

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
-ARBAOUI ABDELLAH-**

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**OPTION : Conception des systèmes d'irrigation et
drainage**

THEME :

**ETUDE DU PERIMETRE D'IRRIGATION LES ARRIBS
(SECTEUR 01) A PARTIR DU BARRAGE LEKHEL
(WILAYA DE BOUIRA)**

Présenté par :

M^r : SKENDRAOUI HOCINE

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

	Nom et Prénom	Grade	Qualité
M ^r	RASSOUL Abdelaziz	M.C.A	Président
M ^{me}	AZIEZ Wahiba	M.A.A	Examinatrice
M ^r	YAHIAOUI Samir	M.A.A	Examineur
M ^r	KERID Rachid	M.A.A	Examineur
M ^r	BENKACI Ali Tarik	M.C.B	Promoteur

JUIN 2017

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma mère

A mon père

Pour tous les sacrifices et leur soutien moral et matériel dont ils ont fait preuve pour que je réussisse.

A mes frères et sœurs ;

A tous mes amis et spécialement mes amis et frères en ALLAH ;

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, je leurs dédie ce modeste travail.

SKENDRAOUI HOCINE

REMERCIEMENTS

Je remercie avant tout dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la santé, et m'a accordé son soutien durant les périodes les plus difficiles ;

A l'issu de ce projet de fin d'études, Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à toute personne qui m'a aidé de près au de loin tout au long de mes études.

Je remercie également mes parents, ma famille de m'avoir donné le courage tout le temps

Ma reconnaissance va plus particulièrement à :

Mon promoteur M^{RE} Benkaci Ali Tarik pour sa contribution à l'élaboration de ce mémoire.

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*
- * mon ami beztout abdelhakim qui ma beaucoup aidé dans mon MFE.*

ملخص

لقد عرفت بلادنا خلال العشرية الأخيرة نقصا في الموارد المائية بفعل الجفاف من جهة والاستغلال اللاعقلاني والتبذير من جهة أخرى، فهذه العوامل وغيرها تؤثر سلبا على قطاع الزراعة.

لذا ارتأينا من خلال مشروعنا للتخرج، ضرورة التطرق إلى دراسة هذه العوامل للوصول إلى الاستغلال الأمثل للموارد المائية واقتراح حلول للمعيقات التي تصيب محيط "العريب" ببلدية عين بسام ولاية البويرة، وذلك بتصميم شبكة للسقي قادرة على توفير متطلبات الفلاحين لتحسين الإنتاج وتغطية حاجيات السكان في المنطقة وما جاورها.

Résumé

Durant la dernière décennie, l'Algérie a connu une pénurie d'eau à cause de la sécheresse chronique d'un côté, et d'un autre coté la mauvaise exploitation et le gaspiage, ces facteurs et autres influent d'une manière négative sur le domaine de l'agriculture.

Donc à travers notre projet de fin d'études, nous avons vu la nécessité d'étudier ces facteurs afin d'atteindre une utilisation optimale des ressources en eau et proposer des solutions aux obstacles qui affectent le périmètre des « Arribs » commune d'Ain Bessem wilaya de Bouira, par la conception d'un réseau d'irrigation qui est en mesure de fournir les exigences pour les agriculteurs à améliorer la production et de couvrir les besoins de la population dans la région et ses environs.

Abstract

During the last decade, Algeria has experienced a water shortage because of chronic drought on the one hand, and on the other hand, the wrong operation and waisting, these factors and others affected in a negative way the field of agriculture.

So through our project, we saw the need to consider these factors in order to achieve optimal use of water resources and propose solutions to the obstacles that affect the perimeter of "Arribs" in Ain Bessem, wilaya of Bouira, by designing an irrigation system which is able to provide the requirements of farmers to improve the production and the needs of the population in the region and its surroundings.

Liste des planches :

Planche 01 : plan du réseau d'irrigation du périmètre les Arribs (wilaya de Bouira)

Planche 02 : plan d'occupation du sol du périmètre les Arribs (wilaya de Bouira)

Planche 03 : plan du réseau projeté goutte à goutte (parcelle type N° 20)

Planche 04 : plan du réseau projeté aspersion (parcelle type N° 14₄)

Planche 05 : profil en long de la conduite de refoulement.

Planche 06 : profil en long de la conduite de distribution.

Introduction générale

L'eau est une ressource essentielle dans la vie. Elle fait l'objet d'utilisations très diverses par l'homme, elle est indispensable dans la production agricole, énergétique et industrielle.

Très limitée, la ressource en eau est de plus en plus menacée par les conséquences des activités humaines. Le nombre croissant d'utilisateurs nous oblige aujourd'hui à gérer cette ressource de manière intégrée et efficace, dans une perspective de long terme, et ainsi à trouver des solutions innovantes pour répondre à la demande.

Le recours à l'irrigation est dans la plupart des cas nécessaire pour garantir le maintien d'un niveau de production suffisant dans de nombreuses régions du monde, et pour rentabiliser l'investissement consenti afin de se prémunir contre les aléas climatiques et sécuriser la production.

Cependant, certains périmètres d'irrigation présentent un réseau vétuste, avec des dysfonctionnements hydrauliques qui se répercutent sur l'efficacité d'irrigation.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre mémoire de fin d'étude. En effet, le périmètre d'irrigation des Arribs situé dans la Wilaya de Bouira représente une riche entité agricole où l'on pratique une agriculture de type agropastorale.

La mobilisation de l'eau au niveau du barrage Lekhal pourra permettre l'intensification des cultures dans une région aride, où l'agriculture constitue la seule ressource de développement économique.

Ainsi, notre travail portera sur le diagnostic et le dimensionnement hydraulique d'un réseau d'irrigation situé dans le périmètre des Arribs, secteur 1 d'une superficie de 300 ha.

L'étude sera consacrée aux volets d'adduction et de distribution moyennant diverses techniques et lois hydrauliques qui répondent à nos conditions naturelles et techniques jusqu'à la borne d'irrigation pour faire fonctionner les différents systèmes d'arrosages projetés dans le périmètre des Arribs.

Chapitre I : Analyses des conditions naturelles

I-1) Introduction :

Ce chapitre est consacré à une présentation détaillée de notre zone d'étude, du point de vue situation géographique, caractéristiques climatiques, et socio-économiques, afin de déterminer les différents paramètres qui vont nous permettre de caractériser la zone d'étude et nous aider à connaître la nature du climat de la zone d'étude, ce qui est indispensable dans un projet d'irrigation.

I-2) Situation géographique

La région d'Ain Bessam est située à l'ouest de la ville de Bouira à environ 25 km, elle présente une superficie de 126 km². Elle est limitée par :

- Au nord par les communes de Djebahia et Ain-el –hadjar
- A l'Ouest par la commune de Khabouzia et de Bir ghalou.
- A l'est par la commune Ain Alaoui.
- Au Sud par les communes de Sour El Ghozlane et El Hachimia.



Figure I.1 : Situation géographique de la ville d'Aïn bessem (Google maps 2017)

I.2.1 Présentation du périmètre d'étude :

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

Le périmètre occupe un plateau situé entre l'Atlas Tellien 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 longueur de la plaine est parallèle à la chaîne montagneuse.

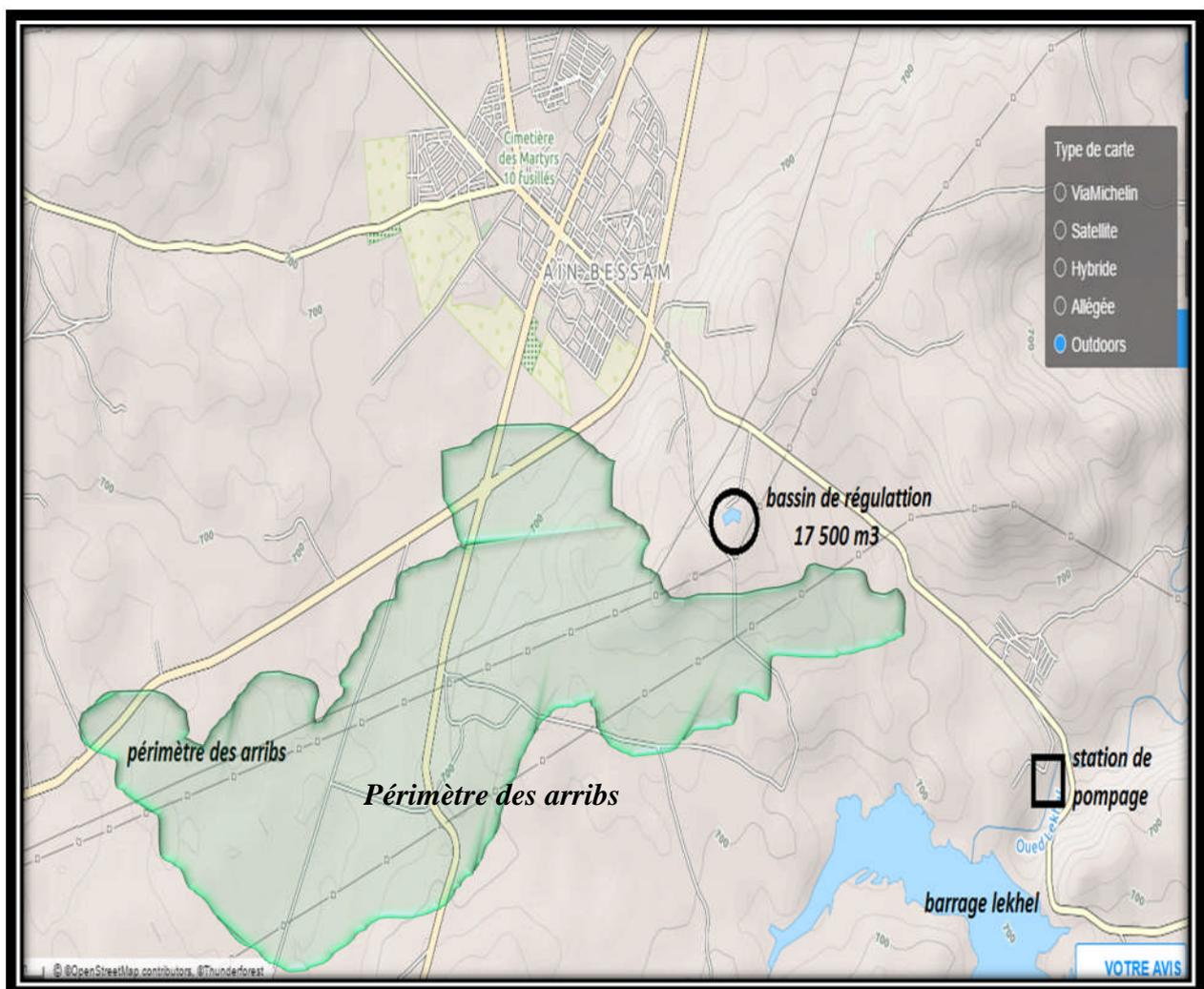


Figure I.2 : Carte du périmètre des Arribs (source : Google maps 2017)

Gestion du périmètre : La création de l'Office des périmètres irrigués de la wilaya de Bouira (PRIBO) est intervenue au mois de juin 1988. Dans le cadre de sa mission, l'Office des périmètres

irrigués de la wilaya de Bouira est chargé de la gestion, l'exploitation et l'entretien des équipements hydrauliques affectés en usage dans les deux (02) périmètres irrigués de la wilaya de Bouira :

Ain bessem : 2 200 hectares

M'chedellah : 1 600 hectares

Dans notre étude on s'intéresse au périmètre des Arribs.

Caractéristiques du périmètre :

Le périmètre des Arribs présente les caractéristiques suivantes :

Tableau I.1 : Superficies du périmètre des arribs

Sup classée	2200ha	Sup équipées	2 238 ha
Sup irrigable	2 192 ha	Sup irriguée	11 396 ha (2002 / 2013)

Source : OPIBO Ain bessem

Le périmètre d'irrigation des Arribs, s'étend sur une superficie totale de 2200 Hectares, il se divise en trois (03) secteurs représentés dans le tableau suivant :

Tableau I.2 : Situation du périmètre.

Secteurs	CP1	CP2	CP3
Superficie (ha)	300	1500	400
Altitudes moyenne (m)	686.16	643.95	723.70

Dans notre mémoire on s'intéresse à l'aménagement du secteur CP1 qui est une zone d'irrigation à moyenne altitude (686.16 m) en rapport à l'altitude de l'implantation du bassin de régulation (767.5 m). De sa position géographique, le secteur CP1 se trouve au Nord du bassin, englobant une superficie totale de 300 Ha.

I-3 Caractéristiques topographiques de la zone :

1.3.1 Relief

Sur le plan topographique, la zone d'étude qui fait partie du territoire des trois (03) communes à savoir : Ain-bessem (948 ha), bir-ghbalou (345,5 ha) et Raouraoua (944,50 ha) occupe un plateau situé entre l'Atlas Tellien et la chaîne montagneuse de Sour El-Ghozlane. Il est caractérisé par une altitude moyenne de 600 à 700 mètres.

Le relief du terrain est plat et par endroits accidenté. La pente du terrain est généralement faible et convient à l'irrigation en particulier pour la partie centrale à la périphérie. La pente s'accroît et

dépasse 3% dans certains endroits, par conséquent l'arrosage par le mode gravitaire provoque l'érosion du sol.

I-3.2 Hydrographie

La ligne de partage des eaux superficielles divise la plaine en deux (02) parties inclinées, respectivement au Nord-est et au Sud –Ouest sous une pente de 6 %. La région d'étude est traversée par divers affluents qui ont un écoulement généralement temporaire.

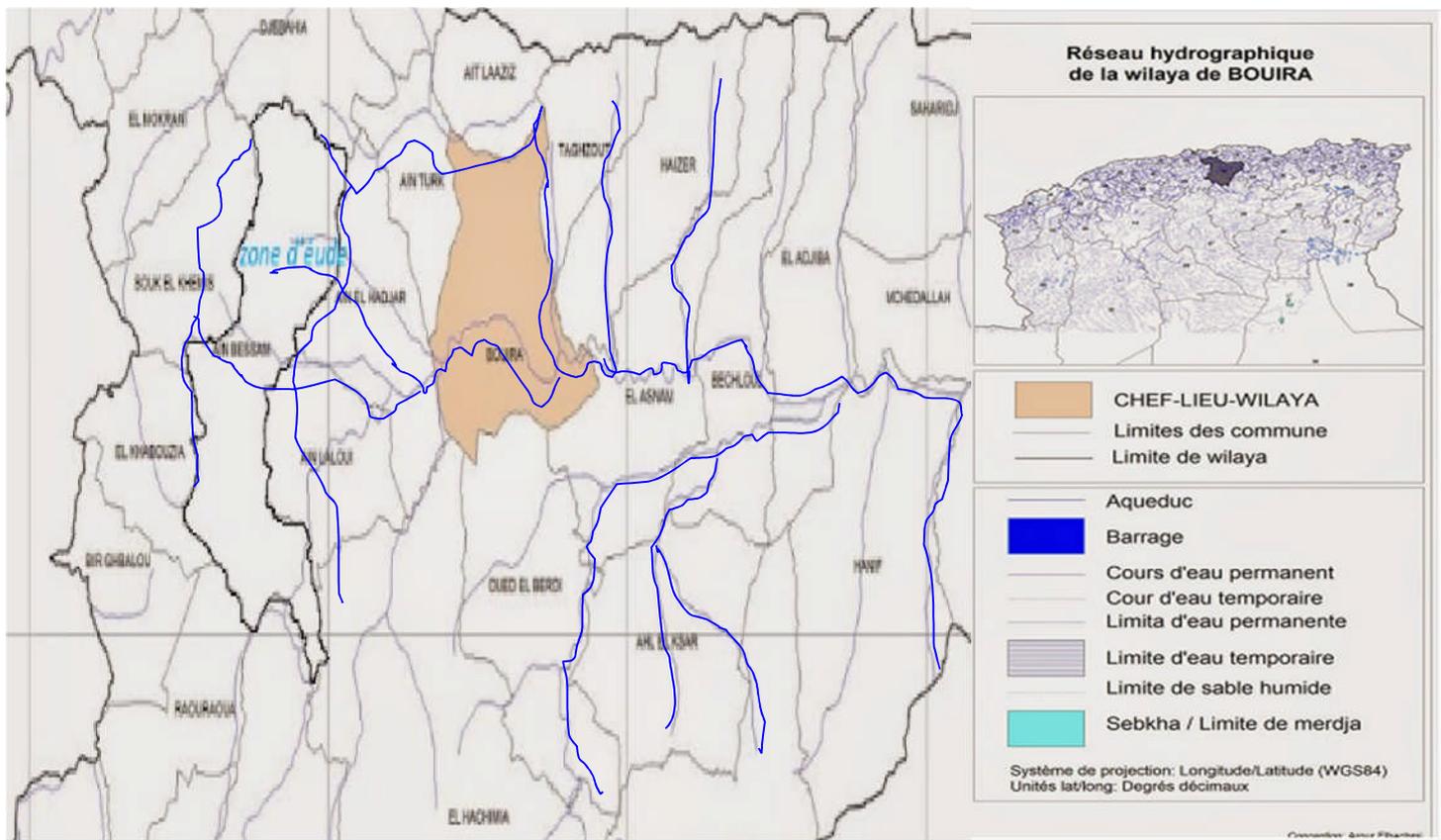


Figure N° I.3 : Carte de réseau hydrographique de la commune d'Ain bessem

I-4 Climatologie :

Les données météorologiques et climatologiques sont très importantes dans la planification et la gestion des projets d'irrigation. Elles permettent de délimiter une région en différentes zones agro-météorologiques spécifiques pour chaque spéculation agricole.

Dans un projet d'irrigation, les facteurs climatiques les plus déterminants sont la température de l'air, l'humidité relative, l'intensité des vents et leur direction ; ils constituent un ensemble d'éléments

décisifs.

I-4-1 Présentation de la station météorologique :

Toutes les données climatologiques ont été recueillies auprès de la station météorologique de Ain Bessam relevant de l'office national de la météorologie (O.N.M).

La station de Ain Bessem est localisée à 3 Km à la sortie Sud sur la route de Ain Bessem.

Les caractéristiques de la station sont résumées dans le tableau suivant:

Tableau 1.3 : Coordonnées de la station météorologique d'Ain bassem.

Nom de la station	Coordonnées UTM		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
	Latitude	Longitude			
Ain Bassem	36°19'	0°32' E	748	1975-2016	41

Source : Office National Météorologique(ONM)

I-4-2 Température de l'air :

La température est un facteur climatique très important elle conditionne l'évapotranspiration des cultures, et intervient dans la germination et le développement des cultures. Les moyennes mensuelles et annuelles sont représentées dans le tableau ci-après :

Tableau I-4 : Moyennes des températures mensuelles.

Station	T°(C)	J	F	M	A	M	J	JU	A	S	O	N	D	Année
Ain Bessam	Min	0,6	-1	1,4	3,5	1,5	8	10,3	13,3	12	8,2	3	2,2	5,3
	Moy	9,8	9,9	9,7	14,7	17,8	22,9	27	25,3	21,6	20,2	12,8	9,7	16,8
	Max	21,6	24,5	28,4	29,5	39,5	38	41	39,5	36,5	33,3	26,5	18,8	31,4

Source : Office National Météorologique (Ain Bessem)

D'après le tableau I.5, on remarque que les mois les plus chauds sont les mois de Juillet et Aout, avec une moyenne de 26°C, tandis que la période froide correspond aux mois de Décembre et janvier, avec une moyenne de 9.7 °C.

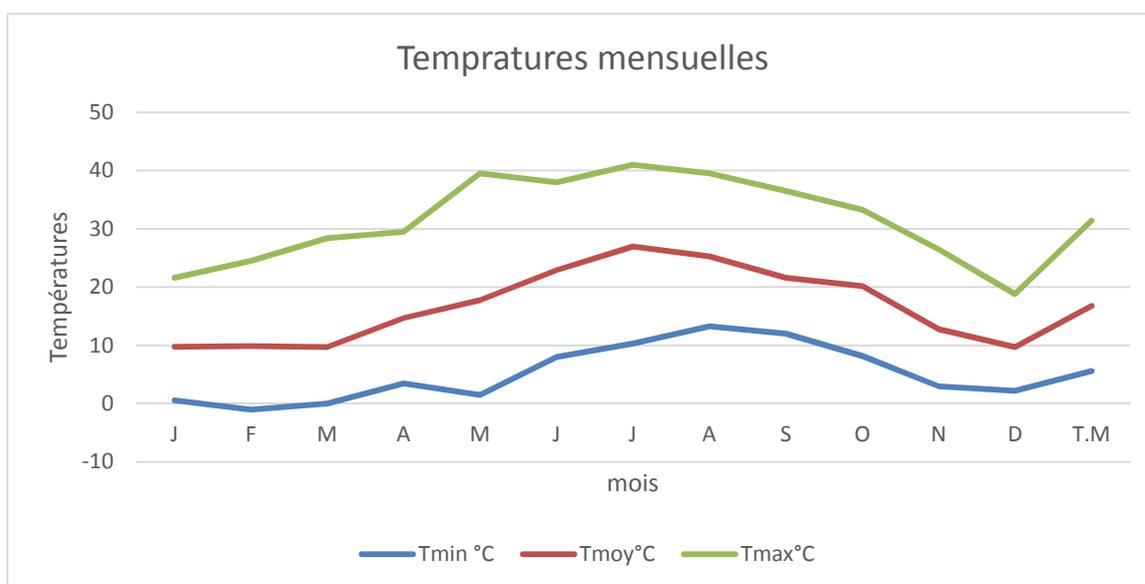


Figure I.4 : Evolution des températures moyennes mensuelles (2016)

1-4-3 Evaporation

L'évaporation est importante dans les études du bilan hydrique et intervient dans le dimensionnement des réservoirs de barrages, le dimensionnement d'un réseau d'irrigation, etc.

L'évaporation est déterminée à partir de mesures faites au niveau de la station de Bouira par le biais du bac Colorado. Après l'analyse des données expérimentales, il en résulte que l'évaporation moyenne annuelle est de l'ordre de 1300 mm.

1-4-4 Etude des précipitations

L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable en irrigation afin d'évaluer la lame d'eau tombée sur l'ensemble du bassin versant et de déduire le régime pluviométrique.

Les données collectées proviennent de la station météorologique de la commune de Ain Bessam, les relevés pluviométriques observés sur lesquels se base notre étude ont couvert la période allant de 1975 à 2016 soit une série d'une 41 ans.

Tableau I-5 : Répartition mensuelle des précipitations.

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
P (mm)	23	9,7	27,6	49,9	50,6	51,4	112	31,3	68,7	3,4	0,3	0	428,0
P %	5.4	2.3	6.4	11.7	11.8	12.0	26.2	7.3	16.1	0.8	0.1	0.0	100

Source : Office National Météorologique (Ain Bessam)

Les données du tableau I-6 indiquent une moyenne annuelle faible généralement ne dépasse pas les 430 mm, on peut constater :

- Une saison humide de novembre en mai, où la pluviométrie atteint en moyenne 80% des Précipitations totales annuelles, avec un maximum de 112 mm pour le mois de Mars
- Une saison sèche correspond aux mois de juin, juillet et Août avec un minimum de 0 mm.

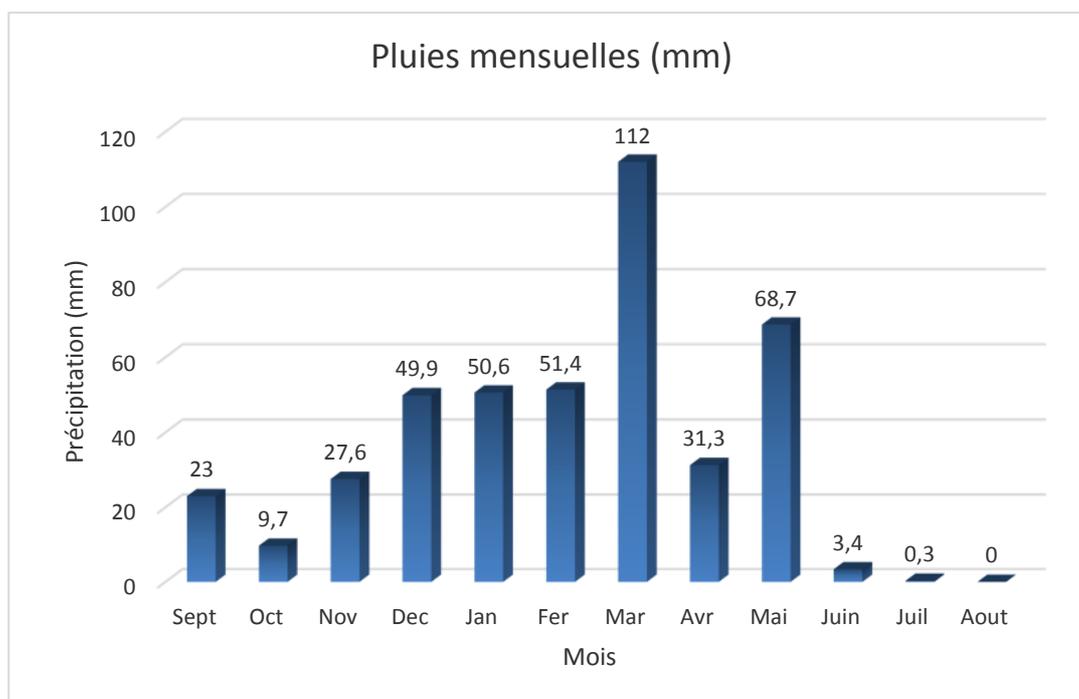


Figure I-5 : Précipitations moyennes mensuelles (station Ain Bessem).

I-4-5 Humidité relative :

C'est un élément important du cycle hydrologique qui sert à contrôler l'évaporation du sol et la couverture végétale et représente le degré de saturation de l'air en vapeur d'eau. L'humidité de l'air est donnée par le tableau suivant :

Tableau I-6 : Humidités Relatives moyennes mensuelles de la zone d'étude.

Mo is	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar s	Avri l	Mai s	Jui n	Juil .	Août
Humidité (%)	60,7	60,2	70,8	82,7	77	76	78,6	68,1	65,2	55,4	46,2	54

Source : Office National Météorologique (Ain Bessam).

D'après le tableau I.8 l'humidité relative annuelle moyenne est de 69.0 %. Le mois le plus sec de l'année est Juillet avec une humidité moyenne de l'air de 46.

I-4-6. Le vent :

C'est un facteur déterminant pour le choix du système d'irrigation tels que l'aspersion. Les vents dominants sont ceux qui soufflent du N.E et de l'Ouest.

Tableau I-7: Vitesse moyenne du vent en m/s.

mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	M.an
V (m/s)	2.8	3.0	3.4	3.3	3.1	3.0	3.0	3	2.9	2.7	2.9	2.9	3

Source : Office National Météorologique (Ain Bessam).

La vitesse moyenne annuelle des vents varie de 2,7 à 3 m/s.

I-4-7. Le sirocco :

C'est un vent Saharien, chaud et sec, soufflant vers le littoral. Il est destructif pour les végétaux, provoquant leurs flétrissement avec baisse de rendement. Le nombre de jours de sirocco est en moyenne de 11 jours. La période de pointe est observée en Aout avec 4 jours.

I-4-8 L'insolation :

Les valeurs mensuelles moyennes d'insolations sont présentées sur ce tableau. Le nombre d'heures d'ensoleillement dans la région est élevé.

Tableau I-8 : Durée moyenne mensuelle de l'insolation (h):

mois	Janv	Fev	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
L'insolation (heurs)	175	182	201	297	346	326	368	348	250	258	153	153

Source : Office National Météorologique (Ain Bessam).

I-5) Indices Agro-météorologiques :

Pour la classification du climat, on utilise généralement les paramètres agro- météorologiques, qui reposent sur la température et la pluviométrie de la zone.

I-5-1) Indice de Martonne

L'indice d'aridité de Martonne est un paramètre qui permet la classification du climat en fonction d'un rapport de température sur la pluviométrie annuelle, cet indice nous renseigne sur la nécessité d'introduction de l'irrigation par rapport au climat :

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

Avec : I_A : indice climatique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C)

Tableau I-9- : Classification du climat selon De Martonne :

Valeurs de I	Type de climat	Irrigation
$I < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I < 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I < 20$	Sec	Souvent Indispensable
$20 < I < 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I > 30$	Humide	Inutile

Dans notre cas, nous avons :

$$IA = \frac{428,05}{16,8+10} \quad \mathbf{IA = 16,15} \quad \mathbf{donc : 10 < IA < 20}$$

Selon l'indice d'aridité calculé ($IA = 16,15$), on constate d'après la classification ci-dessus, que notre région est soumise à un régime du climat est sec.

I-5-2) Classification du climat selon le diagramme d'Emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger s'exprime par la formule suivante :

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

Avec :

Q : coefficient pluviothermique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

Dans notre cas : P=428,05 mm ; M =31,4 °C ; m = 5,6 °C.

$$Q=(2*1000*428.05)/((31.4+273)^2-(5.6+273)^2)$$

On trouve : Q=56,91

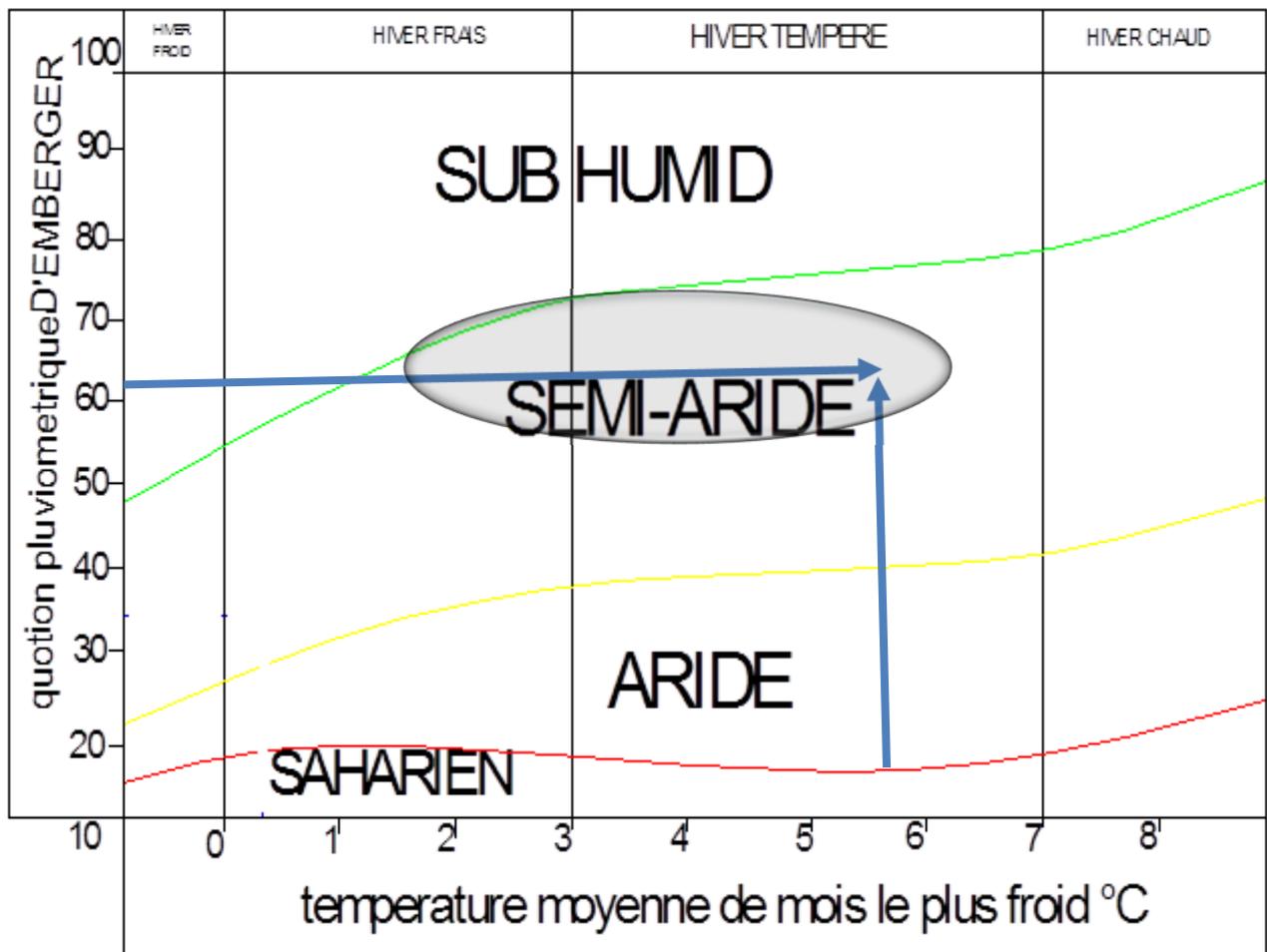


Figure I.6 Diagramme bioclimatique d'Emberger (Station de Ain Bessam)

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger (voir Figure [II-7]), on peut dire que le climat de notre région est un climat semi-aride.

I-5-3) Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls-Gaussen permet de faire ressortir la période sèche au cours de l'année. Ainsi Bagnouls et Gaussen considèrent un mois sec quand le total des précipitations exprimées en (mm) est égal ou inférieur au double de la température exprimée en °C ($P \leq 2T$), c'est-à-dire quand la courbe des précipitations passe en dessous de celle des températures. La période s'étalant entre les abscisses des points de l'intersection des deux courbes correspond à la durée de la saison sèche.

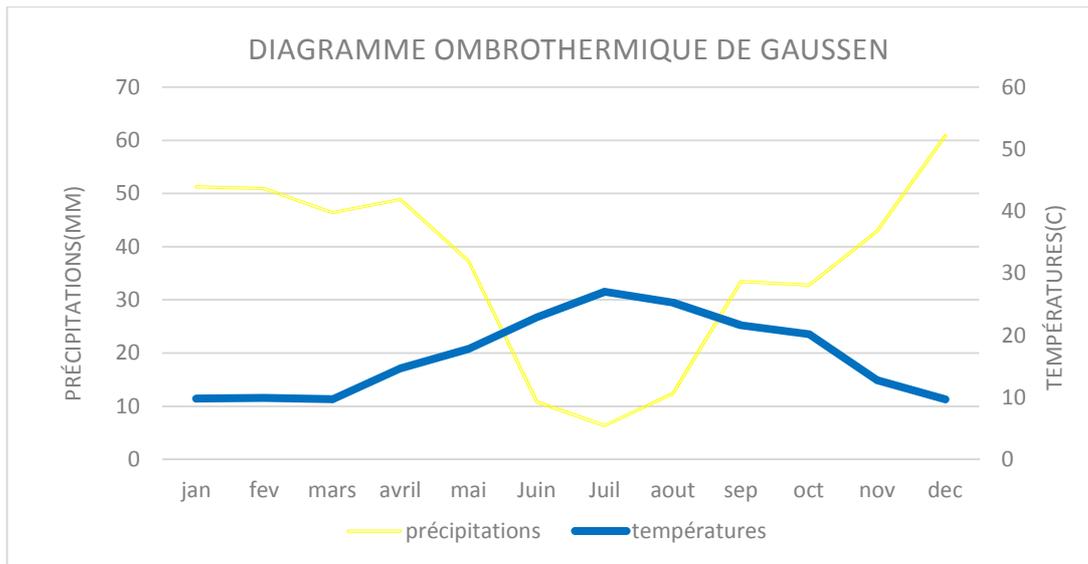


Figure I.7 : Diagramme ombrothermique (Station d'Ain bessem)

Le diagramme Ombrothermique de la région révèle la présence d'une période sèche qui est de l'ordre de quatre mois (04), elle s'étale de la fin du mois de Mai jusqu'à la fin du mois de Aout, de ce fait, il faut garantir l'eau l'irrigation satisfaisante pendant cette période.

I-6 Etude socio-économique :

La vocation de la wilaya de Bouira est agricole par excellence, ce qui lui a permis de bénéficier d'un nombre important de projets d'agriculture. Elle contribue en outre, à animer la dynamique économique et commerciale tant au niveau local que national.

Cependant la wilaya demeure toujours tributaire d'un tissu industriel approprié vu la diversité des ressources dont elle dispose.

I-6-1 Population :

La commune d'Ain bessem compte 42 635 habitants. Le tableau suivant donne la répartition de

la population par sexe et par commune.

Tableau I.10 : Répartition de la population par sexe et par commune.

Commune	Superficie (Km ²)	population Total	Poids par Commune	Densité (Hab /km ²)
Ain bessem	126	42635	1,30%	338.4

Source : monographie de la wilaya d'Ain bessem.

I-6-2 Agriculture :

La S.A.U de la wilaya est estimée à 190 060 ha (42,67% de la superficie de la wilaya), dont 11 411 ha (6%) de superficie irriguée.

Tableau I-11: Répartition de la superficie agricole utile

Type	Nbre D'exploitations	Superficie Ha	% En superficie
Privés	77	547	24,5
E.A.I	2	05	0,22
E.A.C	95	1369	61,1
Ferme Pilote	01	317	14,1
TOTAL	174	2238	100

Source : OPIBO Ain Bessam

I-7) Argumentation du projet d'aménagement de mise valeur du périmètre des Arribs

a- Situation actuelle :

L'analyse de la situation actuelle du périmètre d'étude montre que l'activité agricole dans la zone est restée traditionnelle. Les céréales et les maraichages, constituent la principale ressource des agriculteurs. On note un système de production extensif caractérisé par un taux d'occupation du sol inférieur à 1. Le facteur limitant de cette situation est l'eau. L'absence de systèmes d'irrigation modernes a freiné tout développement agricole dans cette zone

b-Situation projetée :

L'objectif de la mise en irrigation est de transformer à moyen terme l'actuel système agricole extensif en un système intensif afin d'augmenter le taux d'occupation du sol et d'améliorer la

productivité. L'accroissement des rendements des cultures maraichères et céréalières, va considérablement développer le système de production dans la région de Ain bessam. Les prévisions des rendements sont comme suit :

Tableau I-12: Analyse socioéconomique de l'aménagement hydro-agricole

❖	emploi directs	:	9 000 postes (1.5 poste / hectare)
❖	saisonniers	:	10 800 postes (1.8 poste / hectare)
❖	Travaux du sol	:	30 000 000.00 da (5 000.00 da)
❖	Transport	:	24 000 000 .00 da (4 000 .00 da /ha)
❖	Aire du stockage	:	2.00 da /kg

Source : OPIBO AIN BESSEM

I-8 Conclusion

Le périmètre des Arribs présente une situation stratégique et un climat de type méditerranéen semi-aride, caractérisé par un été chaud et un hiver tempérée et pluvieux. La saison des pluies s'étend du Mois d'Octobre au Mois de Mars.

La pluviométrie de la région est en moyenne de 460 mm, mais elle enregistre des variations importantes d'une année à une autre.

A travers les données climatiques et socio-économiques, on note des potentialités hydro-agricoles importantes qui doivent être exploitées pour améliorer l'agriculture, ceci par l'introduction de systèmes d'irrigation modernes.

Chapitre II : Ressources en eau-Ressources en sol

II-1) Ressources en sol

II.1.1) Introduction

L'étude pédologique est l'une des sources essentielle pour prendre en compte la nature et la distribution des caractéristiques et des contraintes relevant des sols. Pour l'irrigation, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considérations. On peut citer notamment :

- ✚ la profondeur du sol qui commande l'épaisseur des couches accessibles aux racines et par suite la réserve en eau disponible ;
- ✚ La texture ou granulométrie de la terre fine et la charge caillouteuse qui jouent sur les possibilités de rétention en eau ;
- ✚ La structure et la porosité des horizons qui commandent la perméabilité du milieu et, globalement, la plus ou moins grande facilité de conduite des arrosages ;
- ✚ Les caractéristiques chimiques (PH, CE...) qui influent sur l'éventail des possibilités culturales de la zone à irriguer.

L'étude pédologique du périmètre a pour objectifs :

D'apprécier les potentialités des terres vis-à-vis l'irrigation ; en mettant l'accent sur une hiérarchie d'aptitude des différentes zones et sur l'existence de contraintes éventuelles pour l'aménagement.

De fournir à l'ingénieur d'irrigation les données fondamentales caractérisant les relations entre le sol et l'eau ; à savoir dose d'irrigation et vitesse d'infiltration, qui conditionnent la conduite et l'organisation des arrosages.

II.1.2) Classification des sols du périmètre des arribs

La prospection pédologique confrontée aux résultats analytiques des sols a permis de mettre en évidence 03 classes de sols (classification française : CPCS, France 1967) réparties comme suit :

- ✚ **La classe des vertisols :**
- ✚ **La classe des sols bruns méditerranéens**

II.1.2.a. Classe des Vertisols :

Ce sont des sols caractérisés par une texture lourde qui est enrichie en argile dont laquelle on trouve un grand pourcentage de minéraux argileux de type : Montmorillonite.

La formation des sols est influence 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 ou de minéralisation de l'Humus.

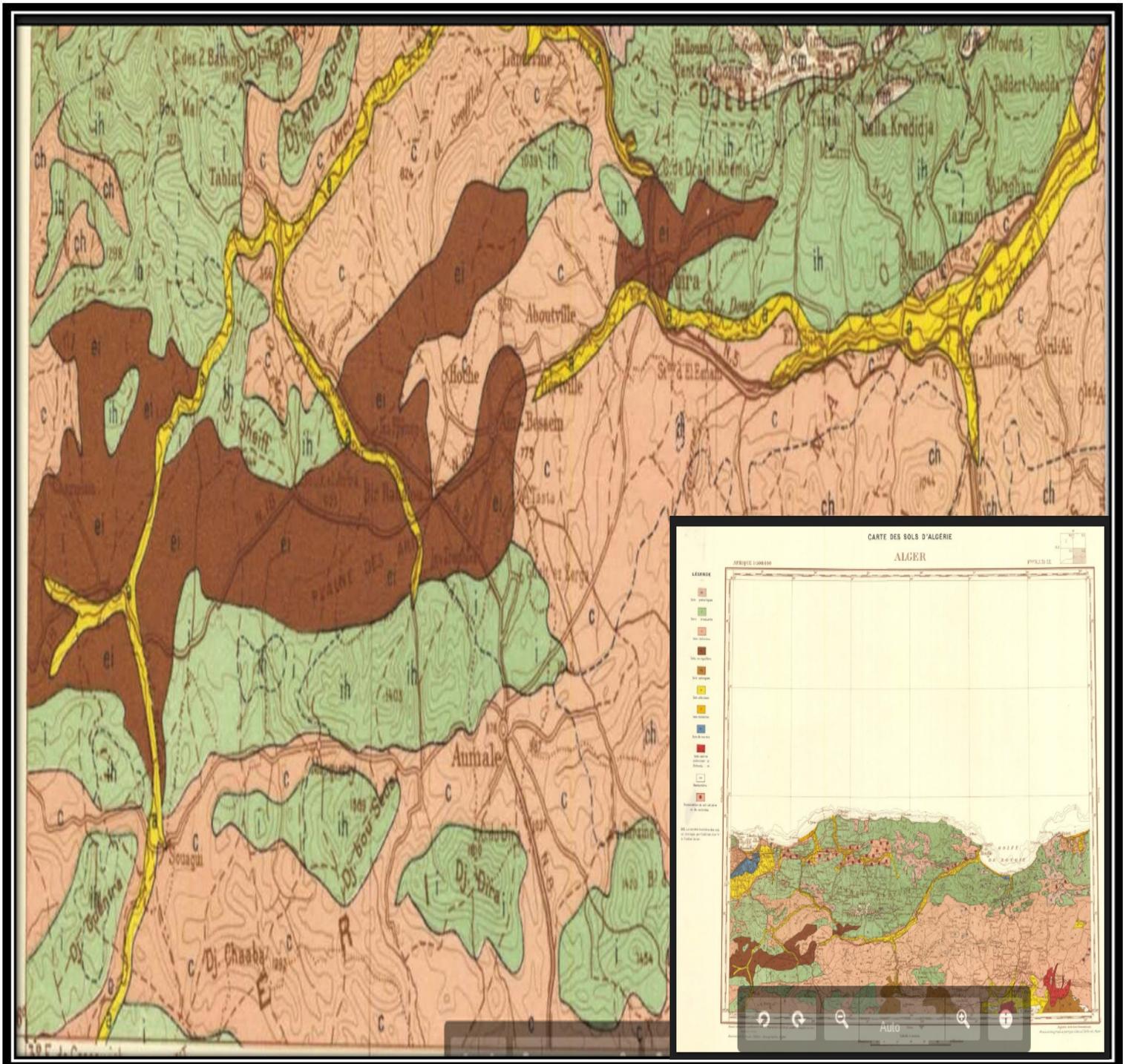


Figure II.1.1. carte des sols d'Alger (plaines des ARRIBS la zone d'étude)

Caractéristiques morphologiques et analytiques des Vertisols :

❖ Profil N°1 :

▪ **Caractéristique morphologique :**

- * Classe : Vertisols.
- * Sous classe : sols à couleur foncée formé sous un climat de type tempéré.
- * Groupe : sols non lessivés
- * Sous-groupe : vertique
- * Famille : sur alluvions anciennes
- * Situation : nord-est du périmètre.
- * Topographie : plane.
- * Occupation du sol : labours

▪ **Description des horizons :**

On définit les horizons suivant les profondeurs :

[0-21 cm] : horizon de labour, frais, foncé, texture limono argileuse, structure grumeleuse, enracinement bon, nombreux graviers et gravillons, aucune effervescence à l'HCL, limite nette régulière.

[21-40 cm] : Frais, brun rougeâtre, texture argileuse, structure polyédrique fin assez bien développée, nombreux chevelus, aucune effervescence à l'HCL, limite diffuse ondulée.

[40-77 cm] : frais, brun jaunâtre, texture argileuse, structure prismatique à faces lisses et striées, graviers et gravillons peu nombreux, nombreuses concrétions ferrugineuses, aucune effervescence à l'HCL

[>77cm] : Lit de graviers et cailloux enrobé d'une pate argileuse de couleur jaunâtre.

Analyses physico-chimiques des sols :

L'analyse physico-chimique faite au laboratoire nous a permis de mieux apprécier les propriétés en particulier texturales et hydrodynamiques de notre sol. Les analyses physico-chimiques des sols sont résumées dans le tableau II.1 :

Tableau II.1.1: Analyse des profils étudiés au laboratoire (DSA w de Bouira)

Horizons		Horizon1	Horizon2	Horizon3
Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)		0-21	21-40	40-77
Granulométrie	Argile [%]	34	45	53
	Limon fin [%]	10	08	08
	Limon grossier [%]	11	7	6
	Sable fin [%]	27	24	19
	Sable grossier [%]	14	11	09
Matière organique	Matière organique [%]	1,41	0,85	0,49
	Carbone C [‰]	8,3	05	2,9
	Azote N [‰]	0,80	0,57	0,35
	Rapport C/N	10	09	08
Réserve minérales	CaCO ₃ Total %	0.8	0,6	0,4
Complexe absorbant	Ca ⁺⁺ [mécq /100 g]	22	24	30
	Mg ⁺⁺ [mécq /100 g]	4	5	6
	Na ⁺ [mécq /100 g]	1,30	1.25	1,32
Solution du sol	pH Eau	7.2	7.1	7.24
	C.E. [mmhos/cm]	0,84	0,87	0,57

D'après les analyses de granulométrie des échantillons de sol, et d'après le triangle texturale (**Annexe I**). On peut classer notre sol comme un sol limono-argileux.

II.1.2.b. Classe des bruns méditerranéens :

Ce sont des sols riches en oxyde de fer d'où leur couleur générale brune à brun rouge et le complexe argileux comporte une proportion importante de minéraux autres que la kaolinite formée sur des matériaux calcaires où fortement calciques et présentent une saturation élevée en calcium

mais ils sont plus ou moins faible en calcaires. Ce sont des sols caractérisés de texture pratiquement homogène sur l'ensemble du profil.

Ces sols représentent les plus grandes parties de la surface du périmètre. Ils se trouvent au Nord de la route Bir-ghebalou, à l'Ouest de la route Ain-bessem et Raouraoua et dans la zone entre les oueds Zeraoua et Kararifs. La profondeur moyenne est de **(100 – 150) cm**.

Caractéristiques morphologiques et analytiques des bruns méditerranéens :

❖ Profil N° 24 :

▪ Caractéristique morphologique :

- * Classe : Sols bruns
- * Sous classe : sols brun formé sous un climat de type Méditerranéen.
- * Groupe : sols brun non lessivés
- * Sous-groupe : modal
- * Famille : sur alluvions anciennes
- * Série : moyennement profond
- * Type : limoneux
- * Occupation du sol : céréales

▪ Description des horizons :

On définit les horizons suivant les profondeurs :

[0-34 cm] : frais à humide, brun, texture limoneuse, structure grumeleuse, poreux, friable, bon enracinement, quelques cailloux, graviers et gravillons, aucune effervescence à l'HCL.

[34-64 cm] : Frais à sec, brun clair, texture limoneuse, structure polyédrique à fine très peu développée, poreux, friable, bon enracinement, quelques graviers et gravillons, aucune effervescence à l'HCL.

[64-80 cm] : Sec, brun rougeâtre foncé, texture limono-argileuse, structure polyédrique moyenne fine assez bien développée, peu poreux, moyen friable, aucune effervescence à l'HCL.

[> :80 cm] : Lit de cailloux, graviers et gravillons d'apport colluvial et alluvial.

Analyses physico-chimiques des sols :

L'analyse physico-chimique faite au laboratoire nous a permis de mieux apprécier les propriétés en particulier texturales et hydrodynamiques de notre sol. Les analyses physico-chimiques des sols sont résumées dans le tableau II.2 :

Tableau II.1.2 : Analyse des profils étudiés au laboratoire (DSA w de Bouira)

Horizons		Horizon1	Horizon2	Horizon3
Profondeur de prélèvement des échantillons (cm)		0-34	34-64	64-80
Granulométrie	Argile [%]	23	27	31
	Limon fin [%]	27	29	27
	Limon grossier [%]	9	9	6
	Sable fin [%]	25	21	19
	Sable grossier [%]	15	13	12
Matière organique	Matière organique [%]	2.07	1.55	1,05
	Carbone C [‰]	12.2	9.1	6.2
	Azote N [‰]	1.31	1,03	0.67
	Rapport C/N	09	09	09
Réserve minérales	CaCO ₃ Total %	01	0,4	0,6
Complexe absorbant	Ca ⁺⁺ [mécq /100 g]	24	18	17
	Mg ⁺⁺ [mécq /100 g]	5	3	4
	K ⁺ [mécq /100 g]	0.63	0,28	0,32
	Na ⁺ [mécq /100 g]	1,95	1.18	1,32
Solution du sol	pH Eau	7.46	6.90	7.20
	C.E. [mmhos/cm]	0.90	0,78	0,72

On peut classer notre sol comme étant un sol limoneux à un sol limono-argileux, ce qui dénote une texture équilibrée.

II.1.3) Caractéristiques hydrodynamiques des sols du périmètre :

a) La densité apparente (Da) et la densité réelle (Dr) :

La densité c'est le rapport entre la masse d'un volume de matière et la masse d'une matière de référence, peut être mesurée à l'aide d'un densitomètre ou un pycnomètre à gaz.

b) Les humidités caractéristiques :

Elles représentent la masse d'eau contenue dans de sol, elles sont représentées par la capacité au champ et le point de flétrissement. Ces deux valeurs-limites sont estimées au laboratoire par l'appareil de Richards. Les données du sol présentées dans le tableau suivant :

Tableau II.1.3 : Caractéristique hydrodynamique du sol

Paramètre	Unité	Valeur moyenne
Densité apparente (Da)	g/m ³	1.45
L'humidité (cc) capacité au champ	%	27
L'humidité (PF) caractéristique (pF 4.2)	%	16
Perméabilité Porchet (K)	m/s	10 ⁻⁵

❖ **Analyse des résultats :**

D'après les deux tableaux des données hydrodynamiques en dessus, on peut dire que la perméabilité de notre sol en général est moyenne ($\approx 10^{-5}$ m/s).

II.1.4 Caractéristiques des ressources en sol :

L'établissement de la carte d'aptitude à l'irrigation s'est basé essentiellement sur les informations fournies par les études antérieures et les nouvelles données pédologiques et hydrodynamiques.

II-1.5) Aptitudes culturales des sols irrigués :

La détermination des aptitudes culturales est faite en tenant compte des exigences des divers types de cultures à l'égard des conditions du sol et du climat qui constituent le milieu cultural, en procédant par des critères de base tels que la texture et la structure du le sol, la profondeur des sols utilisables par les racines, l'hydromorphie et la teneur en calcaire actif et total .

Les différentes classes avec ces caractéristiques sont données dans le tableau suivant :

Tableau II.1.4 : Degré d'aptitude culturale

Type de sols	Cultures	Degré d'aptitude culturale	
		Bon pour	Moyenne pour
Les vertisols	Arboriculture : (B43)		
	Cultures maraichères : (M11)	1, 2,3,4,7,8,9,10,11 12,13, 14, 15,16, 17,18	5,6
	Céréales fourrages : (C 10) et	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	
	Cultures industrielles: (I13)	2,3	5,6
bruns méditerranéens	Arboriculture : (B42)		9,15
	Cultures maraichères : (M10)	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11 12,13,14,15,16,17,18	
	Céréales fourrages : (C 10) et	1, 2,3,4,5,6,7,8,9,10	
	Cultures industrielles :(I11)	1,2,3,4,5	

Tableau II.1.5 Les espèces culturales.

N°	Espèces : Arboricultur e	N°	Espèces : Cultures maraichères	N°	Espèces : Céréales et fourrages	N°	Espèces : Cultures industriell
1	Agrumes	1	Artichaut	1	Luzerne	1	Betterave sucrière
2	Pêcher/Franc	2	Tomate	2	Bersim	2	coton
3	Pêcher/Amandier	3	Oignon	3	Sorgho	3	Tournesol
4	Pécher/Prunier	4	Pomme de terre	4	Mais	4	Tabac
5	Abricotier/Franc	5	Carotte	5	Féтуque	5	Lin
6	Abricotier/Prunier	6	Navet	6	Vesce avoine		
7	Olivier	7	Chou-fleur	7	Ray gras		
8	pommier/Franc	8	Chou pommé	8	Blé dur		
9	pommier/Doucin	9	Epinard	9	Blé tendre		
10	pommier/Pa radja	10	Laitue	10	Orge		
11	Poirier/Franc	11	Ail				

12	Poirier/Cognassier	12	Aubergine				
13	Figuier	13	Pastèque				
		14	Melon				
		15	Piment poivron				
		16	Haricot vert				
		17	Concombre				
		18	Pois				

De façon générale les sols présentent de bonnes aptitudes culturales à diverses spéculations agricoles les plus cultivées dans la région, ce qui constitue un avantage agronomique et une opportunité socio-économique pour l'aménagement du périmètre des Arribs.

II.2) Ressources en eau :

II-2.1) Introduction :

Avant d'entamer une étude d'aménagement hydro-agricole, il faut d'abord localiser et quantifier l'eau nécessaire à l'irrigation. Pour cela et à travers ce volet, on va présenter les ressources en eau qui peuvent alimenter notre zone d'étude.

Alimentation en eau du périmètre : le barrage Lakhel

L'aspiration de l'eau d'irrigation se fait à partir du barrage lakhel. La station de pompage est directement raccordé à la conduite de la vidange de fond de la retenue, Celle-ci permet d'utiliser la pression variable du niveau d'eau dans la retenue ce qui amène à une diminution appréciable de la consommation en énergie électrique.

Le barrage se trouve à 5 km au Sud –Est de la ville d'Ain-Bessem et IL est implanté sur l'Oued lakehal.

Tableau II.2.1 Caractéristiques du barrage Lakhel :

Oued :

lakhel

Type :

barrage en terre

Année de mise en eau :	fin 1985
Capacité d'évacuation :	550 m³/s avec une charge de 4.63 m
Cote retenue normale :	684.40 m
Côte de la retenue minimum :	667.50 m
Cote PHE :	687.00 m
Apport moyen annuel :	20 Hm³
Volume régularisé :	17 Hm³
Consommation annuelle d'eau potable (AEP) :	4.2 Hm³
Consommation annuelle d'eau d'irrigation :	de 4 Hm³ à 11 Hm³

II-2.2) Qualité de l'eau d'irrigation des eaux du barrage

La convenance d'une eau pour l'irrigation est jugée selon certains éléments qui caractérisent celle-ci du point de vue qualité. Ces éléments qui permettent aussi de classer les eaux d'irrigations sont :

- ❖ La quantité totale de sels dissous dans l'eau
- ❖ La proportion de sodium par rapport aux autres cations (risque D'alcalinisation).
- ❖ Les anions associés
- ❖ La présence éventuelle d'éléments toxiques dans une eau

L'appréciation de la qualité de l'eau pour l'irrigation nécessite la connaissance la salinité de l'eau en premier lieu et du SAR (Sodium-Absorption-Rapport)

II.2.2.1.la salinité d'une eau :

La salinité d'une eau est un terme utilisé pour faire référence à la concentration totale d'ions inorganiques majeurs (Na, Ca, Mg, K, HCO₃⁻, SO₄⁻ et Cl⁻) dissous dans cette eau. Elle exprime la concentration totale des cations ou anions en solution.

Pour des raisons de commodité analytique, un indice pratique de salinité électrique CE exprimée en decisiemens par mètre (ds/m) ou en mmhos/cm. Une relation approximative a été établie entre la concentration totale en sels de ces solutions et leurs conductibilité (c'est-à-dire la plus ou moins qui facilite le passage du courant électrique).

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

II.2.2.2le SAR:

Le SAR exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols. Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium. Le SAR est défini par l'équation suivante :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Na : Sodium en mg équiv/l ;

Ca : Calcium en mg équiv/l ;

Mg : Magnésium en mg équiv/l.

Tableau II-2.2 : Résultats des analyses de l'eau du barrage Lekhal :

Elément	mg/l	méq/l
Ca	502	26
Mg	100	5
Na	25.8	1.29
Conductivité mmho/cm	0,24	

A.N : On trouve un SAR (méq/l) = 1.49

II.2.3) Classification des eaux pour l'irrigation :

Classification américaine :

La classification américaine des eaux d'irrigation est basée sur deux paramètres : la Conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR.

Tableau II.2.3 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

(CE) en mmho/cm	
≤ 0,25	C1 : risque faible de salinité : convient pour toutes les cultures.
0,25 < CE ≤ 0,75	C2 : risque moyen de salinité : convient pour les plantes moyennement tolérantes

$0,75 < CE \leq 2,25$	C3 : risque élevé de salinité : ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes
$CE > 2,25$	C4 : risque très élevé de salinité : eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

Tableau II.2.4 : Classification des eaux en fonction du SAR

SAR en Méc/l	
0 – 10	Classe S1 : risque alcalin faible :
10 – 18	Classe S2 : risque alcalin moyen, l'eau présente un danger appréciable
18 – 26	Classe S3 : risque alcalin élevé, peut produire des niveaux dommageables de sodium
> 26	Classe S4 : risque alcalin très élevé, généralement inadéquate pour l'irrigation

Pour déterminer la classe des eaux d'irrigation de notre barrage on se base sur le diagramme de Riverside, d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954).

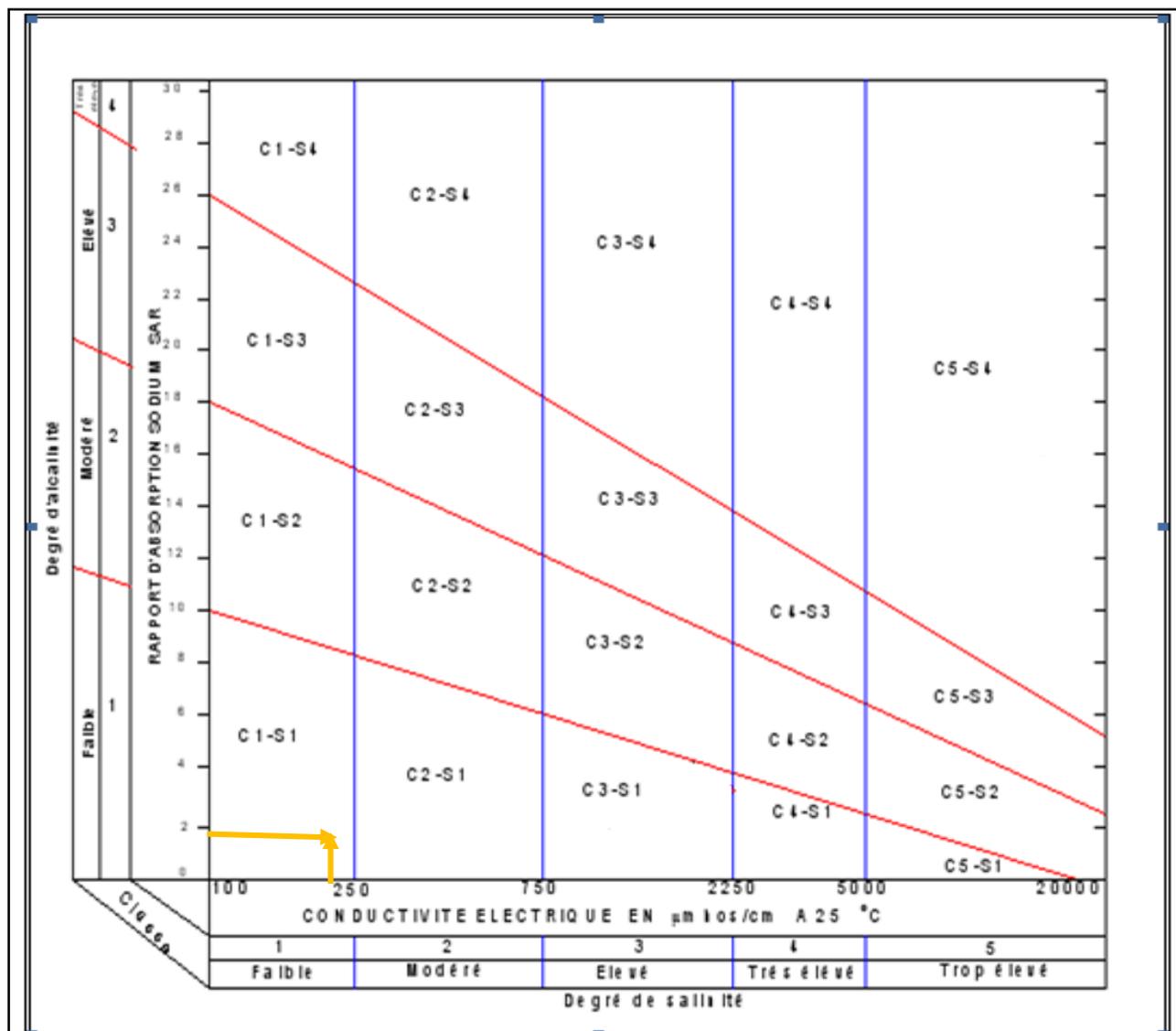


Figure II.2.1 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.

D'après ces valeurs moyennes de la conductivité électrique CE et le rapport d'absorption du sodium SAR, les eaux du barrage lekhal appartiennent à la classe (C1.S1) cela implique faible un risque de salinité et d'alcalinité.

Il ressort que l'eau du barrage Lekhal peut être utilisée pour l'irrigation des cultures.

II.3) Etude hydrologique

Avant le dimensionnement d'un réseau d'irrigation, un bilan hydrique doit être fait afin de déterminer le déficit hydrique des cultures et d'en déduire les besoins d'irrigation.

Le but principal de l'étude hydrologique est de déterminer les caractéristiques des pluies d'une fréquence donnée (80%) qui nous conduira à calculer les besoins en eau des cultures.

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique d'Ain Bessam est donnée dans le tableau ci-après :

Tableau II.3.1 : Répartition mensuelle et annuelle des pluies

année	Jan	fev	Mars	avril	mai	Juin	juil	Aout	sep	oct	nov	dec	annuel
1975	86.01	110.6	43.9	44	0	2	0	6.1	0	0	0	113.7	406.31
1976	19.8	170.7	61.6	49.2	25.1	0	22.5	1.7	41.4	0.5	6.8	46.3	445.6
1977	12.03	40.2	57.9	7.8	57.5	22.01	0.8	14.4	53.8	15	30.7	1.8	313.94
1978	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
1979	35.18	10.4	0	81	33.5	0	0	2.6	46.9	51.1	25.5	38.1	324.28
1980	51.5	31.2	48	91.2	45.2	9.2	0	6.1	4	6.1	63.9	13.8	370.2
1981	33.4	133.8	43.4	38.4	6.4	15.4	0	9.5	2.3	54.2	51.8	5	393.6
1982	64.07	22.3	45.6	60.6	32.1	0.3	0	1.5	69.9	51.9	46.2	12.4	406.87
1983	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
1984	143.7	68.1	38.2	38.4	47.8	11.7	1.5	2	13.5	19.5	5.5	64.1	454
1985	0	34.2	13.1	30.3	7.8	2.8	19.3	25.6	30	60.6	80.9	41	345.6
1986	53.6	55.9	26	42	20.4	13.8	0	0	0.2	3.9	13.4	24.4	253.6
1987	41	35.2	67.7	7	54.8	1.8	2.8	0	3.1	45.2	30.1	81	369.7
1988	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
1989	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
1990	15.8	22.7	43.7	45.5	23.5	10.5	0	0	6.6	29.7	42.9	24.2	265.1
1991	23.9	20.3	62.2	92.4	15.6	22.4	17.4	42.1	23.7	16.6	24	230.4	591
1992	38	0	38.4	58.5	52.1	0	68	0.9	29.2	19.2	0	14.9	319.2
1993	29.9	112.4	104.2	36.3	32.8	6.5	0	8.8	12	25.5	38.2	78.6	485.2
1994	81.3	8.9	61.5	111.1	107	17.1	8.5	2.1	5.9	66	11.8	6.1	487.3
1995	15	23.6	15.65	25.3	38.4	7	3	11.2	14.4	40.3	81	32.3	307.15
1996	5.6	46	1.7	44.8	8.1	0.7	0.1	18.2	68.2	14.4	18.5	84	310.3

1997	170.2	39.3	101.9	18.9	3.5	17.6	0	36.2	91.3	61.8	32.1	36	608.8
1998	58.5	93.5	26.6	68.3	50.8	12.4	13.05	8.5	12.6	57.9	8.9	25	436.05
1999	33.9	14.2	10.5	56.7	22.1	19.6	3.5	24.5	20.1	13.1	23	40.4	281.6
2000	11.9	57.4	16.9	45.6	133.	4.5	0	4	47.6	59.5	71.3	47.5	500.1
2001	42.3	28.2	90.9	0	33.7	4.1	0	10.9	45.8	43.6	83.1	41.3	423.9
2002	3.4	1.3	12.7	26.6	34	0.3	0	2	38.7	16.2	25.5	132.2	292.9
2003	148.3	25.3	5	49	8	2.5	0	2.1	33	81.8	34.8	53.4	443.2
2004	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
2005	205.1	88.2	7.7	105.4	16	13.6	10.2	40.9	21.1	10.5	136.3	185.8	840.8
2006	72.1	16.1	38.7	59	131.	4	3.2	4.5	60.4	67.8	40.7	123.1	621.3
2007	26	57.7	25.3	21.6	10.5	10.5	11.6	3.8	48.5	23.4	35.3	84.7	358.9
2008	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
2009	6	54.3	178.6	101.2	24.1	18.2	0	7.5	34.2	0	29	56.5	509.6
2010	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
2011	97.1	23.9	74.9	90	20.8	2.5	1	13.9	78.5	36.9	53.8	60.1	553.4
2012	42	86	62.2	23.1	45.7	19.8	0	32.7	106.1	9.8	103	63.6	594
2013	37.7	116.4	60.9	116.2	100.	25.9	0	10.5	6.1	63.3	91.9	30.3	659.9
2014	35.2	38.8	97	0.6	9.4	56.5	0.4	2.9	37.4	18.3	38	109.5	444
2015	67.1	102.2	35.5	2	17.8	15.8	0	0.8	38.8	49.5	34.5	0	364
2016	50,6	51,4	112,1	31,3	68,7	3,4	0,3	0	23	9,7	27,6	49,9	428,05
Moy	51.3	50.9	46.4	48.9	37.3	10.8	6.4	12.39	33.44	32.8	42.96	60.85	434.59

Source : ONM AIN BESSEM

II.3.1 Test d'homogénéité : Principe du test de Mann-Whitney :

C'est un test non paramétrique (lorsqu'on n'a pas une idée sur la loi que suit notre fonction et lorsque la taille de l'échantillon < 30), le test de Mann-Whitney est basé sur la notion des rangs

On divise la série en deux sous-série tel que $X > Y$ puis on classe la série par ordre croissant, ensuite on attribut pour chaque valeurs son rang et on calcul la somme des rangs de X et Y, à la fin on calcul $N*(N+1)/2$ dont N c'est la taille de la sous-série, on soustrait cette valeur de la sommes des rangs et on trouve la valeur de **Umin**, on la compare avec **Useuil**.

Tableau II.3.2. Calcul du U de Mann-Whitney

XUY		Rang	
		x	Y
253,6	X	1	
265,1	X	2	
281,6	Y		3
287,8	Y		4
292,9	Y		5
307,15	X	6	
310,3	X	7	
313,94	X	8	
319,2	X	9	
324,28	X	10	
345,6	X	11	
358,9	Y		12
364	Y		13
369,7	X	14	
370,2	X	15	
387,2	X	16	
393,6	X	17	
404,1	X	18	
406,31	X	19	
406,87	X	20	
413,2	X	21	
423,9	Y		22
428,05	Y		23
436,05	X	24	
440,2	Y		25
443,2	Y		26
444	Y		27
445,6	X	28	
454	X	29	
466,7	X	30	
485,2	X	31	
487,3	X	32	
500,1	Y		33
509,6	Y		34
553,4	Y		35
567,2	Y		36
591	X	37	
594	Y		38
608,8	X	39	
621,3	Y		40
659,9	Y		41
840,8	Y		42
	Sommes	444	459
	N	24	18
	$N*(N+1)/2$	300	171
	U=	144	288

$$U_{\min}=144$$

Si $U_{\min} < U_{\text{seuil}}$

$$U=144 < U_{\text{seuil}}=155$$

$U_{\text{seuil}}=155$ est tiré de la table du Mann-Whitney (**Annexe II**). On conclut que la série est homogène.

II.3.2) Ajustement statistique des pluies :

Les données de pluies annuelles sont souvent ajustables à des lois statistiques nombreuses, ceci est dû à la faible variabilité interannuelle pour certaines stations. Dans notre cas, on utilise pour celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées dans le cas des pluies annuelles sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi normale
- Loi de Galton ou loi log-normale

II.3.2.1 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale :

❖ La fonction de répartition :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

(Fréquence au non dépassement)

U est variable réduite de gauss. Elle est donnée par :

$$U = \frac{x - \bar{x}}{\delta}$$

Le procédé de calcul consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale (par la formule de Hazen par exemple).
- Variable réduite de gauss : $U = \frac{x - \bar{x}}{\delta}$
- Calcul des caractéristiques empirique de loi (\bar{x} ; δ).

L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien :

$$X_{P\%} = \bar{x} + \delta * U_{P\%}$$

Avec : $X_{P\%}$: précipitation de probabilité P%.

$U_{P\%}$: variable réduit de Gauss. \bar{x} : Moyenne arithmétique, et δ : Écart type

$$\bar{x} = 433.403 \text{ mm} ; \text{Variance} : 15\,273,793 ; \delta : \text{Écart type} = 123.587$$

II.3.2.2 Ajustement à la loi log-normale (Galton) :

❖ Fonction de répartition :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(x) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$u = a \log(x - x_0) + b$$

Intervalle de définition : $x \in]x_0, +\infty[$

On remarque que l'on passe de la loi de Gauss à la loi de Galton en faisant le changement de variable de x en $\log(x)$. Nous avons appliqué la version à deux paramètres (Log2)

Les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale. Nous avons l'équation de la droite de Galton qui s'écrit comme suit :

$$\text{Ln}(X_p \%) = \overline{\ln X} + \delta \text{Ln}.U_{p\%}$$

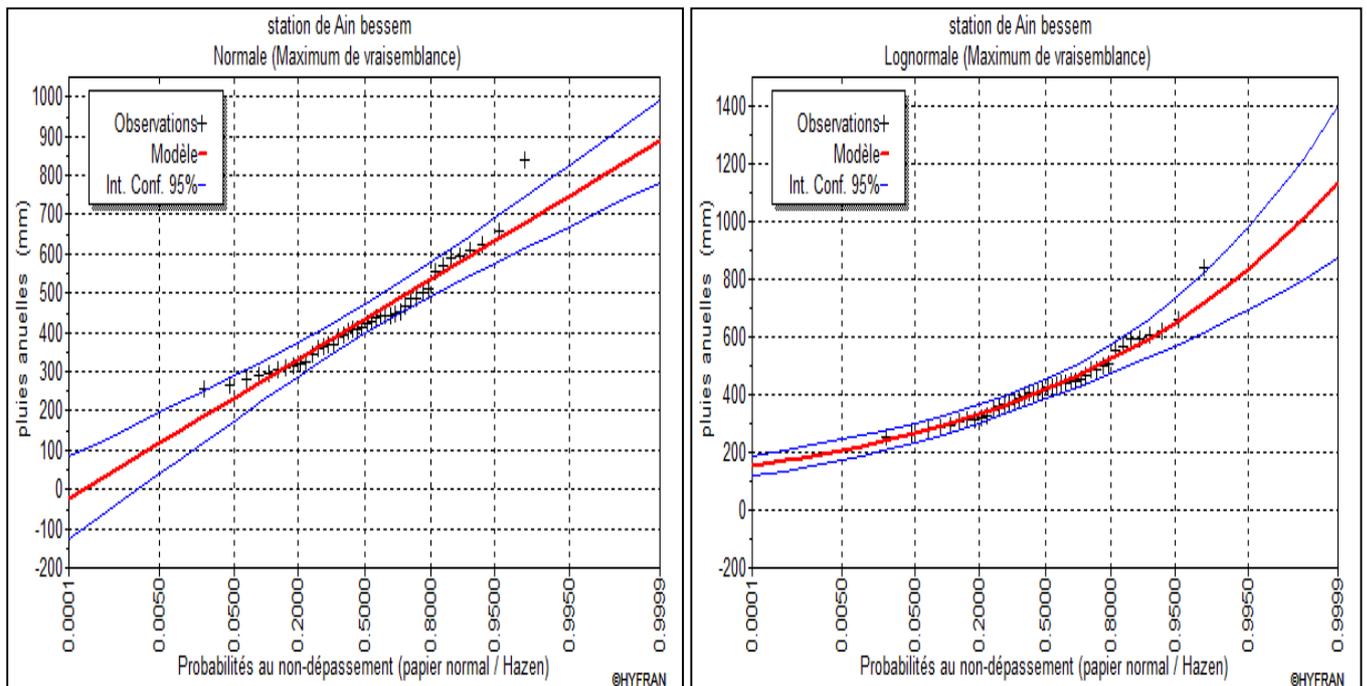


Figure II.3.1 : Ajustement des pluies annuelles aux lois normale et log normale

II.3.3 Test de validité d'un ajustement :

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

Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant, et pour lequel une loi de répartition $F(X)$ a été déterminée : On divise cet échantillon en un certain nombre de classes 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 :

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

$f(X)$: 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 :

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i}$$

$$\lambda = K - 1 - P$$

Avec :

P : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition (P=2).

- * On calcule χ^2 .
- * On calcule le nombre de degré de liberté γ .
- * On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson.

Avec : $\chi^2_{\text{théorique}} = g(\gamma, \alpha) = 11.1$ (d'après la table de Pearson)

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si : $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

Tableau II.3.3 : Test de validité des deux ajustements

Loi normale	Loi log normale
$\chi^2_{\text{calculé}} = 4.10$	$\chi^2_{\text{calculé}} = 3.33$
Degré de liberté $\gamma = 5$.	Degré de liberté $\gamma = 5$.

D'après la table de Pearson du χ^2 l'ajustement par la loi log-normale est à considérer.

Tableau II.3.4 : Résultats d'ajustement à la loi de Galton

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
T	Q	XT	Écart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10	0.1	295	16.70	263	328
5	0.2	332	16.10	301	364
2	0.5	417	17.3	383	451
1.25	0.8	523	25.4	473	573

La probabilité pour laquelle on assure l'irrigation est donnée souvent pour la fréquence 80 %.

$$P_{\text{moy 80\% de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} * \frac{P_{\text{theorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{theorique (50\%) annuelle}}}$$

$P_{\text{théorique de 50\%}} = 417\text{mm}$ et $P_{\text{théorique de 80\%}} = 523\text{mm}$

$$P_{\text{moy 80\%}} = 0.796 P_{\text{moy-mensuelle}}$$

Tableau II.3.5 : Pluviométrie de fréquence 80% pour chaque mois en (mm)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
P_{moy}(mm)	51,3	50,9	46,4	48,9	37,2	10,8	6,4	12,39	33,44	32,8	42,96	60,85
P_{moy 80%}(mm)	40,83	40,52	36,93	38,2	29,1	8,60	5,09	9,86	26,62	26,11	34,20	48,44

II.3.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés aux ressources en sol et en eau du périmètre des Arribs, puisque c'est le premier élément indispensable dans tout projet d'irrigation.

Pour les sols étudiés, deux classes sont à considérer : les vertisols et les sols bruns. Les aptitudes culturales de ces sols sont relativement bonnes pour l'ensemble des spéculations cultivées.

Pour ce qui est des ressources en eau, le périmètre sera alimenté par le barrage de Lekhal, Les analyses chimiques des eaux, ont montré que la qualité de ses eaux est bonne, le risque de salinisation et d'alcalinisation est faible.

Ces ressources conviennent donc convenablement pour la mise en valeur et l'aménagement de ce périmètre.

Chapitre III : Besoins en eau du périmètre

III-1) Introduction

En terme général, les besoins en eau d'une culture équivalent au niveau d'évapotranspiration nécessaire à sa croissance optimale.

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

III.2 Calcul des besoins en eau :

Par définition les besoins en eau d'une culture donnée est la différence entre l'évapotranspiration maximale tels que déterminés par le climat et les caractéristiques végétales (ETM) et d'autre part la somme des apports effectifs des précipitations.

Le calcul des volumes d'eau à apporter par irrigation est réalisé en effectuant période pour chaque stade végétatif le bilan hydrique suivant :

$$B_i = ETM - (P_{eff} + RFU_{i-1}).$$

Où :

- **ETM**: est l'évapotranspiration potentielle de référence en mm, elle est égale a $ET_0 * K_c$
- **Kc** : le coefficient culturel de la culture considérée.
- **Peff** : est la pluie efficace.
- **RU** : La réserve utile.

III.3) Evaluation des besoins en eau des cultures :

Dans un premier temps, la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant, aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région.

La culture des besoins d'irrigation repose sur un bilan hydrique, qui exprime la différence entre les besoins en eau qui sont estimé en deux phases.

III.3.1 L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation (FAO, 1977). Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, $m^3/ha/jour$, en $m^3/ha/mois$, ou en $m^3/ha/an$. Bien entendu,

l'évapotranspiration peut également s'écrire en mm/jours ou par mois ou par an.

On distingue : l'évapotranspiration de référence (ET₀), et l'évapotranspiration maximale (ETM).

III.3.1 L'évapotranspiration de référence :

Elle est définie comme l'ensemble des pertes en eau d'un couvert végétal abondant, bien alimenté en eau, lorsque l'eau est le seul facteur qui limite cette évaporation, et lorsque le couvert végétal présente un développement foliaire maximum (au stade de pleine croissance) couvrant bien le sol, ce dernier étant à la capacité au champ.

III.3.2 L'évapotranspiration maximale :

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

- $ETM = ET_0 \times K_c$
- ET₀ : l'évapotranspiration de référence
- K_c : correspond au coefficient cultural, fonction de type de culture et de son état végétatif.

III.4 Les méthodes d'évaluation de L'évapotranspiration :

On distingue généralement deux (02) méthodes :

III.4.1 Les méthodes directes :

- ✚ L'évapotranspiration ou cuve lysimétrique
- ✚ Le bac évaporant

III.4.2 Les méthodes indirectes :

Ces méthodes permettent de calcul l'ETP à partir de formules basées sur des paramètres climatiques.

Il existe des formules de calcul dont les principales sont:

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

-Formule Modifiée de Penman_Monteith

La formule la plus employée et recommandée par la FAO est la formule de Penman-Monteith

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

modifiée, détaillée comme suit :

Avec:

ET₀ : évapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],

R_n : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour⁻¹],

G : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² jour⁻¹],

T : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]

u₂ : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s⁻¹],

e_s : pression de vapeur saturante [kPa],

e_a : pression de vapeur réelle [kPa],

e_s-e_a : déficit de pression de vapeur saturante [kPa],

Δ : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C⁻¹],

g : constante psychrométrique [kPa °C⁻¹].

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel CROPWAT, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de Beni Slimane :

- Température : Les températures minimales et maximales mensuelles.
- Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).
- Insolation journalière : donnée en heures d'insolation.
- Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en km/jour.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET₀ calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau ci-après.

Tableau III.1 : Calcul de l'ET0 par le logiciel CROPWAT

ETo Penman-Monteith par mois - G:\BOUIRA.PEM

Pays: ALGERIE Station: Ain bessem

Altitude: 743 m. Latitude: 36.19 °N Longitude: °E

Mois	Temp Moy °C	Humidité %	Vent m/s	Insolation heures	Ray. MJ/m ² /jour	ETo mm/mois
Janvier	9.8	61	3.1	5.6	9.4	58.35
Février	9.9	60	3.0	6.5	12.5	62.68
Mars	9.7	71	3.0	6.4	15.2	68.81
Avril	14.7	83	3.0	9.0	21.3	87.48
Mai	17.8	65	2.9	10.0	24.3	136.02
Juin	24.5	76	2.7	12.0	27.7	161.14
Juillet	27.0	79	2.9	11.5	26.6	172.79
Août	27.0	68	2.9	11.2	24.8	180.36
Septembre	21.6	65	2.8	8.3	18.4	124.80
Octobre	20.2	55	3.0	8.1	15.0	119.18
Novembre	12.8	46	3.4	7.7	11.8	90.19
Décembre	9.7	54	3.3	7.0	9.9	65.00
Moyenne	17.1	65	3.0	8.6	18.1	1326.81

III.4. Estimation des coefficients culturaux (K_c) :

Les valeurs du coefficient cultural (K_c) de chaque culture ont été ressorties selon les valeurs établies par Doorenbos (FAO, 2003), en fonction du stade végétatif de la plante, et du climat considéré :

Tableau III.2 Coefficients culturaux (Kc) des différentes cultures.

	blé/avoine	Orge	maïs	Luzerne	Ail/Oignon	P.terre (AS)	Tomate	Choux	Carotte	Haricot	petits pois	Concombre	olivier	Pécher	pommier
mois	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc	Kc
Septembre								0,50	0,40	0,90			0,85	0,55	0,70
Octobre				0,65	0,50	0,50		0,70	0,70	0,85			0,85	0,55	0,70
Novembre	0,40			0,70	0,75	0,70		0,95	0,90				0,75	0,55	0,70
Décembre	0,70	0,30		0,80	0,95	0,95		0,80	0,70		0,50		0,65	0,75	0,70
Janvier	0,85	0,30		0,90	0,95	0,75					0,80		0,65	0,75	0,70
Février	0,95	0,50		0,95	0,75						1,00		0,65	0,75	0,70
Mars	1,05	0,50		1,05			0,50				0,95		0,65	0,75	0,80
Avril	1,00	0,90	0,55	1,15			0,85				0,50		0,65	0,55	0,85
Mai	0,80	0,95	0,90	1,00			1,15					0,38	0,65	0,55	0,85
Juin	0,45	0,70	1,15	0,70			0,85			0,50		0,57	0,80	0,55	0,70
Juillet			0,80							0,65		0,85	0,85	0,55	0,70
Août										0,95		0,85	0,85	0,55	0,70

Calcul de la réserve en eau du sol : c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche du 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 (1/3) ou (2/3) de la réserve utile (RU) , tel que :

$$\text{RFU} = (\text{hcc}-\text{hpf})/100 * \text{y} * \text{Z} * \text{da}$$

hcc : humidité à la capacité au champ

hpf : humidité au point de flétrissement

Z : profondeur racinaire

Y : coefficient qui dépend de la nature du sol

Da : densité apparente du sol

III-5) Choix des cultures

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

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

Pour l'établissement du calendrier cultural adapté aux diverses conditions du périmètre des Arribs, nous avons tenu compte :

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

III-5-1) Occupation des sols : Choix des scenarios

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

Les scénarios d'occupation des sols retenus pour le projet sont donnés par le tableau suivant :

Tableau III-3 : Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre

Scénario	Céréales %	Fourrages %	Maraichage %	Arboriculture %	Total %
1	70	15	10	5	100
2	45	10	35	10	100
3	35	15	40	10	100
4	25	20	40	15	100

Dans notre cas, on propose le scénario 3 qui est relativement équilibré entre les cultures en plein champs et les cultures maraichères.

Tableau III-4 : Système de cultures proposées à la zone d'Ain bessem.

Cultures	
Céréaliculture	Blé dur
	Blé tendre
	Orge grain
Cultures fourragères	Orge en vert
	Luzerne
	Maïs fourrager
	Avoine
Légumes secs	Fève sèche
Maraîchage	Pomme de terre saison
	Pomme de terre arrière-saison
	Tomate
	Oignon sec
	Oignon vert
	Ail
	Melon
	Carotte
	Piment
	Petit pois
	Chou vert
Cultures arboricoles à pépins	Vigne
Cultures arboricoles à noyaux	Olivier (pleine production)

On propose d'élaborer un modèle d'occupation selon le scénario 3 qui est une exploitation équilibrée entre les céréales et les cultures maraichères et cela vu les modèles d'exploitation et les vocations agricoles de la région.

III-5-2) Assolements des cultures

L'assolement est la division des terres d'une exploitation agricole en parties distinctes, appelées *soles* consacrées chacune à une culture donnée pendant une saison culturale. Dans chaque sole, les cultures peuvent varier d'une année à l'autre.

La rotation est la succession culturale ou rotation, qui est une notion différente. Donc L'assolement est la diversité géographique des cultures à un moment donné.

La rotation culturale est un élément important du maintien ou de l'amélioration de la fertilité des sols et donc un atout pour l'augmentation des rendements. On peut ainsi avoir des rotations

biennales, triennales, quadriennale... .

Tableau III-5 : Assolement proposé pour le périmètre d'Ain bessem

Assolement 1	Assolement 2
Blé – Avoine	Orge en vert
Mais	Orge grain
Luzerne/Avoine	Blé
Ail + Oignon vert	Tomate
Pomme de terre	Haricot (s)
Tomate	Ail + Oignonvert
-Choux	Petitspois
Carotte	Concombre
Arboriculture pommier+olivier	Arboriculture pecher+olivier

Le cycle végétatif des cultures envisagées est détaillé dans le tableau

Tableau III-6 : le cycle végétatif des cultures envisagées

Culture	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fevr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
BLE / AVOINE												
ORGE GRAIN												
ORGE EN VERT												
MAIS												
TOMATE												
P DE TERRE AR SAIS												
LUZERNE												
OIGNON / AIL												
CHOUX												
CAROTTE												
HARICOT												
COMCOMBRE												
PETIT POIS												
Vigne												
OLIVIER												

III.5.3) Calcul des besoins en eau des cultures

Les besoins en eau de chaque culture sont détaillés comme suit :

Tableau III. 7 Besoins en eau du blé

blé/avoine											
mois	P moy(mm)	P80 %	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU réelle	KC	ETM	Bi(m)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07					0,00	0,00	-
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18					0,00	0,00	-
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19	0,30	29,70	0,00	0,40	36,08	8,72	0,04
Décembre	60,85	48,44	38,75	65	0,50	49,50	9,90	0,70	45,50	0	0
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35	0,50	49,50	16,50	0,85	49,60	0,43	0,00
Février	50,9	40,52	32,41	62,68	0,60	59,40	16,50	0,95	59,55	10,63	0,05
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81	0,60	59,40	19,80	1,05	72,25	22,90	0,12
Avril	48,9	38,92	31,14	87,48	0,60	59,40	0,00	1,00	87,48	56,34	0,29
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02	0,60	59,40	0,00	0,80	108,82	85,05	0,44
Juin	10,8	8,60	6,88	161,14	0,60	59,40	0,00	0,45	72,51	65,64	0,34
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62							-
Août	12,39	9,86	7,89	173,07							-

Tableau III.8 besoins en eau des maïs

Mais											
mois	P moy(mm)	P80%	Peff(m)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU réelle	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07			0,00		0,00	0,00	-
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18			0,00		0,00	0,00	-
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19			0,00		0,00	0,00	-
Décembre	60,85	48,44	38,75	65			0,00		0,00	0,00	-

e											
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35			0,00		0,00	0,00	-
Février	50,9	40,52	32,41	62,68			0,00		0,00	0,00	-
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81			0,00		0,00	0,00	-
Avril	48,9	38,92	31,14	87,48	0,6 0	59,40	0,00	0,5 5	48,11	16,97	0,0 9
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02	0,8 0	79,20	0,00	0,9 0	122,4 2	98,65	0,5 1
Juin	10,8	8,60	6,88	161,14	1,0 0	99,00	0,00	1,2 5	201,4 3	194,5 5	1,0 0
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62	1,0 0	99,00	0,00	0,8 0	138,9 0	134,8 2	0,6 9
Août	12,39	9,86	7,89	173,07		0,00				0,00	-

Tableau III.9 besoins en eau de l'orge en vert

Orge en vert											
mois	P moy(mm)	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU réel	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07							-
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18							-
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19							-
Décembre	60,85	48,44	38,75	65	0,3 0	29,70	14,8 5	0,30	19,50	0,00	-
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35	0,5 0	49,50	14,8 5	0,30	17,51	0,00	-
Février	50,9	40,52	32,41	62,68	0,5 0	49,50	16,5 0	0,50	31,34	0,00	-
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81	0,6 0	59,40	16,5 0	0,50	34,41	0,00	-
Avril	48,9	38,92	31,14	87,48	0,6 0	59,40	19,8 0	0,90	78,73	27,79	0,14
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02	0,6 0	59,40	0,00	0,95	129,2 2	105,4 5	0,54

Juin	10,8	8,60	6,88	161,14	0,6 0	59,40	0,00	0,70	112,8 0	105,9 2	0,54
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62							-
Août	12,39	9,86	7,89	173,07							-

Tableau III.10 besoins en eau de l'orge en grain

Orge en grain											
mois	P moy(mm)	P80%	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU réelle	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07							-
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18							-
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19	0,30	29,70	9,90	0,30	27,06	0,00	-
Décembre	60,85	48,44	38,75	65	0,50	49,50	14,85	0,30	19,50	0,00	-
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35	0,50	49,50	24,75	0,50	29,18	0,00	-
Février	50,9	40,52	32,41	62,68	0,60	59,40	24,75	0,50	31,34	0,00	-
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81	0,60	59,40	29,70	1,00	68,81	9,56	0,05
Avril	48,9	38,92	31,14	87,48	0,60	59,40	0,00	0,95	83,11	51,97	0,27
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02	0,60	59,40	0,00	0,60	81,61	57,85	0,30
Juin	10,8	8,60	6,88	161,14							-
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62							-
Août	12,39	9,86	7,89	173,07							-

Tableau III.11 besoins en eau de Luzerne

Luzerne											
mois	P moy(mm)	P80%	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU réelle	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18	0,40	39,60	0,00	0,65	77,47	56,58	0,29
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19	0,70	69,30	0,00	0,70	63,13	35,78	0,18
Décembre	60,85	48,44	38,75	65	0,90	89,10	23,10	0,80	52,00	-9,85	-0,05
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35	1,00	99,00	29,70	0,90	52,52	-9,85	-0,05
Février	50,9	40,52	32,41	62,68	1,20	118,80	33,00	0,95	59,55	-5,87	-0,03
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81	1,20	118,80	39,60	1,05	72,25	3,10	0,02
Avril	48,9	38,92	31,14	87,48	1,20	118,80	0,00	1,15	100,60	69,46	0,36
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02	1,20	118,80	0,00	1,00	136,02	112,25	0,58

Juin	10,8	8,60	6,88	161,14	1,20	118,80	0,00	0,80	128,91	122,03	0,63
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62							
Août	12,39	9,86	7,89	173,07							

Tableau III.12 besoins en eau de l'ognion/ail

Ognion/Ail											
mois	P moy(mm)	P80%	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU réelle	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18	0,40	39,60	13,20	0,50	59,59	25,50	0,13
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19	0,40	39,60	13,20	0,75	67,64	27,09	0,14
Décembre	60,85	48,44	38,75	65	0,40	39,60	13,20	0,95	61,75	9,80	0,05
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35	0,40	39,60	13,20	0,95	55,43	9,56	0,05
Février	50,9	40,52	32,41	62,68	0,40	39,60	13,20	0,75	47,01	1,40	0,01
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81							-
Avril	48,9	38,92	31,14	87,48							-
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02							-
Juin	10,8	8,60	6,88	161,14							-
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62							-
Août	12,39	9,86	7,89	173,07							-

Tableau III.13 besoins en eau de la pomme de terre (AS)

Pomme de terre(AS)											
mois	P moy(mm)	P80%	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU réelle	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18	0,40	39,60	13,20	0,50	59,59	25,50	0,28
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19	0,60	59,40	19,80	0,70	63,13	15,98	0,20
Décembre	60,85	48,44	38,75	65	0,60	59,40	19,80	0,95	61,75	3,20	0,09
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35	0,60	59,40	19,80	0,75	43,76	0,00	0,03
Février	50,9	40,52	32,41	62,68							-
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81							-

Avril	48,9	38,92	31,14	87,48							-
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02							-
Juin	10,8	8,60	6,88	161,14							-
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62							-
Août	12,39	9,86	7,89	173,07							-

Tableau III.14 besoins en eau de la tomate

Tomate											
mois	P moy(mm)	P80%	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU réelle	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Décembre	60,85	48,44	38,75	65		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Février	50,9	40,52	32,41	62,68		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81	0,70	69,30	23,10	0,50	34,41	0,00	0
Avril	48,9	38,92	31,14	87,48	0,90	89,10	29,70	0,85	74,36	13,52	0,07
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02	1,20	118,80	0,00	1,15	156,42	132,66	0,68
Juin	10,8	8,60	6,88	161,14	1,20	118,80	0,00	0,85	136,97	130,09	0,67
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62		0,00				0,00	-
Août	12,39	9,86	7,89	173,07		0,00				0,00	-

Tableau III.15 besoins en eau du chou

Choux											
mois	P moy(mm)	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_T HEO	RFU réelle	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07	0,30	29,70	9,90	0,50	62,04	30,84	0,16
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18	0,40	39,60	0,00	0,70	83,43	62,54	0,32
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19	0,50	49,50	0,00	0,95	85,68	58,32	0,30
Décembre	60,85	48,44	38,75	65	0,60	59,40	19,80	0,80	52,00	0,00	-
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35		0,00	0,00		0,00	0,00	-

Février	50,9	40,52	32,41	62,68		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Avril	48,9	38,92	31,14	87,48		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Juin	10,8	8,60	6,88	161,14		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62		0,00				0,00	-
Août	12,39	9,86	7,89	173,07		0,00				0,00	-

Tableau III.16 besoins en eau de la carotte

Carotte											
mois	Pmoy (mm)	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU réelle	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07	0,30	29,70	9,90	0,40	49,63	18,43	0,09
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18	0,40	39,60	0,00	0,70	83,43	62,54	0,32
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19	0,50	49,50	0,00	0,90	81,17	53,81	0,28
Décembre	60,85	48,44	38,75	65	0,70	69,30	34,65	0,70	45,50	0,00	-
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Février	50,9	40,52	32,41	62,68		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Avril	48,9	38,92	31,14	87,48		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Juin	10,8	8,60	6,88	161,14		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62		0,00				0,00	-
Août	12,39	9,86	7,89	173,07		0,00				0,00	-

Tableau III.17 besoins en eau d'haricot

Haricot											
mois	P moy(mm)	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU réelle	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07	0,70	69,30	0,00	0,90	111,66	90,37	0,46
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18	0,70	69,30	0,00	0,85	101,30	80,42	0,41
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Décembre	60,85	48,44	38,75	65		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Février	50,9	40,52	32,41	62,68		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81		0,00	0,00		0,00	0,00	-

Avril	48,9	38,92	31,14	87,48		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Juin	10,8	8,60	6,88	161,14	0,50	49,50	0,00	0,50	80,57	73,69	0,38
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62	0,50	49,50	0,00	0,65	112,85	108,78	0,56
Août	12,39	9,86	7,89	173,07	0,70	69,30	0,00	0,95	164,42	156,53	0,81

Tableau III.18 besoins en eau du petit pois

Petit pois											
mois	P moy(mm)	P80%	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU réelle	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Décembre	60,85	48,44	38,75	65	0,40	39,60	19,80	0,50	32,50	0,00	-
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35	0,70	69,30	23,10	0,80	46,68	0,00	-
Février	50,9	40,52	32,41	62,68	0,70	69,30	23,10	1,00	62,68	7,17	0,04
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81	0,70	69,30	23,10	0,95	65,37	12,72	0,07
Avril	48,9	38,92	31,14	87,48	0,70	69,30	23,10	0,50	43,74	0,00	-
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Juin	10,8	8,60	6,88	161,14		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Août	12,39	9,86	7,89	173,07		0,00	0,00		0,00	0,00	-

Tableau III.19 besoins en eau du concombre

Concombre											
mois	P moy(mm)	P80%	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU réelle	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Décembre	60,85	48,44	38,75	65		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Février	50,9	40,52	32,41	62,68		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81		0,00	0,00		0,00	0,00	-

Avril	48,9	38,92	31,14	87,48		0,00	0,00		0,00	0,00	-
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02	0,40	39,60	13,20	0,38	51,69	14,72	0,08
Juin	10,8	8,60	6,88	161,14	0,45	44,55	0,00	0,57	91,85	84,97	0,44
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62	0,50	49,50	0,00	0,85	147,58	143,50	0,74
Août	12,39	9,86	7,89	173,07	0,60	59,40	0,00	0,85	147,11	139,22	0,72

Tableau III.20 besoins en eau d'olivier

olivier											
mois	P moy(mm)	P80%	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU réelle	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07	1,50	148,50	0,00	0,85	105,46	84,16	0,43
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18	1,50	148,50	0,00	0,85	101,30	80,42	0,41
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19	1,50	148,50	49,50	0,75	67,64	0	-
Décembre	60,85	48,44	38,75	65	1,50	148,50	49,50	0,65	42,25	0	-
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35	1,50	148,50	49,50	0,65	37,93	0	-
Février	50,9	40,52	32,41	62,68	1,50	148,50	49,50	0,65	40,74	0	-
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81	1,50	148,50	49,50	0,65	44,73	0	-
Avril	48,9	38,92	31,14	87,48	1,50	148,50	49,50	0,65	56,86	0	-
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02	1,50	148,50	0,00	0,65	88,41	64,65	0,33
Juin	10,8	8,60	6,88	161,14	1,50	148,50	0,00	0,80	128,91	122,03	0,63
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62	1,50	148,50	0,00	0,85	147,58	143,50	0,74
Août	12,39	9,86	7,89	173,07	1,50	148,50	0,00	0,85	147,11	139,22	0,72

Tableau III.21 besoins en eau du pêcher

pechier											
mois	P moy(mm)	P80%	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU _THEO	RFU réelle	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07	1,50	148,50	49,50	0,55	68,24	0,00	-
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18	1,50	148,50	49,50	0,55	65,55	0,00	-
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19	1,50	148,50	49,50	0,55	49,60	0,00	-
Décembre	60,85	48,44	38,75	65	1,50	148,50	49,50	0,75	48,75	0,00	-
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35	1,50	148,50	49,50	0,75	43,76	0,00	-
Février	50,9	40,52	32,41	62,68	1,50	148,50	49,50	0,75	47,01	0,00	-
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81	1,50	148,50	49,50	0,75	51,61	0,00	-

Avril	48,9	38,92	31,14	87,48	1,50	148,50	49,50	0,55	48,11	0,00	-
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02	1,50	148,50	0,00	0,55	74,81	51,05	0,26
Juin	10,8	8,60	6,88	161,14	1,50	148,50	0,00	0,55	88,63	81,75	0,42
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62	1,50	148,50	0,00	0,55	95,49	91,42	0,47
Août	12,39	9,86	7,89	173,07	1,50	148,50	0,00	0,55	95,19	87,30	0,45

Tableau III.22 besoins en eau du pommier

Pommier											
mois	P moy(mm)	P80%	Pe _{eff} (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU réelle	KC	ETM	B(mm)	q(l/s/ha)
Septembre	33,44	26,62	21,29	124,07	1,50	148,50	0,00	0,70	86,85	65,55	0,34
Octobre	32,8	26,11	20,89	119,18	1,50	148,50	0,00	0,70	83,43	62,54	0,32
Novembre	42,96	34,20	27,36	90,19	1,50	148,50	49,50	0,70	63,13	0,00	-
Décembre	60,85	48,44	38,75	65	1,50	148,50	49,50	0,70	45,50	0,00	-
Janvier	51,3	40,83	32,67	58,35	1,50	148,50	49,50	0,70	40,85	0,00	-
Février	50,9	40,52	32,41	62,68	1,50	148,50	49,50	0,70	43,88	0,00	-
Mars	46,4	36,93	29,55	68,81	1,50	148,50	49,50	0,80	55,05	0,00	-
Avril	48,9	38,92	31,14	87,48	1,50	148,50	0,00	0,85	74,36	43,22	0,22
Mai	37,32	29,71	23,77	136,02	1,50	148,50	0,00	0,85	115,62	91,85	0,47
Juin	10,8	8,60	6,88	161,14	1,50	148,50	0,00	0,70	112,80	105,92	0,54
Juillet	6,4	5,09	4,08	173,62	1,50	148,50	0,00	0,70	121,53	117,46	0,60
Août	12,39	9,86	7,89	173,07	1,50	148,50	0,00	0,70	121,15	113,26	0,58

III.6 Calcul du débit spécifique :

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 24 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle. Les débits spécifiques sont définis par la formule suivante :

$$q = \frac{B_m}{T \times t \times 3,6 \times K} \quad (\text{l/s/ha})$$

B_m : Besoin mensuel maximum net, exprimé en m³/ha.

T : Temps d'irrigation par jour 22 heures.

t : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour égale à 26 J.

K : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation ≈ 0.75.

Calcul des besoins en eau pour les assolements :

Tableau III.23 : calcul des besoins en eau pour l'assolement 01proposé

	Sep	oct	Nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout
Blé/avoine	-	-	8,72	-	0,43	10,63	22,90	56,34	85,05	65,64		
Mais	-	-	-	-	-	-	-	16,97	98,65	194,55	134,82	-
Luzerne	-	56,58	35,78	-	-	-	3,10	69,46	112,25	122,03		
ognion/ail	-	25,50	27,09	9,80	9,56	1,40						
pomme de terre AS	-	25,50	15,98	3,20	-							
Tomate	-	-	-	-	-	-	-	13,52	132,66	130,09	-	-
choux	30,84	62,54	58,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
carotte	18,43	62,54	53,81	-	-	-	-	-	-	-	-	-
olivier	84,16	80,42	-	-	-	-	-	-	64,65	122,03	143,50	139,22
pommier	65,55	62,54	-	-	-	-	-	43,22	91,85	105,92	117,46	113,26

Bnet (mm) TOTAL	198,99	375,62	199,69	13,00	9,99	12,03	26,01	199,51	585,11	740,26	395,78	252,48
Bbrut (mm) tot	265,32	500,82	266,26	17,34	13,33	16,04	34,67	266,02	780,15	987,02	527,71	336,64

Tableau III.24 : calcul des besoins en eau pour l'assolement 02proposé

	Sep	oct	Nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout
Blé/avoine	-	-	8,72	-	0,43	10,63	22,90	56,34	85,05	65,64		
orge en vert				-	-	-	-	27,79	105,45	105,92		
orge en grain			-	-	-	-	9,56	51,97	57,85			
ognion/ail	-	25,50	27,09	9,80	9,56	1,40						
Tomate	-	-	-	-	-	-	-	13,52	132,66	130,09	-	-
haricot	90,37	80,42	-	-	-	-	-	-	-	73,69	108,78	156,53
petit pois	-	-	-	-	-	7,17	12,72	-	-	-	-	-
concombre	-	-	-	-	-	-	-	-	14,72	84,97	143,50	139,22
olivier	84,16	80,42	-	-	-	-	-	-	64,65	122,03	143,50	139,22
pecher	-	-	-	-	-	-	-	-	51,05	81,75	91,42	87,30
Bnet (mm) TOTAL	174,53	186,33	35,80	9,80	9,99	19,20	45,19	149,62	511,42	664,10	487,20	522,26
Bbrut (mm) tot	232,71	248,45	47,74	13,07	13,33	25,60	60,25	199,49	681,90	885,46	649,59	696,35

RQ : on a choisi l'assolement proposé 01 car c'est le plus exigeant point de vue besoin en eau total

Le mois de pointe c'est le mois de **Juin** avec un besoins total de **Bi net = 740.26 mm**

C'est –à-dire **Bi brut = 7402.6 m³/ha.**

$$q = \frac{740.26 \times 10^4}{22 \times 26 \times 3600 \times 0.75} = 4.79 \approx 4.8 \text{ l/s/ha.}$$

Cette valeur du débit spécifique est très importante donc il aura un risque de surdimensionnement, pour cela on a deux méthode pour estimer le débit spécifique :

- Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures (uniquement pour le mois du pointe) ;
- Prendre en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante ;

Le débit spécifique de la culture la plus exigeante (celle du Maïs) :

$$q = \frac{194.55 \times 10^4}{24 \times 30 \times 3600 \times 0.75} = 1.259 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique moyen de est : **q = 1.26 l/s/ha.**

III.7 Débit caractéristique :

C'est le débit maximum que peut assurer le réseau d'irrigation. Il est égal à :

Q caractéristique = Qsp * surface

Surface = 300ha

Q caractéristique = $1.26 \times 300 = 378 \text{ l/s.}$

Q caractéristique = 378 l/s. donc le débit du réservoir est de 1360.8 m³/h

III.8 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

Le volume des besoins en eau égale le besoin de la culture en m³ multiplié par la surface de la culture.

On trouve les résultats pour l'assolement 01 (choisi) dans le **Tableau IV.25** :

Les cultures	pourcentage dans le périmètre %	surface de la culture ha	Besoin nette de la culture m ³ /ha	les volumes des besoins en eau m ³
Blé/avoine	20	60	2 497,11	149 826,75
Mais	15	45	4 449,95	200 247,81
Luzerne	15	45	3 992,11	333 330,55
oignon/ail	10	30	733,51	22 005,24
p de terre AS	10	30	446,80	13 403,93
Tomate	7	21	2 762,68	108 207,68
choux	6	18	1 517,03	27 306,53
carotte	7	21	1 347,86	28 305,15
olivier	5	15	6 339,84	95 097,61
pommier	5	15	5 998,02	89 970,23
				Somme= 1 067 701,48 Bi brut = 1 423 601,98

III.9) Conclusion

Dans ce chapitre on a déterminé les besoins en eau d'irrigation pour les cultures de notre périmètre. On remarque que le mois de pointe est le mois de Juin. Donc on a estimé les besoins en eau du périmètre pour les assolements proposés et on a choisi l'assolement 01 car c'est le plus exigeant. Les besoins annuels d'irrigation sont de l'ordre de 1 425 000 m³, ils seront assurés à partir des transferts du barrage de Lakhal dont la capacité est de 30 hm³.

Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution

IV.1 Introduction :

L'adduction consiste à étudier les voies et moyens nécessaires à l'alimentation en eau d'un périmètre tenant compte de l'aspect technique et économique des ouvrages du réseau tels que bassins de stockage, ouvrages de régularisations...etc.).

Ainsi le but de ce chapitre consiste à implanter et vérifier le tracé des conduites de telle sorte à assurer le meilleur fonctionnement du réseau collectif de distribution d'eau.

IV.2. Organisation du périmètre :

Le périmètre des Arribs (secteur 01) est divisé en plusieurs îlots d'irrigation. Le secteur 01 est organisé en 20 îlots, présentant chacun des surfaces variant de 5 ha à plus de 40 ha.

Il est à noter que dans certains cas, les îlots sont cadastrés selon une superficie bien déterminée.

IV.2.1 Ilots et bornes d'irrigation :

L'îlot d'irrigation est par définition la plus petite entité hydraulique desservie par une borne d'irrigation. Pour éviter tout conflit entre agriculteurs, les limites des îlots d'irrigation sont celles des exploitations ou des parcelles, ou à défaut les limites facilement matérialisées sur terrain.

Afin de desservir plusieurs îlots (04 ou 06 au maximum) à partir de la même borne, cette dernière doit être implantée à la limite des petites exploitations. En matière de superficie et nombre de parcelles, les critères établis sont décrits ensuite :

- La taille maximale des îlots sera comprise entre 50 et 70 ha
- L'îlot présentera un maximum de 10 parcelles (pour un même îlot)

L'étude est conçue pour que la majorité des agriculteurs, puissent disposer d'une prise autonome et d'une pression suffisante, pour la pratique des techniques d'irrigation sous pression.

a- Rôle et fonction de la borne d'irrigation :

Chaque borne et même chaque sortie doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire, laisser passer ou arrêter le débit, régler le débit, et le limiter au module, régler la pression, assurer le comptage de l'eau livrée, et enfin encaisser les suppressions accidentelles.

IV.2.2 Calcul du débit aux bornes

Le débit de chaque borne pouvant desservir un ilot est formulé comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S$$

Avec :

Q_b : Débit de chaque ilot (l/s)

q_s : Débit spécifique (l/s/ha)

S : Superficie de l'ilot (ha)

IV.2.2.1 Choix du diamètre de la borne :

Les diamètres des bornes en fonction des débits sont détaillés comme suit :

Tableau IV.1:Diamètres des bornes en fonction de débit fourni

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	65mm
$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s)	100mm
$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	150mm

IV.2.2.2 Choix de type de borne :

Le choix de type de borne dépend de la surface généralement on admet :

- Pour les ilots qu'ont un nombre de parcelle entre [4 -8], et dont la superficie inférieure à 15ha, on prend la borne à quatre prise (Borne de type A4).
- Pour les ilots qu'ont deux parcelle et dont la superficie inférieure à 15ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2).
- Pour les ilots qu'ont deux parcelle et dont la superficie dépasse 15ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B).

- Pour les grands ilots on prévoit des bornes de type C.

Tableau IV.2: Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes

N°	Ilot	N° de Parcelle	Surface des parcelles (ha)	Superficie d'Ilot (ha)	Débit d'Ilot (l/s)	Matériau	Corps de régulation (mm)	Type de borne
1	Ilot 01	P1 ₁	06	12	15.12	Fonte	100	borne d'irrigation type A2
		P1 ₂	06					
2	Ilot 02	P2 ₁	04	10	12.6	Fonte	100	borne d'irrigation type A2
		P2 ₂	06					
3	Ilot 03	P3 ₁	4.5	10	12.6	Fonte	100	borne d'irrigation type A2
		P3 ₂	5.5					
4	Ilot 04	P4 ₁	7.5	14	18.9	Fonte	100	borne d'irrigation type A2
		P4 ₂	7.5					
5	Ilot 05	P5 ₁	4	18	22.68	Fonte	100	borne d'irrigation type B
		P5 ₂	7					
		P5 ₃	7					
6	Ilot 06	P6 ₁	08	15	18.9	Fonte	100	borne d'irrigation type A2
		P6 ₂	07					
7	Ilot 07	P7 ₁	4.3	09	11.34	Fonte	100	borne d'irrigation type A2
		P7 ₂	4.7					
8	Ilot 08	P8 ₁	7	20	25.2	Fonte	125	borne d'irrigation type C
		P8 ₂	6					
		P8 ₃	7					
9	Ilot 09	P9 ₁	8	17	21.42	Fonte	100	borne d'irrigation type B
		P9 ₂	9					

10	Ilot10	P10 ₁	7	14	17.64	Fonte	100	borne d'irrigation type A2
		P10 ₂	07					
11	Ilot11	P11 ₁	7.5	15	18.9	Fonte	100	borne d'irrigation type A2
		P11 ₂	7.5					
12	Ilot 12	P12 ₁	7	15	18.9	Fonte	100	borne d'irrigation type A2
		P12 ₂	8					
13	Ilot 13	P13 ₁	7	15	18.9	Fonte	100	borne d'irrigation type A2
		P13 ₂	8					
14	Ilot 14	P14 ₁	7	36	45.36	Fonte	200	borne d'irrigation type C
		P14 ₂	8					
		P14 ₃	7					
		P14 ₄	3.5					
		P14 ₅	6					
		P14 ₆	4.5					
15	Ilot 15	P15 ₁	7	20	25.2	Fonte	100	borne d'irrigation type C
		P15 ₂	6					
		P15 ₃	7					
16	Ilot 16	P16 ₁	04	10	12.6	Fonte	100	borne d'irrigation type A2
		P16 ₂	06					
17	Ilot 17	P17 ₁	8	15	18.9	Fonte	100	borne d'irrigation type A2
		P17 ₂	7					
18	Ilot 18	P18 ₁	7	15	18.9	Fonte	100	borne d'irrigation type A2
		P18 ₂	8					
19	Ilot 19	P19 ₁	8	14	17.64	Fonte	100	borne d'irrigation type A2
		P19 ₂	6					
20	Ilot	P20	5	5	6.3	Fonte	65	borne d'irrigation

	20								type A2
--	----	--	--	--	--	--	--	--	---------

IV.3 Dimensionnement du système d'adduction :

IV.3.1 Schéma général et fonctions du réseau :

Le réseau d'adduction retenu a été conçu pour amener les eaux provenant du barrage Lekhel vers les différents points de consommation, ces points étant constitués soit par des réservoirs constituant la tête des secteurs de distribution, soit par des quartiers de distribution directement piqués sur l'adducteur.

Le secteur CP1 est la zone d'irrigation à moyenne altitude (**686.18 m**) en rapport à l'altitude de l'implantation du bassin de régulation (767.5 m). De sa position géographique, le secteur CP1 se trouve au Nord du bassin, englobant une superficie totale classée de 300 Ha,

VI.4 Diagnostic du réseau existant :

L'analyse de la situation actuelle du périmètre irrigué des Arribs et le diagnostic de ces infrastructures hydrauliques, font ressortir de nombreuses défaillances dans sa structure et dans la qualité du service opéré par l'O.P.I. aux irrigants, à savoir :

- **Vétusté avancée des infrastructures**

Bien qu'il soit fonctionnel, le réseau compte plusieurs contraintes d'ordre technique où on constate la déféctuosité de la majorité des appareils de protection et des ouvrages hydrauliques (STP, Bassin, et réseau hydraulique) dont la durée de vie est dépassée et restent exposé davantage au risque futur en cause l'absence d'un programme d'entretien à préserver les infrastructures.

- **Corrosion de la conduite en acier**

Le phénomène de la corrosion persiste à détériorer tous les ouvrages en acier (Station de pompage et réseau hydraulique) en raison de la défaillance de la protection cathodique, appareil servant à émettre des ondes électriques pour l'élimination de la corrosion par utilisation de l'acide chloridrique.

- **Ouvrage en béton endommagé**
- **Absence de dispositif de comptage**
- **Facturation forfaitaire**
- **Diminution de l'effcience en eau d'irrigation**

En raison de la vétusté du réseau, l'efficacité est d'une manière significative très amoindrie (évaluée à 75 %) à la présence du taux de fuite et des casses fréquentes dans les canalisations à corrosion avancée et souvent sans accessoires d'étanchéité.

- **Entretien non systématique du matériel et de certaines pièces de rechange**

1. Diagnostic technique : état du réseau :

En vue d'élaborer un diagnostic sur l'état du réseau et de certains composants du compostant, nous avons dressé un état des lieux de tout le réseau d'irrigation ainsi que certains différents (vannes, conduites, etc.)

Le tableau ci-dessous représente l'état de quelques pièces, ouvrages en BA...etc

Le 1 signifie bon état ;

Le 2 signifie moyen état ;

Le 3 signifie endommagé état ;



Photo 01. borne type B complètement délabrée



Photo 02. Vanne de sectionnement

CP	CS	DIAMETRES	Nbr	PIECES HYDRO –									Génie civil									Observation
				MECANIQUE						Echelle métallique			Capot métallique			Dallèts			Ouvrage en béton armé			
				manchette raccordement			Vanne															
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
CP1		Ø300	1		*				*			*			*			*		*		vanne volée, GC : Etat moyen , sans dalèts , sans capot et sans échelle , rempli d'eau et de détrit
		Ø400	1		*			*				*			*			*		*		vanne volée Ø 400 , GC : Etat moyen - sans dalèts et sans capot , rempli de plâtras (carcasses animales)
CP2	CS21	Ø400	1		*			*			*			*			*			*		vanne intacte : GC : Bon état avec capot , dalèts et échelle
		Ø400	1		*			*			*			*			*			*		vanne intacte : GC : Bon état avec capot, dalèts et échelle
		Ø150	1														*			*		vanne volée Ø 150, GC : Etat moyen - dalèts enfouies dans la chambre de vidange , rempli d'eau et envasé
		Ø250	1		*			*			*			*			*			*		vanne volée, GC ; Etat moyen - avec dalèts et échelle

CP3

CS22	Ø150	1		*				*			*			*		*			vanne volée Ø150 , GC : Etat moyen , sans dalettes et sans capot , rempli d'eau polluée et autant d'immondices (pommes de terre pourries)
CS31	Ø150	1		*				*			*			*		*			vanne volée, GC : Etat moyen, sans dalettes , sans capot et sans echelle , rempli de détrit
TOTAL		8																	

2. Diagnostic hydraulique :

La conduite CP1 (\varnothing 500 moyenne altitude) avec un débit de 302.40 l/s placée dans une cuvette remontée sur une pente abrupte de 6 %, pour irriguer une superficie de 300 hectares, répartis en 09 antennes de distribution. Cet écartement dans un terrain accidenté présente un angle d'élévation de 35° , gênant l'écoulement des eaux dans la conduite desservant le secteur CP1, ce qui génère une perte de charge considérable, ceci provoque de grandes difficultés pour garantir une irrigation régulière sur tout le secteur.

Le secteur CP1 par écoulement lent du fait de la pente, se remplit d'une façon intermittente, générant ainsi une pression très faible et un débit trop réduit du fait des pertes de charges singulières correspondant aux accidents de parcours de ce branchement en diagonal par rapport à la conduite principale.

Par conséquent, il est à noter que les variations des diamètres des deux conduites : la conduite CP1 (\varnothing 500) assemblée diagonalement à la conduite principale CP2 (\varnothing 1100) dont les pertes de charge sont dues essentiellement par frottement et turbulence se produisant dans la vanne et provoquant une chute de pression en fonction du débit faible qui la traverse (Perte de charge de la vanne entièrement pour le débit nominal et la perte de charge du circuit à débit variable due essentiellement à l'arrêt de pompage pour cause de chute de tension .

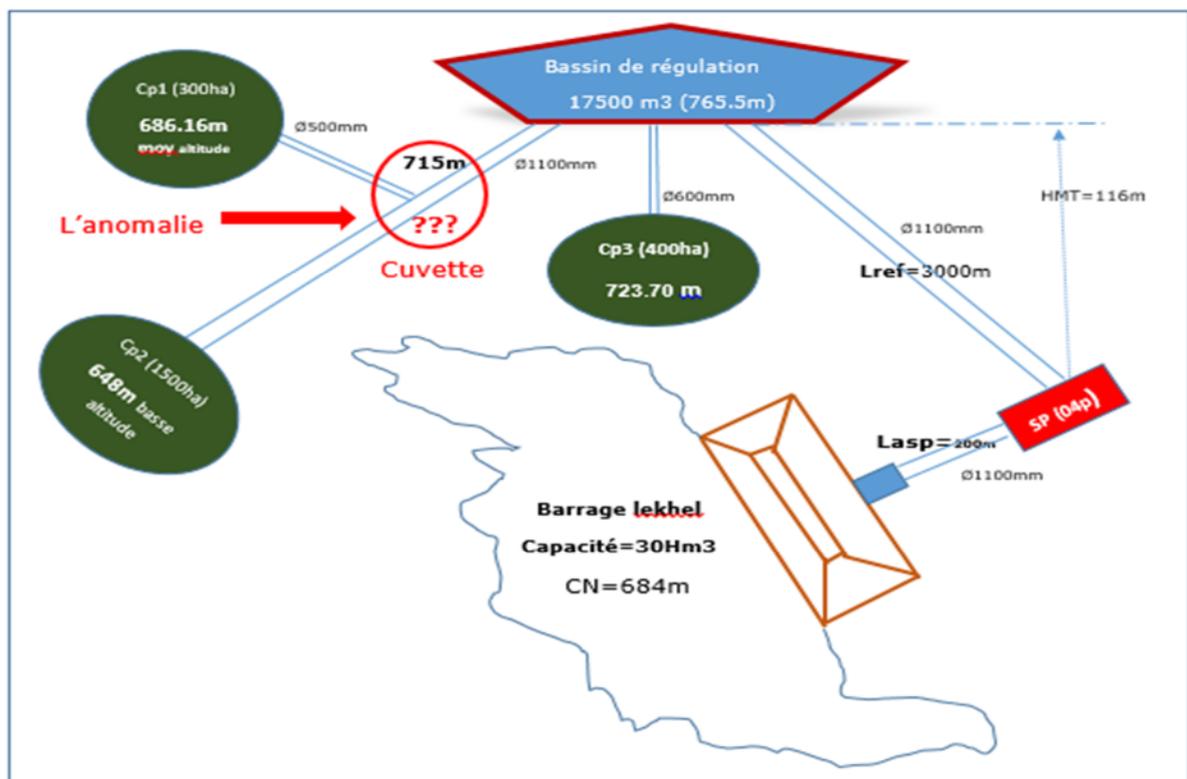


Figure IV.1 : schéma illustrant l'anomalie du CP1

IV.5 Calculs hydrauliques du système distribution gravitaire:

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite gravitaire, nous procédons à la deuxième étape de calcul celle du réseau de distribution, c'est-à-dire du bassin d'accumulation vers les bornes.

IV.5.1 Vitesses admissibles :

La fixation d'un seuil de vitesse admissible dans les conduites, permet outre l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum, un compromis technique :

- De faire une économie sur le coût des canalisations ;
- D'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides)

La vitesse admissible est choisie entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2.5 m/s comme vitesse maximale.

IV.5.2 Choix du matériau des conduites :

Le choix du matériau est l'un des compromis entre critères à voir :

- La satisfaction des conditions hydrauliques (débit, pression).
- La disponibilité sur le marché local.
- L'intérêt économique.
- Du type de sol.

IV.5.3 Caractéristiques des canalisations :

a) Conduites en fonte :

Présentent plusieurs avantages :

- Bonne résistance aux forces internes ;
- Bonne résistance à la corrosion ;
- Très rigides et solides.

Leur inconvénient est relatif en leur coût important

b) Conduites en acier

- Les conduites en acier sont plus légères que les conduites en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose
- Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

Leur inconvénient est relatif à la corrosion de la conduite.

c) Conduite en PEHD

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants

- Bonne résistance à la corrosion
- Disponible sur le marché
- Une pose de canalisation facile
- Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est relatif en risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

IV.5.4 Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses. La formule de " LABYE " nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalisé.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000$$

Avec : Q : débit, exprimé en m³/s ;

D: diamètre exprimé en mm.

V : vitesse qui donne le diamètre économique (m/s).

IV.5.5 Calcul des pertes de charge

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

$$h_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C$$

Avec :

h_{pu} : Pertes de charge unitaire en mm/ml

Q: Débit en m³/s

D : Diamètre de la conduite considérée

L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations

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

$$J=L \times Q^M/D^N$$

Tableau IV-3 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon

K (mm)	L	M	N
0,1	1,15	1,89	5,01
0,5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 400mm et en PEHD dans le cas contraire. Pour une conduite en fonte/PEHD, nous avons les caractéristiques suivantes :

La rugosité équivalente : $K=0.1$ mm, donc : $L=1.15$ $M=1.89$ $N=5.01$.

Nous avons estimé la vitesse dans la conduite égale à 1,5 m/s.

L'estimation des pressions est basée sur le principe de Bernoulli entre le point A et le point B :

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_{21} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

Où h_1 et h_2 sont les hauteurs de pressions

V_1 et V_2 sont les vitesses d'écoulement dans A et B

Z_1 et Z_2 sont les côtes du terrain naturel.

ΔH : sont les pertes de charge entre A et B.

Les calculs hydrauliques du réseau de distribution de notre secteur sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.4 : Résultats du système d'adduction (variante existante)

Cote du point de jonction 715,00m													
2	3	4	5	7					10	12		13	
N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L(km)	débit Q(l/s)	débit Q(M3/S)	Diamètre calculé	Diam Normalisé	Vitesse V réelle(m/s)	Perte de charge total ΔH_t (m)	Perte de charge total ΔH_t (m)	Cote terrain aval Z (m)	cote piézométrique (m)	Pression au point P(m)	
pj-N1	650	0,65	378,00	0,378	620,51	630	1,213	1,203	1,32	688	713,68	25,676	25,676
N1-B1	264	0,264	15,12	0,015	124,10	125	1,233	3,682	4,051	689	709,63	20,63	B1
N1-B2	175	0,175	12,60	0,013	113,29	125	1,027	1,729	1,90	682	711,77	29,77	B2
N1-B3	750	0,75	12,6	0,013	113,29	125	1,027	7,412	8,153	685	705,52	20,52	B3
N1-N2	707	0,707	337,68	0,338	586,48	630	1,084	1,058	1,16	690,00	712,51	22,51	22,513
N2-N3	610	0,61	50,4	0,050	226,58	250	1,027	2,570	2,827	686	709,69	23,69	23,686
N2-N4	65	0,065	110,88	0,111	336,07	400	0,883	0,115	0,13	691,00	712,39	21,39	21,386
N4-B6	100	0,1	18,9	0,019	138,75	160	0,940	0,617	0,679	697	711,71	14,71	B6
N4-N5	374	0,374	91,98	0,092	306,09	315	1,181	1,543	1,70	686,00	710,69	24,69	24,689
N5-N6	224	0,224	91,98	0,092	306,09	315	1,181	0,924	1,017	689	709,67	20,67	20,672
N6-B7	87	0,087	11,34	0,011	107,47	110	1,194	1,337	1,47	695	708,20	13,20	B7
N6-B8	476	0,476	25,2	0,025	160,21	200	0,803	1,655	1,820	685	707,85	22,85	B8
N6-N9	385	0,385	55,44	0,055	237,64	250	1,130	1,942	2,136	690	707,54	17,54	17,536
N9-B10	423	0,423	17,64	0,018	134,04	160	0,878	2,292	2,52	710	705,01	-4,99	B10
N9-N10	178	0,178	37,8	0,038	196,22	200	1,204	1,332	1,465	689	703,55	14,55	14,549
N10-B11	105	0,105	18,90	0,019	138,75	160	0,940	0,648	0,71	693,00	702,84	9,84	B11

N10-B12	630	0,63	18,9	0,019	138,75	160	0,940	3,890	4,279	680	699,27	19,27	B12
N2-N8	185	0,185	176,40	0,176	423,89	500	0,899	0,258	0,28	704	712,23	8,23	8,229
N8-B5	184	0,184	22,68	0,023	151,99	160	1,129	1,603	1,76	702	710,47	8,47	B5
N8-N12	439	0,439	153,72	0,154	395,70	400	1,224	1,445	1,589	712	710,6	-1,36	-1,360
N12-B9	210	0,21	21,42	0,021	147,71	160	1,066	1,643	1,807	712	708,83	-3,17	B9
N12-N13	271	0,271	132,30	0,132	367,10	400	1,053	0,672	0,739	730	709,9	-20,10	-20,10
N13-B14	244	0,244	45,36	0,045	214,95	250	0,925	0,842	0,927	718	708,97	-9,03	B14
N13-N14	197	0,197	86,94	0,087	297,58	315	1,116	0,731	0,804	735	709,1	-25,90	-25,90
N14-B15	258	0,258	25,2	0,025	160,21	200	0,803	0,897	0,987	730	708,1	-21,89	B15
N14-N15	104	0,104	61,74	0,062	250,77	315	0,793	0,202	0,222	729	708,9	-20,12	-20,12
N15-B17	250	0,25	18,9	0,019	138,75	160	0,940	1,544	1,698	720	707,2	-12,82	B17
N15-N16	224	0,224	42,84	0,043	208,89	250	0,873	0,694	0,76	735	708,11	-26,89	-26,888
N16-B18	128	0,128	18,90	0,019	138,75	160	0,940	0,790	0,87	748	707,24	-40,76	B18
N16-B19	205	0,205	17,64	0,018	134,04	160	0,878	1,111	1,22	740	706,89	-33,11	B19
N16-B20	144	0,144	6,3	0,006	80,11	90	0,991	1,991	2,19	742	705,92	-36,08	B20

B20													
N3-N7	227	0,227	50,4	0,050	226,58	250	1,027	0,956	1,05	685	708,63	23,63	23,634
N7-B4	101	0,101	18,9	0,019	138,75	160	0,940	0,624	0,69	686	707,95	21,95	B4
N7-N11	462	0,462	31,5	0,032	179,12	200	1,003	2,449	2,69	704	705,94	1,94	1,940
N11-B13	115	0,115	18,9	0,019	138,75	160	0,940	0,710	0,78	702	705,16	3,16	B13
N11-B16	532	0,532	12,6	0,013	113,29	125	1,027	5,258	5,78	731	700,16	-30,84	B16

Interprétation des résultats du tableau ci-dessus :

D'après les résultats du tableau ci-dessus, on note des pressions négatives dans plusieurs nœuds car la cote piézométrique du premier point (point de jonction) est insuffisante pour assurer des pressions adéquates dans tout le réseau, ce qui génère des dysfonctionnements dans tout le réseau de distribution.

Tenant compte du taux d'exploitation anarchique des parcelles se trouvant sur ce secteur CP1 dont les sols sont classés de meilleure qualité pour une forte demande, ce qui provoque le non-respect du taux de simultanéité c'est-à-dire l'exploitation partielle des bouches d'arrosage avec un pourcentage de 60% des hydrants existants.

IV.6 Description de l'aménagement :

Dans notre étude, nous avons choisi l'aménagement du secteur 01 du périmètre les Arribs qui présente une superficie de 300 ha.

IV.6.1 Choix de la variante d'adduction :

L'aménagement hydro-agricole de périmètre des Arribs, nécessite d'élaborer une variante d'adduction en fonction de la disposition du barrage Lekhel.

Le périmètre des Arribs (300ha) est situé en nord-est du barrage Lekhel, dans ce cas on préconise une variante avec pompage qui doit être projetée vers le réservoir de stockage.

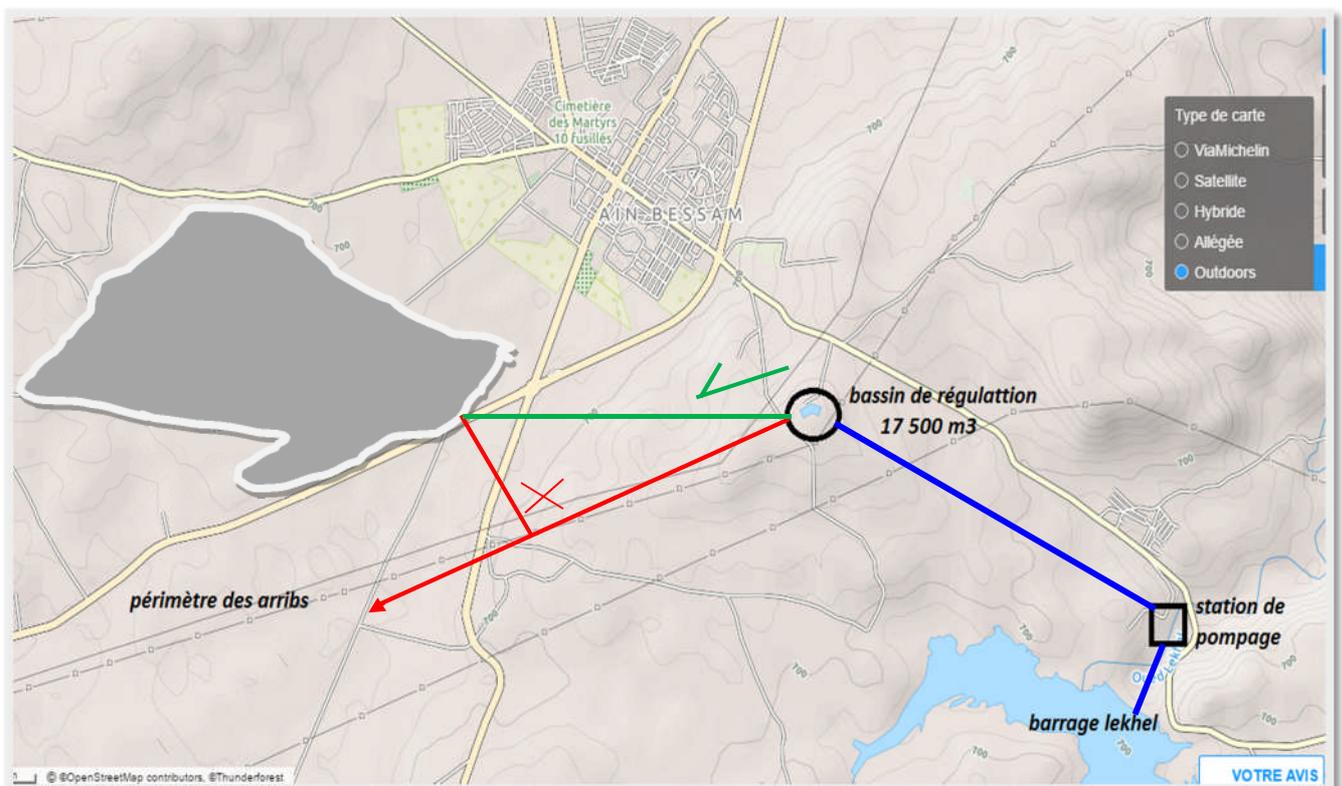


Figure IV.2 : Schéma de la nouvelle variante d'adduction

Le principe de cette variante, schématisée par la figure IV.2 est basé sur la projection d'une nouvelle

conduite d'irrigation (conduite autonome) qui sera alimentée directement à partir du bassin de régulation pour permettre P1 et donc assurer une charge hydraulique adéquate pour la tête du secteur du secteur CP1.

A cet effet, nous avons vérifié de nouveau les pressions pour cette variante, et les avons résumées dans le tableau suivant :

Cote radier du réservoir= 767.5m

Tableau IV.5: Résultats du système d'adduction (variante projetée)

2	3	4	5	7					10	12		13	
N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L(km)	débit Q(l/s)	débit Q(M3/S)	Diamètre calculé	Diam Normalisé	Vitesse V réelle (m/s)	Perte de charge total ΔH_t (m)	Perte de charge total ΔH_t (m)	Cote terrain aval Z (m)	cote piézométrique (m)	Pression au point P(m)	
pj-N1	1320	1,32	378,00	0,378	620,51	630	1,213	2,444	2,69	688	764,81	76,812	76,812
N1-B1	264	0,264	15,12	0,015	124,10	125	1,233	3,682	4,051	689	760,76	71,76	B1
N1-B2	175	0,175	12,60	0,013	113,29	125	1,027	1,729	1,90	682	762,91	80,91	B2
N1-B3	750	0,75	12,6	0,013	113,29	125	1,027	7,412	8,153	685	756,66	71,66	B3
N1-N2	707	0,707	337,68	0,338	586,48	630	1,084	1,058	1,16	690,00	763,65	73,65	73,649
N2-N3	610	0,61	50,4	0,050	226,58	250	1,027	2,570	2,827	686	760,82	74,82	74,822
N2-N4	65	0,065	110,88	0,111	336,07	400	0,883	0,115	0,13	691,00	763,52	72,52	72,522
N4-B6	100	0,1	18,9	0,019	138,75	160	0,940	0,617	0,679	697	762,84	65,84	B6
N4-N5	374	0,374	91,98	0,092	306,09	315	1,181	1,543	1,70	686,00	761,82	75,82	75,824
N5-N6	224	0,224	91,98	0,092	306,09	315	1,181	0,924	1,017	689	760,81	71,81	71,808
N6-B7	87	0,087	11,34	0,011	107,47	110	1,194	1,337	1,47	695	759,34	64,34	B7
N6-B8	476	0,476	25,2	0,025	160,21	200	0,803	1,655	1,820	685	758,99	73,99	B8
N6-N9	385	0,385	55,44	0,055	237,64	250	1,130	1,942	2,136	690	758,67	68,67	68,671
N9-B10	423	0,423	17,64	0,018	134,04	160	0,878	2,292	2,52	710	756,15	46,15	B10
N9-N10	178	0,178	37,8	0,038	196,22	200	1,204	1,332	1,465	689	754,68	65,68	65,685
N10-	105	0,105	18,90	0,019	138,75	160	0,940	0,648	0,71	693,00	753,97	60,97	B11

B11													
N10-B12	630	0,63	18,90	0,019	138,75	160	0,940	3,890	4,279	680	750,41	70,41	B12
N2-N8	185	0,185	176,40	0,176	423,89	500	0,899	0,258	0,28	704	763,36	59,36	59,365
N8-B5	184	0,184	22,68	0,023	151,99	160	1,129	1,603	1,76	702	761,60	59,60	B5
N8-N12	439	0,439	153,72	0,154	395,70	400	1,224	1,445	1,589	712	761,8	49,78	49,776
N12-B9	210	0,21	21,42	0,021	147,71	160	1,066	1,643	1,807	712	759,97	47,97	B9
N12-N13	271	0,271	132,30	0,132	367,10	400	1,053	0,672	0,739	730	761,0	31,04	31,04
N13-B14	244	0,244	45,36	0,045	214,95	250	0,925	0,842	0,927	718	760,11	42,11	B14
N13-N14	197	0,197	86,94	0,087	297,58	315	1,116	0,731	0,804	735	760,2	25,23	25,23
N14-B15	258	0,258	25,2	0,025	160,21	200	0,803	0,897	0,987	730	759,2	29,25	B15
N14-N15	104	0,104	61,74	0,062	250,77	315	0,793	0,202	0,222	729	760,0	31,01	31,01
N15-B17	250	0,25	18,9	0,019	138,75	160	0,940	1,544	1,698	720	758,3	38,31	B17
N15-N16	224	0,224	42,84	0,043	208,89	250	0,873	0,694	0,76	735	759,25	24,25	24,247
N16-B18	128	0,128	18,90	0,019	138,75	160	0,940	0,790	0,87	748	758,38	10,38	B18
N16-B19	205	0,205	17,64	0,018	134,04	160	0,878	1,111	1,22	740	758,03	18,03	B19
N16-B20	144	0,144	6,3	0,006	80,11	90	0,991	1,991	2,19	740	757,06	17,06	B20

B20													
N3-N7	227	0,227	50,4	0,050	226,58	250	1,027	0,956	1,05	685	759,77	74,77	74,770
N7-B4	101	0,101	18,9	0,019	138,75	160	0,940	0,624	0,69	686	759,08	73,08	B4
N7-N11	462	0,462	31,5	0,032	179,12	200	1,003	2,449	2,69	704	757,08	53,08	53,076
N11-B13	115	0,115	18,9	0,019	138,75	160	0,940	0,710	0,78	702	756,29	54,29	B13
N11-B16	532	0,532	12,6	0,013	113,29	125	1,027	5,258	5,78	731	751,29	20,29	B16

Interprétation :

D'après les résultats du tableau ci-dessus, le système projeté présente des pressions aux bornes adéquates, et suffisantes pour la projection de systèmes d'irrigation tels que l'aspersion. Les vitesses dans les canalisations sont conformes.

IV.7) Etude du système de pompage

C'est un ouvrage génie civil, elle abrite le bureau du chef d'exploitation, bureau de personnel, le magasin, salle d'équipement, moteur électrique, toilette et la machine la plus importante dans la station : les pompes, qui ont pour rôle de refouler les eaux vers le réservoir.

IV.7.1) Les pompes :

Pompe, dispositif utilisé pour aspirer, pour déplacer ou pour comprimer des liquides et des gaz. Dans toutes les pompes, il faut éviter la cavitation (formation des poches gazeuses), ce qui réduirait le débit et endommagerait le corps de la pompe.

Il existe deux grands types de pompes : les pompes volumétriques qui sont utilisées pour pomper les eaux usées et les turbopompes.

a- Les turbopompes (pompes centrifuge) :

Il existe trois classes de turbopompes : les pompes centrifuges, à écoulement radial ; les pompes axiales, à écoulement axial ; les pompes semi axiales.

b- Les pompes à écoulement radial :

Ce sont les pompes centrifuges au sens strict. Elles permettent de relever des faibles débits sur de fortes hauteurs. La hauteur de refoulement croit avec le diamètre extérieur de la roue. Dans ce cas, l'écoulement est radial et les aubages sont des surfaces planes.

IV.7.1.1) Les pompes axiales :

Ce sont les pompes hélices où les pales sont constituées par des surfaces gauches. Ces pompes conviennent pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs.

IV.7.2) Diamètre économique de la conduite de refoulement

IV.7.2.1) Hauteur manométrique totale :

La hauteur manométrique est donnée par la formule suivante :

$$HMT = H_g + \Delta h_p$$

Avec :

HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m).

H_g : Hauteur géométrique en (m). $H_g = h_a - h_r$

Avec :

h_a : hauteur d'aspiration

h_r : cote du réservoir = 767.5 m

la cote de la station de pompage est de 664.5 m

$H_g = 767.50 - 664.5 = 103$ m

Donc la hauteur géométrique entre le réservoir et la station de pompage sera: **103 m**

Longueur de refoulement : $L_{ref} = 3000$ m

Nous avons le **débit total de tout le périmètre**, qui est de **378 l/s**

$Q = 378 \text{ l/s} = 0.378 \text{ m}^3/\text{s}$

Le diamètre de refoulement est calculé par la formule de Bonin :

$$\text{On trouve } D = \sqrt[3]{Q} = \sqrt[3]{0.378} = 0.6148 \text{ m} \\ \approx 630 \text{ mm}$$

Donc on peut prendre la gamme du diamètre suivant : (400 – 800) mm

Calcul des pertes de charge totales :

a) **pertes de charge linéaires :**

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires.

$$\sum H_p = 1.1 \times \Delta h_p^{lin}$$

Δh_p^{lin} : Pertes de charge linéaires (m) ; elle est selon Darcy-Weisbakh) :

$$\Delta h_p^{lin} = \frac{8 \times \lambda \times L \times Q^2}{\pi^2 \times g \times D^5}$$

g : Accélération de la pesanteur (m/s^2) ;

Q : Débit à refouler (m^3/s) ;

L : longueur géométrique de la conduite (m) ;

λ : Coefficient de frottement qui est en fonction de la rugosité de la paroi interne de la conduite et du régime d'écoulement,

Formule de Nikuradzé :
$$\lambda = \left(1.14 - 0.86 \times \ln \frac{\varepsilon}{D} \right)^{-2}$$

Tableau IV.6. Hauteur manométrique totale

D (mm)	L (m)	Q (m ³ /s)	λ	ΔHL (m)	ΔHT (m)	Hg	HMT
400	3000	0.378	0,011200	38,739	42,613	103,0	145,613
500	3000	1,95	0,014	15,867	17,454	103,0	120,454
630	3000	1,95	0,0126	4,497	4,946	103,0	107,946
710	3000	1,95	0,013	2,552	2,807	103,0	105,807
800	3000	1,95	0,012	1,297	1,427	103,0	104,427

IV.7.2.2. Calcul des frais d'amortissement

Amortissement annuel

Les frais d'amortissement sont en fonction de la durée d'amortissement de la conduite et du taux d'annuité. Il est déterminé par la relation suivante :

$$F_{am} = P_{rc} \times A$$

Avec :

P_{rc} : Prix de la conduite en (DA) ;

A : Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

$$A = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i$$

A : Frais d'amortissement (DA) ;

i : Taux d'annuité ; **i = 10 %** ;

n : Durée de l'amortissement de la conduite, **n = 30 ans**.

$$A.N : A = \frac{0,1}{(1+0,1)^{30} - 1} + 0,1 \Rightarrow A = 0,1061 = 10.61 \%$$

Pour faire ce calcul, il est préférable de poser une gamme de diamètres normalisés, le tableau suivant résumera le prix d'achat de mètre linéaire de ces conduites en fonction de leurs diamètres normalisés, dont le type de matériaux choisi est la fonte

Tableau IV.7. Calcul des frais d'amortissement

Diamètre (mm)	Prix unitaire (DA)	Longueur (m)	Amortissement annuel(%)	Frais d'amortissement (DA)
400	10626,00	3000	10,61	3382255,800
500	17335,76	3000	10,610	5517972,408
630	26341,1	3000	10,610	8384372,130

710	37000	3000	10,610	11777100,000
800	45000	3000	10,610	14323500,000

IV.7.2.3.Calcul des Frais d'exploitation

Les frais d'exploitation sont définis par la formule suivante :

$$F_{\text{exp}} = E \times e$$

Avec :

F_{exp} : Frais d'exploitation (DA) ;

E : Énergie totale dépensée par la pompe (Kw) ;

e : Prix unitaire d'un Kw imposé par la SONEGAS. (e = 4,2DA)

IV.7.2.4.Puissance des pompes

La puissance absorbée par la pompe est donnée par la formule suivante :

$$P = \frac{g \times Q \times H_{MT}}{\eta}$$

Avec :

P: Puissance absorbée par la pompe (kw) ;

g: Accélération de la pesanteur (m/s²) ;

Q: Débit à refoulé (m³/s) ;

H_{MT} : Hauteur manométrique totale (m);

η : Rendement du pompage (85%).

IV.7.2.5.Energie consommée par la pompe

L'énergie consommée par la station de pompage est donnée par la formule suivante :

$$E = P \times T \times 365$$

Avec : **E**: Énergie totale consommée par la pompe pendant une année (kwh) ;

P: Puissance absorbée (Kw) ;

T: Temps de pompage en (heure) ; dans notre cas T =23h

Tableau.IV.08.Calcul des frais d'exploitation

Diamètre (mm)	HMT(m)	Q(l/s)	P (wat)	E (KWH)	Frais d'exploitation (DA)
400	145,613	378,000	635243,96	5332873,057	22398066,837
500	120,454	378,000	525488,72	4411477,817	18528206,830
630	107,946	378,000	470923,03	3953398,855	16604275,190
710	105,807	378,000	461590,68	3875053,742	16275225,715
800	104,427	378,000	455568,49	3824497,459	16062889,327

IV.7.2.6. Bilan total des frais

Le bilan des frais d'exploitation et d'amortissement permet de déterminer le diamètre économique de la conduite de refoulement.

Diamètre (mm)	Frais total (DA)	HMT	Type de conduite	Q(m ³ /s)	V (m/s)
500	24046179,238	120.455	PN16	0.378	1.92

Le calcul du bilan total des frais est représenté dans le tableau.VI.12 et illustré dans la figure

Tableau.IV.09. Calcul du bilan total des frais

Diamètre (mm)	Frais d'amortissement (DA)	Frais d'exploitation (DA)	Bilan(DA)
400	3382255,800	22398066,837	25780322,637
500	5517972,408	18528206,830	24046179,238
630	8384372,130	16604275,190	24988647,320
710	11777100,000	16275225,715	28052325,715
800	14323500,000	16062889,327	30386389,327

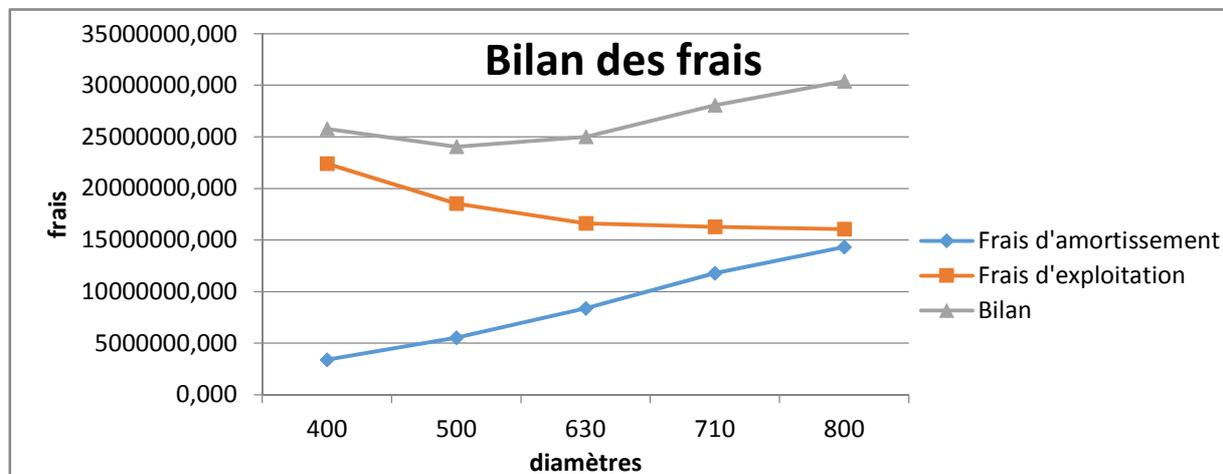


Figure IV.4. Bilan total des frais

D'après les résultats de la Figure VI.4, on prend comme diamètre économique $D = 500$ mm avec les caractéristiques suivantes :

Tableau.IV.10. Le choix de diamètre économique

IV.8. Détermination de la variante de pompage

Notre station de pompage est dimensionnée par un débit max, donc il faudra choisir le nombre de

pompes qui assure ce débit maximum.

Les données :

$$\text{HMT} = 120.455 \text{ m}$$

$$Q = 378 \text{ l/s}$$

On note le nombre, le type et les caractéristiques des pompes choisies par le logiciel CAPRARI, détaillé le tableau IV.14

Tableau IV.11. la variante de pompage

n	Q _{total} (l/s)	HMT (m)	Type de pompe	η (%)	P _{abs} (KW)	Vitesse (tr/min)	(NPSH) _r (m)
(1-2)	-	-	-	-	-	-	-
3	126	120	PM 150/ 4B	71.8	207	1750	9.02
4	93	120	PM 150/ 3B	79.7	138	1750	4.29
5	83.5	124	PM 150/ 3B	78.5	130	1750	3.51

A partir de ce tableau, on remarque que la 5eme variante (05 pompes en parallèle+01 secoure) est le choix le plus convenable du point de vue rendement, puissance absorbée et nombre de pompes en parallèle. Elles ont les caractéristiques suivantes :

IV.8.1.Pompe PM 150/ 3 B

- ✚ Q : 83.5 (pour une pompe) l/s
- ✚ H : 124 m
- ✚ η : 78.5 %
- ✚ Fréquence : 60 Hz
- ✚ Monophasé / Triphasé : 3~
- ✚ Puissance moteur P2 : 250 kW
- ✚ Tension : 460 V
- ✚ Diamètre refoulement : DN 150 (UNI PN40)
- ✚ Raccord d'aspiration : DN200 (UNI PN25)

IV.8.2. Caractéristiques du moteur

⚡ Fréquence	60 Hz
⚡ Tension nominale	460 V
⚡ Vitesse nominale	1750 1/min
⚡ Nombre de pôles	4
⚡ Puissance nominale P2	250 KW
⚡ Courant nominal	- A
⚡ Type de moteur	3~
⚡ Classe d'isolation	F
⚡ Degré de protection	IP 55

Tableau.IV.12. matériaux de construction

Pièce	matériau
Corps de pompe	fonte
Corps d'aspiration	fonte
roue	fonte
Bague d'usure	fonte
Corps d'étage	fonte
chemise	fonte
arbre	Acier inox
Douille arbre	Acier inox
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc on nître
Roulement abeille	acier
Presse-étoupe	fonte
étoupe	Tresse graphitée

IV.8.3. Courbes caractéristiques de la pompes

Pour chaque pompe dont la vitesse de rotation et le diamètre de la roue sont connus, on peut associé les courbes caractéristiques suivantes :

[H-Q] , [Pabs - Q] , [η - Q] , [(NPSH) r - Q].

Les courbes caractéristiques des pompes choisies sont représentées dans la figure suivante :

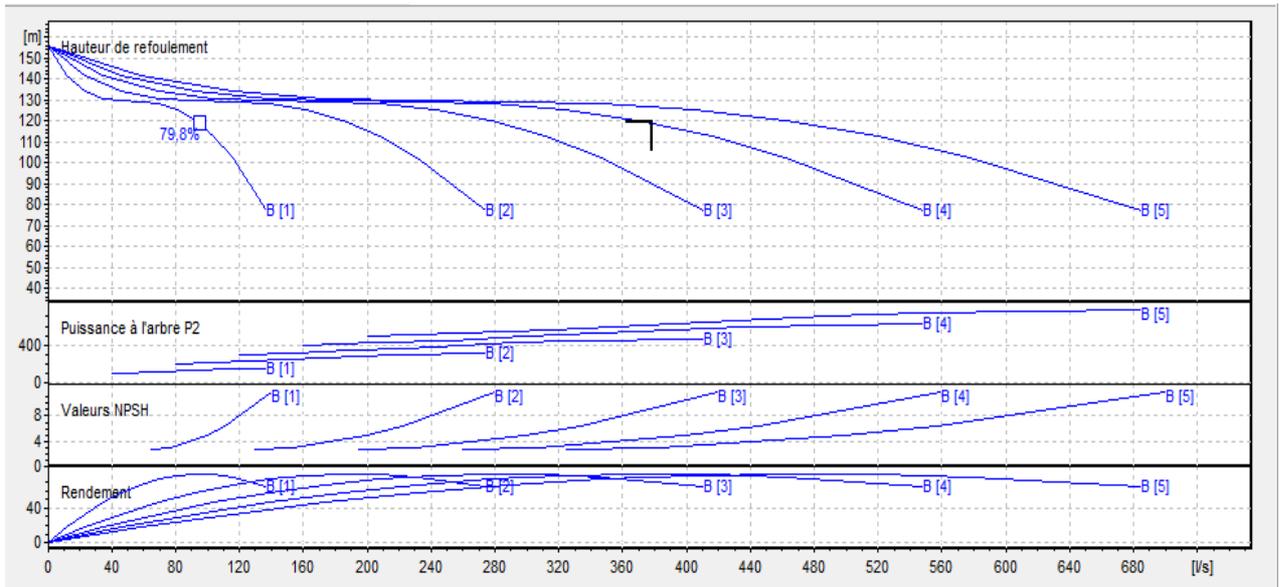


Figure IV.6. Courbes caractéristiques de la pompe choisie.

IV.8.4. Point de fonctionnement

Portant les courbes caractéristiques de la pompe $H=f(Q)$; de la conduite $H_c=f(Q)$ sur le même graphe (H-Q).

Le point d'intersection de ces deux courbes est le point de fonctionnement du système. C'est-à-dire la pompe va pouvoir refouler un débit Q à une hauteur H lorsque ce point se trouve sur la plage du rendement maximal.

La pompe fonctionne alors dans les conditions optimales. Cette condition dans la plupart des cas n'est pas généralement satisfaite, modifications vont être introduites des dans le fonctionnement ou dans le dimensionnement de la pompe afin de l'adapter à des conditions de marche données.

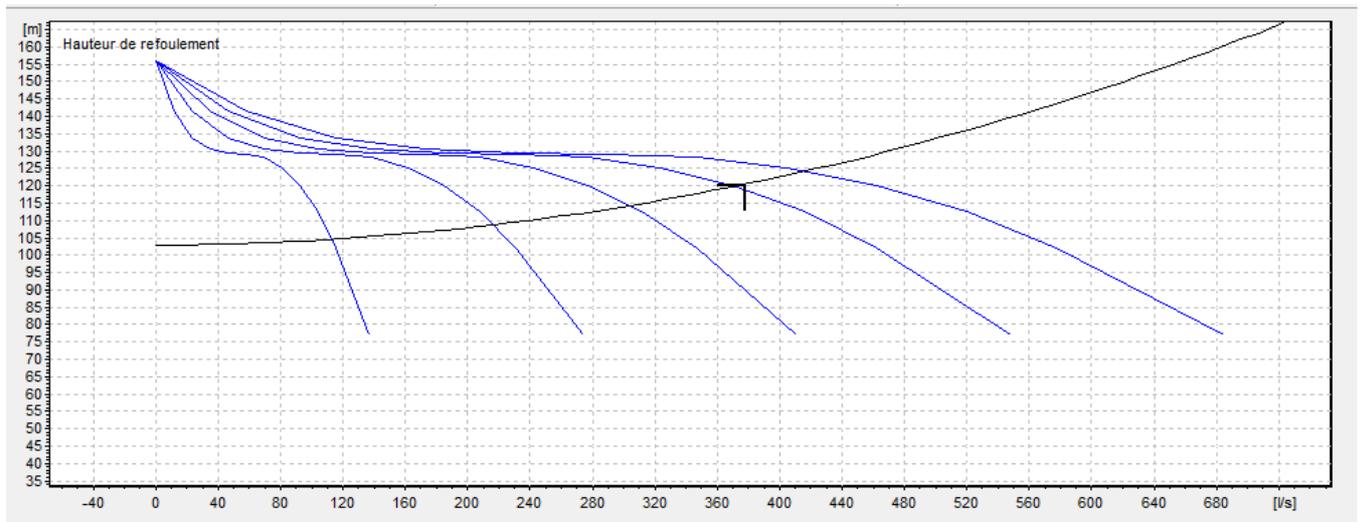


Figure IV.7. Point de fonctionnement des pompes choisies

IV.8.5. Etude de la cavitation

La cavitation est la perturbation du courant liquide juste à l'entrée de la pompe en fonctionnement,

cela se produit lorsqu'à une température constante, la pression absolue est inférieure ou égale à la tension de vapeur d'eau.

Afin d'éviter le phénomène de cavitation, la condition suivante doit être vérifiée :

$$(NPSH)_r < (NPSH)_d$$

✚ (NPSH)_r : Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur ;

✚ (NPSH)_d : Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur.

$$(NPSH)_d = (NPSH)_r + r \quad ; \quad r : \text{marge de sécurité, } r = (0,3 - 0,5) \text{ m,}$$

On prend : $r = 0,5 \text{ m}$.

Pour une pompe donnée fonctionnant à une vitesse déterminée, il existe une hauteur limite d'aspiration au delà laquelle il convient toujours de se tenir.

Dans notre cas, on a choisi des installations en aspiration au niveau de notre station de pompage, alors la hauteur d'aspiration admissible est régie par la relation suivante :

$$h_{qp}^{adm} = P_{at} - (NPSH)_r - r - T_v - \frac{v_a^2}{2 \times g} - \Delta h_{asp}$$

v_a : vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration (m/s) ;

P_{at} : pression atmosphérique (m.c.e) ;

T_v : tension de vapeur d'eau (m.c.e)

P_{at} = pression atmosphérique (m.c.e)

IV.8.5.1 Détermination de la tension de vapeur d'eau

Tableau IV.13. Variation de la tension de vapeur d'eau en fonction de la température

T° (°C)	5	10	20	30	40	50	80	100
T_v (m.c.e)	0,09	0,12	0,24	0,43	0,75	1,25	4,82	10,33

La tension de vapeur d'eau sera choisie pour une température de 20°C , donc $T_v = 0,24 \text{ mce}$.

IV.8.5.2. Détermination de la pression atmosphérique

Nous avons une charge nette d'aspiration (NPSH)_r de 3.51 m. La station de pompage sera implanté a

la cote 664.5 m ce qui donne une pression atmosphérique de :

$$P_{atm} = 2 * NPSH_r - 0,00139 \times H$$

$$AN: P_{atm} = 7.02 - 0,00139 \times H$$

Avec : H : altitude de la station de pompage

$$P_{atm} = 703 - 0.00139 * 664.5 = 6.096 \text{ mce}$$

IV.8.5.3. Calcul des pertes de charge d'aspiration

Δh_p^{lin} : Pertes de charge linéaires (m) ; elle est selon Darcy-Weisbakh) :

$$\Delta h_p^{lin} = \frac{8 \times \lambda \times L \times Q^2}{\pi^2 \times g \times D^5}$$

g : Accélération de la pesanteur (m/s^2) ;

Q : Débit à refouler (m^3/s) ;

L : longueur géométrique de la conduite (m) ;

λ : Coefficient de frottement qui est en fonction de la rugosité de la paroi interne de la conduite et du régime d'écoulement,

Formule de Nikuradzé :
$$\lambda = \left(1.14 - 0.86 \times \ln \frac{\varepsilon}{D} \right)^{-2}$$

On a D = 200 mm et Q = 0.0835 m³/s

$$\text{Donc } \lambda = 0.017$$

$$\Delta h_{lin \text{ asp}} = \frac{8 * 0.017 * 0.05 * 0.0835^2}{\pi^2 * g * 0.2^5} = 0.153 \text{ mce.}$$

$$\Delta h_{tot \text{ asp}} = 1.1 * \Delta h_{lin \text{ asp}} = 0.168 \text{ mce}$$

Remarque : on néglige $\frac{V_a^2}{2 \times g}$

$$H_{asp \text{ adm}} = 6.096 - 3.51 - 0.5 - 0.24 - 0.168 = 1.651 \text{ mce}$$

$$\text{Donc } NPSH_d = 6.096 - 0.24 - 0.168 - 3.51 = 2.15 \text{ mce} > 1.651 \text{ mce}$$

$$(NPSH)_d > (NPSH)_r$$

Conclusion:

D'après les calculs, on peut dire que notre pompe est protégée contre le risque de cavitation.

Chapitre V : Choix de système d'irrigation

V-1) Introduction :

Parmi les différentes options techniques qui sont à envisager lors de l'élaboration d'un schéma d'aménagement, le choix de la technique d'irrigation constitue un point primordial.

Ce chapitre porte sur la projection des différentes techniques d'irrigation à la parcelle par leurs avantages, inconvénients et leurs coûts, ainsi que le choix de la meilleure technique qui convient avec les critères et les contraintes de la zone du périmètre des Arribs.

V-2) Choix des techniques d'irrigation :

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

- ✓ La pente du terrain à irriguer ;
- ✓ Le débit dont on dispose ;
- ✓ Nature du sol (perméabilité);
- ✓ Nature des cultures ;
- ✓ Facteurs économiques ;
- ✓ Rentabilité de l'opération

V-3) Différentes techniques d'arrosages :

Les techniques d'arrosages peuvent être rangées en trois classes :

- L'irrigation gravitaire ou de surface.
- L'irrigation par aspersion (sous pression).
- L'irrigation par micro-irrigation (sous pression).

V-3-1) Irrigation gravitaire :

L'irrigation gravitaire regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la distribution de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol.

La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité).

En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion et infiltration (**Tiercelin, 1998**).

V-3-1-1) L'irrigation par ruissellement :

Cette méthode consiste à faire couler l'eau sur la surface du sol qui s'y infiltre verticalement. On laisse l'eau s'écouler le temps qu'il faut pour le sol puisse s'humecter jusqu'à la profondeur de la

couche active

V-3-1-2) 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 qui reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.

V-3-1-3) 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.

❖ Avantages et les inconvénients de l'irrigation par gravité :

✓ Avantage :

- Coût d'investissement relativement faible.
- Besoins en énergie nuls.

✓ Inconvénients :

- Elle nécessite un aménagement préalable du terrain.
- Le volume d'eau utilisé est important.
- Pertes d'eau considérable.
- Elle nécessite beaucoup de mains d'œuvre.
- La durée de l'arrosage est plus longue.

V-3-2) L'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion est la technique d'arrosage par laquelle l'eau est fournie aux plantes sous forme de pluie artificielle, grâce à l'utilisation d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression (Clément & Galland, 1979).



Figure V.1. Irrigation par aspersion.

Ces appareils rotatifs pulvérisent l'eau en fines gouttes et doivent assurer une répartition aussi uniforme que possible de pluie sur la surface du sol.

❖ *Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion :*

✓ *Avantages :*

- Elle ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface d'irrigation.
- elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie.
- elle réalise une importante économie d'eau par comparaison avec les autres systèmes d'irrigation ; elle permet un dosage précis et une répartition régulière de la quantité d'eau distribuée.
- Elle met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très souples.

✓ *Inconvénients*

- Elle nécessite au départ, pour chaque irrigant une dépense importante de premier établissement et qu'elle exige souvent une nombreuse main d'œuvre d'explication.
- Elle favorise l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont plus fines et l'air plus sec.
- Elle favorise le développement des mauvaises herbes.
- Elle exige un choix judicieux des époques d'irrigation, toute irrigation intempestive pouvant provoquer au printemps par refroidissement du sol un retard dans la végétation.
- L'eau donnée en pluie passe le sol et provoqué la formation d'une croûte superficielle.

V-3-2-2) Différentes installations à la parcelle

En pratique, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées :

-L'installation totalement fixée, et l'installation totalement mobile.

Dans l'installation fixée, l'ensemble des équipements (pompe, canalisation, asperseur) sont fixés de façon, permanente, ce qui limite une main d'œuvre, mais occasionne des investissements très élevés.

- **Couverture totale (quadrillage total)**

Ce dispositif est le plus utilisé, au lieu d'avoir une seule rampe on couvre toute la superficie à arroser par toute la tuyauterie, celle-ci reste en place durant toute la saison d'arrosage. Dans ce cas, seuls les asperseurs doivent être déplacée et chaque rampe comporte un asperseur et forme une rampe fictive, ce qui permet de réduire le diamètre de la rampe.

- **Couverture intégrale**

La parcelle à arroser est entièrement couverte par des tuyaux et des arroseurs à poste fixé, l'arrosage est commandé par l'ouverture et la fermeture d'une vanne soit manuellement soit automatiquement par commande hydraulique ou électrique.

V-3-3) Irrigation localisée (Goutte à goutte)

L'irrigation localisée est une expression qui caractérise un certain nombre de techniques nouvelles en particulier et principalement l'irrigation dite « goutte à goutte » qui ont en commun les caractéristiques suivantes (**Ollier & Poirée, 1981**):

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

Aujourd'hui, grâce à la distribution sous pression, on a pu concevoir des systèmes qui peuvent être conduits facilement, qui s'automatisent aisément, et dont les pertes en eau sont négligeables.



Figure V.2. Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte

❖ *Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée*

✓ *Avantages*

• *Efficiace de l'eau*

Peu de pertes par évaporation, puisqu'il n'y a pas de trajectoire aérienne des gouttes d'eau, que le feuillage n'est pas humidifié inutilement, qu'une partie de la surface du sol reste sèche, que la croissance des mauvaises herbes est très limitée.

Il n'y a pas de ruissellement, pas de débordement sur les parcelles voisines ; les doses peuvent être mesurées avec précision, ce qui évite les pertes par percolation dans le sol. La répartition de l'eau n'est pas affectée par le vent, les irrégularités du terrain ne gênent pas.

✓ *Inconvénients*

• *L'obstruction des goutteurs*

Des particules de sable, des dépôts lents d'argile ou de limons, des précipitations chimiques, le développement de micro-organismes sont les plus souvent rencontrés et favorisent l'obstruction des orifices des goutteurs. Il est à noter que l'entretien et l'élimination des goutteurs obstrués sont longs et onéreux. Le meilleur moyen de prévenir ces obstructions est un procédé par de filtration soignée de l'eau.

• *Accumulation de sels*

Pendant la période d'irrigation les sels sont peu refoulés à la périphérie du bulbe humide, plus spécialement près de la surface du sol. Une pluie légère risque alors de les entraîner vers les racines, ce qui est très dommageable.

V-4) Choix de la technique d'arrosage :

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable, il est nécessaire de connaître toutes les contraintes de chaque type d'arrosage.

Une analyse multicritères des techniques d'arrosage basée sur différentes contraintes est nécessaire pour aboutir au choix de la technique d'irrigation la plus adéquate pour la zone considérée, notre analyse est détaillée comme suit :

Tableau V. 1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage

Contraintes	Irrigation de surface par Rigole	Irrigation par Aspersion	Irrigation localisée
▪ Evaporation	+	+ +	+ + +
▪ Vent (1.9 m/s)	+ + +	+	+ + +
▪ Texture (argileux-limoneuse)	+ +	+ +	+ + +
▪ Perméabilité (bonne)	+	+ +	+ + +
▪ Pente	+ +	+ +	+
▪ Qualité d'eau (moyenne)	+ + +	+ + +	+ + +
• Cultures	x	+ + +	x
▪ Maraîchage	+ + +	x	+ + +
▪ céréales	x	+ +	+ + +
▪ arbres			
• Contraintes économique			
▪ économie d'eau			

Remarque :

x : inadéquat ou déconseillé ; + : Adapté avec réserve ;

++ : Adapté ; +++ : Très Adapté

V-5) Conclusion

Le choix d'un système d'irrigation rationnel pratiquement utilisable et économique doit tenir compte des critères d'ordre socio-économiques et techniques.

L'implantation de systèmes d'irrigation modernes permet de diversifier les cultures et d'augmenter considérablement leurs rendements, en particulier les céréales.

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Introduction

Avec l'irrigation, l'agriculteur dispose d'un puissant levier pour accroître et régulariser la production de ses cultures, à condition de pouvoir maîtriser son irrigation, afin de satisfaire Les objectifs techniques (rendements) et économiques (coût optimal) visés.

La performance d'une installation d'irrigation dépendra du bon choix de la technique et du système d'irrigation et de la bonne mise en place des équipements sur la base de la parfaite connaissance des informations techniques et économiques liées aux conditions de l'exploitation.

VI.1) Conception d'un réseau d'irrigation

Tenant compte de la diversité des paramètres (sol, climat, plante) permettant une mise en place et maîtrise de l'irrigation, il est utile de procéder comme suit :

- connaître la source d'eau et le débit à extraire, le type du sol et le choix de la culture,
- connaître la topographie de la parcelle et les vents dominants,
- calcul des besoins en eau de la culture,
- faire le choix de la technique et le système d'irrigation à utiliser, entre :Le goutte à goutte,l'aspersion classique, ou le gravitaire.
- dimensionnement du réseau d'irrigation adopté ;
- connaître les possibilités de drainage de la parcelle.

VI.2) Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte

VI.2.1 Données générales

Le réseau d'irrigation sera installé sur la parcelle n°20 alimentée par la borne **N°20** et dont la pression disponible est de l'ordre de 1.8 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de l'ordre de 5 ha.

Culture : olivier

Espacement entre arbres : 4 m

Espacements entre rangs : 4 m

Besoins de pointe mensuelle (olivier)=**122.0mm**

Caractéristiques du goutteur

Débit nominal : 4l/h

Pression nominal : 10 mce

Espacement des goutteurs : 2 m

Le nombre de goutteurs par arbre : 2.

VI.2.2 Besoins d'irrigation en irrigation localisée : Influence du taux de couverture du sol

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite (**Ollier & Poirée, 1983**). On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction : Kr

Kr dépend du taux de couverture du sol ($Cs = 60\%$) pour les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après :

Keller et Karmeli (1974) :

$$Kr = \frac{Cs}{0.85} = 0.71$$

La formule de Freeman et Garzoli :

$$Kr = Cs + 0.5(1 - Cs) = 0.8$$

On prend La formule de Freeman et Garzoli donc : $Kr = 0.8$

1. Dose nette pratique

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La différence par rapport aux autres systèmes (gravitaire ou par aspersion) est qu'il ne s'agit plus d'humidifier uniformément la totalité du sol sur une même profondeur h :

La dose (RFU) étant définie par la hauteur d'eau P :

$$Dp = (Hcc - Hpf) \cdot Y \cdot Z \cdot P\% = RFU \cdot P\%$$

Tel que : Hcc : (27%), Hpf : (16%) ; Y : (2/3) ; Z : profondeur des racines (1200 mm)

P : Pourcentage du sol humidifié

$$P\% = \frac{n \cdot Spd \cdot Sh}{Sa \cdot Sr}$$

P : Volume du sol humidifié

N : Nombre de point (goutteurs) de distribution par arbre =2

S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre = 2

S_h : Largeur de la bande humidifiée = 1m (arbres)

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre

S_a : espacement des arbres sur les rangs

$$P\% = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1}{4 \cdot 4} = 25\%$$

$$D_p = (27-16) / 100 \times 1500 \times 2/3 \times 1.35 \times 0.25 = \mathbf{D_p=37.13mm.}$$

2. Fréquence des arrosages (Fr jours)

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante :

$$Tr = \frac{Dose\ nette}{ETMc} = \frac{37.13}{3.25} = 10\ jours$$

Donc on prend Tr = **10 jours**.

3. Calcul de la dose réelle

On recalcule la nouvelle dose réelle (dose brute) (**Compaore, 2003**):

Dose réelle corrigée = B_j*Fr / (Ef.Cu)

Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

Eff : efficience du réseau d'irrigation Eff=90% :

$$Dose\ relle = \frac{Dr}{Cu * eff} = \frac{3.25 \times 10}{0.9 * 0.9} = \mathbf{40.1\ mm}$$

4. Durée de fonctionnement par d'arrosage (h)

$$\theta = \frac{Dbr * Sd * Sr}{n * qg} \text{ (VI.4)}$$

Sr et Sd espacement entre rang et distributeur, n et Qg nombre et débit du goutteur.

$$\theta = \frac{40.1 * 2 * 4}{2 * 4} = \mathbf{40\ heures}$$

5. Durée d'arrosage journalier

$$Dj = \frac{durée\ d'arrosage}{Fr} = \frac{40}{10} = 4\ heures/jour$$

6. Nombre de poste

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{Temps\ de\ travail}{Durée\ d'arrosage\ journalier} = \frac{22}{6} = 3.6$$

On prend 3 postes.

7. Surface du poste

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{5}{3} = 1.17 \text{ ha}$$

VI.2.3 Calculs hydrauliques

Les calculs hydrauliques consistent à déterminer les paramètres suivants :

- Les débits au niveau de chaque tronçon et à la tête du réseau.
- Les diamètres des conduites.
- Les vitesses d'écoulement de l'eau dans les conduites.
- Les pertes de charges totales.
- La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

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

La variation maximale de la pression

$q = K.H^x$ avec $x=0.5$ (caractéristique du goutteur)

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = x \frac{\Delta H}{H(n)}$$

Avec: $q(g)$: débit nominal du goutteur

$H(n)$ pression nominal $x=0.5$ pour les goutteurs (circuit court) et $H(n) = 10$ mce (1 bar)

$$0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\text{max.})}{10}$$

$$\Delta H(\text{max.}) = 1/0.5 = 2 \text{ mce.}$$

Donc selon la règle de Christiansen 10% ΔH singulières = 0.2 m

Le reste 1.8 ΔH linéaire = 1.8 m

Donc pour les rampes 2/3. 1.8 = 1.2 m et pour le porte rampe = 1/3. 1.8 = 0.6 m

1. Pour les rampes : L=88 m

a. Le nombre d'arbres par rampe:

$$N \text{ arbres} = L_r/E_a = 88/4 = 22 \text{ arbres}$$

b. Nombre des goutteurs par rampe:

$$N = N_{\text{arbres}} * n = 22 * 2 = 44 \text{ goutteurs}$$

c. Débit de la rampe

$$Q_r = N_g * Q_g = 4 * 44 = 176 \text{ l/h}$$

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

D_rampe= 11.5 mm, on prend DN =16 mm.

2. Pour le porte Rampe :L=140 m.

a. Le nombre de rampes

$$N_r = L_{pr} / E_r = 140 / 4 = 35 \text{ rampes}$$

b. Débit du porte rampe

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r = 176 \times 35 = 6160 \text{ l/h}$$

VI.2.4 Dimensionnement des canalisations

Pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEBD ou PEHD .Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes sont calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{P.d.c(r)*2.75}{0.478*Q(r)^{1.75}L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$\varnothing pr(cal) = \left[\frac{P.d.c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

Avec :

- Pdc(r) :la perte de charge dans la rampe
- Q(r) :le débit de la rampe en l/h
- L(r) : la longueur de la rampe en m
- $\varnothing r(cal)$:le diamètre de rampes
- $\varnothing pr(cal)$:le diamètre de porte rampe.
-

VI.2.4.1 Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, on applique la formule de « Tison ».

La perte de charge unitaire :

$$i = 0.478 . D^{-4.75} . Q^{1.75}$$

La perte de charge le long de la conduite en (m) :

$$j = L . i$$

Avec : L : la longueur de la conduite (m) et Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation (mm).

VI.2.4.2 Calculs hydrauliques de la rampe

Tableau VI.1. Caractéristique de la rampe

Nombre rampe	Lr (m)	Ng	Qr (l/h)	pdcr (m)	Dcal (mm)	DN (mm)	Vitesse m/s	hcal(m)
140	88	44	176	1.2	11.48	16	0.24	0.68

Les valeurs de pertes de charges sont inférieures à 1.2mce (la valeur maximale)

VI.2.4.3 Calculs hydrauliques de la porte rampe

Tableau VI.2. Caractéristiques de la conduite du porte rampe

Nombre porte-rampe	Lpr(m)	Nr	Qpr (l/h)	pdcp(m)	Dcal (mm)	DN (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
4	140	35	6160	0.6	54.28	63	0.55	0.51

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 0.6 mce (pdcp max).

D'après les deux tableaux précédents, on voit que les pertes de charges totales n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen.

VI.2.4.4 Calcul du diamètre de la conduite tertiaire (conduite d'approche)

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement d'environ 1.05 m/s

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi V}}$$

Avec : Q : débit de la conduite considérée (m³/s);

V : Vitesse d'écoulement (m/s).

VI.2.4.5 Calcul les caractéristique du conduites secondaires

Tableau VI.3. Caractéristique de la conduite secondaire

L(m)	Q (l/h)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	DN (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
50	6160	1.05	45.5	63	0.6	0.3

VI.2.4.6 La pression d'eau à la borne de distribution

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution a la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au gouteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).

Tableau VI.4.Récapitulatif des caractéristique des conduites

caractéristiques	La rampe	Porte rampe	Conduite secondaire
Longueur(m)	88	140	50
Diamètre(m)	16	63	63
Débit (m ³ /s)	4.89.10 ⁻⁵	1.71.10 ⁻³	1.71.10 ⁻³
Pertes de charge(m)	0.68	0.51	0.3

A partir du tableau VI.4, on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable ; Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus les pertes de charges.

$$\Delta h = 0.68 + 0.51 + 0.3 = 1.5 \text{ m}$$

$$P = 10 + 1.5 = 11.5 \text{ mce.}$$

Le réseau d'irrigation sera installé sur la parcelle N°20 alimentée par la borne **B20** et dont la pression calculée est de l'ordre de **1.8bars**, ce qui est largement suffisant.

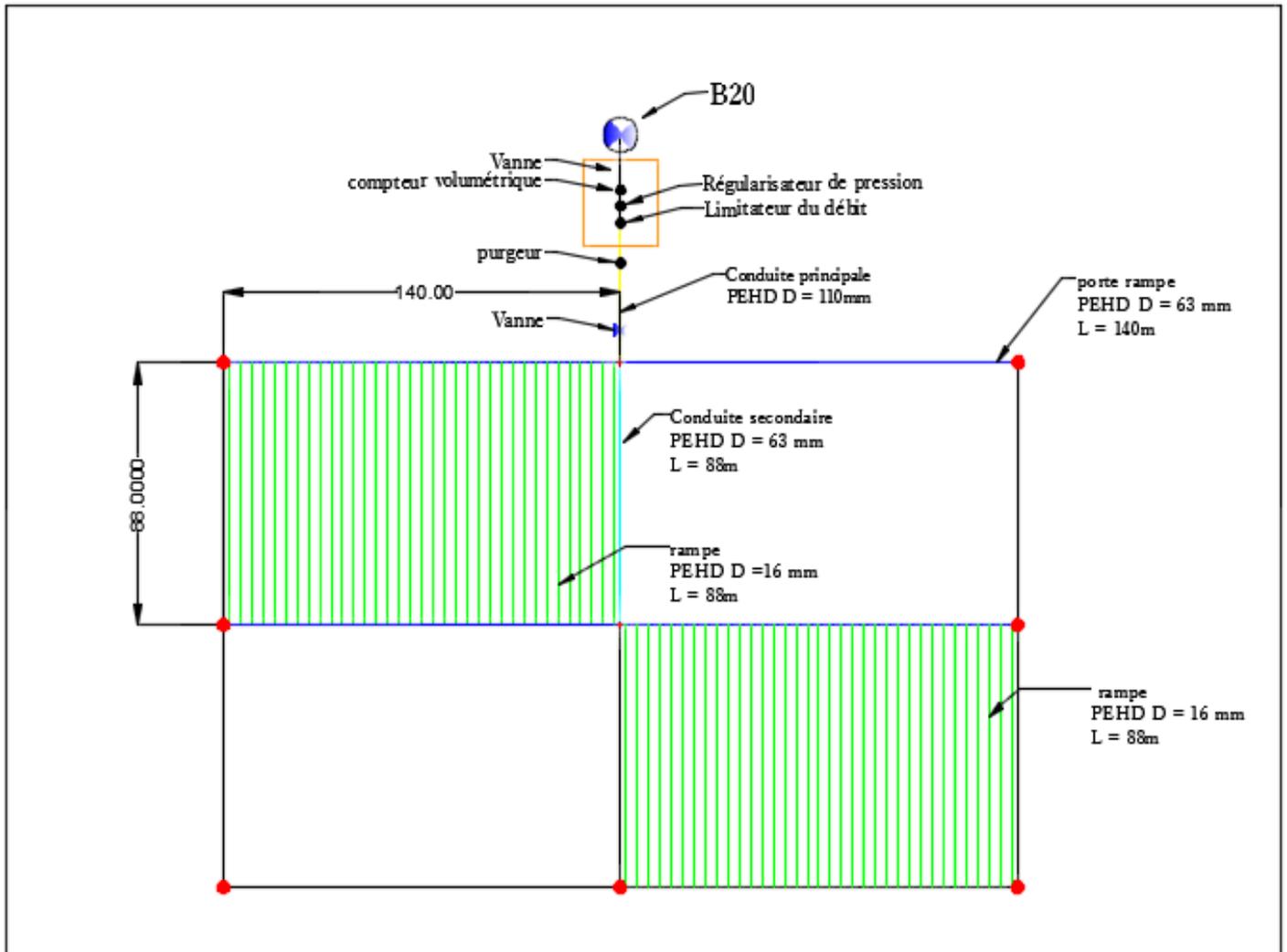


Figure VI.2.1. Schéma représentatif d'un réseau Goutte à Goutte

VI.3) Dimensionnement d'un réseau d'aspersion

VI.3.1 Choix de la culture

Pour laquelle la totalité des canalisations et des asperseurs est mise en place sur la parcelle, durant toute la campagne d'irrigation.

Dans notre cas nous avons choisi l'irrigation de **Maïs**, cette culture présente des avantages agronomiques et économiques importants et elle est largement extensive.

VI.3.2 Choix des parcelles et de l'ilot

Les parcelles choisies pour l'arrosage par aspersion sont dans l'ilot N°14 qui présente une superficie de **3.5ha** et qui dispose d'une pression de **4.21bars**.

Surface : 3.5 ha. Longueur de la parcelle : 240 m. Largeur : 144m.

Temps de travail : 22heures par jour, et 26 jours par mois

Besoins en de pointe : 195mm/mois pour le mois de pointe(juin).

Perméabilité du sol :le sol est de type argileux-limoneux avec une permeabilité estimée à:

$K=6.5$ mm/h.

Dose pratique :RFU : elle est calculée comme suit :

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

Y: degré de tarissement : égal à 1/2 (pour le maïs) ;

Da: densité apparente : égale à 1.35

Z: profondeur d'enracinement mm (0.9 m pour le maïs)

Hcc: humidité à la capacité au champ (27%)

Hpf : humidité au point de flétrissement (16%).

RFU= 66.8 mm.

VI.3.3 Dimensionnement théorique

VI.3.3.1 Calcul du diamètre de l'ajutage

La perméabilité du sol $K= 6.5$ mm/h; On pose $p \leq k$ tel que p : pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse se calcule par la formule suivante :

$$p = \frac{1,5 \cdot d}{1,04}$$

$$D'où : d = \frac{6.5 \cdot 1,04}{1,5} = 4,51 \text{ mm}$$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type Perrot(**Annexe 4**), le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.5 mm.

VI.3.3.2 Calcul de la portée du jet (L)

La portée du jet est la distance de l'appareil au point du rayon arrosé, permet de définir la surface circulaire arrosée par l'appareil, se calcule par l'équation suivante :

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

Avec : d : le diamètre de la buse (mm)

h : pression à la buse (m), dans notre cas $P= 3$ bars, hauteur d'eau =30m.

$$L = 3 \cdot (4,50)^{0,5} \cdot 30^{0,25} = 14,89 \text{ m}$$

Théoriquement, cette formule est valable, mais demande encore plus de précisions en fonction du diamètre choisi et recommandé par le fournisseur.

D'après le catalogue, pour le diamètre de la buse de 4.5 mm à une pression minimale de 3 bars, la portée calculée est de 15.5m.

VI.3.3.3 Ecartements entre les rampes et arroseurs

En fonction de la vitesse du vent, les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

E_l entre les lignes d'arrosage : 1,25L (vent faible) à 1,02 L (vent fort).

E_a entre les arroseurs sur la rampe : 0,8 L (vent faible) à 0,5 L (vent fort).

Notre zone d'étude présente des vitesses maximales de vents de l'ordre de 3m/s=10.8Km/h, donc on prend les valeurs suivantes :

$$E_l = 1,25 \cdot 14.89 = 18.6m \quad E_a = 0.8 \cdot 14.89 = 11.9m$$

Les valeurs normalisées des écartements sont comme suit :

$$E_l=18m, \quad E_a=12m.$$

VI.3.3.4 Débit de l'asperseur

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

$$q = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h}.$$

$$q = 0,95 \cdot \frac{3,14 \cdot (4,5 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 45} = 0.00045m^3/s$$

$$q = 1.32 \text{ m}^3/h$$

Avec q débit de l'asperseur (m³/s).

VI.3.3.5 Vérification de la pluviométrie de la buse

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

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

q : est le débit de l'asperseur choisi, =1.32 m³/h

$$D'où \quad p = \frac{1.32}{18 \cdot 24} \cdot 10^3 = 6.11mm/h$$

Donc le diamètre de la buse choisi assurera une pluviométrie P≤K=6.5 mm/h.

VI.3.3.6 Calcul du tour d'eau

La durée du tour d'eau correspond à la durée nécessaire à l'arrosage de l'ensemble des parcelles.

$$T_{eau} = \frac{Dose_{RFU} \cdot N_J}{B_{mp}}$$

$$Teau = (66.9 \cdot 26) / 195 = 8.9 \text{ jours.}$$

On prend un tour d'eau de 8 jours, Donc on irrigue 4 fois par mois.

VI.3.3.7 calcul de la dose réelle

$$Dr = Teau \cdot \text{la dose journaliere} = 8 \cdot (195/30) = 52.0 \text{ mm.}$$

VI.3.3.8 Calcul de la dose brute

$$D_b = D_r / 0,75 = 52,0 / 0,75 = 69,3 \text{ mm.}$$

VI.3.3.9 Temps d'arrosage

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

$$T = \frac{\text{dose}_{\text{réelle}}_{\text{brute}}}{\text{pluviométrie}} = 10,66 \text{ h, on prend } T = 11 \text{ h.}$$

Donc on pourra adopter **2 postes** par jour pour chaque asperseur.

VI.3.4 Calcul du débit d'équipement (Qeq)

$$Q_{eq} = \frac{S(\text{ha}) \cdot B(\text{mm}) \cdot 10}{T \cdot n \cdot N_j} = \frac{3,5 \cdot 195 \cdot 10}{11 \cdot 2 \cdot 26} = 11,93 \text{ m}^3/\text{h}$$

a) Calcul de l'unité d'arrosage (SU)

La surface unitaire arrosée :

$$SU = \frac{S}{\text{Teau.} \times n} = \frac{3,5}{8 \times 2} = 0,22 \text{ ha}$$

b) Nombre d'asperseur requis (Nasp)

$$N_{asp} = \frac{Su \cdot 10000}{El \cdot Ea} = 11 \text{ asp}$$

c) Calcul du volume fourni par un asperseur par mois

V = nbr de position par jour * nbr d'irrigation par mois * Dose brute * Ea * El

$$V = (2 \cdot 26 \cdot 69,3 \cdot 12 \cdot 18) / 1000 = 778,5 \text{ m}^3$$

VI.3.5 Dimensionnement hydrauliques des rampes

a) Longueur de la rampe

Cette étape de dimensionnement diffère d'une parcelle à une autre car elle basée sur les dimensions de la parcelle ainsi que la façon dont on projette le réseau d'aspersion.

Il est envisagé deux dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe :

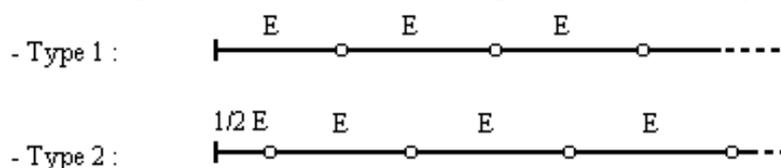


Figure VI.3.1: Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe.

La longueur de la rampe est donc :

de la rampe est donc :

Pour le type 1 : $L = n \cdot E$

Pour le type 2 : $L = (n - 0,5) \cdot E$

d'où :

$$L = (\text{largeur de terrain} / 2) - (Ea/2) = (144/2) - (12/2) = 66 \text{ m}$$

b) Nbre asperseur/rampe (N)

$$N = \text{largeur}/Ea = Lr/Ea = 66/12 = 6 \text{ asperseurs}$$

c) Nombre de rampes(Nr)

$$Nr = \text{Nbre asperseur} / (\text{Nbre asperseur/rampe}) = 6/3 = 2 \text{ rampes.}$$

d) Calcul du débit de la rampe(Qr)

Qr = le débit de l'asperseur × le nombre d'asperseur/ rampe.

$$\text{Le débit de la rampe : } Qr = 1.32 * 6 = 7.92 \text{ m}^3/\text{h}$$

Nombre de position des rampes :

$$N_r = \frac{lr}{E_l} = \frac{240}{18} \approx 14$$

Lr : longueur du terrain = 240 m, El : espacement entre les rampes (=18m).

Nous avons les données suivantes

Longueur de la rampe L= 66m.

Nombre d'asperseur par rampe 6 asperseurs

Débit de la rampe= 7.92 m³/h=0.0022 m³/s.

e) Calcul du Diamètre de la rampe

$$\text{Diamètre de la rampe : } D_R = \sqrt{\frac{4Q_R}{\pi V}}$$

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

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

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

$$D_R = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.0022}{\pi \cdot 1.5}} = 43.2 \text{ mm,}$$

Les conduites en PEHD disponibles sur le marché ont les diamètres suivants :

50 ; 63 ; 75 ; 90 ; 110 ; 125 ; 160 et 200mm.

Le diamètre normalisé (D_r=50 mm).

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * d^2} = \frac{4 * 0.0022}{\pi * (50 * 10^{-3})^2} = 1.12 \text{ m/s} \text{ Ce qui est conforme.}$$

VI.3.6 Dimensionnement du porte-rampe

La longueur du porte-rampe est 120m.

On recalcule avec le porte-rampe :

$$Q_{\text{porte rampe}} = 15.83 \text{ m}^3/\text{h} \quad Q_{\text{porte rampe}} = 0.0044 \text{ m}^3/\text{s}$$

On suppose que V = 1.5 m/s et on calcule le diamètre du porte rampe :

$$D_{PR} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.0044}{\pi \cdot 1.5}} = 61.3 \text{ mm},$$

On prend donc un diamètre du porte- rampe $D=75\text{mm}$.

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = 1.0 \text{ m/s} \text{ Ce qui est conforme}$$

a) Calcul des pertes de charge

L'expression générale des pertes de charges linéaire dans les conduites est calculée généralement par une formule de type Hazen Williams :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_H} \right)^{1.852} \frac{Q^{1.852}}{D^{4.87}}$$

Où ΔH = Perte de charge unitaires (m/m)

Q : Débit de la conduite en m^3/s

CH : coefficient equivaut à 140 (PEHD).

Pour la rampe on a $L=66\text{m}$, $D= 50\text{mm}$, $Q= 0.0022 \text{ m}^3/\text{s}$.

On trouve les pertes de charge totales : $\Delta H \text{ rampe}= 2.13 \text{ m}$.

Pour la porte rampe on a : $L=111 \text{ m}$, $D=74\text{mm}$, $Q=0.0044 \text{ m}^3/\text{s}$.

On trouve les pertes de charge totales : $\Delta H = 1.80 \text{ m}$.

Pour la conduite secondaire on a : $L=72\text{m}$, $D=75 \text{ mm}$, $Q=2 \cdot (0.0044)\text{m}^3/\text{s}$.

On trouve les pertes de charge totales : $\Delta H= 1.16\text{m}$.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.3.1:Résultat de calcul pratique d'aspersion

Paramètres	Rampe	Porte Rampe	Conduite secondaire
Longueur (m)	66	111	72
Diamètre (mm)	50	75	75
Débit (m^3/s)	0.0022	0.0044	0.0044
Vitesse (m/s)	1.12	1.0	1.0
Perte de charge totale (m)	2.13	1.80	1.16

$\Delta H_t=2.13+1.80+1.16=5.1 \text{ m}$ de perte de charge, la règle de Christiansen est donc respectée.

VI.3.7 Calcul de la pression en tête du réseau

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

$$H = H_1 + H_2 + H_3$$

H : pression à la tête de la parcelle.

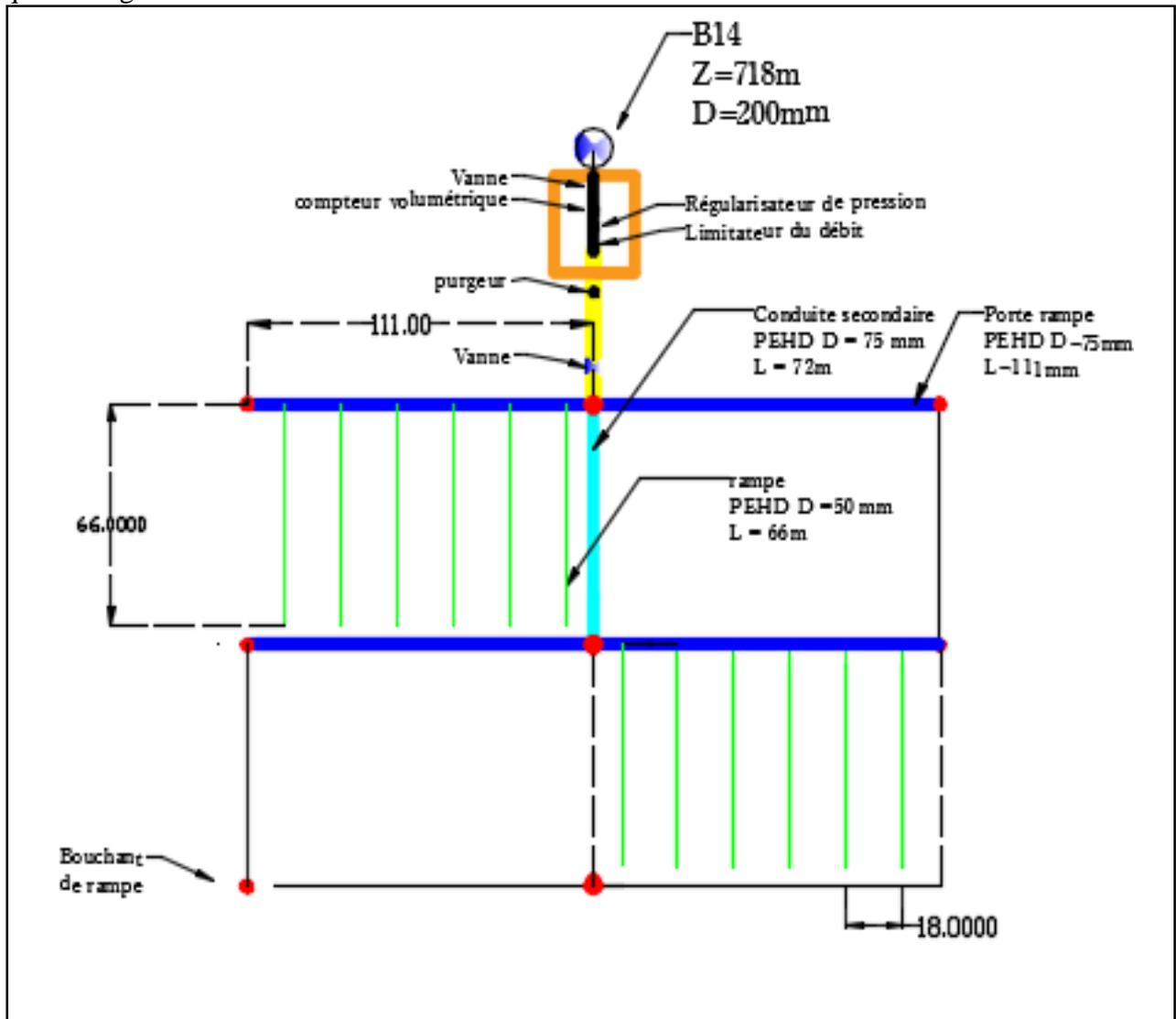
H1 : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (3bar).

H2 : perte de charge totale de la rampe

H3 : la dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

$$H=3+0+0.51=3.51$$

La pression exigée pour le réseau d'aspersion est de 3.5 bars, la pression à la borne est de 4.2 bars, ce qui est largement suffisant.



Le Figure VI.3.2.Schéma représentatif d'un réseau par aspersion.

VI.3.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons procédé au dimensionnement de deux systèmes d'irrigation : aspersion, le système goutte à goutte.

Pour le système goutte à goutte, nous avons introduit l'irrigation de l'olivier.

Pour l'irrigation par aspersion, nous avons vérifié la pression nécessaire au fonctionnement qui est de 3.5 bars.

L'introduction de ces systèmes permet une revalorisation de l'agriculture par une augmentation des rendements des cultures.

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Introduction :

L'étude technico-économique nous permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation du projet d'irrigation projeté, ce calcul consiste à déterminer les quantités de tout le matériel ainsi que les différentes opérations à effectuer sur le terrain.

VII-1) Différents travaux à entreprendre :

VII-1-1) Travaux concernant l'adduction et le réseau distribution

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

a. Exécution des tranchées

C'est une opération de terrassement (déblais) qui consiste à faire des excavations. Ces excavations seront faites par une pelle hydraulique et les déblais seront posés à côté de la tranchée, l'autre côté étant réservé au bardage des conduites.

b. pose du lit de sable

Cette opération consiste à poser un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 12 cm dans notre cas.

c. Pose des conduites

Avant la descente des conduites dans la fouille, on procède à un triage des conduites de façon à écarter celles qui ont subies des chocs ; et on les descend lentement à l'aide d'un engin de levage, dans le fond de la fouille. Au cours de la pose, on vérifie régulièrement l'alignement des tuyaux pour n'avoir pas des difficultés au raccordement des conduites.

d. Epreuve de joint et de la canalisation

Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement,

on l'effectue à l'aide d'une pompe d'essai qui consiste au remplissage en eau de la conduite sous une pression de 1,8 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite lors du fonctionnement.

e. Remblayage des tranchées

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

f. Nivellement et compactage

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

VII-2) Calcul des volumes des travaux de l'adduction

A- Calcul du volume de terrassement

a. Largeur du fond de la tranchée

La largeur d'ouverture de la tranchée est obtenue par la formule :

$$B = d + (0.6)$$

Avec : B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

b. profondeur de la tranchée

La profondeur de la conduite doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, et d'empêcher toute intercommunication avec les autres conduites.

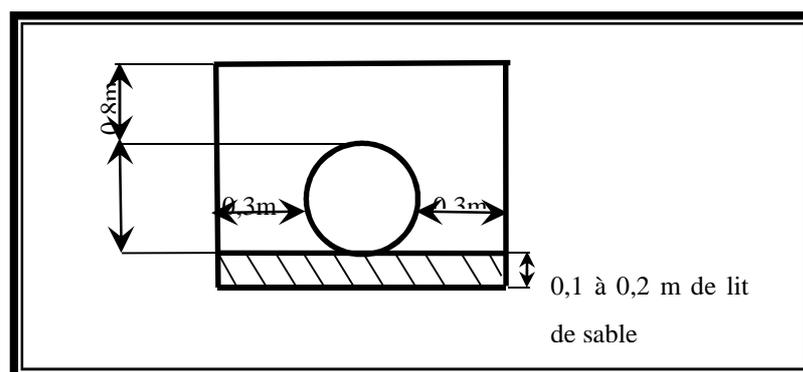


Figure. VII.1 :

Schéma d'une tranchée

$$H = e + d + h \quad (\text{m})$$

Avec : H : profondeur de la tranchée. (m)

e : hauteur du lit de pose. (m)

d : diamètre de la conduite. (m)

h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

B- Calcul du volume de déblai

La surface à calculer est la surface rectangulaire : $S=B*H$

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau VII-1

Tableau VII-1 : calcul du volume de déblai

	Diamètre (mm)	Longueur de la conduite (m)	largueur de la tranchée b :(m)	Hauteur de La tranchée(m)	Volume de déblai (m3)
La conduite de refoulement	500	3000	1.1	1.20	3960

C-Calcul du volume de lit de sable

Ce lit correspond à une couche de sable de 12cm sur le fond de la tranché, donc c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcule cette surface en utilisant la formule suivante :

$$V= e*b*L$$

Tableau VII-2 : calcul du volume de sable

	Hauteur (m)	Longueur(m)	Largeur(m)	Volume (m 3)
C. refoulement	0.2	3000	1.1	660

D- Calcul du volume de remblai

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

$$V_r = V_d - (V + V_s)$$

V_r : Volume du remblai compacté (m³)

V_d : Volume du déblai (m³)

V_s : Volume du sable

V : Volume occupé par la conduite (m³) ; $V = L * (\frac{\pi D^2}{4})$

L : Longueur de la conduite

D : Diamètre de la conduite.

Donc les volumes des travaux pour la conduite sont représentés dans le tableau VII-3.

Tableau VII-3 : Calcul du volume de remblai

	Diamètre	V(Déblai) (m3)	V(Conduite)	V(Sable) (m3)	V (Remblai)
--	----------	----------------	-------------	---------------	-------------

	(mm)		(m ³)		(m ³)
La conduite de refoulement	500	3960	588.75	660	2711,25

VII-2-1) Estimation du cout de pose de conduites d'adduction

Tableau VII-4 : Estimation du cout de pose de canalisation de l'adduction.

Désignation des travaux	Unité	Quantité m ³	Prix unitaire DA	Montant DA
1) déblai et remblai	m ³	6671,25	300	2001375
2) lit de sable	m ³	660	800	528000
Total (HT) 1				2529375
TVA (17%)				429993,75
Montant TTC				2959368,75

VII-3) Calcul des volumes des travaux de distribution :

Pour les valeurs de (h, m) sont identiques à celles de l'adduction, il suffit juste de calculer les valeurs de b, pour les différentes gammes de diamètres constituant le réseau d'irrigation.

Le tableau ci-dessous nous renseignera sur le volume des travaux de distribution selon les différents diamètres existant dans le réseau : fixant **H=1.2 m**

VII.3.1 Déblais d'excavation :

Le tableau VII.5 récapitule les résultats de calculs des volumes des déblais d'excavation

Tableau.VII.5. volume des déblais.

Déblai	H=1,2m			
Diamètre (mm)	B (m)	S (m ²)	Longueur (m)	Volume du déblai (m ³)
90	0,69	0,828	144	119,232
110	0,71	0,852	87	74,124
125	0,725	0,87	1721	1497,27
160	0,76	0,912	2451	2235,312
200	0,8	0,96	1374	1319,04

250	0,85	1,02	1690	1723,8
315	0,915	1,098	899	987,102
400	1	1,2	775	930
500	1,10	1,32	185	244,2
630	1,23	1,476	2027	2991,852
somme	12121,932 m³			

VII.3.2. Pose du lit de sable

Le tableau VII.6.récapitule les résultats de calculs de volume de lit de sable pour les différents diamètres du réseau.

Tableau. VII.6. volume du lit de sable.

lit du sable Diamètre (mm)	h=0,2m		Longueur (m)	Volume du lit du sable(m3)
	B (m)	S (m2)		
90	0,69	0,138	144	19,872
110	0,71	0,142	87	12,354
125	0,725	0,145	920	133,4
160	0,76	0,152	1060	161,12
200	0,8	0,16	232	37,12
250	0,85	0,17	689	117,13
315	0,915	0,183	441	80,703
400	1	0,2	1204	240,8
500	1,10	0,22	227	49,94
630	1,23	0,246	2027	498,642
			somme	1351,081

VII.3.3.Remblais compacté

Pour chaque diamètre du réseau, on conclue le volume du remblai compacté d'après les résultats des deux tableaux précédents

Le tableau VII.7 récapitule les résultats de calculs de volume du remblai compacté pour les différents diamètres du réseau

Tableau.VII.7. volume du remblai compacté.

Diamètre (mm)	Section du conduite	Longueur (m)	Volume de la conduite (m3)	Volume du lit de sable	Volume du déblai (m3)	Volume du remblai compacté (m3)
---------------	---------------------	--------------	----------------------------	------------------------	-----------------------	---------------------------------

(m3)						
90,00	0,006	144,00	0,92	19,87	119,23	98,44
110,00	0,009	87,00	0,83	12,354	74,124	60,94
125,00	0,012	920,00	11,28	133,40	1 497,27	1 352,59
160,00	0,020	1 060,00	21,30	161,12	2 235,31	2 052,89
200,00	0,031	232,00	7,28	37,12	1 319,04	1 274,64
250,00	0,049	689,00	33,80	117,13	1 723,80	1 572,87
315,00	0,078	441,00	34,35	80,70	987,10	872,05
400,00	0,126	1 204,00	151,22	240,80	930,00	537,98
500,00	0,196	227,00	44,55	49,94	244,20	149,71
630,00	0,312	2 027,00	631,55	498,64	2 991,85	1 861,66
SOMME	0,840	7 031,00	937,08	1 351,08	12 121,93	9 833,77

Le tableau VII.8 récapitule les résultats de calculs de volume des travaux de terrassement du réseau d'irrigation :

Tableau VII.8 : Estimation du cout de pose de canalisation de la partie distribution

Désignation des travaux	Unité	Quantité M ³	Prix unitaire DA	Montant DA
1) déblai	m3	12121,932	300	3636579,6
2) lit de sable	m3	1351,081	800	1080864,8
3) remblai	m3	9 833,77	300	2950131
TOTAL (HT) 1				7667575,4
TVA (17%)				1303487,818
Montant TTC				8971063,218

VII-3-4) Estimation du cout du réseau de distribution

Tableau VII-9 : Factures pro-forma des pièces du réseau distribution

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
TubeØ90 PEHD	m/l	144,00	371,91	53555,04
TubeØ110 PEHD	m/l	87,00	554,07	48204,09
TubeØ125 PEHD	m/l	920,00	705,87	649400,4
TubeØ160 PEHD	m/l	1 060,00	1156,21	1225582,6
TubeØ200 PEHD	m/l	232,00	1808,95	419676,4
TubeØ250 PEHD	m/l	689,00	2 808,30	1934918,7
TubeØ315 PEHD	m/l	441,00	4 478,10	1974842,1
TubeØ400 PEHD	m/l	1 204,00	7185,2	8650980,8
TubeØ500 PEHD	m/l	227,00	10 674,30	2423066,1
TubeØ630 PEHD	m/l	2 027,00	16905	34266435
bornes d'irrigation 100 mm	U	20,00	50000	1000000
Goutteur autorégulant 04 l/h	U	1 540,00	7,37	11349,8
Vanne Ø110	U	45,00	10000	450000
Vanne Ø160	U	82,00	12000	984000
Vanne Ø315	U	12,00	14000	168000
filtres à sable	U	1,00	20000	20000
Injecteur d'engrais	U	1,00	17979	17979
		TVA (17%)	9230658,305	54297990,03
			Montant TTC	63528648,34

VII.3.5. Dévie estimatif total

Tableau VII.10 Devis estimatif total

Désignation des travaux	Prix total (DA)
Partie adduction	2959368,75
Partie distribution	8971063,218
Accessoires partie distribution	63528648,34
total	75459080,31

VII-4) Conclusion :

L'estimation du cout total du projet, englobe, en général, tous les prix des équipements hydrauliques et hydromécaniques à utiliser ou à mettre en place, le réseau de canalisations de transport, les lignes de distribution ainsi la pose des bornes d'irrigation et tous les ouvrages de protection, ajouté à cela, les frais liés à la pose des différentes canalisations, les frais de transport, la main-d'œuvre directe et indirecte et toutes les dépenses liés au projet.

En passant en revue l'ensemble des étapes, calcul du volume et estimation du coût des taches, connaissant le volume de travaux de chaque tâche et le prix unitaire de cette dernière a pu, nous avons estimé le coût global du projet a **75 459 080,00** DA TTC.

Conclusion générale

L'objectif fondamental de cette étude est l'aménagement hydro-agricole du périmètre d'irrigation des Arribs (Secteur CP1) situé dans la Wilaya de Bouira qui représente une riche entité agricole où l'on pratique une agriculture traditionnelle, d'une superficie de 300 ha, et dont les caractéristiques physiques, pédologiques et des conditions socio-économiques sont propices à l'irrigation.

Au cours de étude, nous avons constaté que le retard de développement de la production agricole dans la région se heurte en premier lieu, à une réalité climatique dont on a pu en faire une analyse et en déterminer les contraintes naturelles.

Après choix des cultures, nous avons estimé les besoins en eau totaux, et les besoins en eau de chaque ilot qui est une phase importante dans la réalisation d'un système d'adduction et d'irrigation. En deuxième lieu, nous avons projeté un réseau d'adduction à partir d'une nouvelle conduite autonome alimentée par le bassin de stockage, et un système de distribution vers les parcelles par une desserte gravitaire plus économique.

Enfin, pour le choix du système d'arrosage, deux systèmes d'irrigation différents à savoir l'aspersion et le goutte à goutte ont été étudiés.

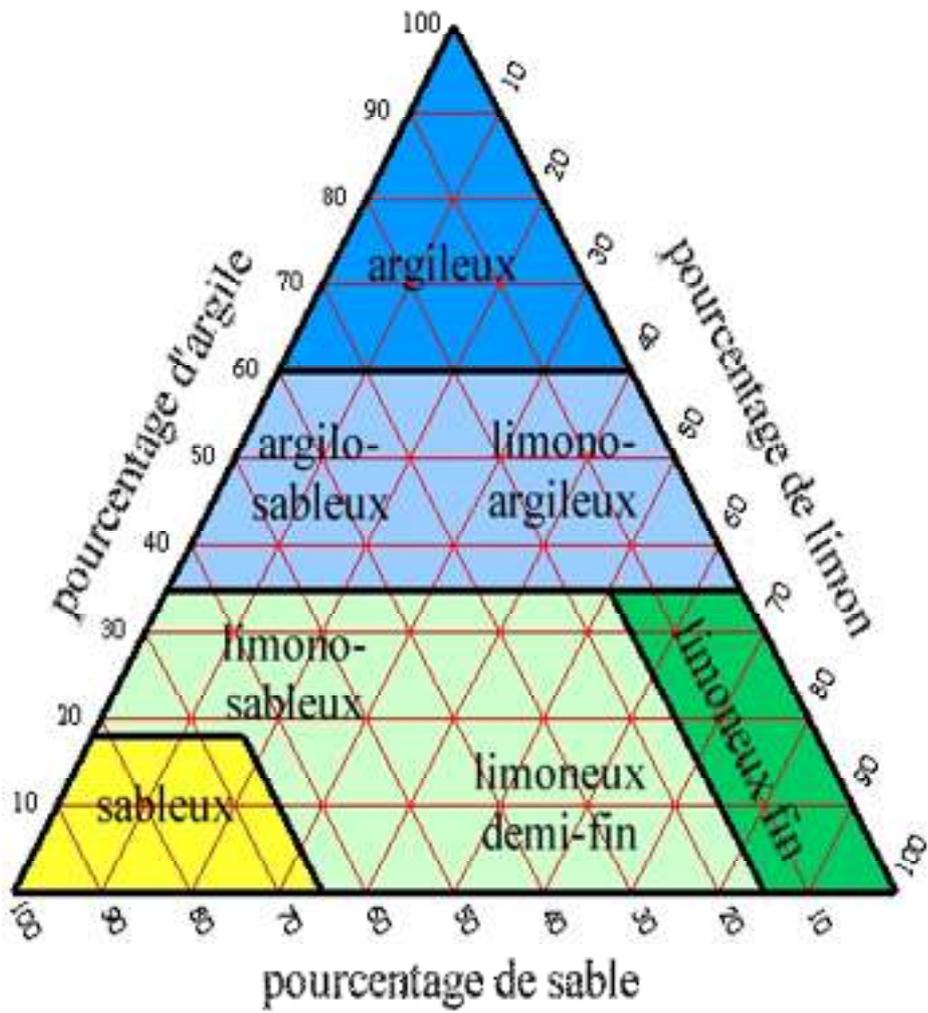
L'introduction de ces deux systèmes, peut considérablement moderniser l'agriculture à travers une intensification des rendements des cultures.

Une fois que les conditions agronomiques et hydrauliques seront respectées, les agriculteurs observeront une hausse de leurs rendements habituels qui leur sera bénéfique et qui reflèteront les vraies potentialités du périmètre.

Bibliographie

- [1] Bouziane Rabah.2015. Mémoire de fin d'études, Dimensionnement du réseau d'irrigation de périmètre les Arribs secteur 02 (w.bouira).
- [2] ONID.2014 Etude diagnostic du réseau.
- [3] Farradji Safia.2012. Mémoire de fin d'études, Etude diagnostic du périmètre les arribs wilaya de bouira.
- [4] Fiche technique du périmètre des Arribs (OPIBO Ain bessem).
- [5] Google Earth 2017 (carte détaillée de Bouira).

Annexe I



Annexe II

$n_1 \backslash n_2$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2		0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	7
3	0	1	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13	14	15
4	0	1	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	15	17	18	20	21	22	23
5	1	2	4	5	7	8	10	12	13	15	17	18	20	22	23	25	27	28	30
6	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	34	36	38
7	1	4	6	8	11	13	16	18	21	23	26	28	31	33	36	41	43	46	48
8	2	5	7	10	13	16	19	22	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
9	2	5	9	12	15	18	22	25	28	31	35	38	41	45	48	52	55	58	62
10	3	6	10	13	17	21	24	28	32	36	39	43	47	51	54	58	62	66	70
11	3	7	11	15	19	23	27	31	36	40	44	48	52	57	61	65	69	73	78
12	4	8	12	17	21	26	30	35	39	44	49	53	58	63	67	72	77	81	86
13	4	9	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	74	79	84	89	94
14	5	10	15	20	25	31	36	41	47	52	58	63	69	74	80	85	91	97	102
15	5	10	17	22	27	33	39	45	51	57	63	68	74	80	86	92	98	104	110
16	5	11	18	23	29	36	42	48	54	61	67	74	80	86	93	99	106	112	119
17	6	12	20	25	31	41	45	52	58	65	72	79	85	92	99	106	113	120	127
18	6	13	21	27	34	43	48	55	62	69	77	84	91	98	106	113	120	128	135
19	7	14	22	28	36	46	51	58	66	73	81	89	97	104	112	120	128	135	143
20	7	15	23	30	38	48	54	62	70	78	86	94	102	110	119	127	135	143	151

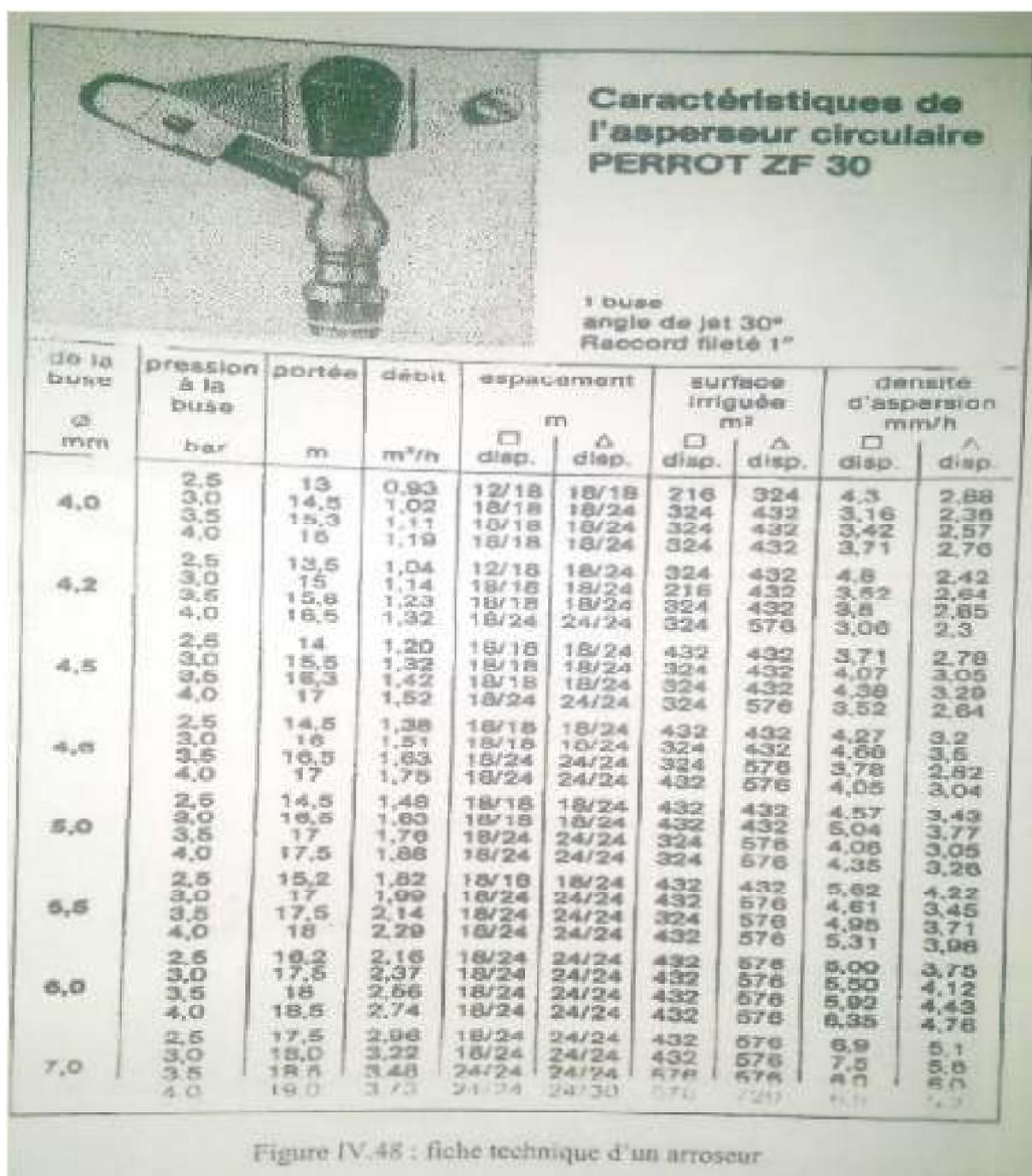
Annexe II : table de Mann-withey

Annexe III

Prix unitaire des travaux

CANALISATION ET ACCESSOIRE					
11	Terrassement en terrain ordinaire y compris le remblai, et toutes sujétions de bonne exécution.	<i>M³</i>	4000	30000	120000000
12	Terrassement en terrain rocheux y compris le remblai, et toutes sujétions de bonne exécution.	<i>M³</i>	500	200000	100000000
13	Fourniture, transport et pose d'une conduites en acier noire enrobie type sous pression PN=10 bars y compris joint et bride montage et démontage et toutes sujétions de bonne exécution:DN 1200 mm	<i>Ml</i>	1450	4500000	6525000000
14	Détaché la partie de conduite existante 800mm et remplacé par DN 1000 en acier mm et mise en ouvert un Y d'ongle 20 ° y compris joint et bride montage et démontage et toutes sujétions de bonne exécution.	<i>Ml</i>	40	5000000	200000000
15	Mise en place de compteurs existant et vanne existantes DN 800 de la conduite D'AEP y compris joint et bride montage et démontage et toutes sujétions de bonne exécution.	<i>FFT</i>	<i>FFT</i>	10000000	10000000
16	Fourniture, transport et pose de débitmètre Dn 1000 mm	<i>U</i>	1	200000000	200000000
	électrique type numérique y compris joint et bride montage et démontage et toutes sujétions de bonne exécution:				
17	Fourniture, transport et pose de vanne papion Dn 1000 mm en fonte type électrique y compris joint et bride montage et démontage et toutes sujétions de bonne exécution:	<i>U</i>	1	150000000	150000000

Annexe IV



Annexe V

Conduites de distribution

Référence	Désignation	Diamètre	Epaisseur	Qualité	Pression	Prix HT	Prix TTC
			en mm	Produit	Service	le M/L	le M/L
110700161	Tube PEHD	16	-----	PE100	10 Bars	-----	-----
110070201	Tube PEHD	20	2,0	PE100	10 Bars	30,68	35,90
110070251	Tube PEHD	25	2,0	PE100	10 Bars	39,15	45,81
110070321	Tube PEHD	32	2,4	PE100	10 Bars	60,84	71,18
110070401	Tube PEHD	40	3,0	PE100	10 Bars	95,22	111,41
110070501	Tube PEHD	50	3,7	PE100	10 Bars	145,48	170,21
110070631	Tube PEHD	63	4,7	PE100	10 Bars	230,12	269,24
110070751	Tube PEHD	75	5,6	PE100	10 Bars	325,34	380,65
110070901	Tube PEHD	90	5,4	PE100	10 Bars	371,91	435,13
110071101	Tube PEHD	110	6,6	PE100	10 Bars	554,07	648,26
110071251	Tube PEHD	125	7,4	PE100	10 Bars	705,87	825,87
110071601	Tube PEHD	160	9,5	PE100	10 Bars	1 156,21	1 352,77
110072001	Tube PEHD	200	11,9	PE100	10 Bars	1 808,95	2 116,47
110072501	Tube PEHD	250	14,8	PE100	10 Bars	2 808,30	3 285,71
110073151	Tube PEHD	315	18,7	PE100	10 Bars	4 478,10	5 239,38
110074001	Tube PEHD	400	23,7	PE100	10 Bars	7 185,20	8 406,68
110075001	Tube PEHD	500	29,7	PE100	10 Bars	10 674,30	12 488,93
110076301	Tube PEHD	630	37,4	PE 100	10 Bars	16 905,00	19 778,85

TUBE PEHD PE100 EAU POTABLE PN10(CHIALI)