

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLEB – BLIDA1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du

Diplôme en Master académique.

Filière : Sciences Agronomiques

Option : Biotechnologie végétale

Thème :

Impact de la Fertilisation et de la ferti-irrigation sur le développement du  
haricot (*Phaseolus vulgaris* L.)

- Réalisé par: MUSSACATE AMANCIO

Devant le jury composé de :

Présidente :	Mme CHAOUIA C.	MCA	USD. Blida 1
Promoteur :	Mr. ZOUAOUI A.	MCB	USD. Blida 1
Examineur :	Mr. BOUTAHRAOUI SA.	MAA	USD .Blida 1
Co-promoteur :	Mr. SAOU A.	Doctorant	USD. Blida 1

Année Universitaire 2015-2016

## **REMERCIEMENTS**

*Avant tout, je remercie le **bon DIEU le Tout Puissant** de m'avoir donné le Courage, la patience et la volonté afin de réaliser ce modeste travail.*

*Je voudrais adresser ma gratitude à mon promoteur **Mr ZOUAOUI A.**, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.*

*Merci infiniment à mon Co- promoteur **Mr SAOU A.** pour son aide précieux et pour le temps qu'il m'a consacré.*

*Je tiens également à remercier **Mme CHAOUIA C.** de m'avoir fait l'honneur de présider le jury.*

*Mes remerciements s'adressent également à **Mr BOUTAHRAOUI SA**, pour avoir accepté d'évaluer ce travail.*

*Mes remerciements vont aussi à l'équipe du laboratoire de biotechnologie végétale du département des biotechnologies.*

*Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à tous mes professeurs, enseignants, amis et collègues qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche.*

*En fin toute ma gratitude s'exprime également à **mes parents, frères et mon amour** pour leur présence durant ma démarche.*

**MERCI.**

## ***Dédicaces***

*Que ce travail témoigne dès mes respects :*

***A mes parents : SILVINO MUSSACATE et ALDA COME***

*Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études.*

*Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux.*

*Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fier de moi.*

***A mes chères frères : HERMENEGILDO, NELIO et NELSA***

***A mon cousin : ALCINO COME***

*Ils vont trouver ici l'expression de mes sentiments de respect et de reconnaissance pour le soutien qu'ils n'ont cessé de me porter.*

***A mon amour : SUNERA HARIA***

*Elle va trouver ici l'expression de mes sentiments de reconnaissance et admiration pour le soutien moral, matériel et la force qui m'apporte son amour.*

***A tous mes professeurs :***

*Leur générosité et leur soutien m'oblige de leurs témoigner mon profond respect et ma loyale considération.*

***MUSSACATE AMANCIO SILVINO***

# Résumé

---

## Résumé

Les traitements irrigués avec la solution nutritive expriment les meilleurs résultats par rapport aux traitements irrigués avec l'eau du robinet uniquement. En outre le traitement T6 a manifesté les résultats les plus performants, suivi par le T5 avec un apport de  $\frac{1}{2}$  fertilisation et T7 avec la solution nutritive diluée à 80% durant tout le cycle végétatif et dans l'ensemble des paramètres étudiés (hauteur finale des plantes, nombre finale des feuilles, diamètre final des plantes, la biomasse fraîche et sec des plantes, le nombre des fleurs par plant, le nombre des fruits par plant, l'estimation du rendement, le taux d'avortement, la quantité de la chlorophylle a et b, le taux des sucres et l'extrait sec des fruits du haricot).

Les traitements T5 et T7 présente un coté économique, par l'utilisation réduite à  $\frac{1}{2}$  des apports de l'N-P-K et une réduction d'utilisation de produits pour la préparation de la solution nutritive.

**Mots clés :** Fertilisation, solution nutritive, et haricot.

# Résumé

---

## Summary

The irrigated treatments with the nourishing solution express the best results in relation to the irrigated treatments with the water of the faucet solely. Besides the T6 treatment showed the most effective results, followed by the T5 with a contribution of ½ fertilization and T7 with the nourishing solution diluted to 80% during the whole vegetative cycle and on whole studied parameters (final height of the plants, final number of the leaves, final diameter of the plants, the cool and dry biomass of the plants, the number of the flowers by plantation, the number of the fruits by plantation, the evaluation of productivity, the rate of abortion, the quantity of the chlorophyll a and b, the rate of sugars and the dry extract of the fruits of the bean).

The T5 treatments and T7 presents an economic side, by reduced use in ½ of the contributions of the N-P-K and a reduction use of products for the preparation of the nourishing solution.

Key words: Fertilization, Nutritive solution and Beans.

## Liste des tableaux :

<b>Tableau 1</b> : Besoins en température selon les stades développement.....	5
<b>Tableau 2</b> : Influence de la carence hydrique sur la production du haricot.....	6
<b>Tableau 3</b> : composition du haricot vert (teneurs pour 100 grammes de graines) .....	7
<b>Tableau 4</b> : Composition (g/100g de graines) et valeur énergétique (calorie/ 100g) des graines de <i>Phaseolus vulgaris</i> L.....	8
<b>Tableau 5</b> : Production du haricot en Algérie :.....	11
<b>Tableau 6</b> : Importance relative des différentes légumineuses à graines (tropical legume farming in Mozambique, 2013).....	11
<b>Tableau 7</b> : Les principaux ravageurs qui attaquent le haricot .....	12
<b>Tableau 8</b> : Besoins de la culture .....	15
<b>Tableau 9</b> : Composition des solutions nutritives .....	19
<b>Tableau 10</b> : Teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida...25	
<b>Tableau 11</b> : Composition de l'eau de Blida pH = 7,8.....	27
<b>Tableau 12</b> : L'eau de Blida corrigée (solution nutritive de base) pH = 5,8.....	27
<b>Tableau 13</b> : Doses et fréquences nécessaires pour la culture du haricot .....	29
<b>Tableau 14</b> : Doses et fréquences nécessaires pour la culture du haricot .....	30
<b>Tableau 15</b> : Programme des traitements phytosanitaires réalisés en alternance.....	30
<b>Tableau 16</b> : Nombre des fleurs par plant du haricot.....	38
<b>Tableau 17</b> : Nombre finales des fruits par plant du haricot.....	39
<b>Tableau 18</b> : Production du haricot par plant en (g).....	39
<b>Tableau 19</b> : Taux de sucres dans les fruits de deux espèces en [%]. .....	43

## Liste des figures :

<b>Figure 1</b> : Présentation du site expérimental .....	22
<b>Figure 2</b> : Phase de germination du haricot .....	23
<b>Figure 3</b> : Aspect général des jeunes plantules du haricot après repiquage .....	23
<b>Figure 4</b> : Présentation du conteneur utilisé durant l'expérimentation.....	24
<b>Figure 5</b> : Stérilisation du substrat par la méthode «Bergerac ».....	24
<b>Figure 6</b> : Dispositif expérimental utilisé durant l'expérimentation.....	28
<b>Figure 7</b> : Vue générale de l'expérimentation du haricot.....	28
<b>Figure 8</b> : Aspect générale des trois traitements irrigués uniquement avec de l'eau du robinet.....	33
<b>Figure 09</b> : Les plantes du haricot irrigué avec la solution nutritive.....	33
<b>Figure 11</b> : Hauteur final du haricot en (cm).....	3
<b>Figure 12</b> : Nombre finale des feuilles du haricot.....	35
<b>Figure 13</b> : Diamètre final des tiges du Haricot en (mm).....	36
<b>Figure 14</b> : Biomasse fraîche (feuille + tige) du haricot (g).....	37
<b>Figure 15</b> : Biomasse sèche (feuille + tige) du haricot (g) .....	37
<b>Figure 16</b> : Le taux d'avortement des fleurs de haricot par traitement.....	40
<b>Figure 17</b> : Quantité de la chlorophylle A stade floraison et finale [ $\mu\text{g/gMF}$ ] du Haricot ....	41
<b>Figure 18</b> : Quantité de la chlorophylle B stade floraison et finale [ $\mu\text{g/gMF}$ ] du haricot...	42
<b>Figure 19</b> : Extrait sec des fruits du haricot en (%) .....	43

## Liste des abréviations :

FAO	Organisation international de l'alimentation et de l'agriculture
T	Traitement
C.V	Coefficient de variation
még/l	Milli équivalent/litre
még	Milli équivalent
µg/g MF	Microgramme par gramme de matière fraiche
DDL	Degré de liberté
Qx/ha	quintaux à l'hectare
MADR	Ministère d'agriculture et de développement rural
INIA	Institut d'investigation agraire du Mozambique
CE	Conductivité électrique
pH	Potentiel hydrogène
PROBA	Probabilité
ITCMI	Institut technique des cultures maraichères et industrielles
P.N.T	Phosphate naturel de tahoua
g/l	Gramme par litre
mg/l	Mille gramme par litre



## TABLE DES MATIERES

<b>Introduction</b>	1
<b>Partie bibliographique</b>	
<b>Chapitre I : Généralités sur la culture du haricot</b>	
<b>La culture du haricot</b>	2
1. Origine et répartition géographique du haricot commun	2
1.1. Classification botanique	2
1.2. Caractéristiques morphologiques	3
1.2.1. L'appareil reproducteur	4
1.3. Exigences de la plante	4
1.3.1. Exigences climatiques	4
1.3.1.1. Température	4
1.3.1.2. Lumière	5
1.3.1.3. Humidité	5
1.3.2. Exigences hydriques	5
1.3.3. Exigences édaphiques	6
1.3.4. Exigences nutritionnelles	7
1.4. Valeur nutritionnelle	7
1.4.1. Valeur nutritive des gousses	8
1.4.2. Valeur alimentaire	8
1.4.3. Valeur médicinale du fruit du haricot	9
1.5. Importance de la culture	9
1.5.1. Intérêt agronomique	9
1.6. Haricot dans le monde	10
1.6.1. En Algérie	10
1.6.2. Au Mozambique	11
1.7. Principaux ennemis de la culture et méthodes de lutte	12
1.8. Récolte, manipulation du produit	12
1.9. Travaux d'entretien	13
<b>Chapitre II : Fertilisation et irrigation</b>	
2.1. Fertilisation	15
2.1.1. Principes et objectifs	15
2.1.2. Besoin de la culture en éléments fertilisants	15
2.1.3. Stratégies de la fertilisation	16
2.1.4. La fertilisation minérale	16
2.1.4.1. Engrais simples	16
2.1.4.2. Engrais composés	17
2.1.5. Fertilisation organique	17
2.1.5.1. Fertilisations organo-minérales	17
2.1.6. Autres sources	18
2.2. Irrigation	18
<b>Chapitre III : Solution nutritive</b>	
3.1. Solution nutritive	19
3.1.1. Préparation de la solution nutritive	20
3.2. Avantages et inconvénients de la solution nutritive	21

## **Partie expérimentale**

### **Chapitre IV : Matériel et méthodes**

4.1. Objectif de l'expérimentation	22
4.2. Matériel végétal	22
4.3 .Conditions expérimentales	22
4.3.1. Lieu de l'expérience	22
4.4. Germination et repiquage	23
4.4.1. Germination	23
4.4.2. Repiquage	23
4.4.3. Containers et sol	24
4.4.3.1. Containers	24
4.4.4. Sol et provenance et désinfection	24
a) Provenance	24
b) Désinfection du substrat par voie thermique méthode Bergerac	24
4.5. Préparation de la solution nutritive de base	25
4.5.1. Elaboration d'une solution nutritive de base à partir de l'eau de Blida	25
4.5.2. Quantités et ordre de dissolution des sels de la solution nutritive de base élaborée avec l'eau de Blida	27
4.6. Dispositif expérimental	28
4.7. Traitements utilisés	29
4.8. Entretien de la culture	29
4.8.1. Irrigation	29
4.8.2. Fertilisation	30
4.8.3. Traitements phytosanitaires	30
4.9. Paramètres étudiés	30
4.9.1. Paramètres biométriques	30
4.9.1.1 Hauteur finale des plantes	30
4.9.1.2. Diamètre des tiges	31
4.9.1.3. Biomasse fraîche produite	31
4.9.1.4. Biomasse sèche produite	31
4.9.2. Paramètres de production	31
4.9.2.1. Nombre des fleurs par plants	31
4.9.2.2. Nombre de fruit par plant	31
4.9.2.3. Le taux d'avortement	31
4.9.2.4. Estimation du rendement	31
4.9.3. Paramètre physiologique (Dosage de chlorophylle)	31
4.9.4. Paramètre de qualité	32
4.9.4.1. Taux de sucre	32
4.9.4.2. Détermination de l'extrait sec	32

### **Chapitre V : Résultats et discussion**

5 .1. Résultat et discussions	33
5.1.1. Paramètres de croissance	33
5.1.1.1. Aspect général des plantes	33
5.1.2. La hauteur finale des plants	34
5.1.3. Nombre des feuilles	35
5.1.4. Le diamètre final des plants	36
5.1.5. Poids frais total des plants	36
5.1.6. Poids sec total des plants	37

5.2. Paramètres de production	38
5.2.1. Nombre de fleurs par plant	30
5.2.2. Le nombre de fruits par plant	39
5.2.3. Production par plants du haricot.	39
5.2.4. Taux d'avortement	40
5.3. Paramètres physiologiques	41
5.3.1. Quantité de la chlorophylle A	41
5.3.2. Quantité de la chlorophylle B.	42
5.4. Paramètres de qualité.	43
5.4.1. Taux des sucres dans les fruits [%].	43
5.4.2. Extrait sec des fruits du haricot	43
<b>Conclusion</b>	45
<b>Références bibliographiques</b>	46
<b>Annexes</b>	56

## Introduction

---

Le haricot est extrêmement exigeant en eau et en éléments minéraux. Plusieurs problèmes peuvent surgir suite à la mauvaise gestion de l'eau et les fertilisants tels que la fatigue et la dégradation des sols, la baisse du niveau des nappes souterraines, l'augmentation de la salinité dans sol ainsi dans l'eau d'irrigation ce qui induit à une chute des rendements.

L'agriculture durable en milieu méditerranéen ne peut être possible qu'avec la maîtrise de la gestion de l'eau, des fertilisants et des autres intrants, et ce pour le respect de l'environnement et la santé humaine.

La fertigation a d'abord été une nécessité pratique pour fractionner l'azote dans plusieurs cultures de légumes-fruits comme la tomate, le concombre, le poivron ou l'aubergine. En effet, trop d'azote apporté provoque une vigueur marquée et le détriment de la nouaison (**ELTEZ., 2002**)

La fertigation permet également d'éviter les effets indésirables des apports massifs d'engrais entraînant salinité excessive, d'où apparition de toxicité au niveau des plantes cultivées. Cette technique permet de placer l'engrais dans la zone racinaire, et de faciliter son utilisation par la plante en apportant des éléments déjà en solution, ce qui en favorise l'absorption. (**YELLE., 2006**)

D'après **PAPADOPOULOS (1991)**, l'amélioration de la fertigation des cultures permet d'augmenter l'efficacité de l'eau et des nutriments de (90- 95%) et une augmentation remarquable du rendement des cultures et ce par rapport à la fertilisation traditionnelle.

Le même auteur indique que la fertigation permet de valoriser tout type de sols, de réduire la consommation des plantes en fertilisants et en eau. Ceci en apportant les nutriments au bon moment, selon les besoins des plantes et directement dans la zone racinaire. La dose dépend des moments stratégiques où la plante a besoin de ces éléments.

Notre expérimentation a pour but d'étudier l'influence de l'enrichissement de la culture du haricot par des apports de la solution nutritive et ses fréquences sur la croissance et le rendement de la culture testée.

## La culture du haricot

### 1. Origine et répartition géographique du haricot commun

Le haricot *Phaseolus vulgaris* L., a été domestiqué en Amérique centrale et en Amérique du Sud il y a plus de 9700 ans. Des graines sèches furent introduites et semées au XVI<sup>e</sup> siècle en Europe puis, sa culture s'est rapidement diffusée dans les zones méditerranéennes et subtropicales. (PERON 2006),

Le haricot commun est produit principalement en Amérique latine et en Afrique ; il est répandu surtout dans la zone Amazonienne du Brésil, dans les Cordillères des Andes et en Amérique centrale, tandis qu'en Afrique, il est produit principalement en Afrique centrale et Orientale (NYABYENDA, 2005).

La distribution géographique du haricot dans des zones très diversifiées, tant de point de vue climatique que de point de vue pédologique, en ont fait une culture adéquate pour des systèmes agro-cultureux très variés. On le trouve dans les assolements de systèmes vivriers, extensifs ou non, des zones d'agriculture marginales ou cultivé en association avec d'autres cultures (maïs ...) ou encore en rotation avec d'autres cultures non légumineuses (maïs, patate douce....) (WOOLLEY et DAVIS, BELAY et al. 2009).

Selon LAUMONIER, (1979), la culture de cette légumineuse a pris une très grande importance en raison de la place qu'elle occupe dans l'alimentation humaine. Elle est utilisée soit pour sa gousse (consommation en vert), soit pour ses graines à l'état frais ou sec ou encore pour la conserve.

Les graines du haricot sont particulièrement riches en protéines (PESSON et LOUVEAUX, 1984).

#### 1.1. Classification botanique

Le *Phaseolus vulgaris* L. est une plante légumineuse, annuelle et herbacée (DORE et VAROQUAUX, 2006). Elle appartient à :

- **Embranchement** : Spermaphytes
- **Sous Embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : Dicotylédones
- **Ordre** : Fabales
- **Famille**: Fabacée
- **Genre** : *Phaseolus*
- **Espèce** : *Phaseolus vulgaris* L.

Dans la culture, il existe deux types botaniques :

- ✓ **Phaseolus vulgaris** : variété **nanus L.**, appelé haricot nain, à tige cylindrique et à croissance déterminée et dressée (30 à 50cm de hauteur) ;
- ✓ **Phaseolus vulgaris** : variété **communis L.**, appelé haricot à rames, à tige rectangulaire et à croissance indéterminée (2 à 3m de hauteur) (SALONTAI et MUNTEAN, 1982).

Les haricots sont des plantules fréquemment volubiles, à feuilles trifoliées et à folioles pourvues de petites stipules (stipelles) à la base de leurs pétioles (HEKIMIAN et *al*, 2002). Certaines, variétés développent à un certain stade de végétation des tissus parcheminés à l'intérieur des gousses.

Toutes les espèces du genre *Phaseolus* sont diploïdes et ont 22 chromosomes ( $2n = 22$ ), à l'exception de quelques unes qui ont subi une réduction aneuploïde à 20 chromosomes (GOUST, 2003).

## 1.2. Caractéristiques morphologiques

Selon ORIA in (1969) ; le haricot est une plante à un cycle végétatif court (3 à 4 mois), elle comprend les organes suivants :

### ✓ Tiges

Elles sont plus ou moins longues suivant les variétés : Les grandes tiges peuvent atteindre 2 à 3 m de long ; le haricot à rames et tiges courtes ne dépassent pas 30 à 40 cm de longueur et le haricot ayant de telles tiges est appelé « haricot nain » (Dupont et Guignard, 2007).

### ✓ Feuilles

Les deux premières feuilles présentent des limbes simples, cordiformes (Chaux, 1972) ; alors que les autres sont composées des trois folioles, pointues à leurs extrémités et arrondies à la base, disposées de façon alternées.

Les pétioles des feuilles et des folioles présentent à leur base des stipules et des articulations qui leur permettent d'effectuer des mouvements de torsion. Les feuilles sont glabres ou pubescentes (Voinea et Maier, 1976).

### ✓ Système racinaire

D'après RENARD et *al* (2007) ; le système racinaire est constitué d'une racine principale et nombreuses racines latérales qui se tiennent horizontales sur 10 cm de long. L'état structural du sol influence la profondeur d'enracinement de la plante (30 cm en conditions défavorables à 1 m dans d'excellentes conditions) et aussi son alimentation hydrique,

déterminante pour la croissance de la plante. Une bonne implantation racinaire permet d'éviter des problèmes de flétrissement de la plante en cas de fortes chaleurs. Sur celles-ci se développent des nodosités formées par des bactéries du genre *Rhizobium*.

### 1.2.1. L'appareil reproducteur

#### ✓ Fleurs

Selon NDEYE (2002), Les fleurs sont portées en grappes axillaires et terminales. Elles sont zygomorphes composées de deux pétales en carène, deux pétales latéraux ailés et un pétale standard disposé extérieurement, la couleur de la fleur est généralement indépendante de celle des graines, mais l'association entre fleurs particulières et couleur des graines est connue. Ces fleurs peuvent être blanches, roses ou violettes (souvent rouges chez *P. coccineu*). La fleur contient dix étamines et un sac ovarien multiple.

#### ✓ Fruits

Selon INDRIA et al (1988), le fruit du haricot est une gousse charnue, comestible qui se dessèche et se lignifie par la suite et chaque gousse renferme 5 à 8 graines. Les gousses sont droites ou arquées, à section aplatie, elliptique ou arrondie, selon les cultivars (CHAUX, 1972).

Leur couleur est très variée, allant du vert foncé au vert pâle ou bien violet ou même maculée de violet, (Haricot vert panachés). Il existe aussi un groupe de haricots appelé beurre qui se caractérise par la couleur jaune plus au moins claire de la gousse (CHAUX, 1972).

#### ✓ Graine

Les graines du haricot peuvent présenter des formes, des couleurs et des consistances variables (DORE et VAROQUAUX, 2006) ; les graines peuvent être blanches ; roses ; noires ; marrons ou violet, elles sont rondes uniformes, cylindriques ou ovales. (CABURET et LETHEVE, 2002).

Selon BROUGHTON (2003), la graine : exalbuminée, elle est riche en protéines et en glucides.

## 1.3. Exigences de la plante

### 1.3.1. Exigences climatiques

#### 1.3.1.1. Température

D'après PERON (2006), les haricots verts sont cultivés en zone tempérée comme en zone tropicale. La température optimum pour sa culture est entre 20°C et 25°C. Le zéro végétatif est à 10°C et la germination n'est normale qu'au-dessus de 14 à 15°C mais les fortes chaleurs sont néfastes à la fécondation des fleurs (CHAUX, 1972).

Selon LAUMONIER (1979), le haricot est une plante très sensible à l'influence de la température. Cette sensibilité varie selon les variétés.

**Tableau 1** : Besoins en température selon les stades de développement.

Stade de développement	Besoins en température (°C)
La germination	20 à 25
La croissance végétative et floraison	15 à 25
Formation des gousses	> 30

LAUMONIER ,(1979)

### 1.3.1.2. Lumière

Le haricot est une plante exigeante en lumière surtout pendant les premières étapes de son développement (floraison et nouaison) (KOLEV ,1976).

Selon le même auteur, la quantité des gousses et l'augmentation des rendements sont favorisées par une bonne luminosité suivie d'une bonne aération.

Elle est considérée comme étant une plante de jours longs (SUMMERFIELD et *al*, 1979). L'intensité de la lumière et de la durée d'éclairement sont des facteurs importants pour la nodulation et la fixation d'azote (BEDDAR, 1990).

### 1.3.1.3. Humidité

Le haricot est très exigeant en humidité de l'air et du sol Pendant toute sa végétation, un excès ou un manque d'humidité gêne le développement et peut compromettre la nouaison et le rendement (KOLEV, 1976).

### 1.3.2. Exigences hydriques

D'après ANONYME (1979), le haricot supporte très mal les pluies en tours de végétation. Son cycle court et sa relative tolérance aux déficits hydriques permettent d'envisager sa culture en premières pluies (Avril) et récolter en (Juillet).

L'eau est un facteur très important pour la qualité des filets des variétés cultivées (LAUMONNIER, 1979).

Selon CHAUX et FOURY, (1994) ; du fait que le haricot exige beaucoup de chaleur ; l'évapotranspiration est importante, ce qui résulte les besoins très important en eau.



**Tableau 2:** Influence de la carence hydrique sur la production du haricot.

Stade végétatif	Effet d'une carence	Niveau du préjudice
Levée	Retard mais surtout irrégularité é de la levée.	Important : Culture hétérogène.
Croissance Végétative	Retard de croissance, mais Rapide reprise après retour à La normale.	Faible incidence sur le rendement, mais non Récupérable.
Floraison	Réduction de nombre de fleurs, Chute de très jeunes gousses.	Très important : réduction du nombre des gousses et Tendance à l'augmentation du calibre.
Grossissement de la gousse	Apparition précoce des grains ; Perte de qualité ; réduction de La densité des gousses.	Important sur le rendement pondéral et qualitatif.
Mangetout, Filet	Apparition précoce du fil et du parchemin.	Perte importante sur la valeur commerciale.
Flageolet ou Haricot blanc	Réduction possible du nombre de grains par gousse.	Sans effet noté sur poids de 1000 graines.

CHAUX et FOURY (1994).

### 1.3.3. Exigences édaphiques

Les haricots secs s'adaptent à un vaste éventail de sol, mais ils préfèrent les Sols de texture moyenne qui offrent une bonne infiltration des eaux et une bonne capacité de rétention. Ils s'insèrent bien dans une rotation de grains céréaliers et de maïs. (GORDON, 2004).

Il demande un sol se réchauffant vite, à bonne structure et riche en humus pH : 5,5 à 6. Les terres lourdes, humides et les terres sensibles à la sécheresse ne conviennent pas, les sols les mieux indiqués sont ceux à caractère argilo-siliceux. Eviter les engrais chlorés (HUBERT, 1978).

La profondeur minimale du sol pour la culture du haricot est de 0.2 à 0.5 m, celle optimale doit être supérieure à 1 m ; la profondeur maximale d'enracinement est comprise entre 1 et 1.5m (SOLTNER, 1990).

Le haricot commun se développe mieux sur les sols dont le pH compris entre 6.5 - 7.5 car la plupart des nutriments pour la plante sont disponibles a un niveau élève dans cet intervalle (HOWELER et al ,1980).

### 1.3.4. Exigences nutritionnelles

Comme tous les êtres vivants, les plantes ont besoin de nourriture pour croître, se développer et se reproduire (FAO, 2004).

Les haricots verts apprécient un apport de potasse et de phosphore, qui doit être fait sous une forme rapidement assimilable. Etant donné le cycle de la culture est assez court. Comme toutes les légumineuses, assimilent l'azote de l'air, un apport de 60 à 80 unités d'azote à l'hectare, immédiatement avant ou après le semis, est généralement recommandé et permet une amélioration du rendement (VOINEA et MAIER, 1976).

Parmi les éléments minéraux essentiels, six sont nécessaires en grande quantité dites les éléments majeurs : l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K) le soufre(S), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg). Les trois premiers, N, P, K, sont les éléments minéraux dont la plante a besoin en plus grandes quantités, c'est pourquoi ces trois éléments sont intégrés dans la composition de la majorité des engrais chimiques (FAO, 2004).

Les éléments mineur, dites oligo-éléments : sont également nécessaires en quantité moindre : le fer, le zinc ; le cuivre, le bore, le manganèse, le silicium, le molybdène, le sodium, le cobalt et le chlore. (FAO, 2004).

### 1.4. Valeur nutritionnelle

Selon TIRILLY et BOURGEOIS, (1999), Le grain du haricot est moins riche en protéines que le soja (38 - 40%) mais il se classe avant le pois et la fève.

Les mêmes auteurs indiquent que les grains de **Phaseolus vulgaris L.** ne sont digestibles qu'à l'état cuit, ces protéines sont riches en lysine, de ce fait ils sont complémentaires à ceux des céréales, deux tiers de maïs, sorgho ou riz, un tiers du haricot aboutissent à un rapport glucides/protéines de 14%, idéal en alimentation humaine.

**Tableau 3** : Composition du haricot vert (teneurs pour 100 grammes de graines).

Energie:19 k cal ou 80 kj	Calcium : 43mg	Provitamine A : 260 ug
Eau : 92 g	Magnésium : 13 mg	Vitamine B1 : 0,02 mg
Protéines : 1,3 g	Phosphore : 22 mg	Vitamine B2 : 0,05 mg
Glucides : 3,1 g	Potassium : 107 mg	Vitamine B5 : 0,06 mg
Lipides : 0,1 g	Sodium : 307 mg	Vitamine B6 : 0,51 mg
Fibre : 2,5 g	Fer : 1,6 mg	Vitamine B9 : 42 ug
		Vitamine C : 2 mg
		Vitamine PP : 0,2 mg
		Vitamine E : 0,16 mg

TIRILLY et BOURGEOIS, (1999).

Les principaux acides aminés contenus dans les protéines du haricot sont :

Arginine (8,54%) ; Lysine (4,32%) ; Tyrosine (3,32%) ; Tryptophane (1,39%) ;  
Histidine (3,00%) ; Cystéine (1,23%) et Méthionine (1,80%) ; (SALONTAi et  
MUNTEAN, 1982)

La graine possède une grande valeur alimentaire (LAUMONIER, 1979). Elle renferme :

- ❖ Eau .....12, 5 g ;
- ❖ Matières azotés.....22,5 g ;
- ❖ Matières hydrocarbonées.....5 g ;
- ❖ Matières grasses.....3 g ;
- ❖ Sucres.....3 g ;

Le poids de mille graine « PGM » du haricot est de 140 à 800 g et le volume 730 à 850  
graines / litre (CHAUX et FOURY, 1994)

#### 1.4.1. Valeur nutritive des gousses

Le haricot est une source de protéines végétales, reconnue comme étant l'une des  
meilleures et des moins coûteuses solutions pour l'alimentation des populations des pays en  
voie de développement. En effet, les protéines végétales coûtent deux fois moins chères que  
les protéines animales. Les haricots secs ont une teneur en protéine élevée et sont une  
excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucides complexes, de vitamines (B9) et  
de minéraux (en particulière le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre,  
le fer, le zinc), (GORDON, 2004).

Les graines de légumineuses contiennent deux à trois fois plus de protéines que les  
céréales (SOLTNER, 1990).

**Tableau 4 :** Composition (g/ 100 g de graines) et la valeur énergétique (calorie/ 100 g des  
graines de *Phaseolus vulgaris* L.

Légumineuse	Protéine	Lipide	Glucide	Fibre	Matière Minérale	Eau	Calories
<i>P. vulgaris</i>	20-27	1-2	60-65	4-5	4-5	11	341

(SINHA et WATTERS, 1980 ; ISERIN, 1997).

#### 1.4 .2. Valeur alimentaire

L'alimentation quotidienne de chaque individu doit lui apporter une quantité suffisante des  
différents macronutriments (protéine, lipide et glucide) et micronutriments (vitamines, sels  
minéraux...) pour assurer la couverture de l'ensemble de ses besoins. La valeur alimentaire

des graines de légumineuses dépend de leur composition chimique et principalement de la teneur et de la qualité de leur protéine brute (DEMOL, 2002).

La culture des légumineuses, source de protéines végétales, a été reconnue comme étant l'une des meilleures et des moins coûteuses des solutions pour la couverture des besoins alimentaire en protéines pour les populations des pays, qui compense le manque de source de protéines animales pour une grande partie de la population (NYABYENDA, 2005)

La teneur en protéine de la plupart des graines des légumineuses est de 20 à 25% du poids sec, celle du haricot renferment les 24 acides aminés indispensables à l'alimentation humaine. En outre elles possèdent des minéraux importants comme le fer, le calcium et des vitamines. Leurs teneurs élevées en amidon qui donne une valeur énergétique nette et élevée, proche de celle de blé (HUIGNARD *et al*, 2011).

### 1.4.3. Valeur médicinale du fruit du haricot

Régularise le transit intestinal. Diminue les risques de cancer du côlon et de l'œsophage. Effet antioxydant : prévention des maladies cardio-vasculaires. (ANONYME, 2014).

La même source indique que le haricot renforce le système osseux (présence de silice). Effet hypoglycémiant : diabète. Léger effet anti-inflammatoire : douleurs articulaires, arthrose, arthrite, rhumatismes, aide au traitement des abcès, des ulcères de la peau, de l'eczéma, calme la douleur des morsures d'animaux domestiques, apaise le système nerveux : stress, nervosité, anxiété.

Pour contrer la constipation occasionnelle. Soulager les douleurs articulaires et rhumatismales, contribuerait à faire diminuer l'œdème lié à la goutte, à la lithiase urinaire et certaines pathologies rénales (ANONYME, 2014).

## 1.5. Importance de la culture

Le haricot vert (*Phaseolus vulgaris L.*) est une plante annuelle, originaire de l'Amérique du Sud et appartenant à la famille botanique des légumineuses ou papilionacées. La partie consommée est le fruit (gousse) au stade non encore mûr. Le légume est riche en protéines, Vitamine A et C et en sels minéraux. C'est une bonne culture de diversification, permettant l'amélioration de la fertilité du sol et la valorisation des intrants. (ANONYME, 2006)

### 1.5.1 Intérêt agronomique

Les cultures de Légumineuses (plantes capables de fixer l'azote de l'air) permettent d'enrichir le sol en azote. Le haricot fait partie du groupe des cultures capables de fixer et

d'utiliser l'azote atmosphérique grâce au rhizobium situé dans les nodosités (BALON et KIMON, 1985 ; DOUCET, 1992 et ROLAND, 2002).

Les éléments nutritifs sont rendus disponibles pour les plantes par la minéralisation des matières organiques dans le sol, ce qui explique l'importance accordée par les cultures de Légumineuses à la vie biologique dans les sols (micro- organismes, vers de terre, racines).

Dans les sols très pauvres en azote, telles que les zones tropicale, les Légumineuses peuvent être efficaces comme alternative à la fertilisation notamment dans les pays en voie de développement (ROLAND, 2002).

### 1.6. Haricot dans le monde

Le *Phaseolus vulgaris L.*, est une source de protéines diététiques dans beaucoup de pays en développement et d'une source importante de fer, de zinc et de fibres (DURANTE et GIUS, 1997 in BAYUELO-JIMENEZ *et al*, 2002). Quant au secteur de culture, le haricot représente la troisième plus importante récolte des légumineuses dans le monde (AYDINETAL, 1997).

Le haricot représente une source de revenus importante pour des millions de personnes notamment dans les milieux ruraux. Il constitue la principale Légumineuse alimentaire de plus de 300 millions de personnes en Amérique latine, en Afrique centrale et en Afrique de l'Est (SILUE *et al*, 2010).

Au cours des dix dernières années, la production mondiale de haricots secs a fluctué, mais la tendance est légèrement à la hausse. Pendant cette période, la production a varié d'un plancher de 15,7 millions de tonnes en 1994 – 1995 à un sommet de 18,9 MT en 2002 – 2003, en 2006, la production mondiale des haricots vert est estimée à 6,42 millions de tonnes (FAO, 2004).

#### 1.6.1. En Algérie

Le haricot est une plante cultivée dans le territoire du nord Algérien. Le haricot est placé en 13<sup>ème</sup> position des cultures maraîchères, soit 2,16% de la production totale. Parmi les légumes, le haricot occupe la 3<sup>ème</sup> position par une surface de 14,57% et ce par rapport à la superficie totale réservée au maraîchage. Selon le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (M.A.D.R.), l'Algérie a mis en œuvre, un plan d'action visant l'augmentation de la production agricole et ceci par l'intensification de la culture des céréales et des légumineuses. La production moyenne pour l'Algérie a été estimée à 0,72 t/ha avec une surface totale d'environ 161,6 hectares en 2009 (ANONYME, 2002).

**Tableau 05** : Production du haricot en Algérie :

	Haricot vert			Haricot sec		
	superficie	production	rendement	superficie	production	Rendement
2009	8918	450964	50.6	1616	11588	7.2
2010	9599	534874	55.7	1214	8449	7.0
2011	9197	545812	59.3	1218	9525	7.8
2012	10707	607867	56.8	1573	10240	6.5

(ANONYME, 2013)

### 1.6.2. Au Mozambique

Au Mozambique, est largement cultivé principalement, dans les régions chaudes comme Sofala, Tete, Pemba, Niassa, Zambézia et Inhambane. C'est la quatrième culture après l'arachide, le poids d'Angole et le haricot dolique.

**Tableau 06**: Importance relative des différentes légumineuses à graines en Mozambique.

Espèces	Superficie couverture (ha)	Surface légumineuses (%)
Arachide	315000	42
Poids d'Angole	190000	25
Haricot dolique	226000	17
Haricot commun	106000	14
Soja	15000	2
<b>Total</b>	<b>752000</b>	<b>100</b>

(ANONYME, 2013).

Il se produit dans tout le pays. Cependant, les zones agro-écologiques sont considérées comme les plus appropriées (WALKER et *al.*, 2006).

Il occupe 17% de la superficie totale de légumineuses avec une production 63000 tonnes chaque année. Il est pratiqué par les petits exploitants sous des conditions pluviales pour l'obtention de grains et des gousses vertes. Cette récolte est destinée à la consommation humaine et à la gestion du revenu familial (HEEMSKERK, 1985).

Les facteurs en cause sont les insectes ravageurs, les maladies, les mauvaises herbes, les nématodes, les pratiques culturales inadéquates et la qualité des semences (SINGH et RACHIE 1985). Ajoutons à cela, le manque de vulgarisation, la faible fertilité des sols (INIA, 2003; INGC, 2009), la sécheresse (CHIULELE, 2010) et le manque de recherches pour l'amélioration des cultures (SINGH et RACHIE, 1985). Par exemple, ces rendements ont été signalés dans les exploitations familiales dans des conditions de cultures intercalaires, de

faible densité de plantes et en absence d'engrais et de pesticides ; car il n'a pas un système formel de production de semence et de l'approvisionnement. Environ 90% ou plus du matériel végétal utilisé ce sont des semences des agriculteurs (ALFREDO, 2014).

### 1.7. Principaux ennemis de la culture et méthodes de lutte

Il y a toute une gamme d'ennemis de la culture: insectes (pucerons, mouche blanche, mineuse, araignée), nématodes, maladies (graisse, rouille, oïdium et différentes pourritures) et virus. La meilleure lutte est la lutte intégrée, utilisant à la fois des méthodes culturales (rotation, variétés tolérantes ou résistantes, destruction des mauvaises herbes...) et biologiques (prédateurs d'insectes). Parfois la lutte chimique s'impose; il est conseillé de se conformer aux doses prescrites par le fournisseur afin d'éviter l'utilisation abusive des produits phytosanitaires et de sauvegarder l'environnement. (FAO, 2006)

L'impact de maladies est très variable selon la gravité des symptômes provoqués sur la plante hôte.

**Tableaux 7** : les principaux ravageurs qui attaquent le haricot :

Maladies	Symptômes	Lutte
Maladie Virale	Le virus cause deux symptômes différents, selon le cultivar et la souche du virus. Les symptômes typiques sur les feuilles sont des nervures vert-foncé accompagnée d'un recroquevillèrent des bords des feuilles.	La lutte par l'utilisation des variétés résistantes par hypersensibilités
Les pucerons	Ce sont les premières responsables à la transmission des viroses chez le haricot.	On peut lutter avec du pyrimicarbe, en une seule pulvérisation dès l'apparition des premières pucerons.
La mouche des semis	Elle provoque la destruction des plantes au semis.	La lutte est préventive par le traitement des semences ou le traitement des sols.

CHAUX et FOURY, (1994)

### 1.8. Récolte, manipulation du produit

Au moment des cueillettes, il faut faire attention pour ne pas arracher les plantes en tirant la gousse, il faut d'abord la couper par l'ongle. La meilleure qualité (extra fin : 4-6 mm de

diamètre de section de la gousse) demande des passages fréquents (parfois 2 fois/jour de cueillette). La fin (6- 8 mm de diamètre de section de la gousse) se vend à un prix plus faible. (FAO, 2006)

### 1.9. Travaux d'entretien

L'intérêt de ces travaux est de favoriser la levée des plants, d'ameublir le sol et détruire les mauvaises herbes et enfin d'éviter les maladies cryptogamiques et les parasites.

#### ✓ **Binage**

Il consiste à remuer la surface du sol pour émietter la croûte de terre sur quelques cm de profondeur. Il sert à aérer le sol et lutter contre les mauvaises herbes. Il se fait à la binette ou à la serfouette. Le première binage se fait juste après la levée et il doit s'effectués lors des façons superficielles. (CHAUX, 1972)

Le binage est réalisé dès la levée, et lorsque les plantes atteignent 15 à 20 cm de hauteur on butte pour garder l'humidité au pied des touffes et pour favoriser l'émission des racines adventives. (Louis, 1979)

#### ✓ **Buttage**

Le buttage consiste à ramener la terre autour du pied des plantes. Il est nécessaire pour garantir un bon niveau de rendement pour les légumes tubéreux, à racine et à bulbe. Il se fait à la serfouette, il est effectué un peu avant la floraison. (INDREA et *al*, 1983)

#### ✓ **Désherbage**

Le désherbage revêt aussi une grande importance, car les plantes des haricots sont très sensibles aux mauvaises herbes qui peuvent conduire à une baisse du rendement très considérable. La lutte doit se faire dès le premier mois et se poursuivre régulièrement jusqu'à la fin de la campagne.

Le désherbage chimique du haricot est valable mais il demande de la prudence et de l'expérience. Le comportement des variétés et aussi des saisons de mise en culture étant fort variables. (LAUMONIER, 1979)

#### ✓ **Arrosage**

Les besoins en eau correspondant à une production maximale d'une culture de 60 à 120 jours varient entre 300 et 500 mm selon la texture du sol. (DOOREMBOS et *al*, 1980)

La période critique se situe de la floraison jusqu'à la formation des gousses. L'insuffisance d'eau du sol durant cette période provoque un arrêt de croissance et une coulure des fleurs. (LAUMONIER, 1979)



Il est à noter que dans les premières périodes de la végétation, lorsque l'absorption d'eau est réduite, l'irrigation est effectuée à raison de 200 m<sup>3</sup> /ha. Plus tard pendant la floraison et la formation des gousses, la norme d'irrigation sera de 300 m<sup>3</sup> / ha et même plus si l'humidité du sol et de l'air sont trop faibles. (INDREA et *al*, 1988).

## 2.1. Fertilisation

La fertilisation est l'ensemble des techniques agricoles consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments minéraux nécessaires (matières fertilisantes) au développement de la plante et créer ou de maintenir dans le sol un milieu physique et chimique apte à la nutrition des plantes cultivées, d'améliorer la qualité et la quantité des produits récoltés (ZIDANE, 1989 ; SCHVARTZ *et al.*, 2005).

### 2.1.1 Principes et objectifs

D'après SCHVARTZ *et al.*, (2005), la fertilisation consiste à apporter à un milieu de culture, tel que le sol les éléments minéraux nécessaires a l'alimentation de la plante.

Les objectifs de la fertilisation visent à obtenir le meilleur rendement possible avec la meilleure qualité et au moindre coût (SCHVARTZ *et al.*, 2005).

Selon le même auteur, le souci de préservation de la fertilité du sol et de la qualité de l'environnement,- particulièrement en agriculture durable. La fertilisation a pour but de conserver ou améliorer la productivité d'une terre (SCHVARTZ *et al.* 2005).

La fertilisation Constitue l'un des éléments des techniques culturales retenues pour réaliser un objectif de production donnée. Elle doit être raisonnée en fonction du sol, le climat, les précédents culturaux, les variétés cultivées et les possibilités d'alimentation en eau (SOLTNER, 2003).

### 2.1.2. Besoin de la culture en éléments fertilisants

Les besoins des cultures varient selon le type de légumes cultivés (fruits, feuilles, racine...), la durée de la culture et les exigences de rendements.

D'après Mozollier (2011), on peut classer les cultures en trois groupes, en fonction des quantités d'éléments exportés (en kg/ha) :

- ✓ Cultures exigeantes
- ✓ Cultures moyennement exigeantes
- ✓ Cultures peu exigeantes

Le haricot se classe au 3ème groupe « **cultures moins exigeantes** » avec les besoins suivantes :

**Tableau 8** : Besoins de la culture

Espèce	Azote N	Phosphore P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Potassium K <sub>2</sub> O	Magnésium MgO
Haricot	30 à 80	20 à 80	50 à 150	10 à 20

(MAZOLLIER, 2011)

### 2.1.3. Stratégies de la fertilisation

La stratégie de la fertilisation repose sur la prise en compte de six critères suivants:

- ✓ L'exigence de la plante
- ✓ L'état de richesse du sol: qui renseigne sur la réserve de P et K
- ✓ Le passé de la fertilisation : les doses de phosphore et de potassium apportées les 2 à 3 ans précédentes.
- ✓ La restitution ou non des résidus des précédents culturaux (SOLTNER, 2003).
- ✓ La nouvelle stratégie considère deux seuils qui dépendent surtout de l'exigence de la culture:
  - Teneur impasse: correspond à la teneur du sol (en P2 05 ou K20) au-dessus de laquelle la suppression de la fumure sur culture n'entraînera pas de chute de rendement.
  - Teneur renforcée: représente la teneur du sol au-dessous de laquelle il faut apporter une dose supérieure à la fumure d'entretien (SOLTNER, 2003).
- ✓ Une fertilisation renforcée permettra d'obtenir un rendement de plus de 10% à celui obtenu par la fertilisation d'entretien (SCHVARTZ *et al*, 2005).

### 2.1.4. La fertilisation minérale

Les engrais minéraux sont des matériaux naturels ou manufacturés, qui contiennent des éléments fertilisants essentiels pour la croissance et le développement normaux des plantes. Les engrais étant des substances destinées à fournir à la plante les éléments nutritifs dont elle a besoin, il va de soi que les engrais sont principalement composés des éléments dont la plante a le plus besoin, c'est-à-dire l'azote, le phosphore et le potassium.

Il existe donc des engrais azotés, des engrais phosphatés et des engrais potassiques. Dans une moindre mesure, il y a aussi des engrais soufrés, des fertilisants calciques et magnésiens et des engrais destinés à combler les carences en oligo-éléments (ANONYME, 2005).

#### 2.1.4.1. Engrais simples

Les engrais simples sont des engrais qui ne contiennent qu'un seul élément fertilisant, il en existe donc plusieurs types: Parmi les engrais azotés, on distingue les engrais ammoniacaux (dans les quels l'azote est sous forme d'ammoniac,  $\text{NH}_4^+$ , par exemple le sulfate et le chlorure d'ammoniac):

- ✓ **Engrais nitriques ( $\text{NO}_3^-$ ),**

Ces engrais ne contenant que l'azote nitrique (qui sont le nitrate de soude et le nitrate de chaux). Les engrais ammoniacaux : ne renfermant que l'azote ammoniacale (le sulfate

d'ammoniaque  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  et l'ammoniac anhydre  $\text{NH}_3$  (82 % de N). Les engrais ammoniac-nitriques: L'azote est présent à la fois sous forme ammoniacale et nitrique. Les ammonitrates de différents dosages: 20,5 %; 26 %; 33,5 % de N, et le sulfo-nitrate d'ammoniaque 7 % nitrique et 19 % ammoniacale (VILAIN, 1989).

✓ **Engrais phosphatés ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ),**

Elles sont caractérisés par leur teneur en phosphore, exprimée en anhydride phosphorique, et par leur solubilité dans différents réactifs qui sont le superphosphate simple, le superphosphate tripe et les phosphates naturels comme par exemple le P.N.T. (Phosphate Naturel de Tahoua) (VILAIN, 1989).

✓ **Engrais potassiques,**

Elles proviennent essentiellement de l'exploitation minière de dépôts de sels de potassium. Dans la pratique, on utilise presque exclusivement le chlorure de potassium (KCl) et le sulfate de potassium ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), ce dernier ayant l'avantage de contenir également du soufre (F.A.O, 2005).

#### **2.1.4.2. Engrais composés**

Les engrais qui contiennent plus d'un élément fertilisant seront appelés engrais composés, dont la composition sera mentionnée en N-P-K.

#### **2.1.5. Fertilisation organique**

L'apport de fumure organique (débris végétaux, déjections animales, le sang desséché, la corne broyé, les déchets de cuir, la farine de plume) constitue un apport extérieur d'éléments nutritifs. Ceux-ci sont apportés sous forme organique et subissant l'action conjointe des bactéries et des éléments météorologiques (température, pluie), seront minéralisés pour libérer sous forme assimilable les éléments fertilisants dont ils sont constitués.

La matière organique, une garantie pour la fertilité physique, chimique et biologique des sols. Les engrais de ferme constituent, en effet, un mélange complexe plus performant que les minéraux seuls (ANONYME, 2001).

##### **2.1.5.1. Fertilisations organo-minérales**

Les engrais organo-minéral résultent du mélange d'engrais minéraux et d'engrais organiques, les matières organiques azotées représentent généralement 25 à 50 % des produits finis. Les autres constituants du fertilisant, sels simples et minéraux, apportant l'azote, le potassium et le potassium sous des formes appropriées, sont dilués dans les matières organiques (HARGROVET, 2008).

### 2.1.6. Autres sources

Il n'est pas conseillé d'apporter une fumure de fond (pas de fumier car il laisse le sol creux, pas d'engrais de fond car il retarde la germination des graines). On procède à 2-3 binages avant la floraison (il ne faut pas déranger les plantes à partir de la floraison). (FAO ; 2004)

## 2.2. Irrigation

Selon BELAY et *al.* (2009), le besoin en eau de la culture est de 400mm en plein champ ; la culture ne doit pas subir de stress hydrique en période florale et post florale. D'après, ces travaux pendant la floraison et la formation des gousses, le haricot exige beaucoup d'eau.

L'insuffisance de l'humidité au cours de cette phase de développement, diminue considérablement le rendement. L'excès d'eau, allonge la période de fructification et favorise l'attaque des maladies fongiques telle que l'antracnose (KOLEV, 1976).

Le facteur eau est très important pour la qualité des filets des variétés cultivées (LAUMONNIER, 1979).

### 3.1. Solution nutritive

En hors sol, il n'y a pas d'apport d'éléments minéraux par le substrat. Ces derniers doivent donc être fournis par la solution nutritive, en même temps que l'eau et doivent être suffisamment pour couvrir à chaque instant les besoins de la plante. (URBAN, 1997)

Elle est caractérisée par trois paramètres à savoir : pH, la conductivité électrique, et l'équilibre ionique. Le but recherché est de fabriquer une solution nutritive dont la composition est proche de l'une des solutions de référence tout en corrigeant la mauvaise qualité de l'eau lorsque cela est nécessaire. (LESAINTE et COÏC, 1983)

**Tableau 9** : Composition des solutions nutritives :

Eléments	Nom	Dosage en g /litre d'eau
Macro	Phosphate mono-ammoniaqué	34
	Nitrate de calcium	208
	Nitrate de potassium	110
Micro	Nitrate de magnésium	103,5
	Sulfate de magnésium	82
	Sulfate de cuivre	0,12
	Sulfate de manganèse	0,5
	Sulfate de zinc	0,3
	Acide borique	1,55
	Ammonium molybdate	0,005

(DIALLO, 2002)

Il est important de vérifier régulièrement la solution prête à l'emploi pour assurer qu'il n'y a pas des erreurs graves lors de la préparation de la solution. (LESAINTE et COÏC, 1983). Il s'agit : **pH du sol**

La majorité des espèces cultivées exigent un pH entre 5,5 et 6,5, car de telles valeurs mettent à l'abri d'une éventuelle précipitation des phosphores et des oligo- éléments et assurent une complète solubilité des sels généralement utilisé dans la confection des solutions nutritive. (BLANC, 1987).

#### ❖ conductivité électrique

Le facteur majeur à contrôler dans le système hors sol est la concentration de la solution nutritive qui est mesurée par la conductivité électrique « CE », car si elle est très basse ou très élevée, la croissance des plantes est bloquée. La conductivité électrique de la solution

nutritive doit être propre à chaque espèce cultivée et permettant une absorption équilibrée en eau et en éléments nutritifs au niveau des racines. (VITRE, 2003)

L'unité de mesure la plus fiable et la plus utilisée pour mesurer la CE des solutions fertilisantes est le millisiemens/cm. (LETARD et PATRICIA, 1995).

Une conductivité électrique élevée limite l'absorption du  $\text{Ca}^{2+}$ , la production de la matière fraîche et la capacité d'échanges des ions. (THIAULT, 2004)

#### ❖ **Equilibre ionique**

L'égalité entre les anions et cations est obligatoire dans la solution, les équilibres ioniques pour l'alimentation hydrique et minérale ne sont pas indifférents et pourront être modulés en fonction des stades de développement de la plante (COÏC, 1984 ; CHAUX et FOURY, 1994).

Chaque sel minéral introduit dans l'eau se dissocie en donnant une paire d'ions de charge opposée : un ion positif (cation) et un ion négatif (anion). Sous son apparente simplicité, cet énoncé cache la principale difficulté de fabrication des solutions nutritives. En effet, chaque fois que l'on souhaite introduire un élément minéral dans une solution nutritive sous forme de l'un de ses sels, on apporte bien sûr l'ion correspondant, mais aussi un ion associé. Pour les macroéléments, compte tenu des quantités utilisées, il faudra tenir compte de la nature et de la concentration de cet ion associé. Pour les oligo-éléments, ces apports, bien qu'existants sont négligeables en raison de la faiblesse des concentrations. (COIC, 1975).

#### **3.1.1. Préparation de la solution nutritive**

Morard (1995), indique que la procédure à suivre pour la préparation de la solution nutritive est la suivante :

- Choix de la formulation adaptée à la culture.
- Analyse de la composition minérale de l'eau d'irrigation.
- Adaptation de la formulation choisie aux teneurs en éléments minéraux contenus dans cette eau.
- Choix de la nature des sels minéraux.
- Calcul des pesés de sels correspondant à la fabrication du volume de solution nutritive préparée (éventuellement de la qualité d'acides à apporter).
- Fabrication des solutions mères A et B d'oligo-éléments, Contrôle de la composition minérale de la solution fille à la sortie des goutteurs.

### 3.2. Avantages de la solution nutritive

La croissance et le développement des végétaux en culture hors sol nécessitent en permanence une bonne synchronisation entre les besoins des végétaux en éléments minéraux et leur fourniture par la solution nutritive.

- ✓ Dans ce système de culture, la composition de cette solution nutritive est une composante fondamentale du rendement et de la qualité des productions puisqu'elle constitue le seul vecteur de l'alimentation hydrominérale des plantes. (MORARD, 1995)

Selon Skiredj (2007), la solution nutritive permet:

- ✓ Une utilisation correcte et économe de l'eau et des éléments minéraux au sol pour une meilleure utilisation par la plante.
- ✓ Un bon contrôle de l'état ionique de la rhizosphère,
- ✓ Une économie de la main d'œuvre,
- ✓ Localisation des apports à proximité des racines,
- ✓ Intervention possible à tout moment, ce qui permet la correction des carences,
- ✓ Meilleur contrôle des doses apportées, ce qui évite les pertes par lessivage et accroît l'efficacité.

### 3.3. Inconvénients de la solution nutritive

Cette pratique, aussi bien en recherche qu'en production horticole, présente deux inconvénients :

- ✓ Les concentrations élevées favorisent une consommation de luxe en macroéléments et peuvent parfois induire des phénomènes d'antagonismes entre les ions de même charge.
- ✓ Le développement en horticulture des techniques hydroponiques à solution nutritive non recyclée engendre des effluents qui représentent un risque important de pollution de l'environnement.

En effet, 30 à 40% des solutions nutritives ne sont pas utilisées par la culture et sont rejetées dans les sols et les eaux de surface. (MORARD et MARTINEZ 2001)



#### 4.1. Objectif de l'expérimentation

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de l'incorporation de la solution nutritive dans le cycle d'irrigation d'une espèce cultivée sous serre:

Le haricot.

A cet effet, nous nous sommes intéressés à :

- ✓ Effet de l'incorporation de la solution nutritive sur le comportement des plantes.
- ✓ Effet de l'interaction fertilisation- solution nutritive sur le haricot, ainsi la fréquence d'apport dans le cycle des irrigations de l'espèce.

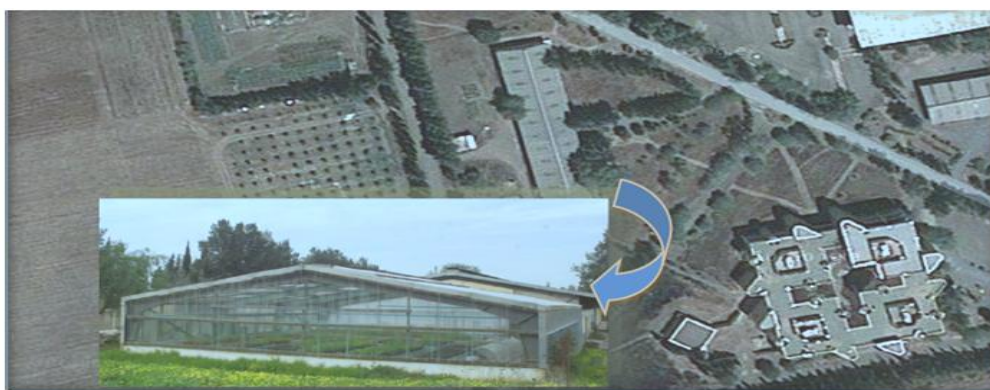
#### 4.2. Matériel végétal

L'espèce choisie durant l'expérimentation est le haricot, (*Phaseolus vulgaris* L.): variété « Djadida » famille des fabacées. Les semences proviennent de l'institut technique des cultures maraichères et industrielles (ITCMI) de Staouali. Les semences sont récoltées en 2013. La pureté spécifique est de 99%.

#### 4.3. Conditions expérimentales

##### 4.3.1. Lieu de l'expérience

L'expérimentation a été réalisée au laboratoire de biotechnologie des productions végétales du département de Biotechnologies de l'université Blida1 située dans la plaine de la Mitidja, dans une serre en polycarbonate dont l'orientation est nord-sud et d'une superficie de 382.4 m<sup>2</sup>. L'aération est assurée par des fenêtres placées latéralement de part et d'autres de la serre. Le chauffage de la serre en période froide est réalisé à l'aide de radiateurs à eau chaud.



**Figure 01** : Présentation du site expérimental

#### 4.4. Germination et repiquage

##### 4.4.1. Germination

La germination des graines a été effectuée le 08-12-2015 dans des gobelets contenant de la tourbe.



**Figure 02** : Phase de germination du haricot.

##### 4.4.2. Repiquage

Les plants du haricot ont été transplantés définitivement dans des pots le 07-01-2016, soit 29 jours après semis. Un arrosage à l'eau du robinet est préconisé pour favoriser la reprise des jeunes plantules.



**Figure 03** : Aspect général des jeunes plantules du haricot après repiquage.

### 4.4.3. Containers et sol

#### 4.4.3.1. Containers

Les conteneurs utilisés sont des pots en plastique de couleur noire, ayant une capacité de 4L et présentant un orifice de drainage à leur base, permettant l'évacuation de l'eau en excès.



**Figure 04** : Présentation du conteneur utilisé durant l'expérimentation.

### 4.4.4. Sol et provenance et désinfection

#### a) Provenance

Le sol utilisé dans notre expérimentation provient de la station expérimentale du département des Biotechnologies (Blida1). D'après les résultats des analyses du sol obtenus, et selon le triangle de texture, le sol présente une texture limono-argilo-sableuse ce qui convient aux exigences édaphiques du Concombre et du haricot. A la base de chaque pot on a mis du gravier concassé de carrière 3- 8 mm de diamètre pour assurer un bon drainage.

Avant la désinfection du substrat on a tamisé la terre à l'aide d'un tamis à maille moyenne afin d'éliminer les grosses particules terreuses.

#### b) Désinfection du substrat par voie thermique méthode Bergerac

Lorsque la désinfection est faite dans des bonnes conditions, elle permet de détruire la plupart des organismes néfastes tels que (insectes, nématodes, champignons, bactéries, virus qui sont peu résistants à des températures de 80 à 90°C. Au-delà de ces températures le sol se trouverait stérilisé, ce qui doit être évité.



**Figure 5** : Désinfection du substrat par la méthode «Bergerac ».



#### 4.5. Préparation de la solution nutritive de base

Durant l'expérimentation, on a préparé une solution nutritive reconstitution à base de l'eau de Blida qui a une concentration globale de sels avoisinant de 0.49 g/l concentration qui dépassent 0.2g/l où l'analyse de l'eau de Blida est jugée nécessaire avant la préparation de la solution nutritives (norme indiquée par PENNEINGSFELD et KURZMAN (1969) in MALLEEN (1997).

**Tableau 10:** Teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida

Eléments	Teneur en mg/l	Teneur en meq /l
K <sup>+</sup>	00.00	00.00
Ca <sup>++</sup>	46.00	2.80
Na <sup>+</sup>	29.90	1.30
Mg <sup>++</sup>	21.60	1.80
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21.70	0.34
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	38.40	0.80
CL <sup>-</sup>	21.30	0.60
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	244.00	4.08
Total	433.90	11.73

(Snoussi, 2001)

L'analyse de l'eau de Blida présentée dans le tableau 10, révèle une quantité assez élevée en ions bicarbonates (4.08 méq /l) ; ce qui rend le milieu plus basique (pH = 7.8), nécessitant une correction de pH.

La correction du pH de l'eau consiste donc à utiliser des acides pour détruire partiellement les bicarbonates et ramener au voisinage de 4.4 à 4.8 jugés le plus favorable pour la croissance et le développement des plantes.

Deux types d'acides ont été utilisés à savoir, l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) et l'acide phosphorique (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). Ces deux acides permettent d'une part l'abaissement du pH et l'apport des éléments utiles tels que les nitrates et les phosphates.

La quantité d'acide à apporter est calculée selon la formule suivante:

$$Q \text{ (meq/l)} = (\text{quantité d'HCO}_3 \text{ dans l'eau en méq/l}) \times 0.833$$

$$Q = 4.08 \times 0.833 = 3.39 \text{ méq / l d'eau}$$

Cette quantité d'acide sera partagée entre: H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> = 1.1 méq / l (correspondant aux besoins des végétaux qui sont de 3.3méq / l de phosphore), et HNO<sub>3</sub> = 3.39 – 1.1 = 2.29 méq / l (besoin partiel en nitrates).

##### 4.5.1. Elaboration d'une solution nutritive de base à partir de l'eau de Blida

L'eau de Blida est une eau peu chargée en sels. Pour cela on ajoute des éléments pour corriger les déficits et équilibrer la balance ionique pour avoir une solution de base selon les normes définies par COIC et LESAIN (WARRENCE et AUDER ; 2002).

Les différentes étapes adoptées pour la réalisation de cette solution sont les suivantes:

a) L'apport d'azote est fixé à 12 méq / l :

- ✓ 10.2 méq/l  $\text{NO}_3^-$  représentant 84%
- ✓ 1.8 méq/l  $\text{NH}_4^+$  représentant 14%

b) L'apport de chlorure et de sodium étant au-delà là des besoins normaux des plantes (0.2 meq / l), aucun apport complémentaire n'est nécessaire.

c) L'apport du phosphore est fixé à 3.3 méq / l de  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , le (P) présent sous la forme trivalent  $\text{PO}_4^{3-}$ , 1.1 méq / l de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  combler les besoins en phosphore.

La quantité d'acide nécessaire pour ajuster le pH de l'eau à 4,8 est de 3,3 méq/l. ce volume permet de satisfaire la totalité du besoin en phosphore en apportant 1,1 méq/l de  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , et un apport partiel de 2.2 méq/l de  $\text{NO}_3^-$ .

d) le bilan des anions restant à introduire dans la solution nutritive:

- Nitrates: besoins: 10,2 méq / l.

- déjà disponibles: 0,34 méq / l (eau) + 2,2 méq / l (correction de pH) = 2,44 méq / l

- à apporter: 10,2 méq / l - 2,44 méq / l = 7,64 méq / l.

- Sulfate : besoins: 1.4 méq / l.

- déjà disponibles: 0,8 méq / l

- à apporter: 1,4 méq / l - 0,8 méq / l = 0,7 méq / l.

e) L'apport d'ammonium (1,8 méq / l de  $\text{NH}_4^+$ ) est assuré par l'emploi de  $\text{NO}_3^-\text{NH}_4^+$  qui assurera en même temps l'apport de 1,8 méq / l de  $\text{NO}_3^-$ . Les anions disponibles pour apporter un complément de K, Ca et Mg sont désormais les suivants:

Nitrates = (7,64 - 1,8)  $\text{NO}_3\text{NH}_4$  = 4,84 méq / l

Sulfates = 0,7 méq / l

} Total = 6,55 méq / l

f) La somme totale des cations dans la solution nutritive finale = (k + Ca + Mg) déjà présents dans l'eau + (K + Ca + Mg) apportés sous forme de nitrates et de sulfates.

Total = (0 + 2,8 + 1,8) + 6,44 = 11,14 méq / l.

Selon les normes définies par COIC et LESAINT, les proportions relatives de ces cations doivent être proches des proportions suivantes:

K = 39,6%

Ca = 47,6%

Mg = 12,8%

$$\text{K} = \frac{11.15 \times 39.6}{100} = 4.41 \text{ meq/l} \quad \text{Ca} = \frac{11.15 \times 47.6}{100} = 5.31 \text{ meq/l} \quad \text{Mg} = \frac{11.15 \times 12.8}{100} = 1.43 \text{ meq/l}$$

Ce qui donne dans le cas présent:

$$4,41 \text{ méq/l (K)} + 4,31 \text{ méq/l (Ca)} + 1,43 \text{ méq/l (Mg)} = 11,14 \text{ méq/l.}$$

Les besoins en Mg sont satisferont par la quantité déjà continu dans l'eau.

- Apport des cations à réaliser, sous déduction de ce qui est déjà présent dans l'eau.

$$\text{K (4,41 méq/l), Ca (2,41 méq/l), Mg (0 méq/l).}$$

L'apport de Mg n'étant pas nécessaire : la teneur de l'eau en Mg est supérieure à l'apport souhaitable. Les  $11,14 \text{ méq/l} - 1,8 \text{ méq/l (Mg)} = 9,34 \text{ méq/l}$  d'anions sont donc à partager entre K et Ca uniquement et en respectant les proportions  $\text{K} + \text{Ca} = 87.2 \%$  soit:

$$- \text{K} = 9.34 \times \frac{39.6}{39.6 + 47.6} = 4.24 \text{ méq/l} \quad - \text{Ca} = 9.34 \times \frac{47.6}{39.6 + 47.6} = 4.10 \text{ méq/l}$$

Tous les résultats sont reportés dans les tableaux suivants:

**Tableau 11 :** Composition de l'eau de Blida

pH = 7,8

Eau de Blida	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Total
	0.34	00	0.80	0.60	
K <sup>+</sup> 00					0
Na <sup>+</sup> 1.30					1,30
Ca <sup>++</sup> 2.80					2,80
Mg <sup>2++</sup> 1.80					1,80
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 00					00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 4.08					4,08
Total	0,34	00	0,80	0,60	

**Tableau 12:** Eau de Blida corrigée

(solution nutritive de base) pH = 4,8

Eau de Blida	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Total
	0.35	00	0.80	0.60	
K <sup>+</sup> 0	3,55		0,70		4,25
Na <sup>+</sup> 1.30					1,30
Ca <sup>++</sup> 2.80	2,30				5,10
Mg <sup>2++</sup> 1.8					1,80
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 00	1,80				1,80
H <sup>+</sup>	2,20	1,10			3,30
Total	10,20	3,30	1,50	0.60	

Un certain ordre de dissolution doit être respecté afin d'éviter toute précipitation et ceci en commençant par les produits à fonction acide et les plus solubles, ensuite on rajoute au fur et à mesure les autres produits.

En dernier lieu, nous avons rajouté une solution d'oligoéléments composée de deux solutions complémentaires d'oligoéléments préconisées par COIC et LESAIN (AUDER et WARRENCE, 2002). Le contrôle de pH de la conductivité électrique est obligatoire avant chaque utilisation.

#### 4.5.2. Quantités et ordre de dissolution des sels de la solution nutritive de base élaborée avec l'eau de Blida

- $\text{HNO}_3 = 2.20 \times 63 = 138,6 \text{ mg/l}$
- $\text{H}_3\text{PO}_4 = 1.10 \times 98 = 107.8 \text{ mg/l}$
- $\text{KNO}_3 = 3.44 \times 101.09 = 348.86 \text{ mg/l}$
- $\text{K}_2\text{SO}_4 = 0.70 \times 87.12 = 60.98 \text{ mg/l}$
- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 2.30 \times 118.04 = 271.4 \text{ mg/l}$
- $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 1.80 \times 80 = 144 \text{ mg/l}$

Total = 1430.34 mg soit 1.43 g/l + Oligo-élément A et B (14.80 mg/l).

La solution nutritive de base renferme aussi des Oligo-éléments. Le fer est apporté à raison de 4 ml / l de solution de concentration 2g/l de séquestrée de fer. Les autres Oligo-éléments contenant le Molybdate d'ammonium (0,4 g / l), l'acide borique (14 g / l), le sulfate de manganèse (20 g / l) et le sulfate de cuivre (2,4 g / l) + sulfate de zinc (10 g / l) sont apportés à raison de 0,1 ml / l.

#### 4.6. Dispositif expérimental

L'affectation des traitements se fait d'une manière aléatoire selon la table des permutations des nombres aléatoires de (01) à (10). J'ai un plan sans contrôle d'hétérogénéité (randomisation totale) comportant 8 traitements (T1, T2, ..., T8). Pour chaque traitement, j'avais 05 observations soit 40 observations au total.


	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
P1								
P2								
P3								
P4								
P5								

Figure 6: Dispositif expérimental utilisé durant l'expérimentation



Figure 7: Vue générale du dispositif expérimentation

#### 4.7. Traitements utilisés

Durant l'expérimentation, on a étudié l'effet de huit traitements appliqués au cours du cycle d'irrigation d'où :

**T1:** Terre végétale sans fertilisation dont l'irrigation avec l'eau de Blida uniquement. (Témoin)

**T2 :** Terre végétale dont on a apporté une demi-dose de la fertilisation recommandée pour le haricot, l'irrigation avec l'eau de Blida uniquement.

**T3 :** Terre végétale dont on a apporté la fertilisation complète, l'irrigation avec l'eau.

**T4 :** Terre végétale sans fertilisation dont l'irrigation avec l'eau et un apport de la solution nutritive complète chaque trois jour.

**T5 :** Terre végétale dont on a apporté une demi-dose de la fertilisation recommandée pour le haricot, dont l'irrigation avec l'eau et un apport de la solution nutritive complète.

**T6 :** Terre végétale dont on a apporté la fertilisation complète recommandée pour l'espèce dont l'irrigation avec l'eau et un apport de la solution nutritive chaque trois jour.

**T7 :** Terre végétale dont on a apporté la fertilisation complète recommandée pour chaque espèce dont l'irrigation avec l'eau de Blida et un apport de la solution nutritive à 80%.

**T8 :** Terre végétale dont on a apporté la fertilisation complète recommandée pour chaque espèce dont l'irrigation avec l'eau de Blida et un apport de la solution nutritive à 60%.

#### 4.8. Entretien de la culture

##### 4.8.1. Irrigation

Le système d'irrigation adopté est celui de la percolation à circuit ouvert permettant l'éventuel excès d'eau et cette irrigation est faite chaque 3 jour.

Il est important de noter qu'il est recommandé de connaître les besoins journaliers en eau de la culture, afin de pouvoir rationaliser les besoins selon les stades de développement du végétal et ce pour éviter les déficits et les éventuels excès de solution nutritive. Le tableau suivant montre les doses et les fréquences apportées pendant la période de l'expérimentation

**Tableau 13:** Doses et fréquences nécessaires pour la culture du haricot :

Culture du haricot	Stade végétatif	Dose d'irrigation	Fréquence
Date			
19-12-2015 au 24-01-2016	Germination au Début floraison	20 ml	Une fois, tous les trois jours.
24-01-2016 à la coupe	Début floraison à la pleine floraison	50 ml	
	Pleine floraison à la nouaison	à 80 ml	
	Nouaison à la récolte		



### 4.8.2. Fertilisation

Les apports de fertilisation effectués sont mentionnés dans le tableau 14 :

**Tableau 14:** Doses et fréquences nécessaires pour la culture du haricot :

Espèces	Apport de fond	Apport d'entretien	Quantité apporté/pot
Haricot	20 à 30 unités de N/ha 50 à 70 unités de P/ha 120 à 150 unités de K/ha	50 unités de N/ha 80 unités de K/ha 100 unités de K/ha	N= 0,083g/5l P= 0,13g/5l K= 0 ;16g/5l

### 4.8.3. Traitements phytosanitaires

Au cours de l'expérimentation, nous avons effectué des traitements préventifs et curatifs pour écarter toute attaque cryptogamique ou d'insectes nuisibles contre les plantes selon le modèle suivant :

**Tableau 15:** Programme des traitements phytosanitaires réalisés en alternance

Dates	Produits	Désignation	Dose	Fréquence
21-02-2016	Duresban	Traitement préventif contre les insectes	2g par 1L d'eau	1 fois par semaine en alternance
02-03-2016	TOC SIN WG	Traitement fongicide contre les maladies cryptogamiques	2g par 1L d'eau	1 fois par semaine en alternance

## 4.9. Paramètres étudiés

### 4.9.1. Paramètres biométriques

Des mesures biométriques ont été réalisées sur les plantes (ou prélèvement) pour les deux variétés au moment de la coupe finale effectué le 21/04/2013 soit 110 jours après le repiquage. Egalement en cours de la culture, d'autres paramètres ont été mesurés :

#### 4.9.1.1 Hauteur finale des plantes

Les hauteurs sont mesurées périodiquement et ce tous les 10 jours, en centimètre (cm) du collet jusqu'à l'apex. Les valeurs des hauteurs finales sont mesurées au moment de la coupe à l'aide d'une règle graduée.

#### **4.9.1.2. Diamètre des tiges**

Le principe consiste à mesurer le diamètre des tiges à l'aide d'un pied à coulisse et ce au niveau de tous les plants pour les deux variétés

#### **4.9.1.3. Biomasse fraîche produite**

Le paramètre consiste à peser les différents organes de la plante en gramme, à l'aide d'une balance de précision. Les pesées ont porté sur le poids frais total : tiges + feuilles en g.

#### **4.9.1.4. Biomasse sèche produite**

La biomasse sèche a été mesurée après le dessèchement des poids frais des fruits, de chaque traitement et ce dans une étuve à 74°C jusqu'à la stabilité du poids sec puis transformée en % pour la comparaison.

- Poids sec total : fruit en g.

### **4.9.2. Paramètres de production**

#### **4.9.2.1. Nombre des fleurs par plants**

Ce comptage est réalisé tous les jours au niveau de chaque plant et jusqu'à la coupe finale.

#### **4.9.2.2. Nombre de fruit par plant**

C'est le comptage des fleurs nouées tous les jours au niveau de chaque plant à chaque traitement au moment du prélèvement.

#### **4.9.2.3. Le taux d'avortement**

Le taux d'avortement est exprimé par la différence entre le nombre total des fleurs apparues et le nombre total des fleurs nouées (concombre) ou transformées en gousses (Haricot)

#### **4.9.2.4. Estimation du rendement**

Le rendement est la somme cumulée de la production du haricot pesée au cours de la saison, pour chaque traitement. La mesure du rendement permet de vérifier s'il existe une certaine relation entre le rendement et le stade végétatif des plantes (températures cumulées). Cette mesure sert aussi à comparer le rendement des différents traitements. La récolte a été faite au moment de la coupe par traitement et par plant.

### **4.9.3. Paramètre physiologique (Dosage de chlorophylle)**

La chlorophylle **a** et **b** a été dosée durant le stade végétatif, il est réalisé selon la méthode de Francis et al (1970). La méthode d'extraction consiste en une macération des feuilles (0.1g) dans 10 ml d'un mélange de l'acétone et de l'éthanol (74 % et 24%) de volume et de (80% et 40%) de concentration. à l'obscurité (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière). Après 48h on procède à la lecture des densités optiques des solutions avec un

spectrophotomètre (UV), à trois longueurs d'ondes : (644,470 et 663 nm). La détermination des teneurs réalisée selon les formules

$$\text{➤ Chl a } (\mu\text{g/g MF}) = 12,7 \times \text{DO}_{(663)} - 2,49 \times \text{DO}_{(644)} \times V / (1000 \times W).$$

$$\text{➤ Chl b } (\mu\text{g/g MF}) = 22,9 \times \text{DO}_{(644)} - 4,68 \times \text{DO}_{(663)} \times V / (1000 \times W).$$

V : volume solution extraite et W le poids de matière fraîche de l'échantillon

#### **4.9.4. Paramètre de qualité**

##### **4.9.4.1. Taux de sucre**

A l'aide d'un réfractomètre on mesure le taux de sucre de jus extrait à partir du fruit de concombre ou la gousse d'haricot par la diffraction de la lumière à travers un prisme.

##### **4.9.4.2. Détermination de l'extrait sec**

On opérant cette dessiccation (à 70°C) jusqu'à la stabilité du poids sec. On obtient des produits secs.

## 5.1. Résultat et discussions

### 5.1.1. Paramètres de croissance

L'effet du traitement sur les plantes du haricot variété Djadida était bien remarqué durant l'expérimentation. Une observation globale sur l'ensemble des plantes a permis de tirer les aspects suivants des plantes du haricot selon les différents traitements testés :

Les plantes irriguées par l'eau de robinet du Blida (T1 «témoin» : Terre végétale +l'eau du robinet, T2 : Terre végétale + ½ fertilisation + l'eau du robinet, T3 :Terre végétale + fertilisation Complete + l'eau du robinet.) se manifestent par une couleur jaunâtre, une taille chétive et avec un nombre réduit de feuilles et de fleurs durant tout le cycle de développement. Par contre les plantes dont l'irrigation avec la solution nutritive tous les trois jours (T4 : Terre végétale + solution nutritive complète, T5 : Terre végétale + ½ fertilisation + solution nutritive complète, T6 :Terre végétale + fertilisation Complete + solution nutritive complète, T7 :Terre végétale + fertilisation complète + la solution nutritive à 80% et le T8 : Terre végétale + fertilisation complète + la solution nutritive à 60%) manifestent une masse végétative très importante et une croissance optimale.

#### 5.1.1.1. Aspect général des plantes

L'aspect général des plantes du haricot sont représentés dans les figures 08 et 09:



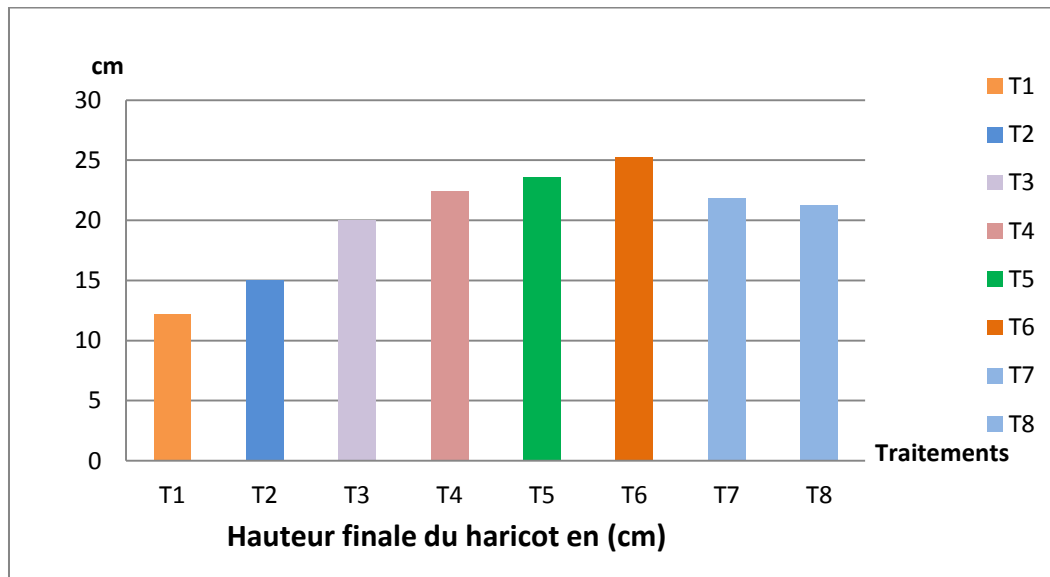
**Figure 08:** Aspect générale des trois traitements irrigués uniquement avec de l'eau du robinet.



**Figure 09:** Les plantes du haricot irriguées avec la solution nutritive.

### 5.1.2. La hauteur finale des plants

La hauteur finale des tiges a été mesurée à partir du collet jusqu'à l'apex au niveau de chaque plant. Les résultats relatifs au paramètre mesuré, sont présentés dans la figure suivante:



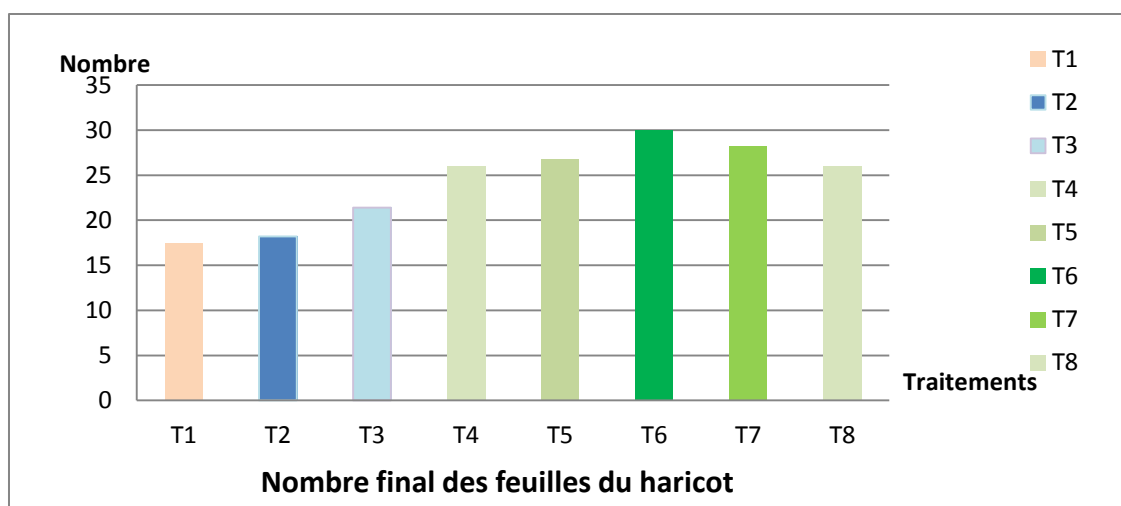
**Figure 11:** Hauteur final du haricot en (cm)

L'histogramme ci-dessus montre que les meilleures moyennes des hauteurs sont représentées par les traitements T6 suivis du T5 et T4 avec des valeurs respectives: (25cm; 23,5 cm et 22,5cm). Toutefois, les plus petites hauteurs sont les suivant: T1 (12cm), T2 (15cm) et T3 (20cm). Ces résultats indiqueraient que l'interaction fertilisation - solution nutritive agit efficacement sur la hauteur des plants.

Nos résultats concordent avec les résultats de LAJILI (2009) où il a montré que les éléments minéraux doivent être fournis à la plante à des doses bien déterminées pour assurer une croissance optimale de la plante et éviter les maladies par carence ou par excès.

### 5.1.3. Nombre des feuilles

Le nombre des feuilles a été compté au niveau de chaque plant au moment de la coupe finale, l'histogramme ci-dessous représente le nombre total des feuilles par traitement:



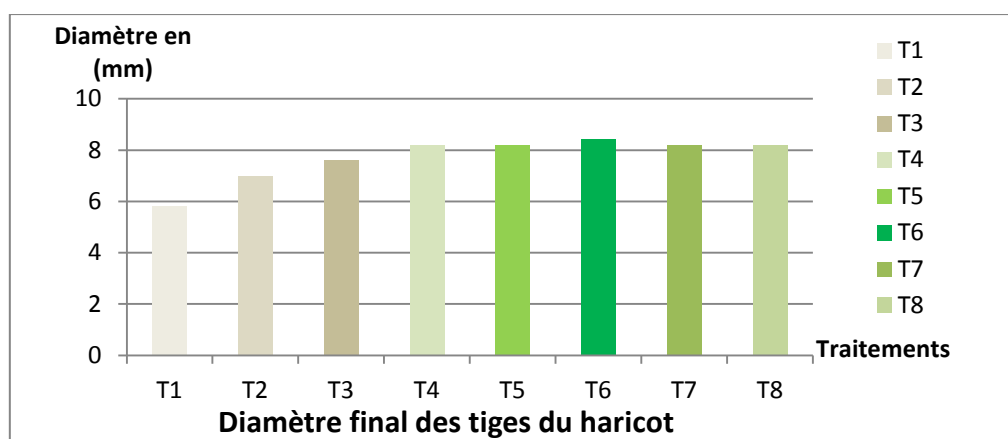
**Figure 12:** Nombre final des feuilles du haricot

Les moyennes présentés dans la figure ci-dessus indiquent qu'il existe une différence significative de l'interaction fertilisation - solution nutritive sur ce caractère, le plus grand nombre de feuilles le plus élevé est remarqué chez les traitements T6, T7 et T5 avec des valeurs respectivement de (30; 28 et 27), les plus faibles nombres de feuilles est enregistré chez le T1, T2 et T3 avec les valeurs suivantes: (17 ; 18 et 21,5). Cela peut être expliqué par la présence des éléments nutritifs nécessaires au développement à des quantités suffisantes.

Des résultats similaires ont été confirmés par LAJILI (2009) où il a montré que l'azote (N), le phosphore (P), le soufre (S) et le potassium (K), sont nécessaires à la plante à des doses variant car ces derniers entrent dans la composition des organes de la plante (feuilles, tige, racine) et dans le fonctionnement des cellules.

#### 5.1.4. Le diamètre final des plants

Les résultats de ce paramètre sont présentés dans la figure suivante :



**Figure 13:** Diamètre final des tiges du haricot en (mm)

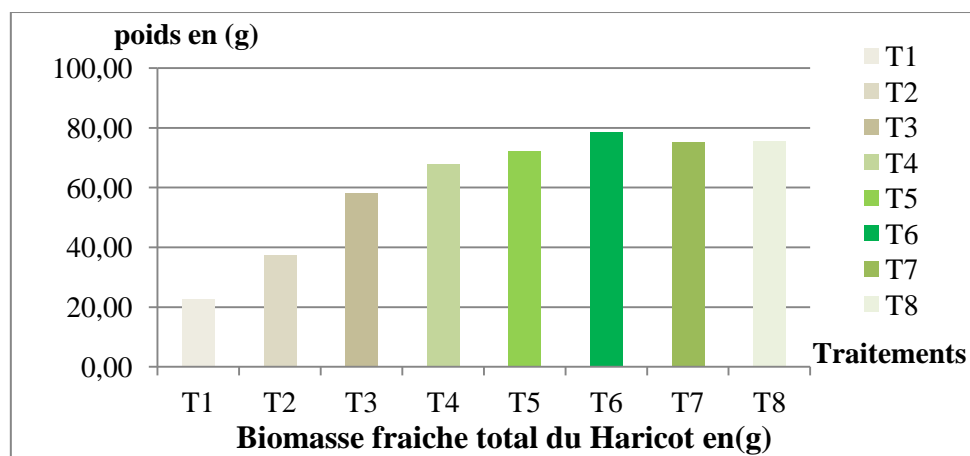
La lecture des résultats obtenue montre que l'incorporation de la solution nutritive dans le cycle d'irrigation de la plante provoque un épaississement des tiges très prononcé chez l'espèce étudié. Le diamètre le plus important noté au niveau du T6 suivi par le T7 et le T4, T5, T8 (une homogénéité) soit (8.3 ; 8.2 et 8.1) mm. Par contre les traitements T1 et T2 manifeste les diamètres les plus faible due à l'appauvrissement de leurs milieux en éléments fertilisant responsable sur leur croissance et leur développement.

L'épaississement des tiges est sous l'influence de l'azote et du potassium, qui agissent sur les cellules méristématiques notamment sur les méristèmes secondaires. Les carences en éléments essentiels entraînent inévitablement un ralentissement et un retard de croissance avec apparition de phénomène de plasmolyse aboutissant ainsi à la formation des tiges moins rigides et donc peu développées (LEAKEY *et al*, 2001).

### 5.1.5. Poids frais total des plants

Les pesées des organes végétaux (tiges + feuilles) sont effectuées au même temps que la coupe finale. Elles ont été pratiquées par plante, et par traitement.

L'histogramme ci-dessous montre les différentes moyennes mesurées du poids frais des feuilles et des tiges. Ceci met en évidence l'influence des différents traitements testés sur le paramètre mesuré chez l'espèce.



**Figure 14:** Biomasse fraîche totale du haricot en (g)

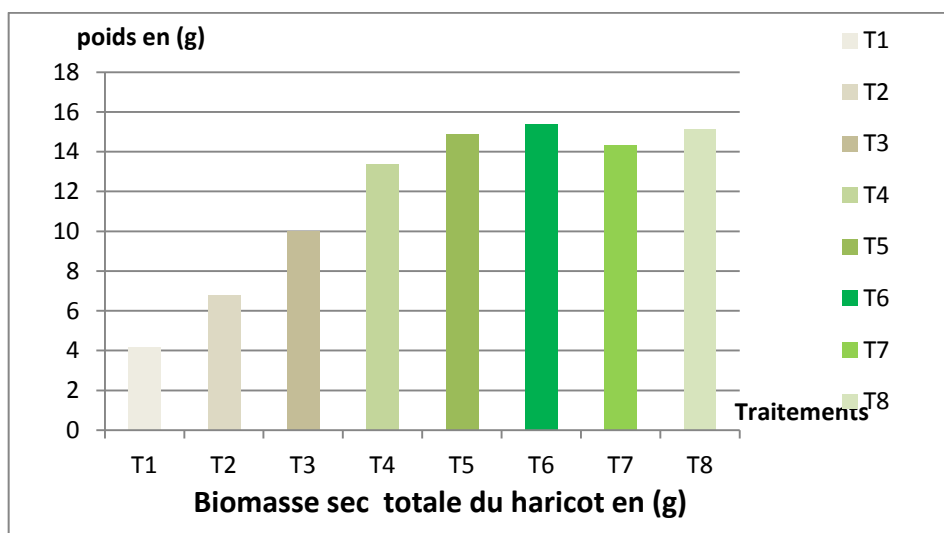
Le traitement dominant représentant la moyenne la plus élevée est mesurées chez les plantes qui ont reçu le traitement (T6) suivi par le traitement (T8),(T7)et le traitement (T5), de ce fait on peut dire que l'irrigation des plantes par une solution nutritive tous les trois jours durant tout le cycle de développement plus l'apport de demi fertilisation (T5) et fertilisation

complète (T6),(T7),(T8) a un effet bénéfique sur la croissance des plantes, cela s'explique par la richesse du milieu en éléments nutritifs et par l'équilibre parfait favorisant le développement des plantes surtout le cas du traitement (T6).

YELLE (2006) confirme que les éléments minéraux doivent être fournis à la plante à des doses et périodes bien déterminées pour assurer une croissance optimale de la plante et éviter les maladies par carence ou par excès.

### 5.1.6. Poids sec total des plants

Le poids sec total (feuilles + tiges) est obtenu par séchage des organes végétaux à l'étuve à 70°C jusqu'à stabilisation du poids sec. Les résultats relatifs au paramètre mesuré, sont présentés dans la figure suivante :



**Figure 15** : Biomasse sèche totale du haricot en (g)

La figure ci-dessus indique qu'il y a une différence du poids sec des feuilles et des tiges. Ceci traduit l'impact des huit traitements notamment l'incorporation de la solution nutritive et les fertilisants sur ce paramètre. Le meilleur traitement étant le T6 par rapport au T3 avec une moyenne de (15,01g) ; (10,00g) respectivement, suivi du T5 et T8 (homogène) avec une valeur de (15,00g) par rapport au (T2) ou il y a une diminution du poids avec une moyenne de (05,04g). Toutefois, le traitement ayant donné le plus faible poids sec est le T1 avec une moyenne de (04,00g) par rapport au T4 ou le poids sec a été de l'ordre de (13,05g), ce qui indique une teneur en eau moindre au niveau de ce dernier par rapport aux autres traitements.



## 5.2. Paramètres de production

### 5.2.1. Nombre de fleurs par plant

Les résultats relatifs au nombre de fleurs par plant sont exprimés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 16:** Nombre des fleurs par plant du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	21,4	27,4	33,6	40,8	41,8	51,0	48,0	44,2
	±	±	±	±	±	±	±	±
Haricot	2,70	3,04	3,28	2,68	2,16	2,00	3,93	4,02
	f	e	d	c	c	a	ba	cb

L'analyse de la variance de l'interaction solution nutritive-fertilisation fait apparaître une différence hautement significative pour le paramètre nombre de fleurs par plant pour l'espèce. Ceci traduit l'action positive du traitement donné à la culture pour ce qui concerne le paramètre étudié.

Le test de Newman et Keuls, indique l'existence de plusieurs groupes homogènes chez l'espèce : T6- a, T7-ba, T8-bc, T4 et T5- c, T3- d, T2- e, et le Témoin – f, que détermine les meilleures moyennes. Il en découle que la moyenne de nombre de fleurs par plant du haricot pour le T1 gardant toujours la plus petite valeur (21) et le T6 la plus élevée (51.5). Cependant, le nombre de fleurs /plant de T6, T7, T8, T5, T4 respectivement reste plus élevé que celui de T3, T2, T1. Ce fait, démontre que la fertilisation améliore la floraison comme le confirme VAN et *al.* (1994) dans ses travaux.

### 5.2.2. Le nombre de fruits par plant

Les résultats du nombre de fruit par plant du haricot, sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 17 :** Nombre finales des fruits par plant du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	12,4	21,4	29,6	39,0	40,0	49,8	46,4	42,6
	±	±	±	±	±	±	±	±
Haricot	2,79	3,50	2,60	2,12	1,87	1,64	4,15	4,03
	f	e	d	c	c	a	ba	cb

L'analyse de la variance, fait apparaître une différence très hautement significative pour le nombre de fruit par plant. Ceci traduit l'effet positive de la fertilisation et de l'apport de la solution nutritive sur le paramètre étudié.

Le test de Newman et Keuls, indique l'existence de 7 groupes homogènes déterminent les meilleures moyennes.

Il en découle que la moyenne de nombre de fruit par plant est compris entre (12.4 et 42.6). Ainsi, le T6 ressort avec le plus grand nombre de fruit / plant suivi par le T7 (46.4) et le T1 enregistre le plus bas nombre de fruit / plant.

Le maintien de la floraison et assuré par la bonne vigueur (état sanitaire) des plants et ceci est en relation directe avec la croissance des plantes qui est tenus par la présence des éléments minéraux en quantité et au bon moment (GORMLEY et MAHER, 1990).

### 5.2.3. Production par plants du haricot.

Les résultats de poids de l'espèce sont mentionnés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 18:** Production du haricot par plant en (g)

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	25,01 ± 3,06 h	43,91 ± 3,84 g	98,76 ± 3,47 f	222,91 ± 3,12 e	291,37 ± 5,61 d	380,80 ± 6,61 a	349,78 ± 6,26 b	301,64 ± 3,96 c

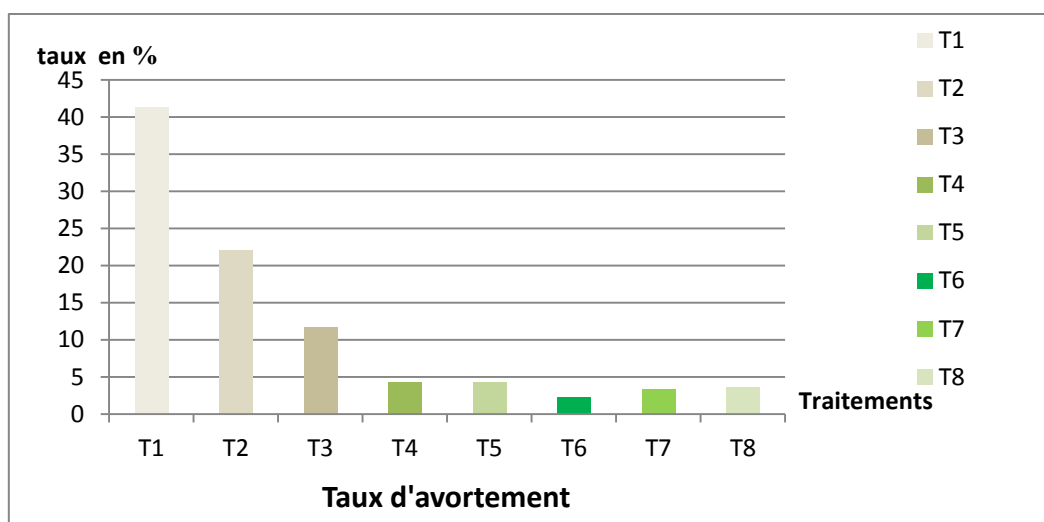
L'analyse de la variance du facteur interaction fertilisation- solution nutritive, indique qu'il existe un effet hautement significatif pour ce paramètre étudié.

Le test de Newman et keuls au seuil  $\alpha = 5\%$  fait ressortir huit groupes homogènes. Pour l'espèce le groupe (a) dominant au niveau du traitement (T6) car les plantes trouvent un milieu riche en éléments nutritifs nécessaires à leur développement. Et le dernier groupe qui est représenté par le traitement (T1) suivi par le traitement (T2) qui donne des faibles productions par rapport au traitement (T3), (T4), (T5),(T7),(T8) et surtout le traitement (T6) ce qui explique bien l'effet de l'incorporation d'une solution nutritive et sa fréquence sur le rendement.

Nos résultats corroborent avec les résultats de LIETEN (2000), qui indique qu'il y a un effet positif entre le rendement et le nombre de feuille. En conséquence, les réductions de rendement étaient plutôt proportionnelles aux réductions de croissance des plantes (EHRET et HO, 1986).

### 5.2.4. Taux d'avortement

Les résultats relatifs au taux d'avortement des fleurs de l'espèce sont illustrés dans la figure ci- dessous :



**Figure 16:** Le taux d'avortement des fleurs de haricot par traitement.

Les résultats du taux d'avortement ont été élaborés à base du comptage du nombre des fleurs totales et du nombre de fruits par plante et par traitement. L'analyse statistique de l'interaction fertilisation-solution nutritive montre une différence hautement significative pour ce paramètre testé.

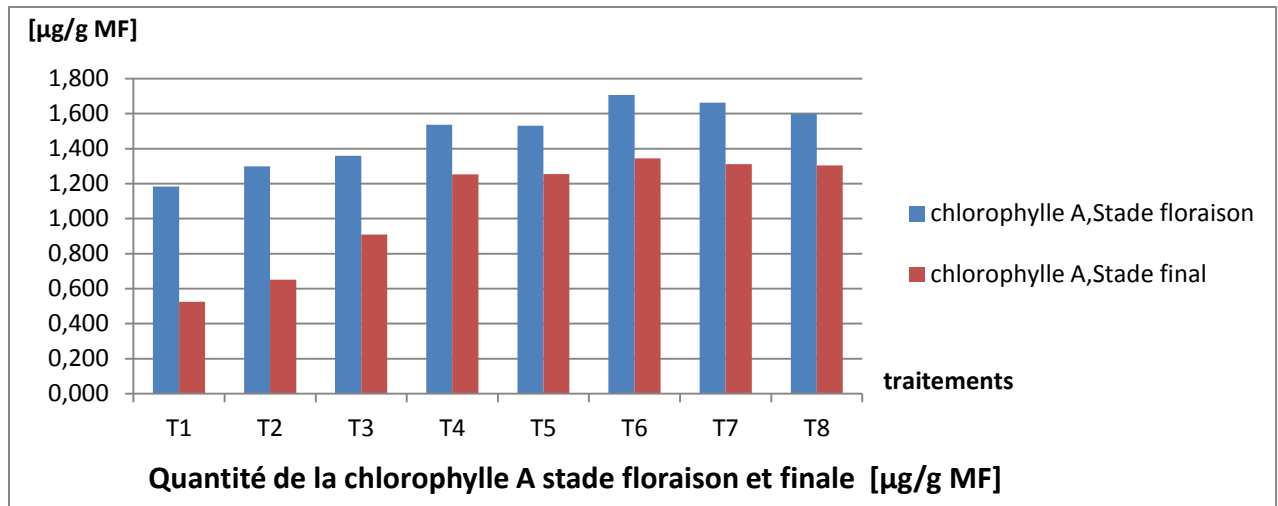
La figure, montre que l'effet des traitements utilisées sur la culture est très proche pour le paramètre étudié. A ce fait le taux d'avortement le plus faible est obtenu avec les traitements T6 (2.5%) et T7 (4%) et le taux d'avortement le plus élevé est attribué au traitement T1 suivi par le T2. Le faible taux d'avortement des fleurs serait notamment lié à l'effet positif de l'interaction de la fertilisation avec la solution nutritive.

A l'inverse, le taux très élevé d'avortement peut être expliqué par l'effet de la température. Ceci confirme ce qui est rapporté par CHAUX et FOURY (1994) qui mentionnent que les températures diurnes supérieures à 30°C sont défavorables à la floraison et à la fécondation.

### 5.3. Paramètres physiologiques

#### 5.3.1. Quantité de la chlorophylle A

Les résultats du dosage de la chlorophylle A durant le stade de floraison et finale de l'espèce étudiée sont mentionnés dans l'histogramme ci-dessous :



**Figure 17:** Quantité de la chlorophylle A stade floraison et finale [ $\mu\text{g/g MF}$ ] du haricot.

L'évolution de la teneur en chlorophylle (a) montre que l'espèce étudié répond aux différents traitements, A l'état initial, le test d'accumulation de la chlorophylle (a) dans les feuilles du haricot révèle une quantité de  $1,00 \mu\text{g/g MF}$ .

Ces résultats montrent que les plantes irriguées par l'eau T1 manifeste une régression de la teneur en chlorophylle (a) chez l'espèce étudié par rapport à l'état initial.

Par ailleurs à partir du traitement T2 ces plantes ont connu une augmentation de la quantité de chlorophylle (a). Jusqu'à traitement T4, T5 une diminution et T6 (avec une augmentation par rapport aux autres), T7 une descente jusqu'à T8 où on a enregistré les meilleur résultats :  $1,700 \mu\text{g/g MF}$ ,  $1,680 \mu\text{g/g MF}$  et  $1,600 \mu\text{g/g MF}$  respectivement.

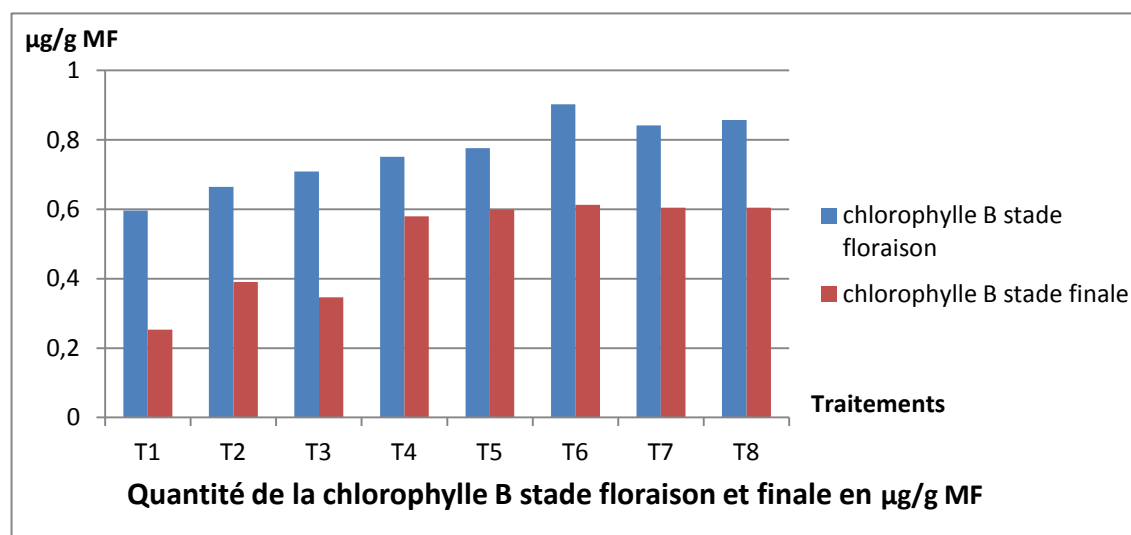
Cela peut s'expliquer par l'effet de la solution nutritif et la présence d'élément minéraux : potassium, azote, fer, magnésium, les plantes puisent les éléments essentiels à leur développement dans le sol notamment l'azote qui permet la synthèse de protéines des photosystèmes nécessaires à la production de biomasse qui a donné un bon état physiologique a la plante dans le T4, T5, T7, T8 et le T6. Contrairement au T1 qui présente des carence ceci par manque d'éléments nutritifs. De nombreux autres éléments comme le fer, le potassium, le phosphore, le magnésium, le calcium sont essentiels au bon développement de la plante et à la photosynthèse ce que la plante n'as pas trouvé dans notre cas au T1.

Une carence se traduit par la diminution du nombre de protéines et de chlorophylles associées (KHAMIS et al, 1990). C'est pourquoi la teneur en chlorophylle foliaire est utilisée comme indicateur pour estimer les ressources en azote du sol (chez les végétaux ne pouvant

pas fixer l'azote de l'atmosphère), la potentielle biomasse, ou la productivité potentielle des cultures (VARVEL *et al.*, 1997; SHARF *et al.*, 2006).

### 5.3.2. Quantité de la chlorophylle B.

Les résultats du dosage de la chlorophylle B initiale et finale sont indiqués dans la figure suivante:



**Figure 18:** Quantité de la chlorophylle B stade floraison et finale [ $\mu\text{g/gMF}$ ] du Haricot.

D'après l'histogramme on distingue que les plantes irriguées par l'eau T1 manifeste une diminution de la teneur en chlorophylle (b) chez l'espèce étudié :  $0,27[\mu\text{g/g MF}]$  par rapport à l'état initiale :  $0,60[\mu\text{g/g MF}]$ . En revanche, à partir du traitement T2 ces plantes ont connu une augmentation de la quantité de chlorophylle (b), jusqu'à traitement, T5, T6, T7 et T8 où on a enregistré les meilleurs résultats.

## 5.4. Paramètres de qualité.

### 5.4.1. Taux des sucres dans les fruits [%].

Vu que les sucres sont des éléments indispensables au corps humain, nous avons opté à faire une analyse de ce paramètre. Les résultats obtenus sont mentionnés sur l'histogramme ci-dessous:

**Tableau 19 :** Taux de sucres dans les fruits en [%].

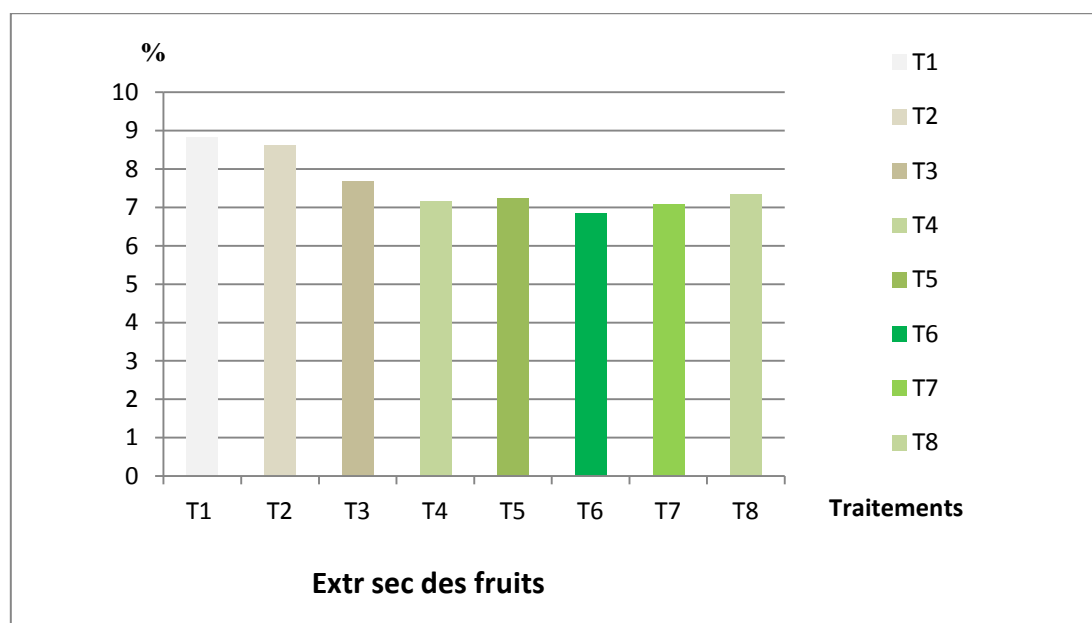
Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	4,50	4,65	4,90	5,42	5,55	5,80	5,57	5,52
	±	±	±	±	±	±	±	±
Haricot	0,1	0,16	0,07	0,10	0,16	0,28	0,14	0,08
	d	d	c	b	b	a	b	b

L'analyse de la variance révèle qu'il y a une différence hautement significative de l'incorporation de la solution nutritive dans le cycle d'irrigation sur la quantité des sucres dans les fruits de l'espèce étudiée.

Le test de Newman et keuls au seuil  $\alpha = 5\%$  fait ressortir 04 groupes homogènes chez le haricot. Le groupe «b» dominant manifesté par les fruits récoltés à partir des traitements traités par la solution nutritive (T4, T5, T7, T8). Cette dernière a permis d'améliorer la teneur en sucre total des fruits avec les valeurs qui correspondent à (5.425 : T4, 5.55 : T5, 5.8 : T6, 5.575 : T7, 5.525 : T8) respectivement, suivi par le traitement T3 avec un taux de (4.9), cette amélioration de la teneur en sucres totaux des fruits est due selon (HOPKINS, 2003) à une baisse d'utilisation des sucres pour la croissance cela dépend de l'aptitude de la plante à ce croître. En revanche les traitements irrigués par l'eau uniquement (T1 et T2) manifestent une faible teneur en sucre total car ils utilisent ces produits pour leur développement.

#### 5.4.2. Extrait sec des fruits du haricot

Les résultats de l'extrait sec des fruits sont représentés dans l'histogramme suivant en (%) :



**Figure 19 :** Extrait sec des fruits du haricot

D'après l'histogramme ci-dessus nous constatons que les valeurs de (T1, T2, T3) sont les plus élevées avec des valeurs qui balancent entre (8.97% ; 8.78% et 7.6%) respectivement.

On note aussi que les traitements qui présentent une faible valeur sont ceux dont l'irrigation est avec la solution nutritive qui est représenté par le (T8, T5, T4, T7 et T6)

respectivement. D'après les résultats au-dessus en conclue que les fruits des traitements T8, T5, T4, T7et T6 sont plus charnues que les fruits obtenus d'autres traitements.

## Conclusion

---

### CONCLUSION

L'expérimentation a permis de comparer la croissance et la nutrition du haricot cultivées sur des solutions nutritives qui se différenciaient par trois niveaux de concentration de cette solution nutritive (60%,80% et 100 %). Les résultats, obtenus pendant la culture au stade floraison, pour les traitements irrigués par la solution nutritive ont montré que la solution nutritive concentrée a induit un pourcentage élevé de fleurs apparus.

La solution nutritive diluée présenté presque les mêmes résultats que celle de la solution nutritive concentré et par contre les traitements irrigués avec de l'eau présenté le plus faible nombre de fleurs.

Selon les résultats de cette expérience, l'effet de l'incorporation de la solution nutritive à été remarquable sur les performances des plantes au niveau de la croissance, le développement et de la production de l'espèce étudiée.

Certes, ces conclusions devraient être validées sur une période de culture plus longue et surtout pendant la phase de production de cette culture.

Cependant, ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes pour la conduite de la culture hors sol du haricot. En effet, le recours en horticulture à des solutions nutritives moins concentrées que celles habituellement utilisées permettrait de réduire la quantité d'éléments minéraux à fournir à la culture et surtout limiterait l'impact sur l'environnement des effluents de solutions nutritives. De plus, l'utilisation de solutions nutritives faiblement concentrées permet un rééquilibrage plus facile.

Ce système de culture nécessite néanmoins des contrôles fréquents et réguliers (une à deux fois par semaine) afin de corriger le plus rapidement possible la composition de la solution circulante et éviter ainsi tout facteur nutritionnel limitant.



- ABEN, N.H. (2011) :** Effet de l'inoculation sur la croissance et le rendement de *Vigna unguiculata* (L.) Walpers sous contrainte saline. Mémoire de magister en biotechnologie. U.O.E-S. 184p.
- AYDIN A.,TUSAN M., SEZEN Y. (1997):** Effect of sodium salt on growth and nutrient uptake of spinach (*Spinacea oleracea*) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.)
- ALFREDO, J.A. (2014) :**Avaliação do Desempenho e Estabilidade de Rendimento do Grao do Feijao Nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), na regio sul de Moçambique. Thèse de Mestrado. U.E.M. Maputo., 125p.
- ANONYME., (2001) :** Fertiliser avec les engrais de ferme. Ed. Oxalis, 104 p.
- ANONYME., (2002) :** Statistique agricole-superficie et production, ministère de l'agriculture et de développement rurale. P23.
- ANONYME., (2014) :** Larousse des plantes médicinales :Collectif. Edition Larousse 2014
- ESCUDE, Oliver,Plantes médicinales, mode d'emploi, ISBN :9782841382569 (2007) Laïs, Erika, Le grand Livre des plantes médicinales, Editions Rustica.25 p.
- ARIHARA, J. et OHWAKI, Y. (1989) :** Estimation of available phosphorous in vertisol and alfisol on view of root effects on rhizosphere soil. In : *XI colloquium*, wageningen, Holland, pp : 15.
- BALON N., KIMON H., (1985) :** Nutrition azotée des légumineuses : Nitrogen nutrition of légumes. Institut National de Recherche Agronomique. 281p.
- BEDDAR, (1990) :** «Analyse de l'effet inoculation par différentes souches de Rhizobium sur l'élaboration du rendement chez les pois chiche (*Cicer arietinum* L)», var ILC 3279, Mémoire d'ingénieur agronome, INSB, Sétif, 81p.
- BELAY D., SCHULTHESS F., OMWEGA C., (2009) :** The profitability of maize–haricot bean intercropping techniques to control maize stem borers under low pest densities in Ethiopia. *Phytoparasitica* 37,50p.
- BLANC, D. (1987) :** « Cultures hors sol », 2eme édition, Ed INRA, Paris, 409p.

**BRUN, R. ET MONTARONE, M. (1987) :** Influence de la concentration saline de la solution nutritive sur la réaction de la plante. Pages 171–202 *dans* Les cultures hors sol. INRA, Paris, France.

**BROUGHTON W.J., (2003) :** Roses by Other Names, Taxonomy of the *Rhizobiaceae*. J. Bacteriol. 79p.

**CABURET et LETHEVÈ, (2002) :** «Agriculture spéciale. Les plantes», Montpellier, CIRAD, pp.1203- 1222.

**CHIULELE, R. M. (2010):** Breeding cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) from improved drought tolerance in Mozambique. Thèse (Doctorat en amélioration de plantes). Univ. Kwazulu-Natal, South Africa.

**CHAUX, C., (1972) :** «Production légumière», Ed J. B. Baillière, 424p.

**CHAUX et FOURY, (1994) :** «production légumière et maraichères», Tome III, Ed. J. B. Baillière, Paris, 1276p.

**CHALK, (1998):** «Dynamics of biologically fixed N in legume- cereal rotation : a review, Aust. J. Res., 49 : 303- 316.»

**CHAVES, N. and ESCUDERO, J.C. (1997) :** Allelopathic effect of *Citrus ladanifer* on seed germination. Functional Ecology. Vol.11, issue 4, *article first published online* : 30 Oct. 2013, U.E., 06080-Badajoz, Spain. **11:** 432-440.

**COME, D. (1970) :** Les obstacles à la germination. *Edition Masson et cie.* pp : 8.

**COIC Y. et LESAIN C., (1975) :** La nutrition minérale en eau de plantes horticulture avancé, Document technique S.C.P.A, n° 23, Versailles 21p.

**COIC Y et LESAIN C, (1983) :** La nutrition minérale en eau de plantes. Horticulture avancée, Document technique S.C.P.A, n° 23, Versailles, 21p.

**COIC Y, (1984) :** Les cultures sans sol. Revue science et vie, hors-série n°146. Pp 67-75.

## Références bibliographiques

---

- COSTA, B. (2007)** : Fisiologia da germinação de sementes, artigo ([http : //www.mcaro.bio.br/disciplinas/Fisiologiavegetal/fisiologia-germ.sementes](http://www.mcaro.bio.br/disciplinas/Fisiologiavegetal/fisiologia-germ.sementes)). Brasil, 11p.
- DANSON, (1995)**: «Assessment of biological nitrogen fixation. Fertilizer research», 42: 33-41.
- DEMOL, (2002)** : «Amélioration des plantes .Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Les Presses Agronomiques de Gembloux», Gembloux, Belgium, pp.351- 392.
- DIALLO., (2002)** : in chiar.mo prof. franco sangiorgi., 2010 università degli studi di milano, tesi di dottorato di ricerca agriculture urbaine et periurbaine pour la securite alimentaire en afrique de l'ouest.le cas des micro-jardins dans la municipalite de dakar .
- DOOREMBOS G., (1980)** : Réponse de rendement l'eau –Bull. FAO. Irri. Drai. N0 33. 42, 111pp
- DUPONT F ET GUIGNARD J., (2007)** : Botanique et systématique moléculaire. Ed Elsevier Masson Paris ,159 p.
- DURANT et GIUS, (1997)** : in Bayuelo-Jimenez et al, 2002
- DORE C. et VAROQUAUX F., (2006)** : «Histoires et amélioration de cinquante plantes cultivées», pp.264- 282.
- DOUCET R., (1992)** : La science agricole : climat, sol et production végétale du Québec. Deuxième édition revue. Ed. Berger. 653p
- DOUSSEAU, S. (2008)**: Germinação de sementes de Tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam) : influencia da temperatura, luz e substrato. *Ciênc.agrotec.Lavras*, p: 438-443.
- EHRET D.L., HO L.C., (1986)**: The effect of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture, *J. Hortic. Sci*, 361–367pp.
- ELTEZ RZ., (2002)**: effects of different EC levels of nutriment solution of greenlosse tomatos. *Growing. acta horticulture*. Pp: 573

## Références bibliographiques

---

- FAO., (2004) :** Perspectives de l'alimentation n°2. Une production mondiale, Département économique et social, 8p.
- FAO., (2005) :** Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols, Manuel de formation, projet Intrants Promotion de l'Utilisation des Intrants agricoles par les Organisations de Producteurs 7-9P.
- FAO., (2006) :** « La production mondiale de haricots verts »,
- FERRI, M.G. (1985):** Fisiologia Vegetal, v.1. 2nd ed. *Sao Paulo* : EPU, 361p.
- Francis S., (1970):** cooper enzymes in esolated chloroplasts. *Plant physiol* 24:15p.
- GARDENER, W.K., PARBERY, D.G. and BARBER, D.A. (1981) :** Protoid root morphology and function in *Lapinus albus*. *Plant and soil*. pp: **60** : 143-147.
- GAUSSEN, H., LEROY, J. et OZENDA, P. (1982) :** Précis de botanique II : végétaux supérieure, 2éme édition, Revue et augmentée ; pp : 172-219.
- GORDON M., (2004,) :** «Haricots secs : Situation et prospectives et Agroalimentaire, Canada, 7p.
- GORMLEY T.R., MAHER M.J., (1990):** Tomato fruit quality: an interdisciplinary approach, *Prof. Hortic*, 107–112pp.
- GOUST, J. (2003.) :** « Le haricot, l'encyclopédie du potager, Actes Sud,
- GRAHAM, P.H. et VANCE, C.P. (2003) :** Legumes: Importance and constraints to greater use. *Plant Physiol*. 131: 872-877.
- HARGROVET T., (2008):** Woorld fertilizer prices soar as food and fuel economics nerge. (accessedon 12 january 2008. 254p
- HEKIMIAN E .,(2002) :** « cultures légumière », Ed J.B234p.
- HELLER, R., ESNAULT, R. et LANCE, C. (2000) :**Physiologie végétal 2 : développement. 6éme edition *Dunod*, PARIS, pp : 250-251.
- HELLALI R., (2002) :** Rôle du potassium dans la physiologie de la plante atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, Acquis et perspectives de la recherche institut national agronomique de Tunisie 6p.

## Références bibliographiques

---

**HOPKINS W, (2003) :** « Physiologie végétale » Ed De Boeck, pp 61-65.

**HOPKINS W.G.,(2003) :** Physiologie Végétale. Traduction de la 2<sup>ème</sup> édition américaine par SERGE R.Ed. De Boeck, p 66-81.

**HOSOKAWA M., KUDO M., (2004):** Fucoxanthin induces apoptosis and enhances the antiproliferative effect of the PPARgamma ligand, troglitazone, on colon cancer cells. *Biochim Biophys Acta* 18;1675(1-3):113-9.

**HOWELER , R . H . ( 1980) :** Nutritional disorders in schwartz , GALVEZ , H . F . Bean production problems . CIAT , cali , colombia . 124-220 pp.

**HUBERT P., (1978) :** «Recueil de fiche technique d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar, Antananarivo», BDPA, 2p.

**HUIGNARD J., GLITHO I., MONGE J., REGNAULT-ROGER I., (2011) :** Insectes ravageurs des graines de légumineuses, biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Edition Quae .France. 147p.

**INDRIA et al (1988) :** «Guide pratique pour les cultures légumières», Cluj et Napoca , pp.55-58.

**INDRIA et al.(1983) :** Guide pratique pour les cultures légumières, Cluj et Napoca pp :55-58.

**INIA, (2003) :** Instituto de investigação Agraria de Moçambique.

**ANONYME, (1979) :** Centre des cultures vivrières et fruitières . Convention n° 134 / GG/ BE / 75 / 76 situation au 31 mars.

**ISERIN, (1997) :** «Encyclopédie des plantes traditionnelles, identification, préparation, soin», Ed. Lavoisier, 95p.

**IZDINE, S. (1995):** Estudo da germinação e emergência de plantulas de diferentes variedades de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Em laboratório e campo. Trabalho de diploma de engenheiro. U.E.M. Maputo. 47p.

## Références bibliographiques

---

**KHAMIS S., LAMAZE T., LEMOINE Y., ET FOYER C., (1990) :** “ Adaptation of the photosynthèse apparatus in maize leaves as a result of nitrogèn limitation : Relationship between électron transport and carbon assimilation”, plant Physiology, 94(3) :1436-1443p.

**KOLEV, C., (1976) :** «Les cultures maraîchères en Algérie», Tome I, «légumes fruits», I. T. C. M. I. Staouili, pp.6- 33.

**LAUMONIER R., (1979) :** Cultures légumières et maraîchères, Tome III, Ed J.B Baillière, Paris, 1276p.

**LAROUSSE DES PLANTES MEDICINALES :**Collectif. Edition Larousse 2014  
**ESCUDE**, Oliver,Plantes médicinales, mode d’emploi, ISBN :9782841382569 (2007) LAîs, Erika, Le grand Livre des plantes médicinales, Editions Rustica.

**LETARD M ET PATRICIA E, (1995) :** Maitrise de l’irrigation fertilisante : tomate sous serre et abris en sol et hors sol, Ed. C.T.I.F.L., Paris, 220 p.

**LOUIS, (1979) :** Cultures légumières. Ed.G.B.BAILLIERE et fils, pp 167-171.

**LESAIN** C, (1983) : La nutrition minérale en eau de plantes. Horticulture avancée, Document technique S.C.P.A, n° 23, Versailles, 21p.

**LEVITT, J. (1980):** Responses of Plant to Environmental Stress Chilling, Freezing and High Temperature Stresses, 2 nd edn. Levitt, J. (ed.). Academic Press, New York,NY.pp 7-20.

**LIETEN F., (2000):** Recent advances in strawberry plug transplant technology, Acta Horti, 383-388pp.

**ANONYME, (2013) :** Ministère de l’agriculture et développement rural.

**MAZLIAK, P. (1982) :** Physiologie végétal II : croissance et développement. Ed. Hermann. N.5943, Paris. pp. 133-135.

**MC DONALD, M.B. (2008):** Seed Germination : seed biology program. T.O.S.U., Columbus, OH 43210-1086, pp : 1-8.

**MORARD, P. (1995) :** Les cultures végétales hors sol. Publications Agricoles, Agen, France. 303 pp.

**MORARD, P. ET MARTINEZ, S. (2001)** : Un progrès pour le recyclage en culture hors sol. *Fruits et Légumes* 197 : 36–39.

**MAZOLLIER C., (2011)** : GRAB, Réf Bio, PACA maraichage ,23p.

**NDEYE F. D., (2002)** : «Utilisation de l'inoculum de rhizobium pour la culture du haricot (*Phaseolus vulgaris*) au Sénégal. Thèse de docteur de biologie végétale..Faculté de Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal, 197p.

**NIANG-DIOP, F., SAMBOU, B. et LYKKE, A.M. (2010)** : Contraintes de regeneration naturelle de *Prosopis africana* : facteurs affectant la germination des graines. *International journal of biological and chemical science*, IFG, 13p.

**NYABYENDA, (2005)** : «Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique», Ed. Tec et Doc, les Presses Agronomique de Gembloux, pp.38- 42

**ORIA. (1969)** :«Biologie» Ed Hatier, Paris, 191p.

**PAPADOPOULOS I., (1991)**: Fertigation in Cyprus and some other countries of the Near East region. *Fertigation/Chemigation*. FAO, pp 67-82.

**PERON, J. Y. (2006)** : «Référence, productions légumières », 2ème edition, Ed Lavoisier, 613p.

**PESSON et LOUVEAUX, (1984)** : Pollinisation et production végétale. INRA, Paris, pp.261- 262.

**RENARD S., GOFFORK J.P ., FRANKINET ., 2007**: Optimisation de l'efficience de l'azote technique de base à l'usage des formateurs, Alger 1970,01p.

**ROLAND J. C., (2002)** : Des plantes et des hommes. Ed. Vuibert. PP 45-46 SDB, alger, p.p 6- 8.

**SALONTAI et MUNTEAN, (1982)** : «Cours de phytotechnie», Tipo – Agronomia Cluz Napoka, pp.264- 282.

## Références bibliographiques

---

**SUMMERFIELD R. J., MINCHIN F. R., ROBERTS E.H. et HADLEY P., (1979) :** The effects of photopériode and air température on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L). Proceedings international workshop on chickpea improvement. Ed. I.C.R.I.S.A.T (International center for agricultural research in the dry areas).144p.

**SOLTNER D., (1990) :** «Les bases de la reproduction végétale. Sol, climat, plante», Ed. Lavoisier, 464p.

**SALONTAI et MUNTEAN, (1982) :** «Cours de phytotechnie», Tipo – Agronomia Cluz Napoka, pp.264- 282.

**SINHA et WATTERS, (1980) ;** «Insectes des monoterries , des silos élévateurs», 311p.

**SULLIVAN, T. (2004) :** Interactions between soil Microbial communities and Plant Roots : A Minireview. *Soil and Crop Sciences*. [www.be-the-solution.co.uk](http://www.be-the-solution.co.uk)

**SKORUPSKA, A., WIELBO, J., KIDAJ, D. and MAREK-KOZACZUK, M. (2010) :** Enhancing Rhizobium – Legume Symbiosis Using Signalling Factors. In microbes for legume Improvement, M.S. Khan *et al.* (eds), *springer-verlag*, pp : 27-54.

**SCHVARTZ C, MULLER JC ET DECROUX J: (2005) :** Guide de la fertilisation raisonnée : Grandes cultures et prairies. Editions France Agricole.

**SOLTNER D., (2003) :** Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol et son amélioration. Collection Sciences et Techniques Agricoles.23ème. Paris. 472p.

**SARDA, X., VANSUYT, G., TOUSCH, D., CASSEDELBART, F. et LAMAZE, T.(1992) :** Les signaux racinaire de la régulation stomatique. In << tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéennes >>. Ed. INRA. Paris. 1993. pp : 75-79.

**SILUE S., JACQUEMIN J. et BAUDOIN J., (2010) :** Utilisation des mutations induites pour l'étude de l'embryogenèse chez le haricot *P. vulgaris* L. et deux plantes modèles, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Et *Zea mays* L. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* PP195-205.

**SINGH SP., (1992) :** Common bean improvement in the tropics. *Plant Breed. Rev.* 10.199p.



**SNOUSSI S.A., (2001) :** Valorisation des eaux salines pour la nutrition des plantes cultivées, thèse de doctorat, INA El-Harrach. 152 p.

**SIDDIQI, M. Y., KRONZUCKER, H. J., BRITTO, D. T. ET GLASS, A. D. M. (1998) :** Growth of a tomato crop at reduced nutrient concentration as a strategy to limit eutrophication. *J. Plant Nutr.* **21**: 1879–1895.

**TIRILLY et BOURGEOIS, (1999) :** «Technologie des légumes», Ed. Tec et Doc Lavoisier, Paris, 588p.

**THIAULT, J.F.,( NOVEMBRE, 2004) :** « La maîtrise de la culture hors-sol », Bulletin Détail, n° 215, (), ISSN 0758-4334.

**TROPICAL LEGUME FARMING IN MOZAMBIQUE, 2003.**

**URBAN, L. (1997) :** « Introduction à la production sous serre » Ed Tec et Doc Lavoisier, Paris, 210p.

**VAN RANST, E., DEBAVEYE , J., BEERMAERT, F. (1993) :** Land Evaluation part III. Crop requirements. Agricultural publications n°7. G.A.D.C. Belgium.

**VARVEL G.E., SCHEPERS J.S. ET FRANCIS D.D., (1997) :** “ Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters”, *Soil science society of America journal*, 61(4) :1233-1239pp.

**VILAIN M., (1989) :** La production végétale. Vol 2. La maîtrise technique de la production. Ed; Lavoisier. Paris. 361p

**VITRE, A., (2003) :** « Fondements & principes du hors-sol » Doc V 3.1 HRS 12 Ind A., 10p.

**VOINEA et MAIER, (1976) :** «Les cultures légumières et maraîchères», Edition CERES, Bucaresti, pp.115- 129.

**WALKER-SIMMONS M., KURDNA D.A., WARNER R.L. (1989):** Reduced Accumulation of ABA during water stress in Molybdenum Co-factor Mutant of Barley. *Plant physiology.* 90(2):728-733.

## Références bibliographiques

---

**WOOLLEY J., DAVIS JHC., (1991)** : The agronomy of intercropping with beans.  
Schoonhoven, A van; Voysest, O (ed.). Common beans: Research for crop improvement.  
Melksham, Wiltshire, UK: Redwood Press Ltd. 735p.

**YELLE PE, (2006)** : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire. Colloque sur  
l'irrigation. Québec, p 340.

**ZIDANE., (1989)** : .Effet de la variation de la dose et la forme d'engrais (N.P.K) sur la  
croissance et le développement de la culture d'aubergine (*Solanum melongena*) variété (node de  
valence), p17.

## Annexes

### Annexe 01 : Nombre des feuilles finales du haricot.

Source de variation	Somme de carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	PROBA	CV%
Intergroupes	813 ,5	7	116,214	51,94	00,00	19,5643%
Intra-groupes	71,6	32	2,2375			
Total (Corr.)	885,1	39				

### Annexe 02 : Nombre des feuilles finales du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	17,4	18,2	21,4	26,0	26,8	30,8	28,2	26,0
	±	±	±	±	±	±	±	±
	1,14018	1,09545	1,14018	1,0	1,30384	3,03315	0,83666	1,22474
	e	e	d	c	cb	a	b	c

### Annexe 03 : Poids frais des feuilles du haricot.

Source de variation	Somme de carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	PROBA	CV%
Intergroupes	8502,36	7	1214,62	213,80	0,0000	32,8731%
Intra-groupes	181,795	32	5,68111			
Total (Corr.)	8684,15	39				

### Annexe 04 : Poids frais des feuilles du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	16,4	26,798	44,326	50,476	53,66	58,596	56,152	56,738
	±	±	±	±	±	±	±	±
	2,6112	2,90981	2,92331	2,18629	1,22413	1,74871	2,74018	2,18467
	f	e	d	c	b	a	ba	a

### Annexe 05 : Poids frais des tiges du haricot.

Source de variation	Somme de carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	PROBA	CV%
Intergroupes	850,53	7	121,504	137,60	00,00	30,7481%
Intra-groupes	28,2562	32	0,883007			
Total (Corr.)	878,786	39				

## Annexes

### Annexe 06 : Poids frais des tiges du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	6,05	10,55	13,63	17,2	18,48	19,87	18,89	18,724
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,621	0,82	0,56	0,81	0,70	1,27	1,56	0,67
	f	e	d	c	cb	a	ba	ba

### Annexe 07 : Poids sec des feuilles du haricot.

Source de variation	Somme de carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	PROBA	CV%
Intergroupes	355,69	7	50,8128	297,36	00,00	37,0027%
Intra-groupes	5,46816	32	0,17088			
Total (Corr.)	361,158	39				

### Annexe 08 : Poids sec des feuilles du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	2,796	4,256	6,832	9,914	10,746	10,642	9,926	10,68
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,44752	0,46019	0,45140	0,43084	0,24623	0,31838	0,48634	0,40871
	7	6	9	8	2	7	4	8
	e	d	c	b	a	a	b	a

### Annexe 09 : Poids sec des tiges du haricot.

Source de variation	Somme de carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	PROBA	CV%
Intergroupes	45,9701	7	6,56715	139,64	00,00	31,1825%
Intra-groupes	1,50492	32	0,0470287			
Total (Corr.)	47,475	39				

### Annexe 10 : Poids sec des tiges du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	1,39	2,528	3,168	3,468	4,15	4,746	4,418	4,438
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,14017	0,19639	0,13141	0,16161	0,15572	0,3050	0,36313	0,15943
	8	2	5	7	4	9	9	7
	g	f	e	d	c	a	cb	b

## Annexes

### Annexe 11 : Nombre des fleurs du haricot.

Source de variation	Somme de carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	PROBA	CV%
Inter-groupes	3673,97	7	524,854	55,98	00,00	26,2022%
Intra-groupes	300,0	32	9,375			
Total (Corr.)	3973,97	39				

### Annexe 12 : Nombre des fleurs du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	21,4 ± 2,70185 f	27,4 ± 3,04959 e	33,6 ± 3,28634 d	40,8 ± 2,68328 c	41,8 ± 2,16795 c	51,0 ± 2,0 a	48,0 ± 3,937 ba	44,2 ± 4,02492 cb

### Annexe 13 : Nombre de gousses du haricot.

Source de variation	Somme de carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	PROBA	CV%
Inter-groupes	5862,3	7	837,471	94,10	00,00	35,7172%
Intra-groupes	284,8	32	8,9			
Total (Corr.)	6147,1	39				

### Annexe 14 : Nombre de gousses du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	12,4 ± 2,79285 f	21,4 ± 3,50714 e	29,6 ± 2,60768 d	39,0 ± 2,12132 c	40,0 ± 1,87083 c	49,8 ± 1,64317 a	46,4 ± 4,15933 ba	42,6 ± 4,03733 cb

### Annexe 15 : Taux d'avortement du haricot.

Source de variation	Somme de carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	PROBA	CV%
Inter-groupes	6570,19	7	938,599	24,94	00,00	121,315%
Intra-groupes	1204,47	32	37,6398			
Total (Corr.)	7774,67	39				

## Annexes

**Annexe 16 :** Taux d'avortement du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	41,283	22,0802	11,7719	4,3487	4,27204	2,33352	3,37918	3,63889
	±	±	±	±	±	±	±	±
	14,7403	7,74908	3,62746	1,79278	1,89573	0,76714	1,27091	1,27445
	a	b	c	dc	dc	d	d	d

**Annexe 17 :** Poids des gousses du haricot.

Source de variation	Somme de carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	PROBA	CV%
Intergroupes	689669,	7	98524,1	4470,90	00,00	62,0921%
Intra-groupes	705,175	32	22,0367			
Total (Corr.)	690374,	39				

**Annexe 18 :** Poids des gousses du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	25,014	43,912	98,762	222,914	291,376	380,803	349,788	301,64
	±	±	±	±	±	±	±	±
	3,06297	3,84004	3,4725	3,12614	5,61675	6,61707	6,26686	3,96587
	h	g	f	e	d	a	b	c

**Annexe 19 :** Taux des sucres du haricot.

Source de variation	Somme de carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	PROBA	CV%
Intergroupes	8,24336	7	1,17762	49,42	00,00	9,16953%
Intra-groupes	0,7625	32	0,0238281			
Total (Corr.)	9,00586	39				

**Annexe 20 :** Taux des sucres du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	4,5	4,65	4,9	5,425	5,55	5,8	5,575	5,525
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,1	0,165831	0,0707107	0,108972	0,165831	0,28284	0,1479	0,08291
	d	d	c	b	b	a	B	b

## Annexes

**Annexe 21** : Hauteur finale du haricot.

Source de variation	Somme de carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	PROBA	CV%
Inter-groupes	26,73	7	26,73	1184,98	0.0000	3.34%
Intra-groupes	1,21	32	0,02			
Total (Corr.)	27,94	39				

**Annexe 22** : Hauteur finale du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	12.21 ± 0.86 e	15.01 ± 1.22 e	20.10 ± 1.00 d	22.40 ± 1.51 c	23.62 ± 1.51 cb	25.21 ± 0.44 a	21.84 ± 0.83 b	21.22 ± 1.30 c

**Annexe 23** : Diamètre finale du haricot.

Source de variation	Somme de carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	PROBA	CV%
Inter-groupes	7,90712	7	3,95356	24,70	0,0000	3.52%
Intra-groupes	28,2076	32	28,2076	176		
Total (Corr.)	36.11472	39				

**Annexe 24** : Diamètre finale du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	5.80 ± 0.83 e	7.00 ± 0.70 e	7.60 ± 0.54 d	8.21 ± 0.44 c	8.23 ± 0.83 cb	8.41 ± 1.04 a	8.24 ± 0.44 b	8.21 ± 0.83 c

**Annexe 25** : Quantité de la chlorophylle A au stade floraison du haricot.

Source de variation	Somme de carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	PROBA	CV%
Inter-groupes	0,199474	7	0,07473	488	0,0000	21,7%
Intra-groupes	1,32575	32	1,32573	8668		
Total (Corr.)	1.5122	39				

## Annexes

**Annexe 26 :** Quantité de la chlorophylle A au stade floraison du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	1.184 ± e	1.298 ± e	1.359 ± d	1.536 ± c	1.531 ± cb	1.707 ± a	1.662 ± b	1.600 ± c

**Annexe 27 :** Quantité de la chlorophylle B finale du haricot.

Source de variation	Somme de carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	PROBA	CV%
Intergroupes	0,149477	7	0,07473	488	0,0000	21,7%
Intra-groupes	1,32573	32	1,32573	8668		
Total (Corr.)	1.55207	39				

**Annexe 28 :** Quantité de la chlorophylle B finale du haricot.

Traitements	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Haricot	0.526 ± 0.024 e	0.652 ± 0.009	0.909 ± 0.001 e	.253 ± 0.006 d	.255 ± 0.003 c	1.344 ± 0.004 cb	1.311 ± 0.002 a	1.304 ± 0.005 b