

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdellah -

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**DIMENSIONNEMENT DE LA CONDUITE
D'ADDUCTION D'EAU DU BARRAGE DE DJDIOUIA
VERS LE PERIMETRE DU BAS CHELIFF
W.RELIZANE**

Présenté par :

M^r TEGUIA MILOUD

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M^r M. MESSAHEL	M C	Président
M^{me} L.S BAHBOUH	M A.A	Examinatrice
M^{me} H. BOUCHAMA	M A.A	Examinatrice
M^{me} S. HARKAT	M A.B	Examinatrice
M^r Y. BOUNAH	M A.B	Examineur
M^{me} D. DJOUDAR	M A.A	Promotrice

Juin-2013

Remerciement

Je remercie DIEU le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.

Je remercie mes parents pour leur soutien à la fois moral et matériel.

Au terme de cette modeste étude, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à M^{me} Djoudar (ma promotrice) qui m'a aidé pour achever ce travail et M^{me} Bahbouh pour ses orientations.

Je remercie le président et les membres du jury qui me feront l'honneur de juger mon travail.

Je voudrais aussi remercier l'ensemble des professeurs.

Un grand merci pour toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

- Je tien tout d'abord à dédier ce modeste travail à mes très chers parent Mr MOKHTAR, ma DEFUNT MERE et ma BELLE MERE pour leurs sacrifices et leurs soutiens moral et matériels dont ils ont fait preuve pour que je réussisse tous le long de ma vie et mes études.
- Je le dédie également à mes frères, et mes sœurs.
- A tous mes amis d'hier et d'aujourd'hui avec qui j'ai passé les plus beaux moments de ma vie, et spécialement : TITO, MOHA bel, AED SAIDI, et mon copain de chambre ATTIA ainsi que le groupe de l'ENSH: KHEIRO, MOURAD, FETEH, HOCINE, DJALEL, MOHCEN, HAKOU, MUSTAPHA, ABDELFATEH, MEROUANE, LAID, OUSSAMA, ABDERRAHMANE et à tous mes collègues de l'ENSH.

TEGUIA MILOUD.....2013

ملخص:

يتم سقي الحقل الزراعي للمنطقة السفلى لسهل الشلف بولاية غليزان عن طريق مياه سد قرقر و مرجة سيدي عابد.

حاليا هذه المياه في تناقص بسبب استعمال مياه سد قرقر للتزود بالمياه الصالحة للشرب مما أدى إلى تناقص المساحات المسقية.

لهذا ارتأى الديوان الوطني للسقي و صرف المياه حل هذا المشكل بوضع قناة تحويل مياه سد جديوية الى منطقة بن زيان من أجل توفير مياه سقيها.

Résumé :

Le périmètre du Bas Chlef est un vieux périmètre irrigué à partir des lâchers du barrage de Gargar et Mardjat de Sidi Abed.

En réalité, les volumes des lâchers diminuent à cause du transfert de l'eau du barrage Gargar vers le projet de l'alimentation en eau potable M.A.O (Mostaghanem, Arziou, Oran). De ce fait les surfaces irriguées diminuent faute de volume d'eau suffisant.

Afin de remédier à ce problème, l'Office National de l'Irrigation et du Drainage met en projet une étude pour l'installation d'une conduite d'adduction du futur barrage de Djdiouia vers le périmètre du Bas Chlef.

Ainsi le dimensionnement de cette conduite est le thème de notre étude.

Abstract:

The agricultural field of low cheliff is an old field irrigated from the waters of Gargar dam and Mardjat Sidi Abed. However, the water of this dam is decreasing because it is used as drinking water as well. Therefore, the surface of this agricultural field suffers from the shortage of water used for irrigation. In order to give a solution to this problem, the National Office of Irrigation and Drainage suggested the installation of a control of adduction our dissertation, aims at putting into effect this solution.

Liste des tableaux

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Tableau n I-1 : Températures mensuelles (°c).....	3
Tableau I-2 : Répartition mensuelles de la pluviométrie moyenne de la série pluviométrique 1972-2011 station de Relizane, Code : (01 35 05)	3
Tableau I-3:les moyennes mensuelles des vitesses de vent.	4
Tableau I-4 : l'humidité relative de l'air en (%).	4
Tableau n I-5: insolation moyenne mensuelle en heure (h)	4
Tableau I-6 : évaporation moyennes mensuelles (mm).	5
Tableau I-7: Classification du climat selon Mr MARTON	5
Tableau I-8 : Ouvrages hydrauliques de mobilisation utilisés pour l'irrigation du Bas-chélif ...	11

Chapitre II : Orientation agricole de la zone d'étude

Tableau II-1 : zone d'irrigation du périmètre.....	15
Tableau II-2 : La superficie agricole par secteurs juridiques dans la Zone de Benzizne (ha)	16
Tableau II-2 : Evolution des superficies irriguées par système d'irrigation.	17
Tableau II-4 :L'assolement des cultures.....	19
Tableau II-5 : Rotation des cultures de l'assolement.....	20

Chapitre III : Etude de la source d'eau

Tableau III.1 : les caractéristiques techniques du futur barrage de Djdiouia	22
Tableau III.2: caractéristiques hydrauliques du bassin versant	24
Tableau III.3: Caractéristiques de l'eau d'irrigation de l'oued Djdiouia.	25
Tableau III.4: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique	26

Chapitre IV : Besoins en eau des cultures

Tableau IV.1 : la répartition d'occupation des sols relatifs aux cycles culturaux.....	31
Tableau IV.2 : l'évapotranspiration de référence ETo	36
Tableau IV.3: Test d'homogénéité.....	37
Tableau IV.4: Ajustement a une loi de gauss.....	40

Tableau IV.5: ajustement a une loi log normale.	42
Tableau IV.6 .valeurs correspondantes aux probabilités 50% , 80% et 20%.....	43
Tableau IV.7 : Précipitations mensuelles de l'année de probabilité 80%	44
Tableau III.9 : les données de base (Annexe I, Annexe II).	45
Tableau IV.10 : besoin en eau de l'Oignon	46
Tableau IV.11 : besoin en eau de la pomme de terre de saison (PT/S).....	46
Tableau IV.12 : besoin en eau de l'artichout.....	46
Tableau IV.13 : besoin en eau du blé.....	47
Tableau IV.14 : besoin en eau de l'olivier.....	47
Tableau IV.15 : Besoins mensuels en eau (mm) des cultures	48
Tableau IV.16 : Calcul de LR pour une chute de rendement de 10%.....	49
Tableau IV.17 : Besoin en eau de la zone de Benziene.....	49
Tableau IV.17 : calcul du débit fictif continu des différentes cultures.....	50

Chapitre VI : calcul hydraulique

Tableau VI.1: Superficie des secteurs irriguée par les bassins de compensation	53
Tableau VI.2: caractéristiques des bassins de compensation	53
Tableau VI.3: caractéristiques des stations de pompage	54
Tableau VI.4: Caractéristiques des conduites de refoulement	56
Tableau VI.4: Débit demandé par chaque bassin.....	57
Tableau VI.5: calcul du temps assuré par chaque bassin.....	57
Tableau VI.6: Coefficients K' , m , β pour différents types du tuyau.....	62
Tableau VI.7: les données de base	62
Tableau VI.8: Diamètres avantageux pour différents tronçons gravitaires.....	63

Chapitre VII : organisation de chantier

Tableau VII.1 : Les volumes des travaux de l'adduction.	72
--	----

Liste des figures

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Figure I-1 : localisation de la zone d'étude.....	3
Figure I-2: diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	8
Figure I-3 : Climogramme de Gaussen de la station climatique de Relizane	9
Figure I-3. Carte de la salinité du bas chélif (Doauaoui 2005).....	11

Chapitre II : Orientation agricole de la zone d'étude

Figure II-1: Les principales zones irriguées de la plaine du Bas-Chélif	14
Figure II-2: Surfaces irrigables du Bas Chélif	15

Chapitre III : Etude de la source d'eau

Figure III.1: Bassin versant de Djdiouia.....	23
FigureIII.2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	28

Chapitre VI : Calcul Hydraulique

Figure VI.1 : plan du réseau existant de la zone de Benziene W. Relizane.....	55
figureVI-2 : Bassin B1	56
figureVI-3 : Bassin B2	56
figureVI-4 : Bassin B4	57
figureVI-5 : Bassin B5	57
figureVI-1 : Schéma Hydraulique.	66

Chapitre VII : Organisation de chantier

Figure VII.1 : pose de canalisation.	71
Figure VII.2 : Pose de conduites dans un terrain peu consistant.....	74
Figure VII.3 : Pose de conduites dans un terrain agressif.....	74

Figure VII.4 : Pose de canalisation en galerie	75
Figure VII.5 : traversée d'une rivière	76
Figure VII.6 : Pelle hydraulique.....	77
Figure VII.7 : Bulldozer.....	78
Figure VII.8 : Chargeur	79
Figure VII.9 : Compacteur Mono	79

Liste des planches

Planche I : Profil en long de la d'adduction principale du barrage de Djdiouia vers la zone de Benziene W. Relizane.

Planche II : Plan de délimitation des zones irriguées dans le périmètre du Bas Chélif W. Relizane.

Planche III : Plan topographique de la zone de Benziene W. Relizane.

Planche IV : Plan du réseau d'adduction existant de la zone de Benziene W. Relizane.

Planche V : Plan du réseau d'adduction existant et la conduite projetée de la zone de Benziene W. Relizane

Introduction Générale

L'histoire de l'agriculture algérienne a été marquée par plusieurs réformes appliquées avant et après l'indépendance du pays. Avant la colonisation française, la principale activité de la plaine du bas Chélif était l'élevage transhumant en association avec une céréaliculture très extensive.

Les ressources en eau représentent un élément fondamental dans le développement économique d'un pays ; Les interférences du secteur de l'hydraulique avec les autres secteurs économiques ont fait de lui un élément préalable pour la concrétisation des objectifs prioritaires pour le développement de l'agriculture.

Notre pays a connu et connaîtra de longue période de sécheresse, en particulier dans les régions à climat semi aride où la pluviométrie est déjà insuffisante et mal répartie.

Notre projet de fin d'étude s'inscrit justement dans ce contexte, où le souci majeur est de pouvoir développer l'agriculture, tout en utilisant un minimum d'eau.

La vallée du Cheliff, traversée par l'oued Cheliff, se situe dans la partie Nord du bassin versant du Cheliff qui occupe 22 % de la superficie de l'Algérie du Nord. Elle est composée de trois plaines : la plaine du Haut Cheliff, la plaine du Moyen Cheliff et la plaine du Bas Cheliff.

Notre travail rentre dans une problématique de ressource en eau dans le Bas Cheliff à cause des déficits d'eau d'irrigation dans ce dernier. Les deux sources d'eau qui irriguent le périmètre du Bas cheliff (Barrage de Gargar et Mardjat de Sidi Abed) ne suffisent pas à cause du transfert d'eau du barrage de Gargar vers le grand projet d'alimentation en eau potable M.A.O (Mostaghanem, Arziou, Oran).

L'objectif de notre travail porte sur le comblement du déficit d'eau d'irrigation par l'apport d'eau du futur barrage de Djdiouia en projetant une conduite d'adduction de ce dernier vers le périmètre du Bas cheliff.

CHAPITRE I : ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES

Introduction:

La plaine du Bas-Chélif est l'une des trois plaines composant la vallée du Chélif (Haut, Moyen et Bas-Chélif). Elle est située au Nord-Ouest de l'Algérie à 250 km d'Alger ; elle occupe sa partie Ouest. Ce bassin versant du Chélif est traversé par le plus grand Oued d'Algérie sur une longueur de 750 km et fait partie du grand bassin versant codé par l'ANRH « Chélif-Zahrez », qui couvre une superficie d'environ 56 227 km² (soit plus de 22 % de la superficie de l'Algérie du Nord).

I-1.situation géographique :

La plaine du Bas-Chélif est située :

- ✚ Au Nord-Ouest de l'Algérie à 250 km d'Alger.
- ✚ Au Nord par les monts de DAHRA.
- ✚ Au sud par les monts de L'OUARSENIS.



Figure I-1 : localisation de la zone d'étude.

I-2. Le climat :

Le climat de zone d'étude, est spécifique, rude et contrasté, avec des étés très chauds et des températures basses en hiver. Cette particularité lui a aussi valu des qualificatifs célèbres, tels que « le four du tell » ou encore « une portion du Sahara égarée dans le tell »

I-2-1.La Température :

La moyenne annuelle des températures s'élève à 18.7°C, mais il existe un écart d'environ de 20°C entre les températures de Juillet- Août et celles de Janvier Février.

Tableau n I-1 : Températures mensuelles (°c)

mois t°(c)	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Av	Mai	Jui	Juil	Aout	MOY ANN
max	32.4	26.2	20.1	16.5	15.7	17	19.6	22.2	25.7	32.2	37.2	38	25.2
min	17.9	13.8	9.1	7	5.1	6.4	7.1	9.6	12.7	17.3	20.5	20	12.2
moy	24.6	19.4	14	11.2	9.8	11.1	13	15.6	18.9	24.6	28.6	29	18.7

Source : ANRH Relizane.

I-2-2.Précipitation:

La pluviométrie est irrégulière dont la majorité en hiver se répartie en 65jours par an, un maximum est atteint pendant la période (novembre-janvier) et pratiquement nulle pendant l'été. Parfois de violents orages peuvent se manifester en hiver, les intensités sont aussi fortes parfois qu'elles provoquent des crues augmentant le débit de charriage dans les Oueds.

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Tableau I-2 : Répartition mensuelles de la pluviométrie moyenne de la série pluviométrique 1972-2011 station de Relizane, Code : (01 35 05)

mois	sept	oct	nov	Dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	Aout
p (mm)	10,5	39,5	33,7	30,8	30,7	31	30	15	10	2,4	3,9	6,7

Source : ANRH Relizane.

I-2-3.Le vent :

Il s'agit d'un facteur important aussi bien sur un plan agronomique que de point de vue de l'aménagiste puisque c'est un élément déterminant dans le choix du type d'irrigation (aspersion ou gravitaire) aussi que dans l'élaboration du système de protection des périmètres (réseau de brise-vents).

Les vitesses moyennes mensuelles sont représentées dans le tableau I-3

Tableau I-3:les moyennes mensuelles des vitesses de vent.

Mois	sept	oct	nov	Dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
V (m/s)	2.9	2.7	2,5	2.7	2.4	3,1	3.3	3,2	3.4	3.2	3	3,1

Source : ANRH Relizane.

I-2-4.L'humidité relative de l'air :

Il s'agit d'un élément important du cycle hydrologique contrôlant entre l'évaporation du sol et de couverture végétale. Les résultats sont représentés dans le Tableau I-4.

Tableau I-4 : l'humidité relative de l'air en (%)

Mois	sept	oct	nov	Dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
Humidité %	45	58	58	47	59	47	41	46	42	38	41	32

Source : ANRH Relizane.

I-2-5. Insolation :

Le nombre d'heures d'ensoleillement dans la région est élevé ; Ce paramètre climatique est observé à la station météorologique de Relizane et illustré dans le tableau I-5.

Tableau n I-5: insolation moyenne mensuelle en heure (h) .

Mois	sept	oct	nov	Dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
Insolation(h)	12.4	11.3	10.3	9.8	10.1	11	11.9	13.1	14	14.5	14.3	13.5

Source : ANRH Relizane.

Ce phénomène est très important de Juin à Août ; il dépasse **14 heures/jour** .

I -2-6. Evaporation :

L'évaporation est connue quotidiennement le plus souvent par des mesures effectuées sur des bacs, ici le bac enterré de 1 m² de surface dit « **bac Colorado** ».

Les résultats des mesures sont représentés dans le tableau I-6

Tableau I-6 : Evaporation moyennes mensuelles (mm).

Mois	sept	oct	nov	Dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
E(mm)	194	112	66	45	41	45	74	103	148	210	283	266

Source : ANRH Relizane.

I-3. CLASSIFICATION DU CLIMAT :

I-3-1. Classification du climat selon l'indice de Mr MARTON :

L'indice d'aridité ou MARTON, est un paramètre qui permet la classification du climat, afin de nous renseigner sur l'indispensabilité de l'irrigation par rapport au climat (voir tableau I-7).

L'indice d'aridité est donné par l'expression (I-1)

$$I_A = \frac{P}{T + 10} \dots\dots\dots(I-1)$$

Avec :

I_A : Indice de MARTON.

P : Précipitation annuelle moyenne de la région en (mm/an).

T : Température moyenne annuelle en (°C).

Tableau I-7: Classification du climat selon Mr MARTON

VALEURS DE I	TYPE DE CLIMAT	IRRIGATION
$I < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I < 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I < 20$	Sec	Souvent Indispensable
$20 < I < 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I > 30$	Humide	Inutile

Pour :

$$\begin{cases} P = 314,3 \text{ mm/an} \\ T = 18,7^\circ\text{C} \end{cases}$$

On aura :

$$= \frac{314,3}{18,7 + 10} \approx 10,95$$

$$I_A = 10,95$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate que la région est soumise à un régime de climat Sec par conséquent, l'irrigation est **Souvent Indispensable**.

I-3-2. Classification du climat selon diagramme de Mr EMBERGER :

La technique est fondée sur un diagramme dressé par Mr EMBERGER (figure I-2) qui nous renseigne sur le climat, ainsi que le type d'Hiver dominants d'une région.

Pour cela, nous avons calculé, par l'expression (I-2), le quotient de Mr EMBERGER, que nous avons projeté sur le Diagramme Bioclimatique.

$$Q = \frac{1000}{\frac{(M + m)(M - m)}{2}} \dots (1-2)$$

Tel que :

P : Précipitation moyenne annuelle de la région en (mm)

M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en (K°)

m : Température moyenne minimale du mois le plus froid en (K°)

Pour :

$$\left\{ \begin{array}{l} P = 314,3\text{mm} \\ M = 38^\circ\text{c} \\ m = 5,1^\circ\text{c} \end{array} \right.$$

On aura :

$$Q = \frac{2 * 1000 * 314,3}{(38 + 273)^2 - (5,1 + 273)^2} \approx 33$$

$$Q = 33$$

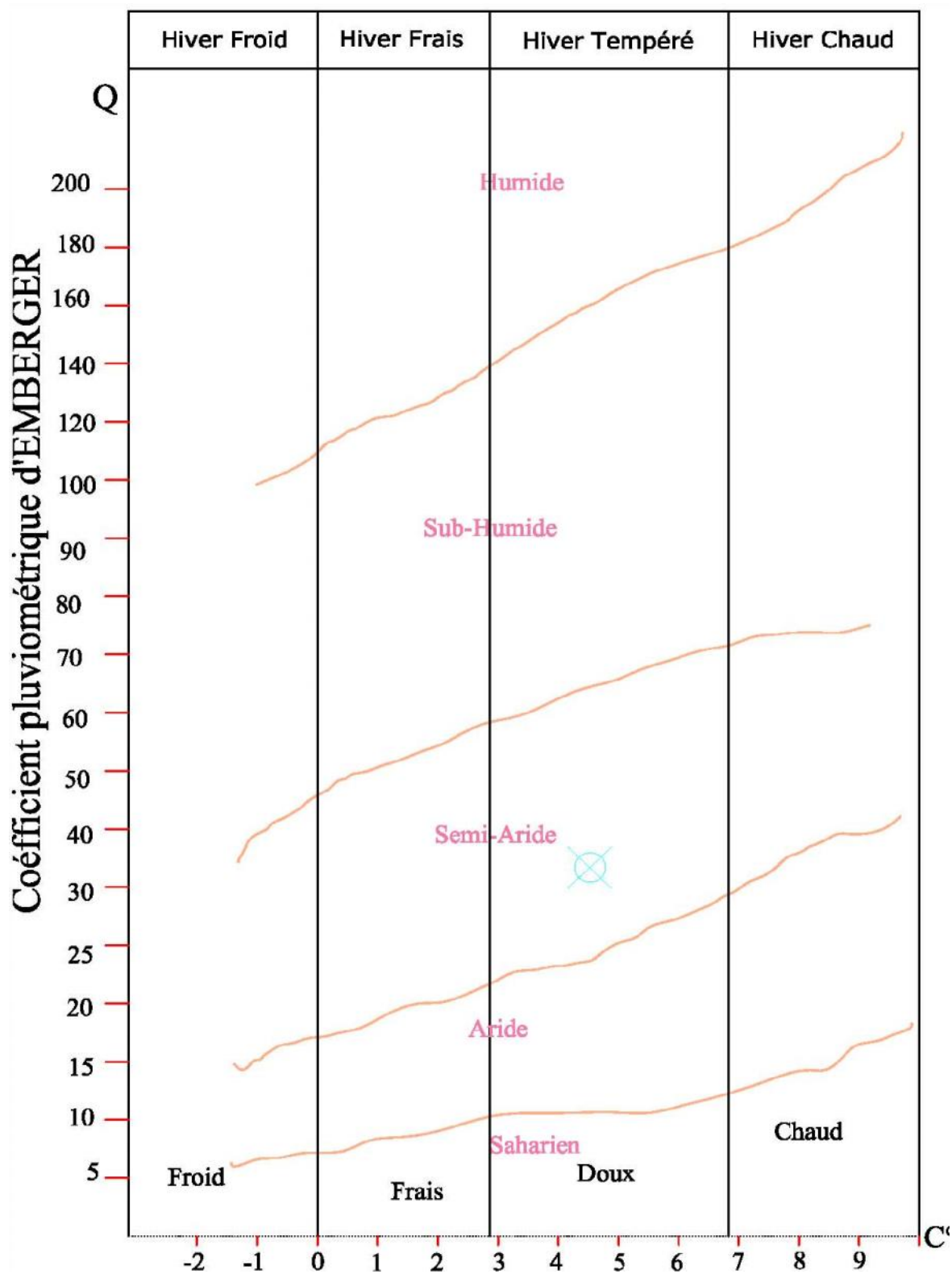


Figure I-2: diagramme bioclimatique d'EMBERGER.

D'après le diagramme Bioclimatique, le périmètre du Bas-Cheliff jouit d'un climat **Semi-aride**.

Ces renseignements complètent celles obtenus précédemment par la méthode de M^r MARTON; et qui sont d'une importance majeure.

I-3-3. Climogramme de Gausсен:

Le Climogramme de Gausсен de la station climatique de RELIZENE montre que la période de sécheresse est très longue, elle s'étale sur six mois, allant de avril à mi-octobre.

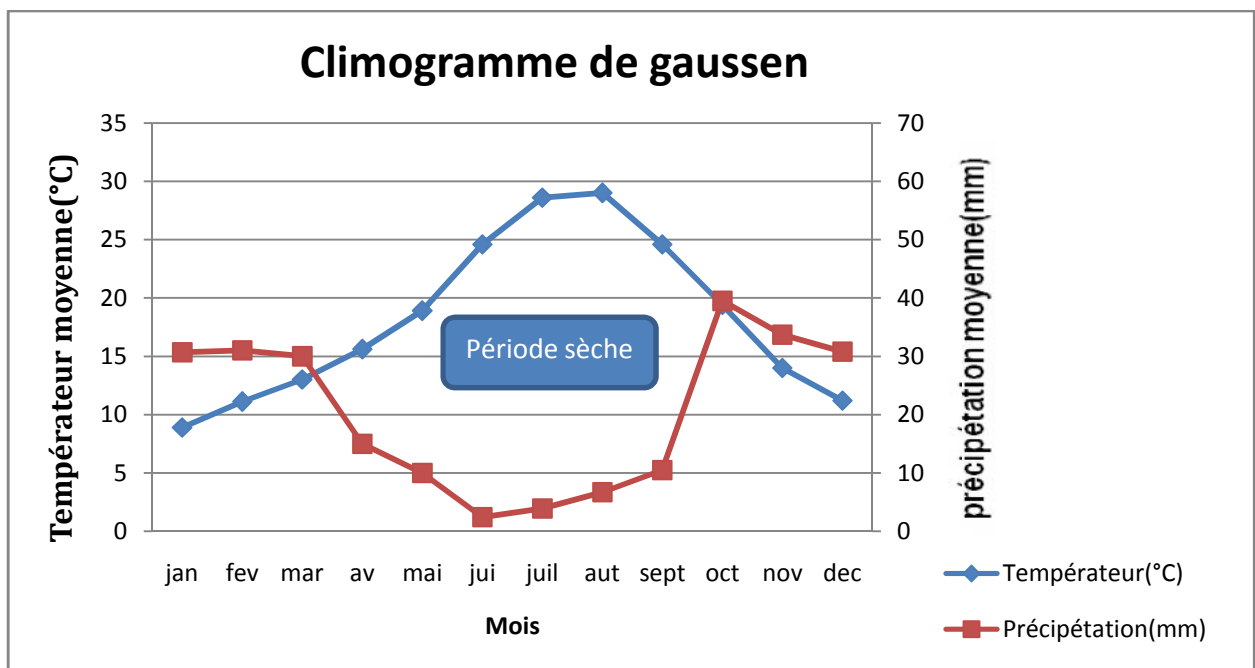


Figure I-3 : Climogramme de Gausсен de la station climatique de Relizane entre 1972 et 2011

I-3.géologie et géomorphologie :

La plaine du Bas-Chélif est un synclinal traversé par le lit de l'oued Chélif qui occupe, à l'instar des autres plaines du Chélif, le fond des bassins de sédimentation où s'accumulent les sédiments depuis au moins le Villafranchien.

Elle est comblée d'alluvions du quaternaire et encadrée au Nord et au Sud par les piémonts du Dahra et de l'Ouarsenis de l'âge Miocène et Pliocène (tertiaire), qui lui fournissent le matériau par érosion.

L'existence de la sebkha de Benziane située sur le plateau de Benziane au Sud-Ouest de la plaine lui confère un caractère particulier par rapport aux autres zones de chéouiff.

I-4.Pédologie :

Les sols des bordures des plaines sont formés par des associations de sols plus ou moins érodés, qui peuvent évoluer sur du calcaire dur ou tendre, des grès ou des marnes. Lorsque la roche n'affleure pas à la surface, ce sont des sols généralement calcimagnésiques, le plus souvent rendziniiformes avec parfois la présence d'une croûte calcaire.

Les sols de la plaine proprement dite comportent cinq classes:

- ✚ les sols salés.
- ✚ les sols hydromorphes.
- ✚ les sols vertisols.
- ✚ les sols peu évolués alluviaux.
- ✚ les sols colluviaux.
- ✚ les sols calcimagnésiques.

I-5.Occupation du sol :

Les sols du Bas-Chéouiff sont, soit occupés par l'agriculture, soit abandonnés pour être occupés par la végétation halophyte.

L'agriculture concerne essentiellement :

les vergers d'agrumes et d'oliviers dont la date de plantation remonte le plus souvent au milieu du vingtième siècle ; ces vergers sont irrigués et se localisent le plus souvent dans les périmètres des oueds Rhiou, Djédiouia et Ouarizane ;

les cultures maraichères irriguées (melon, pastèque, artichaut, oignon...) sont cultivées dans les périmètres irrigués et se concentrent au bord des lits d'oueds ;

les cultures céréalières sont principalement cultivées sur les sols calcimagnésiques du plateau de Benziane. On les retrouve également dans les périmètres irrigués; Selon l'étude de McDonald et Bneder (1990), ces types de cultures occupent respectivement: orge 20 %, blé 8,5 %, olivier 3,6 %, melons, pastèques et artichaut 6,7 % de la surface agricole utile.

Les sols très salés sont abandonnés et sont couverts par une végétation halophyte dont la densité de recouvrement est très variable dans l'espace et dans le temps. En été, certains types de sols, tels que ceux de la Gaa sont totalement dépourvus de végétation.

I-6.La salinité :

La carte établie par Douaoui (2005) a montré que les superficies dont la salinité est supérieure à 25 dS/m, sont localisées essentiellement dans la partie ouest de la plaine. D'un autre côté, les superficies ayant une salinité inférieure à 4 dS/m n'apparaissent pratiquement qu'au niveau du plateau de Benziane et de la colline de partage. Par ailleurs, les sols qui se trouvent de part et d'autre de l'oued Chlef sont dominés par la classe de la salinité comprise entre 4 et 8 dS/m suivie par la classe 8-16 dS/m (figure I-3).

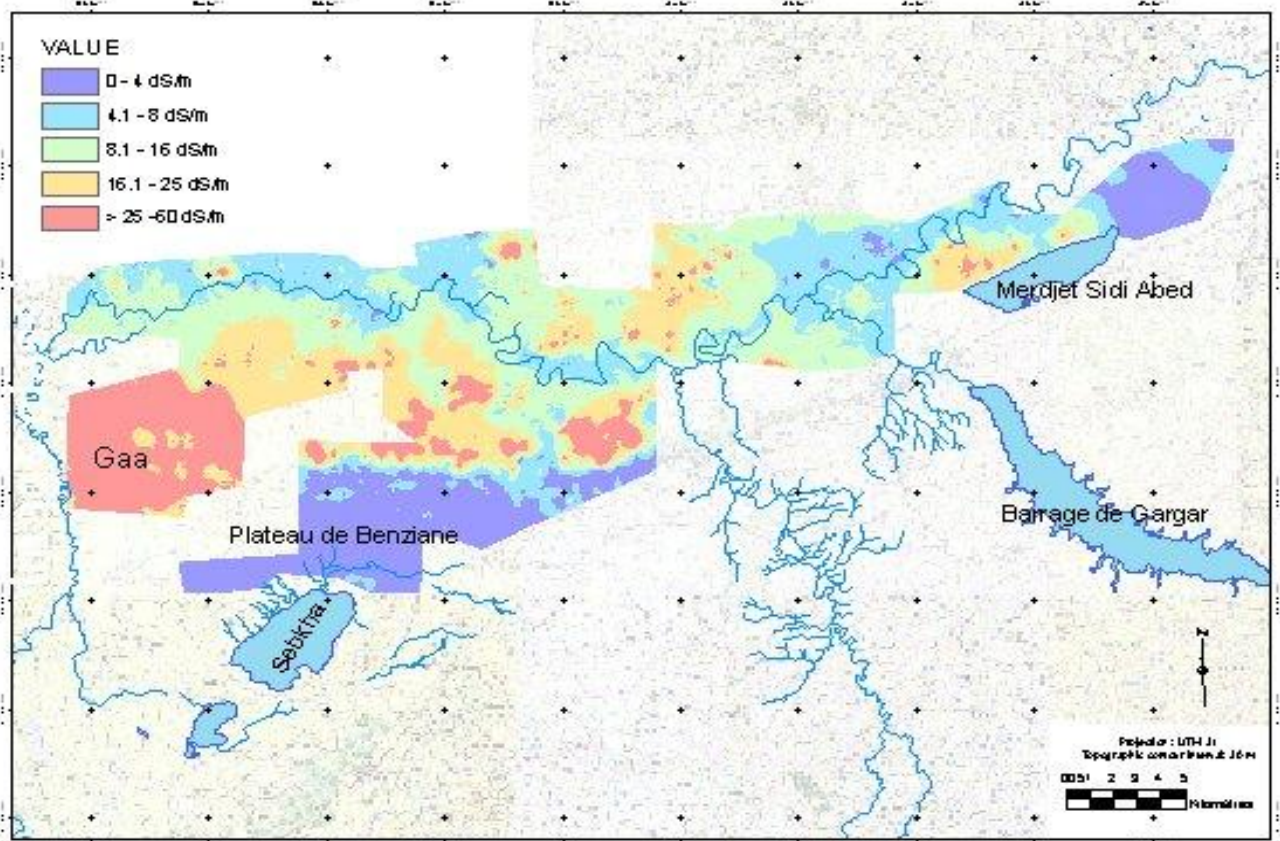


Figure I-3. Carte de la salinité du bas chélif (Doaoui 2005).

I-7.Ressources en eau :

a. Les ressources en eaux superficielles :

Les deux principales ressources en eau sont constituées par deux retenues:

- **le barrage de Gargar sur l'oued Rhiou**, d'une capacité de 450 millions de m³, il est l'un des plus importants barrages d'Algérie.

- **la retenue de la Merdjet Sidi Abed**, un réservoir hors cours d'eau d'une capacité de 150 millions de m³, située à l'amont du périmètre existant, qui est remplie pendant l'hiver essentiellement par dérivation des eaux de l'Oued Chélif.

La qualité de l'eau des cours d'eau du bassin de Chélif est aussi variable, mais elle est en général plutôt médiocre. La salinité de l'eau dans l'oued Rhiou varie entre 0,5 g/l environ pour les débits les plus forts et 2 g/l pour les débits d'étiage. Il n'y a pas de mesure de la salinité des eaux de drainage à l'exutoire du bassin versant.

Tableau I-8 : Ouvrages hydrauliques de mobilisation utilisés pour l'irrigation du Bas-chélif

Ouvrages hydrauliques	Volume régularisable (HM ³)
Retenue de la Merdja Sidi Abed	40
Le barrage de Gargar sur l'oued Rhiou	80
Volume total d'eau mobilisé	120

Source :DRE Relizane.

b. Les ressources en eaux souterraines :

Les principaux aquifères du Bas-Chélif sont :

- **le Miocène calcaire** : il affleure le long de la limite sud de la plaine ; les descriptions lithologiques ont montré l'existence de zones de fracture productives entre 37 et 60 m ;

- **le Pliocène marin** : c'est une suite d'argiles et de marnes avec des couches minces de grès qui affleurent au nord de la plaine ; on le retrouve dans la région de Ouarizane à plus de 55 m de profondeur et dans la région de sebkhet Benziane à plus de 400 m de profondeur ;

-le Quaternaire-Pliocène continental :il est constitué de sédiments à base d'argile, de marnes et des lits de sable, de graviers et de conglomérats. La profondeur de ces forages est très variable selon les régions où elle peut aller jusqu'à 300 m alors que la moyenne est de 70 m.

Remarque :

Les deux aquifères; Miocène calcaire et Pliocène marin sont plus sollicités.

Conclusion :

D'après l'analyse des condition naturelles de la zone d'étude,on constate que cette zone est caractérisée par un climat sec, semi-aride (l'irrigation souvent indispensable) avec une période de sécheresse durée de avril à mi-octobre.

Cinq type de sol : les sols salés, les sols hydromorphes, les vertisols, les sols peu évolués alluviaux et colluviaux et les sols calcimagnésiques ; avec classe de salinité comprise entre (0-4 dS/m), (4-8 dS/m), (8-16 dS/m), (16-25 dS/m) et(> 25 dS/m).

Les ressources eau existantes sont :

Deux barrages (Gargar et Mardjat Sidi Abed).

Deux aquifères (Miocène calcaire et Pliocène marin).

Chapitre II : Orientation agricole de la zone d'étude

Introduction :

Le présent chapitre, se propose de montrer la rotation et l'assolement des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que : les surface irriguées, systèmes agronomiques, cultures.

II-1.Principales zones irriguées :

La plaine du Bas-Chélif comporte plusieurs périmètres où l'irrigation est fréquente, dont les plus importants sont : le périmètre de l'oued Rhiou, le périmètre de Ouarizane, le périmètre de Djédouia, le périmètre de Hmadna et le périmètre de Guerouaou. On y trouve aussi les deux zones très connues, en l'occurrence, la zone de Benziane où se trouvent le plateau et la sebkha de Benziane et la zone de Gaa qui forme une dépression très salée où les sols sont généralement abandonnés.

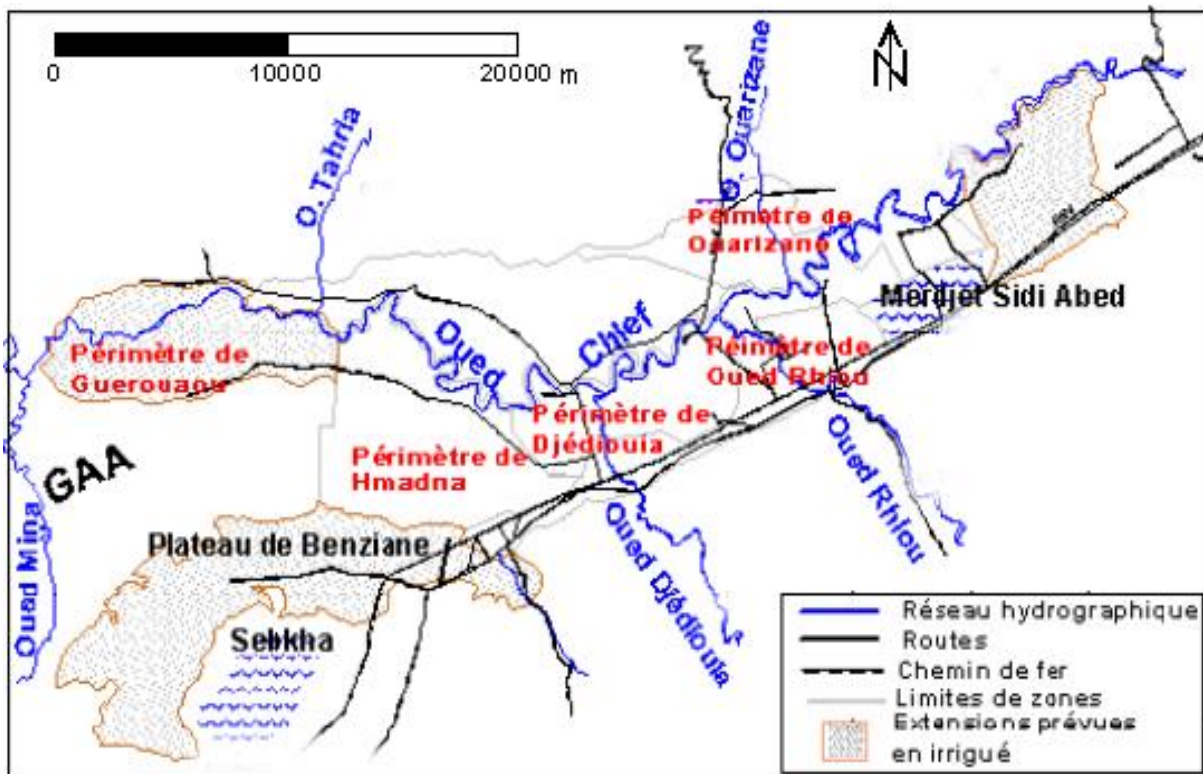


Figure II-1: Les principales zones irriguées de la plaine du Bas-Chélif (Source : Douaoui 2005)

Chapitre II : Orientation agricole de la zone d'étude

Les superficies de chaque zone du périmètre sont représentées dans le tableau II- 1 :

Tableau II-1 : zone d'irrigation du périmètre

Zones	Superficie (ha)
<i>Hmadna</i>	401
<i>Oued Rhiou</i>	218
<i>Djdiouia</i>	636
<i>Ouarizane</i>	1335
<i>Gaa</i>	175
<i>Guerouaou</i>	1039
<i>Benziene</i>	4771
Total	8575

Source : ONID Oued Rhiou

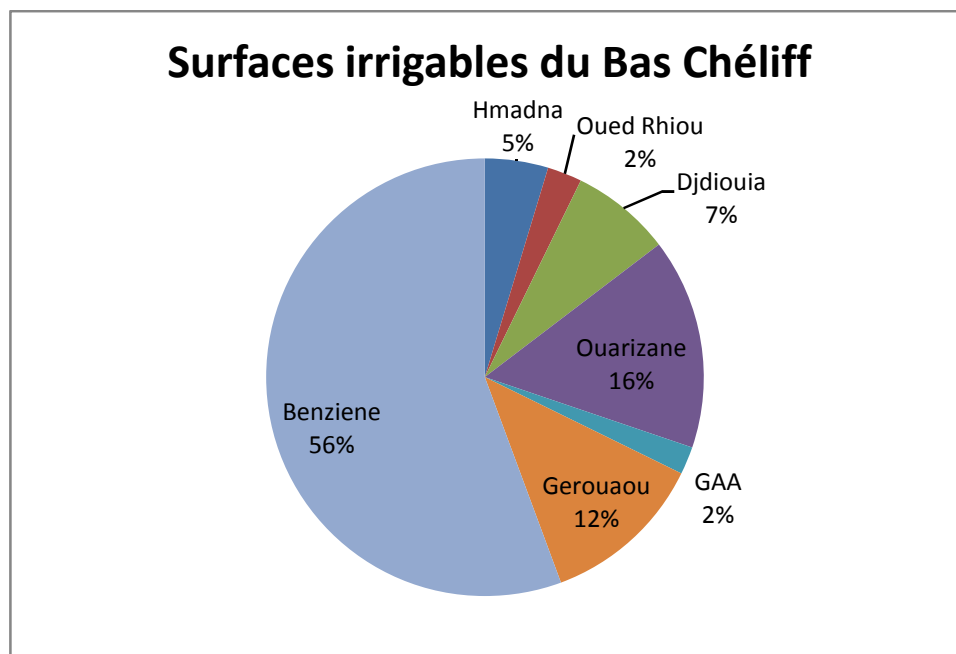


Figure II-2: Surfaces irrigables du Bas Chélif

Chapitre II : Orientation agricole de la zone d'étude

L'Office National d'Irrigation et de Drainage a recensé des terrains agricoles dans le bas Chélif qui permet d'atteindre une superficie globale de 15 000 ha.

Dans notre étude, on essaiera d'orienter la conduite d'adduction vers la zone de **Benziane (4771 ha)**.

II-2. Le développement agricole dans le bas chélif et la zone de Benziane

La pratique d'une agriculture irriguée dans la région est ancienne. Cependant, les disponibilités en eau sont insuffisantes pour satisfaire la demande. L'apport d'une quantité supplémentaire d'eau grâce à la mobilisation de cette ressource par le futur barrage de Djdiouia permettra une meilleure intensification agricole et l'éventualité d'une extension des zones irrigables.

II-3. Etude agro-socio-économique.

II-3-1. Résultats des études antérieures portant sur l'agro-socio-économie

Les études d'aménagement hydro-agricole du périmètre du Bas chélif, notamment, l'étude d'agro-socio-économie, rapport I-D-1 et I-D-2 du BET Mac Donald et Partners Limited de septembre 1990, donnent une typologie sur le statut des exploitations.

Tableau II-2 : La superficie agricole par secteurs juridiques dans la Zone de Benziane (ha)

Commune	Secteur privé	Secteur public	Total
Sidi Khettab	1788	977	2765
Oued Djemaa	3270	765	4035
Hamadna	1366	1169	2535
Total	6424	2911	9335

Source :Agro socio économie rapport I-D-1 et I-D-2 du BET Mac Donald et Partners Limited de septembre 1990.

Tableau II-2 : Evolution des superficies irriguées par système d'irrigation.

Année	SAU (ha)	SUI (ha)	Superficie irriguée par système d'irrigation (ha)		
			gravitaire	Asp	G.A.G
2010	<i>34 848</i>	<i>3 351</i>	<i>2 174</i>	<i>872</i>	<i>305</i>
2011	<i>34 848</i>	<i>4 351</i>	<i>2 757</i>	<i>843</i>	<i>751</i>
2012	<i>34 848</i>	<i>6 389</i>	<i>3 682</i>	<i>1 823</i>	<i>884</i>

Source : DSA de la wilaya de Relizene.

II-3-2. Les besoins de la population.

a) Estimation de la population.

Les hypothèses suivantes d'évolution en démographie on été retenues :

- ✚ 1979-1990 : 3.2 % d'accroissement naturel.
- ✚ 1990-2000 : 2.8 % d'accroissement naturel.
- ✚ 2000-2011 : 2.2 % d'accroissement naturel.

Dans ces hypothèses, la population de la wilaya de Relizene en 2030 peut être estimée à 2.4 Millions d'habitants (935000 habitants an : 1/01/1975).(source: APC Relizane)

b) Les besoins locaux.

En conservant la consommation actuelle, les besoins en 2030 pour les principaux produits seront les suivants :

- ✚ Céréales..... 40 700 tonnes
- ✚ Pomme de terre..... 76 000 tonnes
- ✚ Tomate industrielle..... 42 000 tonnes
- ✚ Légumes frais..... 123 000 tonnes

Il est évident que seul le périmètre du Bas-Cheliff ne pourra couvrir les besoins, en particulier les céréales et le lait, mais il doit y contribuer le plus largement possible.

d) Contraintes physiques.





Les spéculations maraîchères doivent s'inscrire dans un système de rotation pour des raisons pédo-agronomiques et de parasitisme, bien que l'on observe fréquemment la présence des cultures successives. Il est conseillé :

- de limiter l'implantation consécutive d'une même spéculation.
- d'éviter l'implantation d'une solanée (pomme de terre, poivron) à la suite d'une autre solanée et si possible de laisser s'écouler deux années entre deux solanées identiques.
- d'associer dans une rotation les plantes à enracinement profond (luzerne,...et les spéculations à enracinement superficiel).

II-4. Assolement et rotation pratiquée

II-4-1. Les aptitudes culturales

Notre zone d'étude est caractérisée par un climat relativement sec d'une part, d'autre part l'étude pédologique montre que le sol de la station a une texture limoneuse ainsi que le problème de la salinité du sol et des eaux d'irrigation n'est pas posé. Donc le sol de la station convient aux cultures suivantes :

-  Les cultures maraîchères : Artichaut, pomme de terre, tomate, poivron,etc.
-  Les cultures fourragères : maïs, luzerne, bersim...etc.
-  Les cultures céréalières : blé,...etc.
-  Les arbres fruités : agrumes,...etc.

Donc en divise notre parcelle en deux parties. Une partie pour les agrumes et l'autre partie pour les cultures de l'assolement.

II-4-2- L'assolement

L'assolement est une pratique nécessaire pour préserver et augmenter la fertilisation de certaines substances nutritives et limiter certaines maladies et parasite. Il permet aussi la restitution des éléments minéraux exporter ainsi que le maintien de l'équilibre nutritif et ionique du sol.

L'assolement des cultures proposé est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau II-4 :L'assolement des cultures

Mois champs	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Av	Mai	Jui	Juil	Aout
1	Pomme de terre (AS)							Oignon				
2	Chou-fleur				Pomme de terre (S)							
3	Carotte								Poivron			

II-3-3- La rotation

C'est l'ordre de succession des cultures sur une même parcelle, elle favorise le maintien de l'équilibre du sol. Il conviendra donc d'alterner une plante à racines pivotantes avec une autre à racines fasciculées, car cette dernière améliore la fertilité du sol. Pour éviter l'appauvrissement du sol, il faut donc prévoir une succession de plantes aux besoins différents. Le maintien de la même culture sur le même sol pendant plusieurs années favorise le développement des parasites.

La rotation des cultures est présentée dans le tableau ci-dessous:

Chapitre II : Orientation agricole de la zone d'étude

Tableau II-5 : Rotation des cultures de l'assolement

Champ	1 ère année												2 ème année												3 ème année											
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
1	Pomme de terre(AS)				Oignon				Chou-fleur				Pomme de terre (S)				Carotte				Poivron															
2	Blé						Pomme de terre(AS)				Oignon				Chou-fleur				Pomme de terre (S)																	
3	Carotte				Poivron				Blé				Pomme de terre(AS)				Oignon																			

Conclusion :

Nous concluons que la zone de Benziene (**4771 ha**) est apte à pratiquer un assolement dans trois champs à savoir que dans chaque champ on fait diversifier le type des cultures (arboriculture, marichaire, céréalière).

Quant à la rotation des cultures elle se fait pendant trois années à savoir d'alterner le type culture dans chaque année.

Chapitre III : Etude de la source d'eau**Introduction :**

Dans ce chapitre, on essaye d'identifier la source d'eau qui est le futur barrage de Djdiouia, voir et analyser la qualité de l'eau du barrage,

III.1. Les principales caractéristiques du futur barrage de Djdiouia

L'alimentation de barrage réservoir se fera à partir d'un bassin versant d'une superficie de 840 km². Cette surface draine l'eau vers l'exutoire naturel (oued), reçoit une pluviométrie moyenne de 337 mm/an et permet un apport d'eau moyen annuel de 19,20 Mm³.


Ce barrage situé en aval de ce bassin hydrologique et situé à 4 km au Sud de la commune de Djdiouia.


Tableau III.1 : les caractéristiques techniques du futur barrage de Djdiouia

Désignation	Unités
Volume total	83 Mm ³
Volume utile	43 Mm ³
Volume mort	40 Mm ³
Volume régularisé	19 Mm ³
Hauteur du barrage	58 m
Cote de retenue normale	131,00 NGA
Cote de retenue maximale	135,70 NGA
Type de barrage	En remblai dur

Source : document DRE (Relizene)

L'emplacement du barrage selon les coordonnées géographiques est :

 X = 308 367 550 m

 Y = 3 976 152 170 m

 Z=La cote de l'oued au droit de l'axe du barrage est 80 NGA environ

III.1. Le bassin versant

Le bassin versant de Djidiouia a une forme allongée. Il a une longueur de 45 km environ et une largeur de 18 km environ. Sa superficie au site du barrage est de 840 km², son périmètre est de 140 km environ.

Ech: 1/25 000

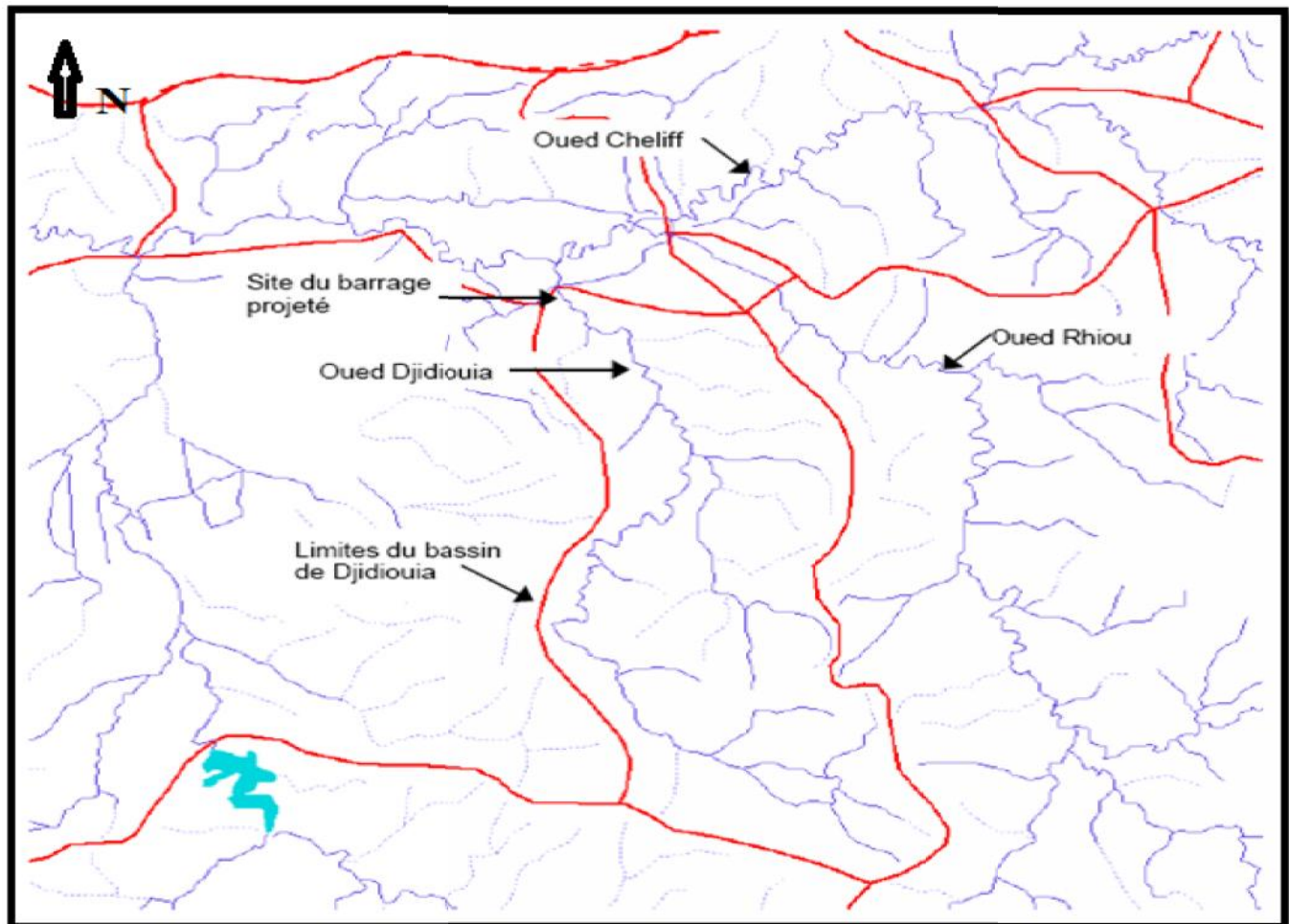


Figure III.1: Bassin versant de Djidiouia

III.2. Prise d'eau du barrage

Pour la cote de prise d'eau, il est prévu un système de prise d'eau à trois niveaux qui permet de moduler le niveau de prise en tenant compte de la qualité de l'eau et du niveau de la retenue.

Les cotes de seuil de chacune des prises sont :

✚ Prise n 01 : 128 NGA

✚ Prise n 02 : 124 NGA

✚ Prise n 03 : 117 NGA

✚ Prise n 04 : 112 NGA

III.3. Destination du barrage:

Cet ouvrage est destiné pour la mobilisation des eaux de l'oued Djdiouia, afin de renforcer les ressources en eau superficielles du bas Chélif et satisfaire les besoins eau du périmètre.

III.4. Condition hydrauliques:

La cuvette du barrage à une longueur de 1km environ, les caractéristiques hydrologiques sont tirées du rapport hydrologique indiqué ci-dessous :

Tableau III.2: caractéristiques hydrauliques du bassin versant

Caractéristiques hydrauliques	les valeurs
Apport moyen annuel	19 hm ³
débit moyen interannuel	0,624 m ³ /s,
pluviométrie moyenne annuelle	337 mm
Crue de chantier (1:50 ans)	1187 m ³ /s
débit spécifique	0,74 l/s.km ²
Apport solide annuel /an	0,16 Mm ³

Source : document DRE (Relizane)

III.5. Evaluation de la qualité de l'eau d'irrigation :

Lorsqu'on veut réaliser un aménagement hydro-agricole il faut que l'eau exploitée pour l'irrigation accomplisse certaines conditions qui garantissent le bon développement des plantes, et permet d'éviter les impacts négatifs sur la santé publique, l'environnement et le système d'irrigation

- La qualité de l'eau d'irrigation dépend des facteurs suivants :

- 1- La concentration totale en sels dissous
- 2- Le rapport de Sodium par rapport aux autres conditions.
- 3- La présence de Bore et d'autres éléments toxiques

Suivant l'analyse physico-chimique effectuée sur des échantillons prélevés de l'oued Djdiouia les caractéristiques de l'eau d'irrigation sont données dans le tableau suivant :

Tableau III.3: Caractéristiques de l'eau d'irrigation de l'oued Djdiouia.

Essais	Composition des sels dissous (mg/l)							PH	Ce mmhos/cm à 25°C	SAR	Classe
	Na	Mg	Ca	k	cl	SO ₄	HCO ₃				
1	529	107	140	17	917	396	217	8.0	3.7	8.15	C ₄ S ₁
2	529	109	200	27	779	840	173	8.0	3.1	7.44	C ₄ S ₁
3	633	107	180	23	893	528	169	9.0	3.2	9.19	C ₄ S ₁

Source : ANRH Relizene

III.6. Les limites admissibles :

La classification des eaux suivant la qualité chimique a été établi selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation, en fonction de deux paramètres, celui de la conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR.

a .La conductivité électrique :

La conductivité électrique est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm ou bien ds/m.

On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

Tableau III.4: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux
C ₁	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible
C ₂	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen
C ₃	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevé
C ₄	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevé

Remarque :

- C₁ : convient pour toutes les cultures.
- C₂ : convient pour les plantes moyennement tolérantes.
- C₃ : ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes
- C₄ : eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

L'eau l'oued Djdiouia prévue pour l'irrigation du périmètre étudié a une conductivité électrique moyenne $CE = 3,33$ mmhos/cm

b. Le SAR (Sodium Absorption Ration) :

Si l'eau est riche en Sodium, celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défloculante. Pour apprécier le risque alcalin, on compare donc la concentration en ions Na⁺ et celle en ions Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺.

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

D'où : SAR = 8,26

4 classes d'alcalinisation ont été définies en relation avec le risque salin.

Tableau III.5: Classification des eaux en fonction du S.A.R

Classe	S.A.R.	Danger d'alcalinisation
S ₁	SAR ≤ 10	Risque faible
S ₂	10 < SAR ≤ 18	Risque moyen
S ₃	18 < SAR ≤ 26	Risque élevé
S ₄	SAR > 26	Risque très élevé

On réfère au diagramme de classification des eaux d'irrigation, on peut affirmer que notre eau est caractérisée par une salinité très forte avec un degré d'alcalinité élevé (C₄, S₂), se qui montre la mauvaise qualité de ces eaux. (figure III.2)

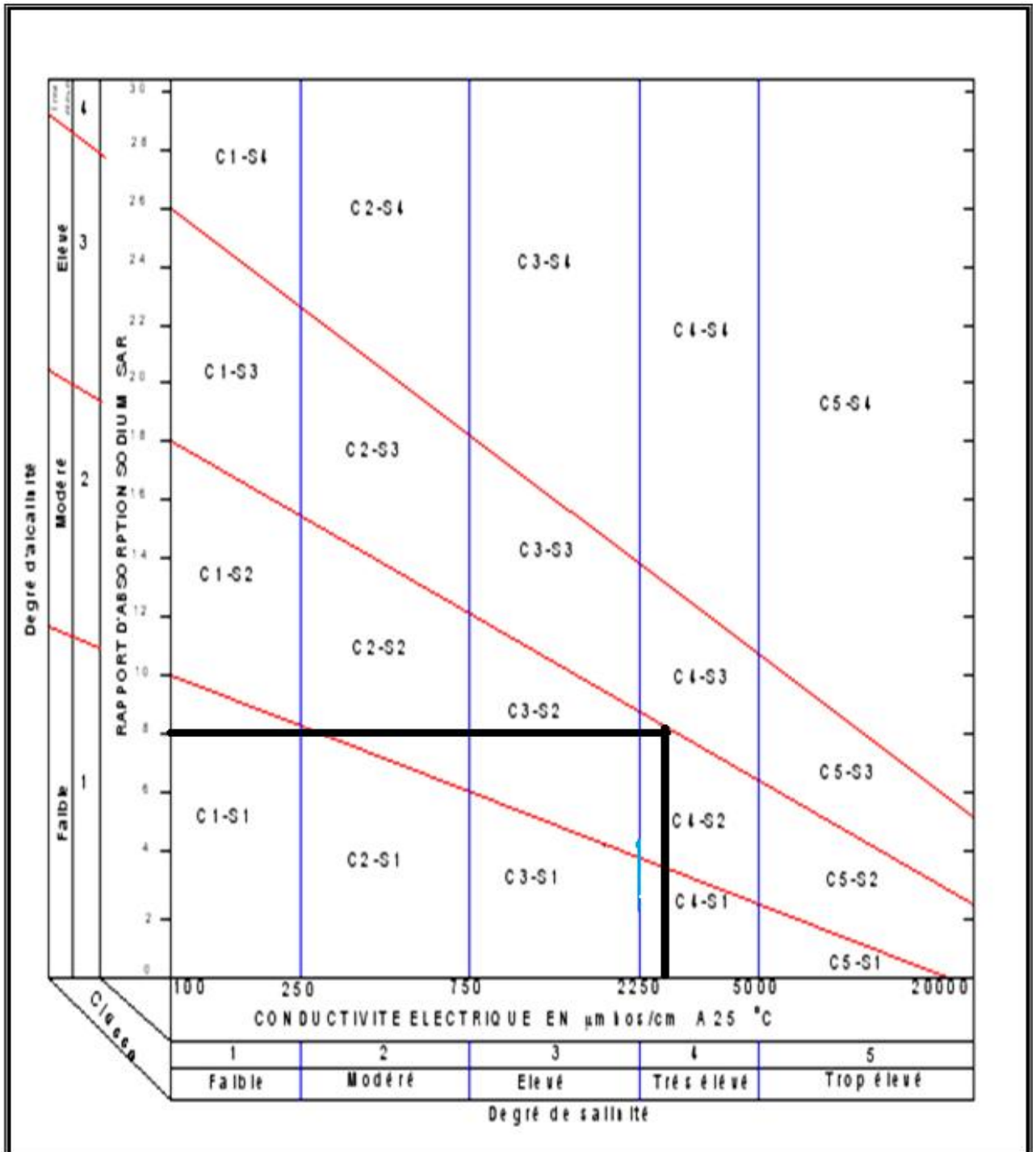


Figure III.2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

Conclusion :

On avait définir la source d'eau disponible dans la zone d'étude.

Les évaluations effectuées dans ce cadre ont montré que le futur barrage de Djdiouia est la source d'irrigation de notre périmètre avec un volume total de 83 Hm³.

La salinité de l'eau du ce barrage est qualifiée de très forte (C_4, S_2), cette eau n'est utilisable en conditions normales que si on pratique un lessivage intéressant sur des cultures très tolérantes. Cette forte conductivité est due probablement aux origines des sols qui sont salés.

Chapitre IV : Besoins en eau des cultures**Introduction :**

Pour bien satisfaire les besoins en eau des cultures de la zone de Benziene; des procédés de calcul sont indispensable (calcul des besoins en eau des cultures).

Ces besoins sont assurés par une conduite d'adduction qui acheminer les eaux du futur barrage de Djdiouia vers le périmètre (zone de Benziene).

Le dimensionnement de cette conduite doit se faire sur la base du débit caractéristique qu'il doit véhiculer.

Pour estimer ce débit on doit impérativement calculer les besoins en eau des cultures implantées dans ce périmètre.

Les variables qui composent le bilan hydrique au niveau de l'aire d'irrigation sont :

- évapotranspiration maximale (ETM).
- La pluie efficace (P_{eff}).
- La réserve facilement utilisable (RFU).

IV.2. Etude agronomique

Il est indispensable d'étudier les aptitudes culturales propres à chaque type de notre sol, et le choix des cultures convenables et adaptables.

IV.2.1. Choix des cultures

Le choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivants:

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique.

Pour notre périmètre les cultures que nous avons choisies sont les suivantes:

- Arboriculture: olivier
- Maraichères : Oignon, Artichaut, pomme de terre(s)
- Céréales : blé

IV.2.2. Répartition des cultures

La répartition de ces cultures dans notre périmètre est bien répartie dans le temps suivant le Tableau. IV.1

Tableau IV.1 : la répartition d'occupation des sols relatifs aux cycles cultureux

mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Artichaut												
Oignon												
PT/S												
Blé												
olivier												

IV.3.Besoins en eau des cultures

IV. 3.1.Calcul de l'évapotranspiration

IV. 3.1.1. Définitions

a) L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est un phénomène complexe intégrant à la fois, l'évaporation

De l'eau du sol (phénomène physique) et la transpiration de la couverture végétale (phénomène physiologique). Donc on le considérant comme la totalité de la consommation d'eau d'une plante en place, à savoir, l'eau de constitution, l'eau de végétation et les consommations annexes (évapotranspiration directe du sol, herbes.....)

On distingue :

b) L'évapotranspiration de référence : (ET₀ ou ET_P)

L'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau ou le sol est à sa capacité de rétention, autrement dit c'est la limite maximal de l'évapotranspiration.

On peut la définir comme étant le taux de l'évapotranspiration d'une surface du Gazon vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

c) L'évapotranspiration réelle :(ET_R)

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration le plus souvent, elle est inférieure à l'évapotranspiration potentielle, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation. Il est donné par l'expression (VI -1)

$$ET_R = K_C \times ET_0 \quad (\text{IV -1})$$

Avec :

K_C : le coefficient cultural dépend du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatique qui y règnent.

d) Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration de référence :(ET₀ ou ETP)

L'évapotranspiration potentielle peut être évaluée selon plusieurs possibilités parmi les quelles :

- L'évapotranspiromètre (mesure directe)
- Les stations expérimentales
- Méthode de bilan hydrique
- Méthode de bilan thermique
- Formules empiriques

Il existe plusieurs formules empiriques parmi les quelles :

- Formule de Blaney-Criddle
- Formule de Turc
- Formule d'Ivanov. (URSS)
- Formule de Penman

Parmi ces formule on site les suivants :

a) Formule de Blaney-Criddle

Elle a été établie et a donné des résultats satisfaisants pour les régions arides et semi-arides, s'exprime par la formule suivante :

$$ETP = P \times K \times (0.457 T + 8.13) \quad (\text{IV -2})$$

Avec :

ETP : Evapotranspiration potentielle en (mm/jour)

P : Pourcentage de la durée mensuelle de l'éclairement rapporté à la durée annuelle et ne dépend que de la latitude.

K : Coefficient variant en fonction de la culture et de la zone climatique

T : Température moyenne mensuelle en (°c)

b) Formule de turc (France1960) :

Si l'humidité relative de l'air est supérieure à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par l'expression (VI-3).

$$ETP = 0,40 \times (I_g + 50) \times \frac{T}{T + 15} \quad (\text{IV -3})$$

Avec :

T : Température moyenne de la période considéré, en (°c)

I_g : Radiation globale du mois considéré en (cal/cm²/jour), selon Turc, le

Coefficient 0.40 est réduit à 0.37 pour le mois de février.

Si l'humidité relative de l'air est inférieure à 50%, l'ETP est donnée par l'expression (VI-4)

$$ETP = 0,40 \times (I_g + 50) \times \frac{T}{T + 15} \times \left(1 + \frac{50 - H_r}{70} \right) \quad (\text{IV -4})$$

Avec :

T : Température moyenne de la période considéré en (°c)

H_r : L'humidité de l'air en %

I_g : Radiation globale en (cal/cm²/jour)

Tel que :

$$I_g = I_{gA} \times \left(0,80 + 0,62 \times \frac{h}{H} \right) \quad (\text{IV -5})$$

Avec :

I_{gA} : Radiation maximale théorique

H : Durée astronomique de jour en (heure/mois)

h : Durée d'insolation en (heure/mois)

c) Méthode de Penman & Monteith :

En ce qui concerne notre projet, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel appelé; **CROPWAT** (1998), qui permet au passage, de l'évaporation à l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de **Penman & Monteith** .

Cette méthode est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prenne pas en considération l'effet de quelques paramètres météorologiques. Pour cela, nous adaptons la nouvelle formule de Penman & Monteith modifiée qui prenne en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent compte des conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

L'expérience a montrée que l'expression obtenue, est valable pour les régions humides et aussi dans les régions très chaudes et semi-arides ; la formule de Penman & Monteith modifiée se présentant comme suit :

$$ET_0 = C \times [W \times Rn + (1 - W) \times F(u) \times (ea - ed)] \quad (\text{IV -6})$$

Où :

ET_0 : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm/jour

W: Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différentes températures et altitudes.

R_n : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/Jour

F(u) : Fonction liée au vent.

e_a : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibar

e_d : Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

La différence ($e_a - e_d$) constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide de logiciel **CROPWAT4W** fondé sur la méthode de Penman & Monteith, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la **FAO**.

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les informations mensuelles de la station météorologique et la méthode adoptée, emploie les informations homogènes suivantes : (Chapitre I)

- **Température** : les températures moyennes sont données en Degré Celsius (°C).
- **Humidité de l'air** : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).
- **Insolation journalière** : donnée en heures d'insolation de (1 à 20 h).
- **Vitesse de vent** : la vitesse du vent peut être introduite en m/sec.

Dans le **tableau III.2** nous représentons l'évapotranspiration de référence ET_0 calculée à l'aide du logiciel CROPWAT selon la formule de Penman & Monteith.

Tableau IV.2 : l'évapotranspiration de référence ETo

<i>Mois</i>	<i>Tmin(c°)</i>	<i>Tmax(c°)</i>	<i>Hr(%)</i>	<i>V(m/s)</i>	<i>Insol (h)</i>	<i>Rad(Mj/m/j)</i>	<i>ETo(mm/j)</i>
<i>Jan</i>	5.1	15.7	59	2.4	10.1	14.5	2.23
<i>Fév</i>	6.4	17	47	3.1	11	18.3	3.45
<i>Mar</i>	7.1	19.6	41	3.3	11.9	22.9	4.69
<i>Avr</i>	9.6	22.2	46	3.2	13.1	27.6	5.57
<i>Mai</i>	12.7	25.7	42	3.4	14	30.5	6.91
<i>Jui</i>	17.3	32.2	38	3.2	14.3	31.6	8.43
<i>Juill</i>	20.5	37.7	41	3	13.5	31	9.04
<i>Aout</i>	20.0	38	32	3.1	12.4	28.7	9.09
<i>Sept</i>	17.9	32.4	45	2.9	12.4	24.6	6.68
<i>Oct</i>	13.8	26.2	58	2.7	11.3	19.7	4.31
<i>nov</i>	9.1	20.1	58	2.5	10.3	15.4	2.82
<i>Dec</i>	7.0	16.5	47	2.7	9.8	13.4	2.6

IV. 3.2.Calcul de la pluie efficace

Pour tenir compte des pertes, le programme **CROPWAT**, nous permettra de calculer la précipitation efficace en choisissant la formule suivante.

On a : $P_{eff}=P_{p\%}*0.8$ (III-7)

Avec:

Peff: pluie annuelle efficace en (mm/mois).

p_{p%} : pluie annuelle de probabilité en (mm/mois).

III. 3.2.1.Calcul de P_{p%}

a)Homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon

qui repose sur le procédé ci-dessous :

- On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que : N_1 et N_2

Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_2 > N_1$

- On constitue par la suite, la série x unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre décroissant. à ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang, tout en précisant à quels sous série elle appartient.

Mr Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée.

Avec : $W_{\min} < W_y < W_{\max}$

W_y : Somme des rangs des sous séries

$$W_{\min} = \left[\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96 \left(\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{0,5} \right]$$

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - W_{\min}]$$

D'où : $N_1 < N_2$

Le tableau suivant détaille le procédé de Test d'homogénéité pour la station de Relizene code (01 35 05).(ANRH Relizane)

Tableau IV.3: Test d'homogénéité

Rang	Série d'origine P (mm)	Série X (mm)	Série y (mm)	classement par ordre décroissant(mm)	x union y
1	358.9	358.6	385.6	462,8	Y
2	461.3	461.3	462.8	461,3	X
3	283.3	283.3	357.9	461,3	Y
4	345.9	345.9	350.6	461,3	X
5	272.4	272.4	255.4	457,1	X
6	205.7	205.7	318.8	436,1	Y

7	401.5	401.5	291.6	431,2	Y
8	287.5	287.5	405.2	405,2	X
9	308.7	308.7	431.2	401,5	Y
10	300.6	300.6	379.8	400,7	Y
11	282.4	282.4	299.2	385,6	Y
12	334.7	334.7	331.8	379,8	Y
13	300.6	436.1	280.1	358,9	X
14	436.1	457.1	290.3	358,9	Y
15	457.1		307	358,9	Y
16	385.6		264.9	350,6	Y
17	462.8		229.9	345,9	X
18	358.9		358.9	345,9	Y
19	350.6		461.3	334,7	Y
20	255.4		283.3	331,8	X
21	318.8		345.9	318,8	X
22	291.6		400.7	308,7	X
23	405.2			307	Y
24	431.2			300,6	Y
25	379.8			300,6	Y
26	299.2			299,2	X
27	331.8			291,6	Y
28	280.1			290,3	X
29	290.3			287,5	X
30	307			283,3	X
31	264.9			283,3	Y
32	229.9			282,4	Y

33	358.9			280,1	Y
34	461.3			272,4	X
35	283.3			264,9	Y
36	345.9			255,4	X
37	400.7			229,9	Y
38	350.6			205,7	Y

$$W_y = 235.5$$

$$W_{\min} = 174.12$$

$$W_{\max} = 398.62$$

$$174.12 < W_y < 398.62$$

La condition de M^r Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de Relizane est homogène.

a) Traitement des données pluviométriques

Afin d'estimer le déficit des précipitations pour les besoins en eau d'irrigation, une analyse statistique doit être faite sur la base des enregistrements pluviométriques effectués sur une longue période.

Les différentes étapes envisagées sont :

1/classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant ou décroissant selon qu'on travaille à la fréquence au dépassement ou au non dépassement.

2/ affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.

3/calculer la fréquence expérimentale par une formule empirique.

4/calculer les caractéristiques empiriques de l'échantillon à savoir :

Moyenne, écart type ou coefficient de variation, coefficient d'asymétrie.

5/reporter les points sur papier à probabilité approprié à chaque loi.

6/tracer la droite ou la courbe théorique appropriée.

7/lire ou calculer la valeur extrême (quantile), c'est-à-dire la valeur correspondante à une probabilité donnée.

8/tester l'adéquation de la loi d'ajustement.

9/calculer l'intervalle de confiance en général à 95% sur les caractéristiques empiriques de l'échantillon et sur le ou les valeurs extrêmes.

10/Déterminer les valeurs mensuelles pour l'année de calcul par la relation suivante :

$$P_{moy\ 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{moy \text{ de chaque mois}} \cdot \frac{P_{théorique (80\%) \text{ annuelle}}}{P_{théorique (50\%) \text{ annuelle}}} \quad (III-8)$$

Le calcul se fait par logiciel d'Hydrolab (loi log normal et loi log normal).

Les caractéristiques empiriques, les tableaux d'ajustement et les graphes des deux lois sont les suivants :

Tableau IV.4: Ajustement a une loi de gauss.

Taille n= 38		Moyenne= 341,873684		I.C. à (en%)= 95		U Gauss= 1,2817		
		Ecart-type= 70,2889891						
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
358,9	205,7	1	0,0132	-2,222	205,7	185,694198	154,423625	210,063591
461,3	229,9	2	0,0395	-1,757	229,9	218,360558	191,806678	239,456702
283,3	255,4	3	0,0658	-1,508	255,4	235,863339	211,682835	255,359512
345,9	264,9	4	0,0921	-1,328	264,9	248,52231	225,96781	266,951846
272,4	272,4	5	0,1184	-1,183	272,4	258,719925	237,407713	276,357781
205,7	280,1	6	0,1447	-1,059	280,1	267,417031	247,108598	284,435411
401,5	282,4	7	0,1711	-0,950	282,4	275,103306	255,633379	291,622817
287,5	283,3	8	0,1974	-0,851	283,3	282,064643	263,310176	298,176298
308,7	283,3	9	0,2237	-0,760	283,3	288,48381	270,348325	304,26013
300,6	287,5	10	0,2500	-0,674	287,5	294,485611	276,890398	309,986864
282,4	290,3	11	0,2763	-0,593	290,3	300,159729	283,038507	315,437715
334,7	291,6	12	0,3026	-0,516	291,6	305,57334	288,868815	320,673844
300,6	299,2	13	0,3289	-0,442	299,2	310,778578	294,440117	325,743025
436,1	300,6	14	0,3553	-0,371	300,6	315,817196	299,799191	330,68383
457,1	300,6	15	0,3816	-0,301	300,6	320,723621	304,984307	335,528367
385,6	307	16	0,4079	-0,233	307	325,527047	310,027605	340,304172
462,8	308,7	17	0,4342	-0,165	308,7	330,252918	314,95679	345,035552
358,9	318,8	18	0,4605	-0,099	318,8	334,924032	319,796373	349,744603
461,3	331,8	19	0,4868	-0,033	331,8	339,561405	324,568624	354,452011
350,6	334,7	20	0,5132	0,033	334,7	344,185964	329,295357	359,178744
255,4	345,9	21	0,5395	0,099	345,9	348,823336	334,002765	363,950995
318,8	345,9	22	0,5658	0,165	345,9	353,494451	338,711816	368,790578
291,6	350,6	23	0,5921	0,233	350,6	358,220321	343,443196	373,719764
405,2	358,9	24	0,6184	0,301	358,9	363,023747	348,219001	378,763062
431,2	358,9	25	0,6447	0,371	358,9	367,930173	353,063539	383,948177
379,8	358,9	26	0,6711	0,442	358,9	372,96879	358,004343	389,307252
299,2	379,8	27	0,6974	0,516	379,8	378,174028	363,073525	394,878553
331,8	385,6	28	0,7237	0,593	385,6	383,58764	368,309653	400,708861
280,1	400,7	29	0,7500	0,674	400,7	389,261757	373,760505	406,85697
290,3	401,5	30	0,7763	0,760	401,5	395,263558	379,487238	413,399044
307	405,2	31	0,8026	0,851	405,2	401,682725	385,571071	420,437192
264,9	431,2	32	0,8289	0,950	431,2	408,644062	392,124552	428,113989
229,9	436,1	33	0,8553	1,059	436,1	416,330337	399,311957	436,63877
358,9	457,1	34	0,8816	1,183	457,1	425,027443	407,389587	446,339656

461,3	461,3	35	0,9079	1,328	461,3	435,225059	416,795522	457,779559
283,3	461,3	36	0,9342	1,508	461,3	447,884029	428,387857	472,064533
345,9	461,3	37	0,9605	1,757	461,3	465,38681	444,290666	491,94069
400,7	462,8	38	0,9868	2,222	462,8	498,05317	473,683778	529,323744

Fréquence	U.Gauss	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	282,728542	264,039968	298,80364	282,728542	0,200	1,3
0,5	0,000	341,873691	326,936039	356,811344	341,873691	0,500	2,0
0,8	0,841	401,018826	384,943728	419,7074	401,018826	0,800	5,0

Ajustement à une loi Normale

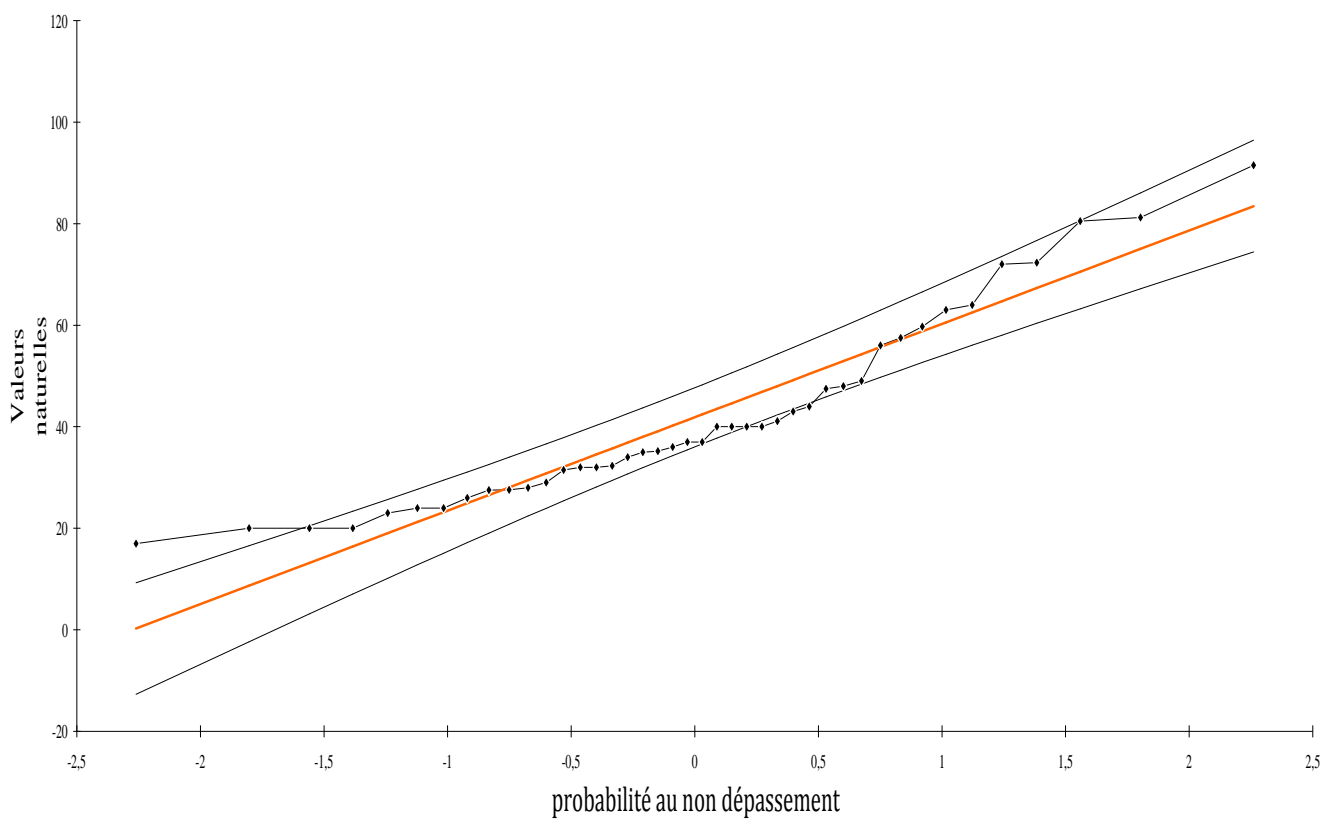


Figure IV.1 : Graphe de l'ajustement a la loi normal

Tableau IV.5: ajustement a une loi log normale.

Taille n= 38		Moy.log(x-xo)= 2,524895027			I.C. à (en%)= 95		U Gauss= 1,282	
xo= 0		E.T. log(x-xo)= 0,08977594						
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de Classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
358,9	205,7	1	0,013	-2,222	205,7	211,552	192,964	227,26986
461,3	229,9	2	0,039	-1,757	229,9	232,884	215,389	247,79008
283,3	255,4	3	0,066	-1,508	255,4	245,185	228,355	259,65436
345,9	264,9	4	0,092	-1,328	264,9	254,485	238,153	268,65927
272,4	272,4	5	0,118	-1,183	272,4	262,233	246,301	276,19478
205,7	280,1	6	0,145	-1,059	280,1	269,027	253,43	282,8346
401,5	282,4	7	0,171	-0,950	282,4	275,178	259,864	288,87675
287,5	283,3	8	0,197	-0,851	283,3	280,869	265,797	294,49841
308,7	283,3	9	0,224	-0,760	283,3	286,222	271,356	299,81508
300,6	287,5	10	0,250	-0,674	287,5	291,319	276,628	304,90735
282,4	290,3	11	0,276	-0,593	290,3	296,221	281,675	309,83462
334,7	291,6	12	0,303	-0,516	291,6	300,975	286,546	314,64275
300,6	299,2	13	0,329	-0,442	299,2	305,618	291,28	319,36866
436,1	300,6	14	0,355	-0,371	300,6	310,181	295,907	324,04318
457,1	300,6	15	0,382	-0,301	300,6	314,689	300,454	328,69306
385,6	307	16	0,408	-0,233	307	319,166	304,944	333,34227
462,8	308,7	17	0,434	-0,165	308,7	323,633	309,397	338,01307
358,9	318,8	18	0,461	-0,099	318,8	328,109	313,832	342,72681
461,3	331,8	19	0,487	-0,033	331,8	332,615	318,268	347,50461
350,6	334,7	20	0,513	0,033	334,7	337,17	322,723	352,36905
255,4	345,9	21	0,539	0,099	345,9	341,799	327,222	357,3494
318,8	345,9	22	0,566	0,165	345,9	346,527	331,785	362,47192
291,6	350,6	23	0,592	0,233	350,6	351,377	336,434	367,76477
405,2	358,9	24	0,618	0,301	358,9	356,376	341,193	373,26016
431,2	358,9	25	0,645	0,371	358,9	361,556	346,088	378,99569
379,8	358,9	26	0,671	0,442	358,9	366,953	351,154	385,01628
299,2	379,8	27	0,697	0,516	379,8	372,614	356,428	391,37672
331,8	385,6	28	0,724	0,593	385,6	378,594	361,96	398,14539
280,1	400,7	29	0,750	0,674	400,7	384,965	367,809	405,40986
290,3	401,5	30	0,776	0,760	401,5	391,82	374,056	413,28544
307	405,2	31	0,803	0,851	405,2	399,287	380,809	421,92914
264,9	431,2	32	0,829	0,950	431,2	407,546	388,22	431,56343
229,9	436,1	33	0,855	1,059	436,1	416,864	396,513	442,51992
358,9	457,1	34	0,882	1,183	457,1	427,664	406,045	455,32678
461,3	461,3	35	0,908	1,328	461,3	440,684	417,434	470,90651
283,3	461,3	36	0,934	1,508	461,3	457,4	431,911	491,11143
345,9	461,3	37	0,961	1,757	461,3	481,561	452,591	520,67494
400,7	462,8	38	0,987	2,222	462,8	530,12	493,456	581,18423

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,001	281,4183804	266,3684	295,0422593	281,418	0,000	0,1
0,5	0,000	334,8844917	320,4912	349,9242259	334,884	0,001	0,2
0,8	0,001	398,5085051	380,107	421,0245277	398,509	0,001	0,5

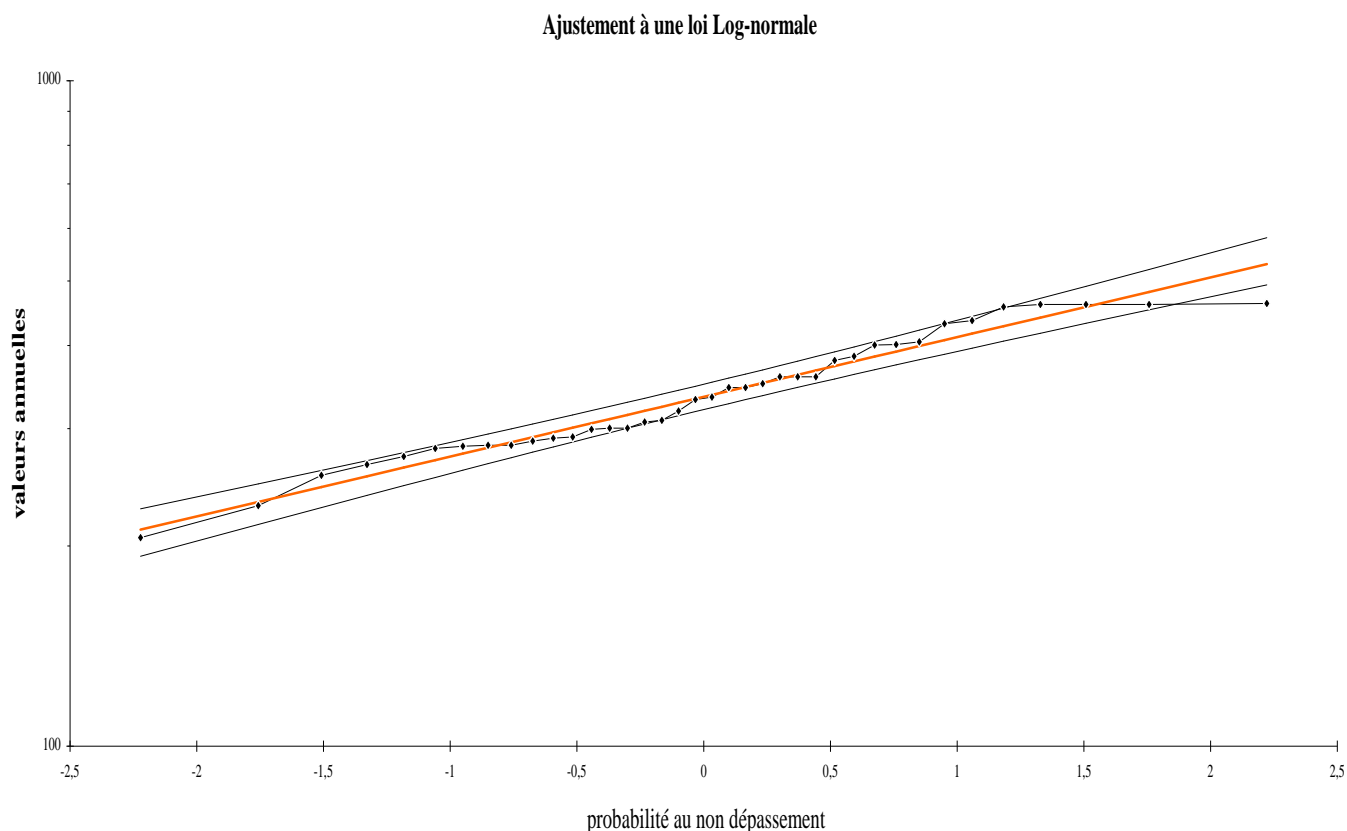


Figure IV.2 : Graphe de l’ajustement a la loi log normale

Puisque l’ajustement a la loi log normal était bonne, donc on va prendre notre valeurs a partir de cette loi.

Les valeurs correspondantes aux probabilités 50 et 80%,20% sont :

Tableau IV.6 .valeurs correspondantes aux probabilités 50% , 80% et 20%

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,001	281,4183804	266,3684	295,0422593	281,418	0,000	0,1
0,5	0,000	334,8844917	320,4912	349,9242259	334,884	0,001	0,2
0,8	0,001	398,5085051	380,107	421,0245277	398,509	0,001	0,5

D’après ces valeurs, on détermine l’année de calcul par l’application de la relation (III-2) précédente, les résultats de calcul sont représentés dans le tableau suivant :

P_{80%} = 281,418 mm

P_{50%} = 334,884 mm

Tableau IV.7 : Précipitations mensuelles de l'année de probabilité 80%

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	annuel
$P_{moy}(mm)$	10,5	39,5	33,7	30,8	30,7	31	30	15	10	2,4	3,9	6,7	270,5
$P_{p\%}(mm)$	8,82	33,19	28,32	25,88	25,80	26,05	25,21	12,61	8,40	2,02	3,28	5,63	260,21

Tableau IV.8 : Les valeurs mensuelles de P_{eff}

Mois	$P_{\%}(mm)$	$P_{eff}(mm)$
Sep	8,82	7,06
Oct	33,19	26,55
Nov	28,32	22,66
Déc	25,88	20,70
Jan	25,80	20,64
Fév	26,05	20,84
Mar	25,21	20,17
Av	12,61	10,09
Mai	8,40	6,72
Jui	2,02	1,62
Juil	3,28	2,62
Aout	5,63	4,50

IV .3.3.Détermination des besoins en eau d'irrigation suivant le calendrier cultural

IV .3.3.1.Définition

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique

$$B = (P_{eff} + RFU) - ETM$$

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

ETM : évapotranspiration maximale (mm/jour)

RFU : réserve facilement utilisable

$$RFU = Y(H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Z$$

Y : degré de tarissement

D_a : Densité apparente

Z : profondeur d'enracinement mm

H_{cc} : Humidité à la capacité au champ

H_{pf} : Humidité au point de flétrissement

P_{eff} : Pluie efficace

L'irrigation se fait lorsque $B < 0$

Pour le calcul des besoins, toutes les données sont résumées dans le tableau suivant

Tableau III.9 : les données de base (Annexe I, Annexe II).

culture	texture du sol	RU (mm/m)	Z (m)	Y	RFU (mm)
maraichère	limono-argileuse	170	0.5	1/2	42,5
arboriculture	limono-argileuse	170	1.2	2/3	136
céréale	limono-argileuse	170	0.8	2/3	90,66

Les résultats de calcul pour les différentes cultures sont dans les tableaux ci dessous:

Tableau IV.10 : besoin en eau de l'Oignon

Mois	P_{eff} mm	RFU mm	ET0(mm/j)	Kc	ETM mm	Besoin mm
Janvier	7,06		2,23			
Février	26,55		3,45			
Mars	22,66	42,5	4,69	0,4	58,15	7,00
Avril	20,7	42,5	5,57	0,6	100,26	-37,06
Mai	20,64	0	6,91	0,95	203,49	-182,85
Juin	20,84	0	8,43	1,1	278,19	-257,35
Juillet	20,17	0	9,04	0,85	238,20	-218,0
Août	10,09		9,09			
Septembre	6,72		6,68			
Octobre	1,62		4,31			
Novembre	2,62		2,82			
Décembre	4,5		2,6			

Tableau IV.11 : besoin en eau de la pomme de terre de saison (PT/S)

Mois	P _{eff} mm	RFU mm	ET0(mm/j)	Kc	ETM mm	Besoin mm
Janvier	7,06	42,5	2,23	0,45	31,10	18,45
Février	26,55	42,5	3,45	0,85	87,97	-18,92
Mars	22,66	0	4,69	1,25	181,73	-159,07
Avril	20,70	0	5,57	1,35	225,58	-204,88
Mai	20,64	0	6,91	1,38	295,60	-274,96
Juin	20,84		8,43			
Juillet	20,17		9,04			
Août	10,09		9,09			
Septembre	6,72		6,68			
Octobre	1,62		4,31			
Novembre	2,62		2,82			
Décembre	4,50		2,6			

Tableau IV.12 : besoin en eau de l'artichout

Mois	P _{eff} mm	RFU mm	ET0(mm/j)	Kc	ETM mm	Besoin mm
Janvier	7,06	42,5	2,23	0,64	44,24	5,32
Février	26,55	42,5	3,45	0,66	68,31	0,74
Mars	22,66	42,5	4,69	0,68	98,87	-33,71
Avril	20,7	42,5	5,57	0,7	116,97	-53,77
Mai	20,64	0	6,91	0,71	152,09	-131,45
Juin	20,84	0	8,43	0,72	182,09	-161,25
Juillet	20,17	0	9,04	0,72	201,77	-181,60
Août	10,09	0	9,09	0,7	197,25	-187,16
Septembre	6,72	0	6,68	0,68	136,27	-129,55
Octobre	1,62	0	4,31	0,67	89,52	-87,90
Novembre	2,62	0	2,82	0,66	55,84	-53,22
Décembre	4,5	0	2,6	0,65	52,39	-47,89

Tableau IV.13 : besoin en eau du blé

Mois	P _{eff} mm	RFU mm	ET0(mm/j)	Kc	ETM mm	Besoin mm
Janvier	7,06	90,66	2,23	0,7	48,39	49,33
Février	26,55	90,66	3,45	0,75	77,63	39,59
Mars	22,66	90,66	4,69	0,8	116,31	-2,99
Avril	20,7	0	5,57	0,95	158,75	-138,05
Mai	20,64	0	6,91	1,1	235,63	-214,99
Juin	20,84	0	8,43	0,8	202,32	-181,48
Juillet	20,17		9,04			
Août	10,09		9,09			
Septembre	6,72		6,68			
Octobre	1,62		4,31			
Novembre	2,62	90,66	2,82	0,3	25,38	67,90
Décembre	4,5	90,66	2,6	0,7	56,42	38,74

Tableau IV.14 : besoin en eau de l'olivier

Mois	P _{eff} mm	RFU mm	ET0(mm/j)	Kc	ETM mm	Besoin mm
Janvier	7,06	136	2,23	0,64	44,24	98,82
Février	26,55	136	3,45	0,66	68,31	94,24
Mars	22,66	136	4,69	0,68	98,87	59,79
Avril	20,7	136	5,57	0,7	116,97	39,73
Mai	20,64	136	6,91	0,71	152,09	4,55
Juin	20,84	136	8,43	0,72	182,09	-25,25
Juillet	20,17	0	9,04	0,72	201,77	-181,60
Août	10,09	0	9,09	0,7	197,25	-187,16
Septembre	6,72	0	6,68	0,68	136,27	-129,55
Octobre	1,62	0	4,31	0,67	89,52	-87,90
Novembre	2,62	0	2,82	0,66	55,84	-53,22
Décembre	4,5	0	2,6	0,65	52,39	-47,89

Tableau IV.15 : Besoins mensuels en eau (mm) des cultures

Mois	l'Oignon	PT/S	l'artichout	blé	l'olivier	Total /Mois (mm)
Janvier		18,45	5,32	49,33	98,82	171,92
Février		18,92	0,74	39,59	94,24	153,49
Mars	7,00	159,07	33,71	2,99	59,79	262,56
Avril	37,06	204,88	53,77	138,05	39,73	473,49
Mai	182,85	274,96	131,45	214,99	40,55	969,61
Juin	257,35		161,25	181,48	25,25	625,33
Juillet	218,03		181,60		181,60	581,23
Août			187,16		187,16	374,32
Septembre			129,55		129,55	259,1
Octobre			87,90		87,90	175,8
Novembre			53,22	67,90	53,22	174,34
Décembre			47,89	38,74	47,89	134,52

Les calculs font ressortir des besoins de pointe de 9696,1 m³

IV.3.3.2 Les besoins d'irrigation net, B_{net}

C'est le volume ou la hauteur d'eau d'irrigation théorique nécessaire pour obtenir une production optimale sur l'ensemble de la surface cultivée

(On exclut les pertes et la contribution des autres ressources).

IV.3.3.3 Les besoins d'irrigation brut, B_{brut}

C'est le volume ou la hauteur d'eau d'irrigation nécessaire en pratique y compris les pertes et les besoins de lessivage mais à l'exclusion de la contribution des autres ressources.

$$B_{brut} = B_{net} / E_{ff} + L_R \text{ (mm/j)}$$

$$D'où : \left\{ \begin{array}{l} B_{brut} : \text{besoin brut} \\ B_{net} : \text{besoin net} \\ E_{ff} : \text{efficience} \end{array} \right.$$

a. Besoin en eau du Lessivage:

les besoins en lessivage LR est la fraction d'eau qu'il faut apporter en supplément des besoins des plantes.

Pour estimer les besoins en lessivage d'entretien on a la formule de RHOADS suivante :

$$L_R = \frac{C_{e_{iw}}}{5 * C_{ee} - C_{e_{iw}}}$$

Avec : $\left\{ \begin{array}{l} C_{e_{iw}} = 3,33 \text{ mmhos/cm, conductivité de l'eau d'irrigation.} \\ C_{ee} = \text{conductivité électrique de l'extrait de pate saturée du sol.} \end{array} \right.$

Tableau IV.16 : Calcul de LR pour une chute de rendement de 10%.

	l'Oignon	PT/S	blé	l'olivier
$C_{ee}(\text{ds/m})$	1,8	2,5	7,4	3
LR	0,59	0,36	0,10	0,29

Remarque :

On peut pas faire un lessivage d'entretien, puisque la valeur de LR est très grande. Donc il faut pratiquer un lessivage capital.

Les besoins en eau pour la zone de benziene sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.17 : Besoin en eau de la zone de Benziene

cultures	TOTAL(mm)	TOTAL(m ³)	Superficie(ha)	B nete(m ³)	B brute(m ³)
PT/S	941,07	9410,7	1000	9410700	12547600
Articout	237,53	2375,3	1400	3325420	4433893,33
Oignon	760,71	7607,1	371	2822234,1	3762978,8
Blé	698,74	6987,4	1000	6987400	9316533,33
Olivier	1102,41	11024,1	1000	11024100	14698800
Total	3740,46	37404,6	4771	33569854,1	44759805,5

Ces besoins (44759805,5 m³) est largement couvert par le barrage de Djdiouia.

IV.3.4.Calcul du débit fictif continu

Le débit fictif continu est le débit qu'il faudrait donner pour assurer les besoins en eau du mois de pointe.

$$q_s = \text{besoin du mois de pointe} \cdot 10^4 / (\text{nombre de jour de travail} \cdot \text{nombre d'heures de travail} \cdot \text{efficience} \cdot 3600)$$

$$q_s = (B \cdot 10000) / (26 \cdot 18 \cdot 0,75 \cdot 3600)$$

Avec : B_{pointe} : les besoins de pointe

q_s : Débit spécifique.

K : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation (k=0,75).

Remarque :

On Calcul le débit fictif en prenant les besoins du mois de pointe de chaque culture puis on fait la moyenne

Tableau IV.17 : calcul du débit fictif continu des différentes cultures

Cultures	BESOIN (mm)	Q _c (l/s/ha)
Artichaut	182,85	1,74
Oignon	274,96	2,61
PT/S	131,45	1,25
Blé	214,99	2,04
Olivier	40,55	0,39
Moyen	202,75	1,61

D'après les débits calculés, on remarque des grands et des faibles débits, donc on calcul le débit fictif continu par la moyenne des besoins des différentes cultures.

$$q_s = (202,75 \cdot 10000) / (26 \cdot 18 \cdot 0,75 \cdot 3600) = 1,61 \text{ l/s/ha.}$$

IV.2.4.calcul du débit caractéristique :

On calcul le débit caractéristique par la formule suivante :

$$Q_c = q_s * s$$

Avec : Q_c : débit caractéristique.

q_s : débit fictif continu (1,61 l/s/ha).

s : superficie total (4771 ha).

$$Q_c = 1,61 * 4771 = 7681,31 \text{ l/s} = 7,68 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Conclusion





Dans ce chapitre on a estimé les besoins en eau de chaque culture, les besoins en eau du lessivage, débit fictif continu (1.61l/s/ha) et le débit caractéristique (7,68 m³/s) qui nous permet par la suite le dimensionnement du réseau d'adduction.

Chapitre V : Procédés et techniques d'arrosage**Introduction :**





L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de rafraîchir le sol et l'atmosphère, par ce moyen réaliser les conditions les plus favorables pour la croissance des plantes. Mais quelque soit l'origine de l'eau (cours d'eau naturel, nappe souterraine, eau de barrage) et son mode de transport (canaux, conduite sous pression), le problème qui se pose est comment répartir cette eau sur le sol de façon que les plantes en tirent le maximum de profit. Cependant le moyen de répartition de l'eau sur le sol ne doit pas toujours répondre à ce critère d'une production maximale, donc on doit essentiellement envisager un choix minutieusement détaillé du mode d'irrigation et de la technique d'arrosage et compatibilité avec les contraintes de la région d'étude.

V.1. Techniques d'arrosages

Selon le caractère de l'exécution de l'arrosage, on distingue :

-  Irrigation de surface (par gravité).
-  Irrigation par aspersion.
-  Irrigation souterraine.
-  Irrigation localisée (goutte à goutte).

Mais dans notre zone (**Benziene**), les techniques utilisées sont :

-  Irrigation de surface (par gravité) : pour les cultures pérennes.
-  Irrigation par aspersion : pour les céréales, fourragères.
-  Irrigation souterraine : n'est pas utilisée.
-  Irrigation localisée (goutte à goutte) : pour les cultures maraichères.

Conclusion

Après avoir déterminé les besoins en eau d'irrigation, l'étape qui suit consiste à définir la technique d'arrosage qui est adapté avec les données qui caractérisent notre zone d'étude Par les différentes méthodes (rigole, goutte à goutte, aspersion), et ce selon le type de culture et les caractéristiques du sol (infiltration, topographie, climatologie.....).

Chapitre VI : Calcul hydraulique

Introduction

La mobilisation des ressources hydrauliques par le futur barrage de Djdiouia s'inscrit dans une problématique de sécurisation de l'irrigation des terres agricoles du Bas chélif. Pour ce faire on va projeter une conduite qui achemine l'eau de ce barrage vers le périmètre.

VI.1. le système actuel de distribution de l'eau vers la zone de Benziene

La zone de Benziene est située à l'aval du système d'adduction de la rive gauche. Cette zone est alimentée par pompage à partir du **CPRGS**. Elle comprend cinq (05) secteurs ou chacun est alimentée par sa propre installation de pompage.

Cependant, les pompes des secteurs d'irrigation B1 et B2 d'une part et des secteurs B4 et B5 d'autre part, sont regroupés dans une seule station de pompage.

Il existe trois stations de pompage (B1-2, B3 et B4-5) qui refoulent l'eau vers cinq (05) bassins de compensation (B1, B2, B3, B4, B5) qui irriguent une superficie de **4771 ha**.

Tableau VI.1: Superficie des secteurs irriguée par les bassins de compensation

Bassins	B1	B2	B3	B4	B5
Superficie des secteurs (ha)	382	689	317	1451	1932

Source : document ONID

Remarque :

Puisque on va éliminer le bassin B1, donc on divisera ce secteur entre B2 et B3.

Donc le secteur B2 devient **880 ha** et B3 devient **508 ha**.

Tableau VI.2: caractéristiques des bassins de compensation

Bassins	Débit sortant (m³ /s)	Diamètre de la conduite principale (mm)	Cote d'arrivée au niveau du bassin (m)
B1	0,280	600	120,75
B2	0,667	900	91,75
B3	0,342	800	87,38
B4	1,231	1250	86,69
B5	1,449	1250	92,06

Source : plan de distribution de Cosider

Les cinq (05) bassins ont un débit global de 3,664 m³/s ce qui nous donne un débit horaire de 13 190,04 m³/heure.

Tableau VI.3: caractéristiques des stations de pompage

Station de pompage	B1	B2	B3	B4	B5
Nombre de pompes en service	3	2	1	4	4
Nombre de pompes en secours	1	1	1	1	1
Débit (m³/h)	432	1044	1080	972	1296
HMT en (m)	86	45	41	51	38
Capacité (m³)	2500	3000	2000	3000	4500

Source : document ONID

Le débit horaire global des pompes est de 13 536 m³/h, ce qui nous donne 3,17m³/s.

Ech: 1/50 000

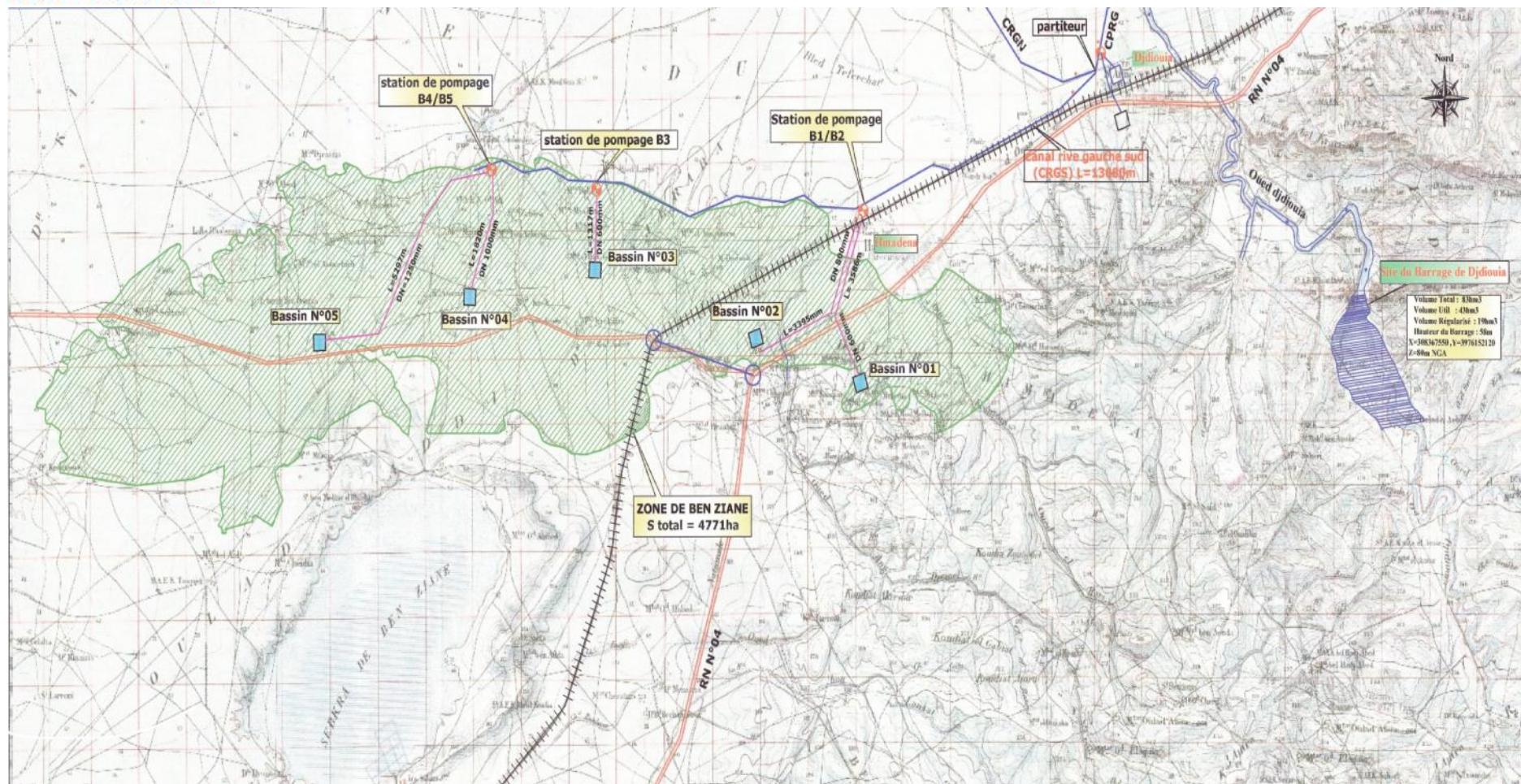
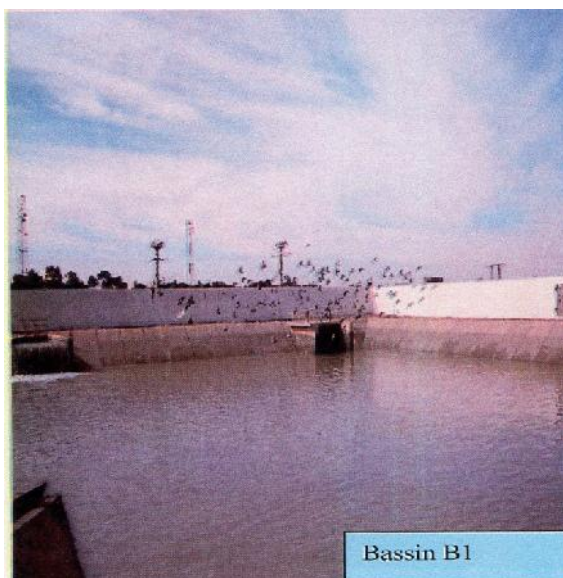


Figure VI.1 : plan du réseau existant de la zone de Benziene W. Relizane

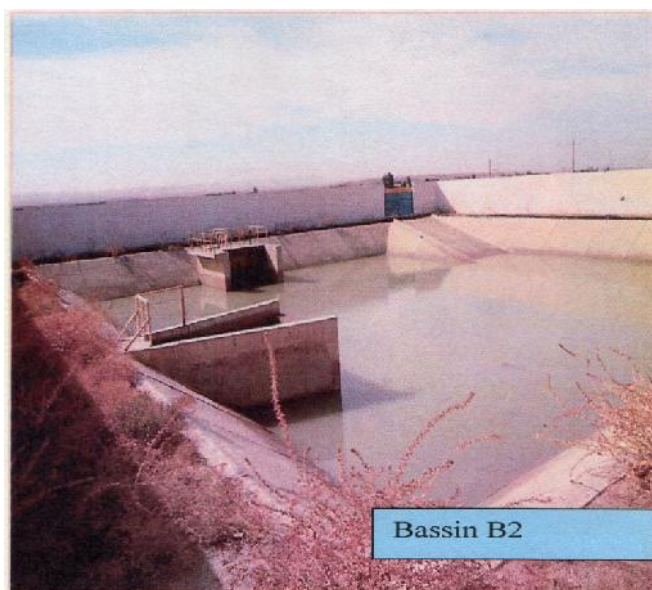
Tableau VI.4: Caractéristiques des conduites de refoulement

Station de pompage	Bassin	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Matériau de la conduite
Sp (B1/B2)	B1	3586	500	Béton précontraint
Sp (B1/B2)	B2	3395	800	Béton précontraint
Sp (B3)	B3	1357	500	Amiante ciment
Sp (B4/B5)	B4	1820	1000	Béton précontraint
Sp (B4/B5)	B5	5297	1250/1200	Béton précontraint

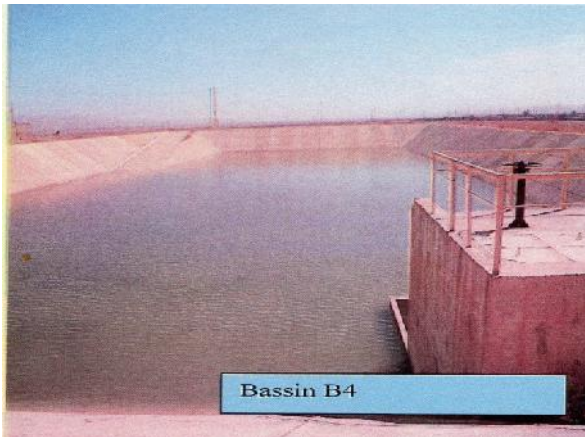
Source : document ONID



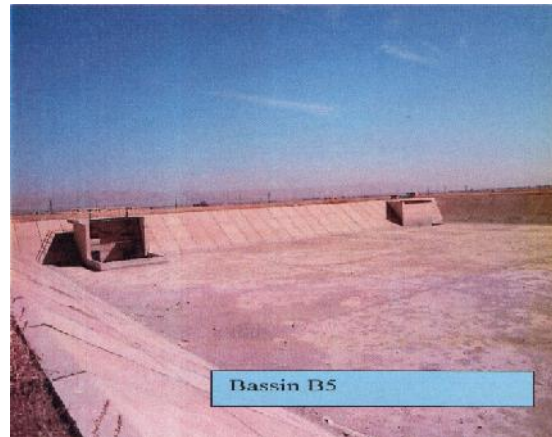
figureVI-2 : Bassin B1



figureVI-3 : Bassin B2



figureVI-4 : Bassin B4



figureVI-5 : Bassin B5

VI.1.1.calcul du débit demandé par chaque bassin

On calcul le débit demandé par chaque bassin en multipliant la superficie de chaque bassin par le débit spécifique, les résultats sont récapitulées dans le tableau VI.4

Tableau VI.4: Débit demandé par chaque bassin

Bassins	B2	B3	B4	B5
Superficie des secteurs (ha)	880	508	1451	1932
Débit spécifique (l/s/ha)	1,61			
Débit demandé (m³/s)	1,42	0,82	2,34	3,11

VI.1.1. Calcul du temps assuré par chaque bassin

Tableau VI.5: calcul du temps assuré par chaque bassin

Bassins	B2	B3	B4	B5
Capacité (m³)	3000	2000	3000	4500
Débit demandé (m³/s)	1,42	0,82	2,34	3,11
Temps (heure)	0,567	1,864	0,780	0,761

Remarque :

Les temps qu'on a trouvés dans le Tableau VI.5 sont les temps qui assurent chaque bassin après un seul remplissage.

VI.2. Type d'adduction

D'après leur fonctionnement, les adductions peuvent être classées en trois groups :

- Adduction gravitaire
- Adduction par refoulement
- Adduction mixte

VI.2.1. Adduction gravitaire

C'est une adduction où l'écoulement se fait gravitairement. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte supérieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivé.

VI.2.2. Adduction par refoulement

C'est une adduction où l'écoulement se fait sous pression à l'aide des machines hydro-électriques. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte inférieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivé.

VI.2.3. Adduction mixte

C'est une adduction où la conduite par refoulement se transforme en conduite gravitaire ou l'inverse. Le relais entre les deux types de conduite est assuré par un réservoir appelé réservoir tampon.

VI.3. Adduction et type d'écoulement

On distingue deux types d'écoulement :

VI.3.1. Ecoulement à surface libre

L'écoulement à surface libre est un écoulement qu'on rencontre dans le cas des adductions gravitaires sans charge tels que les canaux à ciel ouvert et les aqueducs fermés. Ce type d'écoulement est conditionné par la pente.

VI.3.2. Ecoulement en charge

L'écoulement en charge est un écoulement qu'on rencontre dans le cas des adductions ou des réseaux gravitaires sous pression et des adductions par refoulement

VI.4. Critères de choix de tracé

L'emplacement des bassins de compensation étant fixé, il est nécessaire de prévoir un tracé pour l'adduction, et ce tracé doit :

- Avoir un itinéraire aussi direct que possible.
- Respecter les impératifs du profil en long avec le moins possible sur profondeurs.
- Eviter la multiplication des ouvrages coûteux ou fragiles (traversés de rivière, route, chemin de fer etc....).
- Eviter dans la mesure du possible la traversée des massifs boisés.
- Entraîner des dépenses aussi faibles que possible de construction en évitant les points hauts sur le refoulement (construction de cheminée d'équilibre)
- Le choix d'un tracé en bordure des routes et chemins présente un certain nombre d'avantages :
 - ✚ Travaux de terrassement et approvisionnement des tuyaux souvent moins onéreux.
 - ✚ Accès facile aux regards contenant des appareils de robinetterie.
 - ✚ on essaye toujours d'éviter les contres pentes qui donnent des cantonnements d'air, de plus, en période d'arrêt de pompe, il y peut avoir une cavitation entraînant une rupture de la veine liquide pouvant occasionner des éclatements de canalisation.
 - ✚ Le tracé en plan sera conçu compte tenu de la possibilité de réaliser le profil en long idéal avec des coudes largement ouverts afin d'éviter les butées importantes. A cet effet, on sera peut être amené à ne pas suivre l'accotement des routes, et par conséquent franchir certains terrains particuliers.

- ✚ Si notre tracé se trouve topographiquement accidenté où une suite de points hauts surgit, des cantonnements d'air pourront avoir lieu en ces points qui peuvent entraîner des cavitations, dans ces cas des dispositifs anti-béliers peuvent être installés.
- ✚ Certains terrains accidentés nous obligent à avoir un tracé où l'adduction sera mixte (refoulement-gravitaire). Dans ce cas nous devons toujours chercher à raccourcir le tronçon de refoulement s'il ya lieu.

Dans cas, on essaye prévoir un tracé court, acheminé directement par gravité vers les quatre bassins de notre zone. Tout en évitant les contre pente des terrains accidentés.

VI.5.Choix du matériau de la conduite

Le choix du matériau des conduites enterrées pour le transport du fluide dépend aussi bien de leur faisabilité technique qu'économique.

Sur le plan technique cette faisabilité dépend de plusieurs exigences telles que :

- Résistance aux attaques chimiques, aux pressions et à la résistance des charges mobiles.
- Adaptation aux terrains de pose.
- Bonne étanchéité.
- Facilité d'entretien et de mise en service.

✓ Sur le plan économique cette faisabilité dépend essentiellement :

- Du prix de la fourniture et du transport.
- De leur disponibilité sur le marché local (de préférence).

Parmi les types de conduites utilisés dans le domaine d'irrigation, on distingue: les conduites en fonte ; les conduites en acier ; les conduites en matière plastique.

A. Fonte :

La fonte est un matériau noble apte à prendre en charge de grandes pressions, il n'est pas sensible à la corrosion et sa pose se fait sans grande contrainte.

Néanmoins elle nécessite beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite, mais elle n'est pas adéquate aux terrains trop accidentés.

B. Acier :

L'acier est un matériau apte à prendre en charge de grandes pressions, il est très sensible à la corrosion surtout qu'il s'agit de sol agressif, mais cela dit il est adéquat à tout type de terrains vu qu'il absorbe les efforts de pressions.

C. PEHD :

Le PEHD est un matériau apte à prendre en charge de grandes pressions, il est incorrodable, sa pose par soudeur électrique se fait sans grande contrainte. Ils nécessitent beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite.

Pour notre cas, on a choisi des conduites en (fonte ductile) vu leur résistance et leur capacité à s'adapter à la nature du terrain et donc le risque d'avoir des pressions importantes dans l'adduction, et plus de ces avantages la disponibilité des grands diamètres dans le marché.

VI.6. Calcul hydraulique**Remarque :**

On prend comme valeur de projet le débit global des secteurs qu'on a déjà calculé qui est de $7,68 \text{ m}^3/\text{s}$, en réglant les vannes de la prise d'eau du barrage.

VI.6.1. Etude des variantes

Plusieurs scénarios peuvent être étudiés pour l'alimentation en eau et la projection de conduite d'adduction vers le périmètre.

1. Variante N°1 : Adduction direct par gravité du barrage de Djdiouia aux quatre bassins de compensation de la zone de Benziene.

Cette variante alimentera par gravité les bassins de la zone de Benziene (B2, B3, B4, B5) sauf le bassin B1, en raison de son altitude qui est au même niveau que celle du barrage.

Recommandation

Cette variante est plus recommandée puisque la conduite est gravitaire donc on évite une autre station de pompage.

2. **Variante N°2** : Adduction du barrage Djdiouia vers les bassins de compensation de la zone de Benziene et de la zone de Guerouaou.

Cette variante a pour objectif de sécuriser l'alimentation en d'irrigation de la zone de Guerouaou tout en alimentant par gravité les bassins de la zone de benziene.

Recommandation

Cette variante n'est pas recommandée car elle comprend plusieurs tronçons et des ouvrages supplémentaires (station de pompes, partiteur, etc.....)

Néanmoins, l'inconvénient de cette variante est lié au cout de l'investissement.

3. **Variante N°3** : Adduction gravitaire du barrage de Djdiouia vers le partiteur qui distribue l'eau vers les deux canaux (CPRGS et CPRGL). Les deux bassins de compensation de la zone de Djdiouia A5 et B5 seront alimentés par un piquage sur cette adduction.

Cette adduction qui reliera directement le barrage au partiteur existant permettra d'mener l'eau par les deux canaux aux deux zones d'irrigation (Benziene et DJdiouia).

Recommandation

L'avantage de cette variante est que le cout du projet d'adduction sera minime par contre le problème de l'énergie électrique restera posé.

IV.5.2. Dimensionnement de la conduite d'adduction

La projection de la conduite d'adduction se fera suivant la variante 1, la topographie permet d'acheminer l'eau gravitairement.

Les équations d'hydrauliques dans le cas de l'écoulement gravitaire sont les suivantes :

La formule la plus utilisée pour le calcul de la perte de charge pour un écoulement dans une conduite est celle de Darcy-Weisbach :

$$\Delta H_t = \frac{K' * L * Q^S}{D^m}$$

ΔH_t : Perte de charge totale (m)

K' : Coefficient de perte de charge

L : Longueur de la conduite (m)

Q : Débit véhiculé par la conduite (m³/s)

D : Diamètre avantageux calculé de la conduite (m)

S : Exposant tenant compte du régime d'écoulement

m : Exposant tenant compte du type du matériau.

Tableau VI.6: Coefficients K' , m , β pour différents types de tuyau.

Tuyau	K'	m	S
Acier et fonte	0,00179 - 0,001735	5,1 - 5,3	1,9 - 2
Amiante-ciment	0,00118	4,89	1,85
Plastique	0,001052	4,772	2

Tableau VI.7: les données de base

K'	m	B	$C_p B.DJ(m)$	$C_p B2(m)$	$C_p B3(m)$	$C_p B4(m)$	$C_p B5(m)$
0,00179	5,3	2	112	91,75	87,38	86,69	92,06

Avec : $C_p B.DJ(m)$: cote piézométrique du barrage Djdiouia

$C_p B2(m)$: cote piézométrique du bassin B2

$C_p B3(m)$: cote piézométrique du bassin B3

$C_p B4(m)$: cote piézométrique du bassin B4

$C_p B5(m)$: cote piézométrique du bassin B5

Remarque :

On dimensionne notre réseau de distribution comme un réseau ramifié :

1- Déterminer le point le plus défavorable (le plus éloigné où le plus haut) ;

2- Déterminer la pente hydraulique moyenne :

$$I_{moy} = \frac{\sum \Delta H}{\sum L_i}$$

D'où ; I_{moy} : la pente hydraulique moyenne.

$\sum \Delta H$: la charge disponible.

$\sum L_i$: la somme des longueurs des tronçons constituant la conduite principale.

3- Déterminer la charge disponible le long de la conduite principale ;

4- Déterminer les diamètres de chaque tronçon :

$$I_{moy} = \frac{K' * Q_i^B}{D_i^m} \Rightarrow D_i^m = \sqrt[n]{\frac{K' * Q_i^B}{I_{moy}}}$$

Avec : I_{moy} : la pente hydraulique moyenne.

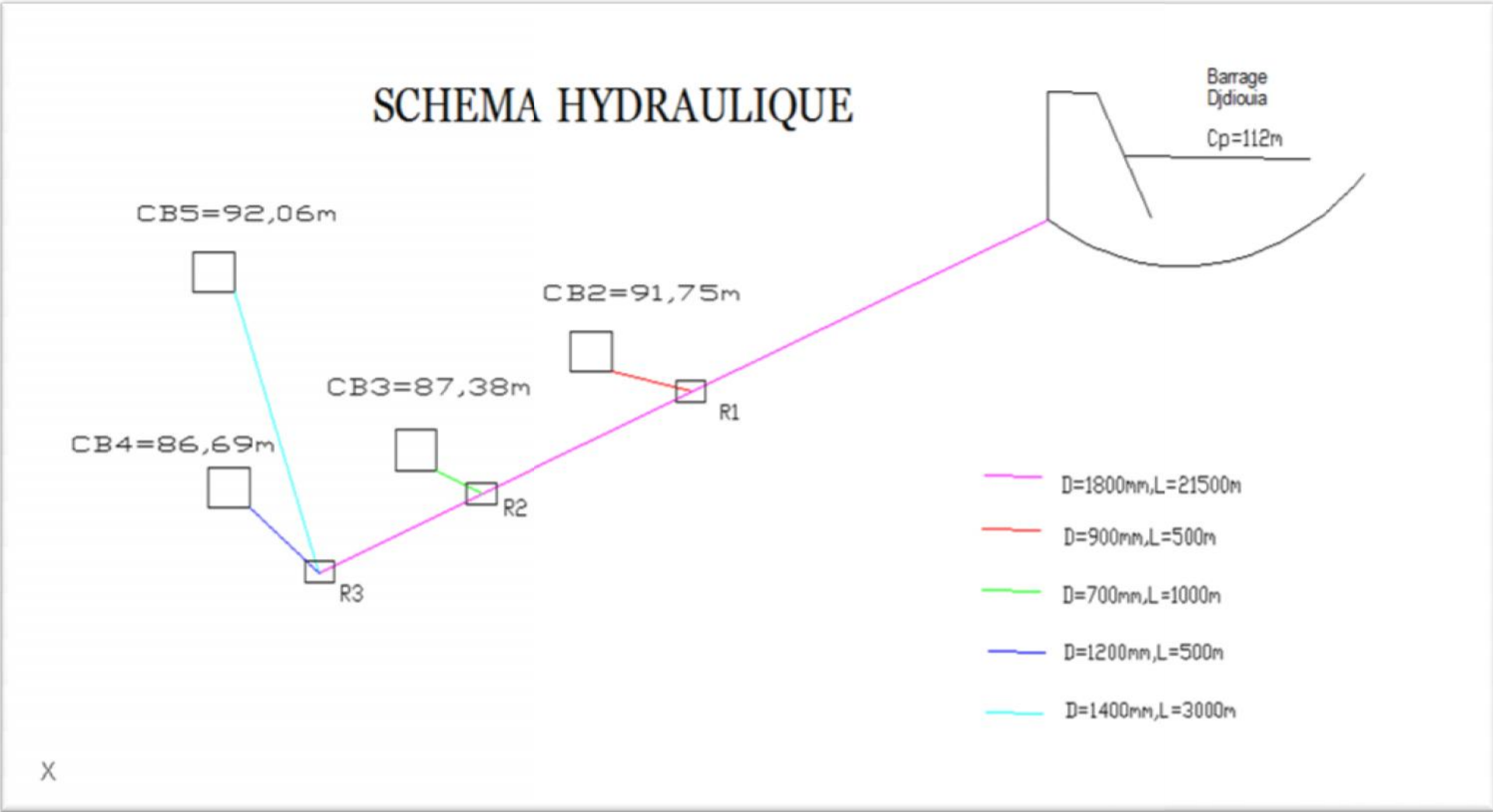
D_i : diamètre de chaque tronçon.

Q_i : débit de chaque tronçon.

Le tableau suivant résulte le calcul du diamètre avantageux D entre le barrage et le bassin le plus éloigné (B5), et les autres tronçons du réseau en les divisons par rapport aux regards (R1, R2, R3).

Tableau VI.8: Diamètres avantageux pour différents tronçons gravitaires.

TRONCONS	Q(m ³ /s)	L(m)	ΔH_d (m)	I_{moy}	Dcal(mm)	Dnor(mm)
B.DJ-R1	7,68	15000	29,94	0,001	1800,75	1800
R1-B2	1,42	500			901,59	900
R1-R2	6,26	3500			1729,50	1800
R2-B3	0,82	1000			706,80	700
R2-R3	5,44	3000			1666,70	1800
R3-B4	2,34	500			1144,57	1200
R3-B5	3,1	3000			1400,54	1400



figureVI-1 : Schéma Hydraulique.

VI.7. Accessoires

Le long d'une canalisation, différents organes et accessoires sont installés pour :

- Assurer un bon écoulement ;
- Régulariser les pressions et mesurer les débits ;
- Protéger les canalisations ;
- Changer la direction ;
- Raccorder deux conduites ;
- Soutirer les débits ;

VI.7.1. Vannes de sectionnement

Elles sont nécessaires pour l'exploitation du système de transfert et permettent d'en isoler une partie pour l'intervention sans arrêter totalement l'alimentation.

Il est prévu d'installer des vannes intermédiaires au départ de chaque raccordement sur le transfert ainsi que tous les 2500m.

Pour des raisons d'exploitation et de facilité la fermeture, les vannes de diamètre supérieur ou égal à 250mm seront du type papillon .elles seront associées à un by-pass pour permettre la remise en eau progressive.

Elles permettent également de maîtriser les écoulements dans le réseau, donc de mieux gérer celui-ci. Il existe plusieurs types de vannes qui satisfont à des besoins variés :

a) Les vannes d'isolement : permettent d'isoler certains tronçons qu'on veut inspecter, réparer ou entretenir. On distingue deux types : les robinets à papillon pour les conduites de gros diamètres et les robinets-vannes pour les conduites de petits diamètres.

VI.7.2. le Vidange

Les vidanges ont pour fonction d'évacuer l'eau à partir de la conduite lors de l'entretien ou en cas de problème, elles sont prévues à tous points bas du profil de la conduite.

VI.7.3. Organes de raccordement

Les organes de raccordement sont nécessaires pour :

- La déviation d'une partie d'écoulement.
- L'introduction dans la conduite d'un débit supplémentaire.

- Le changement de diamètre de la conduite.
- Le montage et le démontage des accessoires.
- Le changement de direction de la conduite.

1) Coudes

Les coudes sont des accessoires utiles surtout pour les réseaux maillé et ramifié, lorsque la conduite change de direction. Généralement, les coudes sont maintenus par des massifs de butées.

2) Cônes

Les cônes sont utilisés pour relier deux conduites de diamètres différents, on les rencontre aussi à l'entrée et à la sortie des pompes.

3) Tés

Les tés sont utilisés dans le but de soutirer un débit d'une canalisation ou d'ajouter un débit complémentaire. Ils sont rencontrés au niveau des réseaux maillés, ramifiés et des canalisations d'adduction en cas de piquage.

4) Joints

En pratique, on rencontre des manchons à bouts lisses des deux extrémités, à deux emboîtements, à emboîtement et bout lisse, à deux brides, à bride et bout lisse, à emboîtement et bride, on les rencontre surtout au niveau des montages des appareils accessoires (vannes, clapet...).

Conclusion :

On avait cité les différents ouvrages dans la zone de benziene et les types d'adduction, ainsi que les caractéristiques du matériau de la conduite et les critères du choix du tracé.

Pour notre cas, le choix du matériau est basé sur ses avantages et aussi de sa disponibilité dans le marché en grands diamètres (de 60mm jusqu'à 2000mm). On a essayé de suivre l'itinéraire le plus court de notre conduite suivant le cours d'eau de l'oued Djdiouia et la route national (RN04).

Ainsi on a fait le dimensionnement les différentes tronçons de notre réseau (700, 900, 1200, 1400, 1800 mm).

Chapitre VII : Organisation de chantier**Introduction :**

Pour bien réaliser et élaborer les travaux de notre projet, il nous faut des engins pour les travaux de terrassement.

Ces travaux se calculent par une méthodologie d'organisation de chantier qu'on veut maîtriser dans ce chapitre.

VII.1. Travaux concernant l'adduction

Les tâches constituant les travaux à faire pour la mise en place de l'adduction sont :

a. Exécution des tranchées

C'est une opération de terrassement (déblais) qui consiste à faire des excavations suivant un fruit de talus (dans notre cas de 1/1). Ces excavations seront faites par une pelle hydraulique et les déblais seront posés sur un côté de la tranchée, l'autre côté étant réservé au bardage des conduites.

b. Construction des regards

Les regards constituent l'abri de certains accessoires de l'adduction à savoir les vannes de vidange, ils sont conçus en béton armé.

c. Pose du lit de sable

Cette opération consiste à poser un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 15cm dans notre cas.

d. Pose des conduites

Après avoir mis en place le lit de sable, on procède à la pose des canalisations.

e. Remblayage des tranchées

C'est une opération de terrassement qui consiste à enterrer la conduite, en utilisant le remblai résultant de l'excavation.

f. Nivellement et compactage

Une fois le remblai fait, on procède au nivellement qui consiste à étaler les terres qui sont en monticule, ensuite à compacter pour augmenter la densité des terres et éviter un tassement par la suite.

VII.2. Calcul des volumes des travaux de l'adduction

a. Déblais d'excavation

Le volume des déblais est calculé de la façon suivant :

$$V_{exc} = H_{tr} * b * L$$

Avec : H_{tr} : profondeur de la tranchée;

b : largeur de la tranchée ;

L : longueur du tronçon ;

a.1. Calcul de la profondeur du tranchée :

$$H_{tr} = D + h + h_1$$

Avec : H_{tr} : profondeur de la tranchée ;

D : diamètre de la conduite ;

h : hauteur de la génératrice supérieur de la conduite à la surface du sol = 0,8m

h_1 : épaisseur du lit du sable = 0.15m

a.2. Calcul de la largeur du tranchée :

$$b = D + 0.6$$

Avec : b : largeur de la tranchée.

D : diamètre de la conduite.

b. Volume du lit du sable

Comme on a dit le lit de sable à une épaisseur de 15cm le long de la tranchée qui est d'une longueur de L , dont il prend la même largeur du lit de tranchée b .

$$V_s = h_1 * b * L$$

Avec : h_1 : épaisseur du lit du sable = 0.15m.

b : largeur de la tranchée.

L : longueur du tronçon.

c. Volume de la conduite

Après l'exécution des déblais de la tranchée et la mise en place du lit de sable, il y a lieu de poser la conduite dont la connaissance de la section est importante pour la détermination du volume des remblais.

$$S_c = \frac{f \cdot D^2}{4}$$

$$V_c = S_c \times L$$

d. Remblais compacté

Le volume des remblais égale le volume des déblais réduit du volume occupé par la conduite et du volume du lit de sable :

$$V_r = V_{exc} - V_s - V_c$$

Avec : V_r : volume des remblais.

V_{exc} : déblai d'excavation.

V_s : volume du sable.

V_c : volume de la conduite.

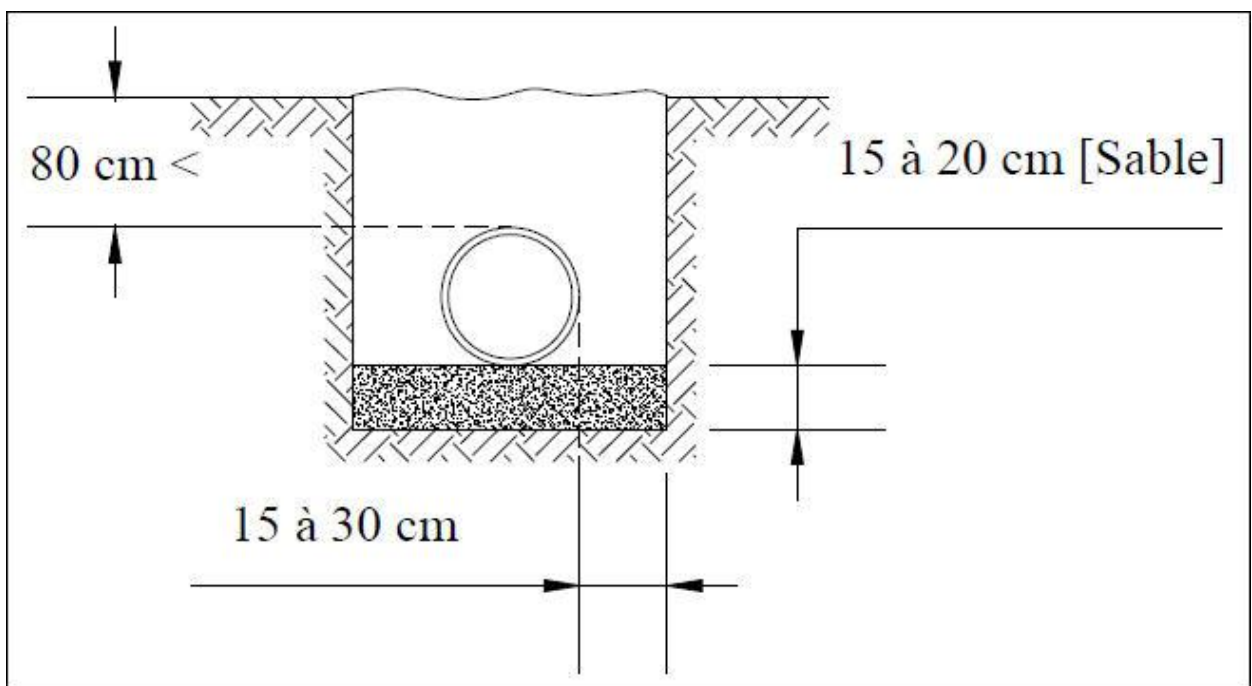


Figure VII.1 : pose de canalisation.

Tableau VII.1 : Les volumes des travaux de l'adduction.

Tronçon	L(m)	D(m)	Sc(m ²)	b(m)	Htr(m)	Vs(m ³)	Vc(m ³)	vex(m ³)	Vr(m ³)	Vt(m ³)
B.DJ-R1	15000	1,8	2,54	2,4	2,75	5400	38151	99000	55449	198000
R1-B2	500	0,9	0,64	1,5	1,85	112,5	317,925	1387,5	957,075	2775
R1-R2	3500	1,8	2,54	2,4	2,75	1260	8901,9	23100	12938,1	46200
R2-B3	1000	0,7	0,38	1,3	1,65	195	384,65	2145	1565,35	4290
R2-R3	3000	1,8	2,54	2,4	2,75	1080	7630,2	19800	11089,8	39600
R3-B4	500	1,2	1,13	1,8	2,15	135	565,2	1935	1234,8	3870
R3-B5	3000	1,4	1,54	2	2,35	900	4615,8	14100	8584,2	28200
										V_{TOT}(m³)= 322935

VII.5. Pose de canalisation

VII.5.1 Principe de pose de canalisation

Le levage et la manutention de tuyaux, les travaux dans les tranchées, sont des opérations dangereuses. Grâce aux instructions suivantes, la qualité des tuyaux et raccords ne sera pas détériorée lors de la pose et l'emboîtement et la procédure d'emboîtement ne sera pas compromise. Il est essentiel que ces opérations soient réalisées par un professionnel maîtrisant les procédures.

Les tuyaux doivent être manipulés avec soin, selon les recommandations du fabricant. Ils doivent être placés dans la tranchée avec un plan adapté à leur poids. Une grue mobile ou un ensemble bien conçu de chèvres à haubans peut être utilisé. Le positionnement des élingues doit être vérifié lorsque le tuyau se trouve juste au dessus de la tranchée pour garantir un bon équilibre.

Toutes les personnes doivent libérer la section de tranchée dans laquelle le tuyau est posé.

Tous les débris liés à la pose doivent être retirés de l'intérieur du tuyau avant ou juste après la réalisation d'un emboîtement. Ceci peut être effectué en faisant passer un goupillon le long du tuyau ou à la main, selon le diamètre.

En dehors des opérations de pose, un bouchon temporaire doit être solidement appliqué sur l'extrémité ouverte de la canalisation. Cela peut faire flotter les tuyaux en cas d'inondation de la tranchée, auquel cas les tuyaux doivent être maintenus au sol par un remplissage partiel de la tranchée ou par étayage temporaire. Dans le cas où les tuyaux sont livrés avec des bouchons

aux extrémités, ces derniers devront être récupérés par le maître d'œuvre pour recyclage après pose.

Une conduite doit être toujours posée avec une légère pente afin de créer des points bas pour la vidange, et des points hauts pour l'évacuation de l'aire entraînée soit lors du remplissage de la conduite soit pendant le fonctionnement. On adopte en conséquence un tracé en dents de scie avec des pentes de quelques millimètres par mètre et des changements de pente tout les 200 à 400 m.

Les canalisations doivent être éloignées lors de la pose de tout élément dure d'environ 10 m, de 30 cm des câbles électriques et de 60 cm des canalisations de gaz.

a. Pose de canalisation dans un terrain ordinaire

La canalisation est posée dans une tranchée ayant une largeur minimale de 60 cm. Le fond de la tranchée est recouvert d'un lit de sable d'une épaisseur de 15 à 20 cm convenablement nivelé. Avant la mise en fouille, on possède à un triage de conduite de façon à écarter celles qui ont subies des chocs, des fissures, ..., après cela on pratique la décente en lit soit manuellement soit mécaniquement d'une façon lente. Dans le cas d'un soudage de joints, cette opération doit être faite de préférence en fond de tranchée en calant la canalisation soit avec des butées de terre soit avec des tronçons de madriers en bois disposés dans le sens de la longueur de la tranchée. Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints doit toujours avoir lieu avec remblaiement. L'essai consiste au remplissage de la conduite par l'eau sous une pression de 1,5 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite en cours de fonctionnement. Cette épreuve doit durer 30 min environ, la diminution de la pression ne doit pas excéder 0,2 Bars.

b. Pose de canalisation dans un mauvais terrain

Si le terrain est de mauvaise qualité on peut envisager quelques solutions :

c. Cas d'un terrain peu consistant

Pour éviter tout mouvement de la canalisation ultérieurement, celle-ci doit être posée sur une semelle en béton armé ou non avec interposition d'un lit de sable. La semelle peut être continue ou non en fonction de la nature du sol. Dans le cas où la canalisation repose sur des tasseaux, ces derniers doivent être placés plus proches des joints et soutenus par des pieux enfoncés jusqu'au bon sol.

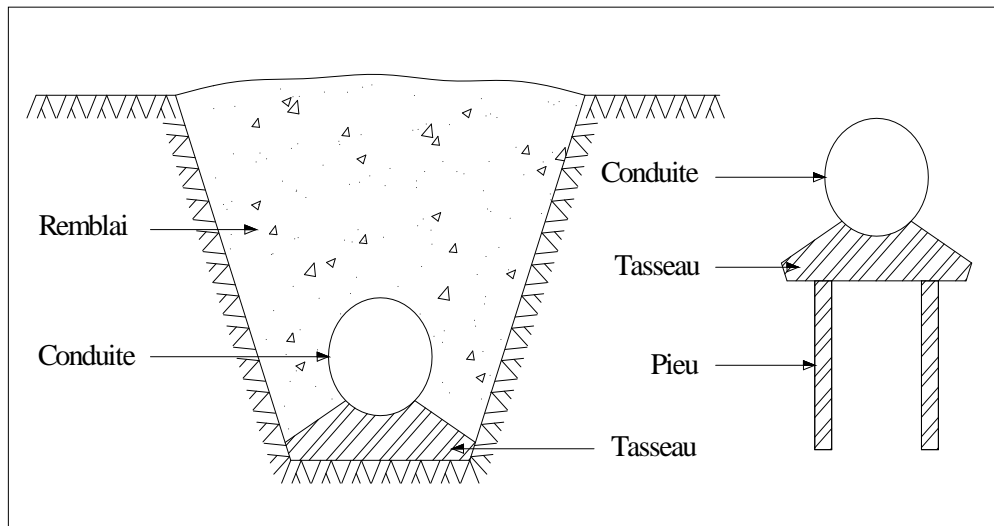


Figure VII.2 : Pose de conduites dans un terrain peu consistant

d. Cas d'un terrain agressif

La protection des conduites enterrées en fonte, contre les phénomènes de corrosion, est à réaliser par une manche en film de polyéthylène lorsque le terrain présente une résistivité inférieure à $1500 \Omega \cdot \text{cm}$ ou lorsqu'il y a présence de sulfures, de sulfates ou de chlorures.

La manche en polyéthylène d'une certaine ampleur drapage la canalisation et doit la plaquer au maximum. La totalité du pli, dont l'extrémité est toujours dirigée vers le bas, se situe dans la partie supérieure de la canalisation. La manche est maintenue par des bandes adhésives ou des colliers souples à agrafage automatique à raison de 4 par tuyau. Les manches successives sont posées avec un recouvrement minimal de 0,30 m.



Figure VII.3 : Pose de conduites dans un terrain agressif.

e. Pose de canalisation en galerie

Dans certains cas le tracé de la canalisation peut rencontrer des obstacles qui nous obligent à placer la conduite dans une en galerie.

Les conduites de diamètre important (sauf aqueducs) doivent être placées sur des madriers (bois de chêne) et calées de part et d'autre pour éviter leur mouvement.

Les canalisations de petit diamètre peuvent être placées dans un fourreau de diamètre supérieur et reposant sur des tasseaux en béton. Les robinets vannes sont placés dans des regards implantés de part et d'autre de la route.

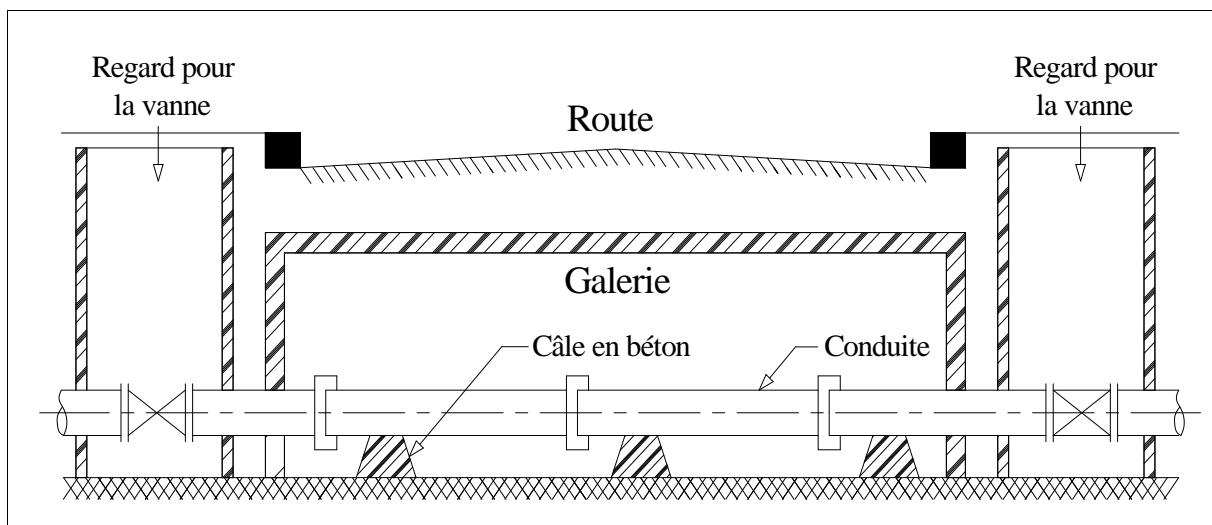


Figure VII.4 : Pose de canalisation en galerie

f. Traversée d'une rivière

La pose de canalisation à la traversée d'une rivière demande certains travaux confortatifs en fonction de l'état de la traversée et de l'importance de l'adduction. L'existence d'un pont-route servira également de support pour la canalisation, ou celle-ci sera accrochée au tablier.

Dans le cas où le pont-route n'existe pas la canalisation pourra suivre le lit de rivière, posée sur des ouvrages spéciaux (Tasseaux par exemple) et couverte de tout-venant pour être protégée contre les chocs.

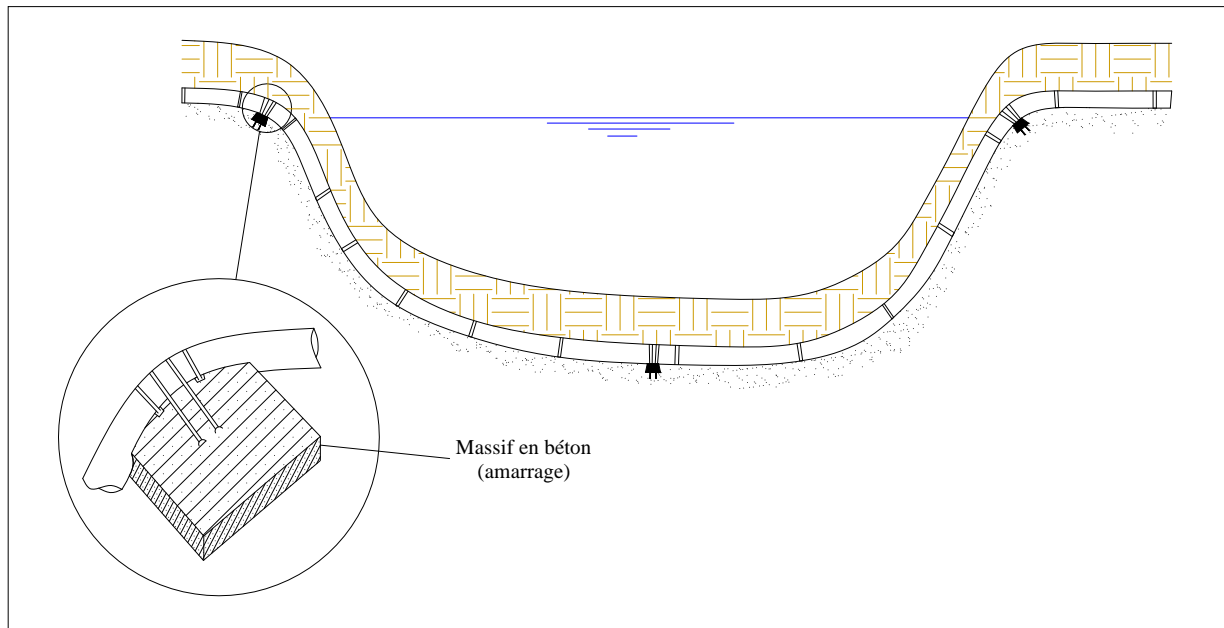


Figure VII.5 : traversée d'une rivière

VII.4. Les Engins

Le matériel utilisé pour les chantiers est le matériel classique des chantiers de travaux publics. L'utilisation de gros engins mécaniques a réduit considérablement le prix et le temps des terrassements dont l'incidence, dans la construction des chantiers, se trouve ainsi sensiblement diminuée.

Les engins que nous allons utiliser sont :

- Une pelle hydraulique ;
- Un dozer ;
- Un chargeur ;
- Un vibreur du sol pour le compactage des fouilles et des tranchées ;

VII.4.1. Pelle hydraulique

Les pelles sont des engins de terrassement qui conviennent à tous les terrains même durs : marnes compactes, conglomérats, pour le chargement des roches débitées, exploitation des carrières notamment.

La pelle peut porter divers équipement qui en font un engin de travail à plusieurs fins :

- Godet normal pour travail en butée.
- Godet rétro pour travail en fouille et en tranché.
- Godet niveleur pour travail de décapage ou de nivelage.

- Benne preneuse pour terrassement en fouille ou déchargement de matériaux (sable, pierres...).
- Dragline pour travail en fouille.

Pour une pelle équipée en rétro ou pelle hydraulique le godet est porté par un bras simplement articulé et actionner par des vérins hydraulique. (Voir schéma ci après)



Figure VII.6 : Pelle hydraulique

La capacité normale de retro-fouilleur est de 300 à 1300 litres. Ce sont des engins à capacité relativement faible car il est rare d'avoir à exécuter à la pelle fouilleuse de très gros terrassement.

VII.4.2. Les Dozer

Les tracteurs niveleurs à chenilles (dozer) se sont répandus dans tous les pays du monde depuis les années 1940-45. Leur silhouette est devenue familière sur de très nombreux chantiers et de nombreux conducteurs se sont exercés à la conduite de ces engins. Ainsi tout terrassement doit commencer par le décapage de la terre végétale ou couche supérieure du sol qui contient des débris végétaux; ce résultat est pratiquement obtenu au cours de la déforestation.

Le bulldozer est une pelle niveleuse montée sur un tracteur à chenille ou à pneus.

L'outil de terrassement est une lame profilée portée par deux bras articulés qu'un mécanisme hydraulique permet d'abaisser ou de lever.

Si la lame est en position basse l'engin fait des terrassements par raclage avec une profondeur de coupe de 20 à 30cm.

En mettant la lame en position intermédiaire, on peut régaler des tas de déblais en couche d'épaisseur de 20 à 30cm également.

La position haute est une position de transport (hauteur de la lame au dessus du sol de 75cm à 1m).

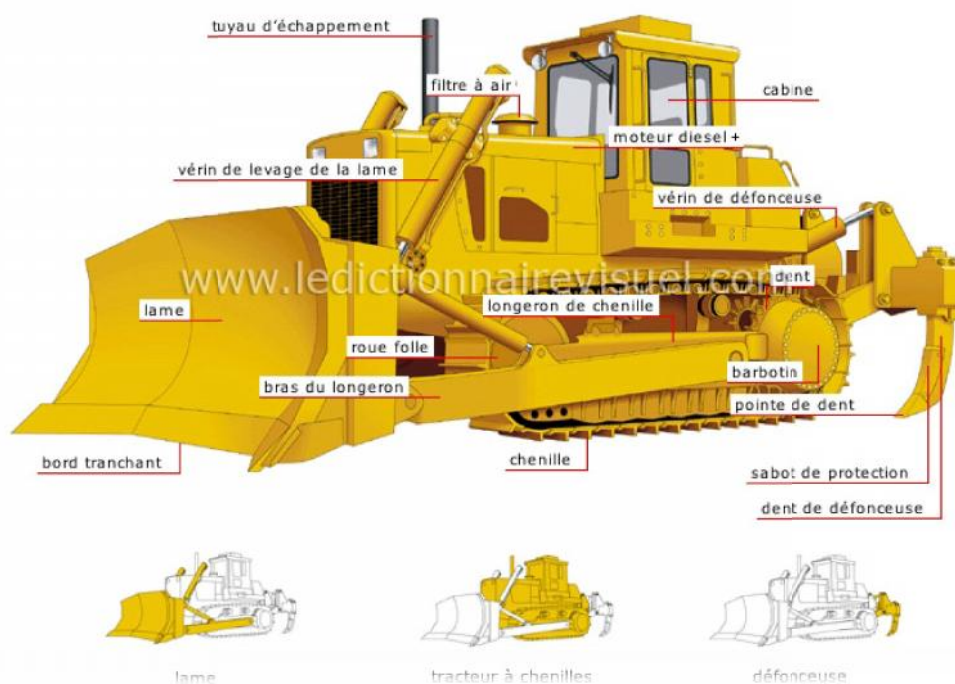


Figure VII.7 : Bulldozer

VII.4.3. Chargeur

C'est un tracteur à pneus muni de godet de chargement et de déchargement à l'avant, on l'utilisera pour remblayer les fouilles, les casiers et la tranchée après pose de la conduite.



Figure VII.8 : Chargeur

VII.4.4. Compacteur (vibrateur de sol)

C'est un engin peu encombrant, composé de deux petits cylindres d'environ 30 cm de diamètre muni d'un guidon. Cet engin sert au compactage des remblais des surfaces étroites telles que les fouilles des semelles, les casiers entre ceintures inférieures du bâtiment et les tranchées.



Figure VII.9 : Compacteur Mono

Conclusion

On avait déterminé les travaux concernant notre projet et on a calculé le volume des travaux total. Ainsi, on avait cité et défini la pose de canalisation dans différents terrains et les traversées des routes et les oueds.

Enfin, on a fait le choix des engins les plus appropriés pour le bon déroulement des différentes étapes du projet (excavation, remblais, pose de canalisation,.....).

Conclusion Générale

Notre zone d'étude est située au Nord-Ouest de l'Algérie à 250 km d'Alger, caractérisée par un climat sec.

On avait dit que la zone de Benziene (**4771 ha**) est apte à pratiquer un assolement dans trois champs à savoir que dans chaque champ on fait diversifier le type des cultures (arboriculture, marichaire, céréalière). Quant à la rotation des cultures, elle se fait pendant trois années à savoir d'alterner le type culture dans chaque année.

On a estimé les besoins en eau de chaque culture, les besoins en eau du lessivage, débit fictif continu (1.61l/s/ha) et le débit caractéristique (7,68 m³/s) qui nous permet par la suite le dimensionnement du réseau d'adduction.

Après avoir déterminé les besoins en eau d'irrigation, l'étape qui suit consiste à choisir la meilleure technique d'arrosage qui est adapté avec les données qui caractérisent notre zone d'étude Par les différentes méthodes (rigole, goutte à goutte, aspersion), et ce selon le type de culture et les caractéristiques du sol (infiltration, topographie, climatologie.....).

On avait définir la source d'eau disponible dans la zone d'étude. Les évaluations effectuées dans ce cadre ont montré que le futur barrage de Djdiouia est la source d'irrigation de notre périmètre avec un volume total de 83 Hm³. La salinité de l'eau de ce barrage est qualifiée de très forte (C₄, S₂), cette eau n'est utilisable en conditions normales que si on pratique un lessivage intéressant sur des cultures très tolérantes. Cette forte conductivité est due probablement aux origines des sols qui sont salés.

On avait cité les différents ouvrages existant dans la zone de benziene et les types d'adduction, ainsi que les caractéristiques du matériau de la conduite et les critères du choix du tracé. Pour notre cas, le choix du matériau est basé sur ses avantages et aussi de sa disponibilité dans le marché en grands diamètres (de 60mm jusqu'à 2000mm). On a essayé de suivre l'itinéraire le plus court de notre conduite suivant le cours d'eau de l'oued Djdiouia et la route national (RN04). Ainsi on a fait le dimensionnement les différentes tronçons de notre réseau (700, 900, 1200, 1400, 1800 mm).

On avait déterminé les travaux concernant notre projet et on a calculé le volume des travaux total. Ainsi, on avait cité et définir la pose de canalisation dans différents terrains et les traversées des routes et les oueds.

Bibliographie

- [1] **BRAHIM, BENHAFID.** Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre d'EL-OUTAYA. W. BISKRA, mémoire d'ingénieur, ENSH de Blida.2004.121p.
- [2] **BRAHIM, MADANI.** Etude d'avant projet détaillé de barrage du Djdiouia. W. RELIZANE, mémoire d'ingénieur, ENSH de Blida. 2011. 98p.
- [3] **COURS ENSH.** Irrigation ;4eme année, 5eme année.
- [4] **DOUAOUI A.** Variabilité spatiale de la salinité en relation avec certaines caractéristiques des sols de la plaine du Bas-Chélif. Apport de la géostatistique et de la télédétection. Thèse Doct. d'Etat, INA-Alger, 2005. 230 p.
- [5] **EPE HYDRO PROJETS EAST .N°1,** Cité Mentouri, BP 230 Daksi-Constantine.
- [6] **McDonald, BNEDER.** Agro socio économie rapport I-D-1 et I-D-2 du BET Mac Donald et Partners Limited de septembre 1990.120p.
- [7] **McDonald, BNEDER.** Etude de l'avant projet détaillé des extentions de Guerouaou et de Sebkhath Benziane et du réaménagement du Bas-Chélif. Bureau National d'Etude pour le Développement Rural. 1990. 550p.
- [8] **LOUDINA, ADEL.** Irrigation du périmètre Tafna Isser à partir du barrage Hammam Boughra. W. TLEMCENE, mémoire d'ingénieur, ENSH de Blida.2008. 135p.
- [9] **RENE CLEMENT, ALAIN GALAND.** Systèmes d'irrigation. Disponible sur WWW.SNDLALGERIE.COM. 1978. 250p.
- [10] **TOUAIBIA, BENINA.** Manuel d'hydrologie ISBN. BLIDA Algérie ,2004 . 166p.

ANNEXE I: Caractéristiques hydriques des sols

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

ANNEXE II : Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

Cultures	Z m
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraîchers	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

ANNEXE III : Valeurs de KC pour divers cultures

Durée de phases de développement (jour)						Coefficient Cultural kc			Date de semis ou plantation
Cultures	init.	dev.	mi-sai	arri-sai	duree du cycle	kc int.	kc mid.	kc fin.	
Pomme de terre									
Saison	25	30	45	30	130	0,5	1,15	0,75	20-fév.
Primeur	20	30	30	25	105	0,5	1,15	0,75	15-nov.
Arri-saison	30	40	60	35	165	0,5	1,15	0,75	25-août
Tomate	30	40	45	30	145	0,6	1,15	0,8	02-mars
Tomate indus.	20	35	35	30	120	0,6	1,15	0,8	15 mars
Poivron	30	40	40	20	130	0,6	1,05	0,9	10-avr.
Oignon et ail	25	35	40	20	120	0,7	1,05	0,85	30-janv.
Courgette	25	35	25	15	100	0,5	1	0,8	25-mars
Choux	40	60	50	15	165	0,7	1,05	0,9	05-sep.
Fève en vert	20	30	35	15	100	0,5	1,15	1,1	20-nov.
Haricot vert	20	30	30	10	90	0,5	1,05	0,9	15-mars
Petit pois	20	30	35	15	100	0,5	1,15	1,1	10-déc.
Carotte	30	40	60	20	150	0,7	1,05	0,95	20-sep.
Pastèque	20	30	30	30	110	0,4	1	0,75	01-avr.
Autres légumes	20	30	30	15	95	0,7	1,05	0,95	03-mars
Luzerne	150	30	150	35	365	0,4	0,95	1,15	05-oct.
									Reverd.
Agrumes	60	90	120	95	365	0,7	0,65	0,7	28-fév.
Vignes	180	50	75	60	365	0,3	0,85	0,45	20-fév.
Abricotier	245	10	65	45	365	0,55	0,9	0,65	11-fév.
Amandier	190	35	105	35	365	0,4	0,9	0,65	30-janv.
Pêcher	200	35	100	30	365	0,55	0,9	0,65	10-fév.
Prunier	130	50	130	55	365	0,55	0,9	0,65	10-mars
Pommier	140	30	125	70	365	0,5	0,95	0,7	28-fév.
Poirier	125	50	130	60	365	0,5	0,95	0,7	01-mars
Néflier	140	45	120	60	365	0,5	0,95	0,7	01-oct.
Autres arbres	155	50	130	30	365	0,55	0,9	0,65	28-fév.

Source : Divers source

ANNEXE IV: Relation entre la conductivité électrique et le rendement de la récolte des cultures

Table 1 Correlation between Soil Salinity and Crop Yield ¹⁾				
	Relative yield decrease			
	0%	10%	25%	50%
	Soil Salinity: ECe at which effect is observed			
Vegetables				
Carrot	1.0	1.7	2.8	4.6
Onion	1.2	1.8	2.8	4.3
Lettuce	1.3	2.1	3.2	5.2
Sweet Corn	1.7	2.5	3.8	5.9
Potato	1.7	2.5	3.8	5.9
Cabbage	1.8	2.8	4.4	7.0
Spinach	2.0	3.3	5.3	8.6
Cucumber	2.5	3.3	4.4	6.3
Broccoli	2.8	3.9	5.5	8.2
Field Crops				
Bean (Field)	1.0	1.5	2.3	3.3
Maize	1.7	2.5	3.8	5.9
Soybean	5.0	5.5	6.2	7.5
Wheat	6.0	7.4	9.5	13.0
Sugar beet ²⁾	7.0	8.7	13.0	15.0
Barley	8.0	10.0	13.0	18.0

Source: Excerpt in Colorado State University Extension Bulletin No. 0.503 from: R.S. Ayers & D.W. Westcot, 1976, Water Quality for Agriculture, and Drainage. Paper 29, FAO Rome.

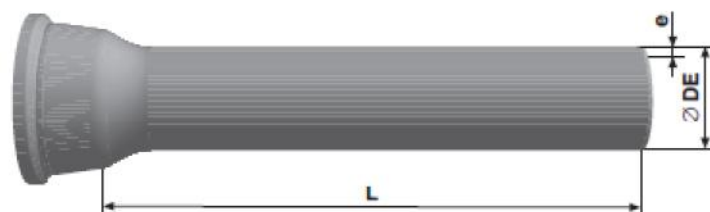
¹⁾ The data presented in this table on tolerance of crops to soil salinity result almost entirely from studies of the USDA Salinity Lab., Riverside, Cal.

²⁾ During germination and emergence, the ECe should not exceed 3 dS/m

ANNEXE V : Diamètres normalisés de la conduite en fonte.

Tuyaux en fonte ductile, zinc + peinture bitumineuse

DN 60 - 2000



DN	L	DE	e fonte	Masse moy. par tuyau	Masse moy. métrique
mm	m	mm	mm	kg	m
60	6,00	77	6,0	60,1	10,0
80	6,00	98	6,0	78,2	13,0
100	6,00	118	6,1	95,4	15,9
125	6,00	144	6,2	118,0	19,7
150	6,00	170	6,3	145,0	24,2
200	6,00	222	6,4	203,0	33,8
250	6,00	274	6,8	267,0	44,5
300	6,00	326	7,2	337,0	56,2
350	6,00	378	7,7	480,0	80,0
400	6,00	429	8,1	567,0	94,5
450	6,00	480	8,6	671,0	111,8
500	6,00	532	9,0	775,0	129,2
600	6,00	635	9,9	1007,0	167,8
700	7,00*	738	10,8	1515,0	216,4
800	7,00*	842	11,7	1856,0	265,1
900	7,00*	945	12,6	2223,0	317,6
1000	7,00*	1048	13,5	2621,0	374,4
1000	8,27*	1048	13,5	3085,0	373,0
1100	8,27*	1151	14,4	3604,0	435,8
1200	8,26*	1255	15,3	4153,0	502,8
1400	8,19	1462	17,1	5543,0	676,8
1500	8,18	1565	18,0	6236,0	762,3
1600	8,18	1668	18,9	6942,0	848,7
1800	8,17	1875	20,7	8430,0	1031,8
2000	8,13	2082	22,5	10093,0	1241,5

* La longueur utile des tuyaux dépend de la profondeur de l'emboîtement. Consultez-nous pour les dimensions exactes.
Tolérances: voir norme NBN EN 545

Jointz disponibles:

Non verrouillé: DN 60 – 2000 Standard
DN 80 – 300 Tyton

Verrouillé: DN 60 – 600 Standard Vi
DN 80 – 300 Tyton Sit ou Tyton Sit +
DN 350 – 600 Standard V+i
DN 350 – 600 Universal Standard Vi
DN 350 – 1200 Universal Standard Ve
DN 350 – 1200 Standard Ve
DN 1400 – 1800 Pamlock (nous consulter)
DN 2000 nous consulter