

❧ REMERCIEMENTS ❧

En premier lieu, je rends grâce à ALLAH, source de force et de sérénité, qui m'a accordé la patience et le courage nécessaires pour mener à bien ces longues années d'études.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ma promotrice, Mme AZEIZ Ouahiba, pour son accompagnement constant, sa bienveillance, sa rigueur scientifique et la richesse de ses conseils. Son soutien et ses remarques constructives ont été d'une aide précieuse tout au long de ce travail.

Mes remerciements vont également aux membres du jury, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'examiner ce mémoire et pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail, qu'ils ont enrichi par leurs observations pertinentes.

Je remercie du fond du cœur la lumière de ma vie, mes parents Karim et Karima, pour leurs prières, leur amour inconditionnel et leur soutien sans faille. Grâce à eux, j'ai pu surmonter chaque étape, même les plus difficiles, avec confiance et une détermination renouvelée.

Une pensée toute particulière à mes sœurs, ainsi qu'à ma famille, dont le soutien constant et la présence bienveillante m'ont profondément aidé tout au long de ce parcours.

Je remercie du fond du cœur celui qui, par son soutien indéfectible, m'a toujours donné courage et espoir, et à qui je suis profondément reconnaissant pour sa présence précieuse à chaque étape de mon parcours.

Je n'oublie pas mes amis et collègues, qui ont partagé avec moi leurs idées, leur soutien moral et leur énergie dans les moments clés de cette aventure.

Enfin, je remercie l'ensemble des enseignants de l'ENSH, pour leur dévouement et la passion avec laquelle ils nous ont transmis leur savoir tout au long de notre parcours.

MERCI

Mariam

DEDICACE

À la mémoire de ma grand-mère Saadia, que Dieu lui accorde Sa miséricorde. Tu me manques profondément chaque jour, et c'est grâce à tes prières et à ton amour que je suis là aujourd'hui. Ta lumière continue de m'accompagner et de me guider. Ton souvenir est un trésor précieux qui éclaire chacun de mes pas.

À ma mère Karima, pilier de tendresse et de force, et à mon père Karim, dont le soutien indéfectible est un refuge. Votre amour inconditionnel et vos sacrifices sont la source de ma réussite et de mon épanouissement.

À mes sœurs Malak, Lilia et Marie Louise, pour leur présence aimante et leur complicité précieuse, ainsi qu'à BS, pour son aide précieuse tout au long de ce parcours

À ma famille, pour sa bienveillance constante, ainsi qu'à ses membres, pour leur encouragement et leur foi en moi.

À Mme Aziez Ouahiba, ma promotrice, pour son accompagnement éclairé, sa patience et ses conseils avisés tout au long de ce travail.

À mes amis et à toutes les personnes qui m'aiment, m'aident et m'accompagnent sur ce chemin, je vous dédie ce travail avec gratitude.

Mariam

الملخص :

يتمثل الهدف من إعداد مذكرة نهاية الدراسة هذه في إنجاز شبكة سقي لفائدة المحيط الفلاحي الواقع في منطقة الأضنام التابعة لولاية البويرة، والذي يمتد على مساحة تقدر بـ 250 هكتار. سيتم تزويد هذا المحيط بالمياه انطلاقاً من سد تلسديت، وذلك وفق دراسة علمية تأخذ بعين الاعتبار الخصائص المناخية، ونوعية التربة، والموارد المائية المتاحة في المنطقة تعتمد هذه الدراسة على تحليل دقيق للمعطيات الطبيعية والبيئية، من أجل تقدير الاحتياجات المائية لمختلف المزروعات، ووضع تصميم أمثل لشبكة السقي. وقد تم اختيار نظام الري بالتنقيط المخصص للأشجار المثمرة، ونظام الري بالرش بواسطة آلة اللف المخصص لسقي الحبوب، بهدف تحسين الإنتاج الزراعي وضمان تسيير عقلاني وفعال للموارد المائية المتوفرة

الكلمات المفتاحية: الري، سد تلسديت، نظام التنقيط، آلة اللف، الأشجار المثمرة

Résumé :

Ce mémoire de fin d'études a pour objectif la conception d'un réseau d'irrigation destiné à desservir un périmètre agricole de 250 hectares, situé dans la région d'El-Asnam, au sein de la wilaya de Bouira. L'approvisionnement en eau de ce périmètre sera assuré par le barrage de Telesdit, sur la base d'une analyse technique approfondie intégrant les données climatiques, les caractéristiques pédologiques ainsi que les ressources hydriques locales.

L'étude s'appuie sur une évaluation précise des besoins hydriques des cultures afin de proposer une solution d'irrigation efficace et adaptée. Deux méthodes ont été sélectionnées : l'irrigation goutte à goutte pour les cultures arboricoles et le système d'aspersion mobile (à enrouleur) pour les céréales. Ce choix vise à optimiser la productivité agricole tout en assurant une gestion rationnelle de l'eau disponible.

Mots clés : Irrigation, Barrage de Telesdit, Goutte à goutte, Enrouleur, Arboriculture.

Abstract:

The objective of this thesis is to design an irrigation network for an agricultural perimeter located in the El-Asnam region, in the Bouira province, covering an area of 250 hectares. The irrigation of this area will be supplied by Telesdit Dam, based on a comprehensive scientific study that considers the region's climatic conditions, soil characteristics, and available water resources.

This study focuses on analyzing the water requirements of different crops in order to develop an efficient and suitable irrigation system. Two irrigation methods were selected: drip irrigation for arboriculture and reel (travelling sprinkler) irrigation for cereal crops, with the aim of improving agricultural productivity and ensuring efficient water resource management.

Keywords: Irrigation, Telesdit Dam, Drip system, Reel irrigation, Arboriculture.

Table des matières

Introduction Générale	1
Chapitre I : Conditions naturelles de la zone d'étude	3
I-1) Introduction	4
I-3) Localisation du périmètre d'El Asnam	5
I-3-1) Sélection de la zone d'étude	5
I-3-1-2) Topographie de la zone	5
I-3-1-3) Réseau hydrographique de la zone d'étude	6
I-3-1-4) Contexte géologique	6
I-4)-Caractéristiques climatiques de la zone d'étude	6
I-4-1) Caractéristiques de la station météorologique	7
I-4-2) Température	8
I-4-3) Taux d'humidité de l'air	9
I-4-4) Le vent	10
I-4-5) Le siroco	10
I-4-6) Gelée blanche	12
I-4-7) Evaporation	12
I-4-8) Analyse pluviométrique	13
I-5) Indices agro-météorologique	14
I-5-1) L'indice d'aridité de Martone	14
I-5-2) Quotient pluviométrique d'Emberger	15
I-5-3) Classification climatique selon l'indice ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	16
I-6) Etude socio-économique	17
I-7) Conclusion	19
Chapitre II : Etude Agro - Pédologique	20
II.1) Introduction	21
II-2) Ressource en sol	21
II-2-1) Classification des sols	21
II-2-2) Description des profils pédologiques	22
II-2-3) Propriétés hydrodynamiques des sols	24
II-3) Analyse physico-chimique des sols	24
II-4) Etude des aptitudes culturales	25
II-4-1) Explications des symboles d'aptitudes culturales	27
II-4-2) L'assolement	28

II-4-3) La rotation	28
II-5) Conclusion	29
Chapitre III : Ressources en eau et hydrologie	30
III-1) Introduction	31
III-2) Ressources en eau.....	31
III-2-1) Les ressources en eau superficielles	31
III-2-2) Les ressources en eau souterraines	34
III-2-3) Qualité de l'eau d'irrigation	35
III-2-4) La conductivité électrique	35
III-2-5) Le SAR (Sodium Absorption Ration)	36
III-3) Étude Hydrologique	38
III-3-1) Choix de la station pluviométrique.....	38
III-3-2) Homogénéité de la série pluviométrique	40
III-3-3) Ajustement des précipitations annuelles à la loi normale (loi de Gauss)	42
III-3-3-1) Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale	42
III -3-3-2) Test de validité de l'ajustement.....	43
III-3-3) Détermination de l'année de référence pour le calcul.....	45
III-4) Conclusion.....	46
Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures	47
IV-1) Introduction.....	48
IV-2) Les besoins en eau d'une culture	48
IV-2-1) Calcul de l'évapotranspiration de référence (ET_0).....	48
IV-2-2) Evapotranspiration maximale ou de culture (ETM)	48
IV-2-3) Méthode de Penman et Momteith modifiée	49
IV-2-4) calcul des pluies efficaces	51
IV -2-5) La réserve facilement utilisable (RFU).....	51
IV-3) Occupation des sols et choix des cultures.....	52
IV-3-1) La céréaliculture	52
IV-3-2) Arboriculture	53
IV-3-3) Cultures maraîchères	53
IV-4) Occupation du sol en fonction des cultures	53
IV-4-1) Cycle végétatif des cultures	53
IV-5) Évaluation des besoins hydriques des cultures	54
IV-6) Calcul du débit spécifique.....	58
IV-7) Calcul du débit caractéristique	59

IV-8) Estimation des volumes d'eau d'irrigation.....	60
IV-9) Conclusion	62
Chapitre V : Généralités sur l'irrigation	63
V-1) Introduction	64
V-2) Définition de l'irrigation.....	64
V-3) Les techniques d'irrigation	64
V-4) Irrigation par aspersion.....	66
V-4-1) Introduction	66
V-4-2) Fonctionnement de l'irrigation par aspersion.....	66
V-4-3) Analyse des Critères de Sélection d'un Système d'Irrigation par Aspersion.....	67
V-4-4) Les canons d'arrosage	69
V-5) L'enrouleur.....	70
V-5-1) Historique	70
V-5-2) Étude globale de l'Enrouleur.....	70
V-7) Conclusion.....	76
Chapitre VI : Etude de réseau d'irrigation.....	77
VI-1) Introduction.....	78
VI-2) Conception et dimensionnement du réseau hydraulique.....	78
VI-2-1) Principe de tracé de réseau de distribution gravitaire	78
VI-2-2) Fonctions principales de la borne d'irrigation.....	79
VI-2-3) Dimensionnement hydraulique des bornes d'irrigation	80
VI-2-4) Sélection du type et du diamètre de la borne d'irrigation	81
VI-2-5) Choix du diamètre de la borne.....	82
VI-2-6) Critères de choix des matériaux pour les réseaux hydrauliques.....	83
VI-3) Dimensionnement hydraulique des canalisations.....	85
VI-3-1) Vitesses admissibles.....	85
VI-3-2) Calcul des diamètres	86
VI-4) Caractéristiques de bassin d'accumulation	90
VI-5) Conclusion	91
Chapitre VII : Dimensionnement de la parcelle	92
VII-1) Introduction.....	93
VII-2-1) Estimation des besoins en eau pour l'irrigation localisée des cultures	93
VI-2-2) Calculs hydrauliques	96
VII-2-3) Dimensionnement des canalisations du réseau	97
VII-3) Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion (Enrouleur).....	102

VII-4) Conclusion	116
Chapitre VIII : Analyse technico-économique	117
VIII-1) Introduction	118
VIII -2) Devis du réseau de distribution et la conduite principale.....	118
VIII-3) Devis estimatif des équipements	118
VIII-4) Calcul des volumes des terrassements.....	119
VIII-4-1) Calcul de décapage des terres végétales.....	119
VIII-4-3) Estimation du volume de lit de sable.....	120
VIII-4-5) : Évaluation des volumes et estimation des coûts des travaux	122
VII-5) Estimation Des équipements interne de la parcelle	122
VIII -6) Estimation globale des coûts	123
VIII -6) Conclusion.....	124
Conclusion Générale.....	125
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	127
Annexes	129

Liste des figures

Chapitre I : Conditions naturelles de la zone d'étude.

Figure I-1: carte de situation de la wilaya de Bouira.....	4
Figure I-2: situation de périmètre	5
Figure I-3: Extrait de la carte pluviométrique de l'Algérie du nord (1/200.000)	7
Figure I-4: Carte de positionnement des stations pluviométrique de Bouira (1/10000).....	8
Figure I-5: Répartition mensuelle des températures moyennes mensuelles	9
Figure I-6: Variation de la vitesse de vent	10
Figure I-7: l'isolation dans la zone	12
Figure I-8: La répartition annuelle de la pluviométrie.....	13
Figure I-9: Abaque d'indice d'aridité annuelle de Martonne	14
Figure I-10: Diagramme bioclimatique d'emberger.....	16
Figure I-11: Diagramme de Gaussen.....	17

Chapitre III : Ressources en eau et hydrologie.

Figure III-1: Situation géographique et coordonnées du barrage de TILES DIT.....	32
Figure III-2: Barrage de TILES DIT.	34
Figure III-3: Diagramme de classification de l'eau d'irrigation.	37
Figure III-4: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss.	43

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures.

Figure IV-1 : Les résultats de l' ET_0 obtenir à l'aide du logiciel CROPWAT	50
Figure IV-2 : ET_0 calculé	50

Chapitre V : Généralités sur l'irrigation.

Figure V-1: Les différents systèmes d'irrigation.....	65
Figure V-2: Type d'équipement pour l'irrigation par aspersion.....	67
Figure V-3: Un canon d'arrosage	69
Figure V-4: Périmètre irrigué par l'enrouleur.	71
Figure V-5: L'enrouleur.	71
Figure V-6: Les organes de l'enrouleur	72

Chapitre VI : Etude de réseau d'irrigation.

Figure VI-1: Réseau de distribution et la conduite principale	87
Figure VI-2: Réseau de distribution.....	88
Figure VI-3: Profils des altitudes des nœuds.	90

Chapitre VII : Dimensionnement de la parcelle.

Figure VII-1: Abaque déterministe du débit de l'enrouleur.....	103
Figure VII-2: Pression d'eau au canon de l'enrouleur selon le débit	106
Figure VII-3: Abaque servant au dimensionnement d'un enrouleur.....	108
Figure VII-4: La distance entre deux passages d'enrouleur.....	109
Figure VII-5 : Calcul de la pression d'eau nécessaire à l'entrée de l'enrouleur.....	111
Figure VII-6: Pression d'eau nécessaire à la sortie du canon selon le débit d'arrivée	112
Figure VII-7: Pertes de charge dans le flexible polyéthylène de l'enrouleur.....	113
Figure VII-8: Marquage du flexible pour contrôler la vitesse d'avancement du canon.....	114
Figure VII-9: Angles du secteur arrosé correspondant à un bon réglage du canon.....	115
Figure VII-10: Le recouvrement de zones arrosées garantit le meilleur arrosage	115

Liste des Tableaux

Chapitre I : Conditions naturelles de la zone d'étude

Tableau I-1:Coordonnées de la station météorologique de Bouira	7
Tableau I-2: Températures mensuelles moyennes(C°).....	8
Tableau I-3:Données des vitesses du vent de la zone d'étude.	9
Tableau I-4:Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco.	10
Tableau I-5:Valeurs moyennes des durées d'insolation.....	11
Tableau I-6:Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de gelée.....	11
Tableau I-7: Evaporation moyennes mensuelles à la station de Bouira	12
Tableau I-8: Pluviomètre moyenne mensuelle de la période (1989-2023).....	13
Tableau I-9: Classification de climat selon Martonne.....	13
Tableau I-10 : Répartition des exploitations agricoles de la commune d'El-Asnam.	15
Tableau I-11: La répartition de la main-d'œuvre	17
Tableau I-12: Répartition sectorielle de la main-d'oeuvre.	17

Chapitre II : Etude Agro – Pédologique

Tableau II-1:La pédologie du plateau.....	22
Tableau II- 2:Description des profils (texteur et structure).	23
Tableau II-3: Propriétés hydrodynamiques des sols.....	24
Tableau II-4: Résultat d'analyse du sol et les différents profils en fonction de la profondeur. 25	
Tableau II-5: Aptitudes culturales du plateau d'El-Asnam.....	26
Tableau II-6:Les symboles des aptitudes culturales.	27

Chapitre III : Ressources en eau et hydrologie

Tableau III-1: Qualité de l'eau brute de la station hydrométrique de Barrage	35
Tableau III-2: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	36
Tableau III-3: Classification des eaux en fonction du SAR.	37
Tableau III-4: Caractéristiques de la station pluviométrique.....	38
Tableau III- 5: Pluies moyennes mensuelles observées au plateau d'el Asnam.....	39
Tableau III-6: Résultats de test de Wilcoxon.	41
Tableau III-7: Ajustement à la loi de Gauss.	43
Tableau III-8: pluviométrie moyenne pour chaque mois en (mm).....	45

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Tableau IV-1: Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm.....	51
Tableau IV-2: Occupation du sol en fonction des cultures de la zone V.	53
Tableau IV-3: Calendrier cultural selon l'assolement choisi	54
Tableau IV-4 :Calcul des besoins en eau du Blé.	54
Tableau IV-5: Calcul des besoins en eau de l'Orge	55
Tableau IV-6 :Calcul des besoins en eau de la pomme de terre (de saison).....	55
Tableau IV-7 : Calcul des besoins en eau de la pomme de terre (arrière saison).	56
Tableau IV-8 :Calcul des besoins en eau de la carotte	56
Tableau IV-9: Calcul des besoins en eau d'oignon.	57
Tableau IV- 10: Calcul des besoins en eau d'olivier	57
Tableau IV- 11: Récapitulatif des besoins bruts totaux des cultures.	58
Tableau IV- 12 : calcul des volumes d'eau d'irrigation.	60

Chapitre VI : Etude de réseau d'irrigation.

Tableau VI -1: Débits au niveau de chaque ilot.	80
Tableau VI- 2: Types et diamètres des bornes.....	81
Tableau VI-3: Types des bornes.	82
Tableau VI- 4:Choix de diamètre de la borne	82
Tableau VI- 5:Diamètres des bornes.	83
Tableau VI-6: Résultat de calcul par Epanet (Pressions et charge).	89
Tableau VI-7: Résultats de simulation par le logiciel Epanet (Vitesse et perte de charge).	89

Chapitre VII : Dimensionnement de la parcelle.

Tableau VI-1: Calcul récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution...101	101
Tableau VII-2 : La longueur de flexible en fonction de diamètre	104
Tableau VII-3: Tableau synthétique des catégories d'enrouleurs	104
Tableau VII-4: Largeur de la bande irriguée par l'enrouleur selon la vitesse du vent.....105	105
Tableau VII-5 : Dose apportée, fréquence de retour de l'enrouleur selon la nature du sol.... 106	106
Tableau VII-6: Largeur de la bande irriguée par l'enrouleur selon la vitesse du vent.....107	107
Tableau VII-7: Tableau de Pm en fonction des caractéristiques de l'enrouleur.....109	109

Chapitre VIII : analyse technico - économique.

Tableau VIII-1 : Cout des canalisations du réseau adduction et distribution	118
Tableau VIII-2: Estimation totale des équipements hydrotechniques.	118
Tableau VIII -3: Calcul du volume de décapage	120
Tableau VIII-4 : Calcul du volume du déblai.....	120
Tableau VIII-5: Calcul du volume du lit de sable.	121
Tableau VIII-6: Calcul du volume du remblai.	122
Tableau VIII-7 : Estimation des volumes et les couts des travaux.....	122
Tableau VIII-8: Estimation Des équipements interne de la parcelle P14.....	122
Tableau VIII- 9: Estimation du coût total.....	123

Introduction Générale

Introduction Générale

Dans les zones à climat semi-aride, l'eau destinée à l'agriculture constitue une ressource de plus en plus rare, coûteuse et stratégiquement vitale. En Algérie, l'agriculture demeure majoritairement extensive, souvent dépendante de précipitations irrégulières et de techniques d'irrigation traditionnelles, peu adaptées aux exigences actuelles de production et de rentabilité. Cette situation a contribué à un faible rendement des cultures stratégiques telles que les céréales, tout en accentuant la dépendance du pays aux importations alimentaires.

Le développement de l'irrigation constitue aujourd'hui un levier essentiel pour améliorer la performance de l'agriculture nationale. En particulier, l'introduction de techniques modernes d'irrigation sous pression, adaptées à chaque type de culture et aux réalités du terrain, représente une solution efficace pour rationaliser l'usage de l'eau et augmenter les rendements. Parmi ces techniques, le système à enrouleur se distingue par sa souplesse d'utilisation, sa portée étendue et sa capacité à irriguer de grandes surfaces, ce qui en fait une option particulièrement adaptée aux besoins de la céréaliculture dans les vastes périmètres.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude, qui porte sur l'aménagement hydro-agricole du secteur ouest du périmètre d'El Asnam, dans la wilaya de Bouira. Ce secteur, vaste et à fort potentiel agricole, est principalement exploité pour la culture des céréales. Cependant, en l'absence de systèmes d'irrigation efficaces, la production reste fortement dépendante des conditions climatiques, limitant ainsi la productivité et la stabilité des rendements.

Face à cette problématique, notre mémoire se fixe comme objectif de proposer une solution d'irrigation moderne et adaptée à la céréaliculture dans ce secteur. Nous avons ainsi choisi d'étudier la mise en place d'un réseau d'irrigation basé sur le système à enrouleur, en tenant compte des caractéristiques topographiques, pédologiques et hydrauliques du site. Ce choix technique s'appuie sur les nombreux avantages qu'offre l'enrouleur en matière de flexibilité, de couverture de surface et d'efficacité dans la gestion de l'eau.

Le système goutte-à-goutte, qui permet une irrigation localisée et économe en eau, peut également être envisagé comme une solution complémentaire pour les cultures nécessitant une gestion plus précise de l'humidité du sol. L'intégration de cette technique offrirait une flexibilité supplémentaire pour optimiser l'utilisation de l'eau sur le périmètre d'El Asnam.

À travers cette démarche, notre travail vise à démontrer qu'une irrigation raisonnée des céréales, appliquée à grande échelle à l'aide d'un système innovant, peut transformer durablement les performances agricoles du périmètre, améliorer les revenus des exploitants, et participer à la sécurisation de la production alimentaire nationale.

Chapitre I : Conditions naturelles de la zone d'étude

Chapitre I : Conditions naturelles de la zone d'étude.

I-1) Introduction :

Avant de lancer un projet d'irrigation, il est crucial de mener une analyse approfondie du site ainsi qu'une évaluation des conditions naturelles auxquelles la zone est soumise. Cette démarche permet de mieux cerner les spécificités du périmètre, notamment la surface à irriguer, ainsi que les éléments déterminants pour la conception du projet. Parmi ces éléments figurent les données climatiques et les paramètres agronomiques propres à la région étudiée. Ces informations sont essentielles pour adopter les solutions les plus adaptées lors de l'installation du système d'irrigation. Une étude détaillée des principaux paramètres climatiques permettra également de définir le type de climat dominant dans la zone, ce qui contribuera à une meilleure planification et gestion de l'aménagement du périmètre.

I-2) Aperçu général de la wilaya de Bouira :

Située au sud-est d'Alger, la wilaya de Bouira a été instituée lors du découpage administratif de 1974. Elle s'étend sur une superficie de 4 454 km² et partage ses frontières avec plusieurs autres wilayas :

- au nord, avec Boumerdès et Tizi Ouzou,
- au sud, avec M'Sila et Médéa,
- à l'est, avec Béjaïa et Bordj Bou Arréridj,
- et à l'ouest, avec Blida.

Cette région bénéficie d'importantes ressources hydriques, notamment grâce aux barrages de Tilesdit (167 millions de m³) et de Koudiat Acredoune (640 millions de m³). Dotée d'un fort potentiel agricole, la wilaya représente également un pôle d'intérêt pour le développement des activités de transformation agroalimentaire.



Figure I-1: Carte de localisation géographique de la wilaya de Bouira.

I-3) Localisation du périmètre d'El Asnam:

Le périmètre agricole d'El Asnam se trouve dans la wilaya de Bouira, au sud-ouest du barrage de Tilesdit, de part et d'autre de la route nationale n°5 (RN 05). Sa position géographique est définie par les limites suivantes :

- au nord par l'Oued Edous,
- au sud par l'Oued Ziane,
- à l'ouest par l'Oued Cherugia,
- et à l'est par les confins de la dépression de la vallée du Sahel.

Sur le plan administratif, le périmètre se trouve à cheval sur les territoires des communes d'El Asnam et de Bechloul. Il est compris entre les longitudes 3°56' et 4°07' Est, et les latitudes 36°08' et 36°10' Nord. Sa superficie totale est d'environ 2 240 hectares.

La carte ci-après permet de situer précisément la zone concernée par l'étude.

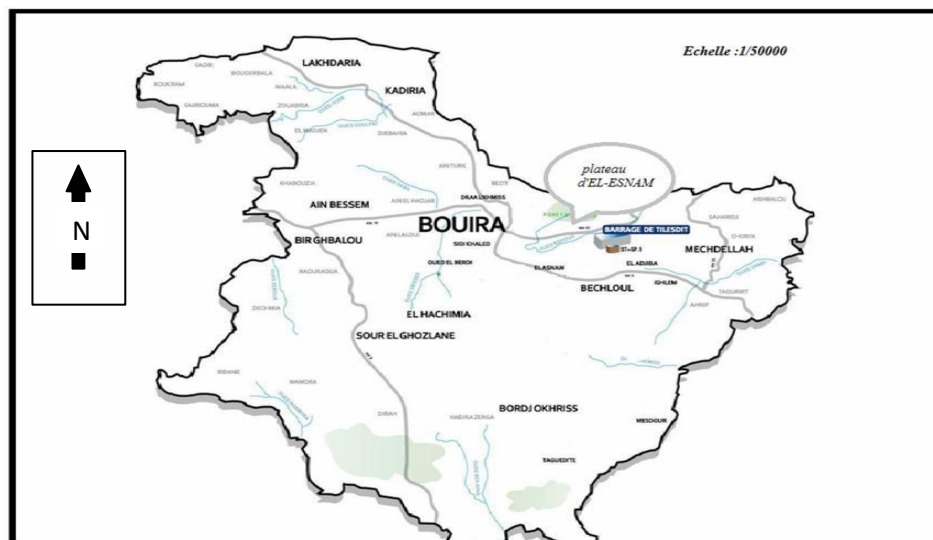


Figure I-2: Position géographique du périmètre.

I-3-1) Sélection de la zone d'étude:

La zone retenue pour cette étude correspond au périmètre situé sur le plateau d'El Asnam, plus précisément dans sa partie ouest. Cette zone couvre une superficie totale de 1 880 hectares.

I-3-1-2) Topographie de la zone :

D'un point de vue topographique, la région est bordée au nord par la ligne de crête du massif du Djurdjura. Vers le sud, le terrain se transforme en une plaine aux reliefs modérés, présentant une pente douce orientée de l'ouest vers l'est. L'altitude de la zone se situe entre 500 et 550 mètres au-dessus du niveau de la mer (NGF).

I-3-1-3) Réseau hydrographique de la zone d'étude :

La zone d'étude s'étend sur une plaine d'environ 50 kilomètres de long, traversée par l'Oued Sahel. Ce cours d'eau prend naissance en amont à la jonction de l'Oued Dous, au nord, et de l'Oued Zaiane, au sud. En aval, après avoir recueilli les eaux de l'Oued Bousellam, il devient l'Oued Soummam.

L'Oued Sahel est alimenté par plusieurs affluents :

- Sur sa rive droite, on trouve divers ruisseaux provenant de la chaîne des Bibans, une zone de faible altitude et relativement sèche.
- Sur sa rive gauche, il est renforcé par des torrents puissants issus du Djebel Djurdjura, un massif montagneux culminant à 2 305 mètres, caractérisé par une pluviométrie élevée pouvant atteindre 1 800 mm par an.

I-3-1-4) Contexte géologique :

Le plateau d'El Asnam fait partie des formations miocènes dites post-nappes, qui ont été déposées dans la dépression de la Soummam. Ces formations comprennent des conglomérats aux teintes variant du jaune au rouge, ainsi que des couches de sable, de galets, d'argile compacte et de marno-grès, dont les dimensions fluctuent entre le millimètre et un demi-mètre. Ces matériaux proviennent en grande partie des Flyschs et de la chaîne calcaire. On retrouve ces formations miocènes principalement le long des oueds et lors des forages. Elles recouvrent toute la surface du plateau, reposant à la fois sur les Flyschs du sud de la Kabylie, au nord, et sur les couches septentrionales des Bibans, situées au sud du plateau.

I-4)- Caractéristiques climatologiques de la zone d'étude :

L'étude du climat constitue une étape essentielle dans la planification des projets hydro-agricoles, car elle permet d'identifier les facteurs déterminants pour le choix des cultures ainsi que pour le dimensionnement des systèmes d'irrigation. Située dans une plaine alluviale, la région d'El Asnam présente un climat méditerranéen à tendance semi-aride, avec une température moyenne annuelle avoisinant 20 °C. Les précipitations annuelles y varient généralement entre 400 et 600 mm, tandis que le taux moyen d'évaporation atteint environ 94 %.

D'après la carte pluviométrique du nord de l'Algérie, la période des précipitations s'étend principalement d'octobre à mars. À l'inverse, la saison sèche ou période d'étiage se manifeste entre juin et septembre, période durant laquelle les apports en eau sont très limités.

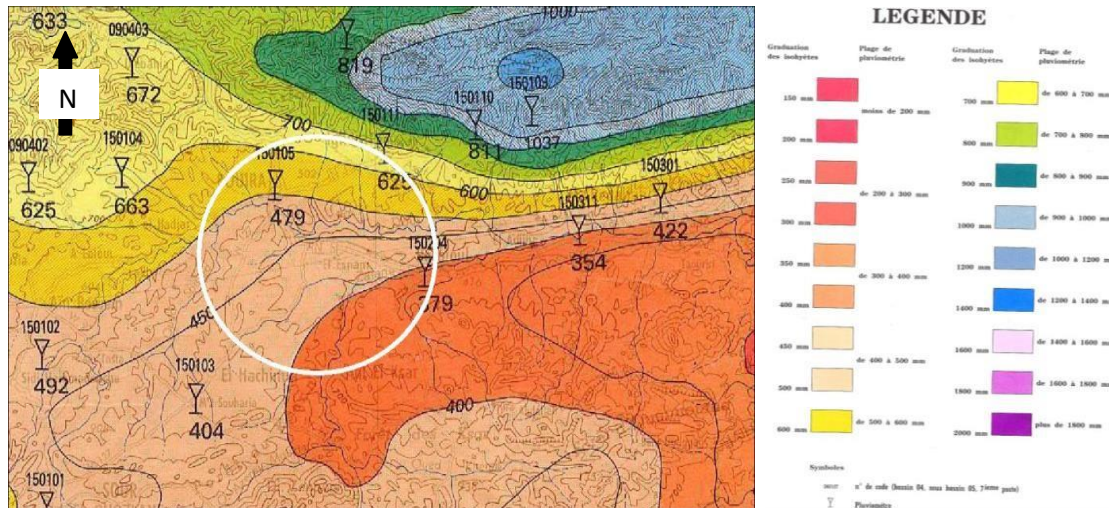


Figure I- 3: Extrait cartographique montrant la pluviométrie du nord algérien à l'échelle 1/200 000.

I-4-1) Caractéristiques de la station météorologique :

Les informations climatiques présentées ci-dessous ont été recueillies auprès de la station météorologique de Bouira, administrée par l'ANRH. Cette station porte le code 150204 et se situe aux coordonnées suivantes :

Tableau I-1: Emplacement exact de la station météorologique de Bouira

Code de la station	Nom de la station	Coordonnées		Altitude(m)	Nombre d'année d'observation
		X(Km)	Y(Km)		
150204	Bouira	620.4	335.5	435	34

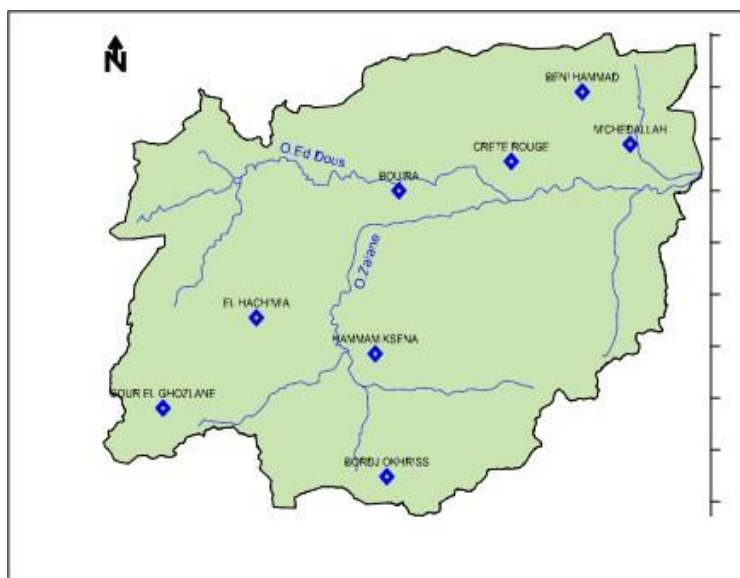


Figure I-4: Carte de localisation des stations pluviométriques de Bouira à l'échelle (1/10000).

I-4-2) Température :

La température joue un rôle essentiel dans l'analyse du déficit hydrique, qui constitue une composante significative du bilan hydrologique. Elle conditionne notamment le phénomène d'évapotranspiration, ce qui a un impact direct sur la croissance végétale.

Les données mensuelles relatives à la température ont été recueillies par la station météorologique de Bouira, à l'aide d'instruments mesurant les températures extrêmes (minimales et maximales).

Le tableau ci-dessous présente les moyennes mensuelles et annuelles enregistrées durant la période étudiée :

Tableau I-2: Températures mensuelles moyennes et maximal et minimale(C°).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
T°moy	8.4	9.5	11.9	14.2	19.3	25.5	28.9	28.5	23.5	19.7	12.6	9.3	17.6
T°min	3.8	3.9	6.0	8.5	13.4	18.1	22.2	21.3	17.1	13.9	8.2	5.1	11.7
T°max	13	15.1	17.9	20.0	25.3	32.9	35.6	35.7	30.0	25.5	17.1	13.5	23.5

Source : ONM (BOUIRA)

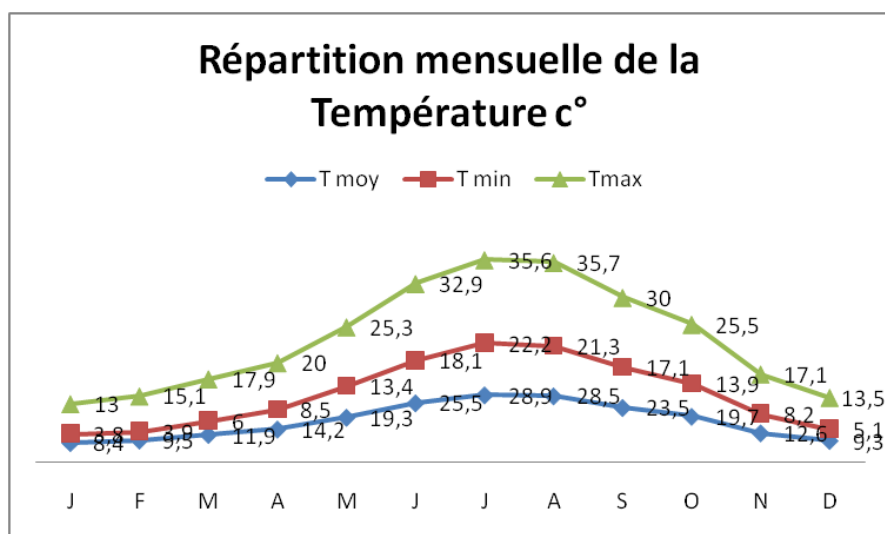


Figure I-5: Répartition mensuelle des températures moyennes, maximales et minimales enregistrées au plateau d'El-Asnam (station de Bouira).

Avec :

- **T° min** : Moyenne des températures minimales enregistrées chaque mois.
- **T° max** : Moyenne des températures maximales relevées chaque mois.
- **T° moy** : Température moyenne mensuelle.

La température moyenne annuelle est d'environ 17,6 °C. Les mois les plus chauds sont juillet et août, avec des pics atteignant jusqu'à 35,7 °C, principalement en raison des influences des courants chauds venant du sud. À l'inverse, les mois les plus froids correspondent à décembre, janvier et février.

I-4-3) Taux d'humidité de l'air:

L'humidité relative représente le pourcentage de saturation de l'air en vapeur d'eau. Elle se définit comme le rapport entre la pression réelle de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère et la pression maximale que celle-ci peut atteindre à une température spécifique. Cette mesure est généralement obtenue à l'aide d'un psychromètre ou d'un hygromètre.

Tableau I- 3: Évolution de l'humidité relative de l'air

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidité%	78	60	73	75	68	60	52	60	64	68	79	72

Source : ONM (Bouira)

I-4-4) Le vent :

Le vent constitue un facteur climatique non négligeable qui influe directement sur les conditions atmosphériques d'une zone donnée. Dans le domaine agricole, il peut entraîner des dommages notables et perturber la croissance des cultures. En modifiant le taux d'évapotranspiration du couvert végétal, il impacte le rendement des plantes. La vitesse du vent est généralement évaluée à l'aide d'un anémomètre (exprimée en km/h ou m/s), tandis que sa direction est repérée au moyen d'une girouette.

Tableau I-4: Répartition de vitesse du vent dans le périmètre d'étude.

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Vent (m/s)	2.0	2.3	1.9	2.3	2.6	2.8	2.4	2.2	2.5	2.3	2.9	2.1

Source : ONM (Bouira)

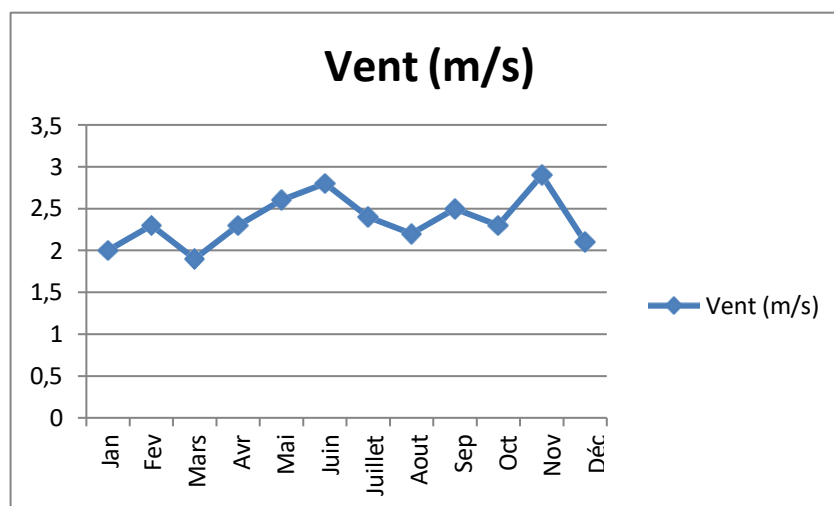


Figure I- 6: Mesures de la vitesse du vent dans la région étudiée

La vitesse moyenne du vent varie légèrement tout au long de l'année, avec une valeur minimale d'environ 1,9 m/s en mars et une valeur maximale d'environ 2,9 m/s en avril. Le graphique ci-dessous illustre l'évolution de la vitesse du vent sur l'ensemble de l'année.

I-4-5) Le siroco :

Le siroco est un vent chaud et aride soufflant depuis le Sahara, principalement à partir de la fin du printemps jusqu'à la fin de la saison estivale. Il contribue fortement à l'assèchement des sols et augmente considérablement l'évapotranspiration des cultures. Ce vent, aux effets

particulièrement nuisibles sur les plantes, peut entraîner leur flétrissement et provoquer une diminution importante des rendements agricoles. Il est donc essentiel d'en analyser les impacts afin de mieux adapter le choix des espèces végétales aux conditions climatiques locales.

Tableau I-5: Distribution mensuelle moyenne des jours affectés par le sirocco

Mois	J	f	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Nbr.de jours	0.7	0.4	0.9	1.5	2.1	3.0	4.5	4.6	3.9	2.5	0.1	0.3	24.5

Source : ONM (Bouira)

En moyenne, le sirocco souffle durant 24,5 jours par an, avec une période d'activité s'étendant d'avril à octobre. Le pic d'occurrence est enregistré au mois d'août, avec une moyenne de 4,6 jours.

I-4-5) Insolation :

L'insolation, aussi appelée rayonnement solaire global, est influencée par divers paramètres tels que la latitude, la saison, l'orientation du site par rapport au soleil et la nébulosité. Ces facteurs expliquent les différences d'ensoleillement constatées d'un lieu à un autre. Elle représente la durée totale d'exposition au soleil enregistrée sur une base mensuelle.

Le tableau I.5 indique les moyennes journalières d'insolation, établies à partir de données mensuelles et annuelles. On observe des fluctuations saisonnières marquées, avec une durée maximale en juin avoisinant 10,6 heures par jour, et un minimum relevé en décembre, autour de 5,9 heures quotidiennes.

Tableau I-6: Durées moyennes d'insolation enregistrées

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Insolation h/j	5.43	6.63	7.7	6.68	9.2	10.7	10.78	9.91	8.18	7.6	5.8	5.4	93.97

Source : ONM (Bouira).

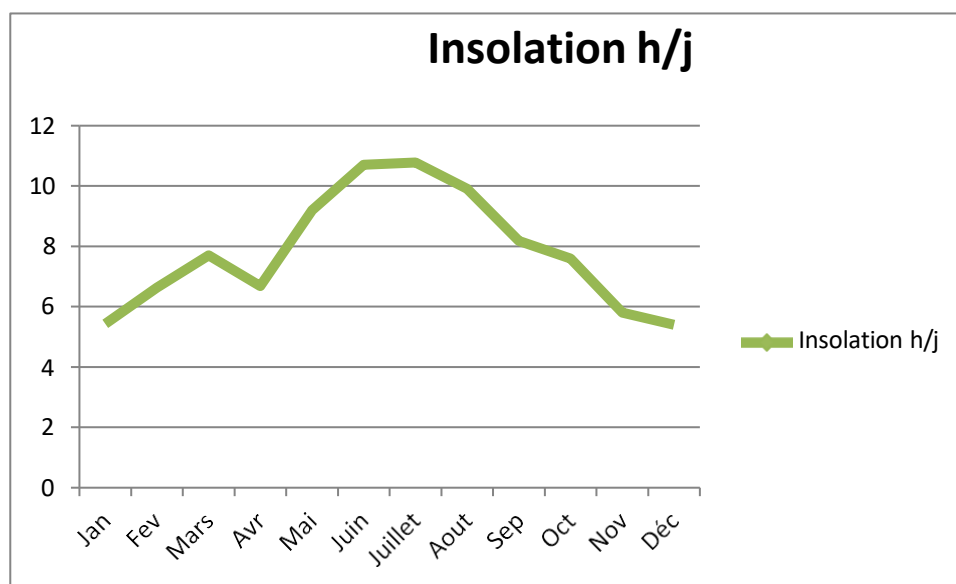


Figure I-7: l'isolation dans la zone.

I-4-6) Gelée blanche :

La gelée blanche, qui se forme lorsque la température chute sous le point de congélation sans que la pluie se transforme en neige, est particulièrement nuisible pour les cultures. Elle peut provoquer des dégâts mécaniques, en gélant les tissus des plantes, ainsi que des dommages biochimiques, perturbant les processus vitaux des végétaux et entraînant une baisse significative des rendements agricoles. Ce phénomène est fréquent au printemps et en automne, périodes où les cultures sont les plus vulnérables.

Tableau I-7: Fréquence mensuelle moyenne des jours de gelée

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Nbr.de Jours	7,4	7,6	6,4	2,3	0	0	0	0	0	0	0,7	6	30,4

Source : ONM(Bouira)

I-4-7) Evaporation:

Selon Musy (2005), l'évaporation est un phénomène physique au cours duquel l'eau passe de l'état liquide à l'état gazeux. Ce processus concerne principalement les surfaces aquatiques et les zones végétalisées, qui constituent les principales sources de vapeur d'eau atmosphérique. La sublimation, quant à elle, désigne la transition directe de la glace vers la vapeur, sans étape intermédiaire en phase liquide. Le rayonnement solaire est le paramètre le plus déterminant dans l'intensité de l'évaporation. À Bouira, les relevés ont été réalisés à l'aide d'un évaporimètre de type « Piche », placé sous abri.

Tableau I-8: Evaporation moyennes mensuelles à la station de Bouira.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Evapo	65.5	71.1	115.4	137.4	179.6	280.5	336.1	305.2	193.6	156.3	79.3	63.5	1983.6

Source : ONM(Bouira)

D'après ce tableau, l'évaporation est relativement faible dans la période allant de Novembre à Février et importante en période estivale. L'évaporation annuelle est égale à 1983.6 mm (presque 2m).

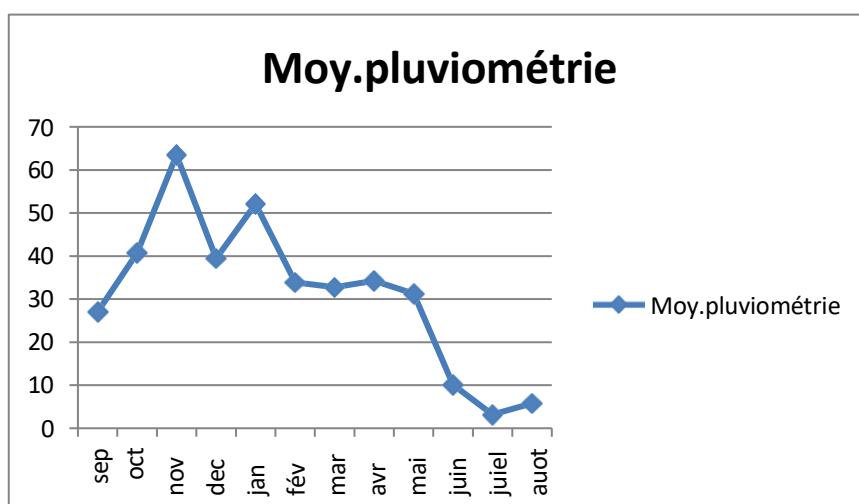
I-4-8) Analyse pluviométrique :

La compréhension de la pluviométrie et de sa répartition tout au long de l'année est essentielle pour un projet d'irrigation. En effet, le régime des précipitations détermine directement la conception du réseau d'irrigation ainsi que la planification des opérations d'arrosage.

Tableau I-9: Pluviomètre moyenne mensuelle de la période (1989-2023).

Mois	sep	oct	nov	déc	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	ANNUEL
Moy	27.03	40.72	63.45	39.46	52.07	33.91	32.74	34.25	31.25	10.1	3.20	5.77	373.9

Les précipitations annuelles sont irrégulières d'une partie à l'autre avec une moyenne annuelle de 373.9mm mais généralement fortes, pouvant dépasser les 500 mm par an. Les mois les plus arrosés sont novembre et janvier, avec respectivement 63.45 mm et 52.07 mm de pluie.

**Figure I-8:** La répartition annuelle de la pluviométrie

I-5) Indices agro-météorologique :

La classification des climats repose généralement sur des critères agro-météorologiques, en particulier les données de température et de précipitations propres à la région analysée. Cette méthode permet de caractériser le régime climatique et d'évaluer les interactions entre les différents facteurs météorologiques ainsi que leur impact sur la couverture végétale. Parmi les outils les plus fréquemment employés figurent les indices proposés par Martonne (1926) et Emberger (1932).

I-5-1) L'indice d'aridité de Martone :

L'indice développé par Martonne permet de caractériser le type de climat en établissant une relation entre les précipitations totales annuelles et la température moyenne annuelle. Cet indicateur offre une méthode simple pour évaluer le degré d'aridité d'une région.

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

Avec :

I_A : indice climatique ;

P : précipitation moyenne annuelle (mm) ;

T : température moyenne annuelle (°C).

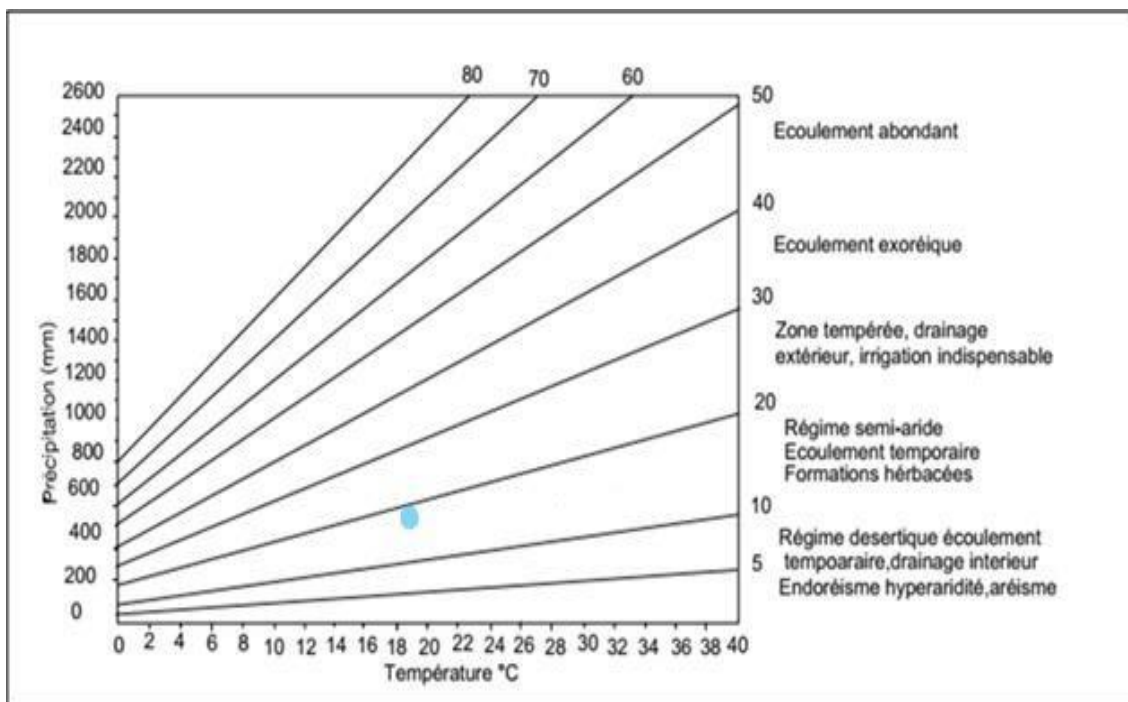


Figure I- 9: Abaque de classification climatique selon l'indice de Martonne.

Les limites des climats d'après l'indice climatique de MARTONNE sont données dans le tableau ci-dessous

Tableau I-10: Classification de climat selon Martonne.

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

A.N:P= 373.9 mm/an et T=17.6C°.

$$I_A = \frac{373.9}{17.6+10} = 13.54.$$

$I_A = 13.54$, donc : $10 < I_A \leq 20$.

Étant donné que le climat de la région est sec, le recours à l'irrigation s'avère souvent indispensable pour assurer une production agricole durable.

I-5-2) Quotient pluviométrique d'Emberger :

L'indice bioclimatique proposé par Emberger permet de situer une région dans un étage climatique donné, en tenant compte de ses données de température et de précipitations. Cet outil sert à caractériser le type de climat d'une zone et à orienter le choix des espèces végétales les plus adaptées à ses conditions environnementales. Le calcul de cet indice repose sur la formule suivante :

$$Q = \frac{1000 \cdot P}{\frac{M+m}{2} \cdot (M+m)} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot P}{M^2 + m^2}$$

Q : Quotient pluviométrique d'EMBERGER.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en K° (degré kelvin).

m : Température moyenne minimale du mois le plus froid en K° (degré kelvin).

Avec :

P : 373.9 mm

M : 28.9°C soit 28.9+273

m : 3.8 °C soit 3.8+273

On aura : $Q = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 373.9}{(28.9 + 273)^2 - (8.4 + 273)^2} = 62.53 \text{ mm.}$

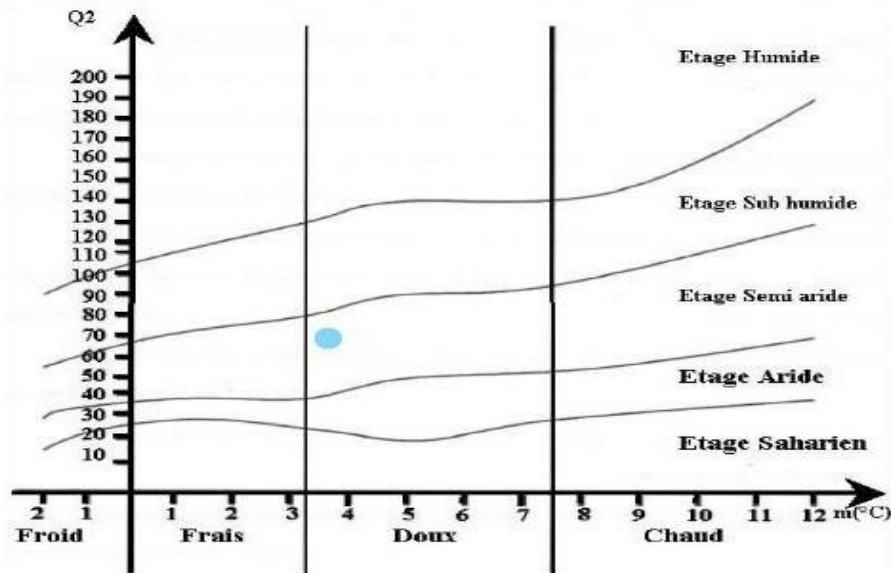


Figure I- 10: Diagramme de classification climatique d'Emberger

En prenant comme référence la température minimale moyenne du mois le plus froid, on peut affirmer que la zone concernée relève d'un climat de type semi-aride.

I-5-3) Typologie climatique fondée sur le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen:

L'indicateur mis au point par Bagnouls et Gaussen sert à identifier les phases sèches au cours de l'année. En analysant simultanément les températures et les précipitations. Un mois est qualifié de sec lorsque la quantité mensuelle de précipitations (exprimée en millimètres) est inférieure au double de la température moyenne du mois correspondant, c'est-à-dire lorsque le rapport $\frac{p}{T} < 2$.

Cette méthode donne lieu au diagramme ombrothermique, qui permet de représenter graphiquement l'alternance des saisons sèches et humides. Une période sèche est identifiée lorsque la courbe représentant les précipitations se situe en dessous de celle des températures. Sa durée est définie par l'écart entre les points où ces deux courbes se croisent. Ce modèle, mis au point par F. Bagnouls et H. Gaussen, constitue un outil efficace pour interpréter visuellement la distribution saisonnière des conditions climatiques.

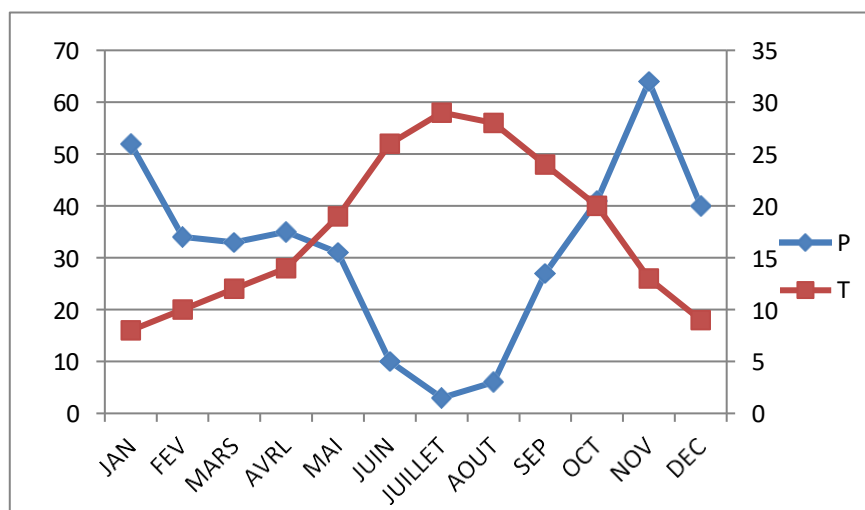


Figure I-11: Diagramme de Gaussen.

Selon le graphique I-11, la période de sécheresse s'étend sur six mois, de Mai à Octobre. Le diagramme ombrothermique de Gaussen met ainsi en évidence le caractère semi-aride du climat local. Durant cette période, un apport en eau par irrigation devient essentiel pour assurer la pérennité des cultures.

I-6) Analyse socio-économique:

La commune d'El-Asnam se caractérise par une forte orientation agricole, notamment dans le domaine de la céréaliculture. Le territoire agricole de la région s'organise autour de grandes plaines fertiles, de zones de collines, de piémonts, ainsi que d'une partie montagneuse. L'ensemble des exploitations agricoles recensées dans la commune est présenté dans le tableau suivant :

Tableau I-11: Répartition des exploitations agricoles dans la commune d'El-Asnam.

Exploitation	Nombre	Superficie (ha)
E.A.C	30	526.3
E.A.I	32	465.7
Ferme pilote	1	1041.6

Source : DSA de Bouira

Tableau I-12: Répartition sectorielle de la main-d'œuvre

MAIN D'ŒUVRE PERMANENTE		MAIN D'ŒUVRE SAISONNIERE	
Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
5058	318	2222	445
5376		2667	

Source : DSA de Bouira.

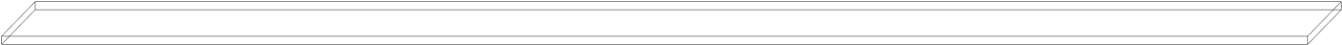
L'aménagement hydro-agricole du périmètre d'EL-ASNAM a généré plus de 1500 emplois directs et 2500 indirects. Il a amélioré les rendements agricoles, notamment pour les cultures céréalières, et augmenté les revenus des agriculteurs de 10 à 25% sur 5 hectares. L'irrigation rationnelle a également contribué à préserver les ressources en eau. Toutefois, les agriculteurs nécessitent un accompagnement par des programmes de vulgarisation agricole pour optimiser l'exploitation du périmètre.

I-7) Conclusion :

Ce chapitre a permis d'examiner les paramètres naturels propres à la zone étudiée, menant à la conclusion que le périmètre irrigué d'El-Asnam bénéficie d'une pluviométrie moyenne annuelle de 373,9 mm. L'analyse des données climatiques et agro-météorologiques confirme que la région se situe majoritairement en zone semi-aride. Dans ce contexte, le recours à l'irrigation apparaît comme un facteur clé pour soutenir le développement agricole et améliorer le rendement des cultures dans ce milieu rural.



Chapitre II : Etude Agro - Pédologique



Chapitre II : Etude Agro – Pédologique.

II.1) Introduction :

La pédologie est une branche des sciences de la terre qui se consacre à l'analyse des sols, en étudiant leur genèse, leur évolution au cours du temps, ainsi que leur organisation interne. Elle cherche à comprendre l'impact de multiples facteurs environnementaux — tels que le climat, la végétation, la faune et les conditions biologiques — sur les propriétés physiques et chimiques du sol. Cette connaissance permet de juger de la capacité des sols à stocker l'eau, de leur potentiel de fertilité, mais aussi des contraintes qu'ils peuvent poser pour l'agriculture ou la gestion durable des écosystèmes. Ainsi, la pédologie constitue un outil fondamental dans la planification des pratiques agricoles.

II-2) Ressource en sol :

L'étude agro-pédologique vise à identifier les sols appropriés pour l'irrigation et à localiser les zones susceptibles d'être mises en valeur à travers ce processus. Elle examine également les caractéristiques hydrodynamiques, physicochimiques et morphologiques des sols, qui sont essentielles pour déterminer les besoins en arrosage et pour positionner les réseaux d'irrigation et de drainage d'une manière efficace.

Dans le cadre de la mise en valeur des terres, plusieurs critères doivent être évalués, notamment :

- **La profondeur du sol** : qui détermine la réserve d'eau disponible pour les racines en fonction de l'épaisseur des couches accessibles.
- **La texture du sol** : y compris la granulométrie et la présence de cailloux, influençant la capacité du sol à retenir l'eau.
- **La structure et la porosité des horizons** : qui déterminent la perméabilité du sol et, par conséquent, la facilité avec laquelle l'eau peut circuler.
- **Les propriétés chimiques** : (pH, conductivité électrique, SAR), qui influencent la fertilité et la viabilité des cultures.

Une connaissance approfondie de ces éléments permet d'adapter les choix de cultures aux caractéristiques spécifiques des sols, garantissant ainsi une gestion optimale des ressources en eau et une meilleure productivité agricole.

II-2-1) Classification des sols :

Cette recherche s'inscrit dans la continuité de l'étude agro-pédologique menée en 1966, en s'appuyant sur les données déjà disponibles pour approfondir la compréhension du milieu physique. Lors de la campagne de prospection réalisée entre juillet et août 1989, environ 200 fosses pédologiques ont été ouvertes à l'aide d'une tractopelle, atteignant une profondeur d'environ 1,2 mètre. Cette exploration a permis de distinguer dix unités pédologiques, correspondant aux principales catégories recensées dans la classification des sols.

Des tests d'infiltration ont été effectués sur les profils considérés comme les plus représentatifs de chaque unité pédologique. Ces expérimentations ont été menées sur quatre sites distincts, avec trois répétitions pour chacun d'eux. À l'issue de cette campagne, les différentes unités de sol observées ont été classées en quatre grands types, qui seront détaillés dans les sections suivantes.

- Sols bruns calcaires.
- Sols bruns.
- Sols châtaîns.
- Sols fersiallitiques.

Ces types de sols se distinguent par leur homogénéité et sont caractérisés par une texture riche en colloïdes minéraux, ainsi qu'une forte teneur en matière organique.

II-2-2) Description des profils pédologiques :

Le sol de plateau d'El Asnam est composé d'unités cartographiques allant de 1 à 10, ces numéros représentant l'ordre des sols selon la classification spécifique:

Tableau II-1: La pédologie du plateau.

N°d'unité	Type de sol	Classement de sol	%La pente	Superficie	
				ha	%
01	Sol brun calcaire sur encroutement calcaire	P6T	0.5 à 1	104	4
02	Sol brun calcaire sur croûte et encroutement	P6DT	0.2 à 1	232	10
03	Sol brun calcaire sur croute et encroutement	P8DC	0.5 à 1.5	271	12
04	Sol brun calcaire sur encroutement calcaire	A5DT	%1 à quelque	372	15
05	Sol brun calcaire sur croûte et encroutement	a5DT	2 à 5	287	12
06	Sol brun modal	P6C	%De l'ordre de 1	27	1
07	Sol brun modal	P8N	0.5 à 1	332	14
08	Sol châtain vertique	P8N	0.5 à 1	230	10
09	Sol châtain vertique	P8DT	0.5 à 1.5	256	10
10	Sol fersaillitique	P8t	0.5 à 1.5	277	12
				2388	100

Avec :

P : Sol profond > 60 -70cm

A : Approfondissable

a : Difficilement approfondissable

Texture :

8 : texture fine ; **5** : texture moyenne ; **6** : texture moyenne sur fine

D : charge caillouteuse 15 à 50%

Taux de calcaire : **C** : calcaire actif ; **T, t** : calcaire actif de 7 à 10 %

N : neutre

Tableau II-2: Description des profils (texture et structure).

PROFIL	Profondeur	Caractéristiques principales du sol			
		Texture	Structure	Porosité	% Calcaire
Profil N1	0-15cm	Limono-argilo-sableuse	grenue nette	Bonne	33%
	15-35cm	Limono-argilo-sableuse	grenue nette	Bonne	20%
	35-75cm	Limono-argilo-sableuse	Polyédrique sub-angulaire nette	Faible	16%
Profil N2	0-25cm	argileuse	grenue nette	Bonne	0%
	25-45cm	argileuse	Prismatique à cubique peu nette	Bonne	0%
	45-80cm	argileuse	Prismatique à cubique peu nette	Moyenne	0%
Profil N3	0-30cm	limono-argileuse	-	Bonne	16%
	30-50cm	limono-argileuse	-	Bonne	18%
	50-95cm	limono-argileuse	-	Bonne	0%
	95-120cm	argileuse	-	Bonne	horizon calcaire
Profil N4	0-30cm	argileuse	massive a grenue	Bonne	0%
	30-60cm	Très-argileuse	grenue nette	Bonne	0%
	60-105cm	argileuse	colonne nette	Moyenne	0%
Profil N5	0-25cm	limono-argileuse	massive	très faible	horizon calcaire
	25-45cm	argileuse	grenue très nette	bonne	horizon calcaire
	45-85cm	argileuse	polyédrique	bonne	0%
	85-120cm	argilo-limoneuse	cubique peu nette	mauvaise	0%
Profil N6	0-45cm	argileuse	massive à grenue	bonne	0%
	45-80cm	argileuse	polyédrique nette	bonne	horizon calcaire
	80-120cm	limonà-argileuse	cubique	mauvaise	horizon calcaire
Profil N7	0-35cm	limono-argileuse	grenue nette	bonne	54%
	35-55cm	limono-argilo-sableuse	polyédrique sub-angulaire nette	bonne	61%
Profil N8	0-40cm	limono-argileuse	grenue	moyenne	20%
	40-90cm	argileuse	polyédrique sub-angulaire nette	moyenne	horizon calcaire
	90-110cm	argileuse	polyédrique nette	moyenne	horizon calcaire

Source : A.G.I.D

II-2-3) Propriétés hydrodynamiques des sols :

La perméabilité correspond à la capacité des sols ou des roches à laisser circuler l'eau à travers leur structure. Elle est principalement influencée par la taille et la forme des pores, leur répartition dans la matrice du sol, ainsi que par la présence éventuelle de fissurations. Les matériaux tels que le sable et le gravier sont généralement très perméables, tandis que l'argile se distingue par une perméabilité faible. Les études antérieures réalisées sur les sols du périmètre ont révélé une texture argileuse-limoneuse. Pour une gestion optimale de l'irrigation, il est donc indispensable de bien connaître les propriétés hydrodynamiques du sol, car elles jouent un rôle déterminant dans le calcul des quantités d'eau à apporter.

Tableau II-3: Propriétés hydrodynamiques des sols.

Texture	Argileux-limoneux
capacité au champ (%)	31%
Point de flétrissement (%)	21%
Vitesse d'infiltration (mm/h)	7mm/h

II-3) Analyse physico-chimique des sols :

L'analyse en laboratoire des propriétés physico-chimiques des sols a permis de recueillir des données essentielles sur des caractéristiques clés telles que la texture et le comportement hydrodynamique des sols. Ces éléments jouent un rôle crucial dans l'évaluation de la capacité de rétention en eau, la perméabilité, ainsi que la structure du sol, autant de facteurs ayant une incidence directe sur la croissance des cultures.

L'étude de plusieurs profils pédologiques a mis en évidence des différences notables dans ces propriétés à travers le périmètre analysé. On observe une variabilité texturale marquée, allant des sols argileux aux sols sableux, ce qui influence fortement les pratiques d'irrigation et l'apport en engrais.

La capacité des sols à retenir l'eau a été mesurée pour chaque profil, révélant des besoins hydriques spécifiques selon les secteurs. Ces informations constituent un socle de référence pour orienter le choix des cultures adaptées et améliorer la gestion agronomique des terres.

Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs moyennes obtenues pour chacun des profils étudiés:

Tableau II-4: Résultat d'analyse du sol et les différents profils en fonction de la profondeur.

N du profil	profondeur	Complexe absorbant (meq/kg) du sol						Solution du sol		Carbone organique g/kg
		PH (mg/kg)	Ca	Mg	K	Na	CEC	Ce (mmhos/cm)	PH	
Profil N1	0-15cm	152	558	15	23	3.53	164	0.27	7.7	21.5
	15-35cm	151	657	15.77	9.7	2.67	158	0.14	7.8	16.2
	35-75cm	66	640.22	18.82	7.14	2.27	170	0.14	7.8	14
Profil N2	0-25cm	31	265.74	51	7.1	3.72	256	0.08	7.1	13.4
	25-45cm	11	290.24	80.27	6.46	2.87	288	0.07	7.3	9.2
	45-80cm	15	339.84	84.84	6.73	3.13	294	0.06	7.5	5.9
Profil N3	0-30cm	26	281.07	60.27	9.50	3.4	272	0.19	7.2	12.2
	30-50cm	7	283.39	74	7.34	3.12	86	0.27	7.4	9.5
	50-95cm	3	565.04	100.45	7.14	3.36	277	0.14	7.6	6.2
	95-120cm	2	819.19	118.11	5.74	4.93	215	0.14	7.8	3.7
Profil N4	0-30cm	31	258.45	59.01	8.93	2.78	256	0.07	7.3	9.4
	30-60cm	11	260.68	53.24	6.7	2.6	256	0.06	7.3	7.5
	60-105	5	281.6	64.96	5.44	3.22	256	0.08	7.4	5.1
Profil N5	0-25cm	4	339.61	36.53	2.36	2.1	213	0.11	7.8	3.9
	25-45cm	5	517.38	57.05	5.29	3.27	244	0.12	7.7	8
	45-85cm	11	350.35	43.49	6.56	2.64	282	0.06	7.7	13.5
	85-120cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Profil N6	0-45cm	31	605.38	26.56	7.92	2.37	282	0.17	7.6	13.1
	45-80cm	4	794.28	41.35	5.71	2.55	256	0.15	7.6	9.1
	80-120cm	4	713	22.95	3.28	2.33	155	0.24	7.7	3.8
Profil N7	0-40cm	20	677.69	14.73	8	1.88	193	0.13	7.8	12.1
	40-90cm	10	762	12	3.81	1.7	103	0.12	7.8	7.9
Profil N8	0-40cm	12	862.11	13.14	6.78	2.42	250	0.16	7.6	15.1
	40-90cm	8	929.37	26.27	4.7	2.01	220.6	0.12	7.7	10.7
	90-110cm	9	1021.8	42.84	4.17	2.55	207	0.12	7.7	5.8
Source : A.G.I.D										

Interprétation :

Le sol présente une granulométrie comprise entre des textures argilo-limoneuses et limono-argileuses. Il est généralement riche en matière organique et ne montre pas de signes de salinité. Toutefois, certains profils peuvent révéler une teneur en calcaire relativement importante. Les vitesses d'infiltration varient selon l'organisation structurale propre à chaque type de sol.

II-4) Etude des aptitudes culturales :

L'étude des aptitudes culturales consiste à évaluer les caractéristiques des sols afin de déterminer leur capacité à accueillir diverses cultures agricoles. Cette démarche permet aux agriculteurs de choisir judicieusement les cultures les plus adaptées à leurs parcelles. Dans le cadre de notre investigation, cette analyse s'est appuyée à la fois sur les résultats des analyses pédologiques et sur les enquêtes foncières réalisées sur le terrain. Les conclusions relatives aux aptitudes culturales des sols dans notre périmètre sont synthétisées ci-dessous :

Tableau II-5: Aptitudes culturales du plateau d'El-Asnam.

Type de sol	Texture	Aptitude Culturales	Aptitude Culturales
Sol brun calcaire sur encrouement calcaire	Texture moyenne sur fine	B2MC	Bonne aptitude a toute culture Inaptes pour les arboricultures à noyau
Sol brun calcaire sur croute et encrouement	Texture moyenne sur fine	B2MC	Bonne aptitude a toute culture Inaptes pour les arboricultures à noyau
Sol brun calcaire sur croute encrouement	Texture fine	CC'Mg	Bonne aptitude a toute culture
Sol brun calcaire sur encrouement calcaire	Texture moyenne	DMMgC	Sous solage Risque d'érosion
Sol brun calcaire sur encrouement et croute	Texture moyenne	DMgC	Sous solage Risque d'érosion
Sol brun modal	Texture moyenne sur fine	B1B2M	Bonne aptitude a toute culture
Sol brun modal	Texture fine	B1B2Mf	Bonne aptitude a toute culture
Sol châtain vertique	Texture fine	CC'Mf	Bonne aptitude a toute culture Inapte pour les arboricultures à noyau Sous solage
Sol châtain vertique	Texture fine	B2MfC	Bonne aptitude a toute culture Inapte pour les arboricultures à noyau Sous solage
Sol fersiallitique	Texture fine	B2MFC	Sous solage, amélioration de niveau de fertilité

Source : DSA (Bouira)

À partir du tableau précédent, on peut généralement conclure que les sols du périmètre disposent de bonnes aptitudes pour les cultures industrielles et maraîchères, tandis qu'ils offrent des aptitudes moyennes pour les cultures céréalières et fourragères. Certaines unités de sols montrent une adaptation modérée aux cultures arboricoles. Les aménagements recommandés comprennent l'application d'amendements organiques et minéraux, la réalisation de labours profonds, ainsi que la mise en place de mesures de prévention contre les risques d'inondations liées aux précipitations.

II-4-1) Définition des symboles liés aux aptitudes à la culture:

Tableau II-6: Codification des aptitudes des sols à la culture

Groupe de culture	Catégories	Possibilités culturelles
Cultures arbustives B	B1 B'1 B2 B'2	Bonne aptitude pour les pêchers et toutes espèces telles que poiriers sur cognassier ou sur franc cognassiers. Bonne aptitude pour les pommiers, pruniers, abricotiers sur St- Julien ou sur myrobolan, ou sur reine-claude, figuiers, oliviers, pêches sur amandier. Bonne aptitude pour pruniers sur myrobolan ; abricotiers sur franc- sur pêcher, figuiers, olivier Bonne aptitudes pour pruniers sur myrobolan, abricotiers sur franc, oliviers.
Cultures maraîchères M	M Mf Mg	Bonne aptitude pour toutes les cultures maraîchères. Bonne aptitude pour les cultures maraîchères adaptées aux textures fines telle que : artichauts, laitue, choux, tomates. Bonne aptitude pour les cultures maraîchères adaptées aux textures grossières telles que : pommes de terre, carottes, navets.
Cultures fourragères céréalières et légumes secs	C C' C	Bonne aptitude pour le blé tendre, le sorgho, le tourne soleil, le maïs, la luzerne, le bersim, légumes secs. Bonne aptitude pour le blé dur le sorgho, le bersim. Aptitude médiocre pour la luzerne.

II-4-2) L'assolement :

L'assolement est une pratique essentielle pour préserver et améliorer la fertilité des sols. Il favorise l'enrichissement en éléments nutritifs et permet de limiter la propagation de certaines maladies et parasites. Cette méthode contribue également à la restitution des éléments minéraux extraits du sol, tout en maintenant son équilibre nutritionnel et ionique.

II-4-3) La rotation :

La rotation des cultures consiste à alterner les cultures sur une même parcelle pour préserver l'équilibre du sol. Il est important de varier les plantes, par exemple en alternant celles à racines pivotantes et celles à racines fasciculées, car ces dernières contribuent à améliorer la fertilité du sol. Afin d'éviter l'épuisement du sol, il est essentiel de prévoir des plantes aux besoins nutritifs variés. L'installation d'une même culture pendant plusieurs années sur la même parcelle favorise la prolifération des parasites.

II-5) Conclusion :

Ce chapitre a permis de présenter les principales caractéristiques agro-pédologiques de la zone étudiée. Les résultats des analyses physiques, chimiques et texturales révèlent que les sols possèdent des propriétés hydrodynamiques favorables à l'irrigation. Ces conditions permettent une bonne adaptation à diverses cultures, notamment les céréales, les productions maraîchères et arboricoles. Les sols offrent un environnement propice au développement optimal des céréales, tout en étant également adaptés aux cultures légumières et fruitières. Le recours à un système d'irrigation moderne, conçu de manière efficace, permettrait de valoriser ces potentialités et de stimuler de manière significative la dynamique agricole et économique de la région.

Chapitre III : Ressources en eau et hydrologie

Chapitre III : Ressources en eau et hydrologie.**III-1) Introduction :**

Avant d'entamer une étude d'aménagement hydro-agricole, il est primordial d'identifier et d'évaluer les ressources en eau disponibles pour l'irrigation. Ce chapitre vise à fournir une analyse détaillée de ces ressources, afin de déterminer les cultures adaptées et les techniques d'irrigation les plus appropriées pour la zone d'étude. La mise en œuvre d'un projet d'irrigation à grande échelle, tel que celui du plateau d'El-Asnam, requiert une mobilisation importante des ressources en eau, car le succès de l'aménagement agricole dépend directement de la disponibilité et du volume d'eau nécessaires au développement des cultures. Il s'agit donc de caractériser les sources d'eau (réservoirs, forages, etc.), d'évaluer la qualité de l'eau destinée à l'irrigation, ainsi que d'analyser les données pluviométriques pour quantifier précisément les besoins hydriques des cultures.

III-2) Ressources en eau :

Avant de lancer l'étude d'un projet d'aménagement hydro-agricole, il est indispensable d'identifier et d'évaluer précisément les ressources en eau disponibles pour l'irrigation. Dans ce cadre, nous présenterons ici les différentes sources d'eau pouvant alimenter la zone d'étude.

III-2-1) Les ressources en eau superficielles :

Le plateau d'El-Asnam présente un potentiel hydrique considérable, car la majorité de ses terres appartient au vaste bassin versant de la Soumam. L'oued Eddous et l'oued Boussalem constituent les principaux affluents capables de drainer les terres du plateau. Jusqu'au 1996, l'exploitation des ressources en eau demeurait limitée, à l'exception de quelques retenues collinaires. Cependant, la construction du barrage de Tilesdit a permis de mobiliser un volume d'eau important, destiné à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable.

En général, l'eau destinée aux besoins agricoles est prélevée de manière superficielle dans cette région en raison de la présence de barrage situé en périphérie du périmètre d'étude.

A) Présentation du barrage :

Le barrage de Tilesdit est situé sur l'oued El-Dhous, au niveau de la commune de Bechloul, à environ 4,7 kilomètres au nord-est du centre-ville de Bouira. Les travaux de construction, entamés en 1996 sur l'oued Eddous, ont abouti à sa mise en service en 2004. Il s'agit d'un ouvrage hydraulique de type remblai.

Sa principale fonction est de réguler les débits de l'oued Edhous, tout en permettant le captage et le transfert des eaux provenant de deux affluents situés en aval, sur la rive gauche du site. À l'origine, sa capacité de stockage était estimée à 167 millions de mètres cubes (Hm³). Cependant, cette capacité a connu une réduction significative, principalement due à l'érosion des bassins versants et au phénomène d'envasement progressif du réservoir.

L'eau stockée dans ce barrage est répartie comme suit :

➤ **AEP :**

- Alimentation en Eau Potable (AEP) : ville de Bouira et communes limitrophes 20,23 Hm³/an
- Alimentation en Eau Potable (AEP) : daïra de Mansoura, wilaya de Bordj-Bou-Argeridj
- Alimentation en Eau Industrielle (AEI) : zone industrielle de Sidi Khaled 1,15 Hm³/an

➤ **Irrigation :**

- Plateau d'El-Asnam (2 200 ha): 12 Hm³/an;
- Vallée du Sahel (3 400 ha) : 27,2 Hm³/an (périmètre de M'chedallah).

✓ Le site du barrage a été choisi en ayant pris les facteurs suivants en considération :

Les objectifs et conditions liés à la réalisation du barrage de Tilesdit sont les suivants :

- Création d'une retenue d'eau d'une capacité initiale de 167 millions de mètres cubes (Hm³), tout en évitant l'inondation des terres cultivées situées en aval.
- Implantation de la retenue aussi proche que possible des terres destinées à l'irrigation, afin de faciliter leur approvisionnement.
- Présence de conditions hydrogéologiques et géotechniques favorables à la construction et à la stabilité du barrage. Disponibilité sur site de carrières et de matériaux nécessaires pour la réalisation des travaux de construction.

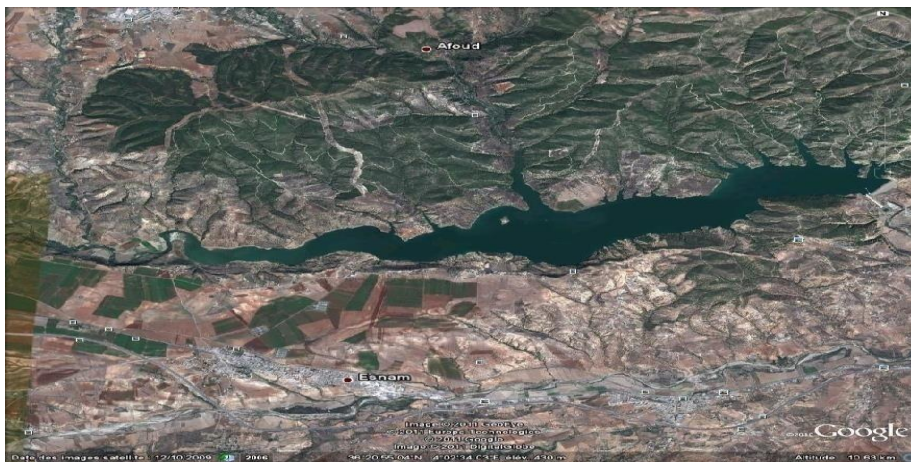


Figure III-1: Situation géographique et coordonnées du barrage de TILESDDIT.

B) Caractéristiques générales du barrage :

• Le barrage de Tilesdit

Le barrage de Tilesdit est implanté dans le bassin versant de la Soummam, qui présente les caractéristiques suivantes :

- Coordonnées de l'Ambert (Km) : X = 626,17 ; Y = 340,02

- Surface du bassin versant d'Eddous : 843 km²
- Surface du lac au Niveau de Retenue Normal (NRN) : 810 ha
- Précipitations moyennes annuelles : 655 mm
- Apports solides annuels : 698 000 tonnes
- Apports moyens annuels : 83 Hm³
- Volume annuel régularisé par la retenue (avec apports d'Eddous seul) : 65 Hm³

Volume annuel régularisé (avec transfert des apports des oueds Berd et Barbar) : 77 Hm³

Caractéristiques techniques du barrage

Le barrage est constitué d'une digue en terre avec noyau argileux, aux dimensions suivantes :

- Longueur en crête : 452 m
- Hauteur au-dessus du lit de l'oued : 65 m
- Largeur de la base : 256 m
- Volume de remblais : 3 360 000 m³
- Cote de crête : 399,00 m NGA

Il comporte :

Le dispositif de prise d'eau du barrage comprend une tour d'une hauteur de 70 mètres, équipée de quatre ouvertures (pertuis) de section $1 \times 2 \text{ m}^2$:

- Deux pertuis situés en partie supérieure, avec des seuils positionnés aux altitudes 440,00 m NGA et 423,00 m NGA
- Deux autres pertuis en partie inférieure, également avec des seuils à 423,00 m NGA

Le système permet un débit maximal de captation de 1,00 m³/s, distribué à travers deux conduites de prise d'eau. Une conduite forcée en acier, d'un diamètre de 1400 mm, assure le transport sous pression.

L'axe des conduites est situé à une altitude de 407,10 m NGA, tandis que la centrale de commande des équipements hydromécaniques est implantée à la cote 409,00 m NGA.

Infrastructures annexes

Le barrage est équipé de plusieurs ouvrages secondaires essentiels à son fonctionnement hydraulique :

- Deux conduites d'adduction traversent la structure via une galerie située sous l'épaulement en rive droite, dans laquelle se trouve également la conduite de vidange, comprenant :
 - Une conduite de vidange de fond d'une longueur de 355 mètres
 - Une galerie d'injection mesurant 150 mètres
- Le dispositif d'évacuation des crues se compose de plusieurs éléments :
 - Un déversoir de 50 mètres de largeur
 - Un coursier de 315 mètres de long et 50 mètres de large
 - Un canal de restitution permettant le retour des eaux vers l'oued

Station de pompage et réservoir de régulation

L'adduction de l'eau vers le périmètre amont de la retenue s'effectue via :

- Une conduite d'un diamètre de 900 mm, conçue pour un débit de 1000 litres par seconde, reliant la station de pompage de Tilesdit — implantée au pied du barrage — au réservoir de régulation situé sur le plateau d'El Asnam, à une altitude de 580 m NGA.

Caractéristiques de la retenue

- Niveau de retenue normal : 454,30 m NGA
- Niveau des plus hautes eaux : 458,90 m NGA
- Cote du couronnement du barrage : 460,80 m NGA
- Cote d'eau morte : 424,50 m NGA
- Niveau maximal à l'aval du barrage : 430,90 m NGA
- Volume utile total de la retenue : 167,2 Hm³
- Capacité utile : 147 Hm³
- Crue de projet : 525 m³/s



Figure III-2: Barrage de TILES DIT.

Le barrage de Tichy Haf(barrage poids voûte) sur Assif Bousellama été construit afin de renforcer la capacité de régulation du barrage de Tilesdit, pour éviter les problèmes de baisse du niveau d'eau causés par une exploitation intensive. Sa capacité de stockage utile est d'environ 105 hm³.

III-2-2) Les ressources en eau souterraines :

Le plateau de Tilesdit fait partie de la nappe phréatique d'El Asnam, qui est alimentée par les oueds Sahel et Soumam. Selon l'ANRH, les réserves en eau souterraine de cette nappe sont estimées à 48 Hm³.

III-2-3) Qualité de l'eau destinée à l'irrigation:

Le contrôle périodique de la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation constitue une étape cruciale pour assurer une croissance saine des cultures et maintenir les installations hydrauliques en bon état de fonctionnement. Ce suivi permet également de préserver la qualité des sols, de limiter les effets néfastes sur l'environnement et de prévenir tout risque pour la santé publique.

Notre région d'étude est alimentée par l'eau du barrage de Tilesdit, qui fournit l'irrigation au plateau d'El-Asnam. Ainsi, il est crucial que l'eau provenant du barrage respecte les normes nécessaires pour être utilisée de manière optimale. D'où la nécessité d'effectuer une analyse physico-chimique approfondie.

Plusieurs paramètres influencent la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation, notamment:

- La teneur globale en sels dissous
- Le rapport de concentration du sodium par rapport aux autres cations majeurs
- La présence éventuelle de bore ou d'autres éléments à effet toxique

Les propriétés physico-chimiques de cette eau sont récapitulées dans le tableau ci-après

Tableau III-1: Qualité de l'eau brute de la station hydrométrique de Barrage.

Elément	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	CE (mmhos/cm)	Alcalinité (Total mg par CaCO ₃)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	PH
Quantité	140	59	14	70.5	122	550	0.720	130	0.3	7.5

III-2-4) La conductivité électrique :

La conductivité électrique (CE) est un indicateur permettant d'évaluer la salinité globale d'une eau, en lien avec la concentration totale des sels dissous, quelle que soit leur composition chimique. Cette mesure, généralement effectuée à une température standard de 25 °C, est exprimée en mhos/cm. Elle reflète la capacité de l'eau à conduire le courant électrique, directement liée à la mobilité ionique. Selon la classification établie aux États-Unis, l'eau peut être répartie en quatre catégories selon le niveau de salinité mesuré par la CE. Une valeur élevée de ce paramètre peut signaler un risque de salinisation, avec des effets potentiellement néfastes sur la croissance des cultures et la structure du sol.

Tableau III-2: Catégorisation des eaux selon leur conductivité électrique.

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux	Remarque
C1	$CE \leq 0,25$	Eau à faible salinité	Convient pour toutes les Cultures (eau de risque faible)
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau à salinité moyenne	Convient pour les plantes moyennement tolérantes (eau de risque moyen)
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau à forte salinité	Adaptée uniquement aux sols bien drainés et aux cultures résistantes (niveau de risque élevé)
C4	$CE > 2,25$	Eau à très forte salinité	Eau présentant un risque très élevé, utilisable uniquement sur des sols parfaitement drainés

L'eau du barrage de Tilesdit destinée à l'irrigation du périmètre en question présente une conductivité électrique moyenne de 0,72 mmhos/cm, ce qui correspond à un niveau de salinité modéré pouvant représenter un risque moyen pour les cultures.

III-2-5) Le SAR (Sodium Adsorption Ratio) :

Une concentration élevée en sodium dans l'eau d'irrigation peut entraîner une fixation de cet ion sur le complexe argilo-humique du sol, favorisant ainsi sa défloculation. Pour estimer le risque d'alcalinisation des sols, il est indispensable de déterminer le **SAR** (Sodium Adsorption Ratio). En fonction de la salinité de l'eau, quatre niveaux de risque liés à l'alcalinisation ont été définis. La qualité des eaux utilisées pour l'irrigation est généralement évaluée à l'aide de l'indice Sodium Adsorption Ratio (S.A.R.). Cet indice permet d'apprécier le risque lié à une teneur élevée en sodium, en comparant la concentration de Na^+ (qui est un facteur de dispersion) avec celle des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} , qui, eux, favorisent la floculation du sol.

$$\text{S.A.R.} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}} \text{ avec : } \text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+} \text{ en méq/l.}$$

Dans notre cas : S.A.R= 1.26

Tableau III-3: Classification des eaux en fonction du SAR.

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

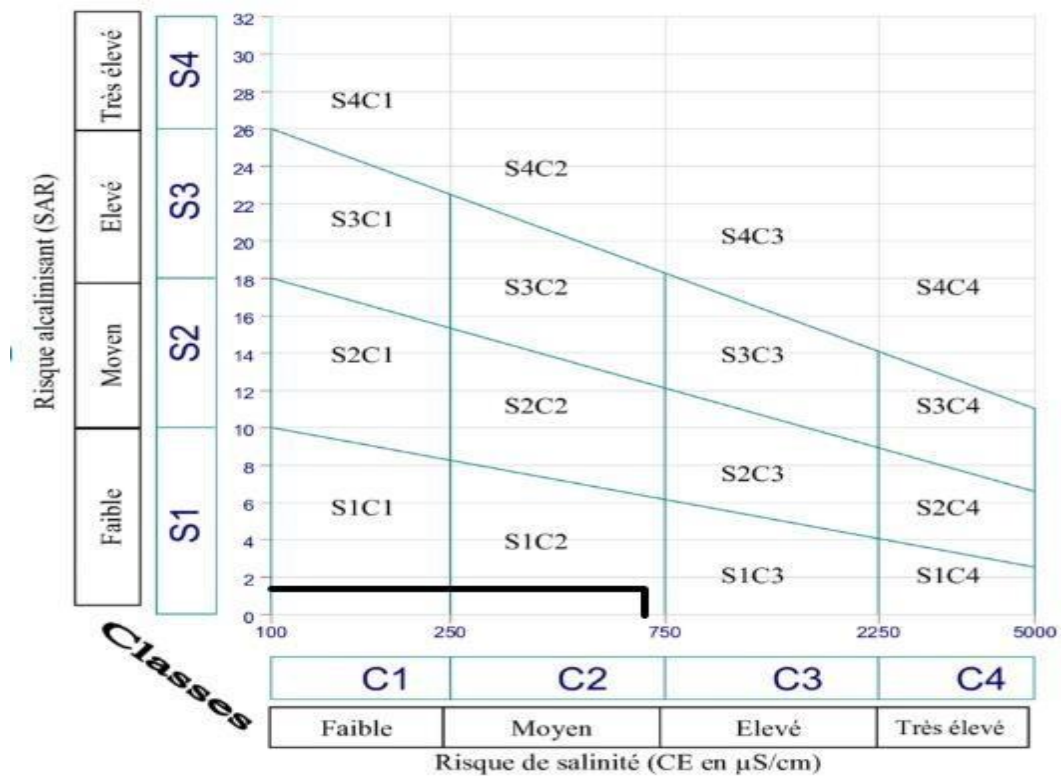


Figure III-3: Diagramme de classification de l'eau d'irrigation.

D'après le diagramme de Riverside, il ressort que la classification des eaux superficielles est **C2S1**, ce qui indique une salinité modérée et un faible risque d'alcalinité. Par conséquent, ces eaux conviennent à l'irrigation de périmètre agricole.

III-3) Étude Hydrologique:

L'hydrologie est la science qui étudie le cycle naturel de l'eau. Elle constitue une étape essentielle dans la planification des projets d'irrigation. Grâce à l'analyse hydrologique, il est possible de déterminer l'année de calcul en s'appuyant sur l'étude fréquentielle des données pluviométriques. Cette analyse repose sur l'exploitation de séries statistiques, qui fournissent des informations précises sur la variabilité et la disponibilité des ressources en eau.

Dans le cadre des projets d'irrigation, l'étude hydrologique permet d'évaluer les ressources en eau disponibles ainsi que leur répartition dans le temps. Elle guide la conception des infrastructures hydrauliques adaptées aux besoins, optimise la gestion de l'eau selon les exigences des cultures, et contribue à la prévention des risques liés aux fluctuations hydriques. Par ailleurs, elle joue un rôle clé dans la réduction des impacts environnementaux, garantissant ainsi la durabilité et l'efficacité du projet d'irrigation.

III-3-1) Choix de la station pluviométrique :

La région d'étude est équipée d'une seule station pluviométrique, qui est administrée par l'Agence Nationale des Ressources en Hydrauliques (ANRH). Les coordonnées de géographiques de cette station sont les suivantes :

Tableau III-4: Caractéristiques de la station pluviométrique.

Nom de la station	Code	Coordonnées		Altitude (m)	Période d'observation	Nbr d'années observée
		X (km)	Y (km)			
BOUIRA	150204	620.4	335.5	435	1989-2023	34

Source : ONM (Bouira).

Les pluies mensuelles de la station pluviométrique El Asnam sont données dans le tableau :

Tableau III-5: Pluviométrie mensuelle moyenne observée au plateau d'El-Asnam

Mois	sep	Oct	nov	déc	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	août	annuel
1989	71.8	6.04	20.2	11.8	6.04	18.30	20.3	61.4	33.5	6.0	1.0	15.38	271.8
1990	19.7	15.5	26.7	54.5	32.1	0.0	72.9	29.5	65.4	16.0	44.6	5.5	382.4
1991	12.9	44.1	0.0	0.0	12.3	53.9	61.8	0.0	34.91	0.0	0.0	0.0	219.91
1992	5.0	15.4	36.6	42.1	42.1	0.0	31.1	86.2	94.1	11.8	7.4	0.0	371.8
1993	66.5	21.5	25.6	30.2	10.0	16.2	4.5	26.5	25.2	5.2	0.0	2.3	233.7
1994	89.29	64.8	28.9	35.2	11.3	40.1	0.7	22.1	3.1	0.0	0.0	0.0	295.5
1995	0.0	42.5	3.0	18.4	120.3	11.8	63.6	5.4	0.0	28.1	0.0	0.0	293.1
1996	31.2	1.6	14.5	36.6	74.2	103.4	30.7	24.3	40.4	1.7	3.3	0.0	361.9
1997	33.3	55.7	74.5	23.0	19.3	12.6	15.8	35.8	18.5	0.0	0.0	14.0	302.5
1998	17.3	16.5	30.3	20.4	23.0	37.9	5.5	40.9	121.0	0.5	0.0	0.9	314.2
1999	24.8	19.3	16.5	75.3	43.6	12.9	20.4	0.0	7.1	0.0	0.8	0.4	285.0
2000	17.9	45.4	40.1	59.6	0.0	0.0	1.9	6.9	24.3	0.0	0.0	0.0	196.1
2001	19.2	2.1	7.0	1.2	150.8	27.6	6.5	43.2	4.8	0.0	0.0	2.9	265.3
2002	5.2	8.6	83.2	155.0	13.1	13.1	0.0	6.5	1.2	5.4	4.2	24.5	320.0
2003	16.6	53.2	44.3	133.6	131.0	19.3	7.6	99.5	2.1	6.6	0.0	1.2	515.0
2004	11.6	13.4	44.4	67.7	44.3	12.8	21.1	52.9	100.2	7.4	0.0	9.6	385.4
2005	16.9	33.0	33.6	33.1	87.3	42.8	12.2	6.2	0.0	1.3	0.0	4.1	230.5
2006	32.4	6.7	27.0	46.3	41.6	38.4	17.5	18.0	50.6	0.0	1.7	0.0	280.2
2007	39.4	102	44.7	21.0	9.7	28.7	90.9	137	17.3	4.2	0.5	3.4	498.8
2008	42.4	68.6	32.9	43.3	6.9	36.5	54.1	9.4	38.4	16.0	0.0	1.2	349.7
2009	60.8	4.6	44.0	54.3	78.3	22.8	38.5	65.8	7.6	0.3	3.1	6.2	386.3
2010	11.0	52.2	47.2	15.7	26.8	76.5	45.0	13.8	38.6	28.2	0.0	12.0	367.0
2011	4.4	58.73	42.6	17.1	25.0	82.41	36.9	53.3	71.9	21.3	0.6	2.9	417.14
2012	18.6	71.2	71.4	59.8	28.6	48.5	39.3	83.3	17.4	0.4	0.0	5.2	443.7
2013	45.3	44.5	47.8	20.3	212.9	64.0	54.2	37.8	58.3	5.23	0.0	1.8	592.13
2014	12.7	10.3	21.0	91.7	47.8	18.7	88.7	0.0	15.3	44.5	0.0	0.0	350.7
2015	20.1	32.1	13.0	0.0	56.5	108.5	3.6	0.0	24.1	2.4	15.0	1.2	276.5
2016	22.3	3.4	30.8	37.4	17.5	28.6	38.6	18.7	42.0	0.0	12.1	0.0	251.4
2017	6.7	8.0	53.2	23.0	134.9	18.9	15.3	32.0	2.7	25.2	0.0	0.0	319.9
2018	7.3	43.8	65.8	11.2	15.6	21.7	55.8	73.3	33.2	44.7	0.0	11.7	384.1
2019	49.0	5.1	162.6	27.9	74.7	22.2	10.2	32.7	16.7	12.2	8.0	4.6	425.9
2020	14.0	2.0	57.7	55.4	33.5	22.0	9.0	41.9	5.3	0.0	0.0	5.5	246.3
2021	16.4	19.8	90.3	30.7	17.2	13.3	21.4	6.0	18.3	16.9	1.1	1.1	242.5
2022	29.9	56.5	59.9	67.7	1.4	20.5	24.4	52.9	0.8	0.0	0.0	0.0	314.0
2023	18.01	56.3	75.4	87.5	117.01	59.06	47.1	17.6	35.8	45.8	0.0	5.05	564.63
Moy	27.03	40.72	63.45	39.46	52.07	33.91	32.74	34.25	31.25	10.1	3.20	5.77	373.9

La distribution des précipitations au cours de l'année se caractérise par une forte irrégularité, tant d'un mois à l'autre que d'une année sur l'autre. Les apports pluviométriques sont particulièrement faibles durant la période estivale, notamment en juin, juillet et août, tandis qu'ils atteignent leur maximum en hiver, avec un pic observé généralement au mois de novembre.

III-3-2) Homogénéité de la série pluviométrique :

Avant de procéder à l'analyse des caractéristiques pluviométriques, il est essentiel de s'assurer de l'homogénéité de la série des données de précipitations. À cette fin, on applique le **test non paramétrique de Wilcoxon**, selon une démarche méthodologique structurée en plusieurs étapes décrites ci-après :

- La série complète est d'abord divisée en deux sous-séries : $(X_1, \dots, X_n)$ et $(Y_1, \dots, Y_m)$ où $n > m$ et n et m représentent respectivement les tailles des deux échantillons.
- Ensuite, les données pluviométriques initiales sont fusionnées en une seule série $X \cup Y$, puis ordonnées de manière croissante. Chaque valeur ainsi classée se voit attribuer un rang, tout en indiquant la sous-série (X ou Y) à laquelle elle appartient.
- La condition permettant de conclure à l'homogénéité de la série est que la statistique **W_x** doit satisfaire la relation suivante : $W_{\min} < W_x < W_{\max}$.

W_x: représente la la somme des rangs des **X_i**.

$$W_{\min} = \left(\frac{(n+m+1)n-1}{2} \right) - 1.96 \sqrt{\left(\frac{nm(n+m+1)}{12} \right)} = 257.69$$

$$W_{\max} = [(n+m+1)*n - W_{\min}] = 372.31$$

Avec :

n: Taille de l'échantillon **X** ;

m: Taille de l'échantillon **Y**.

Les résultats des tests de Wilcoxon effectués sur les données de la station pluviométrique sont présentés dans le tableau ci-dessous :

On a : $n=16$ et $m=18$

Tableau III-6: Résultats de test de Wilcoxon.

Rang	Série d'origine	Série X (mm)	Série Y (mm)	TRI (mm)	X union Y
1	271.8	271.8	498 .8	196.1	X
2	382.4	382.4	349.7	219.91	X
3	219.91	219.91	386.3	230.5	X
4	371.8	371.8	367.0	233.7	X
5	233.7	233.7	417.14	242.5	Y
6	295.5	295.5	443.7	246.3	Y
7	293.1	293.1	592.13	251.4	Y
8	361.9	361.9	350.7	265.3	X
9	302.5	302.5	276.5	271.8	X
10	314.2	314.2	251.4	276.5	Y
11	285.0	285.0	319.9	280.2	X
12	196.1	196.1	384.1	285.0	X
13	265.3	265.3	425.9	293.1	X
14	320.0	320.0	246.3	295.5	X
15	515.0	515.0	242.5	302.5	X
16	385.4	385.4	314.0	314.0	Y
17	230.5	230.5		314.2	X
18	280.2	280.2		319.9	Y
19	498 .8			320.0	X
20	349.7			349.7	Y
21	386.3			350.7	Y
22	367.0			361.9	X
23	417.14			367.0	Y
24	443.7			371.8	X
25	592.13			382.4	X
26	350.7			384.1	Y
27	276.5			385.4	X
28	251.4			386.3	Y
29	319.9			417.14	Y
30	384.1			425.9	Y
31	425.9			443.7	Y
32	246.3			498 .8	Y
33	242.5			515.0	X
34	314.0			592.13	Y

Après les calculs on a : $W_x = 259$; $W_{min} = 257.69$; $W_{max} = 372.31$.

Donc : $257.69 < 259 < 372.31$.

D'après les résultats des calculs, la condition du test de Wilcoxon ($W_{min} < W_x < W_{max}$) est respectée, ce qui confirme que la série des précipitations moyennes annuelles de la station d'El Asnam est homogène.

III-3-3) Adaptation des données pluviométriques annuelles à la distribution normale (distribution de Gauss) :

Les précipitations peuvent généralement être représentées à l'aide de différentes lois statistiques. Dans le cadre de cette étude, l'analyse a porté sur l'identification de la loi offrant la meilleure adéquation avec les données enregistrées. Parmi les distributions les plus fréquemment appliquées à l'étude des précipitations annuelles, on peut citer :

- la loi de Gauss (ou loi normale)
- la loi de Galton (ou loi log-normale)

III-3-3-1) Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale :

•Classement des données :

Les valeurs de l'échantillon sont tout d'abord triées en ordre croissant afin de faciliter l'analyse statistique.

•Numérotation des observations :

Un **numéro d'ordre** est attribué à chaque valeur classée (du rang 1 jusqu'à n).

•Calcul de la fréquence expérimentale :

La **fréquence cumulée** de chaque observation est estimée à l'aide d'une formule statistique, comme celle de **Hazen** :

$$F(i) = \frac{i+0.5}{n}$$

Où i est le rang et n le nombre total d'observations.

•Transformation en variable réduite de Gauss (U) :

Pour chaque fréquence expérimentale, on calcule la **variable réduite de Gauss** U (ou score Z) à partir de la loi normale standard.

•Calcul des caractéristiques empiriques de la distribution :

- Moyenne arithmétique $\bar{x}$
- Écart type δ
- Coefficient de variation $Cv = \frac{\delta}{\bar{x}}$
- Coefficient de dissymétrie (asymétrie) $Cs \approx 0$ pour une loi normale

Équation de la droite de Henry (sur papier de probabilité gaussien) :

L'équation permettant d'estimer la valeur associée à une probabilité P% est :

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

Où :

- $XP\%$: valeur associée à la probabilité $P\%$
 - $UP\%$: quantile de la loi normale standard correspondant à $P\%$
 - $\bar{x}$: moyenne empirique
 - δ : écart type

Pour la mise en œuvre des calculs et l'analyse statistique, le logiciel HYFRAN a été utilisé.

Tableau III-7: Ajustement à la loi de Gauss.

$T = 1/q$	$q = F(X)$ (probabilité au non-dépassement)				
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
100	0.99	566.4	31.78	504.1	628.7
50	0.98	540	29.08	483	597
20	0.95	500.5	25.26	451	550
10	0.9	465.4	22.19	421.9	508.9
5	0.8	422.9	19.08	385.5	460.3
3	0.67	383.1	17.09	349.6	416.6
2	0.5	341.6	16.33	309.6	373.6
1.25	0.2	260.3	19.08	222.9	297.7

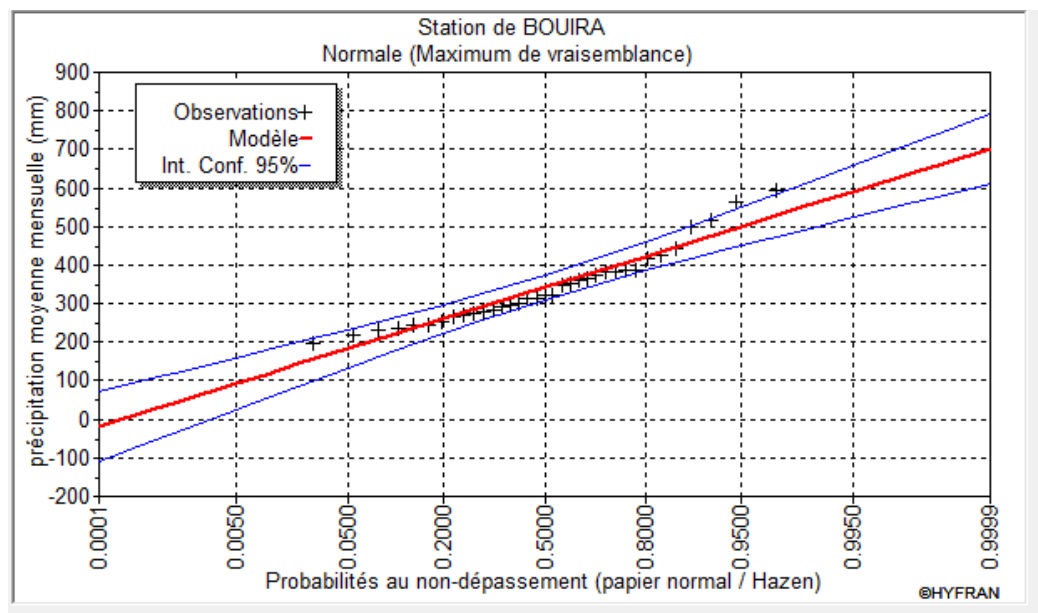


Figure III-4: Ajustement des pluies annuelles à la loi normale (loi de Gauss).

III -3-3-2) Vérification de la conformité de l'ajustement:

Lorsqu'une loi statistique est ajustée à un ensemble de données expérimentales, elle ne reflète généralement qu'une approximation de la distribution réelle observée. L'écart entre la distribution empirique et le modèle théorique est désigné comme **erreur d'ajustement**. Il

devient alors nécessaire de comparer plusieurs lois de probabilité afin d'identifier celle qui s'accorde le mieux avec les données disponibles.

Parmi les tests statistiques utilisés à cette fin, le **test du χ^2** figure parmi les plus répandus. Ce test permet de mesurer le degré de concordance entre une distribution théorique et les fréquences observées.

Supposons un échantillon de taille N, trié par ordre croissant (ou décroissant), auquel on associe une fonction de répartition théorique F(X). Cet échantillon est réparti en K classes, contenant chacune n_i valeurs observées. Pour chaque classe i , le nombre théorique de valeurs attendu selon la loi F(X) est noté V_i , et il est calculé à l'aide de la relation suivante :

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

F(X) : correspondant à la densité de probabilité associée à la loi théorique. La variable aléatoire χ^2 , dont la distribution a été développée par **Pearson**, est définie à partir de l'expression suivante:

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

$\lambda = K - 1 - P$; Avec :

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

On calcule χ^2 .

On calcule le nombre de degré de liberté γ : $\gamma = k - 1 - m$

On détermine χ^2 théorique sur la table de Pearson IV

Avec :

$\chi^2_{\text{théorique}} = g(\gamma, \alpha)$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.01$ si et seulement si : $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$

D'après le logiciel HYFRAN, on obtient les résultats suivants:

$\chi^2_{\text{calculé}} = 3.63$; $\gamma = 5$

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$\chi^2_{\text{théorique}} = 13.50$

$\chi^2_{\text{calculé}} = 3.63 < \chi^2_{\text{théorique}} = 13.50$

$\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$.

La loi choisie s'avère bien adaptée, ce qui implique que l'ajustement est jugé satisfaisant avec un niveau de confiance de 95 % (soit une probabilité de $1 - \alpha$). Selon les résultats du test du Khi carré, il en ressort que la distribution normale offre une meilleure représentation des données relatives aux précipitations annuelles enregistrées à la station de Bouira.

III-3-3) Détermination de l'année de référence pour le calcul :

La distribution normale ayant été identifiée comme la plus représentative, elle est retenue pour estimer la pluviométrie mensuelle moyenne caractéristique de la région. Cette estimation porte sur une année sèche, correspondant à une fréquence de retour de 80 %, et est obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$P_{\text{moy } 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \cdot \frac{P_{\text{théorique } 50\% \text{ annuelle}}}{P_{\text{théorique } 80\% \text{ annuelle}}}$$

Tel que :

P théorique de 50 % = 422.9 mm

P théorique de 80 % = 329.4 mm

Donc : **P_{moy} 80 %** = 0.79 **P_{moy} mensuelle**.

Tableau III-8: pluviométrie moyenne pour chaque mois en (mm).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	avril	Mai	juin	juillet	Aout
P _{moy} mm/mois	27.03	40.72	63.45	39.46	52.07	33.91	32.74	34.25	31.25	10.05	3.20	5.77
P _{moy 80 %} mm/mois	21.35	32.17	50.13	31.18	41.14	26.79	25.86	27.06	24.69	7.94	2.53	4.56

III-4) Conclusion :

Ce chapitre a traité la question des ressources en eau, en mettant en lumière les principales sources disponibles ainsi que la qualité de l'eau dans la zone étudiée. En ce qui concerne l'analyse des précipitations annuelles moyennes, le test du Khi-deux a permis de conclure que la loi normale était la plus adaptée. À partir de cette distribution, les précipitations mensuelles correspondant à l'année de référence ont été estimées, constituant une base essentielle pour le dimensionnement du périmètre d'irrigation.

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures.**IV-1) Introduction :**

La valorisation des ressources en eau a pour objectif une gestion efficiente de l'irrigation, en adaptant les apports hydriques aux besoins réels des cultures. Pour atteindre cet objectif, il est indispensable d'estimer avec précision les besoins en eau, condition essentielle à une production agricole performante et économiquement viable. Dans le cadre de cette étude, il s'agit d'évaluer la quantité d'eau requise tout au long de la période de végétation. Cette estimation intègre plusieurs paramètres, tels que les conditions climatiques, les caractéristiques des sols, la disponibilité en ressources hydriques, la fertilité, les pratiques culturales, ainsi que les systèmes d'irrigation adoptés. L'évapotranspiration constitue le fondement scientifique principal de cette évaluation. La maîtrise de l'ensemble de ces éléments contribue à une gestion rationnelle et durable de l'eau en milieu agricole.

IV-2) Les besoins en eau d'une culture :

Les besoins en eau des cultures représentent la quantité d'eau requise pour maintenir un niveau d'humidité optimal dans le sol, condition indispensable à une croissance harmonieuse et à un rendement agricole optimal. Ces besoins doivent être couverts durant les phases clés du cycle végétatif, en respectant un calendrier agronomique précis. Leur évaluation repose sur l'analyse de plusieurs facteurs, notamment le type de culture, la phase de développement, les conditions climatiques, ainsi que les propriétés physiques du sol. Chaque culture ayant des exigences hydriques particulières, il est essentiel d'en tenir compte pour ajuster au mieux les apports en eau. Cette méthode permet une irrigation ciblée, limitant les pertes et optimisant la productivité. Par conséquent, une estimation rigoureuse des besoins en eau constitue un outil fondamental pour une gestion durable et rationnelle des ressources hydriques. À cet effet, on définit :

IV-2-1) Calcul de l'évapotranspiration de référence (ET_0):

L'évapotranspiration maximale désigne la quantité d'eau évaporée du sol et transpirée par une culture bien irriguée, lorsque l'humidité du sol est maintenue à un niveau optimal. Pour estimer cette valeur de manière précise, on utilise l'évapotranspiration de référence (ET_0), qui correspond à celle d'un gazon dense, vert et en pleine croissance, ne subissant aucune contrainte hydrique et soumis à des conditions climatiques standards.

L' ET_0 constitue un point de référence essentiel pour comparer les besoins hydriques des différentes cultures. Son calcul repose sur l'exploitation de données climatiques telles que la température de l'air, l'humidité relative, la vitesse du vent et le rayonnement solaire. En agriculture, cette valeur est utilisée comme base pour déterminer les apports en eau nécessaires, en les ajustant à chaque type de culture à l'aide d'un coefficient cultural approprié.

IV-2-2) Évapotranspiration de référence ou culturale (ET_M):

L'évapotranspiration maximale d'une culture correspond à la quantité d'eau perdue par évaporation du sol et par transpiration de la plante, lorsque celle-ci se développe dans des conditions idéales. Ces conditions englobent un bon état sanitaire de la culture, une disponibilité en eau suffisante, ainsi qu'un environnement agronomique, pédologique et climatique

favorable, à un stade spécifique de croissance. Cette valeur se détermine généralement à l'aide de la formule suivante :

$$ETM = KC * ET0$$

Avec :

KC: représente un facteur variable qui dépend à la fois du type de culture, de son stade de développement, ainsi que des conditions climatiques spécifiques à la zone étudiée.

Il existe différentes approches pour évaluer l'évapotranspiration de référence, parmi lesquelles :

- les méthodes utilisant des lysimètres,
- les techniques basées sur les données issues de stations expérimentales,
- les méthodes directes de mesure de l'évaporation,
- ainsi que les méthodes empiriques.

Concernant les méthodes empiriques, plusieurs formules de calcul sont couramment utilisées. Parmi les principales, on peut citer :

- la formule de Penman (1948),
- la méthode de Turc,
- la méthode de Blaney-Criddle,
- la formule de Thornthwaite,
- ainsi que la version modifiée de Penman-Monteith.

Dans cette étude, l'évaluation des besoins hydriques des cultures a été effectuée à l'aide du logiciel CROPWAT (version 8). Cet outil permet d'estimer l'évapotranspiration de référence en s'appuyant sur la formule modifiée de Penman-Monteith, largement reconnue pour sa précision dans l'analyse agro-climatique.

IV-2-3) Méthode de Penman et Momteith modifiée :

Les résultats expérimentaux ont montré que cette expression permet d'estimer avec une grande précision l'évapotranspiration de référence, que ce soit dans des régions tempérées et humides comme l'Angleterre, ou dans des climats chauds et semi-arides. La version adaptée de la formule de Penman-Monteith s'écrit ainsi :

$$ET_0 = C*[W*R_n + (1-W)*F(u)*(e_a - e_d)].$$

Où:

ET₀ : L'évapotranspiration de référence est mesurée en millimètres par jour (mm/j).

W: Facteur de pondération prenant en compte l'influence du rayonnement selon la température et l'altitude.

R_n : Le rayonnement net, traduit en équivalent évaporatif, est exprimé en millimètres par jour (mm/j).

F(u) : Fonction dépendant de la vitesse du vent.

ea : Pression de vapeur à saturation calculée à partir de la température moyenne de l'air, en millibars.

ed: Pression moyenne réelle de la vapeur d'eau présente dans l'air, exprimée en millibars.

L'écart entre e_a et e_d sert de coefficient correcteur destiné à ajuster les variations entre les conditions de jour et de nuit.

Le tableau ci-après présente les valeurs de l'évapotranspiration de référence (ET_0), obtenues à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 en appliquant la méthode de Penman-Monteith.

ET ₀ Penman-Monteith par mois - C:\ProgramData\CROPWAT\data\climate\MM.PEM						
Pays Algerie		Station Bouira				
Altitude 435 m.	Latitude 61.00 °N		Longitude 3.00 °E			
Mois	Temp Moy	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ET ₀
	°C	%	m/s	heures	MJ/m ² /jour	mm/mois
Janvier	8.4	78	2.0	3.9	1.7	16.88
Février	9.5	60	2.3	6.5	4.8	32.16
Mars	11.9	73	1.9	7.1	9.1	37.63
Avril	14.2	75	2.3	6.8	13.2	63.45
Mai	19.3	68	2.6	5.5	15.0	101.18
Juin	25.5	60	2.8	8.8	19.9	153.77
Juillet	28.9	52	2.4	12.1	22.7	190.39
Août	28.5	60	2.2	9.5	17.0	146.11
Septembre	23.5	64	2.5	6.9	10.4	90.46
Octobre	19.7	68	2.3	6.2	5.8	48.97
Novembre	12.6	79	2.9	1.8	1.5	24.73
Décembre	9.3	72	2.1	3.2	1.0	23.10
Moyenne	17.6	67	2.4	6.5	10.2	928.82

Figure IV- 1 : Les résultats de l'ET₀ obtenir à l'aide du logiciel CROPWAT.

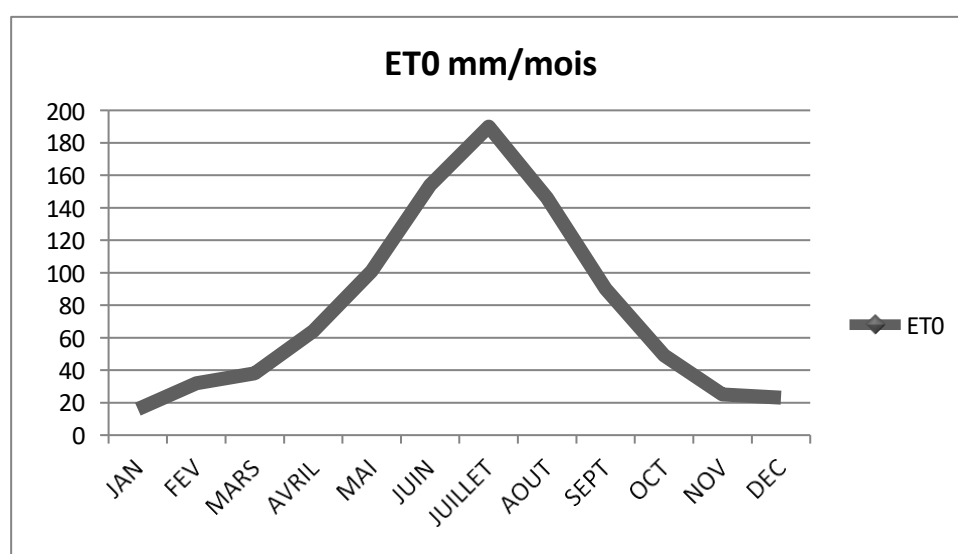


Figure IV-2 : ET₀ calculé.

- Période à forte évapotranspiration entre les mois d'avril et septembre.
- Période à faible évapotranspiration d'octobre à mars.

IV-2-4) Estimation des pluies efficaces :

Cette composante correspond à la portion des précipitations totales réellement disponible pour les besoins des cultures. Sa valeur est influencée par les caractéristiques physiques du sol ainsi que par l'intensité des précipitations reçues. Parmi les différentes méthodes d'évaluation, la présente étude a retenu l'approche basée sur un pourcentage fixe, dont le principe de fonctionnement est décrit ci-après.

Pluies efficaces (en mm/mois) = $A \times$ Pluies totales (mm/mois)

Avec :

A : Est un coefficient d'estimation fixé à 0,8 a été utilisé. Les valeurs correspondantes des précipitations efficaces sont présentées dans le tableau suivant:

Tableau IV-1: Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm.

MOIS	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P_{SEC80%}	21.35	32.17	50.13	31.18	41.14	26.79	25.86	27.06	24.69	7.94	2.53	4.56
P_{eff}	17.08	25.74	40.11	24.95	32.92	21.43	20.69	21.65	19.75	6.35	2.03	3.65

IV -2-5) La réserve facilement utilisable (RFU) :

La Réserve Facilement Utilisable (RFU) désigne la quantité d'eau présente dans le sol que les plantes peuvent absorber sans contrainte, en maintenant un rythme de transpiration non limité. Cette réserve hydrique est fonction de la profondeur exploitable du sol ainsi que de la capacité d'enracinement des cultures concernées. Lorsque la quantité d'eau disponible descend en dessous de ce seuil, les plantes commencent à flétrir, ce qui fait de la RFU un indicateur essentiel pour définir les volumes d'irrigation nécessaires. Elle est exprimée en millimètres (mm).

La RFU est calculé par la formule suivante : **$RFU = (H_{cc} - H_{pf}). Z. Da .Y$**

- **Y** : degré de tarissement ;
 - ✓ $Y = 2/3$ pour les cultures en général ;
 - ✓ $Y = 1/3$ pour les cultures sensibles ;
 - ✓ $Y = 1/2$ pour les cultures sensibles (céréalières).
- **Da** : densité apparente. (Les sols de la plaine se caractérisent par une texture fine et très fine, la densité apparente oscille entre 1,4 à 1,6) ; On prend $Da = 1.35$
- **Z** : profondeur d'enracinement ;

- **Hcc**: humidité à la capacité au champ, on prend (31%) ;
- **Hp** : humidité au point de flétrissement, on prend (21%).

IV-3) Occupation des sols et choix des cultures :

Avant d'évaluer les besoins hydriques des cultures au sein de la zone étudiée, il convient tout d'abord de caractériser précisément l'occupation du sol ainsi que la distribution des différentes espèces cultivées sur l'ensemble du périmètre.

Le choix des espèces cultivées doit ainsi répondre à une logique de cohérence agro-environnementale et s'appuyer sur les critères suivants :

- Les conditions climatiques propres à la région ;
- La qualité et la disponibilité de la ressource en eau destinée à l'irrigation ;
- L'aptitude des sols à accueillir telle ou telle culture, évaluée à partir des résultats de l'étude pédologique.

Dans l'élaboration du calendrier cultural adapté aux spécificités du périmètre d'El Asnam, plusieurs paramètres ont été intégrés, parmi lesquels :

- La vocation agroalimentaire affirmée de la région, qui oriente les choix en matière de production végétale ;
- Les recommandations des services agricoles de la wilaya, qui encouragent la diversification et l'intensification des systèmes de culture locaux ;
- Une évaluation préliminaire des compétences techniques de la main-d'œuvre disponible, notamment en ce qui concerne la conduite des cultures pressenties ;
- Les moyens de production accessibles sur le territoire, conditionnant la faisabilité des itinéraires culturaux envisagés.

Le choix des cultures pour notre périmètre a été basé sur plusieurs critères, notamment les conditions climatiques, les caractéristiques du sol et la disponibilité de l'eau, il est réparti comme suit :

IV-3-1) La céréaliculture :

La culture des céréales constitue la principale activité agricole dans la zone étudiée, couvrant environ 78 % de la superficie totale cultivée, soit près de 195 hectares. Parmi les espèces céréalières, le blé dur occupe une place prépondérante, représentant approximativement 75 % de la superficie emblavée, tandis que le reste est consacré à la culture de l'orge. Les céréales sont généralement intégrées en tête de l'assolement et leur implantation coïncide avec les premières précipitations automnales, observées au cours des mois d'octobre et de novembre.

IV-3-2) Arboriculture :

Dans la zone étudiée, l'arboriculture couvre une surface totale de 30 hectares. Parmi les différentes espèces fruitières, l'olivier occupe une place importante. Cependant, l'irrigation dédiée à cette culture reste relativement restreinte, témoignant d'une prédominance de pratiques basées principalement sur les conditions pluviales ou une irrigation faible.

IV-3-3) Cultures maraîchères :

Dans les exploitations agricoles de la zone étudiée, les cultures maraîchères s'étendent sur environ 25 hectares, représentant près de 10 % de la superficie totale cultivée. La pomme de terre y occupe une place prédominante, cultivée aussi bien en saison principale qu'en arrière-saison. Elle est suivie par la carotte, une culture bien implantée dans la région. L'oignon est également cultivé dans ces exploitations.

IV-4) Occupation du sol en fonction des cultures :

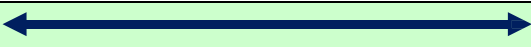
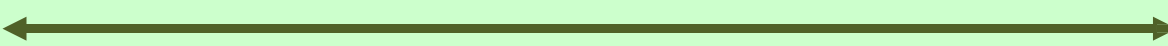
L'occupation du sol dépend des types de cultures et influence directement la configuration des paysages agricoles. Les grandes cultures, telles que les céréales, nécessitent de vastes étendues, tandis que les cultures spécialisées, comme la vigne ou le maraîchage, occupent des surfaces plus réduites mais sont généralement exploitées de manière plus intensive. La répartition des cultures maraîchères dans le périmètre étudié se présente comme suit :

Tableau IV-2: Occupation du sol en fonction des cultures de la zone V.

Les cultures	Surface (ha)	Surface (%)
Les céréalicultures ▪ Blé dur ▪ Orge grain	195 ha	78%
Les Cultures Maraichères ▪ Pomme de Terre ▪ Carotte ▪ oignon	25 ha	10%
Les Cultures Arboricoles ▪ Olivier	30 ha	12%

IV-4-1) Cycle végétatif des cultures :

Tableau IV-3: Calendrier cultural selon l'assolement choisi.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Blé dur												
Orge grain												
Pomme de terre												
Carotte												
Oignon												
Olivier												

IV-5) Évaluation des besoins hydriques des cultures:

Tableau IV-4 : Calcul des besoins en eau du Blé.

Mois	Pluie (mm)	Pluie Eff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	B _{net} (m ³ /ha)
Septembre	27.03	21.35	90.46					
Octobre	40.72	32.17	48.97					
Novembre	63.45	50.13	24.73	0.5	12.37	0.3	20.25	0
Décembre	39.46	31.18	23.10	0.7	16.17	0.5	33.75	0
Janvier	52.07	41.14	16.88	0.85	14.35	0.5	33.75	0
Février	33.91	26.79	32.16	0.95	30.55	0.6	40.5	0
Mars	32.74	25.86	37.63	1	37.63	0.6	40.5	0
Avril	34.25	27.06	63.45	1	63.45	0.6	40.5	16.14
Mai	31.25	24.69	101.18	0.6	60.71	0.7	47.25	15.77
Juin	10.05	7.94	153.77	0.6	92.26	0.75	50.63	84.32
Juillet	3.20	2.53	190.39					
Aout	5.77	4.56	146.11					

Tableau IV-5: Calcul des besoins en eau de l'Orge.

Mois	Pluie (mm)	Pluie Eff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	K _c	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	B _{net} (mm)
Septembre	27.03	21.35	90.46					
Octobre	40.72	32.17	48.97					
Novembre	63.45	50.13	24.73	0.5	12.37	0.3	20.25	0
Décembre	39.46	31.18	23.10	0.7	16.17	0.5	33.75	0
Janvier	52.07	41.14	16.88	0.85	14.35	0.5	33.75	0
Février	33.91	26.79	32.16	0.95	30.55	0.6	40.5	0
Mars	32.74	25.86	37.63	1	37.63	0.6	40.5	0
Avril	34.25	27.06	63.45	1	63.45	0.6	40.5	16.14
Mai	31.25	24.69	101.18	0.6	60.71	0.7	47.25	15.77
Juin	10.05	7.94	153.77	0.6	92.26	0.75	50.63	84.32
Juillet	3.20	2.53	190.39					
Aout	5.77	4.56	146.11					

Tableau IV-6 : Calcul des besoins en eau de la pomme de terre (de saison).

Mois	Pluie (mm)	Pluie Eff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	K _c	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU	B _{net} (mm)
Septembre	27.03	21.35	90.46					
Octobre	40.72	32.17	48.97					
Novembre	63.45	50.13	24.73					
Décembre	39.46	31.18	23.10					
Janvier	52.07	41.14	16.88					
Février	33.91	26.79	32.16					
Mars	32.74	25.86	37.63	0.5	18.82	0.2	18	0
Avril	34.25	27.06	63.45	0.8	50.76	0.3	27	14.7
Mai	31.25	24.69	101.18	1.05	106.24	0.4	36	68.05
Juin	10.05	7.94	153.77	0.75	115.33	0.5	45	107.39
Juillet	3.20	2.53	190.39					
Aout	5.77	4.56	146.11					

Tableau IV-7: Calcul des besoins en eau de la pomme de terre (arrière saison).

Mois	Pluie (mm)	Pluie Eff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	K _c	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU	B _{net} (mm)
Septembre	27.03	21.35	90.46	0.95	85.94	0.2	18	64.59
Octobre	40.72	32.17	48.97	0.9	44.07	0.3	27	
Novembre	63.45	50.13	24.73	0.75	18.55	0.4	36	
Décembre	39.46	31.18	23.10	0.6	13.86	0.5	45	
Janvier	52.07	41.14	16.88					
Février	33.91	26.79	32.16					
Mars	32.74	25.86	37.63					
Avril	34.25	27.06	63.45					
Mai	31.25	24.69	101.18					
Juin	10.05	7.94	153.77					
Juillet	3.20	2.53	190.39					
Aout	5.77	4.56	146.11	0.75	109.58	0.5	45	105.02

Tableau IV-8 : Calcul des besoins en eau de la carotte

Mois	Pluie (mm)	Pluie Eff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	K _c	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU	B _{net} (mm)
Septembre	27.03	21.35	90.46					
Octobre	40.72	32.17	48.97					
Novembre	63.45	50.13	24.73					
Décembre	39.46	31.18	23.10					
Janvier	52.07	41.14	16.88					
Février	33.91	26.79	32.16					
Mars	32.74	25.86	37.63	0.45	16.94	0.3	27	
Avril	34.25	27.06	63.45	0.75	47.59	0.4	36	7.03
Mai	31.25	24.69	101.18	1.05	106.24	0.5	45	63.55
Juin	10.05	7.94	153.77	0.9	138.40	0.6	54	130.46
Juillet	3.20	2.53	190.39					
Aout	5.77	4.56	146.11					

Tableau IV-9: Calcul des besoins en eau d'oignon.

Mois	Pluie (mm)	Pluie Eff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU	B _{net} (mm)
Septembre	27.03	21.35	90.46	1.1	99.51	0.3	27	51.16
Octobre	40.72	32.17	48.97	1.1	53.87	0.4	36	0
Novembre	63.45	50.13	24.73	0.9	22.26	0.5	45	0
Décembre	39.46	31.18	23.10	0.85	19.64	0.6	54	0
Janvier	52.07	41.14	16.88					
Février	33.91	26.79	32.16					
Mars	32.74	25.86	37.63					
Avril	34.25	27.06	63.45					
Mai	31.25	24.69	101.18					
Juin	10.05	7.94	153.77					
Juillet	3.20	2.53	190.39					
Aout	5.77	4.56	146.11	0.7	102.27	0.3	27	97.71

Tableau IV-10: Calcul des besoins en eau d'olivier.

Mois	Pluie (mm)	Pluie Eff (mm)	ET ₀ (mm/mois)	Kc	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU	B _{net} (mm)
Septembre	27.03	21.35	90.46	0.75	67.85	1.5	67.5	0
Octobre	40.72	32.17	48.97	0.7	34.28	1.5	67.5	0
Novembre	63.45	50.13	24.73	0.7	17.31	1.5	67.5	0
Décembre	39.46	31.18	23.10	0.65	15.02	1.5	67.5	0
Janvier	52.07	41.14	16.88	0.65	10.97	1.5	67.5	0
Février	33.91	26.79	32.16	0.65	20.9	1.5	67.5	0
Mars	32.74	25.86	37.63	0.6	22.58	1.5	67.5	0
Avril	34.25	27.06	63.45	0.6	38.07	1.5	67.5	0
Mai	31.25	24.69	101.18	0.7	70.83	1.5	67.5	12.39
Juin	10.05	7.94	153.77	0.75	115.33	1.5	67.5	107.39
Juillet	3.20	2.53	190.39	0.75	142.8	1.5	67.5	140.27
Aout	5.77	4.56	146.11	0.75	109.58	1.5	67.5	105.02

Tableau IV-11: Récapitulatif des besoins bruts totaux des cultures.

Mois	Blé	Orge	Pomme de terre	Carotte	Oignon	Olivier	Total
Septembre			64.59		51.16		115.75
Octobre							
Novembre							
Décembre							
Janvier							
Février							
Mars							
Avril	16.14	16.14	14.7	7.03			54.01
Mai	15.77	15.77	68.05	63.55		12.39	175.53
Juin	84.32	84.32	107.39	130.46		107.39	513.88
Juillet						140.27	140.27
Aout			105.02		97.71	105.02	307.75

IV-6) Calcul du débit spécifique :

L'objectif principal de cette étape consiste à déterminer les débits que le système d'irrigation devra acheminer pour répondre aux besoins en eau des différentes cultures. Ces débits sont établis en fonction des besoins hydriques propres à chaque culture, préalablement évalués selon leur répartition dans le temps. Une fois cette estimation effectuée, il est possible de calculer le débit spécifique nécessaire pour le mois de pointe, à l'aide de la formule suivante :

$$q_s = \frac{B_{net} \times 10 \times 1000}{N_j \times N_i \times 3600 \times E_i} \text{ L/S/ha}$$

- **qs** : débit spécifique en l/s/ha ;
- **B_{net}**: besoin net du moi de pointe en mm/mois ;
- **N_j** : nombre de jours du mois de pointe, pour notre cas 30 j ;
- **N_i** : Nombre des heures d'irrigation 24h ;
- **E_i** : l'Efficiencce d'irrigation.

L'efficacité globale d'un réseau d'irrigation est généralement estimée à l'aide de la formule suivante :

$$E_i = E_d \times E_t \times E_u$$

Avec :

- **E_i**:Efficiencce d'irrigation ;
- **E_d** : Efficiencce de type de distribution en % ;
- **E_u**:Efficiencce de l'uniformité de la distribution en % ;
- **E_t** : Efficiencce de transport en %.

- Pour notre cas, on prend **E_i =0,8**.

Selon les données présentées dans le **tableau IV.12**, le mois de juin enregistre les besoins en eau les plus élevés, avec une valeur atteignant 513.88 mm/mois.

Donc : **qs= 2.48 l/s/ha**

Le débit spécifique obtenu est relativement élevé, s'élevant à 2.48 l/s/ha. Cette valeur excède largement les normes généralement admises, estimées à environ 1,5 l/s/ha, ce qui pourrait entraîner un surdimensionnement du système d'irrigation et, par conséquent, une inefficacité tant sur le plan technique qu'économique.

Dans ce contexte, trois (03) approches peuvent être adoptées pour l'estimation du débit spécifique :

- La première approche consiste à établir la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures présentes sur le périmètre étudié.
- La seconde méthode s'appuie sur la moyenne des débits des cultures les plus consommatrices en eau.
- La troisième option, plus prudente, consiste à retenir le débit spécifique de la culture présentant les plus fortes exigences hydriques, notamment durant les périodes critiques de croissance.

Pour le dimensionnement du système d'irrigation, c'est cette dernière méthode qui a été privilégiée, en prenant comme référence le **poivron**, culture identifiée comme la plus exigeante. Son débit spécifique est de **0,68 l/s/ha**, valeur qui reste inférieure au seuil courant de **1,5 l/s/ha**, ce qui confirme la pertinence et la sécurité du choix adopté pour garantir une alimentation hydrique suffisante durant les périodes de forte demande.

IV-7) Calcul du débit caractéristique :

Le débit caractéristique s'obtient en multipliant le débit spécifique maximal mensuel **par la** surface agricole utile (S) de la parcelle considérée. Ce paramètre est crucial pour le dimensionnement des infrastructures d'irrigation, car il permet de définir le débit maximal que le réseau devra fournir afin de satisfaire les besoins en eau lors des périodes de demande élevée. Le calcul s'effectue selon la formule suivante :

$$Q_c = q_s \times S$$

Où :

- Q_c : est le débit caractéristique (L/s),
- Q_s : est le débit spécifique de pointe mensuel (L/s/ha),
- S : est la surface agricole utile (ha).

Cette approche garantit une estimation fiable des exigences hydrauliques pour chaque unité irriguée, permettant ainsi un dimensionnement optimal du réseau.

A.N: $Q_{car} = q_s \cdot S$
 $Q_{car} = 0.68 \cdot 250$
 $Q_{car} = 170 \text{ l/s.}$

IV-8) Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

L'évaluation des volumes d'eau requis pour l'irrigation représente une étape clé dans la planification d'une gestion efficace des ressources hydriques en milieu agricole. Elle permet de dimensionner de manière adéquate les infrastructures de stockage, telles que les réservoirs ou bassins, en cohérence avec les besoins réels des cultures. En outre, cette estimation constitue un support précieux pour l'élaboration d'un programme d'irrigation aligné sur les périodes de forte demande hydrique. Le tableau ci-après regroupe les volumes d'eau nécessaires à l'irrigation pour le secteur concerné. Ces informations sont cruciales pour garantir un apport régulier et optimiser les performances du dispositif mis en place.

Tableau IV-12 : calcul des volumes d'eau d'irrigation.

Type de culture	surface (ha)	Besoin en eau net (mm)	Besoin en eau net (m3 /ha)	Efficienc(%)	Besoin en eau brut (m3 /ha)	Besoins brut totaux (m3)
Céréaliculture 195ha						
Blé dur	146.25	116.23	1162.3	0.8	1452.86	212480.78
Orge	48.75	116.23	1162.3	0.8	1452.86	70826.93
Maraichères 25 ha						
Pomme de terre	9.5	359.75	3597.5	0.8	4496.88	42720.36
Carotte	7.5	201.04	2010.4	0.8	2513	18847.5
Oignon	8	148.87	1488.7	0.8	1860.88	14887.04
Arboricoles 30 ha						
Olivier	30	365.07	3650.7	0.8	4563.375	136901.25
					Besoin total m3	496663.86

D'après les données du tableau précédent, le volume total des besoins en eau des cultures dans le périmètre étudié est estimé à 496 663,86 m³. Cette demande est largement couverte par les

ressources hydriques disponibles, notamment celles issues du barrage de Tilesdit, dont le volume régularisé atteint 173 millions de mètres cubes (Hm³). Sur cette quantité, 7 Hm³ sont spécifiquement alloués à l'irrigation, dépassant ainsi largement les besoins exprimés.

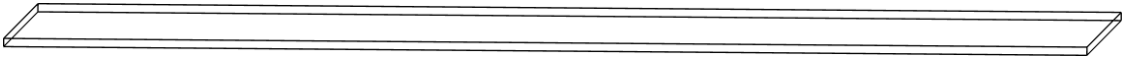
Cette situation traduit une sécurité hydrique favorable au développement d'une agriculture irriguée durable et constitue un atout stratégique pour renforcer les activités agricoles dans la région. Par conséquent, le périmètre d'El Asnam bénéficie d'un potentiel significatif pour l'intensification et la modernisation des systèmes d'irrigation.

IV-9) Conclusion :

Ce chapitre a permis d'évaluer les besoins hydriques des cultures implantées dans le périmètre d'El Asnam, en tenant compte à la fois des exigences spécifiques à la période de pointe et des besoins cumulés sur l'année. Les résultats obtenus mettent en évidence que le volume disponible dans la retenue du barrage de Tilesdit est amplement suffisant pour satisfaire les besoins en irrigation du secteur étudié. En effet, bien que la superficie concernée engendre une demande importante, estimée à 496 663,86 m³, la capacité régularisée du barrage, qui atteint 173 millions de mètres cubes (Hm³), permet de garantir une couverture efficace de ces besoins hydriques.

Le plateau d'El Asnam bénéficie ainsi d'un fort potentiel hydrique et édaphique qui, s'il est exploité de manière rationnelle, peut soutenir un développement agricole durable et significatif. L'analyse conjointe de la disponibilité en eau et des besoins d'irrigation confirme la faisabilité à long terme du projet, avec des retombées positives attendues sur la croissance économique locale.

Par conséquent, ce projet d'irrigation ne se présente pas uniquement comme une solution technique viable, mais aussi comme une opportunité stratégique majeure pour renforcer le développement agricole et garantir la sécurité alimentaire dans le périmètre d'El Asnam.



Chapitre V : Généralités sur l'irrigation



Chapitre V : Généralités sur l'irrigation.**V-1) Introduction :**

L'irrigation constitue un élément clé du développement agricole en assurant un apport en eau régulier et contrôlé aux cultures, indépendamment des variations climatiques. Face à l'évolution des besoins agricoles et aux contraintes croissantes liées à la disponibilité de l'eau, plusieurs techniques d'irrigation ont été mises au point, chacune adaptée à des contextes spécifiques selon les caractéristiques du sol, des cultures, du climat, ainsi que des ressources économiques disponibles.

Ce chapitre a pour objectif de présenter les principales méthodes d'irrigation employées à travers le monde, notamment l'irrigation gravitaire, l'irrigation par aspersion, le goutte-à-goutte, ainsi que d'autres systèmes innovants. Une connaissance approfondie de ces techniques est essentielle pour en apprécier l'efficacité, les avantages, les limites, et ainsi orienter le choix vers les solutions les mieux adaptées aux conditions locales.

V-2) Définition de l'irrigation :

L'irrigation est définie comme l'ensemble des techniques visant à apporter de manière contrôlée de l'eau aux cultures, dans le but de compenser les déficits hydriques naturels et d'assurer un développement optimal des plantes. Elle joue un rôle crucial dans l'intensification agricole, la sécurité alimentaire et la valorisation des ressources en eau. Plusieurs systèmes d'irrigation ont été développés, chacun adapté à des conditions spécifiques de sol, de culture, de topographie et de disponibilité en eau. Parmi les principales techniques, on distingue : l'irrigation gravitaire (ou à surface), qui repose sur l'écoulement naturel de l'eau par gravité ; l'irrigation par aspersion, qui simule la pluie à travers des jets projetés ; l'irrigation localisée, comme le goutte-à-goutte ou la micro-aspersion, permettant une application précise au niveau des racines. À cela s'ajoutent les systèmes mécanisés tels que l'irrigation par pivot central, particulièrement adaptée aux grandes parcelles circulaires, et l'irrigation par enrouleur, utilisant un canon mobile monté sur un chariot, idéal pour les cultures extensives. Le choix de la technique la plus appropriée repose sur une analyse approfondie des facteurs hydrauliques, agronomiques, économiques et environnementaux propres à chaque projet.

V-3) Les techniques d'irrigation :

Il existe principalement trois grandes méthodes d'irrigation, chacune ayant ses spécificités et ses applications :

- **L'irrigation gravitaire** : Cette technique, l'une des plus anciennes, repose sur l'utilisation de la gravité pour faire circuler l'eau à travers des canaux ou des rigoles, irriguant ainsi les cultures. Bien qu'elle soit simple à mettre en œuvre, elle peut entraîner des pertes d'eau importantes.

- **L'irrigation par aspersion** : Ce système utilise des équipements qui projettent de l'eau en gouttelettes fines, simulant ainsi la pluie. Il est particulièrement adapté aux terrains irréguliers et offre une distribution uniforme de l'eau.
- **La micro-irrigation (goutte à goutte)** : Cette méthode consiste à distribuer l'eau directement au pied des plantes, en petites quantités mais de manière régulière. Elle permet un contrôle précis de l'eau et est idéale pour les régions où l'eau est une ressource limitée.

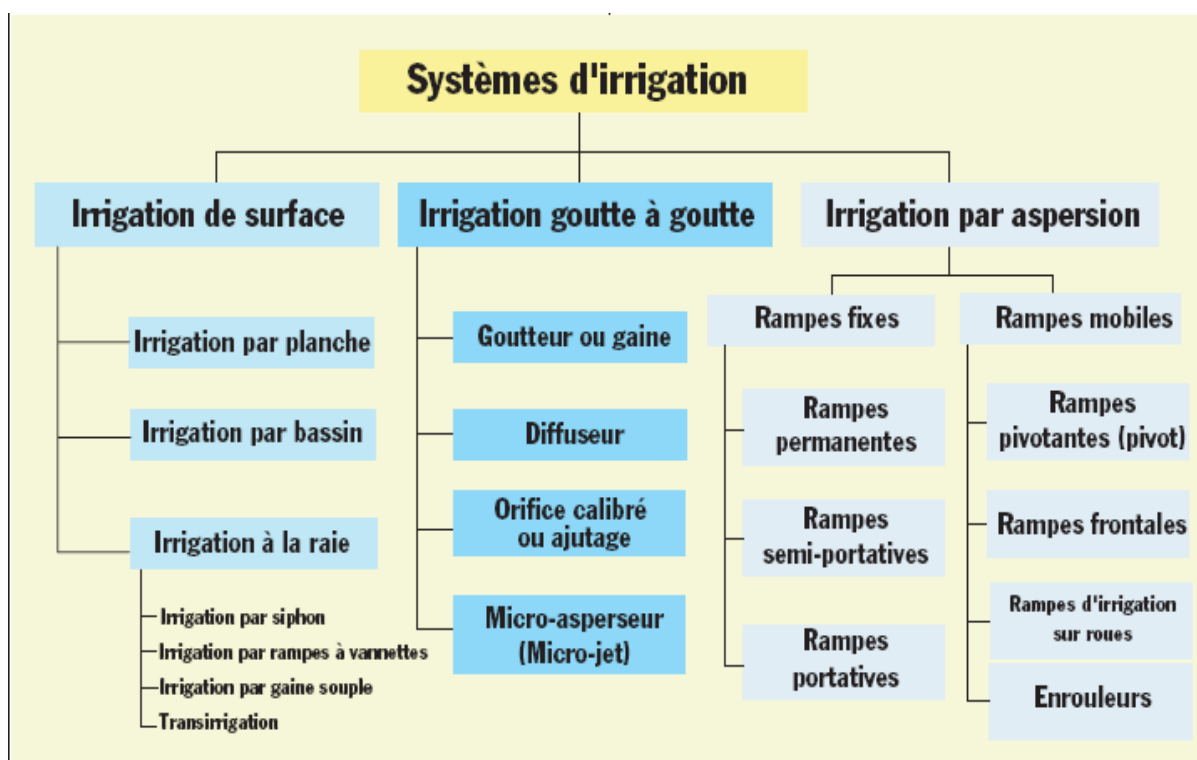


Figure V-1: Les différents systèmes d'irrigation.

Dans le cadre de l'étude des systèmes d'irrigation, notre analyse se concentrera exclusivement sur la méthode de l'irrigation par aspersion.

V-4) Irrigation par aspersion :**V-4-1) Introduction :**

L'irrigation par aspersion est une technique qui consiste à distribuer l'eau sous forme de fines gouttelettes, reproduisant ainsi l'effet de la pluie naturelle. Ce système repose sur un réseau de tuyaux sous pression équipés d'asperseurs, permettant une répartition homogène de l'eau sur les cultures. Adaptée à une grande diversité de sols et de cultures, elle est particulièrement efficace sur des terrains accidentés.

Cette méthode offre un meilleur contrôle des volumes d'eau appliqués, ce qui contribue à réduire les pertes hydriques. De plus, elle limite l'humidité au niveau du sol, aidant à prévenir certaines maladies des plantes. Toutefois, l'irrigation par aspersion peut être affectée par le vent et requiert un entretien régulier pour garantir son bon fonctionnement.

V-4-2) Fonctionnement de l'irrigation par aspersion:

L'irrigation par aspersion fonctionne sur le principe de la projection d'eau sous pression à travers des dispositifs appelés asperseurs, afin de reproduire l'effet de la pluie naturelle. Ce système comprend plusieurs éléments clés : un réseau de distribution d'eau, des stations de pompage pour assurer la pression requise, des tuyaux principaux et secondaires, ainsi que des têtes d'aspersions. Ces dernières, souvent montées sur des rampes ou des tours, diffusent l'eau en fines gouttelettes, garantissant ainsi une couverture homogène de la surface cultivée.

Le dimensionnement du réseau de distribution est essentiel pour l'efficacité du système et dépend de divers facteurs, tels que la topographie, le type de sol, la superficie à irriguer et les besoins en eau des cultures. Un calcul précis de la pression nécessaire à chaque asperseur est indispensable pour assurer une répartition uniforme de l'eau. La pression est maintenue constante grâce à un système de régulation, condition indispensable au bon fonctionnement des asperseurs.

Les avantages de l'irrigation par aspersion sont les suivants :

- **Adaptabilité aux terrains irréguliers** : ce système peut être utilisé sur des terrains de différentes configurations, y compris ceux avec des pentes ou des formes irrégulières.
- **Répartition uniforme de l'eau** : permet une distribution homogène sur la surface cultivée, garantissant une couverture optimale.
- **Protection contre l'érosion du sol** : réduit l'érosion causée par l'eau de ruissellement, préservant la structure du sol.
- **Adapté à une grande variété de cultures** : peut être utilisé pour irriguer des cultures maraîchères, céréalières et même des espaces verts.
- **Système automatisé** : permet de programmer et contrôler l'irrigation pour une gestion optimale de l'eau.
- **Réduction des coûts de main-d'œuvre** : avec une gestion automatisée, les coûts liés à l'intervention humaine sont réduits.
- **Protection contre les maladies et le gel** : peut aider à protéger les cultures contre certaines maladies et même contre les risques de gel.

- **Fertigation** : possibilité d'intégrer des engrais directement dans l'eau, facilitant ainsi la fertilisation des cultures.
- Cependant, pour qu'elle soit efficace, un entretien régulier est nécessaire, notamment pour prévenir les obstructions des asperseurs et vérifier la pression. Par ailleurs, l'irrigation par aspersion peut être influencée par des facteurs externes tels que le vent et la température, ce qui peut entraîner des pertes par évaporation et affecter l'uniformité de la distribution de l'eau.
- Enfin, la conception du système doit prendre en compte les besoins spécifiques des cultures en termes d'humidité, ainsi que les conditions climatiques locales. Une étude préalable détaillée, comprenant des simulations hydrauliques, est souvent réalisée pour optimiser l'agencement des tuyaux et des têtes d'aspersions et garantir une performance optimale du système d'irrigation.

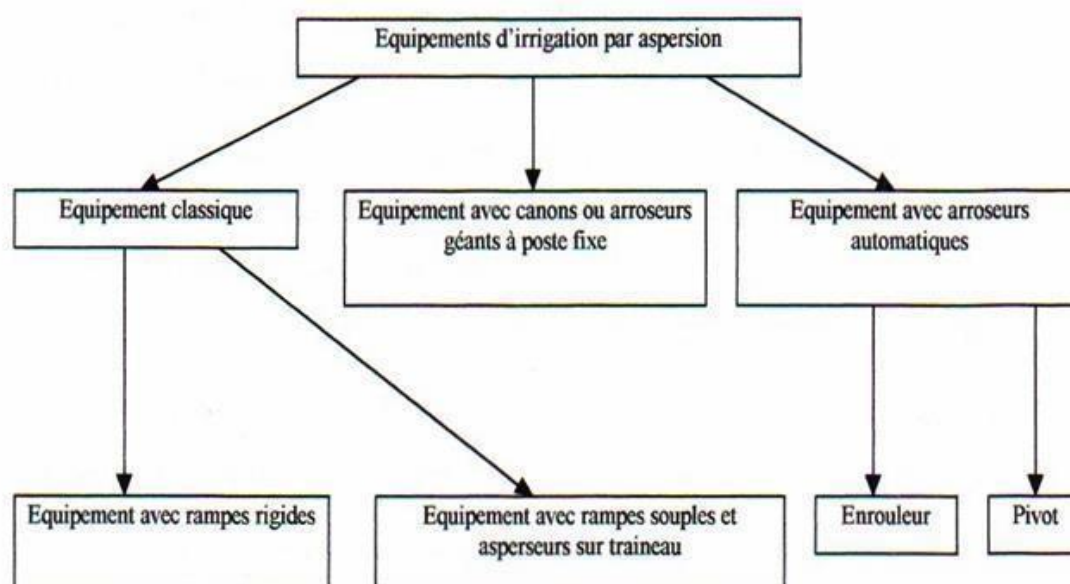


Figure V-2: Type d'équipement pour l'irrigation par aspersion.

V-4-3) Analyse des Critères de Sélection d'un Système d'Irrigation par Aspersion :

Ces critères sont essentiels pour déterminer quel système d'irrigation par aspersion sera le plus adapté à vos besoins. Voici comment chaque critère influence le choix de l'équipement :

- La taille de l'exploitation :
 - Pour de grandes surfaces agricoles, un système de pivot central ou une rampe d'aspersion peut être plus efficace. Ces systèmes couvrent de grandes zones rapidement.

- Pour des petites à moyennes exploitations, des arroseurs fixes ou des systèmes à basse pression peuvent suffire.
- La topographie du terrain :
 - Sur un terrain plat, presque tous les systèmes peuvent être utilisés, mais pour un terrain en pente ou irrégulier, il faut privilégier des systèmes plus flexibles comme les pivots centraux ou les aspersions mobiles pour garantir une couverture uniforme.
 - Les buses et jets mobiles peuvent également être efficaces pour les terrains complexes.
- Le type de sol :
 - Sur des sols légers ou sableux, les systèmes à basse pression (comme les micro-aspersions) sont plus adaptés, car ils limitent l'évaporation et assurent une irrigation plus douce.
 - Les sols lourds ou argileux nécessitent des systèmes qui permettent une bonne infiltration de l'eau, comme les pivots centraux ou les rampes d'aspersion, qui évitent une saturation rapide du sol.
- La nature des cultures :
 - Les cultures sensibles à l'excès d'humidité (par exemple, certaines plantes maraîchères) nécessitent des systèmes plus adaptés comme l'aspersion à basse pression ou l'irrigation goutte-à-goutte.
 - Pour les cultures à forte demande en eau (telles que les céréales ou les vergers), un pivot central ou des canons d'irrigation peuvent être plus appropriés.
- La main d'œuvre :
 - Les systèmes automatiques, comme les pivots centraux ou les rampes d'aspersion, nécessitent moins de main-d'œuvre pour l'installation et l'entretien comparés aux systèmes fixes qui peuvent demander plus de gestion.
 - Si la main-d'œuvre est limitée, des systèmes automatisés et flexibles sont recommandés.
- La quantité d'arrosage :
 - Si l'exploitant nécessite un arrosage intensif et uniforme, des systèmes comme les pivots centraux ou les canons d'irrigation peuvent être plus appropriés.
 - Si la quantité d'eau est plus limitée, un système de micro-aspersion ou de goutte-à-goutte sera plus économique et précis.

- La consommation en énergie :
 - Les systèmes à haute pression comme les pivots centraux ou les canons d'irrigation peuvent consommer plus d'énergie, ce qui peut être coûteux à long terme.
- L'investissement :
 - Les pivots centraux et les rampes d'aspersion nécessitent souvent un investissement initial élevé mais peuvent offrir une solution de long terme pour de grandes surfaces.

Nous allons détailler **les appareils d'arrosage à haute pression**, fonctionnant généralement entre 4 et 6 bars, sont capables de fournir des débits élevés sur de longues distances. Parmi ces dispositifs, les canons d'arrosage constituent les exemples les plus représentatifs.

V-4-4) Les canons d'arrosage :

Les canons d'arrosage sont des dispositifs hydrauliques performants, utilisés pour l'irrigation à longue portée. Qu'ils soient en version standard ou dotés d'un frein hydraulique, ils assurent une répartition homogène de l'eau. Leur portée varie entre 33 et 58 mètres, avec un débit compris entre 15 et 73 m³/h. La pression de service nécessaire se situe entre 4 et 8 bars. Grâce à un large choix de buses, ils s'adaptent facilement aux besoins de différentes cultures. Leur conception avec contrepoids les rend particulièrement efficaces sur des terrains en pente. Des modèles en bronze marin permettent également l'utilisation d'eaux chargées.



Figure V-3: Un canon d'arrosage.

V-5) L'enrouleur :**V-5-1) Historique :**

L'enrouleur d'irrigation est apparu dans les années 1970 pour répondre aux limites des anciens systèmes d'aspersion, comme les canons à eau, trop énergivores. Les agriculteurs cherchaient des méthodes plus économiques et pratiques. L'enrouleur s'est rapidement imposé grâce à sa simplicité d'utilisation et sa flexibilité. Son développement s'est particulièrement accéléré en Allemagne et en France. Les années 1990 voient l'arrivée des enrouleurs automatiques avec programmation de la vitesse et de la pression.

Les matériaux évoluent aussi, avec des tuyaux plus résistants et légers pour une meilleure maniabilité. Face à ce succès, une douzaine de constructeurs européens se sont spécialisés dans sa fabrication. L'enrouleur a facilité l'irrigation des grandes surfaces en offrant un système mobile et automatisé. Il a permis de mieux contrôler les doses d'eau distribuées. Grâce à lui, l'irrigation est devenue plus précise, moins fatigante et plus rentable. Aujourd'hui, c'est un outil courant en Europe et ailleurs.

V-5-2) Étude globale de l'Enrouleur :**V-5-2-1) Introduction :**

L'enrouleur est aujourd'hui le système d'irrigation par aspersion le plus répandu en France, couvrant 70 à 80 % des surfaces irriguées par ce procédé. Il est particulièrement apprécié en grandes cultures, en maraîchage et sur les terrains de sport, en raison de sa souplesse d'utilisation et de son coût d'investissement relativement faible. Le fonctionnement de l'enrouleur se déroule en cinq étapes clés : positionnement et ancrage de l'appareil en bordure de parcelle, déroulement du tuyau à l'aide d'un tracteur, début de l'irrigation avec enroulement automatique du tuyau, arrêt en fin de bande grâce à un dispositif de butée, puis déplacement latéral pour arroser une nouvelle bande. Malgré sa large adoption, des enquêtes récentes révèlent que de nombreux utilisateurs manquent d'informations pour optimiser le choix, l'implantation et les réglages de l'enrouleur.

Ce déficit de connaissances peut nuire à l'efficacité de l'arrosage, alors même qu'un enrouleur bien utilisé permet d'obtenir une irrigation de qualité. Ainsi, il est essentiel de fournir aux agriculteurs et à leurs conseillers les bases techniques nécessaires à une utilisation optimale de ce matériel, ce que ce chapitre se propose de faire à travers quatre grandes parties.



Figure V-4: Périmètre irrigué par l'enrouleur.

V-5-2-2) Définition de l'enrouleur :

L'enrouleur est un système d'irrigation mécanisé composé d'un tambour mobile, d'un tuyau flexible (souvent en polyéthylène) et d'une rampe ou canon d'aspersion. Il fonctionne avec une pression d'eau généralement comprise entre 2 et 14 bars, nécessaire pour le déroulement du tuyau et l'arrosage. Il permet une irrigation uniforme sur de grandes parcelles grâce à un déplacement automatique et un réglage du débit. Ce système est adapté aux terrains irréguliers et à différents types de cultures.

L'enrouleur est une machine automotrice disponible en plusieurs grosseurs ; la longueur et le diamètre peuvent varier respectivement entre 100 et 600m et entre 50 et 140mm. Le débit peut atteindre 50m³/h.



Figure V-5: L'enrouleur.

V-5-2-3) Les caractéristiques de l'enrouleur :

- diamètre de la conduite flexible : 45 à 125 mm
- longueur de la conduite flexible déroulée : 100 à 600 m
- pression d'alimentation du canon : 2 à 14bars
- vitesse d'enroulement : 8 à 160 m/heure
- Effort de traction sur la conduite : 1 à 6 tonnes (selon diamètre, longueur et nature du sol)
- largeur entre deux passages : 50 à 120 mètres selon la pression et les caractéristiques du canon
- hauteur de l'enrouleur : 2,8 à 4,5 mètres
- poids de la machine, tuyau enroulé vide : 3 à 8 tonnes selon les modèles (il convient d'ajouter 800 à plus de 3 000 kg de poids correspondant à la contenance en eau du tuyau)

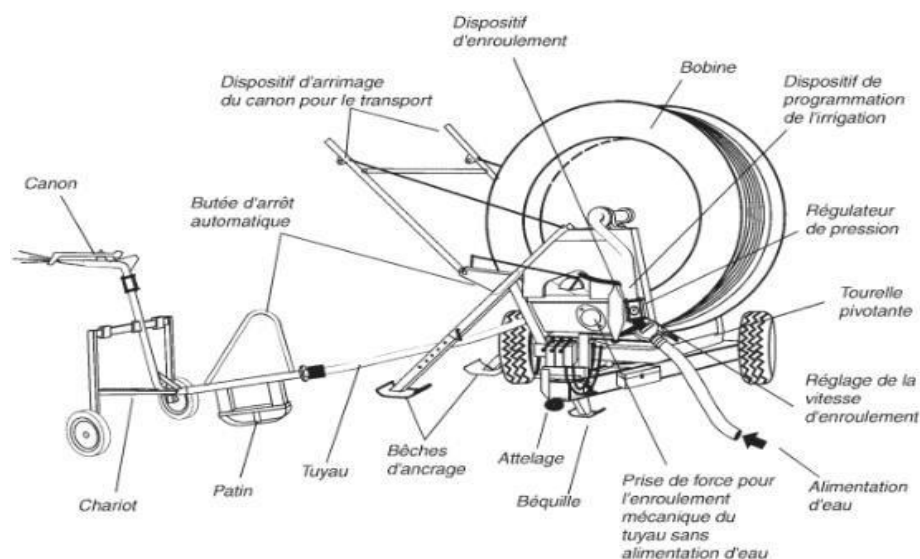


Figure V-6: Les organes de l'enrouleur.

1. Alimentation en eau :

Les enrouleurs peuvent être alimentés en eau soit par un réseau collectif, soit directement depuis une pompe.

2. Régulateur de pression :

Un régulateur (manuel ou automatique) maintient une pression constante pour garantir une distribution régulière et précise de l'eau.

3. Système d'enroulement :

L'enroulement du tuyau est assuré par un moteur hydraulique à turbine, entraîné par la pression et le débit de l'eau. Il est relié à la bobine par une boîte de vitesses ou une chaîne.

4. Prise de force (PTO) :

En l'absence d'eau, le tuyau peut être enroulé grâce à la prise de force d'un tracteur, utile pour l'entretien ou la mise hors gel.

5. Réglage de la vitesse d'enroulement :

La vitesse d'enroulement dépend du débit d'eau passant dans la turbine. Elle peut être ajustée à l'aide d'un sélecteur de vitesse.

6. Bobine :

La bobine enroule le tuyau souple en polyéthylène. Elle est montée sur une tourelle orientable pour adapter sa position au terrain.

7. Tuyau :

Le tuyau transporte l'eau jusqu'au canon. Il est conçu pour résister aux frottements, à la pression et à la traction.

8. Bêches d'ancrage :

Pour éviter que l'enrouleur ne bouge pendant l'arrosage, des bêches réglables le maintiennent solidement au sol.

9. Transport du canon :

Un bras ou une potence permet de fixer le chariot du canon à l'enrouleur lors des déplacements pour plus de sécurité.

10. Arrêt automatique :

Quand le chariot revient en fin d'enroulement, un système déclenche l'arrêt automatique de la machine.

11. Chariot :

Le chariot supporte le canon d'arrosage. Il avance sur des roues ou des patins pendant l'irrigation.

12. Canon :

Le canon projette l'eau en tournant grâce à la pression. Son jet est réglable en portée, en débit et en angle d'arrosage.

13. Programmation :

Certains modèles d'enrouleurs intègrent un boîtier électronique permettant de programmer la quantité d'eau à distribuer, la vitesse et la pression. L'appareil peut aussi enregistrer les données d'irrigation. Il est alimenté par une batterie, souvent rechargée par un petit panneau solaire.

V-5-2-4) Le principe de fonctionnement :

L'enrouleur est un système d'irrigation mobile utilisé pour arroser les cultures de manière uniforme et automatisée. Son principe repose sur l'enroulement progressif d'un tuyau flexible (souvent appelé "flexible") qui transporte l'eau jusqu'au champ.

1. Installation et mise en marche :

Pour installer la machine :

- Le flexible est déroulé depuis le tambour à l'aide d'un tracteur ou d'un véhicule jusqu'au bout du champ à irriguer.
- Cela peut correspondre à la longueur totale du tuyau.
- Une bande de peinture peut être ajoutée pour marquer la fin du déroulement.

2. Mise sous pression et début de l'irrigation :

- L'enrouleur est alimenté en eau sous pression.
- Cette pression actionne un mécanisme d'enroulement automatique.
- Le tuyau se ré-enroule lentement autour du tambour, tout en avançant un porte-asperseur qui arrose le champ.

3. Systèmes de régulation de vitesse :

Pour assurer une irrigation régulière et efficace, l'enrouleur est équipé de systèmes de régulation de vitesse :

- Régulation mécanique : basée sur le diamètre du tambour. Plus le tambour grossit, plus la vitesse augmente.
- Régulation électronique : utilise des capteurs pour ajuster directement la vitesse d'avancement du tuyau.

4. Facteurs influençant les performances :

- Effort de friction : c'est la résistance entre le tuyau et le sol. Plus le tuyau est lourd, plus l'effort diminue.
- Uniformité de l'enroulement : essentielle pour éviter les zones trop ou pas assez arrosées.
- Une vitesse d'avancement trop élevée (supérieure à 12 m/h) peut compromettre l'efficacité de l'irrigation.

V-5-2-5) Les avantages et les limites de l'enrouleur :

- **Avantages de l'enrouleur:**
 - Permet une irrigation mobile et adaptable à plusieurs parcelles.
 - Automatisation du déroulement et de l'enroulement du tuyau.
 - Moins de main-d'œuvre requise pendant l'irrigation.

- Fonctionne sur divers types de sols (plats ou légèrement en pente).
- Réduction des pertes d'eau grâce à une régulation précise.
- Installation et démontage faciles.
- Bonne durabilité des matériaux (tambour, flexible...).
- Maintenance relativement simple et pièces disponibles.
- Compatible avec l'irrigation de grandes surfaces.
- **Les limites de l'enrouleur :**
 - Coût d'investissement initial relativement élevé.
 - Peut provoquer un compactage du sol sous les roues de l'enrouleur.
 - Effort de traction élevé si le sol est lourd ou humide (friction tuyau/sol).
 - Nécessite une source d'eau à pression suffisante.
 - Peut être sensible aux pentes trop fortes ou aux obstacles.
 - La distribution d'eau peut être inégale si la vitesse d'enroulement est mal réglée.
 - Risque d'usure du tuyau en contact prolongé avec le sol.
 - Moins adapté aux petites parcelles.

V-7) Conclusion :

L'irrigation par aspersion permet de produire une pluie artificielle pour répondre efficacement aux besoins en eau des cultures. Ce mode d'irrigation assure une répartition uniforme, adaptée à différents types de sols. Parmi les systèmes utilisés, l'enrouleur se distingue par sa simplicité d'utilisation et son autonomie, ne nécessitant que peu de main-d'œuvre. Son déploiement reste souple, ce qui facilite son adaptation aux parcelles irriguées. Le choix du système dépend des caractéristiques techniques du terrain et des exigences de la culture. Une bonne conception et un entretien régulier garantissent son efficacité agronomique et économique et l'irrigation goutte à goutte, complémentaire à l'aspersion, permet une application localisée de l'eau avec une grande précision, particulièrement adaptée aux arboricultures. Elle optimise davantage l'efficacité hydrique tout en réduisant les pertes par évaporation et infiltration profonde.

Chapitre VI : Etude de réseau d'irrigation

Chapitre VI : Etude de réseau d'irrigation.

VI-1) Introduction :

La conception d'un réseau d'irrigation consiste à déterminer l'agencement et les dimensions des conduites qui assurent le transport de l'eau jusqu'aux différentes parcelles agricoles. L'eau parvient à ces parcelles par l'intermédiaire de bornes d'irrigation, auxquelles les conduites sont raccordées.

Dans ce chapitre, nous allons concevoir le réseau d'irrigation de la zone V. Ce réseau est alimenté à partir d'un point de piquage, chargé de satisfaire les besoins hydriques des cultures présentes dans cette zone. La démarche consiste d'abord à déterminer les diamètres des conduites composant le réseau, puis à calculer les pressions aux bornes d'irrigation, en vérifiant les vitesses dans chaque tronçon du réseau.

VI-2) Conception et dimensionnement du réseau hydraulique:

Pour concevoir un réseau de distribution gravitaire efficace, il est indispensable de définir avec précision les diamètres des conduites reliant le bassin de stockage aux bornes d'irrigation ou aux parcelles agricoles. Cette étape est cruciale pour assurer une performance hydraulique optimale du système. En fonction des contraintes techniques et topographiques du site, plusieurs configurations peuvent être envisagées, chacune offrant des réponses spécifiques aux besoins en eau et aux caractéristiques du terrain.

VI-2-1) Principe de tracé de réseau de distribution gravitaire:

1. Position du bassin d'accumulation

- Le bassin constitue le point de départ du réseau.
- Il est généralement situé en hauteur pour permettre l'écoulement gravitaire.
- Il doit être accessible pour l'entretien et le contrôle des débits.

2. Analyse topographique du terrain

- Étude du relief pour identifier les pentes naturelles.
- Objectif : profiter au maximum de la gravité pour minimiser les pertes de charge.
- Éviter les zones de stagnation ou de contre-pente.

3. Identification des points de consommation

- Localisation précise des bornes d'irrigation ou des parcelles à desservir.
- Estimation des besoins en eau de chaque borne.

4. Tracé des conduites principales

- Relier le bassin aux différentes zones à desservir par la conduite principale.
- Respecter une pente suffisante pour assurer un bon écoulement (généralement $> 0,5\%$).

5. Conduites secondaires

- Permettent de répartir l'eau depuis la conduite principale vers chaque borne.
- Elles suivent également les lignes de pente naturelle.

6. Choix des diamètres

- Calculs basés sur les débits nécessaires à chaque tronçon.
- Utilisation de formule de Hazen-Williams pour le dimensionnement.
- Éviter les surdimensionnements inutiles qui augmentent les coûts.

7. Facilité d'entretien et d'exploitation

- Tracé en bordure de parcelles ou de pistes pour faciliter l'accès.
- Prévoir des points de nettoyage et de purge réguliers.

VI-2-2) Fonctions principales de la borne d'irrigation:

La borne d'irrigation remplit plusieurs fonctions essentielles dans un réseau d'irrigation. Elle permet notamment :

- de démarrer ou d'arrêter l'alimentation en eau en évitant les coups de bélier,
- de connecter les dispositifs d'irrigation au réseau,
- de mesurer les volumes d'eau utilisés,
- de maintenir une pression constante en aval,
- et de contrôler le débit à chaque point de prélèvement.

Pour concevoir efficacement un réseau de distribution, il est essentiel de respecter certains critères fondamentaux. Le tracé du réseau doit être aussi court que possible afin de minimiser les coûts liés à sa réalisation. Il convient également de prévenir le risque de cavitation, un phénomène pouvant provoquer des vibrations et des ruptures de conduites lors des phases de surpression. Par ailleurs, un profil en long uniforme est à privilégier afin d'éviter les contre-pentes. Enfin, l'adoption d'une structure ramifiée permet d'optimiser les investissements en réduisant les dépenses globales.

VI-2-3) Dimensionnement hydraulique des bornes d'irrigation:

Le débit attribué à chaque borne, destinée à alimenter un îlot de culture, se calcule selon la formule suivante

$$Qb = Qs \times S$$

Avec :

- ✓ **Qb** : le débit caractéristique de chaque îlot en l/s ;
- ✓ **S** : la superficie de l'îlot en ha ;
- ✓ **Qs** : le débit spécifique en l/s/ha.

Tableau VI -1 : Débits au niveau de chaque îlot.

La zone	Les parcelles	La surface (ha)	Le débit caractéristique (l/s)
250.5 ha	S1	11.9	8.09
	S2	7.7	5.24
	S3	7.5	5.03
	S4	6.5	4.42
	S5	6 .1	4.15
	S6	7.1	4.83
	S7	8.7	5.51
	S8	12.5	8.5
	S9	12	8.16
	S10	11.2	7.62
	S11	9.5	6.87
	S12	10.2	6.9
	S13	10	6.8
	S14	7.2	4 .9
	S15	13.7	9.3
	S16	11.9	8.1
	S17	10.1	6.8
	S18	8	5.6
	S19	7	4.76
	S20	4.9	3.3
	S21	11.4	7.75
	S22	13.1	8.91
	S23	14.1	9.59
	S24	15.4	10.5
	S25	12.6	8.6
	Total	250.5 ha	170.23

VI-2-4) Sélection du type et du diamètre de la borne d'irrigation:

La sélection du type de borne à mettre en place, ainsi que du diamètre approprié, repose essentiellement sur la superficie de l'îlot desservi et le nombre de parcelles qu'il englobe. Ce choix vise à assurer un débit conforme aux besoins hydriques des différentes unités cultivées, tout en garantissant une distribution homogène et performante au sein du réseau d'irrigation.

- **Borne de type A4** : recommandée pour les îlots de moins de 15 hectares comportant entre 4 et 8 parcelles.
- **Borne de type A2** : adaptée aux îlots de moins de 15 hectares comprenant uniquement 2 parcelles.
- **Borne de type B** : utilisée pour des îlots de plus de 15 hectares avec deux parcelles.
- **Borne de type C** : destinée aux grands îlots, dont la superficie dépasse 50 hectares.

Tableau VI-2 : Types et diamètres des bornes.

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

Le tableau suivant regroupe les principales catégories de bornes utilisées dans les réseaux d'irrigation:

Tableau VI-3 : Types des bornes.

N° ilots	Les parcelles	Le débit caractéristique (l/s)	Type de borne
1	S1	8.09	Type A4
2	S3	5.03	Type A4
3	S6	13,4	Type B
	S4		
	S5		
4	S2	19.25	Type B
	S7		
	S8		
5	S18	17.23	Type B
	S19		
	S11		
6	S12	6.9	Type A2
7	S13	6.8	Type A2
8	S14	14.2	Type B
	S15		
9	S16	16.7	Type B
	S25		
10	S20	10.1	Type A4
	S17		
11	S9	8.16	Type A2
12	S21	7.75	Type A2
13	S22	8.91	Type A2
14	S23	20.09	Type B
	S24		
15	S10	7.62	Type A2
	Total	170.23	

VI-2-5) Choix du diamètre de la borne :

La répartition des diamètres de bornes selon les débits à assurer est présentée dans le tableau ci-après :

Tableau VI-4 : Sélection des diamètres de bornes en fonction des débits.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 8$ l/s	D= 65mm
$8 < Q < 20$ l/s	D= 100mm
$20 < Q < 25$ l/s	D= 150mm
$Q > 25$ l/s	D= 200mm

Tableau VI-5 : Dimensions normalisées des bornes d'irrigation.

N° ilots	Le débit caractéristique (l/s)	Diamètre de la borne (mm)
1	8.09	65
2	5.03	65
3	13.4	100
4	19.25	100
5	17.23	100
6	6.9	65
7	6.8	65
8	14.2	100
9	16.7	100
10	10.1	100
11	8.16	100
12	7.75	65
13	8.91	100
14	20.09	150
15	7.62	65

VI-2-6) Critères de choix des matériaux pour les réseaux hydrauliques:

La sélection du matériau destiné aux conduites d'irrigation résulte d'une analyse croisée de critères à la fois techniques et économiques. Ce choix est conditionné par divers facteurs, notamment la pression de fonctionnement, la nature chimique et mécanique des sols traversés, les coûts d'acquisition et d'installation, ainsi que la disponibilité des matériaux sur le marché local. Il convient également de s'assurer de leur compatibilité avec les composants hydrauliques annexes tels que les raccords, vannes et coudes. Les matériaux les plus fréquemment employés dans ce contexte sont l'acier, la fonte ductile, le PVC, le polyéthylène haute densité (PEHD) et le béton précontraint.

a) Conduites en fonte ductile :

Les tuyaux en fonte présentent de nombreux avantages techniques :

- Excellente résistance aux contraintes internes liées à la pression ;
- Très bonne tenue à la corrosion, notamment avec des revêtements adaptés ;
- Grande rigidité et robustesse mécanique.

Cependant, leur principal inconvénient réside dans leur masse élevée, ce qui complique la manutention et engendre des coûts de transport et d'installation plus importants. De plus, leur disponibilité peut être limitée sur le marché local et leur coût unitaire reste relativement élevé.

b) Conduites en acier :

L'acier constitue une alternative intéressante à la fonte, en particulier pour les grands diamètres ou les conduites sous pression élevée. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Poids réduit par rapport à la fonte, ce qui facilite le transport et réduit les frais de pose ;
- Bonne résistance mécanique aux chocs, à l'écrasement et aux efforts dynamiques.

L'inconvénient majeur de l'acier est sa sensibilité à la corrosion, nécessitant l'application de protections internes et externes (revêtements, cathodique, etc.) pour garantir sa durabilité.

c) Conduites en PEHD (polyéthylène haute densité) :

Le PEHD est largement utilisé dans les réseaux modernes en raison de ses propriétés avantageuses :

- Excellente résistance à la corrosion chimique et électrochimique ;
- Disponibilité élevée sur le marché national ;
- Flexibilité et facilité de mise en œuvre, notamment pour les poses en tranchée étroite ou difficilement accessibles.

Néanmoins, ce matériau présente une certaine sensibilité aux défauts de soudure, qui peuvent engendrer des risques de rupture en service si les assemblages ne sont pas réalisés dans les règles de l'art.

d) Conduites en PVC :

Le polychlorure de vinyle (PVC) est un matériau thermoplastique largement utilisé dans les réseaux de distribution pour les faibles à moyennes pressions. Ce polymère présente certains avantages notables, notamment sa légèreté, qui facilite considérablement les opérations de manutention et de pose.

Cependant, les conduites en PVC présentent également plusieurs limites techniques :

- Elles sont vulnérables aux ruptures longitudinales ainsi qu'aux déformations localisées par écrasement, en particulier en cas de sollicitation excessive ;
- Leur comportement face aux surpressions est limité, notamment lors de coups de bélier, ce qui les rend peu adaptées aux réseaux hydrauliques complexes ou soumis à des variations brutales de pression ;
- À vide, elles sont sensibles aux surcharges verticales du fait de leur faible rigidité structurelle ;
- Il existe un risque d'altération chimique au niveau des jonctions, notamment en raison de la réactivité potentielle des solvants utilisés pour le collage des raccords.

En dépit de ces contraintes, les conduites en PVC restent une option économique et techniquement viable pour les réseaux à faible sollicitation mécanique et hydraulique, à condition de respecter les recommandations de pose et d'exploitation.

e) Les conduites en plastique renforcé de fibres de verre (PRV):

Les canalisations en PRV (plastique renforcé de verre), constituées d'une résine therm durcissable le plus souvent à base de polyester ou d'époxy renforcée par des fibres de verre, se distinguent par leur excellente tenue mécanique. Cette composition confère au matériau une grande capacité à supporter des pressions internes importantes, ce qui en fait un choix adapté pour les réseaux soumis à des contraintes élevées.

Ces conduites présentent plusieurs avantages significatifs :

- Excellente résistance à la corrosion, tant interne qu'externe, ce qui les rend particulièrement adaptées aux environnements agressifs ;
- Faible masse, ce qui simplifie le transport, la manipulation et l'installation des conduites.
- La longueur importante des sections de conduite permet de diminuer le nombre de raccords, ce qui réduit à la fois les risques de fuites et le temps de mise en œuvre.

Cependant, elles demeurent sensibles aux charges concentrées et aux surcharges ponctuelles, ce qui nécessite une attention particulière lors du remblaiement et de la mise en œuvre pour éviter les contraintes excessives localisées.

Grâce à leur combinaison de résistance chimique et de légèreté, les conduites en PRV constituent une solution performante pour des applications spécifiques, notamment dans les réseaux soumis à des conditions corrosives ou nécessitant une réduction du nombre de jonctions.

Remarque:

Dans le cadre du présent projet, il est prévu d'utiliser des conduites circulaires en PEHD pour les diamètres inférieurs ou égaux à 400 mm, en raison de leur facilité de pose et de leur bonne résistance chimique. Pour les diamètres supérieurs à 400 mm, le choix se portera sur des conduites en fonte ductile, offrant une meilleure résistance mécanique et une durabilité accrue pour les grandes sections.

VI-3) Dimensionnement hydraulique des canalisations :

VI-3-1) Vitesses admissibles :

Afin d'assurer un fonctionnement optimal des conduites, il est essentiel de définir une plage de vitesses admissibles pour l'écoulement. Cette démarche permet non seulement de limiter le diamètre des canalisations à un niveau raisonnable, ce qui entraîne une réduction des coûts, mais aussi de prévenir les problèmes liés aux vitesses excessives ou trop faibles. En effet, une vitesse trop élevée peut provoquer une érosion des parois internes, tandis qu'une vitesse trop

faible favorise la décantation des matières solides, pouvant engendrer des dépôts indésirables. C'est pourquoi la vitesse d'écoulement est généralement encadrée entre 0,5 m/s, seuil minimal, et 2 m/s, seuil maximal. Pour les besoins de notre étude, une vitesse de 1.25 m/s a été retenue, constituant ainsi un compromis efficace entre sécurité hydraulique et économie d'infrastructure.

VI-3-2) Calcul des diamètres :

Le choix du diamètre des conduites est principalement déterminé par le débit à transporter ainsi que par la vitesse d'écoulement retenue. Pour calculer un diamètre économiquement optimal, on utilise généralement la formule de LABYE, qui fournit une estimation initiale. Ce diamètre est ensuite ajusté en fonction des normes en vigueur afin d'assurer sa conformité aux standards techniques et garantir une performance hydraulique satisfaisante.

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

Avec :

- **Q** : débit, exprimé en m³/s ;
- **D** : diamètre exprimé en mm.
- **V** : vitesse qui donne le diamètre économique est de 1.25 m/s.

L'alimentation en eau des différentes unités agricoles se fait par écoulement gravitaire à travers des conduites en polyéthylène haute densité (PEHD).

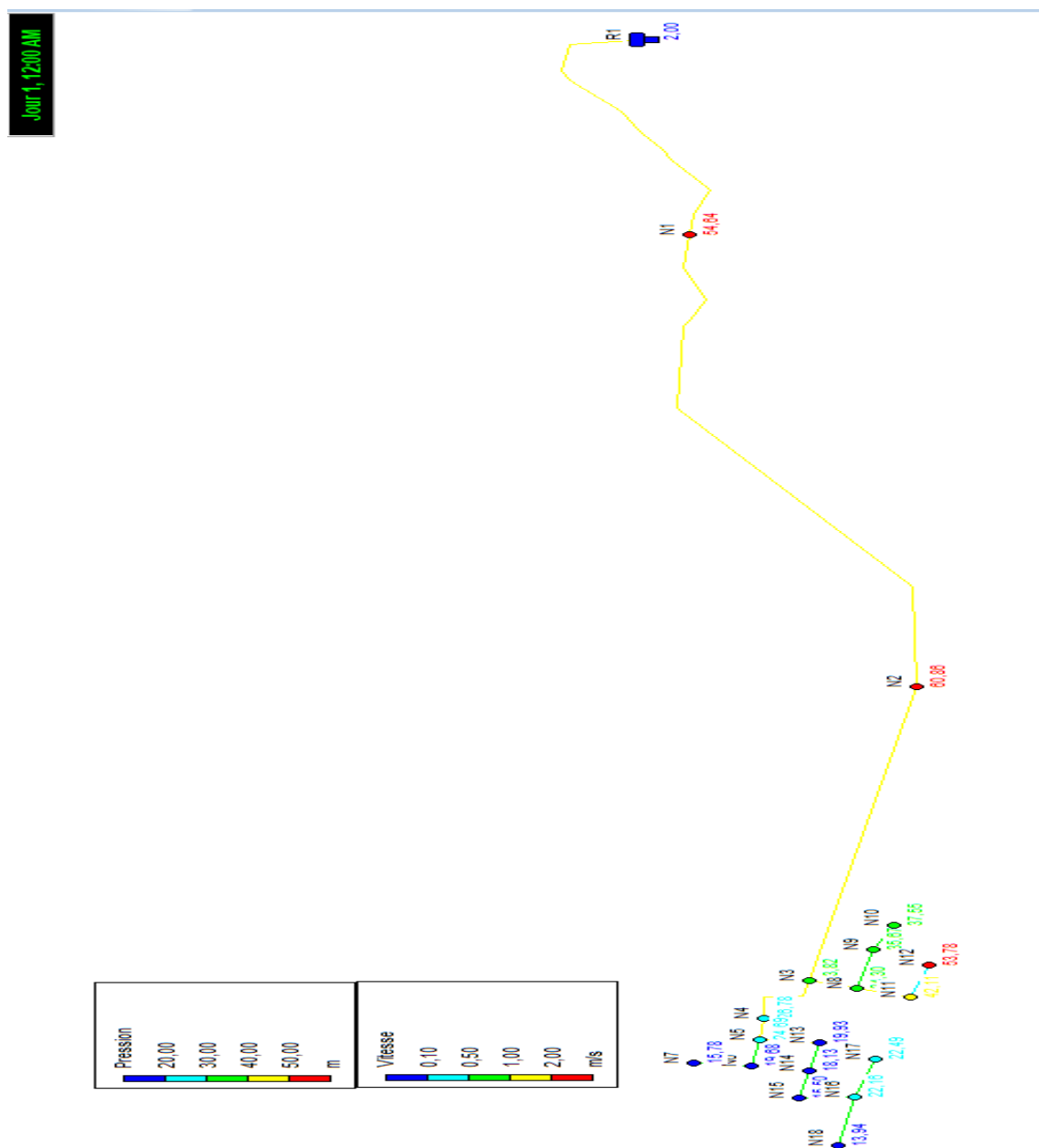


Figure VI-1: Réseau de distribution et la conduite principale.

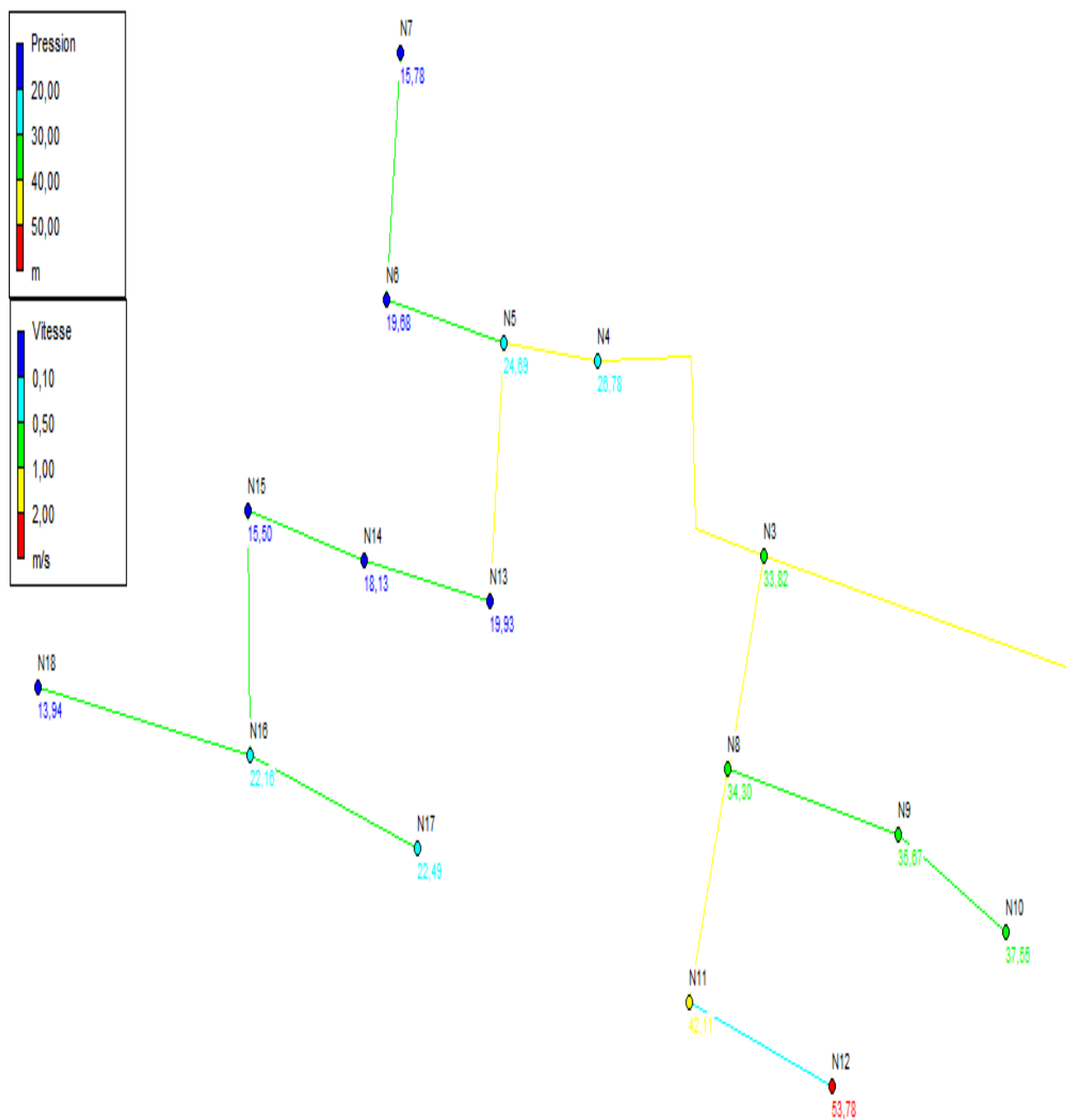


Figure VI-2: Réseau de distribution.

Tableau VI-6: Résultat de calcul par Epanet (Pressions et charge).

ID Nœud	Altitude (m)	Demande Base LPS	Charge (m)	Pression (m)
Nœud N 1	530	679	584.64	54.64
Nœud N 2	520	500	580.86	60.86
Nœud N 3	530.4	0	570.82	33.82
Nœud N 4	539.3	13.4	566.08	26.78
Nœud N 5	540	5.03	564.69	24.69
Nœud N 6	544	19.25	563.68	19.68
Nœud N 7	546.1	8.09	561.88	15.78
Nœud N 8	534	17.23	568.30	34.30
Nœud N 9	532.1	7.62	567.77	35.67
Nœud N 10	530	8.16	567.55	37.55
Nœud N 11	525	7.75	567.11	42.11
Nœud N 12	518	10.1	566.78	55.78
Nœud N 13	542	6.9	561.93	19.93
Nœud N 14	543	6.8	561.13	18.13
Nœud N 15	545	14.2	560.50	15.50
Nœud N 16	538	20.09	556.49	22.49
Nœud N 17	534	8.91	560.16	22.16
Nœud N 18	544	16.7	557.94	13.94

Tableau VI-7 : Résultats de simulation par le logiciel Epanet (Vitesse et perte de charge).

ID Arc	Longueur (m)	Diamètre Nominal (mm)	Matériaux	Débit LPS	Vitesse (m/s)	Perte charge m/km
Tuyau C1	2940.88	1000	Fonte	1342.13	1.19	0.80
Tuyau C2	2412.72	800	Fonte	670.23	1.32	1.57
Tuyau C3	2940.88	400	PEHD	163.13	1.30	7.72
Tuyau C4	609.5	315	PEHD	105.97	1.50	6.24
Tuyau C5	222.47	315	PEHD	105.97	1.50	6.24
Tuyau C6	276.75	200	PEHD	27.34	0.87	3.66
Tuyau C7	255.28	110	PEHD	8.09	0.85	7.05
Tuyau C8	288.12	315	PEHD	43.76	1.39	8.74
Tuyau C9	400	200	PEHD	15.78	0.5	1.32
Tuyau C10	100	140	PEHD	15.78	0.53	2.21
Tuyau C11	100	110	PEHD	10.75	1.13	11.94
Tuyau C12	290.56	110	PEHD	3.00	0.50	1.12
Tuyau C13	357.5	110	PEHD	10.10	1.06	9.36
Tuyau C14	301.7	315	PEHD	66.70	0.94	2.65
Tuyau C15	292.21	315	PEHD	59.90	0.85	2.17
Tuyau C16	261.26	315	PEHD	45.70	0.65	1.31
Tuyau C17	434.11	110	PEHD	8.91	0.94	8.43
Tuyau C18	509.54	160	PEHD	16.70	0.83	4.35

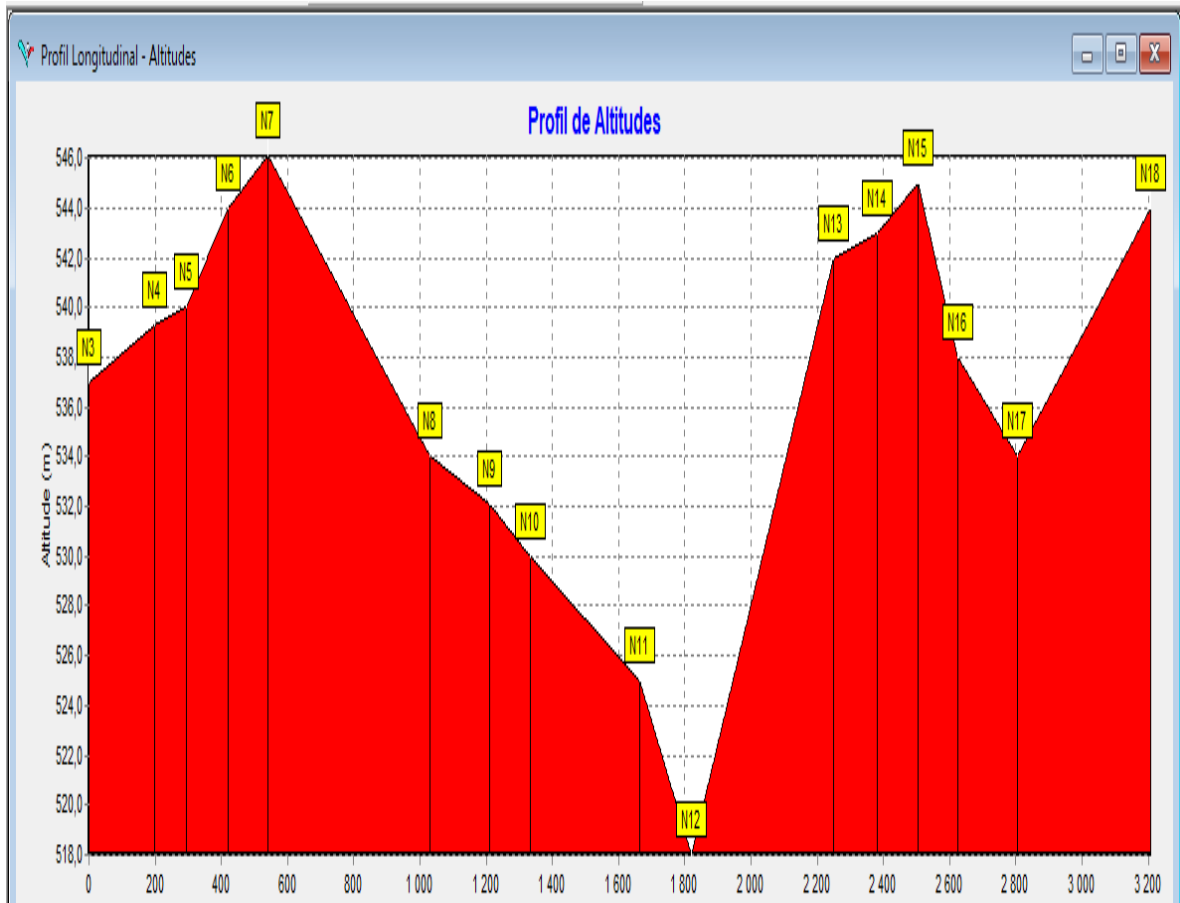


Figure VI-3: Profils des altitudes des nœuds.

VI-4) Caractéristiques de bassin d'accumulation :

Le bassin d'accumulation présente les caractéristiques suivantes :

- ✓ Cote de fond : 584,0 m
- ✓ Capacité : 5 000 m³
- ✓ Longueur : 138 m
- ✓ Largeur : 50 m
- ✓ Profondeur d'eau : 6 m
- ✓ Tapis d'étanchéité : béton armé
- ✓ Masque étanche : béton armé et enrochement

VI-5) Conclusion :

Le réseau d'irrigation dessert un total de 15 îlots répartis sur 25 parcelles, avec un dimensionnement des conduites tenant compte des exigences hydrauliques propres à chaque secteur. Les diamètres des canalisations ont été déterminés en fonction des débits à satisfaire. Par ailleurs, l'adoption de la fonte ductile pour les grandes sections et du PEHD pour les plus petits diamètres permet de concilier durabilité des équipements et maîtrise des coûts d'investissement. Par ailleurs, les pressions et vitesses d'écoulement ont été évaluées à l'aide du logiciel EPANET, assurant ainsi un dimensionnement précis et une performance hydraulique optimale du réseau. Cette méthodologie garantit une distribution d'eau fiable et efficace, tout en maîtrisant les coûts d'exploitation.

Chapitre VII : Dimensionnement de la parcelle

Chapitre VII : Dimensionnement de la parcelle.

VII-1) Introduction :

Le choix du mode d'irrigation constitue une phase déterminante dans la conception d'un projet agricole. Ce chapitre est consacré à l'étude comparative et au dimensionnement des deux systèmes d'irrigation retenus en amont : l'aspersion via enrrouleur mobile et l'irrigation localisée de type goutte-à-goutte. L'objectif principal est d'optimiser les rendements agricoles tout en assurant une gestion efficace et durable des ressources en eau. Ainsi, ce chapitre abordera le calcul et la mise en œuvre des systèmes d'irrigation au niveau de la parcelle :

- L'irrigation localisée sera appliquée à la culture la plus exigeante en eau, à savoir l'olivier.
- Le système d'irrigation par aspersion sera destiné aux grandes cultures céréalières, telles que le blé et l'orge, utilisées pour la production de grain.

VII-2) Étude de dimensionnement du système d'irrigation goutte à goutte:

La conception d'un système d'irrigation goutte-à-goutte débute par l'identification de plusieurs paramètres essentiels, indispensables à sa mise en œuvre optimale.

- **Culture concernée** : oliviers.
- **Besoin de pointe en eau** : 140,27 mm durant le mois de juillet.
- **Sélection de l'îlot** : l'îlot n°8, d'une superficie totale de 20,9 hectares, a été choisi pour l'installation. Le système couvrira une sous-parcelle rectangulaire de 7,2 hectares, mesurant 300 mètres de longueur sur 240 mètres de largeur. Cette parcelle est alimentée par la borne n°15, qui assure une pression de 1,550 bar, suffisante pour le bon fonctionnement du réseau goutte à goutte.
- **Organisation du réseau** : les lignes sont espacées de 5 mètres en inter-rangs et 5 mètres entre les arbres, avec un espacement des goutteurs de 1 mètre, en plaçant 2 goutteurs par arbre.
- **Caractéristiques techniques des goutteurs** :
 - Débit nominal : 4 litres par heure.
 - Pression nominale : 16,44 mètres de colonne d'eau (m.c.e).
 - Espacement entre goutteurs : 1,2 mètre.
 - Nombre de goutteurs par arbre : 2.
- **Caractéristiques des conditions de travail** :
 - ✓ Une irrigation journalière
 - ✓ Temps maximum journalier de travail 22h/24h

VII-2-1) Estimation des besoins en eau pour l'irrigation localisée des cultures:

a. Impact du taux de couverture du sol:

Le système goutte-à-goutte est particulièrement bien adapté aux cultures disposées en lignes, dans lesquelles seule une partie de la surface est effectivement occupée par les plantes. Dans ce contexte, il est nécessaire d'appliquer un coefficient de réduction, noté **K_r**, à

l'évapotranspiration maximale (ETM). Ce coefficient dépend du taux de couverture du sol (C_s), qui est estimé à 60 % dans le cas de plantes adultes. La valeur de K_r peut être déterminée à l'aide de la formule proposée par Freeman et Garzoli : $K_r = C_s + 0,5 (1 - C_s)$

En appliquant cette formule avec un taux de couverture de 60 %, on obtient un coefficient de réduction K_r égal à **0,80**.

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

$$B_{jl} = (140.27/30) \times 0.8 = 3.74 \text{ mm/j}$$

$$B_{jl} = 3.74 \text{ mm/j}$$

b. Dose nette pratique :

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

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

$$D_p = \text{RFU} \times P \%$$

Avec :

- ✓ **H_{cc}** : humidité à la capacité au champ (31%)
- ✓ **H_{pf}** : humidité au point de flétrissement (21%)
- ✓ **d_a** : Densité apparente (1.35)
- ✓ **Y** : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)
- ✓ **Z** : Profondeur des racines (1500mm)
- ✓ **P** : Pourcentage du sol humidifié

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

- ✓ **P** : Volume du sol humidifié
- ✓ **n** : Nombre de points (de goutteurs) de distribution par arbre (2)
- ✓ **S_d** : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (1m)
- ✓ **S_h** : Largeur de la bande humidifiée (5m)
- ✓ **S_r** : Ecartement entre les rangs d'arbre (5m)
- ✓ **S_a** : Espacement des arbres sur les rangs (5m)

$$\text{Donc : } P \% = 40 \%$$

$$ET : DP = (0.31 - 0.21) \times \frac{2}{3} \times 1500 \times 1.35 \times 0.4$$

$$DP = 54 \text{ mm}$$

c. Calcul de la fréquence d'arrosage :

La fréquence d'irrigation dépend du besoin hydrique journalier à couvrir ainsi que de la dose nette réelle apportée. Elle peut être déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{dose nette}}{B_{jl}} = \frac{54}{3.74} = 14.44 = 15 \text{ jours.}$$

d. Calcul de la dose brute :

La dose brute est calculée comme suit :

$$D_{Brute} = \frac{D_p}{C_u \times Eff}$$

$$D_p = Fr \times B_{jl}$$

Tel que :

- ✓ **Cu**: Coefficient d'uniformité qui est égale à 90%
- ✓ **Eff** : Efficience du réseau d'irrigation qui est égale à 90%

$$\text{Donc: } D_p = 15 \times 3.74 = 56.1 ; \quad D_{Brute} = \frac{56.1}{0.9 \times 0.9} = 69.26 \text{ mm/mois}$$

e. La durée d'arrosage par mois :

La durée d'arrosage est déterminée selon le calcul suivant :

$$\theta = \frac{D_{brute} \times S_d \times S_r}{n \times Q_g}$$

Avec :

- ✓ **Sd** : Espacement entre les distributeurs ;
- ✓ **Sr**: Espacement entre les rangs ;
- ✓ **n** : le nombre des goutteurs ;
- ✓ **Qg**: Débit des goutteurs.

$$\text{Donc :} \quad \theta = \frac{69.26 \times 1 \times 5}{2 \times 4} = 43.29 \text{ heures /mois}$$

f. Durée d'arrosage journalier :

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

$$D_j = \frac{43.29}{15} = 2.88$$

$$D_j = 3 \text{ heures/jours}$$

g. Nombre de poste :

Le nombre de postes par jour est défini comme suivant:

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalière}}$$

$$\text{Donc : } N = \frac{22}{3} = 7.33 ; \text{ On prend : } N = 8 \text{ postes}$$

h. Surface du poste :

La surface du poste est définie comme suit :

$$SP = \frac{\text{La surface total}}{\text{Le nombre de poste}}$$

$$\text{Donc : } SP = \frac{7.2}{8} = 0.9 \text{ ha}$$

I. Nombre de goutteur :

$$Ng = \frac{n \times \text{Surface totale} \times 10000}{Sr \times Sa}$$

$$Ng = \frac{2 \times 7.2 \times 10000}{5 \times 5}$$

$$\text{Donc : } Ng = 3360 \text{ goutteurs}$$

VI-2-2) Calculs hydrauliques :

a. Conditions hydrauliques de base :

Selon le critère de Christiansen, l'écart maximal de débit entre les différents goutteurs d'un système d'irrigation localisée ne doit pas dépasser 10 % afin de garantir une distribution uniforme de l'eau.

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

La variation maximale de la pression :

$$q = K \times H^X$$

Tandis que :

- ✓ **K** : Constante dimensionnelle donnée par le fabricant ;
- ✓ **H** : La pression dans la rampes en mètre colonne d'eau ;
- ✓ **X** : Exposant caractérisant le goutteur, pour notre cas on prend $X = 0.5$.

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

Avec :

- ✓ **(g)** : Débit nominal du goutteur ;
- ✓ **(n)** : Pression nominale.

Donc : $0.1 = 0.5 \times \frac{\Delta H}{10} = 2 \text{ mce}$

Alors, selon la règle de Christiansen 10% :

- ✓ $\Delta H_{\text{linéaire}} = 1.8 \text{ m}$
- ✓ $\Delta H_{\text{singulières}} = 0.2 \text{ m}$
- ✓ $\Delta H_{\text{rampes}} = 2/3 * 1.8 = 1.2 \text{ m}$
- ✓ $\Delta H_{\text{porte rampe}} = 1/3 * 1.8 = 0.6 \text{ m}$

VII-2-3) Dimensionnement des canalisations du réseau :

Le matériau le plus couramment utilisé pour la fabrication des rampes et des portes-rampes est le polyéthylène, qu'il s'agisse de polyéthylène basse densité (PEBD) ou haute densité (PEHD), en raison de leurs qualités mécaniques appropriées. Ces matériaux thermoplastiques assurent une résistance à une pression nominale comprise entre 4 et 6 bars, ce qui correspond aux normes de performance et de sécurité requises pour ce type d'installation.

a. Les rampes :

Les rampes d'irrigation sont le plus souvent réalisées en polyéthylène basse densité (PEBD), un matériau apprécié pour sa souplesse et sa résistance à la pression, particulièrement adaptée aux exigences de ce type d'installation. Toutefois, certaines installations spécifiques peuvent recourir à du polychlorure de vinyle rigide (PVC), notamment pour des conduites de faible diamètre. Le dimensionnement des rampes, en particulier le choix du diamètre, est déterminé à l'aide de la formule présentée ci-après, en tenant compte des exigences hydrauliques et des pertes de charge admissibles dans le système.

$$\Phi_r (\text{cal}) = \left[\frac{P_{dcr} \times 2.75}{0.478 \times Q_r^{1.75} \times L_r} \right]^{-1/4.75}$$

Tel que :

- ✓ **P dcr** : Perte de charge dans la rampe ;
- ✓ **Qr** : Débit de la rampe en l/h ;
- ✓ **Lr** : Longueur de la rampe en m, pour notre cas **Lr = 80**
- ✓ **Φr(cal)** : Diamètre de rampes.

- **Le nombre d'arbres par rampe :**

$$N_{\text{arbres}} = \frac{Lr}{Ea}$$

$$N_{\text{arbres}} = \frac{60}{5}$$

$$N_{\text{arbres}} = 12 \text{ arbres}$$

- **Nombre de goutteurs par rampe :**

$$N_g = N_{\text{arbres}} \times n$$

$$N_g = 12 \times 2$$

$$N_g = 24 \text{ goutteurs}$$

- **Débit de la rampe :**

$$Q_r = N_g \times Q_g$$

$$Q_r = 32 \times 4$$

$$Q_r = 96 \text{ l/h}$$

- **Diamètre de la rampe :**

$$\Phi_r (\text{cal}) = \left[\frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 96 \times 1.75 \times 80} \right]^{-1/4.75}$$

$$\Phi_r (\text{cal}) = 8.47 \text{ mm} ; \quad \text{alors on prend : } DN = 16 \text{ mm}$$

- **Vérification des pertes de charge :**

Une fois le diamètre intérieur de la canalisation déterminé soit $D = 16 \text{ mm}$ dans notre cas, il devient possible de poursuivre le dimensionnement du système, il est nécessaire de recalculer les pertes de charge pour chaque tronçon du réseau. Ces pertes de charge sont calculées à l'aide de la relation empirique de Hazen-Williams, qui permet d'estimer les pertes de pression provoquées par les frottements dans les conduites en régime d'écoulement permanent. Cette démarche permet de s'assurer que les dimensions retenues garantissent un fonctionnement hydraulique optimal du système.

$$\Delta H_{\text{rampe}} = \left(\frac{3.592}{CHW} \right)^{1.852} \frac{L}{D^{4.87}} (Q)^{1.852}$$

Tel que :

- ✓ **L** : longueur de la conduite en (m). $L = 80 \text{ m}$
- ✓ **Q** : débit en (m^3/s). $Q = 96 \text{ l/h} = 2.67 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ **ΔH** : Pertes de charge en (m).
- ✓ **Chw** : coefficient de Hazen-Williams 140.

$$\text{Donc : } \Delta H_{\text{rampe}} = \left(\frac{3.592}{140} \right)^{1.852} \frac{80}{(0.016)^{4.87}} (2.67 \times 10^{-5})^{1.852}$$

$$\Delta H_{\text{rampe}} = 0.17 \text{ m} < 1.2 \text{ m}$$

La perte de charge calculée reste inférieure à 1,2 mCE, valeur correspondant à la hauteur manométrique maximale admissible, ce qui confirme la validité du dimensionnement hydraulique. Par ailleurs, elle respecte la limite imposée par la règle de Christiansen, assurant une distribution uniforme de l'eau et une performance hydraulique optimale du réseau.

b. Les porte-rampes :

Les porte-rampes sont les conduites secondaires qui assurent l'alimentation en eau des rampes d'irrigation. Elles sont généralement réalisées en polyéthylène haute densité (PEHD), en raison de sa résistance à la pression et aux conditions extérieures. Le diamètre intérieur des porte-rampes est déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$N \quad \Phi_r (\text{cal}) = \left[\frac{P_{\text{dpcr}} \times 2.75}{0.478 \times Q_{\text{pr}}^{1.75} \times L_{\text{pr}}} \right]^{-1/4.75}$$

Avec :

- ✓ **P dpcr** : Perte de charge dans la porte-rampe (0.6m)
- ✓ **Qpr** : Débit de la porte-rampe en l/h
- ✓ **Lpr** : Longueur de la porte-rampe en m
- ✓ **Φpr(cal)** : Diamètre de porte rampe

Pour réduire les pertes de charge dans le réseau, la longueur initiale de la porte-rampe a été réduite de moitié, fixée à **Lpr = 150 m**. Cette configuration nécessite l'installation de deux porte-rampes disposées symétriquement, afin d'assurer une alimentation équilibrée et d'optimiser le rendement hydraulique du système.

• Le nombre de rampes :

$$N_r = \frac{L_{\text{pr}}}{E_r}$$

$$N_r = \frac{150}{5}$$

$$N_r = 30 \text{ rampes}$$

• Débit de la porte rampe :

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

$$Q_{\text{pr}} = 96 \times 30$$

$$Q_{\text{pr}} = 2880 \text{ l/h}$$

• Diamètre de la porte rampe :

$$\Phi_r (\text{cal}) = \left[\frac{P_{\text{dpcr}} \times 2.75}{0.478 \times Q_{\text{pr}}^{1.75} \times L_{\text{pr}}} \right]^{-1/4.75}$$

$$\Phi_r (\text{cal}) = \left[\frac{0.6 \times 2.75}{0.478 \times (2880)^{1.75} \times 150} \right]^{-1/4.75}$$

$$\Phi_r (\text{cal}) = 41.63 \text{ mm}$$

On prend : DN = 50mm

- **Vérification des pertes de charges :**

Les pertes de charge sont calculées selon la formule de Hazen-williams comme suit :

$$\Delta H_{\text{rampe}} = \left(\frac{3.592}{\text{CHW}} \right)^{1.852} \frac{L}{D^{4.87}} (Q)^{1.852}$$

Tel que :

- ✓ $C_w = 140$
- ✓ $L = 150\text{m}$
- ✓ $D = 0.050\text{m}$
- ✓ $Q = 8 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$

Donc :

$$\Delta H_{\text{rampe}} = \left(\frac{3.592}{140} \right)^{1.852} \frac{150}{(0.05)^{4.87}} (8 \times 10^{-4})^{1.852}$$

$$\Delta H_{\text{rampe}} = 0.6$$

Donc : c'est vérifié.

La perte de charge cumulée au niveau des rampes et des porte-rampes est :

$\Delta H_{\text{rampe}} + \Delta H_{\text{porte-rampe}} = 0,77 \text{ m}$, ce qui reste inférieur à la limite de 1,8 m fixée par la règle de Christiansen. Cela confirme que le dimensionnement hydraulique respecte les normes de conception recommandées, assurant une distribution uniforme de l'eau.

c. la conduite tertiaire :

$$Q_{\text{ct}} = Q_{\text{pr}} \times N_{\text{pr}}$$

$$Q_{\text{ct}} = 2880 \times 2$$

$$Q_{\text{ct}} = 5760 \text{ l/h}$$

- **Diamètre de la conduite tertiaire :**

Pour dimensionner la conduite tertiaire, il convient de fixer une vitesse d'écoulement optimale, généralement établie autour de **1,5 m/s**. Cette valeur offre un bon équilibre entre performance hydraulique et minimisation des pertes de charge. Le diamètre peut ensuite être déterminé à l'aide de la formule suivante :

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

Avec :

- ✓ **Q** : Débit de la conduite considérée (m³/s) ; $Q = 1.6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ **V** : Vitesse d'écoulement (m/s)

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1.6 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}}$$

D = 36.85 mm ; donc ; on prend **DN = 50 mm**

- ✓ Culture : Olivier.
- ✓ Débit : $1.6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Vitesse supposée : 1.5 m/s
- ✓ Diamètre calculé : 36.85 mm
- ✓ Diamètre normalisé : 50 mm
- ✓ Longueur : 50m
- ✓ Vitesse calculé : 1.13m/s
- ✓ ΔH :0.65

• **Bilan des calculs et validation des pressions au point de distribution:**

Tableau VII-1: Calcul récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution.

Conduite	Rampe	Porte Rampe	Conduite tertiaire
Longueur(m)	80	150	50
Diamètre (mm)	16	50	50
Débit (m³ /s)	96	2880	$1.6 \cdot 10^{-3}$
Pertes de charges (m)	0.17	0.6	0.65

La pression d'eau à fournir par la borne de distribution doit être suffisante pour compenser à la fois la pression nominale exigée au niveau des goutteurs (fixée à 10 mCE) et l'ensemble des pertes de charge survenant entre la borne et le goutteur le plus défavorable (le plus éloigné ou situé à une altitude plus élevée).

À partir des données du tableau, il est possible de déterminer la perte de charge totale sur ce parcours. Ainsi, la pression minimale nécessaire à la borne est obtenue en additionnant la pression nominale aux pertes de charge totales du cheminement.

$$P \text{ (m)} = 10 + 0.17 + 0.6 + 0.65 = \mathbf{11.42m}$$

Les pertes de charge cumulées, ainsi que la pression calculée à la borne, sont estimées à environ 1,142bar, ce qui est suffisant pour assurer le bon fonctionnement du système de goutte à goutte dans la parcelle concernée avec une pression de 1.550bars.

VII-3) Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion (Enrouleur) :

Lorsque l'agriculteur a déterminé les besoins des cultures nécessaires qu'ils prévoient d'arroser, il doit choisir le modèle d'enrouleur qui lui convient.

Les premiers éléments à prendre en compte pour ce choix sont :

- ✓ le débit à assurer (débit d'équipement);
- ✓ la longueur nécessaire du flexible en polyéthylène, compte tenu du parcellaire;
- ✓ la pression disponible ou nécessaire pour alimenter l'appareil.

Le type d'enrouleur convenant sera défini par le diamètre et la longueur du flexible de polyéthylène.

Le dimensionnement d'un système d'irrigation aspersion nécessite d'abord la détermination de plusieurs paramètres essentiels à sa mise en œuvre :

- **Choix de la culture** : Blé ;
- **Temps de travail** : 16 heures par jour et 25 jours par mois ;
- **Besoins en eau** : 84.32 mm pour le mois de juin;
- **Type du sol** : argileux-limoneux ;
- **Perméabilité du sol** : 7 mm/h.
- **Choix de l'ilot**: L'ilot sélectionné pour l'irrigation par enrouleur est l'ilot n°10, dont la superficie totale est de 15 hectares. L'installation concerne une sous-parcelle rectangulaire de 10 hectares, mesurant (longueur) 400mètres sur (largeur) 250 mètres. Cette parcelle est alimentée par la borne n°12, qui fournit une pression de 5.578bar, suffisante pour assurer le bon fonctionnement du l'enrouleur.

a)-Déterminer le débit d'équipement (Q en m³/h) nécessaire sur l'exploitation :

1) on détermine le débit avec la formule suivante :

$$Q \text{ (en m}^3\text{/h)} = \frac{\text{Surface à irriguer en ha} \times \text{dose en mm} \times 10}{\text{Rotation en jour} \times \text{durée de service en h/j}}$$

$$Q \text{ (en m}^3\text{/h)} = \frac{10.1 \times 84.34 \times 10}{16 \times 25}$$

$$Q \text{ (en m}^3\text{/h)} = 21.30 \text{ m}^3\text{/h}$$

2) ou bien on utilise l'abaque :

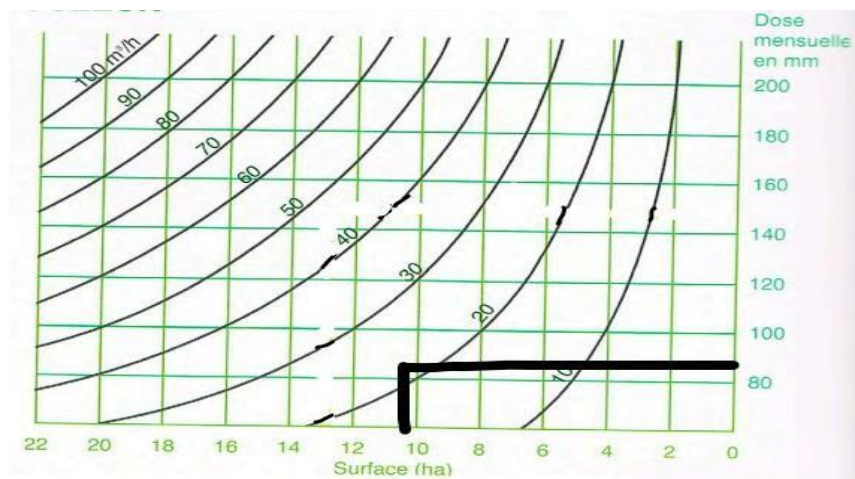


Figure VII-1: Abaque déterministe du débit de l'enrouleur.

b)-Déterminer la catégorie d'enrouleur :

Selon les tableaux et les abaques on détermine les caractéristiques suivantes :

- **Diamètre du Polyéthylène :**

$$D = 110 \text{ mm}$$

- **Diamètre de la buse de canon :**

$$D = 17.8 \text{ mm}$$

- **La pression en bars au niveau du canon :**

$$P = 4 \text{ bars}$$

- **La longueur de flexible en Polyéthylène :** déterminer selon son diamètre.

$$L = 300 \text{ à } 400 \text{ m}$$

- ✓ Pour notre cas : **L=400 m** selon la longueur de notre parcelle.

Tableau VII-2: Tableau synthétique des catégories d'enrouleurs.

Diamètre du Polyéthylène	44 et 50	55 et 63	75 et 82	90 et 100	110	120 et 125	140
Débit en m ³ /h	5 à 15	8 à 25	12 à 45	20 à 70	33 à 90	33 à 120	40 à 125
Pression en bars entrée de l'appareil	5 à 8	5 à 8	5 à 10	5 à 11	5 à 11	5 à 11	5 à 11

Tableau VII-3 : La longueur de flexible en fonction de diamètre.

Diamètre (mm)	Longueurs les plus courantes (m)
50	150 à 230 m
63	180 à 280 m
70	180 à 300 m
75	230 à 320 m
82	250 à 350 m
90	250 à 400 m
100	300 à 400 m

Tableau VII- 4: Débit et choix des canalisations

Tuyaux PVC 16 bars à joints		Tuyaux Aluminium	
Débits	Diamètre intérieur/ extérieur	Débits	Diamètre
10 m ³ /h	76,6/90	10 m ³ /h	3 pouces
15 m ³ /h	76,6/90	15 m ³ /h	3 pouces
20 m ³ /h	93,8/110	20 m ³ /h	3 ou 4 pouces
25 m ³ /h	93,8/110	25 m ³ /h	3 ou 4 pouces
30 m ³ /h	93,8/110	30 m ³ /h	4 pouces
35 m ³ /h	117,4/125	35 m ³ /h	4 ou 5 pouces
40 m ³ /h	117,4/125	40 m ³ /h	4 ou 5 pouces
45 m ³ /h	117,4/125	45 m ³ /h	5 pouces
50 m ³ /h	121,4/140	50 m ³ /h	5 pouces

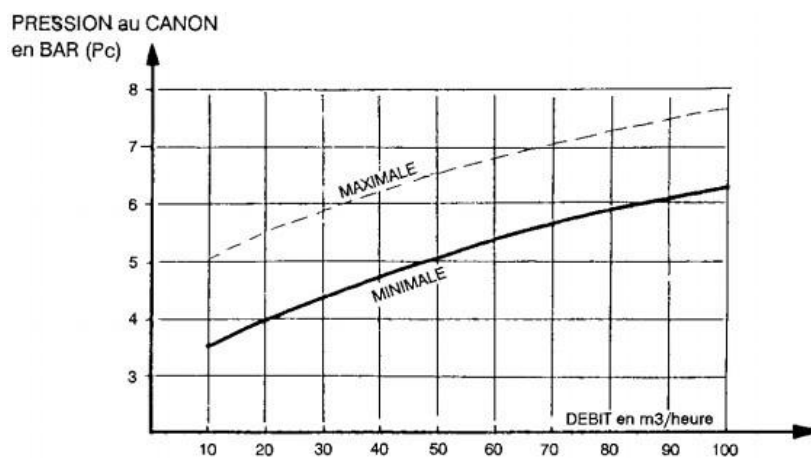


Figure VII-2: Pression d'eau au canon de l'enrouleur selon le débit.

c) Calcule de la dose apportée (D) :

Le type de sol est argileux-limoneux selon le tableau suivant la dose est :

$$D = 30 \text{ mm}$$

Tableau VII-5 : Dose apportée, fréquence de retour de l'enrouleur selon la nature du sol

	Dose apportée par passage	Fréquence de retour
● Sols à faible réserve, peu profonds	20 à 25 mm	4 à 5 jours
● Sols à réserve et profondeur exploitables moyennes	30 à 40 mm	6 à 8 jours
● Sols profonds à bonnes réserves	45 à 60 mm	9 à 12 jours

d) Définir l'espacement entre passage :

Il doit être choisi en fonction :

- de la portée du canon (P_m) annoncée par le constructeur (abaque)
- de l'importance du vent dans la région.
 - ✓ Région sans vent : $1,60 \times P_m$
 - ✓ Vent gênant parfois : $1,45 \times P_m$
 - ✓ Vent gênant souvent : $1,35 \times P_m$
 - ✓

Tableau VII-6: Largeur de la bande irriguée par l'enrouleur selon la vitesse du vent.

Importance du VENT	Largeur de bande conseillée l (m)
Jusqu'à 10 km/h (Échelle Beaufort 2 - légère brise : les feuilles frémissent)	$1,6 \times p^*$
Jusqu'à 20 km/h (Echelle Beaufort 3 - petite brise : feuilles et petites branches constamment agitées)	$1,5 \times p^*$
Jusqu'à 30 km/h (Echelle Beaufort 4 - jolie brise : le vent soulève la poussière et les feuilles de papier)	$1,4 \times p^*$
Au delà de 30 km/h	arrêt d'arrosage

La distance entre 2 passages de l'enrouleur détermine une bonne couverture de la culture.

Dans notre cas la région est sans vent, donc on prend : $1,60 \times P_m$

- **Déterminer P_m** : c'est la portée du jet, il existe 2 méthodes :

1. On utilise l'abaque :

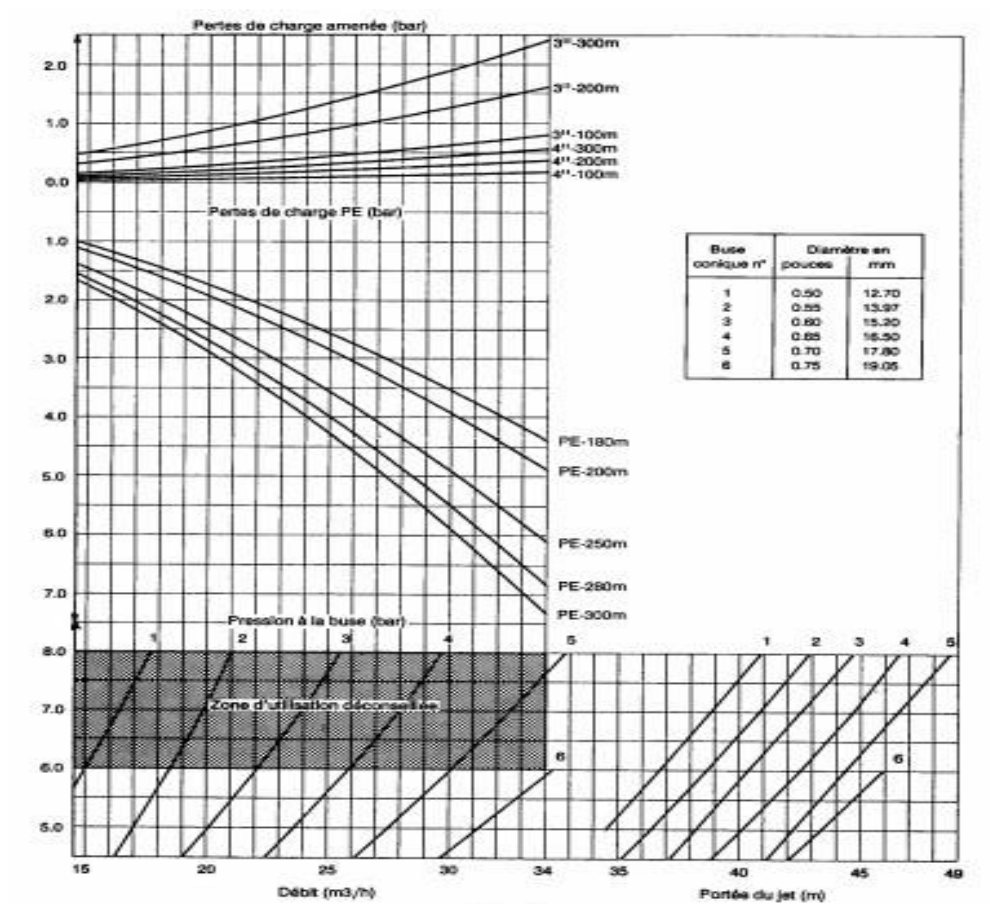


Figure VII-3: Abaque servant au dimensionnement d'un enrouleur.

2. Ou bien on déduit la valeur de P_m directement de tableau en fonction de débit et la pression et le diamètre de la buse :

Tableau VII-7: Tableau de Pm en fonction des caractéristiques de l'enrouleur

Pression en bar	4,5		5		5,5		6	
Diamètre buse	Q m ³ /h	P m	Q m ³ /h	P m	Q m ³ /h	P m	Q m ³ /h	P m
16	18.7	36	20.8	38.5	21.8	39.5	22.8	40.5
17	22.4	39	23.6	40.0	24.7	41	25.9	42
18	25.3	40	26.6	41.5	28	42.5	29.3	44
19	28.7	41.5	30.3	43	31.8	44	33.2	45,5
20	32.3	43	34.1	44	35.7	45.5	37.4	46.5
21	36.5	44	38.5	45,5	40.3	47	42.2	48
22	39.9	45	43	46.5	44.2	48	46	49
23	44.3	46.5	46.7	48	49	49.5	51.2	50.5
24	48.5	48	51.2	49.5	53.8	51.5	56.2	52.5

$P_m = 39 \text{ m}$; donc ; $E = 56.55 \text{ m}$

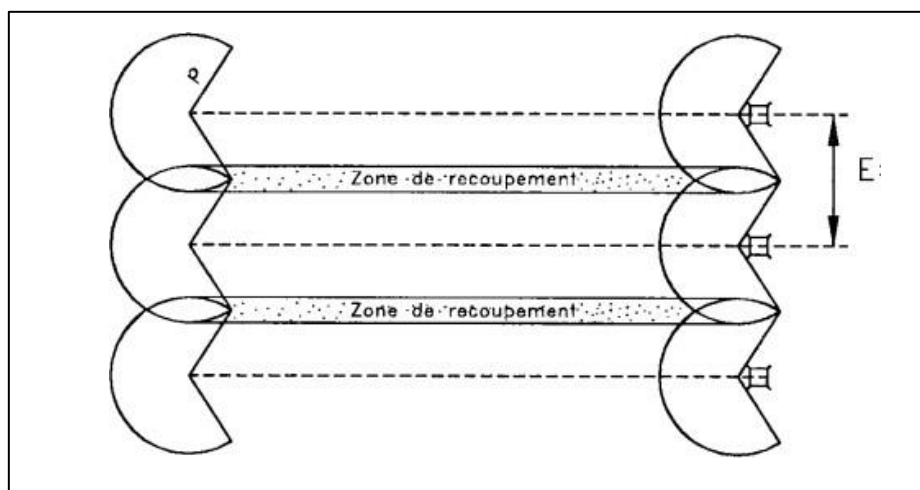


Figure VII-4: La distance entre deux passages d'enrouleur.

e) Calculer et contrôler la vitesse d'avancement (V) :

En fonction de la dose d'eau (D) que l'irrigant a choisi d'apporter, la vitesse d'avancement (V) est déterminée par la formule :

$$V_{m/h} = \frac{1000 Q}{D \times E}$$

$$V_{m/h} = \frac{1000 \times 21.30}{30 \times 56.55}$$

$$V_{m/h} = 12.55 \text{ m/h}$$

f) Contrôle de la dose apportée (D) :

Le contrôle avec seulement 1 ou 2 pluviomètres est intéressant mais peu précis. Il est plus juste de calculer la dose par la relation suivante :

$$D_{mm} = \frac{1000 \times Q}{V \times E}$$

$$D_{mm} = \frac{1000 \times 21.30}{12.55 \times 56.55}$$

$$D_{mm} = 30.01 \text{ mm}$$

g) Déterminer la pression nécessaire à l'entrée de l'enrouleur :

Pour dispenser un arrosage de qualité satisfaisante, le canon doit fonctionner à une pression suffisante, d'autant plus élevée que le débit transité est important. Si la pression est trop forte, il y a risque de brumisation, avec diminution de la portée, augmentation de la prise au vent et risque de pertes par embruns.

Pour cela il faut prendre en considération cette condition :

Pression à la borne > pression à l'entrée de l'enrouleur

Pour cela il faut déterminer :

- La pression nécessaire au canon (PC)
- La perte de charge dans le flexible de polyéthylène (J1) La perte de charge dans l'enrouleur (J2)

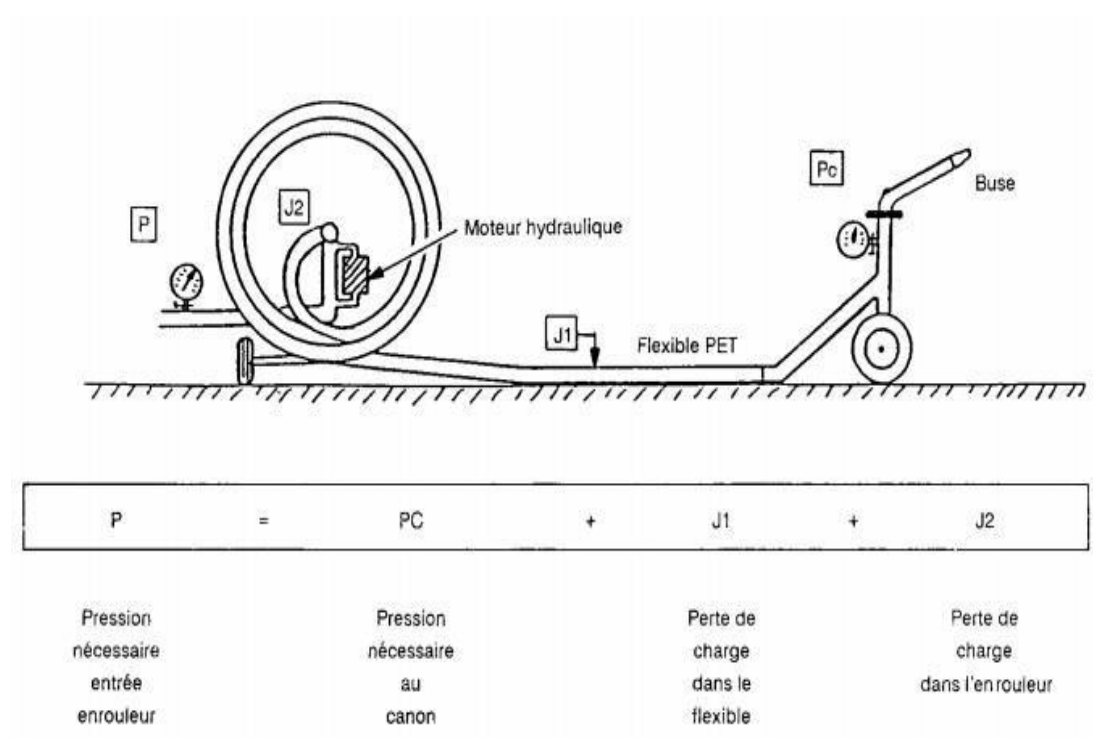


Figure VII-5 : Calcul de la pression d'eau nécessaire à l'entrée de l'enrouleur.

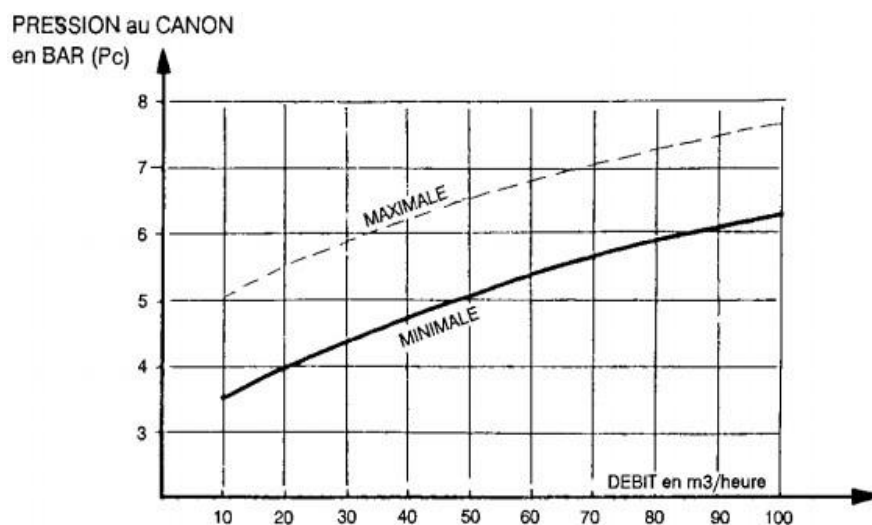
1. La détermination de la pression nécessaire au canon (PC) :

Figure VII-6: Pression d'eau nécessaire à la sortie du canon selon le débit d'arrivée.

Donc : la pression nécessaire au canon est **4bars**.

2. La perte de charge dans le flexible de polyéthylène (J1) :

D'après l'abaque suivant : La perte de charge **J1**= 0.1

Et la longueur de flexible est 400m

Donc : **J1**= $0.1 \times 4 = 0.4$ bars.

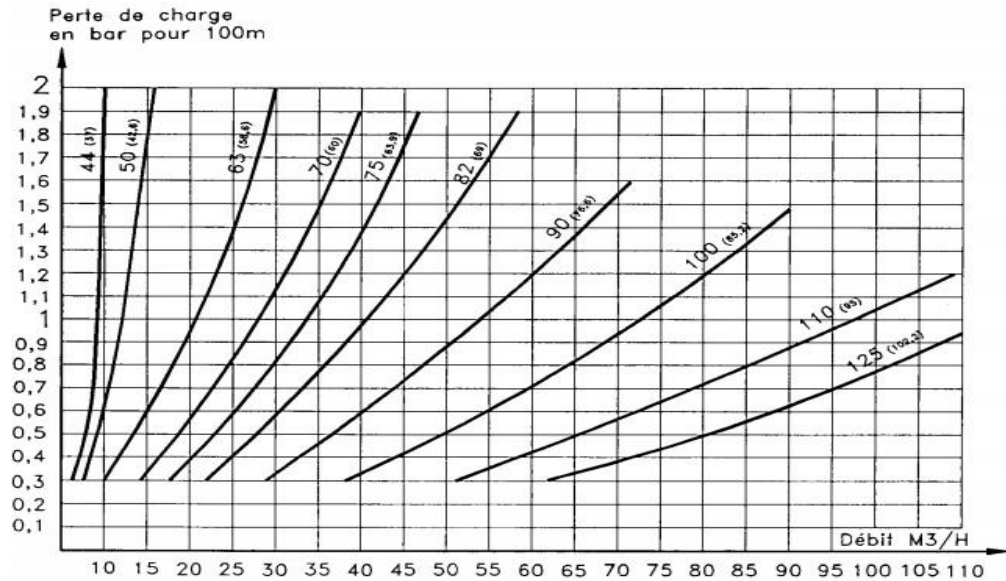


Figure VII-7: Pertes de charge dans le flexible polyéthylène de l'enrouleur.

3. La perte de charge dans l'enrouleur (J2) :

On peut estimer la perte de charge minimum dans l'ensemble mécanique de l'enrouleur (flexible de raccordement, moteur hydraulique et divers), tube de polyéthylène exclu, à :

- 0.5 bar pour les enrouleurs à vérin
- 1 bar pour les enrouleurs à turbine

Pour notre cas, on a un enrouleur à turbine

Donc : **J2 = 1 bar.**

Selon cette équation : **$P = PC + J1 + J2$**

$$P = 4 + 0.4 + 1$$

$$P = 5.4 \text{ bars}$$

Avec :

- ✓ **P** : Pression nécessaire l'entrée de l'enrouleur
- ✓ **PC** : La pression nécessaire au canon
- ✓ **J1** : La perte de charge dans le flexible de polyéthylène
- ✓ **J2** : La perte de charge dans l'enrouleur

- **Caractéristiques de la borne :**

- ✓ **Diamètre** : 100 mm
- ✓ **Pression** : 5.578 bars

Pression à la borne > pression à l'entrée de l'enrouleur

Donc : la condition est **vérifiée** car 5.578 bars supérieure au 5.4 bars.

VII-3-1) Contrôle de l'enrouleur :

a. Contrôle de vitesse d'avancement :

Mesurer l'avancement d'une marque faite sur le PET pendant une durée de 6 minutes : en multipliant le chiffre obtenu par 10, on obtient directement la vitesse en mètres/heure.

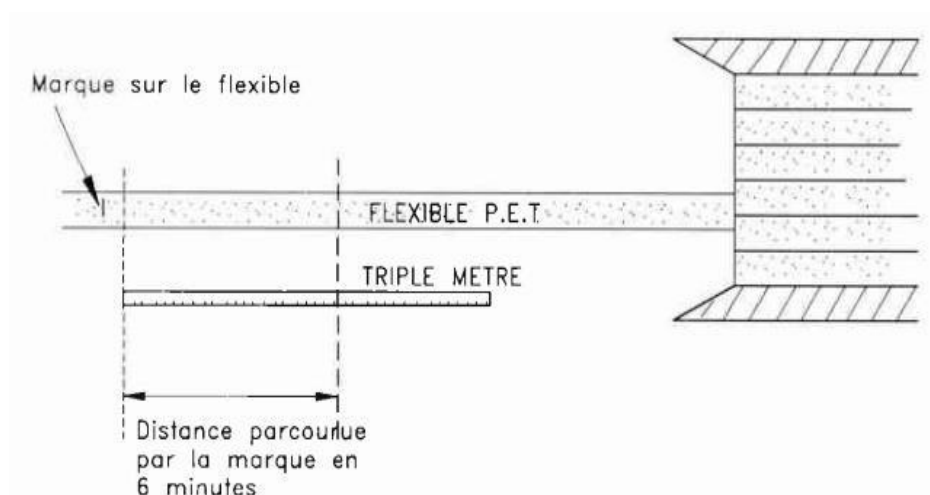


Figure VII-8: Marquage du flexible pour contrôler la vitesse d'avancement du canon.

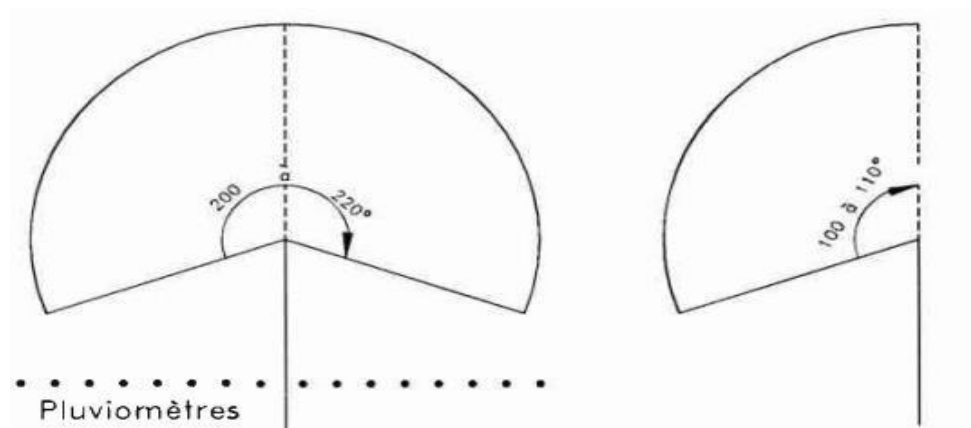


Figure VII-9: Angles du secteur arrosé correspondant à un bon réglage du canon

b. Le réglage du canon de l'enrouleur :

Autre le choix de la buse lié au débit souhaité et à une pression de fonctionnement convenable, l'irrigant doit effectuer les contrôles suivants

Mesurer la portée du jet de part et d'autre du secteur arrosé (on peut se repérer au nombre de rangs arrosés) retenir la moyenne de plusieurs mesures successives. Le secteur arrosé doit couvrir un angle de 200° à 240°; noter ensuite si le secteur semble trop ouvert (moins de 200°) ou trop fermé (plus de 240°); noter ensuite si le secteur paraît symétrique ou non par rapport à axe d'avancement. Le temps de balayage total du secteur arrosé doit être voisin de la minute.

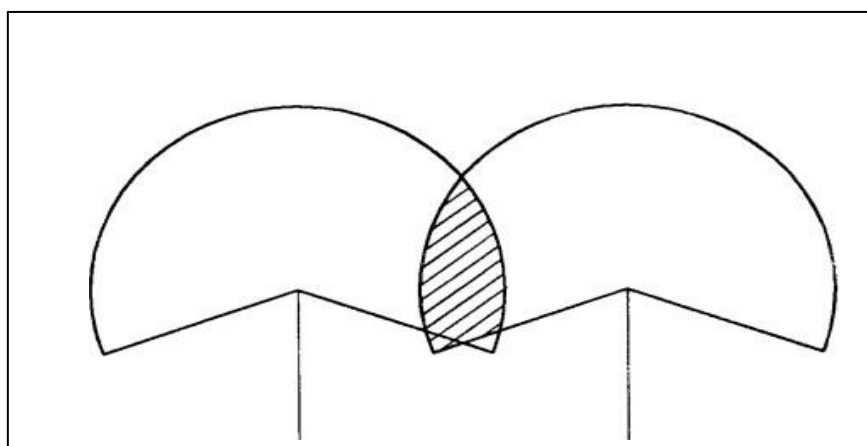


Figure VII -10: Le recouvrement de zones arrosées garantit le meilleur arrosage.

VII-4) Conclusion :

Dans cette étude, nous avons dimensionné deux systèmes d'irrigation en fonction des cultures et des caractéristiques des parcelles concernées. Le système goutte-à-goutte a été retenu pour une plantation d'oliviers, en tenant compte des besoins agronomiques de cette culture et des exigences hydrauliques du réseau, avec pour objectif de maintenir une pression minimale de 10 mce au niveau du goutteur le plus éloigné. Pour la culture du blé tendre, nous avons opté pour un enrouleur d'irrigation, adapté à l'îlot disposant d'une pression disponible de 6 bars, permettant ainsi une irrigation efficace sous haute pression. Chaque système a été soigneusement dimensionné pour assurer un fonctionnement optimal, une distribution uniforme de l'eau et une gestion raisonnée de la ressource. Cette approche permet de répondre aux besoins spécifiques de chaque culture tout en garantissant la performance globale de l'irrigation.

Chapitre VIII : Analyse technico-économique

Chapitre VIII : analyse technico - économique

VIII-1) Introduction :

Ce chapitre a pour objectif d'évaluer le coût prévisionnel de mise en œuvre du projet d'irrigation, exclusivement basé sur un système d'irrigation localisée de type goutte-à-goutte. Cette évaluation repose sur l'analyse détaillée des quantités de matériaux nécessaires ainsi que des différentes interventions à réaliser sur le terrain.

L'estimation s'appuie sur un devis quantitatif et estimatif, permettant de déterminer avec précision les besoins en équipements et en main-d'œuvre. Dans le cadre de notre projet, les travaux concernés se limitent aux éléments suivants :

- Le réseau de distribution ;
- Le réseau d'irrigation goutte à goutte (tuyauterie, émetteurs, accessoires, etc.).

VIII -2) Devis du réseau de distribution et la conduite principale :

Le récapitulatif quantitatif de l'ensemble des pièces est présenté dans le tableau ci-après :

Tableau VIII-1 : Cout des canalisations du réseau adduction et distribution

Conduites	Type de conduites	unité de mesure	Longueur (m)	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Ø 1000	FONTE	ml	1349.23	39613.94	53448316.27
Ø 800	FONTE	ml	670.23	22831.78	15302543.91
Ø 400	PEHD	ml	170.23	13521.23	2301718.98
Ø 315	PEHD	ml	471.24	11467	5403709.08
Ø 250	PEHD	ml	50.86	7208	366598.88
Ø 200	PEHD	ml	27.34	4638	126802.92
Ø 160	PEHD	ml	32 .48	2968	96400.64
Ø 110	PEHD	ml	53.11	1471	78124.81
Total(DA)					77124215.49

VIII-3) Devis estimatif des équipements:

Tableau VIII-2 : Estimation totale des équipements hydrotechniques.

Désignation	Montant (DA)
Vannes	150000
Ventouses	2000
Bornes Type A	1045000
Bornes Type B	750000
Coudes	4000
Total (DA)	1951000 DA

VIII-4) Calcul des volumes des terrassements :

- **La profondeur du tranché :**

$$H_{tr} = e + D + h$$

Avec :

- ✓ H_{tr} : 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 (m).

- **la largeur du tranché :**

$$B = d + (0.5 \div 1.2)$$

Avec :

- ✓ B : Largeur de la tranchée (m) ;
- ✓ D : Diamètre de la conduite (m).

- **Section de la tranchée :**

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

Avec :

- ✓ H_{tr} : Profondeur total de la tranchée (m) ;
- ✓ B : Largeur du fond de la tranchée (m)

VIII-4-1) Calcul de décapage des terres végétales :

Avant le creusement des tranchées, une décape superficielle de la terre végétale doit être réalisée afin de préserver les sols fertiles et d'éviter leur contamination par les déblais. Le volume de la couche à décapier est estimé comme suit :

$$V = B.h.L \text{ (m}^3\text{)}$$

Avec :

- ✓ B : largeur de la couche végétale (m) ;
- ✓ h : hauteur de la couche ($h=0.1\text{m}$) ;
- ✓ L : longueur totale des tranchées (m).

Le tableau ci-dessous présente un résumé des résultats.

Tableau VIII -3: Calcul du volume de décapage.

Conduites	Longueur (m)	largeur d'une tranchée b (m)	Volume de décapage (m ³)
Ø 1000	1349.23	1.6	215.88
Ø 800	670.23	1.4	93.83
Ø 400	170.23	1	17.23
Ø 315	471.24	0.915	43.12
Ø 250	50.86	0.85	4.37
Ø 200	27.34	0.8	2.19
Ø 160	32.48	0.76	24.68
Ø 110	53.11	0.71	3.77
Total			405.07 m³

VIII-4-2- Estimation du volume de déblai :

• Volume du déblai :

Le volume de terre à déblayer est déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$Vd = Str \times L = (B \times Htr) \times L$$

- ✓ 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 tableau suivant regroupe les résultats obtenus pour le calcul du volume de déblai associé à la mise en place du réseau.

Tableau VIII-4 : Calcul du volume du déblai

Conduites (mm)	Diamètre de la conduite (m)	Longueur (m)	Profondeur du tranché Htr	Largeur de la tranchée b (m)	Volume du déblai (m ³)
Ø 1000	1	1349.23	1.95	1.6	4209.60
Ø 800	0.8	670.23	1.65	1.35	1492.94
Ø 400	0.4	170.23	1.35	1	229.81
Ø 315	0.315	471.24	1.265	0.915	545.45
Ø 250	0.25	50.86	1.2	0.85	51.88
Ø 200	0.2	27.34	1.15	0.8	25.15
Ø 160	0.16	32.48	1.11	0.76	27.40
Ø 110	0.11	53.11	1.06	0.71	39.97
Total					6622.2 m³

VIII-4-3) Estimation du volume de lit de sable:

Le volume du lit de sable est déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$V = e \times b \times L$$

Avec :

- ✓ V : volume du lit de Sable ;
- ✓ e : épaisseur du lit de sable, pour notre cas e= 15cm ;
- ✓ L : longueur de la conduite (m).

Les résultats du calcul du volume du lit de sable destiné au réseau de distribution est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau VIII-5: Calcul du volume du lit de sable.

Conduites (mm)	Longueur (m)	e (m)	Largueur de la tranchée b (m)	Volume du lit de sable (m ³)
Ø 1000	1349.23	0.15	1.6	323.82
Ø 800	670.23	0.15	1.35	135.72
Ø 400	170.23	0.15	1	25.53
Ø 315	471.24	0.15	0.915	64.68
Ø 250	50.86	0.15	0.85	6.48
Ø 200	27.34	0.15	0.8	3.28
Ø 160	32.48	0.15	0.76	3.70
Ø 110	53.11	0.15	0.71	5.66
Total				568.87 m³

VIII-4-4) Estimation du volume de remblai:

Le volume de remblai est déterminé en soustrayant du volume total de déblai les volumes occupés par la conduite et le lit de pose en sable. Il correspond ainsi à la quantité de matériau requise pour combler la tranchée après l'installation de la canalisation.

$$Vr = Vd - (V + VS)$$

Avec :

- ✓ Vr : Volume du remblai compacté (m³) ;
- ✓ Vd : Volume du déblai (m³) ;
- ✓ Vs : Volume du sable ;
- ✓ V : Volume occupé par la conduite (m³) $V = L \times \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)$;
- ✓ L : Longueur de la conduite ;
- ✓ D : Diamètre de la conduite.

Tableau VIII- 6: Calcul du volume du remblai.

Conduites (mm)	Longueur (m)	Volume du lit de sable (m ³)	Volume du déblai (m ³)	volume occupé par la conduite (m ³)	Volume du remblai (m ³)
Ø 1000	1349.23	323.82	4209.60	1059.68	2826.1
Ø 800	670.23	135.72	1492.94	336.89	1020.33
Ø 400	170.23	25.53	229.81	21.39	182.89
Ø 315	471.24	64.68	545.45	36.72	444.05
Ø 250	50.86	6.48	51.88	2.50	42.9
Ø 200	27.34	3.28	25.15	0.86	21.01
Ø 160	32.48	3.70	27.40	0.65	23.05
Ø 110	53.11	5.66	39.97	0.51	33.8
Total					4594.13 m³

VIII-4-5) : Évaluation des volumes et estimation des coûts des travaux:**Tableau VIII-7 :** Estimation des volumes et les couts des travaux

Désignation des Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant(DA)
Evacuation de terres	m ³	405.07	300	121521
Déblai	m ³	6622.2	350	2317770
lit de sable	m ³	568.87	1200	682644
Remblai	m ³	4594.13	250	1148532.5

VII-5) Estimation Des équipements interne de la parcelle P14 :**Tableau VIII-8:** Évaluation des équipements internes de la parcelle

P14

	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant
les goutteurs	U	3360	38	127680
les rampes Ø16	ml	80	50	4000
Les portes rampes Ø50	ml	150	571	85650
Conduites tertiaire Ø50	ml	50	250	12500
Vanne	U	1	6800	6800
TOTAL (DA)				236630 DA

VIII -6) Estimation globale des coûts:

Tableau VIII- 9: Bilan financier global

Désignation	Montant Total (HT)
Terrassement	4270467.5
Canalisation	77124215.49
Equipement hydrotechniques	1951000
équipements interne de la parcelle P14	236630
Total (DA)	83582312.99 DA

Le coût total du projet, en tenant compte de l'ensemble des opérations financières, s'élève à environ quatre-vingt-trois millions cinq cent quatre-vingt-deux mille trois cent douze dinars algériens et quatre-vingt-dix-neuf centimes (**83 582 312,99 DA**).

VIII -6) Conclusion :

Ce chapitre a permis de présenter en détail l'ensemble des aspects techniques et financiers liés à la mise en œuvre du réseau de distribution. Les travaux de terrassement ont été étudiés à travers le calcul précis des volumes de déblai, de remblai, et du lit de sable nécessaires à l'installation des conduites. Par ailleurs, l'évaluation des coûts des matériaux, ainsi que des équipements indispensables au bon fonctionnement du système de distribution, a également été prise en compte.

L'ensemble de ces éléments a servi à estimer le coût global du projet, qui s'élève à **83 582 312,99 DA**, englobant toutes les dépenses prévues pour la réalisation complète du réseau.

Cette étude constitue ainsi une base solide pour une planification rigoureuse, garantissant une cohérence optimale entre les exigences techniques, les ressources mobilisées et les contraintes budgétaires du projet.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

L'étude portant sur l'aménagement hydro-agricole du secteur ouest du périmètre d'El Asnam, dans la wilaya de Bouira, s'inscrit dans un contexte climatique caractérisé par la semi-aridité, où la gestion de l'eau constitue un enjeu crucial pour le développement agricole. Ce travail visait à analyser, concevoir et proposer une solution technique adaptée aux besoins spécifiques de la région, afin de valoriser durablement ses ressources naturelles et d'accroître la rentabilité des exploitations agricoles.

Tout au long de ce mémoire, une démarche rigoureuse a été adoptée, reposant sur un diagnostic détaillé des caractéristiques du périmètre, incluant la nature des sols, la topographie, le climat, la disponibilité en eau, ainsi que les réalités socio-économiques locales. Cette analyse a souligné l'importance de mettre en place un système d'irrigation à la fois économique, efficace et techniquement adapté, prenant en considération l'absence d'un réseau structuré d'adduction d'eau dans cette zone.

Dans ce cadre, deux techniques d'irrigation sous pression ont été choisies pour leur pertinence et leur efficacité : l'irrigation goutte-à-goutte, qui permet de limiter les pertes hydriques grâce à une irrigation localisée et régulière des cultures, et l'irrigation par enrouleur, mieux adaptée aux grandes parcelles et offrant une flexibilité d'usage appréciable. Ces deux méthodes, complémentaires, ont été dimensionnées en fonction des besoins en eau des cultures, des caractéristiques des sols et de la configuration des parcelles, afin d'assurer une gestion optimale des ressources hydriques tout en maîtrisant les coûts d'exploitation.

L'évaluation technique et économique conduite dans cette étude a démontré que l'adoption de ces systèmes permettrait une amélioration notable de la productivité agricole, tout en garantissant une utilisation rationnelle et durable de l'eau. De plus, leur mise en œuvre contribue à renforcer la résilience de l'agriculture face aux aléas climatiques et participe à la modernisation des pratiques agricoles dans la région.

En somme, ce mémoire met en lumière les potentialités agricoles du secteur ouest du périmètre d'El Asnam et propose un modèle d'aménagement réaliste et durable, en phase avec les enjeux environnementaux, économiques et sociaux actuels. Il constitue une étape majeure vers la transformation progressive de cette zone en un espace de production performant, où innovation technique, gestion responsable des ressources et implication des acteurs locaux convergent vers un avenir agricole prometteur.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] CHAMBRE D'AGRICULTURE DE L'ARIÈGE. Maîtriser l'irrigation par enrouleur. Ariège : Chambre d'Agriculture de l'Ariège, [2012], 4 p. Sources : Chambre d'Agriculture du Tarn, Appui technique aux irrigants d'Aquitaine, Chambre d'Agriculture de Vendée.
- [2] CHAMBRES D'AGRICULTURE D'AQUITAINE. Maîtriser l'irrigation par enrouleur. Fiches techniques du réseau ATIA, [2003].
- [3] CHARTON, P., BOYER, I. et ARMAND, L., 2007. L'enrouleur : choix et utilisation. Fiche technique. Aix-en-Provence : ARDEPI, 4 p.
- [4] FAO. Calcul des besoins en eau des cultures. Bulletin n°30. Rome : FAO, p. 40.
- [5] FAO. Cropwat 8.0 : Logiciel pour le calcul de l'évapotranspiration. Rome : FAO.
- [6] Hyfran : logiciel pour l'ajustement à la loi normale.
- [7] MESSAHEL, M., 1988. Irrigation au goutte à goutte : Régime d'irrigation. Alger : Office des Publications Universitaires, p. 102.
- [8] OFFICE NATIONAL DE LA MÉTÉOROLOGIE (ONM). Données climatiques. Algérie.
- [9] Réseau : La Main à la Pâte pour l'Irrigation. Canon enrouleur : Relecture de type d'irrigation par aspersion, la plus utilisée en Belgique [pdf]. Belgique, 2 p.
- [10] RIEUL, L., 1992. Irrigation. Montpellier : Cemagref Éditions, Collection Guide pratique du CEMAGREF, 300 p. ISBN 2-85362-287-8 ; 2-85557-0042.
- [11] TIERCELIN, Jean-Robert, 1998. Traité de l'irrigation. Paris: Technique et Documentation, p. 100.

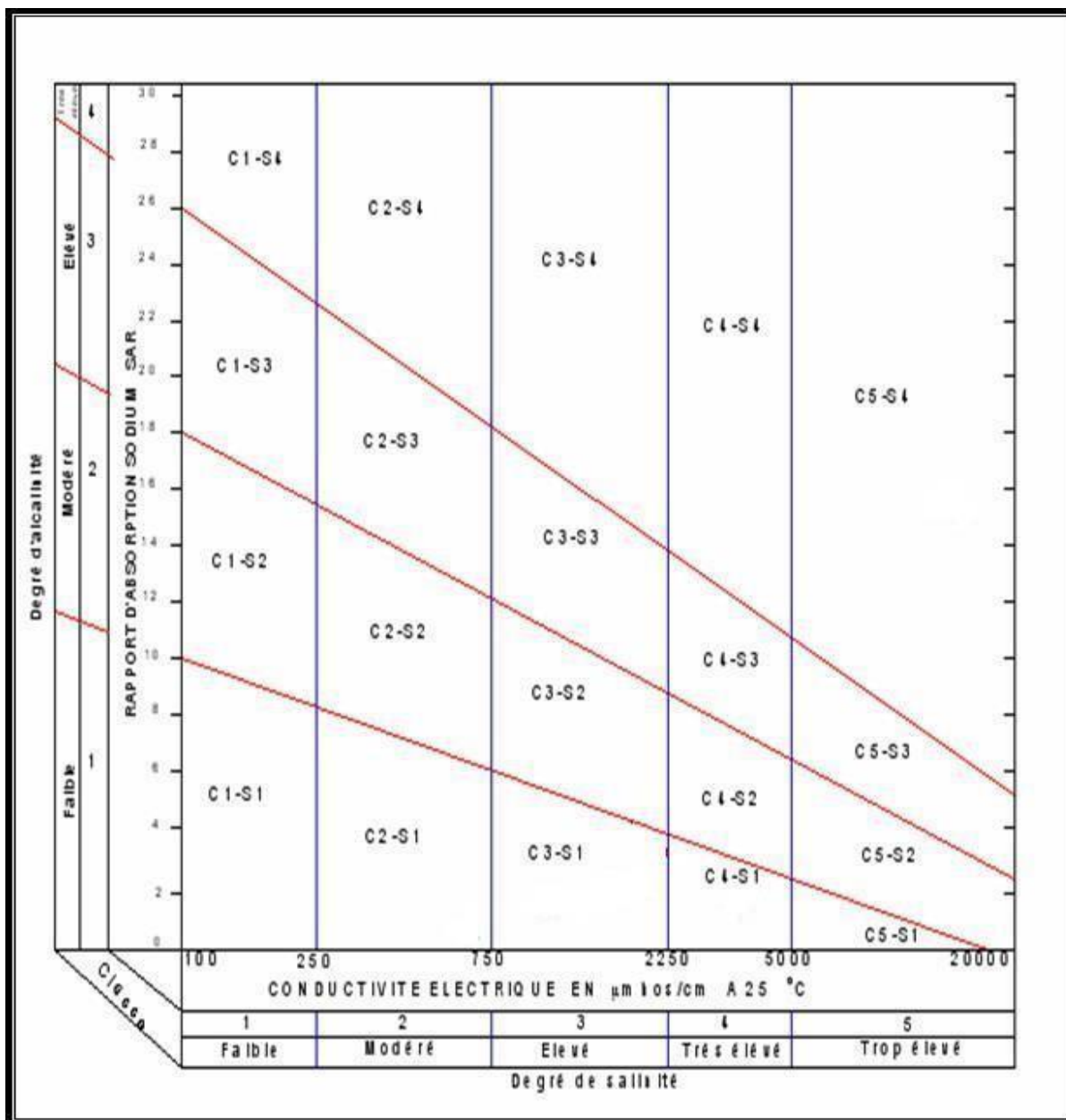


Annexes



Annexes

Annexe A : Diagramme de classification des eaux d'irrigation



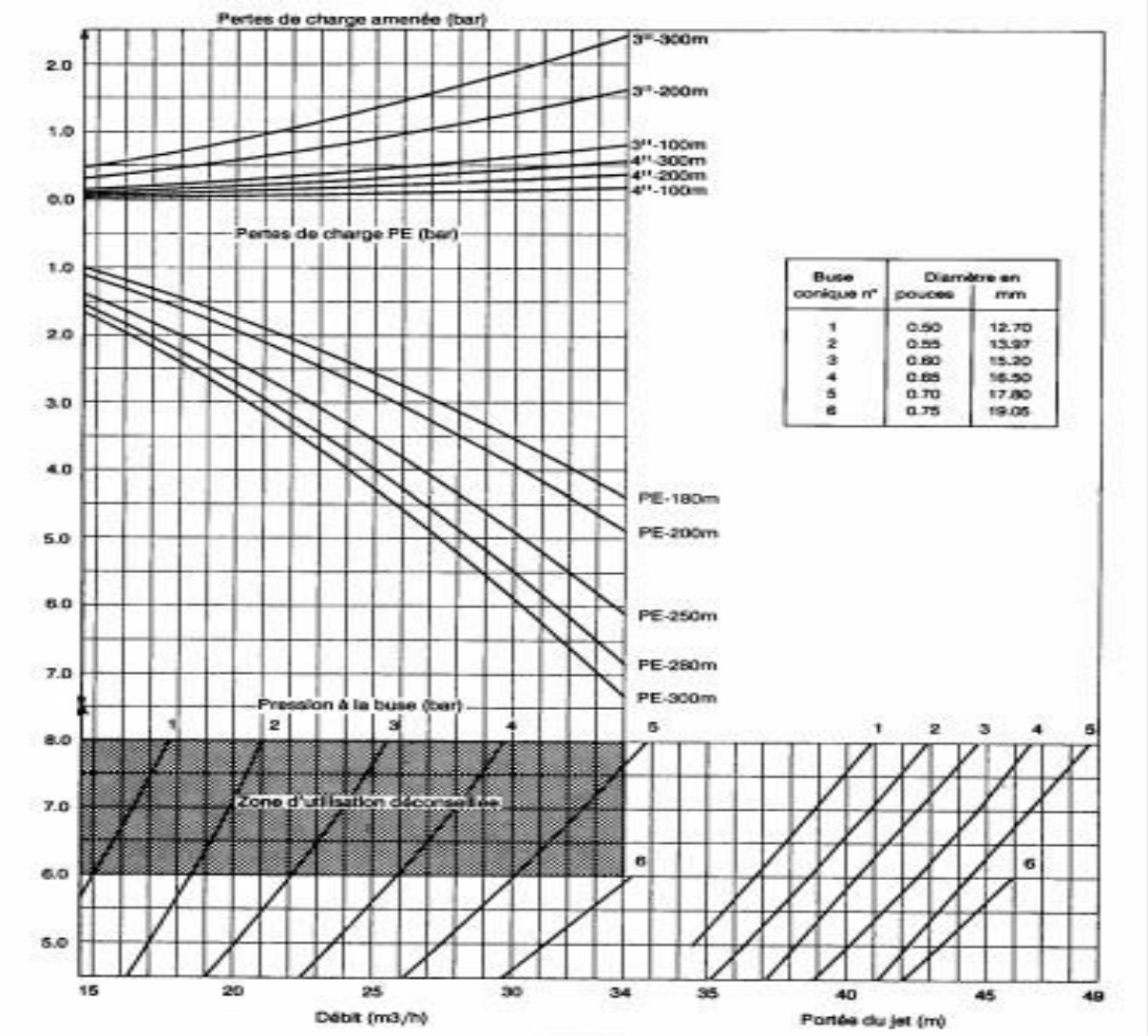
Annexe B : Coefficients culturaux Kc

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrière saison	Récolte	
Bananiier tropical	0,4-0,5	0,7-0,85	1,0-1,1	0,9-1,0	0,75-0,85	0,7-0,8
subtropical	0,5-0,65	0,8-0,9	1,0-1,2	1,0-1,15	1,0-1,15	0,85-0,95
Haricot vert	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9-0,95	0,85-0,95	0,85-0,9
sec	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,25-0,3	0,7-0,8
Chou	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,9-1,0	0,8-0,95	0,7-0,8
Coton	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,8-0,9	0,65-0,7	0,8-0,9
Raisin	0,35-0,55	0,6-0,8	0,7-0,9	0,6-0,8	0,55-0,7	0,55-0,75
Arachide	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,75-0,85	0,55-0,6	0,75-0,8
Maïs doux	0,3-0,5	0,7-0,9	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
grain	0,3-0,5*	0,7-0,85*	1,05-1,2*	0,8-0,95	0,55-0,6*	0,75-0,9*
Oignon sec	0,4-0,6	0,7-0,8	0,95-1,1	0,85-0,9	0,75-0,85	0,8-0,9
vert	0,4-0,6	0,6-0,75	0,95-1,05	0,95-1,05	0,95-1,05	0,65-0,8
Pois, frais	0,4-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Pavillon, frais	0,3-0,4	0,6-0,75	0,95-1,1	0,85-1,0	0,8-0,9	0,7-0,8
Pomme de terre	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,2	0,85-0,95	0,7-0,75	0,75-0,9
Riz	1,1-1,15	1,1-1,5	1,1-1,3	0,95-1,05	0,95-1,05	1,05-1,2
Carthame	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,7	0,2-0,25	0,65-0,7
Sorgho	0,3-0,4	0,7-0,75	1,0-1,15	0,75-0,8	0,5-0,55	0,75-0,85
Soja	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,15	0,7-0,8	0,4-0,5	0,75-0,9
Botterave sucrière	0,4-0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9-1,0	0,6-0,7	0,8-0,9
Canne à sucre	0,4-0,5	0,7-1,0	1,0-1,3	0,75-0,8	0,5-0,6	0,85-1,05
Tournesol	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,7-0,8	0,35-0,45	0,75-0,85
Tabac	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,2	0,9-1,0	0,75-0,85	0,85-0,95
Tomate	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,8-0,95	0,6-0,65	0,75-0,9
Pastèque	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,05	0,8-0,9	0,65-0,75	0,75-0,85
Blé	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,2-0,25	0,8-0,9
Luzerne	0,3-0,4				1,05-1,2	0,85-1,05
Agrumes sacrés sans sarclage						0,65-0,75 0,85-0,9
Olivier						0,4-0,6
Premier chiffre	: avec forte humidité (HRmin > 70%) et vent faible (U < 5 m/sec).					
Second chiffre	: avec faible humidité (HRmin < 20%) et vent fort (> 5 m/sec).					

Annexe C : Débit et pression d'eau au niveau du canon équipé de buses coniques

Diamètre buse	0,7" 17,8 mm	0,8" 20,3 mm	0,9" 22,9 mm	1,0" 25,4 mm	1,1" 27,9 mm	1,2" 30,5 mm	1,3" 33,0 mm
Pression bar	m ³ /h m	m ³ /h m	m ³ /h m	m ³ /h m	m ³ /h m	m ³ /h m	m ³ /h m
3,5	23,0 76,0	29,8 82,0	37,8 88,0	46,9 95,0	57,1 101	68,3 105	80,1 110
4,0	24,6 79,6	31,9 85,6	40,4 91,6	50,1 97,8	61,0 104	73,0 109	85,7 114
5,0	27,5 85,4	35,7 91,6	45,2 98,6	56,0 105,0	68,2 111	81,7 117	95,8 121
6,0	30,1 89,7	39,1 96,7	49,5 104,0	61,3 110,0	74,7 117	89,5 123	105 128
7,0	32,5 95,0	42,2 101,0	53,5 108,0	65,3 114,0	80,7 122	96,6 128	113 134
8,0	34,8 99,3	45,1 105,0	57,2 1120,0	70,8 118,0	86,3 126	103,0 132	121 138
9,0	36,9 104,0	47,9 110,0	60,6 117,0	75,1 123,0	91,5 131,0	110,0 137	129 143

Annexe D: Abaque servant au dimensionnement d'un enrouleur



Annexe E : Diamètres de conduites en PEHD

Diamètre extérieur nominal d_n (mm)	Diamètre extérieur moyen	
	d_{m1} (mm)	d_{m2} (mm)
16	16,0	16,3
20	20,0	20,3
25	25,0	25,3
32	32,0	32,3
40	40,0	40,4
50	50,0	50,4
63	63,0	63,4
75	75,0	75,5
90	90,0	90,6
110	110,0	110,7
125	125,0	125,8
140	140,0	140,9
160	160,0	161,0
180	180,0	181,1
200	200,0	201,2
225	225,0	226,4
250	250,0	251,5
280	280,0	281,7
315	315,0	316,9
355	355,0	357,2
400	400,0	402,4
450	450,0	452,7
500	500,0	503,0
560	560,0	563,4
630	630,0	633,8
710	710,0	716,4
800	800,0	807,2
900	900,0	908,1
1000	1000,0	1009,0
1200	1200,0	1210,8
1400	1400,0	1412,6
1600	1600,0	1614,4

Annexe F : Les prix des conduites en fonte

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