



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**Dimensionnement de la conduite de refoulement des eaux usées traitées
de la STEP d'Ain El Turk vers le périmètre agricole
de Bousfer (400 ha)
Wilaya d'Oran**

Présenté par :

KHALDI Taher Lotfi

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
KAHLERRAS DJILLALI	M.C.A	Président
BENKACI ALI TAREK	M.C.A	Examineur
BENLATRECH TAREK	M.C.A	Examineur
BOUZIANE OMAR	M.A.A	Examineur
SAIL NADHIRA	M.C.B	Promotrice

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude envers Mme SAIL Nadhira, qui a été mon encadrante tout au long de ce périple académique. Votre précieuse guidance, votre expertise, et votre soutien constant ont été les piliers de la réussite de ce mémoire. En particulier, je tiens à souligner l'importance de votre aide qui m'a permis de finir mon mémoire. Votre dévouement envers mes progrès et votre patience infinie ont été des sources d'inspiration pour moi.

Je voudrai adresser mes remerciements au président de jury et tous les membres de jury d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Je tiens également à remercier chaleureusement l'ensemble des professeurs de l'ENSH Mr Kahlerras , Mr.Benkaci , Mr.Bouziane, Mme Aziez , Mr.Meddi , Mme Mazouzi , Mme Saadoun , , Mr Ammari , Mr Kerid pour leur contribution à mon parcours académique. Votre enseignement, votre expertise et votre engagement envers l'éducation ont été une source d'inspiration. Chacun de vous a joué un rôle significatif dans ma formation, et je vous en suis profondément reconnaissant.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire. Chacun d'entre vous a joué un rôle essentiel dans mon parcours académique, et je vous en suis reconnaissant.

Dédicaces

Je voudrais adresser un remerciement tout particulier à ma famille ma mère ainsi qu'à mon frère Fethallah ,mon cousin hakim

Je remercie également mes amis Ismail, Youcef, Sifou , Rachid, Amine, Achraf Nori Zinou Madjid Hakim Choukri et Amine rouji pour leurs encouragements inébranlables et vos moments de soutien m'ont aidés à surmonter les défis et à persévérer dans cette aventure éducative.

Votre présence dans ma vie est un trésor inestimable.

ملخص

والهدف من هذا المشروع هو تصميم شبكة للري، عن طريق إبعاد الخط الرئيسي الذي تغذيه مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة عين الترك لمعالجة مياه الصرف الصحي، والمخصص لمحيط الري في بوسفر، الذي تبلغ مساحته 400 هكتار. تستند هذه الدراسة إلى تحليل شامل للخصائص المناخية والتربة والهندسة الزراعية والهيدروليكية والهدف الرئيسي هو زيادة الغلة الزراعية في المنطقة مع المساهمة في تحقيق الاكتفاء الذاتي الزراعي. وسيتحقق ذلك من خلال إدخال أنجع نظم الري وتنفيذ استراتيجية مثلى لإدارة موارد المياه

الكلمات المفتاحية: شبكة الري، والتحجيم، ومياه الصرف الصحي المعالجة، المحيط بوسفر

Résumé :

L'objectif de ce projet consiste à **concevoir** un réseau d'irrigation, en dimensionnant une conduite principale alimentée par les eaux usées traitées de la station d'épuration de Ain El Turk, destinée au périmètre d'irrigation de Bousfer, qui couvre une superficie de 400 hectares.

Cette étude repose sur une analyse approfondie concernant les caractéristiques climatiques et hydrologiques, pédologiques, agronomiques et hydrauliques.

Le but principal est d'accroître les rendements agricoles de la région tout en contribuant à la réalisation de l'autosuffisance agricole. Ceci sera réalisé grâce à l'introduction des systèmes d'irrigation les plus performants et à la mise en œuvre d'une stratégie optimale de gestion des ressources en eau.

Mots clés : réseau d'irrigation, dimensionnement, eaux usées traitées, périmètre Bousfer

Abstract :

The objective of this project is to design an irrigation network, by dimensioning the main line fed by treated wastewater from the Ain El Turk wastewater treatment plant, intended for the Bousfer irrigation perimeter, which covers an area of 400 hectares.

This study is based on a thorough analysis of climatic, soil, agronomic and hydraulic characteristics.

The main objective is to increase agricultural yields in the region while contributing to the achievement of agricultural self-sufficiency. This will be achieved through the introduction of the most efficient irrigation systems and the implementation of an optimal water resource management strategy.

Keywords : irrigation, sizing, treated wastewater, perimeter Bousfer.

Sommaire

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude

I.1 Introduction	3
I.2 Situation géographique.....	3
I.3 Localisation de la zone du projet	4
I.3.1 Situation du périmètre	4
I.4 Localisation de la STEP	4
I.5 Réseau routier	5
I.6 Géologie du site	6
I.7 Données climatiques	7
I.7.1 Température moyenne.....	7
I.7.2 Humidité	8
I.7.3 Le vent.....	9
I.7.4 L'insolation.....	10
I.7.5 Pluviométrie	10
I.8 Classification du climat	12
I.8.1 Les indices climatiques	12
I.8.1.1 L'indice d'aridité de Martonne (1926).....	12
I.8.1.2 L'indice de Bagnols et Gaussen.....	13
I.8.3 Quotient pluviométrique d'Emberger (1955).....	14
I.8.4 Comparaison des indices climatiques	15
Conclusion	15

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

II.1 Introduction	17
II.2 Ressources en eau	17
II.2.1 Introduction	17
II.2.2 La Step d'Ain el Turk	17
II.2.3 Qualité de l'eau à utiliser	18
II.2.4 norme de qualité d'eau usée épurée apte à la réutilisation en irrigation (normes OMS.FAO)	18
II.2.4 Caractéristiques de l'effluent traité.....	19
II.2.5 Réutilisation des eaux usées pour l'irrigation	19
II.2.6 Principaux critères de qualité à respecter pour l'irrigation	20
II.2.7 Traitement des eaux usées.....	25
II.3 Ressources en sol.....	26
II.3.1 Introduction	26
II.3.2 Classification des sols	26
Conclusion	27

Chapitre III : Calcul des besoins en eau d'irrigation

III.1 Introduction	30
--------------------------	----

III.2 Occupation du sol de la parcelle à irriguer	30
III.3 Les méthodes directes.....	30
III.3.1 Les méthodes indirectes	30
III.4 Étude fréquentielle des pluies et détermination de l'année de calcul.....	32
III.4.1 Homogénéité de la série pluviométrique	33
III.4.2 Étude de l'échantillon et choix du type de loi.....	Error! Bookmark not defined.
III.4.3 Ajustement des pluies annuelles à la loi de gauss	35
III.4.4 Détermination de l'année de calcul.....	37
III.4.5 Calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures	37
III.5 Calcul des besoins en eau	40
III.6 Confrontation des ressources et besoins en eau	44
Conclusion :	44

Chapitre IV : Dimensionnement du réseau d'irrigation

IV.1 Introduction.....	46
IV.2 Calcul du débit maximum journalier.....	46
IV.3 Évaluation du débit caractéristique	47
IV.4 Étude du système de distribution	47
IV.4.1 Introduction.....	47
IV.4.2 Réseau d'irrigation.....	47
IV.4.3 Classification des réseaux d'irrigation	48
IV.4.5 Calcul hydraulique aux bornes.....	49
IV.4.6 Choix du diamètre et du type des bornes.....	49
IV.4.7 Description de l'aménagement du périmètre	51
IV.5 Étude de pompage	52
IV.5.1 Généralités sur les pompes	52
IV.5.2 Les turbopompes	52
IV.5.3 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation.....	53
IV.5.4 Calcul des frais d'amortissement	53
IV.6.4 Calcul des frais d'exploitation	54
IV.6.5 Puissance absorbée par la pompe	54
IV.6 Dimensionnement de la bache de stockage	55
IV.7 Dimensionnement du réseau de distribution.....	56
IV.7.1 Vitesses admissibles.....	56
IV.7.2 Calcul des diamètres.....	56
IV.8 Choix du matériau des conduites	57
IV.8.1 Points spéciaux d'une conduite.....	58
IV.8.2 Calcul de pression aux bornes et nœuds.....	58
Conclusion :	64

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

V.1 Introduction	66
V.2 Description des différents modes d'irrigation	66
V.2.1 L'irrigation de surface	66
V.2.2 Irrigation localisée (goutte à goutte).....	67
V.2.3 Irrigation par aspersion	68
V.3 Choix des techniques d'irrigation.....	69
Conclusion :	69

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

VI.1 Introduction.....	72
VI.2 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par goutte à goutte.....	72
VI.2.1 Données générales.....	72
VI.2.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	72
VI.4 Dimensionnement d'un réseau d'asperseur :	78
VI.4.1. Données agronomiques :	78
VI.4.2. Calcul de la Dose pratique RFU :	78
VI.4.3 Le diamètre de l'ajutage :	79
VI.4.4 Vérification de la pluviométrie :	80
Conclusion :	87

Chapitre VII : Calcul Techno-économique

VII.1 Introduction	89
VII.2 Exécution des travaux de pose des canalisations.....	89
VII.2.1 Exécution des tranchées	89
VII.3 Calcul des volumes des travaux de distribution	90
VII.3.1 Calcul du volume de terrassement	90
VII.3.2 Calcul du volume de déblai	91
VII.3.3 Calcul du volume de remblais	91
VII.3.4 Calcul du volume de sable.....	91
VII.4 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.....	92
VII.4.1 Cout de réservoir de stockage.....	92
VII.5-Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales.....	93
VII.6-Tableau des devis de projet :	93
Conclusion :	93

Conclusion Générale

Références

Annexes

Liste de tableaux

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude

Tableau 1 : Températures Période 1995-2016.....	7
--	---

Tableau 2 : Température maximal et minimal 1995-2016	8
Tableau 3 : Répartition de l'humidité moyenne (période 1995-2016).....	9
Tableau 4 : Vitesses du vent moyennes interannuelles période 1995-2016.....	10
Tableau 5 : Durée d'insolation (en heures) période 1995-2016.....	10
Tableau 6 : Répartition Mensuelle de la pluviométrie de la Station de Bousfer, période 1995-2016	11
Tableau 7 : Classification du climat selon Martonne	12
Tableau 8 : Les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies.	13

Chapitre II : Calcul des besoins en eau d'irrigation

Tableau 9 : Capacité de traitements	17
Tableau 10 : Concentrations des polluants	18
Tableau 11 : Qualité de l'eau à utiliser.....	18
Tableau 12 : Caractéristiques de l'effluent.....	19
Tableau 13 : les éléments nutritifs des eaux usées par rapport aux normes de la qualité des eaux réutilisées	21
Tableau 14 : Concentration maximale en éléments tracés recommandés pour les eaux d'irrigation (Ayers et Westtot. 1985).....	22
Tableau 15 : Classification des eaux d'irrigation	24
Tableau 16 : Seuils des brûlures par les Na cl	23
Tableau 17 : Concentration maximale en Bore dans l'eau d'arrosage.....	23
Tableau 18 : Classification des eaux en fonction du SAR.....	24
Tableau 19 : Analyse physico-chimiques du profil étudié.....	27

Chapitre III : Calcul des besoins en eau d'irrigation

Tableau 20 : Occupation du sol dans le périmètre concernée	30
Tableau 21 : Série des pluies moyennes mensuelles observées à la zone d'étude période 1995-2016	32
Tableau 22 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique	34
Tableau 23 : Ajustement à la loi de Gauss	35
Tableau 24 : Besoin net des cultures en (mm) vigne	40
Tableau 25 : Besoin net des cultures en (mm) agrume.....	40
Tableau 26 : Besoin net des cultures en (mm) Olivier	41
Tableau 27 : Besoin net des cultures en (mm) Tomate	41
Tableau 28 : Besoin net des cultures en mm pomme de terre	42
Tableau 29 : Besoin net des cultures en (mm) orge grain	42
Tableau 30 : Besoin net des cultures en (mm) Blé.....	43
Tableau 31 : Récapitulatif des besoins nets (mm)	43

Chapitre IV : Dimensionnement du réseau d'irrigation

Tableau 32 : confrontation des ressources et besoins en eau pour une superficie de 400 ha (Bousfer) ...	44
Tableau 33 : Type de bornes en fonction de superficies des ilots	50
Tableau 34 : Choix du diamètre de la borne.....	50
Tableau 35 : Type et diamètres des bornes en fonction de débit et surface des ilots	50
Tableau 36 : Caractéristique de la pompe de refoulement.	55
Tableau 37 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution	58

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Tableau 38 : Caractéristiques des rampes.	77
Tableau 39 : Caractéristiques des portes rampes.	77

Tableau 40 : Résultats de calcul pratique du réseau d'irrigation par aspersion	78
---	----

Chapitre VII : Calcul Techno-économique

Tableau 41 : Quantité des travaux de terrassement.....	91
Tableau 42 : Coût des travaux de terrassement.	92
Tableau 43 : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.....	92
Tableau 44 : Devis estimatif de réservoir de stockage.....	92
Tableau 45 :Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation.....	93
Tableau 46 :Devis de projet.....	93

Liste des Figures

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude

Figure 1 : Situation géographique de la commune de Bousfer	3
Figure 2 : Vue satellitaire de la zone d'étude (Google earth)	Error! Bookmark not defined.
Figure 3 : Plan de Situation du périmètre d'extension de Bousfer sur photo satellite (Google earth)	4
Figure 4 : Localisation de la STEP D'Ain El Turck	5
Figure 5 : Réseau Routier de Bousfer (Google maps)	5
Figure 6 : Extrait de la carte géologique du bassin de la Tefna Oran (gallica.bnf.fr)	6
Figure 7 : Température mensuelle moyenne	8
Figure 8 : Distribution mensuelle de l'humidité	9
Figure 9 : Extrait de la carte pluviométrique du nord d'Algérie échelle 1/500.000.....	11
Figure 10 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN	13
Figure 11 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER	14
Figure 12 : Calcul de L'ETP entrées dans le Cropwat	32
Figure 13 : Ajustement à la loi de Gauss	36
Figure 14 :L'irrigation des palmiers par rigoles	67
Figure 15 : Irrigation goutte à goutte.....	68
Figure 16 : Irrigation par aspersion	69
Figure 17 : Mécanismes de fixation des arroseurs sur la rampe.....	83
Figure 18 : Disposition de la conduite dans une tranchée	90

Liste des planches :

Planche 01 : Plan topographique

Planche 02 : Plan de montage

Planche 03 : Plan de masse

Planche 04 : Plan Occupation du Sol

Planche 05 : Profil en long

Introduction générale

L'eau possède une valeur économique, sociale et environnementale cruciale. Par conséquent, il est impératif de garantir sa disponibilité à long terme grâce à des méthodes d'exploitation durables qui répondent aux besoins actuels sans compromettre l'équilibre écologique. Il est donc urgent d'adopter une politique visant à réduire la consommation d'eau tout en préservant cette précieuse ressource, en gérant efficacement l'ensemble de son cycle d'utilisation.

Une attention particulière doit être accordée à cette ressource vitale en optimisant l'utilisation de réservoirs et d'autres sources d'approvisionnement tels que les puits et les sources, en réhabilitant les réseaux d'adduction, de distribution et de collecte des eaux usées, et en gérant de manière efficace les installations de traitement de l'eau potable et de l'épuration des eaux usées.

Il est essentiel d'identifier et d'adopter les meilleures techniques disponibles pour combiner de manière rationnelle l'utilisation des ressources en eau naturelles avec d'autres sources d'approvisionnement en eaux non conventionnelles, notamment les eaux usées traitées. L'irrigation agricole ou l'arrosage des espaces verts avec des eaux usées nécessite une attention particulière en raison des polluants qu'elles peuvent transporter, ce qui peut avoir des conséquences sur la santé publique, la conservation des sols et la protection de l'environnement, tout en évitant les excès et les sous-estimations.

Bien que les eaux usées contiennent des éléments nuisibles tels que des microorganismes pathogènes, des métaux lourds et des micropolluants organiques, elles renferment également des constituants bénéfiques tels que la matière organique, l'azote, le phosphore et le potassium, qui peuvent fertiliser les sols. Cependant, une concentration excessive d'azote peut contribuer à la pollution des nappes phréatiques. Par conséquent, chaque projet de réutilisation des eaux usées doit faire l'objet d'une étude approfondie prenant en compte la qualité de l'eau et le contexte de réutilisation.

L'objectif de la présente étude consiste en la conception d'un réseau d'irrigation, en dimensionnant la conduite principale alimentée par les eaux usées traitées de la station d'épuration de Ain El Turck, destinée au périmètre d'irrigation de Bousfer , qui couvre une superficie de 400 hectares. Le but principal est d'accroître les rendements agricoles de la région tout en contribuant à la réalisation de l'autosuffisance agricole. Ceci sera réalisé grâce à l'introduction des systèmes d'irrigation les plus performants et à la mise en œuvre d'une stratégie optimale de gestion des ressources en eau.

Pour ce faire, nous avons abordé les points suivants :

- Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude.
- Une étude sur les ressources en eau pour déterminer la qualité d'eau à utiliser et en sol afin de déterminer le type de sol.
- une analyse approfondie concernant les caractéristiques climatiques et hydrologiques, pédologiques, agronomiques et hydrauliques.
- Calcul des besoins en eau des cultures afin de déterminer le débit spécifique.
- Déterminer volume réservoir pour satisfaire le besoin de toutes les cultures ainsi que le dimensionnement de la conduite principale.
- Le dimensionnement à la parcelle par les deux systèmes goutte à goutte et aspersion.
- En fin, le calcul techno-économique afin de déterminer le budget pour la réalisation de ce projet.

Chapitre I :
Analyse des conditions naturelles de la
zone d'étude

I.1 Introduction

Le but fondamental de cette partie est de réaliser une évaluation exhaustive des conditions naturelles présentes dans la zone d'étude. Cette évaluation englobe **les données** géographiques, géologiques, climatologiques, et socio-économiques afin de cerner les types de cultures qui seraient les plus adaptés à cette région.

I.2 Situation géographique

La commune de Bousfer dont fait partie notre périmètre d'étude s'étend sur une surface de 4155.15 ha, elle s'organise sur la plaine côtière appartenant à l'ensemble d'Ain El Turk et El Ançor, elle est située à l'Ouest de la ville d'Oran à environ **25 km (Figures 1,2)**.

Elle est limitée :

- Au Nord par la mer méditerranéenne.
- A l'ouest par la commune d'Ain Kerma.
- A l'Est par la commune d'Ain Turk.
- Au Sud par la commune de Boutlelis et Messerghine.

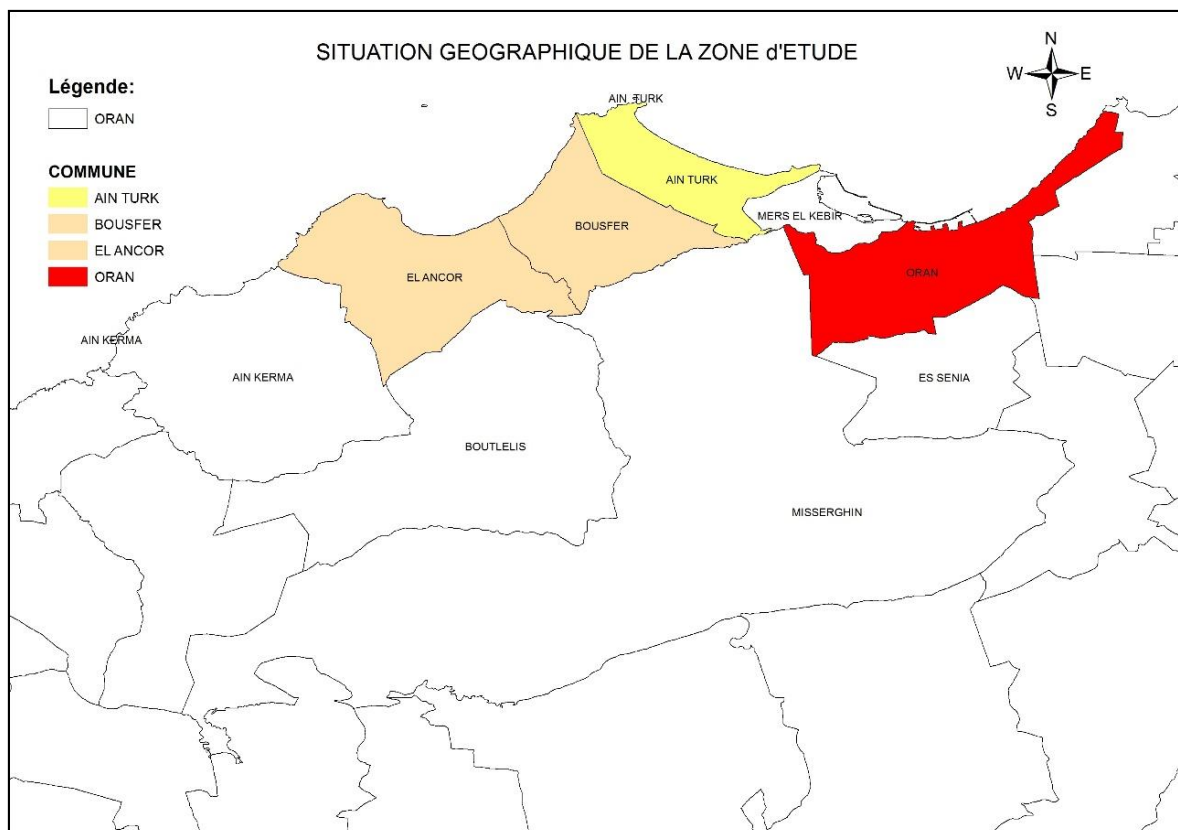


Figure 1 : Situation géographique de la commune de Bousfer

I.3 Localisation de la zone du projet

I.3.1 Situation du périmètre

La zone d'étude est une extension du périmètre d'irrigation de Bousfer qui appartient au domaine BENAMAR BOUBAKEUR et s'étend sur une superficie totale de 400 ha.

Géographiquement, il est situé non loin de la base aérienne de Bousfer, à 10 km au Sud –Est de la station d'épuration et au Nord du village de Bousfer (**Figure 3**). Il est repéré par les coordonnées géographiques suivantes :

35°42'34"N 0°50'09"O

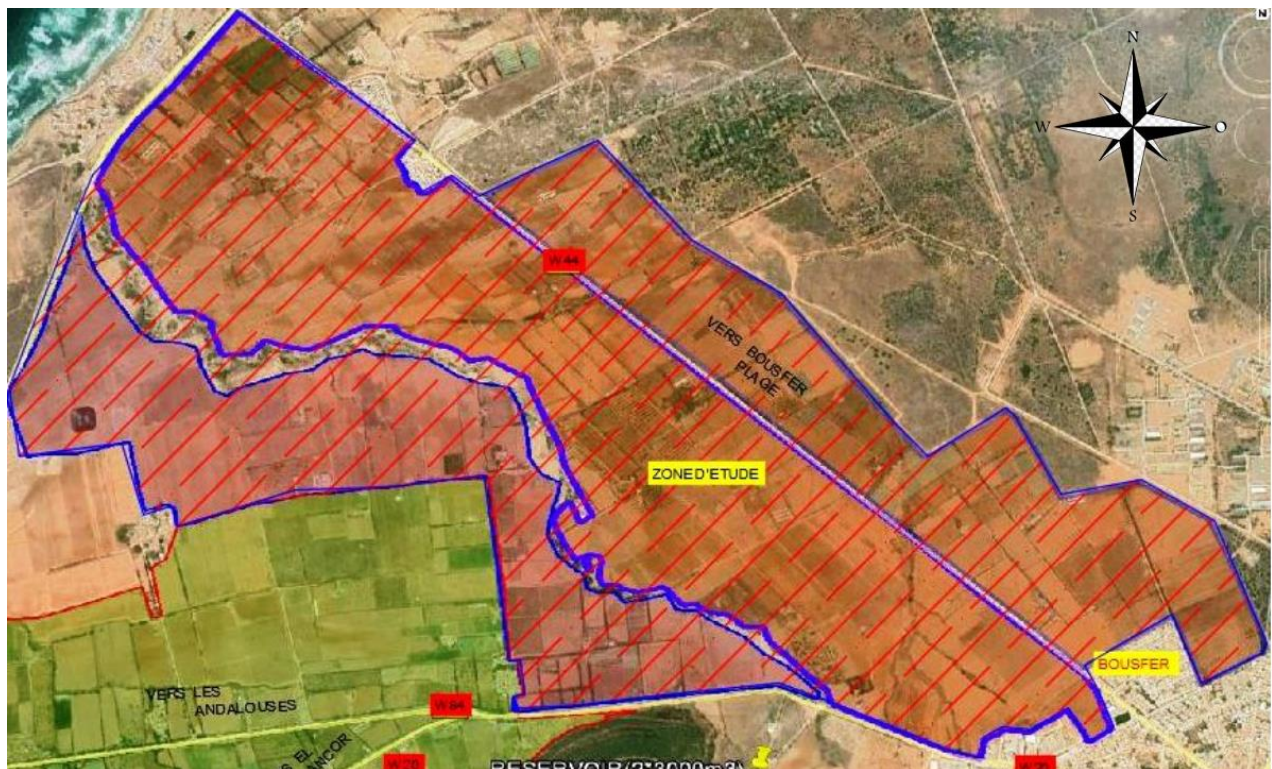


Figure 2 : Plan de Situation du périmètre d'extension de Bousfer sur photo satellite (Google earth)

I.4 Localisation de la STEP

Le site de la STEP est situé à proximité de Falcon, à environ 1.5 km du sud-ouest et à 3 km au nord-ouest de Ain El Türck, elle est implantée sur un site faisant partie de la zone militaire de Ain Turk. Elle est actuellement opérationnelle sous la maîtrise de L'ONA et la direction de l'hydraulique de la wilaya d'Oran. Elle est repérée par les coordonnées géographiques : (**Figure 4**).

35°45'38"N 0°48'30"O



Figure 3 : Localisation de la STEP D'Ain El Turk

I.5 Réseau routier

La commune de Bousfer est distante de 10 km de la commune d'El Ançor daïra d'Ain Turk, elle est reliée à El Ançor par le chemin de wilaya N°W20, et N° W84. (Figure 5).

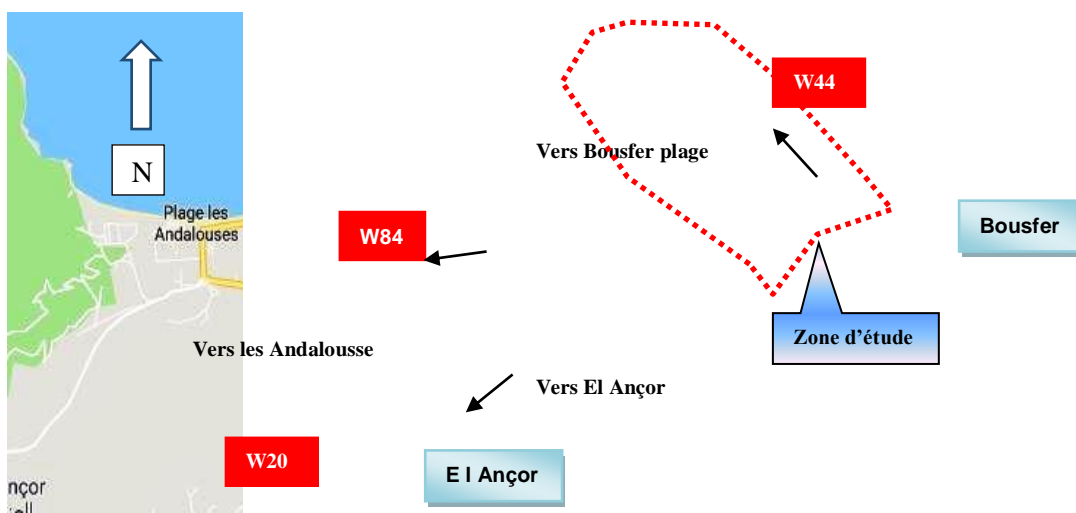


Figure 4 : Réseau Routier de Bousfer (Google maps)

I.6 Géologie du site

Le site en question présente une géologie variée, comprenant des terrains sédimentaires, des strates calcaires, des dépôts de sable alluvionnaire, des zones caillouteuses, des gisements d'argile, et des affleurements de schistes. Cette diversité géologique influence la composition du sol, la stabilité du terrain, et les caractéristiques hydrologiques. L'étude vise à fournir une vue succincte mais approfondie de ces éléments, mettant en lumière l'importance de la géologie locale pour une gestion éclairée du site, et nous avons ici une partie de la carte géologique du bassin de la Tafna-Oran (**Figure6**).

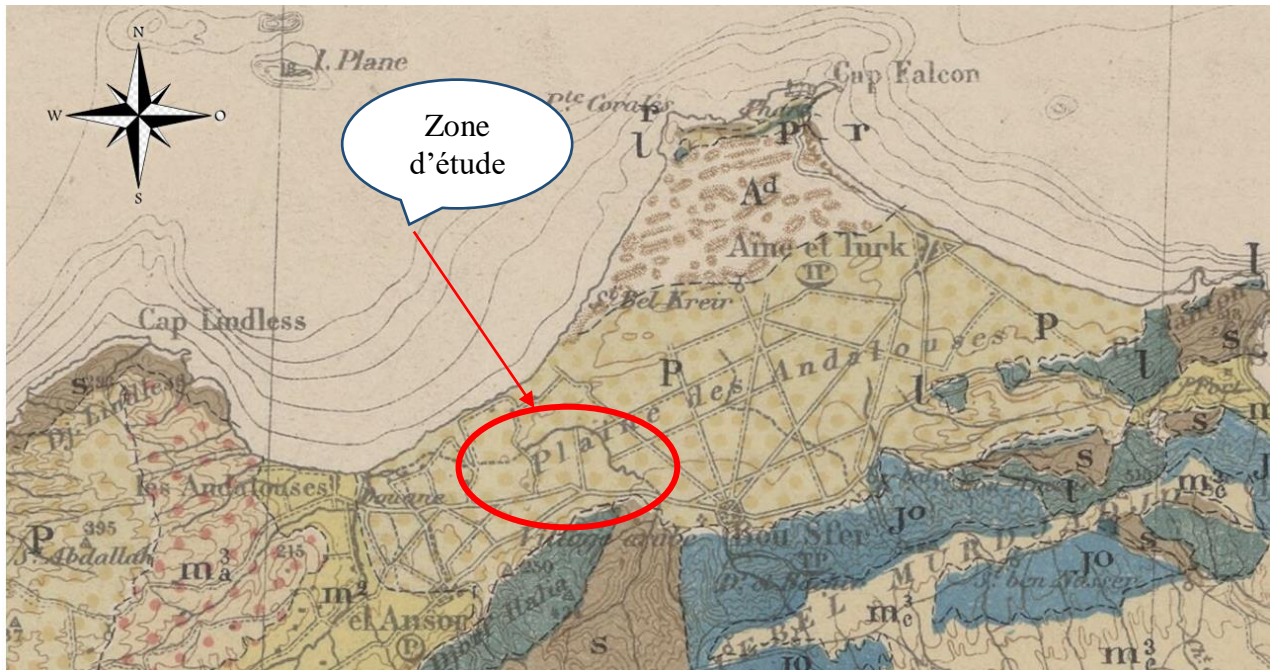


Figure 5 : Extrait de la carte géologique du bassin de la Tafna-Oran (gallica.bnf.fr)

Légende :

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 30px;">A^d ql^a</td> <td style="padding-left: 5px;">A^d Dunes a Alluvions ql Dépôts d'eau douce</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">pl</td> <td style="padding-left: 5px;">Calcaire lacustre de Remchi</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">pa</td> <td style="padding-left: 5px;">Alluv. caillouteuses des plateaux</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">P</td> <td style="padding-left: 5px;">Sables à hélices Grès et sables à Pecten bollemensis</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">m^a m^c</td> <td style="padding-left: 5px;">Calcaire à nullipores et Pecten sarmenticius</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">m^a m^c</td> <td style="padding-left: 5px;">Marnes et argiles à gypse Tufs volcaniques marins</td> </tr> </table>	A ^d ql ^a	A ^d Dunes a Alluvions ql Dépôts d'eau douce	pl	Calcaire lacustre de Remchi	pa	Alluv. caillouteuses des plateaux	P	Sables à hélices Grès et sables à Pecten bollemensis	m ^a m ^c	Calcaire à nullipores et Pecten sarmenticius	m ^a m ^c	Marnes et argiles à gypse Tufs volcaniques marins	Actuel et Pléistocène Pliocène Miocène Sup ^r	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 30px;">m^c m^a m^c</td> <td style="padding-left: 5px;">m^c Calcaire à lithothamnium m^a Argiles et grès à O. crassissima Tufs rhyolitiques de Bled Châaba</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">jo</td> <td style="padding-left: 5px;">Schistes à posidonies Oxfordien</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">l</td> <td style="padding-left: 5px;">Lias</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">s</td> <td style="padding-left: 5px;">Schistes et quartzites</td> </tr> </table>	m ^c m ^a m ^c	m ^c Calcaire à lithothamnium m ^a Argiles et grès à O. crassissima Tufs rhyolitiques de Bled Châaba	jo	Schistes à posidonies Oxfordien	l	Lias	s	Schistes et quartzites	Miocène moy ^r
A ^d ql ^a	A ^d Dunes a Alluvions ql Dépôts d'eau douce																						
pl	Calcaire lacustre de Remchi																						
pa	Alluv. caillouteuses des plateaux																						
P	Sables à hélices Grès et sables à Pecten bollemensis																						
m ^a m ^c	Calcaire à nullipores et Pecten sarmenticius																						
m ^a m ^c	Marnes et argiles à gypse Tufs volcaniques marins																						
m ^c m ^a m ^c	m ^c Calcaire à lithothamnium m ^a Argiles et grès à O. crassissima Tufs rhyolitiques de Bled Châaba																						
jo	Schistes à posidonies Oxfordien																						
l	Lias																						
s	Schistes et quartzites																						

I.7 Données climatiques

L'étude climatique permet de fournir les éléments nécessaires pour le choix des cultures, et leurs besoins en eau.

Les éléments climatologiques sont des facteurs principaux pour l'aménagement hydro-agricole, de la région d'étude.

L'hydro climatologie du secteur d'étude est basée sur les données climatiques de plusieurs stations représentatives, proches du secteur d'étude, comme celle des stations de Bousfer et d'Oran, où les données pluviométriques (cumulée et maximale extrême) sont assez complètes, étalées sur une période d'observation assez longue. Ces données, surtout celles de la pluviométrie maximale extrême et la pluie mensuelle, sont plus ou moins régulières et s'étalent sur une période assez longue (1995-2016).

I.7.1 Température moyenne

Les relevés climatologiques disponibles intéressent particulièrement la station d'Oran, dont l'extrapolation sur l'ensemble du bassin est admise avec quelques précautions. La répartition géographique des températures dans le bassin, montre aussi bien pour les valeurs extrêmes que pour les moyennes, deux contrastes thermiques remarquables, épousant l'orographie locale. La température moyenne est estimée à 17.95°C dont étant enregistré le maximum au mois de Août de 25.97°C et le minimum au mois de janvier de 11.10°C.

Le tableau suivant résume les paramètres moyens thermiques estimés à la station d'Oran comme dans les autres stations avoisinantes, extraits des différentes séries d'observations météorologiques et des annuaires édités antérieurement. **(Figure 7) (Tableau 1)**

Tableau 2 : Températures Période 1995-2016

Mois	S.	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Juil	Aout	Moy
T° _{moy}	22.89	19.56	15	12.18	11.10	12.23	14.11	15.93	18.84	22.66	25.06	25.97	17.95

(Sources : ANRH)

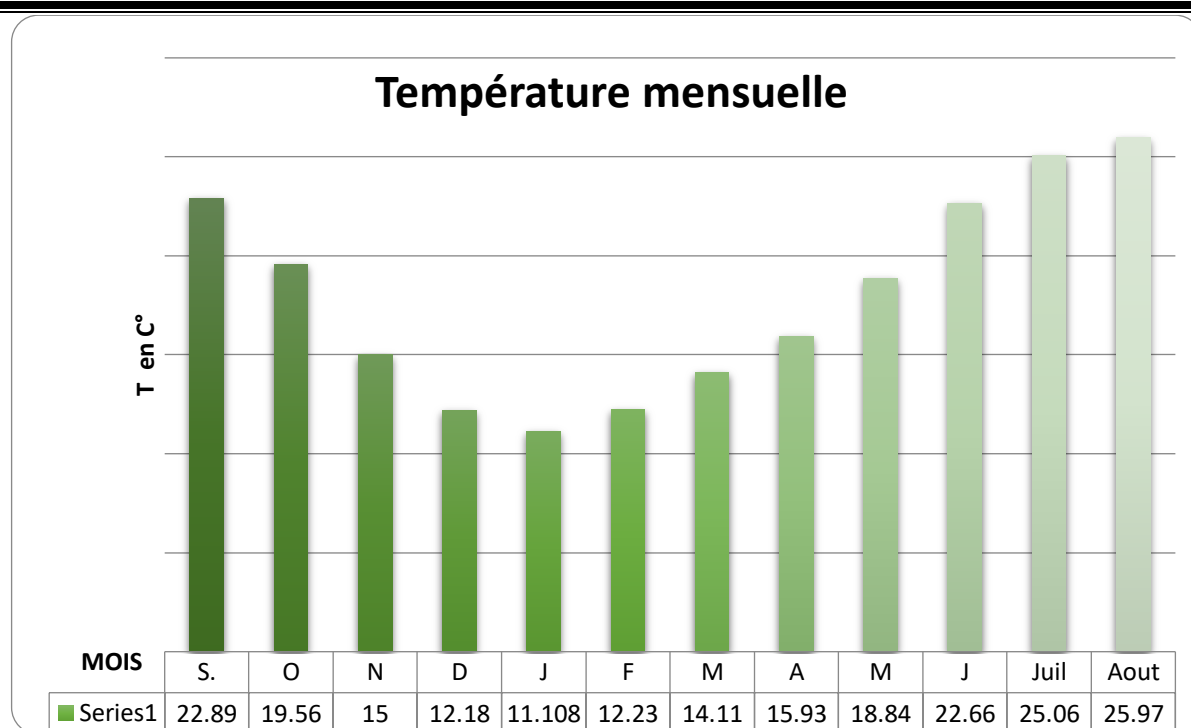


Figure 6 : Température mensuelle moyenne

Interprétation :

D'après le diagramme ci-dessus, on observe que le mois le plus froid c'est bien le mois de Janvier avec une température de 11.10° C et le mois le plus chaud est le mois d'Aout avec une température de 25.97° C.

I.7.1.1 Température moyenne maximal et minimal 1995-2016

Les températures moyennes max et min sont représentées dans le tableau suivant : (Tableau 2)

Tableau 3 : Température maximale et minimale 1995-2016

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Juil	Aout	Moy
T°cmoy	22.89	19.56	15	12.18	11.11	12.23	14.11	15.93	18.84	22.66	25.06	25.97	17.95
T°c max	29.09	25.01	19.8	17.3	15.3	18.3	19.1	20.4	24.7	29.6	32.1	32.9	23.63
T°c min	16.69	14.11	9.8	7.06	6.9	6.16	9.12	11.46	12.98	15.72	18.02	19.04	12.26

(Source ANRH Oran)

Interprétation :

D'après le tableau ci-dessus, la température moyenne max est de 23.63 ° C et la moyenne minimale est de 12.26 ° C. La température moyenne interannuelle est de l'ordre de 17.95 ° C.

I.7.2 Humidité

En saison estivale, il y'a moins d'humidité, mais plus humide en saisons pluvieuses en raison des masses d'air très chargées en vapeur d'eau venant précipiter leur tribut de pluie directement sur le relief en montagne.

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude

L'humidité relative annuelle moyenne est évaluée respectivement à environ 76 %.

On lit sur l'histogramme que l'humidité relative dans cette zone ne s'abaisse jamais, en toutes saisons, elle est au-dessus de 50 %, pour toutes les saisons. (Figures 8). (Tableau 3)

Tableau 4 : Répartition de l'humidité moyenne (période 1995-2016)

Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Juil	A
Humidité relative en %	66	70	78	85	84	83	80	79	75	70	70	66
	71.33			84			78			68.67		
Saison	Automne			Hiver			Printemps			Été		

(Source ANRH Oran)

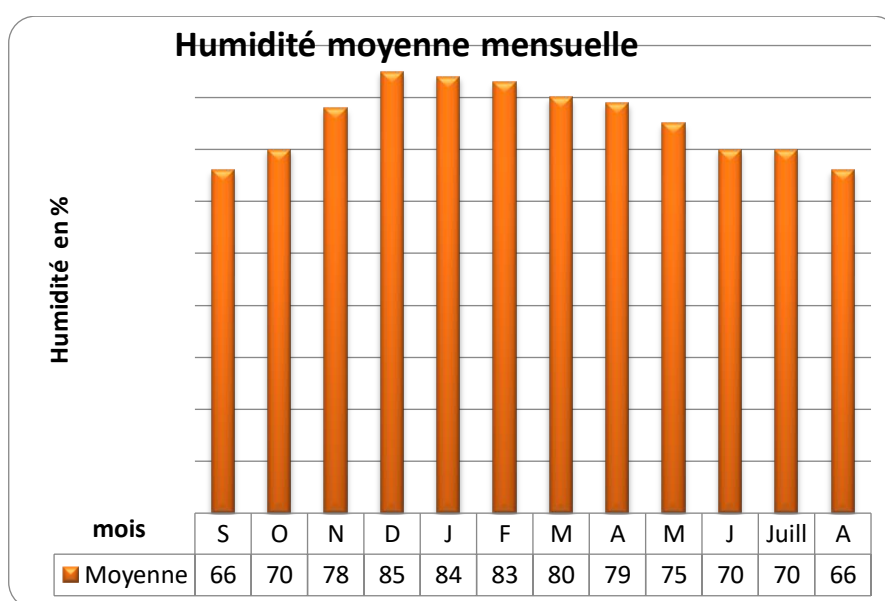


Figure 7 : Distribution mensuelle de l'humidité

Interprétation :

D'après le diagramme on n'observe que la saison la plus humide est la saison d'hiver et la moins humide est celle de l'été.

I.7.3 Le vent

Le vent représente le déplacement de l'air à travers l'atmosphère terrestre, résultant des fluctuations de pression et de température. Il joue un rôle crucial dans la dynamique atmosphérique, le transfert de chaleur et d'humidité, ainsi que dans la genèse de phénomènes météorologiques tels que les vents violents, les ouragans et les brises marines. Les éoliennes tirent parti de l'énergie cinétique du vent pour générer de l'électricité, contribuant ainsi à la production d'énergies renouvelables.

Les valeurs représentant les variations de la vitesse du vent autour de ce périmètre d'étude sont synthétisées dans le tableau ci-dessous. (Tableau 4)

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude

Tableau 5 : Vitesses du vent moyennes interannuelles période 1995-2016

Station	J	F	M	Av	Mai	J	Jet	A	S	O	N	D	An
V _{moy}	2.3	2.4	2.7	3	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2	2.2	2.3	2.5

(Source ANRH Oran)

Interprétation :

On observe que la vitesse la plus élevée est enregistré dans le mois de mars et la plus faible dans le mois d'octobre

I.7.4 L'insolation

Cette donnée est utile pour le calcul de l'évapotranspiration, qui conditionne les besoins en eau des cultures, d'une part, et d'autre part la durée d'ensoleillement est nécessaire pour la maturation des cultures.

La durée d'insolation est donnée au tableau en heures par mois. La moyenne journalière mensuelle d'insolation la plus faible est enregistrée en Décembre (5.87h), alors que la plus grande en Juillet (11h) : une moyenne de durée d'insolation journalière annuelle de 8.36h. (**Tableau 5**)

Tableau 6 : Durée d'insolation (en heures) période 1995-2016

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Année
Minimale	209	177	127	154	147	175	182	234	277	268	314	292	
Maximale	287	275	232	239	225	241	302	338	328	361	361	345	
Moyenne	260	228	200	182	188	202	235	276	301	319	341	319	3051
Heures/jour	8.67	7.35	6.67	5.87	6.06	7.21	7.58	9.20	9.71	10.6	11.0	10.3	8.36

(Source ANRH Oran)

Interprétation :

D'après les données du tableau ci-dessus, la durée d'insolation moyenne la plus élevée est enregistré dans le mois de juillet et la moins élevée dans le mois de décembre.

I.7.5 Pluviométrie

Le réseau pluviométrique, bien que peu étoffé, est cependant réparti d'une façon suffisamment satisfaisante pour évaluer, sans faire trop d'erreurs, les précipitations annuelles sur l'ensemble du bassin.

Les données disponibles couvrent, en effet, une période longue pour la station de Bousfer, dont d'autres stations auxiliaires, situées à la périphérie du bassin étudié, ont été exploitées en termes d'extrapolation spatiale de la pluie. Comme les périodes diffèrent d'une station à l'autre pour estimer la pluviométrie annuelle, il a été étudié pour cette station l'évolution de ce paramètre pratiquement sur l'ensemble de phases humides et sèches sur la période 1995-2016, donnant la répartition mensuelle pluviométrique. (**Tableau 6**)

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude

Tableau 7 : Répartition Mensuelle de la pluviométrie de la Station de Bousfer, période 1995-2016

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Juil	A	An
P(mm)	9.4	35.9	52.9	72.6	63	51.9	39.8	39	24.1	6.3	0.4	1	396.3
P %	2.4	9.1	13.3	18.3	15.9	13.1	10.1	9.9	6.1	1.6	0.1	0.3	100

(Sources ANRH Oran)

Interprétation :

Dans notre zone d'étude, la pluviométrie est relativement régulière dans le temps et dans l'espace. L'analyse des données relatives aux précipitations, montre que la quantité la plus importante de pluie tombe en décembre (72.6 mm), alors qu'au mois de juillet, le niveau le plus bas est atteint (0.1 mm) et la précipitation moyenne inter-annuelle est de 396.3 mm. (**Figures 9**).

Répartition des pluies mensuelles moyennes d'après la carte pluviométrique du Nord d'Algérie

Station	Code ANRH	Cordonnées géographique
BOUSFER	040301	35°51'18"N 0°02'52"O

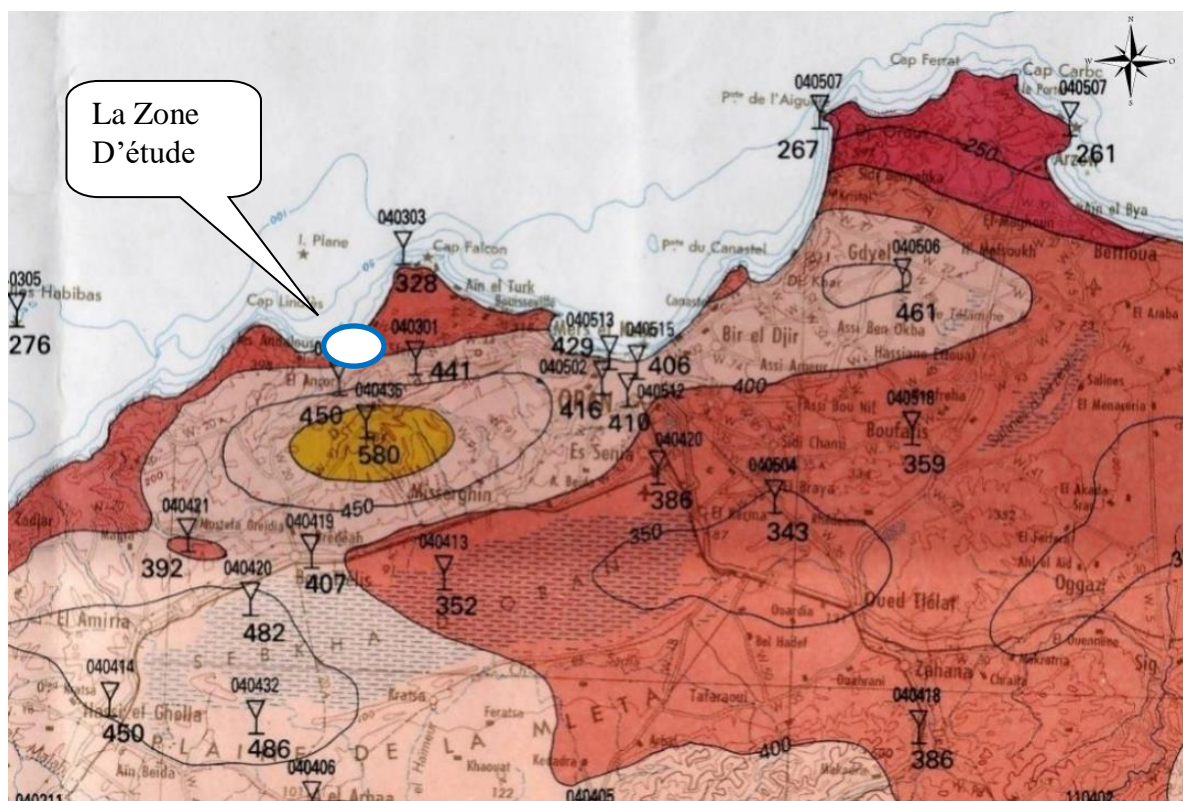


Figure 8 : Extrait de la carte pluviométrique du nord d'Algérie échelle 1/500.000

I.8 Classification du climat

I.8.1 Les indices climatiques

Les indices climatiques sont des paramètres spécifiques utilisés pour évaluer et caractériser les conditions climatiques d'une région ou d'une période donnée. Ils servent à résumer des informations complexes sur le climat en fournissant des mesures quantitatives.

I.8.1.1 L'indice d'aridité de Martonne (1926)

L'indice d'aridité de Martonne, conçu par Eugène de Martonne en 1927, est une mesure significative évaluant le degré d'aridité d'une région. Fondé sur la relation entre les précipitations annuelles et la température moyenne annuelle, exprimée par le quotient pluviométrique, cet indice quantifie le déficit hydrique en comparant la disponibilité en eau avec les besoins potentiels d'évaporation. Des indices élevés signalent des climats arides ou semi-arides, tandis que des valeurs plus basses indiquent des climats plus humides. L'usage de l'indice d'aridité de Martonne dans l'analyse des conditions naturelles offre un moyen efficace de caractériser et de comparer les niveaux d'aridité entre différentes zones géographiques (Martonne, 1927)[1].

$$I = P / (T + 10)$$

Tel que :

I : indice climatique ;

P : précipitation moyenne annuelle (mm/ an) ;

T : température moyenne annuelle (°C).

Application :

On a $P = 396.3$ mm/ans et $T = 17.95$ °C

Donc $I = 14.178$ **donc** $10 < I < 20$

Les limites des climats d'après l'indice climatique de Martonne sont données dans le

tableau ci-dessous : (**Tableau 7**)

Tableau 8 : Classification du climat selon Martonne

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

On constate que l'indice d'aridité varie entre 10 et 20, ce qui montre que notre région est soumise à un climat sec donc l'irrigation est souvent indispensable

I.8.1.2 L'indice de Bagnols et Gaussen

Le diagramme ombrothermique est un outil qui permet de visualiser les données climatiques, en particulier les précipitations et les températures, sur une période donnée. Ce diagramme peut être utilisé pour déterminer la période sèche dans une région donnée, on peut distinguer les périodes où on a besoin d'irriguer ; la méthode consiste à représenter dans le même graphique les mois en abscisses et les précipitations et les températures moyennes tout en respectant l'échelle (Figure 10). (Tableau 8)

Tableau 9 : Les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies.

mois	sep	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout
P (mm)	9.4	35.9	52.9	72.6	63	51.9	39.8	39	24.1	6.3	0.4	1
T(°C)	22.89	19.56	15	12.18	11.11	12.23	14.11	15.93	18.84	22.66	25.06	25.97

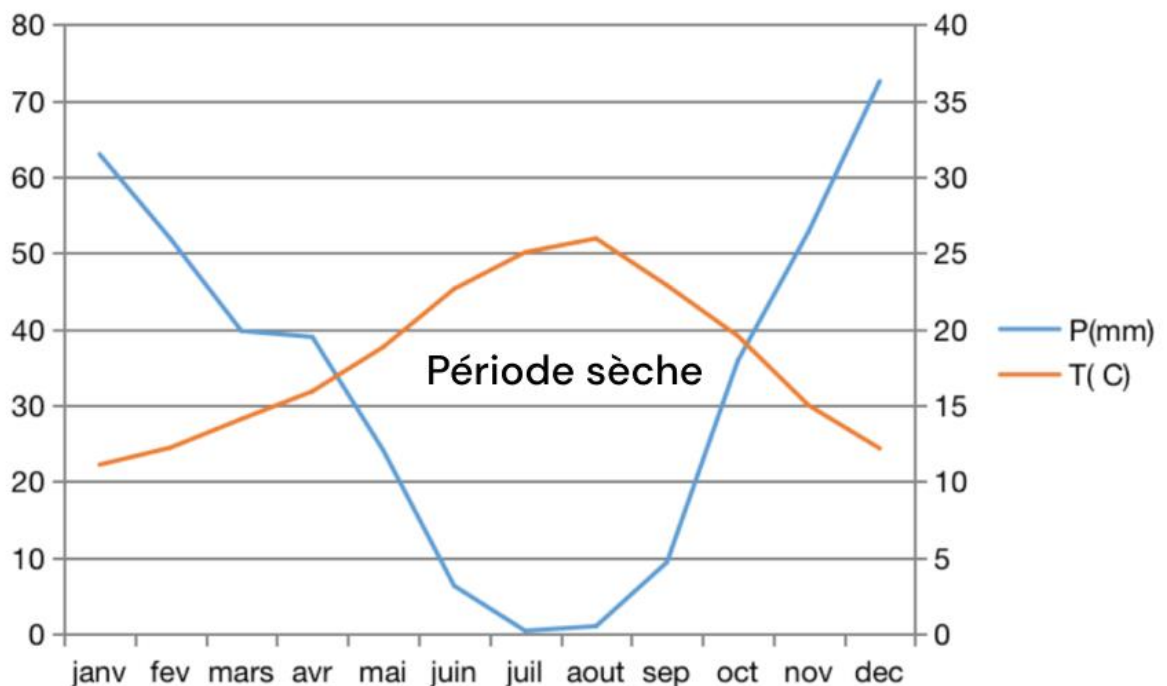


Figure 9 : Diagramme ombrothermique de Gaussen

Description du graphe

D'après le graphe on constate que la période sèche est comprise entre mi-avril et le mois d'octobre

I.8.3 Quotient pluviométrique d'Emberger (1955)

L'indice du Quotient pluviométrique d'Emberger, développé par le climatologue Georges Emberger en 1955, est une mesure essentielle pour évaluer la relation entre les précipitations annuelles et la température moyenne annuelle. Cet indice fournit une approche systématique pour caractériser les régimes pluviométriques et thermiques d'une région, facilitant la compréhension des variations climatiques locales (Emberger, 1955)[2] (**Figures 11**).

$$Q = \frac{P}{M^2 - m^2} * 2000$$

Tel que :

Q : quotient pluviométrique d'Emberger ;

M : la moyenne des températures du mois le plus chaud en kelvin ;

m : la moyenne des températures du mois le plus froid en kelvin ;

P : pluviométrie annuelle en mm ;

Application :

On a : P = 396.3mm ; M = 32.9°C + 273.15 = 305.9 °K ; m = 6.16°C + 273.15 = 279.16 °K.

Donc : **Q = 50.663 mm**

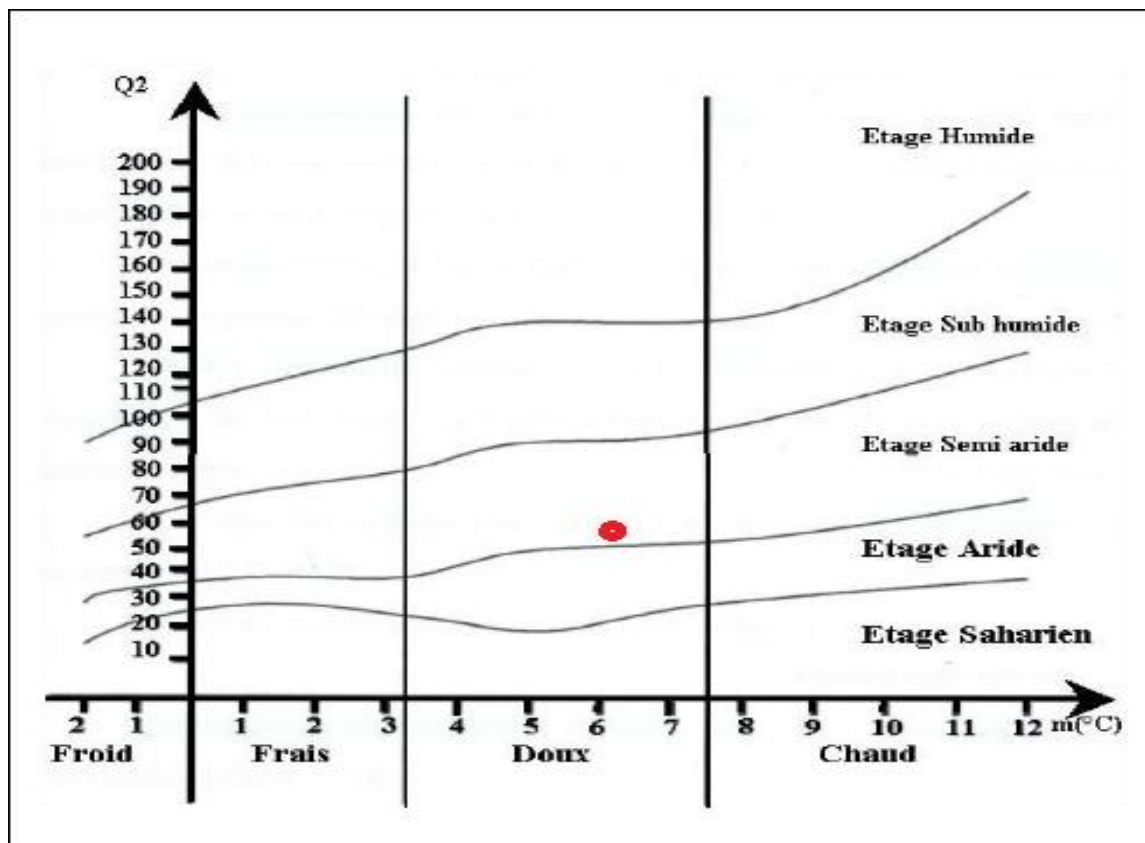


Figure 10 : Diagramme bioclimatique d'Emberger

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude

Pour la région De Bousfer, si l'on reporte la température moyenne minimale du mois le plus froid sur l'axe horizontal (6.16°C) et le quotient pluviométrique sur l'axe vertical (50.66 mm), on trouve qu'elle se situe dans la zone correspondant à l'étage Semi-aride.

I.8.4 Comparaison des indices climatiques

Dans notre étude, l'indice de Martonne de 14.178 indique un climat Sec, tandis que l'indice d'Emberger de 50.663 confirme cette observation.

Conclusion

On peut conclure dans ce chapitre que les caractéristiques climatiques de notre région sont résumées comme suit :

- La pluviométrie moyenne annuelle est de 396.3mm/an.
- une Température moyenne de 25.7°C
- Type de climat sec avec une irrigation souvent indispensable.
- Une période sèche entre le mois d'avril et le mois d'octobre.

Chapitre II :
Ressources en eau et en sol

II.1 Introduction

Le périmètre de Bousfer, localisé dans la région d'Oran, se distingue par son abondance en ressources naturelles cruciales, avec une emphase particulière sur les ressources en eau et en sol. Cette partie est consacrée à l'exploration et à la compréhension de ces précieuses ressources, qui revêtent une importance primordiale dans la vie quotidienne, l'agriculture, l'industrie et la préservation de l'environnement.

II.2 Ressources en eau

II.2.1 Introduction

Lors de l'étude pour établir un périmètre d'irrigation, il est essentiel de prendre en considération à la fois l'eau et le sol. Cela implique d'évaluer la structure et la texture du sol, ainsi que la salinité de l'eau d'irrigation et du sol. Ces caractéristiques ont un impact direct sur le choix des cultures et des systèmes d'irrigation, ce qui permet d'optimiser le rendement du périmètre.

Dans ce chapitre, nous allons examiner en détail les propriétés du sol dans notre périmètre, ainsi que les caractéristiques de l'eau destinée à l'irrigation de la région de Bousfer .

II.2.2 La Step d'Ain El Turk

Le site de la STEP est situé à proximité de Falcon, à environ 1.5 km du sud-ouest est à 3 km au nord-ouest d'Ain El Türk, elle est implantée sur un site faisant partie de la zone militaire d'Ain Turk.

Elle est actuellement opérationnelle sous la maîtrise de L'ONA et la direction de l'hydraulique de la wilaya d'Oran.

II.2.2.1 Capacité de traitements

La station est dimensionnée pour satisfaire à la situation estimée pour **2030**, sa capacité de traitement est de **30000 m³/j** . (Tableau 9)

Tableau 10 : Capacité de traitements

horizons	2017	2020	2030
Volume mensuelle pompé vers les lagunes M3/Mois	322.556.00	450 000 .00	900 000.00
Volume journalier M3/J	10.752.00	15.000.00	30.000.0
Superficie irrigable (ha)	727	912.5	1825

(Sources STEP D'Ain El Türk- 2017/2018 SEOR -Oran)

Interprétation :

Le volume max pompé vers les lagunes est qui est destiné à l'irrigation est de l'ordre de 322 556 m3/mois au mois d'Aout 2017 et à l'horizon 2023 un volume de 900000 m3/mois.

II.2.2.2 Synthèses et interprétation des caractéristiques des eaux usées à traiter

Les concentrations des polluants à l'entrée sont les suivantes. (Tableau 10)

Tableau 11 : Concentrations des polluants

Paramètres	Concentration (mg/l)
MES	268.00
DBO5	342.00
DCO	548.00
NGL	61
PT	6.4

Sources (STEP D'Ain Türck- 2017/2018 SEOR -Oran)

II.2.3 Qualité de l'eau à utiliser

Lorsqu'on envisage l'utilisation d'eaux usées traitées pour l'irrigation, il est essentiel de suivre des directives spécifiques afin de garantir la sécurité des végétaux, des sols, et des individus susceptibles d'entrer en contact avec ces eaux. Ci-dessous, vous trouverez quelques-unes des normes générales à respecter :

Qualité de l'eau : Les eaux utilisées doivent satisfaire des critères de qualité spécifiques, notamment en ce qui concerne leur contenu en matières organiques, en nutriments, en agents pathogènes, en substances chimiques et en métaux lourds. Ces normes de qualité varient en fonction des réglementations locales, régionales, ou nationales.

Traitement : Il est impératif de traiter correctement les eaux usées pour éliminer les contaminants. Ce traitement peut englober divers procédés, incluant des méthodes physiques, biologiques, et chimiques visant à éliminer les bactéries, les virus, les nutriments, les substances chimiques, et les métaux lourds.

II.2.4 Norme de qualité d'eau usée épurée apte à la réutilisation en irrigation (normes OMS-FAO)

La réutilisation, des eaux usées épurées, pour l'irrigation obéit à des normes de qualité largement inspirée des recommandations d'OMS et le journal officiel (**Tableau 112**)

Tableau 13 : Qualité de l'eau à utiliser

Paramètres	symbole	unité	Valeurs maximales
Indice PH	PH		5.5 à 8.5
Température	T°	C°	30
Conductivité électrique	CE	µS/cm	7000
Phosphates	PO4	Mg/l	02
Ammonium	NH4	Mg/l	0.8
Matières en suspension à 105c°	M.E.S	Mg/l	30
Demande chimique en oxygène	D.C.O	Mg/l	120
Demande biochimiques en oxygène	D.B.O5	Mg/l	40
Huiles et graisses		Mg /l	20

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

Hydrocarbures		Mg/l	20
Pesticides organochlorés		Mg/l	0.05
Cadmium	Cd	Mg/l	0.2
Chrome 3+	Cr	Mg/l	3
Chrome 6+	Cr	Mg/l	0.1
Cuivre	Cu	Mg/l	03
Plomb	Pb	Mg/l	01
Nikel	Ni	Mg/l	05
Arsenic	As	Mg/l	0.5
Zinc	Zn	Mg/l	05
Bore	B	Mg/l	3
Cobalt	Co	Mg/l	0.1
Fer	Fe	Mg/l	5
Manganèse	Mn	Mg/l	0.5
mercure	Hg	Mg/l	0.001

Sources (décret exécutif n° 93-160 DU 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluent liquide- JORADP).

II.2.4 Caractéristiques de l'effluent traité

La qualité de l'eau après épuration est indiquée dans le tableau ci-après. (**Tableau 142**)

Tableau 15 : Caractéristiques de l'effluent

Elément analysé après épuration	Unités Mg/l
DBO5	8
DCO	24
MES	1

Source : (SEOR)

II.2.5 Réutilisation des eaux usées pour l'irrigation

- **Mode d'utilisation :**

La demande d'eau réutilisée peut être permanente ou temporaire. Elle dépend essentiellement du type de climat (existence ou non de période bien individualisée de déficit en eau du sol).

- **Demande d'eau :**

La demande d'eau du point de vue qualitatif est conditionnée par :

Le climat (ensoleillement, précipitation, température et vents).

Le sol (perméabilité, qualité du sol, salinité, disposition pour le colmatage).

Adaptation des cultures.

- **Mode d'irrigation des cultures :**

Prescription sanitaires (pour éviter les risques de toxicité chimique et bactériologique des consommateurs du personnel d'exploitation et du voisinage immédiat dans l'air et dans le sol ou dans la nappe souterraine).

II.2.6 Principaux critères de qualité à respecter pour l'irrigation

Le décret n° 89-1047 du 28 juillet 1989 modifié par le décret n°936447 du 13 décembre 1993, fixant les conditions d'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles stipule entre autres ce qui suit :

ARTICLE 5 : l'utilisation des eaux usées est interdite pour l'irrigation des cultures maraîchères dont les produits peuvent être contaminés par suite de l'irrigation des cultures à partir des dites eaux. Ainsi que pour l'irrigation des cultures maraîchères dont les produits sont consommables crus.

ARTICLE 6 : le pâturage direct est prohibé dans les parcelles irriguées par les eaux usées traitées.

ARTICLE 10 : les périmètres irrigués par aspersion doivent être suffisamment éloignés des routes agglomérations et puis de surfaces destinées à l'alimentation en eau potable

II.2.6.1 Critères de stockage et de la distribution

Les organismes distributeurs sont tenus de maintenir éloignés les ouvrages d'eau potable et d'éviter toute interconnexion éventuelle entre les réseaux concernés.

Les réseaux des eaux usées traitées sont à installer en aval et ou à un niveau inférieur des réseaux d'eau potable.

Les bassins de stockage des eaux usées traitées doivent être clôturés et leur accès sera interdit au public.

Les vannes, les bornes et les prises sur les réseaux de distribution des eaux usées doivent être protégées dans des chambres inviolables, portant sur un écriteau bien visible, de dimension minimales 20cm*20cm. la mention (eau non potable) en langue arabe et éventuellement tout autre signe normalisé signifiant que l'eau est impropre à la consommation.

II.2.6.2 Critères d'irrigation

L'irrigation des parcelles avec les eaux usées traitées doit être rationalisée pour éviter le gaspillage, La stagnation de l'eau et le développement des gîtes larvaires.

Pour l'irrigation par aspersion, les conditions suivantes sont à respecter :

- l'irrigation des espaces verts doit être réalisée en dehors des heures d'ouverture au public.
- les parcelles à irriguer sont à éloigner d'une distance minimale de cent mètres des habitations et des voies de communication publique. Elles doivent être entourées de rideaux de brise vent naturels ou artificiels afin d'éviter la propagation des aérosols.
- l'irrigation par aspersion ou par tout autre système mettant l'eau usée traitée en contact avec les fruits des arbres fruitiers est interdite.

II.2.6.3 Critère physico-chimique

- **Matières en suspension (M.E.S)**

La majorité des matières en suspension est de nature biodégradable. Cependant, une concentration excessive de ces particules peut causer des problèmes lors du transport et de la

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

distribution des effluents, ainsi que des obstructions dans les systèmes d'irrigation. Les micro-organismes pathogènes présents dans les eaux usées sont souvent transportés par ces particules en suspension. Les particules, plus lourdes que l'eau, sont éliminées par décantation. Un excès de matières en suspension peut entraîner des difficultés lors du transport et de la distribution des effluents, ainsi que des obstructions dans les systèmes d'irrigation.

La présence de composés biodégradables dans les eaux usées n'est pas un obstacle à leur réutilisation ; au contraire, elle contribue à la fertilité des sols. Les concentrations généralement citées dans la littérature sur la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles oscillent entre 20 et 30 mg/l, alignées sur les concentrations présentes dans un effluent urbain ayant subi un traitement secondaire.

• Substances nutritives

L'Azote, le phosphore, le potassium, les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportion très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées épurées.

Une lame d'eau résiduaire de 100 mm peut apporter à l'hectare :

- De 16 à 62 kg d'Azote
- DE 02 à 69 kg de Potassium
- DE 04 à 24 kg de Phosphore
- DE 18 à 208 kg de Calcium
- De09 à 100 kg de Magnésium
- De 27 à 182 kg de Sodium

Un contrôle périodique de la quantité des nutriments présentent dans l'effluent est nécessaire afin d'en tenir compte lors du calcul des besoins complémentaires en fertilisant afin d'éviter des effets néfastes aux cultures et à l'environnement.

Azote

En général, on craint l'excès de l'Azote pour deux principales raison :

- Contamination de la nappe
- Phénomène d'eutrophisation

En effet, dans certains cas défavorables, un apport d'Azote excédentaire par rapport aux cultures peut provoquer dans un sol sableux très perméable la contamination des eaux souterraines. Il est donc souhaitable que les apports d'Azote ne soient pas disproportionnés à l'assimilation par les cultures.

Phosphore : Comme l'Azote l'excès du phosphore provoque le phénomène d'eutrophisation.
(Tableau 163)

Tableau 17 : les éléments nutritifs des eaux usées par rapport aux normes de la qualité des eaux réutilisées

Eléments nutritifs	Résultat analytique	Rendement	Résultat après épuration	Normes
Azote total mg/l	61	90%	6.1	2-15
Phosphate mg/l	6.4	70%	1.92	1-5

Eléments traces

Les éléments traces dans l'eau d'irrigation, tels que le cuivre, le zinc, et le manganèse, peuvent influencer la santé des cultures. À des concentrations élevées, ils peuvent devenir toxiques. Certains éléments, comme l'arsenic, le cadmium, et le plomb, même en petites quantités, peuvent poser des risques pour la santé humaine. Dans le tableau suivant, les concentrations maximales à respecter pour l'irrigation sont indiquées. Ces valeurs définissent les seuils au-delà desquels les éléments traces peuvent devenir préoccupants pour la santé des cultures et la qualité des sols. Le respect de ces limites est crucial pour assurer une irrigation durable et minimiser les risques liés à l'accumulation d'éléments toxiques dans les cultures. La conformité à ces normes contribue à préserver la productivité agricole tout en garantissant la sécurité alimentaire et la santé des écosystèmes. (Tableau 184)

Tableau 19 : Concentration maximale en éléments traces recommandés pour les eaux d'irrigation (Ayers et Westtot. 1985)

Eléments	Eaux utilisées en permanence tous types de sols	Utilisation allant jusqu'à 20 ans sur des sols à texture prie ayant un PH de 6 à 8,5 mg/l
Aluminium (AL)	5.0	20.00
Arsenic (AS)	0.1	2.00
Béryllium (Be)	0.1	0.50
Bore (B)	1	2.00
Cadmium (Cd)	0.01	0.05
Chrome (Cr)	0.10	1.00
Cobalt (Co)	0.05	5.00
Cuivre (Cu)	0.20	5.00
Fluorure (F)	1.00	15.00
Fer (Fe)	5.00	20.00
Plomb (Pb)	5.00	10.00
Lithium (Li)	2.50	2.50
Manganèse (Mn)	0.20	10.00
Molybdène (Mo)	0.01	0.05
Nickel (Ni)	0.20	2.00
Sélénium (Se)	0.02	0.02
Vanadium (V)	0.20	1.00
Zinc (Zn)	2.00	10.00

(source :Ayers et Westtot. 1985)

Chlorure de sodium :

Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres.

Certaines cultures, comme la vigne, les agrumes, les noyers et les haricots et d'une manière générale, les fruits à pépins et à noyaux sont sensibles à des concentrations relativement faibles en Na.

Concentrations en NaCl (mg/l) à partir desquelles on observe des brûlures des feuilles.(Tableau205

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

)

Tableau 21 : Seuils des brûlures par les Na cl

< 5	5 - 10	10 - 20	> 20
Amandier	Raisin	Orge	Chaux fleur
Abricotier	Pomme de terre	Blé	Betterave sucré
Agrumes	Tomates	Concombre	Tournesol
Prunier	Gazons	Sogha	

(Source : Shainberg et Aster 1978)

Quand les eaux réutilisées ont été chlorées et que le résiduel en chlore est trop élevé au moment de l'irrigation, il faut stocker l'eau dans un réservoir ouvert pendant quelques heures. Une teneur en chlore résiduel inférieur à 1 mg/l est sans danger pour le ferrailage, mais une concentration supérieure à 5 mg/l serait néfaste aux cultures si on utilise le système d'irrigation pour aspersion.

Le bore :

Dans les eaux usées, le bore provient des lessives et des rejets industriels.

Lorsque sa concentration dépasse 1 mg/l. il peut être toxique pour les plantes les plus sensibles. (Tableau 226)

Tableau 23 : Concentration maximale en Bore dans l'eau d'arrosage

Sensible 0,3 - 1 mg de B/l	Tolérance moy. 1-2 mg B/l	Tolérance 2-4 mg de B/l
Agrumes	Poivron	Carotte
Abricotier	Avoine	Laitue
Pêcher	Petit Pois	Choux
Cerisier	Maïs	Navet
Figuier	Blé	Oignon
Raisins	Orge	Luzerne
Pommier	Radis	Betteraves
Artichaut	Tomates	Asperge
	Tournesol	

(Source : Shainberg et Aster 1978)

Conductivité électrique

Le principal critère d'évaluation de la qualité d'une eau naturelle, dans la perspective d'un projet d'irrigation, est sa concentration totale en sels solubles dans l'eau traitée.

La connaissance de la conductivité électrique, permet de classer les eaux d'irrigation en 04 classes représentées dans le tableau suivant : (Tableau 247)

Tableau 25 : Classification des eaux d'irrigation

C.E *10³ mmhos/cm	APPRECIATION
< 0.25	C1 : Eau faiblement saline, peut être utilisée pour irriguer la plupart des cultures sur la plupart des sols.
0.25 - 0.75	C2 : Eau moyennement saline, peut être utilisée si un lessivage moyen intervient.
0.75 -2.25	C3 : Eau fortement saline, peut être utilisée si un lessivage du sol et culture totalement en sel.
2.25- 5	C4 : Eau très fortement saline, ne convient pas à l'irrigation dans la canalisation ordinaire.

Dans notre cas la conductivité électrique est égale à 1.83 mmhos/cm cela veut dire qu'on est dans la classe C3 une Eau fortement saline, peut être utilisée si un lessivage du sol et culture totalement en sel

Coefficient d'adsorption du sodium S.A.R :

Plus une eau est riche en sodium (Na⁺) plus elle provoque une dispersion des argiles ce qui est appelé aussi une défloculation ce phénomène entraîne une mauvaise structure du sol et par conséquent une diminution de la vitesse de circulation de l'eau(Aziez.O,2022)[4] (**Tableau 268**)

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (Na^+ ; Ca^{++} ; Mg^{++} \text{ en meq/l})$$

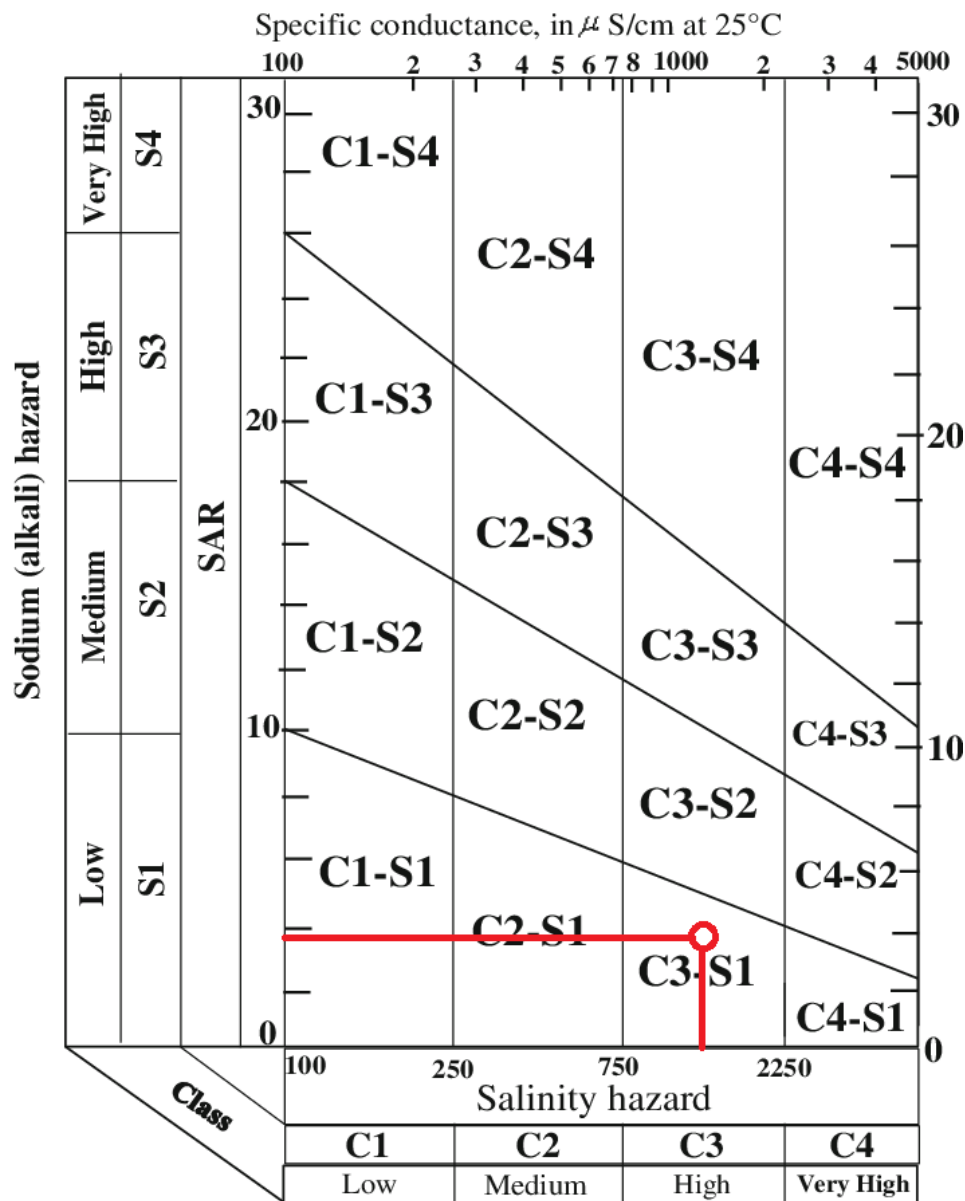
Tableau 27 : Classification des eaux en fonction du SAR

Classes	S.A.R.	Danger d'alcalinisation
S₁	$SAR \leq 10$	Risque faible
S₂	$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
S₃	$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé
S₄	$SAR > 26$	Risque très élevé

→ SAR= 3.87

Interprétation :

D'après cette classification, notre eau est de classe S1 avec un Risque faible d'alcalisation.



Interprétation :

Et en se référant au diagramme de classification des eaux d'irrigation, on peut conclure que cette eau est caractérisée par risque élevé de salinité et degré faible d'alcalinité (C3-S1) donc notre sol nécessite un lessivage

II.2.7 Traitement des eaux usées

II.2.8-Prétraitement :

II.2.8.1-Dégrillage

- Grille grossière à nettoyage manuelle.
- Grille fine mécanisée.

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

II.2.8.2-Dessableur – déshuileur

II.2.9-Traitement primaire

II.2.10-Décantation primaire

II.2.11-Traitement biologique (secondaire)

II.2.11.1-Bassin d'aération

II.2.12Décanteur secondaire

II.2.12.1-Chloration

II.2.12.2-puisard à boue

II.2.12.3-l'épaississement des boues

II.2.13-lits de séchage

II.3 Ressources en sol

II.3.1 Introduction

L'objectif de l'étude des ressources en sols consiste à analyser la composition et les propriétés des sols afin de déterminer leur aptitude et leurs limites en vue de leur utilisation pour l'agriculture, la sylviculture ou la construction. Lors de l'élaboration d'un projet de mise en valeur, plusieurs facteurs doivent être pris en compte, notamment :

- La profondeur du sol, qui détermine l'épaisseur des couches accessibles aux racines et donc la quantité d'eau disponible pour les plantes.
- La texture du sol, c'est-à-dire la finesse des particules et la présence de cailloux, qui influence la capacité du sol à retenir l'eau.
- La structure et la porosité des différentes couches du sol, qui affectent la perméabilité du sol et, par conséquent, la facilité d'irrigation.
- Les caractéristiques chimiques du sol, telles que le pH, la conductivité électrique (CE) et le rapport sodium adsorption ratio (SAR), qui ont un impact sur les possibilités de culture dans la zone à irriguer.

II.3.2 Classification des sols

L'analyse des échantillons de sol au laboratoire, ont permis de reconnaître le type de sol qui occupe la majorité de la superficie du périmètre.

II.3.2.1 Le profil pédologique

L'analyse du profil pédologique, examinant les différentes couches du sol avec leurs propriétés distinctes, est cruciale pour comprendre la fertilité, le drainage et d'autres caractéristiques essentielles. Cette approche est fondamentale dans la planification agricole, orientant les pratiques de gestion des terres. Les avancées technologiques, comme la télédétection, améliorent également la précision de cette analyse (Smith, 2020)[5].

Dans le périmètre étudié, Les profils pédologiques à l'horizon de surface présente de texture généralement limoneuse à sablo limoneuse parfois équilibrée. Elle se caractérise par :

- Une profondeur supérieure à 120 cm,
- Une texture limoneuse, sablo limoneuse, équilibrée,
- Un taux de calcaire actif très faible,
- La charge caillouteuse variable

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

- géomorphologie : terrasse alluviale.
- Relief : pente faible.
- Classe : Sol peu évolué,
- Sous-classe : D'origine non climatique
- d'apport alluvial et colluviale.

Description des horizons :

Les horizons sont déterminés en fonction des différentes profondeurs :

0 - 30 cm : sec, structure grumeleuse, texture limono argileuse, bonne porosité, peu compacte, de nombreuses racines, matière organique décelable, bonne activité biologique, faible charge en d'élément grossier, effervescence à l'HCL moyenne, limite nette.

30 - 60 cm : frais, structure massive, texture argilo limoneuse, porosité très bonne, friable, activité biologique moyenne, présence des fines radicelles, matière organique peu décelable, très compacte, très peu d'élément grossier, effervescence à l'HCL fort, limite nette.

60 -120 cm : frais, structure massive, texture limoneuse, porosité faible, très compacte, charge importante en éléments grossier, pas de racine, faible activité biologique, matière organique peu décelable, la présence de tâches d'oxydoréduction effervescence à l'HCL fort (**Tableau 289**)

Tableau 29 : Analyse physico-chimiques du profil étudié

Horizons	0 - 30 cm	30 - 60 cm	60 -120 cm
Granulométrie %			
Argile	26	23	17
Limon fin	17	23	33
Limon grossier	27	17	12
Sable fin	14	20	18
Sable grossier	16	17	20
Analyse physique			
K(perméabilité m/s)	$2,8.10^{-4}$	$1,5.10^{-4}$	$2,0.10^{-4}$
Analyse chimique			
Calcaire total	1.66	1.70	0.83
Calcaire actif	Trace	Trace	Trace
C.Emmhos/cm	0.170	0.154	0.152
PH	7.64	7.07	7.06
Ca ²⁺ méq/l	20.25	20.20	20.25
Mg ²⁺ méq/l	0.512	0.511	0.512
Na+ méq/l	0.055	0.056	0.060
K+ méq/l	1.31	1.31	1.30
Azote méq/l	8.50	8.52	8.52

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons minutieusement examiné la pédologie du sol dans notre zone d'étude. Les analyses physico-chimiques ont révélé une texture limoneuse, équilibrée entre les particules de sable, d'argile et de limon, offrant des propriétés agricoles avantageuses. Parallèlement, nous avons scruté les caractéristiques de l'eau usée traitée. Bien que présentant un risque élevé de salinité, elle affiche un faible degré d'alcalinité (C3-S1), considéré comme propice

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

à l'irrigation. À souligner, grâce à un traitement efficace, l'eau est conforme aux normes internationales pour la DBO5, la DCO et les MES.

Chapitre III :

Calcul des besoins en eau d'irrigation

III.1 Introduction

Ce chapitre se concentre sur l'analyse approfondie des besoins en eau pour l'irrigation, une composante cruciale de l'agriculture moderne. L'objectif est de fournir aux professionnels et aux étudiants les connaissances nécessaires pour estimer de manière précise les exigences hydriques des cultures. Nous explorerons diverses méthodes et modèles, en mettant en lumière les facteurs tels que le type de sol, le climat et les caractéristiques des cultures, qui influent sur ces calculs. En outre, nous aborderons les défis pratiques liés à la mise en œuvre de ces calculs sur le terrain, visant ainsi à préparer les acteurs de l'irrigation à contribuer de manière significative à une gestion responsable de l'eau dans le contexte de l'agriculture irriguée. Ce chapitre offre une plongée approfondie dans les détails passionnants des calculs des besoins en eau pour l'irrigation, soulignant l'importance de ces compétences pratiques dans le cadre d'une agriculture durable. (Tableau20)

III.2 Occupation du sol de la parcelle à irriguer

Tableau 30 : Occupation du sol dans le périmètre d'étude

CULTURE	Extension de Bousfer (ha)	Surface en (%)
Courgette	73	18.25
AGRUME	119	29.75
OLIVIER	62	15.5
TOMATE INDUSTRIELLE	94	23.5
AUBERGINE	13	3.25
ORGE GRAIN	24	6
BLE	15	3.75
superficie totale en ha	400	100

III.3 Les méthodes directes

L'évapotranspiration ou cuve lys métrique : Elle consistait à construire une cuve lys métrique, à remplir le sol et à l'implanter avec la culture intercalaire, et équipée d'un système de drainage permettant de recueillir l'eau qui s'écoule pour traverser le sol. Cette méthode est considérée comme très précise, mais coûteuse et nécessite une surveillance régulière.

III.3.1 Les méthodes indirectes

Ces méthodes permettent de calculer l' ET_0 à partir de formules basées sur des paramètres climatiques.

Il existe des formules de calcul dont les principales sont :

- **Formule de Turc (1960)** : Cette méthode utilise des données de température et d'humidité de l'air pour estimer l' ET_0 .
- **Formule de Thornthwaite (1955)** : Cette méthode utilise des données de température pour estimer l' ET_0 . Elle est basée sur l'hypothèse que la quantité d'eau évaporée dépend principalement de la chaleur disponible pour l'évaporation.

Chapitre III : Calcul des besoins en eau d'irrigation

- **Formule de Blaney-Criddle (1959)** : Cette méthode utilise des données de température et d'humidité relative pour estimer l'ET₀. Il est souvent utilisé dans les régions où les données météorologiques sont limitées.
- **Formule de Penman ou Formule de Bilan d'énergie (1948)**: Cette méthode utilise des données de température, d'humidité de l'air, de vitesse du vent et de rayonnement solaire pour estimer l'ET₀. Elle est considérée comme la méthode de référence pour le calcul de l'ET₀.
- **Méthode de Doorenbos et Pruitt (1977) dans le cadre de la FAO** : Cette méthode utilise des données de température, d'humidité de l'air, de vitesse du vent et de rayonnement solaire pour estimer l'ET₀. Elle est souvent utilisée pour les cultures irriguées.

Dans notre cas nous nous sommes sur la formule de Penman_Monteith.

- **Formule de Penman_Monteith : (Figure 12).**

$$ET_0 = C \times [w \times R_n + (1 - w) \times F (u) \times (e_a - e_d)]$$

Avec :

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

C : coefficient de correction

w: Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différentes températures et altitude

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

F (u) : Fonction liée au vent.

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

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

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

-

Chapitre III : Calcul des besoins en eau d'irrigation

ETo Penman-Monteith par mois - untitled

Pays Station

Altitude m. Latitude °N Longitude °O

Month	Temp Min	Temp Max	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	heures	MJ/m ² /jour	mm/mois
January	6.9	15.3	84	2.3	6.1	10.0	38.90
February	6.2	18.3	83	2.4	7.2	13.4	51.92
March	9.1	19.1	80	2.7	7.6	16.8	79.30
April	11.5	20.4	79	3.0	9.2	21.7	101.73
May	13.0	24.7	75	2.7	9.7	24.0	134.75
June	15.7	29.6	70	2.6	10.6	25.7	163.23
July	18.0	32.1	70	2.5	11.0	26.0	180.72
August	19.0	32.9	66	2.4	10.3	23.7	177.04
September	16.7	29.1	66	2.3	8.7	19.0	133.15
October	14.1	25.0	70	2.0	7.3	14.3	93.05
November	9.8	19.8	78	2.2	6.7	11.1	55.92
December	7.1	17.3	85	2.3	5.9	9.2	39.18
Average	12.3	23.6	76	2.5	8.3	17.9	1248.89

Figure 11 : Calcul de L'ETP entrées dans le Cropwat

III.4 Étude fréquentielle des pluies et détermination de l'année de calcul

La série pluviométrique est représentée dans le tableau suivant : (Tableau 21)

Tableau 31 : Série des pluies moyennes mensuelles observées à la zone d'étude période 1995-2016

Mois Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août	Total
1985	28.7	7.3	13.2	98	1.5	73.4	53.6	29.8	10.7	47.6	0	0.6	364.4
1986	18.3	35.2	19.3	0	5.6	55	1.3	60.8	41.9	5.5	0	2.5	245.4
1987	22.4	4.8	99.5	9	45.8	23.7	16.1	67.7	11.7	0	0.7	10	311.4
1988	36.6	65.7	26.8	64.5	2.6	39.8	29.9	10.3	88.1	3.2	0	0.5	368
1989	0	26.8	110.5	16.5	70.2	20.3	54	21.4	51.7	0	0	0	371.4
1990	0	66.4	47	12.4	23.6	86.3	76.9	40.2	2.5	8	0	0	363.3
1991	21	74.5	79.5	64.4	9.3	146.9	18.6	2.2	12.5	2.4	25.7	6.8	463.8
1992	16.1	31.5	40.5	204.3	8.7	31.6	7.1	28.9	28.9	7.7	0.9	6.9	413.1
1993	6.4	0.5	0	16.4	18.9	23.4	178	35.9	26.1	5.2	2.1	0	312.9
1994	1.3	22.6	0	51.5	24.6	34.4	25	65.8	16.7	5.2	3	12.6	262.7
1995	0	0	15.6	77.3	0	65.7	158.9	4.9	23	0	0	0.3	345.7
1996	10.1	1.1	107.8	28.4	44.6	21.7	101.7	83.3	124	30.9	1	0.5	555.1
1997	9.9	0.9	55	45	45.3	70	16.6	71.5	88.5	0	0	1.4	404.1
1998	28.4	30.5	87.1	35.9	79.3	57.4	6.2	19.3	22.2	02	5.6	01	374.9
1999	4.7	34.2	26.8	30.8	35.4	68.2	176.9	15.1	1.1	9	0	3.2	405.4
2000	17.8	11.8	44.7	8.5	25.6	94.8	100.4	41.5	46.3	5.3	3.1	3.6	403.4

Chapitre III : Calcul des besoins en eau d'irrigation

2001	10.2	6.7	15.6	38.3	19.2	50.4	0.2	148	14.3	3.7	0.6	12.1	319.3
2002	17.5	10.9	47	80	144.8	44.5	45.3	23.2	77.8	0.4	0.6	0.7	492.7
2003	31.1	42.8	13.6	32.8	36.8	69.6	93.6	0	0	2.3	0	0	322.6
2004	0.7	19.5	33.8	21.2	12.3	70.7	4.8	11.4	3.8	0	0	0	178.2
2005	9	2	71.5	3.5	1.6	48.4	6.9	4	9.2	4	0.8	0	160.9
2006	37.4	30.8	33.2	13.5	100.3	7.3	27	121.7	75.1	1	0	28.2	475.5
2007	12.3	37	19.7	63.5	28.7	84.9	16.8	28.8	13.8	3.1	0	0.1	308.7
2008	36.1	28.7	1.6	32.8	75.2	23.2	75.5	37.3	75.2	9	1.2	0.6	396.4
2009	78.7	38.5	57.6	67.5	102.3	70.3	55.5	19.1	4.9	1.1	0.2	0.5	496.2
2010	13.8	6.9	47.6	11.4	30.1	35.4	32.6	15.6	36.5	2.3	1.3	0.2	233.7
2011	26.4	25.3	73.5	74.6	107.8	45.6	54	35	12.5	1.4	4.6	0	460.7
2012	16.4	77	65	39.3	0	36.7	46.3	12.3	28.6	0.9	1.2	0.2	323.9
2013	25.2	38.6	153.4	30.7	65.7	8.9	87.8	14.7	21.1	3.6	0.4	0.4	450.5
2014	0	21.7	97	20.7	1.8	21.3	25.5	15.6	14.6	6.2	0.3	0.1	224.8
2015	8.9	33.8	53.5	108.6	104.6	35.6	12.6	47.6	11.3	3.1	0.6	0	420.2
2016	5.7	32.9	34.8	87.2	45.3	43.2	35.6	26.3	10.5	1.9	1.1	0	324.5
moyenne	9.4	35.9	52.9	72.6	63	51.9	39.8	39	24.1	6.3	0.4	1	396.3

Source (ANRH Oran)

III.4.1 Homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique, on utilise le Test de Wilcoxon. Voici la méthode utilisée pour effectuer cette vérification :

Diviser la série complète en deux sous-séries, appelées X et Y, où N1 et N2 représentent respectivement les tailles de ces deux sous-séries, avec généralement $N1 > N2$.

Ensuite, on constitue la série X union Y en classant la série de pluie d'origine par ordre décroissant. À ce stade, chaque valeur de la série pluviométrique classée reçoit un rang, et on précise à quelle sous-série elle appartient.

Wilcoxon a démontré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (Touaibia, 2004)[3] si la relation suivante est vérifiée.

Avec :

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

W_y : Somme des rangs de sous séries

$$W_{min} = \left[\frac{(N1 + N2 + 1) * N1 - 1}{2} - 1.96 * \left(\frac{N1 * N2 * (N1 + N2 + 1)}{12} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$W_{max} = (N1 + N2 + 1) * N1 - W_{min}$$

$N1=15$, $N2=17$

Chapitre III : Calcul des besoins en eau d'irrigation

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit : (Tableau 22)

Tableau 32 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique

rang	serie d'origin	SerieX(mm)	SerieY(mm)	TRI (mm)	Y union X
1	559.2	559.2	498.4	137.9	X
2	229	229	390.2	224.8	Y
3	137.9	137.9	464.7	225.1	Y
4	310.9	310.9	352.2	226.4	Y
5	339.3	339.3	225.1	229	X
6	411.2	411.2	339.1	233.7	X
7	433.2	433.2	507.4	297	Y
8	226.4	226.4	391.3	310.9	Y
9	384.6	384.6	417.7	322	Y
10	331.2	331.2	332.3	323.9	Y
11	438.9	438.9	233.7	324.5	X
12	499.5	499.5	460.7	331.2	X
13	322	322	323.9	332.3	Y
14	297	297	450.5	339.1	Y
15	419.6	419.6	224.8	339.3	X
16	498.4		420.2	352.2	Y
17	390.2		324.5	384.6	X
18	464.7			390.2	Y
19	352.2			391.3	Y
20	225.1			411.2	X
21	339.1			417.7	Y
22	507.4			419.6	X
23	391.3			420.2	Y
24	417.7			433.2	X
25	332.3			438.9	X
26	233.7			450.5	Y
27	460.7			460.7	Y
28	323.9			464.7	Y
29	450.5			498.4	Y
30	224.8			499.5	X
31	420.2			507.4	Y
32	324.5			559.2	X

Après les calculs on a : $W_x = 257$; $W_{min} = 103.86$; $W_{max} = 391.14$

Donc : $103.86 < W_x < 391.14$

D'après les calculs, on voit que la condition de Wilcoxon $W_{min} < W_y < W_{max}$ est vérifiée, donc la série des précipitations moyenne annuelle est homogène

III.4.2 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss

La pluviométrie peut être ajustée à de nombreuses lois statistiques, et pour notre projet, nous choisirons celle qui assure le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus couramment utilisées pour les pluies annuelles sont les suivantes :

- La loi de Gauss, également appelée loi normale.
- La loi de Galton, également connue sous le nom de loi log-normale.

III.4.3 Étude statistique des précipitations

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses ; on utilise pour notre projet, celles qui garantissent le meilleur ajustement possible.

Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes :

- Loi Gauss ou loi Normale.
- Loi De Gibrat-Galton ou loi log-Normale.

III.4.3.1 Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Gauss (loi Normale)

On soumet la série pluviométrique annuelle de la station retenue à l'ajustement à la loi Normale. L'ajustement des séries par la loi normale appelée souvent loi de Gauss s'adapte bien avec les pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition est de la forme :

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

L'ajustement est fait au moyen d'un logiciel 'Hyfran'

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de Bousfer sont regroupés dans le tableau et (**Figure 13**). (**Tableau 3323**)

Tableau 34 : Ajustement à la loi de Gauss

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de Classement	Fréquence expérimental	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieur	Borne supérieur
559.2	137.9	1	0.0156	-2.157	137.9	164.3568	76.23648	222.2365
229	224.8	2	0.0469	-1.676	224.8	216.3265	142.6587	266.3256
137.9	225.1	3	0.0781	-1.417	225.1	244.1236	177.3265	291.2365
310.9	226.4	4	0.1094	-1.231	226.4	264.3152	203.1259	309.3265
339.3	229	5	0.1406	-1.079	229	281.2364	223.6547	324.2365
411.2	233.7	6	0.1719	-0.945	233.7	308.5943	240.3658	337.2365
433.2	297	7	0.2031	-0.831	297	320.2685	256.3256	349.2365
226.4	310.9	8	0.2344	-0.754	310.9	330.7765	269.3245	360.2145
384.6	322	9	0.2656	-0.624	322	340.1597	282.5398	370.2548
331.2	323.9	10	0.2969	-0.532	323.9	350.3264	294.2789	380.0569
438.9	324.5	11	0.3281	-0.445	324.5	359.1268	305.3247	389.6524
499.5	331.2	12	0.3594	-0.361	331.2	368.2658	315.2354	398.6524
322	332.3	13	0.3906	-0.277	332.3	377.4593	325.1256	407.3214
297	339.1	14	0.4219	-0.197	339.1	386.1032	335.6587	416.2547

Chapitre III : Calcul des besoins en eau d'irrigation

419.6	339.3	15	0.4531	-0.119	339.3	394.3265	354.9854	425.3265
498.4	352.2	16	0.4844	-0.0037	352.2	403.3258	263.4563	434.1265
390.2	384.6	17	0.5156	0.114	384.6	411.6581	372.6235	443.2111
464.7	390.2	18	0.5469	0.196	390.2	420.3268	381.6974	443.9874
352.2	391.3	19	0.5781	0.362	391.3	429.3641	390.2587	452.1256
225.1	411.2	20	0.6094	0.447	411.2	438.0269	399.3268	462.3214
339.1	417.7	21	0.6406	0.532	417.7	447.1592	408.9512	471.6521
507.4	419.6	22	0.6719	0.626	419.6	456.3257	417.3265	481.6584
391.3	420.2	23	0.7031	0.724	420.2	467.0236	427.3265	492.2365
417.7	433.2	24	0.7344	0.830	433.2	477.3215	437.6258	503.2584
332.3	438.9	25	0.7656	0.949	438.9	489.3652	448.6258	515.2365
233.7	450.5	26	0.7969	1.079	450.5	501.3652	460.3247	527.6584
460.7	460.7	27	0.8281	1.234	460.7	516.1452	473.2154	541.2365
323.9	464.7	28	0.5807	1.418	464.7	532.9856	488.3265	556.3256
450.5	498.4	29	0.9217	1.675	498.4	553.7845	506.2547	574.6325
224.8	499.5	30	0.9532	1.789	499.5	581.3257	530.2547	594.2365
420.2	507.4	31	0.9845	1.367	507.4	633.2578	575.3658	619.2357
324.5	559.2	32	0.9732	2.167	559.2	641.5816	542.3214	655.3245

Fréquence	U.gauss	Val.théo	Borne inf	Borne sup	Valeur	Fréqthéo	Pé.Ret
0.8	0.841	490.465218	449.641256	543.02314	490.236547	0.800	5.0
0.5	0.007	398.451224	358.326547	439.02314	398.326698	0.500	2.0
0.2	-0.841	307.458713	254.326547	348.14256	307.212548	0.200	1.3

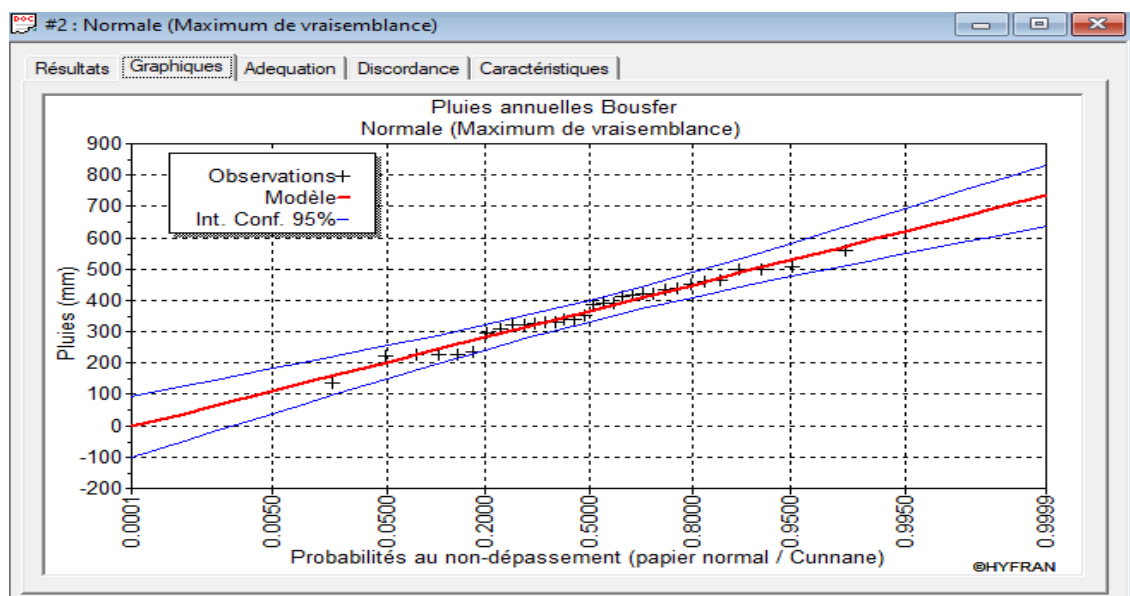


Figure 12 : Ajustement à la loi de Gauss

III.4.3.3 Test de khi carré

Un test du khi-deux est une méthode de test des hypothèses. Deux tests du khi-deux courants impliquent de vérifier si les fréquences observées dans une ou plusieurs catégories correspondent aux fréquences attendues. (figure 14).

Chapitre III : Calcul des besoins en eau d'irrigation

Puis on détermine le χ^2 théorique de la table de Pearson

Donc : $\chi^2_{\text{théorique}} = 11.07$

On sait que

- $\chi^2_{\text{Calculé}} = 5$

- $\chi^2_{\text{Calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$

- Alors l'ajustement est adéquat

III.4.4 Détermination de l'année de calcul

Une loi log-normale est choisie comme la meilleure approximation pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon de pluviométrie. Ainsi, cette loi sera utilisée pour estimer la pluviométrie moyenne mensuelle de la région pendant l'année sèche, avec une fréquence de 80%. La formule adéquate sera employée pour effectuer cette estimation.

$$\text{Pmoy 80\% de chaque mois} = \text{Pmoy de chaque mois} * \frac{P_{\text{theo}} (80\%)_{\text{annuelle}}}{P_{\text{theo}} (50\%)_{\text{annuelle}}}$$

Les pluies mensuelles servant au calcul et au dimensionnement du réseau de notre périmètre sont présentées comme suit :

$$\text{Pmoy 80\% de chaque mois} = \text{Pmoy de chaque mois} * (307.2/398.3)$$

Calculer l'année sèche :

Mois / Année sèche	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Août
80%	7.25	27.6	40.8	55.99	48.59	40.02	30.69	30.07	18.58	4.85	0.30	0.77

III.4.5 Calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures

Le calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures se fait en étudiant les besoins théoriques mensuels par le biais du bilan hydrique.

Ce bilan hydrique est basé sur l'équation suivante :

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

où :

B: le besoin en eau d'irrigation (mm),

ETM : l'évapotranspiration en mm/jour

P_{eff} : A x pluie moyenne mensuelle

où :

A = 0.8 à 0.9 (pour notre cas on va prendre **A=0.8**)

RFU : la réserve facilement utilisable d'eau dans le sol

La réserve facilement utilisable d'eau dans le sol est une des composantes les plus importantes dans l'application de cette méthode à un terrain donné. Cette réserve correspond à la quantité d'eau stockée dans le sol qui peut être utilisée par les végétaux pour leur cycle biologique.

Pour estimer cette réserve, on utilise la relation suivante :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) \times 2/3 \times Y \times D$$

H_{cc} : la capacité au champ en % (21%)

H_{pf} : la capacité au point de flétrissement permanent en % (12%)

Y : la profondeur du sol en mm

D : la densité apparente.

III.4.5.1 Évapotranspiration maximale

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration. Le plus souvent, elle est inférieure à un l'évapotranspiration potentielle, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation. Donc, c'est l'évapotranspiration d'une culture exempte de maladies, poussant dans un champ jouissant de conditions : agronomiques, pédologiques, et climatiques optimales, donnée par l'expression ci-dessous :

$$ETM = K_c * ET_0$$

K_c : Représente le coefficient cultural.

Dépendant du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

Dans notre projet, nous nous intéressons surtout à L'évapotranspiration de référence "ET₀", car nous voudrions atteindre à tout prix, des rendements agricoles élevés et stables.

III.4.5.2 Détermination de la pluie efficace

Pluie efficace = 0,8 * pluie moyenne mensuelle

L'entrée des données relatives à chaque culture et la date de semis. Les résultats sortis ont été transférés (tableaux des besoins en eau et de calendrier d'irrigation) de Cropwat vers Logiciel Excel, pour permettre le calcul du bilan.

III.4.5.2.1 Calcul de la pluie efficace de la région de Bousfer-el Ançor par le Cropwat

L'efficacité de la pluie est la quantité de pluie qui est absorbée par le sol et qui est disponible pour les plantes. Elle est donc la différence entre la quantité totale de pluie qui tombe sur une zone et la quantité de pluie qui est perdue par ruissellement ou évaporation.

Dans notre cas, nous nous sommes référés sur la méthode du pourcentage, détaillée comme suit :

$$P_{eff} = A \times P_{80\%}$$

Les pluies efficaces sont données dans la figure suivante : **(figure 15)**.

Chapitre III : Calcul des besoins en eau d'irrigation

Précipitations par mois - untitled

Station Méthode Précipitations eff.

	Pluie	Pluie eff.
	mm	mm
Janvier	48.6	44.8
Février	40.0	37.5
Mars	30.7	29.2
Avril	30.1	28.6
Mai	18.6	18.0
Juin	4.8	4.8
Juillet	0.3	0.3
Août	0.8	0.8
Septembre	7.3	7.2
Octobre	27.6	26.4
Novembre	40.8	38.1
Décembre	56.0	51.0
Total	305.5	286.6

- **Figure 15** : Calcul de la pluie efficace de la région de Bousfer par le Cropwat

Chapitre III : Calcul des besoins en eau d'irrigation

III.5 Calcul des besoins en eau

Le calcul des besoins en eau de chaque culture est dans les tableaux suivants : (Tableaux 24, 25,26,27,28,29,30,31)

Tableau 35 : Besoin net des cultures en (mm) Courgette

MOIS	Pmoy	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU(théo)	RFU reel	Bnet(mm)
Sep	7.3	7.2	133.15	0,4	65.16	0.5	0.06	0.00	46.06
Oct	27.6	26.4	93.05	0,5	46.58	0.5	0.06	0.02	20.13
Nov	40.8	38.1	55.92	0,8	0	0.5	0.06	0.03	6.62
Dec	56	51	39.18	0,95	0	0.5	0.06	0.06	0
Jan	48.6	44.8	38.90	0,6	0	0.5	0.06	0.06	0
Fev	40	37.5	51.92	0	0	0	0.00	0.00	0
Mars	30.7	29.2	79.3	0	13.52	0	0.00	0.00	0
Avr	30.1	28.6	101.73	0	46.85	0	0.00	0.00	0
Mai	18.6	18	134.75	0	87.55	0	0.00	0.00	0
Juin	4.8	4.8	163.23	0	131.68	0	0.00	0.00	0
Juill	0.3	0.3	180.72	0	144.63	0	0.00	0.00	0
aout	0.8	0.8	177.04	0	95.31	0	0.00	0.00	0

Tableau 36 : Besoin net des cultures en (mm) Agrume

MOIS	Pmoy	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU(théo)	RFU reel	Bnet(mm)
Sep	7.3	7.2	133.15	0.7	93.21	1.5	0.14	0.00	86.01
Oct	27.6	26.4	93.05	0.7	65.14	1.5	0.14	0.05	38.74
Nov	40.8	38.1	55.92	0.7	39.14	1.5	0.14	0.07	1.00
Dec	56	51	39.18	0.65	25.47	1.5	0.14	0.14	0
Jan	48.6	44.8	38.90	0.65	25.29	1.5	0.14	0.14	0
Fev	40	37.5	51.92	0.65	33.75	1.5	0.14	0.14	0
Mars	30.7	29.2	79.3	0.65	51.55	1.5	0.14	0.07	22.21
Avr	30.1	28.6	101.73	0.65	66.12	1.5	0.14	0.07	37.46
Mai	18.6	18	134.75	0.65	87.59	1.5	0.14	0.05	69.52
Juin	4.8	4.8	163.23	0.65	106.10	1.5	0.14	0.00	101.25
Juill	0.3	0.3	180.72	0.7	126.50	1.5	0.14	0.00	126.20
aout	0.8	0.8	177.04	0.7	123.93	1.5	0.14	0.00	123.13

Chapitre III : Calcul des besoins en eau d'irrigation

Tableau 37 : Besoin net des cultures en (mm) Olivier

MOIS	Pmoy	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU(théo)	RFU reel	Bnet(mm)
Sep	7.3	7.2	133.15	0.7	93.21	1.5	0.14	0.00	86.01
Oct	27.6	26.4	93.05	0.7	65.14	1.5	0.14	0.05	38.74
Nov	40.8	38.1	55.92	0.7	39.14	1.5	0.14	0.07	1.00
Dec	56	51	39.18	0.65	25.47	1.5	0.14	0.14	
Jan	48.6	44.8	38.90	0.65	25.29	1.5	0.14	0.14	
Fev	40	37.5	51.92	0.65	33.75	1.5	0.14	0.14	
Mars	30.7	29.2	79.3	0.65	51.55	1.5	0.14	0.07	22.21
Avr	30.1	28.6	101.73	0.65	66.12	1.5	0.14	0.07	37.46
Mai	18.6	18	134.75	0.7	94.33	1.5	0.14	0.05	76.26
Juin	4.8	4.8	163.23	0.85	138.75	1.5	0.14	0.00	133.90
Juill	0.3	0.3	180.72	0.85	153.61	1.5	0.14	0.00	154.96
Aout	0.8	0.8	177.04	0.85	150.48	1.5	0.14	0.00	149.68

Tableau 38 : Besoin net des cultures en (mm) Tomate industrielle

MOIS	Pmoy	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU(théo)	RFU reel	Bnet(mm)
Sep	7.3	7.2	133.15	0	0.00	0	0.00	0.00	0
Oct	27.6	26.4	93.05	0	0.00	0	0.00	0.00	0
Nov	40.8	38.1	55.92	0	0.00	0	0.00	0.00	0
Dec	56	51	39.18	0	0.00	0	0.00	0.00	0
Jan	48.6	44.8	38.9	0	0.00	0	0.00	0.00	0
Fev	40	37.5	51.92	0	0.00	0	0.00	0.00	0
Mars	30.7	29.2	79.3	0.4	31.72	0.08	0.01	0.00	2.52
Avr	30.1	28.6	101.73	0.7	71.21	0.08	0.01	0.00	42.61
Mai	18.6	18	134.75	1.2	161.70	0.11	0.01	0.00	143.70
Juin	4.8	4.8	163.23	0.8	130.58	0.11	0.01	0.00	125.78
Juill	0.3	0.3	180.72	0.5	90.36	0.11	0.01	0.00	90.06
aout	0.8	0.8	177.04	0	0.00	0	0.00	0.00	0

Chapitre III : Calcul des besoins en eau d'irrigation

Tableau 39 : Besoin net des cultures en (mm) Aubergine

MOIS	Pmoy	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU(théo)	RFU reel	Bnet(mm)
Sep	7.3	7.2	133.15	0	0.00	0	0.00	0.00	
Oct	27.6	26.4	93.05	0	0.00	0	0.00	0.00	
Nov	40.8	38.1	55.92	0	0.00	0	0.00	0.00	
Dec	56	51	39.18		0.00	0	0.00	0.00	
Jan	48.6	44.8	38.90	0	0.00	0	0.00	0.00	
Fev	40	37.5	51.92	0.5	25.96	0.25	0.02	0.02	
Mars	30.7	29.2	79.3	0.7	55.51	0.5	0.05	0.02	26.29
Avr	30.1	28.6	101.73	1	101.73	0.5	0.05	0.02	73.11
Mai	18.6	18	134.75	0.75	101.06	0.5	0.05	0.02	83.04
Juin	4.8	4.8	163.23	0	0.00	0	0.00	0.00	
Juill	0.3	0.3	180.72	0	0.00	0	0.00	0.00	
Aout	0.8	0.8	177.04	0	0.00	0	0.00	0.00	

Tableau 40 : Besoin net des cultures en (mm) Orge grain

MOIS	Pmoy	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU(théo)	RFU reel	Bnet(mm)
Sep	7.3	7.2	133.15	0	0.00	0	0.00	0.00	
Oct	27.6	26.4	93.05	0	0.00	0	0.00	0.00	
Nov	40.8	38.1	55.92	0.4	22.37	0.3	0.03	0.01	
Dec	56	51	39.18	0.6	23.51	0.5	0.05	0.05	
Jan	48.6	44.8	38.90	0.75	29.18	0.6	0.05	0.05	
Fev	40	37.5	51.92	0.9	46.73	0.6	0.05	0.05	9.17
Mars	30.7	29.2	79.3	0.95	75.34	0.6	0.05	0.03	46.08
Avr	30.1	28.6	101.73	0.75	76.30	0.6	0.05	0.03	47.67
Mai	18.6	18	134.75	0.6	80.85	0.6	0.05	0.02	62.82
Juin	4.8	4.8	163.23	0.4	65.29	0.6	0.05	0.00	60.47
Juill	0.3	0.3	180.72	0	0.00	0	0.00	0.00	
Aout	0.8	0.8	177.04	0	0.00	0	0.00	0.00	

Chapitre III : Calcul des besoins en eau d'irrigation

Tableau 41 : Besoin net des cultures en (mm) Blé

MOIS	Pmoy	Peff(mm)	ET0(mm/mois)	Kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU(théo)	RFU reel	Bnet(mm)
Sep	7.3	7.2	133.15	0	0.00	1.2	0.11	0.00	
Oct	27.6	26.4	93.05	0.3	27.92	0	0.00	0.00	1.52
Nov	40.8	38.1	55.92	0.4	22.37	0	0.00	0.00	
Dec	56	51	39.18	0.6	23.51	0	0.00	0.00	
Jan	48.6	44.8	38.90	0.6	23.34	0	0.00	0.00	
Fev	40	37.5	51.92	1	51.92	0	0.00	0.00	14.42
Mars	30.7	29.2	79.3	1.2	95.16	1.2	0.11	0.05	65.96
Avr	30.1	28.6	101.73	0.87	88.51	1.2	0.11	0.05	59.85
Mai	18.6	18	134.75	0.23	30.99	1.2	0.11	0.04	12.94
Juin	4.8	4.8	163.23	0	0.00	1.2	0.11	0.00	
Juill	0.3	0.3	180.72	0	0.00	1.2	0.11	0.00	
Aout	0.8	0.8	177.04	0	0.00	1.2	0.11	0.00	

Tableau 42 : Récapitulatif des besoins nets (mm)

Mois	Courgette	AGRUME	OLIVIER	TOMATE industrielle	Aubergine	Orge grain	Blé	moyenne
Sep	46.06	86.01	86.01					218.08
Oct	10.82	38.74	38.74				1.52	89.82
Nov		1.00	1.00					2
Dec								0
Jan								0
Fev						9.17	14.42	23.59
Mars		22.21	22.21	2.52	26.29	46.08	65.96	222.4
Avr	17.17	37.46	37.46	42.61	73.11	47.67	59.85	359.19
Mai	62.83	69.52	76.26	143.70	83.04	62.82	12.94	522.37
Juin	109.44	101.25	133.90	125.78		60.47		543.81
Juill	126.20	126.20	154.96	90.06				405.71
aout	78.87	123.13	149.68					351.68

III.6 Confrontation des ressources et besoins en eau

Les besoins totaux annuelle en eau du périmètre sont de l'ordre de 6.62 hm³, pour une superficie totale de 400 ha, et ce en appliquant les systèmes d'irrigation (goutte à goutte, et gravitaire par planche).

Actuellement (2017-2018), le volume mensuelle pompé vers les lagunes est de l'ordre de 322.556 m³/mois. Soit un volume annuel de (3.93 hm³) est suffisant pour répondre aux besoins du périmètre, Bousfer d'une superficie globale de (400 ha).

à l'horizon d'étude (2030), le volume pompé vers les lagunes est largement suffisant pour irriguer une superficie qui dépasse les 1000 ha à l'horizon 2030. Voir tableau ci-dessous. (**Tableau 32**)

Tableau 43 : confrontation des ressources et besoins en eau pour une superficie de 400 ha (Bousfer)

Horizon	2017-2018	2020	2030
Volume mensuelle pompé vers les lagunes M3/Mois	322.556.00	450 000 .00	900 000.00
Volume journalier M3/J	10.752.00	15.000.00	30.000.00
volume annuelle m3/an	3924480	5475000	10950000
besoins du périmètre De bousfer extension (400 ha)	2372681	2372681	2372681
déficit ou surplus en m3	+1551799	+3102319	+8577319
Superficie irrigable (ha)	727	912.5	1825

(Source : Step d'Ain El Turk)

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons examiné la phase cruciale d'un projet d'irrigation, à savoir la détermination des besoins en eau des cultures. À la suite de calculs théoriques approfondis, nous avons évalué les exigences spécifiques de chaque culture et nous avons déterminé les besoins en eau de la culture la plus exigeante.

La disponibilité actuelle des eaux épurées destiné à l'irrigation suffit largement pour venir aux besoins de notre périmètre, et on constate un surplus très important ce qui nous amène qu'on n'aura pas un problème d'eau à l'horizon 2030

Chapitre IV :

Dimensionnement du réseau d'irrigation

IV.1 Introduction

L'objectif du dimensionnement du réseau d'irrigation est de déterminer les caractéristiques des différentes structures nécessaires pour acheminer les volumes d'eau préalablement définis jusqu'à la parcelle. À cet endroit, l'eau sera ensuite répartie entre les plantes, assurant ainsi la conception de plusieurs infrastructures hydrauliques conformes à des normes techniques spécifiques tout en garantissant leur fonctionnement coordonné. Cette démarche vise à diriger l'eau depuis la source vers l'espace hydraulique aménagé de manière efficiente, facilitant ainsi une distribution équilibrée des ressources. Ce chapitre se concentre sur le choix des conduites, basé sur des calculs détaillés des équipements, alignés sur l'ensemble des dimensions établies dans le cadre de l'étude

IV.2 Calcul du débit maximum journalier

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

$$O_{car} = q \cdot S$$

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

S : la superficie totale à irriguer = 400 ha

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

$$Q_{\text{spécifique}} = \frac{B_{net}}{N_h \cdot n_j \cdot 3.6 \cdot K}$$

Bnet : besoin net du mois de pointe en mm/mois = 566.8 mm/mois

Nh : nombre des heures d'irrigation = 24 heures

Nj : nombre de jours d'arrosage = 30 jours

K : coefficient globale, on prend = 0.75

$$\rightarrow Q_{\text{spécifique}} = \frac{543.81}{30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0.75} = 2.79 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifiques = 2.91 l/s/ha est largement supérieur à 1.5 l/s/ha donc on prend la culture la plus exigeant pour calcul donc on prend :

Bnet : besoin net du mois de pointe en mm/mois = 154.96mm/mois

$$\rightarrow Q_{\text{spécifique}} = 0.80 \text{ l/s/ha}$$

Ce débit est largement inférieur à 1.5 l/s/ha et donc c'est un choix valable.

IV.3 Évaluation du débit caractéristique

Le calcul du débit caractéristique permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir la formule suivante :

$$Q_c = q_s \cdot S$$

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

S : la superficie nette à irriguer = 400 ha

Alors;

$$Q_{car} = q_s \times S = 0.80 \times 400 = 321.5 \text{ l/s} = 0.321 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{car} = 0.321 \text{ m}^3/\text{s}$$

IV.4 Étude du système de distribution

IV.4.1 Introduction

La conception d'un périmètre requiert avant tout une gestion rationnelle et efficace du système d'irrigation, ainsi qu'une organisation appropriée de celui-ci. Un réseau d'irrigation représente l'ensemble des ouvrages, organes et appareils qui assurent la répartition et la distribution des eaux d'irrigation à chaque exploitation agricole ou parcelle.

IV.4.2 Réseau d'irrigation

Globalement, un réseau d'irrigation se compose de trois types d'équipements :

- ❑ **Les ouvrages de transport** : représentent le premier type d'équipement et sont responsables de l'acheminement de l'eau d'irrigation depuis la prise d'eau jusqu'aux périmètres à desservir. Ces ouvrages sont conçus pour transporter des débits importants, allant de quelques mètres cubes à quelques dizaines de mètres cubes par seconde, sur de longues distances. Ils se composent à la fois d'ouvrages linéaires tels que les canaux et les galeries, ainsi que d'ouvrages ponctuels tels que les aqueducs, les siphons, les régulateurs, etc.
- ❑ **les réseaux de distribution** : est responsable de la répartition de l'eau amenée par les ouvrages de transport à l'intérieur du périmètre, et ce, jusqu'aux prises d'irrigation propres à chaque agriculteur. Ces réseaux adoptent généralement une structure ramifiée pour assurer une distribution efficace et équitable de l'eau aux différentes parcelles agricoles.
- ❑ **L'irrigation à la parcelle** : concerne la mise en œuvre de l'eau d'irrigation délivrée aux prises du réseau. Chaque parcelle d'irrigation est une unité de surface

disposant d'une prise individualisée sur le réseau de distribution, distincte des parcelles cadastrales ou culturales. Les équipements utilisés dépendent de la technique d'irrigation adoptée : irrigation de surface, par aspersion ou localisée.

IV.4.3 Classification des réseaux d'irrigation

- ❑ **Les réseaux gravitaires** : sont caractérisés par un canal principal à très faible pente qui suit approximativement les courbes de niveau du terrain.
- ❑ **Les réseaux sous pression** : sont choisis lorsque le terrain présente des variations importantes de niveau. Dans ce contexte, l'objectif principal de ces systèmes est de fournir de l'eau à des pressions adéquates. Ils sont généralement classés en deux types : les réseaux maillés et les réseaux ramifiés.
- ❑ **Les réseaux mixtes** : sont utilisés lorsque des zones du système gravitaire sont alimentées par pompage. Ils combinent les avantages des systèmes gravitaires et des systèmes sous pression pour répondre aux besoins spécifiques de l'irrigation sur des terrains variés.

IV.4.4 Organisation et structure du périmètre

L'organisation et la structure du périmètre dédié à l'irrigation à Bousfer, avec une superficie totale de 400 hectares, revêtent une importance capitale pour assurer une gestion efficace des ressources hydriques et optimiser les rendements agricoles. Ce périmètre est subdivisé en plusieurs parcelles, chacune avec une superficie différente, formant un réseau planifié de canaux, de conduites d'irrigation, et de points de distribution. Cette infrastructure est soigneusement conçue pour acheminer l'eau depuis la source principale vers les diverses parcelles agricoles.

La gestion de ce réseau complexe est confiée à une organisation dédiée, telle qu'une association d'irrigants, une coopérative agricole, ou une entité gouvernementale. Cette entité est responsable de superviser le fonctionnement coordonné du périmètre, de répartir les quotas d'eau entre les parcelles de différentes superficies, et d'assurer l'entretien des canaux et des équipements.

La communication efficace entre les agriculteurs, les gestionnaires d'eau et les autorités locales à Bousfer est essentielle, d'autant plus que le périmètre est subdivisé en plusieurs parcelles de tailles variées. Des mécanismes de coordination, des systèmes de suivi et des dispositifs de gestion des conflits sont mis en place pour garantir une utilisation équitable et durable de l'eau d'irrigation sur l'ensemble du périmètre, tenant compte des spécificités de chaque parcelle. Ainsi, une organisation bien structurée et une planification rigoureuse contribuent à maximiser l'efficacité des pratiques agricoles dans cet environnement diversifié de Bousfer.

IV.4.4.1 Ilots et bornes d'irrigation

Le terme "Ilot d'irrigation" désigne l'unité hydro-agricole alimentée par une borne d'irrigation. L'organisation du périmètre en îlots résulte d'un compromis entre plusieurs facteurs tels que la topographie, les aspects technico-économiques, la taille et le nombre de parcelles, etc. Pour les zones de petites et moyennes exploitations, il est généralement admis que l'implantation des bornes doit répondre aux critères suivants : une prise par îlot d'exploitation, avec un maximum

Chapitre IV : Dimensionnement du réseau d'irrigation

de quatre prises sur une même borne, et les bornes doivent être implantées en limites d'îlots ou au centre pour les grands îlots.

IV.4.4.2 Rôle et fonction de la borne d'irrigation

La borne d'irrigation est un organe hydraulique qui fournit de l'eau sous pression aux irrigants depuis un réseau collectif. Chaque îlot dispose d'une borne d'irrigation avec une ou plusieurs sorties (prises) pour permettre des arrosages simultanés par plusieurs utilisateurs.

Effectivement, chaque borne, ainsi que chaque sortie, doit être capable d'assurer toutes les fonctions d'une prise d'irrigation, ce qui inclut :

- Régler le débit, en le limitant précisément au débit de l'îlot
- Régler la pression de l'eau
- Encaisser les chocs ou les perturbations accidentelles
- Enregistrer les volumes d'eau distribués par la prise pour une meilleure gestion et suivi.
-

IV.4.5 Calcul hydraulique aux bornes

Le débit de chaque borne pouvant desservir un îlot est :

$$Q_b = q_s * S$$

Avec :

- Q_b : Débit de chaque îlot (l/s) ;
- q_s : Débit spécifique (l/s/ha) ;
- S : Superficie de l'îlot (ha).

IV.4.6 Choix du diamètre et du type des bornes

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'îlot et du nombre de parcelles, généralement selon les critères suivants :

- Pour les îlots ayant entre 4 et 10 parcelles, avec une superficie inférieure à 15 ha, on opte pour la borne à quatre prises (Borne de type A4).
 - Pour les îlots ayant deux parcelles et une superficie inférieure à 15 ha, on choisit la borne à deux prises (Borne de type A2).
 - Pour les îlots ayant deux parcelles et une superficie supérieure à 15 ha, on utilise la borne à deux prises (Borne de type B).
 - Pour les grands îlots avec une superficie supérieure à 50 ha, on prévoit des bornes de type C.
- (Tableaux 33,34,35)**

Chapitre IV : Dimensionnement du réseau d'irrigation

Tableau 44 : Type de bornes en fonction de superficies des ilots

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$	1 Entrée D80,100	2 * D65
Type A4	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$	2 Entrée D80, 100	4 * D65
Type B	$40 \text{ m}^3/\text{h} < Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$	2 Entrée D80, 100,125	2 * D100
Type C	$Q > 80 \text{ m}^3/\text{h}$	2 Entrée D80, 100,125	1 * D150

Tableau 45 : Choix du diamètre de la borne.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 40 \text{ (11.11) l/s}$	D= 65mm
$(11.11 \text{ l/s}) < Q < (22.22 \text{ l/s})$	D= 100 mm
$(22.22 \text{ l/s}) < Q < (33.33 \text{ l/s})$	D= 150mm
$Q > (33.33 \text{ l/s})$	D= 200 mm

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

Tableau 46 : Type et diamètres des bornes en fonction de débit et surface des ilots

N borne	Surface ha	qs (l/s/ha)	Qs (l/s)	Matériau	Diamètre mm	Type de borne
1	8.0616	0.8	7.17	Fonte	65	Type A2
2	7.9727	0.8	7.09	Fonte	65	Type A2
3	8.25	0.8	7.34	Fonte	65	Type A2
4	6.0123	0.8	5.35	Fonte	65	Type A2
5	3.1283	0.8	2.7813.68	Fonte	65	Type A2
6	15.3748	0.8	13.68	Fonte	100	Type A4
7	11.6283	0.8	10.34	Fonte	65	Type A2
8	36.725	0.8		Fonte	200	Type c
9	3	0.8	2.67	Fonte	65	Type A2
10	39.6072	0.8	35.25	Fonte	200	Type C
11	4.6259	0.8	4.11	Fonte	65	Type A2
12	54.4609	0.8	48.47	Fonte	200	Type C
13	5.5	0.8	4.89	Fonte	65	Type A2
14	6.1431	0.8	5.46	Fonte	65	Type A2

Chapitre IV : Dimensionnement du réseau d'irrigation

15	5.225	0.8	4.65	Fonte	65	Type A2
16	4.5688	0.8	4.06	Fonte	65	Type A2
17	3.0688	0.8	2.73	Fonte	65	Type A2
18	6	0.8	5.34	Fonte	65	Type A2
19	6.0875	0.8	5.41	Fonte	65	Type A2
20	13.35	0.8	11.88	Fonte	100	Type A4
21	7.4	0.8	6.58	Fonte	65	Type A2
22	6.3977	0.8	5.69	Fonte	65	Type A2
23	3	0.8	2.67	Fonte	65	Type A2
24	5.815	0.8	5.17	Fonte	65	Type A2
25	7.3418	0.8	6.53	Fonte	65	Type A2
26	3.8108	0.8	3.39	Fonte	65	Type A2
27	5.0312	0.8	4.47	Fonte	65	Type A2
28	16.9275	0.8	15.06	Fonte	100	Type A4
29	10.7626	0.8	9.57	Fonte	65	Type A2
30	3.3475	0.8	2.97	Fonte	65	Type A2
31	6.15	0.8	5.4	Fonte	65	Type A2
32	5.9007	0.8	5.25	Fonte	65	Type A2
33	5.6486	0.8	5.02	Fonte	65	Type A2
34	4.4647	0.8	3.97	Fonte	65	Type A2
35	3.4214	0.8	3.04	Fonte	65	Type A2
36	3.9307	0.8	3.49	Fonte	65	Type A2
37	3.1355	0.8	2.79	Fonte	65	Type A2
38	7.7688	0.8	6.91	Fonte	65	Type A2
39	6.4978	0.8	5.78	Fonte	65	Type A2
40	14.225	0.8	12.66	Fonte	100	Type A4
41	3.246	0.8	2.88	Fonte	65	Type A2
42	12.1988	0.8	10.85	Fonte	65	Type A2
43	4.0012	0.8	3.56	Fonte	65	Type A2

IV.4.7 Description de l'aménagement du périmètre

L'adduction vers le nouveau périmètre de 400 ha de Bousfer se fait à partir de la station d'épuration qui se situe dans la commune de Ain El Turk avec une cote de terrain de 70 m vers le nouveau réservoir qui se trouve dans la commune de Bousfer avec une cote de terrain de 150m. Ce réservoir secondaire sert de points de stockage stratégique pour réguler l'approvisionnement en eau en fonction des besoins d'irrigation.

La pompe assure le transfert efficace de l'eau sur de longues distances vers le réservoir secondaire, permettant ainsi d'accumuler de grandes quantités d'eau pour répondre aux demandes d'irrigation. La répartition de l'eau depuis le réservoir secondaire vers le périmètre de 400 hectares est ensuite

Chapitre IV : Dimensionnement du réseau d'irrigation

réalisée par gravité, tirant parti de la pente naturelle du terrain pour guider l'eau vers les zones d'irrigation sans avoir besoin de pompes supplémentaires.

Ce système combine l'efficacité de la pompe pour le transfert initial de l'eau sur de grandes distances avec la simplicité de la gravité pour la distribution locale. Il garantit une répartition uniforme de l'eau sur les terres agricoles de 400 hectares, ce qui favorise une croissance saine des cultures tout en minimisant les pertes liées à l'évaporation et à la percolation. En fin de compte, cette méthode permet de gérer de manière efficace et économique l'irrigation sur une vaste superficie de terres agricoles.

IV.5 Étude de pompage

Il est impératif de mettre en place un système de pompage pour fournir de l'eau à la zone, qui servira à alimenter un réservoir principal prévu au-dessus du niveau général d'altitude (NGA). La recommandation consiste à utiliser un système de pompage depuis un barrage, un forage, une step vers un réservoir de stockage ,dans notre cas c'est une Step

IV.5.1 Généralités sur les pompes

Une pompe est un appareil conçu pour aspirer, déplacer ou comprimer des liquides et des gaz. Dans tous les types de pompes, il est essentiel de prévenir la cavitation, qui peut entraîner une réduction du débit et des dommages au corps de la pompe. Il existe deux principales catégories de pompes : les pompes volumétriques, couramment employées pour le pompage des eaux usées, et les turbopompes.

IV.5.2 Les turbopompes

Les turbopompes se divisent en trois catégories distinctes : les pompes centrifuges, à écoulement radial ; les pompes axiales, à écoulement axial ; et les pompes semi-axiales.

- Les pompes à écoulement radial, communément appelées pompes centrifuges, sont idéales pour élever de faibles débits sur de grandes hauteurs. La hauteur de refoulement augmente proportionnellement au diamètre extérieur de la roue. Dans ce cas, l'écoulement du fluide est radial, et les pales de la roue sont des surfaces planes.
- Les pompes axiales sont similaires à des hélices, où les pales sont formées par des surfaces incurvées. Ces pompes conviennent parfaitement pour augmenter les débits sur de faibles hauteurs.
- Les pompes semi-axiales sont conçues pour élever des débits importants sur de faibles hauteurs. Elles requièrent des vitesses d'entrée relativement faibles en raison de la faible hauteur de refoulement. Pour ce faire, elles sont construites sous la forme de pompes hélico-centrifuges, avec des dimensions importantes, et les diamètres d'entrée et de sortie sont comparables.

IV.5.3 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation

Nous envisageons l'installation d'une canalisation en acier revêtu sur une distance de 1350 mètres, avec une élévation de 45 mètres et un débit de 41,4 litres par seconde.

Avec

$$\text{HMT} = (\text{Ha} + \text{Href}) + \text{J} + \text{Pr}$$

HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m).

Ha : Hauteur d'aspiration ;

Href : Hauteur de refoulement(m)

Hg: Hauteur géométrique (m)= hauteur d'aspiration+ hauteur de refoulement ;

J : Perte de charge fonction de la longueur du tuyau, des accessoires (vanne, coudes)

Pr : Pression résiduelle m.c.e pression à la sortie du tube de refoulement (0.5 – 1m).

IV.5.3.1 Calcul de Hg

Hr : 150 m

Ha : 70 m

Hg :80m

IV.5.4 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 se calcule par la relation suivante :

$$\mathbf{F_{am} = P_{rc} \times A \text{Équation}}$$

Avec :

P : Prix de la conduite en (DA) ;

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

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

A : frais d'amortissement (Da) ;

i : Taux d'annuité ; i = 8%

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

$$\rightarrow \mathbf{A} = \frac{0.08}{1 - (1 + 0.08)^{-30}} = \mathbf{A \ 0.088 = 8.88 \%}$$

IV.6.4 Calcul des frais d'exploitation

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

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

Avec:

: Frais d'exploitation(DA);

E : Énergie totale dépensée par la pompe (**Kwh**);

e : Prix unitaire d'un **Kw** imposé par la Sonalgaz ($e = 4,67\text{DA}$).

IV.6.5 Puissance absorbée par la pompe

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

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

η : Rendement de la pompe en pourcentage ($\eta = 77\%$) ;

Q : Débit refoulé par la pompe en mètres cubes par seconde (m^3/s) ;

g : Accélération due à la pesanteur ($9,81 \text{ m/s}^2$) ;

ρ : Masse volumique de l'eau en kilogrammes par mètre cube (kg/m^3).

IV.6.5.1 Energie consommée par la pompe :

L'énergie totale consommée par la pompe sur une année peut être calculée à l'aide de la formule suivante

$$E = P \times t \times 365$$

Où :

E : Énergie totale consommée par la pompe pendant une année en kilowattheures (kWh) ;

P : Puissance absorbée par la pompe en kilowatts (kW) ;

t : Temps de fonctionnement de la pompe en heures (dans notre cas, $t = 20\text{heures}$).

IV.6.5.2 Calcul du gradient de perte de charge (J)

Le gradient de pertes de charges déterminé à partir de la formule de DARCY-WEIBACH :

$$J = \left(\frac{3,592}{C_{HW}} \right)^{1,852} \frac{L}{D^{4,87}} Q^{1,852}$$

Perte de charge linéaire ΔH_l :

$$\Delta h_l = J \times L (\text{m})$$

Perte de charge singulière ΔH_s :

Nous estimons les pertes de charge singulière de 15% des pertes de charge linéaire : (**Tableau 36**)

$$\Delta h_s = 0.15 \times \Delta h_l (\text{m})$$

Chapitre IV : Dimensionnement du réseau d'irrigation

➤ Calcul du débit à refouler :

$$Q = Q_s \times Stot = 0.8 \times 400 = 321.5 \text{ l/s} = 0.321 \text{ m}^3/\text{s}$$

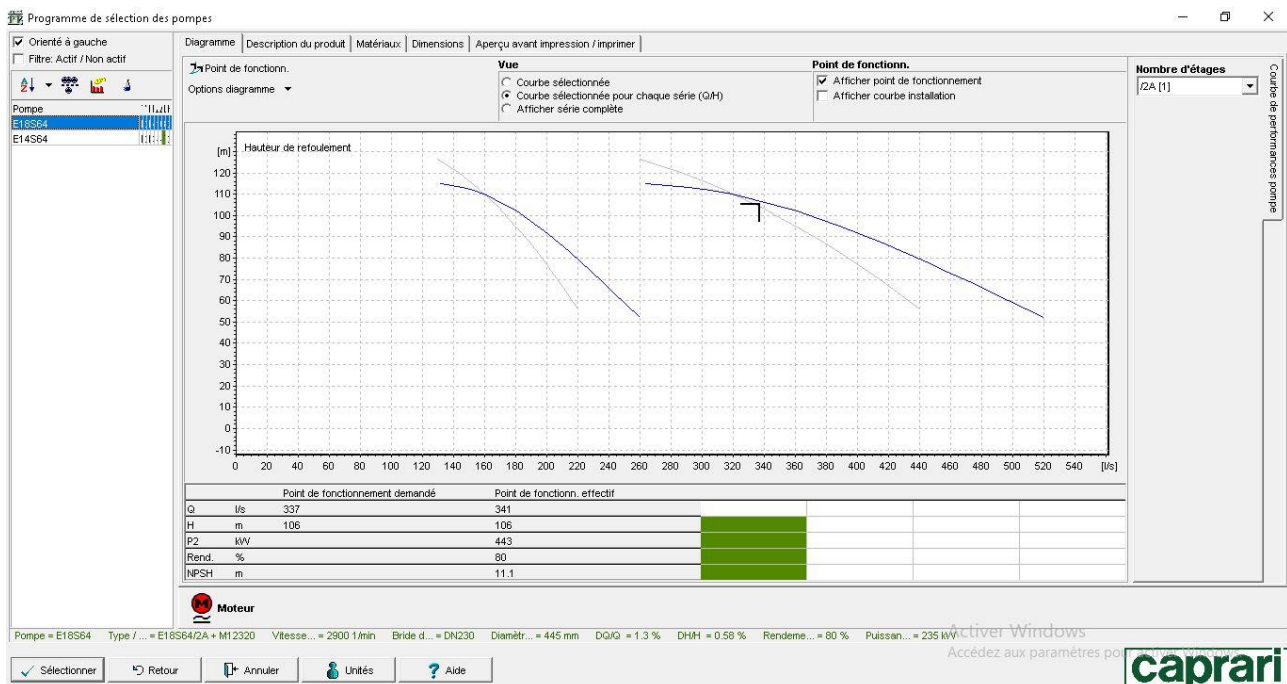
$$Q_{\text{forcé}} = Q_c \times 1.05 = 0.321 \times 1.05 = 0.337 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Calcul du diamètre :

$$D = \sqrt[4]{Q_{\text{ref}}} = \sqrt[4]{0.337} = 0.580 = 580 \text{ mm.}$$

Tableau 47: Caractéristique de la pompe de refoulement.

Débit (m ³ /s)	Longeur(m)	Pdc linéaire	Pdc singulière	Pdc totale	HMT(m)	Puissance (kW)	Rendement	Energie (kW/ans)
0.337	7549	21.38	3.207	24.587	105.5	400	80	2920000



IV.6 Dimensionnement de la bête de stockage

Les critères à prendre en compte pour choisir l'emplacement d'une bête de stockage d'eau sont les suivants :

Élévation supérieure au périmètre du réseau de distribution : La bête de stockage doit être positionnée à une altitude plus élevée que le périmètre du réseau de distribution pour permettre un approvisionnement par gravité.

Chapitre IV : Dimensionnement du réseau d'irrigation

- Emplacement en extrémité ou près du centre du réseau : En cas de besoin de plusieurs bâches de stockage, il est recommandé de les placer soit à l'extrémité du réseau, soit à proximité du centre de la zone à alimenter.
- Cote du radier au-dessus de la cote piézométrique la plus élevée requise dans le réseau : Le fond de la bache de stockage (radier) doit être situé à une altitude supérieure à la cote piézométrique la plus élevée nécessaire dans le réseau.
- Sélection stratégique de l'emplacement pour assurer une pression adéquate : L'emplacement de la bache de stockage doit être soigneusement choisi pour garantir une pression suffisante dans le réseau.
- Le volume de la bache de stockage doit correspondre au volume d'eau nécessaire pour satisfaire les besoins de la tranche de culture la plus exigeante.

$$V=Q \times T$$

Avec :

V : volume de la bache.

Q : Débit caractéristique.

T : Temps de remplissage du réservoir = 1H

$$Q_{\text{caractéristique}} = Q_{\text{sp}} * \text{Surface}$$

Surface totale = 400 ha

$$Q_{\text{caractéristique}} = 0.321 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donc :

$$V = 0.321 * 1 * 3600 = 1155.6 \text{ m}^3$$

On peut prendre :

$$V = 1000 \text{ m}^3$$

On prend :

$$L = 20 \text{ m} , B = 10 \text{ m}$$

IV.7 Dimensionnement du réseau de distribution

IV.7.1 Vitesses admissibles

La vitesse admissible dans le réseau d'irrigation est déterminée pour éviter les risques associés à des vitesses excessives (érosion) ou insuffisantes (dépôts solides). Cette vitesse admissible est généralement établie entre 0,5 m/s (minimum) et 2,5 m/s (maximum). Pour le présent réseau, la vitesse admissible choisie est de 1,5 m/s.

IV.7.2 Calcul des diamètres

Le calcul des diamètres de conduite dans le réseau d'irrigation est basé sur les débits véhiculés par chaque tronçon et les vitesses d'écoulement. La formule de "LABYE" est utilisée pour obtenir une approche normalisée du diamètre économique optimal des conduites, en trouvant un équilibre entre les coûts d'investissement et les pertes de charge dans le réseau.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_{ad}}} * 1000$$

Avec :

Q : débit, exprimé en m³/s ;

D : diamètre exprimé en mm ;

V : vitesse économique de l'ordre de 1.5 m/s.

IV.7.3 Estimation des pertes de charge

On a utilisé la formule de Hazen-Williams :

$$J = \left(\frac{3,592}{C_{HW}} \right)^{1,852} \frac{L}{D^{4,87}} Q^{1,852}$$

J : perte de charge en m

Q : débit dans la conduite en (m³/s)

CHW : Coefficient de Hazen-Williams, on a prend **120**

D : Diamètre en m

IV.8 Choix du matériau des conduites

Pour choisir le matériau de canalisation, il faut tenir compte de l'agressivité du sol, des conditions hydriques (débit, pression, etc.) et surtout de la disponibilité sur le marché. Parmi les matériaux couramment utilisés, on trouve l'acier, la fonte, le PVC, etc.

a) Conduite en fonte :

Présentent plusieurs avantages :

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

Leur inconvénient est :

- coût relativement important.

b) 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 :

- le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

c) Conduite en PRV

Les tuyaux en Polyester Renforcé de fibres de Verre (PRV) sont une combinaison de résine de polyester, de fibres de verre et de matériaux de renforcement.

Dans notre cas, les conduites seront en **PEHD**

IV.8.1 Points spéciaux d'une conduite

- Les points hauts, où seront installées des ventouses trifonctionnelles d'entrée et de purge d'air pour évacuer l'air emprisonné dans la conduite.
- Les points bas, où, dans certains cas, des dérivations seront installées pour permettre le vidage exceptionnel de la conduite si nécessaire.
- Les dérivations vers les branches qui permettent de diriger l'eau vers des zones spécifiques ou des extensions du réseau.
- Les sectionnements intermédiaires pour diviser la conduite en tronçons et faciliter l'entretien, les réparations ou les réglages de pression dans différentes parties du réseau.

IV.8.2 Calcul de pression aux bornes et nœuds

La pression au point X est donnée par la relation suivant :

$$P=H-Z$$

Avec :

- **H**: Cote piézométrique (m);
- **Z** : Cote terrain aval (m) de point X.

Les calculs sont détaillés dans le tableau suivant : (**Tableau 37**)

Tableau 48 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution

N° tronçon	Long L (m)	Surface (Ha)	Débit (l/s)	Diamètre (mm)	D. Norm (mm)	Matériau de canalisation	V (m/s)	P. Charge (m/m)	C. terrain Z(m)	C. Piézo (m)	Pression (m)
Réservoir-A1	298.75	400	0.321	522.28	630	PEHD	0.97	0.69	150	144.64	12.34
A1-N11	6	8.0616	0.006	74.15	110	PEHD	1.47	0.05	109.95	144.59	34.64
N11-N2	30.96	259.4535	0.208	420.64	500	PEHD	0.94	0.10	107.59	141.37	33.78
N2-N3	323.10	8.25	0.007	75.01	110	PEHD	1.43	2.78	98.96	140.66	41.70
N3-N4	18.29	7.9727	0.006	73.74	110	PEHD	1.48	0.15	98.46	140.61	42.15
N4-N5	200	11.6283	0.009	89.05	110	PEHD	1.02	3.25	92.73	140.15	47.42
5N-N6	124.15	6.0123	0.005	64.03	110	PEHD	1.97	0.60	91.52	139.41	47.89
N6-N7	481.99	3.1283	0.003	46.19	110	PEHD	3.78	0.69	81.10	136.80	55.70
7N-N8	87.68	7.6874	0.006	72.40	110	PEHD	1.54	0.66	79.51	136.35	56.84
8N-N9	150	12.2416	0.010	91.37	110	PEHD	0.97	2.68	77.19	135.66	58.47
N9-N10	193.30	12.2416	0.010	91.37	110	PEHD	0.97	3.46	72.36	134.95	62.59
N10-N11	111.76	7.6874	0.006	72.40	110	PEHD	1.54	0.84	70.79	134.63	25.03
N11-N12	74.19	12.2416	0.010	91.37	110	PEHD	0.97	1.33	69.22	134.09	64.87
N12-B12	117.24	13.2024	0.011	94.89	110	PEHD	0.90	2.41	67.79	133.46	65.67
N12-N13	264.31	3	0.002	45.23	110	PEHD	3.94	0.35	59.33	131.88	72.55
N13-B13	775.05	13.2024	0.011	94.89	110	PEHD	0.90	15.95	49.75	125.73	75.98
N2-B3	507.29	13.2024	0.011	94.89	110	PEHD	0.90	10.44	48.38	120.65	72.27
N3-B2	73.66	13.2024	0.011	94.89	110	PEHD	0.90	1.52	50.01	124.99	74.98
N4-N14	100	8.25	0.007	75.01	110	PEHD	1.43	0.86	96.06	138.06	42.00
N14-D24	50	7.9727	0.006	73.74	110	PEHD	1.48	0.40	98.35	139.38	41.03
N14-B7	518	11.6283	0.009	89.05	110	PEHD	1.02	8.43	76.10	136.02	59.92
N5-B4	50	11.6283	0.009	89.05	110	PEHD	1.02	0.81	77.30	135.62	58.32
N6-B5	100	6.0123	0.005	64.03	110	PEHD	1.97	0.48	88.28	137.94	49.66
N6.1-B6	101.11	3.1283	0.003	46.19	110	PEHD	3.78	0.14	84.31	136.34	52.03
N7-B9	50	7.6874	0.006	72.40	110	PEHD	1.54	0.38	80.82	135.19	54.37
N1-N14.1	382.95	12.2416	0.010	91.37	110	PEHD	0.97	6.85	59.68	130.75	71.07
N14.1-N15	223.04	4.6259	0.004	56.17	110	PEHD	2.56	0.66	111.50	140.83	29.33

N15-N16	284.20	57.7835	0.046	198.51	250	PEHD	1.06	1.65	116.67	139.90	23.23
N16-N17	123.31	10.8922	0.009	86.19	110	PEHD	1.09	1.78	114.67	139.65	24.98
N17-N18	200.30	64.9729	0.052	210.50	250	PEHD	0.94	1.45	108.97	139.29	30.32
N18-N19	122.12	10.8922	0.009	86.19	110	PEHD	1.09	1.76	105.00	138.98	33.98
N19-N20	218.86	10.725	0.009	85.52	110	PEHD	1.10	3.06	98.58	138.52	39.94
N20-B24	150.56	10.5688	0.008	84.90	110	PEHD	1.12	2.05	93.52	137.69	44.17
B24-N21	101.03	3.0688	0.002	45.75	110	PEHD	3.85	0.14	89.48	137.21	47.73
N21-N22	91.00	6.675	0.005	67.47	110	PEHD	1.77	0.53	87.22	136.80	49.58
N22-N23	48.61	6.675	0.005	67.47	110	PEHD	1.77	0.28	87.25	136.61	49.36
N23-N24	160.51	6.0875	0.005	64.43	110	PEHD	1.94	0.79	86.33	136.04	49.71
N24-B30	281.32	7.4	0.006	71.04	110	PEHD	1.60	1.98	76.74	135.17	18.22
B30-N25	296.17	6.3977	0.005	66.05	110	PEHD	1.85	1.59	74.61	132.76	58.15
N25-B32	219.40	43.874	0.035	172.97	200	PEHD	0.89	2.27	68.12	131.22	63.10
B32-B31	399.63	5.815	0.005	62.97	110	PEHD	2.03	1.80	67.78	119.46	51.68
N25-N26	89.18	3	0.002	45.23	110	PEHD	3.94	0.12	68.75	119.08	50.33
N26-N27	203.20	7.3418	0.006	70.76	110	PEHD	1.61	1.41	66.10	130.09	63.99
N27-N28	125.07	3.8108	0.003	50.98	110	PEHD	3.10	0.26	66.31	129.53	63.22
N28-N29	80.74	5.0312	0.004	58.58	110	PEHD	2.35	0.28	66.23	129.21	62.98
N29-N30	66.08	10.7626	0.009	85.67	110	PEHD	1.10	0.93	65.18	128.56	63.38
N30-N31	120.44	8.4638	0.007	75.97	110	PEHD	1.40	1.09	63.94	127.92	63.98
N31-N38	90.52	8.4638	0.007	75.97	110	PEHD	1.40	0.82	62.73	125.48	62.75
N26-B33	879.89	8.4638	0.007	75.97	110	PEHD	1.40	7.95	58.04	101.72	43.68
N27-B34	100.51	7.3418	0.006	70.76	110	PEHD	1.61	0.70	65.62	127.99	62.37
N28-B35	45	3.81	0.003	50.97	110	PEHD	3.10	0.09	66.68	129.25	62.57
N29-B38	220.37	5.0312	0.004	58.58	110	PEHD	2.35	0.76	69.58	126.87	57.29
N31-B37	74.75	8.6438	0.007	76.78	110	PEHD	1.37	0.70	63.43	125.90	62.47
N22-B27	145.56	6.675	0.005	67.47	110	PEHD	1.77	0.85	64.12	122.78	58.66
N21-B28	321.10	6.675	0.005	67.47	110	PEHD	1.77	1.87	82.41	134.04	51.63

N24-B29	150.00	7.4	0.006	71.04	110	PEHD	1.60	1.06	85.68	134.32	48.64
N17-N32	120.4	10.8922	0.009	86.19	110	PEHD	1.09	1.73	103.90	138.27	34.37
N32-N33	198.49	6.1431	0.005	64.72	110	PEHD	1.93	0.99	109.09	138.93	29.84
N33-N34	337.44	7.7688	0.006	72.79	110	PEHD	1.52	2.60	102.05	137.49	35.44
N34-N35	386.31	6.4978	0.005	66.57	110	PEHD	1.82	2.14	94.75	135.39	40.64
N35-N36	236.38	14.225	0.011	98.49	110	PEHD	0.83	5.58	85.41	133.46	48.05
N36-N37	465.07	3.246	0.003	47.05	110	PEHD	3.64	0.71	80.41	132.49	52.08
N37-N38	232.91	12.1988	0.010	91.21	110	PEHD	0.97	4.14	78.89	129.29	50.40
N38-B53	314.71	4.0012	0.003	52.24	110	PEHD	2.96	0.71	70.63	128.14	57.51
N33-B21	150.00	6.1431	0.005	64.72	110	PEHD	1.93	0.75	99.52	137.74	38.22
N34-B48	64.04	7.7688	0.006	72.79	110	PEHD	1.52	0.49	92.53	135.62	43.09
N35-B49	137.44	6.4978	0.005	66.57	110	PEHD	1.82	0.76	84.32	133.9	49.58
N36-B50	150	14.225	0.011	98.49	110	PEHD	0.83	3.54	79.17	131.16	51.99
N37-B51	140.91	3.246	0.003	47.05	110	PEHD	3.64	0.22	71.06	130.88	59.82
N38-B52	116.80	12.1988	0.010	91.21	110	PEHD	0.97	2.08	71.15	128.60	57.45
N15-N39	590.96	10.8922	0.009	86.19	110	PEHD	1.09	8.52	121.52	138.32	16.80
N39-N40	250	46.8913	0.038	178.82	200	PEHD	0.83	2.93	122.09	135.23	13.14
N40-N42	236.27	10.8922	0.009	86.19	110	PEHD	1.09	1.02	111.49	130.91	19.42
N42-N43	106.47	9.4975	0.008	80.48	110	PEHD	1.25	1.19	116.63	131.74	15.11
N43-N44	155.22	5.6486	0.005	62.07	110	PEHD	2.09	0.66	110.39	130.59	20.20
N44-N45	271.21	4.4647	0.004	55.18	110	PEHD	2.65	0.75	102.30	127.17	24.87
N45-N46	130.52	3.9307	0.003	51.77	110	PEHD	3.01	0.28	98.25	126.32	28.07
N46-N47	25.65	3.4214	0.003	48.30	110	PEHD	3.46	0.04	97.42	125.88	28.46
N47-N48	61.19	3.1355	0.003	46.24	110	PEHD	3.77	0.09	95.69	125.60	29.91
N48-B47	174.31	5.9007	0.005	63.44	110	PEHD	2.00	0.81	108.84	129.67	20.83
N43-B42	174.55	6.15	0.005	64.76	110	PEHD	1.92	0.87	113.32	129.57	16.25
N44-B41	35.73	3.3475	0.003	47.78	110	PEHD	3.53	0.06	117.33	131.56	14.23
N45-B40	208.08	5.6486	0.005	62.07	110	PEHD	2.09	0.89	105.97	127.89	21.92

N46-B43	120.78	4.4647	0.004	55.18	110	PEHD	2.65	0.33	102.17	126.15	23.98
N47-B44	137.59	3.9307	0.003	51.77	110	PEHD	3.01	0.30	97.88	125.38	27.50
N48-B46	117.34	3.4214	0.003	48.30	110	PEHD	3.46	0.20	95.50	125.26	29.76

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé la planification du système de distribution, englobant le calcul du débit aux points d'alimentation, la détermination du diamètre du réseau, la considération des pertes de charge et la vérification de la pression. Le périmètre est subdivisé en plusieurs îlots. Chaque îlot est pourvu d'une borne d'irrigation, et la surface totale nettement irriguée atteint 400 hectares. Les pressions obtenues sont généralement satisfaisantes, dépassant parfois les 6 bars, favorisant ainsi l'établissement de réseaux d'irrigation performants tels que l'aspersion et le goutte-à-goutte.

Chapitre V :

Choix de la technique d'irrigation

V.1 Introduction

Le choix de la méthode d'irrigation dépend de facteurs techniques tels que le type de culture, le sol, la topographie et la qualité de l'eau, ainsi que de considérations socio-économiques comme les coûts d'investissement, les frais d'entretien et le niveau technique de l'exploitant. La distribution de l'eau aux bornes d'irrigation sous pression et à la demande peut également influencer cette décision.

V.2 Description des différents modes d'irrigation

Les principaux modes d'irrigation existant sont :

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

V.2.1 L'irrigation de surface

Englobe l'ensemble des méthodes d'irrigation où l'eau disponible en amont de la zone à irriguer est répartie sur le terrain grâce à un écoulement gravitaire de surface, sans nécessiter de modifications spécifiques du sol.

Ces techniques d'irrigation de surface peuvent être regroupées en trois catégories principales :

Irrigation par submersion :

Dans cette approche, l'eau est directement versée sur la zone à irriguer, recouvrant temporairement la surface des cultures. Cette méthode est couramment utilisée pour des cultures telles que le riz.

Irrigation par ruissellement : L'eau est guidée à travers des canaux peu profonds ou des rigoles, suivant naturellement les pentes du terrain pour arroser les cultures.

Irrigation par rigoles d'infiltration : L'eau est acheminée dans des rigoles peu profondes, où elle s'infiltré progressivement dans le sol pour atteindre les racines des cultures.

Avantages :

- Utilisation de matériel d'irrigation simple.
- Coûts initiaux peu élevés.
- Pas de besoin d'équipements pour pressuriser l'eau.
- Protection contre les risques de gel.

Inconvénients :

- Risque de compactage du sol.
- Pertes d'eau significatives en raison de l'évaporation et de la percolation.
- Nécessité d'une évacuation de l'excès d'eau.
- Possibilité d'érosion du sol.
- Potentiel d'altération de la perméabilité du sol.

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

Ce type d'irrigation est souvent choisi pour sa simplicité, mais il nécessite une gestion attentive pour minimiser les inconvénients liés aux pertes d'eau et aux impacts potentiels sur la qualité du sol. (figure 16).

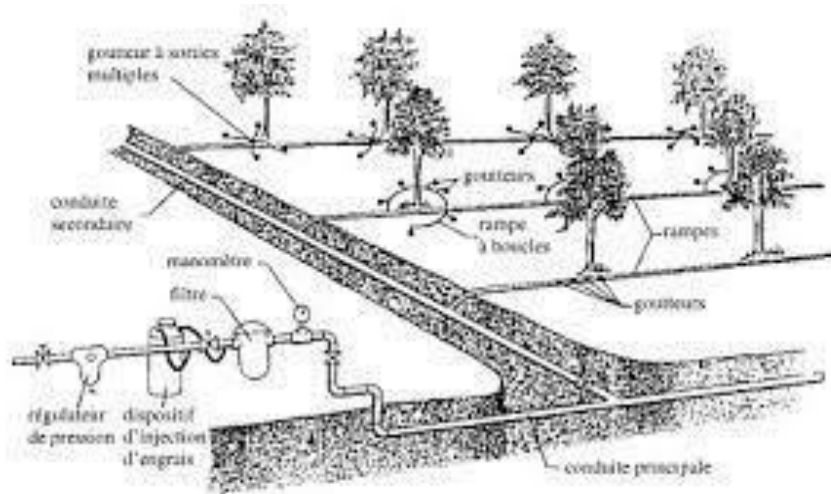


Figure 16 :L'irrigation des palmiers par rigoles

V.2.2 Irrigation localisée (goutte à goutte)

L'irrigation goutte à goutte constitue un système d'arrosage à très faible débit, généralement de 1 à 4 litres par heure, qui assure une hydratation précise au niveau des racines des plantes.

Cette technique réduit de manière significative les pertes d'eau résultant de l'infiltration ou de l'évaporation, ce qui en fait un système à la fois efficace et économe en eau.

Il s'adapte parfaitement aux cultures spécifiques et aux sols arides, contribuant ainsi à améliorer la productivité agricole tout en optimisant l'utilisation de la ressource hydrique, ce qui en fait une pratique durable et économique. (figure 17).

Avantages :

- L'irrigation goutte à goutte présente des coûts initiaux abordables, ce qui la rend économiquement avantageuse pour les agriculteurs.
- Elle permet de réaliser des économies d'eau considérables, généralement de l'ordre de 40 à 50 % par rapport à l'irrigation conventionnelle en planches, grâce à une distribution d'eau précise.
- Le système fonctionne efficacement à basse pression, voire en utilisant la gravité, ce qui réduit la consommation d'énergie. Il réduit la main-d'œuvre requise pour l'arrosage et le désherbage, allégeant ainsi la charge de travail.
- L'installation et les réparations sont simples et rapides, et le stockage des équipements est pratique.
- Le système est adaptable à une grande variété de cultures agricoles tout en préservant la structure du sol existant.

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

- Il peut être utilisé avec des sources d'eau légèrement salées ou calcaires, élargissant les options d'approvisionnement en eau.

En somme, l'irrigation goutte à goutte se positionne comme une méthode efficace, économique, et respectueuse de l'environnement pour l'arrosage des cultures, répondant ainsi aux besoins des agriculteurs tout en préservant les ressources en eau.

Inconvénients :

- Convient principalement aux terrains plats ou légèrement inclinés (maximum 2 %), exigeant une orientation correcte des T-Tapes en suivant la direction de la pente.
- Requiert un certain niveau de compétence de la part des agriculteurs pour garantir une gestion précise de l'arrosage, l'entretien du système, ainsi que les soins aux cultures, sans endommager les conduites.
- Moins approprié pour les vergers, car ces derniers exigent des conduites plus robustes et durables, ce qui engendre des coûts supplémentaires par rapport aux T-Tapes.

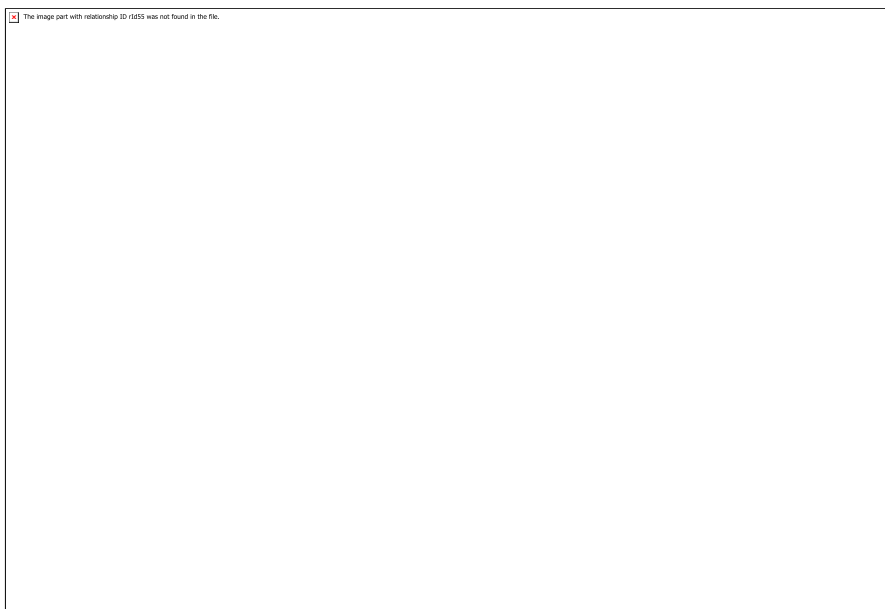


Figure 17 : Irrigation goutte à goutte

V.2.3 Irrigation par aspersion

Avec le système d'aspersion, l'eau d'irrigation est diffusée de manière similaire à une pluie artificielle, grâce à des dispositifs d'aspersion alimentés en eau sous pression. Les asperseurs sont agencés en grille avec des espacements normalisés pour garantir une répartition uniforme de l'eau sur une vaste surface agricole. Cette méthode permet d'offrir un arrosage efficace, adaptable aux besoins spécifiques des cultures. (**figure 18**).

Avantages :

- La possibilité d'automatisation du système.
- Une réduction significative de la main-d'œuvre requise
- Des économies d'eau conséquentes.
- Aucun aménagement préalable requis. Inconvénients :

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

- Les coûts initiaux relativement élevés, en particulier en ce qui concerne les investissements initiaux.
- Le risque de compactage du sol.
- Une évaporation accrue lorsque les gouttelettes d'eau sont fines.

Une distribution non homogène de l'arrosage en cas de vent. Ce système d'aspersion offre une méthode d'irrigation efficace et automatisable, mais il nécessite une gestion attentive pour minimiser les inconvénients liés aux coûts et aux pertes d'eau.



Figure 18 : Irrigation par aspersion

V.3 Choix des techniques d'irrigation

En effet, le choix des méthodes d'irrigation et de leur emplacement dépend de plusieurs facteurs cruciaux :

- **Topographie** : La configuration du terrain, incluant sa pente, son relief et la géométrie de la parcelle, exerce une influence décisive sur le type d'irrigation qui peut être mis en œuvre de manière efficace.
- **Ressource en eau** : La disponibilité du débit d'eau constitue un élément déterminant dans le processus de sélection de la technique d'irrigation appropriée.
- **Nature du sol** : La perméabilité du sol joue un rôle essentiel dans la répartition de l'eau et dans l'efficacité globale du système d'irrigation.
- **Nature des cultures** : Les besoins en eau varient en fonction des différentes cultures, ce qui peut influencer la décision quant à la méthode d'irrigation à privilégier.
- **Rentabilité** : Il est indispensable d'évaluer la viabilité économique de l'irrigation en prenant en compte les coûts d'installation, les dépenses d'entretien, ainsi que les avantages potentiels pour les agriculteurs.
- Les cultures maraîchères se prêtent généralement bien aux techniques d'irrigation de surface et d'aspersion. Pour les céréales, l'irrigation par aspersion est couramment adoptée, tandis que les arbres s'accoutument idéalement de l'irrigation localisée.

Conclusion :

En résumé, suite à l'évaluation approfondie des différentes méthodes d'irrigation ainsi que de

Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

leurs avantages et inconvénients, nous avons décidé d'opter pour des approches modernes spécifiques adaptées à notre étude. Après avoir soigneusement examiné les options, nous avons opté pour deux systèmes d'irrigation spécifiques : l'irrigation par aspersion pour la culture de Blé et l'irrigation par goutte-à-goutte pour la culture d'olivier.

**Chapitre VI :
Dimensionnement à la parcelle**

VI.1 Introduction

Ce chapitre se concentrera sur le dimensionnement à la parcelle en fonction de la technique d'irrigation sélectionnée par les agriculteurs, tout en tenant compte des critères et contraintes spécifiques à la zone du périmètre étudié. La méthode d'irrigation choisie joue un rôle déterminant dans l'efficacité de l'utilisation de l'eau, la gestion responsable des ressources et l'optimisation des rendements agricoles pour le périmètre en question.

VI.2 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par goutte à goutte

Nous allons nous concentrer sur le dimensionnement d'un réseau d'irrigation localisée, en particulier le système goutte à goutte. Pour mener à bien ce dimensionnement, nous aurons besoin de données de base, telles que la superficie de la parcelle, les besoins en eau quotidiens des cultures, ainsi que le temps maximum de travail disponible par jour.

VI.2.1 Données générales

- **Culture** : Olivier
- **Besoin de pointe** : 153.31mm
- **Organisation du réseau goutte à goutte** Avec un écartement de 4*4m
- **Surface** : 3 ha

Avec :

→ 240 m de longueur.

→ 125 m de largeur.

Caractéristiques du goutteur :

- Débit nominal: 2 l/h
- Pression nominale : 10 m.c.e
- Le nombre de goutteurs par arbre : 2
- Espacement des goutteurs \approx 1-2 m
-

VI.2.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

CHAPITRE VI : Dimensionnement à la parcelle

VI.2.2.1 Influence du taux de couverture du sol

Dans le système d'irrigation goutte à goutte, les apports d'eau sont localisés sur une petite portion de la surface, ce qui réduit la part d'évaporation directe à partir du sol. Pour prendre en compte cette particularité, on applique à l'ETM (Évapotranspiration Maximale) un coefficient de

Réduction K_r . Ce coefficient permet de mieux ajuster les besoins en eau réels des cultures, en considérant l'efficacité accrue de l'irrigation localisée qui minimise les pertes dues à l'évaporation, contribuant ainsi à une gestion plus efficiente de l'eau pour les cultures dans le périmètre étudié.

Le coefficient de réduction « K_r » dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 90\%$) cas agrumes. et peut être calculé par la formule proposées ci-après :

VI.2.2.2 La formule de Freeman et Garzoli

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

On considère que le taux un taux de couverture pour agrumes égale à 90% donc :

$K_r = 0.95$ selon Freeman et Garzoli

On prendra un coefficient **$K_r = 0.8$**

Donc :

$$B_{jm} = B_j * K_r$$

$$B_j = ETM_c = B_{\text{pointe}}/30 = 4.91 \text{ mm/j}$$

On trouve :

$$B_{jm} = 3.93 \text{ mm/j}$$

VI.2.2.3 Dose nette pratique

Une fois les besoins journaliers en eau calculés, il est nécessaire de déterminer une fraction ou un pourcentage d'humidification dans la zone racinaire. La dose d'humidification (RFU) est définie par la hauteur d'eau P , qui représente la quantité d'eau requise pour maintenir le sol à une humidité optimale pour la croissance des cultures

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot da \cdot P\% = RFU * P$$

CHAPITRE VI : Dimensionnement à la parcelle

Avec :

- **Hcc** : humidité a la capacité au champ (21%)
- **Hpf** : humidité au point de flétrissement (12%)
- **Y** : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)
- **Z** : profondeur d'enracinement en mm (1500 mm)
- **P** : Pourcentage du sol humidifié $P = \frac{n.Spd.Sh}{Sa.Sr}$
- **N** : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre =2
- **Spd** : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m) □ **Sh** : Largeur de la bande humidifiée d'après la table, on a Sh = 1 m.
- **Sr** : Ecartement entre rangs d'arbre = 4m.
- **Sa** : espacement des arbres sur les rangs= 4m

$$P = \frac{2 * 2 * 1}{4 * 4} = 0.25 = 25\%$$

$$Dp = 0.09 * 2/3 * 1500 * 1.5 * 0.25 = \mathbf{33.91 \text{ mm}}$$

VI.2.2.4 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr)

$$Tr = \frac{\text{Dose nette}}{Bj}$$

$$Tr = 33.91/4 = 8.62$$

On prend : Tr = 8 jours

VI.2.2.5 Calcul de la dose réelle

On recalcule la nouvelle dose réelle :

$$Dr = Bj_m * Tr$$

$$Dr = 4 * 8 = 32 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \mathbf{Dr = 32 \text{ mm}}$$

VI.2.2.6 La dose brute réelle

$$D_{brutte} = \frac{Dr}{Eff * Cu} \dots \dots \dots VI. 8$$

Avec :

CHAPITRE VI : Dimensionnement à la parcelle

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

Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

$$\rightarrow D_{brutte} = 39.50 \text{ mm}$$

VI.2.2.7 Durée de fonctionnement par d'arrosage (h)

$$\theta = \frac{D_{brutte}}{Sd \cdot Sr_n \cdot Qg}$$

$$\theta = 158.02 \text{ h / mois}$$

VI.2.2.8 Durée d'arrosage journalier

On utilise la formule suivante :

$$D_j = \frac{\text{Durée d'arrosage}}{Fr}$$

$$D_j = 19.75 = 20 \text{ heures/jour}$$

$$\rightarrow D_j = 19.75 = 20 \text{ heures/jour}$$

VI.2.2.9 Nombre d'arbre par hectare

On utilise la formule suivante :

$$N \text{ d'arbre} = \frac{1 \text{ ha}}{s} = \frac{1 \text{ ha}}{Ea \cdot Er}$$

$$\rightarrow N \text{ arbre} = 1875 \text{ arbres}$$

VI.2.2.10 Nombre d'arbre par rampe

On utilise la formule suivante :

$$N_a \text{ rampe} = \frac{Lr}{Ea}$$

$$\rightarrow N_a \text{ rampe} = 60 \text{ arbres}$$

VI.2.2.11 Nombre des goutteurs par rampe

On utilise la formule suivante :

$$N_g = \frac{lr}{Ea} \times 2$$

$$\rightarrow N_g = 120 \text{ goutteurs}$$

VI.2.11 Débit d'une rampe

On utilise la formule suivante :

$$Q_r = N_g \times qg$$

$$\rightarrow Q_r = 120 \times 2 = 240 \text{ l/h}$$

CHAPITRE VI : Dimensionnement à la parcelle

VI.2.2.12 Nombre de rampes

On utilise la formule suivante :

$$N_{rampe} = \frac{L_{pr}}{E_r}$$

$$\rightarrow N_{rampe} = 125 / 4 = 31 \text{ rampes}$$

VI.2.2.13 Débit de la porte rampe

On utilise la formule suivante :

$$Q_{pr} = Q_{rampe} \times N_{rampe}$$

$$\rightarrow Q_{pr} = 500 \times 50 = 7440 \text{ l/h}$$

VI.2.2.14 Calcul hydraulique

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

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

La variation maximale de la pression $q = K \cdot H^x$ avec $x=0.5$

(caractéristique du goutteur)
$$\frac{\Delta q}{q(g)} = \frac{\Delta h}{H(n)}$$

Telle que :

$q(g)$: débit nominal du goutteur

$H(n)$ pression nominal

$X = 0.5$

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

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

et ΔH linéaire = 1.8 m

Donc pour les rampes = 1.2 m

Pour le porte rampe = 0.6 m.

VI.2.2.15 Calcul des diamètres des portes rampes et rampes

Diamètre de la rampe :

Le diamètre d'une rampe est calculé comme suit :

$$D = \left[\frac{P.d.c^r \times 2.75}{0.478 \times Q_r^{1.75} \times L_r} \right]^{(-\frac{1}{4.75})}$$

Avec :

- $Pdc(r)$: la perte de charge dans la rampe
- $Q(r)$: le débit de la rampe en l/h

CHAPITRE VI : Dimensionnement à la parcelle

- $L(r)$: la longueur de la rampe en m
- \varnothing_r (cal) : le diamètre de rampes
- \varnothing_{pr} (cal) : le diamètre de porte rampe

→ $D = 15.89$ mm

On prend un diamètre normalisé : $DN = 16$ mm.

Diamètre de porte rampe :

On utilise la formule suivante :

$$D = \left[\frac{P \cdot d \cdot c^r \times 2.75}{0.478 \times Q_r^{1.75} \times L_r} \right]^{\left(\frac{1}{4.75} \right)}$$

→ $D = 56.82$ mm

On prend un diamètre normalisé pour plus de sécurité : $DN = 63$ mm.

Vérification des pertes de charges :

On utilise la formule suivante : (Tableaux 38,39)

On recalcule les pertes de charges pour un $D = 16$ mm.

$$\Delta H \text{ Rampe} = \frac{0.478 \times L \times D^{-4.75} \times Q^{1.75}}{2.75}$$

→ $\Delta H \text{ Rampe} = 1.16$ m

$\Delta H \text{ Rampe} = 1.16$ m < 1.2 m

On recalcule les pertes de charges pour un $D = 50$ mm.

→ $\Delta H \text{ Porte rampe} = 0.463$ m

→ $\Delta H \text{ Porte rampe} = 0.463$ m < 0.6 m

Tableau 49 : Caractéristiques des rampes.

Culture	Surface (m ²)	Lr(m)	Ng	Qr (l/h)	pdc(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Pdc' calc (m)
Olivier	300000	240	120	240	1.2	15.89	16	1.16

Tableau 50 : Caractéristiques des portes rampes.

Culture	Surface (m ²)	Lpr(m)	Nr	Qr (l/h)	pdc(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Pdc' calc (m)
Olivier	30000	125	31	7440	0,6	56.82	60	0,463

VI.2.2.16 La pression d'eau à la borne de distribution

C'est la somme de la pression nominale de 10 mce et des pertes de charge accumulées sur le parcours de la borne d'irrigation jusqu'au goutteur présentant le déficit le plus important.

$$P(m) = 1.16 + 0.463 + 10 = 11.623m$$

$$\rightarrow P = 1.1623 \text{ bar}$$

$P = 1.1623 \text{ bar}$ est la pression d'eau nécessaire ce qui est largement suffisante qu'il faut fournir pour irriguer l'ilot choisi.

VI.4 Dimensionnement d'un réseau d'asperseur

L'irrigation par aspersion repose sur le principe de l'alimentation de rampes équipées de dispositifs d'aspersion à partir d'un point de prélèvement d'eau, via un réseau de canalisations. Avant de concevoir le système, il est essentiel d'évaluer des facteurs tels que le choix de la culture à irriguer et les caractéristiques spécifiques de la parcelle. Ces données guident la configuration des asperseurs, garantissant une répartition uniforme de l'eau sur la surface cultivée. L'objectif premier est d'optimiser l'irrigation pour répondre aux besoins précis des cultures, favorisant leur développement tout en préservant les ressources hydriques. Ce procédé permet une gestion précise de l'irrigation, augmentant ainsi l'efficacité de l'agriculture.

VI.4.1 Données agronomiques

Avant le dimensionnement des ouvrages cités, il est utile de déterminer certains paramètres qui sont, le choix de la culture et de la parcelle, les besoins de pointe et le temps du travail :

Choix de la culture : Blé

Choix de la parcelle : la parcelle sélectionnée pour l'irrigation à une superficie de 2ha cette parcelle est en forme rectangulaire avec des dimensions de 200m X 100 m , bénéficiant d'une pression de 5.7 bars

Besoin de pointe : les besoins en eau du Blé est de : 65.96 mm pour le mois de pointe

Perméabilité du sol : le sol est de type texture limoneuse avec une perméabilité de $k = 20 \text{ mm/h}$

Temps de travail : 20 heures /jour et 26 jours / mois

VI.4.2 Calcul de la Dose pratique RFU

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

CHAPITRE VI : Dimensionnement à la parcelle

- Y: degré de tarissement : égal à 2/3
- Da: densité apparente : égale à 1.2
- Z: profondeur d'enracinement mm (60 cm)
- Hcc: humidité à la capacité au champ (21%)
- Hpf : humidité au point de flétrissement (12%).

→RFU = $1.2 \times 2/3 \times 600 \times 0.09 = 18$ mm

VI.4.3 Le diamètre de l'ajutage

La perméabilité du sol $K = 20$ est supérieure à 10 mm/h, ce qui permet une pluviométrie admissible. Selon la fiche technique, d'un arroseur de type Perrot, le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.8 mm.

$$P = (1.5 \times d)/1.04$$

Avec :

P : La pluviométrie de la buse en mm,

d : Le diamètre de la buse en mm.

Pour calculer le diamètre on prend :

$$d = (P \times 1.04)/1.5$$

VI.4.3.1 Calcul de la portée du jet (L)

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

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25}$$

Avec :

h : La pression à la buse en m (5.7 bars dans notre cas).

d : Le diamètre de la buse en mm.

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$L = 3 \times 4.8^{0.5} \times 57^{0.25} = 18.05\text{m.}$$

Dans notre zone d'étude, nous avons des vitesses de vent faible donc nous utiliserons les valeurs suivantes :

- $E_l = 1,2 \times 15 = 18$ m.

- $E_a = 0,8 \times 15 = 12$ m.

Les valeurs normalisées des écartements sont utilisées pour cela :

- $E_l = 18$ m.

- $E_a = 12$ m.

CHAPITRE VI : Dimensionnement à la parcelle

VI.4.3.2 Débit de l'asperseur

Le calcul du débit d'un asperseur s'effectue à l'aide de la relation suivante :

$$Q_{asp} = 0.95 * \frac{\pi * d^2}{4} * \sqrt{2gh}$$

Avec :

- **Qasp** : Le débit d'asperseur en m³ /s,
- **d** : Le diamètre de la buse en m,
- **h** : La pression à la buse en m.

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$Q_{asp} = 0.95 * (0.0048^2 / 4) * \sqrt{2 * 9.81 * 57} = 1.73 \text{ m}^3/\text{h}.$$

VI.4.4 Vérification de la pluviométrie

La vérification de la pluviométrie est une étape essentielle dans le processus d'irrigation. Il s'agit de s'assurer que la quantité d'eau fournie aux cultures correspond aux besoins réels de la plante.

VI.4.4.1 Calcul du tour d'eau

Le calcul du tour d'eau se fait par la relation suivante :

$$T_{eau} = (RFU * N_j) / B_{mp}$$

Avec

- **T_{eau}** : Le tour d'eau en jours,
- **N_j** : Nombre de jour de travail par mois,
- **B_{mp}** : le besoin du mois de pointe.

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$T_{eau} = (18 * 30) / 65.96 = 8.18 \text{ jours} = 8 \text{ jours}.$$

Nombre d'irrigation par mois : On irrigue $30/8 = 4$ fois par mois.

VI.4.4.2 Calcul de la dose réelle

Le calcul de la dose réelle se fait par la relation suivante :

$$Dose_{réelle} = T_{eau} * Dose_{journalière}$$

Avec :

$$Dose_{journalière} = \text{Besoins de pointes} : 65.96 \text{ mm/mois en jour} = 2.19 \text{ mm/ jour}$$

CHAPITRE VI : Dimensionnement à la parcelle

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$Dose_{réelle} = 8 * 2.19 = 17 \text{ mm}$$

VI.4.4.3 Calcul de la dose brute

Le calcul de la dose brute se fait par la relation suivante :

$$Dose_{brut} = Dose_{réelle} / 0.75$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$Dose_{brut} = 22.66 \text{ mm.}$$

VI.4.4.4 Temps d'arrosage

Le calcul du temps d'arrosage par position, sans dépasser la capacité d'infiltration, s'effectue de la manière suivante :

$$T_a = Dose_{brute} / k_{pluviométrie}$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$\rightarrow T_a = 1 \text{ heures.}$$

Ainsi, il est possible d'avoir jusqu'à $N_p = 20$ cycles d'arrosage par jour pour un asperseur, sans dépasser une durée totale de 20 heures.

VI.4.4.5 Calcul de l'unité d'arrosage

Le calcul de l'unité d'arrosage se fait par la relation suivante :

$$S_u = S_{parcelle} / (T_{eau} * N_p)$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$\rightarrow S_u = 0.08 \text{ ha.}$$

VI.4.4.6 Calcul du débit d'équipement

Le calcul de l'unité d'arrosage se fait par la relation suivante :

$$Q_{eq} = (S * B_{mp} * 10) / (T_a * N_p * N_j * 0.75)$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$Q_{eq} = (2 * 65.96 * 10) / (1 * 20 * 26 * 0.75) = 3.4 \text{ m}^3/\text{h}.$$

VI.4.4.7 Calcul du volume fourni par un asperseur par mois

Le calcul du volume fourni par un asperseur par mois se fait par la relation suivante :

$$V = Q_{asp} * N_p * T_a * N_j$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$V = 821.6 \text{ m}^3.$$

VI.4.4.8 Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle

Le calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle se fait par la relation suivante :

$$V_t = B_{mp} * \text{Largeur terrain} * \text{Longueur terrain} / 1000$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$V_t = 65.96 * 200 * 100 / 1000 = 1319.2 \text{ m}^3.$$

VI.4.4.9 Calcul du nombre d'asperseurs requis

Le calcul de nombre d'asperseurs requis se fait par la relation suivante :

$$N_{asp} = (S_u * 10000) / (E_l * E_a)$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$N_{asp} = (0.08 * 10000) / (18 * 12) = 3.7 \approx 3 \text{ Asperseurs pour } 0.08 \text{ ha}.$$

VI.4.4.10 Calcul hydraulique du réseau d'irrigation par aspersion

Le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion est une étape essentielle dans la conception d'un système d'irrigation efficace. Cela implique de prendre en compte différents paramètres pour assurer une distribution uniforme de l'eau sur toute la zone à irriguer.

VI.4.4.10.1 La longueur de la rampe

Deux options sont envisagées pour l'installation des asperseurs sur la rampe : **(figure 19)**.

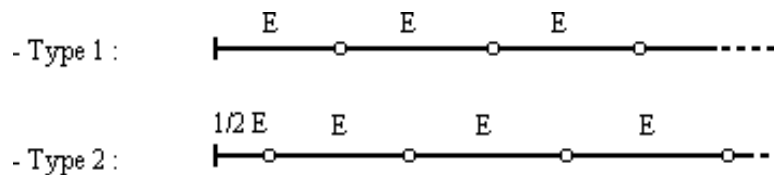


Figure 19 : Mécanismes de fixation des arroseurs sur la rampe.

La longueur de la rampe est déterminée comme suit :

- Pour le type 1 : $L = N \times E$,
- Pour le type 2 : $L = (N + 0.5) \times E$.

Par conséquent, la formule pour calculer la longueur de la rampe est :

$$L_r = (L_{atr}/2) - (E_a/2)$$

Avec :

- "Lar" est la longueur du terrain.

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$L_r = (200/2) - (12/2) = 94 \text{ m.}$$

Le nombre d'asperseurs par rampe peut être calculé en utilisant la formule suivante :

$$N_{aspr/r} = L_r / E_l$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$N_{aspr/r} = 94/12 = 7 \text{ Asperseurs.}$$

VI.4.4.11 Dimensionnement de la rampe

Le débit de la rampe est calculé en utilisant la formule suivante :

$$Q_r = Q_{asp} \times N_{aspr}/r$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$Q_r = 6.63 \text{ m}^3/\text{h} = 0.00184 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le nombre de positions des rampes est déterminé en divisant la longueur totale de la zone par l'écartement entre les rampes :

$$N_{rampe} = \text{Largeur terrain} / \text{El}$$

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$N_{rampe} = 100/18 = 5 \text{ rampes.}$$

VI.4.4.12 Calcul du diamètre de la rampe

Le calcul du diamètre de la rampe se fait par la relation suivante :

$$D_r = \sqrt{(4 * Q_r) / (\pi * V)}$$

Avec :

- Q_r : le débit exprimé en m^3/s ,
- D_r : le diamètre exprimé en mm,
- V : la vitesse économique de l'ordre de 1.5 m/s.

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$D_r = \sqrt{(4 * 0.00184) / (\pi * 1.5)} = 39 = 40 \text{ mm.}$$

On choisit un diamètre normalisé de 40 mm pour une conduite en PEHD, afin de minimiser les pertes de charges.

D'où :

$$V = (4 * Q_r) / (\pi * D_r^2)$$

CHAPITRE VI : Dimensionnement à la parcelle

Nous allons examiner les éléments suivants :

$$V = 1.464 \text{ m/s.}$$

VI.4.4.13 Calcul de la perte de charge de la rampe

Les pertes de charge seront calculées en utilisant la formule de Hazen-Williams :

$$J = (3.592 / CH)^{1.852} * (L / D^{4.87}) * Q^{1.852}$$

Avec :

- J représente la perte de charge linéaire en m,
- CH est le coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour les conduites en fonte ou en PEHD)
- D correspond au diamètre de la canalisation, exprimé en mètres,
- L représente la mesure de la longueur de la conduite, en mètres,
- Q est le débit en $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$J = 0.956 \text{ m.}$$

VI.4.4.14 Dimensionnement de la porte rampe

VI.4.4.14.1 Longueur de la porte rampe

Le calcul de la longueur du port rampe se fait par la relation suivante :

$$L_{pr} = \text{Longueu terrain} - (El / 2)$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$L_{pr} = 100 - (18/2) = 91 \text{ m.}$$

VI.4.4.14.2 Débit de la porte rampe

Le calcul du diamètre de la rampe se fait par la relation suivante :

$$Q_{pr} = Q_r * N_r$$

CHAPITRE VI : Dimensionnement à la parcelle

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$Q_{pr} = 0.0092 \text{ m}^3/\text{s}.$$

VI.4.4.14.3 Calcul du diamètre de la porte rampe

Le calcul du diamètre de la porte rampe se fait par la relation suivante :

$$D_{pr} = \sqrt{(4 * Q_{pr}) / (\pi * V)}$$

Avec :

- Q_{pr} : le débit exprimé en m^3/s ,
- D_r : le diamètre exprimé en mm,
- V : la vitesse économique de l'ordre de 1.5 m/s.

Pour notre cas, nous allons prendre en considération les éléments suivants :

$$D_{pr} = \sqrt{(4 * 0.0092) / (\pi * 1.5)} = 68.47 = 75 \text{ mm}.$$

On choisit un diamètre normalisé de 75 mm pour une conduite en PEHD, afin de minimiser les pertes de charges.

D'où :

$$V = (4 * Q_{pr}) / (\pi * D_r^2)$$

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$V = (4 * 0.0092) / (\pi * 0.075^2) = 2.08 \text{ m/s}.$$

VI.4.4.14.4 Calcul de la perte de charge de la porte rampe

Les pertes de charge seront calculées en utilisant la formule de Hazen-Williams :

$$J = (3.592 / CH)^{1.852} * (L / D^{4.87}) * Q^{1.852}$$

Avec :

- J représente la perte de charge linéaire en m,
- CH est le coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour les conduites en fonte ou en PEHD),
- D correspond au diamètre de la canalisation, exprimé en mètres,
- L représente la mesure de la longueur de la conduite, en mètres,
- Q est le débit en m^3/s .

CHAPITRE VI : Dimensionnement à la parcelle

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$J = 3.09 \text{ m.}$$

VI.4.4.15 Les résultats du dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion

Les données obtenues lors du dimensionnement sont présentées de manière synthétique dans le tableau ci-dessous : (**Tableau 40**)

Tableau 40 : Résultats de calcul pratique du réseau d'irrigation par aspersion.

Conduites	Rampe	Porte Rampe
Longueur (m)	94	91
Diamètre (mm)	40	75
Débit (m ³ /s)	0.00184	0.0092
Vitesse (m/s)	1.464	2.08
Perte de charge (m)	0.461	3.09

VI.4.4.15.1 Calcul de la pression en tête du réseau

L'équation utilisée pour déterminer la requise pour assurer le bon fonctionnement du dernier asperseur est la suivante :

$$H = H1 + H2 + H3$$

Avec :

- H représente la pression à la tête de la parcelle,
- H1 est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (2.5 bars),
- H2 est la perte de charge totale,
- H3 est la dénivelée (0 m pour un terrain plat).

En utilisant les valeurs spécifiées :

$$(H1 = 2.5 \text{ bars, } H2 = 4.5 \text{ m et } H3 = 0)$$

Nous obtenons :

$$H = 25 + 4.5 + 0 = 33.7 \text{ m} = 2.95 \text{ bar.}$$

Donc, la pression de 3.93 bars est suffisante pour alimenter les asperseurs et assurer leur bon fonctionnement.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons passé en revue le processus de conception de deux systèmes d'irrigation : le goutte-à-goutte pour la culture des oliviers et l'aspersion pour la culture du blé. L'adoption de ces systèmes répond à un double objectif : la préservation des ressources en eau d'irrigation et l'amélioration des rendements agricoles. Ces approches modernes visent à maximiser l'efficacité de l'irrigation tout en répondant aux besoins spécifiques de chaque culture, contribuant ainsi à une utilisation plus durable des ressources hydriques et à une productivité accrue dans l'agriculture

Chapitre VII :

Calcul Techno-économique

VII.1 Introduction

Pour évaluer la viabilité financière de notre projet et estimer le coût global de sa mise en œuvre, nous devons analyser en détail le devis estimatif. Cette analyse implique la quantification de toutes les activités sur le terrain en multipliant le volume des travaux par le prix unitaire approprié. Ainsi, cette section se concentre sur une étude économique approfondie, qui nous permettra de mieux comprendre la dimension financière du projet, y compris les bénéfices potentiels et les pertes, en prenant en compte diverses dépenses, qu'il s'agisse des coûts d'investissement initiaux ou des coûts d'exploitation continus. Pour mener cette évaluation de manière précise, nous devons quantifier de manière exhaustive toutes les tâches à entreprendre, notamment la mise en place du réseau de distribution et la réalisation de divers travaux requis pour la réussite du projet.

VII.2 Exécution des travaux de pose des canalisations

VII.2.1 Exécution des tranchées

L'opération de terrassement dépend étroitement des caractéristiques du terrain. L'excavation est réalisée mécaniquement à l'aide d'une pelle mécanique. La profondeur minimale de la tranchée à creuser est fixée à 1 mètre, tandis que la largeur de la tranchée doit être dimensionnée de manière à permettre à un ouvrier de travailler sans difficulté. Cette largeur augmente proportionnellement aux diamètres des conduites à installer. L'excavation des tranchées est réalisée de manière successive par sections, pour garantir un travail efficace et sûr.

VII.2.1.1 Pose du lit de sable

La pose du lit de sable revêt une importance primordiale. Son rôle principal est d'assurer une répartition uniforme des charges sur toute la zone d'appui, en évitant tout appui linéaire ou ponctuel. Avant de poser les conduites, plusieurs étapes préliminaires sont nécessaires :

- Élimination des grosses pierres présentes sur les talus de la tranchée.
- Respect scrupuleux des cotes du profil en long.
- Nivellement minutieux du fond de la tranchée.
- Création d'une couche de lit de pose (utilisant du sable) qui doit être soigneusement établie sur toute la longueur du fond de la fouille.

VII.2.1.2 Mise en place des canalisations

L'organisation d'un site de construction est essentielle pour coordonner efficacement les ressources et garantir une exécution rapide des tâches. Dans le cadre de la mise en place du réseau de distribution, des étapes clés telles que l'excavation des tranchées, la pose du lit de sable l'installation des conduites, les tests d'étanchéité, le remblayage des tranchées, et le nivellement du terrain sont minutieusement planifiées et exécutées pour assurer la qualité et l'efficacité du projet.

VII.2.1.3 Assemblage des conduites en PEHD

Les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) sont disponibles en barres de 6 à 12 mètres ou en couronnes de 50 à 100 mètres. Deux méthodes de raccordement sont utilisées : jusqu'à un diamètre de 63, le raccordement est mécanique par emboîtement. Au-delà de ce diamètre, on utilise des raccords électro-soudables en PEHD à emboîtement femelle. Ces derniers intègrent une résistance chauffante, ce qui permet un processus de soudage rapide d'environ une minute, suivi

d'une période de refroidissement d'environ une heure. Ce système élimine le besoin de butées supplémentaires, réduisant ainsi les coûts d'installation et

VII.2.1.4 Contrôle du compactage des tranchées

Le compactage de la zone d'enrobage et de remblaiement joue un rôle crucial dans la répartition des charges autour du tuyau, affectant ainsi sa stabilité. Il est impératif de contrôler la qualité de cette opération. Un moyen pratique et économique pour effectuer cette vérification est l'utilisation d'une "sonde battue". Cet outil permet d'obtenir une estimation assez précise de la densité du sol et de détecter rapidement les éventuels défauts de compactage dans une tranchée. C'est un dispositif efficace pour garantir la solidité des installations.

VII.3 Calcul des volumes des travaux de distribution

VII.3.1 Calcul du volume de terrassement

a. Largeur du fond de la tranchée :

Il est obtenu 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 :

Il est essentiel de planifier avec précision la profondeur de la canalisation pour faciliter l'installation des raccordements spécifiques et éviter toute interférence avec les autres conduites. Cette approche assure une mise en place optimale du réseau. (figure 19).

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

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. Comprise entre 0.1 et 0.2 m.

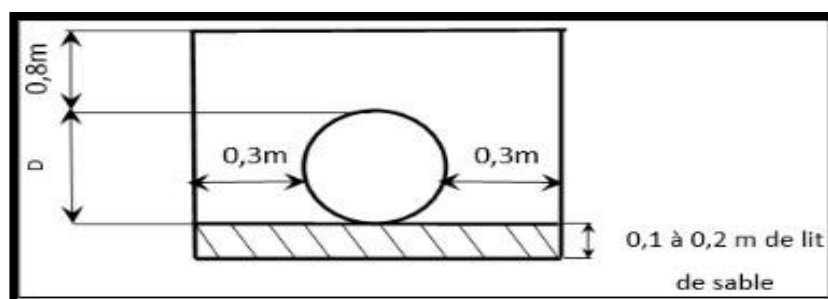


Figure 13 : Disposition de la conduite dans une tranchée

VII.3.2 Calcul du volume de déblai

Le volume de déblai sera égale à :

$$V_{deb} = L \times H \times b \text{ (m3)}$$

- L : Longueur de la tranchée en (m) ; □H : profondeur de la tranchée (m).
- b : largeur de la tranchée (m).

VII.3.3 Calcul du volume de remblais

Le volume de remblai sera égal à :

$$V_{remb} = V_{deb} - V_{cond}$$

Tel que :

$$V_{cond} = \left(\frac{\pi \times D^2}{4}\right) \cdot L$$

Donc :

$$V_{remb} = V_{deb} - \left(\frac{\pi \times D^2}{4}\right) \cdot L$$

VII.3.4 Calcul du volume de sable

Il est calculé comme suivant : (Tableau 451)

$$V_{sable} = h_{sable} \times L \times b$$

a- Calcul des différents volumes :

Tableau 41 : Quantité des travaux de terrassement

D(mm)	b(m)	h(m)	L(m)	Vdebl	S conduites	V cond	V rembl	Vsable
630	1.2	1.6	298.75	573.6		147.746	425.854	71.7
500	1.1	1.5	30.96	51.084		12.15	38.934	6.8112
250	0,85	1,25	484.5	514.78125		95.0831	419.69	82.365
200	0,8	1,2	219.4	210.624		34.4458	176.1782	35.104
160	0,75	1,16	130.83	113.8221		16.432	97.3901	19.6245
110	0,7	1,11	19950.35	15501.422		1722.71	13778.712	2793.049
Somme (da)			21216.04	16965.33		433.84	14936.7583	3008.6537

b- Coût des travaux de terrassement

Le cout des travaux est dans le tableau suivant : (Tableau 42)

Tableau 42 : Coût des travaux de terrassement.

Type des travaux	unité	prix unitaire (da)	Quantité	prix des Tva
Déblais	M3	1200	16965.3	20358360
remblais	M3	800	14936.7	11949360
Lis de sable	M3	1400	3008.65	4212110
Total (da)				36519830

VII.4 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution

Les tarifs pour les conduites sont comme suivants : (Tableau 43)

Tableau 43 : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.

Conduite	type	Unité de mesure	prix unit en da	Quantité ml	prix da
630	PEHD	ml	9320	298.75	2784350
500	PEHD	ml	6881,4	30.96	213048.144
250	PEHD	ml	1458,59	484.5	706686.855
200	PEHD	ml	1183,05	219.4	259561.17
160	PEHD	ml	1786,5	130.83	233727.795
110	PEHD	ml	844,1	19950.35	16840090.4
Total HT					21037464.4
TVA 19%					3997118.24
TOTAL TTC					25034582.63

VII.4.1 Cout de réservoir de stockage

Les travaux du terrassement, bétonnage, maçonnerie, et corps d'états secondaire ainsi que les matériaux entrent dans la réalisation du réservoir de stockage. (Tableau 44)

$$V = 2 \times 3000 \text{ m}^3 = 6000 \text{ m}^3$$

$$L = 30 \text{ m}$$

$$B = 20 \text{ m}$$

$$H = 5 \text{ m}$$

Tableau 44 : Devis estimatif de réservoir de stockage

Désignation des travaux	unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
Terrassements				
Décapage de la terre végétale	M3	600	500.00	300000
Déblai	M3	900	600.00	540000
Remblai	M3	660	600.00	396000

CHAPITRE VII : Calcul Techno-économique

*Béton arme	M ³	600	45000.00	27000000
*Aménagement extérieur et Divers				0
Portail métallique	U	1	170000.00	170000
Electricités	U	120	10000.00	1200000
Peinture	M ²	1800	1000.00	1800000
Mur de clôture	M ²	120	3000.00	360000
Revêtement	M ²	180	25000.00	4500000
Total			36266000	

VII.5 Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales

Le devis estimatif est dans le tableau suivant : (Tableau 45)

Tableau 45 : Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation.

Désignation	unité	Quantité	prix unitaire	prix Total (DA)
borne type A2	u	46	185000	8510000
Borne type A4	u	3	85000	255000
Borne type C	u	4	120000	480000
Prix HT				9245000
Prix TTC				11001550

VII.6 Tableau des devis de projet

Dans le tableau suivant les différents devis de projet. (Tableau 46)

Tableau 46 : Devis de projet

Travaux	Prix Da
Terrassement	36519830
Conduites	25034582.63
Bâche de stockage	36266000
Bornes et vannes	11001550
Prix TTC	108821962.6

Le coût global du projet, en tenant compte de l'ensemble des transactions financières, se situe approximativement à : 108821962.6 **da**

Conclusion

La planification détaillée des travaux est essentielle pour assurer une exécution efficace du projet. L'étude des volumes de travail nous a permis d'établir une estimation du coût total du projet qui est estimé à 108821962.6 DA.

Conclusion générale

Cette étude met en lumière les défis cruciaux auxquels l'Algérie est confrontée en matière de gestion de l'eau, en mettant particulièrement en avant la situation à Bousfer. Dans cette région, l'irrigation agricole traditionnelle repose sur des pratiques individuelles et l'exploitation des sources d'eau existantes (depuis l'oued principalement). Cependant, cette approche fragmentée a montré ses limites en termes d'efficacité et de durabilité.

L'objectif principal de cette étude était de proposer une solution novatrice pour améliorer l'exploitation des terres agricoles du périmètre de Bousfer tout en rationalisant l'utilisation des ressources en eau, qu'elles soient conventionnelles ou non conventionnelles. La création d'un périmètre d'irrigation moderne était au cœur de cette proposition.

La problématique centrale qui a émergé au cours de notre étude est que il fallait installer un réservoir qui sera remplis par pompage depuis les eaux usées épurés de la station de Ain El Turk. Pour résoudre cette question, nous avons minutieusement dimensionné le réseau de distribution afin qu'il puisse venir aux besoins du périmètre. Pour ce faire, nous avons installé le réservoir dans le point le plus haut afin d'assurer un transfert gravitaire vers le périmètre. Toutefois, il est essentiel de noter que le débit requis pour ce réseau excédait la capacité disponible en eau. Pour compenser ce déficit, nous avons planifié la construction d'un réservoir de 6000 mètres cubes qui va assurer les besoins de toutes les cultures du périmètre de 400 ha

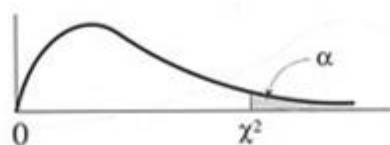
Cette étude représente une contribution significative à la gestion durable de l'eau et à l'agriculture dans la région de Bousfer. Elle peut servir de modèle pour d'autres projets similaires en Algérie et au-delà, démontrant ainsi la voie vers une utilisation plus efficace et responsable des ressources en eau dans l'agriculture, et contribuant ainsi au développement économique.

Références bibliographiques

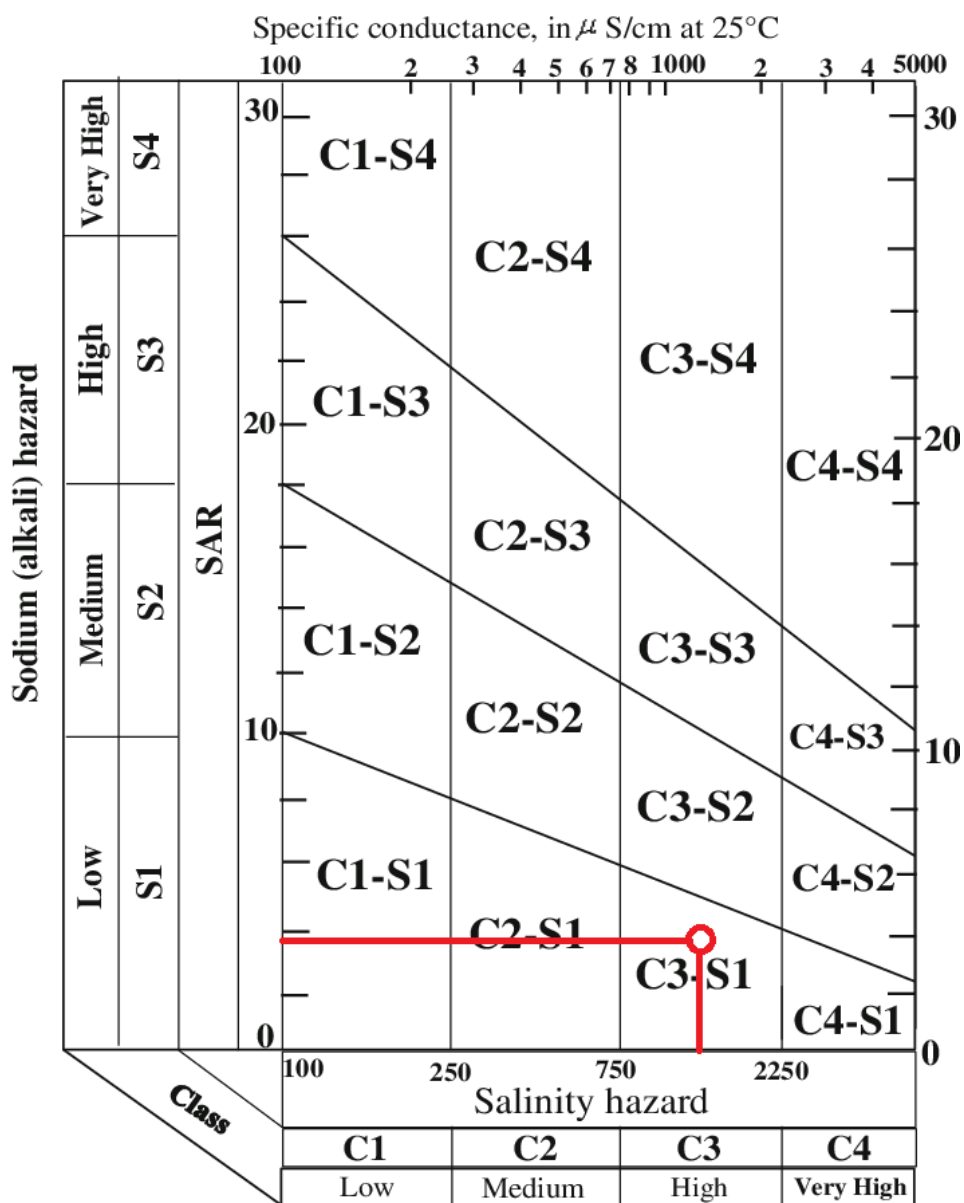
- [1] Martonne, E. de (1927). "Traité de Géographie Physique, Tome I: Géographie Générale." Armand Colin.
- [2] Emberger, G. (1955). Cours de Climatologie. Société d'Éditions Géographiques, Maritimes et Coloniales.
- [3] Touaibia, B. (2004) Manuel pratique d'hydrologie. ENSH Blida. P 136.
- [4] Aziez .O (2022) Cours drainage, ENSH Blida .P 9
- [5] Smith, J. A. (2020). Analyse du profil pédologique : méthodes et applications. Journal of Soil Science, 25(2), 123-145.
- [6] J. Doorenbos; A. Kassam. Reponse des rendements à l'eau. FAO Bulletin d'Irrigation et de Drainage (N33). 1980.
- [7] AYERS, R.S., WESTEOT, D.W. (1983). Qualité des eaux d'irrigation. Bulletin de la FAO n°29. Rome, Italie.
- [8] Arabi.Youcef .(2021).Etude De Faisabilité À L'irrigation Des Eaux Épurées De La Station D'épuration De Ben Chaabane À Boufarik (w. Blida)

ANNEXES

Table χ^2 : points de pourcentage supérieurs de la distribution χ^2



<i>dl</i>	.995	.990	.975	.950	.900	.750	.500	.250	.100	.050	.025	.010	.005
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.45	1.32	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88
2	0.01	0.02	0.05	0.10	0.21	0.58	1.39	2.77	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60
3	0.07	0.11	0.22	0.35	0.58	1.21	2.37	4.11	6.25	7.82	9.35	11.35	12.84
4	0.21	0.30	0.48	0.71	1.06	1.92	2.78	5.39	7.78	9.49	11.14	13.28	14.86
5	0.41	0.55	0.82	1.15	1.61	2.67	4.35	6.63	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75
6	0.68	0.87	1.24	1.64	2.20	3.45	5.35	7.84	10.64	12.59	14.45	16.81	18.55
7	0.99	1.24	1.69	2.17	2.83	4.25	6.35	9.04	12.02	14.07	16.01	18.48	20.28
8	1.34	1.65	2.18	2.73	3.49	5.07	7.34	10.22	13.36	15.51	17.54	20.09	21.96
9	1.73	2.09	2.70	3.33	4.17	5.90	8.34	11.39	14.68	16.92	19.02	21.66	23.59
10	2.15	2.56	3.25	3.94	4.87	6.74	9.34	12.55	15.99	18.31	20.48	23.21	25.19
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	7.58	10.34	13.70	17.28	19.68	21.92	24.72	26.75
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	8.44	11.34	14.85	18.55	21.03	23.34	26.21	28.30
13	3.56	4.11	5.01	5.89	7.04	9.30	12.34	15.98	19.81	22.36	24.74	27.69	29.82
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	10.17	13.34	17.12	21.06	23.69	26.12	29.14	31.31
15	4.60	5.23	6.26	7.26	8.55	11.04	14.34	18.25	22.31	25.00	27.49	30.58	32.80
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	11.91	15.34	19.37	23.54	26.30	28.85	32.00	34.27
17	5.70	6.41	7.56	8.67	10.09	12.79	16.34	20.49	24.77	27.59	30.19	33.41	35.72
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.86	13.68	17.34	21.60	25.99	28.87	31.53	34.81	37.15
19	6.84	7.63	8.91	10.12	11.65	14.56	18.34	22.72	27.20	30.14	32.85	36.19	38.58
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	15.45	19.34	23.83	28.41	31.41	34.17	37.56	40.00
21	8.03	8.90	10.28	11.59	13.24	16.34	20.34	24.93	29.62	32.67	35.48	38.93	41.40
22	8.64	9.54	10.98	12.34	14.04	17.24	21.34	26.04	30.81	33.93	36.78	40.29	42.80
23	9.26	10.19	11.69	13.09	14.85	18.14	22.34	27.14	32.01	35.17	38.08	41.64	44.18
24	9.88	10.86	12.40	13.85	15.66	19.04	23.34	28.24	33.20	36.42	39.37	42.98	45.56
25	10.52	11.52	13.12	14.61	16.47	19.94	24.34	29.34	34.38	37.65	40.65	44.32	46.93
26	11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	20.84	25.34	30.43	35.56	38.89	41.92	45.64	48.29
27	11.80	12.88	14.57	16.15	18.11	21.75	26.34	31.53	36.74	40.11	43.20	46.96	49.64
28	12.46	13.56	15.31	16.93	18.94	22.66	27.34	32.62	37.92	41.34	44.46	48.28	50.99
29	13.12	14.26	16.05	17.71	19.77	23.57	28.34	33.71	39.09	42.56	45.72	49.59	52.34
30	13.78	14.95	16.79	18.49	20.60	24.48	29.34	34.80	40.26	43.77	46.98	50.89	53.67
40	20.67	22.14	24.42	26.51	29.06	33.67	39.34	45.61	51.80	55.75	59.34	63.71	66.80
50	27.96	29.68	32.35	34.76	37.69	42.95	49.34	56.33	63.16	67.50	71.42	76.17	79.52
60	35.50	37.46	40.47	43.19	46.46	52.30	59.34	66.98	74.39	79.08	83.30	88.40	91.98
70	43.25	45.42	48.75	51.74	55.33	61.70	69.34	77.57	85.52	90.53	95.03	100.44	104.24
80	51.14	53.52	57.15	60.39	64.28	71.15	79.34	88.13	96.57	101.88	106.63	112.34	116.35
90	59.17	61.74	65.64	69.13	73.29	80.63	89.33	98.65	107.56	113.14	118.14	124.13	128.32
100	67.30	70.05	74.22	77.93	82.36	90.14	99.33	109.14	118.49	124.34	129.56	135.82	140.19



Caractéristiques hydriques de quelques sols :

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

Coefficients culturaux (Kc)
(Bulletin FAO d'irrigation et drainage n°33 tableau 18)

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

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