



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Djemiaa Islam Houd

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

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : Amélioration des plantes

Thème

Impact combiné de la dose de fumure organique et dose d'irrigation sur la vigueur des plants de tomates (*Solanum lycopersicum* L.)

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
Makoudi Mourad	Président	MAA
Saridi Abdelkader	Examineur	MCA
Mme. Houyou Zohra	Encadreur	Professeur

Promotion : Juin 2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Je voudrais tout d'abord exprimer toute ma reconnaissance à notre encadrante de ce mémoire, Mme Houyou Zohra, pour son accueil, sa gentillesse et sa patience pour son assistance tout au long de ce travail, ainsi que pour nous prodiguer son aide.

Je tiens également à remercier tous les professeurs de l'université Ammar Telidji de Laghouat qui m'ont accompagné dans mon parcours d'études universitaires, ainsi que toute l'équipe de travail de l'université Ammar Telidji, en particulier le département des sciences agronomiques et les ingénieurs de laboratoire pour nous avoir aidés 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 pour avoir terminé ce travail et atteint ces résultats, malgré nos différents sujets, mais nous étions comme une seule équipe.

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

Dédicaces

Je dédie ces notes à mes chers parents, ma mère,

Mes parents, sœurs et frères ;

Mes profonds remerciements à tous ceux qui ont donné et
contribué

C'est me voir réussir mes études ;

À toute la famille Djmaiaa et à tous mes amis ;

En fin de compte, je voudrais me remercier pour tout.

Sommaire

Remerciements.....	I
Dédicacs.....	II
Liste des figures.....	III
Liste des tableaux.....	IV
Liste des abréviations.....	V
Résumé.....	VI
المخلص.....	VII
Abstract.....	VIII
Introduction.....	2
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
1. La tomate, origine et historique.....	4
2. Description botanique et morphologique.....	4
3. Description de la plante.....	4
3-1-Le système racinaire.....	5
3-2-La tige.....	5
3-3-La feuille.....	5
3-4-La fleur.....	5
3-5-Le fruit.....	5
3-6-La graine.....	6
4. Importance économique de la culture de la tomate dans le monde.....	5
4.1. En Algérie.....	7
5. La valeur alimentaire et génétique de la tomate	7

6. Les différentes variétés et génétique de la tomate.....	9
6-1-Les variétés fixées.....	9
6-2-Les hybrides.....	9
7. Exigences de la culture de la tomate.....	10
7.1. Exigences climatiques.....	10
7.1.1. Températures.....	10
7.1.2 Humidité relative.....	10
7.1.3 Luminosité.....	10
7.2. Exigences pédologiques.....	10
7.2.1. Type de sol.....	10
7.2. 2.Température du sol.....	10
7.2.3. Humidité du sol.....	10
7.2.4. pH du sol.....	11
7.3. Exigences hydriques.....	11
8. Les techniques culturales.....	11
1.8.1. L'assolement et rotation.....	11
1.8.2. Préparation du sol.....	11
1.8.3. Production de plants.....	11
8-3-1-Entretien de la pépinière.....	12
8-3-2-Plantation.....	12
8-3-3-Irrigation.....	13
9. Principales maladies et ravageurs de la tomate.....	13
9.1. Les maladies cryptogamiques.....	13
9.1.1. Pourriture grise de la tomate.....	13

9.1.2. Alternatise.....	14
9.1.3. Oïdium.....	14
9.1.4. Mildiou.....	14
9.1.5. Rhizoctone.....	15
9.1.6. Sclérotines.....	15
9.1.7. Fusariose.....	15
9.2. Les maladies bactériennes.....	15
9.3. Les maladies virales.....	18
9.3.1. Tomato mosaic virus (TOMV) (virus de la mosaïque de la tomate).....	18
9.3.2. Cucumber mosaic virus (CMV) (virus de la mosaïque du concombre).....	18
9.3.3. Tomato spotted wilt virus (TSWV) (virus de la maladie bronzée de la tomate)...	18
9.3.4. Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) (virus du jaunissement et feuille en cuillère de la tomate).....	18
9.4. Les ravageurs.....	18
9.4.1. La mineuse.....	18
9.4.2. Les aleurodes.....	19
9.4.3. Les thrips.....	19
9.4.4. Les noctuelles.....	19.
9.4.5. Les acariens.....	19
9.4.6. Les pucerons.....	20
 Chapitre2 : Matériel et Méthodes	
1.Objectifs et description de l'expérimentation.....	22
1.1. Rappel des objectifs	22
1.2. Matériel végétal.....	22

1.3. Lieu de l'expérience.....	22
1.4. Conditions expérimentales.....	23
1.4.1. Le substrat (sol) utilisé pour l'expérimentation.....	23
1.4.2. Engrais organiques utilisés.....	23
1.4.3. Les Conteneurs	23
1.4.4. Préparation du substrat (sol).....	23
1.4.5. Doses d'amendements organiques utilisées.....	24
Le traitement témoin noté (D0).....	24
Le traitement noté (D1C).....	24
Le traitement noté (D2C).....	24
Le traitement noté (D1V).....	24
Le traitement noté (D2V).....	24
1.4.6. Fréquence, Doses et eau utilisée pour l'irrigation.....	24
1.4.7. Dispositif expérimental.....	25
2. Conduite de l'expérience et notations des mesures.....	25
2.1. Le semis et la levée des graines germées.....	25
2.2. Irrigation.....	25
2.3. Conditions expérimentales et suivi de la température.....	25
2. 4. Paramètres mesurés sur les plants.....	26
2 4. 1. Mesure des paramètres de croissance des plants.....	26
2.4.1.1. Hauteur des tiges des plants (cm).....	27
1.4.1.2. Longueur des racines des plants (cm).....	27
2.4.1.3. Vitesse de croissance des tiges et des racines des plants.....	27
2.4.1.4. Indice de vigueur des plants.....	27

2.4.1.5. Taux relatif moyen de développement des plants (TRMD).....	28
2.5. 1. Mesure des paramètres biochimiques et physiologiques des plants.....	28
2. 5. 1. 2. Dosage des Sucres Totaux (mg/g MF).....	28
2.5. 1. 3. Dosage de la Chlorophylle (mg/g MF).....	28
2.5. 1. 4. Dosage de la Proline (mmol/g MF).....	28
2.5. 1.5. La teneur en eau w (%).....	29
2. 6. Analyse Physico-chimique des Fumiers utilisés.....	30
3. Analyses Statistiques des Données.....	30

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Terre et fumiers utilisés.....	32
1-1 Paramètres physico-chimiques.....	32
2- Paramètre de croissance et de développement des plantes.....	32
2-1- Hauteur des tiges des plantes.....	32
2-2- Hauteurs des racines.....	37
2-3- Indice de vigueur des plantes.....	37
2-4 Vitesse de croissance des plants.....	38.
2-4-1- Taux de croissance des tiges des plantes.....	38
2-4-2- Vitesse de croissance des racines.....	39.
2-5- Le taux de développement relatif moyen (TRMD) des plantes.....	39.
3- paramètres biochimiques et physiologiques.....	42
3-1-Sucre total.....	42
3-2-Chlorophylle.....	43
3-3-proline accumulée.....	43

3-4- La teneur en dans les feuilles fraiches des plants	44
4 - Analyses en composante principale.....	44
2- Discussion.....	46
2-1 Paramètre physico-chimiques.....	46
2-2 – Paramètre de croissance et de développement des plants.....	47
2-3- paramètres biochimiques et physiologiques.....	48
Conclusion.....	49
Références Bibliographiques.....	52

Liste des figures

1-Représentation des conteneurs utilisés.....	23
2-Représentation des conteneurs utilisés.....	26
3-Hauteur de tige à semaine 4 pour les plants de tomates.....	33
4-Hauteur de tige à semaine 5 pour les plants de tomates.....	33
5-Hauteur de tige à semaine 6 pour les plants de tomates.....	34
6-Hauteur de tige à semaine 7 pour les plants de tomates.....	34
7-Hauteur de tige à semaine 8 pour les plants de tomates.....	35
8-Hauteur de tige à semaine 9 pour les plants de tomates.....	36
9-La cinétique de la hauteur des tiges.....	36
10- longueur des racines des plants de tomates.....	37
11-Indice de vigueur des plants de tomates.....	38
12-Taux de croissance des tiges des plants de tomates.....	38
13-Taux de croissance des racines des plants de tomates.....	39
14-Taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants de tomates de la semaine 4.....	40
15-Taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants de tomates de la semaine 5.....	40
16-Taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants de tomates de la semaine 6.....	41
17-Taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants de tomates au cours de la semaine 7.....	41

18-Taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants de tomates de la semaine 8.....	42
19-Teneur totale en sucre des plants de tomates.....	42
20-Chlorophylle dans les plants de tomates.....	43
21-Proline accumulée dans les plants de tomates.....	43
22-Taux de matière fraîche.....	44
23-Taux d'H ₂ O.....	44
24-l'analyse en composante principale.....	45

Liste des tableaux

1-Production en million de tonnes des principaux pays producteurs de la tomate dans le monde en 2017.....	6
2-valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate crue.....	8
3-Les différentes variétés de la tomate à port indéterminé.....	9
4-Les principales maladies bactériennes de la tomate (BLANCARD, 2009).....	16
5-Caractéristiques physico-chimiques de l'eau utilisée pour l'irrigation.....	25
6-Paramètres physico-chimiques.....	32

Liste des sigles et abréviations

D1	Dose 1 - 10%
D2	Dose 2 - 15%
D0	Dose 0 (référence)
I1	Dose d'eau 250 ml
I2	Dose d'eau 350 ml
DC	Dose d'engrais organique (fumier de chèvre)
DV	Dose d'engrais organique (fumier de vache)
T	Témoin.
VC	Vitesse de croissance.
TRMD	Taux relatif moyenne de développement
CE	Conductivité Electrique
K	Phosphore.
Coranique	Carbone organique
Na	Azote
Cm	centimètre
%	Pourcent
MO	Matière organique
Qx	quintaux.
Pr	Probabilité de risque.
mg/ g MF	Milligramme par gramme de Matière fraîche.
mmol/g MF	Milli mole par gramme de Matière fraîche
C	Degrés Celsius
Mm	Millimètre
Do	densité optique
H	Heur.
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
MF	Matière fraîche

Résumé :

Impact combiné de la dose de fumure organique et dose d'irrigation sur la vigueur des plants de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

L'agriculture biologique émerge comme un modèle de nouvelle agriculture visant à réduire les risques alimentaires associés aux particules industrielles utilisées dans la production de légumes. Ce travail a été réalisé dans ce contexte sur la plante de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dans le but de déterminer l'effet des doses d'engrais organiques et de la quantité d'eau sur la croissance des plantes. Des plants de la variété de tomate (Heinz) ont été cultivés sous serres au département des sciences agronomiques de l'Université Amar Thelidji à Laghouat pendant 87 jours, en utilisant deux types de fumier (fumier de bovin et fumier de chèvre) à des doses de 10%, et 15% et des quantités d'eau d'arrosage de 250 ml et 350 ml respectivement.

Des analyses physiques et chimiques (pH, carbonate de calcium CaCO_3 , azote total N_{tot} , sodium Na, potassium K, conductivité électrique CE, rapport de l'azote) ont été effectuées sur le sol et les engrais. Au cours des 87 jours, les caractéristiques biométriques des plants cultivés ont été mesurés: hauteur des tiges, longueur des racines, taux de croissance des plantes, développement relatif moyen et l'indice de vigueur. À la fin du test, la teneur en sucres totaux, en proline et en chlorophylle totale des feuilles fraîches des plantes a été mesurée.

Les résultats ont montré que le fumier de chèvre est riche en éléments minéraux, y compris le potassium (1,32 g/kg), le sodium (0,43 mg/kg) et l'azote total (0,9 g/kg), avec une teneur supérieure dans le fumier de chèvre. Les mesures biométriques ont également révélé des différences significatives ($p < 0,001$) dans la hauteur des tiges et des racines, qui étaient respectivement de (12,33 cm) et (5,66 cm) pour la variété Heinz. Le taux de croissance des tiges était meilleur avec la dose DOI1 (0,29 cm/jour). L'indice de vigueur le plus élevé a été observé à DOI1 (14,76). Les teneurs en proline variaient entre (0,55 et 2,13 mmol/g de masse fraîche), les sucres totaux entre (6,69 et 26,88 mg/g de masse fraîche), et la chlorophylle totale entre (4,06 et 11,07 mg/g de masse fraîche).

Les analyses statistiques ANOVA n'ont pas révélé de différence statistiquement significative dans les paramètres physiologiques mesurés sur les plantes. Cette expérience a montré que la dose de DOI1 est la meilleure pour la vigueur, le développement et la croissance des plants de tomate.

Mots-clés: tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Heinz, fumure organique, taux de croissance, indice de vigueur, chlorophylle totale, sucres totaux, proline.

Abstract:

Combined Impact of Organic Fertilizer Dose and Irrigation Dose on the Vigour of Tomato Plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Organic farming emerges as a model of new agriculture aimed at reducing food risks associated with industrial particles used in vegetable production. This work was carried out in this context on the tomato plant (*Lycopersicon esculentum* Mill.) with the aim of determining the effect of organic fertilizer doses and water dosage on plant growth. The tomato variety (Heinz) was cultivated in greenhouses at the Department of Agricultural Sciences at Amar Thelidji University in Laghouat for 87 days, using two types of manure (cow manure and goat manure) at doses of (0, 50, and 75 g/kg) and water doses of (250 ml and 350 ml) respectively.

Physical and chemical analyses (pH, calcium carbonate CaCO₃, total nitrogen N_{tot}, sodium Na, potassium K, electrical conductivity EC, nitrogen ratio) were performed on the soil and fertilizers. During the 87 days, the biometric characteristics of the cultivated plants were measured (stem height, root length, plant growth rate, and relative average development). At the end of the test, the content of total sugars, proline, and total chlorophyll in the fresh leaves of the plants was measured.

The results showed that goat manure is rich in mineral elements, including potassium (1.32 g/kg), sodium (0.43 mg/kg), and total nitrogen (0.9 g/kg), with a higher content in goat manure. The biometric measurements also revealed significant differences ($p < 0.001$) in the height of stems and roots, which were (12.33 cm) and (5.66 cm) respectively for the Heinz variety. The stem growth rate was better with the DOI1 dose (0.29 cm/day). The highest vigor index was observed at DOI1 (14.76). Proline contents ranged between (0.55 and 2.13 mmol/g of fresh mass), total sugars between (6.69 and 26.88 mg/g of fresh mass), and total chlorophyll between (4.06 and 11.07 mg/g of fresh mass).

ANOVA statistical analyses did not reveal a statistically significant difference in the physiological parameters measured on the plants. This experiment showed that the dose of DOI1, is the best for the vigor, development, and growth of tomato plants.

Keywords: Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Heinz, organic fertilizer, growth rate, vigor index, total chlorophyll, total sugars, proline.

الملخص :

تظهر الزراعة العضوية كنموذج زراعي جديد يهدف إلى تقليل المخاطر الغذائية المرتبطة بالجسيمات الصناعية المستخدمة في إنتاج الخضروات. أجريت هذه الدراسة في هذا السياق على نبات الطماطم (*Lycopersicon esculentum* Mill.) بهدف تحديد تأثير جرعات الأسمدة العضوية وكمية المياه على نمو النباتات. تمت زراعة شتلات من الطماطم (Heinz) في بيوت بلاستيكية في قسم العلوم الزراعية بجامعة عمار ثليجي بالأغواط لمدة 87 يوماً، باستخدام نوعين من السماد (سماد الأبقار وسماد الماعز) بجرعات 10% و15% وكميات من ماء الري قدرها 250 مل و350 مل على التوالي.

أجريت تحليلات فيزيائية وكيميائية (pH، كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، النيتروجين الكلي N_{tot} ، الصوديوم Na، البوتاسيوم K، التوصيل الكهربائي CE، نسبة النيتروجين) على التربة والأسمدة. خلال فترة الـ87 يوماً، تم قياس الخصائص البيومترية للشتلات المزروعة: ارتفاع السيقان، طول الجذور، معدل نمو النباتات، التطور النسبي المتوسط ومؤشر الحيوية. في نهاية الاختبار، تم قياس محتوى السكر الكلي، البرولين، والكلوروفيل الكلي في أوراق النباتات الطازجة.

أظهرت النتائج أن سماد الماعز غني بالعناصر المعدنية، بما في ذلك البوتاسيوم (1.32 جم/كجم)، الصوديوم (0.43 ملجم/كجم) والنيتروجين الكلي (0.9 جم/كجم)، مع محتوى أعلى في سماد الماعز. كما كشفت القياسات البيومترية عن اختلافات كبيرة ($p < 0.001$) في ارتفاع السيقان والجذور، التي كانت على التوالي (12.33 سم) و(5.66 سم) لسنف Heinz. كان معدل نمو السيقان أفضل مع الجرعة DOI (0.29 سم/يوم). تم ملاحظة أعلى مؤشر حيوية عند IOD (14.76). تراوحت محتويات البرولين بين (0.55 و2.13 ملمول/جم من الكتلة الطازجة)، السكريات الكلية بين (6.69 و26.88 ملجم/جم من الكتلة الطازجة)، والكلوروفيل الكلي بين (4.06 و11.07 ملجم/جم من الكتلة الطازجة).

لم تكشف تحليلات ANOVA الإحصائية عن فرق ذو دلالة إحصائية في المعايير الفسيولوجية المقاسة على النباتات. أظهرت هذه التجربة أن الجرعة IOD هي الأفضل لحبوية، تطور ونمو شتلات الطماطم.

الكلمات المفتاحية: الطماطم (*Lycopersicon esculentum* Mill.)، Heinz، السماد العضوي، معدل النمو، مؤشر الحيوية، الكلوروفيل الكلي، السكريات الكلية، البرولين.

INTRODUCTION

Les tomates (*Solanum lycopersicum* Mill.) sont parmi les cultures maraîchères les plus importantes au monde, se classant au deuxième rang après les pommes de terre en termes de production et étant cultivées dans plus de 170 pays (Hilmi et al., 2005 ; FAO, 2020). Elles sont une source riche en vitamines et contribuent significativement à une alimentation saine grâce à leur teneur élevée en minéraux et vitamines essentiels tels que B et C, le fer et le phosphore (Chaux et Foury, 1994).

En Algérie, les tomates occupent une place importante dans le secteur horticole de marché, représentant 7,62 % de la production horticole nationale (Ferrero, 2009). Malgré les efforts déployés, la production reste faible avec une superficie de 20 789 hectares et une production de 6 410 343 quintaux, ce qui ne satisfait pas les besoins de consommation locale (Chougrani, 2010). Cette faible production est due à plusieurs facteurs, notamment la pauvreté des sols en matières organiques et en phosphore résultant de l'intensification de la production (Lompo et al., 2009), et l'utilisation d'engrais minéraux inappropriés qui entraînent l'accumulation de métaux lourds et la dégradation de la fertilité des sols à long terme (Kiba, 2012 ; Sedogo, 1993 ; Bado et al., 1997). De plus, la gestion irrationnelle de l'eau pose un problème majeur ; un excès ou un manque d'eau peut affecter négativement la productivité des cultures et la qualité des sols.

Afin d'améliorer la situation, des systèmes agricoles plus durables et productifs doivent être adoptés. L'approche de la gestion intégrée de la fertilité des sols peut offrir une solution durable pour augmenter la productivité (Bationo et al., 2012). De nombreuses études ont montré les grands avantages de l'utilisation des fumier organiques pour améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols et ainsi augmenter les rendements des cultures (Kitabala et al., 2016).

Cette étude vise à explorer l'effet des fumier organiques animaux (fumier de bovin et fumier de caprin) et des doses d'irrigation sur la production des plants de tomates. Nous avons mené une expérience comprenant l'application de deux doses différentes (50 et 75 g/kg) de deux types fumier (fumier de bovin et fumier de caprin) en plus de la régulation de deux niveaux différents de doses d'irrigation sur le cultivar Heinz de la tomate. Notre objectif est de déterminer le type et la dose optimale d'engrais, ainsi que la dose d'irrigation qui favorise une croissance robuste des plants de tomates. La thèse est structurée en trois chapitres : le premier chapitre présente des informations générales sur la culture de la tomate, le deuxième chapitre décrit les matériaux et méthodes utilisés, et le troisième chapitre présente les résultats et la discussion, suivi par une conclusion et des perspectives.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), origine et historique

Selon DOMINIQUE et al. (2009), la tomate, inconnue dans le Vieux Monde jusqu'au XVI^e siècle et encore très peu consommée au XIX^e siècle, est devenue le légume vedette du XX^e siècle, aussi bien en culture commerciale que dans les jardins familiaux.

D'après PYRON (2006), la tomate est originaire de la région andine du nord-ouest de l'Amérique du Sud, où sa domestication remonte à plus de 5000 ans. Elle a été introduite au Mexique, puis au XVI^e siècle en Europe via l'Espagne. La mondialisation de son développement deviendra significative à partir de la fin du XIX^e siècle. Elle fut introduite en Algérie par les Espagnols au XVII^e siècle. La culture de la tomate a commencé dans la région d'Oran en 1905, puis elle s'est étendue vers le centre du pays, notamment le littoral algérois qui constitue une zone maraîchère par excellence (BENBADJI, 1977).

De nos jours, la tomate en Algérie est la culture maraîchère la plus répandue et appréciée, tant en plein champ que dans les abris-serres (KOLEV, 1976).

2. Description botanique et morphologique

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) est une plante de la famille des Solanacées, comme la pomme de terre, partageant la même origine géographique (Jean-Marie, 2007).

Selon Dominique et al. (2009), la tomate cultivée est une espèce diploïde avec $2n = 24$ chromosomes, comportant de nombreux mutants monogénétiques dont certains sont très importants pour la sélection.

Elle appartient à :

- Embranchement : Phanérogames
- Sous-embranchement : Spermatophytes
- Ordre : Solanales.
- Famille : Solanacées.
- Genre : Solanum.
- Espèce : Solanum lycopersicon.

3. Description de la plante

La tomate est une plante vivace dans son milieu d'origine, mais en agriculture, elle est considérée comme une espèce annuelle à cycle court. Il existe deux types de croissance du plant :

- Des plants à croissance déterminée, où l'axe principal cesse de croître après un certain nombre de

bouquets floraux.

- Des plants à croissance indéterminée, où le bourgeon terminal poursuit sa croissance en produisant un bouquet floral chaque 3 ou 4 feuilles jusqu'à la fin du cycle de la plante.

Il est facile de distinguer les deux types de croissance car les plants à croissance déterminée ont un port dressé et peuvent se maintenir droit, alors que les plants à croissance indéterminée sont rampants et nécessitent un tuteur pour leur maintien (Sankara et al., 2005).

3-1-Le système racinaire

La tomate possède un système racinaire important. De nombreuses racines primaires, secondaires et tertiaires prennent naissance sur un pivot puissant. Les racines nourricières se rencontrent généralement entre 25 et 35 cm de profondeur (Shankar et al., 2005).

3-2-La tige

La tige principale constitue un puissant pivot sur lequel se développent des ramifications secondaires et tertiaires pour donner finalement un aspect buissonnant. Les tiges sont herbacées, presque ligneuses, de couleur verte, pourvues de poils blanchâtres, et elles portent les feuilles, les fleurs et les fruits.

Les tiges des plants à croissance déterminée cessent de croître à une longueur estimée entre 60 et 80 cm, tandis que celles des plants à croissance indéterminée peuvent atteindre 1,40 à 1,60 m, voire 2 mètres (Shankar et al., 2005).

3-3-La feuille

Les feuilles sont disposées en spirale, mesurant de 15 à 50 cm de long et de 10 à 30 cm de large. Les folioles sont ovales à oblongues, couvertes de poils glandulaires. Les grandes folioles sont parfois pennatifides à la base. Le pétiole mesure entre 3 et 6 cm (Shankar et al., 2005).

3-4-La fleur

Les fleurs, petites, jaunes, en forme d'étoile, sont groupées sur un même pédoncule en bouquet lâche de trois à huit fleurs. Ces bouquets apparaissent généralement de manière régulière sur la tige chaque fois que la plante émet trois feuilles (dans des conditions favorables, la plante pousse continuellement en émettant des feuilles et des bouquets de fleurs).

L'ovaire de la tomate est supère (situé au-dessus du calice) et comporte le plus souvent deux loges ou carpelles, mais certaines variétés peuvent en comporter trois ou cinq (Jean-Marie, 2007).

3-5-Le fruit

Le terme «tomate» désigne également le fruit de cette plante ; celui-ci est une baie, c'est-à-dire un

fruit charnu renfermant des graines appelées pépins. Ces pépins sont entourés d'une sorte de mucilage provenant de la gélification de l'enveloppe de la graine.

Les fruits sont traditionnellement sphériques et rouges, mais ils peuvent être de diverses tailles, couleurs et formes. Il existe ainsi des variétés blanches, jaunes, oranges ou noir violacé (Jean-Marie, 2007).

3-6-La graine

Selon Chaux et Foury (1994), les graines sont petites (300 à 400 graines par gramme), rondes, de couleur jaunâtre à grisâtre, souvent poilues.

Le cycle complet, de la graine à la graine, est de 90 à 120 jours dans des conditions optimales, selon les variétés ; la première fleur apparaît 50 à 60 jours après le semis, et il faudra encore de 55 à 70 jours après l'apparition de la fleur pour que la tomate soit mûre (Jean-Marie, 2007).

4. Importance économique de la culture de la tomate dans le monde

En effet, la tomate occupe une place prépondérante dans l'agriculture mondiale, étant cultivée dans presque tous les pays du globe. Sa production est répartie dans toutes les zones climatiques, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri. La Chine se positionne en tête avec une production de 52,86 millions de tonnes, suivie par les États-Unis avec 14,20 millions de tonnes, et en troisième position vient l'Inde avec 11,97 millions de tonnes produites

Tableau 1. Production en million de tonnes des principaux pays producteurs de la tomate dans le monde en 2017

Position	Pays	Production (tonnes)
1	Chine	50664255
2	Inde	18227000
3	Etats Unies	12574550
4	Turquie	11820000
5	Egypte	8533803
9	Mexique	3683600
16	Maroc	1293319
24	Hollande	855000

Source (FAOSTAT, 2017).

4.1. En Algérie

En Algérie, la production nationale de tomates fraîches a atteint 13,72 millions de quintaux (qx) au cours de la campagne agricole de 2017. Le rendement était de 428 qx/hectare pour la tomate en plein champ et de 1 225 qx/hectare pour la tomate sous serre. Les principales wilayas productrices de tomates fraîches étaient Biskra, avec une production de 2,33 millions de qx, Mostaganem, avec 1,33 million de qx, Tipaza, avec 1,04 million de qx, et Ain Defla, avec 728 250 qx (MADR, 2017).

5. La valeur alimentaire et génétique de la tomate

La tomate est reconnue pour sa valeur alimentaire, étant classée parmi les légumes les plus appropriés selon KOLEV (1976). Sa richesse en vitamines, sels minéraux et sucre en fait un aliment excellent, notamment pour les enfants. Depuis son classement parmi les plantes alimentaires majeures au début du 20^e siècle, son importance dans l'alimentation humaine est indéniable. Elle est consommée fraîche en salade et en jus, ou transformée en purée, concentré, condiment et sauce (BENTVERISEN et al, 1987 in KRAMOU, 2011).

Tableau 02 : valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate crue.

Energie	18 kcal (75 kj)
Protides Lipides Glucides Fibres	1 g 0,2 g 3 g 1,2 g
Eau	93 g
Calcium Fer Magnésium Phosphore	10 mg
Potassium Sodium Carotènes Vit. E	0,4 mg
Vit. B1 (thiamine) Vit. B2	10 mg
(riboflavine) Vit. B3 ou vit. PP Vit. B5	24 mg
Vit. B6 vit. B9 Vit. C	250 mg ⁷
	5 mg
	0,6 mg
	1 mg
	0,05 mg
	0,01 mg
	0,6 mg
	0,3 mg
	25 mg
	20 mg

Source (ARVY, 2007)

Il est à noter que le fruit de la tomate est principalement composé d'eau (93%) avec un taux d'acidité considérable, lui conférant un goût acide. Il ne contient pas de lipides, mais parfois des traces de protéines, sans oublier la présence de sels minéraux tels que le calcium, le potassium, le sodium, le phosphore et le fer. Les pigments caroténoïdes, de couleur rouge, jaune et orange, donnent leur coloration aux fruits, tandis que les fibres insolubles constituant la matière sèche se trouvent en quantité importante.

6. Les différentes variétés et génétique de la tomate

Selon Chaux et Foury (1994), le genre *Solanum* comprend huit espèces, dont trois sont restées confinées dans leurs zones d'origine. Une seule espèce, *Solanum lycopersicon* sous sa forme sauvage, a migré vers le sud de l'Amérique du Nord. C'est au Mexique que la domestication de la tomate a eu lieu.

Selon Kolev (1976), la diversité variétale de la tomate est extrêmement grande. Actuellement, on connaît plus de 1000 variétés, que l'on peut classer en deux groupes principaux : les variétés fixées et les hybrides.

6-1-Les variétés fixées : Ces variétés sont obtenues par autofécondation d'individus homozygotes, qui se reproduisent de manière semblable à eux-mêmes de génération en génération (Winter, 2000).

6-2-Les hybrides : Les hybrides F1 sont produits par l'hybridation de deux lignées homozygotes, ce qui entraîne des caractères résultant de la combinaison des informations génétiques de chaque parent (Badoux, 1984).

Selon les variétés, la croissance peut être déterminée ou indéterminée. Dans le cas de la croissance déterminée, la tige s'arrête après avoir produit un nombre variable de bouquets (par exemple, 4 à 7 selon l'environnement pour l'hybride Montfavet H63-4). Dans le cas de la croissance indéterminée, l'axe principal continue sa croissance et doit être pincé au-dessus du nombre de bouquets désiré. En moyenne, ces bouquets apparaissent toutes les trois feuilles (Chaux, 1972).

Tableau 03 : Les différentes variétés de la tomate à port indéterminé.

Variété	Aspect	Poids	Précocité
Alamo	Fruit de 12 cm de long, rouge, charnue	120g	mi-précoce
Ananas	Gros fruit à chaire jaune orangée	250 -500g	Tardive
Agora	Petit fruit, rond, lisse en grappe	60g	mi-précoce
Marmande	Multi loge, très rondes	130-140 g	Précoce
Saint-Pierre	Multi loge ronde, aplati, Lisse	140-160g	Tardive
Narit F1	Multi loge, Très lisse, ronde	140-160g	Précoce

Source:(JEAN-MARIE, 2017)

7. Exigences de la culture de la tomate

7.1. Exigences climatiques

7.1.1. Températures

La tomate est une plante qui nécessite une chaleur constante tout au long de sa croissance. La température idéale pour sa culture se situe entre 18 et 25°C durant la journée et entre 15 et 16°C la nuit. Si la température descend en dessous de 15°C, la formation des organes floraux et la floraison s'interrompent, et en dessous de 10°C, la croissance végétative cesse complètement (Lambert, 2006).

7.1.2 Humidité relative

L'humidité de l'air est cruciale pour le bon développement de la tomate. Un taux d'humidité relative compris entre 60% et 65% est optimal à tous les stades de son développement (Chibane1999).

7-1-3- Luminosité

La lumière influence la croissance et la fructification de la tomate par sa durée, son intensité et sa qualité. La culture de la tomate nécessite environ 1200 heures d'ensoleillement pendant les six mois de végétation. Un éclairage de 14 heures par jour est idéal pour une bonne nouaison, tandis que la photopériode ne doit pas dépasser 18 heures par jour (Naika et al., 2005).

7.2. Exigences pédologiques

7.2.1. Type de sol

La tomate peut être cultivée dans presque tous les types de sols, allant des terrains alluviaux aux sols argileux les plus lourds. Néanmoins, elle préfère particulièrement les sols légers, perméables, meubles et riches en humus (Lambert, 2006).

7.2. 2.Température du sol

Pour obtenir une bonne production précoce, il est nécessaire que la température du sol soit d'au moins 15°C (Elmhirst, 2006).

7.2.3. Humidité du sol

La tomate a des besoins en humidité du sol très élevés tout au long de sa période de croissance. Cette exigence est due à la capacité de la plante *Lycopersicon esculentum* à produire une masse végétative importante ainsi qu'un grand nombre de fleurs et de fruits en un laps de temps

relativement court (Elmhirst, 2006).

7.2.4. pH du sol

Selon Chaux et Foury (1994), la tomate tolère bien une large gamme de pH du sol, mais un pH compris entre 6.0 et 7.0 assure le meilleur équilibre nutritionnel pour la plante.

7.3. Exigences hydriques

Chaux et Foury (1994) précisent que durant la phase végétative, l'humidité de l'air doit être maintenue entre 70% et 80%. Une humidité supérieure, souvent rencontrée dans les abris plastiques, peut augmenter le risque de maladies cryptogamiques.

8. Les techniques culturales

Pour obtenir une production de tomates de qualité et en quantité, une grande attention est nécessaire du semis en pépinière jusqu'à la récolte. Il est donc essentiel de bien connaître les techniques culturales spécifiques à la tomate, qui jouent un rôle crucial dans le succès de la culture (ANONYME, 1979 cité dans MEKIOUI, 2012).

8-1-L'assolement et rotation

Pour combattre les parasites présents dans le sol, tels que les nématodes et les maladies vasculaires, il est recommandé de ne cultiver les tomates que tous les quatre ans sur la même parcelle, ou de désinfecter le sol. Il est également important d'éviter d'enfouir les résidus des récoltes précédentes (JACOP, 1978 cité dans REBOUH, 2011).

Selon SHANKARA et al. (2005), lorsque la tomate est cultivée en monoculture, il est essentiel de pratiquer la rotation des cultures. Cela permet de réduire la probabilité de subir des dommages causés par des maladies ou des ravageurs.

8-2-Préparation du sol

D'après SHANKARA et al. (2005), il est nécessaire de labourer le sol pour préparer la terre à une nouvelle culture, car cela améliore la conservation de l'eau.

Labourer le sol après la récolte de la culture précédente améliore sa structure et sa capacité de rétention d'eau. Cette pratique réduit également les risques de maladies et de ravageurs présents dans le sol, car l'exposition de la terre au soleil peut éliminer ces nuisibles. Il est essentiel de labourer en profondeur pour casser la couche dure du sous-sol, connue sous le nom de semelle de labour, éliminer les mauvaises herbes et ameublir le sol. Cette méthode favorise également la croissance des racines. Il est souvent nécessaire de herser deux fois pour niveler correctement le terrain, briser les mottes et éliminer les résidus de la culture précédente.

8-3-Production de plants

Il est toujours préférable d'utiliser des semences soigneusement sélectionnées, et leur désinfection est indispensable (LAUMONNIE, 1979).

Semis :

Selon KOLEV (1976), le stade de la pépinière est crucial dans la vie de la plante, car la qualité des plants détermine le potentiel de production. Après le semis, les graines sont légèrement recouvertes de terreau à une profondeur d'environ 1 cm. Le semis peut également être réalisé en pots pour produire des plants individuels.

Le semis se fait dans un milieu humide mais bien drainé, sans excès d'eau, dépourvu de parasites, pauvre en sels, et avec un pH neutre ou légèrement acide : tourbe enrichie, vermiculite ou un mélange de tourbe et sable, ou tourbe et vermiculite, etc. (CLAUSE, 1975).

D'après CHAUX (1972), il faut utiliser des semences saines et un substrat léger et désinfecté lors du semis. Le semis se fait en caissettes ou en mottes, à une température idéale de 25°C (ANONYME, 2003 a).

Selon CHIBANE (1990), les semis doivent être réalisés en plateaux alvéolés. Les besoins par hectare sont de 70 à 80 grammes de semences et de 40 à 50 sacs de 80 kg de tourbe.

8-3-1-Entretien de la pépinière

L'entretien de la pépinière comprend plusieurs étapes importantes :

- Ombler la pépinière en cas de fortes chaleurs.
- Installer des filets insect-proof à toutes les ouvertures des serres.
- Éliminer les plants malades ou chétifs.
- N'irriguer les plateaux qu'après le troisième jour de semis, puis arroser avec un arrosoir tous les 2 à 3 jours en évitant l'excès d'eau.
- Lutter contre les rongeurs en plaçant des appâts empoisonnés autour de la pépinière (CHIBANE, 1999).

8-3-2-Plantation

Le repiquage des plantules sur le terrain se fait entre 3 et 6 semaines après l'ensemencement. Une semaine avant le repiquage, il est nécessaire de sevrer les plantules en réduisant l'arrosage, mais 12 à 14 heures avant de les retirer du lit de semis, il faut les arroser abondamment pour éviter d'endommager les racines. Les plantules ayant entre 3 et 5 feuilles réelles sont les plus appropriées

pour le repiquage (SHANKARA, 2005).

Selon LAUMONNIER (1979), les plants doivent être plantés verticalement et renforcés jusqu'à la première feuille. La plantation doit être réalisée de manière à ce que les racines soient étalées en profondeur et bien recouvertes de terre. La densité de plantation doit varier en fonction de la qualité du terrain et de la méthode de conduite des plants. Par exemple, pour des plants conduits à un seul bras, une plantation plus dense est possible, tandis que pour des plants conduits à deux bras, un espacement plus important est nécessaire.

La transplantation de la pépinière à la serre est une opération délicate, car elle conditionne la bonne reprise des plants et leur précocité. Il est recommandé de procéder à la plantation par temps couvert et humide ou en fin de journée pour éviter les coups de chaleur (ANONYME, 1995).

8-3-3-Irrigation

L'irrigation est un facteur essentiel pour le rendement et la qualité des tomates, contribuant à la fois à l'élaboration de la matière sèche et à la nutrition minérale (CHAUX, 1994). Selon DAHMANI (1993), une irrigation abondante après le semis est nécessaire pour assurer une levée rapide.

Il est crucial d'arroser régulièrement les plantes, surtout pendant les périodes de floraison et de formation des fruits. L'apport en eau joue un rôle majeur pour obtenir une maturité uniforme et éviter la pourriture apicale (SHANKARA et al., 2005). La quantité d'eau nécessaire dépend du type de sol et des conditions météorologiques (précipitations, humidité, et température) (SHANKARA et al., 2005).

La tomate est une plante sensible aussi bien au déficit qu'à l'excès d'eau. Un déficit hydrique, même de courte durée, peut réduire considérablement la production. De même, un excès d'eau, notamment aux stades de faible consommation, peut provoquer l'asphyxie des racines et le dépérissement total des plants (CHIBANE, 1999).

9. Principales maladies et ravageurs de la tomate

Les maladies et ravageurs des cultures de tomate constituent un facteur crucial pour une production économiquement viable, respectueuse de l'environnement et de la santé humaine (BLANCARD, 2009). La spécificité écologique de la culture de la tomate la rend vulnérable à diverses nuisances (NECHADI, et al., 2002).

9.1. Les maladies cryptogamiques

9.1.1. Pourriture grise de la tomate

La pourriture grise, causée par le champignon *Botrytis Cinerea*, est l'une des maladies les plus redoutables en culture sous serre. Ce champignon peut infecter toutes les parties de la plante, notamment les feuilles, les tiges et les fruits. La maladie se manifeste par des taches beiges en anneaux concentriques, parfois en forme de flamme, ainsi que par des chancres gris-beige légèrement déprimés avec un duvet grisâtre constitué des fructifications conidiennes du champignon. Sur les fruits, elle provoque une pourriture molle avec affaiblissement des tissus, généralement à partir des sépales ou pétales desséchés. Des anneaux blanchâtres appelés taches fantômes peuvent également apparaître (EL AKEL et al., 2001). Une humidité relative de 90 % et une température entre 17 et 23 °C favorisent cette maladie. *Botrytis* est un champignon de faiblesse qui se propage fortement lors de l'effeuillage, de l'ébourgeonnement ou du tuteurage (EL AKEL et al., 2001).

9.1.2. Alternatise

L'alternatise, causée par *Alternaria solana*, se manifeste sur les feuilles par des taches rondes bien délimitées et foncées avec des anneaux concentriques. Elle peut également provoquer des nécroses qui commencent souvent au niveau de la cicatrice pédonculaire (EL AKEL et al., 2001). Une alternance de pluie et de soleil favorise la fructification du champignon (MESSIAEN et al., 1991). Cette maladie nécessite des hygrométries élevées et des températures comprises entre 18 et 25 °C (BLANCARD, 1988).

9.1.3. Oïdium

L'oïdium, causé par le champignon *L'èveilla taurique*, se manifeste par des taches jaunes sur le dessus des feuilles. Sur ces taches, des spores blanches et poudreuses se développent, aussi bien sur le dessus que sur le dessous des feuilles. En cas d'infection sévère, les feuilles subissent une sénescence et le rendement diminue. Ce pathogène n'affecte ni les fruits ni les tiges. La maladie se développe avec une humidité relative de 50 à 70 % et une température entre 20 et 25°C. La présence d'eau libre n'est pas nécessaire (EL AKEL et al., 2001).

9.1.4. Mildiou

Le mildiou, causé par *Phytophthora infestans*, est l'une des maladies les plus destructrices des cultures de tomate dans le monde (CESPEDES, 2013). Ce pathogène forme de larges taches jaunâtres, puis brunes sur les feuilles. Si les conditions sont favorables, le pourtour des taches reste clair sur la face supérieure et est couvert d'un duvet blanchâtre sur la face inférieure (BOVEY et al., 1972). Sur les fruits, des taches brunes marbrées et bosselées apparaissent (BLANCARD, 1988). Le cycle de vie du pathogène peut être complété en 3 à 4 jours. L'accumulation rapide de l'inoculum

se produit généralement dans les champs ou sous abri pendant la saison favorable, avec des températures moyennes entre 20 et 22°C et une humidité relativement élevée (JUNIOR, 2006). Une atmosphère sèche et des températures proches de 30°C détruisent le pathogène (BLANCARD, 1988).

9.1.5. Rhizoctone

La rhizoctone est une maladie causée par *Rhizoctonia solani*, un champignon tellurique responsable de la fonte des semis. Il peut provoquer des lésions brun rougeâtre sur toutes les parties de la graine germée et produire des chancres au niveau du collet. Ensuite, il s'attaque à la tige et la ceinture progressivement (BLANCARD, 2009). Cette maladie est particulièrement présente dans les sols maraîchers ayant souvent abrité des cultures de légumineuses. Elle peut se développer aussi bien dans les sols humides et lourds que dans les sols plus légers et plus secs, à des températures comprises entre 15 et 26°C (BLANCARD, 1988).

9.1.6. Sclérotines

La sclérotine, causée par *Sclerotinia sclerotiorum*, provoque des lésions chancreuses humides sur la tige et le collet des jeunes plants en pépinière, menant inévitablement à leur mort. Sur les plantes plus âgées, le champignon colonise les blessures et produit des scléroties à l'intérieur de la tige. Ces altérations évoluent progressivement jusqu'à ceinturer la tige (BLANCARD, 2009).

9.1.7. Fusariose

La fusariose, causée par le champignon tellurique *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersicon*, est parmi les maladies les plus dévastatrices de la tomate (SUDHAMOY, 2009). Les premiers symptômes apparaissent sur une seule moitié de la surface des feuilles, des branches ou des plantes (RUOCCO, 2001). Ces symptômes incluent un jaunissement des feuilles et un flétrissement qui se propage à partir de la base de la tige (MOHAMED H AA., 2003). La maladie cause de grandes pertes, surtout chez les variétés sensibles de tomates, lorsque la température du sol et de l'air est élevée, ce qui favorise son apparition (SUDHAMOY, 2009).

9.2. Les maladies bactériennes

Les principales maladies bactériennes affectant la tomate sont résumées dans le tableau ci-dessous

Tableau 04 : Les principales maladies bactériennes de la tomate (BLANCARD, 2009).

Nom de la maladie	Symptômes	Condition favorable au développement
<p>Pseudomonas syringae La moucheture bactérienne</p>	<p>Sur feuilles, la maladie se manifeste sous forme de minuscules taches noires, entourées d'un halo jaune constituant le symptôme le plus caractéristique. Sur fruits, Apparaissent des petites lésions superficielles brunes circulaires pouvant entraîner sa déformation</p>	<p>La bactérie peut survivre et se maintenir sur la plante sans manifester de symptômes. Le développement de la maladie est favorisée par une humidité relative élevée, des températures d'environ 20°C et en particulier la présence de film d'eau sur les organes de la plante</p>
<p>Xanthomonas campestris La gale bactérienne</p>	<p>Se manifeste sous forme de taches sur toutes les parties aériennes de la plante. Ces taches sont souvent plus grosses que celles de la moucheture. Sur fruits, de petites pustules</p>	<p>La maladie est transmise par la semence. Elle est favorisée par des températures assez élevées (optimum 25°C). la pénétration dans les tissus se fait par les ouvertures ou par</p>
	<p>brunâtres d'aspect liégeux, sont observées. Au grossissement du fruit, ces gales s'entourent d'un halo huileux.</p>	<p>des blessures accidentelles. La bactérie se conserve dans les débris des récoltes.</p>

<p>Clavibacter michiganensis</p> <p>Le chancre bactérien</p>	<p>La maladie se manifeste souvent par un flétrissement, souvent unilatéral, qui débute par les feuilles de la base.</p> <p>Les folioles s'incurvent sur les bords avant de flétrir.</p> <p>Des stries noires apparaissent souvent sur les pétioles et sur les tiges.</p> <p>Sur tiges, une coupe longitudinale permet de montrer un fil blanchâtre, jaunâtre ou brunâtre au niveau des tissus vasculaires. La décoloration de la moelle et son détachement des tissus vasculaires.</p> <p>Sur fruits, se forment souvent de petites taches blanchâtres dont le centre brunit et s'entoure d'un halo jaune clair qu'on appelle « œil de oiseau »</p>	<p>18 à 24°C avec plus de 80% d'humidité. Comme la plupart des bactéries, elle est favorisée par des périodes climatiques humides. Les plantes plus vigoureuses après un apport d'azote, serait plus sensibles.</p>
--	--	---

Source: (BLANCARD, 2009).

Ces maladies peuvent causer des pertes significatives en production si elles ne sont pas gérées correctement. Il est essentiel de surveiller régulièrement les cultures et d'appliquer des mesures de prévention et de traitement appropriées pour minimiser leur impact.

9.3. Les maladies virales

9.3.1. Tomato mosaic virus (TOMV) (virus de la mosaïque de la tomate)

Les symptômes varient en fonction de la variété de la plante, de son âge lors de l'infestation, et des conditions environnementales. Le virus cause des marbrures, une rugosité des feuilles, et un nanisme, ce qui entraîne une diminution des rendements et un roussissement des fruits (BENTON, 2008). La transmission se fait par les pucerons (TROTIN-CAUDAL, 2011).

9.3.2. Cucumber mosaic virus (CMV) (virus de la mosaïque du concombre)

Les plants infectés montrent un raccourcissement marqué des entre-nœuds et des pousses apicales, leur donnant un aspect compact et buissonnant. Les folioles sont petites et enroulées vers le haut. Les feuilles plus âgées présentent une mosaïque légère, et les rendements sont considérablement réduits avec des fruits peu nombreux, petits et de maturité inégale (GALLITELLI, 2000). Le CMV est transmis par plus de 80 espèces de pucerons (GALLITELLI, 2000).

9.3.3. Tomato spotted wilt virus (TSWV) (virus de la maladie bronzée de la tomate)

Les symptômes du TSWV sont variés : mosaïque vert clair à vert foncé sur les feuilles, taches chlorotiques à nécrotiques parfois en anneaux, et plages rouge brun à la base des folioles qui deviennent légèrement enroulées (MARCHAUX et al., 2008). Le virus est principalement transmis par les thrips, avec neuf espèces identifiées comme vecteurs.

9.3.4. Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) (virus du jaunissement et feuille en cuillère de la tomate)

Les plantes atteintes présentent une croissance ralentie ou bloquée, ce qui leur confère un aspect chétif avec des entre-nœuds réduits, un aspect buissonnant, et des folioles petites, jaunes, incurvées ou filiformes. Les fruits sont petits et peu nombreux, et une infection précoce peut entraîner une récolte nulle (TROTIN-CAUDAL, 2011). Le virus est transmis par les aleurodes (BENTON, 2008).

9.4. Les ravageurs

9.4.1. La mineuse

Les larves de Tutta Absolut creusent des mines dans les feuilles, laissant les deux épidermes transparents. Sur les fruits, des galeries apparaissent sur les sépales et au niveau de la tige, avec des perforations et dessèchements dans la partie haute de la plante (TROTIN-CAUDAL, 2011). Le développement de Tutta Absolut se poursuit entre 7 et 9°C, tandis qu'à 4°C, les larves se maintiennent en conditions de laboratoire. Une température constante de 35°C arrête son développement, mais elle est maintenue par des variations de température (ex. 25°C à 35°C) (TROTIN- CAUDAL, 2011)

9.4.2. Les aleurodes

Ces insectes injectent une salive contenant des enzymes et des toxines qui perturbent les processus physiologiques des plantes, causant une maturation précoce et une coloration irrégulière des fruits (TROTIN-CAUDAL, 2011). Les aleurodes se développent entre 10 et 32°C, permettant leur survie et multiplication presque toute l'année en serre (EL AKEL, 2001).

9.4.3. Les thrips

Sur les feuilles, les thrips provoquent des taches argentées puis blanches avec des ponctuations noires brillantes correspondant à leurs déjections. Sur les fruits, on observe une petite ponctuation brune entourée d'un halo blanchâtre sur les fruits verts (TROTIN-CAUDAL, 2011). Le développement des thrips est favorisé par des climats avec une humidité relative élevée et des précipitations faibles. Les fortes pluies freinent leur multiplication lorsqu'ils émergent du sol.

9.4.4. Les noctuelles

Les chenilles des noctuelles perforent les feuilles dès leur éclosion, créant des galeries dans les fruits et entraînant un pourrissement en cas d'attaque précoce sur les jeunes fruits verts. Les fruits présentent parfois des broutures en surface et des perforations au niveau de la tige (TROTIN-CAUDAL, 2011). Les températures influencent leur développement : à 25°C, les œufs éclosent en environ 4 jours, à 22°C, le développement larvaire dure environ 18 jours, contre environ 50 jours à 17°C (MALAIS ET RAVENSBERG, 2006).

9.4.5. Les acariens

Les acariens piquent les folioles à la face inférieure, parfois supérieure, provoquant un dessèchement des cellules et un aspect moucheté. En cas d'infestation sévère, on observe un dessèchement des feuilles ou de la plante entière, souvent recouverte de toiles fines caractéristiques (**Trottin-Caudal, 2011**). Leur développement est rapide par temps chaud et sec : à 20°C, le cycle de vie dure environ 15 jours, 9 jours à 25°C, et moins de 7 jours au-dessus de 30°C (TROTIN-

CAUDAL, 2011).

9.4.6. Les pucerons

Leurs piqûres provoquent la crispation ou l'enroulement des feuilles, se localisant sous celles-ci. Les pucerons sécrètent un miellat favorisant le développement de la fumagine (MOREAU et LETEINTURIER, 1997). En serre, les pucerons se multiplient rapidement : à 20°C, le temps de doublement de la population est de 2,4 à 5,1 jours. La durée de développement est influencée par la température : environ 8,9 jours à 20°C (TROTTEIN-CAUDAL, 2011).

Chapitre II : Matériel et méthodes

1-Objectifs et description de l'expérimentation

1-1-Rappel des objectifs

Notre expérience vise à tester la réponse des plants de tomate à deux types d'engrais organiques, respectivement, le fumier de chèvre et le fumier de vache, appliqués à différentes doses, avec l'application de deux doses différentes d'irrigation.

1-2-Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est de la tomate maraîchère locale (), la variété choisie est la variété de tomate Hans, qui se caractérise par :

- ✓ Les récoltes sont homogènes et résistantes ;
- ✓ Peut-être cultivée aussi bien en pleine terre qu'en serre ;
- ✓ Hauteur moyenne de (80-120 cm) ;
- ✓ Donne des fruits 85 à 110 jours après la germination ;
- ✓ Buissons - puissants, charnus, dotés d'un bon système racinaire ;
- ✓ A tendance à construire activement une masse verte ;
- ✓ A de grandes feuilles juteuses;
- ✓ La plante est résistante à de nombreuses maladies ;
- ✓ Les fruits sont délicieux et juteux;
- ✓ Les graines germent à plus de 90 %, ce qui est un indicateur élevé;
- ✓ Le poids maximum d'une tomate peut atteindre 60 à 150 g;
- ✓ Productivité - de 100 à 120 tonnes / ha;
- ✓ Les fruits sont en forme de prune;
- ✓ Les tomates ont une peau dense;
- ✓ La couleur de la tomate est rouge vif, visible;

Il contient une pulpe juteuse avec un grand nombre de grains.

1-3-Lieu de l'expérience

"Notre expérience s'est déroulée sous serre, au niveau du département des Sciences

Agronomiques de l'Université de Laghouat."

1-4-Conditions expérimentales

1-4-1-Le substrat (sol) utilisé pour l'expérimentation

Le substrat utilisé dans notre expérience est un mélange de sol prélevé en Janvier 2022 dans les zones agricoles (Tajmout et Daya Gueblia), ces zones sont situées dans la wilaya de Laghouat.

1-4-2-Fumier organiques utilisés

- ✓ Lors de ces travaux, nous avons utilisé deux types d'engrais organiques :
- ✓ Le fumier de vache bien décomposée de plus de 7 ans ;
- ✓ Fumier sec de chèvre de plus de 3 ans ;
- ✓ Les deux engrais nous ont été fournis par des éleveurs de la région de Laghouat.
- ✓ Les fumiers utilisés ont été sujets à des analyses physico-chimiques, qui seront décrits à la fin de ce chapitre dans la section (2.5).

1-4-3-Les Conteneurs

Les contenants utilisés sont des pots en plastique (Figure01), caractérisés par: une hauteur de 12 cm, un diamètre de 14 cm, une couleur brune, une capacité de 1,5 kg. Ils sont équipés à leur base permettant par des orifices de drainage pour l'évacuation des excès d'eau.



Figure01: Représentation des conteneurs utilisés

1-4-4-Préparation du substrat (sol)

Afin de garantir un environnement propice à la culture, nous avons mélangé et tamisé la terre collectée pour éliminer tout résidu indésirable tel que les graviers ou les racines des résidus. Cela a également contribué à homogénéiser la taille des particules du sol, ce qui permet d'assurer un

meilleur drainage de l'eau et une bonne aération du sol pour le développement propice des plants cultivés.

1-4-5-Doses d'amendements organiques utilisées

D'après Lafrance (2007), l'apport de 30 à 50 tonnes/ha d'amendements organiques est favorable à la croissance des cultures maraîchères, à condition que ces matières organiques soient bien décomposées.

L'aumônier (1979) souligne que les cultures maraîchères ne supportent pas bien les fumures organiques abondantes et qu'il est donc recommandé de leur réserver des terres ayant reçu des apports d'amendements organiques avant leur mise en culture. Afin d'atteindre

Durant notre travail, nous avons opté pour 4 doses (Traitements) comme suit :

- **Le traitement témoin noté (D0)** : qui représente le substrat sol non fertilisé, ou témoin ;
- **Le traitement noté (D1C)** : qui représente le substrat sol non fertilisé auquel est apporté du fumier de chèvre avec une quantité de 10% ;
- **Le traitement noté (D2C)** : qui représente substrat le sol non fertilisé auquel est apporté du fumier de chèvre avec une quantité de 15% ;
- **Le traitement noté (D1V)** : qui représente le substrat sol non fertilisé auquel est apporté du fumier de vache avec une quantité de 10%.
- **Le traitement noté (D2V)** : qui représente le substrat sol non fertilisé auquel est apporté du fumier de vache avec une quantité de 15%.

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

1-4-6-LES, Doses et eau utilisée pour l'irrigation

L'irrigation est effectuée tous les deux jours avec l'eau du robinet de l'université Amar TELIDJI, durant notre travail expérimental, deux doses sont retenues à savoir :

Dose un noté **I1** : qui représente un ajout de 250 ml d'eau de robinet ;

Dose deux notée **I2** : qui représente un ajout de 350 ml d'eau de robinet.

Tableau N°05 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau utilisée pour l'irrigation

T(°C)	pH	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Turbidité (NTU)	TDS (mg/l)
14,7	7,87	1166	23,4	689

Source: Algérienne Des Eaux (Laghout 2024)

1-4-7-Dispositif expérimental

Le protocole expérimental adopté lors de notre essai est entièrement randomisé avec trois facteurs à différents niveaux :

✓ Le facteur 1, est la dose d'eau d'irrigation avec 2 niveaux: la dose 1 (I1) qui est de 250 ml et la dose 2 (I2) qui est de 350 ml;

✓ Le facteur 2, est le type de fumier s à 2 niveaux (fumier de chèvre, fumier de vache);

Le facteur 3, est la dose de fumier avec 3 niveaux ou traitements (D0; D1; D2).

Le plan totalement randomisé (PTR) est réalisé avec trois répétitions pour chaque dose utilisée et à raison de 10 plants par contenant.

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

2-Conduite de l'expérience et notations des mesures

2-1-Le semis et la levée des graines germées

Le semis des graines de la tomate a été réalisée le 12/02/2024, dans les conteneurs à une profondeur d'environ 2 à 3 mm du substrat utilisé à cette fin et à raison de dix (10) graines par contenant. Les graines utilisées sont ramenées du commerce de la ville de Laghouat. Nous avons considéré graines germées, lorsque, le coléoptile apparait et émerge à la surface du substrat. Le taux moyen de germination (capacité de germination) des graines de la variété de tomate utilisée (Hans), est d'environ 90%.

2-2-Irrigation

Les jeunes plants ont été arrosés régulièrement avec de l'eau du robinet, aux doses V1 et V2 par plant et allant de deux à trois fois par semaine.

2-3-Conditions expérimentales et suivi de la température

Durant toute l'expérience, les températures journalières diurnes mesurées en degré Celsius (°C), sont enregistrées à mi-journée, à savoir (12 h).

Nous constatons (Figure N°02), que la température durant notre travail expérimental fluctue entre un minimum de 7,03 (°C) enregistré au début de l'expérimentation durant la germination des semences et un maximum aux alentours de 23,68 (°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.

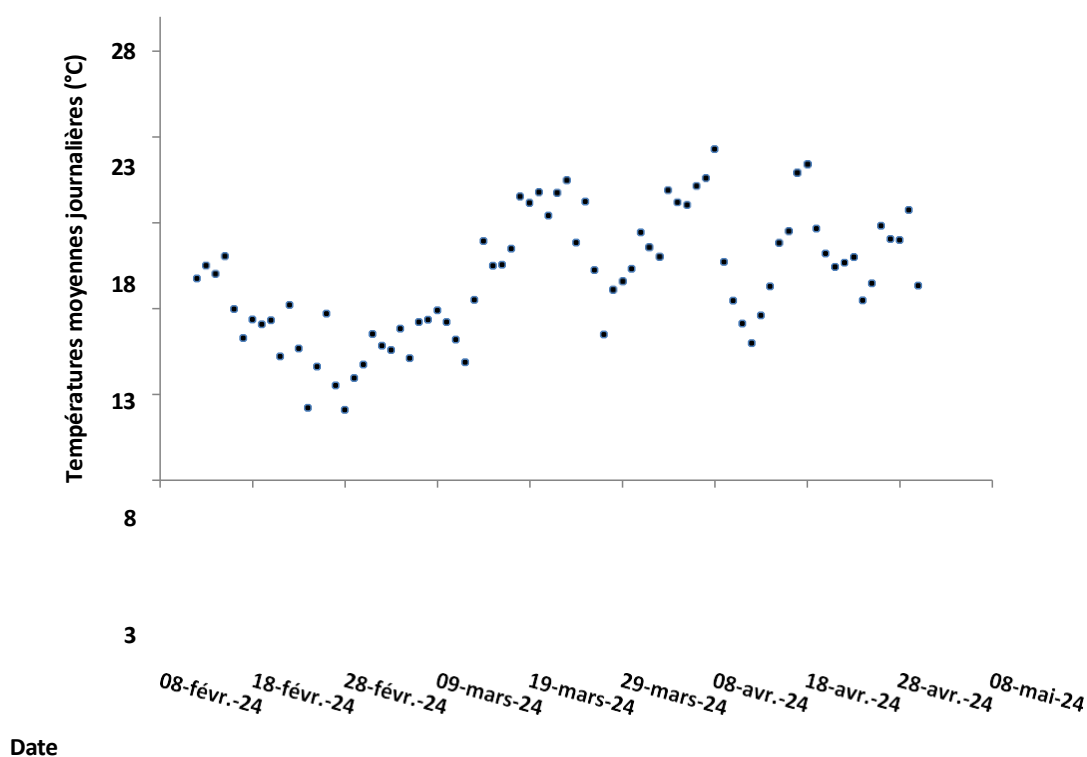


Figure02: Représentation des conteneurs utilisés.

2. 4. Paramètres mesurés sur les plants

Nous avons suivi la biométrie (croissance et développement) des plantes ainsi que des paramètres biochimiques et physiologiques, afin d'évaluer le comportement des tomates *Hans* par rapport aux facteurs étudiés.

Dans nos travaux, nous considérons les plantes comme des plantules à un bon stade physiologique, avec des feuilles brillantes et bien développées, une tige peu développée et un système racinaire remplissant bien la motte (Delamarre, 2014).

2. 4. 1. Mesure des paramètres de croissance des plants

Selon Delamare al (2014), la période de culture des plants sur le marché (du semis à la plantation) varie en fonction du type et de la variété, elle varie de 35 à 55 jours, notamment en fonction des possibilités d'espacement entre eux.

2.4.1.1. Hauteur des tiges des plants (cm)

Ce paramètre est mesuré en centimètres (cm) à l'aide d'une règle graduée, du collet jusqu'à l'apex. Les mesures sont effectuées après 21 jours du semis (3 semaines), c'est un temps qui nous a paru suffisant pour pouvoir manipuler les plants émergés sans les endommager, ces mesures sont effectuées de façon hebdomadaire (chaque semaine) et cela durant 56 jours (8 semaines).

2.4.1.2. Longueur des racines des plants (cm)

Après 77 jours (11 Semaines depuis le semis), suivant le semis des graines, la longueur (cm), de la partie souterraine des plants est également mesurée en centimètres à l'aide d'une règle graduée.

Vitesse de croissance des tiges et des racines des plants

Ce paramètre est mesuré à la fin de l'expérience. Le principe consiste à diviser la hauteur des tiges (cm) ou la longueur des racines (cm) par le nombre de jours écoulés (77 jours). La vitesse de croissance est alors exprimée en (cm/jour)

2-4-1-3-Indice de vigueur des plants

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

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

2-4-1-4-Taux relatif moyen de développement des plants (TRMD)

Le taux relatif moyen de développement des plants est un outil utile pour l'analyse quantitative de la croissance des plantes et ses implications physiologiques (Radford, 1967). Dans notre cas ce paramètre est mesuré toute les semaines selon les mesures des hauteurs des plants. Il est déterminé par l'utilisation de l'équation suivante :

$$TRDM = \frac{[Ln (h_1) - Ln (h_2)] (t_1 - t_2)}{}$$

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

2.5. 1. Mesure des paramètres biochimiques et physiologiques des plants

Ces paramètres sont mesurés à la fin du travail expérimental (11 Semaines depuis le semis).

2. 5. 1. 2. Dosage des Sucres Totaux (mg/g MF)

Les sucres solubles totaux, incluant saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles, et les polysaccharides, sont dosés selon la méthode au phénol de Dubois et al. (1956). La procédure consiste à prélever 100 mg de matière fraîche, à les placer dans des tubes à essais, puis à ajouter 5 ml d'éthanol à 80% pour extraire les sucres. On ajoute ensuite 20 ml d'eau distillée à l'extrait obtenu, formant ainsi la solution à analyser.

Pour le dosage, les tubes sont chauffés au bain-marie pendant 30 minutes à 70°C afin d'évaporer l'alcool. Dans des tubes à essais propres, on place 1 ml de la solution à analyser, à laquelle on ajoute 1 ml de phénol à 5% (dilué dans de l'eau distillée), puis rapidement 5 ml d'acide sulfurique oncentré à 96%, en évitant de verser l'acide sur les parois du tube. La solution devient jaune- orange à la surface. Elle est homogénéisée au vortex pour stabiliser la couleur.

Les mesures d'absorbance sont effectuées à une longueur d'onde de 640 nm. Les résultats des densités optiques sont alors rapportés sur une courbe étalon des sucres solubles, exprimés en termes de glucose, saccharose, et fructose.

2.5. 1. 3. Dosage de la Chlorophylle (mg/g MF)

Dans des tubes à essais, on place 100 mg d'échantillon de feuilles fraîches de plants de tomate, découpées en petits fragments, et on y ajoute 5 ml d'acétone à 80%. Le mélange est laissé à macérer pendant 48 heures. Les concentrations de la chlorophylle totale sont mesurées à l'aide d'un spectrophotomètre aux longueurs d'onde de 663 et 645 nm. L'appareil est étalonné avec une solution témoin d'acétone à 80%. La concentration de la chlorophylle totale dans les feuilles fraîches est calculée à l'aide de la formule suivante:

$$\text{Chlorophyll total (mg/g MF)} = 20,2 \times \text{DO}(645) + 8,02 \times \text{DO}(663)$$

où DO représente la densité optique mesurée par spectrophotométrie.

2.5. 1. 4. Dosage de la Proline (mmol/g MF)

La proline, ou acide pyrrolidine-2-carboxylique, est l'un des vingt principaux acides aminés constituant les protéines. La proline est facilement oxydée par la ninhydrine ou le tricetohydrindène. Ce dosage repose sur cette réaction, suivant le protocole décrit par El Jaafari

(1993) et utilisant la méthode de Troll et Lindsey (1955), simplifiée par Raisio et al. (1987).

On prélève 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 minutes, les tubes étant couverts de papier aluminium pour éviter la volatilisation de l'alcool. Après refroidissement, on prélève 1 ml de l'extrait auquel on ajoute :

1 ml d'acide acétique (CH₃COOH) ;

25 mg de ninhydrine (C₉H₆O₄);

1 ml d'un mélange contenant ;

120 ml d'eau distillée;

300 ml d'acide acétique;

80 ml d'acide orthophosphorique (H₃PO₄);

La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 minutes à 100°C, et vire au rouge. Après refroidissement, 5 ml de toluène sont ajoutés, puis la solution est agitée pour séparer deux phases : une phase supérieure rouge contenant la proline et une phase inférieure transparente sans proline. Après élimination de la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée et éshydratée par ajout de sulfate de sodium anhydre (Na₂SO₄). La densité optique (DO) est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 528 nm. Les valeurs obtenues sont converties en taux de proline grâce à un courbe étalon établi à partir de solutions de concentrations connues en proline, permettant de déterminer les teneurs en proline dans les feuilles des plantes.

2.5. 1.5. La teneur en eau w (%)

La teneur en eau est mesurée pour chaque échantillon immédiatement après la récolte.

Un échantillon de la plante est pesé immédiatement pour obtenir son poids frais (PF), puis placé dans une étuve réglée à 105 °C pendant 24 heures. Après dessiccation, l'échantillon est de nouveau pesé et remis dans l'étuve jusqu'à obtention d'un poids sec constant.

La teneur en eau est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$)W%(= \frac{y-x}{x} * 100$$

y: Poids humide de l'échantillon.

x: Poids de l'échantillon après dessiccation

2-6. Analyse Physico-chimique des Fumiers utilisés

L'analyse physico-chimique des échantillons de terre et des fumiers utilisés est réalisée dans les laboratoires du département des sciences agronomiques, selon les procédures décrites par Mathieu et Piétrain (1998, 2003). Les teneurs en potassium (K) et en sodium (Na) des échantillons de sol sont déterminées en utilisant un photomètre à flamme industriel PFP7 (Royaume-Uni).

Les mesures de pH et de conductivité électrique (CE) sont effectuées dans une solution aqueuse (1/5, échantillon de sol/eau) agitée pendant 30 minutes, puis mesurées à l'aide d'un pH-mètre numérique (H12002) et d'un EC-mètre (Conductimètre WTW INOLAB Niveau 1). La matière organique est estimée au début et à la fin de l'expérimentation (64ème jour) par incinération dans un four à moufle à 650°C pendant 5 heures (Mathieu et Piétrain, 2003). Le carbone organique est ensuite déterminé en divisant la matière organique par 1,72.

L'azote total (N_{tot}) est également déterminé, en utilisant la méthode de Kjeldahl (Bremer et Ulvane, 1982). Les teneurs en calcaire total de la terre sont mesurées en utilisant un calcimètre de Bernard. Les fractions granulométriques du mélange de terre sont obtenues après tamisage à sec, en passant les échantillons de terre dans une série de tamis vibrés pendant 30 minutes dans un vibreur conçu à cet effet (SSS, 2014).

3-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 été soumis à des analyses statistiques à l'aide des logiciels Minitab 17 et Excel Stat 2016.

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Terre et fumiers utilisés

1-1 Paramètres physico-chimiques

L'analyse granulométrique a révélé (voir tableau N°06) que la terre utilisée contient une proportion significative de sable, représentant 98,75 % de sa composition, tandis que les fractions d'argile et de limons sont très faibles, ne totalisant que 1,24 %. De plus, il est noté que la terre est de nature calcaire, avec une teneur en calcaire atteignant 16,32 %

Le tableau montre que la terre présente le pH le plus élevé à 8,14, tandis que le fumier de chèvre a le pH le plus faible à 7,78. Le fumier de chèvre présente également la conductivité électrique la plus élevée avec 6,29 ms/cm et une teneur en sodium relativement élevée à 0,43 mg/kg. La teneur en potassium la plus élevée, 1,32 g/kg, est observée dans le fumier de chèvre, tandis qu'elle est seulement présente sous forme de traces dans la terre non améliorée. L'analyse de l'azote montre que le fumier de vache contient une concentration importante de 0,39 g/kg, et la matière organique est la plus présente dans le fumier de vache.

Tableau N°06 : Paramètres physico-chimiques.

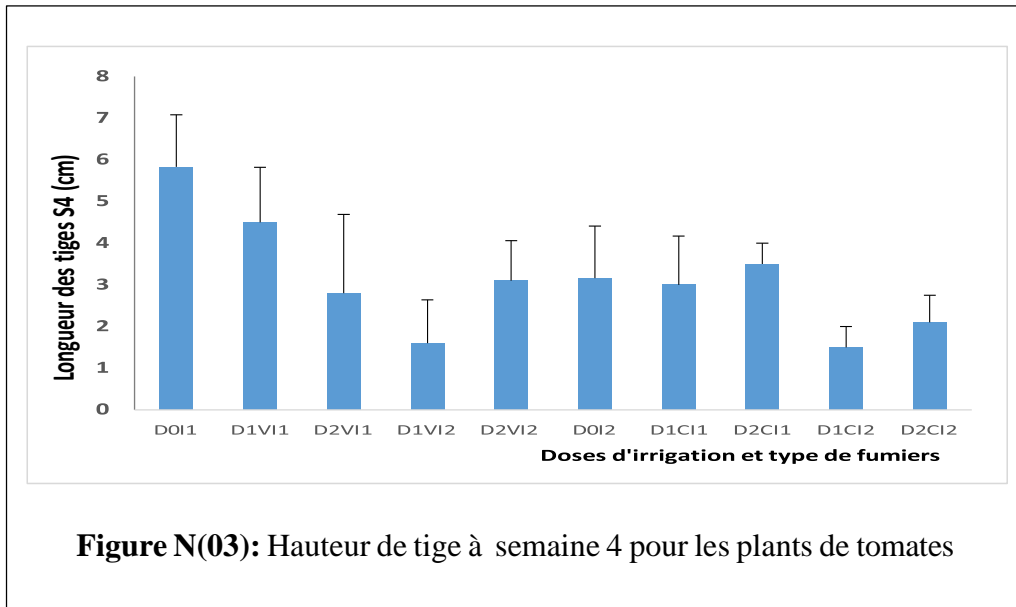
Paramètre	(Substrat)	Fumier de chèvre	Fumier de vache
	Terre non améliorée		
Sables (%)	(98.75±1.68)	/	/
Limons+ Argile (%)	(1.24±0.12)	/	/
CaCO ₃ (%)	(16.32±3.08)	/	/
pH	(8.14±0.10) ^a	(7.78 ±0.23) ^b	(7.93±0.02) ^{ab}
CE (ms/cm)	(0.28±0.01) ^c	(6.29±0.05) ^a	(5.75±0.02) ^b
Na (mg/kg)	(0.03±0.005) ^c	(0.43±0.0005) ^a	(0.22±0.00) ^b
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	(26,6 ±2.75) ^b	(39.5 ±8.31) ^a
N (g/kg)	(0.06±0.0003) ^c	(0,9±0.03) ^b	(0,39±0.008) ^a

2- Paramètre de croissance et de développement des plantes

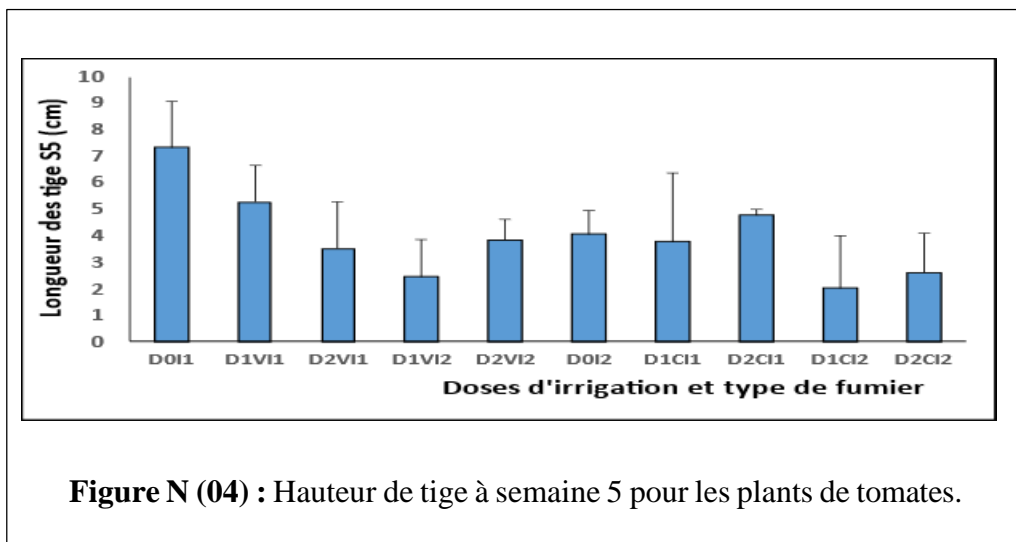
2-1- Hauteur des tiges des plantes

La hauteur des tiges à la semaine 4 est indiquée sur la figure n° 03 et illustrée ci-dessous. La hauteur de tiges la plus élevée a été enregistrée à 5.83 (cm) pour D0I1 On note également que la hauteur de jambe la plus basse a été enregistrée à la dose D1CI2 avec une valeur de 1.5 (cm). On

enregistre également que le développement de la hauteur des tiges des plantes varie de 1.6 à 4.5 cm pour les autres doses.

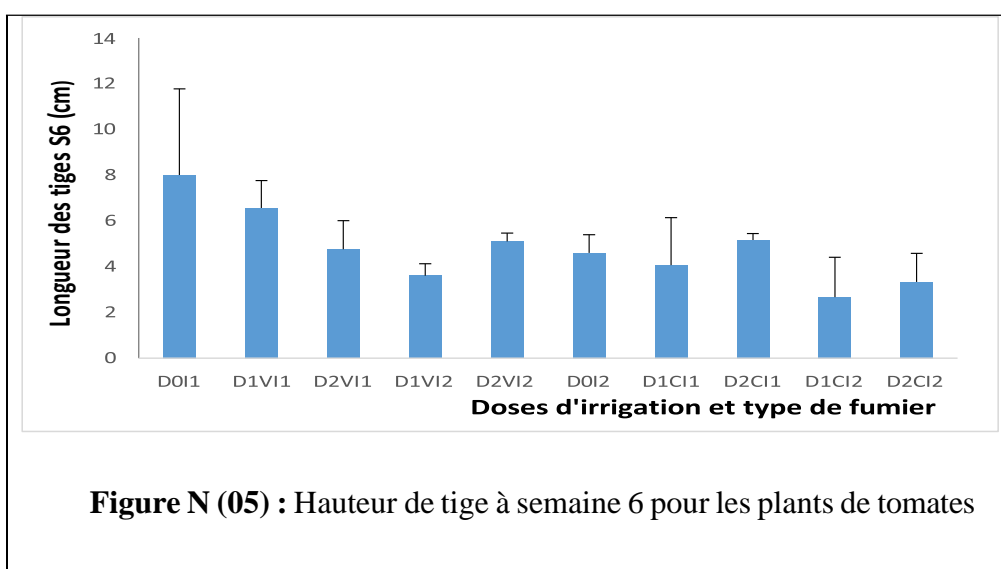


La figure n°04 montre la hauteur de la tige des plants de tomates à semaine 5. Il révèle que la tige la plus haute a été enregistrée à D0I1 avec une valeur de 7.33 (cm) et la tige la plus basse a été enregistrée 1.2 (cm) à D1CI2. La hauteur des tiges par jour est comprise entre 2.43 cm et 5.26 (cm) pour les autres doses.



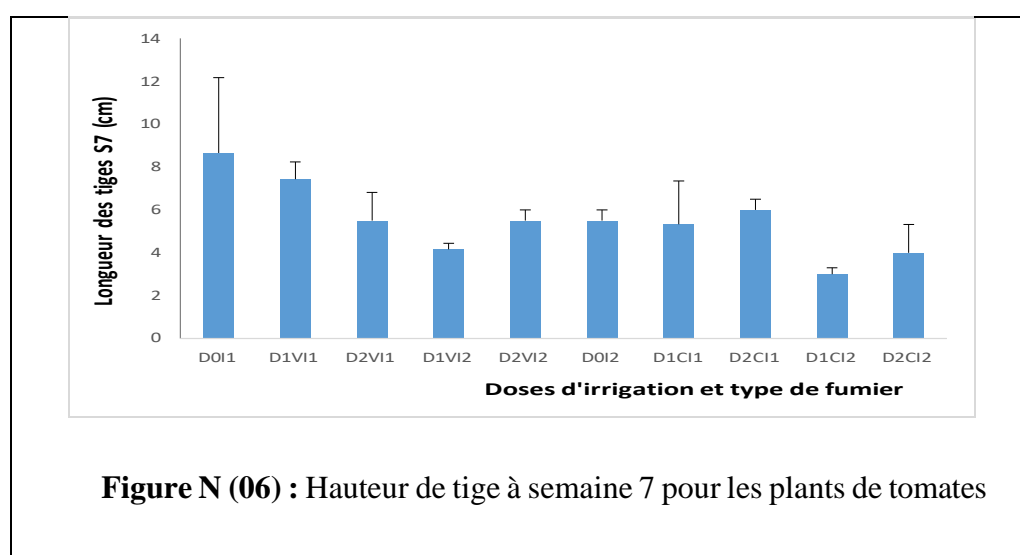
La figure n°05 représente la hauteur de la tige à la semaine 6. Nous notons que la hauteur de tige la plus élevée a été enregistrée pour la dose D0I1 b 8 (cm), tandis que la hauteur la plus basse a été enregistrée 2.66 (cm) à D1CI2

Les hauteurs de tige varient entre 3.33 et 6.56 (cm) pour les deux types d'engrais et autres doses.



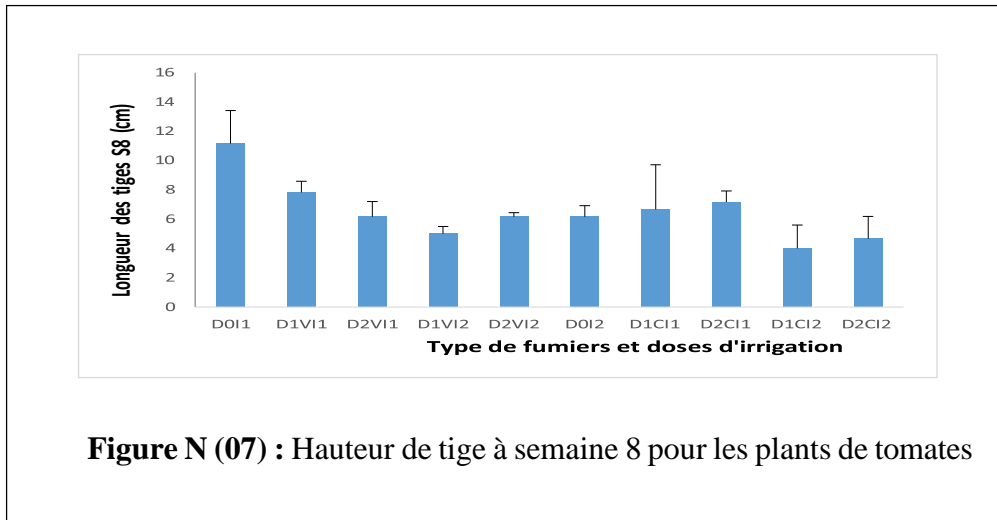
La figure n°06 représente la hauteur de la tige à la semaine 7. Nous notons que la hauteur de tige la plus élevée a été enregistrée à D0I1 b 8.66 (cm), tandis que la hauteur la plus basse a été enregistrée 3 (cm) pour D1CI2.

Les hauteurs de tige varient entre 4 et 7.43 (cm) pour les deux types d'engrais et autres doses.



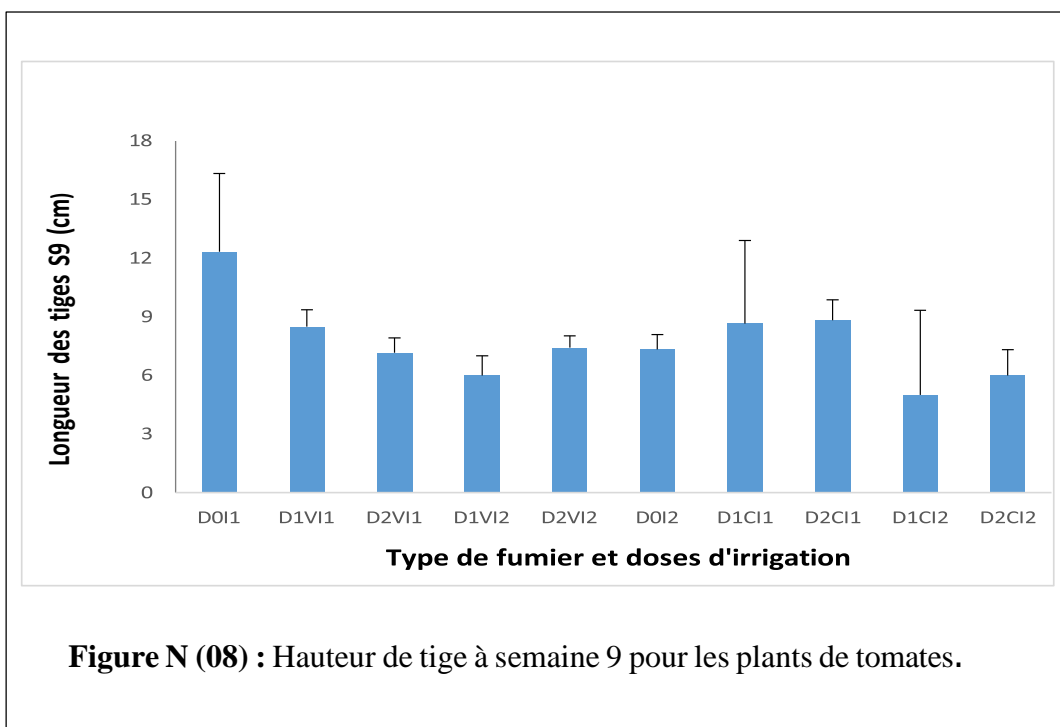
La figure n°07 représente la hauteur de la tige à la semaine 8. Nous notons que la hauteur de tige la plus élevée a été enregistrée à D0I1, 11.16 (cm), tandis que la hauteur la plus basse a été enregistrée à 4 (cm) à D1CI2.

Les hauteurs de tige varient entre 4.66 et 7.83 (cm) pour les deux types d'engrais et autres doses.



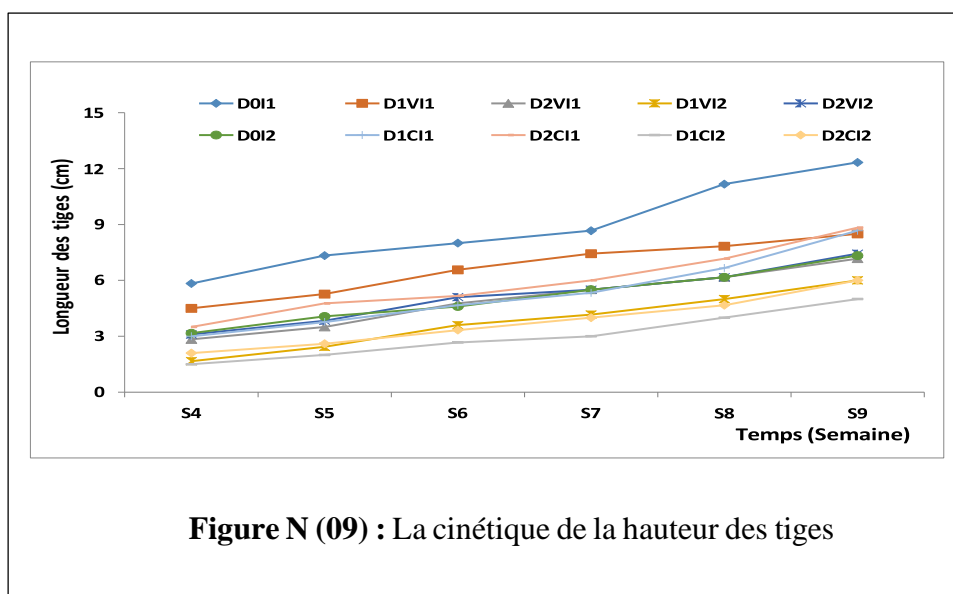
La figure n°08 montre la hauteur de la tige à semaine 9. Il a été observé que la plus grande hauteur de la tige était de 12.33 (cm) pour la dose D0I1 tandis que la hauteur minimale était enregistrée à 5 (cm) les D1CI2. Les hauteurs de tige varient entre 6 et 8.83 (cm) pour les deux types d'engrais et les différents dosages.

L'ANOVA a révélé une différence significative ($Pr < 0,05$) L'interaction entre la dose d'eau, le type d'engrais et la dose d'engrais est ($R^2 = 73\%$).



Cinétique de développement des tiges des plants

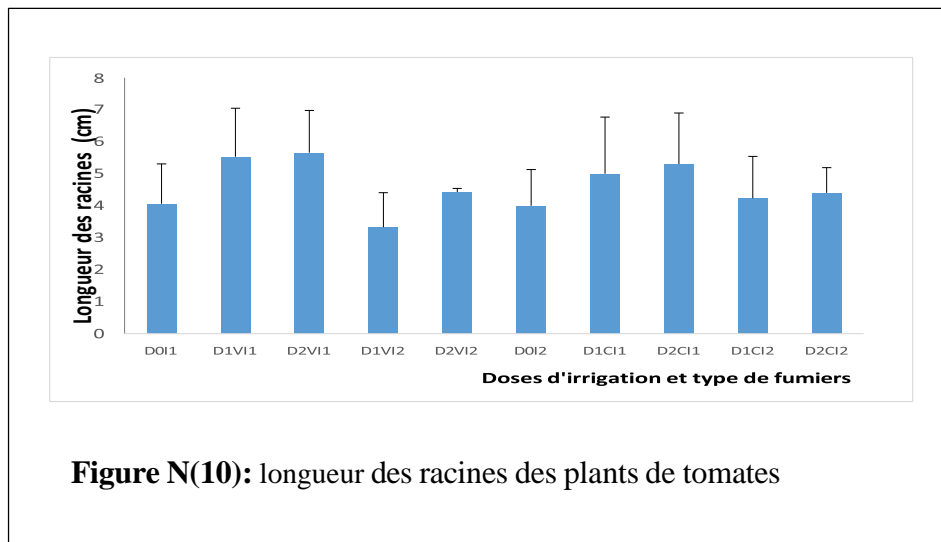
- La cinétique de la hauteur des tiges des plants de tomates (Figure 08), nos observations ont été noté à partir de la quatrième semaine de l'expérience. La figure 08, montre que la hauteur la plus élevée de 12,33 (cm) a été observée pour la dose D0I1 à la neuvième semaine. On voit également que la dose la plus faible hauteur 1,5 (cm) pour la dose de D1CI2 à la quatrième semaine. Des valeurs intermédiaires sont observées pour les autres doses durant différents temps.



2-2- Longueurs des racines

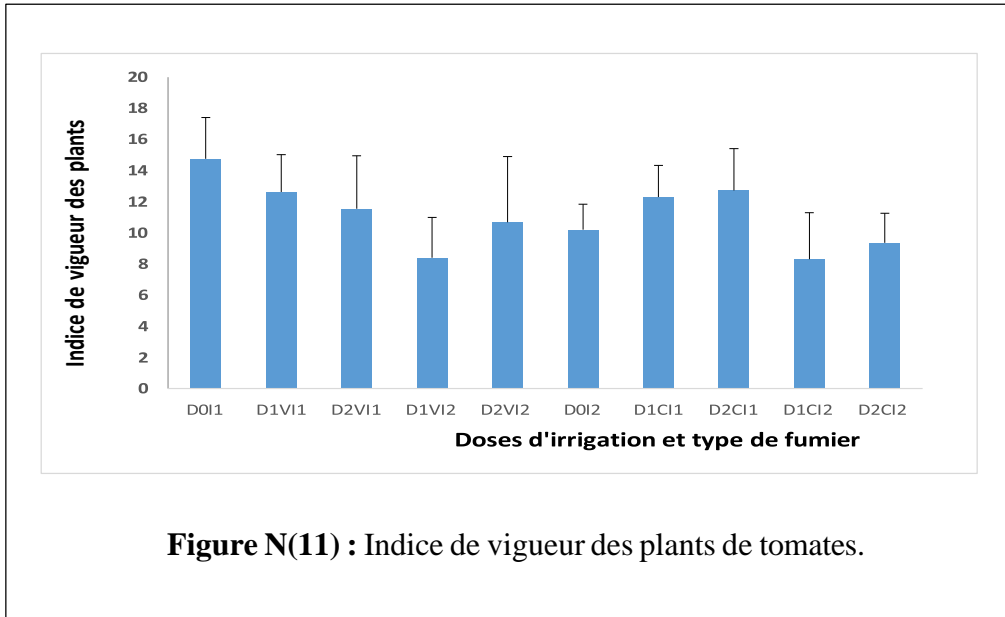
La figure n°10 représente les longueurs de racines pour la variété de tomate Heinz. Où l'on note que la racine la plus longue est 5.66 (cm) pour D2VI1. La racine la plus courte est 3.33 (cm) pour D1VI2.

L'ANOVA a révélé une différence non significative ($Pr < 0,05$) L'interaction entre la dose d'eau, le type d'engrais et la dose d'engrais est ($R^2 = 72.6\%$).



2-3- Indice de vigueur des plants de la tomate

La figure n°11 montre l'indice de vigueur des plants de la tomate Heinz, où l'on constate que cet indice. Est le plus élevé 14.76 est à la dose de D0I1 et l'indice le plus bas enregistré D1CI2 est 8.31. Des forces comprises entre (8.40 et 12.72) ont été observées pour d'autres doses d'engrais et d'eau. L'ANOVA a révélé une différence significative ($Pr < 0,05$), l'interaction entre la dose d'eau, le type de fumier et la dose appliquée est ($R^2 = 76.21\%$).

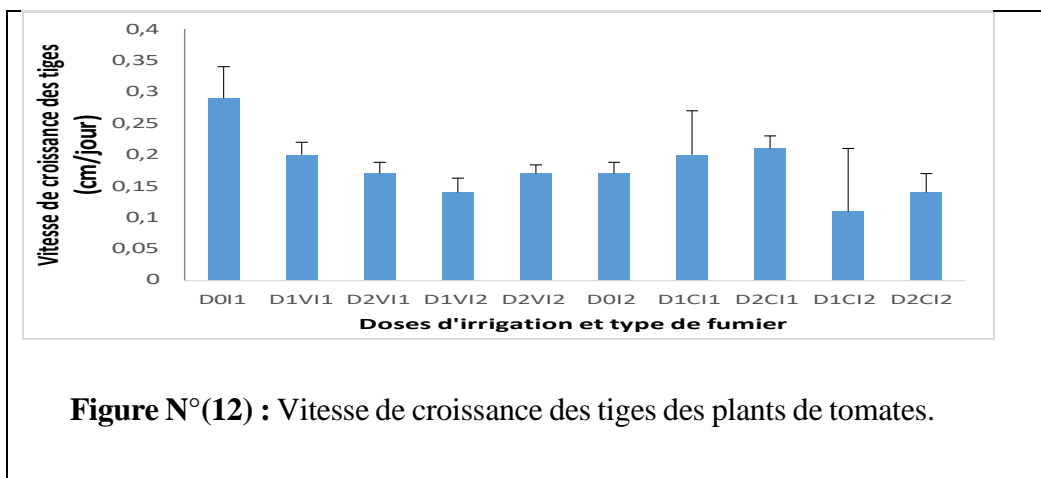


2-4 Vitesse de croissance des plants

2-4-1- Taux de croissance des tiges des plantes

En observant la vitesse de croissance des tiges des plantes sur la figure n°11 on remarque qu'elle est élevée 0.29 (cm/jour) pour la dose D0I1 et la vitesse de croissance la plus faible 0.11 (cm/jour) à la dose D1CI2.

L'ANOVA a révélé une différence significative ($Pr < 0,05$) L'interaction entre la dose d'eau, le type de fumier et la dose de fumier est ($R^2 = 78,76\%$)

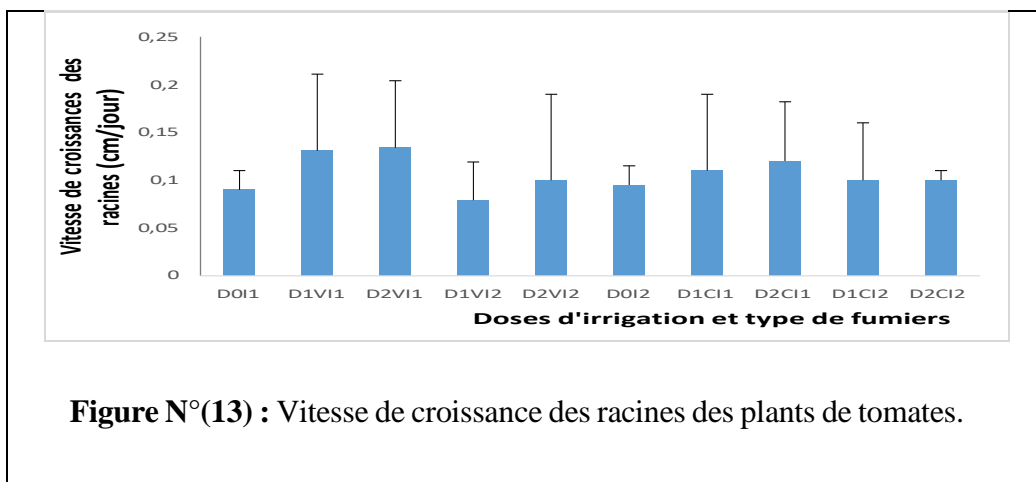


2-4-2- Vitesse de croissance des racines

Le graphique de la figure 13 représente le taux de croissance des racines des plants de tomates.

On note que la vitesse de croissance la plus élevée atteinte 0.13 en cm/jour à la dose de D2VI1 et la vitesse de croissance la plus lente enregistrée pour D1VI2 est 0.079

L'ANOVA a révélé une différence significative ($Pr < 0,05$) L'interaction entre la dose d'eau, le type de fumier et la dose de fumier est ($R^2 = 72\%$).



2-5- Le taux de développement relatif moyen (TRMD) des plantes

Le taux de développement relatif le plus élevé de la plante de tomate a été enregistré à D1VI2 est 0.06 Le taux de développement relatif le plus faible de la plante a été observé à D1VI1 et D1CI2 à une vitesse de 0.02 Figure (14).

Le taux de développement des plantes a été enregistré au cours de la semaine 4 ce taux est (0.03 et 0.05) pour les autres doses.

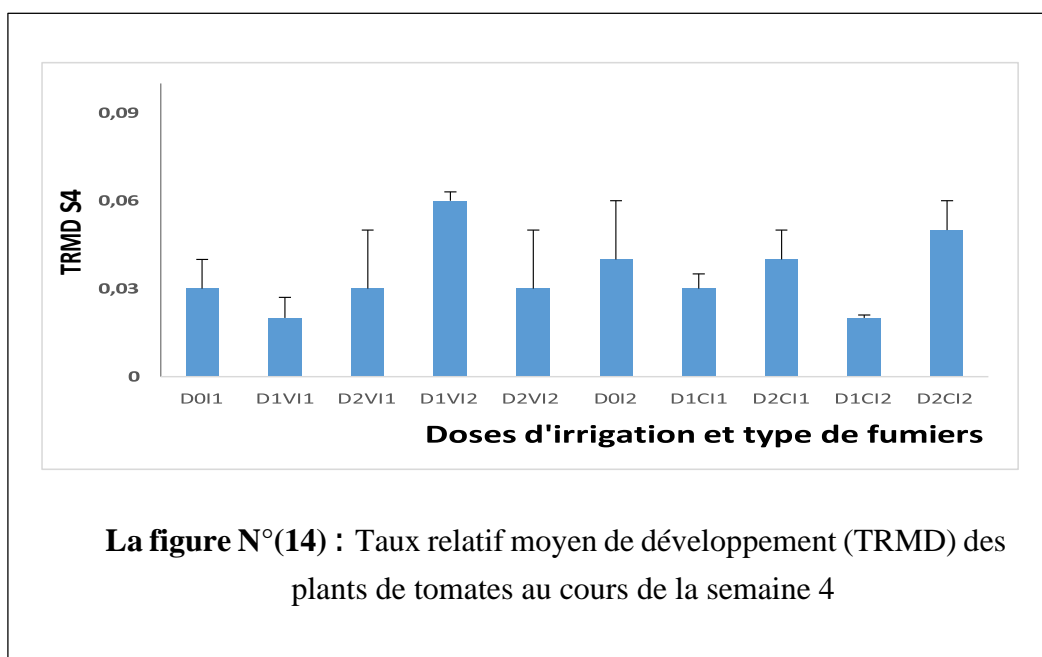
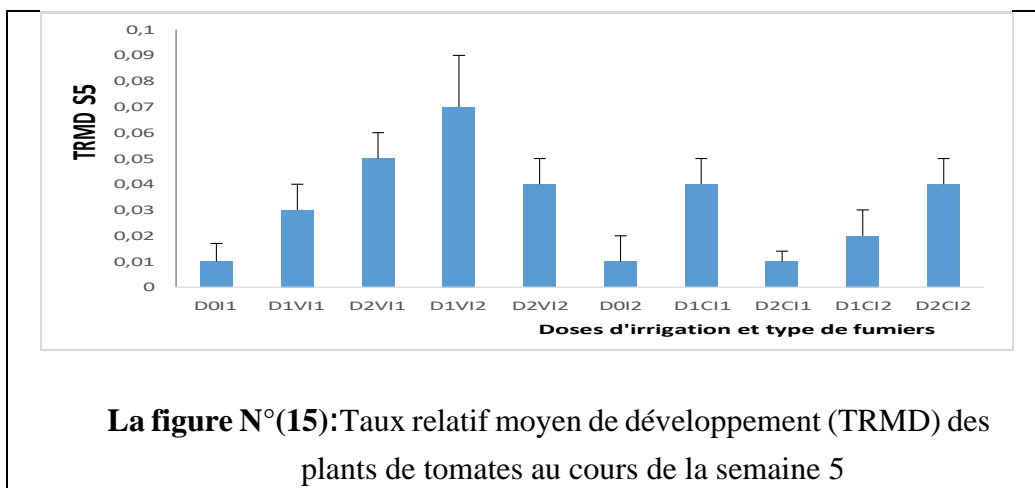
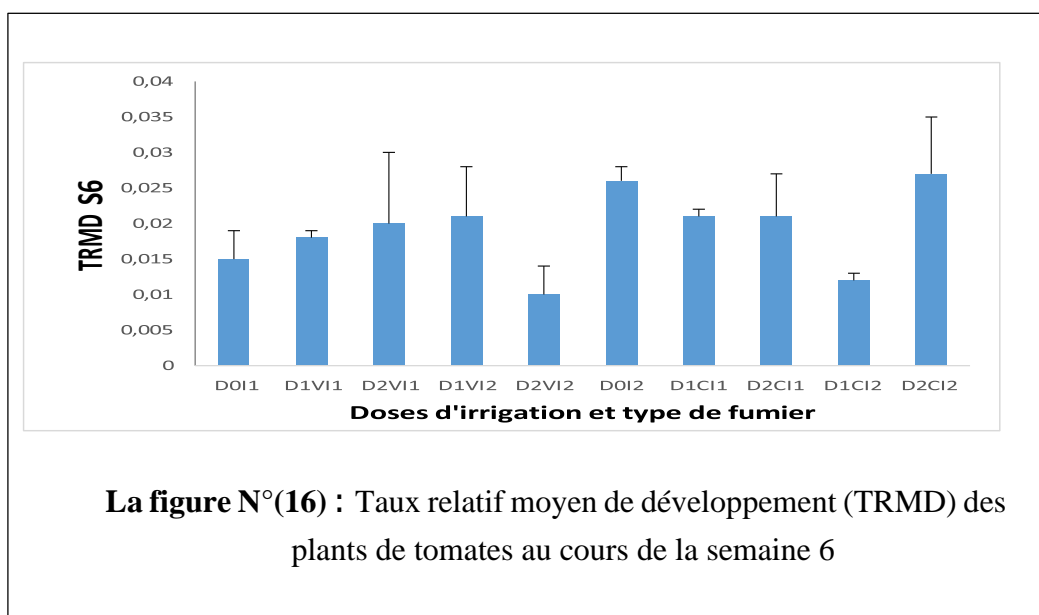


Figure n°15 : représente le taux de TRMD des plantes au cours de la semaine 5. A noter que le taux le plus élevé a été enregistré à D1VI2 avec 0,07, et le taux le plus bas a été enregistré à D0I1, D0I2 et D2CI1 avec 0,01.

Le taux de croissance des plantes au cours de la cinquième semaine se situe entre (0,02 et 0,05) pour les autres doses.

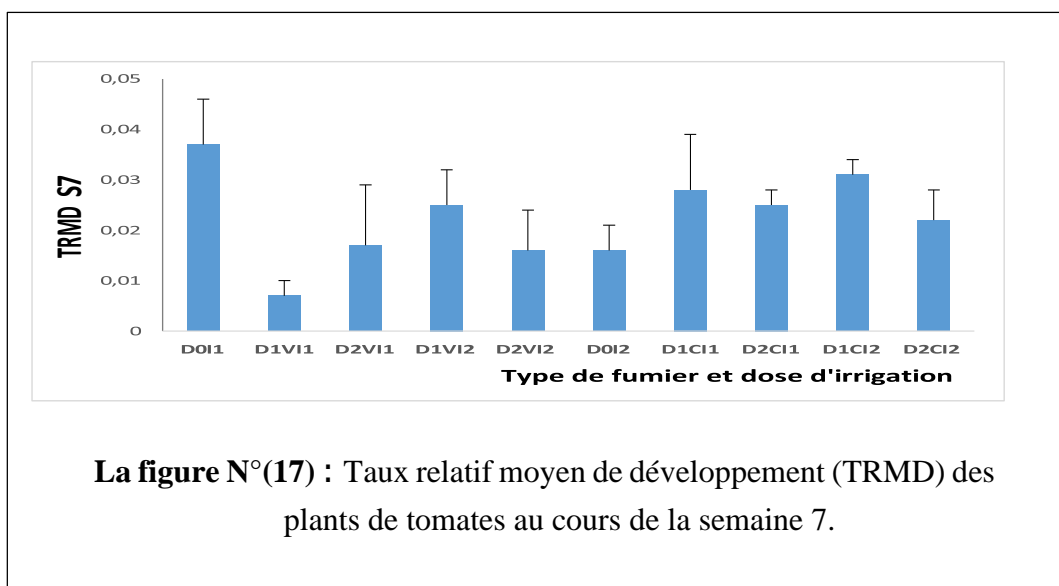


La figure n°16 montre le taux TRMD des plantes au cours de la semaine 6. Il a été observé que le taux le plus élevé était à D2CI2 avec 0,027 et le taux le plus bas à D2VI2 avec 0,01, et le taux de croissance des plantes au cours de la sixième semaine se situait entre (0,012 et 0,026) pour les autres doses d'irrigation et de fumier.



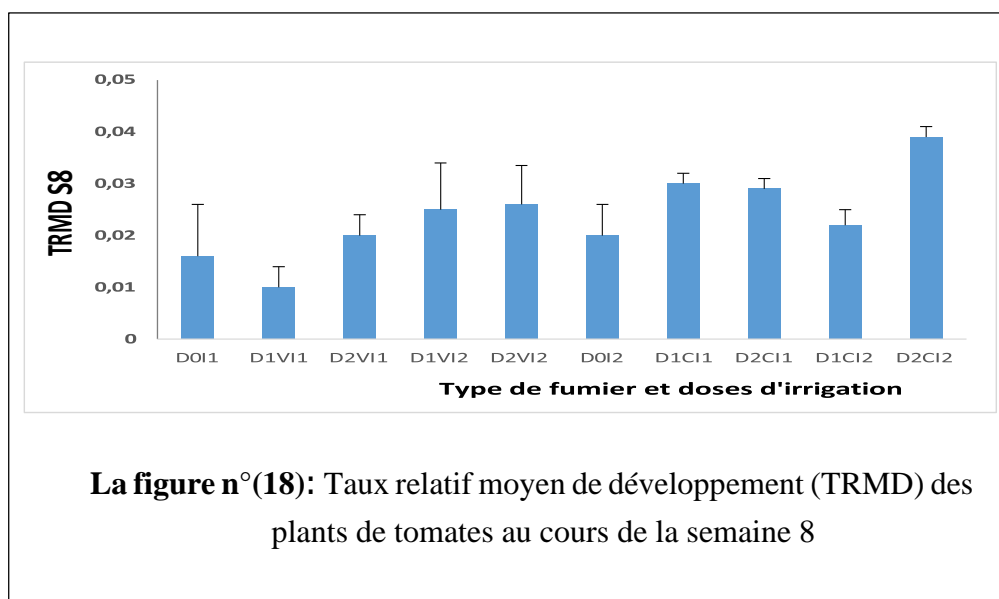
La figure n°17 montre le taux TRMD des plantes au cours de la semaine 7. Il a été constaté que le taux le plus élevé enregistré en D0I1 était de 0,073 et le taux le plus bas enregistré en D1VI1 était de 0,007.

Les taux variaient entre (0,016 et 0,031) pour les autres doses.



La figure n° 18 montre le taux de TRMD des plantes au cours de la huitième semaine. Il a été constaté que le taux le plus élevé enregistré était de 0,039 pour la dose D2CI2, et le taux le plus faible a été enregistré à D1VI1, avec 0,01. Le taux de croissance des plantes au cours de la huitième semaine était compris entre (0,016 et 0,03) pour les autres doses d'irrigation et de fumier.

L'ANOVA a révélé une différence non significative ($Pr = 0,05$) L'interaction entre la dose d'eau, le type d'engrais et la dose d'engrais est ($R^2 = 72.11\%$)

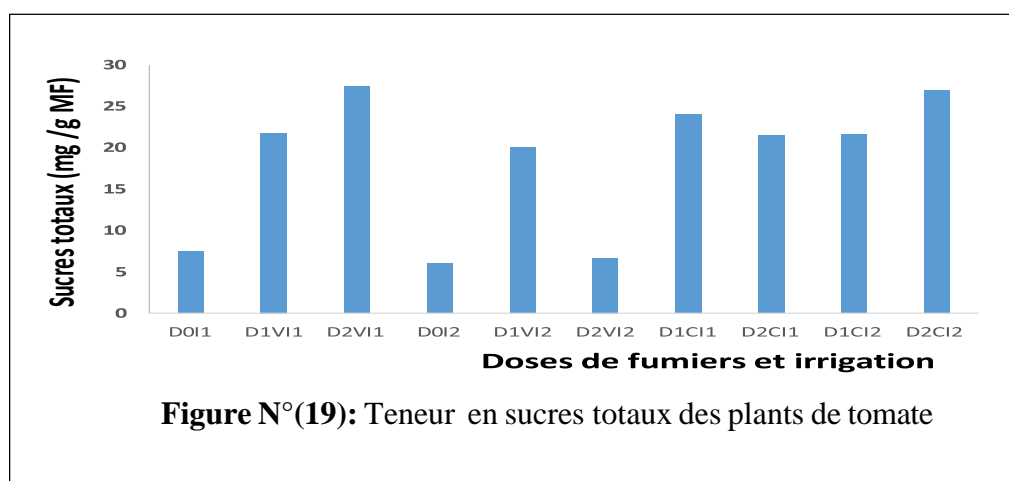


3- Paramètres biochimiques et physiologiques mesurés

3-1-Sucres totaux

La figure n°19, représente la teneur totale en sucre (mg/g de MF) à 80 jours d'âge pour les plants de tomates Heinz. La quantité de sucre la plus élevée a été observée à 27,41 (mg/g MF) dans la variété Heinz à D2VI1, et la quantité la plus faible de 6,009 (mg/g MF) a été observée à D0I2. Les quantités varient entre 6,69 et 26,88 (mg/g MF) pour les autres doses.

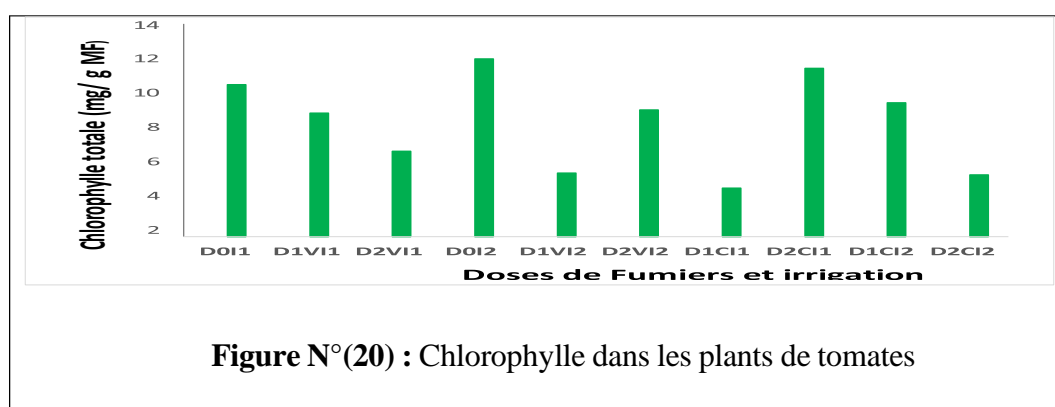
L'ANOVA a révélé une différence non significative ($Pr > 0,05$) L'interaction entre la dose d'eau, le type de fumier et la dose de fumier est ($R^2 = 85.66\%$)



3-2-Chlorophylle

La figure n° 20 montre la chlorophylle totale (mg/g MF) mesurée dans les feuilles des plants de la tomate. On note que la quantité de chlorophylle 11,69 (mg/g MF) la plus élevée chez D0I2, la faible quantité de chlorophylle de la variété Heinz notée pour D1CI1 est lue à 3,18 (mg/g MF) et les quantités de chlorophylle varient entre 4,06 et 11,07 (mg/g MF) pour les autres doses et pour les deux types de fumiers (vache et chèvre).

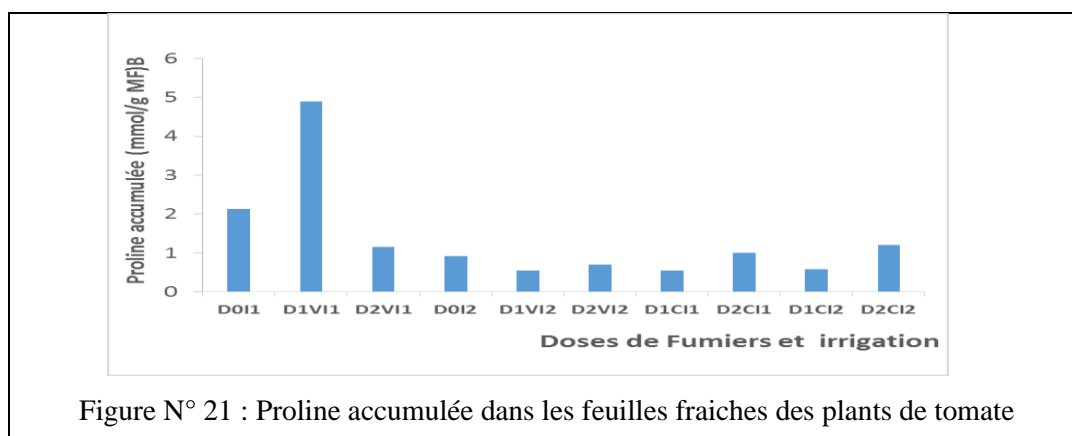
L'ANOVA a révélé une différence significative ($Pr < 0,05$), l'interaction entre la dose d'irrigation, le type de fumier et sa dose est ($R^2 = 84\%$).



3-3-Proline accumulée dans les feuilles fraîches des plants de tomate

La figure n°21, représente la quantité de proline accumulée. On note la quantité la plus élevée 4,9 (mmol/g MF) dans la variété Heinz à la dose D1VI1, et la plus petite quantité de proline accumulée 0,54 (mmol/g MF) à la dose D1VI2, et les quantités accumulées de proline varient entre 0,55 et 2,13 (mmol/g MF). g) pour les autres doses.

L'ANOVA a révélé une différence significative ($Pr < 0,05$) L'interaction entre la dose d'eau, le type de fumier et la dose de fumier est ($R^2 = 86\%$).

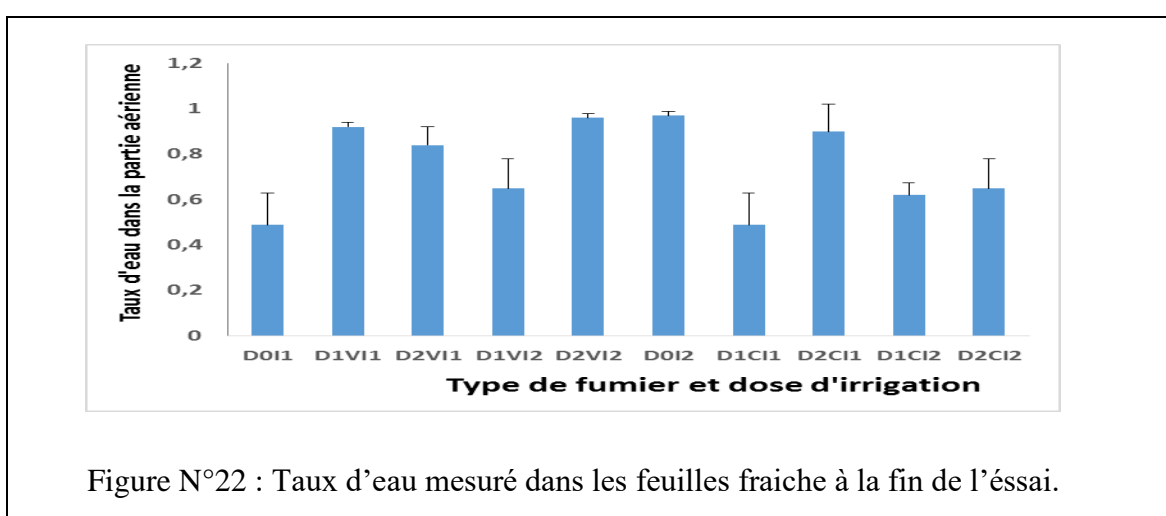


3-4- La teneur en dans les feuilles fraîches des plants

Le taux de H₂O mesuré dans les feuilles des plants de tomate à la semaine 10, est variable en fonction des doses d'irrigation et celles des fumiers appliqués. On l'observe selon la figure 22, le taux le plus élevé est 0.97 en D0I2 et le plus bas 0.49 est observé pour la dose D1CI1 et D0I1. Le taux de H₂O est compris entre (0.62 et 0.96) pour les autres doses.

L'ANOVA a révélé une différence significative (Pr<0,05) L'interaction entre la dose d'irrigation, le type de fumier.

L'ANOVA a révélé une différence significative (Pr<0,05) L'interaction entre la dose d'eau, le type d'engrais et la dose d'engrais est ($R^2=86\%$).



4 – Analyses en composante principale

Dans notre cas, d'après la Figure N°23, on pourra assumer que l'axe F1 est lié à D2CI1, D1CI2, DVI2 et D1VI1, alors que l'axe F2 est essentiellement lié à aux autres doses d'irrigation et de fumier et type de fumiers. En analysant les données on s'aperçoit que les paramètres de croissance des tiges des plants de la tomate, l'activité chlorophyllienne, ainsi que l'indice de vigueur des plants sont liées à D0I1. Cependant, la liaison du paramètre proline est avec la dose D2CI1. Cette figure, permet aussi de visualiser que pour le paramètre biochimique sucre totaux ainsi que la vitesse de croissance des racines des plants, seraient à la 10 ème semaine de leur développement très influencés par D2VI1. La figure N°23, visualise aussi la teneur en eau des feuilles fraîche serait liée au traitement D1CI1. L'ACP a aussi révélé que les corrélations sont négatives entre les paramètres de croissance des tiges, l'indice de vigueur avec D0I1. De même, les corrélations sont positives entre D2VI1 et la teneur en sucres totaux. La proline accumulée par les plants est positivement corrélée avec D2CI1. Nous observons aussi une corrélation positive entre la teneur en eau avec la D1CI1.

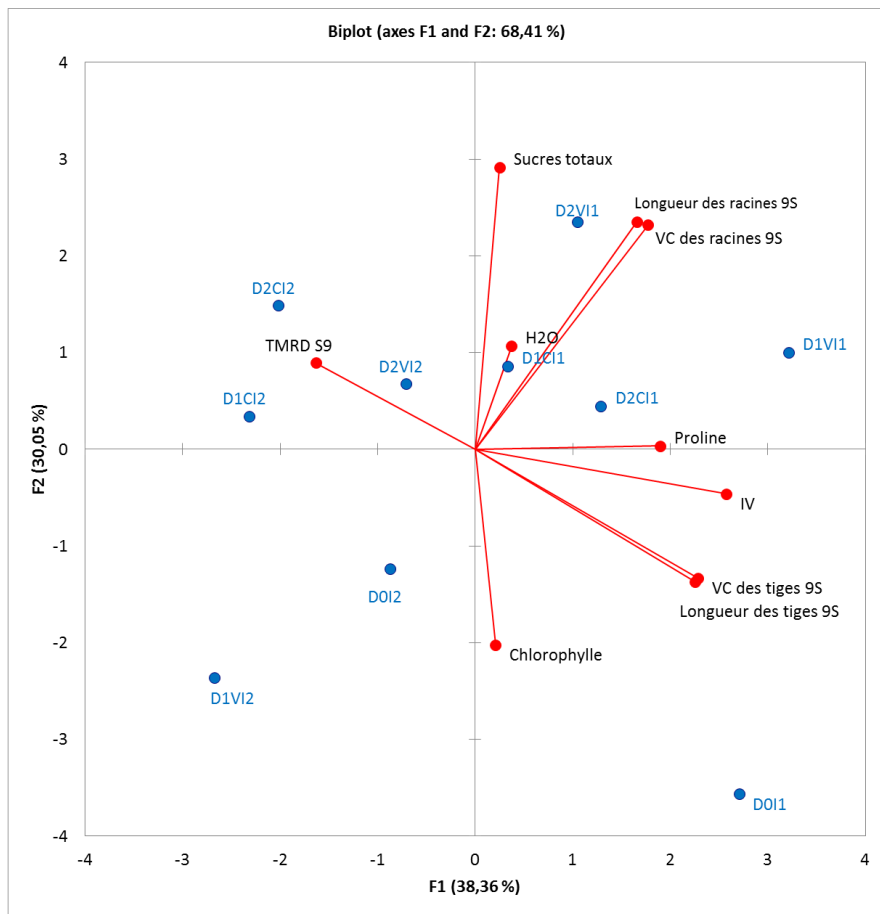


Figure N° 23 : Analyse en composante principale.

2- Discussion

2-1-Paramètre physico-chimiques

L'analyse granulométrique de la terre utilisée révèle une composition prédominante en sable, représentant 98,75 % de la composition totale. Cette forte proportion de sable indique que la terre a une texture sableuse, ce qui a des implications importantes pour ses propriétés physiques et sa capacité à retenir l'eau et les nutriments. La faible proportion d'argile et de limons, totalisant seulement 1,24 %, suggère une capacité réduite à retenir l'humidité et les nutriments, ce qui peut influencer la croissance des plantes qui y sont cultivées.

En plus de sa texture, la terre utilisée est calcaire, avec une teneur en calcaire de 16,32 %. Une terre calcaire est souvent basique, ce qui est confirmé par le pH élevé de 8,14. Un pH aussi élevé peut influencer la disponibilité des nutriments pour les plantes, car certains nutriments deviennent moins disponibles dans les sols alcalins.

Le fumier de chèvre, quant à lui, présente le pH le plus bas à 7,78, ce qui, bien que toujours légèrement basique, est plus proche de la neutralité par rapport à la terre. Cette différence de pH peut avoir des implications sur la microflore du sol et la disponibilité des nutriments lorsqu'il est mélangé avec la terre.

En termes de conductivité électrique, le fumier de chèvre montre la valeur la plus élevée avec 6,29 ms/cm. Une conductivité électrique élevée est souvent associée à une concentration élevée de sels solubles, ce qui est corroboré par la teneur relativement élevée en sodium de 0,43 mg/kg. La présence de ces sels peut affecter l'osmose et l'absorption d'eau par les plantes, potentiellement causant des stress salins.

La teneur en potassium (K) dans le fumier de chèvre est la plus élevée parmi les échantillons analysés, à 1,32 g/kg. Le potassium est un nutriment essentiel pour la croissance des plantes, jouant un rôle crucial dans la régulation de l'eau, la photosynthèse et la synthèse des protéines. La présence de potassium sous forme de traces seulement dans la terre non améliorée indique que l'ajout de fumier de chèvre pourrait considérablement améliorer la fertilité de la terre en apportant ce nutriment vital.

L'analyse de l'azote montre que le fumier de vache contient une concentration importante de 0,39 g/kg. L'azote est un élément clé pour la croissance végétative, étant un composant fondamental des acides aminés, des protéines et de la chlorophylle. Une teneur élevée en azote dans le fumier de

vache suggère qu'il pourrait être un excellent amendement pour augmenter la teneur en azote du sol, favorisant ainsi la croissance des plantes.

Enfin, la matière organique est la plus présente dans le fumier de vache. La matière organique joue un rôle essentiel dans l'amélioration de la structure du sol, augmentant sa capacité à retenir l'eau et les nutriments, et fournissant une source de nourriture pour les microorganismes du sol. L'ajout de matière organique par le fumier de vache peut donc améliorer la fertilité globale de la terre et soutenir une croissance saine des plantes.

En conclusion, l'analyse physico-chimique des différents composants montre que, tandis que la terre présente des limitations en termes de rétention d'eau et de nutriments, l'utilisation de fumiers, particulièrement le fumier de chèvre et de vache, peut significativement améliorer les propriétés du sol. Le fumier de chèvre, avec sa teneur élevée en potassium et sa conductivité électrique, ainsi que le fumier de vache, riche en azote et en matière organique, peuvent contribuer à une amélioration notable de la fertilité du sol, favorisant une croissance optimale des plantes.

2-2– Paramètre de croissance et de développement des plants

Cette étude vise à déterminer les doses optimales de fumier de vache et de chèvre sur les paramètres de croissance des tomates en matière d'indice de vigueur des plants de la tomate. Les résultats de cette étude indiquent des différences hautement significatives dans les paramètres de croissance (hauteur des tiges, hauteur des racines, indice de vigueur, et vitesse de croissance) entre les différentes dates de mesure. En effet, le taux de croissance est plus important entre la deuxième mesure (cinquième semaine) et la troisième mesure (sixième semaine). Cela peut être expliqué par le niveau optimal de décomposition et de libération des nutriments, notamment l'azote, à la cinquième semaine comme l'a indiqué Bassi (1993).

En ce qui concerne l'effet du type de fumier et de la dose d'irrigation, un effet significatif a été observé sur la hauteur des plantes, même si les valeurs absolues de hauteur des plantes sont généralement plus importantes avec l'effet du fumier de vache aux doses D2VI1 et D1VI1 et la dose D1CI1 et D2CI1 en ce qui concerne l'effet de la dose. Ce résultat peut être expliqué par la bonne maturation du fumier comme l'a mentionné Larbi (2006), qui souligne que la qualité du fumier et les doses appliquées influencent directement la performance agronomique et morphologique.

En outre, pour le taux de développement relatif moyen des plantes, les résultats montrent qu'il varie significativement en raison de l'effet du type de fumier et de la dose, le taux étant élevé avec l'effet du fumier de chèvre aux doses D1CI2 et D2CI2 respectivement, ainsi qu'avec la dose D2VI2

pour le fumier de vache, ce qui pourrait s'expliquer par l'utilisation des nutriments par les plantes, notamment l'azote, directement au fil du temps (Sylvia et al., 2005).

2-3- paramètres biochimiques et physiologiques

Notre travail vise à déterminer les doses optimales de fumier de vache et de chèvre sur les critères biochimiques et physiologiques. Le test statistique prouve l'existence de différences significatives au niveau de la chlorophylle, des sucres totaux, de l'effet de la dose et du type d'engrais. Il y a un effet significatif sur la teneur en sucres totaux avec le fumier de vache à la dose D2VI1 et la chlorophylle à la dose D0I2 (sans fumier) et les deux sont importants en termes d'effet de la dose. La qualité et la dose affectent également la teneur en sucre et en chlorophylle. La préparation avec des engrais azotés stimule la synthèse de la chlorophylle mais pas la photosynthèse. Selon Ernzt et Lanouy (1991), la détérioration de l'état physiologique des plantes est due à des conditions environnementales défavorables.

Pour l'accumulation de la proline, le test statistique prouve qu'il n'y a pas de différences significatives ; cela peut s'expliquer par le fait que l'effet peut être dû à d'autres facteurs non pris en compte. Nos résultats montrent une accumulation de proline dans les feuilles de tomate traitées avec deux types différents d'engrais à des doses variées, mais un effet non significatif a été observé sur l'accumulation de cet acide aminé. Plusieurs études indiquent qu'une augmentation significative de la proline est reconnue comme un marqueur biologique du stress (Panda, 2003 ; Ben Khaled et al., 2003 ; Abdul, 2004 ; Lebreuse et al., 2004). Selon un autre point de vue, l'accumulation de proline n'est pas une réponse adaptative au stress, mais un signe de perturbation métabolique (Hernandez et al., 2000).

Conclusion

Dans ce travail, nous avons procédé aux analyses physico-chimiques d'un mélange de deux terres agricoles ainsi que deux types de fumiers (fumier de chèvre et fumier de vache). Ensuite, nous avons testé, à différentes doses, l'effet de ces deux fumiers sur la croissance, le développement et la vigueur des plants de la variété de tomate Heinz, cultivée sous abri.

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

- ✓ Le mélange de sol utilisé comme échantillon témoin non fertilisé a une texture légère et se compose de plus de 98% de sable ;
- ✓ Ce mélange contient une quantité considérable de calcaire ;
- ✓ Les mesures du pH ont montré que le sol est naturellement basique ;
- ✓ Les éléments minéraux (Na, K) sont plus présents dans le fumier de chèvre ;
- ✓ Les deux engrais sont également riches en carbone organique et en azote total, surtout le fumier de vache.
- ✓ La quantité de matière organique présente dans l'engrais était majoritairement dans le fumier de vache.

Les mesures effectuées sur des plants de tomates ont montré les résultats suivants :

- ✓ La hauteur des tiges de tomates s'est caractérisée par un dynamisme accru, la croissance étant meilleure avec du fumier de vache à la dose de D1V11 ;
- ✓ La longueur des racines était également meilleure avec le fumier de vache ;
- ✓ La vitesse de croissance des tiges et des racines de tomates a montré les meilleures valeurs avec le fumier de vache, notamment la dose D2V11.

La dynamique des taux de croissance relatifs moyens des tiges a été caractérisée par la présence de stades de croissance et de rétrécissement, révélant l'adaptation des plantes aux traitements.

L'indice de vigueur mesuré sur les plants avait les meilleures valeurs avec un traitement avec des doses de D1C12 et D2V12, respectivement.

Perspectives

- ✓ Nos résultats ouvrent de nombreuses perspectives intéressantes pour la recherche dans le domaine de la fertilisation des cultures maraîchères sur le marché. De plus, il serait également intéressant de :
 - ✓ Tester d'autres traitements tels que les engrais et le fumier de volaille sur la croissance des plants de tomates.
 - ✓ Effectuer d'autres études sur d'autres cultures de légumes, que ce soit en pots ou en plein champ, avec l'utilisation de différents traitements dans le but d'améliorer la production végétale pour les agriculteurs sur le marché.
-

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ABRO, M. A., LECOMPTE, F., BRYONE, F., NICOT, P.C. (2013). Nitrogen fertilization of the host plant influences production and pathogenicity of *Botrytis cinerea* secondary inoculums. *Phytopathology*, 103, 261-267.
- ANONYME 2003 : agriculture biologique en Afrique, Tome I et tome II, Janvier.
- BLANCARD, D. (2009). Les maladies de la tomate, identifier, connaitre, maitriser. Quæ. Paris. 691 p.
- BENTON, J. (2008). Tomato plant culture: In the field, Greenhouse, and home garden. Deuxième édition. Taylor et Francis Group. New York. 399 p.
- BOVEY, R. (1972). La défense des plantes cultivées. Payot. Paris. 863 p.
- Benbadji, A. (1977). Développements agricoles en Algérie. *North African Journal of History*, 8(4), 120-133.
- Badaoui M.(2018). Contribution à l'étude de la dynamique des populations de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera ;Gelechiidae) et essais de contrôle biologique sur la culture de tomate mostaganm.102p.
- .BENTVERISEN et al, 1987 in KRAMOU, 2011. Utilisation de la tomate dans l'alimentation.
- ARVY, M. et GALLOUIN, F. (2007). Légumes d'hier et d'aujourd'hui. Ed : Belin, Paris, 481P.
- BLANCARD, D. (2009). Les maladies de la tomate, identifier, connaitre, maitriser. Quæ. Paris. 691 p.
- BLANCARD, D. (1988). Les maladies de la tomate, observer, identifier, lutter. INRA. Paris. 210 p.
- BENTON, J. (2008). Tomato plant culture: In the field, Greenhouse, and home garden. Deuxième édition. Taylor et Francis Group. New York. 399 p.
- 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.
- Chibane (A.), 1999 – Tomate sous serre, Bulletin : transféré de technologie en agriculture, no57 Ed. P.N.T.T.A. Rabat
- Chaux et Foury., 1994- Cultures légumières et maraichères. Tome III. : Légumineuses potagères, légumes fruites. Tec et Doc Lavoisier, Paris 563p.
- CHIBANE, A. (1999). La tomate sous serre ; bulletin mensuel d'information et de liaison du programme national de transfert de technologie en agriculture. Ed : la MADRPM/DERD, Maroc, N°57, pp1-4.
- CÉSPÉDES, M.C., CARDENAS, M.E., VARGAS, M., ROJAS, A., MORALES, J.G., JIMÉNEZ, P., BERNAL, A.J., RESTREPO, S. (2013). *Revista Iberoamericana de Micología*, 30(2), 81-87
-

- Dominique, L., et al. (2009). La connexion mondiale des tomates. *European Historical Review*, 15(2), 89-102.
 - Elmhirst J. (2006). Profil de la culture des tomates de serre au Canada. Edition : agriculture et agroalimentaire Canada. Canada. 50p
 - EL AKEL, M., CHOUIBANI, M., KAACK, H. (2001). Protection intégrée en culture de tomate. *Integrated Pest Management Review*, 1, 15-29.
 - FAO, 2020.
 - Ferrero, M., 2009. Etude de la variabilité des comportements alimentaires du prédateur et conséquences pour la lutte biologique. Thèse doctorat. Montpellier SupAgro., 228 p. 5
 - GALLITELLI, D. (2000). The ecology of cucumber mosaic virus and sustainable agriculture. Elsevier, 71, 9-21.
 - 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.
 - JUNIOR, V.L., MAFFIA, L.A., ROMEIRO, R.D., MIZUBUTTI, E.S.G. (2006). Biocontrol of tomato late blight with the combination of epiphytic antagonists and rhizobacteria. *Biological Control*, 38, 331-340.
 - JEAN-MARIE P, 2007 : La culture des tomates. Edition ARTE MIS, 92P ;
 - Kolev, P. (1976). Agriculture moderne en Algérie. *Mediterranean Agricultural Journal*, 11(1), 34-47.
 - KOLEV, 1976: Les cultures maraichères en Algérie. *Légumes-Fruits Tome 1*, pp ,2-35
 - 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.
 - LAUMONIER R., 1979 : culture légumière et maraichères. Tom 3. Ed : J B. baillere. Tome 1, pp : 34-42- Pyron, J. (2006). Origines de la tomate. *Journal of Agricultural History*, 22(3), 45-58.
 - MARCHAUX, I., et al. (2008). Les ravageurs de la tomate. *Integrated Pest Management Review*, 1, 15-29.
 - MADR, 2017.Cultures maraichères sous serres. Ministère de l'Agriculture et Développement Rural (S.D.S.). Série B, p.24.
 - MOREAU, M. et LETEINTURIER, F. (1997). Connaître et reconnaître les pucerons des cultures maraichères. INRA.
 - MALAISE, M.H., ET RAVENSBERG, W.J. (2006). Connaître et reconnaître, la biologie des ravageurs des serres et de leurs ennemis naturels. Koppert. Pays-Bas. 290 p.
 - Naika S., De Jeude JVL., De Goffau M., Hilmi M. et Van Dam B., 2005. La culture de la
-

tomate (production, transformation et commercialisation) cinquième édition, Edition: Wageningen. Pays-Bas. 105 p.

-Polese .J.M., 2007.La culture des tomates, Artémis, coll. « Les clefs des jardinages». Paris. P95.

-REBOUCH, A. (2011). Etude de l'effet des doses de deux types de fumure organiques (fumier de bovin et fiente de volaille) sur une culture de tomate (*Solanum Lycopersicum*.) conduite en système biologique. Thèse : Ing. Agro. Blida 70P.

-SHANKARA N, Joep V, MARJA G, MARTIN H, BARBARA V. 2005. La culture de la tomate (production, transformation et commercialisation). Ed : Agrodok 17. 105P

-SHANKARA N, Joep V, MARJA G, MARTIN H, BARBARA V. 2005. La culture de la tomate (production, transformation et commercialisation). Ed :Agrodok 17.105P

- TROTTIN-CAUDAL, Y. (2011). Les ravageurs de la tomate. Integrated Pest Management Review, 1, 15-29.

- TROTTIN-CAUDAL, Y. (2011). Les ravageurs de la tomate. Integrated Pest Management Review, 1, 15-29.

- TROTTIN-CAUDAL, Y. (2011). Maitrise de la protection intégrée Tomate sous serre et abris. Edition : Ctifl. Paris. 282p.
