

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 Drainage

THEME:

**DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU D'IRRIGATION D'UN
PERIMETRE SITUE A CHELLALA PAR SYSTEME GOUTTE A
GOUTTE ET ASPERSION
WILAYA D' EL BAYADH**

Présenté par :

Mr BOUGHEFALA ABD ELKADER

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et prénom	Grade	Qualité
Mr M.MESSAHEL	MC	Président
M ^{me} L.S.BAHBOUH	MA.A	Examinatrice
M ^{me} H.BOUCAMA	MA.A	Examinatrice
M ^{me} S.HARKAT	MA.B	Examinatrice
Mr Y.BOUNAH	MA.B	Examineur
Mr O .RAISSI	ING EN CHEF	Promoteur

Juin - 2013

∞ Remerciement ∞

Au terme de ce travail, Je tiens à exprimer ma reconnaissance et ma gratitude à toutes celles et tous ceux qui m'ont aidé dans la préparation de cette thèse.

J'adresse ma profonde reconnaissance à mon promoteur, M^r RAISSI.O qui m'a chaleureusement accueilli au sein de son service, et a toujours su me soutenir et m'épauler dans tous les moments. Je le remercie pour les nombreuses discussions, scientifiques ou non, que nous avons partagées tout au long de mon séjour à Blida, ainsi que pour son aide précieuse dans mes démarches de recrutement à l'issue de ma thèse.

** A tout le corps enseignants et le personnel de l'**ENSH** qui ont contribué de près où de loin a ma formation*

** Mes remerciements très chaleureux vont également à madame BAHBOUH.L pour l'honneur qu'elle m'a fait, malgré ses multiples occupations.*

Aux membres de jury qui me font l'honneur d'apprécier et de juger ce travail.

** Une mention spéciale à ma famille et à mes amis pour m'avoir aéré l'esprit et pour la motivation qu'ils m'ont apportée tout au long de ce travail*

BOUGHEFALA.Abdelkader

❧ Dédicaces ❧

Je dédie ce modeste travail :

- * A ma cher mère , essayant ainsi de vous exprimer toute ma gratitude pour tout ce que vous m'avait apporté.*
- * A mon grand père*
- * A mes sœurs.*
- * A mes frères Abdelhafidh, Omar, Abdelali, Elmajdoub, Morad et Badredin.*
- * A toute la famille : Boughefala.*
- * A mes amis des CHELLALA : Elmajdoub, Abdejabar, Boutkhal, Hmieda, Halim, Mustapha, Abdelwahab, Taher, Lakhdar et Hamza.*
- * A Mes amis: Abdelgani , Abdelwadoud, Yhia , Hamza, Yacin, Khelfaoui, Lamri , Bouchiha , Talal , Lakhdar, Morad, Chebab, Nafae, , Felouh, Amigo, Mabkhout, Sid a li, Bekhaera , Bob, Salem , Moussa , Lakhdar .*
- * A mes amis et collègues de l'école nationale supérieure de l'hydraulique.*
- * Toute ma promotion, en générale et tous les étudiants de l'option irrigation et drainage en particulier*

BOUGHEFALA. Abdelkader

ملخص

ان الهدف الرئيسي من إنجاز مذكرة نهاية الدراسة المتمثل في دراسة شاملة لشبكة توزيع المياه لسقي الاراضي الفلاحية الواقعة في بلدية الشلالة ولاية البيض, باستعمال تقنيتي الرش المحوري والتقطير, بحيث قمنا بتحديد أبعاد الشبكة الرئيسية وتجسيد مخطط التقنيتين المذكورتين سابقا وتقدير الكلفة الاجمالية لهذا المشروع, بغرض التسيير العقلاني للثروة المائية الجوفية التي تعاني من التناقص الدائم بسبب الاحتياج للماء و الجفاف الذي يميز المنطقة المدروسة.

RÉSUMÉ

L'objectif principal de notre mémoire représente une étude synthétique (technico-économique) du réseau d'irrigation du périmètre de la commune de CHELLALA w d'ELBAYADH ,par l'intermédiaire de deux techniques d'irrigation qui sont l'aspersion et la goutte à goutte , dont nous allons déterminé les dimensionnements du réseau principal, la projection des deux techniques citée précédemment et l'évaluation du coût total du projet ,pour la bonne gérance des ressources en eau de la nappe captive qui souffre d'une diminution permanente dûe à la sécheresse qui caractérise la zone étudiée.

ABSTRACT

The main aim of this dissertation is to present a synthetic study (technical-economical) of the irrigation system of perimeter of CHELLALA W of ELBAYADH, by two technologies of irrigation: sprinkling and drip irrigation . Thus we established the dimensions of the principal network, the projection of the two techniques quoted previously and the evaluation of the total costs of the plan for the good management of water resource that decreases permanently because of the need of water and the draught that characterizes the study zone.

Chapitre I :Présentation générale de la zone étude

Introduction :	1
I- 1) Présentation du site géographique de la commune de Chellala:	1
I-2) Localisation de la zone d'étude :	2
I -3) Climatologie	3
I-3-1)Précipitations moyenne :	3
I-3-2) Température de l'air :	3
I-3-2) L'Humidité relative :	5
I-3-3) Le vent :	5
I-3-4) Sirocco :	6
I-3-5) Insolation :	6
I-3-6) Gelée blanche :	7
I-3-7) Les indices climatiques:	7
I-3-7-1) L'indice d'aridité de MARTON :	7
I-3-7-2) Quotient pluviométrique d'EMBERGER :	8
I-4) Etude pédologique :	12
I-4-1) Texture:	12
I-4-2) Structure:	12
I-4-3) les facteurs pédo génétiques :	13
I-4-4) caractéristiques des sols :	13
I-4-4-1)Interprétation et valeur agronomiques de ces sols :	14
I-4-5) Analyse synthétique des contraintes et conseils de mise en valeur :	14
I-4-5-1) la profondeur :	14
I-4-5-2) la texture et la structure :	14
I-4-5-3 le calcaire :	15
I-4-5-4)Eléments fertilisants majeurs :	15
I-5) Qualité de l'eau d'irrigation :	15
I-5-1) La conductivité électrique :	16
I-5-2) Le SAR (Sodium Absorption Ration) :	17
Conclusion :	18

chapitre II :Etude hydrologique

Introduction:	19
II-1) Réseau pluviométrique :	19
II-2) Homogénéité de la série pluviométrique :	21
II-3) Etude de l'échantillon et choix du type de loi :	24
II-3-1) Traitement des données :	24
II-3-2)-Ajustement de la série pluviométrique :	24
II-3-2-1) Ajustement à la loi log-Normale :	25
II-3-2-2) Ajustement à la loi Normale :	26
II-3-3) Test de validité d'un ajustement :	27
II-3-3-1) Test de validité d'ajustement à la loi LOG- Normale :	28
II-3-3-2) Test de validité d'ajustement à la loi Normale :	28
Conclusion :	30

Chapitre III :Evaluation des besoins en eau des cultures

Introduction :	31
III-1) Définition :	31
III-2) L'évapotranspiration réelle :	31
III-3) L'évapotranspiration de référence :	32
III-4) Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence:	33
III-4-1) Méthode de PENMAN ET MONTEITH modifiée :	34
III-5) Pluies efficaces (Pe) :	37
III-5) L'occupation des sols et le choix des cultures:	37
III-5-1) La céréaliculture:	38
III-5-2) Arboriculture:	38
III-5-3) Cultures maraîchères:	38
Tableau III-3: surface occupée par les différentes cultures.	39
Tableau III-4: Représentation de l'assolement choisi.	40
III-6) Détermination des Besoins en eau des cultures :	41
III-6-1) les coefficient culturaux:	41
III-6-2) Calcule ETM (mm) de chaque culture :	42

III-6-3) Calcule de réserve facilement utilise RFU :	42
III-7) Efficience de l'irrigation:	44
III-8) Calcule du débit caractéristique :	45
Conclusion :	46

Chapitre IV : Modes et technique d'irrigation

Introduction :	47
IV-1) Les différentes techniques d'arrosages:	47
IV-1-1) L'irrigation de surface:	47
IV-1-1-1) Irrigation par ruissellement :	47
IV-1-1-2) Irrigation par submersion :	47
IV-1-2) L'irrigation par aspersion :	48
IV-1-3) L'irrigation localisée :	48
IV-2) Choix des techniques d'irrigation :	48
IV-4) Avantages Et Inconvénients	49
Conclusion :	49

Chapitre v : Dimensionnement de réseau d'irrigation

Introduction :	50
V-1)Description du schéma de distribution.....	50
V-2) Choix Du Trace :	50
V-3) La Méthodologie de dimensionnement :	51
V-4) Débit Aux Bornes :	51
V-6) Débit caractéristique :	52
V-7) Dimensionnement de la conduite gravitaire :	53
V-8) Dimensionnement théorique :	55
V-8-1) Projection du réseaux d'aspersion	55
V-8-1-1) Choix de l'asperseur.....	55
a) Le diamètre de l'ajutage :	55
b) Ecartements entre les rampes et arroseurs :	56
c) Débit de l'asperseur :	56
d) Vérification de la pluviométrie de la buse :	56
e) Le temps de la dose d'arrosage :	56
f)Nombre de position :	57
g) Volume fourni par l'asperseur pendant 1mois :	57

h) Volume dépendre un 1mois sur toute la surface.....	57
i) Dimensionnement des rampes :.....	57
V-8-2) Calcule de la pression nécessaire à la borne d'irrigation.....	60
V-8-3) Projection du réseau localise :.....	60
a) Besoin en eau des cultures en irrigation localisée :.....	60
b) Calcul des besoins bruts :.....	60
c) Pourcentage du sol humidifié :.....	61
d) La dose nette :.....	61
e) Fréquence des arrosages :.....	61
f) La durée d'arrosage :.....	61
g) La durée d'arrosage journalier :.....	61
h) Nombre de poste :.....	61
i) Le débit moyen par rampe :.....	62
j) Le débit de la porte rampe :.....	62
V-8-4) Calcul hydraulique :.....	62
V-8-4-1) Calcul des diamètres des portes rampes et rampes et de la conduite secondaire :	62
V-8-4-2) Calcul de la rampe.....	63
V-8-4-3) Calcul du porte-rampe.....	64
V-8-4-4) La pression dans le goûteur le plus défavorisé :.....	65
Conclusion :	65

CHAPITRE VI: Evaluation du cout de projet

Introduction.....	66
VI-1) Devis du réseau principal.....	66
VI-2) pour les conduites principales.....	67
VI-2-1) calcul du volume de déblai.....	67
VI-2-2) calcul de volume de lit de sable.....	67
VI-2-3) calcul du volume de remblai.....	68
VI-3) Devis estimatif pour le reseau principal.....	69
VI-4) Devis pour le réseau d'irrigation.....	69
VI-4-1) Devis estimatif pour le réseau d'aspersion.....	69
VI-4-2) Devis estimatif pour le réseau goutte à goutte.....	69
VI-5) Devis estimatif pour les accessoires.....	70
VI-6) Devis estimatif pour la mains d'oeuvre.....	70
VI-7) Devis estimatif pour notre projet.....	70
Conclusion.....	70

Chapitre VII : Organisation de chantier

Introduction:	71
VII-1) Les différents travaux sur le chantier :	71
VII-1-1) Implantation du tracé des tranchées sur le terrain	71
VII-1-2) Nivellement de la plate-forme de pose :	71
VII-1-3) Excavation des tranchées :	71
VII-1-3-1) La profondeur (H) :	72
VII-1-3-2) Largeur de la tranchée :	72
VII-1-4) Choix des engins de terrassement :	72
VII-1-4-1) Choix de l'excavateur et le procédé de l'excavation :	72
VII-1-4-1-1) Pelle équipée en rétro :	72
VII-1-4-1-2) Pelle équipée en butée :	73
VII-1-4-2) Calcul du rendement d'exploitation de la pelle :	73
VII-1-4-2-1) Calcul du temps d'excavation :	73
VII-1-5) Pose de la canalisation :	73
VII-1-6) Lit de pose :	74
VII-1-7) Introduction de la canalisation :	74
VII-1-8) Epreuve de joint et de canalisation :	74
VII-1-9) Remblaiement des tranchées :	74
VII-1-9-1) Choix du bulldozer :	74
VII-2) Exploitation du système d'irrigation :	75
VII-3) Objectif de l'exploitation :	75
VII-4) Planification de travaux du réseau :	75
Conclusion :	76

Liste des Tableaux

Chapitre I : Présentation générale de la wone d'étude

Tableau I-1 : Délimitation du périmètre.....	2
Tableau I-2: Répartition mensuelle des pluies moyenne	3
Tableau I-3: Température moyenne mensuelle	3
Tableau I-4 : Moyenne mensuelle de l'humidité relative	5
Tableau I-5 : Vitesse du vent.....	5
Tableau I-6: Moyennes mensuelles de l'insolation	6
Tableau I-7 : Nombre moyen de jours de gelée	7
Tableau I-8: Classification de climat selon MARTON.....	8
Tableau I-9 : résultats d'analyses de l'échantillon de sol.....	14
Tableau I-10 : Qualité de l'eau de la nappe captive de Chellala.....	16
Tableau I-11 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique	17
Tableau I-12 : Classification des eaux en fonction de SAR.....	18

Chapitre II : Etude Hydrologie

Tableau II-1 : Caractéristiques de la station pluviométrique.....	19
TableauII-2: serie des pluies (station ELBayadh)	19
Tableau II-3 : teste de wilcoxon	22
TableauII-4: Ajustement à une loi log-normale	25
Tableau II-5 : Ajustement à une loi normale.....	26
Tableau II-6 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.....	30
Tableau II-7 : les valeurs de $P_{moy 80 \%}$	30

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau des cultures

Tableau III-1 : Les résultats de l'ET0 obtenir à l'aide du logiciel CROPWAT	36
Tableau III-2 : Les précipitations efficaces.	37
Tableau III-3: surface occupée par les différentes cultures.	39
Tableau III-4: Représentation de l'assolement choisi	40
TableauIII-5 : Le coefficient cultural K_c des quelques cultures.....	41
TableauIII-6 : calcule ETM(mm)	42
TableauIII-7 : les valeurs de profondeur d'enracinement ($Z(cm)$)	43
TableauIII-8 : les valeurs de RFU en (mm) de chaque culture.....	43
TableauIII-9 : les besoins en eau des cultures B (mm).....	44

Chapitre V : Dimensionnement du réseau d'irrigation

Tableau V-1 : Caractéristiques du réservoir	50
Tableau V-2: calcul de débit aux bornes.....	52
Tableau V-3: les diamètres des différents tronçons est vérification des vitesses admissibles et les pertes de charges de chaque borne.	53

TableauV-4 :les valeurs des pression en chaque borne	55
--	----

Chapitre VI : Evaluation de cout de projet

Tableau VI-1 : Factures des prix des conduites de réseau principale.....	66
Tableau VI-2 : calcul du volume de déblai.	67
Tableau VI-3: calcul du volume de sable.....	68
Tableau VI-4: calcul du volume de remblai.....	68
Tableau VI-5 : Volumes et coût des travaux total.....	69
Tableau VI-6 : Calcul le cout du réseaud'aspersion.....	69
Tableau VI-7 : Calcul le cout du réseau de goutte à goutte.....	69
Tableau VI-8 : facture de main d'œuvre.....	70

Chapitre VII : Organisation de chantier

Tableau VII.1 : Capacité du godet en fonction du volume de terrassement.....	73
Tableau VII.2 : Choix du bulldozer en fonction de la capacité du godet	74

Liste des Figures

Chapitre I : Présentation générale de la zone d'étude

Fig. I-0 : localisation géographique de la commune de Chellala	2
Fig. I-1 : Graphes des températures de la station d'ELBAYADH.....	4
Fig. I-2: Valeurs moyennes de la vitesse du vent (m/s)	6
Fig. I-3 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	9
Fig. I-4: Diagramme Ombrothermique de Gaussen	1
Fig I-5 : diagramme de classification de l'eau d'irrigation	17

Chapitre II : Etude Hydrologique

Fig. II-1 : Ajustement à une loi log-normale	26
Fig. II-2 : Ajustement à une loi normale.....	27
Fig. II-3 : comparaison graphique entre la loi log-normal et la loi normal	29

Chapitre V : Dimensionnement du réseau d'irrigation

Fig. V-1 : réseaux de distribution.....	54
---	----

Chapitre VI : Evaluation de cout de projet

Fig. VI-1 : les dimensionnement de tranche.....	67
---	----

Chapitre VII : Organisation de chantier

Fig. VII-1: Pelle équipée en rétro	72
Fig. VII-2 :réseau à nœud	76

LISTE DES PLANCHES

Planche N°01 : Levé Topographique de périmètre.

Planche N°02 : réseau de distribution.

Planche N°03 : projection de réseau d'asperseur et goutte à goutte.

Planche N°04 : Profil en long de la conduite principale.

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est l'une des principales richesses sur lesquelles repose la prospérité du pays dans l'avenir, ainsi que la garantie primordiale pour atteindre l'autosuffisance alimentaire.

L'Algérie est confrontée à une rareté ou une distribution irrégulière des pluies dans le cultures temps. D'un autre côté pour satisfaire les besoins de la population en alimentation, elle est caractérisée par une augmentation de la production agricole. Pour cette raison, il faut faire:

- Accroître le rendement des cultures sur les surfaces agricoles existantes.
- L'extension des surfaces agricoles.
- L'hydro amélioration des terres agricoles surtout par l'irrigation.

Ce dernier point constitue un facteur très important de l'intensification de l'agriculture, pour satisfaire un ensemble d'impératifs, tels que l'utilisation judicieuse des ressources hydriques, l'efficacité économique et la conservation de la fertilité du sol, elle doit cependant être bien maîtrisée et raisonnée.

Ainsi, c'est dans ce sens que s'insère la présente étude. Elle consiste à concevoir un système d'irrigation répondant aux exigences, des paramètres climatiques, pédologiques, et aux conditions économiques du périmètre de CHELLALA. Il s'agit de dimensionner un réseau d'irrigation à partir des eaux d'un forage pour l'irrigation des cultures arboricoles et des céréales et maraichères. Une première évaluation nous a conduit d'utiliser deux système connus (le goutte à goutte et l'aspersion).

Les différents usages de l'eau rendent nécessaire la maîtrise de sa gestion.

L'agriculture est fortement impliquée dans cette gestion à laquelle elle souhaite collaborer avec les autres partenaires concernés. Il lui faut concilier la compétitivité des exploitations avec la ressource en eau disponible.

Comment mieux maîtriser l'irrigation pour accroître son efficacité et optimiser l'utilisation de l'eau ?

Introduction :

Avant tout projet d'irrigation, l'étude du site est nécessaire pour connaître toutes les caractéristiques du lieu, notamment le périmètre irrigué et les facteurs qui influent sur la conception du projet, parmi eux, nous citons :

Les données propres au site des forages, ainsi que la connaissance de la géologie du lieu qui nous permettra de prendre les dispositions nécessaires lors de la réalisation du réseau d'irrigation.

I- 1) Présentation du site géographique de la commune de Chellala:

La commune de Chellala est une ancienne localité rurale située dans le sud ouest algérien et s'éloigne du chef lieu de la wilaya d'El Bayadh de 140 km en direction du ouest.

sa superficie est de 219.3 km² ; son altitude est de 1191.02 m par rapport au niveau de référence (la mer).

La commune de Chellala est située en :

*33⁰ 01' 59 '' Nord

*0⁰ 03' 20'' Est

La commune de Chellala est limitée:

- 1- A l'ouest par la commune Asla (wilaya de Naama).
- 2- A nord par l'atlas saharien notamment la commune : Mhara (wilaya d'El Bayadh).
- 3- A l'est par la commune Mhara (wilaya d'El Bayadh).
- 4- A sud par la commune de Boussamghoun (wilaya d'El Bayadh).

La commune de Chellala est traversée par la route nationale N⁰ 47, et la figure-0 de la carte administrative d'ETA MJOR représente la situation géographique de la commune de Chellala



Fig.I-0 : localisation géographique de la commune de Chellala

I-2) Localisation de la zone d'étude :

La zone de périmètre du Chellala objet de la présente étude est située à 3km à Est de la commune de Chellala. La superficie du périmètre est de 100ha qui sera subdivisé en 20 exploitations de cinq (05) hectares chacune et chaque exploitation sera devisée en deux aires d'irrigation ; localisé pour les arbres fruitiers et pour les cultures maraîchères et les céréales par aspersion.

Tableau I-1 : Délimitation du périmètre

	commune	Daïra	wilaya	superficies	Coordonnées			Nature juridique
					X	Y	Z	
Le périmètre du Chellala	Chellala	Chellala	El Bayadh	100ha	255500.00	273802.00	1098.02	Terre privé de d'état
					256974.26	273615.19	1097.55	
					257386.17	275681.11	1107.35	
					255462.84	275287.42	1094.18	

Source: (DRE) ElBayad

I -3) Climatologie

La production agricole est sous la dépendance étroite du climat, de ces caractéristiques moyennes ainsi que de ces fluctuations saisonnières et quotidiennes et de ces extrêmes.

En absence d'une station au niveau de la commune de Chellala, les caractéristiques climatiques seront appréciées sur la base des données de celle d' El Bayadh située à une altitude de 1305 m et à la latitude de 1° 00' Est, pratiquement sur la même latitude et altitude et la plus proche de la zone d'étude.

I-3-1) Précipitations moyenne :

Tableau I-2: Répartition mensuelle des pluies moyenne

Pluvio	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Anne
Valeur	25.0	30.8	29	13	7,3	12,8	26.4	22.9	14,3	08,5	3	7.1	261

Source: (DRE) ElBayadh

La région enregistre en moyenne 261 mm de précipitations par année, mesurées au niveau de la station d'El Bayadh.

Les précipitations annuelles sont insuffisantes (à peine 261mm) et la zone d'étude se classe comme zone aride par excellence.

I-3-2) Température de l'air :

La température est un facteur du climat très important, car elle conditionne l'évapotranspiration

Les températures dans la zone d'étude sont données par le tableau ci-dessous

Tableau I-3: Température moyenne mensuelle

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
T_{min}(°c)	2.16	4.71	7.63	10.22	15.44	20.37	23.86	23.74	18.98	14	8.51	4.47
T_{max}(°c)	12.	15.87	18.03	22.13	28.13	33.32	36.6	31.56	31.56	24.75	18.7	14.2
T_{moy} (°c)	7.16	10.29	12.83	16.18	21.79	26.85	30.66	27.65	25.27	19.38	13.6	9.33

Source: (DRE) ElBayadh

Avec T_{\min} : moyenne de tous les minima observés pour chaque mois.

T_{\max} : moyenne de tous les maxima observés pour chaque mois

T_{moy} : moyenne mensuelle

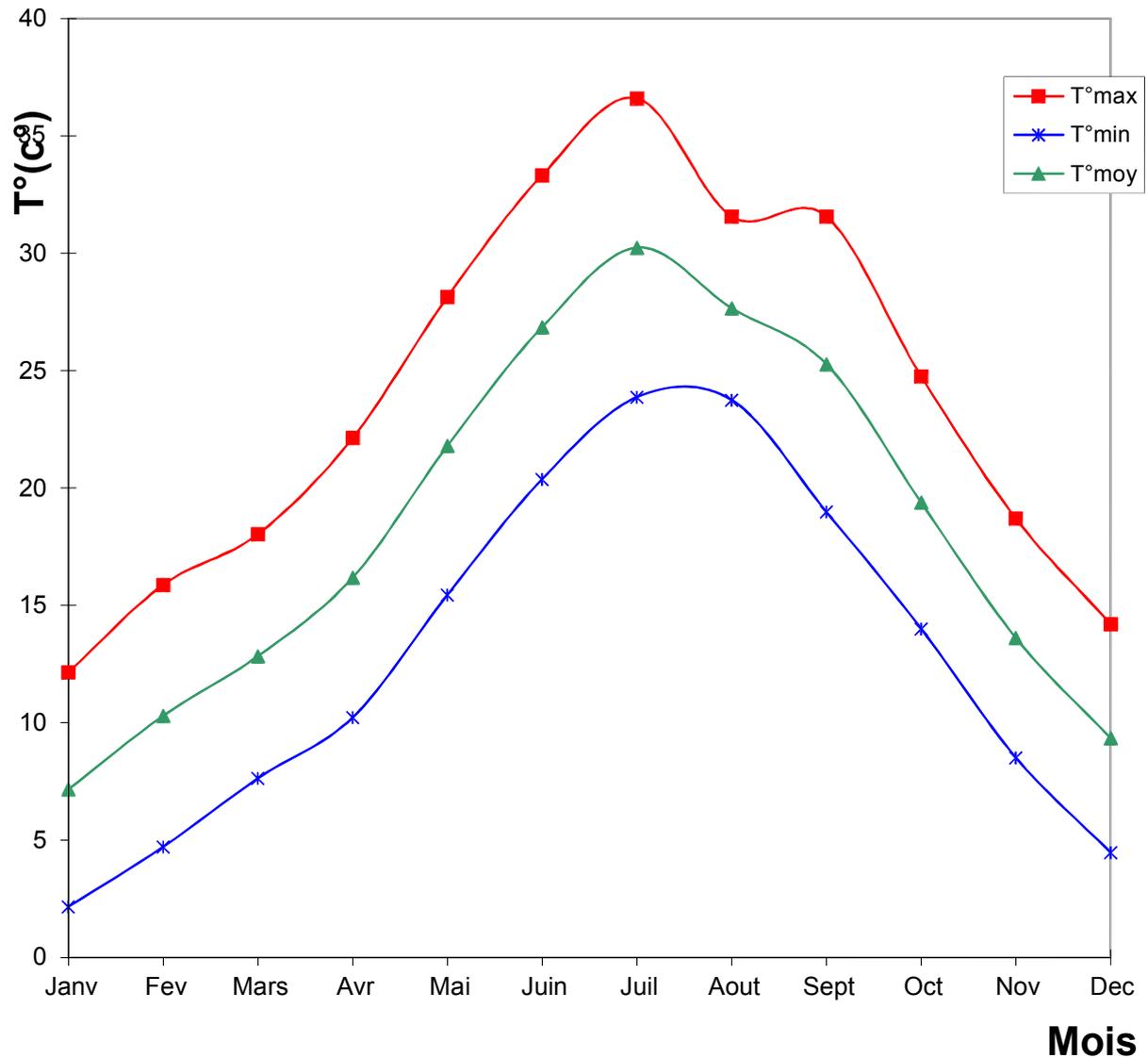


Fig. I-1 : Graphes des températures de la station d'ELBAYADH

Les températures moyennes mensuelles ne semblent pas très excessives pour cette région, il en est même pour les fluctuations.

I-3-2) L'Humidité relative :

Il est à noter que l'humidité relative est un élément climatique très important dans le cycle hydrologique contrôlant entre autre l'évaporation du sol et le couvert végétal.

Les valeurs annuelles de l'humidité relative de l'air dans la région de Challala atteint 50% à 7 heures et 28% à 13 heures et 34% à 18 heures. Les valeurs mensuelles les plus basse ont été traitée de 14% à midi.

De novembre à mars, l'air est humide le matin et plus sec durant la journée, les minimums sont indiqués en juillet et août, traduisant un caractère de sécheresse estivale.

Tableau I-4 : Moyenne mensuelle de l'humidité relative

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Hr(%)	58	52	45	42	43	30	23	27	39	53	66	63

Soce:ONM

I-3-3) Le vent :

Le vent est un facteur de climat qui a deux actions :

- ❖ Une action physique accentue la transpiration des végétaux, ce qui produit une chute des rendements dans le cas ou l'irrigation est faible.
- ❖ Une action mécanique destructive, car elle provoque les déformations des végétaux, l'érosion du sols qui transporte des matériaux.

Tableau I-5 : Vitesse du vent

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Moy (m/s)	4.4	3.8	5.2	3.6	4.7	4	3.2	4.2	4.2	4.4	3.1	3.2
Max (m/s)	32	28	32	31	27	26	23	29	31	29	28	29

Source:ONM

Les vents de direction ouest et sud-ouest sont prédominants, en termes d'intensité si les vitesses moyennes ne sont pas excessives, il y a lieu de tenir compte des vitesses maximales constituer un handicap, notamment en janvier, mars, avril et septembre ou les vitesses peuvent atteindre des pointes de 115km/heure.

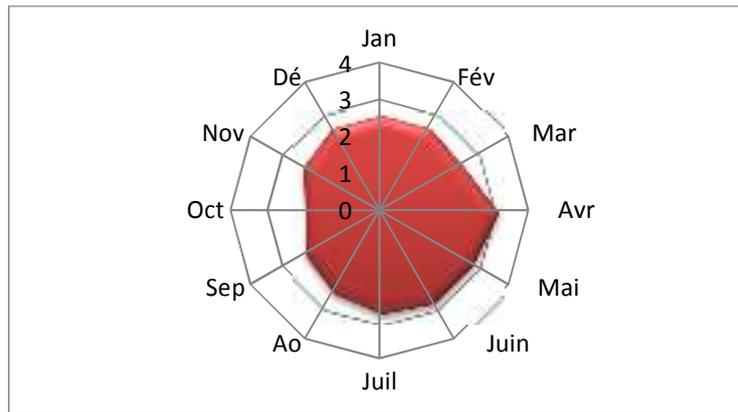


Fig. I-2: Valeurs moyennes de la vitesse du vent (m/s)

I-3-4) Sirocco :

Le sirocco est un vent chaud et sec, très fréquent sur l'atlas saharien et les haut plateaux Algérien, il souffle du secteur sud en toute saison il est assez rare en hiver.

Le maximum de fréquence atteint durant le mois de juin à septembre ; ces quatre mois coïncident avec une période de sécheresse.

Les conséquences de l'action du sirocco sont :

- ❖ Surélévation des températures.
- ❖ Augmentation de l'évaporation du sol.
- ❖ Augmentation de l'évapotranspiration du couvert végétal.
- ❖ L'érosion éolienne.

I-3-5) Insolation :

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol.

Les durées d'insolation moyenne en heures par jour varie de 11.2 au mois de juillet à 6 au mois de décembre, celle annuelle est de 3051 heures jugées assez élevée et contribue favorablement à la production de légumes en hiver.

Tableau I-6: Moyennes mensuelles de l'insolation

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Moy heure	192	182	233	258	300	330	347	313	264	245	201	186

Source: **ONM**

I-3-6) Gelée blanche :

La gelée est le chute de température pendant la fin de journée et la nuit qui transforme l'eau en glace cela influe considérablement sur les plantes et freiner la germination.

Tableau I-7 : Nombre moyen de jours de gelée

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année
Jours	7.3	1	0.8	0	0	0	0	0	0	0	1	2	12,1

Source: ONM

C'est durant les mois d'hiver qu'on enregistre l'essentiel des gelées avec plus de 09 jours sur un total de 12 jours, les gelées printanières ne sont pas fréquentes.

I-3-7) Les indices climatiques:

Le but de ce calcul c'est la détermination de type de climat et voir l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes. Ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels : pluviométrie et température.

Les indices les plus connus sont ceux d'E.MARTON (1926) et E.EMBERGER (1932)

I-3-7-1) L'indice d'aridité de MARTON :

Cet indice permet de préciser le degré de sécheresse de la région et par conséquent de renseigner sur la nécessité de l'irrigation.

$$I_A = \frac{P}{T + 10}$$

Avec : P : précipitation moyenne annuelles en (mm)

T : température moyenne annuelle en (°C)

I_A : indice d'aridité

Les limites des climats d'après l'indice climatique de MARTON sont donnée dans le tableau ci-dessous :

Tableau I-8: Classification de climat selon MARTON

Valeur d'IA	Type de climat	Irrigation
I _A < 5	Désertique	Indispensable
5 < I _A < 10	Très sec	Indispensable
10 < I _A < 20	Sec	Souvent Indispensable
20 < I _A < 30	Relativement humide	Parfois utile
I _A > 30	Humide	Inutile

Pour :

$$P = 261 \text{ mm}$$

$$T = 20.51^\circ\text{C}$$

$$I_A = \frac{261}{20.51+10} = 8.55$$

$I_A = 8.55$ donc $5 < I_A \leq 10$ d'où notre climat est très sec, alors l'irrigation est **indispensable**.

I-3-7-2) Quotient pluviométrique d'EMBERGER :

Cet indice à pour but la détermination de l'étage bioclimatique :

$$Q = \frac{2000P}{(M + m)(M - m)}$$

Où Q : coefficient pluviométrique **d'EMBERGER**

P : précipitation moyenne annuelle en (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (en °K)

m : moyenne des minima du mois le plus froid (en °K)

Pour:

$$P=261 \text{ mm} ; \quad M = 36.6^\circ\text{C} ; \quad m = 2.16^\circ\text{C}$$

$$\text{D'où } Q = 13.39$$

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique d'EMBERGER, (fig. I-4), et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre région se situe dans :

- L'étage bioclimatique : Aride
- Sous étage : Hiver tempéré.

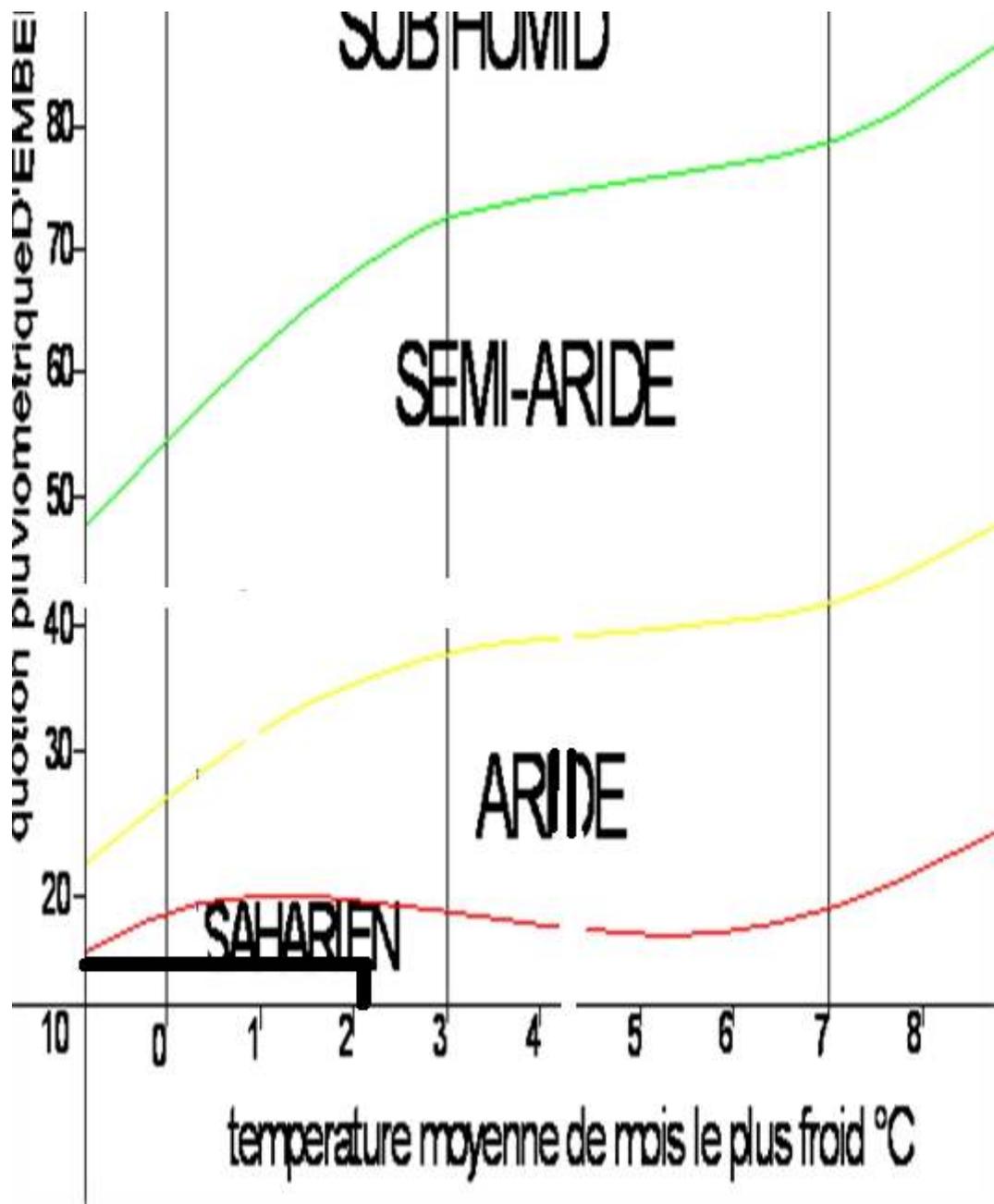


Fig. I-3 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

I-3-7-3) Climogramme pluvio-thermique de BAGNOULS ET GAUSSEN :

Ces deux auteurs considèrent qu'un mois est sec quand le total de la précipitation P en millimètre est inférieur au double de la température T , c'est-à-dire quand le rapport $P/T < 2$ ou $P < 2 T$ (BAGNOULS G. et GAUSSEN H. 1953).

Le diagramme ombrothermique permet la détermination de la période sèche.

Sur le diagramme sont reportés :

- En abscisses : les mois de l'année.

- En ordonnées : les températures mensuelles d'un côté, et les précipitations moyennes mensuelles à une échelle double de celle des températures de l'autre.

Le graphe est construit en mettant en abscisse les mois et en ordonné les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies dont l'échelle est égale à la moitié de celle des précipitations. (Voir Fig I-4)

cette période correspond d'après le graphe toutes l'année. En cette période l'irrigation est nécessaire.

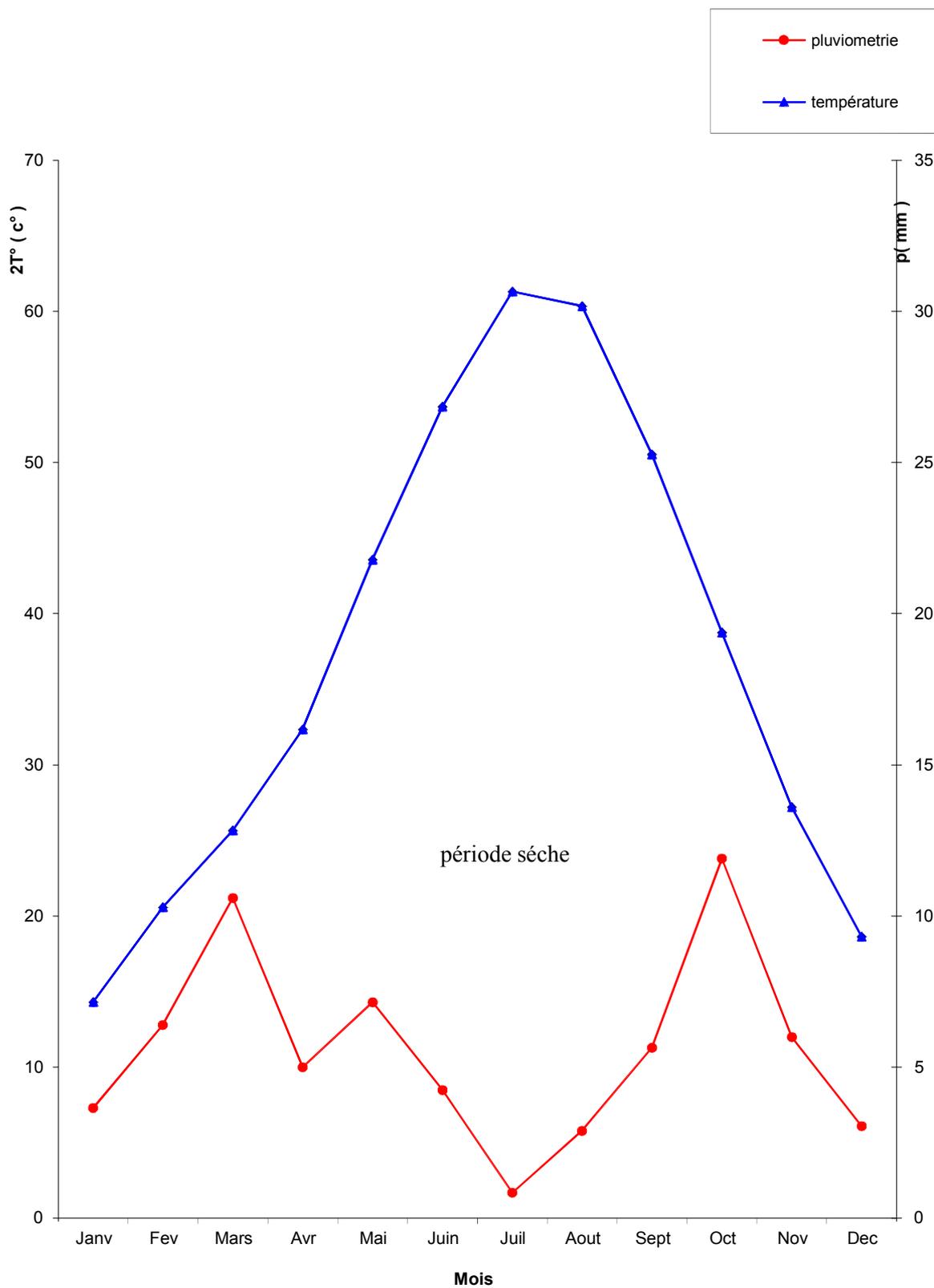


Fig. I-4: Diagramme Ombrothermique de Gausse

Conclusion

Le diagramme ombrothermique détermine la dissociation d' une seul saison sèche qui est la période d'irrigation (voir fig I-4).

Cette étude a confirmé que la région est à climat très sec. L'irrigation est donc indispensable.

I-4) Etude pédologique :

Les propriétés physiques du sol sont liées à deux notions fondamentales la texture et la structure.

I-4-1) Texture:

La texture d'un sol, soit la répartition de la taille de ses éléments constitutifs, est caractérisée par une courbe granulométrique. Cette courbe représente, en fonction du diamètre apparent, les proportions pondérales d'éléments de tailles inférieures et s'obtient en appliquant successivement diverses techniques de séparation (tamisage, sédimentation ...) à un échantillon de sol.[1]

I-4-2) Structure:

La structure d'un sol peut être appréhendée sous l'angle du mode d'arrangement de ses particules élémentaires ou, de façon plus quantitative, par le réseau d'espaces lacunaires issus de cet arrangement.

L'état de structure est contrôlée par la porosité, qui est le rapport du volume des vides du sol et le volume total, exprimé en % .elle dépend de la texture des sols, et est déterminée par la formule suivante :

$$P = \frac{D - D_a}{D} .100 \quad \text{dont : } D : \text{densité réelle et } D_a: \text{densité apparente}$$

La connaissance et l'analyse des unités pédologiques qui composent la zone d'étude constituent une étape charnière de l'étude pédologique car elle fournit un diagnostic détaillé des différents constituants du sol, met en lumière toutes les contraintes possibles et susceptibles de limiter le type d'utilisation des terres et détermine avec d'autres facteurs du milieu (climat, topographie) l'aptitude culturale du sol.

La prospection pédologique sur la zone d'étude est de procéder à la prise d'échantillons pour analyse au laboratoire.

L'objectif de l'étude de sol est d'apprécier les potentialités des terres vis-à-vis de l'irrigation en fournissant les données fondamentales caractérisant les relations entre le sol, l'eau et la plante, qui conditionnent la conduite et l'organisation des apports d'eau.[1]

I-4-3) les facteurs pédo génétiques :

- le climat
- le matériau parental : roches gréseuses
- le relief : plat avec une pente pratiquement nulle.
- la végétation : presque nulle.

-le climat reste le facteur déterminant de l'évolution de ces sols qui sont caractérisé par les fortes évaporation et l'action des vents.[1]

I-4-4) caractéristiques des sols :

Ce sont des sols azonaux dont le non développement n'est pas lié au climat mais à un facteur stationner est l'apport éolien. Il a été distingué dans la zone d'études un groupe des sols minéraux d'apport éolien, dans ce groupe la pédogenèse est toujours entravée par la dynamique de l'érosion éolienne qui rajeunit constamment. Donc les sols de la zone d'étude sont peu évolués d'apport alluvial qui se caractérise par :

- une profondeur supérieure à 01 metre.
- une couleur rouge brune
- aucune charge caillouteuse constatée.
- la texture est sablo limoneuse
- une faible perméabilité 2,4 à3, 1cm/h
- pauvre en matière organique
- un PH à tendance basique
- une densité apparente avoisine de 1,6.
- une très faible pente 0.3%.

Ce sont des sols faiblement salins (C.E=3.45 mmho) avec une capacité d'échange cationique moyenne (C.E.C=3.78meq/l). Cependant la présence d'un horizon drainant (sablonneux) en profondeur (+80cm) permet une bonne gestion hydrodynamique de ces sols.[1]

Tableau I-9 : résultats d'analyses de l'échantillon de sol

Echantillon	Granulométrie					texture	Calcaire		PH	Salinité	T Meq /100 g
	argile	limon		Sable			%				
		fin	grossiers	Fin	grossiers		total	actif			
chellala	4.79	19.29	0.47	41.16	34.29	grossière	16.13	6	8.82	6.67	13.95

Source (ANRH)D'ELBAYADH

I-4-4-1) Interprétation et valeur agronomiques de ces sols :

Ces sols développés, constamment rajeunis par l'érosion éolienne présente un profil AC. L'horizon A de surface non humifère présente un très faible taux de matière organique, un PH légèrement alcalin et un taux de calcaire actif moyen (6%). Les principales contraintes de ces sols résident principalement dans leur sensibilité à l'érosion, leur texture légère et dans un degré moindre dans l'absence de matière organique. Ces sols qui sont constitués essentiellement de sable et de l'absence des colloïdes, doivent faire l'objet d'une fertilisation minérale hydroponique, le sol n'est qu'un support et les éléments chimiques seront apportés.[1]

I-4-5) Analyse synthétique des contraintes et conseils de mise en valeur :

La présente synthèse reprend les grandes caractéristiques de la couverture pédologique de la zone d'étude. Elle s'articule autour des points relatifs aux grands contraintes et les possibilités de mise en valeur et basée essentiellement sur les caractéristiques suivantes :

I-4-5-1) la profondeur :

dans notre cas aucune contrainte parce qu'il s'agit d'un sol profond (+120cm).

I-4-5-2) la texture et la structure :

Dans notre cas cette mesure est peu favorable à cause de la domination du sable (la texture est sableuse) par rapport aux autres éléments et par conséquent l'infiltration est bonne.

I-4-5-3 le calcaire :

la teneur en calcaire total (actif et inactif) permettra de préciser le type de sol et de connaître les réserves en carbonates de calcium (Ca CO_3) du sol. Si cette teneur dépasse 5% il est indispensable de procéder à la détermination du calcaire actif pour évaluer les risques de chlorose. La teneur en calcaire actif du sol de la zone d'étude égale 6%, ce taux ne présente aucune contrainte et toutes les cultures conviennent dans les sols ayant un taux inférieur à 7%..[1]

I-4-5-4)Eléments fertilisants majeurs :

La couverture pédologique prospectée est pauvre en éléments nutritifs notamment en phosphore et en azote. Une mise en culture en irrigué dans ces sols nécessite une augmentation du taux de matière organique surtout dans ce genre de milieu ou la minéralisation est rapide et l'humification peut être bloquée à un stade précoce correspondant aux acides fulviques et aux humines résiduelles de ces sols.[1]

I-5) Qualité de l'eau d'irrigation :

La zone d'étude est irriguée a partir de champ de captage contient deux forages ; chaque forage est de débit égale à 50l/s . pour remplir un réservoir de1000m³ de capacité, les caractéristiques de l'eau d'irrigation physiques et chimiques sont résumée dans le tableau suivant :

Tableau I-10 : Qualité de l'eau de la nappe captive de Chellala (ANRH)

Paramètres	Moyenne
Conductivité en mmhos / cm	0.20
PH	7,16
CL ⁻ en mg/l	29
Na ⁺ en mg/l	51
Ca ⁺⁺ en mg/l	45
Mg ⁺⁺ en mg/l	39
K ⁺ en mg/l	5
SO ₄ ²⁻ en mg/l	119
HCO ₃ en mg/l	0
NO ₃ ⁻ en mg/l	11

Pour l'ensemble des paramètres analysés ici, on remarque que selon les normes de la FAO pour la classification des eaux d'irrigation applicables dans la majorité des aménagements hydro agricoles des régions arides et semi-arides, leurs valeurs moyennes correspondent à des valeurs de classes de restriction d'utilisation faibles à modérées ; ne causant pas de préjudice aux cultures. Mais pour le pH, quelques problèmes relatifs à la précipitation du calcium qui peut entraîner des incrustations sont prévisibles.[1]

I-5-1) 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. On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique

Tableau I-11 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux
C1	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevée
C4	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevée

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 du forage prévue pour l'irrigation du périmètre étudié a une conductivité électrique moyenne $CE = 0,20 \text{ mmhos/cm}$

I-5-2) 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 de défloculation. Pour apprécier le risque alcalin, on compare donc la concentration en ions Na^+ et celle en ions Ca^{++} et Mg^{++} . Trois classes de danger d'alcalinisation ont été définies en relation avec le risque salin.

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad SAR=7.87$$

Tableau I-12 : Classification des eaux en fonction de SAR

Classe	S.A.R.	Danger
S1	$SAR \leq 10$	Risque faible
S2	$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé

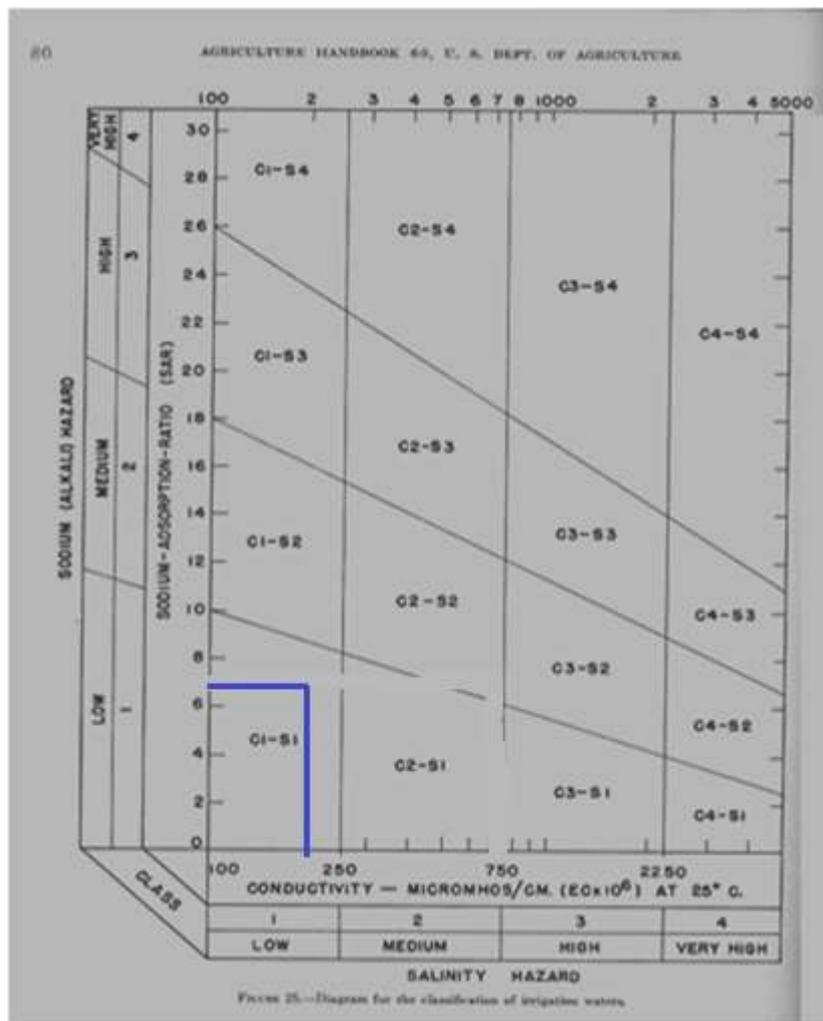


Fig.I-5 : diagramme de classification de l'eau d'irrigation

On se réfère au diagramme de classification des eaux d'irrigation (Fig I-5). On peut

affirmer que notre eau est caractérisée par une salinité faible avec un risque d'alcalinité moyen aussi, c'est pour ça on le retrouve dans l'intervalle (C1-S1), ce qui montre que la qualité de ces eaux est acceptable dans le domaine d'irrigation.[1]

Conclusion :

D'après les analyses des conditions climatiques on conclut que ce climat a saison thermique froid et chaud, concentrées sur la partie froid de l'année alors que la saison d'été est sèche.

La saison froide s'étale du mois d'octobre au mois d'avril alors que la période chaude du mois mai au mois septembre.

La pluviométrie de la zone est autour de 261mm/année ; elle est faiblement ventée du fait de son relief et sa situation côtière.

Introduction:

Le présent chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, tels que : le calcul des besoins des cultures à projeter dans le périmètre , ainsi que : le dimensionnement de réseau de distribution.

Dans ce chapitre on a l'objectif de calculer l'année sèche de probabilité de 80%.

II-1) Réseau pluviométrique :

La région d'étude dispose d'une station pluviométrique gérée par l'Agence Nationale des Ressources en Hydraulique (ANRH) de ELABIADH SID ECHAE

Le tableau II-1, décrit la position de cette station.

Tableau II-1 : Caractéristiques de la station pluviométrique

Nom de la station	Code	Coordonnées		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
		longitude	latitude			
ElBayadh	130339	1° 00 E	33° 40 N	1305	1977/2012	35

Source :ANRH

Les pluies mensuelles de la station pluviométrique El-Bayad sont données dans le tableau suivant :

TableauII-2: serie des pluies (station ELBayadh)

annees	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout	Pannuel
1977/78	0.0	11.7	3.5	2.8	18.8	9.7	7.0	4.3	14.0	17.0	1.5	1.2	167.5
1978/79	22.4	5.4	5.9	5.5	4.4	5.8	24.2	5.4	9.5	1.2	0.0	0.5	234.8
1979/80	14.5	2.5	21.8	8.7	2.0	5.7	10.7	31.0	0.0	18.0	0.0	23.9	281.0
1980/81	24.0	3.0	0.1	7.0	21.7	20.3	11.6	21.6	18.5	1.3	2.1	0.8	295.8
1981/82	5.7	10.7	33.8	4.9	0.0	2.4	2.3	2.3	32.1	5.0	3.5	5.7	209.7
1982/83	8.4	7.0	2.4	3.3	18.1	4.1	15.7	1.3	11.2	10.5	1.0	4.2	165.9
1983/84	4.0	9.2	14.8	2.7	7.8	8.3	4.7	0.4	11.8	3.6	1.2	6.6	189.7
1984/85	12.7	17.0	0.7	12.8	4.3	6.5	53.8	10.9	25.6	2.4	4.7	4.0	344.9

1985/86	26.7	18.9	11.5	8.9	6.7	8.7	11.7	7.9	4.5	16.5	8.5	1.9	279.0
1986/87	1.4	6.5	13.8	9.0	19.8	13.6	10.6	6.2	6.4	16.0	2.0	6.0	220.4
1987/88	4.0	36.4	3.8	5.3	4.1	2.3	13.2	12.4	1.2	23.4	4.0	6.7	237.9
1988/89	7.2	20.7	9.1	5.6	19.9	0.2	14.9	11.8	15.5	8.7	1.1	7.2	298.9
1989/90	2.2	12.2	7.4	10.8	4.8	11.6	28.9	12.1	28.6	5.4	1.3	5.1	312.4
1990/91	5.6	51.5	1.6	10.0	8.4	8.7	12.1	19.0	25.2	4.1	7.9	4.4	379.3
1991/92	10.7	0.3	9.7	4.0	1.8	7.5	18.3	4.7	14.5	42.8	5.4	18.4	235.3
1992/93	6.4	11.1	12.8	5.6	4.3	8.6	18.8	2.6	1.1	5.5	0.7	2.2	157.8
1993/94	22.6	13.4	5.6	1.5	5.7	14.5	16.6	7.6	4.6	18.9	0.8	14.0	306.0
1994/95	17.9	8.2	1.7	20.0	6.9	8.2	28.4	19.0	1.4	28.5	3.0	0.5	391.8
1995/96	38.5	0.7	0.0	6.2	12.8	0.6	2.6	11.0	5.0	0.0	3.7	18.3	276.8
1996/97	12.9	11.7	9.5	26.0	4.5	4.3	3.5	10.4	14.1	3.5	0.9	0.8	252.9
1997/98	2.5	3.3	1.5	2.5	24.2	12.3	12.9	2.6	0.0	0.3	0.2	0.8	175.2
1998/99	24.9	5.6	16.8	70.4	0.0	0.0	4.1	5.7	8.3	5.5	12.4	11.0	164.7
1999/00	24.5	22.6	22.9	7.2	20.5	8.4	3.7	8.1	4.4	0.5	0.7	18.5	142.0
2000/01	5.0	11.0	6.0	20.0	22.0	12.0	2.0	11.0	7.0	1.0	1.0	15.0	220.0
2001/02	10.0	26.0	53.0	21.0	1.0	7.0	20.0	47.0	5.0	2.0	1.0	28.0	401.0
2002/03	1.5	38.4	29.6	15.0	3.6	5.3	0.9	11.1	4.6	12.0	0.3	4.2	282.5
2003/04	3.9	4.3	9.1	10.3	2.1	12.6	25.8	22.3	32.5	10.5	2.2	6.4	258.1
2004/05	42.2	43.5	28.6	11.2	2.3	5.9	9.4	0.8	1.7	15.8	8.5	10.1	291.5
2005/06	9.7	0.0	24.5	25.2	32.3	41.3	1.4	15.5	45.8	14.8	2.6	2.6	334.1
2006/07	8.1	11.7	5.3	3.0	1.1	6.3	8.5	32.1	8.5	19.8	10.6	9.5	193.2
2007/08	19.0	12.8	17.0	31.5	5.4	11.9	13.2	0.3	19.5	16.5	2.1	6.4	241.3
2008/09	47.7	1.0	11.0	6.3	29.6	17.5	38.1	17.8	1.4	4.1	4.1	6.5	310.2
2009/10	22.5	34.1	4.5	11.5	14.3	32.0	13.0	14.3	31.8	6.1	0.5	16.3	311.1
2010/11	28.8	54.7	42.3	24.4	6.5	8.3	11.5	12.6	22.8	21.7	3.4	8.8	380.7
2011/12	25.0	30.8	29	13	7.3	12.8	26.4	22.9	14.3	8.5	3	7.1	200.1

Source (ANRH)

Au vu du tableau II-2 la répartition des précipitations est irrégulière et variable suivant les mois et les années.

L'étude de la série s'effectue par le logiciel de l'Hyfran, ainsi que son diagramme de dispersion et son traitement. Le logiciel fait son ajustement aux lois théoriques (log normale et normale)

II-2) Homogénéité de la série pluviométrique :

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

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode 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 $N_1 < N_2$

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

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

Avec :

$$W_{\min} < W_x < W_{\max}$$

$$W_x = \left| \text{Rang} \right|_x$$

W_x : Somme des rangs de sous séries

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

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

Le tableau II-3 détaille le procédé de Test d'homogénéité pour la station

Tableau II-3 : teste de wilcoxon

Rang	Série d'origine P (mm)	Série x (mm)	Série y (mm)	TRI (mm)	x union y
1	167.5	167.5	306.0	401.0	y
2	234.8	234.8	391.8	391.8	y
3	281.0	281.0	276.8	380.7	y
4	295.8	295.8	252.9	379.3	x
5	209.7	209.7	175.2	344.9	x
6	165.9	165.9	164.7	334.2	y
7	189.7	189.7	142.0	312.4	x
8	344.9	344.9	220.0	311.1	y
9	279.0	279.0	401.0	310.2	y
10	220.4	220.4	282.5	306.0	y
11	237.9	237.9	258.1	298.9	x
12	298.9	298.9	291.5	295.8	x
13	312.4	312.4	334.1	291.8	y
14	379.3	379.3	193.2	282.5	y
15	235.3	235.3	241.3	281.0	x
16	157.8	157.8	310.2	279.0	x
17	306.0		311.1	276.8	x
18	391.8		380.7	258.1	y

19	276.8		200.1	252.9	y
20	252.9			241.3	y
21	175.2			235.3	x
22	164.7			234.8	y
23	142.0			220.4	x
24	220.0			220.0	y
25	401.0			209.7	x
26	282.5			209.7	x
27	258.1			200.1	y
28	291.5			193.2	y
29	334.1			189.7	x
30	193.2			175.2	y
31	241.3			167.5	x
32	310.2			165.9	x
33	311.1			164.7	y
34	380.7			157.8	x
35	200.1			4142	y

$$W_x = 308$$

$$W_{\min} = 228.31$$

$$W_{\max} = 347.69$$

$$270 < W_x < 347.69$$

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

II-3) Etude de l'échantillon et choix du type de loi :

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes

- Loi de Gauss ou loi Normale
- Loi de Galton ou loi log –Normale

II-3-1) Traitement des données :

La simulation des apports annuels avec le logiciel **HYFRAN** nous donne les résultats suivants :

Station d' ELBayadh

Statistiques de base

Nombre d'observations : 35

Minimum 142

Maximum 401

Moyenne 261

Ecart-type 71.3

Médiane 258

Coefficient de variation (Cv) 0.273

Coefficient d'asymétrie (Cs) 0.225

Coefficient d'aplatissement (Ck) 2.06

II-3-2)-Ajustement de la série pluviométrique :

On soumet la série pluviométrique annuelle de la station aux ajustements à la loi log-normale et la loi normal.

II-3-2-1) Ajustement à la loi log-Normale :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station d'EL ELBAYADH sont regroupés dans le tableau II-4 et la figure II-1.

Tableau II-4: Ajustement à une loi log-normale

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
2000.0	0.9995	637	78.0	527	911
1000.0	0.9990	602	69.9	484	790
200.0	0.9950	521	52.2	465	739
100.0	0.9900	485	45.1	418	623
50.0	0.9800	449	38.2	397	574
20.0	0.9500	400	29.6	374	524
10.0	0.9000	361	23.4	342	458
5.0	0.8000	319	17.8	315	407
3.0	0.6667	284	14.2	284	354
2.0	0.5000	252	12.0	256	312
1.4286	0.3000	217	11.1	228	275
1.2500	0.2000	198	11.1	195	239
1.1111	0.1000	175	11.4	177	220
1.0526	0.0500	158	11.7	153	197
1.0204	0.0200	141	12.0	135	181
1.0101	0.0100	130	12.1	117	164
1.0050	0.0050	122	12.2	107	154
1.0010	0.0010	105	12.2	97.7	145
1.0005	0.0005	99.4	12.2	81.2	129
1.0001	0.0001	88.0	12.0	75.5	123

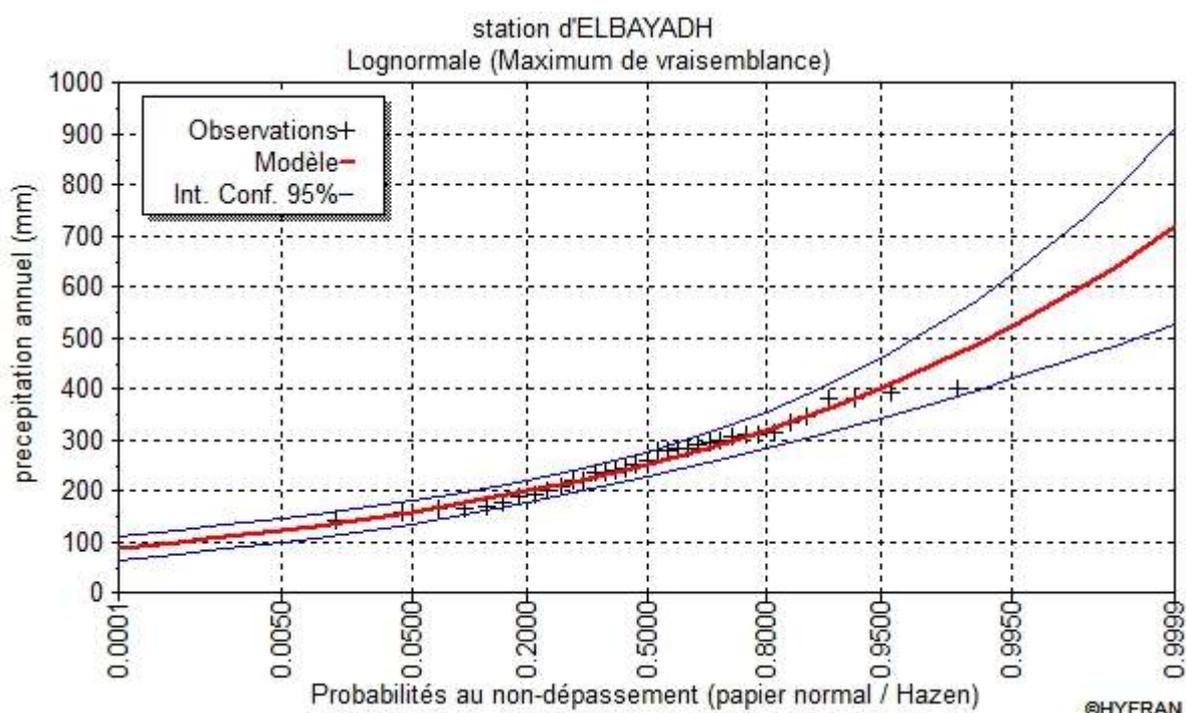


Fig. II-1 : Ajustement à une loi log-normale

II-3-2-2) Ajustement à la loi Normale :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station d'ELBAYADH sont regroupés dans le tableau II-5 et la figure II-2.

Tableau II-5 : Ajustement à une loi normale

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000.0	0.9999	526	34.4	459	594
2000.0	0.9995	496	30.9	435	557
1000.0	0.9990	482	29.3	424	539
200.0	0.9950	445	25.3	395	495
100.0	0.9900	427	23.5	381	473
50.0	0.9800	408	21.5	366	450
20.0	0.9500	379	18.6	342	415
10.0	0.9000	353	16.4	321	385
5.0	0.8000	321	14.1	294	349
3.0	0.6667	292	12.6	267	317
2.0	0.5000	261	12.1	238	285
1.4286	0.3000	224	12.9	199	249

1.2500	0.2000	201	14.1	174	229
1.1111	0.1000	170	16.4	138	202
1.0526	0.0500	144	18.6	107	180
1.0204	0.0200	115	21.5	72.6	157
1.0101	0.0100	95.3	23.5	49.3	141
1.0050	0.0050	77.5	25.3	27.8	127
1.0010	0.0010	40.8	29.3	-16.7	98.3

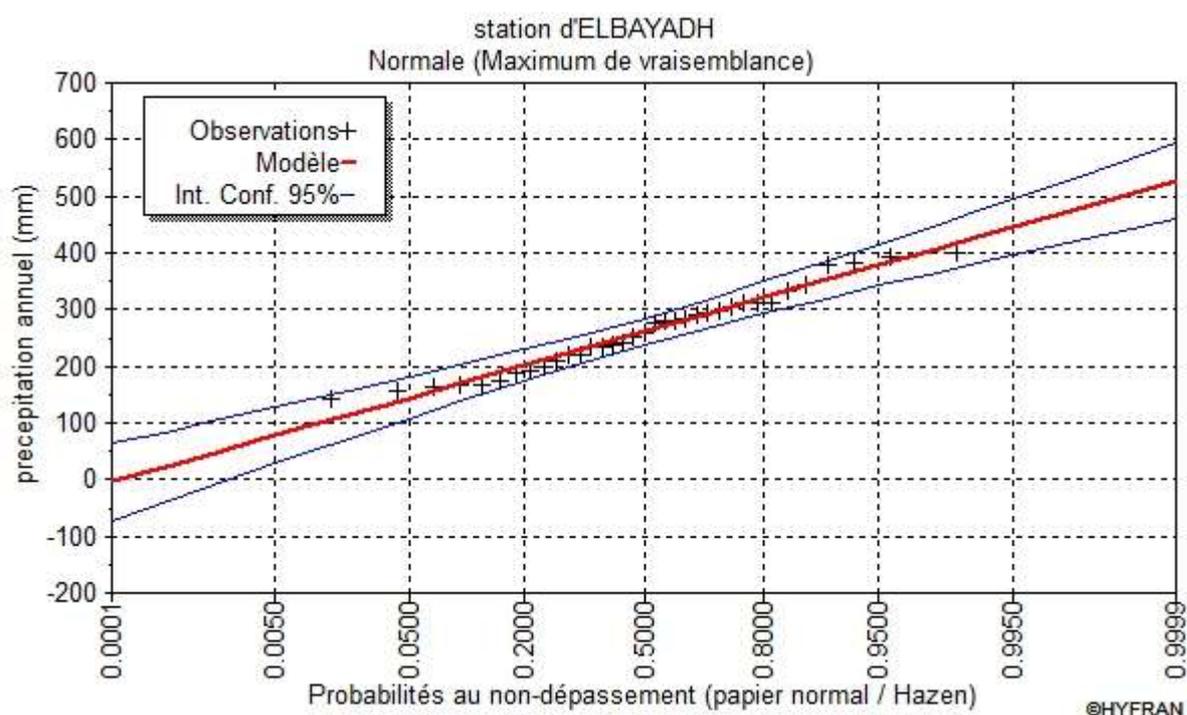


Fig. II-2 : Ajustement à une loi normale

II-3-3) Test de validité d'un ajustement :

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré " χ^2 "

II-3-3-1) Test de validité d'ajustement à la loi LOG- Normale :

Station d'ELBAYADHest d'adéquation : Loi log-Normale

H1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Log-normale

Résultats

Khi carré = 5

Probabilité $p = 0.419$;

Degrés de liberté : 5

Nombre des classes 8

II-3-3-2) Test de validité d'ajustement à la loi Normale :

Station d'ELBAYADH est d'adéquation : Loi Normale

Test d'adéquation

Normale(Maximum de vraisemblance)

Hypothèses

H0 : L'échantillon provient d'une loi Normale

H1 : L'échantillon ne provient pas d'une loi Normale

Résultats

Khi carré = 1.34

p-value $p = 0.9305$

Degrés de liberté : 5

Nombre des classes 8

Conclusion

Nous pouvons accepter H0 au niveau de signification de 5 %

Remarque :

On fait une comparaison graphique entre la loi log-normal et la loi normal pour utiliser l'ajustement de la résultat la plus efficace dans le calcul de l'année sèche, les résultats dans la figure suivante :

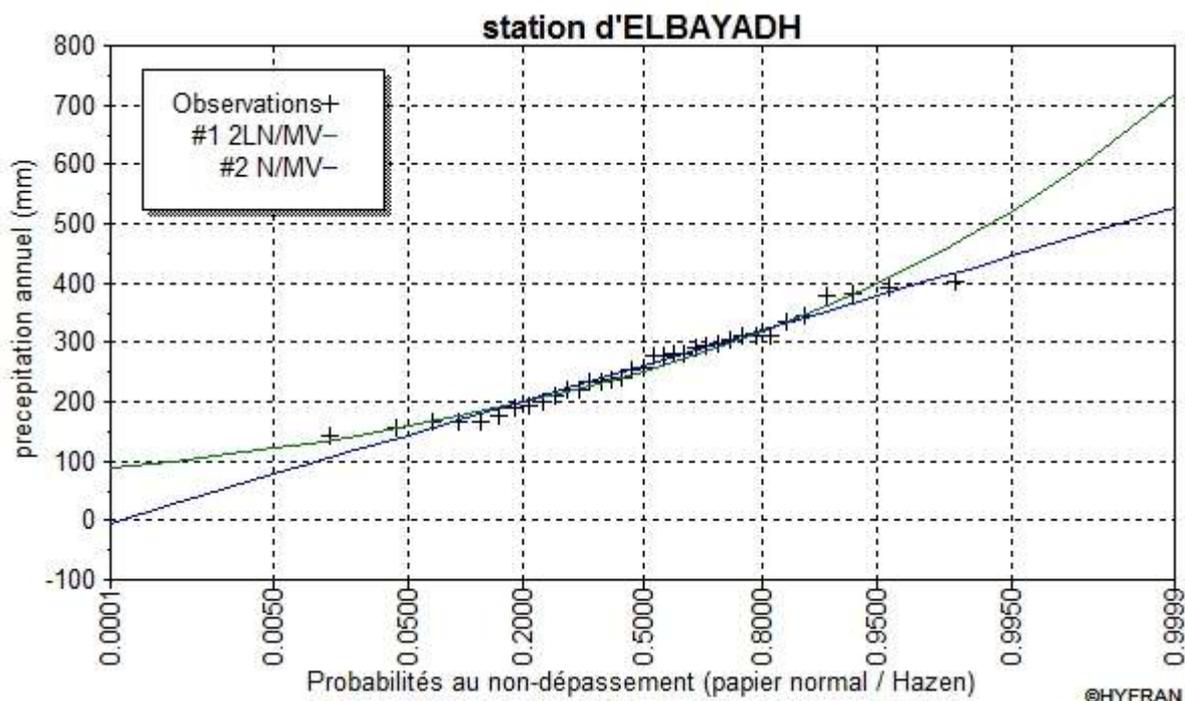


Fig. II-3 : comparaison graphique entre la loi log-normal et la loi normale

Conclusion :

Le test de Khi carré et la figure II-3 montrent que le résultat est le même pour les deux lois (loi Normale et la loi de Log-Normale) pour une probabilité de $P_{80\%}$.

Alors, on choisit la loi Normale pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région

$$P_{\text{moy } 20\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \frac{P_{\text{théorique (20\%) annuelle}}}{P_{\text{théorique (50\%) annuelle}}}$$

$$\text{On a : } P_{\text{théorique}(20\%)} = 200 \text{ mm}$$

$$P_{\text{théorique}(50\%)} = 261 \text{ mm}$$

Les précipitation moyenne de chaque mois existant dans le tableau ci dessous

Tableau II-6 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm

Mois	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout
P _{moy} mm/mois	14,94	15,94	13,44	12,37	9,97	9,86	14,29	12,17	12,92	10,61	3,02	8,10

$$P_{\text{moy } 20\%} = \frac{200}{261} P_{\text{moy .mensuelle}} = 0.76 P_{\text{moy .menseulle}}$$

Alors les résultats de l'année de calcul reprisent dans le tableau suivant :

Tableau II-7 : les valeurs de P_{moy 20 %}.

Mois	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout
P _{moy 20 %} mm	11.35	12.11	10.21	9.4	7.58	7.49	10.86	9.24	9.81	12,62	8.06	6.15

Conclusion :

D'après le calcul hydrologique, on a déterminée l'année de calcul donc on peut calculer les besoins des cultures.

Introduction :

La production agricole est sous la dépendance étroite du climat, de ces caractéristiques moyennes ainsi que ses fluctuations saisonnières et quotidiennes et de ces extrêmes.

L'eau représente un élément vital pour la vie des plantes, mais, paradoxalement, l'eau absorbée est rejetée à plus de 99% par les stomates dans l'air sous la forme de vapeur d'eau, une faible partie seulement maintient l'hydratation des cellules et une autre partie, plus faible encore, est utilisée pour la composition de la matière organique. L'évacuation de la vapeur d'eau par les stomates est appelée la transpiration ; elle représente une obligation physique dictée par la demande climatique, et est régulée par la présence des stomates dont l'ouverture est nécessaire pour la pénétration du gaz carbonique, élément important pour la photosynthèse.

Quand on passe à l'échelle d'un champ, la transpiration végétale ne représente pas la seule perte d'eau, car le sol aussi a sa propre évaporation ; Dans les conditions naturelles, chaque fois qu'il y a un couvert végétal plus ou moins continu, on utilise donc le terme d'évapotranspiration comme étant la consommation de l'eau d'un couvert végétal.[2]

III-1) Définition :

L'évapotranspiration se définit comme étant "la réponse de la végétation aux conditions climatiques naturelles en relation avec les propriétés physiologiques de la plante et ses ressources en eau".

III-2) L'évapotranspiration réelle :

En pratique, la détermination de l'évapotranspiration réelle (ETR) avec une précision suffisante est un problème commun à ceux qui, à titres divers (agronomes, hydrologues, météorologistes), s'occupent des problèmes de gestion des ressources en eau, des liaisons entre la consommation en eau et la production végétale (Bouchet et Robelin, 1969 ; Peuch et al., 1976) et la dépendance de cette ETR à l'égard des facteurs climatiques et des caractéristiques de régulation des couverts végétaux (Katerji et Perrier, 1983).

Déterminer les besoins en eau des cultures (ETR) revient dans la pratique à déterminer dans les conditions du champ le changement de l'eau dans le sol dans une période de temps. Cette méthode a été utilisée par les chercheurs pour longtemps en utilisant les échantillons

du sol et les analyses gravimétriques. Or la détermination de l'évapotranspiration réelle (ETR) par cette méthode est trop difficile.[2]

III-3) L'évapotranspiration de référence :

Pour faciliter la tâche et après plusieurs études, les chercheurs sont arrivés à déterminer les besoins en eau des cultures (ETR) par la correction de l'évapotranspiration potentielle (ET_o) d'une culture de référence, qui est normalement le gazon (le choix du gazon découle de plusieurs études), par un coefficient appelé "coefficient cultural" (k_c) en utilisant la formule suivante :

$$ET(\text{culture}) = K_c ET_o.$$

La détermination de l'ET_o peut être faite : soit directement à l'aide des lysimètres ou par l'intermédiaire des bacs évaporants ; soit indirectement à l'aide des formules.

Les lysimètres sont des réservoirs pleins de sol dans lesquels les plantes croissent dans des conditions normales soit les conditions du champ. Ils permettent de mesurer les quantités d'eau perdues par évaporation ou transpiration. Cette méthode demande des mesures directes et aide à reconnaître l'influence des conditions climatiques sur l'évapotranspiration du sol. Les conditions du sol dans les lysimètres doivent être les mêmes hors du lysimètres. Le lysimètres doit être entouré par la même végétation qu'il contient. Le lysimètres doit être au minimum à 100m du bord du champ.

Donc la détermination directe de l' ET_o est basée sur l'utilisation des lysimètres de différentes sortes semble poser des problèmes relatifs à la représentativité spatiale et la surveillance minutieuse du matériel pour s'assurer de la validité des résultats, ce qui fait que ce type de mesure est réservé uniquement aux centres de recherches.

Pour ceci on fait recours à la formule suivante :

$$ET_o = K_p \times E_{\text{bac}}$$

Avec

ET_o : est donne en mm/j,

E : bac désigne l'évaporation à partir du bac en mm/j et représente la valeur journalière moyenne sur la période considérée ;

K_p est le coefficient d'évaporation du bac.

Les bacs d'évaporation permettent de mesurer l'effet intégré du rayonnement, du vent, de la température et de l'humidité sur l'évaporation à partir d'une surface d'eau libre. Les végétaux réagissent d'une manière similaire aux mêmes variables climatiques, mais plusieurs facteurs importants peuvent entraîner des différences appréciables en ce qui concerne la perte d'eau. Le rayonnement que réfléchit un plan d'eau n'est que de 5 à 8 pour cent, tandis que pour la plupart des surfaces végétatives, il représente 20 à 25 pour cent du rayonnement solaire reçu. L'emménagement de chaleur dans le bac pendant le jour peut être appréciable et entraîner une répartition presque égale de l'évaporation entre la nuit et le jour alors que, pour la plupart des cultures, les pertes sur 24 heures se produisent à 95 pour cent et plus pendant les heures diurnes.

Par ailleurs, les pertes d'eau à partir de bacs et à partir du couvert végétal peuvent différer considérablement en raison de la variance de la turbulence de l'air immédiatement adjacent à ses surfaces.

En dépit de ces inconvénients, les bacs restent d'emploi sûr pour prévoir les besoins en eau des cultures. Pour établir la relation entre l'évaporation du bac et l'évapotranspiration de la culture de référence E_{To} , il est suggéré d'utiliser des coefficients dérivés empiriquement qui tiennent compte du climat, du type du bac et du milieu environnant. Parmi les divers types du bac, le bac utilisé était le bac de la classe A. Les coefficients du bac (K_p) reflètent l'effet du climat sur l'évaporation.[2]

III-4) Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence:

C'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau où le sol est à sa capacité de retentions, autrement dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration.

Donc pour mieux prédire l'évapotranspiration, on a introduit une valeur de référence que l'on définit comme étant le taux d' 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.

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence, les plus utilisées, sont :

- Méthodes des lysimètres.

- Méthodes des stations expérimentales
- Méthodes directes de l'évaporation.
- Méthodes empiriques.

En ce qui concerne les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul dont les principales sont :

- Prinstley- Taylor
- Makkink
- Turc
- Hargreaves
- Blaney – Cridle
- Thornthwaite
- Penman et Monteith modifiée.

En ce qui concerne notre étude, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel *CROPWAT* version 8, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de ***Penman et Monteith*** modifiée.

III-4-1) Méthode de PENMAN ET MONTEITH modifiée :

En Angleterre, précisément en 1948, A proposé une étude théorique de l'évapotranspiration en reliant inséparablement l'énergie solaire incidente. Cette formule est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prenne pas en considération l'effet de quelques paramètres météorologiques.

Les expériences ont montrés que la formule telle qu'elle est, s'applique mieux dans les régions humides, non loin de l'océan et essentiellement recouverte de végétation, que dans les zones arides ou semi-arides de faible humidité.

Pour cela, nous adaptons la nouvelle formule de ***Penman&Montheit*** modifiée, qui prenne en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent comptent des conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

L'expérience a montrée que l'expression obtenue, prédirait de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et fraîches comme en Angleterre, mais aussi dans des zones très chaude et semi-aride. La formule de **Penman&Montheit**, modifiée, se présentant comme suite :

$$ET_0 = C * [W * Rn + (1 - W) * F(u) * (ea - ed)]$$

Où:

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

W : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.

Rn : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/jour.

$F(u)$: Fonction liée au vent.

ea : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

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

La différence ($ea - ed$) constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.[2]

Dans le tableau **III-1** , nous représentons l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel **CROPWAT.0 8**, selon la formule de **Penman&Monteith**, modifiée.

Tableau III-1 : Les résultats de l'ET0 obtenir à l'aide du logiciel CROPWAT

Pays : Algérie				Station climatique : El-ElBayadh				
Altitude : 1341 m				Coordonnées : 36 LN				
Mois	Temp min °C	Temp max °C	Humidité relative %	Vent (m/s)	Insol (heurs/jour)	Radiation (MJ/m2j)	ET0 (mm/j)	ET0 (mm/ Mois)
J	2.2	12.2	58.0	4.4	6.4	10.8	2.4	74
Fe	4.7	15.9	52.0	3.8	6.1	12.6	3.14	88
M	7.6	18	45.0	5.2	7.8	17.5	4.65	144
A	10.2	22.1	42.0	3.6	8.6	21.2	5.35	161
Mai	15.4	22.1	43.0	4.7	10.0	24.6	6.37	197
Jun	20.3	33.3	30.0	4.0	11.0	26.4	8.96	269
Jlt	23.8	36.6	23.0	3.2	11.6	27.0	9.08	281
At	23.7	31.6	27.0	4.2	10.4	24.2	8.71	270.
Sep	19.0	31.6	39.0	4.2	8.8	19.7	7.17	215
O	14.0	24.8	53.0	4.4	8.2	15.9	4.78	148
N	8.5	18.8	66.0	3.1	6.7	11.6	2.49	75
D	4.5	14.2	63.0	3.2	6.2	9.9	2.03	63

III-5) Pluies efficaces (Pe) :

C'est la fraction des pluies totales réellement utilisée par la culture, elle dépend de la région concernée, de la nature de la pluie et du type de sol.

Plusieurs méthodes permettent de calculer ces pluies, mais ici nous retenons la méthode de pourcentage qui dit que :

Pluies efficaces (en mm/mois) = A. Pluies totales (mm/mois)

Avec : A : coefficient de correction est généralement égal à 0,8

Tableau III-2 : Les précipitations efficaces.

mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	total
P_{moy}	11.86	11.73	17.01	14.48	15.38	12.63	3.6	9.4	22.57	18.96	16	14.72	168.34
Pe	9.49	9.38	13.61	11.58	13.3	10.1	2.88	7.52	18.06	15.17	12.8	11.78	134.67

III-5) L'occupation des sols et le choix des cultures:

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturale dans le périmètre, en tenant compte des différentes contraintes (d'ordre climatique, social, agro-pédologique).

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

- 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 l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses conditions du périmètre d'étude périmètre de CHELLALA, nous avons tenu compte :

- De la vocation agro-alimentaire de la région.
- Du choix des services agricoles de la wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région.
- D'un aperçu sommaire sur les qualifications de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.
- Des disponibilités des moyens de production.

- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

Les cultures retenues doivent présenter une combinaison harmonieuse entre elles afin de bien conditionner la réussite technique et financière de notre système de culture. Pour notre périmètre les cultures qu'impose l'administration sont les suivants :

III-5-1) La céréaliculture:

La superficie cultivée en céréales est la plus importante, elle occupe 40% de la surface totale enquêtée et cultivée. Les agriculteurs pratiquent le plus souvent la culture d'orge, soit environ 80% de la surface emblavée. Le reste de la superficie est cultivée en ble dur. (Voir tableau III-3).

Les céréales qui constituent une denrée de large consommation, sont menées en extensif, en effet elles sont pratiquées en sec.

Les céréales sont cultivées en tête d'assolement, elles sont semées dès les premières pluies du mois d'octobre à novembre.

III-5-2) Arboriculture:

L'arboriculture fruitière est plus ou moins développée, elle a été diversifiée ces dernières années grâce au programme *FNRDA* (Fond National de Régulation et de Développement Agricole), les agriculteurs ont procédé à la création de nouveaux vergers des espèces à pépins à noyau, à la vigne et aux agrumes

L'occupation du sol par l'arboriculture toutes espèces confondues est de 40% .

Parmi les espèces fruitières rencontrées nous citons, : les rosacés sont les plus adéquats notamment ; le figue Prunier (*Prunus domestica*), Abricotier (*prunus armeneaca*), Pêcher (*prunus persica*), le pommier (*Malus communus*) , le grenadier (*punica granatum*) et l'Olivier.

III-5-3) Cultures maraîchères:

Les conditions climatiques de notre aire d'étude convient à une petite gamme d'espèces maraîchères, cependant les agriculteurs les cultivent sur des surfaces très réduites surtout pendant la période estivale où les besoins en eau des cultures sont importants et les ressources hydriques sont très limitées. Sur l'ensemble des exploitations enquêtées, 20% pratiquent le maraichage sur leur superficie soit 20 Ha au total. Ces cultures sont pratiquées généralement en plein champ.

Les cultures maraîchères de plein champ pratiquées sont : la pomme de terre, carotte, oignon, tomate.

L'importance de la culture de la pomme de terre est très développée dans l'aire d'étude utilisée à double fins la consommation

Tableau III-3: surface occupée par les différentes cultures.

Type des Cultures	Surface occupée (ha)
Céréales	40
Orge	40
Cultures maraichères	20
carotte	2
oignon	8
pomme de terre	10
Arboriculture	40
Abricotier	6
Figuier	7
grenadier	7
Olivier	20
surface total	100

Tableau III-4: Représentation de l'assolement choisi.

Culture		Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout	
Céréale	Orge			←—————→										
Cultures maraichères	carotte	—————→												←—————
	oignon						←—————→							
	Pomme de terre		—————→											←—————
Arboriculture	Figuier	←—————→												
	Abricotier	←—————→												
	grenadier	←—————→												
	Olivier	←—————→												

III-6) Détermination des Besoins en eau des cultures :

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique

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

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

ETM : évapotranspiration (mm / jour)

RFU : réserve facilement utilisable

III-6-1) les coefficient culturaux:

C'est le rapport de l'évaporation maximale d'une culture ETM à l'évaporation potentielle de référence ETo .Le coefficient cultural est fonction de la durée du cycle végétatif et date de semis.

$$K_c = ETM / ETo$$

Pour notre travail on a utilisé les abaques (annexe) pour déterminés Les besoins

Le coefficient cultural Kc des quelques cultures est donné par le tableau suivant :

Tableau III-5 : Le coefficient cultural Kc des quelques cultures

culture	jan	fev	mars	avr	mai	jui	juillet	aout	sept	oct	nov	dec
Orge	0.6	0.9	1.05	1.2	0.3						0.3	0.4
Pome de terre								0.46	0.96	1.06	1.36	0.5
oignon		0.7	0.87	1.00	1.00	0.7						
olivier	0.2	0.25	0.4	0.5	0.55	0.68	0.89	0.95	0.95	0.90	0.7	0.35
Arbres fruitiers	0.17	0.25	0.4	0.65	0.68	0.95	0.9	0.8	0.5	0.3	0.2	0.15

III-6-2) Calcule ETM (mm) de chaque culture :

$$ETM = Kc * ET_0$$

les résultats dans le tableau suivant

Tableau III-6 : calcule ETM(mm)

culture	jan	fev	mars	avr	mai	jui	juillet	aout	sept	oct	nov	dec
Orge	44.4	79. 2	151.2	193.2	59.1						22. 5	25.2
Pomme de terre								124. 2	206.4	156.8 8	102	31.5
oignon		61. 6	125.2 5	161	197	188.3						
olivier	14.8	22	57.6	80.5	108.3 5	182.9 2	250.0 9	256. 5	204.2 5	133.2	52. 5	22.0 5
Arbres fruitiers	12.5 8	22	57.6	104.6 5	133.9 6	255.5 5	252.9	216	107.5	44.4	15	9.45

III-6-3) Calcule de réserve facilement utilisée RFU :

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

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

Pour notre étude on utilise l'annex 3 de calcule de RFU en fonction de type de texture de sol ,la texture de sol de la zone étude sableux-limonaux c'est-à-dire sol grossier .

Alors on trouve que pour :

Arbres fruitiers 35mm/m ,l'orge 35mm/m, pomme de terre 30mm/m et l'oignon 35mm/m de profondeur

On représente les profondeur d'enracinement (Z(cm)) de chaque culture pendant le cycle végétatif dans le tableau suivant :

TableauIII-7 : les valeurs de profondeur d'enracinement (Z(cm))

culture	jan	fev	mars	avr	mai	jui	juillet	aout	sept	oct	nov	dec
Orge	25	40	65	85	100						5	15
Pomme de terre								5	17	31	42	48
oignon		5	15	27	35	42						
Arboriculture	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

Alors on peut calcule le RFU de chaque culture ,et les résultats représentent dans le tableau suivant :

TableauIII-8 : les valeurs de RFU en (mm) de chaque culture.

culture	jan	fev	mars	avr	mai	jui	juillet	aout	sept	oct	nov	dec
Orge	8.75	14	22.75	29.75	35						1.75	3.5
Pomme de terre								1.5	5.1	9.3	12.6	14.4
oignon		1.75	5.25	9.45	12.25	14.7						
Arboriculture	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5	52.5

Donc les besoins en eau de chaque culture dans le tableau s

Tableau III-9 : les besoins en eau des cultures B (mm)

culture	jan	fev	mars	avr	mai	jui	juillet	aout	sept	oct	nov	dec
Orge	34	69.8	137.6	181.6	0						8	13.4
Pomme de terre								115.2	188.3	141.7	89.2	19.7
oignon		47	111.6	149.4	183.7	178.2						
olivier	0	0	9.4	68.92	95.2	172.8	247.2	249	186.2	118	0	0
Arbres fruitiers	0	0	7.2	93.1	120.7	245.5	250	208.5	89.4	0	0	0
totale	34	116.8	265.8	493	399.6	596.5	497.2	572.7	463.9	259.7	97.2	33.1

Conclusion :

D’après le tableau de calcul des besoins en eau des cultures ;on trouve que B de point égale 596.5 mm par mois, et le mois de juin c’est le mois de point.

III-7) Efficience de l'irrigation:

L'efficience d'irrigation est définie par le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans le réseau d'irrigation.

La différence entre les deux volumes indique les pertes.

La formule utilisée pour l'estimation de l'efficience d'un réseau d'irrigation est donnée par l'expression suivante:

$$E_i = E_t \cdot E_d \cdot E_u$$

Avec:

E_i: Efficience d'irrigation en (%)

E_t: Efficience de transport (%)

E_d : Efficacité de type de distribution en (%)

E_u : Efficacité de l'uniformité de la distribution.

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent.

On considère une efficacité globale, produit entre les trois efficacités décrites ci-dessus égalé à 0,75 (irrigation sous pression)

III-8) Calcule du débit caractéristique :

Il est calculé par la formule suivante :

$$Q_{car} = q_s \cdot S$$

q_s : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)

S : la superficie totales à irriguer = 100 ha

-le mois de pointe est septembre et les besoins de pointe sont de 596.5mm

Donc :

$$q_s = \frac{B_{net} \cdot 10 \cdot 1000}{N_j \cdot N_i \cdot 3600 \cdot E_i} \text{ L's/ha}$$

B_{net} : besoin net du mois de pointe en mm/mois.

N_i : nombre maximum des heures d'irrigation par jour=18h

N_j : nombre maximum de jours de travail =25jours

E_i : Efficience d'irrigation $\approx 75\%$

Le débit spécifique égal à 4.91l/s/h supérieur à 1.5l/s/h donc on prend la valeur de débit spécifique de la culture la plus exigeante du mois de pointe.

On a la valeur de besoin du culture le plus exigeant du mois de pointe égale :178.2mm/mois, donc le débit spécifique d'après la formule ci-dessus égale la valeur suivant

q spécifique=1.47l/s/ha, inferieur a 1.5l/s/ha

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 1.45 \cdot 100 = 145 \text{ l/s}$$

$$Q_{car} = 0.147 \text{ m}^3/\text{s}$$

Alors notre débit de consommation journalier est :

$$Q_{\text{jour}} = 12700.8 \text{ m}^3/\text{j}$$

Conclusion :

Ce chapitre présent à pour objectif, l'estimation des besoins en eau des cultures pour l'assolement choisi ,donc on peut dimensionner le réseau d'irrigation dans le chapitre suivant.

Introduction :

Quelle que soit l'origine de l'eau et son mode de transport (canaux ou conduites), le problème le plus délicat est le choix de la méthode pour répartir cette eau sur le sol de façon que les plantes en tirent le maximum de profit.

IV-1) Les différentes techniques d'arrosages:

Les techniques d'arrosages peuvent être rangées en trois (03) classes, soit :

- L'irrigation de surface
- L'irrigation par aspersion
- L'irrigation localisée ou micro irrigation

IV-1-1) L'irrigation de surface:

L'irrigation de surface regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la répartition de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité).

En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion ou technique mixte.[4]

IV-1-1-1) Irrigation par ruissellement :**a) – Les planches de ruissellement :**

On divise la surface à irriguer en bandes rectangulaires prise dans le sens de la plus grande pente.

En général, la longueur des planches varie de 5 à 30 m. et leur largeur de 50 à 800 m.

L'irrigation par planches convient le mieux aux pentes inférieures à 0,5 %. Cependant, les pentes longitudinales maximales des planches peuvent atteindre 4 % à 5 %.[4]

Les efficacités observées, s'échelonnent dans une gamme très large allant de 45 % à 85 %.

b) – L'arrosage à la raie :

Consiste à amener l'eau à la plante, par une série plus ou moins dense (espacement d'environ 0,75 à 1 m.) de petits fossés à ciel ouvert à pente faible mais régulière.

Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain pour des pentes < 02 %.

Pour des pentes > 02 % les raies sont orientées obliquement par rapport à la ligne de plus grande pente. La forme des sections des raies peut être triangulaire, trapézoïdale ou parabolique avec :

- Largeur : 25 à 40 cm.
- Profondeur : 15 à 30 cm.

IV-1-1-2) Irrigation par submersion :

L'eau submerge le terrain et s'y infiltre.

Dans la pratique de la submersion, l'eau est apportée et répandue aussi vite que possible sur l'ensemble de la parcelle à irriguer avant la phase d'infiltration proprement dite. La pratique de la submersion, nécessite l'aménagement du terrain en bassins de submersion, avec des petites digues de 30 à 40 cm. De hauteur et une revanche minimum de 10 cm.

L'irrigation par submersion est une technique d'arrosage appliquée de préférence en terrain presque plat (moins de 0,1 % de pente).

L'uniformité de l'arrosage est directement liée à trois (03) facteurs :

- 1). Faible perméabilité (terrain très peu ou moyennement perméable)
- 2). Qualité du nivellement.
- 3). Fort débit d'apport.

IV-1-2) L'irrigation par aspersion :

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures d'une façon qui imite la chute naturelle de la pluie, grâce à l'utilisation de divers appareils de projection, alimentés sous pression.

Pour cette technique d'irrigation aucun nivellement de la surface n'est nécessaire. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépasser 10% pour les machines à irriguer.

Tous les types de sols peuvent convenir : on peut obtenir la même efficacité d'arrosage sur les sols les plus sableux que sur les sols les plus argileux, grâce à la large gamme des intensités pluviométriques (I) offertes par les différents matériels

($I < 4$ mm /h pour sols peu perméables, jusqu'à $I < 50$ mm /h pour sols perméables).

Cette technique d'irrigation présente une excellente efficacité située entre 55- 85 %, essentiellement en fonction de la maîtrise technique des irrigants.

L'irrigation par aspersion est utilisée pour l'arrosage des cultures les plus

Diverses : fourragères, maraîchères, céréales, vergers, vigne, etc....

Les techniques d'arrosage appliquées en irrigation par aspersion dépendent du matériel utilisé. Elles se divisent en deux grandes catégories :

- L'aspersion simple (rampes perforées, asperseurs, canons)
- Les machines à irriguer (rampes frontales, pivots, enrouleurs, etc.)

IV-1-3) L'irrigation localisée :

L'irrigation localisée ou micro irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. Elle se caractérise par :

- La mise en place sur la parcelle d'un réseau de canalisation.
- Une discontinuité des points d'apport permettant de n'irriguer que les zones utiles à la plante.
- Des débits faibles généralement inférieurs à 100 l/h.
- Une distribution fréquente pour maintenir un certain volume d'eau à un niveau voisin de la capacité au champ.

Selon le type de distribution utilisé, l'eau se localise par points (goûteurs, gaines) , par lignes (tubes poreux) ou par surface plus au moins grandes (muni diffuseurs, micro-asperseurs).

L'efficacité de l'irrigation localisée est excellente. Elle est située entre 70% à 95%.

L'irrigation localisée est surtout pratiquée en cultures maraîchères ou fruitières.[4]

IV-2) Choix des techniques d'irrigation :

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et en particulier :

- La pente du terrain à irriguer

- Le debit dont on dispose
- Nature du sol (permeability)
- Nature des cultures
- Factures économiques
- Rentabilité de l'opération

IV-3) Avantages Et Inconvénients

IV-3-1) Avantages (Par Rapport A L'irrigation De Surface) :

- pas de nivellement préalable des sols, donc maintien de la couche arable plus fertile,
- amélioration de l'exploitation par suppression des structures superficielles, en béton ou en terre (canaux, rigoles, raies),
- le choix d'une pluviométrie adaptée au sol - c'est-à-dire inférieure à la vitesse d'infiltration du sol permet d'irriguer pratiquement tous les sols (sableux à argileux) avec la même efficacité.
- contrôle précis de la dose, en quantité et en uniformité,
- pas de pertes par percolation (en tête des raies) et en colature, ce qui augmente le rendement de l'irrigation et, avec le même débit en tête, accroît les surfaces irrigables. Cette réduction des débits nécessaires a permis la réalisation de réseaux fonctionnant à la demande de l'utilisateur,
- économie très importante de main d'œuvre,
- permet une certaine climatisation, ce qui permet de lutter contre des températures trop basses ou trop élevées (bassinages),
- les matériels sont souples et mobiles, permettant des arrosages de secours,
- son efficacité agronomique (récolte produite par m³ d'eau) est élevée.

IV-3-2) Inconvénients Spécifiques A L'aspersion:

- matériel cher, à manier avec précaution et entretenir avec soin, ce qui exige une surveillance attentive: d'où des dépenses importantes d'investissement et d'entretien. En cas de pompage, il faut y ajouter l'investissement, l'exploitation et l'entretien de la station de pompage.
- méthode mal adaptée aux eaux salées,
- méthode très mal adaptée aux régions ventées,
- méthode mal adaptée aux sols dits "battants", surtout avec des asperseurs à grande portée.(grosses gouttes et forte pluviométrie),
- le lavage des feuilles oblige à renouveler les traitements phytosanitaires après chaque arrosage.
- des maladies cryptogamiques peuvent se développer si on laisse la nuit le feuillage humide.

Conclusion :

Sur la base des résultats de l'analyse des techniques d'irrigation étudiées pour l'équipement de la parcelle choisi, nous préconisons les techniques d'irrigation qui sont l'aspersion et le goutte à goutte pour assurer la bonne gestion d'eau.

Introduction :

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de combler le déficit en eau, 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, a ce 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 a 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 a compatibilité avec les contraintes de la région d'étude.

V-1) Description du schéma de distribution :

Le principe de distribution de cette variante consiste à projeter d'un réservoir de stockage, a pour rôle de stocker l'eau pour alimenter le périmètre de CHELLALA.

Ce réservoir, alimenté à partir du deux forage.

À partir les deux forage on refoulées l'eau vers un réservoir d'une capacité d'accumulation de 1000 m³ par un débit de 50l/s de chaque forage, le réservoir situé à l'extérieur du périmètre d'étude.

Tableau V-1 : Caractéristiques du réservoir

Côte de radier (m NGA)	Volume de bassin (m³)	Longueur de cote du bassin (m)	hauteur de bassin (m)
1162.16	1000	20	3

V-2) Choix Du Trace :

Pour le choix du tracé de la conduite de distribution il sera tenu compte de certain impératif que l'on s'efforcera dans la mesure du possible de respecter :

- Puisque la conduite de distribution est gravitaire, il faut suivre la pente la plus importante.
- Il est important de chercher un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes.
- Dans le but d'économie du projet, le tracé doit être le plus court possible.

- Eviter autant que possible le travers des obstacles (routes, voies ferrées, canaux, oueds,...).
- Eviter les terrains privé.

V-3) La Méthodologie de dimensionnement :

Pour l'objectif de la détermination de diamètre de diverse conduites et leurs longueurs, ce traitement a été basé sur les éléments et les hypothèses suivants :

- Le tracé du réseau (la longueur de chaque tronçon).
- Le débit à transiter sur chaque tronçon.
- La surface des îlots desservis par le tronçon.
- Les pertes de charges totales dans le tronçon.
- Les conditions limites aval ; la charge minimum à assurer aux bornes.
- Les conditions limites amont ; la côte charge disponible à l'entrée du réseau.
- Les côtes de terrain naturel des bornes.

Par ailleurs, nous avons déterminé les diamètres de la conduite principale de distribution et les conduites de traction, en tenant compte :

La pression demandée dans chaque borne, dans notre projet on a assuré une pression variée entre (03-04) bars pour le bon fonctionnement de la technique d'aspersion.

Les coûts d'investissement des tronçons, des charges d'exploitation (entretien et renouvellement), des équipements hydrauliques et électriques.

V-4) Débit Aux Bornes :

Pour le calcul de débit aux bornes on a basé sur :

- la superficie occupée par les bornes (S) en ha.
- le choix de débit spécifique (Q_s) en l/s/ha.

Le calcul de débit des bornes est résumé dans le tableau ci-après :

Tableau V-2: calcul de débit aux bornes

Surface des îlots (ha)	N° De la borne	Nombre des prises	Débit de la borne (l/s)
10	B01	4	14.7
5	B02	2	7.35
5	B03	2	7.35
10	B04	4	14.7
10	B05	4	14.7
5	B06	2	7.35
5	B07	2	7.35
10	B08	4	14.7
5	B09	2	7.35
10	B10	4	14.7
5	B11	2	7.35
5	B12	2	7.35
5	B13	2	7.35
10	B14	4	14.7

V-6) Débit caractéristique :

Le calcul de débit caractéristique permet de définir le débit maximum qui doit fournir pour l'irrigation de périmètre, déterminé en multipliant le débit spécifique par la surface agricole totale :

$$Q=q*S$$

Avec :

Q : Débit caractéristique en (l/s).

q : Débit spécifique de pointe du modèle le plus exigeant (q=1. 47l/s/ha).

S: Surface Agricola total (100ha).

$$Q=1.47*100=147 \text{ (l/s)} \quad Q=0.147\text{m}^3/\text{s}$$

Alors notre débit de consommation journalier est : 12700m³/j

V-7) Dimensionnement de la conduite gravitaire :

Après la détermination des débits aux bornes, nous procéderons ensuite à la détermination des diamètres des différents tronçons. Dans notre travail on a 14 bornes et la manipulation devient difficile, c'est pour ça on a utilisées le logiciel EPANET. Ce dernier permet de vérifier les vitesses admissibles suivant le (tableau V-3) et les pressions de chaque borne. Les résultats sont résumés dans le tableau

Tableau V-3: les diamètres des différents tronçons est vérification des vitesses admissibles et les pertes de charges de chaque borne.

tronçon		Longueur	Diamètre extérieur	Diamètre intérieur	Débit	Vitesse	Pert.Charge Unit.	P.d.c total
Début	afin	m	mm	mm	M ³ /h	m/s	m/km	m
reservoir	N01	2653	315	277.6	530	1,89	7.66	20.32
N01	B01	100	160	141	79.5	1,1	6.34	0.63
B01	B02	200	160	141	26.5	0.77	5.29	1.06
N02	B03	120	315	277.6	450.5	1,61	5.67	0.68
B03	N02	280	315	141	424	1,51	5.07	1.42
N02	B04	100	160	141	53,07	0.73	3.03	0.3
N02	B05	100	160	141	79.5	1.1	6.34	0.64
B05	B06	200	110	96.8	26.5	0.77	5.29	1.06
N02	B07	300	315	277.6	291.5	1,04	2.55	0.77
B07	N03	100	315	277.6	265	0.94	2,14	0.21
N03	B08	100	160	141	53	0.73	3.03	0.3
N03	B09	270	315	277.6	212	0.76	1.42	0.38
B09	N04	230	315	277.6	185.5	0.66	1.11	0.26
N04	B10	100	160	141	53	0.73	3.03	0.3
N04	B11	100	160	141	53	0.73	3.03	0.3
B11	B12	200	110	96.8	26.5	0.77	5,29	10.58
N04	B13	270	200	176.2	79.5	0.7	2.15	0.58
B13	B14	230	160	141	53	0.73	3.03	0.7

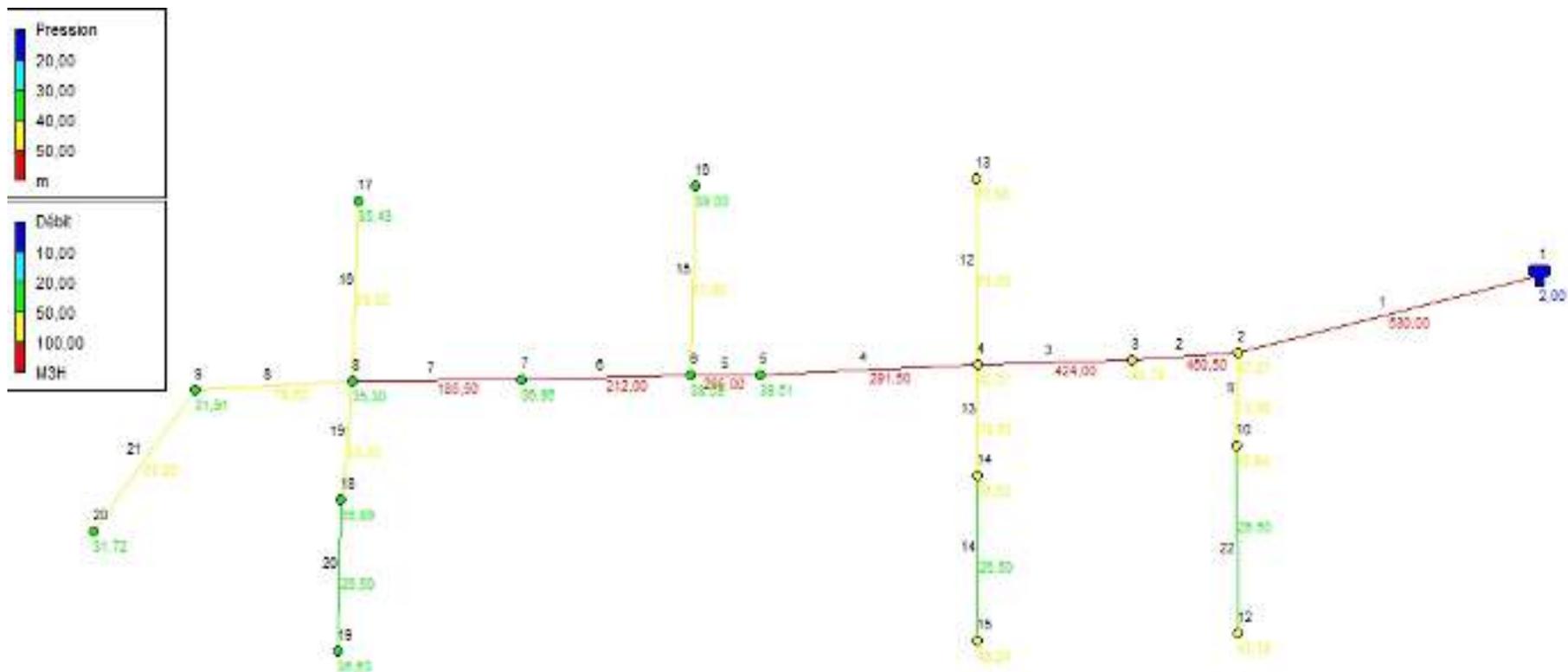


fig.-1 :réseaux de distribution

TableauV-4 :les valeurs des pression en chaque borne

Les bornes	B01	B02	B03	B04	B05	B06	B07	B08	B09	B10	B11	B12	B13	B14
P(mce)	46.8	42.2	45.75	43.7	43.5	42.2	39.5	39	37	35.4	35.9	35.5	31.9	31.72

V-8) Dimensionnement théorique :

Dans cette partie on va dimensionner une parcelle de 5 ha qui représente le 1/20 de la superficie totale. Ces 5 ha représente un ilot type pour toute la totalité du terrain.

Le dimensionnements de deux systèmes d'irrigation concerne l'ilot dont les caractéristiques sont les suivant (tailles, sols, culture) ,les cultures maraichères sont irrigues par aspersion et les arboricultures sont irrigues par goutte à goutte.

V-8-1) Projection du réseaux d'aspersion

V-8-1-1) Choix de l'asperseur

a) Le diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol $K = 24 \text{ mm/h}$.

On pose $p \leq k$ tel que p : pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse se calcul, par la relation [8.2] :

$$p = \frac{1.5 \cdot d}{0.6}$$

$$\text{D'où } d = \frac{15 * 0.6}{1,5} = 6 \text{ mm}$$

D'après la fiche technique d'un arroseur (annexe II), le diamètre de la buse normalise est de 6mm.

La portée du jet (L) :

La portée du jet se calcul par l'équation suivante :

$$L = 3 \cdot d^{0,5} \cdot h^{0,25}$$

Ou d : diamètre de la buse (mm)

h : pression à la buse (m)

$$L = 3 * 6^{0.5} * 25^{0.25} = 16.43 \text{ m}$$

Comme cette formule demande encore plus de précision on va prendre la valeur du catalogue Figure (annexe I), pour le diamètre de la buse de 6mm à une pression de 2.5bars donc la portée est de 16.2m.

b) Écartements entre les rampes et arroseurs :

Les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

E_l entre les lignes d'arrosage : 1,3 à 1,02 L.

E_a entre les arroseurs sur la rampe : 0,8 à 0,5 L.

Les valeurs maximales correspondent à des conditions de vent peu violent (<10Km/h).

Les valeurs minimales à des conditions correspondent à des conditions de vitesse de vent assez dures (>15Km/h).

Notre zone d'étude présente des vitesses maximales de vents de l'ordre de 5.2 m/s = 18.72 Km/h, donc on prend les valeurs maximales :

$$E_l = 1.02 \cdot 16.2 = 16.52$$

$$E_a = 0.5 \cdot 16.2 = 8.1m$$

On prend les valeurs normalisées des écartements.

$$E_l = 24m, \quad E_a = 18m.$$

c) Débit de l'asperseur :

Le débit d'un asperseur se calcul, par la relation suivante :

$$q = 0,98 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 0,98 \cdot \frac{3,14 \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 25} = 0.61l / s$$

$$q = 2.2m^3/h.$$

Au catalogue on a : le diamètre est 6mm et la pression est 2.5 bars

Et le débit 2.2m³/h

d) Vérification de la pluviométrie de la buse :

Si on admet que l'écartement est proportionnel à L, la pluviométrie horaire p en (mm/h) peut être appréciée via la relation :

$$p = \frac{q}{E_l \cdot E_a}$$

$$D'où \quad p = 2.2 / (24 \cdot 18) = 0.5cm/h$$

Donc le diamètre d de la buse assurera une pluviométrie P < K

e) Le temps de la dose d'arrosage :

Le temps T pour donner une dose par un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration se calcul d'apr ès la relation suivante :

$$T = \frac{\text{dose}}{P}$$

Tel que:

La dose est de 35 mm pour une texture sableux limoneux

$P=5\text{mm/h}$ d'où

$$T = \frac{35}{5} = 7 \text{ heures}$$

f) Nombre de position :

Donc le nombre de position $N_{pa}=18/7=2$ position, ,alors on adoptera 2 positions par jour, on supposant un temps de travail (18h/24h)

g) Volume fourni par l'asperseur pendant 1mois :

$$V=2*25*0.035*(24*18)=756\text{m}^3$$

- 2 : nombre de position
- 25 : nombre des jours
- 0,035 : la dose par un asperseur
- 24 : espacements entes les rampes de l'asperseur

h) Volume dépendre un 1mois sur toute la surface

$V_t = \text{besoin mensuel} * \text{surface de terrain}$

$$V_t = 331 * 10^{-3} * 150 * 200 = 9930\text{m}^3$$

Nombre d'asperseurs : $N_a = V_t / V = 9930 / 756 = 8$ asperseurs.

i) Dimensionnement des rampes :

➤ **Longueur de rampe :**

Suivant la géométrie de la parcelle $L=150\text{m}$

$$L_r = (L - E_a) / 2 = (150 - 18) / 2 = 66\text{m}$$

L : la largeur de terrain.

➤ **Nombre d'asperseurs par rampe**

$$N_a = \frac{\text{longueur}}{E_a} + 1 = \frac{66}{18} + 1 = 4 \text{ asperseur}$$

➤ **Nombre de rampe**

$$N_r = (N_a / N_a / r) = 12 / 4 = 3 \text{ rampes}$$

➤ **Nombres de positions de rampes**

$$N_r = \frac{L_t}{L_r} = \frac{200}{24} = 8 \text{ position}$$

L_t : la longueur de terrain, $L_t=200m$.

➤ **Nombre de poste**

$N_p = N_{pr} \times \text{nombre de rampe de bande} / \text{nombre de rampe}$.

nombre de rampe de bande=1

$$N_p = 8 \times 1 / 2 = 4 \text{ poste}$$

➤ **Débit de la rampe :**

$$Q_r = 4 \times 2.96 = 11.84 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Diamètre de la rampe :**

$$D_R = \sqrt{\frac{4Q_R}{\pi V}}$$

Avec V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe

$$\text{Ou : } V \leq V_{ADM} ; V_{adm} \in [0.5 \div 2] \text{ m / s}$$

On suppose que et on calcule D_R

$$D_R = \sqrt{\frac{4.3,29 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1,65}} = 0,050 \text{ m} = 50 \text{ mm}$$

Si on prend le diamètre normaliser ($D_R=63\text{mm}$).

La nouvelle vitesse sera

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2} = \frac{4.3,29 \cdot 10^{-3}}{\pi \times (63 \times 10^{-3})^2} = 1.06 \text{ m / s}$$

➤ **Débit totale de la porte rampe**

$$Q = q_r \times N_r = 11.84 \times 2 = 23.68 \text{ m}^3/\text{h} = 0.007 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ **Diamètre de la porte rampe :**

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

$$\text{On prendre } V=1.5\text{m/s donc } D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 0.007}{\pi \cdot 1,5}}$$

$$D_{pr} = 0.077 \text{ m} = 77 \text{ mm}$$

Si on prend le diamètre normaliser ($D_{pr}=90\text{mm}$).

La nouvelle vitesse sera

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2} = \frac{4.0,007}{\pi \times (90 \times 10^{-3})^2} = 1.1 \text{ m / s}$$

➤ Perte de charge :

*pour la rampe

On utilise la formule suivante pour calculer la perte de charge:

$$i = \frac{n^2 \times V^2}{R^{4/3}} = \frac{n^2 \times Q^2 \times 16 \times (4)^{1/3}}{\pi^2 \times D^4 \times D^{4/3}} = \frac{10,294 \times n^2 \times Q^2}{D^{5,33}}$$

$n = 0,010$ (alliage aluminium)

$$i = \frac{10,294 \times 0,010^2 \times 0,0033^2}{0,063533} = 0,028$$

ET $\Delta H = i \times L$

Donc :

$$\Delta H = 0,028 \times 66 = 1.86 \text{ m}$$

$$\Delta H_t = 2 \times 1.1 \times 1.86 = 4.1 \text{ m}$$

*pour la porte rampe

On utilise la formule de DARCY-WESBACH

$$\Delta H = L \times K \times Q^B / D^m$$

on a pour le PEHD :

$$K = 0.001052$$

$$B = 2$$

$$m = 4.772$$

$$\Delta H = 275 \times 0.001052 \times 0.007^2 / 0.09^{4.772}$$

$$\Delta H = 1.39 \text{ m}$$

$$\Delta H_t = 1.1 \times 1.39 = 1.53 \text{ m}$$

V-8-2) Calcule de la pression nécessaire à la borne d'irrigation :

La pression à la borne d'irrigation est

$P = \text{la pression au niveau d'asperseur} + \text{la perte de charge du rampe} + \text{la perte de charge du porte rampe}$

$$P = 25 + 4.1 + 1.53 = 30.63 \text{m}$$

On prendre la borne la plus défavorable, pour notre travail la borne B14 est la plus défavorable.

On a la pression de B14 égale 31.72m.

V-8-3) Projection du réseau localise :

L'irrigation localisée, concerne les cultures en ligne, nous l'appliquons dans notre cas à la parcelle contenant des oliviers et les arbres fruitiers (figuier, abricotier et grenadier).

a) Besoin en eau des cultures en irrigation localisée :

On rappelle que les besoins nets de pointe pour les arboricultures, en juillet, sont de 172.8mm.

=> Les besoins journaliers

$$B_j = \frac{B_m}{31} = \frac{172.8}{31} = 5.6 \text{mm/j}$$

Calcul du K_r :

$$K_r = C_s / 0.85 \quad \text{selon Keller et Karméli}$$

$$K_r = 0.1 + C_s \quad (\text{la valeur plafond de } C_s \text{ selon Décroix})$$

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s)$$

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) = 0.6 + 0.5(1 - 0.6) = 0.8$$

K_r : coefficient de réduction

C_s : pourcentage du sol qui est couvert par la culture

Les besoins seront réduits sont : $b_1 = 5.6 \times 0.8 = 4.48 \text{ mm/j}$

b) Calcul des besoins bruts :

$$B_{brut} = \frac{B_{net}}{eff.R * C_u}$$

$$B_{brut} = \frac{4.48}{0.75 * 0.90} = 6.38 \text{mm/j}$$

Eff.R : efficacité de réseau égale 0.75.

Cu : coefficient d'uniformité

c) Pourcentage du sol humidifié :

D'après l'abaque de guide d'estimation

avec $Q = 4l/h$, de texture grossier et l'écartement entre les rampes 5m alors on trouve $P=16\%$.

d) La dose nette :

Pour un sol sableux limoneux la réserve facilement utile $RFU = 35 \text{ mm/m}$

Puisque la profondeur d'enracinement de l'arboriculture est de 1.5 m

$$\Rightarrow \text{le RFU} = 35 \times 1.5 = 52.5 \text{ mm}$$

$$D_{\text{net}} = RFU \times 0.16 = 8.4 \text{ mm}$$

La dose brute :

$$D_b = D_{\text{net}} / 0.85 = 8.4 / 0.85 = 9.88 \text{ mm}$$

e) Fréquence des arrosages :

La valeur de la fréquence d'arrosage sera

$$F = \frac{D_{\text{net}}}{B_j} = \frac{8.4}{4.2} = 1.8 = 2 \text{ jours}$$

f) La durée d'arrosage :

$$\theta = \frac{D_b \cdot Sa \cdot Sr}{n \cdot q} = \frac{9.88 \cdot 5 \cdot 5}{2 \cdot 4} = 31 \text{ h}$$

n : Nombre des gouteurs.

q : débit de gouteur (l/h).

Sr : Ecartement entre rangs d'arbre.

Sa : Espacement des arbres sur les rangs.

g) La durée d'arrosage journalier :

$$d_j = \theta / F = 31 / 2 = 15 \text{ h}$$

h) Nombre de poste :

$N_p = \text{nombre max des heures de travail par jour} / \text{La durée d'arrosage journalier}$

$$N_p = 18 / 15 = 1.2 = 2 \text{ postes.}$$

i) Le débit moyen par rampe :

$$Q_r = n \cdot q \cdot L_r / S_a$$

Tel que : n= nombre de goûteurs

q = Débit d'un goûteur

Sa : Espacement des arbres sur les rampes.

L_a : longueur de la rampe

$$Q_r = 2 \cdot 4 \cdot 100 / 5 = 160 \text{ l/h}$$

$$Q_r = 0.0441/\text{s}.$$

j) Le débit de la porte rampe :

On deux postes, chaque poste contiens 20rampe donc :

$$Q_{pr} = 20 \cdot Q_r = 20 \cdot 160 = 3200 \text{ l/h} = 0.881/\text{s}$$

$$Q_t = 2 \cdot Q_{pr} = 2 \cdot 0.88 = 1.771/\text{s}$$

Le débit que nous fournit la borne est 2.94 l/s, ce débit d'équipement est calculé pour un fonctionnement de 18h/j pour 25 jours d'irrigation. Ce qui est largement suffisant pour l'irrigation de surface de l'îlot en s'organisant à irriguer 13h/j pendant 2 jours durant le mois de pointe.

V-8-4) Calcul hydraulique :

V-8-4-1) Calcul des diamètres des portes rampes et rampes et de la conduite secondaire :

Le diamètre de toutes ces conduites de part la condition de vitesse maximale est :

La vitesse maximale admise est de 2m/s, ce qui donne

Le diamètre de ces conduites selon la condition des vitesses économiques est :

Les vitesses économiques sont comprises entre 1m/s et 1.5m/s.

Le diamètre des conduites selon la condition des pertes de charges :

Si on admet que pour chaque rampe on a besoin d'une pression égale à 1bar.

La variation maximale du débit entre goutteur :

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\%$$

La variation maximale de la pression.

$q = K \cdot H^x$; (x = 0,5 :régime turbilant).

$$\frac{\Delta q}{q} = x \cdot \frac{\Delta H}{H}$$

Avec :

q : débit nominal du goutteur ;

H : pression nominale.

$$0,1 = 0,5 \frac{\Delta H(\max)}{10}$$

$$\Delta H(\max) = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ m.c.e.}$$

La répartition de la perte de charge est :

1/3 sur les porte- rampes P.d.c (pr) = 0,6 m c e ;

2/3 sur les rampes P.d.c (r) = 1,2 m c e.

V-8-4-2) Calcul de la rampe

➤ Le diamètre

Le diamètre est calculé d'après la formule

$$\varnothing(\text{cal}) = \left[\frac{\text{P.d.c (r)} \times 2,75}{0,478 \times Q(\text{r})^{1,75} L(\text{r})} \right]^{-\frac{1}{4,75}}$$

P.d.c (r) : La perte de charge dans la rampe ;

Q(r) : Le débit de la rampe en l/h ;

L(r) : La longueur de la rampe en m.

$$\varnothing(\text{cal}) = \left[\frac{1,2 \times 2,75}{0,478 \times 160^{1,75} 100} \right]^{-\frac{1}{4,75}} = 11,4 \text{ mm}$$

Sur le marché on trouve le diamètre minimal de rampes égal 16mm

On prendre $\varnothing=16\text{mm}$.

➤ La vérification de perte de charge :

La perte de charge est déterminée après le choix du diamètre

$$p.d.c = \left[\frac{0,478 \cdot L_r \cdot Q(r)^{1,75} \cdot \varnothing^{-4,75}}{2,75} \right]$$

$$p.d.c = \left[\frac{0,478 \cdot 100 \cdot 160^{1,75} \cdot 16^{-4,75}}{2,75} \right] = 0,23 \text{ m}$$

$p.d.c = 0,23 \text{ m} < 1,2 \text{ m} \Rightarrow$ la condition est vérifiée

V-8-4-3) Calcul du porte-rampe

- Le diamètre de la porte rampe :

$$\begin{aligned} \varnothing(\text{cal}) &= \left[\frac{\text{P.d.c} \quad (r) \times 2,75}{0,478 \times Q(r)^{1,75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4,75}} \\ \varnothing(\text{cal}) &= \left[\frac{0,6 \times 2,75}{0,478 \times 3200^{1,75} 100} \right]^{-\frac{1}{4,75}} = 39,73 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sur le marché on trouve le diamètre minimal de porte rampe égal 63mm

On prendre $\varnothing=63\text{mm}$.

- La vérification de perte de charge :

La perte de charge est déterminée après le choix du diamètre

$$\begin{aligned} p.d.c &= \left[\frac{0,478 L r Q(r)^{1,75} \varnothing^{-4,75}}{2,75} \right] \\ p.d.c &= \left[\frac{0,478 \times 3200^{1,75} \times 0,063^{-4,75}}{2,75} \right] = 0,067 \text{ m} \end{aligned}$$

$p.d.c = 0,067 \text{ m} < 0,6 \text{ m} \Rightarrow$ la condition est vérifiée

- Le diamètre conduit secondaire :

La vitesse maximale admise est de 1.2m/s, ce qui donne

$$Dc = \sqrt{\frac{42,94 \cdot (10)^{-3}}{\pi \cdot 1,2}} = 0,055 \text{ m} = 55 \text{ mm}$$

On utilise le diamètre $Dc=90\text{mm}$

La vérification de vitesse :

$$v = \frac{4,0}{\pi Dc^2} = \frac{4,0 \cdot 0,003}{3,14 \cdot 0,09} = 0,51 \text{ m/s} > 0,5$$

- Les pertes de charge dans la conduite secondaire :

On utilise la formule de DARCY-WESBACH

$$\Delta H = L * K * Q^B / D^m$$

on a pour le PEHD :

$$K = 0.001052$$

$$B = 2$$

$$m = 4.772$$

$$\Delta H = 1500.0 \cdot 0.001052 * 0.003^2 / 0.09^{4.772}$$

$$\Delta H = 0.14m$$

$$\Delta H_t = 1.1 * 0.14 = 0.154m$$

V-8-4-4) La pression au tête de parcelle :

$$P = 0.23 + 0.067 + 0.154 + 10 = 10.37m = 1.4bar$$

Conclusion :

Dans ce chapitre on divise le périmètre en 20 ilots d'irrigation, avec une superficie totale de 100ha, chaque ilot contient de 3ha sont irriguée par la technique d'aspersion et 2 ha sont irriguée par la technique de gout a gout.

Le réseau est sous pression et la distribution à la demande, c'est pour ça que l' on assurée une pression qui varie entre 3 et 4 bars pour le bon fonctionnement des techniques modernes d'irrigation tell que l'asperseur.

Introduction:

Après l'étude ou l'élaboration d'un tel projet, un aspect économique doit être pris en considération, pour cette raison on doit faire une estimation des frais.

VI-1) Devis de réseau principal :**Tableau VI-1) :** Factures des prix des conduites de réseau principale

Diamètre nominal(mm)	Longueur(m)	Prix unitaire DA/m	Prix total*10 ³ (DA)	Matériaux des conduites
315	3853	4789.47	18453.83	PEHD
200	270	1931.48	521.5	/
160	830	1336.43	1109.24	/
110	600	632.39	379.43	/
Totale DA*10³				20464

La pose en terre des conduites s'effectue dans un tranché dont la largeur de fond B sera donnée par la formule suivante :

$$B=D + (2 \times 0,3)$$

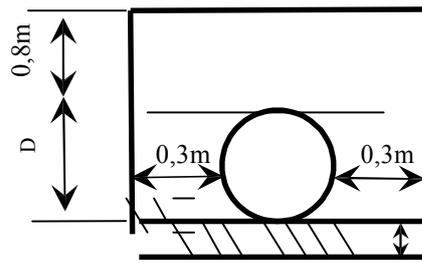
D : diamètre de la conduite (m)

La profondeur de fouille est en fonction du diamètre de la conduite, de la température du lieu (max, min) et les sollicitations des charges mobiles.

$$H \geq D + 0,8$$

$$\text{Déblai} = L.H.B$$

$$\text{Remblai} = \text{déblai} - (\pi LD^2/4)$$



0,1 à 0,2 m de lit de sable

Fig. VI-1 :les dimensionnements de tranche

VI-2) Pour les conduites principales:

VI-2-1) Calcul du volume de déblai

La surface à calculer est la surface rectangulaire

$$V = S * L$$

$$S = B * H$$

$$B = d + 0.3 * 2$$

$$H = 1 \text{ m}$$

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau VI-2

Tableau VI-2 : calcul du volume de déblai

Diamètre (mm)	longueur de la conduite (m)	largeur d'une tranchée b :(m)	Volume de déblai (m ³)
315	3853	0.915	3525.5
200	270	0.8	216
160	830	0.76	630.8
110	600	0.71	42.6
Total			4414.9

Donc le volume total de déblai : **Vd=4414.9 m³**

VI-2-2) Calcul du volume de lit de sable:

Ce lit correspond à une couche de sable de 10cm sur le fond de la tranché, donc c'est une surface constante le long de la tranché, on calcul cette surface en utilisant la formule suivante

$$V = [(d + 0.6)(d + 0.2) - \pi * d^2 / 4] * L$$

Tableau VI-3 : calcul du volume de sable

Diamètre (mm)	Longueur de la conduite (m)	Volume de sable (m ³)
315	3853	1515.51
200	270	77.92
160	830	210.41
110	600	126.36
Total		1930.2

Donc le volume total du lit de sable : $V_s=1930.2 \text{ m}^3$

VI-2-3) Calcul du volume de remblai:

Ce volume est déduit à partir la formule suivant

$$V_r = (1 - d) * (d + 0.6) * L$$

Donc les volumes des travaux pour la conduite sont tablés dans le tableau VI-4

Tableau VI-4: calcul du volume de remblai

Diamètre	longueur de la conduite	Volume du remblai
315	3853	2415
200	270	172.8
160	830	251
110	600	165.54
Total		3004.34

Donc le volume total du remblai : $V_r=3004.34 \text{ m}^3$

VI-3) Devis estimatif pour le réseau principale :**Tableau VI-5:** Volumes et coût des travaux total

N°	Désignation de travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
1	Déblai	m ³	4414.9	400	1765960
2	Lit de sable (sable)	m ³	1930.2	300	579060
3	Remblai compacté	m ³	3004.34	400	1201736
Total					3546756

VI-4) Devis pour le réseau d'irrigation**VI-4-1) Devis estimatif pour réseau d'aspersion****Tableau VI-6:** Calcul le cout du réseau d'aspersion :

N°	Matérielle	diamètre (mm)	Unité	longueur (m)	prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
1	rampe	63	m	132	245.34	32384.9
2	porte rampe	90	m	275	426.54	117298.5
totale						149683.4
Montant de tout la surface=20*totale=20*149683.4						2993668

VI-4-2). Devis estimatif pour réseau de goutte à goutte :**Tableau VI-7:** Calcul le cout du réseau de goutte à goutte :

N°	Matérielle	diamètre (mm)	Unité	longueur (m)	prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
1	rampe	16	m	4000	50	200000
2	Porte rampe	63	m	200	245.34	49068
3	conduite d'amenée	90	m	150	426.54	63996
totale						313064
Montant de tout la surface=20*totale=20*313064						6261280

VI-5) Devis estimatif pour les accessoires :

On prend le prix des accessoires (asperseurs, les vannes, les raccords unions, bouchons rampe, goutteurs, réduction) = 0.15 du prix total de réseau d'irrigation

$$=0.15*(6261280+2993668)$$

$$= 1388242.2 \text{ DA}$$

VI-6) Devis estimatif pour les mains d'œuvre :**Tableau VI-8 :** facture de main d'œuvre

Nombre de main d'œuvre	qualité	Payement (DA/j)	Montant (DA)
1	Ingénieur	2000	220000
3	Technicien supérieur	1500	495000
20	Main œuvre	800	1760000
total			2475000

VI-7) Devis estimatif de notre projet :

$$D_T = D_{\text{réseau principale}} + D_{\text{terrassment}} + D_{\text{aspersion}} + D_{\text{goutta goutte}} + D_{\text{accessoir}} + D_{\text{mains d'œuvre}}$$

$$= 20464000 + 3546756 + 2993668 + 6261280 + 1388242.2 + 2475000$$

$$= 37128946 \text{ DA.}$$

Conclusion :

D'après le coût de la projection des réseaux qu'on a obtenue, on remarque que l'estimation du réseau d'irrigation localisée est très élevée. Cette élévation est due à l'utilisation, le réseau d'irrigation localisée, d'un nombre de conduite assez important, et a la filtration qui demande des équipements trop chers.

Introduction

L'importance économique de l'ensemble des ouvrages hydrauliques sera pour une part, fonction d'une organisation qui consiste à la détermination, la coordination et à la mise en œuvre des moyens nécessaires pour la réalisation et l'exécution des travaux dans les meilleures conditions et dans les plus brefs délais.

Les étapes des différents travaux sur des chantiers de réalisation des adductions sont :

- Implantation du tracé des conduites sur le terrain (Le piquetage) ;
- Nivellement de la plate-forme de passe (labourassions et décapage de végétaux) ;
- Excavation des tranchées des conduits et les fouilles pour les vannes et les bornes d'irrigation ;
- Pose des conduites ;
- Epreuve de joint et de canalisation ;
- Remblaiement des tranchées.

VII-1) Les différents travaux sur le chantier :

VII-1-1) Implantation du tracé des tranchées sur le terrain

On matérialise l'axe de la tranchée sur le terrain avec des jalons placés en ligne droite et espacée de 50 m. On effectue ce travail en mesurant sur le plan leurs distances par des repères fixés où des bornes. La direction des axes et leurs extrémités sont bien déterminée.

VII-1-2) Nivellement de la plate-forme de pose :

Le nivellement est la mesure des différences d'altitudes entre deux où plusieurs points situés sur une pente uniforme. Le nivellement a pour but de définir le relief d'un terrain en fixant l'altitude d'un certain nombre de points toutes les côtes sont données par rapport à un niveau de base appelé plan de comparaison lorsque le terrain compte des obstacles on procède au nivellement par cheminement et par un simple calcul. On détermine la hauteur de chaque point.

VII-1-3) Excavation des tranchées :

Selon les caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement, la profondeur minimale de la tranchée à excaver atteint 1 m pour :

- Garder la fraîcheur de l'eau pendant les grandes chaleurs.
- Ne pas gêner le travail de la terre (exploitation).
- Protéger la canalisation contre le gel.

La largeur de la tranchée doit être tel qu'un homme peut travaillé sans difficulté et elle augmente avec les diamètres des conduites à mettre en place.

L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successive en commençant par les points hauts pour assurer s'il y lieu l'écoulement naturel des eaux d'infiltrations.

Donc l'excavation nécessite la détermination de plusieurs paramètres tels que :

* La profondeur de la tranchée (H) ;

* La largeur de la tranchée (B) ;

Les sections des tranchées sont de forme trapézoïdale dont l'aire est :

$$S_t = B * H$$

VII-1-3-1) La profondeur (H) :

La profondeur de la tranchée dépend du diamètre de la conduite, des charges roulantes (extérieurs) et de la température, elle est donnée par la relation suivante :

$$H = D + h + h_1$$

H : profondeur de la tranchée (m) ;

D : diamètre de la conduite (m) ;

h : hauteur de la génératrice supérieur de la conduite elle est entre 50cm et 120cm on prend $h=60\text{cm}$;

h_1 : épaisseur du lit de pose $h_1 = 0,1 \text{ m}$;

VII-1-3-2) Largeur de la tranchée :

La largeur de la tranchée doit permettre une pose correcte ; facilite La tache et aussi permettre le compactage du remblai.

VII-1-4) Choix des engins de terrassement :

Pour l'excavation des tranchées on utilise une pelle rétro, dont la capacité du godet est donnée dans le tableau de norme, en fonction du volume de terrassement

Donc les engins nécessaires pour l'exécution des travaux sont :

- Pelle excavatrice pour le terrassement de la tranchée
- Bulldozer ou un chargeur pour le remblayage
- Camion pour le transport
- Grue automotrice pour soulever, déplacer et déposer

VII-1-4-1) Choix de l'excavateur et le procédé de l'excavation :

Comme il a été mentionné précédemment, l'excavation sera réalisée mécaniquement alors le choix de l'engin (pelle mécanique équipée en rétro où en butée) se base sur leur champ d'application et l'exigence du chantier.

VII-1-4-1-1) Pelle équipée en rétro :

Les aptitudes de la pelle en rétro sont :

- Creuser en dessous de la surface d'appui à son niveau.
- Peut excaver dans la direction de la machine.
- Creuser avec grande précision et rapidité des tranchées à talus verticaux.



Fig. VII-1: Pelle équipée en rétro

VII-1-4-1-2) Pelle équipée en butée :

Les caractéristiques de la pelle en butée sont :

- Excavation en hauteur au dessus de l'assise de la machine.
- Ramassage des matériaux.

Connaissant la nature des travaux demandés et comparant le champ d'application ainsi que les caractéristiques de chacune des deux types de pelle,

- on opte pour une pelle équipée en rétro pour atteindre un rendement optimal de la pelle choisie.

Tableau VII-1 : Capacité du godet en fonction du volume de terrassement.

volume du terrassement par une pelle (m ³)	≤10000	≥10000	>20000	>100000
capacité du godet (m ³)	0,25-0,35	0,5-0,65	1-1,25	1,5

VII-1-4-2) Calcul du rendement d'exploitation de la pelle :

Il est déterminé comme suit :

$$R = G * n * k_r * k_u * \frac{1}{K_f} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

G : capacité du godet de l'excavation (m) ;

n : nombre de cycle de l'excavateur = 3600/T où T = (15 à 20) secondes ;

On prend T=20secondes, alors :

$$n = 3600/20 = 180 ;$$

K_r : coefficient de remplissage K_r = (0,6 à 0,8). On lui prend égal à 0,65 ;

K_u : coefficient d'utilisation de temps K_u = (0,7 à 0,9). On lui prend égal à 0,75 ;

K_f : coefficient de foisonnement K_f = 1,2

Pour le godet de capacité G = 0,25m³, on a le rendement :

$$R = 0,25 * 180 * 0,65 * 0,75 * \frac{1}{1,2} = 18,28 \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

VII-1-4-2-1) Calcul du temps d'excavation :

Les excavateurs ont une durée d'excavation et se calcule de la manière suivante :

$$T_{ex} = \frac{V_r}{R}$$

$$T_{ex} = \frac{3004,34}{16,20} = 185,45h = 20 \text{ jour}$$

Avec :

T_{ex} : temps d'excavation (h) ;

V_r : volume de remblai (m³) ;

R : rendement de l'excavateur (m³/h) ;

VII-1-5) Pose de la canalisation :

La Pose des canalisations est effectuée selon les opérations suivantes :

- Aménagement du lit de pose ;
- Introduction de canalisation dans les tranchées ;

VII-1-6) Lit de pose :

Le lit de pose se fera un matériau fin (sable) 0,1 à 5mm de texture, permettant le drainage du fond de la tranchée, avec une couche d'au moins 10cm sous la conduite et 10cm au dessus du conduite.

VII-1-7) Introduction de la canalisation :

Autrement la pose doit être faite de façon à respecter certaines recommandations :

- ✓ S'assure au préalable qu'aucun corps étranger ne se trouve à l'intérieur de la tranchée et des tuyaux ;
- ✓ Nivelier soigneusement le fond de la tranchée en évitant les contres pentes ;
- ✓ Déposer la conduite au fond de la tranchée sans la laisser tomber moyennant des engins de levage ;
- ✓ De ne pas laisser les revêtements à endommager ;
- ✓ Vérifier l'alignement ;

VII-1-8) Epreuve de joint et de canalisation :

Pour plus de sécurité l'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement on l'effectue à l'aide d'une pompe d'essai qui consiste au remplissage en eau de la conduite 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 environ 30 minutes où la variation ne doit pas excéder 0,2 bars après la vérification de cette condition on peut dire que la conduite est prête pour la pose.

VII-1-9) Remblaiement des tranchées :

Une fois les épreuves réussissent, la mise en place du remblai bien tassée est effectuée par un engin, choisissant le chargeur, en utilisant la terre des déblais.

Après la pose des canalisations et l'exécution des remblais, soit on fait le remballage des fouilles avec tout le volume des déblais, et dans ce cas on a le volume de déblai égale au volume de remblai, il sera tassé avec le temps,

Mais si on a dans le cas où il ne faut mettre que le volume exact du remblai, alors on y obliger de transporter le volume de déblai excédentaire par des camions vers la zone de décharge.

Pour charger les camions on utilise un engin qui est le chargeur.

VII-1-9-1) Choix du bulldozer :

Le choix du bulldozer se fait en fonction de la capacité du godet de l'excavateur. Le bulldozer est utilisé pour le remblaiement de la tranchée après la pose des conduites.

Tableau VII-2 : Choix du bulldozer en fonction de la capacité du godet

capacité du godet de la pelle (m ³)	0,3-0,65	0,75-1,0	1,25-1,5	2,0-3,0
classe du bulldozer d'après la puissance du tracteur (Km)	40-60	70-118	120-140	150-300

Pour une capacité du godet de la pelle égale à 0,25 m³ nous prenons un bulldozer ayant les caractéristiques suivantes:

- Puissance $P_b = 40 \text{ KW}$.
- Largeur de la lame $L = 2-3 \text{ m}$.
- Hauteur de la lame $1-1,5 \text{ m}$.

VII-2) Exploitation du système d'irrigation :

L'exploitation d'un système d'irrigation est consisté à faire fonctionner le service de l'eau : assurer sa mobilisation, son transport, sa distribution dans le cadre contractuel défini avec tous le partenaire du projet .elle est effectué sel, quatre aspects :

- Planification de l'utilisation de l'eau d'irrigation.
- Mesure de l'exploitation et de réparation du système d'irrigation
- Modernisation et amélioration du système en fonction de l'apparition des nouvelles techniques
- Contrôle de l'état des terres irriguées

VII-3) Objectif de l'exploitation :

L'exploitation du système d'irrigation doit :

- Assurer le bon fonctionnement des conduites et des ouvrages.
- Utiliser de façon rationnelle les ressources hydrauliques.
- Assurer la réalisation des plans envisagés.
- Protéger les terres agricoles contre la submersion, la formation des marées, la salinisation, et la dégradation des sols par les eaux et les vents.

VII-4) Planification de travaux du réseau :

Pour notre travail on réalisé les étapes ou les opérations suivant :

A : le piquetage (15jours) ;

B : labourassions et décapage de végétaux (fait par trois groupes, chaque groupe réales 1ha/h ,on travaillé 10h/j) ;

C : Excavation des trachées des conduit et les fouilles (fait par deux groupes, chaque groupe réalise un tranchée de 250ml/j) ;

D : la pose lit de sable (fait par trois groupes, chaque groupe réales 400ml/j) ;

E : la pose des conduites (fait par trois groupes, chaque groupe réales 600ml/j) ;

F : raccordement des conduites et la pose des vannes, les bornes d'irrigation et les accessoires 20jour ;

G : Epreuve de joint et de canalisation 20jour ;

H: réalisation des réseaux de gout a gout et l'asperseur(fait par les trois groupes on réalise un ilot de 5ha/j) ;

I : Remblaiement des tranchées (fait par trois groupes, chaque groupe réales 800ml/j) ;

J : travaux de finition 10jour ;

On calcule la dure total du projet par la méthode C PM (coure de 5^{eme}année ODC)de chemine des nœud, et on détermine le chemine critique. Les résultats dans la figure suivant :

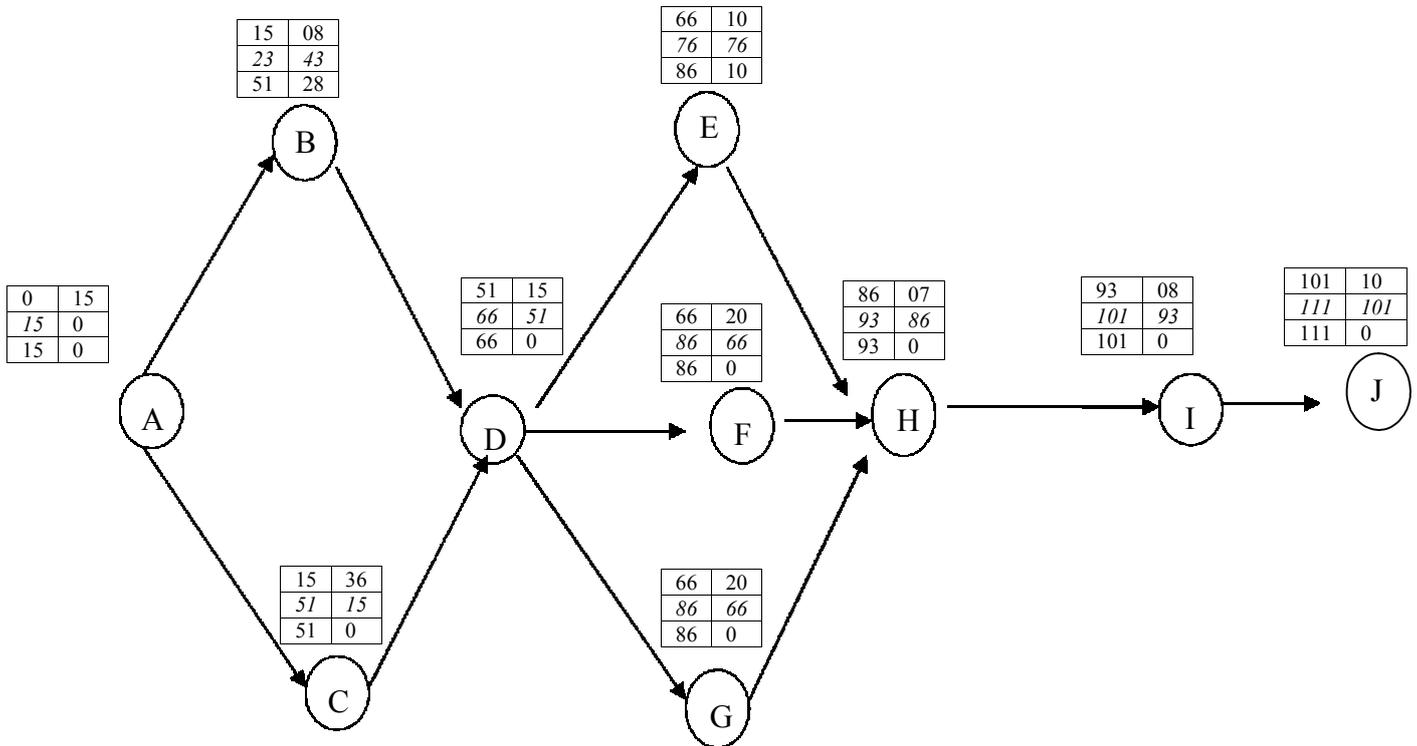


Fig. VII-2: réseau a nœud

A partir de la figure on trouve que :

La dure total égale 111jours.

Le chemine critique : A-B-D-F-H-I-J/A-B-D-G-H-I-J .

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de savoir comment faire les travaux pour réaliser un réseau d'irrigation sur un chantier dans les meilleures conditions et le bon fonctionnement.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, il ressort que le dimensionnement d'un réseau d'adduction et de distribution n'est pas si simple.

En effet beaucoup de contraintes aussi bien techniques qu'administratives peuvent influencer sur le tracé du réseau.

Nous avons choisi un tracé qui a pu gravitairement nous assurer des pressions assez conséquentes au niveau des bornes d'irrigation. De plus il a fallu dans la mesure du possible respecter le foncier afin de maintenir un certain degré de liberté quant à l'utilisation des prises d'eau.

L'aspect économique demeure aussi un point essentiel car minimiser le tracé de ce réseau permet de faire des économies sur le coût du projet.

Malgré ces contraintes on a proposé un tracé qui bien entendu peut être critiquable.

L'intérêt de ce projet est immense car l'irrigation va permettre une diversification des cultures en places, un accroissement des rendements surtout pour la céréaliculture. L'introduction de l'arboriculture est bénéfique à plus d'un point ; elle permet d'améliorer la stabilité du sol donc moins d'érosion, créer un micro climat et surtout développer de petites industries de transformation.

La projection de systèmes d'irrigation modernes tels que l'aspersion et le goutte à goutte permettent une meilleure gestion de la ressource en eau et une meilleure conservation du sol.

Référence bibliographique

- [1] **AYERS, RS.ET WESTCOT, D.W**, Water quality for agriculture. Some new dimensions FAO, Rome FAO Irrigation and drainage, (1985) ,29p
- [2] **Clément. R, Galand. A**, Irrigation par aspersion et réseau collectif de distribution sous pression. Paris, Eryolles, (1979), 181 -185p.
- [3] **Doorenbos .J, Pruitt .W.O**, Bulletin FAO d'irrigation et de drainage: les besoins en eau des cultures. n°24. (1976) ,197p
- [4] **Labye. Y, Olson M. A, Galand .A, Tsiourtis.N**, Conception et optimisation des réseaux d'irrigation. Rome Italie, FAO, (1996), 44- 261p.
- Touabia.B**, Manuel pratique d'hydrologie, (2005).
- Hyfran**, Un Logiciel Pour L'étude Hydrologique.
- Cropwat**, Un Logiciel Pour calculer l'évapotranspiration potentiel.
- Epanet**, Un Logiciel Pour calculer de dimensionnement de réseau.
- M^r Messahel**, cours 5^{eme} année d'irrigation ,(2013).
- M^{me} Bahbouh**, cours 4^{eme} année d'irrigation, (2012).
- FAO**- Food and agriculture organization, 2012

Site web: <http://www.fao.org/nr/water>

ANNEXE

VALEURS DU COEFFICIENT CULTURAL K_c EN FONCTION
DU STADE DE CROISSANCE DE DIFFERENTES
CULTURES ANNUELLES

Tableau n° 3

cultures annuelles	POURCENTAGE DE LA PERIODE DE CROISSANCE									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Beharave à sucre	0.40	0.50	0.70	0.80	1.00	1.10	1.25	1.25	1.15	1.10
Colza	0.20	0.30	0.40	0.60	0.60	1.00	1.00	0.80	0.70	0.60
Haricots	0.50	0.65	0.80	1.00	1.10	1.15	1.10	0.85	.80	0.70
Maïs Grains	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00	1.00	1.00	1.02	0.95	0.85
Maïs Fourrage	0.45	0.50	0.60	0.70	0.80	1.00	1.10	1.10	1.05	0.95
Marcheys	0.35	0.50	0.65	0.75	0.80	0.82	0.80	0.75	0.65	0.50
Melons	0.45	0.55	0.60	0.70	0.80	0.82	0.80	0.75	0.72	0.70
Pomme de terre	0.35	0.45	0.60	0.65	1.10	1.25	1.35	1.35	1.25	1.25
Sorgho-grain	0.30	0.50	0.70	0.80	1.10	1.05	0.95	0.80	0.70	0.60
Tomates	0.40	0.45	0.50	0.65	0.85	1.00	1.00	0.95	0.85	0.70

VALEURS DU COEFFICIENT CULTURAL Kc POUR
LES CULTURES PERENNES

Tableau n° 5

CULTURES PERENNES	MOIS (Hemisphere Nord)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Agurmes	0.64	0.69	0.69	0.70	0.71	0.72	0.72	0.72	0.69	0.67	0.66	0.65
Arbres fruitiers à feuilles caduques	0.17	0.25	0.40	0.65	0.85	0.95	0.90	0.80	0.60	0.30	0.20	0.15
Arbres fruitiers sans caduques	0.85	0.75	0.85	0.95	1.10	1.15	1.10	1.05	0.85	0.80	0.80	0.80
Avocats	0.25	0.40	0.60	0.70	0.77	0.82	0.77	0.70	0.62	0.52	0.42	0.32
Canne à sucre	0.80	0.75	0.85	1.00	1.10	1.15	1.18	1.05	1.00	0.90	0.80	0.65
Pruniers	0.50	0.60	0.75	0.85	0.90	0.92	0.92	0.88	0.88	0.80	0.85	0.95
Noyers	0.10	0.15	0.20	0.45	0.70	0.95	1.00	0.85	0.65	0.65	0.50	0.15
Vigne	0.20	0.25	0.30	0.50	0.70	0.80	0.80	0.75	0.65	0.50	0.35	0.20

5. RESERVE D'HUMIDITE FACILEMENT UTILISABLE (RFU)

DONNEES GENERALES SUR LA PROFONDEUR D'ENRACINEMENT DES CULTURES EN PHASE DE PLEIN DEVELOPPEMENT, FRACTION DE L'EAU UTILISABLE (f) ET RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (p. 50) POUR DIFFERENTS TYPES DE SOLS (en unités de profondeur) QUAND ETc_{sol} = 5-6 mm/jour

Cultures	Profondeur d'enracinement (m)	Fraction (f) de l'eau utilisable ¹	Réserve d'eau facilement utilisable (p. 50) (mm/m)		
			T. flu	T. normal	T. anormal
Lettre	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Banane	2.5-0.9	0.35	70	50	20
Oge ²	1.0-1.5	0.55	110	75	35
Banane ²	2.5-0.7	0.45	90	65	30
Banane ²	0.6-1.0	0.5	100	70	35
Chou	0.4-0.5	0.45	90	65	30
Carotte	0.5-1.0	0.35	70	50	20
Carrot	0.3-0.5	0.2	40	25	10
Agrumes	1.2-2.5	0.5	100	70	30
Triflé	0.4-0.7	0.25	70	50	20
Cacao		0.2	40	20	15
Coton	1.0-1.7	0.65	130	90	40
Concombre	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Deux	1.5-1.5	0.5	100	70	30
Épaves ceds	1.0-2.0	0.5	100	70	30
Luz ²	1.0-1.5	0.5	100	70	30
Céleri ²	0.4-1.5	0.6	120	80	40
Cérl. d'ave ²	1.5-2.0	0.6	120	80	40
Vigne	1.0-2.0	0.35	70	50	20
Gazon	0.5-1.5	0.3	100	70	30
Arachide	0.5-1.0	0.4	80	55	25
Laitue	0.3-0.5	0.3	60	40	20
Mais ²	1.0-1.7	0.6	120	80	40
Mais-ensilage		0.5	100	70	30
Melon	1.0-1.5	0.25	70	50	25
Céleri	1.2-1.7	0.65	120	95	45
Cigoune	0.3-0.5	0.25	50	35	15
Polaire	0.7-1.1	0.55	110	80	40
Pois	0.6-1.0	0.35	70	50	25
Féve	0.3-1.0	0.25	50	35	15
Ananas	0.3-0.6	0.5	100	65	30
Pomme de terre	0.4-0.8	0.35	70	50	25
Carbasse ²	1.0-1.0	0.6	120	80	40
Carrot	0.4-1.0	0.6	120	110	50
Sorgho ²	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Séje	0.6-1.2	0.5	100	70	30
Épave ²	0.2-0.5	0.2	40	20	15
Épave ²	0.2-0.5	0.15	30	20	10
Banane ²	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Carrot à sucre ²	1.2-2.0	0.65	130	90	40
Carrot ²	0.6-1.5	0.45	90	60	30
Patate douce	1.0-1.5	0.55	110	80	40
Yam ² (a)	0.5-1.0	0.35	70	50	25
Yam ² (b)		0.55	130	90	40
Yam ²	0.7-1.5	0.4	80	50	25
Légume	0.3-0.5	0.2	40	30	15
Ma	1.0-1.5	0.55	110	75	35
Ma ²		0.9	180	130	55

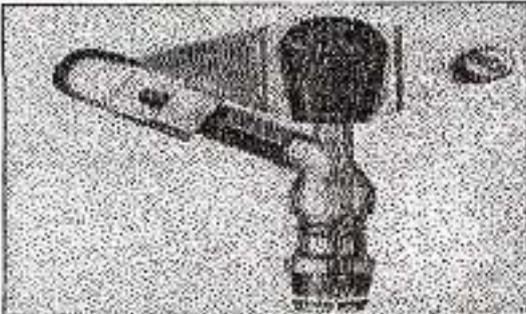
Volume total d'eau de sol disponible (E_{sol}) (mm/m) 100 140 60

1. Quand ET_{sol} < 3 mm/jour, adopter les valeurs de 10 % ; quand ET_{sol} > 8 mm/jour, adopter les valeurs de 10 %. Ceci suppose des conditions non salines (CE < 2 dS/m).

2. Ces valeurs s'appliquent à toutes les cultures (a) pour les cultures dans la rotation.

Source: Taylor (1968), Shatt et Hagen (1972), Selig et Gouda (1967), Rézina (1965), etc.

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage N° 34, Tableau 39 (nouvelle version).



**Caractéristiques de
l'asperseur circulaire
PERROT ZF 30**

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

dia de la buse Ø mm	pression à la buse bar	portée m	débit m ³ /h	espacement m		surface irriguée m ²		densité d'aspersion mm/h	
				□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,38
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,12
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,6
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6,0	2,5	16,2	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	8,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	8,5	6,7

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

- Débit de l'asperseur

On le calcule par la relation (IV.9)

Annexe
(VI)

UNITE TUBE

GAMME DE PRIX
TUBES PEHD EAU (PE80 & PE100)

(Prix Valable à compter du : 01 AVRIL 2010)
Selon la Norme ISO 4427

TUBES PEHD : PN 06					
Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML	
	Ø20	-			PE80
13003	Ø25	-	36,28	42,45	PE80
13006	Ø32	-	48,35	58,57	PE80
13009	Ø40	2.0	64,6	75,58	PE80
13022	Ø50	2.4	98,25	114,95	PE80
13015	Ø63	3.0	160,25	187,49	PE80
13018	Ø75	3.6	225,21	263,48	PE80
13022	Ø90	4.3	298,03	348,35	PE100
13025	Ø110	4.0	357,86	418,70	PE100
13040	Ø125	-	473,08	553,50	PE100
13030	Ø160	5.8	770,85	901,89	PE100
13044	Ø200	7.2	1 163,39	1 361,17	PE100
13056	Ø250	9.1	1 850,00	2 211,5	PE100
13042	Ø315	11.4	3 080,00	3 603,6	PE100
13039	Ø400	14.5	6 134,24	6 007,08	PE100
13051	Ø500	19.1	6 938,13	8 117,61	PE100
13052	Ø630	24.1	12 682,50	14 838,53	PE100

TUBES PEHD : PN 10					
Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML	
P3513000	Ø20	-	29,07	34,01	PE80
P3513004	Ø25	2.5	38,28	44,79	PE80
P3513007	Ø32	2.5	58,48	64,91	PE80
P3513010	Ø40	3.0	84,10	98,40	PE80
P3513013	Ø50	3.7	135,28	158,25	PE80
P3513016	Ø63	4.7	209,89	245,34	PE80
P3513019	Ø75	5.6	300,60	351,59	PE80
P3513023	Ø90	5.4	359,09	420,14	PE100
P3513026	Ø110	6.6	640,50	832,39	PE100
P3513028	Ø125	7.4	680,13	772,35	PE100
P3513031	Ø160	9.5	1 142,25	1 326,43	PE100
P3513033	Ø200	11.9	1 660,84	1 931,45	PE100
P3513035	Ø250	14.8	2 595,00	3 036,15	PE100
P3513041	Ø315	18.7	4 093,57	4 789,47	PE100
P3513038	Ø400	23.7	6 898,74	7 837,53	PE100
P3513043	Ø500	29.7	10 152,61	11 875,44	PE100
P3513048	Ø630	37.4	16 738,78	18 414,38	PE100

TUBES PEHD : PN 16					
Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML	
101	Ø20	2.3	32,18	37,68	PE80
103	Ø25	2.8	50,88	58,48	PE80
108	Ø32	3.6	78,51	81,88	PE80
111	Ø40	4.5	120,85	141,51	PE80
114	Ø50	5.6	188,28	220,29	PE80
117	Ø63	7.1	297,95	348,60	PE80
119	Ø75	8.4	407,8	477,13	PE80
124	Ø90	8.2	510,71	587,53	PE100
127	Ø118	10.0	757,19	885,91	PE100
129	Ø125	11.4	987,80	1 132,44	PE100
132	Ø160	14.6	1 860,00	1 828,20	PE100
134	Ø200	18.2	2 472,00	2 892,24	PE100
136	Ø250	22.7	3 815,00	4 463,56	PE100
138	Ø315	28.6	6 850,00	8 844,50	PE100
140	Ø400	36.3	9 320,00	10 904,40	PE100
142	Ø500	45.4	14 911,00	17 445,87	PE100
144	Ø630	57.2	23 123,50	27 054,50	PE100

TUBES PEHD : PN 20					
Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML	
P3513101	Ø20	2.3	38,01	44,47	PE100
P3513102	Ø25	3.0	63,29	62,35	PE100
P3513103	Ø32	3.6	82,22	96,20	PE100
P3513104	Ø40	4.5	128,15	149,94	PE100
P3513105	Ø50	5.6	200,7	234,82	PE100
P3513106	Ø63	7.1	338,73	386,31	PE100
P3513107	Ø75	8.4	447,35	523,40	PE100
P3513108	Ø90	10.1	627,09	733,70	PE100
P3513109	Ø110	12.3	948,86	1 110,17	PE100
P3513110	Ø125	14.0	1 202,75	1 407,22	PE100
P3513111	Ø160	17.9	1 947,59	2 278,68	PE100
P3513112	Ø200	22.4	3 121,70	3 652,39	PE100
P3513113	Ø250	27.9	4 848,33	5 670,21	PE100
P3513114	Ø315	35.2	7 585,88	8 875,48	PE100
P3513115	Ø400	44.7	12 110,03	14 168,74	PE100
P3513116	Ø500	55.8	19 083,81	22 304,66	PE100
	Ø630	-			PE100

Longueur de Tubes : du Diamètre 25 mm au 110 mm sont des Courbures (Rocreaux) de 100 ML.
Longueur de Tubes : du Diamètre 125 mm au 400 mm sont des tubes de 12 ML.
Longueur de Tubes : du Diamètre 500 mm au 630 mm sont des tubes de 26 ML.

SARL K-PLAST
Transformation de Plastiques

ANNEXE:4

GUIDE D'ESTIMATION DE P

(p = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe, rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface)

Ecartement entre rampes S_1 en m	Débit des distributeurs														
	moins de 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			Plus de 12 l/h		
	Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, Sd en m en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0
Pourcentage en sol humidifié p %															
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40