

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

Faculté Des Sciences

Départements Des Sciences

Agronomiques

N° :.....

DOMAINE : Science De La Nature Et De La Vie

FILIERE : Sciences Agronomiques

OPTION : SIENCES DU SOL

Mémoire présenté pour l'obtention  
du diplôme de Master Académique

Par: LADJNEF Fatiha

Thème

ETUDE D'OPTIMISATION DES SYSTEMES D'IRRIGATION PAR  
ASPERSION UTILISEE DANS LA REGION DE BOUSSAADA

Devant le Jury :

Président	M <sup>r</sup> KADRI A.	MCB	Université de M'Sila
Encadreur	M <sup>r</sup> GUENDOUZEN O.	MAA	Université de M'Sila
Examineur	M <sup>r</sup> TELLACHE S.	MAA	Université de M'Sila

Année Universitaire : 2019 /2020

# **Remerciements**

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

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

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

*Nous remercions également **Mr TELLACHE S.** d'avoir accepté de juger ce travail et de participer à ce jury de mémoire.*

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

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



# Résumé

La rareté des ressources en eau dans les régions arides et semi-arides est rare, et la persévérance de la production agricole est d'autant plus difficile quand l'eau est non disponible et doivent être optimisées et bien gérées en particulier en irrigation.

L'irrigation est fort utile, mais elle exige en contrepartie une excellente régie : il faut appliquer les bonnes quantités d'eau au bon moment, pour éviter des excès, des stress hydriques indésirables et des pertes d'eau et de fertilisants dans l'environnement.

Pour assurer une bonne régie de l'eau, il est d'abord indispensable de connaître les besoins de la culture et la variation de ceux-ci en fonction du stade de développement. Aussi, il est impératif de mesurer régulièrement la teneur en eau du sol. Cette information permettra de préciser le moment propice à l'irrigation et surtout si les quantités appliquées sont insuffisantes ou en excès par rapport au type de sol et au besoin de la culture.

C'est dans cette optique que nous avons enregistré notre formation qui a été menée , qui nous a permis de suivre l'état de l'eau dans le sol cultivé par pression ,densité et qualité du sol.

L'objectif spécifique de ce travail est d'étudier les systèmes d'irrigation dans la zone d Ain melh par type de sol et état de l'eau dans le sol cultivé avec la méthode de plantation de la plante et son suivi par irrigation par aspersion.

**Mots clés :** Irrigation, Aspersion, Laitue,

## ملخص

تعتبر الموارد المائية بالمناطق الجافة وشبه الجافة نادر و ذات نوعية متدنية حيث أن استمرارية الإنتاج الزراعي والأمن الغذائي يعتمد على المحافظة عليها ولذلك يجب علينا تسيير هذه الموارد المستعملة عقلانيا في السقي.

الري مفيد جدا لكنه يتطلب في المقابل تطبيق كمية مناسبة من الماء في الوقت المناسب لتجنب الاصراف . والإجهاد غير المرغوب في المياه وفقدان المياه و الأسمدة في البيئة.

لضمان التسيير العقلاني للمياه فمن الضروري أولا معرفة احتياجات النبتة و تغييرها خلال مرحلة تطورها أيضا لابد من القياس المنتظم لكمية الماء في التربة . هذه المعلومة تحدد الوقت الملائم للري وخاصة إذا كانت الكميات المطبقة غير كافية أو مفرطة مقارنة بنوعية التربة و احتياجات النبتة.

ومن هذا المنظور الذي سجلنا خلاله تدريبنا الذي تم إجراءه لقد سمح لنا بمراقبة الوضع المائي في التربة المزروعة من قبل الضغط والكثافة و نوعية التربة.

الهدف المحدد لهذا العمل هو دراسة أنظمة الري في منطقة عين ملح وذلك من قبل نوع التربة وحالة الماء في التربة و طريقة زراعة

النبتة ومتابعتها مع الري بالرش

## ABSTRACT

In arid and semi-arid area as the continuity of the safety of food and agriculture water resources are scarce and of poorer quality when the continuity of the food security of the country and the sustainability of agricultural production depends on the conservation of water resources and the management of the water used for irrigation.

Irrigation is very useful, but it requires in return an excellent governance: we must apply the right amount of water at the right time to avoid excess, unwanted water stress and loss of water and fertilizer in the environment.

To ensure good governance of water, it is first necessary to know the needs of culture and the variation there of according to the stage of development. Also, it is imperative to regularly measure the soil water content. This information will clarify the moment conducive to irrigation and especially if the amounts applied are insufficient or excessive in relation to soil type and the need for culture.

It is from this perspective that we recorded our training that was conducted .it allowed us to monitor the water situation in the cultivated soil by pressure ,density and soil quality.

The specific objective of this work is to study the irrigation systems in the Ain melh area by soil type and water condition in the cultivated soil with the method of planting the plant and its follow-up with sprinkler irrigation.

# TABLE DES MATIERS

<b>Introduction :</b> .....	<b>1</b>
<b>I. Chapitre I : l'eau dans le sol</b> .....	<b>3</b>
<i>I.1 Introduction</i> .....	3
<i>I.2 Définition d'un sol</i> .....	3
<i>I.3 Composition du sol</i> .....	4
I.3.1 Végétation:.....	4
I.3.2 L'humus .....	4
I.3.3 La couche arable .....	4
I.3.4 4. Le sous-sol .....	4
I.3.5 5. La roche mère.....	4
<i>I.4 Structure du sol</i> .....	5
I.4.1 Différentes structures du sol.....	5
I.4.1.1 Sols sableux .....	5
I.4.1.2 Sols argileux.....	5
I.4.1.3 Sols limoneux.....	6
I.4.2 Macro pore.....	6
I.4.3 Micro pore.....	6
<i>I.5 L'eau dans le sol</i> .....	6
I.5.1 Définition du potentiel de l'eau .....	8
I.5.2 Bilan hydrique du sol.....	8
I.5.3 Circulation de l'eau dans le sol.....	8
<b>II. système d'IRRIGATION PAR ASPERSION</b> .....	<b>9</b>
<i>II.1 Introduction</i> .....	9
<i>II.2 Les différentes parties d'une installation système d'irrigation par aspersion</i> .....	9
II.2.1 La source en eau.....	9
II.2.2 Le groupe ou la station de pompage.....	10
II.2.3 La conduite d'adduction-distribution aux parcelles (conduite principale).....	10
II.2.4 Les conduites secondaires (porte rampes) .....	11
II.2.5 Les conduites tertiaires ou rampes .....	11
II.2.6 Les organes d'arrosage .....	11
II.2.6.1 Le diffuseur ou buse .....	11
II.2.6.2 L'asperseur rotatif à batteur .....	11
II.2.7 Classement des asperseurs rotatifs à batteur.....	12
1. Les asperseurs à faible ou moyenne pression : .....	12
2. Les asperseurs à haute pression: .....	13
II.2.8 Le canon d'arrosage .....	13
<i>II.3 Eléments de dimensionnement</i> .....	14
II.3.1 Les quadrillages d'asperseurs.....	15
II.3.2 Le choix et l'implantation des asperseurs .....	15
<i>II.4 Le système d'irrigation à rampe mobile</i> .....	16
II.4.1 Principe et champ d'application.....	16

II.4.2	Description de la conduite d'irrigation à rampe mobile .....	17
II.4.3	Exemple de calcul pour un système d'aspersion à rampes mobiles .....	18
	<b>Procédure de calcul et de pilotage l'irrigation par les rampes mobiles .....</b>	<b>18</b>
<b>1-</b>	<b>Données de bases .....</b>	<b>18</b>
<b>2-</b>	<b>Détermination du nombre de rampes et planning des irrigations .....</b>	<b>19</b>
<b>3-</b>	<b>Dimensionnement de la rampe .....</b>	<b>20</b>
II.4.4	Variantes du système à rampes mobiles.....	20
II.4.4.1	Conduite d'approche enterrée .....	20
II.4.4.2	Réduction des hydrants.....	21
II.4.4.3	Modification des dispositif d'implantation des asperseurs.....	21
II.4.4.4	Rampe d'attente.....	21
II.4.4.5	Couverture enroulable .....	22
II.5	Systèmes d'irrigation par aspersion à tuyaux flexibles mobiles .....	23
II.5.1	II.6.1 Introduction .....	23
II.5.2	Trame du système et composantes .....	24
II.5.3	Les Asperseurs.....	25
II.5.4	Critères et considérations de conception .....	25
II.5.5	Régime des vents .....	26
II.6	Contrôle des risques liés à l'aspersion .....	28
II.6.1	Contraintes rencontrés au niveau du sol .....	29
II.6.1.1	Dépassement de la vitesse d'infiltration .....	29
II.6.1.2	Battance .....	29
II.6.1.3	Ruissellement et érosion .....	30
II.6.1.4	L'effet du vent .....	30
II.7	Avantages et inconvénients des techniques d'irrigation sous pression .....	32
II.7.1	Avantages.....	32
II.7.2	Inconvénients.....	32
<b>III.</b>	<b>Présentation de la zone d'étude (Ain El Melh): .....</b>	<b>34</b>
III.1	Caractéristiques géographique:.....	34
III.2	Répartition de la Surface totale des terrains agricoles:.....	35
III.3	Ressources hydriques:.....	36
III.3.1	L'eau de surface : .....	36
III.3.2	Eau souterraine:.....	36
III.4	Caractéristique du sol de la région d'étude .....	36
III.4.1	Caractéristique pédologique (texture): .....	36
<b>IV.</b>	<b>Chapitre IV: martiale et méthode .....</b>	<b>38</b>
IV.1	L'objectif.....	38
IV.2	Matériels.....	38
IV.2.1	Matériel végétal.....	38
IV.2.2	Matériels et produits de travailou de mesure .....	38
IV.2.3	Au niveau de terrain .....	38
IV.2.3.1	Caractéristique de la parcelle choisie.....	38
IV.2.3.2	Travail du sol et le semer de la laitue: .....	39

IV.2.3.3	Installation du système d'irrigation.....	40
IV.3	<i>Méthodes employées sur le site d'étude</i> .....	43
IV.3.1	Méthodes d'évaluation du système d'irrigation.....	43
IV.3.2	Le suivi de la méthode d'irrigation de laitue .....	43
IV.3.2.1	Echantillonnage et méthodes de prélèvement .....	43
IV.3.2.2	Procèdes de prélèvement.....	43
IV.3.3	Estimation de l'uniformité d'irrigation .....	44
IV.4	<i>Méthodes d'Analyses au laboratoire</i> : .....	46
IV.4.1	Méthodes d'analyse des eaux.....	46
IV.4.1.1	Potentiel Hydrogène (pH).....	46
IV.4.1.2	Conductivités électriques .....	46
IV.4.2	Méthodes d'analyse du sol .....	46
IV.4.2.1	Mesure le pH du sol.....	46
IV.4.2.2	Conductivités électriques .....	46
IV.4.2.3	Texture du sol : test de tache .....	46
IV.4.3	Mesure de l'humidité de sol : .....	47
IV.4.4	Teneur en eau du sol .....	47
IV.4.5	Mesure des densités .....	47
<b>V.</b>	<b>Résultat et discussion</b> .....	<b>48</b>
V.1	<i>Résultats des analyses de l'eau et de sol</i> .....	48
V.2	<i>Etude de l'évolution des doses d'irrigation au cours de la saison</i> .....	48
V.3	<i>Etude de l'uniformité d'arrosage</i> .....	49
	<b>Conclusion générale</b> .....	<b>52</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

**Tableau1:** Caractéristiques des asperseurs couramment utilisés.

**Tableau2 :** Nombre maximal d'asperseurs à basse/moyenne pression sur des conduites latérales à raccord rapide.

## LISTE DES FIGURES

**Figure 1:** Les couches du sol.

**Figure 2:** Schéma d'un profil de sol.

**Figure 3:** teneur en eau dans le sol et le sous-sol.

**Figure 4:** Asperseur rotatif à batteur ou sprinkler.

**Figure 5:** Disposition des postes d'irrigation et déplacement des rampes mobiles.

**Figure 6:** Conduite d'approche enterrée.

**Figure 7:** Rampe d'attente.

**Figure 8:** Couverture enroulable.

**Figure 9:** Irrigation par asperseurs à tuyaux flexibles mobiles.

**Figure 10:** Profils d'humidification du sol sous aspersion.

**Figure 11:** La carte des routes nationales.

**Figure 12:** carte de M'sila.

**Figure 13:** le ruissèlement.

**Figure 14:** carte d'occupation du sol commune d'Ain El Melh.

**Figure 15:** vue aérienne de la position de la parcelle expérimentale.

**Figure 16:** état de sol juste après le semi.

**Figure 17 :** Disposition du système d'irrigation et la couverture d'asperseur.

**Figure 18A:** Té –vanne sur conduite en pvc.

**Figure 18B:** Rampe équipée par des asperseurs.

**Figure 18C:** disposition d'un asperseur double.

**Figure 18D:** raccordement de la rampe avec les cannes d'aspersion.

**Figure 19:** prélèvement des échantillons avec la tarière.

**Figure 20:** dispositif d'évaluation de l'uniformité.

**Figure 21:** méthode d'évaluation de l'uniformité de l'irrigation.

**Figure 22:** évolution des teneurs en eau de sol de la campagne d'irrigation de la culture de laitue et en fonction de la profondeur.

**Figure 23:** l'évolution des doses d'irrigation appliquées en fonction de la croissance des besoins en de la culture.

**Figure 24:** variation des doses d'irrigation sur la parcelle et au cours de la campagne d'irrigation.

**Figure 25:** profile hydrique d'une répartition des doses d'arrosage par un asperseur en fonction du rayon.

# Introduction

## **Introduction :**

Le recours à l'irrigation est dans bien des cas nécessaires pour garantir le maintien d'un niveau de production suffisant dans de nombreuses régions du monde, et pour rentabiliser l'investissement consenti afin de se prémunir contre les aléas climatiques et sécuriser la production.

L'évolution économique et sociale est fortement liée à la maîtrise de l'irrigation. L'agriculture est le secteur le plus consommateur d'eau devant l'alimentation en eau potable et l'industrie. Face à une ressource limitée et des coûts de mobilisation élevés, les agriculteurs périmètres irrigués doivent perfectionnés la consommation en eau des cultures, en utilisant des modes d'irrigation plus économe en eau.

L'irrigation est essentielle en climat semi-aride. En plus de générer de meilleurs rendements, elle permet aussi l'approvisionnement régulier demandé en produits de qualité.

Dans ce mémoire, L'objectif spécifique de ce travail est d'étudier les systèmes d'irrigation par aspersion dans la zone d'Ain Elmelh et d'évaluer les performances de ce système par une série de mesures et d'observations durant la saison d'irrigation à fin d'optimiser la consommation d'eau vis-à-vis du rendement des cultures.

Le présent document se présente sous la forme de Deuxième parties. La première une étude bibliographique consacrée la relation de l'eau dans le sol et les différents systèmes d'irrigation utilisés en l'agriculture

La deuxième partie décrit les méthodes et matériel utilisés pour réaliser les essais sur un système d'irrigation par aspersion.

**Partie :**  
**Synthèse bibliographique**

# I. CHAPITRE I : L'EAU DANS LE SOL

## I.1 Introduction

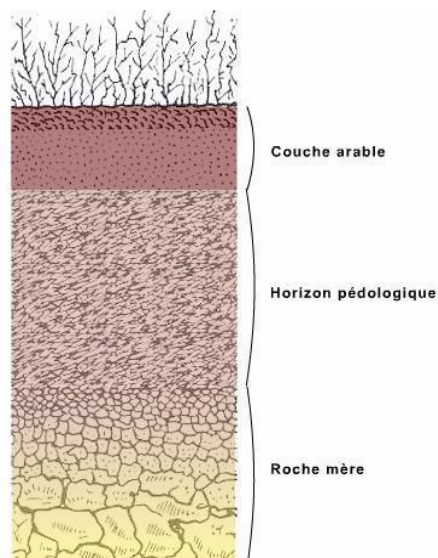
L'eau dans le sol ne représente qu'une infime part de l'eau douce (0.1%), mais à l'instar de la vapeur d'eau, elle-même fraction infime dans l'atmosphère et néanmoins fondamentale pour le cycle de l'eau. Il est indispensable pour la continuité du cycle hydrologique; à la fois par l'intermédiaire de l'évapotranspiration (plantes et surface des sols) et en entretenant l'approvisionnement des nappes phréatiques et des aquifères.

Toute l'eau dans le sol n'est pas pareillement ou totalement disponible pour les plantes ou pour les aquifères. En effet, l'eau entretient avec les différents matériaux composant les sols, des relations particulières qui la rendent plus ou moins durablement indisponible.

## I.2 Définition d'un sol

Le sol provient en général de l'altération de la roche mère sous-jacente, appelée sous-sol. La pédologie décrit les différents types de sols ainsi formés, en distinguant la couche arable et le sol sous-jacent.

L'agriculteur travaille la couche arable, plus riche en matières organiques. L'horizon sous-jacent, entre la couche arable et la roche mère, contribue aussi à la nutrition de la plante en éléments minéraux et en eau. L'agronomie s'intéresse à ces deux horizons à travers le profil cultural. (BabaAhmed,2012)



**Figure 1.** Les couches du sol (Baba Ahmed,2012).

## I.3 Composition du sol

### I.3.1 Végétation:

En surface, la litière constituée des feuilles mortes encore identifiables avec beaucoup d'air, abritent plantes et animaux vivants.

### I.3.2 L'humus

Une terre noire et souple, riche en matières organiques. L'humus désigne la matière issue de la décomposition de matières organiques brutes comme les feuilles, les branches et les tontes de gazon qui s'accumulent à la surface du sol. Cette décomposition réalisée par les organismes du sol rend au sol des nutriments vitaux que les végétaux peuvent utiliser.

### I.3.3 La couche arable

La couche dite arable que l'homme peut travailler : mélange riche en humus et en minéraux

### I.3.4 4. Le sous-sol

Généralement pauvre en humus, avec peu de traces de vie.

### I.3.5 5. La roche mère

100% minérale, sans air, sans vie



Figure 2. Schéma d'un profil de sol (image Google)

## **I.4 Structure du sol**

La structure d'un sol fait référence à la façon dont les particules de sable, de limon et d'argile sont disposées les unes par rapport aux autres. Dans un sol bien structuré, les particules de sable et de limon sont liées en agrégats (petites mottes) par l'argile, l'humus et le calcium.

Les espaces vides entre les agrégats (macro pores) permettent à l'eau et à l'air de circuler et aux racines de s'enfoncer dans le sol. Les espaces vides plus petits (micropores) retiennent quant à eux l'eau dont les plantes ont besoin. Cette structure « idéale » est appelée structure grumeleuse.

La structure grumeleuse comporte de nombreux avantages :

- Une bonne rétention de l'eau et des éléments nutritifs,
- Un bon drainage,
- Une bonne aération,
- Un bon développement du système racinaire des végétaux,
- Un travail facile du sol,
- Un réchauffement rapide du sol au printemps,
- Une bonne activité biologique du sol,
- Une bonne résistance à l'érosion et à la compaction.

Les sols argileux, sableux et limoneux présentent rarement une structure idéale. On peut toutefois les améliorer en incorporant des amendements.

### **I.4.1 Différentes structures du sol**

#### **I.4.1.1 Sols sableux**

On améliore la structure des sols sableux en les amendant régulièrement avec de la matière organique sous forme d'engrais. Il est préférable d'incorporer ces amendements au début du printemps, Parce que le travail du sol sablonneux à l'automne favorise l'érosion.

#### **I.4.1.2 Sols argileux**

On améliore la structure des sols argileux par des apports en matières organiques sous forme de compost ou de fumier composté. Ces amendements sont préférablement incorporés à la fin de l'automne. Les sols argileux mal drainés peuvent aussi être amendés avec une terre sableuse.

Certains sols argileux sont très riches en sodium, ce qui nuit à l'agrégation des particules minérales. Il est possible d'améliorer la structure de ces argiles sodiques en y incorporant du gypse (si leur pH est neutre ou alcalin) ou de la chaux (si leur pH est acide).

#### **I.4.1.3 Sols limoneux**

On améliore le drainage et l'aération des sols limoneux par des apports importants de matières organiques, sous forme de compost ou de fumier composté. Il est préférable d'incorporer ces amendements à la fin de l'automne.

#### **I.4.2 Macro pore**

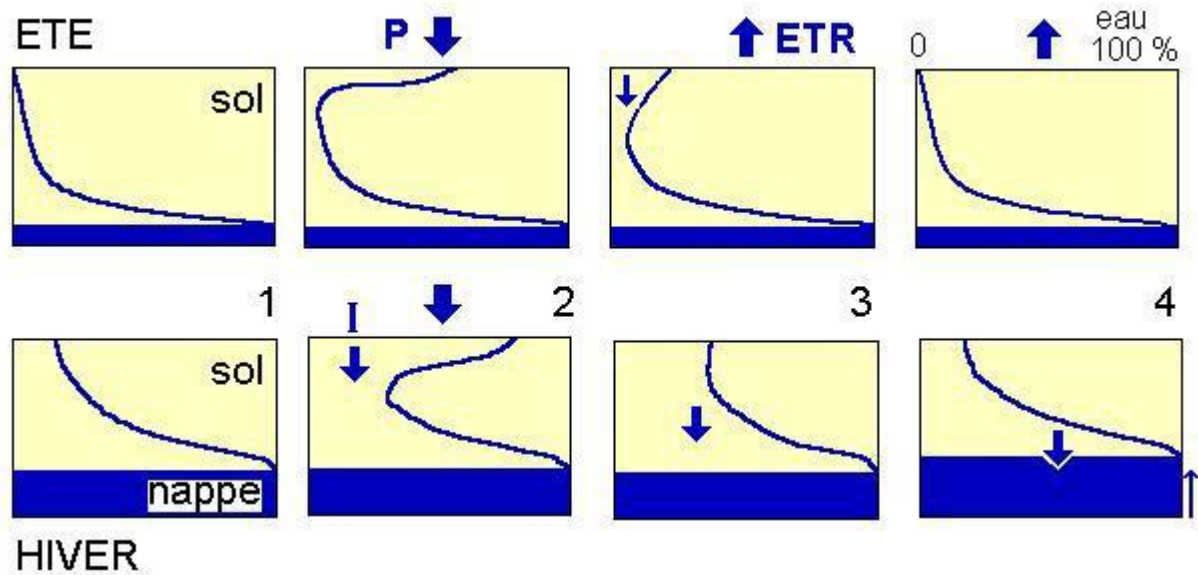
Les pores qui sont trop grands pour avoir une force capillaire significative. Ces pores sont remplis d'air à la capacité au champ. Les macro-pores peuvent être causés par la fissuration, division de pieds et des agrégats, ainsi que les racines des plantes, et l'exploration zoologique, Leur est taille est supérieure à 75  $\mu\text{m}$

#### **I.4.3 Micro pore**

Les pores sont remplis avec de l'eau au point de flétrissement permanent. Ces pores sont trop petits pour une plante à utiliser sans grande difficulté. L'eau est généralement associée et adsorbeur la surface des molécules d'argile. L'eau contenue dans les micropores est importante pour l'activité des microbes anaérobies créant des conditions humides. L'eau peut également provoquer l'oxydation ou la réduction de molécules dans la structure cristalline des minéraux du sol. La taille de ces pores est généralement inférieure à 30  $\mu\text{m}$ .

### **I.5 L'eau dans le sol**

Sous un climat, l'apport d'eau au sol se fait sous forme de pluie, neige, rosée et brouillard, toute l'eau des précipitations n'atteint pas le sol: une part est évaporée directement pendant et après la pluie; les gouttes peuvent être interceptées en partie par le feuillage. L'eau qui atteint le sol ruisselle, s'infiltré et humecte le sol. Les racines absorbent cette eau que la tige et les feuilles évaporent par transpiration. Une fraction réduite finalement gagne la profondeur et atteint la nappe. Un profil habituel de la quantité d'eau contenu dans une coupe du sol et du sous-sol montre une augmentation de la teneur en eau avec la profondeur (**Hillel, 1988**).



**Figure 3.**Teneur en eau dans le sol et le sous-sol. Jacques Beauchamp

La teneur en eau est fonction de la porosité et de la perméabilité du sol. Le volume maximal d'eau qu'un sol peut retenir est la "capacité au champ" qui dépend essentiellement de la granulométrie du sol. Près de la surface, le sol n'est pas saturé, les espaces vides contiennent de l'eau et de l'air; l'eau est soumise aux forces de gravité et de capillarité. A partir d'une certaine profondeur, la teneur en eau n'augmente plus ; le sol est saturé, tous les pores du sol sont remplis d'eau. Cette zone saturée forme une nappe; les forces de gravité sont prédominantes, l'eau du sol ne représente que 0,064% de l'eau douce totale; son rôle est cependant essentiel puisque c'est l'eau qu'utilisent les racines des plantes.

La réserve en eau assure la quasi-totalité des besoins en eau de la plante. L'eau dissout les éléments nutritifs pour constituer la solution du sol qui est absorbée par les racines. Plus la texture d'un sol est fine, plus sa réserve en eau est élevée. La part de l'eau qui s'infiltré dans le sol est d'autant plus importante que la surface offre plus d'obstacles au ruissellement et que la structure du sol est plus grossière. L'eau d'infiltration se charge sur son passage en oxygène, gaz carbonique et sels minéraux. Une partie de l'eau du sol est prélevée par la plante pour son alimentation mais aussi pour compenser les pertes par évapotranspiration au niveau des feuilles. Une autre partie de l'eau d'infiltration peut être perdue par drainage, durant les périodes humides ou en cas d'irrigation mal conduite, entraînant des pertes d'éléments minéraux. Une autre partie de l'eau du sol peut être perdue par transpiration par les feuilles ou par évaporation à la surface du sol, qui peut être réduite par paillage ou brise-vent. (UNIFA,2005)

### **I.5.1 Définition du potentiel de l'eau**

Le potentiel de l'eau se définit comme la quantité d'énergie contenue dans une quantité unitaire d'eau. L'état énergétique, ou potentiel total, de l'eau dans le sol se décompose en énergie potentielle de position dans un champ de force et en énergie cinétique due à la vitesse de déplacement du liquide. Cette dernière, généralement faible dans les sols, est négligeable devant le terme d'énergie potentielle. On considère donc que le terme "énergie potentielle", ou «potentiel », suffit à décrire l'état énergétique de l'eau dans le sol.

### **I.5.2 Bilan hydrique du sol**

Le suivi du bilan hydrique des sols est une opération complexe car il n'existe pas actuellement d'appareil simple pour mesurer le volume d'eau du sol. Il y a bien la sonde à neutrons, appareil précis mais d'une manipulation délicate. Son principe repose sur l'émission de neutrons par une source radio l'émission de neutrons par une source radioactive et la réception des particules par les molécules d'eau (**Hillel, 1988**). La quantité d'eau contenue est fonction du rapport neutrons reçus sur neutrons émis. En étude de routine, on préfère calculer la réserve d'eau du sol à partir des données élémentaires fournies par les stations météorologiques: pluviométrie, température et humidité de l'atmosphère, vitesse du vent, insolation. Le régime des précipitations au cours de l'année est exprimé conjointement avec la température moyenne mensuelle sous forme de diagramme ombrothermique. Par convention, l'échelle des températures en °C est doublée par rapport à celle des précipitations exprimées en mm.

### **I.5.3 Circulation de l'eau dans le sol**

L'eau du sol entre en mouvement lorsque des écarts de potentiel se produisent entre différents points du système. L'eau tend à se déplacer d'un lieu de potentiel élevé vers un lieu de potentiel plus faible, Le potentiel détermine donc la direction dans laquelle circule l'eau. Le composant de succion étant parfois plus fort que le composant d'attraction, l'eau peut soit circuler verticalement dans le sens ascendant ou descendant, soit rester immobile quand la force de gravité est exactement contrebalancée par le radient de succion.

## **II. SYSTEME D'IRRIGATION PAR ASPERSION**

### **II.1 Introduction**

L'irrigation par aspersion est utilisée pour l'arrosage des cultures diverses « Cultures fourragères, maraîchères, florales, céréales, vergers, vigne... »

Les techniques d'arrosage appliquées en irrigation par aspersion découlent directement du matériel utilisé. Elles se divisent en deux grandes catégories(*TIERCELIN J-R. 1998*).

- L'aspersion simple (rampes perforées, ... ) ;
- Les machines à irriguer (rampes frontales, pivots, enrouleurs...).

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

Bien que l'aspersion soit théoriquement créditée d'une excellente efficacité, les chiffres observés dans la pratique se situent entre 55 % et 85 % essentiellement en fonction de la maîtrise technique des irrigants(*TIERCELIN J-R. 1998*).

Les principaux systèmes d'irrigation par aspersion existant sur le marché à sont :

- La couverture totale enroulable ;
- La couverture intégrale ;
- Les enrouleurs ;
- Le pivot ;
- La rampe frontale ;
- La micro-aspersion ;
- Et le système dit « à rampes mobiles ».

C'est ce dernier système que nous tacherons de décrire dans les paragraphes suivants.

### **II.2 Les différentes parties d'une installation système d'irrigation par aspersion**

#### **II.2.1 La source en eau**

L'eau peut être puisée soit en profondeur (nappe phréatique, source, puits...), soit en surface (lac, étang, retenue collinaire, réservoir, barrage, rivière, fleuve...).

## **II.2.2 Le groupe ou la station de pompage**

La prise d'eau se fait par le biais de groupe électropompe GEP (électricité) ou de groupe motopompe GMP (essence, diesel). La station de pompage est généralement constituée d'équipements d'aspiration, de refoulement et de régulation.

## **II.2.3 La conduite d'adduction-distribution aux parcelles (conduite principale)**

La conduite principale ou primaire, généralement enterrée, peut être constituée de matériaux aussi différents que :

- En fonte ;
- En acier (avec revêtement interne, externe et protection cathodique pour supprimer la corrosion due aux courants telluriques) ;
- En ciment-amiante;
- En béton précontraint (pour les diamètres supérieurs à 600 mm) ;
- En matières plastiques (PVC et polyéthylène) ;
- En matériaux composites (résine et fibre de verre).

La taille des réseaux d'adduction-distribution aux parcelles varie dans de grandes proportions : de quelques centaines de mètres carrés (irrigation sous serre) à plusieurs milliers d'hectares (périmètre irrigué)

Lorsque le périmètre d'irrigation couvre plus de 200 hectares, la conduite principale peut mesurer plus d'un kilomètre. Ceci implique l'installation d'un équipement hydromécanique sophistiqué capable d'en assurer la protection. Il convient alors d'installer des ventouses à double effet aux points hauts du réseau pour évacuer l'air à gros débit (au moment de remplissage de la conduite) et assurer l'entrée d'air (à la vidange des conduites). Il faut également installer des protections anti-bélier (réservoir hydropneumatique par exemple).

Les réseaux de faible extension (superficie inférieure à 200 hectares) peuvent être enterrés ou superficiels et l'équipement de protection peut être minimisé. Néanmoins, il y a toujours quelques précautions à prendre, en particulier en ce qui concerne les risques de coup de bélier. C'est par exemple la fermeture lente des vannes et le dégazage des conduites.

Dans tous les cas, il faudra dimensionner la conduite de façon très rigoureuse en utilisant les abaques de pertes de charge correspondant au matériau retenu. Le diamètre doit être choisi de telle sorte que la vitesse de l'eau soit en deçà d'une limite dépendante de la nature du matériau. Par exemple : 1,3 m/s pour le PCV et 1,6 m/s pour le polyéthylène

#### **II.2.4 Les conduites secondaires (porte rampes)**

La conduite secondaire distribue l'eau aux rampes. Spécifique à une parcelle donnée, elle est située sur un bord ou dans l'axe de celle-ci. La plupart du temps, la conduite secondaire est superficielle et mobile (accouplements rapides, joints étanches à pression nulle). Elle est installée sur le terrain seulement pour la durée de la campagne d'irrigation. Une fois celle-ci terminée, le matériel est enlevé afin de faciliter la récolte et les prochaines façons culturales. Il existe des conduites secondaires en acier galvanisé, en alliage léger, en polyéthylène, en PVC...

#### **II.2.5 Les conduites tertiaires ou rampes**

C'est en général une conduite superficielle, démontable à accouplements rapides (installation d'irrigation par aspersion) ou enroulable (installation de goutte-à-goutte). Les conduites tertiaires et secondaires sont constituées des mêmes matériaux. A savoir l'acier galvanisé, l'alliage léger, le PVC, les tuyaux souples à base de caoutchouc renforcé et de matières plastiques et le polyéthylène de basse densité.

#### **II.2.6 Les organes d'arrosage**

Trois types essentiels d'organes d'arrosage se rencontrent en usage agricole : le diffuseur ou buse, l'asperseur rotatif à batteur et le canon d'arrosage.

##### **II.2.6.1 Le diffuseur ou buse**

Dans ce type d'organe, le jet est intercepté par un obstacle fixe, qui provoque sa pulvérisation en très fines gouttelettes (fig. 1). Du fait de la résistance aérodynamique, ces gouttelettes ont une trajectoire très courte (3 à 8 m), la surface arrosée par l'appareil est faible et l'intensité pluviométrique forte (généralement supérieure à 10 mm/heure), ce qui constitue l'inconvénient majeur de ce type d'équipement, utilisable uniquement sur sols perméables.

Cependant, la technologie de ces matériels est en évolution : on cherche à obtenir une pulvérisation de moins en moins fine en agissant sur les caractéristiques de la surface d'impact.

##### **II.2.6.2 L'asperseur rotatif à batteur**

Les arroseurs rotatifs constituent l'essentiel du matériel utilisé en aspersion simple. Ils arrosent des cercles dont le rayon correspond à la portée du jet. Pour que la surface irriguée

reçoive une pluviométrie relativement uniforme, les appareils sont positionnés selon une trame géométrique régulière (quadrillage), le plus souvent carrée ou rectangulaire. Normalement on conçoit cette grille de sorte à créer un certain recouvrement des cercles d'arrosage contigus, de façon à ne pas laisser une partie de la surface sans arrosage. Dans le cas des asperseurs utilisés à poste fixe, le souci d'améliorer l'uniformité d'arrosage a conduit à adopter fréquemment deux ajutages (buses) au lieu d'un, ou à remplacer la section circulaire classique de l'ajutage par d'autres types de sections.

L'asperseur rotatif, souvent appelé simplement asperseur ou désigné par le terme anglais sprinkler, est représenté schématiquement à la figure 1.

Une variante de ce système est l'asperseur à secteur, qui dessert une surface en forme de secteur circulaire. Il est utilisé principalement, comme la buse à secteur, sur les machines qui se déplacent en arrosant.

L'asperseur est l'organe qui permet d'obtenir les plus faibles intensités pluviométriques (classiquement 5 mm/h environ, mais certains équipements permettent de descendre à 1,5 mm/h), ce qui est particulièrement intéressant en sol lourd ou pentu. Les portées de jet sont de l'ordre de 6 à 30 m, les pressions de service de 200 à 500 kPa, et les débits de 0,1 à 30 m<sup>3</sup>/h.

La rotation des arroseurs est obtenue généralement grâce au choc d'un batteur repoussé par le jet d'eau puis rappelé par un ressort. Le batteur a également pour fonction d'améliorer l'uniformité d'arrosage en augmentant la pluviométrie à proximité de l'asperseur.

Les arroseurs rotatifs sont caractérisés par leur vitesse de rotation, le couple buse/pression, qui déterminent la pluviométrie, la portée du jet, et la grosseur des gouttes. La qualité de l'arrosage (uniformité) dépend à la fois du modèle d'appareil et de la disposition des appareils sur le terrain.

## **II.2.7 Classement des asperseurs rotatifs à batteur**

Il est couramment admis de classer les fabrications actuelles d'asperseurs en deux grandes catégories :

### ***1. Les asperseurs à faible ou moyenne pression :***

Dont la portée est de l'ordre de 6 m à 20 m, la pression d'alimentation de 100 à 350 kPa, le débit d'alimentation de l'ordre de 0,6 à 2 m<sup>3</sup>/h et l'intensité pluviométrique d'environ 2 à 5 mm/h.

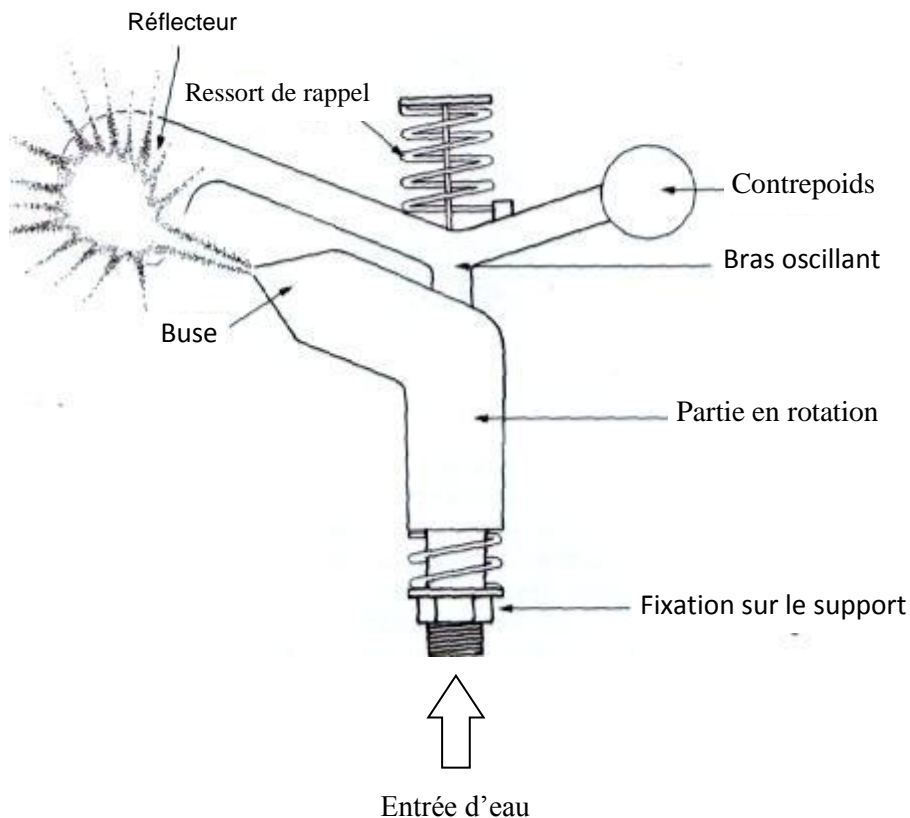
## 2. Les asperseurs à haute pression:

Dont la portée est de l'ordre de 25 à 80 m, la pression d'alimentation de 350 à 600 kPa, le débit d'alimentation de l'ordre de 15 à 100 m<sup>3</sup>/h, et l'intensité pluviométrique supérieure à 8 mm/h.

Les asperseurs couramment utilisés sont ceux cités dans le tableau suivant.

**Tableau 1:** Caractéristiques des asperseurs couramment utilisés

Nombre d'ajutage	Diamètre buse (mm)			Débit (m <sup>3</sup> /h)			Pression (bars)
	4	4,4	4,8	1,2	1,5	1,7	
Mono-buse	4	4,4	4,8	1,2	1,5	1,7	3,5
Double- buses	4 x 2,4	4,4 x 2,4	4,8 x 2,4	1,5	1,7	2,1	3,5



**Figure 4:** Asperseur rotatif à batteur ou sprinkler (d'après Michel Sinier, Paris)

Source : (CEMAGREF, 1992)

### II.2.8 Le canon d'arrosage

Le canon d'arrosage est un asperseur de grandes dimensions fonctionnant à haute pression et fournissant un fort débit (supérieur à 30 m<sup>3</sup>/h). Le principe de fonctionnement est le même que celui de l'asperseur à basse pression ; cependant, l'axe du batteur est généralement horizontal, et sur certains gros appareils la rotation est assurée par une turbine hydraulique.

Le mécanisme de formation du jet est ici plus complexe que dans le cas d'un asperseur à petite ou moyenne pression. Alors que dans ce dernier on peut considérer que la veine liquide se divise en gouttes dès sa sortie de l'ajutage, dans le cas du canon la veine liquide reste cohérente sur une grande longueur, ce qui réduit les effets de la résistance aérodynamique et permet au jet d'atteindre une grande portée (plus de 80 m sur certains matériels).

L'intérêt du canon d'arrosage est précisément sa grande portée qui permet de couvrir une grande surface, ce qui conduit à des équipements relativement peu coûteux, en investissement rapporté à l'hectare irrigué. En contrepartie, cet appareil est exigeant en pression (de 400 à 800 kPa), produit une forte intensité pluviométrique (de l'ordre de 10 mm/h), et une proportion importante de grosses gouttes dotées d'une forte énergie cinétique.

### II.3 Eléments de dimensionnement

Le point de départ du dimensionnement d'un équipement réside évidemment dans les besoins en eau de la culture à arroser. L'analyse de ce problème peut se faire à différents niveaux de complexité.

Tout d'abord, dans le cas où il existe une longue saison sèche avec une faible probabilité de précipitations ; l'arrosage devra être dimensionné pour compenser l'évapotranspiration réelle de la culture au moment où elle atteint son maximum. Dans ce cas, on aura la relation :

$$D = T \times e \dots\dots\dots (1)$$

Avec : D : la dose d'arrosage [mm], définie en fonction de la RFU, elle-même liée aux caractéristiques du sol et à l'enracinement de la végétation;

e : l'évapotranspiration réelle de pointe [mm/jour] ;

T : intervalle entre deux arrosages ou récurrence [jour].

Si maintenant on doit prendre en compte une probabilité de pluie non négligeable, par mise en œuvre du bilan climatique local, on sera conduit à réduire les apports d'eau par rapport à l'évapotranspiration, soit par exemple à augmenter la récurrence tout en maintenant la dose par rapport à la situation précédente :

$$D = T' \times e' \dots\dots\dots (2)$$

Avec :  $T' > T$  et  $e' < e$

Enfin, si la saison de forte consommation d'eau n'est pas trop longue, et que le sol a une grande RFU, on a intérêt à effectuer un bilan pédoclimatique, afin de choisir une stratégie d'irrigation qui épuise progressivement l'eau stockée dans le sol. Dans ce cas, on réduit la dose d'arrosage par rapport à la possibilité de la RFU et on cherche à optimiser les trois paramètres en cause :

$$D' = T'' \times e'' \dots\dots\dots (3)$$

Avec :  $D' < D$

### II.3.1 Les quadrillages d'asperseurs

Les dimensions adoptées pour la grille doivent permettre un recouvrement suffisant des surfaces arrosées par des asperseurs voisins, pour 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. Deux variantes essentielles subsistent à l'heure actuelle :

**La couverture totale en tuyaux**, appelée plus simplement couverture totale, le champ est entièrement couvert de rampes semi-fixes (c'est-à-dire fixes pendant la saison d'arrosage, et déplaçables entre deux saisons). En cours de saison, on déplace manuellement les cannes munies de leurs asperseurs d'un poste à l'autre le long de la rampe.

**La couverture intégrale de tuyaux et d'asperseurs**, plus simplement appelée couverture intégrale. Le champ cette fois est couvert en permanence, durant la saison d'irrigation, non seulement par les canalisations, mais par les cannes et les asperseurs. La seule manipulation à effectuer en cours de saison consiste alors à ouvrir et fermer des vannes, qui alimentent successivement les rampes ou ensembles de rampes constituant chaque poste d'arrosage.

### II.3.2 Le choix et l'implantation des asperseurs

Le choix et l'implantation des asperseurs définissent l'uniformité de la répartition de l'eau. Cette uniformité dépend aussi de l'effet du vent qui augmente l'hétérogénéité de la répartition de l'eau d'irrigation.

Pour dimensionner le matériel, on fait abstraction des bordures de la surface arrosée, et on se place à l'intérieur du maillage. Dans ces conditions, on a la relation :

$$i = q/s \dots\dots\dots (4)$$

Avec ;  $i$  : intensité moyenne d'arrosage [m/heure]

$q$  : débit par asperseur [ $m^3$ /heure] ;

$s$  : superficie de la maille élémentaire [ $m^2$ ].

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 ;
- Types et dimensions des mailles permettant d'obtenir une uniformité d'arrosage acceptable ;
- Par déduction, intensité pluviométrique moyenne pour chaque pression de service et chaque type de maille.

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

$$D = t.k.i \text{ ou bien } D = qk/s \dots\dots\dots (5a \text{ et } 5b)$$

Avec ;  $t$  : durée de l'arrosage [heure] ;

$k$  : efficacité estimée [ ] ;

$i$  : intensité moyenne d'arrosage [m/heure]

$D$  : Dose [mm] ;

$q$  : débit unitaire [ $m^3$ /heure] ;

$s$  : surface de la maille [ $m^2$ ].

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 (5) donne la durée d'arrosage correspondante.

## II.4 Le système d'irrigation à rampe mobile

### II.4.1 Principe et champ d'application

Ce système est le plus ancien de tous les systèmes d'irrigation par aspersion. La particularité de ce système est que les rampes d'aspersion en alliage léger sont déplacées à la main de poste en poste. Les rampes mobiles sont utilisables pour un grand nombre de cultures,

depuis le maraîchage jusqu'aux grandes cultures. Néanmoins, les cultures hautes gênent le déplacement des conduites. La pression d'utilisation à l'arroseur est moyenne : 3 à 4 bars.

Le système à rampes mobiles a été, et est encore, le système le moins cher à l'hectare pour l'investissement. En revanche, il exige une main-d'œuvre abondante, de telle sorte qu'elle est de moins en moins utilisée dans les pays où le coût de la main-d'œuvre est élevé.

#### **II.4.2 Description de la conduite d'irrigation à rampe mobile**

Chaque parcelle est alimentée à partir d'une dérivation montée sur la conduite principale. Pour les réseaux collectifs de distribution aux parcelles, une borne constitue la prise d'eau où sont regroupées les fonctions suivantes :

- Vanne ;
- Régulation de pression ;
- Limitation du débit ;
- Comptage du volume d'eau ;
- Raccordement rapide à la conduite d'approche.

A chaque fonction correspond un organe spécialisé. En effet dans un système collectif, le réseau reste en charge vingt-quatre heures sur vingt-quatre et est asservi à la demande. Cette situation implique que chaque utilisateur à la parcelle ait les moyens de contrôler les différents paramètres qui sont le débit et la pression à tout instant. En revanche, les petits réseaux privés peuvent se dispenser d'un équipement aussi sophistiqué puisque le propriétaire a la maîtrise du pompage. C'est pourquoi on place parfois à l'entrée du secondaire un équipement allégé, à savoir seulement une vanne et/ou un régulateur de pression.

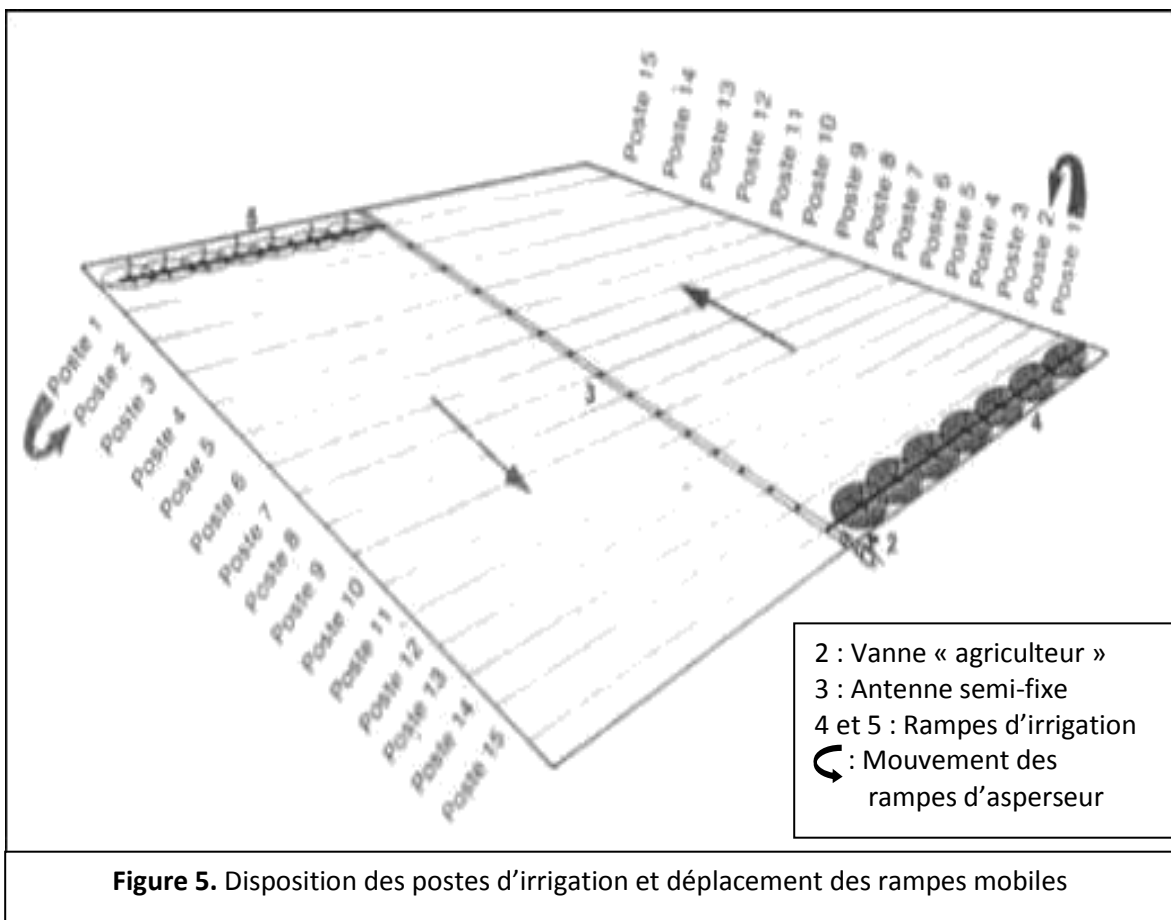
La conduite d'approche est branchée à la prise d'eau et est placée sur le sol selon un axe de symétrie de la parcelle. Elle est constituée de tubes en alliage léger à raccords rapides mais étanches à pression nulle, ceci afin d'empêcher la vidange du tube à l'arrêt.

Sur la conduite d'approche sont disposées, à intervalles réguliers, des tés-vannes, tous les 12, 18 ou 24 mètres par exemple. Leur rôle est d'assurer la liaison avec les rampes. Le té-vanne reste fermé tant qu'il n'est pas sollicité et il peut s'ouvrir dès qu'une rampe lui est reliée. Il est raccordé à la rampe d'aspersion par l'intermédiaire d'un coude de branchement.

La rampe est constituée de tubes de 6 mètres ou 9 mètres de long (ou d'une combinaison de ces deux longueurs) à écartements constants (6 ; 12 ; 18 ou 24 mètres en général). La rampe porte les asperseurs rotatifs reliés à la rampe par un raccord rapide à système d'accrochage et à

étanchéité automatique (bille en caoutchouc ou joint à lèvres). Le raccord permet le montage et le démontage instantanés des asperseurs. Son étanchéité autorise le maniement des asperseurs sans avoir à arrêter la pompe ou à fermer la vanne de tête. Ce qui se traduit par une économie de temps et d'effort.(Figure 5).

L'asperseur est maintenu à une certaine hauteur au-dessus du sol par une allonge compatible avec la culture à irriguer; la stabilité étant assurée par une semelle horizontale solidaire du tube.



### II.4.3 Exemple de calcul pour un système d'aspersion à rampes mobiles

#### *Procédure de calcul et de pilotage l'irrigation par les rampes mobiles*

##### *1- Données de bases*

**Besoin mensuel en eau** : 200 mm. Ce besoin dépend de la plante, de son stade physiologique et du climat.

**Dose** :55 mm. La dose dépend uniquement de la capacité de rétention du sol. Elle doit être déterminée avec soin.

$$\text{Périodicité des arrosages} = (30\text{Jours}/200 \text{ mm}) \times 55 \text{ mm} = 8,25 \text{ jours}$$

On arrondit ce nombre au nombre entier immédiatement inférieur soit : 8 jours.

Pluviométrie : 9,16 mm/h. Elle ne dépend que de la capacité d'infiltration du sol et doit aussi faire l'objet d'une étude précise.

$$\text{Durée du poste d'irrigation} = \text{Dose [mm]} / \text{Pluviométrie [mm/h]} = 55/9,16 = 6 \text{ h}$$

Durée maximale journalière possible de l'irrigation : C'est le résultat de la prise en compte des différentes contraintes existant au niveau de l'exploitation : limitation d'énergie, main-d'œuvre, tour d'eau... Admettons que cette durée maximale soit de 14h/jour.

$$\text{Nombre de postes d'irrigation / jour} = \text{Durée max d'irrigation par jour}/\text{durée d'1 poste} = 14/6 = 2,33$$

Prenons la valeur entière immédiatement inférieure, soit 2 poste/jour

Nombre de jours d'irrigation par semaine : En général l'irrigation peut se faire 7 jours sur 7.

Mais, l'indisponibilité de la main-d'œuvre peut parfois réduire cette valeur. Retenons 7/7 dans notre exemple.

Nombre de positions : 30 ; Ce nombre dépend exclusivement de la géométrie de la parcelle et de l'écartement des tés-vannes.

Nombre de positions couvertes par une même rampe = 8 jours x 2 positions/jour, soit 15 positions

## ***2- Détermination du nombre de rampes et planning des irrigations***

Le nombre nécessaire de rampes est = Nombre positions dans la parcelle/ Nombre positions couvertes par une même rampe = 30/15 = 2

Ainsi les 2 rampes constituent un seul et unique poste d'irrigation. Pour des raisons hydrauliques et pratiques, on répartit ces deux rampes de façon symétrique dans la parcelle et on leur imprime un mouvement de rotation (voir Figure5).

Chaque poste est irrigué par deux rampes en même temps, en deux lieux différents. Toute la partie irriguée en même temps s'appelle un poste d'irrigation. Après l'irrigation d'un poste, on ferme l'eau au coude de branchement. La rampe se vide de son eau grâce aux joints drainant, prévus à cet effet. Puis on déplace la rampe n° 1 en alliage léger du poste 1 au poste 2. Une fois

la rampe entièrement remontée, on ouvre le té-vanne et on arrose à nouveau. On passe ensuite à la rampe n° 2 du même poste et on procède comme précédemment. Une fois le poste 2 arrosé, on passe au poste 3 et ainsi de suite jusqu'au poste 15.

### **3- Dimensionnement de la rampe**

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

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

La longueur des rampes et le nombre d'asperseurs en fonctionnement simultané sur les rampes dépend de la considération de certains paramètres du terrain, compte tenu de la pression disponible en tête de rampe, des pertes de charge dans les rampes et de la pente de la parcelle le long des rampes.

#### **II.4.4 Variantes du système à rampes mobiles**

Le système d'aspersion à rampes mobiles a donné lieu à différentes versions afin de pouvoir s'adapter à des conditions particulières : vent, mécanisation, rapidité d'intervention, géométrie des parcelles...

Nous ne décrivons ici que les variantes les plus connues.

##### **II.4.4.1 Conduite d'approche enterrée**

Pour faciliter le passage des machines agricoles pendant la période d'irrigation, on a quelquefois recours à cette variante. Il faut alors protéger les prises d'eau superficielles, appelées « hydrants », par un ouvrage rudimentaire (buse en béton) pour qu'elles ne soient pas endommagées par les tracteurs (Figure 6).

1. Raccordement volant
2. Hydrant
3. Conduite d'approche
4. Rampe

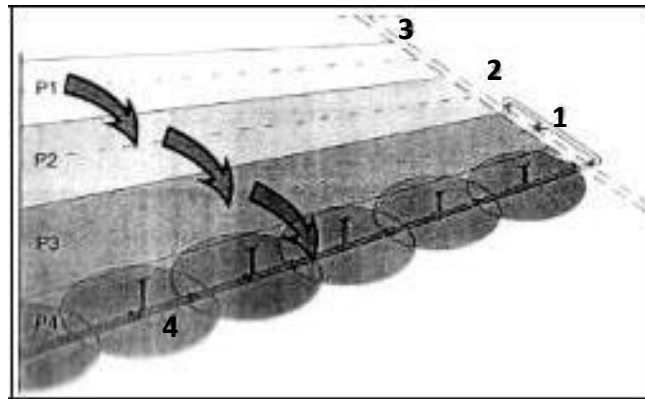


Figure 6. Conduite d'approche enterrée

#### II.4.4.2 Réduction des hydrants

Pour diminuer le coût de l'installation, on pourra réduire le nombre des hydrants et supprimer trois hydrants sur quatre. Dans ce cas, la rampe d'irrigation est allongée à l'amont de quelques tuyaux sans prise et d'un coude qui se déplacent avec la rampe.

#### II.4.4.3 Modification des dispositif d'implantation des asperseurs

Si le dispositif initial est en carré on peut le disposer en rectangle s'il y a à redouter des vents vigoureux venant d'une direction privilégiée pendant la période d'irrigation. Les écartements (en mètres) usuellement adoptés sont : 6x6, 12x12, 18x18, 24x24 mais on pourra faire du 6x12, 12x18, 18x24... L'investissement à l'hectare ainsi que les frais de main-d'œuvre diminuent lorsque l'écartement augmente. En revanche, la sensibilité au vent augmente avec l'écartement, entraînant une plus grande hétérogénéité de la pluviométrie. C'est pourquoi le maraîchage, qui exige une pluie fine et régulière pour assurer une levée homogène des graines, ne peut s'accommoder que d'écartements faibles : 6x6, 6 x12, 12 x 12.

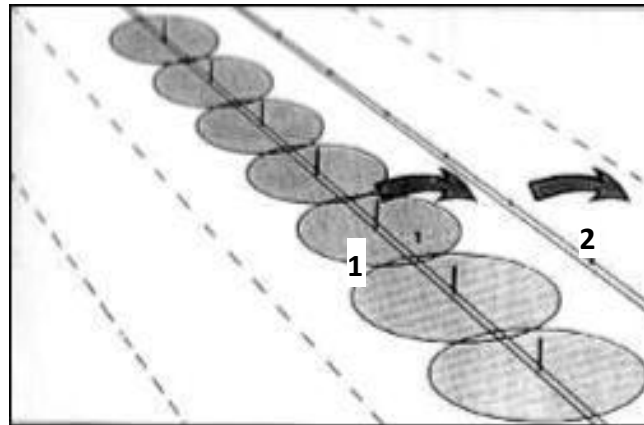
Les grandes cultures supportent, quant à elles, des écartements plus grands, à savoir: 12x18 18x18 18x24 et 24x24. A noter également qu'avec le développement des asperseurs à grande portée, on pratique couramment des écartements de 24 x 27 et 27 x 30 et qu'on atteint des écartements de 50 x 50 et même de 100 x 100 avec des canons d'irrigation, soit un seul canon à l'hectare.

#### II.4.4.4 Rampe d'attente

Pendant que le poste 1 est irrigué, le poste 2 est équipé avec une rampe d'attente (complète ou sans asperseurs). Dès que l'eau du poste 1 est arrêtée, l'irrigation du poste 2 peut commencer lorsque la rampe d'attente est complète, en manœuvrant une vanne de tête de rampe. Si la rampe

d'attente est incomplète, entre l'arrêt du poste 1 et le démarrage du poste 2, on procède à la translation des asperseurs et de leur support. (Figure 7)

1. Rampe en action
2. Rampe en attente  
(Tuyaux sans asperseurs)

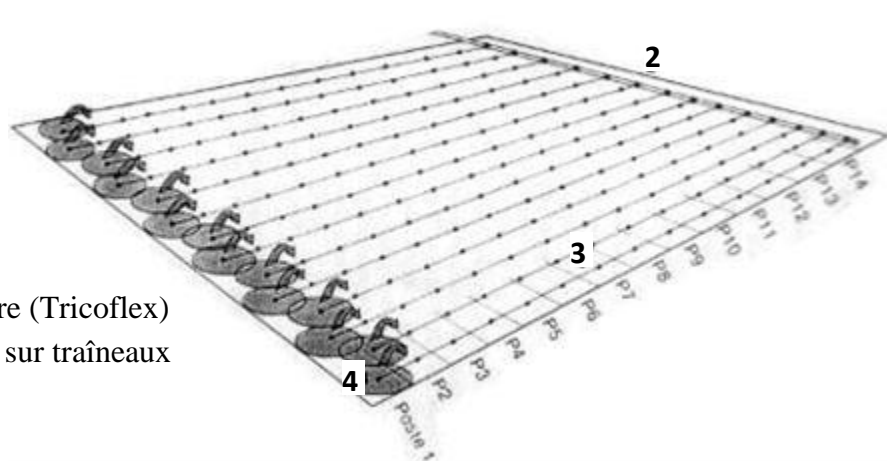


**Figure 7.**Rampe d'attente

#### II.4.4.5 Couverture enroulable

La parcelle à irriguer est couverte par un réseau superficiel de tube en polyéthylène de petit diamètre et qui n'autorise qu'un asperseur. L'asperseur et son support sont déplacés d'une position à l'autre. Ce système original permet de réduire considérablement les frais de mains d'œuvre en particulier si les flexibles sont enroulés mécaniquement (Figure 8)

2. Rampe
3. Tuyaux à armature (Tricoflex)
4. Asperseur monté sur traîneaux



**Figure 8.**Couverture enroulable

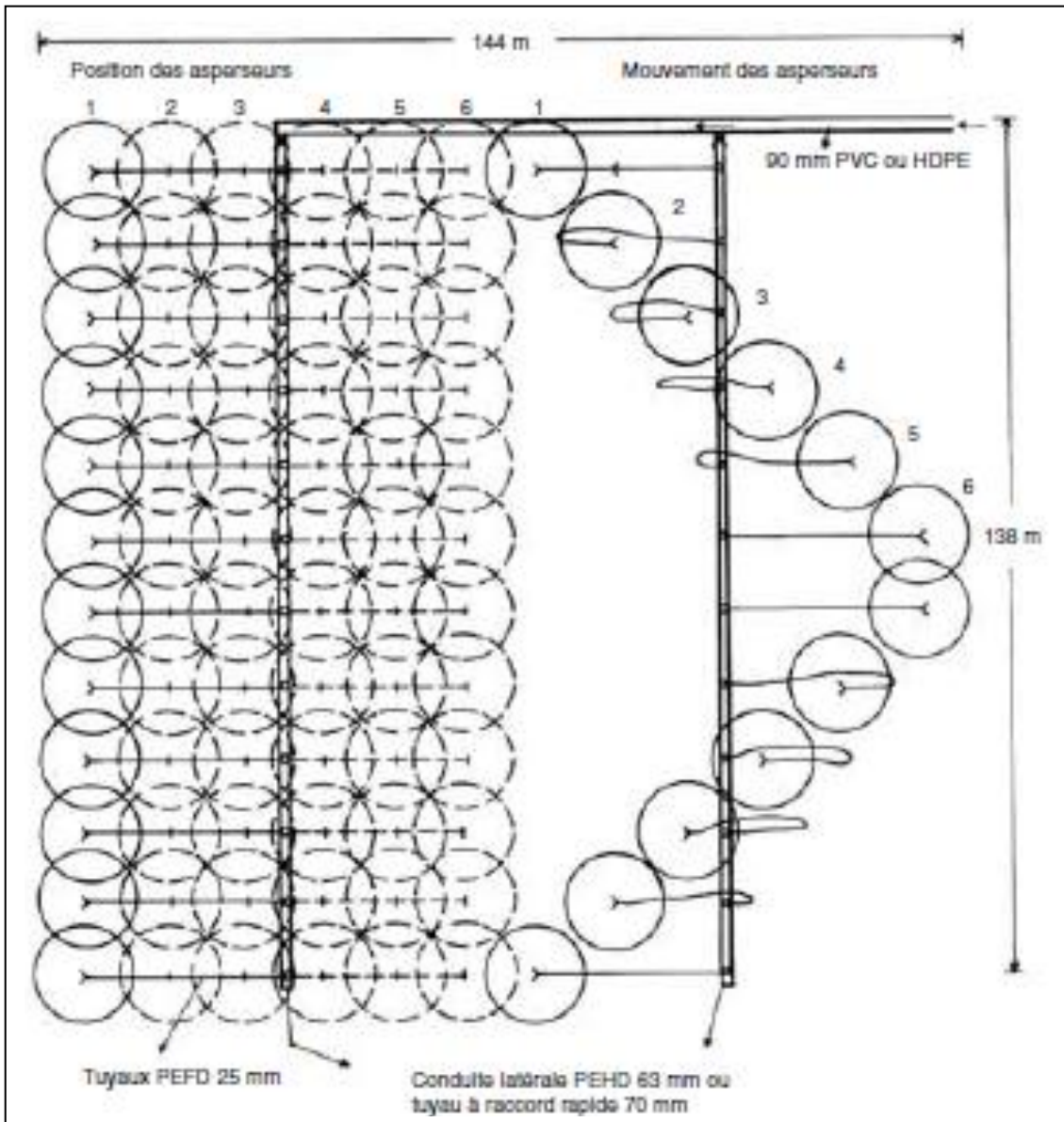
## **II.5 Systèmes d'irrigation par aspersion à tuyaux flexibles mobiles**

### **II.5.1 II.6.1 Introduction**

Diverses méthodes et installations d'irrigation par aspersion, aussi bien fixes que mobiles, ont été expérimentées au cours des dernières décennies pour satisfaire les besoins des exploitants. Le système le plus largement utilisé et le moins coûteux pour irriguer les fermes de petite et moyenne dimensions est le système d'aspersion à rampes mobiles avec une pression de fonctionnement basse et moyenne (2 à 3,5 bars). Les asperseurs sont disposés à intervalles égaux (6 à 12 m) sur les conduites latérales posées sur le champ à des intervalles prédéterminés (nommés positions des conduites latérales) de 6 à 18 m, de façon que l'eau d'irrigation soit répartie uniformément sur toute la zone couverte (Figure 9).

Pour éviter le mouvement des conduites latérales et réduire les besoins en main d'œuvre, on a conçu le système d'irrigation par aspersion à tuyaux flexibles mobiles. Il s'agit d'une amélioration du système conventionnel à rampes mobiles, qui combine quelques caractéristiques des installations semi-permanentes avec celles des installations permanentes. Dans ce système, les lignes latérales d'aspersion sont disposées de manière permanente à un grand écartement, jusqu'à 60 m. Les asperseurs montés sur des trépieds ne sont pas connectés directement sur les conduites latérales, mais sont raccordés par un tuyau flexible en polyéthylène de 20 à 25 mm de diamètre et pouvant atteindre 30 m de long. Les tuyaux avec les asperseurs peuvent être déplacés latéralement de part et d'autre du raccord pour couvrir un nombre maximal de positions latérales.

Comme les asperseurs fonctionnent à basse ou moyenne pression, le système peut être classifié comme une installation à basse ou moyenne pression, semi-permanente et à déplacement manuel. Il est recommandé pour l'irrigation de cultures à couverture totale tels la luzerne, la pomme de terre et, la carotte, etc. Il doit être noté que ce système par tuyaux mobiles est différent du système d'irrigation par bassins au moyen de tuyaux flexibles. Ce dernier n'est utilisé que pour l'aspersion sous ramure et les asperseurs sont montés sur de petits patins, qui peuvent être facilement tirés vers l'arrière à distance.



**Figure 9.** Irrigation par asperseurs à tuyaux flexibles mobiles.

## II.5.2 Trame du système et composants

La trame du système est standard et comprend un ouvrage de tête, un réseau de distribution en conduites (principales, secondaires, adducteurs, le cas échéant), des bornes, des conduites latérales et un certain nombre de tuyaux (un par asperseur). L'ouvrage de tête est simple, incluant seulement les vannes de réglage (sectionnement, anti-retour, purgeurs d'air, etc.). Les conduites principales et secondaires sont en général des tuyaux rigides en PVC enterrés, de 90 à 150 mm de diamètre, ou des tuyaux en PEHD de 75 à 110 mm de diamètre, posés à la surface du sol. Les

bornes (2 ou 3 pouces) sont implantées le long des adducteurs (principaux ou secondaires), à un intervalle identique à celui des conduites latérales d'aspersion. Les adducteurs et les conduites latérales peuvent être constitués soit de tuyaux en PEHD, soit de tuyaux à raccord rapide en acier léger ou aluminium (63 à 75 mm). Les tuyaux flexibles sont en PEFD ductile (20 à 25 mm). Les trépieds des asperseurs peuvent être fabriqués à partir de tiges de fer de 8 mm.

### **II.5.3 Les Asperseurs**

L'eau débitée par les dispositifs d'aspersion est projetée en l'air et retombe sur le sol en arrosant un cercle autour de l'asperseur. La plupart des asperseurs agricoles sont dotés d'un mécanisme à rotation lente, avec un battant, ou tournant (batteur en forme de coin et ressort, ou batteur et balancier à contrepoids) et fonctionnent avec une pression basse à moyenne (2 à 3,5 bars). Ils sont munis de deux buses de projection de l'eau: la principale de longue portée, de plus gros diamètre, couvre la zone éloignée de l'asperseur, tout en activant le mécanisme de rotation de l'asperseur; la buse secondaire pulvérise l'eau à proximité de l'asperseur. Les buses sont interchangeables pour permettre des variations de performance en fonction des besoins.

Les asperseurs sont en laiton ou en plastique à haute résistance; la plupart comportent plusieurs pièces en laiton et d'autres en plastique. L'axe et le ressort sont faits d'acier inoxydable. Les principales caractéristiques des asperseurs utilisés par les systèmes à tuyaux flexibles sont les suivantes:

- Deux buses: 3–6 mm (longue portée) x 2,5–4,2 mm (proximité);
- Basse à moyenne pression de fonctionnement: 1,8–3,5 bars;
- Débit hydraulique: 1,1–3 m<sup>3</sup>/h;
- Diamètre de couverture (arrosé): 18–35 m;
- Angle du jet: 20°–30° (sauf lorsqu'un angle très faible est requis, par exemple en cas de vents forts, ou d'eaux traitées);
- Type de raccord: fileté interne ou externe 0,5–1 pouce.

Afin d'assurer une aspersion satisfaisante avec des asperseurs rotatifs conventionnels, la pression minimale de fonctionnement doit être au moins de 2 bars.

### **II.5.4 Critères et considérations de conception**

L'eau projetée par un simple asperseur n'est pas uniformément distribuée sur la totalité de la surface; une plus grande quantité d'eau tombe à proximité de l'asperseur, alors que la périphérie en reçoit moins. Afin d'assurer une pluviométrie uniforme sur toute la surface irriguée, les asperseurs sont toujours placés de façon à ce que les cercles irrigués se superposent

les uns aux autres dans les deux directions. Cette disposition s'appelle l'espacement d'aspersion. L'espacement des asperseurs le long des lignes latérales est symbolisé par SL, et l'espacement entre deux lignes par Sm. La trame est carrée, rectangulaire ou triangulaire, avec SL = Sm.

Afin d'obtenir une bonne uniformité de distribution par superposition, l'espacement des asperseurs (Sm) ne doit pas excéder 65 % du diamètre de couverture de l'asperseur dans des conditions de vent léger ou modéré dans les dispositions carrées ou rectangulaires. Dans le cas de la disposition triangulaire, l'espacement peut être accru jusqu'à 70 % du diamètre de couverture. Dans des conditions de vent fort, l'espacement ne dépassera pas 50 % du diamètre de couverture, et il faudra placer les conduites latérales perpendiculairement à la direction du vent. Quand la force du vent dépasse 3,5 m/s, l'aspersion n'est pas recommandée (Figure 10).

Le taux moyen d'application (pluviométrie) est fonction du débit de l'asperseur et de l'espacement des asperseurs:

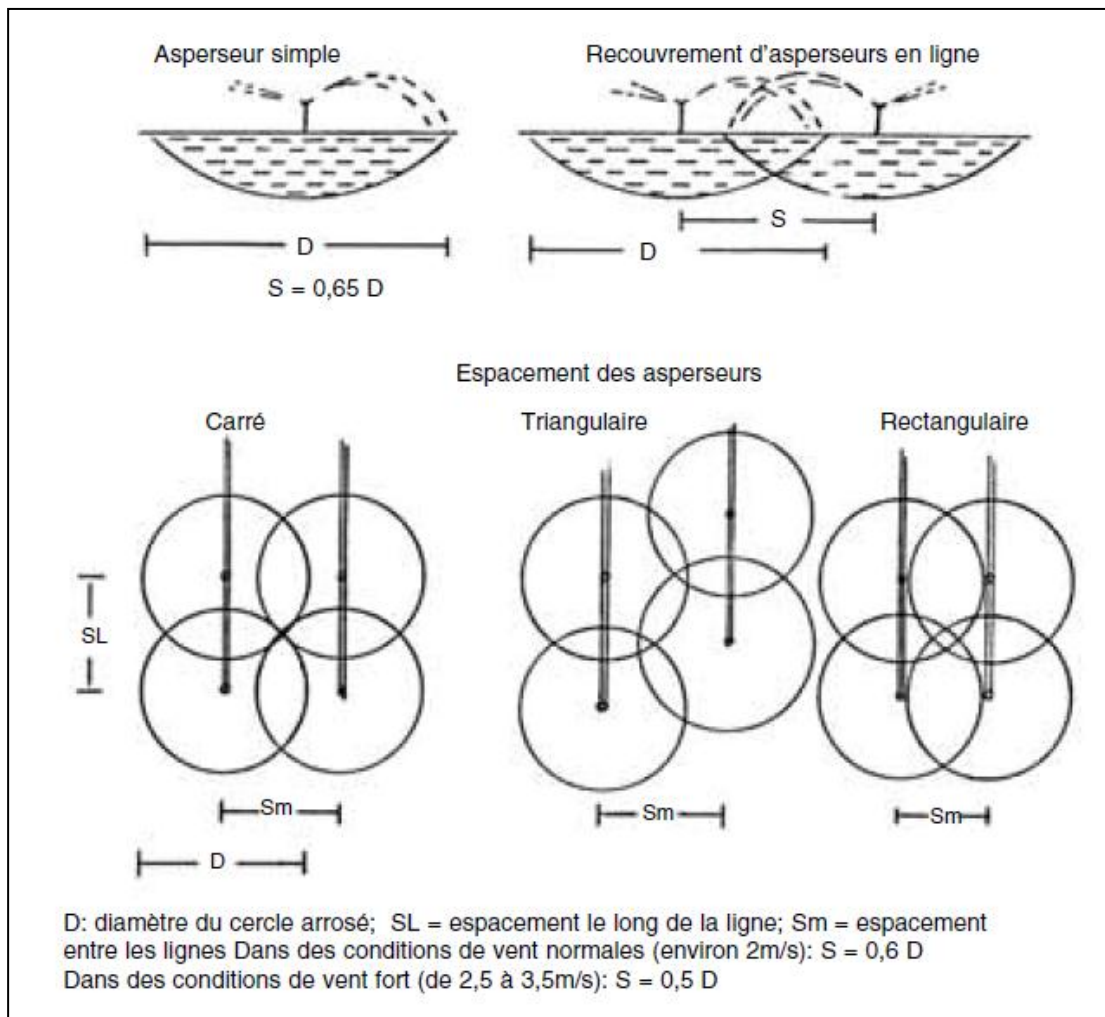
$$\text{Pluviométrie } \text{mm}/\text{h} = \frac{\text{débit de l'asperseur } \text{l}/\text{h}}{\text{SL (m)} \times \text{Sm (m)}}$$

La pluviométrie ne doit pas excéder le taux d'infiltration du sol (25 mm/h dans les sols légers, 8 à très fort). L'aspersion est déconseillée lorsque les vents sont forts. 16 mm/h dans les limons et 2 à 8 mm/h pour les argiles).

### **II.5.5 Régime des vents**

La direction et la vitesse du vent doivent être enregistrées et catégorisées (0 - 0,7 m/s : vent nul, 0,7 - 2,5 m/s : vent léger, 2,5-3,5 m/s: vent modéré à fort, et >3,5 m/s vent très fort). L'aspersion est déconseillée lorsque les vents sont forts

Dans des systèmes à basse/moyenne pression, l'écartement habituel des asperseurs est de 6, 9 ou 12 m le long du raccord, et de 12 ou 18 m entre les conduites latérales. À l'origine, ces espacements étaient adéquats en raison de la longueur standard des tuyaux à raccord rapide; mais ils se sont avérés très pratiques, car les espacements réduits, les débits faibles et les pluviométries de l'ordre de 8–14 mm/h donnent les meilleurs résultats. La hauteur de l'asperseur au-dessus du sol est au minimum de 60 cm pour les cultures basses. Pour les cultures hautes, la hauteur sera adaptée en conséquence (Figure 10).



**Figure 10.** - Profils d'humidification du sol sous aspersion.

Les tuyaux mobiles légers à raccord rapide (acier ou aluminium) peuvent être utilisés non seulement comme conduites latérales d'aspersion, mais également comme lignes de distribution ou de transfert. Ces tuyaux restent très longtemps en bon état. Il est arrivé que des fermiers revendent avec profit de nombreux tuyaux de ce type, même après un usage prolongé.

La procédure de dimensionnement est la même que pour les systèmes d'aspersion à tuyaux mobiles. Les conduites latérales d'aspersion sont posées sur le sol perpendiculairement aux lignes d'adducteurs (principaux et secondaires) en position latérale conforme à l'espacement  $Sm$  défini, tous les 6, 12, ou 18 m. Le nombre de conduites latérales fonctionnant simultanément, capables de distribuer la totalité du débit du système, est nommé le jeu de lignes latérales; ces lignes sont inférieures en nombre à leurs positions. Par conséquent, une fois qu'il a rempli ses fonctions dans une position, le jeu de conduites latérales est déplacé à la position suivante, et

ainsi de suite. Le nombre de positions des conduites latérales doit être un multiple du nombre de lignes de conduites latérales par jeu de lignes. Le quotient de ces deux nombres est le nombre de mouvements ou de tours par cycle d'irrigation.

Dans le système d'aspersion à tuyaux flexibles mobiles, les asperseurs peuvent être déplacés des deux côtés des lignes de conduites latérales jusqu'à couvrir une distance maximale de 60 m, correspondant à six positions de conduites latérales à 12 m d'espacement (Sm). Au lieu de déplacements et positions de conduites latérales il peut y avoir des déplacements et positions d'asperseurs. Ainsi, une ligne latérale peut couvrir jusqu'à six positions d'asperseurs. Deux jeux de lignes latérales complètes, l'une en fonction, l'autre en attente, avec leurs tuyaux flexibles et asperseurs, peuvent desservir un champ entier uniquement en déplaçant les asperseurs d'une position à l'autre.

La longueur maximale admissible d'une ligne de conduites latérales est fonction du diamètre de la conduite, du nombre d'asperseurs (de leur espacement) et du débit. La perte de charge due au frottement de l'eau dans la ligne latérale ne doit pas excéder 20 pour cent de la pression à l'entrée. A partir de cette hypothèse, le tableau 8.1 présente quelques données indicatives pour des conduites latérales à raccord rapide en acier léger ou en aluminium.

**Tableau 1** Nombre maximal d'asperseurs à basse/moyenne pression sur des conduites latérales à raccord rapide

Pression asperseurs bars	Débit des asperseurs m <sup>3</sup> /h	50 mm		70 mm		89 mm	
		Espacement SL					
		6 m	12 m	6 m	12 m	6 m	12 m
2,5 3,0 3,5	1,5 1,65 1,8	12	10	23	18	36	28
2,5 3,0 3,5	2,0 2,2 2,3	10	8	19	15	30	23

## II.6 Contrôle des risques liés à l'aspersion

La pratique de l'irrigation par aspersion engendre des difficultés, éventuellement susceptibles d'atteindre un degré de gravité tel que la rentabilité de l'irrigation peut être mise en cause.

## **II.6.1 Contraintes rencontrés au niveau du sol**

### **II.6.1.1 Dépassement de la vitesse d'infiltration**

Le premier risque à considérer au niveau du sol, en irrigation par aspersion, est celui du dépassement de la vitesse d'infiltration à la surface du sol, par une intensité pluviométrique excessive.

Lors des mesures d'infiltration menées sur des sols initialement secs, la vitesse d'infiltration, très élevée au départ, diminue plus ou moins rapidement et finit par se stabiliser (*TIERCELIN J-R. 1998*).

Dans le cas d'une irrigation par quadrillage d'asperseurs, pour laquelle l'intensité pluviométrique en un point donné est stabilisée pendant une durée de plusieurs heures, l'objectif à rechercher est que cette intensité ne dépasse pas la vitesse d'infiltration stabilisée. Cependant, dans un tel raisonnement, il ne faudra pas oublier que l'intensité pluviométrique en certains points dépasse l'intensité pluviométrique moyenne, même dans de bonnes conditions d'arrosage

### **II.6.1.2 Battance**

L'état de la structure d'un sol conditionne sa capacité d'infiltration. Certains sols agricoles ont une structure fragile, particulièrement menacée en cas de couverture végétale inexistante ou incomplète. En simplifiant, les sols les plus fragiles sont ceux qui comportent soit une proportion importante de limons, soit des argiles instables par leur nature minéralogique, ou par les cations adsorbés tels que l'ion  $H^+$  (sols acides), et surtout l'ion  $Na^+$  (*TIERCELIN J-R. 1998*).

Lorsque survient une pluie naturelle ou artificielle sur un tel sol, celui-ci se déstructure en surface pour former de la boue, laquelle se transforme en croûte après dessiccation (phénomène de battance). Il en résulte des conséquences directes pour la culture, tels que des phénomènes d'anoxie et des difficultés dans la levée des semis. En outre. La battance se traduit par une relative imperméabilisation superficielle du sol.

Les facteurs, liés à l'aspersion, qui conditionnent la gravité de la battance sont ceux qui déterminent l'énergie cinétique apportée au sol par le jet d'aspersion :

- L'intensité pluviométrique ;
- La durée de l'arrosage ;
- La dose d'arrosage, en tant que produit des deux paramètres précédents ;

- La grosseur des gouttes (une grosse goutte est non seulement lourde, mais de plus sa vitesse de chute est élevée).

Dans ces conditions, les sols battants ou en pente peuvent poser problème avec les diffuseurs et les rampes pivotantes de grande longueur, pour cause d'intensité pluviométrique excessive, et les canons pour la même raison, avec pour ces derniers le facteur aggravant constitué par la production de grosses gouttes à forte énergie cinétique.

### **II.6.1.3 Ruissellement et érosion**

Le dépassement de la capacité d'infiltration du sol, éventuellement aggravé par le phénomène de battance, se manifeste d'abord en terrain plat par la formation de flaques, dont l'eau sera en grande partie perdue par évaporation directe, sans profit pour les cultures. Dès qu'il y aura la moindre pente, les flaques seront relayées par un ruissellement, qui engendrera une perte en eau sur les parties hautes ou pentues du terrain, et en contrepartie, des accumulations d'eau génératrices d'anoxie dans les dépressions topographiques locales.

Enfin l'érosion peut constituer la conséquence extrême et irrémédiable du ruissellement.

### **II.6.1.4 L'effet du vent**

La perturbation apportée par le vent constitue la plus grave difficulté liée à la pratique de l'aspersion (*TIERCELIN J-R. 1998*). L'effet du vent augmente l'hétérogénéité de la répartition de l'eau d'irrigation. Dès que les vitesses atteignent 10 km/h (2,77m/s) les effets se font ressentir (*SALEK Y. 2000*). L'irrigation devient pratiquement impossible à 30km/h (8,3 m/s). L'effet du vent présente deux aspects essentiels :

- Décalage sous le vent de la zone arrosée ;
- Rétrécissement de cette zone perpendiculairement au vent.

Par ailleurs, une partie de l'eau peut être entraînée hors de la zone à arroser, lorsque les fines gouttelettes représentent une proportion importante du jet.

L'effet du vent est d'autant plus accentué que les gouttes d'eau sont plus fines et que la trajectoire des gouttes dans l'atmosphère est longue, ce qui désavantage respectivement les diffuseurs et les canons d'arrosage, les asperseurs à faible pression donnant les moins mauvais résultats.

Lorsque le vent présente un caractère relativement épisodique, une solution simple consiste à arrêter les arrosages dès que le vent dépasse une certaine vitesse. La plupart du temps l'agriculteur devra compter sur sa vigilance et son sens de l'observation, pour arrêter l'arrosage lorsque le jet paraît sensiblement déformé.

Dans un site relativement venté, une telle procédure pourrait conduire à diminuer de façon significative le temps de fonctionnement disponible pour les arrosages ; en compensation, il faudrait surdimensionner l'installation lors de sa conception.

Dans les sites très ventés, le brise-vent peut paraître constituer une solution intéressante. Cependant, une haie brise-vent efficace présente divers inconvénients :

- Occupe de la place ;
- Fait de l'ombre sur les cultures ;
- Consomme de l'eau ;
- Coûteuse pour la mettre en place ;
- Compartimente le terrain, ce qui peut constituer une gêne pour l'exploitation.

En fait, cette solution n'est intéressante que dans les sites très ventés, pour des cultures à haute valeur ajoutée sensibles au vent, dont la conduite serait impossible à défaut de brise-vent, mais le projet de pratiquer l'aspersion ne peut à lui seul justifier un tel dispositif.

On atténuera l'effet du vent en adoptant des dispositifs le plus serrés possibles. Les dispositifs triangulaires, notamment le 18 X 18 est préconisés. Mais si l'on doit en dépit du vent adopter un dispositif rectangulaire on orientera le dispositif pour que la plus grande dimension soit dans le sens du vent dominant

Concernant les asperseurs, les constructeurs proposent des modèles spéciaux caractérisés notamment par un angle de tir proche de l'horizontale.

Les machines à rampes articulées sont généralement conçues pour pouvoir traiter les cultures les plus hautes, de sorte que pour une culture basse les organes d'arrosage, lorsqu'ils sont en position standard (environ 4 m au-dessus du sol), sont éloignés du couvert végétal, ce qui rend les jets d'arrosage sensibles au vent.

## **II.7 Avantages et inconvénients des techniques d'irrigation sous pression**

### **II.7.1 Avantages**

- Besoins en main-d'œuvre généralement faibles (mais très variables selon le degré d'automatisation) ;
- Absence de nivellement préalable. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépasser 10 % . ;
- Possibilité d'arroser tous les types de sol. On peut obtenir la même efficacité d'arrosage sur les sols les plus sableux que sur les sols les plus argileux, grâce à la large gamme des intensités pluviométriques offertes par les différents matériels. La pluviométrie maximale admissible (I) varie en effet en fonction du type de sol, de la couverture du sol et de la pente ( $I < 4 \text{ mm / h}$  pour les sols peu perméables, jusqu'à  $I < 50 \text{ mm / h}$  pour les sols perméables);
- Possibilité de contrôle précis des doses appliquées, ce qui permet une bonne efficacité des arrosages (à condition que la technique soit bien maîtrisée par les irrigants) ;
- Excellente efficacité des réseaux de canalisation qui, avec une bonne efficacité d'arrosage à la parcelle, réduit les consommations en eau par rapport à l'irrigation de surface ;
- Automatisation très poussée permise par le réseau sous pression ;
- Avec les matériels entièrement automatiques, possibilité de réaliser des arrosages à faible dose et à cadence rapide (levée de semis en l'absence de pluie : cultures de contre-saison, céréaliculture en zone désertique) ;
- Facilité de mesure des consommations d'eau, permettant la facturation au volume ;
- Possibilité de mélanger facilement des engrais et pesticides à l'eau d'irrigation ;
- Suppression des infrastructures aériennes venant cloisonner et figer le parcellaire ;
- Suppression des surfaces perdues en emprises de canaux et rigoles ;
- Oxygénation de l'eau projetée en pluie, favorable dans le cas d'utilisation d'eaux résiduaires réductrices ;
- Le matériel gêne rarement les façons culturales et est constitué de structures souples, mobiles, adaptables à tous les cas particuliers.

### **II.7.2 Inconvénients**

- Coûts d'investissement élevés par rapport aux techniques traditionnelles;

- Exige un certain niveau de compétence de la part de l'irrigant ;
- Exige un environnement technique permettant de garantir la maintenance des équipements.
- Dépense énergétique élevée, parfois prohibitive dans les pays où l'énergie est chère.
- Difficultés d'utilisation et efficacité réduite en régions ventées ;
- Obligation de multiplier les traitements phytosanitaires en raison du mouillage des feuilles favorisant les maladies cryptogamiques chez certaines espèces végétales;
- Mauvaise adaptation aux sols « battants », susceptibles de tassement superficiel sous l'impact des gouttes d'eau ;
- Possibilités réduites pour l'arrosage avec des eaux résiduaires (formation d'aérosols) ;
- Déplacement du matériel difficile dans les zones à cultures hautes (inconvenient supprimé dans le cas des systèmes automatisés) ;
- Ne convient pas aux eaux salées sur beaucoup de cultures (risque de brûlure du feuillage, ou de dépôts inesthétiques sur les fruits).

### III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE (AIN EL MELH):

#### III.1 Caractéristiques géographiques:

La commune Ain El Melh, se situe à 120 km au sud de chef-lieu de la wilaya de M'Sila, dans les hauts plateaux au sud de l'Atlas saharien. C'est un point de passage et de contact entre le Nord Est et le Sud-ouest, grâce au croisement des routes nationales, RN 70 qui relie Batna, Ain El Melh vers Djelfa et RN 89 qui fait le lien entre Boussaâda, El Hamel,



Djebel Om Saad Ain El Melh et Ain Errich. (La commune)

#### Figure : 11 La carte des routes nationales

Surface totale de la commune est de 27750 Ha, délimiter géographiquement par la latitude (34°, 54° Nord) et la longitude (04°, 40° Est). La ville d'Ain Melh s'élève de 954 m par rapport au niveau de la mer.

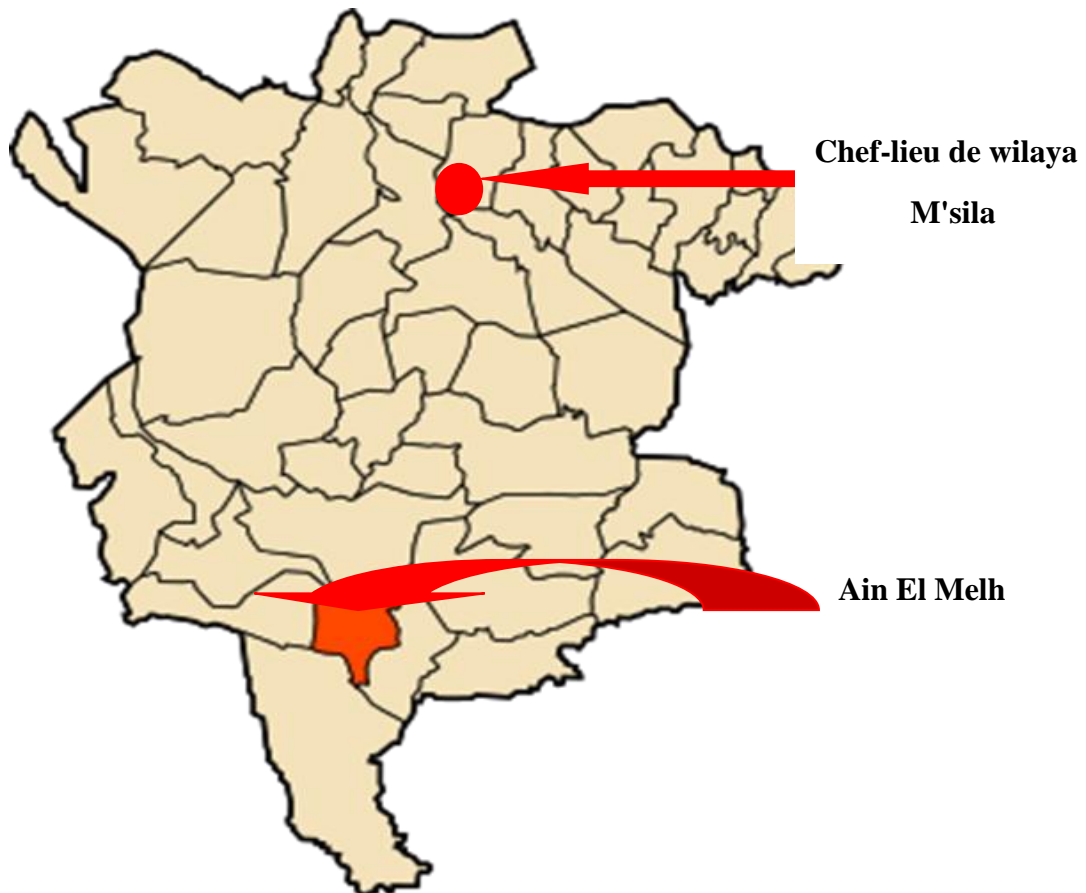
Elle est limites administratives par les communes limitrophes:

- **Nord:** Djebel Om Saad
- **Est :** Sidi M'Hamed

- **Sud:** Ain Errich
- **Ouest :** Beer El Fada et Slim.

La commune d'Ain El Melh constitue de plusieurs agglomérations majoritairement à vocation agricoles. Les localités les plus importantes sont:

**Ouerir, Agerbia, Magran, Fayd El Mbark, El Negb, El Ougla.....**



**Figure 12: carte de M'sila**

### **III.2 Répartition de la Surface totale des terrains agricoles:**

Ain El Melh est une région agricole dans les superficies exploitées sont répartie comme suivent :

- Surface agricole totale: 19193 Ha
- Surface des parcours: 13743 Ha
- Surface occupée par les forets: 150 Ha
- Surface inculte: 200 Ha
- Surface agricole utile: 5180 Ha  **dans Surface irriguée: 1592 Ha. (D.S.A)**

### **III.3 Ressources hydriques:**

Dans région d'Ain El Melh on trouve 2 types de ressources d'eau

#### **III.3.1 L'eau de surface :**

Représentée par différents oueds qui traversent la région et un écoulement temporaire d'Oued **Balsàe** qui passe la ville et Oued **Yamoun** entre Ain El Melh et Ain Errich. Les sources de ces oueds est ruissèlements

#### **III.3.2 Eau souterraine:**

Représente les eaux continentales (captage en profondeur ou nappes phréatiques), qui sont particulièrement au nord de la commune, à une profondeur de 60 à 200 mètres.

Le nombre total de forages: **190**



**Figure N° 13 : le ruissèlement**

### **III.4 Caractéristique du sol de la région d'étude**

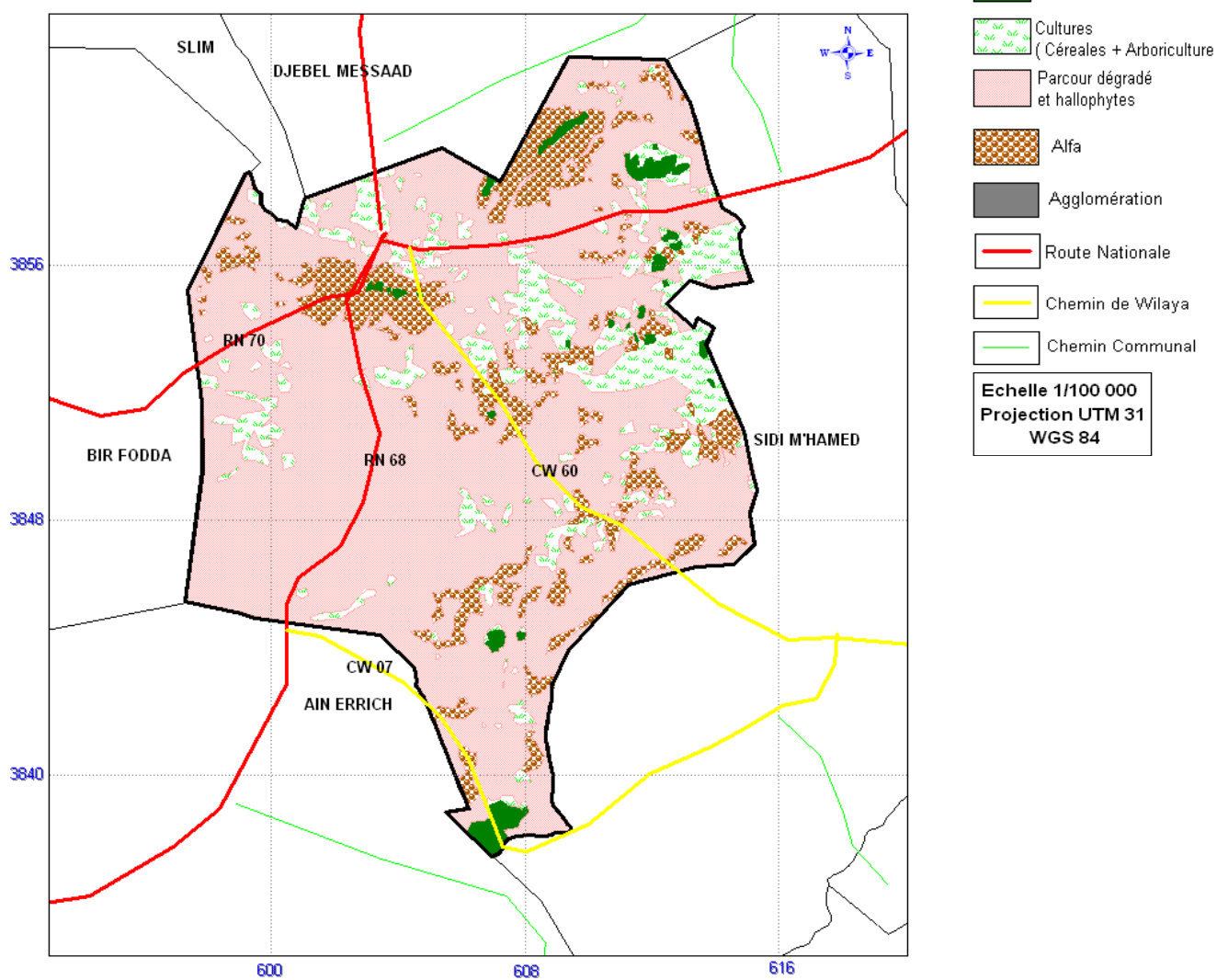
Formation naturelle superficielle, meuble, de l'écorce terrestre, résultant de la transformation, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants, de la roche mère sous-jacente, sous l'influence de processus physiques, chimiques et biologiques.

#### **III.4.1 Caractéristique pédologique (texture):**

La commune de Ain El Melh est une région agricole qui a composé à la pédologie de différents types de sols (Figure 14) que l'on rencontre sont:

Les sols sont généralement limoneux sableuse et sableuse

**Carte d'occupation du sol**  
**Commune de Ain El Malh**



**Légende**

- Forêt et Maquis
  - Cultures  
( Céréales + Arboriculture)
  - Parcours dégradé  
et halophytes
  - Alfa
  - Agglomération
  - Route Nationale
  - Chemin de Wilaya
  - Chemin Communal
- Echelle 1/100 000  
Projection UTM 31  
WGS 84

**Figure N° 14 : carte d'occupation du sol commune d'Ain El Melh**

**Source (D.S.A. ,2013).**

## **IV. CHAPITRE IV: MARTIALE ET METHODE**

### **IV.1 L'objectif**

L'objectif de notre travail est d'évaluer le fonctionnement d'un système d'irrigation par aspersion installé pour arroser une variété de laitue, et d'observer le taux de satisfaction des besoins en eau de cette culture en fonction de son cycle végétatif

### **IV.2 Matériels**

#### **IV.2.1 Matériel végétal**

Le matériel végétal ayant fait l'objet des observations au cours de son cycle végétatif concerne une variété de la laitue (*Lactuca sativa* L.), largement cultivée dans la région est appelée pondez

#### **IV.2.2 Matériels et produits de travail ou de mesure**

Balance de précision (0, 0001g), pH-mètre, étuve, une minuterie, papier d'aluminium, coton, papier hygiénique, une règle graduée ou papier millimétré. Une tarière, des sacs plastiques des récipients, éprouvette graduée et, un décimètre.

#### **IV.2.3 Au niveau de terrain**

##### **IV.2.3.1 Caractéristique de la parcelle choisie**

La configuration de la parcelle choisie pour réaliser l'expérimentation se situe dans l'ilot N°34 au Nord-ouest de la ville de Ain Elmaleh (Figure 15) d'une superficie de 1875 m<sup>2</sup>, ayant les caractéristiques suivant :

- Longueur : 75 m
- Largeur : 25 m
- Altitude : 991m
- Type du sol : argileux-limoneux



**Figure 15** :vue aérienne de la position de la parcelle expérimentale

#### **IV.2.3.2 Travail du sol et le semer de la laitue:**

La préparation du sol pour le semer est effectuée suivant les techniques culturales classiques (travail profond et travail superficiel) avec un amendement organique en fumier pour la fertilisation

Le semer de la laitue a été réalisé au début du mois de mars 2019 à la volée sur un sol suffisamment préparé pour opération (Figure 16)

Le matériel d'irrigation est installé juste après le semer de quelques jours

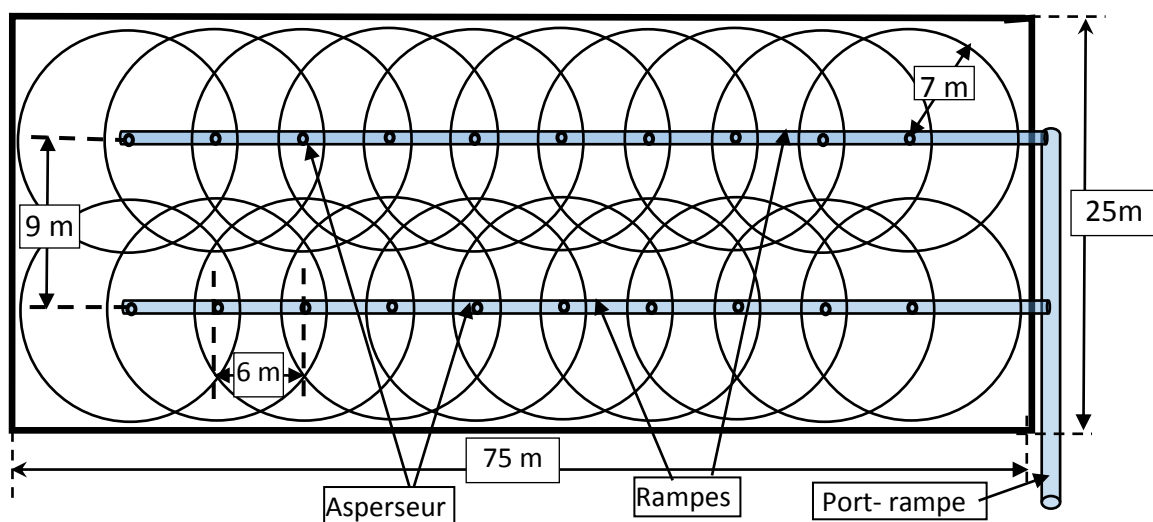


**Figure 16** : état du sol juste après le semi

#### IV.2.3.3 Installation du système d'irrigation

Le matériel d'irrigation est installé en couverture intégrale, cette opération est effectuée juste après le semer, la position des asperseurs et les conduites sont schématisées dans la Figure 17

Le réseau de canalisations et des asperseurs sont mis en place en début de campagne d'irrigation le 16 avril 2019. Les différents éléments constituent le système d'aspersion sont la porte rampes, la rampe et l'asperseur.



**Figure 17** : Disposition du système d'irrigation et la couverture d'asperseur

La porte rampe est la canalisation qui relie le point d'alimentation en eau de la parcelle, aux rampes disposées sur celle-ci, par l'intermédiaire d'un té-vanne Figure 18A. Afin de

faciliter leur manipulation, les portes rampes sont constituées d'éléments de tubes rigides en PVC à raccords rapides.

Le système est constitué de deux rampes de longueur de 70 m, chacune des rampes porte 11 asperseurs fixes Figure 18B. Les asperseurs sont usuellement disposés en rectangle, dont les dimensions les plus courantes sont illustrés dans Figure 17. Pour obtenir une répartition de l'eau homogène, les asperseurs installés sont de type à double buses, de 4 /2,5mm de diamètre. La buse de 4 mm projette l'eau plus loin que la buse de 2,5 mm de manière à voir un recouvrement plus homogène du cercle irrigué Figure 18C.



**Figure 18A ;** Té-vanne sur conduite en pvc



**Figure 18B:** Rampe équipée par des asperseurs



**Figure 18C:** disposition d'un asperseur double

Les asperseurs sont montés sur des cannes de 75 cm, ces derniers sont fixés sur des éléments de forme té qui s'emboîtent par système double femelle Figure 18D.

Les rampes sont constituées par des conduites d'une longueur égale à celle des écarts entre arroseurs. Ces éléments s'emboîtent par système double femelle, dans les embases sur lesquelles sont fixées les cannes d'arrosage, le tout reposant sur un stabilisateur.



**Figure 18D :** raccordement de la rampe avec les cannes d'aspersion.

## **IV.3 Méthodes employées sur le site d'étude**

### **IV.3.1 Méthodes d'évaluation du système d'irrigation**

L'évaluation de l'efficacité du système d'irrigation par aspersion installé par agriculteur a été effectuée par plusieurs étapes :

Vérification de la disposition ou l'implantation du réseau d'irrigation et des asperseurs sur la parcelle dont le schéma est illustré par la Figure 17

Mesure du débit d'eau fournis par la pompe au réseau d'irrigation pour évaluer l'uniformité de la distribution d'eau par les asperseurs.

Observation de l'humidité du sol de la parcelle irriguée par la méthode gravimétrique au cours du cycle végétatif de la plante.

Des analyses au niveau de laboratoire du sol et de l'eau d'irrigation.

### **IV.3.2 Le suivi de la méthode d'irrigation de laitue**

L'irrigation de la culture a débuté le 16 avril par un arrosage à faible dose pour favoriser la montaison des jeunes pousses, après une semaine on a repris l'arrosage avec une cadence de 4 jours pendant toute la période de croissance de la culture, à la fin de la croissance le dernier arrosage a été réalisé après 15 jours avant la récolte.

Un désherbage manuel est effectué pendant la croissance de la culture.

#### **IV.3.2.1 Echantillonnage et méthodes de prélèvement**

L'échantillonnage a été réalisé dans 6 points de prélèvement, répartie aléatoirement sur la parcelle, au niveau de chaque point on a prélevé 3 échantillons dans 3 profondeurs 10, 20 et 30 cm. L'échantillonnage se fait avant chaque période d'arrosage et puit après 24 heures.

#### **IV.3.2.2 Procèdes de prélèvement**

Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'une tarière manuelle Figure 19 qui est composée de trois organes.

- Le carottier constituant la tête de la tarière et avec lequel les échantillons sont pris sous forme de carottes.
- La tige de la tarière qui est une barre métallique graduée jusqu'à 1.5 m et raccordé avec la carotte.

- Le bras est constitué d'un petit levier en bois qui permet la rotation de la tarière dans le sol.

Les échantillons sont enveloppés dans du plastique et renfermés dans des boîtes pour les protéger et préserver leurs caractéristiques et on a transféré ces échantillons au laboratoire



**Figure 19** : prélèvement des échantillons avec la tarière

d'agronomie au niveau de l'université M'sila pour faire les analyses.

### **IV.3.3 Estimation de l'uniformité d'irrigation**

L'essai a été conduit sur une parcelle de laitue de saison ayant une superficie de forme rectangulaire très allongée 3 fois la largeur et, équipée avec un système d'aspersion classique en couverture intégrale avec un écartement de 12 m x 6,4 m (voir Figure 17).

Les facteurs qui influencent l'uniformité de distribution de l'eau en aspersion se rapportent à la variation de pression et, à la disposition des asperseurs (écartements).

Pour évaluer l'uniformité d'irrigation on a placé des récipients sur la trajectoire d'un jet



**Figure 20** : dispositif d'évaluation de l'uniformité

équidistant par rapport à l'asperseur Figure 20.

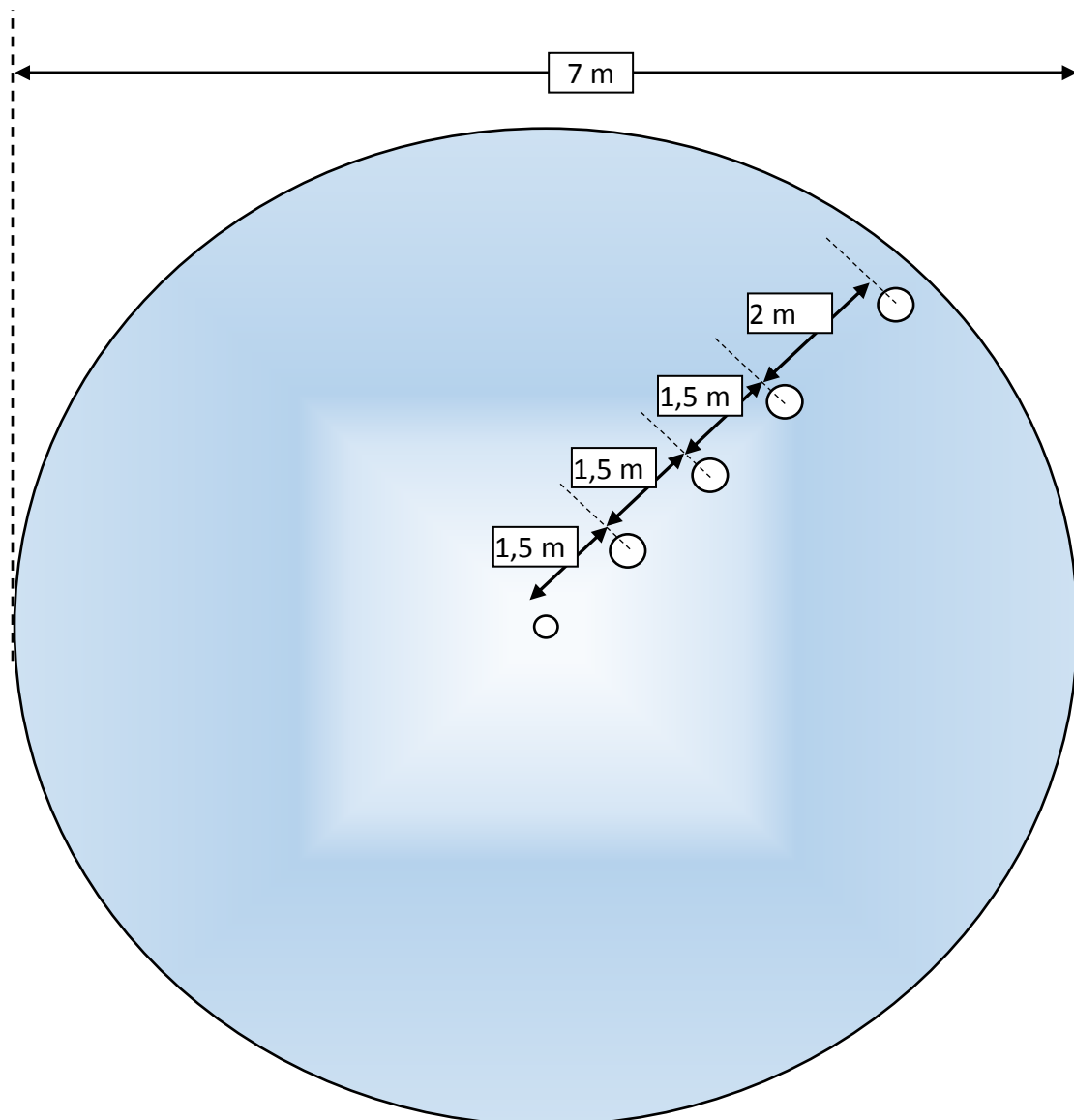


Figure 21 : méthode d'évaluation de l'uniformité de l'irrigation

## **IV.4 Méthodes d'Analyses au laboratoire :**

Des analyses au laboratoire sur les échantillons prélevés nous ont permis de déterminer quelques caractéristiques importantes du sol.

### **IV.4.1 Méthodes d'analyse des eaux**

#### **IV.4.1.1 Potentiel Hydrogène (pH)**

Le potentiel hydrogène (ou pH) mesure l'activité chimique des ions d'hydrogène (H<sup>+</sup>) en solution, il représente une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau. Il est mesuré à l'aide d'un pH-mètre (figure 20-B) étalonné par des solutions tampon de pH7 et ph 9.

#### **IV.4.1.2 Conductivités électriques**

Ce paramètre permet d'estimer la teneur globale des sels dissous, se présente en des proportions élevées. On note la conductivité (donc la salinité) en Siemens (S). La conductivité des eaux s'exprime généralement en micro siemens par cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), à 25°C, alors que la conductivité des sols s'exprimera plutôt en milli siemens par cm (ms/cm)

### **IV.4.2 Méthodes d'analyse du sol**

#### **IV.4.2.1 Mesure le pH du sol**

La mesure du pH sert à identifier l'acidité, la basicité ou la neutralité d'un sol, elle se fait avec un pH mètre. Il se détermine comme suite:

Prendre 10 g de terre séchée la mélanger à 25 ml d'eau distillée dans un bécher de 100 ml, le tout est agité pendant 2 mn puis laissé au repos pendant 30 mn.

L'électrode du pH mètre est trempée dans cette solution, la valeur du pH s'affiche sur le cadran du pH mètre.

#### **IV.4.2.2 Conductivités électriques**

Peser 10 g de sol, y ajouter 50 ml d'eau distillée et agiter durant quelques minutes, à l'aide d'un agitateur. Procéder à l'étalonnage du conductivité mètre. Faire la lecture de la conductivité électrique enfin rincer l'électrode avec de l'eau distillée puis l'essuyer avec du papier Joseph (Aubert, 1978).

#### **IV.4.2.3 Texture du sol : test de tache**

Pour apprécier la texture du sol test de tache est utilisé dont le tableau de l'annexe 1 décrit ce test.

### IV.4.3 Mesure de l'humidité de sol :

Pour le calcul de l'humidité nous avons pesé les échantillons à l'état naturel et séché à l'étuve à 105°C durant une nuit. Après étuvage et pesage, la différence de poids constitue le poids d'eau contenue dans les échantillons.

La teneur en eau (Te) de ces échantillons est le rapport du poids d'eau (Pe) au poids sec (Ps) donnée en%.

$$Te = (Pe / Ps) * 100 \dots\dots\dots(III.2)$$

### IV.4.4 Teneur en eau du sol

Des analyses au laboratoire sur les échantillons prélevés nous ont permis de déterminer quelques caractéristiques importantes du sol.

C'est la teneur en eau d'un échantillon de sol à un moment donné notamment au moment où il a été réalisé le prélèvement. Elle se détermine comme suite :

- Mesurer le poids de la terre humide P1.
- Mettre la terre dans l'étuve à dessiccateur dont la température est maintenue 105°C ;
- Peser la terre après 24 h .

$$\frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

### IV.4.5 Mesure des densités

La densité apparente a été déterminée par la méthode du cylindre calibré, en prélevant un échantillon au niveau du site d'étude. Cette méthode consiste à sécher l'échantillon prélevé avec le cylindre pendant 24 heures à l'étuve et le rapport de la masse sèche sur le volume du cylindre donne la densité apparente.

La densité réelle a été déterminée à l'aide d'un pycnomètre en utilisant un liquide organique non polaire tel que le benzène.

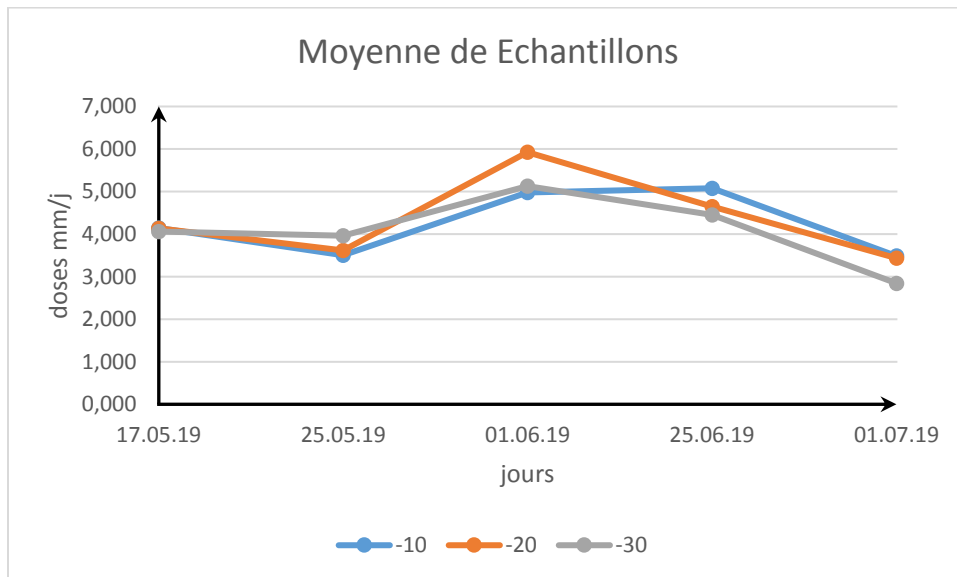
Connaissant la densité apparente (Da) et la densité réelle (Dr), la porosité totale peut être déterminée par la formule :  $((Dr - Da) / Dr) * 100$ .

## V. RESULTAT ET DISCUSSION

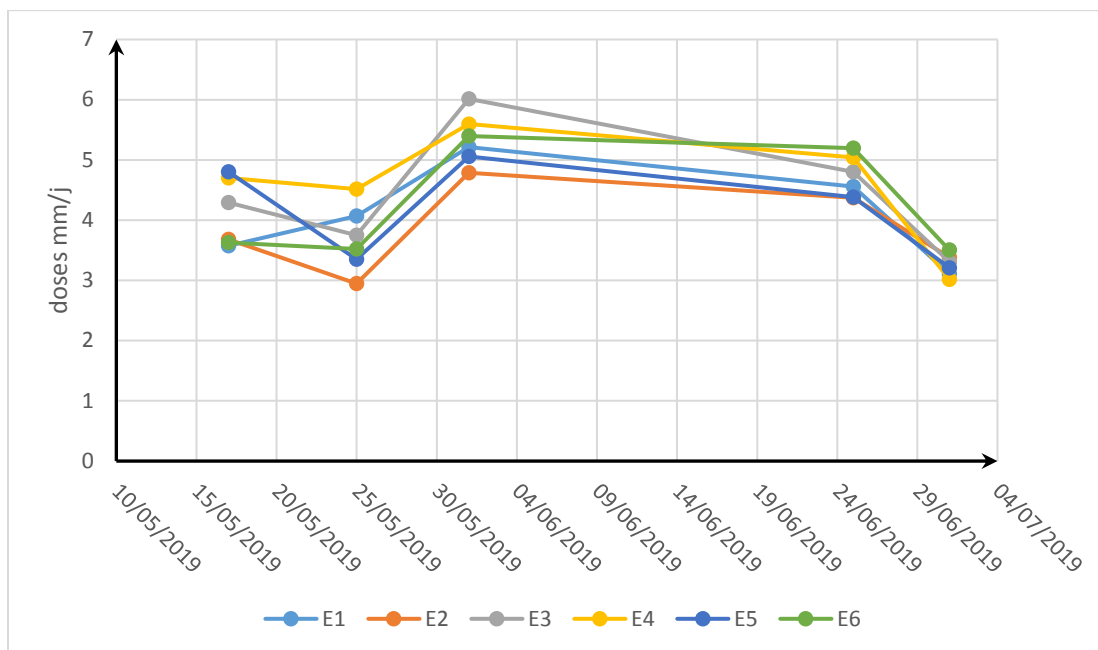
### V.1 Résultats des analyses de l'eau et de sol

Les analyses de la qualité de l'eau d'irrigation au niveau de l'exploitation, donnent une salinité moyenne de 2 g/l, l'eau est pompée à partir d'un provenant d'un canal à ciel ouvert est stockée dans un bassin de reprise. L'eau est mise sous pression par une électropompe à axe horizontal. Durant la saison d'irrigation, la pression de fonctionnement des asperseurs a été maintenue à environ 3 bars.

### V.2 Etude de l'évolution des doses d'irrigation au cours de la saison



**Figure 22 :** évolution des teneurs en eau du sol au cours de la campagne d'irrigation de la culture de laitue et en fonction de la profondeur



**Figure 23 :** l'évolution des doses d'irrigation appliquées en fonction de la croissance des besoins en de la culture

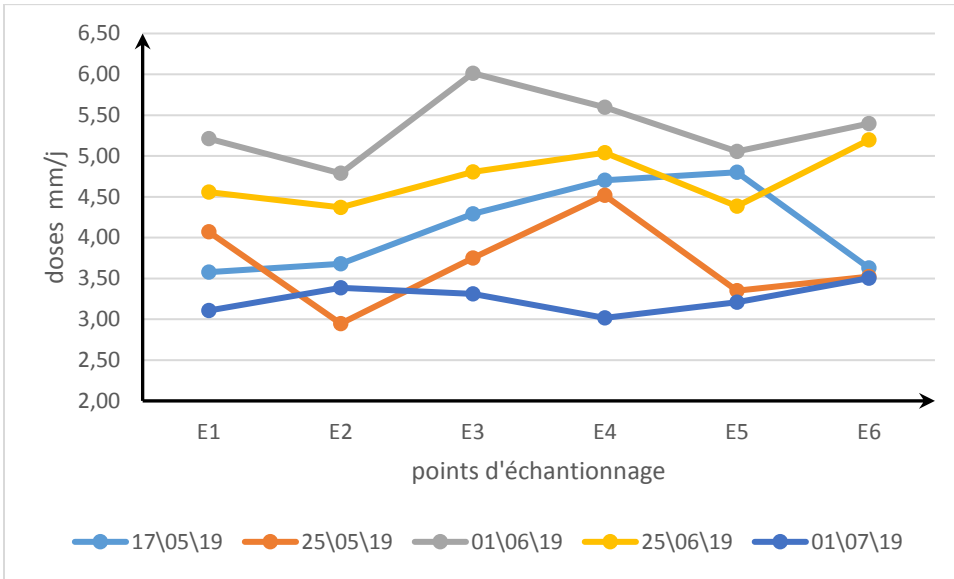
Les courbes des Figures 22 et 23, décrivent la variation des doses d'irrigation appliquée par jour ou dans le temps au cours de la saison d'irrigation, en fonction de l'évolution des besoins en eau de chaque stade végétatif de la culture de laitue,

Au début de la saison d'irrigation les doses sont faibles, qui coïncident avec le stade de levée jusqu'à 18 feuilles, puis jusqu'au stade de pré-pommaison le temps d'irrigation est plus important dans le temps et en fréquence pour satisfaire les besoins croissants de cette culture, à la fin de la saison d'irrigation au stade pommaison et récolte, les doses d'irrigation baissent progressivement puis l'arrêt d'arrosage 15 jours avant la récolte.

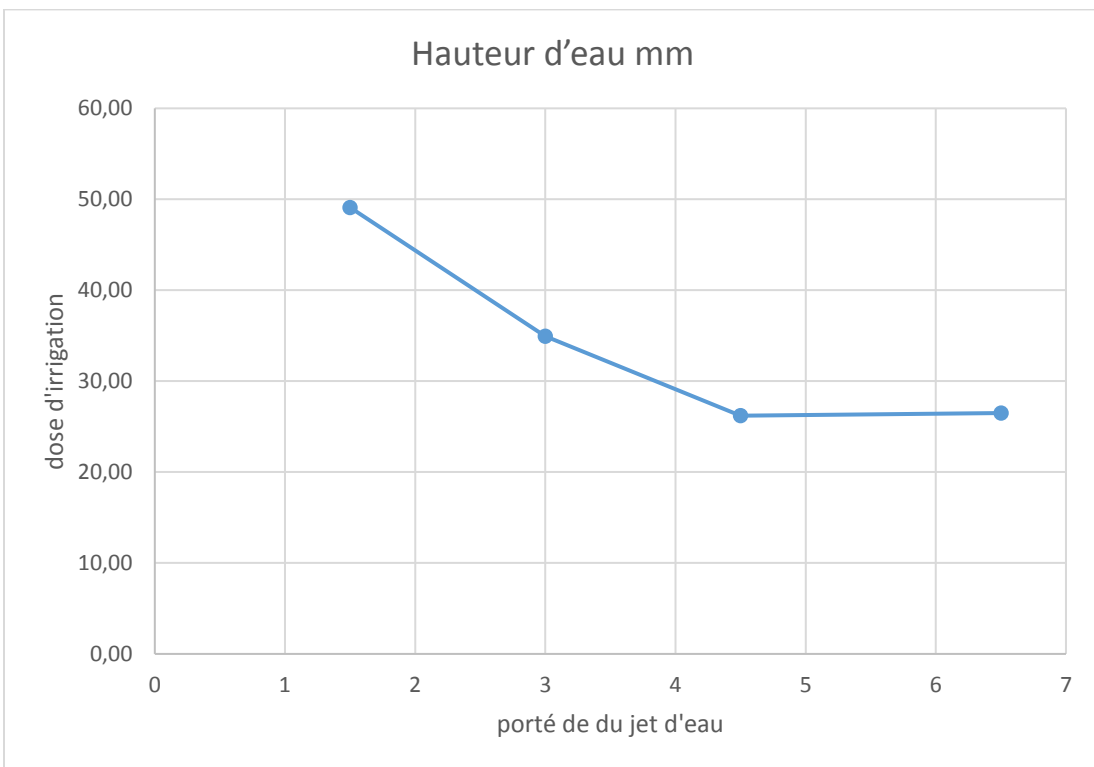
### V.3 Etude de l'uniformité d'arrosage

Les données de l'expérience sont illustrées dans le tableau suivant

	Récipient 1	Récipient 2	Récipient 3	Récipient 4
Distance (m)	1,5	3	4,5	6,5
Hauteur d'eau mm	49,100	34,931	26,198	-26,498



**Figure 24** : variation des doses d'irrigation sur la parcelle et au cours de la campagne d'irrigation



**Figure 25** : profile hydrique d'une répartition des doses d'arrosage par un asperseur en fonction du rayon

Les graphes des Figures 24 et 25 expliquent le manque de l'uniformité de la répartition d'eau d'irrigation sur la parcelle



## Conclusion générale

Au terme de notre travail réalisé sur la rationalisation de l'irrigation appliquée sur la culture de la laitue en plein champ, nous permis de tirer les conclusions suivantes :

Les paramètres sur les quels l'agriculteur a fondés les choix de la durée et la fréquence d'irrigation, ainsi que l'efficience de ces irrigations, leurs rendements agronomiques et le degré de satisfaction des besoins en eau des cultures par les apports artificiels en eau.

La maîtrise des facteurs agronomiques, économiques et pédologiques nous permet de déterminer les possibilités techniques d'utilisation des méthodes d'arrosages. L'évolution de l'utilisation de la technique d'arrosage par aspersion surtout dans les régions semi-arides et sols sableux exige l'étude des pertes, par évaporation sous l'effet de la température et l'entraînement des gouttelettes du au vent, provoquées par des facteurs climatiques (la température de l'air et la vitesse de vent élevées et l'humidité de l'air...) et pédologiques (type de sol...). Et une mauvaise maîtrise de la technique d'irrigation.

Plusieurs études sont faites pour l'estimation des pertes par évaporation et entraînement pour un ensemble des arroseurs.

Cette étude a pour objectif d'évaluer les pertes d'eau dans la technique d'irrigation par aspersion, dans les conditions arides et semi arides de la région de AIN ELMALH, et de permettre son utilisation avec des meilleures performances. Les expérimentations ont montré que l'uniformité de l'irrigation est insatisfaisante qui provoque des pertes d'eau globale peuvent atteindre 10 à 40 % de la dose d'arrosage.

Les besoins d'eau de la culture de laitue son majoré pour équilibré les doses minimales appliquées par rapport au minimum de quantité d'eau sollicitée par la culture

## Références bibliographiques

- . **BALOUL. D. 2008.** «Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par goutte à goutte a de ferme de Mr BENAMAR. B» Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en Hydraulique. Université de Tlemcen.
- . **C .BROUWER ,k. prius, M.Kay, M.Heibloem.(1990).**methode d'irrigation. 5èmeEdition Division de la mise en valeur des terres et des eaux, FAO,38p
- . **CEMAGREF, CEP FRANCE AGRICOLE (1992).**Irrigation. 2èmeEdition
- . **EL OUAHABI Khadija BENJELLOUN Salma.(2013).** Performance de l'irrigation localisée et son impact sur le sol dans le périmètre de N'fis. Mémoire de fin d'études. Faculté des sciences et Techniques –Marrakech ,24
- . ENSH, «4eme cours», école nationale superieure d'hydraulique
- . **BABA AHMED ABDERRAZZAK .2012.** Etude De Contamination Et D'accumulation De Quelques Métaux lourds Dans Des Céréales, Des Légumes Et Des Sols Agricoles irrigués Par Des Eaux Usées De La Ville De Hammam Boukhara Chimie de L' Environnement Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, pp 227.
- . **CHIKH. H.A. 2013.** «Etude de possibilité de création d'un périmètre d'irrigation à Ain El Houtz» ; mémoire pour l'obtention du diplôme master en hydraulique.
- . **GOUARI. L., BOUGHRARA.S. M. 2002.** « Etude d'un périmètre irrigué à partir de la station d'épuration de Maghnia » Mémoire d'ingénieure d'état en hydraulique.
- . **Hillel, D. 1988.** L'eau et le sol: Principes et processus physiques. Ed Academia, 288 pages.  
. La . Direction des Services Agricole (D.S.A) de M'sila.
- . **MOKEDDEM Zohra.(2016).** Conduite de l'irrigation gravitaire par pilotage tensiométrique pour la conduite de *Panicum virgatum*(halophyte). Mémoire de fin d'études Pour l'obtention du diplôme de Master en agronomie, Université Abd el Hamid Ibn Badis Mostaganem.
- . **Remeneiras, G 1986.** Hydrologie de l'ingénieur., éditions Eyrolles. 462 pages.  
. SCET Maroc, Marché 66-75ORH.
- . SALEK périmètre des Doukkala. Mémoire de 3ème cycle - IAV Hassan II - Rabat
- . **TIERCELIN J-R. (1998).** Traité d'irrigation. Lavoisier Tec Doc P 439-537 ; 583-606
- . **Y. (2000).** Diagnostic du système d'irrigation dans le casier aspersion de Boulaouane du .

# ANNEXES

ANNEXES 1

<b>Manipulation</b>	<b>Texture</b>	<b>Argile - Limon</b>
<b>1-Humecter le sol et faire un rouleau de l'épaisseur d'un crayon</b> a) Non faisable b) Faisable = continuer par 2	Sable	
<b>2- Eprouver la cohésion entre le pouce et l'index</b> a) Cohésif b) Non cohésif = continuer par 3	Sable argileux	14 à 15 %
<b>3- Triturer sur la pomme</b> a) Dans les pores de la main aucune argile = b) Dans les pores de la main traces d' argile visible	Sable Sable peu argileux	0 à 9 % 10 à 13 %
<b>4- Faire un rouleau de 3 mm d'épaisseur</b> a) Non faisable b) Faisable = continuer par 3	Limono-Argilo-Sableux	19 à 23 %
<b>5- Presser le sol à proximité de l'oreille</b> a) Sol crisse fortement= b) Sol ne crisse pas ou faiblement : continuer par 6	Texture équilibrée : Sablo - Limono -Argileux ou Sablo-Argilo -Limoneux	24 à 29 %
<b>6-Etat de surface de glissement après la pression entre le pouce et l'indexe</b> - Surface malle	Texture équilibrée : Limon-Sablo-Argileux ou Argile – Sablo-Limoneuse	30 à 44 %
<b>7- Epreuve entre les dents</b> a) sol crisse b) sol à consistances de beurre	Argile – Sablo-Limoneuse Argiles	45 à 60 % 61 à 100 %

## ANNEXES 2

Le tableau qui résume les humidités au champ des échantillons pour chaque arrosage.

<b>17/05/2019</b>	E1	E2	E3	E4	E5	E6
-10	2,96	3,33	3,41	4,9	6,04	4,23
-20	3,44	3,78	4,73	5	4,28	3,58
-30	4,33	3,93	4,73	4,21	4,08	3,07

25/05/2019

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
-10	3,52	2,56	4	3,44	3,7	3,78
-20	5,11	2,36	3,44	4,96	2,51	3,32
-30	3,58	3,92	3,81	5,15	3,84	3,47

01/06/2019

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
-10	4,56	5,73	5,31	5	4,27	5
-20	5,23	4,81	6,91	6,53	5,64	6,43
-30	5,85	3,82	5,82	5,26	5,26	4,76

25/06/2019

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
-10	5,26	4,76	4,87	5,52	4,54	5,52
-20	4,54	4,6	4,78	5,26	4,34	4,36
-30	3,87	3,75	4,76	4,34	4,27	5,71

01/07/2019

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
-10	3,22	3,84	3,7	3,21	3,44	3,5
-20	3,44	3,57	3,5	3,44	3,09	3,57
-30	2,66	2,74	2,73	2,4	3,1	3,44