

Effets comparés de la fertilisation organique et minérale sur les caractéristiques physico-chimiques du sol, la production et la qualité de la tomate hybride F1 (Mongol) en hivernage à la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Moustapha Maman Mounirou

Université Abdou Moumouni, Institut des Radio-Isotopes,
Département de Radio-Agronomie et Ecophysiologie Végétale,
Laboratoire fertilité des sols, Niamey, Niger

Lawali Mamane Nassourou

Université Abdou Moumouni, Institut des Radio-Isotopes, Département de
Radio-Agronomie et Ecophysiologie Végétale, Niamey, Niger

Adamou Didier Tidjani

Université Abdou Moumouni, Faculté d'Agronomie,
Département des Sciences du Sol, Niamey, Niger

Djibrila Issa Abdou Kadri

Université Abdou Moumouni, Faculté d'Agronomie,
Département des Sciences du Sol, Niamey, Niger

Doi: 10.19044/esipreprint.12.2024.p393

Approved: 20 December 2024

Posted: 23 December 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Mounirou M.M., Nassourou L. M., Tidjani A.D. & Kadri D.I.A. (2024). *Effets comparés de la fertilisation organique et minérale sur les caractéristiques physico-chimiques du sol, la production et la qualité de la tomate hybride F1 (Mongol) en hivernage à la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger*. ESI Preprints.

<https://doi.org/10.19044/esipreprint.12.2024.p393>

Résumé

La production de la tomate en hivernage constitue une forme de culture irriguée de plus en plus rencontrée au Niger et complète l'agriculture pluviale. Cette culture génère un revenu important aux producteurs, grâce à une forte demande de la population urbaine. Pour subvenir aux besoins alimentaires futurs, il est donc nécessaire de promouvoir des technologies intelligentes plus appropriées pour une agriculture productive et respectueuse

de l'environnement. Les maraichers utilisent divers types des fertilisants pour améliorer la fertilité de leurs sols sans tenir compte des doses appropriées. Il est important dès lors de mener des études pour une utilisation optimale de cette forme de fertilisation. C'est dans cette perspective que, cette étude vise à analyser les effets des différents fertilisants organiques et minéraux sur les caractéristiques du sol, la productivité et la qualité de la tomate en saison de pluie. Pour ce faire, un dispositif en bloc aléatoire complètement randomisé a été installé à la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni en hivernage 2023. Le dispositif est constitué de 12 traitements issus de fumier, compost, fiente de volaille, NPK et DAP avec 3 répétitions. Il ressort des résultats que, les fertilisants organiques ont eu un effet bénéfique sur la production de la tomate et sur les paramètres physico-chimiques du sol. En effet, le compost a eu un effet significatif sur la hauteur des plants, le diamètre au collet et sur la production des fleurs. Tandis que, le traitement avec la fiente de la volaille a enregistré un résultat très significatif sur le poids et la forme des fruits et le traitement avec le fumier sur le rendement total. La combinaison de la fumure organique et de l'engrais minéral a entraîné une amélioration de la productivité de la tomate et pourrait être recommandée pour un bon rendement de la culture.

Mots clés : Fertilisants organiques, engrais minéral, rendement de la tomate, hivernage, Faculté d'Agronomie, Niger

Comparative effects of organic and mineral fertilization on soil physico-chemical characteristics, production and quality of F1 hybrid tomato (Mongol) in wintering at the Faculty of Agronomy, Abdou Moumouni University, Niamey, Niger

Moustapha Maman Mounirou

Université Abdou Moumouni, Institut des Radio-Isotopes,
Département de Radio-Agronomie et Ecophysiologie Végétale,
Laboratoire fertilité des sols, Niamey, Niger

Lawali Mamane Nassourou

Université Abdou Moumouni, Institut des Radio-Isotopes, Département de
Radio-Agronomie et Ecophysiologie Végétale, Niamey, Niger

Adamou Didier Tidjani

Université Abdou Moumouni, Faculté d'Agronomie,
Département des Sciences du Sol, Niamey, Niger

Djibrila Issa Abdou Kadri

Université Abdou Moumouni, Faculté d'Agronomie,
Département des Sciences du Sol, Niamey, Niger

Abstract

Winter tomato production is an increasingly popular irrigated crop in Niger, complementing rain-fed agriculture. This crop generates significant income for producers, thanks to strong demand from the urban population. To meet future food needs, it is therefore necessary to promote intelligent technologies that are more appropriate for productive, environmentally friendly agriculture. Market gardeners use various types of fertilizers to improve soil fertility, without taking into account the appropriate doses. It is therefore important to carry out studies to optimize the use of this form of fertilization. With this in mind, this study aims to analyze the effects of different organic and mineral fertilizers on soil characteristics, productivity, and tomato quality during the rainy season. To this end, a completely randomized block design was set up at the Faculty of Agronomy of Abdou Moumouni University in the winter of 2023. The system consisted of 12 treatments of manure, compost, poultry droppings, NPK, and DAP with 3 replications. Results showed that organic fertilizers had a beneficial effect on tomato production and soil physico-chemical parameters. Compost had a significant effect on plant height, crown diameter, and flower production. On the other hand, treatment with poultry droppings had a highly significant effect on fruit weight and shape and treatment with manure on total yield. The combination of organic fertilizer and mineral fertilizer improved tomato productivity and could be recommended for good crop yield.

Keywords: Organic fertilizer, mineral fertilizer, tomato yield, wintering, Faculty of Agronomy, Niger

Introduction

L'agriculture nigérienne est fortement dépendante de la pluviométrie avec de grandes cultures comme le mil, le sorgho et le niébé. L'économie du Niger est tributaire du secteur agricole en occupant 85% de la population active (INS, 2014) et contribue au Produit Intérieur Brut (PIB) à plus de 40% (Ndiaye et al., 2013). La superficie en terres cultivables est estimée à 15 000 000 ha dont environ 1/4 est actuellement exploité (Zakari et al., 2015).

Cependant, cette agriculture pluviale est en générale déficitaire due aux risques des aléas climatiques et de la non maîtrise des technologies innovantes par les agriculteurs. Pour y remédier et accroître la résilience des populations face à la rigueur climatique et améliorer la qualité nutritionnelle, la politique agricole réserve dorénavant une place de choix aux irriguées notamment les cultures maraîchères qui font l'objet d'une attention toute particulière en hivernage. Le maraîchage représente aujourd'hui la principale

activité pour plusieurs ménages en constituant une source importante de revenu et impacte positivement la réduction de la pauvreté (MAHRH, 2011). Malheureusement, cette activité reste sujette à des contraintes dont l'une des plus importantes est la baisse continue de la productivité (Hamadou, 2000).

Selon les statistiques de (MASGDS, 2022), la superficie mise en valeur des légumes au Niger est estimée à 116 827,13 ha (soit 49% des superficies emblavées), avec une production de 3 597 720,65 T (soit 58,78% de la production totale) représentant ainsi un équivalent céréalier de 399 426,18 tonnes. Les principales spéculations sont essentiellement Oignon, Chou, Tomate, Courge, Laitue, Jaxatu, Carotte, Aubergine, Gombo, Moringa, Concombre, Courgette, Oseille et Ail. La Tomate est cultivée dans toutes les régions du Niger et tient une place importante dans l'alimentation humaine en raison de leur faible teneur en lipides, en calories et en cholestérol libre, ainsi que la teneur élevée en vitamines A, B et C, en carotène et en lycopène (Ali et al., 2001 ; Ghaffari et al., 2015 ; Saletnik et al., 2019).

Au cours des dernières décennies, le phénomène de la dégradation des sols agricoles est devenu un problème mondial significatif (Mekuriaw et al., 2017 ; Pham et al., 2018). Par ailleurs, les récentes préoccupations sur les effets néfastes des engrais minéraux sur l'environnement et leurs prix élevés ont rendu urgent le développement d'une approche rationnelle pour s'orienter vers d'autres sources d'éléments nutritifs pour les plantes. En outre, les problèmes liés aux engrais, imposent une réflexion sur les possibles stratégies à entreprendre pour améliorer la baisse de la production des cultures. A ce sujet l'apport de la matière organique peut contribuer à l'amélioration des rendements des cultures et à la préservation de la qualité du sol (Ahmid et al., 2010 ; Mounirou et al., 2023).

Pour subvenir aux besoins alimentaires futurs en relevant les rendements agricoles, il est donc nécessaire de promouvoir des technologies intelligentes plus appropriées pour une agriculture productive et respectueuse de l'environnement. C'est dans cette perspective que les maraichers utilisent divers types de matières organiques dont les ordures ménagères, les déchets d'abattoirs, le fumier d'élevage et divers composts pour améliorer la fertilité des sols et booster leur production (Moustier et al., 2004). Il est important dès lors de mener des études pour une utilisation optimale de cette forme de fertilisation. Ainsi, plusieurs travaux signalent qu'un apport d'amendement organique par les producteurs augmenterait la production et permettrait une diminution et ou une élimination des intrants synthétiques (Abawi et al., 2000 ; Mounirou, 2022). Toutefois, il existe très peu d'études sur les effets du fumier d'élevage, de la fiente de volaille et du compost rapide sur les cultures maraichères au Niger en hivernage. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude, dont l'objectif général est d'analyser les effets des

fertilisants organiques et minéraux sur les caractéristiques du sol, la productivité et la qualité de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en saison des pluies. De manière spécifique, il s'agit de :

- Déterminer l'effet de la fertilisation organique et minérale sur les caractéristiques physico-chimiques du sol ;
- Analyser l'effet comparé de la fertilisation organique et minérale sur la production et le rendement de la tomate ;
- Evaluer l'impact des fertilisants organiques et minérales sur la qualité de la tomate.

Matériel et méthodes

Production de compost rapide

Le compost a été produit en station de recherche du Département Radio-Agronomie et Ecophysiologie végétale (DRAEV) de l'Institut des Radio-Isotopes (IRI), Université Abdou Moumouni (UAM). Différents tas ont été produits le 12 septembre 2022 avec comme composition 50 Kg de fumier qui correspond à 2 brouettes + 5kg de cendre + 20 kg de fiente de volaille (une brouette) + 55 litres d'eau par tas. Deux retournements ont été faits le 19 et le 26 septembre 2022, soit la première semaine et la deuxième semaine successivement. A la date du 3 octobre (troisième semaine), le compost est mur. Le processus de cette production est donné par le schéma ci-après.

Délimitation du terrain/espace (semi-ombragé) : 2m x 1m

50 Kg (2 brouettes) de fumier (enlever les morceaux de pierre, de bois, de verre ou de fer)

20 Kg (1 brouette) de fiente de volaille (apport en azote)

5 Kg de cendre (apport en potassium)

Mélange de tous les éléments avec de l'eau (55 L) pour obtenir une pâte mixte

Dépôt de la pâte à la forme voulue sur l'espace délimitée

Couvrir la pâte avec un plastique noir

Eviter un espace vide lors de la couverture pour maintenir la température constante

Contrôle de la température chaque jour

Faire tourner la pâte chaque semaine et refermer

La figure ci-après illustre les phases de la production de ce compost rapide :



Site d'étude

Figure 1 : Production de compost rapide à l'IRI

Site d'étude

Le site expérimental se situe au sein de la Faculté d'Agronomie (FA) de l'UAM, dans la commune 5 de la communauté urbaine de Niamey, sur la rive droite du fleuve Niger. Il est compris entre 13°49'92''70''' de latitude Nord et 2°09'56''44''' de longitude Est, à une altitude de 216 m. La carte ci-dessous représente la localisation du site expérimental.

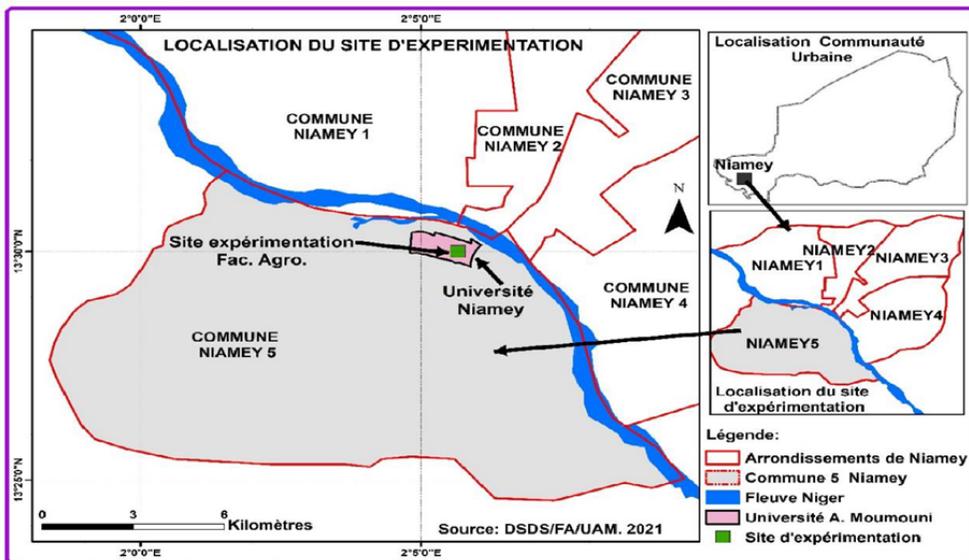


Figure 2 : Localisation géographique du site expérimental

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est un bloc aléatoire complètement randomisé avec onze (11) traitements dont un témoin absolu, le fumier, le compost rapide, la fiente de volaille, le NPK (15 15 15), et le DAP. Les formulations des traitements sont : T0 (Témoin absolu), T1 : Fumier, T2 : Fumier + NPK (15 15 15), T3 : Fumier + DAP, T4 : Compost, T5 : Compost + NPK (15 15 15), T6 : Compost + DAP, T7 : Fiente de volaille, T8 : Fiente de volaille + NPK (15 15 15), T9 : Fiente de volaille + DAP, T10 : N P K (15 15 15) et T11 : DAP. Les doses fumier sont : 20t/ha (2kg/m²), Compost : 10t/ha (1kg/m²), Fiente de volaille : 10t/ha (1kg/m²), NPK (15 15 15) 200 kg/ha (20g/m²) et DAP : 100kg/ha (10g/m²) soit respectivement 6kg, 3kg, 3kg, 60g et 30g par parcelle élémentaire. La superficie totale de l'essai est de 216 m² avec 18m de longueur et 12 m de largeur. Les dimensions des parcelles élémentaires (planches) sont de 3m x 1m soit 3m² (figure 3). L'écartement est de 60 cm x 50 cm et le nombre de plants par parcelles est de 10.

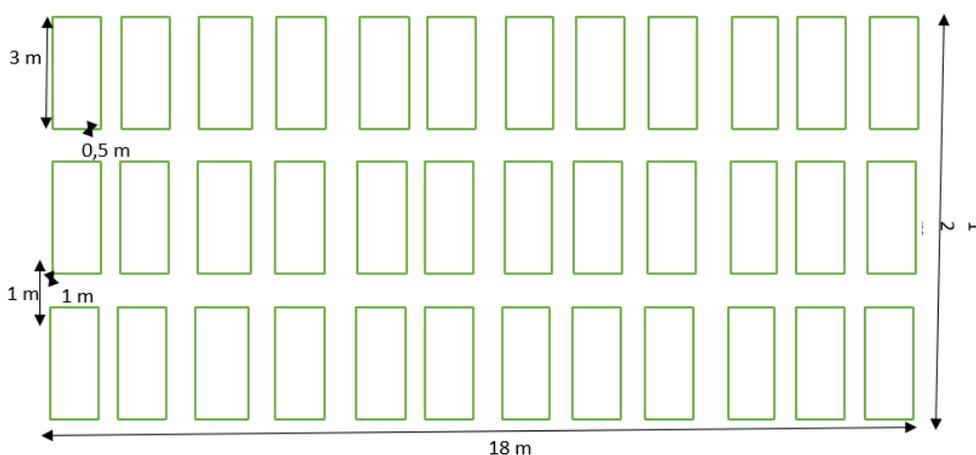


Figure 3 : Schéma du dispositif expérimental

Méthodes d'analyses des sols et fertilisants organiques

Les échantillons du sol et des fertilisants organiques collectés ont été séchés et conservés dans des sachets en plastique étiquetés. Au niveau du laboratoire, chaque échantillon composite a fait l'objet d'un tamisage à l'aide d'un tamis de 2mm de diamètre. Les caractéristiques physico-chimiques déterminées et les méthodes utilisées sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Récapitulatif de méthodes d'analyse de différents paramètres

Paramètres	Méthodes d'analyse utilisées
Granulométrie	Celle de tamisage mécanique
pH	pH-mètre
CEC	Extraction au KCl
Conductivité électrique	Utilisation du conductivimètre
Phosphore total	Attaque à l'acide nitrique
Azote total	Macro-Kjeldahl
Carbone du sol	Méthode de Walkley et Black
Carbone des fertilisants	Méthode par calcination de la matière organique

Observations et mesures des paramètres

Des observations ont été faites sur les paramètres morphologiques et agronomiques de la tomate. Les paramètres morphologiques et agronomiques mesurés sont relatifs à : la hauteur des plants, le diamètre au collet, le diamètre moyen de fruit mur, le poids moyen de fruit, le nombre de fruit produits par parcelle et le rendement.

Analyse et traitement des données

La saisie des données et élaboration des figures ont été faites avec le tableur Excel 2016. Les données collectées ont été soumises à une analyse de

variance (ANOVA), à l'aide du logiciel SPHINX 50 FR. Le test d'Analyse de la variance à un facteur a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

Résultats

Caractéristiques physico-chimiques du sol

Les résultats consignés dans le tableau 1 montrent les caractéristiques physico-chimiques du sol du site expérimental.

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimique du sol

Horizon	pH eau	Carbone Organique	Azote Total	C/N	Matière Organique	Phosphore Total	CEC
(0-20 cm)	-	%				ppm	még/100g
	7,98	0,32	0,03	10,49	0,55	40,43	42,5
Granulométrie		Argiles		Limons		Sables	Texture
%		1,98		22,01		76,02	Sablo-limoneux

L'analyse de la composition granulométrique consignée dans le tableau 2 montre que les proportions des sables dominent largement avec 76,02%, des limons avec 12,57% et celles de l'argiles avec 1,98%. Ainsi, d'après le triangle textural, ce sol présente un sol sablo-limoneux.

L'analyse de ce tableau 2 fait ressortir également que le sol du site est légèrement alcalin (pH=7,98) avec des teneurs très faibles en carbone organique (0,32%), en azote total (0,03%) et en matière organique (0,55%). Le phosphore total est peu disponible (40,43 ppm). Le sol présente une capacité d'échange cationique élevé, avec une décomposition de la matière organique lente 10,49% de C/N.

Caractéristiques chimiques des matières organiques

Les propriétés chimiques des différents fertilisants organiques utilisés sont consignées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Composition chimique des matières organiques

Référence	pH eau 1/2,5	C	E	Matière Minérale	Matière Organique	Carbone	Azote	C/N
		1/5		%				
Compost Rapide	8,9	715		20,21	79,79	11,75	1,12	10,51
Fumier	9,6	3250		56,41	43,59	32,80	2,65	12,36
Fiente de Volaille	7,55	4175		54,75	45,25	31,83	3,45	9,23

Les analyses chimiques ont montré que le compost a obtenu les valeurs les plus faibles au niveau de la teneur en carbone (C), en azote (N), mais avec une teneur en matière organique (MO) plus élevée et du pH alcalin dont respectivement C, 11,15% ; N, 1,12% M.O, 79,79% et pH 8,9. Le

rapport C/N est de 10,51%. Pour le fumier, il obtient la valeur la plus élevée du C avec 32,80%, N avec 2,65%, M.O avec 43,59%, pH avec 9,6 et C/N 12,36 %. La fiente de volaille a pour teneur en carbone (C) 31,83%, valeur élevée en azote (N) 3,45%, mais la teneur en matière organique (MO) est faible 45,25 % avec un pH toute fois légèrement alcalin 7,55. Le rapport C/N de la fiente de volaille est de 9,25%.

Effets des traitements sur les paramètres et les rythmes de croissance de la tomate

Les effets des différents traitements sur les paramètres phénologiques sont appréciés par la croissance végétative de la plante (hauteur), le diamètre au collet et les rythmes de croissance en hauteur (RCH) et en diamètre (RCD) entre la floraison et la maturité de la tomate sont consignés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des effets de la fertilisation sur les paramètres et les rythmes de croissance de la tomate

Traitements	Hauteur (cm)	Rythme de CRH (cm /jour)	Diamètre au collet (mm)	Rythme de CRD (cm /jour)
T0	40,87 c	0,12 d	9,56 c	0,01 d
T1	51,99 b	0,36 b	10,46 b	0,07 b
T2	52,44 b	0,32 b	10,39 b	0,05 b
T3	56,89 b	0,35 b	10,94 b	0,02 cd
T4	61,59 a	0,45 a	13,89 a	0,13 a
T5	59,43 ab	0,14 c	12,35 ab	0,08 b
T6	62,23 a	0,43 ab	13,04 a	0,04 bc
T7	53,88 b	0,27 bc	10,44 b	0,04 bc
T8	51,00 b	0,17 c	10,17 bc	0,03 c
T9	54,97 b	0,36 b	11,13 ab	0,03 c
T10	46,20 bc	0,16 c	11,54 ab	0,05 b
T11	48,86 b	0,28 bc	10,27 b	0,04 bc
Probabilité	0,02	0,11	0,20	0,05

L'effet de la fertilisation sur les paramètres de croissance de la tomate, les traitements appliqués ont affecté d'une manière significative les paramètres tels que la hauteur ($p=0,02$), le diamètre au collet ($p=0,20$) de la tomate, les rythmes de croissance CRH ($p=0,11$) et CRD ($p=0,05$). En effet, l'analyse du tableau montre que, tous les traitements ont donné un résultat significatif par rapport au témoin. Les amendements organiques aussi bien que les fertilisants chimiques ont favorisé une meilleure croissance en termes de longueur de tige par rapport au témoin. La dose T6 a une hauteur plus élevée (62,23 cm) que toutes les doses appliquées. Cette dose correspond au traitement Compost + DAP et qui est statistiquement identique aux traitements T4 (Compost) et T5 (Compost + NPK).

Quant aux paramètres de rythme de croissance en hauteur (CRH), diamètre au collet et rythme de croissance en diamètre (CRD), c'est le traitement T4 Compost simple qui a donné le plus grand résultat.

Les meilleures épaisseurs de tige ont été relevés sur les plantes fertilisées avec le compost qui correspond au T4, T5 et T6. En somme, la comparaison des moyennes au seuil de 5 % a montré des différences hautement significatives entre les traitements, aussi bien pour les paramètres de hauteur des plants que pour le diamètre au collet des plants. D'après ces résultats, le compost peut bel et bien remplacer l'utilisation de la fiente et de NPK.

Effets des traitements sur les paramètres de production de la tomate

Le fruit de la tomate est le principal produit attendu par le maraicher de la culture de la tomate. Les effets des différents traitements sur cette production sont appréciés par le nombre de fleurs, nombre de fruits par plant, longueur et diamètre des fruits. Les interactions entre différents traitements et les parcelles (répétition) sur les paramètres de production de la tomate sont consigné dans le tableau 5.

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des effets de la fertilisation sur les paramètres de production de la tomate

Traitements	Nombre moyenne de feuille	Nombre de rameau	Nombre de bouquet floraux	Nombre total de fruits
T0	58 c	3 c	10,00 d	9,00 c
T1	112 b	6B	25,07 ab	15,67 b
T2	98 b	5B	25,13 ab	9,33 c
T3	156 a	12 a	23,90 b	20,33 a
T4	89 b	5 bc	23,97 b	15,67 b
T5	126 b	7 b	25,43 ab	13,00 b
T6	73 b	4 c	27,33 a	12,33 b
T7	76 bc	4 c	20,73 b	16,33 b
T8	135 ab	8 ab	20,93 b	10,00 bc
T9	67 bc	4 bc	21,07 b	9,67 bc
T10	144 ab	9 ab	18,40 c	11,00 bc
T11	100 b	5 bc	20,33 bc	13,33 b
Probabilité	0,31	0,83	0,05	0,25

Le tableau 5 résume les effets des traitements sur les performances reproductives de la tomate. La comparaison des moyennes au seuil de 5 % a montré des différences plus ou moins significatives entre les répétitions aussi bien pour le nombre de feuille ($p=0,31$) que pour le nombre de rameau ($p=0,83$). Il faut aussi noter qu'il existe une différence hautement significative au niveau du nombre de bouquet floraux ($p=0,05$) et peu significative pour le nombre de fruit ($p=0,25$). Le traitement T3 (fumier + DAP) se distingue largement tant en feuille (156) qu'en rameaux (12). Tandis que le T6 (compost + DAP) a eu le plus grand nombre de bouquet

floraux (27,33) et T3 (fumier + DAP) sur le nombre total de fruits (20,33). Le nombre de bouquets floraux par plante des amendements organiques T1, T4, T7 respectivement 25,07 ; 23,07 ; 20,73 de bouquets floraux ont enregistré des valeurs supérieures aux amendements chimiques T10, T11 (18,40 ; 20,33). Les combinaisons ont fourni des fleurs plus importantes. Le compost se révèle une différence hautement significative sur les paramètres de croissance (hauteur moyenne des plants, diamètre moyen au collet et nombre de bouquet floraux). Le compost a plus d'effet sur le nombre de bouquets floraux que l'engrais organique et minéral. Tout de même l'apport organique reste plus favorable que la fertilisation minérale.

On peut conclure ici que, le compost et ses combinaisons ont fourni des meilleurs résultats, suivi du fumier sur la production des fleurs par rapport aux autres traitements. Les résultats des trois paramètres de croissance mesurés dans le cadre de cette étude ; la hauteur des plants, le diamètre au collet du sol et le nombre de bouquet floraux ont montré une amélioration significative de la fertilité des sols par les amendements organiques et aussi le fertilisant chimique.

Effets des traitements sur les paramètres de rendement de la tomate

Les effets des différents traitements sur le rendement sont appréciés par le poids moyen des fruits et le rendement total. Les résultats de l'interaction entre différents traitements et les parcelles (répétition) sur les paramètres de rendement de la tomate sont consignés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des effets de la fertilisation sur paramètres rendement de la tomate

Traitements	Diamètre moyen des fruits (mm)	Longueur moyenne des fruits (mm)	Poids des fruits (g)	Rendement total (t /ha)
T0	41,15 b	32,63 b	24,47 d	1,46 c
T1	44,93 a	37,54 a	37,32 b	2,82 a
T2	47,60 a	36,83 ab	40,52 a ab	2,72 a
T3	47,18 a	37,33 ab	37,72 b	2,55 a
T4	41,08 b	33,69 b	35,26 c	1,55 b
T5	43,79 b	35,61 ab	39,29 ab	1,67 b
T6	44,90 a	38,20 a	36,70 b	1,62 b
T7	42,37 ab	39,72 a	37,30 b	1,80 b
T8	48,73 a	34,55 b	43,30 a	1,83 b
T9	48,32 a	38,88 a	44,11 a	1,87 b
T10	47,09 a	36,17 ab	34,49 c	1,55 b
T11	46,30 a	33,40 b	34,90 c	1,53 b
Probabilité	0,31	0,31	0,10	0,36

Le tableau 6 ressort une analyse statistique de comparaison de moyennes effectuée au seuil de 5 % au niveau des traitements a donné une différence peu significative aussi bien pour le diamètre moyen des fruits ($p=0,31$) que pour le poids moyen du fruit ($p=0,10$) ; une différence très

significative sur le rendement en fruits ($p=0,36$) et pas assez de différence observée au niveau de la longueur des fruits ($p=0,31$). Le traitement à la fiente de volaille T8 (fiente +NPK) a eu le plus grand diamètre de fruits (48,73 mm). Le plus long fruit (39,70 mm) a été observé avec T7 (fiente). Le traitement T9 (fiente + DAP) relève le poids le plus élevé (44,11 g) et Les combinaisons des amendements (organique et chimique) ont enregistré des meilleures valeurs au niveau des traitements T2, T3, T5, T6, T8 et T9 respectivement 44,11 ; 37,72 ; 39,29 ; 36,70 ; 37,30 ; 43,30 et 40,52 g/fruit. On note une nette différence entre l'engrais organique et l'engrais minéral sur la quantité et le poids moyen des fruits récoltés. La fiente de volaille et ses combinaisons ont fourni des meilleurs diamètres des fruits par rapport aux autres traitements.

Les résultats du tableau 6 ont relevé que les plants de la tomate conduits sur les parcelles ayant été amendées avec fumier (T1, T2 et T3) ont exprimés les rendements en t/ha les plus élevés respectivement : $2,85 \pm 0,12$ t/ha ; $2,72 \pm 0,27$ t/ha et $2,55 \pm 0,00$ t/ha. L'analyse de la variance a montré une différence très significative entre les différents traitements. Le plus faible rendement a été obtenu avec le témoin T0. Comme pour les autres paramètres, les témoins ont obtenu les valeurs les plus faibles : $1,46 \pm 0,02$ t/ha. Cependant, les apports organiques simples (fumier, compost et fiente) T1, T4 et T7 ; ont obtenus des valeurs supérieures de rendements que des apports chimiques T10 et T11 ($1,83 \pm 0,13$ t/ha et $1,87 \pm 0,32$ t/ha).

On peut dire ici que, le fumier et ses combinaisons ont fourni des meilleurs résultats sur les rendements des fruits par rapport aux autres traitements.

Corrélation entre les différentes variables

La relation entre les paramètres de rendement sont présentées dans le tableau 7. Le test de Pearson (n) indique qu'il existe une corrélation entre les différentes variables étudiées. Les résultats de l'analyse sont consignés dans le tableau 7 de la matrice de corrélation. Il ressort des résultats qu'il existe une forte corrélation positive entre le rendement et le diamètre de fruits ($R^2 = 0,65$), et entre le rendement et le nombre de fruits, ($R^2 = 0,88$). Il y a une corrélation entre le diamètre de fruits et la longueur des fruits ($R^2 = 0,74$) d'une part, et entre le diamètre de fruit et le nombre fruit ($R^2 = 0,55$) d'autre part. Aussi, il existe une corrélation positive entre la longueur de fruit et la rendement ($R^2 = 0,52$). Il en est de même entre la ramification et le nombre de feuillet ($R^2 = 0,79$).

Tableau 7 : Matrice de corrélation entre les différentes variables

Variables	Htm	Fell	Rmf	Frft	Dfrft	Lfrft	Rdt (t/ha)
Htm	1						
Fell	0,35	1					
Rmf	0,23	0,79	1				
Frft	0,28	0,37	0,33	1			
Dfrft	0,32	0,21	0,07	0,55	1		
Lfrft	0,21	-0,06	-0,06	0,41	0,74	1	
Rdt (t/ha)	0,38	0,31	0,23	0,88	0,65	0,52	1

Légende : **Htm**: hauteur moyenne des plantes de tomates ; **Fell** : nombre de feuille ; **Frft** : nombre de fruits, **Rdt**: rendement ; **Lfrft**: longueur des fruits, **Dfrft**: Diamètre des fruits ; **Rmf** : ramification.

Les valeurs en gras indiquent de fortes corrélations entre les variables mesurées.

Les résultats de cette étude révèlent qu'il existe une forte corrélation positive.

Discussion

Les résultats obtenus sur les caractéristiques physico chimiques du sol utilisé dans cette expérimentation montrent une pauvreté en éléments nutritifs. Ces résultats sont similaires à ceux de (Ambouta et al., 2022), où les caractéristiques physico chimiques du sol utilisé dans l'expérimentation montrent une pauvreté en éléments nutritifs notamment N et P et de pH faiblement acide. La texture de ce sol rend propice à la production de la tomate tout en lui appliquant de la matière organique.

Les fortes teneurs du fumier et de la fiente en carbone (C) et en azote (N) contribuent à une augmentation de la matière organique, car l'azote et le carbone sont l'un des éléments les plus importants entrant dans la constitution de celle-ci (Brady et al., 2008). Une carence en matière organique réduit la capacité de rétention en eau (Brevik, 2013). Ce qui diminue la capacité en échange cationique CEC conduisant à une mauvaise structuration du sol et à une baisse de disponibilité en nutriments. Celui-ci comparée au compost présente un déséquilibre nutritionnel en carbone et en azote. Les rapports C/N élevés ralentiraient le taux de décomposition de la matière organique et de l'azote organique. Ce qui limite par conséquent l'activité microbienne du sol (Guo, 2001). Contrairement à un rapport (C/N < 30) qui traduit de la bonne qualité du compost, du fumier et de la fiente avec leurs capacités à mettre à la disposition de la plante les éléments nutritifs favorables à son développement. Le pH de la fiente (7,55) traduit la forte teneur en bases échangeables (calcium et magnésium) (Jean et al., 2022).

La dose qui correspond au traitement Compost + DAP et qui est statistiquement identique aux traitements T4 (Compost) et T5 (Compost + NPK), pourrait être expliquée par une forte libération des éléments nutritifs entre la floraison et la maturité. Nos résultats sont supérieurs à ceux trouvés par (Rahmatoulaye, 2020).

Pour les paramètres de rythme de croissance en hauteur (CRH), diamètre au collet et rythme de croissance en diamètre (CRD), c'est le traitement T4 Compost simple qui a donné le plus grand résultat. Ce même traitement de compost est statistiquement identique aux traitements T5 (Compost + NPK), T6 (Compost + DAP), T9 (Fiente + DAP) et T10 (NPK) sur le diamètre au collet. Nos résultats sont différents de ceux de (Bacyé, 1993), ayant travaillé sur la fertilisation organique et minérale chez deux variétés de tomate, l'une hybride (Tavira) et l'autre fixée (Marmande) cultivées sous serre, ou ils n'ont enregistré aucune différence significative pour le facteur fertilisation. Nos résultats (13,89 mm) avec le compost sont inférieurs à ceux obtenus par (Hadjaz, 2017) qui sont de 17,6 mm, Cette différence est probablement due à la période d'hivernage ou la forte température et l'agressivité des pluies ont eu effets sur assimilation des nutriments, la croissance en épaisseur des plants. Le rythme de croissance est plus important entre la floraison (42 Jour après repiquage JAR) et la maturité (85 JAR). Ce qui pourrait s'expliquer par un niveau décomposition et une libération optimale d'éléments nutritifs notamment l'azote à 30 JAR comme les stipules (Bacyé, 1993). En effet, l'azote dans le compost est apporté sous forme organique ; ce qui nécessite une transformation de l'azote organique en azote minérale pour une bonne assimilation par les plantes (Kahina, 2019).

Les traitements T4, T5 et T6 qui correspondent aux traitements de compost, ont donné des meilleures épaisseurs de tige chez la tomate cultivée. Cette différence serait due à un niveau de décomposition optimale d'éléments nutritifs du compost libéré entre la floraison et la maturité de la tomate. Pour le Compost, c'est principalement son contenu en azote total, qui a été bien inférieur au fumier et à la fiente de volaille contrairement à la teneur en matière organique ; le compost est meilleur par rapport aux autres. Ses résultats confirment ceux de (Cobo et al., 2002 ; Bünemann EK, 2018 ; Vanlauwe, 2010 ; Giacometti, 2012) qui stipulent que la matière organique apportée par les composts augmente la capacité de rétention en eau du sol, ce que l'engrais minéral n'a pu faire. Cela justifie le retard de croissance qui a été observé au cours de la période de rareté de pluies sur les unités amendées. Cependant, pour le paramètre de croissance, les amendements avec le compost ont enregistré des meilleurs records avec des meilleurs rythmes.

Le traitement T3 (fumier + DAP) se distingue largement tant en feuille (156) qu'en rameaux (12). Ces résultats sont différents à ceux obtenue par (Lima, 2012), le nombre moyen de feuilles par plante ont varié de $15,22 \pm 0,69$ (pour les plantes témoins) à $21,55 \pm 1,50$ à Robin. Le nombre de feuilles par plante montre une amélioration significative de la fertilité des sols par les amendements organiques et aussi avec le fertilisant chimique.

Ces résultats sont similaires à ceux de (John, 2019 ; Lawani, 2017), où les amendements organiques ont garanti une bonne croissance du *Solanum macrocarpon* au Bénin. Ces résultats confirment également ceux de certains auteurs (Théodore et al., 2018 ; John, 2019 ; Sawadogo et al., 2020), qui ont rapporté que les applications des fumures organiques combinées sont plus efficaces sur la croissance des plants de solanacées que celles des engrais organiques uniquement. Les résultats sur le compost corroborent avec ceux de (Achour et Taleb, 2018), les différents types d'interaction diffèrent significativement en fonction des paramètres étudiés. Le compost appliqué à la variété locale a donné les grandes valeurs sur l'ensemble des paramètres étudiés. Nos résultats rejoignent également ceux obtenus par (Alvarez, 2005), qui a travaillé sur le même thème : comparaison entre fumier, compost et engrais minéral. Il s'avère qu'elle a enregistré le plus grand nombre de bouquets floraux pour la fertilisation au compost (26.75 bouquets floraux), puis vient le fumier organique pour ce paramètre. On peut déduire que le compost a plus d'effet sur le nombre de bouquets floraux que l'engrais organique et minéral. Tout de même l'apport organique reste plus favorable que la fertilisation minérale. Ces résultats concordent à ceux obtenue par (Hadjaz ; 2017), qui a travaillé sur le même thème : étude comparative entre la fertilisation organique et minérale sur le comportement, la production et le rendement chez une variété de tomate industrielle (Marmande) cultivée en plein champs.

Les résultats de la fiente de volaille et ses combinaisons qui ont fourni des meilleurs diamètres des fruits par rapport aux autres traitements sont différents de ceux obtenue par Sawadogo et al, (2020), qui a obtenu une différence significative entre les traitements et une valeur plus élevée au niveau du compost enrichi+ $\frac{1}{2}$ FMV avec $44,468a \pm 1,11$ pour la longueur et $54,626a \pm 6,15$ pour le diamètre des fruits. Pour le poids des fruits, Achour & Taleb (2018), signale une absence de différence significative pour le facteur fertilisation pour la variété Marmande. Cette différence est due au comportement des variétés vis-à-vis du climat et de la date de plantation et des conditions de culture.

Le rendement avec les apports organiques a donné des meilleurs résultats plus que les apports chimiques. L'apport d'engrais minéraux seuls ne peut pas maintenir à long terme la productivité des sols à cause du lessivage et de la dégradation des propriétés des sols (Alvarez, 2005). Les auteurs N'Dayegamiye et al., (2005), ont montré dans une étude sur les effets des apports de composts de résidus ménagers sur le rendement des cultures et certaines propriétés de sol, en comparant le témoin seul sans amendement avec les apports de composts seuls à raison de 20, 40 et 60 t/ha, que ces derniers ont augmenté les rendements des cultures proportionnellement aux doses apportées en deux années consécutives. Par ailleurs, l'augmentation

significative des rendements de tomate constatée avec le traitement (T1, T2 et T3) impliquant l'apport du fumier de qualité enrichi seul suggère les teneurs en nutriments y sont les plus élevées. Le faible rendement obtenu au niveau des apports au traitement du compost et à la fiente de volaille serait également lié à la nature du compost. En effet, le rapport C/N était à 10,51 dans le compost et 9,23 dans la fiente. Ce rapport élevé au niveau du compost, indique de faibles minéralisation et libération des éléments nutritifs par ce compost (N'Dayegamiye et al., 2025). Néanmoins, les plus faibles valeurs enregistrées au niveau du témoin n'ayant reçu aucun des fertilisants se justifierait par la pauvreté du sol en éléments minéraux.

Les valeurs les plus élevées ont été obtenue au niveau des paramètres de croissance, de production et du rendement. Ces résultats corroborent avec d'autres travaux qui ont montré des corrélations positives entre le développement végétatif, le nombre et le poids de fruits chez le piment, une plante de la même famille botanique que la tomate (Houenou et al., 2019 ; Lannes, 2007). Une différence est observée entre les variétés au cours d'une même saison, elle est forcément due à la variété seule (Selesh, 2011) [40].

Conclusion

Au terme de ce travail portant sur l'effets des fertilisants organiques et minéraux sur les caractéristiques du sol et les paramètres agronomiques d'une variété de la tomate hybride F1 en hivernage, il ressort que le fumier d'élevage, le compost et la fiente de volaille ont tous amélioré la production de la tomate comparativement au témoin et aux engrais chimiques. Toutefois, le fertilisant (fumier composté) est plus riche en éléments fertilisants et en C/N que le compost et la fiente.

Les principaux résultats obtenus nous permettent d'apporter les observations suivantes : Sur l'ensemble des paramètres agronomiques mesurés, pour le type de fertilisation, notamment organique, on a enregistré une meilleure croissance des plants et des rendements des fruits. En effet, les résultats de l'analyse de la variance ont montré une différence très significative sur l'ensemble des paramètres de croissance, notamment la hauteur de la tige et le diamètre de la tige au collet et une différence significative pour le paramètre de rendement, notamment le nombre moyen des fruits, le poids moyens des fruits ainsi que le rendement des fruits. Ceci est probablement dû aux conditions climatiques durant cette campagne agricole (hivernage). Les hautes températures, les vents violents et l'agressivité des pluies ont limité la production des fruits ainsi que leur poids. La variété hybride F1 s'est démarquée de la variété améliorée enregistrant les meilleurs résultats grâce à sa capacité d'adaptation aux conditions pédoclimatiques. Pour une meilleure production hivernale de la tomate, les maraichers devraient opter pour la variété hybride de tomate

(Mongal) et utiliser le fumier de bonne qualité, et le compost riche en minéraux formulé dans le cadre de cette étude comme substrat de culture.

Bien que les températures élevées, les pluies et les vents violents de la campagne agricole (hivernage) ont empêché l'expression du potentiel de production de la variété, mais on remarque tout de même que l'usage de la matière organique a préservé la qualité des plants et des fruits. Nous savons que la matière organique améliore la texture du sol, protège l'environnement du sol et de la nappe phréatique des excès en éléments minéraux notamment de l'azote.

Au regard des résultats obtenus, Il serait donc mieux, pour la production hivernale de la tomate de créer un microclimat pour les cultures, élaborer des bonnes parcelles pour empêcher le lessivage des minéraux et utiliser les fertilisants organiques des bonnes qualités pour espérer un meilleur résultat.

Contribution des auteurs : Moustapha Maman Mounirou : financement, conceptualisation ; méthodologies ; collecte des données ; analyses ; rédaction. Lawali Mamane Nassourou : ressources de financement, supervision, visualisation des résultats, lecture (review editing). Adamou Didier Tidjani : ressources de financement ; méthodologies ; validation ; administration. Djibrila Issa Abdou Kadri : méthodologies ; collecte des données ; analyses ; rédaction.

Remerciement : Les auteurs remercient tous les Chercheurs qui ont financé cette étude sur fond propre afin de mieux réaliser toutes les activités. Ils remercient également la Faculté d'Agronomie et l'Institut des Radio-Isotopes de l'Université Abdou Moumouni pour leurs disponibilités.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

References:

1. Abawi, G., S., & Widmer, T., L. (2000). Impact of soil health management practices on soil borne Pathogens, nematodes, and root of diseases vegetable crops. *Appl. Soil Ecol.* 15 : 37-47.
2. Achour, L., & Taleb, L. (2018). Effet de différentes doses de fertilisation minérale et une fertilisation organique sur le rendement

- et la qualité chez deux variétés de tomate industrielle (*Lycopersicon esculentum* MILL) l'une hybride (hybride F1 Q51) et l'autre fixée (Marmande) cultivées en plein champ. 92 p.
3. Ahmid, A. (2010). Essai comparatif de l'impact de fertilisation organique et minérale sur la culture de pomme de terre dans la région d'El-Oued. Mémoire d'ingénieur d'état Spécialité : Agronomie Saharienne Option : Phytotechnie. 85 p.
 4. Ali, A., H., Abdel-Mouty, M., M., and Shaheen, A., M. (2001). Effect of bio-nitrogen organic and in-organic fertilizer on the productivity of garlic (*Allium sativum*) plants. *Egypt. J. Appl. Sci.* 16, 173.
 5. Alvarez R. (2005). A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. *Soil Use and Management*, 21 : 38-52.
 6. Ambouta, H., K., Guero, Y., Abdou, G., F., and Abarchi, I. (2022) : Effect of Different Rate of Bat Guano on Growth and Yield of Tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill) in Niamey, Niger. Département Sciences du Sol, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger. ISSN : 2457-0591.
 7. Bacyé, B. (1993). Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes en zone soudano-sahélienne. (Province du Yatenga, Burkina Faso). Thèse de doctorat en sciences, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III, France.
 8. Bünemann EK, Bongiorno G, Bai Z, et al. (2018) Soil quality – a critical review. *Soil Biology and Biochemistry* 120 : 105–125.
 9. Brady, N., C., & Weil, R., R. (2008). The nature and properties of soils. Pearson Prentice Hall Upper Saddle River, 15 p.
 10. Brevik, E. (2013). The potential impact of climate change on soil properties and processes and corresponding influence on food security. *Agriculture*, 3 (3) : 398 – 417
 11. Cobo, J., G., Barrios, E., Kaas, D., C., L., et Thomas, R., .J., (2002). Nitrogen mineralization and crop uptake from surface-applied leaves of green manure species on a tropical volcanic-ash.
 12. Giacometti, C., Demyan, M. S., Cavani, L., Marzadori, C., Ciavatta, C., Kandeler, E., (2012). Chemical and microbiological soil quality indicators and their potential to differentiate.
 13. GUO, W., Z., & Peng, C. (2001). Changes in terrestrial carbon storage with global climate changes since the last interglacial. *Quaternary Sciences*, 21 (4) : 366 – 1373.
 14. Ghaffari, H., Reza G., H., Sadeghi, M., Alijani, S. (2015). Some physical, mechanical and chemical properties of tomato fruit related

- to mechanical damage and bruising models. *Biological Forum*, 7(2) :712.
15. Hadjaz, D., & Hadj Larbi, N. (2017). Effet de la fertilisation organique et minérale sur la qualité et le rendement chez deux variétés de tomate : hybride (Tavira) et fixés (Marmande) cultivées sous serre. 105 p.
 16. Hamadou, S. (2000). Evolution à long terme des productions agricoles du système de commercialisation et des prix des produits dans la zone de Maradi, 43 p.
 17. Houenou A., C., E. (2019). Etude de l'efficacité des bokashis, du compost et de la solution de biopesticide promus par le centre Songhaï pour améliorer la production de la laitue et de l'amarante au Sud du Bénin", Université de Liège (Bruxelles), 103 p.
 18. INS, 2014. Agriculture et conditions de vie des ménages au Niger, 72 p.
 19. Jean, J., Yao, Jacob, N., K., Noel, G., & Justin, K., Y. (2022). Effet de la fertilisation organique sur la production de deux variétés de tomates (*Lycopersicum esculentum* Mill.) cultivées en conditions semi-contrôlées à Daloa, Centre - Ouest, Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE* 21(6) : 92 - 101 ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.net>
 20. John, B. (2019). Effet de trois types de composts et fertilisants chimiques sur la croissance et le rendement de la courgette (*Cucurbita Pepo* L.) dans des sols basaltiques et calcaires à la commune de Kenscoff, Haïti ; Master de spécialisation en production intégrée et préservation des ressources naturelles en milieu urbain et péri-urbain. 63 p.
 21. Kahina, S. (2019). Etude comparative entre la fertilisation organique et minérale sur le comportement, la production et le rendement chez une variété de tomate industrielle (Marmande) cultivée en plein champs. 102 p.
 22. Lannes, S., D., Finger, F., L., Schuelter, A., R., & Casali, V., W., D. (2007). Growth and quality of Brazilian accessions of *Capsicum chinense* fruits. *Scientia Horticulturae*, 112 : 266 – 271
 23. Lawani, M. O. A., (2017). Formulation d'un biofertilisant à base de déchets organiques ménagers et de déjections animales en vue de sa vulgarisation. Gembloux Agro-Bio Tech/Université de Liège. Travail de fin d'études. 71 p.
 24. Lima, A.C.R., Brussaard, L., Totola, M.R., Hoogmoed, W.B., de Goede, R.G.M., 2012. Chimie des champs et des jardins, Chimie 2e Programme, Edition François Menus, France, 239 p.

25. MAHRH, 2007. Analyse de la filière maraîchage au Burkina Faso", Rapport du Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques, Burkina Faso.
26. MASGDS, 2022. Rapport définitif de l'enquête sur la production horticole 2021-2022. 52 p.
27. Mekuriaw, A., Heinimann, A., Zeleke, G., Hurni, H. (2017). Factors influencing the adoption of physical soil and water conservation practices in the Ethiopian highlands. *International Soil and Water Conservation Research* 6 : 23–30.
28. Mounirou, M., M. (2022). Effet comparé de la fertilisation à base de biochar, engrais organique et engrais chimique sur les éléments minéraux et la production de l'oignon (*Allium cepa* L.). *European Scientific Journal*, ESJ, 18 (24), 47. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n24p47>
29. Mounirou, M., M., Kaya, E., C., Taşkin, M., B., İnal, A., Abdoul-Azize, H., T. (2023). Effects of Goat Manure, Biochar, and NPK Applications on Growth and Nutrient Concentrations of Lettuce. *Journal of Agricultural Sciences (Tarim Bilimleri Dergisi)*, 2023, 29 (1): 149-160. DOI : 10.15832/ankutbd.1018535.
30. Moustier, P., & Fall, A.S. (2004). Les dynamiques de l'agriculture urbaine : caractérisation et évaluation, 244 p.
31. N'Dayegamiye A., Drapeau A. & Laverdière M.R., (2005). Effets des apports de composts de résidus ménagers sur les rendements des cultures et certaines propriétés du sol. *Agrosol.*, 16 (2) : 57-71.
32. Ndiaye M, Madai A, Thiers R. 2013. Implementing the MAF in Niger: Opportunities and challenges in accelerating MDG 1. UNDP Working Paper. UNDP Publishing. <http://hdl.handle.net/1854/LU-5720228>
33. Pham, T., G., Degener, J., Kappas, M., (2018). Integrated universal soil loss equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for soil erosion estimation in A Sap basin : Central Vietnam. *International Soil and Water Conservation Research* 6 : 99–110.
34. Rahmatoulaye, A. (2020). Effet de la dose de deux types d'engrais organiques sur les paramètres agromorphologiques de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dans la localité Sindima (région de Sédhiou). Département d'Agroforesterie, Université Assane Seck de Ziguinchor. 42 p.
35. Saletnik, B., Zagula, G., Bajcar, M., Tarapatsky, M., Bobula, G., Puchalski, C. (2019). Biochar as a Multifunctional Component of the Environment—A Review. *Applied Science* (9) 1139. Doi :10.3390/app9061139.

36. Sawadogo, J., Coulibaly ; P. ; J., A., Bambara, F., J., Savadogo, A., C., Compaore, E., Legma, J., B. (2020). Effets des fertilisants biologiques sur les paramètres physico-chimiques du sol et sur la productivité de l'oignon (*Allium cepa* L.) dans la région du Centre Ouest du Burkina Faso, Afrique SCIENCE 17 (6) : 44 – 57.
37. Seleshi, D. (2011). Evaluation of Elite Hot Pepper Varieties (*Capsicum* species) for growth, dry pod yield and quality under Jimma condition, South West Ethiopia. Master's thesis of Science in Horticulture (Vegetable Science). School of Graduate Studies, College of Agriculture and Veterinary Medicine : Jimma University, 73 p.
38. Théodore A., K., Lezin, B., E., Généfol, O., Emmanuel, D., A. (2018). Effets de la fertilisation à base des sous-produits de la pelure de banane plantain sur les paramètres agromorphologiques de la variété d'Aubergine F1 kalenda (*Solanum melongena*) dans la localité de Bingerville en Côte d'Ivoire, Journal of Animal & Plant Sciences 38 (3) : 6292-6306.
39. Vanlauwe, B., Bationo, A., Chianu, J., Giller, K.E., Merckx, R., Mkwunye, U., Ohiokpeh, O., Pypers, P., Tabo, R., Shepherd, K., Smaling, E. et Woomer, P. 2010. Integrated Soil Fertility Management : Operational Definition and Consequences for Implementation and Dissemination. Outlook on Agriculture, 39, 17 24. <https://doi.org/10.5367/000000010791169998>
40. Zakari, A., H., Mahamadou C., I., & Toudou A. (2015). Effet de l'azote sur l'aptitude à la conservation des bulbes d'oignon (*Allium cepa* L.) 8 p. Institut National de Recherche Agronomique du Niger (INRAN), BP 429, Niamey, online at <http://www.ifg-dg.org>