



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



Université Amar TELIDJI - Laghouat -

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques

جامعة عمار تليدي - الأغواط

كلية العلوم

قسم العلوم الفلاحية

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Ben maiza Laifa

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRINOMIQUES

SPECIALITE : AMELIORATION DES PLANTES

Thème

Effet de la dose de fertilisants organiques (fumier de vache et fumier de cheval) sur la croissance de plants de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Jury de soutenance :

Nom et Prénom

Grade

Qualité

- Mme. Hamini Faiza

MAA

- Présidente

- Mme. Mallem Hamida

MCA

- Examinatrice

- Mme. Houyou Zohra

MCA

-Encadreure

Résumé :

L'agriculture biologique apparaît comme un prototype d'une nouvelle agriculture, pour réduire les risques alimentaires liés à des molécules d'origine industrielles utilisées dans la production maraichère, Ce travail a été mené dans cette optique sur la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), en vue de déterminer l'effet de la dose de fertilisants organique sur la croissance des plants. Au niveau de la serre expérimentale du département des sciences agronomiques de l'Université Amar Thelidji Laghouat les plants de deux variétés de tomate (*Heinz* et *Rio grand*), ont été cultivés pendant 64 jours, en apportant deux types de fumiers (vache et cheval) avec quatre doses respectivement (0 ; 1 ; 2,5 et 5 g/kg). Des analyses physico-chimiques (pH, CaCO₃, N_{tot}, Na, K, CE, C_{org} et C/N) ont été effectuées sur le substrat et sur les fumiers. Durant les 64 jours nous avons effectué des mesures biométriques sur les plants cultivés (hauteur des tiges, longueur des racines, vitesses de croissance et taux relatif moyen de développement), à la fin du test nous avons mesuré dans les feuilles fraîches des plants les teneurs en (sucre totaux, proline et chlorophylle totale). Les résultats ont montré que le fumier de vache est plus riche en éléments minéraux avec respectivement K (1.11 g/kg), Na (0.22 mg/kg) et aussi en azote totale (0.39 g/kg) et en carbone organique (39.5 g/kg). Les mesures biométriques des plants ont révélés des différences significatives (p<0,001), la hauteur des tiges des plants ainsi que celle des racines étaient respectivement (15.33 cm), (11.23 cm) chez *Heinz* et (22.66 cm), (13 cm) chez *Rio grand*. La vitesse de croissance des tiges était meilleure chez *Rio grand* (0.35cm/jour). L'indice de vigueur le plus élevé est observé chez *Rio grand* (35.66). Les teneurs, en proline sont entre (0.65 et 2.51 mmol/ g MF), en sucre totaux entre (0.81 et 6.36 mg/g MF) et en chlorophylle totale (0.03 et 0.06mg/g MF). L'ANOVA effectuée sur les paramètres physiologiques mesurés sur les plants ont révélé des différences non significatives, Cette expérience a révélé que la dose du fumier de vache 2 (g/kg) est la meilleure pour la vigueur, le développement et la croissance des plants de la tomate.

Mot clé : tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), *Heinz*, *Rio grand*, fertilisant organique, vitesse de croissance, indice de vigueur, chlorophylle totale, sucres totaux, proline.

Abstract:

Organic agriculture appears as a prototype of a new agriculture to reduce the food risks related to molecules of industrial origin used in the vegetable production, In this context, this work has been performed on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), in order to determine the effect of treatments of organic fertilizers, on the growth of tomato seedlings. In the experimental greenhouse of agricultural sciences department at Laghouat University seedlings of two varieties of tomato (*Heinz* and *Rio grand*). During 64 days, tomato seedlings were cultivated by bringing two types of manures (cow and horse) with four treatments respectively (0; 1; 2.5 and 5 g/kg). Physicochemical analysis (pH, CaCO₃, N_{tot}, Na, K, EC, Corg and C/N) were performed on the substrate and on the manures. During the 64 days biometric measurements were performed on the seedlings (stem height, root length, growth rate, average relative development rate, vigor index and growth speed). At the end of the test we measured in the fresh leaves of the seedlings the contents of (total sugar, proline and total chlorophyll). The results showed that cow manure is richer in mineral elements with respectively K (1.11 g/kg), Na (0.22 mg/kg) and also in total nitrogen (0.39 g/kg) and organic carbon (39.5 g/kg). The biometric measurements of the plants revealed significant differences (p<0.001), the height of the stems of the plants as well as that of the roots were respectively (15.33 cm), (11.23 cm) in Heinz and (22.66 cm), (13 cm) in Rio grand. Stem growth rate was better in Rio grand (0.35cm/day). The highest vigor index was observed in Rio grand (35.66). The contents of proline are between (0.65 and 2.51 mmol/ g MF), total sugar between (0.81 and 6.36 mg/g MF) and total chlorophyll (0.03 and 0.06 mg/g MF). The ANOVA performed on the physiological parameters measured on the plants revealed non-significant differences, This experiment revealed that the treatment of cow manure 2 (g/kg) is the best for vigor, development and growth of tomato seedlings.

Key word: tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Heinz, Rio grand, organic fertilizer, growth rate, vigor index, total chlorophyll, total sugars, proline.

ملخص:

تظهر الزراعة العضوية كنموذج أولي لشكل جديد من الزراعة لتقليل المخاطر الغذائية المرتبطة بالجزئيات ذات الأصل الصناعي المستخدمة في زراعة الخضروات، تم إنجاز هذا العمل مع وضع ذلك في الاعتبار على الطماطم (*Lycopersicon esculentum* Mill.)، من أجل تحديد تأثير جرعة السماد العضوي على نمو النباتات. على مستوى البيوت البلاستيكية بقسم العلوم الزراعية بجامعة عمار تليجي الأغواط تمت زراعة صنفين من الطماطم (هانز و ريو غراند) لمدة 64 يومًا، وذلك بإحضار نوعين من السماد (بقرة وحصان) بأربع جرعات على التوالي (0؛ 1؛ 2.5 و 5 غ / كغ). تم إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية (الأس الهيدروجيني $CaCO_3$ و N_{tot} و Na و K و CE و Corg و C / N) على الركيزة وعلى الأسمدة. خلال 64 يومًا، أجرينا قياسات بيومترية على النباتات المزروعة (ارتفاع السيقان، طول الجذور، معدلات النمو ومتوسط معدل التطور النسبي، مؤشر النشاط)، في نهاية الاختبار قمنا بقياس الأوراق الطازجة للنباتات المستويات في (السكر الكلي والبرولين والكلوروفيل الكلي). أظهرت النتائج أن روث البقر أكثر ثراءً في العناصر المعدنية على التوالي k (1.11) غ / كغ، Na (0.22 ملغ / كغ) وأيضًا في النيتروجين الكلي (0.39 غ / كغ) والكربون العضوي (39.5 غ / كغ). كشفت القياسات الحيوية للنباتات عن فروق معنوية ($P < 0.001$)، وكان ارتفاع سيقان النباتات وكذلك ارتفاع الجذور على التوالي (15.33 سم)، (11.23 سم) في هانز و (22.66 سم)، (13 سم) في ريو جراند. كان معدل نمو الساق أفضل في ريو جراند (0.35 سم / يوم). لوحظ أعلى مؤشر قوة في ريو جراند (35.66). يتراوح محتوى البرولين بين (0.65 و 2.51 ملي مول / غ ورقة طازجة) والسكر الكلي بين (0.8 و 6.36 ملغ / غ ورقة طازجة) وإجمالي الكلوروفيل (0.03 و 0.06 ملغ / غ ورقة طازجة) كشفت ANOVA التي تم إجراؤها على المعلمات الفسيولوجية المقاسة على النباتات عن اختلافات غير مهمة، أظهرت هذه التجربة أن جرعة روث البقر 2 (غ / كغ) هي الأفضل لحبوبة وتطور ونمو نباتات الطماطم.

الكلمات الدالة: طماطم، (*Lycopersicon esculentum* Mill.) هانز، ريو غراند، روث، سماد عضوي، جرعة من السماد الطبيعي، معدلات النمو، مؤشر النشاط، السكر الكلي، الكلوروفيل الكلي و البرولين.

Remerciement

Je voudrais tout d'abord exprimer toute ma reconnaissance au ma notre encadreur de ce mémoire, Mme Houyou Zohra pour son accueil, d'avoir eu la gentillesse et la patience pour son assistance tout au long de ce travail, de nous prodiguer son aide.

Je tiens également à remercier tous les professeurs de l'université Ammar Thelidji de Laghouat qui m'ont accompagné dans mon parcours d'études universitaires et toute l'équipe de travail de l'université Ammar Thelidji, surtout le département des sciences agronomique et les ingénieures de laboratoire pour nous avoir aidées tout au long de ce travail.

Je voudrais également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour toutes leurs remarques et critiques pertinentes.

Je remercie tous mes amis d'avoir terminé ce travail et atteint ces résultats, malgré nos différents sujets, mais nous étions comme une seule équipe.

À tous ceux qui, ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail Merci infiniment.

Dédicace

je dédie ce mémoire à mes chers parents ma maman Hamida et mon père Tayeb et mes sœurs Rayen, Wissal et Assil aussi et mes frères Mahmoud et Hayder, Hachem et je n'oublie pas de mentionner la première petite-fille de ma famille Arwa qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études . En signe de reconnaissance, qu'ils trouvent ici , l'expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir réussir dans mes études .

A toute la famille ben maiza et a toutes mes amies , surtout ma cousine Abir et mes collègues dans cette travaille Imane ,Samia , Widad et Om elkhire .

et à tous ceux qui aiment le bon travail et ne reculent pas devant les obstacles de la vie .



Sommaire

Résumé.....	I
المخلص.....	II
Abstract.....	III
Remerciement.....	IV
Dédicace.....	V
Sommaire.....	VI
Liste des figures.....	VII
Liste des tableaux.....	VII
Liste des abréviations.....	IX
Introduction.....	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I .1 Origine et historique.....	4
I.2. Classification de la tomate.....	5
I.2.1 Classification botanique	5
I.2.2 Classification génétique	5
I .3. Description de la tomate.....	5-6
I.4. Les exigences édapho-climatiques de la tomate.....	7
I.4.1. Les exigences climatiques La tomate.....	7
A) La température de l'air.....	8
B) La lumière	8
C) L'humidité de l'air.....	8
I.4.2. Les exigences édaphiques	8
A) Le type de sol.....	8
B) La température du sol.....	9
C) le pH du sol.....	9
D) La salinité du sol	9
D) L'humidité du sol.....	9
I.5. Importance économique.....	9
I.5.1. La production dans le monde.....	9
I.5.2. la production en Algérie.....	10
I.6. Les maladies et les ravageurs de la culture de la tomate.....	11
I .6.1. Les maladies	11-12-13
I.6.2. Les ravageurs.....	14-15
Chapitre II : Matériel et méthodes	

I. Objectifs et description de l'expérimentation	17
I.1. Objectifs.....	17
I.2. Lieu de l'expérience.....	17
I.3. Conditions expérimentales	17
I.4. Le Substrat (terre).....	18
I.5. Les fumures organiques utilisées.....	18
I.6. Les Conteneurs.....	18
I.7. Le Matériel végétal.....	18
I.8. Préparation du substrat terre.....	18
I.9. Doses d'amendements utilisées	19
1.9.1. Description des différentes doses de fertilisation.....	19
I.10. Dispositif expérimental.....	19
II. Conduite de l'expérience et notations des mesures.....	20
II.1. La pré-germination	20
II. 2. Le repiquage et la levée.....	21
II.3. L'arrosage.....	21
II.4. Les Paramètres mesurés sur les plants.....	21
II. 4. 1. Mesure des paramètres de croissance des plants.....	22
II.4. 1. 1. Hauteur des tiges des plants (cm).....	22
II.4.1. 2. Longueur des racines des plants (cm).....	22
II.4. 1.3. Vitesse de croissance des tiges et des racines des plants	22
II.4. 1.4. Indice de vigueur des plants.....	22
II.4. 1. 5. Taux relatif moyen de développement des plants (T R M D).....	22
II. 4. 2. Mesure des paramètres biochimiques et physiologiques des plants.....	22
II. 4. 2. 1. Dosage des sucres totaux (mg/g MF).....	23
II. 4. 2. 2. Dosage de la chlorophylle (mg/g MF).....	23
II. 4. 2. 3. Dosage de la proline (mmol/g MF).....	23
II. 5. Analyse physicochimique des échantillons de terre et des fumiers utilisés..	24
III. Analyses statistiques des données.....	25
Chapitre III : Résultats et discussion	
I. RESULTATS.....	27
I. Terre et fumiers utilisés.....	27
I- 1 Paramètres physico-chimiques.....	27
I-2 Rapport C/N.....	27

II. Paramètre de croissance et de développement des plants	28
II-1 Hauteur des tiges des plants.....	28-29-30
II -2 Hauteurs des racines.....	30
II -3 Indice de vigueur des plants.....	31
II-4 Vitesse de croissance des plants.....	31
II-4-1 Vitesse de croissance des tiges des plants.....	31
II-4-2 Vitesse de croissance des racines.....	32
II -5 Taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants.....	33-34-35
III- Paramètres biochimiques et physiologique.....	35
III-1 Sucre totaux.....	35
III-2 Chlorophylle.....	36
III-3 Proline accumulée.....	37
IV - Analyses en composante principale.....	38-39
II- Discussion.....	40
I-1 Paramètre physico-chimiques.....	40
I-2 Rapport C/N.....	40
II – Paramètre de croissance et de développement des plants.....	40
III – Paramètre biochimiques et physiologiques des plants de tomates.....	41
Conclusion.....	43
Perspectives.....	44

Liste des figures

N° 1	Répartitions et origine de la tomate dans le monde (Blancard, 2009).	4
N° 2	les parties de la tomate.	7
N° 3	Répartition de la production mondiale de la tomate (FAO, stat 2012).	10
N° 4	Les maladies de tomate.	13
N° 5	Représentation des températures journalières mesurées durant l'expérimentation.	17
N° 6	Le dispositif expérimental.	20
N° 7	Graines germées.	21
N° 8	Rapport CN au début et à la fin de l'expérimentation.	28
N° 9	Hauteur de tige à 34 jours pour les deux variétés (<i>Heinz, Rio grand</i>).	28
N° 10	Hauteur de tige à 49 jours pour les deux variétés (<i>Heinz, Rio grand</i>).	29
N° 11	Hauteur de tige à 64 jours pour les deux variétés (<i>Heinz, Rio grand</i>).	30
N° 12	Hauteur des racines pour les deux variétés (<i>Heinz, Rio grand</i>).	30
N° 13	Indice de vigueur pour les deux variétés (<i>Heinz, Rio grand</i>).	31
N° 14	Vitesse de croissance de tige pour les deux variétés (<i>Heinz, Rio grand</i>).	32
N° 15	Vitesse de croissance des racines pour les deux variétés (<i>Heinz et Rio grand</i>).	33
N° 16	Taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants durant période 1 pour les deux variétés (<i>Heinz, Rio grand</i>).	34
N° 17	Taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants durant période 2 Pour les deux variétés (<i>Heinz, Rio grand</i>).	34
N° 18	Le taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants durant période 3 pour les deux variétés (<i>Heinz, Rio grand</i>).	35
N° 19	Teneur en sucres totaux des plants pour deux variétés (<i>Heinz, Rio grand</i>).	36
N° 20	La chlorophylle des plants pour deux variétés (<i>Heinz, Rio grand</i>).	37
N° 21	Proline accumulé des plants pour deux variétés (<i>Heinz, Rio grand</i>).	38
N° 22	L'analyse en composante principale.	39

Liste des tableaux

Tableau N ° 1	Production annuelle de tomate en régions Ouest (Ministère ADRP, 2006).	10
Tableau N ° 2	les principales maladies de la tomate.	11-12
Tableau N ° 3	principaux ravageurs de la tomate.	14-15
Tableau N ° 4	Caractéristiques des variétés utilisées.	18
Tableau N ° 05	Paramètres physico-chimiques.	27

Liste des sigles et abréviations

D1	Dose 1.
D 2	Dose 2.
D3	Dose 3.
FV	Fumier de vache.
FC	Fumier de cheval.
T	Témoin.
VC	Vitesse de croissance.
TRMD	Taux relatif moyenne de développement.
Ph	potentiel Hydrogène.
CE	Conductivité Electrique.
K	Phosphore.
Coranique	Carbone organique.
Na	Azote.
Cm	centimètre.
%	Pourcent
C /N	Carbone/ Azote.
MO	Matière organique.
Qx	quintaux.
Pr	Probabilité de risque.
mg/ g MF	Milligramme par gramme de Matière fraiche.
mmol/g MF	Milli mole par gramme de Matière fraiche.
°C	Degrés Celsius.
Mm	Millimètre.
Do	densité optique.
H	Heur.
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
MF	Matière fraiche.

Introduction

Introduction :

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), compte parmi les cultures légumières les plus importantes du monde (Hilmi et al, 2005). Selon le Fond des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO, 2020), elle occupe la première place dans la production maraîchère après la pomme de terre et elle est cultivée dans plus de 170 pays. C'est une source importante de vitamines, la consommation des fruits de la tomate contribue à un régime sain et équilibré. Les fruits sont riches en minéraux, en vitamines, en acides aminés essentiels, en sucres ainsi qu'en fibres alimentaires. La tomate contient beaucoup de vitamines B et C, de fer et de phosphore (Chaux et Foury, 1994).

En Algérie, la tomate occupe aussi une place privilégiée dans le secteur maraîcher (Ferrero, 2009), elle représente 7,62% de la production maraichère nationale. Malgré les dispositions prises et les techniques utilisées, le rendement reste toujours faible avec une superficie de 20789 ha et une production de 6 410 343 quintaux, et ce rendement ne satisfait pas les besoins de consommation (Chougar, 2010).

L'une des causes de ce faible rendement est la pauvreté des sols en matière organique et en phosphore qui sont principalement des contraintes liées à l'intensification de la production (Lompo et al., 2009). De plus, l'utilisation d'engrais minéraux : non adapté à la culture maraîchère conduit à des apports déséquilibrés et à long terme, à une accumulation de certains métaux lourds dans les terres agricoles (Kiba, 2012). En effet, de nombreuses études ont montré les effets négatifs des engrais minéraux à long terme sur la fertilité du sol à travers notamment leur effet acidifiant sur le sol, aussi bien sur les risques de toxicité dont peuvent être origine les fruits cultivés dans de telles conditions (Sedogo, 1993 ; Bado el al, 1997 ; Bonzi, 2002).

Face à cette situation, la culture maraîchère doit s'orienter vers des systèmes de cultures plus durables et plus productifs. L'approche gestion intégrée de la fertilité des sols se présente alors comme une solution à cette baisse de fertilité des sols. Elle permet selon Bationo el al. (2012), une durabilité des systèmes de production et peut garantir une meilleure compétitivité des produits. Cette approche peut s'effectuer à travers l'utilisation des fertilisants organiques. En effet, plusieurs travaux ont montré l'effet bénéfique de la matière organique sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol, et conséquemment sur les rendements de cultures (Kitabala el al.,2016).En effet, plusieurs travaux ont montré l'effet bénéfique de la matière organique sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol, et conséquemment sur les rendements de cultures maraichères (Kitabala el al.,2016).

La présente étude s'inscrit dans cette optique, l'utilisation donc d'engrais organiques d'origines animales (Fumier de vache et Fumier de cheval), pourrait influencer la production de plants maraichers.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons entrepris un travail expérimental, en apportant trois différentes doses 1 ;2,5 et 5 (g/kg),de deux types des fumiers (vache et cheval), pour cultiver des plants de deux variétés de tomate : *Rio grand* et *Heinz*. Notre objectif est de déterminer, le type de fumier et la dose qui permettent d'obtenir des plants de tomate vigoureux.

Le document de ce mémoire est structuré en trois chapitres :

Un premier chapitre englobe une synthèse bibliographique qui présente des généralités sur la culture de tomate, un deuxième chapitre expose le matériel et les méthodes utilisés pour atteindre notre objectif et dans un troisième chapitre nous présentons les résultats et discussion. Nous terminerons par une conclusion et des perspectives.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

CHAPITRE I

I-1 Origine et historique

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), appartient à la famille des Solanacées et au genre *Lycopersicon*. C'est la seule espèce cultivée de ce genre (Anaïs, 1997).

La tomate, comme toutes les espèces du genre *Lycopersicon*, est diploïde ($2n = 2x = 24$). Elle se bouture et se greffe très facilement. Un cycle, de la graine à la graine, dure en moyenne de 3,5 à 4 mois (7 à 8 semaines de la graine à la fleur, 7 à 9 semaines de la fleur au fruit) (Philouze, 1999), la tomate (*Solanum lycopersicum*) est une plante annuelle, elle est cultivée pour ses fruits très recherchés. Riche en éléments minéraux, lycopène, caroténoïde, vitamines A, C et E (Daniel et al., 2012 ; Ignace et al., 2015).

L'origine de cette culture d'Amérique de sud, la tomate fut domestiquée au Mexique. Son introduction en Espagne et en Italie, puis, de là, dans les autres pays européens, remonte à la première moitié du XVI^e siècle. à l'origine, elle était cultivée par les Aztèques ; son nom provient de 'tomatl' qui, dans la langue nahuatl parlée dans la région de Mexico, la tomate à proprement parlée 'jitomatl' (Dominique, 2009).

Le genre *Lycopersicon* comprend neuf espèces, dont une seule ; *Lycopersicon esculentum* sous sa forme sauvage cerasiforme qui pourrait être directement à l'origine des autres variétés et qui a émigré vers le Sud de l'Amérique du Nord (Chaux et Foury, 1994).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros) qui l'ont introduite, étant donné les conditions qui lui sont propices. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral Algérois (Latigui, 1984).

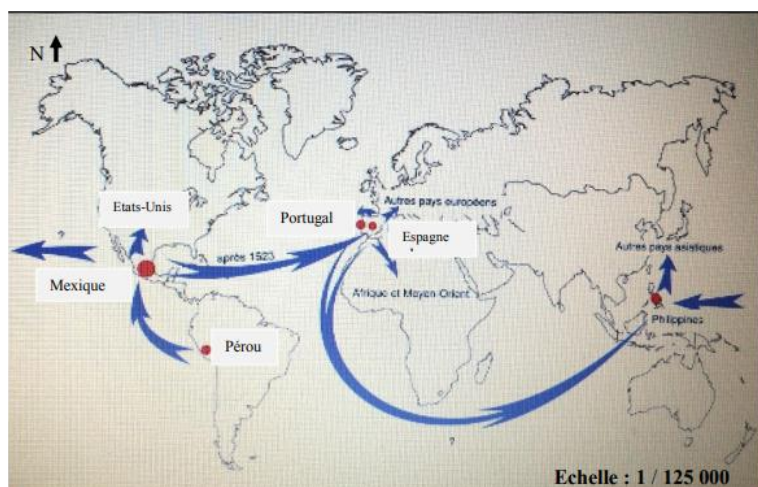


Figure N° 01 : Répartitions et origine de la tomate dans le monde (Blancard, 2009).

I-2 CLASSIFICATION DE LA TOMATE

I-2-1 classification botanique :

La tomate appartient à la classification suivante :

Règne : Plantae.

Sous règne : Trachenobionta.

Division : Magnoliophyta.

Classe : Magnoliopsida.

Sous classe : Asteridae.

Ordre : Solonales.

Famille : Solanaceae.

Genre : *Solanum* ou *Lycopersicon*

Espèce : *Lycopersicon esculentum* Mill (Cronquist ,1981).

I-2-2 Classification génétique :

La tomate cultivée est une espèce diploïde avec $2n = 24$ chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants monogéniques dont certains sont très importants pour la sélection. C'est une plante autogame mais on peut avoir une proportion de fécondation croisée par laquelle la plante peut se comporter comme plante allogame (Bouharmont J, 1994).

Selon le mode de fécondation, de tomate on distingue deux types de variétés :

Variétés fixées :

Elles se caractérisent par l'homozygotie, c'est-à-dire qu'elles conservent les caractères parentaux (Polese, 2007).

Leurs fruits sont plus ou moins réguliers, sont sensibles aux maladies, mais donnent en général des fruits d'excellente qualité gustative.

Les variétés les plus utilisées en Algérie sont la Marmande et la Saint Pierre (Gould, 1991 ; Yamagushi, 1983).

Variétés hybrides :

Sont plus nombreux, ce type de variétés permet un cumul de gènes favorables, de résistance aux maladies, une meilleure nouaison, particulièrement en conditions défavorables (Polese, 2007).

I -3 Description de la tomate

La tomate est une plante vivace cultivée, sous nos latitudes, comme une plante annuelle.

Les graines, nombreuses dans les fruits, sont enveloppées d'un mucilage. Certaines variétés ne contiennent cependant que très peu de graines .Celles-ci sont petites, beiges, velues, aplaties et de forme lenticulaire On en compte entre trois cent cinquante et quatre cents dans

un gramme Le litre pèse trois cent grammes et la durée germinative de quatre ans minimum avec un maximum de dix ans. Les feuilles, divisées, et les tiges sont couvertes de poils glanduleux qui se colorent en jaune vert au moindre contact. Des racines apparaissent sur la tige dès qu'elle entre en contact avec le sol. (Philippe et Myriam ;2007).

Les fleurs sont jaunes et groupées en cymes bipares. Une bonne pollinisation dépend grandement du climat. Au printemps, un temps froid ou pluvieux favorisera la « coulure » qui est souvent la cause de l'avortement des fruits du premier bouquet. Plus tard dans la saison, des températures un peu supérieures, mais toujours trop froides, vont fournir une mauvaise pollinisation et, par là même, des fruits malingres. En été, dans la serre, les fleurs sont également mal pollinisées avec des températures supérieures à 25°C, la nuit, et à 40°C, le jour (Philippe et Myriam ;2007).

Les racines, puissantes et très ramifiées, sont très actives dans les trente premiers centimètres du sol. Les sols profonds permettent cependant à la plante d'envoyer des racines à plus d'un mètre de profondeur (Philippe et Myriam ;2007).

Les fruits sont des baies charnues de couleur rouge, rose, violacée, jaune, orange et de forme onde, côtelée, piriforme, allongée... Ils sont le résultat du développement plus ou moins important de l'ovaire de la fleur. La taille est très variable, de un centimètre pour les tomates « cerise » à plus de quinze centimètres de diamètre pour les plus grosses variétés. La taille des fruits évolue également selon le rang occupé par le bouquet sur la tige : le premier bouquet porte des fruits plus gros que le deuxième et ainsi de suite. Le même phénomène s'observe sur les bouquets : le premier fruit du bouquet, le plus proche de la tige, est plus gros que le deuxième fruit...la pollinisation est également déterminante pour assurer un bon développement du fruit. Une bonne pollinisation va provoquer la formation de nombreuses graines qui influencent directement la taille du fruit. Les fruits seront également plus gros si on en limite le nombre. Le processus de maturation des fruits est long et demande entre quarante et quatre-vingt jours solen les variétés, entre le moment où la fleur est pollinisée et celui où le fruit mûr peut être cueilli (Philippe et Myriam ;2007).

La qualité des fruits évolue favorablement, sur le plan diététique et gustatif, si la maturation s'effectue sur le pied. Ainsi, en une dizaine de jours, le temps nécessaire pour que la tomate passe du stade légèrement coloré au stade rouge intense et que le fruit soit mûr, les transformations suivantes s'opèrent :

- la chlorophylle disparaît et les pigments augmentent, le taux de carotène est multiplié par cinq et celui de lycopène par deux cents ;
- l'acidité diminue et le pH passe en moyenne de 4 à 4,5 ;

- le taux de vitamine C double presque si la récolte se fait à l'état mûr mais diminue dans le cas d'une récolte anticipée, il passe ainsi de 15 à 22 ppm en cas de récolte à maturité, mais retombe à 10 ppm si la récolte a lieu avant maturité ;
- le taux de matière sèche augmente légèrement lorsque la tomate est prélevée à l'état mûr mais diminue si la récolte se fait trop tôt (Philippe et Myriam ;2007).



A :Graines de tomate



B : les feuilles de la tomate



C : Racines de la tomate



D : les fleurs de la tomate



E : Fruit de la tomate

Figure N° 2 : les parties de la tomate (Philippe et Myriam ;2007).

I-4 Les exigences édapho-climatiques de la tomate

I-4-1 - Les exigences climatiques La tomate

S'adapte à une grande diversité de conditions climatiques, allant du climat tempéré vers le climat tropical chaud et humide (Naika et *al.*, 2005).

- **La température de l'air**

La tomate demande un climat relativement frais et sec pour fournir une récolte abondante et de qualité. La température est le facteur le plus déterminant pour la production de la tomate car la culture réagit fortement aux variations thermiques (Lambert, 2006).

Est une plante des saisons chaudes, elle est exigeante en chaleur pour assurer son cycle végétatif complet. Les températures optimales pour la plupart des variétés sont de 18°C le jour et 15 à 25°C la nuit. Pendant la nuit la fécondation s'arrête à des températures inférieures à 15°C. En dessous de 10°C et en dessus de 38°C, les tissus végétaux sont endommagés (Naika et *al.*, 2005).

- **La lumière**

La lumière est un facteur écologique fondamental qui intervient dans la qualité de la photosynthèse. Elle intervient également sur la croissance et la fructification de la tomate par sa durée, son intensité et sa qualité. La tomate n'est pas sensible au photopériodisme, mais, exigeante en énergie lumineuse. La longueur de l'obscurité est essentielle pour le contrôle de la croissance et le développement de la plante (Kinet, 1985). Un faible rayonnement lumineux réduit le nombre de fleurs par bouquet et affecte la fécondation (Cirad et Gret, 2002). En outre, l'intensité de la lumière affecte la couleur des feuilles, la mise à fruits et la couleur des fruits.

- **L'humidité de l'air**

La tomate est très sensible à l'hygrométrie, il semble qu'une hygrométrie relativement ambiante de 60% à 65% soit la meilleure, elle joue un rôle important dans la fécondation (Munro et Small, 1998). Si l'humidité est trop élevée, le pollen est difficilement libéré. Par ailleurs, le développement des maladies cryptogamiques est lié à des fortes humidités accompagnées de la chaleur (Laumonier, 1979). Selon Ben chaalal (1983), l'humidité atmosphérique doit être de 76% lors de la germination, 75-80% durant l'élevage des plantes, 70-80% lors du développement des fruits. Aux averses très intenses, les risques sont importants. D'après Guenaoui (2008), les exigences climatiques de la tomate sont malheureusement celles qui favorisent le développement des bios agresseurs de la plante.

I-4-2- Les exigences édaphiques

- **Le type de sol**

La tomate peut être cultivée sur une large gamme de sol. Elle aime les sols profonds, meubles, bien aérés, bien drainés et riches en humus (Huat, 2008). Selon Khorsi (1993), les recherches effectuées par le centre d'aptitude des sols aux cultures maraîchères, ont montré que la

production de tomate peut être augmentée de près de 50 pour cent en passant des sols sableux légers, à des sols limoneux plus lourds. La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis-à-vis de la salinité.

- **La température du sol**

C'est le premier facteur dont dépendent le pourcentage de levée et la vitesse de germination. Les semis doivent être soumis à une température supérieure à 16 C°. La plante croît lorsque la température du sol passe de 13°C à 30°C (Zuang, 1982). Cette dernière intervient sur la croissance des racines, ainsi que sur l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs.

- **le pH du sol**

La tomate tolère des pH variantes entre 4.5 et 8.2. Selon Zuang (1982), un pH de 5,5 à 6,5 est le plus souhaitable pour toute la période de croissance.

- **La salinité du sol**

La tomate est moyennement sensible à la salinité du sol, elle peut supporter des teneurs en sels, allant de 2 à 4g/l. La période pendant laquelle la tomate est plus sensible à la salinité correspond à la germination et au début du développement de la plante (Bentvelsen, 1980). Des recherches ont été menées afin de produire des tomates transgéniques aptes à être cultivées en sol salin. Ces plantes transgéniques régénérées ont montré la faculté de pouvoir croître sur des sols riches en sels. De plus, ces plantes accumulent le sel dans les feuilles et non dans les fruits, qui restent donc comestibles (Dore et Varoquaux, 2006).

- **L'humidité du sol**

La tomate est exigeante en humidité du sol. L'humidité optimale du sol pour des terres argilo-siliceuses est de 75 à 80% de la capacité au champ, et l'abaissement de l'humidité et de la température du sol crée un déficit hydrique, et par conséquent réduit la photosynthèse et la transpiration (Heller, 1981).

I-5 -Importance économique :

I-5-1 La production dans le monde :

La tomate est cultivée dans presque tous les pays du monde, sa production est répartie dans toutes les zones climatiques, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri. À l'échelle mondiale la tomate est classée deuxième culture légumière après la pomme de terre de par son volume de production.

En effet, près de cinq millions d'hectares sont réservés annuellement à cette culture avec une production supérieure à 140 millions de tonnes et un rendement moyen de 28,3 tonne à l'hectare (Fig.3 FAO stat, 2012)

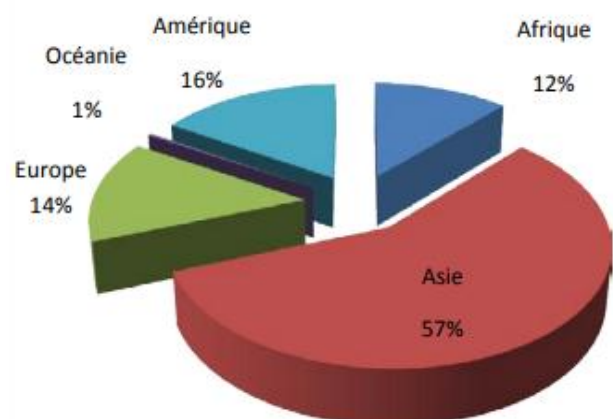


Figure N° 3 : Répartition de la production mondiale de la tomate (FAO, stat 2012).

I-5-2 la production en Algérie :

La tomate se place au premier rang parmi les cultures maraichères en Algérie selon l'Institut technique des cultures maraichères et industrielles (2000). Elle représente 51% de la production totale en produits maraichère. Sa superficie est de l'ordre 1737 ha, soit 40% de la superficie totale en serre (4350 ha) (Nechadi *et al.* 2002). Selon les statistiques officielles du Ministère de l'agriculture du développement rural et de la pêche, la production de tomate s'élevait en 2006 à 5.489.336 Qx pour une superficie globale de 20.436 hectares, soit un rendement de 268.6 Qx à l'hectare.

Tableau N°01 : Production annuelle de tomate en régions Ouest (Ministère ADRP, 2006).

Régions	Production annuelle (qx)
Oran	35.878
Mascara	129.000
Tlemcen	211.000
Ain T'émouchent	150.000
Mostaganem	426.260
Sidi Be labbes	54.930
Relizane	53.200
Tiaret	64.385
Chleff	290.520

I-6- Les maladies et les ravageurs de la culture de la tomate

La prévention des maladies et des ravageurs est extrêmement importante pour la culture de la tomate. Pratiquement tous les ravageurs et maladies sont réprimés adéquatement par l'application de pesticides synthétiques chimiques. Cependant, la plupart des pesticides coûtent cher et parfois ils sont très nocifs pour les êtres humains ainsi que pour l'environnement, donc leur utilisation devrait se limiter aux cas d'urgence. Par ailleurs, il y a quelques ravageurs qui ont développé une résistance à certains pesticides. C'est la raison pour laquelle nous recommandons d'adopter les stratégies de lutte intégrée (Integrated Pest Management, IPM en anglais) qui combinent l'utilisation de variétés résistantes/tolérantes, les pratiques de culture appropriées et l'application rationnelle de pesticides (en mettant l'accent sur les pesticides biologiques) (Naika et al 2005).

I-6-1 Les maladies :

La tomate est sensible à différentes moisissures, bactéries et virus. Les moisissures et les bactéries provoquent des maladies au niveau des feuilles, des fruits ou des racines. Une infection virale provoque souvent une croissance retardée et une diminution au niveau de la production. Les dommages causés par les maladies peuvent conduire à une réduction considérable de la récolte (Naika et al 2005).

Les principales maladies de la tomate sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau N° 02 : les principales maladies de la tomate.

Maladies	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
Alternariose (<i>alternaria solani</i>)	tâches noires arrondies à la surface des feuilles, des tiges et des fruits.	- Un bon moyen de lutte est de procéder à de longues rotations des cultures d'une durée de trois à quatre ans - Repiquer des plants sains. -Lorsqu'il faut irriguer, l'arrosage en matinée permet aux feuilles de sécher avant une nouvelle période de rosée dans la soirée.
	-Sur feuilles, petites taches d'abord jaunâtres, devenant blanchâtres et poudreuses sur le	-Assure une bonne aération de serre - Éviter la condensation sur

<p>Oïdium</p>	<p>dessus des feuilles.</p> <p>- Sur tige, taches grisâtres. Le tissu atteint peut virer au brun et se nécroser, Dommages apparaissant d'abord au bas du plant en progressant vers le haut.</p>	<p>les plants et la ventilation froide.</p> <p>- Éviter les débris de culture trop près des serres.</p> <p>-Intervenir dès les tout premiers symptômes est la clé du succès.</p>
<p>Mildiou</p>	<p>- Plages huileuses apparaissent à la face supérieure des feuilles se desséchant en leur centre.et un duvet blanc à la face inférieure. - Les portions de nervures comprises dans ces plages brunissent. - des taches brunes sur tiges, pétioles et pédoncules.</p>	<p>-Une bonne aération de serre</p> <p>-Eviter les excès d'azote et d'eau</p>
<p>La cladosporiose</p>	<p>A la face supérieure des feuilles, les taches sont anguleuses, brun clair, entourées d'un halo jaune ; a la fa cette inférieure.</p>	<p>-nettoyer le sol avant d'installer les nouveaux plants de tomate</p> <p>- aérez fréquemment. En extérieur, paillez bien autour des plants de tomate pour maintenir l'humidité au sol lors de périodes de grosse pluie.</p>
<p>Nécrose apicale</p>	<p>nécrose brun-noir de la partie apicale du fruit sous laquelle se développe une pourriture sèche</p>	<p>-irrigation adéquate qui favorise l'entrée du calcium et son assimilation par la plante.</p> <p>- fertilisation équilibrée et en évitant d'endommager les racines lors du travail du sol</p>



A : Anthracnose sur le fruit



B : Mildiou sur la tomate



C : Oïdium sur feuilles de tomate

Figure N° 4 : Les maladies de tomate Sources : **Alternariose** (Edouard L. 2010) ; **Oïdium** (Francisca M, Liette L. 2015) ; **Mildiou** (Daniel V. 2015).

I-6-2 Les ravageurs de la culture de tomate :

Tableau N °03 : Principaux ravageurs de la tomate

Ravageurs	Symptômes / Cause	Conseils d'intervention
Aleurodes ou mouches blanches	Ces petites mouches (= 1 mm) vivent en colonies sous la face inférieure des feuilles. Elles affaiblissent les plants en se nourrissant de leur sève. Elles sont vectrices du virus du TYLC, c'est pourquoi il est nécessaire de traiter en cas de repérage.	Il existe des parasites naturels tels que des micros guêpes, des punaises, thrips prédateurs ou des champignons (PreFeRal de Biobest). Repérage grâce au piégeage par panneau englué. En cas d'attaque, employer des pesticides biologiques à base d'huile de neem ou d'huile essentielle d'orange douce ou à défaut des pesticides chimiques à base de pyriproxifène ou d'acétamipride.
Mouche des fruits (Bactrocera)	Ces mouches (0,5 à 1cm) piquent les fruits proches de la maturité pour y pondre leurs œufs. Les larves se développent en se nourrissant du fruit. Ils sont alors impropres à la consommation humaine.	Il existe des auxiliaires naturels (micro-guêpes) En préventif : détruire les fruits piqués, pièges à phéromones ou appâts empoisonnés, protéger les fruits s avec des sacs en papier spéciaux. En curatif : Insecticides biologiques à base d'huile de neem ou de spinosad par exemple.
Mouches mineuses (Liriomyza)	Les larves de ces petites mouches (1 à 2 mm de long) creusent des galeries dans l'épaisseur de la feuille. Attaques très fréquentes entraînant le dessèchement des feuilles.	Il existe des auxiliaires naturels (micro-guêpes). En cas de forte attaque, utiliser un pesticide biologique respectueux des auxiliaires, de type spinosad ou neem, ou à défaut des pesticides chimiques à base de cyromazine par exemple.
Acariens	Ces minuscules insectes, difficilement visibles à l'œil nu, causent des décolorations, le dessèchement et la déformation des feuilles pouvant aller jusqu'à la mort du plant entier	Il existe des auxiliaires naturels tels que les punaises ou d'autres acariens. Il n'est pas nécessaire de traiter. En cas de forte attaque, préférer des pesticides biologiques à base d'huile de neem ou à défaut des pesticides chimiques à base de bifénazate ou d'hexythiazox par

		exemple.
Noctuelles	Ces chenilles vivant dans le sol, appelées aussi "vers gris", attaquent les jeunes plants. en cas de forte infestation les pertes peuvent être importantes.	La lutte la plus efficace consiste en un épandage d'insecticide du sol dans la ligne de semis ou dans le choix d'une semence pelliculée ou enrobée de matière active, protégeant ainsi les jeunes pousses (attention les graines prétraitées représentent un coût plus important que des graines classiques)

Chapitre II : Matériel et méthodes

I. Objectifs et description de l'expérimentation

I.1. Objectifs

Notre essai a pour but de tester la réponse des plants de tomate à deux différents types d'amendements organiques respectivement fumier de cheval et fumier de vache apportés à doses variables.

I.2. Lieu de l'expérience

Notre expérimentation s'est déroulée sous serre au département des sciences agronomiques de l'université de Laghouat.

I.3. Conditions expérimentales

Durant toute l'expérience, les températures journalières diurnes mesurées en degré celsius ($^{\circ}\text{C}$), sont enregistrées à mi-journée, à savoir (12h). Nous constatons (Figure N° 5), que la température durant notre travail expérimental fluctue entre un minimum de 7°C enregistré au début de l'expérimentation durant la germination des semences et un maximum aux alentours de 23°C observé en fin d'expérimentation. Nous remarquons que ces valeurs ont été favorable pour la germination, la croissance et le développement des plants du Tomate. Selon Lafrance (2007) et Delamarre et *al* (2014), les températures optimales de la germination et de croissance des plants maraichers sont estimées de 15 à 25°C .

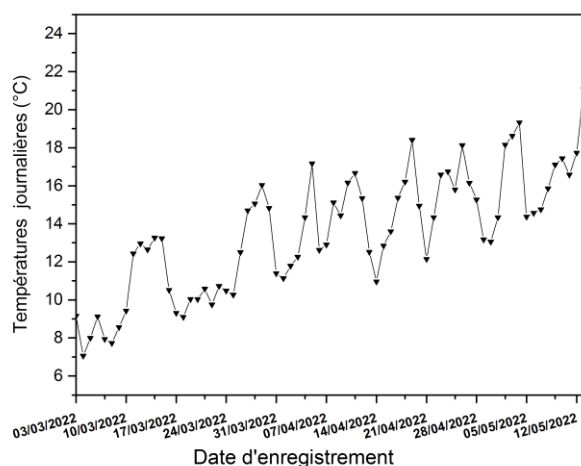


Figure N° 5 : Représentation des températures journalières mesurées durant l'expérimentation.

I.4. Le Substrat (terre)

Le substrat utilisé dans notre travail expérimental, est un mélange de terres qui ont été collectées en Janvier 2022 dans des zones agricoles (Tadjmout et Dhaya Gheblia) situées dans la wilaya de Laghouat.

I.5. Les fumures organiques utilisées

Lors de ce travail, nous avons utilisé deux types de fertilisants organiques à savoir :

Le fumier de vache bien décomposé de plus de 18 mois ;

Le fumier de cheval sec de plus de 12 mois.

Les deux fumiers nous ont été fournis par des éleveurs de la région de Laghouat.

I.6. Les Conteneurs

Les conteneurs utilisées sont des pots en plastique caractérisés par : Hauteur 12 cm, diamètre 14cm, couleur marron, une capacité de 1,5 kg, ils sont munis d'orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation des eaux en excès.

I.7. Le Matériel végétal

Les espèces utilisées dans notre expérimentation ont été ramenées du commerce, elles sont très cultivées en Algérie, connues comme variétés très adaptées aux conditions du pays. Les variétés retenues sont :(Heinz, Rio Grand). Leurs caractéristiques sont suivantes :

Tableau N° 04 : Caractéristiques des variétés utilisées.

Heinz	Rio Grand
Variété très homogène	Croissance déterminée
Très bonne vigueur	Bonne vigueur
Naturellement résistante aux maladies	Résistance à la verticilles et Résistance à la fusariose
Hauteur moyenne de (80 - 120 cm)	Hauteur moyenne de (50 cm - 70 cm)
Elle produit des fruits ronds, lisses, rouge	Elle produit des Fruit : Forme allongée, bonne fermeté

Source : (Guinot, 2014)et (Hamado, 2020)

I.8. Préparation du substrat terre

Nous avons procédé à un mélange et un tamisage des terres collectées, afin d'éliminer les résidus indésirables et aussi pour une bonne homogénéité des particules granulométriques.

I.9. Doses d'amendements utilisées

Selon Lafrance (2007), l'apport de 30 à 50 tonnes/ha d'amendements organiques est favorable pour la croissance des cultures maraichères avec la condition que ces matières organiques soient bien décomposées. Laumonier (1979), note que les cultures maraichères supportent mal les fumures organiques abondantes, et qu'il convient donc de leur réserver des terres ayant reçu un apport d'amendements organiques précédents leurs mise en terre.

1.9. 1. Description des différentes doses de fertilisation

Pour la fertilisation, nous avons opté pour 4 doses (Traitements) comme suit :

- Le traitement noté (T) : qui représente le substrat terre non fertilisée, ou témoin.
- Le traitement (D1) : qui représente la terre à laquelle est apportée du fumier avec une quantité de 1%. Et selon le type de fumier ajouté, les notations sont les suivantes : D1 FV pour la terre fertilisée 1% au fumier de vache et D1 FC pour la terre fertilisée à 1% au fumier de cheval.
- Le traitement noté (D2) : qui représente la terre à laquelle est apportée du fumier avec une quantité de 2,5%. Et selon le type de fumier ajouté, les notations sont les suivantes : D2 FV pour la terre fertilisée 2,5% au fumier de vache et D2 FC pour la terre fertilisée à 2,5 % au fumier de cheval.
- Le traitement noté (D3) : qui représente la terre à laquelle est apportée du fumier avec une quantité de 5%. Et selon le type de fumier ajouté, les notations sont les suivantes : D3 FV pour la terre fertilisée 5% au fumier de vache et D3 FC pour la terre fertilisée à 5% au fumier de cheval.

Les apports de fumiers ont été effectués après avoir déterminé la densité (Unité de masse/unité de volume) du substrat terre non fertilisée.

I.10. Dispositif expérimental

Le protocole expérimental adopté au cours de notre expérience est une randomisation complète avec trois facteurs à différents niveaux :

- ✓ Facteur 1 est la variété avec 2 niveaux (Heinz et Rio grand) ;
- ✓ Facteur 2 est le type de fumier avec 3 niveaux (terre non fertilisée, fumier de cheval, fumier de vache) ;
- ✓ Facteur 3 est la dose du fumier avec 4 niveaux ou traitements (T, D1, D2 et D3).

Le plan totalement randomisé (PTR) est réalisé avec trois répétitions pour chaque dose utilisée et à raison de 10 plants par contenant. L'avantage majeur du PTR est la simplicité des

calculs et de l'analyse de la variance (ANOVA), notamment lorsque le nombre de répétitions n'est pas uniforme pour tous les traitements (Fieberg et al. 2020).



Figure N° 06 : Le dispositif expérimental.

II. Conduite de l'expérience et notations des mesures

II.1. La pré-germination

La pré-germination des graines de la tomate a été réalisée le 03/03/2022 sur un papier absorbant humidifié avec de l'eau distillée, dans une boîte de pétri, en étuve à une température de 25 ± 1 (°C) jusqu'à l'apparition des radicules (Figure 07).



Figure N ° 07 : Graines germées.

II. 2.Le repiquage et la levée

Le taux de germination des semences des deux variétés est de 100%. Les graines germées de *Heinz* et *Rio grand*, sont repiquées le 13/03/2022 au stade cotylédons étalés, à une profondeur de 2 à 3mm environ, à raison de dix graines germées par pot.

II.3. L'arrosage

Les jeunes plants ont été arrosés régulièrement à l'eau de robinet, avec une dose similaire pour chaque plant et une fréquence de 2 à 3 fois par semaine.

II.4. Les Paramètres mesurés sur les plants

Nous avons effectué des mesures biométriques (de croissance et développement) des plants ainsi que des paramètres biochimiques et physiologiques, afin d'évaluer le comportement de (*Heinz* et *Rio grand*) vis-à-vis des amendements organiques considérés et leurs doses respectives.

Au cours de notre travail nous considérons plants, une plantule à un bon stade physiologique, au feuillage bien développé et brillant, à la tige non étiolée et au système racinaire remplissant bien la motte (Delamarre, 2014).

II. 4. 1. Mesure des paramètres de croissance des plants

Selon Delamarre *et al* (2014), la durée d'élevage de plants maraichers (du semis à la plantation) varie selon l'espèce et la variété ; elle est de 35 à 55 jours, notamment en fonction des possibilités de leurs écartements.

II.4. 1. 1. Hauteur des tiges des plants (cm)

Ce paramètre est mesuré en centimètre (cm) à l'aide d'une règle graduée, du collet jusqu'à l'apex. L'opération est réalisée à 34 jours, à 49 jours et à 64 jours, après le repiquage en pots des graines germées.

II.4.1. 2. Hauteur des racines des plants (cm)

Après 64 jours du repiquage des graines germées, la partie souterraine des plants est aussi mesurée en centimètre à l'aide d'une règle graduée.

II.4. 1.3. Vitesse de croissance des tiges et des racines des plants

Ce paramètre est mesuré à la fin du travail expérimental. Le principe consiste à diviser la hauteur des tiges (cm) des plants ou la longueur de la racine des plants (cm) par le nombre de jours considérés (64 jours), la vitesse de croissance est alors exprimée en (cm/jours).

II.4. 1.4. Indice de vigueur des plants

C'est un indicateur très important, qui permet de voir pour quel traitement le plant de tomate est le plus vigoureux (Radford, 1967). L'indice de vigueur (IV) est calculé par la relation suivante :

$$IV = (\text{Longueur tige} + \text{Longueur racine}) \times \text{Taux de germination}$$

II.4. 1. 5. Taux relatif moyen de développement des plants (T R M D)

Le taux relatif moyen de développement des plants, est un des outils utiles dans l'analyse quantitative de la croissance des plantes et leurs implications physiologiques (Radford, 1967). Il est déterminé par utilisation de l'équation suivante :

$$T R M D = [\text{Ln}(h_1) - \text{Ln}(h_2)] / (t_1 - t_2)$$

Où : Ln est le logarithme népérien, h_1 et h_2 sont les hauteurs des plants respectivement aux temps t_1 et t_2 .

Ce paramètre est mesuré à 34 jours, 49 jours et à 64 jours de l'expérimentation.

II. 4. 2. Mesure des paramètres biochimiques et physiologiques des plants

Ces paramètres sont mesurés au 64^{ème} jour à la fin du travail expérimental.

II. 4. 2. 1. Dosage des sucres totaux (mg/g MF) :

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode au phénol de Dubois et *al.*, (1956). Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche, placées dans des tubes à essais, on ajoute 5ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres et on ajoute 20ml d'eau distillée à l'extrait. C'est la solution à analyser. Au moment du dosage on les place les tubes au bain-Marie pendant 30mn à 70°C pour faire évaporer l'alcool.

Dans des tubes à essais propres, on met 1ml de la solution à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée) ; on ajoute rapidement 5ml d'acide sulfurique concentré 96% sous haute tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. On obtient, une solution jaune orange à la surface, on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. (La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures.). Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'ondes de 640 nm. Enfin des résultats des densités optiques sont rapportés sur un courbe étalon des sucres solubles (exprimés en glucose, saccharose, fructose).

II. 4. 2. 2. Dosage de la chlorophylle (mg/g MF) :

Dans des tubes à essais, on ajoute sur 100 mg d'échantillon de feuilles fraîches des plants de tomate, coupées en petits fragments, 5ml d'acétone à 80% et on laisse macérer pendant 48 heures. Les concentrations de la chlorophylle totale sont déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre à des densités optiques respectives de 663 et 645 nm. L'appareil est étalonné avec la solution témoin à base d'acétone à 80 %. La concentration de la chlorophylle totale dans les feuilles fraîches est alors calculée à l'aide de formule suivante :

$$\text{La chlorophylle totale (mg/ g MF)} = 20,2 \text{ DO}(645) + 8,02 \text{ DO}(663)$$

DO : est la densité optique Spectre-photométrique.

II. 4. 2. 3. Dosage de la proline (mmol/g MF) :

La proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique est l'un des vingt principaux acides aminés qui entrent dans la constitution des protéines. La proline est facilement oxydée par la ninhydrine ou tricetohydrindène. C'est sur cette réaction que se base le protocole de mise en évidence de la proline dans les échantillons foliaires (El Jaafari, 1993). La méthode suivie est celle de Trolls et Lindsley, (1955), simplifiée et mise au point par Rasio et *al.*, (1987).

Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 2 ml de méthanol à 40%. Le tout est chauffé à 85°C dans un bain-Marie pendant 60 mn. (Les tubes

sont recouverts de papier aluminium pendant le chauffage pour éviter la volatilisation de l'alcool.) Après refroidissement ; on prélève 1ml d'extrait auquel il faut ajouter :

- 1 ml d'acide acétique (CH_3COOH) ;
- 25 mg de ninhydrine ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$) ;
- 1 ml de mélange contenant :
 - 120 ml d'eau distillée ;
 - 300 ml d'acide acétique ;
 - 80 ml d'acide ortho phosphorique ($\text{H}_3\text{PO}_4, d=1.7$).

La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 mn à 100°C , la solution vire au rouge, après refroidissement, 5 ml de toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée, deux phases se séparent (une phase supérieure à la couleur rouge contient la proline et une phase inférieure transparente sans proline). Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée est déshydratée par l'ajout d'une spatule de Sulfate de Sodium Na_2SO_4 anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient). On détermine la densité optique (Do) à l'aide d'un spectrophotomètre (type 20D) sur une longueur d'onde de 528nm. Les valeurs obtenues sont converties en taux de proline par le biais d'une courbe étalon préalablement établie à partir d'une série de solution de concentration en proline connue. Cette courbe est utilisée pour déterminer les teneurs en proline dans les feuilles des plantes.

II. 5. Analyse physicochimique des échantillons de terre et des fumiers utilisés

L'analyse physico-chimique de la terre et des fumiers utilisés, est réalisée aux laboratoires du département des sciences agronomiques, selon les procédures décrites par Mathieu et Pieltain (Mathieu et Pieltain, 1998,2003) : les teneurs en K et Na des échantillons de sol ont été déterminées en utilisant un photomètre à flamme industriel PFP7 (Royaume-Uni). Les Mesures de pH et de conductivité électrique (CE) ont été réalisées dans une solution aqueuse (1/5) (échantillon de sol/eau) agité pendant 30 min, puis mesuré à l'aide d'un pH-mètre numérique (HI2002) et d'un EC-mètre (Conductimètre WTW INOLAB Niveau 1). La matière organique a été estimée en début et à la fin de l'expérimentation (64ème jour), par incinération dans un four à moufle à 650°C pendant 5 h (Mathieu et Pieltain, 2003). Le carbone organique est déterminé en suite par division de la matière organique par 1,72. L'azote total (N_{tot}) a été déterminé aussi en début et à la fin de l'expérimentation (64ème jour), à l'aide de la méthode de Kjeldahl (Bremner et Mulvaney, 1982). Les teneurs en calcaire totale de la terre sont déterminées par utilisation d'un Calcimètre de Bernard. Les fractions granulométriques du mélange terre ont été obtenues après tamisage à sec en faisant passer les échantillons de terre dans une série de tamis en les faisant vibrer pendant 30 mn dans un vibreur conçu à cet effet (SSS, 2014).

III. Analyses statistiques des données

Les Paramètres mesurés sur les plants ainsi que ceux mesurés sur les substrats utilisés : terre non fertilisée, terre fertilisée et fumiers ont subi des analyses statistiques réalisées à l'aide des Logiciels Minitab 17 et XLStat 2016.

Chapitre III : Résultats et discussion

I. Terre et fumiers utilisés

I- 1 Paramètres physico-chimiques

L'analyse granulométrie a montrée (tableau N°05) que la terre utilisée contient une importante fraction de sables (98,75%) et très peu argile plus limons (1,24%). La terre utilisée de nature calcaire avec une teneur assez élevée de (16,32%).

Le tableau N°01 montre que la terre présente le pH le plus élevée 8,1 ; le fumier de cheval a le pH le plus faible 7,60. Le fumier de vache présente la conductivité électrique la plus élevée 5,75 (ms/cm) avec une teneur en sodium relativement élevée aussi 0,22(mg /kg). La teneur en potassium K la plus élevée 1,32 (g/kg) est observée dans le fumier de cheval et est sous forme de traces seulement enregistré dans la terre non améliorée. L'analyse du composant azote montre que le fumier de vache contient une importante concentration 0,39 (g/kg), la matière organique est la plus présente dans le fumier de vache.

L'ANOVA effectuée sur l'ensemble des paramètres mesurés sur les deux fumiers et la terre ont révélé des de différences significatives ($p < 0,05$) avec la formation de différents groupements statistiques (**Tableau N°05**).

Tableau N°05 : Paramètres physico-chimiques.

Paramètre	Terre non améliorée	Fumier de cheval	Fumier de vache
Sables (%)	(98.75±1.68)	/	/
Limons+ Argile (%)	(1.24±0.12)	/	/
CaCO ₃ (%)	(16.32±3.08)	/	/
Ph	(8.14±0.10) ^a	(7.60±0.23) ^b	(7.93±0.02) ^{ab}
CE (ms/cm)	(0.28±0.01) ^c	(4.29±0.05) ^b	(5.75±0.02) ^a
Na (mg/kg)	(0.03±0.005) ^c	(0.13±0.0005) ^b	(0.22±0.00) ^a
K (g/kg)	(traces ±0.000) ^c	(1.32±0.009) ^a	(1.11±0.009) ^b
C _{organique} (g/kg)	(1.83±0.30) ^c	(20±36.5) ^b	(39.5 ±8.31) ^a
N (g/kg)	(0.06±0.0003) ^c	(0,18±0.03) ^b	(0,39±0.008) ^a

I-2- Rapport C/N

La figure N°08, montre une différence dans le rapport C/N au début et à la fin de l'expérimentation. Les valeurs de ce rapport sont meilleures à la fin de l'expérimentation. On enregistre sa valeur la plus élevée (184.68), pour le D3 FV, alors qu'avec D2 FV au début d'expérience le rapport C/N est le plus faible (19.03).

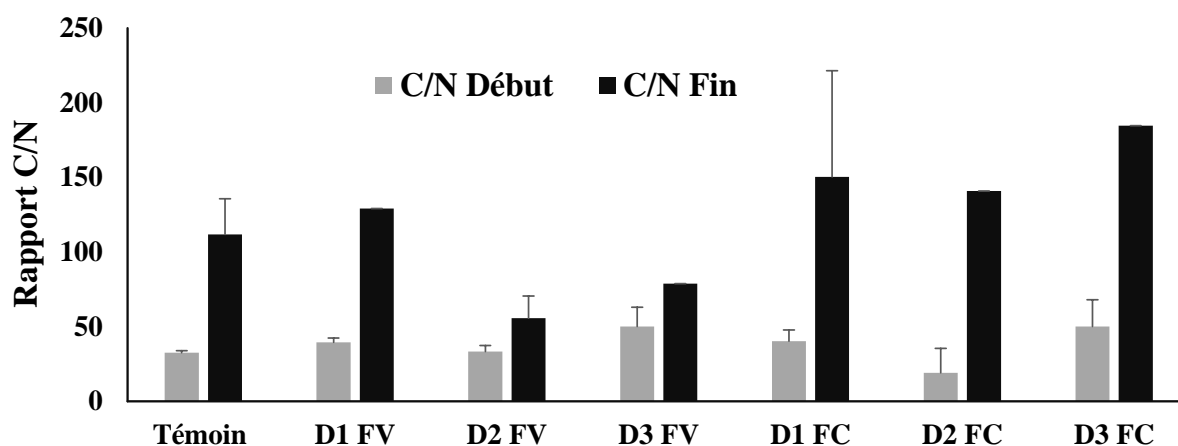


Figure N°08 : Rapport CN au début et à la fin de l'expérimentation

II -Paramètre de croissance et de développement des plants

II-1- Hauteur des tiges des plants

La hauteur des tiges à 34 jour est présente dans la figure N°09.elle montre des hauteurs > 5 (cm) chez Heinz pour la D1 et D3 FV. Nous observons aussi que la hauteur de tige est la plus faible 1,16 (cm) chez *Heinz* pour le substrat non fertilise (T). Les hauteurs des tiges au 34jours sont comprises entre 2,84 et 4,83(cm), pour les autres doses avec les deux types de fumiers et pour les deux variétés.

L'ANOVA, a révélé qu'il existe une différence significative ($Pr < 0,02$), les facteurs variété, fumier, et dose de fumier ont eu interaction faible de ($R^2 = 18,73\%$).

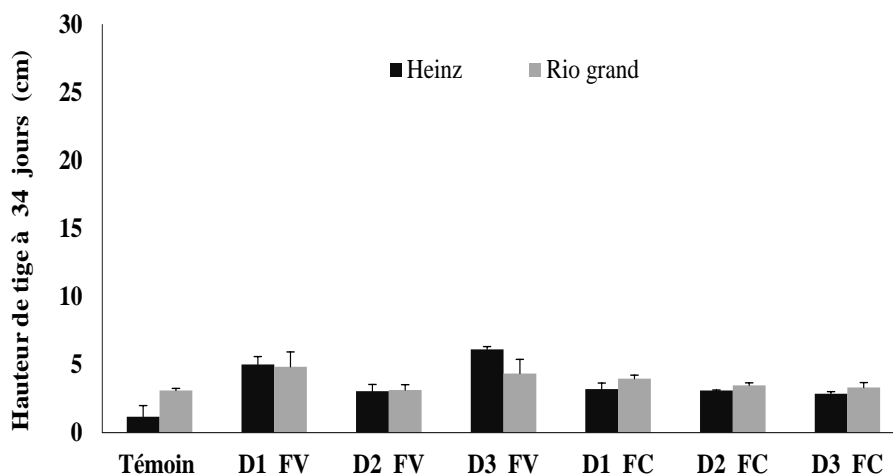


Figure N°09 : Hauteur de tige à 34 jours pour les deux variétés (*Heinz*, *Rio grand*).

La figure N° 10, présente la hauteur de tige à 49 jours. Elle révèle que la hauteur des tiges est la plus importante 8,97 (cm) et 8,83 (cm), chez la variété *Rio grand* et *Heinz* pour D1 FV et D2 FV. La hauteur des tiges est faible 2,8 (cm) chez la variété *Heinz* pour le témoin. Les hauteurs des tiges au 49ème jour sont entre 2,88 (cm) et 8,66 (cm) pour les autres doses, aux deux types de fumiers (vache et cheval) et pour les deux variétés (*Heinz* et *Rio grand*).

L'ANOVA, a révélé qu'il existe une différence significative ($P_r < 0.0001$), les facteurs variété, dose de fumier et type de fumier ont eu interaction ($R^2 = 73,49\%$).

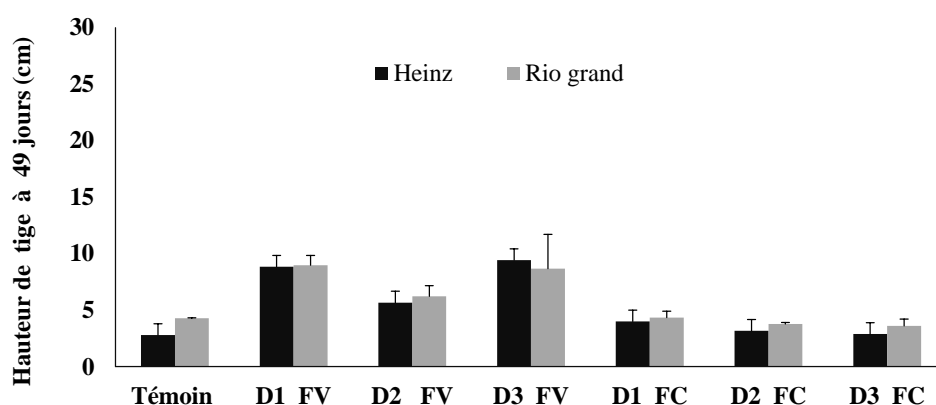


Figure n° 10 : Hauteur de tige à 49 jours pour les deux variétés *Heinz*, *Rio grand*.

La figure N°11, représente la hauteur de tige à 64 jours. Nous observons que la hauteur est élevée 22,66 (cm), chez la variété *Rio grand* pour D3 FV, la plus faible hauteur 3,66 (cm) est observée pour D1 FC chez la variété *Heinz*. A 64 jours, les hauteurs des tiges sont comprises entre 4,16 et 15,83 (cm), pour les deux types de fumier, les autres doses et les deux variétés *Heinz* et *Rio grand*.

L'ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ($Pr < 0,0001$) et l'interaction entre les facteurs type de fumier et dose de fumier et variété est bonne de ($R^2 = 80,92\%$).

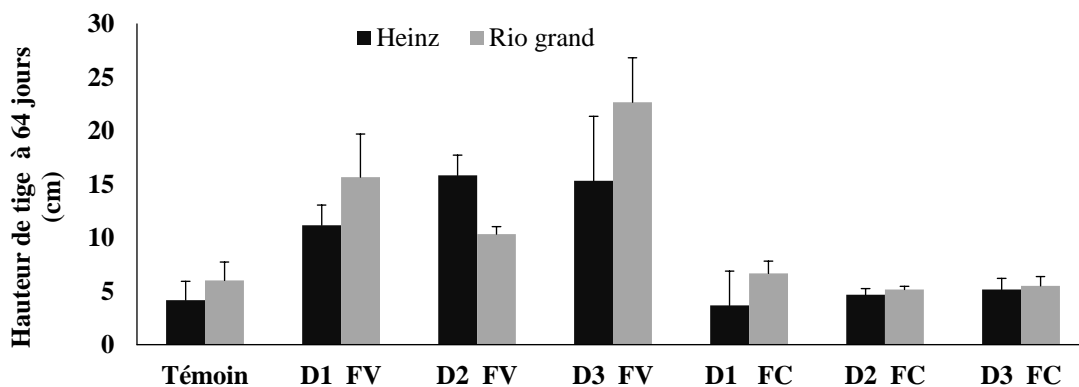


Figure N° 11 : Hauteur de tige à 64 jours pour les deux variétés (*Heinz*, *Rio grand*).

II -2- Hauteurs des racines

La figure N°12, représente les hauteurs des racines à 64 jours pour les deux variétés *Heinz* et *Rio grand*. On remarque que la racine la plus longue 11,23 (cm) et 13 (cm) pour D3 FV. Les racines les plus courtes 2,93 (cm) et 3,26 (cm) sont observées avec D2 FV pour les deux variétés *Heinz* et *Rio grand* respectivement.

L'ANOVA révélé qu'il existe une déférence significative ($Pr < 0,0001$), l'interaction entre le facteur variété, dose de fumier et type de fumier est 54,62%.

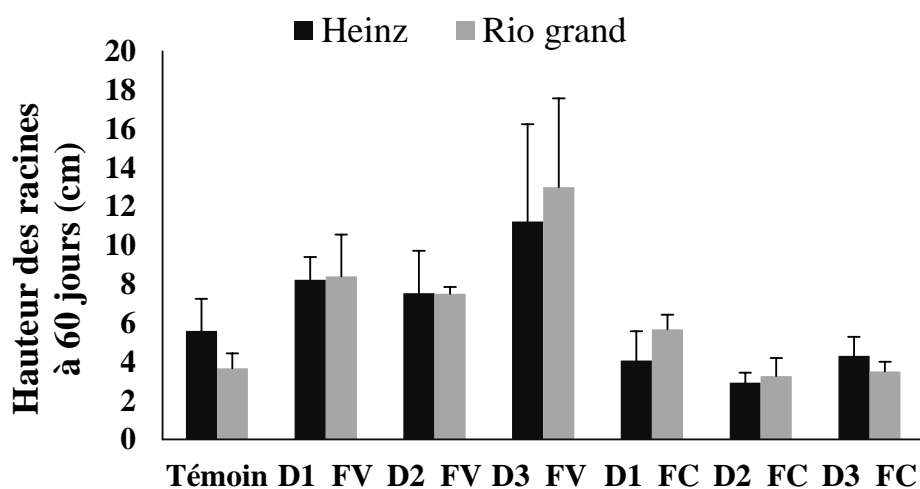


Figure N° 12 : Hauteur des racines pour les deux variés (*Heinz*, *Rio grand*).

II -3- Indice de vigueur des plants

La figure n°13, présente l'indice de vigueur pour les deux variétés de tomate fertilisées au fumier de cheval et au fumier de vache à dose différentes. Nous observons que cet indice est le plus élevée (35,66) chez la variété *Rio grand* à la dose D3 FV, suivi par celui de la variété *Rio grand* (24,06) D1 FV. La variété *Heinz* a enregistré l'indice de vigueur le plus élevée (26,56) pour D3 FV. Le plus faible indice (7,6) chez *Heinz*, est noté pour D2 FC. Des indices de vigueur entre (9-20) sont observés pour les autres doses de fumiers et chez les deux variétés *Heinz* et *Rio grand*.

L'Analyse de la variance ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ($Pr < 0,0001$) l'interaction des 3 le facteur (variété, type de fumier et dose de fumier) est assez élevée ($R^2 = 86,66\%$).

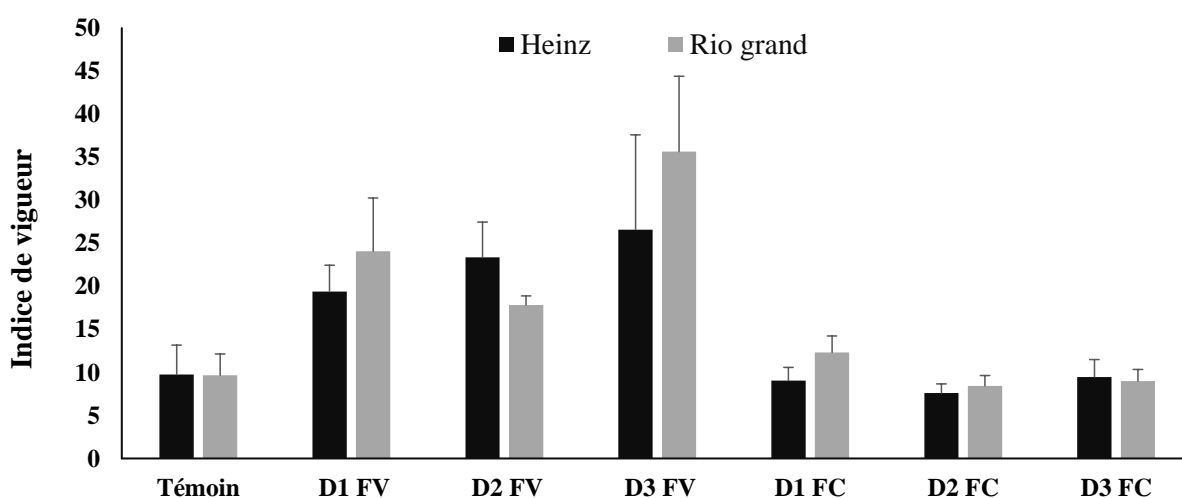


Figure N° 13 : Indice de vigueur pour les deux variétés (*Heinz*, *Rio grand*).

II-4 Vitesse de croissance des plants

II-4-1- Vitesse de croissance des tiges des plants :

La vitesse de croissance de tige des plants est lue dans la figure N°14, nous observons que la vitesse de croissance des tiges est élevée 0,35 (cm/jour) à la de D3 FV chez la variété *Rio*

grand. A la D2 FV une valeur de 0,24(cm/jour) est observée chez la variété *Heinz*. La vitesse de croissance est plus faible 0,07 (cm/jour) et 0,08 (cm/jour) pour les trois doses fumiers de cheval pour les deux variétés *Heinz* et *Rio grand* respectivement.

L'ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ($Pr < 0,0001$) l'interaction entre le facteur variété, type de fumier et dose de fumier est élevé ($R^2 = 83,95\%$).

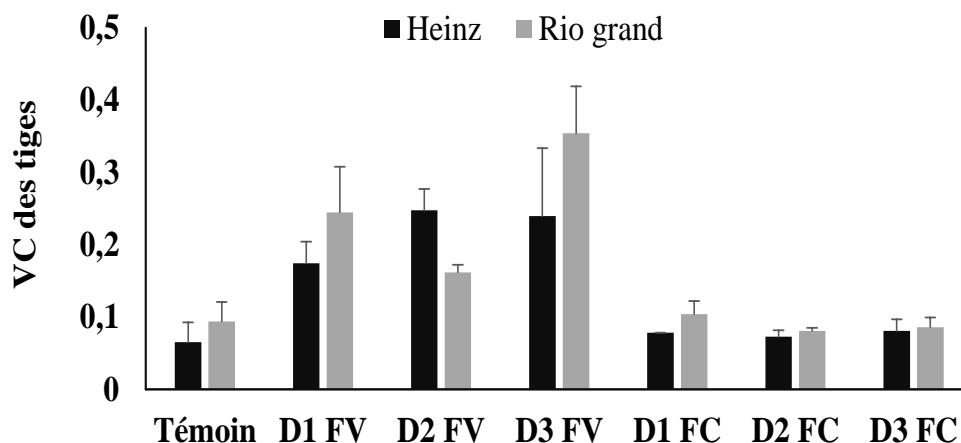


Figure N° 14 : Vitesse de croissance de tige pour les deux variétés (*Heinz*, *Rio grand*).

II-4-2- Vitesse de croissance des racines :

Le graphique de la figure 15, représente la vitesse de croissance des racines des plants de tomate. On remarque que la vitesse de croissances élevée 0,17 (cm/jour) et 0,20 (cm/jour) chez les deux variétés *Heinz* et *Rio grand* avec D3 FV. La vitesse de croissance le plus faible 0,04 (cm/jour) et 0,05 (cm/jour) pour D2 FC chez les deux variétés *Heinz* et *Rio grand*.

L'Analyse de la variance ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ($Pr < 0,0001$) l'interaction entre le facteur variété, type de fumier et dose de fumier est ($R^2 = 85,89\%$).

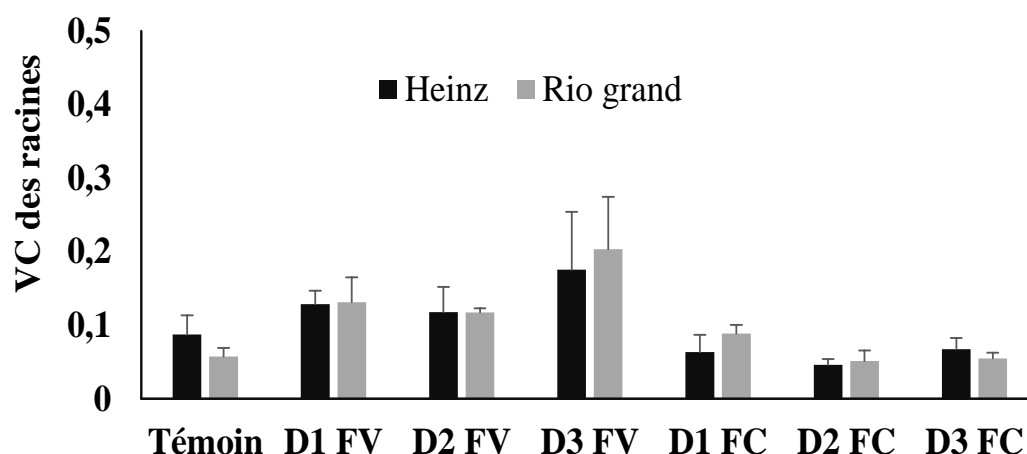


Figure N° 15 : Vitesse de croissance des racines pour les deux variétés (*Heinz* et *Rio grand*).

II -5- Taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants

Le taux relatif moyen de développement des plants est variable durant les 03 périodes (Figures N°16, N°17 et N°18). On observe selon la figure 16 en période 1, le taux de développement le plus élevée 0,12 chez *Heinz*, D1 FV aussi pour ce même traitement chez la variété *Rio grand* un taux de 0,113. Le plus faible taux 0,08 est observé pour le témoin T non fertilisé chez la variété *Rio grand*. Le taux de développement des plants durant la période 1 est entre (0,09-0,11) pour les autre doses aux deux type de fertilisant et pour les deux variétés.

L'Analyse de la variance a révélé qu'il existe une différence significative ($Pr < 0,0001$) l'interaction entre le facteur variété, type de fumier et dose de fumier à période 1 est ($R^2 = 62,66\%$)

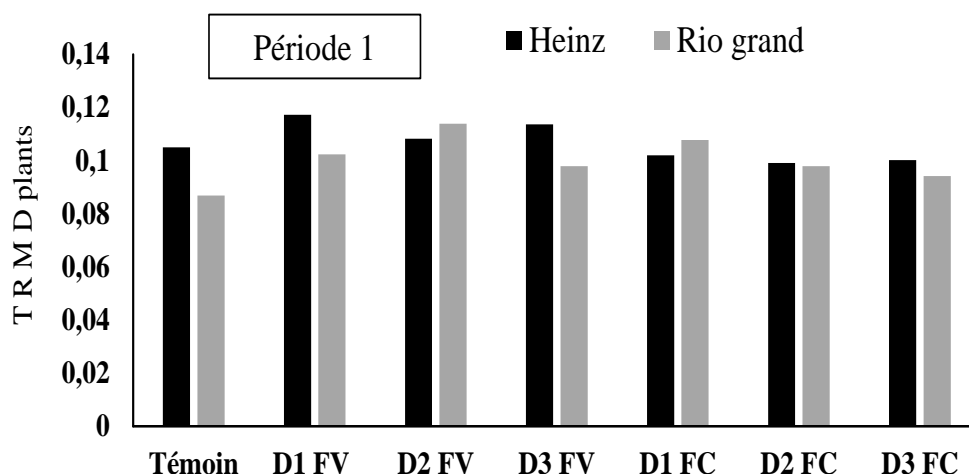


Figure N° 16: Taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants durant période 1 pour les deux variétés (*Heinz*, *Rio grand*).

La figure N°17 représente le TRMD des plantes durant période 2. On observe que ce taux est le plus élevée (0,08) chez *Rio grand* pour le témoin T, suivi par celui de la variété *Heinz* (0,04) D1 FV. Le taux est presque nul (0,002) et (0,0005) chez les deux variétés *Heinz* et *Rio grand* de D1 et aussi chez la variété *Heinz* (0,004) aux D2 FV et D2 FC. Le taux de développement des plants durant la période 2 est entre (0,07-0,02) pour les autres doses aux deux types de fertilisants chez les deux variétés.

L'ANOVA à révèle qu'il existe une déférence significative ($Pr < 0,0001$) l'interaction entre le facteur variété, type de fumier et dose de fumier à période 2 est ($R^2 = 73,41\%$).

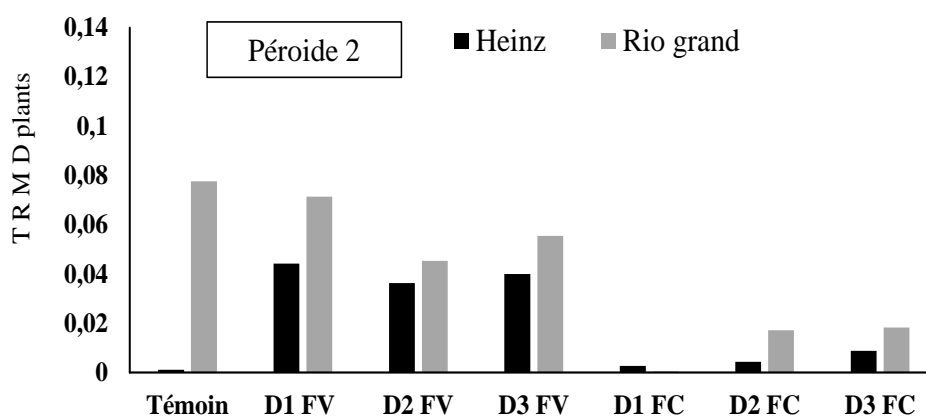


Figure N°17 : le taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants durant période 2 Pour les deux variétés (*Heinz*, *Rio grand*).

La figure N°18, représente TRMD des plants durant période 3. On remarque que le taux est élevé (0,09) chez la variété *Rio grand* avec D3 FV, et est (0,07) chez la variété *Heinz* à la dose D2 FV. Le faible plus taux (0,013) chez *Rio grand* est observé pour le témoin T et chez *Heinz* à D1 FV (0,016). Le taux de développement des plants durant la période 3 est entre (0,020-0,066) pour les autre doses aux deux type de fertilisant chez les deux variétés.

L'Analyse de la variance révélé qu'il existe une différence significative ($Pr < 0,0001$). L'interaction des 3 facteurs durant période 3 est assez bonne ($R^2 = 62,17\%$).

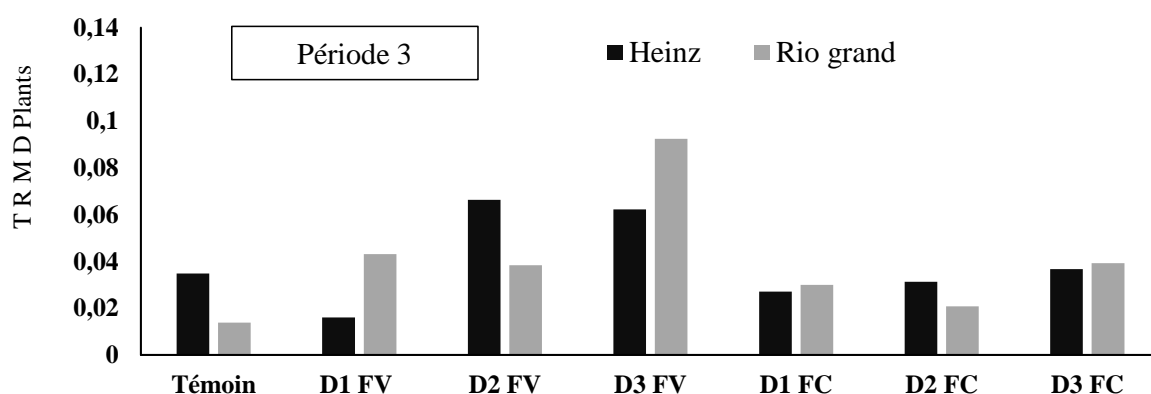


Figure N°18 : Le taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants durant période 3 pour les deux variétés (*Heinz*, *Rio grand*).

III - Paramètres biochimiques et physiologiques

III – 1- Sucre totaux

La figure N°19, Représente la teneur en sucres totaux (mg/g MF) à 64jour des plants de tomate, pour les deux variétés *Heinz* et *Rio grand*. On observe que la quantité de sucre est élevée 6,36 (mg/g MF) chez la variété *Heinz* à la D3 FV, et la quantité la plus faible 0,8 (mg/g MF) est observée chez la variété *Rio grand* à la D1 FV. Les quantités sont variables entre 1,5 et 4,5 (mg/g MF) pour les autres doses et les deux types de fumier (fumier de vache et fumier de cheval) chez les deux variétés *Heinz* et *Rio grand*.

L'Analyse de la variance ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ($Pr < 0,0001$) l'interaction entre le facteur variété, type de fumier et dose de fumier est ($R^2 = 52,64\%$).

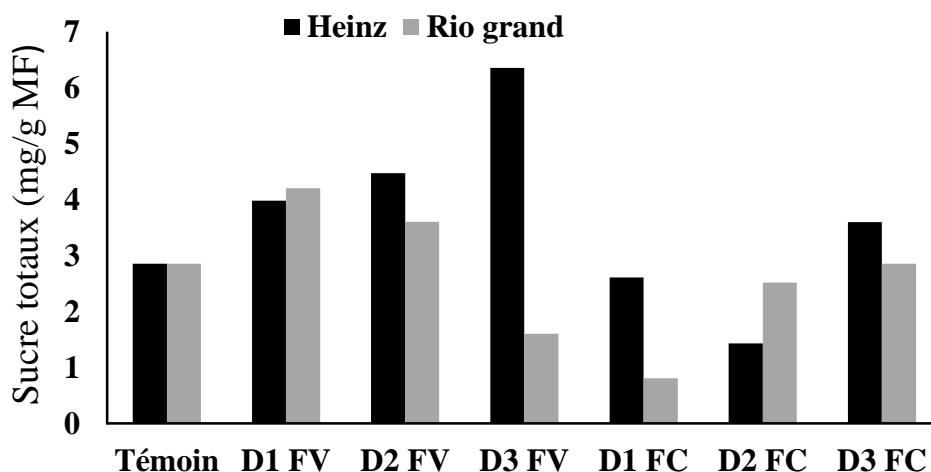


Figure N°19 :Teneur en sucres totaux des plants pour deux variétés(*Heinz*,*Rio grand*)..

III -2 - Chlorophylle

La figure N°20 montre la chlorophylle totale (mg/g MF). On remarque que la quantité de chlorophylle est relativement élevée 0,060 (mg/g MF) chez la variété *Rio grand* à la D3 FV et est de 0,056 (mg/g MF) chez la variété *Heinz* à la D2 FV. La faible quantité de chlorophylle 0 ,035 (mg/g MF) est lue chez la variété *Heinz* à la D2 FC, et est d'environ 0,036 (mg/ g MF) pour le substrat non fertilisé T pour les deux variétés *Heinz et Rio grand*. Les quantités de chlorophylle sont entre 0,039 et 0,055 (mg/ g MF) pour les autres doses et les deux types de fumier (fumier de vache et fumier de cheval) chez les deux variétés *Heinz et Rio grand*.

L'Analyse de la variance ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ($Pr < 0,0001$) l'interaction entre les trois facteurs (variété, type de fumier et dose de fumier) est ($R^2 = 68,78\%$).

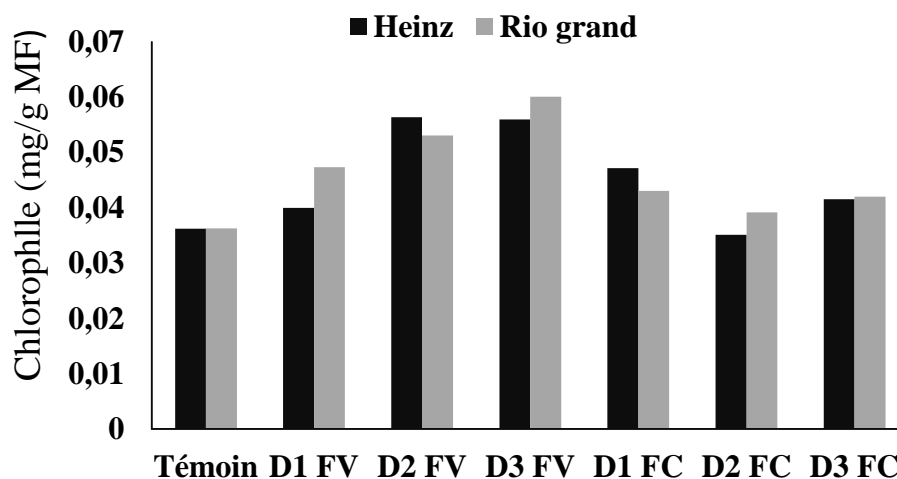


Figure N° 20 : La chlorophylle des plants pour deux variété (*Heinz*,*Rio grand*)..

III -3 -Proline accumulée

La figure N° 21 représente la quantité de proline accumulée. On remarque que la quantité le plus élevée 2,50 (m mol/g) chez la variété *Heinz* à la dose 1 pour le fumier de cheval, et aussi 2,10 (m mol/g) chez la variété *Heinz* pour le substrat non fertile, et la quantité le plus faible 0,65 (m mol/g) à la dose 1 pour le fumier de vache chez la variété *Rio grand*. Les quantités de proline accumulée sont comprises entre 0,74 et 2,45 (m mol/g) pour les autres doses et les deux types de fumier (fumier de vache et fumier de cheval) chez les deux variétés (*Heinz* et *Rio grand*).

L'Analyse de la variance ANOVA a révélé qu'il existe une différence non significative ($Pr=0,088$), l'interaction entre variété, type de fumier et dose de fumier est très faible ($R^2=22,58\%$).

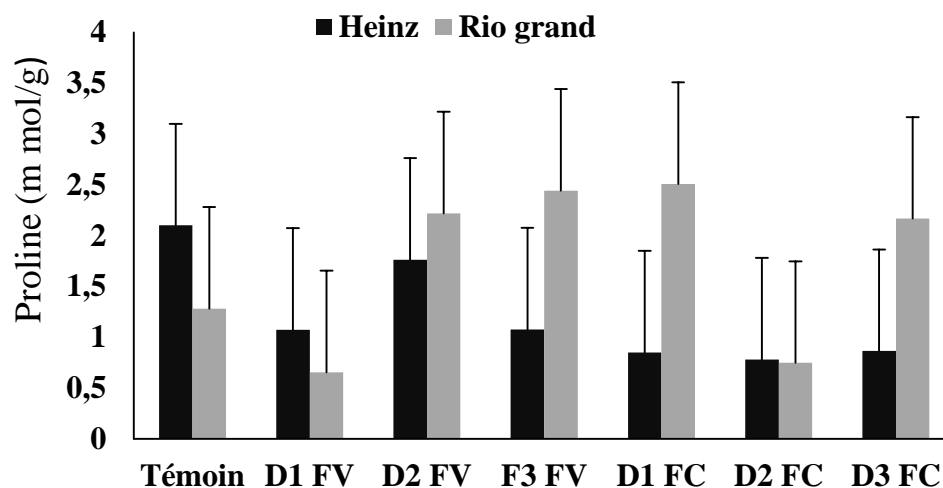


Figure N° 21: Proline accumulé des plants pour deux variété (*Heinz* , *Rio grand*)

IV - Analyses en composante principale

L'Analyse en composante principale a révélé que pour les deux variétés, les paramètres **hauteur des tiges**, **hauteur des racines** et **indice de vigueur** sont les plus corrélés avec les facteurs dose et type de fumier ; cependant la corrélation est accentuée et forte avec D2 FV pour ces trois paramètres (hauteur des tiges, hauteur des racines et indice de vigueur) et chez les deux variétés aussi *Heinz et Rio grand*, cette liaison serait notamment dû au carbone contenu dans la dose 2 fumier de vache (D2 FV).

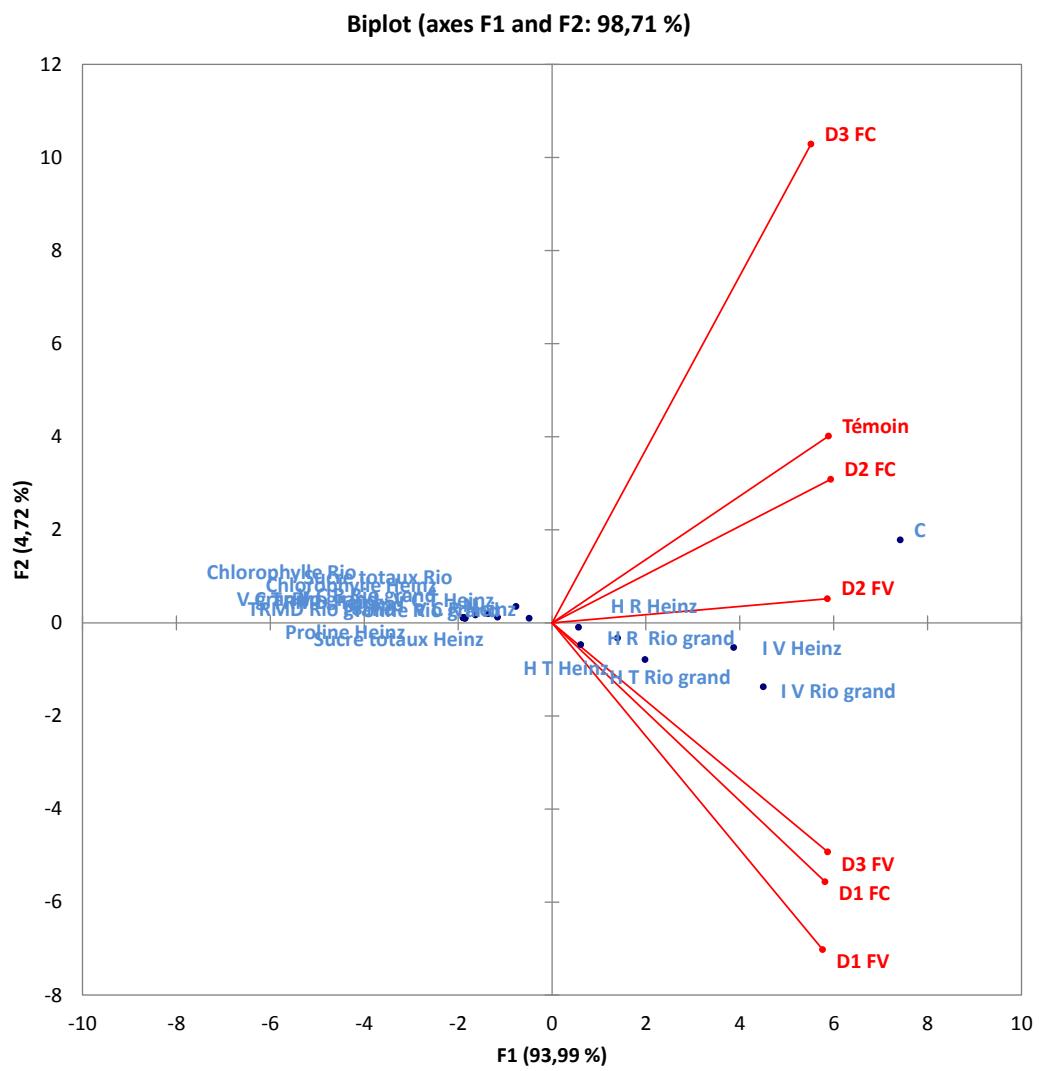


Figure N° 22: l'analyse en composante principale

II- Discussion

I-1 Paramètre physico-chimiques

L'analyse de la variance montre que notre type de sol est léger (sableux) qui aurait un drainage rapide. La texture du sol est une propriété inhérente qui ne peut pas être modifiée. Elle joue un rôle essentiel en déterminant le drainage et la disponibilité de l'eau, ainsi que la capacité d'un sol à retenir et à échanger les éléments nutritifs (Jake, 2018). Le sol utilisé est alcalin par une valeur de pH oscillent entre 7 et 8,5. Cependant, il est plus pauvre en éléments minéraux que les fertilisants organiques (fumier de vache et fumier de cheval). L'analyse de ces derniers montre qu'ils sont riches en calcium, potassium, en azote et aussi leurs teneurs en carbone organique est élevé.

I-2 Rapport C/N

Un C/N voisin de 10-15, correspond à un compost mature qui peut amender considérablement les sols sur lesquels les plantes tirent leurs substances nutritives. La matière organique n'était donc pas suffisamment décomposée pour fournir l'azote nécessaire à la croissance des plants de tomate. Si le rapport C/N d'un compost est élevé, il risque d'immobiliser l'azote du sol, car ses microorganismes l'utilisent pour dégrader les substances Ligneuses. L'azote n'était donc pas suffisamment disponible pour permettre le développement et la croissance des plantes (Sawadogo et al., 2019).

L'équilibre entre les deux processus, immobilisation et minéralisation, est largement contrôlé par le rapport C/N de la matière organique. On considère en général que les résidus végétaux à C/N inférieur à 20 (%N > 1,8 %) permettent la libération de l'azote minéral, alors que les résidus ayant un C/N supérieur à 30 (%N < 1,2%) provoquent une immobilisation nette de l'azote minéral (Tisdale et Nelson, 1966). le rapport C/N est aussi utilisé pour indiquer la qualité du sol et pour évaluer l'équilibre nutritionnel en carbone et en azote des sols. Selon (Groga et al., 2018).

II – Paramètre de croissance et de développement des plants

Cette étude vise à déterminer les doses optimales pour les fumiers de vache et cheval sur les paramètres de croissance de la tomate. Il ressort des résultats de cette étude une variation très hautement significative des paramètres de croissance (hauteur des tiges, hauteur des racines et indice de vigueur, vitesse de croissance) entre les différentes dates de mesure. En effet, le rythme de croissance est plus important entre la deuxième (49 jour) et la troisième mesure (64 jour). Ce qui pourrait s'expliquer par un niveau décomposition et une libération optimale d'éléments nutritifs notamment l'azote à (49 jour) comme le stipule Bacýé (1993).

Concernant, l'effet du type de fertilisant et de la dose, il y a un effet significatif observé pour la hauteur des plants même si en valeur absolue la hauteur des plants est globalement plus importante avec l'effet fertilisant de vache et la dose D3 pour l'effet dose. Ce résultat peut s'expliquer par une bonne maturité du fumier comme indiqué par Larbi (2006) selon qui, la qualité des composts et les doses appliquées influencent directement les performances agromorphologiques.

Aussi pour le taux relatif moyen de développement des plants durant la période 1 et la période 3, leurs résultats montrent qu'il est significativement différent c'est l'effet du type de fertilisant et de la dose, le taux importante avec l'effet fertilisant de vache et la dose 1 et dose 3 respectivement, peut expliquer les nutriments notamment l'azote sont directement utilisé par les plantes au cours du temps (Sylvia et *al.*, 2005).

Considérant le taux relative moyen de développement des plants durant la période 2, aucune différence significative entre les différentes doses n'est observée quel que soit le type de fertilisant. Le taux relative moyenne de développement des plants le plus important est enregistré à la terre non fertile, une baisse de taux peut s'observer avec des fumiers immatures et avec un rapport C/N élevé ou avec des doses d'application trop fortes (Larbi, 2006).

III – Paramètre biochimiques et physiologiques des plants de tomates :

Notre travail vis à déterminer les doses optimales pour les fumiers de vache et cheval sur les paramètres biochimique et physiologique. Le test statistique prouve des différences hautement significatives au niveau de chlorophylle et sucre totaux et l'effet de dose et type de fertilisant, il y a un effet significatif observé pour la teneur en sucre totaux et la chlorophylle les deux sont importante avec l'effet de fumier de vache à la dose 3 pour l'effet de dose, toujours la qualité et la dose aussi la variété influe sur la teneur en sucre et chlorophylle. La fertilisation azotée stimule la synthèse de la chlorophylle mais non la photosynthèse. Selon Erne et Lannoye (1991), l'altération de l'état physiologique des plantes, causée par des conditions défavorables de l'environnement.

Concernant l'accumulation des proline, le test statistique prouve des différences non significative ; cela s'explique par le fait peut être influencé par d'autre facteurs qui n'ont pas été pris en considération. Nos résultats montrent une accumulation de la proline, dans les feuilles de tomate traitées avec deux différents types de fumiers à différentes doses, mais il y a un effet non significatif observé pour l'accumulation de cet acide aminé. Plusieurs études montrent qu'une forte augmentation de proline est connue comme étant un bio marqueur de stress (Panda, 2003 ; Ben Khaled et *al.*, 2003 ; Abdul, 2004 ; Leprince et *al.* 2004). Selon un autre point de vue, l'accumulation de proline n'est pas une réaction d'adaptation au stress, mais plutôt le signe d'une perturbation métabolique (Hermandez et *al.*, 2000).

Conclusion

Conclusion :

Dans ce travail nous avons procédé aux analyses physico-chimiques d'un mélange de deux terres agricoles ainsi que deux types de fumiers (Cheval et vache). Ensuite nous avons testé, à différentes doses, l'effet des deux fumiers sur la croissance, le développement et la vigueur de deux variétés de tomates (*Heinz* et *Rio grand*), cultivées sous abri.

Les analyses physico-chimiques effectuées sur le mélange terres et les deux types de fumiers ont révélé que :

- Le mélange terres utilisé comme substrat témoin non fertilisé, est de texture légère, composé de plus de 98% de sables;
- Ce substrat est légèrement calcaire ;
- Les mesures du pH ont montré la terre est de nature alcaline, les deux fumiers sont légèrement alcalins ;
- Les fumiers éléments minéraux (Na, K) sont plus présents dans les fumiers, surtout dans le fumier de vache ;
- Les deux fumiers sont aussi plus riches en carbone organique et en azote total notamment le fumier de vache ;
- La conductivité électrique assez élevée dans les fumiers aussi et surtout celui de la vache ;
- La variation du rapport C/N, pour toutes les doses et les deux types de fumiers, entre le début et fin de l'expérimentation, révélant son utilisation par les plantules de tomate germées ;

Les mesures effectuées sur les plants de tomate ont montré que :

- La hauteur des tiges des deux variétés de la tomate a été caractérisée par une dynamique croissante, cependant pour les deux variétés de la tomate, l'accroissement s'est avéré meilleur avec le fumier de vache aux la doses D3 ;
- La longueur des racines des racines des deux variétés s'est avérée aussi meilleure pour le fumier de vache ;
- Les vitesses de croissance des tiges et des racines pour les deux variétés de la tomate ont manifesté les meilleures valeurs avec le fumier de vache, notamment la dose D3 ;
- La dynamique des taux relatifs moyens de développement des tiges s'est caractérisé par des phases d'accroissement et de décroissement révélant une adaptation des plants aux traitements ;
- L'indice de vigueur mesuré sur les plants des deux variétés s'est caractérisé pour les deux variétés de tomate par les meilleures valeurs avec le traitement D3 FV ;

- Les paramètres biochimiques et physiologiques (Sucres totaux, Chlorophylle et proline), mesurés dans les feuilles fraîches des plantules des deux variétés ont manifesté leurs insensibilités aux traitements utilisés durant le travail expérimental ;
- L'analyse en composante principale a révélé que le traitement D2 FV est optimal pour la production de plants vigoureux et avec une bonne croissance des plants de tomate.

Perspectives

Nos résultats ouvrent de nombreuses perspectives intéressantes de recherches en domaine de fertilisation des cultures maraichères mais également il serait intéressant de :

- Tester d'autres traitements (compost, fumiers de volailles...) sur la croissance des plants de tomate ;
- D'autres études devraient être menées avec d'autres cultures maraichères en pots et sur champs avec d'autres traitements dans des buts d'optimisation de production de plants maraichers.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Abdul, W. 2004. Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth and economic yield of sugarcane. Bot. Bull. Acad. Sin. 45: 133-141.
2. Anaïs, G. 1997 : La tomate in : l'amélioration des plantes tropicales. Ed. Cirad. Paris. Pp 591-603.
3. Anonyme, G. 2005. Principaux éléments fertilisants parlons fertilisation. Édition 2005. p1,2.
4. Bacye, B. 1993. Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano-sahélienne (Province du Yatenga, Burkina Faso). Thèse doctorat, université d'Aix Marseille III, 243p. En effet, l'azote dans le compost est apporté sous forme organique ; ce qui nécessite une transformation de l'azote organique en azote minérale pour une bonne assimilation par les plantes (Cobo et al., 2002).
5. Bado, B.V., Sedogo M. P., Cescas M. P., Lompo F., et Bationo, A. 1997. Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. Cahiers Agricultures 6: 571-575.
6. Ben khaled, L. Morte Gómez A., Ouarraquel, M., Oihabi, A. 2003. Réponses physiologiques et biochimiques du trèfle (*Trifolium alexandrinum* L.) à la double association Mycorhizes-Rhizobium sous une contrainte saline. INRA, EDP Sciences. Agronomie. 23: 571-580.
7. Benchaalal. 1983. Généralités sur la tomate ,production végétal, production céréalières et fourragère . Aurès agronome. P 2-6.
8. Bentvel, sen c.i.m. 1980. Réponses des rendements à l'eau .Ed. Dunod .p 235.
9. Blancard, D. 2009- Les maladies de la tomate. Identifier, Connaître, Maîtriser: Ed. Quae, Versailles, 750 p.
10. Bonzi, M. 2002. Evaluation et détermination du bilan de l'azote en sols cultivés du centre Burkina.
11. Bouharmont, J. 1994. Création variétale et amélioration des plantes. in Agronomie moderne : Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale, Afers, Hâtier, p.119 – 152.

12. Bremner, J.M., Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen—Total. Methods Soil Anal. Part 2. Chem. Microbiol. Prop. Am Soc Agron, 9, 595–624.
13. Chaux, C.L., Foury, C. L.1994. Cultures légumières et maraichères .Tome III : légumineuses potagères, légumes fruit .Tec et Doc Lavoisier, Paris. p 563_214.
14. Chougar, S. 2010. Bio écologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* sur trois variétés de tomates sous serre (Zahra, Dawson et Tavira) dans la Wilaya de TiziOuzou», Univ de Tizi-ouzou, Thèse de Magister, sciences biologiques, 94p.
15. Cirad.2002. (organisme, France Ministère des affaires étrangères, Cirad, centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement France, et Gret, groupe de recherche et d'échanges technologique. ministère des affaires étrangère). (2002). Mémento de l'agronomie. Ed. Quae .p1045 – 1046.
16. Cronquist, A. 1981. An antegrated system of classifcation of following plant. Calambia University . 1256p.
17. Daniel, C.C., Alphonse, A., Jacques, B.A., Romaric, EK., Ulrich,G.K., Elvis, JNA. 2012. Inventaire préliminaire de l'entomofaune des champs de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) dans la Commune de Djakotomey au Bénin. Int.
18. Delamarre, CA., Jouglain P., Deschamp N. Mignot L., Girou S., 2014. Produire des plants en agriculture Biologique .56p ; Cirad France.
19. Dominique, B.2009 :les maladies de la tomate identifier, connaitre ,maitriser.Ed.QUæ.
20. Dore, C et Varoquaux ,F.2006. Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées .E dit n 1, Irstea, cirad .INRA, Ifremer .Quae.
21. Faso : Etude par traçage isotopique ¹⁵N au cours d'essais en station et en milieu paysan. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine, France. 127p.
22. Fatima Hamado Gani (étudiante en agronomie à la faculté de Say) avec l'appui de l'équipe technique du RECA.
23. Ferrero, M. 2009. Etude de la variabilité des comportements alimentaires du prédateur et conséquences pour la lutte biologique. Thèse doctorat. Montpellier SupAgro., 228 p
24. Fieberg, J.R.; Vitense, K.; Johnson, D.H. 2020. Resampling-Based Methods for Biologists. PeerJ 2020, 8, e9089
25. Garcia, C., T. Hernandez, F. Costa, and M. Ayuso. 1992. Evaluation of the maturity of municipal waste compost using simple chemical parameters. Communication in soil science and plant analysis 23 : 1501-1512.
26. Gilli, C., Heller W .2007, Le chancre bactérien de la tomate, Revue suisse Vitic. Hortic. Vol. 39 (2)N° 141-142 ,141P.

27. Gould, W.A. 1991. Tomato production processing and technology, 3d CTI Publication, inc, Bltimort. P22-24.
28. Grogga, N., Diomande, M., Beugre G. A. M., Outtaray y. et Akaffou D, S. ; 2018. Étude comparative de la qualité de la symbiose (*Anabaena azollae*, *Azolla caroliniana*), du compost et du NPK sur la croissance végétative et le rendement de la tomate (*Lycopersicon esculentum* mill. Solanacée) à Daloa (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 129 (1) : 13004-13014.
29. Guenaoui, Y., et Ghelmallah, A. 2008. *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) nouveau ravageur de la tomate en Algérie premières donnnessur sa biologie en fonction de la température: AFPP- conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier 22 et 23 octobre 2008 .p8.
30. Guinot Danièle, (2014). Le ketchup Heinz, toujours le même 138 ans après (Publié le 25/08/2014 à 19:43)
31. Heller, R. 1981. *Physiologie végétale*. Tome I : nutrition. Edition Masson.
32. Hernandez, S., Deleu C., Larher F. 2000. Accumulation de proline dans les tissus foliaire de tomates en réponse à la salinité. *Life Science*, 323: 551-557
33. Hilmi M, Shankara Naika, J V Lidt de Jeude, M Goffau, B Van Dam. 2005. *La culture de la tomate*, 106 Pages, Fondation Agromisa et CTA, Wageningen.
34. Huat, J .2008. Diagnostic sur la variabilité des modes de conduite d'une culture et de leurs conséquences agronomiques dans une agriculture fortement soumise aux incertitudes: cas de la tomate de plan champ à Mayotte. Thèse doctorat, l' Institut des sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro Paris Tech .p 264.
35. Iannotti, D.A., M.E. Grebus, B.L. Toth, L.V. Madden, and H.A.J. Hoitink. 1994. Oxygen respirometry to assess stability and maturity of composted municipal solid waste. *Environmental quality* 23 :1177-1183
36. Jake, Munroe, (MAAARO) Mai 2018. ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario Publication 611F, 3e édition .
37. Judd et al. 2002. *Botanique Systématique Une Perspective Phylogénétique De Boeck* Université.
38. Khorsi, B. 1993. Influence de quelques facteurs pédologiques et des équilibres ioniques sur la production et la composition de la tomate . Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Tizi-Ouzou.p158.
39. Kiba, D.I. 2012. Diversité des modes de gestion de la fertilité des sols et leurs effets sur la qualité des sols et la production des cultures en zones urbaine, périurbaine et rurale au Burkina Faso. Thèse de doctoraL IOR/Bobo, Burkina Faso. 120p.

40. Kinet, B. 1985. Contrôle du développement de l'inflorescence de la tomate par les facteurs d'el environnement et les régulateurs de croissance Rev, Hort, n200 .p 30-36.
41. Kitabala, M.A. ; Tshala, V. Kalenda ; M.A. Tsbijika 1. M., et Mufind K.M., 2016.Effets de différentes doses de compost sur la production et la rentabilité de la tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill) dans la ville de Kolwezi, Province du Lualaba (RD Congo). *Journal of Applied Biosciences* 102: 9669 – 9679.
42. Kolev, N. 1976.Les cultures maraichères en Algérie .Tome I .Légumes fruits .Ed. Ministre de l'Agriculture et des Reformes Agricoles. 52p.
43. Krogmann, U. 1994. Kompostierung: Grundlagen zur Einsammlung und Behandlung von Bioabfällen unterschiedlicher Zusammensetzung. *Economica Verlag GmbH, Bonn, D:437.*
44. Lambert, L.2006. Lutte anti insectes appliquée aux tomates de serre, MAPAQ ;(QC) Profil de la culture des tomates de serre au canada. Programme de réduction des risques liés aux pesticides. Centre pour la lutte antiparasitaire. Agriculture et agroalimentaire .Canada . Aout 2006.
45. Larbi, M. ; 2006. Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques. Thèse de doctorant. Université de Neuchâtel, Faculté des Sciences,161.
46. Latigui, A. 1984. Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse Magister. INA El-Harrach.180p.
47. Laumonnier ,R. 1979. Culture légumières et maraichères, tome III. Edition : Billiere. Paris p 279.
48. Lemoines, G .1999. Gindo des légumes du monde, les légumes de nos régions, les variétés exotiques, Delachaux et Niestlé, Paris. P184.
49. Leprince, A.S., Lefebvre D., Ghars M.A., Parre E., Thierry L., Bordenave M., Richard L., Savouré, A. 2004. Signalling pathways involved in proline metabolism regulation under hyperosmotic stress in *Arabidopsis thaliana*. *Bull, biot.134: 69-74.*
50. Lompo F., Segda Z., Gnankambary Z., et Ouandaogo N., 2009. Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs. *Tropicultura* 27 (2): 105-109.
51. Mathieu, C. ; Pieltain, F. 2003. Analyse Chimique des Sols Méthodes Choisies ; TEC & DOC Lavoisier: Paris, France; 388p.
52. Mathieu, C.; Pieltain, F.1998. Analyse Physique des Sols Méthodes Choisies; TEC & DOC Lavoisier: Paris, France; 274p.

53. Mosli, S.2018. Proposition d'un modèle de culture biologique Tomate/Datura et effet des biopesticides (métabolites secondaires) sur les bioagresseurs.ENASA Alger. Thèse de doctorat.
54. Moustier, P. et Fall A, S.2004. Les dynamiques de l'agriculture urbaine : caractérisation et évaluation, 244 pages.
55. Munro, D et Small , E.998.les légumes du canada .NRC ResearchPress.
56. Naika, S et autre.2005. la culture de la tomate production, transformation et commercialisation - Ed. fondation Agronomisa et CTA p15-20-150.
57. Nakasaki, K., H. Yaguchi, S. Yasushi, and K. Hiroshi. 1993. Effects of pH control on composting of garbage. *Waste Management and Research* 11:117-125.
58. Nechadi, S., Benddine, F., Moumen, A., Kheddami, M. 2002.Etat des maladies virales de la tomate et stratégie de lutte en Algérie. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 32, pp.21–24. *New Zealand J. Agric. Res.* 8:450-47.p171-175.
59. Panda, S. K.2003. Heavy-metal phytotoxicity induces oxidative stress in a moss, *Taxithellium* sp. *Science*. 84(5), 10: 631-633.
60. Philouze, J.1999 : La tomate et son amélioration génétique in : *Technologie des légumes*. Ed. Tec et Doc. Pp 111-130.
61. Polese, J.M.2007. La culture de tomate. Ed Artémis.95p.
62. Radford P J .1967. Growth analysis formulae- Their use and Abuse. *Crop Science*, Vol7, N°3,
63. S.S.S . 2014. Soil Survey Staff, S.S. Keys to Soil Taxonomy, 12th ed.; USDA-Natural Resources Conservation Service: Washington, DC, USA, 2014.
64. Sawadogo, J. ; Ouèdraogo, w. Coulibaly, P. ; Savadogo, C. A. ; Kaborè, A. ; Legma, J. Étude comparative de la qualité de trois amendements organo-biologiques sur la production de tomate à Soala dans le Centre-Ouest du Burkina Faso. *Science et technique, Sciences naturelles et appliquées*.Vol. 38, n° 1.
65. Sedogo, P. M, 1993. Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture: incidence des modes de gestion sur la fertilité. Doctorat es Sciences Naturelles (Agro-écopédologie).Université Nationale de côte d'Ivoire, Côte d'Ivoire. 295p.
66. Shankara, J.2005. Recombinant glutathione –S- transterase a major allergen form alternaria clinical use allergy patients. *Molecular Immunology* .43 (12) : 1927-1932.
67. Shankara, N., Lidt J.F., Goffau M., Hilmi M.V., Damla B. 2005. Culture de la tomate (production, transformation et commercialisation).Ed ISBN Agromisa . Germany.17, 70- 79, 82,85. -Singleton., Orthofer R., et Lam.

68. Sylvia D. M., Hartel P. G., Furhmann J., Zuberer D. 2005. Principles and applications of soil microbiology. 2nd Edn. Prentice Hall Inc., Upper Saddle River, 81p.
69. Tisdale, S.L. ; and Nelson, W.L.1966. "Soil and fertiliser nitrogen", in Soil fertility and fertilizers, 2e edition, Me Millan, 126-180.
70. Yamagushi, M .1983 .World vegetables, principles production and nutritive values, Ellis horwood limited , westport. P156.
71. Zuang, A. 1982. La fertilisation des cultures légumières. Ed1: N.V.U.F.L.E.C, Paris p393 .