



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**ETUDE DE LA REHABILITATION HYDRO-
AGRICOLE DU PERIMETRE DE BELGHIMOUZ
(W. JIJEL) sur 800 ha**

Présenté par :

AMIEUR Takieddine

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr. DJELLAB Mohamed	Professeur	Président
Mr. BENKACI ALI Tarek	M.C.B.	Examineur
Mme. SAIL Nadira	M.A.A.	Examinatrice
Mr. BOUFEKANE Abdelmadjid	M.C.A.	Promoteur

Session : Décembre 2021

REMERCEMENTS

Avant tout, je remercie le bon Dieu qui a illuminé notre chemin et qui nous a armés de force et de sagesse, ainsi que la bonne volonté pour achever ce modeste travail et ce cursus universitaire.

Mes remerciements également :

Ma chère famille : mes parents, mes sœurs et mon frère de leurs aides morales et financière tout le long de mon travail.

Mon promoteur Mr. Boufekane, pour l'aide qu'il m'a offert durant la période de réalisation de ce travail et encore plus sa confiance et ses encouragements.

Toute gratitude à nos professeurs et enseignants de l'ENSH qui nous ont guidés au cours de la formation d'ingénieur, et nos respects aux membres de jury qui nous feront l'honneur d'apprécier ce travail.

En fin j'adresse mes remerciements à tous mes amis de l'hydraulique et tous ceux ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de mon mémoire.

Grands mercis à vous tous.

DEDICACE

À chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pensée pour se rappeler de ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence, mais surtout les mauvais.

Ces personnes qui nous ont aidés sans qu'on leur demande, soutenus sans réserve, aimés sans compter, ces personnes qui en cru en nous et que grâce à qui notre bonheur et joie reviennent de droit, à qui un malheur en nous, en eux se transforme en pleur. Que le tout puissant nous garde ces personnes très chères à nos cœurs.

Je dédie ce modeste mémoire qui est l'accomplissement de longues années d'études, en premier lieu à :

À mon cher père ACHOUR qui m'a soutenu et a su me donner courage.

À ma très chère mère YAMINA à qui je dois beaucoup pour ces sacrifices, son amour, son aide et son soutien.

À mon frère HANI SALAH EDDINE, et mes sœurs MERIEM, RASHA et LARA.

À ma grand-mère DJEMAA et ma tante KENZA.

À tous (tes) mes collègues Le long de ma vie, j'ai été entouré de personnes magnifiques qui m'ont donné le meilleur d'eux même sans rien attendre en retour, je crois qu'aujourd'hui il est le temps de leur dédiés du fond du cœur ce modeste travail pour les remercier :

À mes chers amis à Jijel : MONSIF, KIMO, HICHEM, FELLA, MOHAMED et NADJIB.

À mes très chers amis : LABYED, LMEGA, AZOUZ, TFOL, DEQUIFFEUR, KHOUCHEF, LAMA, NOUSSAIBA, NARIMENE, ROKAIA, ZOUHIR et TAHAR.

À mes chers amis à l'étranger : ROUSTOUM et KHALIL.

La liste est assez longue, je vous remercie pour tous les sentiments d'amitié que vous avez envers moi et dont je suis fier.

A tous et à toutes, je dédie ce travail

ملخص

من خلال هذا العمل قمنا بتزويد الأراضي الفلاحية لقطاع بلغيموز الواقع بولاية جيجل بمصدر آخر للمياه و الذي هو المياه الجوفية.

تطلب مشروع التزويد، انجاز محطتي استخراج بالحفر من أجل تلبية حاجيات الأراضي من مياه السقي، و أخيرا قمنا بدراسة هذه الأراضي و إعادة تهيئتها بإمكانات أكثر تطورا.

Résumé

A travers ce travail, nous avons étudié l'alimentation du secteur K1a du périmètre de Belghimouz à la wilaya de Jijel par une autre source qui est les eaux souterraines. L'alimentation se fait à partir de deux forages qui vont satisfaire les besoins en eau de la parcelle, ainsi le dimensionnement du système d'irrigation par des équipements modernes et plus développés.

Mots clé : systèmes d'irrigation modernes, eaux souterraines, forages.

Abstract

Through this project we have provided sector K1a of Belghimouz (W. Jijel) agricultural lands with another source of water which are groundwater sources. For this project we dispose of two drillings for the lands. We have also studied these lands and prepared them with more developed modern equipment and irrigation systems.

Key words: groundwater sources, modern irrigation systems, drilling.

Table des Matières

Résumé	
Table des Matières	
Liste des figures	
Liste des tables	
Liste des planches	
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	
1.1. Introduction	3
1.2. Représentation générale du périmètre de Belghimouz.....	3
1.3. Etat actuel du périmètre de Belghimouz	5
1.4. Concurrence de l'irrigation avec l'alimentation en eau potable	6
1.5. Climatologie	7
1.5.1. Pluviométrie.....	7
1.5.2. Température	10
1.5.3. Humidité	10
1.5.4. Vent.....	11
1.5.5. Insolation	12
1.5.6. Evaporation.....	12
1.5.7. Détermination des indices climatiques	13
1.5.7.1. Indice climatique de MARTON	13
1.5.7.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER	14
1.5.7.3. Climogramme pluviothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	16
1.6. Hydrographie.....	17
1.7. Conclusion.....	18
Chapitre II : Ressources en eau et en sol	
2.1. Introduction	20
2.2. Les eaux souterraines	20
2.3. Propriétés hydrodynamiques des sols	21
2.4. Zone proposée pour l'implantation des forages	22
2.5. Ressources en eau du périmètre	22
2.6. Qualité des eaux souterraines	23
2.6.1. Résultats des analyses	23

2.6.2. Qualité des eaux d'irrigation	24
2.6.3. Classification des eaux d'irrigation.....	24
2.7. Etude pédologique.....	27
2.7.1. Géologie du site.....	27
2.7.2. Description des sols.....	29
2.7.3. Possibilité de mise en valeur	36
2.7.4. Zones homogènes et mise en valeur.....	38
2.8. Conclusion.....	41
Chapitre III : Hydrologie	
3.1. Introduction	44
3.2. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique	44
3.3. Ajustement de la série pluviométrique.....	46
3.3.1. Ajustement à la loi de Gauss	46
3.3.1. Ajustement à la loi de Galton	48
3.4. Test d'adéquation khi-deux	49
3.5. Détermination de l'année de calcul	50
3.6. Conclusion.....	51
Chapitre IV : Besoins en eaux des cultures	
4.1. Introduction	53
4.2. Besoin en eau des cultures	53
4.3. L'évapotranspiration	53
4.4. L'évapotranspiration potentielle	53
4.4.1. Méthode de PENMAN-MONTHEIT modifiée.....	54
4.4.2. Calcul de l'évapotranspiration.....	54
4.5. Calcul de la pluie efficace	55
4.6. Le choix de culture	56
4.6.1. Calendrier et assolement	57
4.6.2. Avantages de la rotation des cultures	57
4.6.3. L'évapotranspiration maximale.....	58
4.6.4. Calcul des besoins nets en eau	58
4.6.5. Réserve facilement utilisable	59
4.6.6. Calcul des besoins bruts en eau.....	60
4.6.7. Les coefficient culturaux	60

4.7. Calcul de débit caractéristique	72
4.8. Conclusion.....	73

Chapitre V : Calcul hydraulique

5.1. Introduction	75
5.2. Découpage des ilots d'irrigation.....	75
5.3. Choix du tracé	76
5.4. Le plan de bornage	76
5.4.1. Débit au bornes.....	77
5.4.2. Choix du type et diamètre de la borne.....	78
5.5. Variante d'aménagement réseau	80
5.6. Partie I : De la source vers bassin de stockage.....	80
5.7. Dimensionnement du réservoir de stockage.....	86
5.8. Partie II : Du bassin vers la station de tête	87
5.9. Conclusion.....	94

Chapitre VI : Technique d'irrigation

6.1. Introduction	96
6.2. Généralités sur les techniques d'irrigation	96
6.3. Techniques d'arrosages.....	96
6.4. Choix de la technique	96
6.4.1. Selon les contraintes agronomiques	96
6.4.2. Selon les contraintes naturelles	98
6.4.3. Selon les contraintes techniques et socio-économiques	99
6.5. Mode d'arrosage	100
6.6. Discussion	101
6.7. Installation goutte à goutte	101
6.7.1. Composition d'une installation goutte à goutte.....	101
6.8. Choix des équipements.....	103
6.9. Dimensionnement du réseau de distribution	103
6.10. Calculs hydrauliques	107
6.11. Conclusion.....	111

Chapitre VII : Organisation du chantier

7.1. Introduction	113
7.2. Exécution des travaux de pose des canalisations	113
7.3. Estimation du devis du réseau d'irrigation et d'adduction	115

7.4. Conclusion	118
Conclusion générale	119
Références et bibliographie	121
Annexes	123

Listes des Tableaux

Chapitre I : Présentation de la Zone d'Etude

Tableau 1.1 : Coordonnées Lambert du périmètre d'irrigation	3
Tableau 1.2 : Répartition du périmètre par secteur d'irrigation	5
Tableau 1.3 : Répartition des surfaces en fonction de l'occupation du sol	5
Tableau 1.4 : Taux de raccordement et capacité de stockage des eaux d'AEP	6
Tableau 1.5 : Nombre de forages réalisés et exploités par commune	6
Tableau 1.6 : Coordonnées de la station métrologique	7
Tableau 1.7 : Répartition mensuelle des précipitations (1985 – 2020)	7
Tableau 1.8 : La série pluviométrique de la station d'El Milia (1985 - 2021)	8
Tableau 1.9 : Températures mensuelles	10
Tableau 1.10 : Répartition mensuelle de l'humidité	10
Tableau 1.11 : Répartition de la vitesse du vent	11
Tableau 1.12 : Répartition de l'insolation journalière et mensuelle	12
Tableau 1.13 : Répartition mensuelle de l'évaporation	12
Tableau 1.14 : Classification par indice de MARTON	13
Tableau 1.15 : Méthode d'établissement du Climogramme de GAUSSEN	16

Chapitre II : Ressources en Eau et en Sol

Tableau 2.1 : Caractéristique hydrodynamiques de la nappe	21
Tableau 2.2 : Coordonnées géographiques des forages proposés	22
Tableau 2.3 : Données d'exploitation caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère	22
Tableau 2.4 : Résultats des analyses chimiques de l'eau dans la zone des forages	23
Tableau 2.5 : Caractéristiques des forages	25
Tableau 2.6 : Caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation	25
Tableau 2.7 : Fiche analytique du profil N°01	31
Tableau 2.8 : Fiche analytique du profil N°02	33
Tableau 2.9 : Fiche analytique du profil N°03	35

Chapitre III : Hydrologie

Tableau 3.1 : Résultats du test de Mood	44
Tableau 3.2 : Résultats de l'ajustement de la série pluviométrique à la loi normale	47
Tableau 3.3 : Résultats de l'ajustement de la série pluviométrique à la loi log-normale	48
Tableau 3.4 : Résultats de test Khi-carrée	50

Tableau 3.5 : Précipitation mensuelle de l'année de calcul	51
---	----

Chapitre IV : Besoin en Eau des Cultures

Tableau 4.1 : Tableau des résultats de calcul de l'évapotranspiration de référence	54
Tableau 4.2 : Tableau des résultats de calcul des pluies efficaces	55
Tableau 4.3 : Calendrier des principales cultures préconisées	57
Tableau 4.4 : Pourcentages proposés aux différentes cultures	58
Tableau 4.5 : Humidité à la capacité au champ	59
Tableau 4.6 : Coefficients culturaux des cultures proposées	60
Tableau 4.7 : Profondeur d'enracinement des cultures proposées en mètres	61
Tableau 4.8 : Besoins en eau d'irrigation de la Tomate	62
Tableau 4.9 : Besoins en eau d'irrigation de la Pomme de terre	63
Tableau 4.10 : Besoins en eau d'irrigation de la Courgette	64
Tableau 4.11 : Besoins en eau d'irrigation de l'Olivier	65
Tableau 4.12 : Besoins en eau d'irrigation du Pêcher	66
Tableau 4.13 : Besoins en eau d'irrigation du Maïs	67
Tableau 4.14 : Besoins en eau d'irrigation du Pommier	68
Tableau 4.15 : Besoins en eau d'irrigation des Agrumes	69
Tableau 4.16 : Besoins nets en eau d'irrigation (mm)	70
Tableau 4.17 : Besoins nets en eau d'irrigation (m ³ /ha)	71
Tableau 4.18 : Besoins nets et brutes annuels des cultures	73

Chapitre V : Calcul Hydraulique

Tableau 5.1 : Diamètres des bornes en fonction du débit fourni à la borne	78
Tableau 5.2 : Diamètres des bornes en fonction du débit fourni à la borne	78
Tableau 5.3 : Calcul des pertes de charge de la conduite de refoulement F1 – Rés 1	84
Tableau 5.4 : Calcul des pertes de charge de la conduite de refoulement F2 – Rés 2	84
Tableau 5.5 : Calcul des frais d'exploitation de la pompe F1 – Rés1	84
Tableau 5.6 : Calcul des frais d'exploitation de la pompe F2 – Rés2	85
Tableau 6.7 : Calcul des frais d'investissement de la conduite F1 – Rés1	85
Tableau 5.8 : Calcul des frais d'investissement de la conduite F2 – Rés2	85
Tableau 5.9 : Bilan des frais	85
Tableau 5.10 : Seuil des vitesses admissibles en fonction des diamètres	87
Tableau 5.11 : Paramètres de pertes de charge de la loi de LECHAPT – CALMON	88
Tableau 5.12 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en fonte ductile	89

Tableau 5.13 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PVC	90
Tableau 5.14 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PEHD	91
Tableau 5.15 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PEBD	91
Tableau 5.16 : Calcul hydraulique du réseau de distribution	92

Chapitre VI : Techniques d'Irrigation

Tableau 6.1 : Tableau récapitulatif des calculs hydrauliques	111
---	-----

Chapitre VII : Organisation de Chantier

Tableau 7.1 : Engins utilisés et leurs rôles	115
Tableau 7.2 : Devis estimatif des conduites de réseau de distribution	115
Tableau 7.3 : Devis estimatif des pièces et équipement hydraulique	116
Tableau 7.4 : Devis estimatif des pièces et équipement hydraulique	116
Tableau 7.5 : Devis estimatif des pièces d'adduction et réservoir	117
Tableau 7.6 : Calcul de terrassement	118
Tableau 7.7 : Devis estimatif du montant de terrassement	118

Liste des Figures

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Figure 1.1 : Situation géographique de la zone d'étude	3
Figure 1.2 : Limites du périmètre de Belghimouz	4
Figure 1.3 : Répartition des surfaces en fonction de l'occupation du sol	6
Figure 1.4 : Variation de la précipitation mensuelle	7
Figure 1.5 : Variation de la température mensuelle	10
Figure 1.6 : Répartition de l'humidité mensuelle	11
Figure 1.7 : Répartition de vents mensuels pendant l'année	11
Figure 1.8 : Répartition de l'insolation	12
Figure 1.9 : Répartition de l'évaporation mensuelle	13
Figure 1.10 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER	15
Figure 1.11 : Climogramme pluviothermique de Gaussen	16
Figure 1.12 : Réseau hydrographique de la région d'étude	17

Chapitre II : Analyses des ressources en eau et en sol

Figure 2.1 : Carte de proposition pour l'implantation de nouveaux forages	23
Figure 2.2 : Diagramme de classification des eaux	26
Figure 2.3 : Extrait de la carte géologique d'El Mila (de la zone d'étude) (VILA, 1980)	28
Figure 2.4 : Carte des catégories de sols du périmètre	41

Chapitre III : Hydrologie

Figure 3.1 : Ajustement des pluies annuelles à la loi normale	47
Figure 3.2 : Ajustement des pluies annuelles à la loi log-normale	49

Chapitre VI : Techniques d'irrigation

Figure 6.1 : Schéma explicatif du réseau installé	111
--	-----

Liste des Planches

Planche N°1 : Plan d'occupation du sol

Planche N° 2 : Plan parcellaire, réseau d'adduction et distribution

Planche N° 3 : Profil en long de la conduite principale

Planche N° 4 : Plan de réseau goutte à goutte

Introduction Générale

Introduction générale

L'Algérie est un pays riche en eau souterraines et ça nous oblige à chercher des méthodes pour l'exploiter, parmi ces méthodes on trouve construction des forages pour des fins agricole.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre mémoire de fin d'étude. Notre travail portera sur le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par goutte à goutte de périmètre de BELGHIMOUZ à partir de deux forages agricoles (Wilaya de JIJEL). C'est pour ça une étude détaillée de la région est nécessaire sur les conditions climatologique, hydrologique et agro-pédologique. Ainsi une analyse quantitative et qualitative de l'eau souterraines.

Tout ça nous permet de choisir les cultures les plus adaptées sous ces conditions et calculer leurs besoins en eau pour éviter tout surdimensionnement ou sous-dimensionnement de réseau.

Le périmètre d'irrigation de BELGHIMOUZ est en mauvais état depuis 1986.

Le but de notre étude est l'optimisation et l'amélioration de l'exploitation de ce périmètre via un système d'adduction et de distribution d'eau de nappe à partir des forages qui vont assurer les eaux vers le périmètre qui a été tant d'année délaissé.

CHAPITRE I

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Introduction

La connaissance et l'analyse des différents facteurs lors de l'élaboration d'un projet d'aménagement hydro-agricole sont primordiales dans le cadre d'une bonne conception du réseau d'irrigation.

Alors, nous allons présenter les paramètres et les facteurs naturels (climatologie, pédologie et ressources en eau) afin de permettre de caractériser la zone et de mieux valoriser les potentialités du périmètre étudié.

1.2. Représentation Générale du Périmètre de BELGHIMOUZ

Le périmètre d'irrigation de BELGHIMOUZ (W. Jijel) fait partie de plusieurs communes de la wilaya, à savoir SIDI ABDELAZIZ, DJEMAA BENI H'BIBI et EL ANCER. Ces derniers se trouvent à l'est du chef-lieu de la Wilaya de JIJEL.

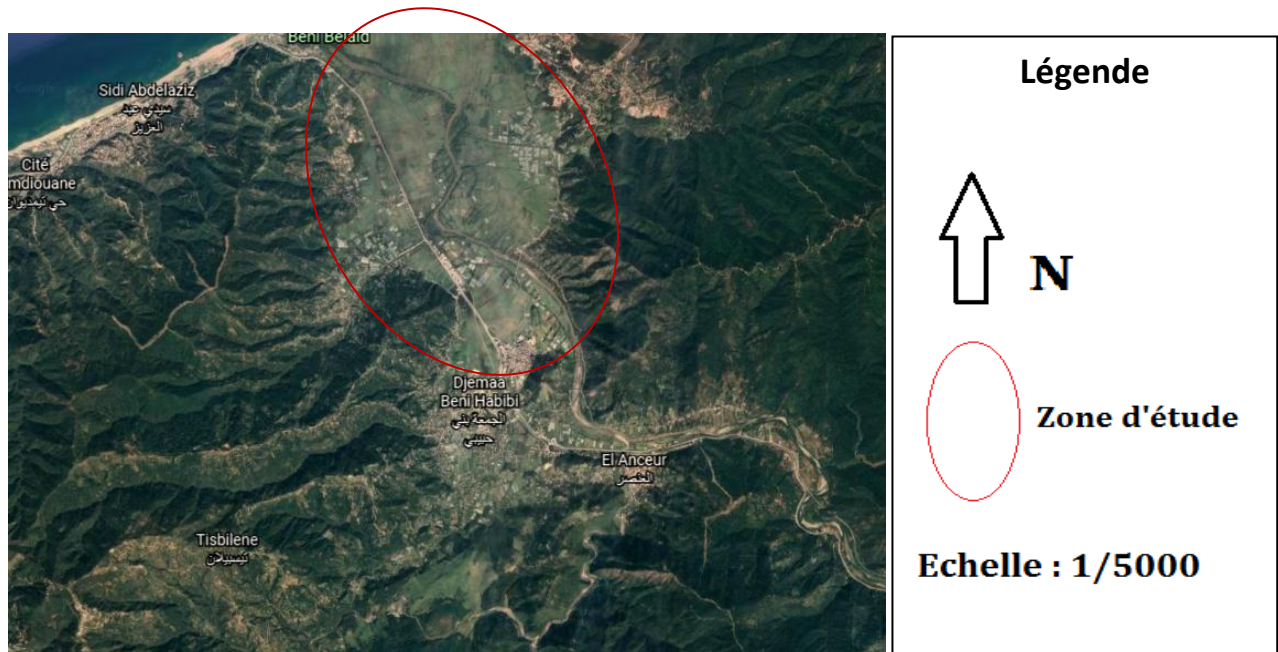


Figure 1.1 : Situation géographique de la zone d'étude

(Latitude : 36°51'14.78"N – Longitude : 6° 6'41.10"E)

(Date des images satellite : 29/10/2021)

Le périmètre d'irrigation de BEL GHIMOUZ s'étend sur une superficie de plus de 746 ha. Il est cerné entre les coordonnées géographiques système Lambert suivantes :

Tableau 1.1 : Coordonnées Lambert du périmètre d'irrigation

Coordonnées Lambert en X (Km)	Coordonnées Lambert en Y (Km)
803 - 809	394 - 402

Il est limité au :

- Nord, par Douar Beni Belaid.
- Sud, par DJ. El Hadjera Meshtat Tafrah.
- Est, par la vallée de l'oued El kebir.
- Ouest, par Mechtas de Teccnich, El Basser et Kakouch.H

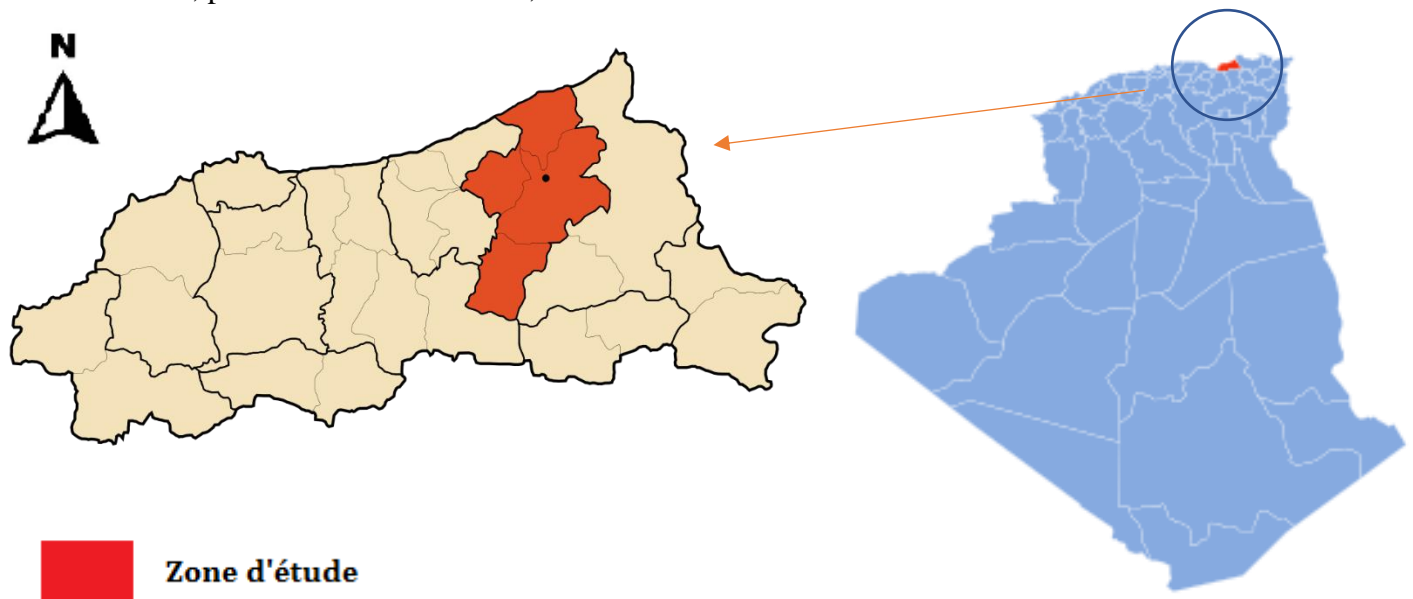


Figure 1.2 : Carte administrative de la wilaya de Jijel (échelle : 1/50000)

1.3. Etat Actuel du périmètre de BELGHIMOUZ

Le périmètre d'irrigation de BELGHIMOUZ est un ancien périmètre réalisé lors de la période de révolution agricole en 1986. Il est aménagé les équipements suivants :

- 05 forages équipés (ressources en eau).
- Une conduite de refoulement en acier de diamètre variable de **250 à 600 mm** et d'une longueur principale de **2500 ml**.
- Un réservoir d'eau en béton armé, dont les dimensions : **20 x 10 x 5 m** (capacité 1000m)
- Un réseau de distribution ramifié divisé en plusieurs secteurs.

Tableau 1.2 : Répartition du périmètre par secteur d'irrigation (Source : DRE W. Jijel)

Indice	Lieu-dit	Commune
K1	Amissi de BENI MAZZOUZ	SIDI ABDELAZIZ
K2	Secteur de BENI MAZZOUZ	SIDI ABDELAZIZ
K3a	Secteur douar BENI H'BIBI	DJEMAA BENI H'BIBI
K3b	BELGHIMOUZ	EL ANCER
K3c	Secteur Douar BENI H'BIBI	DJEMAA BENI H'BIBI
K4	Secteur DJEMAA BENI H'BIBI	DJEMAA BENI H'BIBI

Durant ces dernières années, la wilaya de Jijel, comme tout le territoire algérien, a suivi la politique de développement socio-économique : les projets, la construction des bâtiments et la constitution des routes ont été réalisés, ce qui influence la situation du périmètre. La superficie enquêtée est évaluée à **1313 ha**, dont la répartition des zones préliminaire, selon l'occupation des sols [5], est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 1.3 : Répartition des surfaces en fonction de l'occupation du sol

Désignation	Surfaces (Ha)
Surface totale enquêtée	1313.49
Surface des bâtis	160.5
Surface des cours d'eau	5.5
Surface de la route	26.3
Surface de chemin de fer	3.67
Surface du foret	120.5
Surface brute	997.02

Durant l'intervention sur chantier, il s'était constaté que le projet d'élargissement de la route nationale N° 43 a influe sur ce périmètre.

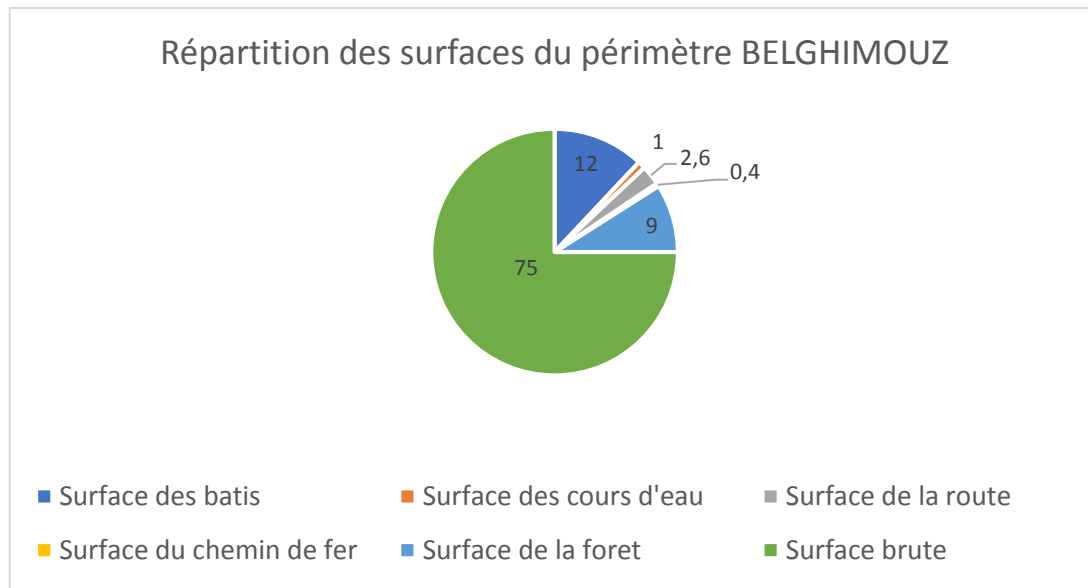


Figure 1.3 : Répartition des surfaces en fonction de l'occupation du sol

1.4. Concurrence de l'irrigation avec l'alimentation en eau potable

En fonction des renseignements recueillis aux prés de service d'AEP de la direction de l'hydraulique de la W. JIJEL, l'alimentation en eau potable du périmètre d'irrigation est approvisionnée à partir des eaux souterraines de la nappe de l'Oued El Kebir [5]. Les communes étudiées possèdent les infrastructures suivantes :

Tableau 1.4 : Taux de raccordement et capacité de stockage des eaux d'AEP - ANRH

Communes	Nombre de localités raccordées	Taux de raccordement	Capacité de stockage (m ³)	
			Nombre de réservoirs	Capacité
SIDI ABDELAZIZ	04	80	06	2300
DJ. BENI H'BIBI	03	50	03	1100
EL ANCER	06	75	12	5300

Par ailleurs, la situation des forages réalisés se résume comme suit :

Tableau 1.5 : Nombre de forages réalisés et exploités par commune (Source : ANRH)

Commune	Forages réalisés	Forages exploités
SIDI ABDELAZIZ	03	03
DJEMAA BENI H'BIBI	01	01
EL ANCER	04	04

Il nous apparaît que les ressources en eux et le nombre de raccordement sont **assez suffisants**, donc on peut exploiter des nouvelles ressources pour l'irrigation sans être inquiet pour l'alimentation en eau potable.

1.5. Climatologie

La région de BELGHIMOUZ est caractérisée par un climat méditerranéen pluvieux et froid en hiver, chaud en été. Les données climatiques illustrées ci-après sont récoltées, auprès des services de l'hydraulique de l'ANRH sur la station métrologique d'El Milia.

Tableau 1.6 : Coordonnées de la station métrologique (Source : ANRH)

Nom de station	Code	Coordonnées Lambert			Coordonnées géographiques	
		X (Km)	Y (Km)	Z (m)	Latitude	Longitude
Station d'El Milia	100706	819.3	389.7	105	36°N	6°E

1.5.1. Pluviométrie

Le régime pluviométrique est irrégulier en quantité et en intensité. La précipitation moyenne interannuelle est assez importante, elle varie entre **700 mm** et **1200 mm**

Tableau 1.7 : Répartition mensuelle des précipitations (1985 – 2019) - ANRH

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Jlt.	Aou.	P. Ann
P (mm)	60,1	90,5	156,8	171,7	137,9	101,4	89,6	79,98	40,46	13,1	2,2	7,85	950,37

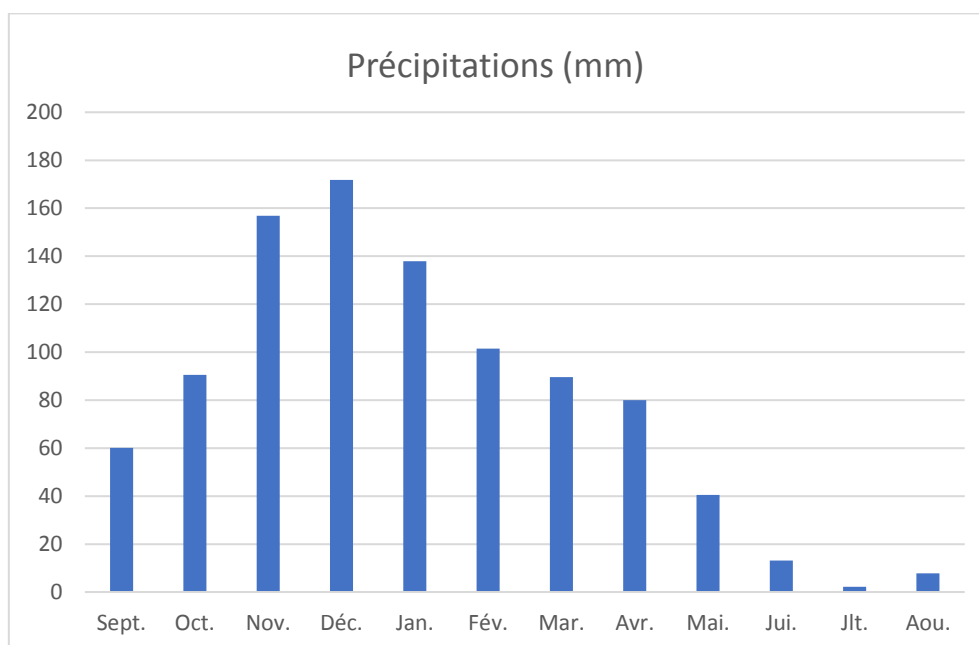


Figure 1.4 : Variation de la précipitation mensuelle

La moyenne interannuelle des précipitations est estimée à **950,37 mm**

Le diagramme ci-après représente la répartition mensuelle des précipitations. La période la plus pluvieuse s'étale sur les saisons d'**hiver** et d'**automne**, dont la moyenne varie de **327.5 mm** à **484 mm** La période sèche correspond à la saison d'été avec une moyenne de **33.5 mm** La valeur moyenne mensuelle est évaluée à **93 mm**

Tableau 1.8 : La série pluviométrique de la station d'El Milia (1985 - 2019) - ANRH

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	P. Annuelle
1985-1986	44,6	32,5	137,7	98,2	159,1	174,8	137,2	50,9	4,3	6,3	10,6	3,3	859,5
1986-1987	36,2	86,3	99,8	221,3	175,1	166,1	40	24,6	82,8	5,7	3	0,3	941,2
1987-1988	25,3	24,5	128	50,3	81,9	131,2	27,9	70,6	34,2	17	0	0	590,9
1988-1989	150,7	0,8	160,5	230,5	123,1	93,1	57,4	117,5	2,8	6,6	2	15,1	960,1
1989-1990	62,9	16	152,4	61	107,3	92,2	64,6	96,3	65,7	1,4	4,8	4,3	728,9
1990-1991	4,6	74,9	176,6	320,8	91,1	105,3	111,9	24,6	26,7	3,6	0	0,7	940,8
1991-1992	36,7	227	100	39,6	132,3	54	175,7	170,6	75,2	25	2,8	0	1038,9
1992-1993	7,4	91,2	47,6	329,3	85,8	77,4	49,6	95,6	54,4	2,8	0	0	841,1
1993-1994	37,4	75,2	104,1	140,5	90,2	107,6	94,3	80	14,7	0	0	0	744
1994-1995	71,9	116,5	7,5	337,1	148,6	33,2	119,3	60,3	3,6	13	0	17,2	928,2
1995-1996	56,8	99,1	62,3	89,9	138,1	293,9	113,1	119	48,9	45,9	7	9,6	1083,6
1996-1997	36,5	138,5	117,1	169	53,1	13,1	16	73,7	8,7	26,3	0	5	657
1997-1998	134,5	69,3	162,7	102	46,5	120,1	92,1	107,7	100,1	1,2	0	28,6	964,8
1998-1999	89,3	75	355,9	187,8	136,2	71,1	61,2	45,6	4,1	3,6	2,9	3	1035,7
1999-2000	28,6	19	279,8	213,3	87,5	29,5	17,6	24,6	56,7	8,7	1,6	0,2	767,1
2000-2001	9,9	106,3	97	107,3	240,4	79,4	13,1	63,3	53,1	0	0	2,9	772,7
2001-2002	20,4	0,3	125,2	113	71,2	59,7	34,7	47,1	11,2	0,3	5,8	23,4	512,3
2002-2003	25,3	46,4	260,4	353,5	349,2	118,6	37,2	114,3	40	0,6	1,5	0,3	1347,3
2003-2004	61,2	69	88,1	234,2	130,5	63	79,5	123,5	84	32,5	1	10	976,5

2004-2005	58	55	322	155	270	199,5	70	111,5	4	0	0,5	8	1253,5
2005-2006	33	13,5	206	160,5	176,5	172	55	26,5	28	1,5	0	45	917,5
2006-2007	31	74	25,5	344,2	5,5	95	263	80,1	14	38,5	4	1	975,8
2007-2008	96,5	156,5	200,9	237,5	41,2	20,1	185,5	28	153	3,5	0	0	1122,7
2008-2009	52	27,5	201,5	205,6	217,1	90,7	82,6	177,4	12,1	0	0	10,8	1077,3
2009-2010	208,4	79,8	191,9	146,6	166,6	64,5	107,8	46,4	75,2	51,5	0,4	1	1140,1
2010-2011	42,3	186,2	137,8	110,9	98,8	150,7	105,2	67,5	24,4	12,7	3,2	0	939,7
2011-2012	130,7	30,4	120,3	140	271,6	96,2	84,1	163,9	19,9	0	0	20,3	1077,4
2012-2013	132	76,5	129,1	156	114,3	61,3	103,5	52,4	87,9	37,5	2,8	0	953,3
2013-2014	48,2	216,7	199,1	108,3	88	155,4	83,1	83,9	29,7	34,5	9,9	0	1056,8
2014-2015	8,4	207,7	139,6	179	68,7	220,4	95,1	174,7	2,4	0	2,5	12,5	1111
2015-2016	110,6	135,4	226,5	0,7	96,2	136,9	229,4	59,4	49,7	3,9	0,7	0,0	1049,4
2016-2017	72,0	53,1	229,0	127,5	358,0	69,2	0,4	37,6	0,0	53,9	0,0	0,7	1001,4
2017-2018	4,1	25,1	203,4	221,7	53,5	114,9	152,4	67,1	51,8	12,5	0,0	38,3	944,8
2018-2019	11,0	262,8	103,3	29,2	254,3	105,2	91,2	38,0	91,8	0,0	0,0	17,1	1003,9
Moyenne	60,14	90,54	156,8	171,8	137,9	101,4	89,66	79,98	40,5	13,10	2,20	7,85	950,369

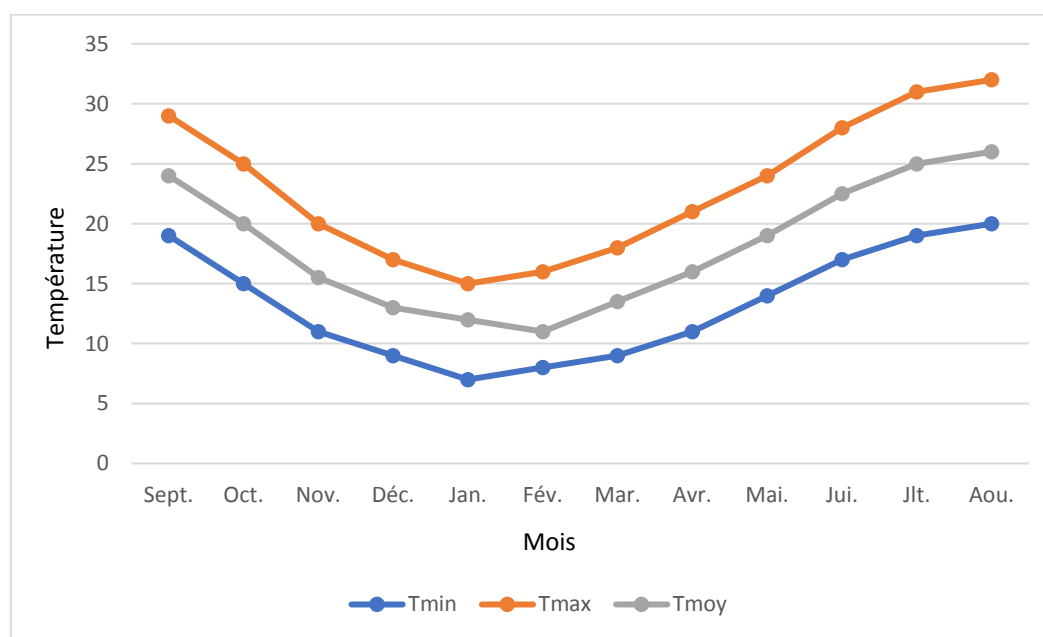
1.5.2. Température

Les températures sont moyennes en générales, la moyenne interannuelle oscille autour **18°C**.

La période chaude s'étale durant l'été et le début de l'automne. La période froide, allant du mois de Décembre jusqu'au Mars.

Tableau 1.9 : Températures mensuelles interannuelles (2011 - 2020) (Source : ANRH)

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Jlt.	Aou.	Moy
T_{min}	19	15.3	11	9	6.7	8	9	11	14	17	19	20	13
T_{max}	29	25	20	17	15	16	18	21	24	28	31	32	23
T_{moy}	24	20	15.5	13	11	12	13.5	16	19	22.5	25	26	18

**Figure 1.5 :** Variation de la température mensuelle

1.5.3. Humidité :

L'humidité relative ou l'état hydrométrique (exprimé en %) est le rapport de la tension de vapeur à la tension maximale. La moyenne mensuelle de l'humidité relative est de **55%**. Les valeurs de l'humidité sont très rapprochées durant toute l'année à l'exception des mois de **Juillet** et d'**Aout** où l'humidité s'abaisse du fait d'augmentation de la température.

Tableau 1.10 : Répartition mensuelle interannuelle de l'humidité (Source : ANRH)

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Jlt.	Aou.	Moy
Humidité (%)	64	68	69	71	71	69	67	62	63	62	58	59	65

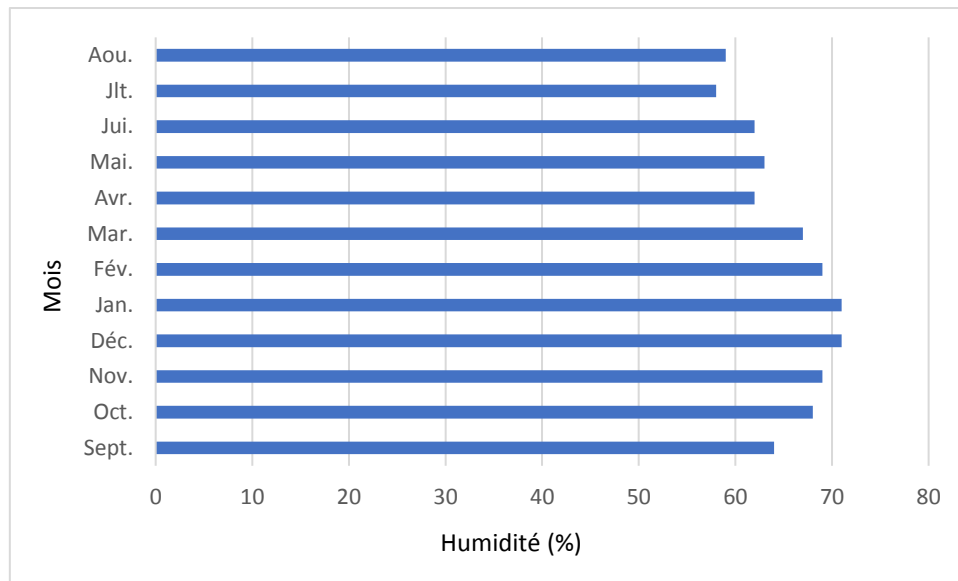


Figure 1.6 : Répartition de l'humidité mensuelle

1.5.4. Vent

D'après la rose des vents on voit que les vents dominants dans la zone d'étude proviennent du Nord. La vitesse moyenne du vent est de **3.49 m/s**. Les moyennes mensuelles et annuelles sont représentées dans le tableau ci-après :

Tableau 1.11 : Répartition de la vitesse interannuelle du vent (Source : ANRH)

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Jlt.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy
V (Km/s)	13.9	14.9	14.9	13.9	11.2	11.2	9.2	10.3	10.3	11.7	13.9	15.5	12.57
V (m/s)	3.85	4.15	4.18	3.85	3.1	3.1	2.55	2.85	2.85	3.25	3.85	4.3	3.49

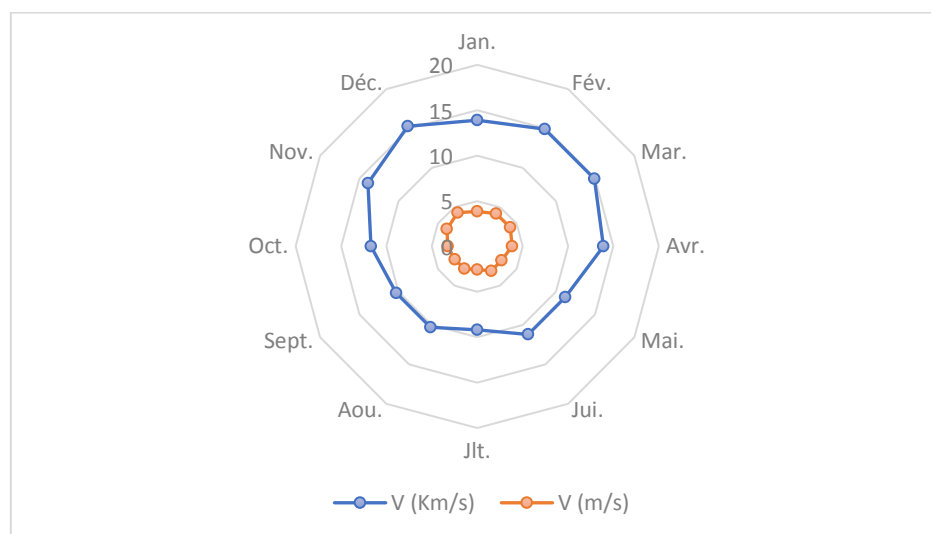


Figure 1.7 : Répartition de vents mensuels pendant l'année

1.5.5. Insolation :

Signifie la quantité d'énergie solaire reçue, mais aussi peut être synonyme d'ensoleillement, c'est-à-dire la durée d'exposition d'un site au Soleil. Les valeurs moyennes mensuelles et journalières sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 1.12: Répartition de l'insolation journalière et mensuelle (Source : ANRH)

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Jlt.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy
Heures/mois	126	225	228	258	252	336	360	309	285	351	213	153	258
Heures/jour	4.2	7.5	7.6	8.6	8.4	11.2	12.0	10.3	9.5	8.1	7.1	5.1	8.3

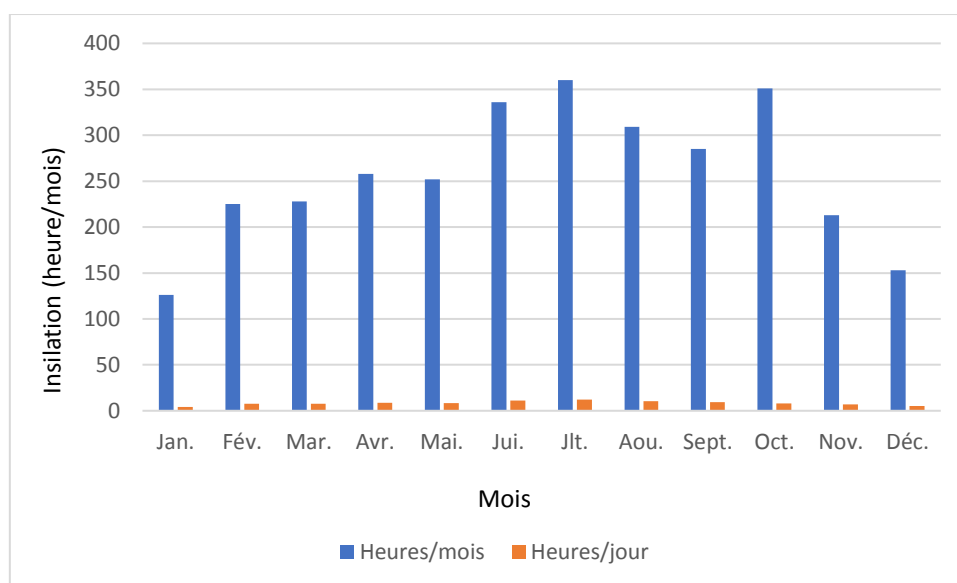


Figure 1.8 : Répartition de l'insolation (Heures/mois)

1.5.6. Evaporation

La notion de l'évaporation est importante dans les études de bilan hydraulique ou l'évaluation des ressources en eau. Elle affecte les débits à partir d'un bassin versant, le dimensionnement des réservoirs des barrages ainsi que le dimensionnement d'un réseau d'irrigation.

L'évaporation moyenne est de **86mm**. Elle est importante en période d'été, la période durant laquelle les températures sont élevées.

Tableau 1.13 : Répartition mensuelle de l'évaporation (Source : ANRH)

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Jlt.	Aou.	Moy
Evaporation (Mm)	111	62	48	43	40	45	62	72	90	126	171	161	86

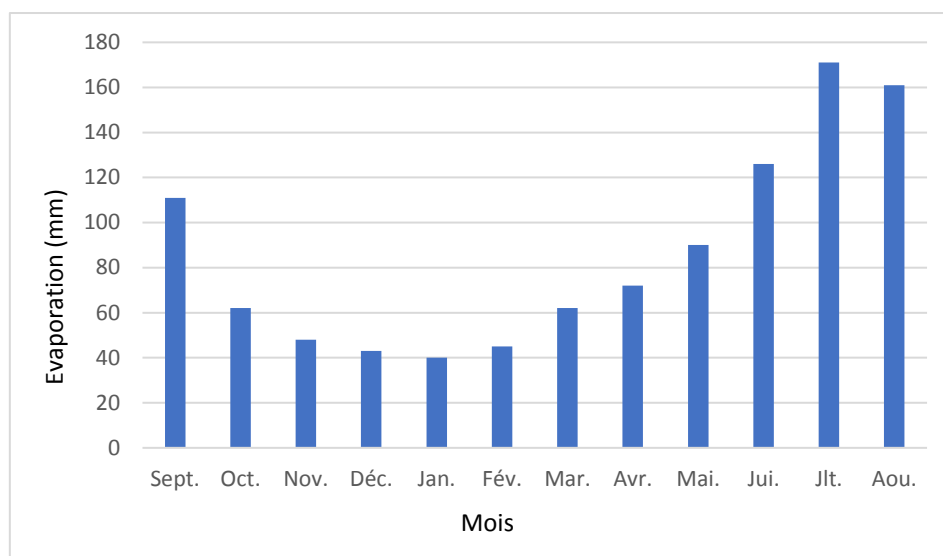


Figure 1.9 : Répartition de l'évaporation mensuelle

1.5.7. Détermination des indices climatiques

Plusieurs indices ont été élaborés, généralement à partir de la pluviométrie et de la température pour synthétiser les caractéristiques climatiques et définir le type de climat.

1.5.7.1. Indice de MARTON :

L'indice d'aridité ou de MARTON est un paramètre qui permet la classification du climat afin de nous renseigner sur la nécessité de l'irrigation par rapport au climat. L'indice d'aridité est donné par l'expression :

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

Avec :

- I_A : indice de MARTON.
- P : précipitation annuelle moyenne de la région en (mm/an).
- T : température moyenne annuelle en °C.

Tableau 1.14 : Classification par indice de MARTON

Valeur de I_A	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	Souvent inutile

Pour la région d'étude : $P = 947,7$ mm et $T = 18^\circ\text{C}$

$$I_A = \frac{947,73}{18 + 10} = 33,84$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate, d'après la classification ci-dessus, que la région d'étude est soumise à un climat de type humide.

1.5.7.2. Quotient pluviométrique d'EMBERGER

La méthode est fondée sur un diagramme dressé par EMBERGER qui nous renseigne sur le type de climat, ainsi que la nature d'hiver dominant d'une région. Le quotient d'EMBERGER que nous avons projeté sur le diagramme bioclimatique est le suivant :

$$Q_2 = \frac{2000 \times P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

- P : précipitation moyenne annuelle de la région (mm)
- M : température moyenne maximale du mois le plus chaud en (°K)
- m : température moyenne minimale du mois le plus froid en (°K)

$$Q = \frac{3.43}{M - m} \times P$$

Avec :

- Q : Quotient d'EMBERGER
- P : moyenne des précipitations annuelles exprimées en millimètre, P = 950.37 mm
- m : moyenne des températures maximales du mois le plus froid en (°C), m = 6.7°C
- M : moyenne des températures minimales du mois le plus chaud en (°C), M = 32°C

Pour :

- P = 950.37 mm
- M = 32 + 273 = 305 °K
- m = 6.7 + 273 = 279.7 °K

On aura :

$$Q_2 = \frac{2000 \times P}{M^2 - m^2} = \frac{950.37 \times 2000}{305^2 - 280^2} = 123.16$$

D'après le diagramme d'EMBERGER, nous constatons que le site du périmètre BELGHIMOUZ se situe dans la zone **humide à hiver doux (subhumide)**.

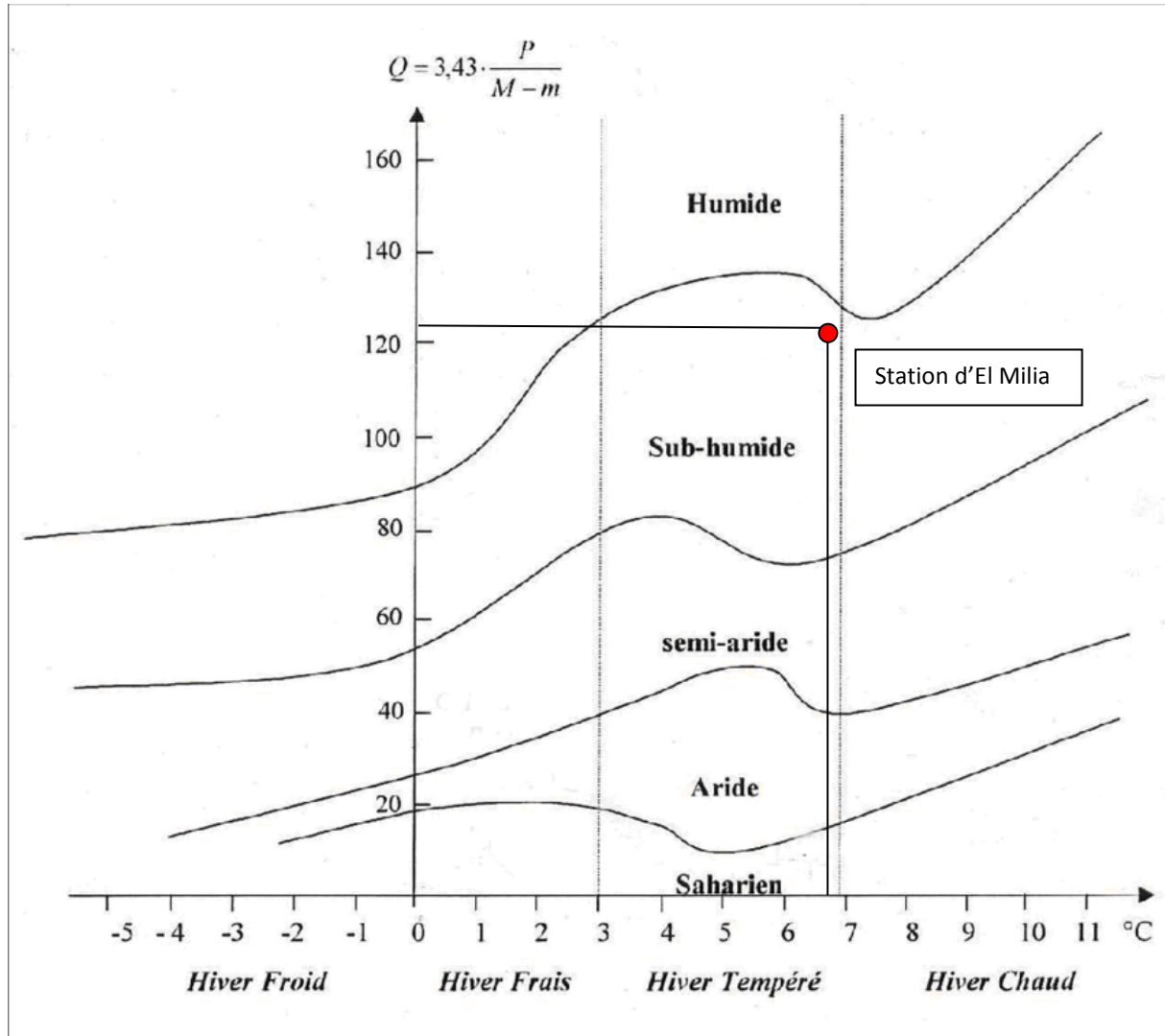


Figure 1.10 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

1.5.7.3. Climogramme pluviothermique de BAGNOULS et GAUSSEN :

Ces deux auteurs considèrent qu'un mois est sec quand le total de la précipitation P en millimètre est inférieur au double de la température T , c'est-à-dire quand le rapport $P/T < 2$ ou $P < 2T$ (BAGNOULS G. et GAUSSEN H. 1953).

Le diagramme Ombrothermique permet la détermination de la période sèche. Sur le diagramme sont reportés :

- En abscisses : les mois de l'année.

- En ordonnées : les températures mensuelles d'un côté, et les précipitations moyennes mensuelles à une échelle double de celle des températures de l'autre.

Lorsque la courbe des précipitations passe au-dessous de la courbe des températures, la période qui s'étale entre les points d'interactions des deux courbes correspond à la durée de la période sèche.

Tableau 1.15 : Méthode d'établissement du Climogramme de GAUSSEN

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Jlt.	Aou.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
P	137,90	101,41	89,66	79,98	40,46	13,10	2,20	7,85	60,14	90,54	156,85	171,77
2T	24	22	27	32	38	45	50	52	48	40	31	26

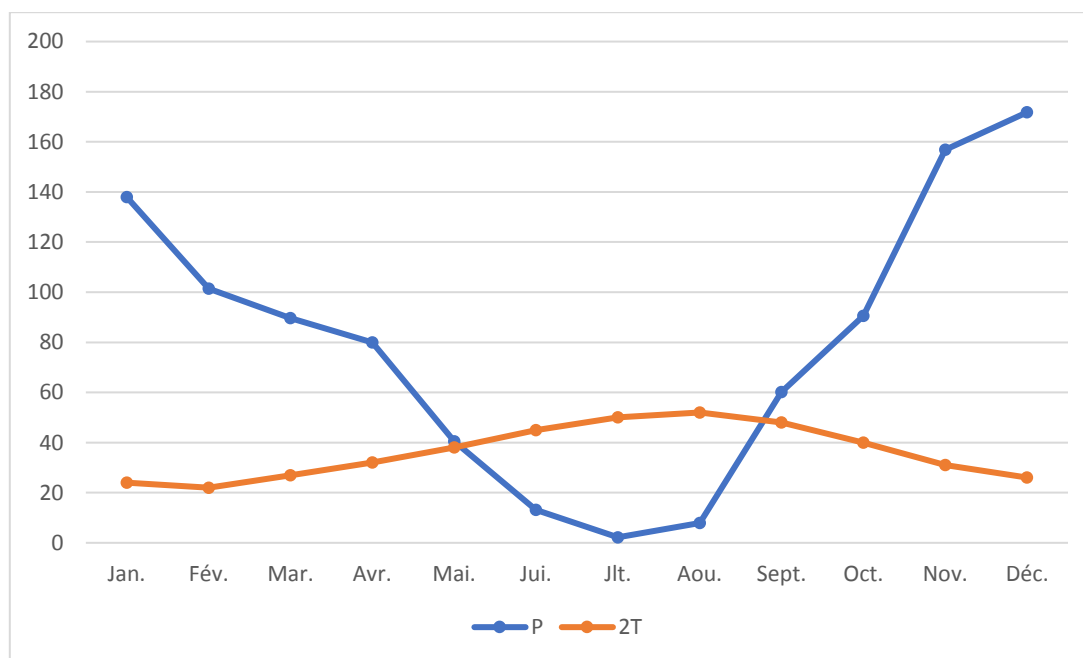


Figure 1.11 : Climogramme pluviothermique de Gaussen

Interprétation : D'après le diagramme on remarque que la période sèche commence à la fin de mois de Mai jusqu'au début de mois de Septembre.

1.6. Hydrographie :

Le périmètre de Belghimouz fait partie, selon la subdivision des bassins versants de l'Algérie, au sous bassin versant d'Oued EI Kebir Maritime. Il s'étend sur une surface de 1320 km.

Ce périmètre est drainé par un réseau hydrographique dense, il s'agit d'Oued EI Kebir et ces affluents : Oued El Djemaa, Oued Bou Amer et Oued Beni Mazzouz.

Ce sont des oueds exoréiques à écoulement permanent. En termes de morphologie, c'est la plaine alluviale de la vallée d'oued EI KEBIR, de faible altitude, la pente est très faible. Il est bordé par des montagnes et des piémonts. [5]

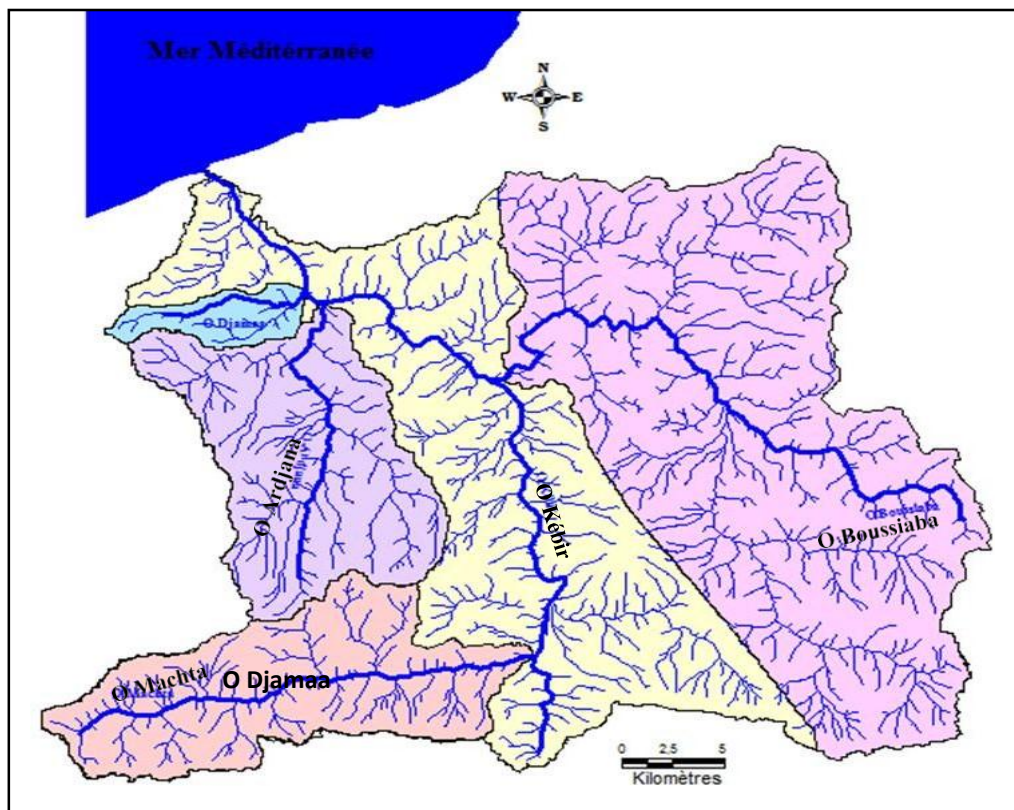


Figure 1.12 : Réseau hydrographique de la région d'étude

1.7. Conclusion

Le périmètre d'irrigation BELGHIMOUZ sis à la wilaya de Jijel, ces terres sont réparties sur trois communes à savoir SIDI ABDELAZIZ, DJEMAA BENI H'BIBI et EL ANCER. Il s'étend sur une superficie de **746 ha**, dont notre cas d'étude est concerné par **168ha**. (Secteurs K1a).

C'est un périmètre ancien mis en service en 1986. L'état actuel du périmètre est variable entre la **bonne** et le **très mauvais**. Nous avons constaté que le réseau de distribution est **très dégradé** suite à la réalisation du projet de l'élargissement de la route nationale RN°43.

Le périmètre d'irrigation BELGHIMOUZ est situé dans une zone dont les caractéristiques :

- Le climat de la zone est humide avec une pluviométrie moyenne annuelle de **950.37 mm**
- Des températures moyennes varient entre **11 et 26 °C**.

- Une humidité **moyenne** de 65%.

Ces spécifications donnent à la zone d'étude un climat très favorable à l'agriculture.

D'après l'analyse des différentes courbes, la période où on a besoin à l'irrigation est distribuée comme suit :

- Une **faible demande** à la fin de mois d'**Avril** et début du mois de **septembre**.
- Une **demande moyenne** au mois de **juin**.
- Une **forte demande** au mois de **juillet** et **août**.

Chapitre II

2. Analyse des ressources en sol et en eau

2.1. Introduction

Le sol est la partie superficielle de l'écorce terrestre résultant de l'altération de la roche mère sous l'action du climat et des organismes vivants. Le sol est dans l'ensemble hétérogène constitué de composantes minérales, qui ont été décomposé avec le temps, à partir d'une roche mère due aux facteurs climatiques (Gobât et AL, 1998).

Sa composition doit permettre un bon approvisionnement en éléments nutritifs (NPK), en eau et en oligo-éléments, sa couleur foncée traduit sa richesse en carbone. [5]

2.2. Les eaux souterraines

L'analyse des ressources en eau se concentrera sur la mobilisation de ressources en eau suffisantes et la qualité de l'eau ainsi que la détermination de l'irrigation et de l'année de conception ou des précipitations du projet. Les principales ressources en eau de la province proviennent du sous-sol. Elles sont Contenu dans deux types d'aquifères.

Dans la région de la wilaya de Jijel, les caractéristiques hydrogéologiques des nappes souterraines diffèrent selon la nature lithologique des formations, leur structures, épaisseurs et extension latérale [5]. Il s'agit de ces deux types d'aquifères suivants :

2.2.1. Les massifs cristallophylliens : Ce sont des schistes argileux parfois des grés et des marnes tectonisées par des failles de socle et soulignées par des filons. La présence d'une tectonique cassante et à la proximité de la mer font qu'ils se développent dans ce massif cristallophyllien une altération importante d'un (01) à plusieurs mètres de profondeur, dans laquelle l'aquifère sera constitué par des quartz mobilisés par l'altération.

Les caractéristiques hydrodynamiques sont en préalable et la qualité chimique des eaux est très variable (résidu sec varie entre 0,4 g/l et peut parfois monter jusqu'au 5 g/l). [5]

2.2.2. Les terrasses paléo-quaternaires : On distingue plusieurs horizons aquifères, les cônes de déjection, les terrasses delto-lagunaire et les plaines d'inondation. Les réservoirs sont formés de sable argileux fin, des limons sableux, en dessous coiffant des cailloutis sableux argileux et de gros galets. L'épaisseur dans les plaines d'inondation fait entre 6 à 8 m en moyenne, alors que dans les cônes de déjection pouvant atteindre 30 m et plus, avec une constitution grossière.

La ville de Jijel est située sur la plaine côtière d'âge Miocène délimitée par la mer Méditerranée au Nord et les formations montagneuses du socle du Mont-Babor au sud. On note qu'il y'a des formations de la nappe numidienne de nature gréso-argileuses. [5]

En général ce sont des nappes phréatiques dont le niveau hydrostatique varie entre 0,4 et 4m au moyen.

Dans les zones basses sous une couverture argilo-limoneuse, cet horizon peut être captif. Les caractéristiques hydrodynamiques sont bonnes. Sous l'angle de la qualité chimique ces eaux sont généralement douces.

2.3. Propriétés hydrodynamiques des sols

Les sols de surfaces sont caractérisés par des formations détritiques d'apport alluvial, il s'agit des formations plus ou moins grossières d'alluvion (sable et gravier) et des formations fines de colluvions. Une étude géotechnique près du site du périmètre montre les résultats des essais in situ : Le Franc, dont les valeurs moyennes de perméabilité :

- **Alluvions** : 10^{-3} (bonne perméabilité).
- **Colluvions** : 1.5×10^{-4} (bonne perméabilité).

D'une manière générale, les zones côtières contiennent des nappes qui peuvent être plus ou moins intéressantes. Leur importance reste conditionnée par les formations géologiques affleurantes, ces dernières sont en général à dominance sableuse.

L'extension des formations sableuses n'est pas homogène sur tout le périmètre [5]. L'exploitation des documents permet l'élaboration des caractéristiques consignées dans le tableau suivant :

Tableau 2.1 : Caractéristique hydrodynamiques de la nappe (Source : DRE W. Jijel)

Etat de la nappe	Existe partout
Type de nappe	Nappe libre
Rabattement (m)	11,79
Transmissivité moyenne (m²/s)	$5,9 \times 10^{-3}$
Perméabilité moyenne (m/s)	$2,57 \times 10^{-2}$
Coefficient d'emmagasinement	2 %
Rayon d'action moyen (m)	240

2.4. Zone d'implantation des forages

Cette partie concernant les forages réalisés captant la nappe souterraine, en se basant sur la carte piézométrique, les logs des forages déjà réalisés et la coupe hydrogéologique.

Ces zones sont choisies en fonction des caractéristiques hydrodynamiques des sols, l'épaisseur de la couche aquifère numidienne ainsi que le sens d'écoulement. En ce qui concerne les forages, le débit d'exploitation est en moyenne de 15 l/s.

Tableau 2.2 : Coordonnées géographiques des forages à exploiter (Source : DRE W. Jijel)

Forage	Latitude	Longitude
F1	36°51' 13.18'' N	06° 07' 25.40'' E
F2	36°50' 23.72'' N	06° 07' 11.02'' E

2.5. Ressources en eau du périmètre

Pour la mobilisation des eaux destinées à l'irrigation, on a le captage des eaux à partir de la nappe qui alimente notre périmètre d'irrigation. Pour mobiliser les eaux souterraines on a deux forages F1 e F2 qu'on a proposé sur notre secteur périmètre ou les valeurs du débit des eaux sont de 18l/s et 15l/s respectivement.

Les principales caractéristiques des forages sont résumées comme suit :

Tableau 2.3 : Données d'exploitation et caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère
(Source : DRE W. Jijel)

Niveau statique	6,5 m
Niveau dynamique	16,5 m
Débit d'exploitation	15 l/s
Rabatement	11,79 m
Transmissivité moyenne	$5,9 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$
Perméabilité moyenne	$2,57 \times 10^{-2} \text{m}/\text{s}$
Coefficient d'emmagasinement	2 %
Rayon d'action moyen	240 m



Figure 2.1 : Carte de proposition pour l'implantation de nouveaux forages (échelle : 1/2500)
(Source : Google Earth Inc.) (Images satellites prises le : 14/10/2021)

2.6. Qualité des eaux souterraines

La qualité des eaux influe directement sur le rendement des terres agricoles.

2.6.1. Résultats des analyses : Les eaux des forages du champ de captage du périmètre de BELGHIMOUZ ont fait l'objet d'une analyse chimique complète, dont les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau 2.4 : Résultats des analyses chimiques de l'eau dans la zone des forages F1 et F2
(Source : DRE W. Jijel)

Paramètre	Valeurs
Ph	7,4
T (°C)	21
Conductivité (µmhos/cm)	1103
Ca ²⁺ (mg/l)	119
Mg ²⁺ (mg/l)	65
Na ⁺ (mg/l)	123
K ⁺ (mg/l)	12
Cl ⁻ (mg/l)	185
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	190
HCO ₃ (mg/l)	221

2.6.2. Qualité des eaux d'irrigation

Parmi les raisons qui permettent que le contrôle des paramètres qualitatives de l'eau d'irrigation soit grande importance nous avons :

- Certaines substances sont intolérantes à cause des composés chimiques véhiculées par l'eau d'irrigation.
- L'eau d'irrigation de qualité médiocre peut entraîner le colmatage des systèmes d'irrigation, les goutteurs par exemple, qui sont sensibles aux substances chimiques en suspensions.

Pour illustrer ces caractéristiques chimiques, de l'eau destinée à l'irrigation de notre parcelle, nous avons soumis sur cette eau une analyse dans le laboratoire. Cette eau provient d'un forage, et est ensuite stockées dans un réservoir.

2.6.3. Classification des eaux d'irrigation

Les eaux d'irrigation, en fonction des dangers qui peuvent entraîner leur utilisation sont réparties sous plusieurs classes selon le degré de salinité. Au moment où l'accumulation des sels dans la zone racinaire atteint une concentration qui cause une baisse de rendement allant jusqu'au dépérissement de la culture, la salinité constitue l'aspect le plus important qui pose un problème. Deux paramètres permettent d'apprécier une étude sommaire sur les risques dus à la salinité.

2.6.3.1. La conductivité électrique :

La conductivité électrique (CE) mesurée à 25°C est exprimée en mmhos/cm et rend compte de la salinité globale des eaux. Quatre classes de risques salins ont été définies :

C1 : Risque faible : $CE \leq 0,25$

C2 : Risque moyen : $0,25 < CE \leq 0,75$

C3 : Risque élevé : $0,75 < CE \leq 2,25$

C4 : Risque très élevé : $CE > 2,25$

2.6.3.2. Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R : Si l'eau est riche en sodium celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action dé-floculante, pour apprécier le risque alcalin, on compare la concentration en ion Na^+ , celle en ion Ca^{++} et Mg^{++} .

$$S. A. R. = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Avec : Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} en méq/l.

Quatre classes de risque alcalin ont été définies, en relation avec le risque salin :

S1 : Risque faible : $S.A.R. \leq 10$

S2 : Risque moyen : $10 < S.A.R. \leq 18$

S3 : Risque élevé : $18 < S.A.R. \leq 26$

S4 : Risque très élevé : $S.A.R. > 26$

2.6.3.3. Les ressources en eau pour l'irrigation :

Dans notre zone d'étude il y a deux forages (destiné à l'irrigation) qui assure les besoins en eau des cultures. Ses caractéristiques sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2.5 : Caractéristiques des forages (Source : DRE W. Jijel)

Forage	Coordonnées	Débit	Niveau Dynamique	Niveau Statique	pH
F1	36° 51' 24'' N	18 l/s	16.5 m	6.5	7.4
	06° 07' 20'' E				
F2	36° 50' 42'' N	15 l/s			
	06° 06' 56'' E				

Tableau 2.6 : Caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation (Source : DRE W. Jijel)

Paramètre	Valeurs en mg/l	Valeurs en méq/l
Ca ²⁺	119	5.95
Mg ²⁺	65	5.416
Na ⁺	123	5.347
Ph	7,4	

2.6.3.4. Aptitude des eaux des forages a l'irrigation

Il est nécessaire d'étudier la qualité d'eau d'irrigation avant tout projet d'aménagement agricole. Pour cela il faut vérifier certains facteurs plus importants qui sont :

- Le PH.
- Risque de salinité.
- Risque de sodium (degré d'absorption du sodium ou SAR).
- Carbonate et bicarbonates Calcium et Magnésium.
- Anions toxiques.

Pour pouvoir classer l'eau de l'irrigation selon la classification américaine nous allons concentrer sur les deux paramètres les plus importants : le SAR et la conductivité électrique.

• **Le S.A.R. :**

$$S.A.R. = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} = \frac{5.347}{\sqrt{\frac{5.95 + 5.416}{2}}} = 2.243$$

• **La conductivité électrique :**

Elle est égale à CE = 1.103 mmhos/cm.

2.6.3.5. Analyse et interprétation

D'après le résultat la valeur du SAR est de 2.24 (comprises entre 0 et 6). Donc selon la classification (G'AGRI-VISION 2003-2004) l'eau avec un SAR situant entre 0 et 6 peut généralement être utilisée sur tout type de sol avec peu de problèmes d'accumulation de sodium. Par rapport à l'alcalinité selon la classification des eaux d'irrigation (U.S.D.A., 1954).

A propos de la conductivité électrique, elle est égale à CE = 1.103 mmhos/cm. Et en basant sur ces résultats, On peut déduire la qualité de l'eau depuis le diagramme suivant :

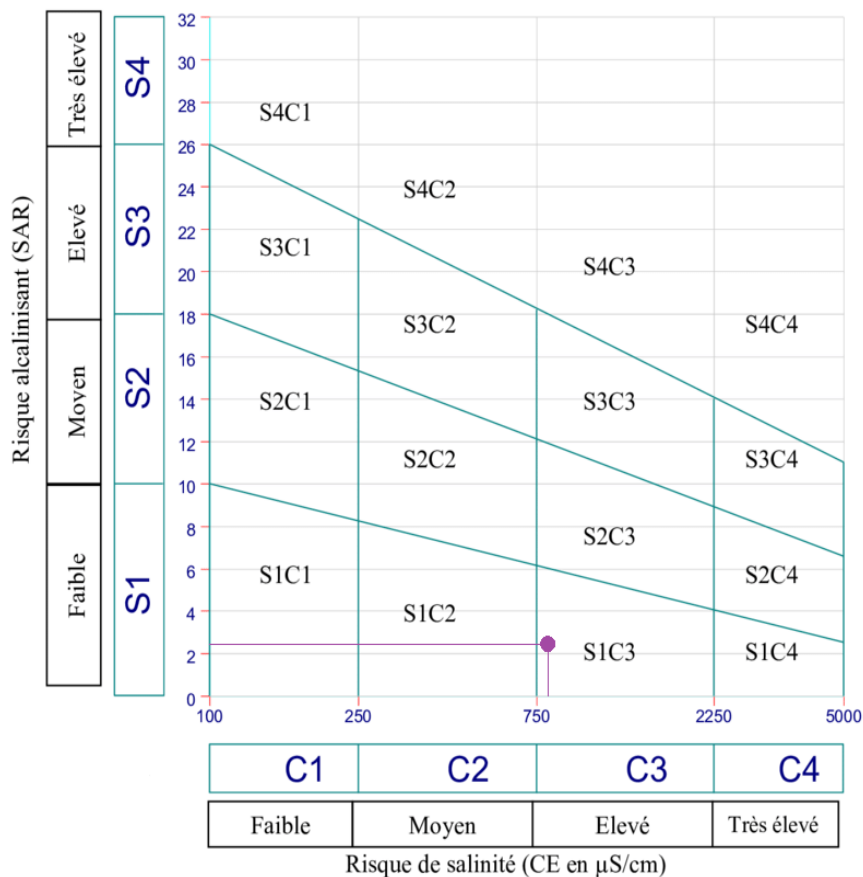


Figure 2.2 : Diagramme de classification des eaux

En résumé la qualité de l'eau est acceptable (Alcalinité faible et salinité moyenne-élevée).

On n'a pas besoin de faire un lessivage du sol grâce aux précipitations, mais il est nécessaire de faire un suivi de l'évolution de la qualité des eaux au cours de l'exploitation du périmètre, au moins une analyse par année.

2.7. Etude pédologique :

L'étude agro-pédologique au 1/10000 du périmètre de BELGHIMOUZ entrant dans le cadre de la réhabilitation du dit périmètre a pour but de déterminer les différents types de sols, de les cartographier, de préciser les travaux d'aménagement et d'amélioration nécessaires, et d'en définir l'aptitude des sols de ces vallées aux cultures irriguées. Le dossier de cette étude comprend :

- Rapport.
- Cartes :
 - Carte des sols avec implantation des profils pédologiques.
 - Carte d'aptitudes culturales des sols en irrigué.
 - Carte des zones homogènes de mise en valeur.

2.8. Géologie du site :

En se référant à la feuille « El Milia » de la carte géologique au 1/50.000 de l'Algérie, au niveau du site, trois complexes principaux de roches et terrains peuvent être considérés :

- Un complexe du Quaternaire qui comprend des dépôts récents et actuels constitués par des alluvions, des dépôts colluviaux, des cônes de déjection, des dépôts de glissement.
- Un complexe de l'Eocène supérieur (Numidien), formé essentiellement de sédiments tels que les argiles et grès.
- Une séquence primaire (l'âge pouvant être du Carbonifère-Permien), formée de roches métamorphiques et comprenant des schistes graphitiques, micaschistes graphiques, micaschistes et quartzites.

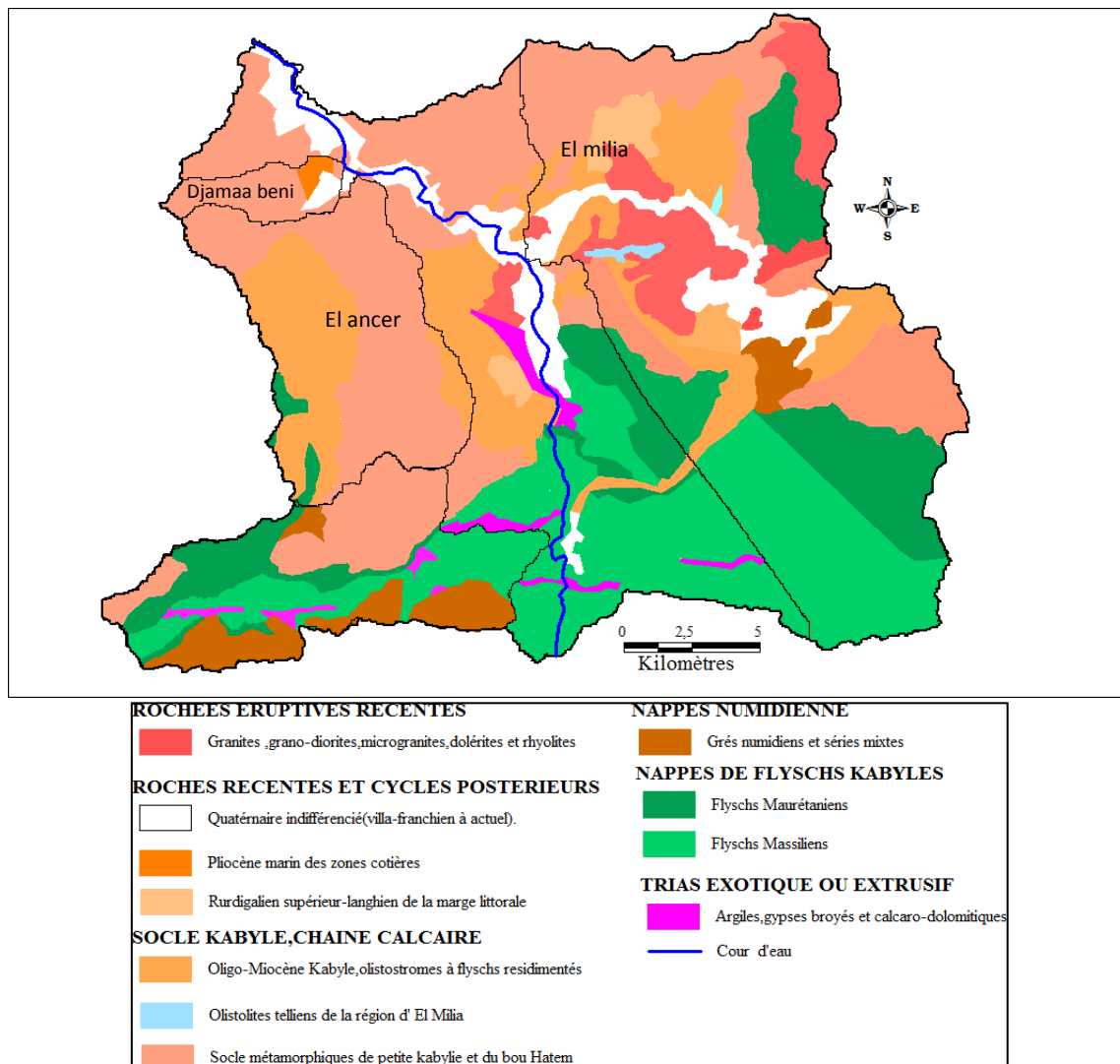


Figure 2.3 : Extrait de la carte géologique d'El Mila (de la zone d'étude) (VILA, 1980)

Sur la base du levé géologique conduit sur site, la séquence stratigraphique observable sur le terrain, du haut vers le bas, est décrite ci-après :

2.8.1. Quaternaire

- Dépôts colluviaux : qui donnent lieu à une couverture de débris et se forment en suite à la désagrégation et à l'altération in situ des lithologies, le transport des terrains formes de cette façon est généralement faibles ou limité et il est due pour l'essentiel à l'action des eaux superficielles, il s'agit en général de galets de schistes dans une matrice sablo-argileuse. [5]
- Dépôts alluviaux (A1) : ils sont localisés essentiellement le long des fonds de vallées et sont formés de sable, limon avec lentilles de gravier et conglomérat. Dans ceux-ci s'intercalent des niveaux d'épaisseur métrique de dépôts constitués de blocs. Les blocs sont généralement arrondis, de dimensions variables comprises entre 20-30 cm et 50-60 cm. ces dépôts sont hétérogènes de par leur composition. [5]

- Dépôts d'accumulation de glissement : dépôts chaotiques à gros blocs dans une matrice sableuse - graveleuse, ils sont présents dans diverses parties des versants, témoignant de l'activité gravitaire du secteur, des dépôts sont formés d'éléments hétérogènes de dimensions variables ; les blocs sont constitués de (Sg). La matrice présente des compositions variables allant du sable argileux au sable et graviers. [5]

2.8.2. Description des sols

2.8.2.1. Les analyses du sol

Granulométrie : méthode Internationale : Pipette Robinson.

Destruction de la matière organique, dispersion avec l'hexa-métaphosphate de Sodium, après prélèvement et tamisage, les fractions suivantes sont obtenues :

- Argile < 2 μ
- Limon fin 2 à 20 μ
- Limon grossier 20 à 50 μ
- Sable fin 50 à 200 μ
- Sable grossier 200 à 2000 μ

Les textures sont obtenues par le triangle américain des textures (2ème approximation).

Texture : Argilo-limoneux.

Conductivité Electrique : sur pate saturée (Méthode Riverside) si CE > 2 : détermination du bilan ionique.

PH : sur extrait de pate saturé.

Le carbone : attaque à froid par le mélange sulfo-chromique et dosage par colorimètre.

Phosphore Total : attaque d'un échantillon de 5 g par l'acide perchlorique a 60%, chauffer à ébullition jusqu'à décoloration totale de la solution (environ 40min) et doser par colorimétrie.

Potassium total : attaque de l'échantillon pendant cinq (05) heures à l'acide nitrique bouillant.

Dosage du potassium par photométrie a flamme.

CEC et Bases échangeables

CEC : percolation avec une solution de chlorure de sodium a 10% et dosage des ions ammonium déplacés par la réaction de Berthelot.

Bases échangeables : percolation de l'échantillon avec une solution normale d'acétate d'ammonium a pH = 8,2.

Na⁺ et K⁺ : par photométrie a flamme.

Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ : utilisation du complexant.

NB. : Le bilan ionique de la solution du sol (extrait de pate saturée) est établi pour les échantillons salés : $CE > 2\text{mmhos/cm}$.

Interprétation

L'étude des sols a permis d'identifier les sols suivants :

- **Classe des sols minéraux bruts non climatique**

D'érosion, ces sols situés sur la colline, sont de faible profondeur ou nus. Vu leur situation topographique et leur profondeur ils sont inaptes à l'irrigation.

- **Classe des sols peu évolués d'origine non climatique**

2.8.2.2. D'Apport Alluvial Modal : Ces sols sont localisés au Sud Est et au Nord-Ouest de la zone. Ce sont des sols jeunes développés sur les alluvions récentes de l'Oued El Kebir.

Caractères analytiques de cette catégorie de sols : Ce sont des sols profonds (plus de 120 cm de profondeur), leur structure est généralement favorable, sauf dans quelques cas où elle est massive à grossière. La structure est variable selon les profils, grossière, moyenne à fine. Au point de vue chimique, ces sols sont pauvres en matière organique dont le taux est inférieur à 20% en général. [5]

Profil N°1 :

- **Situation :** plane.
- **Pente :** moins de 1% vers l'Oued.
- **Géomorphologie :** terrasse d'oued El Kebir.
- **Occupation du sol :** arboriculture.

Description :

0 – 40cm : sec ; brun clair, texture équilibrée, structure polyédrique moyenne, quelques Radicelles, peu poreux, consistance dure, effervescence H-Cl généralisée.

40– 85cm : analogue à l'horizon précédent sauf texture argilo-limoneuse, et couleur plus foncée.

85– 130cm : analogue au précédent horizon mais de couleur encore plus foncée, texture équilibrée.

Classification :

- **Classe** : des sols peu évolués.
- **S/classe** : d'origine non climatique.
- **Groupe** : d'apport alluvial.
- **S/groupe** : modal.
- **Famille** : alluvion calcaire de texture équilibrée.
- **Travaux et aménagement obligatoires** : labours profonds et lutte contre les inondations obligatoires.

Tableau 2.7 : Fiche analytique du profil N°01 :

Profondeur(cm)	0-40	40 – 85	85 -130
Granulométrie			
Argile%	23	29	26
Limon fin%	11	18	16
Limon grossier%	21	18	17
Sable fin%	35	34	36
Sable grossier%	9	1	1
Matière organique			
Matière organique %	1,35	1,06	1,06
Carbone ‰	7,9	6,2	6,2
Azote ‰	0,68	0,54	0,51
C/N	12	11	12
Réserves minérales			
CaCO ₃ total %	28,52	20,84	23,20
CaCO ₃ actif %	5,4	6,6	6,3
P ₂ O ₅ totale‰	1,15	1,3	1,65
P ₂ O ₅ Assimilable(ppm)	290	210	190
K ₂ O Totale‰	1,05	1,8	1,18

Bases échangeables			
Ca ⁺⁺ (Még/100g)	7	10	20
Mg ⁺⁺ (Még/100g)	11	14	16
K ⁺ (Még/100g)	0,12	0,05	0,18
Na ⁺ (Még/100g)	0,55	0,55	0,60
CEC (Még/100g)	9,2	8,3	10,20
Solution du sol			
(%) de saturation			
PH	7,8	8	8
CE (Mmhos/cm)	0,6	0,4	0,4

2.8.2.3. D'apport alluvial Hydromorphes : Ces sols ont été décrits au nord-ouest du village de Belghimouz. Ces sols sont caractérisés par la présence en grand quantité de pseudogleys dans le profil. Cette caractéristique est un frein à nombreuse cultures sensibles à l'hydromorphie. Si on considère cette hydromorphie comme un niveau limitant, la profondeur de ces sols est faible, souvent inférieure à 30 cm.

La structure dans la majorité de ces cas est favorable et la texture varie selon les profils grossière, moyenne à fin.

Au point de vue chimique, ces sols sont caractérisés par une pauvreté en matière organique, moins de 2 % pour la majorité des profils. [5]

Profil N°2

- **Situation :** 1Km au Nord-ouest de BELGHIMOUZ.
- **Topographie :** plane.
- **Pente :** 1% vers l'oued.
- **Géomorphologie :** terrasse de l'oued El Kebir.
- **Occupation du sol :** végétation naturelle.

Description :

0 – 40cm : sec ; brun clair, texture limono-argileux, structure polyédrique grossière, quelques racines et radicelles, peu poreux, consistance dure, présence de quelques pseudogleys. Effervescence H-Cl généralisée

40– 85cm : sec a frais, brun foncée, texture limono-argileux, structure polyédrique a cubique grossière mal développée, peu poreux, consistance dure, nombreux pseudogleys, Effervescence H-Cl généralisée ;

85– 130cm : analogue au précédent horizon mais de couleur noirâtre et texture argilo-limoneuse.

Classification :

- **Classe** : des sols peu évolués.
- **S/classe** : d'origine non climatique.
- **Groupe** : d'apport alluvial.
- **S/groupe** : hydromorphes.
- **Famille** : alluvion fines calcaire.
- **Série** : niveau hydromorphe à partir de 40 cm.
- **Travaux et aménagement obligatoires** : drainage.

Tableau 2.8 : Fiche analytique du profil 02 :

Profondeur(cm)	0-40	40 – 85	85 -130
Granulométrie			
Argile%	31	30	33
Limon fin%	24	17	34
Limon grossier%	13	15	14
Sable fin%	22	30	12
Sable grossier%	1	1	1

Matière organique			
Matière organique%	1,72	1,78	1 ,71
Carbone‰	10	10,2	0,99
Azote‰	1,3	1	0,94
C/N	8	10	11

Réerves minérales			
CaCO ₃ totale%	28,54	25,42	24,3
CaCO ₃ actif%	8,1	6,9	8,95
P ₂ O ₅ totale‰	1,25	1,39	1,5
P ₂ O ₅ assimilable(ppm)	80	100	90
K ₂ O totale en (‰)	1,04	0,68	0,46
Bases échangeables			
Ca ⁺⁺ (mécq/100g)	10	11	10
Mg ⁺⁺ (mécq/100g)	15	15	12
K ⁺ (Mécq/100g)	0,15	0,14	0,15
Na ⁺ (Mécq/100g)	0,30	0,40	0,40
CEC (Mécq/100g)	24,10	24,30	24,20
Solution du sol			
(%) de saturation			
PH	7,8	8	8
CE (mmhos/cm)	0,6	0,4	0,8

2.8.2.4. Classe des sols hydromorphes minéraux ou peu humifères a pseudogleys :

Cette classe occupe une grande partie de la zone étudiée.

Ces sols sont caractérisés par la présence de nombreux pseudogleys dans tout le profil et dans certains cas de gleys en profondeur. Leur aptitude aux cultures est donc excessivement limitée, soit à cause de cette forme d'hydromorphie soit par la présence d'une couche plus profonde selon les régions La structure est variable selon les profils : polyédrique fine à moyenne à grossière ainsi que la texture, moyenne à fine La texture organique est faible dans la majorité des profils moins de 2 % [5]

Profil N° 3

- **Situation** : au Nord de BELGHIMOUZ.
- **Topographie** : plane.
- **Pente** : presque nulle vers l'Oued.
- **Géomorphologie** : terrasse de l'oued El Kebir.

- **Occupation du sol** : jachère.

Description :

0 – 42cm : frais, brun très foncée, texture équilibrée, structure polyédrique grossière mal développée, quelques radicelles, très peu poreux, consistance dure, Vive effervescence H-Cl généralisée.

42 – 77cm : frais, brun foncée, texture sablo-argileuse, structure mal définie, peu poreux, consistance dure, nombreuses tâches de pseudogleys, Effervescence H-Cl généralisée.

77 – 110cm : frais, brun foncée, texture argilo-limoneuse, structure mal définie, peu poreux, consistance dure, rares amas salins nombreuse tâches de pseudogleys, Effervescence H-Cl généralisée.

Classification :

- **Classe** : des sols hydromorphes.
- **S/classe** : minéraux et peu humifères.
- **Groupe** : à pseudogleys.
- **S/groupe** : de surface.
- **Famille** : alluvion non calcaire de structure équilibrée.

Tableau 2.9 : Fiche analytique du profil N°03 :

Profondeur(cm)	0 -42	42 – 75	75 -110
Granulométrie			
Argile %	19	15	38
Limon fin %	17	11	26
Limon grossier %	14	5	15
Sable fin %	29	19	21
Sable grossier %	22	46	6
Matière organique			
Matière organique %	1,13	1,13	1,02
Carbone ‰	6,50	6,50	6,10
Azote ‰	0,70	0,68	0,72
C/N	9	9	9

Réserves minérales			
CaCO ₃ totale%	12,98	14,90	14,60
CaCO ₃ actif%	3,10	2,50	3,00
P ₂ O ₅ totale‰	1,045	1,52	1,35
P ₂ O ₅ assimilable(ppm)	310	230	210
K ₂ O totale‰	0,74	0,62	0,82
Bases échangeables			
Ca ⁺⁺ (méq/100g)	11	9	9
Mg ⁺⁺ (méq/100g)	09	14	17
K ⁺ (Még/100g)	0,1	0,11	0,11
Na ⁺ (Még/100g)	0,7	1,50	1,80
CEC (Még/100g)	19,40	13,20	16,3
Solution du sol			
(%) en saturation	---	---	---
PH	7,9	7,9	7,7
CE (mmhos/cm)	0,9	1,8	3,0
CO ₃ H ⁻ (méq/l)	---	---	0,5
SO ₄ ⁻ (méq/l)	---	---	10,9
Cl ⁻ (méq/l)	---	---	20,1
Ca ⁺⁺ (méq/l)	---	---	7,6
Mg ⁺⁺ (méq/l)	---	---	4,3
Na ⁺⁺ (méq/l)	---	---	26,2

2.8.3. Possibilités de mise en valeur

2.8.3.1. Détermination des aptitudes culturales : Les crinières de détermination des aptitudes culturales reposent essentiellement sur les caractéristiques des sols morphologiques et leurs positions topographiques sans tenir compte de la ressource en eau ainsi la détermination est établit en considérant que l'on dispose d'une eau d'irrigation de bonne qualité. [5]

2.8.3.2. Occupation des sols : Les sols hydromorphes est quelques sols sont peu évolués hydromorphes qui sont de qualité médiocre, dégradés par l'excès d'eau et le surpâturage sont utilisés comme pacage de mauvaise qualité.

Quelques cultures de céréales et fourrage sont pratiquées dans la zone. En bordure des oueds et sur les bordures colluviales, sur les sols peu évolués en général, on rencontre des petits jardins avec des cultures maraichères familiales comprenant surtout des melons, des pastèques, des tomates, des piments, des haricotes, ainsi quelques arbres fruitiers.

Des oliviers très disséminés se rencontrent sur différentes zones des rives de l'Oued El KEBIR.

Parmi les travaux d'aménagement qui ont été déjà effectués, on trouve quelque drain et fosses d'assainissement un peu partout. Ces fosses sont pour la plupart complètement délaissées et non entretenues. Ces dernières années la plasticulture a été introduite dans la région pour contourner les mauvaises conditions édaphiques des sols par l'apport de terre saine. En effet l'implantation des serres se multiplie et les rendements sont encourageants dans ce créneau. [5]

2.8.3.3. Les facteurs limitants

- **Les conditions édaphiques :** Si les sols de la zone étudiée sont généralement profonds, le volume exploitable par les racines se trouve parfois limité par un des facteurs suivants :
 - Niveau d'hydromorphie
 - Plan d'eau persistant

Ces niveaux sont représentés sur la carte pédologique par des cartouches avec leur profondeur d'apparition dans le profil.

Ce facteur est de plus importants du moment où la profondeur exerce une influence sur les besoins en eau de cultures, surtout arbustifs : en offrant aux racines la possibilité d'explorer un volume important du sol.

Ainsi la présence à faible profondeur d'horizons peu pénétrables aux racines des plantes (une structure défavorable associée souvent à une texture trop fine) limite considérablement les réserves disponibles : souvent en devra réaliser préalablement des façons culturales pour pouvoir pratiquer certaines spéculations.

En fin, la présence d'un plan d'eau, ainsi que les éventuelles fluctuations selon les besoins peuvent limiter considérablement cette profondeur de sol utilisable par les plantes. Le plus souvent, dans ces cas, l'on a préconisé un réseau d'assainissement. [5]

- **La structure et la texture :** La structure influe directement sur le développement racinaire des plantes et sur le bilan de l'eau. Le plus souvent, l'action de la structure est reliée à celle de la texture.

Les propriétés physiques de ces sols s'avèrent donc être des facteurs limitants pour plusieurs cultures, notamment les cultures arbustives.

- **L'hydromorphie** : Dans le périmètre étudié de BELGHIMOUZ, c'est le processus pédologique le plus important :

Ce phénomène est dû essentiellement à l'engorgement partiel en eau, de quelque horizon ou de tout le profil durant la saison pluvial conjugué aux conditions topographiques (insuffisante de pente) se traduisant par :

- Une profondeur de sol insuffisante (utilisable par la plante) parfois même nulle (zone inondée pendant les périodes pluviales)
- L'exécution des travaux du sol sont difficiles voire impossible dans cette condition
- Pauvreté chimique, solubilisation rapide par l'eau des éléments nutritifs
- Formation de plans d'eau imperméable (diffusion très lente)
- Des phénomènes de réduction qui dureront pendant toute la période humide et qui se traduisent par une mauvaise aération du sol
- La présence d'une nappe phréatique souvent très faible profondeur

Au cours de la période pluvieuse les eaux de pluie qui s'accumulent dans le sol et provoquent des engorgements superficiels ou profonds, de plus ou moins grande durée. Hydromorphie qui affecte les sols est plus ou moins due aux conditions topographiques défavorables de nombreuses parties des plaines à très faible pente formant des dépressions.

Mais elle est provoquée par le défaut de certains sols à faible perméabilité et leur pouvoir de rétention.

L'hydromorphie est peu importante, moins de 4 mmhos dans certains profils au Nord-Ouest de BELGHIMOUZ.

Teneur en calcaire : Le taux du calcaire actif ne dépasse guère 10% et ne sera donc considéré comme facteur limitant à l'exception de quelques arbres fruitiers.

2.8.4. Zones homogènes de mise en valeur

Définition : La définition de zones homogènes s'est faite sur la base de critères suivants :

- Profondeur.
- Texture et structure
- Degré et niveau d'hydromorphie.

- Aptitudes culturales des sols en irrigué.
- Nature des travaux nécessaires ou recommandés pour la mise en valeur des sols

Les zones sont classées selon leur intérêt pour la mise en valeur en irrigué. D'après un choix des spéculations envisagées et d'après l'importance et degré d'exigence des travaux d'aménagement à effectuer. Ainsi, les sols de la zone étudiée ont été répartis en cinq (05) catégories de mise en valeur :

- **Catégorie I :**

Zone mise en valeur prioritaire ne présentant pas en général de problèmes de mise en culture. Les sols sont généralement sains ; de texture moyenne ou fine, structure assez favorable présentant rarement des phénomènes secondaires ; des travaux tels que : labours et amendements organiques seront parfois recommandés pour l'amélioration des conditions physiques du sol (structure et aération).

Les sols ont une large gamme de cultures les aptitudes sont bonnes à moyenne pour les cultures possibles sous le climat de la région avec restrictions pour certaines cultures arbustives. Superficie totale : **24,57ha** soit **2,52%** de la superficie totale. [5]

- **Catégorie II :**

Zones irrigables mais dont la mise en valeur nécessitera quelques aménagements préalables obligatoires. Les sols sont affectés par un facteur défavorable qui peut se manifester dès la surface qui est :

- Texture fine reliée une structure défavorable.
- L'hydromorphie si elle existe, apparaît en profondeur à plus de 80 cm.

Les travaux nécessaires sur les sols de cette catégorie se résumeront donc en :

- Un labour profond 30 – 50 cm.
- Travaux contre les inondations.

Après aménagements appropriés, les aptitudes de ces sols peuvent être moyennes à bonnes pour les cultures industrielles, céréalières et maraîchères ; certains sols ont des aptitudes moyennes pour les cultures arbustives. Superficie totale : 163,62 ha soit 16,81% de la superficie totale des sols. [5]

• Catégorie III :

Zones irrigables à problèmes d'aménagements essentiels nécessitant des travaux indispensables. Ces zones diffèrent des précédentes par une hydromorphie accentuée à partir de 50 cm. Sont remembrés dans cette catégorie les sols qui sont inopportuns à l'exploitation à cause des inondations et l'hydromorphie dans le profil. Cette catégorie de sol présente des traces de salinisation.

Les aménagements obligatoires pour réussir la mise en culture en irrigué pour cette catégorie de sols sont :

- Le drainage et l'assainissement superficiel.
- Le labour profond pour l'amélioration de la structure du sol.
- Travaux de lutte contre les inondations pour les zones à risques.

Après aménagement approprié ces sols peuvent avoir des aptitudes moyennes à médiocres pour les cultures céréalières et maraîchères et quelques arbres fruitiers.

L'irrigation doit être pratiquée avec beaucoup de précaution afin d'éviter toute aggravation des problèmes déjà existants.

Superficie totale : 310 ha soit 31,85 % de la superficie totale des sols cartographie. [5]

• Catégorie IV :

Zones difficilement irrigables, affectés par l'hydromorphie apparaissant entre 30 et 50 cm, la mise en place d'un système de drainage et d'assainissement est obligatoire avant toute mise en valeur. A cette condition, les sols auront aptitude moyenne pour certaines cultures fourragères. Pour cette catégorie de sols il est conseillé la mise en culture sec.

Superficie totale : 470,65 ha soit 48,35 % de la superficie totale des sols cartographie. Cette catégorie occupe la plus grande superficie. [5]

• Catégorie V :

Zones non irrigables constituées : de sols peu profonds ou situés sur un terrain en pente.

Ces sols seront réservés aux pâturages. Elle occupe une surface de 4,5 ha. Cette catégorie représente 0,46 %. [5]

Remarque : Vu les spécificités tant topographiques que climatiques de la région d'étude, l'implantation de brises vent et les travaux d'assainissement sont très recommandés.

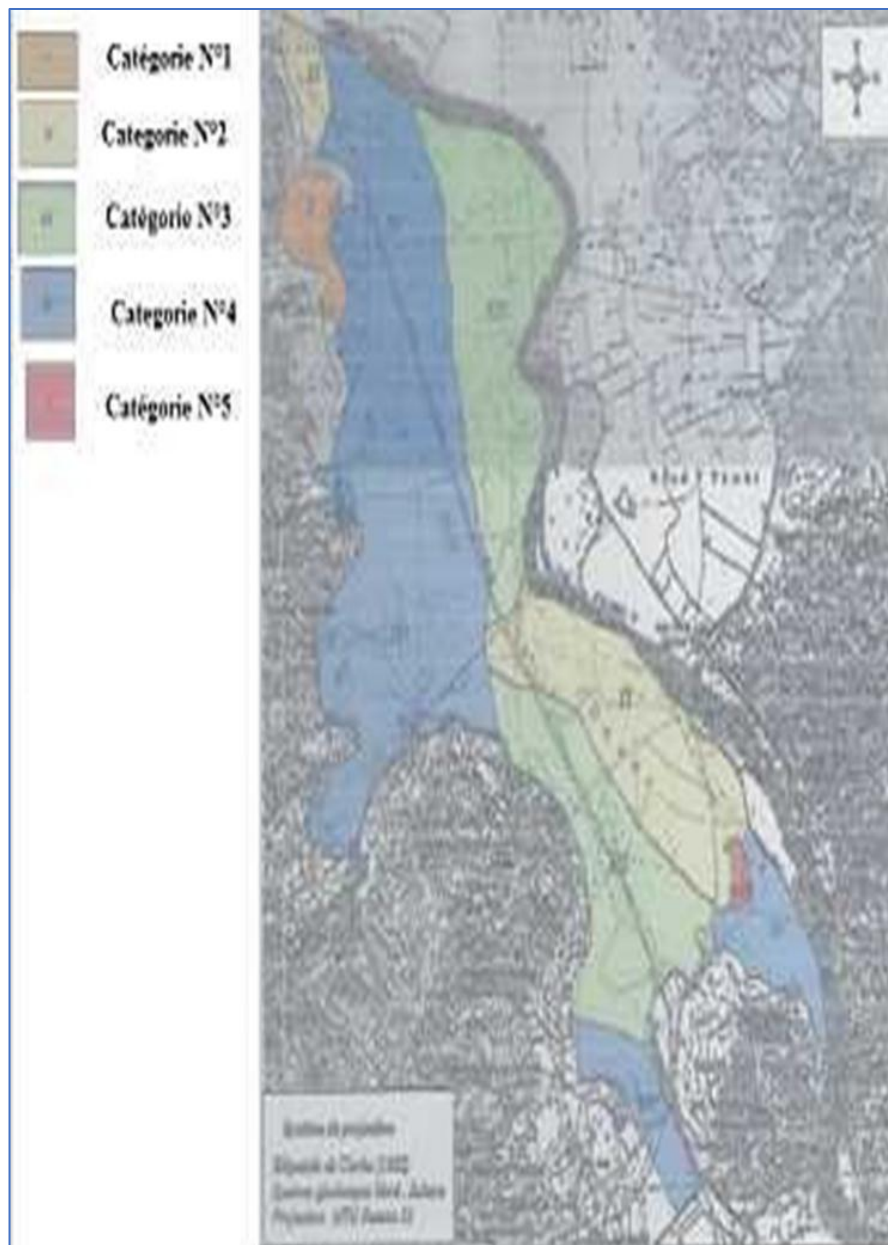


Figure 2.3 : Carte des catégories de sols du périmètre

2.9. Conclusion

Vu l'agro-pédologie du site : Selon l'étude faite sur la région, on a déterminé le type du sol, la texture, structure et les catégories des sols de notre périmètre d'irrigation et les cultures répondant à l'aptitude culturale du sol.

Vu les ressources en eaux : Les eaux souterraines, présentent une quantité acceptable pour l'irrigation, mais il est nécessaire de faire un suivi de l'évolution de la qualité des eaux au cours de l'exploitation du périmètre. Au moins une analyse par année.

Ces deux nouveaux forages donnent une autre ressource importante de périmètre de BELGHIMOUZ, vue son proximité de la région. Le premier se situe près du secteur K1 à 400 m à droite et le deuxième F2 se situe près du secteur à 300 m en amont.

Nous recommandons l'exploitation des eaux souterraines pour les raisons suivantes :

- C'est une source qui répond aux besoins même dans la période sec (stockage).
- Qualité d'eau bonne.
- Diminution de niveau d'eau des barrages (Barrage d'Iredjanna) dans les dernières années.

Chapitre III
3. Hydrologie

3.1. Introduction

Le présent chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, l'étude porte sur : détermination de l'année de calcul, L'homogénéisation des séries pluviométriques. Et L'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques.

3.2. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique

L'homogénéisation des données est une analyse statistique de l'information aidant à une prise de décision conséquente. Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrie on procède au test de **Mood** [6]. La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous :

- Soit un échantillon $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$. Déterminons sa médiane : La médiane M est le nombre qui sépare la série (ordonnée en valeurs croissantes) en deux groupes de même effectif. C'est un paramètre de position de la série.
- Les valeurs inférieures à la médiane sont codés comme "0". Ceux qui sont supérieurs, sont codés comme "1". Les valeurs égales à la médiane ne sont pas utilisées dans l'analyse.
- Soit " N " la taille de l'échantillon, N_s Le nombre totale de séries de "1" ou "0" et T_s la taille de la plus grande série de "1" ou "0".
- N_s suit approximativement une loi normale et T_s suit approximativement une loi binomiale.

Tableau 3.1 : Résultats du test de Mood

Année	Précipitation	0 ou 1
1985-1986	859,5	0
1986-1987	941,2	0
1987-1988	590,9	0
1988-1989	960.1	1
1989-1990	728,9	0
1990-1991	940,8	0
1991-1992	1038,9	1
1992-1993	841,1	0
1993-1994	744	0
1994-1995	928,2	0
1995-1996	1083,6	1
1996-1997	657	0

1997-1998	964,8	1
1998-1999	1035,7	1
1999-2000	767,1	0
2000-2001	772,7	0
2001-2002	512,3	0
2002-2003	1347,3	1
2003-2004	976,5	1
2004-2005	1253,5	1
2005-2006	917,5	0
2006-2007	975,8	1
2007-2008	1122,7	1
2008-2009	1077,3	1
2009-2010	1140,1	1
2010-2011	939,7	0
2011-2012	943,3	0
2012-2013	1077,4	1
2013-2014	1056,8	1
2014-2015	1111	1
2015-2016	1049,4	1
2016-2017	1001,4	1
2017-2018	944,8	0
2018-2019	1003,9	1
Médiane	950,37	
N=35	N_s=18	T_s=5

$$0,5 \times (35 + 1 - 1,96 \times \sqrt{(35 + 1)}) = \mathbf{12,12} < N_s$$

$$3,3 \log_{10}(35 + 1) = \mathbf{5,13} > T_s$$

La condition de Mood est **vérifiée**, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station d'El-MILIA (1985 - 2019) est homogène.

3.3. Ajustement de la série pluviométrique

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible [6]. Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi Normale.
- Loi de Galton ou loi log –Normale.

3.3.1. Ajustement à la loi de Gauss (loi normale)

La fonction de répartition est :

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

Avec :

$$u = \frac{X - x}{\sigma}$$

- X : Moyenne
- σ : l'écart type

Les résultats de l'Ajustement de la série des pluies moyenne annuelles de la station d'El-Milia obtenu par le logiciel HYFRAN sont résumés ci-après.

Pour les calculs, on a utilisé le logiciel HYFRAN plus. Les résultats de calcul obtenus figurent ci-dessous :

Tableau 3.2 : Résultats de l’ajustement de la série pluviométrique à la loi normale

T	q	XT	σ	Intervalle de confiance
10000.0	0.9999	1600	86.0	1440 - 1770
2000.0	0.9995	1530	77.3	1380 - 1680
1000.0	0.9990	1490	73.4	1350 - 1640
200.0	0.9950	1400	63.4	1280 - 1530
100.0	0.9900	1360	58.7	1240 - 1470
50.0	0.9800	1310	53.7	1210 - 1420
20.0	0.9500	1240	46.7	1150 - 1330
10.0	0.9000	1180	41.0	1090 - 1260
5.0	0.8000	1100	35.2	1030 - 1170
3.0	0.6667	1030	31.6	963 - 1090
2.0	0.5000	950	30.2	891 - 1010
1.4286	0.3000	858	32.2	794 - 921
1.2500	0.2000	802	35.2	733 - 871
1.1111	0.1000	724	41.0	644 - 805
1.0526	0.0500	660	46.7	569 - 752
1.0204	0.0200	588	53.7	483 - 694
1.0101	0.0100	541	58.7	425 - 656
1.0050	0.0050	497	63.4	372 - 621
1.0010	0.0010	406	73.4	262 - 550
1.0005	0.0005	371	77.3	219 - 523
1.0001	0.0001	296	86.0	127 - 464
10000.0	0.9999	1600	86.0	1440 - 1770

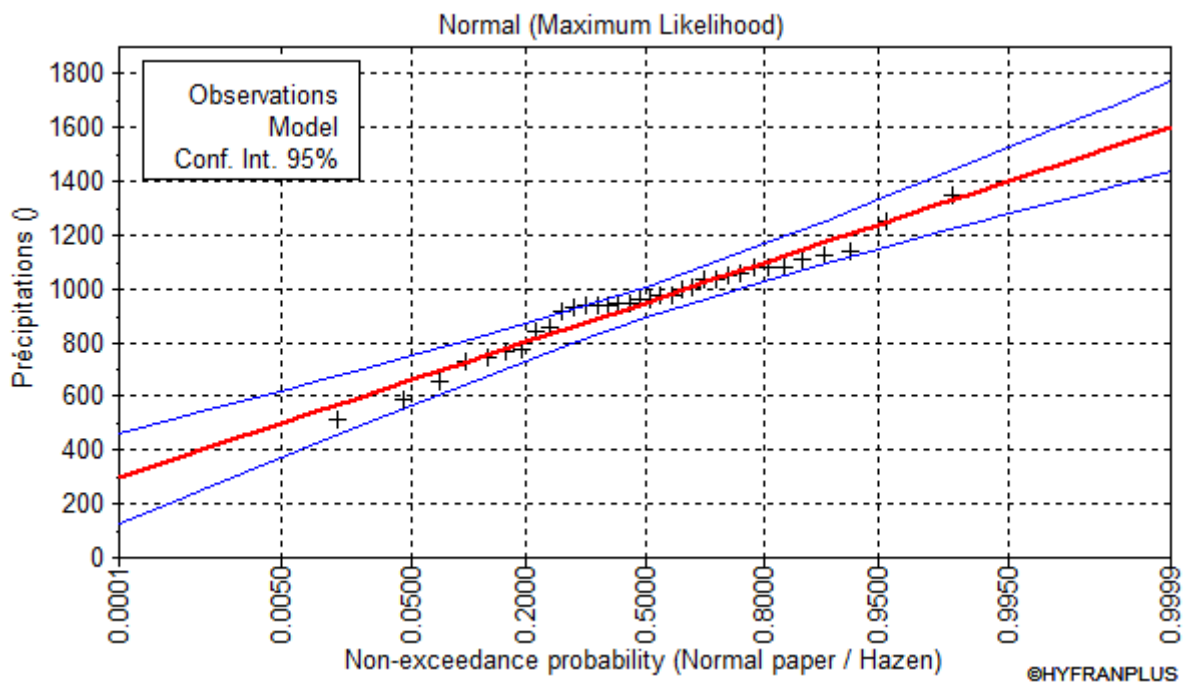


Figure 3.1 : Ajustement de la série pluviométrique à la loi normale

3.3.2. Ajustement à la loi de log-normale (Galton)

Cette méthode est comme suit : les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale [6]. Nous avons l'équation de la droite de Galton qui s'écrit comme suit :

$$\text{Ln}(X_{p\%}) = \overline{\text{Ln}(X)} + \delta_{\text{Ln}} \times U_{p\%}$$

- Ln : symbole de l'opérateur mathématique correspondant au logarithme népérien.
- $X_{p\%}$: précipitation probable à $p\%$.
- $\overline{\text{Ln}(X)}$: Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.
- δ_{Ln} : la variance, calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique, sa formule s'écrit comme suit :
 - $\delta_{\text{Ln}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)}]^2}$ Si $n < 30$
 - $\delta_{\text{Ln}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)}]^2}$ Si $n > \text{ou} = 30$
- $U_{p\%}$: variable réduite de Gauss.

Tableau 3.3 : Résultats de l'ajustement de la série pluviométrique à la loi log-normale (Galton)

T	Q	XT	σ	Intervalle de confiance
10000.0	0.9999	1980	196	1600 - 2370
2000.0	0.9995	1820	162	1500 - 2130
1000.0	0.9990	1740	147	1450 - 2030
200.0	0.9950	1570	115	1350 - 1800
100.0	0.9900	1490	101	1300 - 1690
50.0	0.9800	1410	87.5	1240 - 1590
20.0	0.9500	1300	70.0	1160 - 1440
10.0	0.9000	1210	57.1	1100 - 1320
5.0	0.8000	1110	44.9	1020 - 1190
3.0	0.6667	1020	37.0	945 - 1090
2.0	0.5000	932	32.4	869 - 996
1.4286	0.3000	838	31.1	777 - 899
1.2500	0.2000	786	31.9	723 - 849
1.1111	0.1000	719	34.0	652 - 785
1.0526	0.0500	668	35.9	597 - 738
1.0204	0.0200	615	38.1	540 - 689
1.0101	0.0100	582	39.4	505 - 659
1.0050	0.0050	553	40.4	474 - 632
1.0010	0.0010	498	42.1	416 - 581
1.0005	0.0005	478	42.7	395 - 562
1.0001	0.0001	439	43.5	353 - 524

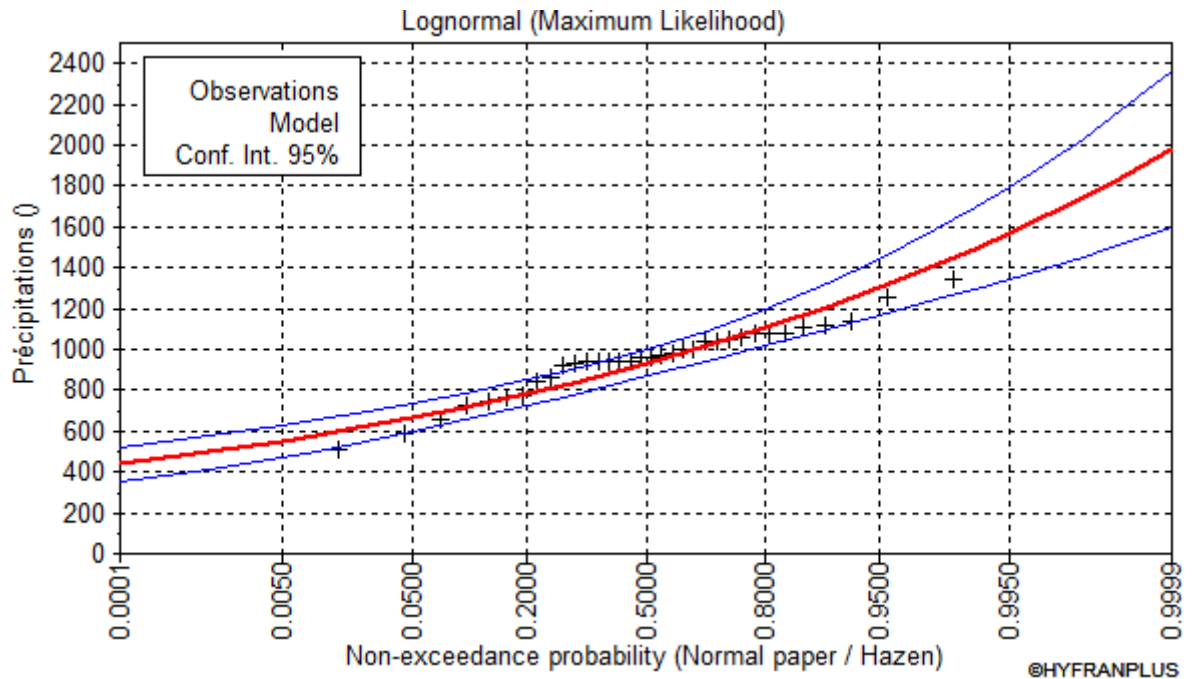


Figure 3.2 : Ajustement de la série pluviométrique à la loi log-normale (Galton)

3.4. Le test d'adéquation Khi-deux

Il convient de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré (χ^2). Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour lequel une loi de répartition $F(X)$ a été déterminée :

- On découpe l'échantillon de n éléments, en K classes ($K > 4$) de façon à ce que chaque classe contient théoriquement plus de 5 éléments
- Soit n_i le nombre d'éléments contenus dans la $i^{\text{ème}}$ classe et n'_i ($n'_i > 5$) le nombre théorique qui devrait s'y trouver, on forme le terme suivant :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$$

Cette variable χ^2 suit une loi de probabilité dite loi du χ^2 , à λ degrés de liberté :

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

Avec :

- P : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition (nombre de modalités)

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN plus.

Tableau 3.4 : Résultats de test Khi-carrée

Loi	Normale	Log-Normale
χ^2 calculé	6.94	10.71
Degré de liberté λ	5	5
Nombre de classes K	8	8
Pour une erreur de $\alpha=0.01$	La loi est adéquate	La loi est adéquate
Pour une erreur de $\alpha=0.05$	La loi est adéquate	La loi est adéquate

On remarque que χ^2 calculé par la loi log-normale est plus petit que χ^2 calculé par la loi normale. Ce qui montre que la loi normale s'ajuste mieux que la loi log-normale.

3.5. Détermination de l'année de calcul

Puisque la loi Normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région. [6]

Le but pour la détermination de l'année est pour connaître la fraction de la pluie efficace qui peut être utilisé par la plante, on utilise la formule suivante :

$$P_{80\%}^{sec} = P_{moy.i} \times \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}}$$

Avec :

- $P_{80\%}^{sec}$: la précipitation mensuelle de l'année de calcul
- $P_{moy.i}$: La précipitation moyenne mensuelle
- $P_{80\%}$: La précipitation théorique annuelle de fréquence 80%
- $P_{50\%}$: La précipitation théorique annuelle de fréquence 50%

D'après les résultats de l'ajustement par la loi log normal on trouve :

- $P_{50\%} = 1120$ mm.
- $P_{80\%} = 953$ mm.

Tableau 3.5 : Précipitation mensuelle de l'année de calcul

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Jlt.	Aou.
$P_{moy.i}$	60,14	90,54	156,85	171,77	137,90	101,41	89,66	79,98	40,46	13,10	2,20	7,85
$P_{80\%}^{sec}$	50.98	76.77	132.98	145.63	116.91	85.97	76.02	67.81	34.30	11.10	1.86	6.65

3.6. Conclusion

De l'examen des données, il ressort que la région d'étude jouit d'un climat subhumide avec un régime pluviométrique variable en volume et en répartition dans le temps. L'année est caractérisée par un hiver froid et pluvieux et un été sec.

Cette étude a permis de reconstituer l'année de pluie mensuelle de probabilité 80% pratiquement et de période de retour 5 ans. A partir de l'ajustement des séries des pluies journalières maximales, on constate que la loi Normale (Maximum Likelihood), adoptée dans notre projet, présente une bonne adéquation selon les résultats du test Khi-carré.

Chapitre IV

4. Calcul des besoins en eau des cultures

4.1. Introduction

L'estimation des besoins en eau des cultures est une étape essentielle dans l'établissement d'un projet d'irrigation. Ces besoins doivent être minutieusement calculés pour éviter tout surdimensionnement ou sous-dimensionnement des réseaux d'irrigation.

4.2. Besoins en eau des cultures

En termes généraux, le besoin en eau d'une culture est équivalent au niveau d'évapotranspiration nécessaire à sa croissance optimale. De façon précise, le besoin en eau est défini comme le niveau d'évapotranspiration d'une culture indemne de maladie et poussant dans une parcelle d'une surface supérieure à un hectare dans des conditions optimales de sol. Ces dernières consistent en une fertilité et une humidité suffisante pour atteindre le potentiel de production de la culture dans le milieu considéré. [2]

4.3. L'évapotranspiration

On désigne par évapotranspiration la somme de deux volumes d'eau qui sont :

- Utilisés par les plantes (eau en construction, eau de végétation). Le phénomène biologique par lequel les plantes absorbent une quantité d'eau du sol qui est restituée partiellement sous forme de vapeur par la surface des feuilles, s'appelle transpiration.
- Evaporés par la surface du sol, par transformation de l'état de l'eau en vapeur (phénomène d'évaporation). [2]

4.4. L'évapotranspiration potentielle ou de référence (ETP)

ETP est l'évaporation maximale que nous pouvons avoir avec des conditions optimales en admettant que le sol reste constamment humide. Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration potentielle, les plus employées sont : [2]

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

Pour notre projet on va utiliser le logiciel CROPWAT qui permet l'évaluation de l'évapotranspiration en basent sur la méthode empirique de PENMAN et MONTEITH modifié.

4.4.1. Méthode de PENMAN et MONTHEIT modifiée

La formule se présente comme suit :

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{Cste}{T + 273} \mu_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\mu_2)}$$

Avec :

- ET_0 : évapotranspiration de référence (mm jour-1).
- R_n : rayonnement net à la surface de la culture (MJ m-2 jour-1).
- G : densité de flux de chaleur dans le sol (MJ m-2 jour-1).
- T : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m (°C).
- μ_2 : vitesse du vent à une hauteur de 2 m (m s-1).
- e_s : pression de vapeur saturante (KPa).
- e_a : pression de vapeur réelle (Kpa).
- $e_s - e_a$: déficit de pression de vapeur saturante (KPa).
- Δ : pente de la courbe de pression de vapeur saturante (KPa °C-1).
- γ : constante psychrométrique (KPa °C-1).

Le tableau suivant représente l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel CROPWAT :

4.4.2. Calcul de l'évapotranspiration

Tableau 4.1 : Tableau des résultats de calcul de l'évapotranspiration de référence

Pays : Algérie				Station : El-Milia			
Altitude : 108m		Latitude : 36°N			Longitude : 6°E		
Mois	Temp Min (°C)	Temp Max (°C)	Humidité (%)	Vent (M/s)	Insolation Heures	Ray. (MJ/m ² /jour)	ET ₀ (Mm/jour)
Janvier	7.0	15.0	71	3.9	4.2	8.2	1.90
Février	8.0	16.0	69	4.2	7.5	13.6	2.46
Mars	9.0	18.0	67	4.2	7.6	16.7	3.18
Avril	11.0	21.0	62	3.9	8.6	20.8	4.23
Mai	14.0	24.0	63	3.1	8.4	22.0	4.67
Juin	17.0	28.0	62	3.1	11.2	26.6	5.86
Juillet	19.0	31.0	58	2.5	12.0	27.4	6.36
Août	20.0	32.0	59	2.9	10.3	23.6	6.08
Septembre	19.0	29.0	64	2.9	9.5	20.0	4.87
Octobre	15.0	25.0	68	3.3	8.1	15.0	3.56
Novembre	11.0	20.0	69	3.9	7.1	11.3	2.60
Décembre	9.0	17.0	71	4.3	5.1	8.4	2.11
Moyenne	13.3	23.0	65	3.5	8.3	17.8	3.99

4.5. Calcul de la pluie efficace :

Elle est définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, par percolation en profondeur. C'est la pluie effectivement retenue dans la zone racinaire. [2] Pour l'estimation de la pluie efficace, nous avons pris en considération la méthode basée sur une fraction de la pluie totale (pourcentage), elle est détaillée comme suit :

$$P_{\text{eff}} = 0.8 \times P_{80\%}^{\text{sec}}$$

Avec :

- P_{eff} : pluie annuelle efficace en (mm/mois).

- $P_{80\%}^{sec}$: Pluie sec de probabilité de dépassement de 80%, en (mm)

Les calculs sont montrés dans le tableau suivant :

Tableau 4.2 : Tableau des résultats de calcul des pluies efficaces

Mois	ET ₀	P _{80%} (Mm)	P _{eff} (Mm)
Janvier	1.92	137.9	110.3
Février	2.47	101.4	81.1
Mars	3.18	89.7	71.7
Avril	4.23	80.0	64.0
Mai	4.66	40.5	32.4
Juin	5.85	13.1	10.5
Juillet	6.33	2.2	1.8
Août	6.11	7.8	6.3
Septembre	4.93	60.1	48.1
Octobre	3.57	90.5	72.4
Novembre	2.62	156.8	125.4
Décembre	2.11	171.8	137.4
Total		951.8	761.5

4.6. Le choix des cultures

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturelle dans le périmètre [2]. Le choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivants :

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude culturelle des sols basée sur l'étude pédologique.
- Des disponibilités des moyens de production.
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

Pour notre périmètre on a choisi :

- Pomme de terre.
- Olivier.
- Tomate.
- Pêcher.
- Pommier.
- Agrumes.
- Courgette.
- Maïs.

4.6.1. Calendrier et assolement des principales cultures préconisées

Au sens agronomique, la rotation des cultures est la répartition des cultures au cours d'un mouvement données de culture pour différentes parcelles du périmètre. Donc La rotation des cultures est la diversité géographique des cultures à un moment donné. Dans chaque sol, la culture sera différente d'une année à l'autre. Nous définirons la rotation des cultures sur le même sol pendant de nombreuses années correspondant au type de rotation des cultures utilisées. [2]

4.6.2. Avantages de la rotation des cultures

La rotation culturale a un effet important sur la vie du sol et la nutrition des plantes.

- Réserves minérales : la rotation permet aux plantes selon leur exigence et la zone de développement des racines d'exploiter au mieux les ressources minérales.
- Propriétés des sols : certaines plantes tendent à détériorer la structure du sol, d'autres plantes sécrètent des toxines racinaires, mais il existe par contre des cultures améliorantes.

La rotation constitue un moyen de lutte contre les mauvaises herbes, les maladies et les parasites. [2]

Pour le calcul des besoins en eau des cultures, il est impératif de déterminer calendrier des principales cultures préconisées des différentes cultures, il est résumé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4.3 : Calendrier des principales cultures préconisées

Culture	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Pomme de Terre												
Courgette												
Olivier												
Tomate												
Pêcher												
Pommier												
Maïs												
Agrumes												

Tableau 4.4 : Pourcentages proposés aux différentes cultures

Culture	N° de l'îlot	Superficie (ha)	Pourcentage (%)
Tomate	9 – 11 – 12	34.54	20.52
Agrumes	2 - 5	32.95	19.58
Pommier	4 - 7	23.70	14.08
Pomme de terre	2	19.71	11.71
Pêcher	6	19.54	11.61
Olivier	3	17.98	10.68
Courgette	10	11.67	6.93
Maïs	8	8.20	4.87
Somme		168.28	100

Pour l'année prochaine on garde les mêmes superficies et on fait une rotation des cultures :

- Maïs ↔ Pomme de terre.
- Tomate ↔ Courgette.

4.6.3. L'évapotranspiration maximale (ETM)

Elle exprime les besoins en eau des cultures suivant leur stade végétatif, elle est donnée par la formule suivante :

$$ETM = K_c \times ET_0$$

Avec :

- K_c : coefficient cultural.
- ET_0 : évapotranspiration potentielle ou de référence.

4.6.4. Calcul des besoins nets en eau d'irrigation

Lorsqu'on établit les besoins périodiques en eau d'irrigation pour une culture ou un plan de culture donnés, il faut tenir compte de façon préférentielle de trois variables (ETP, P_{eff} et RFU). [2]. La relation qui existe entre les besoins nets B_{net} et ces variables peut être exprimée comme suit :

$$B_{net} = ETP - P_{eff} - RFU$$

4.6.5. Réserve facilement utilisable (RFU) : c'est la réserve facilement utilisable par les cultures, dans cette approche elle exprime l'humidité du sol du mois précédent accessible aux cultures. [2]

Le calcul de la RFU se fait comme suit :

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

- Y : degré de tarissement généralement égal à 2/3.
- D_a : densité apparente. On prend $D_a=1.35$
- Z : profondeur d'enracinement (mm).
- H_{cc} : humidité à la capacité au champ, dans notre cas, on prend : 27%.
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement, dans notre cas, on prend : 13%.
- P_{eff} : pluie efficace.

4.6.5.1. Humidité à la capacité aux champs et de flétrissement

L'humidité à la capacité au champ et de flétrissement sont deux facteurs importants dans la détermination de la réserve facilement utilisable RFU et par conséquent les besoins d'irrigation les valeurs sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau 4.5 : Humidité à la capacité au champ
(Source : référence bulletin FAO d'irrigation et de drainage)

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

Pour le calcul de la RFU réelle on compare les pluies du mois i-1 à l'ETP de mois i-1.

4.6.6. Calcul des besoins bruts en eau d'irrigation

Les besoins bruts du périmètre sont estimés à partir des besoins nets de chaque culture. Cette estimation dépend des paramètres suivants :

- L'efficacité du système d'irrigation.
- La répartition des différentes cultures adaptées.
- La superficie irriguée. On calcule les besoins bruts d'après la formule suivante :

$$B_{\text{brute}} = \frac{B_{\text{net}}}{E_i}$$

- B_{brute} : Besoin brut des cultures (mm).
- B_{net} : Besoin des cultures (mm).
- E_i : L'efficacité globale du système d'irrigation, on prend $E_i = 0.75$.

4.6.7. Les Coefficients cultureux (K_c)

Les valeurs du coefficient culturel K_c de chaque culture ont été ressorties en fonction du stade végétatif de la plante, de la force du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne minimale de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude. [2]

Les coefficients cultureux des cultures de notre périmètre sont détaillés comme suit :

Tableau 4.6 : Coefficients culturaux des cultures proposées

Culture	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Pomme de terre		0.5	0.85	1.15	0.8	0.75						
Courgettes	0.8	1.15	1	0.9								
Olivier	0.7	0.65	0.65	0.65	0.6	0.6	0.65	0.7	0.75	0.75	0.8	0.75
Tomate							0.4	0.5	0.75	1	0.8	0.75
Pêcher					0.75	0.6	0.55	0.5	0.5	0.6	0.6	0.65
Pommier	0.85	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.5	0.6	0.75	0.8	0.9	0.95
Mais							0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5
Agrumes	0.7	0.7	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

Tableau 4.7 : Profondeur d'enracinement des cultures proposées en mètres

Culture	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Pomme de Terre		0.3	0.4	0.60	0.60	0.60						
Courgettes	0.2	0.4	0.5	0.4								
Olivier	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Tomate							0.1	0.2	0.5	0.8	1	1
Pêcher					0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Pommier	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Mais							0.1	0.2	0.2	0.4	0.5	0.5
Agrumes	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

Tableau 4.8 : Besoins en eau d'irrigation de la Tomate

Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
ET₀ (mm/jour)	4.87	3.56	2.60	2.11	1.90	2.46	3.18	4.23	4.67	5.86	6.36	6.08
ET₀ (mm/mois)	146.1	106.8	78	63.3	57	73.8	95.4	126.9	140.1	175.8	190.8	182.4
K_c							0.4	0.5	0.75	1	0.8	
ETM							38.16	63.45	105.08	175.8	152.64	136.8
P_{eff} (mm)	48.1	72.4	125.4	137.4	110.3	81.1	71.7	64.0	32.4	10.5	1.8	6.3
Z (m)							0.1	0.2	0.5	0.8	1	
RFU_{max} (m)							12.6	25.2	63	100.8	126	
RFU_{réelle} (m)		0					126	63	31.5	0	0	
B_{net} (mm)							-32.94	-63.55	41.18	165.3	150.84	

Tableau 4.9 : Besoins en eau d'irrigation de la Pomme de terre

Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
ET₀ (mm/jour)	4.87	3.56	2.60	2.11	1.90	2.46	3.18	4.23	4.67	5.86	6.36	6.08
ET₀ (mm/mois)	146.1	106.8	78	63.3	57	73.8	95.4	126.9	140.1	175.8	190.8	182.4
K_c							0.5	0.85	1.15	0.8	0.75	
ETM							47.7	107.86	161.11	140.64	143.1	
P_{eff} (mm)							71.7	64.0	32.4	10.5	1.8	
Z (m)							0.3	0.4	0.60	0.60	0.60	
RFU_{max} (m)							37.8	50.4	75.6	75.6	75.6	
RFU_{réelle} (m)							75.6	37.8	18.9	0	0	
B_{net} (mm)							-61.8	6.06	109.81	130.14	141.3	

Tableau 4.10 : Besoins en eau d'irrigation de la Courgette

Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
ET₀ (mm/jour)	4.87	3.56	2.60	2.11	1.90	2.46	3.18	4.23	4.67	5.86	6.36	6.08
ET₀ (mm/mois)	146.1	106.8	78	63.3	57	73.8	95.4	126.9	140.1	175.8	190.8	182.4
K_c	0.8	1.15	1	0.9								
ETM	116.88	122.82	78	56.97								
P_{eff} (mm)	48.1	72.4	125.4	137.4								
Z (m)	0.2	0.4	0.5	0.4								
RFU_{max} (m)	25.2	50.4	63	50.4								
RFU_{réelle} (m)	0	15.75	31.5	63								
B_{net} (mm)	68.78	34.67	-78.9	-143.43								

Tableau 4.11 : Besoins en eau d'irrigation de l'Olivier

Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
ET₀ (mm/jour)	4.87	3.56	2.60	2.11	1.90	2.46	3.18	4.23	4.67	5.86	6.36	6.08
ET₀ (mm/mois)	146.1	106.8	78	63.3	57	73.8	95.4	126.9	140.1	175.8	190.8	182.4
K_c	0.7	0.65	0.65	0.65	0.6	0.6	0.65	0.7	0.75	0.75	0.8	0.75
ETM	102.27	69.42	50.7	41.14	34.2	44.28	62.01	88.83	105.07	131.85	152.64	136.8
P_{eff} (mm)	48.1	72.4	125.4	137.4	110.3	81.1	71.7	64.0	32.4	10.5	1.8	6.3
Z (m)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
RFU_{max} (m)	151.2	151.2	151.2	151.2	151.2	151.2	151.2	151.2	151.2	151.2	151.2	151.2
RFU_{réelle} (m)	0	37.8	75.6	151.2	151.2	151.2	151.2	75.6	37.8	0	0	0
B_{net} (mm)	54.17	-40.78	-74.7	-96.26	-76.1	-36.82	-9.69	-50.77	34.87	121.35	150.84	130.5

Tableau 4.12 : Besoins en eau d'irrigation du Pêcher

Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
ET₀ (mm/jour)	4.87	3.56	2.60	2.11	1.90	2.46	3.18	4.23	4.67	5.86	6.36	6.08
ET₀ (mm/mois)	146.1	106.8	78	63.3	57	73.8	95.4	126.9	140.1	175.8	190.8	182.4
K_c					0.75	0.6	0.55	0.5	0.5	0.6	0.6	0.65
ETM					42.75	44.28	47.7	107.86	161.11	140.64	143.1	118.56
P_{eff} (mm)					110.3	81.1	71.7	64.0	32.4	10.5	1.8	6.3
Z (m)					0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
RFU_{max} (m)					88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2	88.2
RFU_{réelle} (m)					88.2	88.2	88.2	44.1	22.05	0	0	0
B_{net} (mm)					-155.75	-213.58	-112.2	-0.24	106.66	130.14	141.3	112.26

Tableau 4.13 : Besoins en eau d'irrigation du Maïs

Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
ET₀ (mm/jour)	4.87	3.56	2.60	2.11	1.90	2.46	3.18	4.23	4.67	5.86	6.36	6.08
ET₀ (mm/mois)	146.1	106.8	78	63.3	57	73.8	95.4	126.9	140.1	175.8	190.8	182.4
K_c							0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.5
ETM							47.7	63.45	98.07	123.06	133.56	91.2
P_{eff} (mm)							71.7	64.0	32.4	10.5	1.8	6.3
Z (m)							0.1	0.2	0.2	0.4	0.5	0.5
RFU_{max} (m)							12.6	25.2	25.2	50.4	63	63
RFU_{réelle} (m)							63	31.5	15.75	0	0	0
B_{net} (mm)							-87	-32.05	49.92	112.56	131.76	84.9

Tableau 4.14 : Besoins en eau d'irrigation du Pommier

Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
ET₀ (mm/jour)	4.87	3.56	2.60	2.11	1.90	2.46	3.18	4.23	4.67	5.86	6.36	6.08
ET₀ (mm/mois)	146.1	106.8	78	63.3	57	73.8	95.4	126.9	140.1	175.8	190.8	182.4
K_c	0.85	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.5	0.6	0.75	0.8	0.95	0.95
ETM	124.18	85.44	62.4	50.64	39.9	51.66	47.7	76.14	105.07	140.64	181.26	173.28
P_{eff} (mm)	48.1	72.4	125.4	137.4	110.3	81.1	71.7	64.0	32.4	10.5	1.8	6.3
Z (m)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
RFU_{max} (m)	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2
RFU_{réelle} (m)	0	16.8	33.6	67.2	67.2	67.2	67.2	33.6	16.8	0	0	0
B_{net} (mm)	76.08	-3.76	-96.6	-153.96	-137.6	-96.64	-91.2	-21.46	55.87	130.14	179.46	166.48

Tableau 4.15 : Besoins en eau d'irrigation des Agrumes

Mois	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
ET₀ (mm/jour)	4.87	3.56	2.60	2.11	1.90	2.46	3.18	4.23	4.67	5.86	6.36	6.08
ET₀ (mm/mois)	146.1	106.8	78	63.3	57	73.8	95.4	126.9	140.1	175.8	190.8	182.4
K_c	0.7	0.7	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
ETM	102.27	74.76	50.7	41.14	37.05	47.97	62.01	88.83	98.07	123.06	133.56	127.68
P_{eff} (mm)	48.1	72.4	125.4	137.4	110.3	81.1	71.7	64.0	32.4	10.5	1.8	6.3
Z (m)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
RFU_{max} (m)	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2	67.2
RFU_{réelle} (m)	0	16.8	33.6	67.2	67.2	67.2	67.2	33.6	16.8	0	0	0
B_{net} (mm)	54.17	-14.44	-108.3	-163.46	-140.45	-100.33	-76.89	-8.77	48.87	112.56	131.76	121.38

Tableau 4.16 : Besoins nets en eau d'irrigation (mm)

Culture	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Pomme de Terre								6.06	109.81	130.14	141.3	
Courgette	68.78	34.67										
Olivier	54.17								34.87	121.35	150.84	130.5
Tomate									41.18	165.3	151.34	
Pêcher									106.66	130.14	143.7	112.26
Mais									49.92	112.56	131.76	84.9
Pommier	76.08								55.87	130.14	179.46	166.48
Agrumes	54.17								48.87	112.56	131.76	121.38
Total	253.2	34.67						6.06	679.48	1067.49	1197.18	640.78

Tableau 4.17 : Besoins nets en eau d'irrigation (m³/ha)

CULTURE	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Pomme de terre								640.08	3261.51	3297.74	3580.54	
Courgette	777.9	570.25										
Olivier	1215.03							556.93	1629.98	2721.88	3383.34	2927.11
Tomate									2722.02	6190.48	5686.40	
Pêcher									3064.82	3098.63	3421.49	2672.91
Maïs									667.86	1144.73	1339.99	863.43
Pommier	2244.36	384.68							2143.76	3839.13	5294.07	4911.16
Agrumes	1849.36	80.57							2241.97	3842.79	4498.28	4143.91
Total	6086.65	1035.5						1197.01	16399.78	24135.38	27204.11	15518.52

4.7. Calcul de débit caractéristique

Le calcul de débit caractéristique permet de définir le débit max que le système doit fournir pour l'irrigation :

$$Q = q_s \times S$$

- Q : débit caractéristique.
- q_s : débit spécifique de la culture la plus exigeant (l/s/ha).
- S : surface agricole utile.

Le débit spécifique est calculé par la formule :

$$q_s = \frac{B_{\text{pointe}} \times 10 \times 1000}{K \times N_h \times N_j \times 3600}$$

Avec :

- B_{pointe} : Besoins de pointe (mm/mois).
- q_s : Débit spécifique (l/s/ha).
- K : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation ($k = 0,75$).
- N_h : nombre des heures d'irrigation = 22 h.
- N_j : nombre de jours par mois = 30 jours.

Application numérique :

$$q_s = \frac{1197.18 \times 10 \times 1000}{0.75 \times 22 \times 30 \times 3600} = 6.72 \text{ l/s/ha}$$

$$q_s = 6.72 \text{ l/s/ha} > 1.5 \text{ l/s/ha}$$

C'est un débit trop grand et casi impossible à dimensionner. On va opter pour un besoin net de la culture la plus exigeante qui est le pommier en mois de juillet.

Alors :

$$q_s = \frac{179.46 \times 10 \times 1000}{0.75 \times 22 \times 30 \times 3600} = 1.02 \text{ l/s/ha}$$

$$q_s = 1.02 \text{ l/s/ha} < 1.5 \text{ l/s/ha}$$

$$Q = q_s \times S = 1.02 \times 168.28 = 171.64 \text{ l/s} = \mathbf{0.172 \text{ m}^3/\text{s}}$$

On fait la comparaison entre les besoins totales annuelles des cultures et le volume extrait à partir de deux forages avec un débit de 18l/s (18/24h) et 15l/s (22/24h) qui est de 855360 m³.

Tableau 4.18 : Besoins nets et brutes annuels des cultures

Culture	Superficie	B _{net} (mm)	B _{net} (m ³ /ha)	B _{net} (m ³)
Tomate	34.54	388.82	3 888.2	134 298,43
Agrumes	32.95	487.9	4 879	168 130,34
Pomme de Terre	23.70	450.67	4 506.7	106 808,79
Pommier	19.72	637.87	6 378.7	125 724,2
Olivier	19.54	554.36	5 543.6	108 321,9
Pêcher	17.98	512.41	5 124.1	92 131,32
Courgette	11.67	119.2	1192	13 910,6
Mais	8.20	394.89	3 948.9	32 381
Besoins brutes totaux en irrigation (m ³)				781 707
Quantité d'eau totale extraite des forages (m ³)				855 360

4.8. Conclusion

Après le choix des cultures est basant sur la méthode de PENMAN-MONTEITH modifiée on a pu déterminer les besoins nets des cultures pour déterminer le débit caractéristique de notre périmètre. On remarque que le mois de pointe est **juillet** et la plante la plus exigeante est le pommier avec un besoin **de 180 mm/mois**, et à partir du forage on va assurer l'alimentation de notre périmètre.

On constate aussi, depuis le tableau précédent, que le volume extrait des forages proposés suffit pour répondre aux besoins des cultures.

Chapitre V

5. Calcul hydraulique

5.1. Introduction

Dans tout aménagement hydro-agricole d'une certaine taille, on peut distinguer trois types d'équipement.

- **Les ouvrages de transport** : transitent l'eau d'irrigation depuis la prise d'eau jusqu'aux périmètres à desservir. Ces ouvrages transitent des débits importants sur de longues distances.
- **Les réseaux de distribution** : répartissent à l'intérieur du périmètre et jusqu'aux prises d'irrigation propres à chaque agriculteur, l'eau amenée par les ouvrages est généralement installée en réseau ramifié.
- **Les équipements à la parcelle** : conduisent l'eau des prises d'irrigation jusqu'aux plantes. Les équipements mis en jeu ou les aménagements de terrain sont fonction de la technique d'irrigation adoptée par les irrigants.

Ce chapitre est spécifiquement consacré aux ouvrages de transport et réseaux de distribution pour lesquels nous examinerons facteurs essentiels qui conduisent à définir l'organisation spatiale des ouvrages et les débits à transiter par tronçon. L'objet du présent chapitre est la détermination des caractéristiques techniques et du gabarit des différents éléments dont l'ensemble constitue le réseau de distribution de l'eau depuis le lieu de prélèvement jusqu'aux lieux d'utilisation à des fins agricoles.

5.2. Découpage des îlots d'irrigation

L'organisation d'un périmètre sous-pression est la première contrainte dans l'aménagement de ces périmètres. La conception d'un réseau sous pression se fait en discrétisant le périmètre en plusieurs groupes de parcelles appelés îlot d'irrigation. Le périmètre de Belghimouz secteur K1a couvre une superficie de 170 ha, il est découpé en 37 parcelles de superficie variable. La conception du parcellaire est extraite à base des plans d'arpentage du bureau du cadastre, cela a été chargé par le propriétaire du terrain (domaines d'état). [1]

Le terme îlot d'irrigation décrit l'unité hydro-agricole alimenté par une borne d'irrigation. Cette borne comporte une ou plusieurs sorties ou prises suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément, en particulier lorsqu'elle se trouve en limite de plusieurs exploitants. Chaque borne doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire :

- Régler le débit, ou plus exactement le limiter au module.
- Régler la pression.
- Assurer le comptage de l'eau livrée.
- Encaisser les suppressions accidentelles.

Le réseau d'irrigation dans notre périmètre est de type ramifié. Le périmètre est partagé en îlots d'irrigation, chaque îlot est desservi par une borne d'irrigation. Les bornes sont alimentées par des conduites secondaires, en suite le réseau secondaire est alimenté par un réseau principal jusqu'au réservoir.

La taille de l'îlot est déterminée en fonction des modèles d'exploitations élaborés suivant plusieurs critères : fonciers, topographiques, hydroagricoles. Dans certains cas, la taille de l'îlot dépend du débit d'équipement de prise en relation avec le débit fictif continu maximum au niveau de l'îlot. [1]

En outre, le débit fourni par la prise d'irrigation soit correspondant à une main d'eau compatible avec la méthode d'irrigation adoptée au niveau de l'exploitation.

5.3. Choix du tracé

Le tracé du réseau est projeté suivant le principe de proximité : plus courte distance pour relier l'ensemble des bornes au réseau de conduites principales, en tenant compte des contraintes du terrain qui limitent fortement les possibilités de choix : les règles générales suivies sont les suivantes :

- La recherche d'un tracé au plus court et avec le minimum de changement de direction concerne principalement la conduite maîtresse.
- Eviter dans la mesure du possible de faire passer des conduites en plein champs.
- Essayer de positionner la borne le plus proche de chaque parcelle à desservir afin d'éviter de pénaliser des exploitants par des têtes mortes trop longues.
- Les conduites suivront au maximum (dans la mesure du possible) les routes et pistes et éviterons les plantations et zones bâties. [1]

5.4. Le plan de bornage

Le plan de bornage est le résultat d'un compromis entre l'intérêt des utilisateurs (qui souhaiteraient disposer d'une borne chacun, idéalement située par rapport à leur champ) et celui de l'organisme d'aménagement qui cherche à en limiter le nombre (de manière à diminuer le coût du réseau collectif).

En effet, une forte densité améliore les conditions de travail des agriculteurs en diminuant les longueurs de canalisation mobile de surface, mais il en résulte une augmentation importante des frais d'installation du réseau fixe. Une trop faible densité accroît le travail de montage et de transport de canalisation mobiles. La base du regroupement des parcelles sur une même borne est le découpage des propriétés. [1]

Dans le cas de petites propriétés morcelées :

- Une prise par îlot d'exploitations.
- Quatre (04) prises maximum sur une même borne.
- Bornes implantées en limites d'îlots.
- Dénivelée maximum de 5m entre les points les plus hauts et les plus bas du bloc d'îlots.

Pour les grandes propriétés :

- La borne se situe au centre de la parcelle.
- 04 prises sur la même borne.

5.4.1. Débits aux bornes

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures : Le débit caractéristique de chaque borne pouvant desservir un îlot est formulé comme suit :

$$Q_b = q_s \times S_i$$

Avec :

- Q_b : Débit caractéristique de chaque borne (l/s).
- q_s : Débit spécifique (l/s/ha).
- S_i : Superficie de l'îlot (ha).

Donné de base du dimensionnement (déduits dans le chapitre IV).

- Le débit spécifique est évalué à : $q_s = 1.02$ l/s/ha.
- La surface du périmètre est égale à 168 ha.

Donc le débit caractéristique est :

$$Q_{car} = 1.02 \times 168.28 = 171.64 \text{ l/s} = 0.172 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.4.2. Choix du type et de diamètre de la borne

Le choix du type de la borne dépend de la surface à desservir par la borne :

- Pour les surfaces $S \leq 15$ ha on prend la Borne à deux prises.
- Pour les surfaces $S \geq 15$ ha on prend la Borne à quatre prises.

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

Tableau 5.1 : Diamètres des bornes en fonction du débit fourni à la borne

Type	Débit fourni (l/s)	Entrée (mm)	Sortie (prise en mm)
Type A2	$Q < 11.11$	1 Entrée $\Phi 80$, 100	2 Entrée $\Phi 65$
Type A4	$Q < 11.11$	2 Entrée $\Phi 80$, 100	4 Entrée $\Phi 65$
Type B	$11.11 < Q < 22.22$	2 Entrée $\Phi 80$, 100, 125	2 Entrée $\Phi 100$
Type C	$Q > 33.33$	2 Entrée $\Phi 80$, 100, 125	1 Entrée $\Phi 150$

Les caractéristiques des bornes et les ilots d'irrigation desservie sont donnés par le tableau ci-après :

Tableau 5.2 : Diamètres des bornes en fonction du débit fourni à la borne

Numéro de l'ilot	Numéro de la parcelle	Superficie de la parcelle (ha)	Débit de la prise (l/s)	Matériel et diamètre de prises (mm)	Type de borne
Ilot 1	I1a	6.21	12.42	Entrée $\Phi 100$ Sortie $\Phi 65$ Fonte	Borne d'irrigation Type B Avec 2 becs de sortie
	I1b	5.97			
Ilot 2	I2a	6.38	12.95	Entrée $\Phi 100$ Sortie $\Phi 65$ Fonte	Borne d'irrigation Type B Avec 2 becs de sortie
	I2b	6.32			
Ilot 3	I3a	4.45	11.44	Entrée $\Phi 80$ Sortie $\Phi 65$ Fonte	Borne d'irrigation Type B Avec 2 becs de sortie
	I3b	6.77			
Ilot 4	I4a	5.44	10.27	Entrée $\Phi 80$ Sortie $\Phi 65$ Fonte	Borne d'irrigation Type A2 Avec 2 becs de sortie
	I4b	4.63			
Ilot 5	I5a	6.44	11.39	Entrée $\Phi 80$ Sortie $\Phi 65$ Fonte	Borne d'irrigation Type B Avec 2 becs de sortie
	I5b	4.73			
Ilot 6	I6a	6.41	6.54	Entrée $\Phi 100$ Sortie $\Phi 65$ - Fonte	Borne d'irrigation type A2 avec 2 becs de sortie
Ilot 7	I7a	5.80	11.54	Entrée $\Phi 80$ Sortie $\Phi 65$ Fonte	Borne d'irrigation Type B Avec 2 becs de sortie
	I7b	5.51			
Ilot 8	I8a	5.31	10.80	Entrée $\Phi 80$ Sortie $\Phi 65$ Fonte	Borne d'irrigation Type A2 Avec 2 becs de sortie
	I8b	5.28			

Ilot 9	I9a	4.35	9.91	Entrée Ø100 Sortie Ø65 Fonte	Borne d'irrigation type A2 avec 2 becs de sortie
	I9b	5.37			
Ilot 10	I10a	3.95	7.94	Entrée Ø100 Sortie Ø65 Fonte	Borne d'irrigation type A2 avec 2 becs de sortie
	I10b	3.83			
Ilot 11	I11a	4.07	8.36	Entrée Ø100 Sortie Ø65 Fonte	Borne d'irrigation Type A2 Avec 2 becs de sortie
	I11b	4.13			
Ilot 12	I12a	5.28	8.98	Entrée Ø100 Sortie Ø65 Fonte	Borne d'irrigation Type A2 Avec 2 becs de sortie
	I12b	3.52			
Ilot 13	I13a	3.03	6.22	Entrée Ø80 Sortie Ø65 Fonte	Borne d'irrigation Type A2 Avec 2 becs de sortie
	I13b	3.07			
Ilot 14	I14a	3.07	6.11	Entrée Ø80 Sortie Ø65 Fonte	Borne d'irrigation Type A2 Avec 2 becs de sortie
	I14b	2.92			
Ilot 15	I15a	2.85	5.94	Entrée Ø100 Sortie Ø65 Fonte	Borne d'irrigation type A2 avec 2 becs de sortie
	I15b	2.97			
Ilot 16	I16a	2.78	5.73	Entrée Ø100 Sortie Ø65 Fonte	Borne d'irrigation type A2 avec 2 becs de sortie
	I16b	2.84			
Ilot 17	I17a	3.69	12.96	Entrée Ø100 Sortie Ø65 Fonte	Borne d'irrigation Type B Avec 4 becs de sortie
	I17b	4.03			
	I17c	4.79			
Ilot 18	I18a	3.49	9.78	Entrée Ø100 Sortie Ø65 Fonte	Borne d'irrigation Type A4 Avec 4 becs de sortie
	I18b	3.76			
	I18c	2.34			

5.5. Variante d'aménagement du réseau

Lorsque d'une conception d'un réseau sous pression il est indispensable de définir la variante d'aménagement de périmètre d'irrigation, en précision le schéma hydraulique du système d'adduction et de distribution. [1]

- Réseaux gravitaires : le canal principal à très faible pente suit approximativement les courbes de niveau.

- Réseaux sous pression : ce système est choisi lorsque le terrain offre de fortes variations de niveau, dans ce cas la fourniture d'eau à pressions adéquates représente le but principal de ces systèmes. Ils sont classés en réseau maillés et réseaux ramifiés.
- Réseaux mixtes : ils sont employés dès qu'un système gravitaire est alimenté dans certaines zones par pompage.

Notre périmètre se présente avec deux variantes :

La variante 1 : est celle du réseau gravitaire sans pompage et donc sans réservoir. Une conduite enterrée en PEHD part de forage vers la station de tête (ST), qui alimentera le périmètre. Après analyse, cette variante a été écartée du fait des faibles pressions obtenues.

La variante 2 : consiste à alimenter le périmètre à partir d'une petite station pompage qui va alimenter un réservoir de stockage puis une l'eau passe par une petite pompe pour garantir les pressions adéquates au niveau des bornes.

Pour notre cas, le périmètre est situé au même niveau de la source (forage), dans ce cas un seul système hydraulique est généralement à préconiser : le réseau sous pression avec l'installation d'un réservoir de stockage qui lui-même alimente le périmètre à l'aide d'une pompe pour assurer les pressions nécessaires.

5.6. Partie I : Du source vers bassin de stockage

5.6.1. Diamètre économique

Pour déterminer le diamètre économique de conduite de refoulement, on utilise les deux formules approchées suivantes :

- Formule de Bresse : $D_{\text{éco}} = 1.5 \times \sqrt{Q_{\text{forcé}}}$
- Formule de Bonin : $D_{\text{éco}} = \sqrt{Q_{\text{forcé}}}$

$Q_{\text{forcé}}$: Débit à élever (débit forcé : débit caractéristique majoré par 1.05) en m^3/s .

Remarque : La formule de Bresse n'est valable juste pour les petits projets (Longueur de conduite $\leq 1\text{Km}$).

5.6.2. Pertes de charge linéaires

Pour un tronçon donné, les pertes de charge linéaires dépendent de :

- Diamètre D de la conduite en (m).
- Débit Q en (m^3/s).

- La rugosité absolue ξ (exprimée en mm).
- La longueur du tronçon L en (m).

$$\Delta H_{\text{lin}} = I \times L = \lambda \times \frac{L \times V^2}{D \times 2g}$$

- V : vitesse moyenne d'écoulement en (m/s).
- ΔH_{lin} : Pertes de charge linéaires en (m).
- I : gradient hydraulique en (m/m).

Le coefficient λ est obtenu par les formules suivantes (Formule de Nikuradzé) :

$$\lambda = [1.14 - 0.86 \times \ln\left(\frac{\xi}{D}\right)]^{-2}$$

- ξ : Rugosité absolue. Elle est estimée à 0,046 mm (Conduite en PEHD)

5.6.3. Pertes de charge singulières :

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite (Coude, vannes et clapets) :

$$\Delta H_{\text{sin}} = 0.1 \times \Delta H_{\text{lin}}$$

5.6.4. Pertes de charge totales (ΔH_t)

Ce sont la somme des pertes de charge linéaires et les pertes de charge singulières, alors :

$$\Delta H_t = 1.1 \times \Delta H_{\text{lin}}$$

5.6.5. Calcul de la hauteur manométrique totale

$$\text{HMT} = H_g + \Delta H_{\text{asp}} + \Delta H_{\text{ref}} + P_{\text{exh}} = H_g + \Delta H_{\text{ref}} + P_{\text{exh}}$$

- H_g : la hauteur géométrique.
- ΔH_{asp} : pertes de charge à l'aspiration. (La hauteur d'aspiration est considérée nulle si on va utiliser une pompe immergée)
- ΔH_{ref} : pertes de charge au refoulement.
- P_{exh} : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie du collecteur). $P_{\text{exh}} = (1,0 \div 1,5)$ m.

On prend $P_{\text{exh}} = 1$ m.

5.6.6. Puissance absorbée par la pompe

C'est la puissance fournie à pompe, définie comme suit :

$$P = \frac{g \times Q \times HMT}{\eta}$$

- η : rendement de la pompe en (%) ($\eta = 77.5\%$).
- Q : débit refoulé par la pompe en (m^3/s).
- G : pesanteur ($9.81 m/s^2$).

5.6.7. Energie consommée par la pompe

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

- T : c'est le temps de pompage par jour (en heure). Dans notre cas $t = 20h$.
- P : puissance de la pompe (en kW).

5.6.8. Frais d'exploitation

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

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

- E : énergie consommée par la pompe (en kWh).
- e : prix unitaire d'un kWh imposé par la SONEGAS ($e = 4,67Da$).

5.6.9. Frais d'amortissement

Les frais d'amortissement sont donnés par la formule suivante :

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

- P_{rc} : prix de la conduite (en DA).
- A : Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

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

- i : Taux d'annuité annuel ($i = 8 \%$).
- n : nombre d'années d'amortissement ($n = 30$ ans)

A.N:

$$A = \frac{0.08}{(0.08 + 1)^{30} - 1} + 0.08 = 0.0888$$

5.6.10. Détermination du diamètre économique de la conduite de refoulement

5.6.10.1. Refoulement du forage 1 vers le réservoir

- $Q_{F1} = 18$ l/s (débit d'exploitation).
- $L_1 = 726.28$ m.
- $H_g = 50 - 6 = 44$ m.
- $D_{F1} = \sqrt{Q_1} = \sqrt{0.018} = 0.134$ m = 134 mm

5.6.10.2. Refoulement du forage 2 vers le réservoir :

- $Q_{F2} = 15$ l/s (débit d'exploitation).
- $L_2 = 891.12$ m.
- $H_g = 50 - 8 = 42$ m.
- $D_{F2} = \sqrt{Q} = \sqrt{0.015} = 0.122$ m = 122 m.

5.6.10.3. Bilan des frais d'amortissement et d'exploitation

Pertes de charge

Tableau 5.3 : Calcul des pertes de charge de la conduite de refoulement F1 – Rés 1

Forage 1								
Diamètre (mm)	L (m)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Λ	ΔH_{lin}	ΔH_{lin}	Hg (m)	HMT (m)
110	726.28	18	1.89	0.0028001	3.37	3.71	44	47.71
125	726.28	18	1.47	0.0025007	1.61	1.77	44	45.77
160	726.28	18	0.90	0.0020437	0.38	0.42	44	44.42

Tableau 5.4 : Calcul des pertes de charge de la conduite de refoulement F2 – Rés 2

Forage 2								
Diamètre (mm)	L(m)	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	Λ	ΔHl (m)	ΔHT(m)	Hg (m)	HMT(m)
110	891.12	15	1.58	0.0028001	2.89	3.18	42	45.18
125	891.12	15	1.22	0.0025007	1.35	1.49	42	43.49
160	891.12	15	0.74	0.0020437	0.43	0.47	42	42.47

Frais d'exploitation**Tableau 5.5** : Calcul des frais d'exploitation de la pompe F1 – Rés1

Forage 1						
Diamètre (mm)	Q (m³/h)	HMT (m)	Puissance (kW)	E annuel (kW)	Prix unitaire (Da)	Frais d'exploitation (Da)
110	64.8	47.71	10.87	87 286.1	4.472	390 343.4
125	64.8	45.77	10.42	83 672.6	4.472	374 183.9
160	64.8	44.42	10.12	81 263.6	4.472	363 410.8

Tableau 5.6 : Calcul des frais d'exploitation de la pompe F2 – Rés2

Forage 2						
Diamètre (mm)	Q (m³/h)	HMT (m)	Puissance (kW)	E annuel (kW)	Prix unitaire (Da)	Frais d'exploitation (Da)
110	54	45.18	8.58	68 897.4	4.472	308 384.8
125	54	43.49	8.28	66 488.4	4.472	297 602.1
160	54	42.47	8.06	6 4721.8	4.472	289 694.8

Frais d'amortissement

Tableau 5.7 : Calcul des frais d'investissement de la conduite F1 – Rés1

Forage 1					
Diamètre (mm)	Prix du ml (TTC) (DA)	L (m)	Prix total (DA)	Annuité	Frais amortissement (Da)
110	948.86	726.28	689 138	0.0888	61 195.45
125	1 202.75	726.28	873 533.3	0.0888	77 569.76
160	1 947.69	726.28	1 414 568	0.0888	125 613.60

Tableau 5.8 : Calcul des frais d'investissement de la conduite F2 – Rés2

Forage 2					
Diamètre (mm)	Prix du ml (TTC) (DA)	L (m)	Prix total (DA)	Annuité	Frais amortissement (Da)
110	948.86	891.12	845 548.1	0.0888	75 084.67
125	1 202.75	891.12	1 071 795	0.0888	95 175.4
160	1 947.69	891.12	1 735 626	0.0888	154 123.6

Tableau 5.9 : Bilan des frais

Forage 1			
Diamètre	Frais d'exploitation	Frais d'amortissement	Total
110	390 343,4	61 195,45	451 538,9
125	374 183,9	77 569,76	451 753,7
160	363 410,8	125 613,6	489 024,4
Forage 2			
Diamètre	Frais d'exploitation	Frais d'amortissement	Total
110	308 384,8	75 084,67	383 469,5
125	297 602,1	95 175,4	392 777,5
160	289 694,8	154 123,6	443 818,4

D'après le bilan, on remarque que le diamètre économique pour le forage 01 est de 125 mm et pour le forage 02 un diamètre économique est de 110 mm

5.7. Dimensionnement du Réservoir de stockage

Le volume de réservoir correspondra au volume d'eau correspondant à la tranche la plus exigeante. L'irrigation se fera après remplissage du réservoir, donc à chaque fois une tranche est irriguée on pompe l'eau du forage pour remplir le réservoir puis on irrigue la tranche suivante. [1]

Le volume du réservoir est estimé comme suit :

$$V = Q_c \times T_{nf}$$

Avec :

- V : Volume d'eau d'irrigation (m³).
- Q_c : débit caractéristique (m³/h).
- T_{nf} : temps de non fonctionnement pris égal à 2 heures.

Alors :

$$V = Q_c \times T_{nf} = 206.64 \times 2 = 413.28 \text{ m}^3$$

On prend un volume de réservoir : **V= 450 m³**.

Vu le volume de régulation nous optons pour un bassin cylindrique.

$$V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times H$$

Avec :

- D : diamètre du réservoir D = 12 m.
- H : Hauteur du réservoir H = 4

5.8. Partie II : Du bassin de stockage vers la station de tête

5.8.1. Diamètre économique

C'est une adduction où l'écoulement se fait gravitairement. On rencontre ce type dans le cas où la source se situe à une cote supérieure à la cote piézométrique de l'ouvrage d'arrivée. Premièrement, on déduit le diamètre économique calculé de la conduite gravitaire par la formule de LABYE :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{adm}}}$$

Avec :

- Q : débit exprimé en m³/s.
- D : diamètre exprimé en m.
- V : vitesse admissible de l'ordre de 1.5 m/s.

5.8.2. Vitesses admissibles

La fixation d'un seuil minimum de vitesse admissible dans les conduites, ne correspond pas véritablement à un impératif technique et n'a pour objectif, que l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum envisagé, pour transiter un débit donné. Ceci nous permettra d'accélérer le calcul d'optimisation. [1]

Le choix du diamètre de la conduite est effectué de façon à ce que la vitesse d'écoulement dans la canalisation soit admissible et comprise entre la vitesse minimum et la vitesse maximum, et cela, afin de ne pas provoquer certaine contrainte d'ordre technique : risque de coups de bélier violents lors des changements brusques du régime d'écoulement ou difficulté d'alimenter correctement les points à desservir.

Tableau 5.10 : Seuil des vitesses admissibles en fonction des diamètres dans les conduites gravitaires

Diamètres (mm)	100	125	150	200	250	300	350	400	500
V _{min} (m/s)	0.20	0.25	0.25	0.35	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50
V _{max} (m/s)	1.80	1.85	1.95	2.00					

Nous choisissons une vitesse moyenne de **1.5 m/s**, admissible pour tous les diamètres.

Après avoir déterminé le diamètre calculé on choisit un diamètre normalisé ou commercialisé (qui diffère généralement de celui calculé) : $D_{NOR} \geq D_{CAL}$

5.8.3. Estimation des pertes de charge

La formule la plus utilisé pour le calcul de la perte de charge pour un écoulement dans une conduite gravitaire est celle de LECHAPT et CALMON, qui est donnée par la formule suivante :

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

Avec :

- J : Perte de charge unitaire en (m/km).
- Q : Débit de la conduite en (m³/s).
- D : Diamètre de la conduite en (m).
- M, L et N : Constantes dépendantes de la rugosité absolue des canalisations.

Tableau 5.11 : Paramètres de pertes de charge de la loi de LECHAPT – CALMON

Ks (mm)	L	M	N
0.1	1,15	1,89	5,01
0.5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

Paramètres choisis (PEHD) : K = 0.1 mm, alors :

- L = 1.15
- M = 1.89
- N = 5.01

Généralement les pertes de charges singulières dans un réseau représentent environ 10 % des pertes linéaires des conduites d'adduction :

$$\Delta H = J \times L$$

Les calculs hydrauliques sont détaillés dans les tableaux qui suivra après.

5.8.4. Calcul de pression aux bornes et nœuds

La pression au point X est donnée par la relation :

$$P = H - \Delta H - Z$$

- H : La charge totale.
- ΔH : La somme des pertes de charge en amont de point X.
- Z : L'altitude de point X.

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau qui suivra après.

5.8.5. Choix du type de matériau

Il n'existe pas de matériels présentant tous les avantages. Le choix des tuyaux sera donc un compromis accepté par l'agriculteur en fonction de ses contraintes d'investissement, de temps, économiques.

5.8.5.1. La fonte ductile

Les tuyaux en fonte ductile sont les plus résistants, utilisés lorsque les pressions d'utilisation sont élevées (16 bars et plus), un produit de métallurgie avancé.

La fonte ductile offre la marge de sécurité la plus élevée possible contre les pannes de service dues au mouvement du sol et aux contraintes de poutre. Virtuellement incassable dans un service utilitaire ordinaire, elle offre aussi une résistance accrue au bris causé par une manipulation rude lors de l'expédition et de l'installation. La résistance à la corrosion du tuyau en fonte ductile a été éprouvée dans tout un éventail de tests accélérés et s'est avérée au moins aussi bonne que celle de la fonte grise.

Tableau 5.12 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en fonte ductile

(Source : Groupe CHIALI)

Diamètres (mm)	80 – 100 – 125 – 150 – 200 – 250 – 300 – 350 – 400 – 450 – 500 – 600 – 700 – 800-900-1000
Longueur (m)	0.5 à 6
PN (bars)	10 – 16 - 25
Branchement	Soudure ou raccords
Durée de vie estimée	100s

5.8.5.2. Conduite en PRV

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

5.8.5.3. Le plastique

Les tuyaux en plastique bien que moins résistants mécaniquement que tuyaux métalliques sont très employés en irrigation pour des pressions d'utilisation allant jusqu'à 16 bars. Quatre qualités principales distinguent ce tuyau des tuyaux métalliques :

- Légèreté (densité spécifique entre 0,9 et 1,4).
- Grande résistance aux corrosions de l'air et de l'eau.

- Grand pouvoir isolant électrique et thermique.
- Facilité de les coller à froid ou de les souder à basse température.

Dans l'irrigation on utilise principalement deux matières plastiques : le **chlorure polyvinyle (PVC)** (polymère du chlorure de vinyle $H_2C = CHCl$), et le **polyéthylène (PE)** qui selon le procédé de polymérisation de l'éthylène ($H_2C = CH_2$) a une densité spécifique dite basse (**PEBD**), autour de 0,93, ou une densité dite haute (**PEHD**) autour de 0,99.

Les canalisations en PVC sont assez rigides à l'inverse des canalisations en PE. Les tuyaux en PE à basse densité (PEBD), souples, permettent leur enroulement. Les tuyaux en PE à haute densité (PEHD), ont une plus grande rigidité et une meilleure résistance à la chaleur que les précédents et leur utilisation est en nette progression.

Tableau 5.13 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PVC

(Source : Groupe CHIALI)

Diamètres (mm)	20 – 40 – 50 – 63 – 75 – 90 – 110 – 125 – 160 – 200 – 250 – 315 – 400 – 500-630
Longueur (m)	6
PN (bars)	6 - 10 – 16
Branchement	Soudure à la colle ou raccords à pression par joints caoutchouc
Durée de vie estimée	50 ans

Tableau 5.14 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PEHD

(Source : Groupe CHIALI)

Diamètres (mm)	63 – 75 – 90 – 110 – 125 – 160 – 200 – 250 – 315 – 400-500-630
Longueur (m)	Couronne de 100 m pour DN 20 à 63 mm Couronne de 50 m pour DN 75- 90 - 110mm Barre droite de 12 m à partir du DN 125 mm
PN (bars)	10 – 16
Branchement	Soudure à basse température ou raccords
Durée de vie estimée	50 ans

Tableau 5.15 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PEBD

(Source : Groupe CHIALI)

Diamètres (mm)	16 – 20 – 32 – 40 – 50 – 63 – 90 - 110
Longueur (m)	Couronne de 100 mètres
PN (bars)	4
Branchement	Soudure à basse température ou raccords
Durée de vie estimée	50 ans

Dans notre étude, nous utiliserons les conduites en PEHD grâce à :

- Ils supportent des pressions élevées.
- Une résistance aux contraintes (choc, écrasement, déplacement du terrain).
- Ils offrent une bonne flexibilité.
- Disponibilité sur le marché.

5.8.5.4. Points spéciaux d'une conduite

Les points spéciaux d'une conduite sont :

- Les points hauts : où seront installées des ventouses trifonctionnelles d'entrée et de purge d'air.
- Les points bas : où dans quelques-uns, seront installés des dérivations pour le vidage exceptionnel de la conduite.
- Les dérivations vers les branches.
- Les sectionnements intermédiaires.

Les calculs sont détaillés dans les tableaux ci-après :

Tableau 5.16 : Calcul hydraulique du réseau de distribution

Tronçon	Longueur (m)	Débit (m ³ /s)	DCAL (mm)	DNOR (mm)	VCAL (m/s)	Matériau utilisé	Perte de charge (m/m)	Cote du terrain (m)	Cote piézo (m)	Pression (m)
RES – ST	331.56	0.172	382.1	400	1.368	PEHD	1.484	14.856	57.461	42.605
ST – N01	137.57	0.172	382.1	400	1.368	PEHD	0.616	8.311	56.845	48.534
N01 – B18	63.08	0.009776	91.09	110	1.028	PEHD	1.161	8.595	55.684	47.089
N01 – N02	260.41	0.162228	371.08	400	1.298	PEHD	1.043	8.113	54.641	46.528
N02 - B17	84.76	0.012760	104.07	125	1.039	PEHD	0.943	7.845	53.698	45.853
N02 – N03	372.46	0.149468	356.19	400	1.189	PEHD	1.279	5.922	52.419	46.497
N03 – N04	147.59	0.023999	142.73	200	0.764	PEHD	0.514	6.024	51.905	45.881
N04 – B13	51.30	0.006222	72.67	90	0.978	PEHD	0.762	5.308	51.143	45.835
N04 – B15	51.66	0.005936	70.98	90	0.933	PEHD	0.702	8.184	50.441	42.257
N04 – N05	249.93	0.011841	100.26	125	0.965	PEHD	2.416	7.022	48.025	41.003
N05 – B14	49.14	0.006109	72.01	90	0.960	PEHD	0.818	7.976	47.207	39.231
N05 – B16	53.82	0.005732	69.75	75	1.297	PEHD	1.707	7.638	45.5	37.862
N03 – N06	479.79	0.122550	322.53	400	0.975	PEHD	1.132	5.88	44.368	38.488
N06 – N07	167.26	0.057527	220.98	250	1.172	PEHD	0.995	5.616	43.373	37.757
N07 – B7	76.13	0.011536	98.96	125	0.940	PEHD	0.701	4.225	42.672	38.447
N07 – B10	67.85	0.007935	82.07	110	0.835	PEHD	0.584	4.508	42.088	37.58
N07 – N08	303.25	0.038056	179.73	250	0.775	PEHD	0.826	6.851	41.262	34.411

N08 – B8	74.36	0.010802	95.76	110	1.136	PEHD	1.146	7.153	40.116	32.963
N08 – B11	69.76	0.008364	84.26	110	0.880	PEHD	0.663	5.987	39.453	33.466
N08 – N09	490.94	0.018890	126.63	160	1.539	PEHD	3.331	5.951	36.122	30.171
N09 – B9	67.07	0.009914	91.74	110	1.043	PEHD	0.879	5.856	35.243	29.387
N09 – B12	89.58	0.008976	87.29	110	0.944	PEHD	0.973	5.967	34.27	28.303
N06 – N10	663.24	0.065023	234.93	315	0.834	PEHD	1.563	4.452	32.707	28.255
N10 – N11	170.85	0.065023	234.93	250	1.324	PEHD	1.281	4.194	31.426	27.232
N11 – B1	74.36	0.012423	102.69	125	1.013	PEHD	0.787	3.98	30.639	26.659
N11 – B4	82.85	0.010271	93.37	110	1.081	PEHD	1.161	3.461	29.478	26.017
N11 – N12	357.72	0.042329	189.55	250	0.862	PEHD	1.192	3.619	28.286	24.667
N12 – B2	66.14	0.012954	104.86	125	1.055	PEHD	0.757	5.313	27.529	22.216
N12 – B5	90.08	0.011393	98.34	110	1.198	PEHD	1.536	6.955	25.993	19.038
N12 – N13	378.29	0.017982	123.55	200	0.572	PEHD	0.764	5.569	23.655	18.086
N13 – B3	69.48	0.011444	98.56	125	0.932	PEHD	0.629	6.858	23.026	16.168
N13 – B6	87.56	0.006538	74.49	110	0.688	PEHD	0.522	4.938	22.504	17.566

5.9. Conclusion

A partir de ce chapitre on a proposé une variante plus classique pour projeter notre réseau d'adduction et de distribution, cette variante consiste de la projection d'une conduite maîtresse (primaire) enterrée, de différents diamètres, et comme matériau on a proposé le PEHD.

On a aussi proposé 18 bornes d'irrigation et robinets vannes sous regards au niveau des ilots, avec une superficie totale de 168 ha.

Le calcul de perte de charge est fait par la formule de LECHAPT et CALMON pour des conduites en PEHD.

Finalement, on a déterminé les pressions au niveau de chaque borne et nœud à l'aide de la formule de BERNOULLI.

Chapitre VI

6. Techniques d'Irrigation

6.1. Introduction

L'irrigation est une opération qui consiste à apporter de l'eau à des végétaux cultivés pour augmenter leurs rendements, et permettre leur développement optimal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides.

6.2. Généralités sur les techniques d'irrigation :

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de rafraîchir le sol et l'atmosphère, par ce moyen réaliser les conditions les plus favorables pour la croissance des plantes. Mais quel que soit l'origine de l'eau (cours d'eau naturel, nappe souterraine, eau de barrage) et son mode de transport (canaux, conduite sous pression), le problème qui se pose est comment répartir cette eau sur le sol de façon que les plantes en tirent le maximum de profit.

Cependant le moyen de répartition de l'eau sur le sol ne doit pas toujours répondre à ce critère d'une production maximale, donc on doit essentiellement envisager un choix minutieusement détaillé du mode d'irrigation et de la technique d'arrosage et compatibilité avec les contraintes de la région d'étude. [4]

6.3. Techniques d'arrosages

Selon le caractère de l'exécution de l'arrosage, on distingue :

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

6.4. Choix de la technique

Le choix de l'un ou de l'autre de ces procédés doit se faire sur la base d'une analyse bien détaillée de ces différents modes et leur degré de compatibilité avec les contraintes de la région considérée du point de vue agronomique, naturel, technique et socio-économique. [4]

6.4.1. Selon les contraintes agronomiques

Chez les plantes, comme chez tous les organismes vivants, la vie se traduit par un certain nombre de phénomènes qui concourent à leur évolution et à leur développement.

Parmi ceux-ci nous retiendrons la respiration, la transpiration et la nutrition, phénomènes qui constituent tout un échange entre la plante et le milieu extérieur (sol et atmosphère) et qui ont tous besoin d'eau pour se développer.

Mais la plante ne trouve pas dans l'atmosphère tous les éléments dont elle a besoin pour vivre, c'est dans le sol qu'elle va puiser les éléments minéraux et l'eau, grâce auxquels elle va construire avec le carbone et l'oxygène, ses tissus.

De ce petit rappel, notre travail en tant qu'irriguant sera de trouver la meilleure façon avec laquelle, on doit apporter et satisfaire les exigences des plantes en eau. [4]

Contraintes agronomiques

Ce sont des contraintes liées aux rapports sol, plante et eau, plante et risques sanitaires. La plupart des plantes sont sensibles à l'asphyxie du sol et à la stagnation de l'eau, qui peuvent favoriser le développement de certaines maladies. Les eaux d'irrigation peuvent aussi si elles sont concentrées en chlore et en sodium entraîner des risques sanitaires aux plantes [4]. En agronomie, on distingue deux grandes catégories de cultures :

- Cultures pérennes : l'arboriculture, luzerne et autres.
- Cultures non pérennes (saisonniers) :
- Cultures couvrantes : céréale, fourragères.
- Cultures maraîchères.
- **Cultures pérennes** : Suivant les contraintes agronomiques citées ci-dessus les procédés d'irrigation qu'on peut adapter sont :
 - L'irrigation gravitaire.
 - L'irrigation par aspersion.
 - L'irrigation localisée.
- **Cultures couvrantes** :
 - L'irrigation gravitaire (par planche de ruissellement ou par submersion).
 - L'aspersion très adaptée.
- **Cultures maraîchères** :
 - L'irrigation de surface (par rigole, par planche) ;
 - L'irrigation par aspersion.
 - L'irrigation localisée.

- **Cultures saisonnières** : Suivant les contraintes agronomiques citées ci-dessus les procédés d'irrigation qu'on peut adapter sont :
 - L'irrigation gravitaire.
 - L'aspersion.
 - L'irrigation localisée.
- **Cultures couvrantes** :
 - L'irrigation gravitaire (par planche de ruissellement ou par submersion).
 - L'aspersion très adaptée.
- **Cultures maraîchères** :
 - L'irrigation par aspersion.
 - L'irrigation localisée.

6.4.2. Selon les contraintes naturelles

6.4.2.1. Climat

Le climat est un des facteurs les plus importants et qui nécessite une analyse bien détaillée, dans notre analyse nous retiendrons l'évaporation et le vent. [4]

- **L'évaporation** : L'évaporation représente une contrainte très importante par le fait qu'elle entraîne des pertes d'eau importantes surtout sur les planches de ruissellement, ainsi que pour l'aspersion sur frondaison et cela est dû à la longue portée du jet d'eau.
- **Le vent** : Le vent représente aussi une contrainte importante. Il favorise surtout l'irrigation de surface ou par gravite, par contre il est un facteur limitant pour l'irrigation par aspersion, c'est-à-dire que si la portée du jet d'eau est importante, la répartition de cette eau sur la surface du sol sera non uniforme. La lutte contre ce phénomène peut se faire par l'aménagement de brise-vent. [4]

6.4.2.2. Sol

Le sol est un élément intermédiaire entre la plante et l'eau, cependant le sol est un facteur qui représente une contrainte très importante qu'on doit prendre en considération pendant le choix du mode d'irrigation. Le plus important de cette contrainte, la texture du sol et sa perméabilité dans un sol à texture fine où la perméabilité est faible.

L'irrigation par gravité est utilisée avec précaution afin d'éviter l'asphyxie du sol, par contre dans le cas de l'irrigation par aspersion elle est plus adaptée seulement il faut que l'intensité de pluie soit inférieure à la vitesse d'écoulement dans le sol (perméabilité). [4]

6.4.2.3. Topographie

La topographie représente aussi une contrainte importante parmi les contraintes naturelles. Elle est caractérisée par la pente du terrain. Un terrain à faible pente est caractérisé par une faible vitesse d'écoulement soit dans les canaux, soit dans les rigoles ce qui provoque la poussée des mauvaises herbes.

Donc il n'est pas nécessaire d'envisager l'irrigation de surface. Si la pente est très forte un problème d'érosion peut se poser, d'où dans deux cas l'irrigation par aspersion et par goutte à goutte qui sont adaptées. [4]

6.4.2.4. Transport solide des eaux

- Eau chargée : Les matières en suspension peuvent colmater les orifices des asperseurs et des goutteurs, ce qui rend obligatoire d'implanter des stations de filtration. Donc dans ce cas on a le choix d'utiliser l'irrigation gravitaire.
- Eau non chargée : Dans ce cas on peut utiliser le mode d'irrigation par aspersion et par goutte à goutte sans craindre le risque de colmatage, aussi on peut adapter l'irrigation par gravité.

6.4.2.5. Qualité chimique des eaux

Eau salée : Le sel peut avoir un effet néfaste sur le matériel utilisé pour l'arrosage (conduite, asperseur, goutteurs). On utilise soit l'irrigation de surface ou l'irrigation localisée, qui permettent d'avoir une répartition linéaire de sels et éviter le contact de l'eau avec les feuilles.

Eau non salée : Quand la qualité des eaux d'irrigation est bonne, l'irrigation par aspersion est adaptée sans risque, comme on peut envisager les autres modes d'irrigation. [4]

6.4.3. Selon les contraintes techniques et socio-économiques

6.4.3.1. Contraintes techniques : Il s'agit :

- Des dimensions et configurations des parcelles qui doivent correspondre aux paramètres linéaires de la technique d'arrosage.
- De la mise en œuvre et de l'entretien du système d'irrigation.
- Fiabilité du matériel utilisé.
- Possibilité d'automatisation du système d'arrosage.

6.4.3.2. Contraintes socio-économiques :

- Economie d'eau.
- Existence ou non d'une main d'œuvre qualifiée.
- Possibilité de créer des emplois.

6.5. Mode d'arrosage

6.5.1. Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est une technique relativement récente qui consiste à reproduire sur le sol le phénomène naturel de la pluie, avec toute fois le contrôle de l'intensité et de la hauteur de l'averse.

6.5.1.1. Avantages

- Applicable dans la plupart des cultures et terrains.
- Moins de main d'œuvre nécessaire par rapport aux autres modes d'irrigation.
- Ne nécessite en aucune manière le nivellement préalable des sols.
- Peut être employée quelle que soit la nature du sol arrosé.
- Elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie.
- Elle réalise une importante économie d'eau.
- Elle assure une bonne homogénéité de la répartition des apports.
- Possibilité de réaliser des installations mobiles, susceptibles d'être déplacées suivant la nature des cultures, ce qui facilite les rotations culturales.

6.5.1.2. Inconvénients

- Cout d'installation et d'entretien plus élevé par rapport aux autres modes d'irrigation.
- Moins adaptée à l'eau saline.
- Elle favorise l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont plus fines et l'air plus sec.
- Difficultés d'utilisation et efficacité réduite en régions ventées.
- Obligation de multiplier les traitements phytosanitaires en raison du lavage des appareils foliaires.
- Mouillage des feuilles favorisant les maladies cryptogamiques chez certaines espèces végétales.
- Mauvaise adaptation aux sols battants, susceptibles de tassement superficiel sous l'impact des gouttes d'eau.
- Possibilités réduites pour l'arrosage avec des eaux résiduaires (formation d'aérosols).
- Déplacement du matériel difficile dans les zones à cultures hautes.

6.5.2. Irrigation localisée (goutte à goutte)

En irrigation localisée, l'eau est transportée le long des rangs de culture et distribuée au voisinage des plantes.

6.5.2.1. Avantage

- Economie d'eau.
- Réduction des adventices (mauvaises herbes).
- Contrôle de la fertilisation.
- Possibilité d'automatiser.
- Meilleure tolérance des cultures aux eaux salées.
- Très faibles besoins de main-d'œuvre.
- Raccourcit le cycle végétatif de la culture.

6.5.2.2. Inconvénients

- Coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée.
- Exige un haut degré de compétence à tous les niveaux : études préliminaires agro pédologique, conception de l'installation, conduite des arrosages par l'irrigant.
- Nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à une éventuelle interruption des arrosages.
- Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation.
- Fonctionne avec du matériel délicat à durée de vie relativement faible.

6.6. Discussion

En tenant compte des conditions climatiques de la région d'étude, de la nature du sol et l'aptitude culturale on peut choisir entre l'irrigation par aspersion ou par le goutte à goutte mais on opte pour l'irrigation goutte à goutte.

6.7. Installation goutte à goutte

6.7.1. Composition d'une installation goutte à goutte

6.7.1.1. Point de fourniture d'eau

Une crépine filtrante peut être nécessaire si la ressource en eau, constituée par un petit barrage (lac collinaire) ou un cours d'eau, contient de la matière organique ou des particules en suspension, mais non si elle est relativement propre (VESCHAMBRE & VAYSSE - 1980).

6.7.1.2. L'unité de tête

Cette unité est reliée au point de fourniture d'eau elle permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y introduire des éléments fertilisants. Parfois, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des porte-rampes ou même des rampes. Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais solubles, azote en particulier : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie. [4]

6.7.1.3. Conduites et rampes

- **La conduite principale** : C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les divers porte-rampes. Elle peut être en amiante ciment, en PVC rigide ou en acier galvanisé comme en irrigation par aspersion. Pour les petites installations, du polyéthylène haute densité peut également être utilisé.
- **Le porte-rampes** : C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).
- **Les rampes** : Ce sont les conduites qui généralement en PEBD (polyéthylène basse densité), et sont équipés de distributeurs. Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé.
- **Les distributeurs** : Les distributeurs constituent la partie essentielle de l'installation. C'est à partir d'eux que l'eau sort, à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers (quelques l/h). Il existe de nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques dizaines de l/h).
- **Différents types de distributeurs**
 - **Goutteurs** : les plus utilisés ont des débits de 2l/h pour les cultures maraîchères et de 4l/h pour les cultures pérennes. Ils sont placés en dérivation, en ligne ou intégrés dans les rampes.
 - **Gaines** : destinée aux cultures maraîchères, peut être utilisée pour les vergers, elles assurent conjointement un rôle de transport et de distributeur.
 - **Tubes poreux** : la paroi à structure poreuse laisse passer l'eau, ils sont généralement enterrés.
 - **Mini diffuseurs** : ils sont toujours placés en dérivation, fixés directement sur la rampe, fonctionnent comme de petits asperseurs statiques ne couvrant qu'une partie de la surface du sol au voisinage des cultures.

6.8. Choix des équipements

6.8.1. Qualité de l'eau

C'est un élément essentiel dont vont dépendre les risques de colmatage des distributeurs. Les eaux de mauvaise qualité (trop chargées) sont généralement des eaux de surface (rivière, canaux lacs, bassins) riches en impuretés sous forme minérale ou organique. [4]

Si les éléments les plus gros sont retenus par une filtration efficace, les éléments très fins par contre traversent les filtres et se déposent à l'intérieur des distributeurs entraînant peu à peu une diminution de leur débit. Dans ce cas, on utilisera essentiellement des goutteurs en ligne à cheminement long non uniforme, ayant un débit de 4 l/h.

6.8.2. Nature du sol

La nature du sol permet de choisir entre mini diffuseurs et goutteurs. Dans certains sols très filtrants, sableux ou caillouteux comportant une nature grossière, pour lesquels la diffusion latérale de l'eau est faible, ainsi que dans certains sols argileux comportant des argiles gonflantes dont la dessiccation entraîne la formation de fentes retraites. Pour tous les autres types de sol, des goutteurs de 2 ou 4lh conviennent, d'autant que les investissements nécessaires sont dans ce cas plus faibles. [4]

6.8.3. Nature des cultures

Pour les cultures pérennes, telles que les arbres fruitiers, vignes, ou l'installation est fixe les distributeurs en ligne ou en dérivation sur la rampe peuvent être envisagés. Par contre, dans le cas des cultures annuelles ou les rampes doivent être enroulées ou déroulées lors de la mise en place de la culture et pour la récolte, on évitera les goutteurs en dérivation faisant saillie sur la rampe, au bénéfice des goutteurs en ligne, des goutteurs intégrés dans la rampe, des gaines souples. [4]

6.9. Dimensionnement du réseau de distribution

La présente partie concerne le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée (le système goutte à goutte), dont les principales caractéristiques ont été définies précédemment. Pour ce projet, nous avons choisi d'étudier la culture de la tomate qui connaissent un engouement dans la région de Jijel, et cela vu les qualités agronomiques et commerciales de cette culture.

6.9.1. Données générales

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail.

Le réseau d'irrigation sera installé sur la parcelle I17a alimentée par la borne n° 17 (borne type B à 04 prise) et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 4.5 bars, ce qui est largement suffisant.

La surface de l'exploitation est de 3.69 hectares.

Culture : Tomate :

- Espacement entre arbres : 1 m.
- Espacements entre rangs : 1 m.
- Besoins de pointe 165.6 mm

Caractéristique du goutteur :

- Débit nominal : 4l/h.
- Pression nominale : 10 M.C.E.
- Espacement des goutteurs : 1 m.
- Le nombre de goutteurs par arbre : 1

6.9.2. Besoins journaliers

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite (Ollier & Poirée, 1981). On applique alors à l'ETM un coefficient de réduction : K_r .

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

- KELLER et KARMELI (1974) : $K_r = C_s/0.85$
- La formule de FREEMAN et GARZOLI : $K_r = C_s + 0.5(1 - C_s)$
- La formule de DECROIX (CTGREF) : $K_r = 0.1 + C_s$

Pour notre cas, on considère un taux de couverture égal à 60 % (pour les arbres adultes) donc :

- $K_r = 0.71$ selon KELLER et KARMELI.
- $K_r = 0.80$ selon FREEMAN et GARZOLI.
- $K_r = 0.70$ selon DECROIX (CTGREF).

On prendra un coefficient $K_r = 0.80$

$$B_j = B \times K_r$$

- B : besoin brut journalier.

Alors :

$$B = 165.6/30 = 5.51 \text{ mm/j}$$

$$B_j = 5.51 \times 0.8 = 4.78 \text{ mm/j}$$

6.9.3. Dose nette (dose pratique)

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La différence par rapport aux autres systèmes (goute à goutte ou par aspersion) est qu'il ne s'agit plus d'humidifier uniformément la totalité du sol sur une même profondeur h : [3]

La dose pratique (nette) qui correspond à la RFU étant calculée comme suit :

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

Tel que :

- H_{cc} : humidité à la capacité au champ (27 %).
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement (13 %).
- Y : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3).
- Z : profondeur d'enracinement en mm (on prend 800 mm).
- D_a : densité apparente du sol ($D_a = 1$).
- P : Pourcentage du sol humidifié, il est calculé comme suit :

$$P\% = \frac{n \times S_{pd} \times S_h}{S_a \times S_r}$$

- n : Nombre de point de distribution par arbre (égal à 1).
- S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (0,5 m).
- S_h : Largeur de la bande humidifiée (0,5 m).
- S_r : Ecartement entre rangs d'arbre (1).
- S_a : espacement des arbres sur les rangs (1)

$$P\% = \frac{1 \times 0.5 \times 0.5}{1 \times 1} = 0.25 = 25\%$$

Donc :

$$D_p = (0.27 - 0.13) \times 2/3 \times 1 \times 800 \times 0.25 = 18.67 \text{ mm}$$

6.9.4. Calcul de la dose brute

$$D_{\text{brute}} = \frac{D_p}{C_u \times \text{Eff}} = \frac{18.67}{0.9 \times 0.9} = 23.04 \text{ mm/mois}$$

- C_u : coefficient d'uniformité. $C_u = 90 \%$.
- Eff : efficacité du réseau d'irrigation. $\text{Eff} = 90 \%$.

6.9.5. Fréquence des arrosages

La fréquence des arrosages se calcule à partir des besoins en eau journaliers de la culture et de la dose nette apportée à chaque arrosage [3]. La fréquence d'arrosage (intervalle entre 2 arrosages) est donnée par la formule suivante :

$$F_r = \frac{D_p}{B_j} = \frac{18.67}{4.78} = 3.91 \text{ jours}$$

Donc on prend un intervalle de 4 jours.

On recalcule la nouvelle dose réelle : $D_r = 4 \times 4.78 = 19.12 \text{ mm}$

Et la dose brute :

$$D_{\text{brute}} = \frac{D_p}{C_u \times \text{Eff}} = \frac{19.12}{0.9 \times 0.9} = 23.61 \text{ mm/mois}$$

6.9.6. Durée d'arrosage par mois

$$\theta = \frac{D_{\text{brute}} \times S_a \times S_r}{n \times q_g} = \frac{23.61 \times 1 \times 1}{1 \times 2} = 11.80 \text{ heures/mois}$$

6.9.7. Durée d'arrosage journalier

$$D_j = \frac{\text{Durée d'arrosage}}{F_r} = \frac{11.80}{4} = 2.95 \text{ heures}$$

6.9.8. Nombre de poste

Le nombre de postes par jour est déterminé comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{22}{2.95} = 7.46 = 7 \text{ postes}$$

6.9.9. Surface du poste

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de postes}} = \frac{3.69}{7} = 0.53 \text{ ha}$$

6.10. Calculs hydrauliques

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

$$\Delta q/q = 10\%$$

La variation maximale de la pression :

$$\frac{\Delta q}{q} = X \times \frac{\Delta H}{H(n)}$$

Telle que :

- q (g) : débit nominal du goutteur.
- $H(n)$: pression nominale.
- X : exposant en fonction du type du matériau de goutteur = 0.5

$$0,1 = 0,5 \times \frac{\Delta H(\max)}{10}$$

$$\Delta H (\max) = 1/0,5 = 2 \text{ M.C.E.}$$

- $\Delta H (\max) = \Delta H_{lin} + \Delta H_{sin}$
- $\Delta H_{lin} = 90\%$.
- $\Delta H (\max) = 1.8\text{m}$
- $\Delta H_{sin} = 10\%$
- $\Delta H (\max) = 0.2\text{m}$

On admit que :

- 1/3 de perte de charge linéaires pour les portes rampes = 0.6 M.C.E.
- 2/3 de perte de charge linéaire pour les rampes = 1.2 M.C.E.

6.10.2. Pour la rampe :

6.10.2.1. Le débit

$$Q_r = Q_g \times N_r$$

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

Avec :

- Q_r : Débit de rampe.
- Q_g : Débit de goutteur.
- $N_{g/r}$: Nombre des goutteurs par rampe.
- N_r : Nombre des rampes.

- Q_{pr} : Débit de porte rampe.

D'où :

- La longueur de la rampe (L_r) : 140 m.
- La longueur de la porte rampe (L_{pr}) : 130 m.
- La longueur de la conduite secondaire (L_s) : 80 m.

6.10.2.2. Le nombre d'arbres par rampe :

$$N_{arbres} = L_r/E_r = 140/1 = 140 \text{ arbres}$$

6.10.2.3. Nombre de goutteurs par rampe :

$$N_g = N_{arbres} \times n = 140 \times 1 = 140 \text{ goutteurs}$$

6.10.2.4. Débit de la rampe :

$$Q_r = N_g \times Q_g = 140 \times 4 = 560 \text{ l/h}$$

6.10.2.5. Diamètre de la rampe

Le diamètre de rampes est calculé d'après la formule suivante :

$$\phi_r(\text{cal}) = \left(\frac{P_{dc}(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right)^{-\frac{1}{4.75}}$$

$Q(r) = 560 \text{ l/h}$ et $P_{dc}(r) = 1.2 \text{ m}$

$$\phi_r(\text{cal}) = \left(\frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 560^{1.75} \times 120} \right)^{-\frac{1}{4.75}} = 18.77 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé de 20 mm

6.10.2.6. Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, on applique la formule de « Tison », La perte de charge unitaire :

$$i = \frac{0.478}{2.75} \times D^{-4.75} \times Q^{1.75}$$

La perte de charge le long de la conduite :

$$J = \frac{L}{2.75} \times i$$

Avec :

- L : la longueur de la conduite. $L = 120 \text{ m}$
- Q : débit (m^3/s). $Q = 0.00015 \text{ m}^3/\text{s}$
- D : diamètre intérieur de la canalisation (m). $D = 0.02 \text{ m}$

$J = 0.834 < 1.2$ (vérifiée)

6.10.3. Pour la porte-rampes :

6.10.3.1. Le débit

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

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r = 560 \times 130 = 72800 \text{ l/h}$$

6.10.3.2. Diamètre de la porte-rampes

Le diamètre de rampes est calculé d'après la formule suivante :

$$\varnothing_{pr(cal)} = \left(\frac{Pdc(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(pr)^{1.75} \times L(pr)} \right)^{-\frac{1}{4.75}}$$

$Q(pr) = 560 \text{ l/h}$ - $Pdc(pr) = 0.6 \text{ m}$

$$\varnothing_{pr(cal)} = \left(\frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 72800^{1.75} \times 130} \right)^{-\frac{1}{4.75}} = 132.76 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé de 160 mm

6.10.3.3. Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, on applique la formule de « Tison », La perte de charge unitaire :

$$i = \frac{0.478}{2.75} \times D^{-4.75} \times Q^{1.75}$$

La perte de charge le long de la conduite :

$$J = \frac{L}{2.75} \times i$$

Avec :

- L : la longueur de la conduite. $L = 130 \text{ m}$
- Q : débit (m^3/s). $Q = 0.0202 \text{ m}^3/\text{s}$
- D : diamètre intérieur de la canalisation (m). $D = 0.16 \text{ m}$

$J = 0.247 < 0.6$ (vérifiée)

6.10.4. Calcul des diamètres de la conduite tertiaire

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.05m/s, tel que :

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

Avec :

- Q : débit de la conduite considérée (m³/s).
- V : vitesse d'écoulement (m/s).

6.10.5. Débit de la conduite tertiaire

Etant donné que nous avons 1 porte rampe :

$$Q_{ct} = Q_{pr} \times N_{pr} = 72800 \times 1 = 72800 \text{ l/h}$$

Diamètre :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.0202}{\pi \times 1.05}} = 156.5 \text{ mm}$$

On prend : $D_{cs} = 160 \text{ mm}$

6.10.6. La pression d'eau à la borne de distribution

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution a la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 m.c.e) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au gouteur le plus défavorable (éloigné ou élevé). [3]

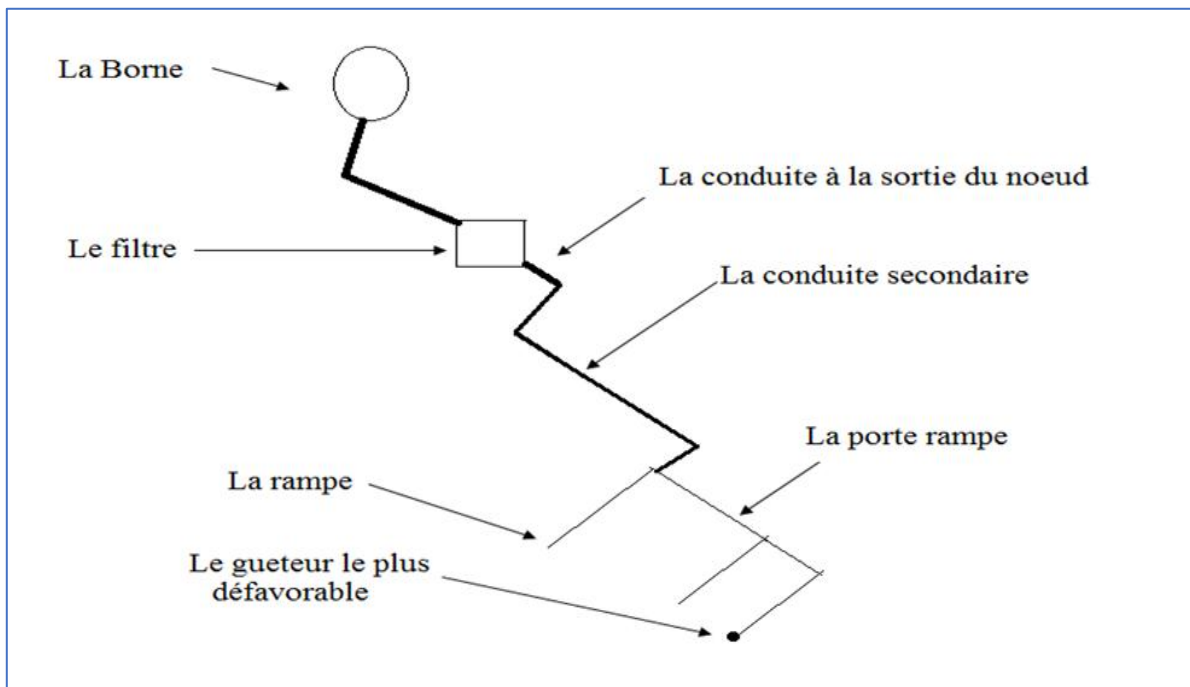


Figure 6.1 : Schéma explicatif du réseau installé

Tableau 6.1 : Tableau récapitulatif des calculs hydrauliques

Conduites	Longueur	Diamètre	Débit	Perte de charge
Rampe	120	20	0.00015	0.834
Porte-rampes	130	160	0.0202	0.247
Conduite tertiaire	80	160	0.0202	0.374

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable. Donc la pression demandée à la borne est égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges :

$$P = 10 + 0.834 + 0.247 + 0.374 = 11.455 \text{ m}$$

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée sont de l'ordre de 1.15 bars, inférieures à 2.5 bars qui est la pression assurée par la borne.

6.11. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte pour économiser l'eau d'irrigation et aussi d'améliorer les rendements des cultures. Le réseau goutte à goutte est dimensionné pour un type de culture (tomate), et ces différentes parties (goutteur, rampe, porte-rampes, conduite secondaire et conduite principale) et on a vérifié que la borne assure la pression nécessaire pour le fonctionnement du réseau.

Chapitre VII

7. Organisation du Chantier

7.1. Introduction

Après l'étude ou l'élaboration d'un tel projet, un aspect économique doit être pris en considération, pour cette raison on doit faire une estimation des frais.

L'étude du devis quantitatif et estimatif nous permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation du projet d'irrigation projeté, ce calcul consiste à déterminer les quantités de tout le matériel ainsi que les différentes opérations à effectuer sur le terrain, et cela par la mise en œuvre des moyens nécessaires pour la réalisation et l'exécution des travaux dans les meilleures conditions et dans les plus brefs délais.

Pour notre projet nous avons les travaux suivants :

- Conduite d'adduction.
- Réseau de distribution.

7.2. Exécution des travaux de pose des canalisations

7.2.1. Exécution des tranchées : C'est une opération de terrassement dépend des caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement (pelle mécanique). La profondeur minimale de la tranchée à excaver est de 1 m, la largeur de la tranchée doit être telle qu'un homme puisse travailler sans difficulté et elle augmente avec les diamètres des conduites à mettre en place. L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successive.

7.2.2. Pose du lit de sable : Le lit de pose a pour fonction première d'assurer une répartition uniforme des charges sur la zone d'appui, il y a donc lieu de poser les tuyaux de manière à ce qu'il n'y ait ni appui linéaire, ni appui ponctuel. Avant la pose des conduites on procède aux opérations suivantes :

- Eliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée.
- Respecter les côtes du profil en long.
- Nivelier soigneusement le fond de la tranchée.
- Etablir une suite le fond de la fouille en confectionnant un lit de pose (Sable).

Dans notre cas on a une épaisseur de 10 cm.

7.2.3. Mise en place des canalisations : La mise en place des conduites répond aux opérations suivantes :

- Les éléments sont posés à partir de l'aval et l'emboîture des tuyaux est dirigée vers l'amont.
- Chaque élément doit être posé avec précaution dans la tranchée et présenté dans l'axe de l'élément précédemment posé.

- Réaliser un fond de fouille bien rectiligne pour que les tuyaux y reposent sur toute leur longueur et éliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée.
- Creuser le fond de fouille à côté de l'emboîtement de façon à éviter que celui-ci ne se pose pas sur le sol.
- Réaliser si possible un appui de manière à ce que le tuyau repose sur un arc égal au moins au quart de sa circonférence extérieure.

7.2.4. Assemblage des conduites en PEHD : Les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) peuvent être livrées en barres de 6 à 12 m ou en couronnes par longueurs de 50 à 100 m. Pour le raccordement de ces conduites, deux procédés sont employés :

- Jusqu'au diamètre 63, le raccordement est mécanique à emboîtement.
- Raccord électro-soudables : les raccords électro-soudables en PEHD à emboîtement femelle sont munis sur leur diamètre intérieur d'une résistance chauffante.

Les deux extrémités de cette résistance sont reliées à des plots situés à l'entrée de chaque emboîtement. Le temps de soudage est de l'ordre d'une minute et celui du refroidissement est d'environ une heure. Pendant les cycles de chauffage et de refroidissement, le serrage, l'alignement et le maintien des tuyaux et accessoires en polyéthylène doivent être assurés par des positionneurs.

Ce procédé d'assemblage des tuyaux présente l'avantage d'éviter la mise en place des butées, d'où une économie d'exécution, à laquelle s'ajoute celle d'encombrement du sous-sol.

7.2.5. Contrôle du compactage des tranchées : Le compactage de la zone d'enrobage et de remblaiement influe directement sur la répartition des charges à la périphérie du tuyau donc sur la stabilité de celui-ci. Il est nécessaire de vérifier la qualité de réalisation de cette opération. Le contrôle peut utilement être réalisable à l'aide d'un outil peu coûteux, pratique et très rapide à mettre en œuvre que l'on appelle « Sonde battus ». Cet appareil permet :

- Une approche relativement faible de la densité du sol.
- De déceler rapidement les défauts de compactage d'une tranchée.

7.2.6. Choix des engins du chantier : Il est important de choisir pour chaque type de travail, l'engin et le matériel le mieux adapté, de manière à obtenir un meilleur rendement. Pour notre cas on a envisagé de choisir les engins classiques de chantier qui sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 7.1 : Engins utilisés et leurs rôles

Nom de l'engin	Rôle de l'engin
Un chargeur	Charger les déblais excédentaires dans les camions.
Une pelle mécanique	Extraire les déblais, et les charger directement si c'est possible dans le camion, poser le lit de sable et le remblai.
Un compacteur à rouleau lisse	Compacter la couche de sable de 10 cm.
Un camion	Evacuer les déblais.
Appareil de soudure	Assurer l'assemblage des conduites.
Sonde battu	Contrôler le compactage des tranchées.
Une dame sauteuse	Le compactage du remblai au tour de la conduit.

7.3. Estimation du devis du réseau d'irrigation et d'adduction

7.3.1. Dépenses des équipements : Les prix unitaires des pièces et accessoires sont mentionnés dans les tableaux suivant :

Tableau 7.2 : Devis estimatif des conduites de réseau de distribution

Conduite	Prix unitaire (DA)	Unité	Quantité (m)	Total
Ø 75 PEHD	495	Mètre linéaire	53,82	26 640,9
Ø 90 PEHD	600	Mètre linéaire	152,1	91 260
Ø 110PEHD	900	Mètre linéaire	692,19	622 971
Ø 125 PEHD	1 125	Mètre linéaire	620,8	698 400
Ø 160 PEHD	1 875	Mètre linéaire	490,94	920 512,5
Ø 200PEHD	2 835	Mètre linéaire	525,88	1 490 870
Ø 250 PEHD	4 405,5	Mètre linéaire	999,08	4 401 447
Ø 315 PEHD	4 093,57	Mètre linéaire	663,24	2 715 019
Ø 400 PEHD	6 869,74	Mètre linéaire	1 581,79	10 866 486
Total				21 833 607
Total (TTC- 19%)				25 981 992

Tableau 7.3 : Devis estimatif des pièces et équipement hydraulique

Equipement de protection				
	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Borne type A2	Unité	11	18 500	203 500
Borne type A4	Unité	1	21 000	21 000
Borne type B	Unité	6	36 750	220 500
Ventouse Ø 90	Unité	5	4 000	20 000
Vidange Ø 110	Unité	6	2 700	16 200
Vanne Ø 125	Unité	5	98 000	490 000
Vanne Ø 110	Unité	3	100 000	300 000
Vanne Ø 90	Unité	2	110 000	220 000
Pièces hydraulique				1 491 200

Tableau 7.4 : Devis estimatif des pièces et équipement hydraulique (Suite du Tableau)

Matériaux d'irrigation localisée				
	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Les goutteurs à micro jet débit 4 l/h	Unité	120	15	1800
Les rampes (tube Ø20)	Mètre linéaire	120	29,07	3 488,4
Les porte-rampes (tube Ø160)	Mètre linéaire	130	770,05	100 106,5
Conduite tertiaire (tube Ø160)	Mètre linéaire	80	770,05	61 604
Vanne	Unité	1	14 000	14 000
Total				180 228
Total Pièces et Matériaux				1 672 198
Total Pièces et Matériaux (TTC)				1 989 916

Tableau 7.5 : Devis estimatif des pièces d'adduction et réservoir

Pièces	Prix unitaire (DA)	Unité	Quantité	Total
Adduction Ø110	540,50	Mètre linéaire	891,12	481 650,36
Adduction Ø125	680,13	Mètre linéaire	726,28	493 964,82
Réservoir	7 000	M ³	450	3 150 000
Total				4 125 615,18

7.3.2. Dépenses des travaux : Le prix de terrassement est égal à :

Pour les déblais :

$$F_{\text{déblai}} = V_{\text{déblai}} \times K_{\text{déblai}}$$

- $K_{\text{déblai}}$: prix de 1 m³ de déblai = 900 DA
- $V_{\text{déblai}}$: volume total de déblai

Pour les remblais :

$$F_{\text{remblai}} = V_{\text{remblai}} \times K_{\text{remblai}}$$

- K_{remblai} : prix de 1 m³ de remblai = 600 DA
- V_{remblai} : volume total de remblai.

Pour le lit de sable :

Ce lit correspond à une couche de sable de $e = 10$ cm sur le fond du tranché, c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcule ce volume en utilisant la formule suivante :

$$V_s = e \times B \times L \text{ (m}^3\text{)}$$

Calcul du volume de déblai et remblai : La pose en terre des conduites s'effectue dans un tranché dont la largeur de fond B sera donnée par la formule suivante :

$$B = D + 2 \times 0,3$$

- D : diamètre de la conduite (m) La profondeur de fouille est en fonction du diamètre de la conduite, de la température du lieu (max et min) et les sollicitations des charges mobiles.

$$H \geq D + 0,8$$

$$\text{Déblai} = L \times H \times B$$

$$\text{Remblai} = \text{Déblai} - (\pi D^2/4) \times L$$

Tableau 7.6 : Calcul de terrassement

Paramètres	Ø (mm)	B (m)	H (m)	L(m)	Déblai (m ³)	Remblai (m ³)	Sable (m ³)
Conduite adduction	110	0,71	0,91	891,12	575,75	567,29	63,27
Conduite adduction	125	0,725	0,925	726,28	487,06	478,15	52,65
Conduite du réseau	75	0,675	0,875	53,82	31,79	31,55	3,63
Conduite du réseau	90	0,69	0,89	152,1	93,40	92,44	10,49
Conduite du réseau	110	0,71	0,91	692,19	447,22	440,65	49,14
Conduite du réseau	125	0,725	0,925	620,8	416,32	408,71	45,01
Conduite du réseau	160	0,76	0,96	490,94	358,19	348,32	37,31
Conduite du réseau	200	0,8	1	525,88	420,70	404,19	42,07
Conduite du réseau	250	0,85	1,05	999,08	891,68	842,66	84,92
Conduite du réseau	310	0,91	1,11	663,24	669,94	619,90	60,35
Conduite du réseau	400	1	1,2	1 581,79	1 898,15	1699,47	158,18
Total					6 290,214	5 933,34	607,0435

Tableau 7.7 : Devis estimatif du montant de terrassement

Volume	Unité	Quantité	Prix unitaire (Da)	Montant (Da)
Déblai	M ³	6 290,214	900	5 661 192,6
Remblai	M ³	5 933,34	500	2 966 670
Lit de sable	M ³	607,04	1 100	667 744
Total				9 295 606,6
Total (TTC)				11 061 771,85

7.4. Conclusion

On constate que le coût total de projet (projection du réseau d'irrigation et l'adduction) est évalué à **43 159 295,03 Da**.

Conclusion générale

L'objectif de la présente mémoire est de dimensionner le système d'irrigation du secteur K1a du périmètre de BELGHIMOUZ (W. Jijel), Dont nous avons projetés une nouvelle source qui est les eaux souterraines (02 forages).

La zone d'étude présente une géomorphologie quasi plane. L'analyse climatologique montre que la région possède un climat subhumide avec une pluviométrie assez insuffisante pour l'obtention de rendements acceptables des différentes cultures pour la saison estivale (été). L'aptitude des sols reste bonne pour les cultures maraichères ainsi que les cultures arboricoles.

Les analyses de l'eau de la nappe souterraine montrent que c'est une eau acceptable pour l'irrigation avec aucun risque soit sur les cultures soit sur le sol.

En basant sur la méthode de PENMAN-MONTEITH modifiée, on a estimé l'évapotranspiration potentielle (ETP) et la méthode basée sur une fraction de la pluie totale pour le calcul de la pluie efficace, nous avons pu estimer les besoins en eau d'irrigation pour les cultures de la zone à irriguer.

L'étude comparative entre les techniques d'irrigation, nous a montré que le système d'irrigation par goutte à goutte est le plus convenable pour les cultures proposées. Permet une meilleure gestion de la ressource en eau et une meilleure conservation du sol.

Un réseau hydraulique classique est proposé, composé de conduites circulaires enterrées de diamètres entre 75 et 400 millimètres pour le réseau de distribution. Le matériau de canalisation choisi est le PEHD.

Le coût total de projet est évalué à **43 159 295,03 Da.**

REFERENCES ET BIBLIOGRAPHIE

Références et Bibliographie

[1] **BENKACI A.T. (2020)** : Cours : Dimensionnement un réseau sous pression, Document non publié, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida.

[2] **BULLTIN DE FAO N° 24 (1975)** : Les besoins en eau des cultures.

[3] **BULLTIN DE FAO N° 36 (1983)** : L'irrigation localisée (Calcul, mise en place exploitation, contrôle du fonctionnement).

[4] **JEAN. R.T (2006)** : Traité d'irrigation, 2ème édition, Edition TEC & DOC, Paris.

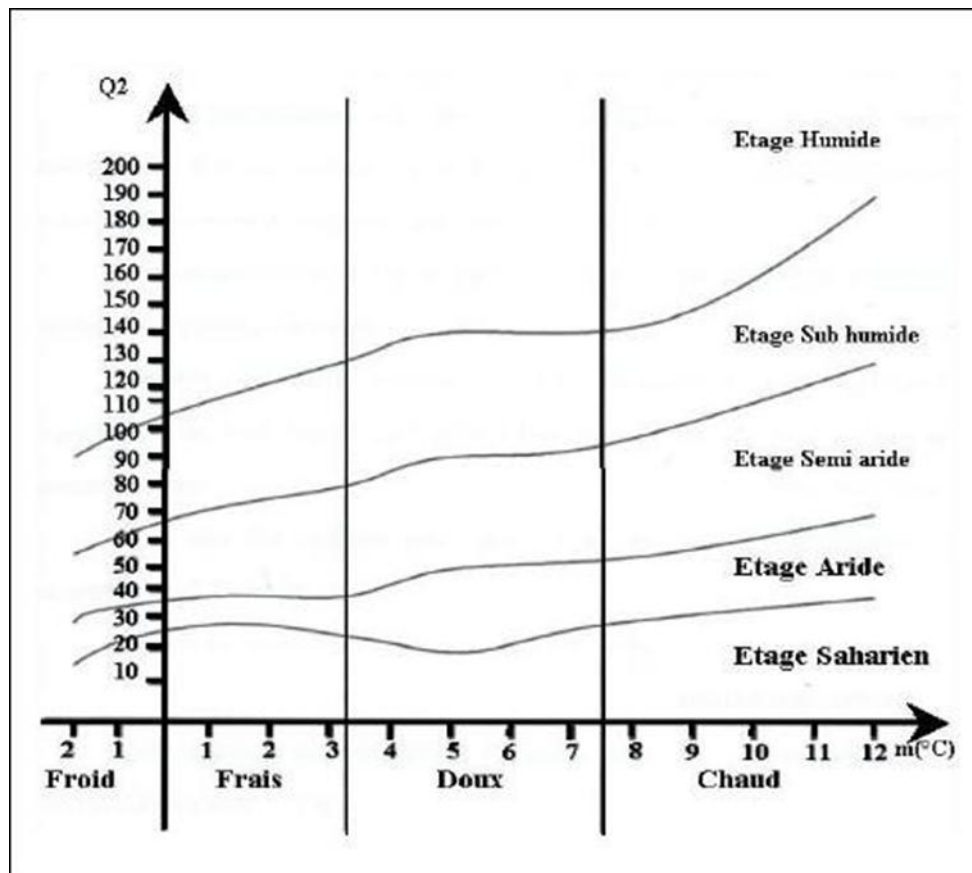
[5] **SARL ELBAHDJA. (2009)** : Etude de réhabilitation du périmètre de BELGHIMOUZ :
Phase I : Etude préliminaire :

- Dossier I-B : Etude des ressources en eau.
- Dossier I-C : Etude pédologique.
- Dossier I-D : Etude Agro socio-économique.

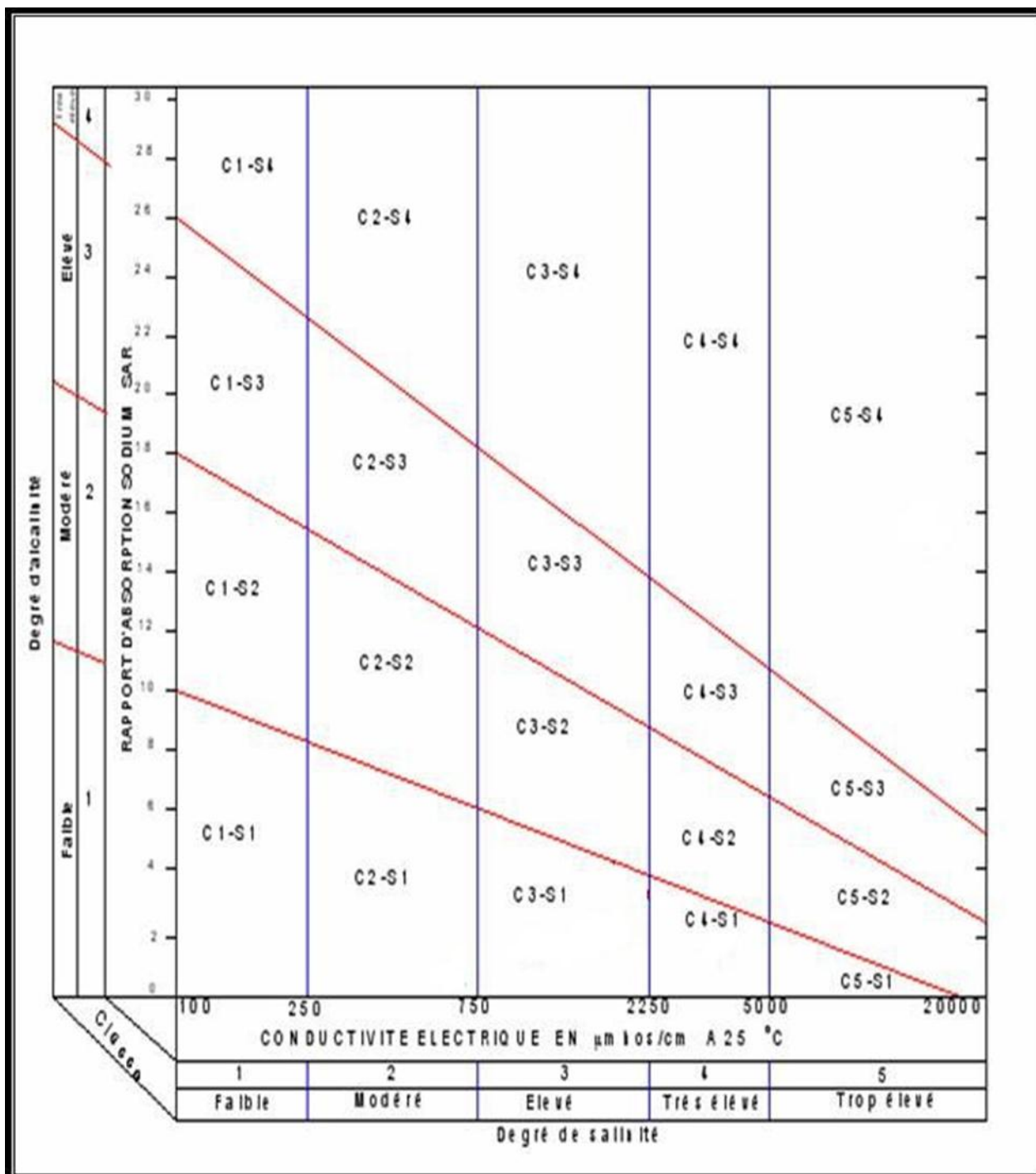
[6] **TOUAIBIA, B. (2004)** : Cours de l'hydrologie, ENSH, (Blida)

ANNEXES

Annexe 1 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER



Annexe 2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation



Annexe 3 : caractéristiques hydriques de quelques sols

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

Annexe 4 : Coefficients culturaux de quelques cultures

2. COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrivée saison	Récolte	
Bananiier tropical	0,4-0,5	0,7-0,85	1,0-1,1	0,9-1,0	0,75-0,85	0,7-0,8
subtropical	0,5-0,65	0,8-0,9	1,0-1,2	1,0-1,15	1,0-1,15	0,85-0,95
Haricot vert	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9-0,95	0,85-0,95	0,85-0,9
sec	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,25-0,3	0,7-0,8
Chou	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,9-1,0	0,8-0,95	0,7-0,8
Coton	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,8-0,9	0,65-0,7	0,8-0,9
Raisin	0,35-0,35	0,6-0,8	0,7-0,9	0,6-0,8	0,55-0,7	0,55-0,75
Arachide	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,75-0,85	0,55-0,6	0,75-0,8
Mais doux	0,3-0,5	0,7-0,9	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
grain	0,3-0,5*	0,7-0,85*	1,05-1,2*	0,8-0,95	0,55-0,6*	0,75-0,9*
Oignons sec	0,4-0,6	0,7-0,8	0,95-1,1	0,85-0,9	0,75-0,85	0,8-0,9
vert	0,4-0,6	0,6-0,75	0,95-1,05	0,95-1,05	0,95-1,05	0,65-0,8
Pois, frais	0,4-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Poivron, frais	0,3-0,4	0,6-0,75	0,95-1,1	0,85-1,0	0,8-0,9	0,7-0,8
Pomme de terre	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,2	0,85-0,95	0,7-0,75	0,75-0,9
Riz	1,1-1,15	1,1-1,5	1,1-1,3	0,95-1,05	0,95-1,05	1,05-1,2
Carthame	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,7	0,2-0,25	0,65-0,7
Sorgho	0,3-0,4	0,7-0,75	1,0-1,15	0,75-0,8	0,5-0,55	0,75-0,85
Soja	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,15	0,7-0,8	0,4-0,5	0,75-0,9
Betterave sucrière	0,4-0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9-1,0	0,6-0,7	0,8-0,9
Canne à sucre	0,4-0,5	0,7-1,0	1,0-1,3	0,75-0,8	0,5-0,6	0,85-1,05
Tournesol	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,7-0,8	0,35-0,45	0,75-0,85
Tabac	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,2	0,9-1,0	0,75-0,85	0,85-0,95
Tomate	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,8-0,95	0,6-0,65	0,75-0,9
Pastèque	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,05	0,8-0,9	0,65-0,75	0,75-0,85
Riz	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,2-0,25	0,8-0,9
Luzerne	0,3-0,4				1,05-1,2	0,85-1,05
Agrumes sarcés sans sarclage						0,65-0,75 0,85-0,9
Olivier						0,4-0,6

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

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

Annexe 5 : Les profondeurs d'enracinements de quelques cultures

5 RESERVE D'HUMIDITE FACILEMENT UTILISABLE (RED)

DONNEES GENERALES SUR LA PROFONDEUR D'ENRACINEMENT DES CULTURES EN PHASE DE PLEIN DEVELOPPEMENT, FRACTION DE L'EAU UTILISABLE (p) ET RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (p.Sa) POUR DIFFERENTS TYPES DE SOLS (en mm/m de profondeur) QUAND $E_{T_{max}} = 5-6$ mm/jour

Culture	Profondeur d'enracinement (d) m	Fraction (p) de l'eau utilisable ²	Réserve d'eau facilement utilisable (p.Sa) mm/m ¹		
			T.fin	T.moyenne	T.grossière
Luzerne	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Banane	0.5-0.9	0.35	70	50	20
Orge ²	1.0-1.5	0.55	110	75	35
Haricot ²	0.5-0.7	0.45	90	65	30
Betterave	0.6-1.0	0.5	100	70	35
Chou	0.4-0.5	0.45	90	65	30
Carotte	0.5-1.0	0.35	70	50	20
Céleri	0.3-0.5	0.2	40	25	10
Agrumes	1.2-1.5	0.5	100	70	30
Trèfle	0.6-0.9	0.35	70	50	20
Cacao		0.2	40	30	15
Coton	1.0-1.7	0.65	130	90	40
Concombre	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Datte	1.5-2.5	0.5	100	70	30
Fruitiers cadu.	1.0-2.0	0.5	100	70	30
Lin ²	1.0-1.5	0.5	100	70	30
Céréales ²	0.9-1.5	0.6	120	80	40
Céré. d'hiver ²	1.5-2.0	0.6	120	80	40
Vigne	1.0-2.0	0.35	70	50	20
Gazon	0.5-1.5	0.5	100	70	30
Arachide	0.5-1.0	0.4	80	55	25
Laitue	0.3-0.5	0.3	60	40	20
Mais ²	1.0-1.7	0.6	120	80	40
Mais-ensilage		0.5	100	70	30
Melon	1.0-1.5	0.35	70	50	25
Olivier	1.2-1.7	0.65	130	95	45
Oignons	0.3-0.5	0.25	50	35	15
Palmier	0.7-1.1	0.65	130	90	40
Pois	0.6-1.0	0.35	70	50	25
Poivron	0.5-1.0	0.25	50	35	15
Ananas	0.3-0.6	0.5	100	65	30
Pomme de terre	0.4-0.6	0.25	50	30	15
Carthame ²	1.0-2.0	0.6	120	80	40
Sisal	0.5-1.0	0.8	155	110	50
Sorgho ²	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Soja	0.6-1.3	0.5	100	75	35
Epinard	0.3-0.5	0.2	40	30	15
Fraisier	0.2-0.3	0.15	30	20	10
Betterave suc.	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Canne à sucre ²	1.2-2.0	0.65	130	90	40
Tournesol	0.8-1.5	0.45	90	60	30
Patate douce	1.0-1.5	0.65	130	90	40
Tabac - finit.	0.5-1.0	0.35	70	50	25
tard		0.65	130	90	40
Tomate	0.7-1.5	0.4	180	60	25
Légumes	0.3-0.6	0.2	40	30	15
Blé	1.0-1.5	0.55	105	70	35
maturité		0.9	180	130	55
Volume total d'eau du sol disponible (Sa) (mm/m)			200	140	60

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

² Des valeurs supérieures à celles indiquées ici sont observées durant la maturation.

Sources: Taylor (1965), Stuart et Hagan (1912), Salter et Goode (1967), Rijtema (1965), etc.

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

Annexe 6 : Gamme de prix des tubes en PEHD pour l'eau

UNITE TUBE					GAMME DE PRIX				
TUBES PEHD : PN 06					TUBES PEHD : PN 10				
Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML	Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
13003	Ø25	-	36,28	42,45	P3513000	Ø20	-	29,07	34,01
13006	Ø32	-	48,35	58,57	P3513004	Ø25	2,5	38,28	44,79
13009	Ø40	2,0	64,6	75,58	P3513007	Ø32	2,5	55,48	64,91
13022	Ø50	2,4	98,25	114,95	P3513010	Ø40	3,0	84,10	98,40
13015	Ø63	3,0	160,25	187,49	P3513013	Ø50	3,7	135,28	168,25
13018	Ø75	3,6	225,21	263,49	P3513016	Ø63	4,7	209,89	248,34
13022	Ø90	4,3	298,03	346,35	P3513019	Ø75	5,6	300,60	351,59
13025	Ø110	4,0	357,86	418,70	P3513023	Ø90	5,4	359,09	420,14
13040	Ø125	-	473,08	553,60	P3513026	Ø110	6,6	540,50	632,39
13030	Ø160	5,8	770,86	901,89	P3513028	Ø125	7,4	660,13	772,35
13044	Ø200	7,2	1 163,39	1 361,17	P3513031	Ø160	9,5	1 142,25	1 336,43
13056	Ø250	9,1	1 850,00	2 281,5	P3513033	Ø200	11,9	1 650,34	1 931,45
13042	Ø315	11,4	3 080,00	3 603,6	P3513035	Ø250	14,8	2 595,00	3 036,15
13039	Ø400	14,5	5 134,24	6 007,08	P3513041	Ø315	18,7	4 093,67	4 789,47
13061	Ø500	19,1	6 938,13	8 117,61	P3513038	Ø400	23,7	5 898,74	7 037,63
13052	Ø630	24,1	12 682,50	14 838,53	P3513048	Ø500	29,7	10 152,61	11 878,44
						Ø630	37,4	15 738,79	18 414,38

TUBES PEHD : PN 16					TUBES PEHD : PN 20				
Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML	Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
1301	Ø20	2,3	32,18	37,86	P3513101	Ø20	2,3	38,01	44,47
1303	Ø25	2,8	50,85	59,48	P3513102	Ø25	3,0	63,29	72,35
1308	Ø32	3,6	78,51	91,89	P3513103	Ø32	3,6	82,22	96,20
1311	Ø40	4,5	120,95	141,51	P3513104	Ø40	4,5	128,15	149,94
1314	Ø50	5,6	188,28	220,29	P3513105	Ø50	5,6	200,7	234,82
1317	Ø63	7,1	297,95	348,60	P3513106	Ø63	7,1	338,73	398,31
1319	Ø75	8,4	407,8	477,13	P3513107	Ø75	8,4	447,35	523,40
1324	Ø90	8,2	510,71	597,63	P3513108	Ø90	10,1	627,09	733,70
1327	Ø118	10,0	767,19	885,91	P3513109	Ø110	12,3	948,86	1 110,17
1329	Ø125	11,4	967,90	1 132,44	P3513110	Ø125	14,0	1 202,75	1 407,22
1332	Ø160	14,6	1 860,00	2 188,20	P3513111	Ø160	17,9	1 947,69	2 278,68
1334	Ø200	18,2	2 472,00	2 892,24	P3513112	Ø200	22,4	3 121,70	3 652,39
1336	Ø250	22,7	3 818,00	4 483,66	P3513113	Ø250	27,9	4 848,33	5 670,21
1338	Ø315	28,6	5 850,00	6 844,50	P3513114	Ø315	35,2	7 588,88	8 875,48
1341	Ø400	36,3	9 320,00	10 904,40	P3513115	Ø400	44,7	12 410,03	14 168,74
1343	Ø500	45,4	14 911,00	17 445,87	P3513034	Ø500	55,8	19 063,81	22 304,66
1345	Ø630	57,2	23 123,50	27 064,50		Ø630			

1 Longueur de Tubes : du Diamètre 25 mm au 110 mm sont des Courbes (Rouleaux) de 100 ML.
 2 Longueur de Tubes : du Diamètre 125 mm au 400 mm sont des tubes de 12 ML.
 3 Longueur de Tubes : du Diamètre 500 mm au 630 mm sont des tubes de 06 ML.

SARL K-PLAST
 Transformation de Plastiques