



Evaluation de la réponse du maïs (*Zea mays* L.) installé entre les haies de *Tithonia diversifolia* à Lubumbashi, R.D. Congo

Banza Mukalay John*, Mwamba Kalenda Franco, Esoma Ekothomas Bienvenu, Meta Tshiswaka Myriam, Mayamba Makanda Gaillard et Kasongo Lenge Mukonzo Emery

Unité de recherche en Evaluation des Terres et Agrométéorologie, Département de Gestion de Ressources Naturelles et Renouvelables, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi B.P 1825, Lubumbashi, RD Congo

* Auteur Correspondant: mukalayjohn@gmail.com; Tél : +243971701077

Original submitted in on 12th September 2018. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 28th February 2019
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v134i1.3>

RESUME

Objectif : Deux essais ont été conduits dans le temps au Centre de Recherche Agroalimentaire (CRAA) et avaient comme objectif d'évaluer le comportement de la culture du maïs installée entre les haies de *Tithonia diversifolia*.

Méthodologie et résultats : l'expérimentation a été menée suivant un dispositif complètement randomisé dont les distances des lignes de semis du maïs à la haie de *T. diversifolia* constituent les traitements à savoir L0, L1, L2, L3, L4 et L5 comprenant respectivement 5 ; 0.75 ; 1.5 ; 2.25 ; 1,5 et 0,75m intercalés dans quatre couloirs représentant les répétitions. Une biomasse de *Tithonia diversifolia* a été apportée comme mulch au 28^{ème} jour après semis dans tous les couloirs à la deuxième année. Les observations ont porté sur les paramètres de croissance et de production du maïs. La haie à base de *T. diversifolia* à la première année d'installation n'a pas induit d'influence sur le comportement du maïs. Cependant à la deuxième année les résultats obtenus révèlent un effet dépressif de la haie sur tous les paramètres végétatifs. Les plants de maïs situés entre les haies ont manifesté une faible croissance par rapport à ceux en dehors des couloirs des haies. Néanmoins, une tendance inverse est observée sur les paramètres des rendements étudiés, excepté le poids de 1000 grains du maïs.

Conclusion et application : les résultats obtenus au cours de cette étude montrent que la culture en couloirs a un effet dépressif sur la production du maïs, mais cette dernière est améliorée lorsque la biomasse de la haie est élaguée et utilisée comme mulch. De ce fait, le traitement L3 soit 2,25m de la haie serait à recommander pour accroître la production.

Mots-clés : Haie, mulch, maïs, *Tithonia diversifolia*, Lubumbashi.

Assessment of the response of maize (*Zea mays* L.) planted between hedgerows of *Tithonia diversifolia* in Lubumbashi, DR Congo

ABSTRACT

Objective: Two trials were carried out over time at the Centre de Recherche Agroalimentaire (CRAA) and aimed at evaluating the behavior of maize cultivation in hedgerows of *Tithonia diversifolia* (Mexican sunflower).

Methodology and results: The experimentation design was a completely randomized, the distances from maize planting lines to the *T. diversifolia* hedge are the treatments to know, L1, L2, L3, L4 and L5 respectively comprising 5; 0.75; 1.5; 2.25; 1.5 and 0.75m interspersed in four corridors representing repetitions. A biomass of *Tithonia diversifolia* was distributed as mulch at the 28th day after sowing in the corridors of the second year. The observations focused on the parameters of maize growth and production. The *T. diversifolia* hedge in the first year of installation as an influence on the behavior of maize. The last two years, the results were obtained under the effect of dependence on all plant parameters. Maize plants between hedgerows showed low growth compared to those outside hedge corridors Nevertheless, an opposite trend is observed on studied yield parameters except the weight of 1000 grains of maize.

Conclusion and Application: The results obtained in this study show that alley cropping has a depressive effect on corn production, the last is improved when the biomass of the hedge is pruned and used as mulch. Therefore, treatment L3 (2.25m to the hedge) would be recommended to increase production.

Keywords: Hedge, mulch, maize, *Tithonia diversifolia*, Lubumbashi

INTRODUCTION

Le secteur agricole est un moteur du développement économique et social de notre planète. Il constitue une source des revenus et d'emplois pour la majorité de la population mondiale. Cette agriculture est basée essentiellement sur les céréales dont les plus importantes sont le sorgho, le riz, le maïs et le blé. Le maïs est aujourd'hui aux côtés du blé tendre et du riz, l'une des principales espèces cultivées dans le monde (Nyembo, 2010), il reste une céréale alimentaire traditionnelle pour les régions tropicales (Rouanet, 1984). En République démocratique du Congo (RDC), le maïs occupe la deuxième place parmi les cultures vivrières après le manioc. Dans la province du Haut-Katanga, le rendement moyen oscille entre 800 et 1000 kg.ha⁻¹ dans le milieu paysan contre respectivement 3000 à 4000 kg.ha⁻¹ et 6000 à 8000 kg.ha⁻¹ dans les grandes exploitations agricoles et dans les stations de recherche (Nyembo, 2010). Ces rendements restent bas par rapport aux potentiels de la culture. Les facteurs responsables de ce faible niveau de rendement sont : la désorganisation complète de la structure agricole, le manque de matériel génétique de bonne qualité,

la pauvre fertilité des sols, la pression des maladies et ravageurs, les perturbations climatiques et les mauvaises pratiques culturales (Nyembo et al., 2012 ; Kouadio, 2014 ; Melendez et al., 2003). Cette situation crée ainsi une insécurité alimentaire pour environ 9 millions d'habitants et le déficit de la production des maïs grains. Pour combler le besoin alimentaire la population du Haut-Katanga recourt aux importations provenant de l'Afrique Australe (Useni et al., 2013). Devant cette situation, plusieurs pistes de solutions peuvent être exploitées pour augmenter le rendement. En entre autre l'utilisation des alternatives localement disponibles moins coûteuses et facilement accessibles. Des recherches menées en milieu naturel et au laboratoire ont révélé que les ressources locales comme les déchets organiques et les roches naturelles appliqués aux sols pauvres et acides peuvent fournir les éléments nutritifs nécessaires pour l'alimentation et la croissance des plantes (Mulaji, 2011 ; Kasongo et Banza, 2015). De même, il a été montré que la biomasse des certaines espèces comme le *Tithonia diversifolia* permet également d'accroître le rendement des

cultures (Niang et al., 1996 ; Ganunga et al., 1998; Jamaa et al., 2000 ; Kaho et al., 2011 ; Kasongo et al., 2013). De ce fait, les techniques des productions sont urgemment requises pour une exploitation prudente des terres avec le minimum de risque de dégradation. L'intégration d'arbres et d'arbustes dans les exploitations agricoles permet la stabilité de la production vivrière et accroît l'efficacité de l'utilisation de fertilisants par la réduction des pertes en nutriments (Balasubramanian et al., 1984 ; Balasubramanian et Egli, 1986 ; Balasubramanian et Sekayange, 1986). La pratique des cultures en couloir paraît aussi être un moyen d'augmentation des rendements de différents types de culture par la réduction des dégâts mécaniques causés aux feuilles, aux fleurs et aux fruits, par une meilleure pollinisation et par une augmentation de

la température de l'air durant le jour (De Villele, 1985 ; Vézina, 2001). Ainsi cette étude s'est assignée comme objectif d'évaluer le comportement dans le temps de la culture du maïs installée entre les haies de *Tithonia diversifolia*. Cette espèce exotique apparaît comme l'une des plantes de recolonisation dominantes à Lubumbashi. L'hypothèse émise est que l'application des biomasses de *Tithonia diversifolia* comme mulch pourrait améliorer le comportement de la culture du maïs et, par conséquent accroître son rendement. Cependant, le dispositif de culture en couloir soulève une autre préoccupation, celle de savoir si les haies de *Tithonia diversifolia* ne constitueraient pas une source de compétition avec la culture intercalée, surtout lorsqu'on sait que *Tithonia diversifolia* est une espèce invasive.

MILIEU, MATERIEL ET METHODES

Description du site : Deux essais ont été réalisés respectivement au cours des saisons culturales 2014-2015 et 2015-2016 au Centre de Recherches Agro-Alimentaires (CRAA) à Lubumbashi en RDC, précisément localisé dans un carré à une élévation de 1291m d'altitude, 11° 36'33,9" et 11° 36'33,3"S de latitude Sud et 027° 29'24,5" et 027° 29'23,9" de longitude au Nord-ouest. La ville de Lubumbashi est caractérisée par un climat du type Cw6 de la classification de Koppén et elle est caractérisée par une période de croissance normale d'une durée moyenne de 182 jours, constituée par une période humide d'environ 150 jours (Fao, 2005a). Du point de vue du climat régional, Lubumbashi et ses environs sont caractérisés par une température moyenne annuelle de 20°C (Mujinya et al., 2011). Octobre et novembre sont les mois les plus chauds avec une moyenne des maxima journaliers de 32°C et une température moyenne mensuelle de 23°C. Par contre, le mois de juillet est le mois le plus froid avec la moyenne des

minima journaliers de 8°C, la température moyenne mensuelle étant de 17°C (Moulaert, 1992). L'essai a été installé sur un Ferralsol rhodique ayant porté une monoculture du maïs au cours des années antérieures. Sa flore de recolonisation était dominée par, *Bidens pilosa*, *Tithonia diversifolia*, *Panicum maximum*, *Acanthospermum sp.*

Matériel : Les semences de la variété du maïs Unilu ont été utilisées à la première année et celles de Nsima à la deuxième saison culturale comme matériel biologique. L'espèce invasive *Tithonia diversifolia* a été utilisée comme plante de la haie dont ses feuilles ont servi des sources de biomasses végétales utilisées comme mulch à la culture. Ces variétés du maïs ont été choisies en raison de leur résistance aux maladies (helminthosporiose, cercosporiose et striure) et le potentiel élevé de rendement en grains secs. Le tableau 1 ci-dessous présente les caractéristiques agronomiques de deux variétés utilisées (Nyembo et al., 2012).

Tableau 1 : Caractéristiques agronomiques de deux variétés de maïs

Paramètre	UNILU	NSIMA
Cycle variétale	130 - 140 jours	120-140 jours
Hauteur de la plante	164 - 177 cm	161cm
Hauteur à l'insertion de l'épi	84,5 - 90 cm	67cm
Couleur du grain	Blanche	Blanche
Texture du grain	Semi dentée	Semi dentée
Jour à la floraison	54 - 59 jours	
Longueur de l'épi	15,1-16,7 cm	16-17cm
Nombre des rangées par épi	14	14
Poids de 1000 graines	345-360 g	376-380
Rendement en milieu contrôlé	6-8 t/ha	7,5-8,5 tonnes par hectare
Rendement en milieu réel	4-6 t/ha	5-6 tonnes par hectare
Résistance aux maladies	Bonne à la striure et à l'helminthosporiose et très bonne à la cercosporiose	Bonne à la striure et à l'helminthosporiose et très bonne à la cercosporiose
Résistance à la verse	Très bonne	Très bonne

Le choix de *T. diversifolia* a été motivé par sa dominance comme plante de recolonisation dans la zone d'étude mais aussi cette espèce est reconnue comme étant pourvoyeuse des éléments minéraux (N

et P) aux sols pauvres, augmentant ainsi les rendements. La composition chimique des feuilles l'espèce *Tithonia diversifolia* est mentionnée dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 : Composition chimique des feuilles de *Tithonia difersilia* (Kaho et al., 2001)

Espèces	Concentration				
	N (%)	P(%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
<i>Tithonia diversifolia</i>	3,53	0,42	4,7	3,52	0,45

METHODES

Conduite de l'essai 1 : La présente étude a été conduite au cours de la saison culturale 2014-2015 suivant un dispositif complètement randomisé comportant six niveaux de la distance de lignes de semis du maïs à la haie de *T. diversifolia* en quatre répétitions. Les distances des lignes de semis avec la haie à savoir L0, L1, L2, L3, L4 et L5 comprenant respectivement 5m, 0.75m, 1.5m, 2.25m, 1,5m et 0,75m ont constitué les traitements intercalés dans quatre couloirs qui correspondent aux quatre répétitions. Grace aux boutures de *T. diversifolia* fraîchement récoltées, l'implantation de la haie a été réalisée 16 jours avant semis de la culture. Les boutures ont été mises en terre, aux écartements de 4,5m x 0,4m. Le semis du maïs a été effectué en date du 16/12/2014 en raison d'un grain par poquet aux écartements de 0,70m*0,30m, soit à une densité de 47619 plants à l'hectare. Les travaux d'entretien ont

consisté en deux sarclages manuels. Le premier était intervenu 47 jours après semis et le second 79 jours après semis. Une application d'urée a été faite 45 jours après semis dans tout l'essai.

Conduite de l'essai 2 : Le même dispositif expérimental a été utilisé pour la deuxième saison culturale (2015-2016). Le semis sans labour (zéro labour) a été réalisé le 31/12/2015 en raison de 5 lignes par couloir, 80 poquets par ligne et 1 grain de maïs par poquet et aux écartements de 0,75m X 0,25m, soit une densité de 53333 plants/ha. La préparation du terrain pour la mise en culture du maïs entre les haies à base de *Tithonia diversifolia* à deux ans d'implantation a consisté en un défrichage dans les couloirs. A 28 jours après semis, la haie de *Tithonia diversifolia* de deux ans d'âge et 3m de hauteur a été réduite par son rabattement jusqu'à 30 cm au-dessus du sol. La biomasse fraîche coupée a été revalorisée comme mulch et a été immédiatement appliquée que

sur des lignes de semis installées entre les haies de *Tithonia* dans chaque couloir. Les travaux d'entretien se sont rapportés au contrôle de la haie de *T. diversifolia*, à la fertilisation, au sarclage. Un épandage d'engrais chimique NPK (10-20-10) a été effectué à 7 jours après semis en raison de 250kg par hectare sur tout le champ. La récolte a été effectuée manuellement à 116 jours après semis, au taux d'humidité des grains de 10,5%. Les observations ont porté sur les paramètres végétatifs et de rendement en grains secs du maïs.

RÉSULTATS

Influence de la haie sur les paramètres végétatifs à la première année : Les résultats de l'analyse de la variance sur la hauteur, le diamètre au collet, la hauteur à l'insertion de l'épi et le nombre de feuilles des plants du maïs soumis à l'influence de la haie de *T. diversifolia* sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous. Il ressort de cette analyse que la haie de *T. diversifolia* n'a pas induit des effets significatifs sur la culture ($p>0,05$). La

Analyse statistique : L'analyse statistique a été réalisée grâce au langage R, Version Ri 386 2.15.0. Les variables quantitatives ont été décrites sous forme des moyennes et les extrêmes (minimum et maximum) ont été déterminés. Une moyenne par ligne a été calculée pour chacun des paramètres mesurés, et ces moyennes ont été soumises à une analyse de la variance (à un seul facteur et au seuil de signification de 5%) afin d'identifier le comportement de maïs installé de chaque ligne de semis mise entre les haies.

hauteur moyenne des plants de maïs est de 127,45cm (L1) et 183,90cm(L0) ; le diamètre moyen au collet est de 1,63cm (L1) et 1,99cm (L5) ; le nombre moyen de feuille de 9,90cm (L1) et 11,85cm (L0) à 52 jours après semis et la hauteur moyenne à l'insertion de l'épi est de 37,67cm(L1) et 58.80cm (L0) au 87^{ème} jour après semis.

Tableau 3. Influence de la haie de *T. diversifolia* sur la hauteur, le diamètre au collet, le nombre des feuilles et la hauteur à l'insertion de l'épi du maïs (*Zea mays*).

Distance à la haie	HP (cm)	DC (cm)	NF	HIE
L0	183,90 ± 18,66	1,98 ± 0,13	11,85 ± 1,06	58,80 ± 15,74
L1	127,45 ± 48,36	1,63 ± 0,56	9,90 ± 1,44	37,67 ± 7,62
L2	148,60 ± 30,47	1,75 ± 0,13	10,50 ± 0,76	46,75 ± 11,18
L3	157,95 ± 21,85	1,97 ± 0,25	10,50 ± 0,87	47,80 ± 7,47
L4	158,95 ± 17,56	1,87 ± 0,28	11,15 ± 0,85	50,25 ± 3,26
L5	139,65 ± 51,70	1,99 ± 0,21	11,00 ± 1,09	49,20 ± 14,74
P valu	0,321	0,461	0,192	0,225

Moyenne ± écart-type. Seuil de signification de 5%. L0 : Témoin, sans influence de la haie, L1: ligne de semis de maïs à 0,75m de la haie, L2: ligne de semis de maïs à 1,5m de la haie, L3: ligne de semis de maïs à 2,25m de la haie, L4 : ligne de semis de maïs à 1,5m de la haie, L5 : ligne de semis de maïs à 0,75m de la haie. HP : hauteur des plants ; DC : diamètre au collet ; NF : nombre des feuilles et HIE : hauteur à l'insertion de la panicule

Influence de la haie sur les paramètres végétatifs à la deuxième année : Les résultats sur la hauteur, le diamètre au collet et le nombre des feuilles des plants du maïs sont repris dans le tableau 4 ci-dessous. La hauteur moyenne de plants évaluée au 45^{ème} jour a varié entre 27,45 cm (L5) et 45,58 cm (L0). En revanche, les résultats de l'analyse de la variance ont montré qu'il existe des différences significatives entre la hauteur de plantes du maïs dont les lignes de semis sont installées entre les haies de *Tithonia diversifolia* et celle de plantes en dehors de la haie (témoin) ($P=0,027$). Les lignes de semis du maïs installées en dehors de la haie et n'ayant subi aucune influence de cette haie, ont produit des plantes de grande taille. Le

diamètre moyen au collet de plante, celui-ci a varié entre 0,46cm (L1) et 1,01cm (L0). Les résultats sur le diamètre au collet évalués au 45^{ème} jour après semis indiquent qu'il existe de différences significatives. Les lignes de semis du maïs installées en dehors de la haie ont produit des plantes ayant des grosses tiges. Et le nombre moyen des feuilles de la plante a varié entre 8 feuilles (L5) et 11 feuilles (L0). Les résultats de l'analyse de la variance ont montré qu'il existe de différences significatives entre le nombre des feuilles de la plante du maïs. Les lignes de semis du maïs installées en dehors de la haie ont produit des plantes avec un grand nombre de feuilles. La moyenne de la surface foliaire au 45^{ème} jour après semis a varié entre

79,47 cm (L5) et 236,20 cm (L0). Les résultats de l'analyse de la variance ont montré qu'il existe de différences significatives entre la surface foliaire de plantes du maïs. Les lignes de semis du maïs installées en dehors de la haie ont produit des plantes avec une grande surface foliaire. Et la hauteur moyenne à l'insertion de l'épi a varié entre 17, 10 cm (L5) et 35,09 cm (L0). L'analyse de la variance révèle qu'il existe une

différence significative entre la hauteur de l'épi de plantes du maïs dont les lignes de semis sont installées entre les haies de *Tithonia diversifolia* et celles de plantes en dehors de la haie (témoin) ($P = 0,024$). Les lignes de semis du maïs installées en dehors de la haie et n'ayant subi aucune l'influence de cette haie, ont produit des plantes de grande taille à l'insertion de l'épi.

Tableau 4 : Influence de la haie de *T. diversifolia* à la deuxième année sur les paramètres végétatifs de maïs.

Distance à la haie	HP (cm)	DC (cm)	NF	SF (cm)	HIE (cm)
L0	45,58±8,22 a	1,01±0,12 a	10,64± 0,56 a	236,20 ± 63,22 a	35,09 ± 6,78 a
L1	28,45±4,33 b	0,46±0,04 b	8,75± 1,24 ab	83,22 ± 31,70 b	20,80 ± 7,79 ab
L2	32,30±5,30 ab	0,64±0,10 b	9,30± 1,14 ab	150,23 ± 50,12 ab	25,00 ± 3,65 ab
L3	30,25±6,47 ab	0,59±0,11 b	9,80 ± 0,49 ab	126,76 ± 62,89 b	27,55 ± 4,63 ab
L4	33,25±10,80 ab	0,53±0,10 b	8,70±1,10 ab	112,00 ± 34,68 b	22,85 ± 6,66 ab
L5	27,45±6,49 b	0,49± 0,21 b	7,80± 1,77 b	79,47±27,14 b	17,10±9,17 b
P valu	0,027	0,000	0,038	0,002	0,024

L0 : Témoin, sans influence de la haie, L1: ligne de semis de maïs à 0,75m de la haie, L2: ligne de semis de maïs à 1,5m de la haie, L3: ligne de semis de maïs à 2,25m de la haie, L4 : ligne de semis de maïs à 1,5m de la haie, L5 : ligne de semis de maïs à 0,75m de la haie. Moyenne±Écart-type. Les lettres indiquent des différences significatives après comparaison des moyennes par la HSD ($P = 0.05$). HP : hauteur des plants ; DC : diamètre au collet ; NF : nombre des feuilles et HIE : hauteur à l'insertion de la panicule

Effet de la haie *T. diversifolia* sur la production du maïs à la première année saison culturale : Le tableau 5 ci-dessous présente les résultats de l'influence de la haie à la première saison culturale. Il

ressort de ces résultats des effets non significatifs de la haie sur tous les paramètres de rendements observés. Cependant, en ce qui concerne le rendement, celui-ci a varié de 468,3 kg (L2) à 1236,3 (L0).

Tableau 5 : Influence de la haie de *T. diversifolia* sur les paramètres de rendements du maïs

Distance à la haie	LE (cm)	DE (cm)	NRE	PE(g)	P1000 (g)	RDT (kg/ha)
L0	10,45±1,02	3,86±0,33	12,20±1,34	48,90±17,63	232,75±14,38	1236,3± 393,3
L1	7,39 ± 1,56	3,24±0,83	9,18± 2,17	43,90 ± 7,68	217,25 ± 4,92	676,0 ± 161,7
L2	8,82 ± 2,96	3,40±0,95	10,13±2,35	59,86±11,17	239,25±52,45	468,3 ± 173,7
L3	7,47 ± 3,08	3,52±1,05	9,10 ± 2,94	41,50±16,48	227,75±12,71	809,8 ± 454,2
L4	7,90 ± 2,26	3,35±0,72	9,28 ± 2,59	46,35±16,32	205,75±11,32	735,3 ± 332,6
L5	9,49 ± 0,95	3,77±0,21	11,22±1,79	40,90±14,39	215,00±10,68	894,0 ± 300,2
P valu	0,309	0,828	0,316	0,471	0,394	0,065

Moyenne ± écart-type. L0 : Témoin, sans influence de la haie, L1: ligne de semis de maïs à 0,75m de la haie, L2: ligne de semis de maïs à 1,5m de la haie, L3: ligne de semis de maïs à 2,25m de la haie, L4 : ligne de semis de maïs à 1,5m de la haie, L5 : ligne de semis de maïs à 0,75m de la haie. LE : longueur de l'épi ; DE : diamètre de l'épi ; NRE : nombre de rend par épi ; PE : poids d'épi ; P1000 : Poids de 1000 graines ; RDT : rendement en maïs grain

Effet de la haie de *T. diversifolia* sur la production du maïs à la deuxième saison culturale : Il ressort des résultats du tableau 6 ci-dessous les effets significatifs de la haie à la deuxième année culturale sur tous les paramètres de production du maïs évalués excepté le poids de 1000 graines. Cependant le traitement L3 (2,25m à la haie) a enregistré les

moyennes plus élevées sur tous les paramètres comparativement aux autres à savoir : 3,73 cm sur le diamètre de l'épi; 11,05 cm sur la longueur de l'épi; 53,45 g sur le poids de l'épi; 21,65 sur le nombre de grains par ligne de l'épi; 247,50g pour ce qui est de poids de 1000 graines et 2682,7 kg/ha pour le rendement en maïs grain.

Tableau 6 : Influence de la haie de *T. diversifolia* à la deuxième année sur rendements de maïs.

Distance à la haie	DE (cm)	LE (cm)	PE (g)	NGL	P 1000 (g)	RDT (kg/ha)
L0	3,14 ± 0,07c	9,28 ± 1,12ab	29,88±2,69b	16,30 ± 0,65b	218,50 ± 9,00	1542,4 ± 156b
L1	3,14 ± 0,16c	8,13 ± 0,62b	25,10±5,26b	15,30 ± 2,57b	197,50±17,08	1266,7±249,9b
L2	3,65 ± 0,06ab	10,50 ± 0,55ab	49,65±3,81a	19,75±0,19ab	240,0± 21,60	2536 ± 222,4a
L3	3,73 ± 0,12a	11,05 ± 0,53a	53,45±7,16a	21,65±2,11a	247,50± 15,0	2682,7±325,2a
L4	3,60±0,15abc	10,58 ± 0,98ab	50,80±5,40a	19,55±1,95ab	240,0 ±24,49	2501,3±684,3a
L5	3,17 ± 0,45bc	8,85 ± 2,01ab	29,95±7,32b	16,15 ± 3,47b	220,0 ± 39,16	1536,0±325,8b
P valu	0,001	0,009	0,00	0,003	0,059	0,000

L0: Témoin, sans influence de la haie, L1: ligne de semis à 0,75m de la haie, L2: ligne de semis à 1,5m de la haie, L3: ligne de 2,25m de la haie, L4 : ligne de semis à 1,5m de la haie, L5 : ligne de semis de maïs à 0,75m de la haie. Moyenne±Écart-type. Les lettres indiquent des différences significatives après comparaison des moyennes par la HSD (P = 0.05). LE : longueur de l'épi ; DE : diamètre de l'épi ; NGL : nombre de grains par ligne d'épi ; PE : poids d'épi ; P1000 : Poids de 1000 graines ; RDT : rendement en maïs grain.

DISCUSSION

Influence de la haie de *T. diversifolia* sur la croissance du maïs : Les résultats de la première année sur la culture en couloir de maïs à base de la haie de *T. diversifolia* ont montré que cette dernière n'a pas induit des effets significatifs sur tous les paramètres végétatifs observés au cours de cette année culturale. Ce qui témoigne d'un manque de pouvoir de la haie (à son premier stade de développement) à induire une variation dans la croissance de la culture intercalaire du maïs. Ces résultats corroborent ceux de nombreux auteurs qui ont trouvé que dans une culture intercalaire l'influence négative de la haie sur la croissance ne s'observe qu'à la seconde récolte car celle-ci résultait de l'ombrage provoqué par la haie plutôt que de sa concurrence pour l'eau et pour les éléments nutritifs avec la culture principale (Kang et al., 1986 ; Apau, 1986 ; Arap-Sang et al., 1986 ; Dupraz, 1994 ; Balaisubramanian et al., 1986 ; Bottenberg, 1981). Néanmoins, les résultats obtenus à la deuxième saison culturale (2015-2016) ont révélé que la haie à base de *Tithonia diversifolia* a eu un effet dépressif sur tous les paramètres végétatifs observés sur la culture du maïs. Ces résultats corroborent ceux de nombreux auteurs qui ont montré que la haie avait un effet dépressif, voire inhibiteur, sur la conservation des sols et de la lutte antiérosive, sur les cultures (Duchaufour et al, 1990 ; Kuadio et al., 2014 ; Kang et al., 1986 ; Kang et al., 1985 ; Atta-Krah et al., 1985 ; Baldy 1986). Cette mauvaise croissance des plants du maïs pourrait être due à la concurrence tant au niveau aérien et que souterrain avec la haie à base de *Tithonia diversifolia* (lumineuse, nutritionnelle et hydrique). Plusieurs études réalisées sur les haies

ont révélé que la croissance des plantes proches de la haie était faible comparativement à celle des plantes qui sont en dehors (Cazet, 1989 ; Baumer, 1987). Dans les zones arides, les observations montrent que les brise-vent réduisent beaucoup les risques liés aux vents violents de saison des pluies et aux vents érosifs de saison sèche (Michels et al., 1998 ; Banzaf et al., 1992). Mais à l'opposé, certaines observations laissent supposer qu'un ralentissement de la vitesse du vent en saison chaude induit une augmentation de la température au niveau du sol qui, parfois, peut nuire aux productions agricoles (Brenner et al., 1995). Toutefois Gbemavo, (2010) rapporte que la réduction de cette croissance serait une conséquence négative de trois facteurs principaux à savoir : la nature du sol, la disponibilité en eau et l'incidence des rayons solaires. Les plantes hors de la haie ont présenté une hauteur significativement plus élevée que celles cultivées dans la haie. Cette situation serait due à la concurrence de la lumière entre les plantes cultivées et les plantes constituant la haie ou à l'incidence des rayons solaires bloqués par les organes aériens de la haie. Le diamètre au collet des plants de maïs en dehors de la haie est significativement plus grand que celui des plants sous haie. Ces résultats justifieraient la concurrence en éléments minéraux du sol et de la lumière entre les plants de maïs et de la haie. En effet, il a été démontré que le *Tithonia diversifolia* libère certains produits toxiques (à travers l'activité allélopathique) inhibant ainsi le développement des cultures (Schuster et al., 1992 ; Dutta et al., 1993 ; Baruah et al., 1979 ; Tongma et al., 1999). Les plantes de maïs sous la haie ont présenté un nombre feuilles significativement faible

comparativement aux plantes cultivées en dehors de la haie. Selon Nyirubugabo, (2004) le nombre des feuilles d'une plante est fonction non seulement de la quantité en éléments nutritifs nécessaires à la croissance de la plante tel que l'azote, mais aussi de la quantité de lumière et de l'eau captées qui, sont les éléments les plus indispensables dans le processus de la photosynthèse. Cependant plusieurs auteurs ont montré que les plantes constituant la haie peuvent entrer facilement en compétition avec la culture, en ce qui concerne, entre autre, les éléments minéraux du sol, la lumière et de l'eau (Yossi et al., 2006 ; Louppe et Yossi, 2000 ; Torquebiau, 1996 ; Young , 1995 ; Baumer, 1987; Soltner 1991). De même un effet dépressif de la haie est constaté sur la surface foliaire des plantes sous haie par rapport à celles cultivées hors la haie. Cette situation serait expliquée par l'ombrage causé par la haie de *Tithonia diversifolia*. Justes et al., (2014) indiquent que l'effet d'ombrage exercé par l'espèce la plus haute et/ou présentant la plus grande surface foliaire limite l'énergie lumineuse disponible pour la plus petite des espèces. Cela se traduit le plus souvent par un effet dépressif sur la production de la biomasse de cette dernière, de sorte que l'interaction entre les espèces associées est plutôt de nature négative que positive et on parlera donc de compétition pour la lumière (Corre-Hellou, 2005 ; Fukai, 1993 ; Midmore, 1993 ; Biscoe et Gallagher, 1977). Cependant, cette interaction peut s'avérer positive, comme par exemple dans les systèmes agroforestiers associant, dans les étages inférieurs, des espèces d'ombre. Néanmoins les différentes distances séparant les lignes de semis de la culture à la haie n'ont pas induit des effets significatifs comparativement aux plantes témoins (hors haie) sur hauteur de plantes à l'insertion de la panicule. Ceci est justifié par le fait que ce paramètre est beaucoup plus lié aux caractères génotypiques de l'espèce (Nyembo et al., 2012). Par contre la moyenne de la hauteur à l'insertion de l'épi a été plus élevée sur les plantes en dehors de la haie. Ceci contredit les résultats de Nyembo et al., (2012) ; Useni et al., (2014) qui stipulent que ce paramètre est difficilement influençable par les conditions de l'environnement, mais il dépend beaucoup plus du caractère génotypique de l'individu.

Influence de la haie de *T. diversifolia* sur la production du maïs : Les résultats de l'étude de la culture en couloir de maïs à base de la haie de *T. diversifolia* obtenus à la première année n'ont pas montré d'effets significatifs sur les paramètres du rendement évalués. Dupraz, (1994), montre que la

productivité des cultures intercalaires n'est pas affectée par la présence de la haie au cours de la première année, alors que la croissance de la haie est légèrement freinée. Cela, approuve la similarité des résultats obtenus entre les traitements et les témoins, car la haie était à sa première année de croissance. Ces résultats démontrent que le rendement obtenu pendant la première année de l'implantation de la haie n'a pas été influencé par cette dernière, comme le démontrent Kang et al., (1986), la haie étant encore de petite taille à ce stade de développement, son couvert n'impacte pas sur le rendement du maïs et ses effets ne sont manifestes qu'à la seconde année quand la haie se serait épanouie. Cependant ces mêmes résultats contredisent ceux d'autres auteurs qui ont démontré que la haie à base de *Tithonia* a un effet très compétitif en ce qui concerne les nutriments et libère en même temps des liquides à effet allélopathique qui empêchent la croissance de plantes voisines (Tongma et al., 1999 ; Kaho et al., 2011). La haie de *T. diversifolia* a révélé des effets significatifs à la deuxième saison culturale sur tous les paramètres de production du maïs évalués excepté le poids de 100 graines. Ces effets pourraient également être associés à l'application du mulch à base de la haie de *Tithonia diversifolia*. La similarité observée sur le poids de 1000 grains pourrait être liée à la compétition nutritive engendrée par les haies de *T. diversifolia* avant d'être élaguées pour leur utilisation comme mulch dans cet essai. Schuster et al., (1992) ; Dutta et al., (1993) ; Baruah et al., (1979) ; Tongma et al., (1999) ont montré que l'espèce *Tithonia diversifolia* libère certains produits toxiques (à travers l'activité allélopathique) qui peuvent inhiber le développement des cultures. Pourtant, Marynem, (1963) conclut que la possibilité d'accroître le rendement réside dans l'augmentation de la production végétative de la culture. En outre, Civava et al., (2013) signalent qu'il est, aussi, important de prendre en compte l'orientation des lignes de semis dans le système de cultures en couloir car l'ombrage réduit la disponibilité de l'énergie rayonnante à la surface de la canopée de la culture, et donc la croissance et le rendement. Par ailleurs, les performances constatées sur les plantes de maïs situées sur les lignes installées entre les haies de *Tithonia diversifolia* comparativement à celles de témoin (hors la haie) pour le diamètre de l'épi, la longueur de l'épi, le poids de l'épi, le nombre grains par ligne de l'épi, et le rendement en grains secs du maïs, sont attribuées à l'apport des biomasses de *Tithonia diversifolia* effectué en cours de l'essai. Cet apport de

biomasses comme mulch bénéficie aux cultures d'autant plus qu'elles fournissent les éléments nutritifs nécessaires à la croissance de la culture tels que l'azote (Palm et al., 1996 ; Mutuo et al., 2000,). La biomasse de *Tithonia* est également riche en éléments autres que N, P et K. L'étude de Gachengo et al., (1999) révèle que les feuilles de *Tithonia* contiennent 1.8% Ca et 0.4% Mg. Ces résultats retracent également l'importance de la matière organique dans l'amélioration de la production. Il a été montré que la matière organique est d'une importance fondamentale dans la durabilité pour la fertilité des sols et donc pour une production agricole durable, du fait de ses effets physiques, chimiques et biologiques (Fao, 2005b ; Tejada et al., 2008). Plusieurs études dans la région de Lubumbashi ont montré que les amendements organiques appliqués aux sols acides contribuent à l'augmentation des rendements des cultures par la fourniture d'éléments nutritifs nécessaires à l'alimentation et la croissance des plantes (Michel et al., 2015 ; Nyembo et al., 2014 ; Useni, et al., 2014 ; Kasongo et Banza, 2015). Toutefois, il a été déjà signalé par De Villele, (1985) et Vézina, (2001) que le recourt aux pratiques des cultures en couloir paraît aussi être un moyen d'augmentation des rendements de différents types de culture. Lewis et Smith, (1969) attribuent cette augmentation des rendements par la réduction des dégâts mécaniques causés aux feuilles, aux fleurs et aux fruits, par une meilleure pollinisation et par une augmentation de la température

CONCLUSION

La présente étude avait pour objectif l'évaluation dans le temps du comportement de la culture du maïs installée entre les haies de *Tithonia diversifolia*. Les observations ont porté sur les paramètres de croissance et de production du maïs. Les résultats obtenus à la première période ont montré que la haie de *T diversifolia* n'a pas influencé le comportement du maïs, étant donné qu'aucune différence significative n'a été observée entre les traitements et les témoins. Par contre à la deuxième année les résultats obtenus ont révélé un effet dépressif de la haie sur tous les paramètres végétatifs. Les plants de maïs se trouvant

de l'air durant le jour. Guyot (1989) révèle que la haie peut jouer le rôle d'un brise-vent agissant ainsi sur deux facteurs influençant grandement l'érosion éolienne : la vitesse du vent et la teneur en eau du sol. En réduisant la vitesse du vent et les pertes d'eau par évaporation. Ce qui justifie les résultats obtenus sur ces paramètres des productions observés. Peu de travaux de recherche ont porté sur l'évaluation de l'impact des haies sur les cultures. Cependant, on peut citer entre autres Cazet, (1989) ; Diatta, (1994) ; Sanogo, (2000). Cazet, (1989) par exemple a étudié dans le nord du bassin arachidier du Sénégal, l'effet de cinq espèces dont quatre locales et une exotique en plantations linéaires denses (haies vives) sur les cultures adjacentes. Il s'agissait de *Faidherbia albida*, *Acacia senegal*, *Prosopis juliflora*, *Acacia raddiana* et *Acacia nilotica var adstringens*. L'auteur indique pour des haies de 2m de haut, une perte de rendement en niébé de 40 à 60 % entre 1 et 2,5 m de distance de l'axe des haies d'*Acacia tortilis*, *Acacia nilotica* et *Acacia senegal*. A cette même distance, la perte n'est que de 10 % pour les haies de *Prosopis juliflora*. La différence entre les impacts des espèces s'explique selon l'auteur par la variabilité de développement des systèmes racinaires des espèces implantées. Par contre l'étude Kouadio et al., (2014) en Côte d'Ivoire sur la culture en couloirs de manioc a montré un rendement moyen en racines tubéreuses fraîches de 40 t/ha contre 13 t/ha dans le système traditionnel.

entre les haies ont manifesté une faible croissance par rapport à ceux en dehors de couloir des haies. Une tendance inverse a été observée sur les paramètres du rendement, où l'application de la biomasse de la haie comme mulch a amélioré les paramètres de rendement, à l'exception du poids de 1000 grains du maïs. Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent que la culture en couloirs à base des haies de *Tithonia diversifolia* pourrait augmenter le rendement de la culture du maïs lorsque sa biomasse élaguée est utilisée comme paillis à la deuxième année.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akobundu I.O., Agyakwa C.W., 1987. A handbook of West African weeds. Ibadan, *International Institute of Tropical Agriculture* (I.I.T.A).
- Allan, W. 1965. The African husbandman. Oliver and Boyd, Edimbourg, R.-U. 505p.

- Anzala F., 2006. *Contrôle de la vitesse de germination chez le Maïs (Zeamays) : Etude de la voie de biosynthèse des acides aminés issus de l'aspartate et recherche de QTLs*. Thèse de doctorat, Ecole doctorale d'Angers, 146 p.

- Atta-Krah, A.N., Sumberg, I.E., Reynolds, L. 1985. Leguminous fodder trees in the farming system. An overview of research at the Humid Zone Programme of the International Livestock Centre for Africa in southwestern Nigeria. *Centre international pour l'élevage en Afrique*, Ibadan, Nigeria.
- Apau (Andhra Pradesh Agricultural University), 1986. Annual report of the All India Coordinated Research Project for Dryland Agriculture (ICAR). *Anantapur Agricultural Research Station, Andhra Pradesh Agricultural University, Hyderabad, M.D.C.*, 17-20
- Arap-Sang, F.K., Hoekstra, D.A. 1986. Fourth season green manure trials (micro plots). Dryland Agroforestry Project, Kenya Agricultural Research Institute, Kikuyu, Kenya. Research Note 1
- Balaisubramanian, V and Ilgri, A., 1986. The role of agroforestry in the farming systems in Rwanda with special reference to the Dugesera-Gisah-Migongo region. *Agroforestry Systems* 4: 271-289.
- Balaisubramanian V., and Sekyange, L., 1986. Biological soil fertility in African farming systems with examples from Malawi. XIII Intl. Congr. Soil Sci. *Tropical Soil Science*. Vol. II: 675-676.
- Balaisubramanian, V., Price, M., Sellwange, L., et Cishahaso, D., 1984. Système agrosylvicoles d'utilisation des sols en tant que voie du développement agricole au Rwanda. *In Journées d'études Forestières et Agroforestières*. pp. 124-138.
- Baldy Ch., 1986. *Agrometeorologie et développement des régions arides et semi-arides*. INERA: Paris, 115p.
- Banzhaf J., Leihner D.E., Buerkert A. et Serafini P.G., 1992. Soil tillage and windbreak effects on millet and cowpea: I. Wind speed, evaporation and wind erosion. *Agronomy Journal*, 84: 1056-1060.
- Baruah N.C.R.P., Sharma K., Madhusudanan P., Thyagarajan G., 1979. Sesquiterpene lactones of *Tithonia diversifolia*. Stereochemistry of the tagitinins and related compound. *J. Org. Chem.* 44: 1831-1835.
- Bottenberg, H.S., 1981. Growth and yield of IR36 rice as affected by different levels of ipil-ipil leaves. *Leucaena Research Report*, 2, 41.
- Baumer, M., 1997. L'agroforesterie pour les productions animales. ISBN 92-9081-131-5. CTA, ICRAF, 340 p
- Biscoe P.V., Gallagher J., 1977. Weather, dry matter production and yield. Environmental effects on crop physiology. Proceedings of a symposium held at Long Ashton Research Station, University of Bristol 13-16 April 1975, pp 75-100.
- Brenner A.J, Jarvis P.G, Van den Belt R.J., 1995. Windbreak-crop interactions in the Sahel. 2. Growth response of millet in shelter. *Agric Forest Meteorol.* 75:235-62.
- Cazet M., 1989. Les plantations linéaires denses sur les sols sableux dégradés de la zone centre nord du Sénégal. Comportement et effets sur les cultures adjacentes des quelques espèces locales et introduites. *Bois et Forêts des Tropiques* 222, 4 : 27-37.
- Civava R., Malice M., Baudoin JP., 2013. Amélioration des agro systèmes intégrant le Haricot commun (*Vicia vulgaria* L.) au Sud-Kivu montagneux.
- Corre-Hellou G., 2005. Acquisition de l'azote dans des associations Pois-Orge (*Pisum sativum* L. – *Hordeum vulgare* L.) en relation avec le fonctionnement du peuplement. *Thèse de doctorat, Université d'Angers*.
- De Villele, O., 1985. *Les effets biologiques des brise-vent*. Actes d'un séminaire international sur les brise-vent tenu à Tunis, Tunisie. Publication CRDI-MR117e, f: 95-103.
- Diatta M., 1994. *Mise en défense et techniques agroforestières au Sine Saloum (Sénégal). Effets sur la conservation de l'eau, du sol et sur la production primaire*. Thèse de 3^{ème} cycle, Université Pasteur de Strasbourg 1. Option géographie physique. 202 p. + annexes.
- Duchauffour H., Bizimana M., Mikokoro C., Lebreton M., 1991. Synthèse de 10 années de Recherche en Conservation des Eaux et des Sols. Rapport Annuel ISAI3U 1989-1990. 68 p + annexes
- DUPRAZ C., 1994. Les associations d'arbres et de cultures intercalaires annuelles sous climat tempéré.
- Dutta P.R., Chaudhuri P., Sharma R.P., 1993. Insect feeding deterrents from *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray. *J. Environ. Biol.* 14: 27-33.
- Evenson R.E. and Gollin D., 2003. *Crop variety improvement and its effect on productivity: the*

- impact of international agricultural research*. CABI Publishing, Wallingford, United Kingdom 522 pp
- FAO, 2005a. New_LocClim: *Local Climate Estimator*. FAO Environment and Natural Resources Working Paper, N° 20.
- FAO., 2005b. "Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne". Rome, Italie, 63p.
- Fukai S., 1993. Intercropping- bases of productivity. *Field Crops Research*. 34:, 239–245.
- Gachengo C.N., Palm C.A., Jama B. et Othieno C., 1999. *Tithonia* and senna green manures and inorganic fertilizers as phosphorus sources for maize in western Kenya. *Agroforestry Systems*. 44: 21–36
- Ganunga R., Yerokun O. et Kumwenda J.D.T., 1998. *Tithonia diversifolia*: an organic source of nitrogen and phosphorus for maize in Malawi. In: Waddington SR et al. (eds) *Soil Fertility Research for Maize-Based Farming Systems in Malawi and Zimbabwe*, Soil Fert Net and CIMMYT-Zimbabwe, Harare, Zimbabwe 191–194pp.
- Gbemavo D.S.J.C., Glèlè K. R., Assogbadjo A.E., Katary A. & Gnanglè P., 2010. Effet de l'ombrage du karité sur le rendement capsulaire du coton dans les agroécosystèmes coton-karité du Nord Bénin. *Tropicultura*, 28, 4, 193-199
- Guyot, G., 1989. Les effets microclimatiques des brise-vent et des aménagements régionaux. *Techniques agricoles*, 1170 (3-1989).
- Jama B, Palm CA, Buresh RJ, Niang AI, Gachengo C, Nziguheba G, 2000. *Tithonia* as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya: a review. *Agroforestry Systems*, 49: 201-221.
- Justes E., Bedoussac L., Corre-Hellou G., Fustec J., Hinsinger P., Jeuffroy M.H., Journet E.P., Louarn G., Naudin C., Pelzer E., 2014. *Innovations Agronomiques* 40, 1-24
- Kaho F., Yemefack M., Feujo-Teguefouet P., et Tchantchaouang J.C., 2011. Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun. *Tropicultura*, 29 (1): 39-45.
- Kang B.T. et Reynolds L., 1986. *Culture en couloirs dans les tropiques humides et subhumides*. Compte rendu d'un atelier international tenu à Ibadan, Nigeria du 10 au 14 mars 1986. Edition microfiche offerte sur demande 27 p.
- Kang B.T., Duguma, B. 1985. Nitrogen management in alley cropping systems. In Kang, B.T., van der Heide, J., éd, Nitrogen management in farming systems in humid and subhumid tropics. *Institute of Soil Fertility, Haren, Pays-Bas*, 269-284.
- Kasongo L.M.E et Banza M.J., 2015. Evaluation de la réponse du soja aux doses croissantes d'un compost à base de *Tithonia diversifolia* sur un sol fortement altéré. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 11 No. 2 May 2015, pp. 273-281
- Kasongo L.M.E., Mwamba M.T., Tshipoya M.P., Mukalay M.J., Useni S.Y., Mazinga K.M., Nyembo K.L., 2013. Réponse de la culture de soja (*Glycine max* L. (Merril) à l'apport des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray comme fumure organique sur un Ferralsol à Lubumbashi, R.D. Congo. *Journal of Applied Biosciences* 63: 4727 – 4735.
- Kouadio K.K.H. Ettien D.J., Bakayoko S., Soro D., Girardin O., 2014. Etude de la culture en couloir de manioc (*Manihot esculenta* CRANTZ) à base de *Gliricidia sepium* en Côte d'Ivoire. *Afrique Science* 10 (3) 273-287
- Louppe D et Yossi H, 2000. Les haies vives et défensives en zones sèche et sub-humide d'Afrique de l'Ouest. La jachère en Afrique tropicale. De la jachère naturelle à la jachère améliorée, le point des connaissances, C. Floret, R. Pontanier, *John Libbey Eurotext*, Paris. 293-309.
- Michel M.K., Séverin B.K. and John B.M., 2015. Etude de cas sur l'impact des amendements organiques vis-à-vis de la salinité en culture de bananier. *Afrique Sci.*, 11: 152-160pp.
- Michels K, Lamers J.P.A, Buerkert A., 1998. Effects of windbreak species and mulching on wind erosion and millet yield in the Sahel. *Exp Agric*; 34: 449-64.
- Midmore D.J. 1993. Agronomic modification of resource use and intercrop productivity. *Field Crops Res*. 34, 357-380.
- Moulaert N., 1992. Emission de l'industrie métallurgique à Lubumbashi (Shaba-Zaïre) et conséquences sur l'environnement. Mémoire Faculté Agronomique de Gembloux-Belgique, p 50.

- Mujinya B.B., F. Mees, P. Boeckx, S. Bode, G. Baert, H. Erens, S. Delefortrie, A. Verdoodt, M.L. Ngongo, E. V. Ranst., 2011. The origin of carbonate in the termite mounds of the Lubumbashi area, D.R Congo. *Geoderma* vol 165, 95-105.
- Mulaji K.C., 2011. *Utilisation des composts de bios déchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa* (République Démocratique du Congo). Thèse de doctorat, université de Liège- Gembloux Agro-Biotech, 220p.
- Mutuo P.K., 2000. Soil phosphorus pools following phosphorus fertilization and their relationship to maize yield in western Kenya. MSc thesis. Moi University, Eldoret, Kenya
- Niang A., Amadalo B., Gathumbi S. & Obonyo C.O., 1996. Maize yield response to green manure application from selected shrubs and tree species in western Kenya: a preliminary assessment. In: Mugah JO (ed) Proceedings of the First Kenya Agroforestry Conference on People and Institutional Participation in Agroforestry for Sustainable Development, Kenya Forestry Research Institute (KEFRI), Muguga, Kenya, 350-358pp.
- Nyembo K. L., kisimba M. M., Theodore M. M., Jonas L., Kanyenga L. A., Becker N. K., Mpundu M. M, Baboy L. L., 2014. "Effets de doses croissantes des composts de fumiers de poules sur le rendement de chou de chine (*Brassica chinensis* L.)", *Journal of Applied Biosciences* vol 77, 6505-6522pp.
- Nyembo K.L., 2010. *Augmentation du rendement du maïs par l'exploitation de l'effet hétérosis des hybrides produits au Katanga, République Démocratique du Congo*. Thèse de doctorat, Faculté des sciences agronomiques, université de Lubumbashi, 197p.
- Nyembo K.L., Useni S.Y., Mpundu M.M., Bugeme M.D., Kasongo L.E. et Baboy L.L., 2012. Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPKS et urée) sur le rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de *Zea mays* L. à Lubumbashi, Sud-Est de la R.D.Congo. *Journal of Applied Biosciences* 59 : 4286-4296 p.
- Marynem T., 1963. Contribution à l'étude de la densité des populations chez les végétaux. INEAC/IBERSON: Bruxelles.
- Melendez J., Becker M., Johnson D., 2003. Maintaining the Yield of Upland Rice under Intensified Land Use in Slash and Burn Systems of West Africa. (<http://www.pitros.uni-bonn.de>).
- Nyirubugabo P., 2004. *Impact de la qualité des semences de la tomate et du haricot vert sur le rendement*. Mission Agricole chinoise de Boyali (cooperation Cino-Centrafricaine). *Mémoire de maîtrise en sciences biologiques*. Université de Bangui. Centrafrique, 48p.
- Palm C.A., Mukalama J., Agunda J., Nekesa P et Ajanga S., 1996. Farm hedge survey: composition, management, use and potential for soil fertility management. Summary report for African Highlands Initiative. *Tropical Soil Biology and Fertility Programme* (TSBF), Nairobi, Kenya.
- Rouanet G. ; 1984: *Le maïs : Le technicien d'Agriculture tropicale*. Édition Maisonneuve et Larose, Paris, France 142p.
- Sanogo D., 2000. *La haie vive dans le Sud du Bassin arachidier du Sénégal : adoption et conséquences agro-écologiques*. Thèse de doctorat de 3ème cycle de Biologie végétale, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 128 p.
- Schuster A., Stokes S., Papastergiou F., Catro V., Poveda L., Jakuporic J., 1992. Sesquiterpene lactones from *Tithonia* species. *Phytochem*. 31: 3139-3141.
- Soltner D., 1991. *L'arbre et la haie pour la production agricole, pour l'équilibre écologique et le cadre de vie rurale*. 9^{ème} Ed. Coll. Sc. et Tech agricoles, 207 p.
- Tejada M., Gonzalez J. L., Martinez A. M G., Parrado J., 2008. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. *Bio resource Technology* 99, 1758-1767.
- Tongma S., Kobayashi K. and Usui K., 1999. Allelopathic activity and movement of water leachate from Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaves in soil. *J. Weed Sci. Tech*. 44, 51-58.
- Torquebiau E, Mary F., et Sibelet N., 1996. Les associations agroforestières et leurs multiples enjeux. *ICRA Agropolis*
- Useni S.Y., Chukiyabo K.M., Tshomba K.J., Muyambo M.E., Kapalanga K.P., Ntumba N.F., Kasangij A.K.P., Kyungu K.A., Baboy L.L., Nyembo K.L., Mpundu M.M., 2013. *Utilisation des déchets humains recyclés pour l'augmentation de la production du maïs (Zea mays L.) sur un*

- ferralsol du sud-est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences* 66:5070 – 5081.
- Useni S.Y., Gladys M.I., Theodore M.M., Becker N. K., Jonas L., Mick A. L., Antoine K.L., Louis B.L., 2014. Amélioration de la qualité des sols acides de Lubumbashi (Katanga, RD Congo) par l'application de différents niveaux de compost de fumiers de poules. *Journal of Applied Biosciences* 77:6523 – 6533
- Vézina A., 2001. L'utilisation des haies brise-vent au Québec: bilan et perspectives d'avenir, présenté à l'occasion du Colloque sur l'agroforesterie au Québec, Université Laval, Québec.
- Verheij E., 2003. *Agrodok 16 - L'agroforesterie*. ISBN Agromisa: 90-77073-42-6. Deuxième édition. STOAS Digigrafi, Wageningen, the Netherlands. 1163pp.
- Yossi H., Kaya B., Traoré C.O., Niang A., Butare I., Levasseur V. & Sanogo D., 2006, Les haies vives au Sahel. État des connaissances et recommandations pour la recherche et le développement. ICRAF Occasional Paper no 6. *World Agroforestry Centre*, Nairobi, 52 p.
- Young, A. 1989. *Agroforestry for soil conservation. Science and Practice of Agroforestry* N°4. ICZW. CZI International. Wallingford., UIC:275p.