



EVALUATION DE L'EFFET VARIETAL ET PHYTOSANITAIRE DES TYPES DE FUMURE SUR LES MALADIES PHYSIOLOGIQUES DE LA CULTURE DU MAÏS AU CAMEROUN

EVALUATION OF THE VARIETY AND PHYTOSANITARY EFFECT OF TYPES OF FUMURE ON THE PHYSIOLOGICAL DISEASES OF MAIZE CULTIVATION IN CAMEROON

| Daouda Kutnjem ^{1*} | Ndongo Bekolo ¹ | Ambang Zachée ¹ | Mamadou Mounpoubeyi Njipit ¹ | and | Patrice Ngatsi Zemko ¹ |

¹. Université de Yaoundé 1 | Faculté des Sciences | Département de Biologie et Physiologie Végétales | Yaoundé | Cameroun |

| Received | 19 August 2018 | | Accepted | 06 September 2018 | | Published 19 September 2018 | | ID Article | Daouda-ManuscriptRef.1-ajira190818 |

RESUME

Contexte : Les maladies non parasitaires ou maladies physiologiques résultent des conditions climatiques, édaphiques défavorables, des dégâts chimiques ou mécaniques et des tares génétiques qui entraînent des perturbations du métabolisme, les retards de croissance ou des anomalies du développement résultant de causes altérogènes abiotiques, non transmissibles d'une plante à l'autre. Bien que les facteurs climatiques et les pratiques culturales influencent la qualité des cultures, la suppression de la cause pathogène par rétablissement des facteurs limitant permettrait à la plante de recouvrer son état normal. Il est donc nécessaire d'explorer les vertus phytosanitaires de la fumure organique de compost des déchets ménagers et à parches de café comme amendements organiques pouvant permettre de lutter contre les maladies physiologiques de la culture du maïs.

Objectifs : L'étude a été conduite dans la région forestière à pluviométrie bimodale du Centre Cameroun en vue d'évaluer l'effet variétal et phytosanitaire des types de fumure sur certaines maladies physiologiques de la culture du maïs. **Méthode :** L'expérimentation a été conduite dans le site de Megana de la localité d'Akonolinga selon un dispositif factoriel «split-plot» randomisé à 4 blocs avec en parcelle principale les variétés (V1 : variété locale, V2 : variété améliorée CMS 8501, V3 : variété améliorée CMS 8704) et en sous parcelle les traitements fertilisants (T0: témoin non fertilisé, T1: fumier naturel à parches de café, T2: compost de déchets ménagers, T3: engrais minéral NPK=20-10-10). Chaque bloc est la combinaison de trois variétés et quatre traitements soit 12 combinaisons. Chaque unité expérimentale a été constituée de 3 lignes comportant 7 poquets par lignes.

Résultats : Les analyses statistiques ont montré que les types de fumure ont influencé l'incidence et la sévérité des maladies physiologiques du maïs. Parmi ces maladies, la déformation des plantes n'a pas été identifiée chez le traitement à base de compost, mais plutôt chez le traitement témoin avec un taux d'incidence de $1,93 \pm 0,24$ % et de sévérité de $0,87 \pm 0,1$ % de 12 à 16 semaine après semis (SAS) et le traitement à parches de café avec un taux d'incidence de $1,8 \pm 0,22$ % et de sévérité de $0,73 \pm 0,15$ % à 16 SAS. Le traitement à l'engrais NPK a présenté un taux d'incidence faible de $0,89 \pm 0,2$ % et de sévérité de $0,52 \pm 0,17$ %. Pour les taches foliaires, à 16SAS, la maladie a été plus fréquente chez les traitements témoin ($15,33 \pm 3,06$ %), à parches de café ($11,07 \pm 3,84$ %) et à l'engrais NPK ($10,08 \pm 3,71$ %) que le compost ($5,53 \pm 1,18$ %). Sa sévérité a été aussi plus élevée chez les traitements témoin ($5,73 \pm 1,26$ %), à parches de café ($5,70 \pm 1,61$ %) et à l'engrais NPK ($4,06 \pm 1,12$ %) que le compost ($2,89 \pm 0,27$ %). Le phénomène d'épi portant les grains vides a été plus fréquent chez les traitements témoin ($15,72 \pm 3,1$ %), à parches de café ($7,71 \pm 2,04$ %) et à l'engrais NPK ($4,87 \pm 2,51$ %) que le compost ($2,78 \pm 1,01$ %). De même la sévérité de ce trouble physiologique a été aussi plus élevée chez les traitements témoin ($5,72 \pm 2,05$ %), à parches de café ($4,36 \pm 1,4$ %) et à l'engrais NPK ($2,77 \pm 1,3$ %) que chez le compost ($0,62 \pm 0,01$ %). Les autres anomalies de l'épi ont été moins fréquentes et moins sévères sur les parcelles fertilisées à base de compost par rapport aux autres traitements fertilisants. L'effet variétal a montré des différences significatives entre les variétés. Les résultats enregistrés ont montré que, la déformation de la plante a été légèrement plus fréquente chez la variété locale (V1) avec un taux d'incidence de $2,03 \pm 0,23$ % à la fin de l'expérimentation (16SAS) que les variétés améliorées V2 ou CMS 8501 ($1,5 \pm 0,24$ %) et V3 ou CMS 8704 ($1,45 \pm 0,21$ %). Mais le taux de sévérité est statistiquement similaire, il est de $0,57 \pm 0,1$ % chez V1, de $0,44 \pm 0,19$ % chez V2 et de $0,52 \pm 0,17$ % chez V3. Pour les taches foliaires, elles ont été légèrement plus fréquentes chez V1 ($10,76 \pm 2,76$ %) que chez V2 ($9,26 \pm 2,17$ %) et V3 ($9,09 \pm 2,97$ %). La sévérité a été statistiquement égale chez V1 ($4,73 \pm 1,26$ %) et V3 ($4,06 \pm 1,12$ %), mais plus faible chez V2 ($2,89 \pm 1,1$ %). Le phénomène d'épi portant les grains vides a présenté une incidence élevée chez V1 ($6,27 \pm 1,2$ %) que chez V2 ($3,87 \pm 1,01$ %) et V3 ($4,18 \pm 1,5$ %). Sa sévérité a été plus élevée chez V1 ($3,27 \pm 1,2$ %) et V2 ($3,07 \pm 1,08$ %) que chez V3 ($0,88 \pm 0,02$ %). **Conclusion :** Au regard des potentialités phytosanitaires du compost sur la protection des plantes de maïs contre les maladies physiologiques, l'on peut conclure que les variétés ont présenté aussi des différences significatives ou non vis-à-vis de l'incidence et de la sévérité des autres anomalies d'épi.

Mots clés: Compost de déchets ménagers, maladies physiologiques, fumier naturel à parches de café, incidence des maladies, sévérité des maladies.

ABSTRACT

Context: Non-parasitic diseases result from adverse climatic, edaphic conditions, chemical or mechanical damage and genetic defects that cause metabolic disturbances, stunting or developmental abnormalities resulting from abiotic, non-transmissible alterogenic causes from plant to plant. Although climatic factors and cultural practices influence crop quality, removal of the pathogenic cause by restoring limiting factors or by providing sufficient organic amendments would allow the plant to recover to its normal state. It is therefore necessary to explore the phytosanitary virtues of organic compost manure from household and parchment waste as organic amendments that can be used to fight against physiological diseases in maize. **Objectives:** A study was conducted in the forest region with bimodal rainfall in Center region of Cameroon to evaluate the varietal effect and phytosanitary effect of manure types on certain physiological diseases of maize cultivation. **Method:** The experiment was conducted in the Megana site of Akonolinga according to a split-plot factorial device randomized to 4 blocks with main plot varieties (V1: local variety, V2: improved variety CMS 8501, V3: improved variety CMS 8704) and sub-plots fertilizer treatments (T0: unfertilized control, T1: natural manure with coffee grounds, T2: compost of household waste, T3: mineral fertilizer NPK = 20-10-10). Each block is the combination of three varieties and four treatments, 12 combinations. Each experimental unit consisted of 3 lines with 7 seed holes per line. **Results:** Statistical analyzes showed that manure types influenced the incidence and severity of corn physiological diseases. Among these diseases, the deformation of the plants was not identified in the compost-based treatment, but rather in the control treatment with an incidence rate of $1.93 \pm 0.24\%$ and a severity of $0.87 \pm 0.1\%$ from 12 to 16WAS and coffee ground treatment with an incidence rate of $1.8 \pm 0.22\%$ and severity of $0.73 \pm 0.15\%$ at 16WAS. The NPK fertilizer treatment had a low incidence rate of $0.89 \pm 0.2\%$ and a severity of $0.52 \pm 0.17\%$. For leaf spot, at 16WAS, the disease was more common in control treatments ($15.33 \pm 3.06\%$), coffee grounds ($11.07 \pm 3.84\%$) and NPK fertilizer ($10.08 \pm 3.71\%$) than compost ($5.53 \pm 1.18\%$). Its severity was also higher in the control treatments ($5.73 \pm 1.26\%$), coffee grounds ($5.70 \pm 1.61\%$) and NPK fertilizer ($4.06 \pm 1.12\%$) than the compost ($2.89 \pm 0.27\%$). Empty kernels were more common in the control ($15.72 \pm 3.1\%$), coffee ground ($7.71 \pm 2.04\%$) and NPK (4) treatments ($4.87 \pm 2.51\%$) than compost ($2.78 \pm 1.01\%$). Similarly, the severity of this physiological disorder was also higher in control treatments ($5.72 \pm 2.05\%$), coffee grounds ($4.36 \pm 1.4\%$) and NPK fertilizer ($2.77 \pm 1.3\%$) than in compost ($0.62 \pm 0.01\%$). Other ear anomalies were less frequent and less severe on composted plots compared to other fertilizer treatments. The varietal effect showed significant differences between the varieties. Results recorded showed that deformation of the plant was slightly more frequent in the local variety (V1) with an incidence rate of $2.03 \pm 0.23\%$ at the end of the experiment (16WAS) than improved varieties V2 or CMS 8501 ($1.5 \pm 0.24\%$) and V3 or CMS 8704 ($1.45 \pm 0.21\%$). But the severity rate is statistically similar, it is $0.57 \pm 0.1\%$ in V1, $0.44 \pm 0.19\%$ in V2 and $0.52 \pm 0.17\%$ in V3. For leaf spot, they were slightly more common in V1 ($10.76 \pm 2.76\%$) than in V2 ($9.26 \pm 2.17\%$) and V3 ($9.09 \pm 2.97\%$). The severity was statistically equal in V1 ($4.73 \pm 1.26\%$) and V3 ($4.06 \pm 1.12\%$), but lower in V2 ($2.89 \pm 1.1\%$). The ear phenomenon bearing empty grains showed a high incidence in V1 ($6.27 \pm 1.2\%$) than in V2 ($3.87 \pm 1.01\%$) and V3 ($4.18 \pm 1.5\%$). Its severity was higher in V1 ($3.27 \pm 1.2\%$) and V2 ($3.07 \pm 1.08\%$) than in V3 ($0.88 \pm 0.02\%$). **Conclusion:** considering the results obtained in terms of the phytosanitary potential of compost for the protection of maize plants against physiological diseases, it can be concluded that the varieties showed significant or no differences with respect to the incidence and the severity of other ear anomalies.

Key words: Household waste compost, physiological diseases, natural manure based with coffee grounds, incidence of diseases, severity of diseases.

1. INTRODUCTION

La qualité de la croissance et le rendement des cultures sont déterminés par l'interaction qui s'établit entre la plante cultivée, les pratiques des cultures, les facteurs climatiques et les organismes vivants. Pour Michel Lacroix (2015) le cultivar ou la semence est la première composante ayant une influence sur la croissance et le rendement puis que les cultivars des diverses plantes cultivées ne démontrent pas la même sensibilité envers les organismes pathogènes et les facteurs de l'environnement [1]. De même, les facteurs climatiques et les pratiques culturelles influencent la qualité des cultures. Michel Lacroix (1999) rappelle que si ces facteurs sont inadéquats, ils engendrent directement une détérioration de la croissance de la plante entraînant ainsi des maladies physiologiques [2]. Malcolm (1992) résume que les maladies non parasitaires résultent des conditions climatiques, édaphiques défavorables, des dégâts chimiques ou mécaniques et des tares génétiques qui entraînent des perturbations du métabolisme, les retards de croissance ou des anomalies du développement résultant de causes altérogènes abiotiques, non transmissibles d'une plante à l'autre [3]. Paul et Impens (2003) démontrent que la suppression de la cause pathogène par rétablissement des facteurs limitant à l'aide d'un apport des amendements organiques suffisants permettrait à la plante de recouvrer son état normal [4]. Ce travail va dans le même sens que les travaux de Paul et Impens en essayant de démontrer qu'il est possible de valoriser le compost urbain produit à base des déchets ménagers et de fumier naturel à parches de café pour lutter contre les maladies physiologiques de culture du maïs. C'est dans ce cadre qu'une étude a été conduite en vue d'évaluer l'effet variétal et phytosanitaire des types de fumure sur les maladies physiologiques de culture du maïs Il s'agit spécifiquement de: 1) produire un compost à base des déchets ménagers pour une bonne production du maïs; 2) évaluer l'effet phytosanitaire des types de fumure sur les maladies physiologiques de culture de maïs ; 3) évaluer la sensibilité de trois variétés notamment la variété locale, la variété améliorée composite blanche CMS8501 et la variété améliorée composite jaune CMS 8701 aux maladies physiologiques.

2. MATERIEL et METHODES

2.1. Site expérimental

L'expérimentation a été conduite dans le site de Megana de la localité d'Akonolinga à 98 km du centre-ville de Yaoundé. De coordonnées géographiques : 3° 46'00"N 12°15'00"E, Akonolinga appartient à la zone agro-écologique V dite zone forestière à pluviométrie bimodale. Cette zone est caractérisée par un climat Sub-équatorial de type Congo-guinéen, avec deux saisons sèches alternant avec deux saisons de pluies. La pluviométrie moyenne varie entre 1500 à 2000 mm sur 10 mois, la température moyenne annuelle est relativement constante (de l'ordre de 23 à 27 °C), l'humidité relative est en moyenne supérieure à 80 % [5].

Le site d'expérimentation de Megana a servi auparavant à la culture de manioc, macabo et arachide puis abandonné en jachère naturelle pendant 5 ans. Cette jachère était dominée par les espèces telles *Chromoleana odorata*, *Commelina ensifolia*, *Sida alba*, *Synedrella nodiflora*, *Ipomea indica* et *Tithonia diversifolia*.

2.2. Matériels d'expérimentation

Deux types de matériels ont été utilisés :

(1) le matériel végétal constitué de trois variétés de maïs: La variété locale (V_1), la variété sélectionnée CMS 8501 (V_2) et la variété sélectionnée CMS 8704 (V_3). Les variétés V_1 , V_2 , V_3 présentées dans le tableau 1 sont développées par l'Institut de Recherche Agronomique pour le Développement (IRAD-Cameroun).

(2) Les fertilisants organique et inorganique, trois traitements ont été utilisés : le compost des déchets ménagers contenant 40 % de la matière organique, les parches à café contenant 18,% de la matière organique et l'engrais N-P-K (20-10-10).

Tableau 1 : Caractéristiques des trois variétés de maïs utilisées au cours de l'expérimentation.

Variétés	Durée du cycle (en j)	Texture	Couleur	Nature
V_1 : Variété locale	120 (tardive)	Farineuse	Blanche	Locale
V_2 : CMS 8501	115 (intermédiaire)	Vitreuse	Blanche	Composite
V_3 : CMS 8704	115 (intermédiaire)	Vitreuse	Jaune	Composite

2.3. Préparation du terrain et mise en place du dispositif expérimental

Les travaux de préparation du site d'expérimentation ont été faits manuellement. En effet, après le défrichage du site, les troncs d'arbres et herbes sont entassés et brûlés par endroit. Par la suite le labour à l'aide des houes a permis la mise en place du dispositif expérimental. Le dispositif expérimental est un factoriel «split-plot» randomisé à 4 blocs [6]. Avec en parcelle principale les variétés (V_1 : variété locale, V_2 : variété améliorée CMS 8501, V_3 : variété améliorée CMS 8704) et en sous parcelle les traitements fertilisants (T_0 : témoin non fertilisé, T_1 : fumier naturel à parches de café, T_2 : compost de biodéchets ménagers, T_3 : engrais minéral NPK=20-10-10). Chaque bloc est la combinaison de trois variétés et quatre traitements fertilisants soit 12 combinaisons. Chaque unité expérimentale a été constituée de 3 lignes comportant 7 poquets par lignes soit un total de 21 poquets par unité expérimentale. Chaque unité expérimentale utilise 42 plants à raison de 168 par parcelle pour un total de 504 plants par bloc soit 2016 plants pour l'ensemble de 4 blocs. Au total, on dénombre 48 unités expérimentales ou sous-parcelles mesurant chacune 2 m x 4 m séparée entre elles par une distance de 1 m et la distance entre les blocs est de 1,5 m.

2.4. Evaluation du taux d'incidence des maladies

L'incidence de la maladie désigne la proportion des plantes malades au sein d'une unité expérimentale donnée, indépendamment de la gravité de l'attaque de chaque plante. Après avoir dénombré les plantes malades, l'incidence de la maladie a été déterminée en adoptant la formule usuelle en pathologie végétale décrite par Tchoumakov & Zaharova (1990) [7] à savoir :

$$I(\%) = (n/N) \cdot 100 \quad (1)$$

Où : N représente le nombre total de plante par unité expérimentale; n le nombre de plantes malades sur la même unité expérimentale et I (%) représente l'incidence ou la fréquence de la maladie de l'unité expérimentale.

2.5. Evaluation du taux de sévérité

La sévérité d'une maladie c'est le degré d'infection d'un organe ou de la plante entière par la maladie. Après avoir dénombré les plantes malades dans chaque unité expérimental et la degré d'infection de la maladie, la sévérité de la maladie a été déterminé grâce à la formue décrite par Tchoumakov & Zaharova (1990) [7] à savoir :

$$S = \frac{\sum(ab)}{n} \quad (2)$$

Où : $\sum(ab)$ est la somme des multiplications du nombre des plantes malades (a) avec le degré d'infection correspondant (b) donné en %; et n le nombre de plantes malades

L'échelle utilisée pour le degré d'infection (b) est celle proposée par Wangungu et al. (2011) [8].

Où 1: 0 % d'infection de la plante; 2 : infection recouvrant entre 1 - 15 % de la plante; 3 : infection recouvrant entre 16 - 40 % de la plante; 4 : infection recouvrant entre 41 - 75 %; 5 : infection recouvrant 76 % - 100 % de la plante.

2.6. Analyses statistiques

L'analyse de la variance a été réalisée à l'aide du logiciel SAS (2003). Les résultats relatifs à l'étude ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA) à mesures répétées, $\alpha = 5\%$. Le logiciel utilisé pour traiter et exprimer les données sous la forme Moyenne \pm écartype est Excel. Concernant la comparaison des moyennes, elle a été réalisée à l'aide du test de LSD ($\alpha = 5\%$).

3. RESULTATS

3.1. Inventaire des maladies dans les unités expérimentales

L'inventaire des maladies dans les différentes unités expérimentales a été réalisé à travers la technique du diagnostic visuel des symptômes développée par Renard et Foucart (2008) [9]. Elle a permis de recenser des maladies non parasitaires. Les maladies non parasitaires sont celles qui résultent des conditions climatiques, édaphiques défavorables, des dégâts chimiques ou mécaniques et des tares génétiques [3]. Dans les unités expérimentales les principales maladies non parasitaires identifiées lors de l'expérimentation sont : la carence en phosphore, les épis anormaux, les taches foliaires et la déformation de la plante. Mais seules les tâches foliaires, la déformation de la plante et les épis anormaux ont présenté un taux d'incidence et de sévérité significatif. Ces trois maladies non parasitaires ont fait l'objet d'une analyse approfondie.

3.2. Effet des types de fumure sur l'incidence et la sévérité des maladies physiologiques du maïs

Egalement appelées maladies abiotiques, les maladies physiologiques désignent les perturbations du métabolisme, le retard de croissance ou les anomalies du développement résultant de causes altéragènes abiotiques, non transmissibles d'une plante à une autre (maladies non contagieuses). Dans les unités expérimentales, trois types de maladies physiologiques (déformation de la plante, tâches foliaires, épi anormal) ont été identifiées en champ, leur incidence et sévérité variaient en fonction du traitement fertilisant appliqué. Ainsi, pour la déformation de la plante du maïs, seul le traitement à base de compost des déchets ménagers n'a pas été attaqué. Par contre, les tâches foliaires et le phénomène d'épi anormal ont été présents chez tous les traitements à des taux d'incidence différents comme le présente le tableau 2.

Tableau 2 : Taux d'incidence des maladies physiologiques du maïs en fonction du traitement fertilisant.

Paramètres	Evolution de l'état sanitaire de la plante du maïs															
	4 SAS				8 SAS				12 SAS				16 SAS			
Traitement	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
Déformation de la plante	-	-	-	-	0,79±0,17 a	0,53±0,1 b	-	-	1,93±0,24 a	1,8±0,22 a	-	0,89±0,2b	1,93±0,24 a	1,8±0,22 a	-	0,89±0,2 b
Taches foliaires	4,77±1,51 a	4,07±1,04 a	1,78±0,5 c	3,47±1,03 b	10,27±2,11a	8,17±2,14 b	3,87±1,01 d	6,78±2,11 c	15,27±3 a	11,02±3,44 b	4,99±1,17 d	9,98±3,31 c	15,33 ± 3,06 a	11,07 ± 3,84 b	5,53± 1,18 d	10,08 ± 3,71 c
Epi anormal Grains vides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,72±3,1 a	7, 71 ± 2,04 b	2, 78± 1,01 d	4,87±2,51 c
Formation incomplète des grains	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,42±2,7 a	5, 17 ± 1, 4 b	1, 87± 0,71 d	2,78± 1, 15 c
Syndrome de l'arrêt de croissance	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,27±1,3 a	2, 51 ± 0,9 b	0, 87± 0,01 d	1,37± 0,16 c
Etranglement de l'épi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,44±1,38 a	1, 85±0,8 b	0, 83±0,02 c	1,02± 0,1 c
Dépérissement de la cime	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,33±2,2 a	6,6 ±2,2 b	1, 36±1,1 d	3,41± 2,1 c
Epi en « zipper »	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,25±3,5 a	6, 17±2,12 b	1, 08±0,34 d	3,15±1,6 c

SAS= Semaine Après Semis ; **T₀**=Témoin sans amendement (organique/inorganique) ; **T₁**=traitement à parches de café ; **T₂**=traitement au compost ; **T₃**=fertilisation minérale NPK (20-10-10). Les différentes lettres indiquent de différences significatives après le test de DUNCAN.

Concernant la sévérité, des différences significatives ont été enregistrées. Ainsi, pour la déformation de la plante du maïs, seul le traitement à compost des déchets ménagers n'a pas été attaqué. Par contre, les tâches foliaires et le phénomène d'épi anormal ont été présents chez tous les traitements à des taux de sévérité différents comme le présente le tableau 3.

Tableau 3 : Taux de sévérité des maladies physiologiques du maïs en fonction du traitement fertilisant.

Paramètres	Evolution de l'état sanitaire de la plante du maïs															
	4 SAS				8 SAS				12 SAS				16 SAS			
Traitement	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
Déformation de la plante	-	-	-	-	0,34±0,1 a	0,37±0,12 a	-	-	0,87±0,1 a	0,73±0,15 a	-	0,52±0,17 b	0,87±0,1 a	0,73±0,15 a	-	0,52±0,17 b
Taches foliaires	3,25±1,02 a	3,17±1,1 a	2,06±0,9 c	2,75±1,04 b	4,37±1,16 a	4,07±1,19 a	2,32±1,1 c	3,66±1,01 b	5,73±1,26 a	6,70±1,61 a	2,89± 1,1 c	4,06±1,12 b	5,73±1,26 a	5, 70±1, 61 a	2,89±0,27 c	4,06±1,12 b
Epi anormal Grains vides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,72±2,05 a	4,36 ±1, 4 b	0,62±0,01 d	2,77±1,3 c
Formation incomplète des grains	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,44±2,3 a	2,71±0, 4 b	0,58± 0,11 d	1,28±0, 15 c
Syndrome de l'arrêt de croissance	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,72±0,3 a	0,91 ± 0,03 b	0,17±0,01 d	0,77± 0,16 c
Etranglement de l'épi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,56±1,3 a	1,02 ± 0,6 b	0,31±0,02 c	0,92± 0,1 b
Dépérissement de la cime	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7, 31±2,1 a	3,56 ±1,3 b	0,66±0,02 d	1,14±0,16 c
Epi en « zipper »	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,52±1,3 a	2,71± 0, 21 b	0,48± 0,04 d	1,16±0,06 c

SAS= Semaine Après Semis ; **T₀**=Témoin sans amendement (organique/inorganique) ; **T₁**=traitement à parches de café ; **T₂**=traitement au compost ; **T₃**=fertilisation minérale NPK (20-10-10). Les différentes lettres indiquent de différences significatives après le test de DUNCAN.

L'analyse statistique des résultats obtenus montre que la déformation de la plante a été moins fréquente dans les différentes unités expérimentales traitées de même que leur intensité d'attaque. Les taches foliaires ont été présentes de façon croissante à différents stades du développement de la plante du maïs. Aussi, le phénomène d'épi anormal est non négligeable, certains épis de maïs des différents traitements fertilisants ont présenté des symptômes tels : grains vides, formation incomplète des grains, syndrome de l'arrêt de croissance, étranglement de l'épi etc. Une analyse profonde de chaque maladie a permis de mieux comprendre sa fréquence (incidence) et l'intensité d'attaque (sévérité) en fonction du traitement fertilisant utilisé.

- La déformation de la plante de maïs : A l'exception du traitement à base de compost où le taux d'incidence de déformation est nul, la déformation s'est développée en champ sur les unités expérimentales du traitement témoin, du traitement à parches de café et celui de l'engrais minéral. L'effet des fertilisants sur l'incidence de la déformation de plante montre une différence significative ($P=0,001$) en fonction des traitements. En effet, entre la 8^{ième} et la 16^{ième} SAS le plus grand nombre des plantes déformées avec un taux d'incidence inférieur à 2% a été enregistré chez le traitement témoin, ainsi le taux de déformation a évolué de $0,79 \pm 0,17$ à $1,93 \pm 0,24$ % chez T0, de $0,53 \pm 0,1$ à $1,8 \pm 0,22$ % chez T1 et chez T3 elle est stable à $0,89 \pm 0,2$ %. Excepté le traitement à base de compost, la sévérité a présenté une différence significative entre les traitements ($P=0,001$) et elle a été la plus élevée chez le traitement témoin avec un taux qui a évolué entre la 8^{ième} et la 16^{ième} SAS de $0,34 \pm 0,1$ à $0,87 \pm 0,1$ %.

Les autres traitements ont présenté aussi un taux de sévérité qui évolue en fonction de temps. Ainsi le traitement à parches de café a présenté un taux de sévérité qui évolue de $0,37 \pm 0,12$ à $0,73 \pm 0,15$ % et le traitement à l'engrais NPK est passé de $0,45 \pm 0,12$ à $0,52 \pm 0,17$ % entre la 8^{ième} et la 16^{ième}.

- Les taches foliaires ou taches pellucides : L'effet des fertilisants sur l'incidence des taches foliaires montre qu'elle a évolué avec le temps dans toutes les unités expérimentales traitées et présente une différence significative ($P=0,001$). En effet, entre la 4^{ième} et la 16^{ième} SAS le plus grand nombre de plantes présentant des taches foliaires a été enregistré chez le traitement témoin, ainsi le taux d'incidence a évolué de $4,77 \pm 1,51$ % (4SAS) à $15,33 \pm 3,06$ % (16SAS) chez le traitement témoin ; de $4,07 \pm 1,04$ % (4SAS) à $11,07 \pm 3,84$ % (16SAS) chez le traitement à parches de café ; de $1,78 \pm 0,5$ % (4SAS) à $5,53 \pm 1,18$ % (16SAS) chez le traitement à compost et de $3,47 \pm 1,03$ % (4SAS) à $10,08 \pm 3,71$ % (16SAS). Ainsi l'ordre de classement croissant en fonction du taux d'incidence se résume comme suit : $T2 < T3 < T1 < T0$. De même, la sévérité de la maladie a présenté une différence significative ($P=0,003$). En effet, entre la 4^{ième} et la 16^{ième} SAS l'intensité de la maladie a été la plus faible chez le traitement à base de compost des déchets ménagers évoluant de $2,06 \pm 0,9$ % (4SAS) à $2,89 \pm 0,27$ % (16SAS). Par contre les trois autres traitements ont présenté des taux de sévérité assez similaires. Ainsi ont été enregistrés entre la 4^{ième} et la 16^{ième} SAS les taux de sévérité allant de $3,25 \pm 1,02$ % (4SAS) à $5,73 \pm 1,26$ % (16SAS) chez le traitement témoin ; de $3,17 \pm 1,1$ % (4SAS) à $5,70 \pm 1,61$ % (16SAS) chez le traitement à parches de café et de $2,75 \pm 1,04$ % (4SAS) à $4,06 \pm 1,12$ % (16SAS) chez le traitement à l'engrais NPK. L'ordre de classement croissant en fonction du taux de sévérité se résume comme suit : $T2 < T3 < T1 \leq T0$.

- Le phénomène d'épi anormal : Le potentiel de rendement du maïs dépend de plusieurs facteurs parmi lesquels : les stress climatiques, les infestations de ravageurs, certaines propriétés du sol, la disponibilité des éléments nutritifs et les décisions de régie qui influencent les pratiques agronomiques. La résultante de ces facteurs est à l'origine du phénomène d'épis anormaux qui est un indicateur de la mauvaise santé de la culture. Lors de l'expérimentation en champ, ont été identifiés comme faisant partie du phénomène d'épis anormaux : les grains vides, la formation incomplète des grains, le syndrome de l'arrêt de croissance, l'étranglement de l'épi, le dépérissement de la cime et l'épi en « zipper ».

1) Grains vides : Il s'agit des grains légers, incomplets et rabougris causés par des conditions qui entraînent la mort prématurée du plant ou qui limitent son aptitude à la photosynthèse pendant le remplissage des grains. Après la récolte, l'examen d'identification des grains vides a été effectué à travers un diagnostic visuel et les pesées. L'effet des traitements fertilisants sur l'incidence d'épis portant les grains vides a montré une différence significative ($P=0,002$). Le taux le plus élevé a été enregistré chez le traitement témoin ($15,72 \pm 3,1$ %) et le traitement à compost a présenté le taux le plus faible ($2,78 \pm 1,01$ %). Par contre le taux moyen a été enregistré chez le traitement à parches de café ($7,71 \pm 2,04$ %) et celui à l'engrais minéral ($4,87 \pm 2,51$ %). Ainsi l'ordre de classement croissant en fonction du taux d'incidence se résume comme suit : $T2 < T3 < T1 < T0$. Concernant la sévérité, l'effet des fertilisants a montré une différence significative ($P=0,003$). Le taux le plus élevé a été enregistré chez le traitement témoin ($5,72 \pm 2,05$ %), ce taux est statistiquement similaire à celui enregistré chez le traitement à parches de café ($4,36 \pm 1,4$ %). Le traitement à compost a présenté le taux le plus faible ($0,62 \pm 0,01$ %) et le taux intermédiaire a été enregistré chez le traitement à l'engrais NPK ($2,77 \pm 1,3$ %). Ainsi l'ordre de classement croissant en fonction du taux de sévérité se résume comme suit : $T2 < T3 < T1 < T0$.

2) Formation incomplète des grains : Les grains sont présents en nombre limité, les causes sont diverses : développement inégal de la culture; manque de pollen au cours de la pollinisation, sécheresse importante, températures élevées, carence en phosphore, dommages par les herbicides, attaques d'insectes et soies sectionnées. Après la récolte, l'examen d'identification de la formation incomplète des grains a été effectué à travers le diagnostic visuel. Cet examen a permis d'évaluer le taux d'incidence d'épis incomplets par traitement. L'effet des fertilisants sur l'incidence d'épis incomplets a montré une différence significative ($P=0,001$). Le taux le plus élevé a été enregistré

chez le traitement témoin (20, 42 ± 2,7 %) et le traitement à compost a présenté le taux le plus faible (1, 87 ± 0,71%). Par contre le taux moyen a été enregistré chez le traitement à parches de café (5, 17 ± 1, 4 %) et celui à l'engrais minéral (2, 78 ± 1, 15%). Ainsi l'ordre de classement croissant en fonction du taux d'infection se résume comme suit : T2 < T3 < T1 < T0. S'agissant de la sévérité, l'effet des fertilisants a montré une différence significative (P = 0,001). Le taux le plus élevé a été enregistré chez le traitement témoin (10, 44 ± 2,3 %) et le traitement à compost a présenté le taux le plus faible (0, 58 ± 0,11%). Aussi les traitements à parches de café et à l'engrais NPK ont présenté les taux assez faibles respectivement 2, 71 ± 0, 4 % et 1, 28 ± 0, 15 %. Ainsi l'ordre de classement croissant en fonction du taux de sévérité se résume comme suit : T2 < T3 < T1 < T0.

3) Syndrome de l'arrêt de croissance : Dans ce cas, les grains sont normaux à la base de l'épi, mais leur développement est nettement réduit vers le milieu de l'épi, tandis que l'extrémité apicale est dénudée. L'effet des fertilisants sur l'incidence de l'arrêt de croissance de l'épi a montré une différence significative (P = 0,001). Le taux le plus élevé a été enregistré chez le traitement témoin (5, 27 ± 1, 3 %) et le traitement à base de compost a présenté le taux le plus faible (0, 87 ± 0,01 %). Par contre le taux intermédiaire a été enregistré chez le traitement à parches de café (2, 51 ± 0, 9 %) et celui à l'engrais minéral (1, 37 ± 0,16 %). Ainsi l'ordre de classement croissant en fonction du taux d'infection se résume comme suit : T2 < T3 < T1 < T0. Concernant la sévérité, l'effet des fertilisants a montré une différence significative (P = 0,001). Le taux le plus élevé a été enregistré chez le traitement témoin (1, 72 ± 0, 3%) et le traitement à base de compost a présenté le taux le plus faible (0, 17 ± 0,01%). Par contre le taux moyen a été enregistré chez le traitement à parches de café (0, 91 ± 0, 03 %) et celui à l'engrais minéral (0, 77 ± 0,16 %). Ainsi l'ordre de classement croissant en fonction du taux de sévérité se résume comme suit : T2 < T3 < T1 < T0.

4) Etranglement de l'épi : Habituellement, l'épi atteint une longueur normale, mais le nombre de rangées de grains peut être réduit de 50 % entre la base et l'extrémité de l'épi. L'effet des fertilisants sur l'incidence d'étranglement de l'épi de maïs a montré une différence significative (P = 0,001). Le taux le plus élevé a été enregistré chez le traitement témoin (4, 44 ± 1, 38 %) et le traitement à base de compost a présenté le taux le plus faible (0, 83 ± 0,02 %). Par contre le taux intermédiaire a été enregistré chez le traitement à parches de café (1, 85 ± 0, 8 %) et celui à l'engrais minéral (1, 02 ± 0,1 %). L'ordre de classement croissant en fonction du taux d'infection se résume comme suit : T2 < T3 < T1 < T0. Concernant la sévérité, l'effet des fertilisants montre une différence significative (P = 0,001). Le taux le plus élevé a été enregistré chez le traitement témoin (2, 56 ± 1, 3 %) et le traitement à base de compost a présenté le taux le plus faible (0, 31 ± 0,02). Par contre le taux intermédiaire a été enregistré chez le traitement à parches de café (1, 02 ± 0, 6 %) et celui à l'engrais minéral (0, 92 ± 0,1%). Ainsi l'ordre de classement croissant en fonction du taux d'infection se résume comme suit : T2 < T3 < T1 < T0.

5) Dépérissement de la cime de l'épi : Dans ce cas, Les grains avortent à l'extrémité apicale de l'épi. Les ovules non fécondés et les grains avortés peuvent sembler desséchés et rabougris, mais les grains avortés peuvent aussi être jaunes. L'effet des fertilisants sur l'incidence du dépérissement de l'épi de maïs a montré une différence significative (P = 0,002). Le taux le plus élevé a été enregistré chez le traitement témoin (12, 33 ± 2,2) et le traitement à base de compost a présenté le taux le plus faible (1, 36 ± 1,1 %). Par contre le taux intermédiaire a été enregistré chez le traitement à parches de café (6, 65 ± 2,2 %) et celui à l'engrais minéral (3, 41 ± 2,1 %). Ainsi l'ordre de classement croissant en fonction du taux d'infection se résume comme suit : T2 < T3 < T1 < T0. Concernant la sévérité, L'effet des fertilisants a montré une différence significative (P = 0,002). Le taux le plus élevé a été enregistré chez le traitement témoin (7, 31 ± 2,1 %) et le traitement à base de compost a présenté le taux le plus faible (0, 66 ± 0,02 %). Par contre le taux assez faible a été enregistré chez le traitement à parches de café (3, 56 ± 1,3 %) et celui à l'engrais minéral (1, 14 ± 0,16 %). Ainsi l'ordre de classement croissant en fonction du taux de sévérité se résume comme suit : T2 < T3 < T1 < T0.

6) L'épi en « zipper » : L'avortement d'un certain nombre de grains entraîne l'absence totale ou partielle de rangées de grains à l'arrière de l'épi. L'effet des fertilisants sur l'incidence du syndrome de « zipper » de l'épi de maïs a montré une différence significative (P = 0,002). Le taux le plus élevé a été enregistré chez le traitement témoin (13, 25 ± 3,5 %) et le traitement à base de compost a présenté le taux d'incidence le plus faible (1, 08 ± 0,34 %). Par contre le taux intermédiaire a été enregistré chez le traitement à parches de café (6, 17 ± 2,12 %) et celui à l'engrais minéral (3, 15 ± 1,6 %). Ainsi l'ordre de classement croissant en fonction du taux d'infection se résume comme suit : T2 < T3 < T1 < T0. Concernant la sévérité, L'effet des fertilisants a montré aussi une différence significative (P = 0,002). Le taux le plus élevé a été enregistré chez le traitement témoin (6, 52 ± 1,3 %) et le traitement à base de compost a présenté le taux le plus faible (0, 48 ± 0,04 %). Par contre le taux assez faible a été enregistré chez le traitement à parches de café (2, 71 ± 0, 21 %) et celui à l'engrais minéral (1, 16 ± 0,06 %). Ainsi l'ordre de classement croissant en fonction du taux d'infection se résume comme suit : T2 < T3 < T1 < T0.

3.3. Sensibilité des variétés de maïs aux maladies physiologiques

Lors de l'expérimentation, les études ont été menées sur trois types de maladies physiologiques notamment la déformation de la plante, les tâches foliaires, et le phénomène de l'épi anormal. Ainsi, toutes les variétés ont eu des plantes déformées, mais la déformation a été plus fréquente chez la variété locale. Par contre la fréquence des taches foliaires a été sensiblement égale chez les trois variétés comme le présente le tableau 4.

Tableau 4 : Incidence des maladies physiologiques sur les variétés de maïs

Paramètres	Evolution de l'état sanitaire de la plante du maïs											
	4 SAS			8 SAS			12 SAS			16 SAS		
Variété	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃
Déformation de la plante	-	-	-	0,8±0,21a	0,75±0,19a	0,63±0,15 ab	2,03±0,23 a	1,50±0,24 b	1,45±0,21 b	2,03±0,23 a	1,50±0,24 b	1,45±0,21 b
Taches foliaires	2,28±1,32 a	2,03 ±0,6 a	2,47±1,03 a	5,05±2,23 b	4,78± 1,10 b	6,78±2,11 a	10,76±2,76 a	9,26±2,17 b	9,09±2,97 b	10,76±2,76 a	9,26±2,17 b	9,09±2,97 b
Grains vides										6,27±1,2 a	3,87± 1,01 b	4,18±1,5 b
Formation incomplète des grains										8,28±2,13 a	3,17 ± 0, 3 b	1,28± 0,15 c
Syndrome de l'arrêt de croissance										0,83 ± 0, 03 a	0,9± 0,16 a	0,97±0, 3 a
Etranglement de l'épi										1,02 ± 0, 6 a	0,99± 0,1 a	1,05±0, 5 a
Dépérissement de la cime										2,56 ± 1,3	3,14± 1,16	3,31±1,4
Epi en « zipper »										2,17± 0, 2 a	1,16±0,3 b	1,22±0,5 b

SAS= Semaine Après Semis ; **V₁**=Variété locale blanche ; **V₂**= Variété CMS 8501 (composite blanche) ; **V₃**= Variété CMS 8704 (composite jaune). Les différentes lettres indiquent de différences significatives après le test de DUNCAN.

Concernant la sévérité, la déformation a présenté les mêmes taux de sévérité chez les trois variétés de maïs, par contre les taches foliaires ont été moins sévères chez la variété sélectionnée composite blanche que les deux autres comme le présente le tableau 5.

Tableau 5 : Sévérité des maladies physiologiques sur les variétés de maïs.

Paramètres	Evolution de l'état sanitaire de la plante du maïs											
	4 SAS			8 SAS			12 SAS			16 SAS		
Variété	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃
Déformation de la plante	-	-	-	0,34±0,1 a	0,28±0,1a	0,45±0,12 a	0,57± 0,1 a	0,44±0,19 a	0,52±0,17 a	0,57±0,1 a	0,44±0,19 a	0,52± 0,17 a
Taches foliaires	-	-	-	3,37±1,16 a	2,32±1,1 b	3,66±1,01 a	4, 73±1,26 a	2,89±1,1b	4,06±1,12 a	4, 73±1,26 a	2,89± 1,1 b	4,06±1,12 a
Epi anormal Grains vides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,27±1,2 a	0,88± 0,02 b	3,07±1,08 a
Formation incomplète des grains	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,28±2,13 a	2,71 ± 0, 3 b	2,82±0,15 b
Syndrome de l'arrêt de croissance	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,31±0, 2a	1,19± 0,16 a	1,22±0,3 a
Etranglement de l'épi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,20±0, 6 a	0,6± 0,1 b	1,5±0,8 a
Dépérissement de la cime	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,95 ± 0,3 a	2,41± 0,6 a	2,13±0,4 a
Epi en « zipper »	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,71±0, 6 a	1,11±0,5 b	1,15±0,5 b

SAS= Semaine Après Semis ; **V₁**=Variété locale blanche ; **V₂**= Variété CMS 8501 (composite blanche) ; **V₃**= Variété CMS 8704 (composite jaune). Les différentes lettres indiquent de différences significatives après le test de DUNCAN.

Pour mieux appréhender la sensibilité des variétés vis-à-vis des différentes maladies étudiées, une analyse profonde de chaque maladie a été réalisée par variété.

- La déformation de la plante de maïs : Lors de l'expérimentation, ont été observés des pieds de maïs ayant des déformations qui portent sur le raccourcissement des entre-nœuds chez la variété locale, accompagné d'une légère décoloration des feuilles terminales. Les plantes sont naines et les épis malades sont inclinés horizontalement ou vers le bas chez les variétés sélectionnées. L'analyse statistique des résultats obtenus montre une différence significative entre les variétés ($P=0,001$). La variété locale a présenté un taux d'incidence de déformation de $2,03 \pm 0,23$ % à la fin de l'expérimentation. Ce taux est de $1,50 \pm 0,24$ % pour la variété V2 et de $1,45 \pm 0,21$ % pour la variété V3. Concernant la sévérité, l'analyse statistique des résultats obtenus ne montre pas une différence significative entre les variétés ($P = 0,341$). La variété locale a présenté un taux de sévérité de $0,57 \pm 0,1$ %, la variété composite blanche de $0,44 \pm 0,19$ % et la variété composite jaune un taux de $0,52 \pm 0,17$ % à la fin de l'expérimentation.

- Les taches foliaires ou taches pellucides : La sensibilité des variétés vis-à-vis des taches foliaires a montré une différence significative ($P=0,002$). A la fin de l'expérimentation (16 SAS), la variété locale s'est montrée plus sensible aux taches foliaires que les variétés sélectionnées. Le taux d'incidence enregistré est de $10,76 \pm 2,76$ % chez V1, de $9,26 \pm 2,17$ % chez V2 et de $9,09 \pm 2,97$ % chez V3. Ainsi l'ordre de classement croissant en fonction du taux d'incidence se résume comme suit : $V3 < V2 < V1$. Concernant la sévérité, l'analyse statistique des résultats obtenus présente des différences significatives ($P=0,003$). La maladie a été moins sévère chez la variété sélectionnée composite blanche que les deux autres variétés. L'indice de sévérité enregistré est de $2,89 \pm 1,1$ chez V2, de $4,06 \pm 1,12$ chez V3 et de $4,73 \pm 1,26$ chez V1.

- Le phénomène d'épi anormal : Lors de l'expérimentation en champ, ont été identifiés comme faisant partie du phénomène d'épis anormaux chez les différentes variétés : les grains vides, la formation incomplète des grains, le syndrome de l'arrêt de croissance, l'étranglement de l'épi, le dépérissement de la cime et l'épi en « zipper ».

1) Grains vides : Après la récolte, l'examen d'identification des grains vides a permis d'évaluer le taux d'incidence et de sévérité d'épis portant les grains vides par variété. Les résultats d'analyse statistique de l'incidence ont présenté une différence significative ($P = 0,003$). Le taux le plus élevé a été enregistré chez la variété locale ($6,27 \pm 1,2$ %) et la variété sélectionnée composite blanche a présenté le taux le plus faible ($3,87 \pm 1,01$ %). Par contre le taux intermédiaire a été enregistré chez la variété sectionnée composite jaune ($4,18 \pm 1,5$ %). Ainsi l'ordre de classement croissant en fonction du taux d'incidence se résume comme suit : $V2 < V3 < V1$. Concernant la sévérité, le taux d'intensité de la maladie a présenté aussi une différence significative ($P = 0,001$). Le taux le plus faible a été enregistré chez la variété sélectionnée composite blanche ($0,88 \pm 0,02$ %), par contre les deux autres variétés ont présenté un taux qui est statistiquement similaire de $3,27 \pm 1,2$ % chez la variété locale et de $3,07 \pm 1,08$ % chez la variété sélectionnée composite jaune. L'ordre de classement croissant en fonction du taux de sévérité enregistré se résume comme suit : $V2 < V3 < V1$.

2) Formation incomplète des grains : Après la récolte, l'examen d'identification de la formation incomplète des grains a permis d'évaluer le taux d'incidence et de sévérité d'épis incomplets par variété.

Les résultats d'analyse statistique de l'incidence de la maladie ont présenté une différence significative ($P = 0,003$). Les variétés sélectionnées ont présenté le taux d'incidence le moins élevé, ce taux est de $1,28 \pm 0,15$ % chez la variété composite jaune considérée comme la moins sensible à la maladie et de $3,17 \pm 0,3$ % chez la variété composite blanche moyennement sensible. Le taux le plus élevé a été enregistré chez la variété locale ($8,28 \pm 2,13$) considérée comme la plus sensible à la maladie. Concernant la sévérité, la maladie présente aussi une différence significative ($P = 0,003$). Le taux le plus faible a été enregistré chez les variétés sélectionnées, il est de $2,71 \pm 0,3$ % chez la variété composite blanche et de $2,82 \pm 0,15$ % chez la variété composite jaune. La variété locale a présenté le taux le plus élevé ($8,28 \pm 2,13$ %).

3) Syndrome de l'arrêt de croissance : Les résultats d'analyse statistique de l'incidence de la maladie n'ont pas présenté une différence significative ($P = 0,531$). Le taux enregistré est de $0,83 \pm 0,03$ % chez la variété locale, de $0,9 \pm 0,16$ % chez la variété composite blanche et de $0,97 \pm 0,3$ % chez la variété composite Jaune. Concernant la sévérité, les résultats d'analyse statistique n'ont pas présenté aussi une différence significative ($P = 0,911$). Le taux enregistré est de $1,31 \pm 0,2$ % chez la variété locale, de $1,19 \pm 0,16$ % chez la variété composite blanche et de $1,22 \pm 0,3$ % chez la variété composite Jaune.

4) Etranglement de l'épi : Les résultats d'analyse statistique de l'incidence de la maladie n'a pas présenté une différence significative ($P = 0,674$). L'indice d'incidence enregistré est de $1,02 \pm 0,6$ % chez la variété locale, de $0,99 \pm 0,1$ % chez la variété composite blanche et de $1,05 \pm 0,5$ % chez la variété composite jaune. Concernant la sévérité, les résultats d'analyse statistique ont montré une différence significative ($P = 0,001$). La maladie a été plus sévère chez la variété sélectionnée composite jaune avec une intensité de $1,5 \pm 0,8$ %. La variété locale a présenté

une intensité de $1,20 \pm 0,6$ % et l'intensité la plus faible a été enregistrée chez la variété composite blanche ($0,8 \pm 0,1$ %).

5) Dépérissement de la cime de l'épi : Les résultats d'analyse statistique ont montré une différence significative entre les variétés ($P = 0,002$). La variété locale a présenté l'indice d'incidence le plus faible ($2,56 \pm 1,3$ %). Par contre l'indice d'incidence a été relativement élevé chez les variétés sélectionnées. Il est de $3,14 \pm 1,16$ % chez la variété composite blanche et de $3,31 \pm 1,4$ % chez la variété composite jaune. Concernant la sévérité, les résultats d'analyse statistique n'ont pas présenté des différences significatives ($P = 0,762$). Le taux d'intensité de la maladie enregistré est de $1,95 \pm 0,3$ % chez la variété locale, de $2,41 \pm 0,6$ % chez la variété composite blanche et de $2,13 \pm 0,4$ % chez la variété composite jaune.

6) Epi en « zipper » : Les résultats d'analyse statistique ont présenté une différence significative ($P = 0,002$). Le taux le plus élevé a été enregistré chez la variété locale ($2,17 \pm 0,2$ %) et les variétés sélectionnées ont présenté un taux moins élevé, il est de $1,16 \pm 0,3$ % chez la variété composite blanche et de $1,22 \pm 0,5$ % chez la variété composite jaune. Concernant la sévérité, les résultats d'analyse statistique ont présenté aussi une différence significative ($P = 0,002$). Le taux le plus élevé a été enregistré chez la variété locale ($2,71 \pm 0,6$ %) et les variétés sélectionnées ont présenté un taux relativement moins élevé qui est de $1,11 \pm 0,5$ % chez la variété composite blanche et de $1,15 \pm 0,5$ % chez la variété composite jaune.

3.4. Discussions

3.4.1. Effet des types de fumure sur les maladies physiologiques de culture du maïs au Cameroun

Les résultats obtenus concernant la déformation de la plante ont montré que seules les parcelles ayant reçu le compost n'ont pas été attaquées. Par contre les autres traitements fertilisants ont présenté des symptômes d'attaque mais avec un taux d'incidence et de sévérité assez faible. Selon Delassus (1968), les causes des malformations sont difficiles à déterminer et par conséquent difficiles à attribuer à la nature des fertilisants [10]. Toutefois, cet auteur indique que des températures trop basses ou des luminosités trop faibles peuvent entraîner des déformations des tiges et feuilles.

Dans les essais entrepris, les taches foliaires ont été retrouvées dans toutes les unités expérimentales avec des faibles taux d'incidence et de sévérité dans les parcelles fertilisées à base de compost, comparées aux parcelles traitées à l'engrais NPK, à parches de café qui enregistrent les taux d'incidence et de sévérité relativement élevés. On pourrait penser, pour les faibles taux d'incidence et de sévérité enregistrés avec le traitement à base de compost au rôle qu'il joue pour le renforcement de la vigueur des plantes. En effet, le compost apporte de la nutrition nécessaire à la plante et confère à celle-ci une capacité élevée de résister aux attaques des maladies surtout des maladies physiologiques qui ont une capacité de nuisance réduite et dont la suppression des causes permet à la plante de recouvrer son état normal. D'ailleurs Delassus (1968) souligne qu'au Cameroun, les taches pellucides sont très fréquentes, mais elles ne semblent pas affecter sérieusement la croissance ni le rendement du maïs [10].

Le phénomène d'épi anormal enregistré a été moins important chez le traitement à base de compost que les autres traitements. Les épis de maïs portant les grains vides ont été moins nombreux dans les parcelles fertilisées à base de compost que d'autres avec des taux d'incidence et de sévérité très faibles. L'on pourrait justifier cela par le fait que le compost apporte à la plante en plus d'oligoéléments, une nutrition potassique nécessaire pour palier le non remplissage des gains. En outre il a été observé dans le site expérimental la diminution de certaines maladies comme les taches foliaires qui accentuent souvent le non remplissage des graines. Comme le réaffirment Lee et Dewey (2012), le phénomène des grains vides est souvent accentué par les maladies foliaires, la densité de peuplement excessive et une grave carence en potassium [11]. Pour la formation incomplète des grains, les taux d'incidence et de sévérité d'épis incomplets ont été plus faibles dans les parcelles fertilisées au compost que d'autres. Cela pourrait se justifier par le fait que le compost apporte à la plante en plus d'oligoéléments, une nutrition phosphorée nécessaire pour palier ce phénomène. Comme le soulignent Abendroth et ses collaborateurs (2007), pour lutter contre le phénomène d'épis incomplets, il faut faciliter l'approvisionnement des plantes en phosphore, lutter contre le stress hydrique, éviter les températures élevées [12]. Pour le syndrome de l'arrêt de croissance d'épi du maïs, les taux d'incidence et de sévérité ont été plus faibles dans les parcelles fertilisées à base du compost que d'autres. Cela pourrait se justifier par le fait que le compost apporte à la plante en plus d'oligoéléments, une nutrition azotée, phosphorée et potassique nécessaire pour palier ce phénomène, bref un apport équilibré en élément nutritif étant donné que le compost apporte ou stimule à travers ses microorganismes l'apport à la plante des éléments essentiels dont elle a besoin. Comme le mentionne Nielsen (2007), pour qu'une plante produise des fruits de qualité, il lui faut un apport équilibré des éléments nutritifs essentiels [13].

Concernant l'étranglement de l'épi, les taux d'incidence et de sévérité ont été plus faibles dans les parcelles fertilisées au compost que d'autres. Nielsen (2007) justifie ces résultats par le fait qu'au cours de sa croissance la plante peut

subir un stress important qu'il soit de nature hydrique ou salin [13]. Or le compost de par sa capacité de favoriser la rétention de l'eau dans le sol, intervient dans la lutte contre le stress salin et hydrique. Concernant le dépérissement de la cime de l'épi, l'étranglement de l'épi, les taux d'incidence et de sévérité ont été plus faibles dans les parcelles fertilisées au compost que d'autres. Cela est dû au fait que le compost apporte à la plante en plus d'oligoéléments, une nutrition azotée nécessaire pour palier ce phénomène. Comme le confirme Nielsen (2012), pour lutter contre le dépérissement de la cime de l'épi, il faut faciliter l'approvisionnement non excessif des plantes en azote, lutter contre les maladies foliaires, éviter les températures élevées [14]. Concernant le phénomène d'épi en « zipper », les taux d'incidence et de sévérité ont été plus faibles dans les parcelles fertilisées au compost que d'autres. Cela serait dû au fait que le compost apporte à la plante une nutrition équilibrée pour palier ce phénomène. Comme l'affirment Thomison et Geyer (2008), pour lutter contre le phénomène d'épi en « zipper », il faut faciliter l'approvisionnement équilibré des plantes en éléments nutritifs, éviter la défoliation de la culture après la pollinisation, lutter contre le stress hydrique. Or le compost de par sa capacité de favoriser la rétention de l'eau dans le sol, intervient dans la lutte contre le stress hydrique [15].

3.4.2. Incidence et sévérité des maladies physiologiques sur les différentes variétés du maïs

Les résultats obtenus sur le site expérimental ont montré que l'incidence et la sévérité des différentes maladies physiologiques recensées sont variables. Les variétés ont montré une différence significative à la déformation de la plante, les taches foliaires et le phénomène d'épi anormal.

La déformation de la plante s'est développée sur toutes les variétés avec des taux de sévérité statistiquement similaires et des taux d'incidences significativement différents. Ainsi, les variétés améliorées ont été moins sensibles que la variété locale. Cela se justifierait par le fait que les variétés améliorées, de par leurs caractères phénotypiques améliorés, ont des aptitudes leur permettant de s'adapter aux conditions climatiques peu favorables notamment les basses températures ou des faibles luminosités. Pour Delassus (1968), certaines malformations des plantes sont entraînées par des températures trop basses ou des luminosités trop faibles [10].

Dans les essais entrepris, les taches foliaires ont été retrouvées chez toutes les variétés avec des taux d'incidence et de sévérité assez faibles chez les variétés améliorées que la variété locale. Pour Van Eijnatten (1965) au Nigeria, la maladie présenterait une certaine importance variable selon les variétés, il montre que les variétés améliorées (Lagos White, Ikom, Akwete) sont résistantes tandis que les variétés locales (Mexico 1, Mexico 5, Trinidad, EAFRO 225-75 et Sicaragua) sont les plus sensibles [16]. Pour Rothwell (1967) en Zambie, bien que les taches foliaires peuvent apparaître en grand nombre sur les feuilles des plantes en fonction des variétés mises en essai, elles sont bénignes et n'affectent pas sérieusement la croissance et le rendement des plantes [17].

Le phénomène d'épi anormal enregistré a montré des taux d'incidence et de sévérité variables. En effet les variétés améliorées ont enregistré des taux d'incidence et de sévérité similaires ou légèrement inférieurs aux taux enregistrés par la variété locale. Thé et ses collaborateurs (1996) expliquent ces résultats par les caractères améliorés des variétés sélectionnées qui leur confèrent une résistance aux contraintes des milieux de vie [18]. Ils démontrent par exemple qu'au Cameroun, les sols très acides influencent négativement sur les rendements de maïs en champs, mais la variété améliorée est significativement plus productive par rapport à la variété locale.

4. CONCLUSION

Cette étude a été initiée dans le but d'évaluer l'effet phytosanitaire de compost des déchets urbains et de fumier naturel à parches de café afin de les utiliser comme biofertilisant pouvant réduire les maladies physiologiques de culture de maïs. Ainsi, le compost a montré qu'il dispose des vertus capables de restaurer les carences d'éléments qui entraînent chez la plante de maïs des maladies non parasitaires. Tel n'a pas été véritablement le cas avec les parches de café et l'engrais minéral NPK (20-10-10) qui ont plutôt favorisé parfois l'augmentation de l'incidence et de la sévérité de ces maladies. Cet effet positif du compost de déchets ménagers serait dû à la présence en son sein d'éléments nutritifs ou des microorganismes actifs qui agiraient en facilitant l'approvisionnement de la plante avec les éléments nutritifs nécessaires pour palier ou réduire les principales maladies physiologiques identifiées dans le site expérimental.

5. REFERENCES

- [1] Michel Lacroix. Une approche systématique pour le diagnostic des problèmes phytosanitaires, laboratoire de diagnostic en phytoprotection de la Direction de l'Innovation scientifique et technologique du Ministère de l'Agriculture, des pêches et de l'Alimentation, Québec. (2015) 7 p. Available on: <https://www.agrireseau.net/lab/documents/diagnostic-pommier.pdf>
- [2] Michel Lacroix. Impact de certains organismes pathogènes nouveaux ou en ré-émergence sur les productions horticoles au Québec. Colloque /Colloquium - Saint-Jean-sur-Richelieu (Québec), Canada 9 juin 1999, 7 p. Available on: <https://www.erudit.org/fr/revues/phyto/1999-v80-n2-phyto3370/706186ar.pdf>
- [3] Malcom C.S. Competition of corn diseases : The American phytopathological society press, Minnesota (1992) 105 p.

- [4] Paul R., Impens R. Les maladies non parasitaires, In: P. Lepoivre (Ed.), *Phytopathologie: Bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte*. France: De Boeck Supérieur, 2003, pp. 23-40.
- [5] Moudingo E.J., 2007. Situation des forêts au Cameroun. Cameroon Wildlife Conservation Society. 24 p. <http://studylibfr.com/doc/3174210/article-sur-la-situation-des-forets-au-cameroun>
- [6] Lecompt M. L'expérimentation et les engrais : les bases de l'expérimentation, les modes de calculs scientifiques ; Paris. (1965) pp. 65-68.
- [7] Tchoumakov A., zaharova. Statistic of disease development. Disease damages caused in crop production. Agro Prom Izdat, Moscou, (1990) 53p.
- [8] Wangungu C.W., Mwangi M., Gathu R., Muasya R., Mbaka J. & Kori N. Reducing died back disease incidence of passion fruit in Kenya through management practices. *Afr Crop Sci*. 2011; 35(10): 499-502. Available on : <http://ir.library.ku.ac.ke/bitstream/handle/123456789/7953/Reducing%20dieback%20disease%20incidence%20of%20passion%20fruit%20in%20Kenya%20through.pdf?>
- [9] Renard F. et Foucart G. Les maladies foliaires de la fin de végétation en culture de maïs. CIPF-Centre pilote en culture de maïs. Laboratoire d'Ecophysiologie et d'Amélioration Végétale. UCL-Louvain-la-Neuve (2008), 6 p. Available on : <http://cipf.be/shared/files/fr/maladiedufeuillage.pdf>
- [10] Delassus M. Principales maladies du maïs dans l'Ouest Cameroun. *L'Agronomie tropicale*. 1968; 23 (4):429-434.
- [11] Lee, Dewey R. The Georgia Corn Diagnostic Guide: A comprehensive guide for troubleshooting problems in corn, University of Georgia Cooperative Extension. (2012.) 21 p. Available on: <http://extension.uga.edu/publications/detail.cfm?number=B1221> [URL verified 2/24/2016].
- [12] Abendroth, L.J., R.W. Elmore, M.J. Boyer, and S.K. Marlay. Corn growth and development. Iowa State Univ. Ext. PMR 1009 (2011) 12 p.
- [13] Nielsen, R.L. (Bob). Symptomology of Arrested Ear Development in Corn. Corny News Network, Purdue Univ. (2007) 9 p. [On-Line]. Available on: www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/articles.07/arrestedears-0904.html. [URL verified 2/22/2016].
- [14] Nielsen, R.L. Short Husks & Exposed Ears? Corny News Network, Purdue Univ. (2012) 7 p. [On-Line]. Available on: <http://www.kingcorn.org/news/timeless/EarHusks.html> [URL verified 2/23/2016].
- [15] Thomison, P. and A. Geyer. Troubleshooting abnormal corn ears and related disorders. The Ohio State University (2008) 9 p. Available on: <http://u.osu.edu/mastercorn/>
- [16] Van Eijnatten (C. L.M.). Towards the improvement of maize in Nigeria. Med. Landbouwhogeschool, Wageningen, 65, 3, (1965) 17 p. Available on: <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/525693>
- [17] Rothwell. Notes on crop diseases C.P. News, 3, (1967) 4 p.
- [18] Thé C., Zonkeng C., Enyong L. Heterosis in low-land x mid-altitude crosses of tropical maize. American Society of Agronomy, Madison Wisconsin USA, (1996) 118 p. Available on: <http://indexmedicus.afro.who.int>



Citer cet article: Daouda Kutnjem, Ndongo Bekolo, Ambang Zachée, Mamadou Mounpoubeyi Njipit, et Patrice Ngatsi Zemko. EVALUATION DE L'EFFET VARIETAL ET PHYTOSANITAIRE DES TYPES DE FUMURE SUR LES MALADIES PHYSIOLOGIQUES DE LA CULTURE DU MAÏS AU CAMEROUN. *Am. J. Innov. Res. App. Sci.* 2018; 7(3): 147-158.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>