



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

**Thèse pour l'obtention du diplôme de
doctorat troisième cycle**

en Sciences Agronomiques
Option : Production végétale

Réf. :

Préparé par :

ZAGHOUANI Ameer

Effet des acides humiques et extraits de compost sur la qualité de production du melon dans des conditions contrôlés.

Jury :

M.	MEHAOUA Mohamed S.	Professeur	Université de Biskra	Président
M.	HADJEB Ayoub	M.C.A	Université de Biskra	Rapporteur
Mme.	BEDJAOUI Hanane	M.C.A	Université de Biskra	Examinatrice
M.	BEN SALAH Mohamed Kamel	Directeur de recherche	CRSTRA Biskra	Examineur

Année universitaire : 2023 – 2024

Remerciements

Avant tous je remercie ALLAH tous puissant.

A l'issue de ce travail de recherche, je tiens tout particulièrement à remercier Monsieur **HADJEB AYOUB**, Maître de conférences au département Agronomique de Biskra, pour avoir accepté de m'encadrer et de diriger avec beaucoup d'attention et de soin cette thèse. Je lui suis très reconnaissant pour sa disponibilité, sa bienveillance et son soutien permanent, et avoir prêté un intérêt constant au sujet de la thèse.

Je remercie vivement Monsieur **MEHAOUA Mohamed Seghir** Professeur au département Agronomique de Biskra; qui me fait l'honneur d'accepter de présider le jury.

Je tiens à remercier tout particulièrement Monsieur **BEN SALAH Kamel** Professeur au CRSTRA, qui a accepté de faire partie du Jury de ce travail.

Je remercie Madame **Bedjaoui Hanane.**, Maître de conférences au département Agronomique de Biskra qui a eu l'amabilité d'accepter de faire partie du Jury de ce travail.

Je remercie particulièrement Mr. **HANACHI KARIM** Melle, **KHAMKHOUM Samira**, et Mlle, **Hamadi Amina** pour ces aides précieux qu'elles m'ont apporté dont j'ai bénéficié, et de leurs conseils judicieux, qui ont été décisifs pour l'élaboration de ce travail.

Ces remerciements sont l'occasion pour moi d'exprimer ma reconnaissance à Monsieur **MENANI ACHOUR** Enseignant à l'université de Msila, et à Mr. **BARBACHE MOHAMED RAMI** de m'avoir aidé profondément en matière de statistique.

Toute ma gratitude et mes sincères remerciements à Mr. **MEHAIRIS MOHAMED**, Mr. **MAATAOUI KHALIL**, Mr, **REFRAFI IMAD**, et Melle, **HACHANI HABIBA** pour le soutien moral qu'ils m'ont accordé.

Amer Zaghouani.

DEDICACE

Je dédie ce présent travail

A mes chers parents

A mes chères sœurs

A mes chers frères

A ma belle famille

A tous mes amis

Amer Zaghouani.

Liste Des Abréviations

% : Pour Cent	km ² : Kilomètre
°C : Degrés Celsius	m : Mètre
AF: Acides Fulviques	m ² : Mètre carré
Al : Aluminium	Mg : Magnésium
B : Bore	min : Minute
C ₂ H ₆ S ₂ : Disulfure de Transplantation diméthyle	ml : Millilitre
Ca : Calcium	Mn : Manganèse
CaCO ₃ : Carbonate de calcium	Mo : Molybdène
CEC : Capacité d'Echange Cationique	mV: millivolts
cm : Centimètre	N : Azote
CO ₂ : dioxyde de carbone	N ₂ : Azote atmosphérique
Cu : Cuivre	N ₂ O : Oxyde nitreux
dS/m: décisiemens par mètre	Na : Sodium
EC : Extrait de Compost.	NH ³ : Ammoniac
Fe ³⁺ : Fer	NH ⁴⁺ : Ammoniacale
h : Heurs	NO ³ : Nitrate
H% : Humidité	O ₂ : Oxygène
H ₂ O : Eau	P : Phosphore
H ₂ PO ₄ : Dihydrogénophosphate	pH : potentiel hydrogène
H ₂ S : Hydroxyde de soufre	ppm : parties par million
ha : Hectare	S : Soufre
HPO ₄ : Hydrogénophosphate	SH : Substances Humiques.
JAT : Jour Après	t : Tonne
K : Potassium	T° : Température
Kg: Kilogramme	µg: Microgrammes

<i>Liste des figures</i>	<i>La page</i>
Limites administratives de la wilaya de Biskra	34
L'évolution des précipitations en fonction des mois pour la période 2011/2021 et la région d'étude 2022/2023.	35
L'évolution de la température en fonction des mois pour la période 2011/2021 et la région d'étude 2022/2023.	37
Diagramme ombrothermique pour la région d'étude 2022/2023.	38
L'évolution d'humidité en fonction des mois pour la période 2011/2021 et la région d'étude 2022/2023.	39
Situation géographique de la zone d'étude.	40
L'extraction de l'extrait de compost	41
Dispositif adopté	44
Installation de la serre	46
Installation de su système d'irrigation	46
Les plants au stade de semis en pépinière	47
Transplantation	48
Travaux d'entretien Palissage	49
Pollinisation des fleurs	51
Ruche d'abeilles	51
Récolte	53
La hauteur des plants	53
Maturation des fruits	54
Les fleurs (mâle et femelle) du melon	55
Le fruit dans le plant	56
Fruits destinés au marché	56
La mesure du pH (fruit)	58
La mesure de la CE (fruit)	58
Dosage des sucres totaux	60
Dosage des sucres réducteurs	61
Dosage des éléments minéraux sur fruit	63
Dosage de Ca ²⁺ et Mg ²⁺	65

Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur la hauteur final (cm).	68
Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur le nombre des feuilles.	69
Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur La surface foliaire.	70
Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur le nombre des fleurs femelles et mâles.	71
Effets d'extrait de compost el l'acide humique sur la longueur des racines (cm).	73
Effets d'extrait de compost el l'acide humique sur le diamètre de la tige (mm).	74
Effets d'extrait de compost el l'acide humique sur le nombre des rameaux.	75
Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur la biomasse fraiche et sèche (gr).	76
Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur le poids de fruit et le rendement par plant.	77
Effets d'extrait de compost el l'acide humique sur le nombre de fruit par plant.	79
Matrice de corrélation des variables étudiées.	80
Matrice de corrélation des variables étudiées.	81
Analyse du coefficient de piste causal de la variable dépendante (rendement).	82
Analyse du coefficient de piste causal de la variable dépendante (rendement).	83
Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur le diamètre et la longueur de fruit.	84
La qualité organoleptique des fruits, Extrait De Compost, Acide Humique, et Témoin	85
La teneur de pH et la CE au fruit de melon	86
La teneur eau et la MO au fruit de melon	88
Les taux des sucres ; sucre total, sucre réducteur et saccharose	89
Le taux de Sodium, Calcium, Magnésium, et Potassium	90

<i>Liste des tableaux</i>	La page
Les précipitations moyenne pour la région d'étude 2022/2023 et la période 2011/2021.	35
Les précipitations par saison pour la période 2011/2021 et la région d'étude 2022/2023.	36
Les températures moyennes pour la région d'étude 2022/2023 et la période 2011/2021.	37
Les précipitations et les températures moyennes pour la région d'étude 2022/2023.	38
Le taux d'humidité en fonction des mois pour la période 2011/2021 et la région d'étude 2022/2023.	39
Analyse physico-chimique du sol, d'eau, et de l'extrait de compost.	67
Analyse de variance pour la hauteur des plants	69
Analyse de variance pour le nombre des feuilles et la surface foliaire par plants.	70
Analyse de variance pour le Nombre des fleurs femelle et mâles	72
Analyse de variance pour Longueur des racines, Entre nœud, Diamètre de la tige, et Nombre des rameaux.	73
Analyse de variance pour biomasse fraîche et biomasse sèche.	76
Analyse de variance pour la Production par Plant, Poids de Fruit, et Nombre de fruits/Plant	78
Analyse de variance pour le Diamètre et Longueur de fruit	84
Analyse de variance pour le pH, CE, Teneur en eau, et MO de fruit.	87
Analyse de variance pour le saccharose, le sucre réducteur, et le sucre total du fruit.	89
Analyse de variance pour le C, le Mg, le K, et le Na du fruit.	91
Caractérisation physico-chimique du sol après les traitements	92

<i>SOMMAIRE</i>	
Introduction	<i>01</i>
<i>REVUE BIBLIOGRAPHIQUE</i>	
1Le compostage	<i>04</i>
1.1.Définitions	<i>04</i>
1.2 Le but et les avantages du compostage	<i>05</i>
1.3 Importance écologique des déchets organiques et du compost	<i>05</i>
1.4 Influence des composts sur les paramètres physiques, chimiques et biologiques du sol	<i>06</i>
1.4.1Effets sur les paramètres physiques	<i>07</i>
1.4.1.1La stabilité des agrégats	<i>07</i>
1.4.1.2 L'infiltration de l'eau dans le sol	<i>08</i>
2.4.2. Effets sur les paramètres chimiques	<i>08</i>
2.4.2.1La matière organique	<i>09</i>
2.4.2.2pH	<i>10</i>
2.4.2.3La teneur en sel du sol	<i>11</i>
2.4.3. Effet sur les propriétés biologiques	<i>11</i>
1.4.4Effet du compost sur sol et les plantes	<i>12</i>
1.4.4.1. Les êtres vivants et le compostage	<i>13</i>
1.5. Le processus du compostage	<i>14</i>
1.5.1. Les phases du processus de compostage	<i>14</i>
1.5.1.1 La phase mésophile	<i>14</i>
1.5.1.2 La phase thermophile	<i>14</i>
1.5.1.3 La phase de refroidissement	<i>15</i>
1.5.1.4 La phase de maturation	<i>15</i>
1.6 Les paramètres du compostage	<i>16</i>
1.6.1.Température	<i>16</i>

1.6.2.Humidité	16
1.6.3.Aération	17
1.6.4. pH	18
1.6.5. Le rapport Carbone/Azote (C/N)	19
1.7. Intérêt du compostage	19
1.7.1. Réduction des volumes	19
1.7.2. Concentration en éléments minéraux	20
1.7.3. Assainissement vis-à-vis des adventices	20
1.7.4. Assainissement vis-à-vis des agents pathogènes et parasites des animaux	20
1.7.5. Destruction partielle ou totale des résidus de produits phytosanitaires	21
1.7.6. Absence d'odeur désagréable	21
1.7.7. Homogénéité du produit fini	22
1.7.8. Limitation des pertes d'azote nitrique	22
1.8.9. Lutte contre les maladies des plantes	22
2. Les extraits de compost	22
2.1 Les éléments minéraux solubles des extraits de compost	23
2.2 Les éléments minéraux majeurs et éléments traces	23
2.3 La dynamique des extraits de compost	27
2.4 Les éléments organiques solubles	31
2.5 Les substances humiques	32
La région d'étude	34
1. Caractéristiques climatiques	35
2.1 Précipitation	35
2.1.2 Précipitation par saison	36
2.2 Températures	36
2.3 Diagramme Ombrothermique	38

2.4 Humidité	39
<i>MATERIEL ET METHODES</i>	
1. Situation géographique de la zone d'étude	40
2. Préparation du compost et l'extrait du compost	41
3. Analyse physico-chimique du sol, d'eau, et de l'extrait de compost	42
4. Matériel végétal utilisé	44
5. Dispositif adopté	43
6. Conduite de culture	45
6.1 Précédent cultural	45
6.2 Travaux de préparation du sol	45
6.2.1 Le labour	45
6.3 Montage de la serre	45
6.4 Installation du système d'irrigation	46
6.5 Pose du film de paillage	46
6.6 Le Semis	47
6.6.1 La pépinière	47
6.6.2 Transplantation	47
6.7 Entretien de culture	48
6.7.1 Palissage et tuteurage	48
6.8 L'irrigation	50
6.9 L'aération des serres	50
6.10 La pollinisation	50
6.11 Fertilisation/Fertigation du Melon	51
7. La récolte	52
8. Les paramètres étudiés	53
8.1 Paramètres morphologiques	53

8.1.1 La hauteur moyenne des plants	53
8.1.2 Le nombre de feuilles par plante	54
8.1.2 Le nombre de feuilles par plante	54
8.1.3 La surface foliaire	54
8.1.4 La longueur de la racine	54
8.1.5 La production en biomasse fraîche	54
8.1.6 La production en biomasse sec	54
8.2 Paramètres phénologiques	54
8.2.1 Début maturation des fruits	54
8.3 Paramètres de développements	55
8.3.1 Nombre des fleurs par plant	55
8.4 Paramètres de production	55
8.4.1 Nombre moyen de fruits par plant	55
8.4.2 Production moyenne par plant	56
8.5 Paramètres de qualité	56
8.5.1 La longueur et la largeur du fruit	56
9. Évaluation de la qualité organoleptique des fruits	57
9.1 Test de dégustation	57
10. Paramètres biochimiques de fruit	57
10.1 Détermination de pH	57
10.2 Détermination de la conductivité électrique (CE)	58
10.3 La teneur en eau	59
10.4 <i>Dosage des sucres solubles (Suc) « µg/100mg MF »</i>	59
10.5 Dosage des sucres réducteurs	60
10.6 Teneur en saccharose	61
10.7 Détermination de la teneur en MO sur fruit	62

10.8 Dosage des éléments minéraux sur fruit	62
10.9 Dosage du Ca ²⁺	64
10.10 Dosage Mg ²⁺	64
11. Analyses statistiques des données	65
<i>RESULTAS</i>	
1. Analyse physico-chimique du sol, d'eau, et de l'extrait de compost	67
2. Paramètres morphologiques	68
2.1 La hauteur moyenne des plants	68
2.2 Le nombre de feuilles par plante	69
2.3 La surface foliaire	70
2.4 Nombre des fleurs femelle	71
2.5 Nombre des fleurs mâles	72
2.6 La longueur de la racine	73
2.7 Entre nœud :	74
2.8 Diamètre de la tige	74
2.9 Nombre des rameaux	75
3. Les paramètres de rendement	76
3.1 La production en biomasse fraîche	76
3.2 La production en biomasse sèche	77
3.3 Production par Plant	77
3.4 Poids de Fruit	78
3.5 Le nombre de fruits par plante	79
4. La corrélation des variables étudiées	80
5. Analyse du coefficient de piste causal de la variable dépendante (rendement)	82
6. Les paramètres de qualité des fruits	84
6.1 Diamètre et Longueur de fruit	84

7. La qualité organoleptique des fruits	85
8. Paramètres biochimiques de fruit	86
8.1 La teneur de pH et la Conductivité électrique de fruit de melon	86
8.2 Teneur en eau et MO dans les fruits	88
8.3 Les sucres ; sucre total, sucre réducteur et saccharose.	89
8.4 Effet de l'extrait de compost sur Calcium, Magnésium, Sodium, et potassium	90
9. Caractérisation physico-chimique du sol après les traitements	92
9.1. pH, CE, et La fertilité	93
<i>DISCUSSION</i>	
1. Effet de l'extrait de compost sur les paramètres morphologique	95
2. Effet d'extrait de compost sur le rendement	100
3. Effet de l'extrait de compost sur la qualité organoleptique et les paramètres biochimiques de fruit	104
4. Effet de l'extrait de compost sur le pH, CE, et La fertilité du sol	107
Conclusion	109
Références bibliographiques	
RESUME	

INTRODUCTION

Introduction

Au cours des dernières décennies, la production alimentaire mondiale a progressivement augmenté en raison de l'augmentation de la population mondiale. L'utilisation des produits agrochimiques a augmenté, plus qu'auparavant. Dans le même temps, la production a augmenté, principalement grâce à la culture sur une superficie relativement petite (**Curadelli et al., 2023; Mamani de Marchese & Filippone, 2018**). L'utilisation d'engrais minéraux parmi les agriculteurs est limitée par des facteurs tels que la rareté, les coûts élevés et les inconvénients inhérents à son incapacité à faire face efficacement à la fragilité physique et à la dégradation chimique du sol (**Adeniyani & Ojeniyi SO., 2005**). Les stratégies de production durables ont incité l'agriculture moderne à rechercher des alternatives viables et respectueuses de l'environnement afin d'améliorer et de maintenir la qualité et la fertilité des sols. Il a été constaté que les systèmes de culture intensive, qui reposent fortement sur l'utilisation constante de produits chimiques synthétiques, ont des effets néfastes à court et à long terme sur les humains et l'environnement.

Dans ce contexte, la gestion efficace des biodéchets produits chaque année présente un grand potentiel. Une approche est le recyclage des déchets organiques comme engrais, permettant une utilisation fonctionnelle et efficace des ressources de biodéchets. (**Ayilara et al., 2020; De Corato, 2020; González-Hernández et al., 2021**). Des efforts sont déployés pour mettre en œuvre des produits biologiques comme alternatives aux intrants synthétiques dans l'agriculture afin d'accroître la durabilité et de réduire les impacts négatifs sur l'environnement et la santé humaine (**De Corato, 2020**). Les biointrants sont des produits basés sur des organismes actifs ou leurs métabolites qui ont des propriétés de promotion de la croissance des plantes, de contrôle des maladies des plantes ou d'amélioration des conditions du sol. Leurs coûts de production ont tendance à être inférieurs, leur élaboration implique l'utilisation, la réduction et le traitement des résidus organiques (**Alzamel et al., 2022; Biancini et al., 2022; Islam et al., 2020**).

Parmi tous les intrants biologiques, le compost et ses extraits. Le compostage est un processus biologique qui implique la transformation de composés organiques biodégradables

en **compost**(Giménez et al., 2020; Ros et al., 2020; Zaccardelli et al., 2012). Le procédé de compostage des déchets de biomasse assure une réduction de la biomasse résiduelle tout en assurant un approvisionnement constant de matière organique humidifiée du sol, de minéraux et de consortiums microbiens bénéfiques. Ces composants sont essentiels pour améliorer l'état nutritionnel, la vigueur végétative, la santé et la productivité des cultures.(De Corato, 2020)Outre les systèmes de compostage industriel, des technologies innovantes et sûres sont disponibles sur le terrain pour la production de compost de haute qualité(Zaccardelli et al., 2011). Ces dernières années. Les thés de compost sont devenus pertinents en raison de leurs propriétés de lutte contre la peste et de promotion de la croissance des plantes, associées à leurs micro-organismes bénéfiques et à leur teneur en nutriments. La méthode générale de production consiste à brasser du compost dans de l'eau chlorée libre pendant une durée de 2 à 10 jours, selon que le procédé est aéré ou non, respectivement. Le produit brassé est ensuite filtré pour obtenir la fraction liquide(Dukare et al., 2011; Evans & Percy, 2014; Pane et al., 2016).

L'utilisation du thé à compost (CT), qui est dérivé du compost, a augmenté dans l'agriculture en raison de ses effets positifs sur les cultures. Les thés compostés sont des préparations liquides organiques obtenues en soumettant les matières compostées à l'extraction aqueuse et en les incubant avec de l'eau déchlorée dans des conditions contrôlées pendant une période définie(Bali et al., 2021; Eudoxie & Martin, 2019; Pane et al., 2012).Les thés à compost sont riches en macronutriments végétaux (tels que l'azote, le phosphore et le potassium dans les rapports de (1,3 à 5 à 8), ainsi que des phytohormones, les cytokines et l'acide salicylique. Ils contiennent également des micronutriments tels que le cuivre, le zinc, le fer et le manganèse, ainsi que des acides humiques.

En outre, ces thés sont constitués de micro-organismes qui ont des effets positifs sur la qualité du sol, la santé des plantes et aident à la biocontrôle des agents pathogènes fongiques. Il convient de noter que les métaux lourds comme le plomb, le cadmium et le chrome sont présents en petites quantités et se dissolvent facilement dans des solutions aqueuses (Milinković et al., 2019; Morales-Corts et al., 2018; Zaccardelli et al., 2018). Le thé compost a été reconnu comme un moyen de distribuer la biomasse microbienne, la matière

organique finement particulée, les acides organiques, les régulateurs de la croissance des plantes et les nutriments minéraux solubles sur le phylloplan (surface des feuilles) et dans le sol (Edwards et al., 2006; Scheuerell & Mahaffee, 2002, 2004). En examinant les interrelations entre les propriétés biochimiques des composts et de leurs thés, cela offre l'occasion d'améliorer notre compréhension des mécanismes sous-jacents par lesquels le compost affecte le rendement des cultures et la qualité nutritionnelle (Pane et al., 2012). Les thés composites fabriqués à partir de matières organiques à base de plantes sont proposés comme substituts durables pour les produits agrochimiques et leur potentiel, d'augmentation de la croissance des plantes, en améliorant les propriétés physique-chimiques des sols, en exerçant des effets nutria-actifs, en augmentant la teneur en nutriments et en contenant des composés hormonaux (Bernal-Vicente et al., 2008; Siddiqui et al., 2008).

L'utilisation d'une fertilisation biologique constitue une alternative viable pour remplacer ou réduire la dépendance à l'égard des produits agrochimiques, dans le but d'accroître la durabilité et d'atténuer les conséquences environnementales néfastes des activités agricoles. Il est impératif de comparer avec précision les rendements moyens obtenus grâce aux engrais organiques et ceux obtenus à partir d'engrais synthétiques, afin d'évaluer leur efficacité pour les pratiques agricoles traditionnelles et biologiques. Pour atteindre cet objectif, une expérience a été menée dans la région de Biskra en Algérie entre 2022 et 2023. L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets de l'utilisation d'un extrait de compost domestique comme engrais sur la qualité et le rendement des melons. Ceci a été comparé à l'application d'acides humiques qui sont commercialement disponibles.

Cette étude est composée de deux parties; une partie bibliographique répartie en deux volets et une partie pratique formée de trois volets:

Partie bibliographique:

Volet 1: Le compost.

Volet 2: L'extrait de compost.

Partie pratique:

Volet 1: Matériel et méthodes.

Volet 2 : Résultats.

Volet 3 : Discussions.

REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE

1 Le compostage

1.1. Définitions

La définition du compost n'est pas aisée car elle recouvre un processus complexe. Diverses interprétations du compostage peuvent émerger selon que les auteurs mettent l'accent sur la dimension naturelle des transformations observées et des réactions biochimiques, ou sur l'intervention humaine dans la maîtrise de la technique.

Selon (**Gottschall et al., 1991**), le compostage correspond à la promotion de la faune et de la flore naturelles du sol, activées par l'aération du tas. (**Mustin, 1987**) le conçoit comme un processus biologique permettant la décomposition des éléments organiques des sous-produits. Quant aux chercheurs suisses (**Gobat et al., 1998**), le compostage désigne un traitement intensif des déchets organiques impliquant l'optimisation des processus biologiques aérobies de dégradation et de stabilisation des matières organiques complexes.

Selon (**Hoitink, 1995**), le compostage représente une méthode artificielle qui débute et se déroule dans des conditions maîtrisées, plutôt que de laisser place au résultat d'une décomposition naturelle incontrôlée. La définition la plus précise de ce processus reste celle de (**Godden, 1986**), qui qualifie le compostage de processus de transformation biologique de différentes matières organiques. Il s'agit d'un processus oxydatif comprenant une phase thermophile, donnant principalement lieu à du CO₂ et à un produit stabilisé : le compost mûr. Les déchets organiques initiaux sont colonisés et transformés par une succession de différentes populations microbiennes, chaque population modifiant l'environnement avant d'être remplacée par d'autres mieux adaptées aux nouvelles conditions.

D'après (**ITAB, s. d.**), d'autres définitions peuvent être adoptées en fonction du type de produit à traiter ou de l'objectif recherché dans le compostage. La nécessité d'une définition est étroitement liée à la réglementation européenne sur l'agriculture biologique, qui impose le compostage de certains déchets sans en donner cependant une définition précise. Ainsi, le compostage se présente comme un processus de décomposition et de transformation contrôlée des déchets organiques biodégradables d'origine végétale et/ou

animale, sous l'action de populations microbiennes diversifiées évoluant dans un milieu aérobie.

1.2 Le but et les avantages du compostage

L'objectif premier du compostage consiste à restituer dans le sol un produit de grande qualité constitué de matière organique et d'éléments minéraux qui lui sont **associés (Culot & Lebeau, 1999)**. Du point de vue agronomique, le compostage permet :

- L'uniformisation des matières,
- La rééquilibrage du rapport C/N des matières organiques,
- La stabilisation de la matière organique pour prévenir les problèmes de stockage (odeurs et pertes d'azote),
- La réduction, voire l'élimination, des graines de mauvaises herbes qui pourraient s'y trouver,
- L'apport d'une matière organique bien structurée améliorant les propriétés physiques du sol, favorisant ainsi l'absorption et la rétention d'eau tout en réduisant l'érosion (éolienne et hydrique),

Une meilleure activité de la microfaune du sol participant à l'augmentation des échanges nutritionnels entre les plantes et le sol, tout en réduisant les risques d'attaques pathogènes des microorganismes. Dans une perspective de recyclage des déchets, le compostage permet également :

- La décomposition plus ou moins importante des polluants organiques,
- L'apport d'éléments fertilisants complémentaires aux sols qui seraient perdus sans ce processus de recyclage,
- La dilution des matières toxiques peu ou pas dégradables, favorisant ainsi leur dispersion sur une plus grande surface de sols (**Culot & Lebeau, 1999**).

1.3 Importance écologique des déchets organiques et du compost

Le compost gagne constamment en importance pour plusieurs raisons. D'une part, il répond aux préoccupations relatives à la gestion des déchets et à la quête de solutions

pertinentes pour valoriser et recycler les matières organiques. D'autre part, les producteurs de cultures végétales prennent conscience des nombreux avantages qu'une utilisation de composts de qualité peut apporter à leurs cultures. Ainsi, deux acteurs se retrouvent en présence : d'un côté, les "industriels des déchets" cherchant à améliorer de manière économique les déchets verts, et de l'autre, les "producteurs de plantes" aspirant à améliorer et à garantir, à long terme, la fertilité de leurs sols grâce à l'utilisation de composts de qualité.

Chaque année, environ 1000 kg de carbone renouvelable sont transformés par habitant, en partie brûlés sous forme de bois ou décomposés biologiquement dans le sol, tels que les restes de cultures ou les engrais organiques, incluant toutes les surfaces de production, qu'elles soient forestières ou agricoles (**Fuchs et al., 2004**). La fraction de carbone transformée par compostage ou méthanisation ne représente que 1 % de ces 1000 kg. Il est donc évident que la grande majorité de la conversion du carbone ne peut actuellement être effectuée par le biais des installations de compostage ou de méthanisation. Cependant, le potentiel des déchets organiques disponibles est nettement supérieur à ce qui est actuellement traité. Il en va de même pour les débouchés du compost.

En Suisse, le compost ne représente qu'à peine 1 % de l'azote et de la potasse ainsi que 1,7 % du phosphore contenus dans les engrais totaux annuellement utilisés (Fuchs et al., 2004).

1.4 Influence des composts sur les paramètres physiques, chimiques et biologiques du sol

De nombreuses recherches ont été documentées concernant les impacts de l'application de compost sur les paramètres du sol (**Dick & McCoy, 1993**). Une part significative de ces études vise à comparer l'effet du compost à celui d'autres fertilisants organiques tels que les engrais de ferme, les boues d'épuration, etc., ou **minéraux (Guster & Ebertseder, s. d.; Leifeld et al., 1998, 2002)**. L'interaction entre la fertilisation organique au compost et la fertilisation minérale a également fait l'objet de diverses études (**Leifeld et al., 1998, 2002**). Les effets de l'application de compost ont fréquemment été analysés dans des conditions extrêmes, par exemple sur des sols lourds ou légers, et dans

des contextes de cultures à assolement court ou intensif, ainsi que dans le cadre de la régénération de sols (**Gutser & Ebertseder, 2002; Hartmann, 2002**).

Cependant, il existe peu d'études sur les effets de l'utilisation conjointe de composts avec d'autres fertilisants organiques. De même, les études sur l'application de compost dans le cadre d'assolements plutôt étendus de cultures mixtes ou fourragères sont rares.

1.4.1 Effets sur les paramètres physiques

Les modifications des caractéristiques chimiques et microbiologiques consécutives à l'amendement par le compost sont fréquemment liées à une évolution directe ou indirecte des propriétés physiques du sol. Ainsi, l'augmentation du taux de matière organique, l'élévation du pH, l'augmentation du contenu en calcium, ainsi que l'accroissement de la biomasse microbienne et de son activité, s'accompagnent également de la formation d'agrégats plus volumineux et plus stables (**Gerzabek et al., 1995**). De manière générale, l'application de compost a des effets positifs sur :

1.4.1.1 La stabilité des agrégats

À court terme (moins de trois ans), ces effets s'estompent lors d'applications répétées. Toutefois, l'utilisation de composts matures améliore considérablement la stabilité des agrégats par rapport à celle des "composts jeunes" (**Hartmann, 2002**). La stabilité des agrégats et l'amélioration de la structure du sol qui en découle entraînent une augmentation de la porosité et une diminution de la densité (**Hartmann, 2002; Timmermann et al., 1999**).

Ces modifications de la structure du sol permettent d'influer durablement sur la teneur en air dans les différents horizons. (**Chausson, 1999**), après 9 ans d'apports de compost sur cinq sites de Suisse sud-occidentale, a pu observer une augmentation moyenne de l'aération du sol de 15 % par rapport au témoin non traité. Par ailleurs, une augmentation de la respiration du sol est fréquemment constatée suite à la modification des activités microbiennes (**Serra et al., 1995**).

Parallèlement, une augmentation de la capacité de rétention d'eau est également observée. Toutefois, cet effet semble apparaître après un laps de temps conséquent

(Avnimelech et al., 1993; Hartmann, 2002; Kahle & Belau, 1998), comme l'indiquent les recherches de (Evanylo & Sherony, 2002) qui n'ont relevé aucune augmentation de la capacité de rétention d'eau après 2 ans d'application de compost.

1.4.1.2 L'infiltration de l'eau dans le sol

Comme pour les autres effets bénéfiques sur les caractéristiques physiques des sols, l'impact sur l'infiltration de l'eau ne devient perceptible qu'après plusieurs années d'utilisation de composts (Evanylo & Sherony, 2002; Gilley & Eghball, 1998; Landes et al., 2002). En général, l'augmentation de la stabilité des agrégats et l'amélioration de l'infiltration de l'eau ont également des répercussions positives sur la problématique de l'érosion des sols. Ainsi, diverses études ont démontré une amélioration de la résistance tant à l'érosion hydrique (Bazzoffi et al., 1998; Landes et al., 2002) qu'éolienne (Hartmann, 2002).

De plus, l'application de compost peut influencer l'absorption d'énergie par un sol en raison de sa couleur sombre (Podzol et sol brun). Les parcelles amendées avec du compost présentent un bilan radiatif journalier de moindre amplitude et une température de surface tendanciellement plus élevée (Hartmann, 2002).

2.4.2. Effets sur les paramètres chimiques

Dans la majorité des expériences menées en agriculture ou en horticulture, l'application de compost a entraîné une augmentation de la teneur en carbone organique (Corg) et en azote total (Ntot) dans la couche superficielle du sol. Cette augmentation demeure observable pendant de nombreuses décennies, jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint. À l'exception des analyses réalisées par (Hartmann, 2002), l'augmentation de la teneur en Corg s'est avérée associée à celle du Ntot (Diez & Krauss, 1997; Landes et al., 2002).

Une augmentation significative de la teneur en Corg suite à des apports réguliers de compost est observable à court terme (Hartmann, 2002; Landes et al., 2002). L'épandage d'une quantité conséquente de compost en une seule fois (100 t de matière fraîche/ha) peut également contribuer à une augmentation soutenue de la teneur en Corg et en Ntot dans le

sol (**Kahle & Belau, 1998**). Le niveau d'équilibre des teneurs en Corg et Ntot est principalement influencé par des facteurs locaux (sol, climat), les pratiques culturales (travail du sol, rotation des cultures), la quantité de compost épandue ainsi que par sa qualité. De manière générale, une corrélation étroite a été observée entre la quantité de matières organiques apportée par le compost et l'accroissement de la teneur en Corg dans le sol (**Giusquiani et al., 1995**). Cependant, une même quantité de matières organiques augmente de manière plus substantielle la teneur en Corg dans un sol lourd et argileux que dans un sol léger et sablonneux (**Gutser & Ebertseder, 2002**), et de façon moindre dans un podzol que dans un sol brun (**Hartmann, 2002**).

Les études de (**Asmus, 1992; Kundler, 1986**) indiquent que le compost, comparé aux autres fertilisants organiques, est plus efficace que la tourbe pour augmenter le taux d'humus stable dans le sol, en raison de la stabilisation des substances organiques sous forme de composés humiques. En revanche, les analyses de (**Delschen, 1999**) ont démontré, dans des sols argileux réaménagés, que la nature de la matière initiale (fumier de ferme, compost ou boues d'épuration) avait moins d'importance dans l'efficacité de la formation d'humus. Le processus d'accumulation à long terme est essentiellement déterminé par le taux d'application.

2.4.2.1 La matière organique

Les propriétés et la composition de la matière organique présente dans le compost diffèrent notablement de celles présentes dans le sol sur la plupart de leurs caractéristiques. Le processus de fermentation associé au compostage entraîne la création de composés organiques stables et la formation de matières humiques. Lors d'une expérience d'incubation, (**Joergensen et al., 1996**) ont comparé les propriétés chimiques du sol à celles du compost, constatant que les déchets de jardin et de cuisine compostés présentaient des valeurs nettement supérieures à celles du sol pour tous les paramètres tels que Corg, Ntot, le pH, les carbonates, la capacité d'échange cationique (CEC), la salinité, les chlorures et les sulfates. De même, (**Leifeld et al., 2002**) ont observé des valeurs considérablement plus élevées pour les paramètres Corg, Ntot, C/N, lignine et pH pour des composts de différents stades de maturation issus de déchets verts par rapport au sol.

Par ailleurs, les rapports alcoyle-C/O-alcoyle-C (indicateur d'humification) de deux composts se sont nettement distingués des cambiosols, mais pas des luvisols. Au cours d'une expérimentation sur le terrain, (**Gigliotti et al., 1999**) ont constaté que les acides fulviques présents dans les composts de jardin présentaient une part considérable de groupes aliphatiques et carboxyliques, ainsi qu'une faible proportion de polysaccharides par rapport au sol. Ainsi, il est aisé de comprendre que l'application de matières organiques stabilisées entraîne des modifications dans la composition de la matière organique du sol, qui dépendront à la fois de la qualité du compost et du lieu d'application. (**Leifeld et al., 1998, 2002**) ont démontré que l'ajout de composts a non seulement entraîné une augmentation de Corg et Norg, mais aussi une augmentation de la concentration en carbonés aromatiques et en lignine. Néanmoins, le rapport alcoyle-C/O-alcoyle-C a indiqué un faible degré d'humification de la matière organique du sol suite à l'utilisation de compost de déchets verts. En revanche, l'épandage de compost de fumier de ferme a entraîné, sur les deux sites, une augmentation du degré d'humification et une baisse de la teneur en cellulose (**Leifeld et al., 1998**). Des conclusions similaires ont été établies par (**Gigliotti et al., 1999**). Ainsi, l'augmentation de la concentration en composés aromatiques observée après l'usage de compost ne doit pas automatiquement être associée à une humification plus avancée. Selon (**Leifeld et al., 1998**), les effets de l'application de compost sur les propriétés physiques et chimiques du sol sont probablement davantage liés à des changements quantitatifs de la matière organique plutôt qu'à des changements qualitatifs. En somme, il semble que le site et les propriétés intrinsèques du sol influencent de façon plus durable les caractéristiques humiques de sa fraction organique que la fertilisation, et qu'ils masquent en partie les effets dus à l'utilisation du sol.

2.4.2.2 pH

La plupart des composts présentent un pH relativement élevé (8) et renferment des quantités substantielles de substances tampon. Par conséquent, l'application de compost entraîne généralement une augmentation du pH des sols cultivés (**Diez & Krauss, 1997; Kahle & Belau, 1998; Landes et al., 2002**). Toutefois, cette augmentation n'est pas systématique dans tous les cas (**Avnimelech et al., 1993, 1994; Kremer, 2001**). De manière générale, l'usage de composts tend à stabiliser le pH du sol (**Stamatiadis et al.,**

1999). Selon sa qualité (taux de carbonates), l'utilisation de compost peut permettre une économie significative d'amendements calcaires.

L'argile et les composés humiques constituent les éléments déterminants de la capacité d'absorption d'un sol. Le complexe argilo-humique sert à emmagasiner les éléments nutritifs et à les mettre à disposition des plantes. La capacité d'échange cationique (CEC) figure parmi les paramètres les plus importants définissant la capacité d'absorption d'un sol. En général, la CEC de la matière organique décomposée d'un sol est nettement supérieure à celle des minéraux argileux (Sheffer & Schachtschabel, 1989). L'enrichissement en matière organique peut donc conduire à une augmentation significative de la CEC, notamment dans les sols légers à faible capacité d'absorption. Ainsi, (Hartl & Erhart, 2002), tout comme (Giusquiani et al., 1995), ont mis en évidence une corrélation marquée entre la quantité de compost appliquée, la teneur en carbone organique et la CEC du sol. On observe également une hausse du taux de saturation basique (Ca, K, Na) en parallèle avec l'élévation du pH et de la CEC (Kahle et al., 2002).

2.4.2.3 La teneur en sel du sol

La concentration élevée en sels présente dans les composts peut clairement influencer la concentration en sels du sol ou du substrat auquel il est incorporé. Lors d'une étude sur la fertilisation utilisant du fumier, du compost de déchets de cuisine ou du compost de déchets de jardin dans un sol sableux du Nord de l'Allemagne, (Kremer, 2001) a constaté une augmentation des niveaux de salinité dans la variante traitée avec le compost de déchets de cuisine. Dans les régions bénéficiant d'un climat humide, cela ne devrait pas avoir d'effets indésirables en raison du lessivage relativement rapide. En revanche, dans les régions à climats arides ou semi-arides, une élévation de la conductivité électrique du sol pourrait restreindre l'utilisation des composts (Stamatiadis et al., 1999).

2.4.3. Effets sur les propriétés biologiques

À la conclusion du processus de décomposition (compostage), les composts matures abritent une communauté étendue et diversifiée de microorganismes mésophiles (Gobat et al., 2003). Ainsi, l'adjonction de compost dans un sol ne représente pas uniquement un

apport de matières organiques contenant des composés minéraux, mais également une introduction de microorganismes vivants. Par ailleurs, le compost peut également servir de source nutritionnelle pour les micro-organismes indigènes du sol (**Dick & McCoy, 1993**). Par conséquent, l'apport de compost peut impacter l'activité microbienne à la fois dans le sol (**Perucci, 1990**) et au niveau de la microflore (**Pera et al., 1983**). D'un autre côté, la biomasse microbienne, composante organique active, constitue une source significative de nutrition pour la plante (**Smith & Paul, 1990**), et l'accroissement de la biomasse microbienne suite à l'amendement au compost peut améliorer à long terme la fertilité du sol.

Non seulement la quantité de microorganismes du sol peut être influencée par l'apport de compost, mais (**Perucci, 1990**) a également constaté une augmentation marquée de diverses activités enzymatiques (uréases, protéases, phosphatases, sulfatases). En améliorant le potentiel biologique et enzymatique des sols, le compost crée des conditions optimales pour la croissance des plantes en favorisant la minéralisation, l'humification et la disponibilité des éléments nutritifs.

1.4.4 L'effet du compost sur sol et les plantes

Ainsi, (**Serra-Wittling, 1995; Serra-Wittling et al., 1997**) ont mis en évidence que l'ajout de 10 % en volume de compost provenant de matières fermentescibles d'ordures ménagères à un sol limoneux permet de réduire, voire d'éliminer, le développement de la Fusariose vasculaire du lin (causée par *Fusarium oxysporum*). De plus, des recherches menées par (**TRATCH. & BETTIOL., 1997**) sur des composts biologiques ont démontré que l'application d'une solution de jus de compost à une concentration de 10 % inhibe la croissance mycélienne de la plupart des pathogènes testés (une dizaine, dont *Rhizoctonia solanii*, *Fusarium oxysporium*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani*, *Septoria lycopersicii*...). En effet, la germination des spores est stoppée à des concentrations de 20 % pour *Botrytis cinerea* et de 10 % pour *Alternaria solanii*. Dans un contexte similaire, (**Serra-Wittling et al., 1996**) ont rapporté d'autres exemples d'amélioration de la résistance du sol suite à l'application de compost.

Selon (**HOUOT. et al., 2009**), la qualité d'amendement (capacité à accroître le stock

de matière organique du sol) est proportionnelle à la stabilité de la matière organique. L'utilisation de composts comme support de culture requiert qu'ils soient correctement stabilisés pour éviter tout risque de phytotoxicité. La progression de la stabilisation de la matière organique des composts est étroitement liée aux déchets ayant subi le processus de compostage. Par conséquent, le choix du compost à utiliser comme amendement organique devra être mûrement réfléchi en fonction des objectifs recherchés lors de l'utilisation de ce type de matières fertilisantes.

1.4.4.1. Les êtres vivants et le compostage

Les organismes vivants impliqués dans le processus de compostage se regroupent en deux catégories : les micro-organismes et les macro-organismes. Les bactéries, les champignons et les actinomycètes assurent 95 % de l'activité du tas de compost, avec une activité prédominante des bactéries et des champignons favorisant l'augmentation de la température pendant la phase mésophile. Les actinomycètes, quant à eux, sont plus actifs lors de la phase thermophile. Les bactéries, prédominantes en termes de quantité et de diversité dans la matière initiale, ont pour fonction principale de stimuler la température et d'initier la décomposition. Les champignons, capables de digérer les composants non transformés par les bactéries, deviennent inactifs au-delà de 55°C et se positionnent principalement en périphérie du tas ou pendant les phases de températures plus basses. Les actinomycètes, quant à eux, sont spécialisés dans la dégradation de matières très résistantes telles que la cellulose et la lignine. On trouve également des champignons ligninolytiques participant à ce processus. Environ 5 % de l'activité du tas de compost est attribuable aux algues chlorophylliennes (présentes dans les 10 premiers centimètres du tas, dans des conditions de pH neutre et d'humidité élevée) ainsi qu'aux cyanophycées qui fixent l'azote atmosphérique (**Godden, 1986**).

Les macro-organismes interviennent lorsque la température du tas est inférieure à 40°C, principalement sous la forme de vers de terre mais également avec la présence de nombreuses espèces d'insectes, d'acariens, de gastéropodes, de myriapodes, et de cloportes (**Zeglels & Masscho, 1999**).

1.5. Le processus du compostage

Le déroulement du compostage peut être analysé selon quatre étapes distinctes. Divers facteurs (tels que la température, le pH, le taux d'oxygène, etc.) connaissent des fluctuations tout au long du processus de compostage. Les variations de température, traduisant l'activité en cascade des microorganismes en réaction aux changements environnementaux, constituent le signe le plus tangible de la dynamique du compostage. Ces fluctuations thermiques permettent d'identifier quatre phases distinctes.

1.5.1. Les phases du processus de compostage

1.5.1.1 La phase mésophile

C'est la phase préliminaire du compostage, au cours de laquelle les matières premières sont colonisées par les micro-organismes mésophiles indigènes, principalement des bactéries et des champignons. Leur activité provoque une élévation de la température (de 10-15 °C à 30-40 °C), une libération importante de CO₂ (d'où la réduction du rapport C/N) et une acidification. La décomposition de la cellulose pendant cette période est responsable de plus de 75 % de la perte de poids sec.

1.5.1.2 La phase thermophile

Elle survient au cœur du monticule, à des températures élevées (environ 60 à 70 °C) pour les composts utilisés en agriculture, auxquelles seuls des microorganismes thermotolérants ou thermophiles survivent (ce qui entraîne l'arrêt de l'activité des champignons et le développement des actinomycètes et des bactéries thermophiles).

Les pertes en azote, minéralisé sous forme ammoniacale (NH⁴⁺), qui peut être libéré sous forme d'ammoniac (NH³) dans certaines conditions, ainsi que l'évaporation d'eau, sont plus significatives pendant cette phase. Le dégagement de CO₂ peut entraîner, à la fin des phases thermophiles, une perte de poids sec pouvant atteindre jusqu'à 50 %. Les températures élevées caractérisant la phase thermophile ne concernent que le centre du monticule.

Les matières situées en périphérie du tas doivent être mélangées lors d'une ou deux

rotations. Après une rotation, on observe la succession des trois phases (mésophile, thermophile, refroidissement) (*ITAB*, s. d.) ; cependant, les températures atteintes pendant la phase thermophile diminuent progressivement au fil des rotations. Cette technique garantit que tous les éléments du monticule traversent les différentes phases de compostage, permettant ainsi d'obtenir un produit final homogène et complètement assaini.

1.5.1.3 La phase de refroidissement

Il s'agit de l'étape intermédiaire entre la phase thermophile et la phase de maturation. Elle se termine lorsque la température revient à son niveau ambiant. Le milieu est alors à nouveau colonisé par des micro-organismes mésophiles. Ces micro-organismes décomposent les polymères restés intacts pendant la phase thermophile et incorporent l'azote dans des molécules complexes.

1.5.1.4 La phase de maturation

Cette phase est caractérisée par une activité microbienne réduite (rétablissement par des champignons), mais elle est propice à la colonisation par la macrofaune, en particulier les vers de terre lorsque présents dans l'environnement du monticule. Les matières organiques sont stabilisées et enrichies en humidité par rapport aux matières premières initialement soumises au compostage.

Les trois premières étapes sont relativement rapides comparativement à la phase de maturation. Cependant, leur durée et l'ampleur des variations dépendent des matériaux de départ et des conditions techniques du processus de compostage.

Les intervalles de retournement ne peuvent être prédéterminés selon un calendrier spécifique, mais sont déclenchés par la baisse de la température. En théorie, la phase de maturation se prolonge jusqu'à l'épandage du compost. Il est impossible de définir une durée fixe pour la maturation car celle-ci dépend de la composition des matières premières. Néanmoins, il est possible de différencier les composts issus de déchets ligno-cellulosiques (tels que les fumiers) qui peuvent être utilisés après environ 6 semaines (la phase de maturation est alors très courte, voire inexistante) de ceux issus de déchets ligneux (comme les déchets verts) qui ne sont généralement utilisés qu'après environ 6 mois.

1.6 Les paramètres du compostage

1.6.1. Température

La variation de la température découle de l'activité microbologique. Selon (**Godden, 1986**), les températures maximales atteintes pendant la phase thermophile dépendent des caractéristiques du milieu (telle que la nature des matières premières, la taille des particules, les dimensions et la forme du monticule, l'humidité, l'aération, etc.).

Au centre du tas, la température peut atteindre 70 à 80 °C, en particulier dans le cas de tas de compost composés de fumier de cheval et de débris de broussailles. Cependant, des températures dépassant les 70 °C sont déconseillées, car elles sont susceptibles d'entraîner un dessèchement excessif, une perte de matière trop importante, voire un arrêt du processus (et donc la destruction des organismes vivants), et ainsi une détérioration de la qualité du compost (transformant ainsi les matières organiques en combustion plutôt qu'en transformation). La production de chaleur par les micro-organismes pendant le compostage est proportionnelle à la masse du tas, tandis que les pertes de chaleur dépendent de sa surface. Par conséquent, l'augmentation de la température est d'autant plus significative lorsque le rapport entre le volume et la surface du tas est élevé. Selon (**Mustin, 1987**), contrairement aux animaux homéothermes, les micro-organismes ne peuvent pas réguler leur température. Ils demeurent à la température

1.6.2. Humidité

(**Godden, 1986**) indique que le niveau d'humidité dépend principalement des matériaux de départ. L'évaporation d'eau durant la phase thermophile peut parfois nécessiter un ou plusieurs arrosages du tas, ce qui rend difficile la définition des quantités d'eau à apporter. De l'eau peut être ajoutée tant qu'aucun écoulement n'est observé sous le tas, à condition de ne pas recouvrir le tas pendant la phase thermophile. Un échantillon présente un niveau d'humidité adéquat s'il y a une légère exsudation lorsqu'il est pressé. Un manque d'eau se traduit par l'apparition de "blanc" (une forme de résistance des actinomycètes et des champignons), indiquant un ralentissement de l'activité microbologique, et cela survient généralement à un niveau moyen de matière sèche

d'environ 40 % du tas. Un simple apport en eau suffit à rétablir le processus de décomposition. Il convient toutefois de ne pas ajouter d'eau vers la fin du processus de compostage, car cela ne relancera pas la phase thermophile et il est peu pertinent d'augmenter le niveau d'humidité (ce qui accroîtrait les coûts de transport). En revanche, un excès d'eau (niveau de matière sèche inférieur à 20 %) crée des conditions anaérobies défavorables.

1.6.3. Aération

La ventilation est cruciale pour fournir l'oxygène essentiel au métabolisme des micro-organismes du compostage, et c'est elle qui initie le processus de compostage. Une aération inadéquate du tas de compost présente plusieurs conséquences néfastes :

- Baisse de la température due au ralentissement de l'activité des organismes aérobies.

- Réduction de la décomposition et des transformations différentes pouvant conduire à la formation de ce qui est appelé "beurre noir" (un résidu foncé, malodorant, avec une texture similaire à celle du beurre, donc difficilement récupérable et inépendable).

- Perte d'azote sous forme de NH_3 , N_2O , N_2 (dénitrification).

- Perte de soufre sous forme de H_2S .

D'après (*ITAB, s. d.*), pour éviter le compactage et les zones anaérobies au bas des tas de fumier, il est recommandé de ne pas dépasser une hauteur de 1,5 m, ce qui implique la réalisation de tas allongés de section triangulaire, dont la largeur dépend des retournements d'andains utilisés (jusqu'à 4 m). Il est possible de composter des tas de plus grande taille, mais dans ce cas, la ventilation doit être contrôlée par des systèmes d'insufflation d'air, ce qui représente un investissement trop important pour les exploitations agricoles. La ventilation d'un tas de fumier à composter dépend de sa structure ainsi que de la quantité de paille ajoutée (et de la longueur des brins). Un repère est établi à partir de valeurs de 6 à 7 kg de paille par unité de gros bétail par jour.

1.6.4. pH

Le pH influe sur les réactions du compostage, favorisant ainsi certaines espèces de micro-organismes. Un pH acide favorise le développement des bactéries et des champignons en début de compostage, tandis qu'un pH basique favorise plutôt le développement des actinomycètes et des bactéries alcalines. La plupart des bactéries impliquées dans le compostage ont leur optimum de croissance dans une plage de pH de 6 à 8, tandis que les champignons tolèrent davantage des pH compris entre 5 et 8,5 environ.

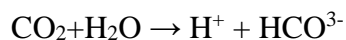
Pendant le processus de compostage, plusieurs mécanismes peuvent entraîner des variations de pH dans la masse organique :

L'acidification peut résulter de la production d'acides organiques à partir des glucides, des lipides ou d'autres substances, selon la réaction suivante :



Ces acides se dissocient en solution aqueuse et peuvent s'accumuler, acidifiant ainsi fortement le substrat.

De plus, la production de CO₂ lors de la décomposition aérobie contribue à l'acidification du milieu par sa dissolution dans l'eau, engendrant ainsi de l'acide carbonique selon la réaction :



D'autre part, l'alcalinisation du milieu peut résulter soit de la production d'ammoniac issue de la dégradation des amines (protéines, bases azotées), soit de la libération des bases incorporées précédemment dans la matière organique.

L'évolution du pH au cours du compostage renseigne sur les différentes phases du processus microbologique en cours (par exemple, l'acidification en phase mésophile). Ainsi, la mesure du pH est essentielle pendant le compostage, elle permet de surveiller un processus fermentaire voire de le maîtriser en le contrôlant (**Mustin, 1987**). Selon (**Gobat et al., 1998; Godden, 1986**), à la fin du processus de compostage (phase de maturation), le pH tend à s'équilibrer vers la neutralité.

1.6.5. Le rapport Carbone/Azote (C/N)

En général, un déficit en azote entraîne un processus de compostage lent, tandis qu'un excès d'azote ou un manque de carbone provoquent d'importantes pertes d'azote. Pour les fumiers à composter, la plage optimale se situe à un rapport C/N de 25 à 35 (**Godden, 1995**). Un ratio carbone/azote initialement trop bas dans le matériau à composter est souvent le signe d'un rapport litière/déjections trop faible, augmentant ainsi considérablement le risque de perte d'azote.

Selon (**ITAB, s. d.**), ce n'est pas tant le rapport C/N qui détermine le déroulement du compostage que la structure du tas. Il est ainsi préférable d'introduire le carbone sous forme de paille, qui a un effet structurant (entrecroisement des brins, présence d'air à l'intérieur des tiges), plutôt que sous forme de sciure par exemple, qui tend à entraver la circulation de l'air en cas de tassement. Le rapport C/N peut être identique dans les deux cas, mais le facteur limitant dans les tas contenant de la sciure sera le manque d'oxygène.

Il est également à noter que, plus que le rapport C/N, c'est la structure biochimique des molécules considérées qui détermine la vitesse de décomposition : ainsi, pour un même rapport C/N compris entre 8 et 10, les substances humiques se décomposent à un taux d'environ 2 % par an, alors que la décomposition des engrais verts est bien plus rapide.

(**Mustin, 1987**) rapporte que lors de la phase de fermentation aérobie active, les microorganismes consomment 30 fois plus de carbone que d'azote (les substrats organiques perdent plus rapidement leur carbone, lequel est métabolisé et relâché sous forme de gaz carbonique, que leur azote, métabolisé ou perdu sous forme de composés azotés volatils tels que l'ammoniac NH_3). Ainsi, un rapport C/N idéal initialement doit se situer entre 30 et 35, puis il baissera pour se stabiliser vers 10 (entre 15 et 8) à la fin du processus de compostage.

1.7. Intérêt du compostage

1.7.1. Réduction des volumes

La diminution des volumes est d'environ 50 % pour les fumiers ou les déchets verts. Ce phénomène est attribuable aux pertes de carbone et d'eau, suivies de tassements, qui

surviennent pendant le processus de compostage. Cette réduction des volumes permet de réduire les quantités de fumier à épandre, et ce, dans un laps de temps relativement court, puisqu'en moyenne, ces réserves sont réduites de moitié en 6 semaines. Les économies de temps réalisées grâce à cette diminution des volumes à épandre couvrent généralement le temps nécessaire à la production du compost (*ITAB, s. d.*).

1.7.2. Concentration en éléments minéraux

Grâce à la diminution de masse, très supérieure à celle des fumiers de dépôts de même âge, les composts sont plus concentrés en éléments fertilisants que les fumiers (*ITAB, s. d.*).

1.7.3. Assainissement vis à vis des adventices

(**Halberg, 1999; Ragdale et al., 1992**) ont relevé dans leurs expérimentations qu'aucune graine de mauvaise herbe n'était détectée à la fin du processus de compostage lorsque la température dépassait 55 à 60°C. Selon (**Wiart, 1997**), la durée nécessaire pour éliminer les graines varie en fonction de leur emplacement dans le tas : plus de 24 jours pour celles situées en surface, en moyenne 24 jours à 30 centimètres de profondeur, et 3 jours à 90 centimètres du bord. Une réinfestation par des graines disséminées par le vent est envisageable après la phase de refroidissement.

1.7.4. Assainissement vis-à-vis des agents pathogènes et parasites des animaux

D'après les constatations de (**Hacala, 1998**), les excréments des animaux abritent les agents pathogènes et les parasites provenant d'animaux tant malades que sains, ces derniers étant à l'état latent. Ce phénomène entrave souvent la répannage des matières organiques sur les prairies, privant ainsi ces dernières d'un apport en fertilisants et réduisant les zones où ces matières peuvent être épandues. Le compostage des fumiers pourrait représenter une solution à cette problématique. Le risque prédominant concerne certaines bactéries telles que *Clostridium tyrobutyricum* (responsables de butyriques) et *Clostridium botulinum* (agent du botulisme), ce dernier étant peu fréquent dans les élevages bovins mais observé dans les élevages avicoles, ainsi que des pathogènes tels que les *Listeria* ou les *Salmonella*. Leurs conditions de survie varient grandement (pH, température) et certains restent viables

pendant plusieurs semaines ; les formes de résistance de *Clostridium botulinum* (spores) résistent à la chaleur et ne sont donc pas éliminées lors du compostage.

(**Hacala, 1998**) affirme que pour des troupeaux bovins fortement contaminés par les *Salmonella* (104 à 106 *Salmonella* pour 100g), un processus de compostage de 6 semaines à 2 mois, comprenant deux retournements à une semaine d'intervalle, dans des conditions météorologiques favorables (absence de pluie après retournement ou protection du tas), garantit un assainissement quel que soit le type de *Salmonella* concerné. L'efficacité est maximale si la température est maintenue au-dessus de 50°C pendant 3 à 4 semaines. En effet, une heure à plus de 67°C est suffisante pour détruire les *Salmonella*, mais la période minimale requise passe à 40 jours si la température ne dépasse que 41°C.

D'un point de vue parasitaire, le processus de compostage entraîne une forte diminution de la population d'Helminthes après un mois, mais il demeure nécessaire de vérifier si ces organismes sont entièrement éradiqués après plusieurs mois de compostage. En revanche, la population de Coccidies est complètement éliminée (**Lorthios, 1998**).

1.7.5. Destruction partielle ou totale des résidus de produits phytosanitaires

(**Halberg, 1999**) indique que des recherches menées aux États-Unis sur les 200 pesticides les plus fréquemment utilisés ont mis en évidence la présence, à la fin du processus de compostage, des substances les plus persistantes (telles que le Chlordane, un insecticide utilisé contre les termites, le Pentachlorophénol, un fongicide pour le traitement du bois, ainsi que le Captan, le Lindane et le 2,4-D). L'activité de dégradation biologique lors du compostage conduit à la destruction de la plupart des molécules, entraînant des quantités résiduelles faibles, voire nulles.

1.7.6. Absence d'odeur désagréable

Le processus de compostage donne lieu à un produit évoquant l'odeur caractéristique du terreau des litières forestières. Même durant le compostage, les émissions d'odeurs désagréables sont rares. La présence de telles odeurs témoigne d'un déroulement inapproprié du compostage (manque d'oxygène) (**ITAB, s. d.**).

1.7.7. Homogénéité du produit fini

Peu importe l'équipement utilisé, les retournements mènent à un brassage des matières destinées au compostage. L'homogénéité représente l'une des caractéristiques distinctives du compost, ce qui facilite considérablement son épandage. En revanche, le fumier entreposé présente une structure très hétérogène, qualifiée de "fragmentaire", attribuable à la présence de "mottes" plus ou moins agrégées ou compactes en fonction des zones et de la maturité de la pile. Cette diversité au sein du fumier aboutit à des épandages irréguliers, entravant notamment les apports sur les prairies (*ITAB, s. d.*).

1.7.8. Limitation des pertes d'azote nitrique

Selon Le (**Le Houérou, 1993**), des recherches ont été menées sur le compostage dans le but de réaliser les objectifs suivants :

La diminution du poids (environ 40% pour le fumier de bovin) et du volume (en moyenne 50%) facilite le transport du compost vers des zones où l'épandage traditionnel est peu pratique, tout en permettant de limiter les épandages dans des zones à risque, réduisant ainsi les pertes d'azote.

1.8.9. Lutte contre les maladies des plantes

Plusieurs études réalisées dans diverses régions du globe ont démontré que le lixiviat de compost, en plus de son effet fertilisant, pourrait constituer un moyen efficace de lutter contre les maladies fongiques des plantes en inhibant ou en stoppant le développement des champignons pathogènes. Ces recherches sont encore récentes et le mécanisme d'action du lixiviat de compost n'est pas encore entièrement élucidé.

2. Les extraits de compost

Un extrait de compost (EC) est une combinaison de compost et d'eau dans des proportions allant de 1 pour 5 à 1 pour 10. Après cela, le mélange est laissé en repos pendant une durée variant d'une heure à deux semaines, puis filtré et utilisé comme engrais sur les cultures. L'objectif central de la création de l'EC est de rendre solubles les éléments nutritifs présents dans le compost, tel qu'indiqué par (**Diver, 2002**). Il est à noter que l'EC

se différencie du "thé de compost" décrit par (Brinton et al., 1996), puisqu'il n'exige pas l'adjonction d'une source de carbone soluble pour déclencher la fermentation, comme rapporté par (Scheuerell & Mahaffee, 2002). Les procédés de fabrication de l'EC se divisent en deux catégories. Les EC aérés sont élaborés à l'aide de systèmes introduisant de l'air dans le mélange, tandis que les EC non-aérés désignent les méthodes impliquant peu ou pas d'aération durant la macération. Il convient de souligner que l'utilisation des termes "aérobie" ou "anaérobie" pour décrire les EC serait problématique en raison de la complexité de la mesure des niveaux d'oxygène (O₂) présents, comme mis en évidence par (Scheuerell & Mahaffee, 2002). En ce qui concerne le "thé de compost", il peut être produit avec ou sans aération, et en général, la fermentation est stimulée par l'adjonction d'une source de carbone facilement assimilable, telle que la mélasse, comme signalé par (Diver, 2002). L'adjectif "fortifié" est employé pour signaler l'ajout de substances visant à enrichir l'EC, parfois en favorisant l'accroissement de la densité microbienne, comme l'ont relevé (Scheuerell & Mahaffee, 2004). Tous les éléments incorporés dans l'EC sont également désignés sous l'appellation "additifs". Les additifs les plus fréquemment autorisés pour une utilisation en agriculture biologique englobent les extraits d'algues, la poudre de roche et les substances humiques (SH), comme énoncé par (Diver, 2002).

2.1 Les éléments minéraux solubles des extraits de compost

Les propriétés physico-chimiques des extraits de compost (EC) évoluent de façon continue avec le temps. Il est primordial de noter que ces paramètres jouent un rôle essentiel dans l'assurance du succès de la fertilisation foliaire en utilisant des EC. En 2004, le National Organic Standard Board propose des orientations pour détailler l'effet "engraissant" des extraits de compost sur les plantes, en mettant l'accent principalement sur les minéraux et composés organiques solubles.

2.2 Les éléments minéraux majeurs et éléments traces

Les composts constituent une ressource fondamentale en éléments minéraux essentiels et en oligo-éléments, comme rapporté par (Keeling et al., 2003), et renferment les 17 éléments minéraux nécessaires à la croissance des végétaux, ainsi que l'ont souligné (Epstein & Bloom, 2005). De nombreux facteurs influent sur la concentration des

éléments minéraux présents dans les composts, tels que les matières premières utilisées, le rapport carbone/azote (C/N), le pH, la température, l'aération/l'humidité, ainsi que la méthode de compostage, comme mis en lumière par les travaux de (**Larsen & McCartney, 2000; Ndegwa & Thompson, 2000, 2001; Zaccheo et al., 2002**).

Un processus de compostage performant devrait favoriser la pasteurisation du produit tout en préservant au maximum les composants minéraux présents dans les matières premières. Ainsi, des matières premières avec un rapport C/N proche de 30, selon les constatations de (**Larsen & McCartney, 2000**), et un pH neutre contribueront à réduire les pertes d'azote (N) par volatilisation ou lessivage pendant le processus de compostage. Les pertes d'azote par volatilisation ont été observées comme plus importantes par (**K'orner & Stegmann, 1998**) lorsque le pH des matières premières était élevé, et ces pertes atteignent leur maximum pendant la phase thermophile, caractérisée par des températures élevées, comme ils l'ont souligné.

Les pertes d'azote par évaporation diminuent également pendant la phase mésophile en raison de la survie améliorée des bactéries assimilatrices d'ammoniac (NH_3), tel que rapporté par (**Sasaki et al., 2004**). Un niveau d'oxygénation inférieur à (1 ml) d'oxygène par (min) pourrait prévenir la volatilisation de l'azote, comme indiqué par (Merrill et al., 1998). Il est crucial de noter que le soufre (S) peut également être émis sous forme de composés sulfurés tels que l'hydroxyde de soufre (H_2S) et le disulfure de diméthyle ($\text{C}_2\text{H}_6\text{S}_2$), comme signalé par (**Thompson et al., 2002**). En ce qui concerne le processus de compostage, les lombricomposts présentent généralement une concentration plus élevée en éléments minéraux que les composts traditionnels, selon les rapports de (**Ndegwa & Thompson, 2001; Tognetti et al., 2005**). Cette richesse provient de l'activité des vers qui éliminent de l'ammoniac (NH_4^+) et de l'urée sous forme d'urine par le biais des néphridies présentes sur chaque segment du ver, selon les explications de (**Edwards & Bohlen, 1996**). De plus, les lombricomposts renferment généralement une quantité plus élevée de calcium (Ca) car le système digestif des vers permet le recyclage du calcium sous forme de carbonate de calcium (CaCO_3) grâce aux glandes calciféreuses. Il est important de souligner que les composants minéraux des composts varient en fonction des matériaux initiaux employés, et ils se présentent sous différentes formes dans la matière organique végétale d'origine.

Les lombricomposts sont habituellement plus opulents en éléments immédiatement assimilables par les végétaux en raison de la nature spécifique de leurs composants minéraux. Selon l'étude de **(Edwards & Bohlen, 1996)**, la moitié de l'azote (N) libéré par les vers se retrouve dans la sécrétion entourant leur cuticule. En outre, les lombricomposts renferment une diversité accrue de formes de phosphore (P) disponibles, comme le rapportent Ghosh et ses collaborateurs. En raison de la présence de composés peu associés à la matière organique et d'une diminution des composés liés à l'aluminium (Al). Par ailleurs, **(Orozco et al., 1996)** ont mis en évidence l'amélioration de la disponibilité en calcium (Ca) et en magnésium (Mg) résultant du processus de lombricompostage par rapport aux matériaux initiaux. Malgré cette abondance en éléments minéraux, la majorité des composés du compost demeurent principalement organiques, comme l'atteste l'étude de **(Mustin, 1987)**, et par conséquent sont peu immédiatement accessibles aux plantes. En agriculture, l'un des enjeux de la nutrition des plantes réside dans la prédiction de la disponibilité des éléments au sein d'une matrice donnée. Ainsi, l'analyse des éléments totaux au moyen d'une méthode d'extraction vigoureuse rompant tous les liens entre les particules minérales et organiques permet d'établir les concentrations au sein de la matrice, telles qu'un compost, conformément à l'ouvrage de **(Pansu & Gautheyrou, 2006)**. Néanmoins, ces teneurs en éléments totaux ne permettent pas d'anticiper leur accessibilité pour les plantes. Des méthodes d'extraction moins agressives, adaptées à la nature de la matrice, telles que le pH, la teneur en matière minérale ou organique, etc., sont employées pour évaluer les éléments disponibles dans le sol. Au Québec, la méthode d'extraction au Mehlich-3 est fréquemment employée pour évaluer la disponibilité de certains éléments tels que le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le sodium (Na), l'aluminium (Al), le cuivre (Cu) et le manganèse (Mn) dans les sols, selon les indications de **(des productions végétales du Québec, 1988)**. Par ailleurs, l'extraction à l'eau chaude est aussi utilisée pour quantifier le bore disponible dans le sol. Cependant, ces méthodes visant à reproduire les interactions avec les racines des plantes et la matrice n'ont pas été retenues, du fait que la force de la solution extractive est plus élevée que celle de l'eau froide. En effet, l'extrait de compost (EC) est issu d'une extraction à l'eau froide (H₂O) des composés solubles du compost à un moment donné. L'eau froide constitue un solvant polaire efficace pour dissoudre les composés polaires ou ioniques, comme l'indique

(Zumdahl & Zumdahl, 2007). Elle fournit des indications sur la disponibilité des éléments dans la solution du sol, ou dans ce cas-ci, du compost. La capacité de dissolution des éléments contenus dans le compost dans l'eau froide demeure assez limitée en raison de l'incapacité de plusieurs constituants à se mélanger à l'eau. Cependant, les liaisons ioniques entre certains éléments, ou entre les éléments et la matière minérale et organique du compost, ont un impact sur leur capacité à se dissoudre. Lorsque la concentration des ions solubles atteint un maximum, entraînant la saturation de la solution, l'addition de composés ioniques conduit à la formation de précipités.

Les molécules polaires présentes dans le compost conservent un fort potentiel de solubilisation pour certains éléments. D'après(Zaccheo et al., 2002), entre 78 et 95 % de l'azote (N) des composts se présentent sous forme de composés solubles ou potentiellement hydrolysables. Théoriquement, cette forme d'azote pourrait être présente en solution dans les EC. L'azote se dissout sous forme d'ammonium (NH_4^+) et de nitrate (NO_3^-) et peut ensuite être absorbé par les plantes. Cependant, la majeure partie de l'azote en solution est liée à la matière organique dissoute, comme précisé par(Said-Pullicino et al., 2007). Le phosphore (P) absorbé par les plantes dans la solution du sol se trouve sous forme de dihydrogénophosphate (H_2PO_4^-) ou d'hydrogénophosphate (HPO_4^{2-}). Le potassium (K) est faiblement lié à la matière organique des composts et est facilement hydrolysable, ce qui en fait une source potentielle de K, d'après les observations de (Walz, 2001). Le soufre (S) est généralement lié à la matière organique du compost sous forme d'esters (C-O-S) ou directement au carbone (C-S), avec une faible hydrolyse des composés organiques de soufre. Les plantes ont une préférence pour prélever le soufre sous forme de sulfate (SO_4^{2-}) soluble. Le calcium (Ca) et le magnésium (Mg), en tant que métaux alcalino-terreux, sont peu solubles dans l'eau en raison de leur forte liaison à la matière organique des composts.

En raison de la diversité des compositions des composts et de leurs matériaux initiaux, il s'avère complexe d'anticiper de manière précise la quantité d'éléments nutritifs transférés dans les EC. Conformément aux constatations de (Kannangara et al., 2006), aucune corrélation n'a été mise en évidence entre les concentrations des éléments majeurs et des oligo-éléments dans le compost et celles de leurs extraits. Par ailleurs, l'étude de(Chefetz et al., 1998) a démontré une diminution de la quantité totale d'azote soluble au

cours du processus de compostage, tandis que celle de (Hall et al., 2006) a observé une augmentation des concentrations de calcium (Ca), de magnésium (Mg), de soufre (S) et de fer (Fe) dans les extraits aqueux en fonction de l'âge du compost utilisé pour l'extraction. La conductivité électrique (CE) est étroitement liée à la présence des éléments minéraux en solution, manifestant une diminution de la CE à mesure que le compost vieillit, comme l'ont signalé (Chefetz et al., 1998). En dépit du potentiel marqué de solubilisation de certains éléments minéraux, il est indispensable de souligner que cette solubilisation s'étale sur une période prolongée, du fait de l'évolution continue du compost. Ainsi, lors de la création d'un EC, seuls les éléments solubles à ce moment précis sont disponibles pour les plantes.

2.3 La dynamique des extraits de compost

La conversion des éléments minéraux de leur forme organique à leur forme minérale est largement favorisée par l'activité des microorganismes, un facteur crucial dans les cycles du carbone, de l'azote, du phosphore et d'autres éléments essentiels pour les plantes, comme le mettent en évidence (Epstein & Bloom, 2005). Ainsi, les quantités et les types d'éléments minéraux présents dans les composts, et potentiellement dans les extraits de compost (EC), varient non seulement en fonction du type de compost et de son stade de maturation, comme mentionné par (Goyal et al., 2005), mais aussi en fonction des conditions de macération du compost dans l'eau.

Ainsi, la présence de microorganismes et les conditions spécifiques auxquelles les EC sont exposés jouent un rôle crucial dans la minéralisation de la matière organique et dans les concentrations d'éléments minéraux solubles. Dans cette partie, nous examinerons donc l'influence de la ventilation, de la durée de macération et de leurs impacts sur les modifications des paramètres physico-chimiques et des éléments minéraux lors de la production d'EC.

L'effet de la ventilation sur les niveaux d'éléments minéraux constitue un domaine encore largement méconnu, suscitant de nombreuses interrogations. À long terme, les extraits de compost non-aérés semblent favoriser la prolifération de microorganismes anaérobies facultatifs, comme le souligne (Walz, 2001), tandis que les extraits de compost

aérés présentent une prédominance de microorganismes aérobies. (Merrill et al., 1998) ont rapporté que les extraits de compost non-aérés maintiennent des conditions aérobies au cours des premières 48 heures. De même, (Scheuerell & Mahaffee, 2004) ont mesuré la concentration d'oxygène dissous dans les extraits de compost aérés et non-aérés (rapport 1:30 en poids) avec divers additifs. Les extraits de compost aérés ont révélé une concentration d'oxygène dissous plus élevée (8,5 ppm) que les extraits de compost non-aérés (6,4 ppm). L'ajout d'additifs tels que les extraits d'algues, les acides humiques liquides et la poudre de roche ont réduit la concentration d'oxygène dissous dans les extraits de compost non-aérés à 0,2 ppm (Scheuerell & Mahaffee, 2004). Il convient de noter que les microorganismes aérobies sont susceptibles de favoriser la volatilisation de l'ammoniac (NH_3), tandis que les microorganismes anaérobies peuvent entraîner le processus de dénitrification et ainsi conduire à la production d'oxyde nitreux (N_2O). Bien que ce phénomène soit bien documenté dans les sols, comme l'indiquent (Firestone et al., 1980), il demeure relativement mal compris dans le contexte des extraits de compost. En outre, l'influence d'une communauté microbienne aérobie ou anaérobie sur la solubilisation d'autres éléments minéraux du compost demeurent inconnus.

Il existe actuellement une documentation limitée sur l'impact de l'ajout d'additifs dans les extraits de compost (EC). De plus, les effets des additifs sur la dynamique des éléments minéraux au sein des EC demeurent largement inconnus. Toutefois, il convient de souligner que l'effet des additifs sur les paramètres physico-chimiques est mieux documenté. Par exemple, les extraits de compost aérés présentent une conductivité électrique (CE) nettement plus faible (0,40 dS/m) que les extraits de compost aérés contenant des additifs tels que 1,2 g d'extraits d'algues, 2,5 ml d'acides humiques liquides et 3 g de poudre de roche (1,02 dS/m). De plus, l'ajout d'additifs entraîne une hausse significative du pH des extraits de compost aérés, passant de 7,4 à 8,6 (Scheuerell & Mahaffee, 2004). En ce qui concerne les extraits de compost non-aérés, comme indiqué par (Kannangara et al., 2006), un extrait de compost non-aéré de vaches laitières avec un rapport 1:4 (poids humide : volume), enrichi en mélasse et en extraits d'algues, a affiché un pH de 5,67 après 48 heures, tandis que l'extrait de compost non-aéré équivalent a présenté un pH de 8,06. Cette acidité accrue des extraits de compost non-aérés serait attribuable à la

formation d'acides organiques et d'ammonium (NH_4^+) en l'absence d'oxygène (**Brinton, 1998**). Il est essentiel de noter que le pH influe sur la disponibilité des éléments au sein des extraits de compost.

Selon (**Patrick et al., 1996**) La mesure du potentiel rédox (PR) constitue une évaluation de la disponibilité des électrons. Cette évaluation a été largement utilisée pour caractériser l'intensité des réactions d'oxydation ou de réduction et pour les relier aux processus biologiques dans les sols inondés. De manière similaire au pH, le PR détermine les conditions dans lesquelles des réactions biochimiques essentielles se déroulent. Les sols présentant un PR supérieur à 300 mV sont considérés comme étant en conditions aérobies, où l'oxygène agit comme donneur d'électrons dans ces systèmes. Les sols avec un PR inférieur à 300 mV sont considérés comme étant en conditions anaérobies, où les donneurs d'électrons varient en fonction de la valeur du PR, tels que le nitrate (NO_3^-) à 200 mV, le fer (Fe^{3+}) à 0 mV et le dioxyde de carbone (CO_2) à -200 mV. Les mesures de PR se révèlent particulièrement utiles pour signaler le début de conditions réductrices provoquées par la diminution d'oxydants tels que l'oxygène et le nitrate. De plus, (**Estevez, 2006**) a observé que dans les sols avec un PR élevé, en particulier les sols sableux, les éléments traces peuvent être moins disponibles, notamment le manganèse (Mn). Ainsi, mesurer le PR dans les extraits de compost pourrait fournir des indications sur les réactions qui se déroulent au sein de ces extraits.

Il est crucial de consigner l'effet de ces phénomènes sur la constitution chimique des extraits de compost pendant le processus de macération, dans le dessein de générer des extraits contenant une quantité substantielle d'éléments nutritifs accessibles aux végétaux. Néanmoins, les informations en ce qui concerne la structure des principaux éléments minéraux et des éléments traces solubles au sein des extraits de compost demeurent peu abondantes. De surcroît, il subsiste un déficit de connaissances permettant de prédire la configuration des extraits de compost à partir d'un spécimen de compost soumis à des conditions aérées ou non aérées sur une plage temporelle allant de quelques heures à 14 jours.

L'assimilation des éléments minéraux par les feuilles est une pratique répandue en agriculture, où les extraits de compost (EC) sont principalement administrés sur les feuilles des végétaux, agissant ainsi comme un type de fertilisant foliaire. Ce mode de fertilisation s'avère particulièrement pertinent pour corriger promptement une insuffisance en éléments nutritifs survenue au cours de la croissance des plantes (**Estevez, 2006**). L'administration d'EC sur les feuilles permet également aux éléments qui s'en échappent d'être absorbés par les racines des végétaux(**Reickenberg & Pritts, 1996**).

Diverses recherches ont mis en évidence l'efficacité de la fertilisation foliaire. (**Janeczek et al., 2004**) ont constaté une augmentation de 5 % du nombre de gousses et de 3 % du rendement des haricots (*Phaseolus vulgaris* L.) suite à l'application foliaire de molybdène (Mo), seul ou combiné au bore (B) au début de la floraison. Les cultures telles que le soja, présentant des besoins accrus en calcium (Ca), en magnésium (Mg), en soufre (S) et en manganèse (Mn), peuvent bénéficier particulièrement de la fertilisation foliaire (**Estevez, 2006**). Le molybdène (Mo) revêt également une importance capitale, étant essentiel à la réduction du nitrate (NO₃) et à la fixation de l'azote atmosphérique (N₂)(**Chalifour, 2006**).

La performance de la fertilisation foliaire est influencée par divers facteurs, incluant l'élément appliqué, le pH de la solution, la température, l'humidité ambiante, le stade de développement de la plante, l'espèce végétale, la fréquence d'application, la quantité utilisée et l'état nutritionnel de la plante (**Kuepper, 2003**). Tous les éléments ne sont pas absorbés de la même manière par les feuilles. Par exemple, le potassium (K) est assimilé rapidement lors d'une application foliaire (**Reickenberg & Pritts, 1996**), tandis que le fer (Fe) nécessite une réduction au niveau de la membrane plasmique des cellules foliaires pour être prélevé (**Nikolic et al., 2003**). L'assimilation du manganèse (Mn) est également plus prompte au niveau des jeunes feuilles de soja(**Wittwer & Teubner, 1959**).

Selon (**Kuepper, 2003**) pour une application efficace, la solution étalée sur les feuilles doit maintenir un pH compris entre 5,5 et 8,5, être finement vaporisée et en contact avec la face inférieure des feuilles, là où résident les stomates. De plus, la température ambiante au moment de l'application doit être inférieure à 27 °C, car des températures plus

élevées pourraient induire la fermeture des stomates. Il est conseillé d'appliquer les extraits de compost à l'aube ou au crépuscule, moments où les conditions atmosphériques atteignent leur plus haut taux d'humidité. Une hypothèse sous-jacente à la fertilisation foliaire est que ce mode d'application pourrait altérer la capacité d'absorption des plantes en stimulant la libération d'exsudats racinaires dans la rhizosphère.

2.4 Les éléments organiques solubles

En plus des minéraux, l'eau favorise la dissolution de divers éléments organiques. Une étude menée par **(Keeling et al., 2003)** sur un extrait aqueux d'un compost d'origine végétale a mis en évidence la présence de plusieurs centaines de composés organiques, offrant ainsi un potentiel de stimulation de la croissance des plantes. Les substances humiques (SH), en particulier, font partie des constituants de l'eau en contact avec la matière organique en décomposition **(Pinton et al., 1998)**. Ces molécules résultent souvent des activités microbiennes qui se déroulent au cours du processus de compostage **(Xu & Juma, 1993)**. Tout comme pour les minéraux, le degré d'avancement du processus de compostage et la technique utilisée influencent la quantité et la nature des molécules organiques présentes dans l'EC. Les lombricomposts, du fait de leur diversité microbienne accrue, renferment aussi une plus large gamme de métabolites secondaires produits par ces microorganismes **(Tomati & Grappelli, 1988)**.

Les substances humiques (SH) désignent la fraction de la matière organique qui résiste à la décomposition. Composées de molécules possédant un poids moléculaire relativement élevé, elles proviennent de réactions de synthèse secondaire conduites par les microorganismes. Les SH comprennent à la fois les acides humiques (AH), insolubles à pH acide, et les acides fulviques (AF), solubles à tous les pH **(Sutton & Sposito, 2005)**. Ces constituants se retrouvent dans les extraits aqueux de compost **(Pinton et al., 1998)**, et leur quantité ainsi que la diversité de leurs groupes fonctionnels confèrent aux SH la capacité d'interagir avec les éléments chimiques du sol, tout en influençant les organismes du sol et les plantes **(Sutton & Sposito, 2005)**.

2.5 Les substances humiques

L'impact des SH sur les végétaux a été l'objet d'études approfondies. Leur usage a été associé à différents avantages, tels qu'une augmentation du rendement des cultures céréalières (**Delfine et al., 2005**), un accroissement de la longueur et du poids sec des racines de blé (Malik & Azam, 1985), une élévation de la capture d'ammonium par *Pinus laricio* et *P. pinaster* (**Pannucio et al., 2001**), ainsi qu'une augmentation du poids sec des racines et du nombre de nodosités chez le soja (cv. Bragg) (**Tan & Tantiwiranond, 1983**). Des travaux menés par (Liu et al., 1998) ont également démontré que l'utilisation de SH en application foliaire avait un impact significatif sur la masse racinaire et l'absorption de certains éléments minéraux, tels que le phosphore (P), le soufre (S), le magnésium (Mg) et le potassium (K). Les effets des SH sur la plante résultent d'une stimulation des ATPases des membranes cellulaires, lesquelles sont nécessaires à de nombreuses réactions physiologiques (**Canellas et al., 2002**).

Ces ATPases, qui facilitent la transformation de l'ATP en ADP, incluent les pompes à protons (mpH+ATPases) localisées sur la membrane plasmique. Ces pompes emploient l'énergie libérée par l'hydrolyse du MgATP pour déplacer les protons d'un côté à l'autre de la membrane, à l'encontre d'un gradient de concentration (**Morsomme & Boutry, 2000**). Cette disparité de concentration en protons joue un rôle fondamental dans la régulation de l'absorption d'autres cations, anions et solutés neutres à travers des protéines de transport, telles que les antiports et les symports. Ainsi, les mpH+ATPases ajustent divers mécanismes d'absorption, ce qui les rend cruciales pour la nutrition des plantes (**Palgrem, 2001**).

(**Canellas et al., 2002**) ont clairement mis en évidence que les SH favorisaient la production de mpH+ATPases dans les cellules racinaires de maïs. Cette stimulation a par la suite une incidence sur divers processus physiologiques chez la plante, tels que la synthèse de protéines (**Muscolo et al., 1996**), la rétention d'eau dans les cellules (**Delfine et al., 2005**), l'absorption de nitrate (NO^3) (**Muscolo et al., 1999**), ainsi que sur diverses activités enzymatiques. À terme, ces effets se traduisent par des altérations de la croissance et du rendement des plantes. Il est à noter que les effets des SH sur la physiologie des plantes

présentent des similarités marquées avec ceux observés avec les phytohormones (**Muscolo et al., 1993**). Notamment, les auxines, une catégorie de phytohormones, sont également impliquées dans la stimulation des mpH+ATPases (**Tanimoto, 2005**) et peuvent, en fonction de leur concentration, stimuler ou inhiber la croissance des cellules végétales des parties aériennes et souterraines, de manière similaire aux SH. Cette similitude a été soulignée par plusieurs chercheurs(**Canellas et al., 2002; Muscolo et al., 1999**).

1- La région d'étude

La région de Biskra se trouve dans le nord-est du Sahara algérien, elle est située à environ 420 Km au Sud-Est du capital Alger, couvrant une étendue de 3 mille kilomètres carrés. La Wilaya de Biskra est limitée au Nord par la wilaya de Batna, le Nord-Est par la wilaya de Khenchela, le Nord-Ouest par la wilaya de Msila, le Sud-Est par la wilaya d'El Oued, le Sud-Ouest par la wilaya d'OuledDjellalet au Sud par la wilaya d'El Meghaier.

Selon **(Boudibi, 2021)**, la zone d'étude est caractérisée par un climat désertique chaud selon la classification de Köppen ; les précipitations annuelles moyennes sont rarement supérieures à 150 mm, l'évaporation annuelle moyenne atteint 2,5 mille mm, et la température moyenne varie de 11 °C (en janvier, le mois le plus froid) à 35 °C (en juillet, le mois le plus chaud). Le relief de la zone d'étude est principalement plat, présentant des crêtes ondulées et des chaînes de montagnes (l'altitude minimale dans la région d'Oumache est de 43 m, et la plus élevée dans la partie ouest de la région est de 283 m). Sur le plan géologique, presque toute la zone d'étude relève du Quaternaire récent, ce qui favorise la recharge et la présence des eaux souterraines **(Boudibi, 2021; Sedrati, 2011)**. Comme c'est le cas pour tous les sols des régions arides du monde, les sols de la zone saharienne en Algérie renferment des quantités relativement élevées de sels solubles, dont l'accumulation est attribuable à la rareté des précipitations qui ralentit le lessivage de ces sels **(Halilet, 1998)**.

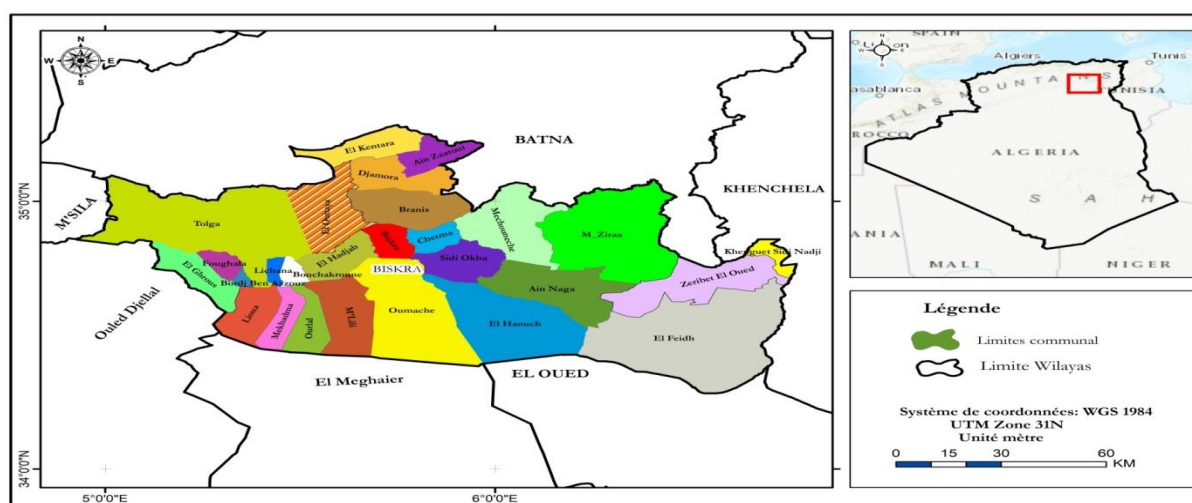


Figure1 : Limites administratives de la wilaya de Biskra

2. Caractéristiques climatiques

2.1 Précipitation

Les quantités des précipitations enregistrées dans la région en (2022-2023) comparées à celles des dix années précédentes, sont représentées dans le tableau n°1.

Tableau1 : La pluviométrie moyenne pour la région d'étude 2022/2023 et la période 2011/2021.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Cumule (mm)
Précipitation (mm) 2022/2023	4.82	1.53	0	14.22	0	3.3	0	0	14.98	2.29	0.25	0	41.39
Pluviométrie (mm) 2011/2021	16.39	25.79	6.51	3.51	7.94	3.09	13.65	18.15	14.89	4.76	0.53	1.99	117.20

¹ tutiempo : <https://www.tutiempo.net/clima/02-2023/ws-605250.html>

Les quantités des précipitations enregistrées dans la région de Biskra pour la campagne agricole (2022-2023) comparées à celles des dix années précédentes, sont représentées dans le diagramme suivant :

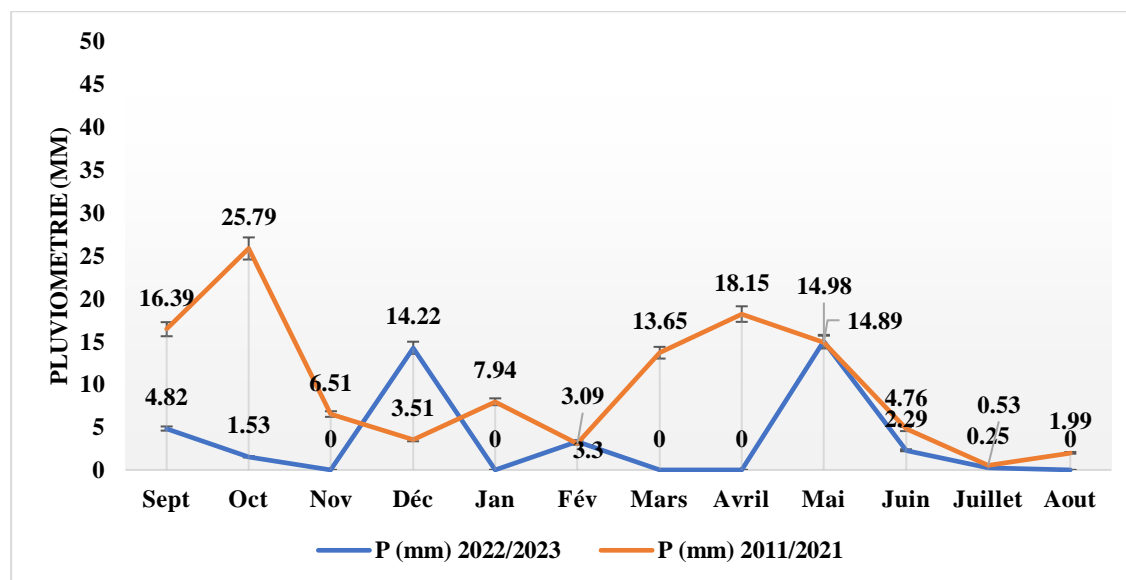


Figure 2 : L'évolution des précipitations en fonction des mois pour la période 2011/2021 et la région d'étude 2022/2023.

D'après la figure 02 : il apparaît que la région d'étude en 2022-2023 est caractérisée par :

Une pluviométrie élevée pendant le mois d'avril avec 14.98 mm, suivi par le mois de Décembre avec 14.22 mm. Durant la décennie 2011/2021, les mois les plus pluvieux étaient, respectivement, le mois d'Octobre avec 25.79 mm, suivi par le mois d'Avril avec 18.15 mm et enfin le mois de septembre avec 16.39 mm.

2.1.2 Précipitation par saison

Tableau 2 : les précipitations par saison pour la période 2011/2021 et la région d'étude 2022/2023.

Saison Période	Automne	Hiver	Printemps	Eté
2022-2023	6.35 mm	17.52 mm	14.98 mm	2.54 mm
2011-2021	48.69 mm	14.54 mm	14.89 mm	7.28 mm
Différence	-42.34 mm	2.98 mm	-31.71 mm	-4.74 mm

Le tableau n°5 représente la distribution pluviométrique par saison pour l'année 2022-2023 et les moyennes de la période 2011-2021. On remarque que, pour la saison de l'automne durant la période 2011-2021, la quantité des précipitations tombées sont plus importantes (48.69 mm) que la campagne agricole 2022-2023 (6.35 mm), avec une différence de (42.34 mm), et pour la saison de printemps avec une quantité de (14.89 mm) avec une différence de (31.71 mm).

Par contre pour la saison de l'hiver de la campagne agricole 2022-2023, la quantité des précipitations est plus que la période de 2011-2021 avec une différence de (2.98 mm), suivi par la saison de Printemps avec une quantité de (14.98 mm).

2.2 Températures

Les températures enregistrées dans la région de Biskra en (2022/2023) comparée sa celles des dix années précédentes, sont présentées dans le tableau n°3

Tableau 3 : Les températures moyennes pour la campagne agricole 2022/2023 et la période 2011/2021.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
T° Max(C°) 2022/2023	37.9	31.3	24.3	20.6	17.5	19.1	25.7	29	30.3	37.3	45	40.3
T° Min (C°) 2022/2023	26.8	19.5	13.5	10.5	6.8	8.1	13.6	16.2	19.3	25.1	31.4	28
T° Moy (C°) 2022/2023	32.3	25.3	18.8	15.3	11.9	13.5	19.9	23	25	31.7	28.5	34.2
T° Moy (C°) 2011/2021	29.88	23.85	17.26	13.12	12.43	13.76	17.33	22.16	26.67	32.02	35.28	34.39

¹ tutiempo : <https://www.tutiempo.net/clima/02-2023/ws-605250.html>

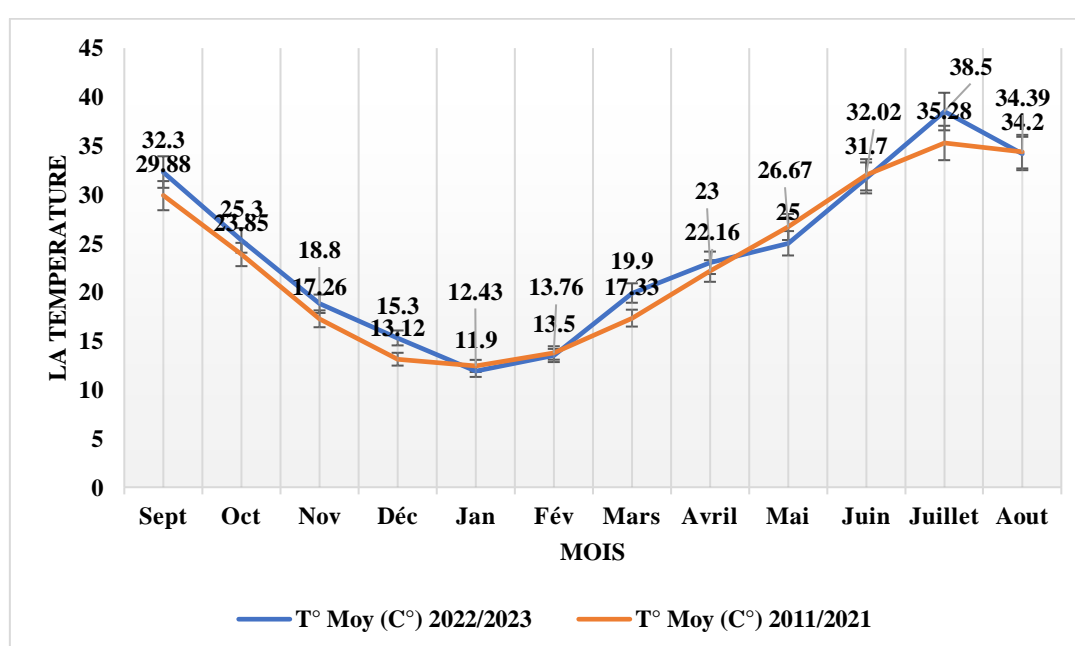


Figure 3 : L'évolution de la température en fonction des mois pour la période 2011/2021 et la région d'étude 2022/2023.

Les températures enregistrées dans la région de Biskra en (2022-2023) comparée sa celles des dix années précédentes, sont présentées dans la figure n°25. Pour la campagne agricole 2022/2023 : Le mois le plus froid est le mois de Janvier avec une température moyenne mensuelle égale à 11.90°C, et les températures les plus basses ont été notées au mois de Janvier avec une température minimale égale à 6.80°C. Le mois le plus chaud est Juillet avec une moyenne mensuelle de 38.50°C, et les températures les plus fortes ont été notées au mois de juillet avec une température maximale égale à 45°C.

Pour la période 2011/2021 : Le mois le plus froid est le mois de Janvier avec une température moyenne de 12.43°C, et les mois les plus chauds sont le mois de Juillet avec une température moyenne de 35.28°C.

2.3 Diagramme Ombrothermique

Tableau 4 : Les précipitations et les températures moyennes pour la région d'étude en 2022/2023.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
T° Moy (C°) 2022/2023	32.3	25.3	18.8	15.3	11.9	13.5	19.9	23	25	31.7	28.5	34.2
P (mm) 2022/2023	4.82	1.53	0.00	14.22	0.00	3.30	0.00	0.00	14.98	2.29	0.25	0.00

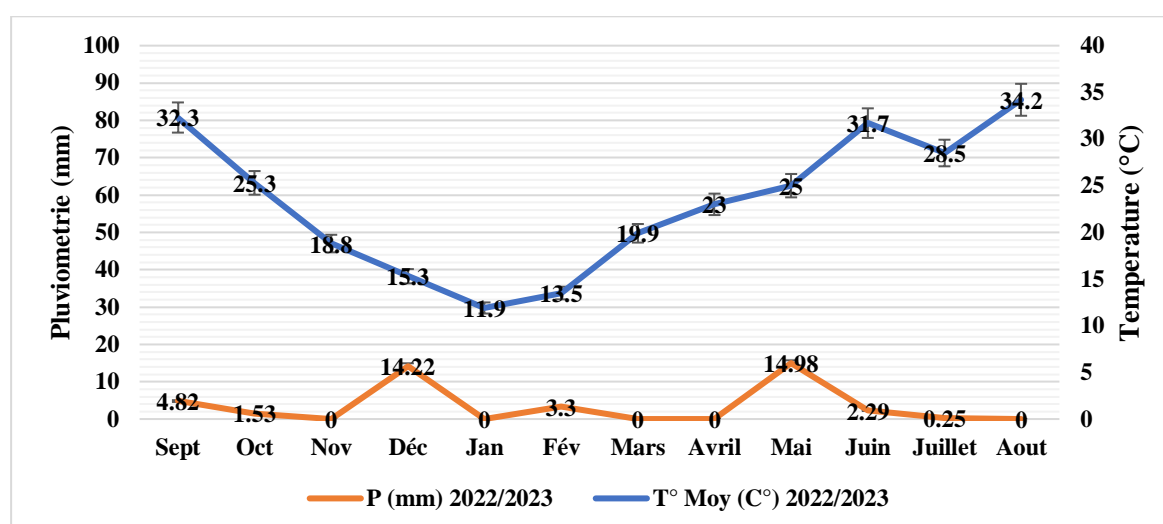


Figure4 : Diagramme ombrothermique pour la région d'étude en 2022/2023.

Le diagramme ombrothermique figure n°4, montre l'existence d'une période sèche durant l'année 2022/2023. Les données climatiques de cette campagne, se sont avérées en général conformes aux conditions climatiques qui caractérisent la région d'étude.

2.4 Humidité

Tableau 5 : Le taux d'humidité en fonction des mois pour la période 2011/2021 la région d'étude en 2022/2023.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
H% 2011/2021	31.1	36.8	39.3	53.9	44.70	40	30.1	23.3	14.98	26.9	15.6	22.8
H% 2022/2023	39.3	44.05	52.11	56.16	52.81	46.38	41.92	39.3	34.14	28.95	25.34	29.8

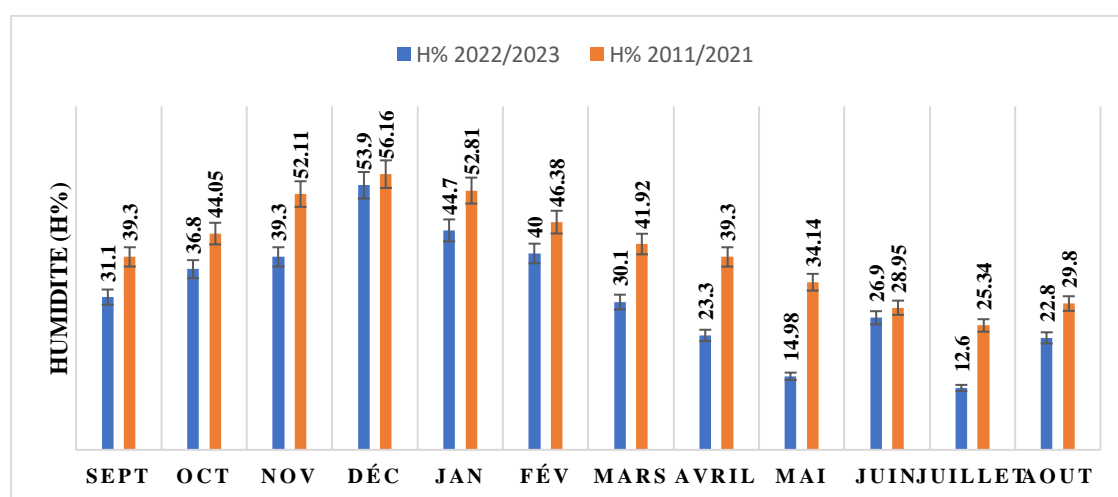


Figure 5 : L'évolution d'humidité en fonction des mois pour la période 2011/2021 et la région d'étude 2022/2023.

D'après la figure 5 : il apparaît que le taux d'humidité durant la période 2011/2021 est supérieur à la campagne agricole 2022/2023 qui se caractérise par :

Un taux d'humidité le plus élevée durant la campagne agricole est le mois de Décembre avec un taux 53.9%, suivi par le mois de Janvier avec un taux 44.70%, suivi par le mois de Février avec un taux de 40.00%. Durant la décennie 2011/2021, les mois les plus humide étaient, respectivement, le mois de Décembre un taux 56.16%, suivi par le mois de Janvier avec un taux 52.81%, et enfin le mois de Novembre avec un taux 52.11%.

MATERIEL
ET
METHODES

1. Situation géographique de la zone d'étude

La commune de Sidi Okba est située à une vingtaine de kilomètres au Sud-Est de Biskra et. Au centre des oasis, la ville est entourée par des dizaines de milliers de palmiers. C'est un des points de rencontre entre les Aurès et le Ziban. Elle est limitée au Nord-Ouest par la commune de Biskra, le Nord-Est par la commune de Mechounrche, l'Est par la commune de Ain Naga, le Sud par la commune d'El Haouch, le Sud-Ouest par la commune d'Oumache. Ce qui s'étend sur une superficie de 25 455 hectares (254,55 km²).

Latitude : 34.75

Longitude : 5.9

Altitude : 54 m

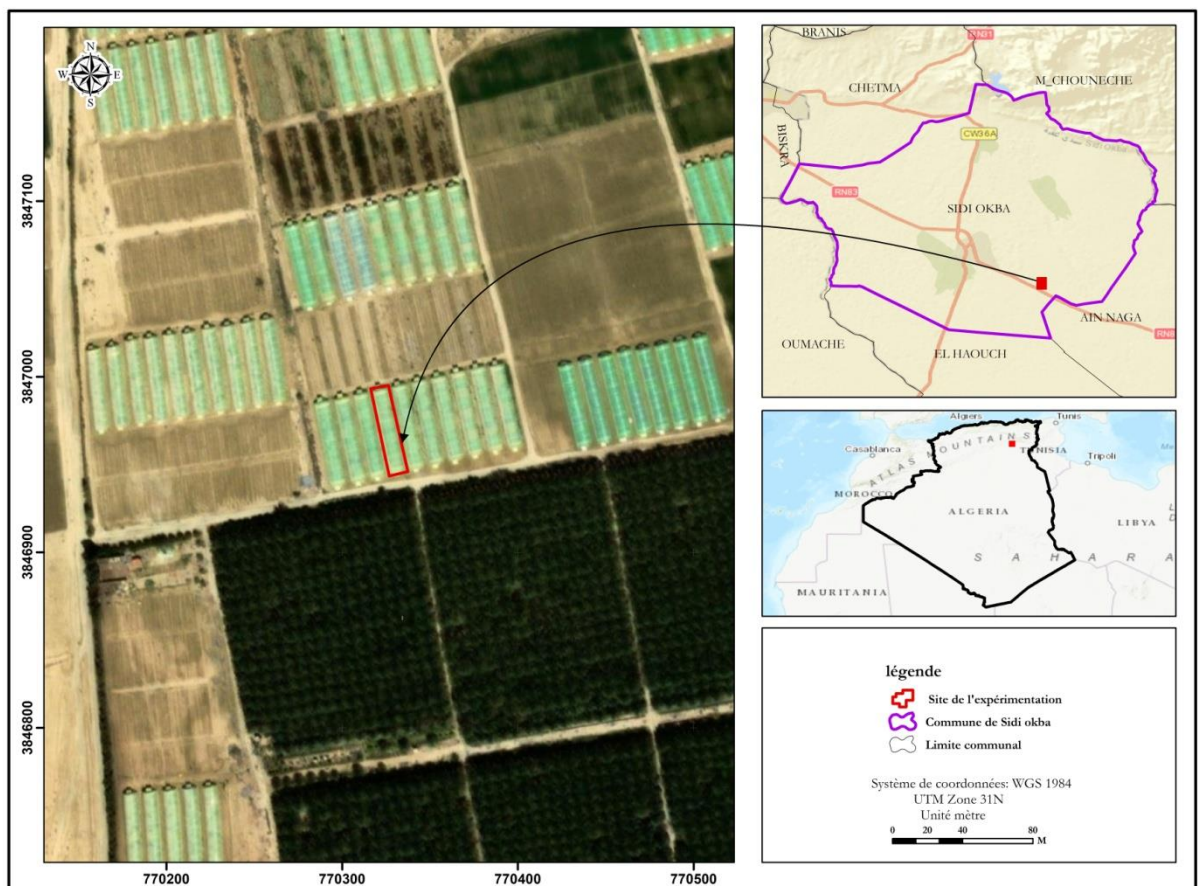


Figure 6 : Situation géographique de la zone d'étude. (Originale)

2. Préparation du compost et l'extrait du compost

Le compost utilisé dans cette recherche a été produit à partir des déchets domestiques récupérés de la cafétéria et restaurant de la résidence de l'Université Mohamed Khidher à Biskra, en Algérie. Les restes de fruits et légumes, le papier et le marc de café constituaient l'essentiel des matériaux compostés. Le processus de compostage utilisait des tas aérés qui étaient retournés deux fois par semaine pour favoriser la bio-oxydation. Après le compostage, le compost était mélangé à de l'eau du robinet dans un rapport de 1:5 (compost : eau) dans des contenants en plastique de 50 litres. Le mélange a ensuite été laissé à température ambiante pour une période d'infusion allant de 2 à 15 jours.

La préparation de l'extrait suit la procédure établie dans des études antérieures menées par (Brinton et al., 1996; Kerkeni et al., 2007; Weltzien, 1990). Cela implique de mélanger une certaine quantité de compost avec de l'eau dans un rapport de 1:5, d'incuber le mélange pendant cinq jours (phase d'extraction) et de le remuer manuellement pendant cinq à dix minutes. La solution extraite était ensuite filtrée et stockée à 4 °C. L'extrait du stockage au moins 30 minutes avant utilisation.



Figure 7 : l'extraction de l'extrait de compost (Originale)

3. Analyse physico-chimique du sol, d'eau, et de l'extrait de compost

Les analyses physico-chimiques du sol, de l'eau, et de l'extrait de compost se font au niveau du laboratoire de l'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne « ITDAS » pour connaître les compositions du sol, de l'eau, et de l'extrait de compost ou on a fait les essais. Ces analyses ont le but de faire une fertilisation bien raisonnée.

4. Matériel végétal utilisé

La variété de melon sélectionnée pour cette culture est issue de semences hybrides F1, DRM, et elle est greffée sur un porte-greffe F1 ROUTHPOWER spécifiquement conçu pour la culture en serre. Cette variété est réputée pour sa précocité, ainsi que sa vigueur et sa résistance aux maladies. La variété DRM 3241, classée comme un melon de type ananas à chair orange, se distingue par sa précocité, sa vigueur et une couverture foliaire abondante. Les caractéristiques telles que la fermeté, la couleur, le taux de Brix et la forme sont soigneusement adaptées aux exigences du marché. Parmi les avantages notables, on compte un potentiel de productivité élevé et une réduction significative des déchets.

Quant au choix du porte-greffe F1 ROUTHPOWER, plusieurs avantages sont à souligner. Il confère davantage de vigueur à la plante grâce à un système racinaire amélioré, favorisant ainsi une augmentation de la sève circulant vers la plante. Cette amélioration se traduit par une production accrue pouvant atteindre jusqu'à 75 % de récolte supplémentaire. Les fruits issus de cette combinaison présentent un calibre supérieur et une saveur délicieuse comparable, voire supérieure, à celle des plants non greffés. De plus, la période de récolte est prolongée, et cette méthode de culture est adaptée aux abris, favorisant un début de fructification plus bas sur la tige et réduisant les entre-nœuds. Le recours au porte-greffe F1 ROUTHPOWER contribue également à améliorer l'uniformité des fleurs et renforce la résistance aux maladies et aux parasites du sol tels que les nématodes, la verticilliose, la fusariose des racines, le corky root, et le corynebacterium. Ces caractéristiques combinées font de cette variété de melon et de son porte-greffe un choix optimal pour une culture productive et résiliente.

5. Dispositif adopté

Le dispositif expérimental adopté est en blocs randomisés avec deux facteurs étudiés extrait de compost et acide humique (Liqhumus) et trois répétitions pour chaque traitement. Il est constitué d'une parcelle de 103.66 m² (14.20 m × 7.30 m), la parcelle est constituée de trois blocs subdivisés chacun en trois sous-parcelles, mesurant 3,74 m² (3,40 m × 1,10 m). L'écartement entre les sous-parcelles est de 1 m, et entre les blocs est de 1 mètre.

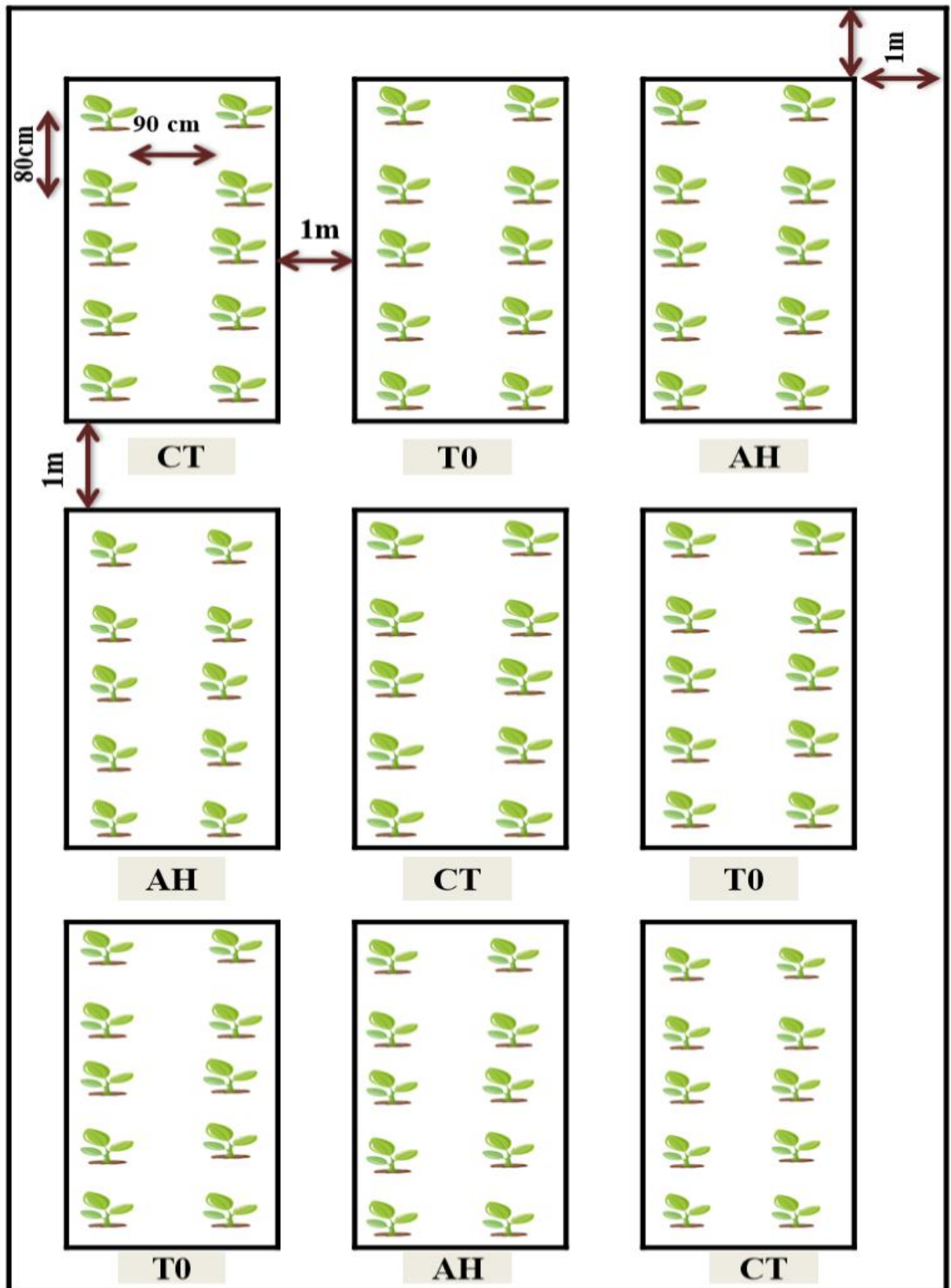


Figure 8 : Dispositif adopté

6. Conduite de culture

6.1 Précédent cultural

Les précédents culturaux de la parcelle d'essai sont comme suit :

	1^{ère} Année	2^{ème} Année	3^{ème} Année
La parcelle	Tomate	Jachère travaillé	Haricots vert

6.2 Travaux de préparation du sol

6.2.1 Le labour

Pour assurer un développement optimal, le melon, comme toutes les plantes maraîchères, a besoin que ses racines croissent dans un environnement préparé et meuble. Les travaux seront différents en fonction de la qualité du sol de la parcelle à cultiver et du type de sol.

Un labour profond a été effectué à la fin de décembre 2022 avec une charrue à disque à une profondeur de 30 à 40 cm. Il a ensuite été effectué un croisage et un recroisage avec un cover-crop avant de finir par un nivellement.

6.3 Montage de la serre

Altitude : 26 m

- Latitude : 35°55' Nord.

- Longitude : Greenwich 06° Est.

La serre est recouverte par un film plastique le 08/01/2023. La serre est limitée au Nord par une parcelle de jachère, et à l'Est par une serre de melon et à l'Ouest par une serre de piment, et au Sud par un vergé de palmiers.



Figure 9 : Installation de la serre (Originale)

6.4 Installation du système d'irrigation

L'installation du système d'irrigation goutte-à-goutte le 10/01/2023.

Nous avons installé des gaines de goutte à goutte avec un interligne (6 Lignes) de 90cm et une distance de 80 cm entre les goutteurs.



Figure 10 : Installation de su système d'irrigation (Originale)

6.5 Pose du film de paillage

Nous avons installé le film de paillage double face (blanc à l'extérieur et noir à l'intérieur) 10 jours avant le repiquage pendant les jours froids sur un sol préalablement humidifié favorise le réchauffement du sol donc le développement des racines, les trous de plantation seront réalisés le jour même.

Cette opération est nécessaire pour maintenir une culture en bonne santé. Tout au long du cycle, le sol en plastique reste stable car les passe-pieds diminuent l'excès d'eau de pluie et le paillage empêche le tassement en raison de l'action mécanique de la pluie. Le maintien d'une structure du sol appropriée et une alimentation régulière en eau et en minéraux garantit une durée de vie prolongée des plantes, une productivité améliorée et une qualité durable.

6.6 Le Semis

6.6.1 La pépinière

À raison d'une graine par alvéole, le semis a été semé vers la mi-novembre dans la pépinière sur des plaquettes à alvéoles en plastique (12 x 06 alvéoles) remplies de tourbe. Nous avons assuré l'irrigation des plantes chaque deux jours pendant la phase pépinière. (Irrigation bien contrôlée) Après 17 jours de semis de la variété à griffer et après 6 à 7 jours après semis des porte-greffes on a procédé à l'opération de griffage.



Figure 11 : Les plants au stade de semis en pépinière (Originale)

6.6.2 Transplantation

La transplantation a été réalisée le 22 janvier 2023, à une distance de plantation de 0.8m × 0.9m qui est des dimensions intensives.



Figure 12 : Transplantation (Originale)

L'organisation suivante a été utilisée lors du repiquage des plants sous serre :

- La distance de plantation entre les plants est de 80 cm, soit 5 plants par rangée.
- Il y a six rangées par abri de serre, espacées de 90 cm.
- Notre expérience a eu un total de 90 plants.

6.7Entretien de culture

6.7.1 Palissage et tuteurage

Pour maintenir la verticalité de la tige, elle doit être soutenue. Au niveau de chaque rangé dans une serre, un filet agricole doit être fixé au fil de fer. Afin d'éviter les blessures ou les coupures, le filet est fixé de manière légère sur la tige principale et les tiges secondaires. Lors du deuxième passage, la plante est enroulée manuellement autour du filet à un tour complet, et cela continue jusqu'à la fin du cycle.



Figure 13 : Travaux d'entretien Palissage (Originale)

Le palissage permet de :

- Transporter les fruits.
- Gardez la tige en place.
- Optimiser l'espace et rendre la culture homogène.
- Faciliter les méthodes culturelles alternatives.
- Exposer la plante à une lumière plus forte manipulation attentive lors du palissage.

En raison d'un enroulement de la ficelle autour de la tige dans deux sens opposés, une cassure de la plante chargée peut être causée par un changement d'opérateur. Pour résoudre ce problème, il est possible de choisir un sens d'enroulement conventionnel, par exemple en fonction des aiguilles de la montre.

Il est important de s'assurer que le palissage est effectué sans être observé. Il est important de ne pas oublier d'enrouler la ficelle autour de l'entrenœud pour éviter de casser la plante chargée. Cependant, nous avons utilisé une file en plastique pour le tuteurage (le système a été installé trois jours après la plantation).

- Facilite le mouvement des photosynthétats dans la plante.

En raison de la fragilité de la plante du melon, le palissage est une technique délicate et nécessite une main-d'œuvre bien formée.

6.8 L'irrigation

L'irrigation commence juste après la plantation selon le besoin de la plante, les stades de développement, et le climat, sans excès d'eau pour ne pas provoquer l'asphyxie des racines.

- En température normale : l'irrigation deux fois par semaine.
- En température élevée : l'irrigation trois à quatre fois par semaine.
- Pendant la fructification et la nouaison l'irrigation est régulière pour éviter l'éclatement de fruit.

Les premières élongations jusqu'à la floraison : malgré la possibilité de dispersion des apports, la quantité d'apports augmente avec le développement.

Entre la floraison et l'apparition des fruits : Il est essentiel de maintenir l'humidité du sol pendant cette période en irriguant plus souvent (au moins trois fois par semaine dans des conditions desséchantes). Le rendement diminuera à cette période en raison du stress hydrique.

Pour cultiver le melon, il est essentiel de maintenir une irrigation régulière car une irrigation excessive entraîne l'éclatement des fruits et la vitrescence de la chair.

6.9 L'aération des serres

Le melon est une culture très sensible aux basses températures et aux extrêmes de températures, donc elle se fait à travers des ouvertures latérales fixes, couvertes par un filet antimouche et des ouvertures du haut qui s'ouvrent chaque fois que la température augmente. L'aération des serres permet :

- Une réduction des écarts entre les températures du jour et celles de la nuit.
- D'éviter les risques de brûlures.
- De faire baisser l'hygrométrie.
- Une meilleure pollinisation.

6.10 La pollinisation

Le transfert de pollen des fleurs mâles vers les fleurs femelles est assuré par des abeilles (*Apis mellifera*). Il est toujours fortement recommandé d'installer des ruches

près des cultures de melon et d'utiliser des traitements insecticides compatibles avec la protection des abeilles.

Ces derniers peuvent effectuer jusqu'à cinquante visites par fleurs au cours de la courte période d'épanouissement (24h à 48h).



Figure 14.a : Pollinisation des fleurs

Figure 14.b : Ruche d'abeilles

(Originale)

6.11 Fertilisation/Fertigation du Melon

Les traitements ont commencé le 25 Janvier 2023 (3 jours après la transplantation), et ont fini le 18 Avril 2023, Les plantes étaient régulièrement arrosées manuellement avec l'un de deux traitements (l'acides humique et l'extrait de compost), ils ont espacé également d'une semaine eu lieu chaque semaine, à raison de 100 ml par plant d'une façon de fertigation (**Mouria et al., 2010**).

La matière fertilisante utilisée lors de l'expérimentation est :

T0 : Groupe témoin sans fertigation.

T1 : Fertigation aux Acides Humiques (Liqhumus). Un produit commercial. Cet engrais a été de forme liquide et de couleur noir.

T2 : Fertigation avec extrait de compost.

Le taux de calcium de la plante augmente à mesure qu'elle se développe, tandis que le taux de potassium des feuilles et des tiges diminue de moitié. Au fur et à mesure que les fruits grossissent, la concentration de tous les éléments diminue.

L'absorption de phosphore est importante pendant la maturité des fruits, tandis que la consommation de calcium est importante pendant le développement des fruits.

La fertilisation doit être adaptée à la croissance de la plante car elle varie selon le stade végétatif :

Les premières fleurs femelles absorbent peu d'éléments entre la germination et la floraison, ce qui signifie que moins de 10 % du poids sec final de la plante est synthétisé.

Entre la floraison des premières fleurs et la fin de la nouaison, la plante consomme plus d'éléments nutritifs.

Calendrier hebdomadaire de la fertigation selon les stades végétatifs :

Stade végétatif	Début de stade	Fin de stade
Stade reprise à floraison femelle	22 Janvier 2023	12 Février 2023
Stade floraison femelle à nouaison	13 Février 2023	11 Mars 2023
Stade nouaison Au des fruits et maturité	12 Mars 2023	18 avril 2023
Stade des fruits et maturité au stade de récolte	19 avril 2023	04 Mai 2023

7. La récolte

La récolte de melon a été effectuée manuellement, à des stades différents entre 76 JAT (Jour Après Transplantation) à 90 JAT, les premiers fruits ont été cueillis au stade vert-mûr ou au stade jaune un peu orangé pour la consommation en frais.



Figure 15 : Récolte (Originale)

8. Les paramètres étudiés

8.1 Paramètres morphologiques

8.1.1 La hauteur moyenne des plants

La hauteur moyenne de la tige est mesurée à l'aide de ruban métrique, entre le collet au le sommet, trois fois au cours du cycle végétatif de la culture :

- 40 jours après la transplantation.
- 2 mois après la transplantation.
- A la fin de l'essai (90 jours après la transplantation).



Figure 16 : La hauteur des plants (Originale)

8.1.2 Le nombre de feuilles par plante : par comptage du nombre moyen de feuilles de chaque plante.

8.1.3 La surface foliaire : est mesuré par logiciel d'image j.

8.1.4 La longueur de la racine : par mesure de la longueur de la racine après arrachage des plants

8.1.5 La production en biomasse fraîche : est mesuré à l'aide d'une il s'effectué par un balance électronique même jour par pesage de la tige, les branches, les racines, et les feuilles après arrachage des plants.

8.1.6 La production en biomasse sec : selon (Alvarez & Gagné S. Antoun, 1995) les poids de la biomasse végétative secs de la tige, les branches, les racines, et les feuilles sont déterminés après séchage à 80°C pendant 24 heures, il s'effectué par une balance électronique.

8.2 Paramètres phénologiques

8.2.1 Début maturation des fruits

Le début maturité des fruites correspond à la date de la première cueillette.



Figure17 : Maturation des fruits (Originale)

8.3 Paramètres de développements

8.3.1 Nombre des fleurs par plant

Pour ce paramètre, nous avons compté les fleurs épanouies au fur et à mesure que les plants se développaient dans chaque parcelle élémentaire. Le nombre de fleurs par plant est comptabilisé en pleine floraison pour chaque plante.

Les fleurs qui ont été fécondées seront les seules à produire un fruit, qui sera plus gros et plus développé à mesure que le nombre de tubes polliniques germeront. Ainsi, la pollinisation doit être la plus efficace possible.



Figure 18 : Les fleurs (mâle et femelle) du melon (Originale)

8.4 Paramètres de production

8.4.1 Nombre moyen de fruits par plant

Par comptage du nombre des fruits de chaque cueillette et pour chaque plante.



Figure19 : Le fruit dans le plant (Originale)

8.4.2 Production moyenne par plant

C'est le poids des fruits des différentes cueillettes exprimé en kilogramme (kg), il s'effectué par une balance électronique.



Figure20 : Fruits destiné au marché (Originale)

8.5 Paramètres de qualité

8.5.1 La longueur et la largeur du fruit

La longueur et la largeur du fruit du melon est un caractère déterminant pour les variétés de melon, la mesure s'effectué par le pied à coulisse.

9.Évaluation de la qualité organoleptique des fruits

9.1 Test de dégustation

L'objectif de l'amélioration de la qualité sensorielle est de satisfaire les attentes des consommateurs et des agriculteurs. L'analyse sensorielle a été réalisée par dégustation. Le choix des individus ayant participé à la dégustation (50 individus à l'université de Biskra, âgés de 18 à 25 ans) était aléatoire sans visé une catégorie bien définie dont un questionnaire a été attribué à chaque un d'entre-eux.

Nous avons opté pour l'analyse sensorielle de nos produits à un test dégustation permettant l'expression des résultats de l'aspect

- **La couleur** : elle est estimée à l'œil nue.
- **L'odeur** : elle est estimée par l'olfaction.
- **Le goût** : elle se fait par dégustation du fruit.
- **Le Sucre** : elle se fait par dégustation du fruit.
- **La rugosité** : elle se fait visuellement.

Nous avons choisi un panel de dégustateurs composé de 50 personnes sont des étudiants.

10. Paramètres biochimiques de fruit

10.1 Détermination de pH

10 g de fruits de melon coupés en petits morceaux sont pesés et mélangés avec 100 ml d'eau distillée au mixeur. Le jus de melon est filtré à l'aide d'une centrifugeuse et le pH est directement déterminé à l'aide d'un pH-mètre.



Figure 21 : La mesure du pH (fruit) (Originale)

10.2 Détermination de la conductivité électrique (CE)

10 g de fruits de melon coupés en petits morceaux sont pesés et mélangés avec 100 ml d'eau distillée au mixeur. Le jus de melon est filtré à l'aide d'une centrifugeuse et la CE est déterminée directement à l'aide d'un mètre de conductivité.



Figure 22 : La mesure de la CE (fruit) (Originale)

10.3 La teneur en eau

Selon l'AOAC (1990), la teneur en eau des fruits et légumes peut être déterminée en pesant leur poids humide et sèche selon la méthode suivante :

- 10 grammes de fruit *p1* Pendant 18 heures, sécher à 70°C dans une étuve.
- Peser les après le séchage *p2*

$$\text{Teneur en eau \%} = (p1 - p2) \times 10$$

10.4 Dosage des sucres solubles (Suc) « µg/100mg MF »

La méthode au phénol est utilisée pour mesurer la quantité totale de sucres solubles tels que le saccharose, le glucose, le fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides. Pour extraire les sucres, 100 mg de matière fraîche doivent être placés dans des tubes à essais et 3 ml d'éthanol à 80 % doivent être ajoutés. Il est conservé dans l'obscurité pendant 48 heures à température ambiante. Les flacons sont placés dans l'étuve à 80°C pour évaporer l'alcool au moment du dosage. On incorpore 20 ml d'eau distillée à l'extrait dans chaque tube. C'est la solution à étudier.

On met 2 ml de la solution à analyser dans des tubes à essais propres, on ajoute 1 ml de phénol à 5 % (le phénol est dilué dans de l'eau distillée), et on ajoute rapidement 5 ml d'acide sulfurique concentré 96 % tout en évitant de verser de l'acide sur les parois du tube. Une fois qu'une solution jaune orange est obtenue à la surface, elle est transférée dans un vortex afin de rendre la couleur de la solution uniforme. Les tubes sont laissés pendant dix minutes puis placés au bain-marie pour dix à vingt minutes à une température de trente degrés Celsius. La couleur de la réaction reste stable pendant plusieurs heures. Les mesures d'absorbance sont effectuées à 485 nm. Les valeurs obtenues sont traduites en concentrations de glucose par référence à une courbe d'étalonnage préalablement établies.



Figure 23 : Dosage des sucres totaux (Originale)

10.5 Dosage des sucres réducteurs

Le principe de cette méthode repose sur la réduction de la liqueur de Fehling par les sucres réducteurs présents dans l'échantillon, comme mentionné par (NAVARRE., 1974). Le processus opératoire se déroule en plusieurs étapes. Tout d'abord, il est nécessaire d'étalonner la liqueur de Fehling en utilisant une solution de glucose à 5%. Cette étape permet d'établir une référence pour la comparaison ultérieure avec l'extrait de Melon.

Le processus d'étalonnage implique l'introduction de 10 ml de solution de Fehling A, 10 ml de solution de Fehling B, et 30 ml d'eau distillée dans un Erlenmeyer. Ensuite, la solution de glucose à 5% est ajoutée en petites quantités depuis une burette graduée jusqu'à ce que la liqueur de Fehling se décolore complètement, accompagnée de la formation d'un précipité Cu_2O rouge. Une fois l'étalonnage effectué, le dosage des sucres dans l'extrait de Melon peut être réalisé. Pour cela, la solution de glucose est remplacée par l'extrait préparé et dilué. Dans un nouvel Erlenmeyer, on introduit 10 ml de solution de Fehling A, 10 ml de solution de Fehling B, et 30 ml d'eau distillée. On ajoute ensuite l'extrait préparé et dilué en très petites quantités. Le processus de dosage consiste à observer la décoloration complète de la liqueur de Fehling et la formation d'un précipité Cu_2O rouge, de manière similaire à l'étalonnage. Ces étapes méthodiques permettent de déterminer avec

précision la quantité de sucres présents dans l'extrait de Melon, en utilisant la réduction de la liqueur de Fehling comme indicateur.

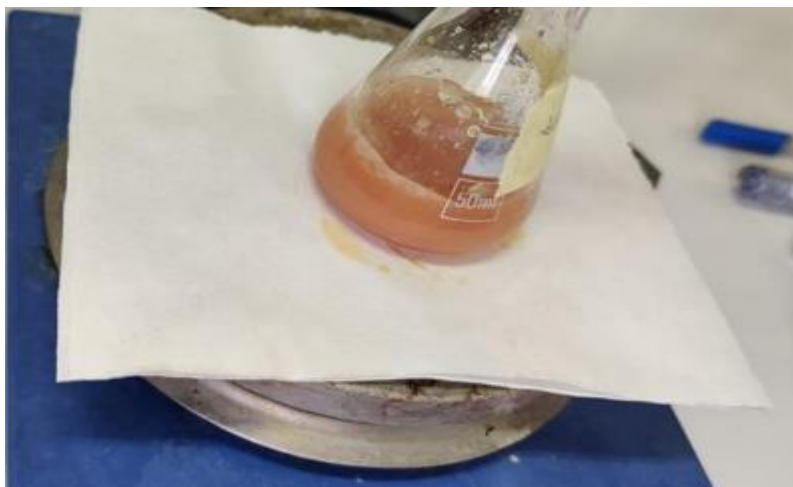


Figure 24 : Dosage des sucres réducteurs (Originale)

Expression des résultats

$$R = (5 * N/N') * F$$

Soit :

R : la quantité de sucres réducteurs en g /litres

N : le nombre de ml utilisé de solution de glucose à 5%

N': le nombre de ml filtrat utilisé pour la décoloration de la liqueur de Fehling

F : facteur de dilution

10.6 Teneur en saccharose

La teneur en saccharose est obtenue par la différence entre la teneur en sucres totaux et les sucres réducteurs présents dans l'échantillon.

$$\text{Saccharose \%} = \text{sucres totaux \%} - \text{sucres réducteurs}$$

10.7 Détermination de la teneur en MO sur fruit

La détermination de la teneur en matière organique, selon les directives de l'AOAC de 1990, implique un processus méthodique composé des étapes suivantes. Tout d'abord, on procède à la pesée précise de 10 grammes de fruit ou de légume préalablement broyés, lesquels sont ensuite placés dans une capsule en porcelaine. Cette capsule est ensuite soigneusement disposée dans une étuve réglée à une température de 105°C, où elle demeure pendant une période de 24 heures. Par la suite, l'échantillon est transféré dans un four à moufle réglé à une température de 550 ± 15 °C, et soumis à un traitement thermique de 2 heures, aboutissant à l'obtention d'une teinte grise, claire, ou blanchâtre dans l'échantillon.

Une fois cette phase terminée, la capsule est retirée du four et laissée à refroidir dans un dessiccateur. Par la suite, une nouvelle pesée est effectuée afin de calculer le pourcentage de matière organique. La formule utilisée pour exprimer les résultats est la suivante :

$$\text{MO}\% = \frac{(M1-M2)}{P} \times 100.$$

Où :

- **MO%** : représente la matière organique.
- **M1** : est la masse des capsules plus la prise d'essai.
- **M2** : est la masse des capsules plus les cendres.
- **P** : est la masse de la prise d'essai.

Cette démarche méticuleuse et séquentielle garantit une évaluation précise de la teneur en matière organique des échantillons, conformément aux normes établies par l'AOAC en 1990.

10.8 Dosage des éléments minéraux sur fruit

L'analyse des éléments minéraux foliaires a été réalisée en conformité avec la méthode décrite par le CEAEQ (Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec) en 2013. Ce processus permet de doser les minéraux tels que le potassium, le

phosphore, le sodium, le calcium, et le magnésium présents dans la plante, en utilisant la cendre préparée comme point de départ.

Pour débiter, 1 gramme de matière végétale séchée est placé dans une étuve chauffée à 105°C pendant 24 heures. Ensuite, la matière séchée est calcinée dans un creuset en porcelaine à une température de 550°C dans un four à moufle pendant 5 heures, aboutissant à l'obtention d'une cendre de couleur blanche. Après refroidissement dans un dessiccateur, la cendre est transférée dans un bécher de 100 ml, auquel sont ajoutés 5 ml de HCl (2N) et 25 ml d'eau distillée, le tout recouvert d'un verre de montre.

Une étape cruciale du processus consiste en une digestion à ébullition douce sur une plaque chauffante pendant 10 minutes. Après refroidissement, 25 ml d'eau distillée sont ajoutés, et le mélange est filtré dans une fiole de 50 ml. Le dosage des éléments souhaités est ensuite effectué à partir de l'extrait préparé.

Le dosage du potassium et du sodium s'effectue en faisant passer l'extrait à travers un appareil photomètre à flamme. En ce qui concerne le phosphore (P), la méthode de vanadate d'ammonium et de molybdate d'ammonium est employée. Cette méthode implique successivement le placement dans des tubes à essai de 2 ml de l'extrait de cendre, 6 ml d'eau distillée, et 2 ml de réactif nitro-vanado-molybdate, suivi d'une homogénéisation et d'une réaction d'une heure. Les mêmes étapes sont répétées pour les étalons. Le dosage est ensuite réalisé à l'aide d'un colorimètre à 430 nm. Ce processus détaillé garantit une analyse précise et complète des éléments minéraux foliaires, conformément aux normes établies par le CEAEQ en 2013.



Figure25 : Dosage des éléments minéraux sur fruit (Originale)

10.9 Dosage du Ca²⁺

Le dosage du calcium (Ca²⁺) implique l'utilisation de divers réactifs préparés au préalable. La solution tampon est élaborée en mélangeant 16.9 g de NH⁴Cl dans 142.5 ml de NH⁴OH concentré, puis en laissant refroidir avant de compléter à 250 ml avec de l'eau distillée. L'EDTA (0.1N) est préparé en dissolvant 2 g d'EDTA et 0.05 g de MgCl², complétés à 1 litre. Le réactif NET est obtenu en mélangeant 0.5 g de NET et 4.5 g d'hydroxylamine hydrochlorure dans 100 ml d'éthanol à 95%. De même, la solution NaOH est préparée en dissolvant 8 g dans 100 ml d'eau, puis laissée à refroidir doucement. Le calcon carboxylique est formulé en mélangeant 0.2 g de calcon carboxylique avec 100 g de NaCl. Les échantillons sont dilués 10 fois avec 5 ml d'échantillon et 45 ml d'eau.

Le protocole opératoire commence par la réalisation d'un témoin. Dans un bécher, 50 ml d'eau distillée sont combinés avec 0.2 g de calcon carboxylique + NaCl, suivi de l'ajout de 2 à 3 ml de NaOH. La titration est ensuite effectuée avec l'EDTA, et le changement de couleur, passant du rose au bleu, est observé. Cette étape du témoin est essentielle pour établir la référence visuelle nécessaire lors du dosage du calcium dans les échantillons.

10.10 Dosage Mg²⁺

Le dosage du magnésium (Mg²⁺) s'effectue à travers une série d'étapes méthodiques. Un bécher est préalablement préparé, comprenant 5 ml d'échantillon dilué dans 45 ml d'eau (dilution × 10), auxquels sont ajoutés 4 ml de solution tampon à un pH de 10, ainsi que 4 gouttes de NET. Cette solution est positionnée au-dessus de l'agitateur.

Le processus de titration est ensuite initié en utilisant l'EDAT, et le changement de couleur, passant du rose au bleu, est observé. La quantité de Ca²⁺ est calculée à

l'aide de la formule : $Ca^{2+} = \frac{(V1 - V2) \times 0.01 \times 1000}{D} \times A$, Où :

- **V1** : représente le volume de titration avec l'EDAT.

- **V2** : est le volume de titration avec l'EDAT pour le témoin.

- **D** : est le facteur de dilution.

- **A** : correspond à la prise d'essai.

Enfin, la concentration totale de Mg^{2+} et Ca^{2+} est obtenue avec la formule :

$$[Mg^{2+} + Ca^{2+}] = \frac{(V1-V2) \times 0.01 \times 1000}{A} \times D$$

La concentration de Mg^{2+} est alors déterminée par la différence entre la concentration totale de Mg^{2+} et Ca^{2+} , soit :

$$Mg^{2+} = (Ca^{2+} + Mg^{2+}) - Ca^{2+}.$$

Ces étapes méthodiques garantissent une évaluation précise de la concentration en magnésium, en utilisant la titration et la couleur obtenue lors de la réaction chimique comme indicateurs fiables.

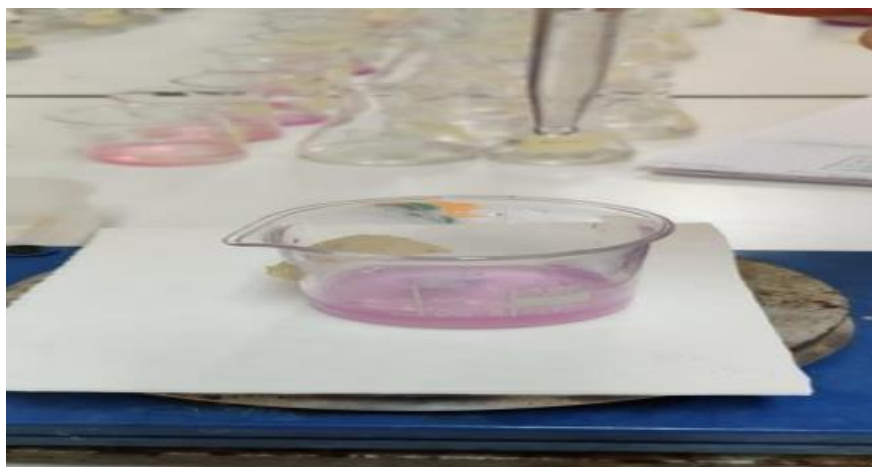


Figure 26 : Dosage de Ca^{2+} et Mg^{2+} (Originale)

11. Analyses statistiques des données

Les données collectées ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) en utilisant la procédure du modèle linéaire général du logiciel R version v4.2.2 pour dégager les différences entre les traitements avec le recours au package Rcmdr. Les traitements révélant des disparités ont été examinés au moyen du test de différence minimale significative (LSD) de Newman & Keul pour la séparation des moyennes au niveau de signification de 5 %. La matrice de corrélation a été étudiée en utilisant le

package 'corrplot'. De plus, les packages 'Lavaan' et 'semPlot' ont été exploités pour effectuer le test du coefficient de chemin, divisant ainsi l'analyse du coefficient de corrélation en effets directs et indirects issus de différentes sources. Une analyse simple du coefficient de corrélation peut uniquement indiquer le degré d'une relation positive ou négative élevée ou basse entre une variable indépendante et une variable dépendante. Selon (Ercoli et al., 2013; Lupini et al., 2021; Pampana, 2021) le degré de corrélation ne peut pas révéler l'effet direct ou indirect de la variable indépendante sur la variable dépendante. Il est possible que cette relation soit attribuée non seulement à une seule variable indépendante, mais aussi à l'effet d'une deuxième variable ou d'un ensemble de variables indépendantes. L'utilisation de l'analyse du coefficient de chemin (P) peut contribuer à approfondir cette analyse de corrélation. Afin de démêler la véritable association entre le rendement et ses composants, ainsi qu'avec d'autres critères agronomiques, l'analyse du coefficient de chemin met en lumière les limitations d'une utilisation isolée de multiples coefficients de corrélation (Boulelouah et al., 2022).

RESULTATS

1. Analyse physico-chimique du sol, d'eau, et de l'extrait de compost**Tableau 06** : les analyses physico-chimiques du sol, d'eau, et de l'extrait de compost

	Sol	Eau	L'extrait de Compost
CE (ds/m) Rapport 1/5	3.87	4.68	5.00
pH Rapport 1/5	7.73	7.53	7.72
MO (%)	2.49	-	48.67
Minéralisation (g/l)	1.43	2.99	3.59
Total N (%)	0.07	-	1.85
P ₂ O ₅ (ppm)	740.85	-	23 899.31
K ₂ O (ppm)	71.58	-	11 487.43
Calcaire total (%)	44.91	-	-
Calcaire actif (%)	22	-	-
Cations méq/l	Na ⁺	8.77	28.48
	Ca ⁺⁺	7.4	29.40
	Mg ⁺⁺	10.6	14.40
	K ⁺	0.45	0.017
Anions méq/l	CO ₃ ⁻	-	4.8
	SO ₄ ⁻⁻	-	-
	HCO ₃ ⁻	2.4	7.2
	Cl ⁻	2.16	17.82

Au regard du Tableau 6, les caractéristiques chimiques de l'extrait de compost à base des déchets ménagers présentent de bonnes valeurs fertilisantes et respectent les normes d'une matière organique de très bonne qualité. Les valeurs agronomiques de l'extrait de compost est élevée concernant les teneurs en azote (1.85%), en phosphore (23 899.31ppm) et en potassium total (11 487.43ppm). Le pH d'extrait de compost est légèrement neutre avec une valeur de (7.72) et la conductivité électrique considéré comme peut saler avec une valeur de (5 ms/cm), et pour les autres éléments les concentrations sont varié de 03 à 14.34 meq/l pour le (Mg⁺⁺ 134méq/l), Ca⁺⁺86méq/l, Cl⁻ 24.30méq/l, HCo³⁻43.80méq/l, le K⁺ 88.50méq/l, et pour le Na⁺13.84 méq/l.

2. Paramètres morphologiques

2.1 La hauteur moyenne des plants

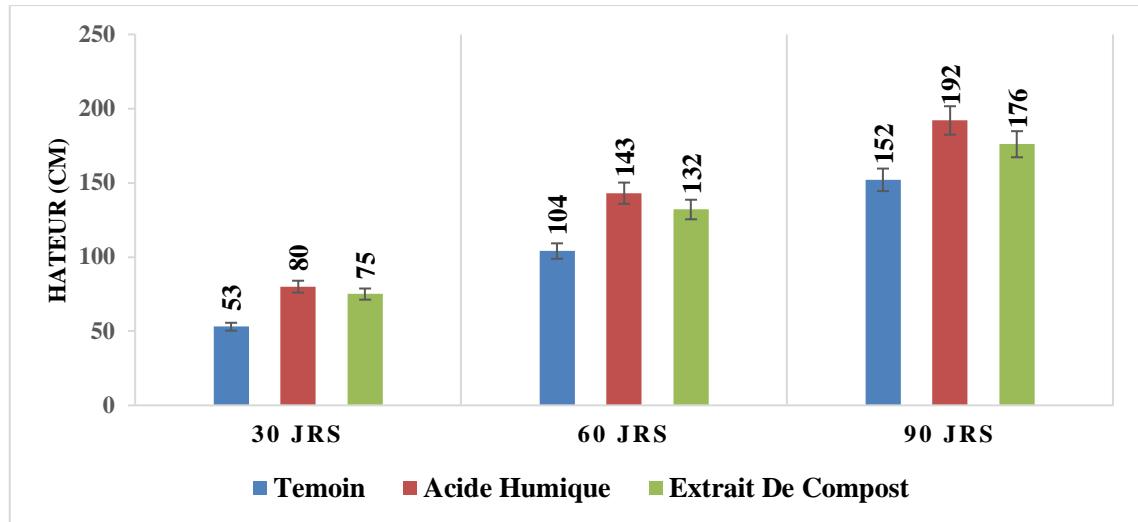


Figure 27 : Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur la hauteur final (cm).

La comparaison des caractéristiques de croissance des plants de melon en utilisant différentes méthodes d'apport en nutriments, à savoir la fertigation avec des extraits de compost et des acides humiques synthétiques, est présentée dans la figure n°27.

Les mesures ont été effectuées trois fois au cours du cycle végétatif de la culture :

- 30 jours après la transplantation.
- 60 jours après la transplantation.
- A la fin de l'essai (90 jours après la transplantation), qui correspond à la hauteur finale du plant. Les taux de croissance observés étaient les suivants :

Pour le groupe témoin, le taux de croissance était de (53cm \pm 0,05) après 30 jours et de (104 cm \pm 0,19) après 60 jours. Pour le groupe traité par l'extrait de compost, le taux de croissance était de (75 cm \pm 0,07) après 30 jours et de (132 cm \pm 0,04) après 60 jours. Pour le groupe traité par l'acide humique synthétique, le taux de croissance était de (80 cm \pm 0,07) après 30 jours et de (143 cm \pm 0,05) après 60 jours.

À la fin du cycle, les taux de croissance affichaient des valeurs plus élevées comme suit : (152 cm \pm 0,1) pour le témoin, (176 cm \pm 0,05) pour l'extrait de compost et (192 cm \pm 0,06) pour l'acide humique. Le taux de croissance variait en fonction du type de fertilisation utilisé.

Selon l'analyse statistique, les traitements à l'acide humique et à l'extrait de compost présentaient des différences très significatives au cours du cycle de croissance par rapport au groupe témoin, la croissance obtenue avec l'acide humique dépassant légèrement celle de l'extrait de compost (Tableau 07).

Tableau 07 : Analyse de variance pour la hauteur des plants.

		Hauteur après 30 jours	Hauteur après 60 jours	Hauteur après 90 jours
Traitement	T0	0,53 \pm 0,05 a	1,04 \pm 0,19 a	1,52 \pm 0,1 a
	T1	0,8 \pm 0,07 c	1,43 \pm 0,05 c	1,92 \pm 0,06 c
	T2	0,75 \pm 0,07 b	1,32 \pm 0,04 b	1,76 \pm 0,05 b
	P-Value	<0,001	<0,001	<0,001

2.2 Le nombre de feuilles par plante

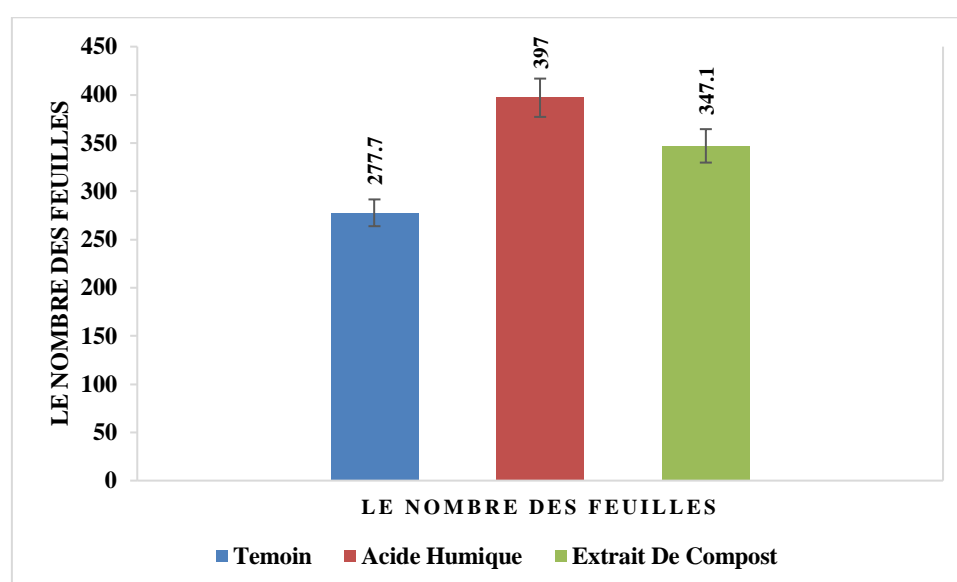


Figure 28 : Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur le nombre des feuilles.

L'interprétation des résultats de la (Figure n°28) : le nombre moyen des feuilles traitées avec CT est de moyen de (347.1 ± 5.82) feuilles par plant, ce qui se situe entre le nombre moyen des feuilles des plantes traitées avec HA et le groupe témoin. Les plantes traitées avec HA ont eu le nombre moyen des feuilles plus élevé, avec une moyenne de (397 ± 15.53) feuilles, tandis que le groupe témoin a eu le nombre moyen des feuilles le plus bas, avec une moyenne de (277.7 ± 9.31) feuilles.

Selon l'analyse statistique qui représente dans le tableau n°8, les trois traitements présentaient des différences très significatives pour le nombre des feuilles par rapport au groupe témoin ($P < 0,001$).

Tableau 08 : Analyse de variance pour le nombre des feuilles et la surface foliaire par plants.

		Le nombre des feuilles	La surface foliaire
Traitement	T0	277.7 ± 9.31 a	125.61 ± 27.85 a
	T1	397.0 ± 15.53 c	129.81 ± 33.58 a
	T2	347.1 ± 5.82 b	132.92 ± 21.01 a
	P-Value	$< 0,001$	n.s

2.3 La surface foliaire

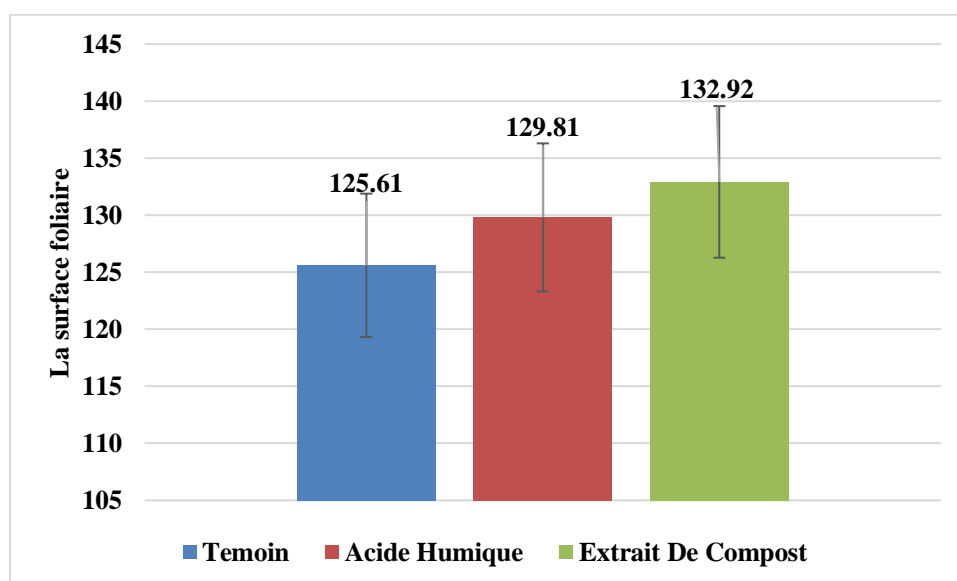


Figure 29 : Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur La surface foliaire.

Les résultats obtenus pour le paramètre la surface foliaire pour l'ensemble des traitements étudiés sont illustrés par la figure n°29. Pour le groupe témoin, la surface foliaire était de $(125.61 \text{ cm}^2 \pm 27.85)$. Pour le groupe traité avec un extrait de compost, la surface foliaire était de $(132.92 \text{ cm}^2 \pm 21.01)$. Et pour le groupe traité avec de l'acide humique synthétique, la surface foliaire était de $(129.81 \text{ cm}^2 \pm 33.58)$.

L'analyse de la variance (Tableau 9) de la surface foliaire montre qu'il n'existe pas un effet significatif (n.s) entre les différents traitements du fertigation appliqué. Le test statistique indique la présence d'un seul groupe homogène (a).

2.4 Nombre des fleurs femelle

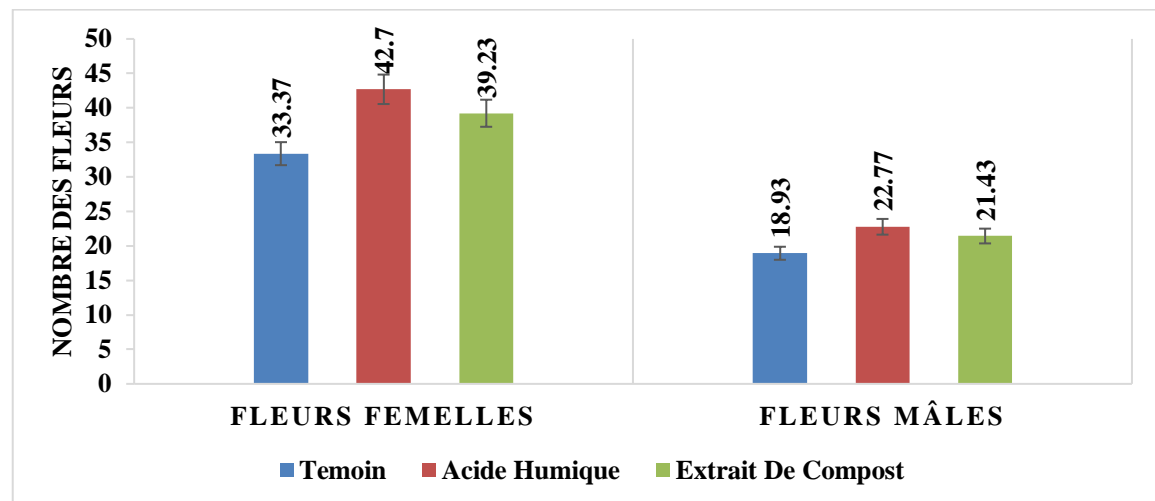


Figure 30 : Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur le nombre des fleurs femelles et mâles.

Le nombre de fleurs femelle varie considérablement selon les traitements. Le groupe témoin présente une moyenne de $(33,37 \pm 2,9)$ fleurs par plante, tandis que les plantes traitées à l'acide humique présentent une moyenne de $(42,70 \pm 3,55)$ fleurs par plante. Le traitement l'extrait de compost donne une moyenne de $(39,33 \pm 2,92)$ fleurs femelles par plante (figure 30).

Tableau 09 : Analyse de variance pour le Nombre des fleurs femelle et mâles

		Nombre des fleurs femelles	Nombre des fleurs mâles
Traitement	T0	33,37 ±2,9 a	18,93 ±2,2 a
	T1	42,7±3,55 c	22,77 ±2,9 b
	T2	39,23 ± 2,92 b	21,43±2,40 b
	P-Value	<0,001	<0,001

D'après l'analyse de variance pour le nombre des fleurs femelle on trouve qu'il y a une différence hautement significative entre les traitements de fertigation et le témoin, les groupes d'homogènes et les moyennes se représentent dans le tableau 9.

2.5 Nombre des fleurs mâles

En revanche, pour le nombre des fleurs mâles le témoin avait une moyenne de (18.93±2,2) fleurs mâles par plant, suivi par le traitement par l'extrait de compost avait une moyenne de (21.43±2,40) fleurs mâles par plant, et le plus élevé c'est le traitement par l'acide humique avec une moyenne de (22.77±2,9) fleurs mâles par plant (figure 30).

Par contre l'analyse de variance indique que les traitements à l'acide humique et traitement à l'extrait de compost présentaient une différence très hautement significative par rapport au témoin pour le nombre des fleurs mâles, par contre il n'y a pas de différence significative par rapport les modalités de l'extrait de compost et les acides humiques. Les groupes d'homogènes et les moyennes se représentent dans le tableau 9.

2.6 La longueur de la racine

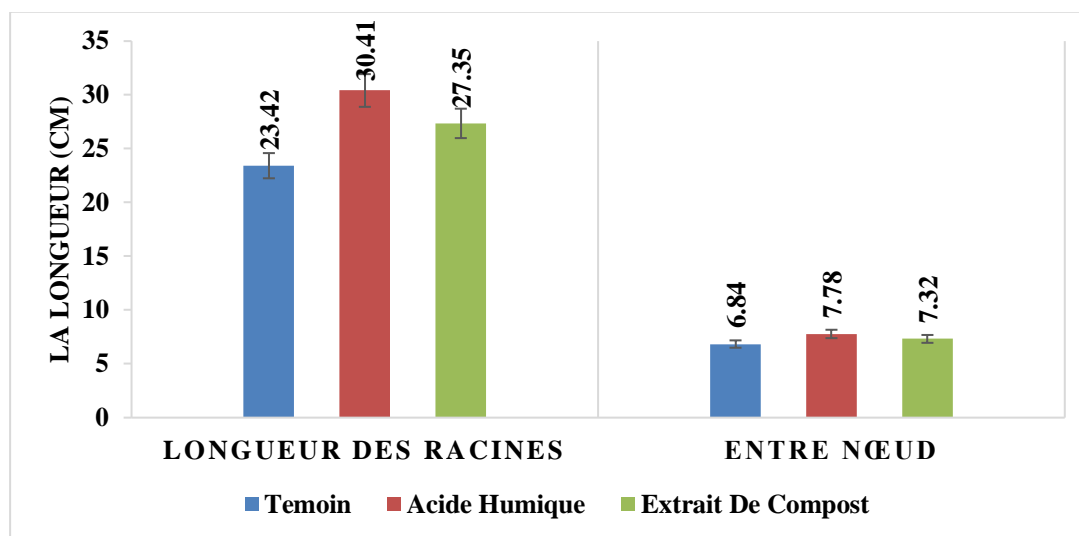


Figure 31 : Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur la longueur des racines (cm).

D'après la figure n°31 : il ressort que le traitement à la plus longue racine correspond au traitement par l'acide humique avec une moyenne de (30.41 ± 2.22) cm. Tandis que la moindre longueur des racines appartient au témoin avec une moyenne de (23.42 ± 1.05) cm. Le traitement par l'extrait de compost est de moyenne de (27.35 ± 0.65) cm.

Tableau 10 : Analyse de variance pour Longueur des racines, Entre nœud, Diamètre de la tige, et Nombre des rameaux.

		Longueur des racines	Entre nœud	Diamètre de la tige	Nombre des rameaux
Traitement	T0	23.42 ± 1.05 a	6.84 ± 0.61 a	11.04 ± 2.24 a	$2.4 \pm 0,52$ a
	T1	30.41 ± 2.22 c	7.78 ± 0.77 a	15.05 ± 1.54 b	$3.3 \pm 0,95$ b
	T2	27.35 ± 0.65 b	7.32 ± 1.13 a	$13.39 \pm 0,34$ b	$3.0 \pm 0,82$ ab
	P-Value	<0,001	n.s	<0,001	<0,05

L'analyse de variance au seuil de 1% quise représenté dans le (Tableau10) : indique qu'il y a une différence hautement significative ($P < 0,001$) entre les différents traitements du fertigation appliqué. Le test de statistique indique la présence de trois groupes homogènes.

2.7 Entre nœud :

Les résultats obtenus pour le paramètre « entre nœud » pour l'ensemble des traitements étudiés sont illustrés par la figure 31. Le traitement par l'acide humique est la meilleure pour l'espacement entre nœud avec une moyenne de (7.78 ± 0.77) cm, suivi par le traitement par l'extrait de compost avec une moyenne de (7.32 ± 1.13) cm. Enfin le témoin avec une moyenne de (6.84 ± 0.61) cm.

L'analyse de la variance au seuil de 5% (Tableau n°10) de l'espacement entre nœuds des plants montre qu'il n'existe pas un effet significatif (n.s) entre les différents traitements du fertigation appliqué. Le test statistique indique la présence d'un seul groupe homogène (a).

2.8 Diamètre de la tige

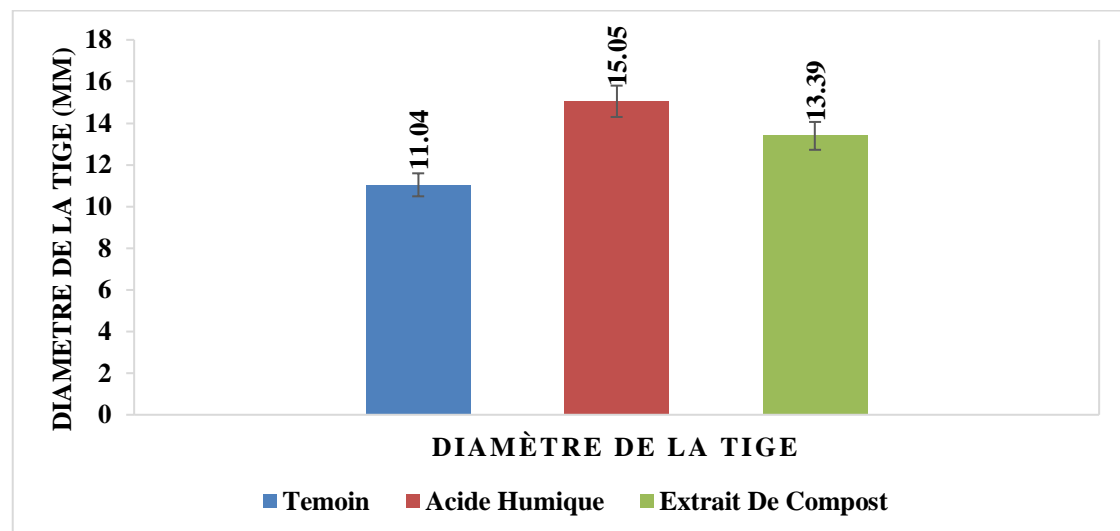


Figure 32 : Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur le diamètre de la tige (mm).

Les diamètres de la tige sont illustrés par la figure n°32 avec des valeurs comme suit : une moyenne de (11.04 ± 2.24) mm pour le groupe témoin, une moyenne de $(13.39 \pm 0,34)$ mm pour le groupe traité avec extrait de compost, et une moyenne de (15.05 ± 1.54) mm pour le groupe traité avec acide humique. Le taux de croissance variait en fonction du type de fertigation utilisé.

L'analyse de variance au seuil de 1% indique que les traitements à l'acide humique et traitement à l'extrait de compost présentaient une différence hautement

significative ($P < 0,001$) par rapport au témoin pour le diamètre de la tige, par contre il n'y a pas de différence significative par rapport aux modalités de l'extrait de compost et les acides humiques. Le test de statistique indique la présence de deux groupes homogènes (Tableau 10).

2.9 Nombre des rameaux

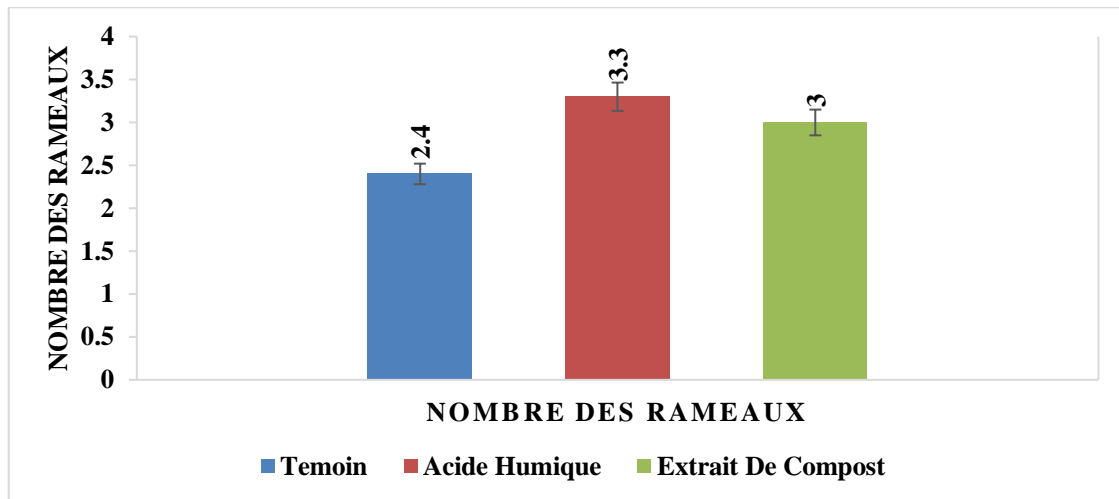


Figure 33 : Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur le nombre des rameaux.

Les ramifications primaires prennent naissance sur la tige principale, le nombre moyen des ramifications pour les plants traités avec CT est de $(3.0 \pm 0,82)$ rameaux par plant, ce qui se situe entre le nombre moyen des plants traités avec HA et le groupe témoin. Les plantes traitées avec HA ont eu le nombre des rameaux élevé, avec une moyenne de $(3.3 \pm 0,95)$ rameaux par plants, tandis que le groupe témoin a eu le nombre des rameaux le plus bas, avec une moyenne de $(2.4 \pm 0,52)$ rameaux par plant (Figure 33).

L'analyse de la variance au seuil de 5% (Tableau n°10) de la ramification primaire des plants montre qu'il existe un effet significatif ($P < 0,05$) entre les différents traitements du fertigation appliqué aux différentes doses. Le test de statistique indique la présence de trois groupes homogènes, le groupe extrait de compost est situé entre le groupe témoin et le groupe acide humique.

3. Les paramètres de rendement

3.1 La production en biomasse fraîche

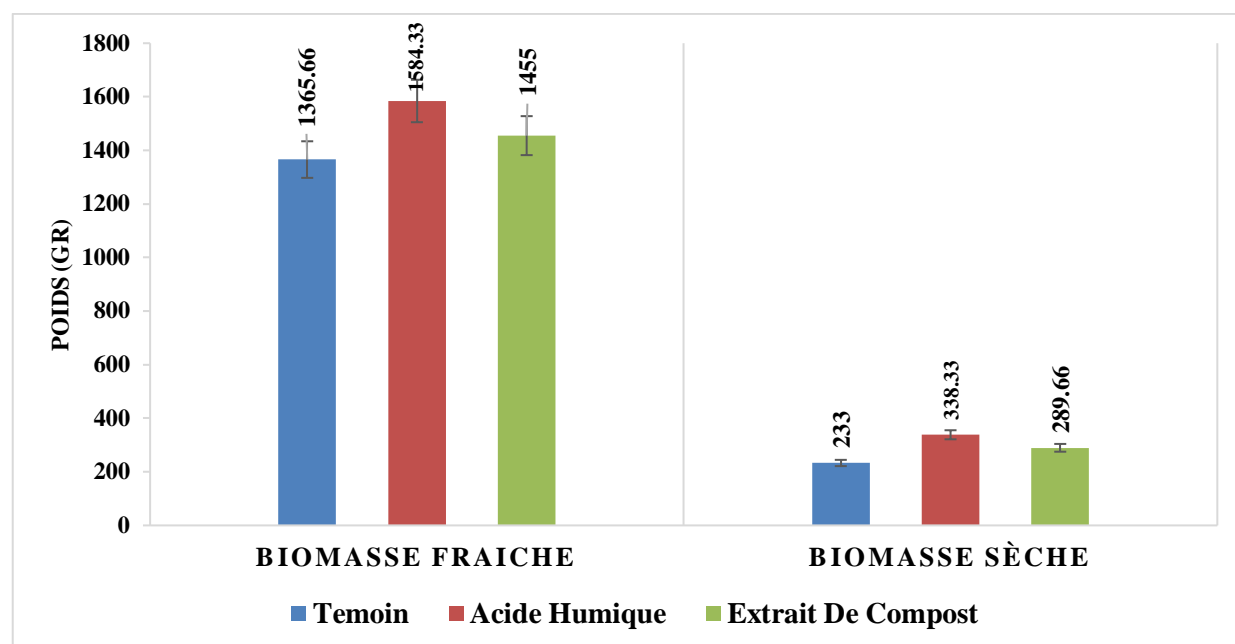


Figure 34 : Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur la biomasse fraîche et sèche (gr).

Les résultats obtenus pour le paramètre « biomasse fraîche » pour l'ensemble des traitements étudiés sont illustrés par la figure 34. Le poids frais moyen des plantes traitées avec CT est de (1455 ± 36.01) gr, ce qui se situe entre les poids des plantes traitées avec HA et le groupe témoin. Les plantes traitées avec HA ont eu le poids le plus élevé, avec une moyenne de (1584.33 ± 12.5) gr, tandis que le groupe témoin a eu le poids le plus bas, avec une moyenne de (1365.66 ± 13.20) gr.

Tableau 11 : Analyse de variance pour biomasse fraîche et biomasse sèche.

		Biomasse fraîche	Biomasse sèche
Traitement	T0	1365.66 ± 13.20 a	233 ± 4.58 a
	T1	1584.33 ± 12.5 c	338.33 ± 3.51 c
	T2	1455 ± 36.01 b	289.66 ± 6.66 b
	P-Value	<0,001	<0.001

L'analyse de la variance au seuil de 1% (Tableau n°11) de la biomasse fraîche des plants montre qu'il existe un effet très significatif ($P < 0,001$) entre les différents traitements du fertigation appliqué. Le test de statistique indique la présence de trois groupes homogènes.

3.2 La production en biomasse sèche

En ce qui concerne le poids sec moyen des plantes, celles traitées avec CT ont une moyenne de (289.66 ± 6.66) gr, ce qui est supérieur à la moyenne de (233 ± 4.58) gr du groupe témoin mais inférieur à la moyenne du poids sec des plantes traitées avec HA, qui était de $(338.33 \pm 3,51)$ gr (figure 34).

L'analyse de la variance au seuil de 1% (Tableau 11) de la biomasse fraîche des plants montre qu'il existe un effet très significatif ($P < 0,001$) entre les différents traitements du fertigation appliqué. Le test de statistique indique la présence de trois groupes homogènes.

3.3 Production par Plant

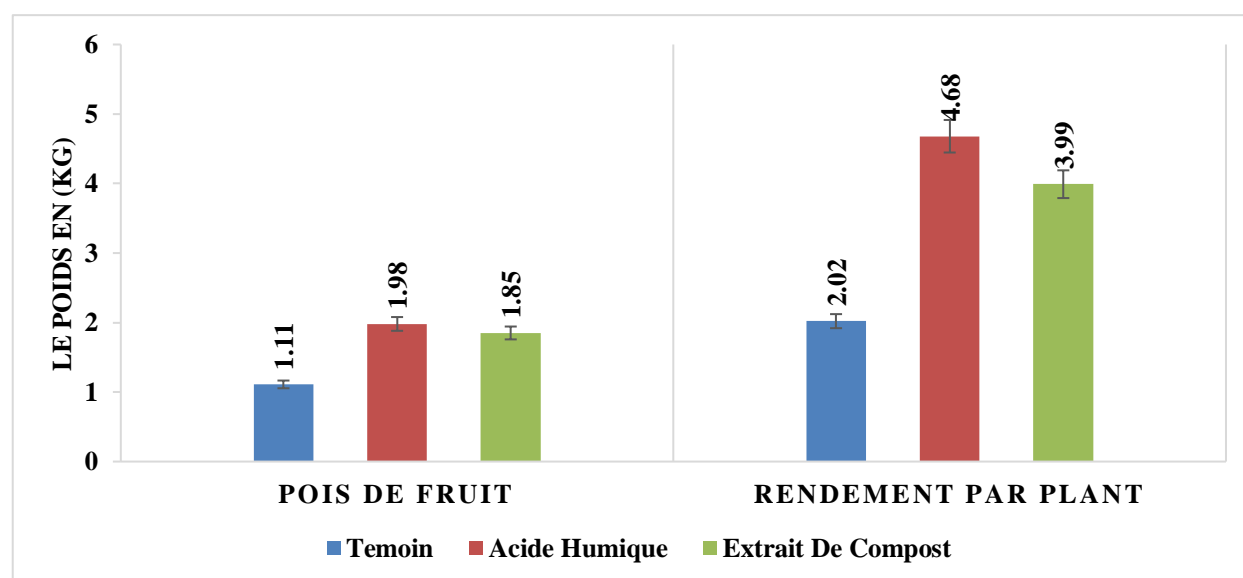


Figure 35 : Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur le poids de fruit et le rendement par plant.

Sur la base de la figure 35, les résultats montrent que les deux traitements ont eu des rendements plus élevés que le groupe témoin, qui avait une moyenne de $(2,02 \pm 0,38)$ kg par plante. Cependant, le rendement variait en fonction du type de traitement utilisé. Les plantes traitées par l'extrait de compost avaient un rendement

modéré, avec une moyenne de (3,99 ±0,29) kg par plante, tandis que les plantes traitées par l'acide humique avaient le rendement le plus élevé, avec une moyenne de (4,68 ±0,78) kg par plante.

L'analyse de variance au seuil de 5% quise représenté dans le (Tableau n°12) : indique qu'il y a une différence hautement significative ($P < 0,001$) entre les différents traitements du fertigation appliqué. Le test de statistique indique la présence de trois groupes homogènes.

Tableau 12 : Analyse de variance pour la Production par Plant, Poids de Fruit, et Nombre de fruits/Plant

		Production par Plant	Poids de Fruit	Nombre de fruits/Plant
Traitement	T0	2,02 ±0,38 a	1,11 ±0,21 a	1,87±0,34 a
	HA	4,68 ±0,78 c	1,98±0,26 b	2,4±0,5 b
	CT	3,99 ±0,29 b	1,85±0,24 b	2,2 ±0,41 b
	P-Value	<0,001	<0,001	<0,001

3.4 Poids de Fruit

L'interprétation des résultats de la (Figure 35) : Poids moyen de fruit pour les plantes traitées avec CT est de moyen de (1,85 ±0,24) kg, ce qui se situe entre le poids moyen de fruit des plantes traitées avec l'acide humique et le groupe témoin. Les plantes traitées avec l'acide humique ont eu le poids de fruit moyen plus élevé, avec une moyenne de (1,98 ±0,26) kg, tandis que le groupe témoin a eu le poids de fruit moyen le plus bas, avec une moyenne de (1,11 ±0,21) kg.

L'analyse de variance au seuil de 1% indique que les traitements à l'acide humique et traitement à l'extrait de compost présentaient une différence hautement significative ($P < 0,001$) par rapport au témoin pour le poids moyen de fruit, par contre il n'y a pas de différence significatif par rapport les modalités de l'extrait de compos et les acides humiques. Le test de statistique indique la présence de deux groupes homogènes (Tableau 12).

3.5 Le nombre de fruits par plante

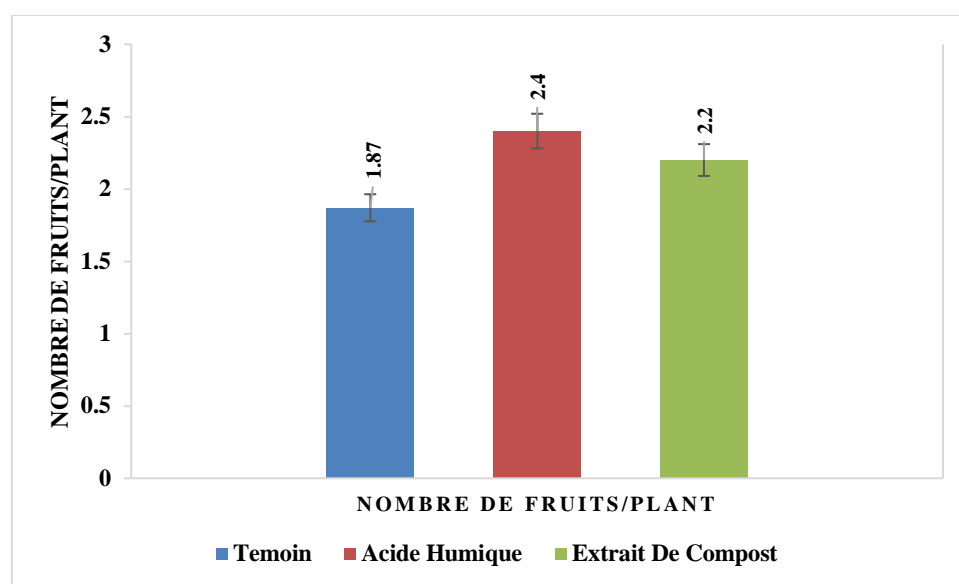


Figure 36 : Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur le nombre de fruit par plant.

Concernant le nombre de fruits par plante, les résultats sont illustrés dans (Figure 36) il a été découvert que les traitements par l'acide humique et l'extrait de compost entraînaient les rendements les plus élevés, avec respectivement $(2,4 \pm 0,5)$ et $(2,2 \pm 0,41)$ fruits par plante. Le groupe témoin avait les rendements les plus faibles, produisant en moyenne $(1,87 \pm 0,34)$ fruit par plante.

L'analyse de variance au seuil de 1% indique que les traitements à l'acide humique et traitement à l'extrait de compost présentaient une différence hautement significative ($P < 0,001$) par rapport au témoin pour le nombre moyen de fruit par plant, par contre il n'y a pas de différence significative par rapport les modalités de l'extrait de compost et les acides humiques. Le test de statistique indique la présence de deux groupes homogènes (Tableau 12).

4. La corrélation des variables étudiées

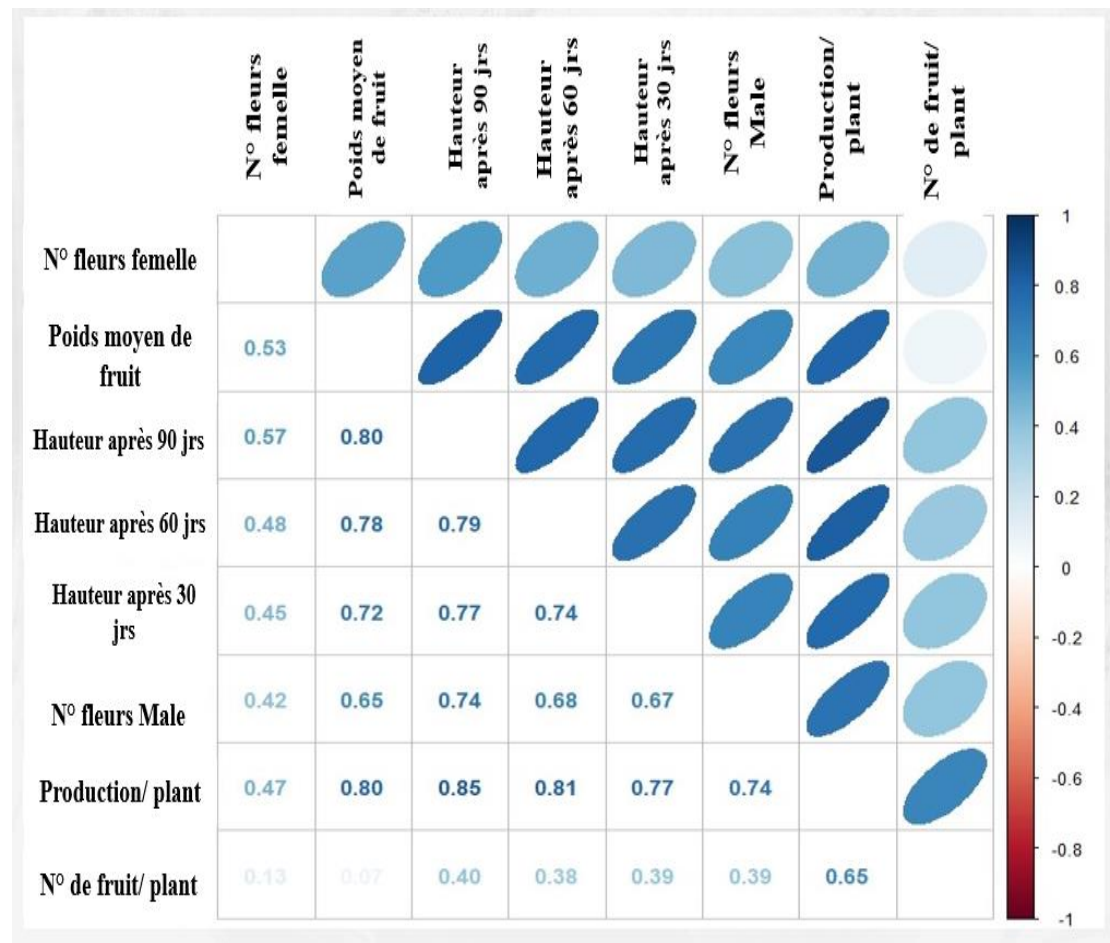


Figure 37 : Matrice de corrélation des variables étudiées.

La Figure 37 représente les interrelations entre différentes variables. Il ressort des résultats que le rendement est positivement associé à la hauteur finale (0,85). De plus, l'analyse de corrélation révèle une relation positive significative entre le nombre de fleurs mâles, le poids de chaque fruit et le rendement par plante, avec des coefficients de corrélation de 0,80 et 0,74, respectivement. Cependant, la liaison entre le rendement et la production de fruits présente un coefficient de corrélation légèrement plus faible de 0,65, qui n'est que marginalement significatif. De plus, la hauteur ultime de la plante manifeste une corrélation positive avec le nombre de fleurs mâles (0,74), le poids de chaque fruit (0,80) et le nombre de fleurs femelles (0,53).

Les résultats de l'analyse bidirectionnelle par étapes, tels que présentés dans le Tableau 03, indiquent que la variation du rendement est influencée par certains facteurs, notamment la hauteur finale, le nombre de fleurs mâles, et ainsi de suite.

L'équation de rendement établie à cette fin est la suivante : Rendement = $-0,02 * \text{nombre de fleurs femelles} + 0,48 * \text{hauteur finale} + 1,53 * \text{nombre de fruits par plante} + 1,95 * \text{poids par fruit} - 3,32$. Elle présente un coefficient de détermination de 0,96, indiquant une explication satisfaisante du rendement.

Rendement	AIC
Hauteur final	-246.19
Nombre des fleurs femelle	-244.4
poids par fruit	-116.24
Nombre des fruits par plant	-78.26

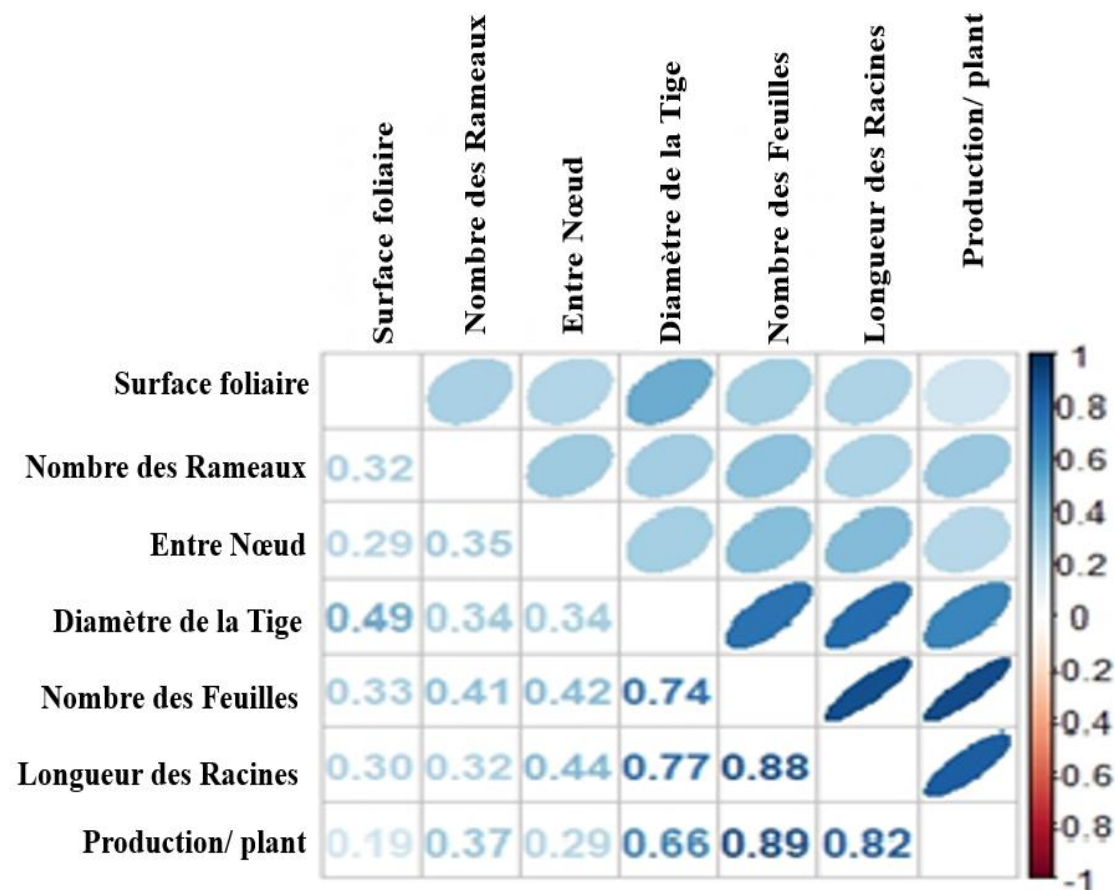


Figure 38 : Matrice de corrélation des variables étudiées.

D'après la figure 38 qui a obtenu à partir de cet de donnée, le rendement par plant à une forte corrélation hautement significative et de manière positive avec le nombre des feuilles (0.89) et la longueur des racines (0.82), avec une moyenne

corrélation significative avec le diamètre de la tige (0.66). Une forte corrélation significative avec la longueur des racines de manière positive (0.88), et pour diamètre de la tige (0.77). Pour le nombre des feuilles le lien avec le diamètre de la tige est moyennement significatif d'une manière positive (0.74).

5. Analyse du coefficient de piste causal de la variable dépendante (rendement)

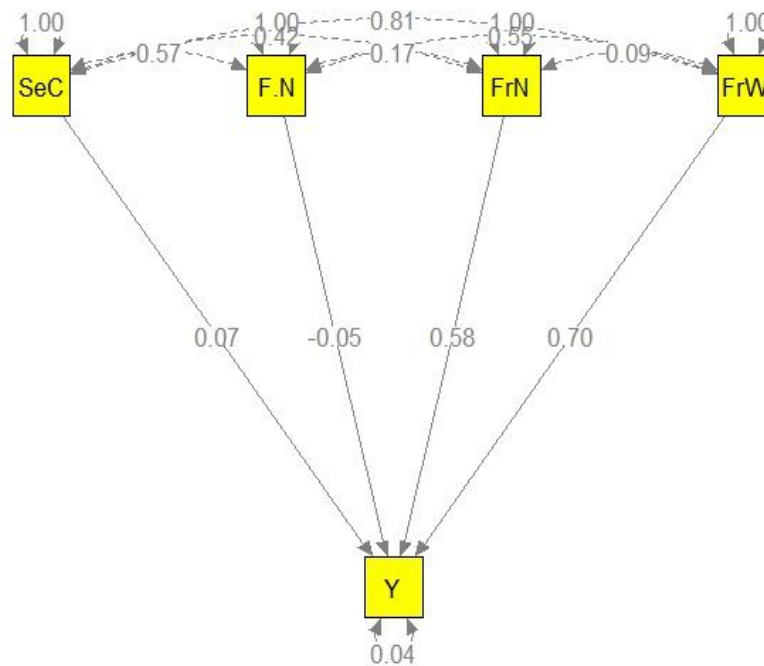


Figure 39 : Analyse du coefficient de piste causal de la variable dépendante (rendement).

Y : Rendement, **SeC** : Hauteur finale, **F.N** : Nombre de farines femelles, **FrW** : Poids par fruit, **FrN** : Nombre de fruits par plant.

La Figure 39 indique, à travers une analyse des coefficients de piste causale de la variable dépendante (rendement), que le poids et le nombre de fruits ont un impact significatif sur le rendement. L'effet direct du poids des fruits sur le rendement est élevé à 0.70, tandis que l'impact direct du nombre de fruits est de 0,58. Les autres facteurs n'ont aucun impact direct significatif sur le rendement. La hauteur de la plante a un impact indirect sur le rendement par le biais du poids des fruits, avec un effet de 0,39. Ainsi, le poids des fruits, ainsi que d'autres variables ayant une influence indirecte, est le déterminant crucial du rendement. Bien que le nombre de fleurs ait un

6. Les paramètres de qualité des fruits

6.1 Diamètre et Longueur de fruit

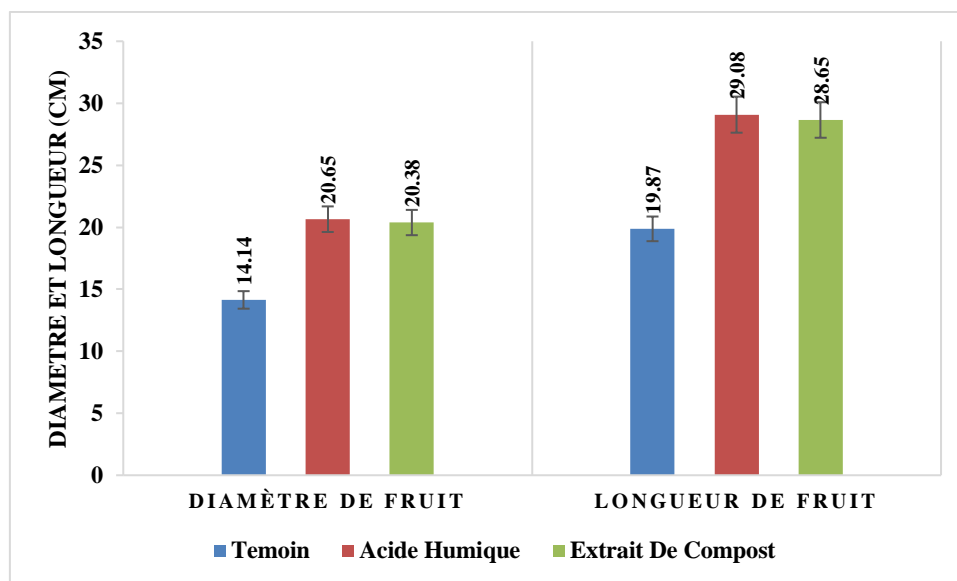


Figure 41 : Effets d'extrait de compost et l'acide humique sur le diamètre et la longueur de fruit.

D'après la figure 41, il a été observé que les plantes traitées au l'extrait de compost avaient une longueur moyenne de (28.65 ± 0.22) cm et un diamètre de $(20.38 \pm 0,1)$ cm. En revanche, les plantes traitées à l'acide humique présentaient les plus grandes dimensions, avec une longueur moyenne de (29.08 ± 0.23) cm et un diamètre de (20.65 ± 0.27) cm. Le groupe témoin présentait les dimensions les plus réduites, avec une longueur moyenne de (19.87 ± 0.18) cm et un diamètre de (14.14 ± 0.24) cm.

Tableau 13 : Analyse de variance pour le Diamètre et Longueur de fruit.

		Diamètre de fruit	Longueur de fruit
Traitement	T0	14.14 \pm 0.24a	19.87 \pm 0.18 a
	HA	20.65 \pm 0.27b	29.08 \pm 0.23 b
	CT	20.38 \pm 0,1b	28.65 \pm 0.22 b
	P-Value	<0,001	<0,001

Pour le diamètre et la longueur de fruit l'analyse de la variance au seuil de 1% (Tableau13) indique que les traitements à l'acide humique et les traitements à l'extrait

de compost présentait une différence très significative ($P < 0,001$) par rapport au témoin, par contre, le traitement par l'extrait de compost et l'acide humique n'est pas significative entre eux. Le test de statistique indique la présence de deux groupes homogènes.

7. La qualité organoleptique des fruits

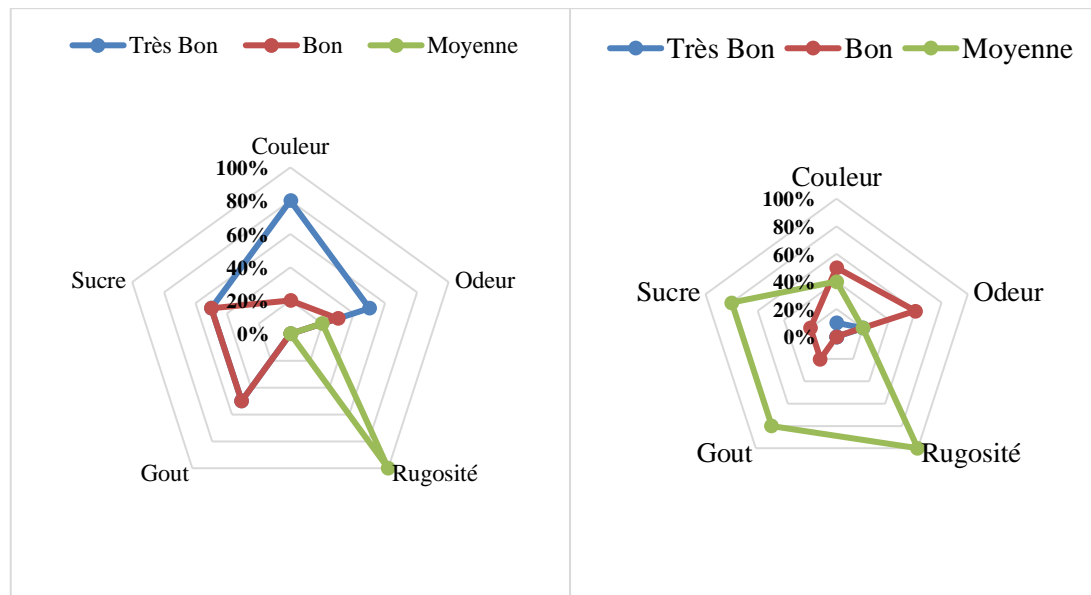


Figure 42 a : Extrait de compost **Figure 42 b :** Acide Humique

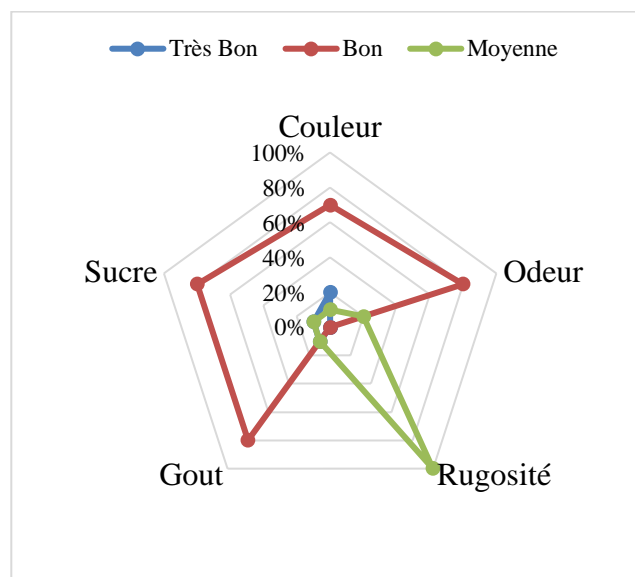


Figure 42 c : Témoin

Figure 44 : La qualité organoleptique des fruits, Extrait De Compost, Acide Humique, et Témoin

D'après les résultats de dégustation des fruits du melon de différents traitements ; extrait de compost, acide humique, et le témoin, on remarque le très bon couleur chez

les fruits des plants amendé par l'extrait de compost, les fruits de témoin bon et les fruits de l'acide humique moyen, la forte odeur et le bon gout chez les fruits de l'extrait de compost, La rugosité est moyenne pour tous les fruits.

Les résultats des tests de dégustation, 70 % des dégustateurs ont apprécié que les fruits traités par l'extrait de compost avaient un très bon gout, et qu'ils aient trouvé qu'il est de très bon sucré, ils ont estimé qu'il est de bonne odeur, et de moyenne rugosité (figure 42.a). Par contre les dégustateurs ont apprécié que les fruits traités par les acides humique avec du gout moyen, et qu'ils ont trouvé qu'il n'est pas trop sucré et de moyenne odeur et couleur, et avec une rugosité moyenne (figure 42.b). Concernant les fruits de témoin, les dégustateurs ont apprécié qu'avaient un bon gout, et qu'ils ont trouvé qu'il est bon sucré et de bonne odeur et couleur, et avec une rugosité moyenne (figure 42.c).

La majorité des dégustateurs ont préféré le goût, la couleur, et l'odeur de fruits amendés par l'extrait de compost, et les autres fruits sont de qualité organoleptique acceptable.

8. Paramètres biochimiques de fruit

8.1 La teneur de pH et la Conductivité électrique de fruit de melon

Les résultats d'analyse du fruit de melon tels que le pH et la conductivité électrique sont illustrés dans la figure n° 43.

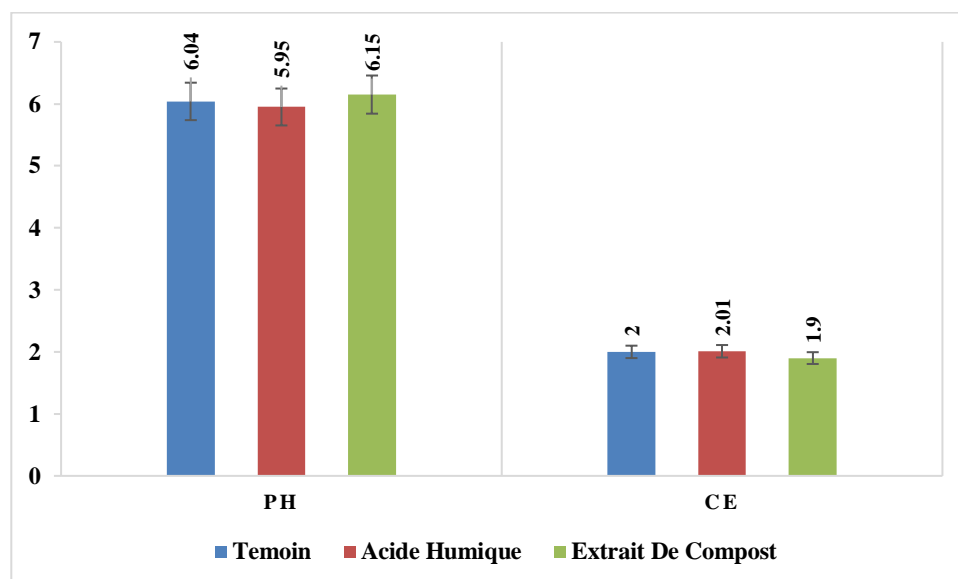


Figure 43 : La teneur de pH et la CE au fruit de melon

Les niveaux de pH et la conductivité électrique (CE) dans les traitements et le groupe témoin diffèrent, comme le montre la figure 45, par les valeurs moyennes enregistrées. Le pH de fruit traité par l'extrait de compost est d'environ (5.95 ± 0.05), celui de l'acide humique est d'environ (5.95 ± 0.05) et celui du témoin est d'environ (6.04 ± 0.01). De même, la CE affiche (2 ± 0.03) mg/l pour le témoin, (1.9 ± 0.06) mg/l pour l'extrait de compost, et (2.01 ± 0.01) mg/l pour l'acide humique. Les niveaux de pH suffisamment acides indiquent que les fruits produits ont un bon goût.

L'analyse de la variance montre qu'il existe un effet très hautement significatif ($P < 0,0001$) entre les différents traitements du fertigation appliqué. Le test de statistique indique la présence de trois groupes homogènes pour le pH, et deux groupes homogènes pour la CE.

Pour le pH, on observe une différence significative entre les traitements (p -valeur = 0.0001). Le traitement T2 présente le pH le plus élevé (6.15 ± 0.01), tandis que T1 a le pH le plus bas (5.95 ± 0.05), avec T0 intermédiaire (6.04 ± 0.01).

En ce qui concerne la conductivité électrique (CE), bien que la différence entre les traitements soit statistiquement significative ($P < 0,02$), les variations sont relativement minimales. L'acide humique présente la plus haute conductivité électrique (2.01 ± 0.01), suivie par le témoin (2 ± 0.03) et l'extrait de compost (1.9 ± 0.06) (Tableau 14).

Tableau 14 : Analyse de variance pour le pH, CE, Teneur en eau, et MO de fruit.

		pH	CE	Teneur en eau	MO
Traitement	T0	6.04 ± 0.01 a	2 ± 0.03 a	72 ± 0.05 a	28 ± 0.01 a
	T1	5.95 ± 0.05 b	2.01 ± 0.01 a	72 ± 0.04 a	28 ± 0.02 a
	T2	6.15 ± 0.01 c	1.9 ± 0.06 b	91 ± 0.05 b	9 ± 0.01 b
	P-Value	0.0001	0.02	0.0001	0.0001

8.2 Teneur en eau et MO dans les fruits

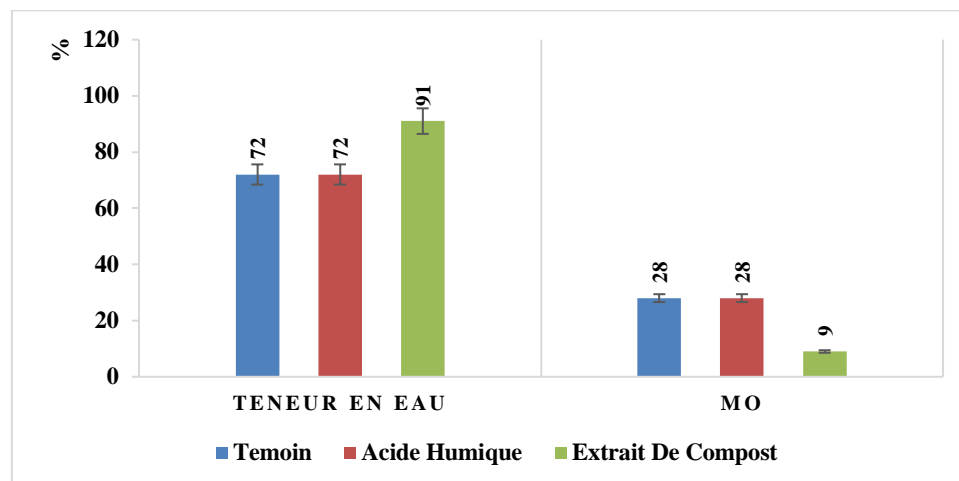


Figure 44 : La teneur eau et la MO au fruit de melon

La teneur en eau dans les fruits du melon sont illustrés dans la figure 44. Les données présentées comprennent les mesures du teneur en l'eau pour différents traitements (T0, AH, CT).

La teneur était de (91%) Pour les traitements par l'extrait de compost, un taux de (72%) pour les traitements par l'acide humique synthétique, et le témoin.

En ce qui concerne la matière organique (MO), on observe également une différence entre les traitements. Les traitements par l'extrait de compost présentent la plus faible quantité de matière organique avec un valeur de (9 %), alors que le témoin et l'acide humique ont des valeurs plus élevées et similaires (28 %).

Pour la teneur en eau et la MO de fruit, l'analyse de la variance au seuil de 0.1% indique que les traitements par l'acide humique (28 ± 0.02), (72 ± 0.04) et le témoin (28 ± 0.01)(72 ± 0.05) n'est pas significative entre eux.

Par contre les traitements à l'extrait de compost présentaient une différence très significative ($P < 0,001$) par rapport au témoin et les t'acide humique, (91 ± 0.05) pour la teneur en eau, et (9 ± 0.01) pour la MO. Le test de statistique indique la présence de deux groupes homogènes (Tableau n°14).

8.3 Les sucres ; sucre total, sucre réducteur et saccharose.

Les résultats d'analyse du sucre dans le fruit de melon sont illustrés dans la figure n° 47

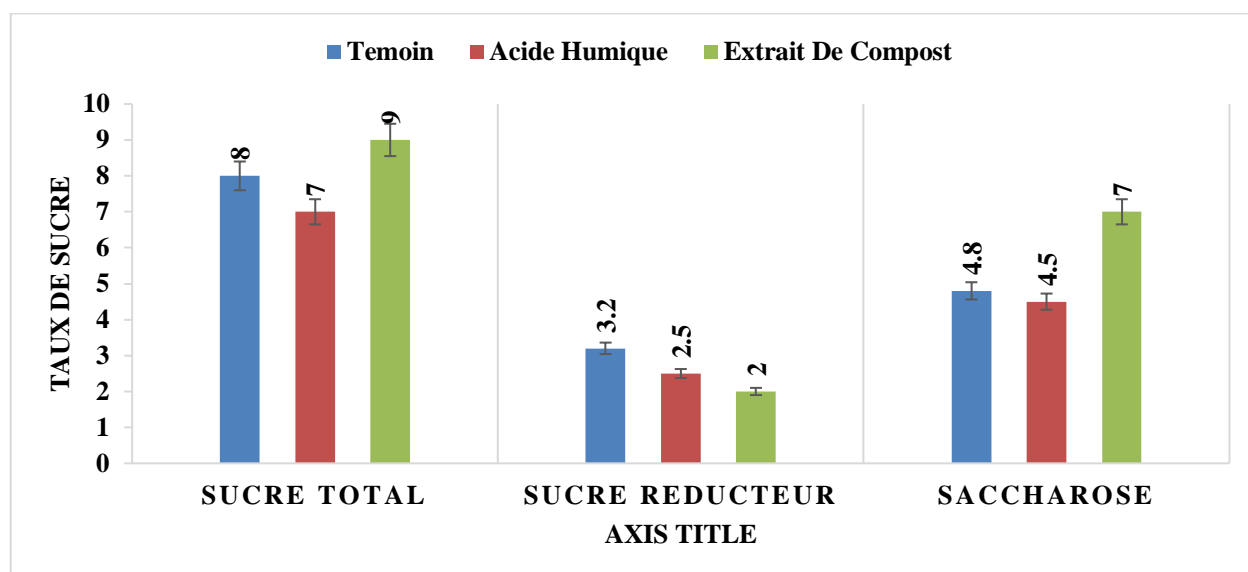


Figure 45 : Les taux des sucres ; sucre total, sucre réducteur et saccharose

Les concentrations de sucre dans les fruits, qu'elles soient de sucre total, de sucre réducteur ou de saccharose, sont des indicateurs importants de la qualité de la production. La figure 45 résume les valeurs correspondantes pour les différents substrats étudiés. Dans l'extrait de compost, les teneurs en sucre totales sont de 9 mg/l, 7 mg/l et 8 mg/l. Les sucres réducteurs sont évalués à environ 2, 2,5 et 3,2 mg/l pour l'extrait de compost, l'acide humique et le témoin, respectivement.

Tableau 15 : Analyse de variance pour le saccharose, le sucre réducteur, et le sucre total du fruit.

		Saccharose	Sucre Réducteur	Sucre Total
Traitement	T0	4.8±0.1 a	3.2±0.01 a	8± 0.03 a
	T1	4.5±0.1 b	2.5±0.03 b	7±0.02 b
	T2	7±0.03 c	2±0.01 c	9±0.01 c
	P-Value	0.0001	0.0001	0.0001

L'analyse de la variance montre qu'il existe un effet très hautement significatif ($P < 0,0001$) entre les différents traitements du fertigation appliqué. Le test de statistique indique la présence de trois groupes homogènes pour le Saccharose, Sucre Réducteur, et Sucre Total.

Pour le traitement témoin, la concentration de saccharose est de ($4,8 \text{ g/L} \pm 0,1$), celle de sucre réducteur est de ($3,2 \text{ g/L} \pm 0,01$), et celle de sucre total est de ($8 \text{ g/L} \pm 0,03$). Pour le traitement par l'acide humique, ces concentrations sont respectivement de ($4,5 \text{ g/L} \pm 0,1$), ($2,5 \text{ g/L} \pm 0,03$), et ($7 \text{ g/L} \pm 0,02$). Quant au traitement par l'extrait de compost, les concentrations sont de ($7 \text{ g/L} \pm 0,03$) pour le saccharose, ($2 \text{ g/L} \pm 0,01$) pour le sucre réducteur, et ($9 \text{ g/L} \pm 0,01$) pour le sucre total. (Tableau 15).

8.4 Effet de l'extrait de compost sur Calcium, Magnésium, Sodium, et potassium

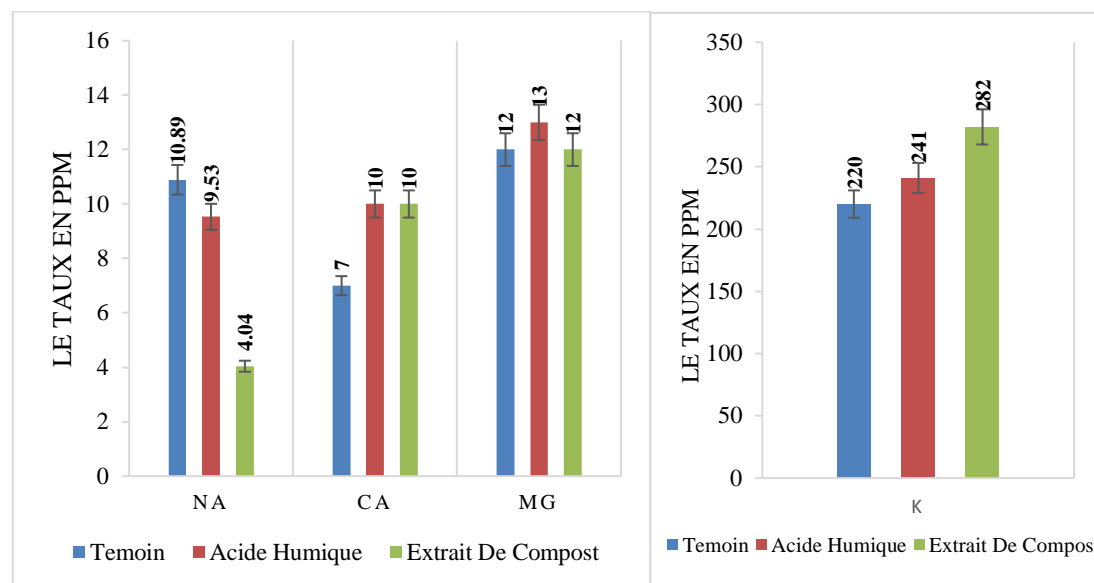


Figure 46 : Le taux de Sodium, Calcium, Magnésium, et Potassium

Les résultats de la teneur de sodium et potassium dans les trois échantillons du melon sont illustré dans la figure 46.

Les résultats de l'analyse biochimique du fruit du melon ont révélé que les concentrations de sodium entre les trois échantillons étaient différentes. L'acide humique avait 9,53 ppm de sodium, l'extrait de compost 4.04 ppm de sodium et le témoin 10.89 ppm de sodium. La concentration de calcium traitée par l'extrait de compost et l'acide humique est identique (10 ppm), mais la concentration du témoin

est inférieure avec un taux de 7 ppm. Le taux de potassium de l'extrait de compost est de 282 ppm, le témoin est de 220 ppm et l'acide humique est de 241 ppm.

Tableau 16 : Analyse de variance pour le C, le Mg, le K, et le Na du fruit.

		C	Mg	K	Na
Traitement	T0	7±0.03 a	12±0.03 a	220±2 a	10.89±0.04 a
	T1	10±0.03 b	13±0.02 b	241±2 b	9.53±0.01 b
	T2	10±0.01 b	12±0.01 a	282±2 c	4.04±0.01 c
	P-Value	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

L'analyse de la variance montre qu'il existe un effet très hautement significatif ($P < 0,0001$) entre les différents traitements du fertigation appliqué. Le test de statistique indique la présence de trois groupes homogènes pour le C, Mg, K, et N. (tableau 16).

Pour le témoin, la concentration en carbone (C) est de (7 ppm ± 0.03), celle en magnésium (Mg) est de (12 ppm ± 0.03), celle en potassium (K) est de (220 ppm ± 2), et celle en sodium (Na) est de (10.89 ppm ± 0.04). Pour le traitement par l'acide humique, ces concentrations sont respectivement de (10 ppm ± 0.03) pour le carbone, (13 ppm ± 0.02) pour le magnésium, (241 ppm ± 2) pour le potassium, et (9.53 ppm ± 0.01) pour le sodium. Quant au traitement par l'extrait de compost, les concentrations sont de (10 ppm ± 0.01) pour le carbone, (12 ppm ± 0.01) pour le magnésium, (282 ppm ± 2) pour le potassium, et (4.04 ppm ± 0.01) pour le sodium.

9. Caractérisation physico-chimique du sol après les traitements

Le dosage des différents éléments nutritifs dans les sols après traitement nous a permis d'obtenir des résultats consignés dans le tableau 17.

Tableau 17 : Caractérisation physico-chimique du sol après les traitements

	Sol témoin	Sol traité par l'acide humique	Sol traité par l'extrait de Compost	
CE (ds/m) Rapport 1/5	5.74	3.86	3.51	
pH Rapport 1/5	7.20	7.34	7.44	
MO (%)	2.66	5.9	4.4	
P ₂ O ₅ (ppm)	32.11	86.24	70.26	
K ₂ O (ppm)	52.32	186.94	112.17	
Calcaire total (%)	47.54	55.09	56.6	
Calcaire actif (%)	13	13	18.5	
Cations méq/100g	Na ⁺	9.23	18.55	20
	Ca ⁺	12.8	11	17
	Mg ⁺⁺	10.4	14.4	10
	K ⁺	0.48	2.81	4
Anions méq/100g	CO ₃ ⁻	00	00	00
	HCO ₃ ⁻	2	1.8	2.2
	Cl ⁻	23.58	15.4	13.86

Ces résultats montrent les différences dans les propriétés du sol entre le sol témoin et les sols traités avec de l'acide humique et de l'extrait de compost.

Pour la conductivité électrique (CE), le sol traité par l'acide humique et l'extrait de compost présente une réduction significative de la conductivité électrique par rapport au sol témoin. Cela suggère une amélioration de la conductivité électrique du sol avec les traitements. Pour le pH, les sols traités par l'acide humique et l'extrait de compost présentent des valeurs de pH légèrement supérieures par rapport au sol témoin. Cela indique une légère augmentation de l'alcalinité du sol après traitement.

Concernant la matière organique (MO) : le sol traité par l'extrait de compost montre la plus forte augmentation de la matière organique, suivi du sol traité par

l'acide humique. Cela suggère une amélioration de la fertilité du sol et de sa capacité de rétention d'eau.

Les niveaux de nutriments (P_2O_5 et K_2O) : les sols traités présentent des niveaux plus élevés de phosphore (P_2O_5) et de potassium (K_2O) par rapport au sol témoin, ce qui indique une augmentation de la disponibilité des nutriments pour les plantes.

Le calcaire total et actif : les sols traités présentent des niveaux légèrement plus élevés de calcaire total et actif par rapport au sol témoin. Cela pourrait avoir un impact sur la disponibilité des nutriments et le pH du sol.

Les cations et anions : les sols traités montrent des variations dans les concentrations de cations (Na^+ , Ca^+ , Mg^{++} , K^+) et d'anions (CO_3^{3-} , HCO_3^- , Cl^-) par rapport au sol témoin. Ces variations peuvent influencer la capacité du sol à retenir les nutriments et à maintenir l'équilibre ionique.

En résumé, les traitements avec de l'acide humique et de l'extrait de compost semblent avoir des effets bénéfiques sur les propriétés du sol, notamment en améliorant la fertilité, la rétention d'eau, la disponibilité des nutriments et l'équilibre ionique.

9.1. pH, CE, et La fertilité

Les observations effectuées après les traitements (Tableau n°18) indiquent que le pH enregistré après la récolte est de 7.20 pour le groupe témoin (sol sans fertilisant). En comparaison, les sols traités avec du jus de compost ménager et de l'acide humique présentent des valeurs de pH respectivement de l'ordre de 7.34 et 7.44. Le pH du sol reste pratiquement constant pour les traitements au jus de compost, à l'acide humique et dans le groupe témoin.

Pour la CE, les valeurs observées varient de 5,74 ms/cm pour le groupe témoin à 3,86 ms/cm et 3,51 ms/cm respectivement pour le jus de compost et l'acide humique. L'analyse des résultats du Tableau 3 indique que la salinité du sol, exprimée en conductivité électrique (CE), a diminué en présence des amendements tels que le jus de compost et l'acide humique.

Selon les données du Tableau n°18, on constate une augmentation de la teneur en matière organique dans les sols soumis aux traitements à l'acide humique (13%), au jus de compost (4%), par rapport au groupe témoin (2%). L'analyse physico-chimique

des sols révèle que le magnésium (Mg^{+}) n'a présenté aucune augmentation, tandis que la teneur en chlorure (Cl^{-}) a diminué. En revanche, on observe une augmentation de la teneur des éléments minéraux dans les sols soumis aux traitements. Les concentrations de phosphore assimilable et des cations échangeables (Ca^{2+} , Na^{+} , K^{+}) dans les sols traités sont supérieures à celles du groupe témoin.

DISCUSSION

1. Effet de l'extrait de compost sur les paramètres morphologique

Une pratique traditionnelle centenaire consiste à suspendre le thé dans un sac de compost dans de l'eau pendant jusqu'à deux semaines pour extraire les nutriments qui favorisent la vitalité et la santé des plantes (**Dearborn, 2011**). Les acides humiques et les composés organiques produits lors de la décomposition et de la transformation des résidus organiques peuvent être trouvés dans le compost, qui est une source naturelle de biostimulants (**Scotti et al., 2015**). Le thé de compost permet de corriger les carences nutritives plus rapidement que le compost, car les nutriments sous forme dissoute sont rapidement assimilés par les feuilles et les racines, et l'apport de nutriments est accompagné d'un apport d'acides humiques, d'enzymes et d'hormones de croissance. (**Edwards et al., 2007; Kasim et al., 2021**).

L'effet de l'extrait de compost en tant que source de nutriments sur Croissance, développement, état nutritionnel des cultures et fertilité du sol. La recherche sur l'utilisation du compost liquide et d'autres bio-fertilisants (phytohormones et substances humiques) en tant que sources de nutriments essentiels pour les plantes est limitée. Ce fait est d'autant plus évident lorsque l'on considère les effets sur les cultures cultivées en plein champ (**Naidu et al., 2010**). Les effets du compost liquide sur les caractéristiques de la performance des plantes, l'état nutritionnel des cultures et la fertilité du sol.

L'avantage de l'extrait de compost à base des déchets ménagers est très évident dans l'amélioration des paramètres morphologiques de la plante de melon. La croissance des plantes traitées avec le CT de déchets ménagers est plus importante que les plantes témoin. En effet, le CT des déchets ménagers a eu un effet appréciable sur les valeurs de la longueur de la plante avec un taux de 15%, valorisé la production en biomasse fraîche et sèche avec un taux de 25%, augmenté le nombre des rameaux avec un taux de 25%, le diamètre de la tige avec un taux de 21%, la longueur de la racine avec des taux de 16%, et le nombre des fleurs mâles et femelles avec un taux de 17% et 13% successifs, comparativement au témoin. Cependant, la fertigation par le CT a des taux inférieurs par rapport à la fertigation par les acides humiques, avec des taux : 9% pour la longueur de la plante, 8% pour le nombre de feuilles par plante, 10% pour le nombre des rameaux, 12% pour le diamètre de la tige, 11% pour la

longueur de la racine, des taux de 14% et 8% pour le nombre des fleurs femelles et mâles.

Des résultats similaires utilisant le CT en tant que fermentation (forme liquide) ont été signalés dans plusieurs cultures. Selon **(Solihah et al., 2016)** la croissance foliaire et racinaire du soya et du maïs sucré a été augmentée par l'application de TCA dans le mélange de composts à 0,8 %. Le soya avait 7,25 fois plus de nodules qu'à 0,1 % de concentration. Ces résultats confirment l'effet de la dilution sur la réponse de la culture aux traitements avec du thé composté.

(Kasim et al., 2021) ont testé différentes quantités de thé de compost sur des plantules de cacao (*Theobroma cacao* L). Le compost de fumier de poulet a été inoculé avec le produit biodécomposeur promis pour produire du thé. Ce produit contient un mélange de microorganismes favorisant la croissance des plantes, la solubilisation des nutriments du sol et le contrôle des agents phytopathogènes. La hauteur des plantules, le nombre de feuilles, le diamètre de la tige, la biomasse racinaire et les indices chlorophylliens selon les clones et la dilution ont tous été favorisés par le traitement.

D'après **(Hakim et al., 2019)** le thé a eu un effet positif sur la taille, la surface foliaire, le contenu en chlorophylle et l'eau des fruits des plantes cultivées avec une irrigation au goutte-à-goutte. **(Arancon et al., 2007)** trouve que l'application de vermicompost au sol de thé a eu un effet positif sur le taux de germination, la taille et la croissance des plantules de tomates et de concombres en serre. Le thé aéré avait des résultats supérieurs par rapport au thé non aéré.

La croissance racinaire, le diamètre de la tige, le nombre de feuilles et la biomasse fraîche des plantules ont été améliorés par la pulvérisation hebdomadaire de thé aéré de compost de résidus de légumes et de copeaux de bois sur les plantules de tomates, de poivrons et de melons en serre **(Villecco et al., 2020)**.

Cependant, les thés ne contiennent pas la substance organique qui contribue à la formation d'humus. Pour fournir des bénéfices à long terme, il convient de garantir que les organismes du sol reçoivent des sources de nourriture pour soutenir leur croissance et leur multiplication. Ainsi, pour maximiser la valeur des thés, il est

nécessaire d'utiliser une variété de matériaux organiques, tels que des résidus de cultures, du bois raméal fragmenté, des pailles, des composts matures, etc.

(**Scotti et al., 2015**) ont produit des acides humiques (AH) et du TCA à partir de composts thermiques de déchets verts. Les plants de tomates traités ont été cultivés sur un substrat de perlite et ont été engraisés avec un engrais minéral liquide commercial.

L'application foliaire d'AH en milieu contrôlé a augmenté le nombre de feuilles à certaines concentrations, ce que les auteurs attribuent à une action des AH semblable à une hormone via leur influence sur la respiration cellulaire, la photosynthèse, la phosphorylation oxydative, la synthèse de protéines et diverses réactions enzymatiques. Le traitement racinaire avec du TCA dilué à 10 % a amélioré la germination, mais lorsqu'il a été dilué à 1 %, il a entraîné une phytotoxicité. Les hypothèses recueillies dans la littérature pour expliquer ces effets sont que les TCA et l'AH affectent la respiration et la photosynthèse et stimulent le métabolisme des acides nucléiques et l'activité hormonale. La production de racines secondaires a été provoquée par le traitement racinaire avec des AH, un effet déjà observé dans de précédents essais. Les auteurs expliquent que cette « élongation des racines secondaires » est causée par un mécanisme connu sous le nom de « acidgrowthhypothesis », qui implique l'induction de la synthèse de protéines et l'activation de la H⁺-ATPase de la membrane plasmique, qui sont généralement induites par l'auxine.

Des traitements foliaires hebdomadaires ont également été utilisés pour évaluer les acides humiques au champ. Bien que les traitements aient eu un impact sur la santé et la croissance végétative des plantes, ils n'ont pas augmenté la production de tomates. Il a été démontré dans de nombreuses études que l'AH a un effet inhibiteur significatif sur les champignons phytopathogènes (**Loffredo & Senesi, 2009**).

L'amélioration des paramètres de croissance est l'un des avantages de l'extrait de compost. La croissance des plantes traitées avec un extrait de compost à base de déchets ménagers est plus importante que celle des plantes contrôlées. Ces résultats concordent avec de nombreuses recherches sur l'effet de l'extrait de compost sur la croissance des plantes.

Des résultats similaires ont été obtenus à l'aide de (Mouria et al., 2010) qui ont révélé que l'extrait de compost a eu un effet positif sur la croissance de la plante de tomate. Les plants traités avec du compost ont grandi considérablement par rapport au groupe témoin. Cependant, l'utilisation d'extraits de compost à différentes concentrations et durées d'extraction a eu un impact différent sur la hauteur des plants, avec des résultats significatifs pour certains traitements. **(Weltzien, 1990)**.

(GUERMACHE & DJAZOULI, 2021) ont découvert que la croissance des haricots verts est stimulée par l'utilisation du jus de vermicompost des déchets ménagers, produisant une hauteur significativement supérieure à celle observée chez les plantes témoins. Des études sur les céréales, les fruits et les légumineuses ont montré des résultats similaires, que ce soit en utilisant le compost en tant que substrat solide ou en pulvérisation foliaire en tant que liquide. Selon ces études, le compost peut améliorer considérablement la croissance des plantes.

La culture hors sol de plantes maraîchères avec des extraits de compost s'est avérée particulièrement efficace pour stimuler la croissance des plants de tomate et d'autres cultures maraîchères. Selon les recherches de **(Toundou, 2016; Toundou et al., 2014; Yin et al., 2012)**, l'ajout de compost au sol favorise une nutrition optimale des plantes, ce qui entraîne des paramètres de croissance plus élevés par rapport aux plantes cultivées sur un sol témoin.

La capacité du sol à assurer une croissance vigoureuse des plantes cultivées est l'une de ses fonctions polyvalentes, soulignant ainsi sa capacité à fournir les éléments nutritifs nécessaires à la plante et, par conséquent, à déterminer son niveau de fertilité. Selon **(Ndayegamiye & Côté, 1989; Weltzien, 1990)**, l'utilisation d'extraits de compost à différentes concentrations et durées d'extraction a eu un impact différent sur le nombre de fleurs. Certains traitements ont montré des résultats significatifs.

(Smith et al., 2006) ont rapporté une biomasse comparable ainsi que des caractéristiques morphologiques (hauteur des plantes) similaires entre le compost liquide biodynamique et l'engrais minéral.

Le compost liquide était capable de produire des caractéristiques de croissance similaires avec une quantité de nutriments moindre que l'engrais minéral. Ils ont noté

que le compost liquide influençait la répartition et l'allocation de la biomasse avec une allocation favorable aux racines par rapport aux parties aériennes. L'inverse a été observé pour l'engrais minéral. (**Mahmoud et al., 2015 ; Pant et al., 2011**) ont signalé un développement racinaire global amélioré accompagné d'une meilleure absorption des nutriments par les plantes traitées au compost liquide par rapport à l'engrais minéral. Bien que (**Smith et al., 2006**) n'aient pas signalé les teneurs en nutriments des tissus, d'autres ont indiqué des teneurs en nutriments des tissus similaires entre le compost liquide et l'engrais minéral (**Hargreaves et al., 2009; Radin & Warman, 2010**), ce qui suggère soit une allocation favorable des nutriments aux racines, soit des effets positifs d'autres composants bioactifs du compost liquide affectant l'accumulation de biomasse.

Les acides humiques composés peuvent favoriser le développement initial des racines, l'absorption des nutriments et la croissance des plantes. (**Keeling et al., 2003**) ont analysé le thé de compost par spectrométrie de masse en chromatographie liquide et ont identifié la présence de centaines de composés organiques de faible poids moléculaire (≤ 20 kDa), qui peuvent être impliqués dans les réponses des plantes. Les acides humiques ont été identifiés comme un composant important des composts liquides, en particulier des composts de vers de terre.

L'effet stimulant des acides humiques sur les plantes a été expliqué par une action directe, de nature hormonale, ainsi que par une action indirecte sur le métabolisme des micro-organismes du sol et l'absorption des nutriments du sol par les plantes (**Chen, 1990; Muscolo et al., 1999**). Cet effet est plus important au niveau des racines, ce qui se traduit par une prolifération accrue des poils racinaires et une amélioration de l'initiation des racines (**Chen, 1990**). (**Cacco et al., 2000; Valdrighi et al., 1996**) ont signalé une augmentation de l'absorption de l'azote associée aux acides humiques. Ces derniers augmentent la perméabilité des membranes des cellules racinaires et/ou activent les gènes de transport du NO_3^- dans les racines. Il subsiste un débat ouvert sur les mécanismes exacts d'augmentation de l'absorption des nutriments, (**Panuccio et al., 2001**) suggérant que les substances humiques stimulent uniquement l'absorption du NH_4^+ . Il existe un consensus sur le fait qu'il y a une activité au niveau cellulaire.

2. Effet d'extrait de compost sur le rendement

Le compost liquide est un extrait riche en nutriments et microbiologiquement actif, qui, lorsqu'il est utilisé pour irriguer les cultures (en arrosage du sol ou en foliaire), influence la croissance, le rendement, la nutrition et la qualité directement ou indirectement par le biais de mécanismes chimiques et/ou biologiques. Les modalités directes impliquent une augmentation de l'apport en nutriments et de l'action de composés bioactifs microbiens, notamment les acides humiques et les phytohormones. Les mécanismes indirects opèrent principalement sur l'effet des micro-organismes présents dans le compost liquide sur la suppression des ravageurs et l'amélioration des communautés microbiennes qui influencent les mécanismes directs d'absorption des nutriments ou la production de composés bioactifs.

Le CT des déchets ménagers a eu un effet appréciable sur les valeurs du rendement tels que biomasse fraîche et la biomasse sèche, le rendement par plant, le nombre de fruits, et le poids moyen de fruit. Le CT a valorisé la production en biomasse fraîche et sèche avec des taux de 6.54% et 24.31% par rapport au témoin, par contre le CT est inférieur par rapport au AH avec des taux de 8.88% et 16.80 %.

Pour les deux traitements (CT et AH) le nombre de fruits obtenu manifeste une légère amélioration entre les deux traitements (2.4, 2.2) fruit/plant respectivement pour l'acide humique et l'extrait de compost. Les plants traités par le CT est supérieur avec un taux de 17.64% par rapport au témoin et inférieur avec un taux de 9.09% par rapport au AH.

Les résultats concernant le poids des fruits, ont mis en évidence que les plantes traitées par l'acide humique donnent les meilleurs rendements. Les traitements par le CT est supérieur avec un taux de 66.66% par rapport au témoin et inférieur avec un taux de 7% par rapport au AH.

L'efficacité de l'utilisation d'acide humique et l'extrait de compost d'ordures ménagères comme fertigation à de culture du melon a été clairement démontrée par la valorisation du rendement par plant avec un taux de 97.52% pour le CT par rapport au témoin, tandis que les AH sont supérieurs avec un taux de 17.29% par rapport au CT. Plusieurs aspects de notre étude s'alignent sur des recherches préexistantes. Des recherches antérieures utilisant diverses stratégies de soins aux plantes ont montré que les traitements CT et HA permettaient d'améliorer le rendement des cultures.

Une seule application de compost liquide n'a pas entraîné un effet positif similaire sur l'augmentation du rendement des cultures et de la qualité, comparé aux effets sur les paramètres de croissance (**Hargreaves et al., 2009; Radin & Warman, 2010**).

(**Radin & Warman, 2010**) ont rapporté des rendements inférieurs mais sensiblement similaires pour les choux de Bruxelles avec le thé de compost appliqué foliairement par rapport à l'engrais organique.

À l'inverse (**Singh et al., 2010**) qui travaillant sur les fraises, ont montré une augmentation du rendement, de la teneur en nutriments des fruits et des caractéristiques de qualité par rapport au témoin. Cependant, le témoin était un contrôle d'eau sans apport de nutriments.

(**El-Din & Hendawy, 2010; Khalid et al., 2006**) ont tous deux étudié les effets combinatoires de l'augmentation de la concentration du thé de compost associée au compost ou à l'engrais, respectivement, sur les rendements des herbes et leur qualité. L'inclusion du thé de compost a entraîné un rendement nettement supérieur au témoin, l'ampleur de l'augmentation étant directement liée à l'augmentation de la quantité de supplément de thé de compost. Les deux études ont montré que la concentration des huiles essentielles et des flavonoïdes (**Khalid et al., 2006**) augmentait de manière significative pour les traitements au thé de compost. L'augmentation du rendement a été corrélée à une amélioration des caractéristiques de croissance et de la teneur en nutriments des plantes.

L'étude de (**Hakim et al., 2019**) évalue l'impact de l'utilisation d'un thé composté non aéré dans le cadre d'un usage d'eau réduit pour augmenter la durabilité de la production de tomates. L'irrigation par assèchement partiel et alterné des racines, également connue sous le nom d'irrigation par assèchement partiel des racines, permet d'économiser jusqu'à 50 % d'eau dans la culture des tomates. L'étude montre que le thé a un impact significatif sur la taille, le poids et la fermeté des tomates, le nombre de grappes par plant, le nombre de tomates par grappe et le contenu en lycopène des plants cultivés avec une irrigation partielle. De plus, l'étude montre que l'irrigation partielle par thé augmente plus significativement le rendement et la qualité des tomates que l'irrigation conventionnelle.

(Ochoa-Martínez et al., 2009) ont comparé l'impact sur le rendement et l'indice Brix de l'application de solution nutritive, de thé de compost dilué et de compost. La solution nutritive a donné le meilleur rendement, avec un rendement de 17 % inférieur, un poids de fruits de 21 % inférieur et une augmentation de 19 % des solides dissous. Cependant, les concentrations d'azote foliaire au début de la floraison et avant la récolte étaient identiques aux deux traitements et aucun symptôme de carence n'a été observé. "Le thé de compost réduit les besoins en azote et autres nutriments des plantes, réussissant à produire plus de 18 kg/m² de fruits avec plus de 4 degrés Brix de solides dissous à un coût de fertilisation moindre", concluent les auteurs.

Dans une culture de bébé épinards (*Spinaciaoleracea*), des applications foliaires hebdomadaires de thé aéré à partir de compost d'oignons et de résidus de vignes ont augmenté le rendement. Le thé inoculé *Trichodermaharzianum* T78 a également amélioré la qualité des plantes (phénols, antioxydants et flavonoïdes). (Ros et al., 2020). Des pulvérisations répétées de compost de déchets organiques municipaux sur les plants tout au long de la croissance avec du thé non aéré de compost de déchets organiques municipaux sur les plants ont augmenté le rendement, le nombre de fruits et la concentration en potassium dans les tissus foliaires (Radin & Warman, 2011). En ce qui concerne ce facteur limitant de rendement dans la culture de tomate, le thé de compost est un excellent engrais liquide en raison de sa forte solubilité en potassium.

Les pulvérisations foliaires de TCA ont augmenté les rendements des cultures de poivrons en serre. (*Capsicum annuum* L.) (Abd-Alrahman & Aboud, 2021; Zaccardelli et al., 2018) et de pakchoï (*Brassicarapa* cv Bonsai) (Pane et al., 2012a).

(Edenborn et al., 2018) suggèrent que le biochar inoculé avec des microorganismes du thé vermicompost peut améliorer la croissance de l'aubergine en association avec les caractéristiques physiques et chimiques de certains sols. (Kim et al., 2015) ont examiné les concentrations croissantes de thé aéré dans des plants de laitues cultivés en serre sur un substrat de tourbe et de fibre de coco. Les échantillons incluaient des composts d'herbes médicinales orientales, du vermicompost, du compost de paille de riz et un mélange des trois. Une plus grande augmentation de biomasse aérienne de laitue obtenue avec application de TCA du mélange de composts à 0,8%.

Selon **(Eudoxie & Martin, 2019)** ont découvert une augmentation du rendement avec application d'une concentration croissante de 0 à 10% de thé de compost aère au pied des plants dans 200cm³/plante/jour. L'application de thé à 5% a augmenté le volume et la profondeur des racines, expliquant une partie de la variation de rendement. Diminution de rendement avec application d'une concentration de 20% de thé de compost.

D'autres études soutiennent l'intérêt agronomique et économique des apports combinés d'engrais et de thé de compost. **(Naidu et al., 2013)** ont découvert qu'une culture de melon (*Cucumis melo* L.) a augmenté en poids, en taille, en concentration en matière sèche soluble (°Brix) et en fermeté après une fertigation réduite en combinaison avec du TCA. Les auteurs concluent qu'"une dose réduite de nutriments dans les systèmes de fertigation en combinaison avec une pulvérisation foliaire hebdomadaire de thé de compost enrichi en microorganismes pourrait être utilisée comme biofertilisant et biopesticide sur les melons sans compromettre la qualité des fruits".

Dans une culture de l'épinards (*Spinaciaoleracea*), des applications foliaires hebdomadaires de thé aéré à partir de compost d'oignons et de résidus de vignes ont augmenté le rendement. Le thé inoculé *Trichoderma harzianum* T78 a également amélioré la qualité des plantes (phénols, antioxydants et flavonoïdes). **(Ros et al., 2020)**. L'application hebdomadairement pulvérisations foliaires ou fertigation au pied des plants de TCA à partir compost d'artichauts et de fenouils pour étudier le rendement de la laitue ; ils ont trouvés une Augmentation de rendement de laitue de 24% et augmentation de la chlorophylle foliaire **(Pane et al., 2014)**.

Selon **(Eudoxie et al., 2017)** l'application de thé de compost thermique foliaire ou au pied des plants au sol chaque quatre semaines que le rendement supérieur avec traitement de thé de compost, du fait de l'augmentation de la biomasse aérienne. C'est le mode d'application recommandé par les auteurs pour la laitue. Composition des tissus non affectée à part pour le Mg, qui était plus élevé avec traitement de thé de vermicompost en application foliaire. Fourniture insuffisante de N pour la croissance de la culture avec les thés de compost mais analyse de tissu correcte pour P et K.

Selon **(Hargreaves et al., 2009; Radin & Warman, 2010)** une seule application de compost liquide n'a pas entraîné un effet positif similaire sur l'augmentation du

rendement des cultures et de la qualité, comparé aux effets sur les paramètres de croissance. **(Radin & Warman, 2010)** ont rapporté des rendements inférieurs mais sensiblement similaires pour les choux de Bruxelles avec le thé de compost appliqué foliairement par rapport à l'engrais organique.

(El-Din & Hendawy, 2010; Khalid et al., 2006) ont tous deux étudié les effets combinatoires de l'augmentation de la concentration du thé de compost associée au compost ou à l'engrais, respectivement, sur les rendements des herbes et leur qualité. L'inclusion du thé de compost a entraîné un rendement nettement supérieur au témoin, l'ampleur de l'augmentation étant directement liée à l'augmentation de la quantité de supplément de thé de compost.

Les deux études ont montré que la concentration des huiles essentielles et des flavonoïdes **(Khalid et al., 2006)** augmentait de manière significative pour les traitements au thé de compost. L'augmentation du rendement a été corrélée à une amélioration des caractéristiques de croissance et de la teneur en nutriments des plantes.

(Sanwal et al., 2006), qui a utilisé un témoin composé uniquement d'engrais, a montré des rendements et une qualité significativement supérieure pour les traitements au compost liquide, mais l'effet a été atténué par des valeurs statistiquement similaires à celles des traitements au compost seul. Une évaluation critique permettant de déchiffrer les mécanismes sous-jacents par lesquels le compost liquide améliore la performance des plantes, et plus particulièrement l'efficacité d'utilisation des nutriments, contribuera considérablement à une meilleure synthèse et utilisation du compost liquide.

3. Effet de l'extrait de compost sur la qualité organoleptique et les paramètres biochimiques de fruit

Le thé compost, en particulier, a apporté une amélioration à l'indice de qualité qui représente le score sensoriel global des melons et donc des préférences plus élevées des consommateurs. Les données obtenues dans cette étude ont permis de supposer que le thé de compost devrait être utilisé comme une alternative valide et prometteuse à l'utilisation de stimulants chimiques dans les mini systèmes de récolte de melon.

Les sucres contribuent de manière significative à la valeur énergétique des aliments et sont responsables de leur saveur sucrée, en particulier des fruits. De plus, en raison de la pression osmotique qu'ils exercent sur les microorganismes, ce qui réduit l'activité de l'eau dans l'aliment, ils jouent un rôle important dans la préservation des produits alimentaires. (**Espiard, 2002**).

La quantité des principaux sucres (glucose, fructose et saccharose) détectée dans la viande de mini-melon cultivée par différents traitements. Les échantillons de contrôle ont montré une teneur en sucre plus élevée que ceux traités par différents types de compost. La concentration de ces sucres a changé en fonction du traitement employé pendant la culture de la plante. En fait, les échantillons de mini-melon traités par des composts ont montré une faible teneur en saccharose par rapport à leur contrôle respectif. Contrairement aux échantillons d'un mélange de deux types de l'extrait de compost, où le sucrose a été trouvé en quantité plus élevée que les monosaccharides. (**Liguori et al., 2015**).

La teneur en sucre et la couleur de la chair sont les paramètres les plus importants qui influencent l'acceptabilité des mini pastèques par le consommateur. Comme indiqué ailleurs (**Rouphael et al., 2010**), le glucose, le fructose et le saccharose étaient les principaux sucres des mini pastèques. Le type et la quantité de divers glucides influencent directement les composants de la saveur du fruit, tels que le goût sucré.

Le type et la quantité de divers glucides influencent directement les composants de la saveur du fruit, tels que le goût sucré (**Xu ChuanQiang et al., 2006**). L'accumulation de glucides est étroitement liée au métabolisme du stachyose (**Taji et al., 2002**), à la capacité de translocation de la photosynthèse dans le **phloème** (**Ayre et al., 2003; Li et al., 2000**), au métabolisme du galactose (**Dai et al., 2006**) et au métabolisme du saccharose dans le fruit (**Lingle & Dunlap, 1987**). Le métabolisme terminal du saccharose est plus important pour son influence sur l'accumulation finale des glucides (**Mingfang et al., 2003**). De plus, l'accumulation de fructose et de glucose se produit au début du développement du fruit, tandis que celle du saccharose se produit comme caractéristique de sa maturité (**Gross & Pharr, 1982; Studer Feusi et al., 1999**). La plus faible concentration de saccharose des mini pastèques fertilisées

avec du compost peut être attribuée à la libération lente des nutriments et à leur indisponibilité au stade critique des besoins en nutriments.

Étant donné que le pouvoir suppressif du compost et du thé de compost peut jouer un rôle crucial dans la défense des plantes contre le stress biotique, il peut également être considéré comme un déterminant indirect de la qualité intrinsèque et extrinsèque des cultures (Pane et al., 2012b, 2013). Par ailleurs, il ne peut être exclu que les traitements biologiques n'aient eu, aux doses utilisées, qu'une fonction biostimulante afin d'améliorer l'état physiologique des plantes (**Zaccardelli et al., 2012**).

En accord avec les résultats antérieurs réalisés sur les systèmes de culture de tomates (**Thybo et al., 2006**) et de pommes de terre primeurs (**Lombardo et al., 2012**), la gestion biologique peut affecter positivement la qualité sensorielle et la valeur nutritionnelle des produits, quel que soit le rendement. De même, (**Vogtmann et al., 1993**) ont rapporté une amélioration de la qualité alimentaire et des performances de conservation de certains légumes induite par le compost sans effet particulier sur la quantité.

Concernant le thé de compost, (**Fayed, 2010; Stino et al., 2010**) ont rapporté l'amélioration des caractéristiques physiques et chimiques de la grenade et des pêches, respectivement, suite à des applications aériennes sur les arbres. Les auteurs, afin d'expliquer les observations, se sont accordés sur une hypothèse nutritive basée sur l'apport accru de micro éléments par l'alimentation foliaire. Ici, l'évaluation sensorielle a révélé que l'application d'un mélange de deux types de l'extrait de compost donnait une acceptation accrue des mini pastèques fraîchement coupées, suggérant que les formules à base de compost pourraient contribuer à améliorer la qualité sensorielle en améliorant les attributs aromatiques du fruit. (**Liguori et al., 2015**).

Auparavant, (**Radovich et al., 2000**) ont rapporté la capacité d'un compost à affecter positivement l'intensité de la saveur et de l'arôme du basilic. Dans les extraits de mini-pastèque, les aldéhydes aliphatiques volatils et les alcools ont été décrits comme les molécules les plus bioactives responsables de l'odeur et de l'acceptation par le consommateur (**Genthner, 2010; Pino et al., 2003**). Ici, il est possible d'émettre l'hypothèse de l'implication des traitements à base de compost dans la

stimulation de la biosynthèse des métabolites secondaires. De cette façon, (**Siddiqui et al., 2011**) ont découvert que le traitement de la *Centella asiatica* avec du thé de compost augmentait la quantité de composés apparentés aux terpénoïdes présents dans l'herbe. De ce point de vue, des recherches plus approfondies sur l'influence du traitement du compost et du thé de compost sur les composés volatils qui affectent l'arôme et la saveur des produits végétaux sont nécessaires.

Les travaux de (**El-Gizawy et al., 2014**) sur la betterave à sucre trouvent une augmentation des rendements en sucre et de la qualité du jus était liée à l'augmentation de la fréquence de l'application foliaire de thé de compost. L'augmentation relative du rendement en sucre variait de 6,5% pour une application unique au sol à 36% avec un arrosage au sol suivi de trois applications mensuelles de thé de compost. La qualité du jus, mesurée par la pureté, la teneur en sucre et la teneur en K, était significativement plus élevée chez les plantes traitées avec une quantité moyenne d'azote (75 kg d'azote/ha) et la fréquence la plus élevée d'application de thé de compost. (**Singh et al., 2008**) qui travaillant sur les fraises, ont montré une augmentation de la teneur en nutriments des fruits et des caractéristiques de qualité par rapport au témoin. Cependant, le témoin était un contrôle d'eau sans apport de nutriments.

4. Effet de l'extrait de compost sur le pH, CE, et La fertilité du sol

Les résultats sont similaires à ceux obtenus lors des travaux de (**GARBA et al., 2022**), qui ont utilisé du compost simple et du compost à phosphore dans le sol.

À la lumière de ces résultats, il semble que le compost utilisé dans cette étude n'ait pas eu d'impact négatif sur la stabilité du pH du sol, ce qui est en accord avec les affirmations de (**Mrabet et al., 2011**). Comme indiqué par (**Ognalaga et al., 2015; Ondo, 2011**), un pH neutre, proche de la neutralité, favorise une meilleure absorption racinaire des nutriments.

Selon (**Soumaré et al., 2002**), la CE du sol pour tous les traitements reste inférieure à 3 ms/cm, indiquant que la salinité ne pourrait pas entraver la croissance des plantes. Le niveau de salinité du compost utilisé comme engrais est reflété par la conductivité électrique (CE) et renseigne sur ses éventuels effets phytotoxiques ou inhibiteurs sur la croissance des plantes, tels qu'un faible taux de germination ou un flétrissement.

Selon les résultats de **(Diakhaté et al., 2017)**, les taux de matière organique ont augmenté de 8 à 21 %, englobant les taux de carbone organique et d'azote total.

Les résultats sont en accord avec ceux de **(Biaou et al., 2017)**. Il semble que l'ajout de compost en tant qu'amendement organique augmente le stock de matière organique, le contenu en calcium et la biomasse microbienne et son activité dans le sol. Comme souligné par **(Chennaoui et al., 2016)**, le compost, en raison de sa richesse en matières organiques et en composés minéraux, démontre sa capacité à améliorer la fertilité du sol.

En raison de leur richesse en nutriments, les concentrations observées pour les éléments nutritifs majeurs confirment l'efficacité des composts élaborés dans la restauration de la fertilité des sols étudiés. Ces résultats corroborent ceux de **(Mukalay, 2016)**.

Conclusion

Conclusion

Le compostage des déchets ménagers s'inscrit dans le contexte de gestion des déchets urbains de plus en plus nombreux. C'est un mode de traitement des déchets qui permet d'obtenir un produit utilisé principalement en tant qu'amendement organique en agriculture pour éviter les problèmes néfastes des engrais chimique. L'extrait de compost à base des déchets ménagers contient des éléments majeurs et des éléments traces en faible concentration. La teneur en éléments minéraux de l'extrait de compost est fortement corrélée à la teneur en éléments minéraux solubles du compost à partir duquel il est fabriqué.

La recherche visait à explorer l'impact de divers traitements sur le rendement et la qualité des melons. Les résultats ont indiqué une augmentation substantielle du rendement par plante pour les traitements à base d'extrait de compost et d'acide humique synthétique, ce dernier produisant les résultats les plus élevés. Ces résultats suggèrent une influence positive sur l'approvisionnement en nutriments et les propriétés favorisant la croissance, entraînant une amélioration de la production de melons. Les groupes traités ont montré une augmentation notable du nombre et du poids des fruits par rapport au groupe témoin, fournissant des preuves des effets bénéfiques des traitements sur la fructification. Nos résultats montrent que cette approche améliore la croissance et le rendement des plants de melon, améliorant les caractéristiques du sol en termes d'aspects physiques, chimiques et biologiques, ce qui est avantageux. De plus, l'incorporation d'extraits de compost en fertigation s'avère être une excellente alternative respectueuse de l'environnement aux engrais synthétiques.

Cette étude souligne l'importance d'une gestion précise des nutriments pour améliorer la croissance et le rendement des cultures. Les résultats soulignent que l'utilisation de l'extrait de compost et d'acide humique synthétique peut contribuer significativement à améliorer la croissance, la floraison et le rendement des plants de melon, et la qualité de fruit. Ces conclusions jettent les bases du développement de stratégies efficaces de gestion des nutriments conformes à des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement et durables, bénéficiant en fin de compte aux communautés agricoles et aux consommateurs.

Un impact positif sur La qualité organoleptique, la couleur, le goût et l'odeur sont satisfaisants. La teneur en eau la plus élevée chez les fruits de l'extrait de compost, la matière organique est la même pour les trois échantillons de fruits. Les trois échantillons de fruits ont des valeurs de conductivité et de pH similaires. Une indication de la quantité de sucre totale la plus élevée dans les fruits de plante combinés à l'extrait de compost. Les valeurs des éléments minéraux sont proches des normes de qualité du fruit de melon, malgré une petite déférence.

L'utilisation régulière de l'extrait de compost à base de déchets ménagers comme fertilisation organique peut améliorer la fertilité des sols. Les résultats de cette étude ont montré qu'il donne des résultats positifs ; dans les sols d'amendement, il y a une forte augmentation du phosphore et du potassium, de la matière organique et des éléments nutritifs, une diminution de la conductivité et un pH stable. Par conséquent, le jus de compost des déchets ménagers peut être considéré comme un amendement organique qui améliore les propriétés physiques et chimiques du sol, ainsi que les paramètres de rendement quantitatif et qualitatif.

L'extrait de compost a démontré qu'il peut être un produit bénéfique idéal pour n'importe quel système de culture. L'extrait de compost est une bonne alternative aux engrais chimiques. L'utilisation croissante de l'extrait de compost pourrait améliorer la productivité et la qualité de l'approvisionnement agricole, réduire la quantité de déchets ménagers, d'engrais minéraux, et de fumigation des sols et améliorer l'intégration des résultats dans les systèmes de production agricole commerciale. De plus, le compostage des déchets ménagers répond aux besoins de la bioéconomie en valorisant les déchets ménagers ou la biomasse impropre à la production d'énergie, résolvant ainsi le problème de l'élimination des déchets ménagers. Le compostage semble être un domaine louable de la biotechnologie agricole, où des efforts sont déployés pour gérer les déchets ménagers afin de réduire la production de déchets, d'assainir l'environnement et d'augmenter la capacité de recyclage du substrat. De plus, la production de l'extrait de compost est un processus biologique et durable qui peut également être répété dans les exploitations agricoles.

En fin de ce travail nous suggérons les perspectives suivant :

- Réaliser le travail à grande échelle.

- appliquer l'expérience sur d'autres cultures.
- Essai l'extraction de différent type du compost.
- Observez l'impact de diverses concentrations d'extrait de compost.
- Essais des traitements selon des différentes doses de l'extrait de compost
- Utilisation des nouvelles méthodes de compostages basant sur les principaux microorganismes tel que ; les bactéries de dégradation de MO
- Installation des stations de compostage avec des dépôts des déchets organiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abd-Alrahman, H. A., & Aboud, F. S. (2021). Response of sweet pepper plants to foliar application of compost tea and dry yeast under soilless conditions. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 119. <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00578-y>
- Adeniyani, O. N., & Ojeniyi SO., (. (2005). Effect of poultry manure. *NPK.*, 15, 34-41.
- Alvarez, M. A., & Gagné S. Antoun, H. (1995). Effect of compost on rhizosphere microflora of the tomato and on the incidence of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. **Appl. Environ. Microbiol.*, 61, 194-199.
- Alzamel, N. M., Taha, E. M., Bakr, A. A., & Loutfy, N. (2022). Effect of organic and inorganic fertilizers on soil properties, growth yield. *and physiochemical properties of sunflower seeds and oils*, 14, 19.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Dick, R., & Dick, L. (2007). Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle*, 48(11), 51.
- Asmus, F. (1992). Einfluss organischer D"unger auf Ertrag, Humusgehalt des Bodens und Humusproduktion. **Berichte "uber Landwirtschaft. Sonderheft*, 206.
- Avnimelech, Y., Cohen, A., & Shkedy, D. (1993). *Can we expect a consistent efficiency of municipal waste compost application ? *Compost Science and Utilization. 1*, 7-14.
- Avnimelech, Y., Shkedy, D., Kochva, M., & Yotal, Y. (1994). *The use of compost for the reclamation of saline and alkaline soils. *Compost Science and Utilization. 2*, 6-11.
- Ayilara, M. S., Olanrewaju, O. S., Babalola, O. O., & Odeyemi, O. (2020). *Waste management through composting : Challenges and potentials. Sustainability. 12*, 11.
- Ayre, B. G., Keller, F., & Turgeon, R. (2003). Symplastic continuity between companion cells and the translocation stream : Long-distance transport is controlled

by retention and retrieval mechanisms in the phloem. *Plant Physiology*, 131(4), 1518-1528.

- Bali, R., Pineault, J., Chagnon, P. L., & Hijri, M. (2021). Fresh compost tea application does not change rhizosphere soil bacterial community structure. *and has no effects on soybean growth or yield*, 10, 8.
- Bazzoffi, P., Pellegrini, S., Rocchini, A., Morandi, M., & Grasselli, O. (1998). The effect of urban refuse compost and different tractors' tyres on soil physical properties. *soil erosion and maize yield*, 48, 275-286.
- Bernal-Vicente, A., Ros, M., Tittarelli, F., Intrigliolo, F., & Pascual, J. A. (2008). *Citrus compost and its water extract for cultivation of melon plants in greenhouse nurseries. Evaluation of nutriactive and biocontrol effects. Bioresource technology*. 99(18), 8722-8728.
- Biancini, G., Marchetti, B., Cioccolanti, L., & Moglie, M. (2022). *Comprehensive Life Cycle Assessment Analysis of an Italian Composting Facility concerning Environmental Footprint Minimization and Renewable Energy Integration. Sustainability*. 14, 22.
- Biaou, O. D. B., Saidou, A., Bachabi, F. X., Padonou, G. E., & Balogoun, I. (2017). Effet de l'apport de différents types d'engrais organiques sur la fertilité du sol et la production de la carotte (*Daucus carota* L.) sur sol ferralitique au sud Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(5), 2315-2326.
- Boudibi, S. (2021). Modeling the Impact of Irrigation Water Quality on Soil Salinization in an Arid Region, Case of Biskra. *Ph.D. Thesis, Mohamed Khider University of Biskra, Biskra, Algeria*, 175.
- Boulelouah, N., Berbache, M., Bedjaoui, H., & Selama, N., N. Rebouh. (2022). Influence du taux d'engrais azoté sur le rendement. *la qualité des grains et l'efficacité de l'utilisation de l'azote du blé dur (*Triticum durum* Desf) dans des conditions*

*semi-arides algériennes. *Agriculture, 12.*

<https://doi.org/10.3390/agriculture12111937>

- Brinton, W. F. (1998). Volatile organic acids in compost : Production and odorant aspects. **Compost Sci. Util., 6.*
- Brinton, W. F., Trankner, A., & Droffner, M. (1996). *Investigations into liquid compost extracts. *BioCycle. 37.*
- Cacco, G., Attinà, E., Gelsomino, A., & Sidari, M. (2000). Effect of nitrate and humic substances of different molecular size on kinetic parameters of nitrate uptake in wheat seedlings. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 163(3), 313-320.*
[https://doi.org/10.1002/1522-2624\(200006\)163:3<313::AID-JPLN313>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/1522-2624(200006)163:3<313::AID-JPLN313>3.0.CO;2-U)
- Canellas, P. L., Olivares, L., & F., O.-F. (2002). A. L., & Rocha Façanha, A. *Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots, 130, 1951-1957.*
- Chalifour, F. P. (2006). Fixation biologique de l'azote atmosphérique. [Notes de cours BVG 60669]. **Université Laval. Hiver, 2006.*
- Chausson, P. (1999). Utilisation des composts en agriculture : Synthèse des essais-vitrines 1989-1998. **Compost-Diffusion, SESA. et Sol-Conseil*, 27.*
- Chefetz, B., Chen, Y., & Hadar, Y. (1998). *Water-extractable component released during composting of municipal solid waste. *Acta Hort. 469.*
- Chen, Y. (1990). *Effects of humic substances on plant growth. MacCarthy P., Clapp CE., Malcom RL., Bloom PR. Humic substances in soil and crop sciences, American Soil Science Society, Madison, Wisconsin, 161-186.*
- Chennaoui, M., Salama, Y., Aouinty, B., & Mountadar, M. (2016). *Impact de l'évolution de la flore microbienne sur les variations des paramètres physico-chimiques lors du compostage en cuve des déchets ménagers. *Revue des bioressources. 6.*

- Culot, M., & Lebeau, S. (1999). Le compostage, une pratique meconnue de gestion des dechets. *Bulletin d'Information (Association Royale des Ingénieurs Issus de la Fusagx-Aigx)*, 5.
<https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/31490/1/le%20compostage,%20une%20pratique%20m%C3%A9connue%20de%20gestion%20des%20d%C3%A9chets.pdf>
- Curadelli, F., Alberto, M., Uliarte, E. M., Combina, M., & Funes-Pinter, I. (2023). *Meta-Analysis of Yields of Crops Fertilized with Compost Tea and Anaerobic Digestate. Sustainability*. 15, 2.
- Dai, N., Petreikov, M., Portnoy, V., Katzir, N., Pharr, D. M., & Schaffer, A. A. (2006). Cloning and expression analysis of a UDP-galactose/glucose pyrophosphorylase from melon fruit provides evidence for the major metabolic pathway of galactose metabolism in raffinose oligosaccharide metabolizing plants. *Plant physiology*, 142(1), 294-304.
- De Corato, U. (2020). *Agricultural waste recycling in horticultural intensive farming systems by on-farm composting and compost-based tea application improves soil quality and plant health : A review under the perspective of a circular economy. Science of the Total Environment*. 738, 13984.
- Dearborn, Y. (2011). Compost Tea. *San Francisco Department of Environment*.
- Delfine, S., Tognetti, R., Desiserio, E., & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. **Agron. Sustain*, 25, 183-191.
- Delschen, T. (1999). *Impacts of Long-term application of organic fertilizers on soil quality parameters in reclaimed loess soils of the Rhineland lignite mining area. *Plant and Soil*. 213, 43-54.
- des productions végétales du Québec, C. (1988). *Méthodes d'analyse des sols, des fumiers et des tissus végétaux*. Conseil des productions végétales du Québec.

- Diakhaté, D., Ralisch, R., & Fall, A. (2017). Le semis direct sous couvert végétal est-il réalisable dans le Sud du Bassin Arachidier au Sénégal? *Journal of Animal & Plant Sciences*, 34(2), 5448-5466.
- Dick, W. A., & McCoy, E. L. (1993). Enhancing soil fertility by addition of compost. In H. A. J. & H. M. Keener (Éds.), *Hoitink* (p. 622-644). Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects*,. Renaissance Publications, Worthington, Ohio.
- Diez, T., & Krauss, M. (1997). *Effect of long-term compost application on yield and soil fertility*. *Agribiological Research. 50, 78-84.
- Diver, S. (2002). *Notes on compost teas : A Supplement to the ATTRA Publication. Compost teas for plant disease control*. *Pest Management Technical Note* . [
<http://www.attra.ncat.org/attrapub/PDF/compost-tea-notes.pdf>](<http://www.attra.ncat.org/attrapub/PDF/compost-tea-notes.pdf>)
- Dukare, A. S., Prasanna, R., Dubey, S. C., Nain, L., Chaudhary, V., Singh, R., & Saxena, A. K. (2011). *Evaluating novel microbe amended composts as biocontrol agents in tomato*. *Crop protection*. 30(4), 436-442.
- Edenborn, S. L., Johnson, L. M. K., Edenborn, H. M., Albarran-Jack, M. R., & Demetron, L. D. (2018). Amendment of a hardwood biochar with compost tea : Effects on plant growth, insect damage and the functional diversity of soil microbial communities. *Biological Agriculture & Horticulture*, 34(2), 88-106.
<https://doi.org/10.1080/01448765.2017.1388847>
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Emerson, E., & Pulliam, R. (2007). Suppressing plant parasitic nematodes and arthropod pests with vermicompost teas. *Biocycle*, 48(12), 38-39.
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., & Greytak, S. (2006). *Effects of vermicompost teas on plant growth and disease*. *Biocycle*. 47, 5.

- Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996). **Biology and ecology of earthworms*. third edition.* Chapman & Hall.
- El-Din, A. A. E., & Hendawy, S. F. (2010). Effect of dry yeast and compost tea on growth and oil content of *Borago officinalis* plant. *Res J Agric Biol Sci*, 6(4), 424-430.
- El-Gizawy, E., Shalaby, G., & Mahmoud, E. (2014). Effects of Tea Plant Compost and Mineral Nitrogen Levels on Yield and Quality of Sugar Beet Crop. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45(9), 1181-1194.
<https://doi.org/10.1080/00103624.2013.874028>
- Epstein, E., & Bloom, A. J. (2005). **Mineral nutrition of plants : Principles and perspectives.** Sinauer Associates. Inc, 400.
- Ercoli, L., Masoni, A., Pampana, S., Mariotti, M., & Arduini, I. (2013). *As durum wheat productivity is affected by nitrogen fertilisation management in Central Italy. *European Journal of Agronomy. 44, 38-45.*
- Espiard, E. (2002). *Introduction à la transformation industrielle des fruits [Texte imprimé].* Éd. Tec & Doc.
- Estevez, B. (2006). **L'importance des éléments mineurs : Des carences à la toxicité, une préoccupation en agriculture biologique?** Publication rendue possible grâce au soutien du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) pour le Syndicat des producteurs de grains biologiques du Québec (SPGBQ).
http://www.fabqbio.ca/meganet/media/docs/pdf/grains_elements_mineurs.pdf
- Eudoxie, G., Grogan, K., Beckford, M., & Martin, M. (2017). Compost tea influence on lettuce (*Lactuca sativa* L.) root architecture. *International Symposium on Growing Media, Soilless Cultivation, and Compost Utilization in Horticulture 1266*, 79-88.
https://www.actahort.org/books/1266/1266_12.htm

- Eudoxie, G., & Martin, M. (2019). *Compost tea quality and fertility. Organic fertilizers-history. production and applications.*
- Evans, K. J., & Percy, A. K. (2014). *Integrating compost teas in the management of fruit and foliar diseases for sustainable crop yield and quality. Composting for sustainable agriculture.* 173-198.
- Evanylo, G. K., & Sherony, C. (2002). *Agronomic and Environmental effects of compost use for sustainable Vegetable Production.* Paper read at Composting and Compost utilization.
- Fayed, T. A. (2010). Effect of compost tea and some antioxidant applications on leaf chemical constituents, yield and fruit quality of pomegranate. *World Journal of Agricultural Sciences*, 6(4), 402-411.
- Firestone, M. K., Firestone, R. B., & Tiedje, J. M. (1980). *Nitrous oxide from soil denitrification : Factors controlling its biological production.* *Science. 208, 749-751.
- Fuchs, J., Galli, U., & Schleiss, K. (2004). Cours de base : Association Suisse des Installations de Compostage et de Methanisation (ASIC). CH-, 3322.
- GARBA, O., ZANGUINA, A., MELLA, M. T., KIARI, S. A., & Saidou, I. M. (s. d.). *Etude de l'efficacité agronomique de composts de déchets de récolte sur deux cultures maraichères : La tomate et la laitue.* Consulté 10 février 2024, à l'adresse https://www.researchgate.net/profile/Saidou-Addam-Kiari/publication/363151998_Etude_de_l'efficacite_agronomique_de_compostsde_dechets_de_recolte_sur_deux_cultures_maraicheres_la_tomate_et_la_laitue/links/630f751e5eed5e4bd13466dd/Etude-de-lefficacite-agronomique-de-compostsde-dechets-de-recolte-sur-deux-cultures-maraicheres-la-tomate-et-la-laitue.pdf
- Genthner, E. R. (2010). *Identification of key odorants in fresh-cut watermelon aroma and structure-odor relationships of cis, cis-3, 6-nonadienal and ester analogs with*

cis, cis-3, 6-nonadiene, cis-3-nonene and cis-6-nonene backbone structures.

<https://www.ideals.illinois.edu/items/16966>

- Gerzabek, M. H., Kirchmann, H., & Pichlmayer, F. (1995). *Response of Soil Aggregate Stability to manure amendments in the Ultuna Long-term Soil Organic Matter Experiment. *Zeitschrift fur Pflanzenernahrung und Bodenkunde. 158, 257-260.*
- Gigliotti, G., Businelli, D., & Giusquiani, P. L. (1999). *Composition changes of soil humus after massive application of urban waste compost : A comparison between FT-IR spectroscopy and humification parameters. *Nutrient Cycling in Agroecosystems. 55, 23-28.*
- Gilley, J. E., & Eghball, B. (1998). *Runoff and erosion following field application of beef cattle manure and compost. *Transactions of the ASAE. 41, 1289-1294.*
- Giménez, A., Fernández, J. A., Pascual, J. A., Ros, M., & Egea-Gilabert, C. (2020). *Application of directly brewed compost extract improves yield and quality in baby leaf lettuce grown hydroponically. Agronomy. 10, 3.*
- Giusquiani, P. L., Pagliai, M., Gigliotti, G., Businelli, D., & Benetti, A. (1995). *Urban waste compost : Effects on physical, chemical. and biochemical soil properties, 24, 175-182.*
- Gobat, J. M., Aragno, M., & Matthey, W. (2003). *Le sol vivant, 2e édition revue et complétée. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 319(7).*
- Gobat, J. M., Aragno, M., & Matthey, W. (1998). **Le sol vivant. Bases de la pédologie. Biologie des sols*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Collection Gérer l'Environnement N°, 14.*
- Godden, B. (1986). **Etude du processus de compostage du fumier de bovin*. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, Université Libre de Bruxelles. Laboratoire de microbiologie, 136.*

- Godden, B. (1995). La gestion des effluents d'élevage. *Techniques et aspect du compostage dans une ferme biologique*. *Revue de l'Ecologie*, No, 13.
- González-Hernández, A. I., Suárez-Fernández, M. B., Pérez-Sánchez, R., Gómez-Sánchez, M. Á., & Morales-Corts, M. R. (2021). *Compost tea induces growth and resistance against Rhizoctonia solani and Phytophthora capsici in pepper*. *Agronomy*, 11, 4.
- Gottschall, R., Schtiler, C., Richter, C., & Vogtmann, H. (1991). *Einfluss der Rottsteuerung auf Qualität*.
- Goyal, S., Dhull, S. K., & Kapoor, K. K. (2005). Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. *Bioresour. Technol.*, 96, 1584-1591.
- Gross, K. C., & Pharr, D. M. (1982). A potential pathway for galactose metabolism in *Cucumis sativus* L., a stachyose transporting species. *Plant physiology*, 69(1), 117-121.
- GUERMACHE, L., & DJAZOULI, Z.-E. (2021). *Effets de la fertilisation à base de la biomasse vermicompostée sur les performances agronomiques du haricot vert (Phaseolus vulgaris L.) en culture irriguée*. *Agrobiologia*.
<https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticlepdf/255/11/1/158558>
- Guster, R., & Ebertseder, T. (s. d.). Grundlagen zur N^ahrstoff und Sonderwirkung sowie zu optimalen Einsatzstrategien von Komposten im Freiland. In *O*.
- Gutser, R., & Ebertseder, T. (2002). Grundlagen zur Nährstoff-und Sonderwirkung sowie zu optimalen Einsatzstrategien von Komposten im Freiland. *Handbuch Kompost im Gartenbau*. Zentralverband Gartenbau eV (P. Menzel y HJ Brinkjans, Eds.), Bonn, Alemania, 47-72.
- Hacala, S. (1998). Le compostage du fumier en exploitation d'élevage. *Recueil des interventions du*, 15, 28-43.

- Hakim, A., Khatoon, M., & Gullo, S. (2019). Effect of compost tea and partial root zone drying on tomato productivity and quality. *Advances in Horticultural Science*, 33(4), 511-518.
- Halberg, N. (1999). Indicators of resources use and environmental impact for use in a decision aid for Danish livestock farmers. *Cité par ITAB* (, 2001).
- Halilet, M. T. (1998). Étude Expérimentale de Sable Additionnée d'Argile. Comportement Physique et Organisation Saline et Sodique. *Ph.D. Thesis, I.N.A.P.G., Paris, France, 250*.
- Hall, S. G., Schellinger, D. A., & Carney, W. A. (2006). Enhancing sugarcane field residue biodegradation by grinding and use of compost tea. **Compost Sci. Util.*, 14, 32-39.
- Hargreaves, J. C., Adl, M. S., & Warman, P. R. (2009). The Effects of Municipal Solid Waste Compost And Compost Tea on Mineral Element Uptake And Fruit Quality of Strawberries. *Compost Science & Utilization*, 17(2), 85-94.
<https://doi.org/10.1080/1065657X.2009.10702406>
- Hartl, W., & Erhart, E. (2002). Langzeit"ungung mit Kompost—Ergebnisse aus der Praxis. *Tagung Humus - das Qualit"atskriterium f"ur Kompost. Votr"age der*, 4.
- Hartmann, R. (2002). *Studien zur standortgerechten Kompostanwendung auf drei pedologisch unterschiedlichen, landwirtschaftlich genutzten Flächen der Wildeshauser Geest, Niedersachsen* [PhD Thesis, Universität Bremen].
<https://media.suub.uni-bremen.de/handle/elib/1864>
- Hoitink, H. A. J. (1995). **The Composting Process**. *Cité par ITAB* (, 2001).
- HOUOT., S., FRANCOU., C., VERGE-LEVIEL., C., MICHELIN., J., BOURGEOIS., S., LINERES., M., MOREL., P., PARNAUDEAU., V., Le Bissonnais, Y., DIGNAC., M., DUMAT., C., CHEIAB., A., & POITRENAUD., M. (2009). Valeur agronomique et impacts environnementaux de composts d'origine

urbaine : Variation avec la nature du compost. *Dossier de l'environnement de l'INRA*. n°, 25.

- Islam, S. F. U., de Neergaard, A., Sander, B. O., Jensen, L. S., Wassmann, R., & van Groenigen, J. W. (2020). Reducing greenhouse gas emissions and grain arsenic and lead levels without compromising yield in organically produced rice. *Agriculture. Ecosystems & Environment*, 295, 10692.
- ITAB. (s. d.). Consulté 27 janvier 2024, à l'adresse <https://itab.asso.fr/activites/agrom.php>
- Janeczek, E., Kotecki, A., & Kozak, M. (2004). Effect of foliar fertilisation with microelements on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) development and seed yielding. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Agronomy*, 7.
- Joergensen, R. G., Meyer, B., Roden, A., & Wittke, B. (1996). *Microbial activity and biomass in mixture treatments of soil and biogenic municipal refuse compost*. *Biology & Fertility of Soils*. 23, 43-49.
- Kahle, P., & Belau, L. (1998). Model experiments testing the effects of biowaste compost in agriculture. *OT: Modellversuche zur Prufung der Verwertungsmoglichkeiten von Bioabfallkompost in der Landwirtschaft*. *Agribiological Research*, 51, 193-200.
- Kahle, P., Belau, L., & Boelcke, B. (2002). Auswirkungen eines 10-jährigen Miscanthusanbaus auf ausgewählte Eigenschaften eines Mineralbodens in Nordostdeutschland. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 188(1), 43-50. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2002.00530.x>
- Kannangara, T., Forge, T., & Dang, B. (2006). Effects of aeration, molasses, kelp, compost type, and carrot juice on the growth of *Escherichia Coli* in compost teas. *Compost Sci. Util.*, 14, 40-47.
- Kasim, N., Mustari, K., Iswari, I., Padjung, R., & Widiayani, N. (2021). Effect of the application of chicken manure compost tea on the growth of certified cocoa

(*Theobroma cacao* L.) seedlings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807(4), 042050. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/807/4/042050/meta>

- Keeling, A. A., McCallum, K. R., & Beckwith, C. P. (2003). Mature green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) and oilseed rape (*Brassica napus* L.) through the action of water-extractable factors. *Bioresour. Technol.*, 90, 127-132.
- Kerkeni, A., Horrigue-Raouani, N., & Khedher, M. B. (2007). *Effets suppressifs de cinq extraits de compost vis à vis du nematode a galles Meloidogyne incognita*.
Suppressive effect of five compost extracts against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Nematologia mediterranea*.
- Khalid, K. A., Hendawy, S. F., & El-Gezawy, E. (2006). *Ocimum basilicum* L. production under organic farming. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2(1), 25-32.
- Kim, M. J., Shim, C. K., Kim, Y. K., Hong, S. J., Park, J. H., Han, E. J., Kim, J. H., & Kim, S. C. (2015). Effect of aerated compost tea on the growth promotion of lettuce, soybean, and sweet corn in organic cultivation. *The plant pathology journal*, 31(3), 259.
- K"orner, I., & Stegmann, R. (1998). *Influence of biowaste composting and composting parameters on the nitrogen dynamics during composting and on nitrogen content in composts*. *Acta Hort.* 469, 97-109.
- Kremer, P. (2001). *Einfluss von Komposten und Stallmist auf Bodeneigenschaften und Wachstum von Ligustrum vulgare L.* *Dissertation*. Fachbereich Gartenbau.
- Kuepper, G. (2003). *Foliar fertilisation*. National Center for Appropriate Technology (NCAT) a publication of ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service. In) Disponible à :
www.attra.org/atrapub/PDF/foliar.pdf(www.attra.org/atrapub/PDF/fofia (Éd.),

Richard Earles et David Zedrow (Eds.

www.attra.org/atrapub/PDF/foliar.pdf](www.attra.org/atrapub/PDF/foliar.pdf).

- Kundler, P. (1986). *Organic manures and crop residues as soil organic-matter inputs*. **Bodenkultur*. 37, 293-307.
- Landes, E., Timmermann, F., Grosskopf, W., & Ziegler, W. (2002). Verbundforschungsprojekt Kompostverwertung in der Landwirtschaft- Zwischenbericht.
- Larsen, K. L., & McCartney, D. M. (2000). Effect of C:N ratio on microbial activity and N retention : Bench-scale study using pulp and paper biosolids. **Compost Sci. Util.*, 8, 147-159.
- Le Houérou, B. (1993). Les dépôts de fumiers au champs : Pertes en azote par percolation des jus sous les tas. *In Uget*, 13, 73-83.
- Leifeld, J., Siebert, S., & Kogel-Knabner, I. (1998). *Humuschemische Parameter von Böden nach mehrjähriger Kompostanwendung im Feldversuch*. **Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung*. 39, 64-68.
- Leifeld, J., Siebert, S., & Kogel-Knabner, I. (2002). *Changes in the chemical composition of soil organic matter after application of compost*. **European Journal of Soil Science*. 53, 299-309.
- Li, T. L., Seino, T., Ohkawa, W., & Kanahama, K. (2000). Relation between the vascular system and photosynthate translocation pathways in tomato plants. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 69(1), 69-75.
- Liguori, L., Pane, C., Albanese, D., Celano, G., Zaccardelli, M., & Matteo, M. D. (2015). Compost and Compost Tea Management of Mini Watermelon Cultivations Affects the Chemical, Physical and Sensory Assessment of the Fruits. *Agricultural Sciences*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.4236/as.2015.61009>
- Lingle, S. E., & Dunlap, J. R. (1987). Sucrose metabolism in netted muskmelon fruit during development. *Plant Physiology*, 84(2), 386-389.

- Liu, C., Cooper, R. J., & Bowman, D. C. (1998). Humic acid application affects photosynthesis, root development, and nutrient content of creeping bentgrass. *HortScience*, 33(6), 1023-1025.
- Loffredo, E., & Senesi, N. (2009). In vitro and in vivo assessment of the potential of compost and its humic acid fraction to protect ornamental plants from soil-borne pathogenic fungi. *Scientia horticultrae*, 122(3), 432-439.
- Lombardo, S., Pandino, G., & Mauromicale, G. (2012). Nutritional and sensory characteristics of “early” potato cultivars under organic and conventional cultivation systems. *Food Chemistry*, 133(4), 1249-1254.
- Lorthios, P. (1998). Hyg nisation des fumiers d’ovins lors du compostage. *Receuil des interventions du*, 15, 91-95.
- Lupini, A., Preiti, G., Badagliacca, G., Abenavoli, M. R., Sunseri, F., Monti, M., & Bacchi, M. (2021). Nitrogen Use Efficiency in durum wheat under different nitrogen and water regimes in the Mediterranean Basin. **Frontiers in plant science. 11*.
- Mahmoud, E., El-Gizawy, E., & Geries, L. (2015). Effect of compost extract, N₂ - fixing bacteria and nitrogen levels applications on soil properties and onion crop. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(2), 185-201.
<https://doi.org/10.1080/03650340.2014.928409>
- Malik, K. A., & Azam, F. (1985). Effect of humic acid on wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling growth. **Environ. Exp*, 25, 245-252.
- Mamani de Marchese, A., & Filippone, M. P. (2018). Bioinsumos : Componentes claves de una agricultura sostenible. *Revista agron mica del noroeste argentino*, 38(1), 9-21.
- Merrill, R., McKeon, J., Merrill, R., McKeon, J., Michel, F. C., Jr., & Reddy, C. A. (1998). Effect of oxygenation level on yard trimmings composting rate, odor production, and compost quality in bench-scale reactors. **Compost Sci. In Winter*

2001 no 9 (Vol. 6, p. 6-14). Disponible à, address = , editor = p.. Erica Walz, pages = 9-15,.

- Milinković, M., Lalević, B., Jovičić-Petrović, J., Golubović-Ćurguz, V., Kljujev, I., & Raičević, V. (2019). *Biopotential of compost and compost products derived from horticultural waste—Effect on plant growth and plant pathogens' suppression. Process Safety and Environmental Protection. 121, 299-306.*
- Mingfang, Z., Zhiling, L., Kunsong, C., Qunqiu, Q., & Shanglong, Z. (2003). The relationship between sugar accumulation and enzymes related to sucrose metabolism in developing fruits of muskmelon. *Zhi wu Sheng li yu fen zi Sheng wu xue xue bao= Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 29(5), 455-462.*
- Morales-Corts, M. R., Pérez-Sánchez, R., & Gómez-Sánchez, M. á. (2018). *Efficiency of garden waste compost teas on tomato growth and its suppressiveness against soilborne pathogens. Scientia Agricola. 75, 400-409.*
- Morsomme, P., & Boutry, M. (2000). The plant plasma-membrane H⁺-ATPase : Structure, function and regulation. *Biochim. Biophys. Acta, 1465, 1-16.*
- Mouria, B., Ouazzani-Touhami, A., & Douira, A. (2010). Valorisation agronomique du compost et de ses extraits sur la culture de la tomate. *Rev. Ivoir. Sci. Technol**, 16, 165-190.
- Mrabet, L., Belghtyi, D., Loukili, A., & Attarassi, B. (2011). Étude de l'effet du compost des déchets ménagers sur l'amélioration du rendement de Maïs et de la Laitue. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie, 7(2).* <https://www.ajol.info/index.php/afsci/article/view/87698>
- Mukalay, M. H. J. (2016). Identification et classification des sols sous les nouvelles normes et étude de bio-identification et restauration des unités dégradées dans la zone agricole du Haut-Katanga/RD Congo. *Université de Lubumbashi, Lubumbashi.*

- Muscolo, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F., & Nardi, S. (1999a). Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Soil Biology and biochemistry*, *31*(9), 1303-1311.
- Muscolo, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F., & Nardi, S. (1999b). Earthworm humic matter produces auxin-like effects on **Daucus carota** cell growth and nitrate metabolism. **Soil Biol. Biochem.*, *31*, 1303-1311.
- Muscolo, A., Felici, M., Concheri, G., & Nardi, S. (1993). Effect of earthworm humic substances on esterase and peroxidase activity during growth of leaf explants of **Nicotinia plumbaginifolia**. **Biol. Fertil. Soils*, *15*, 127-131.
- Muscolo, A., Panuccio, M. R., Abenavoli, M. R., Concheri, G., & Nardi, S. (1996). Effect of molecular complexity and acidity of earthworm faeces humic fractions on glutamate dehydrogenase, glutamine synthetase, and phosphoenolpyruvate carboxylase in **Daucus carota** a II cells. **Biol. Fertil. Soils*, *22*, 83-88.
- Mustin, M. (1987). *Le compost : Gestion de la matière organique.* Paris. *Édition François Dubusc.*, 954.
- Naidu, Y., Meon, S., Kadir, J., & Siddiqui, Y. (2010). Microbial starter for the enhancement of biological activity of compost tea. *Int. J. Agric. Biol*, *12*(1), 51-56.
- Naidu, Y., Meon, S., & Siddiqui, Y. (2013). Foliar application of microbial-enriched compost tea enhances growth, yield and quality of muskmelon (*Cucumis melo* L.) cultivated under fertigation system. *Scientia Horticulturae*, *159*, 33-40.
- Ndayegamiye, A., & Côté, D. (1989). EFFECT OF LONG-TERM PIG SLURRY AND SOLID CATTLE MANURE APPLICATION ON SOIL CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES. *Canadian Journal of Soil Science*, *69*(1), 39-47.
<https://doi.org/10.4141/cjss89-005>
- Ndegwa, P. M., & Thompson, S. A. (2000). Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. **Bioresour. Technol.*, *75*, 7-12.

- Ndegwa, P. M., & Thompson, S. A. (2001). Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolid. **Bioresour. Technol.*, 76, 107-112.
- Nikolic, M., Cesco, S., Romheld, V., Varanini, Z., & Pinton, R. (2003). Uptake of iron (^{59}Fe) complexed to water-extractable humic substances by sunflower leaves. **J. Plant Nutr.*, 26, 2243-2252.
- Ochoa-Martínez, E., Figueroa-Viramontes, U., Cano-Ríos, P., Preciado-Rangel, P., Moreno-Reséndez, A., & Rodríguez-Dimas, N. (2009). Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 15(3), 245-250.
- Ognalaga, M., Odjogui, P. I. O., Lekambou, J. M., & Poligui, R. N. (2015). Effet des écumes de canne à sucre, de la poudre et du compost à base de *Chromolaena odorata* (L.) King RM & HE Rob sur la croissance de l'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdariffa* L.). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(5), 2507-2519.
- Ondo, J. A. (2011). *Vulnérabilité des sols maraîchers du Gabon (région de Libreville) : Acidification et mobilité des éléments métalliques* [PhD Thesis, Aix-Marseille 1]. <https://www.theses.fr/2011AIX10097>
- Orozco, E. H., Cegarra, J., Trujillo, I. M., & Roig, A. (1996). Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm **Eisenia fetida** : Effects on C and N contents and the availability of nutrients. **Biol. Fert. Soils*, 22, 162-166.
- Palgrem, M. G. (2001). Plant plasma membrane H^+ -ATPases : Powerhouses for nutrient uptake. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 52, 817-845.
- Pampana, M., S. Mariotti. (2021). Rendement du blé dur et absorption de N en fonction de la source. *du moment et du taux de N dans deux environnements méditerranéens. *Agronomie*, 11.

- Pane, C., Celano, G., Vilecco, D., & Zaccardelli, M. (2012a). Control of *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Pyrenochaeta lycopersici* on tomato with whey compost-tea applications, *38*, 80-86.
- Pane, C., Celano, G., Vilecco, D., & Zaccardelli, M. (2012b). Control of *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Pyrenochaeta lycopersici* on tomato with whey compost-tea applications. *Crop protection*, *38*, 80-86.
- Pane, C., Palese, A. M., Celano, G., & Zaccardelli, M. (2014). Effects of compost tea treatments on productivity of lettuce and kohlrabi systems under organic cropping management. *Italian Journal of Agronomy*, *9*(3), 153-156.
- Pane, C., Palese, A. M., Spaccini, R., Piccolo, A., Celano, G., & Zaccardelli, M. (2016). Enhancing sustainability of a processing tomato cultivation system by using bioactive compost teas. *Scientia Horticulturae*. *202*, 117-124.
- Pane, C., Piccolo, A., Spaccini, R., Celano, G., Vilecco, D., & Zaccardelli, M. (2013). Agricultural waste-based composts exhibiting suppressivity to diseases caused by the phytopathogenic soil-borne fungi *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor*. *Applied Soil Ecology*, *65*, 43-51.
- Pannucio, M. R., Muscolo, A., & Nardi, S. (2001). Effect of humic substances on nitrogen uptake and assimilation in two species of *Pinus*. *J. Plant Nutr.*, *24*, 693-704.
- Pansu, M., & Gautheyrou, J. (2006). Analysis of Extractable and Total Elements. In *Dans : *Pansu, M., & Gautheyrou, J. (2006). * Handbook of soil analysis. Mineralogical, organic and inorganic methods. Publi  par Heidelberg (p. 895-974). Springer-Verlag.*
- Pant, A., Radovich, T. J. K., Hue, N. V., & Arancon, N. Q. (2011). Effects of Vermicompost Tea (Aqueous Extract) on Pak Choi Yield, Quality, and on Soil Biological Properties. *Compost Science & Utilization*, *19*(4), 279-292.
<https://doi.org/10.1080/1065657X.2011.10737010>

- Panuccio, M. R., Muscolo, A., & Nardi, S. (2001). EFFECT OF HUMIC SUBSTANCES ON NITROGEN UPTAKE AND ASSIMILATION IN TWO SPECIES OF PINUS. *Journal of Plant Nutrition*, 24(4-5), 693-704.
<https://doi.org/10.1081/PLN-100103663>
- Patrick, W. H., Gambrell, R. P., & Faulkner, S. P. (1996). Redox measurements of soils. In M. A. L. & K. and R. H. (Éds.), *Dans : *Page* (p. 1255-1273). * Methods of soil analysis.
- Pera, A., Vallini, G., Sireno, I., Bianchin, M. L., & de Bertoldi, M. (1983). *Effect of organic matter on rhizosphere microorganisms and root development of sorghum plants in two different soils. *Plant and Soil. 74, 3-18.*
- Perucci, P. (1990). *Effect of the addition of municipal solid waste compost on microbial biomass and enzyme activities in soil. *Biology & Fertility of Soils. 10, 221-226.*
- Pino, J. A., Marbot, R., & Aguero, J. (2003). Volatile Components of Watermelon (*Citrullus lanatus* [Thunb.] Matsum. Et Nakai) Fruit. *Journal of Essential Oil Research*, 15(6), 379-380. <https://doi.org/10.1080/10412905.2003.9698616>
- Pinton, R., Cesco, S., DeNobili, M., Santi, S., & Varanini, Z. (1998). Water- and pyrophosphate-extractable humic substances fractions as a source of iron for Fedeficient cucumber plants. **Biol. Fert. Soils, 26, 23-27.*
- Radin, A. M., & Warman, P. R. (2010). Assessment of Productivity and Plant Nutrition of Brussels Sprouts Using Municipal Solid Waste Compost and Compost Tea as Fertility Amendments. *International Journal of Vegetable Science, 16(4), 374-391.* <https://doi.org/10.1080/19315260.2010.493549>
- Radin, A. M., & Warman, P. R. (2011). Effect of Municipal Solid Waste Compost and Compost Tea as Fertility Amendments on Growth and Tissue Element Concentration in Container-Grown Tomato. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 42(11), 1349-1362.* <https://doi.org/10.1080/00103624.2011.571742>

- Radovich, T. J., Cavaletto, C. G., & Valenzuela, H. R. (2000). 411 Effect of Compost and Mineral Fertilizer Applications on the Sensory Quality of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *HortScience*, 35(3), 464A - 464.
- Ragdale, J. V., Stasis, P., Rudd, M. J., & Bradsha, W. (1992). Mulch production from yard trash. *Biocycle*. Cité par ITAB (, 2001.
- Reickenberg, R. L., & Pritts, M. P. (1996). Dynamics of nutrient uptake from foliar fertilizers in red raspberry (*Prunus idaeus* L.). *J. Am, 121, 158-163.
- Ros, M., Hurtado-Navarro, M., Giménez, A., Fernández, J. A., Egea-Gilabert, C., Lozano-Pastor, P., & Pascual, J. A. (2020). Spraying agro-industrial compost tea on baby spinach crops : Evaluation of yield. *plant quality and soil health in field experiments*, 10, 3.
- Roupael, Y., Schwarz, D., Krumbein, A., & Colla, G. (2010). Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia horticultrae*, 127(2), 172-179.
- Said-Pullicino, D., Kaiser, K., Guggenberger, G., & Gigliotti, G. (2007). *Changes in the chemical composition of water-extractable organic matter during composting : Distribution between stable and labile organic matter pools*. *Chemosphere. 66, 2166-2176.
- Sanwal, S. K., Laxminarayana, K., Yadav, D. S., Rai, N., & Yadav, R. K. (2006). Growth, Yield, and Dietary Antioxidants of Broccoli as Affected by Fertilizer Type. *Journal of Vegetable Science*, 12(2), 13-26. https://doi.org/10.1300/J484v12n02_03
- Sasaki, H., Maruyama, G., Suzuki, H., Nonaka, J., Sato, M., Sasaki, T., Ohta, M., & Nakai, Y. (2004). Distribution of ammonia assimilating bacteria in the composting process. *Compost Sci. Util., 12, 108-113.
- Scheuerell, S., & Mahaffee, W. (2002). Compost tea : Principles and prospects for plant disease control. *Compost Sci. Util., 10, 313-338.

- Scheuerell, S., & Mahaffee, W. (2004). *Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum**. *Phytopathology*. 94, 1156-1163.
- Scotti, R., D'Agostino, N., Pane, C., & Zaccardelli, M. (2015). Humic acids and compost tea from compost for sustainable agriculture management. *III International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture 1146*, 115-120. https://www.actahort.org/books/1146/1146_15.htm
- Sedrati, N. (2011). *Origines et Caractéristiques Physico-Chimiques des Eaux de la Wilaya de Biskra-Sud-Est-Algérien* [PhD Thesis]. Badji Mokhtar-Annaba University, Annaba, Algeria.
- Serra, W. C., Houot, S., & Barriuso, E. (1995). *Soil enzymatic response to the addition of municipal solid-waste compost*. *Biology and Fertility of Soils*. 20, 226-236.
- Serra-Wittling, C. (1995). *Valorisation de composts d'ordures ménagères en protection des cultures. Influence de l'apport de composts sur le développement de maladies d'origine tellurique et le comportement de pesticides dans un sol*.
- Serra-Wittling, C., Alabouvette, C., Houot, S., & ROUXEL, F. (1997). *Suppressiveness of municipal solid waste composts to plant diseases induced by soilborne pathogens*.
[https://books.google.com/books?hl=ar&lr=&id=yzH0CAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA373&dq=Serra-Wittling+C.,+Houot+S.,+Alabouvette+C.,+Rouxel+F.+\(1997\).+Supressiveness+of+municipal+solid+waste+composts+to+plant+diseases+induced+by+soilborne+pathogens.+Cit%C3%A9+par+ITAB+\(2001\).+Guide+des+mati%C3%A8res+organiques.+Tome+1.+Deuxi%C3%A8me+%C3%A9dition+2001+.&ots=c1XQYbFV0E&sig=PCOpUo5nXiHYEsheqF2twvagJJU](https://books.google.com/books?hl=ar&lr=&id=yzH0CAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA373&dq=Serra-Wittling+C.,+Houot+S.,+Alabouvette+C.,+Rouxel+F.+(1997).+Supressiveness+of+municipal+solid+waste+composts+to+plant+diseases+induced+by+soilborne+pathogens.+Cit%C3%A9+par+ITAB+(2001).+Guide+des+mati%C3%A8res+organiques.+Tome+1.+Deuxi%C3%A8me+%C3%A9dition+2001+.&ots=c1XQYbFV0E&sig=PCOpUo5nXiHYEsheqF2twvagJJU)

- Serra-Wittling, C., Houot, S., & Alabouvette, C. (1996). Increased soil suppressiveness to Fusarium wilt of flax after addition of municipal solid waste compost. *Soil Biology and Biochemistry*, 28(9), 1207-1214.
- Sheffer, F., & Schachtschabel, P. (1989). **Lehrbuch der Bodenkunde**. 12 ed. Enke Verlag.
- Siddiqui, Y., Islam, T. M., Naidu, Y., & Meon, S. (2011). The conjunctive use of compost tea and inorganic fertiliser on the growth. *yield and terpenoid content of Centella asiatica (L.) urban*, 130(1), 289-295.
- Siddiqui, Y., Meon, S., Ismail, R., Rahmani, M., & Ali, A. (2008). Bio-efficiency of compost extracts on the wet rot incidence. *morphological and physiological growth of okra (Abelmoschus esculentus [(L.) Moench])*. *Scientia Horticulturae*, 117(1), 9-14.
- Singh, R., Gupta, R. K., Patil, R. T., Sharma, R. R., Asrey, R., Kumar, A., & Jangra, K. K. (2010). Sequential foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria \times ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 124(1), 34-39.
- Singh, R., Sharma, R. R., Moretti, C. L., Kumar, A., & Gupta, R. K. (2008). Foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*F. \times ananassa* Duch.). *VI International Strawberry Symposium 842*, 835-838. https://www.actahort.org/books/842/842_184.htm
- Smith, J. L., & Paul, E. A. (1990). The significance of soil microbial biomass estimations. In -M. Bollag & G. Stotzky (Éds.), *J* (p. 357-396). **Soil biochemistry Vol. 6**.
- Smith, R. F., Cameron, S. I., Letourneau, J., Livingstone, T., Livingstone, K., & Sanderson, K. (2006). Assessing the effects of mulch, compost tea, and chemical fertilizer on soil microorganisms, early growth, biomass partitioning, and taxane levels in field-grown rooted cuttings of Canada yew (*Taxus canadensis*). *Proceedings of the 33rd Annual Meeting of the Plant Growth Regulation Society of America*,

Quebec City, Canada, 9-13 July, 2006, 27-33.

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20083058199>

- Solihah, Z., Sudantha, I., & Fauzi, M. T. (2016). Utilization of Biomol and Tea Compost Solution Fermented by The Fungus *Trichoderma* spp. On The Growth of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in Dry Land. *JURNAL SIMBIOSIS*, 4(2), 46-49.
- Soumaré, M., Demeyer, A., Tack, F. M. G., & Verloo, M. G. (2002). Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. *Bioresource Technology*, 81(2), 97-101.
- Stamatiadis, S., Werner, M., & Buchanan, M. (1999). Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito County, California). *Applied Soil Ecology*, 12, 217-225.
- Stino, R. G., Fayed, T. A., Ali, M. M., & Alaa, S. A. (2010). Enhancing fruit quality of Florida prince peaches by some foliar treatments. *J. of Hort. Sci. and Orn. Pl*, 2(1), 38-45.
- Studer Feusi, M. E., Burton, J. D., Williamson, J. D., & Mason Pharr, D. (1999). Galactosyl-sucrose metabolism and UDP-galactose pyrophosphorylase from *Cucumis melo* L. fruit. *Physiologia Plantarum*, 106(1), 9-16. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1999.106102.x>
- Sutton, R., & Sposito, G. (2005). Molecular structure in soil humic substances : The new view. *Environ. Sci. Technol.*, 39, 9011-9015.
- Taji, T., Ohsumi, C., Iuchi, S., Seki, M., Kasuga, M., Kobayashi, M., Yamaguchi-Shinozaki, K., & Shinozaki, K. (2002). Important roles of drought- and cold-inducible genes for galactinol synthase in stress tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal*, 29(4), 417-426. <https://doi.org/10.1046/j.0960-7412.2001.01227.x>
- Tan, K. H., & Tantiwiranond, D. (1983). Effect of humic acids on nodulation and dry matter production of soybean, peanut, and clover. *Soil Sci. Soc. Am*, 47, 1121-1124.

- Tanimoto, E. (2005). Regulation of root growth by plant hormones—Roles for auxin and gibberellin. **Crit. Rev. Plant Sci.*, 24, 249-265.
- Thompson, W. H., Leege, P. B., Millner, P., & Watson, M. E. (2002). *Test methods for the examination of composting and compost*. *U. <http://www.tmecc.org/tmecc/>
- Thybo, A. K., Edelenbos, M., Christensen, L. P., Sørensen, J. N., & Thorup-Kristensen, K. (2006). Effect of organic growing systems on sensory quality and chemical composition of tomatoes. *LWT-Food Science and Technology*, 39(8), 835-843.
- Timmermann, F., Kluge, R., Stahr, K., & Zauner, G. (1999). Erarbeitung von Grundlagen für Anwendungsrichtlinien zur Verwertung geeigneter Rest- und Abfallstoffe im landwirtschaftlichen Pflanzenbau (Ackerbau). *PWAB-Forschungsvorhaben PW 95 171 des Bundeslandes Baden-Württemberg. *Abschlussbericht, 1999*.
- Tognetti, C., Laos, F., Mazzarino, M. J., & Hernandez, M. T. (2005). Composting vs. Vermicomposting : A comparison of end product quality. **Compost Sci. Util.*, 13, 6-13.
- Tomati, U. A., & Grappelli, A. and Galli. (1988). The hormone-like effect of earthworm casts on plant growth. **Biol. Fert. Soils*, 5, 288-294.
- Toundou, O. (2016). *Evaluation des caractéristiques chimiques et agronomiques de cinq composts de déchets et étude de leurs effets sur les propriétés chimiques du sol, la physiologie et le rendement du maïs (Zea mays L. Var. Ikenne) et de la tomate (Lycopersicon esculentum L. Var. Tropimech) sous deux régimes hydriques au Togo* [Phdthesis, Université de Limoges ; Université de Lomé (Togo)].
<https://theses.hal.science/tel-01589050>
- Toundou, O., Tozo, K., Amouzouvi, K. A., Kolani, L., Tchangbedji, G., Kili, K., & Gnon, B. (2014). Effets de la biomasse et du compost de *Cassia occidentalis* L. sur la

croissance en hauteur, le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et la teneur en NPK d'un sol dégradé en station expérimentale. *European Scientific Journal*, 10(3).

- TRATCH., R., & BETTIOL., W. (1997). Effect of biofertilizer on mycelial growth and spores germination of plant pathogenic fungi. *Cité par ITAB* (, 2001).
- Valdrighi, M. M., Pera, A., Agnolucci, M., Frassinetti, S., Lunardi, D., & Vallini, G. (1996). Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soil system : A comparative study. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 58(2-3), 133-144.
- Villecco, D., Pane, C., Ronga, D., & Zaccardelli, M. (2020). Enhancing sustainability of tomato, pepper and melon nursery production systems by using compost tea spray applications. *Agronomy*, 10(9), 1336.
- Vogtmann, H., Matthies, K., Kehres, B., & Meier-Ploeger, A. (1993). Enhanced Food Quality : Effects of Composts on the Quality of Plant Foods. *Compost Science & Utilization*, 1(1), 82-100. <https://doi.org/10.1080/1065657X.1993.10771129>
- Walz, E. (2001). Compost teas : A brave new world. *Organic farming research foundation (OFRF) Information bulletin*, 9, 8.
- Weltzien, H. C. (1990). The use of composted materials for leaf disease suppression in field crops. *The use of composted materials for leaf disease suppression in field crops.*, 45, 115-120.
- Wiart, J. (1997). Qualité, maturité et efficacité agronomique des composts de déchets verts : Synthèse de références. *Session de formation : valeur agronomique des composts*, 17, 13-30.
- Wittwer, S. H., & Teubner, F. G. (1959). Foliar Absorption of Mineral Nutrients. *Annual Review of Plant Physiology*, 10(1), 13-30. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.10.060159.000305>
- Xu ChuanQiang, X. C., Li TianLai, L. T., & Qi HongYan, Q. H. (2006). *Effects of grafting on development, carbohydrate content and sucrose-metabolizing enzymes*

activities of muskmelon fruit.

<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20063218093>

- Xu, J. G., & Juma, N. G. (1993). Above-and below-ground transformation of photosynthetically fixed carbon by two barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in a Typic Cryoboroll. *Soil Biology and Biochemistry*, 25(9), 1263-1272.
- Yin, X., Hayes, R. M., McClure, M. A., & Savoy, H. J. (2012). Assessment of plant biomass and nitrogen nutrition with plant height in early-to mid-season corn. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(13), 2611-2617.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.5700>
- Zaccardelli, M., Pane, C., Scotti, R., Palese, A. M., & Celano, G. (2012a). *Impiego di compost-tea come bioagrofarmaci e biostimolanti in orto-frutticoltura. Italus Hortus*, 19, 17-28.
- Zaccardelli, M., Pane, C., Scotti, R., Palese, A. M., & Celano, G. (2012b). Use of compost-teas as biopesticides and biostimulants in horticulture. *Italus Hortus*, 19(2), 17-28.
- Zaccardelli, M., Pane, C., Villecco, D., Palese, A. M., & Celano, G. (2018). Compost tea spraying increases yield performance of pepper (*Capsicum annum* L.) grown in greenhouse under organic farming system. *Italian Journal of Agronomy*, 13(3), 229-234.
- Zaccardelli, M., Villecco, D., Pane, C., Ragosta, G., Palese, A. M., & Celano, G. (2011). *Realizzazione di un sistema di compostaggio "on farm" dei residui di pomodoro. Biologi Italiani*, 1, 63-67.
- Zaccheo, P., Ricca, G., & Crippa, L. (2002). Organic Matter Characterization of Composts From Different Feedstocks. *Compost Science & Utilization*, 10(1), 29-38.
<https://doi.org/10.1080/1065657X.2002.10702060>

- Zeglels & Masscho. (1999). Quantité d'organismes vivants intervenant à un moment ou à un autre pendant le compostage. *C.I.H.E.A.M Mediterranean Agronomic Instituted of Bari*, 11-29.
- Zumdahl, S. S., & Zumdahl, S. A. (2007). *Chemistry/Steven Zumdahl, Susan Zumdahl*. Boston, MA: Houghton Mifflin Co.,.

RESUME

Résumé

Le melon est une culture hautement estimée tant sur les marchés locaux qu'internationaux. En Algérie, il jouit d'une grande popularité en tant que l'un des légumes les plus appréciés. Environ 12 % des terres cultivées en Algérie sont dédiées à la culture du melon, représentant 8,5 % de la production totale de légumes. Cependant, la culture du melon nécessite une fertilisation importante, et les engrais synthétiques s'avèrent onéreux tout en présentant le potentiel de causer des dommages au sol et à l'environnement. Dans le cadre d'une expérience menée en 2022/2023 dans la région de SIDI-Okba à Biskra (Algérie), l'objectif était d'investiguer l'impact d'un CT en tant qu'engrais sur le rendement et la qualité des melons, en comparaison avec des AH disponibles commercialement. Les résultats ont révélé que l'utilisation de CT comme engrais a considérablement augmenté le rendement du melon de (97,52 %), par rapport au témoin, tandis que les AH sont supérieurs (17.29%) par rapport au CT. Le CT a valorisé la production en biomasse fraîche et sèche (6.54% et 24.31%) par rapport au témoin, par contre le CT est inférieur par rapport au AH avec des taux de (8.88% et 16.80 %). le poids des fruits, les traitements par le CT est supérieur (66.66%) par rapport au témoin, et inférieur (7%) par rapport au AH.

L'amendement des plantes avec le CT issu des déchets ménagers a entraîné une amélioration de la croissance des plantes avec un taux de 15%, valorisé la production en biomasse fraîche et sèche avec un taux de 25%, augmenté le nombre des rameaux (25%), le diamètre de la tige (21%), la longueur de la racine (16%), et le nombre des fleurs mâles et femelles (17% et 13%) successifs, comparativement au témoin. Cependant, la fertigation par le CT a des taux inférieurs par rapport à la fertigation par les AH, avec des taux (9%) pour la longueur de la plante, (8%) pour le nombre de feuilles par plante, (10%) pour le nombre des rameaux, (12%) pour le diamètre de la tige, (11%) pour la longueur de la racine, (14% et 8%) pour le nombre des fleurs femelles et mâles.

Ces résultats fournissent des preuves que l'utilisation de l'extrait de compost issu des déchets ménagers dans l'irrigation des plantes améliore le rendement et la qualité des cultures de melons, en particulier dans les régions arides.

Mots-clés : Extrait de compost, melon, fertilisation organique, rendement.

Abstract

Melon cultivation is highly esteemed both in local and international markets. In Algeria, it enjoys great popularity as one of the most appreciated vegetables. Approximately 12% of cultivated lands in Algeria are dedicated to melon cultivation, representing 8.5% of total vegetable production. However, melon cultivation requires significant fertilization, and synthetic fertilizers prove costly while having the potential to cause soil and environmental damage. In a study conducted in 2022/2023 in the SIDI-Okba region in Biskra, Algeria, the objective was to investigate the impact of compost tea (CT) as fertilizer on melon yield and quality, compared to commercially available organic fertilizers (AH). The results revealed that the use of CT as fertilizer significantly increased melon yield (by 97.52%) compared to the control, while AH showed superiority (17.29%) over CT. CT enhanced fresh and dry biomass production (6.54% and 24.31%, respectively) compared to the control, whereas it was inferior to AH (8.88% and 16.80%). Regarding fruit weight, CT treatments were higher (66.66%) compared to the control and lower (7%) compared to AH.

Plant amendment with CT from household waste led to improved plant growth by 15%, enhanced fresh and dry biomass production by 25%, increased branch number (25%), stem diameter (21%), root length (16%), and male and female flower numbers (17% and 13%) successively, compared to the control. However, CT fertigation rates were lower compared to AH fertigation, with rates of (9%) for plant length, (8%) for the number of leaves per plant, (10%) for branch number, (12%) for stem diameter, (11%) for root length, and (14% and 8%) for female and male flower numbers.

These results provide evidence that the use of compost extract from household waste in plant irrigation enhances melon crop yield and quality, especially in arid regions.

Keywords: Compost extract, melon, organic fertilization, yield.

ملخص

الشمام هو محصول ذو قيمة عالية في الأسواق المحلية والعالمية. في الجزائر، يحظى بشعبية كبيرة كواحد من أكثر المحاصيل الخضرية المفضلة. حوالي 12% من الأراضي المزروعة في الجزائر لزراعة الشمام، مساهمة 8.5% من إجمالي إنتاج الخضروات. ومع ذلك، تتطلب زراعة الشمام تسميداً كبيراً، وتثبت الأسمدة الاصطناعية أنها مكلفة ولها القدرة على تسبب ضرر في التربة والبيئة. في إطار تجربة أُجريت في 2023/2022 في منطقة سيدي عقبة في بسكرة (الجزائر)، كان الهدف هو التحقق في تأثير شاي التسميد العضوي (CT) كسماد على إنتاج وجودة البطيخ، مقارنة بالأسمدة الكيميائية المتاحة تجارياً (AH). كشفت النتائج أن استخدام شاي الكمبوست كسماد زاد إنتاج البطيخ بشكل كبير (بنسبة 97.52%) مقارنة بالمجموعة الضابطة، بينما أظهر السماد التجاري تفوقاً عليه بمعدل (17.29%). حسن شاي الكمبوست إنتاج الكتلة الخضراء والجافة بنسب (6.54% و 24.31%) على التوالي مقارنة بالمجموعة الضابطة، في حين كان دون الأداء المتوقع مقارنة بالسماد التجاري بنسب (8.88% و 16.80%). بالنسبة لوزن الثمار، كانت معالجات بشاي الكمبوست أعلى بنسبة (66.66%) مقارنة بالمجموعة الضابطة وأدنى بنسبة (7%) مقارنة بالسماد التجاري.

أدت تحسين النباتات باستخدام شاي الكمبوست من النفايات المنزلية إلى تحسين نمو النبات بنسبة 15%، وزيادة إنتاج الكتلة الخضراء والجافة بنسبة 25%، وزيادة عدد الفروع (25%)، وقطر الساق (21%)، وطول الجذر (16%)، وعدد زهور الأنثوية والذكرية بنسب (17% و 13%) بالتوالي، مقارنة بالمجموعة الضابطة. ومع ذلك، كانت معدلات التسميد بشاي الكمبوست أقل مقارنة بالسماد التجاري، بمعدلات (9%) لطول النبات، (8%) لعدد الأوراق في كل نبات، (10%) لعدد الفروع، (12%) لقطر الساق، (11%) لطول الجذر، و (14% و 8%) لعدد زهور الأنثوية والذكرية.

تقدم هذه النتائج دليلاً على أن استخدام استخراج السماد من النفايات المنزلية في ري النباتات يعزز إنتاج البطيخ وجودته، خاصة في المناطق الجافة.

الكلمات الرئيسية: شاي الكمبوست، شممام، التسميد العضوي، الإنتاجية.