



Journal Homepage: [-www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

## INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/16748  
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/16748>



### RESEARCH ARTICLE

#### EFFET DES FUMURES ORGANIQUES ET DES PRATIQUES AGRICOLES SUR LES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS EN CULTURE PURE ET ASSOCIEE DE TOMATE DANS L'ARRONDISSEMENT V DE NIAMEY (NIGER)

Jamilou Salissou Ibrahim<sup>1</sup>, Ibrahim Doka Dahiratou<sup>1</sup>, Baradje Moussa<sup>2</sup>, Harouna Maidoukia Abdoul Razack<sup>1</sup>, Addam Kiari Saidou<sup>3</sup>, Mahamane Sabiou<sup>3</sup>, Mohamadou Youssef<sup>4</sup>, Barral María Teresa<sup>5</sup> and Paradelo Núñez Remigio<sup>5</sup>

1. Laboratoire Biologie/ENS/ Université Abdou Moumouni Niamey, Niger.
2. Faculté D'Agronomie, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger.
3. Département de Gestion des Ressources Naturelles, INRAN Niamey, Niger.
4. Faculté D'Agronomie, Université de Say, Niamey, Niger.
5. Departamentode Edafología e Química Agrícola, Universidade de Santiago de Compostela, Espagne.

#### Manuscript Info

##### Manuscript History

Received: 28 February 2023  
Final Accepted: 31 March 2023  
Published: April 2023

#### Abstract

La pauvreté des sols en nutriments au Niger figure parmi les contraintes majeures à la culture maraîchère. Dans ce contexte, la gestion efficace des ressources en eau et la fertilisation des sols s'avèrent nécessaires pour maintenir, rebondir les rendements des cultures et améliorer la fertilité des sols. L'objectif vise à améliorer la production de la tomate, élément nutritionnel de base dans l'alimentation nigérienne et à une bonne gestion durable de la fertilité des sols et d'identifier le modèle idéal d'amélioration des conditions de culture de cette plante. Un dispositif expérimental de Ficher a été mis en place dans la zone de Saguia à Niamey et les traitements à base des fumures organiques (bouse des vaches, bouse de chèvres et fiente des volailles), à des différentes doses ont été appliqués sur les propriétés des sols de culture de tomate. La granulométrie, le pH, la composition du complexe d'échange cationique, la présence d'éléments en trace métalliques, la stabilité des agrégats, la glycoprotéine de la glomaline ont été analysés sur le sol de la couche 0-20 cm par les méthodes d'analyses physico-chimiques. Les résultats ont montré que les sols étudiés présentent une texture sablo-limono-argileuse et un pH optimal de 8,2 favorable à la culture de tomate, du taux élevé en matière organique. Les bases échangeables analysées ont montré qu'il y a une quantité importante en calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Ensuite, les teneurs en potassium ( $\text{K}^+$ ) et sodium ( $\text{Na}^+$ ) du sol présentent des valeurs acceptables pour l'ensemble des échantillons de sol. L'utilisation des fumures organiques et des pratiques agricoles permettait de réduire l'acidité et d'améliorer l'activité biologique du sol. En occurrence l'association et la fertilisation organique à une dose adéquate sont des solutions envisageables pour améliorer la productivité de la tomate au Niger et en particulier dans la zone de Saguia.

Copy Right, IJAR, 2023., All rights reserved.

**Corresponding Author:- Jamilou Salissou Ibrahim**

Address:- Laboratoire Biologie/ENS/ Université Abdou Moumouni Niamey, Niger.

---

**Introduction:-**

Le sol est un support pour de nombreux végétaux terrestres et est constitué de matières végétales, d'animaux plus ou moins détruits, de microorganismes, des morceaux de roches qui viennent du sous-sol et des éléments minéraux. La dégradation des ressources naturelles agricoles émerge comme étant l'un des problèmes les plus graves pour l'humanité (Guéro et Dan Lamso, 2006). Parmi ces ressources, le sol constitue l'une de plus menacé, notamment en raison de l'impact de l'activité humaine sur leur dynamique (Ballot et al., 2016).

La croissance démographique en Afrique subsaharienne a engendré une augmentation de la demande alimentaire. La pratique de la jachère de longue durée a tendance à disparaître, faisant place à une jachère de courte durée et à une agriculture sédentarisée (Saidou et al., 2009; Kaho et al., 2011) dans la plupart des pays d'Afrique subsaharienne, les sols ont une faible fertilité et les éléments nutritifs exportés ne sont pas adéquatement remplacés. L'agriculture intensive et la recherche de nouvelles terres fertiles se traduisent par une pression sur l'écosystème qui à son tour, entraîne la diminution de la fertilité des sols (Milleville et Serpantié, 1994; Diwediga et al, 2012). En conséquence, les rendements sont relativement bas et la productivité des terres diminue avec cette pression (Shepherd et al, 2003 ; Saidou et al., 2009).

Le succès de la fertilité du sol dépend de son efficacité dans la qualité de propriété physico- chimique et biologique des sols et de la rétention des nutriments. La contribution biophysique est indispensable pour l'amélioration de la productivité des sols et l'optimisation du rendement des cultures. Du même, les microorganismes en particulier les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) modifient les propriétés physico-chimiques du sol et améliorent l'absorption du phosphore (P) et potassium (K) en prolongeant ses hyphes extra-radicaux de la surface racinaire au sol jusqu'à la zone riche en nutriments (Steinberg et Rillig, 2003).

En fonction de la fertilité du sol, la tomate a besoin d'un apport supplémentaire des amendements organiques qui permettra de rétablir la teneur en éléments nutritifs du sol surtout sur les sols sablonneux où les éléments nutritifs sont lessivés plus rapidement (Steinberg et Rillig, 2003). D'où l'intérêt de cette étude portant sur l'effet des fumures organiques sur les propriétés des sols en culture pure et associée de tomate. L'objectif principal de l'étude est une contribution à une meilleure gestion durable de la fertilité des sols pour l'amélioration de la productivité de la tomate. Plus spécifiquement, il s'agit de : (i) caractériser les propriétés physico-chimiques, les métaux lourds du sol, en culture pure de tomate et en association en fonction de pratiques agricoles et de fumures organiques ; (ii) Déterminer les indicateurs de fertilité des sols en vue de proposer une stratégie de gestion intégrée de la fertilité des sols pour une amélioration de la production de tomate.

**Matériel et Méthodes:-****Zone d'étude**

La zone d'étude se situe dans la vallée du fleuve Niger, dans l'arrondissement V de Niamey, à Saguia. Les activités principales de la zone sont les cultures irriguées : la riziculture, les cultures maraichères et l'arboriculture fruitière (RECA, 2016). Le site expérimental a été localisé par les coordonnées géographiques suivantes : 13°27.534' de latitude Nord et 002°06.977' de longitude Est.

Le climat de la zone d'étude est de type sahélien, caractérisé par l'alternance de deux saisons : une saison pluvieuse, qui s'étend d'avril à septembre, et une saison sèche, de novembre à janvier, intercalée par une période d'intersaison, de février à mars.

**Matériel végétal**

L'étude porte sur la variété exotique de tomate (Tropimech), communément appelée Chaibo en Haoussa et Kangaou en Zarma. Elle est utilisée comme semence pour obtenir des jeunes plants. Les fumures organiques (bouse de vache, bouse de chèvre et fiente de volaille), ont été utilisé dans le but d'enrichir le sol en éléments nutritifs. Aussi, la pratique agricole de l'association culturale avec les plantes non mycorhiziennes (chou, carotte) et les plantes mycorhiziennes (melon, maïs, et poivron).

**Dispositif expérimental, pratiques agricoles et traitements appliqués**

Le jardin est cultivé depuis les années soixante pour la culture pluviale et la culture irriguée et la plupart en association. Le dispositif expérimental est un block complet randomisé, composé de 36 planches pour la culture de

tomate en monoculture et 15 parcelles pour la culture de tomate en association, soit un total de 51 parcelles mises en expérimentation. La dimension de chaque parcelle est de 2m<sup>2</sup> soit 2 m pour la longueur x 1 m pour la largeur.

Les amendements appliqués sont en général des fumures organiques et ont été collectées chez un éleveur à Saguiya. Elles sont issues de la bouse de vache, de la bouse de chèvre et de la fiente de volaille sous forme de traitements et ont été analysés par la méthode Kjeldahl et la méthode de Bray. Les résultats ont montré que la fumure de volaille est plus riche en éléments nutritifs avec (N=5,13% ; P=0,039% ; K=0,12%) suivi de la fumure de caprin avec (N=0,56% ; P=0,028% ; K=0,07%) puis par celle de bovin avec (N=0,20% ; P=0,017% ; K=0,03%). Ces résultats ont servi dans le cadre de la détermination de la dose de chaque traitement selon les recommandations faites par Naika et al. (2005) et Zakari et al, (2008). Ces dernières ont été utilisées sous forme d'amendements de fond par le mode d'épandage et d'entretien. Les caractéristiques des traitements et les pratiques agricoles de cette étude sont déterminées (voir Tableau1).

**Tableau 1:-** Pratiques agricoles et traitements appliqués.

Traitement	Système de culture	Type d'association	Fertilisation	Dose	Composition de traitements
PPD1	Monoculture	Monoculture	PP	D1	120 kg NPK /ha et 2t/ha de paille de mil
BVD1	Monoculture	Monoculture	BV	D1	48,9t/ha de fumure Bovin et 2t/ha de paille de mil
BCD1	Monoculture	Monoculture	BC	D1	18,36t/ha de fumure caprin et 2t/ha de paille de mil
FVD1	Monoculture	Monoculture	FV	D1	240kg/ha de fumure Volaille et 2t/ha de paille de mil
PPD2	Monoculture	Monoculture	PP	D2	150kg/ha NPK et 2,5t/ha de paille de mil
BVD2	Monoculture	Monoculture	BV	D2	61,4t/ha de fumure Bovin et 2,5t/ha de paille de mil
BCD2	Monoculture	Monoculture	BC	D2	23,45t/ha de fumure caprin et 2,5t/ha de paille de mil
FVD2	Monoculture	Monoculture	FV	D2	300kg/ha de fumure Volaille et 2,5t/ha de paille de mil
PPD3	Monoculture	Monoculture	PP	D3	180kg/ha de NPK et 3t/ha de paille de mil
BVD3	Monoculture	Monoculture	BV	D3	73,4t/ha de fumure Bovin et 3t/ha de paille de mil
BCD3	Monoculture	Monoculture	BC	D3	27,54t/ha de fumure caprin et 3t/ha de paille de mil
FVD3	Monoculture	Monoculture	FV	D3	400kg/ha de fumure Volaille et 3t/ha de paille de mil
APv	Association poivron	APNM	PP	D1	Tomate + Poivron + PPD1
ACh	Association chou	APM	PP	D1	Tomate + Chou +PPD1
AMa	Association Mais	APNM	PP	D1	Tomate + Mais +PPD1
AMe	Association oignon	APNM	PP	D1	Tomate + Melon +PPD1
ACr	Association carotte	APM	PP	D1	Tomate + Carotte + PPD1

**Legende :**

PP : Pratique paysanne ; BV : Bouse de vache ; BC : Bouse de chèvre ; FV : Fiente de volaille ; D : Dose ; AMa : Association Tomate + Mais ; APv : Association Tomate + Poivron ; ACh : Association Tomate + choux ; ACr : Association Tomate + Carotte ; Ame : Association Tomate + Melon. ; APNM : Association avec plante non mycorhizienne ; APM : Association avec plante mycorhizienne

**Technique culturale**

Pour la bonne conduite de cette expérimentation, une pépinière a été mise en place, trois semaines après s'en est suivi le repiquage des plants. Il a été effectué suivant l'écartement de 40 cm x 80 cm. Un désherbage manuel à la houe a été réalisé chaque semaine permettant d'éviter la concurrence des mauvaises herbes. L'arrosage s'est fait deux fois par jour à raison de deux arrosoirs de 16 litres sur chaque parcelle. Les plants ont été également élagués pendant la montaison pour éviter le développement de rameaux auxiliaires afin de conserver un bon équilibre

végétatif/généralif. Le système de tuteurage a été fait vers le 30<sup>ème</sup> jour après repiquage (Bénard, 2009). Les paramètres de rendements (les fruits, la biomasse) ont été récoltés et mesurés à l'aide des balances numériques.

### Méthodes d'échantillonnage et d'analyse physico-chimiques du sol

Des échantillons de sol ont été prélevés à la tarière manuelle dans les vingt premiers centimètres supérieurs du sol, sur les parcelles de tomate en culture pure et association. Les échantillons du sol ont été mis, dans des plastiques à zip préalablement étiqueté, avant et après la mise en place de culture. Sur chaque parcelle des composites représentatifs ont été constitués selon les traitements et mode d'association culturale à partir des échantillons pris sur les quatre cotés et la médiane de la parcelle. Ces échantillons ont été séchés à la température ambiante (25 à 30°C) au laboratoire.

Pour les analyses physico-chimiques, la séparation des éléments grossiers a été réalisée à l'aide d'un tamis à maille ronde de 2mm.

La granulométrie a été déterminée par la méthode de la pipette Robinson après destruction de la matière organique et les carbonates et dispersion avec hexametaphosphate sodique. Carbon et azote totales ont été dosés sur le sol broyé sur un analyseur élémentaire LECO. Le pH a été mesuré en suspensions 1:2.5 (sol:eau) avec un électrode Crison. La conductivité électrique a été mesurée avec un conductivimètre Hannah en extraits aqueux en relation 1:2 (Pansu et Gautheryou, 2006). Le phosphore assimilable a été extrait avec NaHCO<sub>3</sub> 0,5M (Olsen et Sommers, 1982). Les bases échangeables (Ca, Mg, K, Na) ont été extraits avec acétate d'ammonium 1 N à pH 7 ; la lecture de la concentration a été réalisée par spectrophotométrie d'absorption atomique pour Ca et Mg et d'émission pour K et Na (Varian Cary 100). La CEC total a été déterminé après lessivage du excès d'ammonium avec KCl, suivi du dosage du NH<sub>4</sub> par distillation (Pansu et Gautheryou, 2006). Les métaux totaux (Pb, Cu, Zn, Ni et Cr) ont été dosés après digestion acide (HF + HNO<sub>3</sub>) aux microondes des sols broyés. La glomaline facilement extractible (Wright et Upadhyaya, 1996) a été déterminé après extraction du sol avec citrate tri-sodique (20 mM, pH = 7,0) et dosé par la méthode de Bradford (1976). Finalement, la stabilité des agrégats à l'eau a été déterminée par la méthode de Kemper et Rosenau (1986).

### Analyse statistique

Les résultats des échantillons analysés ont été enregistrés dans le tableur Microsoft Excel 2010. Différents tests statistiques ont été utilisés afin de réaliser le traitement des données physico-chimiques à l'aide de logiciel R (version 4.0.2). L'intervalle de confiance utilisée pour évaluer le degré de précision est de 95 %. Ces analyses sont utilisées afin de mesurer les variances, et ACP de ces données. Le test de Student pour des échantillons dépendants suivant une loi normale a été réalisé. Pour déterminer si les échantillons proviennent d'une population suivant une loi normale, un test de Shapiro-Wilk a été appliqué. Dans le cas contraire, le test de Mann-Whitney U a été préféré au test Student.

### Résultats:-

#### Propriétés physico-chimiques des sols

Les tableaux 2 et 3 présentent les valeurs de teneurs des propriétés physico-chimiques du sol dans un champ expérimental de la culture de tomate.

**Tableau 2:-** Propriétés physiques des sols.

	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier
<b>T1</b>	22,0	12,3	19,0	5,82	40,9
<b>T9</b>	16,0	9,42	25,0	9,17	40,4

**Tableau 3:-** Propriétés chimiques des sols.

L'unité de mesures des éléments chimiques suivants sont : Ph (1/1,25) ; CE (µS/cm) ; Nass (mg/kg) ; Pass (mg/kg) ; C (g/kg) ; N (g/kg) ; CEC (cmolc/kg) ; (Ca<sup>2+</sup> ; Mg<sup>2+</sup> ; Na<sup>+</sup> ; K<sup>+</sup> en cmolc/kg) ; Glomaline (mg/kg) ; Stabilité d'Agrégat (%).

Trait	pH	CE	C	N	C/N	Pass	Nass	CE C	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> +	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cu	Pb
<b>PPD1</b>	8,1	389	13,8	1,3	10	19	53	15	6,9	9,3	0,2	1,3	41	6
<b>BVD1</b>	8,3	220	9,9	0,9	10	21	55	12,3	4,8	5,3	0,1	0,7	43	8
<b>BCD1</b>	8,4	219	15,4	1,3	12	29	50	12,8	6	6,2	0,2	1,8	49	9

<b>FVD1</b>	8,3	247	10,5	1	10	18	55	16,9	4,9	4,9	0,2	0,9	41	6
<b>PPD2</b>	8,3	209	9,5	0,9	12	15	65	11,6	4,8	5,1	0,2	1,5	49	8
<b>BVD2</b>	8,3	196	10,7	1	10	30	45	12,7	6,4	6,8	0,2	2,7	39	7
<b>BCD2</b>	8	490	14,6	1,4	11	26	55	12,4	5,8	6,1	0,3	1,1	50	7
<b>FVD2</b>	8,1	254	16,8	1,6	11	27	58	14,1	6,5	8,8	0,2	2	51	9
<b>PPD3</b>	8	424	18	1,5	12	26	43	14,6	5,1	6,9	0,3	1,3	53	8
<b>BVD3</b>	8,2	340	14	1,3	11	16	65	11,1	4,6	5,6	0,3	0,8	53	7
<b>BCD3</b>	8,1	370	9,9	0,9	11	22	45	13,8	4,4	4,9	0,2	1,5	55	6
<b>FVD3</b>	8,2	267	11,4	1,2	9	20	55	12,2	5,6	7,1	0,2	1,1	50	9
<b>APv</b>	8,2	267	11,4	1,2	9	20	55	12,2	5,6	7,1	0,2	1,1	50	9
<b>ACh</b>	8	546	12,2	1,3	10	18	60	11,6	4,8	5,6	0,4	1,4	49	8
<b>AMa</b>	8,2	615	11,4	1,2	9	22	58	16,8	4,3	5	0,5	1,6	49	8
<b>AMe</b>	8,2	292	14,5	1,4	10	20	65	13,7	4,9	5,2	0,1	1,2	44	5
<b>ACr</b>	8,3	262	15,9	1,5	11	23	50	18,3	6,8	7,3	0,3	1,9	55	7
<b>P-v</b>	0,23	0,23	0,6	0,46	0,5	0,97	0,31	0,00	0,70	0,21	0,027	0,38	0,21	0,50
	7	1					6	0	2	6	*	5	2	2
<b>Mo</b>	8,18	302	13,1	1,22	10	18,0	53,9	12,8	5,59	6,42	15,79	1,45	17	17
			5			2	5	8						
<b>As</b>	8,17	396	13,0	1,32	10	16,2	57,5	14,5	5,28	6,05	21,6	1,44	19	20
			6			5		2						
<b>P-v</b>	0,84	0,30	0,95	0,47	0,02	0,63	0,31	0,09	0,56	0,57	0,089	0,98	0,49	0,39
	9	7	7	9	6	5	9	6	1	7		1	4	4
<b>PP</b>	8,15	340	13,3	1,29	11	15,5	55,9	14,2	5,40	6,44	20,06	1,43	18	17
			3			3	4	3						
<b>BV</b>	8,30	252	11,5	1,05	10	18,4	55,0	12,0	5,28	5,72	15,25	1,43	12	14
			2			2	0	3		a				
<b>BC</b>	8,17	359	13,3	1,22	12	21,9	50,0	11,8	5,38	5,90	14,7	1,48	23	21
			2			2	0	7						
<b>FV</b>	8,15	256	14,0	1,35	10	17,4	57,5	13,9	6,08	6,97	15,67	1,47	16	18
			0			2	0	0		a				
<b>P-v</b>	0,30	0,	0,78	0,52	0,40	0,60	0,52	0,13	0,73	0,58	0,487	0,99	0,28	0,70
	3	527	8	7	5	0	5	3	5			8	7	1
<b>D1</b>	8,22	269	12,7	1,24	10	17,0	55,5	14,4	5,43	6,21	16,97	1,33	15	18
			7			0	5	0						
<b>D2</b>	8,18	287	12,8	1,21	11	19,7	55,6	11,8	5,88	6,72	14,56	1,83	15	18
			8			5	2	5						
<b>D3</b>	8,08	350	14,1	1,28	10	16,3	53,1	12,5	5,25	6,14	21,62	1,32	25	16
			5			8	2	5		a				
<b>P-v</b>	0,06	0,18	0,49	0,84	0,42	0,75	0,58	0,04	0,90	0,95	0,280	0,76	0,05	0,87
	2	3	2	3	5	6	3	2	2	4		7	8	1
<b>APM</b>	8,19	403,	14,0	1,30	10	20,5	59,3	14,2	4,96	5,76	0,30	1,32	51	6
		8	0				3	3						
<b>APN</b>	8,14	391,	12,4	1,35	11	20,5	55,0	14,9	5,75	6,47	0,32	1,63	60	4
<b>M</b>		0	3				0	5						
<b>P-v</b>	0,66	0,92	0,53	0,84	0,42	1		0,71	0,40	0,47	0,816	0,41	0,24	0,30
	3	4	5	6	6		0,90	7	3	6		2	3	4
							9							

**Légende :** PP : Pratique paysanne ; BV : Bouse de vache ; BC : Bouse de chèvre ; FV : Fiente de volaille ; D : Dose ; AMa : Association Tomate + Mais ; APv : Association Tomate + Poivron ; ACh : Association Tomate + chou ; ACr : Association Tomate + Carotte ; Ame : Association Tomate + Melon ; Mo : Monoculture ; As : Association ; APM : Association avec plante mycorhizienne ; APNM : Association avec plante non mycorhizienne ; GL : Glomaline; SA : Stabilité d'Agrégat

L'analyse texturale a montré que les sols étudiés sont de type sablo-limono-argileux qui est favorable pour la culture de la tomate (Tableau 2). Il ressort de l'analyse des propriétés chimiques (Tableau 3) que le pH est basique quelle que soit le traitement (Tableau 3), cette basicité est due à la nature du sol et l'analyse de la variance montre une différence non significative entre les traitements ( $P > 0,1$ ). Pour la conductivité électrique, qui est très faible et non saline au niveau de substrat du sol, la différence statistique n'est pas significative entre traitements, avec une  $P$ -value = 0,231. On constate la même analyse au niveau des pratiques agricoles et des systèmes de cultures, dont la valeur de la conductivité électrique est aussi faible.

L'analyse des valeurs des éléments de matière organique : carbone (C) et azote (N) a montré que tous les traitements ont apportés une amélioration de la teneur de MO dans les parcelles expérimentales. Aussi, cette amélioration est similaire au niveau des pratiques agricoles. La différence statistique est non significative entre les traitements et entre les pratiques agricoles au seuil de  $P=5\%$ .

La valeur de l'azote assimilable est homogène et statistiquement non significative entre les différents traitements et les pratiques agricoles et une même valeur ( $N_{ass} = 20,5$ , avec  $P$ -value = 1) pour le système de l'association avec plante mycorhizienne et le système de l'association avec plante non mycorhizienne.

Le phosphore assimilable varie de 60,5 mg/kg pour l'association tomate + oignon à 42,5 mg/kg pour la pratique paysanne dose 3, dont l'analyse de la variance ANOVA n'a révélé aucune différence significative. Ainsi, il varie de 59,33 mg/kg pour l'association avec plante mycorhizienne à 50 mg/kg pour le type de fertilisant (bouse de vache), dont la différence statistique n'est significative entre tous les facteurs des pratiques agricoles.

La valeur la plus élevée de CEC est de l'ordre de 18,3  $cmol_c/kg$  pour le traitement de l'association tomate + carotte et la valeur la plus petite est de 11,1  $cmol_c/kg$  pour le traitement bouse de vache dose 3. La différence entre les traitements est très significative avec le  $P$ -value = 0,000\*\*\* dans l'ordre suivant: Acr>FVD1>Ama>PPD1>PPD3>FVD2>BCD3>AME>BCD1>BVD2>BCD2>BVD1>FVD3>APv>ACh>PPD2>BVD3. Aussi la valeur de CEC a montré une différence significative entre les systèmes de culture dans l'ordre de As>Mo et entre les différentes doses de traitements dans l'ordre D2>D3>D1. Mais, l'analyse statistique a montré une différence non significative pour la valeur de CEC entre les types des traitements et l'association avec une plante mycorhizienne et non mycorhizienne.

L'analyse de la variance ANOVA, après le test de normalité (Shapiro Wilk), montre qu'il n'y a pas des différences significatives pour la composition du complexe d'échange, sauf pour le sodium ( $Na^+$ ), avec une grande valeur de (0,50) pour le traitement bouse de vache, dose 2 (BVD2) et avec une petite valeur de l'ordre de (0,15) pour le traitement bouse de vache dose 1 (BVD1). Aussi concernant les pratiques agricoles, l'analyse statistique de valeur de sodium ( $Na^+$ ) a montré une différence significative entre les systèmes de culture en monoculture ou en association. On constate que le taux des éléments cationiques dépend plus de la matière organique, mais parfois de la pratique agricole, selon les résultats de cette étude. Ainsi, les valeurs des éléments de bases échangeables montrent une différence non significative entre les facteurs de pratiques agricoles.

Les métaux lourds analysés (Tableau 5) ont montré une valeur très élémentaire sans distinction aucune, par rapport aux traitements, la bouse de chèvre dose 3 et dose 1 ont enregistré respectivement une grande valeur au niveau du plomb et de cuivre, suivi par le système de culture d'association de tomate avec poivron pour le chrome. Et les traitements possédant la plus petite valeur sont bouse de vache dose 2 pour le plomb (Pb) et la pratique paysanne dose 1 pour le Cuivre (Cu). Cependant sur toute l'analyse statistique pour la présence en métaux lourds montre que la différence est non significative de chaque traitement. On constate que les 2 éléments majeurs analysés de métaux lourds à risque pour la santé humaine et agricole : le plomb (Pb), le cuivre (Cu) sont en trace quasi-nulle.

### Corrélation 2 à 2 entre les variables physico-chimiques (test de Pearson)

Tableau 4:- Matrice de corrélation Test de Pearson.

	pH	EC	C	N	C/N	N <sub>ass</sub>	Pass	CEC	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cu	Pb
pH	1,00													
EC	-	1,00												
C	-	0,19	1,00											
	-	-0,28	0,29											

<b>N</b>	-	<b>-0,19</b>	<b>0,94</b>	<b>1,00</b>										
	<b>0,23</b>													
<b>C_N</b>	-	<b>-0,31</b>	<b>0,12</b>	-	<b>1,00</b>									
	<b>0,09</b>			<b>0,18</b>										
<b>Nass</b>	-	<b>0,07</b>	-0,03	-	<b>0,39</b>	<b>1,00</b>								
	<b>0,14</b>			<b>0,20</b>										
<b>Pass</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>	<b>-0,15</b>	-	-	-	<b>1,00</b>							
				<b>0,10</b>	<b>0,09</b>	<b>0,37</b>								
<b>CEC</b>	<b>0,13</b>	-0,04	<b>0,17</b>	<b>0,16</b>	-	-	<b>-0,24</b>	<b>1,00</b>						
					0,02	0,02								
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	-	<b>-0,23</b>	<b>0,15</b>	0,01	<b>0,34</b>	<b>0,43</b>	<b>-0,18</b>	0,00	<b>1,00</b>					
	<b>0,37</b>													
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	-	<b>-0,15</b>	<b>0,22</b>	<b>0,13</b>	<b>0,20</b>	<b>0,28</b>	<b>-0,16</b>	<b>0,09</b>	<b>0,83</b>	<b>1,00</b>				
	<b>0,39</b>													
<b>Na<sup>+</sup></b>	-	<b>0,45</b>	<b>0,08</b>	<b>0,19</b>	-	-	<b>0,11</b>	<b>0,09</b>	-	-0,04	<b>1,00</b>			
	<b>0,25</b>				<b>0,35</b>	<b>0,07</b>			<b>0,16</b>					
<b>K<sup>+</sup></b>	-	<b>-0,16</b>	-0,01	-	<b>0,31</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,34</b>	<b>0,13</b>	<b>0,59</b>	<b>0,42</b>	0,00	<b>1,00</b>		
	<b>0,11</b>			<b>0,09</b>										
<b>Cu</b>	-	-0,02	0,00	-	<b>0,15</b>	-	<b>0,20</b>	0,03	-	<b>-0,14</b>	<b>0,11</b>	<b>0,09</b>	<b>1,00</b>	
	<b>0,13</b>			0,03		<b>0,10</b>			0,01					
<b>Pb</b>	<b>0,12</b>	0,05	<b>-0,10</b>	-	-	-	<b>0,32</b>	<b>-0,20</b>	-	<b>-0,31</b>	<b>0,10</b>	-	<b>0,32</b>	<b>1,00</b>
				0,01	<b>0,15</b>	<b>0,38</b>			<b>0,20</b>				<b>0,29</b>	

Le tableau 4(test de Pearson)a montré, une corrélation dans le sens positif entre la teneur en azote (N) et en carbone (C). Aussi entre le calcium Ca<sup>2+</sup> et le magnésium (Mg<sup>2+</sup>) et potassium (K<sup>+</sup>) et entre le Pass et entre le pH et la conductivité électronique (CE). Donc, ces résultats montrent une bonne corrélation entre les bases échangeables et au contraire entre la teneur en carbone et en azote.On constate une corrélation très forte entre les métaux lourds et les éléments nutritifs en majorité dans le sens négatif en occurrence C/N, Nass, CEC, bases échangeables, mais au contraire entre les métaux lourds, même s'ils sont en éléments de traces.

### Discussion:-

Le sol a une texture sablo-limono-argileuse qui est favorable à la culture irriguée dont notamment la tomate. Un bon rendement est envisageable, si les éléments minéraux indispensables ont été fournis en quantités importantes par la fumure organique pour le bon développement de la culture.L'étude de l'efficacité agronomique de composts de déchets de récolte sur deux cultures maraichères: la tomate et la laitue a montré une texture sablo-limoneuse est favorable à la cultures irriguée (Garba et al, 2022). Les études menées ont rapporté qu'une texture limoneuse des sols est excellente et convenable à la plupart des cultures y compris celle de tomate(Giguère, 2002; Buol et al., 2011; Pypers et al., 2011, Ballot et al, 2016). Les sols analysés révèlent une texture légèrement semblable à celle de la région de Bouskoura qui sont de type limono-sableux avec des pourcentages d'argiles variant entre 6,3% et 8,3%, des pourcentages de sables variant de 57,30% à 74,30% et des pourcentages de limons variant de 19,40% à 35% (Saber et al, 2014).Tous les horizons présentent la même répartition massique des fractions et sous-fractions texturales. L'analyse granulométrique révèle que le sol du champ sur lequel l'essai a été installé appartient à la classe des limons sableux (Soumoy, 2018).

Le pH eau des sols étudiés, moyennement basique est resté pratiquement constant pour tous les traitements et les pratiques agricoles avec une différence statistique non significative. L'élévation du pH du sol par l'application des fumures organiques est au fait que la matière organique (MO), fixe certains éléments comme le fer et l'aluminium qui peuvent être source d'acidité. L'augmentation du pH des sols pourrait aussi s'expliquer par les apports de bases (Ca<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>) contenues dans les fumures organiques. L'augmentation du pH du sol par apport de matière organique a été rapportée par Poundou et al., (2014). Ces résultats au contraire à l'application les traitements au compost simple et au phosphocompost, dont le pH du sol est resté pratiquement constant (Garba et al, 2022). La faible baisse du pH due à l'application des engrais chimiques (NPK + urée) pourrait être due à l'effet acidifiant de l'urée sur le sol à cause des ions NH<sup>4+</sup>. Augusto et al., (2006), a montré que les engrais dont l'azote est sous forme uréique pouvaient entraîner une acidification du sol. Soumoy, 2018 a également conclu que l'utilisation des engrais chimiques tels que l'urée et le NPK pouvait entraîner une baisse du pH du sol. Le CO<sub>2</sub> dissout dans la solution du sol et l'extrusion de

H<sup>+</sup> lors de l'absorption de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> constituent des facteurs qui diminuent le pH des composts incorporés au sol (Marschner, 2012).

Cette bonne teneur en azote total, en carbone et en matières organiques pourrait s'expliquer par le fait que les fumures organiques utilisées ont favorisé les apports en ces éléments nutritifs. Ces résultats précisent que la bouse de vache est un engrais de qualité, notamment par sa forte teneur en azote et en carbone à l'état soluble que la bouse de chèvre et la fiente de volaille. On déduit que l'azote est un facteur essentiel à la croissance des plants, surtout au niveau des feuilles et des tiges. Toutefois la teneur en azote de fiente de volaille est supérieure à celle de la bouse de vache à l'état initial. Ces résultats sont conformes aux résultats obtenus, le traitement T4 (40 t. ha<sup>-1</sup> de la biomasse du *Sida cordifolia* : BSC) a donné après deux campagnes (2017 et 2018) le taux de carbone le plus élevé que les autres traitements. Quant à la teneur des sols en azote, elle est la plus élevée pour le traitement T5 (0,12%) et la plus faible pour le témoin absolu (0,05%) (Souley et al, 2020). Ainsi, la matière organique permet à la fois l'alimentation des plantes en libérant les éléments minéraux adsorbés et le stockage de ces éléments. Par conséquent, elle empêche le lessivage des éléments minéraux en raison de très faible capacité d'adsorption des colloïdes minéraux. Elle constitue l'un des principaux moteurs de l'amélioration de la fertilité du sol et du rendement de culture (Akanza et Albert, 2011). Les résultats obtenus lors de cet essai sont en contradiction avec ceux obtenus par Laufer et al. (2016). La CEC suit en général la même distribution que celle de la MO car celle-ci est porteuse de nombreuses charges négatives contribuant à l'établissement de la CEC (Soumoy, 2018). La stratification de la MO entraîne donc également une stratification de la CEC dans le sol. Selon Hubert et Schaub (2011), la matière organique joue un rôle physique dans le sol pour la cohésion, la structure, la porosité, la rétention ou le stockage de l'eau, etc. Enfin elle joue un rôle chimique dans la nutrition des plantes à travers des actions de dégradation, minéralisation, etc. Ces résultats diffèrent de ceux de (Soumoy, 2018) qui a montré que les taux d'azote, de phosphore et de potassium diminuent dans les sols amendés avec des engrais organiques et soumis à une culture continue. Toutefois, ces résultats corroborent les travaux de (Kaho, 2011) qui a obtenu des taux d'augmentation des paramètres physicochimiques du sol après l'incorporation des feuilles de *Tithonia diversifolia* pour la culture de maïs au Cameroun. L'augmentation des taux des éléments observés entre le début et la fin de l'expérimentation pourrait être liée à la teneur initiale en carbone et en matière organique de la biomasse du *Sida cordifolia* qui ont des effets positifs sur les activités biologiques du sol (Kaho, 2011). Cette accumulation de MO en surface a de nombreuses conséquences sur les propriétés chimiques et physiques du sol.

Les valeurs de P assimilable l'ensemble des échantillons de sols étudiés se situent dans la valeur de référence, mais les résultats montrent que la bouse de vache a augmenté significativement plus la teneur en P assimilable que la fiente de volaille (P<0,05). Ces résultats sont en accord avec ceux d'une étude sur les effets de la Fertilisation à Base de la Biomasse du *Sida cordifolia* L. sur les performances agronomiques et la rentabilité économique de la Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Culture Irriguée : une augmentation des teneurs en phosphore au niveau des traitements T1, T3, T4 et T5 a été obtenue comparativement à la teneur initiale de cet élément (Souley et al., 2020). Cette tendance a été aussi observée pour ce qui est du potassium. Cette affirmation est confirmée par les résultats des études menées par (Ballot et al, 2016) et avec ceux obtenus par (Bertrand et Gigou, 2000; Luciens et al, 2012). Aussi, l'utilisation des composts a un effet significatif sur la teneur du sol en phosphore assimilable. Cette augmentation a été de l'ordre de 32,44% à 150,72% pour le Phosphore assimilable (Garba, et al, 2022). Les teneurs observées pour les éléments nutritifs majeurs confirment la capacité des composts élaborés à restaurer la fertilité des sols d'étude par leur richesse en nutriment (Garba, et al, 2022). Les résultats de cette étude ont montré une augmentation des éléments nutritifs majeurs du sol, ceux-ci sont en rapport avec l'utilisation de fumures organiques et sont similaires avec ceux de Joseph et al. (2019) ont confirmé la capacité du compost à restaurer les propriétés d'un sol acide. L'amélioration des teneurs de phosphore après amendement avec le compost simple et le phospho-compost atteste que la minéralisation s'est faite au fil du temps. Les teneurs observées pour les éléments nutritifs majeurs confirment la capacité des composts élaborés à restaurer la fertilité des sols d'étude par leur richesse en nutriment. Aussi l'amélioration de la fertilité de sol à base de fumures organiques dans cette étude en macronutriments comme le phosphore est confirmé par les études qui prouvent que l'enrichissement des fertilisants a entraîné une accélération de la décomposition de la matière organique et par conséquent, une chute de sa teneur et celle en magnésium au cours du compostage du fait de la stimulation de l'activité biologique par l'apport d'azote, à travers l'urée, dont la teneur a augmenté. Toutefois, les teneurs en phosphore et en potassium ont connu une hausse liée à l'enrichissement (Kouassi et al., 2019).

La teneur en azote assimilable est une valeur homogène sur tous les traitements et pratiques agricoles. Ces résultats corroborent à une étude sur les paramètres agronomiques de tomate et la fertilité du sol qui a montré qu'en termes



de valeur fertilisante, excepté l'azote dont la teneur est relativement identique, Fertinova et Organova sont plus riches en éléments nutritifs (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, CaO) que Biodeposit agro (Aboubacar et al., 2022). Il ressort qu'ils améliorent les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et de ce fait améliorent la production de tomate et de l'aubergine (Zakaria et al., 2019). En effet, l'application du turbo-bio et du polyter permettrait de réduire l'acidité et d'améliorer l'activité biologique du sol. De plus, l'application du Polyter et du Turbo-Bio, a permis d'induire une production de biomasses plus importante et a également favorisé la floraison et la fructification (Zakaria et al., 2019). Cette teneur élevée et homogène de l'azote assimilable s'explique par les apports constants des fumures organiques et de matière organique en favorisant le dégagement du CO<sub>2</sub>. L'effet positif de phosphore et de l'azote sur la minéralisation de la matière organique a été rapporté par plusieurs auteurs (Gnankambary et al., 2008 ; Diarra, 2009 ; Lompo et al., 2009).

La conductivité électrique est non saline, car elle est inférieure à 0,5 ds/m. La conductivité électrique CE reflète le degré de salinité du compost utilisé comme engrais et indique ses possibles effets phytotoxiques/inhibiteurs sur la croissance des plantes (par exemple faible taux de germination, flétrissement, etc...) (Lin, 2008). Un compost avec une CE faible peut être utilisé directement alors qu'un compost avec une haute CE doit être bien mélangé avec de la terre ou d'autres matériaux à faible CE avant qu'il puisse être utilisé pour les cultures (Lin, 2008). Les valeurs observées passent de 47,5 µ/cm pour le témoin (0% du compost) à 48,5 µ/cm, 67,6 µ/cm et 84,5 µ/cm respectivement pour le compost simple, le phosphocompost et pour le NPK (Garba et al., 2022). L'analyse des résultats montre que la salinité du sol exprimée en conductivité électrique (CE) a augmenté en présence des amendements. L'augmentation de la CE pourrait être causée par la libération de sels minéraux tels que les phosphates et les ions ammonium par la décomposition des substances organiques (Gómez et al., 2008). La conductivité électrique (CE) du sol de tous les traitements ne dépasse pas la teneur limite de 3 ms/cm, ce qui indique que la CE ne pourrait pas nuire à la croissance des plantes (Soumaré, 2002). La valeur de la CE obtenue dans cette expérimentation concorde avec celle obtenue au cours des travaux de Chennaoui et al. (2016), Cette valeur corrobore les travaux de CE (Doucet, 2006; Borah et al., 2010), aussi la faible teneur de CE est favorable pour les cultures maraichères.

Les bases échangeables analysées ont montré qu'il y a une quantité importante en calcium (Ca<sup>2+</sup>) et magnésium (Mg<sup>2+</sup>). Ensuite, les teneurs en potassium (K<sup>+</sup>) et sodium (Na<sup>+</sup>) du sol présentent des valeurs acceptables pour l'ensemble des échantillons de sol, comparées aux valeurs de référence respectives 0,15-0,25 cmol/kg<sup>-1</sup> et 0,3-0,7 cmol/kg<sup>-1</sup>. Ces résultats sont supérieurs à ceux de travaux sur les effets des restitutions organiques (Kambiré, 1994; Kawano, 2001). Ces échantillons présentent une capacité d'échange cationique assez importante par rapport au seuil critique ( $9 \leq \text{CEC} \leq 12 \text{ cmol/kg}^{-1}$ ). Les résultats de cette étude sont similaires comparés aux valeurs de référence respectives 7,5-15 cmol/kg<sup>-1</sup> et 10-20 cmol/kg<sup>-1</sup> (La France et al., 2012). Selon, Garba et al., 2022, qu'une augmentation significative de la concentration minérale dans les traitements avec le compost simple, le phosphocompost et le NPK a été constatée par rapport au témoin. En effet, cette augmentation a été de l'ordre de 12,5 à 150% pour le Ca<sup>2+</sup>, de 16 à 33,91% pour le K<sup>+</sup> respectivement dans les traitements avec le compost simple et le phosphocompost et 28,28 % pour le K<sup>+</sup>, 40% pour le Mg<sup>2+</sup> et aucune augmentation pour le Ca<sup>2+</sup>. L'ajout des composts a eu un effet significatif sur les teneurs du sol en azote et en carbone organique. Toutefois, il n'a pas affecté la CEC du sol.

La présence des métaux lourds dans le sol perturbe la population microbienne, dont peu de microorganismes du sol sont résistants aux métaux lourds et peuvent les transférer à la chaîne alimentaire. De faibles concentrations de ces derniers sont bénéfiques pour la croissance des microorganismes, mais une concentration plus élevée est nocive (Deepthi et al., 2014). Les végétaux plantés dans un milieu de croissance contenant du compost ont un meilleur rendement. Le compost ajoute non seulement de la matière organique au sol mais aussi des éléments traces tels que le fer, le manganèse, le cuivre, le zinc et le bore, nécessaires à la croissance des végétaux (Gomez et al., 2006).

### Conclusion:-

Les sols étudiés présentent en surface (0-20 cm) et en fonction des traitements et des pratiques agricoles ont une texture sablo-limono-argileuse et un pH basique favorable à la culture de tomate. Le bilan des éléments nutritifs révèle, une bonne disponibilité en éléments minéraux dont les plus marquées concernent le calcium et le magnésium échangeables, suite à l'augmentation de fumures organiques. Ensuite, la teneur de la matière organique et en éléments majeurs (azote, phosphore et potassium) sont suffisantes pour optimiser le rendement de tomate et avec des traitements accessibles par les producteurs paysans. Et, cela permet, d'améliorer l'équilibre écologique pour un environnement sain. En outre, l'utilisation des légumineuses en association de culture et l'incorporation des résidus de culture constituent des solutions envisageables pour l'entretien de la fertilité des sols.

Des études complémentaires s'avèrent nécessaires pour bien cerner l'environnement de production durable et à haut rendement des cultures irriguées afin d'améliorer le revenu des paysans producteurs.

### Bibliographie sur les propriétés physico-chimiques:-

1. Aboubacar COULIBALY, Jean OUÉDRAOGO, Sadya Roseline NACRO et Idriss SERME, (2022), Effets des fertilisants organiques sur la production de la tomate et les paramètres chimiques du sol au Centre Nord du Burkina Faso, pp : 19 Available on : ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.net>
2. AkanzaKouadjo Paul et Yao-kouame Albert, (2011), Fertilisation organo-minérale du manioc (*Manihotesculenta*Crantz) et diagnostic des carences du sol CNRA, BP 1740 Abidjan (Côte d'Ivoire); Université de Cocody, 06 BP 688 Abidjan 06 (Côte d'Ivoire) pp : 10 Available on : [www.biosciences.elewa.org](http://www.biosciences.elewa.org),
3. Arsène A. S., (2009), Le concept de niche écologique associé à la co-existence des espèces végétales : mise en évidence du rôle de la symbiose mycorhizienne et de sa microflore associée dans la structuration de la strate herbacée en milieu tropical, Mémoire de thèse, pp : 275 Available on : [http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCD\\_T\\_2009\\_0004\\_SANON.pdf](http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCD_T_2009_0004_SANON.pdf)
4. Augusto L., Badeau V., Arrouays D., Trichet P., Flot J.L., Jolivet C. et Merzeau D., (2006), Caractérisation physico-chimique des sols à l'échelle d'une région naturelle à partir d'une compilation de données, étude et Gestion des Sols, Volume 13, 1, 2006 -7-22 pp : 16 Available on : [https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2017/10/EGS\\_13\\_1\\_augusto.pdf](https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2017/10/EGS_13_1_augusto.pdf)
5. Ballot C. S. A., Mawussi G., Atakpama W., Moita-Nassy M., Yangakola T. M., Zinga I., Silla S., Kpérkouma W., Dercon G., Komlan B. And Koffi A., (2016), Caractérisation physico-chimique des sols en vue de l'amélioration de la productivité du manioc (*Manihotesculenta*Crantz) dans la région de Damara au centre-sud de Centrafrique. *Agronomie Africaine* 28 (1): 9 - 23. Available on : <https://www.ajol.info/index.php/aga/article/view/16413>
6. Bénard CAMILLE, (2009), Etude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en polyphénols chez la tomate, UMR 1121 Nancy Université-INRA Agronomie et Environnement 266p, HAL Id: tel-01748724 <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01748724>
7. Bertrand Roger, Gigou Jacques. 2000. La fertilité des sols tropicaux. Paris : Maisonneuve et Larose, 397 p. (*Le Technicien d'agriculture tropicale*, 40) ISBN 2-7068-1429-2
8. Ballot C, S, A., Mawussi G., Atakpama w., MOITA-nassy M., yangakola T, M., Zinga, silla kpérkouma S, Dercon w, G., komlan B, et koffi A, (2016), caractérisation physico chimique des sols en vue de l'amélioration de la productivité du manioc (*Manihotesculenta*Crantz) dans la région de damara au centre-sud de centrafrique, *Journal Agronomie Africaine*, pp :15.eISSN: 1015-2288 Available on : <file:///C:/Users/Delegue/Downloads/164135-Article%20Text-424223-1-10-20171220-1.pdf>
9. Borah, K.K., Bhuyan, B. & Sarma, H.P. Lead, arsenic, fluoride, and iron contamination of drinking water in the teagardenbelt of Darrang district, Assam, India. *Environ Monit Assess* 169, 347–352 (2010). <https://doi.org/10.1007/s10661-009-1176-2>
10. Buol SW, Southard RJ, Graham RC, McDaniel PA. 2011. Morphology and Composition of Soils. In *Soil Genesis and Classification*, Buol SW, Southard RJ, Graham RC, McDaniel PA (6th Edn). John Wiley & Sons Inc: USA; 35-87. DOI: 10.1002/9780470960622 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2011.01405.x>
11. Chennaoui M., Salama Y., Makan A., et Mountadar M., (2016), Valorisation Agricole D'un Compost Produit À Partir Du Compostage En Cuve Des Déchets Municipaux. 19p DOI: 10.19044/esj.2016.v12n35p247 *European Scientific Journal* December edition vol.12, No.35 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857-7431 URL: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n35p247>
12. Deepthi, M, S, Reena, T, and Deepu, M, S, (2014), In vitro study on the effect of heavy metals on PGPR microbes from two different soils and their growth efficiency on *Oryza sativa* (L.), *J. Biopest* 7(1):64-72(2014), pp : 9
13. Diwediga, B., Hounkpe, K., Wala, K., Batawila, K., taton, t., Akpagana, K, (2012), Agriculture de contre saison sur les berges de l'oti et ses affluents, *African Crop Sci J*, 20, 613-624. ISSN 1021-9730/2012 , pp : 12
14. Diarra BG. 2009. Influence du phosphore, de l'azote et du houppier sur les rendements du sorgho (*Sorghum bicolor*), les fractions du phosphore et l'activité des microorganismes du sol d'un parc agroforestier de la zone soudanienne du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, option Agronomie, Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 70p.

15. Doucet, R. (2006) Le climat et les sols agricoles. Edition, Berger, Eastman, Québec. Vol. 15, 443p. Available on : [https://www.abebooks.fr/climat-sols-Agricoles-Doucet-Roger %C3%89ditions/1318799682/bd](https://www.abebooks.fr/climat-sols-Agricoles-Doucet-Roger-%C3%89ditions/1318799682/bd)
16. Fortin J-A, (2016), Les mycorhizes, l'azote, l'eau et la glomaline <https://www.agrireseau.net/blogue/93742/les-mycorhizes-l-azote-l-eau-et-la-gломalin>[En ligne]. Consulté le 14/12/2022
17. GARBA Ousmane, ZANGUINA Adamou, MELLA Mamane Tchicama, ADDAM KIARI Saidou et Issaka Mahamadou Saidou Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC) e-ISSN: 2278-5736. Volume 15, Issue 8 Ser. I (August 2022), DOI: 10.9790/5736-1508016877 pp : 11 [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)
18. Giguère, R, (2002), Botanique et horticulture dans les jardins du Québec Éditions Multi, Mondes, société des amis du Jardin Van den Hende, 245, 289-440-263 Available on : <http://www.cfc-cfr.ca/uploads/Membres/Comm.BotaniqueJBL.pdf>.
19. Gnankambary Z, Ilstedt U, Nyberg G, Hien V, Malmer A. 2008. Nitrogen and phosphorus limitation of soil respiration in two tropical agroforestry park lands in the south-Sudanese zone of Burkina Faso: the effects of tree canopy and fertilization. Soil Biology and Biochemistry, 40(2): 350-359. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.08.015>
20. Guéro Y, Dan Lamso N, (2006), Les projets de restauration des ressources naturelles et de la fertilité des sols Etude sahélienne pp: 3-34 CRESA-NIAMEY Available on : [http://www.mangalani-consult.org/fichiers/ressources/GRN04\\_CRESA.pdf](http://www.mangalani-consult.org/fichiers/ressources/GRN04_CRESA.pdf)
21. Hein, A., Day, P.M., Quinn, P.S. and Kilikoglou, V. (2004) The Geochemical Diversity of Neogene Clay Deposits in Crete and Its Implications for Provenance Studies of Minoan Pottery. Archaeometry, 46, 7-384. Available on : <https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2004.00163.x>
22. Hubert, G., Schaub, C, (2011), La fertilisants des sols, L'importance des matières organiques, Chambre d'Agriculture, Bas-Rhin, Service Environnement-Innovation, pp : 46, Available on : <https://agriculture-de-conservation.com/La-fertilite-des-sols-l-importance.html>
23. Kaho, F., Yemefack, M., Feujio-teguefouet, P., Tchanchaouang, J., (2011), Effet combiné des feuilles de tithonia diversifolia et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun, tropicultura 29, 39-45 pp : 7 Available on : <http://www.tropicultura.org/text/v29n1/39.pdf>
24. Jordan-Meille, L., Pellerin, S. (2004), Leaf area establishment of a maize (Zea Mays L.) field crop under potassium deficiency. Plant Soil 265, 75-92 (2004). pp : 17 <https://doi.org/10.1007/s11104-005-0695-z>
25. Joseph Tshalupite, Alain Kitabalamisonga, Emery Kasongomukonzolenge et Luciens Nyembokimuni, (2019), Effets des composts ménagers sur les propriétés du sol et sur la productivité des cultures légumières : cas de la tomate (Lycopersicon esculentum Mill). J. Biol. Chem. Sci. 13(7): 3411-3428, Décembre 2019 ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print) Available on : <http://www.ifgdg.org> Int
26. Kambiré, S, (1994), Systèmes de culture paysan et productivité des sols ferrugineux lessivés du plateau central (Burkina Faso): effets des restitutions organiques, thèse doctorat troisième cycle, université de Dakar, 182p, Available on : <https://beep.ird.fr/collect/uouaga/index/assoc/M07277.dir/M07277.pdf>
27. Kawano, Kazuo, (2001), The role of improved cassava cultivars in generating income for better farm management. In: Howeler, Reinhardt H.; Tan, Swee Lian (eds.). Cassava's potential in Asia in the 21st Century: Present situation and future research and development needs: Proceedings of the sixth Regional workshop, held in Ho Chi Minh City, Vietnam, Feb. 21-25, 2000. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cassava Office for Asia, Cali, CO. p. 5-15. Available on : <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/82421>
28. Koull N, Halilat MT. 2016. Effets de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla (Algérie). Et. Gest. Sols, 23(1): 9-20, pp : 12
29. Kouassi Y. F., Gbogouri G. A., N'guessan K. A., Bilgo A., Pascal Angui K. T., Ama T. J. (2019), Effets de fertilisants organique et organo-minéral base de déchets végétaux et animaux sur la croissance et le rendement du soja (Glycine max(L.) MERRILL) en zone de savane de Côte d'Ivoire Agronomie Africaine 31 (1) : 1 - 12 (2019) p : 12 Available on : <https://www.ajol.info/index.php/aga/article/view/186708>
30. La France, D., Leblanc, M., Gilbert, P., -A., Moreau, G., Lefebvre, M., Weill, A., Duval, J., Painchaud, J., Houle, Y., (2012), Mise au point et validation d'un système de travail minimum du sol avec planches permanentes en culture maraîchère biologique, pp : 20 Available on : [https://cetab.bio/wp-content/uploads/2013/07/cetab.2012.planches\\_permanentes.pdf](https://cetab.bio/wp-content/uploads/2013/07/cetab.2012.planches_permanentes.pdf)
31. Lin, C. (2008): A negative-pressure aeration system for composting food wastes. Biores Technol, Bioresource Technology 99 (2008) 7651-7656, pp : 6 Available on : [file:///C:/Users/Delegue/Downloads/A\\_negative\\_pressure\\_aeration\\_system\\_for.pdf](file:///C:/Users/Delegue/Downloads/A_negative_pressure_aeration_system_for.pdf)
32. Lompo F, Segda Z, Gnankambary Z, Ouandaogo N. 2009. Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs. Tropicultura, 27(2): 105-109. <http://www.tropicultura.org/text/v27n2/1>

33. Luciens, N,K., Yannick, U,S., Michel, M,M., David, B,M., Emery, K,L., Louis, B,L,(2012), Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPKS et Urée) sur le rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de Zeamays L, à Lubumbashi, Sud-Est de la RD Congo, Journal of Applied Biosciences 59, 4286-4296,ISSN 1997-5902 pp : 11 Available on :<http://www.m.elewa.org/JABS/2012/59/2.pdf>
34. Laufer, D., Loibl, B., Märlander, B., Koch, H.-J., 2016. Soilerosion and surface runoffunderstrip tillage for sugarbeet (*Beta vulgaris* L.) in Central Europe. Soil Tillage Res. 162, 1-7.pp : 3Available on : <https://daneshyari.com/article/preview/305326.pdf>
35. Marschner P., (2012),Mineral nutrition of higher plants, 3ième édition. AcademicPress. ISBN: 978-0-12-384905-2. London. -649 p. Available on : [https://home.czu.cz/storage/737/65060\\_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf](https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf)
36. Milleville, P.,Serpantié, G, (1994), Dynamiques agraires et problématique de l'intensification de l'agriculture en Afrique soudano-sahélienne : Agrariandynamics and the question of the intensification of farming in the Sahelian and savanna zones of Africa, Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France 80, 149-161,pp :13 Available on :<https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:43575>
37. Mollier, A. 1999. Croissance racinaire du maïs (*Zeamays* L.) sous déficience en Phosphore. Etude expérimentale et modélisation. Thèse de doctorat. Université de Paris XI Orsay. Paris, France. 201 p. Available on :[https://hal.inrae.fr/tel-02840596/file/These\\_Mollier\\_1999\\_1.pdf](https://hal.inrae.fr/tel-02840596/file/These_Mollier_1999_1.pdf)
38. Mrabet Rachid, Lahlou Sabah, Bissonnais Yves Le et Duval Odile, (2004),Estimation de la stabilite structurale des solsemi-arides marocains. Influence des techniques culturales simplifiees pp : 12Available on : <https://beep.ird.fr/collect/bre/index/assoc/23-405-4.dir/23-405-415.pdf>
39. Naika S,, Joep V,, , Marja G,, , Martin H,, Barbara V, (2005), La culture de tomate: production, transformation et commercialisation, Agrodok n°17 ; Publisher: CTA/ ISBN: 92-9081-300-8pp:107Availableon : <file:///C:/Users/Delegue/Downloads/Laculturedelatomate.pdf>
40. Pypers, P., Sanginga, J,-M., Kasereka, B., Walangululu, M., Vanlauwe, B, (2011), Increasedproductivitythroughintegratedsoilfertility management in cassava-legumeintercroppingsystems in the highlands of Sud-Kivu, DR Congo, Field cropsresearch 120, 76-85, pp : 10 Journalhomepage:[www.elsevier.com/locate/fcr](http://www.elsevier.com/locate/fcr) RECA, (2016), La tomate au Niger 21p Available on : [https://reca-niger.org/IMG/pdf/Tomate\\_Konni\\_Mai\\_2016\\_RECA\\_comp.pdf](https://reca-niger.org/IMG/pdf/Tomate_Konni_Mai_2016_RECA_comp.pdf)Rillig, M.C., Wright, S.F. &Eviner, V.T. (2002). The role of arbuscularmycorrhizalfungi and glomalin in soilaggregation: comparingeffects of five plant species. Plant and Soilpp : 9 Available on :<https://doi.org/10.1023/A:1014483303813>
41. Saber N,, Chemsy Z,, Zaakour F,, Matech F,, Moustarhfer K,, Mohcine,,H, (2014), Distribution des éléments traces métalliques dans les sols avoisinant la cimenterie de bouskoura-maroc distribution of trace metals in soilsaround the bouskouracement plant morocco” EuropeanScientific Journal edition vol,10, No,27, pp : 18 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431
42. Saidou, A., Kossou, D., Azontonde, A., Hougni, D, (2009), Effet de la nature de la jachère sur la colonisation de la culture subséquente par les champignons endomycorhiziens: cas du système‘jachère’manioc sur sols ferrugineux tropicaux du Bénin, International Journal of Biological and Chemical Sciences 3,DOI: 10.4314/ijbcs.v3i3.45330 pp : 11 Available on : <https://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/view/45330>
43. Shepherd, K,D,, Palm, C,A,, Gachengo, C,N,, Vanlauwe, B, (2003), Rapidcharacterization of organicresourcequality for soil and livestock management in tropical agroecosystemsusingnear-infraredspectroscopy, Agronomy Journal 95, 1314-1322, pp : 9 Available on : <http://apps.worldagroforestry.org/sensingsoil/publications/agroecosystems002.pdf>
44. Steinberg PD, Rillig MC, (2003), Differentialdecomposition of arbuscularmycorrhizalfungalhyphae and glomalin, SoilBiolBiochem,; 35(1):191-194, pp : 3 Available on : <https://doi.org/10.1139/cjb-2015-024>
45. Soumoy, Rodolphe, (2018), Le strip-till végétal : effets sur les propriétés physico-chimiques du sol. Faculté des bioingénieurs, Université catholique de Louvain, 2018. Prom. : Bertin, Pierre. pp : 127 <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:17261>
46. Souley Maman Sadi, AddamKiariSaidou, MourouBoube, Jens B. Aune, (2020), Effets de la Fertilisation à Base de la Biomasse du Sida cordifolia L. sur les Performances Agronomiques et la Rentabilité Économique de la Tomate (*Lycopersicumesculentum* Mill.) en Culture Irriguée Doi:10.19044/esj.2020.v16n3p127 pp : 24Available on :<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n3p127>
47. M. Soumaré, A. Demeyer, F. M. G. Tack and M. G. Verloo, “ChemicalCharacteristics of Malian and Belgian Solid Waste Composts,” BioresourceTechnology, Vol. 81, No. 2, 2002, pp. 91-101. doi:10.1016/S0960-8524(01)00125-0
48. Tahirou Seydou, Zerbo Patrice, Ouattara Sadia, SanouYacouba et Ado Maman Nassirou, (2022), Caractérisation des paramètres physico-chimiques du sol de la zone rizicole deSaga (Niamey) dans la vallée du

- fleuve Niger, ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print) pp : 14 Available on : <file:///C:/Users/Delegue/Downloads/Article2TAHIROUetAl-1.pdf>
49. Toundou O, Tozo K, Feuillade G, Pallier V, Tcheguëni S, Dossou SSK. 2014. Effets de composts de déchets sur les propriétés chimiques du sol et la solubilité d'éléments minéraux sous deux régimes hydriques en conditions contrôlées au Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8(4): 1917-1926. pp : 9 DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i4.51>
  50. Wright, S.F., Green, V.S. and Cavigelli, M.A. (2007) Glomalin in Aggregate Size Classes from Three Different Farming Systems. *Soil & Tillage Research*, 94, pp : 546-549. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2006.08.003>
  51. Zakari Abdoul Habou1, Nouhou Mohamed1, Ibrahim Salifou2, Nouhou Bakoye, (2008), Fertilisation minérale chez les cultures maraichères. 4p, Available on : <http://www/inran.intnet.ne>
  52. Zakaria KONFE1, Bienvenu ZONOU2 et Edmond HIEN,(2019), Influence d'intrants innovants sur les propriétés du sol et la production de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) et d'aubergine (*Solanum melongena* L.) sur un sol ferrugineux tropical en zone soudano-sahélienne au Burkina Faso, pp : 18 Available on : <http://www.ifgdg.org>.