

## Combinaison d'engrais organiques et/ou minéral sur la culture du maïs à Daloa (Côte d'Ivoire)

[ Combination of organic and/or mineral fertilizers on corn crops in Daloa (Côte d'Ivoire) ]

Salla Moreto<sup>1</sup>, Soro Kouhana<sup>2</sup>, Gnamien Yah Gwladys<sup>1</sup>, Coulibaly Assita<sup>1</sup>, and Traore-Ouattara Karidia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Jean LOROUGNON GUÉDÉ, Unité de formation et de recherche en agroforesterie, Laboratoire d'amélioration et de production agricoles, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Université Peleforo GON COULIBALY, Département de biochimie-génétique, Unité d'enseignement et de recherche en génétique, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2026 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The uncontrolled use of synthetic fertilizers pollutes the environment. These products cause soil imbalance, leading to their leaching and infiltration by water into groundwater or waterways. It is therefore important to turn to sustainable, environmentally friendly agriculture based on biological improvement techniques using organic waste to mitigate the effects of synthetic inputs. This study aims to compare the effect of organic and/or mineral amendments on corn cultivation. To this end, the experimental design consists of a randomized Fisher block with three (3) replicates in which four (4) treatments were applied with compositions based on *Tithonia diversifolia* leaves, poultry manure, and NPK. The effects of the treatments were assessed using growth and production parameters. The organo-mineral amendment (poultry manure + *Tithonia diversifolia* + NPK) indicates that each of the fertilizers significantly induced vegetative growth. The yield of the treatments was 9.50 t/ha for the control, 13.47 t/ha for *Tithonia diversifolia* + chicken manure, 16.88 t/ha for NPK, and 21.55 t/ha for *Tithonia diversifolia*+chicken manure+NPK. The results show greater growth and yield in corn grown on plots amended with *Tithonia diversifolia*+chicken manure+NPK. This combination of fertilizers proved beneficial for soil amendment by mobilizing nutrients for the plant.

**KEYWORDS:** Environment, Agriculture, Fertilizer, *Tithonia diversifolia*, Chicken manure, NPK.

**RÉSUMÉ:** L'utilisation non contrôlée des engrains synthétiques polluent l'environnement. Ces produits provoquent le déséquilibre du sol entraînant ainsi leur lessivage et infiltration par les eaux vers des nappes phréatiques ou des cours d'eau. Il serait donc important de se tourner vers une agriculture durable, respectueuse de l'environnement à partir des techniques d'amélioration biologique utilisant des déchets organiques pour atténuer les effets des intrants de synthèse. Cette étude vise à comparer l'effet des amendements organique et/ou minéral sur la culture du maïs. Pour ce fait, Le dispositif expérimental est constitué d'un bloc de Fisher randomisé avec trois (3) répétitions dans lequel quatre (4) traitements ont été appliqués avec des compositions à base de feuille de *Tithonia diversifolia*, de la fiente de volaille et de NPK. Les effets des traitements ont été appréciés à travers des paramètres de croissance et de production. L'amendement organo-minérale (fiente de volaille+*Tithonia diversifolia*+NPK) indique que chacun des fertilisants induit significativement une augmentation végétative. Le rendement des traitements a été de 9,50 t/ha pour le Témoin, de 13,47 t/ha pour *Tithonia diversifolia*+fiente de poulet, de 16,88 t/ha pour NPK et de 21,55 t/ha pour *Tithonia diversifolia* +fiente de poulet+NPK. Les résultats montrent une croissance et un rendement plus importants du maïs des parcelles amendées avec *Tithonia diversifolia*+fiente de poulet+NPK. Cette combinaison de fertilisants est apparue avantageuse pour l'amendement du sol par la mobilisation d'éléments nutritifs pour la plante.

**MOTS-CLEFS:** Environnement, Agriculture, Engrais, *Tithonia diversifolia*, Fiente de volaille, NPK.

## 1 INTRODUCTION

L'utilisation optimale des engrais est un des moyens les plus efficaces pour accroître la production agricole en Afrique subsaharienne. Cependant, cette région du monde est confrontée à des problèmes d'approvisionnement et de distribution des engrais [1, 2]. De plus, les producteurs utilisent de façon massive et abusive divers types de d'engrais de synthèse pour augmenter leurs rendements et satisfaire les marchés locaux et en exporter. Malheureusement, l'usage de ces produits chimiques polluent l'environnement, provoquent le déséquilibre du sol et entraîne leur lessivage vers les nappes phréatiques et les cours d'eau [3]. Il serait donc important de se tourner vers une agriculture durable, respectueuse de l'environnement à partir des techniques d'amélioration biologique utilisant des déchets organiques tel que la biomasse de *Tithonia diversifolia* et la fiente de volaille pour améliorer les propriétés des sols [4].

De nombreux auteurs ont montré que *Tithonia diversifolia* a des vertus dans l'amélioration des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol. La plante peut être utilisée comme engrais vert [5, 6]. Elle présente un grand potentiel pour augmenter la fertilité des sols pauvres en éléments nutritifs [7], en apportant azote, phosphore et potassium [5]. Dans le domaine de la fertilisation des sols, cette plante est peu utilisée en Côte d'Ivoire, surtout dans le département de Daloa, où elle est disponible à toutes les saisons. En outre, la fumure organique à base de fiente de volailles est un fertilisant peu onéreux, riche en azote, en phosphore et en potassium [8]. Ces deux fertilisants organiques pourraient être utilisés en association avec l'engrais minéral pour améliorer la productivité des sols et augmenter le rendement des cultures.

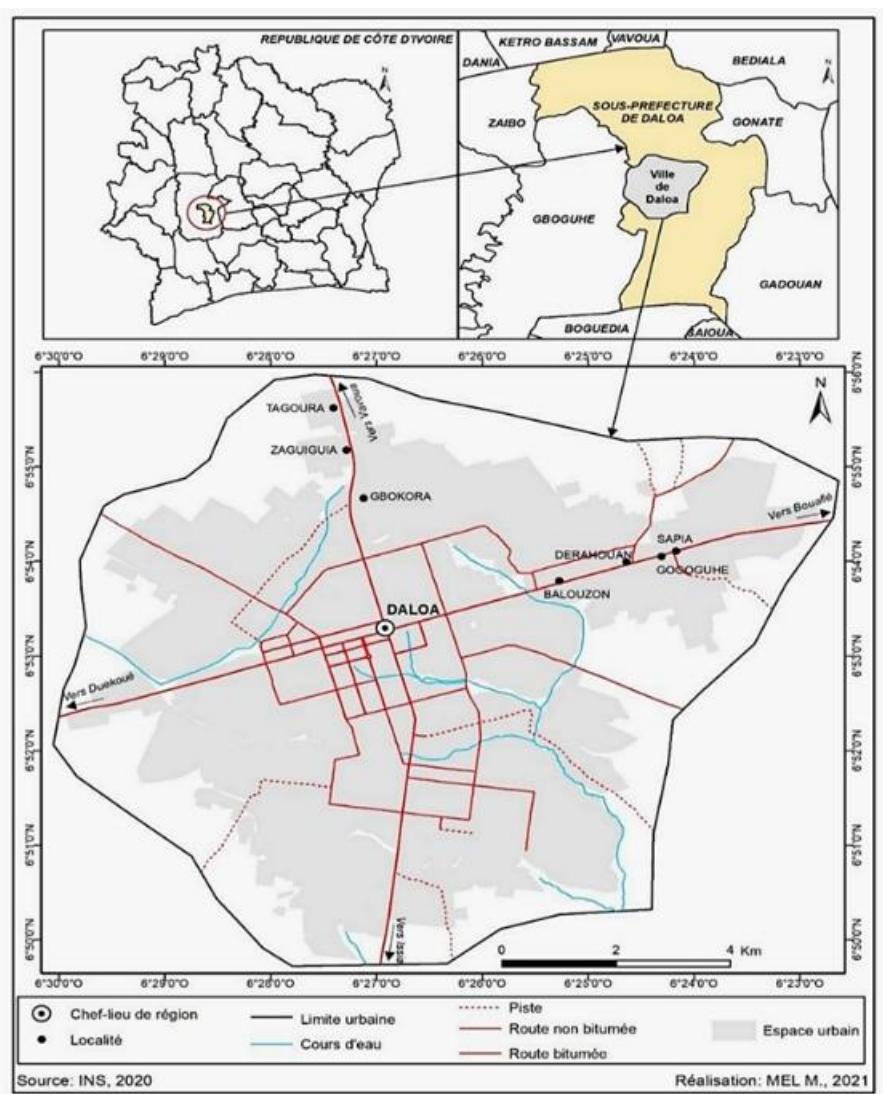
Dans cette optique, ce travail vise à soutenir la production durale du maïs par des amendements organiques à base de *Tithonia diversifolia* et de la fiente de volaille.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Située au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire, à 383 km d'Abidjan, la ville de Daloa est le chef-lieu de la région du Haut-Sassandra. Elle est comprise entre 6°30 et 8° de latitude Nord et entre le 5° et 8° de longitude Ouest [9]. Elle est limitée par les départements de Vavoua et de Zuénoula au Nord, ceux de Bangolo et de Duékoué à l'Ouest, ceux de Bouaflé et de Sinfra à l'Est et le département d'Issia au Sud (Figure 1).

La parcelle expérimentale est située au sein de l'Université Jean Lorougnon Guédé, entre 6°54'32" et 6°54'53" de latitude Nord et 6°26'17" et 6°26'24" de longitude Ouest.



*Fig. 1. Carte de localisation de la ville de Daloa [10]*

## 2.2 MATERIEL

Le matériel employé est composé de matériel végétal et de matériel fertilisant. Le matériel végétal utilisé pour la réalisation de cette étude est constitué des plants de maïs issus des semences d'une variété locale. Le matériel fertilisant est constitué de fertilisants organiques et chimique. Les fertilisants organiques sont composés de fiente de volaille (Figure 2A) et des feuilles de *Tithonia diversifolia* (Figure 2B). Quant au fertilisant minéral, il est à base de NPK 12-22-22 de formulation granulée (Figure 2C).



*Fig. 2. Fertilisants utilisés*

A: Fiente de volaille; B: Feuilles hachées de *Tithonia diversifolia*; C: Engrais (NPK)

## 2.3 MÉTHODES

### 2.3.1 PRÉPARATION DES BIOFERTILISANTS

Deux types de fertilisants organiques ont été formulés (solide et liquide). Les feuilles de *Tithonia diversifolia* ont été utilisées après fermentation. La fiente de volaille a été utilisée suite à sa dissolution dans de l'eau pendant une semaine.

#### - Biofertilisant à base de *Tithonia diversifolia*

Pour la préparation de fertilisant, les feuilles fraîches de *Tithonia diversifolia* ont été récoltées au sein de l'université Jean Lorougnon Guedé. Elles ont été découpées en petites morceaux (hachées) puis mises dans des sacs pour favoriser la fermentation (Figure 3). Ce processus de fermentation a duré 4 jours.

#### - Biofertilisant à base de fiente de volaille

La fiente de volaille a été collectée dans une ferme et a été mise en dissolution dans de l'eau ordinaire pendant 7 jours (Figure 4).



Fig. 3. Feuilles de *Tithonia diversifolia* fermentées



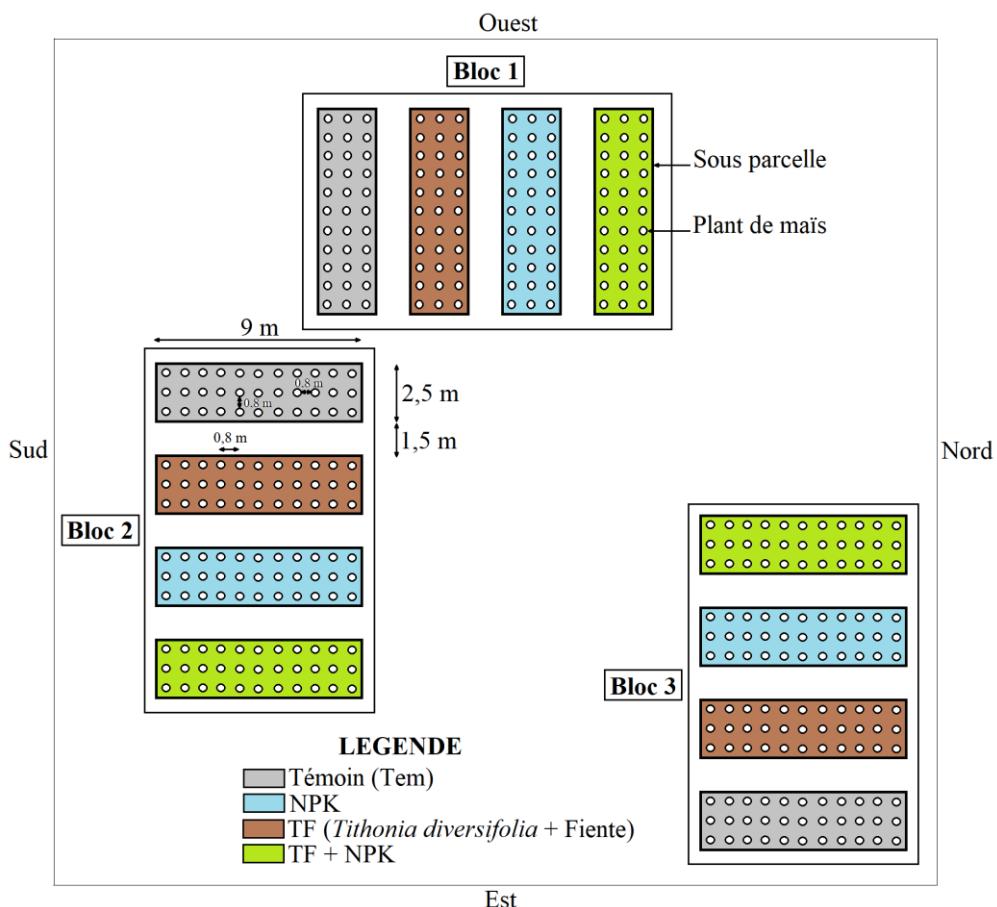
Fig. 4. Fiente de volaille dissoute dans de l'eau

### 2.3.2 MISE EN PLACE DE LA CULTURE DU MAÏS

Un dispositif en bloc de Fisher complètement randomisé avec quatre traitements et 3 répétitions, soit 12 sous blocs ont été utilisés (Figure 5). Chaque sous bloc a été identifié suivant les traitements, tout en tenant compte des répétitions, comme suit:

- Témoin (Tem) parcelle n'ayant reçu aucun fertilisant;
- *Tithonia diversifolia* + Fiente de volaille + NPK (Ti+F+NPK);
- *Tithonia diversifolia* + Fiente de volaille (Ti+F);
- NPK.

Les graines de maïs ont été semées directement. Ce sont en moyenne 2 à 3 graines de la variété locale de maïs qui ont été semées par poquet à une profondeur de 2 à 3 cm. Un espacement de 0,8 m entre les poquets et 0,8 m entre les lignes a été respecté. La densité de semis du maïs était 45 pieds par sous parcelle.



*Fig. 5. Dispositif expérimental*

### 2.3.3 APPORTS DE FERTILISANTS

Les différents fertilisants ont été apportés de façon aléatoire. Les fertilisants ont été appliqués mensuellement. Ainsi, la quantité de fertilisant apportée a été faite suite aux travaux [11] et de [12] respectivement pour *Tithonia diversifolia*, la fiente de volaille et le NPK. La quantité de fertilisant à partir du traitement issu de la combinaison des fertilisants organiques, que sont les feuilles hachées fermentées de *Tithonia diversifolia* associée à la fiente de volaille, a été faite en réduisant de 1/3 la quantité de *Tithonia diversifolia*. De même, la quantité de la fiente a été réduite de moitié (1/2) par rapport à celle mentionnée dans le tableau 1. Quant à l'association fertilisants organique (*Tithonia diversifolia* et fiente de volaille) et minéral (NPK), la part de chaque fertilisant a été faite tel que portée dans le tableau 2.

*Tableau 1. Quantité de fertilisants apportée combinant *Tithonia* et fiente de volaille par surface de culture*

Apport des fertilisants	Périodes d'apports	Traitements	
		<i>Tithonia</i> fermenté	Fiente de volaille
1 <sup>er</sup> apport	15 jrs après semis	1 kg/m <sup>2</sup>	0,5 kg/m <sup>2</sup>
2 <sup>ème</sup> apport	30 jrs après semis	1 kg/m <sup>2</sup>	0,5 kg/m <sup>2</sup>
3 <sup>ème</sup> apport	60 jrs après semis	1 kg/m <sup>2</sup>	0,5 kg/m <sup>2</sup>

**Tableau 2.** Quantité de fertilisants apportée combinant *Tithonia*, fiente de volaille et NPK par surface de culture

Apport des fertilisants	Période d'apport	Traitements		
		<i>Tithonia</i> fermenté	Fiente de volaille	NPK
1 <sup>er</sup> apport	15 jours après semis	0,75 kg/m <sup>2</sup>	0,3 kg/m <sup>2</sup>	0,01 kg/m <sup>2</sup>
2 <sup>ème</sup> apport	30 jours après semis	0,75 kg/m <sup>2</sup>	0,3 kg/m <sup>2</sup>	0,01 kg/m <sup>2</sup>
3 <sup>ème</sup> apport	60 jours après semis	0,75 kg/m <sup>2</sup>	0,3 kg/m <sup>2</sup>	0,01 kg/m <sup>2</sup>

**2.3.4 COLLECTE DES DONNEES**

La collecte des données a porté sur les paramètres de croissance (Figure 6) et de production (rendement). Elle a débuté 15 jours après les semis pour les paramètres de croissances et pour ceux de la production après la récolte des épis. Soixante (60) plants de maïs ont été sélectionnés par sous-bloc de manière aléatoire (soit 180 plants sur l'ensemble de la parcelle), pour suivre l'évolution des paramètres végétatifs.

Sur les plants de maïs retenus pour la mesure des paramètres végétatifs, les épis ont été mesurés à l'aide d'une règle graduée et d'un pied à coulisse respectivement pour la longueur et le diamètre puis pesés à l'aide d'une balance électronique pour déterminer la masse. Cette masse a été utilisée pour le calcul du rendement. La masse des graines a été pesée à l'aide d'une balance de précision après leur récolte.

Le rendement a été calculé selon la formule ci-dessous et exprimé en tonne par hectare (t/ha).

$$R = P/S$$

Avec : P = Production (en tonnes) et S = Surface cultivée (en hectare)

**Fig. 6. Collecte des paramètres de croissance**

A: hauteur de la plante; B: diamètre au collet; C: largeur de feuille; D: longueur de la feuille.

**2.3.5 ANALYSE DES DONNEES**

Les données collectées ont été saisies et traitées à l'aide du tableur Excel 2016 et du logiciel STATISTICA 7.1. Les paramètres de croissance et de production ont été soumis à des analyses statistiques. Ainsi, un test de normalité de Kolmogorov-Smirnov a été appliqué aux données. De ce fait, une analyse de variance à un facteur (ANOVA) a été réalisée afin d'apprécier des différences significatives entre les traitements en fonction des fertilisants apportés. Le test LSD de Fisher a été utilisé lorsque la différence est significative ( $p < 0,05$ ). Le p-value de l'ANOVA ( $p < 0,05$ ) a été considéré comme seuil de significativité.

### 3 RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 RESULTATS

##### 3.1.1 DIAMETRE AU COLLET DES PLANTS DE MAÏS

Les valeurs moyennes du diamètre au collet sont consignées dans le tableau 3. L'effet des traitements sur ce paramètre été significatif durant toute la période de culture. Les plus grands diamètres au collet ont été obtenues avec le traitement F+Ti+NPK durant la croissance du maïs avec une valeur maximale de  $1,86 \pm 0,53$  cm enregistrés au temps T4. Les faibles diamètres au collet ont été observés au niveau du témoin et le traitement F+Ti durant toute la croissance du maïs. De plus, outre les valeurs de TEM et du F+Ti+NPK qui sont statistiquement différentes, celles de Ti+F et de NPK statistiquement identiques dans l'ensemble, sauf au T3.

**Tableau 3.** *Influence des traitements sur le diamètre au collet des plants (cm) de maïs en fonction des temps de mesure*

Tps de mesure	Traitements				P-value
	TEM	F + Ti	NPK	F + Ti + NPK	
T1(15jrs)	$0,38 \pm 0,21$ a	$0,47 \pm 0,33$ ab	$0,54 \pm 0,29$ b	$0,81 \pm 0,62$ c	0,000
T2(30jrs)	$0,72 \pm 0,36$ a	$0,62 \pm 0,34$ a	$0,91 \pm 0,47$ a	$0,97 \pm 0,40$ a	0,000
T3(45jrs)	$1,26 \pm 0,44$ a	$1,37 \pm 0,52$ a	$1,58 \pm 0,59$ b	$1,73 \pm 0,62$ b	0,000
T4(60jrs)	$1,31 \pm 0,40$ a	$1,46 \pm 0,45$ b	$1,56 \pm 0,54$ b	$1,86 \pm 0,53$ c	0,000

Jrs: jours, Tps: temps; TEM: témoin; Ti+F: *Tithonia diversifolia*+fiente de volaille; F+Ti+NPK: fiente de volaille+*Tithonia diversifolia*+Azote, Phosphore, Potassium; NPK: Azote, Phosphore, Potassium. Sur chaque ligne, les valeurs suivies de la même lettre (sont statistiquement identiques (au seuil de 5 %).

##### 3.1.2 HAUTEUR DES PLANTS DE MAÏS

Les hauteurs moyennes des plants de maïs mesurées sous l'influence des différents fertilisants sont présentées dans le tableau 4. Ce tableau montre que les plus grandes hauteurs des plants de maïs ont été obtenues au niveau du traitement F+Ti+NPK, avec les moyennes allant de  $15,90 \pm 5,34$  cm (T1) à  $111,78 \pm 57,64$  cm (T4). Par contre, les plus petites hauteurs ont été mesurées sur les parcelles du traitement F + Ti avec les moyennes allant de  $12,90 \pm 5,08$  à  $83,29 \pm 39,66$  cm (T4). A chaque temps de mesure, les hauteurs des plants de maïs sont significativement différentes d'un traitement à l'autre ( $P < 0,05$ ).

**Tableau 4.** *Influence des traitements sur la hauteur des plants (cm) de maïs en fonction des temps de mesure*

Tps de mesure	Traitements				P-value
	TEM	F + Ti	NPK	F + Ti + NPK	
T1(15jrs)	$12,90 \pm 4,82$ a	$12,90 \pm 5,08$ a	$14,75 \pm 4,63$ a	$15,90 \pm 5,34$ b	0,001
T2(30jrs)	$27,74 \pm 12,21$ a	$21,04 \pm 10,12$ b	$26,86 \pm 10,87$ a	$30,4 \pm 11,98$ a	0,000
T3(45jrs)	$55,04 \pm 22,97$ ab	$49,89 \pm 18,52$ b	$59,54 \pm 22,79$ a	$60,49 \pm 26,94$ a	0,048
T4(60jrs)	$74,07 \pm 24,77$ a	$83,29 \pm 39,66$ b	$103,49 \pm 45,74$ b	$111,78 \pm 57,64$ b	0,000

Jrs: jours, Tps: temps; TEM: témoin; Ti+F: *Tithonia diversifolia*+fiente de volaille; F+Ti+NPK: fiente de volaille+*Tithonia diversifolia*+Azote, Phosphore, Potassium; NPK: Azote, Phosphore, Potassium. Sur chaque ligne, les valeurs suivies de la même lettre (sont statistiquement identiques (au seuil de 5 %).

##### 3.1.3 LONGUEUR DES FEUILLES DE MAÏS

Le tableau 5 présente les longueurs moyennes des feuilles du maïs soumis aux différents traitements. Les traitements appliqués n'ont eu d'effet significatif sur la longueur des feuilles des plants de maïs ( $p > 0,05$ ), excepté à la deuxième période de mesure (T2). Toutefois, les traitements NPK et F+Ti+NPK ont induit une meilleure croissance en longueur des feuilles avec respectivement des moyennes de  $79,74 \pm 15,64$  cm et  $79,05 \pm 20,63$  cm enregistrées à T4. La plus faible longueur de feuille mesurée au dernier temps de mesure (T4) a été obtenue avec le traitement témoin ( $73,79 \pm 15,49$  cm).

**Tableau 5.** Influence des traitements sur la longueur des feuilles (cm) de maïs en fonction des temps de mesure

Tps de mesure	Traitements				P-value
	TEM	F + Ti	NPK	F + Ti + NPK	
T1(15jrs)	31,62 ± 10,07a	30,89 ± 11,70a	29,36 ± 8,84a	31,86 ± 12,74a	0,59
T2(30jrs)	51,25 ± 15,47ab	52,81 ± 12,95a	47,57 ± 14,56b	55,36 ± 15,44a	0,03
T3(45jrs)	66,74 ± 16,84a	74,69 ± 16,16a	70,83 ± 17,01a	70,08 ± 26,27a	0,17
T4(60jrs)	73,79 ± 15,49a	79,74 ± 15,64a	74,63 ± 16,20a	79,05 ± 20,63a	0,13

Jrs: jours, Tps: temps; TEM: témoin; Ti+F: *Tithonia diversifolia*+fiente de volaille; F+Ti+NPK: fiente de volaille+*Tithonia diversifolia*+Azote, Phosphore, Potassium; NPK: Azote, Phosphore, Potassium. Sur chaque ligne, les valeurs suivies de la même lettre (sont statistiquement identiques (au seuil de 5 %).

### 3.1.4 LARGEUR DES FEUILLES DE MAÏS

La largeur des feuilles de maïs des différents traitements est consignée dans le tableau VI. Les valeurs moyennes sont statistiquement identiques dans l'ensemble au niveau des deux premiers temps de mesures (T1 et T2) ( $p > 0,05$ ) Par contre au cours des derniers temps de mesure (T3 et T4), les traitements F+Ti+NPK et NPK ont induit de meilleures croissances en largeur des feuilles par rapport aux traitements F + Ti et témoin. A T4, les largeurs moyennes des feuilles de maïs issues du traitement F+Ti+NPK ont été de  $8,30 \pm 2,37$  cm, contre  $6,966 \pm 1,43$  cm pour le témoin.

**Tableau 6.** Influence des traitements sur la largeur des feuilles (cm) de maïs en fonction des temps de mesure

Tps de mesure	Traitements				p-value
	TEM	F + Ti	NPK	F + Ti + NPK	
T1(15jrs)	2,48 ± 0,81a	2,13 ± 0,76b	2,34 ± 0,95b	3,23 ± 5,24b	0,145
T2(30jrs)	4,86 ± 0,64a	4,05 ± 0,22a	4,41 ± 0,23a	4,80 ± 0,21a	0,354
T3(45jrs)	6,05 ± 1,57a	6,27 ± 2,02b	6,99 ± 2,05b	7,21 ± 2,15b	0,002
T4(60jrs)	6,96 ± 1,43a	7,08 ± 1,99a	7,91 ± 1,99b	8,30 ± 2,37b	0,000

Jrs: jours, Tps: temps; TEM: témoin; Ti+F: *Tithonia diversifolia*+fiente de volaille; F+Ti+NPK: fiente de volaille+*Tithonia diversifolia*+Azote, Phosphore, Potassium; NPK: Azote, Phosphore, Potassium. Sur chaque ligne, les valeurs suivies de la même lettre (sont statistiquement identiques (au seuil de 5 %).

### 3.1.5 NOMBRE DE FEUILLES DES PLANTS DU MAÏS

Le tableau 7 révèle que les différents traitements ont eu un effet significatif ( $p < 0,05$ ) sur le nombre moyen de feuilles. La plus grande valeur a été obtenue avec le traitement F+Ti+NPK  $16,94 \pm 2,23$  cm. La plus faible valeur de  $11,88 \pm 0,28$  cm, a été enregistrée chez les plants traités avec F + Ti, statistiquement identique au traitement NPK.

**Tableau 7.** Influence des traitements sur le nombre de feuille de maïs en fonction des temps de mesure

Tps de mesure	Traitements				P-value
	TEM	F + Ti	NPK	F + Ti + NPK	
T1(15jrs)	5,53 ± 1,28a	5,18 ± 1,25ab	5,59 ± 1,92a	4,75 ± 2,02b	0,021
T2(30jrs)	7,28 ± 1,67a	6,33 ± 1,60b	6,86 ± 2,12ab	7,35 ± 2,08a	0,012
T3(45jrs)	10,36 ± 1,93a	11,48 ± 1,91ab	13,06 ± 8,48b	11,8 ± 3,05ab	0,020
T4(60jrs)	12,95 ± 0,30a	11,8 ± 0,28a	14 ± 0,29ab	16,949 ± 2,43b	0,027

Jrs: jours, Tps: temps; TEM: témoin; Ti+F: *Tithonia diversifolia*+fiente de volaille; F+Ti+NPK: fiente de volaille+*Tithonia diversifolia*+Azote, Phosphore, Potassium; NPK: Azote, Phosphore, Potassium. Sur chaque ligne, les valeurs suivies de la même lettre (sont statistiquement identiques (au seuil de 5 %).

### 3.1.6 ENVERGURE DES PLANTS DE MAÏS

Les valeurs moyennes de l'envergure des plants de maïs soumis aux différents traitements sont présentées dans le tableau 8. L'analyse de variance n'indique pas d'effet significatif ( $p > 0,05$ ), pendant les deux premiers temps de mesures (T1 et T2) contrairement aux derniers temps de mesures. Pendant ces derniers temps de mesures, les plus grandes envergures ont été obtenues avec le traitement F+Ti+NPK avec des moyennes de  $90,41 \pm 27,91$  cm (T4) et  $109,38 \pm 25,72$  cm (T4). Cependant, les plus faibles envergures ont été observées au niveau du témoin durant presque tous les temps de mesures.

**Tableau 8.** Influence des traitements sur l'envergure (cm) des plants de maïs en fonction des temps de mesure

Tps de mesure	Traitements				P-value
	TEM	F + Ti	NPK	F + Ti + NPK	
T1(15jrs)	36,9 ± 11,47a	35,16 ± 8,75a	33,81 ± 11,32a	35,483 ± 16,10a	0,589
T2(30jrs)	66,991 ± 23,61a	71,97 ± 26,03a	70,37 ± 21,43a	74,283 ± 24,46a	0,402
T3(45jrs)	85,333 ± 20,45ab	77,35 ± 20,18b	92,76 ± 23,05a	90,416 ± 27,91a	0,001
T4(60jrs)	90 ± 19,34a	94,45 ± 22,37a	104,18 ± 18,10b	109,389 ± 25,72b	0,000

Jrs: jours, Tps: temps; TEM: témoin; Ti+F: *Tithonia diversifolia*+fiente de volaille; F+Ti+NPK: fiente de volaille+*Tithonia diversifolia*+Azote, Phosphore, Potassium; NPK: Azote, Phosphore, Potassium. Sur chaque ligne, les valeurs suivies de la même lettre (sont statistiquement identiques (au seuil de 5 %).

### 3.1.7 INFLUENCE DES TRAITEMENTS SUR LES EPIS DE MAÏS

L'influence des traitements sur les dimensions et la masse des épis de maïs récoltés est résumée dans le tableau 9. L'analyse statistique montre un effet significatif ( $p > 0,05$ ) des traitements sur la longueur des épis. Le traitement F+Ti a enregistré la plus faible longueur des épis ( $12,53 \pm 0,35$  cm), mais supérieure à celle du témoin ( $11,11 \pm 0,43$  cm). Cette longueur est la plus élevée  $16,65 \pm 1,51$  cm pour le traitement combiné (F+Ti+NPK). Le diamètre minimal des épis ( $3,93 \pm 0,50$  cm) a été enregistré au niveau de maïs qui n'a pas subi de traitement (Témoin). Les traitements ont eu un effet significatif sur le diamètre ( $p > 0,05$ ). Les traitements NPK, F+Ti+NPK et F+Ti sont statiquement identiques. L'analyse de variance de la masse de l'épi a montré qu'il existe une différence significative avec les fertilisants apportés. La masse moyenne de l'épi la plus élevée ( $166,605 \pm 10,23$  grammes) a été obtenue avec le traitement F+Ti+NPK et la plus faible avec le témoin ( $99,51 \pm 15,18$  grammes). Les traitements NPK et F + Ti ont permis d'obtenir les épis de grand diamètre avec respectivement des moyennes de  $141,02 \pm 11,55$  grammes et  $115,43 \pm 7,89$  grammes.

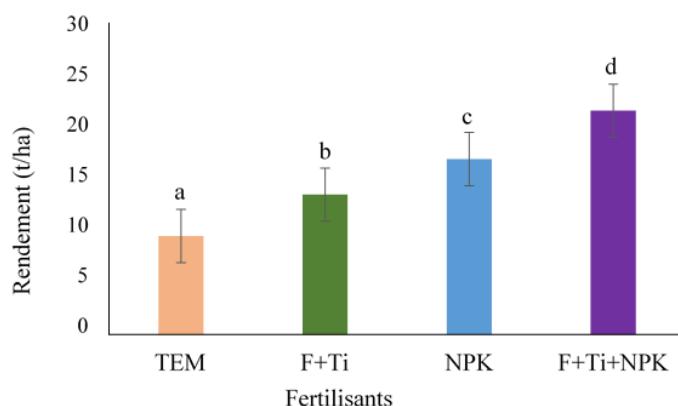
**Tableau 9.** Influence des traitements sur les paramètres agronomiques de l'épi de maïs

Paramètres	Traitements				P-value
	TEM	F + Ti	NPK	F + Ti + NPK	
Longueur (centimètre)	11,11 ± 0,43a	12,53 ± 0,35ab	13,86 ± 0,56b	16,65 ± 1,51c	0,000
Diamètre (centimètre)	3,93 ± 0,50b	4,20 ± 0,54a	4,29 ± 0,54a	4,32 ± 0,53a	0,001
Masse (gramme)	99,51 ± 15,18a	115,43 ± 7,89ab	141,02 ± 11,55bc	166,60 ± 10,23c	0,000

Jrs: jours, Tps: temps; TEM: témoin; Ti+F: *Tithonia diversifolia*+fiente de volaille; F+Ti+NPK: fiente de volaille+*Tithonia diversifolia*+Azote, Phosphore, Potassium; NPK: Azote, Phosphore, Potassium. Sur chaque ligne, les valeurs suivies de la même lettre (sont statistiquement identiques (au seuil de 5 %).

### 3.1.8 INFLUENCE DES TRAITEMENTS SUR LES GRAINS DU MAÏS

La production en hectare des grains de maïs est consignée dans la (Figure 7). L'analyse statistique au seuil de 5 % révèle une différence significative ( $p > 0,05$ ) entre les traitements. Les meilleurs rendements ont été obtenus au niveau des parcelles traitées avec F+Ti+NPK ( $21,55$  t/ha). Par contre le plus faible rendement a été enregistré sur les parcelles témoins ( $9,50$  t/ha).

**Fig. 7.** Rendement du maïs grains par traitement

### 3.2 DISCUSSION

#### 3.2.1 EFFET DES FERTILISANTS SUR LA CROISSANCE DE LA PLANTE DU MAÏS

L'étude de la croissance de plant de maïs sous les amendements organiques et minéraux montre que les résultats obtenus avec des différents fertilisants se sont avérés statiquement différents par rapport au témoin tous les temps de mesure. Les fertilisants élaborés ont un effet positif sur les jeunes plants de maïs aussi bien sur la hauteur des plants, le diamètre au collet que sur la longueur et la largeur des feuilles.

Au niveau de la hauteur et du diamètre au collet des plants de maïs, la combinaison fiente de volaille + *Tithonia diversifolia*+NPK a donné les meilleurs résultats. Ses résultats similaires ont été obtenus par [13] qui ont travaillé sur la productivité du maïs en République Démocratique du Congo. En effet la particularité du fertilisant (fiente de volaille + *Tithonia diversifolia*+NPK) par rapport aux autres fertilisants est que du point de vue chimique, les teneurs en éléments fertilisants sont supérieurs à ceux des autres. Suite à la forte activité des microorganismes augmentant ainsi la teneur en éléments fertilisants (N, P et K) supérieurs à ceux de tout autre compost. Ils ressortent de l'étude de [14] portants sur l'effet de *Tithonia diversifolia* sur des plantes de maïs quelles constituent une source d'éléments nutritifs et également une source de matière organique. Elle met à la disposition des plants des éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore assurant la croissance et la turgescence de ces plants. Ces résultats sont semblables à ceux de [15], qui a obtenu une action plus soutenue sur la croissance de l'aubergine avec *Tithonia diversifolia* en faible quantité pris séparément ou en combinaison avec le NPK, mais ces résultats pourraient s'expliquer par l'insuffisance de la quantité de *Tithonia diversifolia* apportée aux plantes car la dose optimale recommandée par cet auteur est de 5 t/ha. Par ailleurs [16] ont montré dans une étude sur le maïs que l'utilisation des fertilisants organo-minéraux a permis d'obtenir une bonne croissance des plants.

Par ailleurs, les minéraux libérés par la fiente de volaille en décomposition pourraient favoriser la croissance et la rigidité des tissus végétaux et par conséquent un développement important, harmonieux et une résistance des plants de maïs. Cette action améliore également les propriétés physiques du sol [17] et [18]. [19] ont également montré que l'association de fiente de volaille et les fumures minéraux permettaient une augmentation de croissance des paramètres chez la tomate. L'action bénéfique de l'apport des fertilisants organiques a été également démontrée par des études. En effet, selon les études de [20], il ressort que le fertilisant organique azolla a présenté les valeurs les plus élevées que le NPK ainsi que le témoin sur les paramètres végétatifs étudiés, pour les plants de tomates traités. Cette croissance se justifie par le fait que l'azolla a une quantité importante d'éléments d'azote et de phosphore. Ces éléments sont indispensables à la croissance et au développement des plantes et agissent immédiatement sur le développement du feuillage et sur la production des plantes en culture.

Les résultats en second temps avec le traitement à base NPK sont attribués à la libération et à l'utilisation rapide de ses éléments fertilisants (l'azote, le phosphore, et le potassium). L'engrais minéral est utilisé pour corriger rapidement les carences. Cependant, la minéralisation rapide de ce traitement peut entraîner l'infiltration des minéraux dans les horizons inférieurs du sol qui deviennent alors inaccessibles aux racines. L'apport de matière organique à l'amendement minéral corrigera cette insuffisance. Cela est justifié par l'idée selon laquelle la matière organique, est le meilleur fertilisant de base [21]. Aussi il faut noter que la faible croissance du témoin peut être due aux conditions physico-chimiques du sol. Cette remarque est faite par [22]; lorsqu'ils disent que la faible croissance des plantes peut être attribuée aux facteurs caractéristiques du sol, notamment le pH, la toxicité et les déficiences en nutriments (Ca, Mg, P, K, B et Zn). Pour [21] l'apport d'engrais minéral seul ne peut pas maintenir à long terme la productivité des sols à cause du lessivage et de la dégradation des propriétés des sols. Pour ces auteurs, la matière organique (fertilisant organique) est le meilleur fertilisant de base.

#### 3.2.2 EFFET DES DIFFÉRENTS TRAITEMENTS SUR LES PARAMÈTRES DU RENDEMENT DU MAÏS

L'influence des traitements sur les paramètres de rendement à savoir la longueur, le diamètre du fruit et la masse de l'épi est hautement significative. Les paramètres de rendement des parcelles fertilisées sont plus élevés que ceux du témoin. L'action de traitement F+Ti+NPK a été le plus favorable sur la longueur, le diamètre du fruit et la masse de l'épi par rapport aux autres traitements. Ces résultats suggèrent que l'effet positif des différents fertilisants est au moins en partie dû à sa teneur en azote, car il existe chez le maïs une relation linéaire entre la biomasse produite et la quantité d'azote appliquée au sol [23].

La combinaison de la fumure organique (fiente de volaille et *Tithonia diversifolia*) et de la fumure minérale (NPK) contribue à la grande disponibilité d'éléments minéraux et à l'amélioration des propriétés physico-chimiques du sol. Ces résultats corroborent ceux de [24] au Cameroun, qui ont montré que la combinaison des biomasses de *Tithonia diversifolia* aux engrains inorganiques améliorait la fertilité du sol et la production. De plus, l'apport des fientes de volailles additionné aux engrains minéraux augmente fortement la disponibilité des éléments nutritifs et favorise une accumulation d'eau [25]. [26] ont également montré que l'association fumure minérale et fumure organique permettait une augmentation des rendements de plantes. Ainsi, l'apport combiné des fientes de volailles et des engrais minéraux permet de réduire les pertes d'éléments nutritifs et d'augmenter l'efficience des engrais azotés [27]. De façon générale, les rendements des plants fertilisés avec F+Ti+NPK sont plus élevés que ceux des traitements du NPK, du compost ainsi que les plants témoins. L'azote est le principal facteur de croissance et de rendement des cultures parmi les principaux éléments minéraux chez la plante [28]. [29] soutient que l'azote étant un facteur limitant pour les rendements, une bonne nutrition azotée s'exprime par un

rendement spectaculaire; c'est pourquoi, l'azote est considéré comme le pivot de la fertilisation. C'est la raison principale des rendements élevés des plants traités avec *Tithonia diversifolia* du fait de sa forte production en azote dans cette étude. Cela pourrait s'expliquer par le fait que, non seulement la biomasse végétale de *Tithonia diversifolia* est d'une concentration élevée en azote (3,55 %), en phosphore (0,40 %), en potassium (4,34 %), en calcium (2,81 %) et en magnésium (0,46 %), mais aussi d'une décomposition rapide dans le sol, selon [30] et [31].

#### **4 CONCLUSION**

L'objectif de la présente étude était d'évaluer l'amendement organique sur la culture du maïs. L'étude a montré que l'amendement organominérale F+Ti+NPK améliore significativement la croissance ainsi que le rendement du maïs. La combinaison de biomasse de *Tithonia diversifolia*, de la fiente de volaille et le NPK offrent des potentialités agricoles. Son utilisation comme fertilisant organo-minéral sur les sols s'avère une solution alternative à l'usage unique des engrais minéral. L'effet de la combinaison *Tithonia diversifolia* et fiente de volaille n'est pas à négliger, car les résultats obtenus ont été sensiblement identiques à ceux du NPK. Cette étude confirme que l'association des engrais minéraux avec la matière organique peut être considérée comme une alternative profitable aux paysans, afin de réduire le coût et la quantité des engrais chimiques ainsi que leur impact négatif sur l'environnement.

#### **CONTRIBUTIONS DES AUTEURS**

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas intérêts concurrents.

#### **CONTRIBUTIONS DES AUTEURS**

SALLA Moreto et COULIBALY Assita ont effectué les collectes de données; RB a analysé les données; SALLA Moreto, SORO Kouhana, COULIBALY Assita ont rédigé, lu et corrigé le manuscrit; TRAORÉ-OUATTARA Karidia a supervisé le travail; tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale manuscrit. GNAMIEN Yah Gwladys a apporté son expertise en analyse statistique.

#### **REMERCIEMENTS**

Aux autorités institutionnelles de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE, ainsi qu'aux autorités communale et préfectorale de la ville de Daloa, pour avoir permis et surtout facilités les démarches administratives pour la réalisation du présent travail.

#### **REFERENCES**

- [1] Coulibaly M., Kaboré G., Nikiéma A., Hien F. & Sawadogo D. Utilisation du Volta phosphate, Rapport du colloque national. Ministère du développement rural du Burkina, 58 p., 1983.
- [2] Smaling E.M.A. Appauvrissement du sol en nutriments de l'Afrique sub-saharienne. In: Rôle de la fertilisation pour assurer une production durable des cultures vivrières en Afrique Sub-saharienne. Van Reuler H. & Prins W.H, Leidschendam (Pays -Bas), 59-76., 1993.
- [3] Cissé I. Utilisation des pesticides dans le système de production horticole dans la zone des Niayes: les produits et leur impact sur la nappe phréatique. Thèse de doctorat de troisième cycle, Université Cheikh-Anta-Diop de Dakar, Sénégal, 187 p., 2000.
- [4] Crichton L., Shrama A., Hewett S. & Ortega L.B. Recycling Achievements in Europe. Report of Resource Recovery Forum, North Yorkshire, 44 p., 2000.
- [5] Jama B., Palm C.A., Buresh R.J., Niang A.I., Gachengo C. & Nziguheba G. *Tithonia* as green manure for soil fertility improvement in Western Kenya: A Review. *Agroforestry Systems*, 49: 201-221., 2000.
- [6] Salla M, Abobi A.H.D., Coulibaly S., Traoré K., Traoré M.M. Effets de biofertilisants à base de *Tithonia diversifolia* et de *Thevetia nerifolia* sur la production de la laitue à Daloa. Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*. 10 (3): 336-340., 2022.
- [7] Achieng J.O., Ouma G., Odhiambo G. & Muyekho F. Effect of *Tithonia diversifolia* (hemsley) and inorganic fertilizers on maize yield on alfisols and ultisols of western Kenya, *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1 (5): 740-747., 2010.
- [8] Biekre A.H.T., Tra B., Denezon T. & Dogbo O. Caractéristiques physicochimiques des composts à base de sous-produits de ferme de Songon en Côte d'Ivoire. *International Journal Biology Chemistry Science*, 12 (1): 596-609., 2018.
- [9] Bertrand, R. & Gigou J. La fertilité des sols tropicaux. *Larose*, Edition Maisonneuve, Paris (France), 397 p., 2002.
- [10] INS Recensement Général de la Population et de l'Habitat. Rapport d'exécution et présentation des principaux résultats. 49 p., 2020.
- [11] Bambara C.A. Effets des fientes de volaille sur les propriétés chimiques du sol et le rendement paddy du riz pluvial strict en zone sud soudanienne du Burkina Faso. Mémoire de Master en Agronomie, UFR Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 54 p., 2017.

- [12] Ngoy G.Y., Yalombe Y.Y., Tshibamba M.J., Odia N.J. & Mukanya K.B.M. Évaluation de l'effet combiné du chaulage et du *Tithonia diversifolia* dans la mobilisation du phosphore sur la culture du niébé dans les conditions edapho-climatiques en RDC. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 3: 5345-5353., 2018.
- [13] Tshibingu R. M., Tshilumba T. M., Mpoyi B. M., Ntatangolo B., Kabongo M. D., Tshibingu M. I., Kazadi N. J., Ngoyi N. D. & Munyuli M.T. Évaluation de la productivité du maïs (*Zea mays L.*) sous amendements organique et minéral dans la province de Lomami, République Démocratique du Congo, *Journal of Applied Biosciences*, 109: 10571-10579., 2017.
- [14] Paliwal R.L. Introduction au maïs et son importance. In: *Le maïs en zone tropical: amélioration et production*. FAO, Rome (Italie): 1-3., 2002.
- [15] Makosso. S. Utilisation combinée de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray et d'engrais NPK pour améliorer la production de *Solanum melongena L.* dans la zone maraîchère de Brazzaville. *Annales de l'Université Marien Ngouabi*, 11 (4): 52-58., 2010.
- [16] Nyembo K. L., Useni S.Y., Mpundu M. M., Bugeme M. D., Kasongo L. Emery. & Baboy L. L. Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPKS et Urée) sur le rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de *Zea mays L.* à Lubumbashi, Sud-Est de la RD Congo, *Journal of Applied Biosciences*, 59: 4286-4296., 2012.
- [17] Vanlauwe B., Diels.J., Aihou K., Iwuafor E.N.O., Lyasse O., Singinga N.& Merckx R. Direct interactions between N fertilizer and organic matter: evidence from trials with 15 N-labelled fertilizer. In: *Integrated plant nutrient management in sub-Saharan Africa: from concept to practice* (Eds Vanlauwe B, Diels J, Singinga N and Merckx). Wallingford, Royaume-Uni: 173-184., 2002.
- [18] Bationo A., Kimetu J., Ikera S., Kimani S., Mugenda D., Odendo M., Silver M., Swift M.J. & Sanginda N. The Africa Net Work for soil biology and fertility: New challenge and opportunites. In: *Managing of nutriment cycles to sustain soil fertility in sub-saharan Africa*. Academy Science Publishers and Tropical Soil Biology and Fertility Institute of CIAT. Bationo A, Nairobi: 1-23., 2004.
- [19] Somda B.B., Ouattara B., Serme I., Pouya M.B., Lombo F., Taonda J.B. & Sedogo P.M. Détermination des doses optimales de fumures organo-minérales en microdose dans la zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. *International Journal Biological And Chemical Sciences*, 11: 670-683., 2017.
- [20] Brasset T. & Couturier C. Gestion et valorisation des cendres de chaufferies bois: Epandage en forêt. *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie*, 7 p., 2005.
- [21] Giller K.E., Cadisch G., Palm C. The North-South divide: Organic or resources of nutrient management. *Agronomy*, 22: 703-709., 2002.
- [22] Mukalay M. J., Shutcha M.N., Tshomba K.J., Mulowayi K., Kamb C. F. & Ngongo L.M. Causes d'une forte hétérogénéité des plants dans un champ de maïs dans les conditions pédoclimatiques de Lubumbashi. *Presses universitaires de Lubumbashi, Annales Faculté des Sciences Agronomiques*, 1 (2): 4-11., 2008.
- [23] Walburg G., Bauer M.E., Daughtry C. S. T. & Housley T. L. Effects of Nitrogen Nutrition on the Growth, Yield and Reflectance Characteristics of Corn Canopies. *American Society of Agricultural*, 74: 677-683., 1982.
- [24] Kaho F., Yemefack M., Feuji-Teguefouet P. & Tchantchaung J.C. Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrains inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun. *Tropicultura*, 29: 39-45., 2011.
- [25] Gomgnimbou, A. P. K., Bandaogo, A. A., Coulibaly, K., Sanon, A., Ouattara, S., et Nacro H. B. Effets à court terme de l'application des fientes de volaille sur le rendement du maïs *Zea mays L.* et les caractéristiques chimiques d'un sol ferrallitique dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 13 (4): 2041-2052., 2019.
- [26] Zeinabou H, Mahamane S., Nacro H.B., Bado B.V.& Lombo F., Bationo A. Effet de la combinaison des fumures organominérales et de la rotation niébé-mil sur la nutrition azotée et les rendements du mil au sahel. *International Journal Biological And Chemical Sciences*, 8: 1620-1632., 2014.
- [27] Jan M. F. Impact of Integrated Potassium Management on Plant Growth, Dry Matter Partitioning and Yield of Different Maize (*Zea Mays L.*) Hybrids. *Pure and Applied Biology*, 7 (4): 2042-2048., 1918.
- [28] FAO. Les engrais et leur application. FAO, Rome, Italie, 51 p., 1980.
- [29] Betrand R. & Gigou J. La fertilité des sols tropicaux. *Larose*, Edition Maisonneuve, Paris (France), 397 p., 2002.
- [30] Little T.M. & Hills F.J. Agricultural Experimentation. *Design and Analysis*, New York (Etats-Unis), 350 p., 1978.
- [31] Niang C., Gachengo C.C., Nziguheba G. & Amadalo B. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya. *Agroforestry Systems*, 49: 201-221., 2000.