Journal Homepage: -www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/19566
DOI URL: http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/19566

RESEARCH ARTICLE

L'ASSOCIATION MAÏS-NIEBE ET LA RESTITUTION ORGANIQUE SONT-ELLES LE MOTEUR D'UNE GESTION DURABLE DES SOLS A L'OUEST DU BURKINA FASO ?

Kalifa Coulibaly[1], Louis P. Yaméogo[2], Mamadou Traoré[1], Alain P.K. Gomgnimbou[2], Bernard Bacyé[1] and Hassan B. Nacro[1]

1. Laboratoire d'étude et de recherche sur la fertilité du sol et les systèmes de production (LERF/SP), Institut du Développement Rural (IDR), Université Nazi BONI (UNB); BP 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
2. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)/Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Station de Farako-Bâ, 01 BP 910, Bobo Dioulasso, Burkina Faso.

Manuscript Info

Manuscript History
Received: 28 July 2024
Final Accepted: 30 August 2024
Published: September 2024

Key words:-
Mulching, Organo-Mineral Fertilization, Soil Moisture, Micro-Organisms, Soil Fertility, Burkina Faso

Abstract

Are maize-cowpea associations and organic restitution the driving force behind sustainable soil management in western Burkina Faso?

Soil fertility management is one of the key factors in the sustainability of cropping systems in western Burkina Faso. With this in mind, a study was carried out on the management of crop residues, fertilization and the inclusion of legumes in the cropping system. The aim was to determine the effects of mulching, insertion of cowpeas into the cropping system and organo-mineral fertilization on soil fertility. The experimental design was a strip split plot with 4 replications and three treatments corresponding to 3 crop residue management methods, 3 cropping systems with or without maize and cowpea, and 2 types of fertilization. Trials were conducted from the 2018 to 2020 cropping seasons. Soil moisture, the number of fungal and bacterial colonies and soil chemical characteristics were determined in 2020. The results show a significant increase in soil moisture on maize-wheat association plots of 9.28 and 8.58% for the 0-20 cm depth and 6.85 and 5.31% for the 20-40 cm depth respectively compared with pure maize and cowpea cultivation. For crop residue management and fertilization, soil moisture levels were identical for all treatments. Concerning soil micro-organisms, the results show that five (05) types of fungi were identified on the different treatments: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium moniliforme*, *Geotrichum candidum* and *Trichoderma sp*. The results obtained show no significant difference between treatments at the 5% threshold, either for fungi, bacteria or soil chemical characteristics. Consequently, the maize-cowpea association can be considered a sustainable soil fertility management practice in the western region of Burkina Faso. However, the choice between recycling crop residues by mulching and applying organo-mineral fertilizer must be determined by the farms themselves, according to their socio-economic reality.

Copyright, IJAR, 2024,. All rights reserved.

CorrespondingAuthor:-Kalifa Coulibaly
Address:-Laboratoire d'étude et de Recherche sur la Fertilité du Solet les Systèmes de Production (LERF/SP),Institut du Développement Rural (IDR), Université Nazi BONI (UNB); BP 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

……..

Introduction:-

La gestion durable des agrosystèmes constitue un enjeu majeurau Burkina Faso. Or, des travaux montrent que le maintien voire l'amélioration de la fertilité du sol peut contribuer à cette gestion durable des agrosystèmes. C'est dans ce sens que des travaux ont porté sur différentes techniques comme la gestion des résidus de récolte, l'apport de fertilisants, la conservation des eaux et des sols (CES), l'agroforesterie et les légumineuses. En ce qui concerne la gestion des résidus de récolte, une étude menée par Bacyé et al. (2021) a récemment démontré l'efficacité du recyclage des résidus de bananier par paillage et enfouissement combiné avec l'application de fumure azotée pour améliorer les rendements de maïs. De même, les travaux réalisés par Koulibaly et al. (2010) recommandent une gestion intégrée des résidus de récolte ainsi que l'utilisation de phosphate naturel pour garantir la durabilité des systèmes de culture coton-céréales en zone cotonnière du Burkina Faso.

Concernant la fertilisation, Bacyé et al. (2019), ont identifié les apports de fumier sur des portions des champs, les apports d'engrais sur les cultures de cotonnier et de maïs et la jachère comme les principales pratiques de fertilisation dans la zone cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso. Ils ont montré également que seuls les apports organiquespermettent une amélioration significative au seuil de 5 % des teneurs en matières organiques, de la capacité d'échange cationique (CEC), de la somme de bases échangeables et du pH du sol. Sanon et al. (2021) ont trouvé qu'après deux années de culture, le traitement qui combine le fumier de poules et l'urée, entraine une augmentation significative de la matière organique de 0,94%, du phosphore total de 10% et de l'azote total de 21% par rapport au traitement sans fertilisants. Les travaux sur la conservation des eaux et des sols, montrent que les pratiques intégrant les cordons pierreux et le zaï améliorent les caractéristiques chimiques majeures et le niveau de stock du carbone du sol à l'Est du Burkina Faso (Gnissien et al., 2021). Au Niger, les travaux de Ado et al. (2021) montrent que le rendement en grains du sorgho est 3 à 4 fois plus élevé dans les ouvrages de demi-lunes multifonctionnelles que dans les ouvrages de zai et des demi-lunes conventionnelles. Pour l'agroforesterie, Bright et al. (2021) ont montré que le système de culture intégrantGuierasenegalensisaméliore la qualité et la structure du sol, car les apports de litière par G. senegalensis augmentent considérablement la matière organique du sol, ce qui devrait augmenter l'agrégation du sol. Les travaux de Felix et al. (2018) ont conclu que l'atténuation de la dégradation des sols dans des conditions semi-arides au Burkina Faso nécessiterait de grandes quantités d'amendements à base de bois raméaux fragmentés, si le niveau d'activité des termites est élevé.Les travaux sur les légumineuses deTanoh et al., (2022) montrent que leurs résidus sont plus riches en azote et contribuent à enrichir le sol en cet élément, et que les cultures succédant aux légumineuses peuvent bénéficier indirectement de l'azote fixé par l'entremise des résidus laissés par ces légumineuses.PourYéo et al. (2022) qui ont travaillé sur l'arrière effet de trois légumineuses alimentaires (arachide, niébé et soja) sur la productivité del'aubergine, l'arachide et le niébé peuvent être utilisés comme une alternative d'origineorganique aux engrais minéraux pour la culture de l'aubergine en Côte d'Ivoire.

C'est à la lumière des résultats obtenus grâce à ces différentes pratiques que l'on a mis en place un dispositif expérimental en 2018, visant à évaluer les effets de la combinaison de différentes techniques de gestion de la fertilité du sol sur la production du maïs et de 2 légumineuses ainsi que sur les propriétés du sol. L'objectif de cet article est donc de montrerles effets du paillage, de l'insertion du niébé dans le système de culture et de la fertilisation organo-minérale sur la fertilité du solaprès 3 campagnes d'expérimentation.

Matériel et Méthodes:-

Le dispositif expérimental a déjàété décritepar Coulibaly et al. (2023). Ainsi, les descriptions de la zone d'étude, du matériel végétal, du dispositif expérimental ainsi que de la conduite de l'expérimentation sont identiques à celles de cet article.

Présentation de la zone d'étude

L'étude a été conduite sur le domaine de l'Université Nazi BONI (UNB), implanté dans le village de Nasso au Burkina Faso. Ce village est rattaché à la commune urbaine de Bobo-Dioulasso, chef-lieu de la région des Hauts-Bassins à l'Ouest du Burkina Faso. Les coordonnées du site sont : 11°13'0'' N et 4°25'60'' W (Figure 1)

Avec une pluviosité annuelle comprise entre 800 mm et 1200 mm, le village de Nasso appartient au climat sud soudanien (Fontes et Guinko, 1995). Les hauteurs d'eau ont été recueillies durant la période allant de la mise en place des cultures (juillet) jusqu'à l'arrêt des pluies (octobre). La pluviosité était de 1016,25 mm en 51 jours pour la

campagne 2018, 1349,8 mm en 97 jours pour la campagne 2019 et de 1132,5 mm en 42 jours pour la campgane 2020. Le mois d'Août répresente le mois le plus pluvieux avec 398,25 et 486 mm respectivement pour 2018 et 2020. En 2019, c'est le mois de juillet qui était le mois le plus pluvieux avec 18 jours de pluie et une hauteur de 354,7 mm.

La zone d'étude se caractérise par une végétation dense, portant les formations forestières les plus denses du pays. La savane y est globalement plus haute et mieux couvrante (Diallo, 1997). C'est une savane boisée divisée en trois strates : arborée, arbustive et herbacée. La strate arborée comporte des espèces comme *Vittelaria paradoxa* Gaerth.f., *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G Don, *Tamarindus indica* L. La strate arbustive est constituée par les Combretacées et des espèces comme *Piliostigma thonningii* (Schumach.) Milne-Redh, *P. reticulatum* (OC.) Hochst et *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. Et Dalz. La strate herbacée est dominée par, les espèces telles, *Andropogon gayanus* Kunth, *Crotalaria retusa* Linnaeus. On y rencontre, à part la végétation naturelle, des plantations d'arbre notamment : *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Gmelinaarborea*Roxb. ex Sm. et *Tecnona grandis*L.f.

Les sols de notre site d'étude sont de type ferrugineux tropical lessivé à taches et à concrétions de texture limono-sableux à argilo-sableux.

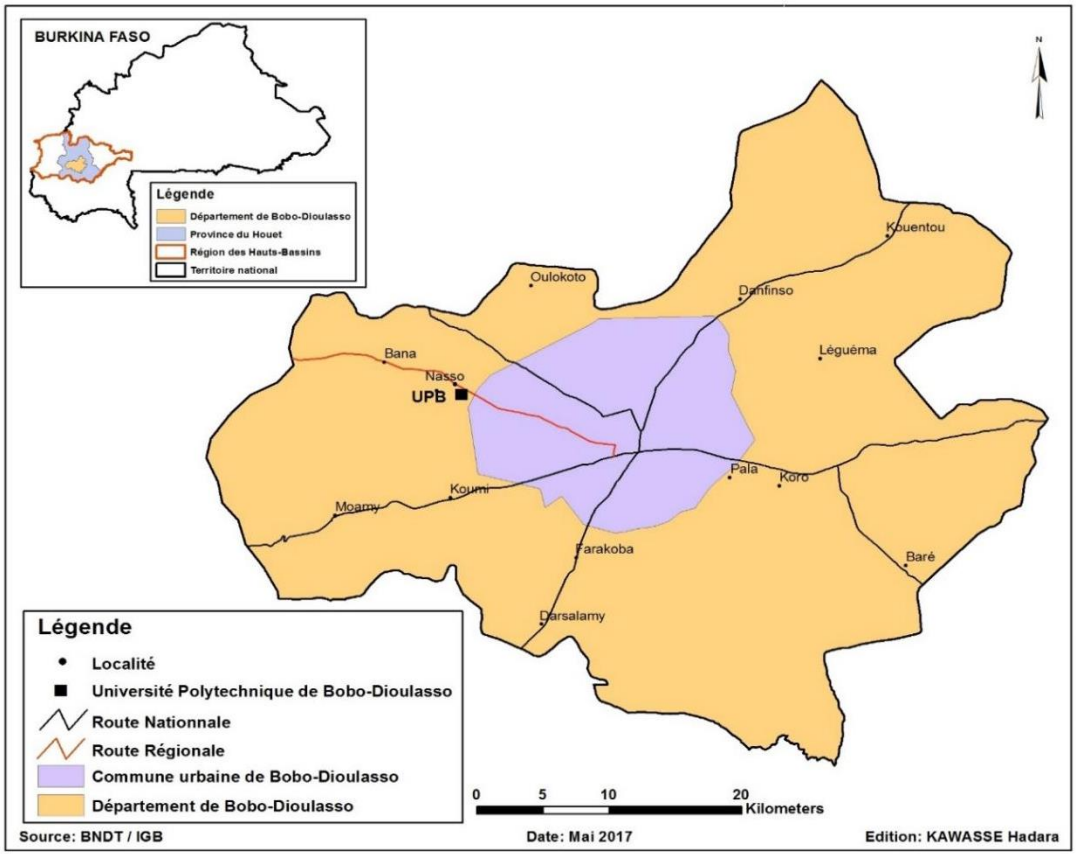

Figure 1:- Localisation de Nasso dans le département de Bobo-Dioulasso.

Matériel d'étude:-

Le matériel végétal est composé de la variété de maïs (*Zea mays* L.) SR21, l'ambérique (*Vigna radiata* L.Wilczek) et la variété de niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.)KVX 745-11P. Les semences ont été acquises auprès de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles à Farakô-ba (INERA-Farakô-ba). La variété SR21 de maïs a un cycle de 95 jours. La variété KVX 745-11P de niébé a un cycle semis-maturité de 75 jours. L'ambérique a un cycle 75-90 jours.

Les fertilisants utilisés sont la fumure organique sous forme de compost de résidus de végétaux et les engrais minéraux à savoir le complexe NPK (15-15-15) et l'Urée (46% N). Le compost a été achetée au niveau de l'INERA-Farakô-ba en 2018 (

Tableau 1) et au niveau d'une entreprise de commercialisation de fertilisants en 2020 (Tableau 2). Les fertilisants minéraux ont été achetés sur le marché local de Bobo-Dioulasso.

Tableau 1:- Paramètres chimiques de la fumure organique (FO) utilisée en 2018.

Paramètreschimiques	pH-eau	pH-KCl	Carbone (%)	MO (%)	N (%)	C/N	P-total (mg/kg)	K-total (mg/kg)
Teneur dans la FO	8,30	7,63	22,10	38,10	1,67	13	2296,43	30439,33

Tableau 2:- Paramètres chimiques de la fumure organique (FO) utilisée en 2020.

Paramètreschimiques	**M.O**	**N**	**P_20_5**	**K_2O**	**Oligo-éléments (Fe, B, Zn, Mo)**	**C/N**
Teneur dans la FO	26%	2%	3%	2%	Traces	12

Légende : FO = fumure organique, M.O = matière organique, N = azote, Ptotal = phosphore total, K_total = potassium total, P_20_5 = pentoxyde de phosphore et K_2O = Oxyde de potassium

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental était un strip split plots à trois (03) facteurs (travail du sol, système de culture, fertilisation) en quatre (04) répétitions. Il s'étendait sur 94 m de longueur et 41 m de largeur, soit 3 854 m² de superficie totale. Les répétitions étaient séparées entre eux par une allée de deux (02) mètres. Les facteurs principaux (modes de gestion des résidus de culture) sont séparés entre eux par une allée de 1 m tandis que les parcelles élémentaires sont séparées entre elles par une allée de 0,5 m. Chaque parcelle élémentaire a une superficie de seize mètre carré (16 m^2) soit 4 m x 4 m. Au total, on dénombrait cent quatre-vingt (180) parcelles élémentaires. Les différents traitements formulés tenant compte des différents facteurs, sont :

Modes de gestion des résidus de culture

1. **T1 :** labour + exportation de résidus de récolte ;
2. **T2 :** labour + Enfouissement de tous les résidus de récolte de la parcelle ;
3. **T3 :**semis direct + paillage de la parcelle.

Système de culture :

1. **S1 :** maïs en culture pure ;
2. **S2 :**ambérique en culture pure en rotation avec le maïs ;
3. **S3 :** niébé en culture pure en rotation avec le maïs ;
4. **S4 :** maïs en association avec le niébé ;
5. **S5 :** maïs en association avec l'ambérique.

Fertilisation

1. **FM :** fumure minérale : 150 kg/ha de NPK et 50 kg/ha d'Urée pour le maïs (en pur ou en association) ; 100 kg/ha de NPK pour les légumineuses ;
2. **fom :** fumure organo-minérale faible dose (2 t/ha de fumure organique et FM) ;
3. **FOM :** fumure organo-minérale forte dose (5 t/ha de fumure organique et FM).
4. Une rotation de cultures entre les légumineuses et le maïs a été effectuée sur les parcelles de culture pure de légumineuse.

Conduite de l'expérimentation

En 2018, toute la parcelle a été défrichée et labourée à une profondeur de 20 cm. Il n'y avait donc pas de différence entre T1, T2 et T3 durant cette campagne. La fumure organique a été apportée à des doses de 2 t/ha tous les ans, et 5 t/ha en 2018 et 2020 suivant les traitements. Le semis du maïs a été fait à raison de 2 à 3 grains par poquet, avec des écartements de 40 cm entre les poquets et 80 cm entre les lignes. Un démariage à 2 plants par poquet a été effectué 15 jours après semis (JAS). L'apport de NPK a été fait aux poquets, à raison de 150 kg/ha dans les parcelles du maïs à 15 JAS. Au 30^e JAS en 2018 et au 35^e JAS en 2020, l'Urée a été apporté aux poquets, à la dose de 50 kg/ha dans

les parcelles du maïs. Les semis du niébé et de l'ambérique ont été réalisés 15 JAS du maïs, aussi bien en association qu'en culture pure. Le semis de ces légumineuses a été effectué entre les lignes du maïs sur les parcelles d'association à un écartement de 40 cm entre les poquets et aux écartements de 40 cm x 80 cm en culture pure. Un apport de 100 kg/ha de NPK aux parcelles des légumineuses en pure et en association, a été effectué au 15^{e} JAS des légumineuses dans les poquets. Deux à trois sarclages ont été effectués selon le niveau d'enherbement des parcelles.

Variables collectées

Les variables déterminées sont l'humidité pondérale du sol, le nombre de bactéries et de champignons, ainsi que les caractéristiques chimiques du sol.

La mesure de l'humidité du sol a concerné tous les traitements (T1, T2 et T3) du facteur mode de gestion des résidus de récolte, les traitements S1, S3 et S4 pour le facteur système de culture et les traitements FM et FOM pour le facteur fertilisation. Un échantillon composite a été constitué à partir de trois (03) points suivant une diagonale de chaque parcelle élémentaire. Trois (03) mesures ont été réalisées successivement au 15èmejour avant semis (AVS) du maïs, au 15ème, 45èmeet 75ème jour après semis (JAS) du maïs. L'échantillonnage a été effectué à l'aide d'une tarière sur les profondeurs 0-20 cm et 20-40 cm. Après prélèvement, les échantillons de sol sont immédiatement pesés pour déterminer le poids humide. Les échantillons sont ensuite mis dans une étuve à une température de 105°C pendant 24 heures, puis pesés à nouveau pour déterminer le poids sec.

Les traitements retenus pour les mesures des bactéries et des champignons sont le T1 pour le mode de gestion des résidus de récolte, le S1, S3 et S4 pour le facteur système de culture et FM et FOM pour le facteur fertilisation. Sur chaque parcelle élémentaire, les prélèvements ont été effectués en deux (02) points sur la diagonale à une profondeur de 0-20 cm.

Concernant le dénombrement des bactéries, la méthode de suspension-dilution ou dilutions plates a été utilisée (Rapilly, 1968). Le dénombrement des champignons a été fait selonla méthode de saupoudrage (Warcup, 1950). La clé d'identification de Mathur et Kongsdal (2003) a servi pour la reconnaissance des espèces fongiques cultivées.

Les paramètres chimiques du sol ont été déterminés sur les traitements T1 et T2 du facteur mode de gestion des résidus de récolte, les traitements S1, S3 et S4 pour le facteur système de culture et les traitements FM, fom et FOM pour le facteur fertilisation. Les paramètres mesurés sont le pH_{H2O} et le pH_{KCl}selon la norme AFNOR (1981), l'azote total (N), le phosphore total (Pt),le potassium total (Kt) et disponible (Kdispo) selon la méthode KJELDAHL (Hillebrand et al., 1953), le phosphore assimilable (Pass)selon la méthode Bray l (Bray and Kurtz, 1945), le carbone total (C) selon la méthode Walkley et Black (1934) et la capacité d'Echange Cationique (CEC) selon la méthode de Metson comprenant trois étapes.La prise d'échantillons est effectuée à l'aide d'une tarière sur les profondeurs 0-20 cm.

Analyse de données

Les données ont été analysées avec le logiciel Stata version 12.0. Les analyses de variance (ANOVA) ont été réalisées et le test de Newman StudentKeuls au seuil de 5% a permis de comparer les moyennes lorsque les différences étaient significatives.

Résultats:-

Effets du mode de gestion des résidus de récolte, du système de culture et de la fertilisation sur l'humidité du sol

Le travail du sol n'a pas eu un effet significatif ($p>0,05$) sur l'humidité du sol aussi bien sur la profondeur 0-20 cm que celle de 20-40 cm. L'humidité a varié entre 6,30 % et 9,19 % pour les 2 profondeurs (Tableau 3).

Le système de culture a par contre induit une variation très hautement significative ($p< 0,0001$) de l'humidité du sol à la profondeur 0-20 cm avec 6,14 % pour S1 et 6,71 % pour S4. Pour la profondeur 20-40 cm, l'humidité a varié également de façon hautement significative ($p=0,003$) entre 8,90 % (S1) et 9,51 % (S4).

L'humidité n'a pas varié significativement ($p>0,05$) selon les types de fertilisation aussi bien pour la profondeur 0-20 cm que pour 20-40 cm.

Selon les dates d'observation, les valeurs de l'humidité du sol ont varié au niveau de la profondeur 0-20 cm, entre 4,59 % au 75ème JAS et 8,57 % au 45ème JAS. Pour la profondeur 20-40 cm, les valeurs de l'humidité ont varié entre 6,88 % au 75ème JAS et 11,58 au 45ème JAS.

Seule l'interaction entre le système de culture et la date d'observation, a été significative pour les profondeurs 0-20 cm (p=0,0002) et 20-40 cm (p=0,016). Les autres interactions n'ont pas été significatives au seuil de 5%.

Tableau 3:- Variation de l'humidité du sol (%) en fonction du mode de gestion des résidus de récolte, du système de culture, de la fertilisation et la date d'observation.

Traitements		**0-20 cm**	**20-40 cm**
Travail du sol	**T1**	6,30±0,19	9,18±0,24
	T2	6,42±0,19	9,06±0,24
	T3	6,31±0,19	9,19±0,24
	Pr> F	0,504	0,747
	Significatif	NS	NS
Système de culture	**S1**	$6,14^{a}$±0,21	$8,90^{a}$±0,26
	S3	$6,18^{a}$±0,19	$9,03^{a}$±0,23
	S4	$6,71^{b}$±0,16	$9,51^{b}$±0,22
	Pr> F	< 0,0001	0,003
	Significatif	THS	HS
Fertilisation	**FM**	6,41±0,15	9,16±0,18
	FOM	6,27±0,16	9,13±0,21
	Pr> F	0,109	0,865
	Significatif	NS	NS
	15AVS	$5,83^{b}$±0,09	$9,08^{b}$±0,20
	15JAS	$6,38^{c}$±0,12	$9,03^{b}$±0,13
Dates de mesure de l'humidité	**45JAS**	$8,57^{d}$±0,07	$11,58^{c}$±0,14
	75JAS	$4,59^{a}$±0,11	$6,88^{a}$±0,16
	Pr> F	< 0,0001	< 0,0001
	Significatif	THS	THS
TdS*SdC	**Pr >F**	0,751	0,443
TdS * Fertilisation		0,668	0,387
TdS *Dates		0,393	0,065
SdC*Fertilisation		0,723	0,709
SdC*Dates		**0,0002**	**0,016**
Fertilisation*Dates		0,594	0,489
TdS*SdC*Fertilisation		0,489	0,917
TdS*SdC*Dates		0,75	0,465
TdS*Fertilisation*Dates		0,155	0,826
SdC*Fertilisation*Dates		0,745	0,69

Légende :T1 : labour + exportation de résidus de récolte ; T2 : labour + Enfouissement de tous les résidus de récolte de la parcelle ; T3 : semis direct + paillage de la parcelle ; S1 : maïs en culture pure ; S3 : niébé en culture pure en rotation avec le maïs ; S4 : maïs en association avec le niébé ; FM : fumure minérale : 150 kg/ha de NPK et 50 kg/ha d'Urée pour le maïs (en pur ou en association) ; 100 kg/ha de NPK pour les légumineuses ; FOM : fumure organo-minérale forte dose (5 t/ha de fumure organique et FM) ; TdS : travail du sol ; SdC : système de culture ; AVS : jour avant semis, JAS : jour avant semis : NS : non significatif ; HS :hautement significatif ; THS : très hautement significatif.

La valeur de l'humidité du sol sur 0-20 cm, a varié entre 4,15 % pour l'interaction S1*75JAS et 8,71 pour l'interaction S1*45JAS (Tableau 4). Pour 20-40 cm, la valeur de l'humidité a varié entre 6,22% (S1*75JAS) et 11,74 % (S1*45JAS). On observe qu'il y a 4 groupes d'interaction qui sont constitués : le premier groupe est constitué de la culture pure du maïs à 75 JAS, le deuxième groupe est composé du niébé en culture pure (S3) et en association avec le maïs (S4) à 75 JAS, le troisième groupe est composé de tous les systèmes de culture à 15 jours avant semis et 15 jours après semis et le quatrième groupe de tous les systèmes de culture à 45 JAS.

Tableau 4:- Variation de l'humidité du sol (%) en fonction de l'interaction entre le système de culture et la date de mesure de l'humidité.

	Profondeur du sol (cm)	
Interactions	**0 – 20**	**20 - 40**
S1*75JAS	4,15^{a}±0,20	6,22^{a}±0,22
S3*75JAS	4,70^{b}±0,18	7,18^{b}±0,30
S4*75JAS	4,93^{b}±0,12	7,24^{b}±0,24
S1*15AVS	5,44^{c}±0,15	8,62^{c}±0,34
S3*15AVS	5,56^{cd}±0,13	8,84^{cd}±0,34
S3*15JAS	5,96^{de}±0,22	8,54^{c}±0,24
S1*15JAS	6,24^{e}±0,16	9,01^{cd}±0,23
S4*15AVS	6,48^{e}±0,09	9,78^{d}±0,33
S4*15JAS	6,94^{f}±0,15	9,55^{cd}±0,13
S3*45JAS	8,49^{g}±0,13	11,56^{e}±0,22
S4*45JAS	8,51^{g}±0,12	11,46^{e}±0,30
S1*45JAS	8,71^{g}±0,12	11,74^{e}±0,19
Pr >F	0,0002	0,016
Significatif	HS	S

Légende : S1 : maïs en culture pure ; S3 : niébé en culture pure en rotation avec le maïs ; S4 : maïs en association avec le niébé ; AVS : jour avant semis, JAS : jour avant semis : S : significatif ; HS : hautement significatif.

Effets du système de culture et de la fertilisation sur le nombre de bactéries et de champignons du sol

Les différentes observations à la loupe et la confrontation avec la clé d'identification des champignons font état de cinq (05) types de champignons identifiés sur les différents traitements qui sont : *Aspergillus flavus* qui présente des conidies vert-clair ; *Aspergillus niger* dont les conidies sont noir-foncé ; *Fusarium moniliforme* présentant des conidies de couleur violacées ; *Geotrichum candidum* à conidies formant un tapis blanc à ras du milieu de culture et *Trichoderma sp.*qui présente à la loupe des conidies de couleur jaune – claire (Tableau 5). Quel que soit le système de culture et quelle que soit la fertilisation, *Geotrichum candidum* est le champignon le plus représenté avec un nombre variant entre 55,00±20,82 et130,83±18,32 colonies/g de sol. *Trichoderma sp* est le moins représenté avec un nombre variant entre 9,17±4,17 et 21,11±6,17 colonies/g de sol.

Pour le système de culture, le nombre moyen de colonies bactériennes varie entre 37 495 978±10 117 384 CFU/g (S1) et 40 576 868±11 802 466 CFU/g (S3) (Tableau 5). Pour la fertilisation, le nombre moyen de colonies bactériennes est de 38 811 845±7 210 897 CFU/g pour FM et 38 695 341±8 600 185 CFU/g pour FOM.

Concernant les bactéries, l'analyse de variance n'a montré aucune différence significative, aussi bien pour les interactions entre le système de culture et la fertilisation (p=0,623) que les facteurs principaux (p=0,969 pour le système de culture ; p=0,943 pour la fertilisation).

L'analyse de variance effectuée sur les différentes colonies de champignons, a révélé qu'il n'y avait aucune interaction significative entre le système de culture et la fertilisation, ainsi que pour les différents traitements de fertilisation identifiés, quel que soit le champignon considéré. Cependant, il convient de noter que les différents systèmes de culture ont eu un impact significatif sur le nombre de colonies du champignon *F. moniliforme* (p=0,04). Ce sont les parcelles de maïs en association avec le niébé qui ont induit le plus grand nombre de champignon de ce type (48,33±6,79 de *F. moniliforme* / g de sol), significativement supérieur au maïs en culture pure (20±8,47 de *F. moniliforme* / g de sol). Ces parcelles forment tout de même un groupe hétérogène avec les celles de niébé en culture pure en rotation avec le maïs. Aucune différence n'est observée pour les autres colonies de champignon.

Tableau 5:-Variation du nombre de colonies de champignons et bactéries en fonction du système de culture et de la fertilization**.**

Traitement	*Aspergillus flavus*/ g de sol	*Aspergillus niger*/ g de sol	*Fusarium moniliforme*/ g de sol	*Geotrichum candidum*/ g de sol	*Trichoderma sp* / g de sol	Bactéries (CFU/g)
S1	25,94±4,41	40,00±15,49	20,00^{a}±8,47	102,50±22,83	20,00±9,66	37 495 978±10 117 384
S3	32,55±10,73	29,17±8,98	24,17^{ab}±5,97	130,83±18,32	19,17±9,08	40 576 868±11 802 466
S4	43,85±7,49	31,67±10,78	48,33^{b}±6,79	55,00±20,82	9,17±4,17	38 155 012±9 590 508
Pr> F	0,13	0,86	0,04	0,09	0,42	0,96
Significatif	NS	NS	S	NS	NS	NS
FM	35,67±7,12	33,33±7,31	31,67±7,12	102,22±20,90	21,11±6,17	38 811 845±7 210 897
FOM	32,56±6,46	33,89±11,57	30,00±7,22	90,00±18,33	11,11±6,50	38 695 341±8 600 185
Pr> F	0,69	0,89	0,84	0,68	0,05	0,94
Significatif	NS	NS	NS	NS	NS	NS
SdC * Fertilisation	0,28	0,19	0,17	0,41	0,63	0,62
	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Légende :S1 : maïs en culture pure ; S3 : niébé en culture pure en rotation avec le maïs ; S4 : maïs en association avec le niébé ; FM : fumure minérale : 150 kg/ha de NPK et 50 kg/ha d'Urée pour le maïs (en pur ou en association) ; 100 kg/ha de NPK pour les légumineuses ; FOM : fumure organo-minérale forte dose (5 t/ha de fumure organique et FM) ; NS : non significatif ; S :significatif.

Effets du mode de gestion des résidus de récolte, du système de culture et de la fertilisation sur les caractéristiques chimiques du sol

Après les 3 années d'expérimentation, les sols des parcelles d'études sont restés acides avec un pHeau variant autour de 5 (Tableau 6). Les teneurs en C, N, P et K totaux et en K disponible, ont également peu varié au bout des 3 années d'expérimentation. Le P assimilable est passé de 1,59 mg/kg avant la mise en place de l'essai à près de 8 mg/kg (selon le traitement et la pratique) après les 3 années d'expérimentation. La CEC a également augmenté après les 3 années d'essais en passant de 1,92 $Cmol^+$/kg à près de 4 $Cmol^+$/kg. Pour l'ensemble des paramètres chimiques, la différence observée entre les traitements n'est pas significative ($p>0,05$) quel que soit le mode du travail du sol, le système de culture ou le type de fertilisation. Globalement, on note aussi que les interactions n'ont pas été significatives au seuil de 5%, exception faite à celle entre le travail du sol et le système de culture pour le K disponible.

Discussion:-

L'association maïs-niébé conserve plus l'humidité du sol que les cultures pures

Les résultats montrent que l'humidité du sol est plus élevée dans le traitement associant le maïs et le niébé comparé aux traitements avec culture pure de maïs et de niébé. Cela peut s'expliquer par le fait que le sol est bien couvert avec la présence des 2 cultures et l'évaporation y est réduite. Des auteurs ont montré effectivement qu'une bonne couverture du sol permet d'accroître la conservation de l'eau par la réduction de l'évaporation de l'eau qui y est infiltrée (Bouchenafa et al., 2014 ; Abarchi et al., 2018 ; Ouattara et al., 2018). Selon Bouchenafa et al. (2014), c'est la présence de couverture du sol qui permet de limiter l'évaporation de l'eausuite à la limitation de la remontée capillaire, favorise une meilleureconservation de l'eau en limitant les effets des facteurs abiotiques (leshautes températures et les vents). Pour Ouattara et al. (2018), l'amélioration de l'humidité du sol par la couverture, n'est perceptible qu'après une poche de sécheresse d'au moins cinq jours. La couverture du sol peut jouer un rôle clé dans la réduction du ruissellement et l'amélioration de l'infiltration de l'eau de pluie, ainsi que dans le maintien de l'humidité du sol. Selon Amani et al. (2022), une association de cultures appropriée peut permettre d'obtenir rapidement une couverture optimale du sol, qui peut mieux contrôler les pertes en terrepar le ruissellement, surtout pendant les deux premiers mois de la culture.

La gestion des résidus de récolte par paillage ou par enfouissement, a été similaire à la gestion par exportation suivi du labour concernant l'humidité du sol. L'absence de différence entre le paillage et le labour avec exportation de résidus de récolte, peut s'expliquer par le fait que le paillis a quasiment disparu durant la période de culture du fait de sa dégradation par les termites. Le sol se trouvait donc dans la situation de faible couverture. Or, c'est la présence de la couverture durant la période de culture qui est capable de stocker l'eau du sol et de réduire l'évaporation (Abarchi et al., 2018 ; Ouattara et al., 2018).

Les résultats indiquent que le développement de la plupart des champignons et des bactéries n'est pas associé au système de culture et au mode de fertilisation. Toutefois, en association maïs-niébé, le risque de développement important de *Fusarium moniliforme*, est à craindre. Cela peut s'expliquer par l'importance de l'humidité sur les parcelles d'association. Dossa et al. (2019), l'humidité et la température, jouent un rôle primordial dans le développement desFusarium en conditionnant la germination.

L'interaction entre le système de culture et la date d'observation, a été significative avec les valeurs plus élevées enregistrées au 45ème JAS. Cela peut s'expliquer par le fait que la croissance des plantes était importante et le sol était suffisamment humide à cette date qui correspondait au mois d'août (le mois le plus pluvieux de l'année). Vers la fin du cycle de maïs (75ème JAS), le sol est peu humide et le niébé, par le fait de la couverture du sol, améliore l'humidité du sol en culture pure et en association par rapport à la culture pure de maïs.

Tableau 6:- Variation des caractéristiques chimiques du sol en fonction du mode de gestion des résidus de récolte, du système de culture et de la fertilization.

		pH_{H2O}	**pH_{KCl}**	**C (%)**	**N (%)**	**Pt (mg/kg)**	**Pass (mg/kg)**	**Kt (mg/kg)**	**Kdispo (mg/kg)**	**CEC ($Cmol^+/kg$)**
Avant la mise en place de l'essai		5,61±5,83	4,83±0,57	0,27±0,05	0,03±0,0	56,25±8,58	1,59±0,13	525,75±83,68	56,32±25,78	1,92±0,48
Travail du sol	T1	5,80±0,03	4,58±0,06	0,30±0,01	0,03±0,0	51,53±3,77	7,81±0,98	497,26±18,62	45,24±2,48	3,65±0,13
	T2	5,80±0,04	4,58±0,06	0,29±0,01	0,03±0,0	54,18±2,54	6,05±0,44	515,99±11,23	52,36±3,19	3,77±0,14
	Pr> F	0,971	0,965	0,786	0,767	0,589	0,138	0,417	0,086	0,536
	Significatif	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Système de culture	S1	5,88±0,02	4,68±0,05	0,31±0,01	0,03±0,0	51,10±3,95	7,55±1,15	491,63±13,61	50,70±2,96	3,79±0,16
	S3	5,74±0,06	4,48±0,09	0,27±0,02	0,03±0,0	55,86±4,34	7,30±1,08	518,92±26,93	47,14±3,94	3,54±0,18
	S4	5,78±0,03	4,58±0,06	0,29±0,01	0,03±0,0	51,61±3,54	5,94±0,43	509,33±12,92	48,56±3,89	3,81±0,16
	Pr> F	0,093	0,166	0,298	0,344	0,685	0,479	0,616	0,769	0,472
	Significatif	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fertilisation	FM	5,76±0,05	4,50±0,07	0,29±0,02	0,03±0,0	49,89±4,39	6,66±1,09	514,31±26,79	43,08±3,24	3,75±0,21
	fom	5,81±0,04	4,56±0,06	0,29±0,02	0,03±0,0	52,01±3,77	6,37±0,94	504,00±10,12	49,44±3,59	3,80±0,12
	FOM	5,84±0,04	4,68±0,07	0,30±0,01	0,03±0,0	56,67±3,58	7,77±0,80	501,56±16,56	53,88±3,60	3,59±0,16
	Pr> F	0,448	0,212	0,863	0,918	0,514	0,585	0,889	0,103	0,655
	Significatif	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TdS*SdC	Pr> F	0,517	0,797	0,494	0,548	0,892	0,458	0,577	**0,037**	0,805
TdS * Fertilisation		0,879	0,695	0,864	0,702	0,663	0,784	0,302	0,917	0,674
SdC*Fertilisation		0,966	0,780	0,564	0,659	0,372	0,731	0,483	0,690	0,106
TdS*SdC*Fertilisation		0,906	0,822	0,486	0,495	0,771	0,752	0,594	0,843	0,908

Légende :T1 : labour + exportation de résidus de récolte ; T2 : labour + Enfouissement de tous les résidus de récolte de la parcelle ; S1 : maïs en culture pure ; S3 : niébé en culture pure en rotation avec le maïs ; S4 : maïs en association avec le niébé ; FM : fumure minérale : 150 kg/ha de NPK et 50 kg/ha d'Urée pour le maïs (en pur ou en association) ; 100 kg/ha de NPK pour les légumineuses ; fom : fumure organo-minérale faible dose (2 t/ha de fumure organique et FM) ;FOM : fumure organo-minérale forte dose (5 t/ha de fumure organique et FM) ; TdS : travail du sol ; SdC : système de culture ; NS : non significatif.

La fertilisation organo-minérale et l'insertion du niébé dans le système de culture sont un moyen de gestion durable des sols

La gestion des résidus de récolte par paillage, l'insertion des légumineuses en culture pure ou en association avec le maïs et la fertilisation organo-minérale sont des pratiques qui permettent de maintenir la fertilité du sol. Les résultats sur l'insertion des légumineuses, sont en accord avec ceux obtenus par Coulibaly et al. (2017) qui ont montré après 3 années d'expérimentation à l'Ouest du Burkina Faso, le maintien des caractéristiques chimiques du sol sous association maïs-légumineuses comparée à la culture pure du maïs. De même, Zongo et al. (2021), ont montré au Nord du Burkina Faso, qu'il n'y avait aucune différence significative entre les teneurs en N et P des sols sous sorgho associé au niébé comparativement à la monoculture du sorgho. Concernant la gestion des résidus de récolte, les travaux de Bacyé et al. (2021) montrent l'importance du recyclage par le paillage dans le maintien voire l'amélioration de certaines caractéristiques du sol. En effet, leurs résultats indiquent que le recyclage des résidus de bananier par le paillage permetd'une part un accroissement du pH et des teneurs en carbone total, azote total et potassium disponible et d'autre part le maintien des teneurs en phosphore total et assimilable et en potassium total dans la couche 0-20 cm du sol par rapport au ramassage des résidus. Pour Koulibaly et al. (2010), l'enfouissement destiges de maïs et la restitution de compost et de fumieratténuent les pertes en carbone et réduisent les pertesen calcium et magnésium échangeables en raison dela minéralisation de ces substrats organiques et deleurs effets sur les propriétés bio-physico-chimiquesdu sol. En somme, pour une durabilité des systèmes de culture dans l'Ouest du Burkina Faso, on peut suggérer le recyclage des résidus de récolte par paillage ou l'apport combiné de fumure organique et minérale et l'insertion du niébé.

Conclusion:-

Ce travaila été conduit sur un dispositif expérimental qui a combiné différentes techniques de gestion de la fertilité du sol. L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets de ces différentes techniques sur la fertilité du sol. Les résultats ont révélé que l'association maïs-niébé avait un effet positif sur l'humidité du sol par rapport aux cultures pures de maïs et de niébé. L'humidité du sol était similaire lorsque les résidus de culture étaient gérés par paillage, enfouissement ou exportation. De même, la fumure organo-minérale avait le même effet que la fumure minérale sur l'humidité du sol. Les caractéristiques chimiques et les micro-organismes du sol sont restés stables entre les différents traitements, quelle que soit la pratique agricole employée.

Bien que l'association maïs-niébé puisse être encouragée pour assurer la durabilité des systèmes de culture dans l'ouest du Burkina Faso, les résultats suggèrent que les producteurs devraient avoir le choix de la gestion des résidus de culture et du type de fertilisation en fonction de leurs réalités socio-économiques.

Conflits D'interets

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêts pour cet article.

Contributions Des Auteurs

KC, MT, APKG, BB et HBN ont tous travaillé sur l'élaboration du protocole et la mise en place de l'essai sur le terrain. LPY a fait le traitement statistique des données. KC a travaillé sur la rédaction du manuscrit qui a été relu par les autres co-auteurs.

Remerciements:-

Les auteurs remercient le FONRID qui a financé les travaux de recherches et les étudiants qui participer à la collecte des données.

Références:-

1. Abarchi I., Ado Salifou H., Timbely D., Zhan-Yu Z., Xiang-Ping G. et Wei-Mu W. 2018. Impact of drought on growth and yield of wheat as affected by mulch. Int. J. Biol. Chem. Sci. 12(4): 1824-1835; DOI: https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i4.24
2. Ado, MN, Moussa, MS. et KarimouAmbouta, H. 2021. Effets des Demi-Lunes Multifonctionnelles sur la Production du Sorgho en Afrique de l'Ouest : Cas de la Région de Tahoua au Niger. European Scientific Journal,17(34) : 112, https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n34p112
3. AFNOR, 1981. Détermination du pH. (Association Française de Normalisation) NF ISO 103 90. In AFNOR, qualité des sols, Paris, pp. 339-348.

4. Amani I., Temgoua E., Azinwi P. et Kondo C. 2022. Utilisation de la légumineuse de couverture Desmodiumintortum pour le contrôle de l'érosion hydrique dans les Hautes Terres de l'Ouest Cameroun. Étude et Gestion des Sols, 29 : 351-363 ; https://www.afes.fr/publications/revue-etude-et-gestion-des-sols/volume-29/
5. Bacyé B., Kambiré H.S., Sawadogo M O., Zonga A.M. 2021. Effets des modes de gestion des résidus du bananier et d'options de fumure minérale sur le rendement du maïs et les caractéristiques chimiques du sol dans un système de rotation bananier /maïs à l'Ouest du Burkina Faso. Int. J. Biol. Chem. Sci.15(3): 1208-1221, DOI :https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i3.26
6. Bacyé, B., Kambiré, H.S. et Somé, A.S. 2019. Effets des pratiques paysannes de fertilisation sur les caractéristiques chimiques d'un sol ferrugineux tropical lessivé en zone cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso. Int. J. Biol. Chem. Sci.13(6) : 2930-2941, DOI : https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i6.39
7. Bouchenafa N., Oulbachir K. et Kouadria M. 2014. Effets du travail du sol sur le comportement physique et biologique d'un sol sous une culture de lentille (Lens exculenta) dans la région de Tiaret Algérie. European Scientific Journal, 10(3), 463-473
8. Bray R.I. and Kurtz L.T. 1945. Determination of total organic, and available forms of phosphorus in soils, Soil Science, 59, 39 – 45
9. Bright M. B. H., Diedhiou I., Bayala R., Bogie N., Chapuis-Lardy L., Ghezzehei T. A., Jourdan C., Sambou D. M., Ndour B. Y., Cournac L., Dick R. P., 2021. An overlooked resource: shrub-intercropping ofr food production, drought resistance and ecosystem restoration in the Sahel. Agriculture, Ecosystems and Environment, 319, 17 p.
10. Coulibaly K., Traoré M., Gomgnimbou A.P.K., Yaméogo PL., Bacyé B. and Nacro H.B. 2023. Effets de différents modes de gestion de la fertilité du sol sur les performances du niébé (Vignaunguiculata) et de l'Ambérique (Vignaradiata) à l'Ouest du Burkina Faso. Int. J. Biol. Chem. Sci.17(1): 267-280, DOI :https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i1.19
11. Coulibaly K., Gomgnimbou A.P.K., Traoré M., Nacro H.B., Sédogo P.M., 2017. Effets des associations maïs-légumineuses sur le rendement du maïs (Zeamays L.) et la fertilité d'un sol ferrugineux tropical à l'Ouest du Burkina Faso. Afrique science, 13(6) : 226 – 235, 19.pdf (afriquescience.net)
12. Diallo M. S., 1997**.** Recherches sur l'évolution de la végétation sous l'effet du pâturage dans l'ouest du Burkina Faso (zone soudanienne). Cas de Bondoukuy, Kassaho et Kourouma. Thèse de Doctorat de troisième cycle. Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 132p.
13. Dossa J.S.B., Togbé E.C., Pernaci M., Agbossiu E.K. et Ahohuendo B.C. 2019. Effet des facteurs de l'environnement sur les Fusarium pathogènes des plantes cultivées. Int. J. Biol. Chem. Sci. 13(1): 493-502, DOI: https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i1.39
14. Félix G.F., Clermont-Dauphin C., Hien E., Groot J.C.J., Penche A., Barthès B.G., Manlay R.J., Tittonell P. et Cournac L., 2018. Ramial wood amendments (Piliostigmareticulatum) mitigate degradation of tropical soils but do not replenish nutrient exports. Land Degrad Dev., 29, 2694–2706. https://doi.org/10.1002/ldr.3033
15. Fontes J. et GuinkoS. 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative. Ministère de la coopération Française. Projet Campus (88 313 101) p.57
16. Gnissien M., Coulibaly K., Traoré M., Hien M., Mathieu B., Nacro H B., 2021. Effets des pratiques agro-écologiques sur les caractéristiques chimiques majeures et le stock de carbone du sol à l'Est du Burkina Faso. Tropicultura,,**39(3**), URL : https://popups.uliege.be/2295-8010/index.php?id=1862
17. Hillebrand W.F, Lundell G.E.F., Bright H.A. et Hoffman J.I., 1953. Applied inorganic analysis, 2ème ed. JOHN WILEY and SONS, INC., New York, USA, 1034p
18. Koulibaly B., Traoré O., Dakuo D., Zombré P.N. & Bondé D. 2010. Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso. Tropicultura, 28(3) : 184-189
19. Mathur S.B., Kongsdal O., 2003. Common laboratory seed healthy testing methods for detecting fungi. First edition. 425 p.
20. Nacro H. B., Sawadogo L. et Sanon D., 2006. Etude exploratoire sur l'agriculture urbaine dans la ville de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). Rapport, Coordination du Projet Agriculture Urbaine de Bobo-Dioulasso CP/AU-B, Burkina Faso, 71p.
21. Ouattara B., Coulibaly K., Kohio E., Doumbia S., Ouédraogo S. et Nacro HB. 2018. Effets du Système de Culture sous couverture Végétale (SCV) sur les flux hydriques d'un sol ferrugineux à l'Ouest du Burkina Faso. Int. J. Biol. Chem. Sci. 12(4): 1770-1783 ; DOI: https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i4.20
22. Rapilly F., 1968. Les techniques de mycologie en pathologie végétale. INRA, Paris.
23. Sanon A., Gomgnimbou A.P.K., Coulibaly K., Zongo K.F., Bambara C.A.., Fofana S., Sanou W. and Nacro H.B. 2021. Caractéristiques chimiques d'un lixisol sous les effets synergiques de biodéchets et de fertilisants

minéraux dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso.International Journal of DevelopmentResearch, 11, (07) : 48668-48673. https://doi.org/10.37118/ijdr.21950.07.2021

24. Tanoh G.A., Ettien J.B.D., Bo F.B.O. 2022. Effets de la biomasse de deux légumineuses sur la fertilité des sols et le rendement de l'igname dans le Sud-ouest de la Côte d'Ivoire. International Journal of Engineering Science Invention, 11(2), 13-23, DOI: 10.35629/6734-1102011323
25. Walkley A. and Black I.A. 1934. An examination method of the det jareff and a proposed modification of the chromic acid titration method, Soil science, 37, 29 - 38
26. Warcup J.H, 1950. The soil-plate method for isolation of fungi from soil. Nature, London, 1966 117-118.
27. Yéo K.T., Fondio L., Kouakou K.L., N'Gbesso M.F.P., Coulibaly N.D. 2022. Caractérisation et diversité des systèmes de productions maraîchères au centre (Bouaké) de la Côte d'Ivoire en vue d'une transition agroécologique. J. Anim. Plant Sci., 52(3): 9538-9551 ;https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v52-3.3
28. Zongo K.F., Hien E., Maré B.T. and Guébré D. 2021. Performance de l'association mixte sorgho-niébé sur les productivités du sorgho et des sols en zone Soudano-Sahélienne du Burkina Faso. Int. J. Biol. Chem. Sci. 15(3): 987-1005, DOI : https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i3.12.