
**Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique**

ECOLE NATIONALE SUPERIEUR D'HYDRAULIQUE

Département d'Irrigation et Drainage



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE D'INGENIEURE
EN HYDRAULIQUE**

Option : Irrigation et Drainage

THÈME :

**Dimensionnement du périmètre de Boulhaf Dyr secteur 3 Est
(378 ha) à partir de la STEP de Ain Zerrouk (W. Tébessa).**

Réalisé par

ABOUDAOU

Massaouda

Soutenu devant le Jury :

KHEDIMALLAH Abderrahmane	M.C.B.	Président
SAADOUNE Samra	M. C. A.	Examinatrice
MAAZOUZI Sabra	M. A. A.	Examinatrice
RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Promoteur

Septembre 2024

DÉDICACES

Je dédie ce modeste mémoire :

À mes chers parents, Pour votre amour inconditionnel, vos encouragements constants, et votre soutien indéfectible tout au long de mon parcours. Ce travail est en grande partie le fruit de vos sacrifices et de votre patience.

À mon cher époux, Madjid, Pour ton amour, ta compréhension et ta présence rassurante à mes côtés. Merci pour ton soutien et ta confiance en moi.

À mes frères et sœurs, Pour votre affection, votre complicité et votre soutien moral tout au long de cette aventure.

À mon amie chère, Nour El Houda, Pour ta précieuse amitié, tes encouragements et tes précieux conseils. Merci d'avoir toujours été là.

REMERCIÉMENTS

En tout premier lieu, nous tenons à remercier ALLAH, le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la volonté, la force et la santé de réaliser ce mémoire.

Je remercie sincèrement mon encadrant, RASSOUL Abdelaziz, pour sa disponibilité, ses conseils précieux, et son accompagnement tout au long de ce projet. Son expertise et son soutien ont été déterminants pour la réalisation de ce travail.

Je souhaite également remercier les membres du jury, KHAEDIMALLAH Abderrahmane , SADOUNE Samra et MAZOUZI Sabra , pour l'honneur qu'ils me font en acceptant d'évaluer ce mémoire. Leurs observations et critiques constructives seront d'une grande aide dans mon perfectionnement professionnel.

Je n'oublie pas de remercier toute l'équipe pédagogique d'Ecole National Supérieur en Hydraulique pour la qualité de l'enseignement et les outils qu'ils m'ont transmis durant ces années d'études.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction Générale	1
1 Analyse des conditions naturels	2
1.1 Généralités	2
1.2 La situation géographique et administration de la wilaya de Tebessa . .	2
1.3 Présentation du périmètre d'étude	4
1.4 Situation topographique	6
1.4.1 Topographie	6
1.5 hydrographie	7
1.6 Etude géologique et hydrologie	8
1.6.1 Géologie et hydrologie	8
1.7 Critères de choix du périmètre	9
1.8 climatologie	9
1.8.1 population	9
1.8.2 Température moyenne	9
1.8.3 Pluviométrie	10
1.8.4 Humidité relative	12
1.8.5 Le vent	12
1.8.6 Évaporation potentielle	13
1.8.7 Insolation	14
1.9 Classification de l'indice de Marton	16
1.9.1 Classification du climat selon l'indice de Marton (1926)	16
1.9.2 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausсен .	17
1.9.3 Classification du climat selon diagramme d'EMBERGER	18
1.10 Conclusion	19

2	présentation de la step et la qualité des eaux	21
2.1	Présentation de la station d'épuration de Ain Zerrouk	21
2.1.1	Localisation de la STEP de Ain zerrouk	21
2.2	Relief	22
2.2.1	Capacité de traitement	22
2.2.2	Données recueillies sur la station d'épuration sont les suivantes .	22
2.2.3	Caractéristiques de l'effluent traitée :	22
2.3	Qualité d'eau d'irrigation	23
2.4	Salinité	24
2.5	Sodisation	24
2.5.1	Classification de l'eau d'irrigation	25
2.6	Conclusion	26
3	Étude Hydrologique	28
3.1	Géologique régionale	28
3.2	Etude du contexte Hydrologique	28
3.3	Homogénéité de la série pluviométrique	30
3.4	Etude statistique de précipitation :	32
3.5	Traitement des données	32
3.6	Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Gauss (loi Normale) : .	32
3.7	Ajustement à la loi de log Normale	34
3.7.1	Résultat graphique de la loi log normale	35
3.8	Comparaison entre la loi de Gauss et la loi log normale	36
3.9	Détermination de l'année de calcul	36
3.10	Climatologie	37
3.11	Calcul l'ETP de la région de Tebessa	38
3.12	Calcul de la pluie efficace P_{eff} dans le Cropwat	39
4	Etude des besoins des cultures	40
4.1	Calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures	40
4.1.1	Calcul des pluies efficace	41
4.2	L'évapotranspiration maximale (ETM)	42
4.3	Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence	42
4.4	Calcul l'ETP de la region de Tebessa	44
4.5	Diagramme ETP de la region de Tebessa par cropwat	45
4.6	Choix des cultures	46
4.7	Calcul les besoins en eau des céréales	47
4.8	Calcul des besoins en eau des maraichages	48
4.9	Calcul les besoins en eau de béttraves	49
4.10	Calcul les besoins en eau de oliviers	50

4.11	Calcul des besoins en eau de luzernes	50
4.12	Répartition des besoins net des différentes cultures	51
4.13	Estimation de débit spécifique	51
4.14	Calcul le débit caractéristique	52
4.15	Calcul le volume d'eau d'irrigation	52
5	choix des technique d'irrigation	54
5.1	Choix des technique d'irrigation	54
5.2	Classification des réseaux d'irrigation	54
5.2.1	Réseaux Gravitationnels	55
5.2.2	Réseaux Sous-Pression	55
5.2.3	Réseaux Mixtes	55
5.3	Classification des technique d'irrigation	55
5.4	Irrigation gravitaire	56
5.4.1	Irrigation par ruissellement	56
5.4.2	Irrigation à la raie	56
5.4.3	L'arrosage par submersion	56
5.4.4	Les avantages et inconvénients de l'irrigation gravitaire	57
5.5	Irrigation par aspersion	58
5.5.1	Avantages et Inconvénients	58
5.6	Irrigation goutte à goutte	59
5.7	Choix de technique d'irrigation	61
6	Dimensionnement de la conduite	63
6.1	Introduction	63
6.2	Découpage des îlots d'irrigation	63
6.3	La taille des îlots d'irrigation	63
6.4	Le plan de bornage	64
6.5	Calcul de réseaux d'adduction	64
6.6	Le calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation	64
6.6.1	Calcul de la Hauteur géométrique H _{géo}	65
6.6.2	Calcul des pertes de charge linéaires H _{pl}	65
6.6.3	Calcul des pertes de charge singulières H _{ps}	65
6.7	Calcul global de la HMT	65
6.8	Dimensionnement de canalisation	65
6.9	La vitesse admissible	66
6.10	Calcul du diamètre économique	66
6.11	Estimation des pertes de charge	66
6.12	Tableaux de conduite de dimensionnement	67
6.13	Choix de tracé	67

6.14	Calcul du débits aux bornes	68
6.15	Choix du diamètre et du type des bornes	68
6.16	Schéma d'aménagement hydro-agricole	71
6.17	Dimensionnement du réseau de distribution gravitaire	71
6.17.1	Caractéristique des conduites de réseau de distribution gravi- taire	71
6.17.2	Calcul des diamètres	71
6.17.3	Calcul des pertes de charge	72
6.18	Dimensionnement de la bêche de distribution	72
6.19	Etablissement des profils en long	74
6.20	Pièces spéciales	74
6.20.1	Vannes de sectionnement	74
6.20.2	Ventouses	74
6.20.3	Vidange	75
7	Dimensionnement de réseau d'adduction et distribution	76
7.1	Dimensionnement de réseau d'irrigation goutte à goutte	76
7.2	Données générales	77
7.3	Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	77
7.4	Besoins quotidiens en eau d'un système d'irrigation localisé	78
7.5	La fréquence des arrosages	79
7.6	Nombre d'arbres par hectare :	81
7.7	Nombre des arbres par rampes	81
7.8	Nombre de goutteurs par rampes	81
7.9	Débit de la porte rampes	82
7.10	Dimensionnement des canalisations du réseau	82
7.10.1	Porte rompes	82
7.10.2	Rompes	82
7.10.3	Diamètre	83
7.11	La pression d'eau a la borne de distribution	84
8	TECHNICO ECONOMIQUE	86
	TECHNICO ECONOMIQUE	86
8.1	Travaux concernant le réseau de distribution	86
8.1.1	Exécution des tranches	86
8.1.2	pose de lit de sable	87
8.1.3	pose des conduites	87
8.1.4	Epreuve de joint et de la canalisation :	87
8.1.5	Remblayage des tranches	87

TABLE DES MATIÈRES

8.1.6 Nivellement et compactage	87
8.2 Calcul des volumes des travaux de l'adduction et de distribution	
Calcul du volume de terrassement	88
8.2.1 Largeur du fond de la tranchée	88
8.2.2 Profondeur de la tranche	88
8.2.3 Volume de Remblai	89
8.3 Le réservoir de stockage	91
8.4 Le devis des travaux	92
Conclusion Générale	93

TABLE DES FIGURES

1.1	la-situation-géographique-de-la-wilaya-de-Tebessa-(source-position-géographique	3
1.2	Carte-du-découpage-administratif-de-la-wilaya-de-Tebessa	5
1.3	carte-des-altitude-du-bassin-versant-d'oued-ksob-(source-université-de- tébessa	6
1.4	Réseaux-hydrologie-de-bassin-versent-Oueb-ksob(source-université-de- tebessa	7
1.5	Carte géologique de Tébessa	8
1.6	Température mensuelle	10
1.7	la précipitation mensuelle annuelle	11
1.8	Graphe de Humidité relative	12
1.9	Graphe de vitesse des vents	13
1.10	évaporation mensuelle annuelle	14
1.11	Durée d'insolation	15
1.12	indice de Martonne	17
1.13	Diagramme-de-Gaussen	18
1.14	Climogramme pluviométrique d'EMBERGER	19
2.1	Station de traitement de Ain Zerrouk, gogle earth (16/03/2024)	22
2.2	classification-d'eau-d'irrigation	26
3.1	Graphe de l'histogramme, le polygone des fréquences et la distribution cumulative de la série des précipitations annuelle	30
3.2	Tableau de l'ajustement de loi de Gauss	33
3.3	Graphe d'ajustement par la loi normale	34
3.4	Graphe d'ajustement par la loi log normale	36
3.5	Répartition des précipitation mensuelle de la pluviométrie	37
3.6	Calcul l'ETP	38
3.7	Calcul l'ETP	39

TABLE DES FIGURES

4.1	calcul l'ETP	44
4.2	Diagramme de CROPWAT	45
4.3	Carte d'évapotranspiration potentiel en Algérie	45
5.1	Irrigation par pivot	58
5.2	Irrigation goutte à goutte	60
6.1	Tableaux de conduite de dimensionnement	67
6.2	Tableau de Type de bornes en fonction de superficies des îlots	69
8.1	Schéma d'une tranchées	88

LISTE DES TABLEAUX

1.1	Tableau de Dairs et les communes des wilaya de Tebessa	4
1.2	Évaluation de la population de la commune de Boulhaf Dyr.	9
1.3	Tableau de la Température mensuelle et annuelles	10
1.4	Tableau de la précipitation mensuelle de la station de Tebessa.	11
1.5	Tableau de Humidité relative.	12
1.6	Tableau de la vitesse des vents.	13
1.7	Tableau d'évaporation mensuelles et annuelles.	14
1.8	Tableau de Durée d'insolation	15
1.9	Classification de climat selon Mr Martonne	16
1.10	Tableau d'évaporation mensuelles et annuelles.	17
2.1	Résultats d'analyse des eaux usée de la ville de Tebessa	23
2.2	Résultats d'analyse des paramètres physico - chimiques	23
2.3	les classe de la conductivité électrique	24
3.1	Tableau de pluies moyenne mensuelle observé (1990-2020).	29
3.2	Tableau des détaille le procédé de Test d'homogénéité pour la station de Tebessa.	31
3.3	Tableau des résultat de Test d'homogénéité pour la station de Tebessa.	31
3.4	Résultats de validation des tests d'adéquation des distributions.	36
3.5	Tableau des Précipitations moyennes mensuelles interannuelle en mm	37
3.6	Tableau des Précipitations moyennes mensuelles de l'année de calcule :	37
3.7	Tableau de climatologie	38
4.1	Tableau des profondeur d'enracinement mensuelle :(m)	41
4.2	Tableau de la précipitation mensuelle de la station de Tebessa.	42
4.3	Tableau des coefficient cultural (Kc) des différentes cultures	42
4.4	Occupation du sol par les cultures	47

4.5	Tableau des besoins en eau des blé	47
4.6	Tableau des besoins en eau des orge	48
4.7	Tableau des besoins en eau des pomme de terre	48
4.8	Tableau des besoins en eau des tomates	49
4.9	Tableau des besoins en eau des betteraves	49
4.10	Tableau des besoins en eau des oliviers	50
4.11	Tableau des besoins en eau des luzerne	50
4.12	Tableau des besoins en eau des cultures	52
6.1	Tableau de calcul des débits des ilots et choix du type des bornes	70
6.2	Tableau des Paramètres des pertes de charge	72
6.3	Tableau des types de ventouse	75
7.1	Tableau récapitulatif	84
8.1	Tableau de Côté des travaux de terrassement	90
8.2	Tableau de Côté des travaux de terrassement	90
8.3	Tableau de Facture des différents types de conduites du réseau de distribution	90
8.4	Tableau de Fourniture de pose des pièces spéciales	91
8.5	Estimation du coût du réservoir de stockage	92
8.6	Estimation du coût du réservoir de stockage	92

ملخص

يعتبر الماء عنصرا أساسيا في حياة الانسان والنبات، ولكن مع التزايد المتباين في استهلاك المياه واستنزاف المصادر التقليدية، أصبح من الضروري البحث عن مصادر بديلة لتلبية احتياجاتنا المتزايدة. يعد إعادة استخدام المياه المستعملة أحد الحلول المهمة لمواجهة هذا التحدي. في هذا المشروع، تم التركيز على استغلال المياه المستعملة في الزراعة في بلدية بولحاف دير بولاية تبسة، مع الأخذ بعين الاعتبار نوعية المياه لضمان تجنب الأمراض وزيادة إنتاجية المحاصيل. هذه الخطوة تعتبر من الاستراتيجيات المستدامة للتعامل مع نقص المياه وتعزيز الأمن الغذائي في المنطقة

كلمات مفتاحية : : إعادة استخدام المياه ، الزراعة ، ولاية تبسة ، نوعية المياه ، ري المحاصيل ، نقص المياه ، الامن الغذائي

Résumé :

L'eau est essentielle à la vie humaine et végétale. Cependant, la diminution variable des ressources en eau due à une consommation excessive nous a incité à rechercher de nouvelles sources d'eau. La réutilisation des eaux usées fait partie des solutions à envisager pour compenser le déficit. Dans ce projet, nous avons utilisé les eaux usées de l'agriculture de l'État de Tébessa, en prenant soin de respecter la qualité de l'eau pour éviter les maladies et améliorer la productivité.

Mots clés : eau usée épuré, diminution des ressources en eau, Consommation excessive ,Nouvelles sources d'eau , Agriculture, Tébessa , Qualité de l'eau , aménagement hydraulique , Productivité .

Abstract :

Water is essential for human and plant life. However, the uneven decline in water resources due to excessive consumption has prompted us to seek additional water sources. Reusing wastewater is one of the solutions that should be utilized to address the shortage. In this project, we used treated wastewater for agriculture in the Wilaya of Tébessa, carefully considering water quality to prevent diseases and enhance production efficiency

Key words : Waste Water reuse , Water shortage , Teated wasterwater , Agriculture , Tébessa.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'eau, en tant que ressource fondamentale, est omniprésente dans de multiples aspects de la vie humaine, de l'agriculture à l'industrie en passant par l'énergie. Cependant, sa disponibilité est de plus en plus menacée par les activités humaines, ce qui nécessite une gestion intégrée et efficace pour répondre aux besoins actuels et futurs.

Dans le domaine de l'irrigation, cette gestion intégrée implique l'identification de projets futurs adoptant des techniques d'arrosage rationnelles et efficaces pour une utilisation judicieuse des ressources en eau disponibles. Les ressources en eau jouent un rôle fondamental dans le développement économique, notamment dans le secteur agricole, les plaçant au cœur de la planification économique globale.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude. Le périmètre d'irrigation dans la Wilaya de Tébessa représente une zone agricole majeure où l'agriculture, principalement de type agropastoral, est vitale pour le développement économique local. Notre objectif est d'intensifier les activités agricoles dans cette région, où l'agriculture constitue la principale source de revenus.

Ainsi, notre travail se concentrera sur le dimensionnement d'un réseau d'irrigation adapté à ce périmètre. L'étude portera sur les aspects d'adduction et de distribution de l'eau, en utilisant diverses techniques et lois hydrauliques répondant aux spécificités naturelles et techniques de la région. L'objectif final est de permettre le fonctionnement efficace des différents systèmes d'arrosage envisagés dans le périmètre, afin d'optimiser les rendements agricoles et de contribuer au développement économique durable de la région.

CHAPITRE 1

ANALYSE DES CONDITIONS NATURELS

1.1 Généralités

Avant de démarrer un projet d'irrigation dans le périmètre de Boulhaf Dyr, wilaya de Tébessa, une étude approfondie est essentielle pour analyser les données climatiques, les caractéristiques des sols, et la disponibilité des ressources en eau.

1.2 La situation géographique et administration de la wilaya de Tébessa

La wilaya de Tébessa est située dans le Nord-Est de l'Algérie, dans la région des hauts plateaux. Elle est bordée par :

- la Tunisie à l'Est.
- La wilaya de Khenchela et d'Oum Bouaghi à l'Ouest.
- La wilaya de Souk-Ahras au Nord.
- La wilaya d'El-oued Souf au Sud.

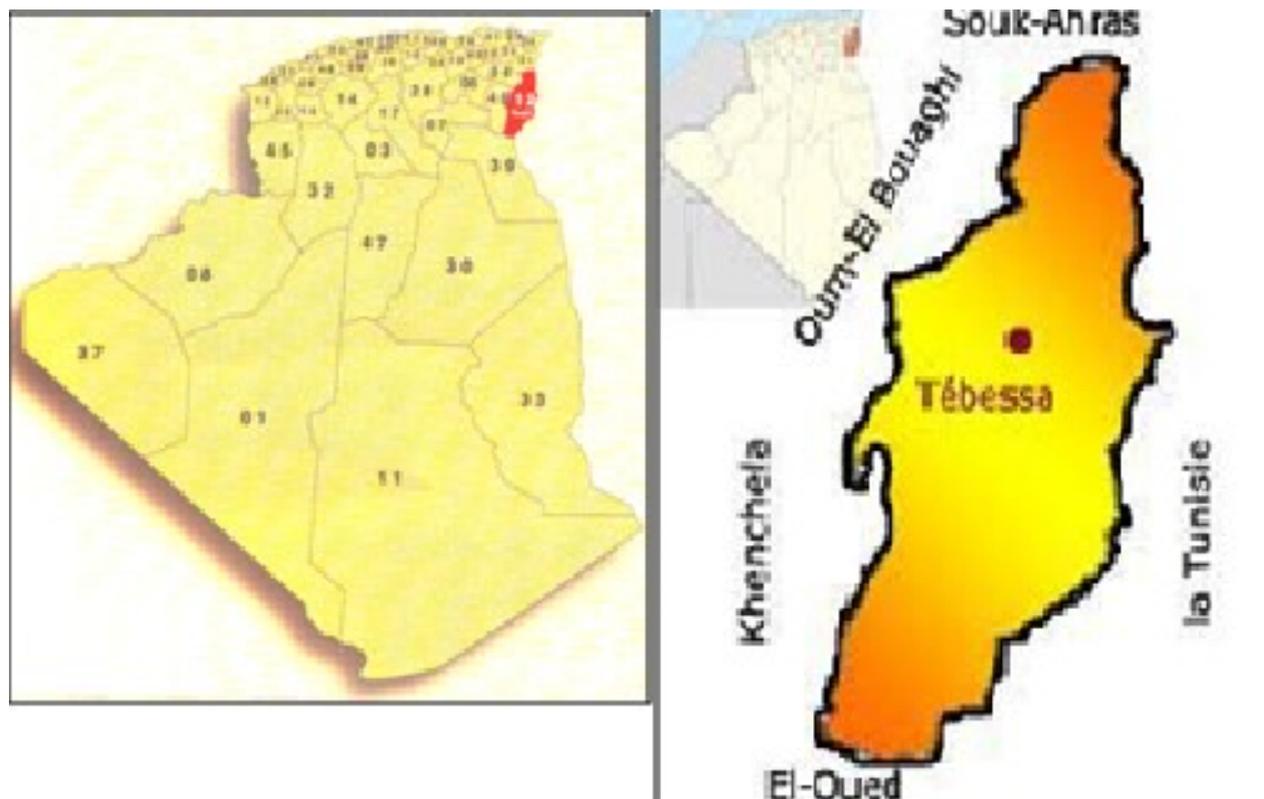


FIGURE 1.1 – la-situation-géographique-de-la-wilaya-de-Tebessa-(source-position-géographique)

Cette région montagneuse est de 13878 km^2 de superficie, les parcours steppiques représentent plus de la moitié de la superficie totale de la wilaya. La superficie totale de la wilaya se divise en quatre groupes homogènes de la cote des données climatiques, édaphiques et couvert végétal :

— **Groupes A** : Zone Nord de la wilaya

Superficie : 135 000 hectares (10° de la superficie totale de la wilaya)

Vocation : Principalement axée sur la culture céréalière et l'élevage.

— **Groupes B** : Zone pré-steppique des hauts plateaux de la wilaya.

Superficie : 229450 hectares (17° de la superficie totale de la wilaya)

Caractéristiques : Située dans les hauts plateaux, cette zone est probablement caractérisée par un climat et une topographie spécifiques, mais nécessiterait plus de détails pour une compréhension précise.

— **Groupes C** : Zone pastorate et steppique.

Caractéristiques : Cette zone semble être principalement pastorale, caractérisée par la présence d'alfa, d'atriplex et d'armoise, ce qui suggère un environnement semi-aride ou steppique.

— **Groupes D** : Zone pré-saharienne.

Superficie : Non spécifiée

Part de la superficie totale : 15°

Caractéristiques : Cette zone est située dans une région plus proche du Sahara. Elle peut être caractérisée par des conditions désertiques ou semi-désertiques.

La wilaya de Tébessa est composée de douze (12) daïras et Vingt-huit (28) communes.

TABLE 1.1 – Tableau de Dairs et les communes des wilaya de Tebessa

Daira	nombre de commune	commune
Tebessa	1	Bekkaria - Boulhaf Dyr - El Kouif
El kouif	3	Bir Dheb - Malabiodh
Lorsott	2	El Haidjbet - El Aouinet
EL Ma bldhi	2	Bir Dheb - Malabiodh
El Aouinet	2	Boukhadia - El Aouinet
Ouenza	3	Ain zerga - El Meridj - Ouenza
Bir Lokkadem	3	Hammamet - Guorriguer - Bir MokkaDEM
Birel Ater	2	Ogla Melha- Bir el Ater
EL Ogla	4	Bedjene- Stah Guentre - El Ogla
Oum Ali	2	Safsaf El Ouesra - Oum Ali
Negrine	2	Ferkone - Negrine
Cheria	2	Tidjene - Cheria

1.3 Présentation du périmètre d'étude

La commune de Boulhaf Dyr est située dans la wilaya de Tébessa, à l'extrême est de l'Algérie, près de la frontière avec la Tunisie. Elle se trouve dans une région semi-aride, caractérisée par un relief relativement plat. Cette position géographique fait de Boulhaf Dyr une zone rurale où les conditions climatiques influencent fortement les activités agricoles et hydriques.

Le périmètre d'irrigation de la commune de Boulhef Dyr, couvrant une superficie de 1020 hectares, est une ressource essentielle pour soutenir les activités agricoles locales. Avec une population de 8949 habitants selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2008, cette zone dépend fortement de l'agriculture pour son développement économique et social.

Situé aux coordonnées géographiques approximatives de 35°10'27"N et 0°34'03"E, ce périmètre bénéficie d'une position stratégique dans la région. Les coordonnées géographiques précises peuvent varier légèrement selon les zones spécifiques du périmètre d'irrigation.

1.4 Situation topographique

1.4.1 Topographie

La topographie de la zone que vous décrivez, caractérisée par des bassins entourés de montagnes, présente une vulnérabilité aux inondations, notamment dans la ville de Tébessa, qui se situe dans une dépression ou fosse d'effondrement. Cette configuration de terrain, avec des altitudes variant de 1712 m (sommet du Djebel Doukkane) à 800 m dans la plaine de Tébessa, fait que la ville est située dans une zone basse par rapport aux montagnes qui l'entourent.

Lors de fortes précipitations, l'eau descend des montagnes à grande vitesse en suivant la pente naturelle du terrain. Ce phénomène, aggravé par la morphologie du relief, favorise l'accumulation d'eau dans les zones les plus basses, causant des inondations dans la plaine. La ville de Tébessa, en raison de cette position géographique, est régulièrement menacée par ces inondations, comme l'ont montré les événements des dernières années.

Pour remédier à cette situation, des études d'aménagement hydraulique et des systèmes de gestion des eaux pluviales pourraient être envisagés, afin de limiter l'impact des crues et des écoulements d'eau rapide dans la ville.

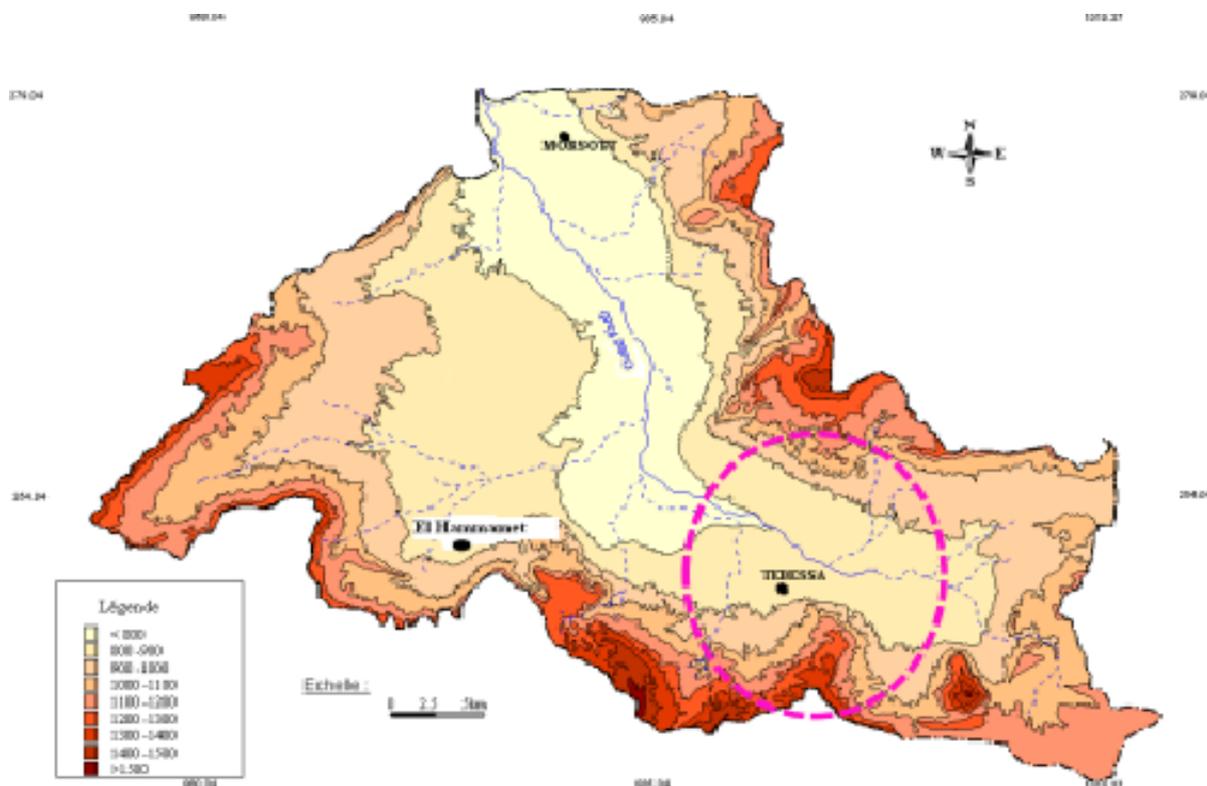


FIGURE 1.3 – carte-des-altitude-du-bassin-versant-d’oued-ksob-(source-université-de-tébessa

1.5 hydrographie

Le réseau hydrographique regroupe l'ensemble des cours d'eau, permanents ou temporaires, ainsi que leurs affluents et sous-affluents, par lesquels s'écoulent les eaux de ruissellement, convergeant toutes vers un point.

À Tébessa, le réseau hydrographique est dense. Les eaux de surface des bassins versants entourant la plaine au nord, au sud et à l'est sont recueillies par l'Oued El Kebir, qui les dirige vers l'Oued Ksob. La zone d'étude se situe ainsi dans le bassin versant de l'Oued Ksob, qui fait partie du vaste bassin de l'Oued Medjerda, localisé à l'extrême est de l'Algérie, à la frontière.

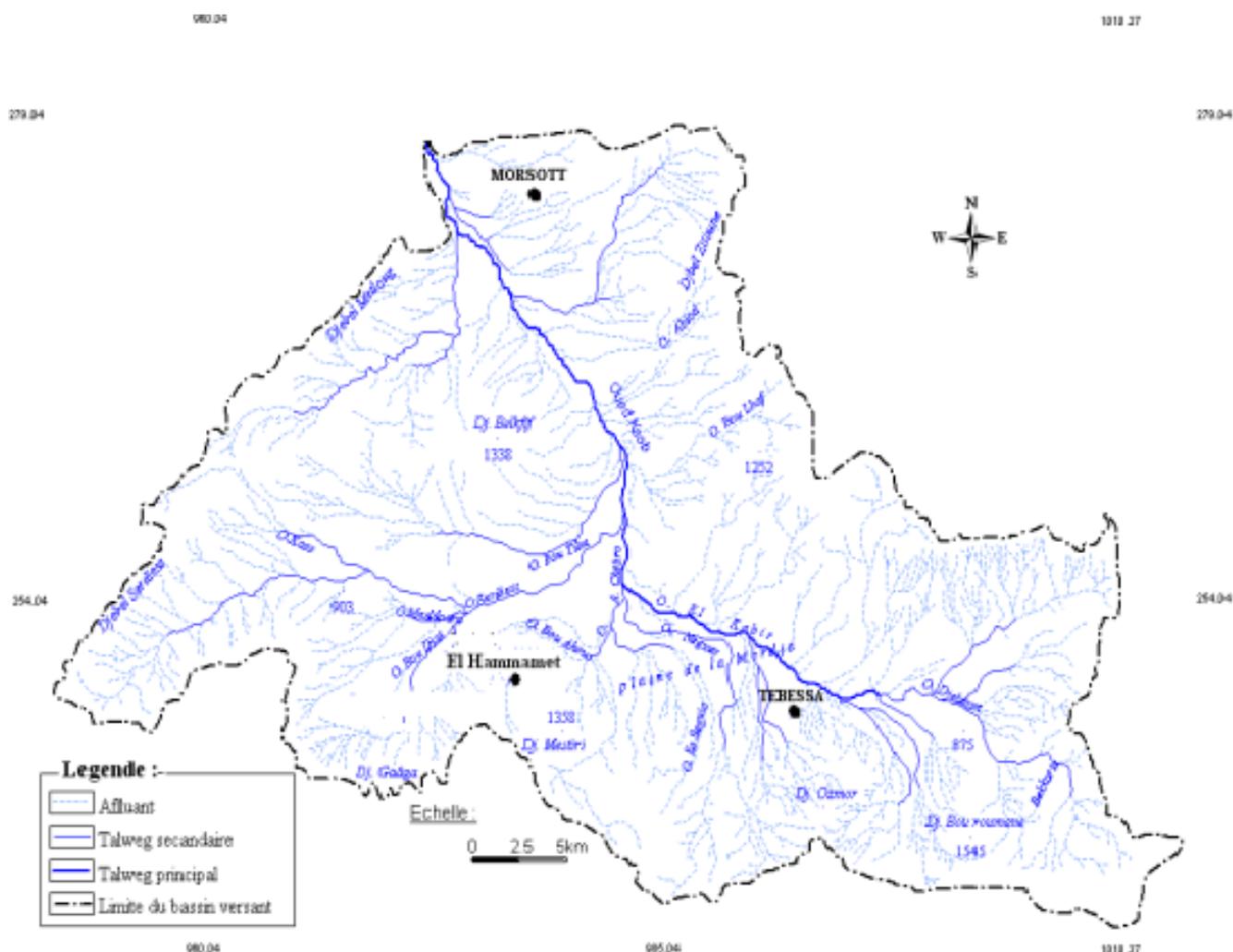


FIGURE 1.4 – Réseaux-hydrologie-de-bassin-versant-Oueb-ksob(source-université-de-tebessa

1.6 Etude géologique et hydrologie

1.6.1 Géologie et hydrologie

La région de Tébessa, notamment à l'est, se distingue par des reliefs contrastés dominés par des formations calcaires orientées sud-ouest/nord-est, séparées par des dépressions. Ces dépressions abritent des plaines cultivées, telles que celles de Tébessa, Chéria et El Ma El Abiod, remplies de dépôts mio-quaternaires. La plaine de Tébessa-Morsott fait partie de la structure autochtone du Nord-Aurès et repose sur des formations géologiques complexes. Elle est constituée de couches calcaires et marneuses datant du Crétacé, ainsi que de dépôts alluvionnaires du Mio-Pliocène et du Quaternaire. Ces formations géologiques, majoritairement pré-miocènes, ont été affectées par une phase de distension qui a provoqué l'effondrement de la plaine, tandis que des dépôts continentaux du Miocène recouvrent certaines zones. Les dépôts tertiaires, postérieurs à l'émersion éocène, se retrouvent notamment dans le synclinal du Djebel Dyr. Cette géologie complexe, combinant des formations anciennes et des dépôts plus récents, constitue un terrain idéal pour l'étude de l'évolution géologique et géomorphologique locale.

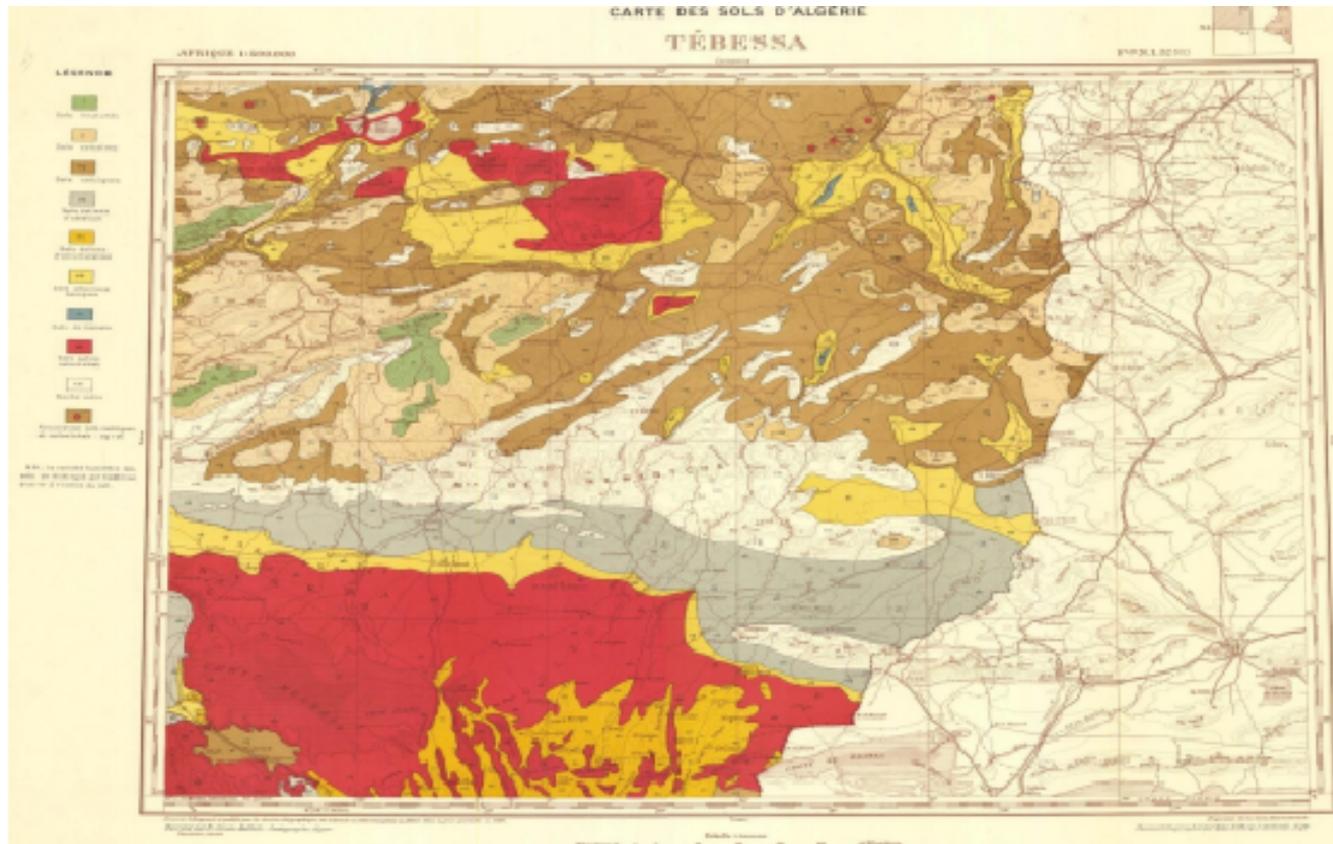


FIGURE 1.5 – Carte géologique de Tébessa

1.7 Critères de choix du périmètre

1. **Absence de contrainte topographique** : Le périmètre doit être exempt de contraintes topographiques majeures qui pourraient compliquer l'irrigation.
2. **Relief plat avec légère pente** : La zone doit avoir un relief plat avec une légère pente (0,7%) permettant une irrigation gravitaire facile.
3. **Proximité de la station d'épuration** : Le périmètre doit être relativement proche de la station d'épuration pour faciliter l'accès aux eaux traitées.
4. **Sites disponibles pour ouvrages d'irrigation** : La présence de sites adaptés pour l'implantation des infrastructures d'irrigation est nécessaire.
5. **Chaîne montagneuse à proximité** : La proximité d'une chaîne montagneuse permet la construction d'ouvrages d'irrigation tels que des réservoirs de stockage.
6. **Gestion du déficit en eau** : Pour combler le déficit en eau d'irrigation, surtout en période de sécheresse, les eaux traitées, dont le volume est de plus en plus important, constituent une solution intéressante.

1.8 climatologie

1.8.1 population

Pour notre analyse, nous nous sommes appuyés sur la station météo la plus proche de la zone d'étude, à savoir la station météorologique de Tebessa .
gare. Les caractéristiques spécifiques de cette station sont présentées dans le tableau qui représente l'évaluation de la population de commune de Boulhaf Dyr

TABLE 1.2 – Évaluation de la population de la commune de Boulhaf Dyr.

Horizons	2008	2021	2030	2035
Boulhaf Dyr	4741	5873	6835	7436

1.8.2 Température moyenne

L'analyse des températures moyennes inter-annuelles de janvier et juillet fournit des informations cruciales pour la planification des activités agricoles et la gestion des ressources en eau. En comprenant les variations climatiques, les agriculteurs et les planificateurs peuvent prendre des décisions éclairées pour optimiser la production et assurer la durabilité des systèmes hydro-gricoles

TABLE 1.3 – Tableau de la Température mensuelle et annuelles .

Mois	janv	fev	mars	avl	mai	jun	juil	aout	sep	oct	nov	dec	année
Tmoy(°c)	5.6	6	9.5	13.2	17.4	22.3	26	25.4	20.9	16.8	10.4	6.6	16.23
Tmin(°c)	0.7	0.7	3.4	6.6	10.3	14.7	18	17.8	14.4	10.8	5.3	1.9	8.71
Tmax(°c)	10.5	11.3	15.6	19.9	24.5	30	34.1	33	27.5	22.8	15.5	11.3	21.33

Les données de température pour la région de Tébessa révèlent une variation saisonnière marquée. Les températures moyennes augmentent progressivement de janvier (5.6 °C) à juillet (26.0 °C), atteignant un pic en été, suivi d’une légère diminution à partir d’août. Les températures minimales et maximales présentent également une tendance similaire, avec des valeurs les plus élevées enregistrées en juillet (Tmax à 34.1 °C) et août, tandis que les mois d’hiver, comme janvier et décembre, affichent des températures minimales autour de 0.7 °C. En moyenne, la région connaît une température annuelle de 16.23 °C, indiquant un climat relativement tempéré, propice à l’agriculture et aux cultures variées. Cette dynamique thermique souligne les contrastes saisonniers qui caractérisent la région.

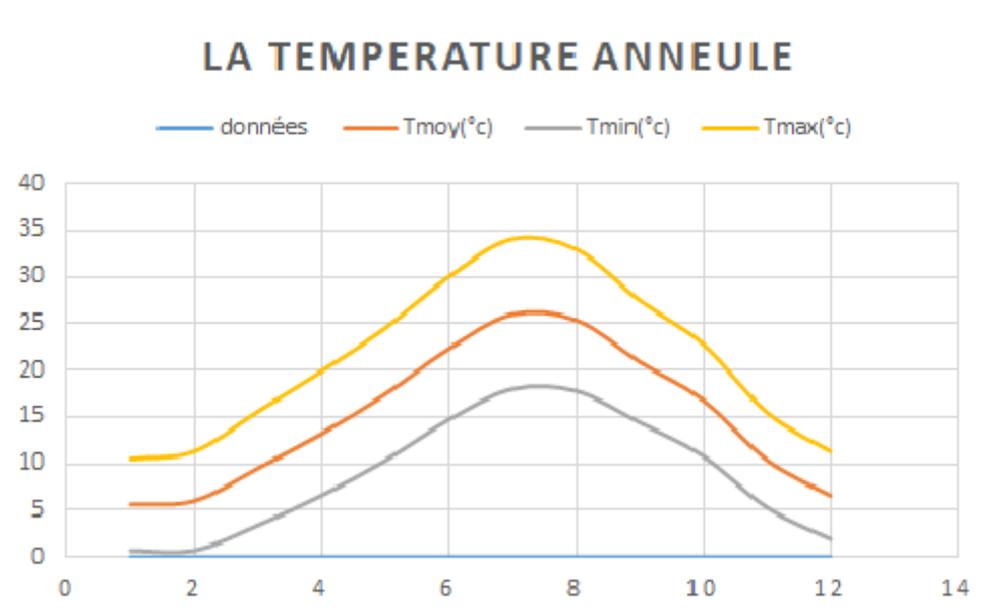


FIGURE 1.6 – Température mensuelle

1.8.3 Pluviométrie

les précipitations moyennes mensuelles pour la station de Tébessa, comme représentées dans le tableau ci-dessous, montrent clairement les variations et leur distribution à l’échelle annuelle. Ces données révèlent deux périodes distinctes : une saison sèche et une saison relativement humide.

TABLE 1.4 – Tableau de la précipitation mensuelle de la station de Tebessa.

Mois	jan	fev	mars	avl	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec
Pen mm	42	31	43	47	44	24	11	20	39	33	35	35
Pen(%)	10.4	7.67	10.64	11.63	10.89	5.94	2.72	4.92	9.65	8.17	8.66	8.66

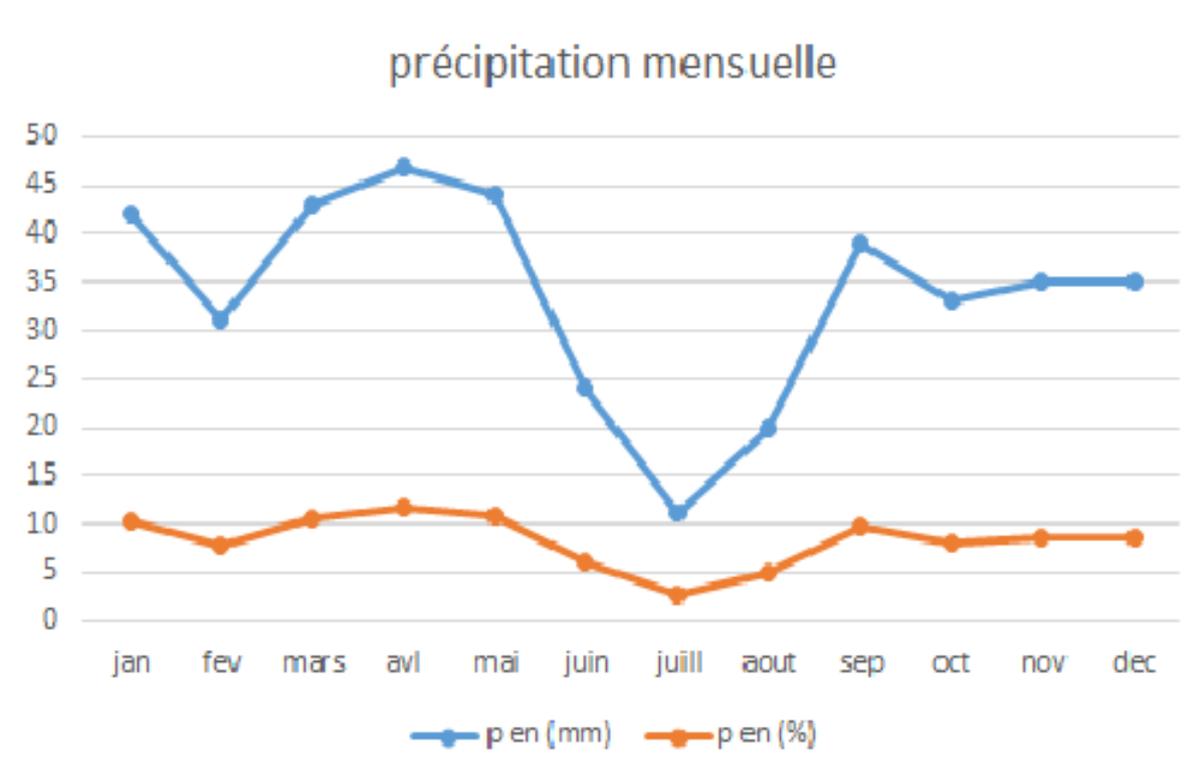


FIGURE 1.7 – la précipitation mensuelle annuelle

Les données de précipitations mensuelles révèlent une variation saisonnière significative. En hiver (de janvier à mars), les pluies sont relativement élevées, culminant en avril avec 47 mm, ce qui est essentiel pour l'irrigation des cultures d'hiver et de printemps. Cependant, dès juin, les précipitations chutent drastiquement à 24 mm, atteignant leur minimum en juillet avec seulement 11 mm. Cette période estivale sèche nécessite une attention particulière pour l'irrigation, surtout pour les cultures sensibles comme les légumes ou les oliviers. En automne, les précipitations augmentent de nouveau, atteignant 39 mm en septembre, indiquant un retour à des conditions plus humides. Au total, les précipitations annuelles s'élèvent à 431 mm, ce qui souligne l'importance d'une gestion efficace de l'eau, notamment par des systèmes d'irrigation adaptés pour soutenir les cultures pendant les mois d'été secs. Ainsi, la compréhension de ces dynamiques hydrologiques est cruciale pour optimiser les pratiques agricoles tout au long de l'année.

1.8.4 Humidité relative

L'humidité relative est un paramètre climatique essentiel qui indique la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air par rapport à la quantité maximale que l'air peut contenir à une température donnée. Elle est généralement exprimée en pourcentage.

TABLE 1.5 – Tableau de Humidité relative.

Mois	jan	fev	mars	avl	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec
Humidité Relative(%)	70	66	59	53	49	38	31	35	51	56	66	71

Du tableau d'humidité 1.5, on remarque que le mois d'août occupe le pourcentage le plus faible, contrairement au mois de décembre, qui occupe le pourcentage le plus élevé.

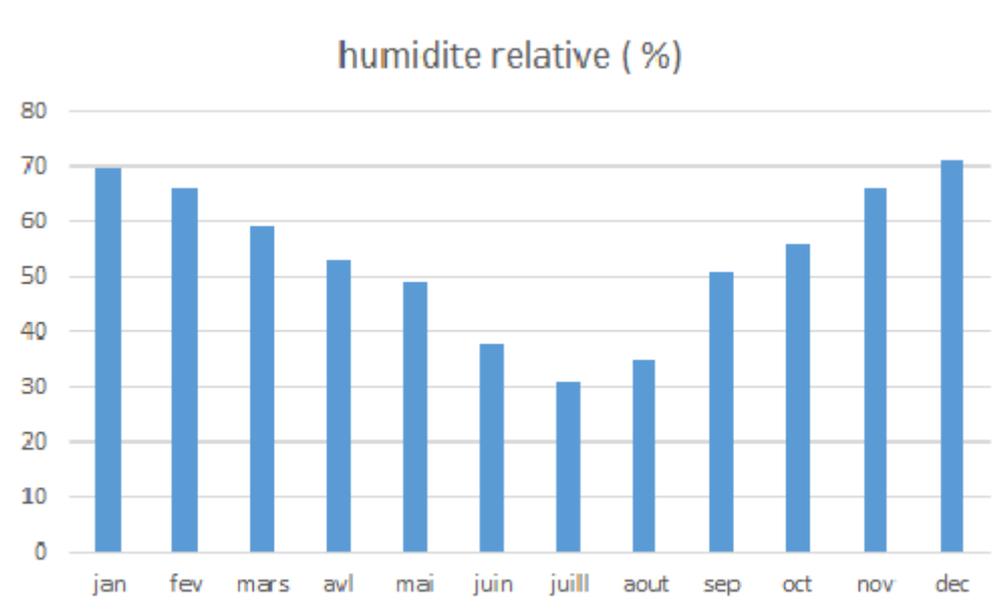


FIGURE 1.8 – Graphe de Humidité relative

1.8.5 Le vent

Les directions dominantes des vents à la station de Tébessa varient au cours de l'année, influençant à la fois le climat et les pratiques agricoles de la région la vitesse de vent moyenne de la wilaya de Tébessa

TABLE 1.6 – Tableau de la vitesse des vents.

Mois	jan	fev	mars	avl	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec
V(km/h)	16.2	16.3	15.8	15.5	13.9	12.7	12.2	11.9	12.3	13.2	15	16.1

Le tableau présente les vitesses du vent (en km/h) mesurées chaque mois, révélant des variations saisonnières intéressantes. En hiver, les mois de janvier et février affichent les vitesses les plus élevées, respectivement à 16,2 km/h et 16,3 km/h, ce qui peut indiquer des conditions météorologiques plus dynamiques durant cette période. Au printemps, une légère baisse est observée, avec des vitesses autour de 15 km/h, suggérant un apaisement des conditions. L'été, en revanche, connaît les vitesses les plus faibles, culminant à 11,9 km/h en août, ce qui est typique des mois chauds où l'air se stabilise. En automne, les vitesses remontent légèrement, atteignant 15 km/h en novembre, signalant un retour à des conditions plus venteuses. Ces fluctuations peuvent avoir des implications importantes pour l'agriculture, notamment en influençant l'évaporation et le microclimat autour des cultures. La compréhension de ces dynamiques est essentielle pour adapter les pratiques agricoles, surtout en matière d'irrigation et de gestion des cultures face aux variations climatiques.

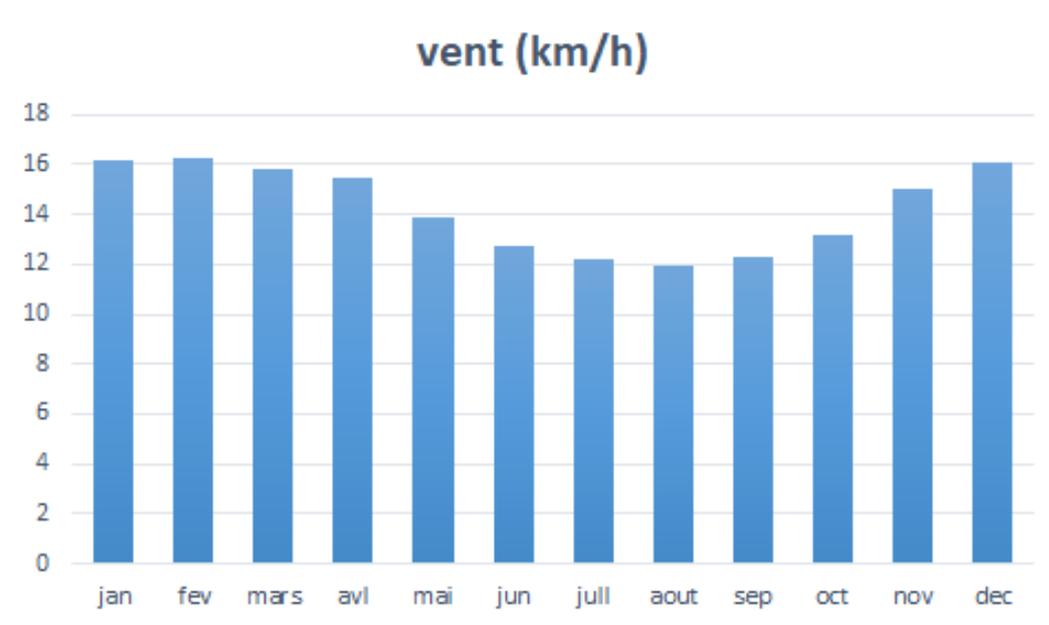


FIGURE 1.9 – Graphe de vitesse des vents

1.8.6 Évaporation potentielle

le tableau précédent représente les évaporation mensuelles et annuelles

TABLE 1.7 – Tableau d'évaporation mensuelles et annuelles.

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avl	mai	juin	juil	aout
évaporation (mm)	188.9	139.7	84.20	65.55	62.05	77.45	109.9	126.2	177.3	259.8	320	290.9

Le tableau présente les valeurs d'évaporation mensuelles (en mm) pour chaque mois de l'année, révélant des variations significatives. Septembre enregistre la plus forte évaporation avec 188,9 mm, ce qui peut être attribué à des températures encore élevées et à une exposition au soleil prolongée. Les mois d'octobre et de novembre suivent avec 139,7 mm et 84,2 mm respectivement, tandis que décembre affiche une baisse notable à 65,55 mm, marquant le début de conditions plus humides. En hiver, les valeurs restent relativement faibles, culminant à 77,45 mm en février. Avec l'arrivée du printemps, l'évaporation augmente progressivement, atteignant 109,9 mm en mars et 126,2 mm en avril. Les mois de mai et juin montrent des valeurs plus élevées, respectivement à 177,3 mm et 259,8 mm, alors que juillet présente l'évaporation la plus élevée à 320 mm, ce qui est cohérent avec la chaleur estivale intense. En août, l'évaporation reste élevée à 290,9 mm. Ces données indiquent que l'évaporation suit un schéma saisonnier marqué, avec des valeurs maximales en été, ce qui souligne l'importance de la gestion de l'eau pour l'irrigation, particulièrement durant les mois les plus chauds lorsque les besoins en eau des cultures sont les plus élevés.

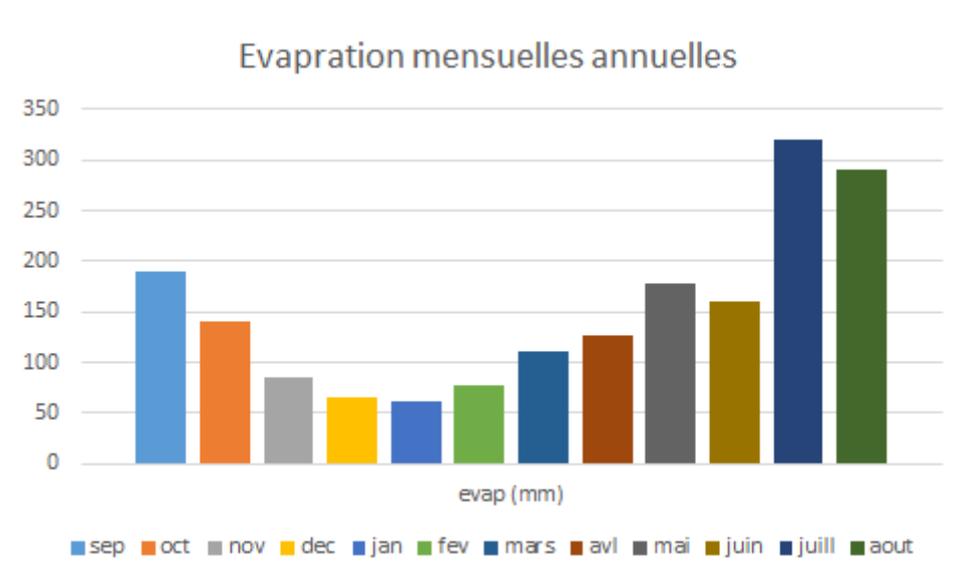


FIGURE 1.10 – évaporation mensuelle annuelle

1.8.7 Insolation

Les valeurs mensuelles moyennes observées sont présentées au tableau suivant :

TABLE 1.8 – Tableau de Durée d’insolation

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout	total
Durée d’insolation (heures)	6.1	6.8	8.4	9.8	11.2	12.6	12.8	11.8	10.1	8.5	6.9	5.9	110.9

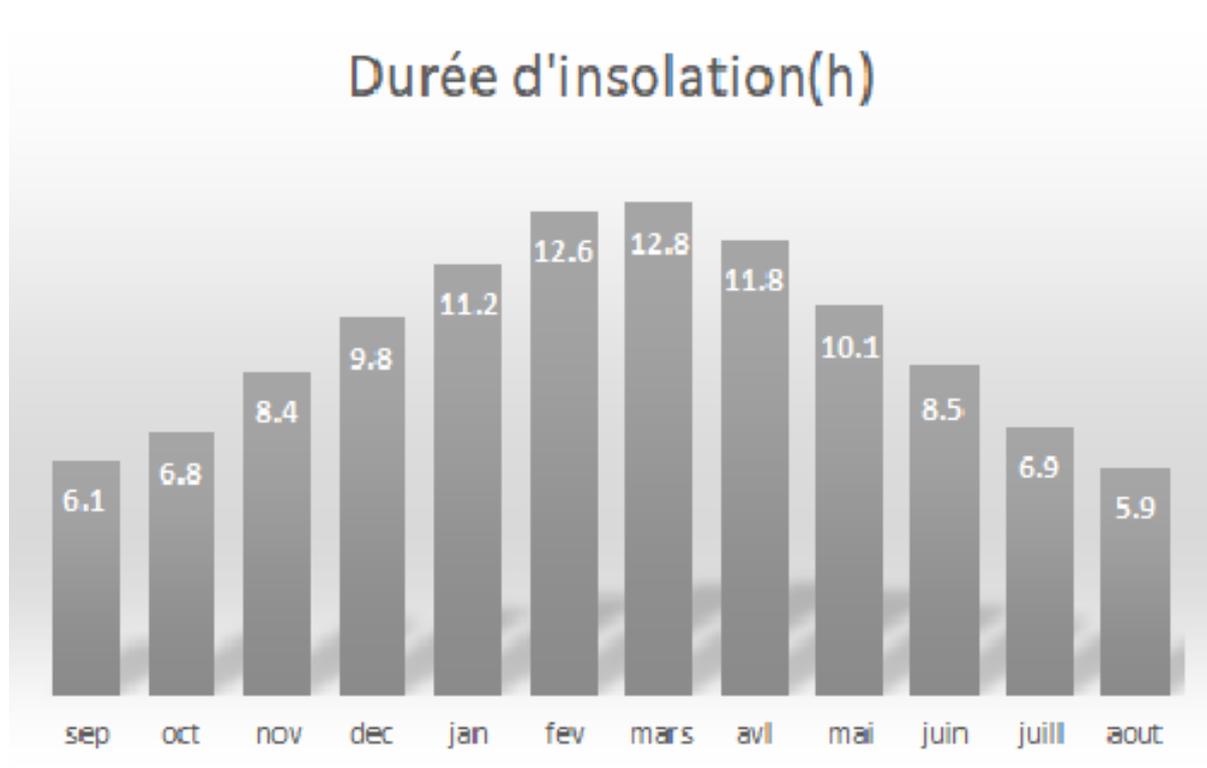


FIGURE 1.11 – Durée d’insolation

interprétation Le tableau présente la durée d’insolation mensuelle (en heures) pour chaque mois de l’année, ainsi que le total annuel de 110,9 heures. On observe que les mois d’hiver, de décembre à février, montrent une augmentation progressive de l’insolation, atteignant un pic en janvier avec 11,2 heures, avant de redescendre à 5,9 heures en août, le mois avec le moins d’insolation. En automne, septembre et octobre affichent respectivement 6,1 heures et 6,8 heures, tandis que novembre commence à enregistrer des valeurs plus élevées avec 8,4 heures.

Le printemps, notamment mars et avril, connaît également une hausse significative de l’insolation, avec des valeurs de 12,8 heures en mars et 11,8 heures en avril. Les mois de mai et juin montrent des valeurs relativement élevées, atteignant respectivement 10,1 heures et 8,5 heures. Ces variations dans la durée d’insolation sont essentielles pour l’agriculture, car elles influencent la photosynthèse et la croissance des cultures. En résumé, la période d’insolation la plus favorable pour les cultures se situe entre

mars et avril, tandis que l'hiver présente une insolation plus faible, ce qui peut affecter la production agricole.

1.9 Classification de l'indice de Marton

1.9.1 Classification du climat selon l'indice de Marton (1926)

La formule de Marton peut être représentée mathématiquement comme suit :

$$I_a = \frac{p}{T + 10} \quad (1.1)$$

où :

- I_a représente l'information mutuelle entre les variables aléatoires X et Y .
- p est la quantité annuelle de précipitations, X .
- T est la température moyenne annuelle de l'air. Y .

TABLE 1.9 – Classification de climat selon Mr Martonne

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

la température moyenne est 15.16°C et la précipitation est 8.34 mm donc :

$$I_a = \frac{8.34}{15.16 + 10} = 1 < 5 \quad (1.2)$$

d'après cette calcul on a le type de climat est **désertique** et irrigation indispensable.

Abbaque de l'indice de Martonne :

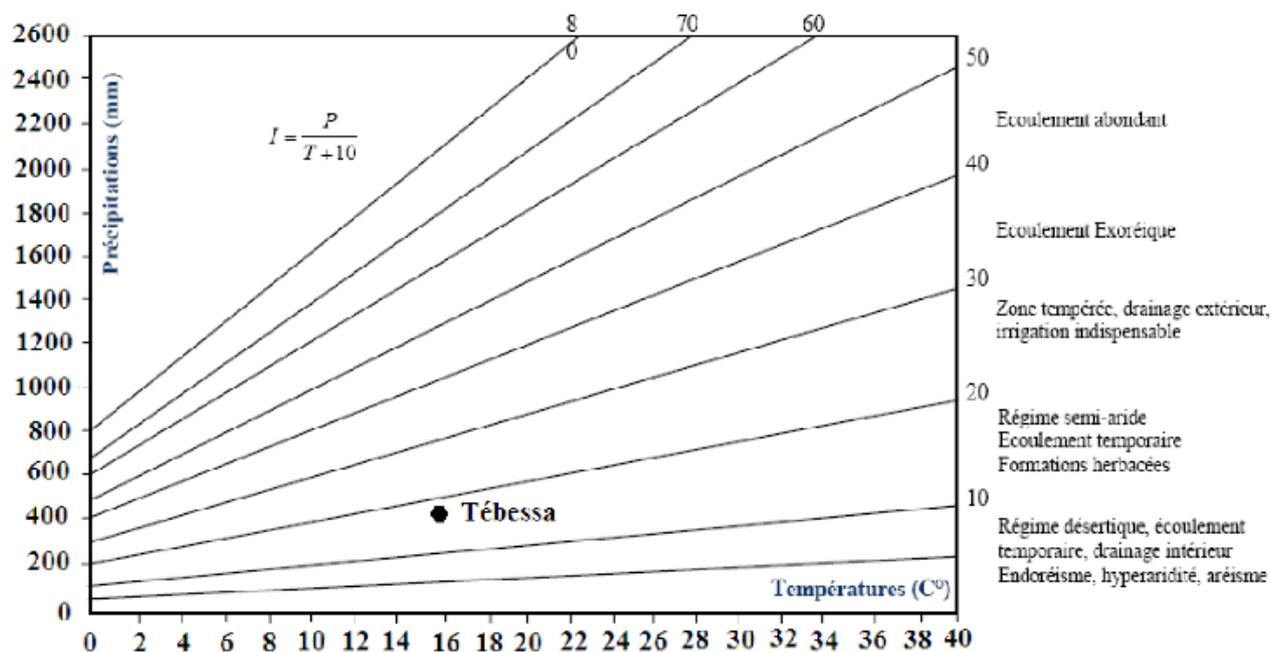


Figure 21 : Abaque de L'indice d'aridité annuel De Martonne

FIGURE 1.12 – indice de Martonne

Interprétation : d'après l'abaque, on remarque que la station de Tébessa est caractérisé par un régime semi-aride, donc l'irrigation est indispensable.

1.9.2 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme ombrothermique sert de représentation visuelle des données climatiques, notamment affichant les précipitations et les températures sur une période définie. Il aide à identifier les périodes sèches et déterminer les besoins d'irrigation dans chaque région. Cette méthode consiste à tracer les mois sur l'axe des x et les précipitations et températures moyennes sur le même graphique, tout en conservant l'échelle $P=2T$.

TABLE 1.10 – Tableau d'évaporation mensuelles et annuelles.

Mois	jan	fev	mars	avl	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec
p en (mm)	42	31	43	47	44	24	11	20	39	33	35	35
T en (°c)	5.6	6	9.5	13.2	17.4	22.3	26	25.4	20.9	16.8	10.4	6.6
2T	11.2	12	19	26.4	34.8	44.6	52	50.8	41.8	33.6	20.8	13.2

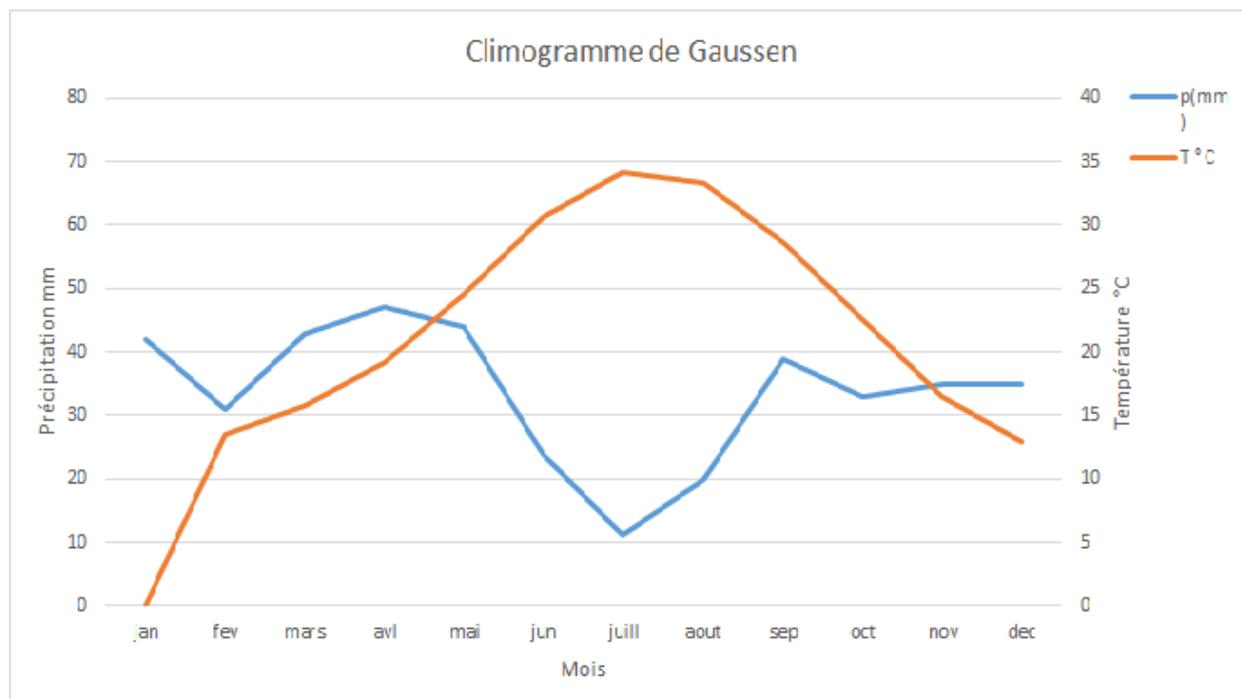


FIGURE 1.13 – Diagramme-de-Gausson

L'analyse du diagramme ombrothermique révèle une période sèche distincte s'étendant sur 7 mois d'avril à octobre, comme l'indique l'espace entre les deux courbes. Cette période est marquée par un minimum précipitations, perceptibles en mesurant la distance entre les courbes sur le graphique. Finalement, le climat de notre région peut être classé comme une zone hivernale tempérée.

1.9.3 Classification du climat selon diagramme d'EMBERGER

Selon les principes établis par Trace en 1905, ce quotient permet d'exprimer la sécheresse globale d'un climat. Il compare la perte d'eau (due à l'évaporation et à la transpiration) au gain d'eau (par les précipitations) à travers le rapport (P / E), où l'évaporation est représentée par une fonction de température la formule est exprimée par :

$$Q = 2000 \cdot \left(\frac{P}{M^2 - m^2} \right) \quad (1.3)$$

avec :

p : précipitation moyenne annuelle (mmm) .

M :moyenne de temperature maximale (kelvin) .

m : moyenne de temperature minimale (kelvin) .

$$M = 26+273=299 \text{ K}$$

$$m = 6.5+273=279.5 \text{ K}$$

$$Q = 2000 \cdot \left(\frac{404}{299^2 - 279.5^2} \right) \Rightarrow Q = 68.57 \quad (1.4)$$

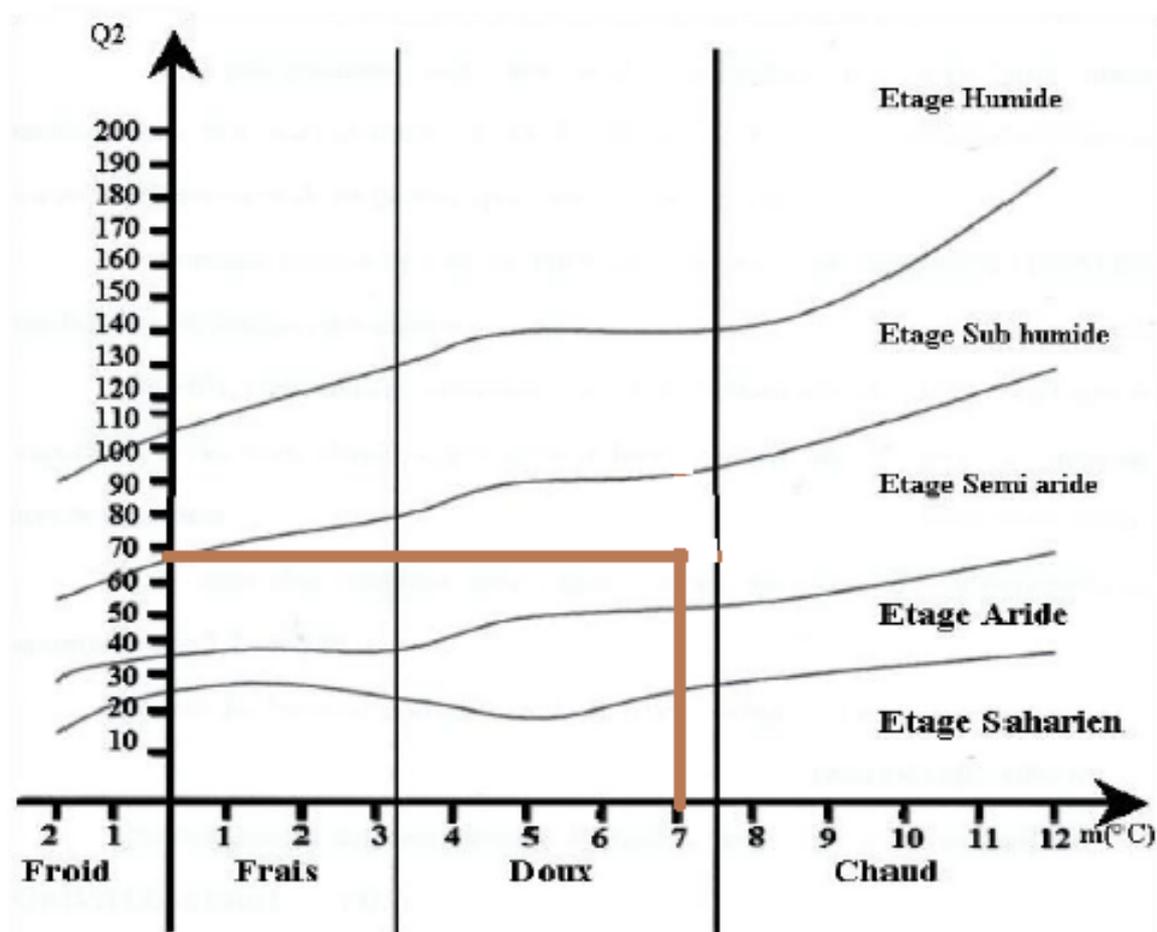


FIGURE 1.14 – Climogramme pluviométrique d'EMBERGER

Selon le diagramme bioclimatique d'Emberger Figure (1.14), on peut conclure que le climat de notre région est caractérisé par un climat semi-aride. L'irrigation est indispensable dans la plupart des cas.

1.10 Conclusion

À travers ce chapitre, nous avons dégagé les principales caractéristiques climatiques de la région d'étude. Le climat de la commune de Tébessa est de type semi-aride, avec des hivers modérément froids et des étés chauds. La région est également soumise à une période de sécheresse prolongée, qui s'étend d'avril à octobre, où les précipita-

tions sont faibles. Les amplitudes thermiques sont marquées, avec des écarts importants entre les températures diurnes et nocturnes, ainsi qu'entre les saisons. L'examen des données climatiques de la zone montre une prédominance d'une saison sèche étendue. La région se situe dans un étage bioclimatique semi-aride à hiver tempéré. Ces conditions climatiques, bien que contraignantes sur le plan hydrique, peuvent être favorables à certaines cultures adaptées, à condition d'assurer un approvisionnement en eau suffisant grâce à des systèmes d'irrigation efficaces.

CHAPITRE 2

PRÉSENTATION DE LA STEP ET LA QUALITÉ DES EAUX

Introduction

L'objectif général d'une Station de Traitement des Eaux Potables (STEP) est de rendre l'eau brute, prélevée de diverses sources naturelles, potable et sécurisée pour la consommation humaine. Cet objectif est atteint en éliminant les contaminants et les agents pathogènes tout en assurant une qualité constante et conforme aux normes sanitaires.

2.1 Présentation de la station d'épuration de Ain Zerrouk

2.1.1 Localisation de la STEP de Ain zerrouk

la station de traitement des eau de Ain Zerrouk est constitué dans la wilaya de Tebessa, elle est située à proximité de l'unité d'embouteillage d'eau minérale YOUKOUS, en direction ouest, à une distance de 6901,14 m, et du dépôt Faderco à Tébessa, à l'extrême sud, à une distance de 676,65 m.

les points représentatifs du site à pour coordonnées suivants :

X= 80154 Y=352640

X=80203 Y=352638

X=80152 Y=352631

X=80201 Y=352629

caractéristique par des coordonnées suivant :

$x = 80158$ $y = 352636$ $z = 780$ m



FIGURE 2.1 – Station de traitement de Ain Zerroug, gogle earth (16/03/2024)

2.2 Relief

2.2.1 Capacité de traitement

La station est dimensionnée pour satisfaire à la situation estimée pour 2030, sa capacité de traitement est de 48000 m³/j.

2.2.2 Données recueillies sur la station d'épuration sont les suivantes

Type de la station : la station est active.

Volume journalier traité48666.667 m³/j (horizon 2030)

Volume annuel 17 520 000 m³/an.

Besoin annuel moyen des cultures par ha m³/ha

Superficie irrigable à partir de la station 377.73ha

2.2.3 Caractéristiques de l'effluent traitée :

les résultats d'analyse des eaux usée de la ville de Tebessa

TABLE 2.1 – Résultats d’analyse des eaux usées de la ville de Tebessa

paramètre	unité	résultats	valeurs guides de temos sec
PH	-	7.2	6.5 -8.5
Temperature	°c	23.5	28
DBO5	mg/l	342	100 -400
DCO	mg/l	776	300 -1000
MES	mg/l	381	150 -400
DCO/DBO5	-	2.26	< 2.5
MES/DBO5	-	1.1	< 0.8 -1.2

(source : MFE, Dimensionnement de la station d’épuration de la ville de Tebessa .2015)

2.3 Qualité d’eau d’irrigation

Pour évaluer la qualité de l’eau épurée provenant de la Station d’Épuration des Eaux (STEP) de Tébéssa, les résultats des analyses effectuées par le laboratoire FATAL-LAH seront essentiels. Voici comment on peut structurer l’analyse de la qualité de l’eau épurée et son adéquation pour une utilisation en irrigation :

TABLE 2.2 – Résultats d’analyse des paramètres physico - chimiques

paramètre	Eau brute	Eau épurée
MES (mg/l)	30	10.0
DBO5 (mg/l)	30	28.13
DCO (mg/l)	90	67
Rendement	MES : 98.35 % DCO : 94.71% DBO5 : 95.65%	

À la sortie de la STEP, les concentrations moyennes des eaux usées nettoyées pour les paramètres chimiques précédemment mentionnés sont les suivantes :

MES : < 30 mg/l

DCO : < 90 mg/l

DBO5 : < 30 mg/l

(Analyses effectuées par l’ONA de Tébéssa en date : juin 2022)

Les eaux usées épurées étudiées présentent des caractéristiques indiquant une bonne qualité générale et répondent aux normes algériennes de réutilisation.

2.4 Salinité

La conductivité électrique est une caractéristique liée à la mobilité des ions et permet ainsi la évaluation de la salinité de l'eau. Elle est mesurée à une température de 25°C et exprimée en mmoh par centimètre (dS/cm). La salinité de l'eau peut être classée en quatre niveaux de danger en fonction de sa conductivité électrique.

TABLE 2.3 – les classe de la conductivité électrique

classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm)	qualité d'eau	Aptitude aux cultures
C1	CE<0.26	Eau à faible risque de salinité	Convient à toutes les cultures
C2	0.26<CE<0.75	Eau de salinité moyenne risque	Convient à modérément plantes tolérantes
C3	0.75<CE<2.25	Eau à haut risque de salinité	Suitable only for well-drained soils and tolerant plants.
C4	CE> 2.25	Eau de très haute salinité risque	L'eau est difficile à utiliser sur des sols bien drainés.

L'eau de la station d'Ain Zerrouk, destinée à l'irrigation, a une conductivité électrique moyenne de EC = 0,23 mmhos/cm après traitement, ce qui le place en classe C1, ce qui le rend à faible risque de salinité d'utilisation pour à des fins d'irrigation.

2.5 Sodisation

Le SAR, ou Sodium Adsorption Ratio (rapport d'adsorption du sodium), est un indicateur utilisé pour évaluer le risque de sodisation dans les sols irrigués. Il mesure la proportion de sodium par rapport au calcium et au magnésium dans l'eau d'irrigation. Le SAR est calculé à partir des concentrations des ions sodium (Na^+), calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) selon la formule suivante :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}} \quad (2.1)$$

où les concentrations sont exprimées en millimoles par litre (mmol/L).

Un SAR élevé indique un risque accru de sodisation, ce qui peut affecter négativement la structure du sol et sa capacité à soutenir la croissance des plantes. Les valeurs typiques de SAR sont les suivantes :

- SAR < 10 : Faible risque de sodisation
- $10 \leq \text{SAR} < 18$: Risque modéré de sodisation
- SAR ≥ 18 : Risque élevé de sodisation

Pour gérer et atténuer les risques associés à un SAR élevé, des pratiques telles que l'amélioration du drainage, l'ajout d'amendements comme le gypse, et une gestion appropriée de l'irrigation sont recommandées.

$$\text{SAR} = \frac{16.57}{\sqrt{(71.71 + 39.51)/2}} = 2.22 < 10 \quad (2.2)$$

SAR < 10 : L'eau est adaptée pour l'irrigation sans risque significatif d'impact négatif sur la structure des sols.

Dans le contexte de l'utilisation des eaux usées épurées, un SAR inférieur à 10 est un bon indicateur pour justifier l'utilisation de ces eaux en irrigation, car cela garantit que l'apport en sodium ne compromettra pas la productivité agricole à long terme.

2.5.1 Classification de l'eau d'irrigation

Nous utilisons le schéma suivant pour classer les eaux d'irrigation de station de traitement de Tébesa selon les résultats du calcul de conductivité électrique (EC = 0,23 mmhos/cm) et de sodium taux d'absorption de l'eau d'irrigation (SAR = 2,22).

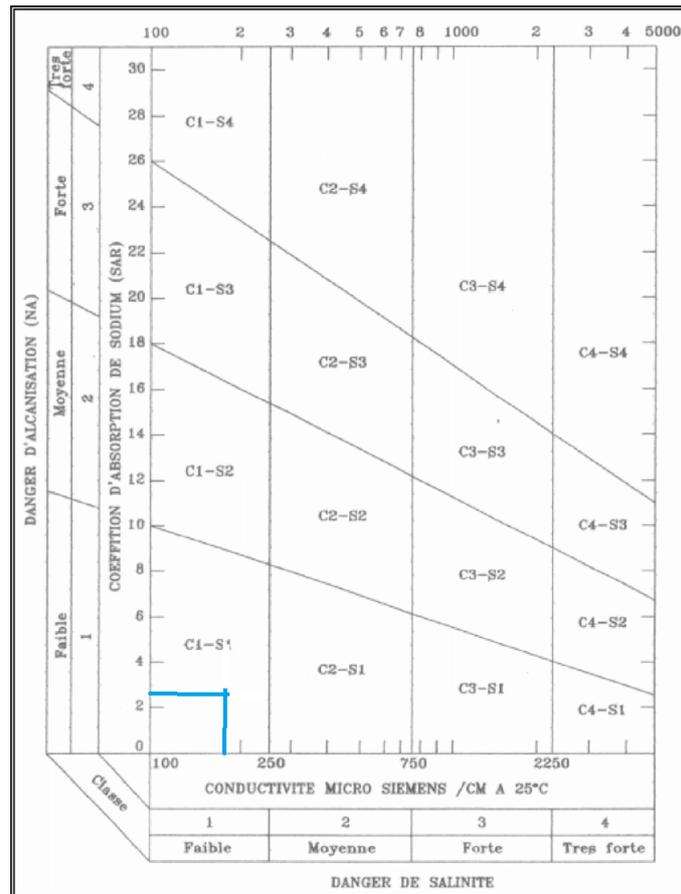


FIGURE 2.2 – classification-d'eau-d'irrigation

L'eau d'irrigation de la station de Tébesa, classée **C1-S1** selon la classification de l'US Salinity Laboratory, est considérée de très bonne qualité pour l'irrigation. La désignation **C1** indique une faible salinité, ce qui signifie que l'eau contient peu de sels dissous et ne présente pas de risque significatif d'accumulation de sel dans le sol, même avec une irrigation continue. Cela rend cette eau adaptée à la plupart des types de sols et des cultures, y compris celles sensibles à la salinité. La classification **S1** révèle un faible taux de sodium, garantissant qu'il n'y a pas de risque de dégradation de la structure du sol ou de mauvaise infiltration de l'eau. En conséquence, cette eau est idéale pour une utilisation agricole, favorisant un bon développement des cultures sans risque de salinisation ou de détérioration des propriétés physiques du sol.

2.6 Conclusion

Les eaux usées contiennent de nombreuses substances qui, selon leur composition, peuvent présenter un risque pour les milieux récepteurs. La présence d'éléments nocifs dans l'eau, sous forme dissoute ou particulière, entraîne une pollution.

En raison des éléments présents dans les eaux usées, la réutilisation d'une eau de mauvaise qualité peut présenter des risques pour la santé et l'environnement, ainsi

que des problèmes techniques, tels que des canalisations et des systèmes d'irrigation obstrués. Du point de vue de la santé, la quantité de contaminant entrant dans l'environnement est appelée charge excrétée. Sa composition dépend de la population produisant les eaux usées, notamment de la proportion d'individus infectés et de l'état de santé. Cette charge peut être considérablement réduite par un traitement approprié, qui est donc essentiel dans le cadre de la réutilisation des eaux usées traitées (REUE).

3.1 Géologique régionale

La commune de Boulhaf Dyr, située dans la wilaya de Tébessa en Algérie, se caractérise par une géologie principalement composée de formations sédimentaires, notamment des calcaires, des grès et des marnes datant du Mésozoïque et du Cénozoïque. La région, qui fait partie des chaînes de montagnes telliennes, présente également des formations métamorphiques comme des schistes et des gneiss, résultant des déformations tectoniques anciennes. Les sols locaux varient en fonction des substrats géologiques, avec une présence notable de sols calcaires et argileux.

3.2 Etude du contexte Hydrologique

L'objectif de cette étude est de déterminer les caractéristiques des pluies pour des fréquences données, essentielles pour l'analyse de notre projet, en se basant sur une série d'observations sur 31 ans (1990-2020). Cette analyse inclut notamment le calcul des besoins en eau des cultures projetées dans le périmètre.

tableau de série de pluie (1990 -2020) :

TABLE 3.1 – Tableau de pluies moyenne mensuelle observé (1990-2020).

Année	jan	fev	mars	avl	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec	total
1990	37.5	29.4	60.1	34.5	32.4	31.3	44.3	25	54.9	14.4	8.5	35.6	407.19
1991	58.9	52.4	39.6	14.2	20.3	24.9	22.3	25.6	71.7	23.2	13.4	24.5	391
1992	44.08	28.4	61.05	48.4	53	27.9	19.4	14.5	12.36	13.8	27.1	2.3	294.59
1993	16.05	26.2	9.9	19.5	44.2	20.9	9.4	13.3	31.7	50.6	14.5	6.7	262.95
1994	82	36.8	7.4	5.7	88	23.5	52.4	30.2	12.7	15.8	7.6	3.5	365.6
1995	94.9	33.7	28	8.2	10.5	60.9	39.3	30.5	13.83	27.6	7.5	15.5	370.03
1996	56	5	42.6	22.9	27.6	4	27.8	50.7	12.06	12	0	19.4	280.06
1997	32.1	40.5	26.7	13.5	51.5	2	15.7	9.9	18.51	36.3	13	13.3	273.01
1998	42.1	51.7	36.3	27.9	23.7	11.7	31.8	15.4	80	22	5	13.6	361.2
1999	20.3	48.7	39.5	23.2	20	14.8	6.1	12	50.96	36.5	10	8.5	290.56
2000	41.2	32.7	13.5	13.9	22.8	16	5.5	11.1	31.6	28	6	46.7	269
2001	35.84	6	56	6.8	12.3	16	33.5	26	11.4	5	15	85	308.84
2002	32.6	77.9	59.3	36.5	53.5	25.5	31	64.5	83.7	30.9	16.2	36.8	548.4
2003	48.8	35.4	80.77	122.5	12.5	13.4	41.8	13.7	20.8	4.5	6.3	13.5	413.97
2004	46.54	18.3	4.24	31.8	32.1	15	35.5	55.5	23.9	21	9.5	46.6	339.98
2005	26.37	42.19	21.09	58.01	105.4	726.37	0	47.46	89.65	21.09	21.09	21.09	479.88
2006	0	21.09	5.27	58.01	10.55	21.09	68.55	73.83	42.19	47.46	65.27	31.64	384.95
2007	10.55	36.91	0	36.91	10.55	5.27	36.91	21.09	42.19	26.37	10.55	21.09	258.39
2008	79.1	15.82	15.82	31.64	163.4	831.64	36.91	126.5	658.01	0	15.82	21.09	595.89
2009	79.1	21.09	0	5.27	42.19	5.27	31.64	36.91	47.46	47.46	21.09	0	337.48
2010	68.55	42.19	63.28	26.37	42.19	73.83	36.91	52.73	84.38	47.46	47.46	0	585.35
2011	5.27	79.1	31.64	36.91	47.46	89.65	79.1	58.01	26.37	0	5.27	15.82	474.6
2012	52.73	31.64	10.55	5.27	52.73	36.9	36.91	42.19	0	0	21.09	36.91	326.93
2013	47.46	31.64	58.01	42.19	58.01	31.64	100.2	15.82	58.01	21.09	5.27	0	469.34
2014	26.37	31.64	26.37	79.1	26.37	31.64	26.37	79.1	26.37	31.64	26.37	79.1	490.44
2015	58.01	15.82	36.9	0	31.64	5.27	52.73	52.73	52.73	10.55	0	0	316.39
2016	15	13	9.8	29.2	5.8	0.8	0.2	20.7	22.3	8.4	8.3	4.6	138.1
2017	47.7	27.3	13	0.9	0	12.5	6	9.5	35.7	2.5	0	34.7	189.8
2018	50.4	28	9.4	8.5	15.5	10.6	45	22.1	18.8	0	3	13.9	225.2
2019	23.2	4.6	7.6	10.1	4.7	0	23.7	18.2	6	19.6	4.8	31.7	154.2
2020	31.7	29.6	11.3	15.2	1.4	7.7	6.5	14.4	15.1	4.4	0	17.6	154.9

Les graphes des distributions empirique sont présentées dans la figure suivante

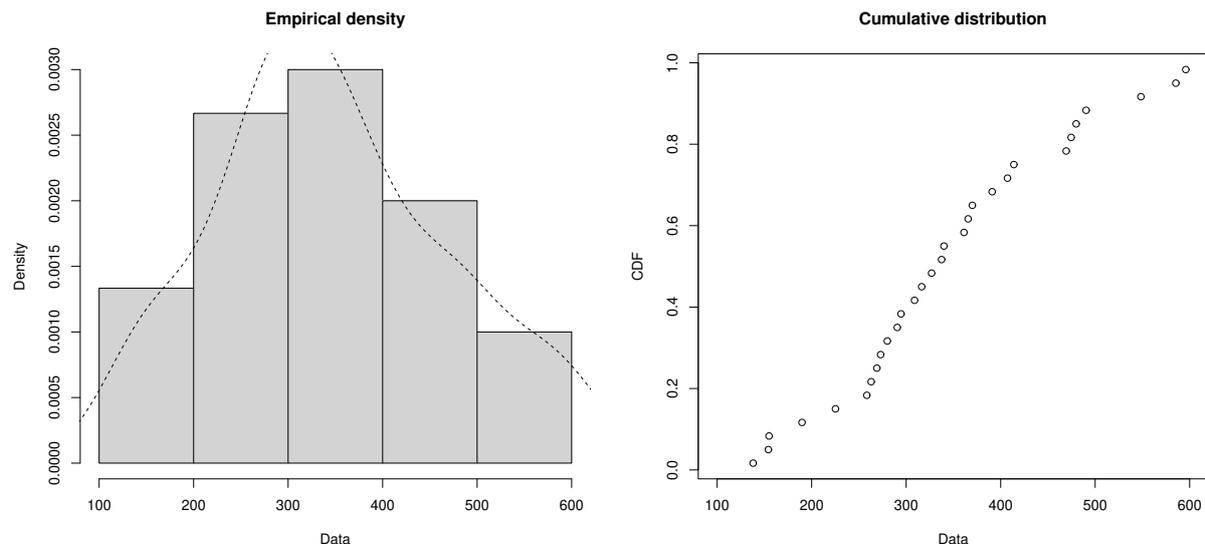


FIGURE 3.1 – Graphe de l’histogramme, le polygone des fréquences et la distribution cumulative de la série des précipitations annuelle

3.3 Homogénéité de la série pluviométrique

Pour appliquer le test de Wilcoxon afin de vérifier l’homogénéité de la série de précipitations, suivez les étapes suivantes :

Diviser la série : séparez la série complète des précipitations en deux sous-séries, X et Y , avec des tailles respectives N_1 et N_2 , en veillant à ce que $N_1 < N_2$.

Classer la série : Combinez les deux sous séries en une seule série $X \cup Y$, puis classez les valeurs par ordre décroissant. Attribuez des rangs à chaque valeur et notez à quelle sous série chaque rang appartient.

Calculer la somme des rangs pour les sous-séries : Calculez la somme des rangs pour une des sous-séries (notons cette somme W_x).

Déterminer W_{min} et W_{max} : Calculez W_{min} et W_{max} en utilisant les formules suivantes :

$$W_{min} = \left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \cdot N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \cdot \sqrt{\frac{N_1 \cdot N_2 \cdot (N_1 + N_2 + 1)}{12}}$$

$$W_{max} = (N_1 + N_2 + 1) \cdot N_1 - W_{min}$$

Évaluer l’homogénéité : Vérifiez l’homogénéité de la série en contrôlant si W_x se situe dans l’intervalle : $W_{min} < W_x < W_{max}$.

se situe dans cet intervalle, la série est considérée comme homogène avec une probabilité de 95 %.

TABLE 3.2 – Tableau des détaille le procédé de Test d’homogénéité pour la station de Tebessa.

Rang	série d’origine p (mm)	série X	série Y	TRI	X ∪ Y
1	407.19	407.19	497.88	138.1	Y
2	391	391	384.95	154.2	Y
3	294.59	294.59	258.39	154.9	Y
4	262.95	262.95	595.89	189.8	Y
5	365.6	365.6	337.48	225.2	Y
6	370.03	370.03	585.35	258.39	Y
7	280.06	280.06	474.6	262.95	X
8	273.01	273.01	326.93	269	X
9	361.2	361.2	469.34	273.01	X
10	290.56	290.56	490.44	280.06	X
11	269	269	316.39	290.56	X
12	308.84	308.84	138.1	294.59	X
13	548.4	548.4	189.8	308.84	X
14	413.97	413.97	225.2	316.39	Y
15	339.98	339.98	154.2	326.93	Y
16	497.88		154.9	337.48	Y
17	384.95			339.98	X
18	258.39			361.2	X
19	595.89			365.6	X
20	337.48			370.03	X
21	585.35			384.95	Y
22	474.6			391	X
23	326.93			407.19	X
24	469.34			413.97	X
25	490.44			469.34	Y
26	316.39			474.6	Y
27	138.1			490.44	Y
28	189.8			497.88	Y
29	225.2			548.4	X
30	154.2			585.38	Y
31	154.9			595.89	Y

N1	N2	W X	W max	W min
15	16	246	290.08	189.92

TABLE 3.3 – Tableau des résultat de Test d’homogénéité pour la station de Tebessa.

$$189.92 < 246 < 290.08$$

La condition de Mr Wilson est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de Tebessa est homogène.

3.4 Etude statistique de précipitation :

Normalement, la mesure de la volatilité peut être ajustée selon diverses lois statistiques qui nous aident à choisir celle la plus appropriée pour notre projet. Parmi les lois les plus courantes pour conditionner les données pluviométriques figurent :

Lois de Gauss ou Loi normale .

3.5 Traitement des données

D'après la simulation des apport annuelle avec le logiciel HYFRAN nous donner les résultats suivant :

Statistique de base

Nombre de données =31

Minimum =596

Moyenne =348

Ecart-type =122

Médiane =337

coefficient de variation (Cv)=0.35

coefficient d'asymétrie (Cs)=0.304

coefficient d'aplatissement (Ck)=2.34

3.6 Ajustement de la série pluviométrique à la loi de Gauss (loi Normale) :

Le processus de calcul comprend les étapes suivantes :

1. Trier les valeurs des précipitations par ordre croissant.
2. Attribution d'un numéro de rang à chaque valeur triée.
3. Calcul de la fréquence expérimentale (en utilisant par exemple la formule de Hazen).

avec :

$$F(x) = \frac{m - 0.5}{n} \quad (3.1)$$

Variable réduite gaussienne

$$U = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}$$

Calcul des caractéristiques empiriques de la distribution (\bar{X}), Cv, Cs) Le coefficient de variation ($\frac{\delta}{\bar{X}}$).

L'équation de la droite de Henry sur le papier de probabilité gaussienne :

$$\delta P\% = \delta \times UP\%$$

où :

- XP% : Précipitations avec probabilité P%
- UP% : Variable gaussienne réduite.
- \bar{x} : Moyenne arithmétique
- **Écart type** : σ

Pour les calculs, nous avons utilisé le logiciel HYFRAN. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau et sur la figure .

Résultats d'ajustement la série pluviométrique à la loi de Gauss :

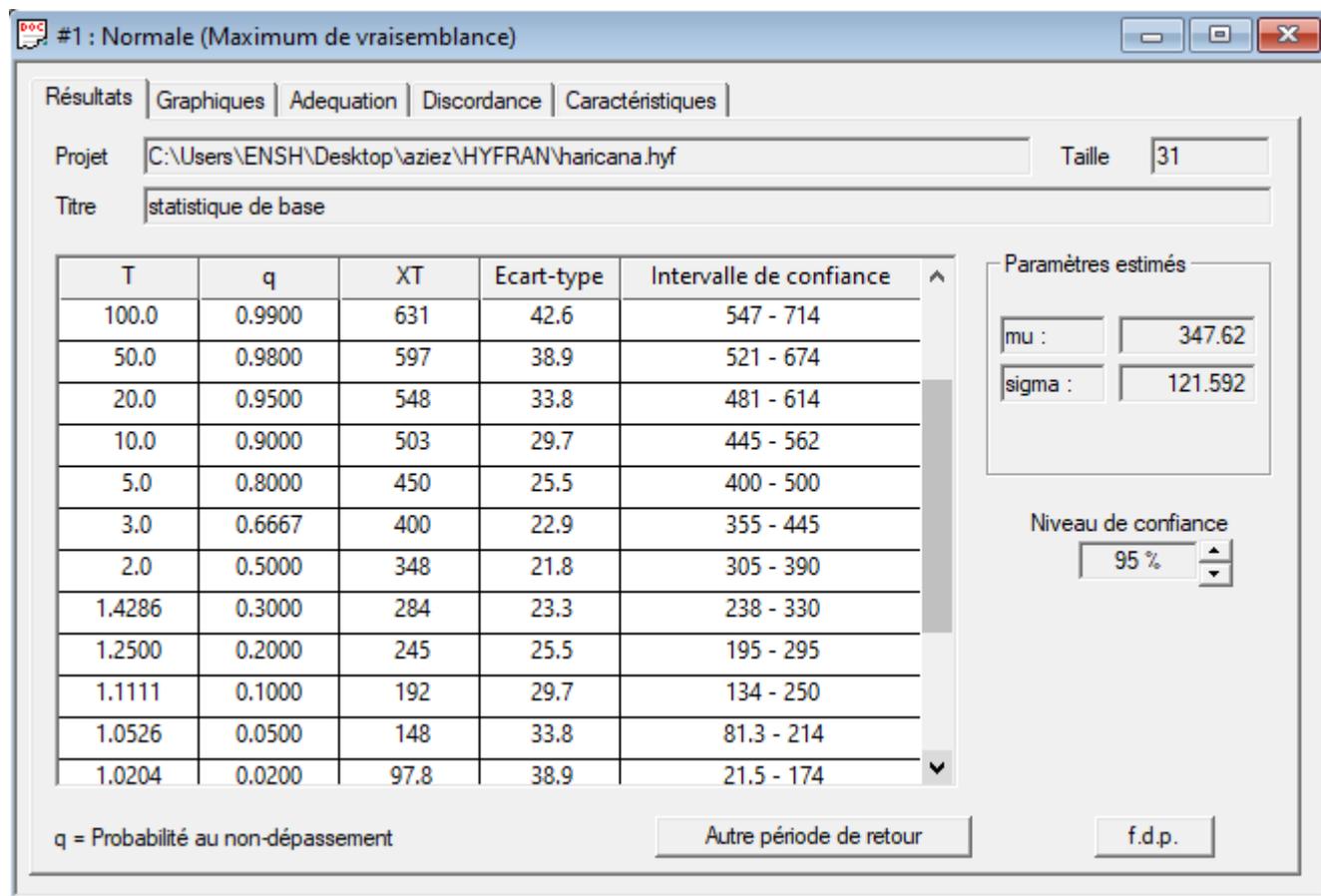


FIGURE 3.2 – Tableau de l'ajustement de loi de Gauss

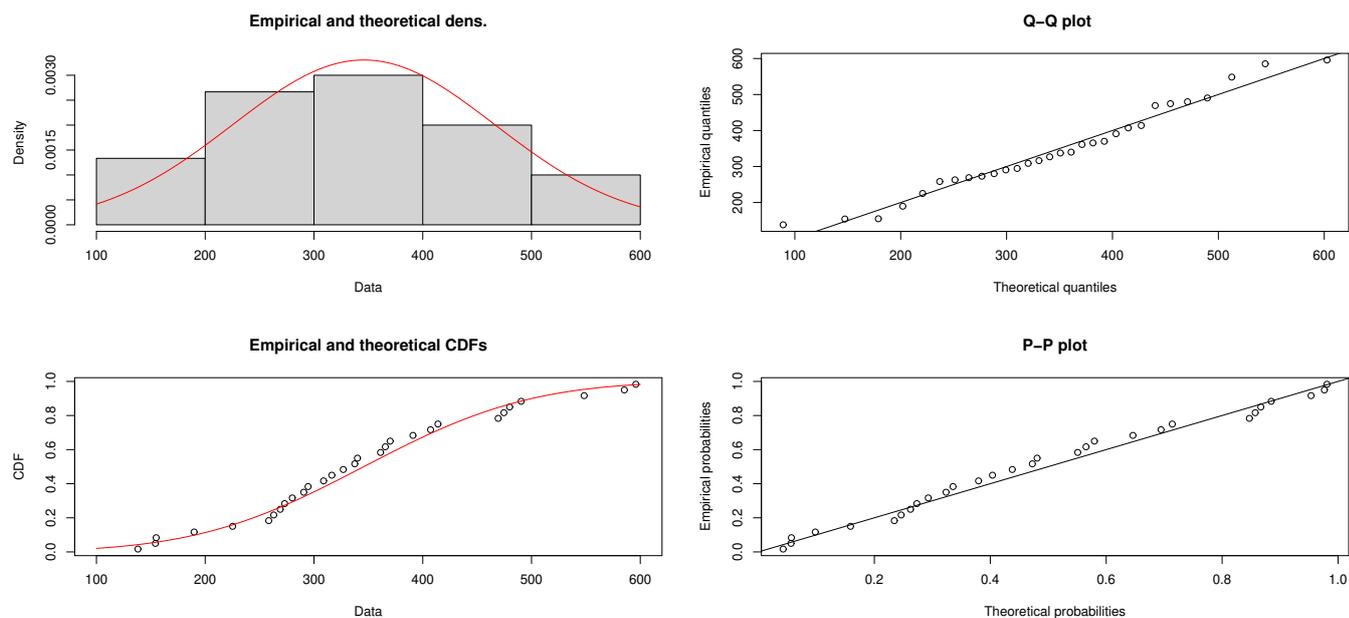


FIGURE 3.3 – Graphe d’ajustement par la loi normale

3.7 Ajustement à la loi de log Normale

La fonction de répartition de la loi normale est donnée par l’expression suivante :

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

Elle est tabulée en fonction de la variable u , qui représente la variable réduite de Gauss.

Dans le cas de la loi log normale, la variable u est définie par :

$$U = \frac{\ln X - \overline{\ln X}}{\sigma \ln X}$$

où $\overline{\ln X}$ est la moyenne arithmétique de la série des logarithmes népérien de X , et $\sigma \ln X$ représente l’écart-type de cette série.

La transformation

$$\ln X = \overline{\ln X} + \sigma \ln X$$

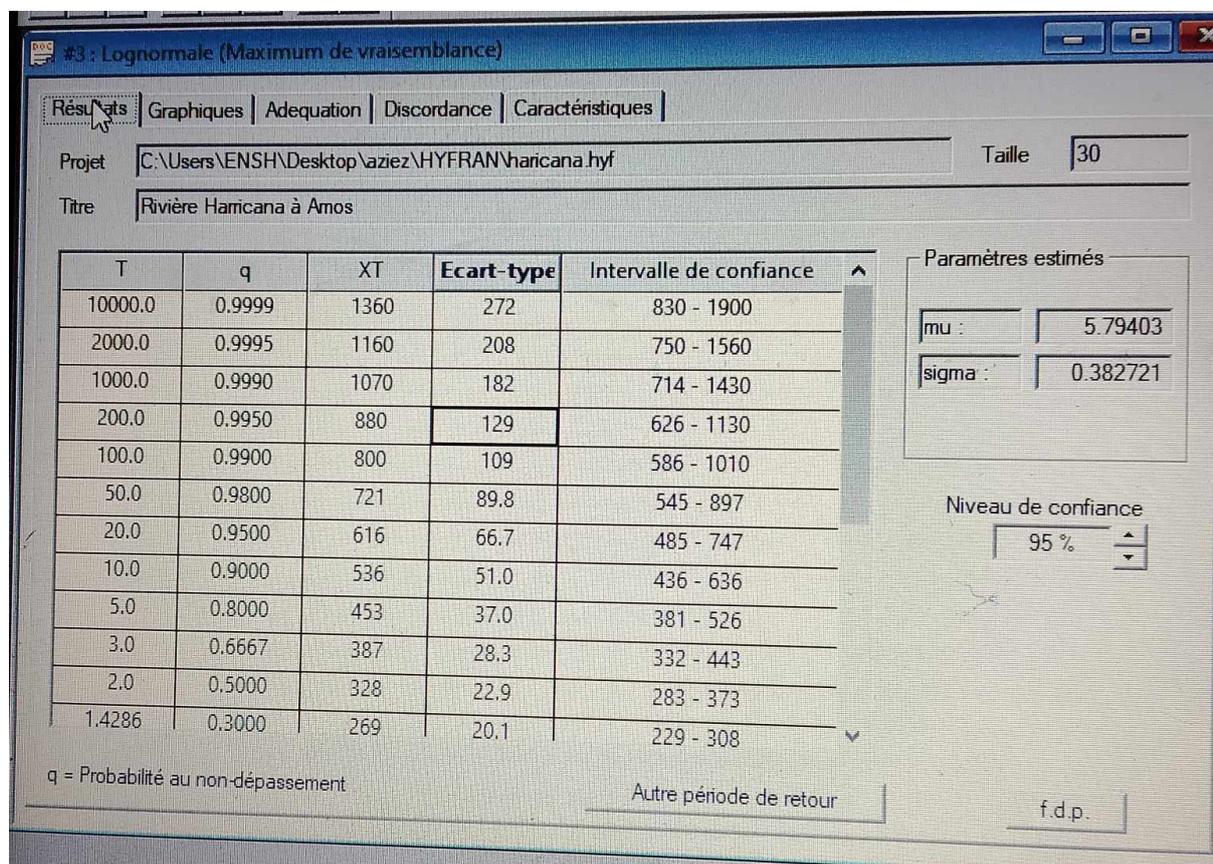
correspond à l’équation de la droite de Henry, qui ajuste les données transformées en logarithme à la loi de Gauss.

Procédé :

- Calculer les caractéristiques empiriques de l’échantillon, notamment la moyenne et l’écart-type.
- Classer ensuite les valeurs de la série par ordre croissant.

- Attribuer un numéro d'ordre à chaque valeur classée.
- Calculer la fréquence expérimentale à l'aide d'une formule empirique adaptée aux lois à deux paramètres. Dans le cas de la loi de Gauss, on utilise la formule de Hazen : $F(x) = \frac{m-0.5}{N}$
où m est le rang de la valeur dans la série, et N est la taille de l'échantillon
- Reporter les valeurs $\ln P$ sur papier Gauss $P = f[F(x)]$ ou en absence de papier de Gauss
- Travailler avec la variable u et tracer le graphe $\ln P = f(u)$
- Enfin, tracer la droite de Henry, définie par l'équation : $\ln P = \ln P + \sigma \ln P \times u$.

3.7.1 Résultat graphique de la loi log normale



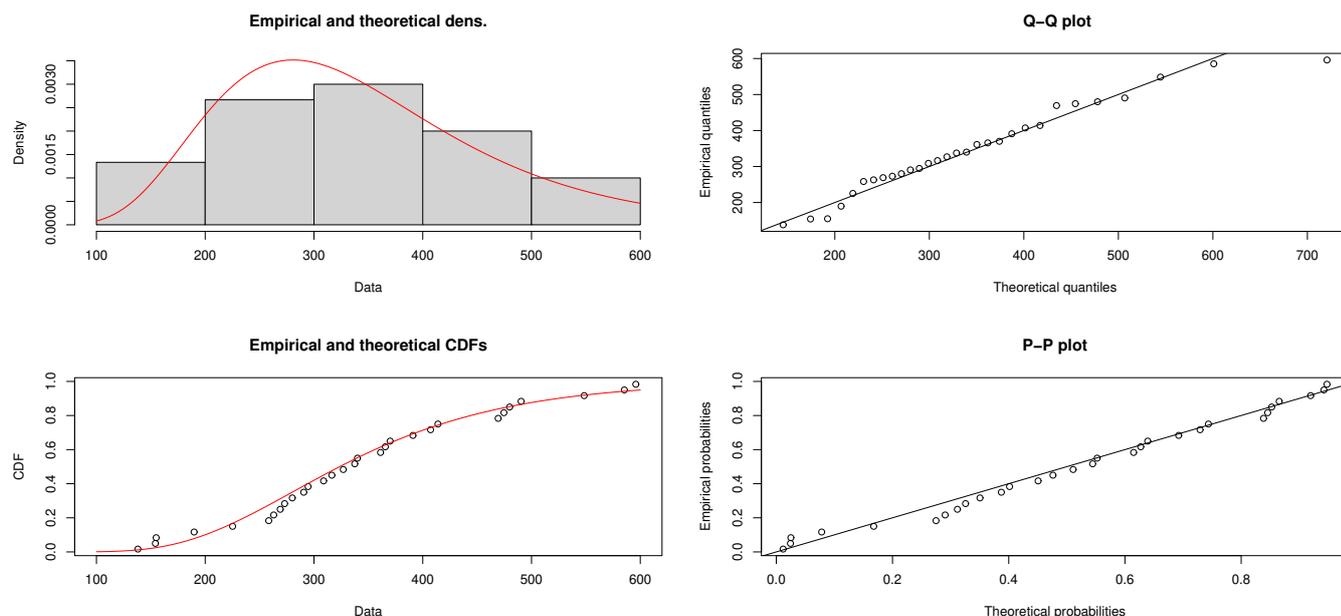


FIGURE 3.4 – Graphe d’ajustement par la loi log normale

3.8 Comparaison entre la loi de Gauss et la loi log normale

D’après les résultats de quelques tests statistiques d’adéquations, les résultats des testes sont présentées dans la table (3.4), il apparaît que la loi normale est plus précise que la loi log-normale. La loi normale est souvent préférée en raison de sa simplicité et de ses excellentes propriétés calculatoires. En effet, elle ne dépend que de deux paramètres, la moyenne et l’écart type, ce qui facilite son estimation et son analyse.

TABLE 3.4 – Résultats de validation des tests d’adéquation des distributions.

Tests	loi normal	loi log-normal
Kolmogorov-Smirnov statistic	0.08702816	0.108245
Cramer-von Mises statistic	0.04101446	0.04138548
Anderson-Darling statistic	0.29892573	0.36067837
Akaike’s Information Criterion	376.7284	377.2646

3.9 Détermination de l’année de calcul

$P_{sec80\%}$ est la quantité de précipitations annuelles ou saisonnières qui a 80% de chances d’être dépassée. Cela se base sur des données historiques de précipitations. et en calcule sur la formule :

$$P_{80\%} = P_{moy \text{ de chaque moi}} \times \frac{P_{annuel80\%}}{P_{moy \text{ annuel}}} \tag{3.2}$$

alors le résultat de pluie efficace est donnée dans ce tableau :

Mois	jan	fev	mars	avl	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec	Ann
Pmm	42	31	43	47	44	24	11	20	39	33	35	35	404
en %	10.4	7.67	10.64	11.63	10.89	5.94	2.72	4.95	9.65	8.17	8.66	8.66	100

TABLE 3.5 – Tableau des Précipitations moyennes mensuelles interannuelle en mm .

Mois	jan	fev	mars	avl	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec	ann
P moy80%	33.6	24.8	34.4	37.6	35.2	19.2	9.8	16	31.2	26.4	28	28	324.2

TABLE 3.6 – Tableau des Précipitations moyennes mensuelles de l’année de calcule : .

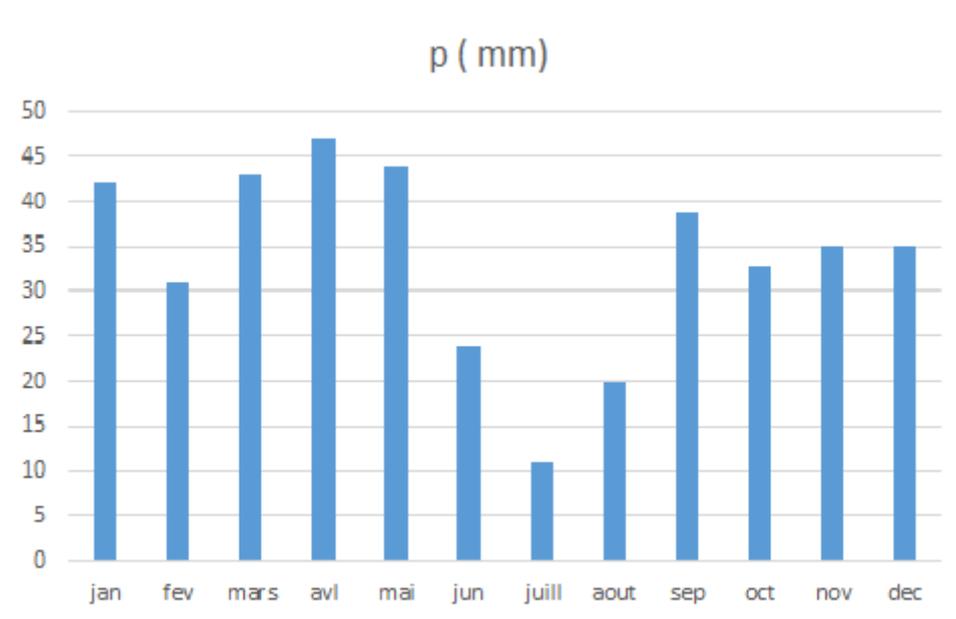


FIGURE 3.5 – Répartition des précipitation mensuelle de la pluviométrie

3.10 Climatologie

L’étude du climat est une étape primordiale dans les projets hydro-agricoles, car elle permet de quantifier les paramètres influençant le choix des cultures et le dimensionnement des réseaux d’irrigation. Les différents éléments caractérisant le climat sont principalement les précipitations, la température, le vent, l’humidité relative de l’air et l’insolation.

TABLE 3.7 – Tableau de climatologie .

Mois	jan	fev	mars	avl	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec	Ann
Pmm	42	31	43	47	44	24	11	20	39	33	35	35	404
T moy (°c)	5.6	6	9.5	13.2	17.4	22.3	26	25.4	20.9	16.8	10.4	6.6	6.23
T min (°c)	0.7	0.7	3.4	6.6	10.3	14.7	18	17.8	14.4	10.8	5.3	1.9	8.71
T max (°c)	10.5	11.3	15.6	19.9	24.5	30	34.1	33	27.5	22.8	15.5	11.3	21.33
Himidité relative %	70	66	59	53	49	38	31	35	51	56	66	71	/
vitesse de vent (km/h)	16.2	16.3	15.8	15.5	13.9	12.7	12.2	11.9	12.2	13.2	15	16.1	/
insolation h	6.1	6.8	8.4	9.8	11.2	12.6	12.8	11.8	10.1	8.5	6.9	5.9	110.9

3.11 Calcul l’ETP de la région de Tebessa

The screenshot shows the 'ETo Penman-Monteith par mois - untitled' window. The input fields are: Pays: alger, Station: tebessa, Altitude: 858 m, Latitude: 35.40 °N, Longitude: 8.12 °E. Below the inputs is a table with the following data:

Mois	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidité %	Vent km/jour	Insolation heures	Ray. MJ/m²/jour	ETo mm/jour
Janvier	0.7	10.5	70	388	6.1	10.1	1.72
Février	0.7	11.3	66	391	6.8	13.0	2.15
Mars	3.4	15.6	59	379	8.4	17.9	3.27
Avril	6.6	19.9	53	372	9.8	22.5	4.64
Mai	10.3	24.5	49	333	11.2	26.1	5.90
Juin	14.7	30.0	38	305	12.6	28.6	7.56
Juillet	18.0	34.1	31	293	12.8	28.6	8.56
Août	17.8	33.0	35	286	11.8	25.8	7.70
Septembre	14.4	37.5	51	295	10.1	20.9	7.01
Octobre	10.8	28.8	56	317	8.5	15.7	4.88
Novembre	5.3	15.5	66	360	6.9	11.3	2.45
Décembre	1.9	11.3	71	386	5.9	9.2	1.70
Moyenne	8.7	22.7	54	342	9.2	19.1	4.79

FIGURE 3.6 – Calcul l’ETP

3.12 Calcul de la pluie efficace P_{eff} dans le Cropwat

	Pluie	Pluie eff.
	mm	mm
Janvier	42.0	39.2
Février	31.0	29.5
Mars	43.0	40.0
Avril	47.0	43.5
Mai	44.0	40.9
Juin	24.0	23.1
Juillet	11.0	10.8
Août	20.0	19.4
Septembre	39.0	36.6
Octobre	33.0	31.3
Novembre	35.0	33.0
Décembre	35.0	33.0
Total	404.0	380.2

FIGURE 3.7 – Calcul l’ETP

Conclusion

Avec une moyenne de précipitations d’environ 380 mm par an, l’irrigation sera une méthode à laquelle nous devons recourir fréquemment pour surmonter le déficit hydrique enregistré dans la région. Enfin, nous concluons ce chapitre en soulignant l’importance de prendre en compte certains risques climatiques qui pourraient affecter négativement les rendements attendus si ces risques ne sont pas pris en considération lors de l’élaboration du projet.

Introduction

Le calcul des besoins en eau des cultures est un processus essentiel pour déterminer la quantité d'eau nécessaire à leur croissance et à leur rendement optimaux, tout en évitant le gaspillage d'eau et la dégradation de la qualité du sol. Cela implique généralement l'utilisation de modèles mathématiques et de données météorologiques pour déterminer le volume d'eau requis pour une culture spécifique à un moment donné. En comprenant les besoins en eau des cultures, les agriculteurs et les gestionnaires de l'eau peuvent élaborer des stratégies et mettre en œuvre des techniques d'irrigation efficaces, garantissant ainsi des rendements optimaux tout en préservant les ressources en eau et en réduisant les coûts.

4.1 Calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures

Le bilan hydrique d'une culture c'est la différence entre les besoins en eau des cultures tels que déterminés par le climat et les caractéristiques végétales (ETM) et d'autre part la somme des apports effectifs des précipitations .

Le calcul des volumes d'eau à apporter par irrigation est réalisé en effectuant période par période le bilan :

$$B_i = ETM - (P_{\text{eff}} + K \times RFU_i - 1), \quad (4.1)$$

où

ETM : évapotranspiration potentielle de référence en (mm/mois)

P_{eff} : pluie efficace en mm

RFU : C'est la quantité d'eau que le sol peut retenir et qui est facilement accessible pour les plantes. Elle est souvent mesurée en mm.

: est un coefficient généralement égal à 1/2 ou 1/3.

avec

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

où

H_{cc} : Humidité a la capacité aux champs (31%)

H_{pf} : Humidité au point de flétrissement (15%)

D_a : densité apparente (1.6)

Y : degré de tarissement (2/3)

Z : profondeur d'enracinement en m

TABLE 4.1 – Tableau des profondeur d'enracinement mensuelle :(m)

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avl	mai	juin	juil	aout
Blé			0.1	0.3	0.4	0.6	0.8	1	1.1	1.2		
Orge			0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.1	1.2		
Pomme de terre							0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	
Tomate							0.1	0.2	0.4	0.8	1.1	1.1
Betteraves	1.3						0.1	0.3	0.5	0.7	1	1.3
luzerne	1.3	1.1	0.9	0.7	0.3	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.3
Olives	1.3	1.3	1.1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	1.1	1.3	1.3	1.3

4.1.1 Calcul des pluies efficace

La pluie efficace C'est la quantité de précipitations qui est utilisable par les plantes pour leur croissance et leur développement, après avoir pris en compte les pertes dues au ruissellement et à l'infiltration profonde.

La formule pour la précipitation efficace est donnée par :

$$P_{eff} = 0.55 \times P_{sec 80\%} \quad (4.2)$$

$P_{sec 80\%}$ est la quantité de précipitations annuelles ou saisonnières qui a 80% de chances d'être dépassée. Cela se base sur des données historiques de précipitations. et en calcule sur la formule :

$$P_{80\%} = P_{moy \text{ de chaque moi}} \times \frac{P_{annuel 80\%}}{P_{moy \text{ annuel}}} \quad (4.3)$$

alors le résultat de pluie efficace est donnée dans ce tableau :

TABLE 4.2 – Tableau de la précipitation mensuelle de la station de Tebessa.

Mois	jan	fev	mars	avl	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec
P80%	33.6	24.8	34.4	37.6	35.2	19.2	9.8	16	31.2	26.4	28	28
Peff	18.48	13.59	18.92	20.68	19.36	10.56	5.39	8.8	17.16	14.52	15.4	15.4

4.2 L'évapotranspiration maximale (ETM)

L'évapotranspiration maximale (ETM) est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture donnée, à un stade végétatif, dans des conditions climatiques données. Elle dépend de la culture considérée, du stade phénologique de la culture et des conditions météorologiques observées. C'est une correction de l'ETP (ET₀) en fonction du couvert végétal.

L'évapotranspiration maximale (ETM) est mesurée comme suit :

$$ETM = ET_0 \times K_c$$

K_c : coefficient cultural, est Un facteur qui varie en fonction du type de culture, du stade phénologique de la culture, et des conditions spécifiques de croissance. Il corrige l'ET₀ pour refléter les besoins en eau spécifiques de la culture.

TABLE 4.3 – Tableau des coefficient cultural (K_c) des différentes cultures

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avl	mai	juin	juil	aout
Blé			0.3	0.4	0.7	0.8	1	1.2	0.6	0.4		
Orge			0.3	0.4	0.7	0.8	1	1.2	0.6	0.4		
Pomme de terre							0.3	0.4	0.8	1	0.7	
Tomate							0.4	0.5	0.8	1.05	1.2	0.9
Betteraves	0.7						0.3	0.4	0.8	1.05	1.2	0.8
luzerne	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	0.9	0.9	0.8
Olives	0.75	0.7	0.65	0.55	0.55	0.55	0.65	0.7	0.7	0.75	0.75	0.75

4.3 Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence

L'évapotranspiration maximale d'un gazon (ou d'une culture de référence) recouvrant complètement le sol, bien alimenté en eau et en phase active de croissance, correspond à l'évapotranspiration potentielle de référence (ET₀). Il existe principalement deux types de méthodes pour évaluer cette ET₀ :

Methode directe

Methode indirecte

Méthode directe : Les méthodes directes incluent l'approche par évapotranspiromètre ou lysimètre. Cette méthode implique la construction d'un réservoir lysimétrique rempli de sol et planté avec une culture de référence. Équipé d'un système de drainage, il collecte l'eau qui s'infiltre à travers le sol. Bien que cette méthode soit très précise, elle est coûteuse et nécessite une surveillance régulière.

Méthode indirecte :

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle (ET_o) à l'aide de formules empiriques, plusieurs méthodes peuvent être utilisées en fonction des données climatiques disponibles et des conditions locales. Voici un aperçu des principales formules empiriques utilisées pour calculer l'ET_o :

Formule de Turc (1960)

Description : Cette formule est simple et utilise la température moyenne et la radiation solaire pour estimer l'ET_o.

****Formule** :**

$$ET_o = \frac{0.013 \times (T_m + 15) \times (R/1000)}{T_m + 15}$$

où T_m est la température moyenne en °C et R est la radiation solaire en cal/cm²/jour.

Formule de Thornthwaite (1955)

Description : Utilise la température moyenne mensuelle et une estimation de la radiation solaire.

Formule :

$$ET_o = 16 \left(\frac{10 \times T_m}{I} \right)^a$$

où T_m est la température moyenne mensuelle en °C, I est l'indice thermique annuel, et a est une fonction de I .

Formule de Blaney-Criddle (1959)

Description : Utilise la température moyenne et la durée du jour.

Formule :

$$ET_o = p \times (0.46 \times T_m + 8)$$

où T_m est la température moyenne en °C et p est le pourcentage de la durée du jour par rapport à 12 heures.

Formule de Penmann ou Formule de Bilan d'énergie (1948)

Description : Combine les variables météorologiques telles que la température, l'humidité, la vitesse du vent et le rayonnement solaire.

Formule :

$$ET_o = \frac{\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_m + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

où R_n est le rayonnement net, G est le flux de chaleur dans le sol, Δ est la pente de la courbe de pression de vapeur saturée, γ est la constante psychrométrique, T_m est la

température moyenne, u_2 est la vitesse du vent à 2 m de hauteur, e_s est la pression de vapeur saturée et e_a est la pression de vapeur réelle.

Méthode de Doorenbos et Pruitt (1977) dans le cadre de la FAO

Description : Une version simplifiée et améliorée de la méthode de Penman-Monteith.

Formule : Adaptée en fonction des données climatiques disponibles et des recommandations spécifiques de la FAO.

Formule de Bouchet

Description : La formule de Bouchet prend en compte l'évaporation réelle et l'évaporation potentielle en considérant l'effet d'une humidité élevée sur l'évaporation.

Formule : Plus complexe et généralement utilisée dans des études spécifiques sur l'évaporation.

Pour analyser les résultats de l'évapotranspiration de référence (ET0) calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0, il est essentiel de connaître les valeurs spécifiques obtenues pour chaque paramètre. Vous avez mentionné les types de données météorologiques introduites dans le logiciel. voici le resultat de l'évapotranspiration (ET0) de station de Tebessa.

Pour les calculs, nous avons utilisé le logiciel HYFRAN. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 5-1 et sur la figure 5-1

4.4 Calcul l'ETP de la region de Tebessa

The screenshot shows the 'ETo Penman-Monteith par mois' software interface. The input fields are: Pays: alger, Station: tebessa, Altitude: 858 m, Latitude: 35.40 °N, Longitude: 8.12 °E. The main table displays monthly data for ET0 (mm/jour) and other meteorological parameters.

Mois	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidité %	Vent km/jour	Insolation heures	Ray. MJ/m²/jour	ETo mm/jour
Janvier	0.7	10.5	70	388	6.1	10.1	1.72
Février	0.7	11.3	66	391	6.8	13.0	2.15
Mars	3.4	15.6	59	379	8.4	17.9	3.27
Avril	6.6	19.9	53	372	9.8	22.5	4.64
Mai	10.3	24.5	49	333	11.2	26.1	5.90
Juin	14.7	30.0	38	305	12.6	28.6	7.56
Juillet	18.0	34.1	31	293	12.8	28.6	8.56
Août	17.8	33.0	35	286	11.8	25.8	7.70
Septembre	14.4	37.5	51	295	10.1	20.9	7.01
Octobre	10.8	28.8	56	317	8.5	15.7	4.88
Novembre	5.3	15.5	66	360	6.9	11.3	2.45
Décembre	1.9	11.3	71	386	5.9	9.2	1.70
Moyenne	8.7	22.7	54	342	9.2	19.1	4.79

FIGURE 4.1 – calcul l'ETP

4.5 Diagramme ETP de la region de Tebessa par cropwat

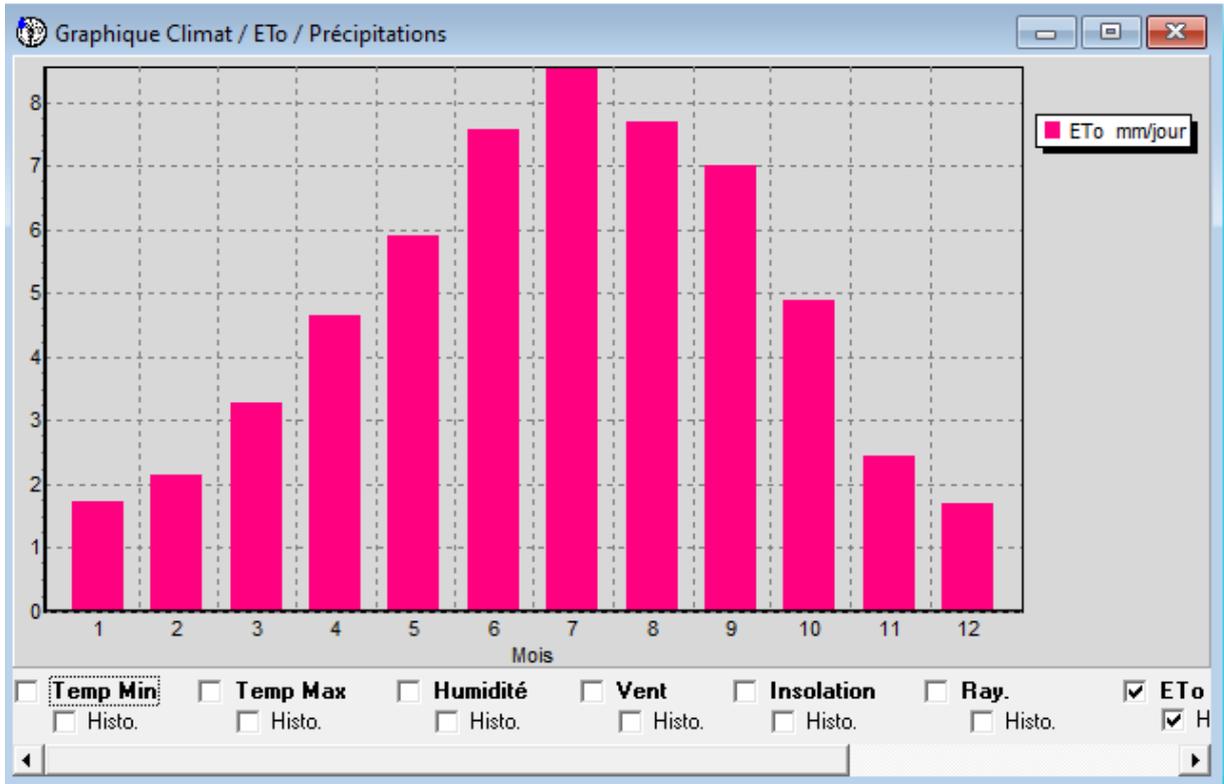


FIGURE 4.2 – Diagramme de CROPWAT

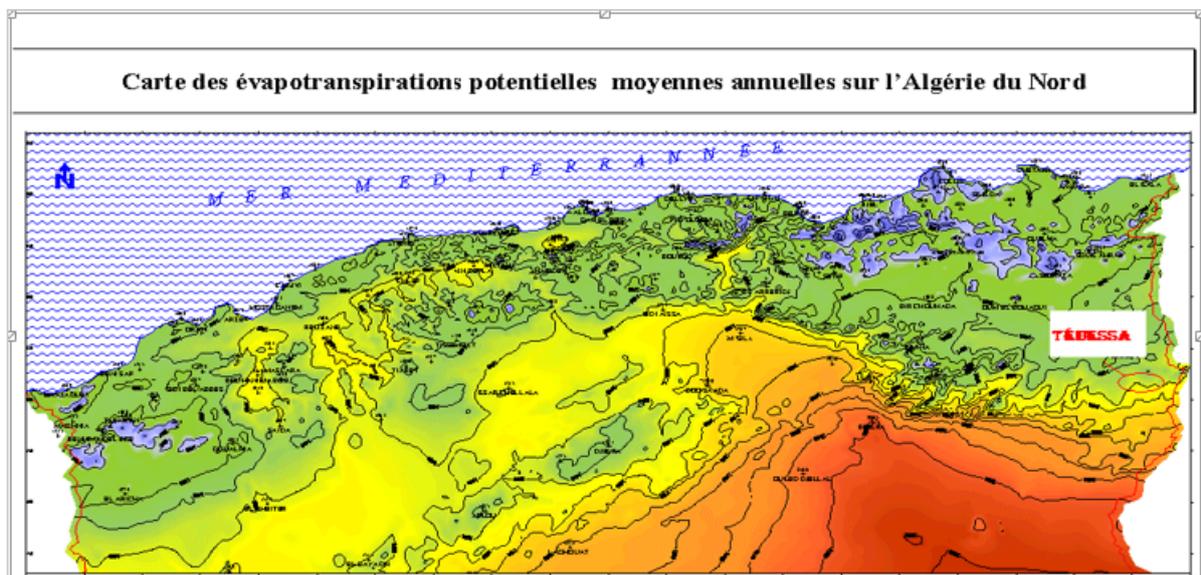


FIGURE 4.3 – Carte d'évapotranspiration potentiel en Algérie

4.6 Choix des cultures

L'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation agricole est une pratique de plus en plus courante dans les régions arides et semi-arides, où la disponibilité de l'eau est limitée. Pour la wilaya de Tébessa, le choix des cultures adaptées à l'irrigation avec des eaux usées traitées devrait tenir compte de la tolérance des cultures à la qualité de l'eau et des exigences en matière de salinité. Voici quelques cultures recommandées :

1. **Céréales (blé, orge)** : Les céréales peuvent tolérer une certaine salinité dans l'eau d'irrigation et sont des cultures de base importantes pour la région.
2. **Fourrages (luzerne, trèfle)** : Les plantes fourragères sont souvent tolérantes à la salinité et peuvent utiliser efficacement les eaux usées traitées.
3. **Olives** : Les oliviers sont bien adaptés aux conditions semi-arides et peuvent tolérer des niveaux modérés de salinité dans l'eau d'irrigation.
4. **Amandiers** : Comme les oliviers, les amandiers peuvent tolérer une certaine salinité et sont adaptés à des conditions de faible disponibilité en eau.
5. **Plantes aromatiques et médicinales (romarin, thym, menthe)** : Ces plantes nécessitent moins d'eau et peuvent tolérer une certaine salinité, ce qui les rend adaptées à l'irrigation avec des eaux usées traitées.
6. **Légumes secs (pois chiches, lentilles)** : Ces cultures enrichissent le sol en azote et peuvent tolérer des conditions de faible disponibilité en eau.
7. **Cactus (opuntia)** : Les cactus sont extrêmement résistants à la sécheresse et peuvent prospérer même avec des eaux d'irrigation de qualité inférieure.
8. **Pastèques et melons** : Ces cultures peuvent tolérer une certaine salinité et sont souvent cultivées avec succès dans des conditions de semi-aridité.

Avantages de l'utilisation des eaux usées traitées

- **Réduction de la demande en eau douce** : L'utilisation des eaux usées traitées réduit la pression sur les sources d'eau douce.

- **Recyclage des nutriments** : Les eaux usées traitées contiennent des nutriments (azote, phosphore) qui peuvent être bénéfiques pour les cultures, réduisant ainsi le besoin en engrais chimiques.

- **Amélioration de la gestion des eaux usées** : L'utilisation des eaux usées pour l'irrigation peut aider à résoudre les problèmes de gestion des déchets et de pollution des eaux.

La répartition des cultures est donnée dans le tableau suivant :

les cultures	surface occupe %	superficie (ha)
Blé dur	19%	193.8
orge grain	26%	265.2
bomme de terre	14%	142.8
tomate	11%	112.2
bettrevs	10%	102
luzerne	10%	102
olivier	10%	102
total	100%	1020

TABLE 4.4 – Occupation du sol par les cultures

4.7 Calcul les besoins en eau des céréales

Les besoins des blé :

Mois	pmoy (mm)	peff (mm)	ETP (mm/mois)	z.(m)	RFU the	RFU reel	Kc	ETM (mm)	Bi (mm)
sep	39	17.16	99.3	0	0	82.14	0	0	0
oct	33	14.52	66.65	0	0	52.13	0	0	0
nov	35	15.4	36	0.1	17.067	20.6	0.3	10.8	0
dec	35	15.4	23.56	0.3	51.2	0	0.4	9.424	0
jan	42	18.48	24.8	0.4	68.267	0	0.7	17.36	0
fev	31	13.59	34.22	0.6	102.4	0	0.8	27.38	13.786
mars	43	18.92	59.1	0.8	136.53	0	1.0	59.1	40.18
avl	47	20.68	89.1	1.0	170.67	0	1.2	106.92	86.24
mai	44	19.36	113.4	1.1	187.73	0	0.6	68.04	48.68
jun	24	10.56	136.8	1.2	204.8	0	0.4	54.72	44.16
juil	11	5.39	150.04	0	0	0	0	0	0
aout	20	8.8	132	0	0	127.2	0	0	0

TABLE 4.5 – Tableau des besoins en eau des blé

Les besoins de orge :

Mois	pmoy (mm)	peff (mm)	ETP (mm/mois)	z (m)	RFU the	RFU reel	Kc	ETM (mm)	Bi (mm)
sep	39	17.16	99.3	0	0	82.14	0	0	0
oct	33	14.52	66.65	0	0	52.13	0	0	0
nov	35	15.4	36	0.1	17.067	20.6	0.3	10.8	0
dec	35	15.4	23.56	0.2	34.13	0	0.4	9.424	0
jan	42	18.48	24.8	0.4	68.267	0	0.7	17.36	0
fev	31	13.59	34.22	0.6	102.4	0	0.8	27.38	13.786
mars	43	18.92	59.1	0.8	136.53	0	1.0	59.1	40.18
avl	47	20.68	89.1	1.0	170.67	0	1.2	106.92	86.24
mai	44	19.36	113.4	1.1	187.73	0	0.6	68.04	48.68
jun	24	10.56	136.8	1.2	204.8	0	0.4	54.72	44.16
juil	11	5.39	150.04	0	0	0	0	0	0
aout	20	8.8	132	0	0	127.2	0	0	0

TABLE 4.6 – Tableau des besoins en eau des orge

4.8 Calcul des besoins en eau des maraichages

calcule les besoins en eau du pomme de terre :

Mois	pmoy (mm)	peff (mm)	ETP (mm/mois)	z (m)	RFU the	RFU reel	Kc	ETM (mm)	Bi (mm)
sep	39	17.16	99.3	0	0	82.14	0	0	0
oct	33	14.52	66.65	0	0	52.13	0	0	0
nov	35	15.4	36	0	0	20.6	0	0	0
dec	35	15.4	23.56	0	0	8.16	0	0	0
jan	42	18.48	24.8	0	0	6.32	0	0	0
fev	31	13.59	34.22	0	0	20.63	0	0	0
mars	43	18.92	59.1	0.1	17.07	040.18	0.3	17.73	0
avl	47	20.68	89.1	0.2	34.13	51.35	0.4	35.64	0
mai	44	19.36	113.4	0.4	68.27	59.91	0.8	90.72	20.01
jun	24	10.56	136.8	0.8	136.53	57.97	1	136.8	66.33
juil	11	5.39	150.04	1.1	187.73	8.12	0.7	105.03	41.66
aout	20	8.8	132	1.1	187.73	0	0	0	0

TABLE 4.7 – Tableau des besoins en eau des pomme de terre

calcule les besoins en eau du tomate

Mois	pmoy (mm)	peff (mm)	ETP (mm/mois)	z (m)	RFU the	RFU reel	Kc	ETM (mm)	Bi (mm)
sep	39	17.16	99.3	0	0	82.14	0	0	0
oct	33	14.52	66.65	0	0	52.13	0	0	0
nov	35	15.4	36	0	0	20.6	0	0	0
dec	35	15.4	23.56	0	0	8.16	0	0	0
jan	42	18.48	24.8	0	0	6.36	0	0	0
fev	31	13.59	34.22	0	0	20.63	0	0	0
mars	43	18.92	59.1	0.1	17.07	40.18	0.4	23.64	0
avl	47	20.68	89.1	0.2	34.13	51.35	0.5	44.55	0
mai	44	19.36	113.4	0.4	68.27	59.91	0.8	90.72	20.01
jun	24	10.56	136.8	0.8	136.53	57.973	1.05	143.64	73.17
juil	11	5.39	150.04	1.1	187.73	8.12	1.2	180.04	8116.68
aout	20	8.8	132	1.1	187.73	0	0.8	108.88	391.883

TABLE 4.8 – Tableau des besoins en eau des tomates

4.9 Calcul les besoins en eau de betteraves

Mois	pmoy (mm)	peff (mm)	ETP (mm/mois)	z (m)	RFU the	RFU reel	Kc	ETM (mm)	Bi (mm)
sep	39	17.16	99.3	1.3	221.86	782.14	0.7	69.51	0
oct	33	14.52	66.65	0	0	0	0	0	0
nov	35	15.4	36	0	0	20.6	0	0	0
dec	35	15.4	23.56	0	0	8.16	0	0	0
jan	42	18.48	24.8	0	0	6.36	0	0	0
fev	31	13.59	34.22	0	0	20.63	0	0	0
mars	43	18.92	59.1	0.1	17.07	40.18	0.3	17.73	0
avl	47	20.68	89.1	0.3	51.2	51.35	0.4	35.64	0
mai	44	19.36	113.4	0.5	85.33	42.84	0.8	90.72	20.01
jun	24	10.56	136.8	0.7	119.47	40.907	1.05	143.64	90.24
juil	11	5.39	150.04	1.0	170.67	25.183	1.2	180.04	8133.75
aout	20	8.8	132	1.3	221.87	0	0.8	108.88	374.817

TABLE 4.9 – Tableau des besoins en eau des betteraves

4.10 Calcul les besoins en eau de oliviers

Mois	pmoy (mm)	peff (mm)	ETP (mm/mois)	z.(m)	RFU the	RFU reel	Kc	ETM (mm)	Bi (mm)
sep	39	17.16	99.3	1.3	221.87	82.14	0.75	74.48	57.315
oct	33	14.52	66.65	1.3	221.87	0	0.7	0	0
nov	35	15.4	36	1.1	187.73	0	0.65	23.4	0
dec	35	15.4	23.56	0.9	153.6	0	0.55	12.96	0
jan	42	18.48	24.8	0.8	136.53	0	0.55	13.64	0
fev	31	13.59	34.22	0	0	20.63	0	0	0
mars	43	18.92	59.1	0.8	136.53	0	0.65	38.41	0
avl	47	20.68	89.1	0.9	153.6	0	0.7	62.37	0
mai	44	19.36	113.4	1.1	187.73	0	0.7	79.38	0
jun	24	10.56	136.8	1.3	221.87	0	0.75	102.6	92.04
juil	11	5.39	150.04	1.3	221.87	0	0.75	112.53	107.14
aout	20	8.8	132	1.3	221.87	0	0.75	102	93.2

TABLE 4.10 – Tableau des besoins en eau des oliviers

4.11 Calcul des besoins en eau de luzernes

Mois	pmoy (mm)	peff (mm)	ETP (mm/mois)	z.(m)	RFU the	RFU reel	Kc	ETM (mm)	Bi (mm)
sep	39	17.16	99.3	1.3	221.87	82.14	0.7	69.51	52.35
oct	33	14.52	66.65	1.1	187.73	0	0.6	39.99	0
nov	35	15.4	36	0.9	153.6	0	0.5	18	2.6
dec	35	15.4	23.56	0.7	119.47	0	0.4	9.42	0
jan	42	18.48	24.8	0.3	51.2	0	0.4	9.92	0
fev	31	13.59	34.22	0.3	51.2	0	0.4	13.69	0.098
mars	43	18.92	59.1	0.5	85.33	0	0.6	35.46	16.54
avl	47	20.68	89.1	0.7	119.47	0	0.7	62.39	41.69
mai	44	19.36	113.4	0.9	153.6	0	0.8	90.72	71.36
jun	24	10.56	136.8	1.1	187.73	0	0.9	123.12	112.56
juil	11	5.39	150.04	1.3	221.87	0	0.9	135.04	129.646
aout	20	8.8	132	1.3	221.87	0	0.8	108.88	3100

TABLE 4.11 – Tableau des besoins en eau des luzerne

4.12 Répartition des besoins net des différentes cultures

Mois	Blé	Orge	pomme de terre	Tomatte	Bettreves	soliverns	luzernes	total
sep	39	17.16	99.3	1.3	221.87	82.14	0.7	461.47
oct	33	14.52	66.65	1.1	187.73	0	0.6	303.6
nov	35	15.4	36	0.9	153.6	0	0.5	241.4
dec	35	15.4	23.56	0.7	119.47	0	0.4	194.53
jan	42	18.48	24.8	0.3	51.2	0	0.4	137.18
fev	31	13.59	34.22	0.3	51.2	0	0.4	130.71
mars	43	18.92	59.1	0.5	85.33	0	0.6	207.95
avl	47	20.68	89.1	0.7	119.47	0	0.7	277.65
mai	44	19.36	113.4	0.9	153.6	0	0.8	332.06
jun	24	10.56	136.8	1.1	187.73	0	0.9	361.09
juil	11	5.39	150.04	1.3	221.87	0	0.9	390.5
aout	20	8.8	132	1.3	221.87	0	0.8	384.77

4.13 Estimation de débit spécifique

La formule donnée pour calculer le débit spécifique est essentielle pour estimer l'eau nécessaire à l'irrigation pendant le mois de pointe pour une culture particulière. Examinons en détail comment cette formule est utilisée et appliquons-la à un exemple concret.

Formule du Débit Spécifique

Le débit spécifique (q_s) se calcule comme suit :

$$q_s = \frac{B_{net} \times 1000 \times 10}{N_i \times N_j \times 3600 \times E_i}$$

Ou :

B_{net} : Besoin net en eau du mois de pointe (en mm/mois).

N_i : Nombre d'heures d'irrigation par jour =22 heures.

N_j : Nombre de jours du mois de pointe =30 jours

E_i : Efficacité du système d'irrigation (en%) =75%

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement 1) D'où les besoins de pointe correspondent au mois de septembre : $B_{net} = 461.47\text{mm/mois}$
 $q_s = 2.59\text{ l/s/ha} > 1.5\text{ l/s/ha}$.

Vous avez indiqué que le débit spécifique obtenu dépasse 1,5 l/s/ha cela présente un risque de surdimensionnement des conduites de refoulement ou gravitaire. En prenant en compte la culture la plus exigeante, qui est le betteraves pour le mois de pointe,

vous avez choisi un débit spécifique de 1 l/s/ha pour votre zone. Cela signifie que, pour cette zone, vous allez dimensionner les installations d'irrigation en fonction de ce débit pour garantir un approvisionnement adéquat en eau pour les betteraves pendant le mois où la demande en eau est la plus élevée.

4.14 Calcul le débit caractéristique

Le calcul du débit caractéristique permet de définir

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

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

S : la superficie nette à irriguer = 377.73ha

alors

$$q_s = 1 \cdot 320.45 = 320.45 \text{ l/s}$$

4.15 Calcul le volume d'eau d'irrigation

Le volume des besoins en eau égale le besoin brut de la culture en m³ multiplié par la surface de la culture. On trouve les résultats dans le tableau suivant :

type de culture	surface (ha)	besoins net (mm)	besoins brute (m ³ /ha)	besoins total (m ³)
Blé	19	404	5386.7	102347.3
Orge	26	193.66	2582.1	67134.6
Pomme de terre	14	964.97	12866.3	180128.2
Tomate	11	10.4	138.7	1525.7
Betteraves	10	1774.94	23665.9	236659
Luzernes	10	82.14	1095.2	10952
olivier	10	7.7	106.9	1069
total	320.5	3437.8	45841.8	599815.8

TABLE 4.12 – Tableau des besoins en eau des cultures

D'après le tableau précédent, il a été démontré que le besoin total en eau des cultures est estimé à 599 815,8 m³. Comparé au volume d'eau traité à la sortie de la STEP, qui est estimé à 14 622 868,4 m³, ce besoin est donc jugé acceptable.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons utilisé la méthode CROPWAT pour estimer les besoins en eau de chaque culture. Cette méthode nous a permis de quantifier la quantité d'eau évaporée du sol et transpirée par les plantes, en tenant compte de divers paramètres climatiques. Après avoir appliqué la méthode Penman pour évaluer les besoins en eau de chaque culture, nous avons calculé les besoins nets et les besoins bruts afin d'estimer le volume d'eau utilisé pour chaque culture.

CHAPITRE 5

CHOIX DES TECHNIQUE D'IRRIGATION

Introduction

L'irrigation est une méthode consistant à fournir de l'eau de manière artificielle aux cultures pour garantir leur développement optimal, surtout lorsque les ressources en eau sont limitées. Diverses techniques d'irrigation ont été mises au point, chacune étant adaptée à la nature du sol et au mode de distribution de l'eau aux plantes. Ce chapitre se penchera sur ces différentes techniques dans le but de déterminer celle qui convient le mieux aux caractéristiques du périmètre étudié.

5.1 Choix des technique d'irrigation

Le choix de la technique d'irrigation doit être soigneusement adapté aux conditions spécifiques du périmètre agricole. Une évaluation approfondie des besoins en eau des cultures, des caractéristiques du sol, et des ressources disponibles permettra de sélectionner la méthode la plus efficace, garantissant ainsi un usage durable de l'eau tout en maximisant le rendement agricole.

5.2 Classification des réseaux d'irrigation

Un réseau d'irrigation est un ensemble structuré d'infrastructures conçues pour transporter, distribuer, et appliquer de l'eau aux terres agricoles afin de favoriser la croissance des cultures. Il comprend divers composants tels que les sources d'eau (comme les rivières, les lacs, les réservoirs ou les puits), les canaux, les tuyaux, les pompes, les vannes, et les dispositifs de distribution (comme les sprinklers, les goutteurs, ou les rigoles).

Le but principal d'un réseau d'irrigation est d'assurer une alimentation en eau régulière et contrôlée aux plantes, en tenant compte des besoins hydriques spécifiques des cultures, des conditions climatiques, et des caractéristiques du sol. Un réseau d'irrigation bien conçu contribue à l'optimisation de l'utilisation de l'eau, à l'amélioration des rendements agricoles, et à la gestion durable des ressources en eau.

La classification des réseaux d'irrigation se base principalement sur le mode de transport et de distribution de l'eau, ainsi que sur les types de structures utilisées. Voici une classification courante :

5.2.1 Réseaux Gravitationnels

- Réseaux à écoulement libre : L'eau circule par gravité à travers des canaux ouverts ou des fossés. Ce type de réseau est courant dans les systèmes d'irrigation traditionnels.
- Réseaux de surface : L'eau est transportée à la surface du sol par des canaux ou des rigoles, puis est appliquée directement sur le sol. Ce type inclut l'irrigation par bandes, l'irrigation par bassin, et l'irrigation par sillons.

5.2.2 Réseaux Sous-Pression

- Réseaux d'irrigation goutte à goutte : L'eau est distribuée directement aux racines des plantes à travers un réseau de tuyaux et de goutteurs sous pression. Ce système est très efficace en termes d'économie d'eau.
- Réseaux d'irrigation par aspersion : L'eau est pulvérisée sur les cultures à travers des sprinklers ou des rampes d'arrosage. Ce type de réseau peut inclure les systèmes fixes, mobiles ou à pivots centraux.
- Réseaux d'irrigation localisée : Similaire à l'irrigation goutte à goutte, mais l'eau est appliquée de manière plus ciblée, souvent sous forme de micro-aspersion.

5.2.3 Réseaux Mixtes

- Réseaux combinés : Intègrent plusieurs méthodes d'irrigation, comme l'utilisation de canaux gravitationnels pour l'approvisionnement en eau, combinée avec l'irrigation sous pression pour la distribution finale aux cultures.

5.3 Classification des technique d'irrigation

irrigation gravitaire ou surface.

irrigation par aspersion.

irrigation sous pression.

5.4 Irrigation gravitaire

L'irrigation gravitaire, également connue sous le nom d'irrigation par submersion ou d'irrigation de surface, est l'une des méthodes d'irrigation les plus anciennes et les plus couramment utilisées dans le monde. Elle repose sur la gravité pour distribuer l'eau sur les champs. on distingue généralement trois groupes principaux de techniques.

irrigation par ruissellement.

irrigation par rigoles .

irrigation submersion.

5.4.1 Irrigation par ruissellement

L'irrigation de ruissellement est une méthode d'irrigation où l'eau est distribuée sur la surface du sol par des canaux, des rigoles ou des tranchées, et est ensuite laissée à s'écouler naturellement pour irriguer les cultures. Cette technique repose sur la gravité pour transporter l'eau à travers les champs. L'eau s'infiltré progressivement dans le sol, permettant aux racines des plantes de l'absorber. L'irrigation de ruissellement est souvent utilisée dans les zones où la topographie favorise l'écoulement de l'eau et où les ressources en eau sont suffisantes.

5.4.2 Irrigation à la raie

L'irrigation à la raie, également appelée irrigation par sillons, est une méthode d'irrigation de surface où l'eau est distribuée dans des sillons ou des canaux étroits creusés entre les rangées de cultures. L'eau s'écoule le long de ces sillons, irriguant les plantes par infiltration dans le sol. Ce type d'irrigation est couramment utilisé pour les cultures en rangs, comme le maïs, les légumes, les pommes de terre, et d'autres cultures qui sont semées ou plantées en lignes.

Les sillons sont conçus pour diriger l'eau directement vers la zone racinaire des plantes, minimisant ainsi le gaspillage d'eau et l'évaporation. Cette technique est particulièrement efficace sur les sols argileux ou limoneux qui ont une bonne capacité de rétention d'eau, et elle est souvent utilisée dans les régions agricoles où l'eau est une ressource limitée.

5.4.3 L'arrosage par submersion

L'arrosage par submersion, ou irrigation par submersion, est une technique d'irrigation où l'eau est appliquée sur le champ en grande quantité, de manière à inonder complètement la surface du sol. Les champs sont souvent divisés en parcelles appelées *bassins*, entourées par des levées de terre, permettant à l'eau de rester sur place et

de s'infiltrer lentement dans le sol. Cette méthode est couramment utilisée pour les cultures qui nécessitent des conditions de sol humide prolongées, comme le riz.

L'irrigation par submersion est particulièrement efficace dans les zones avec une topographie relativement plate et des sols argileux ou limoneux qui retiennent bien l'eau. Toutefois, elle nécessite une gestion attentive pour éviter l'érosion, le gaspillage d'eau et les problèmes de salinisation des sols, qui peuvent survenir avec une irrigation excessive.

5.4.4 Les avantages et inconvénients de l'irrigation gravitaire

L'irrigation gravitaire avec de l'eau traitée présente à la fois des avantages et des inconvénients. Voici un aperçu de ces aspects :

Avantages :

1. Coût réduit : L'irrigation gravitaire ne nécessite pas de pompes ou de systèmes complexes pour distribuer l'eau, ce qui réduit les coûts d'installation et d'entretien.
2. Utilisation des ressources disponibles : L'utilisation d'eau traitée, telle que les eaux usées recyclées, permet de valoriser des ressources en eau qui seraient autrement gaspillées, contribuant ainsi à une gestion durable de l'eau.
3. Simplicité de mise en œuvre : La technique est relativement simple à mettre en place et à exploiter, ce qui la rend accessible aux agriculteurs, même dans les zones rurales ou en développement.
4. Amélioration de la fertilité du sol : L'eau traitée peut contenir des nutriments bénéfiques pour les cultures, réduisant ainsi le besoin d'engrais chimiques.
5. Réduction de l'empreinte environnementale : En réutilisant l'eau traitée, on diminue la pression sur les ressources en eau douce et on réduit la pollution des cours d'eau.

Inconvénients : 1. Risque de contamination : Si l'eau traitée n'est pas correctement purifiée, elle peut contenir des agents pathogènes, des produits chimiques ou des métaux lourds, posant des risques pour la santé humaine, la qualité des cultures, et l'environnement.

2. Gestion complexe de l'eau : L'irrigation gravitaire dépend de la topographie et des conditions de sol. Elle peut être inefficace sur les terrains en pente ou les sols peu perméables, ce qui entraîne un gaspillage d'eau et une irrigation inégale.

3. Salinisation des sols : L'eau traitée peut contenir des sels qui, lorsqu'ils s'accumulent dans le sol à la suite d'une irrigation répétée, peuvent entraîner une salinisation, réduisant la fertilité du sol.

4. Impact environnemental local : Un mauvais drainage ou une gestion inefficace de l'eau peuvent entraîner une saturation du sol, la formation de marais, ou l'érosion.

5. Besoin d'un suivi régulier : La qualité de l'eau traitée doit être surveillée en permanence pour s'assurer qu'elle reste appropriée pour l'irrigation, ce qui peut entraîner

des coûts supplémentaires et nécessiter des compétences techniques.

5.5 Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est une technique d'irrigation qui consiste à distribuer l'eau sous forme de fines gouttelettes, similaires à la pluie, sur la surface du sol. Cette méthode utilise un réseau de canalisations, de pompes et de gicleurs ou d'asperseurs pour projeter l'eau sous pression, assurant ainsi une couverture uniforme des cultures.



FIGURE 5.1 – Irrigation par pivot

5.5.1 Avantages et Inconvénients

Avantages :

1. Distribution uniforme de l'eau : L'irrigation par aspersion permet une distribution homogène de l'eau, ce qui est particulièrement bénéfique pour les cultures qui nécessitent une irrigation régulière et uniforme.
2. Adaptabilité : Cette méthode est adaptable à une large gamme de types de sols, de topographies et de cultures. Elle peut être utilisée sur des terrains irréguliers ou en pente, où les méthodes d'irrigation gravitaires seraient inefficaces.
3. Contrôle précis : L'irrigation par aspersion permet un contrôle précis de la quantité d'eau appliquée, réduisant ainsi les risques de sur- ou sous-irrigation, et favorisant une meilleure gestion des ressources en eau.

4. Réduction de l'érosion du sol : En imitant la pluie naturelle, l'irrigation par aspersion limite les risques d'érosion qui peuvent survenir avec des méthodes plus invasives, telles que l'irrigation par inondation.
5. Flexibilité d'application : Elle peut être facilement automatisée et programmée pour fonctionner à des moments spécifiques, améliorant ainsi l'efficacité de l'utilisation de l'eau et réduisant la dépendance aux conditions climatiques.

Inconvénients :

1. Coûts initiaux élevés : L'installation d'un système d'irrigation par aspersion peut être coûteuse en raison du besoin d'équipements spécialisés, tels que les pompes, les conduites sous pression, et les gicleurs.
2. Sensibilité aux conditions climatiques : L'efficacité de l'irrigation par aspersion peut être affectée par des conditions météorologiques défavorables, telles que le vent fort ou les températures élevées, qui peuvent provoquer l'évaporation rapide de l'eau avant qu'elle n'atteigne le sol.
3. Consommation énergétique : Les systèmes d'irrigation par aspersion nécessitent de l'énergie pour faire fonctionner les pompes, ce qui peut augmenter les coûts d'exploitation, en particulier dans les régions où l'énergie est coûteuse ou limitée.
4. Risque de maladie des plantes : Si l'irrigation est excessive, l'humidité prolongée sur les feuilles des plantes peut favoriser le développement de maladies fongiques, ce qui peut nuire aux rendements des cultures.
5. Maintenance complexe : Le système d'irrigation par aspersion nécessite un entretien régulier pour assurer son bon fonctionnement. Les gicleurs peuvent se boucher, et les conduites peuvent fuir ou se corroder, nécessitant des réparations fréquentes.

5.6 Irrigation goutte à goutte

L'irrigation goutte à goutte, également appelée micro-irrigation, est une méthode d'irrigation qui fournit de l'eau directement à la zone racinaire des plantes, de manière lente et continue, via un réseau de tuyaux, de tubes et de goutteurs. Cette technique permet une utilisation très efficace de l'eau, car elle minimise les pertes par évaporation et le ruissellement.



FIGURE 5.2 – Irrigation goutte à goutte

Avantages :

1. Efficacité de l'eau : L'irrigation goutte à goutte est l'une des méthodes les plus économes en eau. Elle permet de cibler directement les racines des plantes, ce qui réduit les pertes d'eau par évaporation et par percolation profonde.
2. Réduction du stress hydrique : En fournissant de l'eau de manière constante et contrôlée, cette méthode évite les fluctuations importantes d'humidité dans le sol, réduisant ainsi le stress hydrique pour les plantes.
3. Moins de mauvaises herbes : L'eau étant appliquée uniquement là où elle est nécessaire, les zones environnantes restent sèches, ce qui limite la croissance des mauvaises herbes.
4. Adaptabilité à différents types de cultures : L'irrigation goutte à goutte peut être utilisée pour une large gamme de cultures, des arbres fruitiers aux légumes en passant par les cultures en serres ou en champs ouverts.
5. Amélioration de la qualité des cultures : L'apport d'eau constant et contrôlé favorise une croissance uniforme des plantes et peut améliorer la qualité des récoltes.
6. Réduction des coûts d'exploitation : Bien que l'installation initiale puisse être coûteuse, les coûts d'exploitation sont souvent inférieurs à ceux des autres méthodes d'irrigation, grâce à une réduction de l'eau et des engrais nécessaires.

Inconvénients :

1. Coût d'installation initial élevé : La mise en place d'un système d'irrigation goutte à goutte nécessite un investissement initial important pour l'achat et l'installation des équipements, y compris les tuyaux, les goutteurs, et éventuellement des systèmes de filtration et de contrôle.
2. Maintenance régulière : Les goutteurs peuvent se boucher facilement en raison de dépôts de minéraux ou de débris dans l'eau, nécessitant un entretien régulier pour assurer un fonctionnement optimal du système.
3. Sensibilité à la qualité de l'eau : L'irrigation goutte à goutte nécessite une eau propre et bien filtrée pour éviter le colmatage des goutteurs, ce qui peut nécessiter des systèmes de filtration supplémentaires.
4. Distribution inégale si mal conçu : Un mauvais design ou une mauvaise pression dans le système peut entraîner une distribution inégale de l'eau, ce qui peut affecter la croissance des plantes.
5. Complexité d'installation : La conception et l'installation d'un système d'irrigation goutte à goutte peuvent être complexes, nécessitant une expertise technique pour garantir son efficacité.
6. Vulnérabilité aux dommages physiques : Les tuyaux et les goutteurs sont exposés et peuvent être endommagés par des animaux, des équipements agricoles ou d'autres facteurs externes, nécessitant des réparations.

5.7 Choix de technique d'irrigation

Le choix de la technique d'irrigation dépend de plusieurs facteurs, tels que le type de sol, la topographie, les besoins en eau des cultures, la disponibilité des ressources en eau, ainsi que les coûts d'installation et d'exploitation. Pour les cultures maraîchères comme le blé et l'orge, les techniques d'irrigation à la raie et par aspersion sont recommandées. Les pommes de terre et les betteraves sont bien adaptées aux techniques d'irrigation par aspersion ou goutte-à-goutte. L'irrigation goutte-à-goutte est particulièrement efficace pour les tomates et les oliviers, tandis que pour la luzerne, les techniques d'aspersion ou d'inondation sont généralement préférées.

Conclusion

En conclusion, le choix des techniques d'irrigation pour des cultures spécifiques comme le blé, les pommes de terre, l'orge, les tomates, la luzerne et les olives, tout en utilisant de l'eau traitée, doit être fait en fonction des besoins particuliers de chaque culture :

- ◆ Blé et Orge : L'irrigation par aspersion est efficace pour ces céréales, offrant une couverture étendue et une gestion facile de l'eau traitée, même si elle peut entraîner une certaine perte par évaporation.
- ◆ Pommes de Terre : Les systèmes d'aspersion ou de goutte-à-goutte sont appropriés, avec une préférence pour le goutte-à-goutte pour une gestion plus précise de l'eau traitée, réduisant ainsi les risques de maladies et améliorant les rendements.
- ◆ Tomates : L'irrigation goutte-à-goutte est idéale pour les tomates, permettant une distribution ciblée et efficace de l'eau traitée, minimisant le contact direct avec les parties aériennes et réduisant le gaspillage d'eau.
- ◆ Luzerne : Les techniques d'aspersion ou d'inondation conviennent bien, avec l'aspersion étant souvent préférée pour sa flexibilité et son efficacité avec l'eau traitée.
- ◆ Olives : L'irrigation goutte-à-goutte est recommandée pour les oliviers, offrant un apport régulier et précis d'eau traitée, ce qui est essentiel pour leur développement optimal dans des conditions de sécheresse.

Le choix de la technique doit optimiser l'utilisation de l'eau traitée tout en répondant aux exigences spécifiques de chaque culture, en équilibrant coût, efficacité et gestion des ressources en eau.

CHAPITRE 6

DIMENSIONNEMENT DE LA CONDUITE

6.1 Introduction

Le dimensionnement des conduites constitue une étape essentielle dans la conception et la réalisation des systèmes hydrauliques, tels que les réseaux d'irrigation, de distribution d'eau potable, et de drainage. Ce processus vise à déterminer les caractéristiques optimales des conduites, notamment leur diamètre, leur matériau, et leur capacité, afin de garantir un écoulement efficace et sécuritaire des fluides.

Une conduite correctement dimensionnée permet non seulement de répondre aux besoins en eau des zones desservies, mais aussi de minimiser les pertes d'énergie dues aux frottements internes et de réduire les coûts liés aux matériaux et à l'installation. Le choix des paramètres de dimensionnement, tels que le débit, la vitesse d'écoulement, et la résistance des matériaux, doit être effectué en tenant compte des spécificités du projet, des contraintes topographiques, et des conditions d'exploitation.

6.2 Découpage des îlots d'irrigation

le découpage des îlots d'irrigation est un processus fondamental dans la conception d'un système d'irrigation pour optimiser l'utilisation de l'eau et améliorer la gestion des ressources hydriques. Ce processus consiste à diviser la surface totale à irriguer en plusieurs unités ou "îlots" afin de faciliter la gestion et la distribution de l'eau de manière plus précise et contrôlée.

6.3 La taille des îlots d'irrigation

la taille des îlots d'irrigation doit être déterminée en tenant compte des critères fonciers, topographiques et hydro-agricoles, ainsi que du débit des équipements de prise

et de la méthode d'irrigation utilisée. Une approche intégrée garantit une gestion efficace de l'eau et une optimisation des rendements agricoles.

6.4 Le plan de bornage

Le plan de bornage est un outil fondamental pour la gestion des terres, particulièrement dans les projets d'irrigation. En définissant clairement les limites des parcelles, il facilite la planification des îlots d'irrigation et assure une gestion efficace et sans conflit des ressources en eau. Sa réalisation demande une collaboration étroite entre les propriétaires, les géomètres, et les autorités locales pour garantir la précision et la validité juridique des informations.

6.5 Calcul de réseaux d'adduction

L'élévation de 1497 mètres pour un réservoir de 3000 m³ au-dessus du périmètre de Ain Zerrouk permet effectivement d'alimenter la zone en eau par gravité, grâce à la pression générée par la différence de hauteur. Cette situation présente plusieurs avantages, notamment en termes de réduction des coûts énergétiques, car il est possible d'éviter ou de minimiser l'utilisation de pompes pour la distribution de l'eau.

6.6 Le calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation

Le calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation (HMT) est essentiel pour dimensionner une pompe dans un système de distribution d'eau. Cette hauteur représente l'énergie nécessaire pour élever l'eau du niveau initial à celui du réservoir ou du point de distribution final, en tenant compte des pertes de charge dues aux frottements dans les conduites et aux singularités (coudes, vannes, etc.).

Formule générale pour la Hauteur Manométrique Totale (HMT) :

$$HMT = H_{\text{géo}} + H_{\text{pl}} + H_{\text{ps}}$$

$H_{\text{géo}}$: Hauteur géométrique (la différence d'altitude entre le point de captage et le réservoir).

H_{pl} : Pertes de charge linéaires (pertes dues au frottement de l'eau dans les conduites).

H_{ps} : Pertes de charge singulières (pertes dues aux coudes, vannes, rétrécissements, etc.).

6.6.1 Calcul de la Hauteur géométrique Hgéo

Hgéo = Zréservoir - Zsource

Zréservoir est l'altitude du réservoir (1497 m).

Zsource est l'altitude de la source ou du point de captage.

6.6.2 Calcul des pertes de charge linéaires Hpl

Les pertes de charge linéaires peuvent être calculées en utilisant la formule de Darcy-Weisbach ou la formule de Hazen-Williams.

Darcy-Weisbach :

$$H_{pl} = f \times \left(\frac{L}{D}\right) \times \frac{v^2}{2g} \quad (6.1)$$

f est le coefficient de friction (dépendant du matériau et de l'état de la conduite),

L est la longueur de la conduite,

D est le diamètre de la conduite,

v est la vitesse de l'eau,

g est l'accélération due à la gravité.

Hazen-Williams :

$$H_{pl} = \frac{10.67 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \quad (6.2)$$

Q est le débit,

C est le coefficient de rugosité de la conduite.

6.6.3 Calcul des pertes de charge singulières Hps

Les pertes de charge singulières sont généralement exprimées par :

$$H_{ps} = K \times \frac{v^2}{2g} \quad (6.3)$$

K est un coefficient de perte spécifique à chaque singularité (coudes, vannes, etc.).

6.7 Calcul global de la HMT

6.8 Dimensionnement de canalisation

Le dimensionnement optimal des conduites est un enjeu crucial pour garantir l'efficacité et la durabilité des systèmes d'irrigation tout en minimisant les coûts. L'ingénieur doit donc équilibrer les exigences techniques et les considérations économiques.

6.9 La vitesse admissible

Avec une vitesse de 1,5 m/s, vous êtes bien positionné dans la plage admissible, ce qui est un bon compromis entre minimisation des pertes de charge et maîtrise des coûts. Cette vitesse permet d'éviter les dépôts de sédiments tout en réduisant la friction, ce qui est optimal pour le fonctionnement efficace de votre système d'irrigation.

6.10 Calcul du diamètre économique

La relation de LABYE que vous utilisez pour calculer le diamètre économique est une méthode courante et efficace pour déterminer le diamètre optimal d'une conduite en fonction du débit et de la vitesse de l'eau. Voici une explication détaillée de la formule :

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

où :

D est le diamètre de la conduite en millimètres (mm),

Q est le débit volumétrique à travers la conduite en mètres cubes par seconde (m³/s),

V est la vitesse de l'eau dans la conduite en mètres par seconde (m/s),

π est une constante (environ 3,1416).

6.11 Estimation des pertes de charge

La formule de LECHAPT et CALMON que vous utilisez pour calculer les pertes de charge unitaires est un outil puissant pour évaluer l'efficacité hydraulique des conduites en fonction de divers paramètres, tels que la longueur, le débit, le diamètre, et la rugosité.

$$\Delta H = C \times \left(\frac{L \times Q^M}{D^N} \right)$$

Où :

ΔH représente les pertes de charge unitaires en m/m.

L, M et N sont des paramètres qui dépendent de la rugosité absolue (Ks) des conduites.

C. est un coefficient qui inclut une majoration de 10 à 15 % pour les pertes de charge singulières.

j est définie comme suit :

$$J = \frac{L \times Q^M}{D^N}$$

avec :

J : Perte de charge linéaire exprimée en mètres de colonne d'eau (mCE),

L : longueur de la conduite en km,

Q : débit en m³/s,

D : diamètre intérieur en m,

C : Dans notre cas, nous allons prendre C = 1.15

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

Dans votre projet, les conduites seront choisies en fonction du diamètre :

Fonte : Si le diamètre est supérieur ou égal à 315 mm.

PEHD PN 6 : Si le diamètre est inférieur à 315 mm.

Cette distinction est importante pour le dimensionnement et le choix des matériaux en fonction des pressions, pertes de charge, et coûts associés. Cela permet de garantir une durabilité et une performance optimales pour votre système d'irrigation.

6.12 Tableaux de conduite de dimensionnement

trancon	longueur	longueur	surface	débit (m ³)	diamètre	d mm	d,normali	Matériau	v(m/s)	P _{charge}	P _{totale}	CT aval	C _{piézo}	Pression	pression l	
R-TS	2968.2085	2.97	302.96	0.36	0.632	631.95	630	Fonte		1.16	5.02	5.27	778	815.73	37.73	3.7733
TS-N13	3785.0529	3.79	302.96	0.36	0.632	631.95	630	Fonte		1.16	6.03	6.34	778	809.40	31.40	3.1397
N1-B1	310.141	0.31	237.5	0.28	0.560	559.53	600	fonte		1.00	0.57	0.60	778	808.79	30.79	3.0794
N2-B2	51.7701	0.05	189	0.22	0.499	499.14	500	fonte		1.15	0.11	0.12	777	808.68	31.68	3.1678
N3-B3	39.4019	0.04	453	0.54	0.773	772.75	600	Fonte		1.91	0.05	0.05	779	808.62	29.62	2.9624
N4-B4	227.5524	0.23	303.2	0.36	0.632	632.20	650	fonte		1.09	0.36	0.38	779	808.24	29.24	2.9243
N5-B5	264.2408	0.26	354.2	0.42	0.683	683.30	600	Fonte		1.49	0.40	0.43	779	807.82	28.82	2.8818
N6-B6	177.822	0.18	70.2	0.08	0.304	304.20	350	PEHD		0.87	0.70	0.73	779	807.09	28.09	2.8086
N7-B7	560.7493	0.56	19.1	0.02	0.159	158.67	200	PEHS		0.72	5.33	5.60	779	801.49	22.49	2.2488
N8-B8	128.8083	0.13	52.9	0.06	0.264	264.07	300	PEHD		0.89	0.60	0.63	778	800.86	22.86	2.2857
N9-B9	254.3179	0.25	28.2	0.03	0.193	192.80	200	PEHD		1.07	1.75	1.83	778	799.02	21.02	2.1024
N10-B10	303.1873	0.30	121.3	0.14	0.400	399.87	380	PEHD		1.27	0.85	0.89	778	798.13	20.13	2.0133
N11-B11	277.0677	0.28	403.5	0.48	0.729	729.31	200	PEHD		15.29	0.37	0.39	778	797.74	19.74	1.9744
N17-B12	272.0927	0.27	349.6	0.42	0.679	678.85	300	PEHD		5.89	0.40	0.42	777	797.33	20.33	2.0327
N13-B13	220.2908	0.22	39.4	0.05	0.228	227.90	250	PEHD		0.96	1.23	1.29	777	796.03	19.03	1.9034
N14-B14	264.1866	0.26	110.9	0.13	0.382	382.35	400	PEHD		1.05	0.78	0.82	777	795.21	18.21	1.8213
N15-B15	321.7361	0.32	92.5	0.11	0.349	349.19	350	PEHD		1.14	1.06	1.12	776	794.10	18.10	1.8096
N16-B16	342.324	0.34	85.02	0.10	0.335	334.77	350	PEHD		1.05	1.19	1.25	777	792.84	15.84	1.5844
N18-B17	318.7609	0.32	45.6	0.05	0.245	245.17	250	PEHD		1.11	1.63	1.71	778	791.13	13.13	1.3134
N19-B18	371.0117	0.37	71.5	0.09	0.307	307.00	300	PEHD		1.20	1.44	1.51	778	789.62	11.62	1.1625
N20-B19	358.7612	0.36	42.7	0.05	0.237	237.25	250	PEHD		1.04	1.91	2.00	778	787.62	9.62	0.9621
N21-B20	307.8778	0.31	21.5	0.03	0.168	168.35	200	PEHD		0.81	2.50	2.62	778	785.00	7.00	0.6998
N22-B23	439.0738	0.44	153.7	0.18	0.450	450.12	450	PEHD		1.15	1.06	1.12	777	783.88	6.88	0.6882
N23-B24	404.6791	0.40	33.4	0.04	0.210	209.83	225	PEHD		1.00	2.50	2.63	777	781.25	4.25	0.4253
N27-B25	486.4103	0.49	89.5	0.11	0.343	343.48	350	PEHD		1.11	1.64	1.72	776	779.53	3.53	0.3529
N25-B21	117.5739	0.12	90.1	0.11	0.345	344.63	350	PEHD		1.11	0.40	0.41	775	779.11	4.11	0.4114
N26-B22	146.2239	0.15	84.4	0.10	0.334	333.55	350	PEHD		1.04	0.51	0.54	775	778.58	3.58	0.3577
N28-B26	151.4355	0.15	8.24	0.01	0.104	104.22	150	PEHD		0.56	2.22	2.33	776	776.25	0.25	0.0250
N29-B27	394.817	0.39	167.4	0.20	0.470	469.75	500	fonte		1.02	0.91	0.95	775	775.30	0.30	0.0299
N30-B28	463.7688	0.46	95.9	0.11	0.356	355.55	400	fonte		0.91	1.50	1.58	773	773.72	0.72	0.0723
N31-B29	31.8079	0.03	51.4	0.06	0.260	260.30	300	PEHD		0.87	0.15	0.16	773	773.56	0.56	0.0565
N32-B30	504.3127	0.50	91	0.11	0.346	346.35	350	PELD		1.13	1.68	1.77	770	771.80	1.80	0.1796
N33-B31	567.8164	0.57	110.5	0.13	0.382	381.65	400	fonte		1.05	1.68	1.77	770	770.03	0.03	0.0029
N34-B32	469.4306	0.47	98.3	0.12	0.360	359.97	400	fonte		0.93	1.50	1.57	768	768.46	0.46	0.0458
N35-B33	486.3003	0.49	107.3	0.13	0.376	376.09	400	fonte		1.02	1.47	1.54	766	766.92	0.92	0.0917
		0.00		0.00	0.000	0.00				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!				0.0000

FIGURE 6.1 – Tableaux de conduite de dimensionnement

6.13 Choix de tracé

Lors du choix du tracé d'une conduite d'adduction, il est essentiel de respecter certains principes pour garantir un fonctionnement optimal du système. Le tracé doit être aussi direct que possible entre la station de pompage et le réservoir de stockage, afin de

minimiser les pertes de charge et les coûts. Il faut également éviter les contre-pentes et les sections horizontales, car elles peuvent provoquer des accumulations d'air ou des zones de stagnation, perturbant ainsi le flux d'eau.

Dans les zones où des points hauts sont inévitables, il est recommandé d'installer des ventouses pour évacuer l'air emprisonné. Par ailleurs, il est préférable de suivre les accotements des routes, ce qui facilite l'acheminement des matériaux et l'accès pour la maintenance.

Enfin, le tracé doit être choisi en tenant compte des aspects technico-économiques, en équilibrant la faisabilité technique et les coûts pour parvenir à une solution durable et efficiente.

6.14 Calcul du débits aux bornes

Le calcul des débits aux bornes dans un système d'irrigation permet de déterminer la quantité d'eau nécessaire que chaque borne (ou point de distribution) doit fournir pour répondre aux besoins en eau des cultures. Voici la démarche pour effectuer ce calcul :

Le débit Q_b à chaque borne peut être déterminé par la formule suivante :

$$Q_b = q_s \times S,$$

Où :

Q_b : Débit caractéristique de la borne (en m^3/s).

q_s : Débit spécifique par unité de surface (en m^3/s par m^2 ou en $l/s/ha$).

S : Surface totale desservie par la borne (en m^2 ou ha).

le débit spécifique est 1.3 l/s/ha .

la surface irriguée est 377 ha .

donc le débit caractéristique est évaluée

$$Q_c = 1.3 * 377.73 = 491.049 \text{ l/s}.$$

6.15 Choix du diamètre et du type des bornes

Le choix du type de borne d'irrigation est déterminé par la surface de l'îlot et le nombre de parcelles qu'il contient. Généralement, pour les îlots comportant entre 4 et 8 parcelles et dont la superficie est inférieure à 15 hectares, on utilise une borne à quatre prises, appelée borne de type A4.

Si l'îlot possède deux parcelles avec une superficie inférieure à 15 hectares, une borne

à deux prises, ou borne de type A2, est choisie. En revanche, pour un îlot de deux parcelles mais dont la superficie dépasse 15 hectares, on opte pour une borne à deux prises de type B.

Enfin, pour les grands îlots, c'est-à-dire ceux avec une superficie supérieure à 50 hectares, des bornes de type C sont prévues. Ce choix permet d'assurer une distribution de l'eau adaptée aux besoins spécifiques de chaque îlot et parcelle, optimisant ainsi l'efficacité du système d'irrigation.

Tableau de Type de bornes en fonction de superficies des îlots

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	1 Entrée $\Phi 80, \Phi 100$	2 Entrées $\Phi 65$
Type A4	$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	2 Entrées $\Phi 80, \Phi 100$	4 Entrées $\Phi 65$
Type B	$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s)	2 Entrées $\Phi 80, \Phi 100,$ $\Phi 125$	2 Entrées $\Phi 100$
Type C	$Q > 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s)	2 Entrées $\Phi 80, \Phi 100,$ $\Phi 125$	1 Entrée $\Phi 150$

FIGURE 6.2 – Tableau de Type de bornes en fonction de superficies des îlots

tableau de calcul des débits des îlots et choix du type des bornes

ilots	bornes	nombre de parcelle	seperficie (ha)	debit(l/s) =qs*s	matériaux	type de borne
1	B1	2	23.75	30.875	Fonte	C
2	B2	1	1.89	2.457	Fonte	A2
3	B3	1	4.53	5.889	Fonte	A2
4	B4	2	30.32	39.416	Fonte	C
5	B5	2	35.42	46.046	Fonte	C
6	B6	1	7.02	9.126	Fonte	A2
7	B7	1	1.91	2.483	Fonte	A2
8	B8	1	5.29	6.877	Fonte	A2
9	B9	1	2.82	3.666	Fonte	A2
10	B10	1	12.13	15.769	Fonte	B
11	B11	2	40.35	52.455	Fonte	C
12	B12	2	34.96	45.448	Fonte	C
13	B13	1	3.94	5.122	Fonte	A2
14	B14	1	11.09	14.417	Fonte	B
15	B15	1	9.25	12.025	Fonte	B
16	B16	1	6.54	8.502	Fonte	A2
17	B17	1	4.56	5.928	Fonte	A2
18	B18	1	7.15	9.295	Fonte	A2
19	B19	1	4.27	5.551	Fonte	A2
20	B20	1	2.15	2.795	Fonte	A2
21	B21	1	9.01	11.713	Fonte	B
22	B22	1	8.44	10.972	Fonte	A2
23	B23	1	15.37	19.981	Fonte	B
24	B24	1	3.34	4.342	Fonte	A2
25	B25	1	8.95	11.635	Fonte	B
26	B26	1	8.24	10.712	Fonte	A2
27	B27	1	16.74	21.762	Fonte	B
28	B28	1	9.59	12.467	Fonte	B
29	B29	1	5.14	6.682	Fonte	A2
30	B30	1	9.1	11.83	Fonte	B
31	B31	1	11.05	14.365	Fonte	B
32	B32	1	9.83	12.779	Fonte	B
33	B33	1	10.73	13.81	Fonte	B
TOTAL			374.51			

TABLE 6.1 – Tableau de calcul des débits des ilots et choix du type des bornes

6.16 Schéma d'aménagement hydro-agricole

Le plan d'aménagement hydro-agricole prévoit l'installation d'une canalisation principale d'alimentation d'un diamètre de 1 000 mm, reliant la station d'épuration des eaux (STEP) à un réservoir. A partir de ce réservoir, toute la superficie irriguée sera alimentée par une canalisation principale.

Le réseau initial sera constitué de canalisations de grands diamètres allant de 1 500 mm à 600 mm selon les sections. Ces canalisations doivent supporter des pressions internes relativement faibles, ce qui indique que le réseau est conçu pour minimiser les pertes de charge et assurer une répartition uniforme de l'eau sur tout le périmètre.

6.17 Dimensionnement du réseau de distribution gravitaire

6.17.1 Caractéristique des conduites de réseau de distribution gravitaire

Les conduites d'un réseau de distribution gravitaire sont essentielles pour assurer une distribution efficace de l'eau par la seule force de la gravité. Elles sont généralement fabriquées en fonte ductile pour les diamètres égaux ou supérieurs à 315 mm, offrant une haute résistance à la pression et à la corrosion, tandis que les diamètres inférieurs utilisent du PEHD (Polyéthylène Haute Densité) PN 6, qui est léger et flexible. Le dimensionnement des conduites repose sur le débit d'eau et la vitesse d'écoulement, avec une attention particulière aux pertes de charge linéaires, calculées pour minimiser les pertes de pression sur de longues distances. La pression dans le réseau est régulée par la différence de hauteur entre le réservoir et les points de distribution, garantissant une distribution uniforme et évitant les excès de pression qui pourraient endommager les conduites. Ces caractéristiques permettent de concevoir un réseau fiable et durable, adapté aux exigences du terrain et aux besoins des utilisateurs.

Après avoir déterminé les débits pour chaque îlot et établi les critères hydrauliques de la conduite gravitaire, la prochaine étape consiste à concevoir le réseau de distribution.

6.17.2 Calcul des diamètres

Le calcul des diamètres des conduites est effectué en fonction des débits véhiculés par chaque tronçon de conduite et des vitesses d'écoulement. La formule de "LABYE" offre une estimation du diamètre économique, qui est ensuite normalisé pour correspondre

Z (mm)	L	M	N
0.1	1.2	1.89	5.01
0.5	1.4	1.96	5.19
1	1.6	1.975	5.25

TABLE 6.2 – Tableau des Paramètres des pertes de charge

aux standards de diamètres disponibles.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \times 1000 \quad (6.4)$$

la vitesse qui donne le diamètre économique est de 1.2 m/s

6.17.3 Calcul des pertes de charge

Pour déterminer le diamètre de la conduite gravitaire de la bêche vers le périmètre d'irrigation, vous avez utilisé la formule de Lechapt et Calmon, qui permet de calculer les pertes de charge linéaires dans les conduites.

$$\Delta H = C \times \left(\frac{L \times Q^M}{D^N} \right) \quad (6.5)$$

Pour une conduite en fonte ou en PEHD, nous avons la rugosité $K=0,1\text{mm}$, avec les paramètres suivants : $L=1.2$, $M=1.89$, $N= 5.01$.

6.18 Dimensionnement de la bêche de distribution

Le dimensionnement d'une bêche de distribution (ou réservoir de distribution) est une étape cruciale pour assurer un approvisionnement en eau efficace et continu pour les systèmes d'irrigation. Voici les étapes générales pour dimensionner une bêche de distribution :

1. Calcul du volume nécessaire

Le volume de la bêche de distribution doit être suffisant pour répondre aux besoins en eau durant les périodes de pointe, tout en tenant compte des fluctuations de l'approvisionnement et de la demande. Le volume V_b peut être déterminé à partir de la relation suivante :

$$V_b = \frac{Q_m \times t}{2}$$

où :

- Q_m est le débit maximal (en m^3/h) des besoins en eau,
- t est le temps de fonctionnement de la bêche (en heures), généralement basé sur le

temps entre les cycles de remplissage.

2. Détermination du débit maximal Q_m

Le débit maximal peut être calculé en fonction des besoins en eau des cultures et du débit nécessaire pour alimenter tous les îlots d'irrigation de manière simultanée ou selon une programmation définie.

3. Durée d'autonomie Il est important de définir l'autonomie de la bêche, c'est-à-dire la durée pendant laquelle la bêche doit pouvoir fournir de l'eau sans réapprovisionnement. Cette durée est souvent choisie en fonction des conditions locales, de la disponibilité de l'eau, et des caractéristiques du réseau.

4. Dimensionnement physique de la bêche Le volume total de la bêche, après avoir déterminé le volume nécessaire, doit être ajusté en tenant compte des pertes, du facteur de sécurité, et des dimensions physiques du site.

- Hauteur d'eau (H) : La hauteur d'eau dans la bêche doit être suffisante pour garantir une pression adéquate à l'entrée du réseau de distribution.

- Superficie de la bêche (A) : Une fois la hauteur d'eau déterminée, la superficie peut être calculée à partir du volume :

$$A = \frac{V_b}{H}$$

5. Facteur de sécurité

Un facteur de sécurité est généralement ajouté au volume calculé pour pallier aux incertitudes telles que les variations de la demande en eau, les pertes non prévues, et d'autres imprévus. Ce facteur de sécurité est souvent compris entre 10 % et 20%.

6. Autres considérations

- Matériaux de construction : Le choix des matériaux (béton, acier, etc.) doit être adapté aux conditions locales (corrosion, durabilité, coût).

- Entretien et accès : La conception doit prévoir un accès facile pour l'entretien régulier. dans ce cas ,Le volume de la bêche de distribution a été calculé en utilisant les données suivantes :

- Débit caractéristique :

$$Q_{car} = Q_{sp} \times \text{surface}$$

- Surface totale = 377.73 ha

- $Q_{car} = 491.049 \text{ l/s}$

- Formule de calcul du volume :

$$V = Q_{car} \times T$$

où : - V est le volume de la bêche.

- T est le temps de remplissage de la bêche (2 heures).

- Calcul :

$$V = 491.049 \times 10^{-3} \times 2 \times 3600 = 3535.55 \text{ m}^3$$

Le volume nécessaire pour la bête de distribution est donc de $3535.55m^3$.

6.19 Etablissement des profils en long

Un profil en long est une représentation graphique qui montre la variation de l'altitude d'un terrain le long d'un axe linéaire, tel qu'un tracé de route, de voie ferrée, de canalisation, ou d'une autre infrastructure. Il permet de visualiser les différences de niveau entre le terrain naturel et le projet d'infrastructure, en montrant la hauteur des points le long de l'axe à différentes distances.

Les profils en long ont été établis en combinant les relevés topographiques sur site avec l'utilisation du logiciel COVADIS. Cet outil informatique facilite la conception en calculant précisément la position de l'axe des conduites, dessinant les profils en long du terrain naturel et du projet, et en positionnant les pièces spéciales telles que les ventouses, les vidanges et les vannes de sectionnement. Grâce à COVADIS, nous obtenons une représentation claire et précise du tracé, ce qui est essentiel pour optimiser la conception et garantir le bon fonctionnement des infrastructures.

6.20 Pièces spéciales

6.20.1 Vannes de sectionnement

Les vannes de sectionnement sont essentielles pour la gestion efficace des réseaux d'irrigation. Elles permettent d'isoler des sections spécifiques du réseau pour des interventions ou des réparations sans interrompre l'irrigation sur l'ensemble du système. Afin d'optimiser l'exploitation du réseau, il est prévu d'installer des vannes de sectionnement au départ de toutes les branches principales et des sous-branches importantes. Cela garantit une flexibilité opérationnelle et minimise les perturbations lors des maintenances nécessaires.

6.20.2 Ventouses

Les ventouses sont conçues pour évacuer les poches d'air qui peuvent se former dans les conduites, et elles sont placées aux points hauts des adductions ainsi qu'entre chaque paire de vannes. Le choix des ventouses est déterminé en fonction du diamètre de la conduite, et elles sont représentées sur le profil en long en indiquant le diamètre de l'orifice destiné à l'évacuation de l'air. Il est crucial d'installer des ventouses à chaque point haut, avec un espacement maximum de 500 mètres entre elles, pour assurer une ventilation efficace du système. Le tableau ci-après fournit les détails sur le choix des ventouses en fonction des diamètres des conduites.

TABLE 6.3 – Tableau des types de ventouse

DIAMETRE DE LA CONDUITE	TYPE DE VENTOUSE
$D < 500$ mm	D 80 mm
$600 < D < 900$ mm	D 100 mm
$900 < D < 1200$ mm	D 150 mm
$D > 1200$ mm	D 200 mm

6.20.3 Vidange

Les vidanges sont stratégiquement placées aux points bas du réseau pour permettre une évacuation gravitaire efficace de l'eau. Dans les branches extrêmes de petit diamètre, où le volume d'eau à évacuer est réduit, la vidange est réalisée par pompage ou à l'aide de bornes placées aux points bas. Le choix de la méthode de vidange dépend du diamètre de la conduite : pour les conduites de petit diamètre (< 100 mm), on privilégie la vidange par bornes ou par pompage ; pour les diamètres intermédiaires (100-300 mm), la vidange gravitaire via des vannes est recommandée ; et pour les grandes conduites (> 300 mm), des vannes de vidange de grande capacité sont utilisées pour assurer un débit plus élevé. Ce dispositif garantit une évacuation contrôlée et sécurisée, adaptée aux spécificités du réseau.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exploré en détail le réseau de distribution, en analysant les structures et les facteurs qui régissent la conception et la gestion d'un tel réseau. Nous avons également abordé les calculs relatifs aux bornes d'irrigation, qui jouent un rôle crucial dans l'efficacité de la distribution de l'eau sur l'ensemble du périmètre d'irrigation.

Pour la réalisation du projet, la ferme pilote a été divisée en 16 îlots d'irrigation, chacun équipé de sa borne, couvrant une superficie totale de 377 hectares. Cette organisation permet de faciliter la gestion de l'eau et d'assurer une distribution optimale aux différentes zones cultivées.

En ce qui concerne les vidanges, elles ont été positionnées aux points bas du réseau pour permettre une évacuation gravitaire de l'eau. Pour les branches extrêmes de petit diamètre, où les volumes à évacuer sont faibles, la vidange sera réalisée par pompage ou par des bornes placées stratégiquement aux points bas. Le tableau récapitulatif fourni illustre le choix du type de vidange en fonction du diamètre de la conduite.

Enfin, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du réseau de distribution pour la zone d'étude, en tenant compte des particularités topographiques et des besoins spécifiques du projet. Cette étape est cruciale pour garantir l'efficacité et la durabilité du réseau de distribution sur le long terme.

CHAPITRE 7

DIMENSIONNEMENT DE RÉSEAU D'ADDUCTION ET DISTRIBUTION

Introduction

Le dimensionnement des réseaux d'adduction et de distribution d'eau est essentiel pour assurer un acheminement efficace et continu de l'eau depuis les sources jusqu'aux usagers finaux, tout en répondant aux besoins de la population et aux contraintes techniques, économiques et environnementales. Ce processus implique de déterminer les débits, les pressions dans les conduites, et les matériaux adéquats pour garantir la performance et la durabilité des systèmes. L'objectif de ce chapitre est de calculer et concevoir les installations d'irrigation à la parcelle, spécifiquement pour les systèmes d'irrigation localisée, afin d'optimiser l'utilisation de l'eau et d'assurer une distribution précise et efficace en fonction des besoins des cultures.

7.1 Dimensionnement de réseau d'irrigation goutte à goutte

C'est une excellente initiative d'étudier la culture de l'olivier à l'aide d'un réseau d'irrigation goutte à goutte. Ce système est particulièrement adapté aux oliviers, car il permet une utilisation efficace de l'eau tout en assurant une irrigation ciblée et contrôlée.

7.2 Données générales

Pour dimensionner le réseau d'irrigation localisé, il est essentiel de connaître des données de base telles que la surface de la parcelle, les besoins journaliers en eau, et le temps maximum d'irrigation par jour.

Le réseau d'irrigation sera installé sur les îlots N° 11 et la borne B11, couvrant une superficie 40.35 ha et de besoins 52.46 l/s

Espacement entre arbres : 4 m

Espacements entre rangs : 4 m

Caractéristique du goutteur :

Le débit standard pour une goutteur varie généralement entre 2 et 8 L/h. Pour les oliviers, un débit de 4 L/h est souvent utilisé.

Nombre de goutteurs par arbre : généralement entre 2 et 4 goutteurs, alors nous utilise 02 nombre de goutteurs par arbre .

- Pression nominal : 10 m.c.e
- Espacement des goutteurs : 02 m

7.3 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

les besoins en eau journalier (B_j) d'irrigation gravitaire pour olives est donner comme suit :

$$B_j = \frac{\text{Besoins nets d'irrigation (mm/moins)}}{\text{Nombre de jours dans le mois}}$$

donc :

$$B_j = \frac{461.47}{31} = 14.89 \text{ mm/j}$$

Besoin journalier en tenant compte de la réduction K_r

Dans un système d'irrigation goutte à goutte, l'eau est appliquée sur une petite zone contrôlée, ce qui réduit l'évaporation de la surface du sol. Le coefficient de réduction (K_r) est utilisé pour ajuster l'évapotranspiration des cultures (ETM) en fonction du pourcentage

1. Calcul du coefficient de réduction

Formule de Keller et Karmeli (1974) :

$$K_r = \frac{C_m}{0.85}$$

Formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_m + 0.5 \cdot (1 - C_m)$$

où

C_m est le taux de couverture du sol. Pour les arbres matures avec un taux de couverture de 60 % :

Selon Keller et Karmeli :

$$K_r = \frac{0.60}{0.85} \approx 0.71$$

Selon Freeman et Garzoli :

$$K_r = 0.60 + 0.5 \cdot (1 - 0.60) = 0.60 + 0.20 = 0.80$$

Dans votre cas, vous avez choisi

$$K_r = 0.8$$

Besoins nets en irrigation (B filet) peut être calculé comme :

$$B_{net} = B_j \times K_r$$

$$B_{net} = \left(\frac{461.47 \text{ mm}}{30 \text{ days}} \right) \times 0.80 = 12.30 \text{ mm/j}$$

7.4 Besoins quotidiens en eau d'un système d'irrigation localisé

Pour calculer les besoins quotidiens en eau d'un système d'irrigation localisé, en tenant compte de la fraction d'humidité dans la zone racinaire, vous devez suivre ces étapes

1. Calculer la dose (RFU) :

La formule pour calculer la dose (RFU) est :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pff}) \times Y \times Z \times D_a$$

où :

H_{cc} : Humidité a la capacité aux champs (31%)

H_{pff} : Humidité au point de flétrissement (15%)

D_a : densité apparente (1.6)

Y : degré de tarissement (2/3)

Z : profondeur des racines (2000 mm) .

$$RFU = (0.31 - 0.15) \times \frac{2}{3} \times 2000 \times 1.6 = 0.16 \times \frac{2}{3} \times 1500 \times 1.6 = 256 \text{ mm}$$

Calcul des besoins nets en eau journaliers :

$$D_{\text{net}} = RFU \times P\%$$

où P % est calculé comme suit :

$$P\% = \frac{N \times Spd \times Sh}{Sa \times Sr}$$

où :

N= Nombre de points de distribution par arbre

Sp d= Distance entre les points de distribution (m)

S h= Largeur de la bande humidifiée (m)

Sr= Espacement entre les rangées d'arbres (m)

S a= Espacement des arbres sur la rangée (m)

Exemple de calcul de P% de olives :

$$P\% = \frac{2 \times 2 \times 1}{4 \times 4} = \frac{4}{16} = 0.25 = 25\%$$

Doses nets en eau quotidiens :

$$D_{\text{net}} = 256 \times 0.25 = 64 \text{ mm}$$

7.5 La fréquence des arrosages

La fréquence des arrosages que vous mentionnez, déterminée par la formule :

$$Fr = \frac{D_{\text{net}}}{B_{\text{net}}}$$

où

D_{net} est la dose nette d'irrigation .

B_{net} C'est le besoin quotidien net en eau des plantes,

$$Fr = \frac{64}{12.30} = 5.2 = 6 \text{ jours}$$

alors

on obtient un fréquence d'arrosage d'environ 6jours. Cela signifie qu'il est recommandé d'arroser les cultures tous les 6 jours pour répondre à leurs besoins en eau. Cela signifie 4 fois par mois .

la dose réel : est la quantité effective d'eau apportée au sol lors de chaque cycle d'arro-

CHAPITRE 7. DIMENSIONNEMENT DE RÉSEAU D'ADDUCTION ET DISTRIBUTION

sage, ajustée en fonction des besoins des plantes et des conditions spécifiques du sol et du climat.

$$D_{rel} = Fr \times Bj$$

$$D_{rel} = 5.2 \times 12.30 = 63.96 \text{ mm}$$

la dose brute : est la quantité totale d'eau nécessaire pour fournir une dose nette d'irrigation efficace, en tenant compte des pertes dues au système d'irrigation.

$$D_{brute} = \frac{\text{Dose nets}}{\text{Efficacité de l'irrigation}}$$

ou

Efficacité de l'irrigation = $cu \times \text{eff}$

cu : coefficient d'uniformité $Cu=90\%$

Eff : efficacité du réseau d'irrigation $\text{Eff}=90\%$

alors

$$D_{brute} = \frac{63.96}{0.9 \times 0.9} = 78.96 \text{ mm}$$

la durée d'arrosage par heures

Pour calculer la durée de fonctionnement par cycle d'irrigation en heures, utilisez la formule suivante

$$h = \frac{D_{brute} \times Sa \times Sr}{n \times Qg}$$

où :

D_{brute} est la dose brute d'irrigation calculée précédemment (78.96mm),

Sa est l'espacement entre les arbres (4 mètres),

Sr est l'espacement entre les rangées (4 mètres),

n est le nombre d'émetteurs (2),

Qg est le débit des émetteurs (4 l/h).

En remplaçant les valeurs données :

$$h = \frac{78.96 \times 4 \times 4}{2 \times 4} = 157.93 \text{ h/mois}$$

Ainsi, la durée de fonctionnement par cycle d'irrigation est de 157.93 heures par mois.

la durée d'arrosage journalier

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

$$Dj = \frac{157.93}{7} = 22.56h = 23h$$

Le nombre de poste par jour est défini comme suit

$$N = \frac{\text{temps de travail}}{\text{durée d'arrosage journalier}}$$

$$N = \frac{22}{7} = 3.14 = 3\text{poste}$$

7.6 Nombre d'arbres par hectare :

La formule pour calculer le nombre d'arbres par hectare est la suivante :

$$N_{arbre} = \frac{1 \text{ ha}}{S_a \times S_r}$$

$$N_{arbre} = \frac{10000}{4 \times 4} = 625\text{arbres}$$

7.7 Nombre des arbres par rampes

$$N_{arbre} = \frac{\text{Larg r}}{S_a}$$

$$N_{arbre} = \frac{158}{4} = 40\text{arbres}$$

le débit de rompes

$$Q_r = Q_r \times N_r$$

7.8 Nombre de goutteurs par rampes

$$N_{goutteurs/rompe} = N_{arbre} \times n$$

$$N_{goutteurs/rompe} = 40 \times 2 = 80\text{goutteurs.}$$

le nombre de rompe

$$N_r = \frac{\text{lang r}}{S_r}$$

$$Nr = \frac{265}{4} = 66 \text{ rampes}$$

alors

$$Q_r = N_{\text{goutteur}} \times Sa$$

$$Q_{pr} = 80 \times 4 = 320 \text{ l/h.}$$

7.9 Débit de la porte rampes

$$Q_{pr} = Q_r \times Nr$$

$$Q_{pr} = 80 \times 66 = 21120 \text{ l/h.}$$

7.10 Dimensionnement des canalisations du réseau

Les rampes et portes rampes en PEBD ou PEHD sont couramment utilisées dans les systèmes d'irrigation en raison de leur résistance aux conditions extérieures, leur flexibilité, et leur capacité à supporter des pressions allant de 4 à 6 bars. Ces caractéristiques les rendent particulièrement adaptées aux systèmes de goutte-à-goutte ou d'aspersion, où une régulation précise de la pression et du débit est essentielle.

7.10.1 Porte rompes

Les portes rampes sont fabriquées en matériaux résistants comme le polyéthylène de basse densité (PEBD) ou le polyéthylène de haute densité (PEHD), et sont conçues pour supporter des pressions nominales de 4 à 6 bars, ce qui les rend durables et fiables dans des systèmes d'irrigation soumis à des variations de pression.

7.10.2 Rompes

Les "rompes," sont des conduites essentielles dans un système d'irrigation, servant à alimenter les rampes soit d'un côté, soit des deux côtés. Leur matériau de fabrication, comme le polyéthylène moyenne densité (PEMD) ou le chlorure de polyvinyle rigide (PVC), leur confère une robustesse nécessaire pour assurer un flux d'eau stable et durable dans le système d'irrigation.

7.10.3 Diamètre

pour le calcul de diamètre de rompes et de porte de rompes en utilise le formule suivant :

$$\varnothing_{pr/r} = \left(\frac{J_{th} \times 2,75}{0,478 \times Q_{pr/r}^{1,75} \times L_{ng_{pr/r}}} \right)^{-\frac{1}{4,75}}$$

où :

- J_{th} : Un coefficient spécifique.
- $Q_{pr/r}$: Débit de la porte rampe /rompes en L/h.
- $L_{ng_{pr/r}}$: Longueur de la porte rampe /rompes rompesen m.

La formule pour le calcul du coefficient (j_{cal}) est :

$$j_{cal} = \frac{0,478 \times L_{ng_{pr}} \times D_{prmp/r}^{-4,75} \times Q_{prmp/r}^{1,75}}{2,75}$$

où :

- $L_{ng_{pr/r}}$: Longueur de la porte rampe (rompes) en mètres.
- $D_{prmp/r}$: Diamètre de la porte rampe (rompes) en millimètres.
- $Q_{prmp/r}$: Débit de la porte rampe (rompes) en L/h.

pour les porte rompes :

$$\varnothing_{pr} = \left(\frac{0,8 \times 2,75}{0,478 \times 21120^{1,75} \times 265} \right)^{-\frac{1}{4,75}} = 92mm$$

on pose DN = 110 mm .

$$j_{cal} = \frac{0,478 \times 265 \times 110^{-4,75} \times 21120^{1,75}}{2,75} = 0.34m$$

$j_{cal} = 0.34 < 0.8$ m la condition est remplie .

pour les rompes :

$$\varnothing_{pr} = \left(\frac{1,4 \times 2,75}{0,478 \times 320^{1,75} \times 265} \right)^{-\frac{1}{4,75}} = 15.67mm$$

on pose DN = 16 mm .

$$j_{cal} = \frac{0,478 \times 158 \times 16^{-4,75} \times 320^{1,75}}{2,75} = 1.26m$$

$j_{cal} = 1.26 < 0.4$ m la condition est remplie

Pour déterminer les pertes de charge des différents tronçons de la canalisation après le choix des diamètres normalisés, on utilise la formule de Hazen-Williams :

$$\Delta H = 0,178 \times C_w \times \frac{L \times Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

où :

- ΔH : Perte de charge en mètres de colonne d'eau (mCE).
- C_w : Coefficient de rugosité pour le matériau de la conduite. Pour le polyéthylène basse densité (PEBD), $C_w = 140$.
- L : Longueur de la conduite en mètres (m).
- Q : Débit en litres par heure (L/h).
- D : Diamètre intérieur de la canalisation en millimètres (mm).

7.11 La pression d'eau a la borne de distribution

Voici un petit paragraphe expliquant la détermination de la pression d'eau nécessaire pour la borne de distribution :

—

Pour assurer un fonctionnement efficace du système d'irrigation, la pression d'eau fournie par la borne de distribution doit être suffisante pour compenser non seulement la pression nominale requise pour les équipements, mais aussi les pertes de charge dans les conduites. La pression nominale est fixée à 10 mètres de colonne d'eau (mce). En ajoutant à cela les pertes de charge de cheminement, qui résultent des frottements dans les conduites entre la borne et le goutteur le plus défavorable (le plus éloigné ou le plus élevé), on obtient la pression totale nécessaire. Les pertes de charge sont calculées en utilisant la formule de Hazen-Williams, qui prend en compte la longueur des conduites, le débit, et le diamètre des tuyaux. Ainsi, la borne de distribution doit fournir une pression totale égale à la somme de la pression nominale et des pertes de charge pour garantir un irrigation efficace de la parcelle.

Tableau récapitulatif :

TABLE 7.1 – Tableau récapitulatif

conduite	rompes	porte rompes
longueur	169.71	202.48
débits (l/h)	320	21120
diamètre normalisé (mm)	16	110
perte de charge	0.195	3.75

À partir du tableau, on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation et le goutteur le plus défavorable. Ainsi, la pression requise à la borne est égale à la pression nominale, additionnée de la somme des pertes de charge

$$P_{\text{tot}} = 10 + 0.195 + 3.75 = 13.945 \text{ m}$$

Lorsque la pression est de 4 bars, l'irrigation par aspersion est effectivement un choix adapté. Cette pression permet un bon fonctionnement des asperseurs, assurant une répartition uniforme de l'eau sur une large surface, tout en maintenant une efficacité optimale. C'est un système couramment utilisé pour les cultures comme les céréales (blé, orge) et les cultures maraîchères.

Conclusion

Après avoir analysé les options pour la conduite d'amener de la STEP au réservoir projeté, nous recommandons la variante proposée. Cette option utilise un bassin de stockage existant, ce qui évite la construction d'un nouveau bassin et réduit les coûts. De plus, la conduite d'amener de cette variante est réalisable et adaptée au projet. Nous suggérons également l'irrigation goutte-à-goutte, qui permet une meilleure économie d'eau et nécessite une pression de 1 à 4 bars, contrairement à l'irrigation par aspersion qui requiert une pression plus élevée. Cette approche assure une gestion efficace et économique des ressources en eau.

Introduction

L'étude du devis quantitatif et estimatif est essentielle pour évaluer le coût de réalisation du projet d'irrigation. Ce calcul permet de déterminer les quantités de matériel nécessaires ainsi que les différentes opérations à réaliser sur le terrain. Il inclut la mise en œuvre des moyens requis pour assurer la réalisation et l'exécution des travaux dans les meilleures conditions et délais. Dans ce chapitre, nous procéderons à une estimation du coût global pour le projet d'aménagement hydro-agricole de la ferme pilote Belalia. Cette estimation nécessite une quantification précise des travaux à entreprendre, qui incluent principalement le réseau de distribution et divers travaux supplémentaires nécessaires à l'achèvement du projet.

8.1 Travaux concernant le réseau de distribution

Voici les principales tâches nécessaires pour la mise en place de l'adduction et du réseau de distribution d'irrigation :

8.1.1 Exécution des tranches

L'exécution par tranche se réfère à la réalisation d'un projet en plusieurs étapes ou phases distinctes, appelées "tranches." Chaque tranche représente une partie spécifique du projet, pouvant être achevée indépendamment des autres. Cette approche permet une gestion plus flexible du projet, en adaptant les ressources et les financements selon les besoins de chaque tranche. L'exécution par tranche est souvent utilisée dans les grands projets pour permettre une mise en œuvre progressive, tout en assurant le contrôle des coûts, des délais, et de la qualité à chaque étape.

8.1.2 pose de lit de sable

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

Le lit de sable assure une base stable et permet de protéger les conduites contre les mouvements du sol ou les éventuels dommages pendant l'installation.

8.1.3 pose des conduites

Avant la mise en place des conduites dans la tranchée, un tri préalable est effectué afin d'écartier celles qui ont subi des chocs. Les conduites sont ensuite descendues lentement dans le fond de la tranchée à l'aide d'un engin de levage. Pendant la pose, l'alignement des tuyaux est vérifié régulièrement pour éviter des difficultés lors du raccordement des conduites.

Cela garantit une installation soignée et minimise les risques de dommages ou d'erreurs d'assemblage.

8.1.4 Epreuve de joint et de la canalisation :

Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints est réalisé avant le remblaiement. Cet essai est effectué à l'aide d'une pompe d'essai, qui remplit la conduite d'eau sous une pression de 1,8 fois la pression de service prévue en fonctionnement. L'épreuve dure environ 30 minutes, durant lesquelles la variation de pression ne doit pas excéder 0,2 bar. Ce test permet de vérifier l'intégrité des conduites et des joints avant leur mise en service, assurant ainsi une fiabilité optimale du réseau de canalisation.

8.1.5 Remblayage des tranches

Le remblayage des tranchées est une étape cruciale dans les travaux de pose de canalisations et autres infrastructures souterraines. Il consiste à remplir les tranchées excavées, dans lesquelles les conduites ou autres équipements ont été installés, avec du matériau approprié pour garantir la stabilité et la protection des installations.

8.1.6 Nivellement et compactage

Le nivellement et le compactage sont des étapes essentielles dans la préparation du terrain, notamment après le remblayage des tranchées ou avant la mise en place de nouvelles structures. Ces opérations garantissent la stabilité, la durabilité, et l'uniformité de la surface, en préparant le sol pour les phases ultérieures du projet.

8.2 Calcul des volumes des travaux de l'adduction et de distribution

Calcul du volume de terrassement

8.2.1 Largeur du fond de la tranchée

La largeur de la tranchée est calculée en fonction du diamètre de la conduite en laissant un espace de 30 cm de chaque côté de celle-ci. La largeur d'ouverture de la tranchée peut donc être déterminée par la formule suivante :

$$B = D + 0.6$$

Où :

B est la largeur de la tranchée en mètres (m).

D est le diamètre de la conduite en mètres (m).

8.2.2 Profondeur de la tranche

La profondeur de la tranchée est une dimension cruciale pour l'installation de conduites, câbles ou autres infrastructures souterraines. Elle doit être suffisante pour accueillir l'équipement tout en garantissant une protection adéquate et en respectant les normes de sécurité.

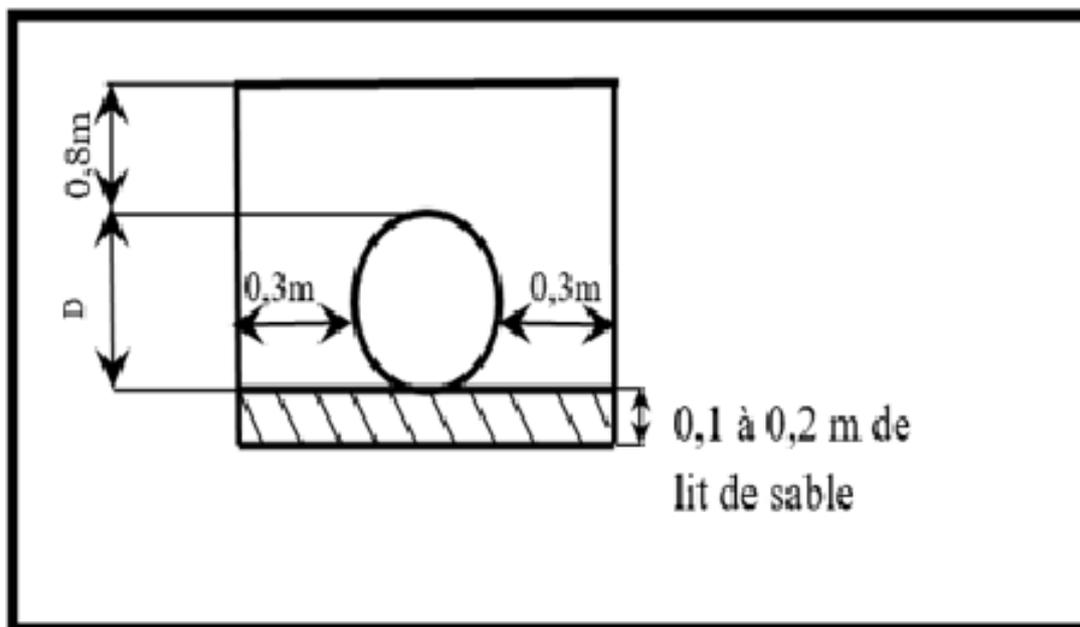


FIGURE 8.1 – Schéma d'une tranchées

La profondeur de la tranchée est généralement déterminée en ajoutant la hauteur né-

cessaire pour l'installation et la protection des conduites. Une formule générale pourrait être :

$$H_{tr} = e + D + h \text{ (m)}$$

Où :

H_{tr} est la profondeur totale de la tranchée (m).

e : hauteur du lit de pose. (0,12 m)

D : diamètre de la conduite.(m)

h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite. (0,8m)

Les sections des tranchées sont :

$$Str = B \times H_{tr}$$

H_{tr} : Profondeur total de la tranchée (m)

B : Largeur du fond de la tranchée (m)

Le Volume du sable nécessaire pour le lit de sable est égale à :

$$V_{sable} = e \times L \times B$$

e : hauteur du lit du sable (0,12 m);

L : Longueur de la tranchée (m);

B : Largeur de la tranchée (m).

8.2.3 Volume de Remblai

Le volume de remblai est calculé à partir du volume des déblais, après avoir soustrait celui de la conduite enterrée.

$$V_{remblai} = V_{déblais} - V_{conduite}$$

lors que :

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

donc :

$$V_{remblai} = V_{déblais} - \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \times L$$

tableau de Quantité des travaux de terrassement :

TABLE 8.1 – Tableau de Côt des travaux de terrassement

Conduite(m)	B (m)	Htr (m)	Str (m)	V sable (m ³)	V déblai (m ³)	V conduite (m ³)	V remblai (m ³)
63	202.074	0.663	0.983	0.65173	16.077	131.698	0.63
75	405.528	0.675	0.995	0.67163	32.8478	272.363	1.79
90	346.431	0.69	1.01	0.6969	28.6845	241.428	2.2
110	1600.69	0.71	1.03	0.7313	136.379	1170.59	15.21
125	619.051	0.725	1.045	0.75763	53.8574	460.008	2.42
150	977.161	0.75	1.07	0.8025	87.9445	784.172	17.27
200	599.46	0.8	1.12	0.896	57.5482	537.117	18.83
250	792.129	0.85	1.17	0.9945	80.7972	787.773	38.88
650	3842.48	1.25	1.57	1.9625	576.372	7540.86	1275.05
/	/	/	/	/	1070.51	11935	/

Tableau de Côt des travaux de terrassement :

TABLE 8.2 – Tableau de Côt des travaux de terrassement

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblai en terrain	m ³	11935,0046	300,00	3580501,38
Lit de sable	m ³	1070,50712	800,00	856405,696
Remblai	m ³	10562,7246	2000,00	21125449,2
/	/	/	Total (HI)	25562356,28
/	/	/	TVA (19%)	4856847,692
/	/	/	Montant TTCI	30419203,9

Tableau de Facture des différents types de conduites du réseau de distribution

TABLE 8.3 – Tableau de Facture des différents types de conduites du réseau de distribution

Pièces (PEHD)	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Tube ϕ 63	MI	202,0743	137,18	27720,5525
Tube ϕ 75	MI	405,5284	289,41	117363,9742
Tube ϕ 90	MI	346,4312	381,88	132292,1967
Tube ϕ 110	MI	1600,692	568,93	910681,6996
Tube ϕ 125	MI	619,0508	721,36	446558,4851
Tube ϕ 150	MI	977,161	812,11	793562,2197
Tube ϕ 200	MI	599,4604	1848,65	1108192,468
Tube ϕ 250	MI	792,1294	4340,6	343831,6874
Tube ϕ 650	MI	3842,4768	2089,18	8027625,622

Tableau de Fourniture de pose des pièces spéciales

TABLE 8.4 – Tableau de Fourniture de pose des pièces spéciales

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Fouriniture pose de birne d'irrigation type A2 PN10	4	16	300 000	4800 000
Fouriniture pose de borne d'irrigation type B PN10	4	12	360 000	420 000
/	/	/	Total 3 (HI)	9120 000
/	/	/	TVA 3 (19%)	4411200
/	/	/	Montant TTC3	13531200

8.3 Le réservoir de stockage

Pour la réalisation d'un réservoir de stockage de 1500 m³ avec un diamètre de 23 m et une hauteur de 5 m, les travaux incluent plusieurs étapes essentielles. Le terrassement prépare le site en enlevant la terre et en nivelant le sol pour accueillir le réservoir. Ensuite, le bétonnage est réalisé pour les parois et le fond du réservoir, en utilisant un volume de béton calculé selon les dimensions et l'épaisseur des parois. La maçonnerie intervient pour les murs intérieurs, les cloisons et les accessoires comme les escaliers d'accès. Les corps d'états secondaires concernent les finitions et l'installation des équipements accessoires, tels que les dispositifs de vidange et de remplissage, ainsi que les systèmes de surveillance. Les matériaux nécessaires comprennent le béton, l'acier pour le renforcement, et divers matériaux de maçonnerie. Une estimation des coûts pour chaque type de travail est faite en fonction des quantités et des prix unitaires des matériaux et de la main-d'œuvre, assurant ainsi une gestion budgétaire précise pour le projet.

Estimation du coût du réservoir de stockage :

TABLE 8.5 – Estimation du coût du réservoir de stockage

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
a) terrassement				
Décapage de la terre végétale	m^3	1070,51	300	321153
Déblai	m^3	11935	400	4774000
Remblai	m^3	10562,72	600	63403200
b) béton armé	m^3	300	12000	3600000
c) Installation du coup de balier		1	5000 000	5000 000
d) Armoire électrique	U	1	200 000	200 000
e) Aménagement extérieure et divers				
Portail métallique	U	1	180 000	180 000
Electricité	U	15	10 000	150 000
Peinture	m^2	320	2500	800 000
Revetement	m^2	20	20 000	400 000
TOTAL (HT)				78828353
TOTAL (TTC)				80326091707

8.4 Le devis des travaux

Devis estimatif total :

TABLE 8.6 – Estimation du coût du réservoir de stockage

Travaux	Montant (DA)
Travaux	30419203,9
Réservoir de stockage	80326091707
Bornes	13531200
Travaux	1185430206,9
Montant TTC	81555472

CONCLUSION GÉNÉRALE

Au terme de ce mémoire, nous avons réalisé une étude approfondie sur la conception et la mise en œuvre d'un projet d'irrigation dans la commune de Boulhaf Dyr, située dans la wilaya de Tébessa. Cette étude, déclinée en neuf chapitres, a permis d'aborder les aspects essentiels liés aux ressources en eau, aux besoins agricoles et aux solutions techniques.

Tout d'abord, l'analyse des conditions naturelles de la région a révélé les particularités climatiques et géologiques du site, éléments clés pour la gestion durable des ressources hydriques. La présentation de la station d'épuration (STEP) et l'évaluation de la qualité des eaux ont souligné les potentialités d'utilisation des eaux traitées pour l'irrigation, en respectant les normes environnementales et sanitaires.

L'étude hydraulique a permis de déterminer les paramètres nécessaires pour assurer une distribution efficace de l'eau dans le réseau. L'étude agro-pédologique a mis en évidence les spécificités des sols de la région et leur adéquation avec les cultures sélectionnées, tandis que l'analyse des besoins hydriques des cultures a été cruciale pour une irrigation précise et adaptée.

Nous avons ensuite étudié deux techniques majeures d'irrigation : l'irrigation localisée et l'irrigation par aspersion. L'irrigation localisée, qui comprend des systèmes comme le goutte-à-goutte, a été privilégiée pour son efficacité à économiser l'eau en ciblant directement la zone racinaire des plantes. Cependant, l'irrigation par aspersion a également été envisagée, car elle permet une distribution plus large et uniforme de l'eau sur de grandes surfaces, tout en étant adaptée aux cultures nécessitant une humidification régulière de l'ensemble de leur couverture végétale. L'aspersion présente aussi l'avantage de pouvoir être utilisée dans des zones à topographie irrégulière, où les systèmes d'irrigation localisée pourraient être moins adaptés.

Le dimensionnement des conduites et du réseau d'adduction et de distribution a ensuite été réalisé en tenant compte de ces différentes techniques, avec l'objectif de garantir une distribution optimale de l'eau tout en minimisant les pertes et en réduisant

les coûts d'exploitation.

Enfin, l'étude technico-économique a évalué la faisabilité du projet, tant sur le plan financier que sur celui des retombées à long terme pour la commune de Boulhaf Dyr. En conclusion, ce projet d'irrigation intègre de manière cohérente des solutions d'irrigation localisée et par aspersion, adaptées aux spécificités naturelles et aux besoins des cultures de la région. Cette combinaison de techniques permet d'optimiser l'utilisation des ressources en eau tout en répondant aux besoins variés des exploitations agricoles. Le projet représente ainsi une étape importante pour un développement agricole durable et économiquement viable dans la wilaya de Tébessa.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques). (2002). Carte de l'évapotranspiration potentielle en Algérie. Algiers : ANRH.
- [2] FAO. (2021). Irrigation and Drainage Paper 56 : Crop Evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Rome : FAO.
- [3] MFE, Dimensionnement de la station d'épuration de la ville de Tébessa. 2015.
- [4] Source mentionnée lors de la présentation des résultats d'analyse des eaux usées de la ville. ONA de Tébessa, Analyses effectuées en juin 2022.
- [5] Laboratoire Fatallah, mentionné dans l'analyse de la qualité des eaux épurées et leur utilisation pour l'irrigation. Google Earth, 16/03/2024.
- [6] Référence aux normes algériennes de réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation, qui fixent les limites des paramètres tels que la DBO5 et la DCO.