

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA**

**Faculté des Sciences Agronomie- Vétérinaire**

Département d'agronomie

## **MEMOIRE DE MAGISTER**

en Sciences Agronomiques

Spécialité : Production Végétale

Option : Amélioration des plantes

### **ETUDE DE QUELQUES FACTEURS NUTRITIFS ET AGRONOMIQUES INFLUENÇANT LA CROISSANCE ET L'AMELIORATION DES PLANTES DE TOMATES**

Par

**Ahlem BENZEKKOUR**

devant le jury composé de :

M. Benmoussa	Maître de conférences, U de Blida	Président
S.A. Snoussi	Maître de conférences, U de Blida	Examineur
M.S. Abdul Hussein	Chargé de cours, U de Blida	Examineur
A. Achouch	Maître de conférences, U de Blida	Promoteur

Blida, Novembre 2004

## RESUME

### **Résumé :**

Influence de quelques facteurs nutritifs et agronomiques influencent la croissance et l'amélioration des plantes de tomates.

Dans le cadre de développement des techniques de production de tomate en hors sol, notre travail consiste en premier lieu d'étudier le comportement de deux variétés de tomate *Lycopersicon Esculentum Mill* vis-à-vis a 2 eaux Salines corrigées (eau de Blida et eau Gassi touil) avec trois doses d'irrigation différentes (30 ml / 45 ml / 60 ml) et d'autre part étudié l'influence résultant de différentes interactions entre les trois facteurs étudiés (variétés - doses - solutions) sur les paramètres de croissance durant stade plantule (55 jours).

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une influence de la dose d'irrigation sur les paramètres étudiés et que la D3 marque les meilleurs résultats quelque soient le stade de développement et le paramètre étudié. Le traitement V<sub>2</sub>T<sub>1</sub>C D<sub>3</sub> marque la hauteur, les poids secs et frais de feuilles, tiges et racines les plus élevées. Le facteur variété et quelques facteurs de conditions ont une influence sur les paramètres étudiés.

### **Summary :**

The influence of some nutritive and agronomic factors influence on the growth and improvement of the tomato plants.

Our study involves the development of different techniques of tomato (production) hydroponic production. First of all we need to study the reaction of two different varieties of tomatoes with two salt waters corrected with three doses of irrigation, and secondly we need to study the effect of the different interactions of three factors (variety – doses – solution) on the with parameters at the vegetative stage.

The results obtained show that there is a certain effect of the doses and the variety factor on the parameter studied herein. The V<sub>2</sub>T<sub>1</sub>C D<sub>3</sub> shows the best results.

## ملخص:

تأثير بعض عوامل التغذية و الفلاحة علي تحسين إنتاج نباتات الطماطم "Saint pierre و Marmande" بواسطة الزراعة بدون تربة.

تركز هذه الدراسة في بداية الأمر علي كيفية نمو صنفين من نباتات الطماطم "*Lycopersicon Esculentum Mill*" مسقية بنوعين من الماء المالح المصحح ( ماء البلدية و ماء قاسي الطويل ) بكميات مختلفة من السقي (ك 1=30 ملل/ك 2=60 ملل/ك 3=90 ملل) و كذلك دراسة تأثير هذه العوامل علي عناصر النمو و هذا لمدة 55 يوم. اطهرت النتائج المحصل عليها أن هناك تأثير عامل كمية السقي علي جميع العناصر المدروسة و ك 3 هي التي تعطي أحسن النتائج مهما كان العنصر المدوس أو مرحلة النمو. بينت أيضا النتائج أن  $V_2T_1C D_3$  يعطي طول الساق المرتفع و الكميات الكبيرة بالنسبة للوزن الأخضر و الصافي للأوراق و الساق و الجذور. في حين أن هذا العامل لا يثر علي عدد الأوراق في النبتة. يوجد أيضا تأثير عامل الصنف علي العناصر المدروسة و ان  $V1$  هي التي تعطي أهم النتائج.

## REMERCIEMENTS

Avant tout, j'exprime ma reconnaissance à Monsieur A. ACHOUCHE, Maître de conférence à l'Université Saad Dahleb .je le remercie de m'avoir accordé sa confiance et de m'avoir fait bénéficier de sa compétence.

Je suis très honorée de la présence à mon Jury :

M<sup>r</sup> M. BENMOUSSA, Maître de conférences à l'Université Saad Dahleb, qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence du Jury.

M<sup>r</sup> S.A. SNOUSSI, Maître de conférence qui, malgré ses multiples tâches et ses nombreuses responsabilités, a accepté de juger ce travail.

Ainsi que M<sup>me</sup> M.S. Abdul Hussein, chargé de cours à l'Université Saad Dahleb, pour avoir accepté d'analyser mon travail.

Je remercie également tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.



## TABLE DES MATIERES

RESUME	1
REMERCIEMENTS	2
TABLE DES MATIERES	3
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX	4
INTRODUCTION	5
1. GENERALITE SUR LA TOMATE	8
1.1. Origine génétique et géographique de la tomate	8
1.2. Classification botanique	9
1.3. Caractéristiques morphologiques	10
1.4. Propriétés et importance nutritionnelle et agronomique de la tomate	10
1.5. Besoins de la culture de tomate	11
1.6. Importance économique dans le monde et en Algérie	14
2. LA SALINITE	16
2.1. Généralité	16
2.2. Origine et cause de la salinité	17
2.3. Tolérance des plantes	18
2.4. Conséquences de la salinité	19
2.5. Réponse des plantes à la salinité	20
3. LA CULTURE HYDROPONIQUE DE LA TOMATE	22
3.1. Introduction	22
3.2. Substrat	23
3.3. Conduite de la nutrition	24
3.4. Absorption de l'eau et des éléments minéraux	25
3.5. Facteurs influençant l'absorption	26
3.6. Composition de la solution nutritive	28
4. MATERIEL ET METHODES	34
4.1. But de l'expérience	34
4.2. Choix du matériel végétal	34
4.3. Conditions expérimentales	35
4.4. prégermination et le semis – levée	38
4.5. Dispositif expérimental	38
4.6. Solutions nutritives	41
4.7. Technique de calcul du bilan hydrique	46
4.8. Doses et fréquences des arrosages	46
4.9. Paramètres mesures	47
4.10. Analyse statistique	47

5. RESULTATS ET INTERPRETATIONS	49
5.1. Hauteur finale de tiges	49
5.2. Nombre de feuilles par plant	50
5.3. Poids frais des feuilles	55
5.4. Poids sec des feuilles	56
5.5. Poids frais des tiges	59
5.6. Poids sec des tiges	64
5.7. Poids frais total	65
5.8. Poids sec total	69
5.9. Poids frais des racines	74
5.10. Poids sec des racines	76
CONCLUSION	81
Liste des symboles et des abréviations	83
REFERENCES	84

## LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

HT	:	Hauteur finale
NF	:	Nombre de feuilles par plant
PFF	:	Poids frais de feuilles
PFR	:	Poids frais des racines
PFT	:	Poids frais des tiges
PFTOT	:	Poids frais total
PSF	:	Poids sec des feuilles
PSR	:	Poids sec des racines
PST	:	Poids sec des tiges
PSTOT	:	Poids sec total
S1: TM:		Solution 1
S2:T <sub>1</sub> C:		Solution 2
V1	:	La variété <b>Marmande</b>
V2	:	La variété <b>Saint- Pierre</b>

## LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 1.	Schéma de l'unité expérimentale	40
Figure 2.	Schéma du dispositif expérimental	41
Figure 3.	Hauteur finale des tiges de la 1 <sup>ère</sup> coupe	51
Figure 4.	Hauteur finale des tiges de la 2 <sup>ème</sup> coupe	51
Figure 5.	Hauteur finale des tiges de la 3 <sup>ème</sup> coupe	53
Figure 6.	Nombre de feuilles par plant de la 1 <sup>ère</sup> coupe	53
Figure 7.	Nombre de feuilles par plant de la 2 <sup>ème</sup> coupe	54
Figure 8.	Nombre de feuilles par plant de la 3 <sup>ème</sup> coupe	54
Figure 9.	Poids frais de feuilles de la 1 <sup>ère</sup> coupe	57
Figure 10.	Poids frais de feuilles de la 2 <sup>ème</sup> coupe	57
Figure 11.	Poids frais de feuilles de la 3 <sup>ème</sup> coupe	60
Figure 12.	Poids sec de feuilles de la 1 <sup>ère</sup> coupe	60
Figure 13.	Poids sec de feuilles de la 2 <sup>ème</sup> coupe	61
Figure 14.	Poids sec de feuilles de la 3 <sup>ème</sup> coupe	61
Figure 15.	Poids frais de tiges de la 1 <sup>ère</sup> coupe	63
Figure 16.	Poids frais de tiges de la 2 <sup>ème</sup> coupe	63
Figure 17.	Poids frais de tiges de la 3 <sup>ème</sup> coupe	66
Figure 18.	Poids sec de tiges de la 1 <sup>ère</sup> coupe	66
Figure 19.	Poids sec de tiges de la 2 <sup>ème</sup> coupe	67
Figure 20.	Poids sec de tiges de la 3 <sup>ème</sup> coupe	67
Figure 21.	Poids frais total de la 1 <sup>ère</sup> coupe	70
Figure 22.	Poids frais total de la 2 <sup>ème</sup> coupe	70
Figure 23.	Poids frais total de la 3 <sup>ème</sup> coupe	71
Figure 24.	Poids sec total de la 1 <sup>ère</sup> coupe	71
Figure 25.	Poids sec total de la 2 <sup>ème</sup> coupe	72
Figure 26.	Poids sec total de la 3 <sup>ème</sup> coupe	72
Figure 27.	Poids frais de racines de la 1 <sup>ère</sup> coupe	75
Figure 28.	Poids frais de racines de la 2 <sup>ème</sup> coupe	75
Figure 29.	Poids frais de racines de la 3 <sup>ème</sup> coupe	79

Figure 30.	Poids sec de racines de la 1 <sup>ère</sup> coupe	79
Figure 31.	Poids sec de racines de la 2 <sup>ème</sup> coupe	80
Figure 32.	Poids sec de racines de la 3 <sup>ème</sup> coupe	80
Tableau 1.	La production mondiale de la tomate en 1999	15
Tableau 2.	Principaux rôles des éléments minéraux indispensables	30
Tableau 3.	Les symptômes provoqués sur la plante par excès ou carence d'éléments	31
Tableau 4.	Les principales caractéristiques des variétés Marmande et Saint-pierre	36
Tableau 5.	Moyenne des températures de la serre et du substrat	37
Tableau 6.	Teneur des éléments minéraux contenus dans l'eau	42
Tableau 7.	La Composition chimique de l'eau de Gassi- Touil	43
Tableau 8.	La Composition chimique de l'eau de Blida	43
Tableau 9.	Composition de la solution nutritive S1 (meq/l) (Eau de Blida Corrigée)	44
Tableau 10.	Composition de la solution nutritive S2 (meq/l)(Eau de corrigée Gassi-Touil, modifiée et reconstituée avec l'eau de Blida)	45
Tableau 11.	La hauteur finale de tiges (cm)	49
Tableau 12.	Le nombre de feuilles par plant	52
Tableau 13.	Le poids sec des feuilles (g)	55
Tableau 14.	Le poids sec des feuilles (g)	58
Tableau 15.	Le poids frais des tiges (g)	62
Tableau 16.	Le poids sec des tiges (g)	64
Tableau 17.	Le poids frais total (g)	68
Tableau 18.	Le poids sec total (g)	73
Tableau 19.	Le poids frais des racines(g)	74
Tableau 20.	Le poids sec des racines(g)	77

## INTRODUCTION

Les légumes frais ont pris, de nos jours, une importance capitale dans l'alimentation humaine. Il est en effet admis de manière incontestable aujourd'hui que l'usage abondant de légumes constitue un facteur essentiel de bon équilibre physiologique [1].

La tomate est aujourd'hui l'une des cultures légumières les plus répandues et les plus importantes économiquement, on la cultive en annuelle dans la plupart des pays, et elle constitue une source alimentaire riche en minéraux et en vitamine.

En Algérie, les producteurs accordent une grande importance à cette culture. Celle-ci est cependant confrontée à une multitude de problèmes, Parmi les quelles nous citons: l'érosion des sols, les inondations, les maladies bactériennes, la grande variabilité saisonnière. A cela, s'associent l'utilisation irrationnelle et abusive des engrais chimiques et non maîtrise des techniques d'irrigation.

Selon GOUNY et CORNILLON [2], l'utilisation par les maraîchers et notamment les serristes de quantités excessives d'engrais minéraux s'accompagne souvent d'accidents sur la végétation dont l'origine est liée à la salinité du milieu.

Aujourd'hui, 25% environ des terres irriguées sont confrontés à ce problème, qui touche plus particulièrement les zones arides et semi arides, telles que les régions tropicales et méditerranéennes [3].

En effet, la présence de sels dans un sol, en affectant les mécanismes physiologiques de la plante constitue un facteur limitatif majeur de la productivité agricole.

Les expériences de AYERS et WESTCOT [4] ont montré que l'accumulation excessive des sels dans les zones racinaires créent des difficultés d'absorption d'eau pour les plantes. Cette réduction de l'absorption par la plante provoque un ralentissement de la croissance qui peut se manifester par des symptômes analogues à ceux de la sécheresse tel que le flétrissement précoce et risque aussi de compromettre les rendements.

En régions méditerranéennes, la salinité est un problème important dans nombreuses zones de cultures maraîchères où la quantité et la qualité de l'eau joue un rôle important. Ainsi, la culture de plantes adaptées à la salinité devient un impératif pour nombreux agriculteurs.

Les problèmes posés par la qualité d'eau sont souvent complexes, ils sont compris dans les quatre catégories suivantes: salinité, perméabilité, toxicité et effet conjugués ou non de ces facteurs.

Selon LASRAM [5] les ressources en eau douce sont limitées. Cependant l'adoption de système de drainage inadéquat et l'utilisation des eaux salées à l'irrigation sont l'une des causes majeures de l'augmentation des terres salées.

Les cultures maraîchères en général et la tomate en particulier, nécessitent un apport d'eau complémentaire pour combler le déficit hydrique. En Algérie, cette eau d'irrigation de différentes origines qui est chargée en sels devient encore plus concentrée du fait de l'absence de drainage. Cette augmentation de la concentration provoque une perturbation de la nutrition.

Face à ce problème de salinité il y a diverses méthodes, parmi lesquelles on cite: le dessalage des eaux salines, la technique de la correction chimique qui est utilisée en culture hors sol; l'utilisation de la méthodes biologique qui consiste en introduction de certaines espèces bactériennes stimulant la croissance; la création de variétés résistantes à la salinité par la méthode de croisement suivie par la sélection et les différentes méthodes de génie génétique.

Dans notre étude nous avons suivie le procédé de la culture hydroponique qui comporte les étapes suivantes:

- \* L'étude du comportement de deux variétés MARMANDE et SAINT-PIERRE vis-à-vis de deux solutions nutritives et trois doses d'irrigation.
  
- \* L'étude de l'influence combinée résultant de différentes interactions entre les trois facteurs étudiés (variété, solution, dose) sur les paramètres morphologiques.

## CHAPITRE 1

### GENERALITE SUR LA TOMATE

#### 1.1. Origine génétique et géographique de la tomate:

La tomate appartient au genre *Lycopersicon* de la famille des solanacées. Ce genre comprend neuf espèces [6], toutes originaires de la région andine du Pérou et de l'équateur, à l'exception de *L. Cheesmanili* que l'on trouve dans l'archipel des Galápagos [7][6].

Ces espèces se distinguent par la couleur des fruits à maturité, le nombre de feuilles entre les bouquets floraux et le mode de reproduction [6].

L'ancêtre de la tomate serait *L. Esculentum var. cerasiforme* qui aurait migré de la zone d'origine vers le sud de l'Amérique du nord, où elle a été domestiquée [7][8].

Avant la fin du 18<sup>ème</sup> siècle, les européens ne la cultivaient qu'à des fins ornementales, et ce n'est qu'en 1778 qu'elle a été considérée comme légume par les français [9].

Elle a été introduite au Magrab vers la fin du 18<sup>ème</sup> siècle par les morisques et fut cultivée en Algérie vers la fin du 19<sup>ème</sup> siècle près d'Oran au départ, puis elle s'est étendue en Algérie étant donné que les conditions du sol et de climat étaient propices. La tomate s'est répandue dans le reste du monde durant le 19<sup>ème</sup> siècle [9].

Selon PHILOUZE et LATERROT [10] la tomate cultivée est une espèce diploïde  $2n = 24$  autogame, d'introduction récente, phénotypiquement assez diversifiée, mais d'une diversité génétique très réduite.

### 1.2. Classification botanique:

La tomate *Lycopersicon Esculentum* est une plante annuelle grimpante ou rampante de la famille des Solanacée.

C'est une espèce diploïde ( $2n=24$ ), dans laquelle existe de nombreux mutants, et dont la systématique est la suivante [11][10]:

* <b>Règne</b>	Végétal
* <b>S/ Règne</b>	Cormophyte
* <b>Embranchement</b>	Spermaphytes
* <b>S/ Embranchement</b>	Angiospermes
* <b>Classe</b>	Gamopétales
* <b>S/ Classe</b>	Palemoniales
* <b>Famille</b>	Solanacée
* <b>Genre</b>	Lycopersicum
* <b>Espèce</b>	Esculentum

Les variétés de tomate sont nombreuses. Leur identification se fonde principalement sur [1, 12]:

1. Le type de croissance de la plante (croissance déterminée ou croissance indéterminée).
2. Le type de fruit (forme, couleur, calibre, capacité de conservation, absence ou présence de collet vert, teneur en matière fraîche, distinction .....etc..).
3. Qualité génétique (variété fixée ou hybride).
4. Résistances aux maladies et aux parasites.

### 1.3. Caractéristiques morphologiques:

La tomate est une plante herbacée annuelle, ramifiée, appartenant au groupe des légumes- fruits, à tige grimpante velue, feuilles irrégulièrement découpées; souvent lancéolés, lobés, plus au moins veloutés, molles, fleurs petites, jaunes, en grappes ou en cymes; périanthe à calice persistant à 5 lobes linéaires, longs aigus et à corolle à 5 lobes profonds, en étoiles, réfléchis; étamines à 5 anthères assemblées en appendice conique; fruit en forme de grosses baies globuleuses aplaties ou ovoïdes, rouges [13][14].

. Les variétés de tomate peuvent présenter deux types de croissance:

1. les variétés à croissance déterminées: elles sont caractérisées par un nombre déterminé de bouquets de fleurs par tige; elles sont cultivées sans tuteur et ne nécessite pas d'ébourgeonnage; elles sont réservées pour l'industrialisation [15].

2. les variétés à croissance indéterminée: ces variétés présentent une tige principale, poussent avec régularité en formant un bouquet floral toutes les trois fois feuilles généralement. Il en résulte que la production des fruits est prolongée. On peut l'arrêter par pincement du bourgeon terminal à la hauteur désirée [1].

### 1.4. Propriétés et importance nutritionnelle et agronomique de la tomate:

La tomate est cultivée pour ses fruits, que l'on consomme frais ou en conserve sous des formes très diverses [10].

Le fruit de la tomate contient 90% d'eau d'où sa forte capacité à " fondre" quand on le fait cuire, il contient 3 à 4% de sucres divers, mais une faible quantité de protéides et d'acides organiques [12].

La tomate doit sa couleur à des pigments, notamment du carotène, qui est précurseur de la vitamine A et de xanthophylle et du lycopené (pigment rouge vif proche du carotène). Elle est également très riche en vitamines B, K et C [10].

L'odeur caractéristique des feuilles de tomate éloignerait certains insectes (moustiques, araignées, guêpes,...). Elles sont aussi employées comme remède topique pour leurs propriétés émollientes (utiles contre les piqûres d'insectes) [13].

Les propriétés de la tomate sont: antiscorbutique, apéritive, énergétique, désintoxiquante, énergétique, diurétique, reminéralisante, tonique (asthénies, inappétence....) [13].

## 1.5. Besoins de la culture de tomate:

### 1.5.1. Exigences climatiques:

#### 1.5.1.1 Température:

La température contrôle le taux de croissance, alors la différence entre le jour et la nuit affecte la forme du plant. Un accroissement de la moyenne de 24 h entraîne une augmentation du taux de croissance [16].

Les fortes variations de température entre le jour et la nuit favorisent un allongement des entrenœuds et la formation de petites feuilles et de tiges mince [1].

Selon le même auteur la température élevée réduit le délai de floraison et la récolte. Elles peut aussi affecter la qualité du fruit et réduit le rendement.

#### 1.5.1.2 Lumière:

Selon KOLEVE [17] la tomate est une plante à jour long exigeante de lumière. Une luminosité haute provoque l'ouverture des stomates, de même qu'une augmentation de la température foliaire, laquelle entraîne un accroissement de l'assimilation de la photosynthèse, de l'absorption de  $\text{CO}_2$  et de l'évapotranspiration.

Une faible luminosité est associée à la formation de fruits creux, alors que la variation brusque d'ensoleillement encourage le développement de pourriture [18].

### 1.5.2. Exigences hydriques:

Les exigences de la tomate en humidité de sol sont très importantes. Selon KOLEVE [17], c'est ce qui explique la capacité potentielle de l'espèce *Lycopersicom* à développer dans une période relativement courte une très grande masse végétative et un grand nombre de fleurs et de fruits.

L'humidité comme la lumière a une grande influence sur le taux de respiration. Les fortes humidités peuvent conduire au développement de carences en éléments minéraux en particulier pour le calcium alors que de trop faibles humidités peuvent créer un stress à la culture [16].

Selon JACOB et JANSSENIN in BOUDOANE [19] la tomate à deux périodes critiques:

- pendant la formation des bouquets floraux;
- lors de grossissement de fruit.

D'après BIGGS [20] les tomates ont besoin d'arrosage régulier. Un manque d'eau provoque le dessèchement qui provoque la chute des fleurs, alors qu'une forte humidité conduira à une asphyxie racinaire [21].

### 1.5.3. Exigences nutritionnelles:

Selon LAFON et al [22] les plantes ont besoin pour leur croissance d'éléments minéraux. Certains sont indispensables en grandes quantités: N, P, K, Ca, Mg, qui sont appelés les macroéléments; Les autres en très faibles quantités: Fe, Cu, Mn, Br, MO, Cl, sont appelés les micro-éléments. Tous les éléments sont absorbés à l'état d'ions.

Pour l'azote, HABIB et al [23], notent qu'il est l'un des éléments majeurs de la croissance des plantes. Il a une influence sur l'organogenèse et la morphogenèse et donc sur l'architecture des plantes, et un effet sur le métabolisme et donc sur la composition de

la biomasse. C'est un élément indispensable durant la période végétative et au grossissement de fruits. C'est un élément minéral qui intervient sur la productivité.

Quand au phosphore, selon GACHON [24] il a une influence sur quelque critère de qualité; il a un rôle particulièrement important en début de la végétation.

Selon LAFON et al [22] le phosphore joue un rôle fondamental dans le métabolisme de toutes les catégories de substances biochimiques, en tant qu'élément essentiel dans le transport d'énergie, ainsi que dans le développement des fleurs et des fruits, et enfin il contribue à la croissance racinaire.

Pour le potassium, LAFON et al [22], note qu'il joue un rôle important dans:

- La régulation hydrique (phénomène d'ouverture et fermeture de stomate).
- La synthèse de protéines et au transport des glucides.
- La photosynthèse.

Selon GONDE et JUISSIAUX [25] le potassium favorise:

- La formation des réserves.
- Amélioration de la qualité.
- La résistance aux dessiccations précoces.
- La résistance aux maladies cryptogamiques.

Les oligoéléments sont présents dans les plantes en petites quantités. Ils interviennent dans le métabolisme de plantes; ils ont le rôle catalytique. Selon ANDRE [26] ils sont nécessaire aux enzymes soit comme activateurs, soit comme éléments spécifiques de systèmes enzymatiques, surtout ceux qui présentent des valences multiples par leur rôle oxydoréduction, tel que, le fer (Fe), le manganèse (Mg), le cobalt (Co).

### 1.6. Importance économique dans le monde et en Algérie:

La culture de la tomate a connu de fortes mutations technologiques au cours des dix dernières années pour s'adapter aux exigences de qualité de calendrier imposé par les marchés, et permettre de relever le défi de compétitivité par rapport aux autres origines concurrentielles [27].

La tomate s'est largement répandue dans le monde durant le 19<sup>ème</sup> siècle avec plus de 65 millions de tonnes produits sur environ 9.5 millions d'hectares. La tomate est de loin le légume le plus important, actuellement elle représente 15% de la production de légumes mondiale; elle est répartie dans toutes les zones climatiques [14].

La production mondiale de tomate en 1999 est de 100910 millions de tonnes. Les cinq premiers pays producteurs en 1999 sont: la Chine, les USA, la Turquie, l'Italie, l'Égypte.

L'Algérie est classée en 17<sup>ème</sup> position avec une production de 955 millions de tonnes. Ce qui représente 0.9% de la production mondiale [12].

En effet depuis son introduction en Algérie la culture de tomate a pris une importance croissante et significative qui se traduit par l'augmentation de la production avec plus de 450700 tonnes et ce malgré la diminution des superficies qui lui sont destinées et qui passent de 28600 ha en 1999 à 24000 ha en 2001 [27].

Tableau n°1.1: la production mondiale de la tomate en 1999.

<b>20 premiers pays</b>	<b>Production année1999</b> (en milliers de tonnes)
Chine	17910
Etats_unis	13311
Turquie	7800
Italie	7176
Egypte	6274
Inde	5500
Espagne	3865
Iran	3940
Brésil	3251
Mexique	2431
Grèce	2098
Russie	1696
Ukraine	1245
Chili	1243
Portugal	1152
Ouzbékistan	1020
Algérie	<b>955</b>
Tunisie	930
France	922
Nigeria	879
<b>Total monde</b>	<b>100910</b>

Source: ANONYME, 2002.

## CHAPITRE 2

### LA SALINITE

#### 2.1. Généralité:

KOTUBY-AMACHER et al [28] définissent la salinité du sol comme étant la quantité globale des sels solubles contenus dans la solution du sol. Elle se détermine par la mesure de la conductivité électrique d'extrait de patte saturée du sol (C.E<sub>e</sub>). Elle s'exprime soit par unité de decisiemens par mètre (dS/m), soit en millimhos par centimètre (mmhos/cm).

D'après RAMAGE (1980) in PRODRIGUEZ et al [29] La salinité constitue le plus grave problème agricole dans la plus grande partie du monde. En effet la présence de sels dans un sol, en affectant les mécanismes physiologiques de la plante, est un facteur limitatif de la production agricole.

Les apports d'engrais réalisés par les producteurs sont habituellement excessifs. Ce qui provoque une augmentation de la concentration des ions dans la solution absorbée par les plantes par rapport à celles baignant les racine. C'est donc un phénomène d'accumulation ionique [30].

Selon FENG et BARKER [31] les plantes croissant en milieu salin sont en face de deux problèmes:

- L'effet d'intoxication causé par des ions spécifiques.

- Une concentration élevée des sels dans la solution du sol et donc une pression osmotique élevée, ce qui accélère le déficit hydrique des plantes.

## 2.2. Origine et cause de la salinité:

Le sel dans la nature a principalement trois origines [32]:

- La mer qui peut contaminer les régions côtières par les infiltrations d'eau salée pouvant atteindre la nappe phréatique.
- La dissolution des roches sédimentaires par les eaux de ruissellements. Ces roches riches en chlorures, sulfates, carbonates ou bicarbonates contribuent à l'augmentation de la salinité des sols et des nappes souterraines.
- La concentration par évaporation des eaux de surfaces qui sont généralement utilisées pour l'irrigation.

La salinisation des sols n'est pas seulement liée aux conditions climatiques, mais également à l'activité de l'homme qui, pour des raisons économiques, a développé une agriculture intensive souvent mal contrôlée. En outre, le fort ensoleillement et la faible pluviométrie ont obligé les agriculteurs à irriguer.

Ainsi, en l'absence d'un système de drainage adéquat et en l'absence de lessivage, chaque irrigation contribue à l'augmentation et l'accumulation des sels dans le sol [33].

La salinité affecte la croissance des plantes. Cette réduction de la croissance est causée par les facteurs suivants:

- **stress hydrique:** il est lié soit à l'humidité du sol, dans ce cas là l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol provoque une réduction de la disponibilité en eau (on parle de stress osmotique); soit à l'humidité de l'air c'est le stress évaporatoire [34].

- **stress ionique:** il est lié à la composition du sol (carence ou excès de certains ions) [34]. Exemple de l'accumulation excessive des ions en particulier du sodium le Na cl inhibe la croissance des racines des glycophytes qu'elles soient réputées très sensible à la salinité, moyennement sensible où plutôt tolérante [35].
- **stress nutritionnel:** des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale [36][3].

### 2.3. Tolérance des plantes:

La sensibilité et la tolérance peuvent différer selon le milieu de culture, le type de la salinité, l'espèce et le stade de la plante auquel intervient le stress [37].

Les plantes cultivées peuvent être classées de la manière suivante [38]:

- Plantes résistantes à la salinité, supportant jusqu'à 5-7 g/l. On trouve dans cette catégorie, le rosier, l'œillet et le chrysanthème.
- Plantes résistantes, pour lesquelles le développement correspond à des concentrations comprises entre 2 et 4 g/l. On trouve dans cette catégorie, la tomate et le gerbera.
- Plantes sensibles, pour lesquelles la concentration optimale est comprise entre 0.5 et 2 g/l. On trouve dans cette catégorie, le concombre et la laitue.

Selon HORST [39] Les mécanismes d'adaptation ou de tolérance à la salinité prennent plusieurs formes. On constate une haute concentration des sels au niveau de certains tissus, soit par l'utilisation des sels dans le phénomène de turgescence (régulation osmotique) ou par le remplacement de  $K^+$  par  $Na^+$  dans diverses fonctions métaboliques. Ainsi, il peut y avoir une capacité d'exclusion de l'excès des sels ( $Cl^-$  et  $Na^+$ ) qui varie selon les espèces végétales et même selon les variétés.

#### 2.4. Conséquences de la salinité:

La croissance des plantes de tomate en sols salins est limitée par la capacité des racines à extraire l'eau à partir sol et la transporter vers la pousse [29]. En effet l'absorption de l'eau est relativement réduite avec l'augmentation de la salinité [40].

La réponse la plus immédiate à la salinité est une lésion des racines, suivie de flétrissement de la plante [36]. L'augmentation de la concentration saline entraîne une dépense supplémentaire et une dégradation des produits internes provoquant un arrêt de la croissance et des accidents végétatives variés: arrêt de l'allongement des organes et leur ramification, raccourcissement des entre- nœuds des tiges, diminution de la surface foliaire avec symptômes de brûlures [41]. Une salinité prolongée provoque la chute des feuilles et la mort totale.

KATERJI et al, [42] ont montré que la salinité entraîne une diminution de l'évapotranspiration et de la photosynthèse en raison de la réduction de la surface foliaire et à de l'ajustement osmotique sur la conductance stomatale.

Elle favorise chez les plantes de tomate la croissance du feuillage aux dépens des fruits.

D'après LEVIGNERON et al, [3] une concentration saline trop forte provoque une altération de la nutrition minérale en particulier vis-à-vis du transport ionique cellulaire; Le Na<sup>+</sup> entre en compétition avec le phosphore, le calcium, le chlore et l'azote. Le phosphore et le sulfate affectent les activités métaboliques de la plante.

La salinité élevée a un effet dépresseur sur la conductance stomatique et la photosynthèse. Elle influence non seulement le rendement, mais aussi les cellules impliquées dans le processus d'élaboration de la qualité chez les plantes à feuilles coupées [38].

Beaucoup de recherche ont prouvé que la salinité est la principale raison de la réduction du rendement [43, 44, 45]. Chez la tomate, il est bien connu que la salinité élevée se traduit par une réduction du calibre et le nombre des fruits [43].

La saveur des tomates est affectée par la concentration saline. L'augmentation de la concentration permet de renforcer le caractère salé et l'acidité des fruits, les deux composants de la saveur [44].

Vu les effets de la salinité sur la physiologie et la croissance des plantes, on peut affirmer que l'irrigation hors sol tend à empêcher l'augmentation de la salinité à proximité des racines par le maintien d'un état hydrique favorable.

### 2.5. Réponse des plantes a la salinité:

La réponse des plantes à la salinité varie en fonction de l'espèce et de la variété. En effet les plantes développent des mécanismes qui leur permettent de modifier la composition de leur sève, elles peuvent aussi accumuler le  $\text{Na}^+$  et le  $\text{Cl}^-$  pour ajuster la pression osmotique et la turgescence des tissus nécessaires pour maintenir la croissance [46][48].

Cette accumulation doit être compatible avec la tolérance métabolique de la concentration résultante ou avec une compartimentation entre les divers composants de la cellule de la plante.

En effet la majeure partie des ions absorbés se trouve accumulée dans le compartiment vacuolaire. Ainsi, face à une vacuole très concentrée, le cytoplasme, pour ne pas être déshydraté, pourrait maintenir son équilibre hydrique par l'accumulation des substances organiques non toxiques [48].

Certaines plantes ont l'aptitude d'éviter l'accumulation d'ions et cela grâce au phénomène d'exclusion des ions ou de diminution de la concentration ionique. C'est le cas des plantes halophytes qui peuvent accumuler les sels dans les feuilles basales qui tombent ensuite rapidement ou encore dans des forme de glandes et de vésicules sécrétées à la surface de la feuille [47].

D'autres plantes peuvent diminuer leurs concentration ionique en augmentant leurs teneur en eau: c'est le phénomène de succulence de la paroi extensible permettant un fort grandissement cellulaire [32].

## **CHAPITRE 3**

### **LA CULTURE HYDROPONIQUE DE LA TOMATE**

#### 3.1. Introduction:

La culture hors sol a été initialement une technique de laboratoire visant à étudier en détail le fonctionnement des plantes [49] elle a été utilisée plus tard par les producteurs, à partir des années 70, pour s'affranchir des parasites qui devenaient une menace croissante dans la monoculture, mais l'essor actuel de cette technique et son utilisation sur une grande quantité d'espèces cultivées en serre (rose, tomate, concombre, poivron.....) est principalement motivée par le progrès de productivité et l'amélioration des récoltes [50].

La culture hydroponique est définie comme la science des plantes en croissance sans utilisation de sol, mais par l'utilisation d'un moyen inerte, comme le gravier, le sable, la tourbe, vermiculite, perlite, ou la sciure de bois, auquel est ajoutée une solution nutritive contenant tous les éléments nécessaires pour la plante, pour sa croissance normale et son développement [51]; [52].

Les cultures hors sol présentent certains avantages par rapport aux cultures en sol qui sont :

- Elimination des problèmes liés au sol (pathogènes, salinité, mauvaises herbes.....).
- Economie d'eau et d'engrais puisqu'ils peuvent être réutilisés.
- Simplification de la technique culturale.
- Gain de la précocité.

- Produit de meilleure qualité commerciale.
- Augmentation du rendement.

Ces avantages ont conduit au développement des cultures hors sol surtout pour les productions horticoles sous serre [51]; [52].

En effet, la culture de tomate hors sol connaît, depuis son vrai décollage en 1979-1980, une progression régulière en serre et abri, estimée à 350 ha en 1986, la surface est aujourd'hui d'environ 800 ha [53].

La culture hors sol a deux composants indispensables le substrat et la conduite de la nutrition.

### 3.2. Substrat:

C'est le milieu dans lequel les racines s'installent. Il assure le maintien de la plante par l'intermédiaire de la solution nutritive qu'il contient, son alimentation hydrique, et la respiration du système racinaire [53].

Il existe différents types de substrats de culture disponibles pour la production en serre formés de matériaux naturels ou artificiels à l'état brut ou transformé (broyage, compostage) seuls ou en mélange ; ceux-ci ne doivent présenter aucune toxicité à l'égard des plantes s'ils ne sont pas inertes chimiquement ; ils modifient la composition de la solution nutritive [51].

On distingue 3 types principaux de substrats :

1. Les substrats organiques naturels.
2. Les substrats minéraux naturels.
3. Les substrats minéraux de synthèse.

Selon LETARD et al, [53] le substrat idéal devrait cumuler de nombreuses propriétés intéressantes dont les principales sont :

- Favoriser la circulation de l'air et de l'eau et permet une meilleure alimentation.
- Ne pas altérer pas la composition de la solution nutritive.
- La stabilité durant la période d'utilisation.
- Coûteuse.
- Facile à mettre en œuvre et à recycler.
- Indemne de germes pathogènes ou de substances toxiques.

Aucun substrat ne possède toutes ces qualités. Pour le producteur doit donc apprécier les critères techniques liés à la conductivité, ceux liés à la mise en œuvre et enfin les critères économiques.

### 3.3. Conduite de la nutrition:

La culture hydroponique est une culture dite « Hors sol » où les substrats, employées ne réagissent ni chimiquement, ni physiquement avec les racines ou les engrais. Les racines des plantes se trouvent par conséquent, directement en contact avec l'eau et les éléments nutritifs [16].

La croissance et le développement d'une plante sont normalement assurés si l'équilibre entre la demande et l'offre en éléments nécessaires au processus en milieu racinaire est satisfaite à tout moment. Outre l'eau et l'O<sub>2</sub>, doivent être présents les éléments minéraux sous forme pouvant être assimilable [54].

Selon LETARD et al [53] les plantes ont la capacité de choisir dans le milieu, jusqu'à certaines limites, les éléments nutritifs dont elles ont besoin. Pour cela la conduite de la nutrition a pour objectif :

- Fournir à la culture l'ensemble des éléments nutritifs dont elle a besoin à partir de la solution nutritive.
- Maintenir dans la solution racinaire un PH et une conductivité qui favorisent une absorption équilibrée de l'eau et des éléments nutritifs.

- Ceci doit être réalisé en tenant compte des phases de développement et de l'état des plantes et de l'environnement climatique existant.

### 3.4. Absorption de l'eau et des éléments minéraux:

La plante prélève les éléments minéraux dans la solution du substrat par les racines ils sont transportés vers les différentes parties de la plante, surtout vers les feuilles ou à lieu la photosynthèse.

Les produits élaborés sont redistribués dans toute la plante et assurent sa croissance et son développement [55].

Les cellules absorbent de manière différente les ions qui leur sont offerts. Cette sélectivité s'exerce à l'encontre de certains ions, comme le  $\text{Na}^+$  qui pénètre très mal dans les cellules. A l'inverse, elles accumulent d'autre, comme le potassium, qui se trouvent à des concentrations plus élevées dans le milieu [38].

En général, les anions ayant une vitesse de pénétration inférieure à celle des cations, la vitesse d'absorption est à l'origine de deux conséquences :

- Absorption préférentielle : l'addition d'un sel dont l'un des ions pénètre mieux que l'autre fréquemment responsable d'une variation de pH.
- Couplage de flux : le couplage de flux de sens opposé d'ion de même signe ( $\text{N}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) [56].

La cinétique d'absorption est dans un premier temps une fonction régulièrement croissante avec le temps et ce de la mise en place du jeune plant jusqu'à ce qu'il ait atteint un stade adulte c'est à dire pendant la phase végétative [57].

D'après LETARD et al [53] au stade végétative, les solutions nutritives d'apport doivent être enrichies en calcium ainsi qu'en magnésium et en azote.

L'apport d'ammonium est ajusté pour compenser l'alcalinisation qui est souvent constatée pendant l'enracinement.

L'utilisation du système racinaire nécessite aussi une bonne fourniture de la phosphore et une conductivité élevée de la solution d'apport car les besoins en éléments sont importants et la consommation en eau est réduite.

Les modifications induite au niveau des processus d'absorptions sont dues aux facteur internes (caractère variétal, changement de stade de développement) ou externe (offre du milieu, conduite de culture, saison de production) [58,57].

### 3.5. Facteurs influençant l'absorption:

#### 3.5.1 Effet du pH :

Le pH de la solution nutritive doit être adapté à la nature des plantes neutrophiles ou acidophiles. Il dépend des sels chimiques utilisés pour la précipitation [51].

En général, l'accessibilité des minéraux est en fonction du pH et sera maximal entre 5.8 et 6.8 soit dans une solution légèrement acide [16].

Vu que la tomate est une espèce légèrement acidophile, le pH dans la solution d'apport et de drainage doit se situer entre 5.5 et 6.2 pour favoriser l'assimilation de l'ensemble des éléments minéraux nécessaires à la croissance des plantes. Si le pH s'écarte de ces valeurs l'absorption de certains éléments sera pénalisée [53].

**Exemple :** Si le pH est très haut certaine forme de chélates sont détruites. Le fer peut se précipiter, et il ne sera plus disponible pour la plante. D'autres éléments risquent aussi de se précipiter ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{SOu}^{-2}$ ,  $\text{HPo}^{-4}$ ) et d'entraîner des carences et des bouchages de goutteurs [53].

### 3.5.2 Concentration ionique de la solution à proximité des racines:

La concentration saline de la solution nutritive joue un rôle important dans l'alimentation hydrique de la plante. Elle détermine la pression osmotique de la solution. Celle-ci doit être inférieure à la pression du suc cellulaire, pour que l'eau puisse se diffuser de la solution vers la plante [59].

Elle représente la concentration globale en éléments minéraux de la solution. La mesure de la conductivité s'avère suffisante pour contrôler les fluctuations éventuelles de la concentration saline totale d'une solution [53].

L'absorption des éléments minéraux est influencée par la concentration ionique à proximité des racines : une forte concentration ionique baignant les racines est favorable à l'absorption minérale, jusqu'à certains niveaux [51].

Cependant, une forte concentration de la solution provoque une lésion des racines suivie du flétrissement de la plante [59].

Si la concentration est faible, les racines prélèvent facilement l'eau mais les éléments minéraux en quantités insuffisantes. Par contre l'augmentation de la concentration saline réduit l'absorption de l'eau, nécessaire pour la transpiration ce qui provoque le flétrissement des plantes [60].

La concentration optimale de la solution d'apport se situe entre deux et cinq ms, elle dépend de l'époque de la culture, du stade végétatif et de l'hybride cultivé dans le substrat, on recherche les situations entre 3 et 5 ms

### 3.5.3 Équilibre ionique :

L'équilibre entre les éléments au niveau des racines agit sur leur assimilation par la plante. En effet, la proportion relative de chacun des éléments minéraux de la solution doit refléter l'équilibre d'absorption des ions par la plante de façon à satisfaire les besoins immédiats et éviter l'accumulation de certains éléments dans le milieu [53].

Il existe, entre les éléments minéraux, des interactions qui font que l'action d'un élément est modifiée par la présence d'un autre [61,62], il peut y avoir :

- Synergie : la pénétration d'un ion amplifiée par la présence d'un autre.
- Antagonisme : au contraire la présence d'un ion inhibe l'absorption d'un autre.

L'équilibre ionique de la solution demeure constant tout au long de la culture. Pour y parvenir, il faut faire varier la composition minérale de la solution d'apport en fonction du stade de développement des plantes, de leur état végétatif, et des conditions climatiques [38].

### 3.6. Composition de la solution nutritive:

La solution nutritive referme tous les éléments nécessaires à la plante. Ces éléments ont des rôles importants:

- Certains ont le rôle plastique, car ils sont nécessaires à la synthèse de la matière organique cellulaire.
- D'autres ont le rôle catalytique, car ils sont indispensables à l'activité d'enzymes [22].

Les éléments minéraux sont classés selon leurs importances pondérales, en deux groupes :

1. Les macros éléments : indispensables pour la plante et absorbés en grandes quantités (N, K, Ca, Mg, S, P).
2. Les oligoéléments : également indispensable pour la plante mais absorbé en très faible quantités (Fe, Mn, Zn, Cu, Bo).

Certaines éléments entre eux peuvent être les éléments toxiques pouvaient être néfaste pour la plante : le Pb et Mg sont des éléments polluants.

Le tableau n° 02 présente les principaux rôles des éléments minéraux les plus importants.

La carence ou l'excès d'un de ces éléments minéraux provoque des malformations ou des perturbations physiologiques dont certaines se traduisent par des symptômes caractéristiques [22]. Le tableau n° 3 résume les symptômes provoqués par l'insuffisance ou l'excès des principaux éléments.

Selon MILANI [51] la première étape de la préparation d'une solution nutritive consiste à analyser l'eau disponible. Cette analyse doit permettre de déterminer si l'eau est effectivement utilisable pour l'irrigation, et connaître les quantités d'éléments déjà apportées, pour compléter selon les besoins nécessaires à la croissance des plantes.

D'après PARENT [63] les serres du st-laurent en collaboration avec Martine Dorais et André Gosselin à l'université Laval, ont montré l'efficacité d'un contrôle plus précis des éléments minéraux fournis aux plantes, on maintenant la teneurs en sels à un niveau optimal, on limite le problème de fendillement et on obtient par su croit, un produit de qualité supérieure.

Tableau n° 3.2 : Principaux rôles des éléments minéraux  
indispensables

<b>ELEMENT</b>	<b>ROLES</b>
<b>Azote</b>	Composant des acides aminés, des protéines, des acides nucléiques, des transporteurs d'énergie et d'enzyme d'oxydation.
<b>Phosphore</b>	Composant des acides nucléiques, transporteurs d'énergie, des phospholipides et des oses phosphates, cofacteur de différentes enzymes.
<b>Phosphate</b>	Neutralisation de radicaux acides, activation d'enzymes, rôle dans la pression osmotique
<b>Calcium</b>	Composant des parois cellulaires, activation d'enzymes, régulateur de la perméabilité cellulaire, rôle dans la neutralisation des radicaux acides.
<b>Magnésium</b>	Composant de la chlorophylle, cofacteur de nombreux enzymes, régulateur de pH et de l'équilibre acido-basique.
<b>Soufre</b>	Composant de coenzyme A, réducteur par groupe S-H.
<b>Fer</b>	Rôle dans le transfert d'électrons.
<b>Manganèse</b>	Activateur d'enzymes, rôle dans le transfert d'électrons, rôle dans le processus d'oxydoréduction.
<b>Zinc</b>	Activateur d'enzymes.
<b>Cuivre</b>	Rôle dans les fonctions suivantes : Photosynthèse, respiration, réduction des nitrates, synthèse de lignine et floraison.
<b>Bore</b>	Rôle dans les fractions suivantes : Transport des glucides, élasticité des parois cellulaires et division et élongation des parois cellulaires.
<b>Molybdène</b>	Rôle dans la réduction des nitrates.

Source: URBAN, 1997

Tableau n° 3.3 : Les symptômes provoqués sur la plante par excès  
ou carence d'éléments

ELEMENTS	INSUFFISANCES	EXCES
<b>Azote</b>	PA :- Feuillage jaunissant de façon uniforme. -Tige minces -Végétation insuffisante R : Racine très longues, peu ramifiées, blanches.	PA : stimulation de la croissance des feuilles au dépend des fleurs. -Tissues tendres à parois minces, dans le cas grave, chlorose des bouts de feuilles jusque entre nervures, tendant vers nécrose et dessèchement. - excès de pression osmotique : flétrissement. R : Nécrose racinaire, faible croissance.
<b>Phosphore</b>	PA : Rougissement de la tige et du pétiole des feuilles : angle des nervures très aigue, raccourcissement des entre nœuds nanisme général de la plante.	PA : Jaunissement général ; brunissement des extrémités du bord des feuilles suivi de nécrose R : Ressemble à carence potassique.
<b>Potassium</b>	PA : Chlorose puis brunissement des bords de limbe des feuilles de base, pouvant s'étendre entre les nervures et évoluant vers la nécrose. -Feuilles jaunes plus ou moins roulées. -Croissance diminuée. R : Racine jaune pale, peu	PA : pas de symptôme spécifiques action indirecte par antagonisme K/Mg ou K/Ca. -Flétrissement provoqué par excès de pression osmotique. R : nécrose racinaire, faible croissance.

	ramifiée	
<b>Calcium</b>	<p>PA : Feuille vert sombre tendant vers chlorose des pointes et bordures des feuilles jeunes, puis inter nervures ; nécrose possible.</p> <p>- Croissance faible, paroi cellulaires fragiles, malformation des feuilles, bourgeons terminaux brunissement.</p> <p>R : Racines courtes, très ramifiées renflées du bout, marrons par la pointe.</p>	<p>PA : Effet sur l'utilisation insuffisante du fer et manganèse, chlore.</p> <p>Internervaire et taches nécrotiques, croissance diminuée, lente molle.</p>
<b>Manganèse</b>	<p>PA : Chlorose internervaire des jeunes feuilles évoluant vers des taches nécrotiques brunes, les nervures restent vertes.</p>	<p>PA : Dans le cas grave ; l'aspect chlorotique, feuilles bordures et frisolées.</p>
<b>Magnésium</b>	<p>PA: Elaboration entravée de la chlorophylle.</p> <p>Chlorose des feuilles du bas principalement taches internervaire irrégulières.</p> <p>Le reste du limbe reste vert. Le sommet des feuilles a parfois tendance à s'enrouler.</p> <p>R: Racine longue, parfois ramifiée.</p>	<p>PA: Provoque un déséquilibre par absorption insuffisante de <math>K^+</math></p> <p>Croissance de tige exagérée, floraison diminuée. Dans le cas grave, feuilles vertes sombre, plus petites, jeunes feuilles enroulées. Extrémités de tige se flétrissent.</p> <p>R: Forte croissance des racines.</p>
<b>Soufre</b>	<p>PA: Plante entière chlorotique, surtout les jeunes feuilles.</p> <p>Feuilles épaisses et dures. Tige courte, ligneuse.</p> <p>R: Nombreuses racines blanches et ramifiées.</p>	<p>PA: Feuilles chlorotiques, plus petites se courbant en dedans, pustules sur le bord, brunissement marginal, tiges dures, jaunissement de l'extrémité.</p> <p>R: Très nombreuses racines blanches et rameuses.</p>

<b>Fer</b>	PA: Chlorose internervaire évoluant vers jaunissement général du limbe des jeunes feuilles. Tige mince.	PA: Excès rare, dans le cas général chlorose générale. R: Nécrose racinaire.
<b>Cuivre</b>	PA: chlorose des jeunes feuilles. Plantes molles, séchant facilement.	PA: Chlorose des feuilles avec taches brunes. Les nervures restent vertes.
<b>Zinc</b>	PA: Chlorose mouchetée des feuilles, suivie de nécrose et chute des feuilles. Raccourcissement entier des entre-nœuds.	PA: Chlorose surtout des jeunes feuilles, y compris nervures. Les vieilles ont des nervures rouges ou noires puis se dessèchent. Les bourgeons terminaux meurent
<b>Bore</b>	PA: Rebécification des feuilles, deviennent vert clair. Souvent taches brunes sur les tiges: l'apex dépérit, les pousses inférieures se développent. R: Racines jaunes ou brunes ridées, pourrissant du collet.	PA: Jaunissement du bord des feuilles gagnant toute la surface laissant de graves taches brunes sur les bords puis chute des feuilles.

**PA:** partie aérienne.

(LEMAIRE et al, 1989).

**R:** racine.

## **CHAPITRE 4**

### **MATERIEL ET METHODES**

Dans ce chapitre nous présenterons le matériel biologique et les méthodes qui ont été utilisés dans notre travail.

#### 4.1. But de l'expérience:

Notre travail expérimental vise à évaluer d'une part, le comportant de deux variétés de *Lycopersicom esculentum mill* (Marmande et Saint- pierre) cultivées en hors sol irriguées par des eaux corrigées; et d'autre part, l'effet de la variation de trois doses d'irrigation sur la croissance des plants.

#### 4.2. Choix du matériel végétal:

Notre travail porte sur des variétés de tomate *Lycopersicom esculentum mill* cultivée en Algérie. C'est le matériel expérimental de qualité, vu ses réactions rapide aux changements du milieu, la rapidité de croissance et surtout sa tolérance aux sels. Il s'agit de deux variétés:

1. Marmande.
2. Saint pierre.

Les caractéristiques des variétés utilisées sont données dans le tableau n°4.4.

### 4.3. Les conditions expérimentales:

#### 4.3.1 Lieu de l'expérimentation:

L'essai a été mené à la station expérimentale de l'institut d'agronomie de Blida, située dans la plaine de la Mitidja (sublittoral, étage bioclimatique sub- humide). Dans une serre ayant une longueur de 22.5m et une largeur de 17.5m, couvrant ainsi une surface de 393.75m<sup>2</sup>. Le matériau de couverture est le polymetacrylate de méthyle d'une épaisseur de 5mm.

L'aération est réalisée par l'ouverture des portes et des fenêtres, et le chauffage est assuré par douze radiateurs.

Durant l'expérimentation nous avons suivi l'évolution de la température à l'intérieur de la serre et au niveau du substrat à l'aide d'un thermomètre.

Les relevés ont été effectués à trois moments de la journée 9h, 12h, 16h. Le tableau n°4.5 indique la température de la serre et du substrat.

D'après ces relevés nous remarquons que durant la première quinzaine du mois de Mai, les températures moyennes de 9h, 12h, 16h étaient favorables à la croissance des plantes.

A partir de la mi- Mai, nous constatons une élévation progressive de la température se traduisant par une action peu favorable sur la croissance et la vigueur des plantes.

#### 4.3.2 Substrat:

Le substrat utilisé dans notre expérimentation est le gravier roulé (3 – 8 mm de diamètre) provenant de la carrière de Chebli (située à 25 Km au sud ouest d'Alger).

Le gravier est un substrat peu favorable au développement d'une activité biologique importante, les risques de contamination par les maladies ne sont pas totalement à exclure.

Afin d'éliminer ces risques de contamination nous avons procédé à une désinfection du substrat qui a été réalisé comme suit:

1. Lavage à l'eau afin de supprimer toutes les particules terreuses.
2. Désinfection à l'eau de javel 1%.
3. Rinçage abondant au moment de l'utilisation du substrat, afin d'éliminer toute trace de l'eau de javel.

Tableau n° 4.4:

Les principales caractéristiques des variétés **Marmande** et **Saint-pierre**.

	<b>Marmande</b>	<b>Saint-pierre</b>
<b>Précocité</b>	Semi - précoce	Semi - précoce
<b>Port</b>	Semi - déterminé	Indéterminé
<b>Fruit</b>	Gros. Multiloculaire. Rond aplati et cotelie Nombre de loge est de 8 à 10	Plus globuleux Lisse Collet vert bien Nombre de loge est de 5 à 8
<b>Poids moyen de fruit</b>	120 à 150 g	140 à 180 g
<b>Culture</b>	De plein champ en primeur	De plein champ de saison et arrière saison
<b>Destination</b>	Marché frais	Marché frais
<b>Résistance</b>	Verticillium Au sel	–

SOURCE: ITCMI

Tableau n°4.5:  
Moyenne des températures de la serre et du substrat.

Période	Température moyenne de la serre (°C)			Température moyenne du substrat (°C)		
	9 h	12h	16h	9h	12h	16h
29/04/02 02/05/02	27	32.3	29.8	21.25	35	35
03/05/02 06/05/02	21.3	28.3	26.5	22.3	31	30
07/05/02 10/05/02	23.3	26.3	26.3	22.5	31	31
11/05/02 14/05/02	25.3	30.8	30.8	26	34	34.3
15/05/02 18/05/02	31.8	36.8	34	31	40.5	38.8
19/05/02 22/05/02	24	35.3	32	23.5	38	34.3
23/05/02 26/05/02	28.5	34.3	33	23.5	34	35
27/05/02 31/05/02	29.3	35	33.5	28.3	35	38.3
01/06/02 04/06/02	29.3	35.8	36	27.8	37.8	39.3
05/06/02 08/06/02	28	34	30.8	26.5	36.5	35

#### 4.4. Prégermination et le semis-levée:

Nous avons effectué une prégermination des graines le 11/04/2002 dans une étuve  $t^{\circ} = 25^{\circ}\text{c}$ . Les graines germées ont été semées dans des pots de polyéthylène, de couleur blanche, d'une capacité de 200 ml. Les pots présentent à leur base un orifice permettant l'évacuation des solutions en excès lors de l'irrigation.

Afin de favoriser une croissance homogène, toutes les plantes ont été arrosées à l'eau de robinet pendant trois jours. Elles ont été ensuite irriguées avec la solution T1 jusqu'à l'apparition de la première feuille.

Nous avons veillé à choisir les meilleures plantules afin que la reprise soit Parfaite.

L'application des différents traitements au niveau des plants de notre expérience a commencé le 29/04/2002.

#### 4.5. Dispositif expérimental:

##### 4.5.1 Facteur étudiés:

**Facteur n°1:** deux variétés de tomate V1 et V2.

- **V1:** Marmande.
- **V2:** Saint-pierre.

**Facteur n°2:** deux solutions nutritives S1, S2.

- **S1:** Eau de Blida corrigée.
- **S2:** Eau Gassi- Touil corrigée.

**Facteur n°3:** Trois doses D1, D2, D3.

- **D1:** 30 ml/jours.

■ **D2:** 45 ml/jours.

■ **D3:** 60 ml/jours.

\* Le nombre de traitements utilisés est:

$$2N_V \times 2N_S \times 3N_D = 12 \text{ traitements combinés.}$$

\* Nature des traitements:

$$\begin{array}{l} V1, V2 \\ S1, S2 \\ D1, D2, D3 \end{array} \left\{ \begin{array}{l} V1S1D1, V1S1D2, V1S1D3, V1S2D1, V1S2D2, \\ V2S1D1, V2S1D2, V2S1D3, V1S2D3, \\ V2S2D1, V2S2D2, V2S2D3. \end{array} \right.$$

#### 4.5.2 Répétition:

Notre expérimentation nécessite, compte tenu des coupes effectuées sur des plants de tomate, notre expérimentation nécessite un total de 180 plants représentant l'ensemble des unités expérimentales de notre dispositif.

Le nombre de répétitions est égal donc à  $r = 15$  c'est-à-dire 15 répétitions pour l'étude expérimental de chacun des traitements combinés.

$$N_{tc} = 12 \quad , \quad N_{\text{total de t}} = 180$$

$$\text{Donc:} \quad r = \frac{180}{12} = 15$$

#### 4.5.3 Unités expérimentales:

Les unités expérimentales sont des pots de polyéthylène, de couleur blanche, d'une capacité de 200 ml. Les pots présentent à leur base un orifice permettant l'évacuation des solutions en excès lors de l'irrigation.

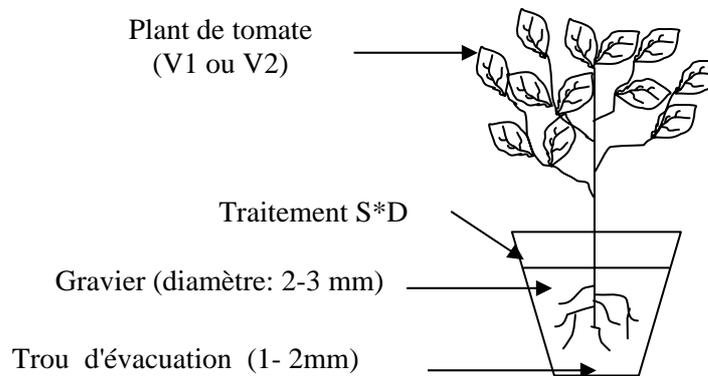


Figure 4.1 : Schéma de l'unité expérimentale.

#### 4.5.4 Dispositif expérimental:

Notre dispositif expérimental est un dispositif sans contrôle d'hétérogénéité comprend au total 180 unités expérimentales homogènes. Parmi ces 180 unités, nous distinguons 12 unités expérimentales de base qui diffèrent entre elles par les 12 traitements combinés. Chacun de ces traitements est affecté au hasard au niveau de l'unité expérimentale correspondante par le procédé de la randomisation totale. Comme  $r = 15$ , chacun des unités expérimentales est répétée 15 fois (soit donc 180 unités expérimentales) pour chaque traitement combiné

Le dispositif comporte 180 plantules au total. Nous avons effectué trois coupes successives:

1. 1<sup>ière</sup> coupe le 14/05/2002 : soit 32 jours après semis.
2. 2<sup>ième</sup> coupe le 30/05/2002 : soit 48 jours après semis.
3. 3<sup>ième</sup> coupe le 06/06/2002 : soit 55 jours après semis.

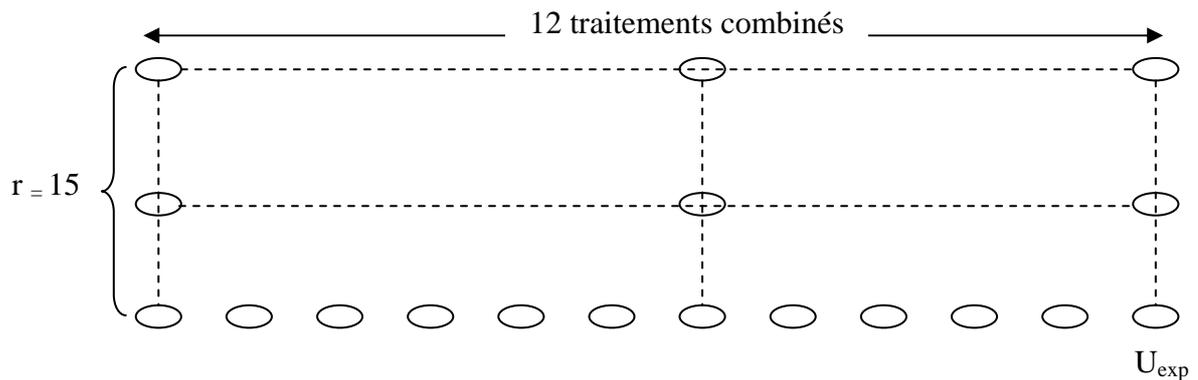


Figure 4.2 : Schéma du dispositif expérimental.

#### 4.6. Solutions nutritives:

Les différentes étapes de la préparation d'une solution nutritive sont les suivantes:

##### 4.6.1 Analyse de l'eau utilisable:

Cette analyse doit permettre de déterminer si l'eau est effectivement utilisable pour l'irrigation et de connaître les quantités d'éléments déjà apportées.

Les résultats de l'analyse sont présentés dans le tableau n°4.6.

##### 4.6.2 Correction de l'eau d'arrosage:

D'après l'analyse, nous remarquons que l'eau d'irrigation est chargée en ions de bicarbonates.

Sachant que les ions bicarbonates sont nocifs pour les jeunes plantules, nous avons effectué un traitement de cette eau par addition de l'acide nitrique ( $\text{HNO}^3$ ) et de l'acide phosphorique ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ) afin de permettre la réduction des bicarbonates et donc régulariser le PH de 7.3 à 5.8.

Tableau n° 4.6 : Teneur des éléments minéraux contenus dans l'eau.

ELEMENTS	TENEURS	
	Mg/l	Meq/l
<b>Na<sup>+</sup></b>	29.50	1.30
<b>Ca<sup>+</sup></b>	56.00	2.80
<b>Mg<sup>+</sup></b>	21.60	1.80
<b>K<sup>+</sup></b>	00	00
<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	38.40	0.80
<b>Cl<sup>-</sup></b>	21.00	0.60
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	248.88	04.08
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	21.70	00.35
<b>Total des sels</b>	437.48	11.75

#### 4.6.3 Préparation des traitements :

Notre essai comporte deux solutions :

1. S1 : Eau brute corrigée de Blida.
2. S2 : Eau de GASSI- TOUIL A corrigée et reconstitué à partir de l'eau de Blida.

Les compositions des eaux brutes (naturelles) sont présentées dans les tableaux n° 4.7 et n°4. 8.

Les solutions nutritives ont été testées étaient à base de la solutions mères de macroéléments et de micro-éléments. Elles ont été diluées par la suite lors de la préparation des solutions nutritives prêtes à l'emploi. Le PH des différentes solutions a été mesuré à chaque préparation. Ce dernier était compris entre 5.5 et 5.8.

Tableau n°4.7: La Composition chimique de l'eau de GASSI-TOUIL.

(meq /l)

	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{--}$	$\text{SO}_4^{--}$	$\text{Cl}^-$	<b>TOTAL</b>
<b>K<sup>+</sup></b>					0.5
<b>Na<sup>+</sup></b>					16.5
<b>Ca<sup>++</sup></b>					9.1
<b>Mg<sup>++</sup></b>					8.4
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>					2.21
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>					0
<b>TOTAL</b>	0.55	0	17.7	14.10	

Tableau n°4.8: La Composition chimique de l'eau de BLIDA.

(meq /l)

	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{--}$	$\text{SO}_4^{--}$	$\text{Cl}^-$	<b>TOTAL</b>
<b>K<sup>+</sup></b>					0
<b>Na<sup>+</sup></b>					1.30
<b>Ca<sup>++</sup></b>					2.80
<b>Mg<sup>++</sup></b>					1.80
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>					0
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>					4.08
<b>TOTAL</b>	0.35	0	0.80	0.60	

4.6.4 Elaboration des solutions/ composition et concentration:

Tableau n°4.9 : composition de la solution nutritive **S1** (meq/l).

**Eau de Blida corrigée.**

	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>TOTAL</b>
	0.35		0.8	0.6	
<b>K<sup>+</sup></b> 0	3.55		0.7		4.24
<b>Na<sup>+</sup></b> 1.3					1.30
<b>Ca<sup>++</sup></b> 2.8	2.29				5.09
<b>Mg<sup>++</sup></b> 1.8					1.80
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	1.8				1.80
<b>H<sup>+</sup></b>	2.2	1.1			3.30
<b>TOTAL</b>	10.2	3.30	1.50	0.60	

La composition, la concentration et l'ordre de dissolution des sels sont les suivantes:

- $\text{HNO}_3 = 2.2 \times 63 = 138.60 \text{ mg/l.}$
- $\text{H}_3\text{PO}_4 = 1.1 \times 98 = 107.80 \text{ mg/l.}$
- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 2.29 \times 118 = 270.22 \text{ mg/l.}$
- $\text{KNO}_3 = 3.55 \times 101 = 358.55 \text{ mg/l.}$
- $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 1.8 \times 80 = 144.00 \text{ mg/l.}$
- $\text{K}_2\text{SO}_4 = 0.7 \times 87 = 60.90 \text{ mg/l.}$

Total des sels = 1269.22mg/l  
= 1.26g/l

Tableau n°4.10 : composition de la solution nutritive **S2** (meq/l).  
**Eau de GASSI-TOUIL corrigée, modifiée et reconstituée avec l'eau  
de Blida. (PH = 5.8)**

	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>TOTAL</b>
	0.35		0.8	0.6	
<b>K<sup>+</sup></b> 0			7.6		4.24
<b>Na<sup>+</sup></b> 1.3	5.85		2.45	6.9	1.30
<b>Ca<sup>++</sup></b> 2.8				6.3	5.09
<b>Mg<sup>++</sup></b> 1.8			6.6		1.80
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	1.8				1.80
<b>H<sup>+</sup></b>	2.2	1.1			3.30
<b>TOTAL</b>	10.20		17.45	13.80	

La composition, la concentration et l'ordre de dissolution des sels sont les suivantes:

- $\text{HNO}_3 = 2.2 \times 63 = 138.60 \text{ mg/l.}$
- $\text{H}_3\text{PO}_4 = 1.1 \times 98 = 107.80 \text{ mg/l.}$
- $\text{MgSO}_4 = 6.6 \times 123 = 811.8 \text{ mg/l.}$
- $\text{NaCl} = 6.90 \times 58 = 403.65 \text{ mg/l.}$
- $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 1.8 \times 80 = 144 \text{ mg/l.}$
- $\text{K}_2\text{SO}_3 = 7.60 \times 87 = 661.2 \text{ mg/l.}$
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 2.45 \times 71 = 173.99 \text{ mg/l}$
- $\text{NaNO}_3 = 5.85 \times 84.99 = 497.19 \text{ mg/l}$
- $\text{CaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O} = 6.3 \times 73.51 = 463.11 \text{ mg/l}$

$$\begin{aligned} \text{Total des sels} &= 3600 \text{ mg/l} \\ &= 3.60\text{g/l.} \end{aligned}$$

Les deux solutions reçoivent un apport de fer (à raison de 5 ml/litre de solution) sous forme de sequestrene de fer préparé à raison de 2 g/l et un apport d'oligo-éléments à raison de 0.1 ml de solution prête à l'emploi dont la composition en g/l, est préconisée par COIC et LESAINTE en (1985).

#### 4.7. Technique de calcul du bilan hydrique:

Un bilan hydrique journalier est obtenu en faisant la différence entre les apports (quantité apportée) et les percolats (les pertes par drainage).

Avant chaque coupe nous avons effectué des drainages pour la détermination du volume et le PH du percolât. Nous avons adopté le protocole suivant. Il comprend les étapes suivantes :

- Mettre un pot vide sans orifice de drainage sous chaque pot en culture.
- Irriguer les plantules avec la dose et la solution fixée la veille selon le dispositif.
- Après 24h, on prélève le percolat au niveau de chaque pot.
- Faire les moyennes des différents percolats d'un même traitement.
- Mesurer le PH du percolat.

#### 4.8. Doses et fréquences des arrosages:

Le système d'irrigation adopté fait partie des systèmes d'irrigation par percolation à circuit ouvert

La fréquence d'irrigation est de 3 irrigations par jour avec l'utilisation de 3 doses d'irrigation différentes 30, 60,90 (ml/jour) pour les deux solutions.

#### 4.9. Les paramètres mesures:

Des mesures biométriques ont été réalisées sur les jeunes plantules selon les trois coupes réalisées qui sont :

- **La hauteur finale des plants:** Les hauteurs sont mesurées périodiquement en centimètres (cm) du collet à l'apex.
- **Le nombre de feuilles par plant:** Elles sont calculées pour chaque plante au moment de la coupe.
- **Biomasse fraîche produite en gramme:** À chaque coupe nous avons pesé les différents organes :
  1. poids frais feuilles.
  2. poids frais tiges.
  3. poids frais total (tige + feuille).
  4. poids frais racine.
- **Biomasse sèche produite:** Après le séchage de la matière fraîche dans l'étuve à 75°C, on obtient les produits secs qui vont être pesés jusqu'à stabilité du poids sec.
  1. poids sec feuilles.
  2. poids sec tiges.
  3. poids sec total (tige + feuille).
  4. poids sec racine.

#### 4.10. Analyse statistique:

L'analyse statistique des résultats a été réalisée à l'aide de logiciel **STATITCF**. Ce programme logiciel nous a permis de faire:

1. L'analyse de la variance au seuil d'erreur de 5%.

#### 4.10.1 Analyse de la variance:

Cette analyse permet d'estimer le degré de signification entre les différentes variétés par rapport aux paramètres étudiés. La probabilité de 5% a été choisie comme seuil de signification.

Le test de NEWMAN et KEULS permet de constituer des groupes homogènes.

## CHAPITRE 5

### RESULTATS ET INTERPRETATIONS

#### 5.1. La hauteur finale de tiges:

Tableau n°5.11 : La hauteur finale de tiges (cm).

Variété		V1			V2		
	DOSE SOLUTION	D1	D2	D3	D1	D2	D3
C1	TM	9.00 ± 1.16 A	9.56 ± 0.46 A	9.7 ± 0.81 A	9.32 ± 0.78 A	9.56 ± 0.46 A	9.86 ± 0.66 A
	T1C	8.34 ± 0.59 A	10.94 ± 0.56 A	11.28 ± 0.53 A	8.1 ± 3.3 A	9.04 ± 1.22 A	11.76 ± 0.37 A
C2	TM	12.04 ± 0.97 C	15.12 ± 0.84 BC	16.82 ± 1.11 AB	14.32 ± 0.36 BC	14.54 ± 1.56 BC	15.66 ± 1.8 AB
	T1C	13.94 ± 1.03 AB	15.94 ± 1.85 AB	16.18 ± 1.65 AB	14.1 ± 1.57 BC	16.76 ± 2.11 AB	17.86 ± 1.86 A
C3	TM	13.3 ± 2.98 D	16.96 ± 1.02 BC	17.94 ± 1.06 BC	16.12 ± 0.77 BC	16.24 ± 1.44 BC	19.02 ± 1.1 B
	T1C	15.86 ± 0.47 BC	16.36 ± 1.46 BC	18.08 ± 1.08 BC	15.18 ± 2.63 CD	18.86 ± 2.12 B	21.42 ± 1.27 A

Le tableau n°5.11 de l'analyse de la variance révèle une différence non significative entre les traitements de la 1<sup>ème</sup> coupe c'est à dire que les facteurs combinés f1, f2, f3 n'ont aucune influence sur le paramètre étudiée. Selon l'analyse de la variance (tableau n°1 (annexe)) l'effet du facteur dose combiné au facteur solution est hautement significatif sur la hauteur des tiges. La hauteur la plus élevée est obtenue par T1CD3 (11.52cm); la hauteur la plus faible est celle de T1CD1 (8.22 cm).

Cependant l'analyse de la variance tableau n°5.11 montre une différence significative pour les coupes 2 et 3. D'après cette analyse, le traitement V2T1CD3 présente la hauteur la plus élevée qui est respectivement de 17.86 cm pour C2 et de 21.42 cm pour C3; ceci en raison principalement de l'équilibre ionique parfait existant dans cette solution et de la richesse en éléments fertilisants. Les valeurs les plus faibles sont celles de V1TMD1 qui est de 12.02 cm (C2) , 13.3 cm (C3). Selon REY et COSTES [64] la faible teneur minéralogique et hydrique sont à l'origine de ralentissement de la croissance.

Le test de NEWMAN et KEUILS indique la présence de quatre groupes homogènes lors de la C2; et cinq groupes homogènes à la C3.

Le tableau de l'analyse de la variance (tableau n°1, 2,3 (annexe)) révèle la présence d'une influence très hautement significative de facteur dose sur le paramètre étudiée. La D3 manifeste la hauteur la plus élevée quel que soit le stade de la coupe (1, 2, 3). Au niveau de la 3<sup>ème</sup> coupe, l'analyse ((tableau n°3 (annexe)) révèle la présence d'un effet variétal sur le paramètre étudié. La hauteur la plus élevée est manifestée chez la V2 qui est donc plus précoce que V1. On peut, en outre, noter que la V2 est arrivée au stade floraison avant V1 ce qui confirme sa précocité.

## 5.2. Le nombre de feuilles par plant:

Le tableau n°5.12 de l'analyse de la variance du nombre de feuilles par plant montre qu'aucune différence significative entre les traitements n'est marquée quel que soit le stade de la coupe.

L'analyse révèle une influence très hautement significative du facteur variété sur ce paramètre. D'après l'analyse, la variété Marmande présente le nombre de feuille le plus élevé quel que soit le stade de la coupe (tableau n°4, 5,6 (annexe)).

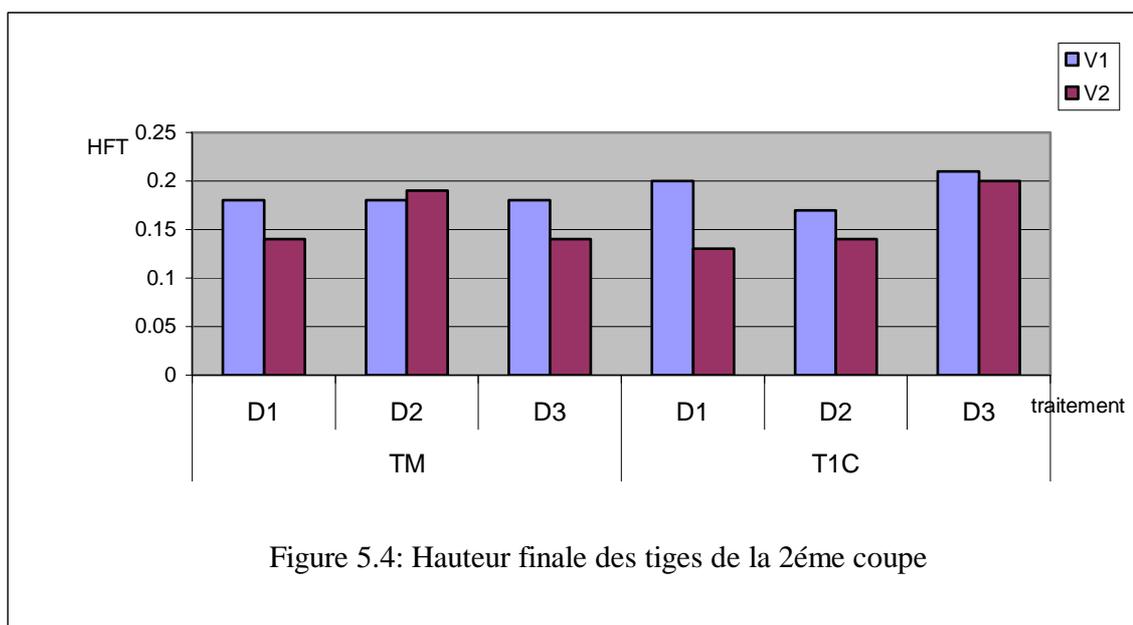
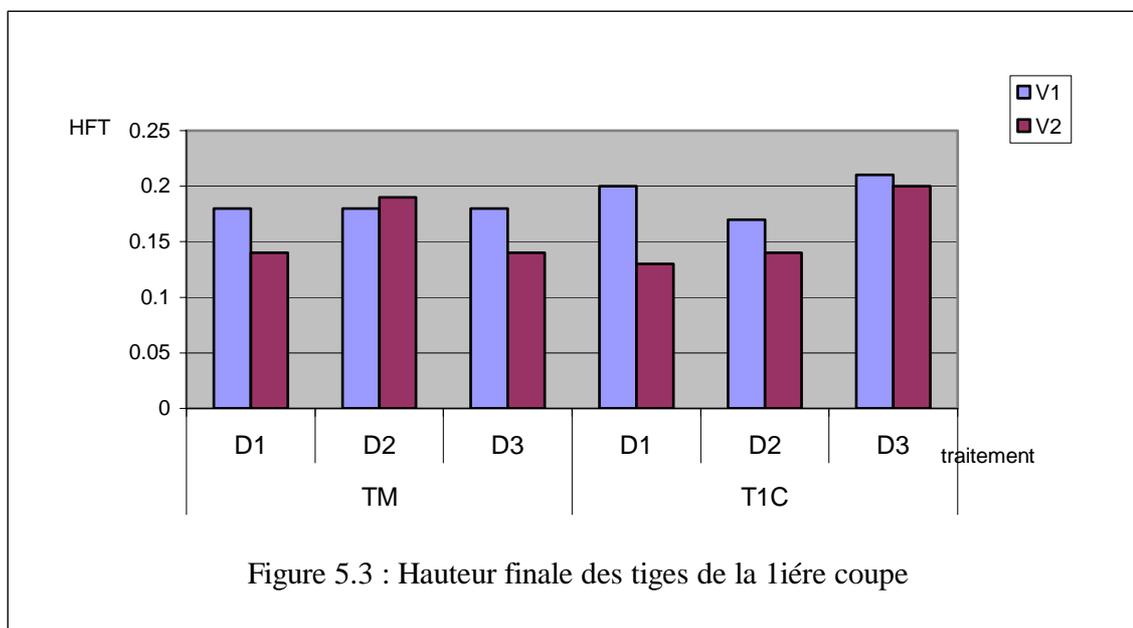
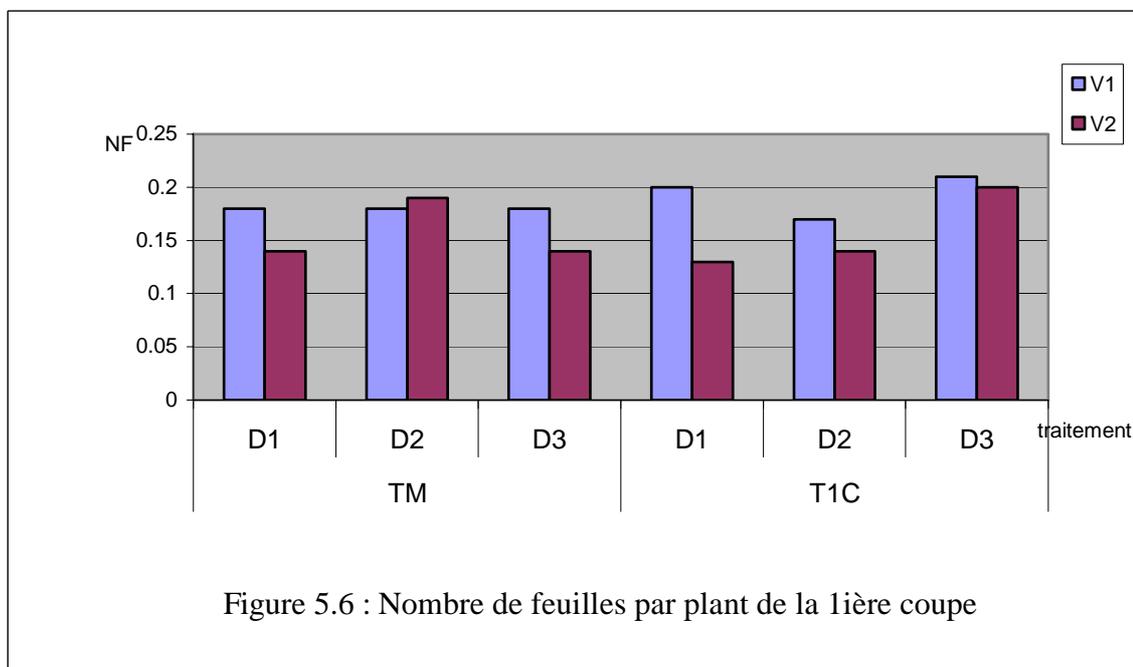
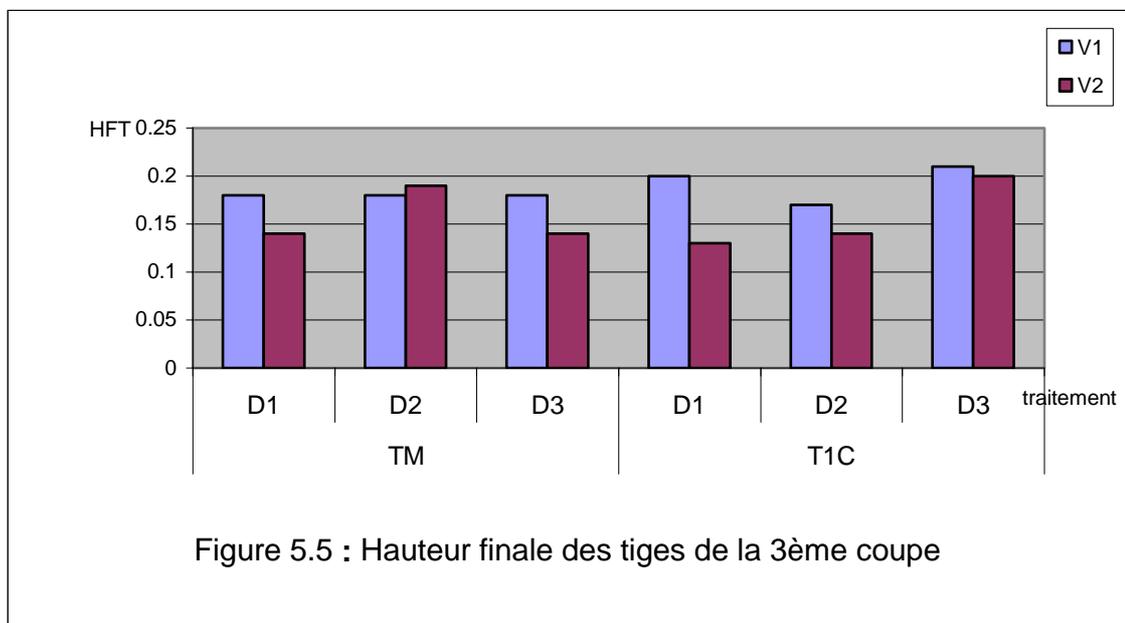
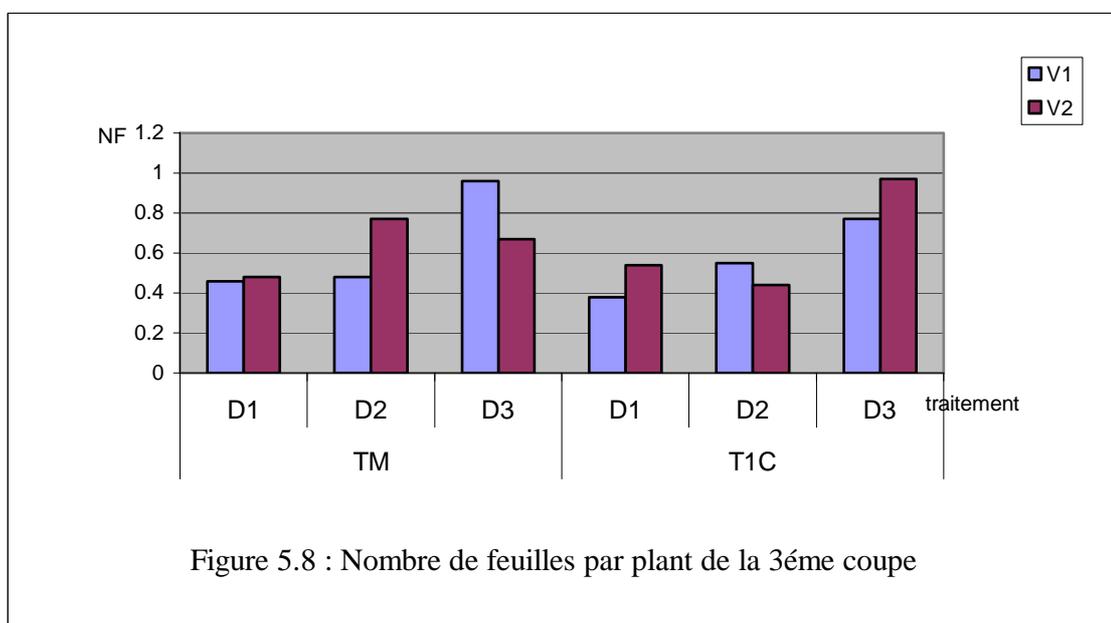
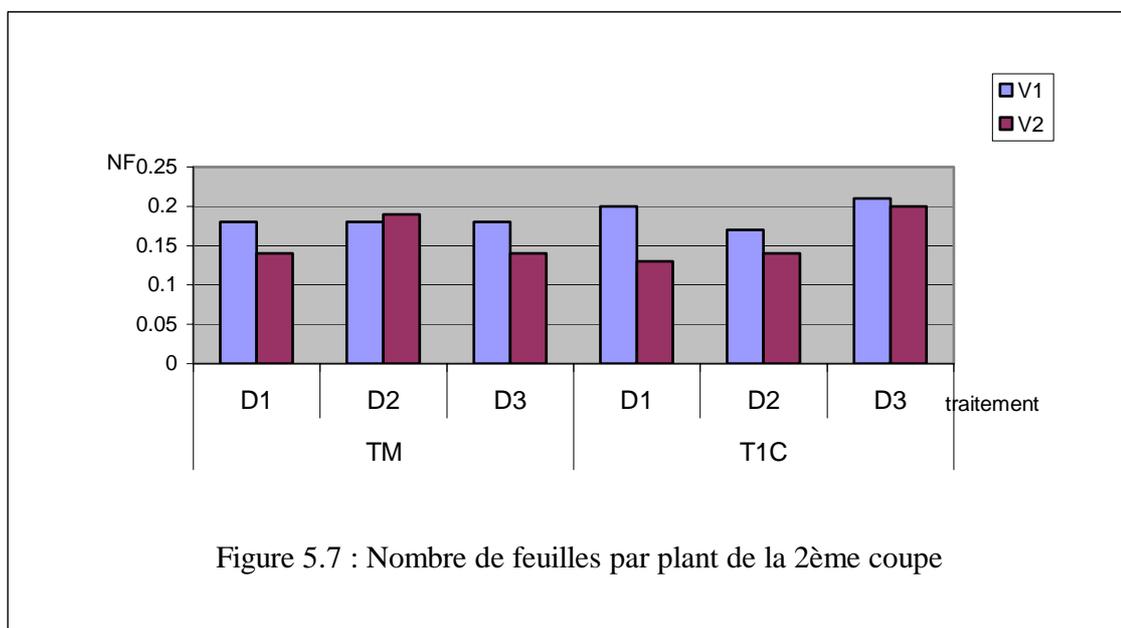


Tableau n°5.12 : Le nombre de feuilles par plant.

<b>Variété</b>		<b>V1</b>			<b>V2</b>		
	DOSE SOLUTION	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>
<b>C1</b>	<b>TM</b>	6.4 ± 0.89	5.2 ± 0.84	6.4 ± 0.89	4.8 ± 0.84	5.2 ± 0.84	5.4 ± 1.34
	<b>T1C</b>	6.2 ± 1.1	6.8 ± 0.84	7 ± 0.71	4.4 ± 0.55	5.2 ± 0.84	5.8 ± 1.3
<b>C2</b>	<b>TM</b>	8.2 ± 1.3	9 ± 0.71	9.6 ± 0.55	7 ± 0.000	7.4 ± 0.55	7.8 ± 0.84
	<b>T1C</b>	8.8 ± 1.3	9.2 ± 0.45	9.6 ± 1.14	6.6 ± 0.89	7 ± 0.71	8 ± 1
<b>C3</b>	<b>TM</b>	9.14 ± 2.19	10.6 ± 0.89	12.00 ± 0.71	7.4 ± 1.14	8.8 ± 0.45	9.4 ± 1.14
	<b>T1C</b>	8.6 ± 1.14	9.6 ± 1.52	9.6 ± 1.34	8.00 ± 0.000	8.00 ± 0.000	9.2 ± 1.1

Au niveau de la C2, C3 (tableau n°5,6 (annexe)) il y a une influence du facteur dose sur le paramètre étudié; plus la dose augmente, plus le nombre de feuilles augmente et plus la dose est faible, plus le nombre est réduit.





5.3. Le poids frais des feuilles:

Tableau n°5.13 : Le poids frais de feuilles (g)

Variété		V1			V2		
	DOSE	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>
	SOLUTION						
<b>C1</b>	<b>TM</b>	1.79	3.91	2.52	1.55	2.32	2.27
		±	±	±	±	±	±
		0.68	3.94	0.5	0.38	0.5	0.42
		A	A	A	A	A	A
<b>T1C</b>		1.93	3.08	3.36	2.06	2.22	2.87
		±	±	±	±	±	±
		0.58	0.14	0.33	0.09	0.19	0.75
		A	A	A	A	A	A
<b>C2</b>	<b>TM</b>	2.59	4.25	7.36	4.61	5.01	6.86
		±	±	±	±	±	±
		2.3	0.77	1.16	0.79	0.03	1.24
		E	D	AB	D	CD	BC
<b>T1C</b>		5.45	7.68	9.46	5.12	5.38	8.16
		±	±	±	±	±	±
		1.49	0.15	1.22	1.66	0.95	0.94
		BC	BC	BC	CD	B	A
<b>C3</b>	<b>TM</b>	5.73	8.72	10.01	6.46	7.48	9.89
		±	±	±	±	±	±
		0.71	1.26	1.25	1.25	0.88	1.3
		A	A	A	A	A	A
<b>T1C</b>		15.86	16.36	18.08	15.18	18.86	21.42
		±	±	±	±	±	±
		0.47	1.46	1.08	2.63	2.12	1.27
		A	A	A	A	A	A

D'après l'analyse de la variance du tableau n° 5.13, il y a une différence significative entre les différents traitements au niveau du 2<sup>ème</sup> stade de la coupe. le traitement V2T1CD3 (8.52g) manifeste le poids frais de la feuille le plus élevé, le traitement V1TMD1 manifeste le poids le plus faible qui est de 2.59g. Aucune différence n'est remarquée au niveau du stade 2 et 3 de la coupe

Le test de NEWMAN et KEUILS indique la présence de sept groupes homogènes lors la C2.

L'analyse de la variance montre la présence d'un effet de facteur dose sur le paramètre étudié. Les doses 2 et 3 ont le même effet à la C1 (tableau n°7 (annexe)), par contre en C2 et C3 c'est la dose3 qui manifeste le poids le plus élevé (tableau n° 8,9 (annexe)).

L'analyse révèle la présence d'une différence significative entre les solutions au niveau de C2 et C3 (tableau n° 8,9 (annexe)). Elle révèle aussi que le T1C manifeste le poids le plus élevé par rapport à TM.

Au niveau de la coupe 3 (tableau n°7 (annexe)), l'existence d'une différence significative est due au facteur variétés et à sa combinaison au facteur dose. Le poids le plus élevé est manifesté au niveau du traitement V1D3 alors que V2 (D1, D2) et V1D1 manifestent les poids les plus faible.

#### 5.4. Poids sec des feuilles:

L'analyse de la variance (tableau 5.14) révèle une différence hautement significative entre les différents traitements de la coupe2. Selon cette analyse les poids secs les plus élevés sont représentés par les traitements V2T1CD3 (0.93 g), V2TMD3 (0.84 g) et V1TMD3 (0.81 g); ainsi le poids le plus faible est observé lors du traitement V1TMD1 (0.48g).

D'après les tableaux 20,21 (annexe) de l'analyse de la variance le facteur dose affecte le poids sec des feuilles; le poids le plus élevé est manifesté au niveau de la dose 3 la plus forte, alors que le poids le plus faible est ainsi observé par la dose 1 et cela au niveau de C2, C3.

Le test de NEWMAN et KEUILS indique la présence de quatre groupes homogènes lors la C2.

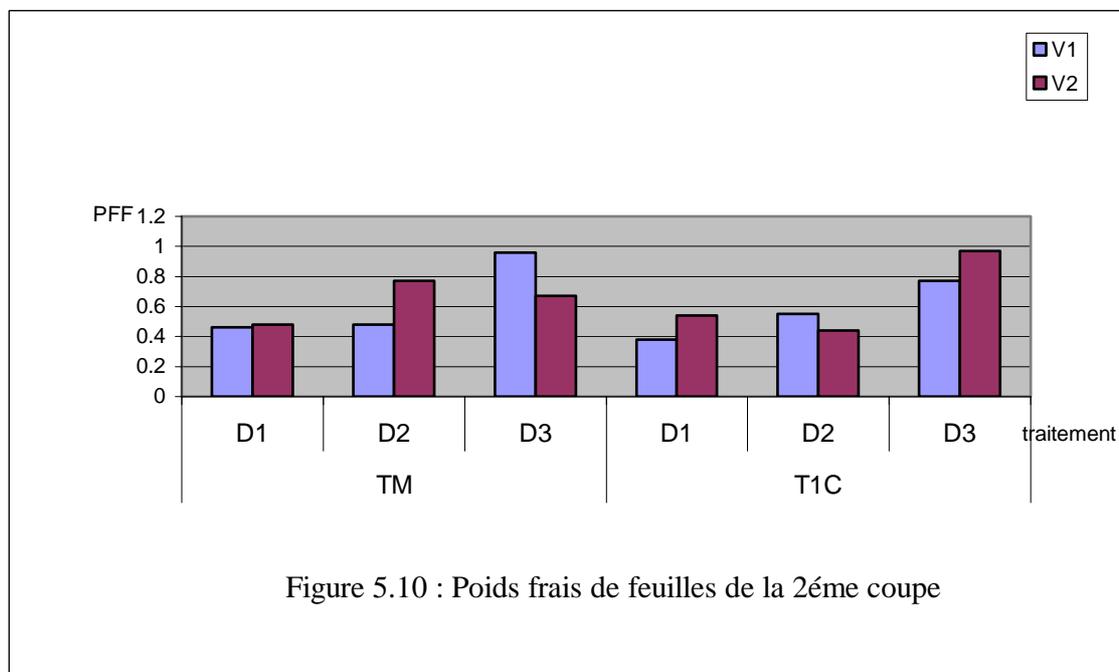
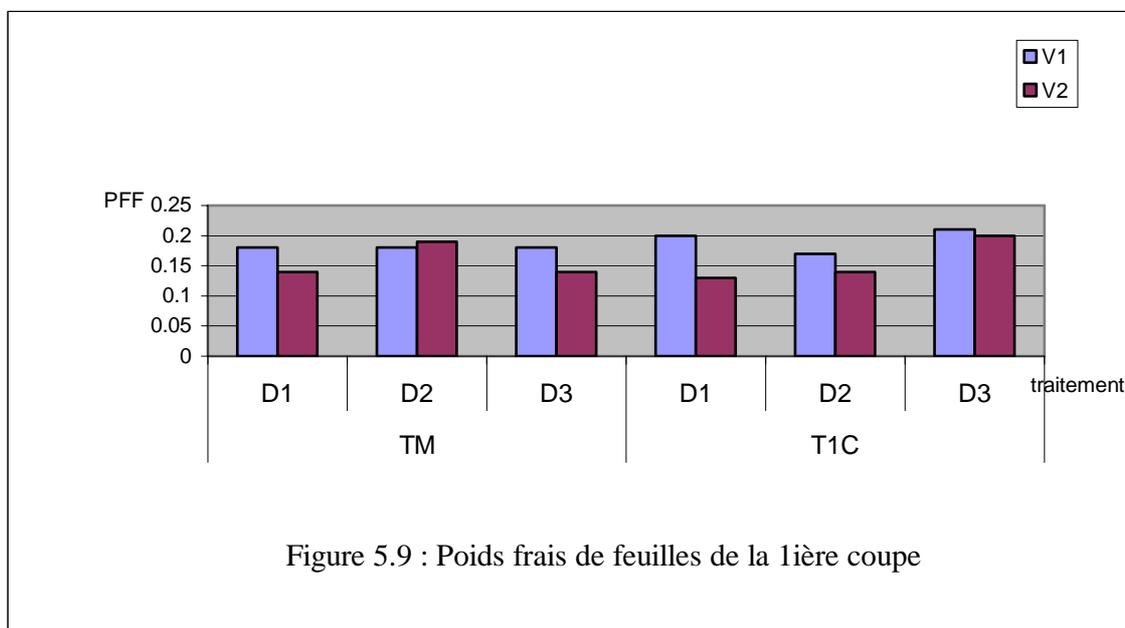


Tableau n°5.14 : Le poids sec des feuilles (g)

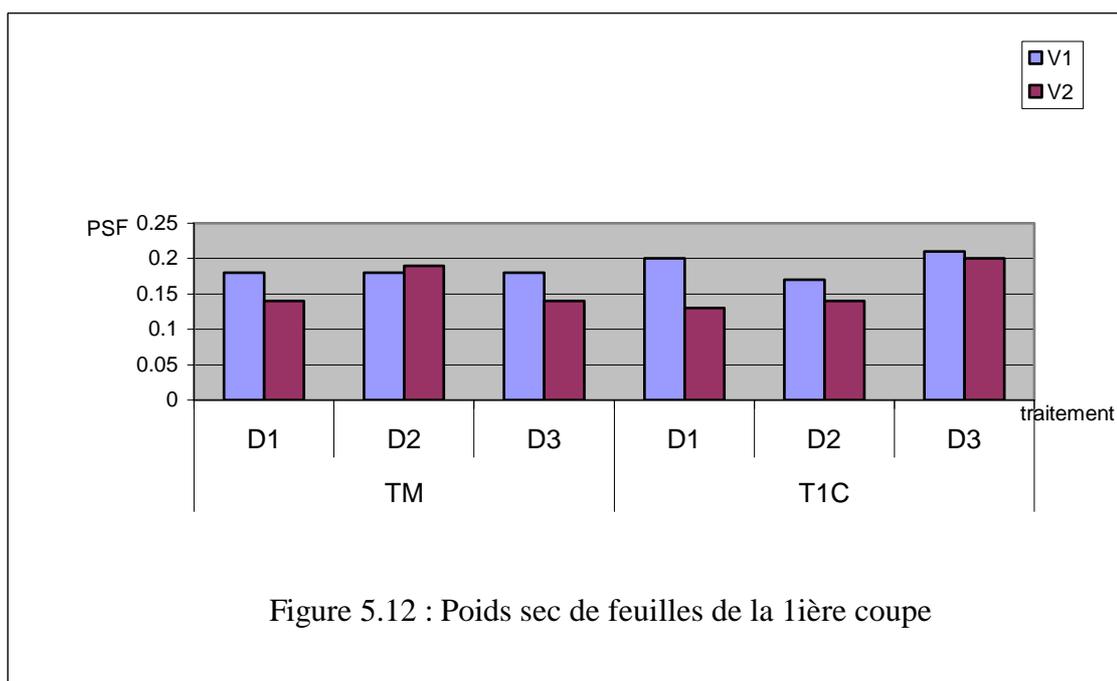
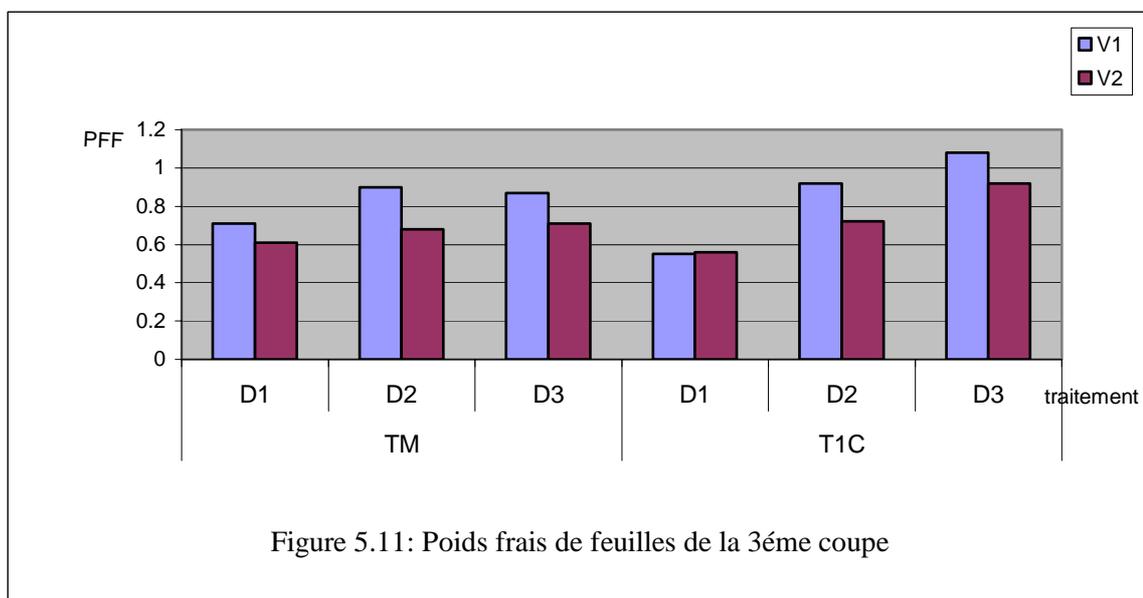
Variété		V1			V2		
	DOSE SOLUTIO N	D1	D2	D3	D1	D2	D3
C1	TM	0.15	0.2	0.23	0.14	0.21	0.22
		±	±	±	±	±	±
		0.06	0.05	0.06	0.03	0.05	0.04
	A	A	A	A	A	A	
T1C	T1C	0.6	0.37	0.37	0.18	0.23	0.27
		±	±	±	±	±	±
		0.05	0.01	0.03	0.04	0.02	0.07
	A	A	A	A	A	A	
C2	TM	0.48	0.56	0.81	0.58	0.65	0.84
		±	±	±	±	±	±
		0.15	0.1	0.16	0.1	0.01	0.16
	C	BC	A	BC	BC	AB	
T1C	T1C	0.58	0.76	0.74	0.61	0.63	0.93
		±	±	±	±	±	±
		0.07	0.06	0.1	0.1	0.15	0.04
	BC	AB	AB	BC	BC	A	
C3	TM	0.72	1.02	1.99	0.66	0.72	1.02
		±	±	±	±	±	±
		0.2	0.02	0.38	0.22	0.13	0.12
	A	A	A	A	A	A	
T1C	T1C	0.71	1.06	1.2	0.76	0.92	1.07
		±	±	±	±	±	±
		0.1	0.15	0.18	0.15	0.11	0.14
	A	A	A	A	A	A	

On remarque aussi lors de C3 (tableau n°21 (annexe)), le paramètre étudié est lié au facteur variété. La variété Marmande donne un poids plus élevé que celle de saint- pierre.

#### 5.5. Le poids frais des tiges:

D'après le tableau n° 5.15 aucune différence n'est signalée au niveau de la 1<sup>ière</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ième</sup> coupe, par contre cette analyse révèle une différence significative entre les doses. Selon de l'analyse (tableau n° 10, 11,12 (annexe)) la dose3 manifeste le poids le plus élevé qui est de 1.38 g (C1), 3.77 g (C2), 5.08g (C3).

L'analyse de la variance (tableau n° 12(annexe)) montre qu'au niveau de la C3 il y a une différence significative entre les variétés. C'est la variété Marmande qui manifeste le poids le plus élevé qui est de 4.26 g. Il existe aussi un effet combiné de f1et f3; selon cette analyse, le traitement V1TM manifeste le poids le plus élevé (4.46 g) et V2D1 manifeste le poids le plus faible qui est de 3.27 mg.



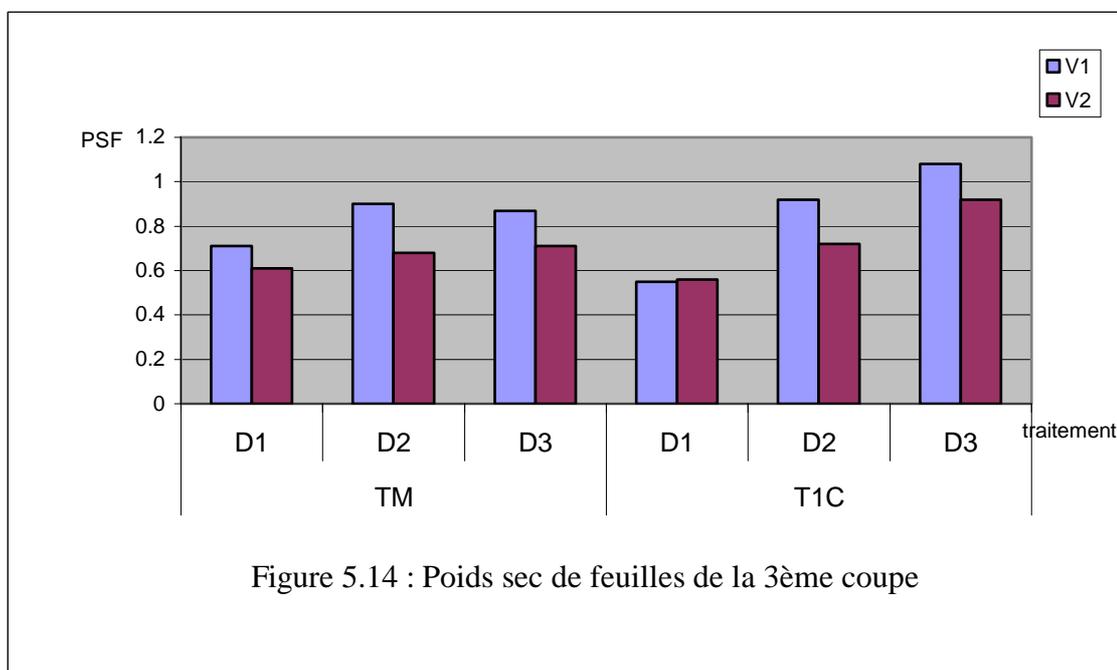
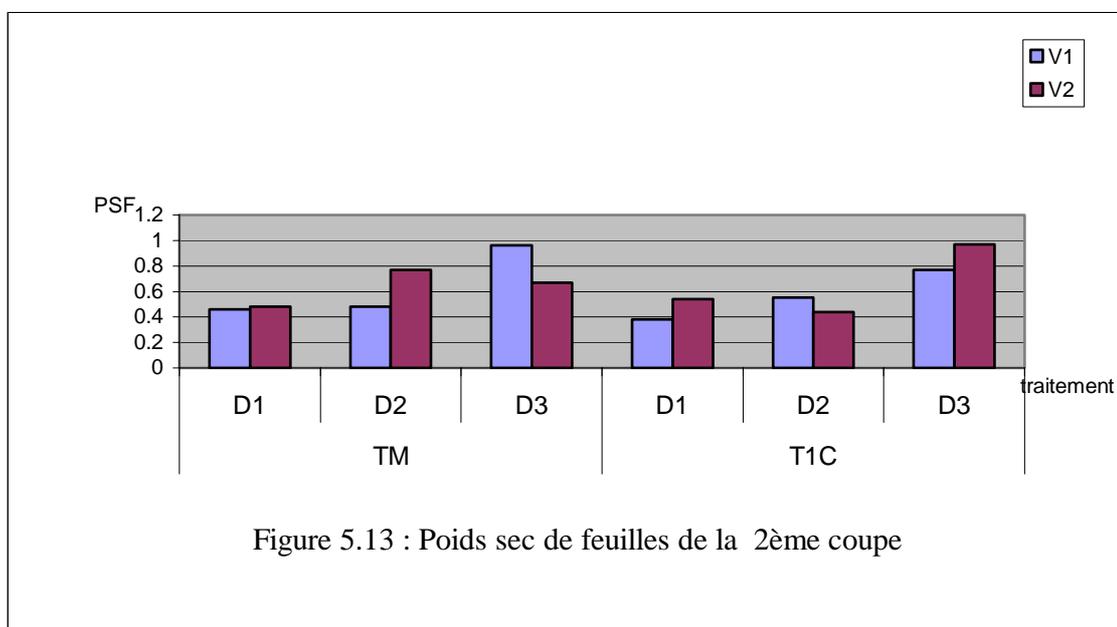
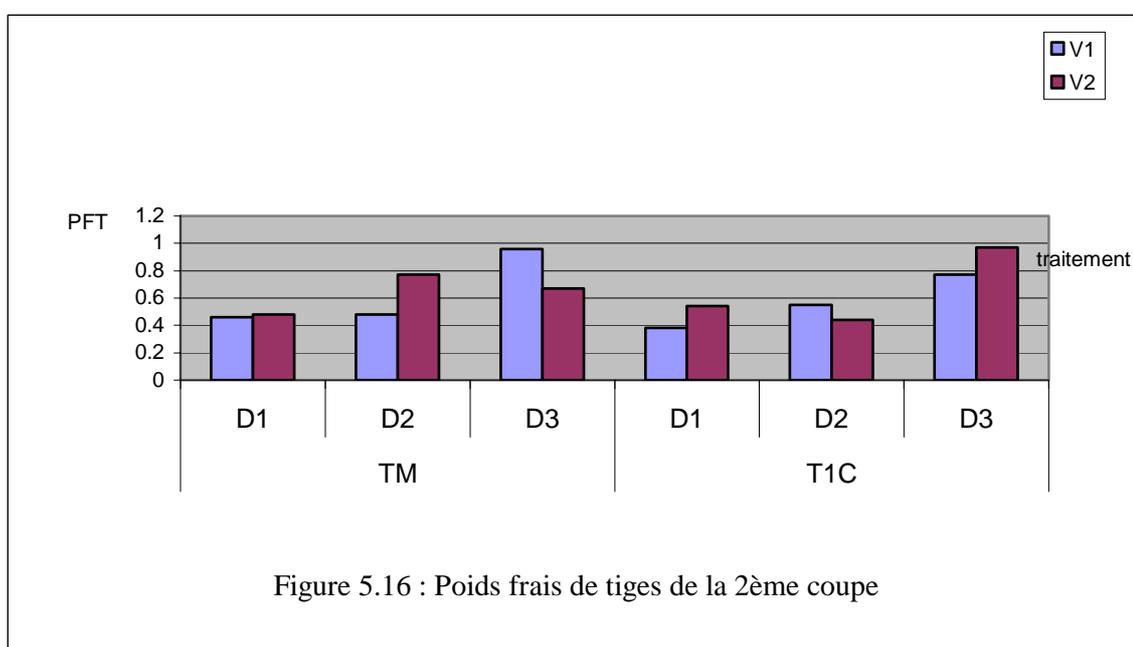
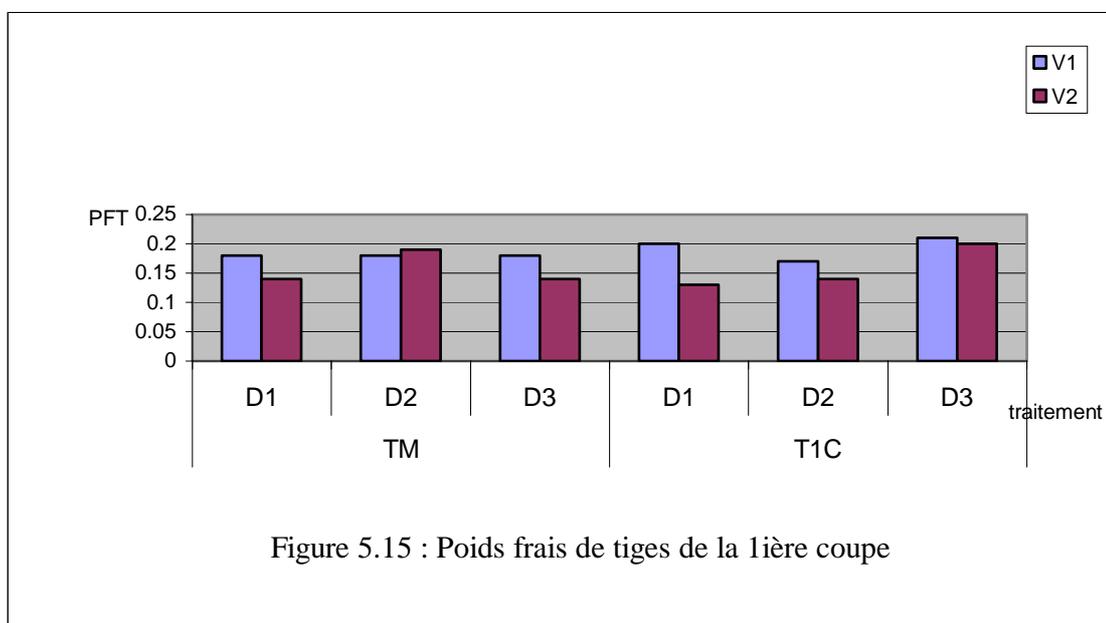


Tableau n°5.15 : Le poids frais des tiges (g)

<b>Variété</b>		<b>V1</b>			<b>V2</b>		
	DOSE SOLUTION	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>
<b>C1</b>	<b>TM</b>	0.92 ± 0.37	1.72 ± 0.37	1.17 ± 0.11	0.9 ± 0.32	1.3.2 ± 0.42	1.15 ± 0.2
	<b>T1C</b>	1.06 ± 0.06	1.42 ± 0.1	1.74 ± 0.3	1.1 ± 0.23	1.08 ± 0.14	1.47 ± 0.24
<b>C2</b>	<b>TM</b>	2.15 ± 0.81	2.8 ± 0.41	3.93 ± 0.39	2.58 ± 0.32	2.4 ± 0.3	3.2 ± 0.68
	<b>T1C</b>	2.34 ± 0.48	3.49 ± 0.36	3.9 ± 0.61	2.35 ± 0.57	2.74 ± 0.73	4.05 ± 0.24
<b>C3</b>	<b>TM</b>	2.81 ± 0.39	4.58 ± 0.28	6.01 ± 0.88	2.46 ± 0.56	3.00 ± 0.49	4.33 ± 0.54
	<b>T1C</b>	3.01 ± 0.21	1.03 ± 0.46	5.26 ± 0.47	2.81 ± 0.84	4.08 ± 0.62	4.72 ± 0.39



## 5.6. Le poids sec des tiges:

Tableau n°5.16 : Le poids sec des tiges (g)

Variété		V1			V2		
	DOSE SOLUTION	D1	D2	D3	D1	D2	D3
C1	TM	0.12 ± 0.04	0.14 ± 0.03	0.13 ± 0.03	0.11 ± 0.04	0.19 ± 0.06	0.15 ± 0.05
	T1C	0.08 ± 0.000	0.11 ± 0.01	0.12 ± 0.02	0.12 ± 0.06	0.16 ± 0.02	0.21 ± 0.02
C2	TM	0.26 ± 0.1	0.32 ± 0.05	0.44 ± 0.05	0.32 ± 0.04	0.28 ± 0.04	0.32 ± 0.08
	T1C	0.26 ± 0.05	0.4 ± 0.04	0.4 ± 0.07	0.29 ± 0.07	0.34 ± 0.08	0.44 ± 0.02
C3	TM	0.39 ± 0.16	0.52 ± 0.03	0.76 ± 0.16	0.32 ± 0.06	0.36 ± 0.06	0.54 ± 0.07
	T1C	0.36 ± 0.02	0.5 ± 0.06	0.65 ± 0.05	0.36 ± 0.1	0.51 ± 0.08	0.55 ± 0.05

L'analyse de la variance (tableau 5.16) du poids sec des tiges révèle une différence non significative entre les traitements lors de la 1<sup>ière</sup>, la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ième</sup> coupe.

Selon l'analyse de la variance, le facteur dose influence très hautement significativement le paramètre étudié et la D3 marque à chaque coupe le poids le plus élevé (tableau n° 22,23,24 (annexe)).

A la C1 et C3 (tableau n° 22,24 (annexe)), on remarque l'existence d'une influence des facteurs combinés f1, f2 qui est significative au niveau de la C1 et hautement significative au niveau de la C3. Lors de C1; V2T1C (0.17 g), V2TM (0.15g), V1TM (0.13g) présentent les valeurs les plus élevées du paramètre étudié, par contre V1T1C (0.1 g) manifeste le poids le plus faible.

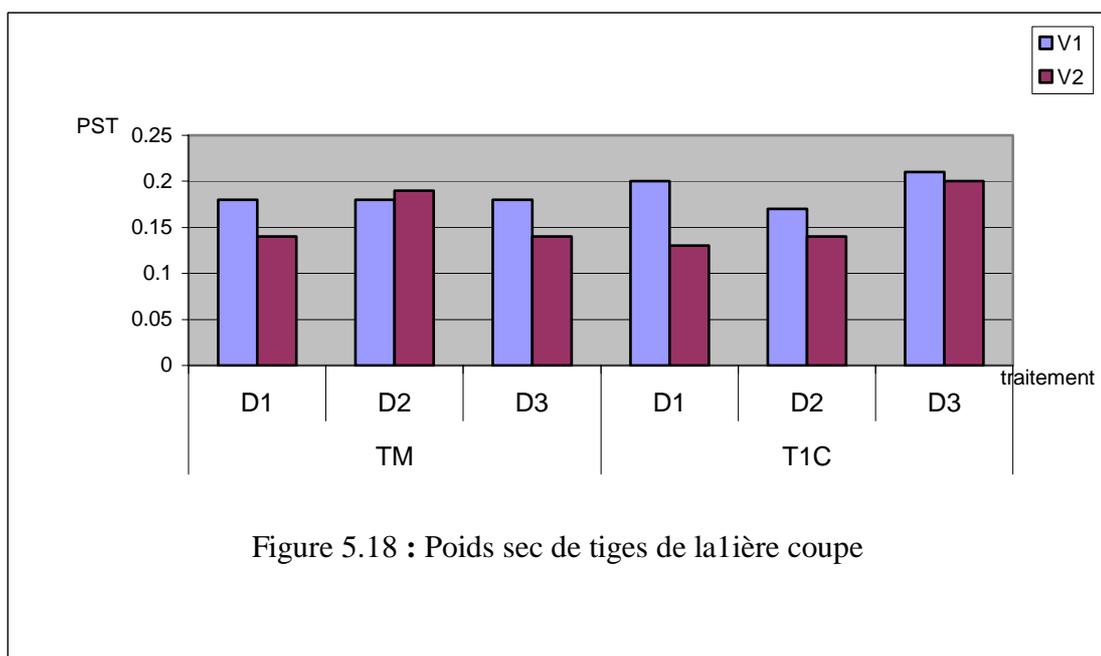
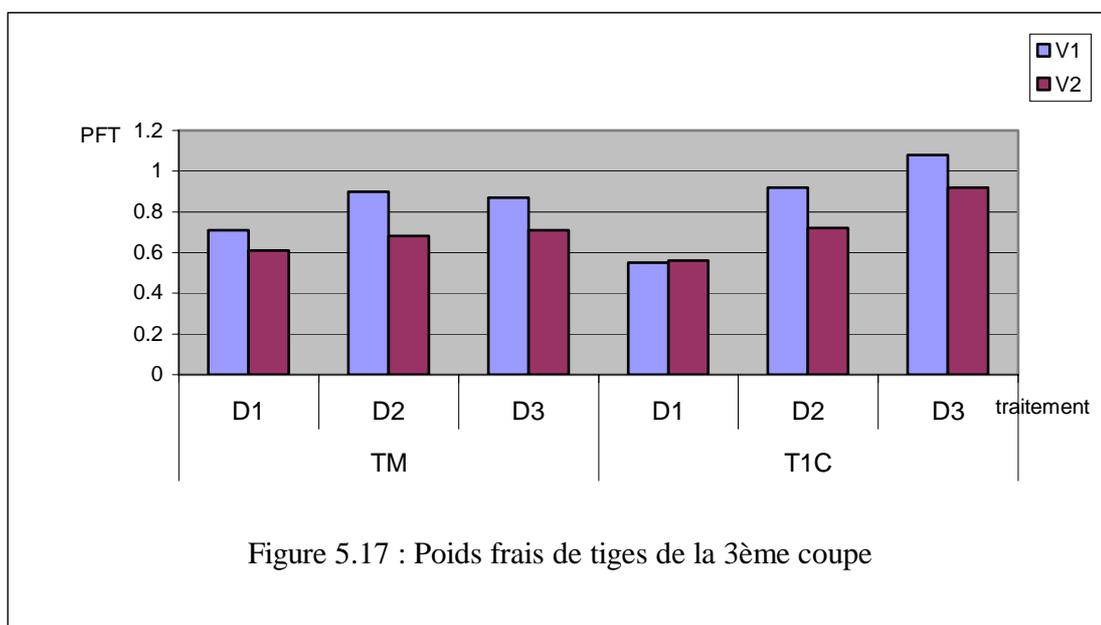
A la 3<sup>ème</sup> coupe (tableau n° 24 (annexe)) le poids le plus élevé est manifesté au niveau de V1TM (0.56 g) et le poids le plus faible au niveau de V2TM.

### 5.7. Le poids frais total:

Le tableau de l'analyse n°5.17 montre qu'une différence hautement significative est observée au niveau de la 2<sup>ème</sup> coupe. La comparaison entre traitements nous montre que c'est toujours le traitement V2T1CD3 (12.53 g) qui a le poids le plus élevé. Le poids le plus faible est manifesté au niveau de V1TMD1 (5.72 g), V1T1CD1 (7.03 g), V2TMD1 (7.19 g) et V2T1CD1 (7.29g). Le test de NEWMAN et KEUILS indique la présence de cinq groupes homogènes lors la C2.

L'analyse de la variance (tableau n°13,15 (annexe)) révèle qu'il y a un effet variété sur le paramètre étudié qui est significatif au niveau C1 et C3. La variété Marmande donne le poids frais le plus élevé alors que le saint-pierre manifeste le poids le plus faible.

Le tableau de l'analyse (tableau n°13, 14,15 (annexe)) montre que la D3 manifeste comme toujours le poids le plus élevé lors de C1, C2, C3. Il existe aussi un effet combiné du facteur variété- dose et du facteur variété- solution qui affecte significativement le paramètre étudié au stade de la 3<sup>ème</sup> coupe (tableau n°15(annexe)); selon l'analyse on classe V1TM et V1D3 comme meilleurs traitements.



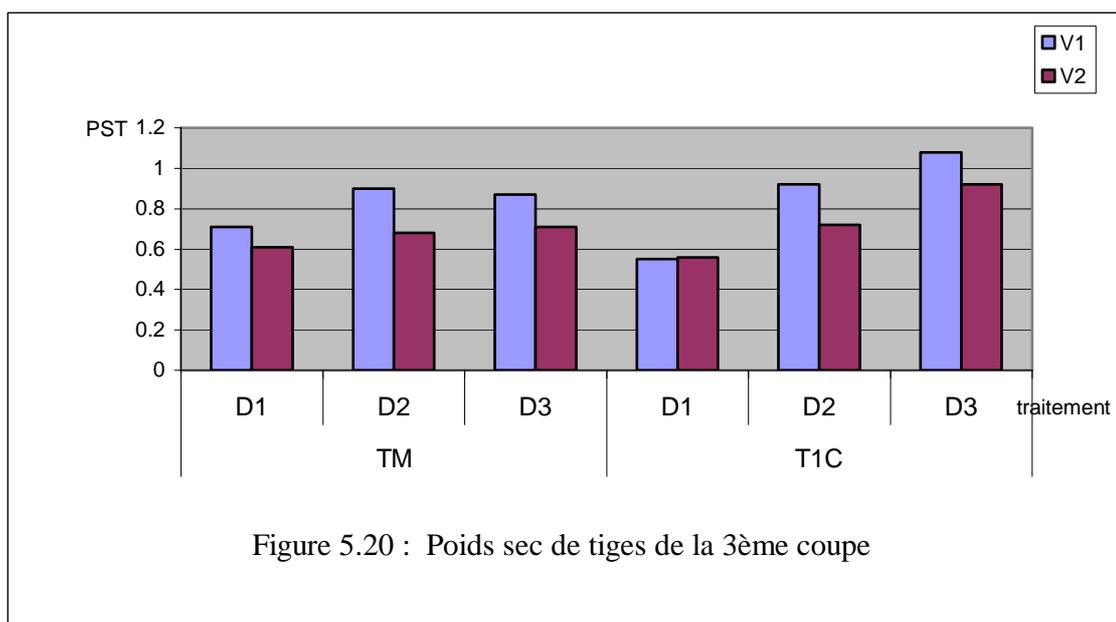
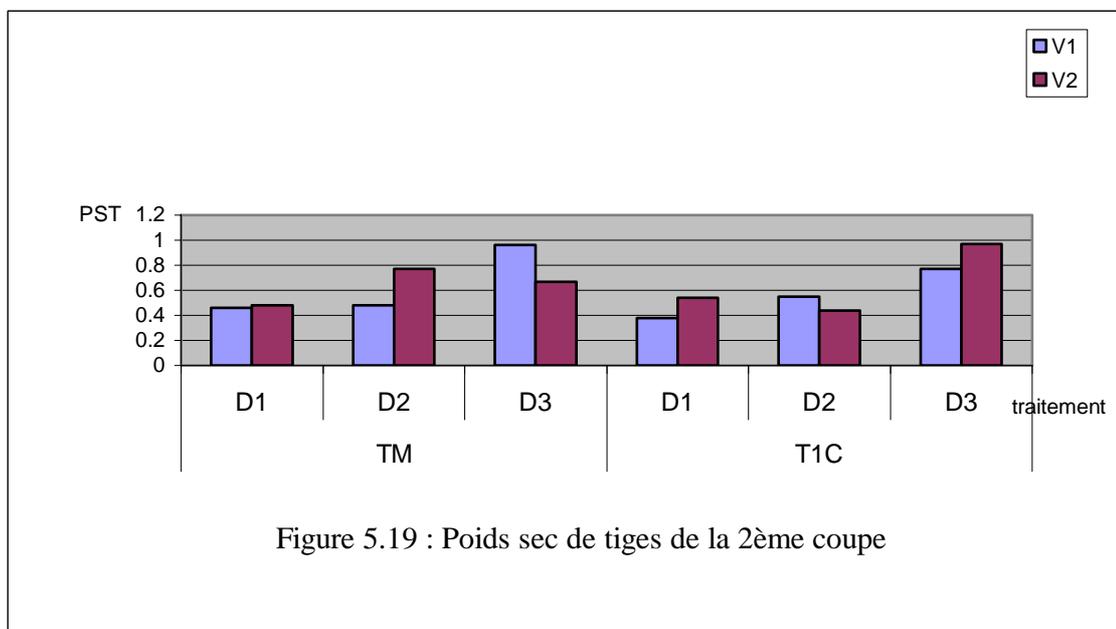


Tableau n°5.17 : Le poids frais total (feuilles+tige) (g).

Variété		V1			V2		
	DOSE SOLUTION	D1	D2	D3	D1	D2	D3
C1	TM	2.71	3.43	3.69	3.69	3.42	3.38
		±	±	±	±	±	±
		1.03	0.73	0.6	0.6	0.73	0.61
	A	A	A	A	A	A	
T1C	T1C	3.00	4.51	5.08	3.16	3.3	3.74
		±	±	±	±	±	±
		0.6	0.24	0.56	0.24	0.22	1.15
	A	A	A	A	A	A	
C2	TM	5.72	7.54	11.48	7.19	7.41	9.89
		±	±	±	±	±	±
		2.08	1.39	0.75	1.02	0.32	1.87
	D	CD	AB	D	D	BC	
T1C	T1C	7.03	10.02	10.77	7.29	8.3	12.53
		±	±	±	±	±	±
		1.00	0.75	0.8	1.38	1.88	0.52
	D	BC	AB	D	CD	A	
C3	TM	8.26	12.24	15.47	7.65	8.4	12.49
		±	±	±	±	±	±
		1.75	0.36	1.97	1.9	1.4	1.28
	A	A	A	A	A	A	
T1C	T1C	8.74	12.76	15.28	9.29	11.66	14.62
		±	±	±	±	±	±
		0.85	1.69	1.21	2.09	1.03	1.6
	A	A	A	A	A	A	

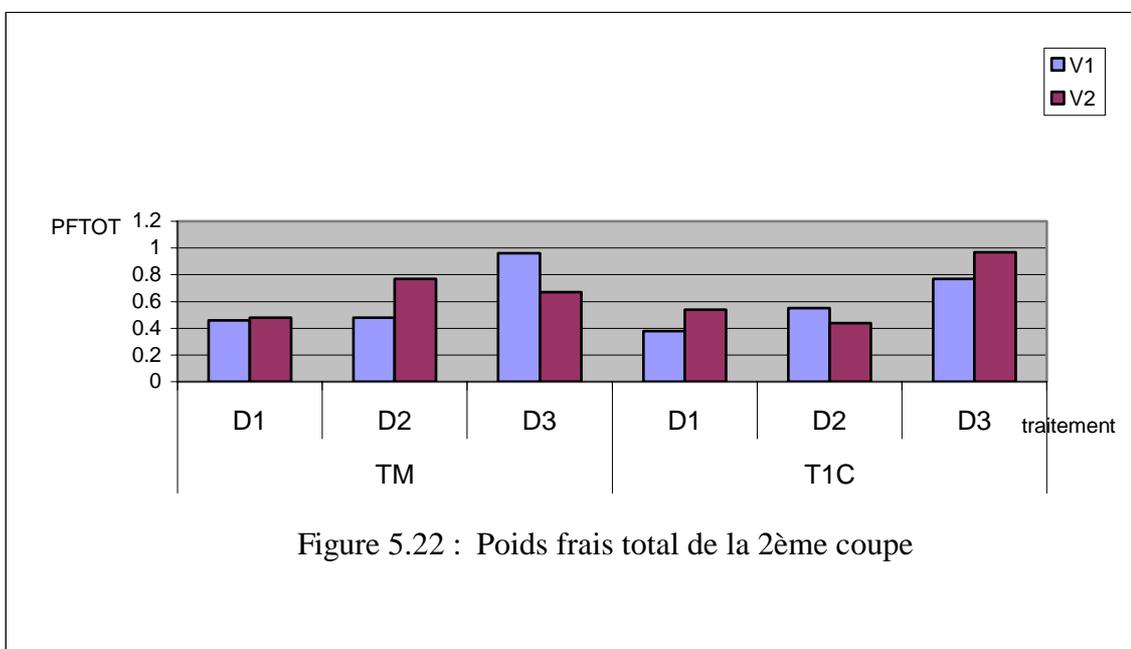
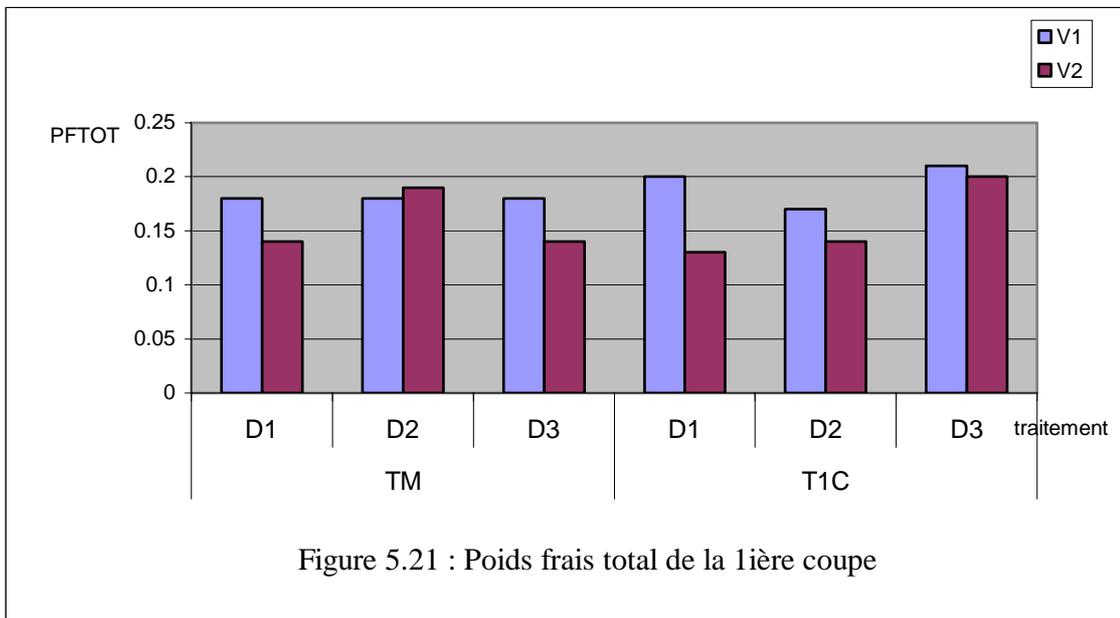
### 5.8. Le poids sec total:

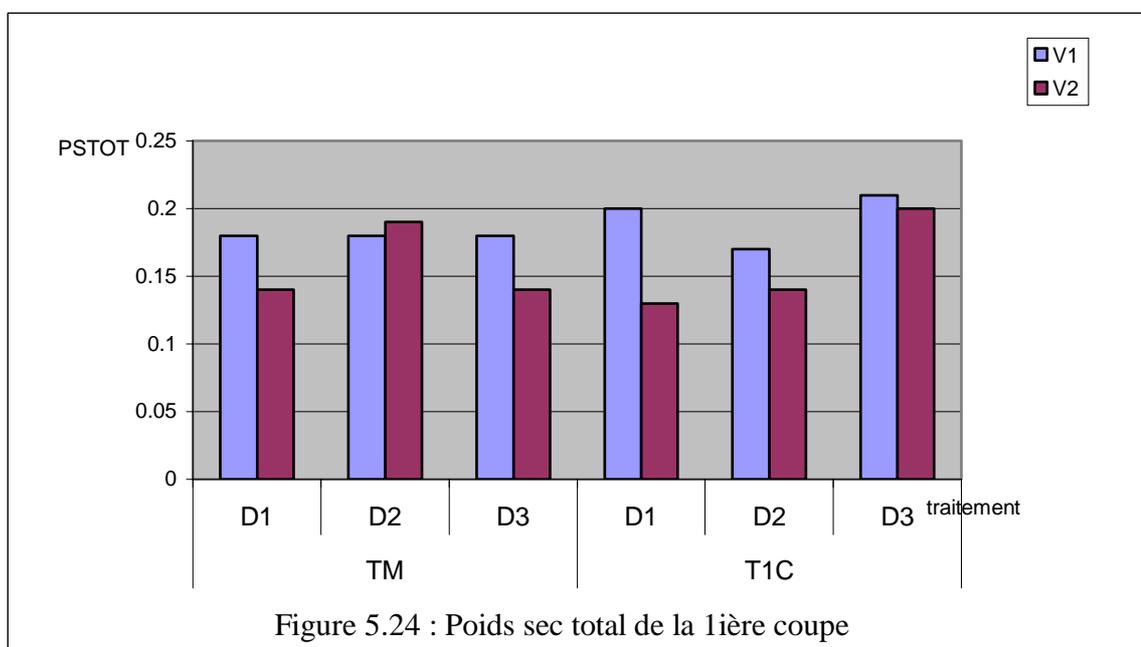
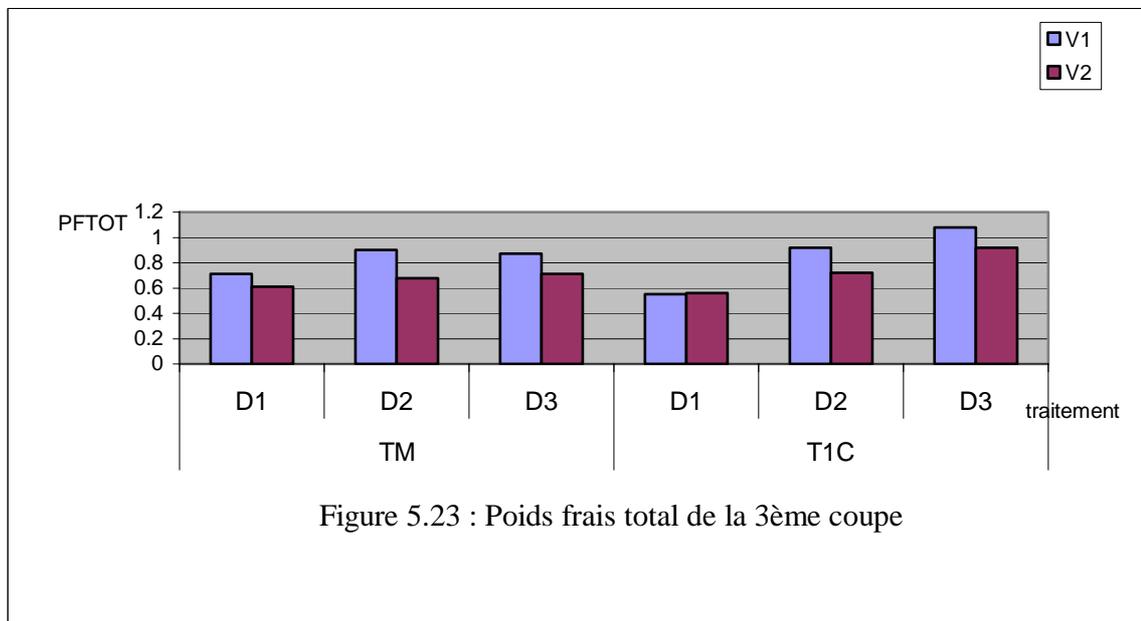
L'analyse de la variance (tableau 5.18) du poids sec total indique la présence d'une différence hautement significative entre les traitements lors de la 2<sup>ème</sup> coupe. Selon les résultats obtenus, les poids secs totaux les plus élevés sont manifestés au niveau des traitements: V1TMD3 (1.35 g), V2T1CD3 (1.31g) et V2TMD3 (1.21g). Alors que les poids les plus faibles sont remarqués au niveau des traitements V1T1CD1 (0.83g) et V1TMD1 (0.76 g).

Le test de NEWMAN et KEUILS indique la présence de sept groupes homogènes lors la C2.

Selon les tableaux de l'analyse (25, 26,27(annexe)) il existe un effet dose sur le paramètre étudié lors de la C1, C2, C3. Ainsi lors de 3<sup>ème</sup> coupe (tableau 27 (annexe)), il y a aussi un effet combiné des facteur variété- dose et variété- solution sur le poids sec total. Les traitements V1TMet V2D3manifestent les poids les plus élevés, par contre V2TM, V2D2, V1D1 manifestent les poids les plus faibles.

D'après AYERS et WESTCOT [4], l'apport de l'eau est nécessaire pour assurer un rendement maximum tant en produit frais qu'en produit sec. Autrement dit une plante a besoin de quantités importantes d'eau pour produire de la matière sèche.





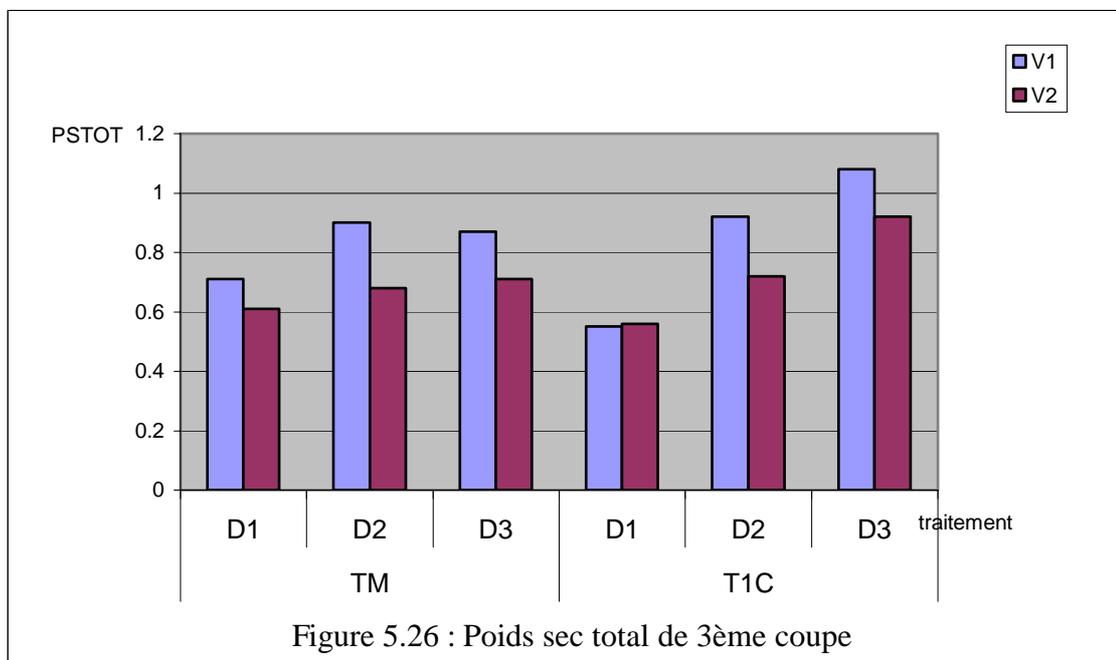
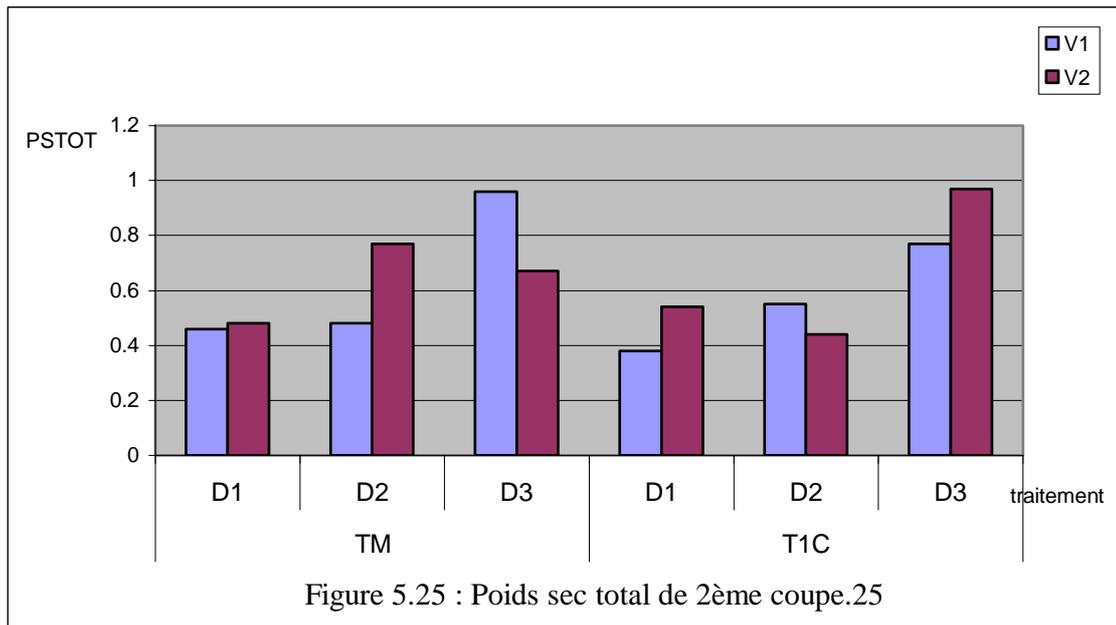


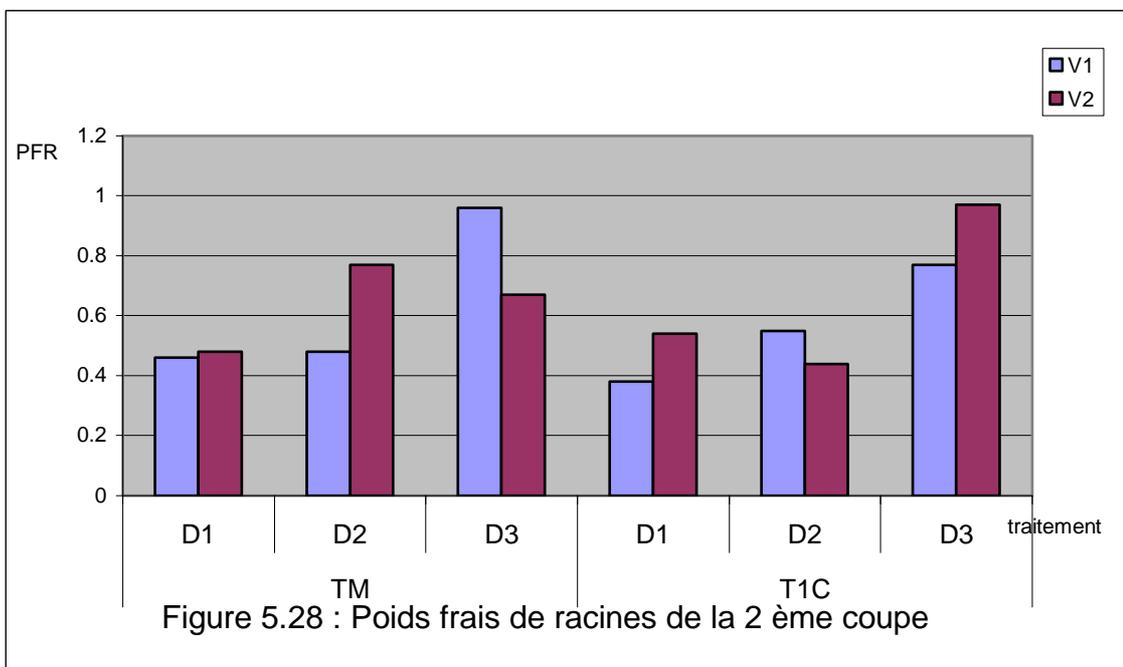
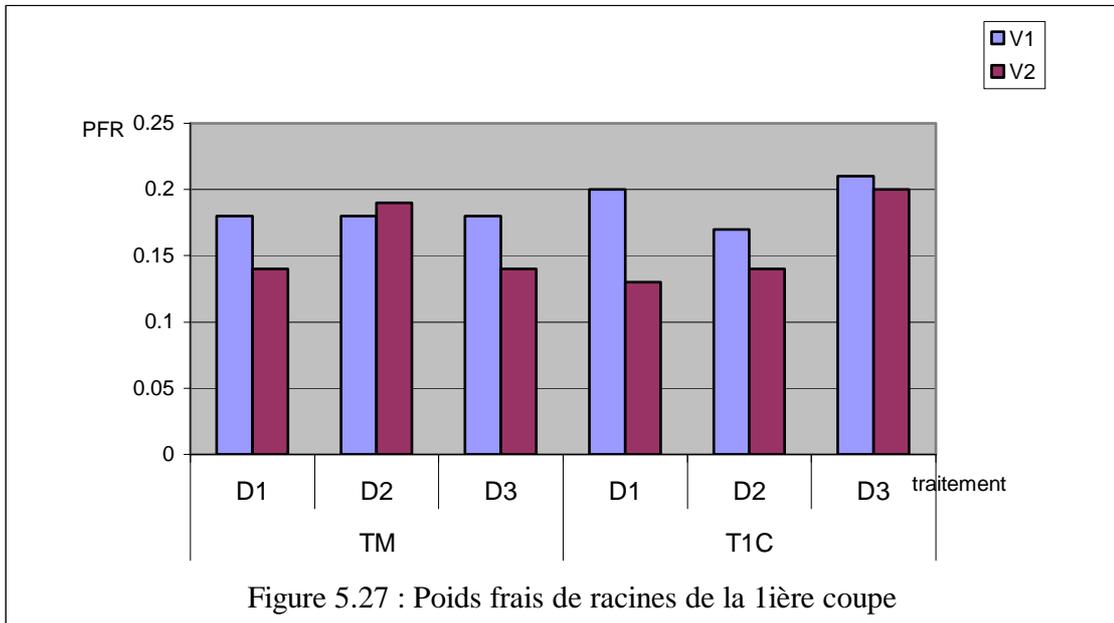
Tableau n°5.18 : Le poids sec total (feuilles+tige)(g)

Variété		V1			V2		
	DOSE SOLUTION	D1	D2	D3	D1	D2	D3
C1	TM	0.27	0.33	0.36	0.24	0.4	0.37
		±	±	±	±	±	±
		0.09	0.08	0.06	0.07	0.09	0.08
	A	A	A	A	A	A	
T1C	T1C	0.28	0.43	0.5	0.34	0.4	0.5
		±	±	±	±	±	±
		0.06	0.02	0.05	0.07	0.03	0.07
	A	A	A	A	A	A	
C2	TM	0.76	0.88	1.35	0.91	0.93	1.21
		±	±	±	±	±	±
		0.23	0.14	0.18	0.13	0.04	0.23
	D	CD	A	BCD	BCD	A	
T1C	T1C	0.83	1.18	1.15	0.93	0.95	1.31
		±	±	±	±	±	±
		0.12	0.05	0.05	0.13	0.21	0.09
	D	AB	ABC	BCD	CDB	A	
C3	TM	1.04	1.54	2.31	0.98	1.08	1.55
		±	±	±	±	±	±
		0.23	0.04	0.27	0.24	0.19	0.17
	A	A	A	A	A	A	
T1C	T1C	1.07	1.56	1.87	1.12	1.43	1.63
		±	±	±	±	±	±
		0.11	0.21	0.24	0.25	0.11	0.14
	A	A	A	A	A	A	

## 5.9. Le poids frais des racines:

Tableau n°5.19 : Le poids frais des racines(g)

Variété		V1			V2		
	DOSE SOLUTION	D1	D2	D3	D1	D2	D3
C1	TM	1.44	1.46	1.75	1.31	1.56	1.33
		±	±	±	±	±	±
		0.25	0.6	0.25	0.45	0.45	0.5
		A	A	A	A	A	A
C1	T1C	1.84	2.04	2.46	1.28	1.11	1.61
		±	±	±	±	±	±
		0.55	0.15	0.36	0.12	0.06	0.41
		A	A	A	A	A	A
C2	TM	2.88	4.03	5.87	3.67	4.06	4.9
		±	±	±	±	±	±
		0.8	0.6	0.77	0.83	0.42	0.34
		E	CBE	AB	DE	CBE	BCD
C2	T1C	3.22	4.75	5.07	3.94	3.82	6.29
		±	±	±	±	±	±
		0.7	0.91	0.57	0.77	0.74	0.5
		E	BCD	BC	CBE	CBE	A
C3	TM	3.48	4.39	4.86	3.77	4.25	3.8
		0.91	0.51	0.45	1.51	1.76	0.62
		A	A	A	A	A	A
		3.7	5.05	6.94	3.74	4.1	6.11
C3	T1C	±	±	±	±	±	±
		0.47	0.76	1.14	0.92	0.76	1.1
		A	A	A	A	A	A



L'analyse de la variance (tableau n°5.20) montre l'existence d'une différence hautement significative entre les traitements de la C2.

Le poids le plus élevé de racine est remarqué au niveau du traitement V2T1CD3 (6.29 g), par contre les valeurs les plus faibles sont observées au niveau des traitements V1TMD1V2T1CD1 (3.22 g) et (2.88 g).

Le test de NEWMAN et KEUILS indique la présence de huit groupes homogènes lors la C2.

Il faut signaler que la D3 donne de bons résultats sur le poids de racine en comparaison avec la D1 et D2 lors de C1, C2, C3 (tableau n°16, 17,18 (annexe)).

Le tableau n°16 (annexe) de l'analyse révèle une influence significative du facteur variété et des facteurs combinés variété- solution sur le paramètre étudié au niveau de la 1<sup>ière</sup> coupe. La V1 et V1T1C manifestent les valeurs les plus élevées du poids frais de racine.

L'analyse (tableau n°17,18 (annexe)) indique qu'au niveau de la C2 etC3 l'interaction f2, f3 exerce un effet remarquable sur le paramètre étudié; ainsi on note une hétérogénéité entre les groupements homogènes. C'est le traitement T1CD3 qui donne la valeur la plus élevée et TMD1 qui manifeste la valeur la plus faible.

#### 5.10. Le poids sec des racines:

Le tableau n°5.20 montre que l'analyse a révélé une différence très hautement significative entre les traitements lors de C2.

Les traitements V2T1CD3 (0.97g) et V1TMD3 (0.96 g) manifestent les poids secs les plus élevés, alors que V1T1CD1 (0.38 g) manifeste le poids le plus faible.

Tableau n°5.20 : Le poids sec des racines (g)

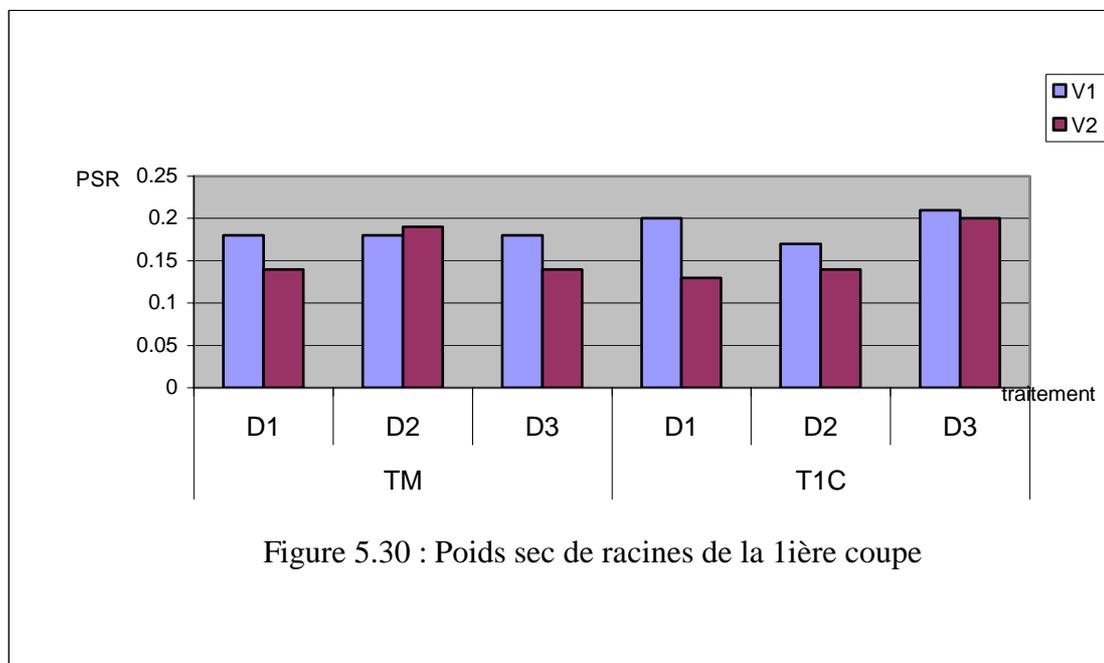
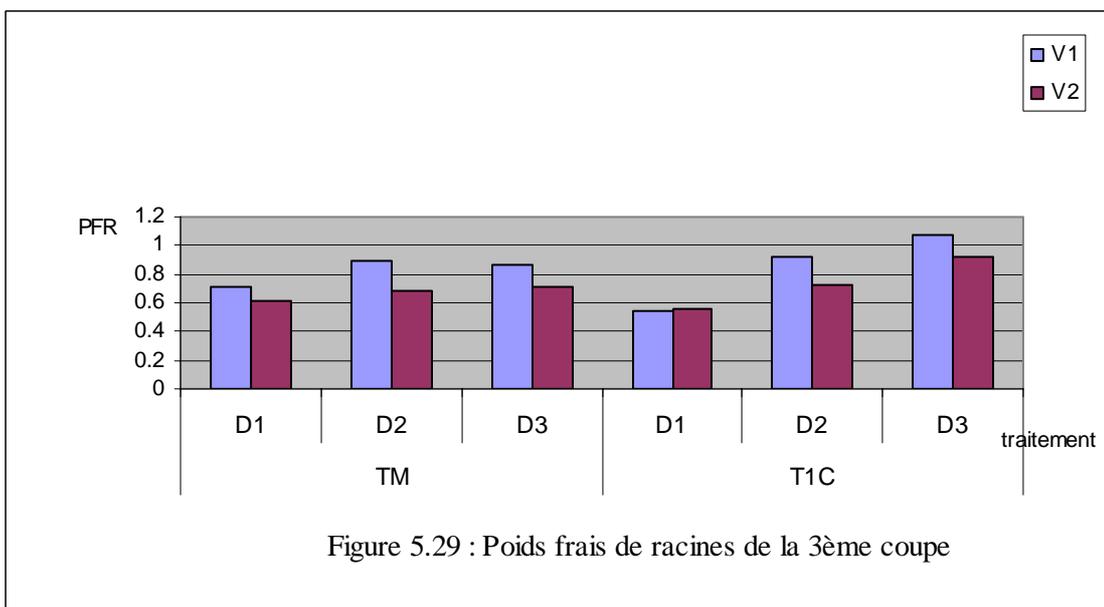
Variété		V1			V2		
	DOSE SOLUTION	D1	D2	D3	D1	D2	D3
C1	TM	0.18 ± 0.03 A	0.18 ± 0.05 A	0.18 ± 0.03 A	0.14 ± 0.05 A	0.19 ± 0.06 A	0.14 ± 0.04 A
	T1C	0.2 ± 0.06 A	0.17 ± 0.01 A	0.21 ± 0.03 A	0.13 ± 0.03 A	0.14 ± 0.04 A	0.2 ± 0.05 A
C2	TM	0.46 ± 0.13 BC	0.48 ± 0.07 BC	0.96 ± 0.13 A	0.48 ± 0.11 BC	0.77 ± 0.08 AB	0.67 ± 0.05 ABC
	T1C	0.38 ± 0.08 C	0.55 ± 0.11 ABC	0.77 ± 0.51 AB	0.54 ± 0.1 BC	0.44 ± 0.1 BC	0.97 ± 0.08 A
C3	TM	0.71 ± 0.29 A	0.9 ± 0.1 A	0.87 ± 0.08 A	0.61 ± 0.24 A	0.68 ± 0.11 A	0.71 ± 0.11 A
	T1C	0.55 ± 0.06 A	0.92 ± 0.19 A	1.08 ± 0.18 A	0.56 ± 0.14 A	0.72 ± 0.13 A	0.96 ± 0.16 A

Le test de NEWMAN et KEUILS indique la présence de cinq groupes homogènes lors la C2.

L'analyse de la variance révèle un effet dose sur le paramètre étudié. Elle révèle aussi que la D3 manifeste la valeur la plus élevée en comparaison avec D2, D1.

Un effet variétal est remarqué lors de C2 et C3 sur le paramètre étudié. C'est la V1 qui donne la valeur du poids sec la plus élevée par rapport à V2.

L'analyse montre aussi qu'il y a un effet significatif de f2, f3 sur le paramètre étudié et que le traitement T1CD3 manifeste le poids le plus élevé par contre T1CD2 en C3 (tableau n°27(annexe)) et T1CD2 lors de la C1 (tableau n°25(annexe)) qui manifestent le poids le plus faible.



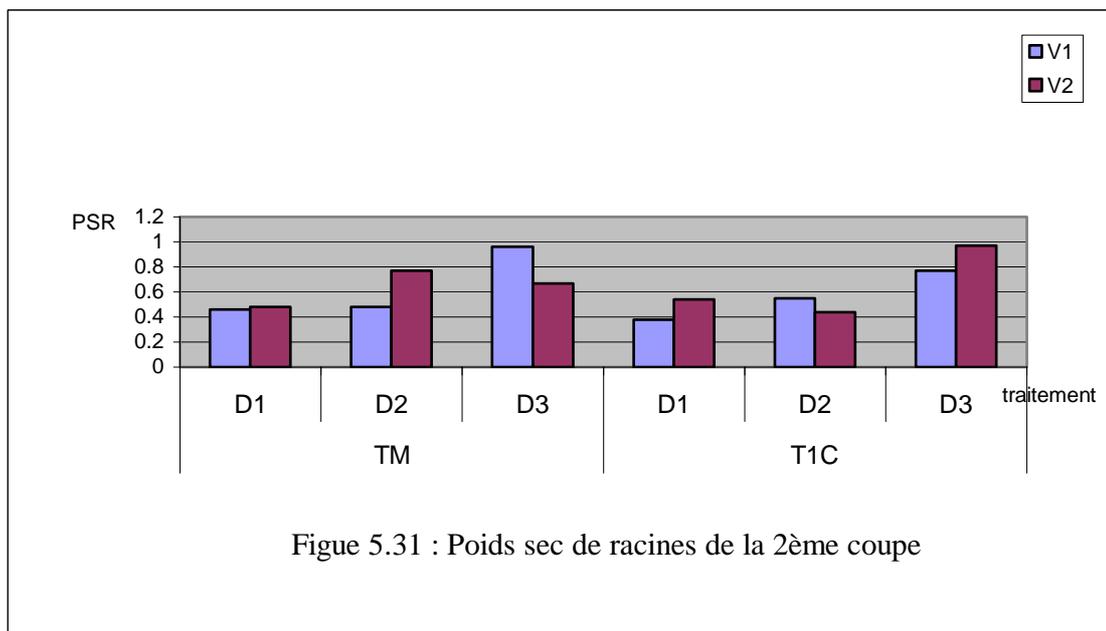


Figure 5.31 : Poids sec de racines de la 2ème coupe

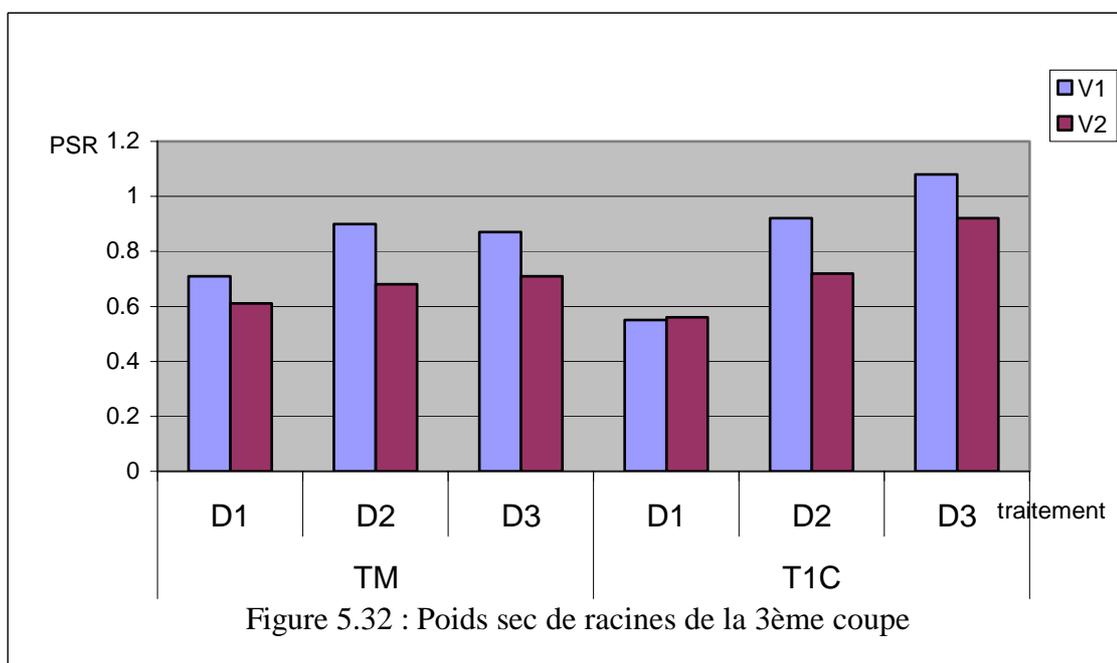


Figure 5.32 : Poids sec de racines de la 3ème coupe

## CONCLUSION

L'étude nous a montré qu'il y avait une homogénéité des résultats de la hauteur finale des tiges concernant la C1. Par contre il y a une influence de l'interaction de trois facteurs à la C2, C3 où le traitement V2T1CD3 montre à chaque fois la hauteur la plus élevée.

L'interaction des facteurs dose et solution a aussi un effet sur la hauteur des tiges et c'est le traitement T1CD3 qui donne la hauteur la plus élevée quel que soit le stade de la coupe.

La comparaison du nombre de feuilles par plant nous a montré qu'il n'y a pas un effet d'interaction des trois facteurs sur le nombre de feuilles, mais qu'il y a un effet variétal. C'est la variété Marmande qui produit le nombre de feuilles le plus élevé quel que soit le stade de la coupe.

En effet la matière fraîche et la matière sèche produites par feuilles, racines présentent une différence significative au niveau de la C2. Le traitement V2T1CD3 donne à chaque fois les meilleures performances.

Concernant les mêmes paramètres, l'étude a révélé qu'il y a un effet variétal au troisième stade de la coupe et c'est la variété Marmande qui produit les poids les plus élevés secs et frais.

La dose d'irrigation apparaît comme facteur essentiel qui a une influence sur tous les paramètres étudiés et ce quel que soit le stade de croissance. Ainsi, c'est la dose 3 (60 ml) qui

donne à chaque fois les meilleurs résultats quel que soient le paramètre étudié et le stade de coupe.

Les poids des racines issues des traitements sont plus importants que ceux des feuilles et des tiges à cause des propriétés chimiques des solutions nutritives qui perturbent le métabolisme au niveau des feuilles et des tiges.

L'inconsistance et parfois l'inconvenance des conditions du milieu (perturbation thermique, forte lumière.....) étaient à l'origine de l'apparition de quelques cas d'hétérogénéité entre les plants avec certains paramètres. Parmi ces conditions, on cite les fortes températures (40°C et même plus) et la forte luminosité qui ont comme conséquence l'augmentation du taux de croissance, l'accroissement de la biomasse, l'allongement des entre nœuds, la mineure de tige ainsi que l'accélération de la floraison. C'est le cas observé chez les plantes issues du traitement V2T1CD3 qui sont arrivés à la floraison précocement.

A la fin d'après les résultats de différents paramètres de croissance que nous avons obtenu. Nous constatons que la modification induite au niveau des paramètres étudiés est due aux facteurs internes (caractère variétal, stade de développement, capacité physiologique des plants) et externe (les solutions nutritives, les doses d'irrigations, les conditions climatiques, saison de culture).

## ANNEXES

### Analyse de la variance des paramètres étudiant

**Tableau 01:** la hauteur finale de tiges (coupe 01)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	136.75	59	2.32				
<b>Facteur1</b>	0.58	1	0.58	0.41	0.5313		
<b>Facteur2</b>	2.52	1	2.52	1.79	0.1841		
<b>Facteur3</b>	38.56	2	19.28	13.68	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	1.91	1	1.91	1.35	0.2490		
<b>Inter F1.3</b>	4.45	2	2.23	1.58	0.2150		
<b>Inter F2.3</b>	17.96	2	8.98	6.37	0.0036		
<b>Inter F1.2.3</b>	3.12	2	1.56	1.11	0.3392		
<b>résiduelle</b>	67.64	48	1.41			1.19	12.2%

**Tableau 02:** la hauteur finale de tiges (coupe 02)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	2.43	59	4.12				
<b>Facteur1</b>	4.16	1	4.16	1.9	0.1706		
<b>Facteur2</b>	16.22	1	16.22	7.42	0.0087		
<b>Facteur3</b>	94.69	2	47.35	21.66	0.000		
<b>Inter F1.2</b>	1.80	1	1.80	0.82	0.3717		
<b>Inter F1.3</b>	3.67	2	1.83	0.84	0.4414		
<b>Inter F2.3</b>	1.60	2	0.80	0.37	0.7010		
<b>Inter F1.2.3</b>	16.21	2	8.1	3.71	0.0311		
<b>résiduelle</b>	104.93	48	2.19			1.48	9.7%

**Tableau 03:** la hauteur finale de tiges (coupe 03)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	371.28	59	6.29				
<b>Facteur1</b>	29.00	1	29.00	11.04	0.0018		
<b>Facteur2</b>	15.9	1	15.9	6.06	0.0167		
<b>Facteur3</b>	160.4	2	80.02	30.48	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	1.63	1	1.6	0.62	0.4403		
<b>Inter F1.3</b>	5.13	2	2.57	0.98	0.3856		
<b>Inter F2.3</b>	0.53	2	0.26	0.10	0.9039		
<b>Inter F1.2.3</b>	33.02	2	16.51	6.29	0.0039		
<b>résiduelle</b>	126.04	48	2.63			1.62	9.5%

**Tableau 04:** nombre de feuilles (coupe 01)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	99.73	59	1.35				
<b>Facteur1</b>	21.6	1	21.6	24.45	0.0000		
<b>Facteur2</b>	1.67	1	1.67	1.89	0.1725		
<b>Facteur3</b>	5.43	2	2.72	3.08	0.0541		
<b>Inter F1.2</b>	1.67	1	1.67	1.89	0.1725		
<b>Inter F1.3</b>	2.10	2	1.05	1.19	0.3137		
<b>Inter F2.3</b>	3.23	2	1.62	1.83	0.1694		
<b>Inter F1.2.3</b>	1.63	2	0.82	0.92	0.4061		
<b>résiduelle</b>	42.4	48	0.88			0.94	16.4%

**Tableau 05:** nombre de feuilles (coupe 02)

<b>Source de variation</b>	<b>S.C.E</b>	<b>DDL</b>	<b>Carrés moyens</b>	<b>TEST F</b>	<b>PROBA</b>	<b>E.T</b>	<b>C.V</b>
<b>totale</b>	96.98	59	1.64				
<b>Facteur1</b>	46.82	1	46.82	62.42	0.000		
<b>Facteur2</b>	0.02	1	0.02	0.02	0.8770		
<b>Facteur3</b>	12.13	2	6.07	8.09	0.0010		
<b>Inter F1.2</b>	0.82	1	0.82	1.09	0.3027		
<b>Inter F1.3</b>	0.13	2	0.07	0.09	0.9146		
<b>Inter F2.3</b>	0.13	2	0.07	0.09	0.9146		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.93	2	0.47	0.62	0.5460		
<b>résiduelle</b>	36.00	48	0.75			0.87	10.6%

**Tableau 06:** nombre de feuilles (coupe 03)

<b>Source de variation</b>	<b>S.C.E</b>	<b>DDL</b>	<b>Carrés moyens</b>	<b>TEST F</b>	<b>PROBA</b>	<b>E.T</b>	<b>C.V</b>
<b>totale</b>	154.98	59	2.63				
<b>Facteur1</b>	36.82	1	36.82	27.10	0.0000		
<b>Facteur2</b>	10.42	1	10.42	7.67	0.0676		
<b>Facteur3</b>	32.53	2	16.27	11.98	0.0001		
<b>Inter F1.2</b>	4.82	1	4.82	3.55	0.0626		
<b>Inter F1.3</b>	0.13	2	0.07	0.05	0.9519		
<b>Inter F2.3</b>	2.53	2	1.27	0.93	0.4029		
<b>Inter F1.2.3</b>	2.53	2	1.27	0.93	0.4029		
<b>résiduelle</b>	62.30	48	1.36			1.17	12.7%

**Tableau 07:** poids frais des feuilles (coupe 01)

<b>Source de variation</b>	<b>S.C.E</b>	<b>DDL</b>	<b>Carrés moyens</b>	<b>TEST F</b>	<b>PROBA</b>	<b>E.T</b>	<b>C.V</b>
<b>totale</b>	98.11	59	1.66				
<b>Facteur1</b>	4.6	1	4.6	3.08	0.0819		
<b>Facteur2</b>	0.59	1	0.59	0.40	0.5397		
<b>Facteur3</b>	13.10	2	6.55	4.39	0.0176		
<b>Inter F1.2</b>	0.31	1	0.31	0.21	0.6538		
<b>Inter F1.3</b>	3.70	2	1.85	1.24	0.2984		
<b>Inter F2.3</b>	3.58	2	1.79	1.20	0.3107		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.59	2	0.30	0.20	0.8224		
<b>résiduelle</b>	71.64	48	1.49			1.22	49.1%

**Tableau 08:** poids frais des feuilles (coupe 02)

<b>Source de variation</b>	<b>S.C.E</b>	<b>DDL</b>	<b>Carrés moyens</b>	<b>TEST F</b>	<b>PROBA</b>	<b>E.T</b>	<b>C.V</b>
<b>totale</b>	191.37	59	3.24				
<b>Facteur1</b>	3.11	1	3.11	2.84	0.0945		
<b>Facteur2</b>	15.15	1	15.15	13.86	0.0006		
<b>Facteur3</b>	99.73	2	49.86	45.62	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	0.37	1	0.37	0.34	0.5705		
<b>Inter F1.3</b>	5.33	2	2.67	2.44	0.0959		
<b>Inter F2.3</b>	1.11	2	0.56	0.51	0.6097		
<b>Inter F1.2.3</b>	14.11	2	7.06	6.46	0.0034		
<b>résiduelle</b>	52.46	48	1.09			1.05	18.6%

**Tableau 09:** poids frais des feuilles (coupe 03)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	248.83	59	4.22				
<b>Facteur1</b>	8.69	1	8.69	6.24	0.0153		
<b>Facteur2</b>	20.60	1	20.60	14.79	0.0004		
<b>Facteur3</b>	137.02	2	68.51	49.18	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	4.49	1	4.49	3.23	0.753		
<b>Inter F1.3</b>	9.66	2	4.83	3.47	0.0384		
<b>Inter F2.3</b>	1.49	2	0.74	0.53	0.5956		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.01	2	0.01	0.00	0.9900		
<b>résiduelle</b>	66.86	48	1.39			1.18	15.8%

**Tableau 10:** poids frais de tiges (coupe 01)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	14.74	59	0.25				
<b>Facteur1</b>	0.43	1	0.43	1.99	0.1613		
<b>Facteur2</b>	0.20	1	0.20	0.94	0.3378		
<b>Facteur3</b>	2.00	2	1.00	4.63	0.0144		
<b>Inter F1.2</b>	0.01	1	0.01	0.04	0.8369		
<b>Inter F1.3</b>	0.36	2	0.18	0.84	0.4431		
<b>Inter F2.3</b>	1.27	2	0.64	2.95	0.0606		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.08	2	0.04	0.19	0.8311		
<b>résiduelle</b>	10.38	48	0.22			0.47	37.1%

**Tableau 11:** poids frais de tiges (coupe 02)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	39.42	59	0.67				
<b>Facteur1</b>	0.70	1	0.70	2.56	0.1119		
<b>Facteur2</b>	1.38	1	1.38	5.06	0.0277		
<b>Facteur3</b>	20.51	2	10.25	37.56	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	0.00	1	0.00	0.02	0.8939		
<b>Inter F1.3</b>	1.59	2	0.80	2.91	0.0625		
<b>Inter F2.3</b>	0.80	2	0.40	1.46	0.2421		
<b>Inter F1.2.3</b>	1.43	2	0.67	2.45	0.0953		
<b>résiduelle</b>	13.11	48	0.27			0.52	17.5%

**Tableau 12:** poids frais de tiges (coupe 03)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	82.23	59	1.39				
<b>Facteur1</b>	7.58	1	7.58	25.46	0.0000		
<b>Facteur2</b>	0.21	1	0.21	0.72	0.4056		
<b>Facteur3</b>	52.76	2	26.38	88.67	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	3.42	1	3.42	11.49	0.0015		
<b>Inter F1.3</b>	1.84	2	0.92	3.09	0.0532		
<b>Inter F2.3</b>	0.67	2	0.33	1.12	0.3346		
<b>Inter F1.2.3</b>	1.47	2	0.73	2.46	0.0940		
<b>résiduelle</b>	14.28	48	0.30			0.55	13.9%

**Tableau 13:** poids frais total (coupe 01)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	50.23	59	0.85		0.0065		
<b>Facteur1</b>	3.62	1	3.62	8.07	0.0065		
<b>Facteur2</b>	5.7	1	5.7	12.71	0.0009		
<b>Facteur3</b>	13.90	2	6.95	15.48	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	1.40	1	1.4	3.13	0.0796		
<b>Inter F1.3</b>	1.64	2	0.82	1.83	0.1691		
<b>Inter F2.3</b>	0.50	2	0.25	0.56	0.5790		
<b>Inter F1.2.3</b>	1.91	2	0.96	2.13	0.1280		
<b>résiduelle</b>	21.54	48	0.45			0.67	19.2%

**Tableau 14:** poids frais total (coupe 02)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	3330.82	59	5.61				
<b>Facteur1</b>	0.00	1	0.00	0.00	0.9799		
<b>Facteur2</b>	18.72	1	18.72	10.40	0.0024		
<b>Facteur3</b>	196.12	2	98.06	54.50	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	0.12	1	0.12	0.07	0.7899		
<b>Inter F1.3</b>	8.02	2	4.01	2.23	0.1165		
<b>Inter F2.3</b>	2.58	2	1.29	0.72	0.4975		
<b>Inter F1.2.3</b>	18.89	2	9.44	5.25	0.0087		
<b>résiduelle</b>	86.37	48	1.80			1.34	15.3%

**Tableau 15:** poids frais total (coupe 03)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	569.25	59	9.65				
<b>Facteur1</b>	31.06	1	31.06	12.64	0.0010		
<b>Facteur2</b>	25.68	1	25.68	10.44	0.0023		
<b>Facteur3</b>	358.26	2	179.13	72.87	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	16.09	1	16.09	6.54	0.0132		
<b>Inter F1.3</b>	15.92	2	7.96	3.24	0.0468		
<b>Inter F2.3</b>	2.55	2	1.28	0.52	0.6035		
<b>Inter F1.2.3</b>	1.69	2	0.85	0.34	0.7152		
<b>résiduelle</b>	118.00	48	2.46			1.57	13.7%

**Tableau 16:** poids frais de racine (coupe 01)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	15.55	59	0.26				
<b>Facteur1</b>	4.54	1	4.54	29.79	0.0000		
<b>Facteur2</b>	0.40	1	0.40	2.61	0.1091		
<b>Facteur3</b>	1.03	2	0.51	3.38	0.0413		
<b>Inter F1.2</b>	0.82	1	0.82	5.36	0.0237		
<b>Inter F1.3</b>	0.31	2	0.16	1.02	0.3686		
<b>Inter F2.3</b>	1.14	2	0.57	3.73	0.0306		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.01	2	0.00	0.03	0.9709		
<b>résiduelle</b>	7.31	48	0.15			0.39	23.8%

**Tableau 17:** poids frais de racine (coupe 02)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	80.19	59	1.36				
<b>Facteur1</b>	0.31	1	0.31	0.67	0.4223		
<b>Facteur2</b>	1.17	1	1.17	2.50	0.1162		
<b>Facteur3</b>	45.52	2	22.76	48.78	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	0.55	1	0.55	1.19	0.2808		
<b>Inter F1.3</b>	3.64	2	1.82	3.91	0.0263		
<b>Inter F2.3</b>	0.01	2	0.00	0.01	0.9900		
<b>Inter F1.2.3</b>	6.59	2	3.29	7.06	0.0022		
<b>résiduelle</b>	22.4	48	1.47			0.68	15.6%

**Tableau 18:** poids frais de racine (coupe 03)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	109.56	59	1.86				
<b>Facteur1</b>	2.96	1	2.90	2.95	0.0885		
<b>Facteur2</b>	10.80	1	10.80	11.01	0.0019		
<b>Facteur3</b>	30.93	2	15.47	15.76	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	0.28	1	0.28	0.29	0.602		
<b>Inter F1.3</b>	3.18	2	1.59	1.62	0.2020		
<b>Inter F2.3</b>	13.66	2	6.83	6.96	0.0023		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.70	2	0.35	0.35	0.7083		
<b>résiduelle</b>	47.11	48	0.98			0.99	21.9%

**Tableau 19:** poids sec de feuilles (coupe 01)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	4.53	59	0.08				
<b>Facteur1</b>	0.16	1	0.16	2.08	0.1518		
<b>Facteur2</b>	0.28	1	0.28	3.68	0.0580		
<b>Facteur3</b>	0.01	2	0.01	0.07	0.9348		
<b>Inter F1.2</b>	0.15	1	0.15	1.95	0.1656		
<b>Inter F1.3</b>	0.09	2	0.05	0.61	0.5518		
<b>Inter F2.3</b>	0.09	2	0.05	0.59	0.5627		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.08	2	0.04	0.49	0.6188		
<b>résiduelle</b>	3.67	48	0.08			0.28	10.60%

**Tableau 20:** poids sec de feuilles (coupe 02)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	1.71	59	0.03				
<b>Facteur1</b>	0.02	1	0.02	1.57	0.2135		
<b>Facteur2</b>	0.02	1	0.02	1.69	0.1963		
<b>Facteur3</b>	0.90	2	0.45	38.72	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	0.00	1	0.00	0.0	0.7470		
<b>Inter F1.3</b>	0.02	2	0.01	1.01	0.3733		
<b>Inter F2.3</b>	0.04	2	0.02	1.92	0.1560		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.14	2	0.07	5.96	0.0050		
<b>résiduelle</b>	0.56	48	0.01			0.11	15.7%

**Tableau 21:** poids sec de feuilles (coupe 03)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	15.75	59	0.27				
<b>Facteur1</b>	0.98	1	0.98	5.53	0.0217		
<b>Facteur2</b>	0.07	1	0.07	0.38	0.5464		
<b>Facteur3</b>	3.77	2	1.89	10.61	0.0002		
<b>Inter F1.2</b>	0.52	1	0.52	2.90	0.0913		
<b>Inter F1.3</b>	0.75	2	0.38	2.11	0.1297		
<b>Inter F2.3</b>	0.69	2	0.35	1.95	0.1517		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.43	2	0.21	1.11	0.3080		
<b>résiduelle</b>	8.53	48	0.18			0.42	42.7%

**Tableau 22:** poids sec de tiges (coupe 01)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	0.15	59	0.00				
<b>Facteur1</b>	0.02	1	0.02	16.00	0.0003		
<b>Facteur2</b>	0.00	1	0.00	0.37	0.5518		
<b>Facteur3</b>	0.03	2	0.01	9.27	0.0005		
<b>Inter F1.2</b>	0.01	1	0.01	5.00	0.0284		
<b>Inter F1.3</b>	0.01	2	0.00	2.22	0.1171		
<b>Inter F2.3</b>	0.01	2	0.00	2.87	0.0651		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.00	2	0.00	1.09	0.3457		
<b>résiduelle</b>	0.07	48	0.00			0.04	27.7%

**Tableau 23:** poids sec de tiges (coupe 02)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	0.43	59	0.01				
<b>Facteur1</b>	0.00	1	0.00	0.35	0.5635		
<b>Facteur2</b>	0.01	1	0.01	2.19	0.1413		
<b>Facteur3</b>	0.17	2	0.09	23.18	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	0.00	1	0.00	0.40	0.5359		
<b>Inter F1.3</b>	0.02	2	0.01	3.25	0.0462		
<b>Inter F2.3</b>	0.02	2	0.01	3.25	0.0463		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.02	2	0.01	2.32	0.1070		
<b>résiduelle</b>	0.18	48	0.00			0.06	17.8%

**Tableau 24:** poids sec de tiges (coupe 03)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	1.35	59	0.02				
<b>Facteur1</b>	0.13	1	0.13	17.24	0.0002		
<b>Facteur2</b>	0.00	1	0.00	0.08	0.7723		
<b>Facteur3</b>	0.74	2	0.37	50.55	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	0.06	1	0.06	7.64	0.0079		
<b>Inter F1.3</b>	0.05	2	0.02	3.09	0.0534		
<b>Inter F2.3</b>	0.03	2	.0 02	2.07	0.1346		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.01	2	0.00	0.43	0.6587		
<b>résiduelle</b>	0.35	48	0.01			0.09	17.6%

**Tableau 25:** poids sec total (coupe 01)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	0.58	59	0.01				
<b>Facteur1</b>	0.00	1	0.00	0.43	0.5224		
<b>Facteur2</b>	0.09	1	0.09	018.99	0.0001		
<b>Facteur3</b>	0.23	2	0.12	25.95	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	0.00	1	0.00	0.01	0.9045		
<b>Inter F1.3</b>	0.00	2	0.00	0.03	0.9670		
<b>Inter F2.3</b>	0.02	2	0.01	2.41	0.0984		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.02	2	0.01	2.31	0.1081		
<b>résiduelle</b>	0.22	48	0.00			0.07	18.2%

**Tableau 26:** poids sec total (coupe 02)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	PROBA	E.T	C.V
<b>totale</b>	3.14	59	0.06				
<b>Facteur1</b>	0.01	1	0.01	0.45	0.5141		
<b>Facteur2</b>	0.07	1	0.07	02.99	0.0865		
<b>Facteur3</b>	1.81	2	0.9	41.01	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	0.00	1	0.00	0.05	0.8230		
<b>Inter F1.3</b>	0.12	2	0.06	2.72	0.0743		
<b>Inter F2.3</b>	0.07	2	0.04	1.65	0.2006		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.27	2	0.14	6.14	0.0043		
<b>résiduelle</b>	1.06	48	0.02			0.15	14.3%

**Tableau 27:** poids sec total (coupe 03)

<b>Source de variation</b>	<b>S.C.E</b>	<b>DDL</b>	<b>Carrés moyens</b>	<b>TEST F</b>	<b>PROBA</b>	<b>E.T</b>	<b>C.V</b>
<b>totale</b>	9.08	59	0.15				
<b>Facteur1</b>	0.83	1	0.83	21.34	0.0000		
<b>Facteur2</b>	0.05	1	0.05	1.38	0.2452		
<b>Facteur3</b>	5.44	2	2.72	70.11	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	0.24	1	0.24	6.17	0.0158		
<b>Inter F1.3</b>	0.43	2	0.21	5.48	0.0072		
<b>Inter F2.3</b>	0.19	2	0.09	2.40	0.0998		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.04	2	0.02	0.48	0.6269		
<b>résiduelle</b>	1.86	48	0.04			0.20	13.91%

**Tableau 28:** poids sec de racines (coupe 01)

<b>Source de variation</b>	<b>S.C.E</b>	<b>DDL</b>	<b>Carrés moyens</b>	<b>TEST F</b>	<b>PROBA</b>	<b>E.T</b>	<b>C.V</b>
<b>totale</b>	0.13	59	0.00				
<b>Facteur1</b>	0.01	1	0.01	6.92	0.0111		
<b>Facteur2</b>	0.00	1	0.00	0.21	0.6565		
<b>Facteur3</b>	0.00	2	0.00	0.97	0.3898		
<b>Inter F1.2</b>	0.00	1	0.00	0.4	0.5357		
<b>Inter F1.3</b>	0.00	2	0.00	1.32	0.2764		
<b>Inter F2.3</b>	0.01	2	0.01	3.29	0.0409		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.00	2	0.00	1.17	0.3192		
<b>résiduelle</b>	0.09	48	0.00			0.04	24.7%

**Tableau 29:** poids sec de racines (coupe 02)

<b>Source de variation</b>	<b>S.C.E</b>	<b>DDL</b>	<b>Carrés moyens</b>	<b>TEST F</b>	<b>PROBA</b>	<b>E.T</b>	<b>C.V</b>
<b>totale</b>	3.71	59	0.06				
<b>Facteur1</b>	0.03	1	0.03	1.03	0.3177		
<b>Facteur2</b>	0.01	1	0.01	0.45	0.5132		
<b>Facteur3</b>	1.56	2	0.79	25.96	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	0.02	1	0.02	0.72	0.4048		
<b>Inter F1.3</b>	0.06	2	0.03	1.00	0.3789		
<b>Inter F2.3</b>	0.09	2	0.04	1.44	0.2451		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.49	2	0.25	8.22	0.0009		
<b>résiduelle</b>	1.44	48	0.03			0.17	27.8%

**Tableau 30:** poids sec de racines (coupe 03)

<b>Source de variation</b>	<b>S.C.E</b>	<b>DDL</b>	<b>Carrés moyens</b>	<b>TEST F</b>	<b>PROBA</b>	<b>E.T</b>	<b>C.V</b>
<b>totale</b>	2.8	59	0.05				
<b>Facteur1</b>	0.31	1	0.31	11.27	0.0017		
<b>Facteur2</b>	0.03	1	0.03	0.95	0.3374		
<b>Facteur3</b>	0.85	2	0.42	15.66	0.0000		
<b>Inter F1.2</b>	0.00	1	0.00	0.14	0.7093		
<b>Inter F1.3</b>	0.07	2	0.04	1.31	0.2796		
<b>Inter F2.3</b>	0.23	2	0.12	4.26	0.0196		
<b>Inter F1.2.3</b>	0.01	2	0.01	0.23	0.8007		
<b>résiduelle</b>	1.30	48	0.03			0.16	21.5%



## REFERENCES

1. LAUMONNIER.R., "Culture légumière". Ed. J.B bailliere, paris, (1979), PP 92-113.
2. COUNY. P; CORNILLON. P., " La salinité, aspect théoriques et pratiques". Revue. P. H. M (42). (1973), 25-28 P.
3. LEVIGNERON.A, LOPEZ. F; VANSYT. G; BERTHOMIEN; FOUROY.P; CASSE- DELBAT.F., " Les plantes face au stress salin". Cahier d'agriculture N°4, France.(1995), PP 263-273.
4. AYERS. S; WESTCOT D W., "La qualité de l'eau en agriculture". Bull d'irrigation et de drainage, FAO, N°29, Rome. (1984).
5. LASRAM.M; "Comportement des plantes en milieu salé et placé en pourtour méditerranéen". ACR. Acad.Agric 81(02). (1995). PP 47-60
6. PHILOUZE. J., " Les tomates". INRA. N°6-7, Mont favet. (1993).
7. CAUSSE .M ; CARANTA. C; SALIBA- COLOMBANI; MORETTI. A; DAMIDAUX. R; ROUSSELLE. P., "Valorisation des ressources génétiques de la tomate par l'utilisation des marqueurs génétique". INRA. Agriculture. 9(3), France, (2000) 197-210.
8. VANIER.P; LEFRANCOIS. P., " Lycopene". Centre de recherche Nestlé de Lanusane. (2002).
9. ANONYME 2002 / [www. Htm.tomato.http/Bw.tomates .org](http://www.Htm.tomato.http/Bw.tomates.org).
10. PHILOUZE. J; LATERROT.H., "La tomate: Amélioration des espèces cultivées". Ed. INRA, Paris. (1992).
11. GALLAIS.A., "Amélioration des espèces végétales cultivés". INRA.Paris. (1993). 588p.
12. ANONYME ., " Larousse agricole". VUEF. Québec, (2002). 768P.
13. BABA AISSA. F., "Encyclopédie des plantes utiles: flore d'Algérie et du Magreb". Ed. Librairie Moderne. Rouiba N°91, Alger, (1999). 368p.
14. CHAUX. C; et FOURY. Y., " Production légumière". Tome I: Généralité. Ed. J.B. Ballière, Paris, (1994), 548 p.

15. ANONYME, " Le guide". Ed : Clause jardin, Paris, (1992), pp 254.
16. LESAIN.T.C et COIC.Y., "Les besoins alimentaires des plantes".(2002).
17. KOLEVE. N, " Les cultures maraîchères en Algérie: légumes, fruits". Ed. ministère de l'agriculture et des reformes agraires, (1976), 145P.
18. CHAUX. C," Production légumière". Ed. J.B. Ballière, Paris, (1972), pp 14-41.
19. BOUDOUANE. I, "Etude de la nutrition minérale de la tomate" *Lycopersicom Mill*" en nutricole. Th. Ing. Blida, (1990), 63p.
20. BIGGS. T," Le jardin potager". Ed. Fernand Nathan. Paris, (1983), PP 150-153.
21. BEKETT, " La culture sous abris- serre". Ed, Fernand Nathan, Paris, (1981), 144p.
22. LAFON.J; THARAND-PRAYER.C; LERRY.G, "Biologie des plantes cultivées". Ed. lavoisier, Paris, (1997), PP 165-172.
23. HABIB. R; TRIBOI. E; GENARD.M; LEBAIL. M, "La nutrition azotée des cultures et la qualité des produits". Ed. INRA, Paris, les cloques N°8, (1996), PP 141-155.
24. GACHON. L, "Phosphore et potassium dans la relation sol- plante: conséquences sur la fertilisation". Ed. INRA. France, (1988), PP 506- 535.
25. GONDE. , JUISSIAUX, "Cours d'agriculture moderne". Ed. paris. Maison rustique, (1980), 199 P.
26. ANDRE. L, " Les éléments en agriculture". Ed. Nouvelle Librairie, Paris, (1986), pp 741.
27. ANONYME, "Fiche technique". Bull N°7, Mensuel d'information de liaison du PNTA. Agriculture N°7, (1999).
28. KOTUBY-AMACHER. J; KOENIG. R; and KITCHEN. B., "Salinity and plant tolerance.USDA". (1997).
29. PRODRIGUEZ.P; DELL AMICO.J; MORALES. D; SANCHEZ BLANCO. M.J; ALARCON.J.J, "Effects of salinity on growth shoot water relations and root hydraulic conductivity in tomato plants". Journal of agricultural science. Cambridge. 128, (1997), pp 439- 444.
30. FENG. J; and BARKER. A.V., "ethylene evolution and ammonium accumulation by tomato plants under water and salinity stress". Par II.Journal of plant nutrition. 15 (11), (1992), 2471-2490.

31. SCHWARZ.M, "the use of saline water in hydroponics". *Soiless culture*, 1(1), (1985), pp 26-37.
32. MONGI. H, "Adaptation physiologique à la salinité des plantes cultivées". *Faculté de sciences, Tunisie*, (1982), 169p.
33. DUVIGNEAUD. P, "La synthèse écologique". Ed. Masson et C, paris, (1980), 578 P.
34. ANONYME, "La génétique face au problème de la tolérance des Plantes cultivées à la sècheresse: Espoirs et difficultés". INRA. *Sécheresse N° 8*, France, (1997), 29- 37.
35. BOUHAOUI. N, GRIGNAN. C, ZIDE, "Effet de NaCl sur La croissance et la respiration racinaire du triticale (*Triticosecale* Wittmack)". *Cahier d'Agriculture 7(5)*, INRA. France, (1998), pp 372-376.
36. RENGEL.Z, "The role of calcium in salt toxicity". *Plt, Cel and environnement.15*, (1992), PP 625-632.
37. BOTIA. P; CARVAJAL. M; CERDA. A; and MARTINEZ. V., Response of eight *Cucumis melo* cultivars to salinity during germination and early vegetative growth. *Agronomie 18 (8-9)*. Ed. ELSEVIER, Paris, (1998), 503-513.
38. URBAN.L, "Introduction à la production sous serre". Ed. Paris, (1997), 165- 176.
39. HORST. M., "Mineral nutrition of higher plants". *Plant Physical Bioch-542 em*, (20), (1986), 523.
40. AL-RAWAHY S.A; STOEHLIN. J. L; and PESSARAKLI. M., "Dry-mater yield and nitrogen-15, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> and K<sup>+</sup> content of tomatoes under sodium chloride stress". *Journal of plant nutrition*, 15(3) , (1992), 341-358.
41. BINET. P., "Adaptation physiologique à la salinité des végétaux supérieurs en environnement naturel". *Bull. Soc Eco Physiol. 7 (2)*, (1982), 139-168.
42. KATERJI. N., "réponse des cultures à la contrainte hydrique d'origine saline: approches empiriques et mécanistes". Ed C.R. Acad. Agric, France, n°2, (1995), 73-86.
43. SATTI. S. M. E; LOPEZ. M; and FHAD. A. AL-SAID., " Salinity induced changes in vegetative and reproductive growth in tomato". *Commun. Soil SCI. Plant ANAL*, 25 (5-6), (1994), 501-510.
44. KAREN; PETERSEN. K; WILLUMSEN. J; KAACK.K, " Composition and taste of tomatoes as affected by increased salinity and different salinity sources". *Journal of horticultur science and biotechnology 73(2)*, (1998), 205-215.

45. KONING Ad.N.M, "the effect of temperature, fruit load and salinity on development rate of tomato fruit". Acta-hort. 519, (2000), pp85-93.
46. SLAMA. F, " Transport de Na<sup>+</sup> dans les feuilles et sensibilités des plantes à NaCl". Agronomica, INRA, (1986), PP 275-281.
47. HUBAC. C, "Stratégie des plantes en milieu salé ou semi- aride". Soc. Ecophysiol N°15, (1990), PP 25- 28.
48. AYADI. A; MONNIER. A, DEMARTY. M et THELLICK. M, " Echange ioniques cellulaires: cas des plantes en milieu salé rôle particulier des parois cellulaires". Ed .Gauthier Villars, France Vol 18 n°1, (1980), pp 90-101.
49. ROBIN. P, "Horticulture sans sol histoire et actualité". Cahier d'économie et sociologie rurales, N°46- 47, (1998), PP 113-130.
50. BOUGOUL .S; BRUN. R; JAFFRIN.A, " Modèle pour la conduite en temps réel des besoins hydriques et minéraux du rosier en hors sol". INRA. Cahiers option méditerranéenne (31). France, (2000).
51. MILANI. M, " La production végétal: la maîtrise technique de la production". Ed. Lavoisier, paris, (1997).
52. MARTINEZ.S; MORARD.P, " Les cultures hors sol". Polytechnique, Toulouse, (2001), 5P.
53. LETARD. M ; ERARD. P ; et JEANWEQUIN.B., " Maîtrise de l'irrigation fertilisante : tomate sous serre et abris en sol et hors sol". Ed TEC.DOC, Cachan, (1995), 220 p.
54. LEMAIRE. F; DARTIGUES. A; RIVIERE. L.M; et CHARPPENTIER. S., "Cultures en pots et conteneurs". Ed. INRA, Paris, (1989), 184 p.
55. VOOGT W; HOL.C, " Influence de la nutrition sur la qualité des fruit". C. R. 8<sup>eme</sup> forum. GRODAN, Nauts, (1994).
56. MORARD. P, "Les cultures végétales en hors sol". Agri. Paris, (1995), 301p.
57. BLANC. D, " Les cultures hors sol". Ed. INRA, Paris, (1987), 409p.
58. VILAIN. M., " La production végétal, Vol I : les composantes de la production". Ed. J. B. Ballière, Paris, (1993), 428 p.
59. BRUN. R et MONTARONE. M, " Influence de la concentration saline de la solution nutritive sur la réaction de plante". Ed. INRA, Paris, (1987), 60p.
60. KATERJI. N; BERNARD. I; FERREIRA.I, " Etude de quelque critères indicateurs de l'état hydrique de la tomate en région semi-aride". Agronomie, 8(5), (1988), pp425-433.

61. HELLER. R., " Abrégé de physiologie végétale, tome 1 nutrition". Ed Masson, Paris, (1977), 155p.
62. HELLER. R; ESNAULT.R; et LANCE. C., " Physiologie végétale: 1- nutrition". 6eme Ed, Ed DUNOD, Paris, (1998), 323p.
62. PARENT.J.G, " Des tomates qui résistent". Agr, gouv, qc.ca, (2001).
63. REY. Y; et COSTES. C., " La physiologie de la tomate, étude bibliographique". Ed CNRA. Paris, (1965), 111 P.