	4,500194335	0,000
3	106,02	106,04	20	1,0362386	1,096238561	0,0010	6,234739248	45	6,223109949	3,576645952	1,739928982	17,33444356	0,723062213	0,231071601	4,5	4,499695655	0,000
4	106,04	106,06	20	1,0162522	1,096252192	0,0010	6,234739248	45	6,223196552	3,57667799	1,73993761	17,33445789	0,723064604	0,231070757	4,5	4,499773149	0,000
5	106,06	106,08	20	0,9962627	1,096262718	0,0010	6,234739248	45	6,223263431	3,576702731	1,739944272	17,33446895	0,72306645	0,231070105	4,5	4,499832995	0,000

Tes de vitesse			Stabilité Du fond du Canal			Stabilité des berges			Effet de la déformation			Vérification de l'érosion du materiau de base								
tranon	CT Amon t	CT Aval	v (m/s)	Vc (m/s)	verification	tb	tc	Verification	tm	ts	Verification	cef sheilds FC c*'	f(C'*)= ΔZ/dm	Verification	f sheilds berges C	f(C'*)= ΔZ/dm	Verification	Vb	Ve	Verification
1	106	106	0,02185949	5	0	1,739963073	18	Stable	0,822219315	19,93220011	stable	0,00144	2	stable	-0,001300803	2	pas d'affouillement	0,402492236	5,5772	vérifier
2	106	106,01666	0,02185931	5	0	1,7399845	18	Stable	0,822244705	19,93673139	stable	0,00144	2	stable	-0,001300801	2	pas d'affouillement	0,402492236	5,5772	vérifier
3	106,0166575	106,01953	0,02185977	5	0	1,739928982	18	Stable	0,822178921	19,92498764	stable	0,00144	2	stable	-0,001300806	2	pas d'affouillement	0,402492236	5,5772	vérifier
4	106,0195317	106,01953	0,0218597	5	0	1,73993761	18	Stable	0,822189144	19,92681331	stable	0,00144	2	stable	-0,001300805	2	pas d'affouillement	0,402492236	5,5772	vérifier
5	106,0195317	106,01953	0,02185965	5	0	1,739944272	18	Stable	0,822197038	19,92822301	stable	0,00144	2	stable	-0,001300804	2	pas d'affouillement	0,402492236	5,5772	vérifier

Exemple du programme de calcul de deversoir

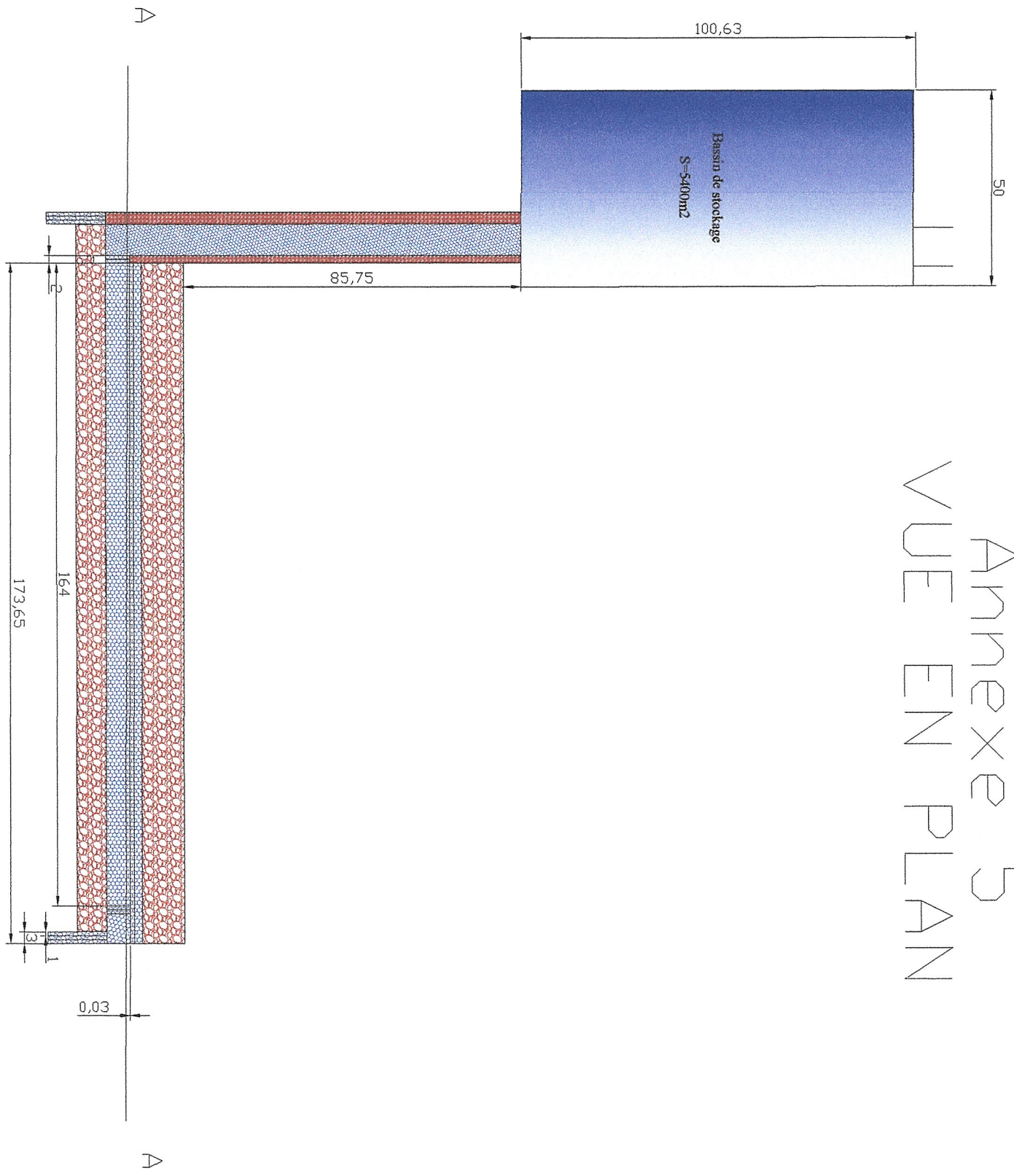
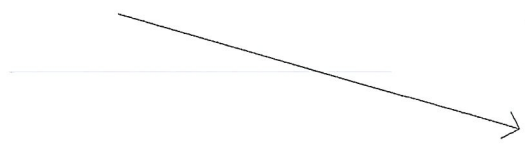
Paramètre	crue 1/20	crue 1/100	crue 1/1000	unité
Débits de crue	443	525	618	m3/s
coélération de la pesanteur	9,81	9,81	9,81	m.S-2
hanteur max des berges	1,5	3,5	6,5	m
le coefficient de débit	0,37	0,37	0,37	
hauteur deversante	2,0	2,415	2,42	m
Largeur en crête	160	162	170	m
Sm	319,84	391,23	4	m
Pm	163,998	166,83	174,84	m
Rh	1,95	4,30	4,32	m2
vitesse	1,30	2,36	2,37	m/s
cote max	109,5	109,914	110,334	m

Note du calcul pour déterminer la conduite de reffoulement Sebaou-Taksebt

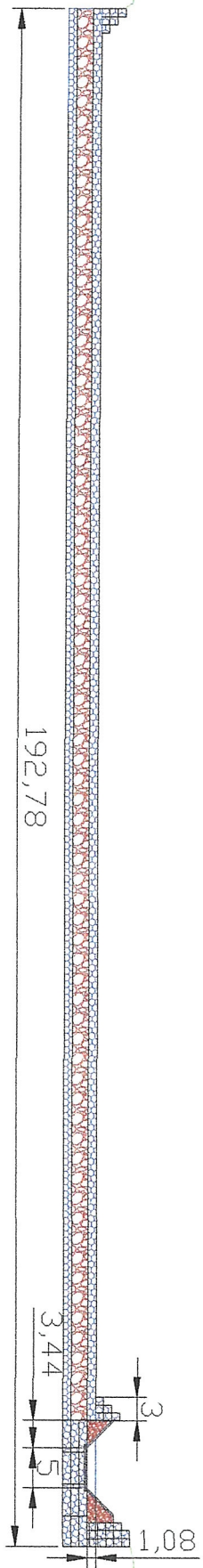
	Désignation de la variable	Valeur			Unité
N°	DONNEES DU PROBLEME	Variante 1	Variante 2	Variante 3	
1	Cote de départ Cd	110			m
2	Cote d'arrivée Ca	211,5			m
3	Débit à véhiculer à travers la conduite Q	2250			L/sec
4	Longueur de la conduite L	4900			m
13	Coefficient de rugosité équivalente Chw	95			
	Taux d'annuité i	0,08			
	Horizon n	30			
8	Introduire le coefficient K	0,5	0,5	0,5	
	PHASE DE CALCUL				
5	Hauteur géométrique Hgeo	101,5	101,5	101,5	m
	Calcul du diamètre économique Deco	1,382327033	1,382327033	1,382327033	mm
9	Choix des diamètres	1321	1422	1524	mm
7	Epaisseur des conduites	21	22	24	mm
10	Vitesse d'écoulement de l'eau V	1,64	1,42	1,23	m/sec
11	TEST DE LA VITESSE	augmenter le diamètre	VRAI	VRAI	
12	Introduire l'annuité A	0,088	0,088	0,088	
14	Perte de charge unitaire j	0,003	0,002	0,001	m/l
	Pertes de charge linéaires J	13,165	9,195	6,562	m
	Pertes de charge singulières J'	1,97	1,38	0,98	m
17	Pertes de charge totales Δh	15,14	10,57	7,55	m
	Hauteur manométrique totale Hmt	116,64	112,07	109,05	m
25	Célérité de l'onde de choc a	1104,42	1098,52	1102,38	m/sec
26	Valeur du coup de bélier B	184,82	158,65	138,61	m
27	Surpression maximale Pmax	28,63	26,01	24,01	bars
28	Dépression maximale Pmin	-8,33	-5,71	-3,71	bars
29	Choix de la pression nominale PN	30,00	30,00	25,00	bars

Annexe 5 VUE EN PLAN

vers
Oued
Aissi:



coupe
A-A





Profil dessiné par Covadis
 Profil n° : PL1 Lit'doué

Echelle en X : 1/500

Echelle en Y : 1/200

PC : 92.00 m

