

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA -1-

DEPARTEMENT DES
BIOTECHNOLOGIES

MEMOIRE DE FIN
D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme de master

Option : Eau et Environnement

THEME :

**DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU D'ASPERSION
PAR LE LOGICIEL HYDROCALC**

Présenté par :

M^{me} BERRAK IMENE

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et prénom	Qualité
M ^{me} L.Remini	Présidente
M ^r L.Zella	Promoteur
M ^{me} N.Degui	Examinatrice
M ^r N.Amirouche	Examineur

Septembre-2020

Dédicace

A chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pose pour regarder en arrière et se rappeler toutes ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence, mais surtout les mauvais. Ces personnes qui nous ont aidés sans le leur dire, soutenus sans réserve, aimés sans compter, ces personnes à qui notre bonheur devient directement le leur, à qui un malheur en nous, en eux se transforme en pleur.

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect.

- ☒ A mes parents, mon marie et mes enfants*
- ☒ A mon frère et ma sœur*
- ☒ A toute ma famille*
- ☒ A tous mes enseignant et amis sans exception*

Remerciement

Au terme de ce projet, fruit de mes années de labeur, je tiens à remercier sincèrement Dieu, de m'avoir octroyé les moyens et les personnes qui m'ont aidé dans son élaboration, ainsi que ceux qui ont bien voulu l'évaluer :

Mon Promoteur Mr ZELLA L. qui m'a énormément aidé à achever ce travail, que ce soit par ses conseils, ses orientations, sa disponibilité.... *Je lui exprime mes vifs remerciements.*

Mon respect aux membres de jury (**Mme Remini.L, Mme Degui.N et M.Amirouche.N**) qui me feront l'honneur de juger ce travail, je les remercie vivement

Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce mémoire.

Je remercie tous mes enseignants pour le savoir qu'ils m'ont transmis et les étudiants de Master 2 Eau et Environnement 2019-2020.

المخلص

يركز هذا العمل على تحجيم و حساب ابعاد شبكة الري لمساحة تقدر ب واحد هكتار و ذلك باستخدام برنامج Hydrocalc

لهذا تم اختبار العديد من الابعاد من خلال تغيير طول و قطر الموصلات الرئيسية . حيث ان الهدف الرئيسي هو اختيار الشبكة المثلى لضمان توحيد توزيع المياه. ان الحساب يجعل من الممكن معرفة توزيع الضغط و التدفق في اي نقطة من الشبكة و خاصة الانبوب الرئيسي الذي يجب توصيله بشبكة الري

الكلمات المفتاحية تحجيم نظام الرش hydrocalc توحيد توزيع المياه

Résumé :

Ce travail est focalisé sur le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion d'un hectare moyennant un logiciel d'informatique Hydrocalc. Pour cela il a été testé plusieurs scénarios de dimensions en faisant varier la longueur et le diamètre des conduites du réseau. Dans le but est choisir le réseau optimal garantissant une meilleure uniformité de distribution de l'eau. Le calcul permet de connaitre la distribution de la pression et du débit en n'importe quel point du réseau et notamment à la tête de la canalisation principale qui doit se lier à la borne d'irrigation

Mots clé : dimensionnement, réseau d'aspersion, Hydrocalc, uniformité de distribution

Abstract :

Sprinkle irrigation is the method of irrigation by which water is sprayed on the land surface in the form of artificial rain. To create the precipitation, water under pressure is ejected through the nozzle of a device called a sprinkler.

The basic objective of the sprinkler irrigation method as in other irrigation method is to bring the irrigation water as evenly as possible to the rote zone. The distribution uniformity of the water to be applied depends on the installation of the equipments and their suitable locations, which in turn is linked to the calculation of the network sizing

Sizing of sprinkler network is the step which consists in calculating the dimensions. It means determination of lengths, diameters, network structure is the number of pipes that meet the technical criteria (pressure, rainfall, uniformity), with the aim of satisfying the needs of the culture.

In this work we have focused on the sizing of one hectare sprinkler irrigation network using Hydrocalc computer software. For this, several dimension scenarios have been tested by varying the length and diameter of lateral and piping. The purpose chooses the optimal network guaranteeing a better uniformity of water distribution. The calculation makes it possible to know the distribution of the pressure and the flow at any point of the network and in particular at the head of the main pipe which must be connected to the irrigation terminal.

HydroCalc made work easy for us. He helped the user to define the parameters of a sprinkler irrigation system. The user will be able to run the program with any suitable parameters, review the output. Some parameters may be selected from a system list; whereas other is entered by the user according to their own needs so they do not conflict with the program's limitations. The software package includes an opening main window, five calculation programs, one language setting window and a database that can be modified and updated by the user.

The Emitters program is the first application which can be used in the frame of HydroCalc software. There are 4 basic type of emitters which can be used: Drip Line, on line, Sprinklers and Micro-Sprinklers. In our in our case we chose sprinkler irrigation. Each emitter has its own set of nominal flow rate values available.

After the previous mentioned fields were completed, the program automatically fills the following fields: "Inside Diameter", "KD" and "Exponent", values which cannot be changes unless the change will be made in the database. The segment length is next field in which the user must introduce a value. The end pressure represents the actual value for calculation of pressure at the furthest emitter. Topography field has 2 sub-fields: fixed slope and changing slope. Usually the slopes values are not exceeding 10%. In many cases the slope is not uniform. The option "Changing" offers to the user the possibility to determine the altitude along the line, from end line to sub main, up to 10 points each consisting of 2 cells: one for distance one for height.

HydroCalc uses for Emitters subprogram a number of 4 calculation methods each of them in concordance with the loaded data. The first method is "Emitter Line Length" with which can be realized the computation for the entire designated length. The second method is represented by "Pressure range", a calculation which will be executed in a way that makes sure the maximal pressure variation between maximum emitter's pressure to minimum emitter's pressure does not exceed the pressure range which was introduced by the user. The computation result will also show the maximum lateral length under the designated conditions. "Flow Rate Variation" represents the third computation method which can be executed to achieve the requested flow variation and will generate the maximum lateral length under these conditions. Flow variation units are in percents. The common values for this field are between 10 – 15%. The last computation method is "Emission Uniformity" which is similar to "flow rate variation", and will be executed to achieve the maximum lateral length. Emission uniformity units are also in percents but the common value for this field is any value above 85%.

In our case we chose the optimal network with a main pipe on PVC (ϕ : 160 mm, $L_p = 6$ m, PN = 6 bars), 6 ramp on PVC ($\phi = 75/70,6$ mm, $L_r = 100$ m , PN = 6 bars) , and a standard sprinkler with $Q_A = 232$ l/h . The spacing between the ramps is 12 m. Then we tested the variation of flow and pressure in the 6 ramps of our network

After were entered all the required values can be launched the "Compute" application. The cells which are going to be calculated in the emitter window are: Total Emitters, Total Length, Total Pressure Loss, Pressure Loss, Head Pressure and Velocity per segment. The additional results report can be reached by pressing the "Additional results" button. This report contains the following results: Average Emitter Flow Rate, Inlet Lateral Flow Rate, and Flow Rate

Through the curves presented by the program, Note that more the length of the ramp increases the pressure is reduced. We see that the pressure is almost the same in the 3 ramp. Concerning the flow, it is almost the same in the 3 ramps. It is reduced rapidly until the last section which carries the last sprinkler.

The performance of an irrigation installation will depend on the right choice of the technique of the irrigation system and the correct installation of the equipment on the basis of perfect knowledge and technical and economic information related to the operating conditions.

Key words: design, sprinkler system, Hydrocalc, uniformity of water distribution

Sommaire

INTRODUCTION	01
CHAPITRE I. RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUES	
1. Généralités.....	03
1.1. L'aridité et les besoins d'irrigation dans le monde.....	03
1.2. L'aridité et les besoins d'irrigation en Algérie.....	05
1.3. Les méthodes d'irrigation et l'efficace.....	05
1.3.1. L'efficace du transport.....	07
1.3.2. L'efficace de la distribution.....	07
1.3.3. L'efficace de l'application.....	07
1.3.3.1. L'eau perdue dans l'atmosphère.....	07
1.3.3.2. L'eau perdue par ruissellement ou drainage.....	08
2. L'aspersion.....	09
2.1. Définition.....	09
2.2. Caractéristiques de l'aspersion.....	14
2.3. Avantages de l'aspersion.....	15
2.4. Inconvénients de l'aspersion.....	15
2.5. Structure du réseau d'aspersion.....	15
2.5.1. Les éléments d'un réseau d'asperseurs.....	16
2.6. L'asperseur.....	18
2.6.1. Définition.....	18
2.6.2. Caractéristiques.....	19
2.6.3. Classification des asperseurs.....	20

a- Les asperseurs à haute pression.....	20
b- les asperseurs à basse et moyenne pression.....	20
2.7. Les installations d'aspersion.....	20
2.7.1. Les installations fixes.....	21
a. la couverture intégrale	21
b. la couverture totale	21
2.7.2. Les installations mobiles	21
2.8. Facteurs déterminant les performances d'un arrosage par aspersion.....	21
2.8.1. L'uniformité de distribution UD.....	22
2.8.2. Coefficient d'uniformité Cu.....	22
2.9. Fonctionnalité du réseau.....	24
3. Dimensionnement d'un réseau d'aspersion.....	24
3.1. Méthodes de dimensionnement d'un réseau d'aspersion.....	25
3.1.1. Caractéristiques pratiques de l'irrigation.....	25
3.1.2. Méthodes classiques.....	26
a. Méthode de Christiansen.....	26
3.1.3. Dimensionnement d'une couverture d'asperseurs.....	28
3.1.4. Dimensionnement d'une installation d'arrosage par enrouleur.....	37
3.1.5. Méthode informatisée le logiciel Hydrocalc.....	38
3.1.5.1. Définition.....	38
3.1.5.2. Travaux utilisant hydrocalc.....	38
 CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES	
1. Généralité.....	40
2. Matériels.....	40
2.1. Le réseau.....	40

2.1.1. Choix de l'écartement.....	40
2.1.2. Types de réseau.....	41
2.1.3. Caractéristiques de réseau.....	42
3. Méthode : modèle hydrocalc.....	44
3.1. Méthode informatisé : le logiciel hydrocalc.....	44
3.1.1. Définition.....	44
3.1.2. Description.....	45
3.1.3. Méthodologie d'utilisation.....	45
3.1.4. Résultats obtenu.....	48

CHAPITRE III. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

1. Généralités.....	50
2. Le réseau.....	50
2.1. Calcul du coefficient d'uniformité.....	50
2.2. Le choix du réseau.....	53
2.3. Calcul du débit total dans la borne.....	53
2.4. Calcul de la pression totale dans la borne.....	53
2.5. La variation de la pression dans les rampes.....	55
2.6. La variation de débit dans les tronçons.....	57
Conclusion.....	60

Référence

Liste des tableaux

CHAPITRE I. RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau I.1 : Valeur en % de l'efficience au champ.....	06
Tableau I.2 : Caractéristiques de la porte-rampe.....	16
Tableau I.3 : Caractéristiques des rampes.....	17
Tableau I.4 : Pluviométrie horaire max en mm/h des asperseurs en fonction de la texture et la pente.....	28
Tableau I.5 : Ecartement et pluviométrie horaire.....	30
Tableau I.6 : Distance max entre asperseurs ou rampes en fonction de la portée du jet (p) ou du diamètre D du cercle arrosé pour des vitesses de vent.....	31
Tableau I.7 : Installation d'arrosage à petits asperseur, choix de l'implantation.....	31
Tableau I.8 : Caractéristiques du busage et dispositif d'implantation en couverture intégrale.....	32
Tableau I.9 : Choix du busage et dispositif d'implantation en couverture intégrale.....	33

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

Tableau II.1. Pression minimale en fonction de l'implantation.....	40
Tableau II.2. Longueurs différentes de rampe.....	43
Tableau II.3 : Résume les entrées et les sorties de logiciel Hydrocalc.....	49

CHAPITRE III. RESULTATS ET INTERPRETATION

Tableau III.1. Coefficient d'uniformité (Cu) pour différentes longueurs et diamètres de rampe.....	50
--	----

Liste des figures

CHAPITRE I. RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUE

Figure I.1 : Carte mondiale des zones aride.....	03
Figure I.2 : La consommation sectorielle des eaux mondiales pour la période de 1900 à 2000.....	04
Figure I.3 : Asperseurs escamotables sur gazon en fonctionnement.....	09
Figure I.4 : Arrosage par un seul asperseur.....	10
Figure I.5 : Arrosage par une seule asperseur et de deux rampes.....	10
Figure I.6 : Couverture intégrale.....	11
Figure I.7 : Structure d'un réseau d'aspersion.....	11
Figure I.8 : Disposition des asperseurs sur les rampes (A : carré, B : triangle, C : rectangle.....	12
Figure I.9 : Différentes structures de réseau.....	13
Figure I.10 : Schéma de l'angle du jet d'eau des asperseurs.....	14
Figure I.11 : Structure d'un asperseur.....	18
Figure I.12 : Asperseur en plastique à double buse.....	19
Figure I.13 : Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe.....	34

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

Figure II.1. Réseau avec alimentation en eau au milieu de la porte-rampe.....	41
Figure II.2. Réseau avec alimentation en eau à l'extrémité de la porte-rampe.....	41
Figure II.3. Réseau avec deux porte-rampes.....	41
Figure II.4. Schéma d'un réseau d'aspersion avec 6 rampes avec une alimentation au milieu de la porte-rampe.....	44
Figure II. 5. Asperseur d'une seule buse.....	45
Figure II. 6. Icon du logiciel Hydrocalc.....	45

Figure II .7. La fenêtre Porte rampe.....	46
Figure II.8. La fenêtre Porte-émetteurs.....	47
Figure II.9. La fenêtre canalisation.....	48

CHAPITRE III. RESULTATS ET INTERPRETATION

Figure III.1. Graphe de coefficient d'uniformité de PVC de diamètre \varnothing : 75 mm.....	51
Figure III.2. Graphe de coefficient d'uniformité de PVC de diamètre \varnothing : 63 mm.....	51
Figure III.3. Graphe de coefficient d'uniformité de PVC de diamètre \varnothing : 50 mm.....	52
Figure III.4. Graphe de coefficient d'uniformité des différentes longueurs et diamètres de rampe	52
Figure III.5. Schéma de réseau d'aspersion en PVC (\varnothing : 75 mm).....	54
Figure III. 6. Graphe de la variation de la pression dans la rampe 3.....	55
Figure III. 7. Graphe de la variation de la pression dans la rampe 2.....	56
Figure III. 8. Graphe de la variation de la pression dans la rampe 1.....	56
Figure III. 9. Graphe de la variation de débit dans la rampe 1.....	57
Figure III. 10. Graphe de la variation de débit dans la rampe 2.....	58
Figure III. 11. Graphe de la variation de débit dans la rampe 3.....	58

Introduction

L'Algérie, à l'instar des pays arides, reçoit annuellement une pluie modeste de 400 mm en moyenne, cependant les superficies recevant moins de 300 mm et qui constituent le domaine aride et saharien, dominant à 94,28%¹. Et paradoxalement se sont les pays arides qui nécessitent des irrigations afin d'espérer une acceptable production agricole. Sachant que l'eau est le support indispensable à tout développement, les maigres ressources hydriques mobilisées sont soumises à une rude concurrence entre les secteurs utilisateurs, à savoir l'agriculture, le domestique, l'industriel et enfin l'environnemental souvent zappé.

Aussi, il est connu que c'est le secteur agricole qui consomme la grande part de l'eau prélevée, en Algérie celle-ci s'élève à 62% contre 24% pour le domestique et 14% pour l'industriel². Dans les pays caractérisés par l'insuffisance des ressources en eau, il est plus sensé d'éviter les gaspillages d'eau et de bien rentabiliser les volumes utilisés et notamment dans le secteur le plus gourmand qu'est le secteur de l'agriculture.

C'est pour ce même souci d'efficacité de quantités d'eau utilisées en agriculture que les systèmes d'irrigation se sont succédés et développés. Le système d'irrigation de surface (gravitaire) qui a dominé l'irrigation depuis sa naissance s'est vu être concurrencé et remplacé par les systèmes d'irrigation utilisant l'eau sous pression depuis les années 50, avec d'abord l'aspersion et à partir des années 60, l'irrigation localisée ou microirrigation.

L'irrigation traditionnelle de surface a ses propres limites liées essentiellement à ces grands volumes d'eau nécessaires, engendrant beaucoup de pertes, à l'aspect topographique et à la difficulté de la technicité.

Le problème se pose alors en terme de concurrence, tant entre les différents secteurs utilisateurs, qu'entre les systèmes d'irrigation, concurrence caractérisée par un coût d'opportunité de l'eau ayant pour conséquence la recherche systématique d'une économie des volumes utilisés et une meilleure production agricole.

Afin de profiter des avantages de l'aspersion, il est impératif de bien choisir les éléments du réseau en fonction des disponibilités locales de l'exploitation agricole. Essentiellement, il est nécessaire de considérer le débit d'eau et la pression disponible, comme il ne faut pas oublier aussi la source d'énergie alimentant le réseau. Ces investissements sont souvent importants d'où l'obligation d'assurer leur rentabilité.

Le choix des éléments du réseau, à savoir le type d'asperseur et ses propriétés, les longueurs et les diamètres des canalisations constituent ce que l'on appelle le dimensionnement du réseau, celui-ci doit avoir pour objectif d'approvisionner correctement en eau des cultures. Il s'agit de livrer des volumes d'eau aussi proches que ceux constituant les besoins en eau des cultures et de distribuer ces volumes de manière très homogène sur

¹ Zella L. (2018). Les ressources hydriques. Ed. opu, pp159

² Zella L. (2018). Les ressources hydriques. Ed. opu, pp163

toute la parcelle. Cette condition d'homogénéité d'apport d'eau, évaluée par le coefficient d'uniformité est la condition qui résume la rentabilité du réseau et par extension de l'opération d'irrigation.

Le réseau d'aspersion est un ensemble de conduites de distribution d'eau, de type ramifié dont les sorties d'eau sont réalisées par des asperseurs et non des robinets que l'on ferme à volonté. Pour que ces asperseurs donnent sensiblement les mêmes quantités d'eau par unité de surface, il est opportun de choisir correctement les dimensions des conduites, car la pression de l'eau diminue progressivement le long d'une canalisation à cause des pertes de charge, engendrant une baisse linéaire du débit des asperseurs.

Le dimensionnement est connu depuis longtemps dont les calculs fastidieux sont réalisés manuellement, mais avec le développement de l'informatique, plusieurs logiciels sont commercialisés facilitant le dimensionnement. Ces nouveaux moyens de calcul permettent de gagner du temps, de gagner en précision et d'éviter les erreurs de calcul.

L'objectif de ce travail consiste à utiliser un logiciel de calcul, en l'occurrence l'Hydrocalc, spécialisé dans le dimensionnement des réseaux d'aspersion. Il s'agit de maîtriser ce logiciel, de le tester pour des dimensionnements de réseau d'aspersion volontairement choisi et d'en tirer les conclusions nécessaires.

Chapitre I : Recherches bibliographiques

1. Généralités

L'irrigation concerne d'une manière générale les pays où les ressources hydriques sont insuffisantes. La rareté des pluies, l'excès de chaleur font augmenter les besoins en eau des plantes. En cas d'insuffisance d'eau, la plante va restreindre son fonctionnement, sa transpiration ainsi que les échanges gazeux avec l'extérieur. L'inconvénient, c'est que cette réaction de survie nuit à la photosynthèse et donc à la production de biomasse. Pour éviter ce problème et assurer une sécurisation des rendements, l'agriculteur a recours à l'irrigation. Cette dernière est apparue avec l'agriculture il y a des milliers d'années. Puis, elle n'a cessé de s'améliorer.

L'irrigation disait Benjamin Nadault de Bouffon en 1861, '*est l'art d'obtenir de la terre, par un bon emploi des eaux, des produits plus abondants, plus variés et surtout plus réguliers que ceux auxquels on peut prétendre par la culture ordinaire*' (entendre en pluvial)¹. En d'autre terme, elle se définit comme l'apport artificiel de l'eau bleue (et parfois grise) nécessaire à la culture afin de combler les déficits pluviométriques (eau verte) vis-à-vis des besoins hydriques des végétaux.

1. 1. L'aridité et les besoins d'irrigation dans le monde

Les surfaces irriguées se sont notablement étendues dans le monde en raison de leur productivité et leur apport considérable en nourriture. Elles sont développées surtout dans les zones arides et désertiques et ce pour combler le déficit pluviométrique structurel par rapport aux besoins en eau demandés par la végétation. Ses zones arides se caractérisent par un déficit pluviométrique presque permanent lié à une forte insolation, une chaleur excessive, une faible humidité de l'air et une évapotranspiration élevée qui conduisent à des déficits hydriques pendant la majeure partie de l'année. Les terres arides, peuplées par plus de deux milliards d'êtres humains occupent 41% de la totalité de la surface terrestre et correspondent à 43% des terres cultivées de la planète.²

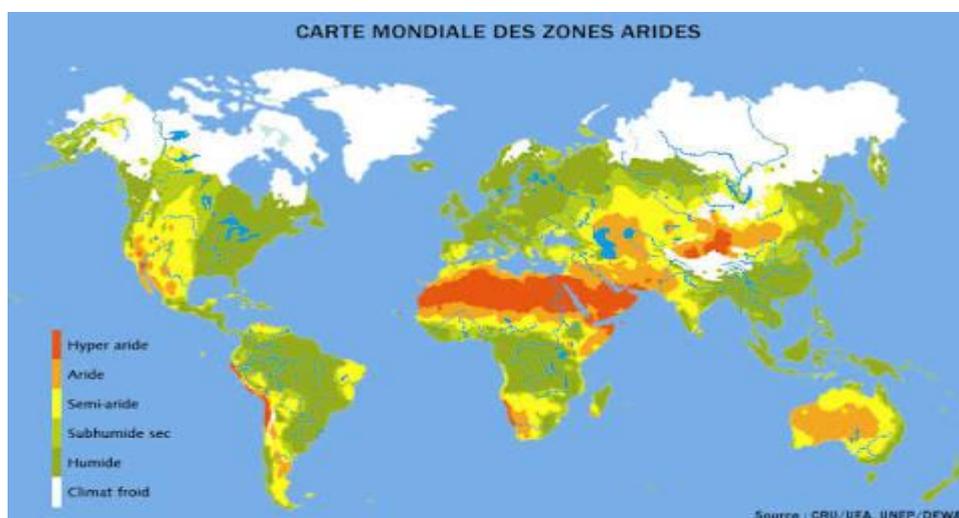


Figure I.1. Carte mondiale des zones arides (source : Racle, 2013)

¹ Zella L. (2010). micro irrigation théorie et application, opu, p03

² <http://www.fao.org/dryland-forestry/background/what-are-drylands/fr/>

Chapitre I : Recherches bibliographiques

Pour ses zones arides, l'irrigation apparaît comme l'unique moyen d'assurer la production agricole et les rendre ainsi viables socialement et économiquement. Les terres irriguées dans le monde représentent 324 millions ha, et consomment 2 664 km³ d'eau avec une efficacité moyenne d'irrigation égale à 38%. Cela veut dire que plus de 60% des volumes d'eau utilisés se perdent et ne bénéficient pas aux cultures. Malgré cela, ces efforts productifs n'ont pas écarté la sous-alimentation dans le monde qui affecte en 2012 quelques 850 millions d'individus.¹ Les superficies irriguées sont très productives et assurent selon la FAO (2014), 40% de la production agricole mondiale dont 61% des céréales, 10% des légumes, 7% des oléagineux et de pâture, 5% de fibre textiles et 4% de cultures sucrières. Mais en raison de l'insuffisance des ressources hydriques, l'augmentation des superficies irriguées repose impérativement sur l'amélioration de l'efficacité des techniques d'irrigation. Cela va de la détermination des besoins en eau à la répartition à la parcelle, via les techniques modernes telles que l'aspersion et l'irrigation localisée. Sachant que la rentabilité de ces techniques est tributaire d'un dimensionnement adéquat des réseaux d'irrigation.

L'irrigation des terres agricoles occupe le premier rang dans la consommation d'eau prélevée et même de l'eau de pluie bien devant les deux autres secteurs ; le domestique et l'industriel. A l'échelle mondiale, elle prélève plus de 70% des ressources en eau mobilisées.

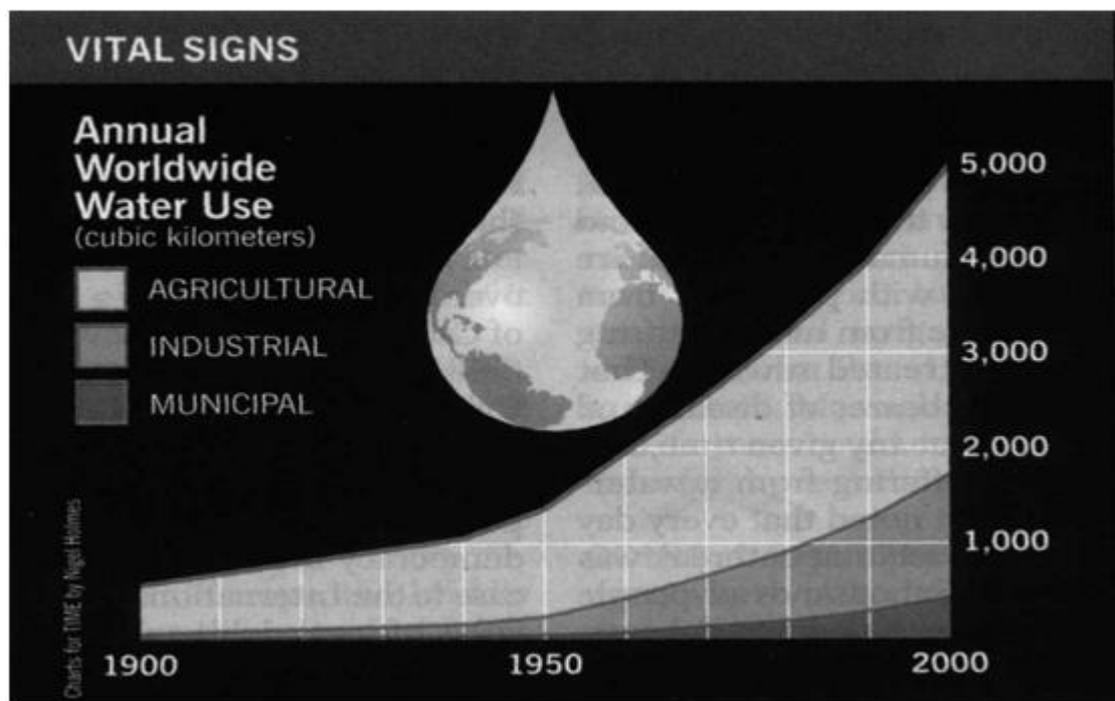


Figure I. 2. La consommation sectorielle des eaux mondiales pour la période de 1900 à 2000 (source : Sapir, 2002)

¹ Zella L. (2018). Les ressources hydriques. Ed. opu, p159

Chapitre I : Recherches bibliographiques

La production alimentaire de l’Egypte par exemple, dépend entièrement du grand barrage d’Assouan sur le Nil. Celui-ci emmagasine une soixantaine milliards de mètre cube d’eau qui permettent à la vallée du Nil et une partie du désert d’assurer une bonne partie de l’alimentation de la population. Bien plus avant la découverte de l’électricité, les hommes exploitaient la pesanteur pour charrier l’eau le long des pentes des terres en aval de la source d’eau. Il a fallu pour cela exploiter les cours d’eau et construire des canaux de plus en plus longs et enchevêtrés. Le grand canal en Chine par exemple s’étire sur 1 200 km. L’irrigation de surface est de nos jours la technique la plus couramment utilisée dans le monde, touchant plus de 90% des 324 millions des terres irriguées.

1.2. L’aridité et les besoins d’irrigation en Algérie

L’Algérie est classée comme une région semi-aride et pauvre en potentialités hydriques (fig. I.1) malgré un volume de précipitation annuelle de 94 km³. L’évaporation trop importante ne laisse qu’une faible part à l’écoulement et à l’infiltration, représentant des ressources en eau renouvelables (RER) égales à 17,2 km³. De ces volumes RER, on prélève annuellement 6,35 km³, distribués aux trois secteurs consommateurs: l’agriculture (62% ou 3,95 km³), le domestique (24% ou 1,523 km³) et l’industriel (14% ou 0,878 km³).¹ On voit bien que c’est le secteur de l’irrigation qui consomme la grande part.

La superficie irriguée (SAU_{irrig}) actuelle en Algérie est de l’ordre de 1,5 million ha, soit 18% de la superficie agricole utile (SAU) qui avoisine 8 millions ha. Les superficies irriguées du pays se répartissent en deux ensembles nettement différenciés à la fois par la taille des aménagements et par le mode de gestion. Les grands périmètres d’irrigation (GPI) avec une surface de 270 000 ha, et les exploitations de petite et moyenne hydraulique (PMH), gérées directement par les agriculteurs qui représentent 1,2 millions ha.² D’énormes investissements ont été consacrés à la fois au secteur agricole et à celui particulièrement de l’irrigation en finançant les opérations de modernisation de l’irrigation.

1.3. Les méthodes d’irrigation et l’efficace

L’irrigation qui est apparue au même moment que l’agriculture en Mésopotamie n’a cessé de s’améliorer pour une possible rentabilité et maniabilité. C’est ainsi qu’on a inventé les différentes rigoles, norias, chadoufs, vannes et vannettes, siphons, voire même les foggaras. Mais la technique d’irrigation est restée la même, basée sur l’écoulement gravitaire nécessitant obligatoirement une pente. Or cette technique dite gravitaire ou de surface, qui fait perdre beaucoup de volumes d’eau par évaporation et par infiltration, ne peut être appliquée aux terres situées en amont de la source d’eau ou très loin de celle-ci. Son efficace est donc

¹ Zella L. (2018). Les ressources hydriques. Ed. opu, p163

² Zella L. (2018). Les ressources hydriques. Ed. opu, p163

Chapitre I : Recherches bibliographiques

très faible avoisinant 40-50%. Mais depuis les années 1950, d'autres techniques ont été utilisées, d'abord l'aspersion et enfin microirrigation dans les années 1960. Les techniques ou systèmes d'irrigation peuvent être divisés en deux grandes catégories, celles ne nécessitant que la gravité comme énergie, elles sont regroupées sous le terme : techniques gravitaires. Et celles exigeant un apport d'énergie comme l'électricité ou les carburants pour faire fonctionner les groupes motopompes. Se sont les techniques sous pression : l'aspersion et l'irrigation localisée ou microirrigation.

L'irrigation de surface consiste à arroser les cultures en faisant ruisseler l'eau à la surface du sol, en utilisant la dénivelée topographique comme source d'énergie. L'eau est distribuée aux champs soit par infiltration ou submersion d'une parcelle aménagée en cuvettes, soit dans des sillons en terre, soit par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage. C'était la seule méthode possible jusqu'au milieu du 20^{ème} siècle. Elle se caractérise par des débits importants à la faveur de la pente, des doses d'arrosage généreuses mais de faibles fréquences. Les faibles rendements de cette dernière sont dus aux pertes importantes d'eau lors des arrosages par ruissellement. C'est une technique qui n'est pas très exigeante en technicité et c'est ce qui explique sa longévité et son étendue dans le monde. Elle représente selon le rapport de la FAO en 2014, 86 % de la surface totale équipée en irrigation dans le monde.

En revanche, l'irrigation sous pression (par aspersion et localisée) est plus perfectionnée et les rendements hydraulique et agricole sont largement meilleurs. Ces techniques exigent en revanche une eau sous pression et un matériel onéreux en plus de la technicité. Ces méthodes ont révolutionné l'irrigation dans le sens où la pente ne constitue plus une contrainte, les eaux sont acheminées sur des grandes distances puis distribuées sur le champ même à contre pente, voire même quand le terrain est totalement vallonné.¹

La technique d'irrigation localisée, se distingue quant à elle par des apports d'eau de faibles débits, très localisés et individualisés pour chaque plants. Le matériel est en plastique donc moins onéreux, les pertes sont faibles engendrant une efficacité très élevée.

Tableau I.1. Valeur en % de l'efficacité au champ

Système d'irrigation		Efficiency au champ (en %)
Irrigation de surface	Irrigation à la raie (incliné)	50-80
	Irrigation à la raie (horizontale)	65-95
	Irrigation par planche	50-80
	Bassins plats	80-95
Irrigation par aspersion	Aspersion avec déplacement	60-85
Irrigation localisée	Goutte à goutte de surface	70-95
	Goutte à goutte enterré (SDI)	75-95

¹ Zella L. (2015). Irrigation eau, sol et plante. Ed. opu, 388p

Chapitre I : Recherches bibliographiques

	Micro asperseur	70-95
--	-----------------	-------

Source : Howell, 2002

L'efficacité de l'irrigation se définit comme étant le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans le réseau d'irrigation. La formule utilisée pour l'estimation de l'efficacité d'un réseau d'irrigation est donnée par l'expression suivante.

$$E_i = E_d \cdot E_t \cdot E_u \quad (1)$$

E_i : efficacité d'irrigation

E_d : efficacité de type de distribution en(%)

E_t : efficacité de transport en(%)

E_u : efficacité de l'uniformité de la distribution

Comme indiquée par cette relation (1), l'efficacité de l'irrigation (E_i) se compose de trois segments spécifiques.

1.3.1. L'efficacité du transport

Il est très important pour les réseaux collectifs. Ce définir par le volume d'eau disponible au niveau de la parcelle par rapport au volume d'eau prélevé dans la ressource. On en a une première approche par le rendement primaire, qui est le rapport entre la somme des volumes relevés sur les compteurs individuels et le volume mesuré à la station de pompage.

1.3.2. L'efficacité de la distribution

C'est le volume d'eau fourni par le matériel d'irrigation (canon, asperseur ou gouteur) par rapport au volume d'eau disponible à l'entrée de la parcelle. Les fuites dans le réseau de distribution à la parcelle sont responsables d'une plus ou moins bonne efficacité de la distribution.

1.3.3. L'efficacité de l'application

C'est le volume d'eau disponible pour la plante par rapport au volume d'eau fourni par le matériel d'irrigation. C'est le terme le plus délicat à estimer, mais c'est également celui sur lequel il y a le plus de marge de progrès possible. Il se compose de deux parties : l'une est perdue dans l'atmosphère avant d'atteindre la culture, l'autre est évacuée par drainage ou ruissellement.

1.3.3.1. L'eau perdue dans l'atmosphère

Ce type de pertes correspond à l'évaporation, ou provoquées par dérive en conditions ventées. Elles dépendent des conditions climatiques (vent, rayonnement,

Chapitre I : Recherches bibliographiques

température..) et du matériel d'irrigation ; comme la taille des gouttes et leur trajectoire qui conditionnent fortement ce type de pertes.

Des études en conditions contrôlées, complétées par des suivis à la parcelle en conditions réelles, ont permis de fournir des ordres de grandeur de ces pertes, selon le type de matériel et les conditions d'utilisation (projet CASDAR-Eau en Midi-Pyrénées, 2007-2010) en donnant les résultats suivants :¹

- en couverture intégrale, l'efficacité de l'application peut descendre jusqu'à 70-75 % dans les cas les plus défavorables, c'est-à-dire en conditions ventées et avec des pressions élevées à la buse. Par contre on peut avoir de très bonnes efficacités (95 %) par temps calme et avec des pressions raisonnables.

- les canons enrouleurs produisent d'assez grosses gouttes, ce qui permet de bien contrôler les pertes par évaporation et de dérive, sauf par vent fort qui de surcroît détériore fortement la qualité de la répartition. On observe donc rarement des efficacités inférieures à 85%.

- les pivots sont équipés d'une gamme d'asperseurs de types différents tout au long de la rampe. Les buses les plus proches du centre peuvent être très sensibles à l'évaporation et à la dérive du jet d'eau, mais comme elles concernent une faible fraction de la surface arrosée, ces appareils conservent en général des performances globales correctes en toutes conditions.

- enfin, rappelons que l'irrigation goutte à goutte, de par sa nature, s'affranchit totalement des pertes d'eau dans l'atmosphère d'où son efficacité élevée.

1.3.3.2. L'eau perdue par ruissellement ou drainage

Ce sont des pertes liées aux excédents d'eau à la surface du sol. On peut les réduire avec l'utilisation d'une bonne conduite d'irrigation et un travail du sol.

L'irrigation par aspersion a été utilisée dans le monde entier en raison de sa flexibilité relative et de son adaptabilité aux différents sols, aux cultures et aux conditions topographiques. Elle est considérée comme un système d'irrigation qui distribue uniformément l'eau sur le sol avec un minimum de ruissellement. Cette technique a pu atteindre les parcelles qu'on ne pouvait atteindre par la technique classique de surface². Avant d'être concurrencée par la microirrigation dans les années 1960, elle s'est répandue sur de vastes surfaces notamment dans les pays développés. Depuis, elle régresse et se maintient pour les grandes cultures où la microirrigation ne peut s'appliquer.

¹ <http://www.set-revue.fr/efficience-hydraulique-et-energetique-les-nouveaux-criteres-de-performances-pour-les-systemes>

² Kamal H. A. (2015). Uniformité de distribution d'eau en performance affectée par sprinkler. research gate, 15P

2. L'aspersion

2.1. Définition

La technique de l'irrigation par aspersion est un mode d'apport d'eau aux cultures en plein champ. Elle est conçue sur le modèle de la pluie naturelle. L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites par pompage, ensuite elle est diffusée, aspergée sur le couvert végétal par des appareils arroseurs dits asperseurs sous la forme d'une pluie artificielle, éventuellement de bruine.



Figure I.3. Asperseurs escamotables sur gazon en fonctionnement

La technique de l'irrigation par aspersion, associée à une distribution de l'eau d'irrigation par des réseaux de canalisations sous pression s'est imposée dans le monde depuis les années 50, en Algérie c'est seulement à partir des années 70. En effet, c'est la substitution des conduites en fer par celles d'aluminium plus léger et moins cher, qui a remplacé peu à peu les rigoles et la submersion propres à l'irrigation de surface. Ceci a favorisé l'expansion de la technique en permettant d'améliorer le rendement hydraulique de l'irrigation et d'atteindre d'autres terres jusque là non desservies par l'irrigation de surface. D'autres parts, le développement de l'aspersion répond au manque des terres planes, traditionnellement utilisées par l'irrigation de surface qui se font de plus en plus rares.

L'aspersion est une technique d'arrosage par laquelle l'eau est fournie aux plantes sous forme de pluie grâce à l'utilisation d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression. Ces appareils souvent rotatifs ou asperseurs pulvérisent l'eau en fines gouttelettes en assurant une meilleure répartition aussi uniforme que possible de la pluie sur la surface du sol.

Cette technique est très maniable où les possibilités d'organisation sur le champ sont très nombreuses. En effet, pour irriguer une parcelle, on peut utiliser un

Chapitre I : Recherches bibliographiques

seul asperseur que l'on fait déplacer après chaque poste d'arrosage. Le poste représente la surface arrosée simultanément, donc poste après poste on peut couvrir une parcelle entière.

La durée d'un poste correspond au temps nécessaire à l'apport de la dose d'arrosage (D_a) adoptée. Une fois celle-ci apportée, la vanne est fermée, laissant le temps à l'eau de poursuivre le ressuyage vers la zone racinaire. Le sol ne doit pas être battant afin d'éviter les croûtes de battance. La pluviométrie de l'asperseur ne doit en aucun cas dépasser la perméabilité du sol.

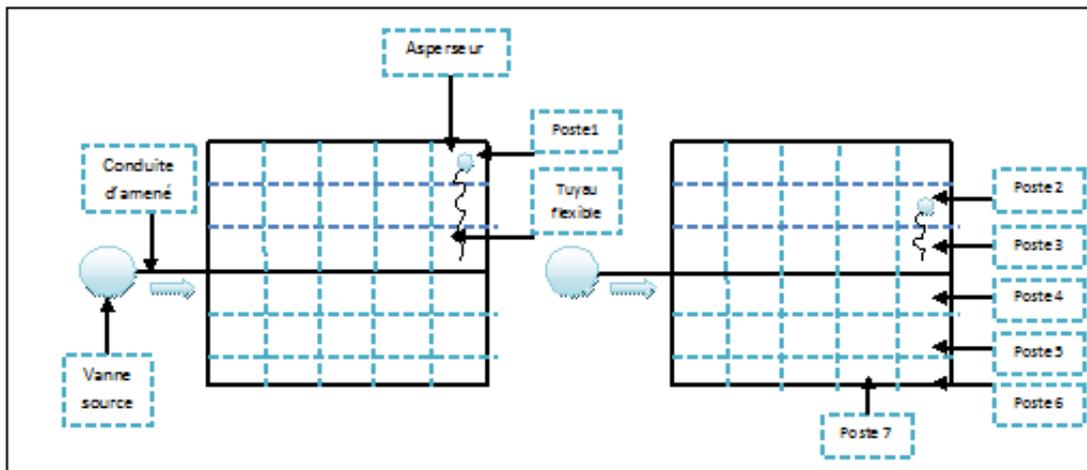


Figure I. 4. Arrosage par un seul asperseur

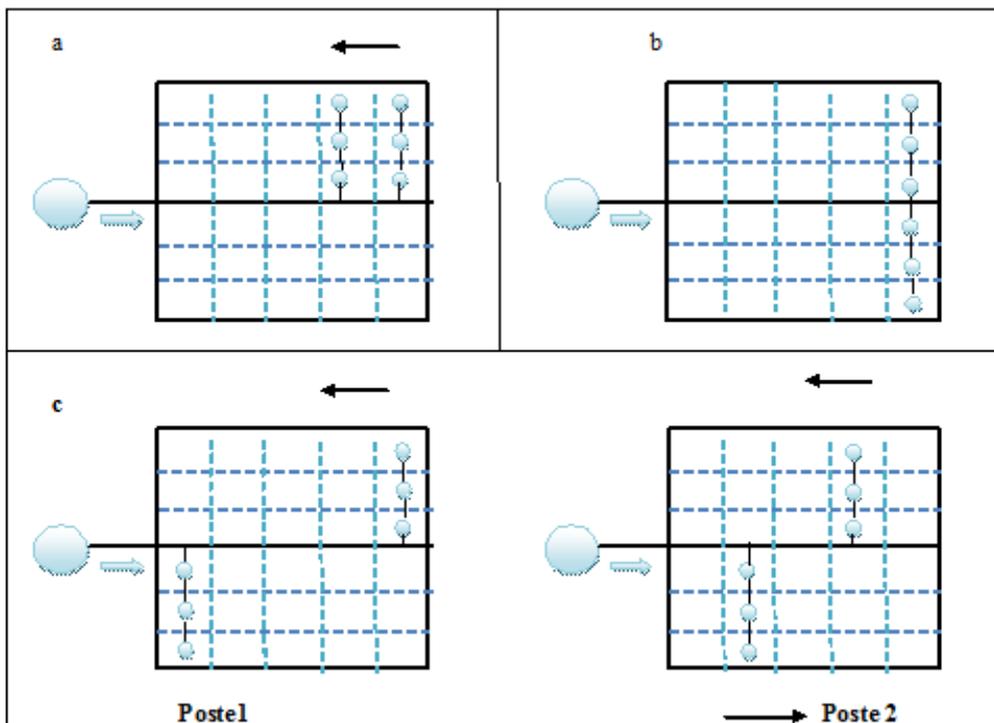


Figure I. 5. Arrosage par une seule asperseur et de deux rampes

Chapitre I : Recherches bibliographiques

Il existe donc un large éventail de scénarios de positionnement du matériel d'irrigation allant du simple asperseur à l'ensemble du réseau que l'on peut segmenter à volonté. La solution la plus idéale mais la plus coûteuse reste la couverture intégrale de la parcelle. La conduite secondaire ou d'approche n'est plus déplacée, elle devient semi fixe.

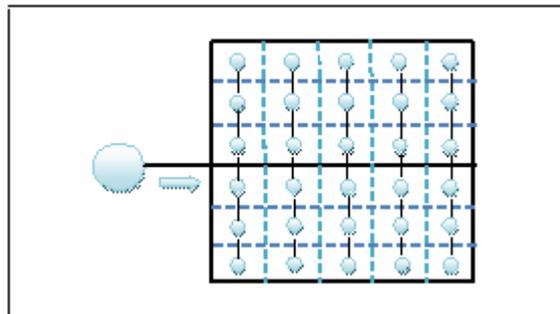


Figure I. 6. Couverture intégrale

Le réseau d'aspersion a une structure typique qui se dévoile grâce au schéma de la (fig. I. 8) se composant d'amont en aval de conduite principale alimentant la conduite secondaire qui porte les rampes dotées d'aspenseurs.

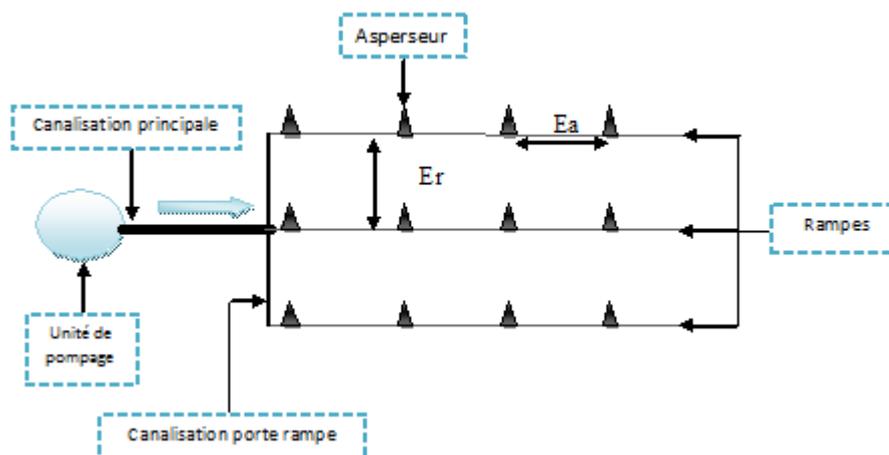


Figure I. 7. Structure d'un réseau d'aspersion

L'emplacement des aspenseurs sur la rampe et des rampes sur la conduite secondaire est dicté par les prises d'eau réalisées en usine, les écartements entre les aspenseurs (E_a) et entre les rangées de rampes (E_r) sont par conséquent identiques et normalisées. La disposition des aspenseurs sur les rampes donne lieu aussi à une disposition en carrée ou en rectangle et une disposition en triangle.

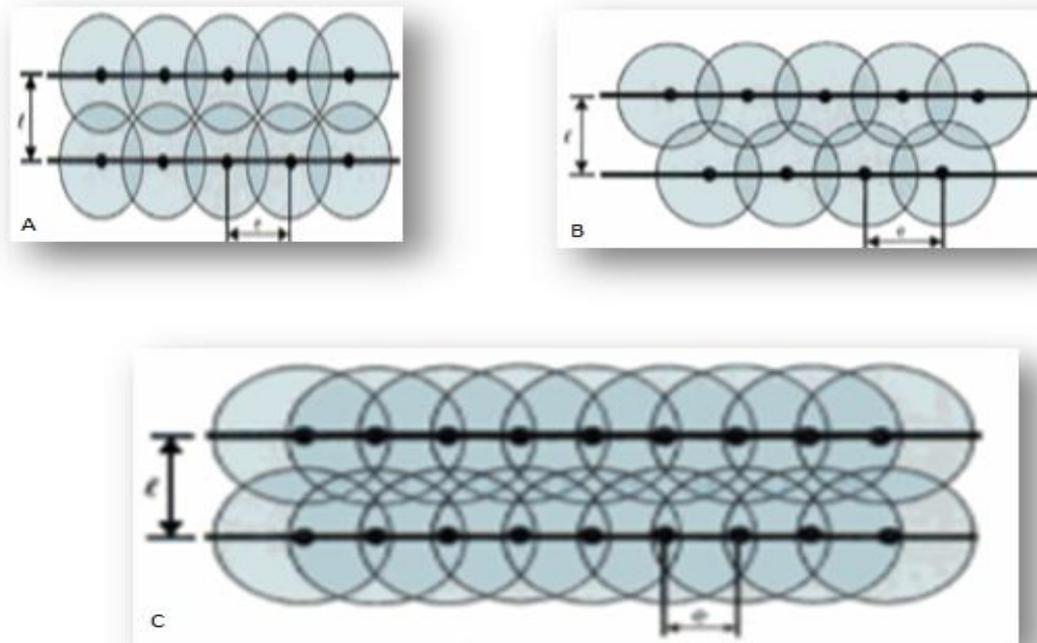
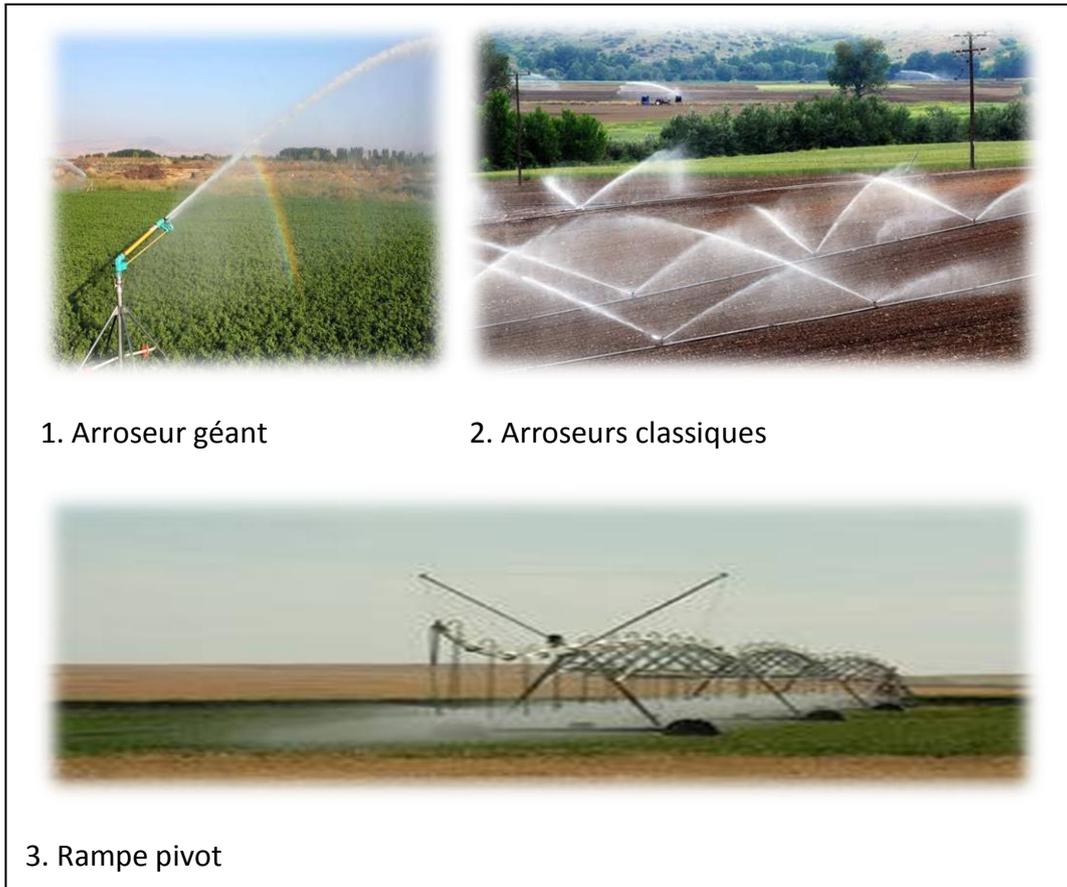


Figure I.8. Disposition des asperseurs sur les rampes (A : carré, B : triangle, C : rectangle (Source : Montpellier, 2003)

Le matériel d'aspersion est très diversifié ce qui donne une certaine maniabilité à la structure des réseaux d'aspersion. L'éventail est large de solutions qui peuvent être adoptées. C'est d'abord au niveau du matériel d'aspersion que se manifeste cette diversité avec une gamme proposée par les constructeurs de plus en plus large : arroseurs classiques, canons et arroseurs géants, pivots... etc.

Avec un seul type de matériel, on peut souvent envisager plusieurs solutions d'équipement (installations) au niveau de la parcelle. Les niveaux croissants des coûts d'investissement correspondant généralement à des charges de maintenance ou organisation du travail de mise en œuvre des irrigations. Au niveau du réseau, des conceptions diverses peuvent être examinées correspondant à de différents choix entre les coûts d'investissements et la rentabilité du réseau vis-à-vis de la production agricole.



1. Arroseur géant

2. Arroseurs classiques

3. Rampe pivot

Figure I. 9. Différentes structures de réseaux (Source : Irrigazette, 2015)

L'irrigation par aspersion peut être appliquée à partir d'une installation individuelle à l'échelle de la parcelle et disposera donc d'une installation autonome assurant la mobilisation de la ressource en eau, sa mise sous pression et son adduction jusqu'à l'entrée sur l'exploitation.

Mais cette technique d'irrigation s'est développée également dans le cadre du réseau collectif avec des canalisations en charge livrant l'eau sous pression à un ensemble d'exploitations (réseaux) d'un périmètre irrigué. Que ce soit en individuelle ou en collectif, le réseau à la parcelle est strictement le même.

L'exploitation individuelle ou même collective utilise un réseau ramifié de distribution d'eau, dont le dimensionnement obéit aux lois hydrauliques et aux méthodes de dimensionnement connues et utilisées pour les réseaux d'alimentation en eau potable.

Chapitre I : Recherches bibliographiques

Il existe des asperseurs en métal et d'autres en plastique, ils sont fixés soit directement sur les rampes, soit supportés par une tige ou canne dont la hauteur s'ajuste à la culture à irriguer.

L'asperseur possède 1, 2 ou 3 buses de sortie d'eau. Le type et la section de la buse détermine le débit, l'uniformité de répartition et la taille des gouttelettes de pluie. Les buses sont montées avec une certaine orientation par rapport à l'horizontale. On obtient ainsi une portée maximum par un angle de jet d'eau de 30° ou 40° par rapport à l'axe horizontal passant par la sortie d'eau.

L'angle de jet détermine la portée, la sensibilité au vent et l'uniformité de distribution. Des angles larges jusqu'à 45° donnent une portée plus importante mais une grande sensibilité au vent. Pour l'irrigation des cultures de plein champ, on utilise un angle de 30° et pour l'irrigation de couvert, des angles de 4° et 7° sont recommandés. Ainsi, en fonction de cet angle, on distingue une utilisation quasi générale par-dessus, avec un angle de 30° , les cultures de plein champ (cultures fourragères, maraichères...). Une autre sous couvert, réservée pour l'irrigation des vergers avec un angle de jet de 4° à 7° .

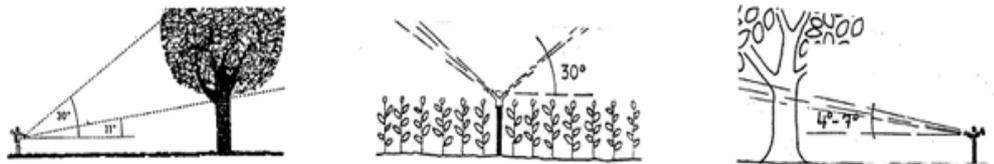


Figure I. 10. Schéma de l'angle du jet d'eau des asperseurs (source : Sapis,2002)

2.2. Caractéristiques de l'aspersion

L'irrigation par aspersion est recommandée dans le cas de sols de faible profondeur qui ne pouvant être correctement nivelés pour une irrigation de surface et pour les sols trop perméables n'assurant pas une répartition uniforme de l'eau dans le cadre d'une irrigation avec ruissellement en surface. Elle convient aux terrains à pente irrégulière avec microrelief accidenté, ne permettant pas l'établissement d'une desserte gravitaire à surface libre. On peut résumer les caractéristiques de l'aspersion par les points suivants :

- ne nécessite pas de nivellement de la surface irriguée
- assure l'aération du sol (oxygénation de l'eau)
- elle exige une adaptation de la qualité microbiologique de l'eau
- elle est pratiquée sur des parcelles à topographie irrégulière et les rampes d'arrosage doivent suivre les courbes de niveau.

2.3. Avantages de l'aspersion

Les avantages de l'aspersion sont nombreux et peuvent être résumés par ces points :

- efficacité d'irrigation élevée à 75%
- conception simple, installation et fonctionnement simplifié
- adaptabilité à tous les types de sols, à de nombreuses espèces de cultures et à de petites parcelles irrégulières
- moindre coût par rapport à bien d'autres systèmes modernes d'irrigation
- ne nécessite pas de main d'œuvre qualifiée
- elle s'adapte à n'importe quel type de terrain (accidenté, pente nulle...etc)
- elle permet une oxygénation de l'eau
- elle présente une économie de l'eau, qui peut atteindre 50%
- elle met à la disposition des exploitations des conditions d'arrosage très souples, en région aride, l'aspersion permet une protection antigel et fertilisante.

2.4. Inconvénients de l'aspersion

L'aspersion a aussi des inconvénients résumés ainsi :

- investissements initiaux élevés
- engendre des problèmes phytosanitaires en créant un milieu propice aux champignons, insectes et autres maladies
- développement des mauvaises herbes
- elle favorise l'évaporation, d'autant plus intense que les gouttelettes sont fines
- tassement progressif du sol ou érosion éventuel de celui-ci
- ne s'adapte pas bien à des sols ayant une vitesse d'infiltration inférieure à 3 mm/h
- les eaux chargées provoquent l'abrasion et le bouchage très rapide des buses.

2.5. Structure du réseau d'aspersion

Ce mode d'irrigation a vu se développer différents types de matériel d'aspersion a commencer par les couvertures totales puis intégrales, les rampes pivotantes et frontales, enfin les enrouleurs avec canon asperseur. L'aspersion utilise un réseau de conduites sous pression est portant des asperseurs ou des buses, conçu pour projeter des jets ou pulvériser de l'eau sous forme de fines gouttes à la surface du sol.

Si l'irrigation par aspersion convient aussi bien aux cultures en lignes, de plein champ comme les céréales ou les fourrage et à l'arboriculture, il n'en reste pas moins vrai que le choix de type d'équipement se fait aussi en fonction du type de culture à irriguer. Les couvertures intégrales et totales sont bien adaptées à

Chapitre I : Recherches bibliographiques

l'arboriculture alors que les enrouleurs le sont beaucoup moins pour des légumes fragiles de plein champ comme la salade¹.

L'alimentation des réseaux de distribution en eau se fait par des canalisations d'adduction qui permettant d'amener l'eau depuis sa source à travers un réseau de conduites vers la borne. Dans ce contexte on distingue deux types d'adduction. Le premier type est l'adduction gravitaire où l'écoulement de l'eau est causé par la différence des niveaux de charge hydrauliques. Autrement dit, quand l'altitude de la source est supérieure à l'altitude du point de consommation. L'autre est l'adduction par refoulement ou la pression sur le réseau et l'acheminement de l'eau se fait à l'aide de pompes hydrauliques.

2.5.1. Les éléments d'un réseau d'asperseurs

- **L'unité de pompage** : elle comprend généralement un moteur associé à une pompe centrifuge qui puise l'eau de la source et la refoule à la pression requise dans un réseau de canalisations.

- **La conduite principale** : c'est une canalisation qui relie la station de pompage ou la borne d'irrigation aux porte-rampes. Elle est enterrée ou disposée en surface, la conduite a généralement un diamètre de 3 à 6 pouces.

- **Le porte-rampe ou l'antenne ou canalisation secondaire** : c'est la canalisation qui relie le point d'alimentation en eau de la parcelle, aux différentes rampes disposées sur celle-ci. Ils sont constitués d'éléments de tuyaux rigides à raccord rapides, afin de faciliter leur manipulation. Leurs caractéristiques sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau I. 2. Caractéristiques de la porte-rampe

Matière de tube	Diamètre (mm)	Pression nominale (bar)	Longueur des éléments en m
Acier galvanisé	80, 100	16	3, 6, 9
	125, 150	16	
Aluminium (alliage)	3, 4, 5, 6	14	3, 6, 9
PVC (polychlorure de vinyle)	70, 100	6	3, 6, 9

Source : Montpellier, 2003

¹ Mathieu C, J. Audoye et J.C. Chossat (2007). Base techniques de l'irrigation par aspersion. Ed. Lavoisier, p 149

Chapitre I : Recherches bibliographiques

- **Les rampes ou canalisations tertiaires** : les rampes sont constituées de tuyaux rigides ou flexibles à raccords rapides et portent des prises qui permettent de brancher les asperseurs. Elles sont liées au type de couverture. Leurs caractéristiques, indiquées ci- dessous.

Tableau I. 3. Caractéristiques des rampes

Type de couverture	tuyau	Diamètre (mm)	Pression nominale (bar)	Longueur de traçons en m
intégrale	Alliage d'aluminium	2''	12	3 , 6 , 9 , à la demande
	polyéthylène (PE) haute densité	50 mm	6	
totale	Polyéthylène (PE) haute densité	32 mm	6	A la demande 12
	Polychlorure de vinyle (PVC) rigide	32 mm	6	

Source : Montpellier, 2003

- **Choix du matériau des conduites** : le choix du matériau est l'un des compromis à considérer afin de satisfaire les conditions hydrauliques (débit, pression). Il doit répondre à la disponibilité sur le marché local et aux caractéristiques hydrauliques du sol.

Les canalisations se distinguent par leur matériau de fabrication qui évolue avec le temps. Elles doivent répondre à la pression et au débit et autres paramètres comme l'usure, l'écrasement...On rencontre des conduites en béton, en fontes pour les gros diamètres, en acier et en plastique.

a) Conduites en fonte : elles présentent plusieurs avantages comme la bonne résistance aux forces internes de pression, la bonne résistance à la corrosion et leur rigidité et solidités contre l'écrasement.

b) Conduites en acier : les conduites en acier sont plus légères que les conduites en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose, elles présentent une bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

c) Conduite en PEHD : elles sont les plus utilisées de nos jours surtout pour les diamètres moyens et faibles, car ils présentent des avantages importants tels la bonne résistance à la corrosion, la disponible sur le marché, leur pose facile et enfin leur coût relativement faible.

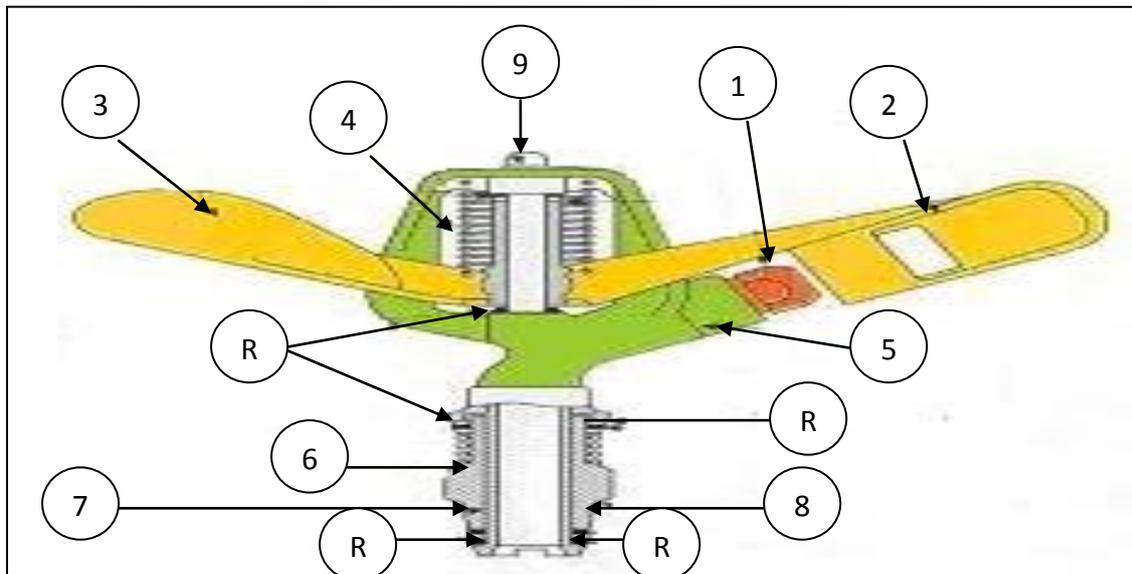
Chapitre I : Recherches bibliographiques

Dans les réseaux ramifiés typiques en irrigation, comme c'est le cas du réseau d'aspersion, c'est vers la fin de l'arborescence dans la partie aval que les dimensions s'amenuisent avant que l'eau sorte par l'organe terminal qu'est l'asperseur.

2.6. L'asperseur

2.6.1. Définition

L'asperseur consiste en un ajutage, taillé et calibré avec précision dans le bronze ou autre matériau, par où l'eau sort sous forme de jet puissant, aussitôt pulvérisé par une cuillère ou déflecteur. L'eau précipite en fines gouttelettes sur le sol, simulant la pluie. Le fonctionnement de cet appareil arroseur situé aux extrémités aval du réseau ne peut savoir lieu qu'à partir d'un certain niveau de pression de l'eau, celle-ci est totalement dépendante de la topographie du terrain, de toute la structure (taille et densité) de la partie amont du réseau.¹



- | | |
|-------------------------------------|------------------------|
| 1. buse | 6. Ressort intérieur |
| 2. cuillère | 7. Tube d'amenée d'eau |
| 3. bras mobile | 8. Manchon fileté |
| 4. ressort de rappel du bras mobile | 9. Axe pivot |
| 5. corps | R. rondelle |

Figure I. 11. Structure d'un asperseur (source : Slimani, 2017)

Chaque asperseur dispose alors de caractéristiques intrinsèques livrées par le fabricant dans une fiche technique comme le nombre de buses, leur diamètre, leur débit, l'angle d'inclinaison du jet d'eau et le rayon d'action et pluviométrie.

¹ Zella L. (2017). L'irrigation par aspersion. Ed. opu, p05

2.6.2. Caractéristiques

L'asperseur est caractérisée 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. Elle peut disposer d'une seule buse (ajutage) dénommée (mono buse), ou équiper de deux buses (ajutages) appelée (double buse) de diamètre différent. Les mono buses comportent des buses de $4 \times 4,8$ mm, avec des débits allant de 1,2 à 1,7 m³/h sous une pression de l'ordre de 3,5 bars. Les doubles buses comportent deux buses de $4 \times 2,4$ mm, $4,4 \times 2,4$ mm, $4,8 \times 2,4$ mm de diamètre pour des débits de l'ordre de 1,5 m³/h, 1,7 m³/h ou 2,1 m³/h sous une pression de 3,5 bar.

Un asperseur en fonctionnement arrose une surface circulaire avec un apport d'eau plus ou moins régulier, la pluviométrie induite par le jet d'eau diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'arroseur. La circonférence de la station reçoit donc moins d'eau que sa partie centrale, afin d'y remédier les asperseurs doivent être disposés sur le rampes de sortes que leurs jets d'eau se croisent. C'est ainsi que se définissent les écartements entre rampes (Er) et les écartements (Ea) entre asperseurs¹. Ils sont essentiellement en plastiques, en métal, réglables et existent en micro-asperseurs.



Figure I. 12. Asperseur en plastique à double buse

(Source : NaanDanJain Ltd, 2015)

2.6.3. Classification des asperseurs : on peut classer les asperseurs en deux catégories

a- Les asperseurs à haute pression : sont de véritables lances d'arrosage dont le mouvement de rotation est généralement obtenu au moyen d'une turbine logée dans le corps même de l'asperseur. Le mouvement rotatif de ces appareils peut être

¹ Zella L. (2017). L'irrigation par aspersion. Ed. opu, p10

Chapitre I : Recherches bibliographiques

obtenu par le jeu d'une roue à ailettes placée devant le jet et entraînée par ce dernier. Ces asperseurs fonctionnent sous des pressions allant de 5 à 8 bars. Leur portée peut atteindre 60 m et leur débit est d'environ 100 à 120 m³/h. Les asperseurs à haute pression présentent donc la caractéristique de posséder un mouvement de rotation continu.

b- les asperseurs à basse et moyenne pression : ceux-ci présentent un mouvement de rotation discontinu, car leur jet se déplace par à-coups successif au moyen d'un dispositif à percuteur constitué d'un marteau horizontal ou d'un balancier vertical actionné par jet lui-même. L'angle horizontal décrit à chaque battement est sensiblement constant, mais la fréquence de ceux-ci dépend essentiellement de la tension donnée au ressort de rappel du marteau. Les asperseurs à basse et moyenne pression fonctionnent sous une pression dont la gamme s'étend de 1,5 à 4,5 bars. L'angle de tir de l'ajutage de l'asperseur, orifice par où sort le jet, varie suivant le modèle et suivant sa destination. En général cet angle possède une valeur voisine de 30° et assure en effet, toutes choses égales par ailleurs, la plus grande portée au jet pulvérisé. La gamme de diamètres des ajutages varie assez considérablement afin d'assurer, par le jeu de cette variable, la pluviométrie horaire s'adaptant le mieux aux données climatiques et pédologique de la zone à irriguer.

Le débit de l'asperseur (Q en l/h) dépend de la pression (h en m), du diamètre nominal de la buse (d en mm) et d'un coefficient de friction C.

$$Q = (h \cdot d^2 \cdot 12,5C)^{0,5} \quad (2)$$

Le facteur c dépend du diamètre de la buse

Buse de petite taille d < 5,5 mm ; C = 0,95

Buse de taille moyenne d = 5,5-8 mm ; C = 0,9

Buse de grande taille d > 8 mm ; C = 0,85

Ou

$$Q = (1/100)(h \cdot d^2 \cdot 3,96C)^{0,5} \quad (3)$$

Avec Q en m³/h, h en atm, d en mm et C = 0,9

On peut utiliser un, deux, ou un ensemble d'asperseurs sur une seule rampe. Comme on peut utiliser une ou plusieurs rampes, le déplacement des rampes permet de changer de poste d'arrosage.

2.7. Les installations d'aspersion

On distingue deux grands types de systèmes d'irrigation par aspersion :

Chapitre I : Recherches bibliographiques

2.7.1. Les installations fixes

Dans ce type des installations la position des asperseurs et des canalisations ne varie pas tout au long de la campagne d'irrigation. Ils sont composés de canalisations posées sur le sol en début de saison d'irrigation ou jusqu'à la fin de la culture selon les cas, suivant une maille définie par les caractéristiques de l'asperseur qui est utilisé. Ils conviennent aux cultures en ligne, mais ils gênent en règle générale la circulation des engins de traitement. Ils sont encore utilisés dans les pays en voie de développement

- la **couverture intégrale** pour laquelle la totalité des canalisations et des asperseurs est mise en place sur la parcelle. Des vannes permettent de compartimenter l'arrosage qui peut de ce fait être automatisé.

C'est un système onéreux principalement employé pour l'arboriculture, les pépinières ou moins fréquemment le maraîchage.

- la **couverture totale** les canalisations sont mises en place avant la saison et après le semis, mais ou, contrairement à la couverture intégrale et par souci d'économie d'équipement seul un asperseur est mise en place sur la rampe. Ainsi une ligne d'asperseurs regroupés en une unité élémentaire sera déplacée de position en position pour arroser la parcelle. Comme le principal inconvénient de ce système est le coût en main-d'œuvre, il ne sera efficacement utilisé que sur des parcelles de superficie limitée (maraîchage) ou dans des régions à main-d'œuvre abondante et peu coûteuse.

2.7.2. Les installations mobiles pour lesquelles les asperseurs et les canalisations se déplacent en permanence pendant l'arrosage. Les enrouleurs et les rampes pivotantes et frontales font partie de ce groupe.

2.8. Facteurs déterminant les performances d'un arrosage par aspersion

Les performances du réseau sont inhérentes à toutes ses parties. C'est la raison pour laquelle le choix des dimensions des éléments du réseau est capital. En commençant par le bout aval, on trouve l'asperseur, la rampe qui les portent, la porte rampes et la conduite principale. Cette structure de conduite délimite le peigne. Celui-ci est rattaché à un autre ensemble d'appareil formant le bout amont qu'on appelle la tête du réseau. Peigne et tête du réseau doivent être correctement dimensionnés pour permettre à l'ensemble des asperseurs de fonctionner à peu près de manière identique. C'est ce qu'on regroupe sous le terme de dimensionnement. Le choix de chaque élément du réseau doit faire converger vers une uniformité de distribution d'eau à l'ensemble de la parcelle.

Chapitre I : Recherches bibliographiques

2.8.1. L'uniformité de distribution UD :

En irrigation par aspersion, une mauvaise répartition, se traduit par des pertes d'eau et du rendement. De ce fait, il est constaté que sur une même parcelle, il y a des endroits gorgés d'eau (d'où asphyxie éventuelle des plantes) et d'autres largement déficitaires (stress hydrique). L'homogénéité des apports d'eau n'est pas le seul facteur pour obtenir une bonne irrigation, on doit donc agir sur le pilotage. La répartition de l'eau sous les asperseurs a été évaluée en recueillant les hauteurs d'eau appliquée dans les récipients disposés suivant une grille de 3 x 3 m dans une maille de 4 asperseurs. Ces mesures ont servi pour le calcul d'uniformité de distribution (UD) qui est largement utilisée comme indicateur de performance des systèmes d'irrigation. Il varie, suivant les performances des systèmes d'irrigation, de 0 à 100 %, plus ce coefficient est proche de 100%, plus l'uniformité est bonne. Il est évalué par cette relation.

$$UD = \frac{I_q}{I_m} \times 100 \quad (4)$$

Avec :

I_q : moyenne de la pluviométrie sur le quartile inférieur (mm /h)

I_m : Moyenne de la pluviométrie sur toute la surface (mm/h).

Le quartile inférieur représente le quart de la surface irriguée ayant reçu le moins d'eau. De faibles valeurs de (UD) indiquent que des pertes par percolation dues à une mauvaise uniformité peuvent être excessives si le déficit hydrique doit être comblé sur l'ensemble de la parcelle irriguée. Ces pertes peuvent être valablement estimées, en pourcentage, par cette relation:

Le problème réside alors à connaître ces pluviométries, qui au demeurant peuvent servir à la détermination de la dose d'irrigation. Quand le réseau est déjà installé on effectue des mesures selon un protocole expérimental normalisé. Mais, le dimensionnement est là pour faire une projection avant même l'installation du réseau.

2.8.2. Coefficient d'uniformité Cu

Le coefficient d'uniformité de Christiansen (Cu) est largement utilisé comme indicateur de performance des systèmes d'irrigation lors du dimensionnement. Christiansen a proposé un (Cu) s'appliquant à l'irrigation par aspersion, basé sur la somme des écarts absolus à la moyenne des diverses mesures. Il est calculé en utilisant l'équation suivante :

$$Cu = 100 \left[1 - \frac{\sum |\sigma q|}{\bar{q} - n} \right] \quad (5)$$

Chapitre I : Recherches bibliographiques

Avec C_u : coefficient d'uniformité en %, σ_q : écart par rapport à la moyenne de $q = \bar{q}$ et n : nombre d'observations.

L'asperseur est le dispositif terminal du réseau dédié principalement à l'arrosage, c'est en quelque sorte le robinet d'eau des plantes. Il livre l'eau en la dispersant en fines gouttelettes à quelques centimètres au dessus, mais aussi au dessous des plantes. Son rôle est d'assurer une répartition uniforme de l'eau sur la parcelle à irriguer. Donc c'est au niveau de cet appareil que se concentrent toutes les qualités et les tares du réseau. L'ensemble des asperseurs constituant le réseau doivent fonctionner de manière plus ou moins homogène afin d'assurer par les performances techniques.

Le degré d'uniformité de la distribution d'eau dépend des styles de distribution d'eau et des caractéristiques des buses d'arrosage. La fonction de base des buses d'arrosage est de distribuer l'eau uniformément, sans provoquer d'écoulement de surface et de drainage excessif de la zone racinaire. Pour cette raison, la buse d'arrosage est considérée comme l'élément le plus important du système. Les performances de la buse d'arrosage déterminent la productivité et l'efficacité de l'ensemble du système. Un régime d'irrigation réussi peut être déterminé en recherchant tous les facteurs pertinents, puis en utilisant efficacement les données produites.

Dans l'irrigation par aspersion, les chiffres de distribution d'eau pour les buses à différentes dispositions spatiales sont déterminés en considérant le champ de trempage observé pour chaque valeur de pression et la taille de la buse. Il est nécessaire que la distribution d'eau déterminée soit à un niveau acceptable. Ceci est déterminé par le coefficient de distribution égale au coefficient d'uniformité (CU) développé par Christiansen en 1942, indiqué ci-dessous. Christiansen a proposé le (CU) utilisé comme indicateur de performance des systèmes d'irrigation. Il est basé sur la somme des écarts absolus à la moyenne des diverses mesures

En pratique, il n'est pas possible d'obtenir 100% d'uniformité sur la zone irriguée car les buses distribuent l'eau sur une zone circulaire, avec des chevauchements entre les zones de distribution d'eau. Il est impossible d'avoir une distribution d'eau égale sur les zones irriguées. Le principal facteur affectant l'application d'eau (uniformité de distribution de l'eau) la variation de la pression de fonctionnement. L'uniformité de la distribution de l'eau dépend également de la distance entre les buses d'arrosage. Comme les asperseurs sont plus espacés, les uniformités diminuent généralement.

Aucune buse d'arrosage ne doit fonctionner sans fournir le chevauchement latéral et inter-latéral souhaité. Le degré de chevauchement souhaité est atteint par le modèle de buses et les conditions de vent. L'espacement devrait être plus étroit par temps venteux. L'espacement latéral et des buses doit être déterminé en fonction des différentes vitesses et directions du vent et des différentes pressions des buses. Étant donné que les conditions de vent affectent négativement la

Chapitre I : Recherches bibliographiques

distribution de l'eau, les espaces entre les buses doivent être réduits. Il est généralement suggéré que l'irrigation soit effectuée lorsque la vitesse du vent est inférieure à 2,5 m/s. Si la vitesse du vent augmente, le coefficient d'uniformité diminue

Un autre facteur affectant l'efficacité est la hauteur des asperseurs qui a un grand effet sur l'uniformité, en particulier par les temps venteux. L'arroseur doit être à la même hauteur et capable de se déplacer librement pour la dispersion des gouttelettes d'eau. Les buses d'arrosage doivent également être verticales par rapport à la surface du terrain. Le choix des asperseur et des dimensions du réseau doit converger vers une distribution homogène de l'eau sur la surface parcellaire.

Connaissant la dose d'irrigation (D_a en mm), la surface du quadrillage ou implantation (E_i en m^2) et la durée d'arrosage (T_a en h) par position, on peut estimer le débit de l'arroseur :

$$Q = \frac{D_a \times E_i}{T_a \times 100} \quad (6)$$

Ce temps d'arrosage (T_a en h) est évalué par le rapport entre la dose d'arrosage (D_a en mm) et la pluviométrie de l'asperseur (P en mm/h).

$$T_A = \frac{D_a}{P} \quad (7)$$

2.9. Fonctionnalité du réseau

Les principaux objectifs de l'irrigation par aspersion sont l'économie d'eau et de main-d'œuvre par rapport à l'irrigation de surface tout en assurant une distribution d'eau aussi uniforme que possible sur la parcelle dans la limite de la zone d'activité racinaire. Pour répondre à l'objectif d'une distribution uniforme, il faut contrôler les profils d'humectation, la répartition de la pluviométrie (quantité et qualité) sous l'asperseur

3. Dimensionnement d'un réseau d'aspersion

L'objectif fondamental de la méthode d'irrigation par aspersion, comme dans d'autres méthodes d'irrigation, est d'apporter l'eau d'irrigation aussi uniformément que possible à la zone racinaire. La distribution uniforme de l'eau appliquée dépend de la bonne mise en place des équipements et leurs emplacements appropriés, qui est à son tour liée au calcul des dimensions du réseau.

Le dimensionnement d'un réseau d'aspersion est l'étape qui consiste à calculer les dimensions, c'est-à-dire détermination des longueurs, des diamètres, structure

Chapitre I : Recherches bibliographiques

du réseau et le nombre de canalisation qui répondent aux critères techniques (pression, pluviométrie et uniformité), dont le but de satisfaire les besoins de la culture.

3.1. Méthodes de dimensionnement d'un réseau d'aspersion

Avant d'entamer le dimensionnement du réseau il est impératif de déterminer les caractéristiques pratiques de l'irrigation à savoir les besoins en eau de la culture, la RFU, la dose d'irrigation...

3.1.1. Caractéristiques pratiques de l'irrigation

Chaque modèle d'asperseur proposé dans le commerce est assorti des caractéristiques chiffrées suivantes :

- débit en fonction de la pression, à l'intérieur de la gamme de pressions autorisée
- type et dimensions des mailles permettant d'obtenir une uniformité d'arrosage acceptable
- par déduction, l'intensité pluviométrique moyenne pour chaque pression de service et chaque type de maille

Pour un asperseur quelconque, inséré dans une maille (EaxEr), on peut déterminer sa pluviométrie horaire à l'intérieur du maillage.

$$i = \frac{q}{s} \quad (8)$$

Avec, i : l'intensité moyenne d'arrosage en m/h, q : débit par asperseur en m³/h, s : superficie de la maille élémentaire en m²

Par ailleurs, pendant la durée d'arrosage en un poste, l'équipement de l'unité d'arrosage doit apporter la dose requise D tel que :

$$D = t.k.i \quad (9)$$

Ou bien

$$D = \frac{q.k}{s} \quad (10)$$

Avec t : durée de l'arrosage en h, k : efficience estimée en %, i : intensité pluviométrique moyenne en m/h, D : la dose en m, q : débit unitaire en m³/h, s : surface de la maille en m².

Pour la conduite du projet, on implante les positions d'asperseurs sur le plan de la surface à arroser, et on choisit un modèle d'asperseur compatible avec la maille retenue. A partir de la dose recherchée l'équation précédente donne la durée

Chapitre I : Recherches bibliographiques

d'arrosage correspondante. Cette durée conditionne elle-même le nombre d'arrosages à effectuer par jour, et, dans le cas d'un équipement non automatisé, on peut être conduit à s'écarter de la dose réelle recherchée au départ, pour aboutir à un nombre entier de changement de postes par jour.

Dans le cas d'un sol à faible RFU, on pourra être contraint à une forte cadence dans les changements de poste. Ceci ne pose pas de problème avec une couverture intégrale automatisée, mais risque de s'avérer dissuasif, pour un agriculteur qui ne pourrait pas acquérir un tel équipement, surtout dans le cas de la couverture totale, qui se trouve ainsi pratiquement cantonnée au cas des sols à forte RFU.

Enfin, le débit qui doit être disponible à l'entrée de la surface à arroser sera déterminé par le nombre d'asperseurs de la plus grande unité d'arrosage, multiplié par le débit unitaire. Par ailleurs, une étude de dimensionnement de canalisations doit être faite pour que les débits et les pressions nécessaires soient disponibles en tous points de la zone arrosée.

3.1.2. Méthodes classiques

Une première esquisse du réseau avec l'emplacement des asperseurs permet d'avoir une estimation des débits et des longueurs des différentes canalisations. Et aussi permettre d'évaluer les diamètres en se fixant les vitesses de l'eau à des valeurs inférieures à 1,5 m/s et les pertes de charge pour ne pas dépasser les 10% de la pression en tête. Le calcul de diamètres s'effectue en prenant en compte le poste d'arrosage.¹ Le dimensionnement consiste à choisir, une structure donnée de réseau, des longueurs et des diamètres des canalisations, des écartements entre rampes et entre asperseurs et enfin un type d'asperseur. En partant d'une pression donnée en tête du réseau, le principe consiste à calculer tronçon après tronçon la perte de charge et évaluer en fin de compte le profil de la pression le long de la rampe. Connaissant la pression, on peut alors évaluer le débit de chaque asperseur.

Le calcul de pertes de charge sur un réseau d'irrigation par aspersion, peut être réalisé selon des méthodes classiques de perte de charge; par la relation de Scobey ou celle de Christiansen.

a- Méthode de Christiansen

En considérant une rampe équipée de N asperseurs implantés à écartement constant (E_a), le premier asperseur est disposé à une distance (E_a) du départ de la rampe. Le débit total de la rampe en tête est (Q) est la somme des N débits moyens de l'asperseurs (q) tel que : $Q=Nq$ ou $q=Q/N$

La perte de charge des N tronçons est donnée par:

¹ Zella L.(2017) l'irrigation par aspersion. Ed. opu, p56

Chapitre I : Recherches bibliographiques

$$\Delta H = \left[\frac{b \left(\frac{Q}{N} \right)^x}{D^y} \right] E a \sum_{n=1}^{n=N} N^x \quad (11)$$

Le terme entre crochets représente la perte de charge unitaire d'une conduite de diamètre (D) et traversé par le débit (Q). Ce terme est multiplié la longueur du tronçon (Ea) et un coefficient réducteur Σ , tenant compte de la réduction progressive du débit. Les pertes de charge sont plus élevées en tête de rampe où le débit est important et le régime est turbulent comparativement aux pertes de charge en fin de rampe où les débits s'affaiblissent en raison du débit de route rendant le régime laminaire. Ce deuxième terme peut être assimilé à une longueur fictive (L_f) de la rampe par laquelle il suffit de multiplier la perte de charge totale (réelle) dans la rampe, on peut écrire alors :

$$\Delta H = J \cdot L_f \quad (12)$$

Au niveau de la buse de l'asperseur le débit est proportionnel au carré de la pression de fonctionnement ($q = \alpha H^{0.5}$). Sur cette base Christiansen propose de limiter l'écart maximum des débits au débit moyen à 10%, ce qui correspond à un écart maximum de la pression à 20% de la pression moyenne. Cette règle qui vise à garantir une uniformité acceptable, impose des contraintes sur les pertes de charges tolérées et par conséquent sur les dimensions (longueur et diamètre) des rampes.

Cette méthodologie est très similaire à celle élaborée par Christiansen en 1942 dans une conduite à diamètre constant et qui ne comporte pas d'asperseurs. La ligne d'énergie ou charge décroît linéairement de l'amont vers l'aval, en revanche, dans une rampe avec asperseurs le débit dans la rampe diminue après chaque sortie d'eau (asperseur) et la perte de charge unitaire (J) n'est plus par conséquent constante le long de la rampe mais diminue d'amont en aval. La méthode de Christiansen suppose que le débit de chacun des asperseurs est identique au débit moyen et que les (N) sorties sont uniformément réparties sur la longueur de la rampe. L'expression générale de la perte de charge linéaire s'écrit :

$$J = K_1 \frac{V^m}{D^r} \quad (13)$$

La même forme que la relation utilisée par Scobey, V est la vitesse dans la conduite, D et le diamètre de la conduite et K_1 un coefficient de rugosité, m et r sont des exposant avec :

- m = 1 en régime laminaire
- m = 1,75 en régime turbulent
- m = 2 en régime turbulent rugueux

Les pertes de charge sont :

$$\Delta H = F c \frac{K_2 L_r Q^m}{D^{2m+r}} \quad (14)$$

Chapitre I : Recherches bibliographiques

Cette équation montre que l'on peut déterminer la perte de charge dans la rampe en multipliant celle d'une conduite véhiculant un débit Q et ayant un diamètre D et une longueur L par un coefficient de correction Fc, fonction de nombre total des asperseurs N et de l'exposant m.

3.1.3. dimensionnement d'une couverture d'asperseurs

Cette famille d'équipements est caractérisée par le fait de disposer sur les parcelles irriguées, selon une grille régulière, des asperseurs ou des canons d'arrosage devant fonctionner à poste fixe. Les asperseurs sont alimentés par des canalisations appelées rampes, et sont montés sur des cannes, dont la longueur est choisie en fonction de la hauteur des cultures. Les dimensions adoptées pour la grille doivent permettre le recouvrement suffisant des surfaces arrosées par des asperseurs voisins, afin d'obtenir une uniformité d'arrosage correcte.

Le quadrillage d'asperseurs a conduit au fil des décennies à des variantes successives, allant dans le sens d'une diminution des exigences en main d'œuvre.¹ Deux variantes essentielles subsistent à l'heure actuelle : la couverture totale et la couverture intégrale.

- Le calcul du diamètre de l'ajutage (d)

Ce calcul se réalise à partir de la perméabilité du sol (K en mm/h) qui doit être $i \leq k$ où (i) est la pluviométrie de la buse. Le diamètre de la buse se calcule par la formule suivante :²

$$d = \frac{1,04 \times i}{1,5} \quad (15)$$

Selon la fiche technique d'un arroseur, on va préciser le diamètre de la buse normalisé le plus proche.

Tableau I. 4. Pluviométrie horaire max.(mm/h) des asperseurs en fonction de la texture et la pente

Texture sol	Pente du terrain en %				
	0-5	6-8	9-12	12-20	>20
- sol sableux	20	16	12	8	5
- sablo-argileux	15	12	9	6	4
-limono-sableux	12	9,5	7	5	3
-limoneux	10	8	6	4	2,5
-argileux	08	6,5	5	3	2

¹ Tiercelin J.R. (1998). traité d'irrigation, technique & documentation, p477

² Belguidoum Y. (2013). Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion d'un périmètre de TIXTER. W. Bordj Bou Arreridj par un forage .mémoire d'irrigation et drainage. ENSH, P63

Chapitre I : Recherches bibliographiques

Source : Feyen, 1982

- Calcul de la portée du jet (R)

La portée du jet (R) est la distance de l'appareil au point du rayon arrosé, permet de définir la surface circulaire arrosée par l'appareil, se calcule par l'équation suivante :

$$R = 3 d^{0.5} H^{0.25} \quad (16)$$

Avec d : le diamètre de la buse (mm), H : pression à la buse (m)

Débit de l'asperseur (q)

Le débit d'un asperseur se calcule, par la relation suivante :

$$q = 0,95 \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gh} \quad (17)$$

Le débit et la portée de jet d'un asperseur étant fonction de la pression de l'eau. Il importe que la pression de fonctionnement de l'asperseur soit proche de la pression nominale annoncée par le fabricant, pour obtenir les caractéristiques indiquées par celui-ci et une répartition correcte de l'eau.

Il est conseillé de concevoir l'installation de manière à satisfaire la règle de Christiansen qui limite la plage de **variation de la pression** de fonctionnement des asperseurs à $\pm 20\%$ de la pression nominale afin que le **débit** reste constant à $\pm 10\%$ près ¹

Vérification de la pluviométrie de la buse : si on admet que l'écartement est proportionnel à la portée, la pluviométrie horaire (i en mm/h) peut être appréciée via la relation :

$$i = \frac{q}{E_i.E_a} \quad (18)$$

Calcul de la dose réelle (Dr):

$$D_r = T_{eau} \times \text{dose journalière} \quad (19)$$

Calcul de la dose brute (Db) :

$$D_b = \frac{D_r}{0,75} \quad (20)$$

La valeur 0,75 représente l'efficacité d'irrigation.

Temps d'arrosage (T)

¹ Montpellier L.R.C. (2003). Guide pratique irrigation. Ed. cemagref ,p105

Chapitre I : Recherches bibliographiques

Le temps (T en h) pour donner une dose (Db en mm) par un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration (K mm/h) se calcule d'après la relation suivante :

$$T = \frac{\text{dose réelle brute: } Db}{\text{pluviométrie: } i} \quad (21)$$

Le choix de l'implantation des asperseurs

La pluviométrie, le long de jet d'un asperseur, diminue lorsqu'on s'éloigne de celui-ci. Cette décroissance de la pluviométrie est aggravée par le fait que la surface arrosée par mètre linéaire de jet au cours de la rotation de l'asperseur augmente avec la distance par rapport à l'arroseur. Pour obtenir une répartition de l'eau homogène, on doit disposer les asperseurs de manière à avoir un recouvrement des jets. Les asperseurs sont usuellement disposés en carré, en rectangle ou en triangle.

Pour la couverture totale : 18 m x 24 m et 24 m x 24 m

Pour la couverture intégrale : 18 m x 18 m, 18 m x 24 m et 21 m x 21 m

Tableau I. 5. Ecartement et pluviométrie horaire.

Ecartement et pluviométrie						
Détail asperseur			Ecartement des asperseurs disposés en carré et rectangle			
Φ buse mm	Pressi on atm	Débit m ³ /h	Φ couvert m	12X12	12X18	18X18
4	3	1,02	30	7,1	4,7	Xx
4	3,5	1,11	31	7,7	5,7	Xx
4	4	1,19	32	8,3	5,5	Xx
5	3	1,63	33	Xx	7,5	5,0
5	3,5	1,76	34	Xx	8,1	5,4
5	4	1,88	35	Xx	8,7	5,8
6	3,5	2,56	36	Xx	Xx	7,9
6	4	2,74	36	Xx	Xx	8,5
6	4,5	2,90	37	Xx	Xx	9

Source : Feyen, 1982

La première valeur de chaque couple est celle de l'espacement des asperseurs sur la rampe, la seconde celle de l'écartement entre deux rampes contiguës. Le choix de l'emplacement des asperseurs définissent l'uniformité de répartition de l'eau. Cette uniformité dépend aussi de l'effet du vent, qui augmente l'hétérogénéité et la répartition de l'eau. Des effets sont sensibles dès que la vitesse du vent atteint 10 km/h. L'irrigation devient pratiquement impossible lorsque cette vitesse atteint 30 km/h. On atténuera l'effet du vent en adaptant un dispositif le plus serré possible en triangle de préférence, le triangle 12 m x 12 m est préconisé ; souvent mis en place dans les pays ventés. Si l'on doit, en dépit du vent, adopter des

Chapitre I : Recherches bibliographiques

dispositifs rectangulaires ou triangulaires 18 m x 24 m, on orientera les dispositifs pour que la plus grande dimension soit dans le sens du vent dominant.

Tableau. I. 6. Distance max entre asperseurs ou rampes en fonction de la portée du jet (p) ou du diamètre D du cercle arrosé pour des vitesses de vent .

Vitesse vent km/h	Distance max entre	
	Arroseurs	Rampes
0	1,25p	1,25p
0-3	1,25p	1,25p
3-7	0,95p	0,95p
7-10	0,85p	0,95p
10-12,5	0,65p	0,95p
12,5-15	0,65p	0,95p
>15	0,65p	0,95p

Source : Feyen, 1982

L'uniformité recherchée sera plus ou moins grande suivant l'importance des réserves en eau du sol. En effet, l'hétérogénéité des apports d'eau à la surface du sol s'estompe en profondeur. Si la profondeur du sol exploitée par les racines est faible (20 à 30 cm pour les cultures maraichères), on choisira un dispositif serré (12 x 12), équipé d'asperseurs à deux buses. Au contraire, pour des cultures à enracinement profond, telle que le maïs et le soja, on pourra choisir un dispositif plus large et des asperseurs à une seule buse, à condition qu'il n'y ait pas de vents forts.¹

On pourra, également, se montrer relativement tolérant sur la qualité de la répartition de l'eau, lorsque les apports d'irrigation de complément constituent une part relativement faible des besoins en eau totaux de la plante. Si ces apports représentent moins de 1/3 des besoins, on se contentera de dispositifs à grand écartement, mais s'ils interviennent à une période sensible de cycle végétatif de la culture, on adoptera un dispositif à faible écartement équipé d'asperseurs à deux buses.

Tableau I. 7. Installation d'arrosage à petits asperseurs, choix de l'implantation

implantation	La portée moyenne observée de l'arroseur doit être au minimum de	Portée théorique P minimale nécessaire		
		Vent nul ou rare (m)	Vent gênant assez souvent (m)	Vent gênant souvent (m)
	Pr^2	$P = Pr/0.95$	$P = Pr/0.85$	$P = Pr/0.75$
Rectangle 12 x 12	9.5	10	11.2	12.7
12 x 18	11.8	12.4	13.9	15.7

¹ Montpellier L.R.C. (2003). Guide pratique irrigation. Ed. cemagref , p101

Chapitre I : Recherches bibliographiques

Rectangle				
18 x 18	13.8	14.5	16.2	18.4
18 x 21	14.8	15.6	17.4	19.7
18 x 24	16	16.8	18.6	21.3
21 x 21	15.8	16.6	18.6	21.1
24 x 24	18	19	21.2	—
Triangle				
12 x 12	8.5	9	10	11.3
12 x 18	11	11.6	13	14.7
18 x 18	12.2	12.8	14.4	16.3
18 x 21	13.3	14	15.6	17.7
18 x 24	14.7	15.5	17.3	19.6
21 x 21	14.2	15	16.7	19
24 x 24	16	16.8	18.8	21.3

Source : Montpellier, 2003

Tableau I. 8. Caractéristiques des busages et dispositifs d'implantation en couverture intégrale

Busage mm (pouce)	Pression bar	Débit m ³ /h	Portée (vent nul) m	Dispositif d'alimentation, pluviométrie en mm/h					
				18 x 18 m		18 x 24		21 x 21	
				Carré	Tria	recta	Tria	carré	tria
1 buse									
4 (5/32)	3.5	1.2	14	Oui 3.7	Oui 3.7	Non	Non	Non	Non
4.4 (11/64)	3.5	1.5	15	Oui 4.6	Oui 4.6	Non	Oui 3.5	Non	Oui 3.4
4.8 (3/16)	3.5	1.7	15	Oui 5.2	Oui 5.2	Non	Oui 3.9	non	Oui 3.8
2 buses									
4 x 2.4 (5/32x3/ 32)	3.5	1.5	14	Oui 4.6	Oui 4.6	Non	Non	Non	Non
4.4 x 2.4 (11/64x3 /3)	3.5	1.7	15	Oui 5.2	Oui 5.2	Non	Oui 3.9	Non	Oui 3.8
4.8 x 2.4 (3/16x3/ 32)	3.5	2.1	15	Oui 6.5	Oui 6.5	Non	Oui 4.9	Non	Oui 4.8
Portée minimale du jet pour mouiller la totalité de la structure au centre du dispositif				12.7 m	11.2 m	15 m	13.7 m	14.8 m	13.1 m
Portée minimale du jet pour avoir un recoupement de 2 m au centre du dispositif				13.7 m	12.2 m	16 m	14.7 m	15.8 m	14.2 m

Source : Montpellier, 2003

Chapitre I : Recherches bibliographiques

Tableau I. 9. Choix du busage et dispositif d'implantation en couverture intégrale

Culture et conditions pédoclimatiques		Dispositif d'implantation		
		18 x 18 m Carré ou triangle	18 x 24 m Carré ou triangle	21 x 21 m Carré ou rectangle
Culture	A faible enracinement	2 buses	Dispositif d'implantation à éviter	
	Enracinement profonde	1 buse	1 buse $\phi > 4$ mm en triangle seulement	
Rapport : eau d'irrigation et besoins en eau totaux	Inférieur à 1/3	1 buse	1 buse $\phi > 4$ mm en triangle seulement	
	Supérieur à 2/3	2 buses	Dispositif d'implantation à éviter	
Vitesse du vent	Inférieur à 10 km/h	1 ou 2 buses	1 ou 2 buses $\phi > 4$ mm en triangle seulement	
Vitesse du vent	Supérieur à 10 km/h	1 ou 2 buses en triangle seulement	Dispositif d'implantation à éviter	

Source : Montpellier, 2003

Calcul de l'unité d'arrosage (SU)

La surface unitaire arrosée est évaluée comme suit:

$$Su = \frac{S}{T_{eau} \times n} \quad (22)$$

Nombre d'asperseur requis (Nasp)

Pour la couverture le nombre minimal d'asperseur Nasp est celui nécessaire pour couvrir la surface arrosée à chaque poste estimé par:

$$Nasp = \frac{Su \times 10000}{Ei \times Ea} \quad (23)$$

Avec Su : la surface du poste irrigué en ha, Ei : écartement entre ligne en mètres
Ea : la distance entre asperseur en mètre

Dans ce système les asperseurs sont déplacés fréquemment. Ils doivent être très résistants aux chocs (bronze) et d'excellente qualité.

Dimensionnement hydrauliques des rampes et du réseau

Dimensionnement de la rampe

Chapitre I : Recherches bibliographiques

La longueur, le diamètre des rampes et le nombre d'asperseurs en fonctionnement simultané sur les rampes doivent être tels que la règle de Christiansen soit respectée. Ceci en tenant compte tenu de la pression disponible en tête de la rampe, des pertes de charge dans les rampes et de la pente de la parcelle le long des rampes. Au besoin, on équipera certains asperseurs de régulateurs de pression pour y parvenir¹.

Longueur de la rampe

Cette étape de dimensionnement diffère d'une parcelle à une autre car elle est basée sur les dimensions de la parcelle ainsi que la façon dont on projette le réseau d'aspersion. Il est envisagé deux dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe :

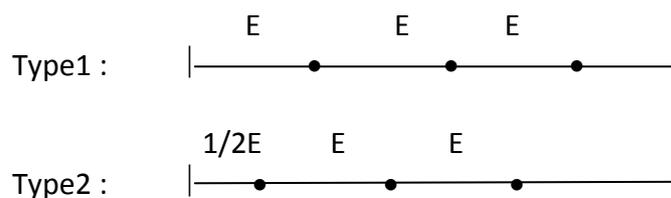


Figure I. 13. Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe

Source : Montpellier, 2003

Après avoir choisi le dispositif (type et implantation des asperseurs et des lignes de rampes), il faut procéder au découpage des rampes et l'implantation des porte-rampes et de la conduite d'amenée d'eau. La longueur de la rampe est donc :

- Pour le type 1 : $L = n \times E$
 - Pour le type 2 : $L = (n-0,5) \times E$
- D'où :

$$L = \frac{\text{largeur du terrain}}{2} - \frac{Ea}{2} \quad (24)$$

Nombre asperseur/rampe (N)

$$N = \frac{Lr}{Ea} \quad (25)$$

Calcul du débit de la rampe (Qr)

¹Montpellier L.R.C. (2003). Guide pratique irrigation. Ed, cemagref , p105

Chapitre I : Recherches bibliographiques

$$Q_r = \text{le débit de l'asperseur (q) x le nombre d'asperseur /rampe} \quad (26)$$

Calcul du Diamètre de la rampe D_r

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}} \quad (27)$$

Avec V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe, $V \leq V_{adm}$, $V_{adm} \in [0,5 \div 2,5]$ et on calcul la nouvelle vitesse :

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times d^2} \quad (28)$$

Dimensionnement du porte-rampe

La longueur du porte-rampe (L_r)

$$L_r = \frac{\text{longueur de terrain}}{2} - \frac{Ei}{2} \quad (29)$$

Débit de la porte rampe (Q_{pr})

Q_{pr} = le débit de l'asperseur x le nombre d'asperseur /rampe x le nombre de rampe

Diamètre normalisé de la porte rampe (D_{pr})

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}} \quad (30)$$

La nouvelle vitesse sera :

$$V_{pr} = \frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times d^2} \quad (31)$$

Calcul des pertes de charge

La perte de charge représente la chute de pression totale due aux divers frottements inévitables subis par l'air en mouvement et s'exprime en Pascal. Les pertes de charge réparties ou linéaires dans les canalisations sont déterminées sur le plus long trajet de l'eau dans le réseau. Le calcul peut être généralisé conduit par conduit jusqu'à dernier asperseur. Ainsi on pourra connaître la pression et le débit en n'importe quel point du réseau

Les pertes de charge sont fonction des diamètres et des longueurs des canalisations (de leurs matériaux), de la vitesse de l'eau et des singularités du réseau (codes vannes tés...). Il existe plusieurs relations de calcul des pertes de charge.

Chapitre I : Recherches bibliographiques

L'expression générale des pertes de charges linéaire dans les conduites est calculée généralement par une formule de type Hazen Williams :¹

$$\Delta H = \left[\frac{3.592}{Ch} \right]^{1.852} \frac{Q^{1.852}}{D^{4.87}} \quad (32)$$

Où

ΔH = Perte de charge unitaires (m/m)

Q : Débit de la conduite en m³/s

Ch : coefficient équivaut à 140 (PEHD).

Pour le calcul de la perte de charge dans les rampes, les porte-rampes et les conduites secondaires, on utilisera les abaques disponibles, en tenant compte de la nature de tuyau. Par exemple : La formule de Scobey pour les tuyaux en alliage léger :

$$J = 1.634 \times Q^{1.89} \times D^{-4.87} \quad (33)$$

Avec

J : la perte de charge totale en mm/m

Q : le débit en m³/s

D : le diamètre intérieur en mm

La formule de Scobey peut s'écrire sous une forme générale de la manière:

$$J = b \frac{Q^x}{D^y} \quad (34)$$

Les valeurs de $b = 1,643$, $x = 1,89$ et $y = 4,87$ sont relatives aux tuyaux en alliage léger et intègrent les pertes de charges singulières due aux joints et raccords. Le calcul des pertes de charge linéaires relatif à une rampe peut être effectué en calculant tronçon par tronçon les pertes de charge. Un abaque basé sur la relation de Scobey permet d'évaluer la perte de charge de manière graphique.

Il faut tenir compte de la pente de la canalisation dans les calculs, lorsqu'elle est descendante on y ajoute la dénivelée et on la retranche quand elle est ascendante.²

$$\text{La perte de charge totale} = \Delta H_r + \Delta H_{pr} + \Delta H_{cs} \quad (35)$$

Calcul de la pression en tête du réseau : c'est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement du dernier asperseur.

¹ Belazoughi W. (2017). Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion du périmètre les ARRIBS secteur 2 à partir du barrage Lakhel .mémoire d'irrigation et drainage. ENSH, P50

² Montpellier L.R.C. (2003). Guide pratique irrigation. Ed, cemagref , p105

$$H = H_1 + H_2 + H_3 \quad (36)$$

H : pression à la tête de la parcelle

H₁ : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur

H₂ : perte de charge totale de la rampe

H₃ : la dénivelée.

3.1.4. Dimensionnement d'une installation d'arrosage par enrouleur

Les éléments essentiels à considérer pour le dimensionnement des équipements d'une installation d'arrosage par enrouleur sont :

- Le débit d'équipement
- La longueur de tuyau flexible de l'enrouleur
- La pression minimale à l'entrée de la parcelle

Le débit d'équipement

Comme pour toute installation, le débit d'équipement doit permettre d'apporter les quantités d'eau nécessaires pour satisfaire les besoins en eau des cultures irriguées pendant la période au cours de laquelle la différence entre les besoins des cultures et les apports naturels est la plus élevée.¹

Le débit horaire d'équipement nécessaire est donné par la relation :

$$\text{débit horaire d'équipement} = \frac{\text{besoins de pointe sur l'ensemble de la surface irriguée}}{\text{temps effectif d'irrigation durant la période considérée}}$$

L'enrouleur est souvent destiné à irriguer une exploitation de polyculture. Un même enrouleur est alors utilisé pour l'ensemble des cultures de l'exploitation. Il convient, dans ce cas de considérer l'étalement des cycles végétatifs des différentes cultures et de leur consommation en eau dans le temps, pour définir la période de pointe et les besoins en eau correspondants.²

La consommation des plantes suivant leur stade végétatif est évaluée par les valeurs de :

$$ETR = Kc.ETP \quad (37)$$

Afin de faciliter le calcul de dimensionnement, 10 abaques ont été établis. Chaque abaque donne :³

¹ Montpellier L.R.C. (1988). Guide pratique irrigation. co-ed, cemagref et CEP, p83

² Montpellier L.R.C. (1988). Guide pratique irrigation. co-ed, cemagref et CEP, p107

³ Montpellier L.R.C. (1988). Guide pratique irrigation. co-ed, cemagref et CEP, p108

Chapitre I : Recherches bibliographiques

- la perte de charge de la conduite d'amenée en alliage d'aluminium, pour 2 ou 3 diamètres usuels et pour différentes longueurs
- la perte de charge dans le tube en polyéthylène haute densité série 8 bars, pour différente longueur de celui-ci
- le dédit en fonction de la pression des différentes buses coniques susceptibles d'équiper le canon, avec leur plage d'utilisation conseillée (une pression trop faible provoquant la formation de grosses gouttes, une pression trop forte rendant le jet sensible au vent)
- la portée du jet en fonction de la pression de ces mêmes buses

permettant de calculer le dimensionnement d'une installation d'arrosage par enrouleur (10 modèles)

3.1.5. Méthode informatisée

Des nouvelles méthodes de calcul utilisent les logiciels permettant le dimensionnement d'un réseau. Ces programmes permettent de résoudre divers équations complexes et enfin calculer les différents paramètres hydrauliques tels qu'IrriPro, Epenet, Hydrocalc, CATCH 3D. Dans notre travail on a choisi Hydrocalc pour l'appliquer à un cas de dimensionnement d'un réseau théorique d'aspersion.

3.1.5.1. Le logiciel Hydrocalc

Le logiciel de planification du système d'irrigation Hydrocalc est un outil simple qui est conçu pour aider l'utilisateur à calculer le dimensionnement d'un réseau d'aspersion avec une meilleure uniformité de distribution de l'eau dans la parcelle.

3.1.5.2. Travaux utilisant hydrocalc

Ce logiciel a été utilisé tout récemment par Echikr (2018) qu'il a appliqué à une parcelle de 4 ha de pomme de terre, irriguée à l'aspersion. Chaque unité de réseau est composée de 6 rampes identiques de 200 m avec une alimentation au milieu de la porte rampe. Celle-ci en deux versions (pvc et aluminium) de diamètres respectifs 160/152.4 mm et 100/98 mm et de longueur 60 m. Les rampes, en deux types testés, en PVC de PN 6 bars, avec trois diamètres de 50/47 mm, 63/59.2 mm et 75/70.6 mm, l'autre type en aluminium de PN 6 bars, avec un diamètre de 100/98 mm. Les longueurs testées prennent les valeurs : 30 ; 100 ; 150 ; 180 ; 200 ; 450 ; 1000 ; 1800 ; 2000 m. L'asperseur choisi, en plastique a un débit de variant de 3,07 m³/h et une portée de 17,5 m sous une pression de fonctionnement de 3 à 5 bars. On dispose de 17 asperseurs par rampe, d'où un écartement de 12 m. L'ensemble du

Chapitre I : Recherches bibliographiques

réseau totalise 102 asperseurs. Pour chaque version de réseau, il a été calculé le coefficient d'uniformité.

Une autre étude réalisée en Turquie consiste à déterminer les courbes de distribution d'eau sous différentes pressions de service d'un ensemble de cinq asperseurs testés, en variant les diamètres des buses dans les conditions de terrain. L'objectif était de déterminer l'arrangement de système le plus approprié en utilisant un programme informatique appelé CATCH3D.

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Généralités

L'objet de ce chapitre se focalise sur le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion, il s'agit de déterminer à partir de la connaissance des caractéristiques techniques optimales d'un réseau pour l'irrigation, dont les calculs ont été réalisés sur une parcelle type d'une surface agricole de 1 ha. Le but est d'atteindre un meilleur dimensionnement de réseau d'aspersion qui permet une distribution uniforme de la pluviométrie des asperseurs, mesurée par le coefficient d'uniformité (Cu). Dans ce chapitre on présente le matériel utilisé et les méthodes de calcul.

2. Matériels

2.1. Le réseau

Le réseau d'irrigation par aspersion est constitué de : la borne d'irrigation, les vannes, les canalisations (conduite principale, conduite secondaire), les raccords les portes rampes, les rampes et les asperseurs.

La parcelle choisie pour l'arrosage par aspersion présente une superficie de **1 ha** et qui dispose d'une pression de 3 bars. On a : 1 ha = 10000 m², dont la longueur du terrain est égale à 100 m et la largeur aussi est de 100 m.

2.1.1. Choix de l'écartement

L'écartement les plus utilisés sont : 6x6, 12x12, 12x18, 18x18, 18x24, 24x24, correspondant aux cultures spéculatives et sensibles au stress hydrique. Les écartements 6x6 et 12x12 sont réservés aux cultures maraichères et à l'irrigation sous frondaison. D'autres grands espacements sont utilisés en grandes cultures.

Tableau II.1. Pression minimale en fonction de l'implantation

Ecartement d'implantation à poste fixe des arroseurs (m)	Pression minimale à l'arroseur (bar)
6x6	1.5
12x12	2.0
18x18	2.5
24x24	3.0
36x36	3.5
42x42	4.0
63x63	4.5
81x81	5.0

Source : ZELLA L. (2017)

Alors, dans notre cas on utilise l'écartement 12x12

2.1.2. Types de réseau

L'architecture du réseau dépend en grande partie du débit disponible, de la topographie du terrain et de sa géométrie. On distingue de ce fait, le réseau dont la conduite porte rampe est alimentée en eau en son milieu (fig. II.1), le réseau où elle est alimentée à son extrémité (fig. II. 2) et le réseau où on double la conduite porte rampe (fig. II.3).

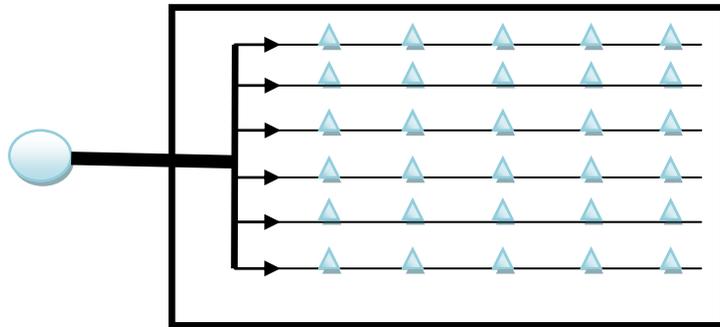


Figure II.1. Réseau avec alimentation en eau au milieu du porte-rampe

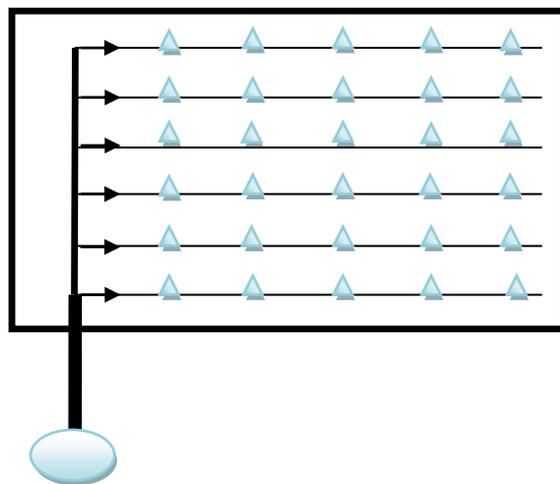


Figure II.2. Réseau avec alimentation en eau à l'extrémité du porte-rampe

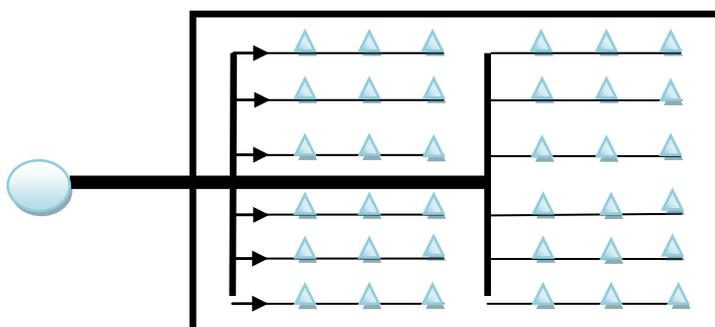


Figure II.3. Réseau avec deux porte-rampes

Dans notre cas, on a un réseau qui se compose de 6 rampes identiques (couverture intégrale de 12×12), avec une alimentation au milieu de la conduite porte rampe (fig. II.4)

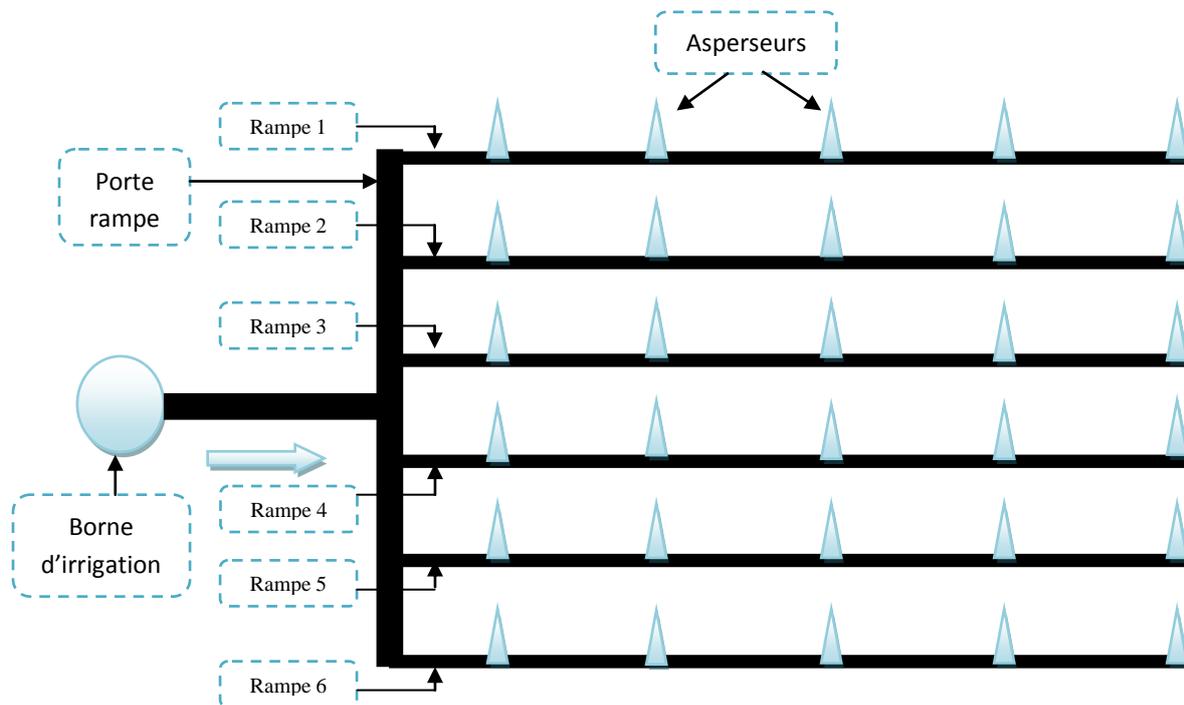


Figure II.4. Schéma d'un réseau d'aspersion avec 6 rampes avec une alimentation au milieu de la porte-rampe

3.1.3. Caractéristiques de réseau

- Porte rampe

La longueur totale de la porte rampe est 72 m une canalisation a été testée, il s'agit d'un tuyau en PVC de diamètre (160/152.4)

- Rampe

On a utilisé un type de rampe en plastique PVC ayant les caractéristiques de PN=6 bars, avec trois diamètres (50/47),(63/59.2) et (75/70.6).

Le test a été réalisé sur une gamme de longueurs variant de 12 à 2000.

Tableau II.2. Longueurs différentes de la rampe

Chapitre II : Matériel et méthodes

L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀	L ₁₁
<12	30	60	100	150	200	400	700	1200	1800	>2000

- Asperseur

On a choisi un type d'arroseur sous frondaison à faible débit dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Filetage 1/2" BSP
- Angle de jet : 7°
- Buse avant de diamètre de 1.5 à 2.5 mm
- Existe avec buse à angle haut 16°
- Débit de 0.12 à 0.39 m³/h
- Rayon de 5.8 à 9.0 mètres
- Pression d'usage : 2.5 à 3.5 bars

Utilisation

- Arrosage sous frondaison
- Humidification, refroidissement de l'air

Spécialités

- Faible pluviométrie
- Fonctionnement à basse pression
- Buse avec angle à 7° ou 16°
- Utilisation avec une filtration simplifiée
- Une ligne d'arroseurs pour des serres jusqu'à 10 mètres (buse angle haute)
- Installation simple et économique
- Montage sur pic P10 ou sur collier de prise en charge possible

Dans notre cas on utilise un arroseur d'une seule buse de 2 mm de diamètre et un débit de 232 l/h, et une pression de fonctionnement est de 3 bars et la portée égale 6.4 m.



Figure II. 5. Asperseur d'une seule buse

3. Méthode

Le but de notre étude est d'atteindre le meilleur dimensionnement de réseau d'aspersion qui permet une distribution uniforme au niveau de la parcelle et pour cela l'étude se base sur les calculs de la variation de débit au niveau des rampes. Le calcul est réalisé grâce à programme informatique : le logiciel Hydrocalc

3.1. Méthode informatisée : le logiciel hydrocalc

3.1.1. Définition

Le logiciel de planification du système d'irrigation Hydrocalc est conçu pour aider l'utilisateur à définir les paramètres d'un système d'irrigation. L'utilisateur pourra exécuter le programme avec n'importe quel paramètre approprié, examiner la sortie et modifier les données d'entrée afin d'arriver aux résultats souhaités. Certains paramètres peuvent être sélectionnés dans une liste système; tandis que d'autres sont saisis par l'utilisateur en fonction de ses propres besoins afin qu'ils n'entrent pas en conflit avec les limites du programme.

C'est un logiciel convivial et simple qui permet de calculer le dimensionnement d'un réseau d'aspersion très rapidement avec une meilleure uniformité de distribution de l'eau dans la parcelle. (Fig. II.6)



Figure II. 6. Icône du logiciel hydrocalc

3.1.2. Description du logiciel

Le progiciel Hydrocalc comprend une fenêtre principale qui s'ouvre, cinq programmes de calcul, une fenêtre de paramétrage de la langue et une base de données modifiable et mise à jour par l'utilisateur. En plus, il comprend plusieurs sous-programmes comme:

- le sous-programme 'Sprinkler ou Emetteur' qui se charge de l'asperseur et ses caractéristiques.
- le sous-programme 'Sub Main ou Porte rampe', et s'intéresse aux calculs relatifs à la conduite secondaire comme la perte de charge cumulée et le débit d'eau, la vitesse d'eau dans la conduite.
- le sous-programme 'Main Pipe ou Canalisations', comme son nom l'indique, calcul la perte de charge cumulée, le débit, la vitesse dans la conduite principale.
- le programme 'Soupape ou Vannes', calcule la perte de charge relative à la vanne.
- le sous-programme 'Poste ou Calcule', calcule la pluviométrie et la fréquence d'irrigation selon les paramètres donnés.

3.1.3. Méthodologie d'utilisation

On commence par cliquer sur le programme raccourci. Une fenêtre apparaît qui nous permet de choisir la disposition des asperseurs ; soit en carré ou en triangle et préciser le débit. Dans le cas étudié, la disposition des asperseurs est carrée avec un

Chapitre II : Matériel et méthodes

NETAFIM Linea de Emisores-Datos

Topografía: Fija Pendiente 0 No uniforme-cambiante

Emisor: Drip Line Tipo: UNIRAM 17012

Espacio de los Emisores: 0.5 m Retrolavado: Velocidad 0 m/s

Material-Tubos: Grado-Presion 1.60 Caudal 1.60 l/h Presion 26.37 m

Tipo-Tubo	Diam.Interno KD	Exponent	K	Largo-Segmento	Perdidas-Presion	Cabezal	Velocidad
14.6	1.1	0	1.6	200	16.37	26.37	1.06

Metodo de Calculo: Largo-Linea de Emisores

Total de Emisores: 400 Largo Total: 200 Perdidas-Presion-Acum: 16.37 Final: 10

Figure II.8. La fenêtre Porte-émetteurs

Porte-émetteurs : elle est considérée comme la fenêtre la plus importante car elle nous permet de calculer la variation de débit et de pression dans les rampes et le coefficient d'uniformité C_u . Et qu'après avoir saisi les données suivantes : type d'émetteur (sprinklers), Q_a (232 l/h), l'espacement égal à 12 m, le type de tube est en plastique PVC avec trois diamètres (50/47),(63/59.2) et (75/70.6).Le teste a été réalisé sur une gamme de longueurs variant de 12 à 2000 m. La pression à la fin (22) et la pression nominale (30) du tube et enfin la méthode du calcul.

Il existe 4 types d'émetteurs de base qui peuvent être utilisés: Drip Line, On line, sprinkler et micro-irrigation. Selon la sélection précédente, l'utilisateur peut opter pour un émetteur spécifique qui peut être compensé en pression ou non. Chaque émetteur dispose de son propre ensemble de valeurs de débit nominal.

La première méthode de calcul est «Longueur». Le logiciel peut prendre en considération la topographie du terrain, sinon la valeur par défaut est pente égale à 0%. Le champ de topographie a 2 sous-champs: pente fixe et pente changeante. Habituellement, les valeurs des pentes ne dépassent pas 10%. Dans la plupart des cas pratiques, la pente n'est pas uniforme.

L'option «Changer» propose à l'utilisateur la possibilité de déterminer l'altitude le long de la ligne. La ligne inférieure, ligne de «hauteurs» est utilisée pour saisir les altitudes du point dont la distance de la fin de la ligne est placée au-dessus d'eux. Les valeurs peuvent représenter des relevés d'élévation d'une carte ou élévation relative au niveau zéro à la fin de la ligne. Des valeurs positives signifient que le point est élevé au-dessus de la fin de la ligne tandis que des valeurs négatives signifient que le point est en dessous de la fin de la ligne élévation.

Chapitre II : Matériel et méthodes

La deuxième méthode est représentée par «variation de pression», un calcul qui sera exécuté de manière à garantir la variation de pression maximale entre la pression maximale de l'émetteur et la pression minimale de l'émetteur, la pression ne dépasse pas la plage de pression qui a été introduite par l'utilisateur. Le résultat du calcul montrera également la longueur latérale maximale dans les conditions désignées.

La «variation du débit» représente la troisième méthode de calcul qui peut être exécutée pour atteindre la variation de débit demandée et générera la longueur latérale maximale sous ces conditions. Les unités de variation de débit sont en pourcentage. Les valeurs communes pour ce champ se situent entre 10 - 15%.

La dernière méthode de calcul est «l'uniformité des émissions» qui est similaire à «variation de débit », et sera exécutée pour atteindre la longueur latérale maximale. Les unités d'uniformité sont également en pourcentage.

Diam Nominal	Clase del Tubo	Diam Interno	Longo del Segmento	Caudal	Segmento Caudal	Perdidas de Presion	Presion Cabezal	Velocidad
mm		mm	m	m³/h	m³/h	m	m	m/s
110	Class 6	104.8	300.00	60.00	60.00	8.58	11.42	1.93

?No Of Pressure Reducers	?Pressure Reducer Value	Largo Total	Comienzo del Caudal	Perdidas de Presion Acum.	Final
	m	m	m³/h	m	m
0		300.00	60.00	8.58	11.42

Figure II.9. La fenêtre canalisation

3.1.4. Les résultats obtenus

Après avoir été entrées, toutes les valeurs requises peuvent être lancées dans l'application «Calculer». Les paramètres qui vont être calculées dans la fenêtre 'émetteur' sont: le nombre total d'émetteurs, la longueur totale, perte de pression totale, perte de pression partielle, pression de tête et vitesse par segment.

Le rapport de résultats supplémentaires peut être atteint en appuyant sur le bouton "Résultats supplémentaires". Ce rapport contient les résultats suivants: débit

Chapitre II : Matériel et méthodes

moyen de l'émetteur, débit latéral d'entrée, la variation du débit, qui est la différence en pourcentage entre les débits maximaux et les débits minimaux de l'émetteur. Il évalue aussi la pression de refoulement et la pression finale, et la pression le long de la ligne des émetteurs. En appuyant sur le bouton «Graphique», les résultats de la pression de la ligne d'émetteur s'affichent. Le graphique montre les changements de la variation de pression et de débit le long de la ligne.

Le tableau suivant montre les entrées effectuées avant le calcul et les résultats obtenus ou sorties.

Tableau I-10. Résultats des entrées et des sorties du logiciel Hydrocalc

Les entrées	Les sorties
-Porte d'émetteurs : type d'émetteur, Q_a , espacement, type de tube, diamètre longueurs, pression à la fin k , pression nominal du tube et la méthode de calcul.	-Débit moyen d'émetteur : disant débit d'entrée dans la rampe par le débit total des émetteurs
-Porte rampas : type de tube, diamètre Q_i , longueur, nombre de rampas et la pression initiale.	-Débit d'entrée dans les rampes : le débit cumulé le long de la ligne entière
-Pluviométrie : Q_a , E_a et nombre de rampes	-Variation de débit : est la différence en % entre la libération de l'émetteur max à la décharge de l'émetteur min
-Fréquences d'irrigation : demande en eau, pluviométrie et durée d'irrigation	-Emission uniformité ou uniformité d'émission est le résultat de la formule suivante comme spécifié par ASAE
	-Pression in/ max d'émetteur la pression dans l'émetteur avec une pression extrême
	-Vitesse d'entrée la vitesse max à l'entrée de la rampe
	-Longueur totale le résultat du calcul ou de la valeur donnée pour la longueur dans la rampe.
	-Nombre des émetteurs : nombre commun d'émetteur le long de longueur donné
	-Pression dans rampe : la pression ou débit de la rampe et donne la pression de tous émetteur.
	-Pression dans la pente rampe : la pression à l'extrémité de la ligne
	-Pluviométrie d'émetteur (arrosage) et la fréquence d'irrigation

Chapitre III : Résultats et interprétations

1. Généralités

Ce chapitre présente les résultats de dimensionnement d'un réseau d'aspersion d'un ha. Il s'agit de calculer les diamètres et les longueurs de différentes conduites, ainsi que le calcul des pressions, et des débits en n'importe quel point du réseau. La bonne ou mauvaise distribution des débits des asperseurs est évaluée par le coefficient d'uniformité.

2. Le réseau

Les résultats se font à propos des données suivantes :

Un réseau de 6 rampes a une couverture intégrale de $E_a = 12 \times 12$, $Q_a = 232$ l/h

2.1. Calcul du coefficient d'uniformité

En fixant le type d'asperseur (sous frondaison) de 3 bars de pression, la longueur et le diamètre des rampes, par la suite on peut estimer avec le logiciel Hydrocalc le coefficient d'uniformité (C_u).

Tableau III.1. Coefficient d'uniformité (C_u) pour différentes longueurs et diamètres de rampe

L (m)	Nombre d'asperseur sur la rampe	PVC $\varnothing : 75$ mm (Cu%)	PVC $\varnothing : 63$ mm (Cu%)	PVC $\varnothing : 50$ mm (Cu%)
<12 m	1	96,19	96,19	96,19
30 m	2	96,19	96,19	96,18
60 m	5	96,18	96,18	96,17
100 m	8	96,17	96,16	96,11
150 m	12	96,15	96,11	95,9
200 m	16	96,11	96	95,7
400 m	33	95	95,16	92,9
700 m	58	94	91,6	84
1200 m	100	88	80	50
1800 m	150	76	50	50
>2000 m	166	50	50	50

On constate que plus la longueur de la rampe augmente (aussi le nombre d'asperseurs), le C_u diminue de 96 % pour une longueur de 30 m ($N = 2$ asp) à 50 % pour une longueur de 2000 m (la rampe en PVC de diamètre égale à 75 mm). Le C_u diminue à 50 % pour une longueur de 1800 m (rampe en PVC de diamètre égale à 63 mm). Le C_u diminue à 50 % pour une longueur de 1200 m (rampe en PVC de diamètre égale à 50 mm).

Chapitre III : Résultats et interprétations

Les résultats sont exprimés dans les graphiques suivants :

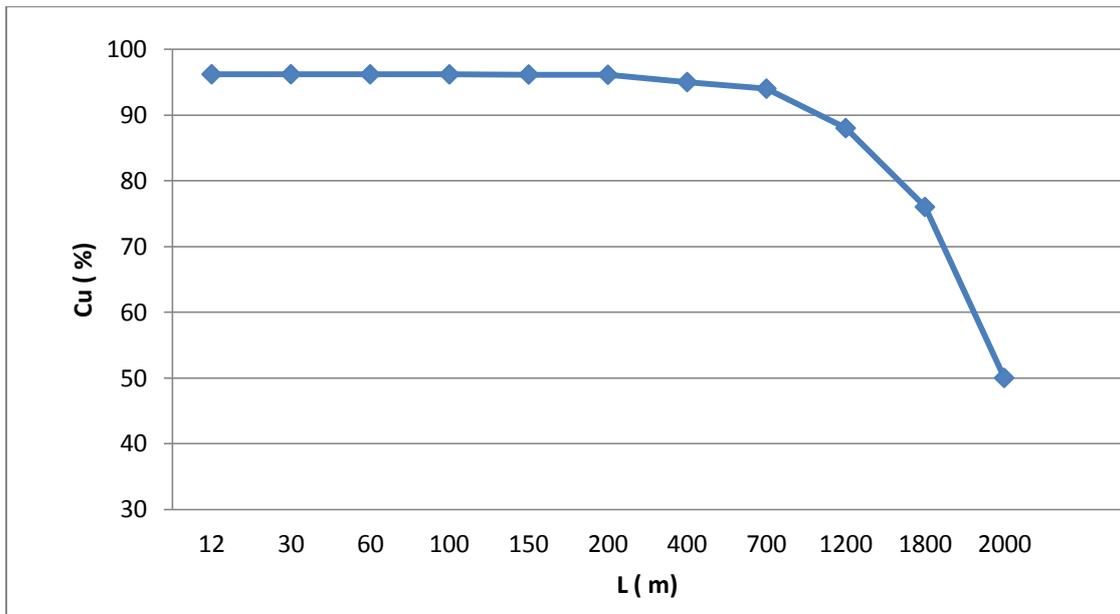


Figure III.1. Cu de PVC de diamètre ϕ : 75 mm

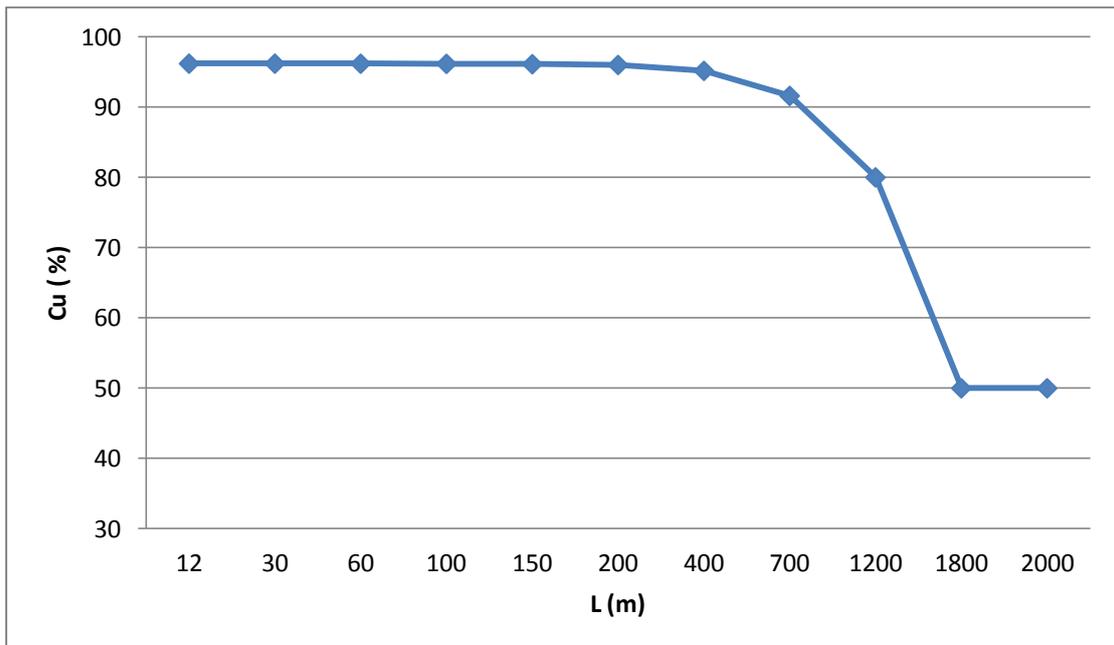


Figure III. 2. Cu de PVC de diamètre ϕ : 63 mm

Chapitre III : Résultats et interprétations

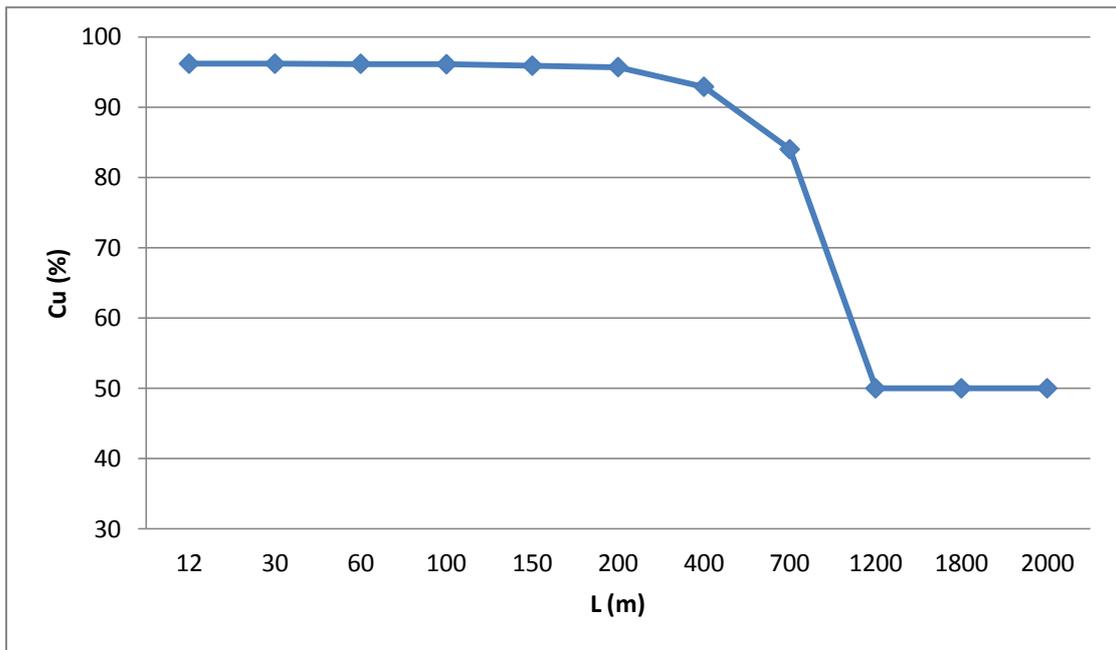


Figure III. 3. Cu de PVC de diamètre \varnothing : 50 mm

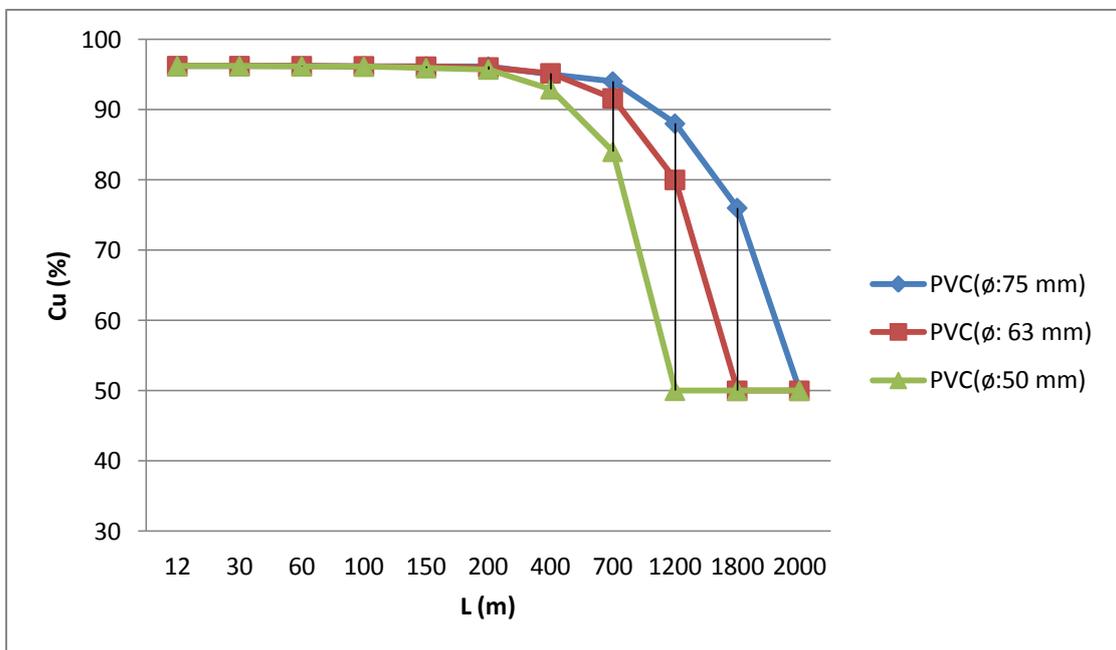


Figure III. 4. Cu des différentes longueurs et diamètres

On remarque que les valeurs de Cu sont presque constantes pour tous les diamètres dans les premiers 700 m, après le Cu commence à diminuer rapidement au-delà d'une longueur de 1200.

Chapitre III : Résultats et interprétations

2.2. Le choix du réseau

Après cette série de tests des diamètres et des longueurs, on peut choisir le réseau optimal avec une canalisation principale en PVC (\varnothing :160 mm $L_{p=}$ 6 m, PN= 6 bars), une canalisation porte rampe en PVC (\varnothing : 160/ 152,4 mm, $L_{pr=}$ 72 m, PN=6 bars, et 6 rampes en PVC (\varnothing : 75/70,6 mm, $L_r=$ 100 m, PN = 6 bars) et un asperseur type ($Q_a=$ 232 l/h). L'écartement entre les rampes est égal à 12 m, sur chaque rampe sont installés des asperseurs identiques avec un écartement de 12 m.

D'après le logiciel Hydrocalc, on obtient les résultats de dimensionnement :

- Cu moyen= 96,17 %

- Débit d'entrée :

Débit d'entrée de la rampe1 : $QR_1= 1,70 \text{ m}^3/\text{h}$

Débit d'entré de la rampe 2 : $QR_2= 1,67 \text{ m}^3/\text{h}$

Débit d'entré de la rampe 3 : $QR_3= 1,65 \text{ m}^3/\text{h}$

-Débit moyen :

Débit moyen de la rampe 1 : $Q_{mR_1}= 0,23 \text{ m}^3/\text{h}$

Débit moyen de la rampe 2 : $Q_{mR_2}= 0,21 \text{ m}^3/\text{h}$

Débit moyen de la rampe 3 : $Q_{mR_3}= 0,208 \text{ m}^3/\text{h}$

-Perte de charge :

La perte de charge dans la rampe 1 : $\Delta HR_1= 6,305 \text{ m}$

La perte de charge dans la rampe 2 : $\Delta HR_2= 6,30 \text{ m}$

La perte de charge dans la rampe 3 : $\Delta HR_3= 6,29 \text{ m}$

2.3. Calcul du débit total dans la borne :

$$Q_{\text{tot}} = \sum Q \text{ des rampe} = 5,02 \text{ m}^3/\text{h} + 5,02 \text{ m}^3/\text{h} = 10,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.4. Calcul de la pression totale dans la borne

$$P_{\text{tot}} = P_{pr} + \Delta H = 30,01$$

La figure suivante résume la variation de la pression dans la porte rampe et les rampes de notre réseau, et aussi le débit d'entrée et moyen de chaque rampe

Chapitre III : Résultats et interprétations

L=100 m (8 asperseurs × 6 rampes = 84 asperseurs)

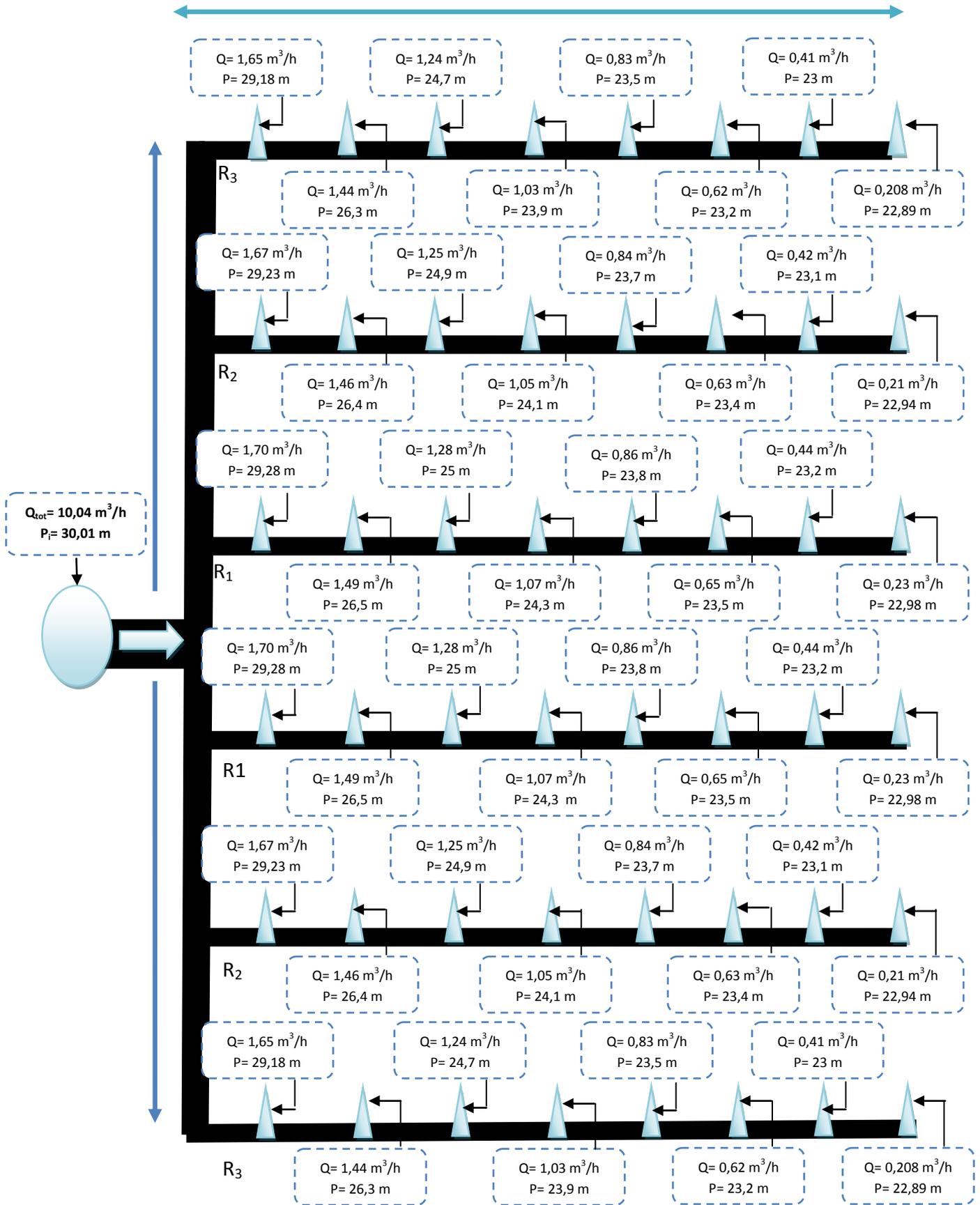


Figure III. 5. Schéma de réseau d'aspersion en PVC (\varnothing : 75 mm).

2.5. La variation de la pression dans les rampes

On a testé la variation de la pression dans les 3 rampes de notre réseau de longueur de 100 m et les graphes suivants ont exprimé la variation de la pression dans chaque rampe :

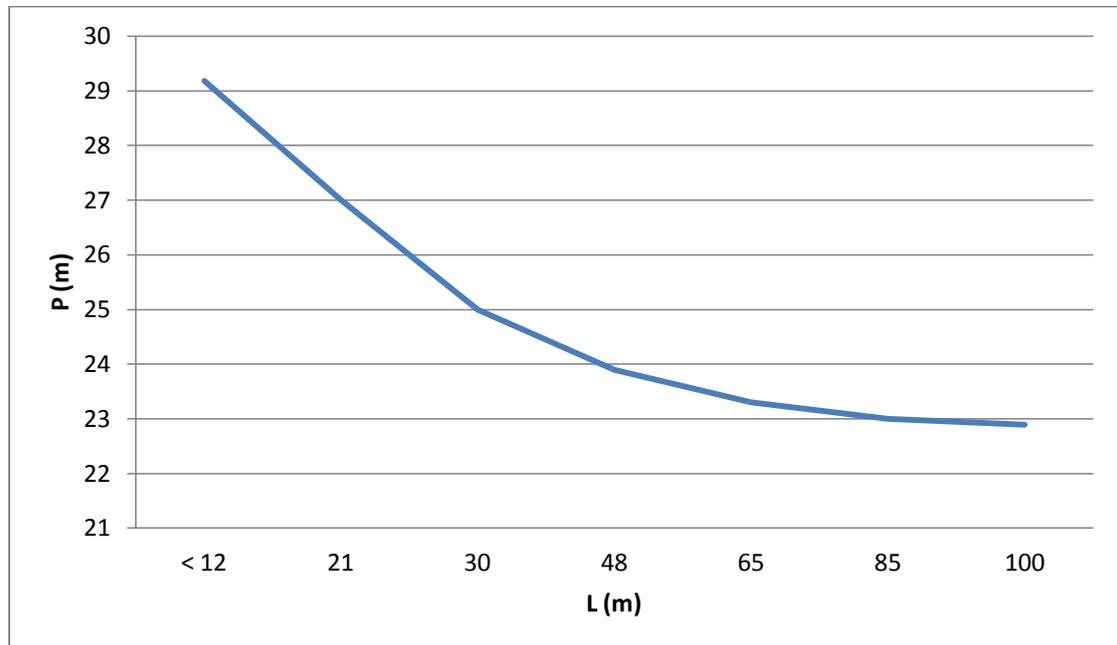


Figure III. 6. La variation de la pression dans la rampe 3

La courbe précédente représente la variation de la pression en termes de longueur dans la troisième rampe. On remarque que plus la longueur augmente (aussi le nombre des asperseurs) donc le débit augmente et la perte de charge aussi. Par conséquent la pression diminue dans le même sens.

Chapitre III : Résultats et interprétations

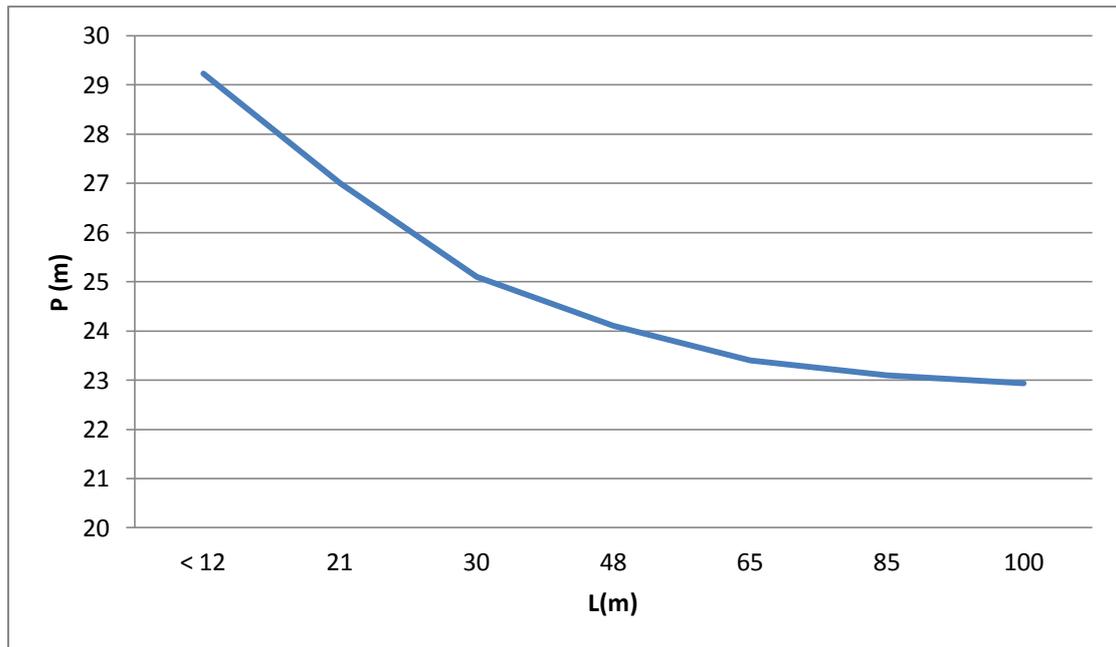


Figure III. 7. La variation de la pression dans la rampe 2

La courbe précédente représente la variation de la pression en termes de longueur dans la deuxième rampe. On remarque que plus la longueur augmente (aussi le nombre des asperseurs) donc le débit augmente et la perte de charge aussi. Par conséquent, la pression diminue dans le même sens.

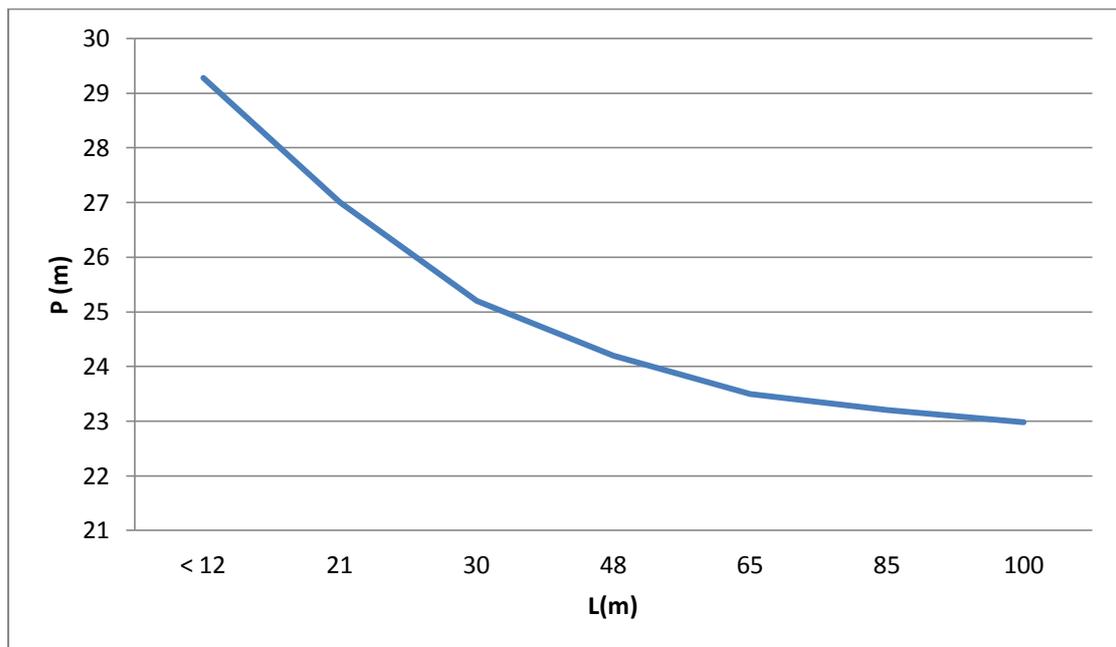


Figure III. 8. La variation de la pression dans la rampe 1

Chapitre III : Résultats et interprétations

La courbe précédente représente la variation de la pression en termes de longueur dans la première rampe. On l'on remarque que plus la longueur augmente (aussi le nombre des asperseurs) donc le débit augmente et la perte de charge aussi. par conséquent la pression diminue dans le même sens

On constate que la pression est presque la même dans les 3 rampes

-Rampe 1 : $P_i = 29,28$ m à $P_f = 22,98$ m

-Rampe 2 : $P_i = 29,23$ m à $P_f = 22,94$ m

-Rampe 3 : $P_i = 29,18$ m à $P_f = 22,89$ m

On remarque que plus la longueur de la rampe augmente la pression est diminuée

2.6. La variation de débit dans les tronçons

Aussi, on a testé la variation du débit dans les trois rampes de notre réseau de longueur de 100 m. les graphes suivants ont exprimé la variation de débit dans les 8 tronçons (car le nombre d'asperseurs par rampe est égal à 8 asperseurs).

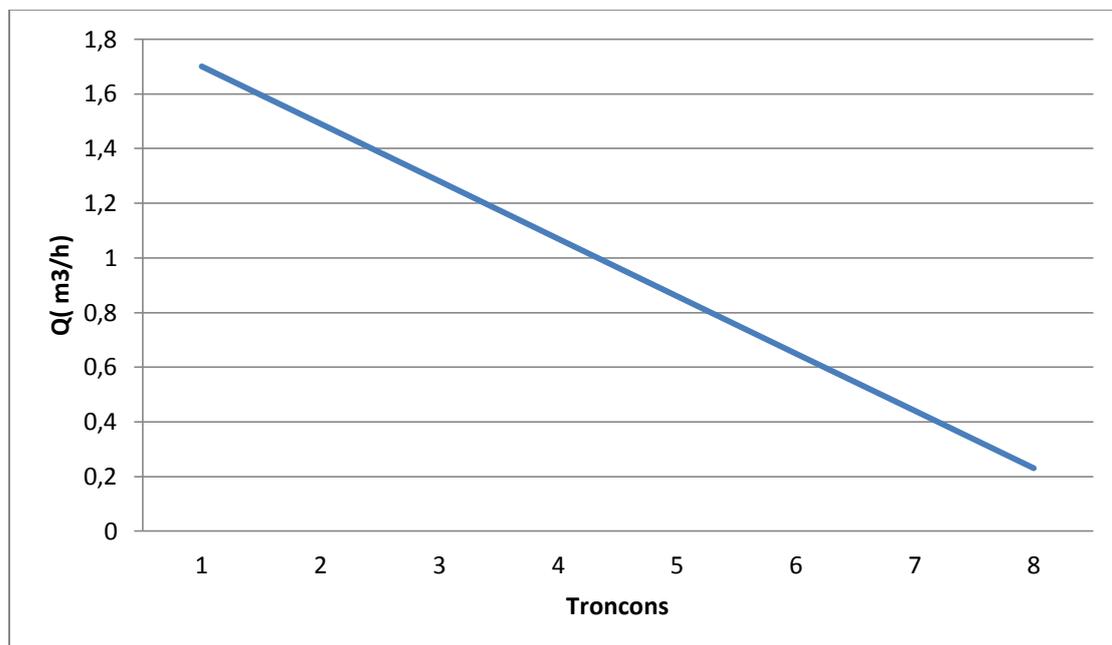


Figure III. 9. La variation de débit dans la rampe 1

La courbe précédente représente la variation du débit dans les 8 tronçons de la rampe 1. On remarque que le débit a diminué de $1,70$ m³/h à $0,23$ m³/h dans le dernier tronçon.

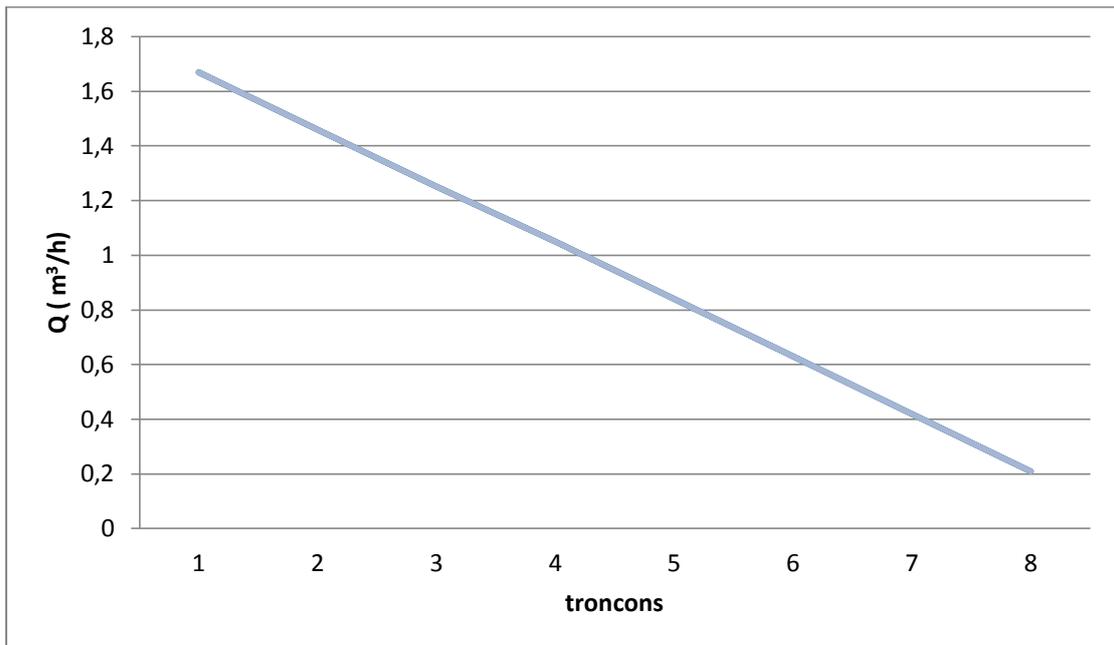


Figure III. 10. La variation de débit dans la rampe 2

La courbe précédente représente la variation du débit dans les 8 tronçons de la rampe 2. On remarque que le débit a diminué de $1,67 \text{ m}^3/\text{h}$ à $0,21 \text{ m}^3/\text{h}$ dans le dernier tronçon.

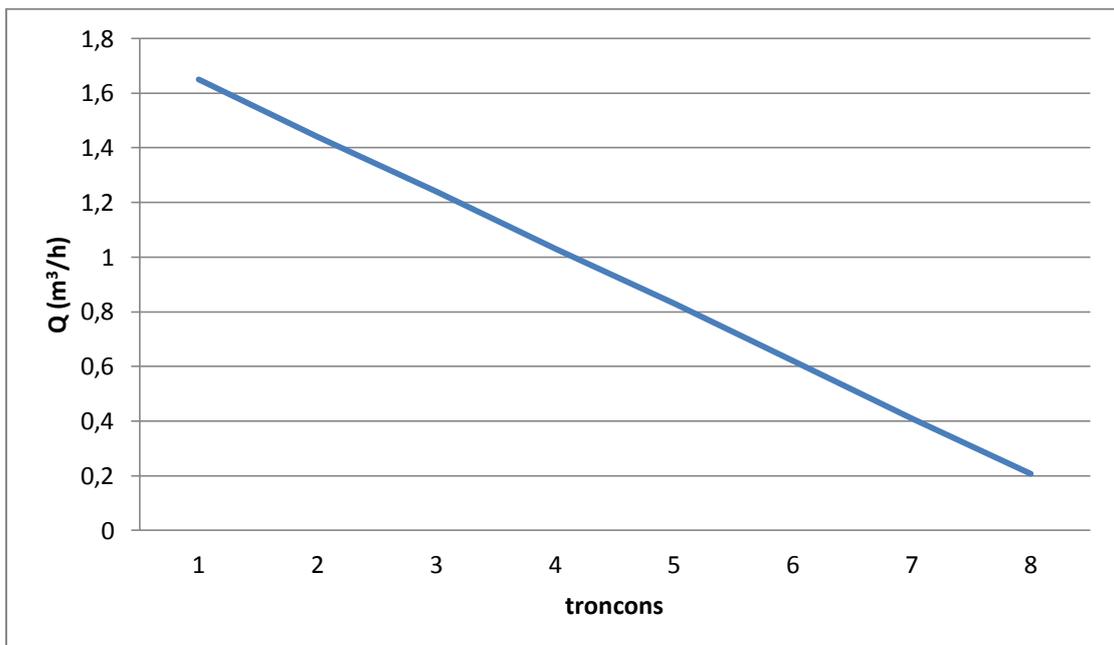


Figure III. 11. La variation de débit dans la rampe 3

Chapitre III : Résultats et interprétations

La courbe précédente représente la variation du débit dans les 8 tronçons de la rampe 3. On remarque que le débit a diminué de $1,65 \text{ m}^3/\text{h}$ à $0,208 \text{ m}^3/\text{h}$ dans le dernier tronçon.

Alors que, le débit est presque le même dans les trois rampes. Il est diminué rapidement jusqu'à le dernier tronçon qui porte le dernier asperseur.

-Rampe1 : $Q_i = 1,70 \text{ m}^3/\text{h}$ à $Q_m = 0,23 \text{ m}^3/\text{h}$

-Rampe2 : $Q_i = 1,67 \text{ m}^3/\text{h}$ à $Q_m = 0,21 \text{ m}^3/\text{h}$

-Rampe3 : $Q_i = 1,65 \text{ m}^3/\text{h}$ à $Q_m = 0,208 \text{ m}^3/\text{h}$

Conclusion générale

La performance d'une installation d'irrigation dépendra du bon choix de la technique et 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 d'exploitation.

Le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion se fait pour évaluer la performance de ce système. L'aptitude à une distribution la plus uniforme possible de l'eau est la caractéristique essentielle d'un système d'irrigation pour des raisons de reproductibilité et de rentabilité des cultures

Dans l'irrigation par aspersion le but est assurer une distribution uniforme de l'eau sur la surface agricole. Il existe plusieurs programmes spécifiquement développés pour le calcul du dimensionnement d'un réseau d'aspersion. Ou dans ce cas nous avons utilisé un logiciel appelé Hydrocalc. Ce programme nous permet de choisir les dimensions optimale des conduites fournissant de manière exacte tous les paramètres de l'irrigation et surtout une meilleurs uniformité d'arrosage.

Références bibliographiques

Belazoughi W. (2017). Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion du périmètre les ARRIBS secteur 2 à partir du barrage Lakhel .mémoire d'irrigation et drainage. ENSH, 82P

Belguidoum Y. (2013). Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion d'un périmètre de TIXTER. W. Bordj Bou Arreridj par un forage .mémoire d'irrigation et drainage. ENSH, 82p

FAO. (1990). méthodes d'irrigation, gestion des eaux en irrigation, 74p

FAO. (2014). cultures irriguées, superficie équipée, doc PDF, 2p

Feyen J, J. Leliaert et M. Badji (1982). Traité pratique de l'irrigation sous pression. Ed. Université catholique de Leuven, 230p.

Sapir E. et M. Sné (2002). L'irrigation par aspersion. Doc. PDF, CINADCO, Israel, 101P.

<http://www.fao.org/dryland-forestry/background/what-are-drylands/fr/>
<http://www.set-revue.fr/efficience-hydraulique-et-energetique-les-nouveaux-criteres-de-performances-pour-les-systemes>

Kamal. H. A .(2015). Uniformité de distribution d'eau en performance affectée par sprinkler, research gate, 15P

Kara T, E.Ekmerci and M. Apar.(2008). Determining the uniformity coefficient and water distribution characteristics of some sprinklers, Pakistan journal of biological science 11(2) :214-219

Mathieu C, P.Audoye et J.C. Chossat.(2007). Base techniques de l'irrigation par aspersion. Lavoisier, p 149-154

Tiercelin J.R. (1998). Traité d'irrigation. Technique & documentation, p 476-482

Montpellier L.R.C. (1988). Guide pratique d'irrigation. Co-ed. cemagref et CEP, p67-108

Montpelier L.R.C. (2003). Guide pratique d'irrigation. Ed. cemagref , 315p

Rares halbac-cotoara-zamfir. (2009).Designing a drip irrigation system using Hydrocalc irrigation planning, in 41(1), p420-425

Zella L. (2017). Irrigation par aspersion .Ed. opu, 143p

Zella L. (2010). Micro irrigation théorie et application. Ed.opu, p303

Zella L. (2015). Irrigation eau, sol et plante. Ed. opu, 388p

Zella L. (2018). Les ressources hydriques. Ed. opu, p263.