

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 DU RESEAU D'IRRIGATION DES
TERRES AGRICOLES DE SIDI HAMADI
A PARTIR D'UNE RETENUE COLLINAIRE
WILAYA D' ORAN**

Présenté par :

M^r AGGOUN CHARAFEDDINE

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et prénom	Grade	Qualité
M^r 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
M^r Y.BOUNAH	MA.B	Examineur
M^{me} D.DJODAR	MA.A	Promotrice

Septembre 2013

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*A mes chers parents, essayant ainsi de vous exprimer toute ma gratitude
pour tout ce que vous m'avait apporté.*

A mes frères.

A mes amis

Remerciements

Au terme de ce projet, fruit de mes années de labeur, je tiens à remercier sincèrement Dieu, de m'avoir octroyé les moyens et les personnes qui m'ont aidé dans son élaboration.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrai témoigner toute ma reconnaissance.

De prime abord je voudrai exprimer toute ma gratitude à ma promotrice,
Madame DJOUDAR .D.

Madame L.S. BAHBOUH de m'avoir enseigné le long de ma formation, m'a assisté, guidé et conseillé durant ce projet. Je lui exprime ici ma profonde reconnaissance.

Mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur de juger ce travail, je les remercie vivement.

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

Merci également à tous mes amis, il serait trop long de tous les nommer.

ملخص :

تتناول هذه المذكرة دراسة مشروع تهيئة الأرض الفلاحية المسماة سيدي حمادي ببلدية العنصر ولاية

وهران.

إن الهدف من هذه الدراسة هو إنشاء شبكة توزيع المياه داخل المحيط الزراعي الذي يندرج ضمن السياسة المتعلقة برفع المردودية الفلاحية، وذلك باستعمال أفضل تقنيات الري، و تسيير أنجع للموارد المائية. و هذا لن يأتي إلا بتبني أنظمة سقي حديثة و التي فرضت فعاليتها، نذكر على سبيل المثال : السقي بالتقطير الأكثر تطورا في الآونة الأخيرة نتيجة للتقدم العلمي و التكنولوجي و من بين ما تتميز به هذه الأنظمة من محاسن هو تحقيقها لاقتصاد معتبر للمياه.

Résumé :

Notre objectif consiste à dimensionner le réseau d'irrigation des terres agricoles de SIDI HAMADI à partir d'une retenue collinaire dans la commune d'EL Ançor wilaya d'Oran.

Pour ce faire, nous avons opté pour le système connu par sa rentabilité dans le domaine agricole, nommé le goutte à goutte : il est le plus efficace en raison du progrès scientifique et technologique et qui parvient à économiser considérablement l'eau, on a déterminé les besoins, puis les comparer avec les données de notre retenue, et en fin dimensionner le réseau de distribution avec une organisation de chantier.

Abstract:

We will size the irrigation of farmland SIDI HAMADI network in the municipality of El Ançor Oran.

The purpose of my dissertation is a part of the current policy on the conduct of irrigated areas, wich aims to increase the profitability of farming, and know using the best techniques and irrigation more efficient management of water resources. And it will come by the adaptation of modern irrigation systems and imposed their effectiveness, for example: drip irrigation, more efficiency last time because of scientific and technological progress and one that characterizes this system is achieve considerable water savings.

Sommaire

CHAPITRE I

I-1-SITUATION GEOGRAPHIQUE	2
I-2-LE RESEAU ROUTIER	3
II-DONNEES CLIMATIQUES	4
II-1-TEMPERATURE MOYENNE	4
II-2-LA PLUVIOMETRIE.....	5
II -3- INSOLATION.....	7
II -4- LES VENTS.....	7
II -5- HUMIDITE.....	8
II-6-SYNTHESE BIOCLIMATIQUE :	9
III -LES INDICES CLIMATIQUES:	9
III -1-L'INDICE D'ARIDITE DE MARTONE:	10
III-2-QUOTIENT PLUVIOMETRIQUE D'EMBERGER :	11
IV-APERÇU GEOLOGIQUE.....	13
IV-1-CADRE GEOLOGIQUE GENERAL.....	13
IV-1-1-GEOLOGIE REGIONALE.....	13
IV-1-2-GEOLOGIE DU SITE	13
V-CARACTERISTIQUE DES POTENTIALITES NATURELLES	14
V-1-LOCALISATION DE LA ZONE DU PROJET :.....	14
V-2-APERÇU PEDOLOGIQUE	14
V-3-LA CLASSIFICATION DES SOLS DU PERIMETRE	14
V-4-LA CLASSE DES SOLS PEU EVOLUES	14

CHAPITRE II

I-DEFINITION D'UN REGIME D'IRRIGATION.....	15
II-BESOINS EN EAU DES CULTURES	15
II-1-DEFINITION.....	15
II-2-L'EVAPOTRANSPIRATION.....	15
III-LES PARAMETRES FONDAMENTAUX DU BILAN HYDRIQUE	17
III-1-LA PLUVIOMETRIE :	17
III-2-METHODES D'EVALUATION DE L'EVAPOTRANSPIRATION	18

III-2-1-METHODES DIRECTES	18
III-2-2-METHODES INDIRECTES	21
IV-LES BESOINS EN EAU D'IRRIGATION	21
IV-1-DEFINITION	22
IV-2-CALCUL DES BESOINS EN EAU D'IRRIGATION DES CULTURES	22
V- DOSE D'IRRIGATION.....	26
V-1-DEFINITION :.....	26
VI-DOSE D'ARROSAGE	26

CHAPITRE III

I-CHOIX DES TECHNIQUES D'IRRIGATION :	30
II-L'IRRIGATION LOCALISEE :	30

CHAPITRE IV

I-RESSOURCE EN EAU.....	32
II-LE RESEAU PLUVIOMETRIQUE	32
II-1-HOMOGENÉITÉ DE LA SÉRIE PLUVIOMÉTRIQUE:	34
II-2-ETUDE DE L'ECHANTILLON ET CHOIX DU TYPE DE LOI :	36
II-2-1-AJUSTEMENT DE LA SERIE PLUVIOMETRIQUE	36
II-3-TEST D'ADEQUATION D'UN AJUSTEMENT :	41
II-3-1-TEST D'ADEQUATION DE L' AJUSTEMENT A LA LOI NORMALE :	42
II-3-2-TEST DE VALIDITE DE L' AJUSTEMENT A LA LOI LOG-NORMALE.....	42
II-3-DETERMINATION DE L'ANNEE DE CALCUL :	43
III-CLASSIFICATION DES EAU D'IRRIGATION :	43

CHAPITRE V

I-CALCUL DU DEBIT FICTIF CONTINU :	47
I-1-EN MOIS DE POINTE (JUN) :	47
II-CALCUL du volume d'eau annuel :	47
III- CALCUL DU DEBIT MAXIMUM JOURNALIER :	47
IV-DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION :	47
V-DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION EN GOUTTE A GOUTTE :	51
VI-CALCUL DU DIAMETRE AVANTAGEUX DE LA CONDUITE GRAVITAIRE :	55
VII-CALCUL DU VOLUME DU BASSIN :	56

CHAPITRE VI

I-LES DIFFERENTS TRAVAUX SUR LE CHANTIER :.....	57
I-1-IMPLANTATION DU TRACE DES TRANCHEES SUR LE TERRAIN.....	57
I-2- NIVELLEMENT DE LA PLATE-FORME DE POSE :	58
I-3- EXCAVATION DES TRANCHEES :	58
I-3-1- LA PROFONDEUR (H) :.....	58
I-3-2- LARGEUR DE LA TRANCHEE :	58
I-4-CHOIX DES ENGINS DE TERRASSEMENT :	58
I-4-1-CHOIX DE L'EXCAVATEUR ET LE PROCEDE DE L'EXCAVATION :	59
I-4-1-1-PELLE EQUIPEE EN RETRO :	59
I-4-1-2-PELLE EQUIPEE EN BUTEE :	59
I-4-2-CALCUL DU RENDEMENT D'EXPLOITATION DE LA PELLE :	60
I-4-2-1-CALCUL DU TEMPS D'EXCAVATION :	60
I-5-POSE DE LA CANALISATION :	60
I-6-LIT DE POSE :	60
I-7-INTRODUCTION DE LA CANALISATION :	61
I-8-EPREUVE DE JOINT ET DE CANALISATION :	61
I-9-REMBLAIEMENT DES TRANCHEES :	61
I-9-1-CHOIX DU BULLDOZER :	61
II-EXPLOITATION DU SYSTEME D'IRRIGATION :	62
III-OBJECTIF DE L'EXPLOITATION :	62
IV- PLANIFICATION DE TRAVAUX DU RESEAU :	62
V-DEPENSES DE CONSTRUCTIONS :	63
V-1-DEPENSE DU RESEAU D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE :	64
V-2-DEPENSE DES TRAVAUX :	65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1: Répartition des températures de la station d'Oran période 1962-1998.....	4
Tableau n°2: Coordonnées géographiques de la station pluviométrique de Bousfer	5
Tableau n°3 : Répartition mensuelle de la pluviométrie de la station de Bousfer période 1981-2010.....	6
Tableau n°4 : Insolation moyenne mensuelle (1991-2000) station d'Oran.....	7
Tableau n°5 : Moyennes interannuelles du vent (station d' Oran port en (m/s)).....	8
Tableau n°6 : Répartition de l'humidité moyenne (période observation 1950- 2004).....	8
Tableau n°7 : Classification du climat	10
Tableau n°8 : Evapotranspiration de référence et E_0 calculée à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0.....	17
Tableau n°9 : Besoins en eau d'irrigation du piment.....	23
Tableau n°10 : Besoins en eau d'irrigation de la pastèque.....	23
Tableau n°11 : Besoins en eau d'irrigation d'olivier.....	24
Tableau n°12 : Besoins en eau d'irrigation de la tomate.....	24
Tableau n°13 : Besoins en eau d'irrigation du périmètre proposé.....	24
Tableau n°14 : besoins en eau d'irrigation du périmètre.....	25
Tableau n°15 : Coefficient donnant la part des précipitations	26
Tableau n°16 : Répartition des pluies moyennes mensuelles (1981-2010).....	33
Tableau n°17 : Le procédé du test d'homogénéité.....	35
Tableau n°18 : Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles a la loi de normale.....	37
Tableau n°19 : Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles a la loi log-normale.....	39
Tableau n°20: Résultats du test de khi 2 selon HYFRAN.....	42
Tableau n°21: Résultats du test de khi 2 selon HYFRAN.....	42
Tableau n°22: L'année de calcul.....	43
Tableau n°23: Concentration des éléments physico-chimique d'eau d'irrigation.....	44
Tableau 24: calcule du $\emptyset(\text{cal})$ de la rampe pour la pastèque	54
Tableau 25 : Calcule des paramètres pour le piment	55
Tableau 26 : Calcule du $\emptyset(\text{cal})$ de la porte rampe pour le piment.....	55

Tableau 27 : Capacité du godet en fonction du volume de terrassement.....	60
Tableau 28 : choix du bulldozer en fonction de la capacité du godet.....	62
Tableau 29 : Dépenses de constructions de conduit d'adduction	64
Tableau 30 : Dépenses de constructions des conduits de distribution.....	64
Tableau 31 : Dépenses de constructions des accessoires.....	65

Liste de Figures

CHAPITRE I

Figure i -1 : Carte de la situation administrative de la wilaya d'Oran.....	2
Figure i -2 : Extrait de la carte géographique de la wilaya d'Oran 1:250,000	2
Figure i -3 : Vue générale par image satellite du réseau routier.....	3
Figure i -4 : Photo satellitaire du périmètre a irrigué	4
Figure i -5 : Histogramme de la température mensuelle de la zone d'étude	5
Figure i -6 : Répartition de la pluviométrie de la wilaya d'Oran.....	6
Figure i -7 : Histogramme des pluies mensuelles moyennes de la station de Bousfer période 1981-2010.....	7
Figure i -8 : Diagramme de l'humidité mensuelle moyenne.....	8
Figure i -9 : Diagramme ombrothermique de la station de Bousfer	9
Figure i -10 : Diagramme bioclimatique d'emberger.....	12
Figure i -11 : Extrait de la carte géologique Oran nord 1/500 000.....	13

CHAPITRE II

Figure ii -1 : Schéma du principe de fonctionnement du lysimètre.....	19
Figure ii -2: Photo d'un bac (class a) évaporant (2005).....	20
Figure ii -3 : Photo d'un évaporomètre piche	20

CHAPITRE III

Figure iii-1 : Les différents systèmes d'irrigation.....	29
--	----

CHAPITRE IV

Figure iv-1 : Graphe d'ajustement à une loi normal.....	38
Figure iv-2 : graphe d'ajustement à une loi log-normal.....	40
Figure iv -3 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	45

CHAPITRE V

Figure v -1 : Représentation du réseau de distribution avec pressions	48
Figure v -2 : Représentation du réseau de distribution avec diamètres	49
Figure v -3 : Représentation du réseau de distribution avec vitesses	50
Figure v -4 : Schéma explicatif du réseau d'irrigation goutte a goutte	51

CHAPITRE VI

Figure vi-1 : Etapes du suivi de chantier selon l. de Coninck (2011), illustration J.Heinry (2012).....	57
Figure vi-2: Pelle équipée en rétro (2010)	59
Figure vi-3: Réseau a nœud	63
Figure vi -4 : Coupe transversale de la pose de conduite.....	66

Liste des planches

1/PLANCHE N° 01 : La conduite principale et les limites des parcelles.

2/ PLANCHE N° 02 : Représentation d'un îlot.

3/ PLANCHE N° 03 : Occupation des sols.

4/ PLANCHE N° 04 : Profil en long de la c.onduite principale

INTRODUCTION GENERALE

L'Algérie est marquée par un climat semi-aride qui est caractérisé par des précipitations irrégulières dans le temps et dans l'espace, ce qui est l'origine de variation de la production.

Ces conditions ont fait de l'irrigation un impératif technique incontournable qui a acquis au fil des années des dimensions économiques et sociales indéniables.

L'irrigation bien maîtrisée est un rempart utilisé de longue date pour endiguer la sous-alimentation et renforcer la sécurité alimentaire des sociétés. La micro-irrigation est le niveau actuel de l'évolution de l'irrigation qui conviendrait à contrer la menace de pénurie d'eau et de pollution tout en augmentant les rendements agricoles. Elle ne s'applique pas à toutes les cultures, néanmoins elle permet une grande économie d'eau et de fertilisants.

Les ressources en eau ne peuvent satisfaire que de plus en plus difficilement les demandes en eau, qui sont en perpétuelle augmentation suite à une expansion importante de l'irrigation, ce qui a conduit à une diminution des ressources en eau et en raison de l'accroissement démographique et de la concurrence sur l'eau qu'exercent les autres activités de développement.

Cependant la solution ne peut se trouver que dans un cadre collectif et participatif, entre les différents acteurs, sur le plan organisationnel et financier.

L'objectif de ce mémoire de fin d'étude, est dimensionner le périmètre d'irrigation de SIDI HAMADI (adduction et distribution) dans le but d'assurer un bon recouvrement du périmètre par réseau d'irrigation d'une façon uniforme et économique, et assuré une qualité d'irrigation pour satisfaire le client c'est le plus important, et pour garantir un bon rendement de récolte sur court, moyen et long terme.

La première étape de notre travail, a consisté en une collecte des données sur le site de travail (situation géographique, climat, qualité de l'eau, qualité du sol...), puis on va calculer les besoins de notre zone d'étude ce qui nous permettra de dimensionner notre réseau d'irrigation avec des calculs hydrauliques et une étude technico-économique de notre projet avec une organisation de chantier.

CHAPITRE I :

ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES

I-1-Situation géographique

La commune d'El Ançar s'étend sur une surface de 6560 ha, elle s'organise sur la plaine côtière appartenant à l'ensemble de celle d'Ain El Turck et Bousfer, elle est située à l'Ouest de la métropole d'Oran à environ de 70 km. Elle se limite :

- Au Nord par la mer méditerranée
- A l'Est par la commune de Bousfer
- Au Sud par la commune de Boutlélis
- A l'Ouest par la commune d'Ain el Karma



Figure I -1 : Carte de la situation administrative de la wilaya d'Oran (Wikipédia)

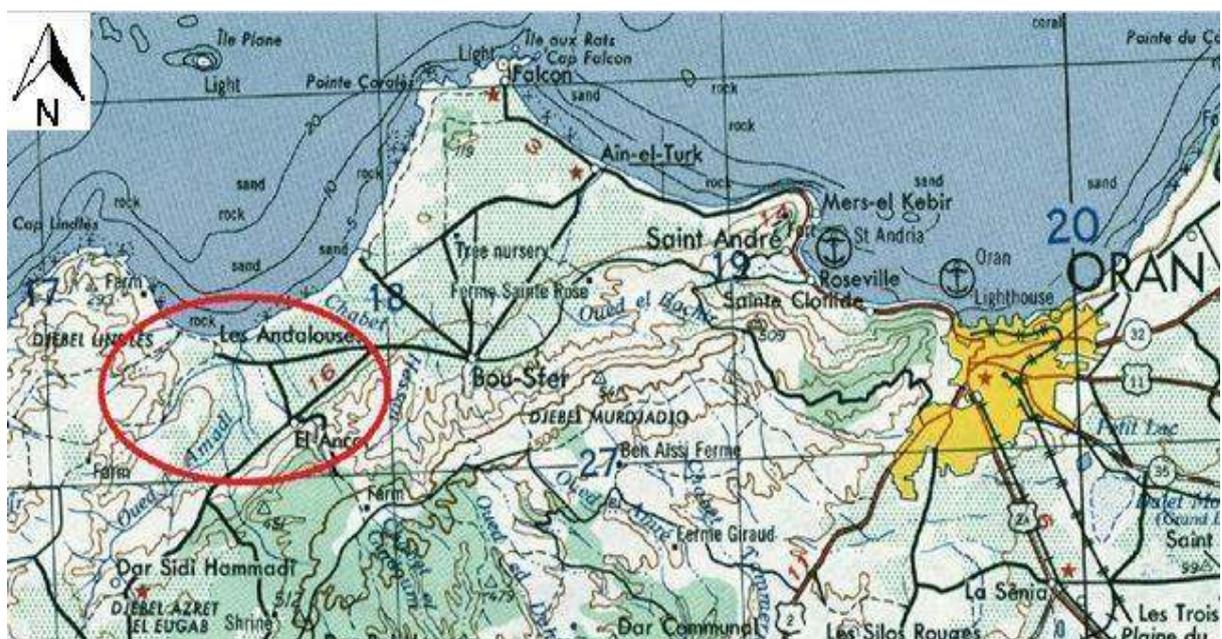


Figure I -2 : Extrait de la carte géographique de la wilaya d'Oran 1:250,000 [13]

La commune d'El Ançor comprend trois agglomérations secondaires qui sont :

Les Andalouses, Gueddare et Sidi Hamadi.

I-2-le réseau routier

La commune d'El Ançor est traversée par deux chemins de wilaya :

- Le CW20 qui relie la commune de Bousfer à celle de Boutlélis après avoir parcouru le territoire de la commune d'El Ançor du Nord au Sud-ouest.

- Le CW84 : Il part de Bousfer vers les Andalouses ou il effectue un détour vers le Nord pour se raccorder avec la voie d'évitement qui longe la cote et qui relie le complexe des Andalouses avec Ain El Turck en passant par Bousfer.

Le réseau routier joue un rôle important dans le développement de l'agriculture, il permet d'approvisionner le marché en produits agricoles.



Figure I -3 : Vue générale par image satellite du réseau routier (googlemaps)

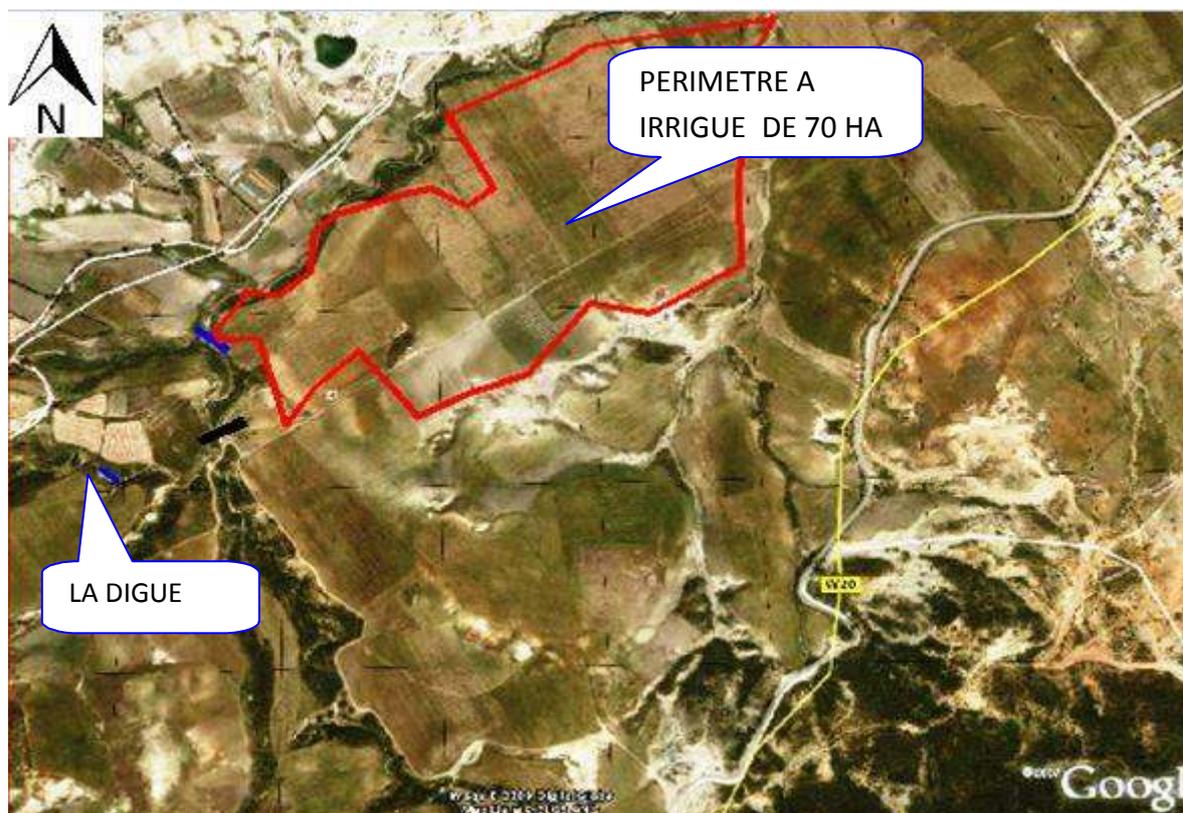


Figure I -4 : Photo satellitaire du périmètre a irrigué (googleearth)

II-DONNEES CLIMATIQUES

II-1-Temperature moyenne

Le tableau suivant résume les paramètres moyens thermiques estimés de la station d'Oran comme dans les autres stations avoisinantes, extraits des différentes séries d'observations météorologiques et des annuaires édités antérieurement.

Tableau N°1: Répartition Des Températures De La Station d'Oran Période 1962-1998

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy
°Cmoy	23,1	19,1	14,7	11,6	10,8	11,9	13,3	15,2	18,2	21,6	24,7	25,5	17,4

(Sources ANRH)

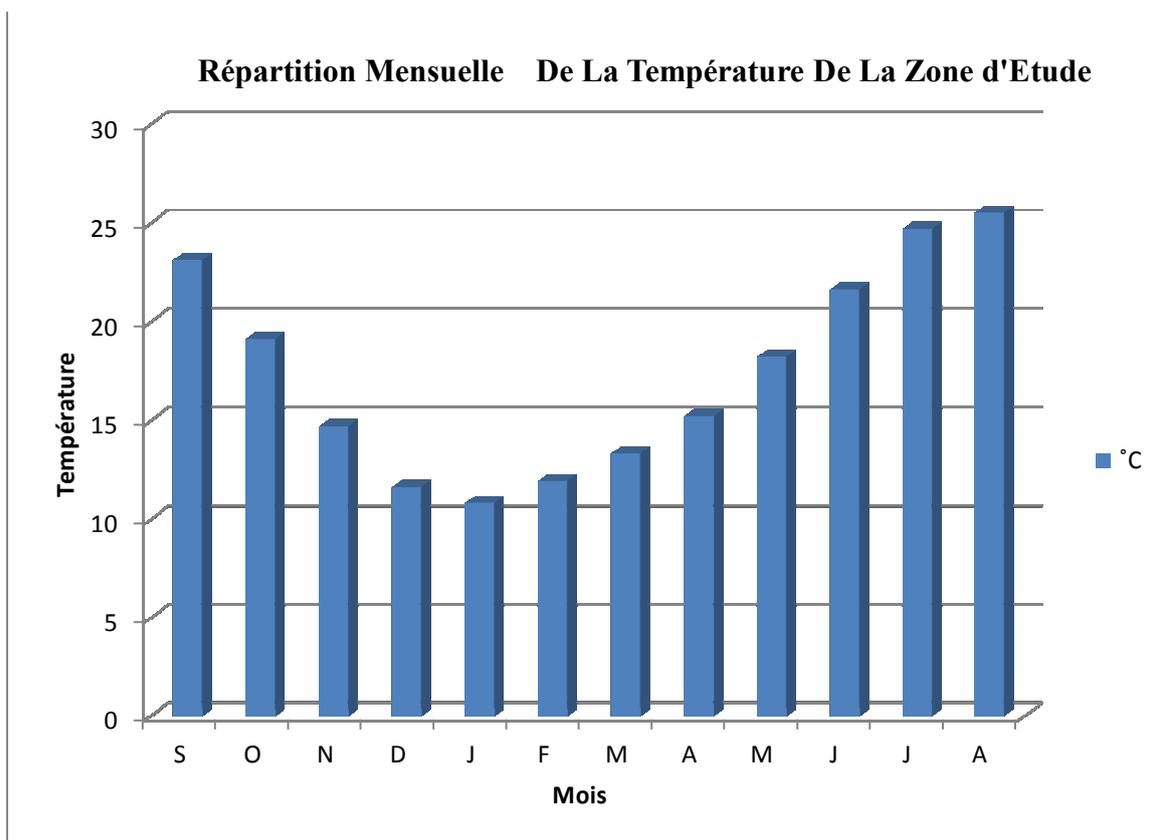


Figure I -5 : Histogramme de la température mensuelle de la zone d'étude

La répartition des températures montre une période hivernale (Décembre, Janvier, Février) avec une valeur minimale enregistré au mois de Janvier de 10,8° et une période estivale avec une valeur maximale au mois d'Août de 25,5 °.

II-2-La pluviométrie

L'Etude pluviométrique est effectuée à partir des données des Précipitations Mensuelles et Journalières enregistrées au niveau de la Station Pluviométrique la plus proche de notre zone d'étude à savoir la Station de Bousfer :

Tableau N°2: Coordonnées géographiques de la station pluviométrique de Bousfer

STATION	CODE ANRH	COORDONNEES LAMBERT	
		X	Y
BOUSFER	040301	182,500	272,500

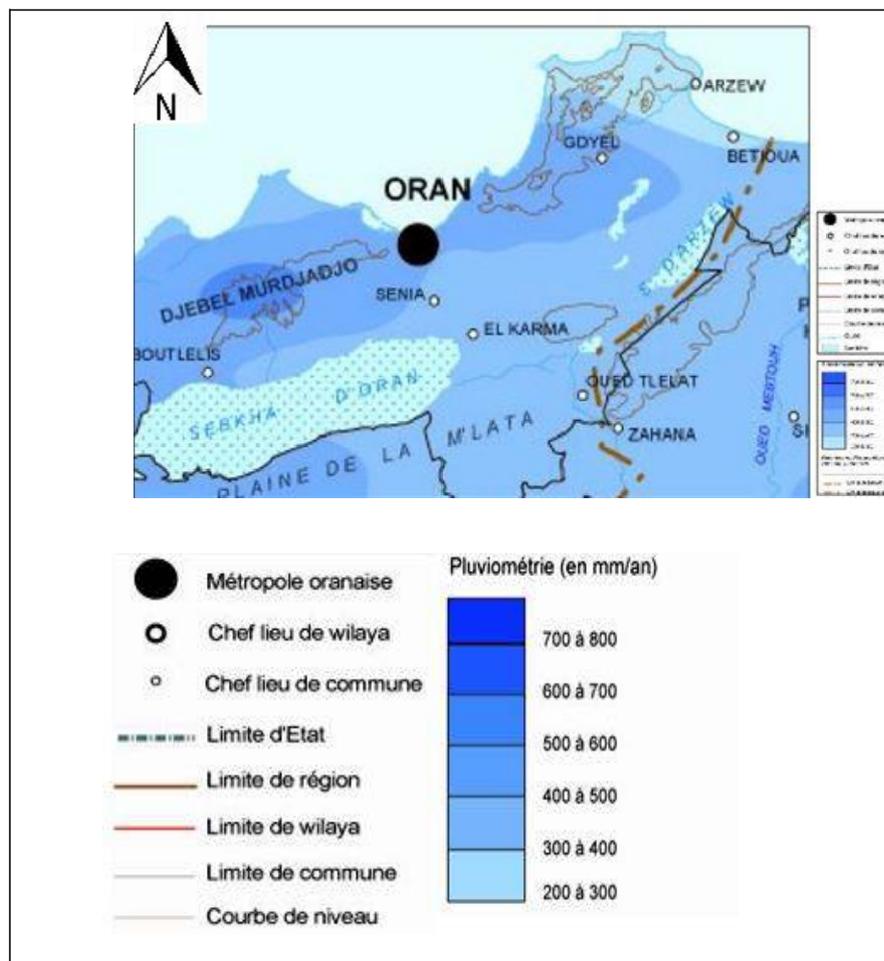


Figure I -6 : Répartition de la pluviométrie de la wilaya d’Oran (ANRH)

Le réseau pluviométrique, bien que peu étoffé, est cependant réparti d'une façon suffisamment satisfaisante pour évaluer, sans faire trop d'erreurs, les précipitations annuelles sur l'ensemble du bassin. Les données disponibles couvrent, en effet, une période longue pour la station de Bousfer, dont d'autres stations auxiliaires, situées à la périphérie du bassin étudié, ont été exploitées en termes d'extrapolation spatiale de la pluie. Comme les périodes diffèrent d'une station à l'autre pour estimer la pluviométrie annuelle, il a été étudié pour cette station l'évolution de ce paramètre pratiquement sur l'ensemble de phases humides et sèches sur la période 1940-2004, donnant la répartition mensuelle pluviométrique.

Tableau N°3 : Répartition mensuelle de la pluviométrie de la station de Bousfer période 1981-2010

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	An.
P(mm)	12,5	23,4	54,9	49,6	50,8	41,6	32,8	26,8	15,0	2,7	0,6	0,2	310,9

(Sources ANRH)

Ainsi, l'analyse de la carte pluviométrique établie, à l'échelle nationale par le secteur des ressources hydrauliques, montre que la pluviométrie diminue dans les côtières du sud dans les

crêtes au nord au littoral. Néanmoins, à l'échelle de notre bassin, l'estimation de la pluie moyenne peut être légèrement diminuée du fait du gradient pluviométrique faible, pris généralement égal à 10-15mm tous les 100 mètres d'altitude. La carte des isohyètes, ainsi établie, indique que la pluviométrie annuelle dans la région varie entre 300 et 400mm.

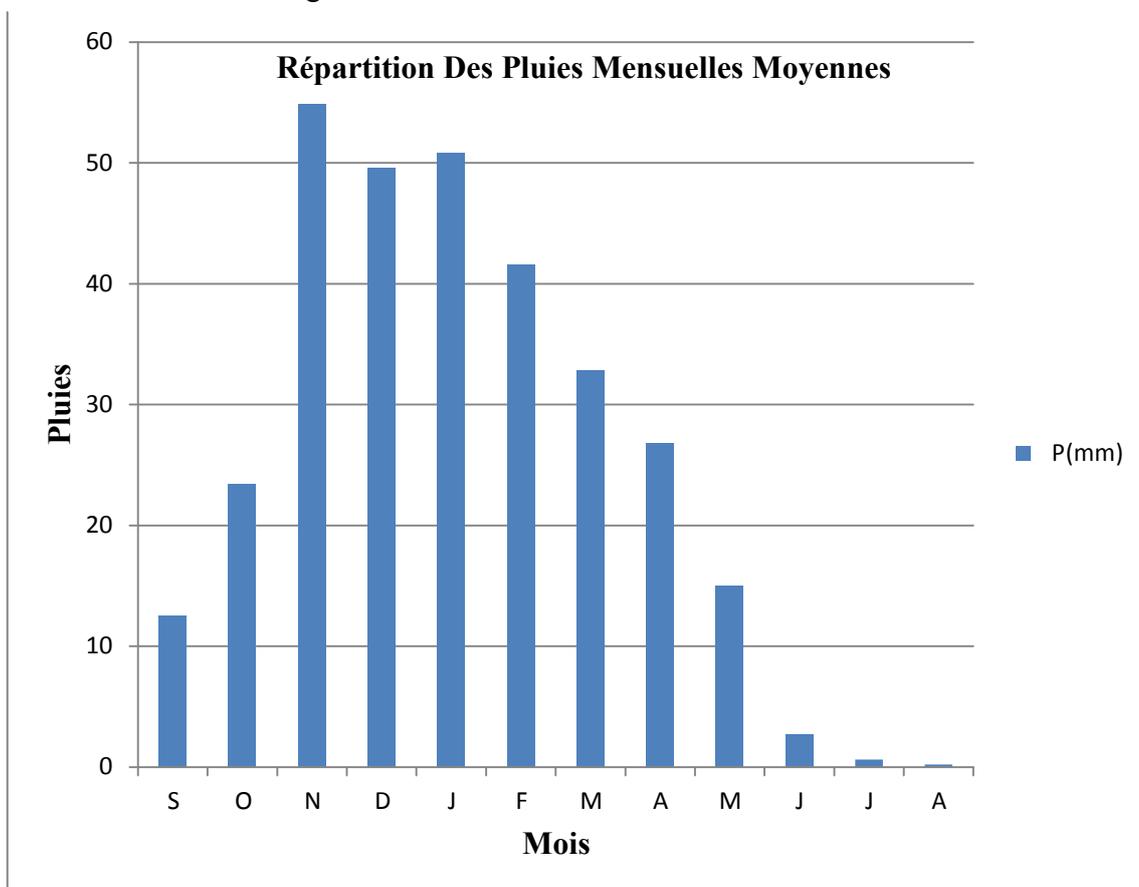


Figure I -7 : Histogramme des pluies mensuelles moyennes de la station de Bousfer période 1981-2010.

II-3- Insolation

L'insolationmoyennemensuellefigurédansletableauci-dessousillustreleparamètreclimatiqued'insolationdans la zone d'étude.

Tableau N°4 : Insolation moyenne mensuelle (1991-2000) station d'Oran

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
h	160,4	190,1	242,3	249,7	281,9	288,9	353,7	304,6	243	220,3	182,6	165,6	240,2

(Source : ONM)

II -4- Les vents

Le vent exerce une action directe sur le couvert végétal, il peut influencer le climat par sa charge en humidité.

Les vitesses des vents varient entre 6,1 m/s et 4.1 m/s. leur fréquence maximum est entre avril et juin.

Tableau N°5 : Moyennes interannuelles du vent (station d'Oran port en (m/s))

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
V _{moy}	5,8	5,8	5,7	6,1	5,8	6	5,5	5,4	5,1	4,5	5,1	4,1	5,5

(Source : ONM)

II-5- Humidité

En saison estivale, il y'a moins d'humidité, mais plus humide en saisons pluvieuses en raison des masses d'air très chargées en vapeur d'eau venant précipiter leur tribut de pluie directement sur le relief en montagne. L'humidité relative annuelle moyenne est évaluée respectivement à environ 69%.

On lit sur le graphe que l'humidité relative dans cette zone ne s'abaisse jamais, en toutes saisons, en dessous de 50%.

Tableau N°6 : Répartition de l'humidité moyenne (période observation 1950- 2004)

Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	AN.
Oran -port	65	69	74	77	77	79	74	69	64	62	60	60	69
Saisons	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Moy

(Source ANRH)

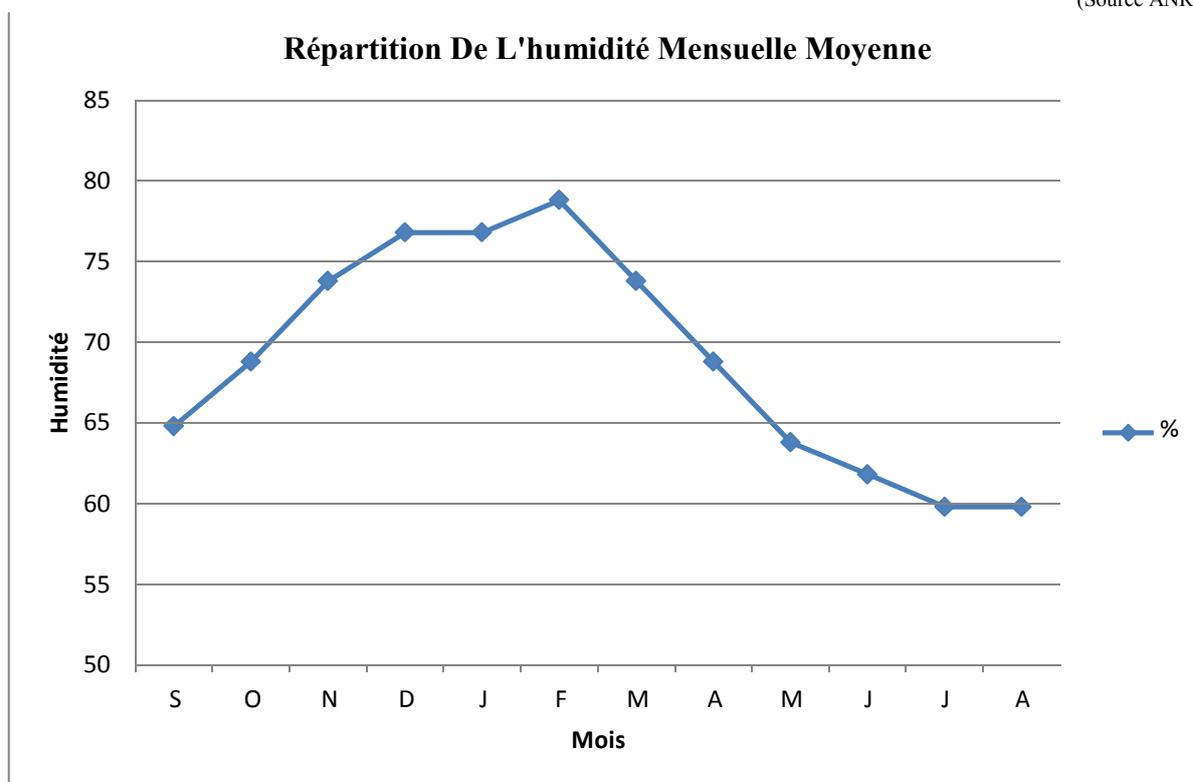


Figure I -8 : Diagramme de l'humidité mensuelle moyenne.

II-6- Synthèse bioclimatique

D'une part la situation géographique et les données exposées à travers ce chapitre. Ainsi les graphes élaborés pour illustrer les variations du climat au sein de la zone étudiée.

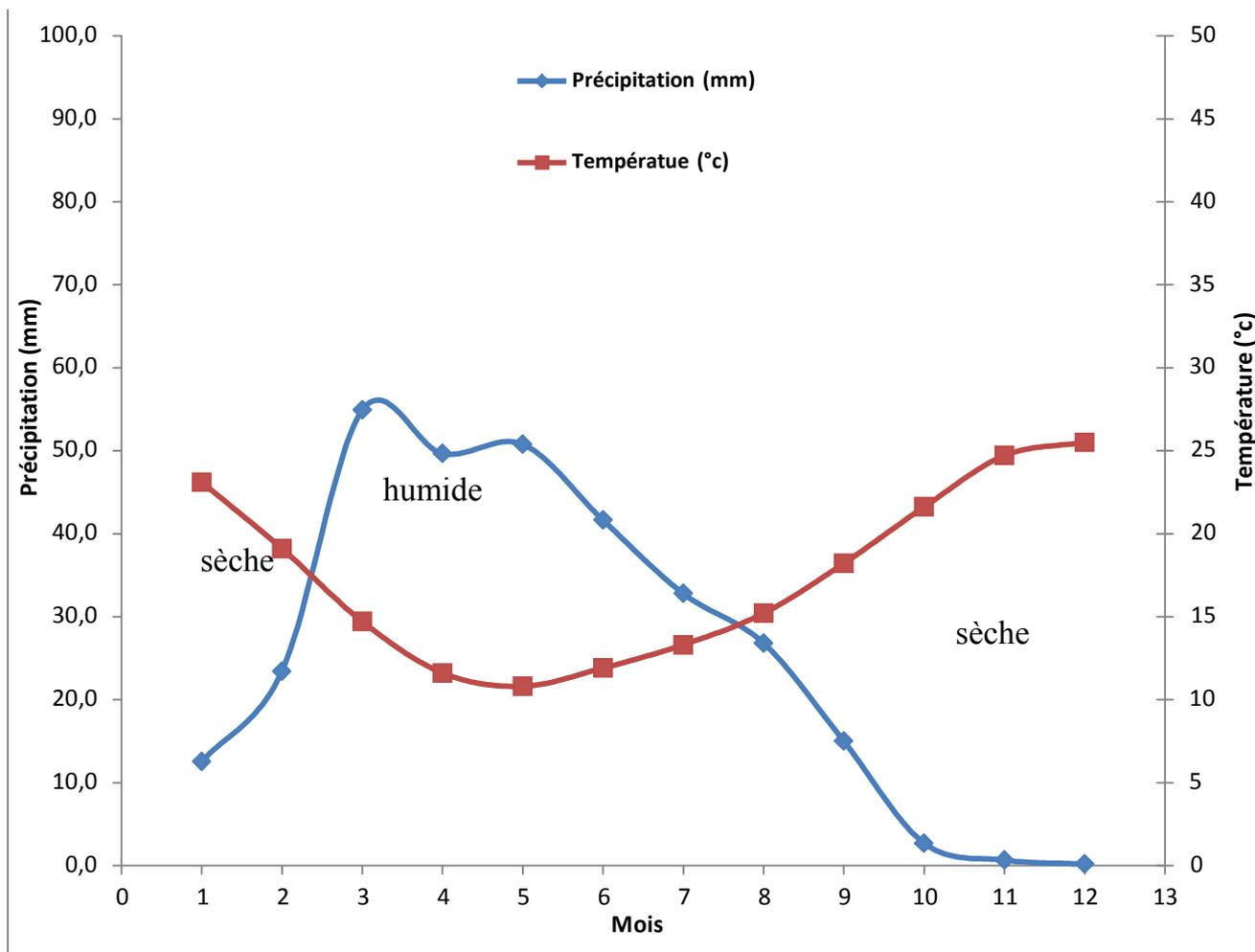


Figure I -9 : Diagramme ombrothermique de la station de Bousfer.

Le diagramme montre deux périodes, une période humide allant du mois de novembre jusqu'au mois de mars et une période sèche allant du mois d'avril jusqu'au mois d'octobre.

III -LES INDICESCLIMATIQUES

Par indices, nous entendons une codification du climat par des formules dans le but de 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 de MARTONE(1926) et EMBERGER(1932).

III -1-L'indice d'aridité de martone

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

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

Avec : P: précipitation annuelle en mm \Rightarrow P = 310.9 mm

T: température moyenne en (°C). \Rightarrow T = 17,6 °C

I_A : indice d'aridité

$$\text{AN: } I_A = \frac{P}{T + 10} = \frac{310,9}{17,6 + 10} = 11,26$$

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

Tableau N°7 : Classification du climat

Valeur	Type de climat	Irrigation
$I_A < 5$	Désertique	Indispensable
$5 \leq I_A \leq 10$	Très sec	Indispensable Souvent
$10 \leq I_A \leq 20$	Sec	Indispensable Parfois
$20 \leq I_A \leq 30$	Relativement humide	utile
$30 \leq I_A$	Humide	Utile

Selon la classification de MARTONNE; notre climat est sec, ce qui rend l'irrigation souvent indispensable. [1]

III-2-Quotient pluviométrique d'emberger

Cet indice a pour but de déterminer l'étage bioclimatique. Il est déterminé par la formule d'EMBERGER :

$$Q = \frac{1000.p}{\frac{M+m}{2} \cdot (M-m)} = \frac{2.1000.p}{M^2 - m^2} \quad (\text{I-2})$$

Q Quotient pluviométrique d'EMBERGER

P : Précipitation moyenne annuel mm

M : Température moyenne maximale du mois la plus chaud en K°(degré kelvin)

m : Température moyenne minimale du mois la plus froid en K° [1]

Avec

P : 310.9 mm

M : 32°c

m : 5,6° c

On aura

$$Q = \frac{2.1000.310,9}{(32 + 273)^2 - (5,6 + 273)^2} = 40,35$$

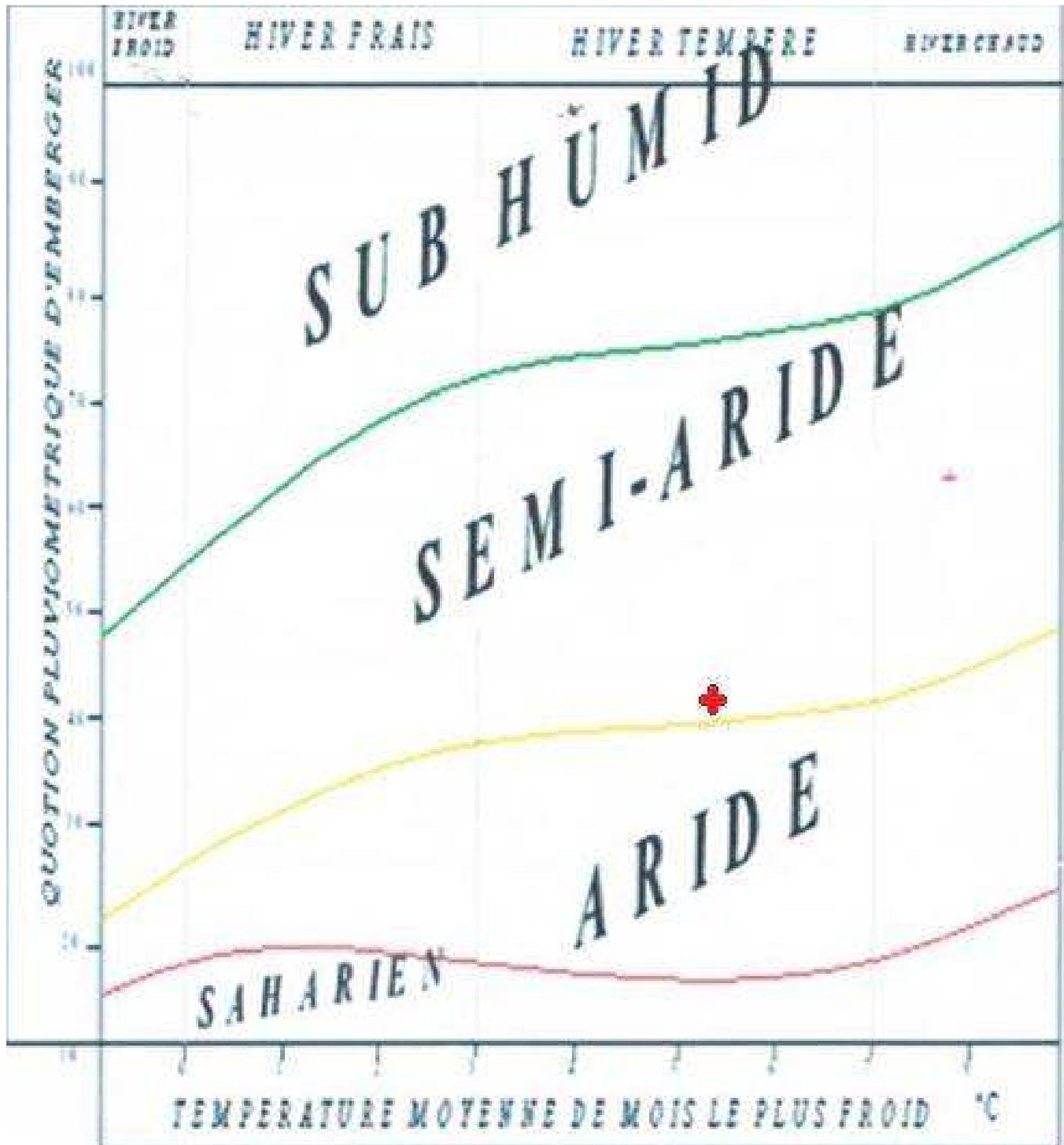


Figure I -10 : Diagramme bioclimatique d'emberger

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique d'EMBERGER, (Figure I -10) 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 : Semi-Aride [1]

IV-APERÇU GEOLOGIQUE

IV-1-Cadre géologique général

IV-1-1-Géologie régionale

La zone d'étude fait partie de la chaîne côtière qui est une entité géographique qui a pour limites méridionales les hautes plaines et hauts plateaux et elle fait partie de l'orogénèse alpine, la structure géologique se caractérise par des emplacements de nappes d'âge Miocène.

La zone d'étude fait partie ainsi du massif côtier d'Oran entre Madagh et Murdjajo.

Le territoire de la wilaya d'Oran est constitué par les unités suivantes :

- Un sillon littoral septentrional, étroit, disloqué par les effondrements quaternaires (graben de Mers El Kebir), prolongé vers l'Est par les plateaux de Mostaganem.
- Un massif (le Murdjajo) qui domine à l'Ouest la ville d'Oran très tectonisé, fracturé, érodé, métamorphisé et schistosité. A l'Est, le massif à son équivalent les monts d'Arzew.
- Un sillon méridional, occupé essentiellement par la grande sebkha d'Oran, prolongement du vaste synclinal du chéiff où des épaisseurs de néogène dépassant 3000 m ont été reconnues par forages pétroliers

IV-1-2-Géologie du site

Géologiquement le site est caractérisé par l'affleurement de formation marneuse à marno argileuses parfois sableuses de couleur grisâtre, ces dernières sont surmontées par des calcaires gréseux sommitaux très compacts.

L'effet des crues a mis en nu des formations gréseuses très compactes formant le socle.



Figure I -11 : Extrait de la carte géologique Oran nord 1/500 000

V-CARACTERISTIQUE DES POTENTIALITES NATURELLES

V-1-Localisation de la zone du projet

Le périmètre d'irrigation est situé au nord-ouest de la commune d'El Ançor, juste en aval de la future retenue collinaire de Sidi Hamadi.

Le périmètre est situé ;

- Au Nord par la ferme Rodreguez
- Au Sud par la route CW 20 en allant vers la commune de Boutlélis
- A l'EST par la commune d'El Ançor

Le périmètre d'irrigation s'étale sur une superficie de 70 Ha, avec une forme plus au moins allongée le long de l'oued Sidi Hamadi

V-2-Aperçu pédologique

Suite à des études pédologiques faite au niveau de la zone côtière Ain Turck et Bousfer et que notre zone d'étude est située dans une zone côtière les Andalouses, on peut procéder à la classification suivante :

V-3-La classification des sols du périmètre

La classification des sols utilisée est celle de l'A.N.R.H

Les multiples observations sur le terrain faites par nos soins.

La classe des sols peu évolués d'apport :

V-4-La classe des sols peu évolués

Les sols peu évolués occupent une superficie assez importante. Cette catégorie de sols se localise à des divers endroits de la plaine alluviale, soit à proximité du lit majeur des affluents. Ils constituent les dépôts récents de la plaine.

Ces types de sols ont en commun des caractères particuliers tels que :

- Absence de différenciation du profil.
- Texture hétérogène.
- Perméabilité variable selon le type d'alluvionnement
- Structure peu développée.

Les sols d'alluvions récentes ne montrent qu'un début de pédogenèse. Celle-ci se traduit par l'incorporation en surface de matières organiques, fournies par la végétation naturelle. Ceci a donné lieu à un horizon superficiel humifère structuré et peu développé. Le taux de matière organique dans l'horizon de surface est la présence des alluvions, des éléments à charge variable en éléments grossiers pour la classification des sols. Les sols rencontrés sont moins salés avec une texture argilo-limoneuse qui demande une bonne préparation en labour.

CHAPITRE II :

ETUDE DU REGIME D'IRRIGATION

Introduction

Selon l'espèce à laquelle appartient, soixante à quatre-vingt-dix pour cent du matériel végétal de la plante est constitué d'eau. C'est l'eau qui permet l'absorption et la translocation des sels minéraux contenus dans le sol.

C'est elle qui permet la photosynthèse en alimentant les cellules des feuilles et encore elle favorise la turbulence des fleurs pour mettre leur fécondation et ainsi donner des bonnes graines et semences.

I-DEFINITION D'UN REGIME D'IRRIGATION

Le régime d'irrigation est défini comme étant l'ensemble du nombre de doses d'arrosage qu'il faut appliquer aux cultures au cours de toute leur période de végétation dans le but de compenser le déficit hydrique dans la couche active du sol.

II-BESOINS EN EAU DES CULTURES

II-1-Définition

En termes généraux, le besoin en eau d'une culture est équivalent au niveau d'évapotranspiration nécessaire à sa croissance optimale.

De façon précise, le besoins en eau est défini comme le niveau d'évapotranspiration d'une culture indemne de maladie et poussant dans une parcelle d'une surface supérieure à un hectare dans des conditions optimales de sol. Ces dernières consistent en une fertilité et une humidité suffisante pour atteindre le potentiel de production de la culture dans le milieu considéré.

II-2-L'évapotranspiration

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, en $m^3/ha/jour$, en $m^3/ha/mois$ ou en $m^3/ha/an$. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en $mm/jours$ par mois ou par an.

On distingue : l'évapotranspiration de référence (ET_0), L'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

-L'évapotranspiration de référence : est définie comme « le niveau d'évapotranspiration d'une surface importante d'un gazon de hauteur uniforme (entre 8 et 15cm), en croissance active, recouvrant complètement le sol et alimenté en eau de façon non restrictive ».

- L'évapotranspiration potentielle : est définie comme l'ensemble des pertes en eau d'un couvert végétal abondant, bien alimenté en eau, lorsque l'énergie (évaporation de

l'atmosphère) est le seul facteur qui limite cette évaporation. On peut définir l'ETP comme l'évapotranspiration d'un couvert végétal présentant un développement foliaire maximum (au stade de pleine croissance) couvrant bien le sol, ce dernier étant à la capacité au champ, L'ETP correspond à la « demande d'évaporation » en eau « pouvoir » évaporant de l'air.

Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence

Dans mon travail réalisé, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel CROPWAT, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de M^r Penman et Monteith modifiée.

En Angleterre, précisément en 1948, Mr Penman et Motheit ont proposés une étude 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 considérations l'effet de quelques paramètres météorologiques. Les expériences ont montres que la formule telle qu'elle est, n'est pas applicable dans les zones arides ou semi arides de faibles humidité.

Pour cela, nous adaptons la nouvelle formule de Mr Penman et Motheit, modifiée, qui prend en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent comptent des conditions météorologique diurne et nocturne.

L'expérience a montré 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 chaudes et semi arides. La formule de Mr Penman et Motheit modifiée se présentant comme suite:

$$ET_0 = C \times W \times R_n + (1 - W) \times F(u) \times$$

(2a-22)

Tel que :

ET₀ : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm /jour.

W : Facteur de pondération tenant compte de l'effet de rayonnement a différente température et altitude.

R_n : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprime en mm/jour.

F(u) : Fonction liée au vent.

e_a: Tension de vapeur saturante a la température moyenne de l'air, en millibars.

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

La différence (e_a-e_d) consiste en facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes. Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide d'un logiciel appelé CROPWAT, fondé sur la méthode de Mr Penman et Motheit, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue à Rome en mai 1990. Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les informations mensuelles de la station météorologique, la méthode adoptée emploie les informations homogènes et fiables suivantes :

- Température : Les températures moyennes mensuelles sont données en degré Celsius.
- Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprime en pourcentage %.
- Insolation journalière : L'insolation journalière donnée en heures d'insolation.
- Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en m/s.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_0 calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau ci-après.

Tableau N°8 : Evapotranspiration de référence ET_0 calculée à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 [3]

mois	T	Humidité	Vent	Ensoleillement	Radiation	Eto	Eto
	°C	%	m/s	heure	MJ/m ² /day	mm/jour	mm/mois
J	10,8	65	5,8	5,2	9	2,32	69,6
F	11,9	69	5,8	6,8	12,8	2,51	75,3
M	13,3	74	5,7	7,8	16,9	2,78	83,4
A	15,2	77	6,1	8,3	20,4	3,25	97,5
M	18,2	77	5,8	9,1	23,1	3,98	119,4
J	21,6	79	6	9,6	24,3	4,52	135,6
J	24,7	74	5,5	11,4	26,6	5,68	170,4
A	25,5	69	5,4	10,1	23,4	5,78	173,4
S	17,4	64	5,1	7,8	17,9	4,02	120,6
O	23,1	62	4,5	7,3	14,3	4,3	129
N	19,1	60	5,1	5,9	10,1	3,55	106,5
D	14,7	60	4,1	5,5	8,6	2,54	76,2
							1356,9
moyenne	18	69	5,4	7,9	17,3	3,77	113,1

- **L'évapotranspiration réelle :** Pendant une période déterminée (jour, mois, cycle végétatif complet), chaque parcelle va perdre, par transpiration et évaporation directe, une certaine quantité d'eau appelée évapotranspiration réelle ETR : celle-ci pourra bien sûr être inférieur ou égal à l'ETP selon que les conditions de celle-ci sont réunies ou non.

III-LES PARAMETRES FONDAMENTAUX DU BILAN HYDRIQUE

III-1-La pluviométrie

a) Mesure de la pluviométrie

La pluviométrie est le paramètre le plus variable du bilan aussi bien dans le temps que dans l'espace.

La prise des mesures des précipitations dépend des facteurs suivants :

- Vent
- La hauteur à laquelle est installé le pluviomètre (1,5m) d'une manière générale du site dans lequel il sera implanté.

Du fait de sa variabilité temporelle, il sera nécessaire pour effectuer des études fréquentielles sérieuses de travailler sur des séries assez longues, on considère généralement qu'une trentaine d'années de relevés pluviométriques constituent le minimum indispensable.

b) La pluviométrie efficace

La part de pluie non utilisée peut être :

- Soit de la pluie qui tombe sur un sol déjà à la capacité au champ
- Soit de la pluie qui ne peut pénétrer que partiellement dans le sol

Pour de raisons indépendantes de l'état d'humidité de ce dernier.

La pluviométrie efficace est la quantité d'eau qui passe effectivement dans les parois du sol et qui est inférieure ou égale à 5 mm.

Dans la pratique on pourra utiliser les considérations suivantes :

- Si $P < 20 \text{ mm}$ $\implies R=0$ et $P_{\text{eff}} = P - R$

- Avec P : Pluie journalière en mm

R : Ruissellement en mm

P_{eff} : Pluie efficace (mm)

. Sur des sols bien aménagés, on peut prendre une formule plus simple :

$$R = 0.1 P$$

$$P_{\text{eff}} = 0.9 P$$

C) L'évapotranspiration réelle des cultures (ETP)

$$ETR = Kc \cdot ETP$$

(II-1)

ETR : c'est la quantité d'eau qui s'évapore du sol et consommée par la plante ; comme le montre la relation l'ETR est en fonction de l'ETP présentée ci-dessus.

ETP est la demande climatique caractéristique de la zone d'étude. Elle correspond à la consommation globale des plantes quand l'humidité du sol est optimale et le développement végétatif est aussi optimal.

III-2-Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration

Il n'est pas question ici de présenter en détail toutes les méthodes utilisées pour le calcul de l'évapotranspiration des cultures.

On distingue généralement deux types :

- Les méthodes directes.
- Les méthodes indirectes.

III-2-1-Méthodes directes

- **L'évapotranspiromètre ou cuve lysimétrique**

Comme son nom l'indique, l'appareil sert à mesurer l'évapotranspiration en un lieu donné du sol nu ou plus généralement d'un couvert végétal

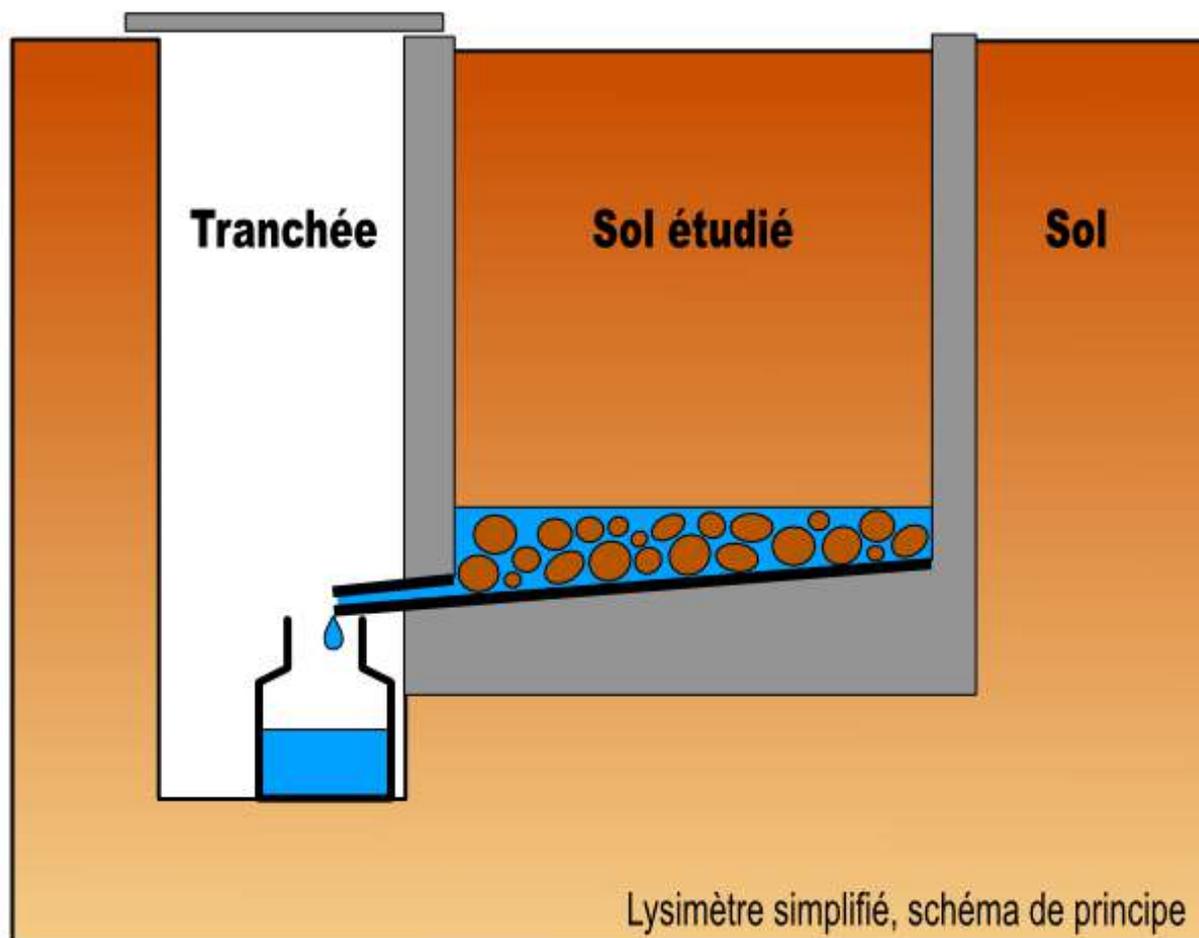


Figure II -1 : Schéma du principe de fonctionnement du lysimètre (Wikipédia)

- **Le bac évaporant**

Cet appareil très simple permet de mesurer directement l'évapotranspiration d'une nappe d'eau libre. Sous réserve qu'il soit correctement installé, il permet d'obtenir une bonne estimation de l'ETP.



Figure II -2 : Photo d'un bac (class a) évaporant (2005)

- **L'évaporomètre piche**

Il s'agit d'un tube de verre rempli d'eau et fermé à son extrémité inférieure par une rondelle de papier buvard. La tranche d'eau évaporée à partir de celle-ci se lie directement sur les graduations du tube.

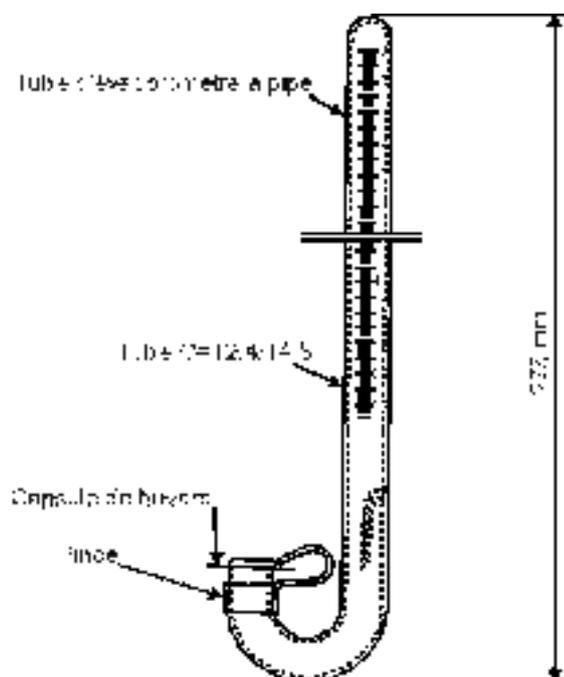


Figure II -3 : Photo d'un évaporomètre piche (Wikipédia)

III-2-2-Méthodes indirectes

Ces méthodes permettent de calculer l'ETP à partir de formules ne comportant que des données climatiques. [2]

1) Formule de Blaney et Criddle

A la suite de nombreuses expérimentations, Blaney et Criddle ont estimé que la température et la durée du jour étaient les facteurs déterminants de l'évapotranspiration potentielle. Ils ont proposé la formule suivante :

$$ETP = K (0,46t + 8,13) P.$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour.

t : Température moyenne (en degré Celsius) durant la période considérée (généralement le mois).

P : Pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période, par rapport à la durée moyenne du jour pour l'année.

K : Coefficient dépendant du stade végétatif de la culture et de la température moyenne (de la zone climatique).

$$K = K_c \cdot K_t \quad \text{avec :}$$

K_c : Coefficient cultural qui dépend de la croissance de la plante.

K_t : Coefficient climatique qui dépend de la température moyenne mensuelle

2) Formule de Turc

- Si l'humidité relative est supérieure à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T+15} \quad \text{en (mm/mois)} \quad \text{(II-2)}$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

I_g : Radiation globale mensuelle (cal/cm²/jour).

Remarque

Le coefficient 0,40 est réduit à 0,37 pour le mois de février.

- Si l'humidité relative de l'air est inférieure à 50%. L'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \cdot \left(\frac{T}{T+15} \right) \cdot \left(1 + \frac{50-H_r}{70} \right) \quad \text{(II-3)}$$

Dans laquelle :

T : Température moyenne mensuelle (°C).

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

H_r : L'humidité de l'air en %.

$$I_g = I_{ga} (0,18 + 0,62) \cdot \frac{h}{H} \quad \text{(II-4)}$$

Avec :

I_{ga} : Radiation maximale théorique.

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

h : Durée d'insolation de la station considérée en heure/mois.

$\frac{h}{H}$: Insolation relative en heures.

3) Formule de Penman

La formule donne les meilleures estimations de l'ETP, et ceci sous tous les climats. Son seul inconvénient est de nécessiter un nombre assez important d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station.

La formule est la suivante :

$$ETP = p'(t) \frac{Rn}{L} + \sigma \cdot \frac{Ea}{p(t) + \sigma} \quad (\text{II-5})$$

Dans laquelle :

Rn : Rayonnement net « climatique ».

Ea : Pouvoir évaporant de l'air, fonction du vent et du déficit de saturation de l'air.

L : Chaleur latente de vaporisation ($2.5 \cdot 10^6$ J/kg)

σ : Constante psychrométrique ($0,65$ h la/°C)

$p'(t)$: Valeur de dérivée de la fonction de pression partielle de vapeur d'eau saturante en fonction de la pression de vapeur d'eau en fonction de la température, pour la température de l'air T.

IV-LES BESOINS EN EAU D'IRRIGATION**IV-1-Définition**

Le besoin en eau d'irrigation, B, est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sûr qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau ou une fraction déterminée de celui-ci. Si l'irrigation est la seule ressource en eau, le besoin en eau d'irrigation sera au moins égal aux besoins en eau de la culture et il est souvent plus important en raison des pertes à la parcelle (besoins de lessivage) percolation profonde, inégalité de répartition...etc.).

IV-2-Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

Les besoins en eau des cultures sont calculés par la formule : [2]

$$B = (Pe_{ff} + Ru) - ETR + D + P \quad (\text{II-6})$$

Avec :

B : Besoins en eau d'irrigation (mm);

ETR : Evapotranspiration réelle/jour) ;

D : Le drainage ;

P : La précipitation (mm) ;

Ru : La réserve utile (mm) ; telle que :

$$Ru = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Z \cdot da$$

Avec :

- Hcc : Humidité à la capacité au champ;
 Hpf : Humidité du sol au point de flétrissement ;
 Z : Profondeur d'enracinement (m) ;
 da : Densité apparente ;
 Peff : Pluie efficace ; $P_{eff} = \alpha \cdot P$;
 P : Précipitation de l'année de calcul en mm ;
 α : Coefficient tenant compte de l'efficacité des pluies.

Les besoins journaliers en eau d'irrigation localisée sont calculés par la formule :

$$ETM_{loc} = K_r \cdot ETM \quad (II-7)$$

Avec :

- Kr : Coefficient de réduction, tel que :
 $K_r = C_s + 0,5 (1 - C_s)$, (Freeman et Garzoli)
 Cs : Couverture du sol

- **Les besoins d'irrigation nets**

Le besoin d'irrigation, Bnet, est le volume (ou la hauteur) d'eau d'irrigation théoriquement nécessaire pour obtenir une production normale sur l'ensemble de la surface cultivée (à l'exclusion des pertes et de la contribution des autres ressources).

Pour les Kc voir annexe I.

Tableau N°9 : Besoins en eau d'irrigation du piment

piment	F	M	A	M	J
ETP	69,6	75,3	83,4	97,5	119,4
KC	0,3	0,6	0,95	0,95	0,85
ETM	20,88	45,18	79,23	92,625	101,49
P	31,8	32,6	26,7	21	17,2
RFU	20	30,92	18,34	0	0
B	30,92	18,34	-34,19	-71,625	-84,29

Tableau N°10 : Besoins en eau d'irrigation de la pastèque

pastèque	A	M	J	J
ETP	83,4	97,5	119,4	135,6
KC	0,4	0,7	0,95	0,95
ETM	33,36	68,25	113,43	128,82
P	26,7	21	17,2	9,6
RFU	12	5,34	0	0
B	5,34	-41,91	-96,23	-119,22

Tableau N°11 : Besoins en eau d'irrigation de l'olivier

olivier	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J
ETP	69,6	75,3	83,4	97,5	119,4	135,6	170,4	173,4	120,6	129	106,5	76,2
KC	0,65	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,65	0,65	0,65
ETM	45,24	48,945	54,21	63,375	83,58	94,92	119,28	121,38	84,42	83,85	69,225	49,53
P	31,8	32,6	26,7	21	17,2	9,6	1,7	0,4	0,1	8	15	35,2
RFU	120	106,56	90,215	62,705	20,33	0	0	0	120	120	120	120
B	106,56	90,215	62,705	20,33	-46,05	-85,32	-117,58	-120,98	35,68	44,15	65,775	105,67

Tableau N°12 : Besoins en eau d'irrigation de la tomate

tomate	M	A	M	J	J	A
ETP	75,3	83,4	97,5	119,4	135,6	170,4
KC	0,8	1	1,1	1,1	1	0,9
ETM	60,24	83,4	107,25	131,34	135,6	153,36
RFU	24	-3,64	0	0	0	0
P	32,6	26,7	21	17,2	9,6	1,7
B	-3,64	-60,34	-86,25	-114,14	-126	-151,66

Tableau N°13 : Besoins en eau d'irrigation du périmètre proposé

	M	A	M	J	J	A	S	total
olivier	0	0	0	-46,05	-85,32	-117,58	-120,98	-369,93
piment	0	-34,19	-71,625	-84,29	0	0	0	-190,105
pastèque	0	0	-41,91	-96,23	-119,22	0	0	-257,36
tomate	-3,64	-60,34	-86,25	-114,14	-126	-151,66	0	-542,03
total	-3,64	-94,53	-199,785	-340,71	-330,54	-269,24	-120,98	-1359,425

$$B_{\text{tot}} = 1359 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$\text{Donc : } B_{\text{annuel}} = B_{\text{tot}} * S$$

B_{annuel} : besoin total (m^3)

B_{tot} : besoin total (m^3/ha)

S : surface du périmètre

$$B_{\text{annuel}} = 1359,425 * 70 = 951\,597,5 \text{ m}^3$$

Ce volume n'est pas disponible sur notre retenue collinaire, donc nous devons changer notre choix des cultures, et recalculer les besoins.

Tableau N°14 : Besoins en eau d'irrigation du périmètre

	A	M	J	J	A	S	total
piment	0	0	-34,19	-71,625	-84,29		-190,105
pastèque			0	-41,91	-96,23	-119,22	-257,36
total	0	0	-34,19	-113,535	-180,52	-119,22	-447,465

$$B_{\text{annuel}} = 447,465 * 70 = 313\,225,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Donc : } B_{\text{annuel}} = 313\,225,5 \text{ m}^3 < 318\,464 \text{ m}^3$$

Le volume est disponible sur la retenue

• Les besoins d'irrigation bruts

Le besoin d'irrigation brut, B_{rut} : est le volume (ou la hauteur) d'eau d'irrigation nécessaire en pratique (y compris les pertes et les besoins de lessivage mais à l'exclusion de la contribution des autres ressources).

$$B_{\text{rut}} = B_{\text{net}} \cdot R_p + L \cdot R$$

(II -8)

R_p : Rendement de l'irrigation à la parcelle.

L_R : Besoins supplémentaires en eau pour le lessivage du sol.

$$R_p = \frac{E \cdot cu}{100}$$

Avec :

E : L'efficacité de l'arrosage, dépend de la texture du sol.

Cu : Coefficient d'uniformité ($cu < 1$).

En première approximation, certains auteurs proposent de fixer à 10% des besoins nets la quantité d'eau supplémentaire que nécessitent le lessivage et les pertes inévitables par percolation profonde, ce qui fait que l'équation donnant le besoin d'irrigation brut devient :

$$B_{\text{rut}} = 1,1 \cdot B_{\text{net}}$$

Le pourcentage du sol humidifié

Le pourcentage du sol humidifié est déterminé soit :

- Selon l'écartement entre les rampes et la texture du sol.

- En appliquant la formule suivante :

$$\frac{P}{100} = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot Sh}{Sa \cdot Sr}$$

(II -9)

Avec :

P : Pourcentage du sol humidifié.

n : Nombre de points de distribution par arbre ;

S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre ;

Sh : Largeur de la bande humidifiée ;

Sr : Ecartement entre rangs d'arbres ;

Sa : Espacement des arbres sur les rangs.

V- DOSE D'IRRIGATION

V-1-Définition

La dose d'irrigation est la quantité d'eau qu'il est nécessaire d'amener aux plantes pour palier au déficit en humidité de la couche active du sol pendant la Période végétative.

La dose d'irrigation est déterminée d'après l'équation du bilan des eaux dans la couche active, elle est donnée par :

$$M = E - (\alpha p + \Delta W + W_{es}) \quad (\text{II -10})$$

Avec :

M : Dose d'irrigation (m³/ha,mm)

E : Evapotranspiration potentielle (m³/ha,mm)

p : Précipitations utiles

ΔW : Quantité d'eau utilisée par les plantes dans la couche active du sol

W_{es} : Quantité d'eau souterraine alimentant la couche active du sol

α : Coefficient donnant la part des précipitations utilisées par les plantes

Les valeurs de **α** sont données dans le tableau suivant :

Tableau N°15 : Coefficient donnant la part des précipitations

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
α	0,7	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6
α p	61,6	66,4	72	64	44	9	2	3	30	65	92	54

Source : Bulletin FAO (Besoin en eau des cultures).

VI-DOSE D'ARROSAGE

VI-1-Définition

C'est la quantité d'eau qui doit être déversée pendant un arrosage sur un hectare pour l'humidification de couche du sol considérée.

La dose d'arrosage est exprimée généralement en m³/ha ou en mm. Elle dépend des espèces de cultures, de leur phase de développement, de la capacité de rétention en eau du sol, du degré de salinisation du sol, des conditions climatiques et hydrogéologiques de la région et du procédé d'arrosage utilisé.

La dose d'arrosage est dominée par :

$$m = W_{\max} - W_{\min} \quad (\text{II -11})$$

Où :

m : Dose d'arrosage (m³/ha)

W_{max} : Réserve en eau maximale dans la couche active du sol (après arrosage)

W_{min} : Réserve en eau minimale dans la couche active du sol (avant arrosage).

Les réserves en eau maximales et minimales dans la couche active sont déterminées par :

$$\mathbf{W_{max} = AHB_{max}}$$

$$\mathbf{W_{min} = AHB_{min}}$$

Où :

A : Porosité totale du sol.

B : % du volume du sol

H : Profondeur utile du sol occupée par les racines

Conclusion

L'étude faite au niveau de ce chapitre nous a permis de définir les besoins en eau d'irrigation pour la culture et de connaître les modalités de son application (dose, durée d'arrosage...etc.)

CHAPITRE III :

CHOIX DU PROCEDES ET TECHNIQUES D'IRRIGATION

Introduction

Le progrès technologique, basé sur la mécanisation et l'automatisation des équipements, met à la disposition des irrigants des matériels qui permettent une amélioration sensible des performances de l'irrigation, tout en diminuant les contraintes de main-d'œuvre. Néanmoins les matériels modernes sont un coût non négligeable, qui peut remettre en cause leur intérêt économique.

Un examen des caractéristiques essentielles des principales techniques d'irrigation ainsi que des outils de pilotage de l'irrigation et quelques éléments comparatifs sur les coût et les temps de travaux permet de faire rapidement un premier grand choix .il conviendra, dans chaque cas particulier, de raisonner plus précisément ce choix en fonction des objectifs visés et des contraintes réelles de l'exploitation agricole concentrée. [4]

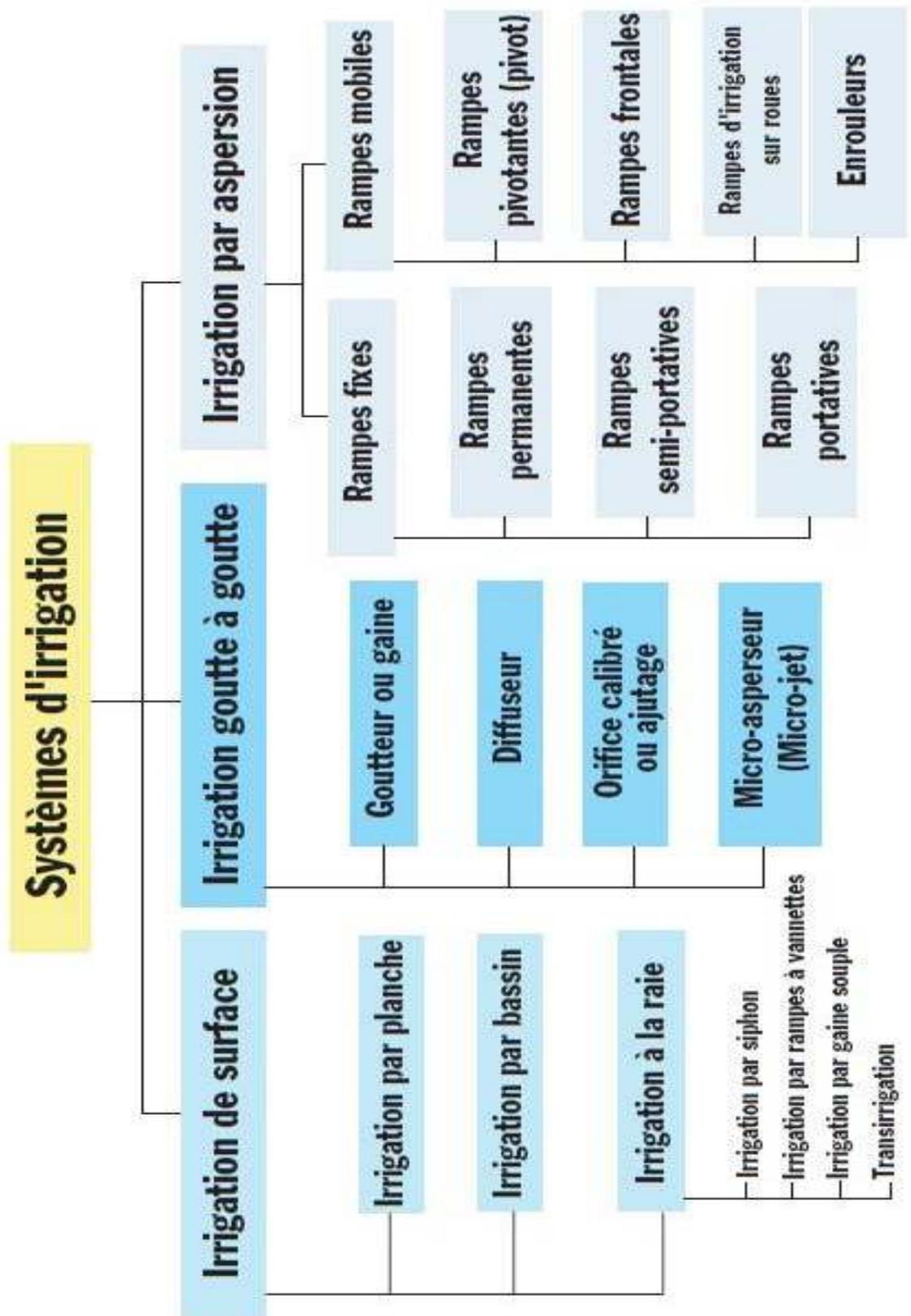


Figure III-1 : Les différents systèmes d'irrigation. [5]

I-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 débit dont on dispose ;
- Nature du sol (perméabilité) ;
- Nature des cultures ;
- Facteurs économiques ;
- Rentabilité de l'opération.

II-L'IRRIGATION LOCALISEE

✓ Goutte à goutte

Le système d'irrigation goutte à goutte est un système qui permet une très grande efficacité de l'irrigation. Des perforations dans des tuyaux longeant les lignes de culture distribuent l'eau aux plantes de manière localisée et à très faible débit, évitant ainsi un maximum de déperdition.

Très économe en eau et en main d'œuvre, il demande par contre une très grande technicité de ces utilisateurs. Les rendements peuvent être très élevés, mais l'investissement est très important

La micro irrigation (ou irrigation localisée) est une expression qui caractérise un certain nombre de techniques nouvelles (en particulier et principalement l'irrigation dite "goutte à goutte") qui ont en commun les caractéristiques suivantes :

- Une alimentation en eau à proximité immédiate du système racinaire des plantes cultivées;
- L'utilisation souvent répétée et à la limite, continue de faibles débits instantanés;
- La limitation de la surface humectée du sol à ce qui semble strictement nécessaire, à l'exclusion de la portion du sol qui ne porte pas de plantes (limitation également du volume de sol humecté)

Avantage

- ✓ Excellent rendement des cultures ;
- ✓ Excellente efficacité d'arrosage à la parcelle ;
- ✓ Très faibles besoins de main d'œuvre ;
- ✓ Insensibilité au vent ;
- ✓ Ne mouille pas le feuillage ce qui est favorable du point de vue phytosanitaire.

Inconvénients

- ✓ Nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à l'éventuelle interruption des arrosages ;
- ✓ Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation ;
- ✓ Coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée.
- ✓ Fonctionne avec du matériel délicat à durée de vie relativement faible. [6]

CHAPITRE IV :

ETUDE DE LA RESSOURCE EN EAU

I-RESSOURCE EN EAU

La seule ressource en eau provient de la future retenue collinaire de Sidi Hamadi

L'axe de la retenue collinaire à projeter se situe sur l'Oued Sidi Hamadi à 4 km au Sud du village d'El Ançor et 1,50 km au Sud de la ferme Rodriguez.

- Coordonnées du site :

$$X = 173.80 \text{ km} \quad \text{et} \quad Y = 269.60 \text{ km}$$

Carte d'état-major échelle 1/50000 d'Andalous n° 152.

Les caractéristiques techniques sont les suivantes :

1. Volumes caractéristiques de la Retenue Collinaire

Les volumes caractéristiques sont comme suit :

✓ Volume Utile	318 464 m ³
✓ Volume Mort	152 137 m ³
✓ -Volume régularisable	251 860 m ³
✓ Volume Total	404 000 m ³

2. Côtes caractéristiques de la Retenue Collinaire

✓ Côte de la crête de la digue	145.00 m
✓ Côte du niveau d'eau normal	142.90 m
✓ Côte du niveau d'eau maximal	144.15 m
✓ Côte du niveau de volume mort	138.40 m

II-LE RESEAU PLUVIOMETRIQUE

Pour l'étude des pluies nous avons utilisé la série pluviométrique de la station 04-04-18 qui dispose d'une série longue et représentative pour la zone d'étude, par l'Agence Nationale des Ressources en Hydrauliques (ANRH).

La série des précipitations moyennes mensuelles (1981-2010) de la station pluviométrique Bousfer est donnée dans le tableau ci-après :

Tableau N°16 : Répartition des pluies moyennes mensuelles (1981-2010)

	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	annuel
1981	5,3	43,4	1,1	103,8	53,8	6,9	17,2	2,6	9,9	0	0	0	244
1982	0	0	32,4	73,3	25	12,3	28,3	35,5	3	39,8	0	2,7	252,3
1983	0	0	0	8,2	10,8	30,5	5,2	20,3	49,6	0	0	0	124,6
1984	0	32,3	73,2	80,9	0	68,6	31,8	0	0	0	0	0	286,8
1985	11,7	0	0	54,3	44,3	46,4	43	0	52,7	0	0,6	0,2	253,2
1986	0,6	3,2	136,9	5,5	50,8	6,1	44,1	18,5	38,6	0	0	0	304,3
1987	11,7	0	76,5	22,3	17,8	3,7	31,6	99,7	10,8	0	0	0	274,1
1988	12,5	23,5	27,8	26	37,3	40	0	0	1	0	15	0	183,1
1989	11,7	0	5	33,1	261,5	0	71,9	28,6	0	0	0	0	411,8
1990	6,8	21,7	54,4	22,9	44	37,6	13,9	6,3	0	0	0	0	207,6
1991	11,7	23,5	51,8	2,4	16,1	12	99	0	0	0	0	0	216,5
1992	0	3	38,1	64,8	0	128	59,8	24,9	17,7	1,3	0	0	337,6
1993	8	77,3	107,7	4,9	97,1	41,9	3,5	15	2,4	0	0	0	357,8
1994	19,1	33,8	18,4	46,9	26,6	103	66	10,9	0	29,4	0	0	354,1
1995	5,6	11,6	38,4	93,3	87,8	86,9	61,9	16,4	2	0	0	2	405,9
1996	29,5	10	8,2	74,4	83,4	0,6	0	74,8	2,6	2,5	0,6	0,2	286,8
1997	19,2	21,2	43,2	41,3	42,4	20,6	24,4	17,5	14,5	0	0	0	244,3
1998	0	0	20,5	64,4	62,7	71,9	22,2	0	0	0	0	0	241,7
1999	26,8	44,6	168,5	44,5	0	0	0	15,3	28,5	0	0	0	328,2
2000	32,7	50	91,7	24,2	39,4	69	0	28,5	14,8	0	0	0	350,3
2001	8,4	14	166,8	31,5	0	18,5	91,2	55	52	0	0	0	437,4
2002	0	15,5	87,5	0	164,3	76,6	6,8	9,6	10	0	0	0	370,3
2003	0,2	31,5	94,1	77,3	36,6	8,7	24,7	57,7	46,7	0	0	0	377,5
2004	0	51,3	67,3	55,4	21,1	63,8	66,2	15,4	1,2	1,6	0	0	343,3
2005	25,2	12,5	51,6	29,5	75,3	92,1	7	17,5	36,3	0,6	0	0	347,6
2006	0,9	0	0	171,1	46,7	31,9	60,4	74,4	0	0	0	0	385,4
2007	12,8	93,6	51,8	38,7	11,3	22,5	4,1	3,3	4,7	0,1	3,2	0	246,1
2008	109,4	44,4	95,8	112,9	63,6	15,4	27,2	58,8	0	0	0	0	527,5
2009	0	1,5	14,5	45,2	74,1	108,5	70,4	13,5	27,2	5,3	0	0	360,2
2010	5,7	38,5	23,7	36,2	28,7	24,5	1,1	83,6	23,5	0	0	0	265,5

(Source : ANRH)

II-1-Homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon [7] :

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 $N_2 > N_1$
- On constitue par la suite, la série x unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. À ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang, tout en précisant à quels sous série elle appartient.

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

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

$$W_y = \sum_{i=1}^n \text{Rang}$$

W_x : Somme des rangs de sous série.

$$W_{\min} = \frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} - u_{1-\frac{\alpha}{2}} \left(\frac{(N_1 N_2)(N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{IV -1})$$

$$W_{\max} = N_2 + N_2 + \dots + N_2 - W_{\min} \quad (\text{IV-2})$$

Le tableau suivant détaille le procédé de Test d'homogénéité

Tableau N°17 : Le procédé du test d'homogénéité

Série origine	Série X	Série Y	RANG	TRI	xuy
244	244,3	244	1	124,6	y
252,3	241,7	252,3	2	183,1	y
124,6	328,2	124,6	3	207,6	y
286,8	350,3	286,8	4	216,5	y
253,2	437,4	253,2	5	241,7	x
304,3	370,3	304,3	6	244	y
274,1	377,5	274,1	7	244,3	x
183,1	343,3	183,1	8	246,1	x
411,8	347,6	411,8	9	252,3	y
207,6	385,4	207,6	10	253,2	y
216,5	246,1	216,5	11	265,5	x
337,6	527,5	337,6	12	274,1	y
357,8	360,2	357,8	13	286,8	y
354,1	265,5	354,1	14	286,8	y
405,9		405,9	15	304,3	y
286,8		286,8	16	328,2	x
244,3			17	337,6	y
241,7			18	343,3	x
328,2			19	347,6	x
350,3			20	350,3	x
437,4			21	354,1	y
370,3			22	357,8	y
377,5			23	360,2	x
343,3			24	370,3	x
347,6			25	377,5	x
385,4			26	385,4	x
246,1			27	405,9	y
527,5			28	411,8	y
360,2			29	437,4	x
265,5			30	527,5	x

$$N1=14$$

$$N2=16$$

$$W_x = 261$$

$$W_{\min} = 169,35$$

$$W_{\max} = 264,65$$

$$169,35 < W_x < 264,65$$

La condition de Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle est homogène.

II-2-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-2-1-Ajustement de la série pluviométrique

On la série pluviométrique annuelle de la station retenue aux ajustements à la loi Normale, la loi log –normale et la loi de normale

a .Ajustement à la loi normale (GAUSS)

L'ajustement des séries par la loi normale appelée souvent loi de Gauss s'adapte bien avec les pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition est de la forme

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \text{Exp}\left(\frac{-1}{2x\mu^2}\right) du \quad (\text{IV-3})$$

Pour notre projet, il sera utile de connaître les variations annuelles des précipitations pour une période de retour de 5ans.

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station BOUSFER est regroupé dans le tableau et la figure suivantes :

Tableau N°18 : Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles a la loi de normale [8]

Ajustement à une loi de Gauss								
Taille n= 30		Moyenne= 310,86		I.C. à (en%)= 95			U Gauss= 1,9604	
		Ecart-type= 84,4864266						
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
244	124,6	1	0,0167	-2,128	124,6	131,031642	60,3434046	177,106426
252,3	183,1	2	0,0500	-1,645	183,1	171,861964	112,785928	211,913072
124,6	207,6	3	0,0833	-1,383	207,6	193,995621	140,804314	231,191475
286,8	216,5	4	0,1167	-1,192	216,5	210,157882	161,012893	245,519579
253,2	241,7	5	0,1500	-1,036	241,7	223,295607	177,246946	257,359162
304,3	244	6	0,1833	-0,903	244	234,60069	191,05334	267,710281
274,1	244,3	7	0,2167	-0,783	244,3	244,682878	203,220706	277,087259
183,1	246,1	8	0,2500	-0,674	246,1	253,900169	214,20993	285,794206
411,8	252,3	9	0,2833	-0,573	252,3	262,483367	224,316273	294,029058
207,6	253,2	10	0,3167	-0,477	253,2	270,592075	233,74216	301,93044
216,5	265,5	11	0,3500	-0,385	265,5	278,34311	242,634066	309,601506
337,6	274,1	12	0,3833	-0,296	274,1	285,826309	251,102959	317,12325
357,8	286,8	13	0,4167	-0,210	286,8	293,113988	259,236491	324,562554
354,1	286,8	14	0,4500	-0,125	286,8	300,267008	267,106721	331,977412
405,9	304,3	15	0,4833	-0,042	304,3	307,338936	274,775325	339,420613
286,8	328,2	16	0,5167	0,042	328,2	314,381064	282,299387	346,944675
244,3	337,6	17	0,5500	0,125	337,6	321,452992	289,742588	354,613279
241,7	343,3	18	0,5833	0,210	343,3	328,606012	297,157446	362,483509
328,2	347,6	19	0,6167	0,296	347,6	335,893691	304,59675	370,617041
350,3	350,3	20	0,6500	0,385	350,3	343,37689	312,118494	379,085934
437,4	354,1	21	0,6833	0,477	354,1	351,127925	319,78956	387,97784
370,3	357,8	22	0,7167	0,573	357,8	359,236633	327,690942	397,403727
377,5	360,2	23	0,7500	0,674	360,2	367,819831	335,925794	407,51007
343,3	370,3	24	0,7833	0,783	370,3	377,037122	344,632741	418,499294
347,6	377,5	25	0,8167	0,903	377,5	387,11931	354,009719	430,66666
385,4	385,4	26	0,8500	1,036	385,4	398,424393	364,360838	444,473054
246,1	405,9	27	0,8833	1,192	405,9	411,562118	376,200421	460,707107
527,5	411,8	28	0,9167	1,383	411,8	427,724379	390,528525	480,915686
360,2	437,4	29	0,9500	1,645	437,4	449,858036	409,806928	508,934072
265,5	527,5	30	0,9833	2,128	527,5	490,688358	444,613574	561,376595

Fréquence	U.Gauss	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	233,47547	201,41843	261,627962	233,47547	0,200	1,3
0,5	0,000	310,860000	278,551201	343,168627	310,860000	0,500	2,0

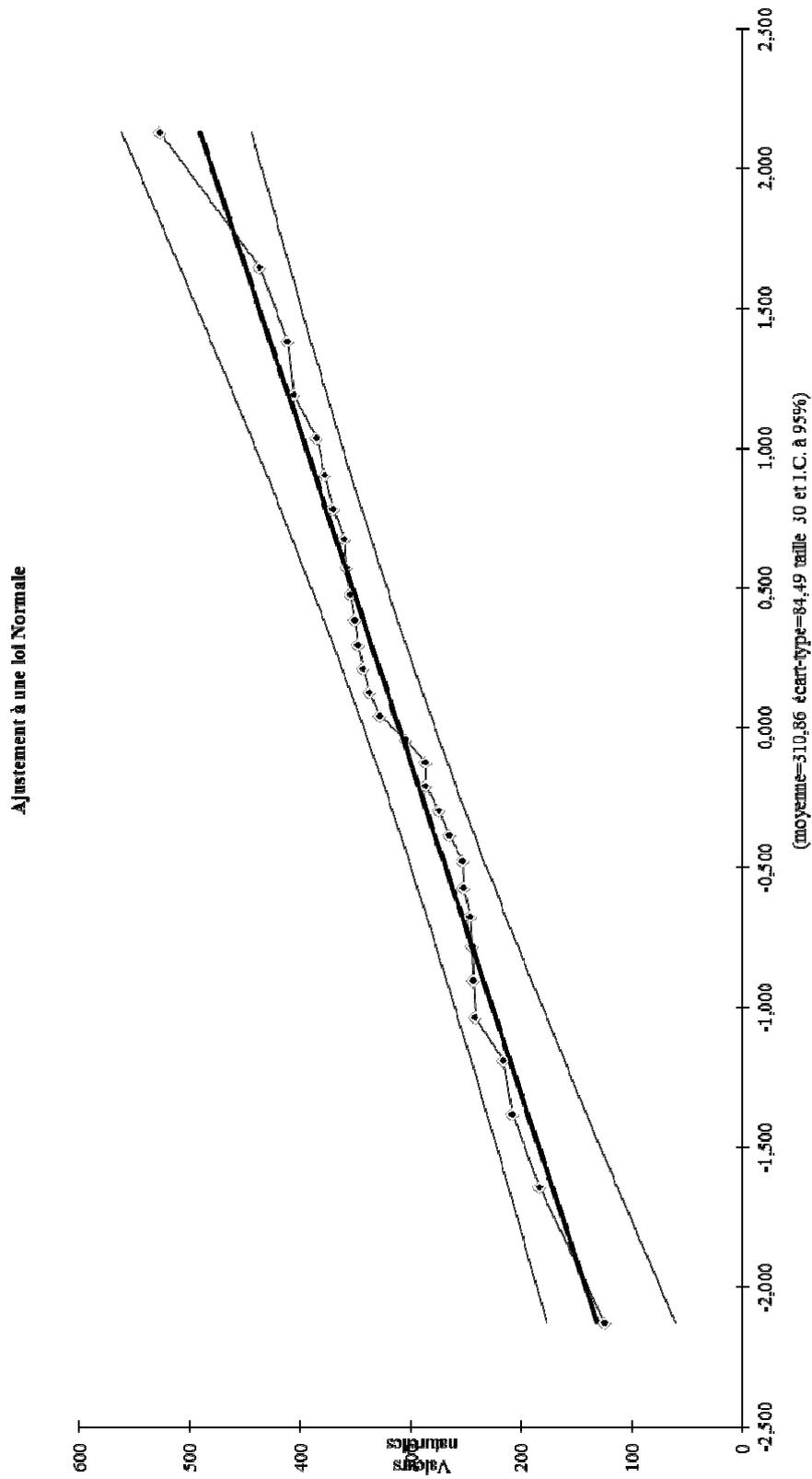


Figure IV-1 : Graphe d’ajustement à une loi normale [8]

b-Ajustement à la loi log-normale (GALTON)

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de BOUSFER sont regroupés dans le tableau et la figure :

Tableau N°19 : les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles à la loi log-normale [8]

Ajustement à une loi Log-normale								
Taille= 30		Moy.log(xxo)= 2,475634722		I.C. à (en%)= 95		UGauss= 1,960		
xo= 0		E.T. log(xxo)= 0,127628032						
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
244	124,6	1	0,017	-2,128	124,6	159,948	125,082	187,75092
252,3	183,1	2	0,050	-1,645	183,1	184,357	150,113	211,91523
124,6	207,6	3	0,083	-1,383	207,6	199,111	165,479	226,61298
286,8	216,5	4	0,117	-1,192	216,5	210,625	177,53	238,19316
253,2	241,7	5	0,150	-1,036	241,7	220,474	187,843	248,20731
304,3	244	6	0,183	-0,903	244	229,316	197,084	257,30683
274,1	244,3	7	0,217	-0,783	244,3	237,501	205,604	265,83765
183,1	246,1	8	0,250	-0,674	246,1	245,239	213,615	274,01194
411,8	252,3	9	0,283	-0,573	252,3	252,671	221,258	281,97418
207,6	253,2	10	0,317	-0,477	253,2	259,899	228,632	289,8314
216,5	265,5	11	0,350	-0,385	265,5	267,001	235,814	297,66899
337,6	274,1	12	0,383	-0,296	274,1	274,043	242,864	305,55979
357,8	286,8	13	0,417	-0,210	286,8	281,078	249,833	313,56982
354,1	286,8	14	0,450	-0,125	286,8	288,159	256,767	321,76247
405,9	304,3	15	0,483	-0,042	304,3	295,336	263,708	330,20173
286,8	328,2	16	0,517	0,042	328,2	302,659	270,701	338,95765
244,3	337,6	17	0,550	0,125	337,6	310,196	277,801	348,12074
241,7	343,3	18	0,583	0,210	343,3	318,011	285,059	357,78236
328,2	347,6	19	0,617	0,296	347,6	326,176	292,532	368,04906
350,3	350,3	20	0,650	0,385	350,3	334,777	300,287	379,05228
437,4	354,1	21	0,683	0,477	354,1	343,926	308,407	390,95927
370,3	357,8	22	0,717	0,573	357,8	353,764	317,001	403,98997
377,5	360,2	23	0,750	0,674	360,2	364,485	326,212	418,44421
343,3	370,3	24	0,783	0,783	370,3	376,361	336,243	434,74866
347,6	377,5	25	0,817	0,903	377,5	389,794	347,391	453,54322
385,4	385,4	26	0,850	1,036	385,4	405,427	360,126	475,85549
246,1	405,9	27	0,883	1,192	405,9	424,384	375,267	503,49921
527,5	411,8	28	0,917	1,383	411,8	448,925	394,443	540,16514
360,2	437,4	29	0,950	1,645	437,4	484,853	421,801	595,45927
265,5	527,5	30	0,983	2,128	527,5	558,843	476,088	714,61726

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,841	239,768329	341,653	272,498239	239,768329	0,200	1,3
0,5	0,000	298,9749039	267,195	334,5347357	298,975	0,500	2,0

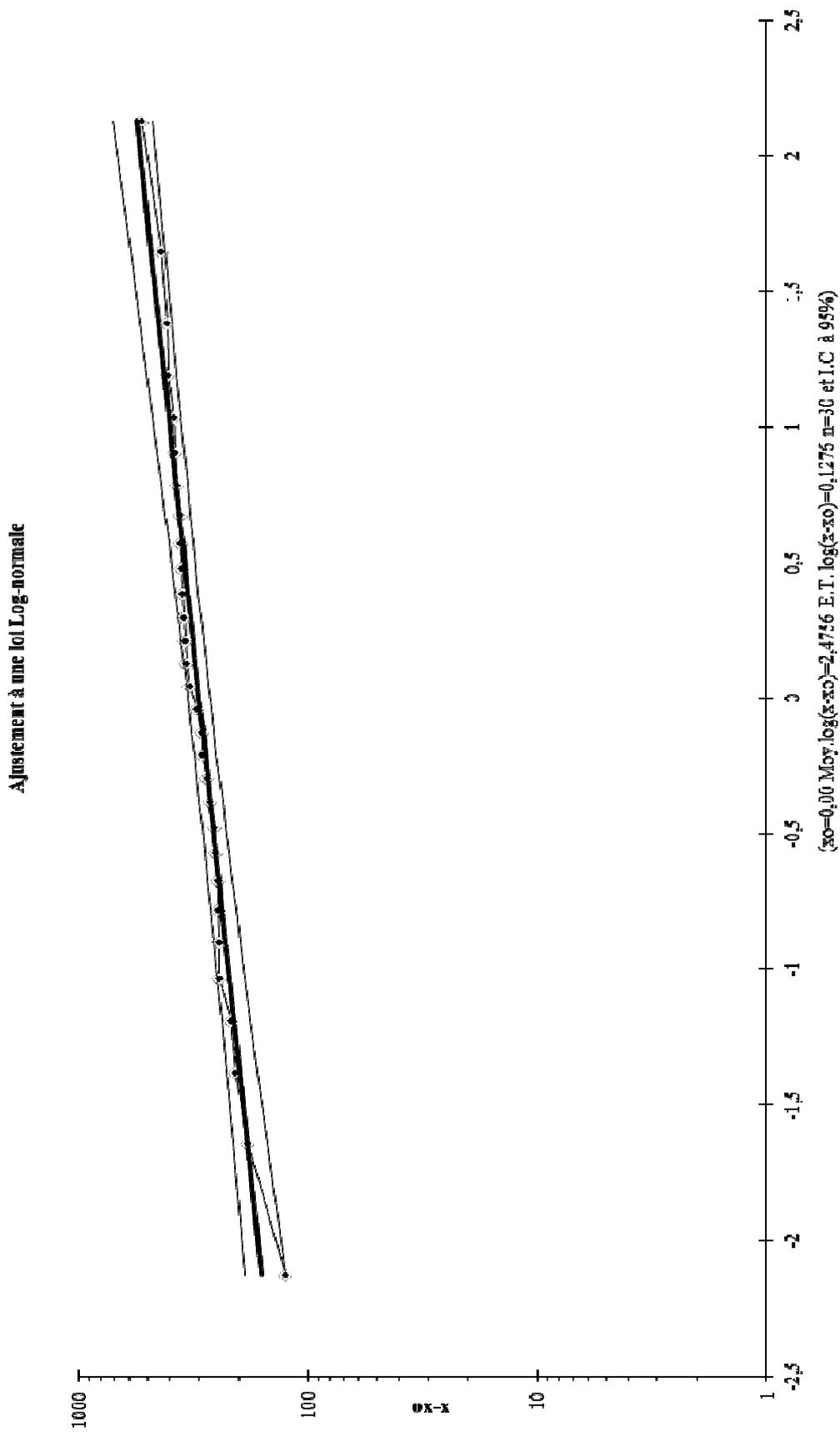


Figure IV-2 : Graphe d'ajustement à une loi log-normale [8]

II-3-Test d'adéquation 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 2 " χ^2 ".

Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour lequel une loi de répartition F(X) a été déterminée. On divise cet échantillon en un certain nombre de classe K contenant chacune n_i valeurs expérimentales. Le nombre V_i est le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs affectées à la classe i par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

$$v_i = N \int_{X_{i-1}}^{X_i} f(X) dx = N (F(X_i) - F(X_{i-1})) \quad (\text{IV-4})$$

$f(X)$: étant la densité de probabilité correspondant à la loi théorique. La variable aléatoire χ^2 dont la répartition a été étudiée par Pearson, est définie par l'expression suivante :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i} \quad (\text{IV-5})$$

$$T = k - 1 - p \quad (\text{IV-6})$$

Avec : P : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition Donc : $p=2$ On cherche dans la table de Pearson la probabilité de dépassement correspondante au nombre de degré de liberté, définie ci-dessus par T

Test de Khi 2

- ✓ On calcule χ^2 calculé.
- ✓ On calcule le nombre de degré de liberté T :
- ✓ On détermine χ^2 théorique sur la table de Pearson III (voir tableau III-6 ci-après)

Avec : χ^2 théorique = g(T, P)

La loi est adéquate pour une erreur $P = 0.05$ si et seulement si :

$$\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}.$$

II-3-1-Test d'adéquation de l'ajustement à la loi normale

Test d'adéquation : Loi Normale

D'après le logiciel HYFRAN, on a obtenu les résultats suivant:

Tableau N°20: Résultats du test de Khi 2 selon HYFRAN [9]

$\chi^2_{\text{calculé}}$	5,03
Degrés de liberté	4

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 5,03 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

Donc l'ajustement est à considérer.

II-3-2-Test de validité de l'ajustement à la loi log-normale

Test d'adéquation : Loi log-Normale

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivant:

Tableau N°21: Résultats Du Test De Khi 2 selon HYFRAN [9]

$\chi^2_{\text{calculé}}$	1,17
Degrés de liberté	4

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 1,17 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

Donc l'ajustement est à considérer.

II-3- Détermination de l'année de calcul

Détermination de l'année de calcul a pour but de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante; elle est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%), (de l'année de calcul de P80%)

Pour trouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% on utilise la loi suivante :

$$P_{moy 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{moy \text{ de chaque mois}} \cdot \frac{P_{théorique (80\%) \text{ annuelle}}}{P_{théorique (50\%) \text{ annuelle}}} \quad (IV-7)$$

$$P_{théorique 80\% \text{ annuelle}} = 239,8 \text{ mm}$$

$$P_{théorique 50\% \text{ annuelle}} = 299 \text{ mm}$$

$$P_{moy 80\%} = \frac{239,8}{299} \cdot P_{moy \text{ mensuelle}} = 0,802 \cdot P_{moy \text{ mensuelle}}$$

Les résultats de calcul sont donnés par le tableau suivant :

Tableau N°22: L'année de calcul

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	An.
P _{moy,80%}	10,0	18,8	44,0	39,8	40,7	33,4	26,3	21,5	12,0	2,2	0,5	0,2	249,3

III-CLASSIFICATION DES EAU D'IRRIGATION

La classification est basée sur deux paramètres (CE à 25°C et S.A.R)

Pour la conductivité électrique C.E

- C1 : C.E<0,250 mmhos/cm l'eau de faible salinité
- C2 : 0,250<C.E<0,750 mmhos/cm l'eau de salinité moyenne
- C3 : 0,750<C.E<2,250 mmhos/cm l'eau à forte salinité
- C4 : C.E>2,250 mmhos/cm l'eau à très forte salinité

Pour le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R

Le S.A.R est calculé par la formule suivante :

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad (IV-8)$$

Avec : Na⁺, Ca⁺⁺, et Mg⁺⁺ en meq/l.

- S1 risque faible SAR < 10
- S2 risque moyen 10 < SAR < 18
- S3 risque élevé 18 < SAR < 26
- S4 risque très élevé SAR > 26 [1]

Tableau N°23: Concentration des éléments physico-chimique d'eau d'irrigation

N°	Ca (mg/l)	mg(mg/l)	Na(mg/l)	PH (mg/l)	CE (mmhos/cm)
Echant	26	70	17	7,5-8	0.4

Analyse :

CE = 0,4 (0,25 < CE < 0,75). Eau propre pour l'irrigation cependant pour éviter des futurs problèmes de salinisation, il faudra du temps pour faire du lessivage capital ou initial et non d'entretien.

$$S.A.R = \frac{17}{\sqrt{\frac{70 + 26}{2}}} = 2.45$$

S.A.R = 2.45 < 10 Donc risque faible et une eau propre à l'irrigation

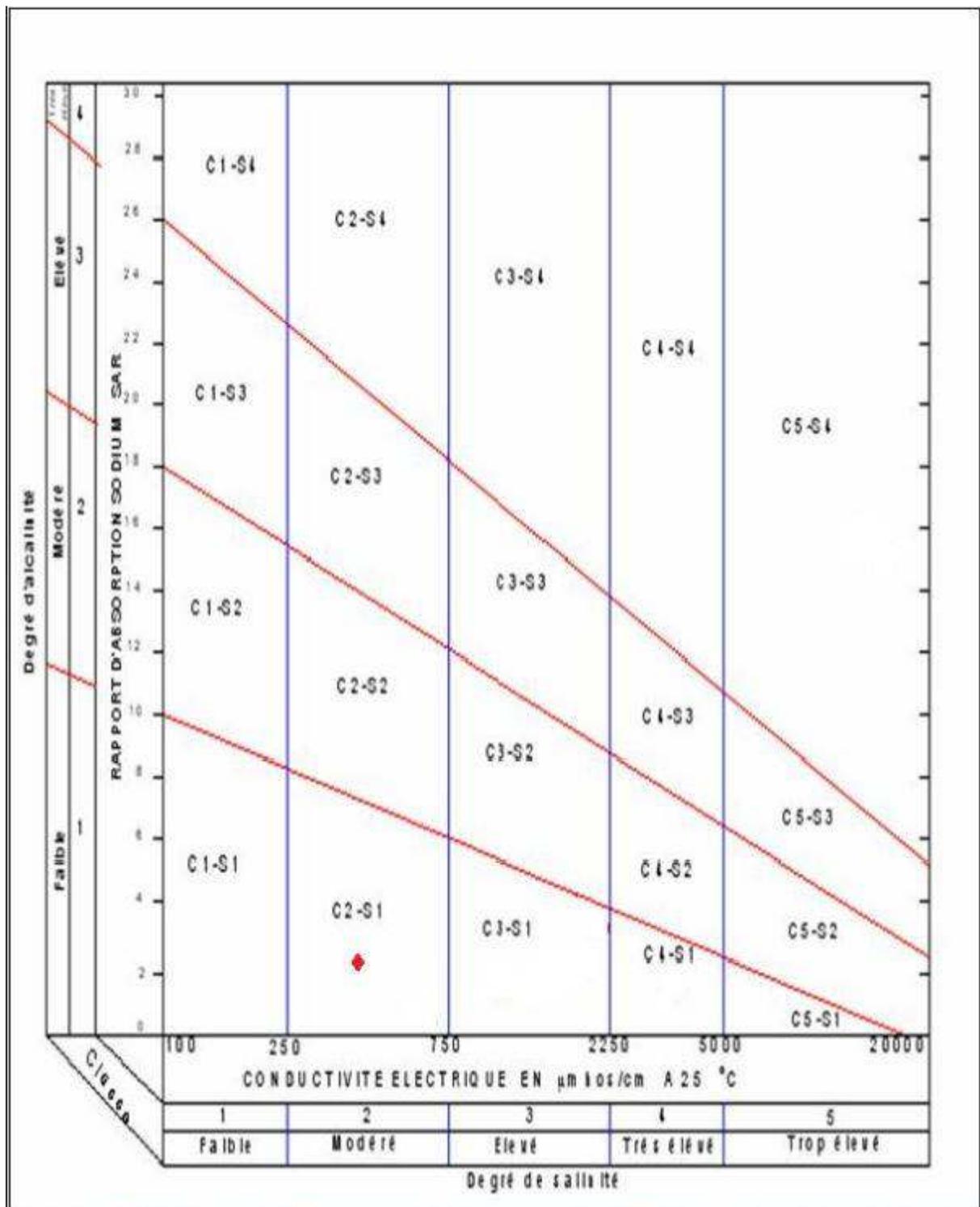


Figure IV -3 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation

La classe de notre eau d'irrigation est de C2-S1

Classe S1 - l'eau peut être utilisée sur pratiquement n'importe quel type de sol avec un risque minimal d'accumuler du sodium à un niveau dommageable.

L'eau présentant une conductivité électrique comprise dans la classe C2 peut être utilisée pour irriguer les sols présentant un bon drainage. [10]

Conclusion

Dans ce chapitre on a pu déterminer les caractéristiques statistiques de la série pluviométrique de ma zone d'étude.

L'ajustement des séries de pluies moyennes annuelles, le test de khi 2 est a considéré pour la loi de log-normale qu'est la plus adéquate graphiquement.

L'utilisation du logiciel tel que l'HYDROLAB, HYFRAN nous a permis l'élaboration des analyses statistiques les plus courantes en hydrologie en économisant du temps.

CHAPITRE V :

ADDITION ET DIMENSIONNEMENT DU RESEAU

I-CALCUL DU DEBIT FICTIF CONTINU

I-1-En mois de pointe (juin)

Pour le dimensionnement du réseau de distribution, nous considérons que le débit moyen journalier des pertes par transpiration est le débit fictif continu que doit assurer le réseau ; alors :

$$q = \frac{B_{net} \cdot 10^3}{3600 \times E \times D \times j} \quad (\text{V-1})$$

q : le débit fictif continu du réseau de distribution.

B_{net} : besoin net du mois de pointe en m^3/ha ,

E : l'efficience moyenne d'irrigation (75%).

D : nombre d'heures d'irrigation= 18 heures

J : nombre de jours de mois de pointe = 25 jours

$$q = \frac{180,52 \cdot 10^4}{3600 \times 0,75 \times 18 \times 25} = 1,48 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique $q_s = 1,48 \text{ l/s/ha}$

II-CALCUL du volume d'eau annuel

$$\text{On a : } V_{tot} = B_{net} \cdot S = 4474,65 \cdot 70 = 313225,5 \text{ m}^3$$

$V_{tot} < V_{retenue} = 318464 \text{ m}^3$: donc le volume de retenue sera suffisant.

III- CALCUL DU DEBIT MAXIMUM JOURNALIER

Dans notre cas le débit maximum journalier c'est le débit caractéristique, il est calculé par la formule suivante :

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

q_s : débit spécifique de mois de pointe (l/s/ha). $q_s = 1,48 \text{ l/s/ha}$

S : la superficie totales à irriguer=70 ha.

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 1,48 \cdot 70 = 103,6 \text{ l/s}$$

Alors notre débit de consommation journalier est $Q_J = 8951,04 \text{ m}^3/\text{j}$

IV-DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION

L'acheminement des eaux d'irrigation vers les différentes parcelles s'effectué par gravité à l'aide de conduite en PEHD, le périmètre se compose de 35 flots avec des surfaces variant voir planche N°01.

Le Calcul a été fait à l'aide du logiciel Epanet dont les Figures (V-1, V-2 et V-3) représente la distribution des pressions, les vitesses et les diamètres dans le réseau, pour les tableaux voir annexe II.

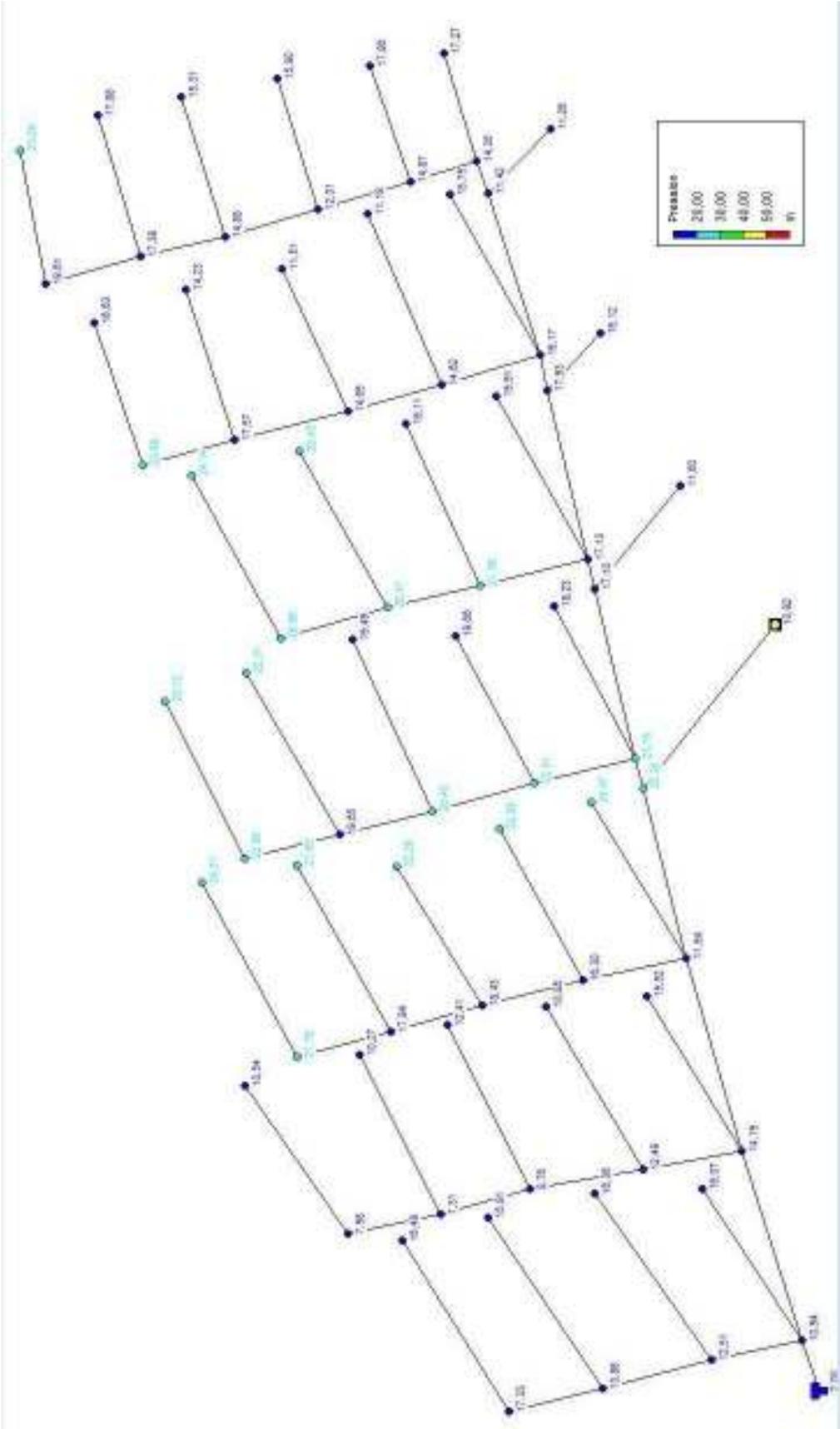


Figure V -1 : Représentation du réseau de distribution avec pressions [11]

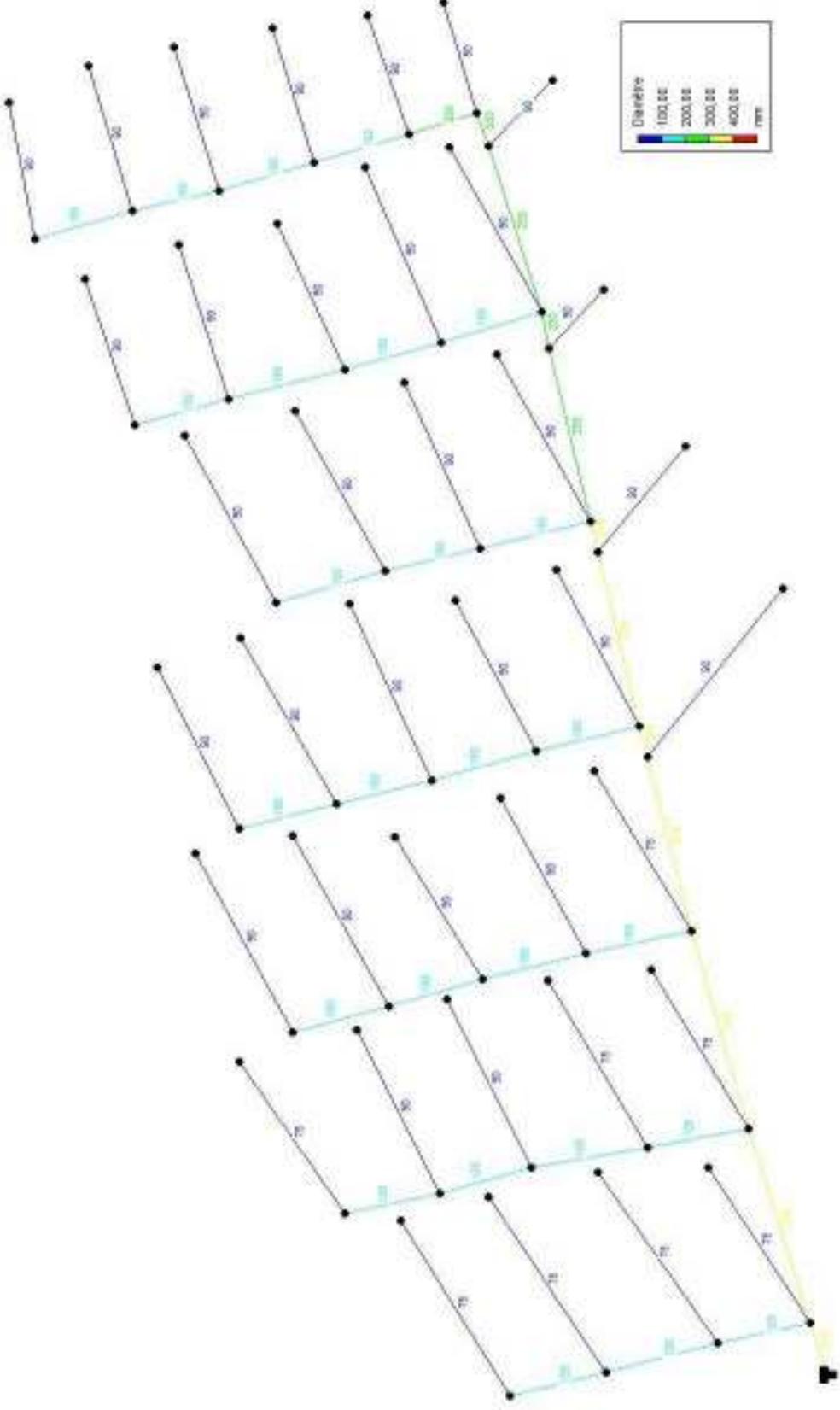


Figure V -2 : Représentation du réseau de distribution avec diamètres [11]

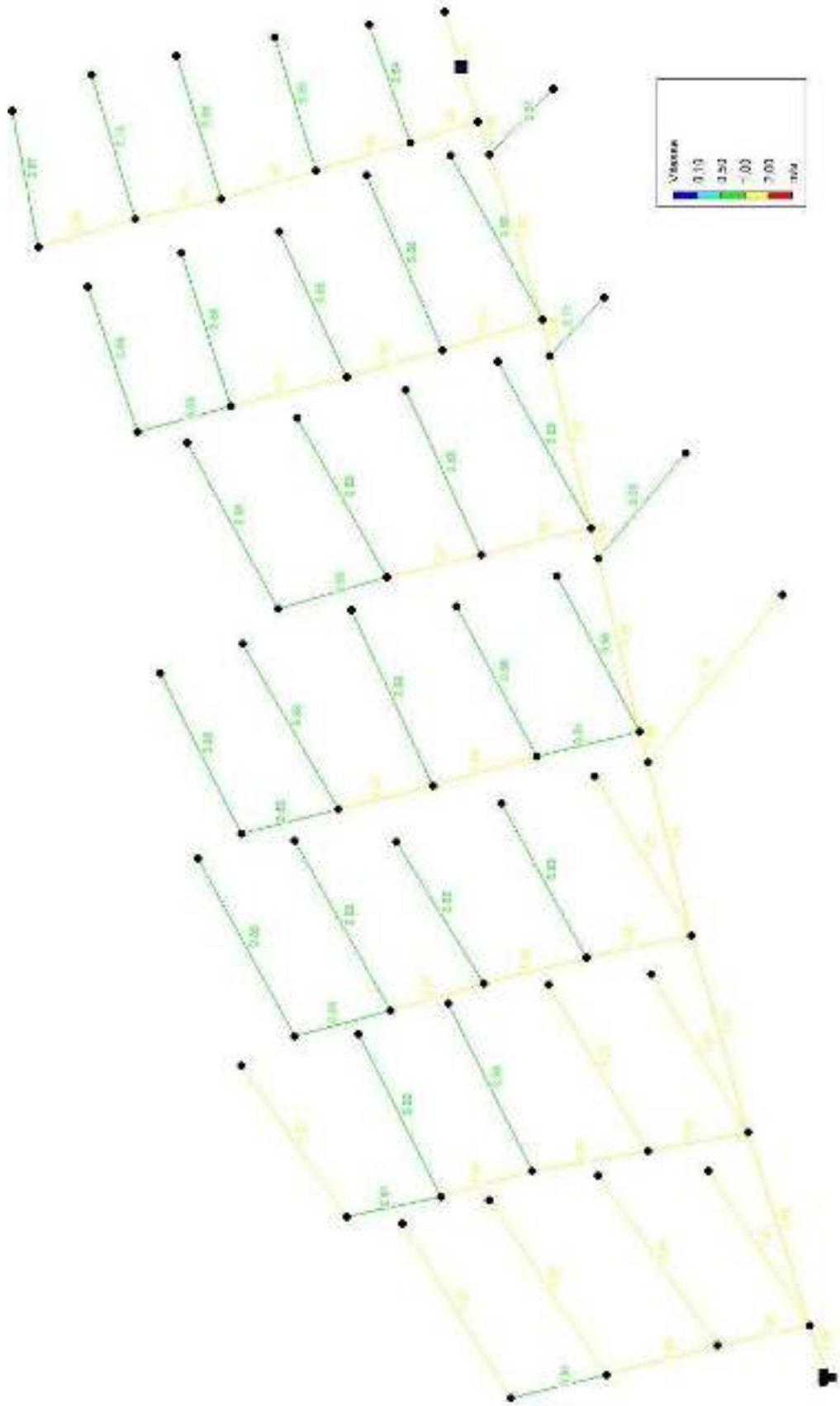


Figure V -3 : Représentation du réseau de distribution avec vitesses [11]

V- DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION EN GOUTTE A GOUTTE

Un réseau d'irrigation est l'ensemble d'organes, d'ouvrages et appareils qui assurent le transport, la répartition et la distribution à chaque exploitation agricole, dans chaque parcelle des eaux destinées à l'irrigation, sans oublier par ailleurs les organes qui doivent éventuellement évacuer les eaux en excès.

Dans ce chapitre de faire un calcul théorique du réseau de goutte à goutte

POUR LA PASTEQUE -MELON

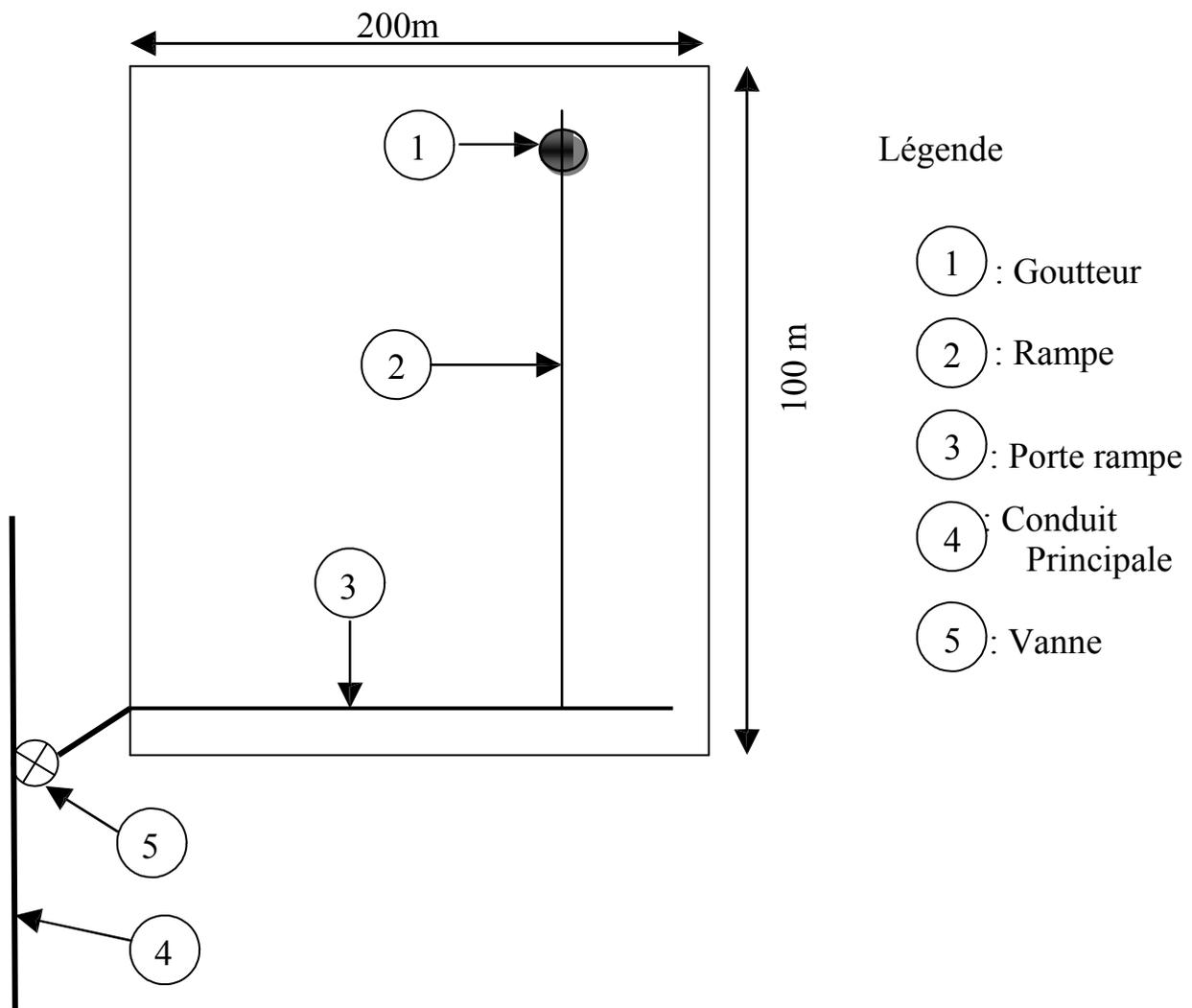


Figure V -4 : Schéma explicatif du réseau d'irrigation goutte à goutte

Besoins en eau journaliers max

$$B_{\max} = \text{ETM}_{\text{locale}} = 6,02 \text{ mm/j}$$

Donc les Besoins journaliers max correspondent à $B_{\max} = 6,02 \text{ mm/jour}$ pour le mois de juin.

Temps maximum de travail

Temps maximum journaliers de travail 18h/24h.

Détermination des données de bases

Surface a irriguée : $S(t) = 70 \text{ ha}$

*Pour nos cultures en utilise généralement des goutteurs de débit $q(g) = 2 \text{ l/h}$.

Les besoins net en irrigation localisée

$$B_{\text{net}} = \text{ETR} \cdot K_r \text{ mm/ jour ;} \quad (\text{V-2})$$

K_r = coefficient de réductions ;

$$\text{Selon la formule ferman et garzoli : } K_r = C_s + 0.5 (1 - C_s) ; \quad (\text{V-3})$$

C_s = Le taux de couverture selon le type de culture ;

On prend $C_s = 0.7$;

$K_r = 0.85$;

$$B_{\text{net}} = 6,02 \times 0,85 = 5,12 \text{ mm /j.}$$

Besoins brut

$$B_{\text{brut}} = B_{\text{net}} / R_p ; \quad (\text{V-4})$$

R_p = rendements de l'irrigation a la parcelle ;

$$R_p = E \cdot C_u / 100 = 1 \cdot 0,9 = 0,9 ;$$

$$B_{\text{brut}} = 5,12 / 0,9 = 5,69 \text{ mm/j.}$$

Calcul de la dose nette pratique

$$D_{\text{net p}} = \text{RFU} \cdot P ; \quad (\text{V-5})$$

P : pourcentages de sol humidifié ; $\text{RFU} = 50$ (annexe IV)

$$D_{\text{net p}} = 50 \times 0,8 = 40 \text{ mm.}$$

La dose brute pratique

$$D_{\text{brute p}} = D_{\text{net p}} / R_p \quad (\text{V-6})$$

$$D_{\text{brute p}} = 40 / 0,9 = 44,44 \text{ mm.}$$

La Fréquence d'arrosage sera

$$F = D_{\text{net}} / \text{ETM} = 40 / 5,12 = 7,82 \text{ j.} \quad \text{On prend 8 jours}$$

Durée de l'arrosage

$$TF = \frac{E(a) \cdot E(r) \cdot D_b}{q \cdot n} ; \quad (\text{V-7})$$

Avec : D_b : La dose brute pratique (mm) ;

$E(r)$: Ecartement entre rangés, $E(r)=1\text{ m}$;

$E(a)$: Ecartement entre arbres, $E(a)=0,5\text{ m}$;

n : Nombre de goutteurs par arbre.

$$TF = \frac{1 * 0,5 * 44,4}{1 * 2} = 11,11h$$

La Durée d'arrosage journalier(h)

$$D = TF/F \quad (V-8)$$

$$D = TF/F = 11,11/8 = 1,39 \text{ h.}$$

Nombre des goutteurs par rampe(m)

On divise la parcelle par 35 postes (voir planche N : 01).

Le nombre de goutteurs par rampe sera calculé comme suit :

$$Ng = (Lr/Ea) * n ; \quad (V-9)$$

Tel que Lr : Longueur de la rampe, $Lr=100 \text{ m}$;

$$Ng = (100/1) = 100 \text{ goutteurs.}$$

Nombre de rampes

$$Npr = Lpr/Er ; \quad (V-10)$$

Avec Lpr : Longueur du port rampe, $Lpr=200 \text{ m}$;

$$Npr = 200/1 = 200 \text{ rampes.}$$

La surface d'un poste

$$S(p) = \frac{S(t)}{N(p)} \quad (V-11)$$

$S(f)$: Surface totale en ha ;

$N(p)$: Nombre de poste ;

$$S(p) = \frac{70}{35} = 2ha$$

Calcul hydraulique

Débit d'une rampe

$$Qr = Ng * qg_r ; \quad (V-12)$$

$$Qr = 200 * 2 = 400 \text{ l/h} \quad Qr = 0,111 \text{ l/s}$$

Débit du port rampe

$$Q_{pr} = Qr * Nr \quad (V-13)$$

$$Q_{pr} = 400 * 200;$$

$$Q_{pr} = 80000 \text{ l/h} \quad Q_{pr} = 22,22 \text{ l/s}$$

POUR LE PIMENT -POIVRON**Besoins en eau journaliers max**

$$B_{\max} = \text{ETM}_{\text{locale}} = 2,81 \text{ mm/j}$$

Donc les Besoins journaliers max correspondent à $B_{\max} = 2,81 \text{ mm/jour}$ pour le mois de juin.

Surface occupé par cette culture est de 36 ha.

Les calculs sont résumés dans les tableaux suivants :

Tableau 25 : Calcule Des Paramètres Pour Le Piment

Paramètres calculées	B_{net} (mm/j)	$D_{\text{net p}}$ (mm/mois)	F (j)	TF (h)	TF Journalier(h)	N(r)	S(p) ha	N(g)
résultats	2,39	28	12	3,89	1	400	2	200

Tableau 26 : Calcule du $\varnothing(\text{cal})$ De La Rampe Pour Le Piment

Paramètres calculées	Lr(m)	Qr (l/h)	h1(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)
Résultats	100	400	1,20	15,96	16

VI-CALCUL DU DIAMETRE AVANTAGEUX DE LA CONDUITE GRAVITAIRE

$$\text{On a } \delta H = \left[\frac{8 \times \lambda \times L \times Q^2}{g \times \Pi^2 \times D^5} \right] \quad (\text{V-17})$$

$$D = \left[\frac{8 \times \lambda \times L \times Q^2}{g \times \Pi^2 \times \delta H} \right]^{1/5}$$

D:Diamètre de la conduite

Q : Débit

δH : La différence d'altitude entre la prise d'eau le réservoir.

L : Longueur de la conduite.

$$D = \left[\frac{8 \times 0.016 \times 250 \times 0.37^2}{9.81 \times \Pi^2 \times 5} \right]^{1/5} = 0,390 \text{ m} = 390 \text{ mm.}$$

Donc le diamètre normalisé est de 400 mm

Donc la conduite d'adduction gravitaire est de 400mm de diamètre et de 250 m de longueur.

VII-CALCUL DU VOLUME DU BASSIN

Le bassin est un ouvrage hydraulique de stockage et de régulation présentant le principe de fonctionnement suivant :

- Assure une régulation de débit entre le débit d'apport et le débit de consommation
- De plus il permette de constituer un réservoir d'eau.

$V_{res} = Q_{car} \cdot \text{durée de Remplissage du bassin}$

$$V_{res} = 1,48 \cdot 70 \cdot 3600 \cdot 1,39 = 518,4 \text{ m}^3$$

Donc on va prendre un bassin de 500 m³

On choisit un bassin de forme carré ($l \cdot l \cdot h$), en fixant une hauteur $h=3\text{m}$, les dimensions du réservoir projeté sont $L=13 \text{ m}$, $l=13 \text{ m}$.

CHAPITRE VI :

ORGANISATION DE CHANTIER

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.

Dans L. De Coninck (2011) dans son ouvrage, décrit le suivi d'exécution d'un chantier par la figure suivante :

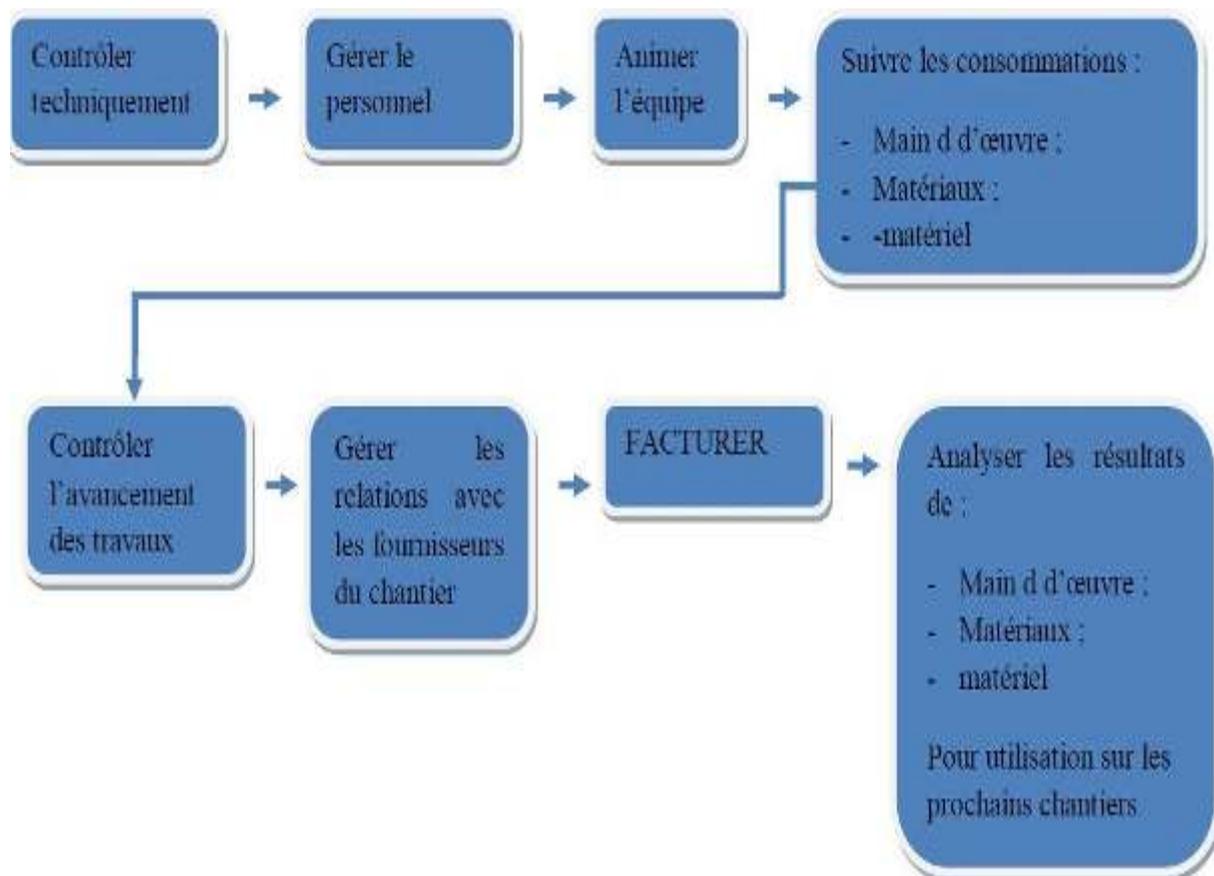


Figure vi-1 : Etapes du suivi de chantier selon L. de Coninck (2011), illustration J.Heinry (2012) [12]

I-LES DIFFERENTS TRAVAUX SUR LE CHANTIER

I-1-Implantation de la trace 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.

I-2- Nivellement de la plate-forme de pose

Le nivellement est la mesure des différences d'altitudes entre deux ou 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.

I-3- Excavation des tranchées

Selon les caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement, la profondeur minimale de la tranchée à excaver atteint 1,2 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 travailler 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 :

I-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 : 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 $h=60m$;

h_1 : Epaisseur du lit de pose $h_1 = 0,1 m$;

I-3-2- Largeur de la tranchée

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

I-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

I-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.

I-4-1-1-Pelle équipée en retro

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.



Figure VI-2: Pelle équipée en rétro (2010)

I-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 27 : 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

I-4-2-Calcul du rendement d'exploitation de la pelle

Il est déterminé comme suit :

$$— (m^3/h) \quad \text{(VI-1)}$$

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 :

$$— (m^3/h)$$

I-4-2-1-Calcul du temps d'excavation

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

$$— \quad \text{(VI-2)}$$

Avec :

T_{éx} : Temps d'**excavation** (h) ;

V_r : Volume de remblai (m³) ;

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

I-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 ;

I-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 de la conduite.

I-7-Introduction de la canalisation

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

- S'assurer 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 ;

I-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 30 minutes environ où la variation ne doit pas excéder 0,2 bars.

I-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.

I-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 28 : 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	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 $P_b = 40$ KW.
- Largeur de la lame $L = 2-3$ m.
- Hauteur de la lame 1-1,5 m.

II-EXPLOITATION DU SYSTEME 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

III-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.

IV- PLANIFICATION DE TRAVAUX DU RESEAU

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

A : Le piquetage (15jours) ;

B : Labourassions et décapage de végétaux (fait par trois groupes, chaque groupe réalise 1ha/h, pendant 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 (faite par les trois groupes on réalise deux ilots de 2ha/j) ;
- I : Remblaiement des tranchées (fait par trois groupes, chaque groupe réales 800ml/j) ;
- J : Travaux de finition 10jour ;
- On calcule la durée total du projet par la méthode de chemine des mailles, et on détermine le chemine critique.
- Les résultats dans la figure suivant :

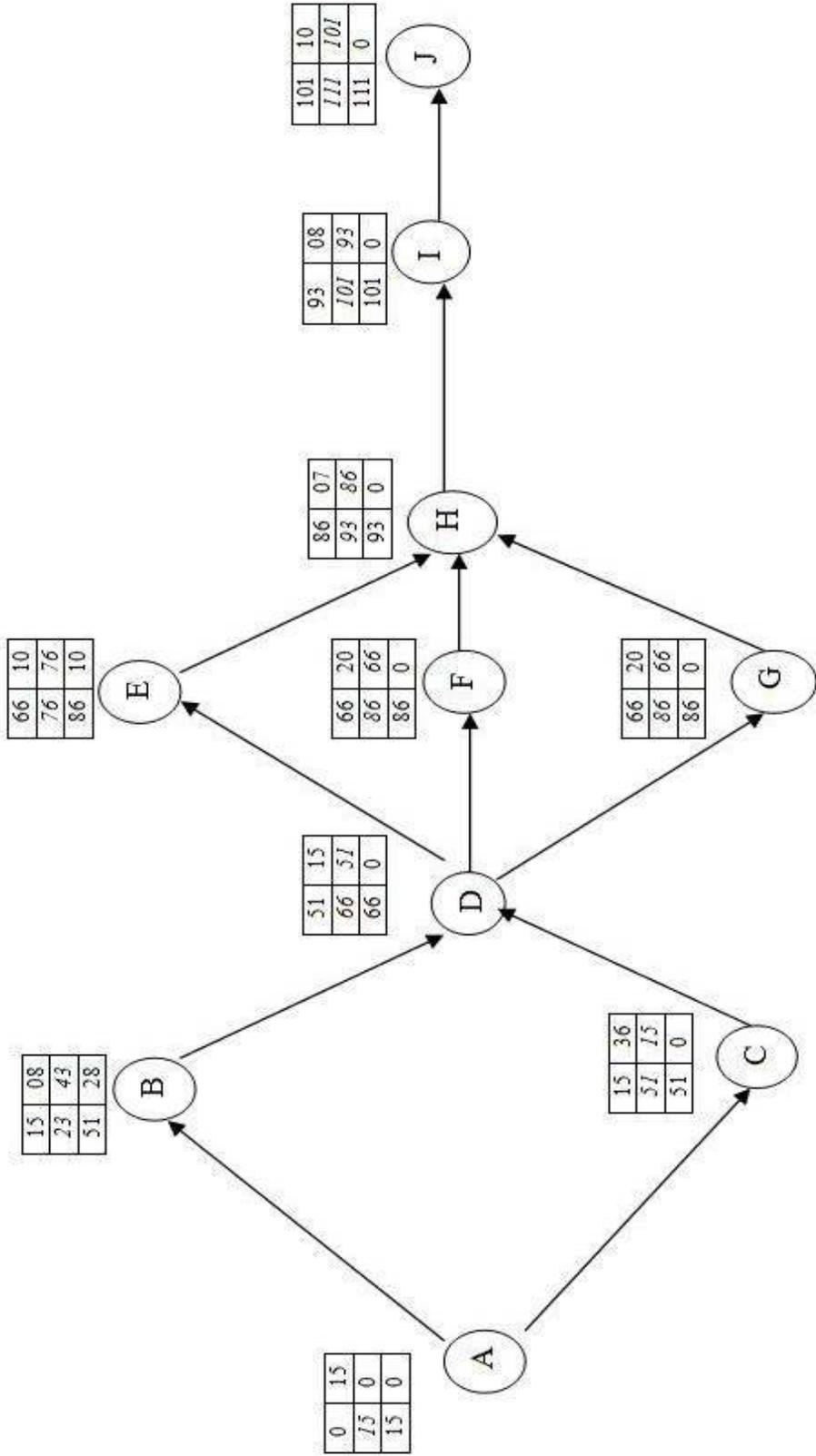


Figure VI-3: Réseau A Nœud

A partir du 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.

V-DEPENSES DE CONSTRUCTIONS

Dans cette partie nous allons faire une estimation sommaire du projet pour avoir une idée générale sur le coût de réalisation d'un tel projet.

Tableau 29 : Dépenses de constructions de conduit d'adduction

Désignation des travaux et ouvrage hydraulique	Diamètre (mm)	Quantité (m)	Prix unitaire (DA)	Totale(DA)	Coût total après majoration de 40% DA
Conduite d'adduction PEHD PN06	400	250	6007	4600090	6440126

V-1- DEPENSE DU RESEAU D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE

Tableau 31 : Dépenses de constructions des conduits de distribution.

Pièces	Prix unitaire (DA/ml) TTC	Matériaux des conduites	Quantité m	Fourniture DA	Coût total après majoration DA
Ø315	3604	TUBES PEHD PN06	501	1805604	2527845,6
Ø250	2282		200	456400	638960
Ø200	1382		300	414600	580440
Ø160	902		1900	1713800	2399320
Ø125	545		700	381500	534100
Ø90	347		5330	1849510	2589314
Ø75	264		1600	422400	591360
Total					7043814

Pour les prix voir annexe III.

Tableau 31 : Dépenses de constructions des accessoires.

Pièces	Prix unitaire (DA/ml) TTC	Matériaux	Quantité	Fourniture DA	Coût total après majoration DA
Coude Ø150/90°	82 909,50	SDR 17 PN10	6	497 458,26	696 441,56
Coude Ø90/90°	2 219,34	SDR 11 PN16	26	115 405,68	3 000 567,68
Filtre à Disque PP 3	19 679,96	Horizontal complet à 2 chambres, 120 mèches	1	19 679,96	27 551,94
Vanne e pour Filtre PP 3''	528,26	en Bronze Diamètre 32	1	528,26	739,56
Vannes	2663		43	117 704.6	164 786,44
Total				750 776,76	3 890 089,18

V-2- Dépense des travaux

Le prix de terrassement est égal :

Pour le déblai : $F_{deb} = V_{deb} \cdot K_{deb}$

K_{deb} : prix de 1 m³ de déblai=1200 DA

V_{deb} : volume total de déblai

Pour le remblai : $F_{rem} = V_{rem} \cdot K_{rem}$

K_{rem} : prix de 1 m³ de remblai= 500 DA

V_{rem} : volume total de remblai

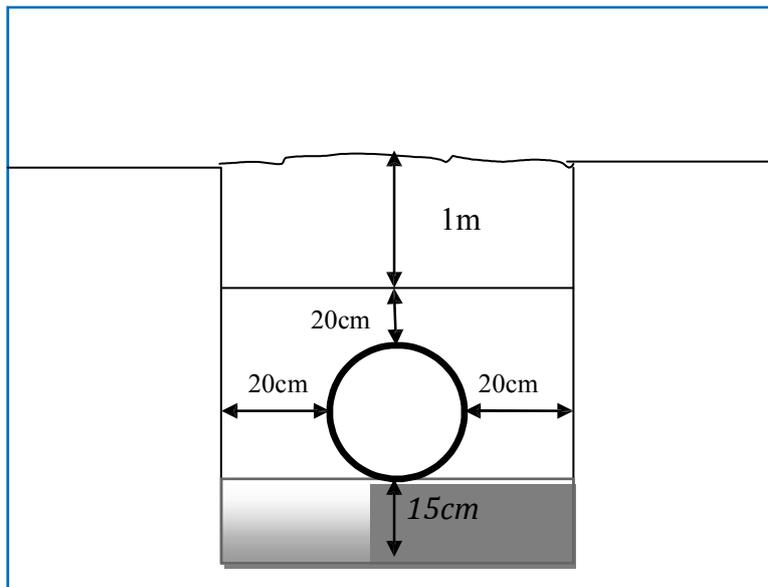


Figure vi-4 : Coupe transversale de la pose de conduite.

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

Le secteur agricole en Algérie qui est caractérisé par son système de production qui est insuffisant même pour la population locale, dû à la pénurie de l'eau, qui s'accroît lors des années à pluviosité déficitaire, a nécessité des mesures administratives relatives aux quotas d'eau et en suite, le développement de l'utilisation économique de l'eau à l'aide des technologies modernes.

L'irrigation a toujours occupé une place prépondérante dans le tissu agricole, et social à l'Algérie. Cette irrigation connaît des sérieux problèmes, liés essentiellement à la rareté des ressources en eau, et à la détérioration des ouvrages hydrauliques agricoles. Pour ceci l'amélioration de l'irrigation est devenue une nécessité urgente, cette amélioration ne peut être réussie que par un schéma collectif et participatif des différents acteurs.

A la lumière des données collectées, et à l'aide des différents acteurs on a collecté les données de la zone d'étude, la détermination des besoins en eau d'irrigation se fait à partir de la détermination de l'évapotranspiration par la méthode de **Penman**.

L'étude du climat (précipitation-température), montre que notre région a un climat semi-aride.

L'étude hydrologique nous a permis de choisir la série pluviométrique annuelle qu'on doit prendre pour le calcul. Et l'analyse de l'eau d'irrigation indique que l'eau utilisée à une salinité moyenne.

Suivant les facteurs qui caractérisent la région, nous avons choisi les cultures adaptées avec les données climatiques.

À la fin de ce travail on a arrivé à :

- Projeter une conduite d'adduction gravitaire de diamètre **DN400** sur une longueur de **250m** transportant un débit de **0.372m³/s**.
- Projeter et dimensionner un réseau collectif ramifié sous pression, avec des diamètres allant de **75mm** à **315mm**.
- Dimensionner un réservoir de distribution d'eau d'irrigation de volume **500m³**.

La simulation du fonctionnement hydraulique du réseau a été faite par le logiciel **Epanet**.

Bibliographies

- [1] **BAHBOUH, L. (2011)** Cours agro-pédologie ENSH Blida.
- [2] **MESSAHEL, M. (2012).** Cours irrigation, ENSH Blida.
- [3] **CLEMENT, R.GALAND, A. (1979) CROPWAT**, Un logiciel pour la planification et la gestion des systèmes d'irrigation. Irrigation par aspersion et réseau collectifs de Distribution sous pression.
- [4] **RIEUL, L. (1997)** Techniques d'irrigation de l'avenir et leur coût. In : D u pu y B. (ed.). *Aspects économiques de la gestion de l'eau dans le bassin méditerranéen*. Bari : CIHEAM, (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 31). **P 233-251**
- [5] **AZOUGGAGH, M. (2001)** Bulletin mensuel d'information et de liaison de pnnta (transfert de technologie en agriculture) : N81/juin. Rabat. **P 6.**
- [6] **TIERCELIN, J.R. (2006)** Traité d'irrigation .**P 1266.**
- [7] **Touaibia, B. (2004)** Manuel pratique d'hydrologie. ENSH Blida. **P 136.**
- [8] **J.P.LABORDE aidé de N.MOUHOUS HYDROLAB** c'est un ensemble de macro-commandes, de feuilles de calcul et de graphiques du tableau EXCEL qui permettent de réaliser les analyses statistiques élémentaires les plus courantes en hydrologie de surface
- [9] **HYFRAN** c'est un logiciel qui permet de réaliser les analyses statistiques élémentaires les plus courantes en hydrologie de surface.
- [10] **Morin, N. (2011)** Agronome, Maîtrise en science du gazon LA QUALITÉ DE L'EAU D'IRRIGATION : UN FACTEUR À NE PAS NÉGLIGER.**P4**
- [11]**EPANET** est un logiciel de simulation de système de distribution d'eau dynamique libéré par l'Agence de Protection de l'environnement Américaine tant pour les utilités que pour les conseillers.
- [12] **De Coninck, L. (2011)** Comment optimiser l'organisation et le suivi de chantier dans une entreprise ayant un rayon d'action étendu ? Par Jérôme HEINRY **AGROCAMPUS OUEST. P 55.**

Références sitographique

[13] North Africa 1:250,000 /Series P502, U.S. Army Map Service, 1954

(http://www.lib.utexas.edu/maps/ams/north_africa/) site de l'université de TEXAS

Consulté le 23/03/2013

(<http://eau-agro-1.wikispaces.com/Irrigation>) Consulté le 15/04/2013

(<http://www.asgg.org/index.html>) Consulté le 19/07/2013

ANNEXES

Annexe I

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

Source : Divers sources

Annexe II

État des Nœuds du Réseau				
	Altitude	Demande Base	Charge	Pression
ID Nœud	m	LPS	m	m
Nœud n1	132,5	5,6	134,94	12,44
Nœud n6	95,6	5,6	120,95	25,35
Nœud n7	116,3	5,6	130,49	14,19
Nœud n8	105,1	5,6	113,86	18,76
Nœud n9	112,4	5,6	124,34	11,94
Nœud n10	99,4	5,6	119,66	20,26
Nœud n11	97,3	5,6	120,45	23,15
Nœud n12	93,5	5,6	115,77	22,27
Nœud n14	112,3	5,6	126,16	13,86
Nœud n16	101,5	2,6	118,6	17,1
Nœud n17	102,4	5,6	110,38	17,98
Nœud n18	94,7	5,6	118,67	23,97
Nœud n20	89,9	5,6	114,78	24,88
Nœud n24	97,3	2	115,23	17,93
Nœud n25	101,2	5,6	118,33	17,13
Nœud n26	92,4	5,6	115,84	23,44
Nœud n29	97,4	5,6	113,57	16,17
Nœud n30	92,4	5,6	108,89	16,49
Nœud n31	82	5,6	107,89	25,89
Nœud n35	96,8	3,15	111,15	14,35
Nœud n36	96	3,8	108,67	12,67
Nœud n37	91,5	3,8	108,06	16,56
Nœud n38	93,5	3,15	110,77	17,27
Nœud n39	88,5	4,65	107,14	18,64
Nœud n41	86,9	4,65	106,03	19,13
Nœud n44	116,4	5,6	128,91	12,51
Nœud n45	107,4	5,6	119,89	12,49
Nœud n46	108,1	5,6	125,43	17,33
Nœud n47	103,8	5,6	111,11	17,31
Nœud n48	103,9	5,6	121,37	17,47
Nœud n49	94,3	5,6	117,47	23,17
Nœud n50	94,6	5,6	116,62	22,02
Nœud n51	94,8	5,6	110,59	15,79
Nœud n52	95,5	3,42	110,37	14,87
Nœud n53	92	3,42	109,86	17,86
Nœud n54	98,8	5,6	118,88	20,08
Nœud n55	93,2	5,6	114,99	21,79
Nœud n56	88,5	5,6	115,63	27,13
Nœud n57	88,4	5,6	108,1	19,7
Nœud n58	91,7	4,05	107,64	15,94
Nœud n59	90,5	4,05	106,87	16,37
Nœud 2	107,4	5,6	123,76	16,36
Nœud 3	105,1	5,6	121,01	15,91
Nœud 4	103,8	5,6	120,29	16,49
Nœud 6	94,7	5,6	105,24	10,54

Nœud 7	98,8	5,6	109,07	10,27
Nœud 8	99,4	5,6	111,81	12,41
Nœud 9	103,9	5,6	114,75	10,85
Nœud 10	94,3	5,6	119,32	25,02
Nœud 11	94,6	5,6	115,43	20,83
Nœud 12	92,4	5,6	113,73	21,33
Nœud 13	88,5	5,6	112,94	24,44
Nœud 14	84,8	5,6	112,73	27,93
Nœud 16	88,4	5,6	113,59	25,19
Nœud 17	92,4	5,6	113,8	21,4
Nœud 18	94,8	5,6	114,58	19,78
Nœud 19	96,2	5,6	108,55	12,35
Nœud 20	93,5	5,6	106,84	13,34
Nœud 21	89,7	5,6	106,06	16,36
Nœud 22	87	5,6	105,85	18,85
Nœud 23	89,9	5,6	116,63	26,73
Nœud 24	93,2	5,6	116,84	23,64
Nœud 25	93,5	5,6	117,62	24,12
Nœud 26	110	5,6	120,92	10,92
Nœud 27	107	5,6	118,6	11,6
Nœud 28	99	2	115,12	16,12
Nœud 29	100	2,3	111,26	11,26
Nœud 30	100	2,3	111,42	11,42
Nœud 31	86,1	4,25	107,01	20,91
Nœud 32	84,5	4,25	106,08	21,58
Nœud 33	116,3	5,6	132,37	16,07
Nœud 34	112,4	5,6	127,92	15,52
Nœud 35	97,3	5,6	121,77	24,47
Nœud 36	101,2	5,6	119,43	18,23
Nœud 37	97,4	5,6	117,31	19,91
Nœud 38	96,8	5,6	112,55	15,75
Réservoir 1	133		135	2

État des Arcs du Réseau				
	Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse
ID Arc	m	mm	LPS	m/s
Tuyau p33	124,3	90	3,8	0,6
Tuyau p34	111,1	90	3,15	0,5
Tuyau p37	153,5	90	4,65	0,73
Tuyau p42	100	125	11,2	0,91
Tuyau p49	127,3	90	3,42	0,54
Tuyau p55	139,1	90	4,05	0,64
Tuyau 3	200	75	5,6	1,27
Tuyau 4	200	75	5,6	1,27
Tuyau 5	200	75	5,6	1,27
Tuyau 6	200	75	5,6	1,27
Tuyau 7	200	90	5,6	0,88
Tuyau 8	200	90	5,6	0,88
Tuyau 9	200	75	5,6	1,27
Tuyau 10	200	90	5,6	0,88
Tuyau 11	200	90	5,6	0,88
Tuyau 12	200	90	5,6	0,88
Tuyau 13	200	90	5,6	0,88
Tuyau 14	200	90	5,6	0,88
Tuyau 15	200	90	5,6	0,88
Tuyau 16	200	90	5,6	0,88
Tuyau 18	200	90	5,6	0,88
Tuyau 19	200	90	5,6	0,88
Tuyau 20	200	90	5,6	0,88
Tuyau 21	200	90	5,6	0,88
Tuyau 22	200	90	5,6	0,88
Tuyau 23	200	90	5,6	0,88
Tuyau 24	200	90	5,6	0,88
Tuyau 25	200	90	5,6	0,88
Tuyau 26	253	90	5,6	0,58
Tuyau 27	115	90	5,6	0,55
Tuyau 28	73	75	2	0,53
Tuyau 29	174	200	51,24	1,63
Tuyau 30	26	200	46,64	1,48
Tuyau 31	80	90	2,3	0,36
Tuyau 32	100	160	11,2	0,56
Tuyau 33	1	315	370,48	1,9
Tuyau 36	100	125	44,8	1,85
Tuyau 37	100	125	33,6	1,8
Tuyau 38	100	125	11,2	0,91
Tuyau 39	100	125	22,4	1,83
Tuyau 40	100	160	11,2	0,56
Tuyau 41	100	160	22,4	1,11
Tuyau 42	100	160	33,6	1,67
Tuyau 43	100	160	44,8	1,8
Tuyau 44	100	160	11,2	0,56
Tuyau 45	100	160	22,4	1,11
Tuyau 46	100	160	33,6	1,67

Tuyau 47	100	160	44,8	1,8
Tuyau 48	100	160	33,6	1,67
Tuyau 49	100	160	22,4	1,11
Tuyau 50	100	160	11,2	0,56
Tuyau 51	100	160	22,4	1,11
Tuyau 52	100	160	33,6	1,67
Tuyau 53	100	160	44,8	1,7
Tuyau 54	100	200	40,34	1,28
Tuyau 55	100	160	33,5	1,67
Tuyau 56	100	160	25,9	1,29
Tuyau 57	100	160	17,8	0,89
Tuyau 58	174	315	213,68	1,8
Tuyau 59	200	315	269,68	1,85
Tuyau 60	100	315	325,68	1,85
Tuyau 61	174	250	111,24	1,75
Tuyau 62	26	315	156,04	1,7
Tuyau 63	174	315	156,56	1,8
Tuyau 64	26	315	212,56	1,7
Tuyau 65	100	125	22,4	1,83
Tuyau 66	100	160	8,5	0,42
Tuyau 67	152,8	90	4,25	0,67
Tuyau 68	100	75	5,6	1,27
Tuyau 69	100	75	5,6	1,27
Tuyau 70	100	75	5,6	1,27
Tuyau 71	100	90	5,6	0,88
Tuyau 72	100	90	5,6	0,88
Tuyau 73	100	90	5,6	0,88
Tuyau 74	100	125	33,6	1,8
Tuyau 75	100	250	107,24	1,75

Annexe (III)

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	PE100
13022	Ø50	2.4	88,25	114,95	PE80
13015	Ø63	3.0	160,25	187,49	PE80
13018	Ø75	3.6	225,21	263,48	PE100
13022	Ø90	4.3	296,03	346,35	PE100
13025	Ø110	4.0	357,86	418,70	PE80
13040	Ø125	-	473,08	553,50	PE100
13030	Ø160	5.8	770,85	901,89	PE100
13044	Ø200	7.2	1 163,39	1 381,17	PE100
13056	Ø250	9.1	1 850,00	2 281,5	PE100
13042	Ø315	11.4	3 080,00	3 603,6	PE100
13039	Ø400	14.5	5 134,24	6 007,08	PE100
13081	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	36,28	44,79	PE80
P3513007	Ø32	2.5	55,48	64,84	PE80
P3513010	Ø40	3.0	84,10	98,40	PE80
P3513013	Ø50	3.7	135,26	158,25	PE80
P3513016	Ø63	4.7	209,69	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	540,50	632,39	PE100
P3513028	Ø125	7.4	660,13	772,35	PE100
P3513031	Ø160	9.5	1 142,25	1 336,43	PE100
P3513033	Ø200	11.9	1 690,84	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	6 886,74	7 837,53	PE100
P3513043	Ø500	29.7	10 152,51	11 876,44	PE100
P3513048	Ø630	37.4	16 738,79	18 414,38	PE100

TUBES PEHD : PN 16					
Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML	
001	Ø20	2.3	32,18	37,88	PE80
003	Ø25	2.8	50,88	59,48	PE80
008	Ø32	3.6	78,51	91,88	PE80
011	Ø40	4.5	120,85	141,51	PE80
14	Ø50	5.6	188,28	220,29	PE80
17	Ø63	7.1	297,95	348,60	PE80
29	Ø75	8.4	407,8	477,13	PE80
14	Ø90	8.2	510,71	597,53	PE100
7	Ø118	10.0	767,19	895,91	PE100
9	Ø125	11.4	967,80	1 132,44	PE100
2	Ø160	14.6	1 860,00	1 828,20	PE100
4	Ø200	18.2	2 472,00	2 892,24	PE100
6	Ø250	22.7	3 815,00	4 483,66	PE100
8	Ø315	28.6	5 850,00	6 844,50	PE100
1	Ø400	36.3	9 320,00	10 904,40	PE100
1	Ø500	45.4	14 911,00	17 445,67	PE100
1	Ø630	57.2	23 123,50	27 064,50	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	53,29	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	396,31	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	1 947,69	2 278,68	PE100
P3513112	Ø200	22.4	3 121,70	3 652,39	PE100
P3513113	Ø250	27.9	4 846,33	5 670,21	PE100
P3513114	Ø315	35.2	7 588,88	8 875,48	PE100
P3513115	Ø400	44.7	12 110,03	14 168,74	PE100
P3513034	Ø500	55.8	19 063,81	22 304,66	PE100
	Ø630	-			PE100

Longueur de Tubes : du Diamètre 25 mm au 110 mm sont des Couronnes (Rouleaux) 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 66 ML.

SARL K-PLAST
Transformation de Plastiques

ANNEXE IV

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.Sa) POUR DIFFERENTS TYPES DE SOLS (en mm de profondeur) QUAND $ET_{ult} = 5-6$ mm/jour

Cultures	Profondeur d'enracinement (d) m	Fraction (f) de l'eau utilisable ¹	Réserve d'eau facilement utilisable (p.Sa) mm/m ²		
			T.0a	T.0a/0.0a	T.0a/mètre
Luzerne	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Besoué	0.5-0.9	0.35	70	50	20
Ogre ²	1.0-1.5	0.55	110	75	35
Haricot ²	0.5-0.7	0.45	90	65	30
Batawa	0.8-1.0	0.5	100	70	35
Clou	0.4-0.5	0.45	90	65	30
Carotte	0.3-1.0	0.25	70	50	20
Céleri	0.3-0.5	0.2	40	25	10
Agrumes	1.2-1.5	0.5	100	70	30
Telhe	0.8-0.9	0.35	70	50	20
Cacao		0.2	40	30	15
Coton	1.0-1.7	0.65	130	90	40
Coconther	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Dani	1.5-2.5	0.5	100	70	30
Fouquier cadu.	1.0-2.0	0.5	100	70	30
Lit ²	1.0-1.5	0.5	100	70	30
Céleste ²	0.8-1.5	0.6	120	80	40
Céfé d'hiver ²	1.5-2.0	0.6	120	80	40
Vigne	1.0-2.0	0.35	70	50	20
Caou	0.5-1.5	0.5	100	70	30
Arachide	0.5-1.0	0.4	80	55	25
Laitue	0.5-0.5	0.3	60	40	20
Mûre ²	1.0-1.7	0.6	120	80	40
Mûre-ensilage		0.5	100	70	30
Melon	1.0-1.5	0.35	70	50	25
Olivier	1.2-1.7	0.65	130	95	45
Oignon	0.3-0.5	0.25	50	35	15
Pâtisson	0.7-1.1	0.65	130	90	40
Pois	0.6-1.0	0.35	70	50	25
Priveon	0.5-1.0	0.25	50	35	15
Arrose	0.5-0.6	0.5	100	65	30
Pomme de terre	0.4-0.6	0.25	50	30	15
Carthame ²	1.0-2.0	0.6	120	80	40
Sisal	0.5-1.0	0.8	155	110	50
Sorgho ²	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Soja	0.8-1.3	0.5	100	75	35
Epinard	0.3-0.5	0.2	40	30	15
Épinard	0.3-0.3	0.15	30	20	10
Battance suc.	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Cacao à sucre ²	1.2-2.0	0.65	130	90	40
Tournefort ²	0.8-1.5	0.45	90	60	30
Potato douce	1.0-1.5	0.65	130	90	40
Telhe - ind.	0.5-1.0	0.35	70	50	25
ard		0.65	130	90	40
Tonate	0.7-1.3	0.4	80	60	25
Légume	0.3-0.6	0.2	40	30	15
Bé	1.0-1.5	0.55	105	70	35
Tabac ²		0.9	180	130	55
Volume total d'eau de sol disponible (Sa) (mm/m ²)			200	140	60

¹ Quand $ET_{ult} < 3$ mm/jour, augmenter les valeurs de 30 % ; quand $ET_{ult} > 8$ mm/jour, réduire les valeurs de 30 %. Ceci suppose des conditions non salines (CE < 2 dS/m).

² Des valeurs supérieures à celles indiquées ici sont observées dans la pratique.

Sources: Taylor (1955), Saan et Hagau (1972), Salter et Gosale (1967), Ripstein (1965), etc.

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage N° 24, Tableau 39 (nouvelle version).