



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**Etude d'extension du périmètre Neffaisia (118 ha) à partir
du barrage de Kramis (W. Mostaganem)**

Présenté par :

SOUMATI Douniazed

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr : RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Président
Mme : AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Membre
Mme : SAIL Nadhira	M.C.B	Membre
Mr : KERID Rachid	M.C.A	Membre
Mr : BENKACI Ali Tarek	M.C.A	Promoteur

Dédicace

"J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail, comme un geste de gratitude ; À celle qui m'a enfanté dans la douleur et la joie, Mon symbole d'amour :

⊘ À ma très chère mère à qui je dois beaucoup pour ces sacrifices, son amour, son aide et son soutien matériel et moral et de m'avoir ainsi vu arriver à ce que je suis devenu aujourd'hui.

⊘ À mon très cher père, pour ses conseils, son soutien matériel et moral, et pour tous ses efforts et les faveurs qu'il m'a accordés, qui m'ont donné la volonté de réaliser et de finir ce travail.

⊘ À ma sœur Fella, mon bébé d'amour loulou, mon frère islem et toute ma famille SOUMATI et ZAOUI surtout mon oncle ABDERZAK, OMAR et MAISSOUM...

⊘ À mes amis MEHDI, MAROUA, FATIMA, KARIMA, SEDDIK, YUCEF, pour son soutien pour finir mon travail.

⊘ À tous mes amis de lycée FAROUK , WAIL , ABDESLAM et ABDELKADER avec une grande dédicace pour AMINA ,AZIZA ,ASSALA , NOR ELHOUDA, HASSINA , HADIL, SIHEM , CHAHRA ZED , FATIMA et SABRINA

⊘ À mes amis de ENSH « ELMAMLAKA ELHACHIMIA », pour tous les moments qui nous ont rapprochés.

SOUMATI DOUNIA ZED

Remerciement

Je tiens à remercier ALLAH tous puissant qui m'a donné la force pour achever cet objectif

Je remercie mon promoteur Benkaci Tarik de m'avoir encadré et orienté durant tout ce travail.

Je remercie également tous les enseignants de l'ENSH qui ont fait tous leur effort pour former les étudiants.

Mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'évaluer ce travail.

ملخص

هدف هذه الدراسة هو تصميم نظام الري في منطقة نفيسيا التي تمتد على مساحة تزيد عن 118 هكتار من مختلف الزراعات من بينها زراعة الاشجار المثمرة و الخضروات و الحبوب, يبدأ التصميم من خلال خزانات المياه في سد كراميس , بدءا من خطوط التوصيل وصولا الى شبكة التوزيع , تم اختيار مواد مثل البولي إيثيلين عالي الكثافة (PEHD) و الحديد(FONTE) . بعد تقدير احتياجات الزراعات تجرى محاكاة هيدروليكية لتحديد اقطار مختلفة مع ضمان ظروف تشغيل تقنية مناسبة (الضغط والتدفق)

كلمات مفتاحية: السقي , الزراعات , شبكة السقي

Résumé

Le but de cette étude est le dimensionnement d'un système d'irrigation dans le périmètre de Neffaisia situé dans la plaine de Kramis, dans la wilaya de Mostaganem, qui couvre plus de 118 hectares avec des cultures diverses : arboriculture, maraîchage et céréales. La conception du réseau commence par une étude des besoins en eau, puis par le système de pompage a partir du barrage de kramis, depuis les canalisations de livraison jusqu'au réseau de distribution.

Après estimation des besoins des cultures, et des calculs hydrauliques, nous avons pu déterminer différents diamètres tout en garantissant des conditions techniques d'exploitation adéquates pression et débit, et projeté un réseau d'irrigation par aspersion et par goutte a goutte.

Mots clés : irrigation, cultures, réseau d'irrigation.

Abstract

The goal of this study is to address the design of the irrigation system in the NEFFAISIA perimeter, which covers over 118 hectares of various crops: orchards, vegetables, and cereals. The design process starts with the water storage reservoirs from the Kramis dam, extending through the delivery pipelines to the distribution network. The chosen materials are HDPE and cast iron. After estimating the crop requirements, hydraulic simulations are used to determine various diameters while ensuring suitable technical operating conditions (pressure and flow rate).

Keywords: irrigation, crops, irrigation network.

Sommaire

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1 Introduction.....	2
I.2 Présentation générale de la wilaya Mostaganem	2
I.2.1 Situation géographique	2
I.2.2 Présentation de la zone d'étude.....	2
I.3 Etude géologique	3
I.3.1 Les formations géologique.....	4
I.3.2 Les formations quaternaires	4
I.4 Géomorphologique/Relief.....	4
I.5 Réseau hydrographique.....	4
I.6 Etude climatologique	4
I.6.1 Choix de la station météorologique	5
I.6.2 Température	5
I.6.3 précipitation	6
I.6.4 humidité relative	7
I.6.5 les vents	7
I.6.6 l'évaporation.....	7
I.6.7 calcul les indices agro-métérologique.....	8
I.6.7.1 quotient ombrotermique d'embergie.....	8
I.6.7.2 diagramme ombrotermique de Gaussin.....	9
I.7 étude socio-économique de la zone d'étude.....	10
I.8 conclusion.....	12

Chapitre II : Ressources en sol-eau

II. Introduction	13
A-Ressources en sol	13
II.1 Introduction	13
II.2 Classification des sols.....	13

II.3	Caractéristique morphologique.....	15
II.4	Analyse physico-chimique des sols	15
II.4.1	Interprétations des résultats	16
II.5	Détermination des aptitudes culturales des sols	17
B-	Ressources en eau.....	19
II.1	Introduction	19
II.2	Les ressources en eau superficielles.....	19
II.2.1	Présentation de barrage de Kramis	19
II.2.2	Caractéristiques du barrage de kramis	19
II.2.3	Qualités de l'eau d'irrigation... ..	20
II.2.4	Classification des eaux pour l'irrigation... ..	21
II.3	hydrologie.....	23
II.3.1	Etude des pluies... ..	23
II.3.2	Présentation de la station pluviométrique de Mostaganem SCM (Station Centre Mostaganem).....	24
II.4.	Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique.....	25
II.4.1	test de mood.....	26
II.4.2	Ajustement des pluies annuelles.....	27
II.4.3	Test de validité d'un ajustement... ..	28
II.4.4	Détermination de l'année de calcul... ..	29
II.5	Conclusion	29

Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures

III.1	Introduction	31
III.2	Besoin en eau du périmètre	31
III.2.1	Calcul des besoins en eau	31
III.2.2	Concept de l'évapotranspiration potentielle de référence :(ET ₀).....	31
III.3	Calcul de la pluie efficace	34
III.4	Calcul de la réserve en eau de sol.....	34
III.5	Choix des cultures... ..	35
III.5.1	Les cultures proposées.....	35
III.5.2	Assolements/rotation des cultures	36

III.6	Estimation des coefficients culturaux (Kc)	37
III.7	Estimation des besoins en eau des cultures	37
III.7.1	Estimation des besoins en eau des céréales	38
III.7.2	Estimation des besoins en eau des maraichages	39
III.7.3	Estimation des besoins en eau des arboricultures	44
III.8	Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2	45
III.9	Calcul du débit spécifique	46
III.9.1	Evaluation du débit caractéristique	46
III.10	Estimation de volume d'irrigation	46
III.11	Conclusion	47

Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution

IV.1	Introduction	48
IV.2	Alimentation en eau du périmètre	48
IV.3	Organisation structure du périmètre	48
IV.3.1	Ilote et bornes d'irrigation	48
IV.3.2	Calcul hydraulique des bornes	49
IV.3.3	Choix du diamètre de la borne	49
IV.4	Description de l'aménagement du périmètre	51
IV.5	Calculs hydraulique du système d'adduction	51
IV.5.1	Généralités sur les pompes	52
IV.5.2	Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation	52
IV.5.3	La hauteur manométrique totale	53
IV.5.4	Calcul des pertes de charges totales	53
IV.5.5	Calcul de diamètre économique	54
IV.5.6	Calcul de débit à refouler	54
IV.5.7	Calcul des frais d'amortissement	55
IV.5.8	Calcul des frais d'exploitation	55
IV.5.9	Bilan total des frais	56
IV.5.10	Choix des pompes et nombre des pompes	57
IV.5.11	Protection contre cavitation	59
IV.5.12	Dimensionnement de réservoir de stockage	60
IV.6	Etude de système d'adduction -distribution (desserte gravitaire)	60

IV.6.1	Choix de matériau des conduites	60
IV.6.2	Calcul des diamètres des conduites	61
IV.6.3	Calcul des pertes de charges	61
IV.6.4	Calcul des pression des nœuds et bornes	63
IV.7	Conclusion	65

Chapitre V : Techniques d'irrigation

	V. Introduction	66
V.1	Choix des techniques d'irrigations	66
	- Classification des techniques d'irrigation	66
V.1.1	Irrigation de surface	66
V.1.1.1	Irrigation par ruissellement	66
V.1.1.2	Arrosage par infiltration	67
	V.1.1.3 Arrosage par submersion	67
	V.1.1.4 Avantages et inconvénients spécifiques de l'irrigation par surface	67
V.1.2	Irrigation par aspersion	68
V.1.2.1	Par asperseur	68
	V.1.2.2 Les avantages et les inconvénion de l'asperseur	68
	V.1.3 Irrigation localisé (goutte à goutte)	70
	V.1.3.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation localisé	70
	V.2. Composition d'une installation goutte à goutte et une installation en aspersion	70
	V.3 Conclusion	71

Chapitre VI : Dimensionnement a la parcelle

VI.1	Introduction.....	72
VI.2	Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte	72
VI.2.1	Données générales.....	72
VI.2.2	Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisé	72
VI.2.3	Calcul de la dose d'irrigation pratique	73
VI.2.4	Fréquence et intervalle des arrosages.....	73
VI.2.5	Calcul de la dose réelle.....	73
VI.2.6	Calcul de la dose brute	73
VI.2.7	Durée de fonctionnement par arrosage.....	73
VI.2.8	Calcul hydraulique	74
VI.2.8.1	Dimensionnement de canalisation du réseau	74
VI.2.8.1.1	Nombre des goutteurs par rampe... ..	75
VI.2.8.1.2	Vérification des pertes de charges.....	75
VI.3	Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion.....	76
VI.3.1	Calcul de la dose pratique	77
VI.3.2	Dimensionnement de l'asperseur	77
VI.3.2.1	Calcul du diamètre de l'ajutage de la buse.....	77
VI.3.2.2	Calcul de la portée du jet.....	78
VI.3.2.3	Choix des écartement entre les rampes et arroseurs.....	78
VI.3.2.4	Vérification de la pluviométrie de la buse	78
VI.3.2.5	Calcul du tour d'eau... ..	78
VI.3.2.6	Calcul de la dose réelle/ brute	78
VI.3.2.7	Temps d'arrosage	79
VI.3.2.8	Calcul de débit d'équipement.....	79
VI.3.2.9	Dimensionnement hydraulique des rampes... ..	79
VI.3.2.10	Longueur de rampe... ..	79
VI.3.2.11	Nombre des asperseurs par rampe.....	79
VI.3.2.12	Nombre de rampe... ..	79
VI.3.2.13	Débit de rampe	79
VI.3.2.14	Diamètre de la rampe	80
VI.3.2.15	Vérification de perte de charge	80
VI.3.2.16	Dimensionnement de la porte rampe... ..	80

VI.3.2.16.1	Longeur de la rampe.....	80
VI.3.2.16.2	Débit de la porte rampe	80
VI.3.2.16.3	Diamètre de la porte rampe	80
VI.3.2.16.4	Vérifications des pertes de charge.....	80
VI.4	Conclusion	81

Chapitre VII : Dimensionnement a la parcelle

VII.1	Introduction.....	82
VII.2	Exécution des travaux de pose de canalisation	82
VII.2.1	Exécution des tranchées.....	82
VII.2.2	Pose de lit de sable.....	82
VII.2.3	Remblayage des tranchées.....	82
VII.2.4	Nivellement et compactage.....	82
VII.3	Volume des travaux du réseau d'irrigation.....	83
VII.3.1	Evaluation du cout des travaux de terrassement.....	85
VII.3.2	Evaluation des prix de pose des conduites.....	86
VII.3.3	Estimation de le cout des bornes d'irrigation	87
VII.4.	Le réservoir de stockage	87
VII.5.	Le devis des travaux	87
VII.6.	Conclusion	88
	Conclusion générale	89

Liste des tableaux

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Tableau I.1 : station météorologique de Mostaganem	5
Tableau I.2 : Températures mensuelles (°C).....	5
Tableau I.3 : Précipitations Moyennes Mensuelles (mm)...	6
Tableau I.4 : Humidité relative de l'air (%).....	7
Tableau I.5 : Vitesse moyenne des vents (m/s).....	7
Tableau I.6 : Durée mensuelle de l'évaporation totale en (heures).....	8
Tableau I.7 : Aspects démographiques	11

Chapitre II : sols et eaux

Tableau II.1: L'analyse des profils au laboratoire	16
Tableau II.2 : Propriétés hydrodynamiques des sols	17
Tableau II.3 : Les aptitudes culturales associées à chaque zone	18
Tableau II.4 : Caractéristiques du barrage de Kramis	19
Tableau II.5 : Paramètres de qualité de l'eau d'irrigation	20
Tableau II.6 : Classification des eaux en fonction de la CE	21
Tableau II.7 : Risque d'alcalinisation en tenant compte les valeurs de SAR	22
Tableau II.8 : Station météorologique de Mostaganem	23
Tableau II.9 : Les pluies moyennes mensuelles observées en niveau de station de Mostaganem	23
Tableau II.10 : Paramètres de la série pluviométrique	24
Tableau II.11 : résultat du test Mood	25
Tableau II.12 : Test de validité des deux ajustements	27
Tableau II.13 : Résultat de l'ajustement	27
Tableau II.14 Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%)	27

Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures

Tableau III.1: Evapotranspiration de référence ET_0 calculée	3
Tableau III.2 : Occupation de sol en fonction des cultures	35
Tableau III.3 : Assolement étudié	36
Tableau III.4 : le cycle végétatif des cultures envisagées	36
Tableau III.5 : Calcul des besoins en eau pour le Blé	37
Tableau III.6 : Calcul des besoins en eau du blé d'hiver	38
Tableau III.7 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (AS)	39
Tableau III.8 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (Saison)	40
Tableau III.9 : Calcul des besoins en eau pour la tomate	40
Tableau III.10 : Calcul des besoins en eau pour la courgette	41
Tableau III.11 : Calcul des besoins en eau pour l'oignon	41
Tableau III.12 : Calcul des besoins en eau pour le haricot.	42
Tableau III.13 : Calcul des besoins en eau pour le Poivron	42
Tableau III.14 : Calcul des besoins en eau pour le Poids chiche	43
Tableau III.15 : Calcul des besoins en eau pour Fèves	43
Tableau III.16 : Calcul des besoins en eau pour la vigne	44
Tableau III.17 : Calcul des besoins en eau pour l'oranger	44
Tableau III.18 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1	45
Tableau III.19 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2.	45
Tableau III.20 : Besoins en eau totaux de l'assolement II	47

Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution

Tableau IV.1 : Choix du diamètre de la borne	49
Tableau IV.2 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes.	50
Tableau IV.3 : calcul de la HMT pour différents diamètres	54
Tableau IV.4 : Calcul des prix d'amortissement	55
Tableau IV.5 : Calcul des frais d'exploitation	56
Tableau IV.6 : Calcul du bilan total des frais	57

Tableau IV.7 : Choix de Nombre de pompes de secours.....	58
Tableau IV.8 : Variantes pour le choix du b nombre de pompes. ...	58
Tableau IV.9 : Les calculs hydrauliques du réseau de distribution....	64

Chapitre VI : Dimensionnement a la parcelle

Tableau VI.1 : Résultat de calcul de l'aspersion	75
Tableau VI.2 : Asperseur de type Pirot (nouvelle gamme)	76

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Tableau VII.1 : Calcul des différents volumes.....	84
Tableau VII.2 : Estimation du cout des travaux de terrassement	85
Tableau VII.3 : Estimation du cout de pose d conduite	85
Tableau VII.4 : Estimation du cout des bornes d'irrigation	86
Tableau VII.5 : Devis estimatif total.....	86

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Figure I.1 : Localisation de la commune Nekmaria dans la wilaya de Mostaganem	3
Figure I.2 : Carte satellitaire du périmètre Neffaisia (Source google Earth,2023)	3
Figure I.3 : Températures mensuelles du périmètre Neffaisia	6
Figure I.4 : Diagramme bioclimatique d'Emberger (Station de Mostaganem)	9
Figure I.5 : Diagramme de Gaussen	10

Chapitre II : Sols et eaux

Figure II.1 : Carte des sols d'Algérie de la plaine de Chélif (Source ANRH, Alger)...	14
Figure II.2 : Analyse texturale des sols étudiés	17
Figure II.3 : Diagramme de classification de l'eau d'irrigation.	23
Figure II.4 : Ajustement des pluies annuelles a la loi Normale	28
Figure II.5 : Ajustement des pluies annuelles a la loi Log-normale	28

Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution

Figure IV-1 : Bilan totale des frais en fonction de diamètre	57
--	----

Chapitre V : Techniques d'irrigation

Figure V.1: Irrigation par ruissellement	67
Figure V.2: Irrigation a la raie	67
Figure V.3 : Irrigation par aspersion	68
Figure V.4 :Irrigation en goutte à goutte.....	70
Figure V.5: Schéma général d'un réseau d'irrigation sous pression	71

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Figure VII 1 : Schéma d'une tranchée	83
--	----

Liste des planches

Planche 1: Plan de situation du secteur Neffaisia .

Planche 2: Réseau d'irrigation de secteur Neffaisia

Planche 3: Profil en long de la conduite de refoulement et distribution

Planche 4: Plan d'un réseau goutte à goutte

INTRODUCTION GENERALE

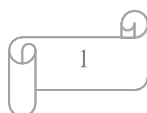
Introduction générale

La superficie irriguée dans le monde dépasse 280 millions d'hectares et sa répartition est très irrégulière selon les continents. Cependant, fort est de constater que les pays les plus irrigués ne sont pas ceux aux climats arides ou semi-arides. Malgré un effort dans l'augmentation des terres irriguées dans les pays semi-arides, la part des terres cultivées à sec reste importante.

Dans ce contexte, la plupart des périmètres irrigués d'Algérie sont confrontés à la rareté de l'eau d'irrigation, qui varie selon les régions bioclimatiques et pédologiques agricoles, et l'action conjuguée de l'irrigation incontrôlée, de l'eau, entraîne une grave dégradation des sols. La salinité et la rareté des amendements organiques sont notables. Les précipitations perturbent les inondations et, en hiver, créent un ruissellement qui alimente les réservoirs (barrages) et les eaux souterraines pour alimenter les stations d'irrigation.

Aujourd'hui, les agriculteurs craignent que la sécheresse ne nuise à leurs récoltes et à la sécurité alimentaire du pays. Cette situation pourrait entraîner des baisses significatives des rendements des cultures, et une dépendance agricole de notre pays. Dans ce cas, la gestion de l'eau d'irrigation grâce à un réseau d'adduction devient indispensable pour optimiser les ressources en eau et garantir un certain niveau de sécurité alimentaire.

Dans ce contexte, notre travail porte sur l'aménagement hydro-agricole et le développement de l'irrigation dans le périmètre de Neffaisia dans la wilaya d'une superficie de 118 hectares, l'objectif de ce projet est la projection d'un nouveau réseau d'adduction qui sera irrigué à partir de barrage de Kramis.



Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

I.1 Introduction

Afin d'élaborer un projet d'irrigation il est nécessaire de connaître le milieu et analyser les conditions climatiques pour évaluer les besoins en eau et dimensionner le réseau hydraulique.

Le but de cette partie est de faire un diagnostic de la zone d'étude à travers les données des différentes conditions naturelles tel que les conditions géographiques, géologiques, climatologiques, et socio-économiques afin de déterminer les cultures appropriées à cette zone.

I.2 Présentation de la wilaya Mostaganem

I.2.1 Situation géographique

La wilaya de Mostaganem est située au nord-ouest Algérien, à 363 km à l'ouest d'Alger, à 79 km à l'est d'Oran, à 48 km d'Arzew et à 81 km au nord de Mascara, et dispose d'une façade maritime de 124km.

Sur le plan administratif, la wilaya de Mostaganem est d'une superficie de 2269 km², elle englobe 32 communes.

La wilaya de Mostaganem est délimitée par :

- La mer Méditerranée au Nord.
- La wilaya d'Oran à l'Ouest.
- La wilaya de Chlef à l'Est, et la wilaya de Relizane au Sud-est
- La wilaya de Mascara Sud-ouest.

I.2.2 Présentation du périmètre d'étude

Le périmètre irrigué concerné par l'aménagement hydro-agricole, est situé dans la plaine de Kramis (wilaya de Mostaganem), au Nord du barrage de Kramis, le périmètre couvre une superficie totale de 30 000 ha. Le secteur Neffaisia situé au sud de la commune de Nekmaria, cette commune est située à l'est de la wilaya de Mostaganem.

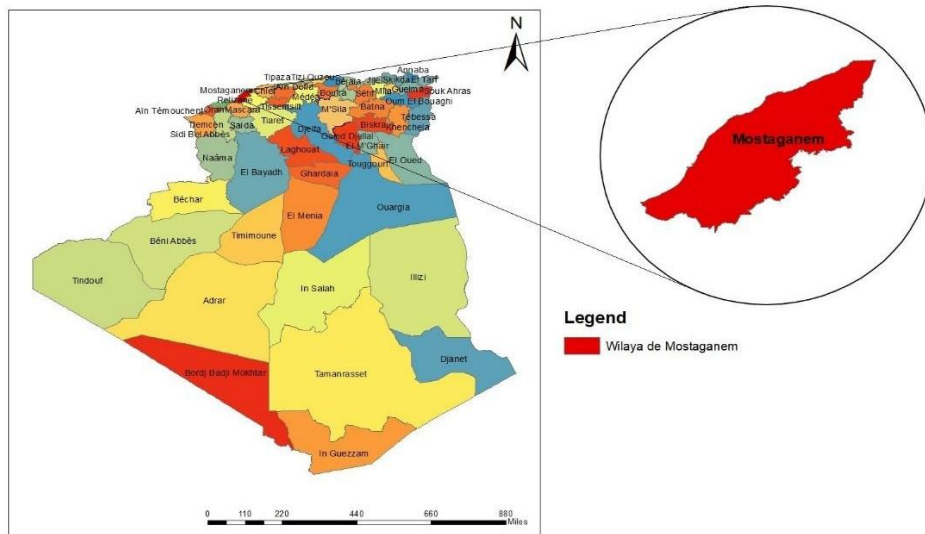


Figure1.1 : Localisation de la commune Nekmaria dans la wilaya de Mostaganem

Le périmètre irrigué secteur Nefaisia est présenté dans la figure I.2 :



Figure I.2 : Carte satellitaire du périmètre Neffaisia (Source : google Earth, 13/11/2022)

I.3 Etude géologique

Par définition, la géologie est la science qui étudie l'écorce terrestre, ses constituants, son histoire et sa genèse. Les terrains de notre zone présentent des formations différentes qui s'étalent du tertiaire jusqu'au quaternaire.

I.3.1 Les formations géologiques

Elles dominent soit les séries montagneuses Sud, soit elles constituent le substratum de l'ensemble du territoire, néanmoins elles évoluent sous un important remplissage quaternaire.

Le Crétacé : il est à base de matériaux marneux et marno-calcaires riches en gypse s'alternant avec des roches gréseuses à faciès quartzeux.

Le Miocène : ce sont des formations géologiques à faciès mixtes marin et continental et à multiples séries. Elles se manifestent à base de grès quartzeux, de conglomérats et des marnes rouges, blanches et à tripolis. La série des marnes blanches dominant le compartiment des glacis et des plaines entre les Oueds Roumane et Zériffa, et la série des marnes à tripolis envahie la bordure méridionale et le synclinal de Sid Ali.

I.3.2 Les formations quaternaires

Cette formation est représentée par trois catégories de matériaux :

- Grés calabriens.
- Les alluvions
- Les dunes littorales sableuses.

I.4 Géomorphologie/Relief

Le périmètre d'étude s'étale sur un plateau côtier étiré Sud-Ouest et Nord-Est et reliant L'embouchure du Chéelif au lit majeur d'Oued Kramis. Ce plateau est bordé au Sud par la série montagneuse des Djebels Djenane Arbi, Dar Nassis, Dar Chaouachi, khadra, Bourzika et Maché alors qu'au Nord c'est le rivage qui façonne l'extrémité de sa périphérie.

I.5 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique fait partie du bassin versant de l'oued Kramis situé dans la partie Nord-ouest de l'Algérie, il est drainé par un grand nombre d'oued, qui traversent les couches aquifères du quaternaire en profondeur et s'écoulent directement vers le substratum pour installer leur lit majeur, a son embouchure l'oued Kramis se jette dans la méditerranée.

I.6 Etude climatologique

Les données météorologiques et climatologiques sont très importantes dans la planification de l'irrigation. L'analyse climatique permet entre autres, d'analyser les facteurs déterminants (précipitation, température) qui conditionnent le bilan hydrologique, et les besoins en eau des cultures.

L'analyse climatique est faite sur la base de données de la station de Mostaganem qui est proche de notre périmètre, avec des données allant de 1995 à 2020 couvrant ainsi une période de plus de vingt ans. Elles sont obtenues auprès de l'Organisme National de Météorologie (ONM), et de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH).

I.6.1 Choix de la Station météorologique

Dans notre cas, nous nous sommes basées sur la station la plus proche du périmètre, à savoir celle de la station de Mostaganem, dont les caractéristiques sont détaillées dans le tableau I.1:

Tableau I.1 : Station météorologique de Mostaganem.

Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Période d'observations	Durée des Observations
Mostaganem	0°	35°52'8 ''N	137	1991-2014	23 ans

I.6.2 Températures

Les températures sont considérées comme étant le plus facteur important dans l'étude climatique, car elles agissent directement sur le phénomène d'évapotranspiration et donc sur le déficit d'écoulement annuel et saisonnier.

Tableau I.2 : Températures mensuelles (°C).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T min	9,4	10	12,2	13	16	19,2	21,9	23,6	21,6	17,5	13,7	10,1
T max	16,3	17	18,4	19,2	21,7	23,9	27,1	29,8	27,3	23	20	17,4
T moy	12,7	13,5	15,1	16,1	19	21,5	24,5	26,5	24,3	19,9	16,6	13,3

Par conséquent, la connaissance des températures et de leurs amplitudes est indispensable pour le choix des modes d'irrigation et des cultures à mettre en place. La figure ci-dessous représente les températures mensuelles du périmètre Neffaisia

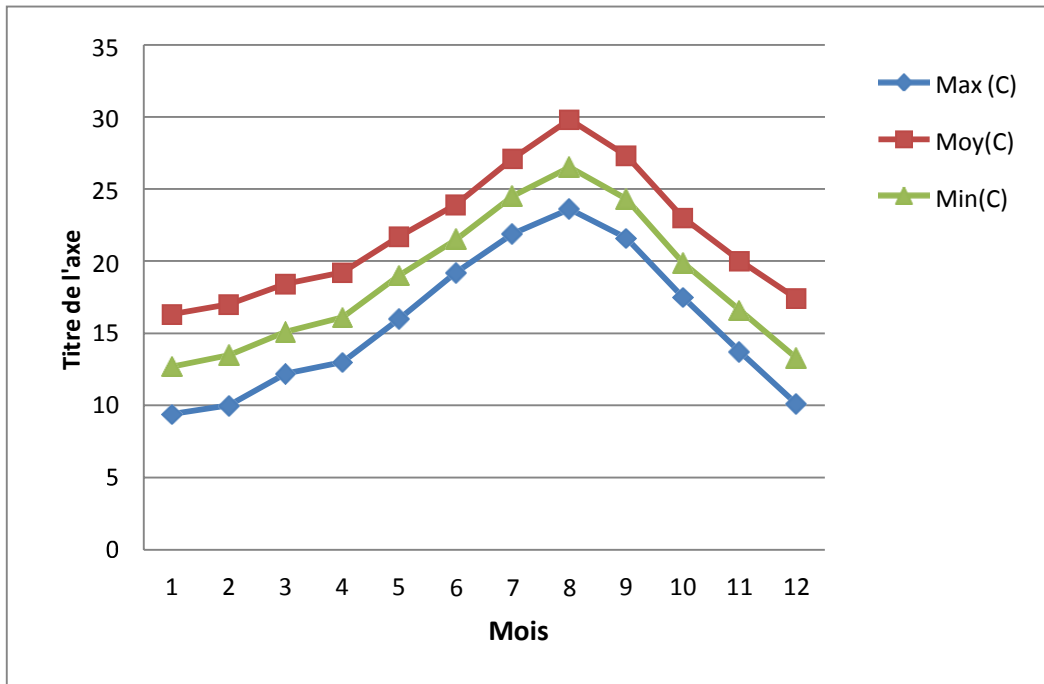


Figure I.3 : Températures mensuelles du périmètre Neffaisia.

Interprétation

Il ressort du graphe I.4 que la température moyenne minimale est observée durant le mois de janvier, elle est de 9,4°C, alors que les températures maximales sont plutôt observées en mois d'août (29,8 °C).

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 18,6°C. Notons ensuite la saison chaude, durant laquelle la température moyenne est supérieure à cette valeur de 18,6°C, dure six mois, c'est-à-dire du mois d'Avril jusqu'au mois de septembre. Pour la période froide elle s'étale sur les autres mois, allant du mois d'Octobre au mois de Mars.

I.6.3 Les précipitations

Les pluies mensuelles sont importantes en irrigation car elles permettent de quantifier le bilan hydrique nécessaire pour le calcul des doses et des besoins d'irrigation.

Ces données révèlent que la moyenne annuelle des précipitations enregistrées durant la période considérée est relativement faible, avec seulement 227,4 mm. Alors que le nombre de jours de pluies atteint 58 jours/an, avec un maximum en Février.

Tableau I.3 : Précipitations Moyennes Mensuelles (mm).

Pluviométrie	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avri	Mai	Juin	juillet	Aout
P (mm)	26.7	34	19	34	21.9	34.6	75	59	54.7	20.5	18	16.8

Interprétation

La répartition annuelle des précipitations est spécifique aux zones climatiques semi-arides. Cette lame d'eau précipitée est caractérisée par sa fluctuation mensuelle. Ainsi, les mois les plus arrosés correspondent à la période s'étalant du mois d'Octobre aux mois d'Avril. Quant aux mois les plus secs, ils coïncident avec la période estivale.

A priori, on peut dire que les précipitations ne peuvent en aucun cas suffire aux besoins en eau des cultures, ce qui nécessite le recours à l'irrigation dans la zone du périmètre de Neffaisia.

I.6.4 Humidité relative

L'humidité relative de l'air est un autre élément déterminant dans le cycle de développement de la végétation. La région d'étude est relativement humide du fait de la proximité de la mer Méditerranée. En effet, l'humidité est supérieure à 50 % durant toute l'année.

Tableau I.4 : Humidité relative de l'air (%).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
H (%)	70,7	76,2	74,7	72,0	74,0	78,2	76,7	68,7	70,0	78,3	74,0	73,7

I.6.5 Les Vents

Ils ont une influence directe sur le sol, la végétation et d'autres facteurs tels l'évapotranspiration, ainsi que leur influence sur l'irrigation par aspersion.

Tableau I.5 : Vitesse moyenne des vents (m/s).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sép	Oct	Nov	Déc
Vent (m/s)	2,0	2,3	2,2	2,4	2,5	2,1	2,7	2,3	2,7	2,2	3,1	3,3

I.6.6 L'évaporation

L'évaporation est le passage de l'eau d'un état liquide à état gazeux, son effet est de réduire la température de l'environnement. Le tableau I.8 représente l'évaporation annuelle de la région d'étude.

Tableau I.6 : Durée mensuelle de l'évaporation totale en (heures).

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
Mois	Sépt	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
E(mm)	216.6	175.	108.0	85.7	76.8	92	140.7	176.7	233.6	282.	370.	315.

(Source ONM)

Le tableau I.6 montre que l'évaporation d'environ 189 mm annuellement soit une moyenne mensuelle de 190 mm. Le maximum est enregistré au mois de Juillet (370.6 mm) et le minimum au mois de Janvier (76,86).

I.6.7 Calcul des indices Agro-météorologiques

Pour déterminer le type du climat et l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes, nous avons deux facteurs essentiels : la pluviométrie et la température.

I.6.7.1 Quotient Ombrothermique d'Emberger

Cet indice a pour but de déterminer l'étage bioclimatique :

$$Q = \frac{2.1000.P}{M^2 - m^2} ; \dots\dots\dots(I.1)$$

Avec :

Q : Coefficient ombrothermique d'Emberger.

P : Précipitations annuelles moyennes (en millimètres).

M : Moyenne des températures maximales (en Kelvin).

m : Moyenne des températures minimales (en Kelvin)

$$Q = \frac{2.1000.P}{M^2 - m^2} = \frac{2.1000.302.8}{(302.8)^2 - (282.4)^2}$$

D'où Q= 50.73

En portant la valeur de Q dans le diagramme bioclimatique d'Emberger, et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid (9.4°C), on peut confirmer que notre région se situe dans la zone semi aride.

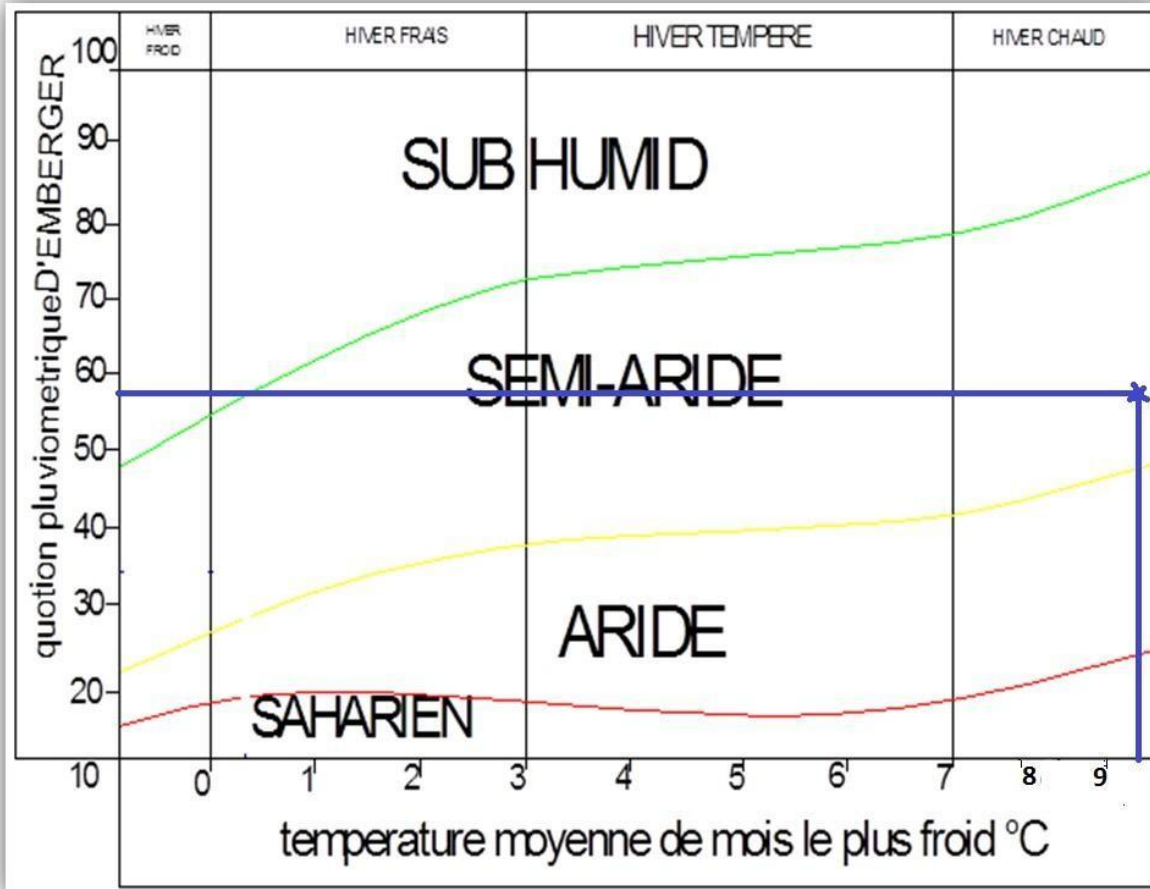


Figure I.4 : Diagramme bioclimatique d'Emberger (Station de Mostaganem)

I.6.7.2 Diagramme Ombrothermique de Gaussen

Ce diagramme est conçu de la manière suivante : En abscisse les mois de l'année, en ordonnées, à droite de l'échelle on a les températures et à gauche de l'échelle on a les précipitations à une valeur doublée. L'aire délimitée par les deux courbes détermine la période et la durée de la saison sèche. La détermination de cette période est d'une grande importance pour l'hydrogéologie afin de pouvoir estimer les besoins en eau.

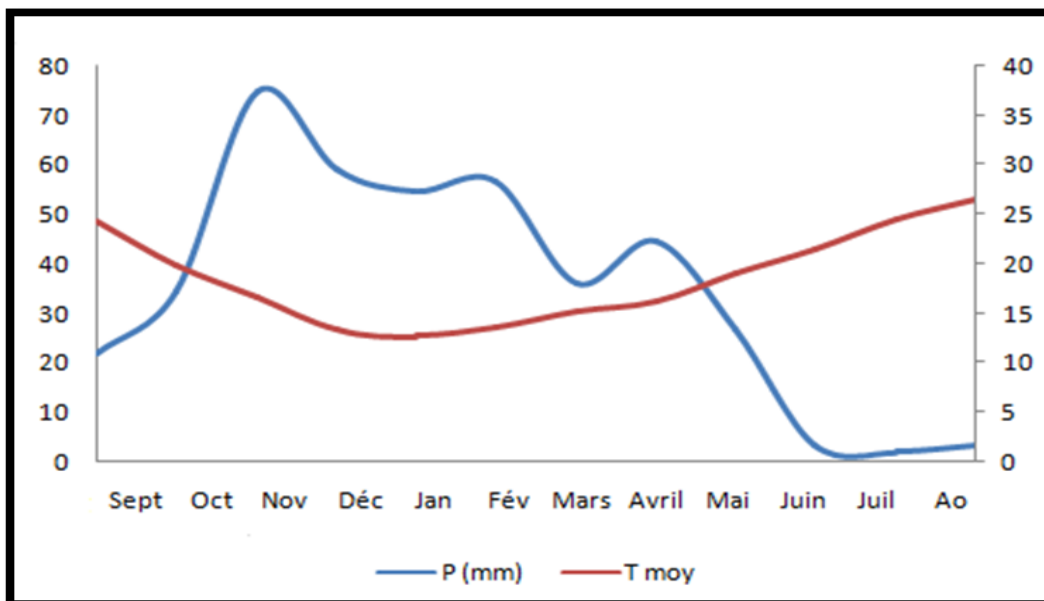


Figure I.5 : Diagramme de Gaussen

Interprétation

Il ressort que pour la station de Mostaganem à laquelle s'assimile le périmètre de Neffaisia, la période sèche s'étale de mi-avril à la mi-octobre, soit six mois pendant lesquels l'irrigation est indispensable.

I.7 Etude socio-économique de la zone d'étude

La wilaya de Mostaganem est située dans une zone à vocation agricole, elle bénéficie d'un climat favorable à l'agriculture, elle a développé une agriculture diversifiée notamment la production de primeurs et de maraichages.

Les terres utilisées par l'agriculture au niveau de la wilaya sont estimés à 144778ha (source) soit 63,81% de la superficie globale de la wilaya. De cette superficie agricole 132268ha forment la superficie agricole utile, soit 91,35% dont 32220 ha (24,35%) sont irrigués.

Les aménagements hydro-agricoles préconisés dans le cadre de projet d'aménagement hydro-agricole de la wilaya de Mostaganem porte sur la revalorisation de l'irrigation et le développement de certaines cultures à forte valeurs ajoutées.

Par ailleurs, l'appréciation de la répartition par âge rend compte de divers besoins actuels et futurs (santé, éducation, emploi, etc.) :

Tableau I.7 : Aspects démographiques.

Paramètre	Caractéristiques et indicateurs	Commune
		Neffaisia
Evolution population	Population RGPH 2008 (hab.)	21677
	Population 2013 (hab.)	24119
	Taux d'accroissement annuel (%)	1,9
Densité population	Population 2013 (hab.)	24119
	Superficie (Km ²)	71
	Densité (Hab. / Km ²)	340
Répartition population par âge	0 – 5 ans	2838 (12 %)
	6 – 24 ans	9 150 (38 %)
	25 – 59 ans	10 637(44 %)
	+ 60 ans	1 494 (6 %)

(Source RGPH, 2008)

Selon les données du R.P.GH, la population totale de la commune est estimée à la fin de l'année 2013 à plus de 24 119 personnes contre 21 677 en 2008 soit une augmentation absolue d'environ 2 442 personnes et un taux d'accroissement supérieur de la moyenne de la wilaya de l'ordre de 1,9%.

RGPH : le recensement général de la population et de l'Habitat

Les coordonnées géographiques de wilaya de MOSTAGANEM

- Latitude : 35°55'52 " Nord
- Longitude : 0°05'21" Est
- L'altitude par rapport au niveau de la mer : 102 m

I.8 Conclusion

D'après l'analyse des paramètres climatiques, hydrologiques et hydrographiques, on peut dire que notre zone d'étude possède un climat sec avec un régime pluviométrique variable en volume et en répartition dans le temps. L'année hydrologique est caractérisée par un hiver froid relativement pluvieux et un été chaud et sec.

Vu l'aridité de la zone d'étude, il est indispensable d'introduire un système d'irrigation pour un développement des cultures et une intensification de l'agriculture dans la plaine de Kramis.

Chapitre II : Ressources en sol- Ressources en eau

II. Introduction

L'eau et le sol sont deux paramètres importants pour tout développement économique. L'agriculture doit assurer les besoins alimentaires de l'Homme pour garantir une croissance démographique.

L'étude agro-pédologique du périmètre est une étape qui va définir les caractéristiques du sol, elle fournit un premier éclairage spécifique pour le choix judicieux des cultures.

Dans ce chapitre, nous examinerons les caractéristiques pédologiques des sols situés dans le périmètre de Kramis, en mettant particulièrement l'accent sur le secteur de Neffaissia. Cette analyse nous permettra d'évaluer leurs capacités et de déterminer avec précision leur niveau de fertilité.

A- Ressources en sol

II.1 Introduction

L'étude des ressources en sol a pour but de :

- Evaluer la capacité des sols du secteur étudié à assurer un bon développement végétatif des cultures envisagées et à valoriser économiquement l'investissement.
- Choisir les techniques d'arrosage les plus adaptées aux conditions du sol et de culture (aspersion ; goutte à goutte ; submersion).
- Etudier les aptitudes culturales qui sont appréciées en confrontant les exigences des productions possibles des sols.

II.2 Classification des sols

La classification utilisée dans le cadre de la présente étude est celle de la Commission de pédologie et de cartographie des sols de France (C.P.C.S, 1967), qui repose essentiellement sur la détermination des unités supérieures (classe, sous-classe, groupe, sous-groupe) ainsi que les unités inférieures (famille et série) et donne aux utilisateurs un outil commode pour l'évaluation des caractères fonctionnels.

La prospection pédologique au niveau de la commune de Nekmaria a montré la présence de :

Les sols fersiallitiques :

L'essentiel des sols du secteur Neffaissia est formé de sols fersiallitiques, ces sols sont généralement riches et fertiles, avec des humus stables. Du point de vue chimique, ces sols sont riches en

matière organique dont le taux est supérieur à 2%. Ces sols sont caractérisés par un taux de calcaire total relativement élevé.

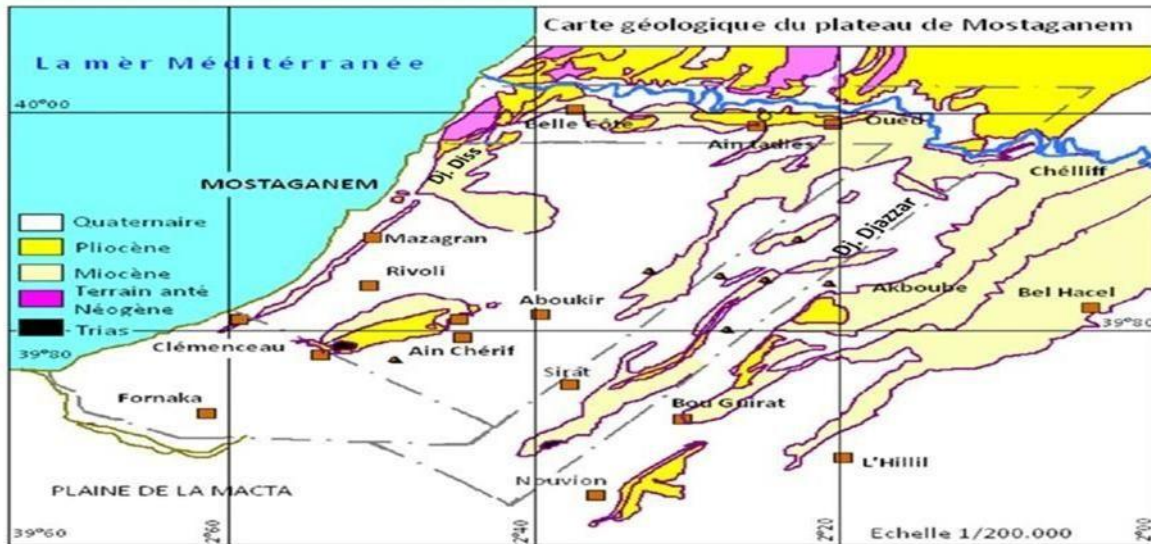


Figure II.1 : Carte géologique région Mostaganem (ANRH-2008)

II.3 Caractéristiques morphologique :

Plusieurs profils ont été analysés, nous avons détaillé les caractéristiques de profil 1, résumées comme suit :

Profil N° 1 :

- Classe : Sols à Sesquioxydes
- Sous classe : sols rouges Méditerranéens
- Groupe : sols rouges non lessivés
- Sous-groupe : Modal
- Famille : sols issue de formations alluviales indifférenciées
- Situation : sud du périmètre.
- Topographie : en pente.
- Pente : 3% Sud-Nord
- Géomorphologie : terrasse.
- Occupation du sol : Vigne

Description des horizons

Les horizons sont catégorisés en fonction de leur profondeur comme suit :

[0-25 cm] : horizon caractérisé par une couleur à l'état sec rouge ; de texture limono-argileuse, structure grumeleuse, enracinement abondant de céréales, nodules de calcaire, horizon poreux, peu compact, effervescence à l'HCl moyennement forte.

[25-80 cm] : horizon caractérisé par une couleur à l'état sec rouge ; texture limono-argileuse, structure polyédrique plus ou moins grossière, faible enracinement de céréales, nodules de calcaire, horizon relativement poreux, moins compact que l'horizon superficiel avec la présence de gravier, effervescence HCl moyenne.

[>80-140 cm] : horizon caractérisé par une couleur à l'état sec rouge vif, de texture argilo- sableuse avec la présence de cailloux et de blocs, de couleur brun claire à l'état sec, structure polyédrique fine ou prismatique horizon poreux, compact. Complexe absorbant presque saturé, l'effervescence à l'HCl est moyenne.

II.4 Analyse physico-chimique des sols

La réalisation d'une analyse physico-chimique en laboratoire nous a permis d'obtenir une meilleure compréhension des caractéristiques de notre sol, notamment sa texture et sa dynamique hydrodynamique

Les analyses physico-chimiques des sols sont résumées dans le tableau II.1 :

Tableau II.1: L'analyse des profils au laboratoire

Horizons		H1	H2	H3
Profondeur d'échantillonnage (cm)		0-25	25-80	80-140
Granulométrie	Argile %	25.3	23.5	23.03
	Limon fin %	11.35	11.33	33.13
	Limon grossier %	0.53	13.25	11.20
	Sable fin %	33.03	11.33	30.10
	Sable grossier %	10.25	11.05	13.00
Teneur en matière organique	Matière organique %	1,45	0,56	0,39
	Carbone C ‰	8,55	3,3	2,3
	Azote N ‰	0,74	0,63	0,67
	C/N	11,56	5,23	3,43
Réserve minérales	CaCO ₃ TOTAL %	12,04	22,8	21,5
	CaCO ₃ ACTIF %	2 393	2 184	2 315
	K ₂ O ASSIMIL en méq /100 g	28,95	30,44	31,45
Complexe d'adsorption	Ca ⁺⁺ en méq /100 g	22,5	16,5	16,5
	Mg ⁺⁺ en méq /100 g	4,17	5,11	5,21
	K ⁺ en méq /100 g	1,13	0,36	0,47
	Na ⁺ en méq /100 g	1,52	2,04	1,39
Composition de solution du sol	pH Eau	7.3	7.4	7.5
	C.E. mmhos/cm	0,1	0,05	0,11

(Source : ENHYD)

II.4.1 Interprétations des résultats

- En observant la projection du triangle de texture de l'USDA, il est évident que la texture du sol est principalement limono-argileuse.
- Bien que la teneur en matière organique des sols soit relativement faible, il convient de noter que les réserves minérales sont significatives.

- En ce qui concerne la conductivité électrique des profils, il est important de souligner que les sols ne présentent aucune salinité excessive.

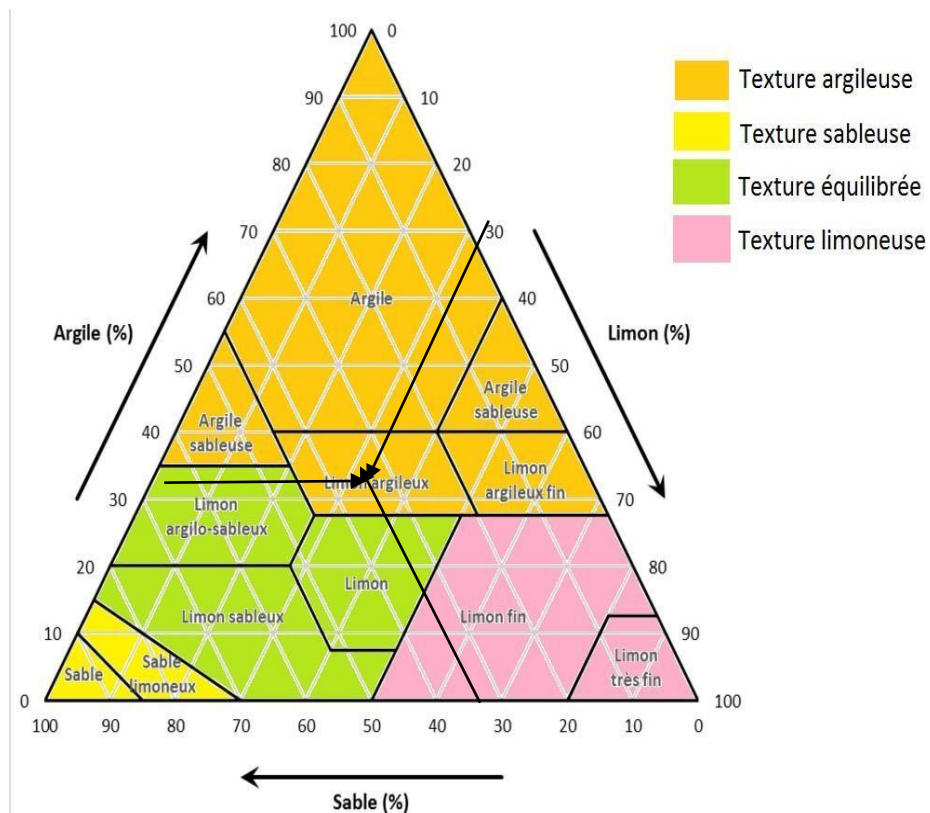


Figure II.2 : Analyse texturale des sols étudiés

Tableau II.2 : Propriétés hydrodynamiques des sols

Texture	Limono-Argileux
Capacité au champ (%)	26-27 %
Point de flétrissement (%)	16%
La perméabilité	8-9.5 mm/h
Densité apparente	1.35-1.4

II.5 Détermination des aptitudes culturales des sols

L'étude de l'aptitude culturale des sols vise à estimer la valeur agronomique des sols du point de vue cultures, cette étude est primordiale, elle permet de mieux orienter les agriculteurs dans leur choix des cultures.

Les critères de détermination des aptitudes culturales reposent essentiellement sur les caractères morphologiques des sols (profondeur essentiellement) et leur position topographique sans tenir compte de la ressource en eau. Ainsi la détermination est établie en considérant que l'on dispose d'une eau d'irrigation de bonne qualité.

Les classes des aptitudes culturales du périmètre d'étude sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau II.3 : Les aptitudes culturales associées à chaque zone

Zones		Zone I	Zone II
Altitude	Cultures maraîchères	Tomate, oignon, ail, pomme de terre, haricot, pastèque, melon, aubergine	Pomme de terre, haricot, aubergine, épinard
	Cultures céréalières	Blé, orge	Blé, orge
	Cultures fourragères	Luzerne, Bersime, Sorgho, ray-grass.	Luzerne, Bersime, ray-grass,
	l' arboriculture fruitière	Abricotier sur le porte greffe (franc d'abricotier), amandier sur franc ou sur le porte greffe (pêcher x amandier), cerisier vigne pêcher sur porte greffe : amandier ou le porte greffe : prunier saint julien ; prunier sur la porte greffe : prunier myrobolan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ poirier Abricotier (porte greffe : prunier myrobolan), Amandier sur le porte greffe (pêcher x amandier), Pommier, Prunier sur le porte greffe : mariana et GF81, la vigne sur porte greffe : SO4 ou 41B. Pêcher sur porte greffe amandier.
Cultures Exclues		Epinard, Triticale, poirier, pommier	Sorgho, Melon, pastèque, Cerisier, prunier

Source (ONID)

Interprétations : le sol présente de bonnes aptitudes culturales en particulier pour les cultures céréalières et maraichères, avec peu de restrictions.

B- Ressources en eau

II.1 Introduction

La ressource en eau prévue initialement et sur laquelle l'étude d'aménagement hydro- agricole de périmètre de Kramis dans la wilaya de Mostaganem a été notifiée se résume à allocation des eaux à partir du barrage de Kramis.

L'analyse des ressources en eau occupe une place essentielle car le développement de l'irrigation est étroitement lié à l'existence des ressources hydriques.

II.2 Les ressources en eau superficielles

II.2.1 Présentation de barrage de Kramis

L'oued Kramis qui fait partie du Côtier du Dahra et du bassin de Cheliff, est orienté Sud-NordLe barrage de Kramis d'une capacité de 30hm³, est érigé sur l'Oued Kramis à la confluence des oueds Nekmaria et Kramis, quelques kilomètres avant que celui-ci ne se jette dans la mer. Il est destiné principalement à l'alimentation en eau potable des communes d'Achaacha, Boughalem, Nekmaria, Khadra, Sidi Lakhdar et la zone d'extension Dahra et a l'irrigation de périmètre de kramis de 4300 ha.

II.2.2 Les caractéristiques du barrage de kramis (W.Mostaganem)

Le barrage Kramis est un barrage en terre qui peut stocker jusqu'à 45 millions de mètres cubes d'eau. Son niveau d'eau normal est maintenu à une altitude de 108 mètres, avec une capacité utilisable de 30 millions de mètres cubes au-dessus du niveau minimal d'exploitation, qui est fixé à 80 mètres. Sa hauteur maximale atteint 48 mètres.

Les caractéristiques principales du barrage sont détaillées dans le tableau II.4

Tableau II.4 : Caractéristiques du barrage de Kramis

Caractéristiques du barrage Kramis	Valeurs
Volume d'eau totale de la retenue	45hm ³
Volume utile de la retenue	33hm ³
Volume mort	11,9hm ³
Niveau des plus hautes eaux	111,10m
Niveau normale de retenue	108,00m

II.2.3 Qualités de l'eau d'irrigation

La qualité de l'eau de surface qui sera utilisée pour l'irrigation a été étudiée par le biais d'analyses des données brutes de l'oued Kramis, dont les mesures ont été faites au niveau de la station hydrométrique de l'oued Kramis, elles sont présentées dans le tableau II.5 :

Tableau II.5 : Paramètres de qualité de l'eau d'irrigation

Caractéristiques	Symbole	Unités	Grandeur mesurée
PH	PH	-	7.9
Salinité			
Solides dissolus totaux	TDS	mg/l	1568
Cations et Anions			
Chlorure	Cl ⁻	mg /l	311
Sulfate	SO ₄ ²⁻	mg /l	550
Bicarbonate	HCO ₃	mg/l	122
Sodium	Na ⁺	mg /l	75
Magnésium	Mg ⁺⁺	mg/l	58
Calcium	Ca ⁺⁺	mg /l	100
Nutriments			
Potassium	K ⁺	mg /l	14
Nitrate	NO ₃ ⁻	mg /l	11

II.2.4 Classification des eaux pour l'irrigation

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

► **La Conductivité électrique (CE) :**

La conductivité électrique est une caractéristique liée à la mobilité des ions et permet ainsi d'évaluer la salinité de l'eau. Elle est mesurée à une température de 25°C et exprimée en millisiemens par centimètre (mmS/cm).

On peut classer la salinité de l'eau en quatre niveaux de danger en se basant sur sa conductivité électrique :

Tableau II.6 : Classification des eaux en fonction de la CE

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm)	Qualité des eaux
C1	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevé
C4	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevé

Avec :

- Classe C1 : Appropriée pour toutes les cultures.
- Classe C2 : Convient aux plantes moyennement tolérantes.
- Classe C3 : Ne convient qu'aux sols bien drainés et aux plantes tolérantes.
- Classe C4 : L'eau est difficilement utilisable sur des sols bien drainés.

L'eau provenant du barrage de Kramis, destinée à l'irrigation du périmètre de Kramis, présente une conductivité électrique moyenne de $CE = 0.7$ mmhos/cm, ce qui la rend à haut risque d'utilisation.

► Le coefficient d'adsorption du Sodium (Sodium Absorption Ratio S.A.R)

La qualité des eaux pour l'irrigation est déterminée par la méthode de Sodium Absorption Ratio (S.A.R.) qui permet de mesurer le rapport de la concentration d'ions sodium à la somme des concentrations d'ions calcium et magnésium dans l'eau. Cette méthode fait intervenir la salinité et le risque d'alcalinisation des eaux, qui est calculé par la formule suivante :

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\frac{\sqrt{Mg^{++} + Ca^{++}}}{2}} \dots\dots\dots (II.1)$$

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

La classification est basée principalement sur l'effet du sodium sur les conditions physiques du sol :

Classe S1 : SAR de 10 et moins, avec un bas taux de sodium : l'eau peut être utilisée sur pratiquement n'importe quel type de sol avec un risque minimal d'accumuler du sodium à un niveau dommageable.

Classe S2 : SAR de 10,1 à 18 taux moyen de sodium : l'eau présente un danger appréciable d'accumuler du sodium à un niveau dommageable pour les sols ayant une texture fine et une capacité d'échange cationique (CEC) élevée. Par contre, l'eau peut être utilisée dans les sols sableux ayant une bonne perméabilité.

Classe S3 : SAR de 18,1 à 26 haut taux de sodium : peut produire des niveaux dommageables de sodium dans pratiquement tous les types de sols. L'utilisation d'amendements tels que le gypse pourraient être nécessaires pour échanger les ions Sodium. De plus, les pratiques culturales augmentant le drainage seront requises plus fréquemment.

Classe S4 : SAR au-dessus de 26,1 très haut taux de sodium : cette eau est généralement inadéquate pour l'irrigation.

• **Application numérique :**

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Mg^{++} + Ca^{++}}{2}}} = 8,4$$

Tableau II.7 : Risque d'alcalinisation en tenant compte les valeurs de SAR

Classe	S.A.R	Danger d'alcalinisation
S ₁	SAR ≤ 10	Risque faible
S ₂	10 < SAR ≤ 18	Risque moyen
S ₃	18 < SAR ≤ 26	Risque élevé
S ₄	SAR > 26	Risque très élevé

On remarque que la valeur de SAR calculé est dans la classe S2, donc on peut dire qu'il y a un **risque faible** d'alcalinisation.

Classification de l'eau d'irrigation : On utilise ce diagramme de pour la classer les eaux d'irrigation de barrage de Kramis ; d'après les résultats du calcul de la conductivité électrique (CE = 0.7mmhos/cm), et le rapport d'absorption du sodium de l'eau d'irrigation (SAR = 8, 40).

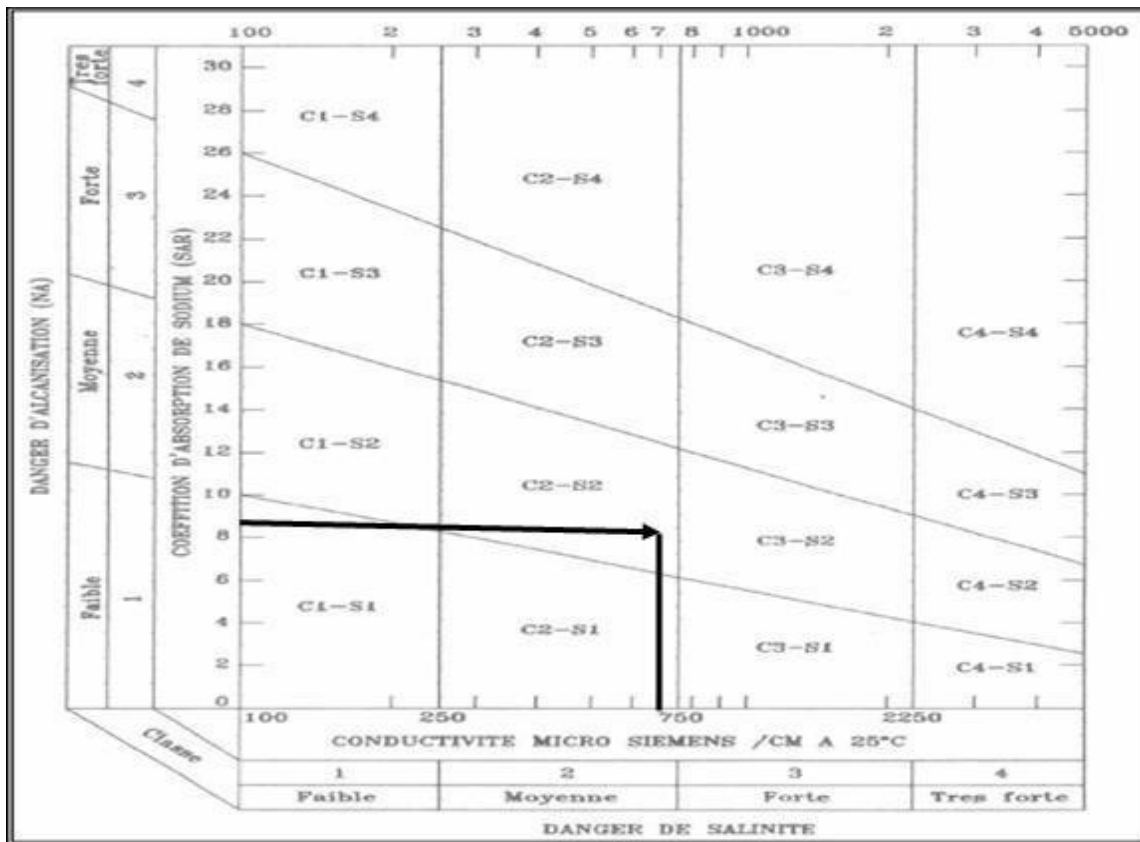


Figure II.3 : Diagramme de classification de l'eau d'irrigation.

Selon les valeurs moyennes de la conductivité électrique (CE) et le rapport d'absorption du sodium (SAR), les eaux du barrage Kramis sont classées dans la catégorie (C2-S2), ce qui signifie que l'eau a une salinité moyenne. Par conséquent, il est nécessaire de planifier un apport en eau supplémentaire pour répondre aux besoins en irrigation.

Les eaux souterraines :

Mostaganem est une ville côtière située en Algérie, et elle dépend en grande partie des eaux souterraines pour son approvisionnement en eau potable. Les eaux souterraines de Mostaganem proviennent principalement des nappes phréatiques qui se trouvent sous la région. Ces nappes phréatiques sont alimentées par les précipitations et l'infiltration de l'eau de pluie dans le sol.

L'eau souterraine de Mostaganem est extraite à partir de puits et de forages. Elle est ensuite traitée pour en faire de l'eau potable avant d'être distribuée aux habitants de la ville. L'utilisation d'eaux souterraines est essentielle pour assurer un approvisionnement en eau stable, en particulier dans les régions où les précipitations peuvent être irrégulières.

Il est important de surveiller et de gérer de manière durable les ressources en eau souterraine pour éviter l'épuisement de ces nappes phréatiques et préserver la qualité de l'eau. Cela implique généralement des mesures de conservation de l'eau, de protection de la qualité de l'eau et de gestion efficace des ressources en eau souterraine.

II.3 Hydrologie

Calcul de la pluie de projet

L'étude hydrologique permet d'analyser le régime pluviométrique et de déduire les pluies mensuelles de fréquence 80% (Année sèche).

II.3.1 Etude des pluies

Les stations pluviométriques retenues pour l'estimation des précipitations dans le bassin versant ont été sélectionnées sur la base de l'emplacement géographique de ces stations et la période d'observation de ces dernières.

La série pluviométrique de Neffaisia fournie par l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH, Alger) comportent plusieurs lacunes, elle sera donc écartée de notre étude.

II.3.2 Présentation de la station pluviométrique de Mostaganem SCM

La région d'étude dispose d'une station pluviométrique gérée par l'Agence Nationale des Ressources en Hydrauliques (ANRH)

.Ona choisir la station de la wilaya de Mostaganem SCM, avec les coordonnées sont présentées comme suit :

Tableau II.8 : Station météorologique de Mostaganem.

Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Période d'observations	Durée des Observations
Mostaganem	0°	35°52'8 ''N	137	1991-2014	24 ans

Les pluies Moyennes mensuelles au niveau de la station de la wilaya de Mostaganem SCM présentées dans cette série suivante (Tableau II.9) :

Tableau II.9 : Les pluies moyennes mensuelles observées en niveau de station de Mostaganem

Années	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Total
1991	8.8	35.9	67.9	10.1	38.1	28.3	31.4	8.8	36.2	25.7	3.6	0.3	422.6
1992	1.5	2.9	34.7	19.4	0	58	16.6	40.9	19	4.2	0	2.4	396.7
1993	4.9	51.4	55.7	7.9	33.1	40	0	27.7	7.2	0	0	0	283.7
1994	16.6	23.7	29.3	4.9	31.6	23.5	44.3	10.4	0.6	2.7	5.7	1.4	331.2
1995	22.3	12.7	78.4	58.4	125.7	94.6	39.9	47.9	24.6	0	5.6	0.3	216.8
1996	37.9	29	2.2	45	79.4	4.2	0	111.7	15	1.6	2	8.5	354
1997	23.4	37.5	56.1	50.2	46.6	29.1	11.4	30.6	42.8	0	1.4	8.9	488

1998	4.2	8.5	26.5	58.6	72.2	69.2	40.2	0.4	3	1.2	0.7	13.1	433.6
1999	19.3	17.6	74.2	51.9	3.1	0	12.5	17.9	29.3	0.5	0	0	298
2000	86.8	43.9	115.2	25.1	42	135.5	1.8	63.5	12	0.7	0	0.1	428
2001	8.4	17.3	145.4	43.1	6.2	0	62.8	47.5	40.2	1.1	0	9.7	532
2002	0.6	31.9	54.2	7.2	54	46.9	7.4	51.3	10.3	1.6	0	0.1	523.1
2003	0	25.7	29.9	68	24.4	32.5	10.9	8.3	79.1	10.9	0	0	363.5
2004	2.2	60.4	65.3	104.7	12.7	51.8	25.1	3.9	0	1	0	0	393
2005	11.2	43.2	100.8	40.3	108.3	64.4	10.2	24	92.1	3.1	0	0	483
2006	35.7	0	0	189.3	48.7	20.1	51.2	77.4	0	0	0	0	330.5
2007	32.9	68.4	62.5	22.3	27.9	5.8	16.3	4.4	14.7	6.2	4.1	0	609
2008	31.6	40.5	144.5	119.4	60.6	8.2	32.6	32.1	15.4	0.8	0	1.6	457.1
2009	15.1	2.7	18.7	34.8	44.3	42.7	44.7	37.3	11.6	0.4	0	16.4	474
2010	3.6	66.1	58.6	16	70.3	26.2	28.5	76.6	45.5	2.2	0	0	271
2011	4.3	41.2	76.2	38.7	31.9	62.7	20.4	62.8	2.4	0	0	0	419
2012	14	65.9	155.7	77.2	54.8	29.3	30.9	75.9	48.4	0	3.3	2	433
2013	24.7	6	75.5	160.9	106.4	74.8	41.5	7.9	6.6	6	0	1	504
2014	15	0	46	76	53.3	51.4	30.5	0	11	0	0	0	575

Cette série des P_{annuel} présente les paramètres statistiques suivantes :

Tableau II.10 : Paramètres de la série pluviométrique.

Moyenne	417.5 mm
Ecart type	98.86
Cv	0.24
P_{min}	216.8 mm
P_{max}	609.8 mm
Médiane	425.3

II.4 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

Avant de commencer toute analyse des données hydrologiques, il est essentiel de garantir la cohérence des données, car il peut arriver que la station pluviométrique présente des interruptions dans les relevés, ce qui complique leur utilisation. Pour ce faire, il est impératif de vérifier la cohérence des séries de données. Dans le cadre de notre étude, cette vérification est réalisée à l'aide du test de Mood, qui est un outil nécessaire pour évaluer la cohérence de la série pluviométrique.

II.4.1 Test de Mood :(Paul Meylan, 2008)

Le test de Mood est utilisé pour évaluer l'homogénéité d'une série de données pluviométriques.

Cette méthode repose sur la procédure suivante :

1. Prenez un échantillon de données x_1, x_2, \dots, x_n .
2. Classez cet échantillon par ordre croissant.
3. Calculez la médiane M de l'échantillon, qui est une valeur constante telle que 50 % des x_i soient inférieurs à M et 50 % des x_i soient supérieurs à M .
4. Transformons maintenant la série des valeurs non classées en une séquence de signes :

+ Pour $x_i > M$

- Pour $x_i < M$

Calculons ensuite les quantités N_s et T_s selon les critères suivants :

N_s : le nombre total de séries de signes + ou -.

T_s : la taille de la plus longue série dans notre tableau de signes + ou -

- Les conditions de ce test dans cette formule :

$$\frac{1}{2}(N + 1 - 1.96\sqrt{N - 1}) < Ns < \frac{1}{2}(N + 1 + 1.96\sqrt{N - 1}) \dots\dots\dots (II.2)$$

$$Ts < 3.3 (\log_{10} N + 1)$$

Dans le cas de notre série :

Tableau II.11 : résultat du test Mood

Pmoy	422.6	396.7	283.7	331.2	216.8	354	488	433.6	298
	-	-	-	-	-	-	+	+	-
P moy	428	532	523.1	363.5	393	483	330.5	609	457.1
	+	+	+	-	-	+	-	+	+
P moy	474	271	419	433	504	575			
	+	-	-	+	+	+			

On a : $\frac{1}{2}(N + 1 - 1.96\sqrt{N - 1}) = 7.8$ et $\frac{1}{2}(N + 1 + 1.96\sqrt{N - 1}) = 17.2$

$Ns=10$, et $7.8 < Ns=10 < 17.2$

Et d'autre part : $3.3 (\log_{10} N + 1) = 7.85$ et $Ts=6$ et $6 < 7.85$

Conclusion :

On conclure que les deux conditions sont vérifiées, donc notre série est homogène.

II.4.2 Ajustement des pluies annuelles

Les lois d'ajustement les plus communément employées dans le cas de pluies annuelles sont les suivantes :

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

Les deux paramètres sur lesquels dépendent ces deux lois de probabilité continues sont l'espérance, notée μ , et l'écart type, dans le cas de la loi log-normale.

- Nous avons effectué les calculs à l'aide du **logiciel HYFRAN**.

loi Normal :

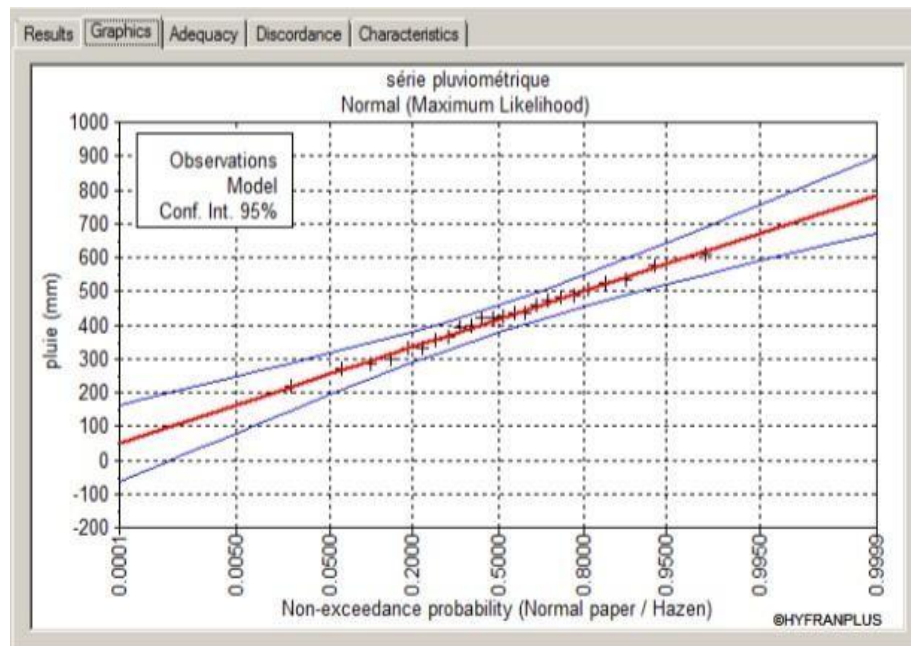


Figure II.4 : Ajustement des pluies annuelles a la loi Normale

Log normal :

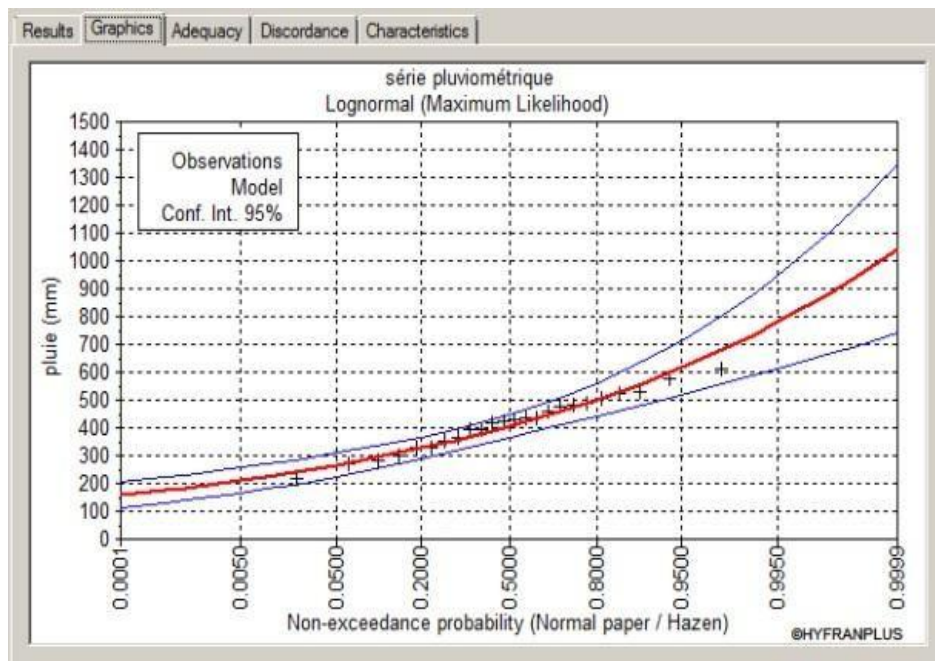


Figure II.5 : Ajustement des pluies annuelles a la loi Log-normale

II.4.3 Test de validité d'un ajustement

Après ajustement des données par la loi, Il convient de comparer l'adéquation de cette loi afin d'adopter le meilleur ajustement.

Dans notre cas, nous avons a utilisé le teste de Khi carré χ^2 . Touaibia, B., (2004)

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

Tableau II.12 : Test de validité des deux ajustements.

Loi normale	Loi log-normale
$\chi^2_{calculé} = 2.83$	$\chi^2_{calculé} = 2.25$
$\chi^2_{théorique} = 9.488$	$\chi^2_{théorique} = 9.488$
Degrés de liberté = 4	Degrés de liberté = 4

Donc : Pour notre série, la loi Log-normale s'avère être la plus appropriée

II.4.4 Détermination de l'année de calcul :

Puisque la loi Log-normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.²

Tableau II.13 : Résultat de l'ajustement.

T	q	Xt	Intervalle de Confiance
2	0.5	405.4	364.2-446.6
1.25	0.8	327.4	288.5-366.4

Généralement, on exprime la probabilité d'assurer l'irrigation en termes de fréquence à 80 %.

$$P_{moy\ 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{moy \text{ de chaque mois}} \frac{P_{théorique (80\%)mensuelle}}{P_{théorique (50\%)mensuelle}} ; \dots \dots \dots (II.3)$$

$$P_{théorique \text{ de } 80\%} = 327 \text{ mm et } P_{théorique \text{ de } 50\%} = 405.4 \text{ mm,}$$

$$\text{et } P_{moy\ 80\%} = 0.8 \times P_{moy \text{ mensuelle}} ; \dots \dots \dots (II.4)$$

donc on peut calculer les pluies mensuelles de ce projet, comme suit :

Tableau II.14 Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
P _{moy} (mm/M)	21.9	34.6	75	59	54.7	56.6	36	44.5	26.7	3.4	1.9	3.4
P _{80%} (mm/M)	17.5	27.64	60	47.2	43.7	45.2	28.8	35.6	21.4	2.7	1.5	2.7

II.5 Conclusion

Les analyses pédologiques effectuées sur les sols du secteur Neffaisia ont révélé des caractéristiques favorables à l'irrigation, ce qui témoigne de la qualité globale des sols dans cette région.

La couverture pédologique du secteur Neffaisia est principalement composée de sols ferrallitiques présentant des accumulations calcaires plus ou moins tendres, avec un sol limono-argileux de texture satisfaisante et un bon drainage interne. Dans l'ensemble, ces sols offrent de bonnes conditions pour la culture, avec peu de contraintes.

Pour l'irrigation des terres dans le périmètre de Neffaisia, le barrage de Kramis sera une source d'approvisionnement en eau précieuse pour les parcelles de cette zone, qui présentent des caractéristiques relativement favorables.

Ces propriétés représentent des avantages significatifs qui favorisent le développement d'un projet d'aménagement hydro-agricole dans la zone d'étude.

Chapitre III : Calcul des besoins en eau des cultures

III.1 Introduction

L'objet de ce chapitre est de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des calculs précédemment définis, pour compenser le déficit hydrique de la couche de sol active.

L'eau apportée aux plantes est libérée par la transpiration des feuilles, Le reste est évaporé par le sol. La combinaison de ces deux effets est l'évapotranspiration, à partir duquel nous déterminons les besoins en eau des cultures.

III.2 Besoin en eau du périmètre :

Les besoins en eau des cultures peuvent être définis comme la quantité d'eau nécessaire pour maintenir le niveau d'humidité du sol optimal afin d'assurer le rendement maximal des plantes. L'évaluation des besoins en eau de la zone repose sur la détermination des exigences spécifiques de chaque culture inscrite dans le calendrier agronomique.

III.2.1 Calcul des besoins en eau

Les besoins en eau se définissent comme la quantité d'eau supplémentaire nécessaire, par le biais de l'irrigation, afin de compléter l'apport provenant des précipitations. Avant d'évaluer les besoins en eau spécifiques aux cultures, il est impératif de prendre en compte divers paramètres liés aux plantes, ainsi que les données climatiques et pédologiques de la zone en question.

$$\text{Besoins en eau des cultures : } ETM = kc * ET_0 \dots \dots \dots (III.1)$$

III.2.2 Concept de l'évapotranspiration potentielle de référence :(ET₀)

L'évapotranspiration potentielle de référence (ET₀) est une mesure théorique de l'évaporation et de la transpiration d'une surface végétalisée idéale dans des conditions atmosphériques standardisées.

Elle sert de base pour estimer les besoins en eau des cultures réelles dans une région donnée.

• Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence :(ET₀)

Les recherches actuelles concernant les besoins en eau des cultures agricoles ne visent plus exclusivement à obtenir des données précises pour chaque type de plante. Au contraire, elles

s'orientent principalement vers la création de formules universelles qui permettent de calculer de manière rationnelle ces besoins, quel que soit le lieu géographique.

Pour le calcul de l'évapotranspiration de référence, il existe plusieurs méthodes, réparties en deux classes :

- **Les méthodes directes :**

- L'évapotranspiration ou cuve lysimétrique

- **Les méthodes indirectes :**

Ces méthodes permettent de calcul l'ET₀ à partir de formules basées sur des paramètres climatiques.

Il existe des formules de calcul dont les principales sont : Prinstley- Taylor, Makkink, Turc

- Hargreaves, Blaney – Cridle, Thornthwaite, Penman et Monteith modifiée.

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

➤ **Formule Modifiée de Penman_Monteith**

En 1948, Penman et Monteith ont collaboré pour élaborer un bilan énergétique en utilisant une méthode de transfert de masse. À partir des données climatologiques telles que l'ensoleillement, la température, l'humidité et la vitesse du vent, ils ont développé une équation permettant de calculer l'évapotranspiration d'une surface libre d'eau. Depuis lors, la formule modifiée de Penman-Monteith est devenue l'approche prédominante pour estimer l'évapotranspiration, et elle est fortement recommandée par la FAO. Cette formule est détaillée comme suit :

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \dots\dots\dots(III.2)$$

Avec :

- **ET₀** : Evapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],
- **R_n** : Rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour⁻¹],
- **G** : Densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² jour⁻¹],
- **T** : Température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]
- **U₂** : Vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s⁻¹],

- e_s : Pression de vapeur saturante [kPa],
- e_a : Pression de vapeur réelle [kPa],

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

- D : Pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C⁻¹], g : constante psychrométrique [kPa °C⁻¹].

Nous avons utilisé le logiciel CROPWAT (FAO, 2008) pour calculer l'évapotranspiration de référence en utilisant la méthode de Mr Penman et Monteith. Nous avons alimenté le logiciel avec les données mensuelles suivantes :

Température : les températures minimales et maximales mensuelles.

Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).

Insolation journalière : mesurée en heures d'insolation.

Vitesse du vent : la vitesse du vent, qui peut être introduite en mètres par seconde (m/s).

Les données de l'évapotranspiration de référence ET_0 , obtenues à partir du logiciel CROPWAT, sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau III.3: Evapotranspiration de référence ET_0 calculée.

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ET ₀ mm/month
January	9.4	16.3	80	2.0	6.2	10.1	42.69
February	10.0	17.0	76	2.3	7.4	13.6	55.61
March	12.2	18.4	75	2.2	8.2	17.6	84.50
April	13.0	19.2	72	2.4	9.1	21.5	105.63
May	16.0	21.7	74	2.5	9.7	23.9	128.94
June	19.2	23.9	78	2.1	10.6	25.7	137.66
July	21.6	27.1	77	2.7	9.8	24.2	150.71
August	23.6	29.8	69	2.3	9.9	23.1	162.93
September	21.6	27.3	70	2.7	8.8	19.2	132.22
October	17.5	23.0	78	2.2	7.2	14.2	83.92
November	13.7	20.0	74	3.1	6.2	10.6	66.61
December	10.1	17.4	74	3.3	5.9	9.2	56.57
Average	15.7	21.8	75	2.5	8.3	17.8	1207.99

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

$$B_i = ETM - (P_{\text{eff}} + RFU_{i-1}) \dots\dots\dots(III.3)$$

Où :

- **ETM** : est la valeur de l'évapotranspiration maximale en mm, elle est égale à :

$ET_0 * K_c$

- **K_c** : le coefficient culturel de la culture considérée.
- **P_{eff}** : est la pluie efficace.
- **RU** : La réserve utile.

III.3 Calcul de la pluie efficace

L'efficacité de la pluie peut être définie comme la part des précipitations réellement utiles pour répondre aux besoins de la culture, une fois que l'on a pris en compte les pertes dues au ruissellement en surface, à la percolation en profondeur, et d'autres facteurs similaires. Il existe plusieurs méthodes pour calculer cette efficacité de la pluie, mais dans ce contexte, nous allons privilégier la méthode du pourcentage détaillé, qui est décrite comme suit :

$$\text{Pluies efficaces} = 0,8 \times \text{Pluies Totales}$$

Avec : "A" est représenté par un coefficient estimé à 0,8.

III.4 Calcul de la réserve en eau du sol :

C'est la quantité d'eau contenue dans la tranche du sol explorée par les racines, entre le point de ressuyage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement.

La réserve facilement utilisable (RFU) se calcul par la formule suivante.

$$RFU = (h_{cc} - h_{pf}) * Y * D_a * Z \dots\dots\dots (III.4)$$

Dans notre cas, la réserve en eau du sol du mois précédent (mois i-1) peut être calculée comme suit, en utilisant les paramètres suivants :

- **HCC** : Humidité à la capacité au champ
- **HPF** : Humidité au point de flétrissement
- **Z** : Profondeur racinaire
- **Y** : Coefficient qui dépend de la nature du sol (on prend $Y=2/3$)

- **Da** : la Densité apparente du sol

La réserve en eau du sol du mois i-1 est donnée par la formule suivante :

$$R_s = K * R_{FU} \dots \dots \dots (III.5)$$

Tel que :

- **K** : est coefficient=1, ou 1/2, 1/3 ou 0 dans le cas de réserve en eau nulle.

III.5 Choix des cultures

Le choix des cultures à cultiver dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- La localisation naturelle de l'exploitation.
- La situation économique de l'exploitation.
- La sélection des cultures en tenant compte de la conjoncture économique.

III.5.1 Les cultures proposées :

L'objectif de ce projet est de développer la production céréalière, en premier lieu, pour cela, les cultures proposées sont indiquée dans le tableau III.4 :

Tableau III.4 : Occupation de sol en fonction des cultures.

Les cultures	Surface occupé en %	Surface occupé en Ha
<p>La céréaliculture :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Blé 	40	47
<p>Le maraîchage :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pomme de terre (S) ▪ Pomme de terre (S) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tomate ▪ Poivron ▪ Haricot ▪ Courgette ▪ Oignon ▪ Fève 	40	47

L'arboriculture :	20	24
▪ Agrumes		
▪ Vignes		
Total	100%	118

. III.5.2 Assolements/rotation des cultures :

L'assolement et la rotation des cultures sont des pratiques agricoles utilisées pour maximiser la productivité des terres agricoles, prévenir l'épuisement des nutriments du sol et contrôler les maladies et les ravageurs.

Tableau III.3 : Assolement étudié

Assolement 1	Assolement 2
Blé	Poids chiche
Blé d'hiver (blé tendre)	Fèves
Pomme de terre (AS)	Haricot (s)
Tomate	Oignon
Poivron	Courgette
Arboriculture Vigne Oranger	Arboriculture. Vigne Oranger

Le cycle végétatif des cultures envisagées est détaillé dans le tableau III-6 :

Tableau III.4 : le cycle végétatif des cultures envisagées.

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Ju	Jl	A
Blé				←								→
Blé d'hiver		←									→	
Pomme de terre (As)		←			→							
Pomme de terre (s)							←			→		

Tomate								←	→				
Poivron										←	→		
Poids chiche										←	→		
Fèves								←	→				
Haricot	↔									←	→		
Vigne		↔						←	→				
Oignon								←	→				
Courgette										←	→		
Orange													↔

III.6 Estimation des coefficients culturaux (kc) :

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) de chaque culture ont été extraites en utilisant les valeurs définies par Doorenbos (FAO, 2003), en tenant compte du stade de croissance de la plante et des conditions climatiques spécifiques.

III.7 Estimation des besoins en eau des cultures

Calcul des besoins en eau d’irrigation des cultures :

$$B = ETM - (P_{eff} + RFU) \dots \dots \dots (III.6)$$

Avec :

- **B** : Besoin en eau d’irrigation (mm).
- **E.T.M** : évapotranspiration (mm/mois).
- **Peff**: Pluie efficace.
- **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.

Le calcul de la RFU se fait comme suit :

$$RFU = Y \times (H_{cc} - H_{pf}) \times D_a \times Z \dots \dots \dots (III.7)$$

Avec :

- **Hcc** : Humidité a la capacité aux champs (26%).
- **Hpf** : Humidité au point de flétrissement (16%).
- **Da** : densité apparente (1.4).

- **Y** : degré de tarissement (2/3).
- **Z** : profondeur d'enracinement en mm.

III.7.1 Estimation des besoins en eau des céréales

:Tableau III.5 : Calcul des besoins en eau pour le Blé.

Mois	Pluie (mm)	Pluie eff	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z (m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Septembre	21,9	17,52	132,22	0	0		0		0
Octobre	34,6	27,68	83,92	0,3	25,176		0	0	0
Novembre	75	60	66,61	0,4	26,644	0,3	27	0	0
Décembre	59	47,2	56,57	0,6	33,942	0,5	45	27	0
Janvier	54,7	43,76	42,69	0,6	25,614	0,5	45	22.5	0
Février	56,6	45,28	55,61	0,6	33,366	0,6	54	22.5	0
Mars	36	28,8	84,5	1	84,5	0,6	54	22.5	33.2
Avril	44,5	35,6	105,63	1,2	126,756	0,6	54	0	91.16
Mai	26,7	21,36	128,94	0,87	112,1778	0,6	54	0	90.82
Juin	3,4	2,72	137,66	0,23	31,6618	0,6	54	0	28.94
Juillet	1,9	1,52	150,71		0		0	0	0
Août	3,4	2,72	162,93		0		0	0	0

Tableau III.6 : Calcul des besoins en eau du blé d'hiver

Mois	Pluie (mm)	P eff (mm)	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z (m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Septembre	21,9	17,52	132,22		0.0		0		0
Octobre	34,6	27,68	83,92	0.3	21.0		0	0	0
Novembre	75	60	66,61	0.4	26.6	0.3	27	0	0
Décembre	59	47,2	56,57	0.7	39.6	0.5	45	27	0
Janvier	54,7	43,76	42,69	0.9	36.3	0.5	45	22.5	0
Février	56,6	45,28	55,61	1.0	52.8	0.6	54	22.5	0
Mars	36	28,8	84,5	1.0	84.5	0.6	54	27	28.7
Avril	44,5	35,6	105,63	0.9	89.8	0.6	54	0	54.19
Mai	26,7	21,36	128,94	0.7	90.3	0.6	54	0	68.90
Juin	3,4	2,72	137,66	0.4	48.2	0.6	54	0	45.46
Juillet	1,9	1,52	150,71		0.0		0	0	0
Août	3,4	2,72	162,93		0.0		0	0	0

III.7.2 Estimation des besoins en eau des maraîchages :

Tableau III.7 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (AS)

Mois	Pluie (mm)	P eff (mm)	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z (m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	21.9	17.52	132.22	0.5	66.11	0.2	18		48.59
Oct	34.6	27.68	83.92	0.7	58.74	0.4	36	0	31.06
Nov	75	60	66.61	0.95	63.28	0.5	45	0	3.28
Déc	59	47.2	56.57	0.75	42.43	0.5	45	22.5	0
Jan	54.7	43.76	42.69		0		0	22.5	0
Fév	56.6	45.28	55.61		0		0	0	0
Mars	36	28.8	84.5		0		0	0	0
Avril	44.5	35.6	105.63		0		0	0	0
Mai	26.7	21.36	128.94		0		0	0	0

Tableau III.8 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre (Saison)

Mois	Pluie (mm)	P eff (mm)	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z (m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	21.9	17.5	132.22		0		0		0
Oct	34.6	27.68	83.92		0		0	0	0
Nov	75	60	66.61		0		0	0	0
Déc	59	47.2	56.57		0		0	0	0
Jan	54.7	43.76	42.69		0		0	0	0
Fév	56.6	45.28	55.61	0.5	27.81	0.25	22.5	0	0
Mars	36	28.8	84.5	0.7	59.15	0.5	24.75	22.5	7.85
Avril	44.5	35.6	105.63	1	105.63	0.5	24.75	24.75	45.28
Mai	26.7	21.36	128.94	0.75	96.71	0.5	24.75	0	75.35
Juin	3.4	2.72	137.66		0		0	0	0
Juill	1.9	1.52	150.71		0		0	0	0
Aout	3.4	2.72	162.93		0		0	0	0

Tableau III.9 : Calcul des besoins en eau pour la tomate

Mois	Pluie (mm)	P eff (mm)	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z (m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	21.9	17.52	132.22		0		0		0
Oct	34.6	27.68	83.92		0		0	0	0
Nov	75	60	66.61		0		0	0	0
Déc	59	47.2	56.57		0		0	0	0
Jan	54.7	43.76	42.69		0		0	0	0
Fév	56.6	45.28	55.61		0		0	0	0
Mars	36	28.8	84.5	0.5	42.25	0.6	54	0	13.45
Avril	44.5	35.6	105.63	0.85	89.79	0.9	81	0	54.19
Mai	26.7	21.36	128.94	1.15	148.28	1.2	108	0	126.92
Juin	3.4	2.72	137.66	0.85	117.01	1.2	108	0	114.29
Juill	1.9	1.52	150.71		0		0	0	0
Aout	3.4	2.72	162.93		0		0	0	0

Tableau III.10 : Calcul des besoins en eau pour la courgette.

Mois	Pluie (mm)	P eff (mm)	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z (m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	21.9	17.52	132.22	0.4	52.89	0.5	45	0	35.37
Oct	34.6	27.68	83.92	0.5	41.96	0.5	45	0	14.28
Nov	75	60	66.61	0.8	53.29	0.5	45	0	0
Déc	59	47.2	56.57	0.95	53.74	0.5	45	22.5	0
Jan	54.7	43.76	42.69	0.6	25.61	0.5	45	27.56	0
Fév	56.6	45.28	55.61		0		0	0	0
Mars	36	28.8	84.5		0		0	0	0
Avril	44.5	35.6	105.63		0		0	0	0
Mai	26.7	21.36	128.94		0		0	0	0
Juin	3.4	2.72	137.66		0		0	0	0
Juill	1.9	1.52	150.71		0		0	0	0
Aout	3.4	2.72	162.93		0		0	0	0

Tableau III.11 : Calcul des besoins en eau pour l'oignon.

Mois	Pluie (mm)	P eff (mm)	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z (m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	21.9	17.52	132.22		0		18	0	0
Oct	34.6	27.68	83.92	0.4	33.56	0.2	36	0	5.0
Nov	75	60	66.61	0.75	49.95	0.4	36	18	0
Déc	59	47.2	56.57	0.95	53.74	0.4	36	18	0
Jan	54.7	43.76	42.69	0.9	38.421	0.4	36	18	0
Fév	56.6	45.28	55.61	0.7	38.92	0.4	18	0	0
Mars	36	28.8	84.5		0		0	0	0
Avril	44.5	35.6	105.63		0		0	0	0
Mai	26.7	21.36	128.94		0		0	0	0
Juin	3.4	2.72	137.66		0		0	0	0
Juill	1.9	1.52	150.71		0		0	0	0
Aout	3.4	2.72	162.93		0		0	0	0

Tableau III.12 : Calcul des besoins en eau pour le haricot.

Mois	Pluie (mm)	P eff (mm)	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z (m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	21.9	17.52	132.22	0.8	105.776	0.5	45	0	88.256
Oct	34.6	27.68	83.92						
Nov	75	60	66.61						
Déc	59	47.2	56.57						
Jan	54.7	43.76	42.69						
Fév	56.6	45.28	55.61						
Mars	36	28.8	84.5						
Avril	44.5	35.6	105.63						
Mai	26.7	21.36	128.94						
Juin	3.4	2.72	137.66	0.5	68.83	0.5	45		66.11
Juill	1.9	1.52	150.71	0.65	97.9615	0.5	45	0	96.4415
Aout	3.4	2.72	162.93	1.1	179.223	0.7	63	0	176.503

Tableau III.13 : Calcul des besoins en eau pour le Poivron

Mois	Pluie (mm)	P eff (mm)	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z (m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	21,9	17,52	132,22		0		0		0
Oct	34,6	27,68	83,92		0		0	0	0
Nov	75	60	66,61		0		0	0	0
Déc	59	47,2	56,57		0		0	0	0
Jan	54,7	43,76	42,69		0		0	0	0
Fév	56,6	45,28	55,61		0		0	0	0
Mars	36	28,8	84,5		0		0	0	0
Avril	44,5	35,6	105,63		0		0	0	0
Mai	26,7	21,36	128,94	0,6	77,36	0,5	45	0	56
Juin	3,4	2,72	137,66	0,7	96,36	0,5	45	0	93.64
Juill	1,9	1,52	150,71	0,8	120,6	0,5	45	0	119.08
Aout	3,4	2,72	162,93	0,8	130,3	0,5	45	0	127.58

Tableau III.14 : Calcul des besoins en eau pour le Poids chiche

Mois	Pluie (mm)	P eff (mm)	ETO (mm)	Kc	ETM (mm)	Z (m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	21,9	17,52	132,22		0		0		0
Oct	34,6	27,68	83,92		0		0	0	0
Nov	75	60	66,61		0		0	0	0
Déc	59	47,2	56,57		0		0	0	0
Jan	54,7	43,76	42,69		0		0	0	0
Fév	56,6	45,28	55,61		0		0	0	0
Mars	36	28,8	84,5		0		0	0	0
Avril	44,5	35,6	105,63		0		0	0	0
Mai	26,7	21,36	128,94	0,4	51,576	0,4	36	0	30.22
Juin	3,4	2,72	137,66	0,6	82,596	0,45	40.5	0	79.88
Juill	1,9	1,52	150,71	0,8	120,568	0,5	45	0	119.05
Aout	3,4	2,72	162,93	1	162,93	0,6	54	0	160.21

Tableau III.15 : Calcul des besoins en eau pour Feves

Mois	Pluie (mm)	P eff (mm)	ET0(mm)	Kc	ETM (mm)	Z (m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	21,9	17,52	132,22		0		0		0
Oct	34,6	27,68	83,92		0		0	0	0
Nov	75	60	66,61		0		0	0	0
Déc	59	47,2	56,57		0		0	0	0
Jan	54,7	43,76	42,69		0		0	0	0
Fév	56,6	45,28	55,61	0,4	22,244	0,6	54	0	0
Mars	36	28,8	84,5	0,6	50,7	0,7	63	54	0
Avril	44,5	35,6	105,63	0,7	73,941	0,7	63	0	38.34
Mai	26,7	21,36	128,94	0,95	122,493	0,7	63	0	101.13
Juin	3,4	2,72	137,66	0,85	117,011	0,7	63	0	114.29
Juill	1,9	1,52	150,71	0,8	120,568	0,7	63	0	119.05
Aout	3,4	2,72	162,93		0		0	0	0

III.7.3 Estimation des besoins en eau de l'arboriculture :

Tableau III.16 : Calcul des besoins en eau pour la vigne.

Mois	Pluie (mm)	P eff (mm)	ET0(mm)	Kc	ETM (mm)	Z (m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	21.9	17.52	132.22	0.4	52.888	1.5	135		35.368
Oct	34.6	27.68	83.92	0.4	33.568	1.5	135	0	5.888
Nov	75	60	66.61	0	0	1.5	135	67.5	0
Déc	59	47.2	56.57	0	0	1.5	135	135	0
Jan	54.7	43.76	42.69	0	0	1.5	135	135	0
Fév	56.6	45.28	55.61	0	0	1.5	135	135	0
Mars	36	28.8	84.5	0.15	12.675	1.5	135	1.35	0
Avril	44.5	35.6	105.63	0.45	47.5335	1.5	135	135	0
Mai	26.7	21.36	128.94	0.6	77.364	1.5	135	0	56.004
Juin	3.4	2.72	137.66	0.7	96.362	1.5	135	0	93.642
Juill	1.9	1.52	150.71	0.7	105.497	1.5	135	0	103.977
Aout	3.4	2.72	162.93	0.45	73.3185	1.5	135	0	70.5985

Tableau III.17 : Calcul des besoins en eau pour l'oranger.

Mois	Pluie (mm)	P eff (mm)	ET0 (mm)	Kc	ETM (mm)	Z (m)	RFU (mm)	Rs-1 (mm)	Bnet (mm)
Sep	21.9	17.52	132.22	0.75	99.165	1.5	135	0	81.65
Oct	34.6	27.68	83.92	0.75	62.94	1.5	135	0	35.26
Nov	75	60	66.61	0.75	49.9575	1.5	135	0	0.00
Déc	59	47.2	56.57	0.65	36.7705	1.5	135	67.5	0.00
Jan	54.7	43.76	42.69	0.65	27.7485	1.5	135	67.5	0.00
Fév	56.6	45.28	55.61	0.65	36.1465	1.5	135	135	0.00
Mars	36	28.8	84.5	0.65	54.925	1.5	135	67.5	0.00
Avril	44.5	35.6	105.63	0.65	68.6595	1.5	135	67.5	0.00
Mai	26.7	21.36	128.94	0.65	83.811	1.5	135	67.5	0.00
Juin	3.4	2.72	137.66	0.65	89.479	1.5	135	0	86.76
Juill	1.9	1.52	150.71	0.75	113.0325	1.5	135	0	111.51
Aout	3.4	2.72	162.93	0.75	122.1975	1.5	135	0	119.48

III.8 Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2 :

Tableau III.18 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1 :

Mois	Blé	Blé d'hiver	Poivron	PDT (S)	Tomate	Vigne	Orangers	Total
Sept	0.00	0.00	0.00	64.79	0.00	47.16	108.86	220.80
Oct	0.00	0.00	0.00	41.41	0.00	7.85	47.01	96.28
Nov	0.00	0.00	0.00	4.37	0.00	0.00	0.00	4.37
Déc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jan	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fév	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mar	44.27	38.27	0.00	0.00	17.93	0.00	0.00	100.47
Avr	121.54	72.25	0.00		72.25	0.00	0.00	266.04
Mai	121.09	91.86	74.67		169.23	74.67	0.00	531.52
Jui	38.59	60.61	124.85		152.39	124.86	115.68	616.98
Juill	0.00	0.00	158.77		0.00	138.64	148.68	446.09
Août	0.00	0.00	170.11		0.00	94.13	159.30	423.54

Tableau III.19 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2.

Mois	Pois chiche	Fève	Courgette	Haricot	Oignon	Vigne	Orangers	Total
Sept	0.00	0.00	47.16		0.00	47.16	108.86	203.18
Oct	0.00	0.00	19.04		0.00	7.85	47.01	73.90
Nov	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
Déc	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
Jan	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
Fév	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
Mar	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
Avr	0.00	51.12	0.00		0.00	0.00	0.00	51.12
Mai	40.29	134.84	0.00		0.00	74.67	0.00	249.80
Jui	106.50	152.39	0.00	88.15	0.00	124.86	115.68	587.57
Juill	158.73	158.73	0.00	128.59	0.00	138.64	148.68	733.37
Août	213.61	0.00	0.00	235.34	0.00	94.13	159.30	702.39

III.9 Calcul du débit spécifique

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

$$qs = B_{net} * 10 * 1000 / N_j * N_i * 3600 * E \text{ /s/ha} \dots\dots\dots \text{(III.8)}$$

Tel que :

- **B_{net}** : besoin net du mois de pointe en mm/mois.
- **N_i** : nombre des heures d'irrigation=22h
- **N_j** : nombre de jours du mois de pointe =30 jours
- **E_i** : Efficience d'irrigation=75%

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement II). D'où les besoins de pointe correspondent au mois d'Aout : **B_{net} = 733.4 mm/mois.**

$$qs = 4.1 \text{ l/s/ha} > 1.5 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique obtenu excède 1,5. Par conséquent, nous prenons le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe, à savoir les haricots. En conséquence, le débit spécifique pris en compte pour notre périmètre est de :

$$qs = 1 \text{ (l/s/ha)}.$$

III.9.1 Evaluation du débit caractéristique

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

$$Q_{car} = qs \cdot S \dots\dots\dots \text{(III.9)}$$

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

S= c'est la superficie nette à irriguer = 118 ha

$$\text{Donc : } Q_{car} = qs \cdot S = 1 * 118 = 118 \text{ l/s}$$

III. 0 Estimation des volumes d'eau d'irrigation

Les besoins en eau pour notre zone sont résumés dans le tableau ci-dessous :

"Les besoins en eau sont calculés en multipliant les besoins bruts de la culture par la surface, comme indiqué dans la formule suivante :

$$\ll \text{Volume des besoins en eau} = \text{Besoins bruts de la culture (m}^3) \times \text{Surface (m}^2) \gg$$

Tableau III.20 : Besoins en eau totaux de l'assolement II.

Type de culture	Surface (ha)	Besoins nets (mm)	Besoins bruts (m ³ /ha)	Besoins totaux (m ³)
Blé	22	244	3253.3	71573.3
Blé d'hiver	15	197	2626.7	39400.0
Poids chiche	8	390	5200.0	41600.0
P.Terre(AS)	10	83	1106.7	11066.7
Tomate	8	309	4120.0	32960.0
Courgette	8	49.6	661.3	5290.7
Oignon	10	5.0	66.7	666.7
Poivron	6	396	5280.0	31680.0
Haricot	6	427	5693.3	34160.0
Vigne	3	365	4866.7	14600.0
Fèves	12	372	4960.0	59520.0
Agrumes	10	434	5786.7	57866.7
	118 ha		Total	400 000

Donc le volume nécessaire est de **400 000m³**.

III.11 Conclusion

A partir de ce chapitre nous avons déterminé les besoins en eau d'irrigation pour les Cultures de notre périmètre. On remarque que le mois de pointe est le mois d'Aout, ce qui a Autorisé de calculer le débit spécifique (**qs =1 l/s/ha**) en tenant compte du débit spécifique de La culture la plus exigeante. avec le volume total des besoins en eau de ce Périmètre est de 400 000 m³.

Chapitre IV : Etude du système d'adduction-distribution**IV.1 Introduction :**

L'objectif de ce chapitre est de présenter une description du réseau d'adduction et de distribution d'une manière générale et le dimensionnement des réseaux en tenant compte des débits et des zones à desservir.

Pour une bonne conception d'un périmètre d'irrigation il faut se préoccuper du système d'adduction vue que l'ensemble du réseau d'irrigation en dépend et afin de garantir une gestion efficace à long terme.

IV.2 Alimentation en eau du périmètre :

Le périmètre de Neffaisia fait partie du grand périmètre de Kramis, il est situé dans la Wilaya de Mostaganem il est situé en aval du barrage kramis sur la rive gauche de l'oued , la surface nette du secteur Neffaissia est de 118 ha, il sera irrigué à partir du barrage de Kramis d'ont la capacité de 30hm³ et qui irrigue plusieurs plaines de ce grand périmètre.

IV.3 Organisation et structure du périmètre

Le périmètre Neffaisia qui fait partie du grand périmètre de Kramis est plusieurs ilots parcelles, 22 ilots constituent le foncier de ce périmètre avec une surface totale est de 118 ha.

IV.3.1 Ilots et bornes d'irrigation

Un îlot d'irrigation se constitue d'une série de parcelles agricoles desservies par une borne d'irrigation, et sa configuration dépend de divers éléments topographiques et économiques.

L'implantation des bornes pour les zones de petites et moyennes exploitations doit répondre aux critères suivants :

1. Une prise par ilot d'exploitations.
2. Quatre (04) prise maximum sur une même borne.
3. Bornes implantées en limites d'ilots ou au centre pour les grands ilots

Chaque ilot sera équipé d'un ouvrage de desserte appelé borne d'irrigation, qui comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément. Chaque borne, et même chaque sortie, doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire :

✓ Régler le débit et la pression

IV.3.2 Calcul hydraulique des bornes :

Les paramètres hydraulique des bornes dépend de son débit

Le débit de chaque borne (Qb) qui alimente un îlot est formulé comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S \text{ (l/s)} \dots\dots\dots \text{(IV.1)}$$

qs = Débit spécifique (l/s/ha)

S =Superficie de l'îlot (ha)

IV.3.3 Choix du diamètre de la borne :

En fonction des débits, on a les diamètres des bornes sont détaillés comme suit :

Tableau IV.1 : Choix du diamètre de la borne.

Débit fourni	Diamètre de la borne
Q < 40 m ³ /h (11.11) l/s	D= 65mm
40 m ³ /h (11.11l/s) < Q < 80 m ³ /h (22.22 ls)	D= 100mm
40 m ³ /h (22.22 l/s) < Q < 80 m ³ /h (33.33 l/s)	D= 150mm

Le choix du type de borne à utiliser dépend de la surface et du nombre de parcelles dans les îlots. En général, les critères sont les suivants :

- Pour les îlots comportant un nombre de parcelles compris entre 4 et 8, et dont la superficie est inférieure à 15 hectares, il est recommandé d'installer des bornes à quatre prises, également connues sous le nom de Borne de type A4.
- Si un îlot est constitué de seulement deux parcelles et que sa superficie est inférieure à 15 hectares, l'option privilégiée est d'utiliser des bornes à deux prises, appelées Borne de type A2.
- Pour les îlots composés de deux parcelles et dont la superficie dépasse 15 hectares, la meilleure solution est d'opter pour des bornes à deux prises de type B.
- Pour les îlots de grande taille, des bornes de type C sont prévues.

Le calcul des débits des prises et des bornes est présenté dans le tableau IV -2 :

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

Ilots	Sup (ha)	Par	Sup (ha)	Qp(l/s/ha)	Qb (l/s)	D (mm)	Type
I1	5.88	P1	2.67	2.67	5.88	100	A2
		P2	3.21	3.21			
I2	4.35	P1	2.23	2.23	4.35	80	A2
		P2	2.12	2.12			
I3	4.84	P1	2.19	2.19	4.84	65	A2
		P2	2.65	2.65			
I4	5.7	P1	3.7	3.7	5.7	100	A2
		P2	2.0	2.0			
I5	2.67	P1	1.5	1.5	2.67	80	A2
		P2	1.17	1.17			
I6	2.18	P1	1.13	1.13	2.81	65	A2
		P2	1.05	1.05			
I7	3.23	P1	1.97	1.97	3.23	100	A2
		P2	1.26	1.26			
I8	7.68	P1	3.44	3.44	7.68	80	A2
		P2	4.24	4.24			
I9	6.47	P1	4.88	4.88	6.47	65	A2
		P2	1.59	1.59			
I10	6.69	P1	3.55	3.55	6.69	100	A2
		P2	3.14	3.14			
I11	4.86	P1	2.53	2.53	4.86	80	A2
		P2	2.33	2.33			
I12	5.05	P1	3.78	3.78	5.05	65	A2
		P2	1.27	1.27			
I13	7.22	P1	3.28	3.28	7.22	100	A2
		P2	3.94	3.94			
I14	5.34	P1	2.23	2.23	5.34	80	A2
		P2	3.11	3.11			
I15	2.05	P1	1.56	1.56	2.05	65	A2
		P2	0.49	0.49			
I16	3.82	P1	1.96	1.96	3.82	100	A2

		P2	1.86	1.86			
I17	4.10	P1	2.14	2.14	4.10	80	A2
		P2	1.96	1.96			
I18	5.34	P1	3.37	3.37	5.34	65	A2
		P2	1.97	1.97			
I19	7.96	P1	5.88	5.88	7.96	100	A2
		P2	2.08	2.08			
I20	7.25	P1	4.35	4.35	7.25	80	A2
		P2	2.9	2.9			
I21	6	P1	2.55	2.55	6	65	A2
		P2	3.45	3.45			
I22	6.83	P1	3.38	3.38	6.68	100	A2
		P2	3.45	3.45			

Pour l'alimentation en eau de notre périmètre, on doit installer 22 bornes répartis sur 22 ilots.

IV.4 Description de l'aménagement du périmètre

Notre périmètre se trouve en aval du barrage de Kramis, et dans ce contexte, deux options ont été examinées :

-Une variante gravitaire : Le périmètre aurait été alimenté par un réseau gravitaire. Cependant, après une analyse approfondie, cette option a été écartée en raison des obstacles rencontrés et des pressions insuffisantes obtenues.

-Une variante mixte : Cette option implique le refoulement de l'eau depuis le barrage vers un réservoir de mise en charge, suivi d'une desserte gravitaire pour l'alimentation des parcelles.

Après avoir mené notre étude et analysé ces deux variantes, nous avons opté pour la solution la plus appropriée, à savoir un système mixte de refoulement et d'adduction gravitaire.

IV.5 Calculs hydrauliques du système d'adduction

Pour les besoins des calculs hydrauliques du système d'adduction nous allons dimensionner les systèmes suivants :

- Le système de pompage avec le diamètre économique
- Le réservoir de stockage
- La desserte gravitaire

- Etude du système de pompage

Il est impératif d'installer un système de refoulement des eaux afin de fournir en eau la zone (secteur Neffaisia) qui alimentera un réservoir principal prévu à une altitude de 280 mètres.

IV.5.1 Généralités sur les pompee

Une pompe est un dispositif utilisé pour aspirer, déplacer ou comprimer des liquides et des gaz. Dans tous les types de pompes, il est essentiel de prévenir la cavitation, qui peut réduire le débit et endommager la pompe elle-même.

Il existe deux principales catégories de pompes : les pompes volumétriques, qui sont couramment utilisées pour le pompage des eaux usées, et les turbopompes. Les turbopompes peuvent être classées en trois sous-catégories : les pompes centrifuges à écoulement radial, les pompes axiales à écoulement axial, et les pompes semi-axiales.

- Les pompes à écoulement radial, également connues sous le nom de pompes centrifuges pures, sont conçues pour pomper de faibles débits à des hauteurs élevées. La hauteur de refoulement augmente proportionnellement au diamètre extérieur de la roue.
- Les pompes axiales sont semblables à des hélices, avec des pales en forme de surfaces gauches. Elles sont adaptées pour pomper de gros débits à des hauteurs relativement basses.
- Les pompes semi-axiales sont utilisées pour pomper de gros débits à des hauteurs réduites. Elles requièrent que les vitesses d'entrée soient maintenues à un niveau bas pour un fonctionnement efficace.

IV.5.2 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation :

La hauteur d'élévation se calcule comme suivant :

$$H_{cal} = H_g + h_p(\text{asp}) + h_p(\text{ref}) + P_{exh} \dots\dots\dots(\text{IV.2})$$

Avec :

- H_g : Hauteur géométrique (m) ;
- $\Delta h_p(\text{asp})$: Pertes de charges à l'aspiration (m) ;

- Δh_p (ref) : Pertes de charges au refoulement (m) ;
- P_{exh} : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie du collecteur), $P_{exh} = (1,0 \div 1,5)$ m ;
On prend : $P_{exh} = 1$ m

IV.5.3 La hauteur manométrique totale :

La hauteur manométrique est donnée par la formule

$$HMT = Hg + \Delta h_p \dots\dots\dots (IV.3)$$

Avec :

- HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m). H_g : Hauteur géométrique en (m).
 - $H_g = h_r - h_b$: hauteur d'aspiration
 - Dans notre cas :

h_r : Cote bache : 69.5 m, et Cote du réservoir = 280 m

Donc : $H_g = 280 - 69.5 = 210.5$.

IV.5.4 Calcul des pertes de charges totales :

- **Pertes de charges linéaires :**

Les pertes de charge sont calculées comme suit :

$$\Delta H_l = \frac{\lambda L V^2}{D 2g} \dots\dots\dots (IV.5)$$

L : longueur du tronçon en (m).

V : vitesse moyenne d'écoulement en (m/s)

I : gradient hydraulique en (m/m)

ΔH : perte de charge en mètre (m)

Le coefficient λ est obtenu par les formules suivantes :

$$\lambda = (1.14 - 0.86 \ln \frac{s}{D})^{-2} \dots\dots\dots (IV.6)$$

s : Rugosité absolue égale à 0.002 mm.

- **Pertes de charges singulières :**

Ces pertes sont provoquées par les particularités des divers composants de la conduite tels que les coudes, les vannes et les clapets. Elles représentent environ 10 % des pertes de charge linéaires pour une adduction ou une conduite de longueur significative, soit $\Delta H_s = 0,1 \Delta H_L$.

- Les pertes de charge totale :

$$\Delta H_t = \Delta H_L + \Delta H_s \dots\dots\dots (IV.7)$$

IV.5.5 Calcul de diamètre économique :

Le dimensionnement de la conduite d'adduction s'établit en cherchant le diamètre économique qui assure de donner un coût de revient min entre les dépenses de fonctionnement et celle d'investissement, donc une étude technico-économique s'avère indispensable.

Le diamètre économique des conduites de refoulement sera déterminé d'après la formule de Bonin :

$$D = \sqrt{0.0001 \cdot Q} \dots \dots \dots (IV.8)$$

Q : débit à élever en m³/s.

D : diamètre de la conduite (m).

IV.5.6 Calcul de débit à refouler :

$Q = Q_s \times Stot = 1 \times 118 = 118 \text{ l/s}, Q = 0.118 \text{ m}^3/\text{s};$

$Q_{ref} = Q_c \times 1.05 = 0.118 \times 1.05,$

$Q_{ref} = 0.125 \text{ m}^3/\text{s}$ Donc :

$D = \sqrt{Q_{ref}} = \sqrt{0.125} = 0.353 \text{ m} = 353 \text{ mm}.$

On calcule les pertes de charges pour les diamètres suivants :

Tableau IV.3 : calcul de la HMT pour différents diamètres.

Diamètre	V (m/s)	Linéaire(m)	P.char.linéaires	P.char.singulières	Pchar totales	HMT(m)
300	1,77	3950	27,31	2,731	30,04	240,54
400	1,00	3950	6,48	0,648	7,13	217,63
500	0,64	3950	2,12	0,212	2,34	212,84
600	0,44	3950	0,85	0,085	0,94	211,44
700	0,32	3950	0,39	0,039	0,43	210,93

Le choix du diamètre de la conduite de refoulement se fait sur la base d'une analyse technico-économique entre : S = coût d'investissement + coût de l'exploitation.

IV.5.7 Calcul des frais d'amortissement

- **Amortissement annuelle**

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

$$F_{am} = Prc \times A \dots\dots\dots (IV.9)$$

Avec :

Prc : Prix de la conduite en (DA) ;

A : Amortissement annuel. Dont la formule suivante :

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

i : Taux intérêt ; i=8 %;

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

Donc : A = 0.0888.

Tableau IV.4 : Calcul des prix d'amortissement.

Diamètre en (mm)	Prix de pose (DA)	Prix du ml (DA)	L (m)	Prix total	A	Frais Invest(DA)
300	500	6500	3950	7000	0,0888	2455320
400	650	7490	3950	8140	0,0888	2855186,4
500	880	9300	3950	10180	0,0888	3570736,8
600	950	12000	3950	12950	0,0888	4542342
700	1100	15700	3950	16800	0,0888	5892768

IV.5.8 Calcul des frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation sont :

$$F_{exp} = E \times e \dots\dots\dots (IV.10)$$

Avec :

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

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

e : Prix unitaire d'un Kw imposé par la SONELGAZ. (e = 4,67DA)

- Puissance des pompes

La formule suivante exprime la puissance absorbée par la pompe :

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{\eta} \dots\dots\dots (IV.11)$$

P : Puissance absorbée par la pompe (kW) ;

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

Q_{forcé} : Débit à refoulé (m³/s)

HMT : Hauteur manométrique totale (m) ;

η : Rendement du pompage (85%).

- Energie consommée par la pompe

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

$$E = P \times t \times 365 \dots\dots\dots (IV.12)$$

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

P : Puissance absorbée (KW) ;

t : Temps de pompage en (heure)

Tableau IV.5 : Calcul des frais d'exploitation.

Diamètre en (mm)	P (K Watt)	E (KWh)	Fexplo (DA)
300	240,54	383,07	3076041,75
400	217,63	346,58	2783044,54
500	212,84	338,95	2721753,82
600	211,44	336,72	2703886,53

IV.5.9 Bilan total des frais :

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

Tableau IV.6 : Calcul du bilan total des frais.

Diamètre (mm)	Frais d'amortissement	Frais d'exploitation	Bilan
	(DA)	(DA)	(DA)
300	2455320	14734240	17189560
400	2855186,4	13330783,36	16185969,76
500	3570736,8	13037200,79	16607937,59
600	4542342	12951616,46	17493958,46
700	5892768	12920717,52	18813485,52

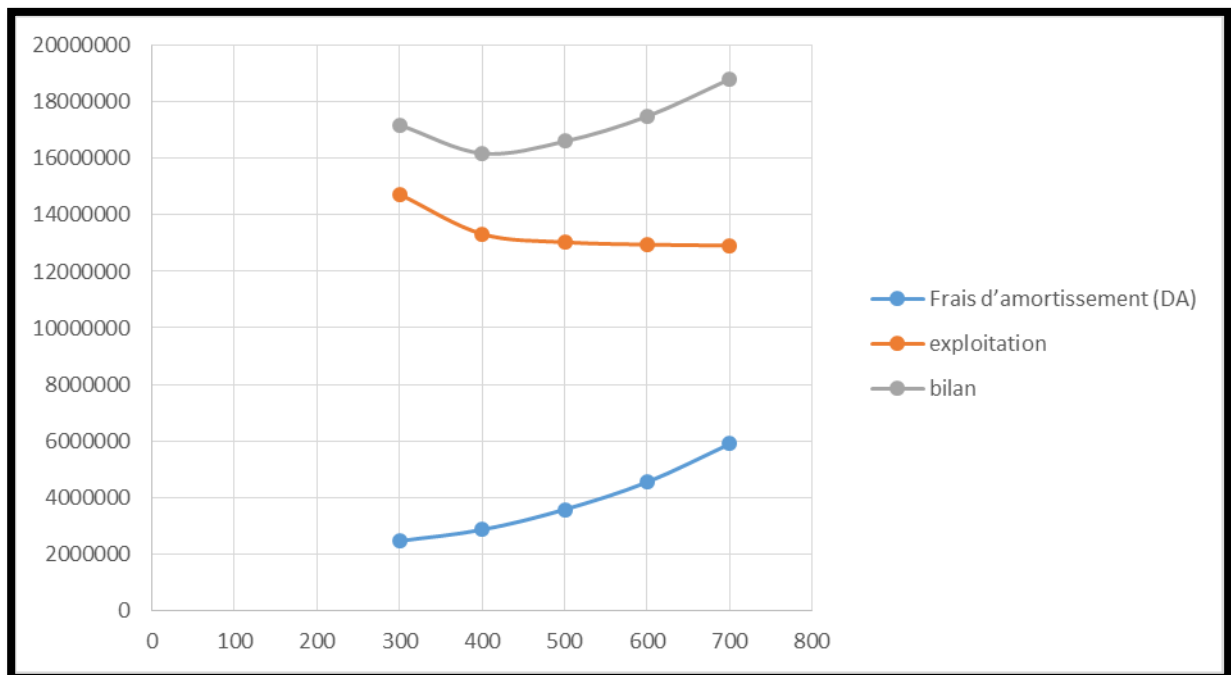


Figure IV-1 : Bilan totale des frais en fonction de diamètre

IV.5.10 Choix des pompes et nombre des pompes

Avant de choisir le nombre de pompe,

Il faut tenir compte des critères suivants :

- Nombre minimal de pompes.
- Puissance absorbée minimale.
- (NPSH) r minimal.
- Meilleur rendement.
- Vitesse de rotation élevée.

Avant de choisir le nombre de pompe

Le tableau ci-dessus représente les intervalles des nombres de pompes.

Tableau IV.7 Choix de Nombre de pompes de secours

Nombre de pompes principales	Nombre de pompes de secours
$NP \leq 4$	1 pompe de secours
$4 \leq NP \leq 6$	2 pompes de secours
$NP \geq 6$	3 pompes de secours

Selon les informations que nous avons collectées et en fonction du diamètre économique choisi, voici ce que nous avons déterminé :

- Le débit d'équipement est de 125 l/s.
- La hauteur manométrique totale requise pour l'adduction est de 218 mètres.
- La conduite de refoulement a une longueur totale de 3950 mètres.

Pour choisir le type et le nombre des pompes, nous avons utilisé le logiciel Caprari, le tableau IV.1 résume les caractéristiques de chaque pompe choisie.

Tableau IV.8 : Variantes pour le choix du nombre de pompes.

Nombre de pompe	Q (l/s)	HMT (m)	Type de pompe	η (%)	N (tr/mn)	Pab (kw)	NPSHr (m)	\varnothing mm
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	66.9	231	PM150/8B	77.6	2900	194	2.37	150
3	41.7	288	PM100/4B	76.4	2900	121	4.73	100
4	31.2	229	PM100/4C	77.5	2900	95.1	3.54	100

Dans notre situation, nous optons pour un système de pompage de surface qui comprend deux pompes à axe horizontal multicellulaire, ainsi qu'une pompe de secours.

IV.5.11 : Protection contre cavitation

La cavitation se produit lorsque le flux de liquide est perturbé à l'entrée de la pompe en fonctionnement, généralement lorsque la pression absolue est inférieure ou égale à la tension de vapeur d'eau, à une température constante. Afin de garantir la protection de notre système contre la cavitation, il est essentiel de vérifier la condition suivante.

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

Avec :

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

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

La relation qui permet de calculer le (NPSH)_d est la suivante :

$$(NPSH)_d = \frac{p_{atm}}{\rho g} - \frac{p_v}{\rho g} - (h_{a}^{adm} + \Delta h_{asp}) - \frac{V_{asp}^2}{2g} \tag{IV.13}$$

Tel que :

- **pa/ρg** : en mce, la hauteur de pression atmosphérique locale, en fonction de la cote de l'emplacement de la station de pompage.
- **Pv** : en mce, pour la plupart des installations, est en fonction de la température ambiante. Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, il est commande de prendre Pv=20 hPa, soit Pv/ ρg=0.24
- **ZE** : la différence de dénivelé entre le niveau de pompage et la bride d'entrée de la pompe
- **ΔHa** : perte de charge à l'aspiration.
- pour la conduite d'aspiration on prend les pertes de charges linéaires : 4m/1000m
Longueur asp = 4m, donc ΔH asp = 0.016m.

Pour calculer V

on a D= 200 mm on trouve $V = 4 \times 0.125 / (\pi \cdot 0.2^2) = 3.98 \text{ m/s}$ D'où $V^2/2g = 0.81$

Pour calculé les pertes de charges à l'aspiration, on utilise la formule de Williams-Hazen :

$$\Delta H_{\left(\frac{m}{100m}\right)} = 1.23 \times 10^{12} \times \frac{Q^{1.85}}{C_{wh} D^{4.87}}$$

Donc :

$$NPSH_d = 10.33 - 0.24 - 2 - 0.016 - 0.81 = 7.26 \text{ m} > 2.37\text{m}$$

Conclusion : On remarque que $NPSH_d > NPSH_r$, d'où les pompes sont protégées contre la Cavitation

IV.5.12 Dimensionnement du réservoir de stockage

En raison de la vaste superficie disponible, nous choisissons d'installer un réservoir de forme circulaire.

Le volume du réservoir dont la formule suivant :

$$V = Q_c \times T_{nf} \dots\dots\dots (IV.14)$$

Avec:

- ✓ V: Volume d'eau d'irrigation (m^3).
- ✓ Q_c : Débit caractéristique (m^3/h), $Q_c = 450 m^3/h$.
- ✓ T_{nf} : Temps de non fonctionnement pris égal à 2 heures.

On trouve donc $V = 450 \times 2 = 900 m^3$.

On prend un volume de $V = 800 m^3$.

Les dimensions finales du réservoir cylindrique sont :

- Diamètre : 18m
- Hauteur : 4m

IV.6 Etude de système d'adduction -distribution (desserte gravitaire)

L'approvisionnement en eau du périmètre Neffaisia sera assuré par une conduite principale commençant au réservoir de stockage. Cette conduite principale gravitaire débutera avec un diamètre initial de 350 mm.

IV.6.1 Choix de matériau des conduites

Le choix des matériaux pour les conduites (Fonte, PEHD, PRV) est déterminé par plusieurs facteurs, notamment la pression requise, les conditions du terrain et les coûts de fourniture et d'installation.

La fonte présente des avantages significatifs, tels qu'une bonne résistance aux pressions internes, une grande résistance à la corrosion, ainsi qu'une rigidité et une solidité élevées. Cependant, elle présente également quelques inconvénients, tels qu'une faible résilience, une faible malléabilité et des coûts élevés.

Le polyéthylène (PEHD) offre une excellente résistance à la corrosion, une légèreté extrême et un coût acceptable. Cependant, il est essentiel que les conduites en PEHD soient correctement soudées pour éviter tout risque de rupture.

Le polyester renforcé de verre (PRV) est un matériau composite doté de propriétés mécaniques et chimiques très favorables, notamment en termes de densité, de résistance à la corrosion et de résistance aux agents chimiques externes, par rapport à d'autres matériaux métalliques.

Dans notre étude, les conduites seront en PEHD si leur diamètre est inférieur ou égal à 315 mm, sinon elles seront en fonte. Cette décision est prise en considération des spécifications techniques et des besoins spécifiques du projet.

IV.6.2 Calcul des diamètres des conduites

L'application de la formule de continuité de Chezy nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise par la suite :

$$D = \frac{\sqrt{4Q} \times 1000}{V \cdot \pi} \dots\dots\dots (IV.15)$$

Avec :

Q : débit exprimé en m³/s, D : diamètre exprimé mm;

Vad: vitesse admissible=1.5 m/s.

IV.6.3 Calcul des pertes de charges

Les pertes de charge unitaires, Sont calculées par la formule :

$$\Delta Hl = \frac{\lambda l V^2}{D 2g} \dots\dots\dots (IV.15)$$

L : longueur du tronçon en (m).

V : vitesse moyenne d'écoulement en (m/s)

I : gradient hydraulique en (m/m)

ΔH : perte de charge en mètre (m)

Le coefficient λ est obtenu par les formules suivantes :

$$\lambda = (1.14 - 0.86 \ln \left(\frac{s}{D}\right))^{-2} \dots\dots\dots (IV.16)$$

s : Rugosité absolue égale à 0.002 mm.

IV.6.4 Calcul des pressions des nœuds et bornes

Le calcul des pressions est basé sur le principe de Bernoulli, qui décrit le mouvement d'un fluide réel entre le point 1 et le point 2 :

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H \dots\dots\dots (IV.17)$$

Z : sont les cotes du terrain naturel,

P : sont les hauteurs d'eau,

ΔH : représentent les pertes de charges calculées par la formule de Hazen-Williams

Les calculs hydrauliques du notre réseau de distribution de périmètre Neffaisia sont détaillés dans le tableau IV.9 :

Tableau IV.9 : Les calculs hydrauliques du réseau de distribution.

N° du tronçon	Longueur du tronçon L (m)	Sup (ha)	débit Q (l/s)	débit Q (m3/ s)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre Normalisé (mm)	D nor (m)	Matériau	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge Hazen Williams ms	Perte de charge total Δ Ht (m)	Cote terrain aval Z (m)	cote piezométrique (m)	Pression au point P(m)	Pression (bars)
R-ST	920	118	125.0	0.12	325.73	350	0,35	Fonte	1.3	0,45	0,495	255	283,5	28,5	2,85
ST-N1	92,5	118	118	0,118	328,195	350	0,35	Fonte	1,23	0,478	0,526	253,5	282,97	29,47	2,95
N1-B1	97	5,88	5,88	0,00588	73,26225291	75	0,075	PEHD	1,33	0,127	0,139	250	282,83	32,83	3,28
N1-N2	427,4	112,12	112,12	0,11212	319,9139302	350	0,35	FONTE	1,17	1,995	2,194	235	280,64	45,64	4,56
N2-B2	61,6	4,35	4,35	0,00435	63,01388197	63	0,063	PEHD	1,40	0,074	0,082	233,5	280,56	47,06	4,71
N2-N3	240,4	107,77	107,77	0,10777	313,646574	350	0,35	FONTE	1,12	1,037	1,140	220	279,42	59,42	5,94
N3-B3	35	4,84	4,84	0,00484	66,46825655	75	0,075	PEHD	1,10	0,031	0,034	217,5	279,38	61,88	6,19
N3-N4	105	102,93	102,93	0,10293	306,5226652	350	0,35	FONTE	1,07	0,413	0,454	224	278,93	54,93	5,49
N4-B4	90	5,7	5,7	0,0057	72,13217613	75	0,075	PEHD	1,29	0,110	0,121	222,5	278,81	56,31	5,63
N4-N5	189	97,23	97,23	0,09723	297,9145741	300	0,3	PEHD	1,38	1,053	1,159	217	277,65	60,65	6,06
N5-B5	27	2,67	2,67	0,00267	49,36819369	90	0,09	PEHD	0,42	0,004	0,005	215,5	277,65	62,15	6,21
N5-N6	233	94,56	94,56	0,09456	293,7956346	300	0,3	PEHD	1,34	1,228	1,351	215	276,29	61,29	6,13
N6-B6	48	2,18	2,18	0,00218	44,60872941	50	0,05	PEHD	1,11	0,029	0,032	215,5	276,26	60,76	6,08
N6-N7	84,9	92,38	92,38	0,09238	290,3892838	300	0,3	PEHD	1,31	0,427	0,470	217	275,79	58,79	5,88
N7-B7	22	7,68	7,68	0,00768	83,72828905	90	0,09	PEHD	1,21	0,028	0,031	219,5	275,76	56,26	3,00
N7-N8	179,5	84,7	84,7	0,0847	278,0566664	300	0,3	PEHD	1,20	0,759	0,835	220,5	274,93	54,43	5,44
N8-B8	36	3,23	3,23	0,00323	54,29912957	63	0,063	PEHD	1,04	0,024	0,026	223	274,90	51,90	5,19
N8-N9	105.5	81,47	81,47	0,08147	272,7033448	300	0,3	PEHD	1,15	0,047	0,052	224	274,85	50,85	5,08
N9-B9	95,6	6,47	6,47	0,00647	76,84997791	90	0,09	PEHD	1,02	0,087	0,096	220,5	274,75	54,25	5,43
N9-N10	210,6	75	75	0,075	261,6509033	300	0,3	PEHD	1,06	0,698	0,768	227	273,98	46,98	4,70

N10-B10	61,2	3,82	3,82	0,00382	59,05046041	63	0,063	PEHD	1,23	0,057	0,063	223	273,92	50,92	5,09
N10-N11	167	71,18	71,18	0,07118	254,9004478	300	0,3	PEHD	1,01	0,499	0,549	227	273,37	46,37	4,64
N11-B11	48,5	4,1	4,1	0,0041	61,17634622	63	0,063	PEHD	1,32	0,052	0,057	229	273,31	44,31	4,43
N11-N12	265	67,08	67,08	0,06708	247,4503849	250	0,25	PEHD	1,37	1,215	1,336	252	271,98	19,98	2,00
N12-B12	68	7,96	7,96	0,00796	85,24092238	90	0,09	PEHD	1,25	0,094	0,103	250	271,87	21,87	2,19
N12-N13	143,5	59,12	59,12	0,05912	232,3051401	250	0,25	PEHD	1,20	0,084	0,093	252	271,78	19,78	1,98
N13-B13	56	7,25	7,25	0,00725	81,35057181	90	0,09	PEHD	1,14	0,064	0,071	255	271,71	16,71	1,67
N13-N14	234,9	51,87	51,87	0,05187	217,5954103	250	0,25	PEHD	1,06	0,108	0,118	260	271,59	11,59	1,16
N14-B14	51	6	6	0,006	74,0060512	75	0,075	PEHD	1,36	0,069	0,076	258	271,52	13,52	1,35
N14-N15	148	45,87	45,87	0,04587	204,6237205	250	0,25	PEHD	0,93	0,317	0,349	240	271,17	31,17	3,12
N15-B15	45	5,34	5,34	0,00534	69,81716907	75	0,075	PEHD	1,21	0,048	0,053	243,5	271,11	27,61	2,76
N15-N16	102	38,2	38,2	0,0382	186,7339518	200	0,2	PEHD	1,22	0,296	0,326	241	270,79	29,79	2,98
N16-B16	86	5,34	5,34	0,00534	69,81716907	75	0,075	PEHD	1,21	0,093	0,102	244	270,69	26,69	2,67
N16-N17	158	31,5	31,5	0,0315	169,5691658	200	0,2	PEHD	1,00	0,312	0,343	242	270,34	28,34	2,83
N17-B17	73,4	7,22	7,22	0,00722	81,18208581	90	0,09	PEHD	1,14	0,084	0,092	244,5	270,25	25,75	2,58
N17-N18	277,03	25,4	25,4	0,0254	152,2679374	160	0,16	PEHD	1,26	0,280	0,308	243	269,94	26,94	2,69
N18-B18	63,4	6,83	6,83	0,00683	78,95905801	90	0,09	PEHD	1,07	0,065	0,071	244,5	269,87	25,37	2,54
N18-N19	214,74	19,7	19,7	0,0197	134,098747	160	0,16	PEHD	0,98	0,131	0,145	240,5	269,73	29,23	2,92
N19-B19	59	5,05	5,05	0,00505	67,89492231	75	0,075	PEHD	1,14	0,057	0,062	238,5	269,67	31,17	3,12
N19-N20	245	14,6	14,6	0,0146	115,4431144	125	0,125	PEHD	1,19	0,426	0,468	236	269,20	33,20	3,32
N20-B20	65	2,05	2,05	0,00205	43,25820926	50	0,05	PEHD	1,04	0,035	0,038	237,5	269,16	31,66	3,17
N20-N21	299	12,95	12,95	0,01295	108,7242676	125	0,125	PEHD	1,06	0,409	0,450	248	268,71	20,71	2,07
N21-B21	47	4,86	4,86	0,00486	66,60544608	80	0,08	PEHD	0,97	0,035	0,038	246,5	268,67	22,17	2,22
N21-N22	275	9,45	9,45	0,00945	92,87685714	100	0,1	PEHD	1,20	0,391	0,430	230	268,24	38,24	3,82
N22-B22	81,35	6,69	6,69	0,00669	78,14562438	90	0,09	PEHD	1,05	0,080	0,087	227,5	268,15	40,65	4,07

IV.7 Conclusion

Le système d'adduction est défini comme la composante principale d'un projet d'aménagement hydro-agricole, puisqu' il permet de gérer l'eau du périmètre depuis la source jusqu'aux parcelles.

Après avoir choisi la variante mixte refoulement et gravitaire, des calculs des paramètres hydrauliques ont été effectués pour les différentes canalisations dans toutes les parties du réseau de distribution, où nous avons choisi des canalisations en PEHD si le diamètre pas 315 mm, sur lesquelles les canalisations en fonte sont les plus adaptées (350 mm)

En effet, pour l'ensemble du réseau d'adduction, nous avons obtenu une pression satisfaisante, qui permet d'introduire des systèmes d'irrigation nécessitant de la pression, comme l'irrigation par aspersion.

Chapitre V : Techniques d'irrigation et stockage

V. Introduction

Le choix du système d'irrigation est le problème le plus délicat pour la bonne répartition des eaux, provenant de différentes sources, sur le sol de façon rationnelle en vue de satisfaire les besoins d'eau des cultures.

Dans ce chapitre on va étudier les trames et les différentes techniques d'irrigation, puis on va choisir celle qui correspond le mieux aux caractéristiques de notre périmètre.

Le choix des techniques d'irrigation dépend de plusieurs facteurs, notamment :

V.1 Choix des techniques d'irrigation

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

Classification des techniques d'irrigation

Selon le mode d'arrosage, on distingue :

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

V.1.1 Irrigation de surface

L'irrigation de surface englobe toutes les méthodes d'arrosage où l'eau est répartie sur la parcelle sans être confinée, s'écoulant simplement à la surface du sol. Cette répartition de l'eau est rendue possible grâce à la configuration du terrain et aux caractéristiques hydriques du sol, notamment le ruissellement, l'infiltration et la capillarité.

V.1.1.1 L'irrigation par ruissellement

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



Figure V.1: Irrigation par ruissellement.

V.1.1.2 L'arrosage par infiltration (à la raie)

Il s'agit d'une technique qui implique la distribution de l'eau à travers des canaux ou des sillons à un débit relativement faible par rapport à d'autres méthodes. Dans ce procédé, seule une partie du sol reçoit directement l'eau, le reste est hydraté par infiltration latérale.



Figure V.2: Irrigation à la raie.

V.1.1.3 L'arrosage par submersion

Le principe implique de recouvrir le sol d'une couche d'eau d'épaisseur variable, que l'on laisse reposer pendant la durée nécessaire pour qu'elle s'infilte à une profondeur suffisante. Cela permet au sol de stocker une réserve d'eau essentielle au développement des cultures.

V.1.1.4 Avantages et inconvénients des techniques d'irrigation de surface

Avantages

- Investissement initial relativement peu élevé.
- Faibles ou nuls besoins en énergie.

- Résistance au vent.

Inconvénients

- Main-d'œuvre importante nécessaire (sauf avec des systèmes modernes).
- Efficacité d'irrigation parcellaire généralement limitée.
- Nécessité de nivellement des parcelles.
- Surface occupée par les canaux et les rigoles.

V.1.2 irrigation par aspersion

Dans le système d'irrigation par aspersion, l'eau est distribuée vers les cultures de manière à reproduire le processus naturel de la pluie. Ceci est réalisé en utilisant différents dispositifs de projection alimentés sous pression, soigneusement sélectionnés et agencés pour garantir une répartition homogène de l'eau sur l'ensemble de la zone cultivée.

V.1.2.1 Par asperseur

L'irrigation par aspersion est une méthode d'arrosage qui consiste à fournir de l'eau aux plantes sous forme de précipitations artificielles. Cela se fait en utilisant des dispositifs d'aspersion alimentés en eau sous pression. Ces dispositifs rotatifs pulvérisent l'eau en fines gouttelettes, avec pour objectif de répartir la pluie de manière aussi uniforme que possible sur la surface du sol.



Figure V.3 : Irrigation par aspersion.

V.1.2.2 Les avantages et les inconvénients de l'asperseur**Avantages**

1. Possibilité d'irriguer la plupart des types de sols.
2. Flexibilité pour créer des installations mobiles, adaptées aux différentes cultures, ce qui simplifie les rotations culturales.
3. Capacité à mettre en place des dispositifs de protection contre le gel.
4. Oxygénation de l'eau lors de l'arrosage en pluie, bénéfique pour les applications avec des effluents réducteurs.

Inconvénients

1. Consommation énergétique élevée.
2. Difficultés d'utilisation et efficacité réduite dans les régions exposées au vent.

3. Risque de favoriser les maladies cryptogamiques chez certaines plantes en raison de l'humidification des feuilles.
4. Difficulté de déplacement du matériel dans les zones de cultures hautes (cependant, cet inconvénient est éliminé avec l'utilisation de systèmes automatisés).

V.1.3 Irrigation localisée (goutte à goutte)

La micro-irrigation, également connue sous le nom d'irrigation localisée, est une technique qui implique l'application de faibles débits d'eau directement sur les plantes. Cette méthode se caractérise par les éléments suivants :

1. La mise en place d'un réseau de canalisations (appelé rampes) sur la parcelle agricole, couvrant entièrement la surface à irriguer.
2. L'apport d'eau à proximité de chaque plante ; l'eau est distribuée en surface, pénètre dans le sol, où elle se déplace verticalement sous l'effet de la gravité, ainsi qu'horizontalement et obliquement grâce à la capillarité. Cependant, elle ne s'étend que dans une partie limitée de la zone explorée par les racines.

Le volume de sol ainsi hydraté, que l'on appelle le "bulbe humide," comprend les éléments suivants :

1. Une zone saturée étroite et peu profonde autour de chaque goutteur, généralement moins de 10 cm de profondeur dans un sol moyen, prenant la forme d'un bulbe.
2. Une frange capillaire non saturée, où l'humidité diminue progressivement à mesure que l'on s'éloigne du goutteur.

Cette méthode d'irrigation permet une utilisation efficace de l'eau en ciblant spécifiquement la zone racinaire des plantes, favorisant ainsi une croissance saine tout en réduisant le gaspillage d'eau.



Figure V.4 : Irrigation en goutte à goutte

V.1.3.1 Avantages et inconvénients spécifiques de l'irrigation localisée

Avantages

- Une efficacité d'arrosage exceptionnelle au niveau de chaque parcelle, à condition que la technique soit parfaitement maîtrisée.
- Permet d'atteindre des rendements agricoles élevés.
- Réduit considérablement les besoins en main-d'œuvre.
- Les coûts d'entretien sont réduits.
- Résiste aux effets du vent.
- Évite l'humidification du feuillage, ce qui est bénéfique du point de vue de la protection phytosanitaire.

Inconvénients

- Cette technique est généralement coûteuse, ce qui la réserve principalement aux cultures à forte valeur ajoutée.
- Elle nécessite une maintenance rigoureuse en raison du risque potentiel d'interruption de l'irrigation.
- Elle exige également la filtration de l'eau d'irrigation.

V.2 Composition d'une installation goutte à goutte

Borne d'irrigation : L'élément central du réseau d'irrigation est la pièce maîtresse de la distribution de l'eau en fonction des caractéristiques spécifiques. Les composants d'un système d'irrigation sous pression comprennent les éléments suivants :

1. La conduite principale.
2. Une unité de filtration.
3. L'antenne ou le collecteur secondaire.
4. La rampe qui supporte les goutteurs ou les asperseurs, également appelée composant tertiaire.
5. Les goutteurs.

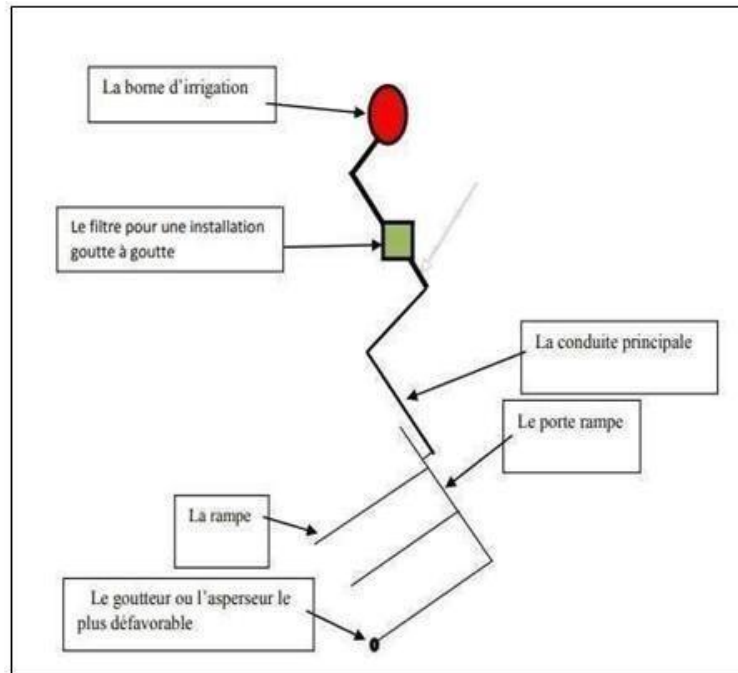


Figure V.5: Schéma général d'un réseau d'irrigation sous pression

Conclusion

Le choix d'un système efficace et économique est essentiel pour maximiser les rendements agricoles tout en préservant les ressources en eau.

Dans notre cas nous considérerons les deux systèmes les plus efficaces : les systèmes d'irrigation goutte à goutte pour les cultures maraîchères et céréalières et les systèmes de pulvérisation pour les cultures céréalières.

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

VI.1 Introduction

L'irrigation est l'opération qui consiste à approvisionner artificiellement en eau les plantes cultivées en l'absence de pluie pour augmenter les rendements et leur permettre de se développer correctement.

Ce chapitre est consacré aux dimensions du réseau d'irrigation de la parcelle, c'est-à-dire les systèmes de goutte à goutte et d'arrosage, en tenant compte des contraintes du territoire environnant. Fournir de l'eau aux terres agricoles,

L'objectif de ce chapitre est de calculer les installations d'irrigation pour l'irrigation locale et les asperseurs sur une parcelle dont les calculs seront effectués sur une parcelle type.

VI.2 Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte

VI.2.1 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 [Ollieret Poirre, 1983]

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°1 alimentée par la borne **B°1** et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 1.7 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 5.88ha et présente une forme relativement rectangulaire.

- **La culture** : Vigne
- **Besoin de pointe** : 139 mm en juin.
- **Caractéristiques de la surface occupée 80*80 m**
- Avec un **écartement de 1x1.2 m**, et un espacement des goutteurs de 1 m

Caractéristique du goutteur: Débit nominal: **2l/h** et une pression nominal: 10 m.c.e

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

- a) **Influence du taux de couverture du sol** : Dans le système d'irrigation goutte à goutte, les apports d'eau sont localisés donc la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite, pour cela on applique à l'ETM un coefficient de réduction K_r :

K_r dépend du taux de couverture du sol ($C_s=60\%$) par les plantes adultes et peut être calculé par:

- KELLER et KARMELI (1974) : $K_r = C_s / (0.85)$

On prendra un coefficient **$K_r = 0.80$**

Donc: $B_{jl} = B_j * K_r$;(VI.1)

$B_j = ETM_c = B_{pointe} / 30$ On trouve **$B_{jl} = 3.7 \text{ mm/j mm}$**

VI.2.3 Calcul de la dose d'irrigation pratique

Après avoir calculé les besoins journaliers, on doit déterminer une fraction ou pourcentage d'humidification dans la zone racinaire. La dose (RFU) étant définie par la hauteur d'eau P :

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot d_a \cdot P\% = RFU \cdot P\% \text{ (VI.2)}$$

Tel que : Hcc : humidité a la capacité au champ ($H_{cc} = 26\%$)

Hpf : humidité au point de flétrissement ($H_{pf} = 16\%$)

Y : degré d'extraction de l'eau du sol ($Y = 2/3$)

Z : profondeur d'enracinement en mm ($Z = 0.8\text{m}$)

Da : est la densité apparente du sol ($D_a = 1.35$)

P : Pourcentage du sol humidifié.

$$P = \frac{n \times Spd \times Sh}{S_a \times S_r} \text{ (VI.3)}$$

P : Volume du sol humidifié

n : Nombre de point de distribution par plante = 1

Spd : Distance entre deux goutteurs (1m)

Sh : Largeur de la bande humidifiée (0.5m)

On trouve $P = 0.5 = 50\%$

$D_p = (26 - 16) / 100 * 800 * 2/3 * 1.35 * 0.5 = 36 \text{ mm.}$

VI.2.4 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr)

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

$Tr = D_c / ETM_c = \frac{36}{3.7} = 9.7$, donc le tour d'eau est de 10 jours.

VI.2.5 Calcul de la dose réelle

On recalcule la nouvelle dose réelle : $D_{réelle} = Tr \times B_{mj} = 37\text{mm}$ (VI.4)

VI.2.6 Calcul de la dose brute

$$D_{brute} = D_{réelle} / (C_u \times Eff) \text{ (VI.5)}$$

Eff : efficacité du réseau d'irrigation $Eff = 90\%$, et C_u : coefficient d'uniformité $C_u = 90\%$:

$D_{brute} = 45.8 \text{ mm.}$

VI.2.7 Durée de fonctionnement par arrosage

$$T_a = \frac{D_{brute} \times S_d \times S_r}{n \times q_g} \dots \dots \dots (VI.6)$$

$T_a = 23$ heures on peut prendre jusqu'à un jour $T_a = 24h.$

VI.2.8 Calcul Hydraulique

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen : $\frac{\Delta q}{q} = 10\%$, Donc selon la règle de Christiansen :

• ΔH singulières totale = 10% ΔH (max) = 0.2 m et ΔH linéaire totale = 1.8 m

Donc : Pour les rampes : $\Delta H_{lr} = \frac{2}{3} \times 1.8 = 1.2 \text{ m}$ et pour la porte rampe on a :

$$\Delta H_{lpr} = \frac{1}{3} \times 1.8 = 0.6 \text{ m.}$$

VI.2.8.1 Dimensionnement de canalisation du réseau

-Porte rampes : C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en PEHD ou en (PVC).

-Les rampes : Sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité).

Pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEBD ou PEHD.

Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes est calculé d'après les formules suivantes

$$\varnothing_{rampe} = \left[\frac{P.d.c(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots \dots \dots (VI.7)$$

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

- La longueur de la rampe est de : 80 m
- La longueur de la porte rampe est de : 80 m

VI.2.8.1.1 Nombre des goutteurs par rampe

$N \text{ goutteurs / rampe} = N \text{ arbre/ rampe} \times 2 = 100 \times 2 = 200 \text{ goutteurs.}$

VI.2.8.2 Vérification de perte de charges

On recalcule les pertes de charges par la formule de Hazen-

$$J = (3.592 / Chw)^{1.852} * (L/D^{4.87}) * Q^{1.852} \dots \dots \dots (VI.8)$$

Pour la rampe on trouve $D=10.9$ On prend $D=16\text{mm.}$

Pour le porte rampe on trouve $D=68.5$ on prend $D= 75\text{mm.}$

Pour la conduite tertiaire $L=10\text{m}$, son diamètre est de 75mm.

Les résultats sont résumés présentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.1 Résultat de calcul de l'aspersion.

Paramètres	Rampe	Porte Rampe	C. tertiaire
Longueur (m)	80	80	10
Diamètre (mm)	16	75	75
Débit (m ³ /h)	0.44×10^{-4}	0.44×10^{-4}	0.44×10^{-4}
Vitesse (m/s)	0.22	0.92	0.92
Perte de charge totale (m)	0.44	0.7	0.7

D'après le tableau on voit que les pertes de charges totales ne dépassent pas 1.8m , ce qui est conforme.

VI.3 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion

Le dimensionnement de l'irrigation par aspersion nécessite de fixer certains paramètres

-Choix de la culture : nous avons choisi dans notre étude l'irrigation de la pomme de terre de saison qui exige un apport d'eau durant les mois de Mars-Mai. La parcelle choisie pour l'arrosage par aspersion est **P8**, dans l'ilot n°**I3**, a une superficie de moins un hectare, la pression est supérieure a 3 bars.

Besoins de pointe : les besoins de la pomme de terre sont de 100.5mm , la perméabilité du sol est de l'ordre de $K= 9-10 \text{ mm/h}$. le Temps de travail est de $20-22$ heures par jour, et 26 jours par mois

VI.3.1 Calcul de la dose pratique

Elle est calculée comme suit :

$$RFU = Y \cdot (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z \dots\dots\dots (VI.9)$$

Tel que :

Y: degré de tarissement : égal à 2/3.

Da: densité apparente : égale à 1.4.

Z: profondeur d'enracinement mm (50 cm)

Hcc: humidité à la capacité au champ (26%)

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

D'où :

$$RFE = \frac{2}{3} (0.26 - 0.16) \times 1.4 \times 0.5 = 47 \text{ mm}$$

VI.3.2 Dimensionnement de l'asperseur

VI.3.2.1 Calcul du diamètre de l'ajutage de la buse

En se référant a la nouvelle fiche technique de l'asperseur de type Perrot (actualisé) on prend un diamètre de 4.5 mm sous une pression nominale de 2.5 bars :

Tableau VI.2 : Asperseur de type Pirot (nouvelle gamme)

Diamètres des buses	P (bar) 2,5	P (bar) 3,0	P (bar) 3,5	P (bar) 4,0	P (bar) 4,5	P (bar) 2,5		P (bar) 3,0		P (bar) 3,5		P (bar) 4,0		P (bar) 4,5	
	Portée en m					Distances entre arroseurs									
4,2	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
4,5	15,0	15,4	15,8	16,3	16,9	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
4,8	15,4	15,8	16,2	16,6	17,0	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5,0	15,8	15,9	16,3	16,7	17,3	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5,2	16,0	16,4	16,6	16,8	17,4	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
6,0	16,4	16,5	16,7	17,2	17,6	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
7,0**	16,8	17,0	17,2	17,3	17,8	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
ZB 22/ZB 22W	Consommation d'eau					Précipitations									
	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(m³/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
4,2	0,99	1,09	1,17	1,26	1,33	2,3	3,1	2,5	3,4	2,7	3,6	2,9	3,9	3,1	4,1
4,5	1,14	1,25	1,35	1,44	1,53	2,6	3,5	2,9	3,9	3,1	4,2	3,3	4,4	3,5	4,7
4,8	1,30	1,42	1,53	1,64	1,74	3,0	4,0	3,3	4,4	3,5	4,7	3,8	5,1	4,0	5,4
5,0	1,41	1,54	1,66	1,78	1,89	3,3	4,4	3,6	4,8	3,8	5,1	4,1	5,5	4,4	5,8
5,2	1,52	1,67	1,80	1,92	2,04	3,5	4,7	3,9	5,2	4,2	5,6	4,4	5,9	4,7	6,3
6,0	1,89	2,07	2,24	2,39	2,54	4,7	6,3	5,1	6,9	5,6	7,4	5,9	7,9	6,3	8,4
7,0**	2,53	2,77	2,99	3,19	3,39	6,4	8,5	7,0	9,3	7,5	10,1	8,1	10,8	8,6	11,4

VI.3.2.2 Calcul de la portée du jet (L)

La portée du jet se calcule par la formule empirique suivante :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times H^{0.25} \dots \dots \dots (VI.10)$$

Avec :

d : le diamètre de la buse (mm)

h : pression à la buse (m), dans notre cas P= 2.5 bars, hauteur d'eau =25m.

$$L = 3 (6)^{0.5} (25)^{0.25} = 14.2 \text{ m, d'après Perrot } L=15\text{m}$$

VI.3.2.3 Choix des écartements entre les rampes et arroseurs

Selon les normes américaines, l'écartement maximum qui est fonction de la vitesse du vent est recommandé comme suit :

El entre les lignes d'arrosage : 1,3L (vent faible) à 1,02 L (vent fort).

Ea entre les arroseurs sur la rampe : 0,8 L (vent faible) à 0,6 L (vent fort).

En fonction des vents de notre zone d'étude, donc on prend les valeurs suivantes :

$$El = 1.15 * 15 = 16.1\text{m et } Ea = 0.8 * 15 = 12 \text{ m}$$

Les valeurs normalisées des écartements sont comme suit : El=12 m, Ea=12m.

VI.3.2.4 Vérification de la pluviométrie de la buse

La pluviométrie de la buse est le rapport du débit de la buse sur l'écartement :

$$P_{asp} = \frac{q_{asp}}{EaEl} \quad \text{Avec :} \quad = 0.92 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times H} \dots \dots \dots (VI.11)$$

$$P_{asp} = \frac{0.92 \times \frac{\pi \times 6^2}{4} \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 25}}{12 \times 12} = 7.9 \text{ mm/h} < 9 \text{ mm/h.}$$

VI.3.2.5 Calcul du tour d'eau

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

$$Teau = Nj/Bmp$$

Avec Bmp : 100.5 mm

$$Teau = (47 \times 26) / 100.5$$

Teau =12.1 jours, On prend un tour d'eau de 10 jours.

Donc on irrigue 3 fois par mois.

VI.3.2.6 Calcul de la dose réelle- dose brute

$$Dr = Bj * Teau = 3.35 \times 10 = 33.5 \text{ mm}$$

donc : Dbrute = La dose réelle /0,75=44.7mm

VI.3.2.7 Temps d'arrosage (Ta)

Le temps T pour donner une dose par un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration, se calcule d'après la relation suivante : $T_a = B_brute/P_asp = 6h$.

Donc on pourra adopter 3 positions par jour pour un asperseur, ce qui donne un temps de fonctionnement de 18 h.

VI.3.2.8 Calcul de débit d'équipement

$$Q_{\text{éq}} = \frac{S \times B_{mp} \times 10}{T \times n \times N_j \times \text{eff}} \dots\dots\dots (VI.12)$$

$Q_{\text{éq}}$: débit d'équipement en m^3/h .

S : Surface de parcelle en ha.

B_{mp} : besoin net de mois de point de mois de la culture choisi.

T : Tour d'eau en heures.

N : nombre de position d'un asperseur par jour.

Eff : efficacité d'irrigation par aspersion.

On trouve : $Q_{\text{éq}} = 3m^3/h$

VI.3.2.9 Dimensionnement hydraulique des rampes

Le dimensionnement hydraulique nécessite de définir les caractéristiques d'une parcelle ainsi que la façon dont on projette le réseau d'aspersion

VI.3.2.10 Longueur de la rampe

Nous avons $L=120$ m et $l=90$ m

La longueur de la rampe est donc : Pour le type 1 : $L = n.E$

Pour le type 2 : $L = (n-0,5)$, d'où :

$$L_r : L - (Ea/2) = 90 - (12/2) = 84 \text{ m}$$

VI.3.2.11 Nombre des asperseurs par rampe

$$N_{asp/rampe} = \frac{L_r}{Ea} = 7 \text{ asperseurs}$$

VI.3.2.12 Nombre des rampes

$$N_{rampe} = \frac{N_{asp}}{N_{asp/rampe}} = 1 \text{ rampe.}$$

VI.3.2.13 Débit de la rampe

$$Q_r = q_{asp} \times N_{asp/rampe} = 8m^3/h = 0.22 \cdot 10^{-3} m^3/s.$$

VI.3.2.14 Diamètre de la rampe

$$D_r = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \times V}} \quad \text{Avec : } V : \text{vitesse admissible égale à } 1.25 \text{ m/s.}$$

$$\text{Donc : } D_r = \sqrt{\frac{4 \times 0.0022}{\pi \times 1.25}} = 0.047\text{m} = 47\text{mm.}$$

Les conduites en PEHD disponibles sur le marché ont les diamètres suivants : 50 ; 63 ; 75 ; 90 ; 110 ; 125 ; 160 et 200mm.

Le diamètre normalisé (Dr=50mm).

VI.3.2.15 Vérification des pertes de charge

On recalcule les pertes de charges pour un D = 50 mm. Les Perte de charge selon hazen-williams :

$$J = (3.592/Chw)^{1.852} * (L/D^{4.87}) * Q^{1.852} \dots \dots \dots \text{(VI.13)}$$

Avec :

L : la longueur de la conduite m ; Q : débit (m3/s) ;

D : diamètre (normalisé) intérieur de la canalisation (m)

Chw : paramètre de rugosité =130-140 (PEHD)

Donc : ΔH–rampe = 2.79 m

VI.3.2.16 Dimensionnement de la porte rampe

VI.3.2.16.1 Longueur de la porte rampe

$$L_{pr} = \text{Longueur de terrain} - \frac{Ea}{2} = 114 \text{ m.}$$

VI.3.2.16.2 Débit de la porte rampe

$$Q_{pr} = Q_r \times N_{rampe} = 8\text{m}^3/\text{h} = 0.22 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s.}$$

VI.3.2.16.3 Diamètre de la porte rampe

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4Q_{pr}}{\pi \times V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.0022}{\pi \times 1.25}} = 47\text{mm} \text{ On le normalise à } 50\text{mm} \dots \dots \dots \text{(VI.14)}$$

VI.3.2.16.4 Vérification des pertes de charge

Pour la porte rampe on a : L=120m, D=63mm, Q=2.6*10^-3 m3/s

ΔH porte rampe = 1.3 m..

Pour la conduite tertiaire elle a une longueur de 15m et un diamètre de 63mm

VI.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié le dimensionnement de deux systèmes d'irrigation l'aspersion et le goutte à goutte. Pour le système goutte à goutte, on a choisi la Tomate, et pour l'aspersion on a choisi la pomme de terre.

Le rendement des cultures dépend du choix de la technique d'irrigation, qui est d'une grande importance dans l'aménagement d'un périmètre.

Chapitre VII : Calcul technico-économique

VII.1 Introduction

Après avoir terminé les différentes étapes de l'étude, il est important de mener une étude pour estimer le coût du projet dans toutes ses parties, y compris les travaux, la préparation et le coût des différentes commodités nécessaires à la réalisation du projet.

VII.2 Exécution des travaux de pose de canalisation

VII.2.1 Exécution des tranchées

- Cette opération consiste à creuser des tranchées dans le sol pour accueillir les conduites. Habituellement, une pelle mécanique est utilisée pour creuser ces tranchées.
- Les dimensions des tranchées varient en fonction du diamètre de la conduite qui sera installée dans chaque tronçon. Il est important de creuser la tranchée avec des dimensions appropriées pour accueillir la conduite sans compromettre sa stabilité.

VII.2.2 Pose de lit de sable

- Le lit de sable est une couche de sable qui est posée au fond de la tranchée avant d'installer la conduite.
- Son rôle principal est de répartir uniformément les charges sur la zone d'appui de la conduite, ce qui peut aider à prévenir des dommages potentiels.
- Avant de poser la conduite, il est important de préparer la tranchée en éliminant les grosses pierres, en respectant les dimensions du profil en long (les niveaux du sol), et en nivelant soigneusement le fond de la tranchée pour assurer une base solide pour la conduite.

VII.2.3 Remblayage des tranchées

- Une fois que la conduite est correctement positionnée dans la tranchée sur le lit de sable, l'excavation précédemment retirée du sol peut être utilisée comme remblai.
- Cette opération consiste à remplir la tranchée avec le remblai excavé pour enterrer la conduite et la maintenir en place.

VII.2.4 Nivellement et compactage

- Après le remblayage, il est nécessaire de procéder au nivellement, ce qui signifie étaler uniformément les terres qui ont été utilisées comme remblai, en particulier si elles sont en monticule.
- Ensuite, le sol doit être compacté, ce qui signifie que la terre est comprimée mécaniquement pour augmenter sa densité.

- Le compactage du sol est essentiel pour éviter le tassement du sol avec le temps, ce qui pourrait endommager la canalisation ou provoquer des affaissements.

Ces étapes sont essentielles pour assurer la stabilité et la durabilité de l'installation de la canalisation dans le sol.

VII.3 Volume des travaux du réseau d'irrigation

profondeur de la tranchée

La profondeur de la tranchée doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, et la prévention des contacts avec les autres conduites.

$$H_{tr} = e + d + h \text{ (m)} \dots \text{(VII.1)}$$

Avec :

H_{tr} : Profondeur de la tranchée.

e: hauteur du lit de pose.

d: diamètre de la conduite.

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

Largeur du fond de la tranchée

Pour la largeur de la tranchée on laisse 30 cm d'espace de chaque côté de la conduite.

Donc la largeur est calculée comme suit :

$$B = d + 0.6 \text{ (m)} \dots \dots \dots \text{(VII.2)}$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

• Volume à excaver

Le volume d'excavation est :

$$V_d = S_{tr} \times L = (B \times H_{tr}) \times L \dots \dots \dots \text{(VII.3)}$$

V_d : Volume du déblai (m³)

S_{tr} : La section de la tranchée (m²).

L : Longueur de la tranchée (m).

B : Largeur de la tranchée (m).

H_{tr} : La hauteur de la tranchée (m).

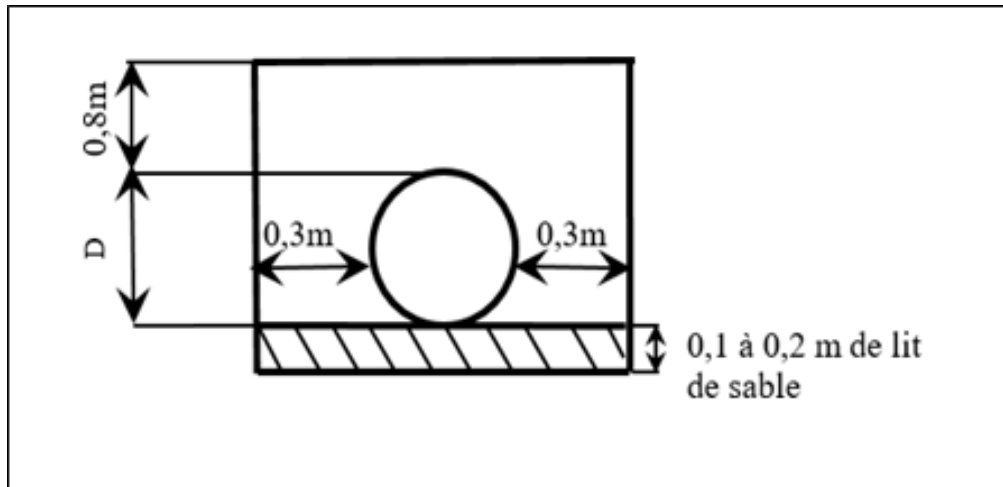


Figure VII. 1 : Schéma d'une tranchée

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

Avec :

Htr : Profondeur de la tranchée (m)

e : hauteur du lit de pose (m) d : diamètre de la conduite (m)

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

• **Section de la tranchée:**

Les sections des tranchées sont :

$$\mathbf{Str = B \times Htr}$$

Htr : Profondeur total de la tranchée (m) B : Largeur du fond de la tranchée (m)

• **Volume à excaver**

Le volume d'excavation est :

$$\mathbf{Vd = Str \times L = (B \times Htr) \times L}$$

Vd : Volume du déblai (m³)

Str : La section de la tranchée (m²).

L : Longueur de la tranchée (m).

B : Largeur de la tranchée (m).

Htr : La hauteur de la tranchée (m).

Le calcul des volumes de déblais, de sable, et de remblais du réseau de distribution est présenté dans le tableau VII.1 :

Tableau VII.1 : Calcul des différents volumes

Tubes	Longueur	Largeur	Hauteur	V déblai	V sable	V Conduits	V remblai
Enterrés	(m)	(m)	(m)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)
Conduite de refoulement							
FonteØ400	3950	1	1,3	5135	395	496,12	4243,9
Conduite de distribution							
50	1560	0,65	0,86	872,04	101,4	61,23	709,41
63	1200	0,663	0,873	694,5588	79,56	59,346	555,6528
75	894	0,675	0,885	534,05325	60,345	52,63425	421,074
80	798	0,68	0,89	482,9496	54,264	50,1144	378,5712
90	650	0,69	0,9	403,65	44,85	45,9225	312,8775
100	555	0,7	0,91	353,535	38,85	43,5675	271,1175
125	496	0,725	0,935	336,226	35,96	48,67	251,596
160	330	0,76	0,97	243,276	25,08	41,448	176,748
200	301	0,8	1,01	243,208	24,08	47,257	171,871
250	257	0,85	1,06	231,557	21,845	50,43625	159,27575
300	180	0,9	1,11	179,82	16,2	42,39	121,23
350	121	0,95	1,16	133,342	11,495	33,24475	88,60225
			Somme	9843,21565	908,929	1072,38065	7861,906

VII.3.1 Evaluation du cout des travaux de terrassement

Dans l'évaluation des coûts des travaux de construction, il est crucial de prendre en compte les frais liés aux travaux de terrassement. Ces coûts comprennent généralement les déblais (excavations pour enlever de la terre) et les remblais (ajout de terre pour remplir un espace creux).

Les frais de terrassement sont calculés comme suit:

- **Pour les déblais**

$$F_{deb} = V_{deb} \times K_{deb}$$

K_{deb} : Prix de 1 m³ de déblai=450 DA

• **Pour les remblais**

$$F_{rem} = V_{rem} \times K_{rem}$$

K_{rem} : Prix de 1 m³ de remblai=300 DA

V_{rem} : Volume total des remblais

• **Pour le sable**

$$F_{sable} = V_{sable} \times K_{sable}$$

K_{sable} : Prix de 1 m³ de sable = 1200DA

V_{sable} : Volume total du sable.

Le cout estimatif des travaux de terrassement est présenté dans le tableau VII.2 :

Tableau VII.2 : Estimation du cout des travaux de terrassement.

Type des travaux	Unité de mesure	Quantitiés	Prix unit (DA)	Montant(DA)
Déblais	M ³	9843	450	4429350
Remblais	M ³	9861	300	2958300
Sable	M ³	909	1200	1090800
			Prix total(HT)	8478450
			Total TTC	10089355.5

VII.3.2 Evaluation des prix de pose des conduites

Les prix de pose de la conduite de refoulement et de la conduite gravitaire sont détaillés dans le tableau VII.3

Tableau VII.3 : Estimation du cout de pose des conduites.

Diamètre	Linéaire	Matériau	Prix/ML	Prix/HT (DA)
PEHD Ø 50	1560	PEHD	106.24	165734,4
PEHD Ø 63	1200	PEHD	169.65	203580
PEHD Ø 75	894	PEHD	238.68	213379,92
PEHD Ø 80	798	PEHD	290.44	231771,12
PEHD Ø 90	650	PEHD	314.15	204197,5
PEHD Ø 100	555	PEHD	416.99	231429,45
PEHD Ø 125	496	PEHD	552.83	274203,68
PEHD Ø 160	330	PEHD	865.80	285714
PEHD Ø 200	301	PEHD	1346.20	405206,2
PEHD Ø 250	257	PEHD	2082.60	535228,2
PEHD Ø 300	180	PEHD	3252.6	585468
Fonte Ø 350	121	FONTE	4874.2	589778,2
Pieces Spéciales	30	F/PEHD	6500.0	195000
			PRIX HT	4120690,67
			Total TTC	4903621,897

VII.3.3 Estimation du cout des bornes d'irrigation

Pour notre réseau d'adduction, nous avons 22 bornes de types A2

L'estimation des couts de ces bornes sont présentés dans le tableau VII.4 :

Tableau VII.3 : Estimation du cout des bornes d'irrigation.

Typedeborne	Nombre	Prix unitaire (DA)	Prixtotal(DA)
Born typeA2	22	50000	1100000
		Prixtotal	1100000
		TotalTTC	1309000

VII.4 Le réservoir de stockage

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

Le réservoir dimensionné dans le chapitre 4 est d'une capacité de $V=800 \text{ m}^3$, avec un diamètre de $D=18\text{m}$ et une hauteur de $H=4\text{m}$

Le total TTC de réservoir de stockage est de : 15 000 000 DA

VII.5 Le devis des travaux

Le devis total des travaux est détaillé dans le tableau ci-dessous :

Tableau VII.4 : Devis estimatif total.

Travaux	Montant (DA)
Conduite de refoulement et conduite gravitaire	10 089 355,5
Réservoir de stockage	15 000 000
Bornes	1 309 000
Adduction : Conduites et P, spéciales	4 903 621,9
Montant TTC	31 301 977,4

Le montant du projet est de trente et un millions trois cent un mille neuf cent soixante dix sept dinars en TTC.

VII.6 Conclusion

L'organisation de chantier est en effet essentielle pour la réalisation d'un réseau d'irrigation, car elle permet de maximiser l'efficacité tout en minimisant les coûts, l'énergie et le temps nécessaires pour mener à bien le projet. Elle contribue également à améliorer le rendement du travail, ce qui est crucial dans tout projet de construction ou d'infrastructure.

Dans le cadre de ce chapitre, nous avons étudié l'établissement d'un devis quantitatif et estimatif. Ce devis permettra de déterminer de manière détaillée les coûts associés à chaque aspect de ce projet de réseau d'irrigation

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons étudié les différentes composantes du projet d'irrigation de Neffaisia et réalisons les études nécessaires sur le système d'irrigation pour développer les 118 hectares de surface en utilisant l'eau du barrage de Kramis.

Les recherches sur le climat de notre région montrent que la région a un climat semi-aride avec une période sèche de plus de 7 mois, ce qui confirme la nature semi-aride de la région, donc l'importance de l'irrigation pour l'agriculture maintient un seuil de rendement acceptable. Le sol est constitué de 2 classes, ce qui permet de choisir les cultures les plus adaptées.

Après avoir sélectionné les cultures, nous avons estimé le besoin total en eau, ainsi que celui de chaque parcelle, ce qui a été une étape importante dans la conception du système de transport et d'irrigation.

Le système d'irrigation retenu est constitué de conduites enterrées en fonte et en PEHD, équipé de bornes d'irrigation et nous avons insisté sur la nécessité d'introduction des techniques d'irrigation telles que le aspersion pour la céréale et le goutte à goutte pour l'arboriculture et maraichage, car l'augmentation des rendements ne peut se faire qu'à travers des systèmes d'irrigation efficaces. On recommande aussi une gestion efficace de ces installations à travers un réseau de surveillance de l'humidité des sols et des conditions climatiques afin d'optimiser la dose d'irrigation.

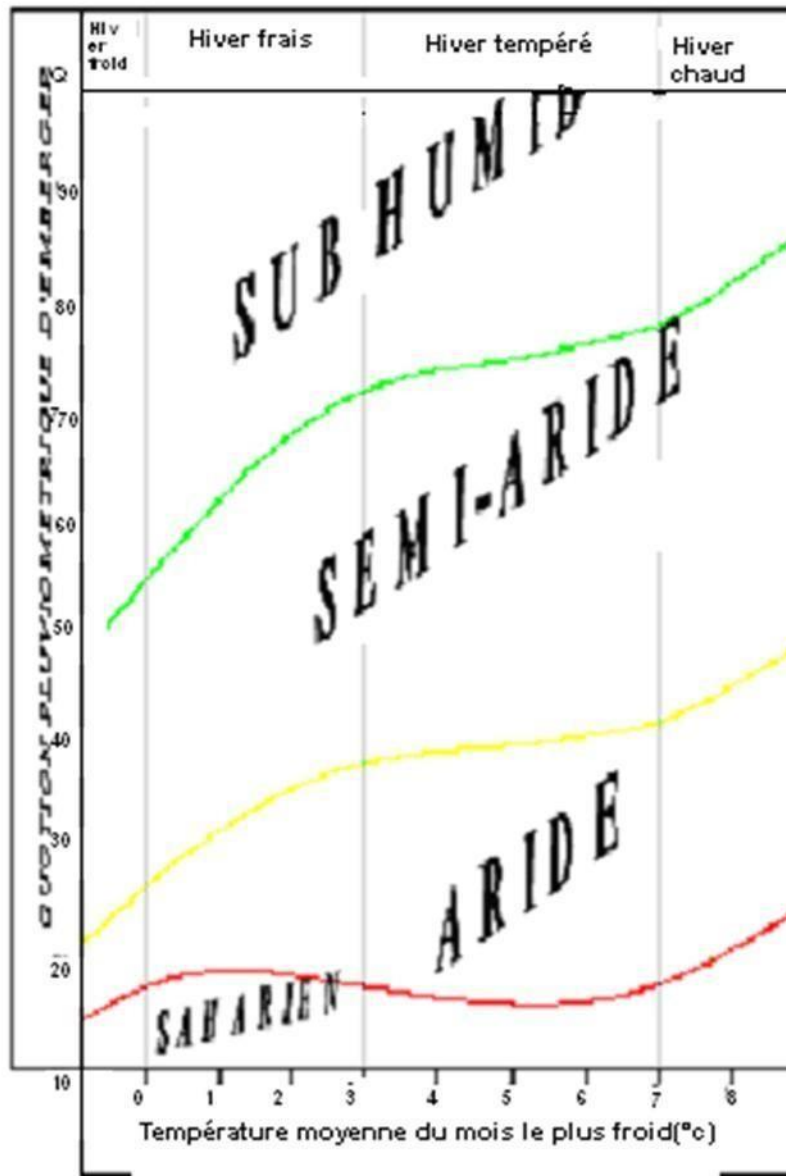
Références bibliographiques

Références bibliographiques

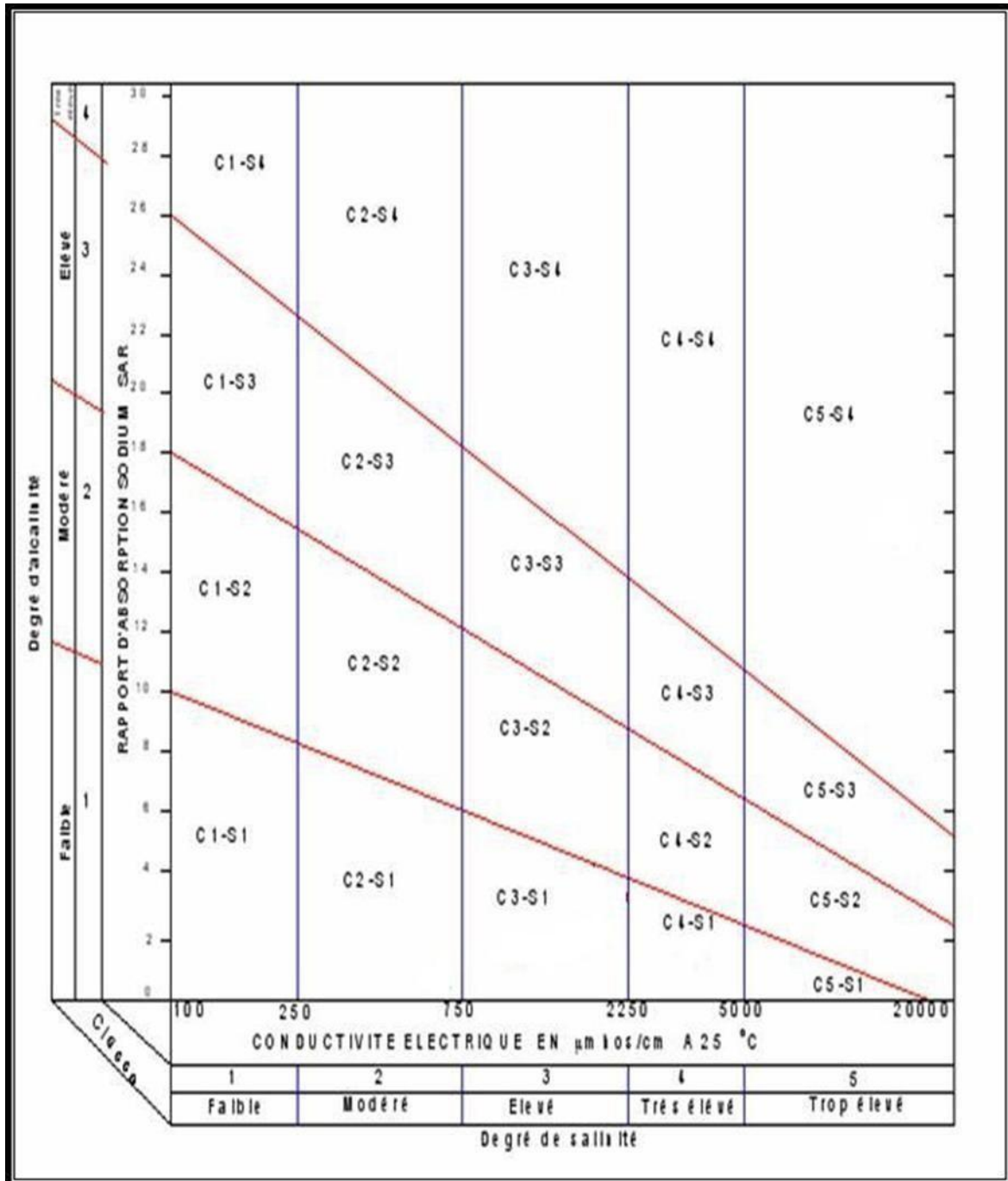
- FAO. (s.d.). Bulletin N°33: Calcul des besoins en eau des cultures.
- Hattak, N. (2020). Étude d'aménagement hydro-agricole du périmètre Achaacha à partir du barrage Kramis (W. Mostaganem).
- Merzougi, F. (2016). Étude d'aménagement hydro-agricole du périmètre Kramis (secteur Khadra) (W. Mostaganem).
- Ouïr, F. Z. (2022). Aménagement hydro-agricole du périmètre d'El Eulma (1160 ha) secteur 4 à partir du barrage Draa Diss (W. Sétif).
- Taïbi, H. (2017). Aménagement hydro-agricole du périmètre Hessaine secteur 1 à partir d'un forage (W. Mostaganem).
- Touaïbia, B. (2004). Cours d'Hydrologie (3e Année) et Régularisation des débits (4e Année).

Annexes

Annexe



Annexe



Annexe 3

Réf é re nce	Désignation	Diamètre	Epaisseur	Qualité	Pression	Prix HT	Prix TTC
		Ext en MM	e n MM	Produit	Service	le M/L	le M/L
11 003 0161	Tube PEHD	16	-----	PE80	10 Bars	-----	-----
11 003 0201	Tube PEHD	20	2,0	PE80	10 Bars	26,31	30,78
11 003 0251	Tube PEHD	25	2,0	PE80	10 Bars	33,85	39,60
11 003 0321	Tube PEHD	32	2,4	PE80	10 Bars	52,60	61,54
11 003 0401	Tube PEHD	40	3,0	PE80	10 Bars	82,33	96,33
11 003 0501	Tube PEHD	50	3,7	PE80	10 Bars	125,79	147,17
11 003 0631	Tube PEHD	63	4,7	PE80	10 Bars	198,97	232,79
11 003 0751	Tube PEHD	75	5,6	PE80	10 Bars	281,31	329,13
11 007 0901	Tube PEHD	90	5,4	PE100	10 Bars	335,47	392,50
11 007 1101	Tube PEHD	110	6,6	PE100	10 Bars	495,40	579,62
11 007 1251	Tube PEHD	125	7,4	PE100	10 Bars	631,13	738,42
11 007 1601	Tube PEHD	160	9,5	PE100	10 Bars	1 033,79	1 209,53
11 007 2001	Tube PEHD	200	11,9	PE100	10 Bars	1 617,42	1 892,38
11 007 2501	Tube PEHD	250	14,8	PE100	10 Bars	2 510,95	2 937,81
11 007 3151	Tube PEHD	315	18,7	PE100	10 Bars	4 003,95	4 684,62
11 007 4001	Tube PEHD	400	23,7	PE100	10 Bars	6 424,42	7 516,57
11 007 5001	Tube PEHD	500	29,7	PE100	10 Bars	10 021,19	11 724,79
11 007 6301	Tube PEHD	630	37,4	PE 100	10 Bars	15 153,49	17 729,58

Annexe 4

Diamètre en (mm)	Prix de ml (DA)
60	2464.36
80	3422.31
100	6682.31
125	7836.22
150	8534.23
200	10323.10
250	11542.36
300	12336.05
350	13521.23
400	14910.06
450	15982.11
500	17885.15
600	22831.78
700	27777.32
800	31722.86
900	35668.40
1000	39613.94