

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE

OPTION : Conception des systèmes d'irrigation et de drainage

THEME:

**CONTRIBUTION AU DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU
D'IRRIGATION PAR ASPERSION AU NIVEAU DU PERIMETRE DES
ARRIBS
(SECTEUR CP3) AIN BESSAM (W.BOUIRA)**

Présenté par :

M^r ZOUAOUI Said

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M ^r : T.KHETTAL	M .C .A	Président
M ^{me} : A. AZIEZ	M .M .A	Examinatrice
M ^{me} : D. DJOUDAR	M .M .A	Examinatrice
M ^r : D. KOLIAI	ING EN CHEF	Examineur
M ^{me} : S. LEULMI	M .M .A	Examinatrice
M ^r : M.N. CHABACA	M .C .A	Promoteur

Septembre 2012

∞ Dédicace ∞

Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en signe de respect et de reconnaissance :

A MA MÈRE

A MON PÈRE

Pour tous leurs sacrifices et leur soutien moral et matériel pour que je réussisse.

A Mon frère Lamouri,

A Mes sœurs, Fatima zahra ; Amel,

A toute la famille **ZOUAOUI** et **YANINA**,

A toutes mes oncles khalilo Hossine , Mohammed et Djamel,

Et a toutes mes tantes ; et mes deux grandes mères,

A tous Mes amis : Moussa, yassine, Salim, Mohammed, Adel baghdadi,

Mohammed slimani, et les autres qui sont nombreux

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin

pour l'élaboration de ce travail

A tout ce que porte mon cœur.

Et ceux que j'ai omis de citer

*** SAID ***

* Remerciements *

A l'issue de cette étude, Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de mon travail.

Ma reconnaissance va plus particulièrement à :

Mon promoteur M^r M.N. CHABACA pour sa contribution à l'élaboration de ce mémoire.

M^{onsieur} M. TELDJOUNE qui m'a donné les informations nécessaires pour réaliser ce mémoire.

M^{eme} BAHBOUH pour ses appréciations et ses remarques.

*L'ensemble des enseignants qui m'ont suivi durant mon cycle d'étude.
Je tiens à remercier aussi :*

** Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail*

** Le corps enseignant et les étudiants de l'ENSH*

** Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de mon mémoire.*

ملخص

إن الهدف من إنجاز مذكرة نهاية دراستي هو المساهمة في تحسين تسيير الموارد المائية و ذلك باقتراح تحديد الأبعاد لشبكة توزيع المياه على مستوى المساحة الزراعية لمنطقة سهل اعريب و بالضبط في القطاع CP3 بعين بسام بولاية البويرة.
المورد المائي أت من تعبئة مياه شبكة التزويد من سد وادي لكحل إلى خزان مياه على مستوى هذه المساحة الزراعية.

Résumé

Le présent mémoire a pour objectif ,de contribuer à l'amélioration de la gestion des ressources en eau par une proposition de dimensionnement d'un réseau de distribution de l'eau à travers le périmètre des Arribs précisément dans le secteur CP3 a Ain-Bessam (W.Bouira).

La source d'eau est fournie par la conduite d'adduction du barrage Lakehal vers un réservoir au niveau du périmètre.

Abstract

Our dissertation aims at improving, the projection of a water distribution network through the perimeter of Arribs exactly in the third sector CP3 in Ain Bessam in the state of Bouira.

The water resource comes from the mobilisation of water at the level of the dam of Lakehal to water store at the level of the perimeter.

SOMMAIRE

Introduction

Page

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1 Situation géographique et administrative.....	2
I.2 Climatologie.....	3
I.2.a Les précipitations.....	4
I.2.b Les températures.....	5
I.2.c Le vent.....	6
I.2.d L'humidité relative de l'air.....	7
I.2.e L'insolation.....	7
I.2.f Le sirocco.....	8
I.3 Les indices climatiques.....	8
I.3.1 Indice d'aridité de MARTONNE.....	8
I.3.2 Quotient pluviométrique d'EMBERGER.....	9
I.3.3 Diagramme ombrothermique de GAUSSEN.....	11
I.4 Pédologie.....	12
I.4.1 Ressources en sols.....	12
-Classe des vertisols.....	12
-Classe des sols bruns méditerranéens.....	13
I.4.2 Aptitude culturales du périmètre des Arribs.....	14
I.5 Hydrologie.....	14
I.5.1 Etudes des précipitations annuelles	14
I.5.2 Choix de la station représentative de la zone d'étude.....	15
I.5.3 Homogénéité de la série pluviométrique.....	15
I.5.4 Etude de l'échantillon et choix du type de loi.....	18
I.5.4.a Traitement des données.....	18
I.5.4.b Ajustement de la série pluviométrique.....	19
b.1 Ajustement à la loi normale (GAUSS).....	19
*) Reconstitution de l'année de calcul.....	20
b.2 Ajustement a la loi doublement exponentielle (GUMBEL).....	21
**) Reconstitution de l'année de calcul.....	22
I.5.4.c Test de validité d'un ajustement.....	23
c.1 Test de validité de l'ajustement à la loi Normale.....	24
c.2 Test de validité de l'ajustement a la loi de Gumbel.....	24
I.5.5 Détermination de l'année de calcul.....	

25

I.6 Géologie et hydrogéologie.....	25
I.6.1 Géologie.....	25
I.6.2 Hydrogéologie.....	26
I.7 Ressources en eau.....	26
I.7.1 Les eaux de surface.....	26
I.7.2 Les eaux souterraine.....	27
I.7.3 Qualité des eaux de barrage.....	27
Conclusion.....	28

Chapitre II : Détermination des besoins en eau des cultures

Introduction.....	29
II.1 Les cultures existantes dans la zone d'étude.....	29
II.2 Les surfaces irriguées.....	30
II.3 Surface irrigable et surface cultivées.....	31
II.4 Calcul des besoins en eau du périmètre selon le modèle choisi.....	33
II.4.1 Evapotranspiration Réelle Ou De Culture (ETR Ou ETC)	33
II.4.2 Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence.....	34
II.4.3 Méthode de PENMAN & MONTEITH modifiée.....	35
II.4.4 La pluie efficace.....	36
II.4.5 L'évapotranspiration réelle ou culture (ETR Ou ETC)	38
II.4.6 Efficience de l'irrigation.....	38
II.4.7 Besoins nets et bruts en eau d'irrigation.....	39
a) La réserve facilement utilisable (RFU).....	39
a*) Hypothèse de calcul de la RFU	40
b) Les besoins en eau d'irrigation nets.....	40
c) Les besoins en eau d'irrigation brutes.....	43
II.4.8 Calcul du débit maximum journalier (débit spécifique)	44
Conclusion.....	45

Chapitre III : Etude comparative des différents modes d'irrigation

Introduction.....	46
III.1 Les techniques d'arrosage des cultures.....	46
III.1.1 Irrigation gravitaire.....	46
III.1.1.1 l'arrosage par ruissellement (par planches ou par calant)	46
III.1.1.2 l'arrosage par infiltration (à la raie)	47
III.1.1.3 L'arrosage par submersion.....	48

III.1.1.4 Avantages de l'irrigation par gravité.....	48
III.1.1.5 Inconvénients de l'irrigation par gravité.....	48
III.1.2 Irrigation par aspersion.....	49
III.1.2.1 Avantages de l'irrigation par aspersion.....	49
III.1.2.2 Inconvénients de l'irrigation par aspersion.....	49
III.1.3 Irrigation par apports localisés.....	50
III.1.3.1 Avantages de l'irrigation localisée (goutte à goutte)	50
III.1.3.2 Inconvénients de l'irrigation localisée (goutte à goutte)	50
III.2 Choix des techniques d'arrosage.....	51
III.2.1 Les contraintes naturelles.....	51
III.2.1.1 L'évaporation.....	51
III.2.1.2 Le vent.....	51
III.2.1.3 Le sol.....	51
III.2.1.4 La pente.....	51
III.2.2 Les contraintes techniques.....	51
III.2.3 Les contraintes agronomiques.....	52
III.3 Réseau d'aspersion.....	53
III.3.1 Structure d'un réseau d'aspersion.....	53
III.3.1.1 Borne d'irrigation.....	53
A. Le vannage.....	54
B. La stabilisation des pressions.....	54
C. Limiteur de débit.....	54
III.3.1.2 La tuyauterie.....	55
A. Canalisation principale.....	55
B. Les portes rampes.....	55
C. Les rampes.....	55
III.3.1.3 Les accessoires.....	55
A. Coude et tés.....	55
B. Vanne et robinet vannes (hydrant)	55
C. Les tuyaux allongés.....	55
D. Les stabilisateurs et trépieds.....	55
E. Les bouchons et les éléments d'assemblage.....	55
III.3.1.4 la pompe	56
III.3.1.5 La ventouse	56
Conclusion.....	56

Chapitre IV : Dimensionnement du réseau et calcul hydraulique

Introduction.....	57
IV.1 Description de l'adduction de réseau d'irrigation.....	57
IV.2 Implantation des bornes.....	58
IV.3 Trace du réseau.....	58
IV.4 Calcul hydraulique du réseau de distribution.....	59
IV.4.1 Modalités de dessertes.....	59
IV.4.1.1 La distribution continue.....	59
IV.4.1.2 La distribution par rotation.....	59
IV.4.1.3 Distribution à la demande.....	59
IV.4.2 Choix du mode de distribution.....	59
IV.4.3 Théorie de la méthode.....	60
IV.4.4 Application de la méthode.....	61
IV.4.5 Pression demandée aux bornes d'irrigation.....	62
IV.4.6 Calcul des débits des canalisations.....	62
IV.4.7 Optimisation des canalisations.....	63
IV.4.7.1 la vitesse admissible.....	63
IV.4.7.2 La perte de charge unitaire.....	64
IV.4.8 Calcul des diamètres.....	65
IV.4.9 Etablissement du profil en long des conduites d'irrigation.....	66
IV.4.9.1 Interprétation des résultats.....	66
IV.5 Projection du réseau d'aspersion.....	66
IV.5.1 Dimensionnement théorique.....	66
IV.5.1.1 Le diamètre de l'ajutage.....	66
IV.5.1.2 La portée du jet (L).....	67
IV.5.1.3 Ecartements entre les rampes et arroseurs.....	67
IV.5.1.4 Débit de l'asperseur.....	68
IV.5.1.5 Surface de chaque poste.....	69
IV.5.1.6 Nombre de position des rampes.....	70
IV.5.1.7 Nombre d'asperseurs.....	70
IV.5.1.8 La rampe.....	70
IV.5.1.9 Diamètre de la rampe.....	70
IV.5.1.10 La porte rampe	71
IV.5.1.11 la conduite d'approche.....	71
IV.5.2 Perte de charge.....	72
IV.5.3 Calcul de Pression.....	72
Conclusion.....	73

Chapitre V : Evaluation économique

Introduction.....	74
V.1 Factures des pièces du réseau de distribution.....	75
V.2 Calcul des volumes des terrassements.....	76
V.2.1 Calcul du volume de déblai	77
V.2.2 Calcul du volume de lit du sable	78
V.2. 3 Calcul du volume de remblai	79
Conclusion.....	81

Conclusion générale

Liste des figures :

Chapitre I

Figure I.1 : Carte de situation géographique de Périmètre des Arribs	2
Figure I.2 : Carte de situation administrative de Périmètre des Arribs.....	3
Figure I.3 : Graphes des températures	6
Figure I.4 : Diagramme climatique d'EMBERGER.....	10
Figure I.5 : Diagramme de Gaussien	11
Figure I.6 : Ajustement a une loi normale.....	20
Figure I.7 : Ajustement a une loi de Gumbel	22

Chapitre II

Figure II.1 : Occupation des sols dans le périmètre.....	30
Figure II.2 : Occupation des sols proposées dans le secteur CP3.....	32
Figure II.3 : Situation du secteur CP3.....	32

Chapitre III

Figure III.1 : Irrigation par planche de ruissellement.....	47
Figure III.2 : Irrigation à la raie.....	47
Figure III.3 : Irrigation par submersion.....	48
Figure III.4 : Une partie d'une installation en aspersion classique.....	49
Figure III.5 : Une installation localisée.....	50
Figure III.6 : Une borne d'irrigation.....	53
Figure III.7 : Vanne de réglage de débit.....	54
Chapitre IV	
Figure IV.1 : Schéma du système d'adduction.....	57
Figure IV.2 : Schéma explicatif du réseau d'aspersion.....	73
Chapitre V	
Figure V.1 : Schéma du profil en travers d'une conduite.....	79

Liste des tableaux :

Chapitre I

Tableau I.1 : les caractéristiques de la station de référence	3
Tableau I.2 : Précipitations moyennes mensuelle interannuelle (1995-2004), station Bouira.....	4
Tableau I.3 : Précipitations moyennes mensuelle interannuelle (1995-2010), station Ain-Bessam.....	4
Tableau I.4 : Précipitations moyennes mensuelle interannuelle (1972-2010), station S.E.GHOZLANE.....	4
Tableau I.5 : Précipitations moyennes mensuelle interannuelle (1972-2010), station S.E.GHOZLANE.....	4
Tableau I.6 : Températures extrêmes et moyennes mensuelles.....	5
Tableau I.7 : Les moyennes mensuelles des vitesses de vent (L'année 2010).....	6
Tableau I.8 : Humidités relatives moyennes mensuelles de l'année 2010.....	7
Tableau I.9 : Insolations moyennes journalières (1995-2010).....	7
Tableau I.10 : Fréquence du sirocco (1995-2010).	8
Tableau I.11 : Limites des climats d'après l'indice climatique de Martonne	9
Tableau I.12 : Températures et pluviométries moyennes mensuelles interannuelles de la région des Arribs pour la période (1995-2010).....	11
Tableau I.13 : Test d'homogénéité	17
Tableau I.14 : Ajustement a la loi de Gauss (loi normale) à l'aide de logiciel HYFRAN.....	19
Tableau I.15 : Précipitation de l'année de calcul.....	21
Tableau I.16 : Ajustement a la Loi de Gumbel à l'aide de logiciel HYFRAN.....	21

Tableau I.17 : Précipitation de l'année de calcul.....	23
---	----

Chapitre II

Tableau II.1 : Les volumes alloués du barrage lakehal	29
Tableau II.2 : Le découpage des ilots dans le secteur CP3.....	30
Tableau II.3 : Evapotranspiration de référence selon la méthode Penman&Monteith.....	29
Tableau II.4 : Les précipitations efficaces dans la zone d'étude.....	30
Tableau II.5 : Profondeur d'enracinement des cultures de l'assolement.....	29
Tableau II.6 : les besoins en eau totaux dans toute la surface du Secteur CP3.....	30
Tableau II.7 : les besoins en eau mensuelles et le mois de pointe en (mm).....	29
Tableau II.8 : les besoins en eau bruts dans le Secteur CP3.....	30

Chapitre III

Tableau III.1 : Analyse multicritères de choix de technique d'irrigation	34
---	----

Chapitre IV

Tableau IV.1 : Seuils des vitesses admissibles en fonction des diamètres	64
Tableau IV.2 : Les paramètres L , M et N en fonction de la rugosité (K).....	65
Tableau IV.3 : Vitesses d'infiltration pour chaque type de sol.....	67
Tableau IV.4 : Calcul du nombre de poste	69

Tableau IV.5 :	Résultat de calcul théorique d'aspersion67
-----------------------	--	---------

Chapitre V

Tableau V.1 :	Factures des conduites du réseau de distribution.....	74
Tableau V.2 :	Factures des autres pièces du réseau de distribution.....	75
Tableau V.3 :	Factures des pièces du réseau d'irrigation par aspersion.....	76
Tableau V.4 :	Calcul du volume de déblai.....	77
Tableau V.5 :	Calcul du volume de sable.....	78
Tableau V.6 :	Calcul du volume de remblai80

Liste des planches

Planche N°01: Plan de situation de périmètre des Arribs.

Planche N°02: Carte d'occupation du sol.

Planche N°03: Profil en long de la conduite de distribution.

Planche N°04: Plan de réseau de distribution.

Planche N°05: Projection d'un réseau d'aspersion.

Expert PDF Evaluation

INTRODUCTION GENERALE

Dans la plupart des pays méditerranéens, l'eau disponible pour l'agriculture est malheureusement de plus en plus rare et coûteuse.

L'Algérie est confrontée à une irrigation mal conduite qui présente un risque de causer de fortes pertes d'eau et le lessivage des principaux éléments nutritifs du sol ; et de réduire de ce fait la productivité du sol. De même un apport destiné à l'irrigation ou à d'autres usages est un élément de plus en plus précieux en raison du coût croissant des travaux d'irrigation, et du volume limité des ressources hydriques de bonne qualité. Il importe par conséquent de savoir utiliser rationnellement les eaux d'irrigation de manière à éviter qu'un excès d'arrosage ne dégrade les sols et améliore ces derniers pour leur faire rendre le maximum.

Donc pour satisfaire un ensemble d'impératifs, tel que l'utilisation judicieuse des ressources hydriques, l'efficacité économique et la conservation de la fertilité du sol ; elle doit cependant être bien maîtrisée, et raisonnée. Ainsi c'est dans ce sens que s'insère la présente étude. Elle consiste à projeter un réseau d'irrigation par l'aspersion sur une partie du périmètre des Arribs de la commune d'Ain Bessam (W.Bouira).

I.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE ET ADMINISTRATIVE :

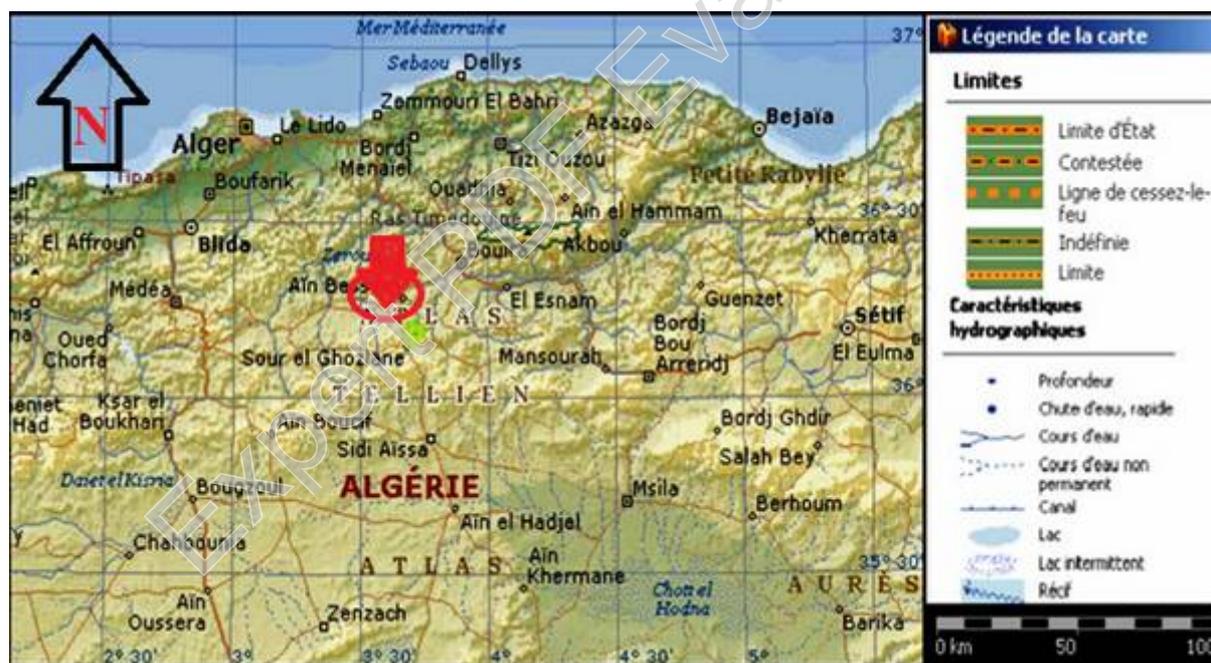
Le périmètre des Arribs est situé dans la partie Nord-Ouest de la Wilaya de Bouira. Il est limité au Nord, par l'Oued Djaafer et au Sud par la chaîne montagneuse de Sour-El-Ghozlane, à l'Est par l'Oued fahem, et à l'Ouest par l'Oued Kararif.

Le périmètre occupe un plateau situé entre l'Atlas Telien et la chaîne montagneuse de Sour-El-Ghozlane. Il est caractérisé par une altitude moyenne de 600 à 700 mètres ; c'est une plaine trapézoïdale élargie vers l'Ouest. Sa longueur moyenne est de 10 Km et sa largeur moyenne est de 5 Km.

La pente du terrain est généralement faible et convient à l'irrigation surtout en ce qui concerne la partie centrale. Sur les périphériques la pente s'accroît et atteint dans certains endroits 10% - 12% à environ 1-2 Km à l'ouest de Ain-Bessam.

Le périmètre est subdivisé en trois (03) secteurs et sept (07) sous-secteurs:

- Secteur CP1 (300 ha).
- Secteur CP2 (1500 ha).
- Secteur CP 3 (400 ha).



(Source ONID)

La plaine des Arribs est partagée sur trois communes de la Wilaya de Bouira

- Commune Ain-Bassam (984 ha).
- Commune Raouraoua (944 ha).

- Commune Bir-Ghbalou (346 ha)

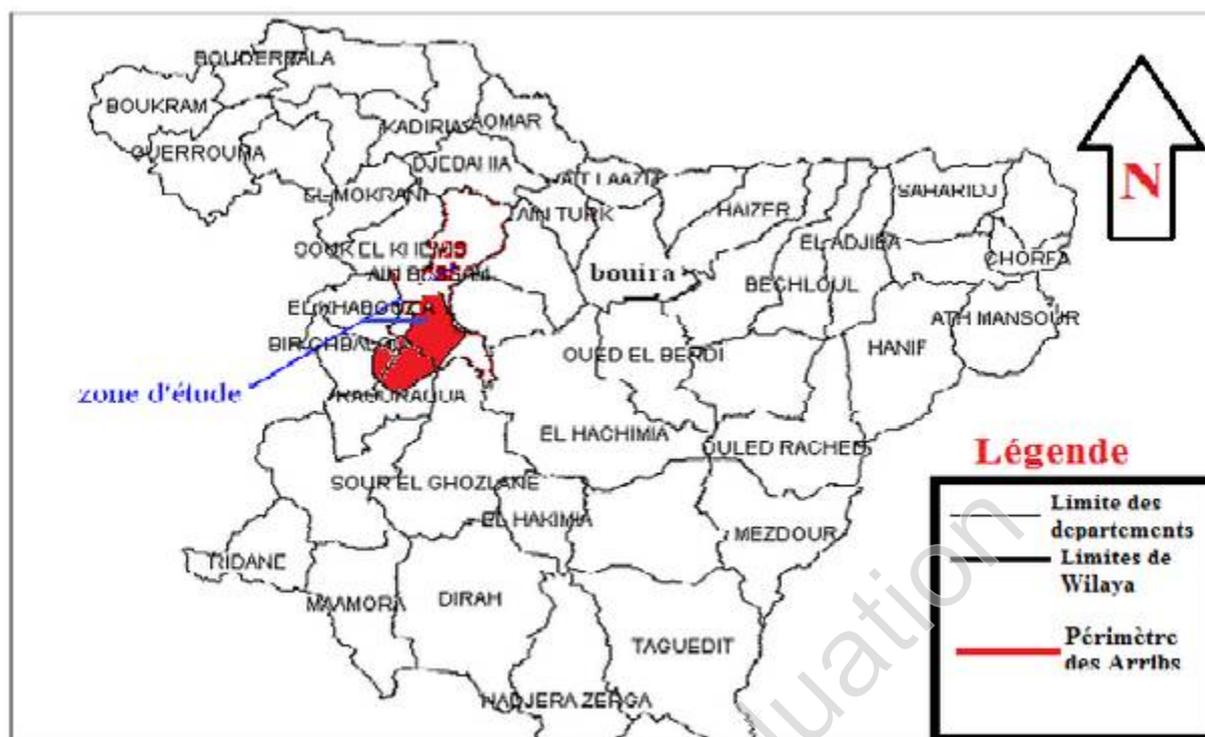


Figure. I.2 Carte de situation administrative de Périmètre des Arribs échelle (1/5000)

(Source ONID)

I.2 CLIMATOLOGIE :

Les différents phénomènes météorologiques sont déterminés, avec une précision suffisante pour les besoins de l'étude, à partir des observations enregistrées à deux stations voisines ; Ain Bessam, Bouira et Sour El Ghozlane.

Tableau I-1 : les caractéristiques de la station de référence

Station	Longitude	Latitude	Altitude	Code
ANRH S.E.G	03° 30 E	36° 09	850	150101
ONM Bouira	03° 53 E	36° 23	555	417
ONM Ain-Bessam	03° 32 E	36° 19	748	415

Tableau I- 2 : Précipitations moyennes mensuelle interannuelle (1995-2004), station **Bouira**.

Annee	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece	Annuel
Moyen	101,3	49	32,9	48,7	45,4	10,9	2,9	16,5	25,3	37,7	69,9	90,2	523,7

Tableau I- 3 : Précipitations moyennes mensuelle interannuelle (1995-2010), station **Ain-Bessam**.

Année	Janv.	Févr.	Mars	Avri.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece	Annuel
-------	-------	-------	------	-------	-----	------	-------	------	------	------	------	------	--------

Moyen	64,68	45,75	45,93	47,78	40,07	9,66	3,55	12,3	35,05	42,79	57,14	64,43	469,16
-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	---------------

**Tableau I- 4 : Précipitations moyennes mensuelle interannuelle (1972-2010), station
S.E.GHOZLANE.**

Année	Janv.	Févr.	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece	Annuel
Moyen	51,78	51,53	45,16	50,22	37,77	9,97	6,63	12,69	33,41	33,35	43,09	59,64	435,23

On remarque que les valeurs des précipitations moyennes interannuelles tombent dans la même plage donc on choisie la série la plus longue.

Donc pour effectuer la précision, on utilise pour notre étude les données pluviométriques de la station de S.E.G (voir l'annexe A) ; malgré elle est distant de 20 km de notre périmètre.

I.2.a Les précipitations :

La précipitation est un facteur climatique très important, elle nous permet de connaître les périodes ou les cultures ont besoin d'être irriguées ou pas. Les valeurs des précipitations sont représentées dans le **tableau I.4**

La moyenne annuelle des précipitations sur une série de **39** ans est de **435,23 mm**. La période la plus sèche correspond de Juin au mois d'Août. La saison la mieux arrosée est l'Hiver ou le total saisonnier des précipitations est de **162,95 mm**.

I-2. b) Les températures :

Les températures extrêmes et moyennes sur une période d'observation de 16 ans (1995 à 2010) sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I-6: Températures extrêmes et moyennes mensuelles

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep	Oct	Nov	Déc.	Moy
T_{max} (°C)	19,94	18,3	24,14	25,94	32,35	39,22	40,97	40,17	29,33	31,13	23,34	19,17	28,67
T_{min} (°C)	-0,3	-0,4	0,67	2,36	5,92	10,46	13,35	15,31	11,09	7,89	2,65	0,14	5,76
T_{moy}	9,82	8,95	12,405	14,15	19,135	24,84	27,16	27,74	20,21	19,51	12,995	9,655	15,53

(°C)													
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Source : ONM (AIN-BESSAM)

$$\text{Avec : } T_{\text{moy}} = \frac{T_{\text{max}} + T_{\text{min}}}{2}$$

Le tableau (I-6) montre que le mois le plus chaud est le mois de **Aout** ou l'on enregistre une température moyenne mensuelle de **27.74°C** ; et la minimale est enregistrée au mois de **Février** avec une moyenne mensuelle de **8.95°C**.

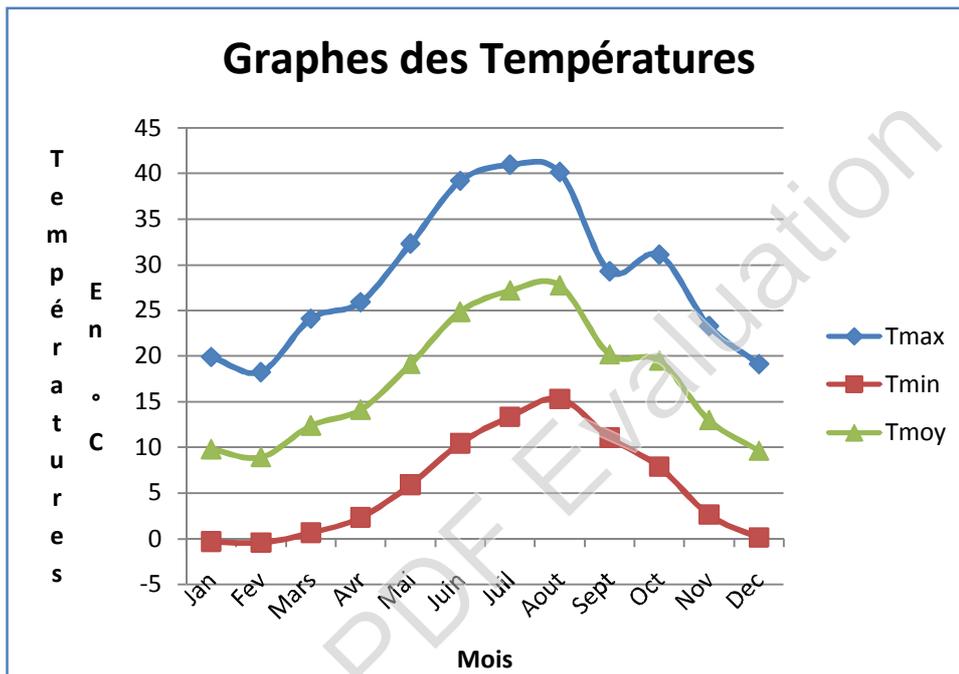


Figure. I.3 : Graphes des températures

I- 2. c) Le vent :

Le vent est un facteur destructif vu son influence directe sur le sol, la végétation et les autres facteurs tel que les précipitations et l'évapotranspiration. Il intervient aussi dans le choix de type d'irrigation.

La variation de vitesse de vent au cours de l'année est représentée dans le tableau I-3.

Tableau I-7 : Les moyennes mensuelles des vitesses de vent (L'année 2010).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vitesse de vent (m/s)	02,0	02,3	01,9	02,3	02,6	02,8	02,4	02,2	02,5	02,3	02,9	02,1

Source : ONM (AIN-BESSAM)

Le vent en été caractérisés seulement par leur vitesse dont la valeur moyenne est de 2,18 m/s.

I- 2. d) L'humidité relative de l'air :

L'humidité relative de l'air est un élément de cycle hydrologique qui contrôle l'évaporation du sol et la couverture végétale.

Les résultats d'observation sont représentés dans le tableau I-4.

Tableau I-8 : Humidités relatives moyennes mensuelles de l'année 2010

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Humidité relative (%)	78	60	73	75	68	60	52	60	64	68	79	72	67,41

Source : ONM (AIN-BESSAM)

L'humidité relative de l'air varie entre un maximum de 79% en Novembre et un minimum de 52 % en Juillet, caractérisant un climat humide durant toute l'année.

I- 2. e) L'insolation :

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol. Elle se mesure en nombre d'heures d'ensoleillement dans un ciel sans nuage entre le levé et le couché de soleil.

Les valeurs moyennes mensuelles et journalières sont représentées dans le tableau ci-après :

Tableau I-9 : Insolations moyennes journalières (1995-2010)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Insolation (h)	168.2	199.1	238.7	260.4	285.3	321.2	334.3	297.5	253.8	229.9	179.5	163.2

Source: ONM (AIN-BESSAM)

L'insolation moyenne mensuelle enregistrée varie de 334.3 h en Juillet à 163.2 h en Décembre.

I- 2. f) Le sirocco :

Le siroco peut être observé dans n'importe quel mois de l'année. C'est le vent sec et chaud qui assèche le sol et fait augmenter l'évapotranspiration des plantes et de ce fait il constitue un danger pour les cultures agricoles.

Le nombre de jours moyen de siroco pris d'après les données de la station météorologique d'Ain-Bessam pour la période de 1995 – 2010, est indiqué dans le tableau suivant :

Tableau I-10 : Fréquence du sirocco (1995-2010).

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Jour/mois	0	0	0	0	0	1	1	4	1	2	0	0

Source: ONM (AIN-

BESSAM)

Le tableau N° I-10 montre une période bien déterminée de l'année, qui s'étale du mois de Juin à Octobre avec un nombre de jours moyen annuel de 9 jours.

I-3.LES INDICES CLIMATIQUES :

I-3. 1) Indice d'aridité de MARTONNE :

Il permet de connaître le degré de sécheresse de la région.

$$I_A = \frac{P}{T+10} \quad \text{[I.1]}$$

Avec :

I_A : indice climatique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

$$I_A = \frac{435,23}{15,53+10} = 17,05$$

$$I_A = 17,05$$

Tableau I.11 : Limites des climats d'après l'indice climatique de Martonne.

Valeur de I_A	Type de climat	Irrigation
$I_A \leq 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I_A \leq 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I_A \leq 20$	Sec	Souvent indispensable

$20 < I_A \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I_A > 30$	Humide	Inutile

$I_A = 17,05$ donc $10 < I_A \leq 20$

D'où notre climat est sec, donc l'irrigation est souvent indispensable.

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

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER exprime la sécheresse globale d'un climat en faisant la comparaison entre la consommation en eau et l'apport par le rapport $\frac{P}{E}$.

$$Q = 2000 \cdot \frac{P}{M^2 - m^2} \quad [I.2]$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

$$M = 28,67 + 273 = 301,67K$$

$$m = 5,76 + 273 = 278,76K$$

A.N :

$$Q = 2000 \cdot \frac{435,23}{(301,67)^2 - (278,76)^2} = 65,46$$

D'après le diagramme climatique d'EMBERGER (voir Figure (I. 4), on peut dire que le climat de notre région est semi aride.

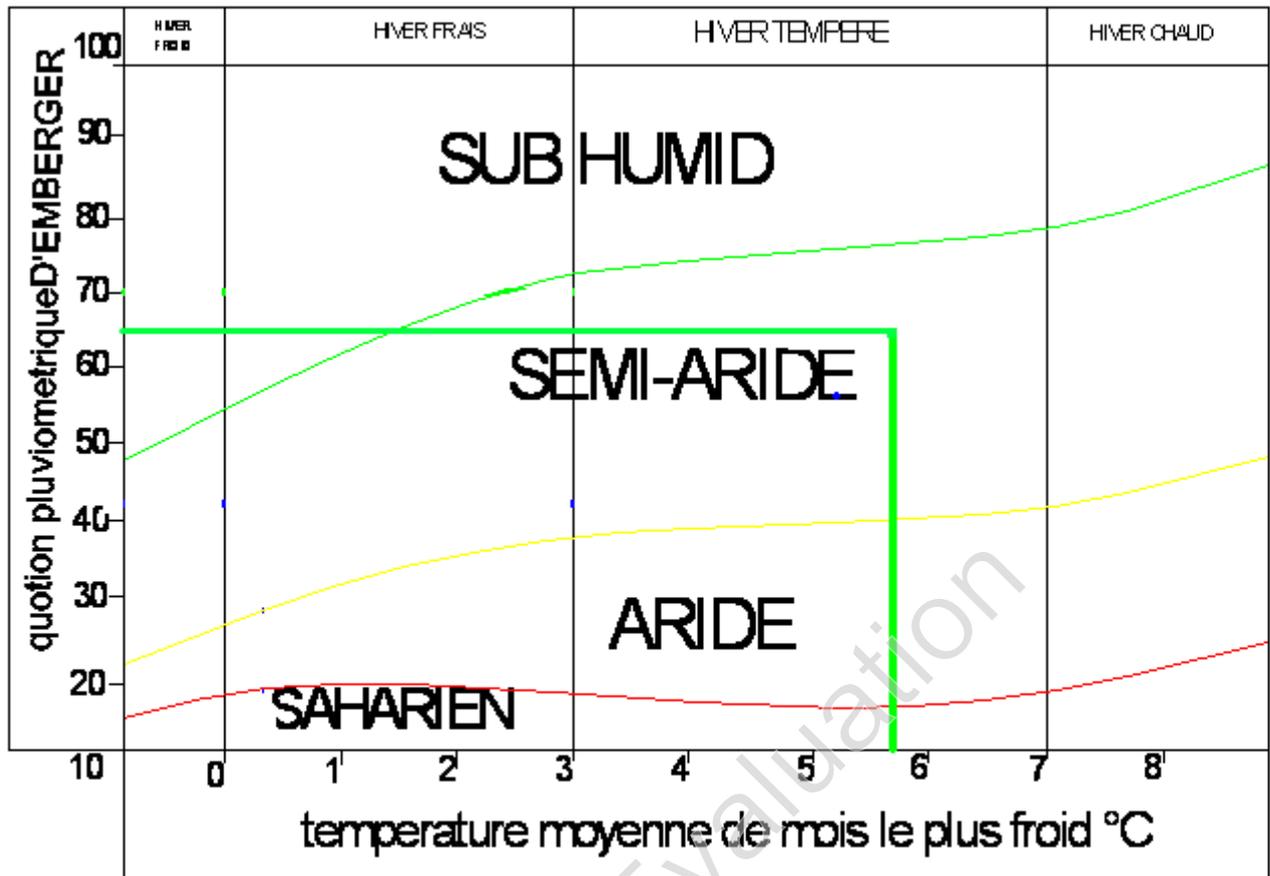


Figure. I.4: Diagramme climatique D'EMBERGER

I- 3. 3) Diagramme ombrothermique de Gaussen :

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

Tableau (I-12) : Températures et pluviométries moyennes mensuelles interannuelles de la région des Arribs pour la période (1995-2010).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy A
T.Moy (°C)	9,82	8,95	12,41	14,15	19,14	24,84	27,16	27,74	20,21	19,51	12,99	9,66	15,53
P.Moy (mm)	51,78	51,53	45,16	50,22	37,77	9,97	6,63	12,69	33,41	33,35	43,09	59,64	435,23

Lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, il y'a sécheresse totale, dans le cas contraire on dit que la période est humide.

D'après le diagramme ombrothermique de Gaussen on distingue une seule période qui est sèche sur toute l'année.

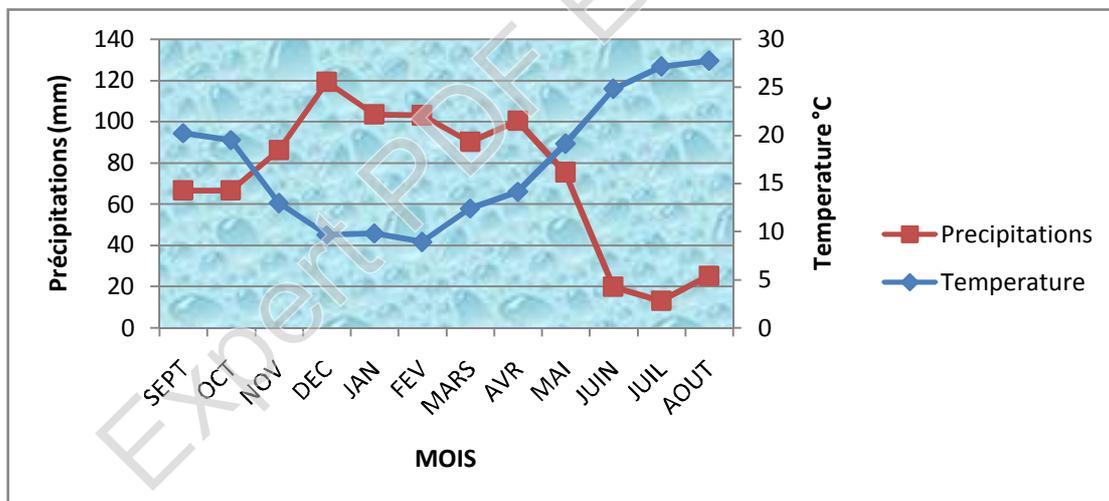


Figure. I.5 : Diagramme de Gaussen

Les deux courbes se croisent et la surface délimitée mesure l'intensité de la saison sèche et la saison humide, la différence des abscisses nous donne la durée de la saison.

La saison humide est de sept (7) mois allant du mois de **Novembre** jusqu'au mois de **Mai**.

La saison sèche est plus marquée, s'étale sur cinq (5) mois, allant du mois de **Juin** jusqu'au mois d'**Octobre**.

I-4. PEDOLOGIE :

I-4.1.Ressources en sols :

On peut classer quatre (04) classes essentielles :

1. La classe des vertisols ;
2. La classe des sols bruns méditerranéens ;
3. La classe des sols peu évalués ;
4. La classe des sols calci-magnésique

Les sols aptes à l'irrigation sont les deux (02) premiers, étant donné leur dominance sur le périmètre.

❖ Classe des vertisols :

Ce sont des sols caractérisés par une texture lourde qui est enrichie dont laquelle il y a un grand pourcentage de minéraux argileux de type : Montmorillonite. La formation des sols est influencée par une humidité assez abondante et pour une longue durée. La couleur des sols est foncée. Cette couleur est parfois due à la présence des minéraux argileux d'une couleur foncée où de minéralisation de l'Humus.

Ils se trouvent au sud de la route Ain-Bessam Bir-Ghbalou. Ils occupent des abaissements micro reliefs et sont dispersés sous forme de secteurs plus ou moins grands, l'épaisseur du profil est de 45 – 130 cm.

Pendant certaines périodes de l'année ces sols sont engorgés d'humidité grâce aux eaux souterraines se trouvant proches de la surface du sol ; pour améliorer leur propriété physique il est nécessaire de maintenir le niveau de l'eau à une profondeur de 1,5 - 2m, après le drainage ; les sols peuvent réussir toutes les cultures ; les plus convenables sont les cultures fourragères vivaces.

On a comme données pour ce type de sol (SOURCE O.PI.BO) :

1. Densité apparente $D_a=1,83$
2. Point de flétrissement $H_{pf}=15,56\%$
3. Capacité de rétention $H_{cc}=31,90\%$

❖ Classe des sols bruns méditerranéens :

Ce sont des sols riches en oxyde de fer d'où leur couleur générale brun à brun rouge ; et le complexe argileux comporte une proportion importante d'autres minéraux que la kaolinite

formée sur des matériaux calcaires où fortement calciques et présentent une saturation élevée en calcium mais ils sont plus faiblement calcaires. Ce sont des sols caractérisés de texture pratiquement homogène sur l'ensemble du profil.

Ces sols représentent la plus grande partie de la surface du périmètre. Ils se trouvent au nord de la route Bir-Ghbalou, à l'ouest de la route Ain-Bessam Raouraoua et dans la zone entre les oueds Zeraoua et Kararifs. La profondeur est de 100-150 cm.

On peut cultiver la luzerne, le maïs, les cultures maraichèresEtc.

On a comme données pour ce type de sol (SOURCE O.PI.BO) :

1. Densité apparente $D_a=1,90$
2. Point de flétrissement $H_{pf}=26,26\%$
3. Capacité de rétention $H_{cc}=41,10\%$

I-5. HYDROLOGIE :

Le but principal de l'étude hydrologique c'est de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquence donnée qui nous a conduits à calculer les besoins en eau des cultures implantées.

I-5.1) Etudes des précipitations annuelles :

Les lois d'ajustement sont nombreuses et ne peuvent être appliquées à un échantillon que si les conditions homogénéité-stationnarité sont réunies parmi les quelles :

- Loi de **Gauss** ou loi normal, et loi de **Galton** ou loi log-normale.
- Loi de **Fuller** ou loi Exponentielle.
- Loi **Gamma**, loi de **Pearson I** et **III**.
- Loi de **Gumbel** ou loi doublement exponentielle.

Ces lois comportent deux à trois paramètres estimés par différentes méthodes :

- Méthode des moments.
- Méthode du maximum de vraisemblance.
- Méthode du maximum d'entropie.

Les critères de choix sont liés à un ajustement graphique d'abord, et ensuite à un test de dispersion. L'allure des points sur du papier à prime abord d'accepter ou de rejeter la loi. Le problème posé : Quelle loi choisir lorsque plusieurs d'entre elles sont adéquates ?

Donc les critères de choix pouvant être retenus sont :

- A qualité égale, la loi qui a le moins de paramètres est à retenir.
- A qualité égale et nombre de paramètre égal, il faut comparer les estimations

des deux lois ; si ces estimations sont voisines, il faut retenir la plus simple, si elles sont nettement différentes, il faut prendre une nouvelle loi quitte à prendre un paramètre supplémentaire.

I-5.2) Choix de la station représentative de la zone d'étude :

Compte tenu de la position géographique de notre périmètre, ces caractéristiques sont les suivantes :

- Localisation géographique, environ de 20 km du périmètre
- Les relevés de la station sont récents et s'étalent sur une période d'observation acceptable (39 ans).
- L'altitude de la station pluviométrique a une valeur proche de l'altitude moyenne du bassin versant du l'Oued lakehel, entre 700 et 800 m

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique S.E.GHOZLANE est regroupée dans le tableau I-13 (voir les Annexes).

L'étude statistique de la série s'effectue par le logiciel **HYFRAN** ; donnant son diagramme de dispersion et son traitement. Le même logiciel fait son ajustement aux lois théoriques (GAUSS, Gumbel).

I-5.3) Homogénéité de la série pluviométrique :

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

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous :

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

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

- ✚ 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.

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

$$W_{\min} < W_x < W_{\max} \quad \text{[L.3]}$$

Avec :

$$W_x = |Rang|_x ; W_x : \text{Somme des rangs des sous séries}$$

$$W_{\min} = \left[\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96x \left(\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{0,5} \right] \quad [I.4]$$

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - W_{\min}] \quad [I.5]$$

Le tableau suivant détaille le procédé de Test d'homogénéité.

Tableau I-13 : Test d'homogénéité

Rang	Série	Série Y (mm)	TRI (mm)	x unions y	Rang2
	X (mm)				
1	307	409,7	255,6	X	1
2	304,7	445,6	265,1	X	2
3	613,1	318,9	284,6	Y	3
4	438,8	466,7	287,8	Y	4
5	284,6	324,4	292,9	Y	5
6	499,1	370,2	304,7	Y	6
7	423,9	400,6	307	Y	7
8	292,9	417,6	318,9	X	8
9	443,5	413,2	319,2	X	9
10	287,8	454	324,4	X	10
11	840,1	345,6	345,6	X	11
12	621,8	255,6	358,6	Y	12
13	358,6	369,7	369,7	X	13
14	567,2	404,1	370,2	X	14
15	508,6	387,2	387,2	X	15
16	440,2	265,1	400,6	X	16
17	553,4	591	404,1	X	17
18	594,4	319,2	409,7	X	18
19	659,9	488,7	413,2	X	19
20		487,4	417,6	X	20
21			423,9	Y	21
22			438,8	Y	22
23			440,2	Y	23
24			443,5	Y	24
25			445,6	X	25
26			454	X	26
27			466,7	X	27
28			487,4	X	28
29			488,7	X	29
30			499,1	Y	30
31			508,6	Y	31
32			553,4	Y	32
33			567,2	Y	33
34			591	X	34
35			594,4	Y	35
36			613,1	Y	36
37			621,8	Y	37
38			659,9	Y	38
39			840,1	Y	39

$W_x=408$; $W_{\min} = 309,74$; $W_{\max}= 450,26$; donc on a $309,74 < W_x < 450,26$

La condition de Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station d'Ain-Bessam est homogène.

I-5.4) 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 Gumbel ou loi doublement exponentielle.

I-5.4.a) Traitement des données :

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

Statistiques de base

Nombre d'observations	39
Minimum	255 mm
Maximum	840mm
Moyenne	434.77mm
Ecart-type	126.29mm
Médiane	417.00mm
Coef. De variation Cv	0.29
Coef. D'asymétrie Cs	0.98

I-5.4.b) Ajustement de la série pluviométrique :

b.1)- 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 :

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \text{Exp}\left(\frac{-1}{2x\mu^2}\right) du \quad \text{[L.6]}$$

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 sont regroupés dans le tableau et la figure suivantes :

Tableau I-14 : Ajustement a la loi de Gauss (loi normale) à l'aide de logiciel **HYFRAN**:

période	Fréquence	XT	Ecart-type	Inv.Conf(95%)	Colonne1
10000.0	0.9999	904.47	57.548	1047.1	1525.0
2000.0	0.9995	850.37	51.785	927.52	1326.9
1000.0	0.9990	825.08	49.127	875.97	1241.5
200.0	0.9950	760.13	42.448	755.94	1043.5
100.0	0.9900	728.63	39.309	703.98	958.13
50.0	0.9800	694.20	35.980	651.69	872.60
20.0	0.9500	642.55	31.257	581.56	758.82
10.0	0.9000	596.64	27.454	526.88	671.41
5.0	0.8000	541.04	23.613	468.97	581.19
3.0	0.6667	489.11	21.162	421.56	510.72
2.0	0.5000	434.77	20.223	376.97	449.47
1.4286	0.3000	368.59	21.601	327.31	390.14
1.2500	0.2000	328.50	23.613	299.04	361.12
1.1111	0.1000	272.90	27.454	261.93	327.54
1.0526	0.0500	226.99	31.257	233.29	304.23
1.0204	0.0200	175.34	35.980	203.32	281.53
1.0101	0.0100	140.91	39.309	184.64	268.00
1.0050	0.0050	109.41	42.448	168.42	256.55
1.0010	0.0010	44.459	49.127	137.37	235.24
1.0005	0.0005	19.170	51.785	126.09	227.65

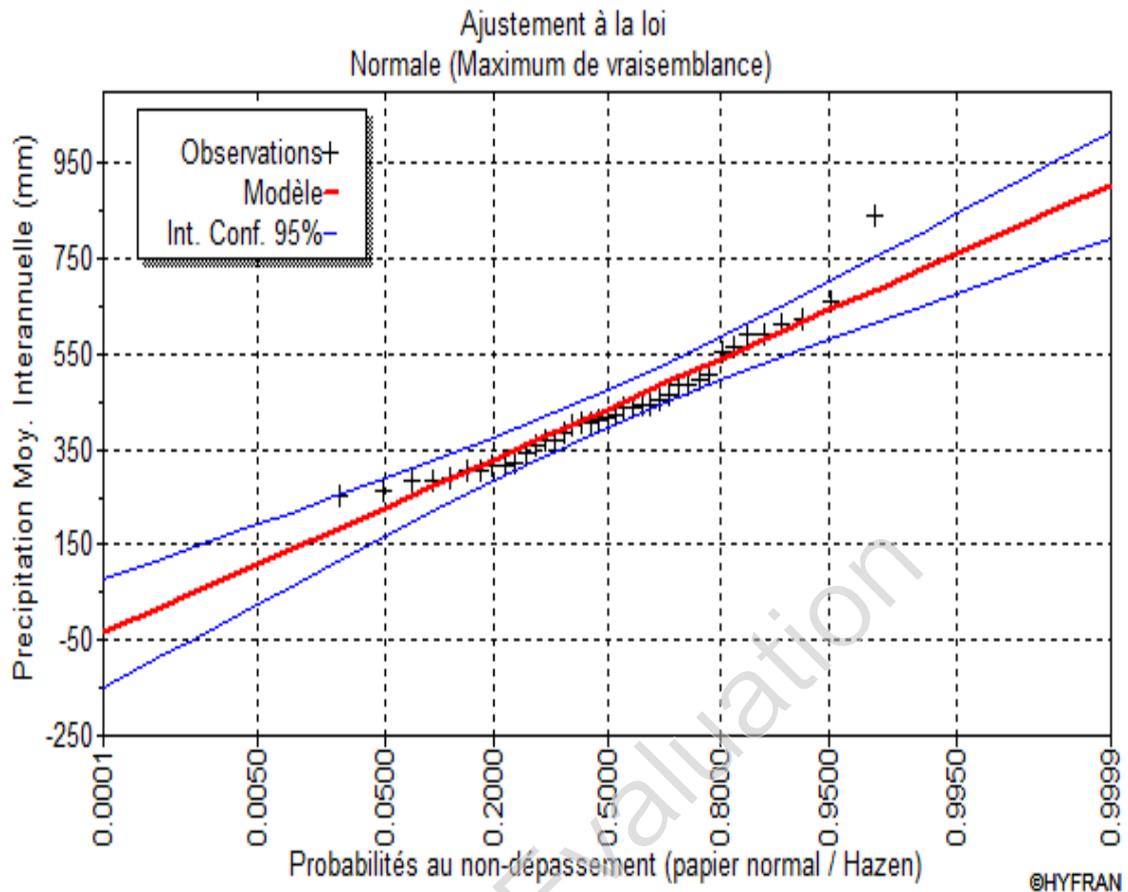


Figure. I.6 : Ajustement a une loi normale.

***) Reconstitution de l'année de calcul :**

La probabilité pour la quelle on assure l'irrigation est donnée pour la fréquence $P(\%) = 80\%$; d'après la courbe théorique on à trouvé $X(80\%) = 541,04\text{mm}$

On à :

$$P_{\text{men } 80\%} = p_{\text{men, moy}} \times (p_{80\%} / p_{50\%})$$

- $p_{\text{men } 80\%}$: Précipitation mensuelle de l'année de calcul.
- $p_{\text{men, moy}}$: Précipitation mensuelle moyenne de 16ans.
- $P_{80\%} = 541,04\text{mm}$
- $P_{50\%} = 434,77 \text{ mm}$
- $(p_{80\%} / p_{50\%}) = 1,24$

Tableau I.15 : Précipitation de l'année de calcul

mois	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	aout	sept	oct.	nov.	déc.	annuel
$p_{\text{men, moy}}$	51,78	51,53	45,16	50,22	37,77	9,97	6,63	12,69	33,41	33,35	43,09	59,64	435,23

Pmen80%	64,44	64,13	56,20	62,50	47,00	12,41	8,250	15,79	41,58	41,50	53,62	74,22	541,62
---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

b.2) Ajustement a la loi doublement exponentielle (GUMBEL) :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles est regroupé dans le tableau **Tableau I-16** et la figure suivantes :

Tableau I-16 : Ajustement a la Loi de Gumbel à l'aide de logiciel HYFRAN:

T	q	XT	Ecart-type	Inter. de con. (95%)	
10000.0	0.9999	1286.1	121.89	1047.1	1525.0
2000.0	0.9995	1127.2	101.85	927.52	1326.9
1000.0	0.9990	1058.8	93.241	875.97	1241.5
200.0	0.9950	899.71	73.341	755.94	1043.5
100.0	0.9900	831.06	64.822	703.98	958.13
50.0	0.9800	762.15	56.344	651.69	872.60
20.0	0.9500	670.19	45.212	581.56	758.82
10.0	0.9000	599.15	36.863	526.88	671.41
5.0	0.8000	525.08	28.621	468.97	581.19
3.0	0.6667	466.14	22.739	421.56	510.72
2.0	0.5000	435.22	18.493	376.97	449.47
1.4286	0.3000	358.73	16.025	327.31	390.14
1.2500	0.2000	330.08	15.835	299.04	361.12
1.1111	0.1000	294.73	16.734	261.93	327.54
1.0526	0.0500	268.76	18.094	233.29	304.23
1.0204	0.0200	242.42	19.946	203.32	281.53
1.0101	0.0100	226.32	21.260	184.64	268.00
1.0050	0.0050	212.49	22.479	168.42	256.55
1.0010	0.0010	186.31	24.962	137.37	235.24
1.0005	0.0005	176.87	25.905	126.09	227.65
1.0001	0.0001	157.91	27.858	103.30	212.53

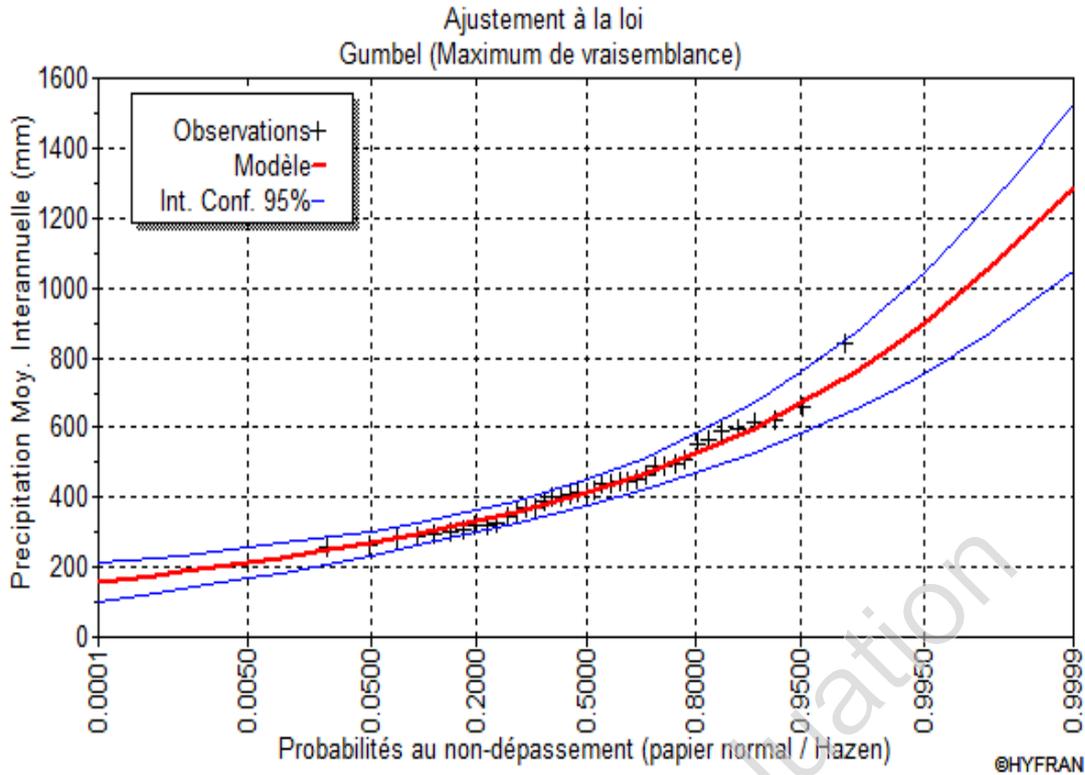


Fig. I.6 : Ajustement a une loi de Gumbel.

****) Reconstitution de l'année de calcul :**

La probabilité pour la quelle on assure l'irrigation est donnée pour la fréquence P(%) = 80% ; d'après la courbe théorique on à trouvé X (80%)= 525,08mm

On à :

$$P_{men\ 80\%} = p_{men,moy} \times (p_{80\%} / p_{50\%})$$

- $p_{men\ 80\%}$: Précipitation mensuelle de l'année de calcul.
- $P_{men, moy}$: Précipitation mensuelle moyenne de 16ans.
- $P_{80\%} = 525,08\text{mm}$
- $P_{50\%} = 435,22\ \text{mm}$
- $(p_{80\%} / p_{50\%}) = 1,21$

Tableau I.17 : Précipitation de l'année de calcul

mois	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	aout	sept	oct.	nov.	déc.	annuel
$p_{men,moy}$	51,78	51,53	45,16	50,22	37,77	9,97	6,63	12,69	33,41	33,35	43,09	59,64	435,23
$p_{men80\%}$	62,50	62,20	54,51	60,62	45,59	12,03	8,00	15,32	40,33	40,25	52,01	71,99	525,32

I-5.4.c) Test de validité d'un ajustement :

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

Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour le quel 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 :

$$v_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X) dX = N[F(X_i) - F(X_{i+1})] \quad \text{[I.7]}$$

$f(X)$: 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 :

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i} \quad \text{[I.8]}$$

$$\lambda = K - 1 - P \quad \text{[I.9]}$$

Avec :

P : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition

Donc :

P=2 : pour la loi de Gumbel et Gauss

P=3 : pour la loi de Galton

On cherche dans la table de Pearson la probabilité de dépassement correspondante au nombre de degré de liberté, définie ci-dessus par λ

Si cette probabilité est **supérieure à 0,05**, l'ajustement est satisfaisant

c.1) Test de validité de l'ajustement à la loi Normale :

Le test de validité de Khi carrée pour l'ajustement à la loi Normale est fait par le logiciel HYFRAN.

Test d'adéquation : Loi normale

Résultats :

Khi carré $X^2 = 3.87$

Probabilité $p(\chi^2) = 0.5680$

Degrés de liberté : 5

Nombre des classes 8

c.2) Test de validité de l'ajustement a la loi de Gumbel:

Test d'adéquation : Loi de GUMBEL

Résultats :

Khi carré $X^2 = 1.82$

Probabilité $p(\chi^2) = 0.8734$

Degrés de liberté : 5

Nombre des classes 8

Le test de Khi carré et les Figure I.5 ; Figure I.6 montrent que la loi de Gumbel présente une adéquation meilleure que la loi Normale.

I-5.5) Détermination de l'année de calcul :

Puisque la loi de Gumbel est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle représentative de la région.

Comme nous sommes dans une région semi aride et que la pratique montre que pour ce type de climat la probabilité de calcul doit être prise entre 75% et 90%.

Nous opterons donc pour l'année de calcul avec une probabilité de 80% et les précipitations totales correspondantes $X_{80\%}=560,18\text{mm}$ (voir le **tableau N°I.17**)

L'année de calcul est obtenue en appliquant la formule suivante :

$$P_{80\%}^{mensuelle} = P_{moy}^{mensuelle} \times \frac{P_{80\%}^{annuelle}}{P_{50\%}^{annuelle}} \quad \text{[I.10]}$$

I-6) GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE :

I-6-1) Géologie :

La région du périmètre des Arribs est composée dans sa base de marnes et d'argiles calcaires qui dans leur plus grande partie recouvertes de formations quaternaires encroutement, pendirique maraines, gravier, matériaux argileux et sableux et des argiles.

La zone étudiée se caractérise par un relief plat et accidenté. Un relief présente du point de vue topographique les caractéristiques de modération cependant coupé par des routes, des coins d'eau et des lignes électriques.

La plaine des Arribs occupe une zone d'affaissement des terrains bien marqués qui coïncident avec l'axe d'un anticlinal de direction Est-Ouest. Le noyau de l'anticlinal est constitué de roches de l'âge cétaqué inférieurs (Apto-barrémien) où les dépôts sont les suivants :

- Anciens dépôts : Alluviaux-Proluvieux, Alluviaux contemporaines des Oueds
- Dépôts diluviaux sur un profil de 80 cm.

En résumé, le relief du terrain est plat et par endroits accidentés, ce qui rend possible une érosion en cas d'irrigation.

I-6-2) Hydrogéologie :

Les plaines des Arribs sont généralement peu aquifères. L'alimentation de la nappe aquifère est assurée par les eaux de précipitation ; ces derniers s'infiltrent par les dépôts quaternaires (matériaux infiltres, les calcaires et les marnes).

Le drainage des Arribs est réalisé par l'oued Djemma et par l'évaporation intense qui a lieu dans la partie centrale des plaines.

La nappe aquifère généralement comprend les 20 – 25 m supérieures de la formation apto-barrémienne.

I-7) RESSOURCES EN EAU :

I-7.1) Les eaux de surface:

Le périmètre des Arribs est alimenté à partir du barrage **lakehel** qui se trouve à 05 Km au Sud-Est de la ville d'Ain-Bessam et est implanté sur l'oued lakehal.

Le réseau hydrographique de la zone d'étude déverse ses eaux dans les effluents de l'Oued lakehel. La superficie du bassin versant de l'Oued lakehel est de 336,4 Km².

L'Oued lakehel prend sa source sur les contreforts des Monts de Dirah et se jette dans la cuvette. Il comprend les ouvrages suivants :

1. Une digue de 45m de hauteur.
2. Une crête de : 600m de longueur et 08 m de largeur à la cote 690 m.
3. Un évacuateur de crues (trop plein).

4. Une tour de prise de 35 m de hauteur et 4 m de diamètre sur la galerie de vidange de fond.

Les caractéristiques de cette retenue sont :

1. Côte de la retenue minimum : 667,50 m.
2. Côte de la retenue normale : 684,40 m.
3. Volume des eaux non utiles (Envasement) : 5 Mm³.
4. Volume de la retenue normale : **30 Mm³**.

I-7.2) Les eaux souterraines :

Le niveau des eaux souterraines se trouve en général en profondeur et n'influence pas le profil des sols, à l'exception des groupes des vertisols.

Pendant la saison des pluies, la nappe monte à plusieurs endroits jusqu'à la surface des sols, de cette façon les sols deviennent saturés et le processus d'aération entravé ; cela ne facilite pas le développement des cultures.

I-7.3) Qualité des eaux de barrage :

Les eaux de barrage lakehal sont d'un résidu sec moyen de mois de 1 g/l, ce qui représente une salinité faible. Le coefficient SAR égal à 2,4 et la conductivité électrique de 2,6 mS/cm présente ainsi un risque d'alcalinisation moyenne. Donc les eaux destinées pour satisfaire les besoins du périmètre des Arribs sont jugées de bonne qualité.

CONCLUSION :

D'après les analyses des conditions naturelles, nous pouvons conclure que :

- Le climat est semi-aride selon la méthode d'Emberger, l'irrigation est indispensable à partir du mois de Mai jusqu'au mois de Octobre, la période pluvieuse commence du mois de Octobre pour se terminer le mois d'Avril, les mois les plus secs sont Juin, Juillet et Août.

- L'eau de barrage lakehal est de bonne qualité, donc elle peut être utilisée pour l'irrigation de notre parcelle.
- La pluviométrie moyenne annuelle est de **435,23mm/an**.

Expert PDF Evaluation

INTRODUCTION:

Dans ce chapitre, On va estimer les besoins en eau des cultures sur la base des informations suivantes :

- Les conditions climatiques ;
- Les cultures envisageables ;
- L'intensité culturale ;
- L'eau disponible ;
- La fertilité des sols ;
- La pratique culturale et méthodes d'irrigation.

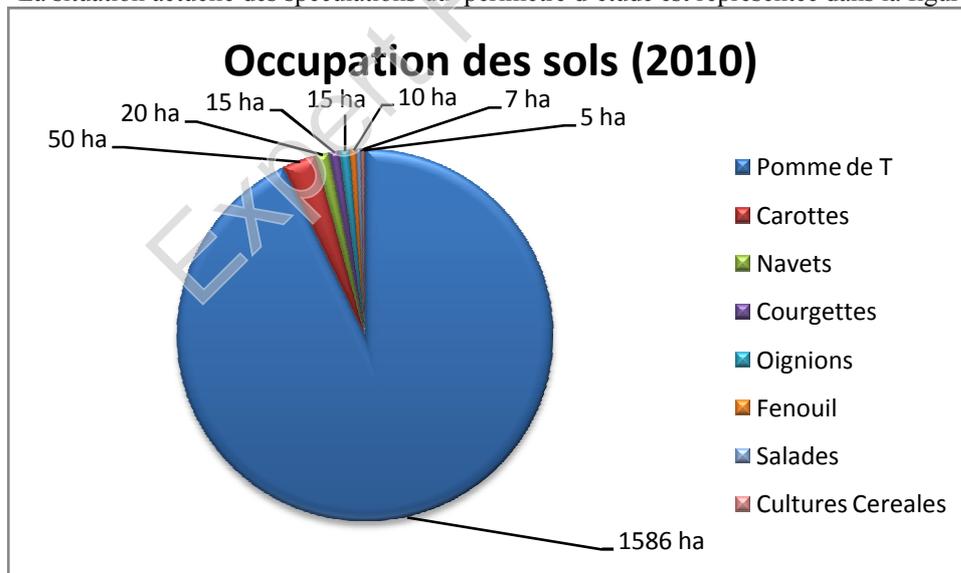
L'irrigation du périmètre a un cachet complémentaire du fait que les précipitations ne couvrent qu'une partie des besoins en eau des cultures. Ce déficit est dû essentiellement à l'évapotranspiration des cultures, nettement supérieure à la pluviométrie moyenne de la région. Cette dernière couvre relativement dans une certaine mesure, les besoins des plantes dans des périodes bien précises.

Toutefois, en raison d'une répartition défavorable des pluies et du caractère d'averses, le degré de satisfaction des plantes en saison sèche est très faible, il est évident que ce déficit en eau provoque des chutes considérables de rendement, d'où la nécessité de bien quantifier les besoins en eau des cultures envisagées dans le périmètre avant de passer à la conception du projet.

II.1 LES CULTURES EXISTANTES DANS LA ZONE D'ETUDE :

Le périmètre des Arribs couvre une superficie totale de 2238 ha, dont la surface cultivée est presque de 1708 ha (campagne 2004). Les maraichages sont les plus répandues avec environ 95 % de la surface totale.

La situation actuelle des spéculations du périmètre d'étude est représentée dans la figure suivante :



Source (O.P.I.B.O Ain-Bessam)

Figure. II.1. Occupation des sols dans le périmètre

II.2 LES SURFACES IRRIGUEES :

Le périmètre des Arribs est alimenté par la station de pompage d'Ain-Bessam dont l'eau provient de la conduite à partir du barrage de Lakehal. La superficie irrigable est de 2238 ha dont la superficie irriguée est de 1708 ha.

Les volumes d'eaux alloués du barrage de Lakehal pour irriguer la superficie souscrite du périmètre des Arribs, et cela pour les années (2002-2004) sont résumés dans les tableaux suivants : **Tableau II. 1:** Les volumes alloués du barrage lakehal

Campagne d'irrigation	Volume Alloue en (Hm3)	Superficie irriguée (Ha)	Sup.Irriguée/Sup.Ir rigable (%)	Vol.Moy.Distribué/Ha (m3/ha)
2002	3	895	41	3240
2003	9	1489	68	4030
2004	9	1708	78	3923

II.3 SURFACE IRRIGABLE ET SURFACE CULTIVEES :

Si on compare la surface irrigable dans le périmètre des Arribs, avec la surface cultivée on trouve que plus de 90% de surface irriguée occupée par les maraichages ainsi les cultures céréales sont presque totalement exclues. Pour cela, l'estimation des besoins en eau selon l'assolement effectué dans le périmètre d'étude sera sous dimensionnée, pour cette raison la, on doit proposer un modèle d'assolement qui multiplie les types des cultures dans la surface irriguée de telle façon à respecter les cultures qui peuvent être cultivées dans la zone d'étude.

Le modèle d'assolement choisi est rappelé dans la figure (Fig. II.2), prenant comme modèle le **secteur CP3** dont la surface est de 400 (ha) ; tout en respectant le découpage existant.

Le secteur CP3 est subdivisé en deux(02) sous secteur :

1. Le CS 31 à une superficie de 248 ha.
2. Le CS 32 à une superficie de 152 ha.

Les informations sur le secteur sont regroupées dans le tableau ci-après :

Tableau II. 2: Le découpage des ilots dans le secteur CP3 :

CS 32	A 321 ; 40 ha	CS 31	A 311 ; 46 ha
	A 322 ; 14 ha		A 312 ; 46 ha
	A 323 ; 66 ha		A 313 ; 58 ha
	A 324 ; 34 ha		A 314 ; 66 ha
			A 315 ; 30 ha

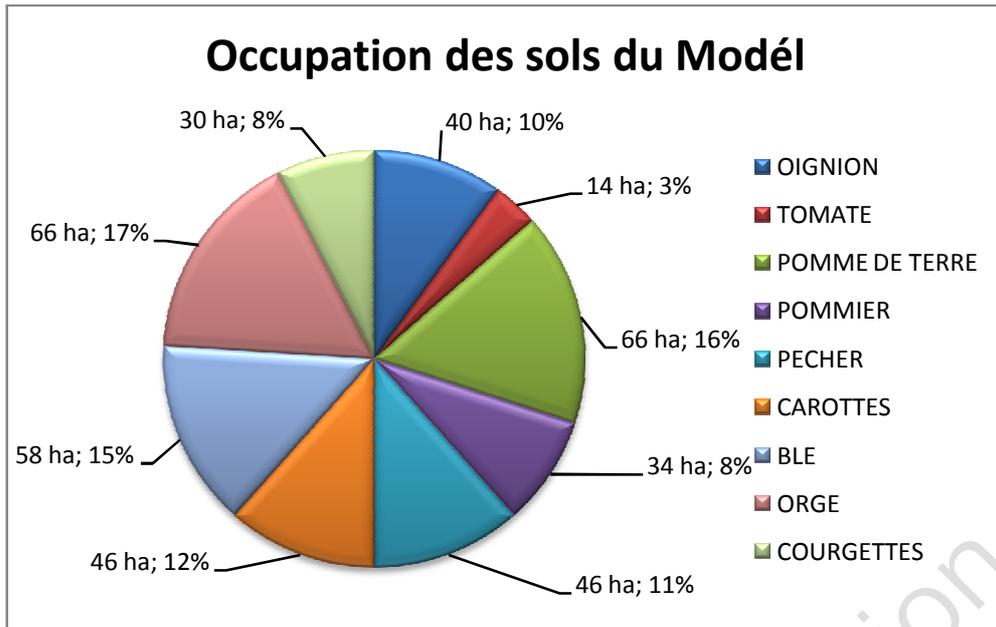


Figure. II.2. Occupation des sols proposées dans le secteur CP3.



Figure. II.3. Situation du secteur CP3.

II.4 CALCUL DES BESOINS EN EAU DU PERIMETRE SELON LE MODELE CHOISI:

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme dose apportée à la plante dans des moments propices, afin de mettre celle-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal.

L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique. Pour cela on définit :

II.4.1 Evapotranspiration réelle ou de culture (ETR Ou ETC):

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration. Le plus souvent, elle est inférieure à l'évapotranspiration de référence, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation.

Donc, c'est l'évapotranspiration d'une culture exempte de maladies, poussant dans un champ jouissant de conditions : agronomiques, pédologiques, et climatiques optimales, donnée par l'expression ci-dessous

$$ET_{CLTURE} = K_C * ET_0 \quad [II.1]$$

Avec :

K_C : Représente le coefficient culturale, dépendant du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

Pour mieux rationaliser la ressource, nous calculeront l'évapotranspiration de culture " $ET_{culture}$ ", après avoir déterminé les coefficients culturaux " K_C ". Les besoins en eau des cultures nets, non négatifs " BEC ", sont déterminés par la relation suivant

$$BEC = ET_{culture} - (P_{eff} + RFU) \quad [II.2]$$

Dans la quelle :

BEC : Besoins en eau des cultures nets en (mm).

P_{eff} : Pluies efficaces en (mm).

II.4.2 Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence:

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

Donc pour mieux prédire l'évapotranspiration, on a introduit une valeur de référence que l'on définit comme étant le taux de l'évapotranspiration d'une surface de Gazon vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15 cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

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

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

En ce qui concerne notre étude, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel **CROPWAT** version 8.0, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de **Penman & Monteith** modifiée.

II.4.3 Méthode de PENMAN & MONTEITH modifiée :

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

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

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

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

$$ET_0 = C * [W * Rn + (1 - W) * F(u) * (ea - ed)] \quad [II.3]$$

Où :

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

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

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

$F(u)$: Fonction liée au vent.

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

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

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

Dans le tableau II.5, nous représentons l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel **CROPWAT**. 8.0, selon la formule de *Penman & Monteith*, modifiée.

Tableau II.3: Evapotranspiration de référence selon la méthode Penman&Monteith

MOIS	Temp Min (°C)	Temp Max (°C)	Humidite(%)	Le Vent (Km/j)	Insolation (h)	Radiation	Eto (mm/j)
JAN	-0.3	19.9	78.0	172.8	5.4	9.3	1.70
FEV	-0.4	18.3	60.0	198.7	6.9	12.9	2.45
MARS	0.7	24.1	73.0	164.2	7.7	16.9	3.11
AVRIL	2.4	25.9	75.0	198.7	6.7	18.1	3.74
MAI	5.9	32.4	68.0	224.6	9.2	23.2	5.54
JUIN	10.5	39.2	60.0	241.9	10.7	25.8	7.42
JUIL	13.3	41.0	52.0	207.4	10.8	25.6	7.60
AOUT	15.3	40.2	60.0	190.1	9.6	22.6	6.67
SEPT	11.1	29.3	64.0	216.0	8.5	18.6	4.57
OCT	7.9	31.3	68.0	198.7	7.4	14.3	3.82
NOV	2.6	23.3	79.0	250.6	6.0	10.2	2.41

DEC	0.1	19.2	72.0	181.4	5.3	8.5	1.72
-----	-----	------	------	-------	-----	-----	-------------

II.4.4 La pluie efficace:

Pour tenir compte des pertes, le programme *CROPWAT*.8.0, nous permettra de calculer la précipitation efficace, définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, par percolation en profondeur, ...etc.

Les valeurs de précipitations de probabilité de 80% (P80%) et la pluie efficace (Peff) sont regroupées dans le tableau ci-après :

Tableau II.4: Les précipitations efficaces dans la zone d'étude.

	Pluie	Pluie eff.
	mm	mm
Janvier	62.5	50.0
Février	62.2	49.8
Mars	54.5	43.6
Avril	60.6	48.5
Mai	45.6	36.5
Juin	12.0	9.6
Juillet	8.0	6.4
Août	15.3	12.2
Septembre	40.3	32.3
Octobre	40.3	32.2
Novembre	52.0	41.6
Décembre	72.0	57.6
Total	525.3	420.3

II.4.5 L'évapotranspiration réelle ou culture (ETR Ou ETC):

L'évapotranspiration d'une culture, ETC, se calcule en multipliant l'évapotranspiration de référence ETo par un coefficient cultural, Kc.

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad [I.4]$$

Avec: K_c : Représente le coefficient cultural, dépendant du type de la culture et de son stade de développement et des conditions climatiques qui y règnent.

II.4.6 Efficience de l'irrigation:

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

La différence entre les deux volumes indique les pertes.

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

$$E_i = E_t \cdot E_d \cdot E_u \quad [I.5]$$

Avec: E_i : Efficience d'irrigation en (%)

E_t : Efficience de transport (%)

E_d : Efficacité de type de distribution en (%)

E_u : Efficacité de l'uniformité de la distribution.

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

On considère une efficience globale, produit entre les trois efficience décrites ci-dessus égalé à **0.75**.

II.4.7 Besoins nets et bruts en eau d'irrigation:

Les besoins en eau des différentes cultures ont été fait a la main, en effet l'utilisation de **CROPWAT.8.0** nous donne parfois des résultats erronés, car certaines données ne sont pas adaptées a notre climat ; comme le type de texture du sol n'est pas précisé, la profondeur d'enracinement ainsi que la saison de plantation des cultures est différent (par exemple : le blé et l'orge dans le CROPWAT .8.0 qu'il ont deux saisons de plantation ce qu'influe sur le calcul du besoin en eau).

a) La réserve facilement utilisable (RFU) :

La réserve utile c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuyage et le point de flétrissement.

Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement, on nomme Réserve Facilement Utilisable (RFU).la quantité d'eau égale à 1 /3ou 2/3 de la RU (SOLTNER, 1986) ;

On considère généralement que la RFU correspond au 2/3 de la réserve utile(RU) On obtient donc :

$$RFU \text{ (mm)} = \gamma \cdot (H_{cc} - H_{pf}) \cdot h \cdot d_a \quad [I.6]$$

$$\gamma = 2/3$$

d_a : Densité apparente du sol

h : Profondeur d'enracinement(m)

H_{cc} : capacité de la rétention (%)

Hpf : Point de flétrissement (%)

Pour déterminer la RFU on utilise l'abaque de Bulletin FAO d'irrigation et drainage N°24, Tableau 39 (Nouvelle Version) pour plus des détails voir l'Annexe II.4.

Tableau II.5 Profondeur d'enracinement des cultures de l'assolement.

Cultures	Profondeur d'enracinement (h) en m	RFU en mm
Blé	1.20	70
Betterave	0.80	70
Oignon	0.40	35
Pomme de terre	0.50	30
Tomate	0.90	60
Pommier	1.30	95
Pêcher	1.30	95
Courgette	0.45	40
Carotte	0.70	50

Ainsi le bilan se calcule suivant la formule classique:

$$\text{Besoins d'eau d'irrigation} = \text{ETM} - (\text{Pluie efficace} + \text{RFU}).$$

a.*) Hypothèse de calcul de la RFU :

- On prend dans les mois les plus secs Juin, juillet et Aout la RFU = 0 donc la formule précédente sera :

$$\text{Besoins d'eau d'irrigation} = \text{ETM} - \text{Pluie efficace}.$$

b) Les besoins en eau d'irrigation nets :

Le résultat de calcul des différents cultures est résumé dans les annexes : du II.6 à II.14 .

Le résultat total de calcul des besoins de toutes les cultures est résumé dans les deux tableaux suivants :

Tableau II.15 : les besoins en eau totaux dans toute la surface du Secteur CP3

	Besoins mm/an	Besoin (m ³ /ha/an)	Surface (ha)	Besoins totaux (m ³ /an)
Blé	4,172	41,72	58	2419,76
Betterave	203,2	2032	66	134112
Oignon	19,365	193,65	40	7746

Courgette	322,94	3229,4	30	96882
Tomate.	246,066	2460,66	14	34449,24
P.de Terre	438,616	4386,16	66	289486,56
Carotte	384,242	3842,42	46	176751,32
Pêcher	303,812	3038,12	46	139753,52
Pommier	388,677	3886,77	34	132150,18
	2311,09		400	1013750,58

Tableau II.16 : les besoins en eau mensuelles et le mois de pointe en (mm).

Mois	Pêcher	Pommier	Blé	Pomme de Terre	Tomate	Courgette	Betterave	Oignon	Carotte	somme
Janvier										0
Février										0
Mars								19,365		19,365
Avril			4,172							4,172
Mai				47,07	53,08	42,61	45,85		80,24	268,85
Juin	95,022	134,348		164,45	184,906	149,93	157,35		242,002	1128,008
Juillet	107,6	141,8		210,6	8,08	130,4			62	660,48

Août	101,19	112,529		16,496						230,215
Septembre										0
Octobre										0
Novembre										0
Décembre										0
										2311,09

c) Les besoins en eau d'irrigation brutes :

Les résultats sont représentés dans le tableau ci-après :

Tableau II.14 : les besoins en eau bruts dans le Secteur CP3

Mois	Besoins Nets (mm)	Efficiencie	Besoins Bruts (mm)
JAN	0	0,75	0
FEV	0	0,75	0
MARS	19,365	0,75	25,82
AVR	4,172	0,75	5,56
MAI	268,85	0,75	358,47
JUIN	1128,008	0,75	1504,01
JUIL	660,48	0,75	880,64
AOU	230,215	0,75	306,95
SEPT	0	0,75	0
OCT	0	0,75	0

NOV	0	0,75	0
DEC	0	0,75	0
Somme	2311,09	0,75	3081,45

Expert PDF Evaluation

II.4.8 Calcul du débit maximum journalier (débit spécifique) :

Dans notre cas le débit maximum journalier q' 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 en (l/s/ha)

S : la superficie totale à irriguer = 400 ha

-le mois de pointe est Juin et les besoins de pointe sont de 1128,008 mm.

A partir du calcul des besoins en eau on peut déterminer le débit spécifique (mois de pointe) qui se calcule par la formule suivante :

$$q_{spécifique} = \frac{B_{net} \cdot 10 \cdot 1000}{N_h \cdot n_j \cdot 3600 \cdot E_i}, l/s/ha \quad [1.7]$$

mm/mois.

N_h : nombre des heures d'irrigation = 20 h/j ;

n_j : nombre de jours d'irrigation du mois de pointe = 26 jours ;

Ei: Efficience d'irrigation ≈ 75% :

Le débit spécifique : $q_s = 8,03$ l/s/ha est supérieur à 1,5 l/s/ha ; donc on calcule le débit spécifique pour la culture la plus exigeante.

B_{NET} de la culture la plus exigeante (carottes) est égale à 242,002 ; et le débit spécifique sera $q_s = 1,723$ l/s/ha ; mais il reste toujours supérieur à 1,5 l/s/ha ; donc on prend le débit moyen de toutes les cultures $q_{moy} = \sum q_s / \text{nombre des cultures} = 8,03/9 = 0,892$ l/s/ha

$Q_{spécifique} = 0,892$ l/s/ha.

$Q_{Car} = q_s \cdot S = 0,892 \cdot 400 = 356,8$ l/s

$Q_{Car} = 0,357$ m³/s

Alors notre débit de consommation journalier est $Q_{jour} = 1285,2$ m³/h = 25704 m³/Jour.

CONCLUSION :

Le secteur CP3 représente un pourcentage de 20% de la surface totale du périmètre, dont la culture maraichère est considérée comme l'espèce la plus adaptée dans ce secteur, et cela est dû au volume d'eau destiné à l'irrigation, puisque l'eau du barrage *Lakehal* est dirigée totalement vers l'irrigation dans ce périmètre.

L'estimation des besoins en eaux nets du périmètre nous renseigne que ces derniers sont en valeur de **1,01 Mm³** ; et le mois de Juin est le mois de pointe avec un besoin d'eau net est égale à **1128,008 m³**.

Expert PDF Evaluation

INTRODUCTION :

L'humidité du sol à l'état naturel est souvent insuffisante, et pour garantir un rendement optimum des cultures, on a recours à l'irrigation. Il existe plusieurs techniques ou modes d'irrigation. Dans ce chapitre on va étudier ces différentes techniques puis on va choisir la technique qui correspond avec les caractéristiques de notre station.

III.1 LES TECHNIQUES D'ARROSAGE DES CULTURES:

Le choix de la technique d'arrosage est basé essentiellement sur l'abondance de la ressource en eau et les conditions naturelles rencontrées à savoir : la nature du relief, la vitesse du vent, la nature du sol et la répartition adéquate de l'eau d'irrigation pour que la plante tire le plus de profit.

Les différentes techniques d'arrosage rencontrées dans le monde peuvent être ramenées à (3) grands types :

- Irrigation gravitaire.
- Irrigation par aspersion.
- Irrigation localisée.

III.1.1 Irrigation gravitaire :

Le ruissellement de l'eau crée par la pente du terrain naturel humecte le sol par percolation à travers ses pores. Cependant l'action des deux forces gravitationnelle et capillaire sur l'eau dans le sol la laisse en mouvement ce qui donne sa répartition dans le sol.

Parmi les techniques d'arrosages gravitaires on distingue :

III.1.1.1 l'arrosage par ruissellement (par planches ou par calant) :

L'irrigation par planches ou par calant sont des sous classes de l'irrigation par ruissellement. Le principe consiste à faire couler sur le sol une mince lame d'eau qui s'infiltrera verticalement jusqu'à l'humidification de la tranche voulue du sol.

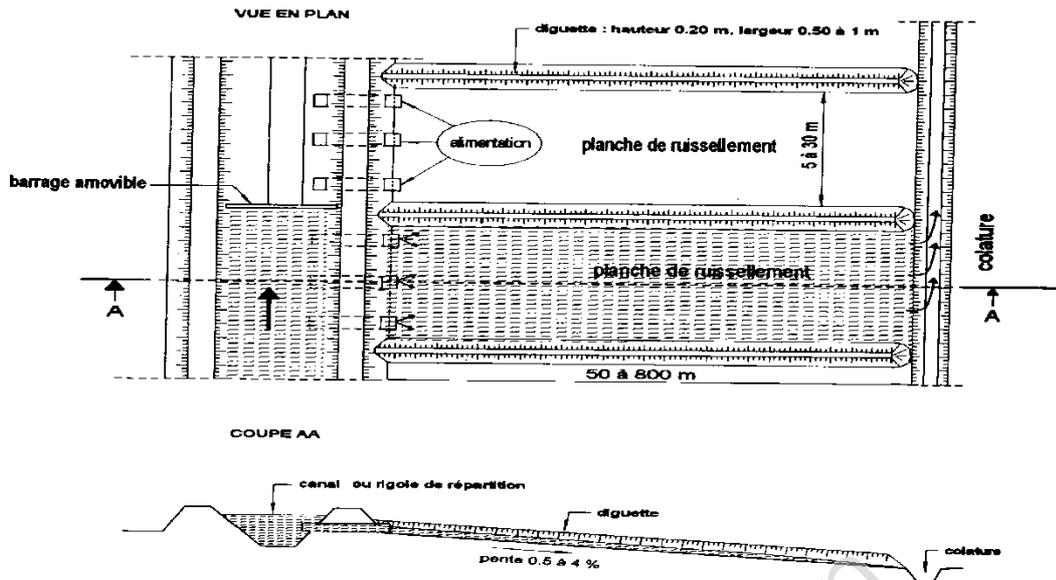


Figure III.1 Irrigation par planche de ruissellement

III.1 .1.2 l'arrosage par infiltration (à la raie) :

C'est une méthode qui consiste à faire distribuer l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.

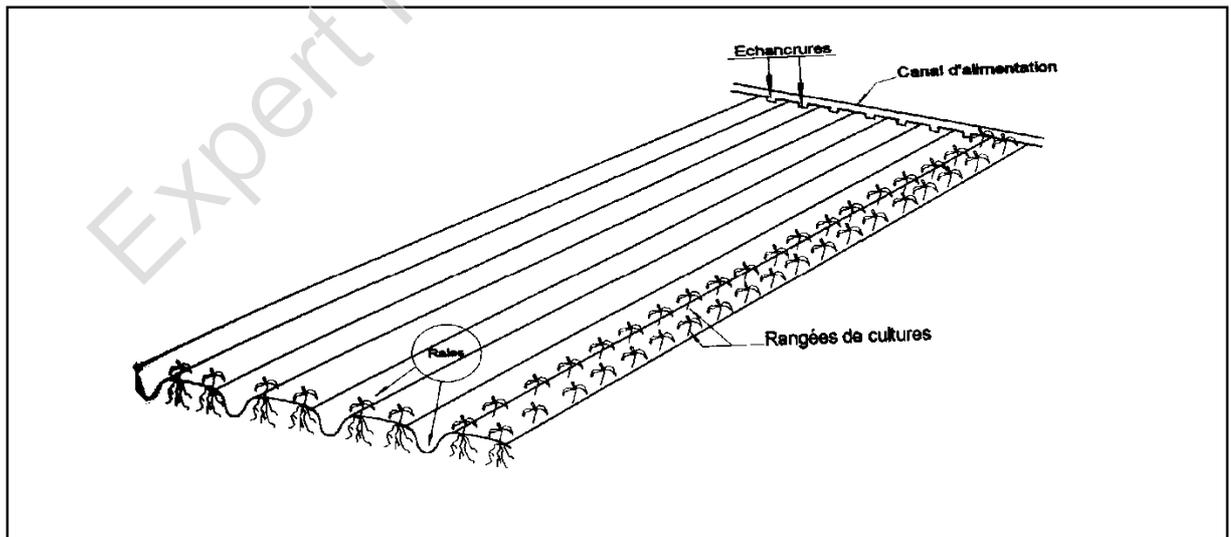


Figure III.2 Irrigation à la raie

III.1.1.3 L'arrosage par submersion :

Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse séjourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre en réserve l'eau indispensable au développement des cultures.

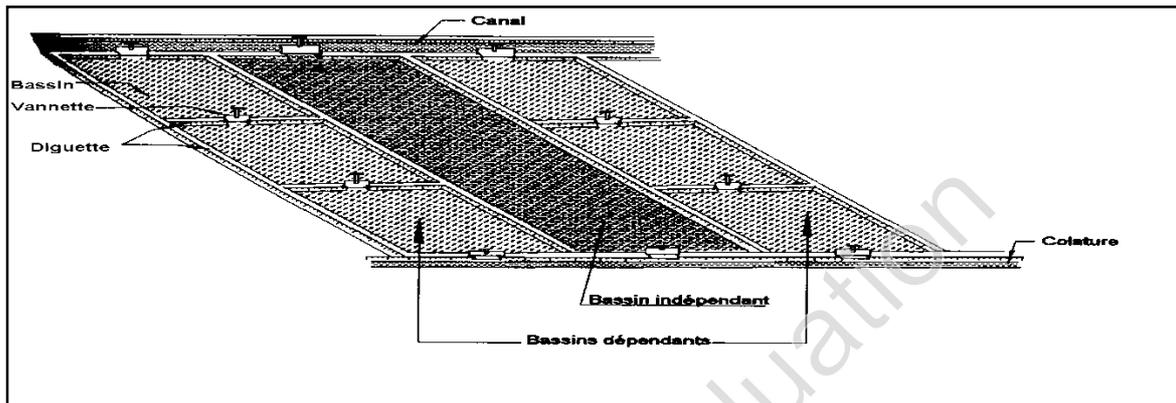


Figure III.3 Irrigation par submersion

III.1.1.4 Avantages de l'irrigation par gravité :

- Coût moins élevé par rapport aux autres procédés.
- Pas d'équipements de mise en surpression de l'eau.
- Matériel d'irrigation très réduit.

III.1.1.5 Inconvénients de l'irrigation par gravité :

- Grand volume d'eau par unité de surface.
- Déplacement des engins agricoles est difficile (à cause des rigoles)
- Nécessité d'une main d'œuvre importante.
- Nécessité de planage des terres.
- Pertes par infiltration considérables.

III.1.2 Irrigation par aspersion :

L'eau parvient aux cultures sous forme de pluies artificielles grâce à des appareils alimentés en eau sous pression appelés asperseurs.

III.1.2.1 Avantages de l'irrigation par aspersion :

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer.
- Augmentation du coefficient d'utilisation des terres.
- Permet une économie d'eau importante.
- Met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très simples.
- Nécessite moins de main d'œuvre.
- Possibilité d'automatisation du système.
- Assure une forte oxygénation à l'eau.

III.1.2.2 inconvénients de l'irrigation par aspersion :

- Coût des investissements très élevé.
- Favorise l'évapotranspiration en période sèche.
- L'uniformité de l'arrosage se dégrade en cas de vents dépassant les 4 à 5 m/s.

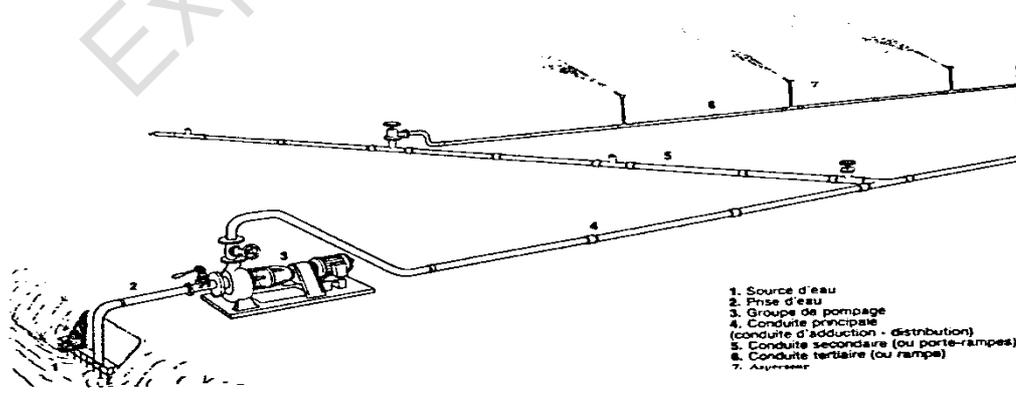


Figure III.4 Une partie d'une installation en aspersion classique

III.1.3 Irrigation par apports localisés :

L'eau est distribuée à la surface du sol par des goutteurs qui fournissent un débit faible pendant une longue durée.

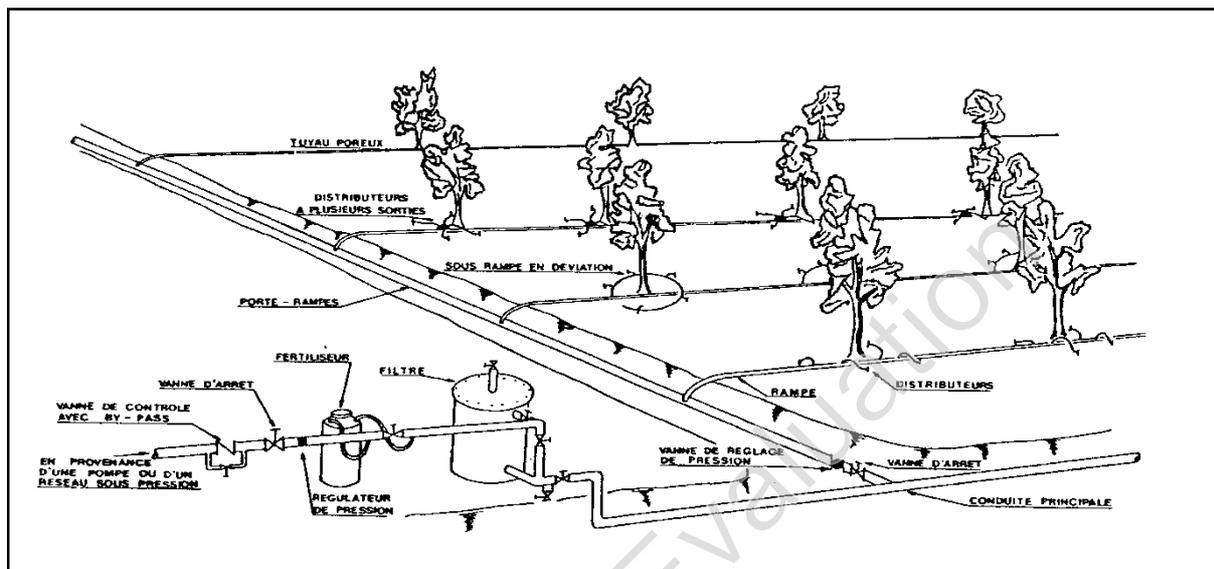


Figure III.5 Une installation localisée

III.1.3.1 Avantages de l'irrigation localisée (goutte à goutte)

- Une économie d'eau très importante.
- Une économie de mains d'œuvre (système fixe).
- La non sensibilité aux vents forts.
- Elle permet un dosage régulier en engrais.
- L'humidité au voisinage des racines reste élevée.

III.1.3.2 Inconvénients de l'irrigation localisée (goutte à goutte).

- Risque d'obstruction des goutteurs.
- Risque de salinisation

- Nécessite une main d'œuvre qualifiée.
- Coût élevé.
- Contrôle difficile des goutteurs.

III.2 CHOIX DES TECHNIQUES D'ARROSAGE :

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable , il est nécessaire de connaître les contraintes suivantes :

III.2.1 Les contraintes naturelles :

III.2.1.1 L'évaporation :

Notre zone d'étude est caractérisée par une évaporation élevée durant l'été, ce qui provoque une perte d'eau importante.

III.2.1.2 Le vent :

C'est le facteur déterminant dans le choix de technique d'irrigation, notre zone d'étude est caractérisée par des vitesses faibles d'une part et moyenne d'autre part (2.18 m/s au moyen).

III.2.1.3 Le sol :

Les sols de la station présentent une texture Argilo-limoneuse, la perméabilité est moyenne, d'où l'irrigation de surface doit être prudente afin d'éviter l'asphyxie des plantes, dans ce cas l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée ont des avantages du fait qu'on peut donner des faibles doses.

III.2.1.4 La pente :

La zone d'étude (secteur CP3) à une pente faible en général, donc cette dernière ne présente aucune contrainte particulière.

III.2.2 Les contraintes techniques :

- ❖ Qualification de main d'œuvre ;
- ❖ Entretien du matériel.

III.2.3 Les contraintes agronomiques :

Une analyse multicritères du choix des techniques d’arrosage basée sur les différents contraintes , résume le choix adéquat pour la zone considérée .

Tableau III.1 : Analyse multicritères de choix de technique d’arrosage

Contraintes	Irrigation de surface		Irrigation par Aspersion	Irrigation localisé
	Par Rigole	Par Planche		
<ul style="list-style-type: none"> • Contraintes naturelle <ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaporation ++ ++ ++ ++ ▪ Vent (2.9 m/s) +++ +++ ++ +++ ▪ Texture (Argilo-limoneuse) ++ ++ ++ +++ ▪ Perméabilité (moy) ++ ++ +++ ++ ▪ Pente (faible) +++ +++ +++ +++ ▪ Qualité d’eau d’irrigation (bonne) +++ +++ +++ +++ • Contraintes agronomique <ul style="list-style-type: none"> ▪ Maraîchage +++ ++ ++ +++ ▪ Céréale : ▪ Arboriculture +++ : : +++ • Contraintes technique <ul style="list-style-type: none"> ▪ Personnels qualifié +++ +++ +++ +++ • Contraintes économique <ul style="list-style-type: none"> ▪ économie d’eau : 				

Remarque :

:: Déconseillé ; +: Adapté avec réserve;
 ++: Adapté ; +++: Très Adapté

III.3 RESEAU D'ASPERSION :

Les réseaux d'irrigation par aspersion, sont plutôt ramifiés que maillés car moins coûteux, les réseaux maillés sont adaptés en AEP pour palier aux coupures d'eau, alors en irrigation on peut tolérer jusqu'à 48 heures au maximum.

Le sens de circulation de l'eau dans la conduite est donc toujours le même, ce qui nous permet de choisir l'amont (tête de réseau) et l'aval.

III.3.1 Structure d'un réseau d'aspersion :

Le réseau d'irrigation par aspersion est un réseau de distribution d'eau caractérisé par une structure de canalisations sous pression, enterrée alimentant un ensemble de bornes d'irrigation sur lesquelles se greffent les installations mobiles d'irrigation par aspersion, La fonction d'un réseau d'irrigation est principalement agro économique.

III.3.1.1 Borne d'irrigation :

Les réseaux mobiles sont branchés sur des bornes d'irrigation piquées sur les conduites de distribution, une borne peut être piquée d'une ou plusieurs prises.



Figure III.6 Une borne d'irrigation.

La borne assure trois fonctions :

A. Le vannage :

La fermeture et l'ouverture de la vanne, comme dans une des prises d'eau.

B. La stabilisation des pressions :

Pour une bonne régularité de la pluviométrie des asperseurs, il faut assurer une pression de fonctionnement stable, indépendante des variations de pression du réseau. Chaque prise est équipée d'un régulateur de pression maintenant la pression autour de 3 à 5 bars pour les asperseurs.

C. Limiteur de débit :

L'appel d'un gros débit provoque une chute de pression, le débit de chaque prise plafonné à une certaine valeur dépendant de la superficie à arroser, à partir de cette prise un petit appareil limite le débit.

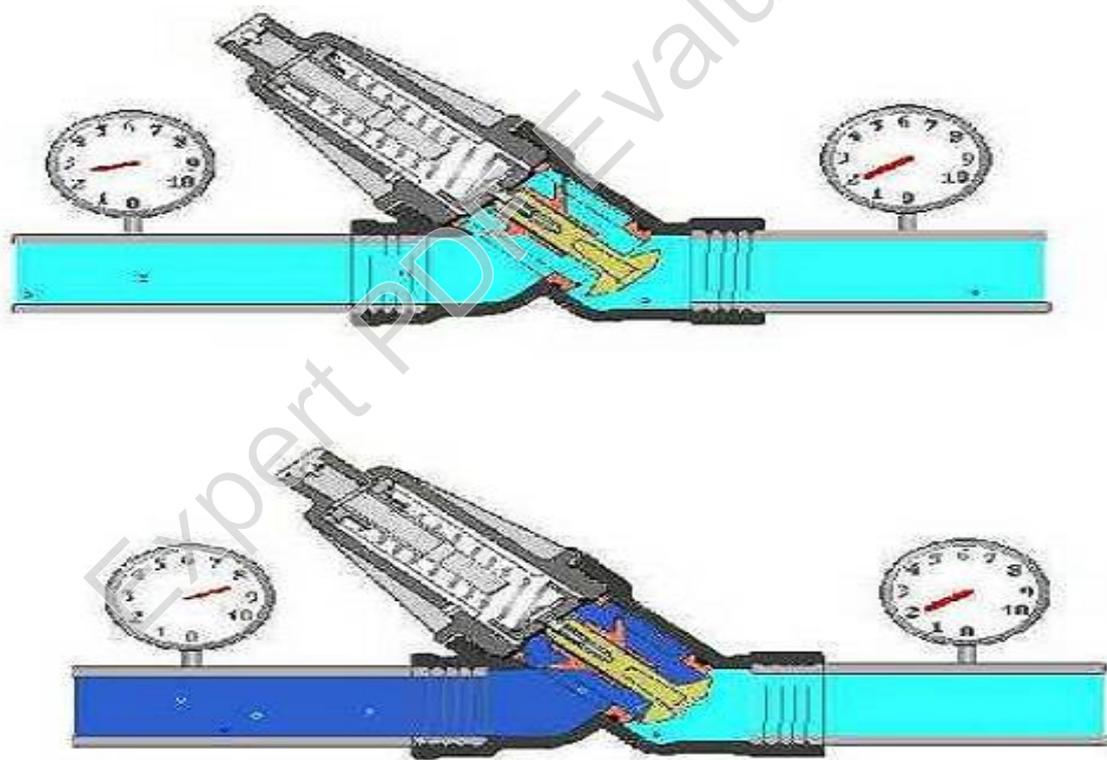


Figure III.7 : Vanne de réglage de débit.

III.3.1.2 La tuyauterie :

A. Canalisation principale :

Elle est généralement enterrée pour des diamètres de plus de 100 mm et peut être constituée de métaux différents : fonte, acier, béton (pour le gros diamètre) ou les matières plastiques (PVC, PE), de nos jours. Les conduites en fonte et en PVC sont les plus utilisées.

B. Les portes rampes :

Elles sont en général superficielles et mobiles, elles sont installées souvent pour la durée de la campagne d'irrigation, Elles sont de matériaux différents (acier galvanisé, en alliage léger, en PE et PVC), sont équipés de rampes.

C. Les rampes :

Ce sont des tuyaux légers qui portent les asperseurs, (ils sont superficiels, de PVC, PE, Aluminium). L'assemblage des conduites réalisées par des emboîtements auto étanches, emboîtement à vis et des raccords ou joint brisés.

III.3.1.3 Les accessoires :

A. Coude et tés :

Ils permettent de donner la forme géométrique voulue (choisie) à l'installation des rampes où le diamètre est de : 76/98, 76/102, 102/76, 76/50.

B. Vanne et robinet vanne (hydrant) :

Elle permet la mise en eau et la coupure du réseau, ou asperseur.

C. Les tuyaux allongés :

Ils servent à élever les asperseurs dans le cas de l'arrosage des cultures hautes (maïs).

D. Les stabilisateurs et trépieds :

Ils permettent d'éviter la rotation des canalisations et de tenir droit les arroseurs.

E. Les bouchons et les éléments d'assemblage :

Ils servent à obstruer l'extrémité des canalisations, les éléments d'assemblages, assurent le raccordement des conduites usinées.

Raccords rapides, il existe de nombreux systèmes permettant en montage ou démontage presque instantané, ces raccords doivent de plus assurer une bonne étanchéité et un accrochage sur les éléments les uns aux autres.

III.3.1.4 la pompe :

On utilise en général les pompes centrifuges dont le fonctionnement est facile et moins encombrant. Le choix de la pompe dépend du débit à assurer et la hauteur manométrique de fonctionnement.

III.3.1.5 La ventouse :

Les ventouses sont utilisées pour le dégazage des conduites en service, l'évacuation de l'air lors du remplissage et l'entrée d'air lors de la vidange. Ce qui peut remédier au coup de bélier engendré par les surpressions ayant naissance, en fin de purge, à l'annulation brutale de la vitesse de l'eau qui s'écoulait pour se substituer à l'air purgé, ou encore lors de l'évacuation d'air qui se produit de manière accidentelle à l'ouverture de la vanne de garde d'une borne alors qu'une poche d'air s'était accumulée.

CONCLUSION :

En tenant compte des conditions climatiques de la région d'étude de la nature du sol, de l'aptitude culturale et de volume d'eau disponible ; on peut choisir la technique d'irrigation par aspersion, cette technique présente beaucoup d'avantage par rapport aux autres techniques d'irrigation.

INTRODUCTION :

Ce chapitre a pour but de projeter le réseau d'irrigation dans la zone étudiée, et de faire le calcul hydraulique nécessaire pour l'optimisation du réseau d'adduction et de distribution de l'eau aux différentes exploitations agricoles du périmètre.

IV.1 DESCRIPTION DE L'ADDITION DE RESEAU D'IRRIGATION :

Les eaux destinées à l'irrigation du périmètre sont transportées par une conduite de refoulement d'une longueur de 2000 m (acier Φ 1000 mm) reliée directement à la station de pompage.

Les eaux sont accumulées dans un bassin de régulation à ciel ouvert d'une capacité de 17500 m^3 a un but d'alimenter le réseau du périmètre ((03) trois secteurs).

Le bassin de régulation est situe au sud de la commune de Ain Bessam, a une côte égale a 776 m. l'importance capitale de ce bassin est de diminuer la puissance de la station de pompage et d'assurer la pression d'eau dans le réseau d'irrigation. Le choix du site d'implantation du bassin est dicté essentiellement par les considérations de pressions, on doit tenir compte de la cote 776 m de fond.



Figure IV.1 : Schéma du système d'adduction.

IV.2 IMPLANTATION DES BORNES :

Implantation des bornes d'irrigation est le premier problème auquel doit s'attaquer le projecteur. Le réseau étant en effet destiné à amener l'eau en un certain nombre de points, il serait erroné d'étudier d'abord les tracés des conduites et de placer les bornes ensuite, les conduites n'ont d'autre fonctions que de relier les bornes entre elles.

La position de chaque borne résulte d'un compromis entre l'intérêt économique qu'il y a à limiter le nombre des bornes et le désir d'une utilisation facile par l'agriculteur.

En effet, une forte densité améliore les conditions de travail des agriculteurs en diminuant les longueurs de canalisations mobiles, mais il en résulte une augmentation importante des

frais d'installation du réseau fixe .Une trop faible densité accroît le travail de montage et de transport des canalisations mobiles.

On admet généralement que l'implantation des bornes répond aux critères suivants :

- Une prise par îlot d'exploitation.
- Quatre (4) prises maximum sur une même borne pour les grandes exploitations.

La borne sera implantée de préférence au centre de la zone et à la limite pour les petites exploitations.

Etant donné que l'irrigation se fait en continue et en même temps sur toute la zone et vue le débit des bornes, on est arrivé à implanter 45 bornes pour toute la surface du secteur CP3.

IV.3 TRACE DU RESEAU :

Une fois que le plan de bornage est établi, nous procédons à la liaison la plus économiquement possible des différentes bornes et l'origine du réseau. Le tracé escompté est un réseau ramifié Les critiques à suivre pour tracer le réseau sont :

- Suivre les lignes de plus grande pente et éviter les traversées des talwegs.
- A priori, le tracé le plus économique et celui dont la longueur totale des conduites est le plus faible.
- Un réseau économique set également celui qui est doté d'un minimum d'ouvrages et d'appareillages.
- Il faut chercher aussi à ne pas multiplier les ouvrages de géni civil tels que les traversées d'un Oued, de voie ferrées, etc.....

Suite a ces critères on est arrivé a un tracé d'un réseau sous pression qui ramifie avec une canalisation principale (conduite maîtresse) et des conduites de distribution primaires et secondaire.

IV.4 CALCUL HYDRAULIQUE DU RESEAU DE DISTRIBUTION :

IV.4.1 Modalités de dessertes :

La distribution doit se faire de telle sorte que chaque parcelle reçoit une dose correcte au moment opportun.

Les modes qui peuvent être employés :

IV.4.1.1 La distribution continue :

La dose d'arrosage est livrée au moyen d'un débit continu pendant toute la période de l'irrigation.

IV.4.1.2 La distribution par rotation :

L'eau est distribuée à intervalles réguliers avec un débit plus important que le débit continu.

Le temps de distribution est en fonction du débit d'arrosage et de la superficie de la parcelle. L'intervalle entre deux arrosages constitue le tour d'eau.

IV.4.1.3 Distribution à la demande :

Dans ce mode chaque irrigant étant libre d'utiliser le débit qu'il a souscrit à toute heure du jour ou de la nuit. L'organisme de gestion du réseau vent l'eau sur la base des débits souscrits à l'irrigant et les volumes effectivement prélevés. Ce pendant le débit affecté à une prise sera supérieur au débit fictif continu (le débit qui serait nécessaire si l'irrigation s'effectuait 24h sur 24 pendant la période de pointe). De là un limiteur de débit, monté sur chaque prise d'irrigation, qui va interdire le dépassement du débit souscrit est indispensable.

IV.4.2 Choix du mode de distribution :

Bien le débit à desservir dans le mode de distribution à la demande soit supérieur au débit fictif continu, ce qui engendre un coût d'investissement relativement supérieur à celui du mode de distribution au tour d'arrosage, n'entraîne pas de sujétions de la part de l'irrigant (nombre d'heures d'irrigation fixe à l'avance avec liberté d'utilisation permettant même les interventions de nuit) ainsi que de l'exploitant du réseau collectif (établissement du tour d'eau ou police du tour d'eau). De là, et surtout dans notre pays où les campagnes de sensibilisation des agriculteurs sont presque inexistantes, le mode de distribution au tour d'arrosage s'avère impossible à mettre en vigueur. Ce qui nous amène à adapter le mode de distribution à la demande.

IV.4.3 Théorie de la méthode :

Dans le cas de la distribution à la demande le débit affecté à chaque prise est supérieur au débit fictif continu qui lui est nécessaire. Ce qui va engendrer des débits énormes si on procède par sommation pour le calcul des débits à transiter par les différents tronçons du réseau de distribution. Et comme la probabilité pour que les prises soient toutes ouvertes en

même temps est infime, M^{er} **R.Clement** a proposé deux modèles basés sur un raisonnement probabiliste dont on va voir et utiliser le plus répandu d'entre eux.

Soit R le nombre de prises situées à l'aval du tronçon à étudier.

d_i : le débit de chaque prise.

T : la durée de la période de pointe (mois ou décade).

T' : le temps d'utilisation du réseau pendant la période de pointe.

r : rendement d'utilisation en temps du réseau. $r = \frac{T'}{T}$

D : le débit fictif continu du réseau.

t' : le temps moyen d'utilisation de chaque prise.

$$t' = \frac{\text{volume d'eau à fournir}}{\text{débit}} = \frac{D \cdot T / R}{d} = \frac{D \cdot T}{R \cdot d} \quad \text{[IV.1]}$$

L'hypothèse de base du modèle consiste à admettre que les différentes prises du réseau sont indépendantes et qu'elles fonctionnent d'une manière aléatoire pendant la période de pointe T' . D'où la fréquence ou probabilité de fonctionnement de chaque prise.

$$p = \frac{t'}{T'} = \frac{t'}{rT} = \frac{D}{r \cdot R \cdot d} \quad \text{[IV.2]}$$

Nous sommes devant une population de R prises homogènes dont chacune est :

Soit ouverte soit fermée avec les probabilités respectives p et $q=1-p$. le nombre de prises N ouvertes est donc une variable aléatoire suivant une loi binomiale de moyenne $R \cdot p$ et de variance $R \cdot p \cdot q$.

La probabilité Pq pour que sur les R prises qui constituent le réseau. Il y ait au plus N prises en fonctionnement simultané est :

$$pq = \sum_{i=1}^{i=N} C_R^i \cdot p^i \cdot q^{R-i} \quad \text{[IV.3]}$$

Où C_R^i est le nombre de combinaison de R objet combinés à i .

Chapitre IV Dimensionnement du réseau et calcul hydraulique

Pour R suffisamment grand et p pas trop petit. Il a été démontré que le nombre de prises N ouvertes pour lequel le tronçon étudié sera calibré est :

$$N = Rp + U(pq) \cdot \sqrt{R \cdot p \cdot q} \quad \text{[IV.4]}$$

D'où

$$Q = R \cdot p \cdot d + U(Pq) \sqrt{R \cdot p \cdot q \cdot d^2} \quad \text{[IV.5]}$$

Tel que

U : correspondant à la valeur choisie pour la qualité de fonctionnement Pq .

La formule se généralise pour le cas de R_i prises hétérogènes en répartissant les R prises en plusieurs sous-ensembles homogènes relatifs à une classe donnée de débit de prises. On obtiendra la première formule de la demande :

$$Q = \sum_{i=1}^N R_i p_i d_i + U(Pq) \sqrt{\sum_{i=1}^n R_i \cdot p_i q_i d_i^2} \quad \text{[IV.6]}$$

IV.4.4 Application de la méthode :

La qualité de fonctionnement à adapter est couramment prise égale 80 %, ce qui correspond à $U=1.385$.

On va adapter la durée de fonctionnement du réseau de 20h/24. Ce qui nous donne $r=0.83$.

- Le débit fictif continu égal à $D=0.892$ l/s/ha.
- Le débit total installé :

$$\sum_{i=1} N_i d_i \quad \text{[IV.7]}$$

- La probabilité moyenne de fonctionnement d'une prise :

$$p = \frac{D \cdot s_i}{0.83 \cdot \sum_{i=1}^n N_i d_i} \quad \text{[IV.8]}$$

- Le débit de pointe (CLEMENT) :

$$Q = \sum_{i=1}^n R_i P_i d_i + U(Pq) \sqrt{\sum_{i=1}^n R_i p_i q_i d_i^2} \quad \text{[IV.9]}$$

Les classes de débits retenues pour les classes normalisées sont 10, 20, 30, 40, 50, 60 m³/h. Ce pendant le calcul est établi sur un tableur (Excel), les résultats obtenus sont mentionnés dans Annexe III.3.

IV.4.5 Pression demandée aux bornes d'irrigation:

La pression affectée aux bornes d'irrigation a donné par l'expression suivante :

$$P_B = P_a + r \quad \text{[IV.10]}$$

Avec : P_B : Pression à la borne

P_a : Pression pour le fonctionnement de l'asperseur simple

r : Marge de sécurité ≈ 1 bar

La pression disponible à l'amont des bornes du réseau collectif est généralement de l'ordre 3,5 à 4,5 correspondant à une irrigation par aspersion à moyenne pression.

IV.4.6 Calcul des débits des canalisations :

Le calcul des débits dans les canalisations permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile.

Les débits caractéristiques sont définis par la formule suivante :

$$Q = q \times F \quad \text{[IV.11]}$$

Avec

Q : Débit caractéristique en (l/s)

q : Débit spécifique de pointe du modèle le plus exigeant en (l/s/ha)

F : Surface agricole utile de l'îlot en (ha).

IV.4.7 Optimisation des canalisations :

Ayant ainsi déterminé, les débits de pointe à transmettre pour chaque tronçon, nous procéderons ensuite à la détermination des diamètres. Il existe de nombreuses solutions adéquates aux contraintes techniques du problème.

Néanmoins, il convient de rechercher la solution au moindre coût. La méthode d'optimisation du réseau de distribution adoptée dans le cadre de notre travail, est celle de LABYE, qui tient les conditions suivantes :

IV.4.7.1 la vitesse admissible :

La fixation d'un seuil minimum de vitesse admissible dans les conduites, ne correspond pas véritablement à un impératif technique est n'à pour objectif, que l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum envisagé, pour transiter un débit donné. Ceci nous permettra d'accélérer le calcul d'optimisation. Par contre, la fixation d'un seuil maximum de vitesse tolérée correspond à un compromis entre :

- La recherche d'économie sur le coût d'investissement
- Les risques entraînés par les coups de béliers éventuels et le coût de la protection anti-bélier qui en résulterait.

Les seuils des vitesses admissibles en fonction des diamètres sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : Seuils des vitesses admissibles en fonction des diamètres

Diamètre (mm)	seuils des vitesses admissibles (m/s)	
	V min	V max
75	0.18	1.75
100	0,20	1,80
125	0,25	1,85
150	0,25	1,95
200	0,35	1,95

250	0,40	1,95
300	0,40	1,95
350	0,40	1,95
400	0,50	1,95
500	0,50	1,95
600	0,50	1,95
700	0,50	1,95
800	0,50	2,00
900	0,50	2,00
1000	0,50	2,00
1100	0,50	2,00

IV.4.7.2 La perte de charge unitaire :

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de LECHAPT et CALMON qui est donnée par la formule suivante :

$$hp_u = \frac{L \cdot Q^M}{D^N} \cdot C \quad \text{[IV.12]}$$

Avec : hp_u : pertes de charges unitaires en mm/ml

Q : débit en m³/s

D : diamètre de la conduite considérée (m)

L , M et N : Constantes dépendantes de la rugosité absolue (K) des canalisations.

C : Coefficient compris une majoration de 10 % pour les pertes de charge singulière.

Les paramètres L , M et N sont définies en fonction de la rugosité (K) selon le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Les paramètres L , M et N en fonction de la rugosité (K) :

K (mm)	L	M	N
0,1	1,20	1,89	5,01
0,5	1,40	1,96	5,19

1	1,60	1,975	5,25
---	------	-------	------

Pour la détermination des pertes de charges pour les différents tronçons on a dans une canalisation assurant un service d'extrémité

$$j_{PVC} = 0,452 \cdot 10^{-3} \cdot D^{-4,76} \cdot Q^{1,75} \quad \text{m / m} \quad [\text{IV.13}]$$

$$j_{PEBD} = 0,478 \cdot 10^{-3} \cdot D^{-4,75} \cdot Q^{1,75} \quad \text{m / m} \quad [\text{IV.14}]$$

Dans notre projet on utilise les canalisations en PVC.

La perte de charge linéaire ainsi obtenue par cette expression, majorée forfaitairement de 10 % pour les pertes de charges singulières.

IV.4.8 Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses admissibles maximales et minimales.

On limite les vitesses dans les conduites à un minimum de 0,5 m/s et à maximum de 2,5 m/s.

La formule de " BONIN " nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise :

$$D = \sqrt{Q} \quad [\text{IV.15}]$$

Avec : Q : m³/s

D : m.

IV.4.9 Etablissement du profil en long des conduites d'irrigation :

Ordre de construction :

- Piquetage tout le long du tracé (à partir du bassin de régulation)
- Relever les côtes du terrain naturel au niveau de chaque piquet.
- Tracé du terrain naturel.

- Tracé du profil en long de la canalisation en disposant à 0,7 m de profondeur de la génératrice supérieure de la conduite.
- Le lit de la pose est constitué d'une couche de sable de 10 à 20 cm. pour éviter la déformation des conduites en présence d'argile gonflant.
- Disposition de différents ouvrages existants le long du tracé (bornes, vanne de sectionnement, vanne de vidange, ventouse, regard de répartition, etc...).

Le calcul hydraulique est effectué sur un tableur (Excel), et les résultats sont donnés dans l'annexe III.3.

IV.4.9.1 Interprétation des résultats :

1. Le niveau d'eau dans le réservoir (Bassin de régulation) est de (776+2,40) m NGA ; pour satisfait une pression de 45 mètres au niveau de toutes le bornes.
2. On peut établir les profils en long de toutes les conduites principales.

IV.5 PROJECTION DU RESEAU D'ASPERSION :

Pour le dimensionnement nous avons pris comme un exemple une parcelle de 10Ha sous une forme géométrique presque un carre (320mX315m) .Elle est occupée par la culture la plus exigeante (carottes).

IV.5.1 Dimensionnement théorique :

IV.5.1.1 Le diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol $K= 10 \text{ mm/h}$; sol argilo-limoneux

Tableau IV.5 : vitesses d'infiltration pour chaque type de sol.

Nature de sol	Vitesse d'arrosage mm/h
Sable	50
Limon sableux	25
Limons	15
Argiles	5

Pour que l'eau s'infiltré au sol il faut que $p \leq K$; on pose $p = k$ tel que p : pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse se calcul par la relation:

$$p = \frac{1.5 \cdot d}{1.04} \quad \text{[IV.16]}$$

La vitesse de vent dans la zone est faible.

$$\text{D'où } d = \frac{10 \cdot 1,04}{1,5} = 6,93 \text{ mm}$$

D'après la fiche technique d'un asperseur (voir l'annexe III.2), le diamètre de la buse normalisée le plus proche est de 7 mm.

IV.5.1.2 La portée du jet (L) :

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

$$L = 3 \cdot d^{0,5} \cdot h^{0,25} \quad \text{[IV.17]}$$

Où d : diamètre de la buse (mm).

h : pression à la buse (m).

$$L = 3 \cdot 7^{0,5} \cdot 35^{0,25} = 19,30 \text{ m}$$

IV.5.1.3 Ecartements entre les rampes et arroseurs :

Les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

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

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

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

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

Donc on prend les valeurs maximales :

$$E_l = 1,3 \cdot 19,30 = 25,09m$$

$$E_a = 0,80 \cdot 19,30 = 15,44m \text{ On prend les valeurs normalisées des écartements.}$$

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

IV.5.1.4 Débit de l'asperseur :

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

$$q = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad \text{[IV.18]}$$

$$q = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 0,95 \cdot \frac{3,14 \cdot (7 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 35} = 3,45m^3 / h$$

Vérification de la pluviométrie de la buse :

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

$$p = \frac{q}{E_l \cdot E_a} \quad \text{[IV.19]}$$

$$\text{D'où } p = \frac{3,45}{24 \cdot 18} = 7,99mm/h$$

Donc le diamètre d de la buse assurera une pluviométrie $P \leq K=10mm/h$.

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

$$T = \frac{\text{dose}}{p} \quad \text{[IV.20]}$$

Tel que:

Dans un sol argilo-limoneux la dose est de 50 mm ;

$$P=7,99mm/h \text{ d'où}$$

$$T = \frac{50}{7,99} = 6,25heurs$$

Donc on pourra adapter 3 positions par jour (20H/24H) pour un asperseur, ce qui donne un temps de fonctionnement de 18,75h ; et le temps restes est pour le déplacement des matériels.

IV.5.1.5 Surface de chaque poste :

La détermination de la surface de poste sur la condition que la pluviométrie de l'asperseur soit inférieur à la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol pour éviter le problème de ruissellement de l'eau sur la surface du sol :

- La surface irriguée par l'aspersion est de 10 ha.
- La dose maximale qui peut être appliquée à la culture (la carotte) est : 50 mm.
- Le nombre de postes nécessaires pour l'arrosage complet de la parcelle en 8 jours est :

$$N = 8 * n \quad \text{[IV.21]}$$

Tel que :

n : Le nombre de positions d'arrosage d'une journée.

On fait varier (n) par degré croissant et on calcul (N).

- La surface théorique de chaque position est calculée par :

$$S_{th} = \frac{S}{N} \text{ en hectares} \quad \text{[IV.22]}$$

Où S est la surface de la parcelle considérée en hectares.

- La durée théorique d'un poste est calculée par : $T = \frac{t}{n}$ en heure

Où t est la durée maximale journalière d'irrigation, pour notre cas, on prend t = 20 heures.

- La pluviométrie théorique d'arrosage est calculée par : $P_{th} = \frac{D}{T}$ en mm / heure.

On construit le tableau suivant pour des valeurs croissant de n, jusqu'à ce que la pluviométrie P_u dépasse la valeur de vitesse d'infiltration qui est égale à 10 mm/h.

Tableau IV.6 : Calcul de nombre des postes

Nombre de poste par jour	Nombre de poste d'arrosage	Surface théorique du poste	La durée d'arrosage d'un poste	Pluviométrie
1	8	12500	20	2,5
2	16	6250	10	5

3	24	4166,666667	6,666667	7,5
4	32	3125	5	10
5	40	2500	4	12,5

On prend comme solution $n = 3$ qui donnera une pluviométrie inférieure à **7,99 mm/h**.

Donc, le nombre de poste nécessaire pour l'arrosage complet est de 24 postes.

Donc, la surface de poste sera :

$$S_p = S_t / N_p \quad \text{[IV.23]}$$

$$S_p = 100000 / 24 = 4166,67 \text{ m}^2 \text{ (105X 40).}$$

IV.5.1.6 Nombre de position des rampes :

$$N_r = \frac{L}{E_l} = \frac{120}{24} = 4,38 \quad \text{[IV.24]}$$

On prend $N_r \approx 4$

L : longueur = 105 m, E : espacement entre les rampe = 24m.

IV.5.1.7 Nombre d'asperseurs :

$$N_{asp} = (\text{surface à arrosée (m}^2\text{)} / (\text{implantation} * \text{nombre de poste)}) \quad \text{[IV.25]}$$

$$\text{Surface} = 320 * 315 = 100000 \text{ m}^2$$

$$\text{Implantation} = 18 * 24 = 432 \text{ m}^2$$

$$\text{Nombre de poste} = 24$$

$$N_{asp} = \frac{100000}{432 * 24} = 9,64$$

On prend 10 asperseurs par poste.

IV.5.1.8 La rampe :

-On prend la longueur de la rampe de 36 m.

$$\text{-Nombre d'asperseurs par rampe } N_a = \frac{\text{longueur}}{E_a} + 1 = \frac{36}{18} + 1 = 3 \text{ Asperseurs/rampe.}$$

-Le débit de la rampe = le débit de l'asperseur \times le nombre d'asperseurs/ rampe.

$$Q_R = 3,45 * 3 = 10,35 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Donc le débit d'installation égale à $10,35 \text{ m}^3/\text{h} = 2,88 \text{ l/s}$.

IV.5.1.9 Diamètre de la rampe :

$$\text{-Diamètre de la rampe : } D_R = \sqrt{\frac{4Q_R}{\pi.V}} \quad \text{[IV.26]}$$

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

Ou : $V \leq V_{ADM}$; $V_{adm} \in [0.5 \div 2.5] m/s$

On suppose que $V = 1,5 m/s$ et on calcule D_R

$$D_R = \sqrt{\frac{4 \times 2,88 \times 10^{-3}}{\pi \times 1,5}} = 0,049 m = 49 mm,$$

-Le diamètre normalisé ($D_R = 50 mm$).

IV.5.1.10 La porte rampe:

La longueur de la porte rampe est calculée par :

$$L_{p/rampe} = E_R \cdot Nr = 24 \cdot 4 = 96 m \quad [IV.27]$$

Avec Nr : nombre des rampes.

Le débit de la porte rampe est calculée par :

$$Q_{p/Rampe} = Q_R \times Nr \quad [IV.28]$$

$$Q_p = 2,88 \times 4 = 8,64 l/s$$

Le diamètre de la porte rampe est calculée par :

On suppose que $V = 1.5 m/s$ et on calcule D_p

$$D_p = \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi V}} \quad [IV.29]$$

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \times 8,64 \times 10^{-3}}{\pi \cdot 1,5}} = 0,086 m = 86 mm$$

Si on prend le diamètre normalisé ($D_p = 90 mm$).

La nouvelle vitesse sera

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * d^2} = \frac{4 * 8,64 * 10^{-3}}{\pi * (90 * 10^{-3})^2} = 1,36 m/s \quad [IV.30]$$

IV.5.1.11 La conduite d'approche :

La longueur de la conduite d'approche est calculée par :

$$L_{c/approche} = E_R \cdot Nr = 40 * 7 = 280 m \quad \text{Avec } N_p: \text{ nombre de portes rampe}$$

rampes monté sur la conduite.

Le débit de la conduite d'approche est calculée par :

$$Q^C / \text{Approche} = Q_{\text{porterape}} \times N_{\text{porterampe}} \quad [\text{IV.31}]$$

$$Q^C / \text{Approche} = 8,64 \times 3 = 25,92 \text{ l/s}$$

Le diamètre de la porte rampe est calculée par :

On suppose que $V = 1.5 \text{ m/s}$ et on calcule D_{ca}

$$D_{ca} = \sqrt{\frac{4Q^C / \text{Approche}}{\pi V}} \quad [\text{IV.32}]$$

$$D_{ca} = \sqrt{\frac{4 \times 25,92 \times 10^{-3}}{\pi \cdot 1,5}} = 0,143 \text{ m} = 143 \text{ mm}$$

Si on prend le diamètre normalisé ($D_p = 150 \text{ mm}$).

La nouvelle vitesse sera

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 25,92 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot (150 \cdot 10^{-3})^2} = 1,47 \text{ m/s}$$

IV.5.2 Perte de charge :

Pour la détermination des pertes de charges pour les différents tronçons on a dans une canalisation assurant un service d'extrémité :

$$j_{PVC} = 0,452 \cdot 10^{-3} \cdot D^{-4,76} \cdot Q^{1,75}$$

Et la perte de charge totale sera :

$$J = j \cdot L \quad [\text{IV.33}]$$

Ou : L : la longueur de la conduite (m)

j : perte de charge unitaire m/m

Tableau IV.7 : Résultat de calcul théorique d'aspersion

Paramètres	Canalisation d'approche	Rampe	Porte rampe
Longueur (m)	280	40	96
Diamètre (mm)	150	50	90
Débit (l/s)	25,96	2,88	8,64
Vitesse (m/s)	1,47	1,5	1,36
Perte de charge m/m	0,0063	0,025	0,011

$$J_t = 1,06 + 1 + 1,74 = 3,8 \text{ m}$$

IV.5.3 Calcul de Pression :

C'est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement du dernier asperseur.

$$P_{asp} = P_{BORNE} - \Delta H \quad [IV.34]$$

P_{asp} : Pression disponible au niveau du dernier asperseur.

P_{BORNE} : La pression au niveau de la borne.

ΔH : perte de la charge totale.

$$P_{asp} = 45 - 3,8 = 41,2 \text{ mce.}$$

H : La pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (3,5bars).

$$P_{asp} = 41,2 \text{ mce} > H = 35 \text{ mce}$$

Donc la pression disponible est supérieure à la pression de service, c.à.d. l'alimentation est assurée gravitairement.

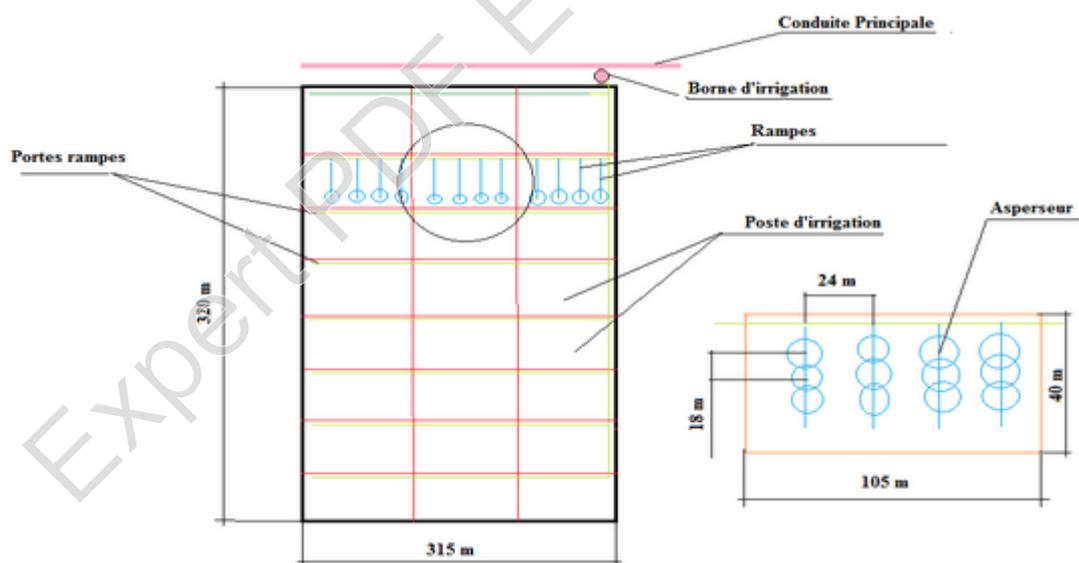


Figure IV.2 : Schéma explicatif du réseau d'aspersion

CONCLUSION :

A travers ce chapitre, on a dégagé les principales caractéristiques de notre réseau d'aspersion.

Ce système est constitué par un réseau d'adduction et de distribution, avec un linéaire totale de **19167** m, dont les **2000** m constitues la conduite d'adduction avec un diamètre **1000** mm, et **17167** m constitue les conduites de distribution avec un diamètre varie de **32** à **630** mm.

INTRODUCTION :

L'étude économique nous permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation de notre projet, ce calcul consiste à déterminé les quantités de toutes les opérations effectuer sur le terrain, on multiplie le volume des travaux par le prix unitaire les frais d'équipement.

Pour notre projet on à les travaux suivants :

- réseau de distribution.
- réseau d'irrigation d'aspersion.

V.1 FACTURES DES PIECES DU RESEAU DE DISTRIBUTION :

Tableau V-1 : Factures des conduites du réseau de distribution.

Pièces	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire TTC (DA/m)	Montant TTC (DA)
Tube Ø32 PVC	m/l	409	23,34	9537,891
Tube Ø50 PVC	m/l	268	98,34	26352,17
Tube Ø63 PVC	m/l	1215	152,5	185279,88
Tube Ø75 PVC	m/l	68	202,5	13691,025
Tube Ø80 PVC	m/l	112	232,22	26087,595
Tube Ø90 PVC	m/l	371	291,67	108127,9
Tube Ø100 PVC	m/l	856	325,84	279042,86
Tube Ø110 PVC	m/l	1284	360	462355,2
Tube Ø125 PVC	m/l	2403	456,67	1097556,1
Tube Ø140 PVC	m/l	929	584,17	542880,86
Tube Ø160 PVC	m/l	230	754,17	173225,31
Tube Ø180 PVC	m/l	2916	1 176,67	3431616,9
Tube Ø200 PVC	m/l	883	1361,91	1202675,5
Tube Ø225 PVC	m/l	796	1593,45	1268242,8
Tube Ø250 PVC	m/l	1286	1 825,00	2347716,5
Tube Ø315 PVC	m/l	713	2 897,50	2067076,5
Tube Ø355 PVC	m/l	260	3724,17	968917,31
Tube Ø400 PVC	m/l	508	4 654,17	2362363,6
Tube Ø450 PVC	m/l	358	5978,34	2141680,5
Tube Ø500 PVC	m/l	186	7 302,50	1358265
Tube Ø630 PVC	m/l	1115	11 614,17	12947012
Somme1				33019704

Tableau V-2 : Factures des autres pièces du réseau de distribution.

Pièces	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire TTC (DA/m)	Montant TTC (DA)
Borne Ø32	U	4	7100	28400
Borne Ø50	U	10	7500	75000
Borne Ø63	U	9	7800	70200
Borne Ø75	U	3	8100	24300
Borne Ø80	U	1	8400	8400
Borne Ø90	U	2	8900	17800
Borne Ø100	U	3	9500	28500
Borne Ø110	U	2	12000	24000
Borne Ø125	U	6	14500	87000
Borne Ø140	U	2	17500	35000
Borne Ø160	U	1	18350	18350
Borne Ø180	U	1	19500	19500
Borne Ø250	U	1	21000	21000
Vanne Ø125	U	1	13150	13150
Vanne Ø180	U	2	16000	32000
Vanne Ø200	U	1	18000	18000
Vanne Ø225	U	2	19500	39000
Vanne Ø250	U	3	20300	60900
Vanne Ø400	U	1	42800	42800
Vanne Ø500	U	1	105288	105288
Vanne Ø603	U	1	60000	60000
Té	U	46	950	43700
Coude	U	16	150	2400
Somme 2				874688

Tableau V-3 : Factures des pièces du réseau d'irrigation par aspersion.

Pièces	Prix unitaire (DA)	Unité de mesure	Quantité	Montant (DA)
Conduit PVC tube de 6m Ø 90	1750,02	Un	172	301003,44
Conduit PVC tube de 6m Ø 50	590,04	Un	143	84375,72
Bouchon Ø 50	181	Un	39	7059
Bouchon Ø 90	214	Un	3	642
Asperseur	537	Un	9	4833
Joint Ø 50	49	Un	39	1911
Joint Ø 90	62	Un	3	186
Raccord Ø 50	211	Un	143	30173
Raccord Ø 90	265	Un	52	13780
Vanne Ø 90	883,64	Un	8	7069,12
Coude Ø 90	445,44	Un	9	4008,96
Somme3				455041,24

Somme général = Somme1 + Somme2 + Somme3 = 33019704 + 874688 + 455041,24 = **34349433,24 DA**

V.2 CALCUL DES VOLUMES DES TERRASSEMENTS :

V.2.1 Calcul du volume de déblai :

La surface à calculer est la surface rectangulaire.

$$S = B * H \quad [V.1]$$

$$B = d + (0.5 \div 1.2) \quad [V.2]$$

Donc: $B = 1 + \emptyset$

H= 1,5 m

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau V-4 :

Tableau V-4 : Calcul du volume de déblai

Diamètre (mm)	Longueur (m)	largeur (m)	Volume de déblai (m)
32	409	1,032	633,132
50	268	1,05	422,1
63	1215	1,063	1937,3175
75	68	1,075	109,65
80	112	1,08	181,44
90	371	1,09	606,585
100	856	1,1	1412,4
110	1284	1,11	2137,86
125	2403	1,125	4055,0625
140	929	1,14	1588,59
160	230	1,16	400,2
180	2916	1,18	5161,32
200	883	1,2	1589,4
225	796	1,225	1462,65
250	1286	1,25	2411,25
315	713	1,315	1406,3925
355	260	1,355	528,45
400	508	1,4	1066,8
450	358	1,45	778,65
500	186	1,5	418,5
630	1115	1,63	2726,175
Déblai Total			31034

Donc le volume total de déblai : $V_{\text{déblai}} = 31034 \text{m}^3$

V.2.2 Calcul du volume de lit du sable :

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

$$V = e * b * L$$

[V.3]

Tableau V-5 : Calcul du volume de sable

Diamètre (mm)	Longueur (m)	largeur (m)	Volume de lit de sable (m)
32	409	1,032	42,2088
50	268	1,05	28,14
63	1215	1,063	129,1545
75	68	1,075	7,31
80	112	1,08	12,096
90	371	1,09	40,439
100	856	1,1	94,16
110	1284	1,11	142,524
125	2403	1,125	270,3375
140	929	1,14	105,906
160	230	1,16	26,68
180	2916	1,18	344,088
200	883	1,2	105,96
225	796	1,225	97,51
250	1286	1,25	160,75
315	713	1,315	93,7595
355	260	1,355	35,23
400	508	1,4	71,12
450	358	1,45	51,91
500	186	1,5	27,9
630	1115	1,63	181,745
Déblai Total			2069

Donc le volume total du lit de sable : $V_{\text{sable}} = 2069 \text{ m}^3$

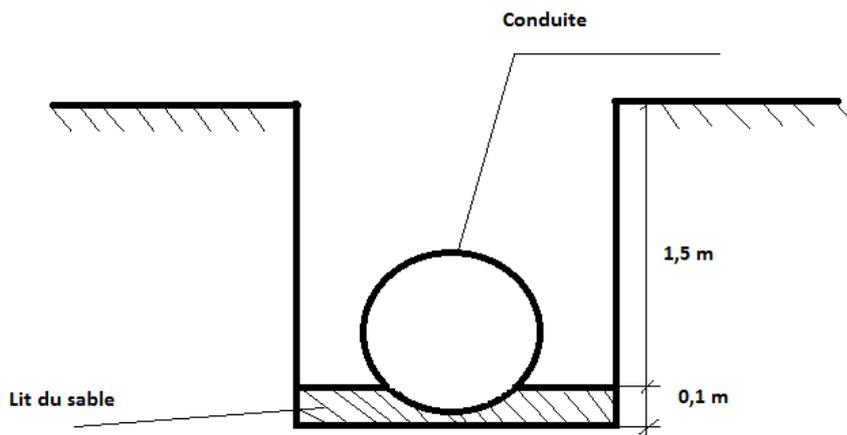


Figure V-1 : Schéma du profil en travers d'une conduite.

V.2.3 Calcul du volume de remblai :

Ce volume est déduit à partir du volume du déblai est le volume qu'occupe la conduite et le volume occuper par le lit de sable ;

$$V_r = V_d - (V_c + V_s) \quad [V.4]$$

V_r : Volume du remblai compacté (m^3) ;

V_d : Volume du déblai (m^3) ;

V_s : Volume du sable

$$V_c : \text{Volume occuper par la conduite } (m^3) ; V = L * \frac{\pi * D^2}{4}$$

L : Longueur de la conduite

D : Diamètre de la conduite.

Donc les volumes des travaux pour la conduite sont tablés dans le tableau suivant :

Tableau V-6: Calcul du volume de remblai

Diamètre	Longueur (m)	largeur (m)	Volume du déblai	Volume du sable	Volume occupé par la conduite	Volume du remblai
			(m)	(m)		
32	409	1,032	633,1	42,2	0,3	590,6
50	268	1,05	422,1	28,1	0,5	393,4
63	1215	1,063	1937,3	129,2	3,8	1804,4
75	68	1,075	109,7	7,3	0,3	102,0
80	112	1,08	181,4	12,1	0,6	168,8
90	371	1,09	606,6	40,4	2,4	563,8
100	856	1,1	1412,4	94,2	6,7	1311,5
110	1284	1,11	2137,9	142,5	12,2	1983,1
125	2403	1,125	4055,1	270,3	29,5	3755,3
140	929	1,14	1588,6	105,9	14,3	1468,4
160	230	1,16	400,2	26,7	4,6	368,9
180	2916	1,18	5161,3	344,1	74,2	4743,1
200	883	1,2	1589,4	106,0	27,7	1455,7
225	796	1,225	1462,7	97,5	31,6	1333,5
250	1286	1,25	2411,3	160,8	63,1	2187,4
315	713	1,315	1406,4	93,8	55,5	1257,1
355	260	1,355	528,5	35,2	25,7	467,5
400	508	1,4	1066,8	71,1	63,8	931,9
450	358	1,45	778,7	51,9	56,9	669,8
500	186	1,5	418,5	27,9	36,5	354,1
630	1115	1,63	2726,2	181,7	347,4	2197,0
			31034	2069	858	28107

Donc le volume total du remblai : $V_{\text{remblai}} = 28107\text{m}^3$

Le prix de terrassement est égal à :

Pour le déblai :

$$F_{\text{deb}} = V_{\text{deb}} \cdot K_{\text{deb}}$$

K_{deb} : prix de 1 m^3 de déblai = 300 DA

V_{deb} : volume total de déblai

$$F_{\text{deb}} = 31034 \cdot 300 = 9310200 \text{ DA}$$

Pour le remblai :

$$F_{\text{rem}} = V_{\text{rem}} \cdot K_{\text{rem}}$$

[V.5]

V_{rem} : volume total de remblai

K_{rem} : prix de 1 m^3 de remblai = 100 DA

$F_{rem} = 28107 * 100 = 2810700 \text{ DA}$

Pour le sable :

$$F_{sab} = V_{sab} \cdot K_{sab} \quad [V.6]$$

K_{sab} : prix de 1 m^3 du sable = 800 DA

V_{sab} : volume total de sable

$F_{sab} = 2069 * 800 = 1655200 \text{ DA}$

Donc : Les frais totaux = $13776100 \text{ DA} + 34349433,24 \text{ DA} = 47760963,24 \text{ DA}$

N.B

- La référence des prix pour la projection du réseau d'irrigation d'aspersion a été fournie par l'office du périmètre d'irrigation de Bouira (O.P.I.BO) d'Ain Bessam.

CONCLUSION :

D'après l'étude de se projet on a arrivé de déterminer le coût du notre projet qui est de $48125533,24 \text{ DA TTC}$, qu'on peut dire qu'il est rentable si le périmètre fonction correctement et chaque agriculteur va exploiter le réseau dans le bon sens.

CONCLUSION GENERALE

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

La connaissance des caractères physico-chimiques des sols permettra par cette occasion l'introduction des cultures adéquates dans la région.

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

Nous avons choisit un tracé qui a pu gravitairement nous assurer des pressions assez conséquentes au niveau des bornes d'irrigation.

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

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

L'intérêt de ce projet est immense car l'irrigation va permettre une diversification des cultures en places, un accroissement des rendements surtout pour la maraichage et la céréaliculture.

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

Ce projet peut donc contribuer à améliorer l'ensemble des facteurs socio-économique de la région, le but est d'assurer un bon recouvrement du périmètre d'irrigation à fin d'alimenter convenablement toute la superficie à irriguer, ce qui va améliorer le rendement et d'avoir une stabilité moyenne de long terme.

BIBLIOGRAPHIE

1. ANRH, Annuaire hydrologiques : données stations hydrométriques 1972 – 2010.
2. l'O.P.I.BO W.Bouira (Compagnes 2000-2004), Document « rapport technique » . (page N°6 ; 13 ; 17 et 73).
3. **LAADJEL OMAR**, 1986 Irrigation du périmètre des Arribs Ain Bessam; Mémoire de fin d'étude .ENSH, BLIDA. (page N° 4 ; 35 ; 36 et 38).
4. **CH.OLLIER** et **M.POIREE** (Eyrolles 1981). IRRIGATION : LES RESEAUX D'IRRIGATION, THEORIE, TECHNIQUE ET ECONOMIE DES ARROSAGES. (page N°60 ; 64)

5. **R. CLEMENT** et **GALLAND** (paris 1979). IRRIGATION PAR ASPERSION : RESEAU DE DISTRIBUTION SOUS PRESION ,(de la page de N° 88 jusqu'à la page N° 106)
6. LES BESOINS EN EAU DES CULTURES (Bulletin FAO d'irrigation et drainage (N°24)).
7. QUALITE DES EAUX D'IRRIGATION (Bulletin FAO d'irrigation et drainage (N29°)).
8. TRACE DEBITS DE PROJET ET DIAMETRES (CEMAGREF : Centre national français du machinisme agricole du génie rural des eaux et des forets)
9. B.XANTHOULIS faculté agronomique de Gembloux .Belgique D.G.R 2000 ,COURS D'IRRIGATION
10. CROPWAT- UN LOGICIEL POUR LA PLANIFICATION ET LA GESTION DES SYSTEMES D'IRRIGATION (bulletin FAO d'irrigation et drainage (N°46)).
11. MESSAOUDI ZERHOUNE ET EL FELLAH ADIL de l'université de Meknès : www.enameknes.ac.ma),LES BESOINS EN EAU ET EFFET D'UN STRESS HYDRIQUE (communication par Internet éditée
12. **M^{me} BAHBOUH** (ENSH 2009), COURS D'IRRIGATION ,(irrigation par aspersion).

Annexe I.1 : Répartition des pluies moyennes mensuelles et annuelles (1972-2010), Station
S.E.GHOZLANE:

Année	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	aout	sept	oct.	nov.	déc.	annuel
1972	86,4	113,6	43,9	44	0	2	0	6,1	0	0	0	113,7	409,7
1973	19,8	172,7	61,6	49,2	20,1	0	22,5	1,7	44,4	0,5	6,8	46,3	445,6
1974	13,1	40,2	57,9	7,8	57,5	25,9	0,8	14,4	53,8	15	30,7	1,8	318,9
1975	33,6	70,9	26,5	81,9	58,5	20,7	47,4	14,4	14,1	1,1	73	24,6	466,7
1976	35,3	10,4	0	81	33,5	0	0	2,6	46,9	51,1	25,5	38,1	324,4
1977	51,5	31,2	48	91,2	45,2	9,2	0	6,1	4	6,1	63,9	13,8	370,2
1978	33,4	136,8	44,4	38,4	6,4	18,4	0	9,5	2,3	54,2	51,8	5	400,6
1979	66,8	22,3	45,6	62,6	32,1	0,3	0	1,5	69,9	57,9	46,2	12,4	417,6
1980	6,7	59,1	31,1	61,8	11,3	5,1	0	36,3	7,2	15,6	54,7	124,3	413,2
1981	143,7	68,1	38,2	38,4	47,8	11,7	1,5	2	13,5	19,5	5,5	64,1	454
1982	0	34,2	13,1	30,3	7,8	2,8	19,3	25,6	30	60,6	80,9	41	345,6
1983	53,6	55,9	26	42	20,4	15,8	0	0	0,2	3,9	13,4	24,4	255,6
1984	41	35,2	67,7	7	54,8	1,8	2,8	0	3,1	45,2	30,1	81	369,7
1985	51,4	30,7	140,5	15,1	4,8	9,7	0	0,6	35,1	19,8	38,8	57,6	404,1
1986	70,7	83,8	9,5	9,1	8,4	4	5,3	4,3	12,8	45,9	49,7	83,7	387,2
1987	15,8	22,7	43,7	45,5	23,5	10,5	0	0	6,6	29,7	42,9	24,2	265,1
1988	23,9	20,3	62,2	92,4	11,6	24,4	17,4	44,1	23,7	16,6	24	230,4	591
1989	38	0	38,4	58,5	52,1	0	68	0,9	29,2	19,2	0	14,9	319,2
1990	29,9	115,9	104,2	36,3	32,8	6,5	0	8,8	12	25,5	38,2	78,6	488,7
1991	81,5	8,9	61,4	111,1	107	17,1	8,5	2,1	5,9	66	11,8	6,1	487,4
1992	15	23,6	15,5	25,3	38,4	7	3	11,2	14,4	40,3	81	32,3	307
1993	0	46	1,7	44,8	8,1	0,7	0,1	18,2	68,2	14,4	18,5	84	304,7
1994	172,8	39,3	103,9	18,9	2,2	18,6	0	36,2	91,3	61,8	32,1	36	613,1
1995	58,5	93,5	26,6	68,3	50,8	13,4	14,8	8,5	12,6	57,9	8,9	25	438,8
1996	33,9	14,2	10,5	59,7	22,1	19,6	3,5	24,5	20,1	13,1	23	40,4	284,6
1997	11,9	57,4	16,9	44,6	133,9	4,5	0	4	47,6	59,5	71,3	47,5	499,1
1998	42,3	28,2	90,9	0	33,7	4,1	0	10,9	45,8	43,6	83,1	41,3	423,9
1999	3,4	1,3	12,7	26,6	34	0,3	0	2	38,7	16,2	25,5	132,2	292,9
2000	148,6	25,3	5	49	8	2,5	0	2,1	33	81,8	34,8	53,4	443,5

2001	22,7	26,8	14,5	14,1	20,4	0,5	7,5	77,3	78,1	3,6	10,3	12	287,8
2002	205,4	88,2	7,7	103,4	16	13,6	10,2	40,9	21,1	10,5	136,3	186,8	840,1
2003	72,6	16,1	38,7	59	131,7	4	3,2	4,5	60,4	67,8	40,7	123,1	621,8
2004	26	57,7	25,3	21,6	10,5	10,5	11,3	3,8	48,5	23,4	35,3	84,7	358,6
2005	116	61,1	30,3	58,9	69,6	12,7	4,6	2,7	17,8	60,8	41,2	91,5	567,2
2006	6	54,3	178,6	100,2	24,1	18,2	0	7,5	34,2	0	29	56,5	508,6
2007	11,6	17,5	20,2	31,1	66,9	24,6	5,7	2,5	65,8	82,4	72,8	39,1	440,2
2008	97,1	23,9	74,9	90	20,8	2,5	1	13,9	78,5	36,9	53,8	60,1	553,4
2009	42	86	62,6	23,1	45,7	19,8	0	32,7	106,1	9,8	103	63,6	594,4
2010	37,7	116,4	60,9	116,2	100,7	25,9	0	10,5	6,1	63,3	91,9	30,3	659,9

Annexe II.1 Caractéristiques hydriques de quelques sols:

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

Annexe II.2 Valeurs de Z pour diverses cultures

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

Tableau II.3 : les coefficients culturaux K_C

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrière saison	Récolte	
Bananier tropical	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
Bananier subtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
Haricot sec	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Chou	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Coton	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Maïs grain	0.3-0.5*	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
Oignon vert	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Poivron, frais	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Pomme de terre	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75-0.9
Riz	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soja	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Canne à sucre	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Luzerne	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés sans sarclage						0.65-0.75 0.85-0.9
Olivier						0.4-0.6

Premier chiffre : avec forte humidité (HRmin > 70%) et vent faible (U < 5 m/sec).
 Second chiffre : avec faible humidité (HRmin < 20%) et vent fort (> 5 m/sec).

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage n° 33, Tableau 18.

Annexe II.4 : Durée des phases de développement des cultures

1. DUREE DES PHASES DE DEVELOPPEMENT DES CULTURES

Culture	Init.	Dével	Mi	Arrière	Total	Date Plant	Région
Arachide	25 35	35 45	45 35	25 25	130 140	Saison sèche Mai/Juin	Afrique de l'Ouest Méditerranéen
Artichaud	40 20	40 40	250 220	30 30	360 310	Avr (1 an) Mai (2 yr)	Californie (couper en mai)
Aubergine	30 30	40 45	40 40	20 25	130 140	Octobre Mai/Juin	Régions arides Méditerranéen
Betterave	15 25	25 30	20 25	10 10	70 90	Avr/Mai Fév/Mars	Méditerranéen Méditerr. & R. Arides
Betterave sucrière	45 25 35	75 35 60	80 50 70	30 50 40	230 160 205	Novembre Mai Novembre	Méditerranéen Méditerranéen Régions arides
Blé/Orge	15 20 15	25 25 30	50 60 65	30 30 40	120 135 150	Novembre Mars/Avril Juillet	Inde (Centrale) 35-45 °Lat Afrique de l'Est
Blé d'hiver	30	140	40	30	240	Novembre	Méditerranéen
Carotte	20 30	30 40	50/30 60	20 20	100 150	Oct/Jan Fév/Mars	Climats arides Méditerranéen
Carthame	20 35	35 55	45 60	25 40	125 190	Avril Oct/Nov	Californie, USA Régions arides
Céleri	25 25	40 40	95 45	20 15	180 125	Oct Avril	Climats (semi)-arides Méditerranéen
Céréales	20 25	30 35	60 65	40 40	150 165	Avril Oct/Nov	Méditerranéen Pakistan; Rég. arides
Citrouille	20 25	30 35	30 35	20 25	100 120	Mars, Août Juin	Méditerranéen Europe
Concombre	20 25	30 35	40 50	15 20	105 130	Juin/Août Nov; Fév	Régions arides Régions arides
Coton	30 30 30	50 50 50	60 60 55	55 55 45	195 195 180	Mars;Avr/Mai Sept Avril	Egypte; Pakistan Yemen Texas
Courgette	25 20	35 30	25 25	15 15	100 90	Avril Mai/Juin	Médit.; R. Arides Médit.; Europe
Crucifères	20 25 30	30 35 35	20 25 90	10 10 40	80 95 195	Avril Février Oct/Nov	Méditerranéen Méditerranéen Méditerranéen
Epinard	20 20	20 30	25 40	5 10	70 100	Avr; Sep/Oct Novembre	Méditerranéen Régions arides
Haricots (sec)	20 15	30 25	40 35/50	20 20	110 95	Mai/Juin Juin	Climats Continental Pakistan, Calif.
Haricot (vert)	20 15	30 25	30 25	10 10	90 75	Fév/Mars Août/Sep	Calif., Méditerranéen Calif., Egypte, Liban
Laitue	20 30 25	30 40 35	15 25 30	10 10 10	75 105 100	Avril Nov/Jan Oct/Nov	Méditerranéen Méditerranéen Régions arides
Lentille	20 25	30 35	60 70	40 40	150 170	Avril Oct/Nov	Europe Régions arides

Culture	Init.	Dével	Mi	Arrière	Total	Date Plant	Région
Lin	25	35	50	40	150	Avril Octobre	Europe Arizona
	30	40	100	50	220		
Maïs (doux)	20	20	30	10	80	Mars	Philippines Méditerranéen Climats arides
	20	25	25	10	80	Mai/Juin	
	20	30	50/30	10	90	Oct/Déc	
Maïs (grain)	30	50	60	40	180	Avril	Afrique de l'Est (alt.) Climats arides Nigeria (humide) Inde (sec, froid) Spain (spring, sum.)
	25	40	45	30	140	Déc/Jan	
	20	35	40	30	125	Juin	
	20	35	40	30	125	Octobre	
	30	40	50	30	150	Avril	
Melon	25	35	40	20	120	Mai	Méditerranéen Régions arides
	30	45	65	20	160	Déc/Jan	
Mil	15	25	40	25	105	Juin	Pakistan USA (centre)
	20	30	55	35	140	Avril	
Oignon (sec)	15	25	70	40	150	Avril	Méditerranéen Régions arides
	20	35	110	45	210	Octobre	
Oignon (vert)	25	30	10	5	70	Avril/Mai	Méditerranéen Régions arides
	20	45	20	10	95	Octobre	
Pois	15	25	35	15	90	Mai	Europe Méditerranéen
	20	30	35	15	100	Mars/Avril	
Poivron	25/30	35	40	20	125	Avril/Juin	Europe & Méditerr. Régions arides
	30	40	110	30	210	Octobre	
Pomme de terre	25	30	30/45	30	115/130	Jan/Nov	Climats (semi)-arides Climat Continental Europe
	25	30	45	30	130	Mai	
	30+15	35	50	30	145	Avril	
Radis	10	10	15	5	40	Mars/Avril	Méditerr.; Europe Régions arides
	10	10	15	5	40	Hiver	
Ricin	25	40	65	50	180	Mars	Climats (semi)-arides
Soja (fève)	20	30/35	60	25	140	Mai	USA (Centre) Japon
	20	25	75	30	150	Juin	
Sorgho	20	35	40	30	130	Mai/Juin	USA, Pakis., Méd. Régions arides
	20	35	45	30	140	Mars/Avril	
Tomate	30	40	40	25	135	Janvier	Régions arides Régions arides Méditerranéen
	35	45	70	30	180	Oct/Nov	
	30	40	45	30	145	Avril/Mai	
Tournesol	25	35	45	25	130	Avril/Mai	Médit.; Californie

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage n° 24, Tableau 22.

Annexe II.5 : Profondeur de la nappe en fonction de type culture/sol

Culture	Profondeur optimale de la nappe en mètre			
	Sols tourbeux	Sols sableux et sols sablonneux	Alluvions argilo-sableux	Sols argileux
Mélange vesce-avoine pour production fourragère - Lin (à fibre): fourrages verts annuels	0,50 - 0,60	0,40 - 0,50	0,45 - 0,60	0,50 - 0,55
Fourrages verts pluri-annuels pour l'utilisation en pâturage	0,80 - 0,90	0,50 - 0,70	0,70 - 0,90	0,80 - 0,85
Fourrages verts pluri-annuels pour la production fourragère	0,60 - 0,70	0,45 - 0,60	0,55 - 0,70	0,50 - 0,65
Céréales - cultures ensilées :	0,70 - 0,90	0,50 - 0,65	0,60 - 0,80	0,70 - 0,75
Pommes de terre Rhizocarpées	0,80 - 0,90	0,55 - 0,80	0,70 - 1,00	0,80 - 0,90
Cultures à racines profondes (houblon, chanvre, pastèque)	0,80 - 1,00	0,60 - 0,85	0,80 - 1,00	0,85 - 0,95
Arbustes à haies et arbres fruitiers	1,00 - 1,25	0,80 - 0,95	0,90 - 1,20	1,00 - 1,10

Nota: Pendant la période des semailles la profondeur optimale peut être prise 20% à 30% plus faible que la valeur indiquée dans le tableau.

TABLEAU IV-3 Profondeur optimale de la nappe (en m), pour différents types sols (D'après Rolley) (Poirée et Ch. Ollier).

D'après ROLLEY	Profondeur optimale en m	
	Cultures	Prairies
Terre argileuse compacte	0,70 à 1,20	0,50 à 0,80
Terre franche	0,60 à 1,00	0,40 à 0,60
Terre sablonneuse	0,60 à 0,80	0,30 à 0,50
Terre tourbeuse	0,60 à 0,80	0,30 à 0,40

Annexe II.6 : les besoins en eau du blé

Mois	decade	phase	ET 0(mm/j)	Kc(coef)	ETM(mm/j)	ETM(mm/d)	ETM(mm/m)	Pefficace	RFU*PROF	Besoin
	1		4,57		0	0				0
septembre	2		4,57		0	0	0	32,2	0	0
	3		4,57		0	0				0
	1		3,82		0	0				0
Octobre	2		3,82		0	0	0	32,2	0	0
	3		3,82		0	0				0
	1	initiale	2,41	0,3	0,723	7,23				0
Novembre	2	initiale	2,41	0,35	0,8435	8,435	25,305	41,6	70	0
	3	initiale	2,41	0,4	0,964	9,64				0
	1	initiale	1,72	0,45	0,774	7,74				0
Décembre	2	initiale	1,72	0,5	0,86	8,6	25,8	57,6	70	0
	3	deve	1,72	0,55	0,946	9,46				0
	1	deve	1,7	0,6	1,02	10,2				0
janvier	2	deve	1,7	0,65	1,105	11,05	33,15	50	70	0
	3	deve	1,7	0,7	1,19	11,9				0
	1	deve	2,45	0,75	1,8375	18,375				0
février	2	de/mi	2,45	0,78	1,911	19,11	57,085	49,8	70	0
	3	mis	2,45	0,8	1,96	19,6				0
	1	mis	3,11	0,85	2,6435	26,435				0
mars	2	mis	3,11	0,95	2,9545	29,545	87,08	43,6	70	0
	3	mis	3,11	1	3,11	31,1				0
	1	mis	3,74	1,18	4,4132	44,132				0
avril	2	mi/lat	3,74	1,09	4,0766	40,766	122,672	48,5	70	4,172
	3	lat	3,74	1,01	3,7774	37,774				0
	1	lat	5,54	0,95	5,263	52,63				0
mai	2	lat	5,54	0,88	4,8752	48,752	101,382	36,5	70	0
	3		5,54		0	0				0
	1		7,42		0	0				0
juin	2		7,42		0	0	0	9,6	0	0
	3		7,42		0	0				0
	1		7,6		0	0				0
juillet	2		7,6		0	0	0	6,4	0	0
	3		7,6		0	0				0
	1		6,67		0	0				0
août	2		6,67		0	0	0	12,2	0	0
	3		6,67		0	0				0
									Tot. Annuel.	4,172

Annexe II.7 : les besoins en eau de l'Oignon

Mois	decade	phase	ET 0(mm/j)	Kc(coef)	ETM(mm/j)	ETM(mm/d)	ETM(mm/m)	Pefficace	RFU*PROF	Besoin
	1		4,57		0	0				0
septembre	2		4,57		0	0	0	32,2	0	0
	3		4,57		0	0				0
	1		3,82		0	0				0
Octobre	2		3,82		0	0	0	32,2	0	0
	3		3,82		0	0				0
	1		2,41		0	0				0
Novembre	2	init	2,41	0,7	1,687	16,87	33,74	41,6	35	0
	3	init	2,41	0,7	1,687	16,87				0
	1	init	1,72	0,75	1,29	12,9				0
Décembre	2	deve	1,72	0,85	1,462	14,62	43	57,6	35	0
	3	deve	1,72	0,9	1,548	15,48				0
	1	deve	1,7	1	1,7	17				0
janvier	2	de/mi	1,7	1,08	1,836	18,36	54,4	50	35	0
	3	mi	1,7	1,12	1,904	19,04				0
	1	mi	2,45	1,13	2,7685	27,685				0
fevrier	2	mi	2,45	1,13	2,7685	27,685	83,055	49,8	35	0
	3	mi	2,45	1,13	2,7685	27,685				0
	1	lat	3,11	1,1	3,421	34,21				0
mars	2	lat	3,11	1,05	3,2655	32,655	97,965	43,6	35	19,365
	3	lat	3,11	1	3,11	31,1				0
	1		3,74		0	0				0
avril	2		3,74		0	0	0	48,5	0	0
	3		3,74		0	0				0
	1		5,54		0	0				0
mai	2		5,54		0	0	0	36,5	0	0
	3		5,54		0	0				0
	1		7,42		0	0				0
juin	2		7,42		0	0	0	9,6	0	0
	3		7,42		0	0				0
	1		7,6		0	0				0
juillet	2		7,6		0	0	0	6,4	0	0
	3		7,6		0	0				0
	1		6,67		0	0				0
Août	2		6,67		0	0	0	12,2	0	0
	3		6,67		0	0				0
									Tot. Annuel.	19,365

Annexe II.8: les besoins en eau du Pommier

Mois	decade	phase	ET 0(mm/j)	Kc(coef)	ETM(mm/j)	ETM(mm/d)	ETM(mm/m)	Pefficace	RFU*PROF	Besoin
	1	lat	4,57	0,58	2,6506	26,506				0
septembre	2	lat	4,57	0,58	2,6506	26,506	79,518	32,2	95	0
	3	lat	4,57	0,58	2,6506	26,506				0
	1		3,82		0	0				0
Octobre	2		3,82		0	0	0	32,2	0	0
	3		3,82		0	0				0
	1		2,41		0	0				0
Novembre	2		2,41		0	0	0	41,6	0	0
	3		2,41		0	0				0
	1		1,72		0	0				0
Décembre	2		1,72		0	0	0	57,6	0	0
	3		1,72		0	0				0
	1		1,7		0	0				0
janvier	2		1,7		0	0	0	50	0	0
	3		1,7		0	0				0
	1		2,45		0	0				0
fevrier	2		2,45		0	0	0	49,8	0	0
	3		2,45		0	0				0
	1	ini	3,11	0,62	1,9282	19,282				0
mars	2	ini	3,11	0,62	1,9282	19,282	57,846	43,6	95	0
	3	ini	3,11	0,62	1,9282	19,282				0
	1	ini	3,74	0,62	2,3188	23,188				0
avril	2	in/de	3,74	0,63	2,3562	23,562	70,686	48,5	95	0
	3	dev	3,74	0,64	2,3936	23,936				0
	1	dev	5,54	0,64	3,5456	35,456				0
mai	2	dev	5,54	0,64	3,5456	35,456	106,368	36,5	95	0
	3	dev	5,54	0,64	3,5456	35,456				0
	1	de/mi	7,42	0,64	4,7488	47,488				0
juin	2	mi	7,42	0,65	4,823	48,23	143,948	9,6	0	134,348
	3	mi	7,42	0,65	4,823	48,23				0
	1	mi	7,6	0,65	4,94	49,4				0
juillet	2	mi	7,6	0,65	4,94	49,4	148,2	6,4	0	141,8
	3	mi	7,6	0,65	4,94	49,4				0
	1	mi/lt	6,67	0,65	4,3355	43,355				0
Août	2	lat	6,67	0,64	4,2688	42,688	124,729	12,2	0	112,529
	3	lat	6,67	0,58	3,8686	38,686				0
									Tot. Annuel.	388,677

Annexe II.9: les besoins en eau du Betterave

Mois	decade	phase	ET 0(mm/j)	Kc(coef)	ETM(mm/j)	ETM(mm/d)	ETM(mm/m)	Pefficace	RFU*PROF	Besoin
	1		4,57		0	0				0
septembre	2		4,57		0	0	0	32,2	0	0
	3		4,57		0	0				0
	1		3,82		0	0				0
Octobre	2		3,82		0	0	0	32,2	0	0
	3		3,82		0	0				0
	1		2,41		0	0				0
Novembre	2		2,41		0	0	0	41,6	0	0
	3		2,41		0	0				0
	1		1,72		0	0				0
Décembre	2		1,72		0	0	0	57,6	0	0
	3		1,72		0	0				0
	1		1,7		0	0				0
janvier	2		1,7		0	0	0	50	0	0
	3		1,7		0	0				0
	1		2,45		0	0				0
fevrier	2		2,45		0	0	0	49,8	0	0
	3		2,45		0	0				0
	1		3,11		0	0				0
mars	2		3,11		0	0	0	43,6	0	0
	3		3,11		0	0				0
	1		3,74		0	0				0
avril	2	ini	3,74	0,45	1,683	16,83	39,27	48,5	70	0
	3	ini/dev	3,74	0,6	2,244	22,44				0
	1	dev	5,54	0,8	4,432	44,32				0
mai	2	dev	5,54	0,8	4,432	44,32	152,35	36,5	70	45,85
	3	mi	5,54	1,15	6,371	63,71				0
	1	mi	7,42	1,1	8,162	81,62				0
juin	2	lat	7,42	1,15	8,533	85,33	166,95	9,6	0	157,35
	3		7,42		0	0				0
	1		7,6		0	0				0
juillet	2		7,6		0	0	0	6,4	0	0
	3		7,6		0	0				0
	1		6,67		0	0				0
Août	2		6,67		0	0	0	12,2	0	0
	3		6,67		0	0				0
									Tot. Annuel.	203,2

Annexe II.10: les besoins en eau de la Carotte

Mois	decade	phase	ET 0(mm/j)	Kc(coef)	ETM(mm/j)	ETM(mm/d)	ETM(mm/m)	Pefficace	RFU*PROF	Besoin
	1		4,57		0	0				0
septembre	2		4,57		0	0	0	32,2	0	0

ANNEXE II

		3			4,57			0	0										0
		1			3,82			0	0										0
Octobre		2			3,82			0	0	0	32,2	0							0
		3			3,82			0	0										0
		1			2,41			0	0										0
Novembre		2			2,41			0	0	0	41,6	0							0
		3			2,41			0	0										0
		1			1,72			0	0										0
Décembre		2			1,72			0	0	0	57,6	0							0
		3			1,72			0	0										0
		1			1,7			0	0										0
janvier		2			1,7			0	0	0	50	0							0
		3			1,7			0	0										0
		1			2,45			0	0										0
fevrier		2	ini		2,45	0,4		0,98	9,8	19,6	49,8	50							0
		3	ini		2,45	0,4		0,98	9,8										0
		1	ini		3,11	0,5		1,555	15,55										0
mars		2	dev		3,11	0,75		2,3325	23,325	62,2	43,6	50							0
		3	dev		3,11	0,75		2,3325	23,325										0
		1	dev		3,74	0,8		2,992	29,92										0
avril		2	dev		3,74	0,8		2,992	29,92	97,24	48,5	50							0
		3	mi		3,74	1		3,74	37,4										0
		1	mi		5,54	1		5,54	55,4										0
mai		2	mi		5,54	1,05		5,817	58,17	166,74	36,5	50	80,24						0
		3	mi		5,54	1,05		5,817	58,17										0
		1	mi		7,42	1,2		8,904	89,04										0
juin		2	mi		7,42	1,2		8,904	89,04	251,602	9,6	0	242,002						0
		3	lat		7,42	0,91		6,7522	67,522										0
		1	lat		7,6	0,9		6,84	68,4										0
juillet		2			7,6			0	0	68,4	6,4	0	62						0
		3			7,6			0	0										0
		1			6,67			0	0										0
Août		2			6,67			0	0	0	12,2	0							0
		3			6,67			0	0										0
																		Tot. Annuel.	384,242

Annexe II.11: les besoins en eau de la pomme de terre

Mois	decade	phase	ET 0(mm/j)	Kc(coef)	ETM(mm/j)	ETM(mm/d)	ETM(mm/m)	Pefficace	RFU*PROF	Besoin
	1		4,57		0	0				0
septembre	2		4,57		0	0	0	32,2	0	0
	3		4,57		0	0				0
	1		3,82		0	0				0
Octobre	2		3,82		0	0	0	32,2	0	0
	3		3,82		0	0				0
	1		2,41		0	0				0
Novembre	2		2,41		0	0	0	41,6	0	0
	3		2,41		0	0				0
	1		1,72		0	0				0
Décembre	2		1,72		0	0	0	57,6	0	0
	3		1,72		0	0				0
	1		1,7		0	0				0
janvier	2		1,7		0	0	0	50	0	0
	3		1,7		0	0				0
	1		2,45		0	0				0
fevrier	2		2,45		0	0	0	49,8	0	0
	3		2,45		0	0				0
	1		3,11		0	0				0
mars	2		3,11		0	0	0	43,6	0	0
	3		3,11		0	0				0
	1	ini	3,74	0,5	1,87	18,7				0
avril	2	ini	3,74	0,5	1,87	18,7	56,1	48,5	30	0
	3	ini	3,74	0,5	1,87	18,7				0
	1	in/dev	5,54	0,6	3,324	33,24				0
mai	2	dev	5,54	0,7	3,878	38,78	113,57	36,5	30	47,07
	3	dev	5,54	0,75	4,155	41,55				0
	1	dev	7,42	0,8	5,936	59,36				0
juin	2	de/mi	7,42	0,95	7,049	70,49	204,05	9,6	30	164,45
	3	mi	7,42	1	7,42	74,2				0
	1	mi	7,6	1,1	8,36	83,6				0
juillet	2	mi/lt	7,6	1,2	9,12	91,2	247	6,4	30	210,6
	3	lat	7,6	0,95	7,22	72,2				0
	1	lat	6,67	0,88	5,8696	58,696				0
Août	2		6,67		0	0	58,696	12,2	30	16,496
	3		6,67		0	0				0
									Tot. Annuel.	438,616

Annexe II.12: les besoins en eau de la Tomate

Mois	decade	phase	ET 0(mm/j)	Kc(coef)	ETM(mm/j)	ETM(mm/d)	ETM(mm/m)	Pefficace	RFU*PROF	Besoin
	1		4,57		0	0				0
septembre	2		4,57		0	0	0	32,2	0	0
	3		4,57		0	0				0
	1		3,82		0	0				0
Octobre	2		3,82		0	0	0	32,2	0	0
	3		3,82		0	0				0
	1		2,41		0	0				0
Novembre	2		2,41		0	0	0	41,6	0	0
	3		2,41		0	0				0
	1		1,72		0	0				0
Décembre	2		1,72		0	0	0	57,6	0	0
	3		1,72		0	0				0
	1		1,7		0	0				0
janvier	2		1,7		0	0	0	50	0	0
	3		1,7		0	0				0
	1		2,45		0	0				0
fevrier	2		2,45		0	0	0	49,8	0	0
	3		2,45		0	0				0
	1	ini	3,11	0,45	1,3995	13,995				0
mars	2	ini	3,11	0,45	1,3995	13,995	42,296	43,6	60	0
	3	ini	3,11	0,46	1,4306	14,306				0
	1	in/de	3,74	0,52	1,9448	19,448				0
avril	2	dev	3,74	0,6	2,244	22,44	69,938	48,5	60	0
	3	dev	3,74	0,75	2,805	28,05				0
	1	dev	5,54	0,8	4,432	44,32				0
mai	2	de/mi	5,54	0,9	4,986	49,86	149,58	36,5	60	53,08
	3	mi	5,54	1	5,54	55,4				0
	1	mi	7,42	1,2	8,904	89,04				0
juin	2	mi/lt	7,42	1,19	8,8298	88,298	254,506	9,6	60	184,906
	3	lat	7,42	1,04	7,7168	77,168				0
	1	lat	7,6	0,98	7,448	74,48				0
juillet	2		7,6		0	0	74,48	6,4	60	8,08
	3		7,6		0	0				0
	1		6,67		0	0				0
Août	2		6,67		0	0	0	12,2	0	0
	3		6,67		0	0				0
									Tot. Annuel.	246,066

Annexe II.13: les besoins en eau de la Courgette

Mois	decade	phase	ET 0(mm/j)	Kc(coef)	ETM(mm/j)	ETM(mm/d)	ETM(mm/m)	Pefficace	RFU*PROF	Besoin
	1		4,57		0	0				0
septembre	2		4,57		0	0	0	32,2	0	0
	3		4,57		0	0				0
	1		3,82		0	0				0
Octobre	2		3,82		0	0	0	32,2	0	0
	3		3,82		0	0				0
	1		2,41		0	0				0
Novembre	2		2,41		0	0	0	41,6	0	0
	3		2,41		0	0				0
	1		1,72		0	0				0
Décembre	2		1,72		0	0	0	57,6	0	0
	3		1,72		0	0				0
	1		1,7		0	0				0
janvier	2		1,7		0	0	0	50	0	0
	3		1,7		0	0				0
	1		2,45		0	0				0
fevrier	2		2,45		0	0	0	49,8	0	0
	3		2,45		0	0				0
	1		3,11		0	0				0
mars	2		3,11		0	0	0	43,6	0	0
	3		3,11		0	0				0
	1		3,74		0	0				0
avril	2	ini	3,74	0,4	1,496	14,96	29,92	48,5	40	0
	3	ini	3,74	0,4	1,496	14,96				0
	1	dev	5,54	0,7	3,878	38,78				0
mai	2	dev	5,54	0,7	3,878	38,78	119,11	36,5	40	42,61
	3	dev	5,54	0,75	4,155	41,55				0
	1	dev	7,42	0,75	5,565	55,65				0
juin	2	mi	7,42	0,7	5,194	51,94	159,53	9,6	0	149,93
	3	mi	7,42	0,7	5,194	51,94				0
	1	lat	7,6	0,9	6,84	68,4				0
juillet	2	lat	7,6	0,9	6,84	68,4	136,8	6,4	0	130,4
	3		7,6		0	0				0
	1		6,67		0	0				0
Août	2		6,67		0	0	0	12,2	0	0
	3		6,67		0	0				0
									Tot. Annuel.	322,94

Annexe II.14: les besoins en eau du Pêcher

Mois	decade	phase	ET 0(mm/j)	Kc(coef)	ETM(mm/j)	ETM(mm/d)	ETM(mm/m)	Pefficace	RFU*PROF	Besoin
	1	lat	4,57	0,6	2,742	27,42				0
septembre	2	lat	4,57	0,5	2,285	22,85	73,12	32,2	95	0
	3	lat	4,57	0,5	2,285	22,85				0
	1		3,82		0	0				0
Octobre	2		3,82		0	0	0	32,2	0	0
	3		3,82		0	0				0
	1		2,41		0	0				0
Novembre	2		2,41		0	0	0	41,6	0	0
	3		2,41		0	0				0
	1		1,72		0	0				0
Décembre	2		1,72		0	0	0	57,6	0	0
	3		1,72		0	0				0
	1		1,7		0	0				0
janvier	2		1,7		0	0	0	50	0	0
	3		1,7		0	0				0
	1		2,45		0	0				0
fevrier	2		2,45		0	0	0	49,8	0	0
	3		2,45		0	0				0
	1	ini	3,11	0,4	1,244	12,44				0
mars	2	ini	3,11	0,4	1,244	12,44	37,32	43,6	95	0
	3	ini	3,11	0,4	1,244	12,44				0
	1	ini	3,74	0,4	1,496	14,96				0
avril	2	in/de	3,74	0,41	1,5334	15,334	45,628	48,5	95	0
	3	dev	3,74	0,41	1,5334	15,334				0
	1	dev	5,54	0,41	2,2714	22,714				0
mai	2	dev	5,54	0,41	2,2714	22,714	68,142	36,5	95	0
	3	dev	5,54	0,41	2,2714	22,714				0
	1	de/mi	7,42	0,41	3,0422	30,422				0
juin	2	mi	7,42	0,5	3,71	37,1	104,622	9,6	0	95,022
	3	mi	7,42	0,5	3,71	37,1				0
	1	mi	7,6	0,5	3,8	38				0
juillet	2	mi	7,6	0,5	3,8	38	114	6,4	0	107,6
	3	mi	7,6	0,5	3,8	38				0
	1	mi/lt	6,67	0,5	3,335	33,35				0
Août	2	lat	6,67	0,6	4,002	40,02	113,39	12,2	0	101,19
	3	lat	6,67	0,6	4,002	40,02				0
									Tot. Annuel.	303,812

Annexe II.15: Reserve d'humidité facilement utilisable (RFU)

Expert PDF Evaluation

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 (p) ET RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (p.Sa) POUR DIFFERENTS TYPES DE SOLS (en mm/m de profondeur) QUAND ETcult = 5-6 mm/jour

Culture	Profondeur d'enracinement (d) m	Fraction (p) de l'eau utilisable ¹	Réserve d'eau facilement utilisable (p.Sa) mm/m ¹		
			T.fin	T.moyenne	T.grossière
Luzerne	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Banane	0.5-0.9	0.35	70	50	20
Orge ²	1.0-1.5	0.55	110	75	35
Haricot ²	0.5-0.7	0.45	90	65	30
Betterave	0.6-1.0	0.5	100	70	35
Chou	0.4-0.5	0.45	90	65	30
Carotte	0.5-1.0	0.35	70	50	20
Céleri	0.3-0.5	0.2	40	25	10
Agrumes	1.2-1.5	0.5	100	70	30
Trèfle	0.6-0.9	0.35	70	50	20
Cacao		0.2	40	30	15
Coton	1.0-1.7	0.65	130	90	40
Concombre	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Datte	1.5-2.5	0.5	100	70	30
Fruitiers cadu.	1.0-2.0	0.5	100	70	30
Lin ²	1.0-1.5	0.5	100	70	30
Céréales ²	0.9-1.5	0.6	120	80	40
Céré. d'hiver ²	1.5-2.0	0.6	120	80	40
Vigne	1.0-2.0	0.35	70	50	20
Gazon	0.5-1.5	0.5	100	70	30
Arachide	0.5-1.0	0.4	80	55	25
Laitue	0.3-0.5	0.3	60	40	20
Mais ²	1.0-1.7	0.6	120	80	40
Mais-ensilage		0.5	100	70	30
Melon	1.0-1.5	0.35	70	50	25
Olivier	1.2-1.7	0.65	130	95	45
Oignons	0.3-0.5	0.25	50	35	15
Palmier	0.7-1.1	0.65	130	90	40
Pois	0.6-1.0	0.35	70	50	25
Poivron	0.5-1.0	0.25	50	35	15
Ananas	0.3-0.6	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	0.6-1.3	0.5	100	75	35
Epinard	0.3-0.5	0.2	40	30	15
Fraisier	0.2-0.3	0.15	30	20	10
Betterave suc.	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Canne à sucre ²	1.2-2.0	0.65	130	90	40
Tournesol ²	0.8-1.5	0.45	90	60	30
Patate douce	1.0-1.5	0.65	130	90	40
Tabac - init.	0.5-1.0	0.35	70	50	25
tard		0.65	130	90	40
Tomate	0.7-1.5	0.4	80	60	25
Légumes	0.3-0.6	0.2	40	30	15
Blé	1.0-1.5	0.55	105	70	35
maturité		0.9	180	130	55
Volume total d'eau du sol disponible (Sa) (mm/m)			200	140	60

Annexe III.1 : Calcul de débit des tronçons suivant la loi de CLEMENT

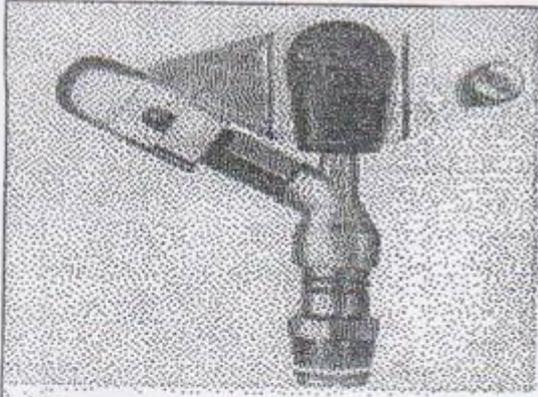
tronçons	surfaces	surfaces cumulée	10	20	30	40	50	60	TOTAL	Débit installée	PROBABILITE	R.p.d	q	$R.p.q.d^2$	$U^* \text{ Racine } (R.p.q.d^2)$	DEBIT CLEMENT	%	Débit des tronçons (m ³ /h)	Débit des tronçons
B45 - 44	32	32			1	2			3	110								110,00	30,56
B44 - 44	2	2	1						1	10								10,00	2,78
44 - 41		34							4	120								120,00	33,33
B43 - 43	58	58	1					3	4	190								190,00	52,78
B42 - 43	5	5		1					1	20								20,00	5,56
43 - 42		63							5	210	0,06	13,54	0,94	681,66	36,16	49,70	23,67	49,70	13,81
B41 - 42	3	3	1						1	10								10,00	2,78
42 - 41		66							6	220	0,05	16,66	0,95	579,66	33,35	50,00	22,73	50,00	13,89
41 - 36		100							10	340	0,03	9,80	0,97	477,51	30,27	40,06	11,78	40,06	11,13
B40-40	4	4		1					1	20								20,00	5,56
B39-40	5	5		1					1	20								20,00	5,56
40-39		9							2	40								40,00	11,11
B38-39	2	2	1						1	10								10,00	2,78
39-38		11							3	50								50,00	13,89
B37-38	2	2	1						1	10								10,00	2,78
38-37		13							4	60								60,00	16,67
B36-37	1	1	1						1	10								10,00	2,78
37-36		14							5	70	0,04	1,29	0,96	12,34	4,87	6,16	8,79	6,16	1,71

36-31		114						15	410	0,02	8,17	0,98	326,06	25,01	33,18	8,09	33,18	9,22
B35-35	12	12				1		1	40								40,00	11,11
B34-35	20	20			1	1		2	70								70,00	19,44
35-34		32						3	110								110,00	30,56
B33-34	2	2	1					1	10								10,00	2,78
34-33		34						4	120								120,00	33,33
B32-33	2,5	2,5	1					1	10								10,00	2,78
33-32		36,5						5	130	0,06	7,85	0,94	243,84	21,63	29,47	22,67	29,47	8,19
B31-32	3,5	3,5		1				1	20								20,00	5,56
32-31		40						6	150	0,05	7,16	0,95	213,77	20,25	27,41	18,28	27,41	7,62
31-1		154						21	560	0,01	7,60	0,99	291,38	23,64	31,24	5,58	31,24	8,68
																		0,00
B30-30	1	1	1					1	10								10,00	2,78
B29-30	11	11		1				1	20								20,00	5,56
30-29		12						2	30								30,00	8,33
B28-29	3	3	1					1	10								10,00	2,78
29-28		15						3	40								40,00	11,11
B27-28	3	3	1					1	10								10,00	2,78
28-27		18						4	50								50,00	13,89
B26-27	12	12				1		1	40								40,00	11,11
27-22		30						5	90	0,07	6,45	0,93	152,98	17,13	23,58	26,20	23,58	6,55
B25-26	3	3	1					1	10								10,00	2,78
B24-26	14	14					1	1	50								50,00	13,89
26-25		17						2	60								60,00	16,67
B23-25	26	26				1	1	2	90								90,00	25,00
25-24		43						4	150								150,00	41,67

B22-24	7	7			1			1	30									30,00	8,33
24-23		50						5	180	0,06	10,15	0,94	421,06	28,42	38,57	21,43	38,57	10,71	
B21-23	16	16			2			2	60									60,00	16,67
23-22		66						7	240	0,04	9,71	0,96	376,07	26,86	36,57	15,24	36,57	10,16	
22-12		96						12	330	0,03	7,82	0,97	274,04	22,93	30,74	9,32	30,74	8,54	
B20-21	10	10				1		1	40									40,00	11,11
B19-21	5	5		1				1	20									20,00	5,56
21-16		15						2	60									60,00	16,67
B18-20	2	2	1					1	10									10,00	2,78
B17-20	2	2	1					1	10									10,00	2,78
20-19		4						2	20									20,00	5,56
B16-19	3	3	1					1	10									10,00	2,78
19-18		7						3	30									30,00	8,33
B15-18	1	1	1					1	10									10,00	2,78
18-17		8						4	40									40,00	11,11
B14-17	1	1	1					1	10									10,00	2,78
17-16		9						5	50	0,04	1,93	0,96	18,60	5,97	7,91	15,81	7,91	2,20	
16-15		24						7	110	0,03	4,02	0,97	84,18	12,71	16,73	15,21	16,73	4,65	
B13-15	9	9			1			1	30									30,00	8,33
15-14		33						8	140	0,03	4,75	0,97	107,32	14,35	19,10	13,64	19,10	5,30	
B12-14	9	9			1			1	30									30,00	8,33
14-13		42						9	170	0,03	5,31	0,97	125,98	15,55	20,86	12,27	20,86	5,79	
B11-13	16	16			2			2	60									60,00	16,67
13-12		58						11	230	0,02	5,91	0,98	148,99	16,91	22,82	9,92	22,82	6,34	
12-7		154						23	530	0,01	7,60	0,99	238,39	21,38	28,99	5,47	28,99	8,05	
B10-11	16	16			2			2	60									60,00	16,67

B9-11	2	2	1					1	10									10,00	2,78
11-10		18						3	70									70,00	19,44
B8-10	2	2	1					1	10									10,00	2,78
10-9		20						4	80									80,00	22,22
B7-9	10	10	1					1	10									10,00	2,78
9-8		30						5	90	0,07	6,45	0,93	139,68	16,37	22,82	25,35		22,82	6,34
B6-8	16	16			2			2	60									60,00	16,67
8-7		46						7	150	0,05	7,06	0,95	174,97	18,32	25,38	16,92		25,38	7,05
7-2		200						30	680	0,01	7,48	0,99	226,23	20,83	28,31	4,16		28,31	7,86
B5-6	4	4		1				1	20									20,00	5,56
B4-6	4	4		1				1	20									20,00	5,56
6-5		8						2	40									40,00	11,11
B3-5	2	2	1					1	10									10,00	2,78
5-4		10						3	50									50,00	13,89
B2-4	20	20			1	1		2	70									70,00	19,44
4-3		30						5	120	0,05	6,45	0,95	172,88	18,21	24,66	20,55		24,66	6,85
B1-3	16	16			2			2	60									60,00	16,67
3-2		46						6	180	0,05	8,24	0,95	227,13	20,87	29,11	16,17		29,11	8,09
2-1		246						37	860	0,01	7,39	0,99	221,64	20,62	28,01	3,26		28,01	7,78
1-R		400						58	1420	0,01	7,57	0,99	250,79	21,93	29,50	2,08		29,50	8,19

Annexe III.2 : Fiche technique d'un arroseur



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

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

Ø de la buse mm	pression à la buse bar	portée m	débit m³/h	espacement m		surface irriguée m²		densité d'aspersion mm/h	
				□	△	□	△	□	△
				disp.	disp.	disp.	disp.	disp.	disp.
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,5
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6,0	2,5	16,2	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76
7,0	2,5	17,5	2,98	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	8,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	8,5	6,7

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

Annexe III.3 : les résultats du calcul hydraulique du réseau de distribution.

Tronçons	Débit en (l/s)	Débit en (m ³ /s)	Diamètre en mm.	Les diamètres choisis (mm)	Longueur (m)	vitesse m/s	Perte de charge unitaire	Perte de charge totale	Côte piézométrique		CT N		CT P		CHARGE	
									(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
							m/m	m	Aval	Amon t	Aval	Amon t	Aval	Amon t	Aval	Amon t
B45 - 44	28,54 4	0,0285 44	168,94 97	180	753	1,12	0,003	2,366	763,3 4	765,7 1	718,34	711,56	716,8 4	710,0 6	45	54,14 6
B44 - 44	1,784	0,0017 84	42,237 424	50	15	0,91	0,011	0,168	756,0 4	756,2 1	711,04	711,56	709,5 4	710,0 6	45	44,64 8
44 - 41	30,32 8	0,0303 28	174,14 936	180	364	1,19	0,003	1,272	765,7 1	766,9 8	711,56	676,47	710,0 6	674,9 7	54,146	90,50 8
B43 - 43	51,73 6	0,0517 36	227,45 549	250	642	1,05	0,002	1,196	762,4 4	763,6 4	717,44	689,34	715,9 4	687,8 4	45	74,29 6
B42 - 43	4,46	0,0044 6	66,783 231	75	24	1,01	0,008	0,191	735,0 3	735,2 2	690,03	689,34	688,5 3	687,8 4	45	45,88 1
43 - 42	56,19 6	0,0561 96	237,05 696	250	142	1,15	0,002	0,305	763,6 4	763,9 4	689,34	681,22	687,8 4	679,7 2	74,296	82,72 1
B41 - 42	2,676	0,0026 76	51,730 069	63	25	0,86	0,007	0,182	727,0 5	727,2 3	682,05	681,22	680,5 5	679,7 2	45	46,01 2
42 -	58,87	0,0588	242,63	250	52	1,20	0,002	0,121	763,9	764,0	681,22	676,47	679,7	674,9	82,721	87,59

41	2	72	553						4	6			2	7		2
41 - 36	89,2	0,0892	298,66 369	315	374	1,15	0,002	0,601	766,9 8	767,5 8	676,47	684,55	674,9 7	683,0 5	90,508	83,02 9
B40- 40	3,568	0,0035 68	59,732 738	63	204	1,15	0,012	2,496	745,0 1	747,5 1	700,01	675,30	698,5 1	673,8 0	45	72,20 6
B39- 40	4,46	0,0044 6	66,783 231	75	24	1,01	0,008	0,191	718,0 2	718,2 1	673,02	675,30	671,5 2	673,8 0	45	42,91 1
40- 39	8,028	0,0080 28	89,599 107	90	187	1,26	0,009	1,733	747,5 1	749,2 4	675,30	681,5	673,8 0	680,0 0	72,206	67,73 9
B38- 39	1,784	0,0017 84	42,237 424	50	25	0,91	0,011	0,272	725,0 4	725,3 1	680,04	681,5	678,5 4	680,0 0	45	43,81 2
39- 38	9,812	0,0098 12	99,055 54	100	61	1,25	0,008	0,484	749,2 4	749,7 2	681,5	682,89	680,0 0	681,3 9	67,739	66,83 3
B37- 38	1,784	0,0017 84	42,237 424	50	25	0,91	0,011	0,274	725,9 5	726,2 2	680,95	682,89	679,4 5	681,3 9	45	43,33 4
38- 37	11,59 6	0,0115 96	107,68 473	110	68	1,22	0,007	0,461	749,7 2	750,1 8	682,89	683,87	681,3 9	682,3 7	66,833	66,31 4
B36- 37	0,892	0,0008 92	29,866 369	32	25	1,11	0,027	0,678	726,2 5	726,9 3	681,25	683,87	679,7 5	682,3 7	45	43,05 8
37- 36	12,48 8	0,0124 88	111,74 972	125	51	1,02	0,004	0,213	750,1 8	750,4 0	683,87	684,55	682,3 7	683,0 5	66,314	65,84 7

36-31	101,688	0,101688	318,88556	355	260	1,03	0,001	0,298	767,58	767,88	684,55	687,73	683,05	686,23	83,029	80,147
B35-35	10,704	0,010704	103,46014	110	1006	1,13	0,006	5,919	763,61	769,53	718,61	690,15	717,11	688,65	45	79,379
B34-35	17,84	0,01784	133,56646	140	145	1,16	0,005	0,662	726,38	727,04	681,38	690,15	679,88	688,65	45	36,892
35-34	28,544	0,028544	168,9497	180	383	1,12	0,003	1,202	769,53	770,73	690,15	692,95	688,65	691,45	79,379	77,781
B33-34	1,784	0,001784	42,237424	50	24	0,91	0,011	0,265	737,37	737,64	692,37	692,95	690,87	691,45	45	44,685
34-33	30,328	0,030328	174,14936	180	65	1,19	0,003	0,227	770,73	770,96	692,95	694,47	691,45	692,97	77,781	76,488
B32-33	2,23	0,00223	47,222876	50	24	1,14	0,016	0,392	738,15	738,54	693,15	694,47	691,65	692,97	45	44,072
33-32	32,558	0,032558	180,43836	200	68	1,04	0,002	0,164	770,96	771,12	694,47	695,54	692,97	694,04	76,488	75,582
B31-32	3,122	0,003122	55,87486	63	25	1,00	0,010	0,241	738,35	738,59	693,35	695,54	691,85	694,04	45	43,051
32-31	35,68	0,03568	188,8915	200	49	1,14	0,003	0,137	771,12	771,26	695,54	695,35	694,04	693,85	75,582	75,909
31-1	137,368	0,137368	370,63189	400	120	1,09	0,001	0,132	775,50	775,63	695,35	696,76	693,85	695,26	80,147	78,869

B30-30	0,892	0,000892	29,866369	32	372	1,11	0,027	10,100	733,32	743,42	688,32	697,67	686,82	696,17	45	45,750
B29-30	9,812	0,009812	99,05554	100	187	1,25	0,008	1,488	749,85	751,34	704,85	697,67	703,35	696,17	45	53,668
30-29	10,704	0,010704	103,46014	110	206	1,13	0,006	1,210	751,34	752,55	697,67	702,09	696,17	700,59	53,668	50,458
B28-29	2,676	0,002676	51,730069	63	25	0,86	0,007	0,183	750,45	750,63	705,45	702,09	703,95	700,59	45	48,543
29-28	13,38	0,01338	115,67195	125	123	1,09	0,005	0,582	752,55	753,13	702,09	707,75	700,59	706,25	50,458	45,380
B27-28	2,676	0,002676	51,730069	63	25	0,86	0,007	0,182	754,50	754,68	709,5	707,75	708,00	706,25	45	46,932
28-27	16,056	0,016056	126,71227	140	302	1,04	0,004	1,146	754,68	755,83	707,75	719,00	706,25	717,50	46,932	36,828
B26-27	10,704	0,010704	103,46014	110	5	1,13	0,006	0,030	763,50	763,53	718,5	719,00	717,00	717,50	45	44,530
27-22	26,76	0,02676	163,58484	180	260	1,05	0,003	0,729	763,53	764,26	719,00	725,15	717,50	723,65	44,53	39,109
B25-26	2,676	0,002676	51,730069	63	588	0,86	0,007	4,345	752,14	756,48	707,14	704,51	705,64	703,01	45	51,975

B24-26	12,48 8	0,0124 88	111,74 972	125	244	1,02	0,004	1,023	763,7 3	764,7 5	718,73	704,51	717,2 3	703,0 1	45	60,24 3
26-25	15,16 4	0,0151 64	123,14 219	125	564	1,24	0,006	3,323	764,7 5	768,0 8	704,51	702,19	703,0 1	700,6 9	60,243	65,88 6
B23-25	23,19 2	0,0231 92	152,28 92	160	87	1,15	0,004	0,331	750,0 8	750,4 1	705,08	702,19	703,5 8	700,6 9	45	48,22 1
25-24	38,35 6	0,0383 56	195,84 688	200	436	1,22	0,003	1,391	768,0 8	769,4 7	702,19	712,33	700,6 9	710,8 3	65,886	57,13 7
B22-24	6,244	0,0062 44	79,018 985	80	24	1,24	0,010	0,254	756,8 5	757,1 0	711,85	712,33	710,3 5	710,8 3	45	44,77 4
24-23	44,6	0,0446	211,18 712	225	353	1,12	0,002	0,837	768,1 6	769,0 0	712,33	719,29	710,8 3	717,7 9	55,832	49,70 9
B21-23	14,27 2	0,0142 72	119,46 548	125	140	1,16	0,005	0,743	753,4 7	754,2 1	708,47	719,29	706,9 7	717,7 9	45	34,92 3
23-22	58,87 2	0,0588 72	242,63 553	250	226	1,20	0,002	0,528	769,0 0	769,5 3	719,29	725,15	717,7 9	723,6 5	49,709	44,37 7
22-12	85,63 2	0,0856 32	292,62 946	315	340	1,10	0,001	0,509	769,5 3	770,0 4	725,15	717,54	723,6 5	716,0 4	44,377	52,49 6
B20-21	8,92	0,0089 2	94,445 752	100	142	1,14	0,007	0,954	757,4 5	758,4 0	712,45	716,95	710,9 5	715,4 5	45	41,45 4
B19-21	4,46	0,0044 6	66,783 231	75	19	1,01	0,008	0,149	760,1 2	760,2 7	715,12	716,95	713,6 2	715,4 5	45	43,31 9

21-16	13,38	0,0133 8	115,67 195	125	346	1,09	0,005	1,639	760,2 7	761,9 1	716,95	709,5	715,4 5	708,0 0	43,319	52,40 8
B18-20	1,784	0,0017 84	42,237 424	50	76	0,91	0,011	0,830	751,0 0	751,8 3	706	707,58	704,5 0	706,0 8	45	44,25 0
B17-20	1,784	0,0017 84	42,237 424	50	6	0,91	0,011	0,062	752,0 8	752,1 4	707,08	707,58	705,5 8	706,0 8	45	44,56 2
20-19	3,568	0,0035 68	59,732 738	63	88	1,15	0,012	1,077	752,1 4	753,2 2	707,58	709,95	706,0 8	708,4 5	44,562	43,26 9
B16-19	2,676	0,0026 76	51,730 069	63	6	0,86	0,007	0,044	754,4 5	754,4 9	709,45	709,95	707,9 5	708,4 5	45	44,54 4
19-18	6,244	0,0062 44	79,018 985	80	88	1,24	0,010	0,918	754,4 9	755,4 1	709,95	709,53	708,4 5	708,0 3	44,544	45,88 2
B15-18	0,892	0,0008 92	29,866 369	32	6	1,11	0,027	0,167	754,0 3	754,2 0	709,03	709,53	707,5 3	708,0 3	45	44,66 7
18-17	7,136	0,0071 36	84,474 848	90	34	1,12	0,008	0,256	755,4 1	755,6 7	709,53	709,51	708,0 3	708,0 1	45,882	46,15 8
B14-17	0,892	0,0008 92	29,866 369	32	6	1,11	0,027	0,150	754,0 2	754,1 7	709,02	709,51	707,5 2	708,0 1	45	44,66 0
17-16	8,028	0,0080 28	89,599 107	90	15	1,26	0,009	0,142	755,6 7	755,8 1	709,51	709,5	708,0 1	708,0 0	46,158	46,31 0
16-15	21,40 8	0,0214 08	146,31 473	160	143	1,07	0,003	0,476	761,9 1	762,3 8	709,5	702,44	708,0 0	700,9 4	52,408	59,94 4

B13-15	8,028	0,0080 28	89,599 107	90	7	1,26	0,009	0,067	747,1 5	747,2 2	702,15	702,44	700,6 5	700,9 4	45	44,77 7
15-14	29,43 6	0,0294 36	171,56 923	180	268	1,16	0,003	0,889	762,3 8	763,2 7	702,44	706,15	700,9 4	704,6 5	59,944	57,12 3
B12-14	8,028	0,0080 28	89,599 107	90	9	1,26	0,009	0,082	750,0 7	750,1 5	705,07	706,15	703,5 7	704,6 5	45	44,00 2
14-13	37,46 4	0,0374 64	193,55 619	200	330	1,19	0,003	1,011	758,6 5	759,6 6	706,15	707,98	704,6 5	706,4 8	52,496	51,67 7
B11-13	14,27 2	0,0142 72	119,46 548	125	170	1,16	0,005	0,901	760,4 9	761,3 9	715,49	707,98	713,9 9	706,4 8	45	53,41 1
13-12	51,73 6	0,0517 36	227,45 549	250	224	1,05	0,002	0,418	764,2 8	764,7 0	707,98	717,54	706,4 8	716,0 4	56,304	47,16 2
12-7	137,3 68	0,1373 68	370,63 189	400	388	1,09	0,001	0,426	768,0 4	768,4 6	717,54	711,24	716,0 4	709,7 4	50,496	57,22 2
B10-11	14,27 2	0,0142 72	119,46 548	125	433	1,16	0,005	2,297	740,3 7	742,6 7	695,37	703,77	693,8 7	702,2 7	45	38,89 7
B9-11	1,784	0,0017 84	42,237 424	50	24	0,91	0,011	0,264	748,2 7	748,5 3	703,27	703,77	701,7 7	702,2 7	45	44,76 4
11-10	16,05 6	0,0160 56	126,71 227	140	74	1,04	0,004	0,281	748,5 3	748,8 2	703,77	702,38	702,2 7	700,8 8	44,764	46,43 5
B8-10	1,784	0,0017 84	42,237 424	50	24	0,91	0,011	0,262	746,9 8	747,2 4	701,98	702,38	700,4 8	700,8 8	45	44,86 2

10-9	17,84	0,0178 4	133,56 646	140	239	1,16	0,005	1,092	748,8 2	749,9 1	702,38	701,26	700,8 8	699,7 6	46,435	48,64 7
B7-9	8,92	0,0089 2	94,445 752	100	7	1,14	0,007	0,050	746,2 5	746,3 0	701,25	701,26	699,7 5	699,7 6	45	45,04 0
9-8	32,11 2	0,0321 12	179,19 821	180	290	1,26	0,004	1,118	749,9 1	751,0 3	701,26	706,26	699,7 6	704,7 6	48,647	44,76 5
B6-8	14,27 2	0,0142 72	119,46 548	125	188	1,16	0,005	0,996	748,1 4	749,1 4	703,14	706,26	701,6 4	704,7 6	45	42,87 6
8-7	46,38 4	0,0463 84	215,36 945	225	227	1,17	0,003	0,576	751,0 3	751,6 0	706,26	711,24	704,7 6	709,7 4	44,765	40,36 1
7-2	183,7 52	0,1837 52	428,66 304	450	358	1,16	0,001	0,374	768,4 6	768,8 4	711,24	696,76	709,7 4	695,2 6	57,222	72,07 6
B5-6	3,568	0,0035 68	59,732 738	63	205	1,15	0,012	2,507	769,0 1	771,5 2	724,01	717,03	722,5 1	715,5 3	45	54,48 7
B4-6	3,568	0,0035 68	59,732 738	63	24	1,15	0,012	0,293	763,8 0	764,0 9	718,8	717,03	717,3 0	715,5 3	45	47,06 3
6-5	7,136	0,0071 36	84,474 848	90	118	1,12	0,008	0,886	771,5 2	772,4 0	717,03	709,75	715,5 3	708,2 5	54,487	62,65 3
B3-5	1,784	0,0017 84	42,237 424	50	24	0,91	0,011	0,262	756,8 5	757,1 1	711,85	709,75	710,3 5	708,2 5	45	47,36 2
5-4	8,92	0,0089 2	94,445 752	100	459	1,14	0,007	3,094	772,4 0	775,5 0	709,75	686,38	708,2 5	684,8 8	62,653	89,11 7

B2-4	17,84	0,0178 4	133,56 646	140	169	1,16	0,005	0,773	746,4 5	747,2 2	701,45	686,38	699,9 5	684,8 8	45	60,84 3
4-3	26,76	0,0267 6	163,58 484	180	534	1,05	0,003	1,500	775,5 0	777,0 0	686,38	697,41	684,8 8	695,9 1	89,117	79,58 7
B1-3	14,27 2	0,0142 72	119,46 548	125	144	1,16	0,005	0,762	739,9 6	740,7 2	694,96	697,41	693,4 6	695,9 1	45	43,31 2
3-2	41,03 2	0,0410 32	202,56 357	225	216	1,03	0,002	0,444	777,0 0	777,4 4	697,41	696,78	695,9 1	695,2 8	79,587	80,66 1
2-1	224,7 84	0,2247 84	474,11 391	500	186	1,15	0,001	0,167	777,4 4	777,6 1	696,78	696,76	695,2 8	695,2 6	80,661	80,84 8
1-R	362,1 52	0,3621 52	601,79 066	630	1115	1,16	0,001	0,768	777,6 1	778,3 8	696,76	776	695,2 6	774,5 0	80,848	2,376