



## Sensibilité de la culture pluviale du maïs (*Zea mays* L.) aux effets des épisodes secs sur un Ferralsol sous amendement humifère à Lubumbashi

Kasongo Lenge Mukonzo Emery<sup>(1)</sup>, Banza Mukalay John<sup>(1)\*</sup>, Meta Tshiswaka Myriam<sup>(1)</sup>, Mukoke Tetele Hammer<sup>(1)</sup>, Kanyenga Franck<sup>(1)</sup>, Mayamba Makanda Gaillard<sup>(1)</sup>, Mwamba Kalenda Franco<sup>(1)</sup> et Mazinga Kwey Michel<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Unité de recherche en Evaluation des Terres et Agrométéorologie, Département de Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi B.P 1825, Lubumbashi, RD Congo

<sup>(2)</sup>Laboratoire des cultures in vitro, Département de Phytotechnie, Faculté des sciences agronomiques, Université de Lubumbashi, BP 1825, Lubumbashi, République Démocratique du Congo.

\* Auteur Correspondant: [mukalayjohn@gmail.com](mailto:mukalayjohn@gmail.com); Tél : +243971701077

Original submitted in on 6<sup>th</sup> June 2019. Published online at [www.m.elewa.org/journals/](http://www.m.elewa.org/journals/) on 31<sup>st</sup> August 2019  
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v140i1.10>

### RESUME

**Objectif :** cette étude était conduite enfin d'évaluer le niveau de sensibilité de la culture pluviale du maïs installée sur un Ferralsol aux effets des épisodes secs en fonction des différentes dates de semis et sous l'apport des doses croissantes de fiente des poules.

**Méthodologie et résultats :** l'essai a été mené suivant un dispositif factoriel avec trois répétitions, comprenant trois dates de semis et quatre doses de fiente de poules. Les paramètres de croissance et de rendement ont été observés.

Le rendement le plus élevé (4718 kg/ha) associé à un faible déficit hydrique (49,7 mm) a été observé en semis précoce et le plus faible rendement (2042 kg/ha) associé à un fort déficit hydrique (62,6 mm) en semis tardif. La dose de fiente des poules de 7,5t/ha (F3) c'est avéré meilleure avec un rendement moyen de 4466 kg/ha.

**Conclusion et application :** en référence aux rendements obtenus, le semis précoce à la dose de fiente des poules de 7,5t/ha conviendrait pour une bonne croissance et production sans que la plante connaisse un déficit hydrique élevé.

**Mots clés :** culture pluviale du maïs, épisodes secs, déficit hydrique, amendement humifère, Ferralsol

## Sensitivity of rain-fed maize to episodic droughts on a Ferralsol under humic amendment in Lubumbashi

### ABSTRACT

*Objective:* this study was carried out to evaluate the sensibility of rain-fed maize on a Ferralsol episodic droughts in relation with different sowing dates and chicken manure application.

*Methodology and results:* The experiment was set according to a factorial design with three replicates, including three dates of sowing and four doses of chicken manure. The treatments were compared based on growth and yield parameters. The highest yield (4718 kg / ha) associated with a low water deficit (49.7 mm) was observed in early planting date and the lowest yield (2042 kg / ha) associated with a high water deficit (62.6mm) in late planting date. Applied chicken manure 7.5 t / ha (F3) induced the highest average maize yield (4466 kg / ha).

*Conclusion and application:* with reference to the obtained yields, early sowing and the application of 7.5t/ha manure would be suitable for good growth and production since they reduce water deficit effects on maize yield.

**Keywords:** rain-fed maize, dry episodes, water deficit, humic amendment, Ferralsol

### INTRODUCTION

Le changement climatique global se traduit, entre autres, par une élévation des températures, des grandes évapotranspirations, une distribution plus aléatoire des pluies et une incidence plus grande de la sécheresse (Amigues et al., 2006). Dans certains grands bassins de production, les sols et les réserves en eau se dégradent alors que la demande en eau pour satisfaire aux besoins alimentaires de la population mondiale croît de plus en plus (Bamouh, 2000). Ce changement est également à la base des modifications des interactions entre les cultures et l'eau, dues soit à l'augmentation significative des températures et/ou à leur variabilité qui bouleverse les cycles de développement des cultures, soit à des grandes amplitudes pluviométriques observées entre les saisons et entre les latitudes provoquant l'excès ou le déficit hydrique ou encore l'augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère, modifiant par la suite le fonctionnement stomatique des plantes. Une étude conduite par Clérisse, (2016) au Sud-Kivu, République Démocratique du Congo, montre, sur différentes variétés des haricots, une importante influence de stress hydrique sur la germination, l'émergence, la formation des feuilles et le rendement de la culture (Gaufichon et al., 2010). L'économie de l'eau dans le sol est un facteur important pour l'agriculture. L'apport d'un amendement humifère au sol contribue

significativement l'amélioration de l'économie de l'eau en plus de sa contribution à l'enrichissement de la zone d'enracinement en éléments nutritifs (Amede et al., 2003 ; Kasongo et al., 2013 ; Useni et al., 2013 ; Nyembo et al., 2014 ; Kasongo et Banza, 2015). Cette étude a été menée avec comme objectif général d'évaluer le niveau de sensibilité de la culture pluviale du maïs installée sur un Ferralsol aux effets des épisodes secs en fonction des différentes dates de semis et sous l'apport des doses croissantes de fiente des poules. Sous l'effet de la date de semis, il a été question de voir l'influence de la date de semis et des doses croissantes de fumure organique sur la croissance et le rendement du maïs, nourriture de base préférée par la majorité de la population de plusieurs contrées de la République Démocratique du Congo (Nyembo, 2010). L'étude est menée sous l'hypothèse qu'il existe une date de semis et un niveau d'amendement humifère qui permettent à la plante de passer son cycle sans stress hydrique et induire un bon rendement. Ainsi ce travail a pour objectifs spécifiques de : (1) déterminer l'influence de la date de semis sur la croissance et la production de la culture du maïs ; (2) déterminer l'effet de la fiente des poules sur l'amélioration de la production du maïs ; (3) quantifier le niveau du stress hydrique subi par la culture du maïs aux différentes dates de semis.

## MATERIELS ET METHODES

**Milieu de recherche :** L'expérimentation a été installée au Centre de Recherche Agro-alimentaire de Lubumbashi, C.R.A.A en sigle, situé à 1289 m d'altitude, 11° 39,49' de latitude et 27° 29,38' de longitude durant la saison culture 2016-2016. La région de Lubumbashi est dominée par un climat du type CW6 d'après la classification de Koppen (FAO, 2005). Il est généralement caractérisé par une période de croissance normale d'une durée moyenne de 182 jours, avec une période humide d'environ 150 jours (Figure 1). D'après les données historiques de la région de Lubumbashi, cette période de croissance est sensée commencer à la seconde moitié d'octobre pour s'arrêter

vers la mi-avril tandis que la période humide est sensée aller de la première moitié de novembre jusqu'à la première décade d'avril (Kasongo et al., 2013). Au cours de ces dernières années, cette succession d'étapes de la période de croissance connaît des modifications importantes caractérisées, notamment par l'occurrence des longs épisodes secs en période humide, le retard du début de la saison pluvieuse et la fin précoce de la période humide. La formation végétale est dominé par une forêt claire du type Miombo (Malaise, 1973). Quant au sol, il est du type ferrallitique sur le site de l'essai (Mpundu, 2010 ; Kasongo et al., 2013).

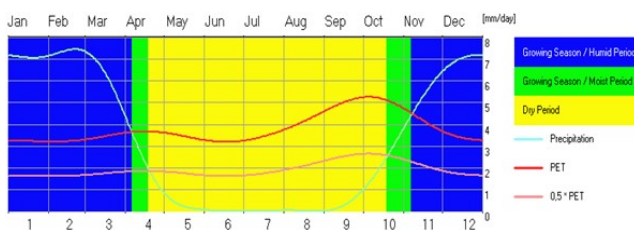


Figure 1 : Phase de croissance des cultures à dans la région de Lubumbashi (FAO, 2005)

Tableau 1 : Informations climatiques de la période de l'expérimentation. Source : station météorologique de l'aéroport de la Luano (Lubumbashi)

Paramètres climatiques	2016	2017			
	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Température moyenne (°C)	21,5	20,8	20,6	20,2	19,8
Température minimale (°C)	17,4	17,2	17,3	16,7	16,2
Température maximale (°C)	26,2	25,1	24,6	24,5	24,8
Humidité relative de l'air (%)	79,1	85,1	87,0	87,4	85,9
Précipitations (mm)	159	181,3	399,4	139,5	207,8
vitesse du vent (km/h)	162	195	181	223	271

**Matériel :** La semence de maïs, variété *Bukidi*, a servi de matériel biologique ; la fiente des poules, les données climatiques de la Luano et les données pédologiques existantes de la région d'étude ont été utilisées pour la réalisation de cette étude. La fiente des poules a été obtenue auprès d'un éleveur artisanal tandis que la semence a été obtenue par l'entremise de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Lubumbashi.

**Méthodes :** L'expérimentation a été conduite suivant un dispositif factoriel comportant trois répétitions. Le facteur principal revient à la date de semis du maïs, constituée de trois variantes : D1 : semis en date du 15/12/2016 ; D2 : semis en date du 22/12/2016 ; D3 : semis en date du 29/12 /2016. Le facteur secondaire est les doses de fiente des poules constitués de quatre niveaux ; et d'un témoin F0 : 0 Kg.ha<sup>-1</sup> de fiente, de F1:

2500 Kg.ha<sup>-1</sup> de fiente; de F2: 5000 Kg.ha<sup>-1</sup> de fiente et de F3: 7500 Kg.ha<sup>-1</sup> de fiente. La fiente a été appliquée à la volée et enfouis dans les sols à la même date que le semis. Le semis s'est fait aux écartements de 75x25cm à raison de deux graines par poquet soit une densité de 106667 plantes par hectare. Un démariage à raison d'un grain par poquet a été réalisé au 39<sup>ème</sup> jour après semis et deux sarclages ont été effectués respectivement au 38<sup>ème</sup> et au 81<sup>ème</sup> jour après semis. En ce qui concerne le prélèvement des données seules les plantes du milieu ont été considérées. Les observations ont portés sur le taux de levée, la hauteur des plants, le diamètre au collet, le nombre de jours à la floraison (observé lorsque au moins 50% des plantes entre en floraison), la hauteur à l'insertion de l'épi (la hauteur comprise entre le diamètre au collet et l'insertion de l'épi), la longueur de l'épi, diamètre de

l'épi et le rendement. La récolte est intervenue 117 jours après le semis pour protéger les épis des attaques dues aux termites en cas de verse. Un séchage des épis de maïs au soleil a été effectué jusqu'à ce que les grains fussent complètement secs. L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel Minitab version 16. Les variables quantitatives ont été décrites sous forme des moyennes et les extrêmes (minimum et maximum) ont été déterminés. Les moyennes ont été comparées entre elles à l'aide de l'analyse de la variance à deux facteurs et à un seuil de signification de 5% afin d'identifier le

comportement de chaque paramètre observé face aux effets des traitements : la date de semis et l'amendement humifère. Le test de régression et de corrélation (au même seuil de signification de 5%) a été utilisé pour évaluer la relation existant entre les rendements de différentes dates et le déficit hydrique connu à chaque date de semis. Le logiciel Cropwat 8.0 de la FAO a été utilisé pour calculer, pour chaque date de semis, le déficit hydrique non fourni par la pluie pour couvrir les besoins en eau de la culture, c'est à dire les besoins en eau d'irrigation d'appoint.

## RESULTATS

**Influence l'amendement humifère et de la date de semis sur la croissance du maïs :** Les résultats des observations faites sur le taux de levé, le diamètre au collet, la hauteur des plants sont représentés dans le tableau 2. L'analyse de la variance montre une influence significative sur la date de semis sur tous les paramètres végétatifs observés. Le taux de levée a

varié de 81,5 (D3) à 97,3% (D1) ; le diamètre au collet de 15,32 (D3) à 23,7 mm (D1) et la hauteur de plant de 82,95 (D3) à 153,35 cm (D2). Par ailleurs, l'amendement humifère n'a eu un effet significatif que sur le diamètre au collet et la hauteur de la plante, par contre l'interaction entre la fumure et la date de semis n'a montré aucune influence.

**Tableau 2 :** Influence de l'amendement humifère et de la date de semis sur le taux de levée, le diamètre au collet et la hauteur de la plante 60 jours après semis.

Traitements		Taux de levée (%)	Diamètre au collet 60 jours après semis (mm)	Hauteur de la plante 60 jours après semis (cm)
D1	F0	95,8±1,44	22,1±1,5	135,1±14,48
	F1	95,8±3,8	22,3±2,36	143,3±21,1
	F2	90,8±11,6	24,9±1,03	150±8,85
	F3	93,3±3,8	25,6±0,4	154,26±9,37
	Moyenne	93,9±5,9 a	23,7±2,07 a	145,65±14,37 a
D2	F0	98,3±2,9	18,5±3,1	123,3±36,5
	F1	97,5±2,5	20,5±1,48	142,2±28,2
	F2	95,8±2,9	20,9±1,1	165,4±9,97
	F3	97,5±0,00	23,03±2,51	182,55±10,31
	Moyenne	97,3±2,3 a	20,7±2,52 b	153,35±31,25 a
D3	F0	75,8±5,2	16,03±1,88	78,79±15,26
	F1	85±6,6	15,4±0,32	83,16±3,14
	F2	80±2,5	14,8±1,39	85,14±12,54
	F3	85±9,01	15,1±1,3	84,68±7,1
	Moyenne	81,5±6,7 b	15,3±1,24 c	82,95±9,42 b
Moyenne Amendement humifère	F0	90±11,11	18,9±3,28 b	112,4±33,2 b
	F1	92,78±7,1	19,4±3,41 ab	122,9±34,6 ab
	F2	88,9±9,3	20,2±4,5 a	133,5±38 ab
	F3	91,9±7,4	21,2±4,97 ab	140,5±44,3 a
<b>Effet date de semis</b>		<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>Effet Amendement humifère</b>		<b>0,416</b>	<b>0,04</b>	<b>0,012</b>
<b>Interaction Date-Amendement humifère</b>		<b>0,522</b>	<b>0,122</b>	<b>0,222</b>

Moyenne ± Ecart-Type. Les lettres indiquent des différences significatives après comparaison des moyennes par la HSD (P=0.05). D1 : semis en date du 12/12/2016 ; D2 : semis en date du 22/12/2016 ; D3 : semis en date du 29/12/2016 ; F0 : 0 kg/ha de fiente des poules ; F1 : 2500 kg/ha de fiente des poules ; F2 : 5000 kg/ha de fiente des poules ; F3 : 7500 kg/ha de fiente des poules.

**Effet de l'amendement humifère et de la date de semis sur le nombre de jours à la floraison, hauteur de l'insertion et longueur de l'épi :** Les résultats consignés dans le tableau 3 montrent que la variation des dates de semis influence significativement la hauteur à l'insertion de l'épi ainsi que la longueur de l'épi. Quant à l'amendement humifère, les résultats de l'analyse de la variance indiquent une différence significative sur tous les paramètres (Nombre de jours à la floraison, hauteur à l'insertion de l'épi et longueur de l'épi). Cependant, l'interaction date de semis-

amendement humifère révèle des effets similaires. La floraison a été précoce sur les parcelles ayant reçu une dose de fiente des poules de 7500 kg/ha (F3) et une floraison tardive a été observée sur les parcelles témoins (0kg/ha). La hauteur à l'insertion de l'épi a varié de 67,14 (F0) à 82,08 cm (F3) sous l'effet de la fumure. La longueur de l'épi a varié entre 9,3 (D3) à 13,9 cm (D1). Par rapport à l'apport de la fiente des poules, l'épi le plus longs est observés sur les parcelles ayant reçu la dose de 7500 kg/ha (13,8 cm) comparativement au aux parcelles témoins (10,5 cm).

**Tableau 3 :** Influence de la fumure et de la date de semis sur la floraison, la hauteur de l'insertion et la longueur de l'épi.

Traitements		Jour à la floraison	Hauteur à l'insertion de l'épi (cm)	Longueur de l'épi (cm)
D1	F0	70±0,00	76,73±5,6	11,9±2,21
	F1	69±1	86,54±11,7	13,3±1,85
	F2	67,3±1,5	94,4±3,9	15,6±0,42
	F3	67±0,00	91,11±8,9	15,2±2,34
	Moyenne	68,3±1,5	87,2±9,8 a	13,99±2,23 a
D2	F0	69±1	68,9±24,4	11,7±7,71
	F1	68,7±2,08	83±18,3	13,5±1,04
	F2	66,8±1,16	90,3±10,96	13,59±0,56
	F3	66±1,73	98,7±6,7	14,9±2,48
	Moyenne	67,6±1,9	85,23±18,2 a	13,4±1,82 a
D3	F0	70±1	55,77±9,6	7,9±0,52
	F1	68,3±0,6	53,23±3,2	8,7±0,84
	F2	69±1	55,82±5,6	9,2±1,03
	F3	67,7±1,5	56,43±6,4	11,2±5,9
	Moyenne	68,8±1,2	55,31±5,8 b	9,3±2,88 b
Moyenne Amendement humifère	F0	69,7±0,9 a	67,14±16,3 b	10,5±2,4 b
	F1	68,7±1,2 ab	74,26±19,3 ab	11,9±2,62 ab
	F2	67,7±1,5 bc	80,17±19,5 ab	12,9±2,89 ab
	F3	66,9±1,4 c	82,08±20,6 a	13,8±3,91 a
<b>Effet date de semis</b>		<b>0,078</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>Effet de l'amendement humifère</b>		<b>0,000</b>	<b>0,042</b>	<b>0,033</b>
<b>Interaction Date-Amendement humifère</b>		<b>0,571</b>	<b>0,451</b>	<b>0,956</b>

Moyenne ± Ecart-Type. Les lettres indiquent des différences significatives après comparaison des moyennes par la HSD (P=0,05). D1 : semis en date du 12/12/2016 ; D2 : semis en date du 22/12/2016 ; D3 : semis en date du 29/12/2016 ; F0 : 0 kg/ha de fiente des poules ; F1 : 2500 kg/ha de fiente des poules ; F2 : 5000 kg/ha de fiente des poules ; F3 : 7500 kg/ha de fiente des poules.

Influence de l'amendement humifère et de la date de semis sur le poids de l'épi, le diamètre de l'épi et le rendement en maïs grain : Les résultats consignés dans le tableau 4 ci-dessous montrent des effets significatifs des dates de semis sur le poids de l'épi, le diamètre de l'épi et le rendement en maïs grain. Par

contre l'amendement humifère n'a influencé significativement que le poids de l'épi et le rendement en maïs grain. L'interaction date de semis et la fumure montre des effets similaires sur tous les paramètres.

**Tableau 4 :** Influence de l'amendement humifère et de la date de semis sur le poids et le diamètre de l'épi ainsi que sur le rendement du maïs.

Traitements		Poids de l'épi(g)	diamètre de l'épi (mm)	Rendement (kg/ha)
D1	F0	106,9±38,5	40,8±2,91	4500±1692
	F1	88,4±27,6	39,12±2,86	3700±1134
	F2	142,8±22,6	42,6±2,7	4904±756
	F3	147,6±44,3	43,7±3,56	5767±1526
	Moyenne	121,4±39 a	41,6±3,16 a	4718±1373 a
D2	F0	93±26,5	38,6±2,42	3751±1042
	F1	90±27,7	39,2±3,47	3871±1218
	F2	110,04±10,5	42,1±2,73	3914±217
	F3	129,7±37,8	41,2±2,74	4870±1008
	Moyenne	105,7±28,6 a	40,3±2,86 a	4101±938 a
D3	F0	58,72±4,39	35,9±1,4	1865±350
	F1	39,74±4,02	35,9±2,48	1656±136,3
	F2	41,56±7,65	36,3±2,64	1886±572
	F3	65,9±21,8	36,8±5,46	2761±1166
	Moyenne	51,49±15,5 b	36,2±2,88 b	2042±727 b
Moyenne Fumure	F0	86,2±31,8 ab	38,5±2,93	3372±1550 ab
	F1	72,7±31,6 b	38,1±3,03	3076±1355 b
	F2	98,1±46,6 ab	40,3±3,83	3568±1418 ab
	F3	114,4±48,5 a	40,6±4,67	4466±1721 a
Effet date de semis		0,000	0,001	0,000
Effet de l'amendement humifère		0,018	0,233	0,046
Interaction Date-Amendement humifère		0,574	0,913	0,956

Moyenne ± Ecart-Type. Les lettres indiquent des différences significatives après comparaison des moyennes par la HSD (P=0,05). D1 : semis en date du 12/12/2016 ; D2 : semis en date du 22/12/2016 ; D3 : semis en date du 29/12/2016 ; F0 : 0 kg/ha de fiente des poules ; F1 : 2500 kg/ha de fiente des poules ; F2 : 5000 kg/ha de fiente des poules ; F3 : 7500 kg/ha de fiente des poules.

#### Quantification des besoins en eau d'irrigation d'appoint du maïs :

Les résultats sont présentés dans les tableaux 5, 6 et 7, respectivement pour les dates de semis du 15/12/2016 (D1), 22/12/2016 (D2) et du 29/12/2016 (D3). Ces besoins maïs augmentent avec le retard de semis. En semis précoce (D1), ils ont été évalués à 49,7 mm d'eau durant tout le cycle de vie de la culture, contre 53,1 mm à la date intermédiaire (D2) et 62,6 mm à la dernière date de semis (D3). En semis précoce (D1), des épisodes secs induisant des besoins en eau d'irrigation d'appoint se sont manifestés en deux temps, d'abord sur la période reliant la dernière décade du stade de développement (2 mm) à la première décade de la mi-saison (1,5 mm), en suite sur la période allant de la dernière décade de la mi-saison (16,7 mm) jusqu'à la deuxième décade de l'arrière-saison (respectivement 23,7 et 5,8 mm de besoins en

eau). Pour le semis à la date intermédiaire (D2), les épisodes entraînant des déficits hydriques face aux besoins de la culture ont coïncidé avec la période couvrant les deux dernières décades de la mi-saison et la première décade de l'arrière-saison, avec des déficits respectifs de 16,8 ; 23,9 et 12,4 mm d'eau. En semis à la dernière date (D3), ce sont les trois dernières décades de la mi-saison qui ont été affectées par le déficit hydrique correspondant à l'occurrence des épisodes secs. Ces déficits en mi-saison ont été estimés à 16,9 ; 24,0 et 14,1 mm respectivement pour la deuxième, la troisième et la quatrième décade. Il convient de noter tout de même une légère occurrence de déficit hydrique tant à la première décade du stade initial (4,9 mm) qu'à la dernière décade de l'arrière-saison (2,7 mm). Sur le plan phénologique, les résultats obtenus ont montré que le retard dans le semis a

exposé la culture à des problèmes croissants de déficit hydrique pendant la phase correspondant à la formation du produit utile, c'est-à-dire la fructification du maïs, le remplissage des graines et leur maturation, c'est à dire la mi-saison. A l'arrière-saison par contre, les besoins en eau de la culture commencent à baisser au fur et à mesure car les graines ont cette fois-là

besoin de s'assécher. Il ressort de ces résultats qu'en culture pluviale de maïs dans la région de Lubumbashi, l'irrigation d'appoint est pertinente lors des épisodes secs. L'importance des besoins en eau pour ce type d'irrigation a tendance à augmenter avec le retard de semis.

**Tableau 5 :** Besoin en eau d'irrigation de la culture du maïs semée en date D1 (15/12/2016)

Mois	Décade	Phase	Kc (coeff)	ETc (mm/jour)	ETc (mm/déc)	Pluie eff. (mm/déc)	Besoins Irr. (mm/déc)
Décembre	2	Initiale	0,3	1,67	10,0	26,7	0
Décembre	3	Initiale	0,3	1,64	18,1	43,9	0
Janvier	1	Développement	0,36	1,96	19,6	41	0
Janvier	2	Développement	0,59	3,12	31,2	41,7	0
Janvier	3	Développement	0,83	4,37	48,1	46,1	2
Février	1	Mi-saison	1,06	5,54	55,4	53,9	1,5
Février	2	Mi-saison	1,11	5,75	57,5	59,4	0
Février	3	Mi-saison	1,11	5,62	44,9	51,6	0
Mars	1	Mi-saison	1,11	5,64	56,4	39,7	16,7
Mars	2	Arrière-saison	1,11	5,57	55,7	32	23,7
Mars	3	Arrière-saison	0,93	3,87	42,6	36,7	5,8
Avril	1	Arrière-saison	0,67	1,92	19,2	47,2	0
Avril	2	Arrière-saison	0,44	0,83	6,7	42,1	0
<b>Total</b>					<b>465,3</b>	<b>562</b>	<b>49,7</b>

**Tableau 6 :** Besoin en eau d'irrigation de la culture du maïs semée en date D2 (22/12/2016)

Mois	Décade	Phase	Kc (coeff)	ETc (mm/jour)	ETc (mm/déc)	Pluie eff. (mm/déc)	Besoins Irr. (mm/déc)
Décembre	3	Initiale	0,3	1,64	16,4	40	0
Janvier	1	Initiale	0,3	1,61	16,1	41	0
Janvier	2	Développement	0,43	2,26	22,6	41,7	0
Janvier	3	Développement	0,67	3,53	38,8	46,1	0
Février	1	Développement	0,92	4,77	47,7	53,9	0
Février	2	Mi-saison	1,1	5,68	56,8	59,4	0
Février	3	Mi-saison	1,11	5,62	45	51,6	0
Mars	1	Mi-saison	1,11	5,64	56,4	39,7	16,8
Mars	2	Mi-saison	1,11	5,59	55,9	32	23,9
Mars	3	Arrière-saison	1,08	4,47	49,2	36,7	12,4
Avril	1	Arrière-saison	0,85	2,43	24,3	47,2	0
Avril	2	Arrière-saison	0,59	1,12	11,2	52,7	0
Avril	3	Arrière-saison	0,4	1,06	5,3	19,4	0
					<b>445,8</b>	<b>561,3</b>	<b>53,1</b>

Tableau 7. Besoin en eau d'irrigation de la culture du maïs semée en date D3 (29/12/2016)

Mois	Décade	Phase	Kc (coeff)	ETc (mm/jour)	ETc (mm/déc)	Pluie eff. (mm/déc)	Besoins Irr. (mm/déc)
Décembre	3	Initiale	0,3	1,64	4,9	12	4,9
Janvier	1	Initiale	0,3	1,62	16,2	41	0
Janvier	2	Développement	0,31	1,66	16,6	41,7	0
Janvier	3	Développement	0,51	2,68	29,5	46,1	0
Février	1	Développement	0,75	3,93	39,3	53,9	0
Février	2	Développement	0,99	5,11	51,1	59,4	0
Février	3	Mi-saison	1,12	5,64	45,1	51,6	0
Mars	1	Mi-saison	1,12	5,66	56,6	39,7	16,9
Mars	2	Mi-saison	1,12	5,6	56	32	24
Mars	3	Mi-saison	1,12	4,62	50,9	36,7	14,1
Avril	1	Arrière-saison	1,02	2,94	29,4	47,2	0
Avril	2	Arrière-saison	0,77	1,46	14,6	52,7	0
Avril	3	Arrière-saison	0,52	1,37	13,7	38,7	0
Mai	1	Arrière-saison	0,36	1,34	2,7	4,1	2,7
<b>Total</b>					<b>426,4</b>	<b>556,7</b>	<b>62,6</b>

Rapport entre le comportement de la culture et le niveau de déficit hydrique : La figure 2 illustre les résultats d'analyse de la relation entre le taux de levée, la hauteur de la plante, le rendement en grains du maïs et le déficit en eau connu par la culture. La figure révèle

que le déficit hydrique est négativement corrélé au taux de levée, à la hauteur de la plante et au rendement. Par contre le taux de levée, la hauteur de la plante ainsi que le rendement évoluent ensemble d'une manière positive.

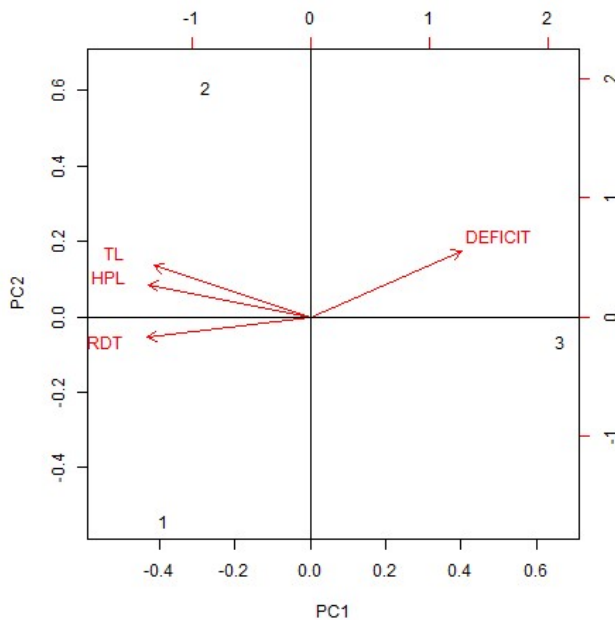


Figure 2 : Relation entre le comportement de la culture et le déficit hydrique

## DISCUSSION

Les différentes doses de fiente des poules ont induit des effets similaires sur le taux de levée. Ceci se justifierait par le fait que durant la germination, la graine vit au dépend des réserves nutritives contenues dans les cotylédons et non celles du sol jusqu'à l'apparition

des premières feuilles (Useni et al., 2013). Plusieurs chercheurs ont démontré que l'apport de la fumure organique n'a aucune influence sur la levée, seuls les facteurs intrinsèques de la semence et les conditions du sol ont une influence sur la levée (Nyembo et al.,



2012 ; Useni et al., 2013). Quant à la hauteur des plantes, elle a été plus élevée sur les parcelles ayant reçu des fortes doses de fiente de poules. Cette différence de taille serait due à une grande quantité d'azote et d'autres nutriments que disponibilise la fiente des poules dans les sols. L'étude de Useni et al., (2014a) a montré une composition de 5,6% d'Azote, 7,046 % de Potassium, 7,046% de Phosphore, 19,24% de Calcium et un rapport Carbone-Azote de 5 de la fiente des poules. En effet la présence d'azote dans le sol contribue au bon développement des parties aériennes de la plante (Useni et al., 2012). La floraison a été précoce sur les parcelles qui ont été fertilisées à travers les nutriments contenus dans l'amendement humifère. Ces résultats contredisent ceux de Kabrah et al., (1996) qui montrent que l'excès d'azote dans le sol entraîne un retard ou une absence de la floraison qui, est dû à l'allongement excessif de la période végétative. Le rendement en maïs grain augmente au fur et à mesure que la dose croise de fiente. Cette augmentation serait expliquée à la fois par la contribution à l'économie de l'eau du sol que par fourniture d'éléments nutritifs nécessaires à l'alimentation et la croissance des plantes qu'offre l'amendement organique (Nyembo et al., 2014 ; Bastida et al., 2009 ; Ben et al., 2008 ; Mulaji, 2011 ; Useni et al., 2013). Par contre la baisse du rendement pour les autres traitements pourrait être expliquée par la quantité de fiente des poules apportée. Toutefois l'absence ou l'insuffisance en matière organique dans un sol s'accompagne d'une perte en nutriments, d'une acidification, d'une réduction de la biomasse et de l'activité microbienne, de la non solubilisation du phosphore qui, ensemble, contribuent à la baisse sensible des rendements des cultures (Mulaji, 2010). Nos résultats corroborent avec ceux de Adomiluyi et Omosato, (2007) sur le maïs au Nigeria ; Kaho et al., (2011) sur le soja et Etienne et al., (2005) sur le haricot commun au Cameroun. Après observations et analyses des résultats, il a été observé que le semis

## CONCLUSION

Ce travail a été initié en vue de quantifier les besoins en eau d'irrigation d'appoint de la culture pluviale du maïs soumise à l'effet des dates de semis et des doses croissantes de fiente des poules sur un Ferrasol. L'étude a été menée suivant un dispositif factoriel comprenant les dates de semis comme facteur principal et les doses croissantes de fiente des poules comme facteur secondaire. Les résultats obtenus ont montré que la culture installée en date D3 présente un besoin en eau

précoce du maïs a donné un rendement élevé avec 4718 t/ha comparativement aux deux au semis intermédiaire (4101 t/ha) et tardif (2042 t/ha). Useni et al., (2014b) et Sanogo et al., 2010 signalent que, pour une bonne production végétale, il est idéal l'apparition des inflorescences coïncide avec le moment de fortes précipitations. Nos résultats sont en parfait accord avec ceux de Moradapour et al., (2013) sur l'effet de la date de semis du riz et ceux de Useni et al., (2014c) sur le niébé. Des résultats similaires ont été obtenus par Enyi, (1971) montrant que le rendement en poids des grains est proportionnel à la quantité d'eau reçu par la plante durant tous les stades de son développement. La quantification des besoins en eau d'irrigation d'appoint pour la culture a montré que le semis précoce du maïs a connu un niveau de stress hydrique faible avec un besoin en eau d'irrigation par rapport aux deux autres semis tardifs. Cette différence de niveaux de stress hydrique a eu une influence significative sur certains paramètres observés. Ce qui serait expliqué par le fait que le semis précoce bénéficie du maximum de précipitation pour combler ses besoins en eau. Les faibles rendements observés en semis tardif auraient un lien avec l'occurrence des déficits hydriques importants pendant la phase de la mi-saison où la plante fabrique le produit utile. Des études ont montré que la croissance de la plante est réduite à cause de la réduction de la photosynthèse provoquée par le stress hydrique (Gahoonia et al., 1994 ; Dugo, 2002 ; Lebon, 2006 ; Attia, 2007). Les résultats sur la corrélation ont montré que le déficit hydrique influence d'une manière négative les paramètres de la plante tant végétatifs que de rendement. En effet cette influence s'expliquerait par le fait que le déficit hydrique réduit la densité racinaire ce qui ferait que la plante ne sera plus à mesure d'étendre sa zone d'exploitation dans le sol (Rajagopal, 1980). El-Shazli et Warboys, (1989) ont également montré que le déficit hydrique agit négativement sur la longueur de la plante et sur le rendement des cultures.

d'irrigation supérieur à ceux du semis précoce D1 et du semis à la date intermédiaire. Ceci aurait un lien avec la forte occurrence du déficit hydrique pendant la mi-saison, stade phénologique au cours duquel la plante fabrique le produit utile. De même pour le rendement le semis précoce a présenté le rendement le plus élevé soit 4718 kg/ha contre 2042 kg/ha pour le semis tardif. La dose de 7,5 t/ha de fiente des poules a donné le rendement élevé. Ainsi donc, il est bon de retenir la

combinaison entre un semis précoce du maïs et l'apport de forte dose de fiente des poules qui permet

une bonne croissance sans stress élevé et une bonne production du maïs.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ademiluyi, B.O. & Omotoso, S.O., 2007. Comparative Evaluation of *Tithonia diversifolia* and NPK Fertilizer for soil improvement in maize (*Zea mays*) production in Ado Ekiti, Southwestern Nigeria, *Am.-Eurasian J. Sustain. Agric.*, 1(1): 32-36
- Amede T, Schubert S, Stahr K., 2003. Mechanisms of drought resistance in grain legumes I: Osmotic adjustment. *Ethiopian Journal of Science*, 26 (1), 37-46
- Amigues J.P., Debaeke P., Itier B., Lemaire G., Seguin B., Tardieu F., Thomas A., 2006. *Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau*. Expertise scientifique collective, INRA (Paris) 72 p
- Attia F, 2007. *Effet du stress hydrique sur le comportement écophysiological et la maturité phénologique de la vigne (Vitis vinifera L.) : Etude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées*. Thèse INP, Toulouse (France), 194p.
- Bamouh A. Gestion de la contrainte pluviométrique pour l'amélioration de la production végétale et de l'efficacité d'utilisation de l'eau. *Bulletin de liaison du programme national de transfert de technologie en agriculture 2000* : 85-90.
- Bastida F., E. Kandeler, J.L. Moreno, M. Ros, C. Garcia, T. Hernandez, 2008. Application of fresh and composted organic wastes modifies structure, size and activity of soil microbial community under semiarid climate. *Applied Soil Ecology*, vol 40, pp 318-329.
- Ben H.H., T. Aloui, T. Gallali, T. Bouzid, S. El Amri, Hassine R.H. Ben. 2008. Évaluation quantitative et rôle de la matière organique dans les sols cultivés en zones subhumides et semi-arides méditerranéennes de la Tunisie. *Agrosol*, Vol : 19 4-17 pp.
- Clérisse C.M., Legrand T.I., Gaston A.S., Emilie B.K., Antoine K.L., 2016. Effet du stress hydrique sur le criblage variétal des haricots communs (*Phaseolus vulgaris*) dans le marais du Sud-Kivu montagneux. *Afrique SCIENCE*, 335-344pp
- Dugo MVG, 2002. *Effet du déficit hydrique sur l'état de nutrition azotée chez les graminées fourragères*. Thèse Université de Poitiers (France), 189 p
- El-Shazly M. et Warboys I.B., 1989. The using of transparent flexible tube for studying the root extenuation and elongation of beans (*Vicia faba*). *Expl. Agric. Volume 25*, 35-37.
- Enyi B.A.C., 1971. A spacing/time of planting trial with cowpea (*Vigna unguiculata* L. (Walp)). *Ghana journal of science*, vol 13, n°1, 78-85 pp
- Etienne T.P, Benoit B., Christopher M.T., Tendonkeng F, Jean-Raphael K. et Apolite D.L. 2005. Effet de différentes sources d'azote sur la croissance et le rendement du haricot commun à l'ouest du Cameroun, *Cameroon journal of experimental biology vol.01, N°01,1-7*
- FAO, 2005. New\_LocClim: Local Climate Estimator. FAO Environment and Natural Resources Working Paper, N° 20
- FAO. 2006. WRB "World reference base for soil resources", 2nd ed. World Soil Resources Report N° 103. FAO, Rome.
- Gahoonia T.S, Raza S, Nielsen N.E, 1994. Phosphorus depletion in the rhizosphere as influenced by soil moisture. *Plant and Soil*, 159: 213-218
- Gaufichon L., Prioul J-L., Bachelier B., 2010. *Quelles sont les perspectives d'amélioration génétique de plantes Cultivées tolérantes à la sécheresse?* Fondation FARM, France, 61p
- Kabrah Y, N'guethia R, Yao Goueb D, Coulieb J.Y, 1996. Effet de l'apport d'engrais chimique et de la matière organique sur le rendement en grain chez le maïs. *Etude et recherche francophone en agriculture*, 5(3) :131-202
- Kaho F., Yemefack M., Feujoy-Tegwefouet P., Tchanchaouang J.C., 2011. Effet combiné de feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur le rendement du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au centre du Cameroun. *Tropicultura*, 29 (1): 39-45.
- Kasongo L.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.) à l'apport des biomasses vertes de *Tithonia diversifolia* comme fumure organique sur un Ferralsol à Lubumbashi, R.D. Congo. *Journal of Applied Biosciences* 63: 4727 – 4735.

- 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
- Lebon E, 2006. *Effet du déficit hydrique de la vigne sur le fonctionnement du couvert, l'élaboration du rendement et la qualité*. INERA Sup Agro, UMR, Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux, 4 p.
- Malaisse F. 1973. *Contribution à l'étude de l'écosystème forêt Claire (Miombo)*. Note 8. Le projet Miombo. Annales Université Abidjan, série E (Ecologie), Tome VI: 227-250.
- Moradapour S., Koochi R., Babaei M., Khorshichi M.G., 2013. Effect of planting date and planting density on rice yield and growth analysis (Fajr variety). *International Journal of agriculture and crop Science* 5(3): 267-272
- Mpundu M.M., 2010. Contaminations des sols en éléments traces métalliques à Lubumbashi (Katanga/RD Congo). *Evaluation des risques de contamination de la chaîne alimentaire et choix de solutions de remédiation*. Thèse de doctorat, Faculté des sciences agronomiques, université de Lubumbashi, 410p.
- Mulaji, 2010. *Utilisation des composts de biodéchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (République Démocratique du Congo)*. Thèse de doctorat, université de Liege- Gembloux AgroBiotech, 220p.
- Nyembo K. L., kisimba M. M., M. M. Theodore, L. Jonas, L. A. Kanyenga, N. K. Becker, M. M. Mpundu, L. L. Baboy. 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, pp 6505-6522.
- 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, 157p.
- Nyembo K.L., Useni S.Y., Mpundu M.M., Bugeme M.D., Kasongo L.E., 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 RD Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 59: 4286-4296
- Rajagopal V. et Andersen S., 1980. Water stress and root formation in pea cuttings. 48: 144-149.
- S.Y. Useni, M.I Glady, M.M. Theodore, N.K. Becker, L. Jonas, A. B.L. Mick, K.L. Antoine et B.L. Louis., 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.
- Sanogo S., Camara M., Zouzou M., Keli Z., Messoum F., Sekou A., 2010, Effet de la fertilisation minérale sur des variétés améliorées de riz en conditions de Gagnoa, Côte d'Ivoire. *Journal of applied biosciences* 35: 2235-2243.
- Useni S.Y., Baboy L.L., Nyembo K.L., Mpundu M.M., 2012. Effets des apports combinés de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement de trois variétés de *Zea mays* L. cultivées dans la région de Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences*, 54: 3935–3943
- Useni S.Y., Chukiyabo K.M., Tshomba K.J., Muyambo M.E., Kapalanga K.P., Ntumba N.F., Kyungu K., Baboy L.L., Nyembo K.L., Mpundu M.M., 2013a. 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., Mayele K., Kasangij P., Nyembo K.L., and Baboy L.L., 2014c. Effets de la date de semis et des écartements sur la croissance et le rendement du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) à Lubumbashi, RD Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol 6: 2028-9324.
- Useni S.Y., Kanyenga L.A., Assani B.L., Ekondo O.A., Baboy L.L., Ntumba K.B., Mpundu M.M. et Nyembo K.L., 2014b. Influence de la date de semis et de la fertilisation inorganique sur le rendement de nouveaux hybrides de maïs (*Zea mays* L.) à Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences*, 76:6316– 6325.
- Wambeke A.V., 1995. *Les sols des tropiques: propriétés et appréciation*. CTA & Huy Trop ASBL. 335 p.