

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

Faculté Des Sciences

Départements Des Sciences Agronomiques

N° :.....



DOMAINE : Science De La Nature Et De La Vie

FILIERE : Sciences Agronomiques

OPTION : SCIENCES DU SOL

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master Académique

Par: AICHOUCHE Souad

& AMROUNE Loubna

Thème

ETUDE COMPARATIVE ENTRE DEUX TECHNIQUES D'IRRIGATION ASPERSION ET GOUTTE A GOUTTE DANS LA REGION DE M'SILA

Devant le Jury :

Président	M ^r AMROUNE A.	MCB	Université de M'Sila
Encadreur	M ^r GUENDOUZEN O.	MAA	Université de M'Sila
Examinateur	M ^{lle} MADANI DJ.	MAA	Université de M'Sila

Année Universitaire : 2019 /2020

Remerciements

Tout d'abord nous remercions Allah le tout puissant qui nous a éclairé le bon chemin.

*Nous tenons à remercies infiniment notre encadreur **Mr. GUENDOUZEN Omer**; d'avoir accepté de m'encadrer, d'avoir donné l'inspiration qui a servi à la réalisation de ce mémoire, et pour son aide, son soutien et sa disponibilité tout au long de ce travail.*

*Nous remercions **Mr AMROUNE A.** de nous avoir fait l'honneur de présider la soutenance de notre mémoire.*

*Nous remercions également **M^{lle} MADANI DJ.** d'avoir accepté de juger ce travail et de participer à ce jury de mémoire.*

Mon vif remerciement à tous les agriculteurs qui nous sont accueillis chaleureusement au sein de leurs exploitations.

Et à tous mes professeurs je tiens à leur exprimer tous mes reconnaissances pour leur dévouement, la confiance qu'ils m'ont accordé, leur rigueur et la qualité des commentaires et suggestions dont ils m'ont fait partie.

Dédicace

Je dédie humblement ce modeste travail avec ma sincère reconnaissance à :

Ma Mère... *Tu représentes pour moi la bonté, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prière pour moi.*

Mon cher Père... *Rien au monde ne vaut les efforts fournis jours et nuit pour mon éducation et mon bien être et ta prière et ta bénédiction.*

A Mes chères sœurs Amira, Aya, soumia,

Et mes chère frères Taki, Farse

Et à la famille de ma sœur Soulaf et de son mari Hamza, merci pour leur soutien et leurs encouragements.

Enfin, je le dédie à tous ceux qui me connaissent et me soutiennent dans l'état de Msila.

AICHOUCHE Souad

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A ma très chère mère source de tendresse

*A mon très cher père; qui m'encourage dans les
instants délicats*

A mes chères sœurs : amina,israa,asmaa,alaa.

A mon frère : mohamed elmahfoudh.

A toute ma famille (Amroune)

A mes chères amis :

Souad, Halima, Kenza, Assia, Soumia, Iman, ghania, chahra

A tous mes amis

Résumé

L'irrigation en général est l'apport d'eau aux cultures grâce à l'utilisation des techniques et moyennes, afin de pouvoir répondre aux besoins de la plante en fonction des conditions climatique, agricoles et autre qui conviennent aux systèmes d'irrigation choisie.

Dans ce contexte, notre travail est une comparaison entre deux système d'irrigation de la zone de M'sila ; irrigation par aspersion et irrigation goutte à goutte. Une enquête a été menée au niveau de deux exploitations agricoles où nous avons choisi deux espèces:

la courgette irriguée par le goutte à goutte et la carotte irriguée par l'aspersion.

Afin d'étudier la réponse de ces cultures aux techniques d'irrigation qui leur sont appliquées, les paramètres agro-climatiques de la région ont été évalués. Dans un premier temps, nous avons calculé les besoins en eau des cultures, ensuite nous avons déterminé les caractéristiques techniques optimales du réseau d'irrigation localisé et d'aspersion de notre site d'étude afin d'améliorer la production et l'utilisation rationnelle des ressources naturelles dans le cadre d'une agriculture durable.

Mots clés : Irrigation, Goutte à Goutte, Aspersion, Courgette, Carottes.

المخلص

الري بشكل عام هو إمداد المحاصيل بالمياه من خلال استخدام التقنيات والوسائل ، حتى تكون قادرة على تلبية احتياجات النبات حسب الظروف المناخية والزراعية وغيرها من الظروف التي تناسب أنظمة الري المختارة .
في هذا السياق ، عملنا هو مقارنة بين نظامين للري في منطقة المسيلة ؛ الري بالرش والري بالتنقيط. تم إجراء مسح في مزرعتين حيث اخترنا نوعين: الكوسة المروية بالتنقيط والجزر المروى بالرش.
من أجل دراسة استجابة هذه المحاصيل لتقنيات الري المطبقة عليها ، تم تقييم المعلومات الزراعية المناخية للمنطقة. أولاً ، قمنا بحساب الاحتياجات المائية للمحاصيل ، ثم حددنا الخصائص التقنية المثلى لشبكة الري والرش الموضعية لموقع دراستنا من أجل تحسين الإنتاج والاستخدام الرشيد. الموارد الطبيعية في سياق الزراعة المستدامة.

. **الكلمات المفتاحية :** الري , التنقيط, الرش , الكوسة الجزر .

ABSTRACT

Irrigation in general is the supply of water to the land through the correct use of water in agriculture, in order to be able to meet the needs of the plant according to climatic, agricultural and other conditions suitable for the chosen irrigation systems .

In this context, our work is a comparison between two irrigation systems in the Msila area; sprinkler irrigation and drip irrigation. The study was carried out on two farms where we chose two different crops: zucchini irrigated by drip .system and carrot irrigated by sprinkler system.

In order to study the response of these crops to the irrigation techniques applied to them, the agro-climatic parameters of the region were evaluated. First, we calculated the water needs of the crops, and then we determined the optimal technical characteristics of the localized irrigation and sprinkling network of our study site in order to improve production and rational use. Natural resources as .part of sustainable agriculture.

It emerges from this study that the drip irrigation method allows considerable water savings compared to sprinkler irrigation. This technique has the best agronomic performance. Sprinkler irrigation, on the other hand, although it is considered less efficient than localized irrigation, its low cost and .potential mobility account for its wide expansion

Keywords: Irrigation, Drip, Sprinkler, courgette, Carrots.

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : DIFFERENTES METHODES D'IRRIGATION PRATIQUEES (AZOUGAGH, 2001)	4
FIGURE 2 IRRIGATION GRAVITAIRE.....	5
FIGURE 3 IRRIGATION PAR BASSINS (A) A FLANC DE COTEAU ET (B) POUR LES ARBRES FRUITIERS	5
FIGURE 4 ALIMENTATION DES SILLONS PAR SIPHONS	6
FIGURE 5 ALIMENTATION DES PLANCHES PAR SIPHONS	7
FIGURE 6 IRRIGATION PAR ASPERSION	7
FIGURE 7 LES DIFFERENTS ELEMENTS D'UN SYSTEME D'ASPERSION	8
FIGURE 8 L'UNITE DE POMPAGE	9
FIGURE 9 RESEAU D'IRRIGATION PAR ASPERSION AVEC DEUX RAMPES MOBILES	10
FIGURE 10 IRRIGATION PAR ASPERSION MECANISEE	12
FIGURE 11 LES ENROULEURS	13
FIGURE 12 ASPERSEUR-TOURNIQUET A IMPACT	14
FIGURE 13 TURBO-ASPERSEUR	14
FIGURE 14 ASPERSEUR GEANT OU CANON	15
FIGURE 15 ARROSEUR ESCAMOTABLE IRRIGUANT UNE PELOUSE	15
FIGURE 16 PROFILS D'HUMECTATION DES ASPERSEURS EN FONCTIONNEMENT SIMULTANE	16
FIGURE 17 IRRIGATION LOCALISEE	18
FIGURE 18 SYSTEME BASSE PRESSION A FUT	19
FIGURE 19 INSTALLATION DE TETE	20
FIGURE 20 SCHEMA TYPE D'UNE INSTALLATION D'IRRIGATION AU GOUTTE A GOUTTE.....	21
FIGURE 21 IRRIGATION LOCALISEE HTTPS://WWW.GOOGLE.COM	22
FIGURE 22 EXEMPLE DE RESERVOIR HORS-TERRE	36
FIGURE 23 LIMITES GEOGRAPHIQUES DE M'SILA.....	40
FIGURE 24 CARTE GEOLOGIQUE DE LA ZONE DE HODNA (ZEDAM, 2015).	41
FIGURE 25 DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE BAGNOULS ET GAUSSEN DE LA REGION DE M'SILA ENTRE 2006 ET 2018.	44
FIGURE 33 GRAPHIQUE MONTRANT LA VARIATION DE L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE ET PRECIPITATION	50
FIGURE 28 : KIT D'ASPERSION.....	52
FIGURE 27 : UN COUDE.....	52
FIGURE 29 RAMPES	53
FIGURE 30 : GOUTTEUR	56
FIGURE 32 :VANNES DE SECTIONNEMENT	56
FIGURE 31 : LES RAMPES ET LES CONDUITES	56

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 DETERMINATION DES BESOINS EN EAU D'IRRIGATION	34
TABLEAU 2 ; LES VALEURS MOYENNES DES TEMPERATURES MENSUELLES MINIMALES ET MAXIMALES	43
TABLEAU 3 VALEURS DE L'HUMIDITE MOYENNE MENSUELLE DE LA REGION DE M'SILA (2006 A 2018) (SOURCE: STATION METEOROLOGIQUE DE M'SILA, 2019).	43
TABLEAU 4 ; SAT.SAU TOTALE ET SAU IRRIGUEE DANS LA WILLAYA DE MSILA	45
TABLEAU 5 ; CARACTERISTIQUE DES EXPLOITATIONS AGRICOLE CHOISIS	51
TABLEAU 6 : CARACTERISTIQUES DE LA PARCELLE DE COURGETTES	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
TABLEAU 7 : CARACTERISTIQUE DE PARCELLE DE CAROTTES.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
TABLEAU 8 : CALCULE DE BESOINS EN EAU D'IRRIGATION (COURGETTES).....	57
TABLEAU 9 : LE CALCULE HYDRAULIQUE DE INSTALLATION	61
TABLEAU 10 : CALCULE DES BESOINS EN EAU D'IRRIGATION (CAROTTE)	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
TABLEAU 11 : LES CALCULE HYDRAULIQUE ET CARACTERISTIQUE DE RESEAU D'ASPERSION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
TABLEAU 12 : LE COEFFICIENT (KC) CULTURAL MENSUEL DE CAROTTE:.....	64
TABLEAU 13 : LE COEFFICTION (KC) CULTURAL MENSUEL DE COURGETTE	64

LISTE DES ACRONYMES

<i>Acronymes</i>	<i>Significations</i>
<i>DSA</i>	<i>Direction des services agricole</i>
<i>ITMA</i>	<i>Institut de technologie moyen agricole</i>
<i>ET</i>	<i>Evapotranspiration</i>
<i>ETp</i>	<i>Evapotranspiration potentielle</i>
<i>ETm</i>	<i>Evapotranspiration maximale</i>
<i>Kc</i>	<i>Coefficient cultural</i>
<i>m</i>	<i>Mètre</i>
<i>mm</i>	<i>Millimètre</i>
<i>cm</i>	<i>Centimètre</i>
<i>m²</i>	<i>Mètre carré</i>
<i>m³</i>	<i>Mètre cube</i>
<i>Kg</i>	<i>Kilogramme</i>
<i>Ha</i>	<i>Hectare</i>
<i>l</i>	<i>Litre</i>
<i>Cu</i>	<i>Coefficient d'uniformité</i>

Table Des Matières

Introduction Générale.....	1
Chapitre i : présentation des systèmes d'irrigation	3
I.1 Définition d'irrigation	3
I.2 Différentes techniques pour arroser des cultures.....	3
I.3 Irrigation gravitaire.....	4
I.3.1 Irrigation par bassins.....	5
I.3.2 Irrigation par sillons/a la raie	6
I.3.3 Irrigation par planches	6
I.4 Irrigation par aspersion.....	7
I.4.1 Eléments constitutifs d'un réseau d'irrigation par aspersion	8
I.4.1.1 L'unité de pompage	9
I.4.1.2 Conduite principale.....	9
I.4.1.3 Porte-rampe.....	9
I.4.1.4 Asperseur.....	10
I.4.2 Classification des rampes d'irrigation fixe selon le mode d'installation	10
I.4.2.1 Installations semi-permanentes.....	11
I.4.2.2 Installations permanentes.....	11
I.4.2.3 Installations temporaires	11
I.4.2.4 Installation à couverture intégrale.....	11
I.4.3 Aspersions à rampes mobiles motorisée	11
I.4.4 Les enrouleurs.....	12
I.4.5 Classification des asperseurs suivant le mode d'opération	13
I.4.5.1 Arroseurs-tourniquet à impact:	13
I.4.5.2 Le turbo-asperseur :.....	14
I.4.5.3 Asperseurs géants (canons) :.....	14
I.4.5.4 Arroseurs escamotables :.....	15
I.4.6 FONCTIONNEMENT DU RESEAU	15

I.4.6.1	<i>Profils d'humectation</i>	15
I.4.6.2	<i>Pluviométrie</i>	16
I.4.6.3	<i>Diamètres des gouttes d'eau</i>	16
I.4.7	Les avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion	16
I.4.7.1	<i>Avantages</i>	16
I.4.7.2	<i>Inconvénients</i> :.....	17
I.5	Irrigation localisée (Goutte à Goutte)	17
I.5.1	Irrigation goutte-à-goutte basse pression	18
I.5.2	Irrigation goutte-à-goutte haute pression	19
I.5.3	Type de cultures adaptées à l'irrigation goutte à goutte	19
I.5.4	Eléments constituant le système d'irrigation goutte à goutte	20
I.5.4.1	<i>Point d'approvisionnement en eau</i> :	20
A.	Unité de tête	20
B.	Unité de filtration	20
C.	Distributeurs (les goutteurs)	20
I.5.5	Caractéristiques des goutteurs	21
I.5.6	INSTALLATION D'UN SYSTEME D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE	22
I.5.7	CONDITIONS D'UTILISATION	23
I.5.7.1	<i>Cultures recommandées</i>	23
I.5.7.2	<i>Pentes adéquates</i>	23
I.5.7.3	<i>Types de sols appropriés</i>	23
I.5.7.4	<i>Qualité de l'eau</i>	24
I.5.7.5	<i>Coûts d'installation et d'utilisation</i>	24
I.5.8	Avantages et inconvénients de l'irrigation par goutte à goutte	24
I.5.8.1	<i>Les avantages</i> :.....	24
I.5.8.2	<i>Les inconvénients de l'irrigation par goutte-à-goutte</i>	25
Conclusion		26
II.	relation eau et sol	27

II.1	Effets des paramètres du milieu sur le choix d'une méthode d'irrigation	27
II.1.1	Conditions naturelles	27
II.1.1.1	<i>Le type de sol.....</i>	27
II.1.1.2	<i>Pente.....</i>	27
II.1.1.3	<i>Climat.....</i>	27
II.1.1.4	<i>Disponibilité de l'eau</i>	28
II.1.2	Type de culture	28
II.1.3	Type de technologie.....	28
II.1.4	Expérience antérieure avec l'irrigation.....	28
II.1.5	Effet de la main-d'œuvre requis	29
II.2	Conception d'un projet d'irrigation	29
II.2.1	Points spécifiques qui permettront de définir système d'irrigation	30
II.2.1.1	<i>Dans le temps :.....</i>	30
II.2.1.2	<i>En débit:.....</i>	30
II.2.1.3	<i>En pression:</i>	30
II.2.2	Propriétés physique de d'eau dans le sol	30
II.2.2.1	<i>Le type de sol :</i>	30
II.2.2.2	<i>Humidité du sol :</i>	31
II.2.2.3	<i>Saturation :</i>	31
II.2.2.4	<i>Capacité aux champs :</i>	31
II.2.2.5	<i>Point de flétrissement permanent :</i>	31
II.2.3	Informations importantes sur le terrain à arroser	31
II.3	Détermination de volume d'eau d'irrigation :	32
II.3.1	Besoins en eau des cultures	32
II.3.2	Détermination des besoins en eau d'irrigation.....	34
II.3.3	Importance de l'irrigation en agriculture	34
II.3.3.1	<i>Contrôle de la disponibilité en eau d'irrigation</i>	34
II.3.3.2	<i>Augmentation de la productivité agricole.....</i>	34

II.3.3.3	<i>Elargissement de nombres d'espèces cultivées.....</i>	35
II.3.3.4	<i>Augmentation des surfaces cultivables.....</i>	35
II.3.3.5	<i>Avantages indirects de l'irrigation agricole</i>	35
II.3.4	Drainage Agricole.....	35
II.3.5	Bassin d'irrigation.....	36
II.3.5.1	<i>Emplacement du bassin de stockage d'eau :</i>	36
II.3.5.2	<i>Les avantage du bassin.....</i>	37
III.	Présentation de la zone d'étude (BouSaâda)	39
III.1	Situation géographique	39
III.1.1	Analyse de milieu physique et naturelle	40
III.1.1.1	<i>Relief :</i>	40
III.1.1.2	<i>L'Hydrogéologie</i>	41
III.2	Etude climatique de wilaya de Msila.....	42
III.2.1	Précipitations	42
III.2.2	Températures :	43
III.2.3	Humidité	43
III.2.4	Vent.....	43
III.2.5	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	44
III.2.6	Les proportions d'occupation des cultures irriguée :	44
III.3	Fiche techniques des cultures étudiées	45
III.3.1	Carotte.....	45
III.3.1.1	<i>Caractéristique général</i>	45
III.3.1.2	<i>Variétés recommandées</i>	45
III.3.1.3	<i>Exigences</i>	45
III.3.1.4	<i>Mise en place de la culture.....</i>	46
III.3.1.5	<i>Mode Irrigation.....</i>	46
III.3.2	Courgette.....	46
III.3.2.1	<i>Historique.....</i>	46

III.3.2.2	<i>Exigences de la culture</i>	46
a)	Type de sol :	46
b)	Climat	47
c)	Date de semis :.....	47
d)	Profondeur de semis :	47
e)	Maladies	47
f)	Irrigation	47
IV.	Matériels et méthodes	49
	Introduction	49
IV.1	Détermination des besoins en eau des cultures.....	49
IV.1.1	Calcul de l'évapotranspiration potentielle	49
IV.1.2	Besoin en eau des cultures (ET).....	51
IV.2	Caractéristique des exploitations agricoles choisie pour l'expérimentation.....	51
IV.2.1	Dimensionnement du système d'irrigation par aspersion de l'exploitation (1)	52
IV.2.1.1	<i>Détermination des besoins en eau de la carotte</i>	53
IV.2.1.2	<i>Détermination des caractéristiques hydrauliques du systèmes d'irrigation par aspersion pour les besoins en eau de la culture</i>	53
IV.2.1.2.1	La pluviométrie d'asperseur	54
IV.2.1.2.2	Durée d'arrosage.....	54
IV.2.1.2.3	Fréquence d'arrosage.....	54
IV.2.1.2.4	Débit de la conduite latérale	54
IV.2.1.2.5	Débit d'installation	54
IV.2.1.3	<i>Résultats des calculs de l'irrigation de la carotte par aspersion</i>	55
IV.2.2	Dimensionnement du système d'irrigation goutte à goutte de l'exploitation (2).....	55
IV.2.2.1	<i>Détermination des besoins en eau de la courgette</i>	57
IV.2.2.2	<i>Détermination des paramètres hydrauliques du réseau d'irrigation</i>	57
IV.2.2.3	<i>Détermination des Besoins en eau d'irrigation goutte à goutte</i> :.....	58
IV.2.2.4	<i>Calcul hydraulique (pratique)</i>	59

IV.2.2.5	<i>Résultats des calculs de l'irrigation de la carotte par aspersion</i>	61
IV.3	Comparaison entre les deux techniques étudiées (goutte à goutte et aspersion).....	61
Conclusion		62
CONCLUSION GENERALE		63

A decorative graphic consisting of a horizontal scroll with rounded ends and a vertical scroll on the left side, all with a light gray fill and a thin black outline. The text is centered within the horizontal scroll.

Partie :

Synthèse Bibliographique

Introduction Générale

L'agriculture irriguée en Algérie connaît une croissance importante, poussée par les subventions étatiques dans les équipements d'irrigation en faveur des agriculteurs, pour répondre à l'augmentation des besoins en produits agricoles de la population.

Le développement de l'agriculture irriguée était et continue à être indispensable pour atteindre les objectifs des stratégies alimentaires à long terme. L'agriculture irriguée est confrontée à de nombreux défis en termes de production et de rentabilité. L'irrigation est considérée comme une des pratiques culturales que l'agriculteur est amené à gérer. Elle est depuis longtemps une composante essentielle de l'agriculture. Les plus grands progrès en matière agricole ont été obtenus par l'irrigation. (M'Sadak Y. et al, 2017).

L'importance des besoins en eau pour le secteur agricole et la nécessité de réaliser l'équilibre production et économie d'eau, imposent la recherche des techniques d'irrigation plus efficaces, qui garantissent la fourniture de l'eau à l'ensemble du terrain de manière uniforme, de sorte que chaque plante ait le volume d'eau dont elle a besoin, ni trop, ni trop peu (M'Sadak Y. et al, 2017).

L'agriculture irriguée doit produire plus de nourriture pour répondre à la croissance des besoins mais en utilisant moins d'eau, d'énergie et de capitaux. Jusqu'à présent, les superficies mondiales sont irriguées en grande partie traditionnellement en considérant que l'irrigation par submersion est de loin la plus dominante. L'agriculteur a toujours considéré qu'irriguer copieusement la plante apporterait l'abondance de la récolte, ce qui explique en partie les réticences vis-à-vis du choix de la goutte à goutte. Or, les inconvénients d'une irrigation traditionnelle, avec les pertes d'eau par évaporation et par percolation se traduisant aussi par la diminution de la concentration de l'oxygène au niveau des racines, la migration des éléments fertilisants en profondeur, constitue une source probable de pollution et de salinisation de la nappe. La superficie cultivée est pratiquement dans son intégralité mise à eau d'où une poussée abondante de mauvaise herbe, une destruction de la structure du sol et une érosion des terrains en pente. (FAO.1, 2014).

La superficie agricole irriguée en Algérie est passée de 350 000 ha en 1999 à un million d'hectares en 2012 avec l'objectif d'atteindre 1,6 million d'hectares à moyen terme.

L'irrigation localisée et par aspersion représente environ 14% de la superficie totale équipée pour l'irrigation à l'échelle mondiale. En 1970 elle a connu une croissance rapide depuis l'invention des tuyaux en plastique bon marché ; près de 0.5 millions d'hectares en 1981 à près

de 9 millions d'hectares en 2010 étaient équipés pour l'irrigation localisée, et plus de 35 millions d'hectares étaient équipés pour l'irrigation par aspersion en 2010. Bien que cette méthode soit considérée comme moins efficace que l'irrigation localisée, son faible coût et sa mobilité potentielle expliquent sa large expansion (FAO.1, 2014).

Dans ce contexte, notre travail porte sur une étude comparative de deux systèmes d'irrigation pratiqués dans la région de Msila : irrigation par aspersion et irrigation par goutte à goutte. L'étude a été menée au niveau de deux exploitations agricoles où nous avons choisi deux spéculations espèces maraichers [o1] différentes : courgette irriguée par système goutte à goutte et la carotte irriguée par système d'aspersion.

Pour ce faire, nous avons structuré notre mémoire en 4 chapitres : La première porte sur les aspects théoriques de l'irrigation. Le deuxième chapitre présente le choix et les caractéristiques des systèmes et des équipements d'irrigation. Dans le troisième chapitre, nous exposons les conditions naturelles de Boussaâda et wilaya de Msila.

Le quatrième chapitre est consacré uniquement à l'estimation des besoins en eau des deux cultures (carotte et courgette) et le dimensionnement des systèmes d'irrigations étudiés au niveau des deux exploitations choisis. L'évaluation de la quantité d'eau réellement consommée par les deux cultures n'a pas été réaliser pour cause du confinement instauré par les autorités pour lutter contre la maladie de covid 19

Chapitre I : PRESENTATION DES SYSTEMES D'IRRIGATION

I.1 Définition d'irrigation

L'irrigation est un processus humain, qui oblige l'agriculteur à apporter de l'eau aux cultures agricoles en cas de pénurie d'eau. A cet égard, l'agriculteur doit utiliser rationnellement l'eau suivant les besoins en eau de chaque culture irriguée.

Toutefois, une définition large de l'irrigation ; c'est l'application de l'eau au sol pour plusieurs objectifs:

- ❖ Ajouter de l'eau au sol pour assurer l'humidité essentielle au développement de la plante.
- ❖ Rafraichir le sol et l'atmosphère, de cette façon on assure un environnement favorable au développement de la plante.
- ❖ Réduire le risque de la gelée.
- ❖ Faciliter le labour du sol.
- ❖ Remettre la formation des bourgeons par évaporation rafraichissante (**AhmedS.2019**).

I.2 Différentes techniques pour arroser des cultures

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

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

Le schéma suivant illustre les éléments d'un système d'irrigation

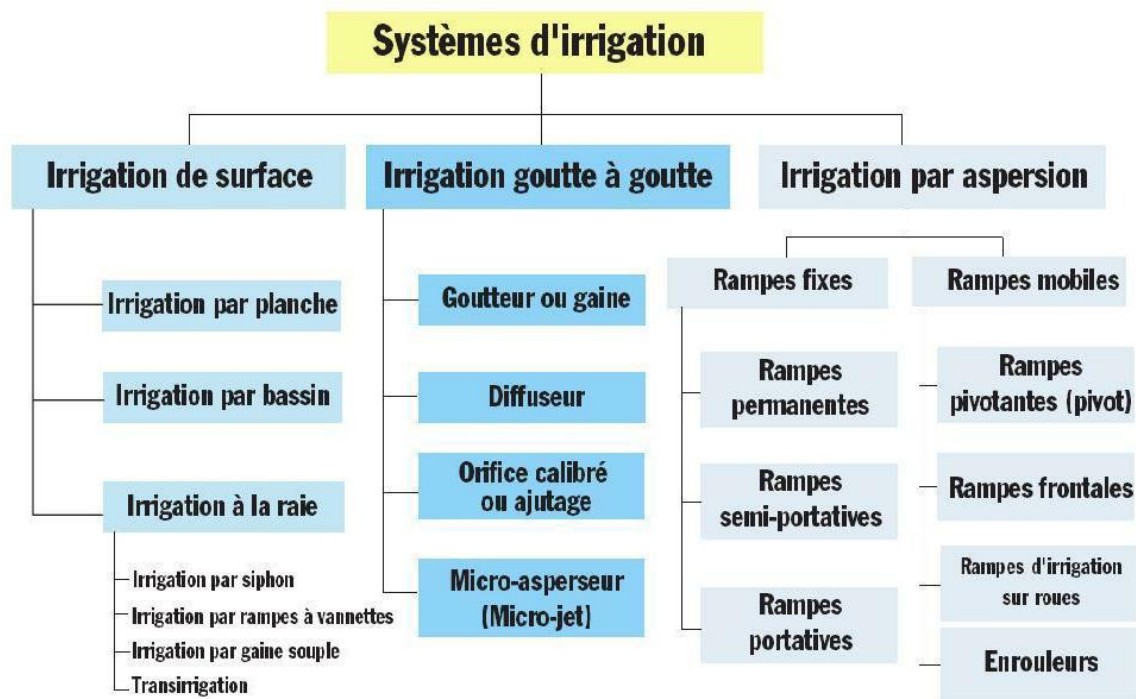


Figure 1 : Différentes méthodes d'irrigation pratiquées (AZOUGAGH, 2001).

I.3 Irrigation gravitaire.

L'irrigation gravitaire regroupe l'ensemble des techniques d'irrigation dans lesquelles la distribution de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissèlement, infiltration, et capillarité)

En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissèlement et submersion et infiltration latérale ou de haut en bas (Robert Tiercelin et Vidal, 2006).

L'irrigation de surface consiste à amener l'eau au point le plus haut du terrain et à la laisser s'écouler par gravité. L'eau est ensuite distribuée au champ, soit par submersion (irrigation par bassins), soit dans des sillons en terre (irrigation par sillons) ou bien par ruissèlement à la surface d'une planche d'arrosage (irrigation par planches). (FAO ,1990).



Figure 2 Irrigation gravitaire
[\(<https://www.agriculturemoderne.com>\)](https://www.agriculturemoderne.com)

I.3.1 Irrigation par bassins

Les bassins sont constitués de cuvettes en terre, à fond à peu près plat, entourées de diguettes de faible hauteur ou levées. Ces levées sont conçues pour empêcher le passage de l'eau aux champs adjacents. Cette technique est utilisée, d'une façon générale, pour l'irrigation des rizières sur terrain plat, ou des terrasses à flanc de coteau (voir figure 1a). La méthode par bassins est aussi utilisée pour l'irrigation des arbres fruitiers; dans ce cas une petite cuvette (bassin) est aménagée autour de chaque arbre (figure 1b).

En général, cette technique d'irrigation s'applique à toutes les cultures qui peuvent tolérer la submersion par les eaux pour une longue durée (ex. 12-24 heures).

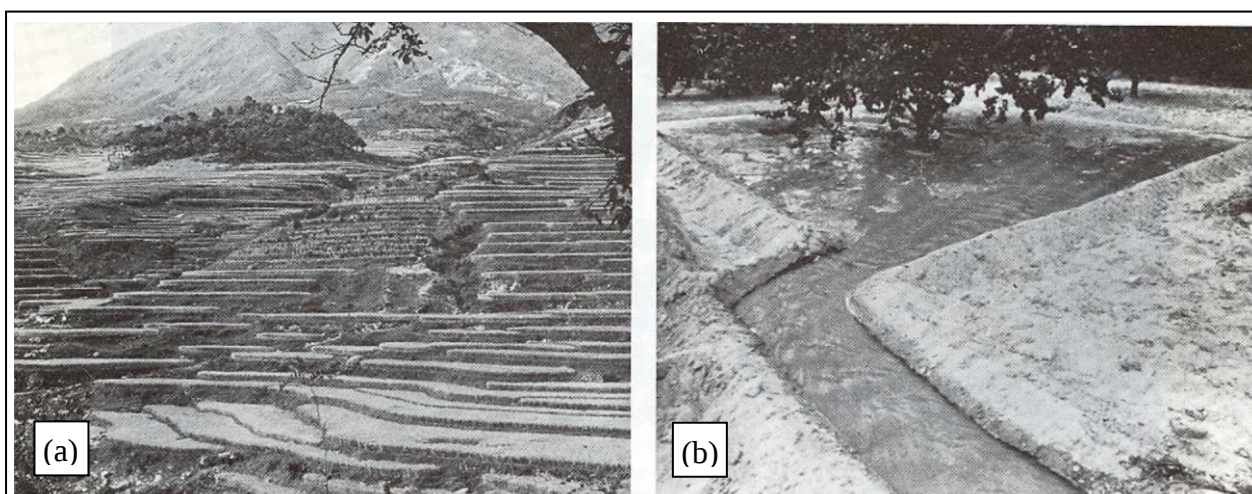


Figure 3 Irrigation par bassins (a) à flanc de coteau et (b) pour les arbres fruitiers

I.3.2 Irrigation par sillons/a la raie

Les sillons sont des petites rigoles en terre, aménagées dans le sens de la pente du terrain, pour transporter l'eau entre les rangées de cultures. L'eau s'infiltre dans le sol, principalement par les côtés du sillon.

Tout le long de son trajet dans le sens de la pente du terrain. Généralement, les plantes sont cultivées sur les billons séparant les sillons (voir figure 3). Cette technique est valable pour l'irrigation de toutes les cultures en lignes et pour toutes les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux de leur feuillage ou de leur collet pour une longue durée (ex. 12-24 heures).

Les sillons sont alimentés par des prises d'eau aménagées sur les berges du canal d'amenée. Ces ouvrages de prise peuvent être soit de simples ouvertures aménagées sur les berges du canal d'amenée, soit des siphons, ou bien des tuyaux d'alimentation passant à travers la berge du canal d'amenée.



Figure 4 Alimentation des sillons par Siphons

I.3.3 Irrigation par planches

Les planches sont des bandes de terrain, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes. Elles sont aussi appelées calant ou planches d'arrosage.

L'alimentation en eau des planches est faite de plusieurs façons: soit à l'aide de prises d'eau aménagées sur le canal d'amenée et équipées d'une vannette, soit par des siphons, ou bien par des tuyaux d'alimentation passant à travers les berges du canal d'amenée. La lame d'eau introduite ruisselle en descendant la pente de la planche, guidée par les diguettes des deux côtés de celle-ci (voir figure 6). (FAO, 1990).



Figure 5 Alimentation des planches par siphons

I.4 Irrigation par aspersion

Irrigation qui projette l'eau en l'air pour tomber à la surface du sol sous forme de fines gouttelettes). C'est un réseau de conduites sous pression pulvérisant de l'eau sous forme de fine gouttes à la surface du sol. **(FAO, 2008).**



Figure 6 Irrigation par aspersion
(<https://www.agriculturemoderne.com>)

I.4.1 Eléments constitutifs d'un réseau d'irrigation par aspersion

Les techniques d'arrosage appliquées en irrigation par aspersion découlent directement du matériel utilisé. Elles se divisent en deux grandes catégories:

- L'aspersion fixe ou simple (rampes perforées, canons).
- L'aspersion mobile ou les machines à irriguer (rampes frontales, pivots, enrouleurs...).

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures d'une façon qui imite la chute naturelle de la pluie, grâce à l'utilisation de divers appareils de projection alimentés sous pression, choisis et disposés de façon à obtenir la répartition la plus uniforme possible de la pluviométrie.

Bien que l'aspersion soit théoriquement créditée d'une excellente efficacité, les chiffres observés dans la pratique se situent entre 55 % et 85 % essentiellement en fonction de la maîtrise technique des irrigants. **(Cyrille ,2014).**

Les éléments d'une couverture d'asperseurs sont les suivant :

- L'unité de pompage.
- La conduite principale.
- L'antenne ou porte-rampes, aussi dénommée secondaire.
- La rampe qui porte les organes d'aspersion, aussi dénommée tertiaire.

Les asperseurs La distribution de l'eau se fait par aspersion (sous forme de pluies) aux plants **(GADELLE, 2002).**

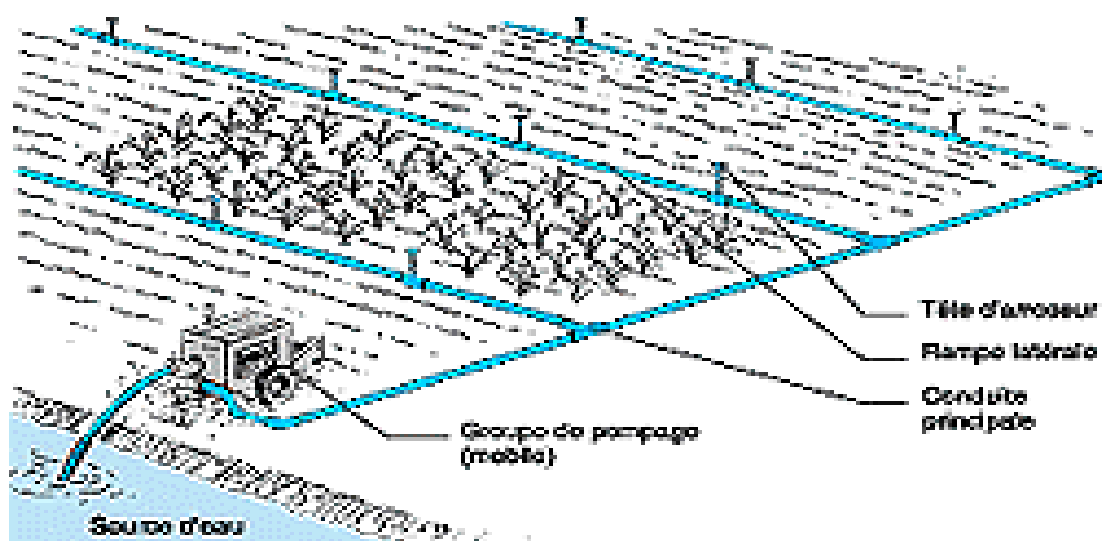


Figure 7 Les différents éléments d'un système d'aspersion

I.4.1.1 L'unité de pompage

La pompe élève l'eau depuis sa source (puits, rivière, lac, réservoir, canal, etc.). Les pompes sont actionnées par des moteurs électriques ou au gasoil, l'eau est fournie au système sous pression. L'eau peut provenir d'un fournisseur (source externe) responsable de la charge dans le système d'irrigation. Il arrive que l'agriculteur doive pomper l'eau à sa source ou renforcer la pression au point de fourniture. Les pompes peuvent aussi être branchées sur des moteurs électriques peu coûteux. Elles peuvent être actionnées par des moteurs au gasoil, au kérosène ou au gaz. L'efficacité de l'unité de pompage est un des principaux facteurs du coût en carburant, du débit et de la charge.

L'unité de pompage comporte trois éléments principaux : le moteur, l'entraînement de la pompe et la pompe.



Figure 8 L'unité de pompage
(<http://www.groupe-chiali.com>)

I.4.1.2 Conduite principale

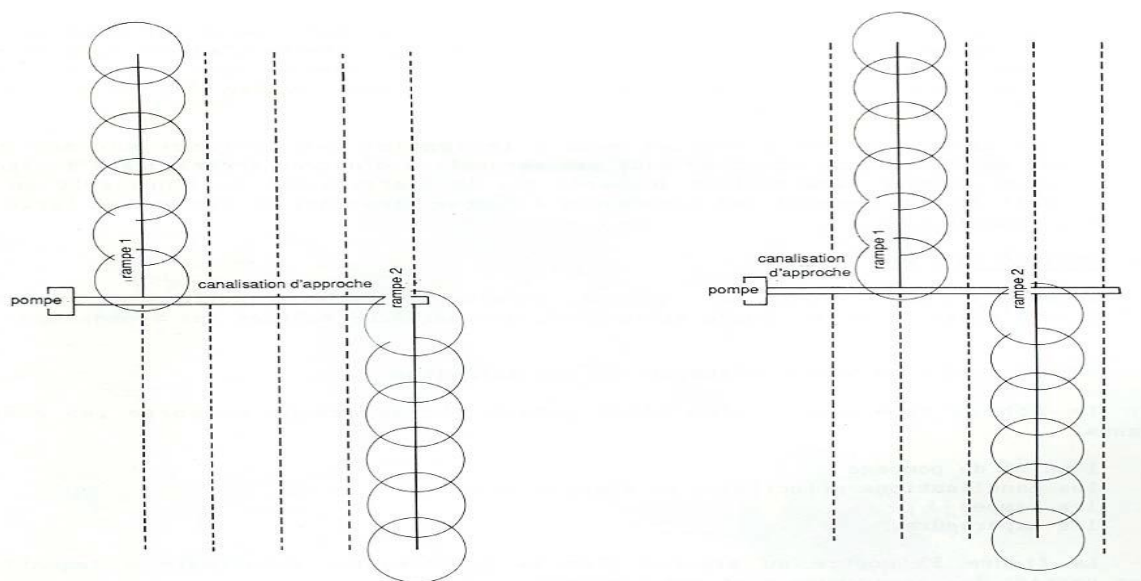
La conduite principale relie la borne d'irrigation avec les porte-rampes, Enterrée ou disposée en surface.

I.4.1.3 Porte-rampe

La porte-rampe est la canalisation qui relie le point d'alimentation en eau de la parcelle surelle-ci. Ils sont constitués d'éléments de tuyaux rigides à raccord rapides, afin de faciliter leur manipulation.

Rampes

Les rampes sont constituées des canalisations rigides à raccords rapides, elles portent des prises qui permettent de brancher les asperseurs.



Rampes 1 et 2 en premier poste Rampes 1 et 2 en deuxième poste

Figure 9 Réseau d'irrigation par aspersion avec deux rampes mobiles

<http://www.groupe-chiali.com>

I.4.1.4 Asperseur

L'asperseur est caractérisé par le diamètre de sa buse qui définit, pour une pression déterminée, le débit de l'asperseur, la portée de jet et la répartition de l'eau (pluviométrie) le long de jet (Talbi ,2016).

Les asperseurs sont actionnés par la pression de l'eau. Un jet d'eau sortant d'une buse active le composant mobile de l'asperseur

I.4.2 Classification des rampes d'irrigation fixe selon le mode d'installation

Une installation d'irrigation sous pression est généralement composée d'un équipement fournissant la pression nécessaire à son fonctionnement, d'appareils de mesure et de contrôle de débit et d'une conduite principale amenant l'eau jusqu' aux conduites secondaires et tertiaires. D'autres éléments peuvent être utilisés notamment un filtre ou une battue de filtres et un dispositif d'adjonction d'éléments fertilisants. (AZOUGGAGH, 2001).

L'irrigation par aspersion reproduit le phénomène naturel de la pluie, en maîtrisant l'intensité et de la hauteur de la précipitation. Cette technique nécessite des conditions de pression moyenne à forte (de 3 à 6 bars à la buse) (AZOUGGAGH, 2001).

Dans l'irrigation par aspersion, on rencontre les installations suivantes:6

I.4.2.1 Installations semi-permanentes

Ces installations sont portatives et ont des canalisations principales qui sont fixes, et des rampes pouvant être déplacées à la main. De ce fait, les conduites formant l'ensemble du système doivent être légères, Facilement raccordables et détachables les unes des autres. Elles sont habituellement en aluminium Léger ou en alliage d'aluminium et sont présentées en segments, munies de raccords rapides et Mesurant en général 6 m de longueur. Ces installations sont conseillées pour les régions à capital d'investissement faible mais disposant d'une main d'œuvre abondante. (AZOUGAGH, 2001).

I.4.2.2 Installations *permanentes*

(Ou couverture totale), où les conduites principales et les rampes sont enterrées, se rencontrent principalement dans les exploitations de vergers.

I.4.2.3 Installations temporaires

Sont des systèmes mobiles ou semi-mobiles ayant la particularité d'avoir assez de canalisations pour pouvoir être montés au moment de la plantation et laissés en place jusqu'à la dernière irrigation avant la récolte (AZOUGAGH, 2001).

I.4.2.4 Installation à couverture intégrale

Consiste à équiper les rampes fixes de l'ensemble des asperseurs. Une fois post l'ensemble n'est plus déplacé pendant toute la saison d'irrigation. La mise en eau successive des postes d'arrosages est réalisée par l'ouverture ou la fermeture de petites vannes en tête de chaque rampe (BRADAÏ,)

I.4.3 Aspersions à rampes mobiles motorisée

Les systèmes de rampe pivotante et de rampe frontale sont des installations utilisées essentiellement dans les grandes exploitations. Elles possèdent un mécanisme d'entraînement programmable qui sert à déplacer les éléments. Le système de rampe pivotante est constitué d'une conduite avec arroseurs, supportée à l'une de ses extrémités par une tour à pivot central, une série de tours munies de roues et un moteur électrique (ou hydraulique). La conduite peut mesurer de 100 à 500 m, pouvant irriguer jusqu'à 75 ha. L'ensemble permet d'irriguer une surface circulaire, mais nécessite un capital d'investissement élevé. Les débits sont de l'ordre de 250 à 850 m³/h pour une pression de 6 bars.

Le système de rampe frontale diffère de la rampe pivotante par le fait que tous les tours sont mobiles et le déplacement se fait latéralement. L'alimentation en eau se fait soit par un fossé creusé au milieu ou au bord du champ, soit par un tuyau flexible. Il nécessite un investissement aussi **(AZOUGAGH, 2001)**.



Figure 10 irrigation par aspersion mécanisée

<https://www.google.com>

I.4.4 Les enrouleurs

Les enrouleurs sont des machines d'irrigation à tambour et à tuyau flexible. Ils sont Actuellement désignés par "enrouleurs" à cause de leur principe de fonctionnement. En effet, le porte asperseur est placé à l'une des extrémités du flexible et l'autre extrémité est fixée sur le tambour sur lequel il s'enroule. Ainsi, l'irrigation s'effectue peu à peu sur une bande en tirant le porte asperseur. L'enrouleur peut également fonctionner avec une rampe. Le débit peut atteindre 50 m³/h et la portée du jet de l'asperseur peut dépasser 100 m de rayon. **(AZOUGAGH, 2001)**.

L'enrouleur est souvent considéré à tort comme un matériel d'irrigation médiocre, ceci en raison notamment de la méconnaissance des utilisateurs de comment :

- Choisir leur équipement
- L'implanter correctement dans le parcellaire
- Effectuer les réglages nécessaires à un bon arrosage



Figure 11 Les enrouleurs

Le diagramme suivant illustre les différents types d'aspersion

I.4.5 Classification des asperseurs suivant le mode d'opération

I.4.5.1 Arroseurs-tourniquet à impact:

Le jet d'eau en sortant de la buse frappe le mécanisme à marteau et l'envoie en direction opposée. Un ressort le ramène en position initiale. En frappant le corps de l'asperseur, il fait pivoter celui-ci dans la direction opposée.

L'asperseur à impact possède une, deux ou trois buses. Ce type d'asperseur est fabriqué en plusieurs modèles et sert à l'irrigation de surface des cultures de plein champ et des vergers, avec un angle d'éjection de 30° . Pour l'irrigation du couvert de vergers, un jet à angle de $4-7^\circ$ est recommandé. Au début, les asperseurs étaient en métal mais le plastique l'a peu à peu remplacé. L'usure des pièces mobiles et des buses en plastique renforcé est bien plus faible que celle des pièces métalliques. Bien que les asperseurs à impact soit très fiables, il faut une maintenance régulière pour assurer un bon fonctionnement.



Figure 12 Asperseur-tourniquet à impact

I.4.5.2 Le turbo-asperseur :

Le jet d'eau actionne une roue dentelée qui frappe le marteau. L'impact du marteau fait pivoter l'asperseur. Le turbo-asperseur est en plastique et sert à l'irrigation à faible débit des vergers, des cultures maraîchères et des jardins.

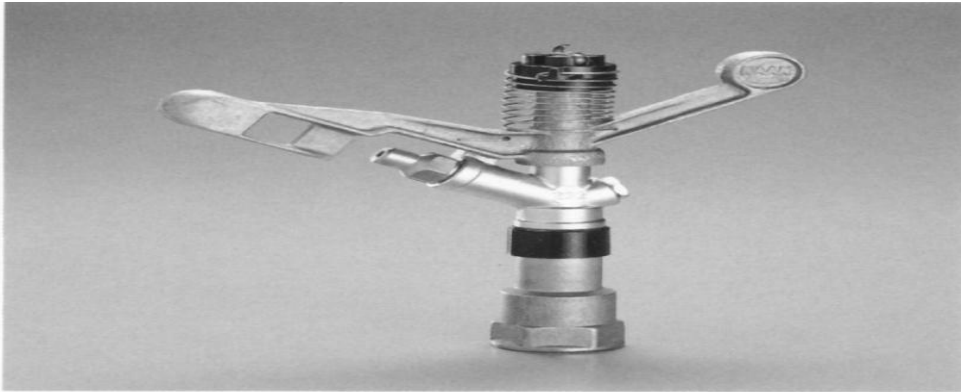


Figure 13 turbo-asperseur

I.4.5.3 Asperseurs géants (canons) :

Les grands asperseurs sont en laiton et possèdent une ou deux buses. La pression de service est élevée (4-8 bar). Le débit peut varier de 6 à 60 m³/h. Les canons conviennent à l'irrigation des cultures fourragères, des grandes cultures avec de solides installations permanentes. Ils peuvent également fonctionner en tant que canon mobile autonome.

La plupart des asperseurs à marteau existent en version secteur (irrigation partielle du rayon de portée).



Figure 14 Asperseur géant ou canon

I.4.5.4 Arroseurs escamotables :

Utilisés en général pour les pelouses. L'arroseur sort de son réceptacle à couvercle en début d'irrigation pour y retourner, l'irrigation une fois achevée. Il y reste en veille jusqu'à la prochaine irrigation. Logé dans le sol, il ne gêne nullement pour la tonte des gazons, parcs, terrains de golf, etc. Il existe toute une gamme de types d'arroseurs escamotables, à secteur ou plein cercle, de diverses hauteurs (**Elimelech, 2002**).



Figure 15 Arroseur escamotable Irriguant une pelouse

Les catalogues des fabricants fournissent toutes les informations nécessaires concernant les caractéristiques techniques et la performance des asperseurs. On y trouve des informations sur le débit (Q), la portée (D) et la plage de pression de service autorisée (P). Vous y trouverez aussi des informations sur l'espacement conseillé entre les asperseurs, le taux de précipitation et l'uniformité de la distribution (**Elimelech, 2002**).

I.4.6 FONCTIONNEMENT DU RESEAU

L'objectif principal de l'irrigation par aspersion est d'assurer une distribution d'eau aussi uniforme que possible et par suite garantir l'humidification adéquate de la zone racinaire des plantes.

I.4.6.1 Profils d'humectation

Le profil d'humectation d'un asperseur rotatif conique n'est pas uniforme Normalement la zone humidifiée est circulaire, Une distribution d'eau plus ou moins uniforme est obtenue par une série d'asperseurs en fonctionnement simultané; leur écartement est tel qu'il y a un chevauchement entre leurs zones d'action. Pour obtenir une bonne uniformité de distribution

d'eau, le chevauchement doit être au moins 65 % du rayon d'action des asperseurs. Ce facteur dicte l'écartement optimum des asperseurs sur les rampes d'arrosage.

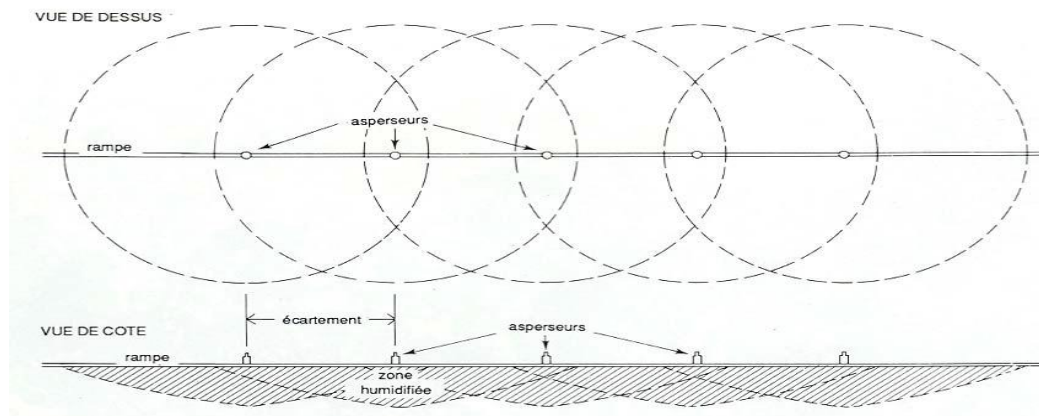


Figure 16 Profils d'humectation des asperseurs en fonctionnement simultané

I.4.6.2 Pluviométrie

C'est la dose moyenne d'arrosage des cultures mesurée en mm/heure. La pluviométrie dépend des diamètres des buses, de la pression de service et de l'écartement des asperseurs sur les rampes.

Lors de l'établissement d'un réseau d'irrigation par aspersion, il faut faire en sorte que la pluviométrie soit inférieure au taux d'infiltration du sol. De cette façon l'infiltration des eaux d'irrigation est pratiquement complète et les pertes par ruissellement sont minimales.

I.4.6.3 Diamètres des gouttes d'eau

Une fois que l'eau est pulvérisée par l'asperseur, elle retombe en gouttelettes de 0,5 à 4,0 mm de diamètre. Les gouttes fines retombent tout près de l'asperseur, tandis que les grosses gouttes retombent à la limite de la zone d'action de l'asperseur. Les grosses gouttes d'eau peuvent détruire les cultures délicates et abîmer les sols fragiles; dans ces conditions il vaut mieux utiliser des asperseurs à faibles débits. (Elimelech, 2002).

I.4.7 Les avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion

I.4.7.1 Avantages

- ✓ Besoins en main-d'œuvre généralement faibles (mais très variables selon le degré d'automatisation).
- ✓ Absence de nivellement préalable. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépassé 10 %.

- ✓ Possibilité d'arroser tous les types de sol. On peut obtenir la même efficacité d'arrosage sur les sols les plus sableux que sur les sols les plus argileux, grâce à la large gamme des intensités pluviométriques offertes par les différents matériels.
- ✓ Possibilité de contrôle précis des doses appliquées, ce qui permet un bon rendement des arrosages (à condition que la technique soit bien maîtrisée par les irrigants).
- ✓ Bon rendement des réseaux de canalisation qui, avec une bonne efficacité d'arrosage à la parcelle, réduit les consommations en eau par rapport à l'irrigation de surface.
- ✓ Automatisation très poussée permise par le réseau sous pression.
- ✓ Possibilité de réaliser des arrosages à faible dose et à cadence rapide (levée de semis en l'absence de pluie : cultures de contre-saison, céréaliculture en zone désertique).
- ✓ Facilité de mesure des consommations d'eau, permettant la facturation au volume,
- ✓ Possibilité de mélanger, facilement, des engrais et pesticides à l'eau d'irrigation,
- ✓ Suppression des surfaces perdues en emprises de canaux et rigoles (**LOUQMAN, 2011**).

I.4.7.2 Inconvénients :

- Coût supplémentaire d'énergie en raison de la création de la pression d'eau.
- Sensible au vent.
- Perte en eau par évaporation de la surface du sol et du couvert végétal.
- Induction de maladies foliaires en cas d'irrigation par le dessus.
- Danger d'accumulation de sel sur un feuillage humide
- Risque de brûlure des feuilles et de lessivage des pesticides.
- Interférence de l'irrigation avec diverses activités agricoles telles que labour, Récolte, pulvérisation, etc.
- Danger de formation de croûte à la surface du sol et d'accroissement du ruissellement.
- Perte en eau en marge des parcelles (**Elimelech, 2002**).

I.5 Irrigation localisée (Goutte à Goutte)

L'irrigation localisée est une méthode d'arrosage qui fournit l'eau aux cultures en faible quantité et à une fréquence élevée. L'arrosage se fait en surface ou en profondeur directement dans la zone racinaire s'il s'agit de l'irrigation souterraine.

L'irrigation localisée repose sur le concept de fourniture optimum de l'eau aux cultures par humidification continue du volume de sol exploité par le système racinaire. Il est en effet possible de pratiquer simultanément l'irrigation et les opérations d'entretien et de récolte de la

culture. Les systèmes d'irrigation localisée sont conçus pour fonctionner journalièrement pendant presque 24 heures et pour humidifier seulement le volume de sol exploité par les racines (**Bouzar, 2012**).



Figure 17 Irrigation localisée

(<https://www.agriculturemoderne.com>)

I.5.1 Irrigation goutte-à-goutte basse pression

Adapté aux terrains de petite superficie (20-1000 m²), l'irrigation goutte à goutte à basse pression a été développée pour les petits producteurs, il fonctionne à une pression d'eau de 0.5-1bar fournie par un réservoir placé en hauteur variable de 1à 6 m et alimentant par gravité la parcelle à irriguer (Ayana et *al*, 2006)

. Ce système d'irrigation se divise en deux groupes : le système à seau d'une capacité de 20 à 30 litres placé à environ 0,5 à 1m du sol, assure l'irrigation d'une planche de 10 à 20 m² (**Sijali, 2001**) et, le système à fût d'une capacité de 200 à 1000L. Fonctionne sous une pression de 1 à 5 m de hauteur et couvre une superficie de 80 à 1000 m².

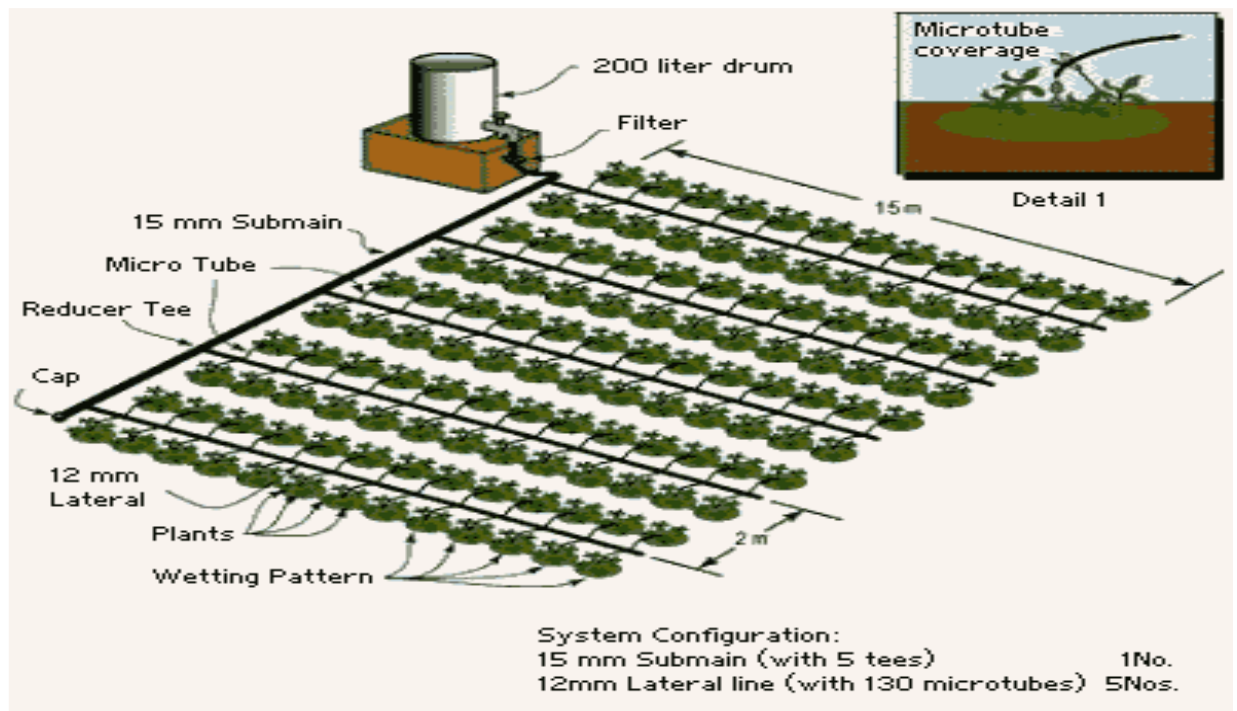


Figure 188 système basse pression à fût

I.5.2 Irrigation goutte-à-goutte haute pression

Dans ce cas, une source de pression est située en amont du réseau d'irrigation. La pression fournie dépend de la source. La source peut être une force humaine, une motopompe, un groupe électrogène. Ce type d'irrigation est utilisé pour de grandes superficies (Meda, 2011).

I.5.3 Type de cultures adaptées à l'irrigation goutte à goutte

Les cultures jugées convenables pour le système d'irrigation goutte à goutte sont

- Les arbres fruitiers.
- Les cultures légumières de plein champ.
- Les cultures maraîchères et florales sous serres.
- La vigne, la canne à sucre, le coton, les fraises.

L'irrigation améliore l'établissement des arbres, l'utilisation des éléments nutritifs, la surface du feuillage et la santé des arbres. Il améliore également la taille et la qualité du fruit.

L'irrigation goutte-à-goutte est fondée sur le concept de la prévention plutôt que le soulagement du stress hydrique. (AOUATA, 2015).

I.5.4 Eléments constituant le système d'irrigation goutte à goutte

I.5.4.1 Point d'approvisionnement en eau :

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

A. *Unité de tête*

Cette unité est reliée au point de fourniture d'eau elle permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y introduire des éléments fertilisants. Parfois, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des portes rampes ou même des rampes.

Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais solubles, azote en particulier : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie. (AOUATA, 2015).



Figure 19 Installation de tête
(<http://www.groupe-chiali.com>)

B. *Unité de filtration*

Elle constitue la partie essentielle de toute installation goutte à goutte, elle est constituée d'une toile fine ou des lamelles faiblement écartées.

C. *Distributeurs (les goutteurs)*

Les goutteurs délivrent ponctuellement de petits débits, c'est à partir d'eux que l'eau sort, à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers (quelques l/h). Ils sont montés à

de faibles espacements sur des tuyaux souples constituant les rampes d'arrosage posées sur le sol le long des rangs de la culture (Talbi ,2016).

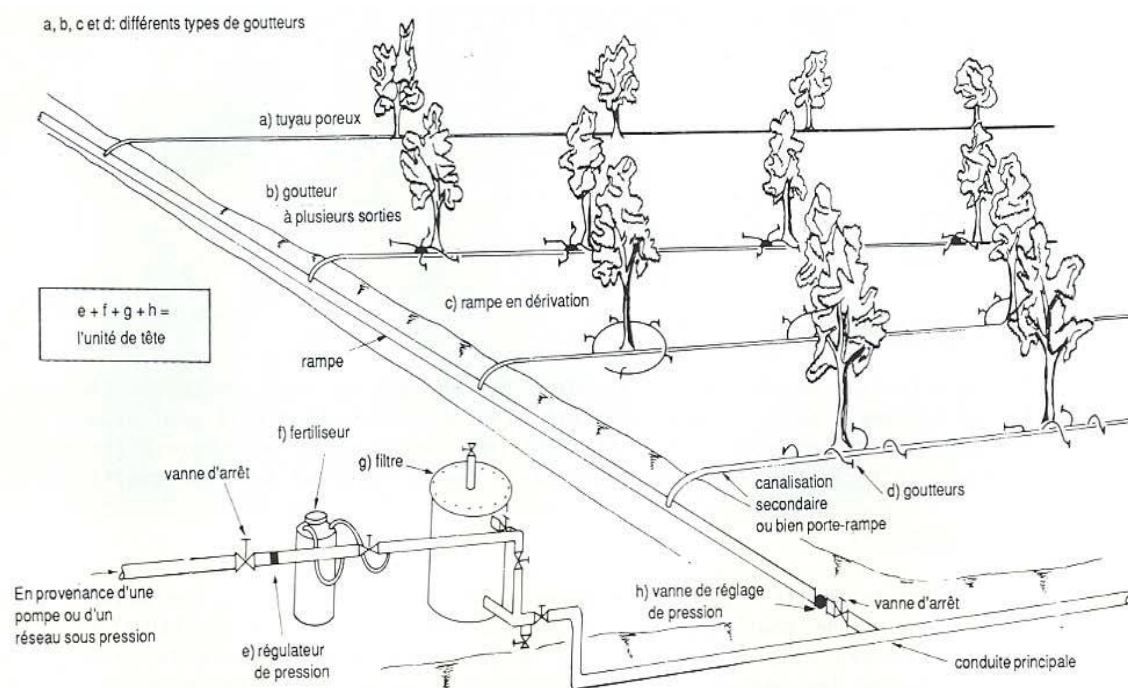


Figure 200 Schéma type d'une installation d'irrigation au goutte à goutte

I.5.5 Caractéristiques des goutteurs

Le goutteur est un petit organe destiné à délivrer ponctuellement un débit lent et régulier de l'ordre de quelques litres par heure. C'est aussi organe dissipateur d'énergie.

Le principe essentiel de l'irrigation goutte à goutte est la distribution homogène de la quantité d'eau requise par la plante dans l'ensemble du champ. Elle consiste à amener l'eau sous pression dans un système de canalisations généralement en PVC, qui, ensuite, est distribuée par des tuyaux plus petits, munis d'un grand nombre de goutteurs repartis le long des rangées de plantation. L'eau est apportée en bande, de façon fréquente et continue. Cela favorise la réduction de l'évaporation et la diminution de la percolation de l'eau, ce qui fait l'efficacité de l'irrigation goutte à goutte. Les différents éléments qui composent un système d'irrigation goutte à goutte conventionnel sont :

- l'unité de pompage qui pompe l'eau et la refoule dans le réseau d'irrigation à la pression nécessaire pour le fonctionnement du système. L'unité de contrôle de tête qui comprend les différents types de filtres, le réservoir d'eau et éventuellement d'engrais, la pompe d'injection, la vanne métrique, le régulateur de pression.

- Le système de tuyauterie (conduites principales et secondaires, les rampes et les goutteurs) (*Meda, 2011*).

Il existe 4 types d'irrigation par goutte à goutte qui sont: goutteur ou gaine, diffuseur, orifice calibré ou ajustage et micro-asperseur.



Figure 211 Irrigation localisée

<https://www.google.com>

I.5.6 INSTALLATION D'UN SYSTEME D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTE

L'étalement du réseau goutte à goutte s'effectue en fonction du matériel disponible.

Etape 1 : Préalable

Il est nécessaire avant de commencer l'installation du système, de s'assurer que :

- La parcelle est prête (labour et autres travaux de préparation de sol sont effectués.
- L'eau d'irrigation n'a pas une concentration en sel ou en matières en suspension élevée.

Etape 2 : Préparation de la tuyauterie

En fonction des dimensions de la parcelle et des cultures qui seront emblavées, on dessine un schéma du dispositif indiquant l'emplacement du réseau principal et l'espacement des lignes de goutteurs. Le réservoir et le support sont installés.

Etape 3 : Connexion du système au réservoir

Après l'installation des lignes de goutteurs, on procède à la connexion du système au réservoir d'eau. Celui-ci doit de préférence être placé au milieu de la conduite principale et en bordure de la parcelle. Le réservoir est muni à la sortie d'un dispositif de commande (vanne) et de filtration (filtre) de l'eau.

Le dispositif de tête comporte 4 éléments essentiels :

- 1- Un réservoir en tonneau de 100 litres ;

- 2- Une vanne d'arrêt qui commande le passage d'eau ;
- 3- Un filtre pour limiter le passage des matières en suspension dans le réseau ;
- 4- Deux vannes qui commandent le passage d'eau dans chaque réseau principal.

Etape 4 : Essai du dispositif

Après avoir connecté le dispositif au réservoir d'eau, on ouvre toutes les vannes et on vérifie si tous les goutteurs fonctionnent normalement. **(Programme Nigéro – Allemand de Promotion de l'Agriculture Productive ,2019)**

I.5.7 CONDITIONS D'UTILISATION

L'irrigation au goutte à goutte, appelée aussi micro-irrigation, consiste à délivrer l'eau en gouttes à la surface du sol avec une faible dose (2 à 20 litres par heure). L'eau est canalisée dans des tuyaux en plastique munis d'orifices appelés goutteurs (émetteurs, distributeurs, jets d'eau, etc.). L'eau est délivrée au voisinage immédiat de la plante de sorte que l'humidification soit limitée à la zone racinaire du sol. Ceci correspond à une utilisation plus efficace de l'eau qu'avec l'irrigation de surface ou par aspersion, où l'humidification concerne la totalité du sous-sol des plantations. En irrigation au goutte à goutte, la fréquence des arrosages est supérieure à celle des autres méthodes (d'habitude tous les 1 à 3 jours), ce qui maintient une forte humidité du sol, favorable à la croissance des cultures.

I.5.7.1 Cultures recommandées

L'irrigation à la goutte à goutte convient surtout aux cultures en lignes (légumes, fruits), Arboriculture, vigne. On peut utiliser un ou plusieurs goutteurs pour assurer une irrigation adéquate. A Cause du coût d'installation élevé, cette technique d'irrigation est réservée pour l'irrigation des cultures à forte productivité et de haute qualité.

I.5.7.2 Pentés adéquates

L'irrigation à la goutte à goutte s'adapte à tout terrain irrigable. Les plantes sont cultivées le long d'une courbe de niveau et les canalisations de distribution d'eau (rampes en plastique) suivent elles aussi les courbes de niveau. Cette pratique a l'avantage de réduire les variations de pression de service des goutteurs résultant de l'irrégularité de la pente du terrain.

I.5.7.3 Types de sols appropriés

Cette méthode d'irrigation s'adapte presque à tous les types du sol. En sols argileux, le débit des goutteurs ou distributeurs est faible pour éviter la stagnation de l'eau ou bien

l'écoulement par ruissellement. En sols sableux, les goutteurs doivent avoir un débit fort pour que l'infiltration latérale des eaux soit suffisante.

I.5.7.4 Qualité de l'eau

Le problème majeur de l'irrigation à la goutte à goutte est le risque d'obstruction des goutteurs. La section de passage des eaux dans les goutteurs qu'on trouve sur le marché est très faible (diamètre de 0,2 à 2,0 mm). Par suite ces goutteurs risquent de se boucher si l'eau n'est pas propre. Par conséquent il est essentiel que l'eau soit exempte de toute matière solide en suspension, autrement dit la filtration de l'eau est obligatoire.

L'obstruction des goutteurs peut aussi provenir du dépôt des matières organiques, des algues, des dépôts d'engrais ou des engrais non dissous tels que le calcium et le fer. La filtration peut éliminer les matières en suspension, les algues et les matières organiques, mais la prévention contre toutes les causes de blocage nécessite le recours à des spécialistes, ou bien le concours du fournisseur du matériel d'irrigation.

La salinité de l'eau ne constitue pas un handicap à l'utilisation de l'irrigation à la goutte à goutte.

D'autre part, comme l'eau est uniquement fournie au pied de la plante, cette technique réduit les pertes d'eau et limite le gaspillage. Donc cette technique, du fait de sa haute performance, est recommandée chaque fois que les ressources en eau sont limitées (FAO, 1990).

I.5.7.5 Coûts d'installation et d'utilisation

Les coûts de l'énergie (d'exploitation) sont les coûts du carburant ou de l'électricité pour le fonctionnement des systèmes de pompe. Ils doivent être réglés en argent liquide. L'investissement pour un système d'irrigation au goutte-à-goutte simplifié avec seau ou familial est considérable. Même si le coût d'une unité de système à seau et le coût d'une unité d'irrigation au goutte-à-goutte familiale sont modestes, les coûts d'investissement par hectare sont encore importants. (FAO, 2014).

I.5.8 Avantages et inconvénients de l'irrigation par goutte à goutte

I.5.8.1 Les avantages :

La technique du goutte-à-goutte possède de nombreux avantages sur les autres systèmes d'irrigation. La micro-aspiration augmente de façon significative l'efficacité de l'utilisation de l'eau et améliore les conditions de développement des cultures irriguées.

Précision de l'apport en eau: l'eau est déposée avec précision à un volume de sol restreint, correspondant à la configuration du système racinaire. Une gestion adéquate de l'eau peut réduire au minimum les pertes en eau et en éléments nutritifs au-dessous de la zone racinaire

Réduction des pertes par évaporation: la réduction de la surface extérieure humectée diminue les pertes par évaporation directe de la surface du sol.

Diminution des mauvaises herbes: la réduction de la zone arrosée diminue le développement des mauvaises herbes

Automatisation: les systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte sont facilement gérables par des contrôleurs automatiques

Adaptation aux conditions topographiques et aux sols difficiles: le goutte-à-goutte fonctionne avec succès sur des terrains en pente raide, sur des sols peu profonds et compacts à faible taux d'infiltration et sur des sols sableux à faible capacité de rétention d'eau.

Insensibilité au vent: l'irrigation au goutte-à-goutte n'est pas affectée par les vents, contrairement au système de l'aspersion. Elle peut donc se pratiquer même par fort vent. Diminution du fungus des feuilles et les maladies des fruits: le goutte-à-goutte ne mouille pas le feuillage de la plante, diminuant ainsi la fréquence des maladies des feuilles et des fruits (Moshé, 2007).

I.5.8.2 Les inconvénients de l'irrigation par goutte-à-goutte

Risques d'obstruction: les étroits passages des émetteurs sont susceptibles d'être obstrués par des particules solides, des matériaux organiques en suspension ou la précipitation de sels chimiques contenus dans l'eau. L'obstruction peut encore être occasionnée par la succion de particules de sol et l'intrusion de racines dans le goutteur.

Coût initiaux élevés: en raison du grand nombre de conduits latéraux et d'émetteurs, il est généralement difficile de déplacer le système au cours de la saison agricole. La plupart des installations sont fixes, d'où un coût d'équipement élevé par zone irriguée.

Exposition des canalisations latérales en surface et des goutteurs aux dégâts causés par les animaux: les canalisations latérales, en particuliers les tuyaux à paroi mince et les goutteurs minuscules sont sujets aux dommages causés par les rongeurs, les rats, les taupes, les sangliers et les piverts. Les canalisations latérales et les goutteurs souterrains peuvent également être endommagés par les rondeurs.

Limitation du volume des racines: l'application répétée de l'eau à un volume de sol limité conduit au développement de systèmes racinaires restreints et parfois peu profonds. Par

conséquent, la récolte dépend de la fréquence des arrosages et devient plus sensible à la tension d'humidité par temps particulièrement chaud. Les grands arbres aux systèmes racinaires peu profonds sont susceptibles d'être déracinés par des vents rapides. **(Moshé, 2007).**

Conclusion

Le passage de l'irrigation de surface à l'aspersion est l'une des conversions les plus répandues pour économiser l'eau. Les raisons de cette conversion résident dans le fait que les techniques d'irrigation de surface sont intrinsèquement moins efficaces et demandent plus de travail que l'irrigation par aspersion. Cependant avant de faire cette conversion, différents facteurs doivent être pris en compte: les effets sur les rendements, les économies d'eau, de main d'œuvre, d'énergie, l'aspect économique, les conditions climatiques et les caractéristiques du champ.

Pour choisir une méthode d'irrigation, l'agriculteur doit connaître les avantages et les inconvénients des différentes méthodes. Malheureusement dans bien des cas, il n'existe pas une unique bonne solution car toutes les méthodes ont leurs avantages et leurs inconvénients. Il présente également les avantages et les inconvénients d'une technique d'irrigation par rapport à une autre. Tous ces éléments doivent être pris en compte avant d'effectuer la conversion vers une technique plus efficace. Si un système d'irrigation n'est pas particulièrement bien adapté à une situation donnée, il peut ne pas être plus efficace ou ne pas économiser plus d'eau que la méthode d'irrigation initiale. **(irrigazette.com)**

II.RELATION EAU ET SOL

II.1 Effets des paramètres du milieu sur le choix d'une méthode d'irrigation

Le choix d'une méthode d'irrigation, « de surface, par aspersion ou goutte à goutte », est déterminé en fonction d'un certain nombre de facteurs, à savoir:

- Les conditions naturelles (topographie)
- Type de culture
- La technologie
- La tradition des irrigations
- Les besoins en main-d'œuvre
- Les coûts et les bénéfices.

II.1.1 Conditions naturelles

II.1.1.1Le type de sol

Les sols sableux ont une faible capacité de stockage de l'eau et un taux d'infiltration élevé. Ils nécessitent donc des applications d'irrigation fréquentes mais petites, en particulier lorsque le sol sableux est également peu profond. Dans ces circonstances, l'irrigation par aspersion ou goutte à goutte est plus appropriée que l'irrigation de surface. Sur les sols limoneux ou argileux, les trois méthodes d'irrigation peuvent être utilisées, mais l'irrigation de surface est plus courante. Les sols argileux à faible taux d'infiltration sont parfaitement adaptés à l'irrigation de surface.

Lorsqu'une variété de types de sols différents est trouvée dans un même système d'irrigation, l'irrigation par aspersion ou goutte à goutte est recommandée car elle garantira une distribution de l'eau plus uniforme.

II.1.1.2Pente

L'irrigation par aspersion ou goutte-à-goutte est préférable à l'irrigation de surface sur les terres plus raides ou en pente inégale, car elles nécessitent peu ou pas de nivellement des terres. Une exception est le riz cultivé en terrasses sur des terres en pente.

II.1.1.3Climat

Un vent fort peut perturber la pulvérisation d'eau des arroseurs. Dans des conditions très venteuses, les méthodes d'irrigation goutte à goutte ou de surface sont préférées. Dans les zones

d'irrigation supplémentaire, l'irrigation par aspersion ou goutte à goutte peut être plus appropriée que l'irrigation de surface en raison de leur flexibilité et de leur adaptabilité aux diverses demandes d'irrigation de la ferme.

II.1.1.4 Disponibilité de l'eau

Disponibilité de l'eau, a un impact suivant sur le choix d'une méthode d'irrigation:

L'efficacité de l'application de l'eau est généralement plus élevée avec l'irrigation par aspersion et goutte à goutte que l'irrigation de surface et ces méthodes sont donc préférées lorsque l'eau est rare. Cependant, il ne faut pas oublier que l'efficacité dépend autant de l'irrigateur que de la méthode utilisée.

II.1.2 Type de culture

L'irrigation de surface peut être utilisée pour tous les types de cultures. L'irrigation par aspersion et goutte à goutte, en raison de leur investissement en capital élevé par hectare, est principalement utilisée pour les cultures commerciales de grande valeur, telles que les légumes et les arbres fruitiers. Ils sont rarement utilisés pour les cultures de base de moindre valeur.

L'irrigation goutte à goutte est adaptée à l'irrigation de plantes ou d'arbres individuels ou de cultures en rangées telles que les légumes et la canne à sucre. Il ne convient pas aux cultures fermées (par exemple le riz).

II.1.3 Type de technologie

Le type de technologie influe sur le choix de la méthode d'irrigation. En général, l'irrigation sous pression « goutte à goutte et aspersion » sont des méthodes techniquement plus compliquées. L'achat d'équipement nécessite un investissement en capital élevé par hectare. Pour maintenir l'équipement, un haut niveau de « savoir-faire » doit être disponible. En outre, un approvisionnement régulier en carburant et en pièces de rechange doit être maintenu, ce qui, avec l'achat d'équipement, peut nécessiter des devises.

Les systèmes d'irrigation de surface en particulier les projets à petite échelle nécessitent généralement un équipement moins sophistiqué pour la construction et l'entretien (à moins que des pompes ne soient utilisées). L'équipement nécessaire est souvent plus facile à entretenir et moins dépendant de la disponibilité de devises étrangères.

II.1.4 Expérience antérieure avec l'irrigation

Le choix d'une méthode d'irrigation dépend également de la tradition d'irrigation dans la région ou le pays. L'introduction d'une méthode auparavant inconnue peut entraîner des

complications inattendues. Il n'est pas certain que les agriculteurs acceptent la nouvelle méthode. L'entretien de l'équipement peut être problématique et les coûts peuvent être élevés par rapport aux avantages.

II.1.5 Effet de la main-d'œuvre requis

L'irrigation de surface nécessite souvent une main-d'œuvre beaucoup plus importante pour la construction, l'exploitation et l'entretien que l'irrigation par aspersion ou goutte à goutte.

L'irrigation de surface nécessite un nivellement précis des terres, un entretien régulier et un niveau élevé d'organisation des agriculteurs pour faire fonctionner le système. L'irrigation par aspersion et goutte à goutte nécessite peu de nivellement du sol; l'exploitation et la maintenance du système nécessitent moins de main-d'œuvre. (Vermeiren L ,1980).

II.2 Conception d'un projet d'irrigation

Avec l'irrigation, l'agriculteur dispose d'un puissant levier pour accroître et régulariser la production de ses cultures, à condition de pouvoir maîtriser son irrigation, afin de satisfaire les objectifs techniques (rendements) et économiques (au coût optimal) visés. La performance d'une installation d'irrigation dépendra du bon choix de la technique, du système d'irrigation et de la bonne mise en place des équipements, sur la base de la parfaite connaissance des informations techniques et économiques liées aux conditions de l'exploitation.

Pour la conception d'un projet d'irrigation, l'agriculteur et le concepteur devront disposer de suffisamment d'informations sur :

- La disponibilité et la nature de la ressource en eau.
- Le type de sol et les caractéristiques des parcelles à irriguer.
- Le type de cultures à irriguer et leurs besoins en eau.

Tenant compte de la diversité des paramètres (sol, climat, plante) permettant une mise en place et maîtrise de l'irrigation, il est utile de procéder comme suit :

- 1/ connaître la source d'eau et le débit à extraire, le type de sol et le choix de la culture.
- 2/ connaître la topographie de la parcelle et les vents dominants.
- 3/ calcul des besoins en eau de la culture,
- 4/ faire le choix de la technique et le système d'irrigation à utiliser, entre : Le goutte à goutte, l'aspersion classique, ou le gravitaire.
- 5/ dimensionnement du réseau d'irrigation adopté.
- 6/ connaître les possibilités de drainage de la parcelle.

II.2.1 Points spécifiques qui permettront de définir système d'irrigation

La disponibilité de l'eau au moment voulu pour irriguer, car la connaissance de la quantité d'eau disponible en période de pointe permet de déterminer la superficie à irriguer ; et en qualité (bonne, médiocre ou mauvaise) pour savoir le niveau de traitement et de filtration nécessaires à son utilisation.

La disponibilité de l'eau dans le temps, en débit et en pression.

II.2.1.1 Dans le temps :

Si l'eau est disponible en permanence au niveau de l'exploitation, l'agriculteur n'aura aucune restriction dans la gestion de l'irrigation, suivant les postes qu'il aura à déterminer dans son projet. Si l'eau n'est pas disponible en permanence au niveau de l'exploitation, l'agriculteur aura des restrictions dans la gestion de l'irrigation, imposées par le tour d'eau.

II.2.1.2 En débit:

Un professionnel de l'irrigation a pour mission de s'assurer que le système d'irrigation sera capable de fournir une quantité suffisante en eau, en fonction du type de plantes. Pour définir le débit il faut tenir rigueur de 4 facteurs : les données météorologiques (vent, climat...), l'environnement dans lequel l'installation va être faite, le besoin en eau des plantes, et la zone à irriguer. Pour atteindre un rendement maximal et éviter de gaspiller de l'eau, il faut absolument tenir compte de ces facteurs.

II.2.1.3 En pression:

La pression c'est la quantité d'énergie nécessaire pour amener l'eau de sa source jusqu'aux plantes. Le dimensionnement d'un projet d'irrigation se fera en fonction de la pression nécessaire. Elle dépendra de la distance qui sépare la culture du point d'eau, de la pente et de l'élévation du sol. Si la pression n'est pas calculée précisément, cela peut entraîner une mauvaise application de l'eau sur la culture et une usure plus rapide du système d'irrigation. (Kessira, 2003)

II.2.2 Propriétés physique de d'eau dans le sol

II.2.2.1 Le type de sol :

La rétention en eau diffère suivant le type de sol, le taux d'infiltration et la capacité de rétention sont spécifiques à chaque sol, la connaissance des conditions d'humidité est importante

II.2.2.2 Humidité du sol :

L'humidité du sol est la quantité d'eau contenue dans le sol. Elle s'exprime communément comme la quantité d'eau (hauteur d'eau en mm) présente sur une profondeur d'un mètre de sol. L'humidité peut être exprimée en % de volume. Une humidité du sol de 100 mm/m correspond à une humidité du sol de 10% en volume. La quantité d'eau stockée dans le sol n'est pas une constante mais peut varier dans le temps

II.2.2.3 Saturation :

À la saturation il n'y a pas d'air dans le sol et les plantes peuvent en souffrir par manque d'air. L'eau drainée à partir des pores est remplacée par de l'air. Dans des sols à texture grossière (sol sableux), le drainage prend fin après une période de quelques heures. Dans des sols à texture fine (sols argileux), le drainage peut durer quelques (2 à 3) jours.

II.2.2.4 Capacité aux champs :

Après la fin du drainage, les plus grands pores contiennent de l'eau et de l'air. A ce stade on dit que le sol est à la capacité aux champs ; où le sol est dans les conditions idéales pour la croissance des plantes.

II.2.2.5 Point de flétrissement permanent :

L'eau contenue dans le sol va être absorbée par les racines ou s'évaporer. Si aucune eau supplémentaire n'est fournie au sol, celui-ci va graduellement s'assécher. Plus le sol devient sec, mieux l'eau restante est retenue et plus il sera difficile aux racines de l'extraire. A un certain stade, la quantité d'eau absorbée par la plante n'est plus suffisante pour lui assurer ses besoins. La plante perd alors de sa fraîcheur et se flétrit. **(Kessira, 2003)**

Quantité d'eau disponible dans le sol = Quantité d'eau à la capacité au champ – Quantité d'eau au point de flétrissement permanent.

II.2.3 Informations importantes sur le terrain à arroser

Pour concevoir un projet d'irrigation, il est nécessaire de disposer d'un plan détaillé à grande échelle (1/500 ou 1/1000), sur lequel seront reportés les points cotés, les courbes de niveau, le point d'alimentation en eau, le sens des lignes de cultures et toutes autres indications jugées utiles. Les éléments essentiels à considérer sont la forme, les dimensions et le climat des

parcelles à irriguer, les caractéristiques pédologiques, les cultures pratiquées. Ceux qui conditionnent :

- * le choix des distributeurs,
- * la longueur et le choix des rampes (conduites principales et secondaires),
- * la disposition et le diamètre des porte-rampes. (Kessira, 2003).

La pente d'un terrain s'exprime comme un taux. C'est la distance verticale, considérée comme la différence d'altitude entre deux points d'un terrain, divisée par la distance horizontale entre ces deux points :

$$\text{Pente} = [\text{différence d'altitude (m)} / \text{distance horizontale (m)}] \times 100 = \%$$

Le tableau suivant montre une série de pentes caractéristiques pour l'irrigation :

Tableau 1: Les pentes caractéristiques pour l'irrigation

Pente	%
Horizontale	0-0.2
Très faible	0.2-0.5
Faible	0.5-1
Modérée	1-2.5
Forte	Plus de 2.5

(Kessira, 2003)

II.3 Détermination de volume d'eau d'irrigation :

La détermination de ce paramètre fondamentale pour une culture irriguée et productive, exige d'abord, la connaissance et quantification de ses besoins hydriques sans savoir ce qu'il y a dans la réserve hydrique du sol. C'est les besoins en eau des cultures (B en m³ /ha ou en mm).

II.3.1 Besoins en eau des cultures

Les plantes consomment de l'eau qu'elles rejettent dans l'atmosphère par évaporation.

L'énergie solaire est à l'origine d'une demande climatique potentielle en eau ou évapotranspiration potentielle (ETP en mm).

Dans de telles conditions, une culture annuelle donnée a, en fonction de son stade de développement et en l'absence de facteurs limitant, une évapotranspiration maximale (ETM en mm).

Pour des périodes données, le rapport $K_c = \text{ETM}/\text{ETP}$ définit un coefficient cultural K_c ou rythme de consommation d'eau de cette culture. Si la plante manque d'eau, elle réduit sa consommation, et a une évapotranspiration réelle inférieure (ETR, en mm). (**M. Benzerga N/A**).

Donc les besoins en eau des cultures s'expriment par :

$$B = \text{ETM ou ETR} = K_c \text{ ETP (m3 /ha ou mm)}.$$

L'ETP est déterminé expérimentalement (Bacs, évaporomètres,...) ou empiriquement moyennant les données climatiques nécessaires. Le déficit hydrique, qui peut également s'exprimer sous le terme de besoins en eau (B), se définit comme la différence entre l'évapotranspiration réelle (ETR) de la culture considérée et les précipitations efficaces (Peff).

L'évapotranspiration réelle s'obtient en multipliant l'évapotranspiration potentielle par le coefficient cultural

$$\text{ETR} = \text{ETo} * K_c$$

ETo représente l'évapotranspiration standard définie par Penman (1956) comme étant la quantité d'eau transpirée par unité de temps par une végétation courte et verdoyante, recouvrant complètement le sol, de hauteur uniforme et qui ne manque jamais d'eau.

Kc correspond au coefficient cultural, fonction du type de culture et de son état végétatif.

Tableau 2: La variation des besoins en eau des cultures selon les systèmes d'irrigation choisis

<i>Pour les besoins identiques, des apports différents</i>		
<i>Irrigation traditionnelle</i>	<i>Irrigation sous pression</i>	
<i>100 litres</i>	<i>70 litres</i>	<i>40 litres</i>
<i>Gravitaire</i>	<i>Aspersion</i>	<i>Goutte à Goutte</i>

Ces chiffres sont des moyennes et des écarts plus grands ont déjà été enregistrés. C'est surtout le système goutte à goutte qui permet de faire les économies d'eau les plus significatives. En effet, presque toute l'eau employée est utilisée car il y a beaucoup moins de perte par évaporation et par percolation ; pour ces raisons, le choix des équipements adéquats s'avère nécessaire.

II.3.2 Détermination des besoins en eau d'irrigation

Pour satisfaire les besoins en des cultures et palier à tout déficit hydrique, il a lieu de calculer période par période le bilan suivant:

$$B_I = K_c \cdot ETP - P_{eff} \cdot \Delta RFU$$

Avec ΔRFU (réserve facilement utilisable) variation de la RFU compte tenu de l'utilisation la réserve hydrique initiale du sol en fonction de la profondeur d'enracinement. (M. Benzerga N/A).

Le tableau suivant montre les facteurs qui influencent l'évapotranspiration d'une culture:

Tableau 3 : détermination des besoins en eau d'irrigation

Facteurs	Effet sur l'ETP d'une culture	
	Forte	Faible
Climat	Chaud	Frais
	sec	Humide
	Venteux	Sans vent
	Sans nuages	Nuageux
Culture	Tardive	Précoce
	Dense	Peu dense
Humidité du sol	Humide	Sec

(Kessira, 2003)

II.3.3 Importance de l'irrigation en agriculture

II.3.3.1 Contrôle de la disponibilité en eau d'irrigation

Une pluie insuffisante, incertaine et irrégulière engendre des incertitudes dans l'agriculture et notamment dans la productivité et le rendement. L'irrigation offre une stabilité de pluviométrie et une garantie pour les cultures de ne pas souffrir de stress hydrique suite aux potentielles sécheresses.

II.3.3.2 Augmentation de la productivité agricole

Il a été prouvé que la productivité sur les terres irriguées dépasse considérablement la productivité sur les terres non irriguées. Sur des cultures comme le maïs, par exemple, il est

fréquent de constater un doublement du rendement (et certains légumes, comme la carotte, ne peuvent tout simplement pas pousser sans irrigation).

II.3.3.3 Elargissement de nombres d'espèces cultivées

Les agriculteurs indiens ont la chance d'avoir un climat tropical et subtropical. Grâce à ces conditions climatiques, ils ont la possibilité de faire pousser plusieurs cultures toute l'année.

En Algérie, 80 % des précipitations annuelles sont réparties sur quelques jours dans le mois et quelques mois en une année. Les cultures petites et multiples ne sont généralement pas envisageables. La mise en place d'un système d'irrigation offre la possibilité d'obtenir un bon rendement sur deux ou trois cultures par an dans la plupart des régions du pays. Cette alternative est donc idéale pour améliorer la production ainsi que la productivité agricole.

II.3.3.4 Augmentation des surfaces cultivables

Aujourd'hui encore, une surface importante de terre reste incultivable. Si dans certains cas, ces terres sont incultivables pour des raisons « techniques », pour la plupart, il s'agit d'un manque d'eau. La mise à disposition d'installations d'irrigation peut rendre une grande partie de terres exploitables et augmenter les rendements.

II.3.3.5 Avantages indirects de l'irrigation agricole

Grâce à une production agricole accrue, le potentiel d'emploi des terres irriguées est élevé : l'augmentation de la production est un atout de taille pour l'économie et le développement d'activités semblables. Enfin, la disponibilité d'un approvisionnement en eau régulier augmente significativement les revenus des agriculteurs, et l'investissement en vaut donc grandement le coût (**France pivots ,2019**).

II.3.4 Drainage Agricole

Le drainage du sol est reconnu pour être l'un des outils les plus efficaces pour augmenter la capacité de production des terres agricoles.

On fait appel au drainage pour retirer l'excédent d'eau de la rhizosphère et aérer cette zone du sol afin de faciliter l'absorption des nutriments par les racines des plantes et d'optimiser le rendement des cultures. On s'assure ainsi une croissance rapide et vigoureuse des plantes et une récolte maximale.

Le drainage agricole concerne l'ensemble des opérations ayant pour objectif la suppression des excès d'eau dans des terrains hydromorphes, agricoles ou non. (**Service police de Léau**).

Avant de décrire les modèles de drainage, il est nécessaire de décrire les paramètres de tout système de drainage qui peuvent être représentés par la figure 5

Ces paramètres se divisent en

- limites physiques.
- la profondeur des drains "d"
- la profondeur de sol perméable sous les drains "Z"
- l'écartement entre les drains "E"
- le rayon du drain "r" (DDT, 2012).

II.3.5 Bassin d'irrigation

Une structure de ce type a pour fonction de fournir l'eau d'irrigation d'une exploitation agricole. Pour maintenir la production même pendant les années de sécheresse, on peut assurer un approvisionnement en eau régulier et fiable à partir d'un puits à faible rendement combiné à un réservoir. On peut aussi combiner un réservoir d'irrigation avec un système qui puise l'eau d'un ruisseau en hiver ou au printemps, ce qui évite de faire des prélèvements dans le cours d'eau en été pendant les périodes de basses eaux.



Figure 222 Exemple de réservoir hors-terre.

II.3.5.1 Emplacement du bassin de stockage d'eau :

- ✓ Près de la source d'eau qui doit servir à le remplir, pour limiter les coûts de pompage.
- ✓ Près du centre des champs à irriguer, pour limiter les coûts d'installation des conduites et de pompage.
- ✓ À l'écart des résidences, des édifices et des chemins publics pour éviter que les infrastructures publiques et locales soient endommagées en cas de défaillance majeure.

Le choix de l'emplacement du bassin, dépend des étapes suivantes :

- Lorsque c'est possible, possibilité de branchement électrique.
- Proximité des chemins d'accès.
- Repérer et éviter les zones de passage de services publics, lignes de communication, conduites, etc...
- L'emplacement ne doit pas gêner les pratiques culturelles et de gestion des terres.
- Repérer toutes les conduites de drainage souterrain et prévoir les modifications à y apporter si on construit un réservoir à cet endroit.
- Choisir un site dont le sous-sol est argileux pour pouvoir construire le réservoir à partir des matériaux imperméables trouvés sur place.

II.3.5.2 Les avantages du bassin

- Les bassins d'irrigation permettent d'entreposer l'eau prélevée dans une source approuvée en vue d'une utilisation ultérieure.
- Permettre d'entreposer des volumes d'eau suffisants pour les besoins prévus.
- Permettre le fonctionnement efficace et économique du système d'irrigation.
- Limiter les pertes d'eau à partir du lieu d'entreposage.
- Limiter l'entretien.
- Limiter les coûts d'entretien et de construction.
- Constituer un système d'entreposage sûr et sans danger (**R. Shortt ,2016**).

conclusion

La variété et l'abondance de la production du produit sont dues à la bonne gestion de l'irrigation agricole.

Le but de ce chapitre est de connaître les techniques d'irrigation, les facteurs climatiques et autre information afin de faciliter le choix du système d'irrigation approprié et son équipement.

Nous mettons en évidence l'utilisation des eaux usées par certains agriculteurs et les dommages qu'elle provoque. Car avant de choisir un système d'irrigation approprié il faut donner à l'arrosage sa crédibilité.

III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE (BOUSAADA)

Introduction

Ce chapitre vise présenter la situation géographique, certaines caractéristiques climatique et physique, la connaissance des sources en eau disponibles, destinées à l'irrigation, et une étude générale montrant la nature du climat de la région en raison de son importance dans notre étude comparative.

III.1 Situation géographique

La wilaya de M'sila avec une superficie de 18.175 Km² est située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord, elle fait partie de la région du haut plateaux. Elle est comprise géographiquement entre les parallèles 34° 10' et 36° de latitude Nord et entre les méridiens de longitude 3°20' et 5°20' à l'Est de GREENWICH (DSA, 2011). La wilaya de M'sila limitée par :

Au Nord Est : les wilayas de Bordj Bou-Arredidj et Sétif.

Au Nord-Ouest : les wilayas de Média et Bouira.

A l'est : la wilaya de Batna.

A l'ouest : la wilaya de Djelfa.

Au Sud Est : la wilaya de Biskra

Et compte une superficie de 16720 hectares pour une population totale de 16545 habitants. (AMMMICHE L., 2018).



Figure 233 limites géographiques de M'sila

Source : (d'après B. Nouibat, 2007)

III.1.1 Analyse de milieu physique et naturelle

Afin d'étudier le milieu physique et naturelle de notre zone d'étude et en tenant compte de l'absence d'une station météorologique, nous avons utilisé la station de M'sila comme référence.

III.1.1.1 Relief :

Le relief joue un rôle important dans le comportement hydrologique du bassin versant. En effet, plus la pente du terrain sera forte, plus le ruissellement sera important, Le territoire de la Wilaya constitue une zone charnière et de transition entre les deux grandes chaînes de montagnes que sont l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien. La configuration géographique y est comme suit ;

- Une zone de montagnes de part et d'autre du Chott El Hodna.
- Une zone centrale constituée essentiellement de plaines et de hautes plaines.
- Une zone de chotts et de dépression avec le Chott El Hodna au Centre et le Zahrez Chergui au Centre Ouest
- Une zone de dunes de sable éolien (ANDI ,2013).

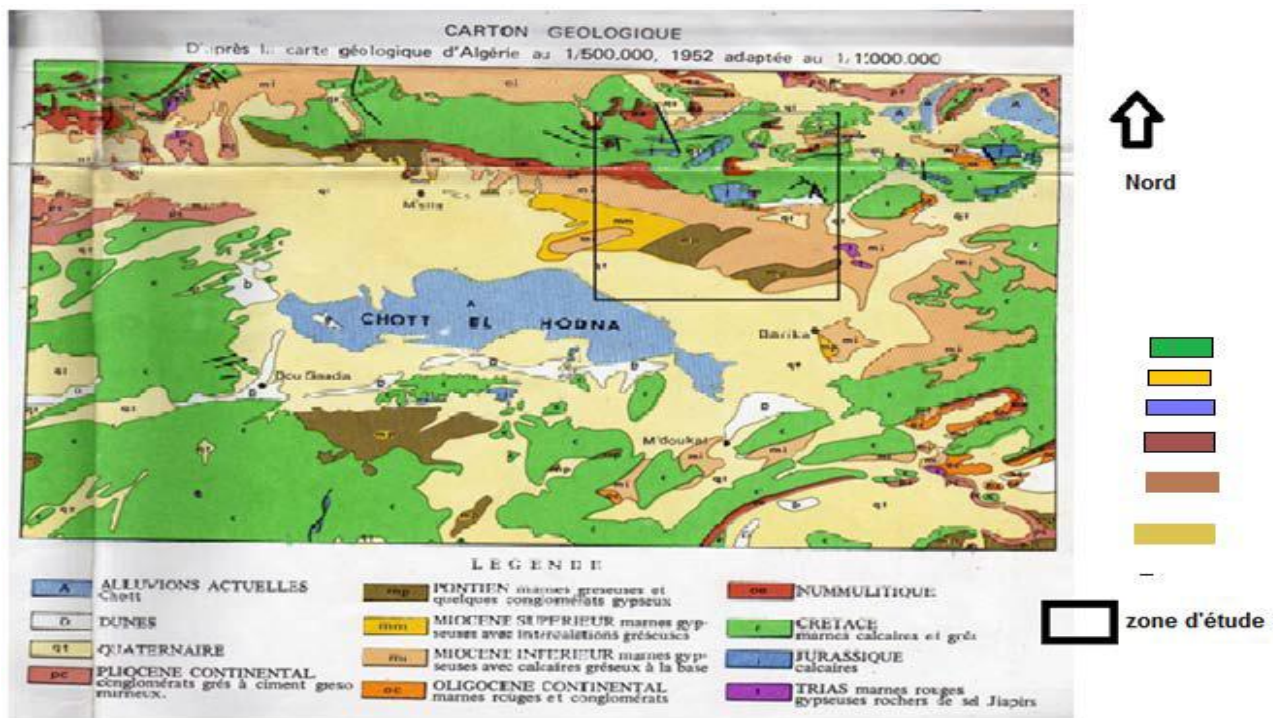


Figure 244 Carte géologique de la zone de Hodna (ZEDAM, 2015).

- ✓ Afin de mieux cerner les caractéristiques physiques et naturelles de la ville de Bou Saâda, il convient de l'inclure dans son contexte territorial, notamment le bassin versant de HODNA.

III.1.1.2 L'Hydrogéologie

Il existe une nappe phréatique dont l'eau est impropre à la consommation domestique Car très chargée et saumâtre ; ainsi que des nappes profondes captives notamment celles du Hodna et de la plaine de Ain Riche.

Une grande partie de la Wilaya est considérée comme un immense bassin versant bénéficiant de l'impluvium de l'Atlas et qui reçoit les eaux de pluie des différents oueds qui se jettent principalement au Chott El Hodna, Les potentialités en eau souterraine sont limitées dans la Wilaya, et les nappes aquifères, actuellement connues, sont ;

- La nappe phréatique.
- La nappe profonde du Hodna.
- La nappe profonde d'Ain Riche.

Les réserves en eau de la nappe phréatique sont difficilement quantifiables. Les deux autres nappes renferment respectivement 133 HM3 et 08 HM3 En sus de ces nappes, il y a lieu de signaler l'existence:

Du barrage du K'sob d'une capacité théorique de 29 millions de mètres cubes et qui est de nouveau envasé en dépit de la surélévation entamée en 1972 et menée à terme lors de la Décennie 1980. La protection de son bassin versant est menée dans le cadre de l'opération «grands travaux » conjointement par les deux Wilaya de B.B.Arreridj et de M'sila. (**K Essaghir, 2019**).

III.2 Etude climatique de wilaya de Msila

Le climat de la Wilaya est de type continental soumis en partie aux influences sahariennes. L'été y est sec et très chaud, alors que l'hiver y est très froid. Sur le plan pluviométrique, la zone la plus arrosée est située au nord ; elle reçoit plus de 480 mm par an (Djebel EchChouk - Chott de Ouenougha) ; quant au reste du territoire, la zone la plus sèche est située à l'extrême sud de la Wilaya et reçoit moins de 200 m/an.

Les précipitations moyennes annuelles de la wilaya en 2010 sont de 153 mm par an. Les températures moyennes mensuelles de l'année sont de 20 C°, enregistrées au mois plus chaud (Août) sont de 32 C° et le mois plus froid (Janvier) sont de 11 C°. Les températures min et max, enregistrées (-0,2) C° mois de janvier et (45,7) C° en juillet. (**ANDI ,2013**). La seule station météorologique proche de notre zone d'étude est la station de l'office national de météorologie (ONM) de M'sila dont les Coordonnées géographiques sont (longitude de 04° 30'E et l'altitude de 441 m),(**SKENDRAOUI H, 2018**).

III.2.1 Précipitations

Est un facteur essentiel qui caractérise le climat d'une région, elle joue un rôle prépondérant dans le comportement hydraulique des cours d'eau et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines.

Tableau 4 : Valeurs des précipitations mensuelles de la région de M'sila (2006 à 2018)
(Source: Station météorologique de M'sila, 2019).

Mois	jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Der	Total
P(mm)	18	15.07	14	27.45	17.30	10.36	6.27	5.25	19.53	24.08	15.33	14	184.37

D'après le tableau 4, le mois le plus pluvieux est Octobre avec 24.08 mm, alors que le mois le plus sec est Aout avec 5.25 mm.

III.2.2 Températures :

Les valeurs moyennes des températures mensuelles minimales et maximales sont regroupées dans le tableau 5 suivant ;

Tableau 5 ; les valeurs moyennes des températures mensuelles minimales et maximales

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Moy (°C)	8.78	9.76	13.43	18.07	22.89	28.31	32.43	31.76	26.38	20.66	14.23	9.43

- D'après le tableau 5, le mois de janvier est le mois le plus froid soit une température moyenne de 8.78 °C, alors que, le mois le plus chaud est Juillet avec 32.43 °C.

III.2.3 Humidité

Les valeurs de l'humidité relative moyenne annuelles de 2006 à 2018 pour la région de M'sila sont portées dans le tableau 6 suivant ;

Tableau 6 valeurs de l'humidité moyenne mensuelle de la région de M'sila (2006 à 2018)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct.	Nev	Déc.
H(%)	74.23	69.07	61.38	55.84	46.69	38.53	30.38	34.69	48.07	57.92	69.15	75.38

(Source: Station météorologique de M'sila, 2019).

D'après le tableau 6, le mois de Décembre présente un taux d'humidité élevé avec 75.38 %, alors que le mois le moins humide est juillet avec 30.38 %.

III.2.4 Vent

Les vitesses maximales du vent allant de 2006 à 2018 pour la région de Msila, sont mentionnées dans le tableau 7 ci-dessous ;

Tableau 7: Moyennes mensuelles et annuelles de la vitesse du vent en m/s de 2006 à 2018(Source: Station météorologique de M'sila, 2019)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Jun	Juill	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Vent(m/s)	3.83	4.52	4.86	4.52	4.53	4.30	3.46	3.46	3.61	4	3.84	3.61

- La vitesse des vents relativement faibles, qui vont de 3.46 m/s en juillet et Aout, jusqu'à 4.86 m/s en Mois de Mars comme valeur maximale entre 2006 et 2018.

III.2.5 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique, pour la région de M'sila entre 2006 et 2018 montre une période sèche, qui s'étale du début du Mois de Mai à mi Septembre et deux périodes sèches, l'une s'étale de Janvier à Mars et l'autre de Octobre à Décembre

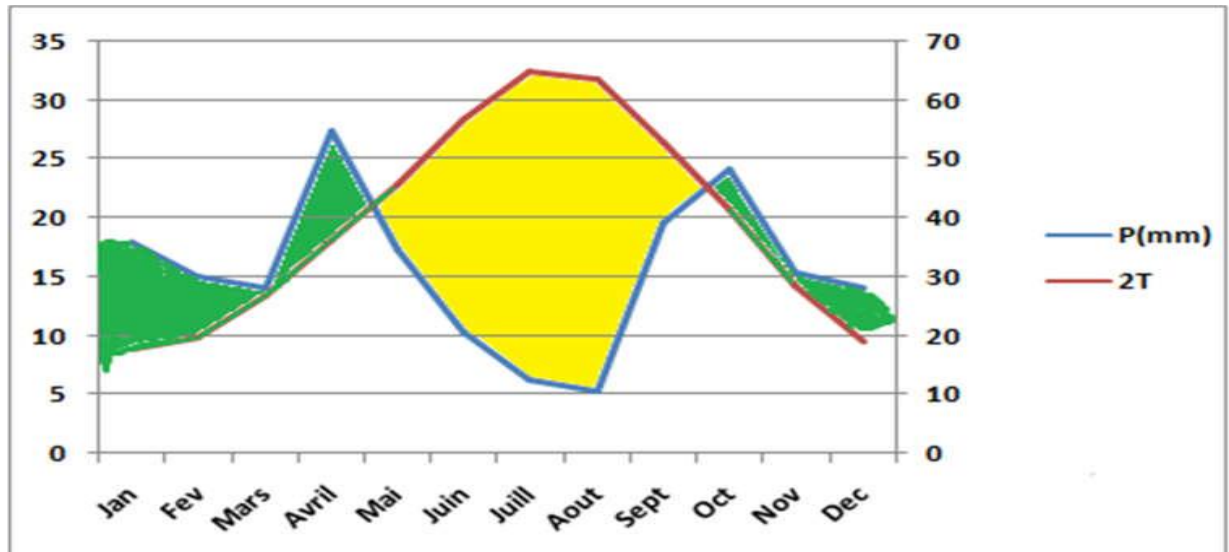


Figure 255 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la région de M'sila entre 2006 et 2018.

III.2.6 Les proportions d'occupation des cultures irriguée :

Du fait que les conditions du milieu sont difficiles (climat aride à semi-aride, sols pauvres et dégradés), la superficie totale des terres agricoles dans la wilaya de M'sila est limitée. La mise en culture de ces terres et les rendements obtenus dépendent fortement de l'irrigation. Sur une surface totale de 1.624.861 ha, la surface agricole utile (SAU) n'occupe que 277.211 ha, soit 17,06%. Les surfaces irriguées occupent seulement 37.650, soit 13,6 % de la SAU.

Tableau 8 : SAT.SAU totale et SAU irriguée dans la willaya de Msila

surfaces	SAT (ha)	SAU totale (ha)		SAU Irriguée (ha)	
		ha	ha (% SAT)	Ha	ha (%SAU)
M'sila	1624861	277 211	17,06	37 650	13 ,6

SAT, SAU totale et SAU irriguée dans la willaya de M'sila. (Source: DSA 2014)

III.3 Fiche techniques des cultures étudiées

III.3.1 Carotte

La Carotte (*Daucus carota* L.) est une plante de la famille des Ombellifères. C'est une plante bisannuelle, c'est-à-dire que son cycle dure deux ans. La première année elle produit une rosette de feuilles et des réserves situées dans la racine, c'est à ce stade qu'elle est récoltée pour la consommation. Si elle n'est pas récoltée, la seconde année elle utilisera ses réserves pour produire une hampe florale fortement ramifiée, il faut donc laisser la plante se développer jusqu'à ce stade si l'on veut récolter des semences pour un futur semis.

La racine de carotte est cultivée principalement aux australes, entre les mois de mars et de novembre. (DAG, 2018).

III.3.1.1 Caractéristique général

- Température de germination optimum : 27°C
- Température minimale de levée : 5°C
- Nombre de graines dans 1g : 900
- Longévité moyenne en ans : 4-5 ans
- Quantité de semence nécessaire pour 1 ha :
- Semis direct : 4 à 5 kg
- Semis de précision : 2,5 à 3 kg

III.3.1.2 Variétés recommandées

- Super muscade, Muscade, Touchon
- Nantaise amélioré, Napoli, Presto, Premia...

III.3.1.3 Exigences

- Aime les sols légers ; sableux et bien ameublés ; profonds et bien drainants.

- PH : 6 à 7,5
- Salinité : (tolérante au sel) : 1,92g/l à 3,25g/l (3 à 5mmhos/cm³)

III.3.1.4 Mise en place de la culture

➤ Préparation du sol :

- Epandage fumure de fond.
- Labour profond 25-30cm.
- Reprise avec un vibroculteur

➤ Semis :

La carotte se caractérise par des semis échelonnés. Peut être semée durant toute l'année, néanmoins les semis sont concentrés en mois novembre, décembre, janvier.

➤ □ Distances de plantation :

Entre rangs : 30 à 45cm (selon matériel semis de précision)

Sur ligne : 5 à 8 cm

Profondeur : 1 à 1,5 cm

Densité : 1200 000 à 1600 000 plants / ha (semis direct)

2.000.000 à 2.400 000 plants / ha (semis de précision)

III.3.1.5 Mode Irrigation

Les irrigations se font soit par submersion ou par aspersion.

III.3.2 Courgette

III.3.2.1 Historique

La courgette (*Cucurbitapepo L*), originaire du Mexique, appartient à la famille des cucurbitacées. Du même genre que les courges et les potirons, c'est la seule espèce dont le fruit est consommé à un stade très immature. C'est une plante annuelle, à tige courte, non ramifiée, à port dressé, à grandes feuilles longuement pétiolées. La courgette est monoïque : la même plante porte des fleurs femelles et des fleurs mâles. La pollinisation est strictement entomophile.

III.3.2.2 Exigences de la culture

a) Type de sol :

La courgette préfère les sols profonds, souples, se réchauffant rapidement mais suffisamment drainant et bien pourvus en matière organique

b) Climat

La courgette est exigeante en chaleur, elle gèle à 0°C. La croissance de la plante est pratiquement nulle à 5°C et les températures optimales de croissance et de fructification sont de 16 à 24°C.

c) Date de semis :

Le semis se fait à partir du 15 mai, dès que le sol est suffisamment réchauffé (température du sol d'environ 18°C).

d) Profondeur de semis :

Les graines sont semées à 1,5 ou 2 cm de profondeur.

e) Maladies

Oïdium : (*Erysiphe cichoracearum*–*Sphaerotheca fulginea*). Favorisé par des nuits fraîches, des températures élevées dans la journée (26 °C) et une forte hygrométrie.

Sclerotinia sclerotiorum : Pourriture blanche qui provoque un épais feutrage blanc sur les courgettes.

Virus :

- **CMV** : virus de la mosaïque du concombre
- **ZYMV** : virus de la mosaïque jaune de la courgette.

f) Irrigation

On distingue 4 phases de besoin en eau au cours du cycle de la courgette :

- **Du semis à la levée** : Le terrain doit être frais au moment du semis. Un manque d'eau provoquerait une levée irrégulière.
- **L'installation de la culture** : Cette phase végétative dure jusqu'au stade 4 -5 feuilles. C'est la période la plus importante. Un stress hydrique précoce aura des répercussions sur l'enracinement, l'homogénéité de la végétation et le nombre de fruits par plante.
- **La floraison** : Elle s'étale sur environ 4 semaines. La courgette est très sensible au manque d'eau en début de floraison.
- **La maturation** : Elle débute à partir de la fin de la floraison. Durant cette phase, l'irrigation n'a aucun effet. Elle est stoppée avant la fin de la floraison (**V. ABATZIAN et al ,2003**)

A decorative graphic of a scroll with a light gray background and a black outline. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curved. The text is centered on the unrolled portion.

Partie :

Matériels et méthodes

IV. MATERIELS ET METHODES

Introduction

L'objectif de notre travail est de comparer la technique d'irrigation par aspersion avec celle d'irrigation par goutte-à-goutte de point de vue technico-agronomique.

Dans ce contexte, nous évaluerons les différents facteurs impliqués dans une analyse comparative des deux techniques.

La partie expérimentale de cette étude n'a pas été finalisée, vue le contexte sanitaire imposé par la pandémie du virus COVID 19.

IV.1 Détermination des besoins en eau des cultures

Pour calculer les besoins en eau des cultures étudiées

IV.1.1 Calcul de l'évapotranspiration potentielle

L'utilisation du logiciel CROPWAT, nous a aidés à calculer l'évapotranspiration potentielle et la pluie efficace. Afin de déterminer les besoins en eau, on s'est basé sur les données agro-climatiques de la station la plus proche zone d'étude. Ces données sont rassemblées dans le tableau 9.

Tableau 9: calcul de l'évapotranspiration potentielle de 10 ans

Mois	Température(C°)	Humidité %	Vent m/s	Insolation (heure)	ETo (mm/j)	Pluie (mm/mois)	Pluie eff (mm/mois)	
	Min	Max						
Janvier	6.7	16.1	70	0.6	6.0	1.12	9.0	8.9
Février	7.8	18.3	61	0.6	7.3	1.69	8.0	7.9
Mars	11.1	21.7	57	0.7	8.2	2.65	12.0	11.8
Avril	14.4	26.1	46	0.7	9.1	3.76	10.0	9.8
Mai	18.3	30.5	45	0.6	9.8	4.53	13.0	12.7
Juin	23.9	36.1	38	0.6	10.0	5.22	6.0	5.9
Juillet	26.7	41.7	31	0.5	10.8	5.64	2.0	2.0
Août	26.1	40.5	39	0.5	10.2	5.33	6.0	5.9
Septembre	22.8	34.4	50	0.6	9.5	4.36	20.0	19.4
Octobre	17.2	27.8	55	0.6	7.6	2.81	16.0	15.6
Novembre	11.7	21.1	61	0.7	6.3	1.73	18.0	17.5
Décembre	7.2	16.7	65	0.7	5.9	1.16	8.0	7.9
Moyenne	16.2	27.6	51	0.6	8.4	3.33	128.0	125.3

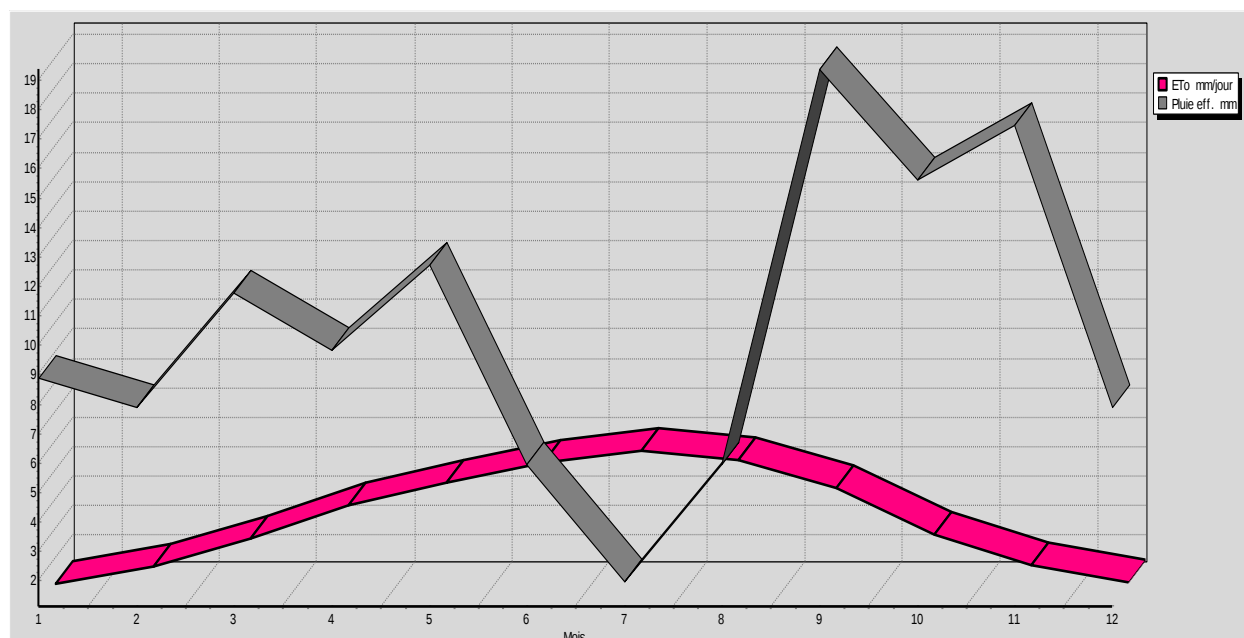


Figure 26 Graphique montrant la variation de l'évapotranspiration potentielle et précipitation

Source ; CROPWAT

La courbe graphique représente une variation du taux d'évapotranspiration relatif et de la précipitation pour la zone étudiée. Plus le taux de précipitation est élevé, plus l'évapotranspiration est faible, en raison de la région qui montre la diminution totale de la précipitation au mois d'août.

IV.1.2 Besoin en eau des cultures (ET)

Les besoins en eau d'une plante varient selon les espèces et leurs stades de développement. Donc l'irrigation d'une culture doit tenir compte de la nature de la plante, du climat et du sol.

En matière d'irrigation, on cherche à placer les plantes dans des conditions de production optimales et on base l'irrigation sur la valeur de l'évapotranspiration maximale qui est une valeur ponctuelle liée à l'évapotranspiration potentielle qui est relative à l'espèce étudiée ou cultivée par un coefficient cultural, donnée par la formule suivante

$$ETm = Kc \times ET_o$$

ETm: Évapotranspiration maximale d'une culture (mm/jour),

Kc: Coefficient cultural,

Les valeurs de Kc mensuel des cultures étudiées (Carotte et courgettes) sont présentées dans l'annexe 1 (tableaux 22 et 23)

IV.2 Caractéristique des exploitations agricoles choisie pour l'expérimentation

Tableau 10 ; caractéristique des exploitations agricole choisies

Localisation	Superficie Agricole totale	Culture dominante	Sources Hydrauliques	Matériels Hydraulique
Exploitation agricole 1 Commune Birtada Ain el-malh De Msila	2 ha	Carottes	- Forage - Bassin	- Equipement de pompage - Réseau d'aspersion
Exploitation agricole 2 Commune Awlad salman_atff al Niama	6 ha	courgettes	- Forage - Bassin	Equipement de pompage - Station de tête - Réseau goutte à goutte

IV.2.1 Dimensionnement du système d'irrigation par aspersion de l'exploitation (1)

Au cours de la période d'étude de l'exploitation (1) la culture irriguée est la carotte. Elle est arrosée par un système d'irrigation par aspersion, les rampes sont déplaçables manuellement, comprend un ouvrage de tête incluant seulement les vannes de réglage et les purgeurs d'air, et un réseau de distribution, où les asperseurs sont disposés à un intervalle égal de 12 m. Le tableau ci-dessous représente les caractéristiques de la parcelle et du système d'irrigation:

Tableau 11: caractéristique de la parcelle cultivée par la carottes d'exploitation (1)

Eléments constitutives	dimension
Surface (Ha)	2
Porte rampe de	12 m
Rampes en PE,	2 rampes
Écartement d'implantation des asperseurs (m)	12
Nombre d'asperseurs	12 asperseurs par rampe
Débits des asperseurs	= 1,5 m ³ /h)
Hauteur de la canne d'asperseur	75 cm de hauteur
Profondeur d'enracinement (m)	0.5



Figure 27 : Kit d'aspersion



Figure 28 : Un coude



Figure 29 Rampes

IV.2.1.1 Détermination des besoins en eau de la carotte

Tableau 1 : calcul des besoins en eau d'irrigation (carotte)

Mois	CoeffKc	ETo mm/jour	ETm (mm /jour)	ETm (mm/mois)
J	-	1.12	-	-
F	-	1.69	-	-
M	-	2.65	-	-
A	0.4	3.65	1.46	43.8
M	0.4	4.53	1.812	54.36
J	0.7	5.22	3.654	109 .62
J	0.7	5.64	3.948	118.44
A	1.0	5.33	5.33	159.9
S	1.0	4.36	4.36	130.8
O	-	2.81	-	-
N	-	1.73	-	-
D	-	1.16	-	-

IV.2.1.2 Détermination des caractéristiques hydrauliques du systèmes d'irrigation par aspersion pour les besoins en eau de la culture

La quantité d'eau que le système d'irrigation doit apporter à la culture de carotte est calculée pour le mois le plus sec de l'année (mois de pointe) selon les régions et on évalue ainsi le débit de pointe de l'installation. Dans notre cas, le mois de pointe est le mois de juin. Les besoins journaliers en eau d'irrigation traditionnelle (Bj) de ce mois sont de 7.89 mm/j.

IV.2.1.2.1 *La pluviométrie d'asperseur*

La pluviométrie P est donnée par la formule suivante :

$$p = \frac{1000 \times Q}{I \times e} \text{ en (mm)/h} \dots\dots\dots (A1)$$

Avec ;

Q : Le débit d'asperseur 1.5 m³/h (donnée)

I : Espacement des asperseurs (12 m)

e : Ecartement des asperseurs (12 m)

IV.2.1.2.2 *Durée d'arrosage*

Elle est calculée par la formule suivante :

$$D = \frac{Di}{P} \text{ (en mm)} \dots\dots\dots (A2)$$

Avec ; - **Di** : Une dose de 20 mm (donnée)

- **P** : pluviométrie d'asperseur

IV.2.1.2.3 *Fréquence d'arrosage*

Elle est calculée comme suite :

$$I = \frac{DOSE \text{ nette}}{Bi} \text{ (en jour)} \dots\dots\dots (A3)$$

Nombre d'asperseurs par latéral: égale à 17 (donnée)

Nombre de conduites latérales: Deux conduites latérales ($\frac{24}{12} = 2$)

IV.2.1.2.4 *Débit de la conduite latérale*

Il est calculé par la formule suivante:

$$Qc = Qa \times Na \dots\dots\dots (A4)$$

Avec : **Qa** : Débit d'asperseur 1.5 m³/h (donnée)

Na : Nombre d'asperseurs par latéral.

IV.2.1.2.5 *Débit d'installation*

Il est déterminé par la formule suivante :

$$Q = Na \times Qa \text{ (en m}^3\text{/h)} \dots\dots\dots (A5)$$

Avec ; - **Na** : Nombre d'asperseurs = 170 asperseurs (donnée)

- **Qa**: Débit d'asperseurs. = 1.5 m³/h (donnée)

IV.2.1.3 Résultats des calculs de l'irrigation de la carotte par aspersion

Tableau 2 : les calculs hydraulique et caractéristique de réseau d'aspersion

CULTURE	CAROTTE
Besoin en eau journalier (mm/j)	7,89
Besoin en eau d'irrigation (mm/j)	4,73
Pluviométrie d'asperseur	10.42
Dose nette d'arrosage (mm)	20
Durée d'arrosage (heures)	2
Fréquence d'arrosage (jours)	4
Durée d'arrosage journalière (heures)	5
Nombre de conduite latéral	2
Nombre d'asperseur par latéral	12
Débit de la conduite latéral (m ³ /h)	18
Débit d'installation (m ³ /h)	36

IV.2.2 Dimensionnement du système d'irrigation goutte à goutte de l'exploitation (2)

Au niveau de l'exploitation (2) le système d'irrigation installé est le goutte à goutte, constitué de

- Conduites en PE ;
- Vannes de sectionnement ;
- Bouchons de purge ;
- Rampes en tuyaux rigide avec une longueur de 50m;
- Prises d'eau;
- Bouchon de fin de ligne ;

- Des goutteurs.



Figure 32 : les rampes et les conduites



Figure 30 : goutteur



Figure 31 :Vannes de sectionnement

Cette installation est destinée pour l'irrigation d'une variété de courgette, dont ces paramètres sont énoncées dans le tableau suivant :

Tableau 14 : caractéristiques de la parcelle de courgettes

Type de culture	courgettes
Surface (ha)	6
Ecartement entre les lignes (m)	1
Ecartement entre plantes (m)	0.8
Profondeur d'enracinement (m)	0.4
Pourcentage de feuillage (%)	70

IV.2.2.1 Détermination des besoins en eau de la courgette

Tableau 17 : calcul de besoins en eau d'irrigation (courgettes).

Mois	Coefficient Kc	<i>ET_o</i> mm/jour	<i>ET_m</i> (mm /jour)	<i>ET_m</i> (mm/mois)
J	-	1.12	-	-
F	-	1.69	-	-
M	-	2.65	-	-
A	-	3.65	-	-
M	-	4.53	-	-
J	-	5.22	-	-
J	-	5.64	-	-
A	0.5	5.33	2.665	79.95
S	1.0	4.36	4.36	130.8
O	0.7	2.81	1.967	59.01
N	-	1.73	-	-
D	-	1.16	-	-

Les besoins journaliers en eau de la culture calculée par (CROPWAT) est de 19 mm/j

IV.2.2.2 Détermination des paramètres hydrauliques du réseau d'irrigation

Les caractéristiques sont classées dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Les calculs hydraulique de l'installation. (Calcule pratique)

Culture	Courgette	
Rampes	Nombre de rampe	50
	Longueur de la rampe (m)	75
	Débit de la rampe (M ³ /h)	0.39
Portes rampes	Nombre de porte rampe	16
	Longueur de la porte rampe (m)	800
	Débit de la porte rampe (m ³ /h)	19.5
Conduite principale	La Longueur (m)	500
	Ecartement entre goutteurs (m)	(0.8m)
	Ecartement entre rampe (m)	(1m)

IV.2.2.3 Détermination des Besoins en eau d'irrigation goutte à goutte :

La quantité d'eau que l'installation d'irrigation doit être capable d'apporter est calculée pour le mois le plus sec de l'année (mois de pointe) selon les régions. Ainsi, nous avons à évaluer le débit de pointe de l'installation.

Dans notre cas, le mois de pointes est le mois d'août

Les besoins journaliers en eau par système d'irrigation (B_j) de ce mois sont de 19mm/j (Logiciel de CROPWAT)

$$B_i = B_j \times (0.1 + Cs) \text{ en } \left(\frac{\text{mm}}{j}\right) \dots\dots\dots (B1)$$

Avec ; - B_j : Besoins journaliers en eau d'irrigation (mm/jours)

- Cs : Pourcentage de couverture du sol (50% donné).

1. Dose nette :

Dans notre cas la dose d'irrigation nette égale à 20 mm (donnée).

2. Dose pratique

$$\text{Dose pratique} = \frac{\text{Dose nette}}{C_u} \text{ en(mm)} \dots\dots\dots (B2)$$

C_u : Coefficient d'uniformité (%) (Lié au goutteurs)

$C_u = 0.91$ mm (donnée).

3. Dose brute

$$\text{Dose brute} = \frac{\text{Dose pratique}}{\eta} \text{ en(mm)} \dots\dots\dots (B3)$$

η : Le rendement d'irrigation = 0.80 (donnée).

4. Fréquence d'arrosage

Elle est calculée comme suite :

$$I = \frac{\text{Dose nette}}{B_i} \text{ en jour} \dots\dots\dots (B4)$$

5. Durée d'arrosage

La durée d'arrosage est calculée par la formule suivante

$$t = \frac{(\text{Dose brut} \times E_g \times E_r)}{Q} \text{ en(h)} \dots\dots\dots (B5)$$

Avec,

E_g : Ecartement entre goutteurs (m)..... (= 0.8m donne)

E_r : Ecartement entre rampe (m) (= 1m donne)

Q : Débit nominal (l/h)..... (= 4 l/h)

6. Débit caractéristique

Il est donné par la formule suivante :

$$Q_c = \frac{Bj \times 104}{CU \times n \times 3600 \times 24} \dots\dots\dots (B6)$$

7. Débit d'installation

Le débit d'installation est calculé par la formule suivante :

$$Q = 10 \times \frac{N}{S} \times \frac{\text{Dose brut}}{t} \text{ en } \left(\frac{m^3}{h} \right) \dots\dots\dots (B7)$$

S : surface de la parcelle à calculer (m²).

N : nombre de poste de la parcelle.

Le nombre de poste est déterminé à partir de l'équation suivante:

$$N = 24 \times \frac{I}{t} \text{ en } \left(\frac{m^3}{h} \right) \dots\dots\dots (B8)$$

IV.2.2.4 Calcul hydraulique (pratique)

A. Calcul des démontions de la rampe

Il s'agit de la détermination de caractéristiques telles que la longueur, le diamètre, le débit et le nombre de rampes. Ces calculs se feront comme suite.

a) La longueur de la rampe

Dans notre cas la longueur de la rampe est égale à 50 m (donnée)

b) Le nombre des rampes

$$Nr = \frac{S(p)}{Aa} \dots\dots\dots (B9)$$

Avec ; Aa : Surface correspondante à une rampe (m²)

$S(p)$: Surface d'un poste. Elle est déterminée par la formule suivante :

$$S(p) = \frac{s(t)}{N(p)} \dots\dots\dots (B10)$$

Où ; $S(t)$: Surface totale (m²)

$N(p)$: Nombre de poste.

Aa : Est déterminé à partir de la formule suivante :

$$Aa = Lr \times Er \dots\dots\dots (B11)$$

Avec : - Lr : Longueur de la rampe (m)

- Er : Espacement entre rampes (m)

Le débit :

Il est déterminé par la formule suivante:

$$Qr = Q \times Ng \text{ en (m}^3/\text{s)} \dots\dots\dots(\text{B12})$$

Où - Ng: est déterminé à partir de la formule suivante

$$Ng = \frac{Lr}{Eg} \dots\dots\dots(\text{B13})$$

Avec ; - Lr : Longueur de la rampe
- Eg: Ecartement des gouteurs

B. Calcul de la porte rampe

Le calcul se fera comme celui de la rampe.

a) Le nombre de porte rampe

- Npr= Nombre de poste...**25(donne)**

b) La longueur de porte rampe:

$$Lpr = Lr \times Np \dots\dots\dots(\text{B14})$$

Avec ; - Lr : Longueur de la rampe
- Np : Nombre des postes

c) Le débit

Il est déterminé à partir de l'équation suivante :

$$Qpr = Qr \times Nr \dots\dots\dots(\text{B15})$$

Avec ; - Qr: Débit de la rampe
- Nr : Nombre des rampes

C. Calcul de la conduite principale

a) La longueur de la conduite

Lcp = 500 m (donnée)

IV.2.2.5 Résultats des calculs de l'irrigation de la carotte par aspersion

Récapitulatif des calculs des caractéristiques de l'installation goutte à goutte

Tableau 18 : le calcul hydraulique des installations goutte à goutte

Culture	Courgette
Besoin en eau journalière (mm/j)	19
Besoin en eau d'irrigation (mm/j)	11.4
Dose nette d'arrosage (mm)	20
Dose pratique (mm)	22
Dose brute (mm)	27.5
Fréquence d'arrosage (jours)	7
Durée d'arrosage (heures)	5.5
Débit caractéristique (l/s/ha)	0.30
Nombre de poste	16
Pourcentage de couverture du sol	50%
Coefficient d'uniformité (%)	0.91mm
Le rendement d'irrigation	0.80
Débit nominal (l/h)	4 (l/h)

IV.3 Comparaison entre les deux techniques étudiées (goutte à goutte et aspersion)

A partir des informations fournies par les agriculteurs nous avons déduit les résultats suivants :

Les carottes nécessitent un apport d'eau bien contrôlé soit 159.9mm/mois (basé sur le mois pointe). L'eau doit être apportée en petite quantité mais régulièrement afin de permettre à la racine de plonger, puis on maintient une irrigation régulière jusqu'à la récolte. Donc le système d'aspersion est convenable pour l'irrigation des carottes dans un climat semi-aride tel est le cas de la wilaya de Msila.

Par ailleurs, les besoins de la courgette en eau d'environ 130.8 mm/mois avec une quantité uniformément distribuée ; Donc le système idéal pour l'irriguer est la goutte à goutte qui assure une disponibilité en eau constante durant tout le cycle du développement de courgette.

D'autre part, l'irrigation localisée a une bonne gestion de l'eau et réduit la surface extérieure humide, ce que conduit à une moindre croissance des mauvaises herbes.

De plus, l'irrigation goutte à goutte n'est pas affectée par le vent, contrairement au système d'arrosage. Elle réduit le développement des maladies telles que les champignons foliaires car elle ne mouille pas les feuilles des plantes contrairement à l'irrigation par aspersion, qui crée une atmosphère humide qui conduit à la prolifération de champignons, ce qui entraîne des pertes de rendement. Le système goutte à goutte nécessite moins d'énergie que le système d'arrosage et est due à la faible consommation d'eau et aux faibles pressions de fonctionnement.

En ce qui concerne le goutte-à-goutte, il doit être soigneusement surveillé afin de contrôler les problèmes de colmatage et l'exposition des tubes latéraux aux dommages dus à des facteurs externes, ce qui nécessite des coûts d'équipement très élevés par rapport à l'irrigation par aspersion, qui à son tour est économique et s'adapte bien à tous les types de sols et les eaux moins propres « chargées ».

Conclusion

Pour choisir la meilleure méthode d'irrigation, chaque agriculteur doit connaître les avantages et les inconvénients de chaque méthode en fonction de ce qui convient aux besoins en eau de la plante cultivée, en tenant compte des facteurs pédoclimatiques de la région et leurs effets sur la culture. Afin d'économiser l'eau, la main-d'œuvre, et d'optimiser le rendement, l'économie et le profit.

CONCLUSION GENERALE

L'eau est un facteur essentiel pour l'agriculture. Constitutif des végétaux, elle transporte aussi toutes les substances nécessaires à la plante, à l'inverse si la plante ne reçoit pas assez d'eau le calibre et le rendement seront limités.

Notre présent travail porte sur une étude comparative entre le système d'irrigation localisée (goutte à goutte) de l'exploitation agricole de la courgette, et le système d'irrigation d'aspersion de l'exploitation agricole des carottes, situées dans la wilaya M'sila.

Dans les conditions d'un climat aride et semi-aride (wilaya de Msila), qui se caractérise par des fluctuations spatio-temporelles des quantités de pluies reçues, il est nécessaire d'apporter artificiellement de l'eau aux cultures pour en augmenter la production et permettre leur développement normal (le forage). Or, pour estimer les volumes d'eau à apporter, quelques calculs sont indispensables en fonction des besoins des cultures.

Les besoins en eau des cultures étudiées ont été obtenus à l'aide du logiciel CROPWAT, en nous basant sur des critères agro-climatiques donnés par la station météorologique au cours des dix dernières années.

Les résultats révèlent que la courgette a un besoin en eau avec une uniformité de distribution ce qui est adaptable à l'irrigation par goutte à goutte. Les carottes nécessitent une quantité d'eau importante pouvant être comblée par l'irrigation par aspersion.

Comme notre étude vise à suivre les techniques d'irrigation modernes pour une utilisation rationnelle de l'eau et ce qui convient aux besoins de la terre et des cultures pour une production agricoles durable, le choix de toute technique dépend d'un ensemble de conditions matérielles et économiques, qui sont difficiles là où le manque d'eau est aigu, l'impératif dominant est à l'évidence d'augmenter l'efficacité de l'irrigation d'eau. Là où les capitaux sont insuffisants, la principale exigence pourrait être de trouver une méthode d'irrigation nécessitant un minimum d'apports en capital ou d'équipements coûteux. Dans d'autres cas, le facteur déterminant peut-être la consommation d'énergie, la disponibilité de main-d'œuvre ou les coûts d'entretien.

La visite de certaines zones agricoles irriguées de la wilaya de M'sila a montré la réticence de certains agriculteurs à l'irrigation au goutte à goutte en raison du coût élevé de l'installation et de l'entretien de ce système par rapport aux autres et, de la nécessité de surveiller et de sécuriser les équipements.

Annexes

Annexe 1

Tableau 3 : le coefficient (Kc) cultural mensuel de carotte:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Carotte	-	-	-	0.4	0.4	0.7	0.7	1.0	1.0	-	-	-

Tableau 4 : le coeffiiction (Kc) cultural mensuel de courgette

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Courgette	-	-	-	-	-	-	-	0.5	1.0	0.7	-	-

Sources : Instituts techniques

Références Bibliographiques

- 1) **AMMICHE L.**, 2018-Contribution à la connaissance des propriétés physico-chimiques des eaux d'irrigation dans la zone d'Ouled Derradje (wilaya de M'sila) Mémoire., Master, Département. Agro. Université., M'sila. 64p
- 2) **Aouata I**, mémoire de fin d'étude « Étude et Développement de l'irrigation souterraine en Algérie »
- 3) **AOUATA I.**, 2015, Etude et développement de l'irrigation souterraine en Algérie
- 4) **AZOUGGAGH M.**, 2001. Transfert de technologie en agriculture bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA. MADREEF/ DERD N81, juin 2001
- 5) **Benzerga M.**, Notes de cours d'irrigation, drainage pour l'étudiante 3ième année licence Eau et Sol.
- 6) **BRADAÏ Abdelhamid.**, L'irrigation traditionnelle, Module : Techniques modernes d'irrigation et de fustigations, Cours : L3, Sol & Eau « Eau et Environnement », université de chlef.
- 7) **Chapitre I Généralité sur l'Olivier 22p**
- 8) **CHELKOUM A ., LAICHI Y.**,2018. Contribution à l'étude bioécologique du psylle de l'olivier *Euphylluraolivina* (Hémiptera : Phyllade COSTA, 1839) sur la variété Siguoise dans la région de M'sila .*Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique.* UNIVERSITE de M'SILA, pp 31_34.
- 9) **Cyrille L .,** 2014. Conception participative d'un projet de modernisation du système d'irrigation par aspersion dans le casier Z1 (Zemamra).
- 10) **DAG., 2018.** Fiche technique : La carotte – *Daucus carota* L. Direction de l agriculture
- 11) **DDT .,** LE DRAINAGE AGRICOLE & LA LOI SUR L'EAU ET LES MILIEUX AQUATIQUES, Direction départementale des territoire , Service police de Léau , République Française. www.allier.gouv.fr
- 12) **Dine El hennani H.**, 2004.*Choix et utilisation des équipements de micro irrigation.* Guide technique.
- 13) **Doukkala.** Mémoire du troisième Cycle pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Rural, Option : Irrigation, Royaume du Maroc, 135P.
- 14) **Elimelech S ., et Moshe S .,** L'IRRIGATION PAR ASPERSION. 2002. 93 P.

- 15) **En vue de l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique**, ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE, 61P.
- 16) **FAO .**, 2014. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 68p.
- 17) **FAO .**,2003. L'IRRIGATION AVEC DES EAUX USEES TRAITEES. MANUEL D'UTILISATION. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, 68P.
- 18) **FAO.**, 1990. Gestion des eaux en irrigation. Manuel de formation n°5. Méthode d'irrigation *Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture*, Rome, 65P.
- 19) **FAO.**, 2014. Techniques d'irrigation pour les agriculteurs a petite échelle, *Pratiques clés pour les praticiens de la RRC*, Rome ,45P .
- 20) **France pivots .**, 2019, L'irrigation dans le monde agricole, <https://france-pivots.com>
- 21) <http://www.groupe-chiali.com> **consulter le 12/07/2020.**
- 22) <http://fr.wikipedia.org>. **consulter le 20 /07 /2020.**
- 23) <https://france-pivots.com> **consulter le 23 /07 /2020.**
- 24) **KECHIDA E.**, 2019. *Etude expérimentale et théorique du gisement solaire pour la région de M'sila*. Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique, Universités de Msila, pp35_36.
- 25) **Kessrira M.**, 2003. Conception d'un projet d'irrigation, *CONSEILS PRATIQUES POUR L'INVESTISSEMENT EN IRRIGATION, Ingénieur d'Etat – Génie Rural, INSID*.
- 26) **M'SADAK Y., MANAI A., EL JANDOUBI N., Elies HAMZA M.**, 2017. Évaluation Expérimentale de l'Irrigation par Aspersion Non Mécanisée dans le Contexte Tunisien. *Experimental Evaluation of Non-Mechanized Sprinkler Irrigation in the Tunisian Context* .Université Ferhat Abbas Sétif 1, pp39 – 48.
- 27) **MADI F.**, 2016. Etude comparative entre deux techniques d'irrigation: par goutte à goutte et par aspersion. Mémoire de Master. Université d'Aïn T'émouchent, pp 14-15.
- 28) **Meda N.**, 2011, Etude comparative des systèmes d'irrigation goutte à goutte et d'aspersion sur la production de Morinaga oleifera dans la Commune de Dano, *DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL*

- 29) **Mémoire online.** ,2006.à%otude du phénomène d'infiltration de l'eau en fonction du débit dans un sol sablo-limoneux et essai de modélisation, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem (UMAB)-ALGERIE - Ingénieur Agronome, Option: Hydraulique Agricole 2006.
- 30) **Moshe S .,** l'irrigation au goutte a goutte .2eme édition .2007.Pp6 _8.
- 31) **Programme Nigéro – Allemand de Promotion de l'Agriculture Productive. ,** 2019, MODULE DE FORMATION : IRRIGATION AU GOUTTE A GOUTTE, Version finale, 52P.
- 32) **Shortt R.,** 2006. Conception, construction et entretien de réservoirs d'irrigation en Ontario. Ministère de L'agriculture, de L'alimentation et des Affaires Rurales, Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.
- 33) **SKENDRAOUI H.,** 2018. CARTOGRAPHIE DE LA POTABILITE ET DE L'APTITUDE A L'IRRIGATION DES EAUX DE LA NAPPE QUATERNAIRE DE MAGRA (W. M'SILA)., MEMOIRE DE MASTER
- 34) **SOVERDI .,** 2017. Les 5 points clés pour bien choisir son système d'irrigation, gestion-de l'irrigation, <http://soverdi.fr/en/5-points-cles-bien-choisir-systeme-dirrigation>
- 35) **Talbi H., Kastali F.,** 2018. DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU D'IRRIGATION DU PERIMETRE HESSAINE WILAYA DE MOSTAGANEM. Mémoire de Master. Université de Khemis Miliana, pp8-9.
- V. ABATZIAN, J.F. LIZOT (ITAB), F. COLLIN et L. BRUN ., 2003, Produire des semences de Courgette dans itinéraire Agrobiologique .édition décembre 2003*
- 37) **Vermeiren L., and Jobling G.,** 1980 Localized irrigation: design, installation, opération and evaluation. Irrigation and Drainage Piper 36, FAO, Rome.
- 38) **ZEDAM A.,** 2015-Etude de la flore endémique de la zone humide de Chott El Hodna (inventaire – préservation) ; Doctorat ; université de Stif.